

1 КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

1.1 Понятие о сети электросвязи и ее составных частях.

Создание системы для любого вида электросвязи предполагает организацию канала электросвязи между пунктами передачи и приема сообщения. Совокупность этих каналов образует сеть электросвязи, где функции подключения определенных абонентских устройств выполняет специальная аппаратура коммутации, позволяющая образовать тракт для передачи электрических сигналов.

Таким образом, сеть электросвязи представляет собой совокупность оконечных устройств, коммутационных центров и связывающих их линий и каналов связи.

В сеть электросвязи входят:

- *пользователи* (абоненты, клиенты), являющиеся источниками и потребителями информации. Они создают и воспринимают потоки сообщений и, как правило, определяют требования по доставке и обработке информации, выбору вида связи (телефонной, телеграфной, вещания и т. д.) и получению различных услуг (видов обслуживания) с соблюдением определенного качества;

- *пункты связи*

а) абонентские пункты (АП), содержащие аппаратуру ввода и вывода информации в сеть электросвязи (а иногда хранения и обработки). Они находятся в постоянном пользовании определенных абонентов;

б) пункты информационного обслуживания (ПИО) - справочные службы, различные вычислительные центры (ВЦ), банки данных, библиотеки и другие пункты коллективного пользования, обеспечивающие сбор, обработку, хранение и выдачу информации и предоставление пользователям других услуг, связанных с информационным обеспечением;

- *каналы связи*, объединенные в линии связи, которые обеспечивают передачу сообщений между отдельными пунктами сети;

- *сетевые станции*, обеспечивающие образование и предоставление вторичным сетям типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, а также их транзит;

- *узлы*:

а) сетевые узлы (СУ), обеспечивающие образование и перераспределение сетевых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей, а также предоставление их вторичным сетям и потребителям;

б) коммутационные узлы (КУ) для распределения (переключения) каналов, пакетов или сообщений;

- *система управления*, обеспечивающая нормальное функционирование и развитие сети электросвязи и взаимоотношения с пользователями.

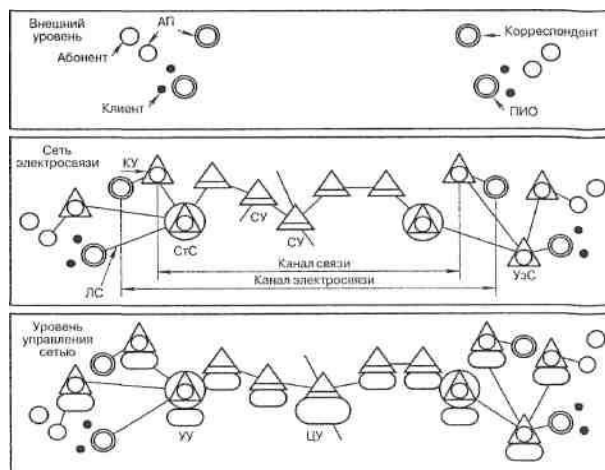


Рис. 1.1 Гипотетическая трехуровневая структура сети связи

С точки зрения системного анализа сеть электросвязи можно представить тремя уровнями (рис. 1.1):

- первый - внешний уровень, включающий абонентов (клиентов), АП и ПИО, в пределах которого проходит формирование сообщений для передачи в сети электросвязи;
- второй - собственно сеть электросвязи, включающая линии связи (ЛС), каналы связи (КС), станции связи (СтС) и узлы связи (УзС), обеспечивающие передачу, распределение и коммутацию сообщений между АП (ПИО) абонентов и корреспондентов;
- третий - элементы управления сетью, включающие устройства управления (УУ) узлов, центры управления (ЦУ) и всю администрацию.

Пользователи распределены по территории в соответствии с расположением хозяйственных, промышленных и других производственных объектов, объектов культуры и жилого фонда. Плотность пользователей (их число на 1 км² площади) меняется в значительных пределах и является наибольшей в крупных городах.

Экономические, культурные, личные и другие связи между отдельными пользователями и их коллективами, предприятиями и районами страны определяют потребность в передаче сообщений между окончными или абонентскими пунктами, обслуживающими соответствующих пользователей, а также между узлами, объединяющими абонентские пункты (АП) какого-либо населенного пункта или района (региона). Потребность в передаче сообщений может быть оценена потоками сообщений в единицу времени и выражена в битах, числе знаков (букв, цифр), телеграмм, страниц и других показателях, характеризующих объем сообщения. На практике удобнее бывает определять потребность в передаче сообщения временем передачи, временем занятия типового канала (в часо-занятиях) или необходимым числом каналов. Исходя из местоположения пользователей и создаваемых ими нагрузок, определяются местоположения окончных пунктов, которые

могут содержать аппаратуру ввода и вывода информации (телефонные или телеграфные аппараты, радиоприемники, телевизоры, дисплеи, датчики и т. д.). Эти пункты также могут включать в себя различные устройства для хранения и обработки информации, коммутационные устройства, если к ОП подключено несколько каналов, а также каналобразующую аппаратуру. Оконечный пункт характеризуется типом аппаратуры ввода и вывода (видом связи: телефон, телеграф и т. д.), наличием обслуживающего персонала и дополнительного оборудования, пропускной способностью, временем действия, стоимостью и областью обслуживания (индивидуальный абонент, квартира, предприятие, город и т. д.). Оконечный пункт, обслуживающий одного абонента, называют *абонентским пунктом*.

Пункты информационного обслуживания подразделяются по их назначению (справочная телефонов, бюро заказов билетов, информационный пункт по какой-либо отрасли, вычислительный центр (ВЦ), обрабатывающий экономическую информацию, и т. д.). В зависимости от объемов передаваемой информации ПИО может иметь один или несколько каналов, соединяющих его с сетью электросвязи, а также у него могут быть абоненты или выносные ОП, соединенные с ним прямыми каналами. В сети ПИО могут рассматриваться как источники информации (ИИ) и потребители информации (ПИ), а также как элементы сети, поскольку создаваемые ими потоки сообщений циркулируют только по сети.

Распределение информации (сообщений) осуществляется двумя способами: на сетевых узлах кроссированием (долговременным соединением) отдельных каналов или линейных трактов для образования прямых каналов между несмежными пунктами, а на коммутационных узлах - в соответствии с адресом каждого сообщения.

Линии связи (кабельные, радиорелейные, радио-, спутниковые и т. д.), по которым передаются сообщения, характеризуются емкостью V (числом каналов ТЧ), или суммарной пропускной способностью всех каналов. Разделение каналов в линии может осуществляться по пространству, частоте или времени. Основной особенностью линий связи является то, что увеличение их пропускной способности (емкости) приводит к снижению затрат на один канал связи обратно пропорционально корню квадратному от емкости. При укрупнении пучков каналов выигрыш получается не только за счет снижения затрат на каналы, но и вследствие того, что при объединении нагрузок повышается степень использования каналов и станционного оборудования.

Совокупность пучков, узлов и соединяющих их линий (каналов) образует структуру (конфигурацию) сети, определяющую возможность осуществления связи между отдельными пунктами и возможные пути передачи сообщений. Для увеличения надежности сети она строится так, чтобы между отдельными узлами было несколько (обычно 2 или 3) независимых путей.

Система управления сетью обеспечивает поддержание в рабочем (исправном) состоянии технических средств, доставку сообщений по адресу, распределение каналов между вторичными сетями (потребителями), распределение потоков сообщений, планирование и развитие сети, строительство, материально-техническое обеспечение, подготовку кадров, регулирование отношений с пользователями.

1.2. Классификация сетей электросвязи

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество сетей связи, различающихся по нескольким признакам, одни из которых определяют место этих сетей в системе связи, другие - принципы их построения и характер функционирования, третьи - экономический или иного рода эффект, получаемый от их применения. Чем больше классификационных признаков используется при описании конкретной сети связи, тем полнее эта сеть может быть охарактеризована.

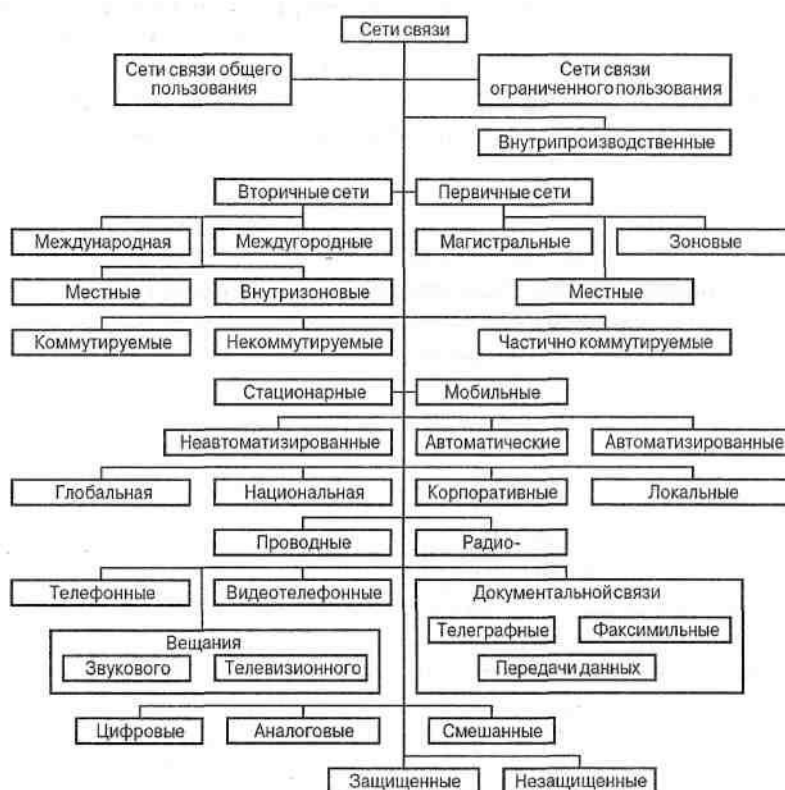


Рис. 1.13. Классификация сетей связи

Сети связи классифицируются по назначению, характеру образования и выделения каналов, типам коммутации, по оборудованию и условиям размещения, степени автоматизации. Рассмотрим более подробно классификационные признаки сетей связи (рис. 1.2).

1.2.1. По назначению сети связи делятся на две большие группы: сети связи общего пользования и сети связи ограниченного пользования.

Сеть связи общего пользования создается для обеспечения услугами связи населения, различных учреждений, предприятий и организаций.

При построении сетей связи ограниченного пользования реализуются специфические требования, обусловленные характером деятельности того или иного ведомства, в интересах которого создается данная сеть, а также предусматривается возможность выхода абонентов в сеть общего пользования. К таким сетям относятся сети внутренней связи и сети дальней связи.

Сеть внутренней связи разворачивается на пункте управления (ПУ) и обеспечивает обмен сообщениями между абонентами данного пункта управления. Основными элементами данной сети являются коммутационные центры внутренней связи (КЦВС), связывающие их соединительные линии (СЛ), абонентские оконечные устройства и абонентские линии (рис. 1.3, а).

Сеть дальней связи относится к одной системе связи, разворачивается на территории функционирования данной системы и обеспечивает обмен сообщениями между абонентами различных пунктов управления (рис. 1.3, б).

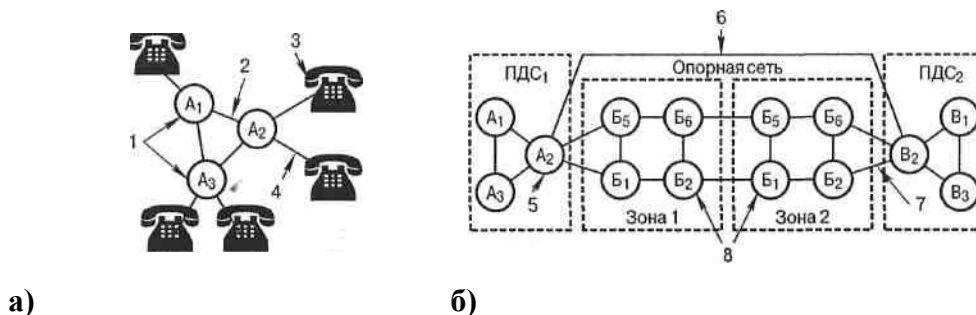


Рис. 1.3. Варианты структур сети связи:

- 1 - коммутационные центры внутренней связи, 2 - соединительные линии,
- 3 - абонентские оконечные устройства, 4 - абонентские линии,
- 5 - коммутационный центр дальней связи, 6 - канал дальней связи,
- 7 - линии привязки, 8 - транзитный коммутационный центр

Коммутационные центры дальней связи (КЦДС), расположенные на различных ПУ, связываются каналами дальней связи, а размещенные на одном ПУ - соединительными линиями. Совокупность КЦДС, размещенных на одном ПУ, и связывающих их СЛ, называется подсетью дальней связи (ПДС). На сети дальней связи (ДС) широко применяются транзитные КЦ (ТКЦ) без абонентской емкости. Их местонахождение, как правило, не связано с расположением ПУ. Совокупность таких ТКЦ и связывающих их линий (каналов) связи образует опорную сеть связи (ОСС). ОСС часто разбивается на участки, называемые зонами опорной сети связи. Коммутационные центры дальней связи, расположенные на пунктах управления, связываются с транзитными коммутационными центрами опорной сети одной или несколькими линиями привязки.

Совокупность оконечных устройств (ОУ) и абонентских линий (АЛ), включенных в

один КЦ внутренней или дальней связи, образует абонентскую сеть данного КЦ, совокупность ОУ и АЛ на ПУ образует абонентскую сеть данного ПУ.

1.2.2 По характеру образования и выделения каналов связи сети связи подразделяются на первичные и вторичные.

Первичная сеть - совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образованная на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств первичной сети и соединяющих их линий передачи. При этом под типовой физической цепью и типовым каналом понимается физическая цепь и канал передачи, параметры которых соответствуют принятым нормам.

Сетевой тракт - типовой групповой тракт или несколько последовательно соединенных типовых групповых трактов с включенной на входе и выходе аппаратурой образования тракта.

Вторичная сеть связи - совокупность линий и каналов связи, образованных на базе первичной сети, станций и узлов коммутации или станций и узлов переключений, обеспечивающих определенный вид связи. Фрагмент взаимосвязи первичной и вторичных сетей показан на рис. 1.4.

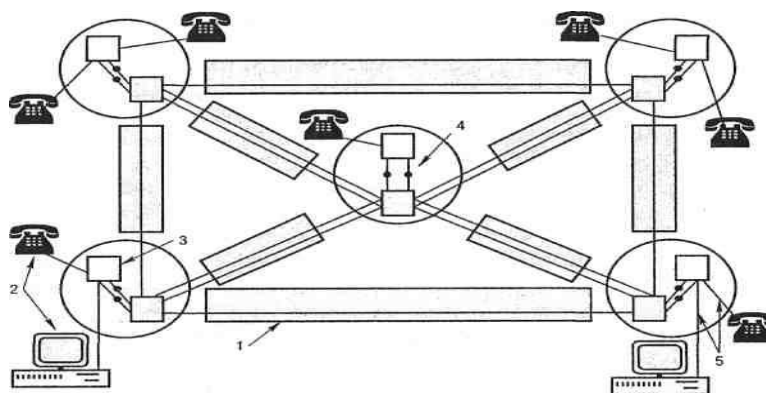


Рис. 1.4. Схема взаимосвязи первичной и вторичной сетей:
1 - система передачи первичной сети, 2 - оконечные пункты вторичных сетей,
3 - узел коммутации вторичных сетей, 4 - точки, обозначающие границы
первичной сети, 5 - абонентские каналы или линии

Главной задачей первичной сети является образование типовых каналов и групповых трактов связи, задача вторичной сети - доставка сообщений определенного вида от источника к потребителю.

Способ построения сети определяется принятой системой коммутации: долговременной, оперативной или их сочетанием.

1.2.3 По типам коммутации сети подразделяются на коммутируемые, частично коммутируемые и некоммутируемые.

Для коммутируемых и частично коммутируемых сетей связи характерно использование различных вариантов коммутации.

Долговременной называется коммутация, при которой между двумя точками сети устанавливается постоянное соединение.

Оперативной называется коммутация, при которой между двумя точками сети организуется временное соединение.

Сочетание оперативной и долговременной коммутации предполагаемо, что на одних участках информационного направления сети связи может применяться долговременная коммутация, а на других - оперативная.

Коммутируемая сеть связи - это вторичная сеть, обеспечивающая соединение по запросу абонента или в соответствии с заданной программой через канал электросвязи оконечных устройств вторичной сети при помощи коммутационных станций и узлов коммутации на время передачи сообщений. Каналы передачи в коммутируемых сетях являются каналами общего пользования.

На частично коммутируемых сетях связи предусматривается использование всех систем долговременной и оперативной коммутации. Реально существующие и проектируемые на ближайшую перспективу сети связи относятся к классу частично коммутируемых.

К некоммутируемым сетям связи относятся вторичные сети, обеспечивающие долговременные (постоянные и временные) соединения оконечных устройств (терминалов) через канал электросвязи с помощью станций и узлов переключений. К некоммутируемым сетям можно отнести опорную сеть связи.

1.2.4 По *оборудованию и условиям размещения* сети связи подразделяются на *мобильные* и *стационарные*. Под мобильными понимаются сети связи, элементы которых (КЦ, линейные средства связи) размещаются на транспортной базе и могут перемещаться. Одним из распространенных типов мобильных сетей является полевая сеть связи военного назначения. Стационарные сети связи создают на базе узлов связи, размещенных в стационарных сооружениях. В состав стационарных сетей при необходимости могут включаться подвижные элементы, например, при замене на короткое время вышедших из строя стационарных элементов, временном расположении абонентов на подвижных объектах, необходимости временного усиления определенных элементов сети.

1.2.5 По *степени автоматизации* сети связи делятся на *неавтоматизированные*, *автоматизированные* и *автоматические*. На неавтоматизированных сетях связи все или подавляющее большинство основных операций выполняется человеком. Автоматизированными называются сети, в которых подавляющее число функций по выполнению определенного объема операций осуществляется техническим устройством. Такие сети оцениваются по степени автоматизации, которая определяется коэффициентом K_a , равным отношению объема операций, выполняемых техническими устройствами, к

общему объему выполняемых операций:

$$K_a = \frac{n_a}{n_s},$$

где n_s - общий объем операций, выполняемых за определенное время, n_a - количество операций, выполняемых автоматами. Возможно определение подобного коэффициента по времени:

$$K_a^t = \frac{t_a}{t_s},$$

где: t_a - суммарное время выполнения операций техническими устройствами в течение определенного периода, а t_s - суммарное время выполнения всех операций.

Также может использоваться показатель эффекта введения автоматов:

$$K_a^o = \frac{t_n + t_a}{t_n}$$

где: t_n - суммарное время выполнения операций за определенный период на неавтоматизированной сети соответственно.

Автоматические сети предусматривают выполнение всех функций по передаче и коммутации сообщений автоматами.

В настоящее время на сетях общего пользования из-за того, что 60 % оборудования КЦ не отвечает требованиям ЕСЭ, применяются смешанные сети связи.

1.2.6 По *обслуживаемой территории* сети связи разделяют на междугородные, международные, местные (сельские, городские), внутрипроизводственные.

Междугородная сеть связи - сеть связи, обеспечивающая связь между абонентами, находящимися на территории разных субъектов или разных административных районов одного субъекта (кроме районов в составе города).

Международная сеть связи - совокупность международных станций и соединяющих их каналов, обеспечивающая международной связью абонентов различных национальных сетей.

Местная сеть связи - сеть электросвязи, образуемая в пределах административной или определенной по иному принципу территории, не относящаяся к региональным сетям связи; местные сети подразделяются на сельские и городские.

Сельская сеть связи - сеть связи, обеспечивающая телефонную связь на территории сельских административных районов.

Городская сеть связи - сеть, которая обслуживает потребности большого города. Функция городской сети - работа в качестве базовой магистрали для связи локальных сетей всего города.

Внутрипроизводственные сети - сети связи предприятий, учреждений и организаций, создаваемые для управления внутрипроизводственной деятельностью, которые не имеют

выхода на сеть связи общего пользования.

1.2.7 *Разделение сетей связи по охвату территории.* В зависимости от обслуживаемой территории сети бывают локальными, корпоративными, сельскими, городскими, местными, внутриобластными, междугородными (магистральными для первичной сети), национальными, международными, глобальными (территориальными), смешанными.

Локальная сеть связи - сеть связи, расположенная в пределах; некоторой территории (предприятие, фирма и т. д.).

Корпоративная сеть связи - сеть связи, объединяющая сети отдельных предприятий (фирм, организаций, акционерных обществ и т. п.) в масштабе как одного, так и нескольких государств.

Внутриобластная, или зональная сеть связи, - междугородная сеть электросвязи в пределах территории одной или нескольких областей.

Магистральная сеть связи - междугородная сеть электросвязи между центром страны и областными.

Национальная сеть связи - сеть связи данной страны, обеспечивающая связь между абонентами внутри этой страны и выход на международную сеть.

Глобальная (территориальная) сеть связи объединяет сети, расположенные в разных географических областях земного шара. Одним из примеров такой сети может быть *Internet*.

1.2.8 *Разделение сетей по роду связи (используемой аппаратуре).* По роду связи (используемой аппаратуре) сети связи могут быть подразделены на проводные (кабельные, воздушные, волоконнооптические) и радио сети (радиорелейные, тропосферные, спутниковые, метеорные, ионосферные и т. д.).

1.2.9 *Разделение сетей по виду связи.* В зависимости от вида связи сети связи подразделяют на телефонные, видеотелефонные, телеграфные, факсимильные, передачи данных, сети звукового и телевизионного вещания.

1.2.10 *Разделение сетей по виду передаваемой информации.* По виду передаваемой информации различают цифровые, аналоговые и смешанные сети связи. Существование смешанных сетей характерно при переходе от аналоговых сетей связи к цифровым.

1.2.11 *Разделение сетей по степени защищенности.* По этому признаку сети связи делятся на защищенные (сети зашифрованной телефонной, зашифрованной телеграфной связи и т. д.) и незащищенные. В свою очередь в защищенных сетях может использоваться аппаратура гарантированной и временной стойкости.

2 СТРУКТУРА СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

2.1 Принципы построения сетей электросвязи

Сети связи охватывают огромное число различных технических устройств, расположенных на большой территории. Телефонная сеть, например, объединяет миллионы телефонных аппаратов, десятки тысяч километров линий связи, большое количество каналообразующей и коммутационной аппаратуры и много другого специального оборудования, расположенного на территории всей страны. Сотни тысяч телеграфных аппаратов и множество различного оборудования объединяет телеграфная сеть, также охватывающая всю территорию страны. Значительно меньше масштабы сети передачи данных и факсимильной связи.

К сетям связи предъявляются определенные требования. Важнейшим из них является требование, предъявляемое пользователями (абонентами): сеть должна обеспечить каждому абоненту возможность в удобное для него время связаться с любым другим абонентом и передать определенное сообщение. Для выполнения этого требования сеть должна быть построена по определенным принципам; принцип-основное, руководящее правило.

2.2 Классификация сетей связи по топологическим признакам.

Сеть связи обеспечивает обмен информацией не менее чем между двумя точками. Этими точками сети являются: оконечная аппаратура в качестве источников или приемников информационных потоков, коммутационные станции в качестве узлов сети, стационарные выносные устройства.

При построении сети связи могут быть использованы следующие принципы: «каждый с каждым», узловой, радиальный, радиально-узловой.

2.2.1 Принцип построения «каждый с каждым», проиллюстрирован на рис. 2.1.

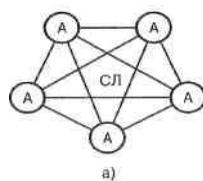


Рис. 2.1

Сеть строится таким образом, чтобы каждый пункт связи (А) был связан соединительными линиями непосредственно с любым другим пунктом. В пунктах связи сети размещаются оконечные абонентские устройства систем электросвязи, поэтому эти пункты называются *оконечными* или *абонентскими*. Соединительные линии играют роль каналов электросвязи между оконечными устройствами. Каждый абонент такой сети имеет постоянную и прямую связь со всеми другими абонентами. Сеть, построенная по принципу «каждый с каждым», надежная, отличается оперативностью и высоким качеством передачи

сообщений. Однако на практике она применяется только при небольшом числе абонентов. Объясняется это тем, что с ростом числа абонентских пунктов быстро растут число и суммарная длина соединительных линий связи. В результате сеть становится громоздкой, а ее стоимость непомерно большой. Для n точек сети требуется $\frac{n(n-1)}{2}$ пучков соединительных линий.

2.2.2 *Сеть разветвленной структуры.* Характерным для сети разветвленной структуры является то, что каждый узел соединен с ограниченным числом соседних узлов. Благодаря этому можно получить высокую концентрацию потоков информации на отдельных направлениях, что дает экономию пучков соединительных линий. Однако это преимущество компенсируется сильным воздействием помех на всю сеть. В большинстве случаев в разветвленной сети узлы расположены иерархически на нескольких уровнях (например, сети лучевой и звездообразной структуры).

6.2.2.1 *Сеть линейной структуры.* В сети линейной или последовательной структуры узлы или оконечные станции расположены вдоль одной линии (рис. 6.1). Для связи n точек сети (включая обе оконечные точки) требуется $(n-1)$ пучков линий. Преимуществом такой структуры является сравнительно малое число пучков линий. Недостаток в данном случае заключается в том, что при выходе из строя одного узла или одного пучка линий исчезает возможность связи между всеми пунктами сети.

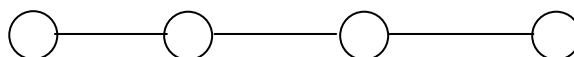


Рис. 2.2. Линейная или последовательная структура сети

Линейная структура находит применение в сетях передачи данных, а также небольших сетях учреждений или при наличии аппаратуры коллективного пользования.

2.2.2.2 *Сеть звездообразной структуры.* Отличительным признаком сети звездообразной структуры является наличие центрального узла, обеспечивающего коммутацию, к которому звездообразно подключены остальные узлы и оконечные устройства (рис. 2.3). Для n узлов необходимо иметь $(n-1)$ пучков линий (называемой также радиальной).

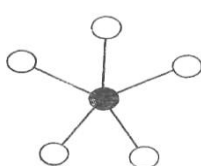


Рис. 2.3. Звездообразная

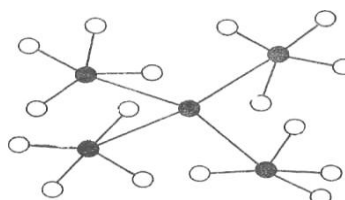


Рис. 2.4. Лучевая структура сети

Преимущество звездообразной структуры заключается в незначительном числе необходимых пучков соединительных линий. Кроме этого, расчет сетей такой структуры сравнительно прост. Недостаток этой структуры заключается в том, что все соединения между двумя любыми узлами обязательно должны проходить через центральный узел. При выходе из строя одного пучка соединительных линий прерывается связь только с этим периферийным узлом. Однако если выходит из строя центральный узел, то это приводит к выходу из строя всей сети. Звездообразная структура используется в абонентских сетях без станционных выносов.

2.2.2.3 *Сеть лучевой структуры.* Лучевая структура сети аналогична звездообразной, но имеет несколько иерархических уровней. Центральные узлы отдельных сетей звездообразной структуры соединяются с центральными узлами более высокого уровня, снова образуя сеть звездообразной структуры, и т. д. (рис. 2.4). Для n точек сети требуется $(n-1)$ пучков соединительных линий. Преимущества и недостатки лучевой структуры сети те же, что и для звездообразной. Лучевая структура находит применение в абонентской сети при наличии станционных выносов (концентраторов) и в иерархической сети. Примером этого является местная телефонная сеть, имеющая выход на междугородную сеть, построенная по лучевой структуре вплоть до центральной автоматической станции.

2.2.2.4 *Сеть петлевой структуры.* В петлевой структуре обеспечивается связь по принципу «каждый с каждым» всех узлов сети (рис. 2.5). Такая сеть с n узлами требует при односторонних (входящих и исходящих) линиях $n(n-1)$ пучков соединительных линий, а при использовании двусторонних линий $n(n-1)/2$ таких пучков. Если выйдет из строя узел, то это повлияет лишь на связь, для которой данный узел является источником или приемником информации. При выходе из строя пучка соединительных линий связь может осуществляться через другие узлы и пучки соединительных линий, т. е. по предусмотренным обходным направлениям.

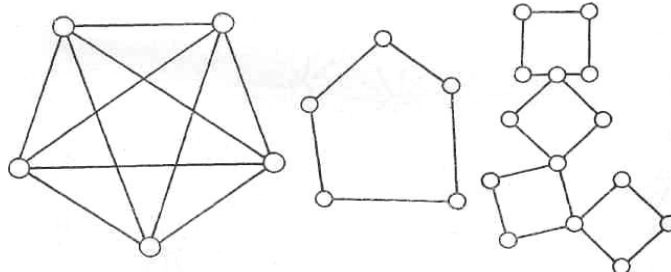


Рис. 2.5. Петлевая структура

Рис. 2.6. Кольцевая структура сети

Недостаток сети этой структуры заключается в большом числе пучков (для обширной сети), причем некоторые из этих пучков часто бывают незначительно загружены. Кроме

того, большие сети бывают очень сложными. Если возникает необходимость подключения еще одного узла, то необходимо вновь прокладывать для него пучки ко всем остальным уже функционирующим узлам.

Петлевая структура используется во всех сетях с высокой нагрузкой каждого узла. Так, в междугородной сети все центральные автоматические междугородные станции соединены между собой по петлевой структуре.

2.2.2.5 Сеть кольцевой структуры. В сети кольцевой структуры узлы и оконечные станции связаны между собой по замкнутому кольцу (рис. 2.6).

При наличии нескольких колец любой узел может быть также и точкой сопряжения для двух или более таких колец. Для сети простейшей кольцевой структуры с n узлами требуется n пучков соединительных линий.

Капитальные вложения для создания сети кольцевой структуры относительно невелики, но если выходит из строя пучок соединительных линий или узел сети, то остальная сеть при кольцевой структуре функционировать не может. В большой сети время распространения сигналов довольно велико. Кроме того, стоимость организации транзитной связи, выходящей за пределы кольца (для большой сети), высока.

Кольцевая структура применяется в некоторых сетях передачи данных, а также в местных сетях при использовании децентрализованной цифровой коммутации. Связь местных сетей с другими сетями более высокого уровня осуществляется обычно через один выбранный для этого узел кольца.

2.2.2.6 Сеть решетчатой структуры. В сети решетчатой структуры из каждого узла выходят звездообразно несколько (например, 12) пучков

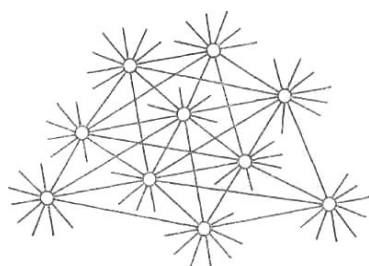


Рис. 2.7. Решетчатая структура сети

линий (рис. 2.7). Ее преимущества заключаются в наличии нескольких возможностей для связи каждого узла с любым другим и в достигаемой благодаря этому большой помехоустойчивости. Недостатком является, прежде всего, низкая экономичность сети из-за наличия большого числа пучков малой емкости.

Решетчатая структура может использоваться только в большой сети с высокой нагрузкой между ее узлами, причем расчет пучков линий в соответствии с распределением

нагрузки по направлениям значительно затруднен. Из-за большого числа промежуточных узлов в трактах большой протяженности возникают проблемы, связанные с большим временем распространения информации. Случаи применения сетей решетчатой структуры неизвестны.

2.2.2.7 Сеть сотовой структуры. В сети сотовой структуры любой узел, за исключением крайних узлов, принадлежит одновременно трем различным кольцевым участкам сети.

Таким образом, из любого узла звездообразно выходят три (для крайнего — два) пучка соединительных линий (рис.2.8). Эта сеть обладает хорошей

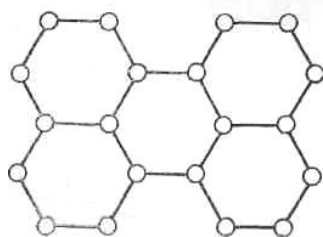


Рис. 2.8. Сотовая структура

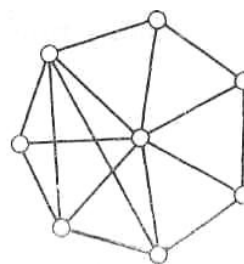


Рис. 2.9. Симметричная структура сети

помехоустойчивостью, так как имеется несколько различных путей для соединений каждого узла сети с другими. При соединении двух удаленных друг от друга узлов связь проходит через несколько промежуточных узлов. В результате этого возрастает нагрузка узлов транзитной связью. Кроме того, при установлении связи и поиске тракта возникают задержки. Примеры реализации сети сотовой структуры неизвестны.

2.2.2.8 Сеть симметричной структуры. В сети симметричной структуры все узлы имеют одинаковый ранг и расположены на одном уровне (рис. 2.9). Связь между двумя узлами можно установить либо непосредственно, либо через несколько промежуточных узлов. Выбор тракта с учетом времени распространения и экономических показателей в каждом случае ограничен небольшим числом вариантов.

Прямые пучки соединительных линий между двумя узлами прокладываются только при высокой степени тяготения между этими узлами. Симметричная структура сети является вариантом петлевой структуры. Основные преимущества рассматриваемой сети — хорошая помехоустойчивость и возможности осуществления альтернативного выбора путей установления связи. Проектирование и расчет пучков соединительных линий в сети такой структуры затруднены, в особенности для больших сетей.

2.2.2.9 Сеть комбинированной структуры. Комбинированная структура сети может быть образована путем объединения сетей петлевой и разветвленной структур (рис. 2.10). Преимущество комбинированной сети заключается в том, что прямыми пучками можно

связать узлы, между которыми имеет место наиболее интенсивный трафик, а для остальных направлений нагрузка предварительно концентрируется на центральном узле, а затем передается по общему пучку. Таким образом осуществляется согласование структуры сети с тяготением нагрузки по направлениям.

Однако сложность сети комбинированной структуры затрудняет расчеты емкостей пучков соединительных линий и коммутационного оборудования в зависимости от распределения нагрузки.

Примерами использования комбинированной структуры сети являются местные (при наличии большого числа коммутационных станций на одной сети) и междугородные сети.

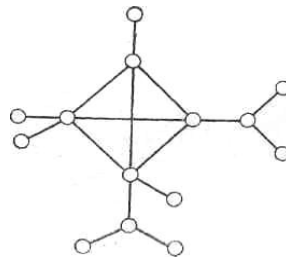


Рис. 2.10. Комбинированная структура сети

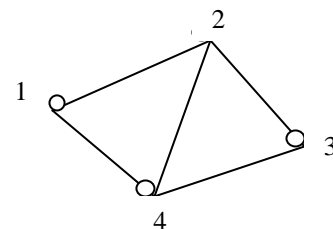
2.2.2.9 Иерархическая сеть. Иерархическая сеть представляет собой не некоторую топологическую форму сети, а ее следует рассматривать как способ организации сети. Признаками иерархической сети являются четкая подчиненность узлов и однозначно предписанные пути установления связи. Совокупность узлов одного ранга называется уровнем сети.

Иерархическая сеть является очень гибкой по отношению к меняющейся нагрузке. Расчет пучков соединительных линий по результатам измерений нагрузки является достаточно простым. Все телефонные сети общего пользования имеют иерархическую структуру.

2.3 Понятие свойств структуры сети

2.3.1 Матрица связности (смежности) – простейшая запись структуры сети порядка N . Вхождения α_{ij} принимают значения 1, если есть ребро (линия связи), 0 – если ребро отсутствует. По диагонали ставятся прочерки, указывающие неопределенность (узел сам с собой).

$$G = \begin{array}{cccc} - & 1 & 0 & 1 \\ 1 & - & 1 & 1 \\ 0 & 1 & - & 1 \\ 1 & 1 & 1 & - \end{array}$$



Для обеспечения связи в сети должен стоять путь или пути.

2.3.2 Путь – (μ_{ij}) упорядоченный набор ребер, начинающийся в узле a_i и заканчивающийся в узле a_j , в котором конец каждого предыдущего ребра совпадает с началом следующего. Путь ненаправленный при двусторонней связи и ребра при этом не направленные.

2.3.3 Ранг пути – (r) число ребер, входящих в данный путь. Минимальный ранг пути – 1, максимальный – $N - 1$, когда путь проходит через все узлы.

2.3.4 Связанность сети – (n) минимальное число независимых путей между парой узлов сети. Независимые пути – не имеющие общих ребер и не приходящие через один и тот же узел. У полностью связной сети $n = N - 1$, у древовидной сети $n = 1$, у петлевой – $n = 2$. Путь, начинающийся и заканчивающийся в одном и том же узле называется контуром.

2.3.5 Сечение сети – избыточная совокупность ребер, которые надо изъять из сети, чтобы нарушилась ее связность.

2.3.6 Ранг сечения – число входящих в него ребер.

2.4 Показатели сети.

2.4.1 Показатели оценки путей.

2.4.1.1 Длина пути – сумма длин всех ребер, образующих данный путь:

$$L_{ij}^{(k)} = l(\mu_{ij}^{(k)}) = \sum_{b_{mp} \in \mu_{ij}^{(k)}} l_{mp}$$

где: k - порядковый номер пути;

μ_{ij} - путь от a_i до a_j ;

b_{mp} - ненаправленный путь от m до p - участок пути от a_i до a_j

Матрица кратчайшего пути

$$\Lambda = \|\Lambda_{ij}\|, \text{ где } \Lambda_{ij} = \min_k l_{ij}^{(k)}$$

2.4.1.2 Пропускная способность пути – определяется минимальной пропускной способностью ребра из множества ребер:

$$C(\mu_{ij}^{(k)}) = \min_{b_{mp} \in \mu_{ij}^{(k)}} c_{mp}$$

2.4.1.3 Емкость (мощность) пути $V(\mu_{ij}^{(k)})$ - максимальное число каналов которое может быть получено на данном пути. Определяется минимальной емкостью ребра из множества ребер, образующих путь:

$$V(\mu_{ij}^{(k)}) = \min_{b_{mp} \in \mu_{ij}^{(k)}} V_{mp}$$

2.4.1.4 Пропускная способность и емкость пути σ_{ij} – сумма пропускных способностей или емкостей ребер, входящих в данное сечение

$$C_{(\sigma_{ij}^{(k)})} = \sum_{b_{mp} \in \sigma_{ij}^{(k)}} c_{mp} \quad v_{(\sigma_{ij}^{(k)})} = \sum_{b_{mp} \in \sigma_{ij}^{(k)}} v_{mp}$$

2.4.1.5 Надежность $\rho(\mu_{ij}^{(k)})$ пути – вероятность исправного состояния всех его ребер, надежность множества путей $\rho(\mu_{ij})$ – вероятность неисправного состояния хотя бы одного пути из множества.

Структурные матрицы могут быть использованы для нахождения путей $\mu_{ij}^{(k)}$ по минимальной длине $l(\mu_{ij}^{(k)})$, рангу $r(\mu_{ij}^{(k)})$, стоимости $U(\mu_{ij})$ и других показателей.

2.5 Матрицы оценки сети.

2.5.1 Матрица длин ребер (линий) $L = \|l_{ij}\|$, где $l_{ii} = 0$; l_{ij} – расстояние от пункта a_i до пункта a_j ; $l_{ij} = \infty$, если между a_i и a_j нет ребра.

2.5.2 Матрица пропускных способностей ребер $C = \|c_{ij}\|$, где c_{ij} – максимальное число бит, которой может быть пропущено по всем каналам данного ребра, или обслужена нагрузка в эрлангах при заданном качестве.

2.5.3 Емкость (мощность) ребра (линий) – число типовых каналов данного ребра

2.5.4 Матрица емкостей $V = \|v_{ij}\|$, где v_{ij} – число каналов от a_i до a_j . При отсутствии ребра между пунктами $v_{ij} = 0$; $v_{ii} = 0$.

2.5.5 Матрица пучков прямых каналов $U = \|u_{ij}\|$, где u_{ij} число каналов начинающихся в узле a_i и заканчивающихся в узле a_j , независимо от того, через какие еще транзитные или сетевые узлы они проходят. В такой матрице строки и столбцы соответствующие сетевым узлам (узлам кроссировок) содержит нули.

2.5.6 Матрица надежности $P = \|p_{ij}\|$, где $p_{ij} = 1 - q_{ij}$ – вероятность надежной работы данного ребра сети, q_{ij} – вероятность выхода его из строя.

2.5.7 Матрица стоимостей $\Pi = \|u_{ij}\|$, где u_{ij} – стоимость ребра между пунктами a_i и a_j , а u_{ii} – стоимость узла a_i .

Кроме перечисленных могут применяться и другие показатели ребер – стоимость передачи единицы объема сообщения, затухание в канале.

2.6 Характеристики функционирования сетей связи

Характеристики функционирования описывают степень соответствия сетей связи своему целевому предназначению. К основным характеристикам относят:

- пропускная способность
- живучесть;
- функционирующая нагрузка
- надежность функционирования
- степень использования каналов;

2.6.1 Пропускная способность сети связи определяет объем сообщений, который может быть передан при заданных вероятностно-временных ограничениях. Пропускная способность может быть выражена через два взаимозависимых параметра: интенсивности нагрузки и качества обслуживания в каждом направлении связи.

2.6.2 Нагрузка - суммарное время занятости линий, каналов или отдельных компонентов станции коммутации. Измеряется в часо-занятиях.

2.6.3 Интенсивность нагрузки – относительная занятость линий, каналов или отдельных компонентов станции, измеряется как отношение нагрузки к отрезку времени, за который определена нагрузка. Единица измеряется в эрланг (1 эрл = 1ч. зан/час).

Значение пропускной способности от i до j

$$C_{ij} = Y_{ij}(1 - p_{ij}),$$

где Y_{ij} – интенсивность нагрузки в направлении связи ;

p - вероятность потерь в направлении, при этом p является показателем качества.

Значение пропускной способности сети связи может быть получено из выражения

$$C(p) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij}(p_{ij}),$$

где N - число коммутационных центров в сети

2.6.4 Функциональная нагрузка – реальная нагрузка в сети связи

$$Y_{\phi} = \sum_{i=1}^{\mu} Y_i$$

где μ - число ветвей сети связи

Y_i - интенсивность нагрузки в ветви

С учетом входящих транзитов

$$Y_{\phi} = (\bar{b} + 1)Y(p)$$

где \bar{b} - среднее число транзитов, приходящих на одно передаваемое сообщение.

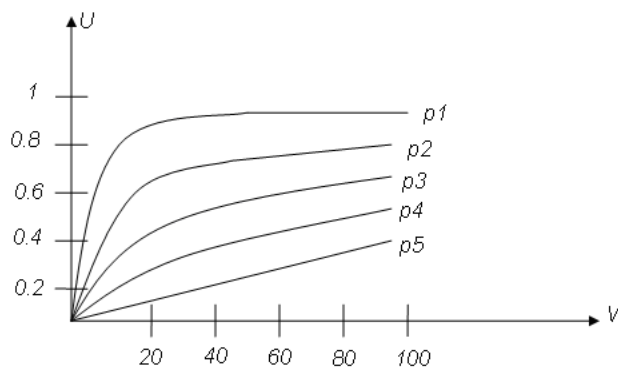
2.6.5 Степень использования каналов – показывает долю времени в час наибольшей

нагрузки (ЧНН), в течении которой каналы заняты обслуживанием проходящего через них потока сообщений при фиксированном значении качества обслуживания на ветви связи:

$$a = \frac{Y}{V} \Big|_{p=\text{const}}$$

где Y – интенсивность нагрузки на ветви связи;

V – мощность данной ветви, определяемая количеством входящих каналов связи.



$$p1 > p2 > p3 > p4 > p5$$

График показывает, что при уموощнении ветвей сети связи интенсивность исполняемой нагрузки быстро растет, с увеличением p т. е. ухудшением качества обслуживания, степень использования каналов растет.

2.6.6 Надежность функционирования определяется вероятностью безотказного обслуживания поступающих в сеть заявок. Для ветви связи вероятность безотказного обслуживания

$$W_{ij}(t) = R_{ij}(1 - p_{ij})$$

где R_{ij} – вероятность безотказной работы технических средств ветви связи;

p_{ij} – вероятность потерь на данной ветви

В отличии от технических средств, для которых возможны состояния «исправно» и «отказ», ветви сетей связи могут иметь 3 состояния: «норма», «предупреждение» и «авария».

2.6.7 Живучесть – свойство сети связи выполнять свои функции в условиях агрессивных внешних воздействий с возможностью ухудшения качества обслуживания поступающих заявок.

Есть два вида живучести сети связи – структурная и функциональная.

Сеть обладает *структурной живучестью* если после воздействия агрессивных факторов остается хотя бы один путь установления соединений между коммутационными станциями.

Функциональная живучесть – свойство сети связи обеспечивать установление соединений и передачу сообщений при поражении ее элементов или участков.

2.7 Показатели качества обслуживания заявок на сетях связи.

2.7.1 Обслуживание с потерями вызовов – вид обслуживания вызовов, при котором вызов, поступающий в момент отсутствия доступных свободных линий или приборов, получает отказ (теряется).

2.7.2 Обслуживание с ожидание – вид обслуживания вызовов, при котором поступивший вызов ожидает освобождения линий или приборов.

Качества функционирования систем обслуживания с потерями оценивается возможностью предоставления заявке свободного обслуживаемого прибора или возможности обслуживания.

Для количественной оценки качества обслуживания в системах с потерями рассчитывается следующие показатели:

- вероятность обслуживания заявки q ;
- потери по вызовам p_b ;
- потери по нагрузке p_n ;
- потери по времени p_t ;

Статистически *вероятность обслуживания* заявки может быть определена как отношение потока исполненных заявок к интенсивности поступающего потока λ :

$$q = \frac{\lambda_{исп}}{\lambda}$$

- *Потери по вызовам* оценивается отношением интенсивности потока потерянных вызовов (заявок) к интенсивности поступающего потока:

$$p_b = \frac{\lambda_{пот}}{\lambda}$$

Откуда $q + p_b = 1$ и $p_b = 1 - q$

Потери по нагрузке рассчитываются как отношение потерянной нагрузки к поступающей нагрузке:

$$p_n = \frac{R}{Z} = \frac{Z - Y}{Z}$$

Откуда соотношение между величинами поступающей и исполненной нагрузки к поступающей нагрузке:

$$Y = Z(1 - p_n)$$

Потери по времени за период T – это доля времени в отрезке в течении которого все обслуживающие приборы, доступные группе источников заявок, заняты

$$p_t = \frac{t_3}{T}$$

В системах с ожиданием показателями качества обслуживания являются:

- вероятность ожидания начала обслуживания $P(t_{ож} > 0)$;
- вероятность того, что время ожидания превысит заданную величину τ , т. е. $P(t_{ож} > \tau)$;
- средняя длина очереди L ;
- среднее время ожидания начала обслуживания $\bar{t}_{ож}$.

Статистическое значение вероятности ожидания начала обслуживания $P(t_{ож} > 0)$ оценивается отношением мат. ожидания числа заявок поступивших в очередь за отрезок T , общему числу поступивших заявок C_{noc} за рассматриваемый промежуток времени:

$$P(t_{ож} > 0) = \frac{C_{noc}}{C}$$

Статистическое значение вероятности ожидания начала обслуживания $P(t_{ож} > \tau)$ определяется отношением мат. ожидания числа заявок, ожидавших начала обслуживания свыше времени числу поступивших заявок C за рассматриваемый промежуток времени:

$$P(t_{ож} > \tau) = \frac{C_{noc}(t_{ож} > \tau)}{C}$$

При обслуживании заявок по способу с ограниченным ожиданием, допускающим потери заявок и ожидание в очереди, используется совокупность показателей качества обслуживания, используемых и для систем с потерями и для систем с ожиданием.

Показателями качества, задаваемыми при проектировании, являются:

- для систем с потерями – потери по вызовам (p_e);
- для систем с ожиданием – вероятность превышения времени ожидания свыше заданной величины $P(t_{ож} > \tau)$

2.7.3 Обслуживание с ограниченным ожиданием – вид обслуживания вызовов, при котором ограничивается или число ожидающих вызовов или время ожидания.

2.7.4 Комбинированное обслуживание – вид обслуживания при котором на отдельных ступенях или для различных категорий вызовов применяются разные способы обслуживания.

2.8 Потоки сообщений в сети связи.

Важной характеристикой *потока сообщений* является его *вид* – распределение моментов поступления отдельных сообщений (вызовов, заявок) или интервалов времени

между этими моментами, а также распределение объемов (длительности занятий) и адресов мест назначения (это необходимо при расчете пропускной способности отдельных ветвей сети)

Здесь определяют *детерминированные, стохастические и смешанные потоки*.

а). При *детерминированном потоке* каждое сообщение появляется в заранее заданные моменты времени и имеет заранее определенные объемы и адреса. К таким потокам относятся почти все потоки радио и телевидения, регулярные передачи сводок, сообщения в АСЦ.

б). При *стохастических (случайных) потоках* моменты (или интервалы между ними) появления заявок на доставку сообщения (вызовов), объемы отдельных сообщений и их адрес являются случайными. К таким потокам относятся потоки телеграфных вызовов. В зависимости от условий статистика вызовов может быть разнообразной.

Обычно рассматривают *случайные одинарные потоки* вызовов, которые бывают *стационарными и нестационарными*, а также *без последствия и с последствием* (простым или ограниченным).

Чаще рассматривают простейший поток (телеграфных) вызовов (пуассоновский) – стационарный поток без последствия.

Пуассоновское распределение вероятности

$$P_{\lambda}(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

λ - задается (параметр распределения)

Пуассоновское нормальное распределение

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

a и σ - параметры распределения

в). В *смешанном потоке* имеются как детерминированные, так и случайные составляющие.

При стохастических потоках значение нагрузки по отдельным группам ее источников или в различных направлениях и в ЧНН разных дней колеблется и может отличаться от среднего значения тем больше, чем меньше средняя нагрузка. Поэтому при расчетах пользуются понятием средней величины нагрузки. Для простейшего потока с учетом того, что отношение нагрузки определяется нормальным законом распределения, расчетная величина нагрузки

$$Y_p = Y + 0.67\sqrt{Y} \quad (\text{Эрл})$$

где Y – среднее значение нагрузки.

При объединении и разделении нагрузки используют их среднее значение, при расчете числа приборов или каналов – расчетным.

2.9 Параметры потоков сообщения.

- *Объем сообщения* – определяются в битах или времени занятия канала (телефонии), при этом учитывается только информационная часть (для телефонии от момента начала набора номера до отбоя).

Объем адреса определяется системой нумерации и видом сети.

- *Интенсивность* поступления сообщений – число отдельных сообщений за единицу времени – час, сутки и т.д. При этом важным показателем является характер этого поступления (детерминированный или случайный) и характер распределения сообщений во времени (равномерный, сосредоточенный в определенные периоды).

- *Скорость* поступления сообщения, определяется видом оконечного устройства.

- *Адресность* – одноадресное или многоадресное сообщение, вплоть до адреса «всем, всем, всем» или «всем, кто хочет принять».

- В сети потоки задаются для каждой меры оконечных устройств в виде *матрицы тяготения* (требований, потоков)

$$F_k = \|\varphi_{ij}\|,$$

где φ - число потоков от i до j для каждого вида связи или приоритета.

Т. к. точно задать потоки невозможно, тяготения задают числом каналов – матрицей канала

$$V = \|u_{ij}\|$$

u - канал от i до j

Величина тяготения (потребность в связи) между отдельными пунктами сети зависит от роли и значения этих пунктов.

2.10 Способы доставки сообщений.

Процесс доставки сообщений потребителю от источника разбивается на следующие этапы:

- доставка сообщения в пункт ввода в сеть;
- формирование сообщения и ввод его в сеть;
- передача от пункта ввода к пункту вывода из сети;
- доставка к месту использования.

В пунктах ввода и вывода, и иногда и в промежуточных пунктах, может производиться фиксация всего сообщения или только его адреса или номера.

Можно выделить три основных способа доставки сообщения по каналам и через узлы сети связи от пункта ввода к пункту вывода: *по прямым* (скроссированным) каналам непосредственно из аппаратуры ввода в аппаратуру вывода; *коммутация каналов* с предоставлением потребителю тракта между аппаратами ввода и вывода, составляя его из каналов в узлах коммутации только на время передачи сообщения; способ с *коммутацией сообщения или пакетов* последовательной передачей сообщения от одного узла к другому с запоминанием в каждом из них и передачей по мере освобождения канала в нужном направлении.

2.10.1 *Прямой канал* создается, как правило, кроссированием на узлах связи и соединяет оконечные устройства, обеспечивая непосредственную передачу сообщений. Такие каналы работают либо непрерывно, либо в определенное время (по расписанию). Прямой канал обеспечивает наиболее быструю передачу сообщений, т. к. отсутствует необходимость в передаче адреса, и потери времени на установление соединения. Применяют такие каналы для особо ответственных абонентов (правительственная связь, связь в спецслужбах и т. д.). Недостаток такого способа передачи в его высокой стоимости.

2.10.2 При коммутации каналов по переданному адресу (например, путем набора номера) отыскивается путь со свободным в данный момент каналом. Пользователю (при симплексной связи) или пользователям (при дуплексной связи) предоставляются каналы на все время передачи сообщения. По всем участкам пути сообщение передается одновременно и все участки пути должны обладать одинаковой пропускной способностью, хотя среды передачи могут быть разными (при участках с АДИКМ при передаче речевых сообщений пропускная способность может уменьшаться – за счет ухудшения качества участка канала).

Соединение между оконечной аппаратурой устанавливается последовательно от узла к узлу. Передача сообщения ведется только после создания канала между оконечной аппаратурой.

При отсутствии свободных каналов на каком либо участке на вызывающий пункт поступает отказ в установлении соединения., тогда нужно повторить попытку установления соединения (система с потерями вызовов) или обождать освобождения каналов (система с ожиданием). И в том и в другом случае происходит потеря времени на установление соединения. Недостатки систем с коммутацией каналов – потери времени на установление соединения, малая эффективность использования каналов.

2.10.3 При коммутации сообщений - канал связи предоставляется только на момент передачи сообщения, а при прерывании сообщения канал связи разрушается. Первоначально сообщение записывается в память на первом узле, где определяется свободная линия к ближайшему узлу в соответствии с записанным адресом сообщения. Если есть свободный путь, то сообщение передается на следующий узел, где оно записывается, ставится в очередь,

а затем передается на следующий узел и т. д. по мере освобождения линий сообщение передается по сети в приемное устройство. Этот вид передачи называют еще коммутацией с запоминанием. При коммутации сообщений путь заранее не определен, канал в нужном направлении предоставляется по адресу, записанному в начале сообщения, по участкам между узлами. Образованный таким образом канал называют виртуальным.

Преимущество коммутации сообщений перед коммутацией каналов в возможности передачи сообщений с разными скоростями по каналам с фиксированной скоростью. Недостаток – в большой задержке при передаче. Что делает невозможным речевой диалог и ограничения в объеме сообщений, связанные с конечным объемом оперативной памяти в узлах коммутации.

Эти недостатки уменьшаются при коммутации пакетов, когда сообщения разбиваются на пакеты фиксированной длины. Каждый пакет имеет свой адрес. Передача пакетов ведется аналогично передаче сообщений. Передача пакетов может вестись по одному пути или по разным путям. Формирование пакетов выполняется в оконечном передающем устройстве, сборка пакетов производится в приемном оконечном устройстве.

Преимущество коммутации пакетов перед коммутацией сообщений в меньшей задержке, т. к. задержка определяется только временем анализа адреса и проключением – быстрая коммутация пакетов, недостаток – в относительно большого объема адресного сообщения.

2.11 Синхронизация в сетях связи.

При передаче сообщений в цифровой форме необходимо битовая синхронизация сигналов при их регенерации и коммутации.

Особо остро вопрос синхронизации стоит при приеме цифровых сигналов пришедших от различных источников в коммутационную систему. В зависимости от соотношения тактовых частот цифровых сигналов в разных каналах, сеть образованная на таких каналах связи называется плезиохронной цифровой иерархии – PDH, синхронной цифровой иерархии – SDH,

В сетях ПЦИ каждый узел коммутации синхронизируется от собственного источника синхронизации. Частота разных узлов коммутации имеют одинаковую номинальную величину (2048 кГц) и отличаются друг от друга на величину допустимого отклонения ($\pm 10^{-11}$ для международных сетей, при этом проскальзывание возникает 1 раз за 70 дней).

Сети ПЦИ создается единичный центр синхронизации от которого тактовая синхрочастота поступает на узлы сети. Как правило, система синхронизации строится по иерархичному принципу – международный центр – национальный центр – региональный центр – местные сети.

Долговременная нестабильность частоты в сетях СЦИ составляет 10^{-13} , что позволяет сопрягать международные сети друг с другом при малой вероятности проскальзывания.

Интервал между проскальзываниями $T_{n=\frac{125\text{mks}}{(f_1-f_2)/f_2}}$

Принят при расчете 125 мкс – период выборки при ИКМ.

В настоящее время создаются континентальные и глобальные системы синхронизации с использованием спутниковых систем и целевых стандартов. Преимущество СЦИ – высокое качество передачи из-за низкой вероятности проскальзываний, недостаток – высокая стоимость, пониженная надежность, т. к. при выходе из строя центров синхронизации сеть переходит в плезиохронный режим работы.

3 АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Если люди не могут разговаривать друг с другом непосредственно, применяются вспомогательные средства для передачи сообщений. Одним из таких средств является система почтовой связи. В ее составе можно выделить определенные функциональные уровни, например уровень сбора и доставки писем из почтовых ящиков на ближайшие почтовые узлы связи и в обратном направлении, уровень сортировки писем на транзитных узлах и т. д. Принятые в почтовой связи всевозможные стандарты на размеры конвертов, порядок оформления адресов и тому подобное позволяют отправлять и получать корреспонденцию практически из любой точки Земного шара.

Похожая картина наблюдается и в области телекоммуникаций, где рынок средств связи, компьютеров, коммутационного оборудования информационных систем и сетей необычайно широк и разнообразен. По этой причине создание современных информационных систем и сетей связи стало невозможным без использования общих подходов при их разработке, унификации характеристик и параметров их составных компонентов.

Теоретическую основу современных сетей и систем связи определяет многоуровневая *архитектура связи*.

Под архитектурой понимается концепция, определяющая модель, структуру, выполняемые функции и взаимосвязь компонентов сложного объекта. Объектом может быть система или сеть, база данных, прикладной процессор или многокомпонентное образование. Архитектура охватывает логическую, физическую и программную структуры, а также принципы функционирования объекта.

В настоящее время существуют различные архитектуры, ставшие международными стандартами:

- семиуровневая архитектура базовой эталонной модели взаимосвязи открытых систем - международный стандарт на единую архитектуру построения телекоммуникационной сети;
- архитектура сетей *ARPA* и *Internet*;
- системная сетевая архитектура (*SMA*) и системная прикладная архитектура (*SA4*), которые были разработаны корпорацией *IBM*;
- архитектура широкополосной сети (*BNA*) и др.

Рассмотрим построение и функции *эталонной модели взаимодействия открытых систем*, так как она по своей сути обобщает все существующие сетевые модели.

3.1 Основные понятия эталонной модели взаимодействия открытых систем

В соответствии с концепцией многоуровневой архитектуры связи в 1984 г. Международная организация по стандартизации (*International Standards Organization - ISO*) разработала эталонную модель взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС), которая принята в качестве Международного стандарта *ISO 7498*.

Эталонная модель взаимосвязи открытых систем - модель, описывающая общие принципы взаимосвязи открытых систем и используемая в качестве основы для разработки стандартов Международной организации по стандартизации.

Целями модели являются стандартизация обмена сообщениями между системами и сетями, устранение любых технических препятствий для связи систем, устранение трудностей «внутреннего» описания функционирования отдельной системы, обеспечение разумного отхода от стандартов в случае, если они не удовлетворяют всем требованиям.

Основным объектом исследования в этой модели является система, под которой понимают *иерархическую совокупность функций*, реализуемых одним или несколькими средствами связи (автоматизации) и предназначенных для выполнения предписанных им задач. Каждая из систем модели является открытой.

Открытыми называются системы, которые независимо от особенностей аппаратной и программной реализаций могут взаимодействовать между собой.

Эталонная модель взаимосвязи открытых систем имеет семь уровней (рис. 3.1):

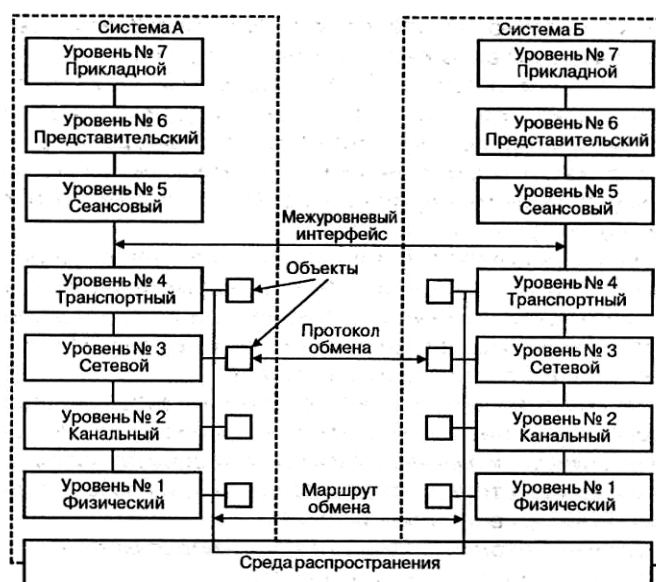


Рис. 3.1. Схема взаимодействия

первый - физический, второй - канальный (звена данных), третий - сетевой, четвертый - транспортный, пятый - сеансовый, шестой - представительский (представления данных), седьмой - прикладной. Под уровнем будем понимать компонент, слой либо границу иерархической структуры.

При определении оптимального количества уровней МСЭ-Т руководствовался следующими принципами:

- количество уровней должно быть такое, чтобы было четкое и детальное разделение процессов, протекающих на каждом уровне, и упрощались правила взаимодействия между уровнями одной ступени ЭМВОС разных систем;

- проводить границу между уровнями в том месте, где описание услуг является наименьшим, а число операций через границу сведено к минимуму;

- не создавать слишком много уровней, потому что это усложнит системотехническую задачу их описания;

- родственные (аналогичные) функции сосредоточивать на одном и том же уровне.

Под $(N + 1)$ -уровнем (вышестоящим уровнем) понимается следующий более высокий уровень по отношению к рассматриваемому N -му уровню. Под $(N - 1)$ -уровнем (нижестоящим уровнем) понимается следующий, более низкий уровень относительно рассматриваемого.

На каждом из уровней решается определенная задача, обеспечивающая функционирование вышестоящего уровня. Порождаемые этими задачами процессы, а также средства их решения объединяют понятием «логические объекты». Все логические объекты (в дальнейшем просто объекты) приписаны соответствующим уровням. В общем случае на одном уровне может быть несколько объектов.

N -й уровень одной открытой системы может вести обмен сообщениями (данными) с N -м уровнем другой открытой системы. Набор правил, определяющих взаимодействие объектов разных открытых систем, расположенных на одном уровне, называется *протоколом*. В зависимости от уровня ЭМВОС различают физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, представительский и прикладной протоколы. Все они стандартизированы МСЭ-Т, что позволяет осуществлять обмен сообщениями (данными) и управляющей информацией между взаимодействующими логическими объектами одного уровня.

Необходимость наличия таких протоколов (правил взаимодействия) для обеспечения информационного обмена и их многоуровневый характер легко пояснить на примере письменного или устного общения между людьми. Для такого примера можно выделить следующие четыре уровня взаимодействия:

1. Прагматический, или познавательный, определяемый знаниями в определенной области и взаимопониманием собеседников.

2. Лингвистический, определяемый словарным запасом разговора, грамматической структурой (синтаксисом) и смысловым значением фраз и предложений (семантикой).

3. Сигнальный, определяемый механизмом обмена информацией: письменное сообщение или устная речь.

4. Физический, включающий средства передачи зрительных и слуховых образов (например букв, цифр на бумаге или звуков определенного языка).

Указанные уровни слабо зависят друг от друга, но при общении необходимо участие каждого из них. Конечно, информационный обмен между людьми не носит формальный характер и возможны отступления от указанных правил.

В случае обмена с помощью средств телекоммуникации правила взаимодействия (протоколы) должны быть строго определены и четко регламентированы, т. е. должны быть формализованы.

Определенная стандартами граница между взаимодействующими объектами называется *стыком*, или интерфейсом. *Интерфейс* - совокупность унифицированных связей и сигналов, посредством которых элементы системы (сети) связи соединяются друг с другом. Различают межуровневые интерфейсы и интерфейсы внутри уровней.

Необходимо отметить, что правила взаимодействия объектов разных открытых систем ЭМВОС допускают обмен сообщениями между объектам и одного уровня только через объекты нижележащего уровня. При последовательном применении этого ограничения к каждому из уровней видно, что маршрут обмена сообщениями проходит через самый нижний уровень (рис 3.2).

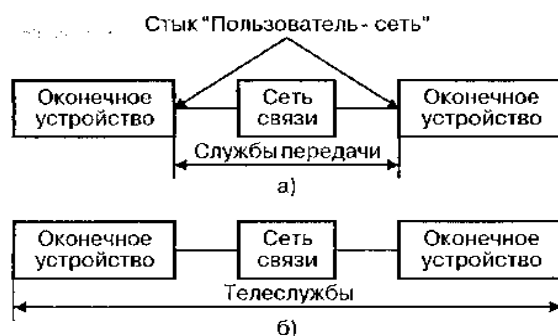


Рис. 3.2. Участки определения службы передачи (а), телеслужбы (б)

Следовательно, процедуры обмена сообщениями между различными открытыми системами включают протокольные процедуры соответствующих уровней и ряд интерфейсных межуровневых процедур.

Каждый N -й уровень описания эталонной модели взаимодействия открытых систем представляется в виде *совокупности функциональных возможностей*, которые являются необходимыми для элементов системы при обработке, передаче сообщений, обнаружению и исправлению ошибок и т. д. Эти элементы относятся к $(N + 1)$ -му уровню описания в

иерархической модели. Совокупность функциональных возможностей N -го уровня и всех нижестоящих уровней, которая может быть предоставлена объектом на границе между N -ым и $(N + 1)$ -ым уровнями, называется *службой*. Понятие «служба» будем использовать в рамках описания процесса предоставления пользователям функционально-связанного набора услуг по обмену конкретными видами информации с заданными параметрами качества для решения прикладных задач, которые могут быть решены автоматически с помощью программно-аппаратных средств открытой системы.

Следует отметить, что понятие «служба» может иметь смысл организации, учреждения или системы. Так, например, в архитектуре единой сети электросвязи выделяют «службы электросвязи», которые представляют собой организационно-технические системы, включающие средства передачи, приема и обработки информации, органы управления, технический и административный персонал. Эти службы обеспечивают весь комплекс мероприятий по удовлетворению абонентов (пользователей) сети телекоммуникационными услугами.

При описании телекоммуникационных систем сетей с использованием ЭМВОС службы подразделяются на две группы: службы передачи и телеслужбы.

Службы передачи - службы, предназначенные для передачи сообщений по сети связи. Они описаны первыми тремя уровнями ЭМВОС.

Телеслужбы - службы (кроме телефонной, телеграфной и службы передачи данных), которые организуются с целью непосредственного обмена сообщениями между оконечными устройствами абонентов через сети электросвязи (рис. 3.2). К этим службам относятся телетекс, телефакс, видеотекс и др. Таким образом, функции телеслужб охватывают, во-первых, все функции передачи (с первого уровня по третий), во-вторых, функции связи оконечных устройств.

Функционирование объекта, описываемого $(N + 1)$ -м уровнем, может обеспечиваться по запросу одного или совокупности объектов, имеющих N -й уровень в иерархии. Для выполнения такого взаимодействия требуется запрос объекта любого уровня к нижестоящим объектам для предоставления определенного набора услуг. *Услугой* называется предлагаемый объекту (пользователю) набор функций, или возможностей средств связи и автоматизации по приему, обработке, доставке и представлению информации. Очевидно, что *услуга является частью службы*, которая востребована объектом (пользователем). Например, услугами могут быть сокращенный набор номера для часто вызываемого абонента, извещение о поступающем вызове с индикацией, установление на ожидание при занятости канала связи и т. д.

N -я услуга характеризуется следующими параметрами качества:

- ожидаемая задержка передачи;

- вероятность искажения информации;
- вероятность потери данных или их дублирования;
- вероятность передачи по неправильному адресу;
- защищенность от несанкционированного доступа.

Совокупность всех услуг и правил их предоставления называется *сервисом*. Объекты N -го и $(N + 1)$ -го уровней обмениваются управляющими сигналами и данными через *точку доступа* к N -й службе, которая определяется как точка, в которой $(N + 1)$ -му объекту N -ым объектом предоставляется N -я служба. Таким образом, если $(N + 1)$ -е объекты представляют собой активные компоненты модели, то точка доступа - пассивный компонент, служащий для хранения информации, которая может быть востребована при передаче управляющих сигналов и данных между N -ым и $(N + 1)$ -ым объектами.

Различие уровней описания эталонной модели заключается в ориентации решаемых ими задач, содержательная направленность которых отражается в их наименовании.

Два верхних уровня (*прикладной* и *представительский*) соответствуют прикладным процессам (рис. 3.3), под которыми понимаются процессы обработки сообщений для нужд пользователей. Остальные уровни реализуют так называемый сетевой метод доступа и описывают функции телекоммуникационной сети или ее элементов. Точка раздела двух указанных групп уровней описания открытых систем называется *портом*. Через порты по логическим каналам осуществляется связь различных процессов.

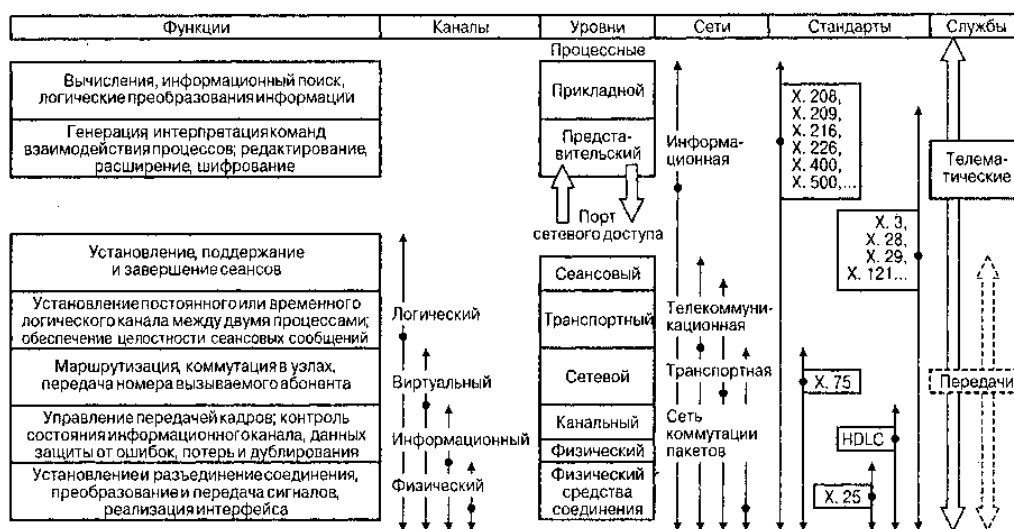


Рис. 3.3. Структура эталонной модели открытых систем

Логический канал - путь, по которому сообщения передаются от одного порта к другому. Логический канал прокладывается в одном физическом канале, либо в последовательности таких каналов (каналов передачи). Логический канал, прокладываемый на сетевом уровне, называют виртуальным каналом, а на канальном уровне -каналом передачи данных (информационным).

Каждый процесс может быть либо одно-, либо многопортовым. Помимо телекоммуникационной сети в рассматриваемой модели определена транспортная сеть, объединяющая четыре нижних уровня всех систем.

При создании ЭМВОС предполагалось, что регламентированный перечень функций, выполняемых отдельными уровнями, должен быть максимальным и соответствовать международным стандартам. Однако такие стандарты на сегодняшний день в полном объеме разработаны лишь для первых трех уровней открытых систем. Это объясняется сложностью задачи, поставленной перед учеными и инженерами связи. Совокупность таких стандартов, получившая идентификатор X.25, определяет порядок функционирования сетей связи, основанных на принципе коммутации пакетов.

Верхние четыре уровня оказываются инвариантными к процессам коммутации, которые определяются тремя нижними уровнями, и поэтому называются сквозными (рис. 3.3).

Несмотря на отсутствие строгой регламентации функций, системный подход позволяет охарактеризовать уровни модели архитектуры систем передачи и распределения информации с достаточной степенью детализации.

3.2 Уровни модели архитектуры систем передачи и распределения информации

С целью изучения и последующего применения ЭМВОС ее уровни можно разбить:

- на группу верхних уровней, содержащую три уровня (прикладной, представительский, сеансовый), которые описывают телематические службы и процессы установления и поддержания соединений между оконечными устройствами, а также предоставление сообщений (данных) в удобной для восприятия абонентом форме;

- группу нижних уровней, содержащую три уровня (сетевой, каналный, физический), которые описывают процессы транспортировки, коммутации сообщений по сети от одного абонентского устройства к другому;

- транспортный уровень (четвертый уровень) является связующим звеном между верхними и нижними уровнями (рис. 3.4).

- 3.2.1 *Прикладной уровень (7-й уровень ЭМВОС)* - уровень взаимосвязи открытых систем, обеспечивающий услуги по обмену данными между прикладными процессами пользователей (обработки данных).

- Прикладной уровень предназначен для обеспечения доступа прикладным процессам пользователя (абонента), находящимся над прикладным уровнем, к возможностям ЭМВОС. В общем случае все выполняемые на этом уровне процессы могут быть представлены совокупностью двух групп - прикладных процессов пользователей и прикладных процессов

административного управления (первые относятся к рабочим и терминальным системам, вторые - к административной системе).

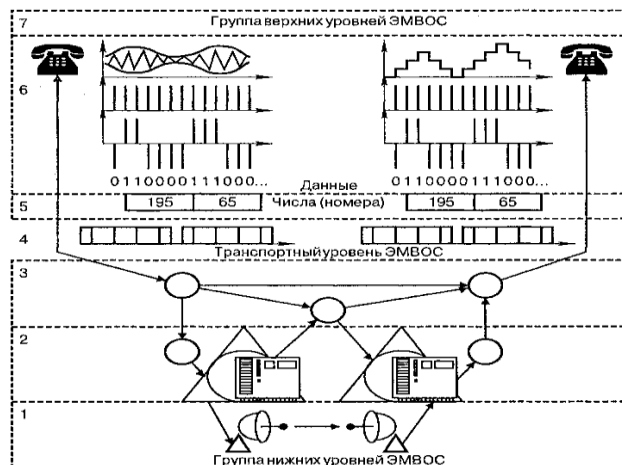


Рис. 3.4. Модель описания сети связи

Административное управление служит для координации ресурсов открытой системы, расположенных на всех ее уровнях. Прикладные процессы пользователей служат для управления обработкой информации, динамического распределения ресурсов между процессами, обслуживания процедур восстановления нормальной работы сети после появления сбоев и неисправностей; обработки информации, т. е. непосредственного выполнения тех основных функций, для которых создается система.

Прикладной уровень, взаимодействующий непосредственно с пользователем, обеспечен полным набором услуг, предлагаемых всеми нижними уровнями. Он диктует нижним уровням, какие услуги действительно должны быть вызваны. Прикладной уровень выполняет задачу обеспечения различных форм взаимодействия прикладных процессов разнообразных открытых систем.

Для организации взаимодействия пользователей прикладной уровень имеет средства обращения к сервису, выполняемому представительским уровнем. Эти средства позволяют:

- формировать запросы на установление соединения с одним или несколькими другими абонентами;
- задавать форму представления сообщений, подлежащих обмену (в виде текста, таблицы, математической формулы и т. д.);
- запрашивать справки о наличии и состоянии прикладных процессов в других системах и др.

Ключевой среди всех вышеперечисленных функций для прикладного уровня является обеспечение смыслового содержания сообщения (семантика).

Обращение к сервису осуществляется путем выполнения специальных процедур доступа, регламентированных межуровневым интерфейсом.

Таким образом, прикладной уровень является основным в ЭМВОС, так как остальные уровни существуют только для обеспечения его работы.

3.2.2 *Представительский уровень* (уровень представления данных, шестой уровень ЭМВОС) - уровень взаимосвязи открытых систем, обеспечивающий услуги по обмену сообщениями между логическими объектами прикладного уровня, преобразование и представление сообщений в нужном формате.

Представительский уровень является самым простым с точки зрения взаимосвязи. Его функцией является преобразование сообщений абонента (пользователя ПЭВМ) из формы, используемой прикладным уровнем, в форму, применяемую более низкими уровнями для передачи, т. е. осуществляется синтаксис сообщений. Если, например, используется дисплей, то информация формируется в виде страницы с заданным числом строк определенной длины на экране. Кроме того, информация может представляться на ПЭВМ с использованием различного шрифта, графических знаков, математических символов (для их представления в ПЭВМ имеется текстовый, графический и формульный редакторы). При применении факсимильного аппарата определяются форма и структура документа и др. В общем случае каждый прикладной процесс может оперировать своими формами представления сообщений, поэтому представительский уровень должен обладать избирательностью в формах их представления. Это со своей стороны требует введения в представительский уровень идентификации форматов сообщений.

Поскольку число прикладных процессов может быть произвольным, то произвольным оказывается и число форм представления сообщений. В результате требуется предусматривать большое число процедур идентификации и преобразования. Для ограничения числа этих процедур осуществляют стандартизацию форматов сообщений и определение числа так называемых локальных форматов, которыми оперируют прикладные процессы. При этом все многообразие схем преобразования форматов сообщений ограничивается тремя вариантами (рис. 3.5).

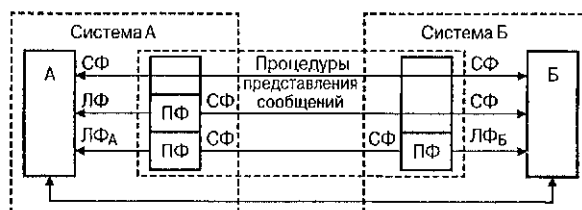


Рис. 3.5. Схемы преобразования форматов: СФ - стандартный формат, ЛФ - локальный формат

Простейший из них соответствует случаю, когда оба взаимодействующих процесса, например взаимодействие сетей связи и абонентских устройств одинакового аналогового типа, требуют сообщения в стандартном формате (СФ). При этом функция преобразования форматов исключается, а, следовательно, исключается и основная функция представительского уровня.

Второй вариант нужен тогда, когда только один из взаимодействующих процессов «работает» со стандартными форматами. В этом случае в состав средств представительского уровня системы, использующей сообщения в локальном формате (ЛФ), необходимо вводить преобразователь форматов (ПФ). В задачу ПФ входит преобразование стандартного формата в локальный и наоборот в зависимости от направления движения сообщения.

Третий вариант требуется, когда оба процесса ведут обмен сообщениями в различных локальных форматах. Здесь необходимо использование преобразователей форматов в каждой из двух систем с теми же функциями, что и в предыдущем случае.

Представительский уровень описания систем характеризуется не только возможностью идентификации и преобразования форматов. К функциям представительского уровня также относятся:

- адресация прикладных процессов и их портов;

- сжатие и расширение сообщений;

- шифровка и расшифровка сообщений, если они реализуются программными методами, а не аппаратурой.

Взаимодействие логических объектов (процессов) представительского уровня, подобно прикладному, организуется с помощью нижестоящего, сеансового уровня.

Таким образом, выше представительского уровня сообщение имеет явную смысловую форму, а ниже оно рассматривается только с точки зрения его приведения к форме, удобной для передачи по элементам открытой системы модели, и его смысловое значение не влияет на обработку.

3.2.3 Сеансовый уровень (5-й уровень ЭМВОС) - уровень взаимосвязи открытых систем, обеспечивающий услуги по организации и синхронизации взаимодействия между логическими объектами уровня представления данных (представительского уровня).

Главной задачей сеансового уровня является организация диалога между абонентскими устройствами (терминалами), т.е. организация сеансов связи и управление обменом сообщениями по логическим каналам, которые существуют только на время сеанса связи.

Сеансы связи по логическим каналам могут быть одно- либо двусторонними. В этом смысле можно говорить о симплексной, полудуплексной и дуплексной связи соответственно.

Симплексная связь - двусторонняя связь между двумя пользователями, при которой передача и прием ведутся поочередно. Полудуплексная связь-двусторонняя связь, в которой обмен сообщениями между двумя пользователями осуществляется по очереди с возможностью изменения направления в процессе передачи. Дуплексная связь - двусторонняя связь, при которой передача осуществляется одновременно с приемом.

Организация логических каналов в общем случае требует:

- идентификации сеанса связи;
- инициализации сеанса связи;
- идентификации границ передаваемых сообщений;
- прерывания и восстановления сеанса в случае возникновения сбойных ситуаций;
- завершения сеанса связи.

3.2.4 *Транспортный уровень* (4-й уровень ЭМВОС) - уровень взаимосвязи открытых систем, обеспечивающий услуги по кодонезависимому и надежному обмену сообщениями между логическими объектами сеансового уровня при эффективном использовании ресурсов нижерасположенных уровней.

На транспортный уровень возлагается задача подготовки сообщений к виду, пригодному для передачи по сети связи, т. е. транспортный уровень освобождает верхние уровни от учета особенностей сетей связи. При передаче дискретных сообщений (например в сети передачи данных или сети ISDN) методом коммутации пакетов в соответствии со стандартом X.25 на передающей стороне производится деление длинных сообщений, поступающих от верхнего (сеансового) уровня, на пакеты. Каждый пакет снабжается заголовком (З), концевиком (К) и передается через нижестоящие уровни в сеть связи (процесс деления сообщения на части формализованной длины называется сегментацией) (рис. 3.6). Деление необходимо потому, что в сетях с пакетной коммутацией передача сообщений осуществляется пакетами ограниченной длины, как правило, 128 байт, и, возможно, что для передачи сообщения потребуется несколько пакетов.

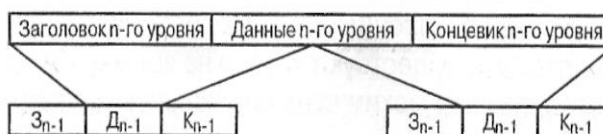


Рис. 3.6. Сегментация сообщения: З - заголовок, Д - данные, К - концевик

Пакет - это блок данных, передаваемый между абонентскими устройствами на сетевом уровне.

На приемной стороне открытой системы с помощью транспортного уровня модели описываются процессы сбора сообщения из принятого набора пакетов, полученных через канальный и сетевой уровни. Кроме того, транспортный уровень должен исключить потерю пакетов или их смещение. Таким образом, на транспортный уровень кроме подготовки сообщений для передачи в сетевой уровень возлагаются функция повышения достоверности, а также ряд других вспомогательных процедур:

- предоставление приоритетов при передаче блоков сообщений (нормальные, срочные);
- передача подтверждений о переданных блоках сообщений;
- ликвидация блоков при тупиковых ситуациях в сети;
- контроль качества обслуживания по различным параметрам (среднему времени прохождения сообщения от отправителя до адресата, производительности сети, вероятности ошибок и ряду других параметров).

Транспортный уровень является границей, ниже которой пакет данных становится неделимой единицей информации, управляемой сетью. Выше транспортного уровня в качестве единицы информации рассматривается только сообщение. Необходимо подчеркнуть, что протоколы транспортного уровня относятся к классу межконцевых протоколов. Термин «межконцевой» подчеркивает тот факт, что транспортные протоколы обеспечивают обмен информацией между абонентами сети, тогда как протоколы нижних уровней отвечают только за доставку сообщений на отдельных участках сети.

Примером протокола транспортного уровня для конкретного применения является протокол, описанный в рекомендации Т.70, определяющий транспортные процедуры передачи сообщений в новой информационной службе Телетекст.

К нижним уровням ЭМВОС относятся сетевой, канальный и физический. Они регламентированы МСЭ-Т в рекомендациях X.25 и X.75. Протокол X.25 определяет взаимодействие между абонентскими устройствами сетей передачи данных с коммутацией пакетов. Протокол X.75 определяет процедуры взаимодействия между различными сетями с пакетной коммутацией. Часто данный протокол называют шлюзом. Пример взаимодействия сетей с пакетной коммутацией Роспак, Инфотел и Атлас показан на рис. 3.7.

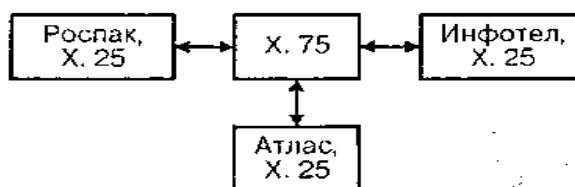


Рис 3.7. Гибридная сеть с коммутацией пакетов

3.2.5 *Сетевой уровень* - уровень, обеспечивающий образование каналов, соединяющих абонентские устройства через телекоммуникационную сеть.

Сетевой уровень предназначен для выбора маршрута передачи сообщения по сети, коммутации в узлах сети, создания условий, исключающих перегрузку сети, которая может явиться следствием реализации недостаточно эффективной процедуры маршрутизации, передачи номера вызываемого абонента, установления и разъединения коммутируемого соединения. Другими словами, сетевой уровень «прокладывает» путь между системой-отправителем информации и системой-адресатом через всю телекоммуникационную сеть, т. е. обеспечивает *маршрутизацию* сообщения. Маршрутизацией называют процесс определения в телекоммуникационной сети пути, по которому вызов либо сообщение может достигнуть адресата.

Маршрутизация является распределенным процессом и выполняется всеми узлами коммутации сети связи. Для этого каждый узел определяет виртуальный канал, или канал передачи, по которому необходимо направить вызов или сообщение от абонента к корреспонденту, тем самым создавая путь на сети связи.

Например, при необходимости доставки сообщений от пользователя А к пользователю Б (рис. 3.8) возможна их передача по каналам 1, 2, ... ε , ... h , где h - общее число каналов передачи, смежных с U_s и соединяющих его с h другими узлами сети. Выбор конкретного исходящего от узла U_s канала осуществляется в соответствии с критерием наилучшего значения показателя эффективности Q_e ($e = 1, 2, \dots, h$).

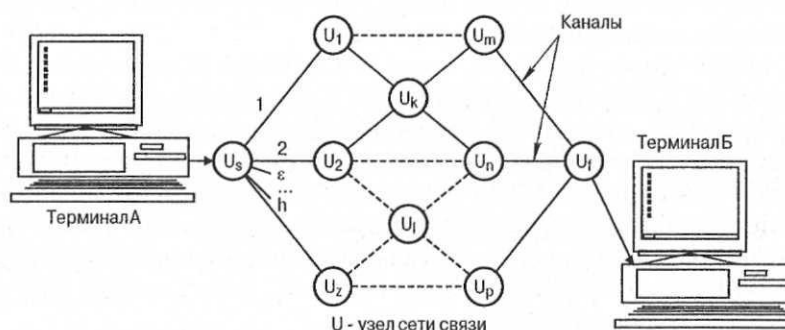


Рис. 3.8. Возможные маршруты передачи сообщений (пакетов) от пользователя А к пользователю Б

В качестве Q_e могут выбираться такие показатели, как время доставки сообщения, вероятность своевременной доставки сообщения и т. д. При известных значениях Q_e могут быть использованы детерминированная или вероятностная процедуры выбора исходящих каналов.

При детерминированной процедуре используются маршрутные таблицы, в которых указываются адреса и соответствующие им номера исходящих каналов, выбранных по значениям показателей Q_e (табл. 3.1)

Таблица 2.1. Детерминированная таблица маршрутизации

Маршруты:	Получатели			
	U_1	U_2	...	U_f
Основной	1	2	...	ε
Дополнительный	2	1	...	h

При применении вероятностной процедуры выбора маршрутов в маршрутной таблице (табл. 3.2) задается распределение вероятностей и сообщение при передаче из узла U_s в узел U_f может быть выдано в любой из исходящих каналов с вероятностью $P_e(f)$, причем

$$\sum P_e(f) = 1.$$

Таблица 2.2. Вероятностная таблица маршрутизации

Исходящие каналы	Получатели			
	U_1	U_2	...	U_f
1	$P_1(1)$	$P_1(2)$	$P_1(\dots)$	$P_1(f)$
2	$P_2(1)$	$P_2(2)$	$P_2(\dots)$	$P_2(f)$
...
...
...
h	$P_h(1)$	$P_h(2)$	$P_h(\dots)$	$P_h(f)$

Детерминированная процедура является частным случаем вероятностной, когда одна из вероятностей равна 1, а все остальные - нулю. Выбор вероятности $P_e(f)$ производят по значениям показателей эффективности Q_e , причем большие вероятности приписываются лучшим маршрутам. Применение вероятностной процедуры дает более равномерное распределение сообщений по элементам сети.

Совокупность маршрутных таблиц узлов связи реализует определенный план распределения сообщений в сети связи, обеспечивающий оптимизацию ее пропускной способности.

При коммутации каналов прокладка маршрута через телекоммуникационную сеть осуществляется только в момент начала сеанса взаимодействия абонентских систем. Для этой цели пользователь-инициатор установления связи - передает через сеть вызов. Он проходит через узлы коммутации, каждый из которых влияет на процесс маршрутизации. В результате создается последовательность каналов, соединяющих двух взаимодействующих на время передачи сообщений пользователей. При этом передача сообщений осуществляется таким образом, что отправитель и получатель «не видят» узлы коммутации, через которые проходят сообщения.

В сети связи с коммутацией пакетов сообщение, состоящее из нескольких пакетов, как правило, идет по нескольким путям. Для этого сетевой уровень добавляет в пакеты соответствующую служебную информацию, необходимую для продвижения пакетов по узлам коммутации и линиям связи сети связи (например общее число пакетов в сообщении и порядковый номер каждого из них). Адрес сетевого уровня в чем-то похож на почтовый адрес, который определяет место нахождения корреспондента, указывая страну, область, почтовый индекс, город, улицу, дом, квартиру и имя адресата. Иерархические адреса делают сортировку и повторный вызов более легкими путем исключения крупных блоков логически идентичных адресов в процессе операции сравнения. Например, можно исключить все адресные данные других государств, если в адресе указано государство Беларусь.

При передаче пакетов сообщения по сети связи возникает проблема: такие характеристики, как длина поля адреса, размер пакета и даже промежуток времени, в течение которого пакету разрешается перемещаться по сети и по истечении которого пакет считается потерянным и выдается запрос на пакет-дубликат, в каждой сети различны. По этой причине управляющая информация, включаемая в пакеты на сетевом уровне, должна быть достаточной для предотвращения возможных недоразумений и обеспечения успешной доставки и сборки пакетов.

Очевидно, что транспортный и сетевой уровни в значительной степени дублируют друг друга, особенно в плане функций управления потоком сообщений (пакетов) и контроля ошибок. Главная причина такого дублирования заключается в том, что существует два варианта связи с коммутацией пакетов (сообщений) - с установлением соединения и без

установления соединения. Эти варианты базируются на разных предположениях надежности сети.

Связь с установлением соединения (как и при коммутации каналов) предусматривает первоначальное установление сквозного соединения (канала связи) от потребителя до потребителя, после чего происходит обмен информацией между абонентами. В этом случае абоненты не обязаны завершать обмен информацией своим именем, именем вызываемого корреспондента и его адресом, поскольку предполагается, что связь надежна и противоположная сторона получает сообщение без искажений. Адрес пункта назначения в такой сети необходим лишь при установлении соединения, в самих сообщениях он не нужен. В такой сети сетевой уровень выполняет функцию по контролю ошибок и управлению потоком сообщений. Кроме того, в сети связи с коммутацией пакетов в его функции входит сборка пакетов.

Связь без установления соединения (дейтаграммный способ) предполагает, что контроль ошибок и управление потоком сообщений (пакетов) осуществляются на транспортном уровне. Адрес пункта назначения необходимо указывать в каждом пакете, соблюдение очередности пакетов не гарантируется. Основная идея такой связи состоит в том, что пакеты передаются по разным, заранее не коммутированным маршрутам сети связи. В результате этого в узлах коммутации могут образовываться очереди на передачу пакетов. Важнейшим показателем таких сетей является скорость передачи. Потребители должны полагаться на собственные программы контроля ошибок и управления потоком сообщений (пакетов), а не на встроенные стандартные средства ЭМВОС. При разработке ЭМВОС возможности связи с соединением и связи без соединения описаны в обоих уровнях - сетевом и транспортном. Конечный потребитель может выбрать соответствующие стандартные значения для управляющих полей этих уровней и использовать тот метод, который, на его взгляд, лучше. Недостаток здесь состоит в излишней избыточности, предусмотренной в обоих уровнях, что означает дополнительное количество служебной информации. При передаче информации в таком формате по линиям дальней связи это приводит к дополнительным накладным расходам, поскольку процесс передачи занимает больше времени.

3.2.6 *Канальный уровень* - уровень взаимосвязи открытых систем, осуществляющий управление передачей информации по каналу. С помощью канального уровня рассматриваются (описываются) процессы передачи стартового сигнала и организации начала передачи информации, самой передачи информации по каналу, проверки получаемой информации и исправления ошибок, отключения канала при его неисправности и восстановления передачи после ремонта техники, генерации сигнала окончания передачи и перевода канала в пассивное состояние.

На канальном уровне происходит обработка пакетов и передача их в соответствии с заданным на сетевом уровне маршрутом передачи. Для этого пакеты преобразуются в кадры соответствующего размера (рис. 3.9). Кадр - блок данных, передаваемый на канальном уровне.

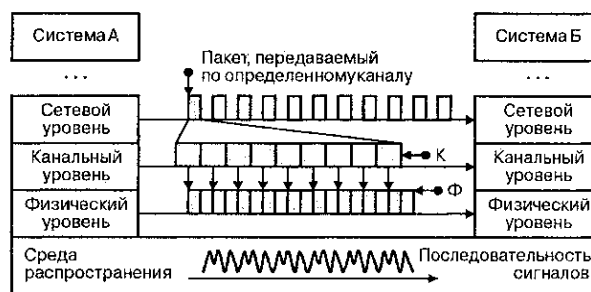


Рис. 3.9. Схема передачи пакетов по объектам, описываемым нижними уровнями ЭМВОС: К - кадр, Ф - флаг

Реализация соответствующих услуг канального уровня осуществляется с помощью набора служебных сообщений (в литературе они имеют названия «примитивы», «транзакции» или «интерфейсные блоки данных»; мы в дальнейшем будем называть их примитивами), которые в ЭМВОС делятся на три группы: запроса, индикации, ответа (подтверждения). Эти примитивы удобно рассматривать как управляющую информацию, присущую определенным фазам работы канала: организация канала, передача по нему сообщений, завершение работы канала.

3.2.6.1 Фаза организации канала. За время этой фазы возможно использование пяти типов примитивов:

1. Запрос соединения, используемый сетевым уровнем в качестве требования на организацию логического канала (табл. 3.3). При выполнении этого запроса канальный уровень отвечает примитивом подтверждения соединения. При поступлении запроса на соединение от удаленного абонента он передается канальным уровнем к сетевому уровню в виде примитива «индикация запроса на соединение».

Табл. 3.3. Примитивы, используемые на фазе организации канала связи

Система А		Канал связи	Система Б	
Сетевой уровень	Канальный уровень		Канальный уровень	Сетевой уровень
Запрос соединения →	→	Сообщение о запросе на соединение →	Индикация запроса на соединение →	Ответ на запрос соединения ←
	Подтверждение соединения ←	Сообщение о запросе на соединение ←		
Передача блока данных → ←		Информационный кадр →	Индикация поступления блока данных →	Ответ на поступление блока данных ←
	Подтверждение приема блока данных ←	Сообщение о подтверждении приема (квитанция) ←		
Запрос на разъединение →		Сообщение о разъединении →	Индикация разъединения →	Ответ на запрос о разъединении ←

2. Запрос активизации, используемый при управлении канальным уровнем с целью перевода в активное состояние компонентов этого уровня. В ответ на этот запрос передается примитив «подтверждение активизации».

3. Запрос выбора конкретного физического соединения из группы возможных соединений. В ответ выдается примитив «подтверждение выбора».

4. Запрос индикации окончных точек соединения, с помощью которых осуществляется обмен сообщениями с другим сетевым компонентом.

5. Запрос согласования параметров, определяющих качество предоставляемых услуг.

3.2.6.2 *Фаза передачи сообщений по каналу.* Возможно использование шести типов примитивов:

1. Запрос передачи блока данных к удаленному сетевому компоненту. Подтверждение сообщается канальным уровнем примитивом «подтверждение передачи данных». Блок данных, поступивший от удаленной станции, передается сетевому уровню с помощью примитива индикации поступления данных, а ответом на этот примитив служит примитив ответа на поступление данных.

2. Запрос срочной передачи блока данных используется для ускоренной (срочной) передачи блока данных.

3. Запрос управления потоком, передаваемый от сетевого уровня к канальному. Для сообщения о поступлении аналогичного запроса от удаленного абонента канальный уровень использует примитив индикации запроса управления потоком.

4. Запрос перехода к начальным условиям, при котором осуществляется сброс имеющихся в канальном уровне блоков данных и установка начальной нумерации.

5. Запрос текущего состояния канального уровня.

6. Запрос прерывания процесса передачи блока данных.

3.2.6.3 *Фаза завершения соединения в канале.* На этой фазе применяются два примитива:

1. Запрос разъединения логического канала, передаваемый от сетевого уровня канальному.

2. Запрос о выключении компонента канального уровня. Необходимость обнаружения и исправления ошибок во время

передачи сообщений по каналам связи вызвана сравнительно низким их качеством, а также наличием различного рода помех (случайных или специально организованных - преднамеренных).

Для выполнения функции по обнаружению ошибок на канальном уровне применяется метод автоматического запроса повторной передачи, который предусматривает, что если

выявлена ошибка, то принимающая открытая система передает код «неподтверждения приема», а передающая система повторяет передачу.

Рассмотренные фазы работы канала связи повторяются по мере возникновения необходимости в передаче сообщений.

В качестве стандарта для протоколов канального уровня организацией ISO рекомендуется протокол HDLC (High Level Data Link Control -протокол управления каналом передачи данных).

3.2.7 Физический уровень - уровень, определяющий механические, оптические, электрические, процедурные средства передачи сигналов через физические средства соединения.

Физический уровень предназначен для переноса сообщения (последовательности бит) в виде, пригодном для передачи по конкретной используемой физической среде. В качестве такой физической среды передачи могут использоваться, как правило, сеть связи или совокупность отдельных выделенных каналов передачи, соединительная проводная линия, радиоканал и т. д.

Физический уровень выполняет три функции: установление и разъединение физических соединений между коммутационными устройствами; преобразование сигналов к виду, пригодному для передачи по физической среде; реализация интерфейса (стыка).

3.2.7.1 Установление и разъединение соединения. При использовании коммутируемых каналов на физическом уровне необходимо осуществлять предварительное соединение взаимодействующих абонентских устройств и их последующее разъединение. При использовании выделенных (арендуемых) каналов такая процедура упрощается, так как каналы постоянно закреплены за соответствующими направлениями связи. Обмен сообщениями между абонентскими устройствами, не имеющими прямых связей, организуется с помощью коммутации потоков, сообщений, пакетов или каналов связи через промежуточные узлы коммутации. Однако функции такой коммутации выполняются уже на более высоком уровне и к физическому уровню отношения не имеют. Кроме физического подключения на физическом уровне согласуются режимы работы средств связи, способы модуляции, скорости передачи, режимы исправления ошибок и т. д. После установления соединения управление передается более высокому канальному уровню.

3.2.7.2 Преобразование сигналов. Для согласования передаваемого с абонентского устройства низкочастотного сигнала с параметрами канала связи осуществляется его преобразование (одного или нескольких его параметров) в высокочастотный сигнал с помощью несущего колебания. Такое преобразование аналогового сигнала называется модуляцией, а устройство - модулятором. Обратное преобразование - демодуляцией, а

устройство - демодулятором. Устройство, в котором реализованы обе функции, называется модемом.

3.2.7.3 *Реализация стыка (интерфейса)*. На физическом уровне различают стыки, взаимодействующие со средой распространения, и стыки, не взаимодействующие с ней. Стык, взаимодействующий со средой распространения сигналов, обеспечивает функционирование модема по физическим (аналоговым или цифровым) каналам связи. Он соответствует одному из стандартизированных канальных стыков С1 (рис. 3.10).

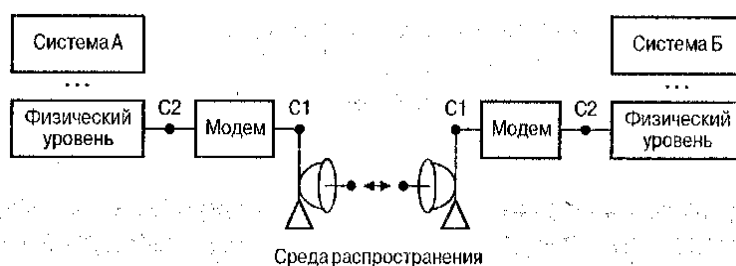


Рис. 3.10. Внутриуровневые стыки (интерфейсы):

С1 - стык, взаимодействующий со средой распространения сигнала; С2 - стык, не взаимодействующий со средой

Примерами таких стыков С1 являются:

- С1 -ТФ - для каналов телефонной сети связи общего пользования;
- С1 -ТЧ - для выделенных каналов тональной частоты;
- С1 -ТГ - для телеграфных каналов связи;
- С1-ШП - для первичных широкополосных каналов;
- С1 -ФЛ - для физических линий связи и др.

Стыки, не взаимодействующие со средой распространения сигналов, обеспечивают взаимодействие оконечного устройства пользователя (терминала) и модема. Они определяются стандартами как преобразовательные стыки С2. Стандарты и рекомендации (V.24, RS-232, RS-449, V/35 и др.) по С2 определяют общие характеристики (скорость и последовательность передачи), функциональные и структурные характеристики (номенклатура, категория цепей интерфейса, правила их взаимодействия); электрические (величины напряжений, токов и сопротивлений) и механические характеристики (габариты, распределение контактов по цепям и др.).

3.2.7.4 *На физическом уровне* происходит диагностика определенного класса неисправностей, например, таких как обрыв провода, пропадание питания, потеря механического контакта и т. д.

Таким образом, физический уровень обеспечивает передачу сигналов без группировки передаваемой последовательности в более крупные информационные единицы, а также без анализа смыслового содержания как информационной, так и служебной составляющих

сообщения. Реализация интерфейса физического и канального уровней осуществляется посредством модемов в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т.

3.3. Взаимодействие элементов открытых систем

Прежде чем приступить к рассмотрению вопросов взаимодействия элементов открытых систем необходимо дать определения понятиям «взаимосвязь» и «взаимодействие».

Часто в переводах встречается расшифровка аббревиатуры ЭМВОС как эталонной модели взаимодействия открытых систем. Это не удивительно, так как операторы сетей и производители средств связи зачастую не зависят друг от друга, и, следовательно, не имеют системы управления, которая могла бы целенаправленно воздействовать на них одновременно. Выходом из такой ситуации явилась концепция, основанная на взаимодействии, т. е. согласованном функционировании элементов с единой целью - предлагать услуги и средства связи. Такое взаимодействие осуществляется на основе документов, несущих рекомендательный и открытый для дополнений характер, которые дают возможность производителям и операторам ориентироваться на эталоны и безболезненно внедрять новые системы и услуги связи. Понятие «взаимодействие» сточки зрения теории систем полностью отвечает замыслу создания ЭМВОС.

Учитывая, что ЭМВОС описывает не только системы, сети и службы электросвязи и является не единственной концепцией в мире, а также исходя из системных позиций, под взаимодействием элементов открытых систем будем понимать их согласованное функционирование с целью выполнения общих задач по обеспечению услугами электросвязи абонентов этих систем.

Взаимодействие элементов открытых систем может быть организационно-техническим, экономическим, правовым. Под организационно-техническим взаимодействием понимается взаимодействие технических средств и обслуживающего персонала элементов открытых систем.

Взаимодействие между элементами открытых систем должно обеспечить:

1. Повышение эффективности функционирования открытых систем.
2. Комплексное использование ресурсов открытых систем.
3. Возможность связи между абонентами открытых систем и др.

Опираясь на функции уровней ЭМВОС, можно утверждать, что протоколы трех нижних уровней позволяют установить соединение по сети связи, передать как речевые, так и неречевые сообщения и разъединить соединение, т. е. осуществить функции передачи. Протоколы верхних уровней дают возможность организовать различные телеслужбы при использовании одной и той же сети связи, т. е. осуществить функции связи между

абонентскими устройствами. Верхние уровни в основном используются для передачи неречевых сообщений при подключении абонентских устройств в виде ЭВМ, факсимильных аппаратов и т. д. Таким образом, при взаимодействии элементов ЭМВОС выделяют два типа функций взаимодействия (ФВ):

1. ФВ, относящиеся к функциям передачи, которые принадлежат нижним трем уровням (рис. 3.11);

2. ФВ, относящиеся к функциям связи, которые реализуются (описываются) всеми уровнями (рис. 3.12).

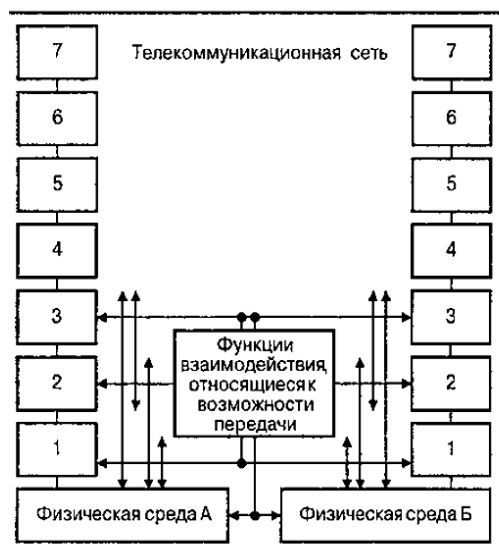


Рис. 3.11. Функции взаимодействия, относящиеся к возможности передачи

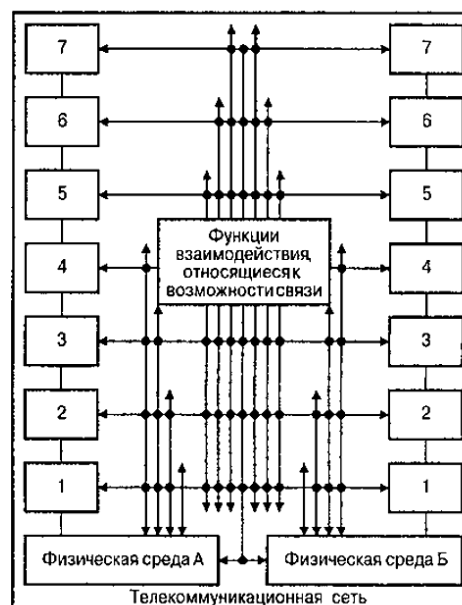


Рис. 3.12. Функции взаимодействия, относящиеся к возможности связи

Требования к функции взаимодействия определяются путем сравнения процессов взаимодействия сетей (например для вторичной сети - установление соединения и отбой, кодирование сигналов, маршрутизация, контроль качества обслуживания и др.) и телеслужб (например установление и разъединение соединения абонентских устройств, кодирование информации пользователя, организация сеансов связи и передача отдельного сообщения, обеспечение безопасности информации и др.).

Совпадающие функции взаимодействия не требуют преобразований на ФВ (например в сетях связи, где коммутируются только аналоговые телефонные каналы). Несовпадающие функции требуют соответствующего преобразования на ФВ (например, в одной сети коммутируются аналоговые телефонные каналы, а в другой - дискретные каналы).

При передаче неречевых сообщений от одного абонента к другому по элементам открытых систем дополнительно должны предусматриваться функции преобразования: упаковки и сегментации. Так для сетей, в которых передаются данные (сети передачи

данных, ISDN), упаковка предусматривает передачу информации в блоках, состоящих из трех полей (заголовка, поля данных и концевика) (рис.3.13).



Рис. 3.13. Схема упаковки информации

Структура служебной информации в общем случае может быть произвольной. Однако на практике применение нашли два типа структур, выбор которых определяется способом идентификации (опознавания) границ передаваемых сообщений.

При использовании асинхронного способа передачи служебная часть информации представляется совокупностью двух блоков - заголовка (З) и концевика (К), размещенных соответственно в начале и конце сообщения, которые сформированы смежным старшим уровнем. Служебные блоки снабжаются специальными признаками, позволяющими выделить их среди других блоков.

При синхронной передаче идентификация границ более проста, так как служебная информация представлена одним блоком, например, только заголовком. Для опознавания конца сообщения на приемной стороне в заголовке указывается длина сообщения. Схема упаковки сообщения остается той же, что и при асинхронной передаче, за исключением того, что по мере продвижения сообщения от верхних уровней к нижним осуществляется накопление лишь заголовков.

Представительский уровень добавляет к полученной части сообщения заголовок процесса, который включает адреса получателя и отправителя, тип сообщения, номер блока в исходном сообщении.

В таком виде сообщения передаются сеансовому уровню, добавляющему к ним концевик процесса. Основной информацией, содержащейся в концевике, являются проверочные символы, позволяющие выявлять ошибки на приемном конце.

Полученная совокупность сообщения пользователя, заголовка и концевика процесса получила наименование блока данных.

На приемном конце выполняются процедуры, сводящиеся к объединению блоков данных в единое сообщение и предоставление его пользователю-адресату.

Рассмотренный состав служебной информации блока данных достаточен только тогда, когда обмен между пользователями идет внутри одной системы и не задействована телекоммуникационная сеть. Взаимодействие различных открытых систем, основывающихся на телекоммуникационной сети, требует участия всех уровней ЭМВОС. В этом случае блоки данных, поступающие на транспортный уровень, подвергаются дальнейшему преобразованию, к каждому блоку данных здесь добавляется дополнительная служебная информация в виде заголовка передачи, где указываются тип сообщения, адреса взаимодействующих сеансовых объектов, идентификатор фрагмента. В результате получается фрагмент данных.

На сетевом уровне для выполнения процедуры маршрутизации к фрагменту данных добавляется заголовок пакета, что и приводит к образованию пакета данных.

Пакет данных после передачи его на канальный уровень обрамляется заголовком и концевиком канала. Этим завершается формирование основной единицы данных, подлежащей передаче по физическому каналу (каналу передачи) - информационного кадра (рис. 3.14).

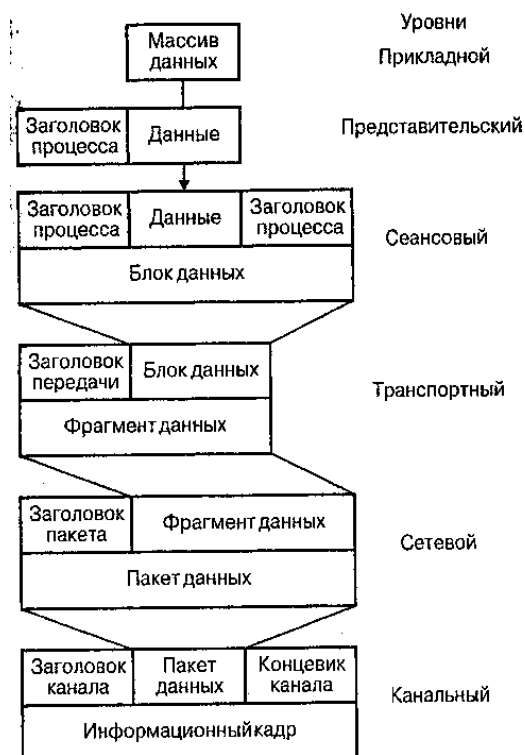


Рис.3.14. Схема формирования информационного кадра

Служебная информация физического канала формируется в виде флага, представляющего собой байт данных определенной конфигурации. Флаги поочередно передаются с информационными кадрами, идентифицируя тем самым их границы (рис. 3.9).

Таким образом, процедура получения кадра сводится к упаковке данных на каждом уровне в свой конверт, подписанию на нем адреса и передачу его нижестоящему уровню.

Сообщения, формируемые прикладным процессом (потребителем), могут иметь произвольный объем. Однако передать такое сообщение по сети связи сложно (особенно по виртуальным каналам, так как они создаются на время передачи сообщения и существовать продолжительное время не могут), поэтому на представительском уровне сообщения подвергаются сегментации, т. е. делению произвольного сообщения на пакеты фиксированной длины. Далее сообщение, представленное на рис. 3.9, через физические каналы, узлы коммутации (сеть связи) поступает от абонента-отправителя абоненту-адресату.

Необходимо отметить, что на начальных этапах перехода от аналоговых сетей к цифровым, а в последующем - к единой сети ISDN передача речевых и неречевых сообщений осуществлялась на базе существующих цифровых телефонных сетей и сетей передачи данных (ПД) с коммутацией пакетов. Взаимодействие реализовывалось по протоколу X.25 (в самой сети связи участвуют только три нижних уровня ЭМВОС), что требовало введения при необходимости в состав узлов телефонной связи соответствующих шлюзов.

Шлюз - устройство, посредством которого соединяются сети разных архитектур.

Для подключения к сети цифровых абонентов используется базовый доступ (2B + D), а для межузлового взаимодействия - первичный доступ (30B + D).

С точки зрения ВОС способ реализации функций уровня - аппаратный или программный не имеет значения, лишь бы эти функции выполнялись. Очевидно, что физический уровень реализуется аппаратно. В целях повышения эффективности канальный и отчасти сетевой уровень можно реализовать аппаратно. Более высокие уровни реализуются, как правило, программно как процессы, протекающие в рамках операционной среды (например в сетях ПД или ISDN, информационных системах).

3.4. Функциональные стандарты и профили взаимосвязи открытых систем

Стандарт - нормативно-технический документ, устанавливающий единицы величин, термины и их определения, требования к средствам связи (автоматизации) и процессу передачи по ним сообщений.

Базовый стандарт - утвержденный Государственный стандарт, Международный стандарт, Технический отчет или Рекомендация МСЭ-Т. Базовые стандарты могут объединяться в группы, образуя профиль.

Профили определяют комбинации базовых стандартов с целью идентификации базовых стандартов и соответствующих протокольных классов, необходимых для обеспечения в системной документации указаний на различные использования базовых стандартов, имеющих значение как для абонентов, так и для поставщиков.

ЭМВОС предназначена служить эталоном для структуры системы (сети) связи, которым можно обосновать роль стандартов для каждого уровня. Более того, не предполагается, что с каждым уровнем должен ассоциироваться один единственный протокол. Наоборот, каждому уровню соответствует набор стандартов, регламентирующих отдельному уровню различные функции. В силу этого для каждой конкретной среды взаимодействия открытых систем может быть определен конкретный комплект стандартов.

Тремя главными международными органами, активно разрабатывающими стандарты на взаимодействие систем и сетей связи, являются Международная организация по стандартам (МОС (ISO)), Американский институт инженеров по электротехнике и электронике (АИИЭЭ), Международный союз электросвязи (МСЭ). При этом МОС и АИИЭЭ разрабатывают в основном стандарты, рассчитанные на производителей, а МСЭ - стандарты для подключения абонентских устройств к национальным и

международным сетям различных типов. Общее количество существующих базовых стандартов составляет более 450. Все они ориентированы на протоколы услуги интерфейсы среды взаимодействия применительно к семиуровневой архитектуре ЭМВОС и подразделяются на четыре большие группы:

1. Общеархитектурные стандарты - для рассмотрения общих принципов взаимосвязи открытых систем.
2. Стандарты по прикладным функциям используемые при рассмотрении принципов построения, услуг, протоколов, функций прикладного, представительского, сеансового уровней. Они включают следующие подгруппы стандартов для структуры прикладного уровня, общих сервисных элементов прикладного уровня, кодирования информации и др.
3. Стандарты по коммуникационным функциям объединяют стандарты на протоколы и услуги нижних уровней ЭМВОС;
4. Стандарты по сетевым технологиям используются при рассмотрении различных классов построения телекоммуникационных сетей и включают следующие две подгруппы стандартов:
 - для сети связи и передачи данных общего пользования (телефонной сети общего пользования, сети передачи данных, ЦСИО и др.);
 - для локальных вычислительных сетей.

В табл. 3.4 представлены основные существующие и разрабатываемые стандарты для семи уровней

Т а б л и ц а 3.4. Стандарты для

Уровень ЭМВОС	Стандартные протоколы
Прикладной	X.400, X.500, X.700, X.800, FRAM, MMS, ODA/EDI, сетевые аспекты мультимедиа-приложений
Представительский	ASN 1, V.42 bis, MNP-5, X.208, X.209, X.216, X.226, ISO 8824, 8825, 8822, 8823, криптозащиты, сжатия
Сеансовый	X.3, X.28, X.29, X.215, X.225, ISO 8826, 8827
Транспортный	TCP, UDP, X.214, X.224, X.75, ISO 8072, 8873, 10608
Сетевой	IP, X.25, DS-1, DS-3, FR, ISO 8473, 8648, 9577, 8208
Канальный	HDLC, LAP-B/D/F, IEEE-8022, 8023, 8024
Физический	RS-232, RS-485, RS-422, RS-423, X.20, X.21, V.36

ЭМВОС. Кратко рассмотрим некоторые из этих стандартов.

Стандарт X.400 используется при рассмотрении порядка обмена сообщениями в цифровых сетях связи в режиме электронной почты. Первый вариант этого стандарта был опубликован в 1984 г., второй - в 1988 г. Система обработки сообщений на основе X.400 предоставляет два вида услуг:

1. Передача сообщений. Здесь обеспечиваются надежность и промежуточное хранение.
2. Отправка и вручение сообщений. В этом случае обеспечиваются единый формат для сообщений с компонентами разных типов и при необходимости преобразование сообщений одного типа в другой, например, преобразование факсимильного сообщения в текстовый или растровый вид. Кроме того, осуществляется взаимодействие с некомпьютерными средствами, такими как факс и телекс.

На рис. 3.15 показана система обработки сообщений, соответствующая X.400. Абонент передает сообщение в устройство пользователя (УП), которое упаковывает его в «конверт» и помещает в поле заголовка адресную информацию.

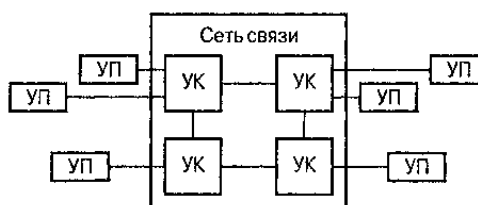


Рис. 3.15. Система обработки сообщений по стандарту X.400

По заложенной служебной информации отыскиваются необходимые адреса и при необходимости создаются списки рассылки. Затем устройство пользователя передает конверт с заголовками и сообщением в ближайший узел коммутации (УК) сети связи, откуда конверт пересылается от одного УК к другому, пока не дойдет до УК получателя.

Комплект спецификаций X.400 включает протокол Р.1, который описывает конверт. Конверт X.400 имеет заголовок, содержащий сведения об отправителе, получателе, предмете сообщения и списки адресов рассылки копий. Устройства пользователя взаимодействуют с узлами коммутации посредством протокола Р.2, который регламентирует структуру сообщения и порядок доставки. Стандарт X.75 применяется при рассмотрении процесса обмена информацией в международных сетях связи с коммутацией пакетов или взаимодействия сетей ПД разных конфигураций как шлюз.

Стандарт X.25 используется при рассмотрении управления потоком сообщений и контроля ошибок в сетях ПД. Он определяет правила взаимодействия между абонентским устройством пользователя и аппаратурой образования канала, с одной стороны, и узлами коммутации пакетов сети связи - с другой.

X.25 реализуется за счет трех нижних уровней ЭМВОС. Например, на канальном уровне протоколом *HDLC (High Level Data Link Control* -высокоуровневая процедура управления линией), предназначенным для регламентирования процедуры управления линией, а на физическом уровне X.21. Стандарты X.400 и X.25 реализуются в сети передачи данных специального назначения. Для взаимодействия сетей, построенных по стандарту X.25, применяется стандарт X.75.

Стандарт RS-232 для сетей ПД определяет состав и назначение цепей (линий), используемых при последовательном вводе (выводе) сообщений между аппаратурой передачи данных (АПД) и оконечном оборудовании данных (ООД), а также технические требования к ним в соответствии с международными стандартами V.24, V.28.

RS-232 применяется для синхронной или асинхронной передачи данных по некоммутируемым (при двухточечном или многоточечном соединении), а также по коммутируемым (при ручном или автоматическом установлении соединения) каналам связи.

Таким образом, при описании сети связи необходимо знание различных стандартов, регламентирующих правила взаимодействия отдельных элементов этой сети.

Применение ЭМВОС при построении систем и сетей приносит значительные выгоды:

- обеспечивает экономию затрат и предоставляет более широкие возможности обмена сообщениями;
- минимизирует затраты при изменении структуры системы (сети) связи;
- создает возможность взаимодействия средств связи (вычислительной техники), предоставляемых различными поставщиками;
- обеспечивает расширенный набор услуг, стандартизированных МСЭ и др.

4 СПОСОБЫ КОММУТАЦИИ В СЕТЯХ СВЯЗИ

4.1 Классификация способов коммутации

Коммутация - процесс создания последовательного соединения функциональных единиц, каналов передачи или каналов связи на то время, которое требуется для транспортировки сигналов.

При передаче сообщений используются следующие основные способы коммутации: коммутация каналов (КК), коммутация сообщений (КС), коммутация пакетов (КП), гибридная коммутация (ГК) (рис. 4.1).

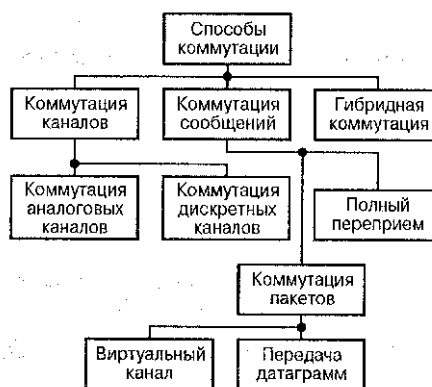


Рис. 4.1. Способы коммутации.

Коммутация каналов представляет собой способ коммутации, при котором обеспечивается временное соединение каналов на различных участках сети для образования прямого канала между любой парой абонентских пунктов этой сети.

Коммутация каналов применяется, как правило, на аналоговых или односкоростных цифровых сетях связи. На таких сетях осуществляется статическое распределение сетевого ресурса или применяется фиксированная полоса пропускания, выделенная для передачи информации. При этом задержка сообщений минимальная и определяется только временем установления соединения.

Данный способ считается недостаточно гибким и на его основе и фактически невозможно построить мультисервисную цифровую сеть с большим набором скоростей.

В цифровых сетях связи разновидностями классической КК являются способы многоскоростной коммутации каналов (МКК) и быстрой коммутации каналов (БКК).

Способ *многоскоростной коммутации каналов* является более динамичным по сравнению с обычной коммутацией каналов. При этом способе канал с минимальной скоростью передачи выбирается как базовый; путем объединения базовых каналов формируется набор каналов с различными скоростями, кратными базовой. В качестве

базовой могут быть выбраны, например, скорости 8 или 64 кбит/с. Затем в зависимости от требований пользователю представляется тот или иной составной канал.

При осуществлении быстрой или многоскоростной коммутации оптимально используются возможности полупроводниковых элементов коммутационного устройства, когда в любой момент времени канал обмена будет представлять собой комбинацию нескольких каналов с базовой скоростью. Особенностью многоскоростной коммутации является предоставление канала по требованию в паузах речевого сигнала. Динамическое распределение полосы пропускания увеличивает эффективность сети связи, но при перегрузках часть речевых отрезков теряется. Кроме того, при реализации БКК и МКК полоса результирующего канала должна быть кратна полосе базового канала.

Коммутация сообщений - способ коммутации, при котором в каждой системе коммутации производится прием сообщения, его накопление и последующая передача в соответствии с адресом.

При применении способа коммутации сообщений используется накопление сообщения (или его части) в памяти центров коммутации, поэтому сообщение из оконечных пунктов сети связи передается в центр коммутации сообщений (ЦКС), затем в другой центр и т.д., пока сообщение не достигнет того, с которым непосредственно связан оконечный пункт сети связи (ОПСС). Подобная поэтапная передача сообщения позволяет получить ряд положительных свойств для сети связи, что приводит к преимущественному использованию способа коммутации сообщений в современных сетях связи. В настоящее время существует несколько вариантов этого способа коммутации. Основными из них являются полный переприем сообщений и коммутация пакетов. В первом случае в центрах коммутации осуществляется переприем полного сообщения, во втором - лишь его части (пакета), что обеспечивает получение ряда преимуществ, которые будут рассмотрены далее.

Коммутация пакетов - способ коммутации, при котором сообщение делится на части определенного формата - пакеты, принимаемые, накапливаемые и передаваемые как самостоятельные сообщения по принципу, принятому для коммутации сообщений.

Каждому пакету присваивается адрес сообщения, а в ряде случаев - признак принадлежности определенному сообщению и его порядковый номер. Если все пакеты одного сообщения передаются по единому пути (по одному виртуальному каналу), то режим коммутации называется виртуальным, если же каждый пакет передается по самостоятельному пути - датаграммным.

Виртуальный канал - это логический канал, проходящий через телекоммуникационную сеть.

Способ коммутации пакетов соответствует механизму динамического распределения сетевого ресурса или переменной полосе пропускания, изменяющейся в зависимости от

требования абонентов. Однако при этом имеют место случайные задержки информации. Способ КП является наиболее приемлемым для передачи данных, особенно при пачечной структуре нагрузки (трафика. Трафик - совокупность сообщений, передаваемых по сети электросвязи).

Следует отметить, что наряду со случайной задержкой информации применение способа КП связано и с другой проблемой - сложностью протоколов.

Одной из разновидностей КП является способ быстрой коммутации пакетов (БКП), использующий более простые протоколы. Также, как и при обычной КП, в сети с БКП организуются виртуальные каналы, и информация в заголовке пакета определяет, какой из каналов должен быть использован для передачи пакета. Для реализации БКП требуется строить сеть связи на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), включая и абонентскую сеть, что обеспечивает большие скорости передачи сообщений и малые значения вероятности ошибки. Кроме того, в сетях с БКП проще технически реализовать узлы коммутации по сравнению с сетями с КП.

Ниже рассмотрим подробнее процедуры передачи сообщения между окончными пунктами отправителя ОПСС₀ и получателя ОПСС_n при применении различных способов коммутации на примере использования фрагмента сети связи, содержащей I последовательно соединенных каналами связи центров коммутации ЦК₁, ЦК₂, ..., ЦК_r (рис. 4.2).

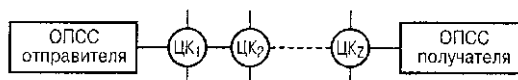


Рис. 4.2. Фрагмент сети связи

4.2 Коммутация каналов.

Сущность способа коммутации каналов (КК) при передаче сообщений заключается в следующем.

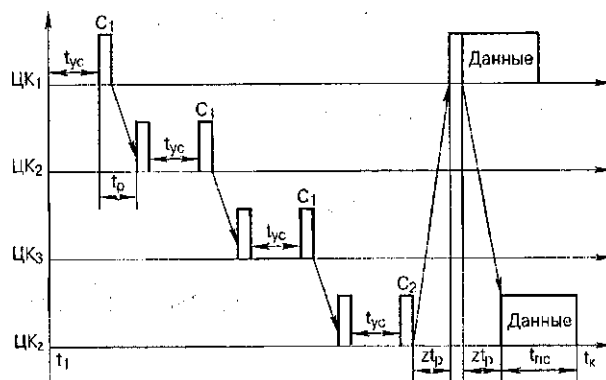


Рис. 4.3. Диаграмма, поясняющая сущность способа коммутации каналов

В момент времени t_1 (рис. 4.3) от ОПСС отправителя сообщения в центр коммутации ЦК₁ поступает заявка на соединение с окончным пунктом сети связи (ОПСС) получателя. В

течение времени установления соединения t_{yc} производится установление соединения в ЦК₁, затем передается сигнал C_1 в ЦК₂, где также устанавливается соединение. Процедура продолжается до тех пор, пока не будут произведены все соединения в центрах коммутации (момент времени t_2), и тогда отправителю посылается сигнал готовности, после получения которого от ОПСС отправителя передается сообщение, которое для цифровых сетей связи измеряется в L бит. Время передачи сообщения $t_p = L/R_6^3$, где R_6^3 - эффективная скорость передачи битов сообщений по цифровому каналу.

На рис. 4.3 через t_p обозначено время распространения сигнала на участке между двумя ЦК.

Процесс передачи заканчивается после приема сообщения получателем в момент времени t_k . Следует заметить, что в общем случае время установления соединения в центрах коммутации является величиной случайной для разных центров. Для упрощения оценок считаем, что t_{yc} является средним временем установления соединений.

Общее время доведения сообщения в соответствии с показанной на рис. 4.3 временной диаграммой определяется выражением

$$t_{\text{дов}} = z t_{yc} + 3 t_p (z - 1) + L/R_6^3 = (t_{yc} + 3 t_p) z + L/R_6^3 - 3 t_p.$$

Следует заметить, что время занятия канала различно. Будем характеризовать эффективность использования участка канала i между ЦК _{i} и ЦК _{$i+1$} коэффициентом эффективности использования участка канала $R_{исп i}$, равным отношению времени, в течение которого передаются данные, к общему времени занятия канала. Нетрудно убедиться, что

$$R_{исп i} = \frac{L/R_6^3}{(t_{yc} + t_p)(z - 1) + 2 z t_p + L/R_6^3},$$

где: $i = (1, 2, (z - 1))$. Пренебрегая значениями t_p , $z t_p$, $2 z t_p$, которые, как правило, существенно меньше t_{yc} и L/R_6^3 , получим:

$$R_{исп i} = 1 - (z - 1) \frac{t_{yc} R_6^3}{L + (z - 1) t_{yc} R_6^3}.$$

Из этого выражения следует, что коэффициент использования участка канала $R_{исп i}$ зависит от времени установления t_{yc} различен для разных участков канала i . Наиболее эффективно используется последний участок канала $(z - 1)$. Причиной низкой эффективности первых участков является необходимость создания прямого тракта до начала передачи сообщения. При отсутствии свободного канала на каком-либо участке установленные ранее соединения разрушаются, а потери времени на подобные не обслуженные вызовы являются основной причиной неэффективного использования пропускной способности каналов в сетях коммутации каналов.

Метод КК широко применяется в телефонных сетях, представляющих пользователям диалоговую связь. Частным случаем КК является кроссовая коммутация, которой соответствуют долговременные соединения в ЦК, позволяющие организовать прямой (некоммутируемый) канал между ОП.

Цифровые сети КК делятся на *синхронные* и *асинхронные*. В синхронных цифровых сетях КК передающее и коммутационное оборудование синхронизируются от единого тактового генератора, что позволяет упростить и интегрировать процессы передачи и распределения информации в системах с временным уплотнением, но требует создания сложной системы сетевой синхронизации.

В асинхронных цифровых сетях КК передающее и коммутационное оборудование независимо синхронизируются автономными тактовыми генераторами, что обеспечивает определенную гибкость в выборе аппаратуры и согласование с существующими сетями передачи данных (например, телеграфными). Однако при этом появляются трудности, связанные с обеспечением помехоустойчивости передачи.

4.3 Коммутация сообщений.

При использовании этого способа сообщение отправителя передается в ЦК₁, где запоминается и передается в следующий ЦК. Процедура повторяется до тех пор, пока сообщение не достигнет ЦК_z откуда через канал связи оно поступает в ОПСС получателя (рис. 4.4).

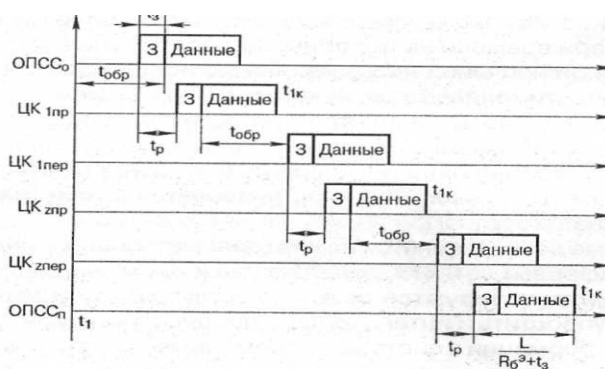


Рис. 4.4. Диаграмма, поясняющая сущность способа коммутации сообщений: пр - прием, пер - передача, t_3 - время передачи заголовка

Началом цикла передачи является момент времени t_1 , начиная с которого аппаратурой ОПСС отправителя производится обработка сообщения (анализ адреса и категории срочности, выбор исходящего тракта и т. д.). Время обработки является величиной случайной и зависит от состояния каналов связи, загрузки ОПСС и центров коммутации и других факторов. Для получения приближенных оценок этого времени используется среднее время обработки сообщения в ОПСС или центре коммутации $t_{обр}$. После предоставления исходящего тракта передаются заголовок и данные, содержащиеся в сообщении. Процесс

передачи от ОПСС к ЦК₁ заканчивается в момент $t_{1к}$. При передаче от ЦК₁ к ЦК₂ и так далее все полностью повторяется. Последний этап содержит передачу сообщения из ЦК_z в ОПСС получателя.

Процесс передачи состоит из $(z + 1)$ одинаковых циклов, каждый из которых имеет длительность $t_{ц} = (t_{обр} + t_p + t_3 + L/R_6^3)$. Следовательно, общее время доведения сообщения от ОПСС₀ до ОПСС_n:

$$t_{оов} = [(z + 1)t_{ц} = (z + 1)(t_{обр} + t_p + t_3 + L/R_6^3) .$$

Преобразуя это выражение, получим:

$$t_{дов} = (z + 1)t_{ц} = (z + 1)(t_{обр} + t_p + t_3) + (z + 1)L/R_6^3.$$

Различные участки направления передачи сообщения при этом способе занимают поочередно лишь на время передачи сообщения. Поэтому коэффициент использования каналов одинаков для всех участков и равен:

$$R_{исп} = \frac{L/R_6^3}{t_p + t_3 + L/R_6^3} = 1 - \frac{t_p + t_3}{t_p + t_3 + L/R_6^3} = 1 - \frac{l_3}{L + l_3},$$

где $l_3 = t_3 R_6^3$ - длина заголовка в битах.

Таким образом, характерной особенностью способа коммутации сообщений при полном переприеме сообщений в центрах коммутации является поочередное занятие каналов и центров коммутации на маршруте передачи сообщения. Форматы сообщений определяются оптимизацией процедур обмена сообщениями между отправителями и получателями. Вследствие этого объем сообщений, как правило, не оптимален с точки зрения процедур обмена в сети связи. Полный переприем сообщений, имеющих в большинстве случаев длину, во много раз превышающую оптимальную, приводит к длительным задержкам в центрах коммутации и необходимости иметь там запоминающие устройства весьма большой емкости. Эти обстоятельства и обусловили широкое применение способа коммутации пакетов.

4.4. Коммутация пакетов.

При этом способе обмен сообщениями между отправителями и получателями реализуется при использовании двух протоколов (правил). Протокол обмена сообщениями является протоколом высшего уровня и обеспечивает непосредственный обмен сообщениями заданного формата между двумя ОПСС. Протоколом более низкого уровня является протокол пакетной коммутации, обеспечивающий доставку пакетов из места разделения сообщений на пакеты в место их формирования. Оптимальный выбор объема пакета позволяет уменьшить емкость запоминающих устройств и время задержки пакетов в центрах коммутации.

Доставка сообщения от отправителя к получателю в сети связи с пакетной коммутацией включает в себя процедуры получения сообщения от отправителя, образования пакетов, передачи пакетов по сети связи, формирования сообщения и выдачи его получателю.

Процедура образования пакетов из сообщения и обратная процедура формирования сообщения из принимаемых пакетов могут осуществляться либо ОПСС отправителя и получателя сообщений, либо в центрах коммутации, с которыми непосредственно связаны ОПСС отправителя и получателя сообщений.

В первом случае базовая сеть связи реализует лишь протокол пакетной коммутации, а протокол обмена сообщениями осуществляется средствами ОПСС, обмен которых с центрами коммутации также производится пакетами. В частном случае, когда отправитель осуществляет ввод сообщений в форме пакетов, можно обходиться и без автоматизации процедур преобразования сообщений в пакеты.

Во втором случае ОП сети связи выдает в ЦК сообщения, т. е. обмен между ОПСС и ЦК реализуется по протоколу обмена сообщениями, в рамках которого, естественно, может быть применено и разбиение на пакеты. Затем реализуется процедура передачи пакетов в ЦК получателя, в котором осуществляется сборка сообщения, выдаваемого в ОПСС получателя.

Использование пакетной коммутации позволяет реализовать различные протоколы управления процессом доставки пакета от отправителя до получателя. Наибольшее распространение получили датаграммный способ и способ с установлением виртуального канала.

При датаграммном способе каждый пакет при перемещении в сети рассматривается как самостоятельный блок, доставляемый получателю (точнее, в элемент сети связи, реализующий процедуру формирования сообщений из принимаемых пакетов) в соответствии с приписанным ему адресом. Процесс передачи пакетов по одному маршруту датаграммным способом показан на рис. 4.5.

Предполагается, что процедуры формирования пакетов (сообщений) реализуются в ОПСС. Первый пакет сообщений передается точно таким же образом, как и при коммутации сообщений. При передаче второго пакета на участке ОПСС₀ - ЦК₁ направления передачи сообщений одновременно передается пакет на участке ЦК₁ - ЦК₂.

С момента передачи пакета с номером z ведется одновременная передача пакетов на всех участках направления передачи сообщений между ОПСС отправителя и ОПСС получателя сообщений. Способ коммутации пакетов приближается по характеристикам к способу коммутации каналов, сохраняя все преимущества коммутации сообщений.

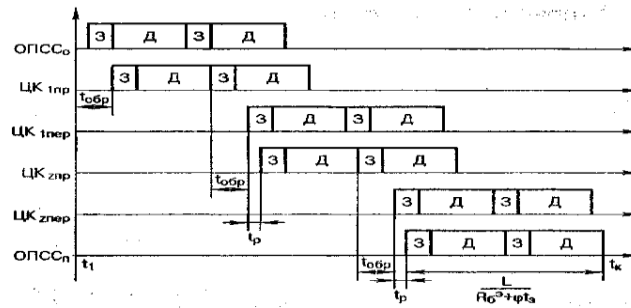


Рис. 4.5. Диаграмма, поясняющая сущность датаграммного способа коммутации З - заголовки, Д - данные, φ - количество пакетов

Для определения времени доведения сообщения из φ пакетов можно использовать полученное ранее выражение, позволяющее определить время передачи первого пакета ($t_k - t_1$) и учесть длительность передачи остальных ($\varphi - 1$).

Таким образом,

$$t_{\text{дов}} = (t_{\text{обр}} + t_p + t_3)(Z + 1) + \frac{L}{\varphi R_6^3}(Z + 1) + \left(\frac{L}{\varphi R_6^3} + t_3 \right) (\varphi - 1).$$

После преобразований получаем

$$t_{\text{дов}} = (t_{\text{обр}} + t_p + t_3)(Z + 1) + (Z / \varphi + 1)L / R_6^3 + t_3(\varphi - 1).$$

При передаче пакетов одного сообщения по нескольким параллельным направлениям передачи сообщений, проходящим через различные центры коммутации сети обмена сообщениями, время доведения может быть уменьшено. Однако при любом числе каналов оно не может быть меньше суммы двух первых слагаемых последней формулы. Как и при коммутации сообщений, участки маршрута занимают лишь на время передачи сообщения и коэффициент их использования равен

$$R_{\text{исп}} = \frac{L / R_6^3}{t_p + t_3 + L / R_6^3} = 1 - \frac{\varphi t_3}{L + \varphi t_3} = 1 - \frac{I_3}{L_{\Pi} + I_3},$$

где L_{Π} - объем сообщений из формата пакета в битах ($L_{\Pi} = L / \varphi$).

Принципиально пакеты можно формировать из нескольких сообщений, что целесообразно при очень малых их длинах.

Датаграммный способ относительно прост в реализации и обеспечивает минимизацию времени доведения сообщения получателю.

К недостаткам этого способа следует отнести:

1. Возможность нарушения порядка прибытия в ОП пользователя пакетов длинного сообщения ввиду независимости их маршрутов в сети, что требует сортировки пакетов в нужной последовательности.

2. Возможность различных задержек пакетов из-за отсутствия предварительного резервирования памяти в ОП пользователя для многопакетных сообщений, что приводит к перегрузке памяти ЦК пользователя.

3. Наличие тупиковых ситуаций снижает степень использования технологических ресурсов. В сети КП с датаграммным режимом такие ситуации возникают при условии, что поток поступающих в сеть пакетов превышает допустимый. Перегрузка сети приводит к циркуляции датаграмм, которые не могут быть переданы в ОП пользователя ввиду отсутствия свободной памяти в ЦК пользователя.

Для исключения указанных недостатков в сети КП применяются различные методы резервирования ресурсов (прежде всего памяти ОП пользователя или ЦК). Так, если датаграммный способ дополнить виртуальным вызовом, когда перед передачей основной информации ОП источника посылает служебный пакет в ОП получателя, запрашивающий ресурсы (требуемый объем памяти ОП получателя), на который получает ответный пакет готовности, то это значительно уменьшает вероятность тупиковых ситуаций из-за перегрузки ЦК пользователя. При получении отказа ОП источника не передает сообщения и тем самым не загружает сеть.

Фиксируя дополнительно путь передачи пакетов в маршрутных таблицах тех узлов, через которые прошел служебный пакет вызова, можно значительно уменьшить вероятность нарушения порядка следования пакетов длинного сообщения. Эта разновидность КП называется коммутацией пакетов с установлением виртуального канала. При этом исключается циркуляция пакетов («петли») и появляется возможность контроля перегрузок за счет установления допустимого числа виртуальных каналов в сети. Заголовки пакетов (кроме первого) при использовании способа с установлением виртуального канала могут иметь меньший объем, чем при способе датаграмм, так как вместо полного адреса достаточно иметь лишь сведения о принадлежности к заданному маршруту, т.е. сведения об условном номере виртуального канала.

4.5. Гибридная коммутация.

Сочетание достоинств способов КК и КП обеспечивается в гибридной коммутации, комбинирующей коммутацию каналов для сообщений, передаваемых в реальном масштабе времени (речь, сигналы телеуправления и телеметрии, факсимильные сообщения и т. д.), и коммутацию пакетов для данных. Распределение смешанного трафика определяется в этом случае при поступлении вызова ОП источника в сеть, в которой при этом часть пропускной способности магистральных каналов отводится под трафик, передаваемый в режиме КК, а другая часть - под трафик, передаваемый в режиме КП. Платой за широкие возможности способа ГК является увеличение аппаратно-программных затрат на реализацию L . Из рис.

4.6 видно, что для коротких сообщений ($L < L_3$) нет различий между способами полного переприема сообщений (ППС) и коммутации пакетов.

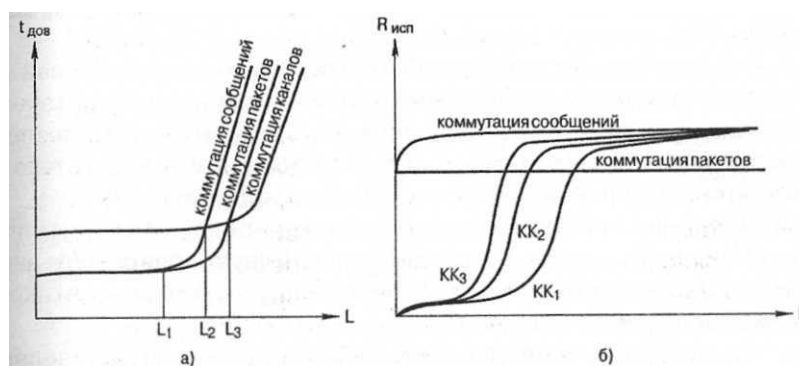


Рис. 4.6. Графики зависимости времени доставки сообщения от его объема (а) и коэффициентов использования каналов от объема сообщений (б)

4.6. Сравнение способов коммутации.

На рис. 4.6, а показан характер зависимостей времени доведения сообщения от его объема.

Для сообщений длиной $L_1 < L < L_2$ наименьшее время доведения обеспечивает способ коммутации пакетов, а наибольшее - способ коммутации каналов. При больших длинах сообщений ($L < L_3$) наилучшие результаты по времени доведения можно получить, используя способ коммутации каналов. Конкретные значения L_1 , L_2 и L_3 определяются большим числом факторов, задаваемых характеристиками, входящими в качестве аргументов в предыдущие формулы.

На рис. 4.6, б показана зависимость коэффициентов использования каналов для рассмотренных способов коммутации, причем для способа коммутации каналов эти коэффициенты различны для различных участков тракта. На рисунке показаны графики этих коэффициентов для первого ($КК_1$), второго ($КК_2$) и третьего ($КК_3$) участков. Для способа коммутации пакетов коэффициент использования канала не зависит от длины сообщения, так как структура пакета в любых случаях включает одинаковое количество служебных символов в составе заголовка пакета.

Достоинствами способа коммутации сообщений, обуславливающими его широкое применение в перспективных сетях связи, являются:

1. Более эффективное использование пропускной способности каналов связи. В настоящее время при применении способа коммутации каналов пропускная способность может использоваться лишь на 20...30 %, а при применении метода коммутации сообщений - на 80...85 % и более. Это объясняется возможностью поэтапной передачи, не связанной с ожиданием установления соединения по всему тракту и, следовательно, отсутствием потерь времени на не обслуженные вызовы. Кроме того, коммутация сообщений обеспечивает

эффективное использование одного канала в интересах различных направлений передачи сообщений. Особенно эффективно это осуществляется при пакетной коммутации. Эффект статистического управления в канале пакетами различных информационных направлений позволяет считать перспективным способ пакетной коммутации при передаче речевых и факсимильных сообщений в цифровой форме в цифровых сетях с интеграцией обслуживания.

2. Простота реализации многоадресной и циркулярной передачи сообщений.

3. Возможность более простой, чем при коммутации каналов, реализации приоритетной передачи сообщений высоких категорий срочности. Накопление сообщений в центрах коммутации позволяет организовать на маршрутах «обгон» сообщений низких категорий срочности сообщениями более высоких категорий.

4. Обеспечение обмена сообщениями между отправителями и получателями, использующими разнотипную аппаратуру ввода и вывода сообщений, в частности работающую с различными скоростями передачи сообщений.

5. Возможность передачи сообщений по участкам направлений передачи сообщений, имеющим каналы передачи сообщений с различными скоростями передачи.

Наиболее универсальным способом следует считать пакетную коммутацию, позволяющую осуществлять не только направленную передачу сообщений, но и диалоговый обмен.

Достоинством коммутации каналов является малое время доведения сообщения по уже образованному каналу, а также низкие требования к структуре сообщений и их форматам. Вследствие этого способ коммутации каналов также может использоваться в цифровых сетях с интеграцией обслуживания и в сетях передачи данных часто со способом коммутации пакетов. При обеспечении обмена сообщениями в конкретной ситуации может выбираться наиболее целесообразный способ коммутации. Например, при передаче больших объемов информации, как правило, эффективнее способ коммутации каналов, а для передачи короткого сигнала - способ пакетной коммутации

4.7 Принципы построения систем коммутации

4.7.1 Основные понятия и определения

Под коммутацией понимается замыкание, размыкание и переключение электрических цепей. Коммутация осуществляется на коммутационных узлах. На сетях электросвязи посредством коммутации абонентские устройства соединяются между собой для передачи (приема) информации. *Абонентские устройства* в некоторых случаях называют оконечными устройствами сети. Коммутация осуществляется на коммутационных узлах (КУ), являющихся составными частями сети электросвязи.

Абонентские устройства сети соединяются с КУ *абонентскими линиями* (АЛ). КУ, находящиеся на территории одного города (населенного пункта), соединяются *соединительными линиями* (СЛ). Если коммутационные узлы находятся в разных городах, то линии связи, соединяющие их, называются междугородными или внутрizonовыми.

Коммутационный узел, в который включаются абонентские линии, называется *коммутационной станцией* или просто станцией. В некоторых случаях абонентские линии включаются в *подстанции* (ПС). Лицо, пользующееся абонентским устройством для передачи и приема информации, называется *абонентом*. Для передачи информации от одного абонентского устройства сети к другому требуется установить соединение между этими устройствами через соответствующие узлы и линии связи. Для осуществления соединения на коммутационных узлах устанавливается коммутационная аппаратура.

Совокупность линейных и станционных средств, предназначенных для соединения конечных абонентских устройств, называется *соединительным трактом*. Число коммутационных узлов между соединяемыми абонентскими устройствами зависит от структуры сети и направления соединения.

Для осуществления требуемого соединения коммутационный узел и абонентское устройство обмениваются управляющими сигналами.

На КУ соединение может устанавливаться на время, необходимое для передачи одного сообщения (например, одного телефонного разговора), или на длительное время, превышающее время передачи одного сообщения. Коммутация первого вида называется *оперативной*, а второго - *кроссовой (долговременной)*.

Коммутационные узлы сетей связи классифицируются по ряду признаков:

- по виду передаваемой информации (телефонные, телеграфные, вещания, телеуправления, передачи данных и др.);
- по способу обслуживания соединений (ручные, полуавтоматические, автоматические);
- по месту, занимаемому в сети электросвязи (районные, центральные, узловые, конечные, транзитные станции, узлы входящего и исходящего сообщения);
- по типу сети связи (городские, сельские, учрежденческие, междугородные);
- по типу коммутационного и управляющего оборудования (электромеханические, механоэлектронные, квазиэлектронные, электронные);
- по системам применяемого коммутационного оборудования (декадно-шаговые, координатные, машинные, квазиэлектронные, электронные);
- по емкости, т.е. по числу входящих и исходящих линий или каналов (малой, средней, большой емкости);
- по типу коммутации (оперативная, кроссовая, смешанная);

- по способу разделения каналов (пространственный, пространственно-временной, пространственно-частотный);

- по способу передачи информации от передатчика к приемнику (узлы коммутации каналов, обеспечивающие коммутацию каналов для непосредственной передачи информации в реальном масштабе времени от передатчика к приемнику после установления соединительного тракта; узлы коммутации сообщений и узлы коммутации пакетов, обеспечивающие прием и накопление информации на узлах с последующей ее передачей в следующий узел или в приемник).

4.7.2 Структура коммутационного узла

Коммутационный узел представляет собой устройство, предназначенное для приема, обработки и распределения поступающей информации.

Для выполнения своих функций коммутационный узел должен иметь (Рис. 4.):

устройства ввода и вывода линий - вводнокоммутационные устройства (кросс).

линейные комплекты (ЛК) входящих и исходящих линий (каналов), предназначенные для приема и передачи линейных сигналов (сигналов взаимодействия) по входящим и исходящим линиям или каналам для выделения каналов в системах передачи, а также для приема и передачи сигналов взаимодействия с управляющими устройствами узла;

коммутационное поле (КП), предназначенное для соединения входящих и исходящих линий (каналов) на время передачи информации;

управляющее устройство (УУ), обеспечивающее установление соединения между входящими и исходящими линиями через коммутационное поле, а также прием и передачу управляющей информации.

Кроме того, на узле имеются источники электропитания, устройства сигнализации и учета параметров нагрузки (количество сообщений, потерь, длительности занятия и др.).

В некоторых случаях коммутационный узел может иметь устройства приема и хранения информации, если таковая передается не непосредственно потребителю информации, а предварительно накапливается на узле. Такие узлы применяются в системах *коммутации сообщений*.

4.7.3 Абонетские комплекты.

4.7.3.1 *Аналоговые абонетские комплекты.* При подключении аналоговой абонентской линии с аналоговым телефонным аппаратом (ТА) в цифровую систему необходимо учитывать следующие особенности.

1. В состав аналогового телефонного аппарата входил угольный микрофон – усилитель мощности. Практически для всех возможных применений (кроме телефонных аппаратов для тугоухих) не требуется включать в разговорный тракт при внутренней связи дополнительные усилители.

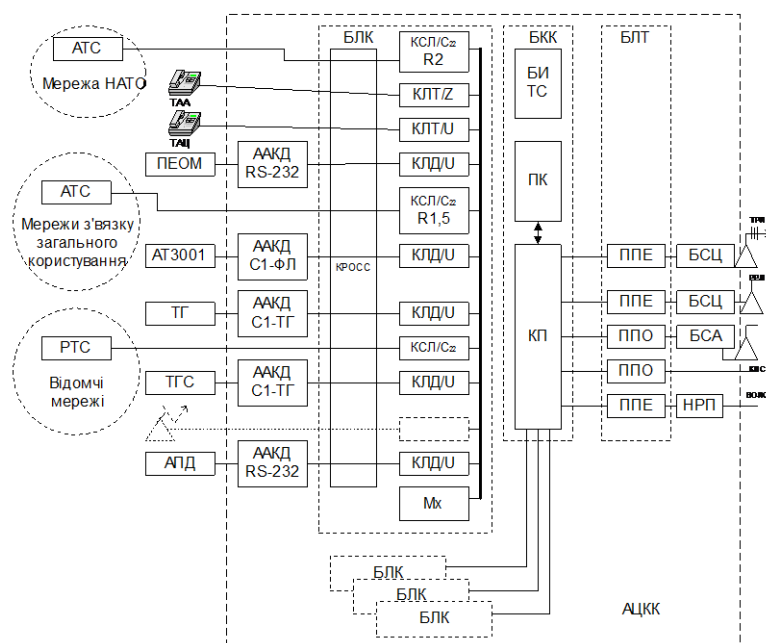


Рис. 4.7. Структура коммутационного узла

РТС – ручная телефонная станция; ТГ – телеграфная аппаратура; ТГС – специальная телеграфная аппаратура; АПД – аппаратура передачи данных; ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина; БЛК – блок линейных комплектов; ААКД – адаптер аппаратуры канала данных; БКК – блок управления и коммутации; ПК – устройство управления; БССЗ – блок соединения и служебной связи; БВТС – блок испытаний телефонной станции; КП – коммутационное поле; БЛТ – блок линейных трактов; ППЕ – приёмно – передающее устройство электрическое; ППО – приёмно – передающее устройство оптическое; НРП – регенерационный необслуживаемый пункт; БСЦ – блок соединения цифровой; БСА – блок сопряжения аналоговый

Все необходимые зуммерные и вызывные сигналы подаются по разговорным цепям непосредственно из телефонных станций без преобразования, дополнительных цепей при этом не требуется.

Аналоговые электрические колебания при разговоре тоже передаются без преобразований (при отсутствии аппаратуры уплотнения) от микрофона одного абонента к телефону другого абонента, благодаря чему отпадает необходимость в дополнительных схемах на ТС.

Телефонный аппарат чрезвычайно прост как по электрической схеме, так и конструктивно. Благодаря этому телефонный аппарат обладает высокой надёжностью.

Стоимость аналоговых телефонных аппаратов невелика, так как их производство налажено давно и они выпускаются крупными сериями различного исполнения.

Функции, обеспечиваемые линейными комплектами при включении аналоговой абонентской линии через стык Z в цифровой КУ, описываются аббревиатурой BORSCHT. Расшифровка аббревиатуры приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1 Описание функций BORSCHT.

Буква аббревиатуры	Имя функции по-английски и его русский перевод	Описание функций
В	Battery feed (питание микрофона)	К абонентской линии прикладывается напряжение, необходимое для питания угольных микрофонов ($U_{ном}=60$ В, $I_{ном}=20$ мА в странах бывшего СССР)
О	Overvoltage protection (Защита от опасных напряжений)	Оборудование цифровой АТС с помощью специальных устройств защищается от попадания со стороны абонентской линии напряжения 220 (380) В, а также от напряжения при ударе молнии в абонентскую линию.
Р	Ringing (посылка вызывного сигнала)	Вызываемому абоненту посылается сигнал «Вызов» частотой 25 Гц и напряжением 95 В (в некоторых странах напряжение может быть 110В)
С	Supervision (signaling) (Наблюдение или сигнализация)	Приборы АТС должны зафиксировать факты поднятия и опускания микрофонной трубки вызывающим и вызываемым абонентом, а также обеспечить приём цифр номера вызываемого абонента.
С	Coding (Кодирование)	Аналоговый сигнал, поступающий по абонентской линии преобразуется в цифровой сигнал и наоборот.
Н	Hibrid (функция дифсистемы)	Аналоговая абонентская линия является двухпроводной, а передача и коммутация сигналов в цифровых АТС – четырёхпроводной. Поэтому осуществляется преобразование с помощью дифсистем.
Т	Testing	Осуществляется контроль работы абонентской линии и телефонного аппарата, а также устройств, выполняющих вышеперечисленные функции.

4.7.3.2 *Цифровые абонентские комплекты.* Для двухсторонней передачи цифровой информации по абонентским линиям возможно использование четырёх типов систем:

- четырёхпроводная система;
- двухпроводная система с частотным разделением направлений передачи;
- двухпроводная система с временным разделением направлений передачи;
- двухпроводная система с адаптивными эхокомпенсаторами.

Четырёхпроводная система. Эта система первоначально внедрялась на цифровых абонентских сетях для предоставления абонентам нетелефонных услуг при двусторонней независимой передаче цифровой информации.

Достоинства цифровой передачи по четырём проводам заключаются в довольно свободном подключении абонентских терминалов, находящихся на значительном удалении друг от друга и от опорной станции, а также в простоте схемных решений. Система достаточно устойчива к переходным помехам, позволяет перекрыть большой диапазон изменения затухания линии без регенерации сигнала.

Однако она характеризуется низким использованием передаточных возможностей кабеля. Учитывая, что высокоскоростная передача по абонентской сети цифровых АТС, как

правило, не требуется, это делает систему экономически невыгодной. В связи с этим данная система имеет ограниченное применение, в частности для пользователей в учреждениях.

Двухпроводная система с частотным разделением направлений. По сути дела это двухпроводная двухполосная система связи, в которой необходимо иметь полосу в два раза шире полосы передаваемой информации для одного канала. Реально реализованные системы этого класса имели несколько иную структуру, основным отличием которой было использование дифсистем, что позволяло уменьшить взаимное влияние направлений передачи. Передача информации ведётся бифазным кодом.

Однако, из-за сложности реализации фильтров на БИС и СБИС такие системы не получили широкого применения.

Двухпроводная система с временным разделением направлений. В системе с временным разделением направлений интервалы для передачи и приёма разделены во времени. При передаче от станции к абоненту цифровой сигнал накапливается в буферном запоминающем устройстве и затем считывается в виде непрерывной последовательности цифрового сигнала.

Передача сигналов от абонента на станцию происходит аналогичным образом в виде пакетов с использованием незанятого временного интервала. Этот метод получил название «пинг-понг» (или метод с поочерёдным переключением направлений).

Благодаря тому, что скорость передачи по кабелю в два раза больше скорости передачи сигналов источника (сигналы пакетов станции передаются в кабель полностью синхронизированными по фазе), устраняется переходное влияние на ближнем конце, что было затруднительно при четырёхпроводной передаче.

Однако, реализация метода «пинг-понг» с наименьшими затратами имеет один недостаток – небольшую зону действия (около 2 км). Поэтому для организации системы с большой ёмкостью и большой протяжённостью используют различные методы компрессии во времени. Более того, если осуществить синфазную передачу по одному и тому же кабелю, то даже при наличии нескольких трактов типа «пинг-понг» с разными скоростями передачи, можно значительно увеличить протяжённость линии.

В двухпроводном тракте с временным разделением направлений передачи, обеспечивающего полный дуплексный режим работы, осуществляется передача в виде пачек импульсов между абонентским полукомплексом АПК и станционным полукомплексом СПК, которым заканчивается цифровая абонентская линия.

Переключение станционного и абонентского оборудования на режимы передачи или приёма осуществляется коммутаторами К по сигналам, получаемым от устройства синхронизации (СИНХР). Стыки информационных потоков на обоих концах осуществляются по 4-проводной схеме. Входящая цифровая информация записывается в ЗУ и преобразуется передатчиком в короткие пачки цифровых сигналов, которые с более

высокой скоростью передаются по линии. Скорость передачи пачек должна быть такой, чтобы эффективная скорость передачи была равна или превышала скорость цифрового потока на входе, иначе часть информации будет потеряна.

Важной задачей для системы с временным разделением направлений является выбор скорости передачи и длины пачки. Скорость передачи с одной стороны ограничивается пропускной способностью среды передачи, а с другой – определяется требованиями организуемых услуг связи. Цифровые ТА в первую очередь должны обеспечивать услуги телефонной связи, для которых требуется скорость 64 Кбит/с, принимаемая за основу при проектировании цифровых телефонных сетей. Однако эта скорость может быть значительно снижена при использовании методов дифференциального и адаптивного кодирования речи, что также позволяет увеличить длину линии связи.

Двухпроводная система с адаптивными эхокомпенсаторами. Как уже упоминалось ранее, для разделения направлений передачи цифровых сигналов могут использоваться дифсистемы. При этом используется тот факт, что при согласовании выходного сопротивления передатчика с комплексным сопротивлением линии, амплитуда сигнала в линии будет равна половине амплитуды передаваемого сигнала. Поэтому принимаемый сигнал может быть получен путём вычитания половины выходного сигнала передатчика из суммарного сигнала в линии.

Однако стандартные дифсистемы не могут обеспечить полного разделения трактов передачи и приёма. Чтобы сохранить требуемые характеристики по переходному затуханию на ближнем конце в широкой полосе частот, вводятся эхокомпенсаторы ЭХК, которые препятствуют проникновению импульсов из тракта передачи в тракт приёма.

Кроме этого, поскольку определяющее значение на качество передачи оказывает переходное влияние на ближнем конце, то при балансировке дифсистем большое значение имеет протяжённость линий передачи. Положение осложняется также наличием проводов различного диаметра и кабелей различных марок, имеющих различные характеристики, в составе одной абонентской линии. Для компенсации разброса величины входного сопротивления абонентской линии в цифровых абонентских линиях предусматривается автоматическая подстройка балансного контура дифсистемы. Однако в этом случае технически очень трудно устранить межсимвольную интерференцию, обусловленную несовершенством АРУ, автоматического корректора отражённого сигнала и системы регулирования собственно эхокомпенсатора.

Для преодоления трудностей, связанных с передачей цифровых сигналов по абонентским линиям, были предложены цифровые дифсистемы, объединённые с цифровыми эхокомпенсаторами. Последние обеспечивают подавление эхосигналов не менее чем на 45 дБ. Поэтому применение их на абонентских линиях особенно целесообразно.

4.7.4 Принципы построения коммутационных полей

Принципы построения и структура коммутационных полей телефонных станций определяются принятым способом коммутации (пространственным или временным), типом используемых коммутационных приборов и числом входящих и исходящих линий.

4.7.4.1 Наиболее типичным является построение коммутационных полей *декадно-шаговых* АТС.

Простейшая АТС на десять номеров может быть построена с помощью десяти шаговых искателей (Рис. 4.8). Телефонный аппарат каждого абонента через абонентскую линию подключается к подвижным контактам (щеткам) своего искателя. Одноименные выходы искателей запараллелены, т.е. контакты с одноименными номерами объединены в отдельные цепи и к каждой подключается АЛ. Номер АЛ соответствует номеру контактов, к которым она подключена. При установлении соединения щетка искателя вызывающего абонента под действием импульсов от номеронабирателя телефонного аппарата подключается к неподвижному контакту, соответствующему номеру вызываемого абонента. По завершении разговора щетка устанавливается в исходное состояние.

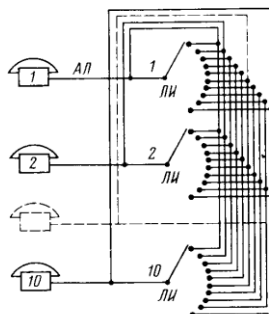


Рис.4. 8. Структурная схема шаговой АТС на десять номеров

Искатели, в контактное поле которых включаются абонентские линии, называются линейными ЛИ. Совокупность искателей, выполняющих одинаковые функции в процессе установления соединения на станции, называются *ступенью искания*. В данном случае станция имеет одну *ступень линейного искания*.

Телефонную станцию на 100 номеров можно построить, используя 100 штук ДШИ. Каждая АЛ подключается к щеткам своего ДШИ и к одноименным контактам поля всех 100 искателей. Абоненты имеют двухзначные номера. Построение АТС по принципу непосредственного включения абонентских линий в ЛИ типа ДШИ является неэкономичным, так как требует большого числа дорогостоящих искателей, используемых, к тому же, весьма неэффективно. Дело в том, что как показывает практика, одновременно ведут переговоры не более 20 из 100 абонентов станции. Следовательно, работают 20 ДШИ, а остальные 80, как правило, простаивают.

Для лучшего использования ДШИ их делают общими, т.е. представляют абонентам только на время разговоров. Это достигается введением в схему ступени предварительного искания (ПИ) для каждой АЛ (Рис. 4.9). С помощью ступени ПИ обеспечивается подключение АЛ к любому из свободных ЛИ. На ступени ПИ используются простые и сравнительно недорогие шаговые искатели. АЛ подключаются к щеткам ПИ и многократно к определенным ламелям (неподвижным контактам) контактного поля ЛИ. Станция на 100 номеров имеет 100 ПИ (ШИ) и 10 ЛИ (ДШИ).

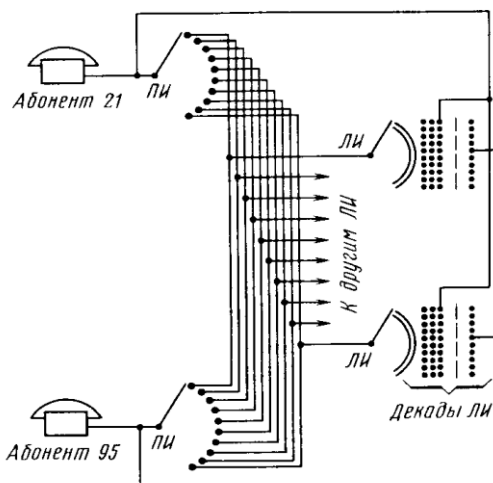


Рис. 4.9. Структурная схема декадно-шаговой АТС на 100 номеров со ступенью ПИ

При установлении соединения ПИ автоматически отыскивает и подключает свободный ЛИ к линии вызывающего абонента. Данный процесс называется свободным исканием. Поступающие от телефонного аппарата вызывающего абонента импульсы двухзначного номера управляют работой ДШИ, в результате устанавливается требуемое соединение.

Емкость рассмотренных АТС определяется емкостью контактного поля искателей. Однако увеличение емкости контактного поля искателей ограничены конструктивными сложностями и их стоимостью. Поэтому максимальная емкость реальных ДШИ не превышает 100 выходов.

Увеличение емкости декадно-шаговых АТС при заданной емкости искателей достигается за счет введения дополнительной *ступени группового искания* ГИ между ступенями ПИ и ЛИ. Сущность группообразования заключается в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактных полей ЛИ. Ступень ГИ производит выбор группы, в которой находится линия вызываемого абонента. На ступени ГИ используются такие же искатели, что и на ступени ЛИ. Так емкость АТС на 1000 номеров делится на 10 групп по 100 линий в группе. Применяется трехзначная нумерация АЛ.

Для увеличения емкости АТС до 10 000 номеров необходимо введение второй ступени ГИ. В этом случае применяется четырехзначная нумерация АЛ. Упрощенные структурные схемы станций на 1000 и 10 000 номеров приведены на Рис. 4.10. Дальнейшее увеличение емкости АТС достигается введением третьей и четвертой ступеней группового искания.

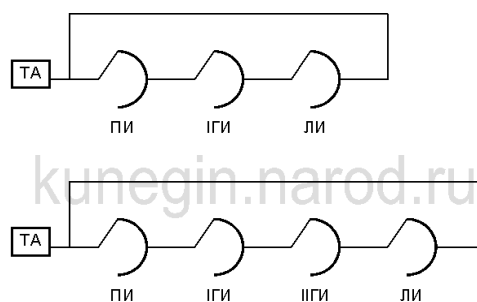


Рис. 4.10. Упрощенные структурные схемы АТС на 1000 и 10 000 номеров

Декадно-шаговые станции в настоящее время применяются как на местных, так и на международных телефонных сетях в качестве сельских, городских АТС и АМТС.

4.7.4.2 Коммутационные поля *координатных* АТС строятся на основе многократных координатных соединителей (МКС), имеющих лучшие характеристики по сравнению с искателями. Основной особенностью построения коммутационного поля координатной АТС (АТСК) является применение звеньев принципа построения ступеней искания, позволяющего существенно экономить оборудование, необходимое для построения коммутационных систем.

В *квазиэлектронных* АТС (АТСКЭ) основой коммутационного поля являются матричные соединители, построенные на герконовых реле. Из матричных соединителей путем звеньевого включения создаются коммутационные блоки различной емкости.

4.7.4.3 Коммутационные поля *электронных* АТС (АТСЭ) строятся с использованием способов пространственной и временной коммутации. Электронные коммутационные поля обладают на текущий момент наилучшими эксплуатационными показателями.

Цифровые коммутационные поля всегда строятся на принципе временного разделения каналов. Техника временного разделения каналов характеризуется тем, что несколько последовательных во времени выборок объединяются в цикл и поступают в канал передачи. Для каждой выборки в цикле отведена некоторая временная позиция. Отсюда можно уже определить основную функцию коммутационного поля в цифровой системе коммутации. Она заключается в коммутации содержимого некоторой временной позиции в уплотненной линии приема на другую временную позицию в уплотненной линии передачи. Такой процесс коммутации требует смены временной позиции и смены уплотненной линии. Поэтому в цифровой коммутационной аппаратуре имеются два различных типа ступеней коммутации:

коммутационные ступени для замены временных положений без смены уплотненной линии (временная ступень, или ступень В);

коммутационные ступени для замены уплотненных линий без изменения временных положений (пространственная ступень, или ступень П).

Сочетание пространственных и временных ступеней в цифровом коммутационном поле, т. е. их группообразование, теоретически определяют параметры этой коммутационной системы.

При коммутации необходимо учитывать, что оба направления передачи используют отдельные уплотненные линии. Поэтому коммутацию можно осуществлять либо по двум двухпроводным, либо по одной четырехпроводной линиям. В первом случае каждое направление передачи коммутируется отдельно, а во втором случае оба направления передачи проходят по общему тракту. В зависимости от способа использования коммутационные поля можно разделить на поля с односторонним и двусторонним использованием И наконец, по виду группообразования коммутационные поля можно разделить на двусторонние и односторонние. На рис. 4.11 показаны некоторые из возможных вариантов группообразования.

Двусторонняя аппаратура характеризуется тем, что уплотненные линии подключаются с обеих сторон коммутационной системы, причем благодаря наличию внешних соединений может создаваться система двустороннего действия. В односторонней аппаратуре, напротив, уплотненные линии, подключаемые извне, расположены только с одной стороны коммутационной системы.

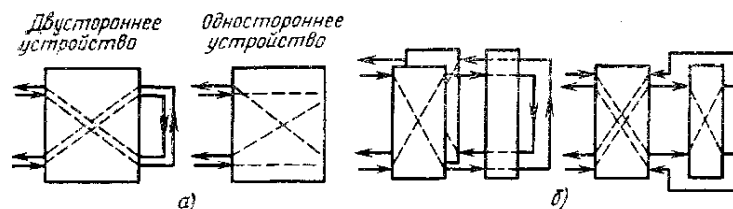


Рис.4.11. Пример группообразования цифровых коммутационных полей:
а — принципиальная схема; **б** — пример

4.7.5 Системы управления КУ. Одной из важнейших задач, решаемых на сетях связи, является распределение поступающей информации по требуемым адресам, с заданным качеством обслуживания, при минимальных материально – технических затратах.

Основным элементом коммутационной системы является управляющее устройство (УУ). Оно представляет собой техническое средство, обеспечивающее управление процессом установления соединений через КУ или её часть, а также обмен сигналами управления с УУ других КУ.

В процессе установления соединений УУ обнаруживает и принимает входные сигналы, поступающие от внешних устройств в линейные комплекты, анализирует их, отыскивает свободные пути в коммутационном поле (КП), вырабатывает управляющие воздействия для установления – разъединения соединительных путей в КП. В процессе обслуживания вызовов УУ осуществляет взаимодействие линейных комплектов с оконечными (абонентскими) устройствами, сопряжение различных КУ по абонентским и соединительным линиям, реализует всё множество существующих протоколов взаимодействия.

Кроме того, УУ может выполнять функции по предоставлению абонентам дополнительных видов обслуживания, автоматизации процессов эксплуатации, технического обслуживания и многое другое.

УУ КУ, помимо управления установлением соединений, могут выполнять функции управления сетью. При этом должно быть обеспечено взаимодействие между УУ отдельных КУ через межстанционные системы передачи по каналам сигнализации и управления. Здесь УУ КУ может быть как частью системы управления сетью связи (при распределённой системе управления), так и оконечным устройством этой системы (при централизованной системе управления).

Выполняемые УУ функции разделяются на основные, дополнительные, административные.

К основным можно отнести функции управления процессами установления соединений по заданным адресам с заданным качеством обслуживания.

Дополнительные абонентские функции, выполняемые УУ, должны обеспечивать абоненту дополнительные услуги, такие как конференцсвязь, переадресация входящих вызовов, передача вызова, постановка на ожидание и др.

Дополнительные административные функции УУ обеспечивают услуги техническому и административному персоналу при эксплуатации и обслуживании КС. К таким функциям относятся контроль и диагностика работы КС, тарификация и др.

Одним из направлений развития функций УУ является их использование в качестве составной части системы управления сетью связи. При этом предполагается решение задач маршрутизации, борьбы с перегрузками, сбора данных о состоянии элементов сети и др.

По степени автоматизации управления УУ можно разделить на УУ с ручным управлением, автоматические и комбинированные.

Ручное управление применяется в КУ ручного обслуживания, в которых прием заявки её обработку и управление установлением соединения осуществляет оператор. Этот принцип управления используется в устаревших шнуровых коммутаторах и в современных электронных КС справочно-информационных служб.

В автоматических УУ все операции от приёма заявки до отбоя выполняются автоматически. Этот принцип управления применяется в автоматических телефонных станциях.

При использовании комбинированных УУ предполагается автоматизация части процессов установления соединения (например, приём сигналов вызова и отбоя, подача акустических сигналов абонентам, освобождение обслуживающих приборов при поступлении сигнала отбоя и т.д.). При этом оператору может предоставляться возможность вмешательства в процесс установления соединения на разных его стадиях. На оператора могут возлагаться функции приёма адресной информации и принятия решения по определению оптимального пути передачи информации. Такой принцип построения УУ находит применение в бесшнуровых КС ручного обслуживания.

По способу воздействия на элементы УУ можно выделить прямое и косвенное управление. При прямом управлении сигналы управления поступают совместно с адресной информацией непосредственно на исполнительные устройства. Этот вид управления предполагает незначительное количество выполняемых команд. Это ограничивает возможность введения дополнительных видов обслуживания. Данный способ применяется в устаревших электромеханических КУ.

При косвенном управлении сначала производится запоминание адресной информации, её обработка, а затем передача управляющих воздействий. Этот вид управления применяется в квазиэлектронных и электронных КУ последнего поколения.

По способу реализации алгоритма функционирования управляющие устройства

можно разделить на УУ с жестко замонтированной логикой и УУ работающие по записанной программе.

УУ с жестко замонтированной логикой характеризуются наличием постоянных функциональных связей, объединяющих обработку входной адресной информации и выдачу управляющих воздействий. Недостаток данного способа управления заключается в отсутствии гибкости. Изменение программы может производиться только путем перемонтажа или полной замены УУ.

Процесс управления по записанной программе предполагает наличие памяти, где записан порядок функционирования УУ при решении той или иной задачи обработки поступившей заявки. Преимущества этого способа управления – гибкость. Смена окончных устройств КС не требует аппаратного изменения УУ как при управлении с жестко замонтированной логикой. Необходимо лишь изменение программного обеспечения, реализующего алгоритмы взаимодействия окончных устройств и КС. Недостаток данного способа управления в относительно высокой стоимости программного обеспечения.

По способу *структурного построения* УУ можно разделить на централизованные, децентрализованные и иерархические.

Централизованные УУ предполагают выполнение всех функций управления одним управляющим комплексом, в который входят процессор, память программ, оперативная память. Концентрация всех логических действий в центральном управляющем устройстве имеет ряд недостатков, связанных с большим количеством периферийных устройств КС, обслуживаемых УУ, большим количеством внутростанционных линий для передачи управляющих сигналов, необходимостью высокой производительности процессора, сложностью программного обеспечения, сложностью обеспечения высокой надёжности УУ.

Децентрализованные УУ осуществляют решение задач управления несколькими равноправными устройствами, каждое из которых самостоятельно выполняет возложенные на них функции. Системная связь между отдельными УУ может осуществляться через общую шину. Преимуществом этого принципа построения является высокая надежность. Недостатком – сложность координации совместной работы многих УУ, избыточность оборудования управления и, соответственно, низкие экономические показатели.

Компромиссным вариантом является иерархический способ построения УУ. В этом случае создаются группы периферийных УУ, образующие нижний уровень управления и обслуживающие исполнительные устройства КС. Они связаны с центральным УУ, образующим верхний уровень. Уровней управления может быть больше двух в зависимости от объёма и структуры КС. УУ одного уровня не связаны между собой и работают независимо друг от друга. УУ смежных уровней имеют между собой функциональные и информационные связи посредством системного интерфейса.

Одним из отличительных признаков различных УУ может быть *тип системного интерфейса*, с помощью которого обеспечивает взаимодействие между элементами управляющего устройства УУ в децентрализованных и иерархических УУ. Тип системного интерфейса определяется количеством взаимосвязанных УУ и объёмом передаваемой между ними информации.

При малом количестве УУ между ними передаётся большой объём информации, в этом случае может применяться непосредственные связи между УУ (прямой доступ).

При большом количестве УУ взаимодействие между ними может производиться через общую шину, что является достаточно простым и экономичным решением. Однако при этом пропускная способность общей шины ограничивает быстродействие всей системы управления. Этот недостаток может быть устранён путём организации связи между УУ через цифровое коммутационное поле, применение которого практически не ограничивает количество взаимодействующих УУ.

В централизованных УУ системный интерфейс не требуется ввиду особенности их функционирования - отсутствия УУ, с которыми необходимо осуществлять взаимодействие.

В качестве отличительного признака различных УУ может быть использован *тип периферийного интерфейса*, используемого для связи с линейными комплектами и исполнительными устройствами КП. В электромеханических и квазиэлектронных КС периферийный интерфейс представляет собой набор электрических цепей, осуществляющих передачу управляющих сигналов от УУ к исполнительным устройствам и ответные сигналы в УУ.

В электронных КС каждое УУ имеет свой тип периферийного интерфейса, соответствующего подключенному исполнительному устройству. Эти интерфейсы могут быть однотипными и, в отличие от интерфейсов электромеханических, при передаче управляющих сигналов в них не требуется производить преобразование уровней сигналов.

Большое влияние на эффективность функционирования УУ оказывает используемая *элементная база*. По этому признаку можно выделить УУ построенные на базе дискретной цифровой техники, на микроконтроллерах и специализированных ЭВМ.

В УУ КУ малой ёмкости с ограниченным числом дополнительных функций, в которых алгоритм функционирования может быть реализован жестко замонтированной логикой, в качестве элементной базы могут использоваться микросхемы дискретной цифровой техники. Эта элементная база может применяться и в УУ нижнего уровня иерархических УУ в тех случаях, когда на эти УУ возлагаются функции обеспечения простых протоколов взаимодействия с оконечными устройствами.

Для централизованных и децентрализованных УУ КУ малой ёмкости с ограниченным числом дополнительных функций могут применяться микропроцессоры.

Для КУ большой емкости и для обеспечения работы КУ в управляемой сети связи ввиду большого количества выполняемых операций по установлению соединений, сбору и обработке информации о состоянии сети связи и выбору оптимальных маршрутов связи, в качестве УУ применяются специализированные электронно-вычислительные машины. При этом обеспечивается возможность изменения программного обеспечения в процессе жизненного цикла КС при возникновении необходимости в наращивания функций, выполняемых КС.

В УУ иерархической структуры могут применяться микропроцессоры и дискретная цифровая элементная база для УУ нижнего уровня и специализированные ЭВМ для УУ верхних уровней.

5 УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

5.1. Цели и задачи управлений на телекоммуникационных сетях

Телекоммуникационные сети представляют собой достаточно сложную организационно-техническую систему, функционирующую в условиях изменяющейся внутренней и окружающей обстановки. Эти изменения могут возникать вследствие следующих причин:

- выхода из строя или ввода в эксплуатацию отдельных ветвей, КУ или целых участков сети;
- резкого увеличения величины нагрузки в одном или нескольких направлениях связи;
- изменения местоположения абонентов или элементов телекоммуникационной сети;
- подключения новых источников нагрузки и многочисленных других факторов.

Воздействие этих факторов на ТКС может привести к:

- изменению состава путей передачи информации в направлениях связи и их значимости;
- нехватке ресурса сети для передачи требуемых объемов информации;
- возникновению местных или общесетевых перегрузок.
- ухудшению качества обслуживания или полному отсутствию связи в ряде направлений.

Это обуславливает необходимость постоянного контроля над функционированием ТКС и внесения соответствующих коррекций, как в построение сети, так и в протекающие в ней процессы. Решение этих задач предполагает организацию и внедрение высокоэффективного управления. Его целью является обеспечение своевременного установления соединений по заданным адресам и передачи определенного объема сообщений с соблюдением заданных вероятностно-временных характеристик при минимальных материально - технических затратах.

Реализация поставленной цели может быть осуществлена в случае решения следующих задач:

- управления установлением соединений по заданным адресам в соответствии с принятой системой обслуживания;
- поддержанием показателей основных характеристик ТКС в пределах требуемых норм при минимальных материально - технических затратах.

Первая задача определяется как задача управления установлением соединений, вторая - управления ТКС.

Под управлением установлением соединений понимается совокупность операций по выбору и занятию свободного пути передачи информации в соответствии с адресом указанным в заявке. Целью управления установлением соединений является обеспечение

выбора оптимального пути передачи информации, учитывающего текущие параметры сети связи при обслуживании каждой поступившей заявки.

Под управлением телекоммуникационной сетью понимается совокупность операций, обеспечивающих поддержание основных вероятностно - временных характеристик сети в пределах требуемых норм. Целью управления ТКС является обеспечение показателей основных характеристик сети близких к оптимальным значениям, а в случае их отклонения - определение путей доведения до требуемых норм, при минимальных материально - технических затратах.

5.2. Системы управления на телекоммуникационных сетях

Учитывая различия в целях и характере протекающих процессов, для обеспечения режима нормального функционирования сети связи создаются две системы: система управления установлением соединений (СУУС) и система управления телекоммуникационной сетью (СУТС).

Основными функциями СУТС являются:

- формирование плана распределения нагрузки (ПРН), обеспечивающего оптимальный режим функционирования сети по одному или нескольким показателям;
- сбор и обработка данных о состоянии элементов сети;
- своевременное определение отклонений характеристик сети от требуемых норм;
- определение источников дестабилизации сети и путей доведения ее характеристик до требуемых норм;
- принятие решения об осуществлении соответствующих коррекций на ТКС;
- определение конкретных объектов управления;
- формирование команд управления и передача их в исполнительные органы.

Объектами управления СУТС являются:

- системы управления установлением соединений;
- кроссовые устройства элементов сети связи;
- силы и средства, обеспечивающие резерв, строительство и эксплуатацию ТКС.

Основными функциями СУУС являются:

- прием заявок на установление соединений в требуемом направлении связи;
- определение дисциплины обслуживания поступающих заявок;
- определение путей передачи информации в соответствии с адресом, указанным в заявке;
- выбор пути передачи сообщения с учетом состояния элементов сети в момент поступления заявки;

- хранение плана распределения нагрузки и его корректирование по командам СУТС;

- сбор данных о результатах обслуживания поступающих заявок;

- формирование команд управления на исполнительные органы;

- передача требуемой информации по запросам СУТС.

Объектами управления СУУС являются коммутационные и обслуживающие приборы КУ.

5.3. Обобщенная модель процесса управления телекоммуникационной сетью.

Анализ процессов, протекающих при управлении сетями связи, позволяет выделить следующие четыре основных компонента: ТКС, систему управления телекоммуникационной сетью, систему управления установлением соединений и воздействующие на них факторы.

Обобщенная модель процесса управления телекоммуникационной сетью, типы информационных потоков и их направления показаны на рис. 5.1.



Рис.5.1

ТКС является объектом управления. Она представляет собой совокупность функционально связанных и взаимодействующих между собой и абонентами элементов.

СУТС представляет собой совокупность органов управления. СУУС выступает в двойном виде. С одной стороны, для сети связи это совокупность органов управления. С другой стороны, для СУТС она выступает в роли объекта управления.

В процессе функционирования, как на органы, так и на объекты управления воздействуют различного рода факторы.

В рассматриваемой модели управления телекоммуникационной сетью можно выделить два существенных аспекта. Первый определяется наличием постоянного

информационного обмена между ее элементами. Фактически любое законченное действие в элементах модели влечет за собой формирование и передачу сообщения. Вторым аспектом является воздействие на элементы модели разнородных факторов, обусловленных как внутренними, так и внешними процессами. Первые протекают в элементах управляемой сети, СУУС и СУТС, вторые - в окружающей внешней среде. Эти факторы во многом определяют режим информационного обмена между органами и объектами управления.

Факторы, определяющие характер функционирования системы управления, можно разделить на три группы:

1. Связанные с плановыми структурными изменениями в управляемой сети (N, M) - развертывание и свертывание элементов сети, ввод в эксплуатацию и перемещения КЦ, изменения структуры сети и т. д.

2. Обусловленные выходом из строя элементов управляемой сети вследствие агрессивных воздействий внешней среды и технических отказов (Ψ) - поражение элементов или участков сети, возникновение неисправностей в средствах связи.

3. Определяемые потребностями абонентов в информационном обмене (λ) - изменения интенсивностей информационных потоков и времени обслуживания заявок.

В процессе функционирования сети между ее элементами и СУТС осуществляется информационный обмен, характеризующийся наличием различного типа данных. Так от объектов управления к органам управления может передаваться следующая информация:

- о восстановлении режима нормального функционирования элементов сети (H);
- о поражениях элементов телекоммуникационной сети и возникающих технических отказах, ведущих к ухудшению качества функционирования направлений связи (J) - выход из строя элементов или участков сети, систем передачи, линейного и станционного оборудования КУ, эксплуатационные ошибки и др.;

- о снижении показателей качества обслуживания абонентов различных категорий (Q) - превышение величины потерь в направлениях связи нормированных значений, превышение времени ожидания обслуживания.

От органов управления на объекты управления могут передаваться следующие команды:

1). На систему управления установлением соединений

- о необходимости изменения порядка выбора путей установления соединения (U) в направлениях связи;

- о необходимости введения или отмены определенных дополнительных видов обслуживания (D).

2). На элементы телекоммуникационной сети:

- о необходимости выдачи результатов контроля технического состояния (S) элементов телекоммуникационной сети;

- на введение в эксплуатацию необходимых сил и средств (V) для восстановления поврежденных элементов или участков сети.

3). На управляющие устройства КУ:

- для осуществления кроссовых переключений на КУ, обеспечивающих маневр каналами и трактами, для поддержания заданной пропускной способности или живучести направлений связи управляемой сети (B);

- о необходимости коррекции программы работы управляющих устройств КУ (Z).

Данная модель описывает процесс управления телекоммуникационной сетью на достаточно высоком уровне общности. Поэтому при анализе и синтезе конкретных систем управления необходима детализация особенностей их построения и методов решения задач управления, а так же используемых протоколов взаимодействия.

5.4. Классификация систем управления телекоммуникационными сетями

Наличие особенностей в целях и задачах управления на ТКС, а также различия в способах решения этих задач, алгоритмах функционирования и предъявляемых требований, обуславливают наличие нескольких типов систем управления ТКС. Поэтому необходима классификация СУТС по их отличительным признакам.

С точки зрения взаимодействия с сетью связи их можно разделить на *статические* и *динамические*.

Под *статическими* понимаются СУТС априорно решающие задачи управления. При этом в качестве исходных данных используются прогнозируемые значения параметров сети.

Они подразделяются на:

- системы с неизменным ПРН;
- системы с ПРН изменяемым по расписанию;
- системы с ПРН изменяемым по ситуации.

Первые решают задачи планирования связи или проектирования ТКС. В процессе функционирования таких СУТС по заданным исходным данным синтезируется структура и топология сети, формируется ПРН, определяются мощности ветвей, обеспечивающие заданное качество обслуживания в направлениях связи.

Вторые и третьи решают задачу формирования ПРН в преломлении к некоторым прогнозируемым стандартным ситуациям на ТКС. При этом, во вторых СУТС смена одного ПРН другим осуществляется строго по расписанию. В третьих - по команде оператора в момент возникновения стандартной ситуации.

Динамическими называются СУТС, обеспечивающие управление реально функционирующими сетями связи по принципу "контроль - воздействие - контроль". Их основной задачей является контроль за параметрами функционирования сети связи и, в случае их отклонения от требуемых норм, принятия решений на необходимые коррекции.

С точки зрения возможностей и вида решаемых задач управления динамические СУТС подразделяются на оптимизационные и ситуационные. Первые обеспечивают решение всех задач управления в полном объеме, включая определение источников дестабилизации функционирования сети и методов доведения их характеристик до требуемых норм.

Возможности вторых ограничены. В основном, они позволяют повысить качество функционирования сетей связи по одному или нескольким параметрам. Но обеспечить поддержание характеристик сети в пределах заданных значений в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, у них возможностей нет.

По скорости реакции на изменения, происходящие в сети, СУТС можно разделить на оперативные, статистические и комбинированные. Оперативные осуществляют немедленное реагирование на возникновение аварийных ситуаций в телекоммуникационной сети. В основном данные СУТС реагируют на структурные изменения сети связи: выход из строя или ввод в эксплуатацию ветвей сети связи, аварии или перемещения КУ и др. По сигналам об изменениях в структуре сети связи оперативные СУТС производят реформирование ПРН и доведение его до исполнительных органов.

Статистические системы предназначены для выявления изменений вероятностно - временных характеристик ТКС. Это могут быть изменения интенсивностей потоков заявок, величины потерь на ветвях и направлениях связи и др. Реакция этих систем на изменения ситуации на сети связи существенно ниже, чем оперативных. Это связано с необходимостью накопления определенного объема статистических данных о происходящих процессах, позволяющих судить о них с требуемой степенью точности и достоверности. И только затем, по результатам анализа произошедших изменений, осуществлять коррекцию плана распределения нагрузки.

Комбинированные системы предполагают совместное использование методов управления статистических и оперативных СУТС. В процессе решения задач управления они формируют ПРН, учитывающий не только состояние структуры сети, но и вероятностно-временные параметры информационных потоков. Классификация систем управления сетями связи представлена на рис. 5.2.

5.5. Детализация задач системы управления телекоммуникационными сетями

Задачи СУТС весьма многогранны и разноплановы. Их можно рассматривать в следующих условиях:



Рис. 5.2

- планового развёртывания либо свёртывания управляемой сети;
- нормального функционирования управляемой сети;
- функционирования управляемой сети связи в экстремальных ситуациях.

Для каждого из условий могут быть выделены специфические группы задач управления, в рамках которых формулируются частные задачи в соответствии со спецификой их постановки.

Так, для *первого случая* в группу задач управления должны входить:

- анализ плана развёртывания, свёртывания либо реформирования ТКС;
- анализ имеющегося, либо требуемого (при развёртывании), либо освобождающегося (при свёртывании) сетевого ресурса;
- анализ требований по обеспечению трафика и параметров вероятностно - временных характеристик по планируемым этапам изменения морфологии сети;
- формирование плана распределения нагрузки (ПРН) по этапам;
- принятие решений по распределению сетевого ресурса, обеспечивающего реализацию ПРН при минимальных временных, материально - технических и других видах затрат;
- формирование команд на элементы (объекты управления) управляемой сети, реализующие принятые решения, и осуществление контроля за их исполнением.

Задачи данной группы решаются в СУТС на основании данных о планируемых изменениях в сети и прогнозировании изменения параметров её функционирования.

Развёртывание сети связано с вводом новых КУ, линий связи и образования новых направлений связи. Такие изменения могут затрагивать многие элементы действующей части сети. В первую очередь это относится к параметрам пропускной способности ветвей сети, обеспечивающих обслуживание трафика, и показателям качества обслуживания различных направлений связи. Ввод новых элементов сети связи сопряжён с формированием нового алгоритмического обеспечения на вновь вводимых участках и его коррекцией на действующих участках сети связи.

Введение дополнительного ресурса в процессе развертывания ТКС, исключение ресурса при свёртывании ТКС и его перераспределение на корректируемой сети связаны с переформированием ПРН и решением ряда расчётных задач по определению требуемых показателей. В первую очередь это параметры пропускной способности направлений и ветвей связи и живучести сети. После решения указанных задач производится формирование команд и их доведение до объектов управления, а также контроль за исполнением команд.

Одновременно с решением задач, связанных с изменением структуры сети, и после таких изменений СУТС решает задачи обеспечения нормального функционирования управляемой сети на действующих участках.

В процессе нормального функционирования управляемой сети связи основными задачами СУСС являются:

- контроль за техническим состоянием элементов сети и оценка значений параметров её функционирования,
- приём, фиксация и обработка данных о технических отказах в элементах сети, ведущих к ухудшению параметров функционирования направлений связи;
- контроль показателей пропускной способности ветвей и направлений связи и установление факторов отклонения их от установленной нормы;
- квалификация состояния элементов и участков сети связи по градациям: "норма", "предупреждение" и "авария";
- выявление мест и причин отказа сети;
- определение возможностей по устранению отказа, ведущего к переходу элементов сети из состояния "норма" в состояние "предупреждение" и "авария";
- определение рационального способа восстановления нормального функционирования сети;
- принятие решения на восстановление нормального функционирования управляемой сети, определение конкретных объектов управления;
- формирование команд на объекты управления, реализация принятого решения и осуществление контроля за их исполнением.

Наличие экстремальной ситуации может оказаться одним из условий "нормального" функционирования управляемой сети связи. В таких условиях роль СУТС особо значима, а решаемые задачи имеют ряд особенностей. К таким задачам, в первую очередь, могут быть отнесены:

- организация системы сбора данных о поражении элементов и участков управляемой сети связи;
- прием и обработка данных о поражении элементов и участков сети;
- определение типа поражения элементов и участков сети;
- учет ресурса управляемой сети, обеспечивающего функционирование действующих направлений связи;
- учет резервного сетевого ресурса и определение мест его ввода в эксплуатацию;
- оценка целесообразности введения ограничений входящей нагрузки;
- формирование (переформирование) ПРН для действующих направлений связи;
- уточнение требований к качеству обслуживания в направлениях связи;
- принятие решений на восстановление пораженных элементов сети, снижение влияния поражающих факторов;
- формирование и передача команд на объекты управления и обеспечение контроля за их выполнением.

При возникновении на сети связи экстремальных ситуаций, связанных с воздействием внешних поражающих факторов, СУТС переводится в особый режим работы. При этом в первую очередь производится попытка довести характеристики сети до требуемых норм путем перераспределения или ограничения числа путей передачи информации в части направлений связи.

Если принятые меры не приводят к желаемому результату, то следующим шагом является ввод в эксплуатацию имеющегося резерва сил и средств.

Если требуемое число каналов превышает имеющийся резерв, то следующей мерой доведения характеристик сети до требуемых норм может быть ограничение входящей нагрузки.

Иногда, при возникновении экстремальных ситуаций, вместо требования доведения характеристик сети до нормированных значений ставится условие обеспечения возможной пропускной способности с максимально допустимым качеством обслуживания для абонентов и сообщений высших категорий. При этом качество обслуживания низших категорий не нормируется.

Наличие большого числа случайных факторов, определяющих условия функционирования ТКС и ограниченность ресурса, выделенного для организации связи, приводит к целесообразности введения управления структурой, потоками, параметрами и

режимами работы сети с целью поддержания их основных характеристик в пределах требуемых норм.

5.6 Алгоритмическая структура функционирования СУТС

Процесс управления начинается вслед за принятием решения на организацию связи. В решении должны содержаться:

1. Сведения о местности, где предполагается развернуть ТКС.
2. Имеющиеся силы и средства, обеспечивающие развертывание ТКС.
3. Данные об абонентах и их потребности в связи.
4. Сроки готовности связи и планируемые изменения обстановки.
5. Нормы на качество обслуживания.
6. Требуемые значения живучести ТКС или ее основных направлений связи.

По имеющимся данным осуществляется синтез структуры сети связи. При этом могут использоваться типовые, ранее опробованные варианты структуры и топологии ТКС. При необходимости может производиться разработка структурно-топологического построения организуемой сети по критериям живучести и быстродействия, устанавливающим максимально допустимое число транзитов и минимальное число обходных путей в направлениях связи.

На полученной структуре сети формируется ПРН. В результате решения этой задачи должны быть рассчитаны мощности ветвей ТКС, обеспечивающие заданные показатели пропускной способности и качества обслуживания абонентов. Кроме того, в процессе формирования ПРН могут вноситься коррективы в структуру телекоммуникационной сети, если они не снижают показатели ее живучести и быстродействия.

Принятием решения на строительство (развертывание) телекоммуникационной сети заканчивается первый этап функционирования статической СУТС. На последующих этапах могут осуществляться коррекция структуры и топологии сети связи, а также ПРН по планируемым (прогнозируемым) изменениям обстановки.

С началом строительства телекоммуникационной сети и сдачей ее в эксплуатацию вступает в действие динамическая СУСС. Оперативная и статистическая системы управления осуществляют контроль структурных и статистических изменений в ТКС. Информация о таких изменениях накапливается, обрабатывается и определяется необходимость внесения коррекций в построение и функционирование сети. Кроме того, выявляются возможности задействованных и резервных средств связи для проведения коррекций, выбираются объекты управления. После принятия решения на осуществление изменений в телекоммуникационной сети формируются соответствующие объектам управления команды, которые передаются исполнительным органам.

Алгоритмическая структура функционирования СУТС имеет вид, представленный на рис. 5.3.

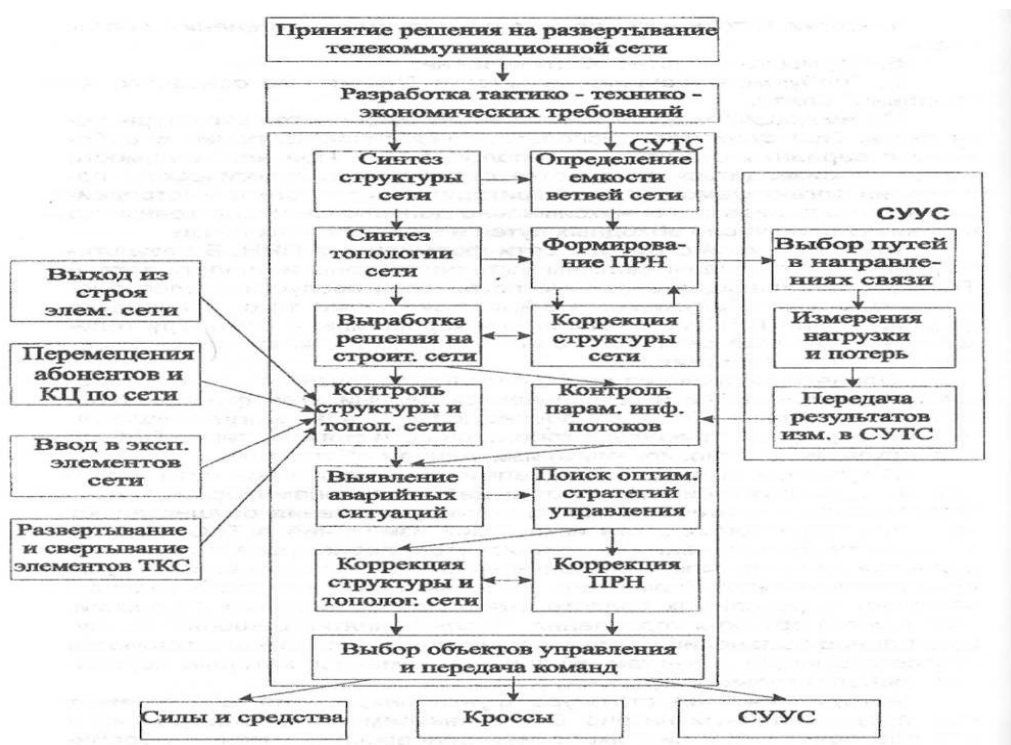


Рис 5 3

В зависимости от построения и способа реализации системы в ней одновременно может обрабатываться одно или несколько требований на корректирование структуры, топологии или показателей функционирования ТКС.

5.7 Классификация систем управления установлением соединений

Система управления установлением соединений обеспечивает выбор оптимального, на текущий момент времени, пути передачи сообщения от источника к потребителю в соответствии с адресом, указанным в заявке.

Учитывая многообразие имеющихся СУУС, с целью систематизации отличительных признаков произведем их классификацию.

Можно выделить два вида СУУС: с непосредственным управлением и косвенным управлением (рис. 5.4). При *непосредственном управлении* сигналы набора номера либо непосредственно от источника информации, либо после их предварительной записи в регистр поступают на коммутационные приборы, осуществляя управление процессом коммутации. При установлении соединения в телекоммуникационной сети, таким образом, осуществляется образование тракта передачи информации на каждом КУ. Данный способ управления используется на КУ старого типа. Автоматический поиск обходных путей при таком способе установления соединений весьма затруднен.

Время установления соединения определяется временем передачи адресной информации.

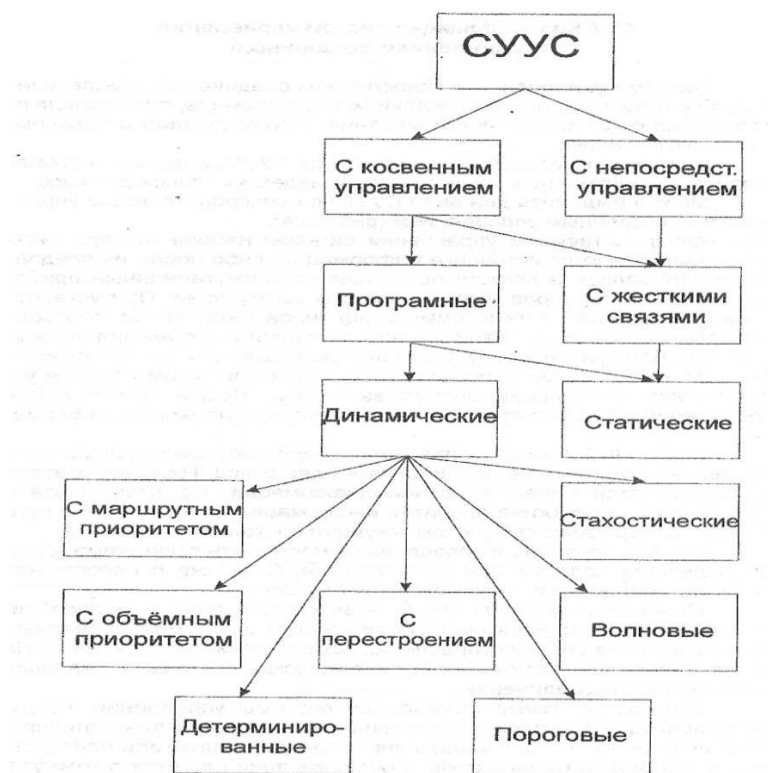


Рис. 5.4

Косвенный способ управления предусматривает разделение процесса установления соединения на два этапа. На первом этапе осуществляется прием адресной информации. На втором этапе производится обработка принятой информации и определение пути передачи информации с учётом текущего состояния сети связи.

СУУС с косвенным управлением могут быть с *жесткими* функциональными связями или *программные*. СУУС же с непосредственным управлением - только с жесткими связями.

Программные СУУС имеют возможность легко приспосабливаться к изменяющейся обстановке на сети и позволяют реализовать различные режимы управления установлением соединений. На их базе строятся статические и динамические системы управления установлением соединений.

Под статическими понимаются системы управления, предусматривающие в каждом направлении связи только один путь передачи информации. Если каналы данного пути заняты или неисправны, то абонент получает отказ в обслуживании на сетях с коммутацией каналов или ожидает освобождения каналов данного пути при обслуживании по системе с ожиданием.

Отличительными признаками *динамических* систем является то, что они могут самостоятельно решать ряд задач по повышению эффективности имеющегося ПРН, либо обеспечивать установление соединений при отсутствии ПРН. К таким СУУС относятся:

детерминированные, стохастические, волновые, пороговые, с перестроениями, с объёмным приоритетом, с маршрутным приоритетом.

Под *детерминированными* понимаются системы управления, осуществляющие выбор пути установления соединения методом последовательного циклического опроса совокупности путей передачи информации, определенном ПРН. При этом порядок опробования путей осуществляется в строгом соответствии с предписанием ПРН. Первый из путей, оказавшийся свободным, занимается под обслуживанием поступившей заявки.

В *стохастических и волновых СУУС* отсутствует необходимость в наличии ПРН. В стохастических системах установление соединения осуществляется по любой из разрешённых прилегающих ветвей, а в волновом - соединение осуществляется параллельно по всем ветвям, исходящим от каждого КЦ.

Пороговые СУУС в процессе решения возлагаемых на них задач отслеживают число свободных и занятых каналов в ветвях сети. При превышении числа занятых каналов в какой-либо ветви определенного "порога", пути установления соединения, в состав которых входит данная ветвь, запрещаются к использованию.

СУУС с перестроениями, с маршрутным и объёмным приоритетами обеспечивают повышение эффективности существующего ПРН путем решения различных оптимизационных задач по обеспечению рациональности использования ресурса сети в процессе обслуживания каждой заявки. В системах управления с перестроениями это достигается тем, что соединения, установленные по обходным путям, переключаются на путь первого выбора как только освобождаются каналы в соответствующих ветвях. В СУУС с маршрутным приоритетом заявкам, обслуживаемым по прямым путям, присваивается более высокий приоритет по отношению к заявкам, обслуживаемым по обходным путям. Как при использовании перестроений, так и при использовании маршрутного приоритета обеспечивается повышение пропускной способности сети за счёт уменьшения числа ветвей, приходящихся на обслуживание одного соединения.

В СУУС с объёмным приоритетом предусматривается повышение или понижение приоритета заявки в зависимости от режима функционирования рассматриваемого направления связи. Если поступающая в направление связи нагрузка не превышает нормированного значения, то заявке приписывается повышенный приоритет. В противном случае приоритет заявки понижается. Такой подход позволяет снизить влияние одних направлений связи на другие.

5.8. Алгоритмическая структура функционирования СУУС

Алгоритмическая структура функционирования СУУС представлена на рис. 5.5.



Рис 5 5

Процесс управления начинается с поступления заявки на установление соединения в требуемом направлении связи. Для приема заявки к вызывающей линии подключается регистр. Через него адресная информация и информация о категории заявки поступает в СУУС.

Здесь производится обработка адресной информации и анализ имеющегося плана распределения нагрузки. В результате определяются выходы из коммутационной системы, соответствующие возможным путям установления соединения в телекоммуникационной сети. Для соединения вызывающего входа коммутационной системы с найденными выходами определяется совокупность внутри станционных путей между ними. Выбор конкретного выхода из коммутационной системы и внутристанционного пути осуществляется на основании следующих исходных данных:

- состояния обслуживающих приборов, входящих во внутристанционный путь;
- состояния каналов, включенных на выходе коммутационной системы.

Общее число поступивших на обслуживание заявок и число неудачных попыток установления соединения фиксируется. Данная информация передается в СУТС. Там эта статистика обрабатывается и на основании полученных результатов может быть скорректирован ПРН.

После выбора пути установления соединения СУУС формирует и передает на коммутационные приборы соответствующие команды. По этим командам обеспечивается проключение тракта устанавливаемого соединения. При отсутствии свободного пути установления соединения абонент при обслуживании по системе с потерями получает отказ. Если абонент имеет соответствующий приоритет, то соединение низшей категории может быть прервано, а по освободившемуся пути может быть установлено соединение данного абонента.

Взаимодействие СУУС и СУТС осуществляется по двум направлениям:

1. СУУС обрабатывает и передает в СУТС результаты обслуживания поступающих заявок, что в конечном итоге является исходными данными для формирования ПРН.

2. Сформированный ПРН СУТС передает в СУУС, для которой это является исходными данными при решении задач по управлению установлением соединений.

Таким образом, коррекция процесса управления установлением соединений производится путем изменения плана распределения нагрузки.

5.9 Организационно-технические системы управления телекоммуникационными сетями

5.9.1. Централизованные системы управления телекоммуникационными сетями.

В зависимости от особенностей реализации систем управления телекоммуникационными сетями в современной научно-технической литературе различают централизованные, зональные, децентрализованные и комбинированные принципы структурного построения СУТС.

Централизованные СУТС (рис. 5.6) предусматривают наличие центрального органа управления сетью (ЦОУС) и местных исполнительных органов (МИО), которые располагаются, как правило, совместно с КУ сети и осуществляют как долговременную, так и оперативную коммутацию.

Основными функциями центрального органа управления являются:

- формирование плана распределения нагрузки телекоммуникационной сети;
- сбор и обработка информации о состоянии элементов сети;
- оценка загруженности участков сети;
- выявление отклонений параметров потоков заявок от нормированных значений;
- определение возможностей перераспределения нагрузки с целью повышения пропускной способности сети связи или отдельных ее участков;
- коррекция плана распределения нагрузки;
- формирование команд для МИО.

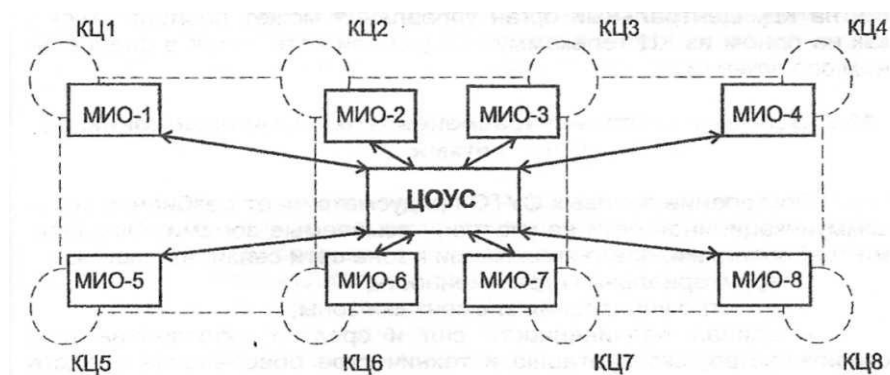


Рис. 5.6.

Местные исполнительные органы выполняют следующие основные функции:

- контроль за техническим состоянием элементов контролируемого участка сети;
- сбор данных о параметрах потоков информации в направлениях связи;
- передача на ЦОУС результатов контроля;
- прием команд от ЦОУС;
- воздействие на объекты управления СУТС (кроссы, программы СУУС, илы и средства, осуществляющие строительство магистралей).

Местные исполнительные органы располагаются, как правило, на КУ. Центральный орган управления может располагаться, как на одном из КУ телекоммуникационной сети, так и в специальном сооружении,

5.9.2. Зоновые системы управления телекоммуникационными сетями. Построение зональных СУТС предусматривает разбиение телекоммуникационной сети на участки, называемые зонами. Основными требованиями, предъявляемыми к зоне сети связи, являются:

- территориальная ограниченность;
- удобство управления элементами зоны;
- единая подчиненность сил и средств, обеспечивающих строительство, эксплуатацию и техническое обеспечение средств связи зоны.

В каждой зоне управление осуществляется централизованно зональным органом управления (ЗОУС). Периферийным оборудованием СУТС являются МИО.

Функции, выполняемые ЗОУС и МИО аналогичны для ЦОУС и МИО при централизованном управлении. Вариант построения представлен на рис. 5.7.

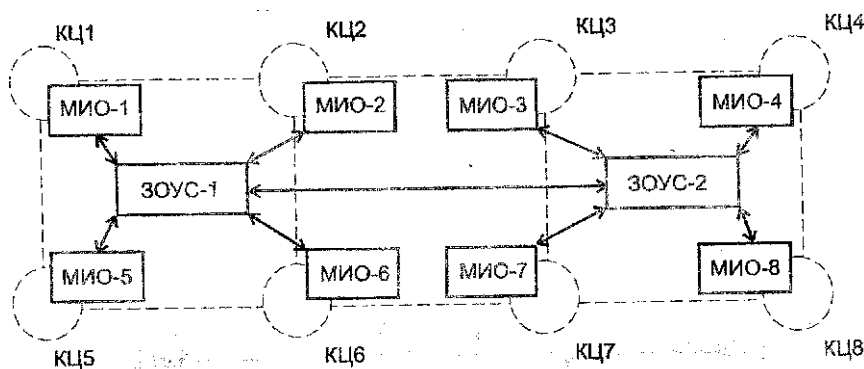


Рис.5.7

При необходимости взаимного обмена информацией о ситуации в смежных зонах их ЗОУС соединяются каналами управления. С целью повышения живучести СУТС, построенной по зонавому принципу, может предусматриваться перехват управления между ЗОУС, в случае выхода одного из них из строя. Однако такой способ обеспечения живучести управления ведет к увеличению количества оборудования, обеспечивающего перехват управления.

5.9.3 Децентрализованные системы управления телекоммуникационными сетями.

При децентрализованном построении систем управления имеют место единые местные органы управления (МОУС). Они размещаются, как правило, совместно с КУ.

Пример децентрализованного построения СУС представлен на рис. 5.8.

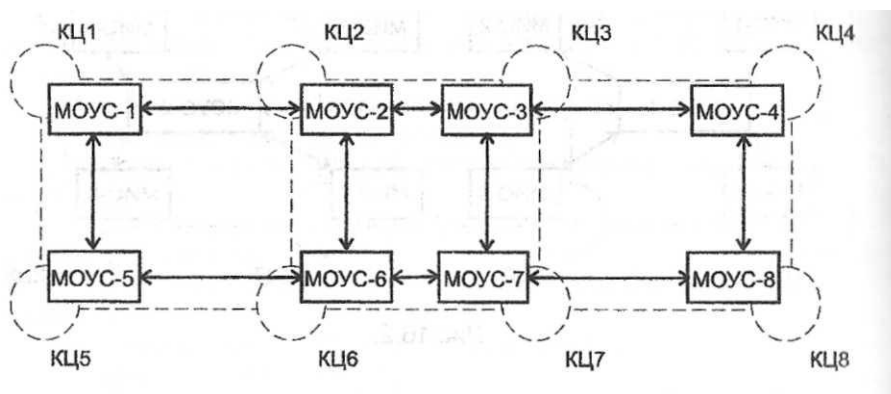


Рис.5.8

Основными функциями МОУС являются:

- формирование и хранение ПРН;
- контроль за техническим состоянием исходящих от КУ ветвей;
- сбор информации о вероятностно - временных характеристиках информационных потоков в направлениях связи;
- оценка загрузки исходящих от данного КУ ветвей потоками требований различных направлений;

- выявление отклонения качества обслуживания заявок по ветвям и направлениям связи от нормированных значений;
- определение возможностей оптимизации функционирования управляемого участка телекоммуникационной сети;
- внесение изменений в ПРН;
- формирование команд управления и доведение их до исполнительных органов, относящихся к управляемому участку сети.

Следует отметить, что местные органы управления на основе информации, которую собирают сами или обмениваются между собой, решают задачи только в интересах своего центра коммутации.

Возможность решения основных задач управления сетью связи в полном объеме позволяет считать централизованный способ построения СУСС перспективным, однако его низкая живучесть ограничивает возможности практического использования.

С точки зрения живучести наиболее предпочтительной для управления сетями является децентрализованная система, так как отказ любого элемента сети не нарушает процесса управления. Однако, обладая высокой живучестью, они не позволяют принимать оптимальные решения при необходимости доведения характеристик сети до требуемых норм, вследствие ограниченности информации о состоянии элементов сети связи.

5.9.4 *Комбинированные системы управления телекоммуникационными сетями.* Комбинированные СУТС (рис. 5.9) имеют в своем составе, как элементы централизации, так и децентрализации управления. При этом МОУС, на основе имеющейся информации, решают отдельные задачи в интересах своего КУ, а центральный орган оптимизирует функционирование всей сети в целом, внося коррективы в работу местных органов.

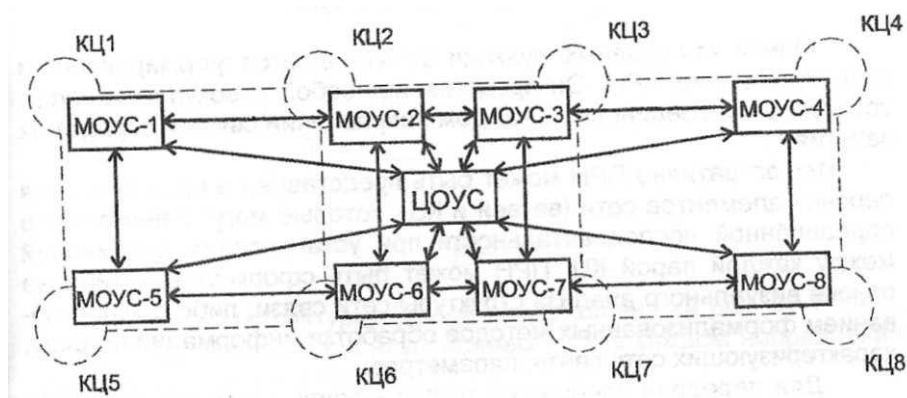


Рис. 5.9

С точки зрения качества управления наибольшими возможностями обладают централизованные системы, которые наряду с формированием плана распределения

нагрузки по критерию минимальной длины пути, позволяют принимать оптимальные решения о методах доведения характеристик сети до требуемых норм.

Использование комбинированных СУТС может позволить устранить недостатки, присущие как централизованным системам управления, соединив их достоинства.

5.8 План распределения нагрузки и методы его формирования.

5.8.1 *Формы представления плана распределения нагрузки.* Одной из основных функций СУТС является формирование и корректирование ПРН. Он представляет собой совокупность путей установления соединения в каждом направлении связи и порядок их занятия.

Иллюстративно ПРН может быть представлен в виде описания перечня элементов сети (ветвей и КУ), которые могут занимать в определённой последовательности при установлении соединений между каждой парой КУ. ПРН может быть сформирован либо на основе визуального анализа структуры сети связи, либо с использованием формализованных методов обработки информации по ряду, характеризующих сеть связи, параметров.

Для передачи сообщений между каждой парой КУ сети должен быть хотя бы один путь установления соединения. При этом из соображений экономичности, обеспечения высокого качества тракта и повышения быстродействия передачи информации, как правило, выбирается путь минимальной длины. При этом длина пути может определяться:

- протяженностью составляющих его каналов связи (в километрах);
- количеством транзитных КУ или ветвей сети, участвующих в установлении соединения по установленному пути;
- показателями качества обслуживания заявок;
- средней стоимостью оборудования пути в пересчёте на одно соединение.

Чаще всего, длину пути определяют количеством входящих в него ветвей, КУ или числом составляющих его транзитов.

Как правило, формирование ПРН производится в два этапа. На первом определяется совокупность путей передачи информации в направлении связи. На втором принимается решение о последовательности выбора и занятия этих путей. Иногда оба эти этапа совмещаются.

6 СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ

6.1 Общие положения

Сети связи очень сложны как с точки зрения организации обслуживания вызовов, так и с точки зрения других технологий, необходимых для предоставления разнообразных услуг абонентам. Для выполнения всех этих функций требуется наличие сигнализации между коммутационными узлами и станциями сети электросвязи. Под сигнализацией в сетях связи понимается совокупность сигналов, передаваемых между элементами сети для обеспечения установления и разъединения соединения при обслуживании вызовов, а также для передачи различной служебной информации.

Сигнализация обеспечивает возможность передачи информации внутри сети, а также между абонентами и сетью электросвязи.

Сигнализация поддерживает совместное существование коммутационных узлов и станций в сети для обеспечения функций обслуживания абонентов. Без сигнализации сети мертвы, а с введением эффективных систем сигнализации сеть становится мощным средством, с помощью которого абоненты могут общаться друг с другом и пользоваться все расширяющимся спектром услуг электросвязи. Характерной особенностью протоколов сигнализации является их быстрая эволюция. Существующие еще сегодня системы сигнализации, являющиеся просто механизмом передачи базовой информации, постепенно заменяются более мощными протоколами передачи данных, обеспечивающими беспрепятственную и эффективную передачу информации между коммутационными узлами и станциями в сети.

Сигнальная информация передается различными способами, которые можно разделить на три основных класса.

Первый класс - это способы передачи сигналов непосредственно по телефонному каналу (разговорному тракту), называемые иногда «внутриполосными» системами сигнализации. По телефонным каналам (физическим цепям) сигналы могут передаваться постоянным током, токами тональной частоты, индуктивными импульсами и др.

Второй класс - сигнализация по индивидуально выделенному сигнальному каналу (ВСК). Как правило, в таких системах обеспечиваются выделенные средства передачи сигнальной информации (выделенная емкость канала) для каждого разговорного канала в тракте передачи информации. Это может быть 16-й временной канал в ИКМ тракте, выделенный частотный канал вне разговорного спектра канала ТЧ на частоте 3825 Гц и др.

Третий класс - это системы общеканальной сигнализации (ОКС). В протоколах этого класса тракт передачи данных сигнализации предоставляется для целого пучка телефонных каналов по принципу адресно-группового использования, т.е. сигналы передаются в соответствии со своими адресами и размещаются в общем буфере для использования каж-

дым телефонным каналом как и когда это потребуется.

В зависимости от участка сети различают следующие виды сигнализации (рис. 6.1):

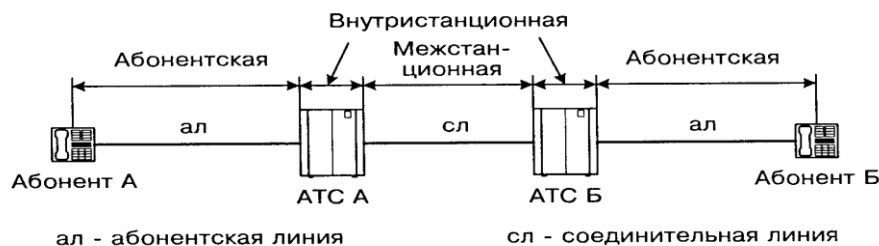


Рис. 1.1. Сигнализация в сетях связи

- *абонентская* - на участке между абонентским терминалом и коммутационной станцией;

- *внутристанционная* - между различными функциональными узлами и блоками внутри коммутационной станции;

- *межстанционная* - между различными коммутационными станциями в сети. Для обеспечения получения абонентами и телефонистами информационных сигналов, а также для работы устройств коммутации по телефонным каналам и линиям должны передаваться сигналы, которые делятся на три группы:

- линейные сигналы;
- сигналы управления (регистрационные сигналы);
- информационные (акустические и оптические) сигналы.

6.2 Методология спецификации и описания систем сигнализации

6.2.1. Введение в SDL-ориентированную методологию

Разработка языка SDL (Specification and Description Language) началась в 1972 г. после предварительного исследовательского периода. Первая версия языка была опубликована ИТУ-Т (в то время эта организация называлась Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии - МККТТ) в 1976 г., последующие версии появились в соответствующих цветных книгах ИТУ-Т в 1980, 1984, 1988, 1992 и 1996 годах.

Основу языка SDL составляет концепция взаимодействия конечных автоматов. Динамическое поведение системы описывается с помощью механизмов функционирования расширенных конечных автоматов и связей между ними, называемых процессами. Наборы процессов образуют блоки. Блоки, соединенные друг с другом и со своим окружением каналами, в свою очередь, образуют SDL-систему.

Согласно предлагаемой методологии спецификация протоколов сигнализации предусматривает следующие шаги:

- определение границ SDL-системы;
- определение каналов SDL-системы и передаваемых по этим каналам сигналов;
- разбиение системы на SDL-блоки;
- разбиение SDL-блоков на взаимодействующие процессы;

- определение входных и выходных сигналов, состояний и внутренних переходов для каждого из SDL-процессов;
- составление SDL-диаграмм процессов.

На рис. 6.2 представлен пример SDL-системы, называемой «Соединением» и состоящей из двух SDL-блоков: «Оконечное устройство» и «Станция», соединенных каналами: «абонент», «абонентская линия» и «соединительная линия». В квадратных скобках около каналов находятся списки сигналов, которые могут быть переданы по каналу. Каждый сигнал подлежит точному определению в спецификации SDL с указанием значений типов данных, которые могут быть переданы данным сигналом.



Рис. 6.2. Диаграмма взаимодействия блоков

Каждый блок в диаграмме SDL-системы может быть в дальнейшем разделен либо еще на блоки, либо на набор процессов. Процесс описывает поведение в SDL и является наиболее важным объектом в языке. Поведение каждого процесса определяется расширенным конечным автоматом, который выполняет действия и генерирует реакции (сигналы) в ответ на внешние дискретные воздействия (сигналы).

Такой автомат имеет конечное число внутренних состояний и оперирует с конечным дискретным множеством входов и выходов. Под автоматом с конечным числом состояний понимается объект, находящийся в одном из дискретных состояний S_1, S_2, \dots, S_n , на вход которого поступают извне некоторые сигналы I_1, I_2, \dots, I_m , а на выходе которого имеется набор выходных сигналов J_1, J_2, \dots, J_k . Под влиянием входных сигналов автомат переходит из одного состояния в другое, которое может совпадать с предыдущим, и выдает выходной сигнал. При этом для каждого состояния S_i и для каждого входного сигнала I_j однозначно известно, в какое состояние S_T перейдет автомат и какой выходной сигнал J_0 он при этом выдаст.

В отличие от классического конечного автомата расширенный конечный автомат допускает возможность перехода ненулевой длительности и определяет механизм простой очереди (FIFO) для сигналов, поступающих в автомат в тот момент, когда он выполняет некоторый переход. Сигналы рассматриваются по одному в каждый момент времени в порядке их поступления.

Итак, процесс в SDL-спецификации имеет конечное число состояний, в каждом из которых он может принимать ряд отправленных этому процессу допустимых сигналов (от других процессов или от таймера). Процесс может находиться в одном из состояний или в переходе между состояниями. Если во время перехода поступает сигнал, предназначенный для данного процесса, то он ставится в очередь к процессу.

Действия, выполняемые во время перехода, могут заключаться в преобразовании данных, в посылке сигналов в направлении к другим процессам и т.д. Сигналы могут содержать информацию, которая определяется на основании данных процесса, посылающего сигнал, и используется процессом-получателем вместе с той информацией, которой располагает сам этот процесс. Помимо процессов, содержащихся в рассматриваемой системе, сигналы могут также направляться за пределы системы во внешнюю среду, а также поступать из внешней среды. Под внешней средой понимается все, находящееся вне SDL-системы.

Посылка и получение сигналов, передача с их помощью информации от одного процесса к другому,

обработка и использование этой информации и определяют сценарий функционирования SDL-системы. Предполагается, что после выполнения заданного сценария должен быть достигнут определенный результат в поведении специфицируемой системы, в частности, протокола сигнализации. Как правило, ожидаемый результат будет заключаться в том, что в ответ на ряд сигналов, поступающих из внешней среды (например, оконечного станционного комплекта соединительной линии), система должна совершить определенные действия, оканчивающиеся передачей сообщений во внешнюю среду (в этот же станционный комплект соединительной линии и/или в другой программный процесс управления посылкой тональных сигналов, в процесс запроса информации АОН и т.п.).

Пример процесса «Тастатура» приведен на рис. 6.3. Пустой символ в верхнем левом углу означает начало процесса. Он ведет к исходному состоянию, в котором процесс может принять два входных сигнала: «Клавиша» или «Готово». Все переменные являются локальными для процесса. Символы ниже входных сигналов являются символами задачи для внутренних действий процесса. Задача может быть формальной или содержать неформальный текст в одинарных кавычках, как это имеет место на рис 6.3. Под правым символом задачи находится символ выхода:

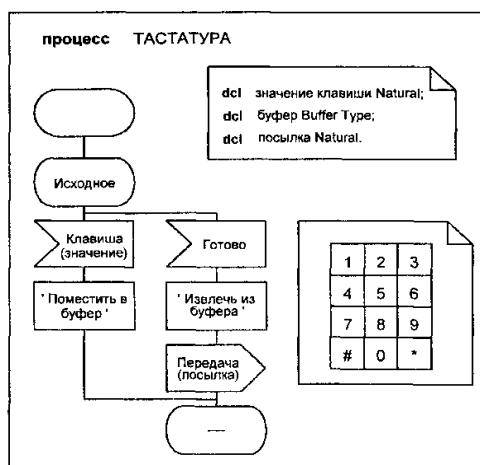


Рис. 6.3. SDL-диаграмма процесса тастатуры

«Передача (посылка)», который означает передачу сигнала. Содержанием сигнала является значение локальной переменной.

Графические символы SDL, используемые в данном примере, приведены в первой колонке таблицы 6.1. Рядом помещены соответствующие этим графическим символам понятия и их обозначения в программноподобной версии SDL.

Первые выпуски Рекомендации Z.100, издаваемые МККТТ, включали специальную линейку-трафарет (шаблон) для рисования SDL-диаграмм с использованием графического синтаксиса SDL. В нем присутствуют следующие символы: ввод, вывод, решение, опция, процесс, старт, задача, состояние, коннектор, останов, сохранение.

Символы вызова процедуры, вызова макро и запроса создания конструируются из символа задачи путем добавления необходимых горизонтальных и вертикальных линий.

Символы старта процедуры и входа в макро конструируются из символа старта.

Символ выхода из макро получается из символа коннектора.

Символ возврата из процедуры является комбинацией символов коннектора и останова.

Таблица 6.1. Символы SDL

Графический SDL	Программоподобный SDL	Значение символов
	STATENEXT STATE	Состояние, следующее состояние
	TASK	Задача
	INPUT	Ввод
	OUTPUT	Вывод
	SAVE	Сохранение
	DECISION	Решение
	CALL	Вызов процедуры
	MACRO	Вызов макро
	CREATE	Запрос создания процесса
	ALTERNATIVE	Опция
	STOP	Останов
	RETURN	Возврат из процедуры
	ENDMACRO	Выход из макро
	START	Старт процесса
	PROCEDURE	Начало процедуры
	MACRO EXPANSION	Вход в макро
		Расширение текста
	COMMENT	Комментарии
	X: JOIN X	Входной соединитель, выходной соединитель
	*	Все
	*[...]	Все, кроме
	PROVIDED	Непрерывный сигнал

Для компьютерной обработки был ориентирован второй программно-подобный синтаксис SDL. С появлением мощных графических инструментальных средств современных компьютеров актуальность такого разделения постепенно теряется. Эти современные инструментальные средства поддержки SDL включают графические редакторы для диаграмм, трансляторы между диаграммой (графическим представлением) и программноподобным представлением, статические анализаторы для поиска синтаксических ошибок, таких, как неопределенные имена и несовместимые интерфейсы, генераторы кодов, динамические анализаторы и имитаторы для моделирования случайных процессов поступления сигналов и другие средства.

Некоторые инструментальные средства позволяют также проверить моделируемые режимы на соответствие формулам логики, записанным либо в виде временной логики, либо как MSC. В этом случае сценарии MSC служат предикатами в моделируемых SDL спецификациях, которые, в свою очередь, должны включать описания поведения MSC. Динамические анализаторы SDL успешно применяются также для обнаружения тупиковых ситуаций (блокировок) в системах SDL.

Граф процесса в представлении SDL состоит из набора графических символов, соединенных направленными линиями потоков. Каждому символу приписывается имя. Если в диаграмме присутствует несколько символов состояния с одним и тем же именем, то все они означают одно и то же состояние. В символах, представляющих ввод, вывод и сохранение, должно присутствовать имя соответствующего сигнала. Аналогичным образом текст помещается в символах задачи и решения.

При соединении символов в диаграммы необходимо соблюдать определенные правила соединения. Эти правила следующие:

- за символом состояния может следовать только символ ввода или символы ввода и сохранения;
- символ ввода (сохранения) может следовать только за символом состояния;
- за символом ввода может следовать любой (один) символ, кроме ввода и сохранения;
- за символом задачи или вывода следует любой (один) символ, кроме ввода или сохранения;
- за символом решения следует n ($n \geq 2$) символов, которые могут быть какими угодно, кроме символов ввода, сохранения;
- за символом сохранения не следует ничего.

Рисунок 6.5. иллюстрирует вышеприведенные правила построения SDL-диаграмм процесса.

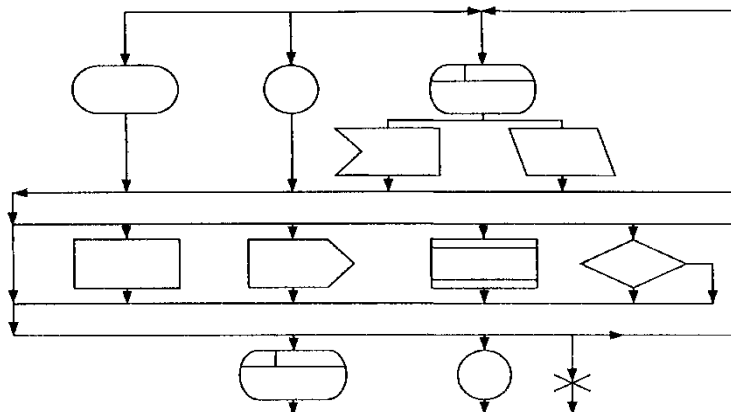


Рис. 6.5. Допустимые соединения символов в SDL-диаграмме

Указатели стрелок требуются всякий раз, когда сходятся две линии связи или когда линия связи входит в OUT-соединитель или символ состояния. Указатели стрелок запрещаются на линиях связи, входящих в символы ввода. При всех других обстоятельствах указатели стрелок являются необязательными.

Существуют следующие правила при вычерчивании и чтении графических SDL-диаграмм:

обычная последовательность чтения диаграмм - сверху-вниз и слева-направо; диаграммы должны быть краткими, детализация диаграмм должна осуществляться в процедурах, макро и т.п.; связный сегмент диаграммы по возможности представляется на одной странице; текст предпочтительно размещать в символах, а если это не удается - в символах расширения текста.

Основные объекты SDL-диаграмм.

Процесс в SDL рассматривается как некий объект, который находится в состоянии ожидания получения входного сигнала либо в переходе. Состояние определяется как условие, в котором действие процесса временно приостановлено в ожидании ввода (рис. 6.6).

Решение - выбор одного из альтернативных действий в зависимости от результатов анализа проверки параметров, связанных со входными сигналами, и хранимой в памяти процесса информации, существенных для дальнейшего функционирования процесса. Другими словами, символ решения определяет выбор одного среди нескольких ($n \geq 2$) путей для продолжения перехода процесса.

Задача - действие внутри перехода, связанное с манипулированием входными или выходными параметрами, работой с памятью, вычислениями и не являющееся ни решением, ни выводом, ни созданием процесса, ни вызовом процедуры или макроса.

Для описания процесса определено еще одно более общее понятие - сохранение, дающее возможность выборочной задержки начала обработки входных сигналов (рис. 6.8), т.е. априорного задания порядка поступления и времени нахождения в очереди. Сохранение используется для обозначения конструкции, сохраняющей сигналы от их потери до того, как их начнут обрабатывать.

Языком SDL предусмотрены краткие обозначения. К ним относятся звездочка (*) и тире (-) (рис. 6.9, 6.10). Обычно «*» означает «все» или «все, кроме» (* []), а «-» означает «то же самое». Тире (-) используется в символе следующего состояния для того, чтобы представить то же самое состояние, что и состояние, с которого начался переход. Интерпретация этого рисунка может быть такой: в любом состоянии процесса сигнал «Сообщение» может быть принят. Прием вызовет посылку сигнала

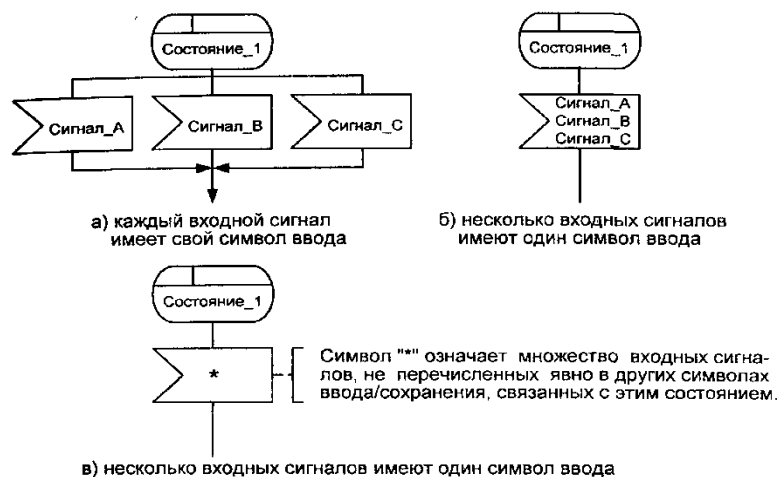
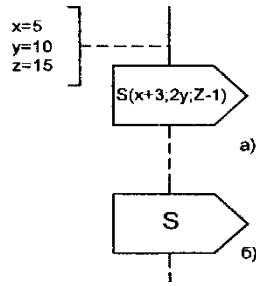


Рис. 6.6. Примеры употребления символов состояния



Примечания: а) поскольку x, y и z в этом примере имеют значения 5, 10 и 15 соответственно, сигнал S передает значения 8, 20 и 14; б) сигнал S передает три значения - 5, 10 и 15.

Рис. 6.7. Примеры использования символов вывода

«Ответ», и переход закончится в состоянии, в котором начался. Следует подчеркнуть, что пользоваться краткими обозначениями нужно с осторожностью, т.к. использование «*» и «->» может изменить смысл диаграммы настолько, что это приведет к непредсказуемому результату.

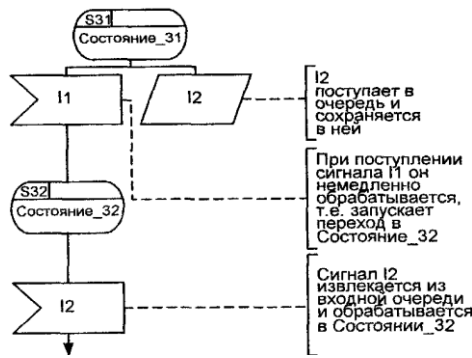
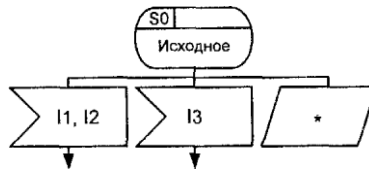


Рис. 6.8. Пример SDL - диаграммы с использованием символа сохранения



Использование "*" подразумевает все сигналы, кроме 11,12,13

Рис. 6.9. Пример использования «*»

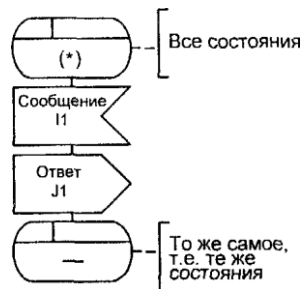


Рис. 6.10. Пример использования тире в символе следующего состояния

Дивергенция внутри перехода в диаграмме SDL может возникнуть в одной из следующих ситуаций: между символом состояния и соответствующими ему символами ввода и сохранения; после символа решения после символа опции (рис. 6.11).

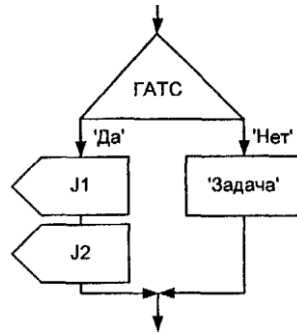


Рис.6.11. Пример дивергенции после символа опции

Точка конвергенции не может возникнуть между вводом или сохранением и символом состояния, но может возникнуть в любой другой точке SDL - диаграммы (рис. 6.12).

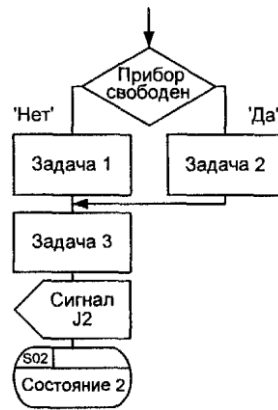


Рис.6.12. Пример использования конвергенции

Введение объектно-ориентированных свойств стало основным дополнением SDL-92 по сравнению с SDL-88. В сфере объектно-ориентированных разработок SDL-92 соответствует новым промышленным стандартам, таким как C++ в программировании.

Определение процесса можно повторно использовать, определяя его как тип, путем добавления ключевого слова тип и двух интерфейсов (шлюзов), которые описывают принимаемые и передаваемые сигналы. Это иллюстрирует рис. 6.13, являющийся развитием рис. 6.3.

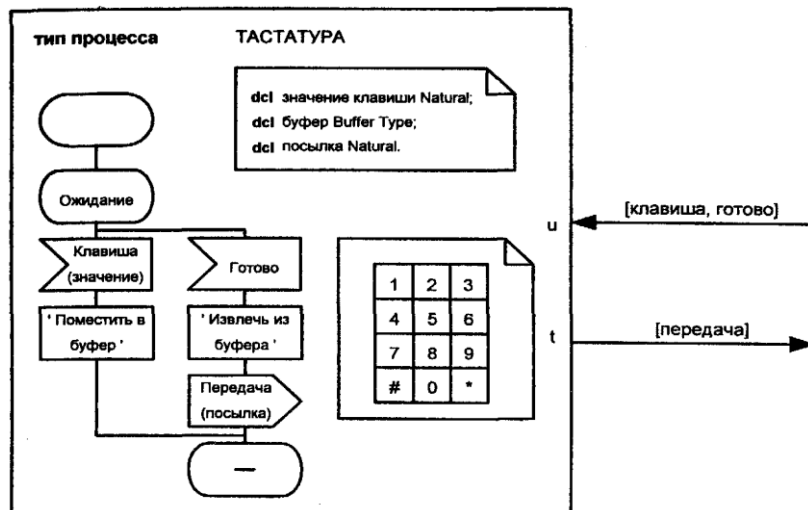


Рис. 6.13. Процесс клавиатуры как тип

Тип может быть разделен на подтипы, и типы могут определяться как объекты (экземпляры в SDL). Объектно-ориентированные свойства SDL включают защищенные переопределения в подтипах (называемые виртуальными), общие типы (называемые параметризованными типами) и понятия библиотеки для типов (называемые пакетами).

Использование различных инструментальных средств в SDL породило требование: способность передачи SDL-диаграмм между различными платформами различных инструментальных систем. Это особенно важно для организаций, занимающихся стандартами, в первую очередь - для различных исследовательских комиссий самого ИТУ-Т. При этом крайне желательно сохранение основной графической информации при переводе спецификаций SDL от одной инструментальной платформы к другой.

Разрабатываемый проект единого формата обмена (Common Interchange Format - CIF) базируется на текстуальном представлении, SDL/PR, и включает вопрос минимальной передачи такой графической информации, которая позволяет пользователям распознавать спецификации. Передача ограничена человеческим фактором распознавания, т.е. информацией постраничной организации и относительным позиционированием; детали при этом опускаются. Планируется, что CIF будет передавать только законченные элементы спецификаций, такие как система, блок и диаграммы процесса.

С точки зрения дальнейшего развития SDL достаточно сложно обеспечить равновесие между требованием стабильности текущей версии языка, которое разделяют специалисты других исследовательских комиссий ИТУ-Т, промышленных организаций, НИИ и администраций связи, давно использующих SDL, и интересами новых пользователей SDL.

Относительно представлений о будущей версии SDL-2000 можно отметить, что их основой является упрощение языка. В настоящее время в ИТУ-Т обсуждаются некоторые идеи по разработке SDL-2000, конспективно изложенные ниже.

SDL имеет широкий набор концепций структурирования, и при этом они иногда используются в разных целях и часто перекрываются. Основная из этих концепций - концепция процесса может в принципе заменить остальные концепции: системы, блока и сервиса. Это сделает язык проще, но потребует дополнительных руководящих принципов для применения концепции процесса в различных целях, например, для системного структурирования и для описания поведения. Возможность такого упрощения становится очевидной при определении объектно-ориентированных свойств SDL-92, где многое повторяется для каждой из четырех концепций структурирования (система, блок, процесс, сервис).

Определение типов данных основано на принципе ACT-ONE, который одинаков в SDL и в языке LOTOS. При введении этого принципа полагалось, что это наилучший способ для формализованного описания системы данных. Хотя этот принцип действительно весьма привлекателен теоретически, однако в практических применениях значительная часть данных почти никогда не используется. Последнее также иллюстрируется слабой поддержкой этого принципа существующими инструментальными средствами SDL. Версия языка SDL-92 была дополнена ACT-ONE с более традиционным алгоритмическим подходом, а рекомендация Z. 105 идет дальше и предписывает определение данных в SDL, основывающееся на стандарте языка ASN. 1. Но, к сожалению, и этот алгоритмический подход, и описание данных по Z.I 05 преобразуются затем в семантическую модель, основанную на том же принципе ACT-ONE. Во время работы над SDL-92 стало ясно, что привлекательные свойства объектного ориентирования, такие как общие типы и полиморфизм, достаточно сложно совместить с принципом ACT-ONE. В связи с этим имеется очевидная тенденция к отходу в будущем от имеющейся зависимости в описании данных от принципа ACT-ONE. Объектно-ориентированные свойства SDL-92 делают SDL привлекательным для спецификаций и описаний систем в соответствии с моделью Открытых Распределенных Процессов (Basic Reference Model of Open Distributed Processing - ODP). Однако

необходимость совместимости SDL-92 с предыдущими версиями SDL привела к усложнению интерпретации некоторых концепций ODP в SDL-92, например, в адресации одиночного интерфейса к объекту. Хотя упомянутое выше обобщение концепции процесса и может привести к решению некоторых из этих проблем в SDL-2000, но, в целом, соответствие ODP также потребует значительных усилий. На рис. 6.14 представлена последовательность использования стандартов Исследовательской комиссии 10 ИТУ-Т для описания телекоммуникационных протоколов. Эта последовательность состоит из трех базовых элементов: текстовые описания систем сигнализации, диаграммы SDL, специфицирующие режимы поведения процесса обработки этой сигнализации и сценарии обмена сигналами и сообщениями на языке MSC.

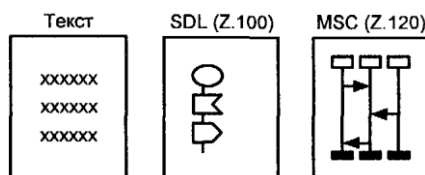


Рис.6.14. Стандарты ИТУ-Т для описания телекоммуникационных протоколов

6.2.3 Сценарии протоколов сигнализации на языке MSC

Язык MSC дает возможность предварительного описания процессов на фазе подготовки SDL-спецификаций. Представления в форме MSC обладают большой наглядностью и могут переводиться в SDL форму. При этом возникает также и обратная задача перевода из SDL в MSC, что особо важно при отладке готового программного обеспечения и тестировании протоколов. MSC-описания легко использовать в качестве шаблонов, по которым работают имитаторы программного обеспечения обработки вызовов и протокол-тестеры систем сигнализации.

Основное использование MSC - создание сценариев обмена сигналами между различными процессами или объектами.

Для описания протоколов сигнализации применяются следующие элементы языка MSC:

1. Момент (Instance)
2. Сообщение (Message)
3. Вентиль (Gate)
4. Тайм-аут (Timeout)

Графического синтаксиса часто оказывается недостаточно для наглядного графического представления, в связи с чем графические сценарии могут сопровождаться информационным объяснением на мета-языке, строящемся на формах Бэкуса-Наура (BNF - Backus-Naur Form) со следующими мета-конструкциями:

contains	(содержит)
is followed by	(сопровождается)
is associated with	(связан с)
is attached to	(присоединен к)
above	(над)
set	(установить)

Отличие этих конструкций от обычных BNF состоит в некоторых дополнительных логических и геометрических соотношениях между аргументами.

Основные символы, используемые в MSC, приведены в таблице 6.2.

Существует три типа комментариев в MSC, причем первый определяется в текстовальном синтаксисе как note, а третий определяется как символ текста (табл.6.2) с текстовым содержанием.

Размер графических символов может выбираться произвольно.

Таблица 6.2. Основные символы, используемые в MSC

Название	Символ	Примечания
Комментарий		
Текст		
Цикл		
Заголовок требования		
Основная ось 1		
Основная ось 2		
Конец требования		
Сообщение		
Потеря сообщения		
Найдено сообщение		
Основной символ требования 1		
Основной символ требования 2		
Условие		
Запуск тайм-аута (1 вариант)		
Запуск тайм-аута (2 вариант)		
Перезапуск тайм-аута		
Сброс тайм-аута (1 вариант)		
Сброс тайм-аута (2 вариант)		
Завершение тайм-аута (1 вариант)		
Завершение тайм-аута (2 вариант)		
Завершение тайм-аута (3 вариант)		
Событие		
Создание		
Остановка		
Ядро 1		
Ядро 2		
Включить		
Исключить		
Разделить		
Справка - символ комментария с текстовым элементом		

Сценарий MSC может быть разбит на несколько страниц. Разбивка может быть горизонтальной и вертикальной. Если MSC разбивается на страницы вертикально, заголовок повторяется на каждой странице, но последний символ типа должен присутствовать только на последней странице. Страницы должны нумероваться парами: «v-h», где «v»- вертикальный номер страницы, а "h"- горизонтальный. Арабские цифры должны использоваться для вертикальной нумерации, а английские буквы («A»-«Z») для горизонтальной. Если этого недостаточно, тогда ряд можно расширить с «AA» до «AZ», «BA» до «BZ» и т.д. Для каждого типа заголовков должен находиться на первой странице, откуда он начинается, и должен повторяться на всех следующих страницах.

Если сообщения, таймеры, состояния создания или условия продолжаются от одной страницы до следующей страницы, то текст, связанный с сообщением, таймером и т.п., должен быть представлен на первой странице и целиком или частично на следующей.

MSC описывает взаимодействие между каким-либо числом компонент системы и между этими компонентами и окружающей средой.

Для каждой компоненты системы, охватываемой MSC, существует ось требований. Взаимодействия между компонентами системы представ лены линиями сообщений. Посылка и прием сообщения - это два асинхронных события. Это предполагает, что в MSC окружающая среда способна принимать и посылать сообщения независимо.

Предполагается, что поведение окружающей среды также подчинено законам MSC. Для каждого события MSC предполагается глобальная ось времени. Вдоль каждой оси отсчет времени идет сверху вниз, однако собственная шкала времени не определена.

Для того, чтобы представить процесс при различных возможных сценариях, используется так называемая обзорная диаграмма MSC, иногда называемая «дорожной картой». На ней представляются все MSC-сценарии и так называемые условия. Упрощенная «дорожная карта» процесса ОТЛОС обработки сигналов для протокола сигнализации 2BСK по соединительной линии ГТС представлена на рис. 6.15. MSC-сценарии показаны прямоугольниками, а условия - шестиугольниками.

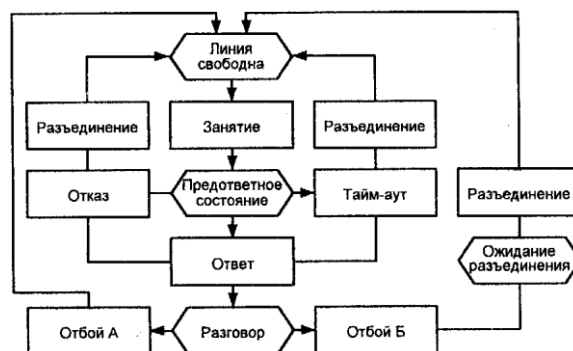


Рис. 6.15. Упрощенная обзорная диаграмма MSC обмена сигналами по соединительной линии ГТС

Подобная карта близка к более широко применяемому методу описаний - граф-схеме алгоритма и позволяет легко перейти от набора MSC-сценариев к SDL-диаграмме, поскольку условия можно представить в виде SDL-состояний, а MSC-сценарии представляют собой последовательности сигналов, переводящих процесс из состояния в состояние, и задач, выполняемых при этих переходах.

К достоинствам описания процессов при помощи MSC относятся исключительная наглядность и легкость, с которой могут быть проверены протоколы, специфицированные таким методом. Достаточно сказать, что тестовые сценарии получаются путем слияния MSC-спецификаций разрабатываемого процесса и имитатора протокола.

Именно подобным образом разработаны протокол-тестеры систем сигнализации, используемые для отладки программного обеспечения цифровых АТС, предназначенных к установке на телефонных сетях СНГ.

Тестирование выполнения должно осуществляться имитатором протокола по сценарию MSC Sim, изображенному на рисунке 6.16.

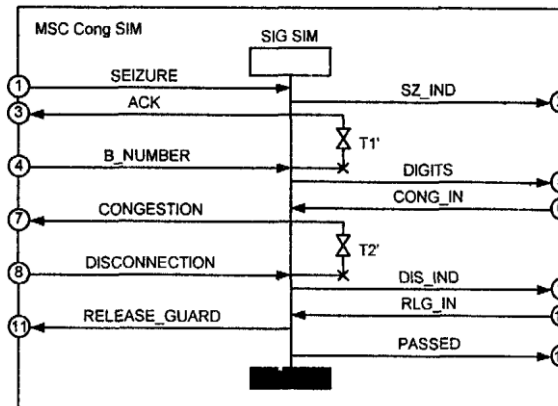


Рис. 6.16. Сценарий работы имитатора протокола обмена сигналами по СЛ при занятости промпутей

В приведенном описании определен момент SIGTEST. Сообщения SEIZURE, ACK, BNUMBER, CONGESTION, DISCONNECTION, RELEASE_GUARD были введены для сценария MSC Cong. Сообщения SZ_IND (индикация занятия), DIGITS (цифры номера), DIS_IND (индикация разъединения) и PASSED (тест прошел) дают информацию оператору о прохождении соответствующих этапов испытаний.

Сообщения CONGJTN (команда на передачу сигнала о занятости соединительных путей) и RLGJTN (команда на передачу сигнала «Контроль исходного состояния») поступают от оператора. Вентили 1, 3, 4, 7, 8, 11 - к физическому уровню интерфейса с соединительной линией, а 2, 5, 6, 9, 10, 12 - к интерфейсу с пользователем (оператором). Таймеры T1' и T2' обеспечивают тайм-ауты для ожидания соответствующих сигналов.

При этом целесообразно ввести момент USER (оператор), описывающий интерфейс с пользователем. Сценарий MSC Cong Test приведен на рис. 6.17.

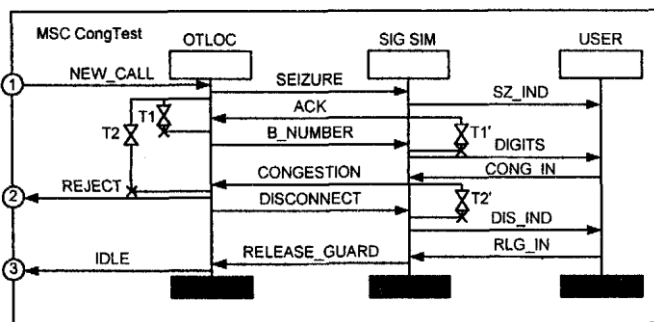


Рис. 6.17. Сценарий проверки обмена сигналами при занятости соединительных путей

SDL-диаграммы являются источником тестовых последовательностей, представляющих собой набор MSC-сценариев. Именно по набору такого рода сценариев проводится проверка правильности отработки протоколов сигнализации, описанных в книге. С помощью этих протокол-тестеров сообщения о сбое в сценарии (получен не тот сигнал, который ожидался, или сигнал не пришел до срабатывания тайм-аута), поступающие оператору, позволяют провести не только проверку, но и отладку указанного программного обеспечения.

6.2.4. Стандартизация методов спецификации и описания современных телекоммуникационных архитектур.

Современные телекоммуникационные архитектуры и создаваемые для них новые протоколы сигнализации вызвали необходимость в дополнительных языках их спецификаций и описаний: ASN. 1 (Abstract Syntax Notation One) для протоколов модели Взаимодействия открытых систем (ВОС или OSI в английской аббревиатуре), TTCN (Tree and Tabular Combined Notation) для создания тестовых сценариев при тестировании конформности в рамках телекоммуникационных архитектур, GDMO для информационных моделей в рамках архитектуры TMN и др.

Необходимость стандартизации в электросвязи была осознана в 1865 г., когда был основан Международный союз электросвязи - МСЭ (в книге используется и английская аббревиатура этой международной организации - ITU - International Telecommunications Union). В настоящее время ITU является агентством Организации Объединенных Наций и состоит из трех секторов: сектора стандартизации электросвязи (ITU-T), сектора радиосвязи и сектора развития телекоммуникаций.

В области вычислительной техники стандартизация началась со стандартов де-факто и в 50-х годах привела к повсеместному использованию 80-колонок перфокарт в качестве единого для всех систем носителя данных. В 60-х годах была достигнута совместимость накопителей на магнитных лентах и дисках с интерфейсом IBM-360. Затем произошло резкое смещение акцентов на программное обеспечение и наряду со стандартами на операционные системы, программные оболочки и интерфейсы начали разрабатываться стандартные языки спецификаций и описаний. Три из них достигли статуса международных стандартов: SDL, разработанный ITU в 70-х годах, Estelle (IS09074) и LOTOS (IS08807), стандартизованные ISO в 1988г.

Интенсивное взаимопроникновение информационных (компьютерных) и телекоммуникационных технологий существенно меняет сложившиеся представления о стандартизации спецификации протоколов сигнализации, все более и более преобразуя эти протоколы в чисто программные интерфейсы, строящиеся в терминах идеологии открытых распределенных процессов (ODP).

Зарубежная телекоммуникационная промышленность традиционно ориентировалась на стандарты де юре, а зарубежная же компьютерная промышленность - на стандарты де факто.

Сегодня ни один язык ни в одной архитектуре не используется изолированно. Так, например, TTCN используется совместно с ASN.1, т.к. само тестирование конформности предполагает структуру PDU (Protocol Data Unit), написанную на ASN.1. По совместному использованию SDL и ASN.1 уже принята ITU-T рекомендация Z. 105, а по MSC и SDL - рекомендация Z. 120.

Для описаний современных телекоммуникационных архитектур в рамках ITU используются следующие языки: SDL, MSC, ASN.1, TTCN и GDMO. Этот перечень может быть дополнен языком IDL (Interface Definition Language), разрабатываемым OMG (Object Management Group) и ISO, языком ODL (Object Definition Language) из TINA-C, который является расширением IDL и поддерживает современные концепции объектов с разнообразными интерфейсами, групповых объектов, потоковых интерфейсов и описаний QoS (Quality of Service).

Перечень, и каждый язык в нем не перестают развиваться и дополняться. Идеальным вариантом было бы при создании каждой новой архитектуры или, еще лучше - в начале проекта, направленного на создание новой архитектуры, заранее проанализировать, какие протоколы сигнализации и интерфейсы потребуется специфицировать в рамках этой архитектуры и, соответственно, подготовить адекватные языковые средства. Но это вряд ли реально, т.к. для определения интерфейсов уже сразу нужно зафиксировать какие-то конкретные языковые нотации.

Существенно также, что перспективные проекты, например, TINA-C, уже не связываются с какими-либо конкретными архитектурами типа TMN или IN. Протоколы взаимодействия в этих проектах в основном выражаются в терминах прикладных программных интерфейсов (API-Application Program Interface).

Математические основы спецификаций и описаний телекоммуникационных систем составляют следующие общие модели из теории конечных автоматов (расширенных конечных автоматов, машин сообщений), сетей Петри, алгебраических моделей абстрактных типов, теории множеств, логики предикатов, временной логики и др.

Одним из основных используемых совместно с SDL языков является ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1). Он предназначен в основном для спецификации данных и является признанным стандартом для описания данных в протоколах ISO, строящихся в соответствии с моделью взаимодействия открытых систем (ВОС, или OSI согласно английской аббревиатуре) и рекомендаций ITU-T серии X. Например, ASN. 1 широко используется в рекомендациях X.400 и X.500, при описании протоколов ROSE (Remote Operations: Protocol Specifications, рекомендация X.229) и TCAP (Transaction Capabilities, рекомендации Q.771-775).

ASN. 1 состоит из двух частей: описания композиционных типов данных и преобразования этих данных в битовые потоки для передачи (правила кодирования/декодирования). Сегодня фактически существуют две модификации языка ASN. 1. Первая модификация определена рекомендацией X.208, а вторая - рекомендациями X.680-683, которые должны были заменить X.208, но до сих пор сосуществуют на равных с ней.

С учетом совместного использования с SDL особенно важна рекомендация Z.105, основными принципами которой стали следующие тезисы:

- SDL используется для описания поведения и структуры системы, тогда как ASN. 1 используется для описания данных в дополнение к данным SDL. Данные ASN. 1 используются для спецификации сообщений и порядка их кодирования.
- Версия ASN.1, используемая в Z.105, основана на рекомендации X.680 без расширений, содержащихся в рекомендациях X.681 -X.683.
- При совместном использовании необходимо модифицировать и SDL и ASN. 1. В SDL наибольшие изменения - это расширения в лексических правилах. Используемый в Z.105 язык ASN.1 не имеет различий между знаками верхнего и нижнего регистров клавиатуры, и дефис «-» заменяется подчеркиванием «_», что необходимо для обеспечения совместимости этих двух языков.

Значительный интерес представляют графические нотации GDMO (Guidelines for the Definition of Managed Objects). Эти языковые средства определены рекомендацией X.722 для описания управляемых объектов в TMN (Telecommunications Management Network).

Имеет смысл остановиться несколько более подробно на языке современных протокол-тестеров TTCN (Tree and Tabular Combined Notation). Язык комбинированных древовидных и табличных нотаций TTCN был разработан в ISO для абстрактного описания режимов функционирования и обмена сигналами между тестируемой протокольной реализацией и тестирующей системой. Протокол может быть представлен в форме древовидного графа, отображающего реакции на те или иные входные (в частности - тестовые) сигналы. Язык TTCN использует табличные представления таких деревьев для описания динамики поведения протоколов, а также дополнительные таблицы для записи самих тестовых сценариев.

Тестер представляет собой тестовый комплект, выполняющий тесты и наблюдающий за результатами. TTCN базируется на концепции верхнего и нижнего тестеров. Набор тестирующих компонент, взаимодействующих с тестируемой системой (IUT - Implementation Under Test) в точках управления и наблюдения (PCO - Point of Control and Observation) через интерфейс нижнего уровня, называется нижним тестером (LT - Lower

Tester). Набор тестирующих компонент, взаимодействующих с тестируемой реализацией (IUT) в точках управления и наблюдения (PCO) через интерфейс верхнего уровня, называется верхним тестером (UT - Upper Tester).

Система должна содержать по крайней мере одну из тестирующих компонент. Эта компонента будет являться мастер-компонентой (MTC - Master Test Component), ответственной за координацию и управление ходом теста и за вынесение окончательного вердикта. Связь между тестирующими компонентами каждого из тестеров осуществляется через точки координации (CP - Coordination Points). Координация между верхним и нижним тестером осуществляется посредством процедур координации тестирования (TCP - Test Coordination Procedures).

Нижний тестер является более сложным, чем верхний, вследствие необходимости выполнения им функций управления и наблюдения за блоками данных протокола (PDUs - Protocol Data Units). Блоки данных протокола являются частью абстрактных примитивов (ASP - Abstract Service Primitives), которые нижний тестер посылает и принимает во время выполнения теста. Фактически в любой момент времени нижний тестер, исполняя какой-то тест, реализует определенную часть соответствующего протокола.

Для проведения тестирования конкретной системы необходимо специфицировать последовательность взаимодействий или тестовых событий, которые следует подвергнуть наблюдению и контролю в этой системе.

Последовательность таких событий, полностью специфицирующих цель проведения теста, называется тестом (test case). Набор тестов для определенного протокола называется тестовым комплектом (test suite).

TTCN представляет собой нотацию, разработанную для спецификации тестов на абстрактном уровне. Абстрактные тесты содержат всю информацию, необходимую для полной спецификации цели проведения теста (TP - Test Purpose) в терминах блоков данных протокола, который данная система должна реализовывать в процессе функционирования. Абстрактные тесты не содержат информации, специфичной для конкретной системы. Сама нотация как таковая не является абстрактной; определение TTCN достаточно точно, как в части синтаксиса, так и в части семантики операций, что позволяет приблизить TTCN к языку программирования.

На рис. 6.18 показано соответствие TTCN семиуровневой модели взаимодействия открытых систем

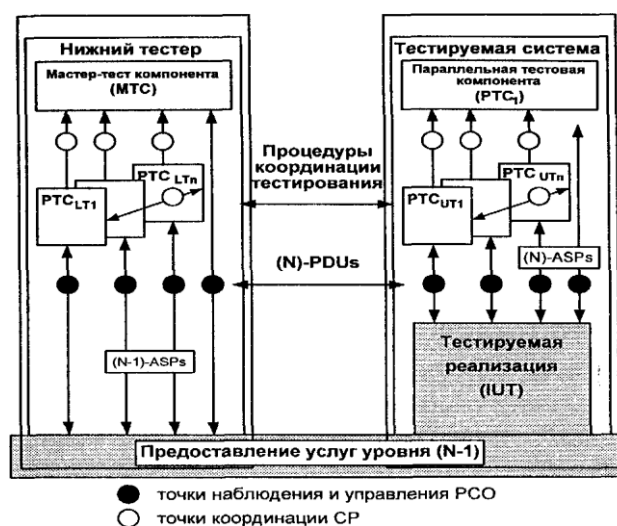


Рис.6.18. Общая архитектура тестирования TTCN

(OSI), согласно которой требуются спецификации тестов в терминах абстрактных примитивов ASP уровня (N-1), а также в терминах абстрактных примитивов ASP уровня N и блоков данных протокола уровня N. Для того, чтобы удовлетворять таким требованиям, TTCN должен обеспечивать как минимум: возможность спецификации абстрактных примитивов, которые должна принимать или посылать тестируемая система;

возможность спецификации блоков данных протокола, которые являются частью абстрактных примитивов; возможность спецификации последовательности, в которой абстрактные примитивы посылаются или принимаются в определенной точке управления и наблюдения (PCO).

Для выполнения перечисленных функций TTCN позволяет:

- декларировать типы абстрактных примитивов и блоков данных протокола;
- декларировать точки контроля и наблюдения;
- специфицировать реальные абстрактные примитивы и блоки данных протокола;
- специфицировать различные варианты поведения системы.

Методы спецификации протоколов на SDL используют для описания их поведения диаграммы состояний. Однако в связи с тем, что тестирование соответствия (конформности) в основном ориентировано на наблюдение и управление последовательных взаимодействий в точке интерфейса между уровнями модели взаимодействия открытых систем (в точке доступа к услуге), целесообразно также специфицировать поведение тестируемой системы и в виде дерева, имеющего ветви для всех возможных вариантов последовательностей взаимодействий, которые могут существовать между двумя данными состояниями протокола.

В TTCN такое дерево взаимодействий называется деревом поведения. Структура дерева представляется посредством увеличивающихся уровней отступов для показа продвижения по дереву относительно времени (рис. 6.19).

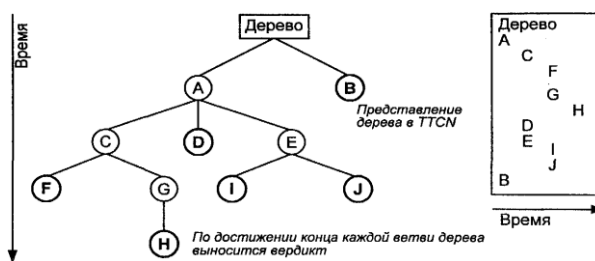


Рис. 6.19. Представление дерева TTCN посредством сдвига

Узел дерева называется линией поведения. Линия поведения содержит следующие компоненты:

- номер линии,
- метку,
- строку описаний,
- ссылку на ограничения,
- вердикт,
- комментарий линии поведения.

Линии поведения специфицируются в специальных таблицах, называемых таблицами динамического поведения.

Поведение тестируемой системы (например, прием или посылка абстрактных примитивов) описывается при помощи описаний TTCN. Описания бывают трех типов:

- события,
- действия,
- квалификаторы.

События. Некоторые описания TTCN могут оказаться успешными или неуспешными в зависимости от наступления тех или иных событий. Существуют два типа событий: входные события и таймерные события. Пример входных событий - приход абстрактного примитива в определенной точке управления и наблюдения.

Таймерное событие представляет собой истечение таймера, специфицированного протоколом. Для событий в TTCN используются следующие описания:

```
. RECEIVE,
. OTHERWISE,
. TIMEOUT.
```

Действия. Некоторые описания всегда будут успешными. Такие описания называются действиями, которые исполняются тестовой системой. Предполагается, что они всегда исполняются успешно. Для действий в TTCN используются следующие описания:

```
. SEND,
. IMPLICIT_SEND,
. ASSIGNMENTJJST,
. TIMER_OPERATION,
. GOTO.
```

Квалификаторы. Строки описаний могут включать описания квалификаторов, то есть булевские выражения. Никакие события не могут совпасть и никакие действия не будут исполнены, пока значение квалификатора не станет равным TRUE.

TTCN был разработан с привязкой к абстрактному синтаксису ASN.1 (ISO/IEC 8824:1990). Однако не существует обязательной связи между типами, используемыми в TTCN и в ASN.1. Это позволяет конструировать типы данных, абстрактные примитивы ASP и блоки данных протокола PDU и без использования ASN.1, если разработчик теста не желает этого (например, для протоколов низкого уровня, для спецификации которых обычно не используется ASN. 1).

TTCN поддерживает асинхронную модель связи. Связь между тестовыми компонентами TC и тестируемой системой IUT обеспечивается через точки управления и наблюдения (PCOs - Points of Control and Observation). Связь между самими тестовыми компонентами осуществляется через координационные точки (CPs - Coordination Points).

Для описания модели связи используется система с очередями со следующими свойствами:

- каждая точка PCO/CP имеет две бесконечные очереди FIFO: одна очередь для SEND и одна очередь для RECEIVE,

- ровно два объекта должно быть подсоединено к одной точке PCO или CP,
- очередь SEND одного объекта является очередью RECEIVE другого объекта, и наоборот.

Описание SEND позволяет создателю теста описать необходимость передачи ASP определенного типа через данную точку PCO. Описание SEND обозначается следующим образом: PCO_identifier! ASP_identifier.

Описание RECEIVE позволяет создателю теста описать необходимость приема абстрактного примитива ASP определенного типа в данной точке контроля и наблюдения PCO. Описание RECEIVE обозначается PCO_Identifier ? ASP_Identifier.

ASP задаются в соответствии со стандартным описанием услуги, предоставляемой данным уровнем модели OSI. PDU описываются определениями, заданными в спецификации конкретного протокола. В случае необходимости использования нестандартных PDU они должны быть определены соответствующей таблицей.

Язык TTCN непосредственно связан протокол-тестерами.

Техника объектного моделирования ОМТ, которая была предложена Джеймсом Рунбаугом в Риме в 1991 г. включает в себя три аспекта системного анализа: объектное моделирование, динамическое моделирование и функциональное моделирование.

Модель объекта ОМТ включает два вида диаграмм: диаграммы класса, которые основаны на хорошо известной системе обозначений взаимоотношений логических объектов, расширенной объектно-ориентированными концепциями операций и наследования свойств, а также диаграммы экземпляров, представляющие собой

моментальные снимки системы.

Динамическая модель ОМТ также строится из диаграмм двух видов:

диаграмм событий и диаграмм перехода состояний.

Функциональная модель состоит из схем информационных потоков, которые основываются на широко известной системе обозначений структурного анализа.

Прослеживаются следующие связи между объектной, динамической и функциональной моделями. В системном анализе объектная модель является центральной моделью ОМТ. Динамическая модель улучшает объектную модель тем, что определяет: когда устанавливаются и удаляются классы, когда вызываются операции с классами, когда имеется доступ к атрибутам и когда создаются, используются и удаляются связи. Функциональная модель предлагает новый взгляд на услуги, обеспечиваемые объектной моделью, путем объединения единичных операций с классами в более крупные процессы или, наоборот, путем детализации сложных операций с классами разбиением на более простые процессы.

ОМТ не очень подходит для архитектурного проектирования и тестирования, но удобна для разработок информационных систем, примером которой может служить база информации СОТСБИ.

6.3 Система аналоговой абонентской сигнализации

6.3.1 Система абонентской сигнализации предусматривает состав сигналов, обеспечивающих необходимую и достаточную информацию абоненту при автоматической связи, телефонисту при полуавтоматической связи, а также информацию для нормальной работы устройств автоматической коммутации.

6.3.2 Система абонентской сигнализации делится на два вида:

- сигнализация абонентов с аналоговым доступом;
- сигнализация абонентов с цифровым доступом.

Сигнализация абонентов с аналоговым доступом осуществляется по той же абонентской линии, через которую осуществляется соединение абонента и передается информация пользователя, и в той же полосе частот, которая используется абонентом.

Сигнализация абонентов с цифровым доступом осуществляется по выделенному D-каналу (сигнализация "пользователь-сеть"). Сигнализация допускает также в ограниченном объеме прозрачный обмен информацией между двумя; оборудованьями пользователя по D-каналу (сигнализация "пользователь пользователь").

6.3.3 Сигнализация абонентов с цифровым доступом соответствует для пользователей N-ISDN - сигнализации DSS-1 и для пользователей B-ISDN сигнализации DSS2.

6.3.4 Сигнализация абонентов состоит из сигнализации о состоянии абонентской линии вызывающего абонента, номерной информации, которая передается оборудованием абонента, и информационных акустических сигналов поступающих к абоненту (телефонисту).

6.3.5 Сигнализация о состоянии абонентской линии вызывающего абонента, занятие - разъединение, передается при помощи замыкания (микротелефонная трубка снята) и размыкания (микротелефонная трубка положена) шлейфа абонентской линии.

Передача номерной информации абонентов с аналоговым доступом на участке абонентской линии должна осуществляться декадными импульсами или двухтональной многочастотной сигнализацией (DTMF).

Состав, способы передачи, параметры акустических сигналов и параметры номерной информации абонентской линии:

1). Уровень передачи тональных (зуммерных) сигналов, в точке с нулевым относительным уровнем должен иметь номинальную величину минус (10 ± 5) дБ, кроме сигнала "Тональный вызов".

Уровень акустических сигналов, передаваемых абоненту на фоне разговора, измеряемого в той же точке, должен быть в пределах минус (15 ± 5) дБ (для сетей, на которых установлены перспективные АТС).

2). Фраза автоинформатора (механический голос) должна иметь средний уровень по мощности, который не превышает средний уровень разговорных токов (минус 22 мкВт в точке нулевого относительного уровня).

3). На станциях и узлах международной, междугородной и внутризональных сетей могут включаться такие акустические сигналы:

- тональные (зуммерные):

а). "Ответ АМТС" в виде непрерывной частоты (425 ± 25) Гц;

б). "Занято" в виде периодических посылок частоты (425 ± 25) Гц с временными параметрами: посылка $(0,35 \pm 0,05)$ с, пауза $(0,35 \pm 0,05)$ с, период передачи сигнала $(0,7 \pm 0,1)$ с;

в). "Контроль посылки вызова" в виде периодической передачи частоты (425 ± 25) Гц с параметрами: посылка $(0,8 \pm 0,1)$ с или $(1,0 \pm 0,1)$ с, пауза $(3,2 \pm 0,3)$ с или $(4,0 \pm 0,3)$ с, период передачи сигнала $(4,0 \pm 0,4)$ с или $(5,0 \pm 0,4)$ с;

г). "Ожидание" в виде последовательной передачи трех частот (950 ± 50) Гц, (1400 ± 50) Гц, (1800 ± 50) Гц. Длительность передачи каждой частоты $(0,330 \pm 0,070)$ с. Длительность интервала между ними не должна превышать $(0,030 \pm 0,005)$ с. Сигнал передается в паузах между словами автоинформатора (механического голоса) "Ждите".

Если количество посылок трехчастотных сигналов не менее двух между словами автоинформатора (механического голоса), то пауза между трехчастотными посылками должна быть $(1,00 \pm 0,25)$ с;

- фраза автоинформатора (механический голос):

а). "Неправильно набран номер";

б). "Вызывайте телефониста" (абонент имеет телефон категории без права пользования автоматической связью; выбранное направление выключено из автоматического обслуживания);

в). "Ждите".

Примечание. Состав фраз автоинформатора по мере необходимости может дополняться операторами сети.

4). На станциях и узлах местной сети используются такие акустические сигналы:

а) тональные (индукторные):

- "Вызов" при местной связи в виде периодической передачи частоты (25 ± 2) Гц с временными параметрами передачи: посылка $(1,0 \pm 0,1)$ с, пауза $(4,0 \pm 0,3)$ с, первая посылка вызова не менее 0,3 с; чувствительность абонентских устройств к этому сигналу, при уровне вызывного акустического сигнала 65 дБ(А), должна быть не более чем 100 мВА;

- "Вызов" при междугородной, международной, внутризональной связи с временными параметрами: посылка $(1,20 \pm 0,12)$ с или $(1,0 \pm 0,1)$ с, пауза $(2,0 \pm 0,2)$ с или $(4,0 \pm 0,3)$ с соответственно;

б) тональные (зуммерные):

- "Тональный вызов" при местной связи в виде последовательной передачи трех частот 515 Гц, 425 Гц, 645 Гц при длительности посылки каждой из частотных составляющих $(0,33 \pm 0,03)$ с и общей длительности посылки $(1,0 \pm 0,1)$ с; пауза между посылками из трех частот $(4,0 \pm 0,4)$ с, длительность первой посылки не менее 0,3 с. Допускаются другие частоты в диапазоне от 400 до 700 Гц при тех же соотношениях. Допускается пауза между частотами в середине посылок длительностью 0,03 с. Уровень сигнала на входе абонентской линии (0 ± 1) дБ;

- "Ответ станции" в виде непрерывной посылки частоты 425 Гц;

- "Занято" в виде периодических посылок частоты 425 Гц с временными параметрами: посылка от 0,3 до 0,4 с, пауза от 0,3 до 0,4 с;

- "Контроль посылки вызова" в виде периодической передачи частоты 425 Гц с временными параметрами: посылка $(1,0 \pm 0,1)$ с; пауза $(4,0 \pm 0,4)$ с. Допускается эксплуатация действующих АТС с параметрами соответственно $(0,8 \pm 0,1)$ с и $(3,2 \pm 0,3)$ с. Сигнал должен начинаться с посылки. Длительность первой посылки сигнала должна быть не менее 0,3 с. При установлении местных вызовов с отметкой

"контрольный" должна обеспечиваться синхронность "Вызова" и "Контроль посылки вызова". (Некоторые АТС это требование не выполняют);

- "Предупредительный" в виде двух-трех посылок частоты 1400 Гц с временными параметрами: посылка ($1,0 \pm 0,1$) с, пауза ($1,0 \pm 0,1$) с. Уровень сигнала на станционных зажимах абонентской линии от минус 4 до 0 дБ, при подаче его из таксофона от минус 14 дБ до минус 12 дБ.

Сигнал посылается абоненту за (20 ± 2) с до окончания оплаченного интервала времени. Сигнал информирует абонента об окончании оплаченного периода при связи с местного таксофона.

4.1). С внедрением на сетях перспективных АТС могут быть добавлены такие тональные (зуммерные) сигналы:

а) "Занято при перегрузке" в виде периодических посылок частоты 425 Гц с временными параметрами: посылка от 0,15 до 0,20 с, пауза от 0,15 до 0,20 с;

б) "Указательный сигнал" в виде последовательной передачи трех частот 950 Гц, 1400 Гц, 1800 Гц. Длительность передачи каждой частоты ($0,33 \pm 0,07$) с, длительность паузы между посылками из трех частот ($1,00 \pm 0,25$) с. Допускается пауза между частотами в середине посылок длительностью до 0,03 с.

Сигнал информирует абонента о невозможности установления связи из-за устойчивой причины (отключение абонентской линии, изменение категории абонента);

в) "Сигнал предупреждения о записи" в виде периодической передачи частоты 1400 Гц с параметрами: посылка ($0,40 \pm 0,04$) с, пауза ($15,0 \pm 3,0$) с.

Сигнал передается на фоне разговора и информирует абонента о том, что его речь записывается на магнитофон (например, при связи с абонентским автоответчиком).

4.2). С внедрением дополнительных услуг могут быть добавлены следующие сигналы:

а) "Сигнал отключения участника конференц-связи" в виде одиночной посылки частоты 425 Гц в течение от 0,3 до 1,0 с.

Сигнал передается на фоне разговора и информирует абонентов, берущих участие в конференц-связи, об отключении одного из участников разговора;

б) "Сигнал неполного сбора" в виде одиночной посылки частоты 425 Гц в течение от 0,3 до 1,0 с.

Посылается по истечении определенного времени в случае неполного сбора берущих участие в конференц-связи абонентов;

в) "Подтверждение приема ("невозможность приема") услуги": в случае приема заказа (отмены) на услугу посылается сигнал "Ответ станции", при невозможности приема (например, нет права на услугу) - "Указательный сигнал";

г) "Сигнал уведомления" в виде периодической передачи частоты 425 Гц с параметрами: посылка ($0,20 \pm 0,02$) с, пауза ($5,0 \pm 0,5$) с.

Сигнал должен начинаться с посылки. Допускается по договоренности с заказчиком станции длительность посылки ($0,250 \pm 0,025$) с, длительность паузы от 8 до 10 с.

Сигнал передается на фоне разговора и уведомляет абонентов, занятых соединением, о вызове, поступившем от третьего абонента. Передача сигнала предусматривается в том случае, если одним из разговаривающих абонентов, была предварительно заказана соответствующая дополнительная услуга;

д) "Сигнал вмешательства" в виде периодической передачи частоты 425 Гц с параметрами: первая посылка ($0,250 \pm 0,025$) с, первая пауза ($0,250 \pm 0,025$) с, вторая посылка ($0,250 \pm 0,025$) с, вторая пауза ($1,250 \pm 0,300$) с.

Сигнал передается на фоне разговора и информирует абонентов УПАТС, берущих участие в разговоре, о подключении привилегированного абонента или телефониста.

Нестабильность частот всех тональных (зуммерных) сигналов должна быть не более $\pm 0,5\%$. При договоренности с заказчиком станции допускается нестабильность до $\pm 1,5\%$.

Частоты акустических сигналов должны иметь синусоидальную форму с коэффициентом нелинейных искажений не более 5% (для АТС с аналоговым выходом информации).

4.3). Фразы автоинформатора (механический голос) для станций с программным управлением:

а) "Номер изменен";

б) "Номер не задействован";

в) "Номер выключен";

г) "Аппарат отключен абонентом".

С внедрением станций с программным управлением и расширения перечня предоставляемых ими услуг могут использоваться другие тональные (зуммерные) сигналы и сообщения автоинформатора (механическим голосом).

5). *Параметры номерной информации абонентской линии*

5.1). Параметры сигналов двухтональной многочастотной сигнализации (DTMF):

- каждый знак передается посылкой тока двух сигнальных частот, выбранных из следующих групп: нижняя группа - 697, 770, 852, 941 Гц; верхняя группа - 1209, 1336, 1477, 1633 Гц; во всех случаях передается

одна частота из нижней группы и одна частота из верхней группы; стабильность передаваемых частот в пределах $\pm 1,8\%$;

- суммарный уровень нелинейных продуктов при передаче каждой из частот должен быть не менее чем на 33 дБ ниже уровня основной частоты;

- длительность двухчастотной посылки должна быть не менее 30 мс, а длительность паузы - не менее 25 мс;

- уровень каждой из частотных составляющих сигнала набора номера:

- а). нижняя группа - минус (6 ± 2) дБн;

- б). верхняя группа - минус (3 ± 2) дБн.

Примечание. Отклонение уровня каждой из частотных составляющих должно быть односторонним (или "плюс" для обеих групп, или "минус" для обеих групп).

5.2). Параметры сигналов декадного кода:

- для дискового номеронабирателя длительность:

а). размыкание и замыкание импульсной цепи (период) - от 90 до ПОмс;

б). размыкание импульсной цепи (импульс) - от 53 до 69 мс;

в). замыкание импульсной цепи (интервал) - от 33 до 46 мс;

г). отношение длительности размыкания к длительности замыкания (импульсный коэффициент) - от 1,4 до 1,7;

д). пауза между окончанием последнего в серии размыкания импульсной цепи и началом новой серии должна быть не менее двух периодов прохождения импульсов номеронабирателя.

Примечание. На протяжении всего срока эксплуатации допускаются более широкие пределы значений параметров длительности:

а) периода (скорость от 8,5 имп/с до 11,8 имп/с) - от 85 до 117 мс;

б) размыкание - от 49 до 75 мс;

в) замыкание - от 30 до 50 мс;

г) импульсный коэффициент - от 1,35 до 1,8;

- для электронных датчиков в заводских условиях и на весь срок эксплуатации длительность:

1) периода - от 95 до 105 мс;

2) размыкания импульсной цепи (импульс) - от 55 до 65 мс;

3) замыкания импульсной цепи (интервал) - от 36 до 44 мс;

4) импульсный коэффициент - от 1,4 до 1,6;

5) пауза между окончанием в серии размыкания импульсной цепи и началом первого размыкания новой серии должна иметь следующие градации длительности: от 4Т мс до ЮТ мс, где Т - длительность периода прохождения импульсов;

- для абонентских трансляторов, которые предназначены для включения в АТС на правах телефонных аппаратов:

1) при производстве длительность выходных сигналов должна соответствовать импульсному коэффициенту в пределах от 1,4 до 1,7 (при скорости от 7,5 имп/с до 12,5 имп/с и импульсном коэффициенте сигналов на входе от 1,3 до 1,9);

2) на протяжении всего срока эксплуатации импульсный коэффициент сигналов на выходе должен сохраняться в пределах от 1,35 до 1,8 (для скорости от 8,5 имп/с до 11,8 имп/с).

6.3.6 Информационные акустические сигналы служат для того, чтобы информировать абонента или телефониста о состоянии устанавливаемого соединения.

В некоторых случаях акустические сигналы могут быть использованы для обозначения отдельных этапов установления соединения, например, для включения вспомогательной аппаратуры при введении дополнительных услуг.

6.3.7 Информационные акустические сигналы абонентов с аналоговым доступом передаются в виде тональных сигналов (зуммерных и индукторных) и фраз автоинформатора (механического голоса).

Состав информационных сигналов (акустических и оптических), необходимый абонентам и телефонистам приведен в Табл.6.3.

Последовательность сигналов, передаваемых по абонентским линиям для различных

абонентских установок при декадном наборе, приведена на рис. 6.20 и 6.21.

Таблица 6.3 - Информационные акустические сигналы, необходимые абонентам, в течение автоматической междугородной и внутризональной связи

Отсутствуют свободные приборы или промежуточные пути на своей, транзитной или входящей междугородных станциях	Занято	
Выбранное направление выключено из автоматического обслуживания		Вызывайте телефониста
Отсутствуют свободные СЛМ на входящей АМТС: - для абонентов, телефон которых принадлежит категории 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 - для абонентов, телефон которых принадлежит категории 4: 1) при соединении с линией ожидания 2) при отсутствии свободных линий ожидания	Занято Занято	Ждите
Отсутствуют свободные СЛМ местной сети	Занято	
Абонентская линия занята местным или междугородным соединением или недоступна	Занято	
Абонентская линия свободна	Контроль посылки вызова (одновременно вызываемому абоненту, посылается индукторный вызов)	
Ответ	Прекращение сигнала "Контроль посылки вызова"	
Отбой	Занято	-
<p><i>Примечание 1.</i> Допускается передача сигнала "Ответ станции" (АМТС) после набора "национального префикса" от АТС (УЗСЛ) при работе по ОКС-7 и при передаче сигналов управления методом "импульсный пакет". В этом случае сигнал "Ответ станции" от АМТС не передается.</p> <p><i>Примечание 2.</i> При взаимодействии автоматической телефонной станции квазиэлектронной, электронной (АТСКЭ, Э) с АМТС-5, УЗСЛ, в котором есть промежуточный регистр, декадный набор должен передаваться от АТС в сторону АМТС, УЗСЛ только после получения акустического сигнала "Ответ станции" (АМТС).</p>		

На всех стадиях разговора (за исключением платного разговора с местного таксофона, требующего переполюсовки) обеспечивается следующая полярность проводов абонентской линии: минус на проводе «а» и плюс на проводе «б». При работе с местными таксофонами полярность линейных проводов (за исключением выхода на бесплатные спецслужбы 01,02,03) соответствует рис. 6.21.

При взаимодействии АТС с таксофонами местной сети могут обеспечиваться следующие дополнительные функции:

- переполюсовка напряжения на линейных проводах при ответе вызываемого абонента для всех типов таксофонов местной телефонной сети;

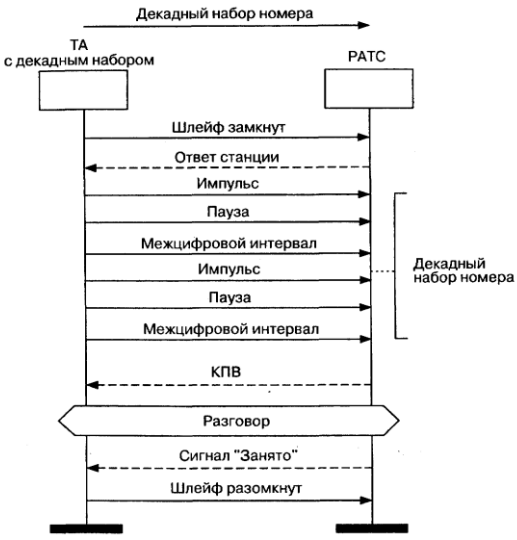


Рис. 6.20. Сигнализация по абонентским линиям

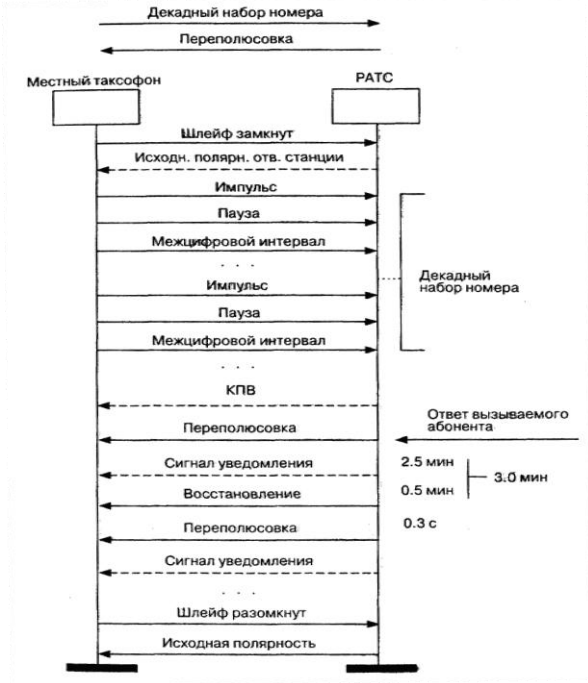


Рис. 6.21. Сигнализация по абонентским линиям. Местный таксофон. Декадный набор номера. Переполюсовка

- предупредительный сигнал за (30 ± 2) с до окончания оплаченного периода для таксофонов местной телефонной сети при ограничении времени разговора от АТС. Параметры этого предупредительного сигнала: частота (1400 ± 20) Гц, длительность посылки (1.0 ± 0.1) с, длительность паузы (1.0 ± 0.1) с, количество посылок 2—3, уровень на выходе АТС от -4 до 0 дБ;

– кратковременное восстановление исходной полярности напряжения на линейных проводах длительностью (300 ± 50) мс по окончании оплаченного периода и повторная переполюсовка для обеспечения доплаты (для телефонов местной связи с возможностью продления времени разговора и ограничения разговора по сигналам от АТС). По мере внедрения современных цифровых АТС в телефонных сетях Российской Федерации постепенно распространяется многочастотный способ передачи сигналов набора номера, обозначаемый английской аббревиатурой DTMF (Dual-Tone Multiple-Frequency). Иногда для наименования этой системы передачи сигналов набора используется другой англоязычный термин — Touch-Tone. Такой способ был разработан в 1960 г., но реальное его распространение началось с 80-х годов.

При этом способе передачи сигналов управления каждый многочастотный сигнал цифры номера состоит из двух тональных сигналов в соответствии с рекомендацией Q.23 ИТУ-Т «Технические особенности телефонных аппаратов с тастатурным набором номера». Согласно этой рекомендации частоты в так называемой нижней частотной группе равны 697,770, 852, и 941 Гц, а частоты в так называемой верхней частотной группе равны 1209,1336,1477, 1633 Гц.

Частоты DTMF подобраны негармонически. Это означает, что частоты не имеют отличного от 1 целого общего делителя. Например, частоты 1200 и 1600 Гц — гармоники частоты 400 Гц ($3\cdot 400=1200$ и $4\cdot 400=1600$), а частоты 697 и 770 Гц – негармонические. Каждый сигнал содержит две частоты: одна выбирается из нижней, а вторая — из верхней группы частот.

Соответствие между передаваемой информацией и частотами приведено на рис. 6.22.

Уровень передачи в двухчастотной посылке, измеренный на нагрузке 600 Ом, составляет: для нижней группы частот — минус 6 дБмО+2 дБ, для верхней группы частот — минус 3 дБмО+2 дБ. Уровень частоты верхней группы частот в суммарном сигнале на 2 ± 1 дБ превышает уровень частоты нижней группы. Суммарный уровень всех частотных составляющих высшего порядка, по крайней мере, на 20 дБ ниже уровня частоты нижней группы.

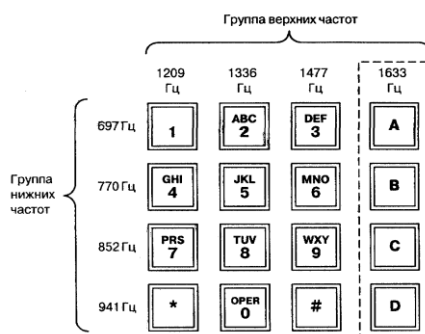


Рис. 6.22. Частотный способ набора номера

Условия, при которых должен осуществляться нормальный прием сигналов, следующие: наличие в сигнале двух частот, одна из которых выбрана из нижней группы, а два сигнала принимаются как отдельные, если длительность паузы между ними равна 40 мс или более.

Абонентская сигнализация при частотном способе набора для различных абонентских устройств приведена на рис. 6.23-6.24.

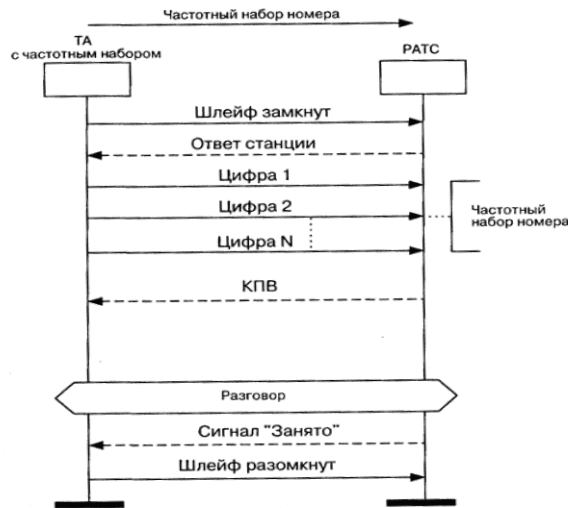


Рис. 6.23. Сигнализация по абонентским линиям. Частотный набор номера

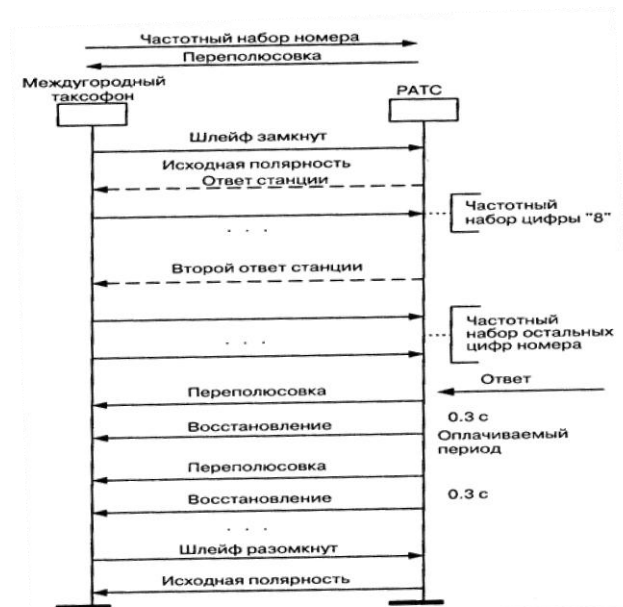


Рис. 6.24. Сигнализация по абонентским линиям (частотный набор номера, междугородный таксофон)

6.4 Система сигнализации по цифровым абонентским линиям

6.4.1. Абонентские линии ISDN. Основная ориентация цифровых абонентских линий ISDN — базовый доступ по двум В-каналам, каждый на скорости 64 Кбит/с, и одному D-каналу на скорости 16 Кбит/с.

Термин ISDN (Integrated Services Digital Network) возник в 70-х годах в Bell Telephone Laboratories и впервые был упомянут в списке терминов Оранжевой книги МККТТ. В следующих цветных книгах МККТТ, а затем ИТУ-Т опубликованы рекомендации серии I, структура которых представлена на рис. 6.25. Рекомендации описывают концепцию, сетевые и пользовательские аспекты, интерфейсы и услуги ISDN. Основная работа по стандартизации ISDN выполнена Исследовательской комиссией 18 МККТТ, вопросы сигнализации и коммутации ISDN разрабатывались Исследовательской комиссией 11, а аспекты передачи данных ISDN в свете общей проблематики сетей передачи данных рассматривались Исследовательской комиссией 7.

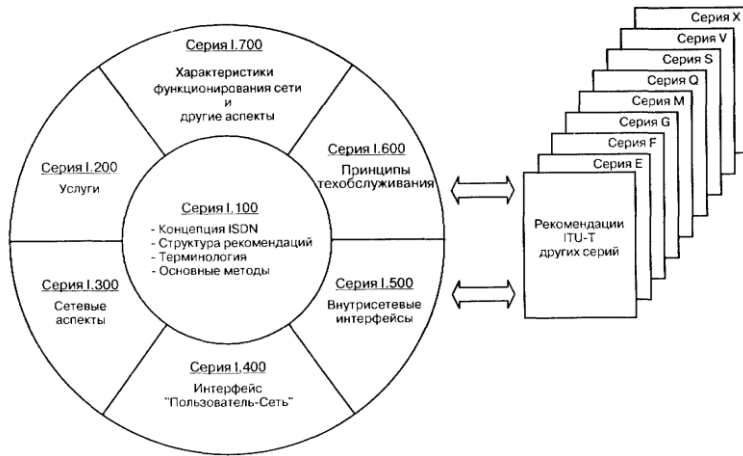


Рис. 6.25. Структура рекомендаций ИТУ-Т серии I

На русском языке эквивалентом термина ISDN является аббревиатура ЦСИО (цифровая сеть интегрального обслуживания), хотя в литературе можно встретить термины «цифровая сеть с интеграцией услуг», «цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС)» и др.

Разработка ISDN продолжалась так долго, что распространились другие расшифровки аббревиатуры ISDN: «It Still Does Nothing» (она до сих пор ничего не делает), «I Still Don't know» (я все еще не знаю, что это) или «I Still Don't Need it» (мне это пока ненужно).

ИТУ-Т произвольно определил следующие функциональные группы абонентских устройств ISDN (рис. 6.26):

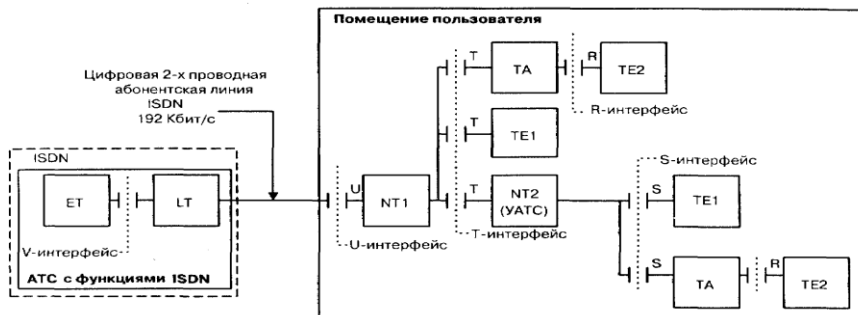


Рис. 6.26. Абонентское оборудование и интерфейсы ISDN

TE1 — терминал ISDN, TE2 — несовместимый с ISDN терминал,

TA — терминальный адаптер для подключения несовместимых с ISDN терминалов, NT1 — сетевое окончание уровня 1, NT2 — сетевое окончание уровней 2,3.

Терминалы TE-1 полностью совместимы со стандартами ISDN и подключаются к этой сети через четырехпроводный интерфейс, в котором по принципу временного разделения организованы 3 канала, обозначаемые как B, B, D (или 2B+D). B-каналы имеют пропускную способность 64 Кбит/с, а пропускная способность D-канала составляет 16 Кбит/с.

Такой интерфейс называется базовым (BRI — basic rate interface). ISDN предусматривает подключение к одному интерфейсу 2B+D до 8 терминалов TE1.

Терминалы TE-2 несовместимы с ISDN и требуют наличия устройства сопряжения, известного как терминальный адаптер TA (terminal adapter). TA преобразует сигналы других стандартов, например, RS-422, EIA-232 или V.35 в стандарт ISDN. Необходимость интеграции этого оборудования с физическими интерфейсами серии V или EIA обусловлена экономическими соображениями, поскольку многие компании вложили достаточно много денег в телекоммуникационное оборудование других, отличных от ISDN стандартов. Имеются TA для подключения 25-контактных разъемов интерфейсов RS-232C, 34-контактных разъемов широкополосных модемов V.35, 15-контактных разъемов интерфейсов сетей передачи данных X.20, X.21, X.22, интерфейсов RS-449, RS-410 и т.д. Оборудование TA может устанавливаться не только на правах внешнего модема, но и в качестве встраиваемого в TE2 слота.

Имеются две категории сетевых окончаний: NT1 и NT2. Функциональный блок NT1 включает в себя основные функции сетевого окончания и обычно представляет собой настенную коробку, устанавливаемую оператором сети общего пользования. В функции NT1 входят подача питания к абонентской установке, обеспечение технического обслуживания линии и контроля рабочих характеристик, синхронизация, мультиплексирование на первом (физическом) уровне модели взаимодействия открытых систем и разрешение конфликтов доступа.

Функциональный блок NT2 выполняет функции обработки протоколов уровней 2 и 3, мультиплексирования, коммутации и концентрации, а также функции технического обслуживания и некоторые функции уровня 1. В качестве функционального блока NT2 могут выступать УАТС, локальная сеть или терминальный адаптер. Функции NT1 и NT2 могут объединяться в едином физическом оборудовании, обозначаемом просто NT.

На встречной стороне цифровой абонентской линии в АТС устанавливаются линейное окончание LT и станционное окончание ET.

6.4.2 Интерфейсы в опорных точках. Представленная на рис. 6.26 функциональная модель цифровой абонентской линии ISDN содержит 4 опорные точки, обозначаемые латинскими буквами R, S, T, U.

Интерфейс в точке R связывает несовместимое с ISDN оборудование TE2 с терминальным адаптером TA. В этой точке могут функционировать синхронные и асинхронные интерфейсы, определенные, в частности, рекомендациями ITU-T серий V и X.

Интерфейс в точке S, известный как интерфейс «пользователь—сеть», соединяет ISDN-совместимое терминальное оборудование с сетевым окончанием. Этот интерфейс стандартизован по трем уровням:

уровень 1 (рекомендация 1.430),

уровень 2 (рекомендация Q.921),

уровень 3 (рекомендация Q.931).

Стандартизация S-интерфейса имеет первостепенное значение, так как именно здесь требуется совместимость терминалов и определенная независимость от изготовителя. Для уровня 1 стандартизируются следующие атрибуты интерфейса: электрические, функциональные, механические и процедурные. Электрические атрибуты описывают уровни, напряжения, емкость, временные параметры электрических сигналов и др. Функциональные атрибуты описывают функции, выполнение которых должен обеспечивать физический интерфейс, такие как управление, синхронизация, передача данных. Механические атрибуты описывают размеры разъемов, количество и типы проводов для интерфейса. Процедурные атрибуты описывают, что должен выполнять интерфейс, и последовательность событий, связанную с передачей сигналов через интерфейс.

В рамках уровня 1, в частности, специфицирован соединитель на базе стандарта ISO 8877. В основном этот соединитель совпадает с телефонным соединителем, принятым в Северной Америке, где более популярным является обозначение RJ45. В Европе эти соединители были распространены несколько меньше; например, в Германии использовался собственный, нестандартный соединитель.

Шинная конфигурация базового S-интерфейса согласно стандарту 1.430 имеет одно сетевое окончание, два нагрузочных сопротивления (одно в сетевом окончании, другое — на конце шины) и предусматривает возможность подключения к шине некоторого числа оконечных устройств. К короткой шине можно подключить до 8 терминалов и/или терминальных адаптеров.

Через интерфейс в точке S, когда он полностью активизирован, происходит непрерывная передача битов в обоих направлениях между NT и TE со скоростью 192 Кбит/с. Эти 192 Кбит/с составляют два В-канала по 64 Кбит/с, один D-канал 16 Кбит/с и ресурс 48 Кбит/с для синхронизации циклов и техобслуживания в пределах уровня 1. Структура цикла

в точках S и T приведена на рис. 6.27.

Структура меняется в зависимости от направления передачи между NT и TE, но идентична для конфигурации «точка—точка» и для многоточечной конфигурации. Циклы имеют длину 48 битов и передаются из TE и NT каждые 250 мкс. Первый бит цикла, передаваемого к NT, задерживается на два битовых периода по отношению к первому биту цикла, принимаемого от NT.

Цикл длительностью 250 мкс обеспечивает скорость 4000 циклов в секунду и скорость передачи 192 Кбит/с ($4000 \cdot 48 = 192000$). Однако в каждом цикле имеются 12 служебных битов, поэтому скорость передачи данных пользователя составляет 144 Кбит/с ($4000 \cdot [48 - 12] = 144000$).

Первые два бита цикла — синхронизирующий бит (F) и симметрирующий бит (L). Эти биты используются для цикловой синхронизации. Кроме того, бит L используется в цикле TE для электрического симметрирования цикла, а в цикле NT — для электрического симметрирования каждого байта В-канала и каждого бита D-канала. Дополнительный бит цикловой синхронизации (F_a) и бит N (только в цикле NT) также используются в процедурах цикловой синхронизации. Бит A (только в цикле NT) используется для активизации и деактивизации TE. Биты эха гарантируют, что тракт свободен перед попыткой передачи со стороны TE.

Интерфейс в точке T. Связывает оборудование пользователя с находящимся в помещении пользователя сетевым окончанием NT1.

Интерфейсы в точках T и S являются источником некоторой путаницы. Строго говоря, S и T обозначают не интерфейсы, а опорные точки. Точка S является точкой подключения терминалов и адаптеров к NT2, а точка T — точкой подключения NT2 к NT1. Если функции NT2 отсутствуют, эти точки совпадают. Если функции NT2 присутствуют, интерфейсы в обеих точках могут быть идентичны на уровнях 1 и 2. Тем не менее, на уровне 3 они могут различаться в связи с тем, что протоколы сигнализации для интерфейса S являются, как правило, протоколами частной (ведомственной) сети, в то время как в интерфейсе T действуют протоколы сети общего пользования.

Интерфейс в точке U является интерфейсом между оборудованием NT1 и оборудованием АТС. Точка U не определена в рекомендациях ITU-T, поскольку форма сигналов в интерфейсе U должна быть согласована с физическими характеристиками линий, которые в разных странах отличаются друг от друга. Более веской причиной того, что ITU-T уклонялся от выпуска стандарта на U-интерфейс, являлось совпадение корпоративных интересов компаний, выпускающих оборудование связи, и операторов сетей связи. Телекоммуникационные корпорации лоббировали принятие уже разработанных ими различных стандартов для U-интерфейса, и некоторые телефонные операторы тоже не

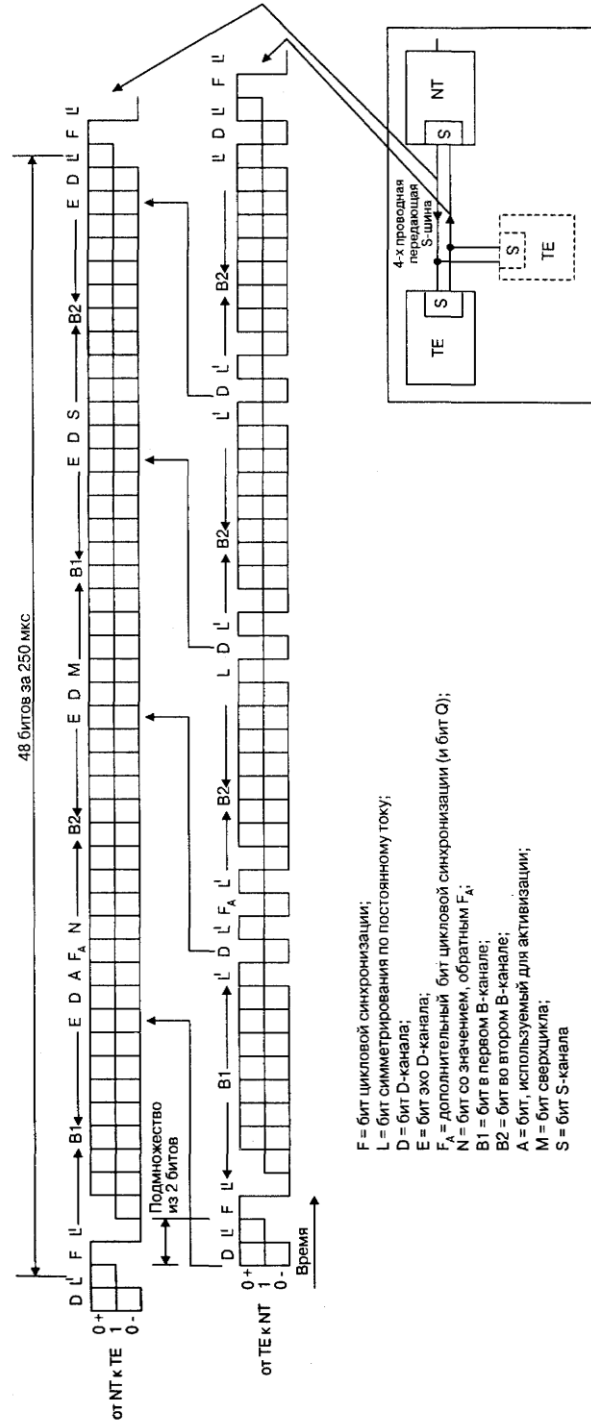


Рис. 2.4. Структура цикла I.430

хотели введения такого стандарта — его отсутствие позволяло зарабатывать на арендной плате за абонентское оборудование на дальнем конце линии.

U-интерфейс в ITU-T не определен. Рекомендация G.961 содержит лишь общие требования к цифровой системе передачи при базовом доступе ISDN по металлическим линиям связи и содержит шесть приложений, в которых даются подробные определения альтернативных систем передачи:

- MMS 43, модифицированный код мониторинга с эхокомпенсацией, где 4 бита отображаются в три троичных символа с линейной скоростью передачи символов 120 Кбод;

- 2B1Q, четырехуровневый код с эхокомпенсацией, где два двоичных бита отображаются в один четверичный символ с линейной скоростью передачи символов 80 Кбод;
- АМI, биполярный код с эхокомпенсацией и линейной скоростью передачи символов 160 Кбод;
- АМI, с попеременным чередованием направления передачи (пинг-понг) и линейной скоростью передачи символов 320 Кбод;
- двоичный двухфазный код, с использованием эхокомпенсации с линейной скоростью передачи символов 160 Кбод;
- SU 32, подстановочный безусловный код 3B2T с компенсацией эха и линейной скоростью передачи символов 108 Кбод.

В границах Европы имеется возможность выпуска европейского стандарта, базирующегося либо на системе 2B1Q, используемой в Великобритании, либо на MMS43, используемой в Германии и Франции.

Цифровая передача, обеспечивающая базовый доступ ISDN, возможна почти на всех существующих парах медных проводов сети абонентского доступа. Основным параметром является расстояние от телефонной станции до терминала абонента. Если терминал расположен относительно близко к коммутационному оборудованию ISDN, вместо U-интерфейса можно применить S-интерфейс. Он является 4-проводным и не требует сетевого окончания. Максимальная длина абонентской проводки, когда в точке S или T подключается только один терминал TE1 или терминальный адаптер ТА, составляет приблизительно 1 км. К короткой пассивной шине длиной до 100-200 м могут подключаться до 8 терминалов. В случае, если расстояние между самими терминалами ограничено величиной порядка 25-50 м, терминалы могут группироваться на конце длинной пассивной шины (до 1 км). Пассивная шина может использоваться для соединения «точка—точка» или «точка—группа точек» (соединение NT и нескольких TE в вещательном режиме), но не может обеспечить более одного соединения «точка—точка» одновременно.

При расстоянии между телефонной станцией и абонентским оборудованием менее 3 км применяется U-интерфейс с использованием метода «пинг-понг», а при расстоянии до 8 км — U-интерфейс с эхокомпенсацией.

Опорная точка V была определена относительно недавно и в настоящий момент все еще остается предметом стандартизации. Эта точка находится между оборудованием линейного окончания (LT) на станционном конце абонентской линии и станционным окончанием (ET). Цель введения стандарта в этой точке — предоставление возможности совместного использования коммутационное оборудование разных производителей с различ-

ными системами абонентского доступа, включая беспроводные линии связи, а также оптоволоконные линии и кабели с медными жилами.

6.4.3. Пользовательский доступ ISDN. К настоящему времени определены два вида пользовательского доступа ISDN: базовый доступ и первичный доступ. Базовый доступ предоставляет пользователю два канала 64 Кбит/с, названных каналами В, и один канал 16 Кбит/с, названный каналом D; общая «информационная» скорость передачи составляет 144 Кбит/с. Каналы В независимы, обычно они используются для услуг коммутации каналов, полупостоянных соединений и пакетной коммутации; канал D используется только для услуг пакетной коммутации и сигнализации между пользователем и сетью. Базовый доступ 2В+D был спроектирован таким образом, чтобы ресурс передачи по существующим медным парам проводов ГТС мог давать пользователю значительно более широкий диапазон услуг, чем это возможно в аналоговой сети абонентского доступа.

Первичный доступ (доступ на первичной скорости) — это доступ на скорости передачи 2 Мбит/с, который предоставляет 30 каналов В со скоростью 64 Кбит/с каждый плюс канал D со скоростью 16 Кбит/с. Первичный доступ может также предоставлять каналы со скоростью 384 Кбит/с, называемые каналами Н0, или единственный канал на скорости 1920 Кбит/с, называемый Н12.

Существует также североамериканский эквивалент, называемый Н11 (скорость 1536 Кбит/с).

Важно понимать, что речь здесь идет о каналах доступа к услугам ISDN (услугам доставки информации, услугам предоставления связи и дополнительным услугам). Сами каналы услуг не предоставляют, но их природа вводит некоторые ограничения возможностей предоставления услуг. Например, в то время как канал В может обеспечивать доступ как к услугам коммутации каналов, так и к услугам пакетной коммутации, канал D может обеспечивать доступ только к услугам пакетной коммутации.

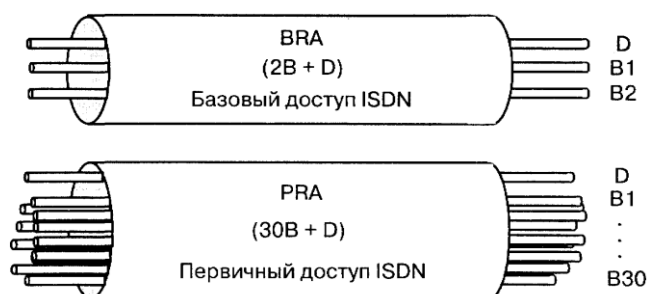


Рис. 6.27. Два основных типа доступа ISDN

Интерфейс первичного доступа PRI получил широкое распространение как интерфейс для подключения УПАТС к опорной АТС во многом за счет удобства использования применяемой в этом интерфейсе сигнализации DSS-1.

6.4.4. Абонентские линии xDSL. Основная поддерживаемая ISDN скорость передачи пользовательской информации составляет 64 Кбит/с, что не так давно представлялось вполне достаточным для телефона, соединенного с компьютером. Оснащенный таким базовым доступом пользователь может получить услуги традиционной телефонии, видеотелефона, передачи данных по протоколам Х.25, Frame Relay, выход в сеть Интернет со скоростью 64 Кбит/с или 128 Кбит/с и др. Но, к сожалению, сравнительно небольшие по сегодняшним меркам скорости передачи ISDN исключают предоставление абонентам таких сетевых услуг, как передача подвижных изображений с высоким качеством, передача больших объемов данных с высокими скоростями, высококачественная видеотелефония, видеоконференция, широковещательная передача телевизионных (в том числе высокой четкости) и звуковых программ и т.п. Категория видео использует, в частности, технику «замороженный кадр», которая характеризуется относительно низким временным разрешением от одного до шести кадров в секунду. Услугу, основанную на этой технике, иногда называют видеотелефоном. Видеоизображение с полной передачей движения может иметь различные качественные характеристики и разрешение. Наихудшее качество соответствует воспроизведению на бытовом кассетном видеомагнитофоне (VCR). Наилучшее качество соответствует характеристикам, которые обеспечивают коммерческие студии телевидения. Между «замороженным кадром» и видео с полной передачей движения располагается видеотелефония, характеризующаяся относительно низкой резкостью и низким уровнем активности движений, например, при показе головы и плеч одного человека. Отличающийся от этого другой тип услуги — видеоконференция — характеризуется почти полной передачей движений группы людей. И, наконец, высшую степень качества дает телевидение с высокой четкостью, или HDTV, которое требует чрезвычайно большой ширины полосы пропускания даже с применением компрессии.

На ранних стадиях разработки узкополосной ISDN появлялись разумные возражения против подхода 2В+D. Справедливость этих возражений проявилась в следующем этапе развития ISDN: широкополосной ISDN (Broadband ISDN или В-ISDN) со скоростями передачи информации 155 Мбит/с и 622 Мбит/с, которая может предоставить пользователям упомянутые выше, а также многие другие интерактивные услуги и услуги распределения информации.

Помимо ISDN имеется технология, позволяющая эффективно использовать уже уложенный в землю медный кабель, достигая скоростей и качества передачи, доступных лишь на волоконно-оптических линиях. Это так называемая xDSL-технология, обеспечивающая гораздо большие скорости передачи по обычным медным проводам, чем предлагаемый ISDN канал 64 Кбит/с.

Существует несколько вариантов xDSL:

HDSL (High-data-rate Digital Subscriber Line), или высокоскоростная цифровая абонентская линия, представляет собой два модема, соединенных одной или несколькими кабельными парами. При этом обеспечивается симметричная дуплексная передача цифровых потоков на скорости 2.048 Мбит/с. Такой же тракт поддерживает и аппаратура ИКМ-30, однако более новая технология *HDSL* позволяет значительно увеличить длину регенерационного участка и предъявляет гораздо менее жесткие требования к переходному затуханию в используемых кабелях. В *HDSL*-технологии для передачи сигнала могут использоваться 1, 2 или 3 пары обычного телефонного кабеля.

Как и в цифровых абонентских линиях *ISDN* в *HDSL* для разделения направлений передачи и приема на каждом конце каждой из двухпроводных линии и используются дифсистема и эхокомпенсатор.

Первоначальные спецификации для *HDSL* в Соединенных Штатах предусматривали работу в режиме двойного дуплекса с линейным кодом 2B1Q. Выбор линейного кода мотивировался быстротой реализации, поскольку 2B1Q уже являлся стандартом США для цифровой передачи. В Европе тоже был принят код 2B1Q, но с двумя опциями. Первая — троичный дуплексный вариант, который отнюдь не идеален, поскольку нужна дополнительная пара, но обладает тем достоинством, что может использовать преимущества разработанной в Соединенных Штатах технологии. Второй вариант — метод двойного дуплекса с работой на более высокой скорости.

Типовая *HDSL*, использующая две кабельные пары, показана на рис. 6.28. На станции устанавливаются стационарные модули *HDSL*, а в помещениях абонентов — удаленные модули *HDSL*.

(Оборудование TadiGain фирмы Tadiran, например, поддерживает скорости передачи:

- по одной паре 2064 Кбит/с
- по двум парам (на каждую пару) 1168 Кбит/с
- по трем парам (на каждую пару) 784 Кбит/с)



Рис. 6.28. Пример *HDSL*

SDSL (Single-line Digital Subscriber Line) представляет собой однопарную версию *HDSL*. Эта система обеспечивает симметричную дуплексную передачу цифрового потока со скоростью 2048 Кбит/с по одной паре телефонного кабеля.

ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line), или асимметричная цифровая абонентская линия, представляет собой два модема, соединенных одной кабельной парой.

Первоначально принципы ADSL возникли с целью предоставления услуги «видео по запросу» (VoD), которая позволяет пользователю выбрать из библиотеки видеозаписей видеофильм для просмотра и конкурирует с широкоэвещательным телевидением. Рекламировалась и другая услуга — торговля на дому, позволяющая пользователю просмотреть товары виртуального супермаркета. Еще одно планируемое использование технологии ADSL — обучение из удаленных аудиторий, когда учитель или лектор представляет учебный материал, а также получает вопросы и отвечает на них в процессе представления этого материала. Такое обучение может быть особенно полезно там, где обычная школа слишком мала, чтобы иметь учителя-предметника по некоторым учебным дисциплинам, или когда лекция проводится узким специалистом. Однако, как это часто бывало в истории техники, в процессе разработки технологии ADSL возникли более интересные области ее применения. Это — поддержка высокоскоростных интерактивных приложений и, в первую очередь, — доступ к Internet, а также циркулярная рассылка информации в ведомственных сетях, включая доступ к централизованным базам данных из удаленных офисов компаний, предоставление в различном виде информации по требованию, интерактивные игры, другие услуги мультимедиа.

В модемах ADSL используются три типа модуляции:

- искретная многочастотная модуляция DMT (Discrete MultiTone), принятая не так давно Американским национальным институтом по стандартизации ANSI в качестве стандарта для линейного кодирования ADSL-каналов. Это стандарт ANSI T1.413;

- амплитудно-фазовая модуляция без несущей CAP (Carrier-less Amplitude/Phase), которая была разработана раньше DMT. В большинстве эксплуатирующихся сегодня устройств ADSL применена именно CAP-модуляция, а модуляция DMT используется в самом новом оборудовании;

- квадратичная амплитудная модуляция QAM (Quadrature Amplitude Modulation), которая используется весьма редко.

Сегодняшняя технология ADSL позволяет передавать данные на скоростях от 1.5 до 9 Мбит/с в прямом направлении и от 16 до 640 Кбит/с в обратном направлении. Максимальная длина линии около 5.5 км.

RADSL (Rate-Adaptive ADSL) — ADSL с адаптируемой скоростью. Эта технология может приспособливаться к характеристикам конкретной линии (длина, соотношение сигнал—шум и др.), соответственно управлять скоростью передачи и за счет этого достигать максимальной пропускной способности в реальных условиях.

VDSL (Very-high-data-rate Digital Subscriber Line), или сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия, ожидается, что скорость передачи будет от 12.9 Мбит/с до 52.8 Мбит/с. VDSL предназначена для работы в АТМ-сетях. На линиях данного типа допускается

наличие пассивных сетевых окончаний, поэтому к одной линии может быть подключено более одного VDSL-модема, подобно тому, как в настоящее время к абонентской линии подключаются дополнительные телефонные аппараты.

VDSL может использоваться на конце волоконно-оптической линии связи для оконечного абонентского ввода по паре медных проводов. В системах «волоконно-к-распределительной-коробке» (FTTC) «хвост» VDSL может иметь длину до 500 м, а скорость передачи предполагается в диапазоне от 25 до 51 Мбит/с. В системах «волоконно-к-распределительному-шкафу» (FTTCab) «хвост» может быть несколько длиннее километра, а скорость передачи — равной 25 Мбит/с.

Более высокие скорости передачи данных делают для VDSL привлекательной систему модуляции DMT, особенно благодаря тому, что она стандартизована ANSI. Однако может оказаться лучшим использовать разные каналы для разных направлений передачи, поскольку это легче реализовать в многоканальной системе, особенно когда потоки данных асинхронны.

Спектр передачи для VDSL существенно не превысит 10 МГц (в случае ADSL он составляет примерно 1 МГц). Однако, спектр для VDSL может начинаться на более высокой частоте (около 1 МГц), что позволяет уменьшить взаимное влияние систем передачи на более низких частотах и упростить спецификацию фильтра. Единственным серьезным аргументом против xDSL-технологии является отсутствие соответствующих абонентских комплектов в современных цифровых АТС, в то время как абонентский комплект ISDN стал уже вполне привычным элементом этих АТС. Оборудование xDSL, к сожалению, требует гораздо больших усилий для его интеграции в современную цифровую АТС. Кроме того, телефонные компании затратили большие средства на внедрение ISDN, а в результате выяснили, насколько трудно и дорого использовать эту технологию.

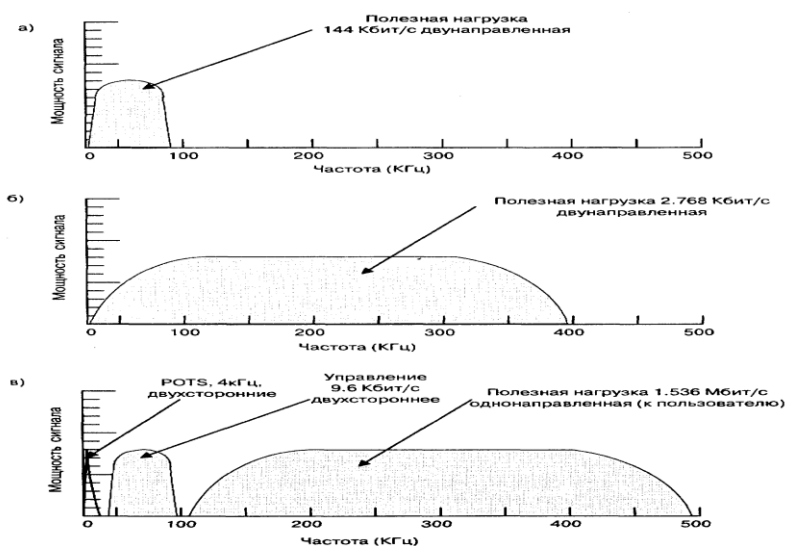


Рис. 6.29. Использование спектра: (а) DSL ISDN; (б) HDSL; (в) ADSL

6.4.5 Протокол DSS-1.

Разработанный ITU-T протокол цифровой абонентской сигнализации №1 (DSS-1 - Digital Subscriber Signaling 1) между пользователем ISDN и сетью ориентирован на передачу сигнальных сообщений через интерфейс «пользователь—сеть» по D-каналу этого интерфейса. Международный союз электросвязи (ITU-T) определяет канал D в двух вариантах:

- а) канал 16 Кбит/с, используемый для управления соединениями по двум В-каналам;
- б) канал 64 Кбит/с, используемый для управления соединениями по нескольким (до 30) В-каналам.

Архитектура протокола DSS-1 разработана на основе семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (модели OSI) и соответствует ее первым трем уровням. В контексте этой модели пользователь и сеть именуется системами, а протокол определяется спецификациями:

- процедур взаимодействия между одними и теми же уровнями в разных системах, определяющих логическую последовательность событий и потоков сообщений;
- форматов сообщений, используемых для процедур организации логических соединений между уровнем в одной системе и соответствующим ему уровнем в другой системе. Форматы определяют общую структуру сообщений и кодирование полей *в составе* сообщений;
- примитивов, описывающих обмен информацией между смежными уровнями одной системы. Благодаря спецификациям примитивов интерфейс между смежными уровнями может поддерживаться стабильно, даже если функции, выполняемые одним из уровней, изменяются.

Уровень 1 (физический уровень) протокола DSS-1 содержит функции формирования каналов В и D, определяет электрические, функциональные, механические и процедурные характеристики доступа и предоставляет физическое соединение для передачи сообщений, создаваемых уровнями 2 и 3 канала D. К функциям уровня 1 относятся:

- подключение пользовательских терминалов ТЕ к шине S-интерфейса с доступом к каналам В и D;
- подача электропитания от АТС для обеспечения телефонной связи в случае отказа местного питания;
- обеспечение работы в режиме «точка—точка» и в многоточечном вещательном режиме.

Уровень 2 звена, известный также под названием LAPD (link access protocol for D-channels),

обеспечивает использование D-канала для двустороннего обмена данными при взаимодействии процессов в терминальном оборудовании TE с процессами в сетевом окончании NT. Протоколы уровня 2 предусматривают мультиплексирование и цикловую синхронизацию для каждого логического звена связи, поскольку уровень 2 обеспечивает управление сразу несколькими соединениями звена данных в канале D. Кроме того, функции уровня 2 включают в себя управление последовательностью передачи для сохранения очередности следования сообщений через соединение, а также обнаружение и исправление ошибок в этих сообщениях.

Формат сигналов уровня 2 — это кадр. Кадр начинается и заканчивается стандартным флагом и содержит в адресном поле два важнейших идентификатора — идентификатор точки доступа к услугам (SAPI) и идентификатор терминала (TEI).

Уровень 3 (сетевой уровень) предполагает использование следующих протоколов:

- протокол сигнализации, определенный в рекомендации I.451 или Q.931 (эти две рекомендации идентичны). В этом случае протокол сигнализации используется для установления и разрушения базовых соединений, а также для предоставления дополнительных услуг;

- протокол передачи данных в пакетном режиме, определенный в рекомендации X.25.

- другие протоколы, которые могут быть определены в будущем. В этих случаях для SAPI всякий раз будет устанавливаться соответствующее данному протоколу значение.

Протокол сигнализации Q.931 (уровень 3) определяет смысл и содержание сигнальных сообщений и логическую последовательность событий, происходящих при создании, в процессе существования и при разрушении соединений. Функции уровня 3 обеспечивают управление базовым соединением и дополнительными услугами, а также некоторые дополнительные к уровню 2 транспортные возможности. Примером таких дополнительных транспортных возможностей является опция перенаправления сигнальных сообщений на альтернативный D-канал (если это предусмотрено) в случае отказа основного D-канала.

6.4.5.1. *Физический уровень протокола DSS-1*. Уровень 1 (физический уровень) интерфейса базового доступа определяется в рекомендации I.430. В базовом доступе скорость передачи на уровне 1 равна 192 Кбит/с и обеспечивает формирование двух В-каналов со скоростью передачи данных 64 Кбит/с и одного D-канала со скоростью передачи данных 16 Кбит/с. Оставшийся ресурс скорости — 48 Кбит/с — используется для цикловой синхронизации, байтовой синхронизации, активизации и деактивизации связи между терминалами и сетевым окончанием NT. Длина цикла составляет 48 битов, а продолжительность цикла — 250 мкс. Интерфейс в точке S перед передачей кадров должен проходить фазу активизации. Цель фазы активизации состоит в том, чтобы гарантировать синхронизацию

приемников на одной стороне интерфейса и передатчиков на другой его стороне, что достигается обменом сигналами, называемыми INFO. Используется пять различных сигналов INFO.

Первый, INFO 0, свидетельствует об отсутствии какого-либо активного сигнала, поступающего от приемопередатчиков S-интерфейса, и передается в том случае, если все приемопередатчики деактивизированы. Когда терминалу TE необходимо установить соединение с сетью, он инициирует активизацию S-интерфейса путем передачи сигнала INFO 1 в направлении от TE к NT. В ответ на сигнал INFO 1 сетевое окончание NT передает в направлении к TE сигнал INFO 2. Циклы INFO 2 могут предусматривать передачу информации в сверхцикловых каналах, что приводит к нескольким разным формам сигнала INFO 2. Для указания незавершенной активизации интерфейса битом А, называемому битом активизации, также присваивается значение 0, а затем, когда активизация достигнута, — значение 1. Каждый цикл INFO 2 содержит изменения полярности импульсов, создаваемые последним битом D-канала предыдущего цикла и битом цикловой синхронизации F текущего цикла, а также изменения полярности, вызываемые битом L.

Когда в TE достигается цикловая синхронизация, к NT передается сигнал INFO 3. В ответ на информацию о достижении синхронизации из NT передается сигнал INFO 4, который содержит данные В- и D-каналов и данные сверхциклового канала. Теперь интерфейс полностью активизирован циклами INFO 3 в направлении от TE к NT и циклами INFO 4 в направлении от NT к TE.

В том случае, когда сеть инициирует соединение с TE, т.е. активизация осуществляется в направлении от NT к TE, последовательность обмена сигналами почти такая же, кроме одного момента: NT выходит из исходного состояния, в котором посылался сигнал INFO 0, передавая сигнал INFO 2. Сигнал INFO 1 в этом случае не используется.

Обе описанные выше последовательности сигналов иллюстрируются примерами, представленными на рис. 6.31, с указанием соответствующих состояний TE и NT. На рис. 6.31 представлены два таймера: таймер T3 в TE и таймер T1 в NT. Оба таймера — T1 и T3 используются для выхода из тупиковой ситуации, когда, например, одна сторона вынуждена ожидать сигнал от другой стороны неопределенно долго из-за возникновения какой-либо неисправности. Значения таймеров T1 и T3 назначаются оператором сети, хотя обычно для обоих таймеров выбирается значение 30с.

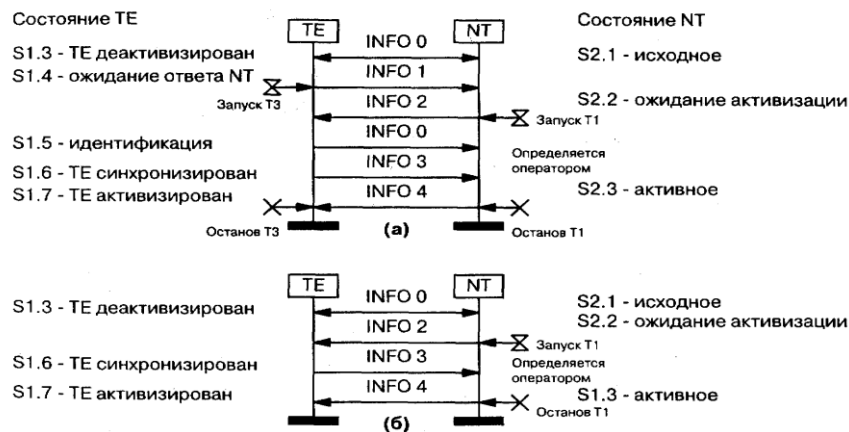


Рис. 6.31. Последовательность сигналов при активизации S-интерфейса:
(а) — активизация от TE; (б) — активизация от NT

На рис. 6.32 представлена последовательность сигналов при деактивизации, которая во всех случаях инициируется со стороны сети. Таймер T2 используется внутри NT для того, чтобы убедиться в полностью деактивизированном состоянии интерфейса до того, как TE произведет следующую попытку перевести S-интерфейс в активное состояние. Таймер T2 ограничивает время распознавания приемопередатчиком TE сигнала INFO 0 и ответа на этот сигнал.

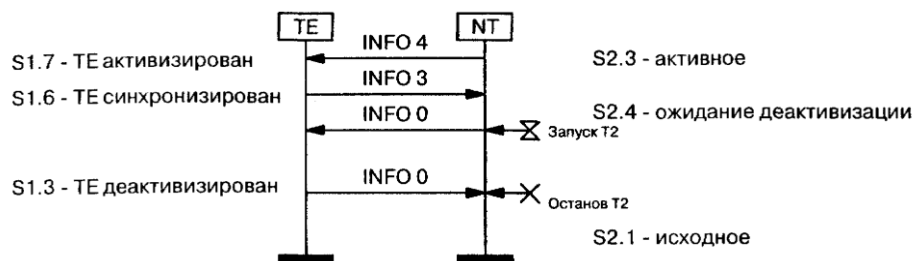


Рис. 6.32. Последовательность сигналов при деактивизации S-интерфейса

Деактивизация может произойти, когда ТЕ временно утрачивает кадровую синхронизацию в активном состоянии, т.е. когда ТЕ получает подряд три кадра без правильного изменения порядка чередования импульсов с битом FA, равным 1, и два кадра подряд, когда бит FA имеет значение 0.

На рис. 6.31 и 6.32 указаны также некоторые из состояний, в которых может находиться физический уровень во время фаз активизации и деактивизации.

Сигналы, переводящие процессы SDL из одного состояния в другое, представляют собой программные или аппаратные сообщения, абстрактные представления которых определены как *примитивы*. В результате изменения состояния SDL-процесс может, в свою очередь, передавать примитивы в другие уровни. Между логическими объектами смежных уровней примитивы передаются через *пункт доступа к услуге (SAP)*. Эти положения применимы к примитивам, передаваемым между любыми смежными уровнями, что иллюстрирует рис. 6.33.

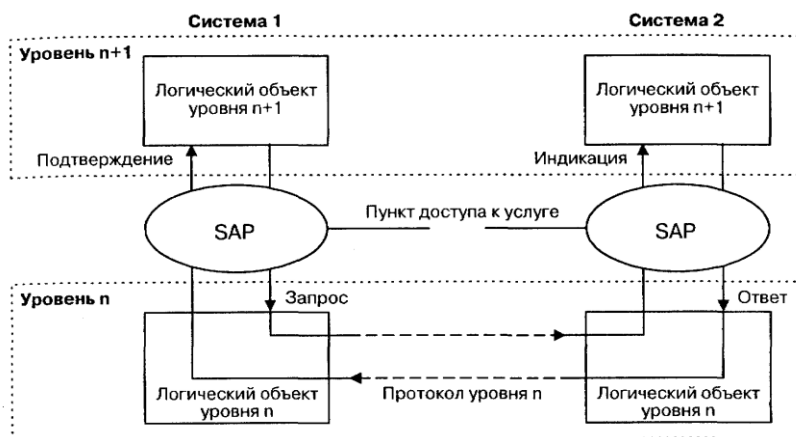


Рис. 6.33. Доступ к услугам в смежных уровнях: примитивы

Обмен информацией между логическими объектами смежных уровней осуществляется с помощью примитивов четырех типов: REQUEST (ЗАПРОС), INDICATION (ИНДИКАЦИЯ), RESPONSE (ОТВЕТ) и CONFIRM (ПОДТВЕРЖДЕНИЕ).

Примитив типа REQUEST используется, когда логический объект уровня n+1 в одной из двух взаимодействующих систем запрашивает услугу уровня n для передачи команды в уровень n+1 второй системы. Логический объект уровня n во второй системе информирует уровень n+1 о содержании команды с помощью примитива типа INDICATION. Примитив RESPONSE используется уровнем n+1 второй системы для подтверждения приема примитива INDICATION и, если нужно, для сообщения об исполнении команды. Наконец, прием примитива типа CONFIRM уровнем n+1 первой системы указывает, что операция завершена.

Для идентификации примитива используются три поля, расположенных в следующем порядке: [интерфейс уровня] — [тип услуги] — [тип примитива].

Интерфейс уровня обозначается префиксом, идентифицирующим границу между двумя логическими объектами, через которую происходит обмен примитивами. Например, примитивы, с помощью которых осуществляется связь через интерфейс между физическим уровнем и уровнем звена данных, имеют префикс PH, а примитивы для связи через внутриуровневый интерфейс между логическим объектом эксплуатационного управления и физическим Уровнем имеют префикс MPH. *Тип услуги* указывает услугу или действия, которые подлежат выполнению (или выполнены) логическим объектом.

Примитивы, соответствующие физическому уровню протокола DSS-1, показаны на рис. 6.34.

На рис. 6.34 показан прием от уровня 2 примитива PH-AR -запроса активизации PH (PH-ACTIVATION REQUEST) на стороне ТЕ. Этот запрос уровня 2 инициирует последовательность сигналов. При этом изменяются состояния S-интерфейса и могут передаваться шесть примитивов типа INDICATION: два уровню 2 и четыре логическому объекту системы эксплуатационного управления. Например, примитив PH-AI - индикация активизации PH (PH-ACTIVATION INDICATION) — передается к уровню 2 после достижения S-интерфейсом активизированного состояния и информирует уровень 2 о том, что он может начать передачу сообщений через S-интерфейс в сеть.

Логический объект системы эксплуатационного управления с помощью примитива MPH-AI — индикация активизации MPH (MPH-ACTIVATION INDICATION) - тоже получает информацию о том, что уровень 1 находится в активизированном состоянии. Примитив PH-DI - индикация деактивизации PH (PH-DEACTIVATION INDICATION) используется, чтобы информировать уровень 2 о деактивизации физического уровня, и приостанавливает использование S-интерфейса для передачи информации NT. Примитив MPH-II - индикация информации MPH (MPH-INFORMATION INDICATION) - используется, чтобы информировать логический объект системы эксплуатационного управления о состоянии источника питания (подсоединен или отсоединен), в то время как примитив MPH-EI - индикация ошибок MPH (MPH-ERROR INDICATION) —

информирует этот объект о появлении и устранении таких ошибок, как потеря кадровой синхронизации. Деактивизация физического уровня в нормальных рабочих условиях может быть достигнута только с сетевой стороны интерфейса S с помощью примитива MPH-DR - запрос деактивизации MPH (MPH-DEACTIVATION REQUEST).

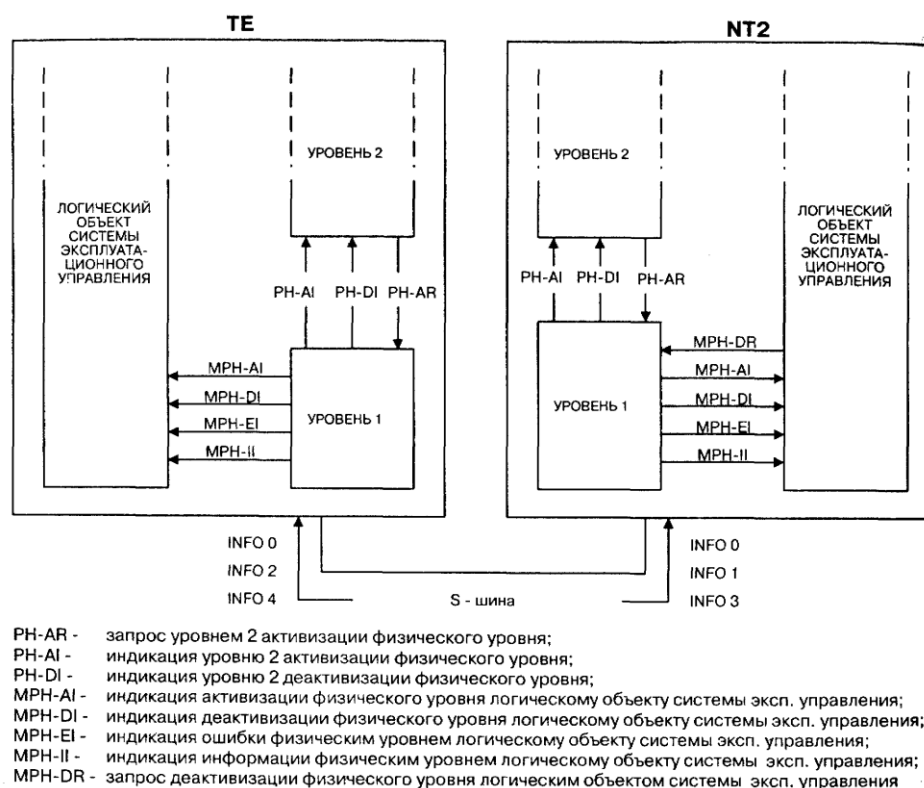


Рис. 6.34. Примитивы уровня 1 протокола DSS-1

На рис. 6.35 представлена упрощенная SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE. Предусматривается 8 состояний S-интерфейса на стороне TE.

В состоянии S1.1 терминал не получает питания. Если он подсоединен к шине S, то на ней присутствует сигнал, передаваемый от NT. Кроме того, если TE получает питание от внешнего источника, то в состоянии S1.1 терминал обнаруживает включение питания. Для тех TE, которые имеют собственный источник питания, считается, что уровень 1 находится в состоянии S1.1, когда местное питание пропадает.

При включении питания TE переходит в исходное состояние S 1.2, когда он готов принимать сигналы. Если питание выключается, TE возвращается в состояние S1.1. Если во время включения питания NT активен и TE обнаруживает сигнал INFO 2 или INFO 4, то процесс переходит в состояние S1.6 или в состояние S1.7, соответственно. Если NT неактивен, что связано с присутствием INFO 0, то процесс переходит в состояние S1.3.

Состояние S1.3 — это состояние, в котором TE получает питание, а в направлениях передачи и приема посылаются сигналы INFO 0. В этом состоянии интерфейс может быть активизирован либо локально — в результате приема примитива PH-AR от уровня звена, либо дистанционно — при обнаружении сигнала INFO 2.

В первом случае физический уровень запускает таймер T3, посылает сигнал INFO1 и переходит в состояние S1.4 ожидания ответа от NT. Значение таймера T3 — до 30 с, и если данный период истекает до того, как уровень 1 достигнет состояния активизации, то это деактивизирует интерфейс. При поступлении сигналов INFO 2 или INFO 4 от NT процесс прекращает передачу INFO 1 и посылается INFO 3. Если принятый сигнал — это INFO 2, уровень 1 переходит в состояние S1.6, а если принят сигнал INFO 4, то осуществляется переход в состояние S1.7.

В состоянии S1.6 терминальное оборудование TE посылает INFO 3 для указания NT, что оно стало синхронизироваться со своим сигналом INFO 2 и полностью готово для перехода в активное состояние. Прием INFO 4 от NT приводит физический уровень в состояние активизации S 1.7 с посылкой PH-AI уровню звена данных, а примитивов MPH-AI и MPH-E 1 — логическому объекту системы эксплуатационного управления.

В состоянии S 1.7 терминальное оборудование TE продолжает посылать INFO 3 в направлении NT, получая от NT, в свою очередь, сигнал INFO 4.

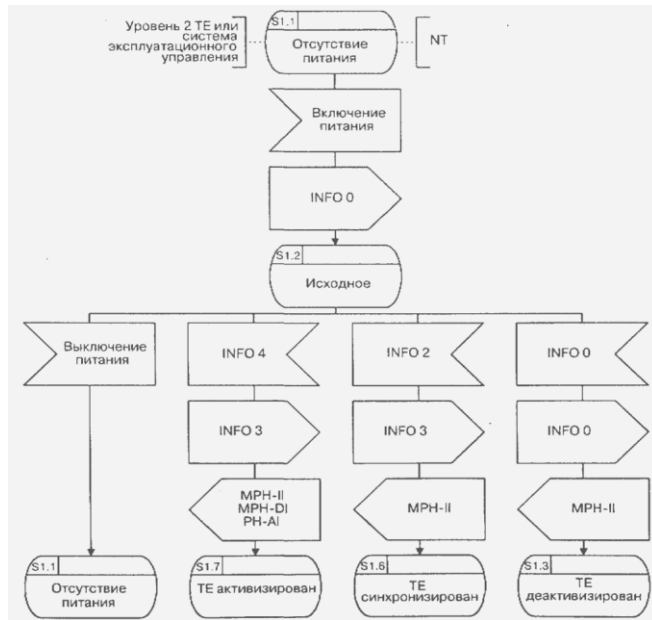


Рис. 6.35. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE (1 из 3)

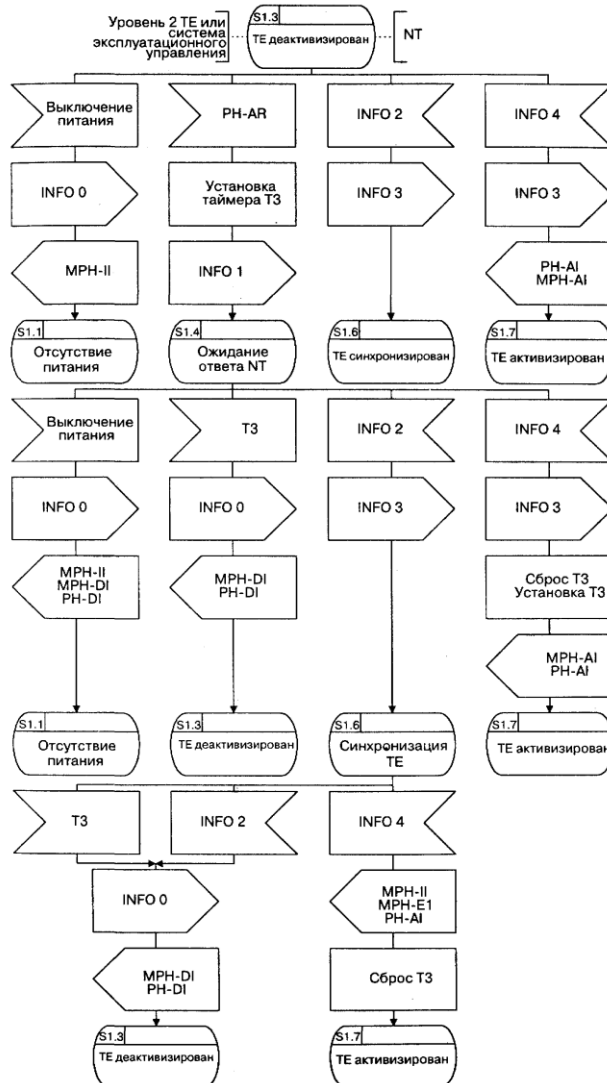


Рис. 6.35. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE (2 из 3)

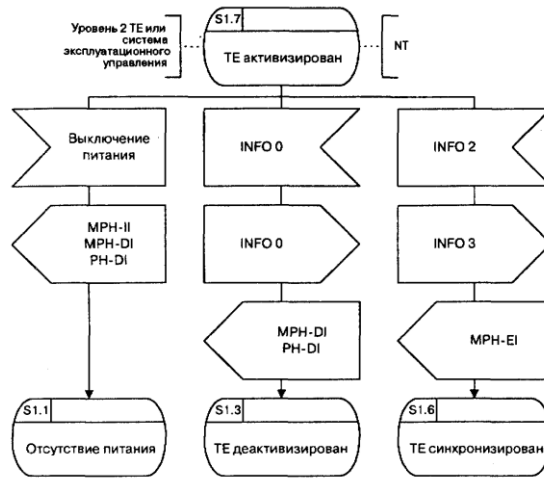


Рис. 6.35. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE (3 из 3)

Если таймер T3 еще не сработал, то он сбрасывается при переходе в S1.7. Теперь возможна передача данных по D-каналу через интерфейс S. Деактивизация TE производится со стороны NT, когда оно прекращает передачу INFO 4, после чего TE принимает INFO 0, а затем переходит в неактивное состояние и посылает примитивы PH-DI и MPH-DI. Появление сигнала INFO 2 в состоянии S1.7 приводит к отправке примитива MPH-EI1 и к переходу в состояние S1.6 синхронизации TE для ожидания повторной активизации или деактивизации. Следует отметить, что из состояния S1.7 можно выйти и при потере кадровой синхронизации, что не показано на SDL-диаграмме. Процесс на стороне сетевого окончания NT существенно проще, чем рассмотренный выше процесс на стороне TE, и имеет только четыре состояния. Небольшое число состояний и допустимых переходов позволяет наглядно представить этот процесс еще более упрощенной SDL-диаграммой (рис. 6.36).

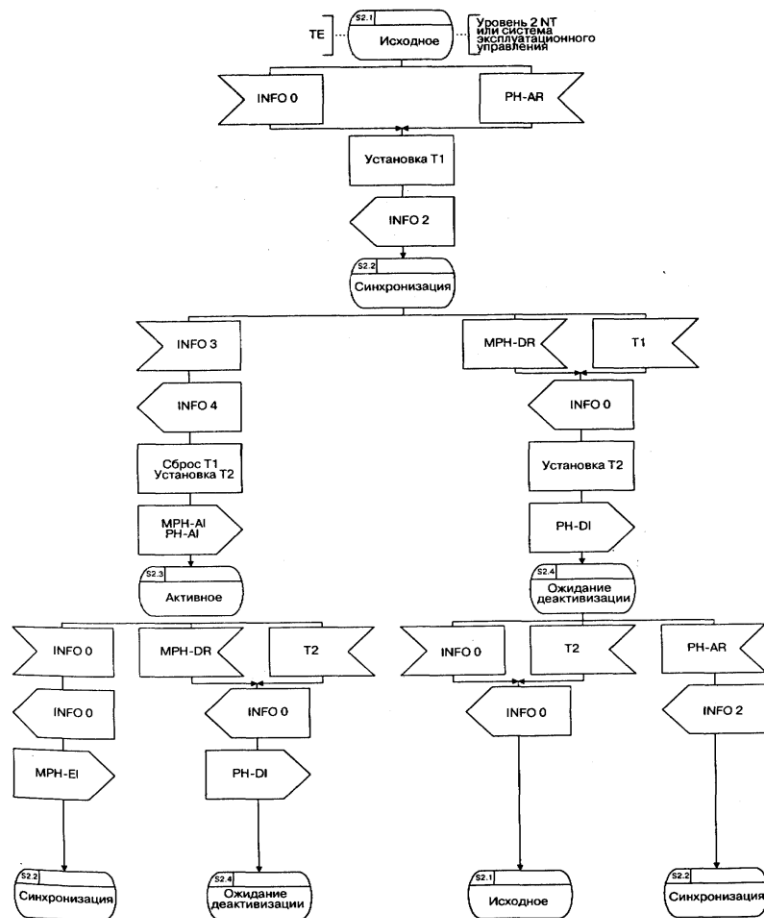


Рис. 6.36. Упрощенная SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне NT

Исходное состояние S2.1 подразумевает, что в интерфейсе присутствует INFO 0. Активизация может запрашиваться передачей примитива PH-AR к физическому уровню. Интерфейс может активизироваться и со стороны TE сигналом INFO 1, как это было показано на рис. 3.2а. В обоих случаях NT запускает таймер T1, передает сигнал INFO 2 к TE для его синхронизации и переходит в состояние ожидания S2.2. При нормальной последовательности сигналов TE отвечает при помощи INFO 3, который принимается уровнем 1 на стороне NT, что приводит к сбросу таймера T1 и переходу в состояние S2.3.

Состояние S2.3 — обычное активное состояние, в котором NT посылает INFO 4 к TE до тех пор, пока TE посылает INFO 3 к NT. Деактивизация инициируется при приеме примитива MPH-DR или если сработает таймер T2, приводящий к передаче INFO 0, посылке примитива PH-DI и переходу в состояние S2.4.

TE может деактивизироваться в аварийных условиях, например, при потере кадровой синхронизации. На стороне NT также возможна потеря кадровой синхронизации из-за помех или прием сигнала INFO 0 от TE. В обоих случаях процесс возвращается в состояние S2.2 ожидания повторной активизации.

Состояние ожидания деактивизации S2.4 соответствует ситуации, когда уровень 1 на стороне NT сигнализировал TE о своем намерении деактивизироваться путем передачи INFO 0. В обычном случае деактивизации TE отвечает таким же сигналом INFO 0, что переводит NT в исходное состояние S2.1. Однако NT может принять в этом состоянии следующий запрос PH-AR, что приведет его к началу активизации таймера и повторному переходу в состояние S2.2.

6.4.5.2. *Уровень LAPD*. Протоколы уровня 2 (LAPD — Link Access Procedure on the D-channel) как базового, так и первичного доступа определены в рекомендациях ITU-T I.440 (основные аспекты) и I.441 (подробные спецификации). Эти же рекомендации в серии Q имеют номера Q.920 и Q.921. Обмен информацией на уровне LAPD осуществляется посредством информационных блоков, называемых кадрами и схожих с сигнальными единицами ОКС-7.

Сформированные на уровне 3 сообщения помещаются в информационные поля кадров, не анализируемые уровнем 2. Задачи уровня 2 заключаются в переносе сообщений между пользователем и сетью с минимальными потерями и искажениями. Форматы и процедуры уровня 2 основываются на протоколе управления звеном передачи данных высокого уровня HDLC (High-level Data-Link Control procedures), первоначально определенном Международной организацией по стандартизации ISO и образующем подмножество других распространенных протоколов: LAPB, LAPV5 и др. Протокол LAPD, также входящий в подмножество HDLC, управляет потоком кадров, передаваемых по D-каналу, и предоставляет информацию, необходимую для управления потоком и исправления ошибок.

Кадры могут содержать либо команды на выполнение действий, либо ответы, сообщающие о результатах выполнения команд, что определяется специальным битом

управления соединениями в режиме коммутации каналов или к процедурам пакетной коммутации. Рекомендацией Q.921 определены значения SAPI, приведенные в табл. 6.37. Идентификация команда/ответ C/R. Общий формат кадров LAPD показан на рис. 6.37.

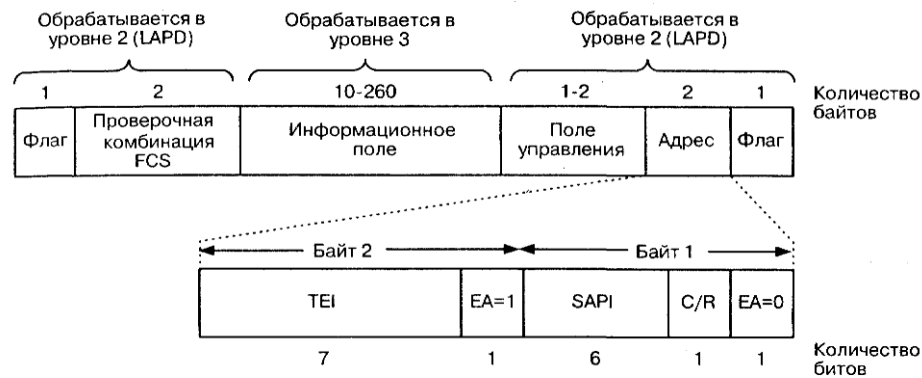


Рис. 6.37. Формат кадра

Каждый кадр начинается и заканчивается однобайтовым *флагом*. Комбинация флага (01111110) такая же, как в ОКС-7. Имитация флага любым другим полем кадра исключается благодаря запрещению передачи последовательности битов, состоящей из более чем пяти следующих друг за другом единиц. Это достигается с помощью специальной процедуры, называемой «бит-стаффингом» (bit-stuffing), которая перед передачей кадра вставляет ноль после любой последовательности из пяти единиц, за исключением флага. При приеме кадра любой ноль, обнаруженный следом за последовательностью из пяти единиц, изымается.

Адресное поле (байты 2 и 3) кадра на рис. 6.37 содержит идентификатор точки доступа к услуге SAPI (Service Access Point Identifier) и идентификатор терминала TEI (Terminal Equipment Identifier) и используется для маршрутизации кадра к месту его назначения. Эти идентификаторы определяют соединение и терминал, к которым относится кадр.

Идентификатор пункта доступа к услуге SAPI занимает 6 битов в адресном поле и фактически указывает, какой логический объект сетевого уровня должен анализировать содержимое информационного поля. Например, SAPI может указывать, что содержимое информационного поля относится к процедурам 6.4.

Таблица 6.4. Значения SAPI

SAPI	Функция
0	Управление соединением ISDN (коммутация каналов)
1	Пакетная коммутация по Q.931
16	Пакетная коммутация X.25
63	Управление уровнем 2

Идентификатор TEI указывает терминальное оборудование, к которому относится сообщение. Код TEI=127 (1111111) указывает на вещательную (циркулярную) передачу информации всем терминалам, связанным с данной точкой доступа. Остальные значения (0—126) используются для идентификации терминалов. Диапазон значений TEI (табл. 6.5) разделяется между теми терминалами, для которых TEI назначает сеть (автоматическое назначение TEI), и теми, для которых TEI назначает пользователь (неавтоматическое назначение TEI).

Таблица 6.5. Значения TEI

TEI	Назначение
0-63	Неавтоматическое назначение TEI
64-126	Автоматическое назначение TEI
127	Вещательный режим

При подключении УПАТС (представляющей собой функциональный блок NT2) к АТС ISDN общего пользования с использованием интерфейса PRI в соответствии с требованиями стандартов ETSI TE1==0. В этом случае процедуры назначения TEI не применяются.

Бит идентификации команды/ответа C/R (Command/Response bit) в адресном поле перенесен в DSS-1 из протокола X.25. Этот бит устанавливается LAPD на одном конце и обрабатывается на противоположном конце звена. Значение C/R (табл. 6.6) классифицирует каждый кадр как командный или как кадр ответа. Если кадр сформирован как команда, адресное поле идентифицирует получателя, а если кадр является ответом, адресное поле идентифицирует отправителя. Отправителем или получателем могут быть как сеть, так и терминальное оборудование пользователя.

Таблица 6.6. Биты C/R в поле адреса

	Кадры, передаваемые сетью	Кадры, передаваемые терминалом
Командный кадр	C/R=1	C/R=0
Кадр ответа	C/R=0	C/R=1

Бит расширения адресного поля EA (Extended address bit) служит для гибкого увеличения длины адресного поля. Бит расширения в первом байте адреса, имеющий значение 0, указывает на то, что за ним следует другой байт. Бит расширения во втором байте, имеющий значение 1, указывает, что этот второй байт в адресном поле является последним. Именно такой вариант приведен на рис. 6.37. Если впоследствии возникнет необходимость увеличить размер адресного поля, значение бита расширения во втором байте может быть изменено на 0, что будет указывать на существование третьего байта. Третий байт в этом случае будет содержать бит расширения со значением 1, указывающим, что этот байт является последним. Увеличение размера адресного поля, таким образом, не влияет на остальную часть кадра.

Два последних байта в структуре кадра на рис. 6.37 содержат 16-битовое поле *проверочной комбинации* кадра PCS (Frame check sequence) и генерируются уровнем звена данных в оборудовании, передающем кадр. Это поле имеет ту же функцию, что и поле CB (контрольные биты) в сигнальных единицах ОКС-7, и позволяет LAPD обнаруживать ошибки в полученном кадре. В поле FCS передается 16-битовая последовательность, биты которой формируются как дополнение для суммы (по модулю 2), в которой: а) первым слагаемым является остаток от деления (по модулю 2) произведения $x^k (x^{15} + x^{14} + \dots + x + 1)$ на образующий полином $(x^{16} + x^{12} + x^5 + 1)$, где k - число битов кадра между последним битом открывающего флага и первым битом проверочной комбинации, исключая биты, введенные для обеспечения прозрачности;

б) вторым слагаемым является остаток от деления (по модулю 2) на этот образующий полином произведения x^{16} на полином, коэффициентами которого являются биты кадра, расположенные между последним битом открывающего флага и первым битом проверочной комбинации, исключая биты, введенные для обеспечения прозрачности. Обратное преобразование выполняется уровнем звена данных в оборудовании, принимающем кадр, с тем же образующим полиномом для адресного поля, полей управления, информационного и FCS. Протокол LAPD использует соглашение, по которому остаток от деления (по модулю 2) произведения x^{16} на полином, коэффициентами которого являются биты перечисленных полей и FCS, всегда составляет 0001110100001111 (десятичное 7439), если на пути от передатчика к приемнику никакие биты не были искажены. Если результаты обратного преобразования соответствуют проверочным битам, кадр считается переданным без ошибок. Если же обнаружено несоответствие результатов, это означает, что при передаче кадра произошла ошибка.

Поле управления указывает тип передаваемого кадра и занимает в различных кадрах один или два байта. Существует три категории форматов, определяемых полем управления: передача информации с подтверждением (I-формат), передача команд, реализующих управляющие функции (S-формат), и передача информации без подтверждения (U-формат). Табл. 6.7 содержит сведения об основных типах кадров протокола DSS-1.

Таблица 6.7. Основные типы кадров LAPD

формат	Команды	Ответы	Описание
Информационные кадры (I)	Информация	-	Используется в режиме с подтверждением для передачи нумерованных кадров, содержащих информационные поля с сообщениями уровня 3
Управляющие кадры (S)	К приему готов (PR-receive ready)	К приему готов (RR-receive ready)	Используется для указания готовности встречной стороны к приему I-кадра или для подтверждения ранее полученных I-кадров
	К приему не готов (RNR)	К приему не готов (RNR)	Используется для указания неготовности встречной стороны к приему I-кадра
	Отказ/переспрос (REJ-reject)	Отказ/переспрос (REJ-reject)	Используется для запроса повторной передачи I-кадра
	Ненумерованная информация (UI-unnumbered information)		Используется в режиме передачи без подтверждения
		Отключено (DM-disconnected mode)	
Ненумерованные кадры (U)	Установка расширенного асинхронного балансного режима (SABME-set asynchronous balanced mode extended)		Используется для начальной установки режима с подтверждением
		Отказ кадра (FRMR-frame reject)	
	Разъединение (DISC-disconnect)		Используется для прекращения режима с подтверждением
		Ненумерованное подтверждение (UA-unnumbered ask)	Используется для подтверждения приема команд установки режима, например, SABME, DISC

Информационный кадр (I) сопоставим со значащей сигнальной единицей MSU в ОКС-7. С помощью 1-

кадров организуется передача информации сетевого уровня между терминалом пользователя и сетью. Этот кадр содержит информационное поле, в котором помещается сообщение сетевого уровня. Поле управления 1-формата содержит порядковый номер передачи, который увеличивается на 1 (по модулю 128) каждый раз, когда передается кадр. При подтверждении приема 1-кадров в поле управления вводится порядковый номер приема.

Управляющий кадр (S) используется для поддержки функций управления потоком и запроса повторной передачи. S-кадры не имеют информационного поля и сравнимы с сигнальными единицами состояния звена LSSU в ОКС-7. Например, если сеть временно не в состоянии принимать 1-кадры, пользователю посылаются S-кадр «к приему не готов» (RNR). Когда сеть снова сможет принимать 1-кадры, она передает другой S-кадр — «к приему готов» (RR). S-кадр также может использоваться для подтверждения и содержит в этом случае порядковый номер приема, а не передачи.

Управляющие кадры можно передавать или как командные, или как кадры ответа.

Ненумерованный кадр (U) не имеет аналогов в ОКС-7. В этой группе имеется кадр ненумерованной информации (UI), единственный из группы содержащий информационное поле и несущий сообщение сетевого уровня. U-кадры используются для передачи информации в режиме без подтверждения и для передачи некоторых административных директив. Чтобы транслировать сообщение ко всем ТЕ, подключенным к шине S-интерфейса, станция передает кадр UI с TE1=127. Поле управления U-кадров не содержит порядковых номеров.

Информационное поле имеется в кадрах только некоторых типов и содержит информацию уровня 3, сформированную одной системой, например, терминалом пользователя, которую требуется передать другой системе, например, сети. Информационное поле может быть пропущено, если кадр не имеет отношения к конкретной коммутируемой связи (например, в управляющих кадрах, S-формат). Если кадр относится к функционированию уровня 2 и уровень 3 не участвует в его формировании, соответствующая информация включается в поле управления.

Биты P/F (poll/final) поля управления идентифицируют группу кадров (из табл. 6.7), что также заимствовано из спецификаций протокола X.25. Путем установки в 1 бита P в командном кадре функции LAPD на одном конце звена данных указывают функциям LAPD на противоположном конце звена на необходимость ответа управляющим или ненумерованным кадром. Кадр ответа с F=1 указывает, что он передается в ответ на принятый командный кадр со значением P=1. Оставшиеся биты байта 4 идентифицируют конкретный тип кадра в пределах группы.

Рассмотрим два способа передачи кадров: с подтверждением и без подтверждения.

Передача с подтверждением. Этот способ используется только в соединениях звена данных, имеющих конфигурацию «точка-точка», для передачи информационных кадров. Он обеспечивает исправление ошибок путем повторной передачи и доставку не содержащих ошибок сообщений в порядке очередности. Этот способ подобен основному методу защиты от ошибок при передаче значащих сигнальных единиц MSU в системе ОКС-7.

Передача неподтверждаемых сообщений. Управляющие кадры S и ненумерованные кадры U не содержат подполя N(S). Они принимаются, если получены без ошибок, и не подтверждаются. Управляющие кадры содержат поле N(R) для подтверждения принятых информационных кадров.

Ненумерованные информационные кадры UI не содержат ни поля N(S), ни поля N(R), поскольку они передаются в вещательном режиме с TE1=127, а возможность координировать порядковые номера передачи и приема для групповых функций во всех терминалах, подключенных к одному S-интерфейсу, отсутствует.

6.4.5.3. Уровень LAPD: процедуры. Одна из важнейших функций LAPD — нумерация кадров при передаче с подтверждением. К описанию этой процедуры необходимо добавить лишь упоминание об одном важном параметре k . Вследствие асинхронности передачи кадров в терминале может не быть кадра для обратной передачи к сети до того, как им будет получено несколько кадров. Когда такой кадр появляется, терминал вводит в него значение N(R), равное последнему принятому значению N(S), подтверждая тем самым прием всех ранее полученных кадров. Для того, чтобы ограничить число неподтвержденных квитируемых кадров, передатчик должен прекратить работу, когда разница между его собственным значением N(S) (числом переданных кадров I) и значением N(R) (числом подтвержденных кадров I) превысит параметр, обозначаемый k . Значение k устанавливается в соответствии со спецификой использования звена и скоростью передачи в нем: $k=1$ для

сигнализации базового доступа BRA при скорости D-канала 16 Кбит/с, $k=3$ для пакетной передачи при скорости 16 Кбит/с, $k=7$ для сигнализации первичного доступа PRA при скорости D-канала 64 Кбит/с.

Для LAPD определены *процедуры управления TEI*, то есть процедуры его назначения, контроля и отмены. Для соединений «точка-точка» в терминале (рис. 6.38) запоминается «свой» TEI и проверяется TEI в поле адреса принимаемых кадров, чтобы определить, не предназначен ли кадр этому терминалу. Терминал также вводит свой TEI в адресные поля передаваемых им кадров.

Терминалы (TE) подразделяются на терминалы с неавтоматическим и автоматическим механизмом назначения TEI. TE первого типа ориентированы на длительное подключение к одной цифровой абонентской линии, с постоянно активным физическим уровнем. Эти терминалы имеют ряд переключателей, положение которых определяет значение TEI. Переключатели устанавливаются техническим персоналом при инсталляции TE, и их положение не меняется, пока TE подключен к этой цифровой абонентской линии. TE такого типа могут иметь значения TEI в диапазоне 0-63.

Автоматическое присвоение TEI применяется в тех случаях, когда используются процедуры активизации/деактивизации уровня 1 интерфейса «пользователь—сеть» (при деактивизации физического уровня TEI сбрасывается), или когда терминальное оборудование работает непостоянно (например, PC со встроенной платой BRI, периодически включаемая владельцем), или если оборудование часто переключается с одной АЛ на другую. Менять величину TEI вручную при каждом перемещении неудобно, поэтому для мобильных TE применяется автоматическое назначение TEI (в диапазоне 64—126), а также его проверка и отмена, для чего и используются упомянутые выше процедуры управления TEI. Этими процедурами предусмотрены сообщения следующих типов:

Запрос-ID. Сообщение передается мобильным TE, когда требуется, чтобы сеть назначила для него TEI.

ID-назначен. Это ответ сети на запрос-ID. Он содержит назначенный TEI.

Отказ-в-назначении-ID. Это ответ сети, отвергающий запрос-ID.

Запрос-проверки-ID. Это команда от сети для проверки назначенной величины TEI.

Ответ-проверки-ID. Это ответ мобильного TE на запрос-про-верки-ID.

Отмена-ID. Эта команда передается от сети к TE, чтобы отменить назначенный ранее TEI.

Все сообщения передаются в кадрах UI с SAPI == 63. Информационное поле кадров UI показано на рис. 6.38. Код в байте 1 указывает, что это сообщение управления TEI. Код типа сообщения находится в байте 4 (табл. 6.8). Сообщение содержит параметры Ri (ссылочный номер) и Ai (индикатор действия).

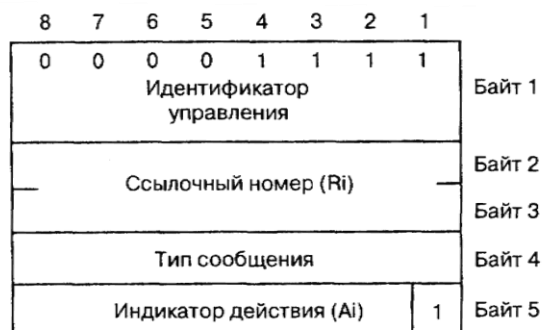


Рис. 6.38. Сообщение управления TEI

Процедура назначения TEI дает возможность оборудованию пользователя, имеющему категорию «мобильный», получить от сети номер TEI, который сможет быть использован при последующих соединениях.

Процедура назначения показана на рис. 3.13,а. Когда мобильный TE подсоединяется к S-интерфейсу, он автоматически посылает запрос ID. Поскольку терминальное оборудование не имеет TEI, то, чтобы

идентифицировать себя, оно генерирует произвольный ссылочный номер (Ri). ТЕ может запросить сеть назначить для него конкретный ТЕI, указав этот ТЕI в поле Ai, или может оставить право выбора ТЕI за сетью, поместив в это поле Ai-127.

Таблица 6.8. Коды типа сообщения

Тип	Направления ТЕ - сеть	Код типа сообщения	Номер Ri	Номер Ai
Запрос-ID	→	0000 0001	0-65535	127
ID-назначен	←	0000 0010	0-65535	64-126
Отказ-в-назначении-ID	←	00000011	0-65535	64-127
Запрос-проверки-ID	←	0000 0100		0-127
Ответ-проверки-ID	→	0000 0101	0-65535	0-126
Отмена-ID	←	00000110		0-127
Верификация-1 D	→	00000111	-	0-126

Для каждой цифровой абонентской линии сеть поддерживает список мобильных ТЕI в диапазоне 64—126. При получении от некоторого S-интерфейса сообщения «запрос ID» сеть обращается к соответствующему списку. Если она может назначить ТЕI, то по данной шине S-интерфейса в вещательном режиме передается сообщение «ID-назначен», в котором величина Ri копируется из сообщения «запрос-ID», а назначенный ТЕI помещается в поле Ai.

6.5 Сигнализация по аналоговым соединительным линиям.

6.5.1. Сигнализация токами тональных частот.

Системы сигнализации токами тональных частот обеспечивают такую же дальность передачи сигналов, как и передачи речи. Устройств для «обхода» усилителей не требуется. Линейные сигналы могут передаваться по любым каналам, по которым возможна передача речи. К недостаткам одночастотных и двухчастотных протоколов сигнализации токами тональных частот следует отнести возможность имитации линейных сигналов токами тех же частот в процессе разговора и относительно слабые информационные возможности таких протоколов, что отражают строки, выбранные в качестве эпиграфа к данной главе.

Принцип передачи сигналов токами тональной частоты показан на рис. 6.39. Источником тока тональной частоты служит генератор (Г). Сигналы тональной частоты поступают в линию от контактов импульсного реле (И) через линейный трансформатор (ТрЛ). На встречной станции сигналы тональной частоты через ТрЛ подаются на вход приемника тонального набора (ПТН), который преобразует их в сигналы постоянного тока. Так как ПТН должен быть подключен к разговорному тракту постоянно, включая и время разговора для обеспечения приема сигналов «Отбой» и/или «Разъединение», то на этот ПТН оказывают воздействие токи разговорных частот, среди которых периодически оказываются токи, частота которых совпадает с частотой, выбранной для передачи линейных сигналов. В этих случаях ПТН может сработать, создавая ситуации приема ложных сигналов.

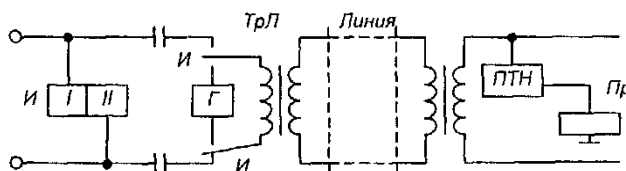


Рис. 6.39. Передача сигналов токами тональной частоты

Минимизация вероятности ложных срабатываний достигается увеличением

длительности распознавания линейных сигналов и правильным выбором частоты передачи линейных сигналов.

Так как около 90% энергии речевых сигналов сосредоточено в спектре 300-1500 Гц, то в целях ограничения возможности имитации сигналов разговорными токами без чрезмерного увеличения длительности сигналов желательно использовать частоты не ниже 2000 Гц, где энергия разговорных сигналов является наименьшей.

Этот вывод был подтвержден и уточнен результатами испытаний, проведенных в Лондоне, Париже и Цюрихе в 1946 и 1948 гг., с целью выбора частот для систем сигнализации, стандартизованных ИТУ-Т (бывшим МККТТ). С учетом этого для передачи линейных сигналов в различных системах сигнализации ИТУ-Т рекомендуются:

- для одночастотной системы сигнализации частота 2280 Гц (система № 3) или частота 2600 Гц (система R1);
- для двухчастотной системы сигнализации частоты 600 и 750 Гц (система № 2), частоты 2040 и 2400 Гц (система № 4) или частоты 2400 и 2600 Гц (система № 5).

Кроме этого, в Европе встречаются одночастотные системы сигнализации на частоте 2500 Гц (Испания) и на частоте 3000 Гц (Швейцария, Германия, Дания), а также двухчастотные системы сигнализации 2400 и 2500 Гц (Голландия) и 600 и 750 Гц (Англия).

Для выбора сигнальных частот в системах сигнализации определяющим было еще и то обстоятельство, что помимо стандартных телефонных каналов 300-3400 Гц, в СССР эксплуатировались также каналы с полосой 300-2400 Гц и так называемые «деленные» каналы с полосой 300-1700 Гц.

6.5.2 Системы сигнализации №1, №3, №4, №5

Унификацией и стандартизацией протоколов сигнализации занимался Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ), преобразованный затем в Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (ИТУ-Т). Советские делегации в МККТТ всегда были достаточно представительны, но международные системы сигнализации (R2, например), применяемые во всех европейских странах, включая и соцстраны, практически не преодолевали границ СССР.

Начиная с 1934 года по мере разработки очередного протокола сигнализации увеличивался спектр используемых сигналов, включая сигналы в обратном направлении. Каждый последующий протокол сигнализации строился на опыте предшествующих протоколов, и, хотя эти протоколы уже прошли пик своего развития, они будут использоваться еще в течение определенного времени, вплоть до их замещения системами сигнализации по общему каналу.

Система №1 была принята на X Пленарной ассамблее ИТУ-Т, состоявшейся в

Будапеште в 1934 г., для международных каналов с ручным способом установления соединений и предусматривает только линейные сигналы на частоте 500 Гц, передаваемые в виде импульсов с частотой 20 Гц. Основные компоненты показаны на рис. 6.40. Данная система является системой прямой посылки вызова, в которой сигналы занятия и освобождения посылаются в виде импульсов 500/20 Гц.

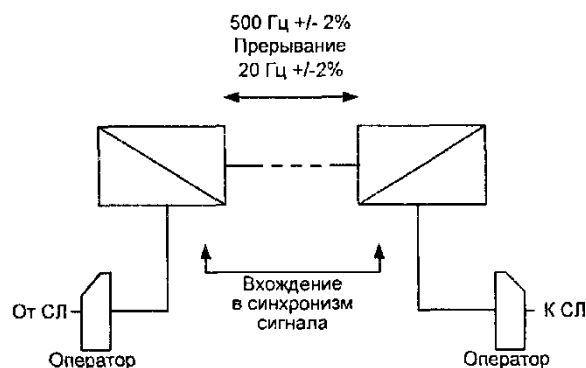


Рис. 6.40. Основные компоненты системы №1 ИТУ-Т

Когда система используется на коротких двухпроводных линиях, вместо сигнала 500/20 Гц может применяться низкочастотный сигнал (16,25 или 50 Гц).

Время распознавания принимаемого сигнала до 1200 мс. Приемник запоминает принятый сигнал до посылки ответа на него. Импульсный сигнал преобразуется в визуальную индикацию - обычно одна лампочка индикации на канал.

Система №2, описанная в Белой книге (Осло, 1938), предназначалась для поддержки полуавтоматической связи по двухпроводным линиям с использованием сигналов с частотами 600 и 750 Гц. Система имеет ограниченное применение на сетях некоторых стран при полуавтоматических системах обслуживания вызовов, но никогда не использовалась на практике для международной связи.

Система №3 - одночастотная система сигнализации, разрабатывалась в 1946-1949 гг., испытывалась в линейных условиях в 1949-1954 гг. и была стандартизована ИТУ-Т в 1954 г. Спецификация системы №3 приведена в рекомендациях Q.76-Q.79 Красной книги (Нью-Дели, 1960).

Система использует одну частоту 2280 ± 6 Гц для линейной и регистровой сигнализации и предназначена для работы по односторонним каналам связи. Система применяется для полуавтоматического и автоматического режимов работы. Для трансляции цифры номера требуется передача единичного импульса начала, самой цифры в виде четырех последовательных импульсов без интервалов между ними и нулевого импульса конца. При приеме сигнала допустимая величина частоты составляет 2280 ± 15 Гц. При передаче сигнала допустимая частота составляет 2280 ± 6 Гц, а длительность составляет 300 ± 3 мс.

Система №4 - двухчастотная система сигнализации - специфицирована в рекомендациях Q.120-Q.136 ИТУ-Т (Зеленая книга, Женева, 1973). С 1954 года начинает широко использоваться в Европе. Для линейной и регистровой сигнализации используются одни и те же частоты разговорного спектра (внутриполосные) $f=2040$ Гц и $f=2400$ Гц.

Для передачи линейных сигналов используются комбинации трех частотных сигналов: сигнал X представляет собой посылку частоты 2040 Гц, сигнал Y - посылку частоты 2400 Гц, а сигнал P - комбинацию частот 2040 Гц + 2400 Гц. Линейные сигналы системы №4 представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9. Линейные сигналы системы №4

Сигнал	Направл.	Код
Оконечное занятие	Прямое	PX
Транзитное занятие	Прямое	PY
Передача в прямом направлении	Прямое	PYY
Разъединение	Прямое	PXX
Оконечный сигнал готовности к приему номера	Обратное	X
Транзитный сигнал готовности к приему номера	Обратное	Y
Номер принят	Обратное	P
"Занято"	Обратное	PX
Ответ	Обратное	PY
Отбой	Обратное	PX
Контроль разъединения	Обратное	PYY
Блокировка	Обратное	PX PYY
Снятие блокировки	Обратное	

Для передачи регистровой сигнализации используются двоичные комбинации из одиночных частот (сигнал x =2040 Гц, сигнал y =2400 Гц) с равными длительностями импульсов и пауз, составляющими 35 мс каждый.

Посылка цифры требует четыре последовательных интервала: каждый интервал имеет период импульса и период паузы. Соответствие двоичных кодов регистровым сигналам представлено в таблице 6.10, а временные параметры приема и передачи приведены в таблице 6.11.

Таблица 6.10. Регистровая сигнализация системы №4

Сигналы	Двоичный код				
	1	У	У	У	Х
Значения цифр номера	2	У	У	Х	У
	3	У	У	Х	Х
	4	У	Х	У	У
	5	У	Х	У	Х
	6	У	Х	Х	У
	7	У	Х	Х	Х
	8	Х	У	У	УХ
	9	Х	У	У	У
	10	Х	У	Х	
	Вызов оператора код 11	11	Х	У	Х
Вызов оператора код 12	12	Х	Х	У	У
Автоматический тестовый вызов	13	Х	Х	У	Х
Примечание	14	Х	Х	Х	У
Конец посылки импульса	15	Х	Х	Х	Х
Резерв	16	У	У	У	У

Таблица 6.11. Длительности сигналов и времена их распознавания в системе №4

Сигнал	Длительность сигнала (мс)	Время распознавания (мс)
Р	150±30	80+20
Х или У	100±20	40±10
ХХ или УУ	350+70	200±40
х или у	35±7	10+5

Система №4 использует односторонние каналы связи и может применяться для любых типов кабеля, однако она несовместима с линиями межконтинентальной связи, использующими обработку речевых сигналов с распределением времени (TASI). В Европе сравнительные тесты систем №3 и №4 проводились с 1949 по 1954 годы. Однако ни результаты Тестов, ни оценка систем экспертами не выявили предпочтение одной системы над другой. В связи с этим обе системы были приняты для использования в европейских странах. На практике система №4 распространилась значительно быстрее и шире, чем система №3.

Система №5 была стандартизована ИТУ-Т в 1964 г. в первую очередь для обработки межконтинентальной нагрузки. Спецификации представлены в рекомендациях Q.140-Q.164 (Зеленая книга, Женева, 1973).

Система использует шесть частот, разделенных интервалом 200 Гц, в полосе от 700 до 1700 Гц; регистровые сигналы посылаются импульсами, каждый из которых представляет двухчастотную комбинацию. Один импульс соответствует одной цифре, а между импульсами передается пауза. Их характеристики практически совпадают с введенной несколько позже на сетях СССР многочастотной сигнализацией в коде «2 из 6».

С точки зрения линейной сигнализации, в системе №5 в отличие от более ранних систем использованы линейные сигналы с самопроверяющим кодом. В наибольшей степени преимущество линейных сигналов, которые непрерывно самоконтролируются, сказывается при их использовании в каналах подводных кабелей с TASI. Для линейной сигнализации система №5 использует внутрисполосные двухчастотные сигналы $f_1=2400$ Гц и $f_2=2600$ Гц «от звена к звену» для всех линейных сигналов, кроме сигнала «Вмешательство телефонистки».

Таблица 6.12. Примеры линейных сигналов в системе сигнализации №5

Сигнал	Направление	Частота
Занятие	Прямое	2400 Гц
Готовность (подтверждение занятия)	Обратное	2600 Гц
Вмешательство телефонистки	Прямое	2600 Гц/850 мс
Ответ	Обратное	2400 Гц
Подтверждение ответа	Прямое	2400 Гц
Отбой	Прямое	2400 Гц+ 2600 Гц
Разъединение	Обратное	2400 Гц +2600 Гц

Еще одним важным отличием системы №5 от предыдущих систем является использование двусторонних соединительных линий, что обусловлено высокой стоимостью

длинных линий и различной для разных частей света телефонной нагрузкой, передаваемой в противоположных направлениях. Возникающая при этом проблема встречного занятия канала с обеих сторон решается в системе №5 следующим образом: на попытку двойного занятия автоматически указывает частота принимаемого сигнала, которая будет такой же, что и передаваемая частота, т.е. 2400 Гц, а не 2600 Гц. Посылка же частоты 2600 Гц является сигналом «Готов к приему номера» и служит нормальным ответом системы на сигнал «Занятие».

Сигнализация в процессе установления начинается посылкой непрерывного линейного сигнала «Занятие», который подтверждался обратным линейным сигналом «Готов к приему номера». Затем следуют импульсные регистровые сигналы, которые указывают на начало посылки импульсов набора, затем посылается информация о номере вызываемого абонента и сигнал окончания набора номера.

В 1968 году ИТУ-Т была стандартизована система сигнализации №5Вis использующая те же сигнальные частоты, а также дополнительные сигналы блокировки в прямом и обратном направлениях, поддерживающие целый ряд дополнительных возможностей протокола сигнализации. Развитие системы №5Вis было отодвинуто на задний план появлением системы общеканальной сигнализации №6.

6.5.3. Система сигнализации R1.

Протокол сигнализации R1, являющийся первым региональным стандартом ИТУ-Т и первоначально ориентированный на использование в Северной Америке, использует многочастотную регистровую сигнализацию с кодом «2 из 6» и внутриполосную линейную сигнализацию. R1 является системой сигнализации «от звена к звену» и обладает более высокой скоростью передачи сигнальной информации, чем у системы R2, однако информационные возможности у R1 несколько ниже, так как каждая комбинация частот имеет только одно значение.

Линейная сигнализация в системе R1 по аналоговым и цифровым каналам осуществляется по-разному. По аналоговым каналам передается непрерывный сигнал с частотой 2600 ± 5 Гц в обоих направлениях. Сигнальный код аналоговой версии R1 показан в таблице 6.13.

При цифровом варианте линейный сигнал с частотой 2600 Гц обычно не передается по разговорным каналам, кроме случая, когда цифровые системы последовательно соединяются с аналоговыми каналами и образуют составной канал. Цифровой вариант системы R1 предназначен для использования в цифровом тракте 1544 кбит/с (система ИКМ-24, рекомендация G.733).

Таблица 6.13. Коды линейных сигналов системы R1 (аналоговой)

Состояние линии	Состояние сигнализации		
	Сигнал в прямом направлении	Сигнал в обратном направлении	Направление
Контроль исходного состояния	1	1	↔
Занятие	0	1	→
Задержка набора номера	0	1	←
Начало набора номера	0	70-130 мс	
Посылка вызова в прямом направлении	65-135 мс		→
Ответ	0		←
Отбой вызванного абонента	0	1	←
Разъединение	1	0 или 1	→

Линейная сигнализация осуществляется по двум выделенным сигнальным каналам, для чего используется восьмой бит каждого канала 1 раз в шесть циклов. Сигнальный код цифровой версии R1 показан в таблице 6.14.

Таблица 6.14. Коды линейных сигналов системы R1 (цифровой)

Состояние линии	Код временного интервала			
	Прямое направление		Обратное направление	
	A	B	A	B
Контроль исходного состояния	0	0	0	0
Занятие	1	1	0	0
Подтверждение занятия	1	0	1	1
Ответ	1	0	1	1
Отбой	1	0	0	0
Разъединение	0	0	0 или 1	0 или 1
Подтверждение разъединения	0	0	0	0

Для регистровой сигнализации R1 использует шесть частот (700,900, 1100, 1300, 1500 и 1700 Гц) для передачи в прямом направлении адресной информации кодом «2 из 6».

Таблица 6.15. Регистровые сигналы R1

Сигнал	Сигнальные частоты (Гц) ±1,5%					
	700	900	1100	1300	1500	1700
Начало набора КР1			—			—
Начало набора КР2				—		—
Цифра 1	—	—				
Цифра 2	—		—			
Цифра 3		—	—			
Цифра 4	—			—		
Цифра 5		—		—		
Цифра 6			—	—		
Цифра 7	—				—	
Цифра 8		—			—	
Цифра 9			—		—	
Цифра 10				—	—	
Код 11	—					—
Код 12		—				—
Конец набора ST					—	—
Прием монеты	—		—			
Возврат монеты			—			—
Контроль посылки вызова (таксофон)	—					—

Регистровые сигналы передаются в виде импульсов, состоящих из комбинации двух частот, и пауз между импульсами. Сигнальный код регистровой сигнализации подобен коду для системы №5 и приведен в таблице 6.15. Длительность сигнала начала набора КР равна 100 ± 10 мс. Все другие сигналы имеют длительность 68 ± 7 мс. Интервал между сигналами должен составлять 68 ± 7 мс.

6.5.4 Система сигнализации R2

Протокол сигнализации R2 второго регионального стандарта ITU-T., первоначально названный «система MFC Берн», в настоящее время используется во многих европейских, латиноамериканских и развивающихся странах для национальных и международных соединительных линий. Характеристики системы R2 были в общих чертах намечены на конференции, состоявшейся в Берне в ноябре 1962 г.

Линейная сигнализация R2 существует в двух совершенно различных модификациях: аналоговая версия линейной сигнализации R2 и цифровая R2D. В аналоговом варианте передача линейных сигналов осуществляется с использованием тональных сигналов вне полосы разговорных частот в системах уплотнения с частотным разделением каналов (ЧРК) на частоте 3825 Гц. В цифровом варианте для линейной сигнализации используются выделенные сигнальные каналы цифрового тракта со скоростью 2048 бит/с (ИКМ-30, рекомендация G.732).

В аналоговой версии R2 сигналы передаются методом «от звена к звену». Исходному состоянию соответствует наличие тонального сигнала. Время распознавания изменения состояния составляет 20 ± 7 мс. В таблице 6.16 приведены сигнальные коды R2 передачи линейных сигналов (аналоговая версия). Передача линейного сигнала осуществляется наличием (1) или отсутствием (0) тонального сигнала и предназначена исключительно для однонаправленных соединительных линий.

Таблица 6.16. Коды линейных сигналов системы R2 (аналоговой)

Состояние линии	Состояние сигнализации	
	Прямое направление	Обратное направление
Контроль исходного состояния	1	1
Занятие	0	1
Ответ	0	0
Отбой	0	1
Разъединение	1	1 или 0
Блокировка	1	0

При занятии на исходящей АТС отключается тональный сигнал в прямом направлении. Если после занятия нужно сразу же передать сигнал «Разъединение», то тональный сигнал поддерживается в выключенном состоянии не менее 100 мс для достоверного его распознавания на входящей АТС.

При ответе вызываемого абонента Б входящая АТС прекращает посылку тонального сигнала 3825 Гц в обратном направлении.

В случае отбоя вызываемого абонента Б входящая АТС начинает посылку тонального сигнала 3825 Гц в обратном направлении. В случае же отбоя вызывающего абонента А, т.е. при разъединении, исходящая АТС начинает посылку тонального сигнала 3825 Гц в прямом направлении. При распознавании этого сигнала на входящей АТС разрушается установленное соединение, и начинается процесс освобождения. При этом на исходящей АТС соединительная линия остается заблокированной до тех пор, пока не будет завершен процесс освобождения. Блокировка на исходящей АТС продолжается до тех пор, пока отсутствует тональный сигнал в обратном направлении. Появление тонального сигнала в обратном направлении, сопровождаемое наличием тонального сигнала в прямом направлении, переводит соединительную линию в исходное состояние. После этого линия может быть занята для нового вызова.

Тональный сигнал может направляться в сторону входящей АТС в следующих ситуациях:

- при занятии до ответа вызываемого абонента;
- при ответе вызываемого абонента;
- при отбое вызываемого абонента.

В случаях разъединения в предответном состоянии сигнал «Разъединение» посылается исходящей АТС путем посылки тонального сигнала в прямом направлении. Входящая АТС после распознавания этого тонального сигнала выключает тональный сигнал в обратном направлении, освобождает коммутационные блоки, участвующие в данном соединении, и начинает процесс разъединения на входе. После того, как разъединение на входящем конце закончено, посылается тональный сигнал в обратном направлении, и соединительная линия переходит в исходное состояние. Для того чтобы исключить ложное срабатывание при совпадении сигнала ответа и сигнала разъединения от исходящей АТС, переход из состояния посылки тонального сигнала к выключению тонального сигнала в обратном направлении осуществляется после завершения определенного тайм-аута. Процедура разъединения в разговорном состоянии отличается тем, что посылка тонального сигнала в обратном направлении не прекращается. После распознавания сигнала «Разъединение» на входящей АТС передача сигнала «Отбой» не осуществляется. Разъединение в состоянии отбоя выполняется аналогичным образом.

Передавать рассмотренные выше линейные сигналы системы R2 через аналоговый вход системы передачи с ИКМ в случае использования цифровых соединительных линий, как это имело место в системе R1, невозможно, поскольку эти сигналы передаются за

пределами полосы разговорных частот по сигнальному каналу с частотой 3825 Гц.

Разработан специальный цифровой вариант линейной сигнализации системы R2, предназначенный для использования в цифровых соединительных линиях с ИКМ (рекомендация G.732). Подробное изложение этого варианта приводится в рекомендациях Q.421-Q.424. Версия R2D использует шестнадцатый временной интервал тракта 2.048 Мбит/с: восемь бит временного интервала обслуживают два телефонных канала; из битов a , v , c и d , обслуживающих канал, используются только первые два. В таблице 6.17 показан сигнальный код R2D.

Таблица 6.17. Коды линейных сигналов системы R2D (цифровой)

Состояние линии	Сигнальный код в 16-м временном канале			
	Прямое направление		Обратное направление	
	a_f	b_f	a_b	b_b
Контроль исходного состояния	1	0	1	0
Занятие	0	0	1	0
Подтверждение занятия	0	0	1	1
Ответ вызываемого абонента	0	0	0	1
Отбой	0	0	1	1
Разъединение	1	0	0 или 1	1
Подтверждение разъединения	1	0	1	0
Блокировка	1	0	1	1

В цифровом варианте линейной сигнализации системы R2D в нормальных условиях работы выделенный сигнальный канал a , отражает состояние вызывающего абонента А и отмечает рабочее состояние коммутационного оборудования исходящей АТС. Канал b_f обеспечивает обнаружение повреждения в прямом направлении. Канал a_b отмечает состояние вызываемого абонента Б. Канал b_b характеризует состояние коммутационного оборудования входящей АТС, т.е. находится ли оно в рабочем состоянии или в состоянии занятия.

В исходном состоянии в прямом и обратном направлениях посылаются сигналы 10, т.е.: $a_f = a_b = 1$; $b_f = b_b = 0$. При появлении исходящего вызова, т.е. при занятии, состояние a_f меняется с 1 на 0. После распознавания сигнала занятия на стороне входящей АТС посылается в обратном направлении сигнал $a_f = 1$; $a_b = 1$ в качестве подтверждения занятия. При ответе вызываемого абонента направляется сигнал $a_b = 0$. Когда вызываемый абонент кладет трубку, со стороны входящей АТС передается сигнал $a_b = 1$ и $b_b = 1$. Распознавание сигнала отбоя на стороне исходящей АТС или необходимость разъединения абонента приводит к передаче в канал сигнала $a_f = 1$; $b_f = 0$. Когда разъединение полностью выполнено, и произошло полное освобождение коммутационного оборудования на стороне входящей АТС, устанавливается состояние $a_b = 1$; $b_b = 0$. Это свидетельствует о переводе соединительной линии в исходное состояние и о готовности к обработке следующего вызова. В качестве межрегистровой сигнализации R2 использует сквозную «из конца в конец»

самопроверяющую сигнализацию двухчастотными посылками в коде «2 из 6»: 1140, 1020, 900, 780, 660 и 540 Гц для сигналов в обратном направлении и 1380, 1500, 1620, 1740, 1860 и 1980 Гц для сигналов в прямом направлении. Нужно заметить, что частоты регистровых сигналов, используемые в R2, отличаются от систем №5 и R1. Сравнение этих частот приведено в таблице 6.18.

Таблица 6.18. Сравнение частотных сигналов в системах R2, R1 и №5

Частота	Используется в коде R2	Используется в коде №5 и R1
540	+	
660	+	
700		+
780	+	
900	+	+
1020	+	
1100		+
1140	+	
1300		+
1380	+	
1500	+	+
1620	+	
1700		+
1740	+	
1860	+	
1980	+	

Таблица 6.19. Сигналы группы I прямого направления

Комбинация	Обозначение сигнала	Реальные значения частот (Гц)	Значение сигнала
1	I -1	1300+1500	Цифра 1
2	I -2	1300+1620	Цифра 2
3	I -3	1500+1620	Цифра 3
4	I -4	1300+1740	Цифра 4
5	I -5	1500+1740	Цифра 5
6	I -6	1620+1740	Цифра 6
7	I -7	1300+1860	Цифра 7
8	I -8	1500+1860	Цифра 8
9	I -9	1620+1860	Цифра 9
10	I -10	1740+1860	Цифра 0
11	I -11	1300+1980	Доступ к входящей телефонистке (код 11)
12	I -12	1500+1980	i) Доступ к телефонистке стола замедленного обслуживания (код 12) ii) Запрос не принимается
13	I -13	1620+1980	i) Доступ к испытательной аппаратуре (код 13) ii) Спутниковое звено не включено
14	I -14	1740+1980	i) Требуется исходящий полукомплект эхоградителя ii) Спутниковое звено не включено
15	I -15	1860+1980	i) Сигнал окончания набора (код 15) ii) Конец процесса идентификации

Сигналы в прямом направлении разделяются на две группы, называемые I и II. Сигнал будет иметь категорию I или II в соответствии с посылаемыми в обратном направлении сигналами от входящей АТС или транзитного узла. Переход значений из группы I в группу II осуществляется по сигналу А3 или А5 в обратном направлении. Возвращение значений сигналов в группу I возможно только если переход в группу II осуществлялся по обратному

сигналу А5, а не А3. Сигналы прямого направления группы I приведены в таблице 6.19, а сигналы прямого направления группы II приведены в таблице 6.20.

Первые десять комбинаций в таблице 6.19, т.е. комбинации от 1-1 до 1-10, представляют собой цифры номера вызываемого абонента. В случае международной связи с помощью этих же сигналов может кодироваться код языка междугородной группы (I-1 означает французский язык;

I-2 - английский язык; I-3 - немецкий язык; I-4 - русский язык).

Таблица 6.20. Сигналы группы II прямого направления

Комбинация	Обозначение сигнала	Реальные значения частот (Гц)	Значение сигнала
1	II-1	1300+1500	Абонент без приоритета
2	II-2	1300+1620	Абонент с приоритетом
3	II-3	1500+1620	Оборудование с техническим обслуживанием
4	II-4	1300+1740	Резерв
5	II-5	1500+1740	Телефонистка
6	II-6	1620+1740	Передача данных
7	II-7	1300+1860	Абонент (или телефонистка без возможности вмешательства)
8	II-8	1500+1860	Передача данных
9	II-9	1620+1860	Абонент с приоритетом
10	II-10	1740+1860	Телефонистка с возможностью вмешательства
11	II-11	1300+1980	Резерв
12	II-12	1500+1980	
13	II-13	1620+1980	
14	II-14	1740+1980	
15	II-15	1860+1980	

Значение сигнала I-11 зависит от его расположения внутри последовательности. Если этот сигнал передается в качестве первого сигнала прямого направления, то он означает, что далее последует код страны, что соединение требует эхозаградителей и что должен быть включен исходящий полукомплект эхозаградителей. Если же сигналу I-11 предшествует код языка, то он означает адрес рабочего места телефонистки входящей станции, и за ним всегда следует только сигнал I-15- окончание набора.

Аналогично использование сигнала I-12, который в случае, если он является первым сигналом в последовательности адресных сигналов прямого направления, означает, что далее последует код страны, однако эхо-заградители не требуются. В случае если сигналу I-12 предшествует код языка, то он означает доступ к телефонному оператору стола замедленного обслуживания на междугородной АТС.

Сигналы прямого направления группы II направляются в ответ на сигналы обратного направления А-3 или А-5 и дают информацию о том, используется ли международная связь или связь внутри страны. Сигналы II-1 и II-9 означают, что вызов поступил по абонентской линии, имеющей определенный приоритет.

Сигнал II-5 означает, что вызов поступил с рабочего места телефонного оператора, а II-6 и II-8 означают, что соединения будут использоваться для передачи данных. Редко используемый сигнал II-10 означает вызов от телефонного оператора междугородной связи с возможностью вмешательства в разговор занятого абонента, и его использование подлежит двустороннему соглашению между администрациями связи.

Сигналы в обратном направлении также разделяются на две категории: сигналы А и сигналы В, приведенные в таблицах 6.21 и 6.22, соответственно.

Сигналы обратного направления группы А требуются для подтверждения сигналов прямого направления группы I и иногда - для подтверждения сигналов прямого направления группы II. Помимо этого, сигналы группы А передают следующую специальную информацию:

- сигнал передачи следующей цифры А-1 запрашивает передачу следующей цифры n+1 после приема цифры n;

- сигнал А-2 запрашивает ранее переданную цифру n-1, т. е. предыдущую перед приемом цифры n;

- о сигнале А-3 уже было сказано ранее: он означает переход к приему сигналов в прямом направлении другой группы;

- сигнал А-4 означает либо перегрузку ступеней коммутации международной или междугородной станций, либо завершение тайм-аута в обмене сигналами, либо перегрузку внутри национальной сети.

Таблица 6.21. Сигналы группы А обратного направления

Комбинация	Обозначение сигнала	Реальные значения частот (Гц)	Значение сигнала
1	A-1	1140+1020	Передайте следующую цифру (n+1)
2	A-2	1140+900	Передайте предпоследнюю цифру (n-1)
3	A-3	1020+900	Адрес полный; переход к приему сигналов группы В
4	A-4	1140+780	Перегрузка на национальной сети
5	A-5	1020+780	Передайте категорию вызывающего абонента
6	A-6	900+780	Адрес полный; оплата; переход в состояние разговора
7	A-7	1140+660	Передайте вторую цифру от конца (n-2)
8	A-8	1020+660	Передайте третью цифру от конца (n-3)
9	A-9	900+660	Резерв для национального использования
10	A-10	780+660	
11	A-11	1140+540	Передайте индикатор кода страны
12	A-12	1020+540	Передайте код языка
13	A-13	900+540	Передайте тип канала
14	A-14	780+540	Запрос информации по использованию эхоградителя (требуется ли входящий полукомплект эхоградителя?)
15	A-15	660+540	Перегрузка на международной станции или на ее выходе

Таблица 6.22. Сигналы группы В обратного направления

Комбинация	Обозначение сигнала	Реальные значения частот (Гц)	Значение сигнала
1	B-1	1140+1020	Резерв для национального использования
2	B-2	1140+900	Передайте специальный информационный тональный сигнал
3	B-3	1020+900	Абонентская линия занята
4	B-4	1140+780	Перегрузка (встречающаяся после перехода от сигналов группы А к сигналам группы В)
5	B-5	1020+780	Несуществующий номер
6	B-6	900+780	Абонентская линия свободна; оплата
7	B-7	1140+660	Абонентская линия свободна; без оплаты
8	B-8	1020+660	Абонентская линия неисправна
9	B-9	900+660	Резерв для национального использования
10	B-10	780+660	
11	B-11	1140+540	
12	B-12	1020+540	
13	B-13	900+540	
14	B-14	780+540	
15	B-15	660+540	

Таким образом, каждая комбинация частот может иметь два, а иногда три различных значения. Для национальных применений имеется возможность добавить третьи группы для сигналов в прямом и обратном направлениях.

Высокая достоверность, обеспечиваемая протоколом R2, связана и с использованием кода «2 из 6», который сам по себе позволяет проверить, правильный ли сигнал был принят (как это имеет место и в R1). Кроме того, почти во всех ситуациях сигнал в прямом направлении поступает до тех пор, пока не будет получен соответствующий сигнал подтверждения в обратном направлении. Приемный регистр может запросить информацию у передающего регистра в любой момент, во время передачи независимо от хронологического порядка. Так, например, любой передаваемый двухчастотный сигнальный код может быть многократно повторен по запросу от принимающей стороны.

Исходящая АТС посылает различные сигналы в прямом направлении, включая адресную информацию, код страны и индикацию эхокомпенсации, категорию вызывающего абонента и окончание посылки. Входящая или транзитная станция возвращает сигналы перегрузки, подтверждения принятия полного адреса, состояния вызываемой линии, а также сетевые сигналы. Последующее действие системы определяется сигналами в обоих направлениях, создавая таким образом гибкую интерактивную сигнализацию.

Типичный цикл последовательности обмена многочастотными сигналами протокола R2 из рекомендации Q.440 приведен на рис.6.41.

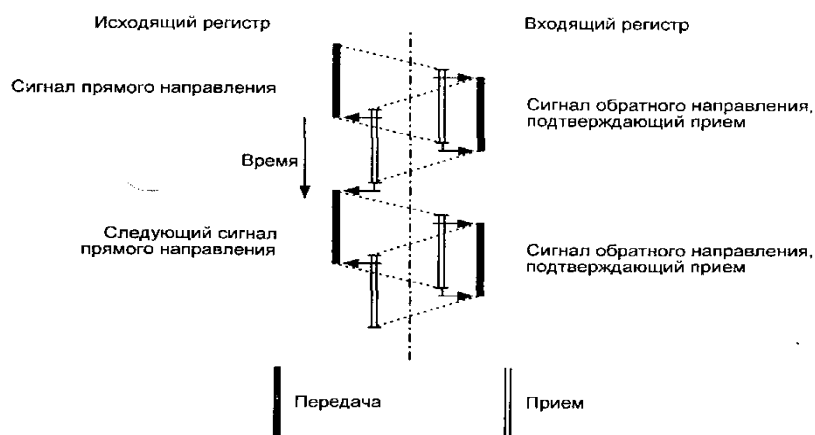


Рис. 6.41. Пример обмена многочастотными сигналами протокола R2

Рассмотрим типовой обмен многочастотными сигналами. Передатчик на исходящей станции А посылает сигнал индикации первой передаваемой цифры. Регистр на дальнем конце декодирует сигнал и подтверждает его прием, давая команду передатчику послать в обратном направлении сигнал «Передать следующую цифру». Этот обмен сигналами продолжается до тех пор, пока не будут переданы все цифры.

На этой стадии входящая станция Б, распознав, что приняты все цифры, сигнализирует станции А перейти к посылке второго набора сигналов (сигналы В). Получив этот сигнал, станция А передает категорию вызывающего абонента. Если это обычный пользователь, то специальной обработки не требуется, и станция Б определяет состояние вызываемой линии. Если линия свободна, в сторону станции А посылается соответствующий сигнал, по которому вызывающий абонент подключается к исходящей соединительной линии, а регистр освобождается. Если линия занята, на станцию А передается соответствующий сигнал, а от станции А возвращается тональный сигнал «Занято». То есть, система сигнализации взаимодействует с системой управления процедурами обслуживания вызовов, включая функции маршрутизации, автоматическое определение номера, управление тарификацией и разъединение соединения.

6.6.5 Одночастотная система сигнализации 2600 Гц.

При значительных расстояниях от местной АТС до междугородной станции между ними часто используется оборудование передачи с частотным разделением каналов (ЧРК)

без выделенного сигнального канала и с передачей сигнализации в разговорном спектре. Например, аппаратура уплотнения междугородной и внутриобластной связи типа К-60, К-120, К-300.

Блок-диаграмма процесса обработки одночастотной сигнализации по ЗСЛ OVF R.11 представлена на рис. 6.42. Перечень линейных сигналов, передаваемых по ЗСЛ, а также сообщений между процессом OVF R.11 и ПО обработки вызова в АТС представлен в табл. 6.23 — 6.25.

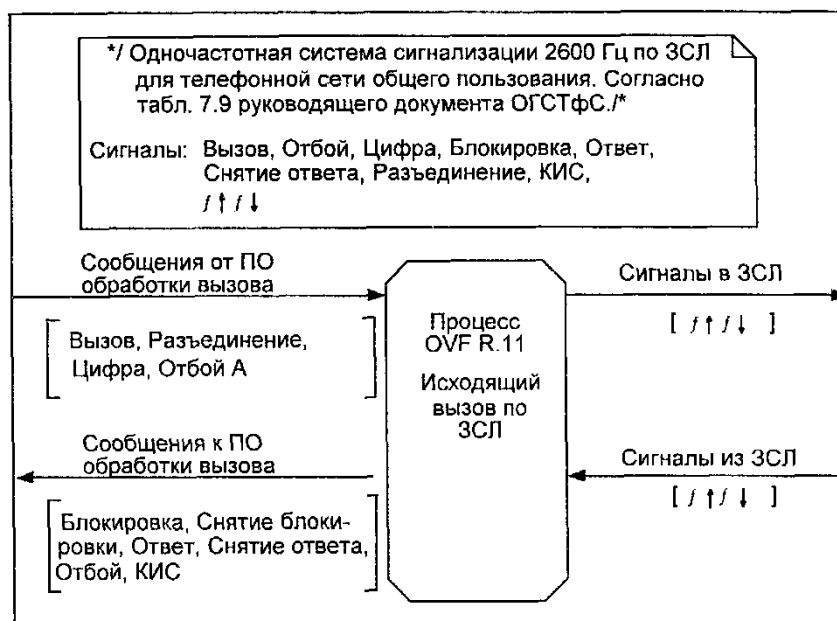
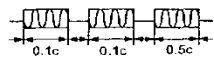
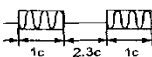
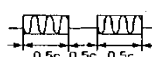
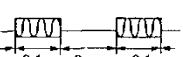


Рис. 6.42. Блок-диаграмма процесса обработки одночастотной сигнализации по ЗСЛ

Таблица 6.23. Перечень линейных сигналов по ЗСЛ

Сигнал	Направление	Длительность (мс)	Время распознавания (мс)	Примечания
ЗАНЯТИЕ	→	Один им-пульс 200 ±5 (см. стр. 206, строка 1)	100-150	Один импульс. Посылается в ЗСЛ при новом занятии
НАБОР НОМЕРА	→	Импульс 40-60 Пауза 40-60	Время распознавания для междифрового интервала 400	Декадные импульсы со скоростью 7-13 импульсов в секунду
РАЗЪЕДИНЕНИЕ	→	Непрерывный (см. стр. 206, строка 4)	280-420	Непрерывный сигнал. Разъединение посылается до обнаружения освобождения, но не менее 550- 800 мс. Если освобождение 20-40 с не приходит, то сигнал разъединения должен быть снят. После этого сигнал "Разъединение" должен посылаться импульсами по 1 с и паузами по 5 мин до обнаружения освобождения
ОТВЕТ (Запрос АОН)	←	Один импульс 200±5	100-150	Один импульс. В ARM-20 длительность этого сигнала 170-260 мс
СНЯТИЕ ОТВЕТА (снятие запроса АОН)	←	Два импульса 200±5 и пауза 100±5	Первый импульс 100-150. Второй импульс 120-130. Пауза 20-30	Два импульса. В координатной станции ARM-20 длительность импульсов 170-230 мс, а длительность пауз 90-130 мс
ОТБОЙ Б	←	Серии Импульсов 200±5 с паузами 100±5	Первый импульс 100-150. Следующий импульс 120-180, пауза 20-30	Серии импульсов. В координатной станции ARM-20 длительность импульсов 170-230 мс, пауз 90-130 мс
ОСВОБОЖДЕНИЕ	←	Непрерывный (более чем 650 мс)	100-150	Освобождение должно посылаться до снятия сигнала разъединения
БЛОКИРОВКА	←	Непрерывный	100-150	Уровень этого сигнала должен быть на 4 дБ ниже уровня остальных сигналов

Таблица 6.24. Акустические сигналы для полуавтоматической внутрizonовой связи

Сигнал	Частота, Гц	Форма	Примечания
ГОТОВНОСТЬ	425 ± 25	Непрерывный	Готовность к приему междугородного кода и номера абонента Б
ЗАПРОС ПОСЫЛКИ ВЫЗОВА	425 ± 25	Два коротких и один длинный импульс 	Передается при установлении на входящей станции соединения с каналом ручного обслуживания, требует от телефонистки исходящей МТС посылки вызова
КОНТРОЛЬ ПОСЫЛКИ ВЫЗОВА (КПВ)	425 ± 25		Передается до ответа абонента Б
ЗАНЯТО	425 ± 25		Абонент Б занят другим междугородным соединением при отсутствии свободных каналов (совместно с тиккером) при отбое абонента Б
ТИККЕР			Передается периодически каждые 3-4 с на фоне разговора при местной занятости

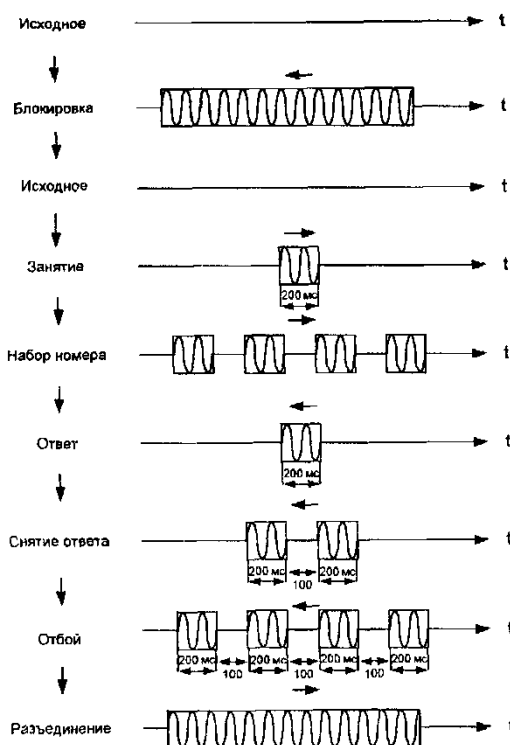


Рис. 6.43. Упрощенная последовательность обработки одночастотной сигнализации по ЗСЛ

Сигнал «Занятие» передается в виде однократной частотной посылки длительностью 200 мс. Вслед за занятием осуществляется набор номера. При декадном наборе импульсы передаются частотными посылками длительностью 40–60 мс.

Сигналы «Ответ» вызываемого абонента после набора номера или «Запрос АОН» передаются одним частотным импульсом 200 мс. «Снятие ответа или запроса АОН» передается двумя частотными импульсами по 200 мс с паузой между ними длительностью 100 мс.

«Отбой» вызываемого абонента передается серией частотных импульсов по 200 мс с паузами 100 мс между ними.

«Разъединение» передается длительной частотной посылкой, время распознавания которой 280–420 мс.

В исходном состоянии возможно появление по ЗСЛ непрерывного частотного сигнала «Блокировка», уровень которого на 4 дБ ниже уровня других сигналов. После достоверного распознавания этого сигнала в те-

чение 100-150 мс ЗСЛ переводится в состояние блокировки.

Сценарии обмена сигналами для протокола одночастотной сигнализации рис. 6.44, а внешний вид одного из наиболее распространенных коммутаторов типа МРУ—на рис. 6.45.

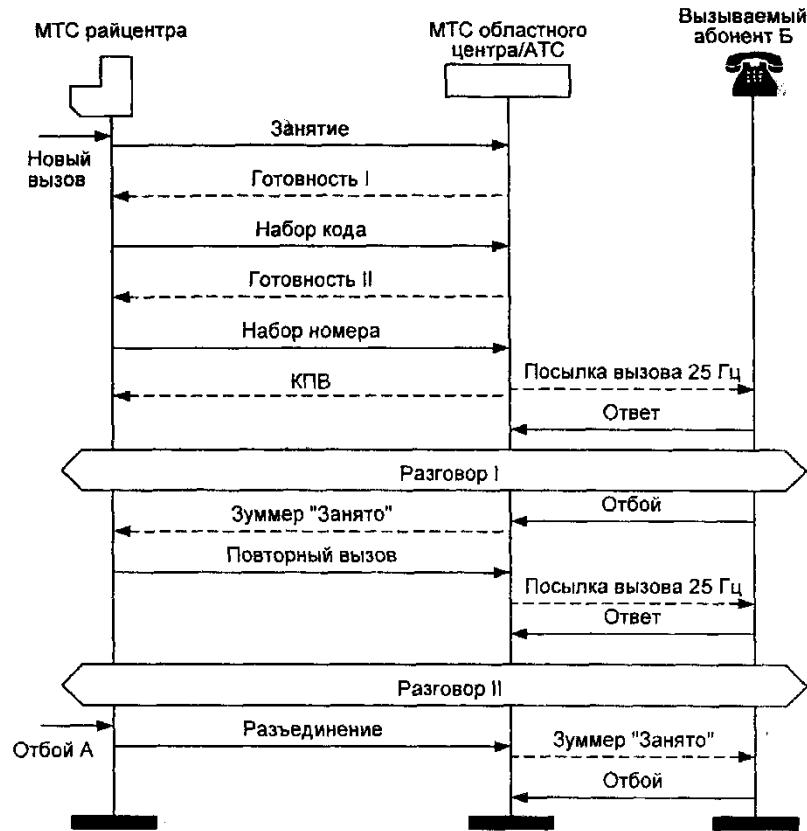


Рис. 6.44. Сценарии обмена сигналами при одночастотной внутризональной связи:
а) абонент свободен, отбой вызываемого абонента, повторный вызов, отбой вызывающего абонента

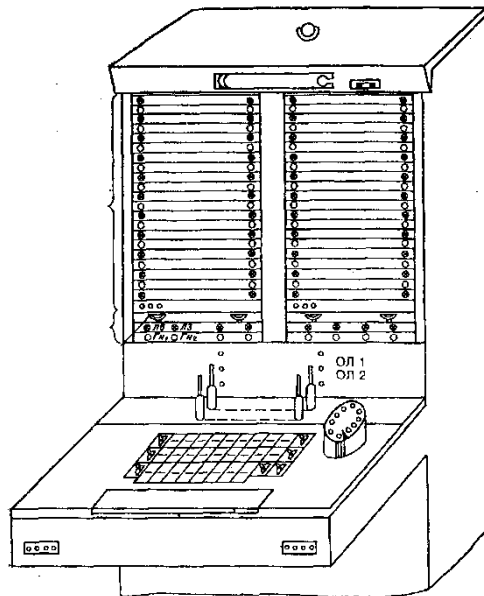


Рис. 6.46. Внешний вид междугородного коммутатора МРУ

При установлении соединения с абонентом городской АТС областного центра телефонистка МТС районцентра вставляет штепсель в гнездо междугородного коммутатора, соответствующее свободному каналу. Из исходящего комплекта тонального набора (ИКТНУ) передается во входящий комплект тонального набора (ВКТНУ) сигнал «Занятие»; После его успешного детектирования в течение 100-150 мс и соответствующей подготовки ВКТНУ посылает акустический сигнал готовности к приему импульсов набора междугородного

кода.

После набора телефонисткой МТС междугородного кода, после выбора направления к городской АТС и занятия ее приборов подается второй акустический сигнал готовности к приему номера. Телефонистка МТС райцентра, услышав этот зуммерный сигнал, набирает городской номер абонента Б.

Если линия вызываемого абонента Б свободна, ему от городской АТС посылается вызывной сигнал, о чем сообщается по разговорным проводам в ВКТНУ, откуда, в свою очередь, телефонистке райцентра посылается зуммерный сигнал контроля посылки вызова (КПВ). При ответе вызываемого абонента ВКТНУ прекращает трансляцию КПВ.

Когда вызываемый абонент вешает трубку, из ВКТНУ в сторону МТС райцентра посылается акустический сигнал «Занято». При необходимости нажатием ключа посылки вызова телефонистка райцентра может повторно послать вызов абоненту Б.

Завершение соединения осуществляется только телефонисткой райцентра, когда она вынимает штепсель из гнезда междугородного коммутатора. При этом из ИКТНУ в ВКТНУ и далее в городскую АТС транслируется линейный сигнал «Разъединение» и все приборы приводятся в исходное состояние.

Если вызываемый абонент Б занят другим местным разговором, то по входящей междугородной линии СЛМ телефонистка райцентра подключается к разговору. После уведомления занятого абонента Б о входящем новом вызове и с его согласия устанавливается соединение с абонентом райцентра.

Если вызываемый абонент Б недоступен или занят другим междугородным разговором, то тиккерный сигнал из ВКТНУ поступает телефонистке на фоне зуммерного сигнала занятости от АТС абонента Б. В этом случае телефонистка райцентра вынимает штепсель из гнезда коммутатора, осуществляя тем самым разъединение.

6.6.6. Двухчастотная сигнализация 1200 и 1600 Гц. Протокол двухчастотной сигнализации для междугородной телефонной сети использует три вида тональных сигналов, составленных из сигнальных токов с частотами 1200 и 1600 Гц, передаваемых по каналу в прямом и обратном направлениях.

Отличие этого протокола от предыдущих предпротоколов, в которых значение сигнала определяется его длительностью, в том, что в двухчастотной системе сигнализации 1200/1600 Гц все сигналы, кроме декадного набора номера, имеют нерегламентированную длительность. Эти сигналы дополняются акустическими информационными зуммерными сигналами и фразами автоинформаторов «Ждите», «Набирайте номер» и т. п.

Основные сигналы двухчастотной системы сигнализации для окончного соединения приведены в табл. 6.25.

Таблица 6.25. Сигналы двухчастотной системы сигнализации 1200/1600 Гц

Сигнал	Направление	Частота (Гц)	Длительность (мс)	Время распознавания (мс)	Примечания
ЗАНЯТИЕ	→	1600	До прихода готовности к приему кода	55-75	Сигнал передается в случае: а) если оператор вставил штепсель в гнездо коммутатора, б) после набора АВС кода и выбора свободного канала
ГОТОВНОСТЬ НАБОРУ КОДА	←	1200/ 1600	До прекращения занятия	85-130	Кратковременный сигнал длительностью 200-500 мс. Называется ГНК - "Готовность к набору кода". По окончании двухчастотного сигнала передается непрерывный зуммер до начала набора кода
ГОТОВНОСТЬ НАБОРУ НОМЕРА	←	1200/ 1600	≥500	50-100	Кратковременный сигнал длительностью до 500 мс. Называется ГНИ - "Готовность к набору номера". По окончании

					двухчастотного сигнала передается механический голос "Набирайте номер" до начала набора номера
НАБОР НОМЕРА (код АВС или 1, номер абонента)	→	1200	Импульс 50±3 Пауза 50±3 Интервал 600	20 250	ЛВС код набирается после получения ГНК. Помер абонента Б передается после получения сигнала ГНН. Допускается длительность последнего импульса в серии 90-120 мс
РАЗЪЕДИ- НЕНИЕ (Отбой А)	→	1200/ 1600	До получения освобожде- ния	500-700	Посылается после того, как телефонистка вынула штепсель из гнезда коммутатора, до обнаружения освобождения, но не менее 800 мс
ПОВТОР- НЫЙ ВЫЗОВ	→	1600	На время нажатия ключа	360-520	Посылается, пока телефонистка нажимает вызывной ключ

АБОНЕНТ СВОБОДЕН	←	1200/ 1600	До ответа	50-100	Посылается до обнаружения ответа абонента или телефонистки, по не менее 200 мс. Сопровождается КПВ
АБОНЕНТ ЗАНЯТ	←	1200 500	50-100		Кратковременный сигнал. Обычно длительностью 200-500 мс. При этом лампочка коммутатора мигает с периодом 0.5 с, а оператор слышит разговор в случае занятости местным вызовом или зуммер "Занято" в случае занятости междугородным вызовом
ОТВЕТ	←	-	65-100		Снятие сигнала "Абонент свободен"
ОТБОЙ АБОНЕНТА Б	←	1200/ 1600	270-470		
ПОВТОР- НЫЙ ОТВЕТ	←	—	65-100		Снятие сигнала "Отбой"
ОСВО- БОЖДЕНИЕ	←	1600	До прекраще- ния разъе- динения	100-170	Освобождение должно посылаться до снятия сигнала разъединения
БЛОКИ- РОВКА	←	1200	Непрерыв- ный	60-100	

6.6.7. Двухчастотная сигнализация 600 и 750 Гц. Протокол двухчастотной сигнализации 600/750 Гц используется для передачи сигналов управления и взаимодействия на ведомственных сетях связи. В связи с необходимостью работы по соединительным линиям как одностороннего, так и двустороннего действия станционные комплекты являются универсальными и содержат полосовые фильтры и генераторы 600 и 750 Гц с подключением по четырехпроводной схеме с разделенными направлениями приема и передачи, в том числе и для подключения к аппаратуре уплотнения с частотным (К-60, например) или временным (ИКМ-30, например) разделением каналов.

Сигналом является только двухчастотная посылка с обязательным наличием обеих частот 600 и 750 Гц. Эти сигналы двухчастотной системы сигнализации приведены в табл. 6.26.

Таблица 6.26. Сигналы двухчастотной системы сигнализации 600/750 Гц

Сигнал	Направление	Длительность (мс)	Время распознавания (мс)	Примечания
ЗАНЯТИЕ	—>	70-100	40	
НАБОР НОМЕРА	—>	Импульс 40-60 Пауза 40-60 Интервал 600	80-250	
РАЗЪЕДИНЕНИЕ	—>	>250	130	После получения сигнала линия освобождается и через 500 мс готова к новому занятию
АБОНЕНТ ЗАНЯТ	<—	>250	130	
ОТВЕТ	<—	70-100	40	
ОТБОЙ Б	<—	>250	130	После получения сигнала линия освобождается и через 500 мс готова к новому занятию

6.6.8 Сигнализация «Импульсный челнок».

До середины 60-х годов основным типом станций на телефонных сетях Советского Союза были декадно-шаговые АТС. Особенностью их является то, что управление процессом установления соединения осуществляет вызывающий абонент посредством набора номера, т.е. «прямое управление».

В то же время шведские координатные системы фирмы Л.М. Эрикссон и немецкие релейные АТС типа ESK фирмы Сименс уже использовали многочастотную регистровую сигнализацию R2, являющуюся одним из наиболее блестящих технических решений того времени. Этот протокол предусматривает челночную передачу прямых сигналов на частотах 1380, 1500, 1620, 1740, 1860 и 1980 Гц и обратных сигналов на частотах 540,660, 780,900,1020 и 1140 Гц. Название этого способа возникло из-за аналогии с прямыми и обратными движениями ткацкого челнока.

При создании первой советской координатной АТС было решено использовать для передачи адресной информации тот же челночный принцип многочастотной сигнализации. Но реализация протокола R2 в полном объеме показалась дорогой, и, чтобы не делать 12 различных частотных фильтров, советские конструкторы отклонили идею использования различных частот в прямом и обратном направлениях и, следовательно, отклонили процедуру «рукопожатия», обеспечивающую высокую надежность протокола R2.

Вместо этого были выбраны одинаковые для прямого и обратного направлений частоты, используемые в других рекомендованных ITU-T протоколах сигнализации №5 и R1. При этом логика обмена сигналами не соответствовала протоколу R1 и более тяготела к протоколу R2.

В появившемся таким образом гибридном протоколе сигнализации запрос и ответ

должны быть разделены во времени, так как они используют одинаковые частоты. Протокол получил название «многочастотный импульсный челнок», хотя не менее распространено более остроумное фольклорное наименование этого протокола «R полтора» или «R1.5».

Идея протокола R1.5 (протокола многочастотной сигнализации методом «импульсный челнок») следующая. Каждый сигнал является комбинацией частот кода «2 из 6» с постоянным весом. Количество сигналов в каждом направлении определяется числом сочетаний из 6 различных частот по 2, что вычисляется по следующей формуле при $m=6$, $n=2$:

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!} = 15$$

Таким образом, всего имеется 15 комбинаций. В состав каждого сигнала входят две из шести следующих частот:

$$f_0 = 700 \text{ Гц}; \quad f_1 = 900 \text{ Гц}; \quad f_2 = 1100 \text{ Гц}; \\ f_4 = 1300 \text{ Гц}; \quad f_7 = 1500 \text{ Гц}; \quad f_{11} = 1700 \text{ Гц}.$$

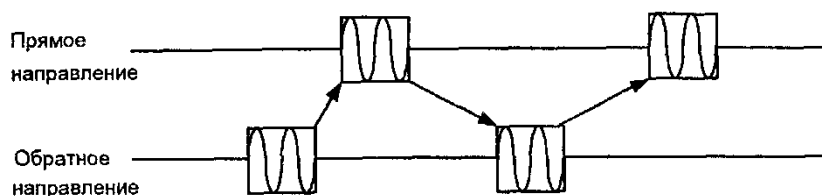


Рис. 6.47. Регистровая сигнализация методом «импульсный челнок»

Длительность сигнала составляет 45 ± 5 мс.

Протокол относится к самопроверяющимся и предусматривает возможность повышения надежности передаваемой информации. Почти любому сигналу в обратном направлении отвечают сигналы в прямом направлении, как показано на рис.6.48. Если имеется какое-либо сомнение в отношении принятого сигнала, запрашивается повторение ранее переданного сигнала, принятого с искажениями. Количество таких запросов ограничивается либо количеством возможных попыток, либо посредством таймера. Пример сценария обмена сигналами в случае обнаружения искаженных сигналов показан на рис. 6.48.

Тем не менее вскоре стало понятно, что довольно затруднительно создать устройства, обеспечивающие в существующих на реальных сетях условиях такое же надежное функционирование протокола R1.5, как это имеет место для протокола R2. Это и до сих пор весьма трудно разрешаемая задача, потому что условия на сетях радикально не изменились, и, хотя обмен информацией имеет место при отсутствии разговорных токов, тем не менее шумы, ложные сигналы и помехи, производимые коммутационными элементами электромеханических АТС, могут значительно влиять на процесс надежного обмена сигналами.

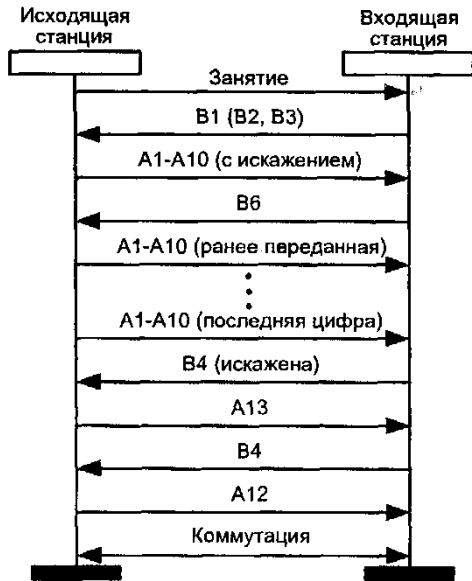


Рис. 6.48. Искажение сигнала во время установления соединения к свободному абоненту

Более того, существующая аналоговая сеть требует распознавания сигналов в широком диапазоне уровней. Следует учитывать различные затухания на разных частотах: две частотные составляющие могут иметь различные уровни, определенные передачей сигналов по физическим цепям. Диапазон приема различных частотных составляющих показан на рис. 6.49. Комбинация частот может сопровождаться искажением сигнала с частотными составляющими, принадлежащими к многочастотному коду, с уровнями ниже 15 дБ. Реле некоторых станций могут имитировать импульсы двухчастотных сигналов продолжительностью до 16 мс. Все это не должно мешать нормальной работе приемника. Кроме того, приемное оборудование должно нормально работать в случае, если составляющие сигнал частоты отклоняются от номинальных значений менее, чем на 15 Гц. Такие посылки должны приниматься как действительные (т.е. должен срабатывать многочастотный приемник).

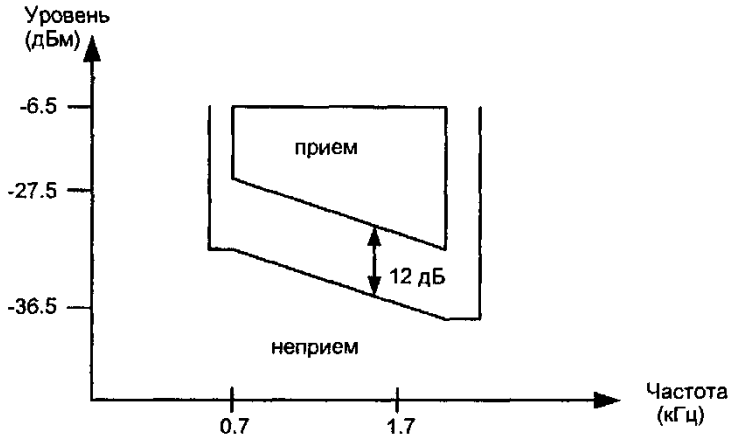


Рис. 6.49. Диапазон приема частотных составляющих

Сигнальные коды протокола «импульсный челнок» приведены в таблице 6.27. Первые десять комбинаций в прямом направлении используются для передачи информации о номере

абонента, а комбинации 11-15 - для передачи других сигналов, необходимых при установлении соединения. Номера частот в таблице выбраны таким образом, чтобы сумма номеров частот соответствовала передаваемой цифре. Это справедливо для всех цифр, кроме 0.

Таблица 6.27. Многочастотные сигналы методом «импульсный челнок»

Номер сигнала	Частоты	Сигнал	
		Прямое направление	Обратное направление
1	f_0, f_1	Цифра 1	Запрос первой цифры номера вызываемого абонента частотным кодом
2	f_0, f_2	Цифра 2	Запрос следующей цифры частотным кодом
3	f_1, f_2	Цифра 3	Запрос ранее переданной цифры частотным кодом
4	f_0, f_4	Цифра 4	Вызываемый абонент свободен
5	f_1, f_4	Цифра 5	Вызываемый абонент занят
6	f_2, f_4	Цифра 6	Запрос ранее переданной цифры, принятой с искажением (запрос повтора)
7	f_0, f_7	Цифра 7	Сигнал перегрузки (отсутствие свободных путей)
8	f_1, f_7	Цифра 8	Запрос передачи всего номера (начиная с первой цифры) декадным кодом
9	f_2, f_7	Цифра 9	Запрос передачи следующей и затем остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом
10	f_4, f_7	Цифра 0	Запрос повторения ранее переданной и затем остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом
11	f_0, f_{11}	Резерв	Резерв
12	f_1, f_{11}	Подтверждение сигналов обратного направления № 4,5,8,9,10	Резерв
13	f_2, f_{11}	Запрос повторения ранее переданного сигнала, принятого с искажением	Резерв
14	f_4, f_{11}	Резерв	Резерв
15	f_7, f_{11}	Резерв	Отсутствие приема информации

6.6.9 *Сигнализация «импульсный пакет».* Пакетные способы передачи, как интервальные (импульсные), так и безынтервальные, обеспечивают передачу заранее накопленной информации от АТС к АТС (АМТС) с повышенной скоростью. Принцип пакетной передачи сигналов ясен из рис.6.50. Безынтервальный пакет используется при выдаче информации по запросу АОН.

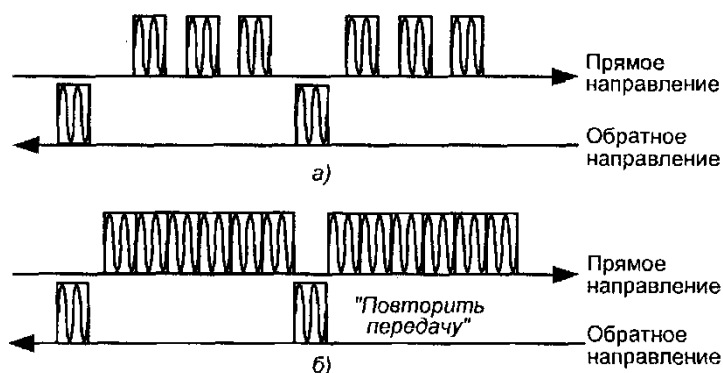


Рис.6.50. Многочастотные пакетные способы передачи сигналов:
а - импульсный пакет; б - безынтервальный пакет

Передача импульсным пакетом предусматривает передачу по единой команде в определенной

последовательности заранее сформированных двухчастотных кодовых комбинаций, одну за другой, с соблюдением фиксированных временных интервалов между ними. Длительность передачи каждой комбинации 40-60 мс. Время распознавания этой комбинации 20-30 мс. Длительность интервала между комбинациями 40-60 мс.

Передача пакета должна осуществляться лишь после того, как получена последняя цифра номера вызываемого абонента Б (Nb) или номера службы междугородной телефонной станции. Номер вызывающего абонента А (Na) должен всегда состоять из 7 цифр. Если реальный номер абонента А меньше (5 или 6 цифр), недостающие цифры дополняются значениями 0 или 2. Кроме этого в пакет могут включаться значение категории вызывающего абонента А (Ka) в виде одной цифры от 1 до 10, номер вызываемого абонента или службы АМТС до 10 цифр для междугородного вызова и с учетом решения ИТУ о переходе с 1997 г. на 15-значную нумерацию - до 17 цифр при международном вызове.

6.7 Система общеканальной сигнализации №7

Последние десятилетия характеризуются все более значительным воздействием компьютерных технологий на телефонию. Это обусловило и появление новых идей в области протоколов межстанционной сигнализации. Первые шаги в этом направлении были обусловлены введением цифровых систем передачи ИКМ, начиная с T1, AT&T в 1962, и программного управления коммутационными узлами и станциями, начиная с ESS# I.AT&T в 1965 году

Из-за первоначально большой стоимости управляющих процессоров и памяти узлов коммутации с программным управлением к началу 70-х годов перед инженерами-телефонистами возникли следующие задачи:

- 1) сохранение дорогостоящих ресурсов управляющего процессора, расходуемых во время сканирования каждой соединительной линии для протоколов сигнализации по выделенным сигнальным каналам;

- 2) сокращение времени установления соединения и снижение тем самым непроизводительного использования соединительных линий.

Решение этих задач было найдено на пути заимствования некоторых наиболее полезных технологий передачи данных. Этот подход был первоначально опробован при разработке (1964- 1968 гг.. Зеленая книга ИТУ-T) системы сигнализации по общему каналу №6 (ОКС6). Система ОКС6 полностью удаляет сигнализацию из разговорного тракта, используя отдельное общее звено сигнализации, по которому передаются все сигналы для нескольких трактов. Однако работающая по относительно медленным звеньям сигнализации с модемной связью на скорости 2400 или 4800 бит/с система ОКС6 не могла решить в достаточной степени две упомянутые выше задачи. Более того, со временем появились

другие, более актуальные требования к протоколу общеканальной сигнализации:

3) многоуровневая архитектура протокола ОКС, обеспечивающая возможность модернизации отдельных компонент протокола сигнализации, не затрагивая других его частей;

4) универсальность системы сигнализации для разнообразных применений, включая телефонию, передачу данных, услуги ISDN, услуги для абонентов сетей мобильной связи, а также функции сетевого управления, эксплуатации и технического обслуживания;

5) обеспечение надежности связи, при которой потеря одного звена сигнализации не должна оказывать значительное отрицательное влияние на качество обслуживания в сети связи;

6) наличие качественных спецификаций, достаточно исчерпывающих для того, чтобы обеспечить различным производителям АТС самостоятельное внедрение протокола ОКС. Если спецификации чересчур подробны, сдерживается творчество производителя АТС. Если детализация системы недостаточна, различные реализации протокола ОКС не смогут взаимодействовать друг с другом. Одной из причин возникновения этих трудностей является зависимость между процессами управления обслуживанием вызовов в АТС и процедурами ОКС. Для достижения правильного баланса требуется тщательная разработка спецификаций.

Разработанная по этим требованиям система общеканальной сигнализации №7 стала применяемым во всем мире стандартом для международной и национальных телефонных сетей. Протокол ОКС7 обеспечивает все преимущества ОКС6 по обслуживанию вызовов и предоставляет также новые возможности по созданию телекоммуникационных услуг. Это осуществляется, в частности, с помощью подсистемы обеспечения возможностей транзакций (ТСАР) и организуемых на ее базе прикладной подсистемы подвижной связи стандарта GSM (МАР), прикладной подсистемы интеллектуальной сети (INAP) и др.

Целью разработки протокола ОКС7 также является высокая надежность передачи информации с минимальной задержкой, без потерь и без дублирования сигнальных сообщений. Помимо архитектуры самого протокола это достигается оптимизацией построения национальных сетей сигнализации ОКС7. Первая сеть общеканальной сигнализации, состоящая из 20 транзитных пунктов сигнализации STP, была введена в эксплуатацию компанией АТ&Т в 1976 в городах Мэдисон, Висконсин и Чикаго.

Соответствие протокола ОКС7 эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС или OSI в английской аббревиатуре) показано на рис. 6.51. Здесь сравнивается архитектура протокола ОКС7 с уровнями OSI. Именно многоуровневая архитектура протокола обеспечивает гибкость введения служб и легкость техобслуживания сети сигнализации.

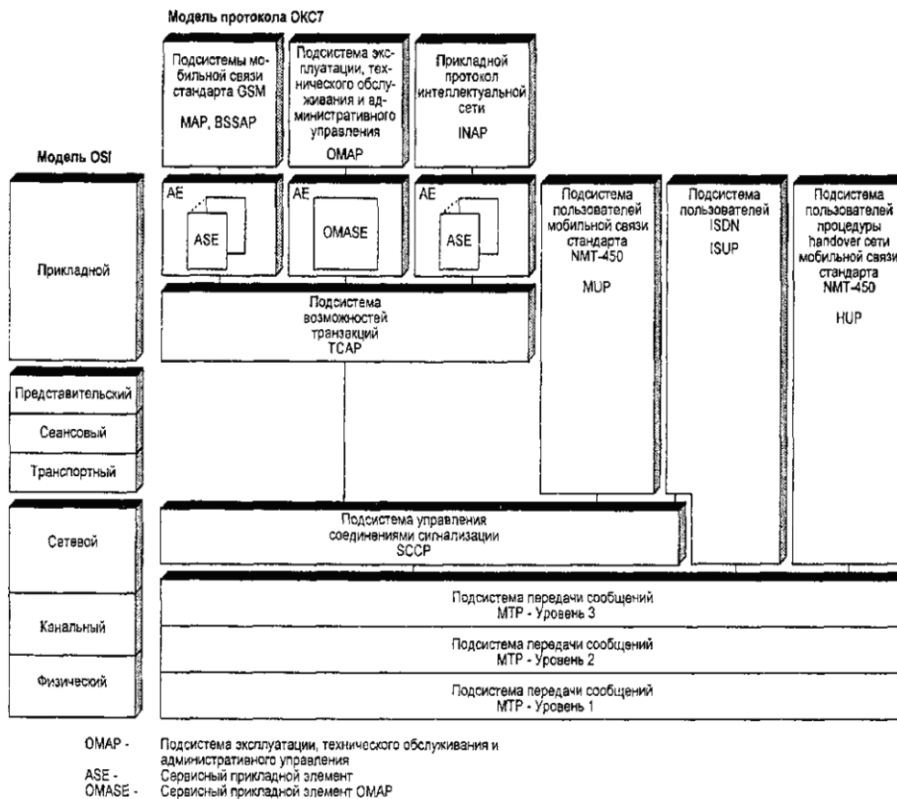


Рис.10.1. Сравнение архитектур протоколов OSI и ОКС7

Нижние уровни протокола ОКС7 состоят из трех уровней подсистемы передачи сообщения MTP и подсистемы управления соединениями сигнализации SCCP. Эти три уровня MTP представляют собой:

- уровень 1 звена передачи данных сигнализации,
- уровень 2 звена сигнализации,
- уровень 3 сети сигнализации.

Первые два уровня MTP обеспечивают функции звена сигнализации между двумя непосредственно связанными пунктами сигнализации.

Возможности, которые содержатся на сетевом уровне модели OSI, распределены в ОКС7 между третьим уровнем MTP и SCCP. Это обусловлено следующими соображениями: 1) не все протоколы сигнализации требуют использования расширенных возможностей адресации SCCP и передачи сообщений, не ориентированных на соединение, и 2) путем выделения функций SCCP в отдельную подсистему оказалось возможным оптимизировать характеристики третьего уровня MTP. Подсистема SCCP является потребителем функциональных возможностей, расположенных в уровнях MTP, и обеспечивает как сетевые услуги в отсутствие соединения, так и услуги, ориентированные на соединение.

Верхние уровни в протоколе ОКС7 включают TCAP и пользовательские подсистемы, а также сервисные элементы прикладного уровня (ASE), подсистему эксплуатации,

технического обслуживания и административного управления (OMAP) и другие прикладные подсистемы. Эти уровни используют услуги передачи, предоставляемые уровнями MTP и SCCP.

ISUP протокола ОКС7 обеспечивает функции сигнализации, необходимые для обслуживания вызовов в сети ISDN, а также для поддержки дополнительных услуг ISDN.

TCAP обеспечивает набор возможностей для обслуживания вызова без установления соединения. Эти возможности можно использовать в одном узле для того, чтобы вызвать выполнение процедуры в другом узле. Пример такого использования - услуга 800, в которой оставшиеся цифры номера после кода 800 преобразовываются централизованной базой данных в физический адрес. Механизм предоставления услуг интеллектуальной сети (IN), поддерживаемый одним из сервисных элементов прикладного уровня (ASE) - подсистемой INAP, опирается на TCAP.

Аналогичным образом обеспечиваются прикладные возможности и для подсистемы OMAP технического обслуживания, координации и управления ресурсами сети.

Ссылки на соответствующие рекомендации Белой книги ITU-T представлены в табл. 6.28.

Таблица 6.28. Перечень рекомендаций ITU-T серии Q по вопросам ОКС7

Описание подсистем, функций, компонент	Рекомендации ITU-T
Введение в ОКС7	Q.700
Подсистема передачи сообщений - MTP	Q.701-Q.704, Q.706, Q.707
Структура сети сигнализации ОКС7	Q.705
Подсистема управления сигнальными соединениями - SCCP	0.711-Q.714, 0.716
Подсистема телефонных пользователей - TUP	Q.721 - Q.725
Дополнительные услуги	Q.730-Q.737
Управление сетью ОКС7 - OMAP, ERDS	Q.750, Q.752-Q.755
Подсистема пользователей ISDN - ISUP	Q.761-Q.764, 0.766, Q.767
Подсистема возможностей транзакций - TCAP	Q.771-Q.775
Тестирование MTP, TUP, ISUP, SCCP, TCAP	Q.780-Q.787
Подсистема мобильной сети - MAP	Q.1051
Подсистема интеллектуальной сети - INAP	Q.1205, Q. 1208, Q. 1211, Q.1213-Q.1215. Q.1218, Q.1219, 0.1290
Соответствие ОКС7 и эталонной модели взаимодействия открытых систем OSI	Q.1400

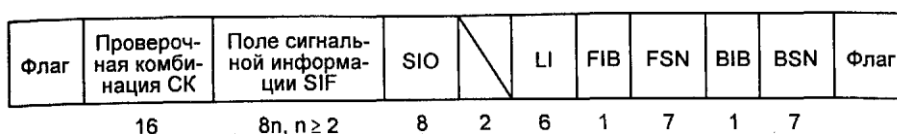
6.7.1. Подсистема передачи сообщений MTP

Передача сигнальной информации между пунктами сигнализации осуществляется подсистемой передачи сообщений MTP и подсистемой управления сигнальными соединениями SCCP.

Эти подсистемы не анализируют значения передаваемых сообщений, их задача -

передавать информацию в неискаженной форме, без потерь, Дублирования и ошибок, в установленной последовательности, от одного пункта сигнализации к другому. Благодаря гибкому механизму передачи возможно осуществлять реконфигурацию и управлять сигнальным графиком при отказах в сети.

Наиболее сложной по структуре является значащая сигнальная единица MSU. Ее формат согласно рекомендации ITU-T Q.703 представлен на рис. 6.52. MSU состоит из ряда полей, в которых размещается фиксированное количество битов. Формат MSU определяет каждое из полей внутри сообщения и присвоение значения каждому биту внутри сообщения. Исключение составляет поле сигнальной информации, которое определяется функциями четвертого уровня.



BSN - обратный порядковый номер; BIB - бит индикации обратного направления;
 FSN - прямой порядковый номер; FIB - бит индикации прямого направления;
 LI - индикатор длины; / - резерв; SIO - байт служебной информации

Рис. 6.52. Формат значащей сигнальной единицы MSU

Флаг выполняет роль ограничителя сигнальных единиц, причем начало и конец каждой сигнальной единицы отмечается уникальной 8-битовой последовательностью. Обычно закрывающий флаг одной сигнальной единицы является открывающим флагом следующей сигнальной единицы. Последовательность битов флага следующая: 01111110.

Чтобы избежать имитации флага другой частью сигнальной единицы, передающая MSU станция вставляет ноль после каждой последовательности из пяти следующих друг за другом единиц, содержащихся в любой части MSU, кроме флага. Этот ноль изымается на приемном конце оконечного устройства звена сигнализации уже после обнаружения и отделения флагов.

Обратный порядковый номер BSN, обратный бит-индикатор BIB, прямой порядковый номер FSN и прямой бит-индикатор FIB используются в методе исправления ошибок.

Индикатор длины LI определяет длину сигнальной единицы, указывает количество байтов, следующих за индикатором длины и предшествующих проверочным битам, и принимает значения от 0 до 63. Превышающее 2 значение LI указывает на то, что данная сигнальная единица - MSU.

Байт служебной информации SIO делится на индикатор службы и на поле подвида службы. Например, SIO может указывать, что сообщение относится к подсистеме ISUP или к SCCP. В российских национальных спецификациях МТР индикатор сети в поле подвида службы кодируется следующим образом:

00 - международная сеть 01 - резерв для международной сети

10 - междугородная сеть

11 - местная сеть.

Прямой порядковый номер FSN - это порядковый номер сигнальной единицы, в составе которой он передается. Обратный порядковый номер BSN - это номер подтверждаемой сигнальной единицы. Прямой и обратный порядковые номера - это двоичные числа в циклически повторяющейся последовательности от 0 до 127.

Каждая MSU содержит 16 проверочных битов для обнаружения ошибок.

Поле сигнальной информации SIF может состоять максимум из 272 байтов, форматы и коды которых определяются подсистемой пользователей. В этом случае индикатору длины присваивается значение 63. В первых реализациях ОКС7 используются поля сигнальной информации максимум из 62 байтов в соответствии с ранними спецификациями МТР (Красная книга ITU-T). Поле сигнальной информации SIF содержит информацию, которая должна передаваться между подсистемами пользователей двух пунктов сигнализации. МТР не распознает содержимое SIF, кроме этикетки маршрутизации, которая используется для маршрутизации сообщений в сети сигнализации. Не считая этой информации о маршруте, МТР просто передает содержащуюся в SIF информацию от уровня 4 одной АТС к уровню 4 другой АТС.

Обнаружение ошибок осуществляется с помощью 16 проверочных битов, передаваемых в конце каждой сигнальной единицы. Проверочные биты формируются АТС, которая передает сигнальную единицу. Проверочные биты получаются путем применения образующего полинома к информации в сигнальной единице.

Используется следующий образующий полином: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Он выбран таким образом, чтобы

оптимизировать процесс обнаружения пакетов ошибок при передаче.

Проверочные биты образуются из остатка от деления по модулю $2x^k (x^{15}+x^{14}+x^{13}+\dots+x^2+x+1)$ на образующий полином $x^{16}+x^{12}+x^5+1$, где k - количество битов в сигнальной единице между последним битом открывающего флага и первым проверочным битом (исключая их самих, а также вставленные для исключения имитации флага биты), и остатка после умножения на x^{16} и деления на образующий полином $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ содержимого сигнальной единицы также между последним битом открывающего флага и первым проверочным битом (исключая их самих, а также вставленные для исключения имитации флага биты).

Передаваемые проверочные биты являются дополнением до «1» образовавшего остатка 16-битового поля, т.е. «1» меняются на «0» и наоборот. Это изменение производится для того, чтобы минимизировать вероятность ошибки в работе оборудования принимающей станции.

Проверочные биты анализируются на принимающей станции в соответствии с определенным алгоритмом. Если соответствия не обнаружено, регистрируется ошибка, а сигнальная единица стирается. Это стирание MSU приводит в свою очередь в действие механизм исправления ошибок.

Главная задача МТР - передавать сообщения без потерь и дублирования и доставлять их в намеченный пункт назначения в той последовательности, в которой они были переданы. Использование транзитных пунктов сигнализации повышает гибкость МТР. Даже при отказах в сети связи или сети сигнализации МТР может изменить маршрутизацию сообщений для обеспечения доставки сообщений к требуемому пункту назначения без искажения или дублирования.

6.7.2. Подсистема SCCP. Подсистема передачи сообщений МТР представляет собой механизм передачи сообщений, который был специфицирован до того, как была разработана семиуровневая модель взаимосвязи открытых систем (OSI). Подсистема МТР полностью обеспечивает функции, соответствующие уровням 1 и 2 модели OSI, но для обеспечения услуг сетевого уровня модели OSI необходим ряд дополнительных функций.

Эти дополнительные функции реализуются подсистемой управления соединениями сигнализации SCCP. Комбинация МТР и SCCP называется подсистемой службы сети NSP.

Цель SCCP - обеспечить логические соединения для передачи блоков данных сигнализации, ориентированных на соединение или не ориентированных на соединение. То есть, SCCP предоставляет возможность 1 осуществлять по сети связи передачу данных, непосредственно не связанную с конкретным соединением разговорных каналов.

Все услуги SCCP подразделяются на услуги, ориентированные на соединение, и услуги, не ориентированные на соединение.

В *ориентированных на соединение услугах* между двумя соединяющимися узлами перед началом передачи данных устанавливается соединение сигнализации. Оно устанавливается путем обмена местными условными номерами, назначаемыми каждым узлом для идентификации того, к какой транзакции относится данное сообщение. В этом случае любые данные, которые передаются между узлами, включают местные условные номера и, таким образом, связаны с соединением. В результате может обеспечиваться определенное качество обслуживания.

В *услугах, которые не ориентируются на соединение*, SCCP обеспечивает возможность передавать данные по сети сигнализации без установления сигнального

соединения. Имеются два различных механизма передачи сообщений сигнализации: с контролем последовательности доставки сообщений и без такого контроля.

Сообщения SCCP передаются в поле сигнальной информации SIF значащих сигнальных единиц MSU. Для MSU, передающей сообщение SCCP, формат SIF состоит из этикетки маршрутизации, типа сообщения и параметров.

6.7.3. *Подсистема ISUP.* Подсистемы MTP и SCCP обеспечивают весьма мощный механизм передачи, включая возможность динамической маршрутизации, хотя они не могут интерпретировать значения передаваемых сообщений уровня 4. Определяет значение передаваемых сообщений и назначает порядок их передачи, а также взаимодействует с программным обеспечением обслуживания вызовов на станции одна из подсистем пользователя. Для управления установлением соединения и освобождением разговорного тракта, в частности, специфицированы несколько подсистем пользователя ОКС7, в частности, подсистема пользователя телефонной связи (TUP), подсистема пользователя ISDN (ISUP).

Подсистема телефонного пользователя TUP была разработана для управления установлением и разъединением телефонных соединений и являлась европейской версией ОКС7, в то время как на североамериканском континенте гораздо раньше начала внедряться другая подсистема -ISUP. В дополнение к управлению основными телефонными услугами TUP определяет процедуры и форматы для дополнительных услуг. Однако, в силу самой природы ISDN, дополнительные услуги, определенные в ISUP, являются более мощными и используют более современные решения, чем те, которые определены для TUP.

Подсистема пользователя данных DUP была определена на ранней стадии разработки ОКС7 для управления установлением и разъединением соединений передачи данных с коммутацией каналов. Распространение DUP весьма незначительно, и только немногие операторы сети реализовали выделенные сети передачи данных с коммутацией каналов. Требования к передаче данных сегодня удовлетворяются за счет ISUP, в результате чего широкое использование DUP в сетях электросвязи маловероятно.

ISUP устраняет необходимость в подсистемах TUP и DUP. ISUP содержит все функции TUP, но эти функции реализуются более гибко. Также обеспечивается одна из важнейших возможностей протоколов сигнализации из конца в конец, которая позволяет двум станциям обмениваться информацией без участия промежуточных узлов, анализирующих сообщения.

Подсистема ISUP поддерживает два класса услуг: базовый и дополнительные виды обслуживания. Базовый класс услуг обеспечивает установление соединений для передачи речи и/или данных. Дополнительные виды обслуживания представляют собой все остальные, ориентированные на соединение услуги, связанные, иногда, с передачей сообщений уже

после установления основного соединения.

Активно используя переменные и необязательные поля в структурах данных. ISUP является гораздо более гибкой и адаптируемой к изменениям подсистемой, чем TUP. В то же время SCCP по своей природе является не относящейся к разговорному каналу подсистемой и использует поэтому местный условный номер для идентификации конкретной транзакции, а ISUP поддерживает канальный подход идентификации транзакции. То есть в сообщении ISUP используется номер разговорного канала для идентификации информации, относящейся к этому каналу. По этой причине в ISUP (как и в TUP) применяется код идентификации канала CIC.

Сообщения ISUP передаются в поле SIF значащих сигнальных единиц. Поле сигнальной информации состоит из этикетки маршрутизации, кода идентификации канала, типа сообщения и параметров. Параметры подразделяются на обязательную фиксированную часть, обязательную переменную часть и необязательную часть. Код идентификации канала (CIC) указывает номер разговорного канала между двумя станциями, к которому относится сообщение. Так, если используется цифровой тракт 2.048 Мбит/с, то пять младших битов CIC кодируют в двоичном виде речевой временной интервал. Оставшиеся же биты используются, когда необходимо определить, какому ИКМ-потoku принадлежит данный речевой интервал.

Код типа сообщения состоит из поля в один байт и обязателен для всех сообщений. Этот код однозначно определяет функциональное назначение и общую структуру каждого сообщения ISUP.

Для ISUP специфицированы ряд типов сообщений и параметров. Примерами таких типов сообщений являются:

- начальное адресное сообщение (IAM),
- запрос информации (INR),
- сообщение о принятии полного адреса (ACM),
- сообщение ответа (ANM),
- подтверждение выполнения модификации соединения (CMC),
- отказ модифицировать соединение (RCM),
- блокировка (BLO),
- подтверждение блокировки (BLA),
- сообщение ответа от абонентского устройства с автоматическим ответом (например, терминал передачи данных) (CON),
- сообщение ответа (ANM),
- освобождение (REL),
- завершение освобождения (RLC) и др.

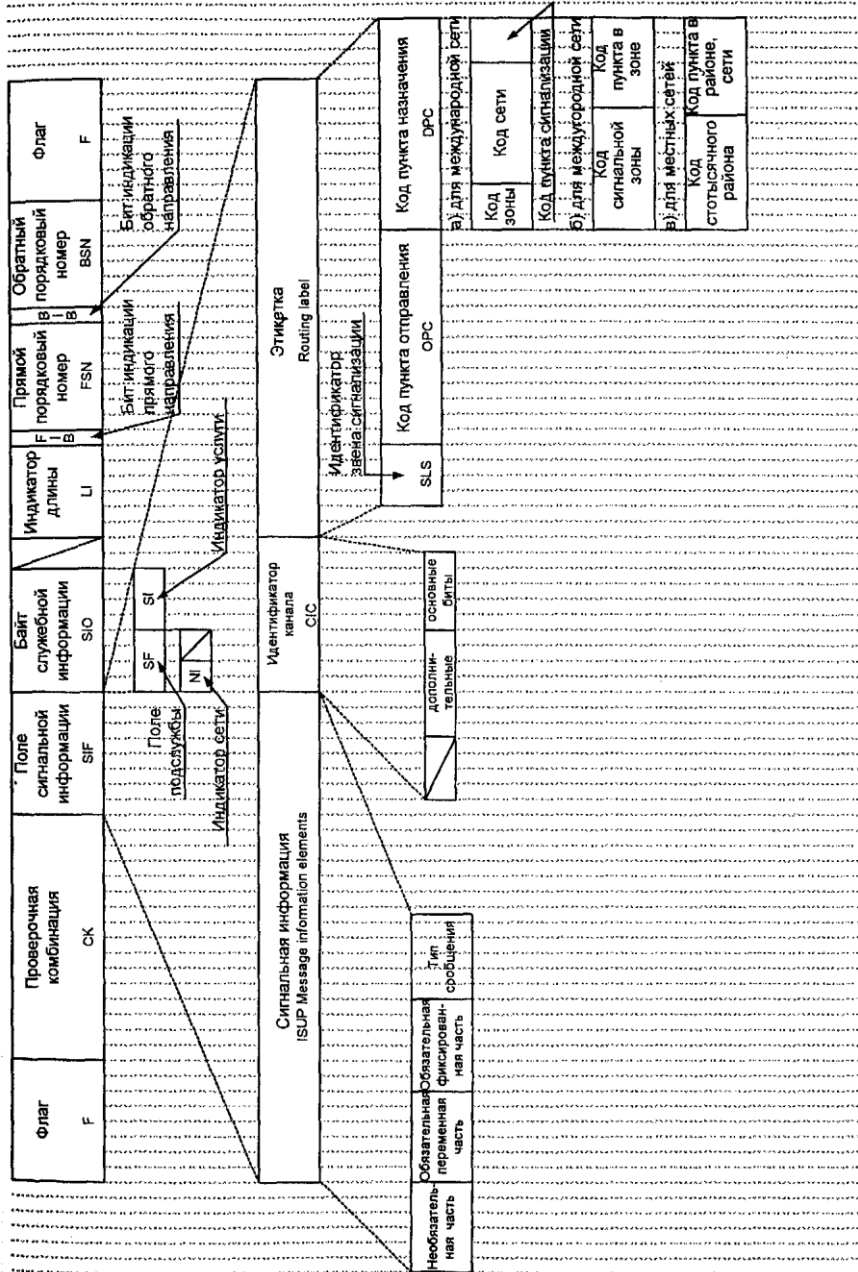


Рис.10.12. Поле сигнальной информации для ISUP

Рис. 6.55 иллюстрирует процедуру установления и разъединения базового соединения. При приеме запроса установления соединения от вызывающего абонента исходящая АТС А анализирует информацию о маршруте и формирует начальное адресное сообщение IAM. Анализ номера вызываемого абонента позволяет исходящей АТС А определить направление маршрутизации вызова. В приведенном на рис. 6.55 примере вызов направляется к транзитной АТС В. Информация в фиксированном обязательном параметре IAM указывает на тип требуемого вызывающим абонентом соединения - соединение 64 Кбит/с. Эта информация посылается к транзитной АТС В, в результате чего соответствующий разговорный тракт проключается в обратном направлении к вызывающему абоненту.

Пример формата сообщения ISUP из рекомендации ITU-T Q.763 приведен на рис.

6.54.



Рис. 6.54. Структура параметров в ISUP

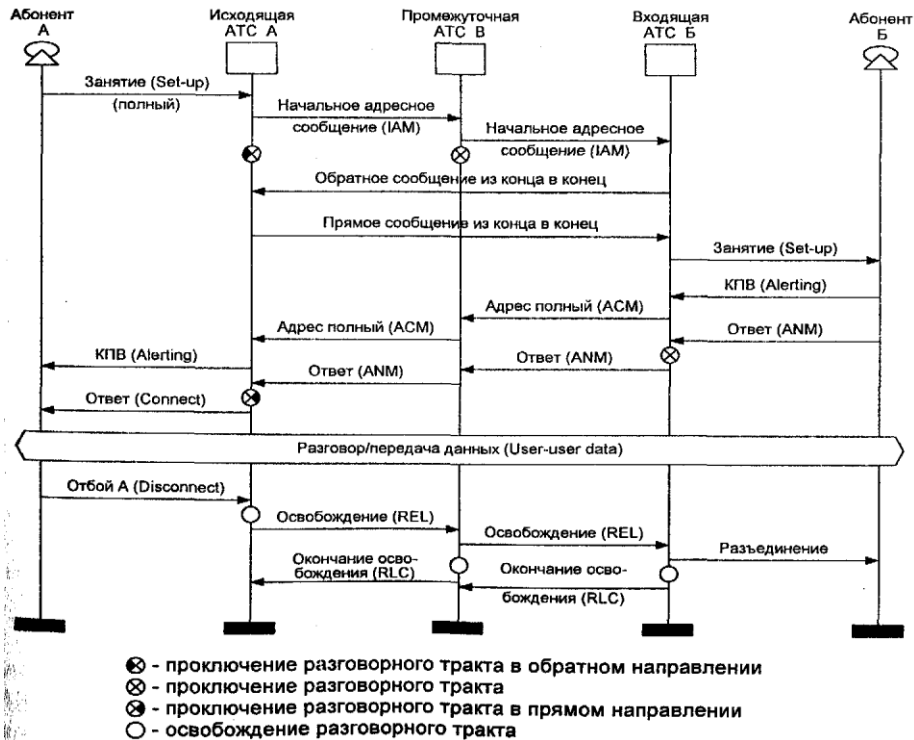


Рис. 6.55. Установление и разъединение базового соединения в ISUP

Проклочение тракта только в обратном направлении на этой стадии позволяет

вызывающей стороне слышать тональные сигналы, посылаемые сетью, но препятствует передаче информации от вызывающей стороны в разговорный тракт. Если используется блочный режим, все адресные цифры, необходимые для маршрутизации вызова к вызываемому абоненту, включаются в сообщение ТАМ. Если используется режим «оверлэп» (overlap), ТАМ посылается тогда, когда приняты только необходимые для маршрутизации к транзитной АТС В цифры, а другие адресные цифры передаются через сеть в последующих адресных сообщениях.

Подсистема ISUP поддерживает целый ряд дополнительных возможностей для телефонных услуг и услуг передачи данных, которые не обеспечивает ТUP. Некоторые из таких дополнительных возможностей реализуются в российской АТСЦ-90 и приводятся в табл. 6.29 в качестве примера.

Таблица 6.29. Некоторые дополнительные услуги ISUP

Q.731 DDI - Прямой набор CLIP - Представление номера вызывающего абонента CLIR - Запрет представления номера вызывающего абонента COLP - Представление номера вызываемого абонента COLR - Запрет представления номера вызываемого абонента MCID - Идентификация злонамеренного вызова SUB - Дополнительная адресация
Q.732 CPB - Переадресация при занятости абонента Б CFNR - Переадресация при отсутствии ответа абонента Б CFU - Переадресация без дополнительных условий CD - Отклонение вызова
Q.733 CW - Извещение об ожидающем входящем вызове CH - Прерывание и возобновление того же самого вызова TP - Переносимость терминала
Q.734 CONF - Конференц-связь ЗРТУ - Связь трех участников
Q.735 CUG - Замкнутая группа пользователей MLPP - Приоритетное обслуживание
Q.737 UUS - Сигнализация "пользователь - пользователь"

Еще одной дополнительной услугой, поддерживаемой ISUP, является модификация во время соединения, которая предоставляет вызывающему и вызываемому абонентам возможность модифицировать характеристики соединения во время разговора или передачи данных. Примером применения этой услуги является случай, когда вызывающий и вызываемый абоненты хотят перейти от режима передачи данных (со скоростью 64 Кбит/с) к разговорному режиму.

6.7.4. *Подсистема возможностей транзакций TCAP.* Подсистема TCAP - это протокол, который вместе с соответствующими услугами сетевого уровня (SCCP и MTP) обеспечивает передачу через сеть информации, не относящейся к каналу.

Одно из применений TCAP заключается в предоставлении механизма доступа

удаленной АТС для инициализации услуги внутри другой АТС. Примером такого использования ТСАР является реализация услуги автоматического ответного вызова при занятости вызываемого абонента. Если абонент А набирает номер абонента Б, который в настоящее время занят другим разговором, то абонент А может набрать код услуги и повесить трубку. Когда вызываемый абонент Б освобождается от первого разговора и становится доступным для нового вызова, АТС абонента Б информирует об этом АТС абонента А с помощью послыки сообщения ТСАР. АТС абонента А посылает вызывной сигнал вызываемому абоненту. После того, как он снимает трубку, осуществляется обычная процедура установления соединения с АТС абонента Б самим абонентом Б. В этом примере имеет место механизм послыки сообщений от АТС Б к АТС А, не связанный с конкретным установлением соединения,

В общем виде вариантами применения ТСАР являются ситуации, когда установление основного соединения наряду с сигнальным соединением невозможно или не требуется (например, при организации доступа к сетевым базам данных, при регистрации местонахождения абонента для связи с подвижными объектами, при обеспечении некоторых дополнительных услуг, при реализации функций эксплуатации, техобслуживания и управления сетью и др.).

В ряде случаев для хранения определенной информации сети может быть использована база данных, хранящаяся в каком-либо выделенном узле сети. Действительно, если данная информация маршрутизации относится только к одному виду службы, то ее хранение в нескольких станциях сети вряд ли целесообразно. Когда требуется получить доступ к информации маршрутизации, между станцией и базой данных происходит обмен информацией, не относящейся к каналу. Этот обмен и обеспечивается подсистемой ТСАР.

Еще одно упомянутое выше использование ТСАР связано с необходимостью для различных видов служб наземной подвижной связи иметь информацию о местонахождении подвижного объекта.

Используется ТСАР и для развития инфраструктуры эксплуатации, техобслуживания и управления сетью. Эти функции, как правило, требуют передачи большого объема не относящейся к каналу информации между узлами.

Во всех известных сегодня вариантах применения ТСАР непосредственно пользуется услугами SССР; а транспортный, сеансовый и представительский уровни модели OSI отсутствуют.

Протокол ТСАР состоит из двух подуровней: нижнего - подуровня транзакции (ТSL) и верхнего - компонентного подуровня (СSL).

Подуровень транзакции управляет установлением и разъединением соединений и определяет три типа сообщения: начало, продолжение и конец. Сообщение начала

инициирует транзакцию, а сообщение продолжения используется во время транзакции.

Подуровень компоненты управляет действиями на удаленном узле и возвращением результатов таких действий. С этой целью осуществляется обмен между соответствующими подуровнями двух узлов путем отправки и приема компонент. Компонента состоит из запроса выполнения операции или ответа на запрос. Например, если станция А приняла номер телефона от вызывающего абонента, который необходимо преобразовать в специализированные данные маршрутизации с помощью базы данных сети, то эта станция посылает компоненту базе данных, запрашивая выполнение преобразования номера. Параметр компоненты содержит этот номер телефона. По завершении преобразования в базе данных компонента возвращается на станцию А в качестве ответа на запрос. Ответ может быть успешным (в этом случае может посылаться компонента возвращения результата) или неуспешным (в этом случае посылается компонента возвращения ошибки). Компонента ответа содержит параметр, включающий в себя информацию маршрутизации.

6.7.5. *Подсистема интеллектуальной сети INAP*. Революционная концепция конструирования телекоммуникационных услуг, созданная в 1984 г. в Bell Laboratory и получившая наименование интеллектуальной сети (IN), строится также исключительно на базе системы общеканальной сигнализации ОКС7.

Согласно концепции IN для ввода новой телекоммуникационной услуги нужно не вносить изменения в уже существующие коммутационные узлы и станции, а построить новый узел, поддерживающий функции этой новой услуги, которая с помощью ОКС7 будет доступна всем абонентам этого нового и ранее установленных узлов.

Сетевые функции IN могут находиться в различных узлах: функции коммутации услуги SSF (Service Switching Function) будут сосредоточены в узле коммутации услуги SSP (Service Switching Point); функции управления услугой SCF (Service Control Function) сосредотачиваются в узле управления услугой SCP (Service Control Point); функции данных услуги SDF (Service Data Function) будут сосредоточены в узле данных услуги SDP (Service Data Point). Так как все эти функции и узлы могут быть разделены между собой как логически, так и физически, их взаимодействие осуществляется по специальному протоколу INAP.

Спецификации этого прикладного протокола интеллектуальной сети INAP приведены в рекомендации Q.1218 и ETS 300 374-1: 1994 г. Европейского института стандартизации (ETSI).

Имеются два основных варианта архитектуры INAP. Первый предназначен для множественного взаимодействия нескольких прикладных процессов со взаимной координацией, а второй вариант ориентирован на взаимодействие одного прикладного процесса с другим.

В случае единичного взаимодействия координационные функции при использовании прикладных элементов ASE выполняются функцией SACF на основании полученных примитивов. SAO представляет совокупность SACF с набором прикладных элементов ASE, которые используются при одиночном взаимодействии между парой физических элементов.

В случае множественного взаимодействия функция MACF выполняет координационные функции среди нескольких SAO, каждый из которых взаимодействует с SAO, находящимся в удаленном физическом узле.

INAP поддерживает любое распределение функциональных элементов по физическим узлам и рассчитан на возможность максимального распределения, т.е. один функциональный элемент в одном узле.

6.7.6. Подсистемы мобильной связи MAP и BSSAP стандарта GSM.

Для пользователей сотовых сетей связи подсистема TCAP обеспечивает поддержку роуминга. Данный термин происходит от английского глагола to roam (бродить) и означает предоставление абонентам сотовой сети возможности пользоваться связью за пределами зоны действия конкретной операторской компании, обслуживающей этих абонентов.

Для организации такой услуги помимо необходимости существования в требуемых регионах сотовых систем, действующих в том же стандарте GSM и имеющих экономические соглашения с исходной операторской компанией, требуется постоянно обновлять сетевую базу данных для того, чтобы хранить в ней текущие местоположения абонентов сотовых сетей.

Одним из протоколов поддержки функционирования мобильных абонентов сотовой телефонной сети является прикладная подсистема Mobile Application Part (MAP). Эта подсистема, базирующаяся на протоколе TCAP, используется для передачи информации роуминга и другой сигнальной информации из одной сотовой сети в другую. Для понимания функций протокола MAP важно подчеркнуть, что он не только и не столько обеспечивает передачу информации между сотовыми системами, но и организует активацию тех или иных операций с удаленного конца, то есть активирует услуги в сотовой сети, которой принадлежит абонент А, с помощью определенных сообщений, поступающих из другой сотовой сети, а также сообщает в обратном направлении результат активации тех или иных услуг.

К основным процедурам MAP относятся регистрация местоположения абонента для сохранения возможности осуществления исходящих и приема входящих вызовов в пределах всей сети; перерегистрация и стирание предыдущей информации о местоположении абонента; дополнительные виды обслуживания; изменение абонентских данных как в HLR, так и в VLR; передача информации о тарификации и др.

Важной функцией MAP и TCAP является процедура хэнд-овера, обеспечивающая

переключение вызова на более качественный радиоканал, управляемый как тем же, так и другим MSC, как это показано на рис. 6.56.

Сценарии и SDL-диаграммы процедур MAP читатель сможет найти в документе I-ETS 300 044 Европейского института по стандартизации в телекоммуникации ETSI, неоднократно упомянутого в книге.

Информация о местоположении абонента должна обновляться каждые несколько минут с помощью сообщений TCAP, передаваемых между мобильными коммутационными центрами для идентификации этого мобильного абонента. Для этого каждый абонент сотовой сети всегда должен быть включен в собственную базу данных, называемую HLR (home location register), которая сохраняет информацию о том, где находится тот или иной мобильный абонент. Эта запись обновляется каждые несколько минут.

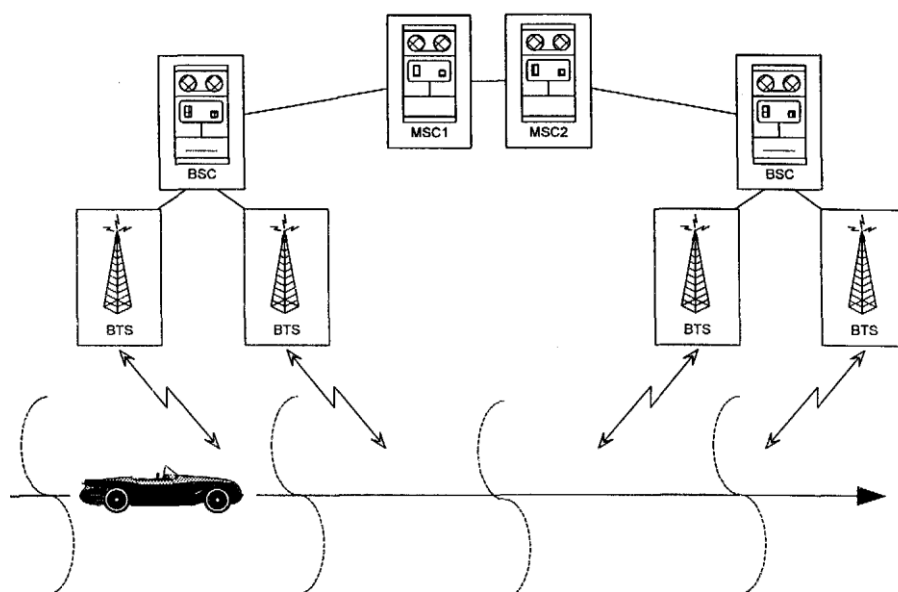


Рис. 6.56. Процедура хенд-овера между BTS и между MSC

Сигнализация ОКС7 используется для выполнения этого обновления, то есть для получения сообщения в базу данных HLR из базы данных VLR (visitor location register) коммутационного узла, в котором временно находится мобильный абонент. Когда вызываемому абоненту поступает входящий вызов, основной регистр HLR определяет, каким образом можно соединиться с абонентом в зависимости от его текущего местоположения. По мере перемещения абонента из одной зоны в другую содержимое основного регистра HLR постоянно обновляется с помощью сообщений ОКС7. Такой механизм позволяет мобильному абоненту абсолютно свободное передвижение в пределах всей сети без риска потерять входящие вызовы, как это показано на рис. 6.57.

Помимо TCAP и MTP протокол MAP также использует подсистему управления соединениями сигнализации SCCP, причем только не ориентированные на соединение классы услуг (классы 0 и 1).

Другая подсистема BSSAP представляет собой протокол для взаимосвязи станций центров коммутации MSC с контроллерами базовых станций BSC. На рис. 6.58 представлена структура BSSAP, состоящая из трех частей: прикладной части управления системой базовых станций BSSMAP (Base Station System Management Application Part), прикладной части для прямой передачи DTAP (Direct Transfer Application Part) и части с функцией разделения сообщений. BSSAP пользуется услугами MTP и SCCP обеих категорий: ориентированной и не ориентированной на соединение.

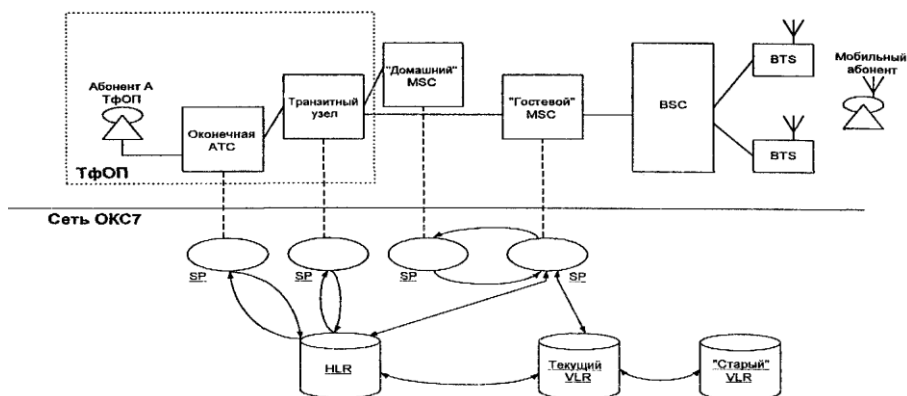


Рис. 6.57. Функционирование сети сигнализации ОКС7 для поддержки услуг мобильной связи

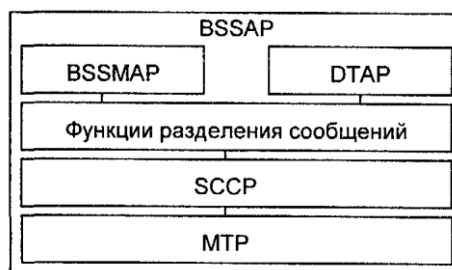


Рис. 6.58. Структура прикладной части BSSAP

6.7.7. Подсистемы мобильной связи MUP и HUP стандарта NMT.

Подсистема MUP ОКС7 предназначена для обеспечения связи при передвижении абонентов между центрами коммутации МТХ сотовых сетей связи стандарта NMT-450 или NMT-900, т.е. для обеспечения роуминга. MUP поддерживает сигнализацию «из конца в конец» между коммутационными узлами МТХ для обновления данных о местоположении подвижного абонента, регистрации и отмены дополнительных услуг, информации маршрутизации и др. Сигнализация MUP передается с помощью тех же сигнальных единиц MSU, структура которых приведена на рис. 6.59.

Номер транзакции всегда назначается инициатором транзакции МТХ и состоит из идентификатора МТХ (12 бит), четырех резервных бит и непосредственно уникального номера транзакции (16 бит).

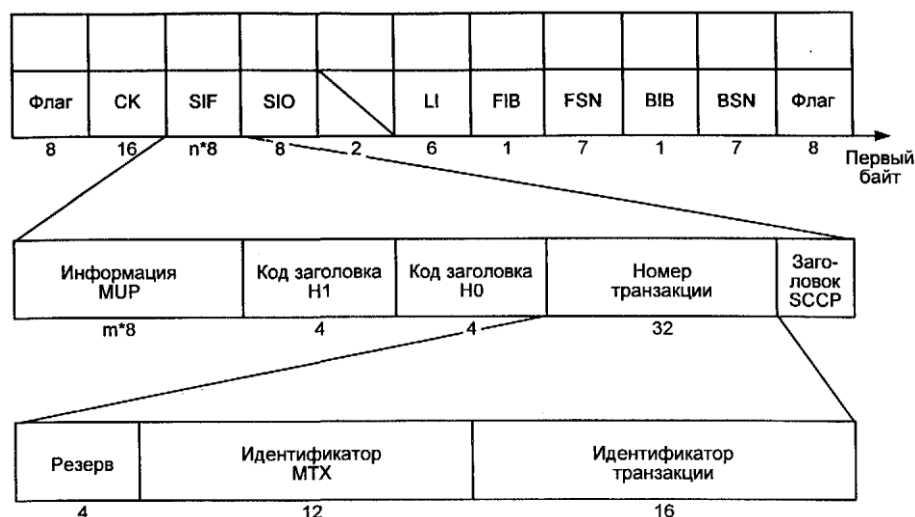


Рис. 6.59. Формат единицы сигнального сообщения

Код заголовка Н0 идентифицирует специфику группы сообщений, в то время как код заголовка Н1 определяет сообщение в группе.

Используются следующие коды заголовка Н0:

0001 - сообщения прямого направления о данных местоположения (LDF - location data forward messages);

0010 - сообщения прямого направления о категории/дополнительных услугах (CSF - category/supplementary services forward messages);

0011 - сообщения обратного направления о данных местоположения (LDB - location data backward messages);

0100 - сообщения обратного направления: категория/дополнительные услуги (CSB - category/supplementary services backward messages);

0101 - резерв;

0100 - сообщения управления и администрирования (MAM - management and administration messages);

ОНО - сигнальные сообщения роуминга (RSM - roaming signalling messages).

6.7.8. Подсистема эксплуатации и технического обслуживания. Пользователем ТСАР является подсистема эксплуатации и техобслуживания (ОМАР). ОМАР позволяет персоналу техобслуживания и эксплуатации контролировать и управлять оборудованием, связанным с сетью сигнализации ОКС7. Таким образом, эксплуатационный персонал может управлять сетью сигнализации из центра технической эксплуатации с помощью протокола, обеспечивающего средства обмена со всеми другими узлами сети. ТСАР же используется для обеспечения передачи информации, не относящейся к каналу, между пунктом управления и узлом (узлами), задействованным для обеспечения функций технического обслуживания и эксплуатации.

К обеспечиваемым ОМАР функциям относятся следующие: управление данными маршрутизации, аттестационные испытания канала, проверочное тестирование маршрутизации МТР и выдача данных об измерениях. Многие элементы ОМАР находятся еще в стадии специфицирования, например, некоторые типы форматов сообщений.

К числу относительно полностью специфицированных функций следует отнести управление данными маршрутизации. Каждый пункт сигнализации в сети хранит данные маршрутизации, используемые для передачи сообщения от одного узла другому. Для эффективной работы сети сигнализации в целом важно, чтобы эксплуатационный персонал мог дистанционно наблюдать и управлять такими данными. В ОМАР специфицированы процедуры для добавления, изменения или удаления данных маршрутизации, хранящихся в удаленных пунктах сигнализации. Также определены процедуры для проверки достоверности таблиц маршрутизации (МТР, SССР) и кодов исходных точек (MRVT, OMASE). Все эти процедуры базируются на подсистеме ТСАР.

Каждая станция в сети сигнализации ОКС7 хранит данные, используемые МТР для передачи сообщений. Эти данные могут быть сложными, особенно если используется несколько транзитных пунктов сигнализации. Цель MRVT заключается в обеспечении согласованности данных по всей сети. Так, тестом проверяется, чтобы сообщения никогда не передавались по петле, чтобы при возможности посылки сообщения одним пунктом сигнализации другому имелась бы также и обратная маршрутизация. MRVT также определяет слишком длинные пути в сети, слишком большие задержки при передаче сигнальной информации в сети. MRVT может инициироваться всякий раз, когда вводятся новые данные МТР (или изменяются существующие данные), периодически или по запросу персонала эксплуатации и техобслуживания.

Процедура включает в себя посылку пунктом сигнализации сообщения MRVT (проверочное тестирование маршрутизации МТР) по всем возможным направлениям согласно указателю пункта назначения. Сообщение направляется через сеть и фиксирует перечень используемых транзитных пунктов сигнализации. Когда сообщение поступает в пункт сигнализации назначения, направляется сообщение подтверждения достоверности маршрутизации MRVA (МТР Routing Verification Acknowledgement), содержащее результат проверки. При необходимости весь список узлов с детальными результатами проверки возвращается инициатору процедуры для сверки данных с хранимыми записями с помощью сообщения MRVR (МТР Routing Verification Result). На рис. 6.60 представлен пример сценария успешной проверки. Процедура работает посредством генерирования кода индикации канала (СIC) на каждой станции. Две величины сравниваются, и если они одинаковы, сигнальные данные, используемые в канале, можно считать правильными. Если две величины не одинаковы, можно предположить, что сигнальные данные на одной из

станций искажены и надо предпринять дальнейшие шаги.

Для подтверждения корректности данных в каналах связи используются аттестационные испытания канала. Рассмотрим две станции, соединенные трактами передачи.

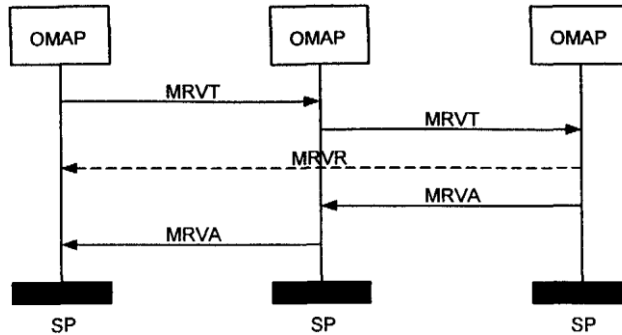


Рис. 6.60. Пример тестирования маршрутизации MTP подсистемой OMAP

Каждая станция хранит данные об определенных временных каналах, используемых для обслуживания вызова. Процедура CVT позволяет персоналу проконтролировать, что обе станции хранят корректные данные, которые позволяют обслужить вызов. Процедура может быть использована в тех случаях, если неисправность не позволяет использовать определенные каналы.

Для эффективного управления сетью сигнализации необходимо измерять эксплуатационные характеристики и характеристики готовности соответствующего оборудования. В OMAP определены процедуры для инициирования и завершения проводимых измерений. Измерения могут производиться периодически на регулярной основе (например, для общего управления сетью) либо по запросу (например, во время исследования эффективности сети или работы в условиях неисправностей). Средства выдачи данных об измерениях обеспечивают возможность сбора данных измерений из различных частей сети сигнализации.

Сложность и разнообразие аспектов технического обслуживания, эксплуатации, тестирования и управления сетью сигнализации являются столь широкомасштабными, что даже существующие рекомендации ИТУ-Т еще не могут считаться завершенными.

7 ЦИФРОВАЯ СЕТЬ С ИНТЕГРАЦИЕЙ СЛУЖБ (ISDN)

Введение. предпосылки появления ISDN

В конце 60-х годов в ведущих западных странах начался активный процесс внедрения цифровых систем передачи на всех уровнях сети, которые благодаря своим улучшенным технико-экономическим показателям стали вытеснять аналоговые системы передачи. Практически одновременно бурными темпами развивалась вычислительная техника, росло производство больших ЭВМ и все больше и больше предприятий переводило свои технологические процессы на компьютерную основу. Поскольку обработка и передача информации как в компьютерной технике, так и в системах передачи имели одну и ту же природу, а именно байтовую структуру, возникла хорошо обоснованная тенденция взаимного проникновения технологий связи и вычислительной техники, что привело к созданию цифровых систем коммутации с централизованным управлением по записанной программе. Таким образом, можно отметить, что "неторопливая" эволюция систем связи с момента изобретения Беллом телефона в течение многих десятилетий до начала семидесятых годов прервалась революционными изменениями. А подлинный технологический "взрыв" в прогрессе развития телекоммуникационных систем вызвало изобретение микропроцессоров в середине семидесятых годов. Ведущие западные фирмы-разработчики оборудования связи быстрыми темпами разработали и стали производить системы коммутации с распределенным управлением, которые практически по всем параметрам превосходили предыдущее поколение систем коммутации, и новые модернизированные системы цифровой передачи. Компьютеры становились все меньше и меньше по размерам, производительность их росла и стала сравнима с производительностью больших ЭВМ, а их стоимость падала. Немаловажным фактором развития микро-ЭВМ и появления персональных компьютеров, стала совместимость уже разработанного программного обеспечения с новой технологической базой. К середине 80-х годов уже была практически создана инфраструктура цифровых каналов передачи и цифровых систем коммутации на местном, междугородном и международном уровнях сетей связи и совершенно естественно встал вопрос о цифровизации последнего участка аналоговой сети связи - абонентского доступа или как его стали называть операторы всего мира - "последней мили". Поскольку реконструкция абонентской сети, по общему мнению, является самой трудоемкой и дорогостоящей частью модернизации всей сети, а также самой массовой в части оборудования, то именно здесь развернулись самые широкие дискуссии о типе интерфейсов и перехлестнулись интересы самых различных фирм. Следует также отметить, что в цифровой среде передача речи и всех видов данных осуществляется единообразно, поэтому у многих разработчиков создалось мнение об интеграции передачи всех видов информации в одной сети связи. Таким образом, были созданы предпосылки для создания ISDN и, наконец,

в 1984 году появились первые рекомендации МККТТ, который попытался объединить многие мнения фирм-производителей оборудования связи в виде единых требований. Первое соединение, интегрировавшее речь, передачу данных и видеоизображения, было осуществлено фирмой AT&T совместно с телефонной компанией Illinois Bell для своих заказчиков - корпорации McDonalds - через коммутируемую сеть общего пользования, оборудованную системами коммутации типа 5ESS, в декабре 1986 года. Без всякого сомнения, этот факт представляет собой историческое событие в развитии отрасли связи. Начиная с 1986 г. стали проводиться ежегодные международные научно-технические конференции по ISDN. Однако, спецификации МККТТ носили рекомендательный характер и допускали многозначность в некоторых положениях. Это привело к тому, что при их реализации различными фирмами-производителями произошли значительные расхождения в протоколах обмена и к нестыковке различных терминалов и систем коммутации. Свою негативную роль сыграла также протекционистская политика практически всех операторов. Создалось положение, когда из-за вышеперечисленных причин абонент ISDN Франции не мог связаться, например, с абонентом ISDN Англии, а международная сеть ISDN представляла собой отдельные "острова", не стыкующиеся друг с другом. Одновременно росла критика самой концепции ISDN со стороны представителей конкурирующих технологий (операторов сетей X.25, компаний, предоставляющих выделенные линии и т.д.). Количество абонентов ISDN росло очень медленно и многие уже решили, что были свидетелями "мертворожденного ребенка". В 1988 году Комиссия Европейского экономического сообщества (ЕЭС) учредила Европейский институт стандартизации в области связи (ETSI), основной целью деятельности которого является разработка единых стандартов для всех стран ЕЭС. 22 страны ЕЭС подписали Меморандум о взаимопонимании, в соответствии с которым к концу 1993 года были выработаны стандарты, так называемой, Euro-ISDN. Что касается России, то позиция Министерства связи РФ заключается в аккредитации своего постоянного представителя в ETSI и выполнении разрабатываемых институтом стандартов с учетом национальных особенностей. После появления стандартов ETSI процесс развития ISDN пошел бурными темпами.

7.1. Определение ISDN, возможности ISDN.

В соответствии с определением МСЭ ISDN - это сеть обеспечивающая полностью цифровые соединения между оконечными устройствами для поддержки широкого спектра речевых и неречевых услуг, доступ к которым осуществляется с помощью ограниченного набора стандартизованных многофункциональных интерфейсов. (Рис. 7.1). Сеть ISDN устанавливает соединение от абонента до абонента по непрерывному цифровому каналу. В ISDN предусмотрены основной доступ, используемый обычно для подключения отдельного абонента и первичный доступ, используемый, как правило, для подключения

учрежденческих станций. Основной и первичный доступ могут быть организованы на парах медных жил существующих абонентских линий. Все установки конкретного пользователя могут иметь один абонентский номер независимо от количества и вида служб связи, которыми пользуется данный абонент. Наличие универсального стыка пользователь-сеть даёт возможность подключать различные оконечные установки для различных видов информации к одной "штепсельной розетке связи".

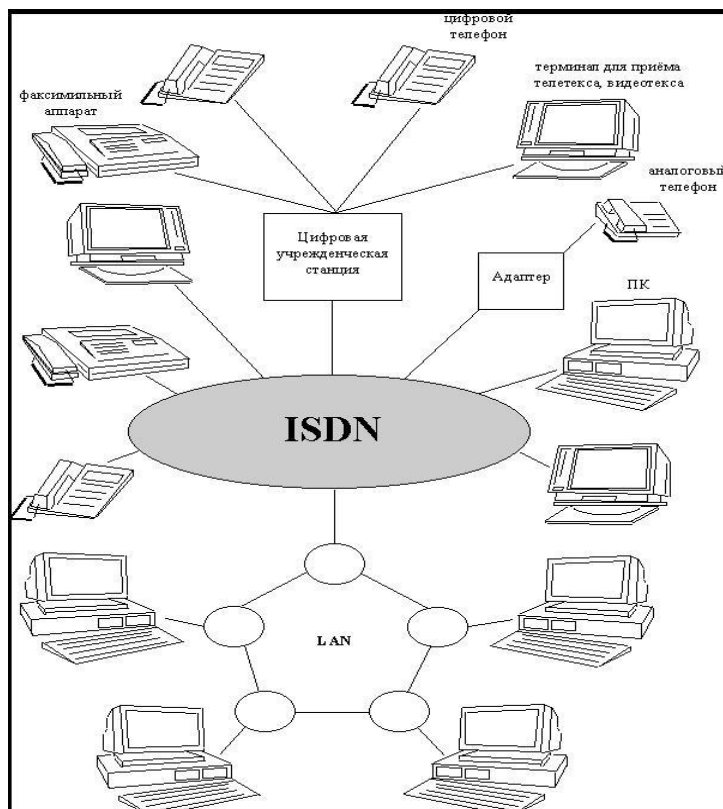


Рис. 7.1. Возможности ISDN.

Сеть ISDN позволяет не только устанавливать соединение между оконечными установками пользователей, но и осуществляет выбор терминала вызываемого пользователя соответствующего виду задействованной услуги и совместимого с терминалом вызывающего пользователя. По сети ISDN можно передать любую информацию, которая может быть представлена в цифровом виде и передаваться по битам. Сеть ISDN совместима с имеющимися телефонными сетями и со всеми видами сетей передачи данных.

7.2. Услуги предоставляемые сетью ISDN.

Сеть ISDN предлагает пользователю большой комплекс услуг связи, получивший название основных услуг. Основные услуги, предоставляемые сетью ISDN делятся на:

- -услуги по передачи информации:
- 3.1 кГц Аудио (3.1 kHz Audio)
- Речь (Speech)
- Передача цифровой информации без ограничений (Unrestricted Digital Info)
- Пакетный режим (Packet Mode)

- -услуги телесервиса:
- Телефакс гр. 2/3 (Telefax Grp. 2/3)
- ISDN Телефония 3.1 кГц (Telephony ISDN 3.1 kHz)
- ISDN Телефония 7 кГц (Telephony ISDN 7 kHz)
- Телефакс гр. 4 (Telefax Grp. 4)
- Телетекс 64 кбит/с (Teletex 64 kbit/s)
- Видеотекс (Videotex)
- Видеотелефония (Videotelephony)

Классификация осуществляется в зависимости от требований, предъявляемых к каждой конкретной услуге уровнями с 1 по 3 (услуги по передачи информации) и с 4 по 7 (услуги телесервиса) модели взаимодействия открытых систем (модель ВОС). Требования, предъявляемые к услугам уровнями с 1 по 3 получили название Bearer Capability (способность к передачи информации), а требования предъявляемые к услугам уровнями с 4 по 7 - High Layer Compatibility (высокоуровневая совместимость). Классификация основных услуг ISDN.

Основные услуги ISDN	Предъявляемые требования	
	Способность к передачи информации	Высокоуровневая совместимость
3.1 кГц Аудио	3.1 AUDIO	-
Речь	SPEECH	-
Цифровая информация без ограничений	UNREST.DIG	-
Пакетный режим	PACKET	-
Телефакс гр.2/3	3.1 AUDIO	FAX GR. 2/3
ISDN Телефония 3.1 кГц	SPEECH	TELEPHONY
ISDN Телефония 7 кГц	UNREST.DIG	TEL 7K
Телефакс гр.4	UNREST.DIG	FAX GR. 4
Телетекс	UNREST.DIG	TELETEX
Видеотекс	UNREST.DIG	VIDEOTEX
Видеотелефония	VIDEO	

7.2.1. Услуги по передачи информации.

7.2.1.1. *Речь (Speech)*. Услуга передачи информации со структурой - 8 кГц, 64 кбит/с в режиме с коммутацией каналов обеспечивает поддержание обмена речевой информацией между точками обмена. Каждая из этих точек обмена может быть либо стыком S, либо совпадением стыков S/T. В сети могут использоваться такие приёмы обработки, подходящие для речи аналогового сигнала, как эхоподавление и низкоскоростное кодирование. Эта категория услуги передачи не предназначена для передачи данных модемами в полосе частот речевого сигнала.

7.2.1.2. *3.1 кГц Аудио (3.1 kHz Audio)*. Услуга передачи информации со структурой - 8 кГц, 64 кбит/с в режиме с коммутацией каналов обеспечивает передачу аудиоинформации в спектре шириной 3.1 кГц и соответствует услуге передачи речи и данных в речевом

диапазоне через модемные устройства, которая широко используется на телефонной сети общего пользования.

7.2.1.3. *Цифровая информация без ограничений (Unrestricted Digital Info)*. Услуга передачи информации без ограничений со структурой - 8 кГц, 64 кбит/с в режиме с коммутацией каналов обеспечивает неограниченный обмен информацией между точками обмена. Каждая из этих точек обмена может быть либо стыком S, либо совпадением стыков S/T.

7.2.1.4. *Пакетный режим (Packet Mode)*. Эта услуга передачи информации обеспечивает передачу информации пользователя без ограничений (без изменения) в пакетном режиме между точками обмена. Каждая из этих точек обмена может быть либо стыком S, либо совпадением стыков S/T.

7.2.1.5. *Услугами более высокого уровня являются услуги телесервиса, к ним относятся:*

- ISDN Телефония 3.1 кГц (Telephony ISDN 3.1 kHz) - В любой момент времени существуют два канала для передачи разговора.

- ISDN Телефония 7 кГц (Telephony ISDN 7 kHz)

Подобна телефонии 3.1 кГц, но в терминальном оборудовании осуществляется специальное кодирование, делающее возможным передачу полосы 7 кГц со скоростью 64 кбит/с.

7.2.1.6. *Телефакс гр. 4 (Telefax Grp. 4)*. Услуга телефакс сегодня страдает от несовершенства оборудования, для передачи страницы формата А4 всё ещё необходимо от 1 до 3 минут. В случае применения услуги телефакс группы 4, обеспечивающей цифровое соединение из конца в конец, значительно возросла эффективность передачи, теперь она составляет менее 10 секунд, а разрешающая способность достигает 300-400 точек на дюйм. Также возможен обмен информацией между факсами группы 3 и группы 4, совместимость реализуется в терминальном оборудовании.

7.2.1.7. *Телетекс 64 кбит/с (Teletex 64 kbit/s)*. Услуга телетекс даёт пользователям возможность обмениваться через сеть связи деловой корреспонденцией в форме документов, содержащих телексно-кодированную информацию. Обмен производится автоматически "из памяти в память". Базовым элементом корреспонденции, которой обмениваются пользователи, является страница формата А4, представляющая собой самую мелкую единицу текста как объекта. При использовании услуги телетекс в других сетях передачи данных требуется приблизительно 12 секунд для передачи со скоростью 2.4 кбит/с одной страницы формата А4. С увеличением темпа передачи в сети ISDN, это время сократилось до 1с.

7.2.1.8. *Видеотекс (Videotex)*. Телеслужба видеотекс является интерактивной

телеслужбой, которая обеспечивает пользователям терминалов видеотекса при помощи стандартизированных процедур через соответствующий доступ возможность связи с базами данных и другими основными компьютерными системами через сеть связи. ISDN видеотекс способствует сегодня развитию и популяризации видеотекса как услуги. Используя комбинации режимов работы с текстом, геометрией и фотографией можно более эффективно передавать текстовую и графическую информацию в смешанном виде. Более быстрая генерация картинки на экране (до 2 секунд) стала возможной при использовании скорости передачи 64 кбит/с.

7.2.1.9. *Видеотелефония (Videotelephony)*. Позволяет передавать цветное малоподвижное изображение и высококачественный звук. При этом для установления одного соединения задействуются оба В-канала, 20% нагрузки приходится на передачу голоса, а 80% нагрузки на передачу изображения. При передаче по сети изображение упаковывается источником и распаковывается приёмником, вследствие чего отстаёт от звука. Функцию синхронизации звука и изображения выполняет терминальное оборудование.

7.2.1.10. *Дополнительные услуги предоставляемые сетью ISDN*. Многие современные оконечные устройства и отдельные коммутационные системы предоставляют ряд дополнительных услуг - это услуги которые не требуют доступа к данным в других устройствах сети. К ним относятся, например: сокращённый набор номера, повтор последнего набранного номера. Кроме услуг подобного рода в ISDN предлагаются ещё услуги для обслуживания вызовов внутри сети ISDN.

Дополнительные услуги предоставляемые сетью ISDN связаны с

- абонентским доступом (подадресация);
- предоставлением информации (немедленное извещение о стоимости вызова);
- соединением (переадресация вызовов).

CUG : Замкнутая группа пользователей.

Позволяет пользователям организовать группу, доступ в которую и из которой ограничен (Рис. 7.2). Конкретный пользователь может быть членом одной и более групп. Члены конкретной группы могут связываться между собой, но, как правило, не могут связываться с пользователями, не входящими в эту группу. Некоторые сети позволяют членам замкнутых групп делать специальные вызовы, выходящие за пределы требований этой группы (например, вызов аварийных служб). Абонент замкнутой группы пользователей не доступен для пользователей, не имеющих полномочий. Услуга позволяет предотвратить утечку информации из сети пользователей, а также предотвращает злоупотребления со стороны посторонних лиц, например, несанкционированный доступ к системе обработки данных, к базам данных. Услуга "Замкнутая группа пользователей" может предоставляться как на уровне национальной сети, так и на уровне международной сети.

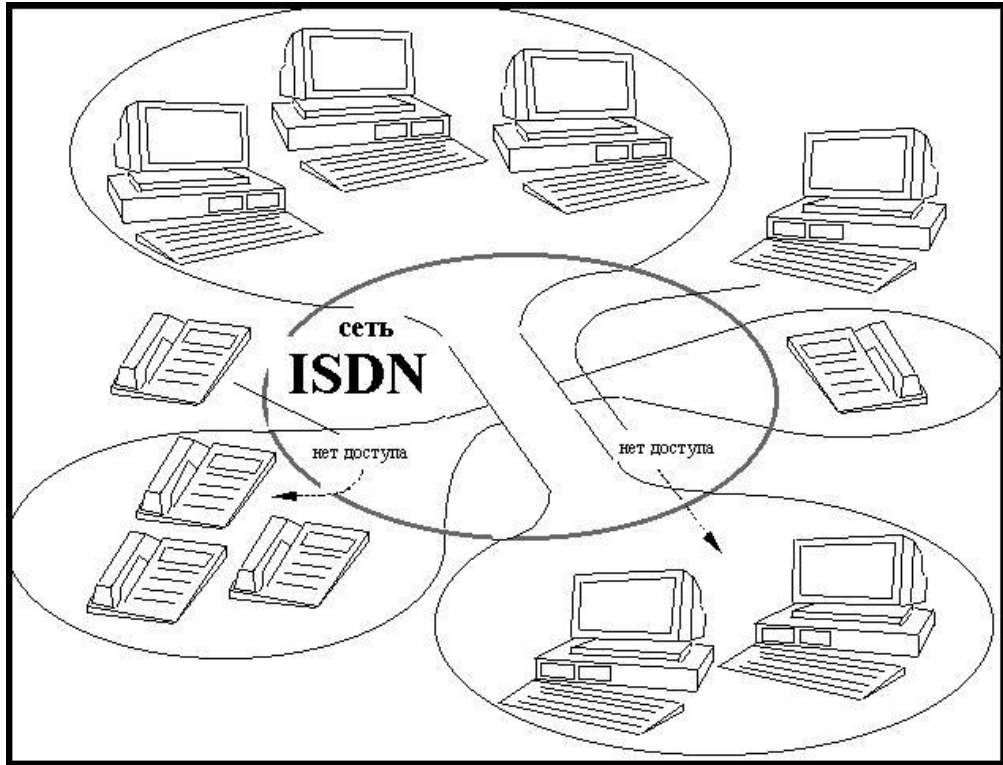


Рис. 7.2. Замкнутая группа пользователей.

PT : Портативность терминала.

В сети ISDN абонент может временно "парковать" существующие соединения. Это позволяет переносить терминальное оборудование по шине от одного гнезда к другому (Рис. 3). Абонент "паркует" своё соединение нажатием соответствующей кнопки на терминале, вынимает штекер телефона из розетки и вновь вставляет его в другое гнездо в другой комнате, повторно активируя вызов нажатием кнопки. Время удержания запаркованного соединения не должно превышать двух минут. Абонент может менять устройства в рамках того же типа услуги. Существующее соединение можно передать на любой другой терминал, предназначенный для той же услуги, и под тем же номером.

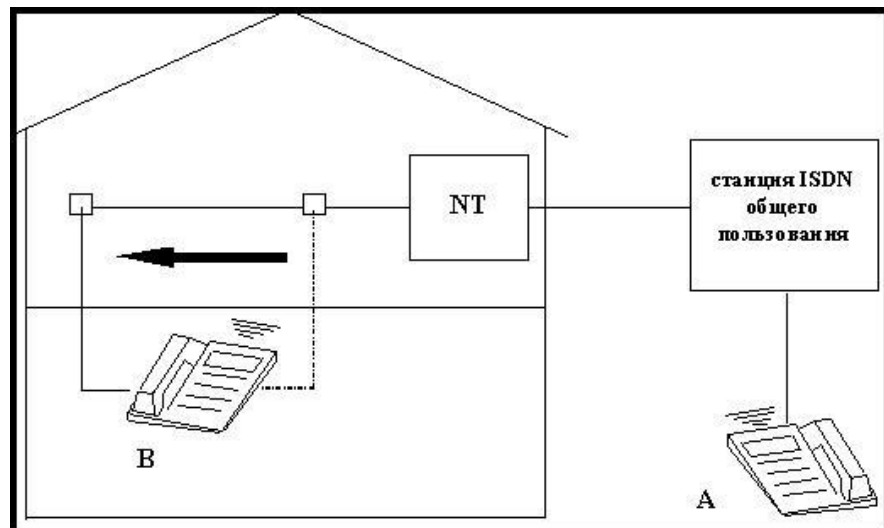


Рис. 7.3. Портативность терминала.

Если терминал стоит в общей комнате и на него приходит вызов, требующий конфиденциального разговора, то пользователь данной услуги может отсоединить терминал, перенести его в другую комнату, вновь подсоединить и продолжить разговор не разрывая соединения. Применение данной услуги целесообразно при ограниченном количестве терминалов, в этом случае ответив на вызов и запарковав соединение можно передать терминал в другую комнату коллеге для продолжения разговора.

MSN : Мультиплексорный номер абонента

Возможность присвоения нескольких номеров одному каналу абонентского доступа (Рис. 7.4). Данная услуга позволяет, например, нескольким организациям, размещающимся в одном здании, арендовать одну линию доступа закрепив за ней несколько номеров (каждый для одной из организаций) и установив на ней несколько терминалов. При вызове любой из этих организаций сигнал поступает только на терминал за которым закреплен набранный номер. Если на такой линии установить один терминал, то он будет отвечать на все поступающие вызовы, но в зависимости от вызываемого номера звуковой сигнал может различаться по тону и (или) громкости. Кроме того, любой из номеров, закрепленный за такой линией, имеет возможность подписаться на разные дополнительные услуги ISDN, независимо от других номеров данной линии. Счета выписываются отдельно для каждого номера. Данная услуга позволяет экономить на аренде абонентских каналов. Применение такой услуги удобно при наличии свободной номерной ёмкости и ограниченных возможностях по организации абонентского доступа.

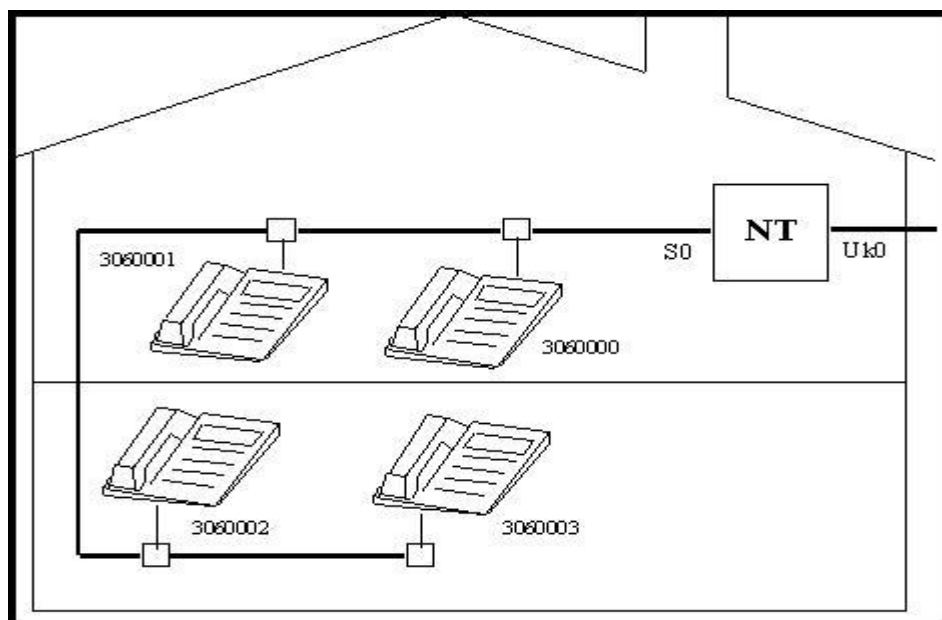


Рис. 7.4. Мультиплексорный номер абонента.

CFB : Перенаправление вызова при занятости абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет в случае занятости обслуживаемого абонента пересылать все входящие вызовы, или только вызовы связанные с определённой

основной услугой (передача данных, видеотекст и т.д.) на другой ISDN номер (Рис. 7.5).

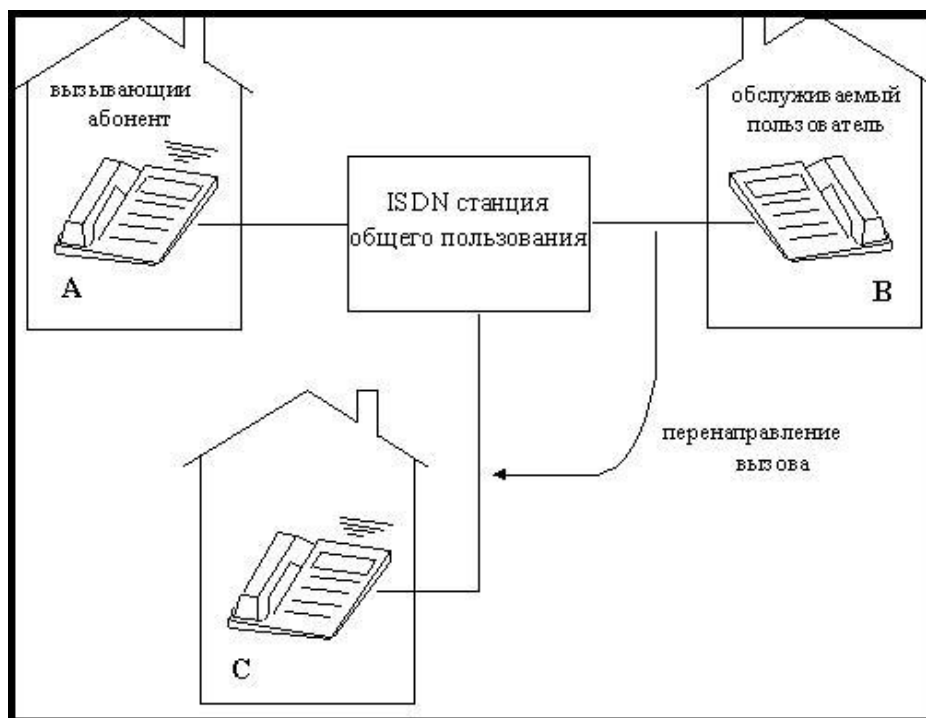


Рис. 7.5. Перенаправление вызова.

"Пересылка вызова при занятости абонента " удобна для использования в любой организации. Например, при занятости номера у руководителя вызовы пересылаются на номер его заместителя или секретаря. Если пользователь имеет универсальный ISDN терминал (например, терминал способный принимать телефакс и обеспечивать телефонную связь), то при его занятости информация пришедшая, например, только по телефаксу будет пересылаться на другой ISDN номер, терминал которого ориентирован на телефакс.

CFU : Безусловное перенаправление вызова.

Данная дополнительная услуга позволяет пересылать все входящие вызовы независимо от состояния терминала обслуживаемого абонента, или только вызовы связанные с определённой основной услугой (передача данных, видеотекст и т.д.) на другой ISDN номер. В случае отъезда пользователя данной услуги в отпуск, командировку и т.д. все вызовы, адресованные на его ISDN номер будут пересылаться на номер его заместителя, партнёра или на номер по которому пользователь будет находиться в момент отъезда. Если пользователь имеет универсальный ISDN терминал (например, терминал способный принимать телефакс и обеспечивать телефонную связь), то информация пришедшая, например, только по телефаксу будет пересылаться на другой ISDN номер ориентированный на телефакс.

CFNR : Перенаправление вызова при отсутствии вызываемого абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет пересылать все вызовы не получившие ответа, или только вызовы связанные с определённой основной услугой (передача данных,

видеотекс и т.д.) с ISDN номера обслуживаемого абонента на другой ISDN номер. В случаях, когда пользователя данной услуги нет на месте, все вызовы адресованные на его ISDN номер и не получающие ответа будут пересылаться на номер его заместителя, партнёра или на номер по которому пользователь может находиться в момент поступления вызова. Если пользователь имеет универсальный ISDN терминал (например, терминал способный принимать телетекс и обеспечивать телефонную связь), то информация пришедшая, например, по цифровому телефону будет пересылаться на другой ISDN номер, по которому установлен телефон (а не компьютер или факс).

DDI : Прямой набор номера.

Данная услуга даёт пользователю возможность прямого вызова через ISDN общего пользования к абоненту учрежденческой ISDN используя нумерацию общего пользования. Услуга прямого набора номера позволяет пользователю заказать номер из системы нумерации общего пользования при наборе которого будет автоматически установлено соединение с абонентом учрежденческой ISDN без донабора цифр.

AOC : Извещение о стоимости вызова.

В сети ISDN оплата разговора может осуществляться по количеству вызовов, либо повременнo. Систему оплаты выбирает Администрация сети. В случаях повременной оплаты стоимость 1 минуты вызова может зависеть от времени суток, дня недели, направления связи. В связи с этим было введено несколько полезных дополнительных услуг, извещающих пользователя о стоимости вызова. В общем случае пользователь получает информацию о стоимости одной минуты разговора в импульсах и о количестве импульсов, отсчитанных от начала разговора. Пользователи имеющие высокоинтеллектуальные терминалы имеют возможность настроить их так, что вместо импульсов будут отсчитываться деньги. Также имеется возможность прервать соединение при достижении определенным пользователем количества импульсов (Рис. 7.6)

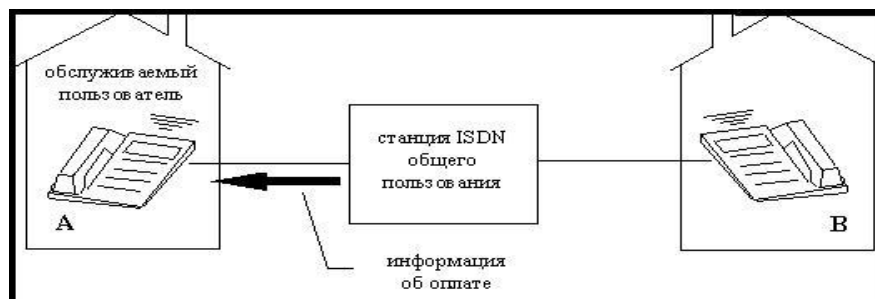


Рис. 7.6. Извещение о стоимости вызова.

AOC - S : Информация о стоимости вызова во время установления соединения.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю получать информацию о текущем тарифе во время запроса соединения, а так же принимать дальнейшую информацию

во время установления соединения, если происходит изменение текущего тарифа. Например, в момент установления соединения (связь ещё не установлена, оплата не взимается) пользователь данной услуги оповещается о текущем тарифе в заданном направлении. В данный момент пользователь может ещё передумать и отменить вызов. Услуга позволяет пользователю выбирать оптимальное время для связи, планировать и экономить свои затраты, не обращаясь к справочникам и справочным службам.

АОС - D : Информация о стоимости вызова во время установленного соединения.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю принимать информацию о зарегистрированной стоимости вызова, когда соединение уже установлено. Услуга позволяет пользователю знать об изменениях текущего тарифа, планировать затраты на связь, своевременно прекратить разговор, если стоимость за него превышает отпущенный денежный лимит.

АОС - E : Информация о стоимости вызова в момент его завершения.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю принимать информацию о зарегистрированной стоимости вызова, когда вызов завершён. Услуга позволяет пользователю узнавать о стоимости вызова сразу после его завершения, вести учёт затрат на связь, не дожидаясь поступления счетов с центра расчёта за услуги связи.

МСІ : Идентификация злонамеренного вызова.

Позволяет пользователю сделать запрос о том, какой источник входящего вызова был зарегистрирован сетью (Рис. 7.7).

Различаются два вида идентификации:

- immediate (немедленная) - в этом случае все вызовы пришедшие по номеру пользователя регистрируются станцией как злонамеренные;
- on request (по запросу) - по команде пользователя, поданной с помощью меню своего терминала текущий вызов регистрируется как злонамеренный.

В результате действия данной услуги станция предоставляет пользователю номер "вредителя".

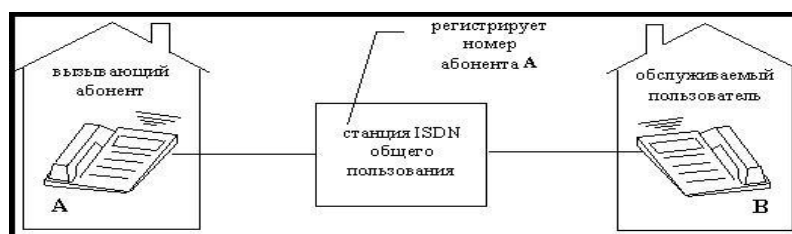


Рис. 7. Идентификация злонамеренного вызова.

SUB : Поадресация.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю расширить свою емкость адресации сверх данного ISDN номера (Рис. 7.8). Данная услуга позволяет, например,

пользователю имеющему несколько терминалов установить для каждого из них дополнительный номер, который используется как идентификатор терминала. Для установления соединения с абонентом, заказавшим данную услугу, необходимо набирать дополнительные цифры под адреса конкретного терминала. Если абонент пользующийся подадресацией имеет несколько цифровых телефонов или факсов каждому из которых присвоен свой подадрес, то вызывающий его абонент указав соответствующий подадрес имеет возможность передать свое сообщение на определенный факс или вызвать конкретный телефон. Если при вызове абонента пользующегося подадресацией не указан подадрес устройства, то соединение не будет установлено. В этом случае подадрес является ключом доступа.

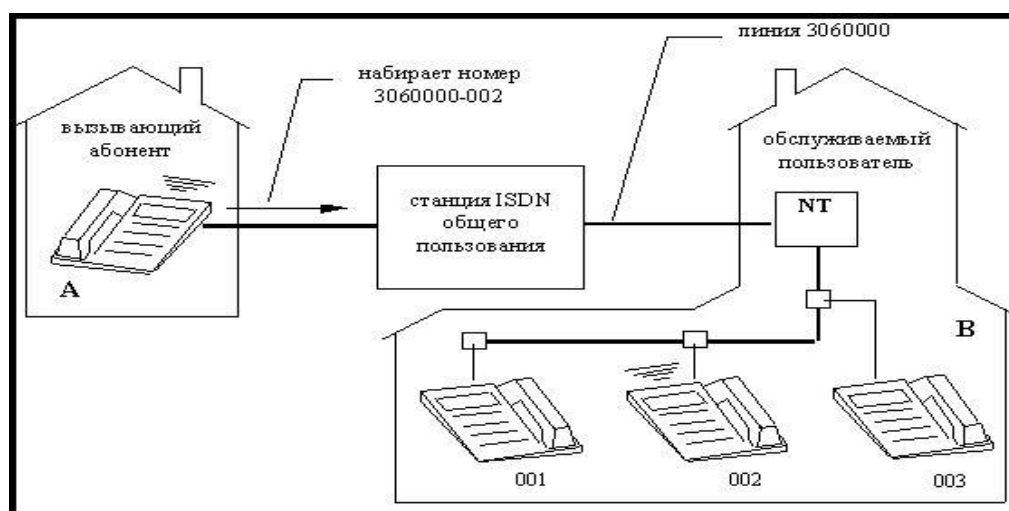


Рис. 7.8. Подадресация.

CLIP : Определение номера вызывающего абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю получить информацию о номере вызывающего его абонента (Рис. 7.9). Результат действия услуги сравним с результатом действия телефона с автоматическим определением номера, пользователю предоставляется ISDN номер абонента пытающегося установить с ним связь. Услуга позволяет пользователю решать с какими абонентами он хочет установить связь, а с какими нет.

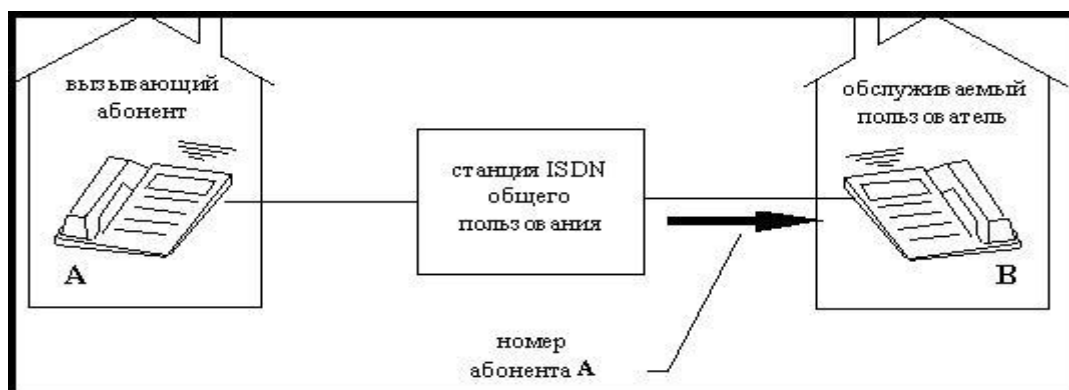


Рис. 7.9. Определение номера вызывающего абонента.

CLIR : Запрет идентификации номера вызывающего абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю не дать себя идентифицировать вызываемой стороне. Если абонент, вызываемый пользователем данной услуги подписался на дополнительную услугу "Идентификация номера вызывающего абонента", услуга CLIR предотвратит определение номера пользователя данной услуги. Услуга позволяет пользователю сохранить свою анонимность, например, при звонках по различным объявлениям о купле - продаже ценного имущества, недвижимости.

COLP : Определение номера вызываемого абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет вызывающей стороне получить информацию о ISDN номере с которым установлено соединение в процессе вызова (Рис. 7.10). Действие услуги проявляется в тех случаях, когда абонент, которого вызывает пользователь этой услуги, подписался на одну из услуг типа "Пересылка вызова при занятости абонента", "Безусловная пересылка вызова", "Перенаправление вызова при отсутствии вызываемого абонента". В результате действия одной из этих дополнительных услуг, поступивший вызов может быть переведён на другой ISDN номер. В этом случае пользователь услуги COLP имеет возможность определить тот ISDN номер с которым действительно установлено соединение.

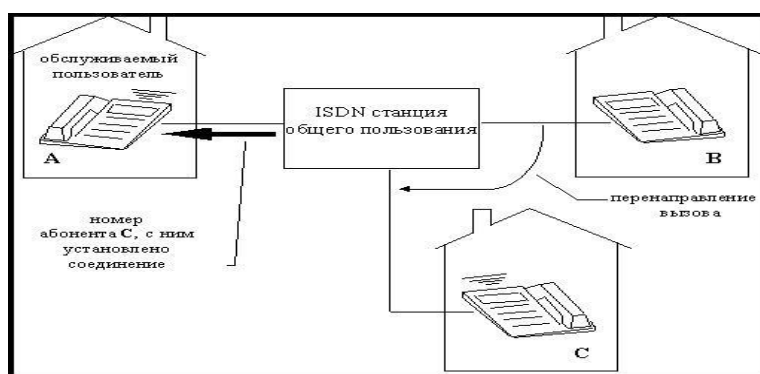


Рис. 7.10. Определение номера вызываемого абонента.

COLR : Запрет идентификации номера вызываемого абонента.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю не дать себя идентифицировать как вызываемой, так и вызывающей стороне. Если абонент вызывающий пользователя данной услуги подписался на дополнительную услугу "Идентификация номера вызываемого абонента", услуга COLR не позволит определить номер пользователя данной услуги. Действие услуги проявляется в тех случаях, когда в результате действия одной из услуг типа "Пересылка вызова при занятости абонента", "Безусловная пересылка вызова", "Перенаправление вызова при отсутствии вызываемого абонента" на номер пользователя данной услуги переводятся вызовы с другого ISDN номера. В этом случае пользователь услуги COLR имеет возможность предотвратить определение своего ISDN номера.

ЗРТУ : Трёхсторонняя связь.

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю устанавливать соединение в трёх направлениях диалога, т.е. одновременную связь между обслуживаемым пользователем и двумя другими абонентами. Если в процессе разговора с каким-нибудь абонентом у обслуживаемого пользователя возникает необходимость подключить к разговору ещё одного абонента, то в таком случае удобно использовать трёхстороннюю связь. Обслуживаемый пользователь устанавливает соединение с первым абонентом, переговорив с ним переводит его в режим ожидания, вызывает второго абонента и установив с ним связь, выбором соответствующей кнопки на терминале активирует соединение либо только с первым абонентом (второй абонент в режиме ожидания), либо только со вторым абонентом (первый абонент в режиме ожидания), либо с обоими абонентами одновременно.

CONF : Расширенная конференц-связь.

Данная услуга позволяет пользователю участвовать и управлять одновременным соединением с несколькими абонентами. Услуга осуществляется посредством задействования на станции специального оборудования для конференц-связи, которое делает возможным конференц-связь между абонентами числом от 4 до 8 (если число абонентов не превышает 3, то используется трёхсторонняя связь - ЗРТУ). Пользователь данной услуги набирает на своём терминале код, с помощью которого задействуется оборудование на станции и активируется услуга расширенной конференц-связи, после этого он набирает номера абонентов, которых он вызывает на связь. Если в процессе такой конференц-связи будут говорить сразу несколько участников, то это затруднит ведение совещания, поэтому станционное оборудование выделяет 3 самых сильных сигнала которые и транслируются всем абонентам.

CW : Вызов с ожиданием.

Данная дополнительная услуга позволяет информировать пользователя о входящем вызове (во время разговора). В этом случае пользователь может либо принять этот вызов, либо игнорировать (Рис. 7.11). Действие услуги "вызов с ожиданием" выглядит следующим образом: во время разговора с первым абонентом пользователь извещается о том, что с ним пытается связаться второй абонент. В такой ситуации пользователь может перевести первого абонента в режим ожидания, соединиться со вторым, поговорить с ним, перевести его в режим ожидания и вернуться к разговору с первым абонентом. Переключаться между первым и вторым абонентом пользователь может произвольное количество раз.

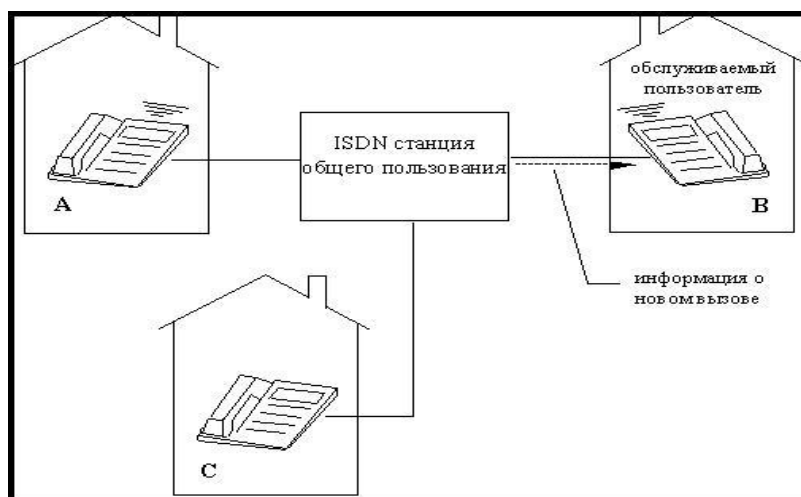


Рис. 7.11. Вызов с ожиданием.

UUS : Сигнализация "Пользователь-Пользователь".

Данная дополнительная услуга позволяет пользователю ISDN посылать/принимать ограниченный объём информации к/от другого пользователя ISDN. Например, один пользователь звонит другому, а его нет дома. В этом случае первый пользователь оставляет своё сообщение: "Ужин в 7 часов", посланное сообщение запоминается терминалом второго абонента. Когда второй пользователь вернётся домой у него будет список всех звонивших номеров и соответствующих им сообщений с указанием времени поступления сообщения. Длина сообщения не должна превышать 128 знаков. Терминал может принять столько сообщений, на сколько рассчитана его ёмкость. Для пользования данной услугой терминал должен быть достаточно интеллектуален. Некоторые терминалы не допускают возможность использования данной услуги, другие имеют несколько "защитых" общеупотребительных фраз типа: "Позвоню позже", "Срочно позвони мне" и т. д. В настоящее время начато производство терминалов имеющих буквенную клавиатуру и позволяющих пользователю самому формировать сообщение.

7.3. Принципы функционирования ISDN

Предварительные условия для функционирования сети ISDN

Предварительные условия для функционирования сети ISDN представлены на рис. 7.12. Они заключаются в:

- - наличия цифровых трактов,
- - наличия станций с услугами ISDN,
- - наличия системы сигнализации №7 между станциями,
- - наличия интерфейсов по базовому или первичному доступу.

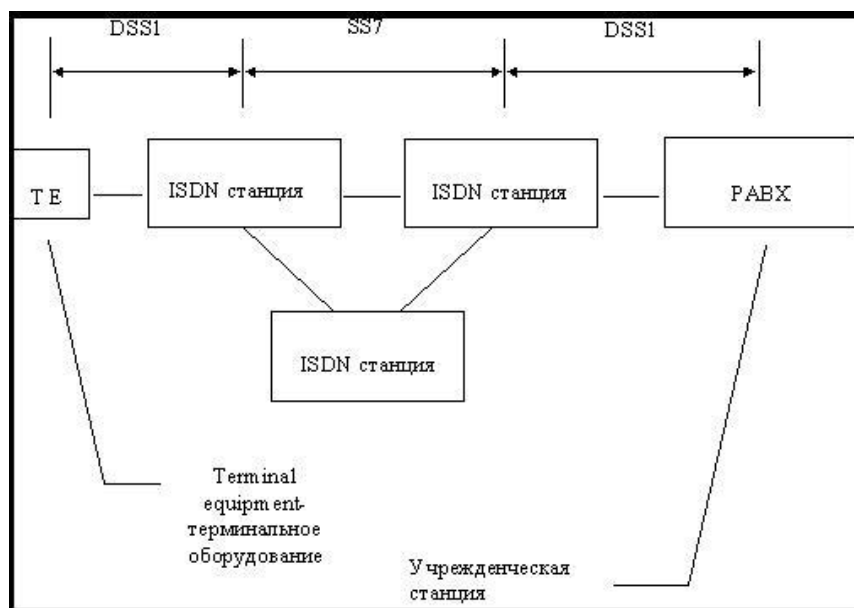


Рис. 7.12. Предварительные условия для функционирования сети ISDN.

7.3.1. Абонентский доступ ISDN может быть реализован:

- по двухпроводной медной паре, такие линии используются в аналоговой телефонии. Этот тип линии называется базовым доступом (basic rate access, BA) и используется для соединения ISDN станции общего пользования с
 - - обычными абонентами
 - - небольшими учрежденческими станциями.
- по четырех проводной медной линии, которой передается поток ИКМ30. Этот тип линии называется первичным доступом (primary rate access, PA) и используется для соединения средних и больших учрежденческих станций с ISDN станцией общего пользования.

7.3.2. Основной доступ ISDN.

Передача цифровой информации по двухпроводной медной паре в сети ISDN возможна со скоростью 160 кбит/с при нормальных условиях (длина кабеля не более 8 км при диаметре поперечного сечения 0.6 мм, или не более 4.2 км при диаметре поперечного сечения 0.4 мм). 160 кбит/с организуются следующим образом (Рис. 7.13):

два канала, каждый по 64 кбит/с, для передачи пользовательской информации (речь, текст, данные и т.д.). Эти каналы называются В-каналами (basic channels B1 and B2); каждый из которых используется индивидуально и коммутируются по вызову. И как результат этого два разных вызова могут осуществляться одновременно и независимо один от другого.

один канал с 16 кбит/с для передачи сигнализации. Этот канал называется D-каналом (delta-channel); он не предназначен для коммутации, а используется как правило для передачи сигнальной информации в виде пакетов сигнальных сообщений (D-channel messages). D-канальные сообщения, независимо от сигнальной информации, могут нести пакетно-ориентированную пользовательскую информацию, если подключено

соответствующие терминальное оборудование.

оставшиеся 16 кбит/с используются для синхронизации и поддержки данных для абонентской линии во время передачи.

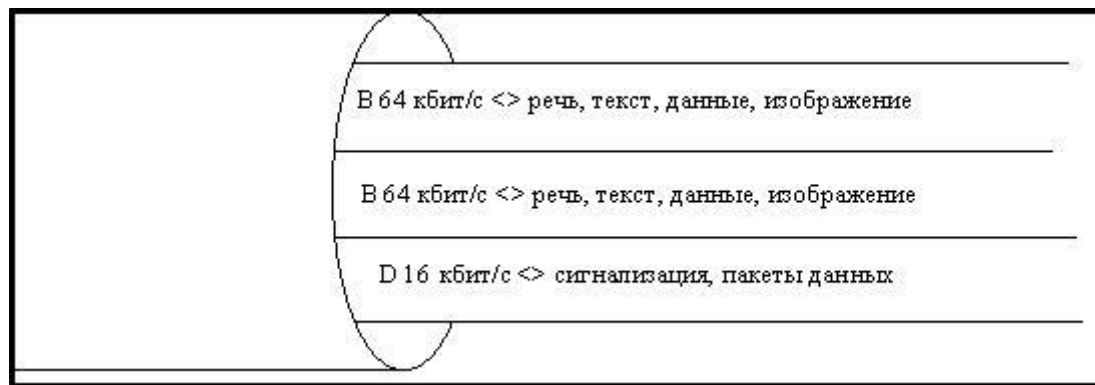


Рис. 7.13. Абонентская линия при основном доступе.

Медная пара, работающая в режиме 2B+D (144 кбит/с полезной информации) с синхронизацией и поддержкой данных (160 кбит/с общей информации) входит в состав Uk0-интерфейса. Со стороны пользователя медная пара заканчивается сетевым окончанием (network termination NT). Сетевое окончание переводит двухпроводной Uk0-интерфейс (160 кбит/с) в четырех проводный S0-интерфейс (192 кбит/с); для случая 2B+D сетевое окончание прозрачно в обоих направлениях. Оператор сети несет ответственность за соединение от станции только до сетевого окончания, а за участок от NT до абонента отвечает абонент. Т.о. наличие NT помогает определить ответственность за ошибки в работе системы (по чьей вине).

7.3.2.1. S0-интерфейс это:

соединительная шина через которую ISDN-совместимое оборудование может соединяться с основной ISDN станцией через стандартный разъём (Рис. 7.14.а). Для учрежденческой станции S0 - интерфейс - это точка в которой учрежденческая станция соединяется с основной ISDN станцией (Рис. 7.14.в). Длина шины S0 не должна превышать одного километра.

7.3.3. Первичный ISDN доступ.

Аналогичен основному доступу, где D-каналом передающим сигнальную информацию для обоих В-каналов (каждый по 64 кбит/с) является временной интервал 16 (time slot 16, со скоростью передачи 64 кбит/с) потока ИКМ30, в котором передается сигнальная информация для всех 30 разговорных каналов (time slot 1-15, 17-31, каждый со скоростью передачи 64 кбит/с). Если линию ИКМ30 использовать для обеспечения первичного доступа ISDN, тогда временные интервалы с 1 по 15 и с 17 по 31 используются как пользовательские каналы (для передачи речи, текста, данных и т.д.), в то время как сигнальная информация передаётся как обычно во временном интервале 16. По аналогии с основным доступом временные интервалы с 1 по 15 и с 17 по 31 называются В-каналами

Подобно основному доступу, В-каналы используются и переключаются индивидуально, а сигнальная информация (D-канальные сообщения) передаются в D-канале. Но в отличие от основного доступа, D-канал здесь используется только для передачи сигнальной информации, пакетно-ориентированные пользовательские данные должны быть отделены от сигнальной информации в учрежденческой станции и передаваться по В-каналам. Поскольку по В-каналам всегда передаются данные со скоростью 64 кбит/с, они обозначаются как В64. Данные по D-каналу могут передаваться со скоростью 16 кбит/с (основной доступ) и со скоростью 64 кбит/с (первичный доступ), такие каналы обозначаются D16 и D64 соответственно. Звено ИКМ, работающее как первичный доступ с $30B64 + D64$ называется Uk2pm интерфейсом или Uk2m интерфейсом. Окончание линии со стороны абонента оформлено как сетевое окончание (NT), где интерфейс Uk2m трансформируется в S2m интерфейс. От NT до учрежденческой станции расстояние не должно превышать одного километра. Учрежденческая станция соединяется с ISDN станцией общего пользования посредством S2m интерфейса. При использовании учрежденческой станции S0-интерфейс выступает как шина для подключения терминального оборудования (Рис. 7.16).

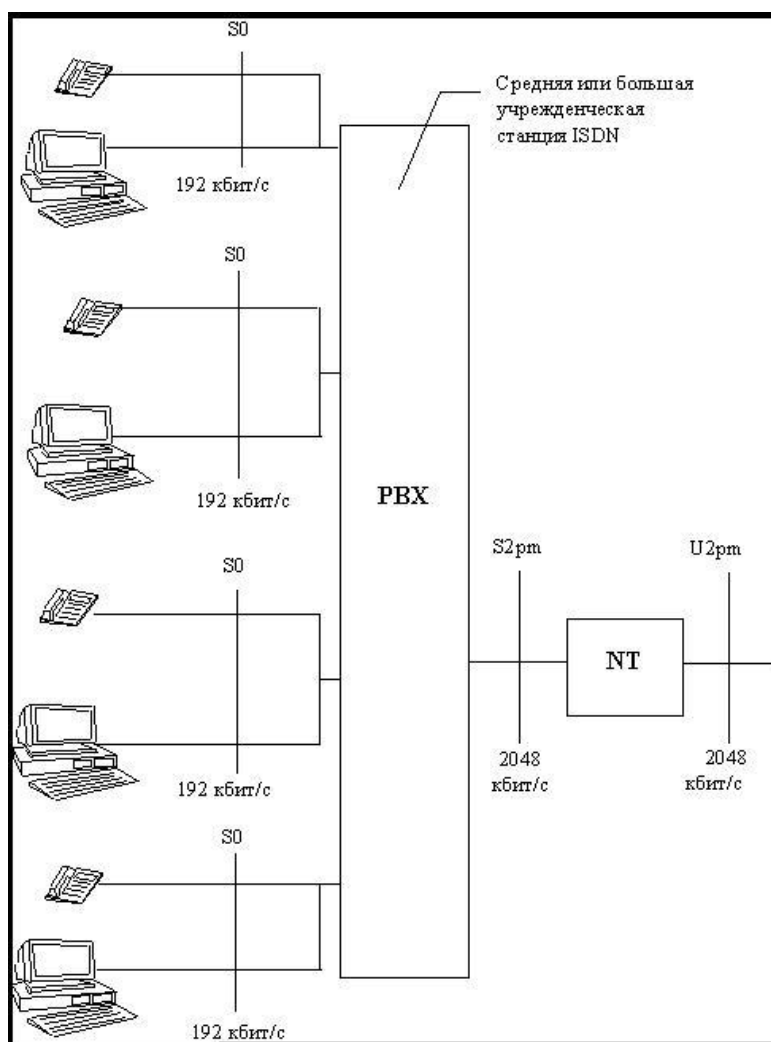


Рис. 7.16 Первичный доступ ISDN.

Каждая локальная станция ISDN предлагает различные типы абонентского доступа (Рис. 7.17):

- аналоговый абонент - могут использовать сеть ISDN только для телефонных аналоговый PABX - вызовов или соединений через модем
- цифровой абонент - так называемые ISDN абоненты, могут пользоваться цифровой PABX - всеми видами услуг сети ISDN в зависимости от присоединённого терминала

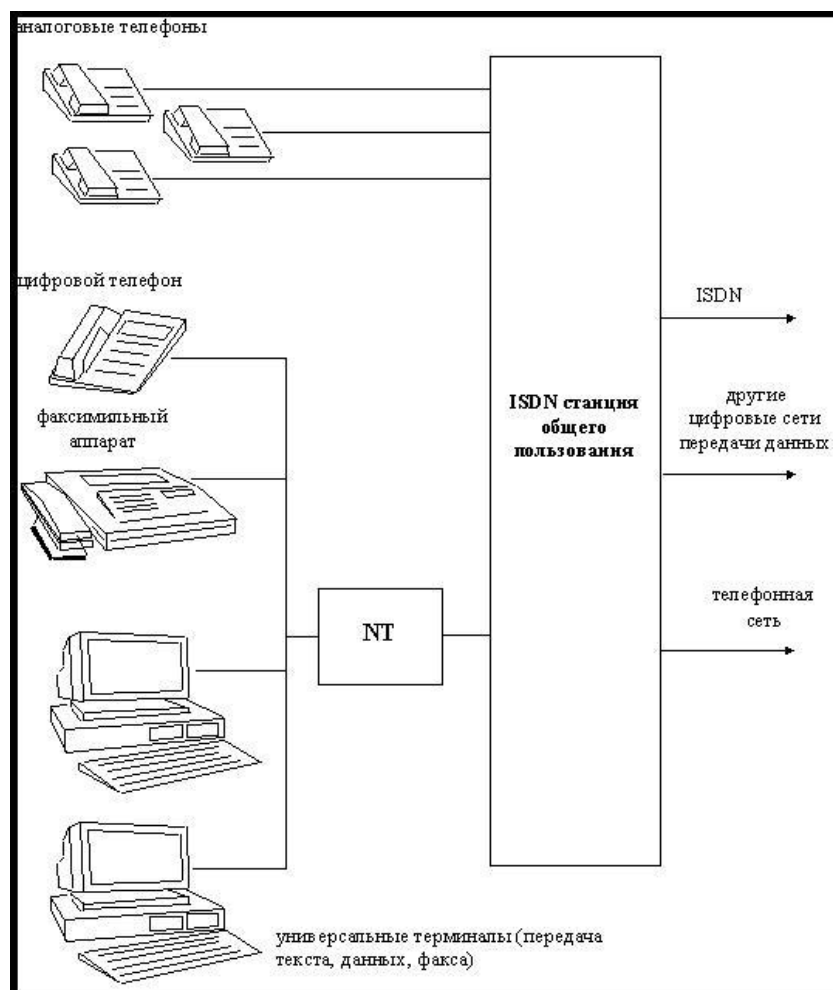


Рис. 7.17. Типы абонентского доступа.

В качестве терминалов для ISDN могут использоваться различные виды коммутационного оборудования. Это оборудование должно только поддерживать интерфейс S0, т.е. 4-проводный интерфейс со скоростью передачи 192 кбит/с. Терминалами могут быть аналоговые и цифровые телефоны, видеотелефоны, персональные компьютеры и другое коммуникационное оборудование. Если терминал не поддерживает интерфейс S0, то он может быть адаптирован к нему посредством терминального адаптера (terminal adapter TA). TA даёт возможность адаптировать поток данных ISDN (64 кбит/с для В-канала и 16 кбит/с для D-канала) со скоростями поддерживаемыми множеством терминалов. С использованием терминальных адаптеров можно адаптировать к сети ISDN оборудование, которое не было специально разработано для работы в этой среде (Рис. 7.18). Персональный компьютер

адаптируется к сети ISDN посредством вставляемой в него ISDN-карты и программного обеспечения (Рис. 7.19). Оборудованный подобным образом, компьютер способен передавать/получать информацию в цифровом виде (текст, данные, картинки), а также использоваться как телефакс группы 3. Доукомплектованный мультимедийным оборудованием (телекамера, колонки), компьютер может выступать в роли видеотелефона, всё это делает ПК универсальным ISDN терминалом.

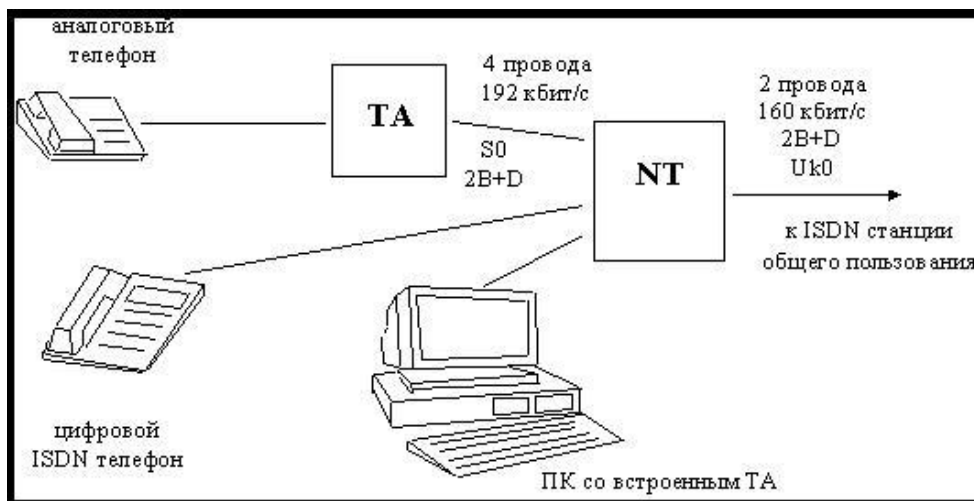


Рис. 7.18. Использование терминального адаптера.

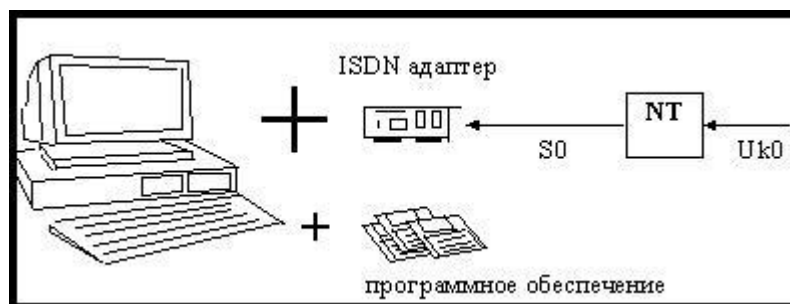


Рис. 7.19 Компьютер - универсальный терминал для ISDN.

7.4. Преимущества ISDN по сравнению с обычными телефонными сетями и сетями передачи данных.

Сеть ISDN обладает возможностями присущими сетям телефонной связи и возможностями сетей передачи данных. Однако в сети ISDN практически все услуги предоставляются с более высоким качеством.

Телефония: улучшенная помехоустойчивость передачи речи благодаря цифровому кодированию; вывод на дисплей дополнительной информации (о текущей тарификации, номере вызывающего абонента и т.д.); качество равное передачи по аналоговому каналу в спектре 7 кГц.

Факсимильная связь: передача страницы формата А4 меньше чем за 10 секунд (по аналоговой или цифровой сети общего пользования - 60 секунд); в 4 раза более высокую

разрешающую способность.

Телетекс: передача страницы формата А4 менее чем за 1 секунду (по аналоговой или цифровой сети общего пользования - 12 секунд); возможен смешанный режим с факсом.

Видеотекс: заполнение экрана дисплея менее чем за 1 секунду (по аналоговой или цифровой сети общего пользования - 8 секунд); улучшенная графика.

Передача данных: до 20 раз быстрее, чем по аналоговой телефонной сети с использованием модемов.

Единая всеобщая сеть связи с унифицированной для всех служб техникой приводит к унификации эксплуатации и технического обслуживания. Архитектура ISDN обладает большой гибкостью и легко развивается, как следствие этого возможно предоставление большого количества дополнительных услуг, число которых постоянно растёт. Гибкость цифровой сети позволяет также вводить новые службы связи при сравнительно низких затратах. Перспективой развития ISDN является широкополосная ISDN. Сеть ISDN легко внедряется, т.к. для абонентских участков не нужно прокладывать новые кабели, а можно воспользоваться старыми. Любая ISDN станция может поддерживать как аналоговых, так и цифровых абонентов, поэтому переход на цифровую сеть будет проходить плавно.

7.5. Стратегия внедрения. принципы взаимодействия с существующими сетями

В настоящее время в развитых западных странах уже практически осуществлён перевод телефонных сетей с аналоговой на цифровую технику передачи и коммутации. Преобразование аналоговой сети в сеть ISDN может осуществляться в соответствии с двумя стратегиями внедрения: с помощью наложенной сети и с помощью островов. Стратегия внедрения с помощью наложенной сети заключается в том, что новая техника размещается так, чтобы охватить всю территорию аналоговой сети. Цифровые станции ISDN соединяются между собой только цифровыми системами передачи и обмениваются сигнальной информацией с помощью протоколов системы сигнализации N7. При этом новая цифровая сеть получается как бы наложенной на старую аналоговую. Сопряжение сети ISDN с существующей сетью обеспечивается минимально возможным числом специальных станций - шлюзов, выполняющих функции согласования систем сигнализации (Рис. 20). Недостатками такой сети является плохая загруженность на первых этапах внедрения каналов наложенной сети, а также ограниченные возможности для трафика. Основной особенностью стратегии внедрения с помощью островов является внедрение цифровой сети и осуществление возможности передачи по ней информации в определённом районе до внедрения цифровой техники передачи и коммутации в других районах. Обе стратегии, приведённые выше, практически не учитывают особенности каждого конкретного региона, поэтому на сети чаще всего применяется их комбинация. Внедрение сети ISDN происходит с

использованием комбинированной стратегии внедрения с помощью наложенной сети островов. Наряду с телефонной сетью имеются ведомственные сети, а также независимые сети передачи данных (Спринт, Интернет). Даже когда ISDN достигнет значительного объёма, многие из этих сетей, а также части аналоговой телефонной сети будут ещё сохраняться. Сеть ISDN предусматривает возможность совместной работы абонентов ISDN с абонентами, пользующимися такими сетями. Сопряжение ISDN и абонентов аналоговой телефонной сети осуществляется по принципу наложенной сети (Рис.7.20)

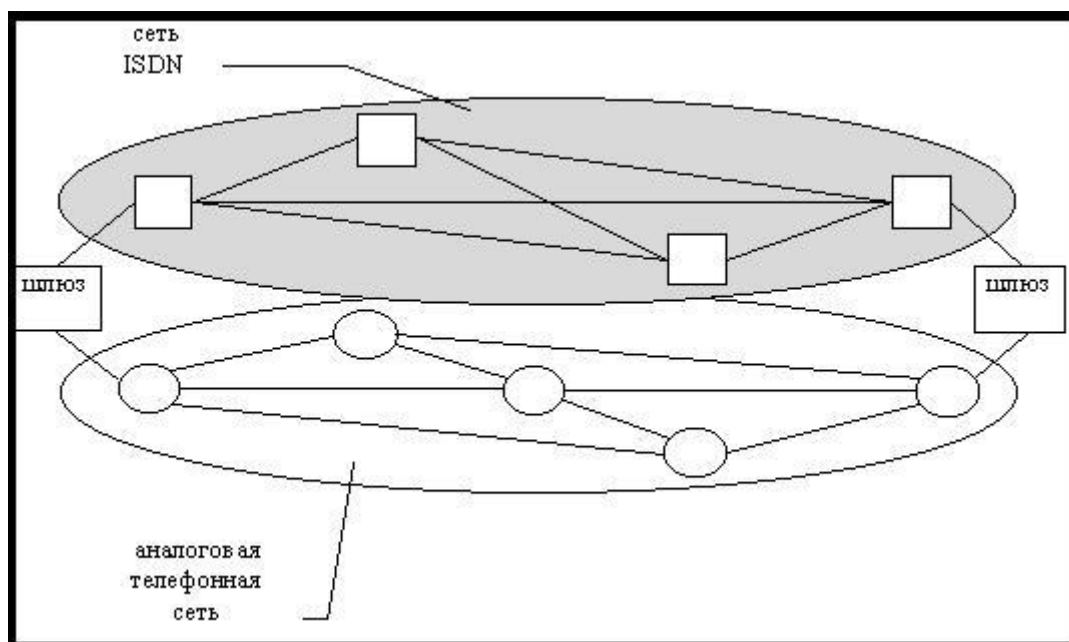


Рис. 7.20. Принцип наложенной сети.

При сопряжении с сетями передачи данных общего пользования с коммутацией каналов или пакетов необходимо учитывать, что это сети обладают собственными протоколами сигнализации, скоростями передачи, а иногда и собственной нумерацией, отличающейся от плана нумерации сети общего пользования. Сопряжение со всеми такими сетями также должно осуществляться через специальный шлюз. В настоящее время уже существуют принципиальные решения для стыковки ISDN с сетями передачи данных общего пользования. Стыковка ISDN с другими сетями осуществляется в соответствии с индивидуальным системным проектом для каждого конкретного региона.

8 ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ

Глобальные сети (Wide Area Networks, WAN), которые также называют территориальными компьютерными сетями, служат для того, чтобы предоставлять свои сервисы большому количеству конечных абонентов, разбросанных по большой территории - в пределах области, региона, страны, континента или всего земного шара. Ввиду большой протяженности каналов связи построение глобальной сети требует очень больших затрат, в которые входит стоимость кабелей и работ по их прокладке, затраты на коммутационное оборудование и промежуточную усилительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую полосу пропускания канала, а также эксплуатационные затраты на постоянное поддержание в работоспособном состоянии разбросанной по большой территории аппаратуры сети.

Типичными абонентами глобальной компьютерной сети являются локальные сети предприятий, расположенные в разных городах и странах, которым нужно обмениваться данными между собой. Услугами глобальных сетей пользуются также и отдельные компьютеры. Крупные компьютеры класса мэйнфреймов обычно обеспечивают доступ к корпоративным данным, в то время как персональные компьютеры используются для доступа к корпоративным данным и публичным данным Internet.

Глобальные сети обычно создаются крупными телекоммуникационными компаниями для оказания платных услуг абонентам. Такие сети называют публичными или общественными. Существуют также такие понятия, как оператор сети и поставщик услуг сети. *Оператор сети (network operator)* - это та компания, которая поддерживает нормальную работу сети. *Поставщик услуг*, часто называемый также провайдером (*service provider*), - та компания, которая оказывает платные услуги абонентам сети. Владелец, оператор и поставщик услуг могут объединяться в одну компанию, а могут представлять и разные компании.

Гораздо реже глобальная сеть полностью создается какой-нибудь крупной корпорацией (такой, например, как Dow Jones или «Транснефть») для своих внутренних нужд. В этом случае сеть называется частной. Очень часто встречается и промежуточный вариант - корпоративная сеть пользуется услугами или оборудованием общественной глобальной сети, но дополняет эти услуги или оборудование своими собственными. Наиболее типичным примером здесь является аренда каналов связи, на основе которых создаются собственные территориальные сети.

Кроме вычислительных глобальных сетей существуют и другие виды территориальных сетей передачи информации. В первую очередь это телефонные и телеграфные сети, работающие на протяжении многих десятков лет, а также телексная сеть.

Ввиду большой стоимости глобальных сетей существует долговременная тенденция создания единой глобальной сети, которая может передавать данные любых типов:

компьютерные данные, телефонные разговоры, факсы, телеграммы, телевизионное изображение, телетекс (передача данных между двумя терминалами), видеотекс (получение хранящихся в сети данных на свой терминал) и т. д. Существенного прогресса в этой области не достигнуто, хотя технологии для создания таких сетей начали разрабатываться достаточно давно - первая технология для интеграции телекоммуникационных услуг ISDN стала развиваться с начала 70-х годов. Пока каждый тип сети существует отдельно и наиболее тесная их интеграция достигнута в области использования общих первичных сетей - сетей PDH и SDH, с помощью которых сегодня создаются постоянные каналы в сетях с коммутацией абонентов. Тем не менее каждая из технологий, как компьютерных сетей, так и телефонных, старается сегодня передавать «чужой» для нее трафик с максимальной эффективностью, а попытки создать интегрированные сети на новом витке развития технологий продолжаются под преемственным названием Broadband ISDN (B-ISDN), то есть широкополосной (высокоскоростной) сети с интеграцией услуг. Сети B-ISDN будут основываться на технологии АТМ, как универсальном транспорте, и поддерживать различные службы верхнего уровня для распространения конечным пользователям сети разнообразной информации - компьютерных данных, аудио- и видеoinформации, а также организации интерактивного взаимодействия пользователей.

8.1. Основные понятия и определения

Хотя в основе локальных и глобальных вычислительных сетей лежит один и тот же метод - метод коммутации пакетов, глобальные сети имеют достаточно много отличий от локальных сетей. Эти отличия касаются как принципов работы (например, принципы маршрутизации почти во всех типах глобальных сетей, кроме сетей TCP/IP, основаны на предварительном образовании виртуального канала), так и терминологии. Поэтому целесообразно изучение глобальных сетей начать с основных понятий и определений.

8.1.1. Обобщенная структура и функции глобальной сети. Транспортные функции глобальной сети.

В идеале глобальная вычислительная сеть должна передавать данные абонентов любых типов, которые есть на предприятии и нуждаются в удаленном обмене информацией. Для этого глобальная сеть должна предоставлять комплекс услуг: передачу пакетов локальных сетей, передачу пакетов мини-компьютеров и мейнфреймов, обмен факсами, передачу трафика офисных АТС, выход в городские, междугородные и международные телефонные сети, обмен видеоизображениями для организации видеоконференций, передачу трафика кассовых аппаратов, банкоматов и т. д. и т. п. Основные типы потенциальных потребителей услуг глобальной компьютерной сети изображены на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Абоненты глобальной сети

Нужно подчеркнуть, что когда идет речь о передаче трафика офисных АТС, то имеется в виду обеспечение разговоров только между сотрудниками различных филиалов одного предприятия, а не замена городской, национальной или международной телефонной сети. Трафик внутренних телефонных разговоров имеет невысокую интенсивность и невысокие требования к качеству передачи голоса, поэтому многие компьютерные технологии глобальных сетей, например *frame relay*, справляются с такой упрощенной задачей.

Большинство территориальных компьютерных сетей в настоящее время обеспечивают только передачу компьютерных данных, но количество сетей, которые могут передавать остальные типы данных, постоянно растет.

Термин «передача данных» в территориальных сетях используется в узком смысле и означает передачу только компьютерных данных, а передачу речи и изображения обычно к передаче данных не относят.

8.2. Высокоуровневые услуги глобальных сетей.

Из рассмотренного списка услуг, которые глобальная сеть предоставляет конечным пользователям, видно, что в основном она используется как транзитный транспортный механизм, предоставляющий только услуги трех нижних уровней модели OSI. Действительно, при построении корпоративной сети сами данные хранятся и вырабатываются в компьютерах, принадлежащих локальным сетям этого предприятия, а глобальная сеть их только переносит из одной локальной сети в другую. Поэтому в локальной сети реализуются все семь уровней модели OSI, включая прикладной, которые предоставляют доступ к данным, преобразуют их форму, организуют защиту информации от несанкционированного доступа.

Однако в последнее время функции глобальной сети, относящиеся к верхним уровням стека протоколов, стали играть заметную роль в вычислительных сетях. Это связано в

первую очередь с популярностью информации, предоставляемой публично сетью Internet. Список высокоуровневых услуг, который предоставляет Internet, достаточно широк. Кроме доступа к гипертекстовой информации Web-узлов с большим количеством перекрестных ссылок, которые делают источником данных не отдельные компьютеры, а действительно всю глобальную сеть, здесь нужно отметить и широковещательное распространение звукозаписей, составляющее конкуренцию радиовещанию, организацию интерактивных «бесед» - chat, организацию конференций по интересам (служба News), поиск информации и ее доставку по индивидуальным заказам и многое другое.

Эти информационные (а не транспортные) услуги оказывают большое влияние не только на домашних пользователей, но и на работу сотрудников предприятий, которые пользуются профессиональной информацией, публикуемой другими предприятиями в Internet, в своей повседневной деятельности, общаются с коллегами с помощью конференций и chat, часто таким образом достаточно быстро выясняя наболевшие нерешенные вопросы.

Информационные услуги Internet оказали влияние на традиционные способы доступа к разделяемым ресурсам, на протяжении многих лет применявшиеся в локальных сетях. Все больше корпоративной информации «для служебного пользования» распространяется среди сотрудников предприятия с помощью Web-службы, заменив многочисленные индивидуальные программные надстройки над базами данных, в больших количествах разрабатываемые на предприятиях. Появился специальный термин - *intranet*, который применяется в тех случаях, когда технологии Internet переносятся в корпоративную сеть. К технологиям intranet относят не только службу Web, но и использование Internet как глобальной транспортной сети, соединяющей локальные сети предприятия, а также все информационные технологии верхних уровней, появившиеся первоначально в Internet и поставленные на службу корпоративной сети.

В результате глобальные и локальные сети постепенно сближаются за счет взаимопроникновения технологий разных уровней - от транспортных до прикладных. Глобальные сети при построении корпоративных сетей в основном пока используются именно в качестве транспортных.

8.3. Структура глобальной сети.

Типичный пример структуры глобальной компьютерной сети приведен на рис. 8.2. Здесь используются следующие обозначения: S (switch) - коммутаторы, К - компьютеры, R (router) - маршрутизаторы, MUX (multiplexor) - мультиплексор, UNI (User-Network Interface) - интерфейс пользователь - сеть и NNI (Network-Network Interface) - интерфейс сеть - сеть.

Кроме того, офисная АТС обозначена аббревиатурой PBX, а маленькими черными квадратиками - устройства DCE, о которых будет рассказано ниже.

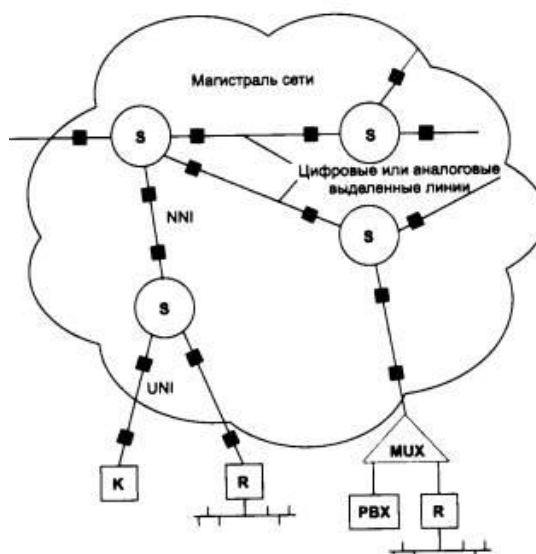


Рис. 8.2. Пример структуры глобальной сети

Сеть строится на основе некоммутируемых (выделенных) каналов связи, которые соединяют коммутаторы глобальной сети между собой. Коммутаторы называют также *центрами коммутации пакетов (ЦКП)*, то есть они являются коммутаторами пакетов, которые в разных технологиях глобальных сетей могут иметь и другие названия - кадры, ячейки cell. Как и в технологиях локальных сетей принципиальной разницы между этими единицами данных нет, однако в некоторых технологиях есть традиционные названия, которые к тому же часто отражают специфику обработки пакетов. Например, кадр технологии frame relay редко называют пакетом, поскольку он не инкапсулируется в кадр или пакет более низкого уровня и обрабатывается протоколом канального уровня.

Коммутаторы устанавливаются в тех географических пунктах, в которых требуется ответвление или слияние потоков данных конечных абонентов или магистральных каналов, переносящих данные многих абонентов. Естественно, выбор мест расположения коммутаторов определяется многими соображениями, в которые включается также возможность обслуживания коммутаторов квалифицированным персоналом, наличие выделенных каналов связи в данном пункте, надежность сети, определяемая избыточными связями между коммутаторами.

Абоненты сети подключаются к коммутаторам в общем случае также с помощью выделенных каналов связи. Эти каналы связи имеют более низкую пропускную способность, чем магистральные каналы, объединяющие коммутаторы, иначе сеть бы не справилась с потоками данных своих многочисленных пользователей. Для подключения конечных пользователей допускается использование коммутируемых каналов, то есть каналов телефонных сетей, хотя в таком случае качество транспортных услуг обычно ухудшается.

Принципиально замена выделенного канала на коммутируемый ничего не меняет, но вносятся дополнительные задержки, отказы и разрывы канала по вине сети с коммутацией каналов, которая в таком случае становится промежуточным звеном между пользователем и сетью с коммутацией пакетов. Кроме того, в аналоговых телефонных сетях канал обычно имеет низкое качество из-за высокого уровня шумов. Применение коммутируемых каналов на магистральных связях коммутатор-коммутатор также возможно, но по тем же причинам весьма нежелательно.

В глобальной сети наличие большого количества абонентов с невысоким средним уровнем трафика весьма желательно - именно в этом случае начинают в наибольшей степени проявляться выгоды метода коммутации пакетов. Если же абонентов мало и каждый из них создает трафик большой интенсивности (по сравнению с возможностями каналов и коммутаторов сети), то равномерное распределение во времени пульсаций трафика становится маловероятным и для качественного обслуживания абонентов необходимо использовать сеть с низким коэффициентом нагрузки.

Конечные узлы глобальной сети более разнообразны, чем конечные узлы локальной сети. На рис. 8.2. показаны основные типы конечных узлов глобальной сети: отдельные компьютеры К, локальные сети, маршрутизаторы R и мультиплексоры MUX, которые используются для одновременной передачи по компьютерной сети данных и голоса (или изображения). Все эти устройства вырабатывают данные для передачи в глобальной сети, поэтому являются для нее устройствами типа DTE (Data Terminal Equipment). Локальная сеть отделена от глобальной маршрутизатором или удаленным мостом (который на рисунке не показан), поэтому для глобальной сети она представлена единым устройством DTE - портом маршрутизатора или моста.

При передаче данных через глобальную сеть *мосты* и *маршрутизаторы*, работают в соответствии с той же логикой, что и при соединении локальных сетей. Мосты, которые в этом случае называются *удаленными мостами (remote bridges)*, строят таблицу MAC - адресов на основании проходящего через них трафика, и по данным этой таблицы принимают решение - передавать кадры в удаленную сеть или нет. В отличие от своих локальных собратьев, удаленные мосты выпускаются и сегодня, привлекая сетевых интеграторов тем, что их не нужно конфигурировать, а в удаленных офисах, где нет квалифицированного обслуживающего персонала, это свойство оказывается очень полезным. Маршрутизаторы принимают решение на основании номера сети пакета какого-либо протокола сетевого уровня (например, IP или IPX) и, если пакет нужно переправить следующему маршрутизатору по глобальной сети, например frame relay, упаковывают его в кадр этой сети, снабжают соответствующим аппаратным адресом следующего маршрутизатора и отправляют в глобальную сеть.

Мультиплексоры «голос - данные» предназначены для совмещения в рамках одной территориальной сети компьютерного и голосового трафиков. Так как рассматриваемая глобальная сеть передает данные в виде пакетов, то мультиплексоры «голос - данные», работающие на сети данного типа, упаковывают голосовую информацию в кадры или пакеты территориальной сети и передают их ближайшему коммутатору точно так же, как и любой конечный узел глобальной сети, то есть мост или маршрутизатор. Если глобальная сеть поддерживает приоритезацию трафика, то кадрам голосового трафика мультиплексор присваивает наивысший приоритет, чтобы коммутаторы обрабатывали и продвигали их в первую очередь. Приемный узел на другом конце глобальной сети также должен быть мультиплексором «голос - данные», который должен понять, что за тип данных находится в пакете - замеры голоса или пакеты компьютерных данных, - и отсортировать эти данные по своим выходам. Голосовые данные направляются офисной АТС, а компьютерные данные поступают через маршрутизатор в локальную сеть. Часто модуль мультиплексора «голос - данные» встраивается в маршрутизатор. Для передачи голоса в наибольшей степени подходят технологии, работающие с предварительным резервированием полосы пропускания для соединения абонентов, - frame relay, АТМ.

Так как конечные узлы глобальной сети должны передавать данные по каналу связи определенного стандарта, то каждое устройство типа DTE требуется оснастить устройством типа DCE (Data Circuit terminating Equipment) которое обеспечивает необходимый протокол физического уровня данного канала. В зависимости от типа канала для связи с каналами глобальных сетей используются DCE трех основных типов: модемы для работы по выделенным и коммутируемым аналоговым каналам, устройства DSU/CSU для работы по цифровым выделенным каналам сетей технологии TDM и терминальные адаптеры (ТА) для работы по цифровым каналам сетей ISDN. Устройства DTE и DCE обобщенно называют оборудованием, размещаемым на территории абонента глобальной сети - Customer Premises Equipment, CPE.

Если предприятие не строит свою территориальную сеть, а пользуется услугами общественной, то внутренняя структура этой сети его не интересует. Для абонента общественной сети главное - это предоставляемые сетью услуги и четкое определение интерфейса взаимодействия с сетью, чтобы его окончное оборудование и программное обеспечение корректно сопрягались с соответствующим оборудованием и программным обеспечением общественной сети.

Поэтому в глобальной сети обычно строго описан и стандартизован *интерфейс «пользователь-сеть»* (User-to-Network Interface, UNI). Это необходимо для того, чтобы пользователи могли без проблем подключаться к сети с помощью коммуникационного

оборудования любого производителя, который соблюдает стандарт UNI данной технологии (например, X.25).

Протоколы взаимодействия коммутаторов внутри глобальной сети, называемые *интерфейсом «сеть-сеть»* (*Network-to-Network Interface, NNI*), стандартизируются не всегда. Считается, что организация, создающая глобальную сеть, должна иметь свободу действий, чтобы самостоятельно решать, как должны взаимодействовать внутренние узлы сети между собой. В связи с этим внутренний интерфейс, в случае его стандартизации, носит название «сеть-сеть», а не «коммутатор-коммутатор», подчеркивая тот факт, что он должен использоваться в основном при взаимодействии двух территориальных сетей различных операторов. Тем не менее если стандарт NNI принимается, то в соответствии с ним обычно организуется взаимодействие всех коммутаторов сети, а не только пограничных.

8.3.1. Интерфейсы DTE-DCE.

Для подключения устройств DCE к аппаратуре, вырабатывающей данные для глобальной сети, то есть к устройствам DTE, существует несколько стандартных интерфейсов, которые представляют собой стандарты физического уровня. К этим стандартам относятся стандарты серии V CCITT, а также стандарты EIA серии RS (Recommended Standards). Две линии стандартов во многом дублируют одни и те же спецификации, но с некоторыми вариациями. Данные интерфейсы позволяют передавать данные со скоростями от 300 бит/с до нескольких мегабит в секунду на небольшие расстояния (15-20 м), достаточные для удобного размещения, например, маршрутизатора и модема.

Интерфейс RS-232C/V.24 является наиболее популярным низкоскоростным интерфейсом. Первоначально он был разработан для передачи данных между компьютером и модемом со скоростью не выше 9600 бит/с на расстояние до 15 метров. Позднее практические реализации этого интерфейса стали работать и на более высоких скоростях - до 115200 бит/с. Интерфейс поддерживает как асинхронный, так и синхронный режим работы. Особую популярность этот интерфейс получил после его реализации в персональных компьютерах (его поддерживают COM - порты), где он работает, как правило, только в асинхронном режиме и позволяет подключить к компьютеру не только коммуникационное устройство (такое, как модем), но и многие другие периферийные устройства - мышь, графопостроитель и т. д.

Интерфейс использует 25-контактный разъем или в упрощенном варианте - 9-контактный разъем (рис. 8.3).



Рис. 8.3. Сигналы интерфейса RS-232C/ V.24

Для обозначения сигнальных цепей используется нумерация CCITT, которая получила название «серия 100». Существуют также двухбуквенные обозначения EIA, которые на рисунке не показаны.

В интерфейсе реализован биполярный потенциальный код (+V, -V на линиях между DTE и DCE. Обычно используется довольно высокий уровень сигнала: 12 или 15 В, чтобы более надежно распознавать сигнал на фоне шума.

При асинхронной передаче данных синхронизирующая информация содержится в самих кодах данных, поэтому сигналы синхронизации TxClk и RxClk отсутствуют. При синхронной передаче данных модем (DCE) передает на компьютер (DTE) сигналы синхронизации, без которых компьютер не может правильно интерпретировать потенциальный код, поступающий от модема по линии RxD. В случае когда используется код с несколькими состояниями (например, QAM), то один тактовый сигнал соответствует нескольким битам информации.

Нуль-модемный интерфейс характерен для прямой связи компьютеров на небольшом расстоянии с помощью интерфейса RS-232C/V.24. В этом случае необходимо применить специальный нуль-модемный кабель, так как каждый компьютер будет ожидать приема данных по линии RxD, что в случае применения модема будет корректно, но в случае прямого соединения компьютеров - нет. Кроме того, нуль-модемный кабель должен имитировать процесс соединения и разрыва через модемы, в котором используется несколько линий (RI, CB и т. д.).

Иногда при изготовлении нуль-модемного кабеля ограничиваются только перекрестным соединением линий приемника RxD и передатчика TxD, что для некоторого программного обеспечения бывает достаточно, но в общем случае может привести к некорректной работе программ, рассчитанных на реальные модемы.

Интерфейс RS-449/V.10/V.11 поддерживает более высокую скорость обмена данными и большую удаленность DCE от DTE. Этот интерфейс имеет две отдельные спецификации электрических сигналов. Спецификация RS-423/V.10 (аналогичные параметры имеет спецификация X.26) поддерживает скорость обмена до 100000 бит/с на расстоянии до 10 м и скорость до 10000 бит/с на расстоянии до 100 м. Спецификация RS-422/V.11(X 27 поддерживает скорость до 10 Мбит/с на расстоянии до 10 м и скорость до 1 Мбит/с на расстоянии до 100 м. Как и RS-232C, интерфейс RS449 поддерживает асинхронный и синхронный режимы обмена между DTE и DCE. Для соединения используется 37-контактный разъем.

Интерфейс V.35 был разработан для подключения синхронных модемов. Он обеспечивает только синхронный режим обмена между DTE и DCE на скорости до 168 Кбит/с. Для синхронизации обмена используются специальные тактирующие линии. Максимальное расстояние между DTE и DCE не превышает 15 м, как и в интерфейсе RS-232C.

Интерфейс X.21 разработан для синхронного обмена данными между DTE и DCE в сетях с коммутацией пакетов X.25. Это достаточно сложный интерфейс, который поддерживает процедуры установления соединения в сетях с коммутацией пакетов и каналов. Интерфейс был рассчитан на цифровые DCE. Для поддержки синхронных модемов была разработана версия интерфейса X.21 bis, которая имеет несколько вариантов спецификации электрических сигналов: RS-232C, V.10, V.11 и V.35.

Интерфейс «токовая петля» используется для увеличения расстояния между DTE и DCE. Сигналом является не потенциал, а ток величиной 20 мА, протекающий в замкнутом контуре передатчика и приемника. Дуплексный обмен реализован на двух токовых петлях. Интерфейс работает только в асинхронном режиме. Расстояние между DTE и DCE может составлять несколько километров, а скорость передачи - до 20 Кбит/с.

Интерфейс HSSI (High-Speed Serial Interface) разработан для подключения к устройствам DCE, работающим на высокоскоростные каналы, такие как каналы T3 (45 Мбит/с), SONET OC-1 (52 Мбит/с). Интерфейс работает в синхронном режиме и поддерживает передачу данных в диапазоне скоростей от 300 Кбит/с до 52 Мбит/с.

8.4. Типы глобальных сетей

Приведенная на рис. 8.2 глобальная вычислительная сеть работает в наиболее подходящем для компьютерного трафика режиме - режиме коммутации пакетов. Оптимальность этого режима для связи локальных сетей доказывают не только данные о суммарном трафике, передаваемом сетью в единицу времени, но и стоимость услуг такой территориальной сети. Обычно при равенстве предоставляемой скорости доступа сеть с коммутацией пакетов оказывается в 2-3 раза дешевле, чем сеть с коммутацией каналов, то есть публичная телефонная сеть.

Поэтому при создании корпоративной сети необходимо стремиться к построению или использованию услуг территориальной сети со структурой, подобной структуре,

приведенной на рис. 8.2, то есть сети с территориально распределенными коммутаторами пакетов.

Однако часто такая вычислительная глобальная сеть по разным причинам оказывается недоступной в том или ином географическом пункте. В то же время гораздо более распространены и доступны услуги, предоставляемые телефонными сетями или первичными сетями, поддерживающими услуги выделенных каналов. Поэтому при построении корпоративной сети можно дополнить недостающие компоненты услугами и оборудованием, арендуемыми у владельцев первичной или телефонной сети.

В зависимости от того, какие компоненты приходится брать в аренду, принято различать корпоративные сети, построенные с использованием:

- выделенных каналов;
- коммутации каналов;
- коммутации пакетов.

Последний случай соответствует наиболее благоприятному случаю, когда сеть с коммутацией пакетов доступна во всех географических точках, которые нужно объединить в общую корпоративную сеть. Первые два случая требуют проведения дополнительных работ, чтобы на основании взятых в аренду средств построить сеть с коммутацией пакетов.

8.4.1. Глобальные сети с выделенными каналами.

Выделенные (или арендуемые - leased) каналы можно получить у телекоммуникационных компаний, которые владеют каналами дальней связи, или от телефонных компаний, которые обычно сдают в аренду каналы в пределах города или региона.

Использовать выделенные линии можно двумя способами. Первый состоит в построении с их помощью территориальной сети определенной технологии, например frame relay, в которой арендуемые выделенные линии служат для соединения промежуточных, территориально распределенных коммутаторов пакетов, как в случае, приведенном на рис. 8.2.

Второй вариант - соединение выделенными линиями только объединяемых локальных сетей или конечных абонентов другого типа, например мэйнфреймов, без установки транзитных коммутаторов пакетов, работающих по технологии глобальной сети (рис. 8.4). Второй вариант является наиболее простым с технической точки зрения, так как основан на использовании маршрутизаторов или удаленных мостов в объединяемых локальных сетях и отсутствии протоколов глобальных технологий, таких как X.25 или frame relay. По глобальным каналам передаются те же пакеты сетевого или канального уровня, что и в локальных сетях.

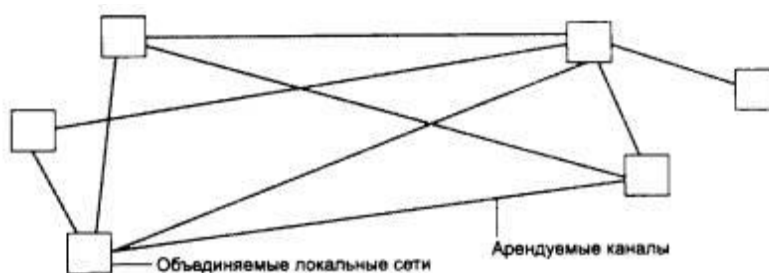


Рис.8.4. Использование выделенных каналов

Именно второй способ использования глобальных каналов получил специальное название «услуги выделенных каналов», так как в нем действительно больше ничего из технологий собственно глобальных сетей с коммутацией пакетов не используется.

Выделенные каналы очень активно применялись совсем в недалеком прошлом и применяются сегодня, особенно при построении ответственных магистральных связей между крупными локальными сетями, так как эта услуга гарантирует пропускную способность арендуемого канала. Однако при большом количестве географически удаленных точек и интенсивном смешанном трафике между ними использование этой службы приводит к высоким затратам за счет большого количества арендуемых каналов.

Сегодня существует большой выбор выделенных каналов - от аналоговых каналов тональной частоты с полосой пропускания 3,1 кГц до цифровых каналов технологии SDH с пропускной способностью 155 и 622 Мбит/с.

8.4.2. Глобальные сети с коммутацией каналов.

Сегодня для построения глобальных связей в корпоративной сети доступны сети с коммутацией каналов двух типов - традиционные аналоговые телефонные сети и цифровые сети с интеграцией услуг ISDN. Достоинством сетей с коммутацией каналов является их распространенность, что характерно особенно для аналоговых телефонных сетей. В последнее время сети ISDN во многих странах также стали вполне доступны корпоративному пользователю, а в России это утверждение относится пока только к крупным городам.

Известным недостатком аналоговых телефонных сетей является низкое качество составного канала, которое объясняется использованием телефонных коммутаторов устаревших моделей, работающих по принципу частотного уплотнения каналов (FDM-технологии). На такие коммутаторы сильно воздействуют внешние помехи (например, грозовые разряды или работающие электродвигатели), которые трудно отличить от полезного сигнала. Правда, в аналоговых телефонных сетях все чаще используются цифровые АТС, которые между собой передают голос в цифровой форме. Аналоговым в таких сетях остается только абонентское окончание. Чем больше цифровых АТС в телефонной сети, тем выше качество канала, однако до полного вытеснения АТС,

работающих по принципу FDM-коммутации, в нашей стране еще далеко. Кроме качества каналов, аналоговые телефонные сети также обладают таким недостатком, как большое время установления соединения, особенно при импульсном способе набора номера, характерного для нашей страны.

Телефонные сети, полностью построенные на цифровых коммутаторах, и сети ISDN свободны от многих недостатков традиционных аналоговых телефонных сетей. Они предоставляют пользователям высококачественные линии связи, а время установления соединения в сетях ISDN существенно сокращено.

Однако даже при качественных каналах связи, которые могут обеспечить сети с коммутацией каналов, для построения корпоративных глобальных связей эти сети могут оказаться экономически неэффективными. Так как в таких сетях пользователи платят не за объем переданного трафика, а за время соединения, то при трафике с большими пульсациями и, соответственно, большими паузами между пакетами оплата идет во многом не за передачу, а за ее отсутствие. Это прямое следствие плохой приспособленности метода коммутации каналов для соединения компьютеров.

Тем не менее при подключении массовых абонентов к корпоративной сети, например сотрудников предприятия, работающих дома, телефонная сеть оказывается единственным подходящим видом глобальной службы из соображений доступности и стоимости (при небольшом времени связи удаленного сотрудника с корпоративной сетью).

8.4.3. Глобальные сети с коммутацией пакетов.

В 80-е годы для надежного объединения локальных сетей и крупных компьютеров в корпоративную сеть использовалась практически одна технология глобальных сетей с коммутацией пакетов - X.25. Сегодня выбор стал гораздо шире, помимо сетей X.25 он включает такие технологии, как frame relay, SMDS и ATM. Кроме этих технологий, разработанных специально для глобальных компьютерных сетей, можно воспользоваться услугами территориальных сетей TCP/IP, которые доступны сегодня как в виде недорогой и очень распространенной сети Internet, качество транспортных услуг которой пока практически не регламентируется и оставляет желать лучшего, так и в виде коммерческих глобальных сетей TCP/IP, изолированных от Internet и предоставляемых в аренду телекоммуникационными компаниями.

В табл. 8.1 приводятся характеристики этих сетей, причем в графе «Трафик» указывается тип трафика, который наиболее подходит для данного типа сетей, а в графе «Скорость доступа» - наиболее типичный диапазон скоростей, предоставляемых поставщиками услуг этих сетей.

Технология SMDS (Switched Multi-megabit Data Service) была разработана в США для объединения локальных сетей в масштабах мегаполиса, а также предоставления

высокоскоростного выхода в глобальные сети. Эта технология поддерживает скорости доступа до 45 Мбит/с и сегментирует кадры MAC - уровня в ячейки фиксированного размера 53 байт, имеющие, как и ячейки технологии ATM, поле данных в 48 байт. Технология SMDS основана на стандарте IEEE 802.6, который описывает несколько более широкий набор функций, чем SMDS. Стандарты SMDS приняты компанией Bellcore, но международного статуса не имеют. Сети SMDS были реализованы во многих крупных городах США, однако в других странах эта технология распространения не получила. Сегодня сети SMDS вытесняются сетями ATM, имеющими более широкие функциональные возможности.

Таблица 8.1. Характеристики сетей с коммутацией пакетов

Тип сети	Скорость доступа	Трафик	Примечания
X.25	1,2–64 Кбит/с	Терминальный	Большая избыточность протоколов, хорошо работают на каналах низкого качества
Frame Relay	от 64 Кбит/с до 2 Мбит/с	Компьютерный	Сравнительно новые сети, хорошо передают пульсации трафика, в основном поддерживают службу постоянных виртуальных каналов
SMDS	1,544–45 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Сравнительно новые сети, распространены в крупных городах Америки, вытесняются сетями ATM
ATM	1,544–155 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Новые сети, коммерческая эксплуатация началась с 1996 года, пока используются в основном для передачи компьютерного трафика
TCP/IP	1,2–2,048 Кбит/с	Терминальный, компьютерный	Широко распространены в некоммерческом варианте — сети Internet, коммерческие услуги пока слабые

8.5. Магистральные сети и сети доступа

Целесообразно делить территориальные сети, используемые для построения корпоративной сети, на две большие категории:

- магистральные сети;
- сети доступа.

Магистральные территориальные сети (backbone wide-area networks) используются для образования одноранговых связей между крупными локальными сетями, принадлежащими большим подразделениям предприятия. Магистральные территориальные сети должны обеспечивать высокую пропускную способность, так как на магистрали объединяются потоки большого количества подсетей. Кроме того, магистральные сети должны быть постоянно доступны, то есть обеспечивать очень высокий коэффициент готовности, так как по ним передается трафик многих критически важных для успешной работы предприятия приложений (business-critical applications). Ввиду особой важности

магистральных средств им может «прощаться» высокая стоимость. Так как у предприятия обычно имеется не так уж много крупных сетей, то к магистральным сетям не предъявляются требования поддержания разветвленной инфраструктуры доступа.

Обычно в качестве магистральных сетей используются цифровые выделенные каналы со скоростями от 2 до 622 Мбит/с, по которым передается трафик IP, IPX или протоколов архитектуры SNA компании IBM, сети с коммутацией пакетов frame relay, ATM, X.25 или TCP/IP. При наличии выделенных каналов для обеспечения высокой готовности магистрали используется смешанная избыточная топология связей, как это показано на рис. 8.5.

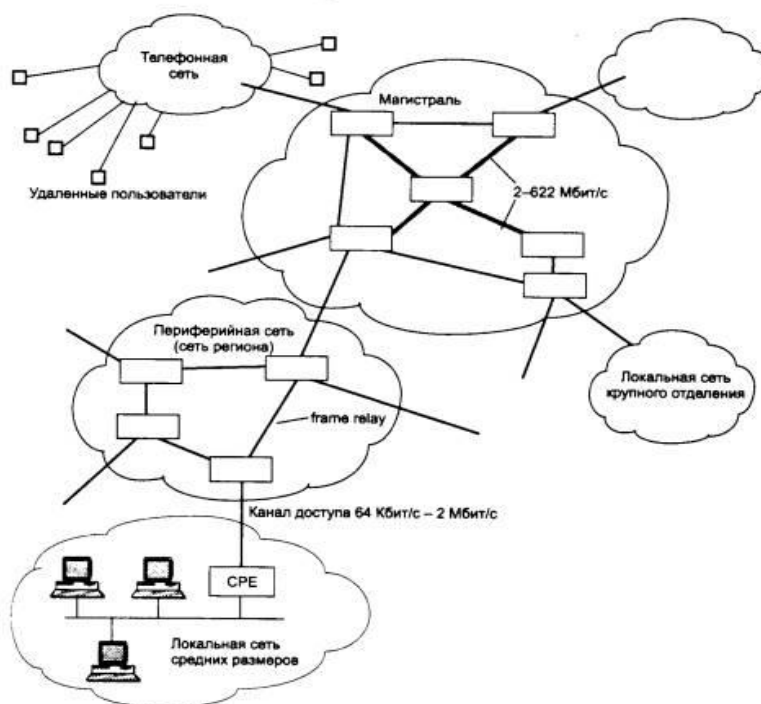


Рис. 8.5. Структура глобальной сети предприятия

Под *сетями доступа* понимаются территориальные сети, необходимые для связи небольших локальных сетей и отдельных удаленных компьютеров с центральной локальной сетью предприятия. Если организации магистральных связей при создании корпоративной сети всегда уделялось большое внимание, то организация удаленного доступа сотрудников предприятия перешла в разряд стратегически важных вопросов только в последнее время. Быстрый доступ к корпоративной информации из любой географической точки определяет для многих видов деятельности предприятия качество принятия решений его сотрудниками. Важность этого фактора растет с увеличением числа сотрудников, работающих на дому (telecommuters - телекоммутеров), часто находящихся в командировках, и с ростом количества небольших филиалов предприятий, находящихся в различных городах и, может быть, разных странах.

В качестве отдельных удаленных узлов могут также выступать банкоматы или кассовые аппараты, требующие доступа к центральной базе данных для получения

информации о легальных клиентах банка, пластиковые карточки которых необходимо авторизовать на месте. Банкоматы или кассовые аппараты обычно рассчитаны на взаимодействие с центральным компьютером по сети X.25, которая в свое время специально разрабатывалась как сеть для удаленного доступа неинтеллектуального терминального оборудования к центральному компьютеру.

К сетям доступа предъявляются требования, существенно отличающиеся от требований к магистральным сетям. Так как точек удаленного доступа у предприятия может быть очень много, одним из основных требований является наличие разветвленной инфраструктуры доступа, которая может использоваться сотрудниками предприятия как при работе дома, так и в командировках. Кроме того, стоимость удаленного доступа должна быть умеренной, чтобы экономически оправдать затраты на подключение десятков или сотен удаленных абонентов. При этом требования к пропускной способности у отдельного компьютера или локальной сети, состоящей из двух-трех клиентов, обычно укладываются в диапазон нескольких десятков килобит в секунду (если такая скорость и не вполне удовлетворяет удаленного клиента, то обычно удобствами его работы жертвуют ради экономии средств предприятия).

В качестве сетей доступа обычно применяются телефонные аналоговые сети, сети ISDN и реже - сети frame relay. При подключении локальных сетей филиалов также используются выделенные каналы со скоростями от 19,2 до 64 Кбит/с. Качественный скачок в расширении возможностей удаленного доступа произошел в связи со стремительным ростом популярности и распространенности Internet. Транспортные услуги Internet дешевле, чем услуги междугородных и международных телефонных сетей, а их качество быстро улучшается.

Программные и аппаратные средства, которые обеспечивают подключение компьютеров или локальных сетей удаленных пользователей к корпоративной сети, называются *средствами удаленного доступа*. Обычно на клиентской стороне эти средства представлены модемом и соответствующим программным обеспечением.

Организацию массового удаленного доступа со стороны центральной локальной сети обеспечивает *сервер удаленного доступа (Remote Access Server, RAS)*. Сервер удаленного доступа представляет собой программно-аппаратный комплекс, который совмещает функции маршрутизатора, моста и шлюза. Сервер выполняет ту или иную функцию в зависимости от типа протокола, по которому работает удаленный пользователь или удаленная сеть. Серверы удаленного доступа обычно имеют достаточно много низкоскоростных портов для подключения пользователей через аналоговые телефонные сети или ISDN.

Показанная на рис. 8.5. структура глобальной сети, используемой для объединения в корпоративную сеть отдельных локальных сетей и удаленных пользователей, достаточно

типична. Она имеет ярко выраженную иерархию территориальных транспортных средств, включающую высокоскоростную магистраль (например, каналы SDH 155-622 Мбит/с), более медленные территориальные сети доступа для подключения локальных сетей средних размеров (например, frame relay) и телефонную сеть общего назначения для удаленного доступа сотрудников.

Основные особенности глобальных сетей:

- Глобальные компьютерные сети (WAN) используются для объединения абонентов разных типов: отдельных компьютеров разных классов - от мэйнфреймов до персональных компьютеров, локальных компьютерных сетей, удаленных терминалов.

- Ввиду большой стоимости инфраструктуры глобальной сети существует острая потребность передачи по одной сети всех типов трафика, которые возникают на предприятии, а не только компьютерного: голосового трафика внутренней телефонной сети, работающей на офисных АТС (PBX), трафика факс-аппаратов, видеокамер, кассовых аппаратов, банкоматов и другого производственного оборудования.

- Для поддержки мультимедийных видов трафика создаются специальные технологии: ISDN, В-ISDN. Кроме того, технологии глобальных сетей, которые разрабатывались для передачи исключительно компьютерного трафика, в последнее время адаптируются для передачи голоса и изображения. Для этого пакеты, переносящие замеры голоса или данные изображения, приоритизируются, а в тех технологиях, которые это допускают, для их переноса создается соединение с заранее резервируемой пропускной способностью. Имеются специальные устройства доступа - мультиплексоры «голос - данные» или «видео - данные», которые упаковывают мультимедийную информацию в пакеты и отправляют ее по сети, а на приемном конце распаковывают и преобразуют в исходную форму - голос или видеоизображение.

- Глобальные сети предоставляют в основном транспортные услуги, транзитом перенося данные между локальными сетями или компьютерами. Существует нарастающая тенденция поддержки служб прикладного уровня для абонентов глобальной сети: распространение публично-доступной аудио-, видео- и текстовой информации, а также организация интерактивного взаимодействия абонентов сети в реальном масштабе времени. Эти службы появились в Internet и успешно переносятся в корпоративные сети, что называется технологией intranet.

- Все устройства, используемые для подключения абонентов к глобальной сети, делятся на два класса: DTE, собственно вырабатывающие данные, и DCE, служащие для передачи данных в соответствии с требованиями интерфейса глобального канала и завершающие канал.

- Технологии глобальных сетей определяют два типа интерфейса: «пользователь-сеть» (UNI) и «сеть-сеть» (NNI). Интерфейс UNI всегда глубоко детализирован для обеспечения подключения к сети оборудования доступа от разных производителей. Интерфейс NNI может быть детализирован не так подробно, так как взаимодействие крупных сетей может обеспечиваться на индивидуальной основе.

- Глобальные компьютерные сети работают на основе технологии коммутации пакетов, кадров и ячеек. Чаще всего глобальная компьютерная сеть принадлежит телекоммуникационной компании, которая предоставляет службы своей сети в аренду. При отсутствии такой сети в нужном регионе предприятия самостоятельно создают глобальные сети, арендуя выделенные или коммутируемые каналы у телекоммуникационных или телефонных компаний.

- На арендованных каналах можно построить сеть с промежуточной коммутацией на основе какой-либо технологии глобальной сети (X.25, frame relay, ATM) или же соединять арендованными каналами непосредственно маршрутизаторы или мосты локальных сетей. Выбор способа использования арендованных каналов зависит от количества и топологии связей между локальными сетями.

- Глобальные сети делятся на магистральные сети и сети доступа.

8.6. Глобальные связи на основе выделенных линий

Выделенный канал - это канал с фиксированной полосой пропускания или фиксированной пропускной способностью, постоянно соединяющий двух абонентов. Абонентами могут быть как отдельные устройства (компьютеры или терминалы), так и целые сети.

Выделенные каналы обычно арендуются у компаний - операторов территориальных сетей, хотя крупные корпорации могут прокладывать свои собственные выделенные каналы.

Выделенные каналы делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от того, какого типа коммутационная аппаратура применена для постоянной коммутации абонентов - FDM или TDM. На аналоговых выделенных линиях для аппаратуры передачи данных физический и канальный протоколы жестко не определены. Отсутствие физического протокола приводит к тому, что пропускная способность аналоговых каналов зависит от пропускной способности модемов, которые использует пользователь канала. Модем собственно и устанавливает нужный ему протокол физического уровня для канала.

На цифровых выделенных линиях протокол физического уровня зафиксирован - он задан стандартом G.703.

На канальном уровне аналоговых и цифровых выделенных каналов обычно используется один из протоколов семейства HDLC или же более поздний протокол PPP, построенный на основе HDLC для связи многопротокольных сетей.

8.6.1. Аналоговые выделенные линии. Типы аналоговых выделенных линий.

Выделенные аналоговые каналы предоставляются пользователю с 4-проводным или 2-проводным окончанием. На каналах с 4-проводным окончанием организация полnodуплексной связи, естественно, выполняется более простыми способами.

Выделенные линии могут быть разделены на две группы по другому признаку - наличию промежуточной аппаратуры коммутации и усиления или ее отсутствию.

Первую группу составляют так называемые нагруженные линии, проходящие через оборудование частотного уплотнения (FDM-коммутаторы и мультиплексоры), расположенное, например, на АТС. Телефонные компании обычно предоставляют в аренду два типа выделенных каналов: канал тональной частоты с полосой пропускания 3,1 кГц и широкополосный канал с полосой 48 кГц, который представляет собой *базовую группу* из 12 каналов тональной частоты. Широкополосный канал имеет границы полосы пропускания от 60 до 108 кГц. Так как широкополосный канал используется для связи АТС между собой, то получение его в аренду более проблематично, чем канала тональной частоты.

Вторая группа выделенных линий - это ненагруженные физические проводные линии. Они могут кроссироваться, но при этом не проходят через аппаратуру частотного уплотнения. Часто такие линии используются для связи между близко стоящими зданиями. Разветвленные сети каналов, представляющих собой ненагруженные линии, используются, например, муниципальными службами (энергонадзора, водопровода, пожарной охраны и др.) для передачи технологической информации. При небольшой длине ненагруженной выделенной линии она обладает достаточно широкой полосой пропускания, иногда до 1 МГц, что позволяет передавать импульсные немодулированные сигналы. На первый взгляд может показаться, что ненагруженные линии не имеют отношения к глобальным сетям, так как их можно использовать при протяженности максимум в несколько километров, иначе затухание становится слишком большим для передачи данных. Однако в последнее время именно этот вид выделенных каналов привлекает пристальное внимание разработчиков средств удаленного доступа. Дело в том, что телефонные абонентские окончания - отрезок витой пары от АТС до жилого или производственного здания - представляют собой именно такой вид каналов. Широкая (хотя и заранее точно неизвестная) полоса пропускания этих каналов позволяет развить на коротком отрезке линии высокую скорость - до нескольких мегабит в секунду. В связи с этим до ближайшей АТС данные от удаленного компьютера или сети можно передавать гораздо быстрее, чем по каналам тональной частоты, которые начинаются в данной АТС.

8.6.1.1. *Модемы для работы на выделенных каналах.* Для передачи данных по выделенным нагруженным аналоговым линиям используются модемы, работающие на основе методов аналоговой модуляции сигнала. Протоколы и стандарты модемов определены в рекомендациях CCITT серии V. Эти стандарты делятся на три группы:

- стандарты, определяющие скорость передачи данных и метод кодирования;
- стандарты исправления ошибок;
- стандарты сжатия данных.

Эти стандарты определяют работу модемов как для выделенных, так и коммутируемых линий. Модемы можно также классифицировать в зависимости от того, какой режимы работы они поддерживают (асинхронный, синхронный или оба этих режима), а также к какому окончанию (4-проводному или 2-проводному) они подключены.

В отношении режима работы модемы делятся на три группы:

- модемы, поддерживающие только асинхронный режим работы;
- модемы поддерживающие асинхронный и синхронный режимы работы;
- модемы, поддерживающие только синхронный режим работы.

Модемы, работающие *только в асинхронном режиме*, обычно поддерживают низкую скорость передачи данных - до 1200 бит/с.

Так, модемы, работающие по стандарту V.23, могут обеспечивать скорость 1200 бит/с на 4-проводной выделенной линии в дуплексном асинхронном режиме, а по стандарту V.21 - на скорости 300 бит/с по 2-проводной выделенной линии также в дуплексном асинхронном режиме. Дуплексный режим на 2-проводном окончанию обеспечивается частотным разделением канала. Асинхронные модемы представляют наиболее дешевый вид модемов, так как им не требуются высокоточные схемы синхронизации сигналов на кварцевых генераторах. Кроме того, асинхронный режим работы неприхотлив к качеству линии.

Модемы, работающие *только в синхронном режиме*, могут подключаться только к 4-проводному окончанию. Синхронные модемы используют для выделения сигнала высокоточные схемы синхронизации и поэтому обычно значительно дороже асинхронных модемов. Кроме того, синхронный режим работы предъявляет высокие требования к качеству линии.

Для выделенного канала тональной частоты с 4-проводным окончанием разработано достаточно много стандартов серии V. Все они поддерживают дуплексный режим:

- V.26 - скорость передачи 2400 бит/с;
- V.27 - скорость передачи 4800 бит/с;
- V.29 - скорость передачи 9600 бит/с;
- V.32 ter - скорость передачи 19 200 бит/с.

Для выделенного широкополосного канала 60-108 кГц существуют три стандарта:

- V.35 - скорость передачи 48 Кбит/с;
- V.36 - скорость передачи 48-72 Кбит/с;
- V.37-скорость передачи 96-168 Кбит/с.

Коррекция ошибок в синхронном режиме работы обычно реализуется по протоколу HDLC, но допустимы и устаревшие протоколы SDLC и BSC компании IBM. Модемы стандартов V.35, V.36 и V.37 используют для связи с DTE интерфейс V.35.

Модемы, *работающие в асинхронном и синхронном режимах*, являются наиболее универсальными устройствами. Чаще всего они могут работать как по выделенным, так и по

коммутируемым каналам, обеспечивая дуплексный режим работы. На выделенных каналах они поддерживают в основном 2-проводное окончание и гораздо реже - 4-проводное.

Для асинхронно-синхронных модемов разработан ряд стандартов серии V:

- V.22 - скорость передачи до 1200 бит/с;
- V.22 bis - скорость передачи до 2400 бит/с;
- V.26 ter - скорость передачи до 2400 бит/с;
- V.32 - скорость передачи до 9600 бит/с;
- V.32 bis - скорость передачи до 14 400 бит/с;
- V.34 - скорость передачи до 28,8 Кбит/с;
- V.34+ - скорость передачи до 33,6 Кбит/с.

Типовая структура соединения двух компьютеров или локальных сетей через маршрутизатор с помощью выделенной аналоговой линии приведена на рис. 8.6. В случае 2-проводного окончания (см. рис. 8.6, а) для обеспечения дуплексного режима модем использует трансформаторную развязку. Телефонная сеть благодаря своей схеме развязки обеспечивает разъединение потоков данных, циркулирующих в разных направлениях. При наличии 4-проводного окончания (см. рис. 8.6, б) схема модема упрощается.

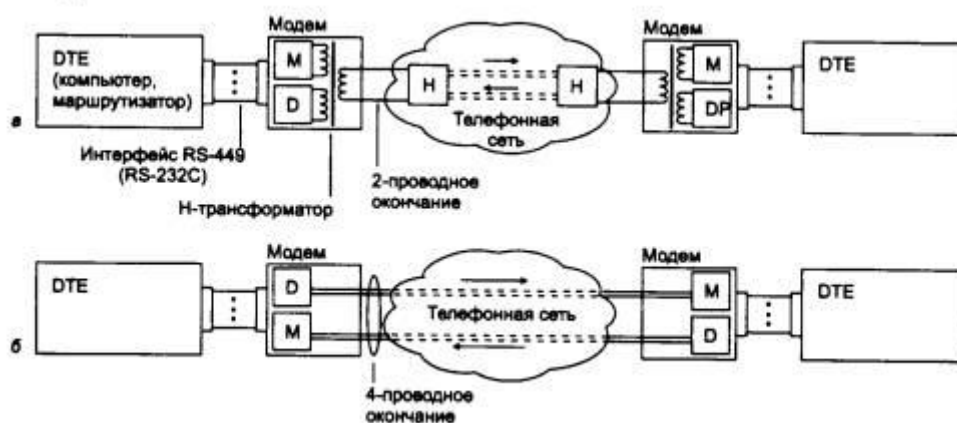


Рис. 8.6. Соединение локальных сетей или компьютеров по выделенному каналу

8.6.2. Цифровые выделенные линии

Цифровые выделенные линии образуются путем постоянной коммутации в первичных сетях, построенных на базе коммутационной аппаратуры, работающей на принципах разделения канала во времени - TDM. Существуют два поколения технологий цифровых первичных сетей - технология плезихронной («плезиво» означает «почти», то есть почти синхронной) цифровой иерархии (Plesiochronic Digital Hierarchy, PDH) и более поздняя технология - синхронная цифровая иерархия (Synchronous Digital Hierarchy, SDH). Ниже перечислены устройства, которые могут входить в сеть технологии SONET/ SDH.

- *Терминальные устройства (Terminal, T)*, называемые также сервисными адаптерами (Service Adapter, SA), принимают пользовательские данные от низкоскоростных каналов технологии PDH (типа T1/E1 или T3/E3) и преобразуют их в кадры STS-n. (Далее аббревиатура STS-n используется как общее обозначение для кадров SONET/SDH.)

- *Мультиплексоры (Multiplexers)* принимают данные от терминальных устройств и мультиплексируют потоки кадров разных скоростей STS-n в кадры более высокой иерархии STS-m.

- *Мультиплексоры «ввода-вывода» (Add-Drop Multiplexers)* могут принимать и передавать транзитом поток определенной скорости STS-n, вставляя или удаляя «на ходу», без полного демultipлексирования, пользовательские данные, принимаемые с низкоскоростных входов.

- *Цифровые кросс-коннекторы (Digital Cross-Connect, DCC)*, называемые также аппаратурой оперативного переключения (АОП), предназначены для мультиплексирования и постоянной коммутации высокоскоростных потоков STS-n различного уровня между собой (на рис. 6.7 не показаны). Кросс-коннектор представляет собой разновидность мультиплексора, основное назначение которого - коммутация высокоскоростных потоков данных, возможно, разной скорости. Кросс-коннекторы образуют магистраль сети SONET/SDH.

- *Регенераторы сигналов*, используемые для восстановления мощности и формы сигналов, прошедших значительное расстояние по кабелю. На практике иногда сложно провести четкую грань между описанными устройствами, так как многие производители выпускают многофункциональные устройства, которые включают терминальные модули, модули «ввода-вывода», а также модули кросс-коннекторов.

Стек протоколов сети SONET/SDH состоит из протоколов 4-х уровней.

- *Физический уровень*, названный в стандарте *фотонным (photonic)*, имеет дело с кодированием бит информации с помощью модуляции света. Для кодирования сигнала применяется метод NRZ (благодаря внешней тактовой частоте его плохие самосинхронизирующие свойства недостатком не являются).

- *Уровень секции (section)* поддерживает физическую целостность сети. Секцией в технологии называется каждый непрерывный отрезок волоконно-оптического кабеля, который соединяет пару устройств SONET/SDH между собой, например мультиплексор и регенератор. Протокол секции имеет дело с кадрами и на основе служебной информации кадра может проводить тестирование секции и поддерживать операции административного контроля. В заголовке протокола секции имеются байты, образующие звуковой канал 64 Кбит/с, а также канал передачи данных управления сетью со скоростью 192 Кбит/с. Заголовок секции всегда начинается с двух байт 11110110 00101000, которые являются флагами начала кадра. Следующий байт определяет уровень кадра: STS-1, STS-2 и т. д. За каждым типом кадра закреплен определенный идентификатор.

- *Уровень линии (line)* отвечает за передачу данных между двумя мультиплексорами сети. Протокол этого уровня работает с кадрами разных уровней STS-n

для выполнения различных операций мультиплексирования и демультиплексирования, а также вставки и удаления пользовательских данных. Таким образом, линией называется поток кадров одного уровня между двумя мультиплексорами. Протокол линии также ответственен за проведения операций реконфигурирования линии в случае отказа какого-либо ее элемента - оптического волокна, порта или соседнего мультиплексора.

- *Уровень тракта (path - путь)* отвечает за доставку данных между двумя конечными пользователями сети. Тракт (путь) - это составное виртуальное соединение между пользователями. Протокол тракта должен принять данные, поступающие в пользовательском формате, например формате T1, и преобразовать их в синхронные кадры STS-n/STM-m.

Как видно из рис. 8.7, регенераторы работают только с протоколами двух нижних уровней, отвечая за качество сигнала и поддержания операций тестирования и управления сетью. Мультиплексоры работают с протоколами трех нижних уровней, выполняя, кроме функций регенерации сигнала и реконфигурации секций, функцию мультиплексирования кадров STS-n разных уровней. Кросс-коннектор представляет собой пример мультиплексора, который поддерживает протоколы трех уровней. И наконец, функции всех четырех уровней выполняют терминалы, а также мультиплексоры «ввода-вывода», то есть устройства, работающие с пользовательскими потоками данных.

Стек протоколов и основные структурные элементы сети SONET/SDH показаны на рис. 8.7.

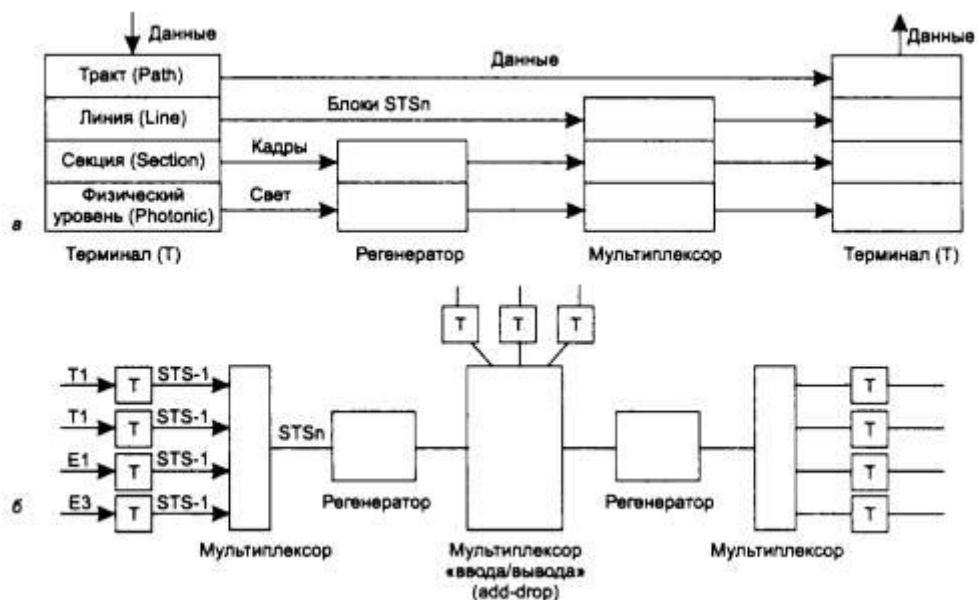


Рис. 8.7. Стек протоколов и структура сети SONET/SDH

8.6.3. Применение цифровых первичных сетей.

Сети SDH и сети плездохронной цифровой иерархии очень широко используются для построения как публичных, так и корпоративных сетей. Особенно популярны их услуги в США, где большинство крупных корпоративных сетей построено на базе выделенных цифровых каналов. Эти каналы непосредственно соединяют маршрутизаторы, размещаемые на границе локальных сетей отделений корпорации.

При аренде выделенного канала сетевой интегратор всегда уверен, что между локальными сетями существует канал вполне определенной пропускной способности. Это положительная черта аренды выделенных каналов. Однако при относительно небольшом количестве объединяемых локальных сетей пропускная способность выделенных каналов никогда не используется на 100 %, и это недостаток монопольного владения каналом - предприятие всегда платит не за реальную пропускную способность. В связи с этим обстоятельством в последнее время все большую популярность приобретает служба сетей frame relay, в которых каналы разделяют несколько предприятий.

На основе первичной сети SDH можно строить сети с коммутацией пакетов, например frame или ATM, или же сети с коммутацией каналов, например ISDN. Технология ATM облегчила эту задачу, приняв стандарты SDH в качестве основных стандартов физического уровня. Поэтому при существовании инфраструктуры SDH для образования сети ATM достаточно соединить ATM-коммутаторы жестко сконфигурированными в сети SDH-каналами.

Телефонные коммутаторы также могут использовать технологию цифровой иерархии, поэтому построение телефонной сети с помощью каналов PDH или SONET/SDH не представляет труда. На рис. 8.8. показан пример сосуществования двух сетей - компьютерной и телефонной - на основе выделенных каналов одной и той же первичной цифровой сети.

Технология SONET/SDH очень экономично решает задачу мультиплексирования и коммутации потоков различной скорости, поэтому сегодня она, несмотря на невозможность динамического перераспределения пропускной способности между абонентскими каналами, является наиболее распространенной технологией создания первичных сетей. Технология ATM, которая хотя и позволяет динамически перераспределять пропускную способность каналов, получилась значительно сложнее, и уровень накладных расходов у нее гораздо выше.

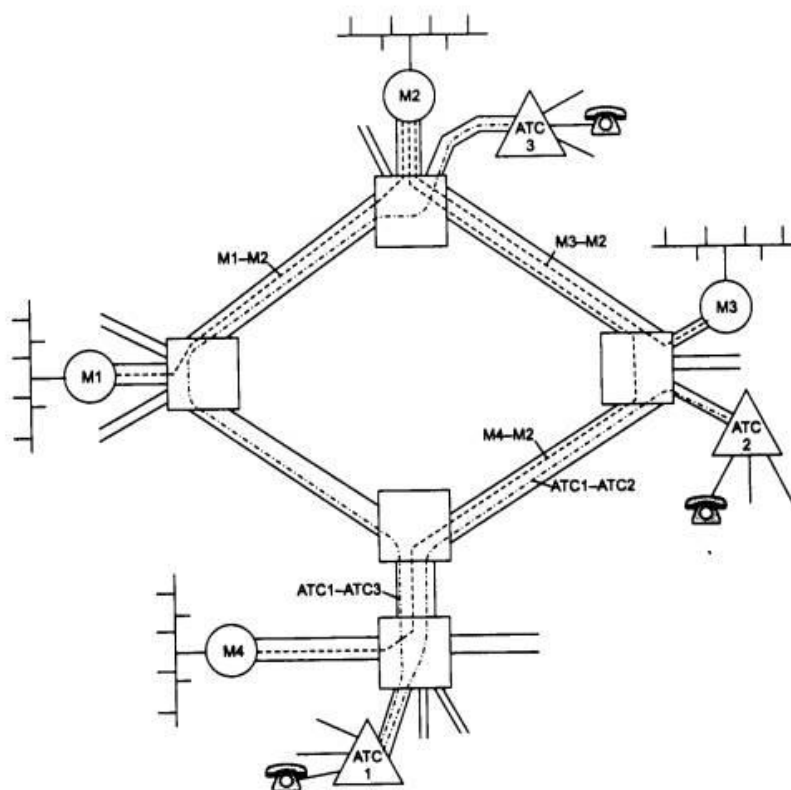


Рис. 8.8. Использование цифровой первичной сети для организации двух наложенных сетей - вычислительной и телефонной

8.6.4. Устройства DSU/CSU для подключения к выделенному каналу.

Связь компьютера или маршрутизатора с цифровой выделенной линией осуществляется с помощью пары устройств, обычно выполненных в одном корпусе или же совмещенных с маршрутизатором. Этими устройствами являются: *устройство обслуживания данных (УОД)* и *устройство обслуживания канала (УОК)*. В англоязычной литературе эти устройства называются соответственно Data Service Unit (DSU) и Channel Service Unit (CSU). DSU преобразует сигналы, поступающие от DTE (обычно по интерфейсу RS-232C, RS-449 или V.35). DSU выполняет всю синхронизацию, формирует кадры каналов T1/E1, усиливает сигнал и осуществляет выравнивание загрузки канала. CSU выполняет более узкие функции, в основном это устройство занимается созданием оптимальных условий передачи в линии. Эти устройства, как и модуляторы-демодуляторы, часто обозначаются одним словом DSU/CSU (рис. 8.9).



Рис. 8.9. Использование DSU/CSU для подключения к цифровой выделенной линии

Нередко под устройством DSU/CSU понимают более сложные устройства, которые кроме согласования интерфейсов выполняют функции мультиплексора T1/E1. В состав такого устройства может входить модуль мультиплексирования низкоскоростных потоков голоса и данных в канал 64 Кбит/с или в несколько таких каналов (голос при этом обычно компрессируется до скорости 8-16 Кбит/с).

8.6.5. Протоколы канального уровня для выделенных линий.

Выделенные каналы используются для прямой связи между собой локальных сетей или отдельных компьютеров. Для маршрутизатора или моста выделенная линия предоставляет чаще всего либо канал с известной полосой пропускания, как в случае выделенных аналоговых линий, либо канал с известным протоколом физического уровня, как в случае цифровых выделенных каналов. Правда, так как аналоговый канал требует модема для передачи данных, протокол физического уровня также определен для этой линии - это протокол модема. Поэтому для передачи данных между маршрутизаторами, мостами или отдельными компьютерами с помощью выделенного канала необходимо решить, какие протоколы уровней выше физического необходимы для передачи сообщений с нужной степенью надежности и с возможностями управления потоком кадров для предотвращения переполнения соседних узлов.

Если выделенный канал соединяет сети через маршрутизаторы, то протокол сетевого уровня определен, а протокол канального уровня маршрутизатор может использовать любой, в том числе и протокол канального уровня локальной сети, например Ethernet. Мост должен передавать кадры канального протокола из одной локальной сети в другую, при этом ему тоже можно непосредственно использовать протокол локальной сети (Ethernet, Token Ring, FDDI) поверх физического уровня канала.

Однако ни мосты, ни маршрутизаторы на выделенных каналах с протоколами канального уровня локальных сетей не работают. Они, с одной стороны, избыточны, а с другой стороны, в них отсутствуют некоторые необходимые процедуры, очень полезные при объединении сетей по глобальному выделенному каналу.

Избыточность проявляется в процедурах получения доступа к разделяемой среде, а так как выделенная линия постоянно находится в распоряжении соединяющихся с ее помощью конечных узлов, процедура получения доступа к ней не имеет смысла. Среди отсутствующих процедур можно назвать процедуру управления потоком данных, процедуру взаимной аутентификации удаленных устройств, что часто необходимо для защиты сети от «подставного» маршрутизатора или моста, отводящего корпоративный трафик не по назначению. Кроме того, существует ряд параметров, которые полезно автоматически согласовывать при удаленном взаимодействии, - например, максимальный размер поля

данных (MTU), IP-адрес партнера (как для безопасности, так и для автоматического конфигурирования стека TCP/IP на удаленных одиночных компьютерах).

8.6.5.1. *Протокол SLIP*. Протокол SLIP (Serial Line IP) был первым стандартом де-факто, позволяющим устройствам, соединенным последовательной линией связи, работать по протоколам TCP/IP. Он был создан в начале 80-х годов и в 1984 году встроено Риком Адамсом (Rick Adams) в операционную систему 4.2 Berkley Unix. Позднее SLIP был поддержан в других версиях Unix и реализован в программном обеспечении для ПК.

Правда, ввиду его функциональной простоты, SLIP использовался и используется в основном на коммутируемых линиях связи, которые не характерны для ответственных и скоростных сетевых соединений. Тем не менее коммутируемый канал отличается от некоммутируемого только более низким качеством и необходимостью выполнять процедуру вызова абонента, поэтому SLIP вполне применим и на выделенных каналах.

Протокол SLIP выполняет единственную функцию - он позволяет в потоке бит, которые поступают по выделенному (или коммутируемому) каналу, распознать начало и конец IP-пакета. Помимо протокола IP, другие протоколы сетевого уровня SLIP не поддерживает.

Чтобы распознать границы IP-пакетов, протокол SLIP предусматривает использование специального символа END, значение которого в шестнадцатеричном представлении равно C0. Применение специального символа может породить конфликт: если байт пересылаемых данных тождественен символу END, то он будет ошибочно определен как признак конца пакета. Чтобы предотвратить такую ситуацию, байт данных со значением, равным значению символа END, заменяется составной двухбайтовой последовательностью, состоящей из специального символа ESC (DB) и кода DC. Если же байт данных имеет тот же код, что и символ SLIP ESC, то он заменяется двухбайтовой последовательностью, состоящей из собственно символа SLIP ESC и кода DD. После последнего байта пакета передается символ END.

Механизм формирования составных последовательностей показан на рис. 8.10. Здесь приведены стандартный IP-пакет (один байт которого тождественен символу END, а другой - символу SLIP ESC) и соответствующий ему SLIP-пакет, который больше на 4 байта.

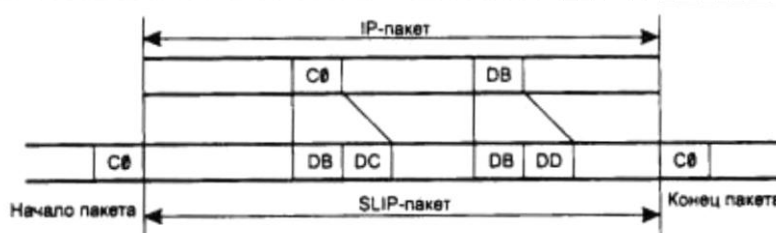


Рис. 8.10. Инкапсуляция IP-пакетов в SLIP-пакеты

Хотя в спецификации протокола SLIP не определена максимальная длина передаваемого пакета, реальный размер IP-пакета не должен превышать 1006 байт. Данное ограничение связано с первой реализацией протокола SLIP в соответствующем драйвере для Berkley Unix, и его соблюдение необходимо для поддержки совместимости разных реализации SLIP (большинство современных реализации позволяют администратору самому установить размер пакета, а по умолчанию используют размер 1500 байт).

Для установления связи по протоколу SLIP компьютеры должны иметь информацию об IP-адресах друг друга. Однако возможна ситуация, когда, скажем, при осуществлении соединения между хостом и маршрутизатором последнему понадобится передать хосту информацию о его IP-адресе. В протоколе SLIP нет механизмов, дающих возможность обмениваться адресной информацией. Это ограничение не позволяет использовать SLIP для некоторых видов сетевых служб.

Другой недостаток SLIP - отсутствие индикации типа протокола, пакет которого инкапсулируется в SLIP-пакет. Поэтому через последовательную линию по протоколу SLIP можно передавать трафик лишь одного сетевого протокола - IP.

При работе с реальными телефонными линиями, зашумленными и поэтому искажающими пакеты при пересылке, требуются процедуры обнаружения и коррекции ошибок. В протоколе SLIP такие процедуры не предусмотрены. Эти функции обеспечивают вышележащие протоколы: протокол IP проводит тестирование целостности пакета по заголовку IP, а один из двух транспортных протоколов (UDP или TCP) проверяет целостность всех данных.

8.6.5.2. *Протоколы семейства HDLC*. Долгое время основным протоколом выделенных линий был протокол HDLC (High-level Data Link Control), имеющий статус стандарта ISO. Протокол HDLC на самом деле представляет собой семейство протоколов, в которое входят известные протоколы: LAP-B, образующий канальный уровень сетей X.25, LAP-D - канальный уровень сетей ISDN, LAP-M - канальный уровень асинхронно-синхронных модемов, LAP-F - канальный уровень сетей frame relay.

Основные принципы работы протокола HDLC: режим логического соединения, контроль искаженных и потерянных кадров с помощью метода скользящего окна, управление потоком кадров с помощью команд RNR и RR.

Однако сегодня протокол HDLC на выделенных каналах вытеснил *протокол «точка-точкам», Point-to-Point Protocol, PPP*.

Дело в том, что одна из основных функций протокола HDLC - это восстановление искаженных и утерянных кадров. Действительно, применение протокола HDLC обеспечивает снижение вероятности искажения бита (BER) с 10^{-3} , что характерно для территориальных аналоговых каналов, до 10^{-9} .

Однако сегодня популярны цифровые каналы, которые и без внешних процедур восстановления кадров обладают высоким качеством (величина BER составляет 10^{-8} - 10^{-9}). Для работы по такому каналу восстановительные функции протокола HDLC не нужны. При передаче по аналоговым выделенным каналам современные модемы сами применяют протоколы семейства HDLC (синхронные модемы - HDLC, а асинхронно-синхронные с асинхронным интерфейсом - LAP-M, который также принадлежит семейству HDLC). Поэтому использование HDLC на уровне маршрутизатора или моста становится неоправданным.

8.6.5.3. *Протокол PPP*. Этот протокол разработан группой IETF (Internet Engineering Task Force) как часть стека TCP/IP для передачи кадров информации по последовательным глобальным каналам связи взамен устаревшего протокола SLIP (Serial Line IP). Протокол PPP стал фактическим стандартом для глобальных линий связи при соединении удаленных клиентов с серверами и для образования соединений между маршрутизаторами в корпоративной сети. При разработке протокола PPP за основу был взят формат кадров HDLC и дополнен собственными полями. Поля протокола PPP вложены в поле данных кадра HDLC. Позже были разработаны стандарты, использующие вложение кадра PPP в кадры frame relay и других протоколов глобальных сетей.

Основное отличие PPP от других протоколов канального уровня состоит в том, что он добивается согласованной работы различных устройств с помощью переговорной процедуры, во время которой передаются различные параметры, такие как качество линии, протокол аутентификации и инкапсулируемые протоколы сетевого уровня. Переговорная процедура происходит во время установления соединения.

Протокол PPP основан на четырех принципах: переговорное принятие параметров соединения, многопротокольная поддержка, расширяемость протокола, независимость от глобальных служб.

Переговорное принятие параметров соединения. В корпоративной сети конечные системы часто отличаются размерами буферов для временного хранения пакетов, ограничениями на размер пакета, списком поддерживаемых протоколов сетевого уровня. Физическая линия, связывающая конечные устройства, может варьироваться от низкоскоростной аналоговой линии до высокоскоростной цифровой линии с различными уровнями качества обслуживания.

Чтобы справиться со всеми возможными ситуациями, в протоколе PPP имеется набор стандартных установок, действующих по умолчанию и учитывающих все стандартные конфигурации. При установлении соединения два взаимодействующих устройства для нахождения взаимопонимания пытаются сначала использовать эти установки. Каждый конечный узел описывает свои возможности и требования. Затем на основании этой информации принимаются параметры соединения, устраивающие обе стороны, в которые входят форматы инкапсуляции данных, размеры пакетов, качество линии и процедура аутентификации.

Протокол, в соответствии с которым принимаются параметры соединения, называется *протоколом управления связью (Link Control Protocol, LCP)*. Протокол, который позволяет конечным узлам договориться о том, какие сетевые протоколы будут передаваться в установленном соединении, называется *протоколом управления сетевым уровнем (Network Control Protocol, NCP)*. Внутри одного PPP - соединения могут передаваться потоки данных различных сетевых протоколов.

по контрольным суммам.

8.6.6. Использование выделенных линий для построения корпоративной сети.

Для связи двух локальных сетей по арендуемому или собственному выделенному каналу обычно используются мосты или маршрутизаторы. Эти устройства нужны для того, чтобы по выделенному каналу пересылались не все кадры, циркулирующие в каждой локальной сети, а только те, которые предназначены для другой локальной сети.

Схема установки моста или маршрутизатора в этом случае однотипна (рис. 8.11). Сначала необходимо решить проблему физического сопряжения выходного порта моста или маршрутизатора с аппаратурой передачи данных, то есть DCE, подключаемой непосредственно к абонентскому окончанию линии. Если канал аналоговый, то это интерфейс с модемом, а если цифровой - то с устройством DSU/CSU. Интерфейс определяется требованиями DCE - это может быть RS-232C для низкоскоростных линий или

же RS-449 или V.35 для высокоскоростных каналов типа T1/E1. Для канала T3/E3 требуется наличие интерфейса HSSI.

Некоторые устройства имеют программно настраиваемые последовательные интерфейсы, которые могут работать и как RS-449/V.11, и как RS-449/V.10, и как V.35.

На рис. 8.11 выбрано в качестве примера соединение через цифровой канал E1, поэтому мост/маршрутизатор использует для подключения к каналу устройство DSU/CSU с внутренним интерфейсом RS-449 и внешним интерфейсом G.703. Часто крупные маршрутизаторы имеют модули со встроенным интерфейсом G.703, тогда необходимость в устройстве DSU/CSU отпадает. Если же выделенный канал был бы аналоговым, то в качестве DCE был бы необходим модем, поддерживающий режим работы по выделенной линии, причем кроме других различных критериев (скорость, контроль ошибок, компрессия) необходимо учитывать возможность модема работать по предоставленному абонентскому окончанию: 4-проводному или 2-проводному.



Рис. 8.11. Соединение сетей с помощью выделенного канала

После решения проблем физического уровня удаленные мосты готовы к работе. После включения каждый мост начинает передавать все кадры из своей локальной сети в выделенный канал и одновременно (так как практически все выделенные каналы дуплексные) принимать кадры из выделенного канала. На основании проходящего трафика каждый мост строит адресную таблицу и начинает передавать в выделенный канал кадры только тем станциям, которые действительно находятся в другой сети, а также широковещательные кадры и кадры с неизвестными MAC - адресами. Современные удаленные мосты при пересылке кадров локальных сетей упаковывают их в кадры протокола PPP. Переговорная процедура, которую ведут мосты при установлении PPP-соединения, сводится в основном к выбору параметров канального уровня с помощью протокола LCP, а также к взаимной аутентификации (если такая процедура задана в параметрах протокола PPP обоих мостов).

8.6.7. Особенности построения глобальных сетей на основе выделенных каналов:

- Выделенные каналы широко используются для образования глобальных связей между удаленными локальными сетями.
- Выделенные каналы делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от аппаратуры длительной коммутации. В аналоговых каналах используются FDM-коммутаторы, а в цифровых - TDM. Ненагруженные каналы не проходят через мультиплексоры и коммутаторы и используются чаще всего как абонентские окончания для доступа к глобальным сетям.
- Аналоговые каналы делятся на несколько типов: в зависимости от полосы пропускания - на каналы тональной частоты (3100 Гц) и широкополосные каналы (48 кГц), в зависимости от типа окончания - на каналы с 4-проводным окончанием и каналы с 2-проводным окончанием.
- Для передачи компьютерных данных по аналоговым каналам используются модемы - устройства, относящиеся к типу DCE. Модемы для работы на выделенных каналах бывают следующих типов:
 - асинхронные, асинхронно-синхронные и синхронные модемы;
 - модемы для 4- и 2-проводных окончаний;
 - модемы, работающие только в полудуплексном режиме, и дуплексные модемы;
 - модемы, поддерживающие протоколы коррекции ошибок;
 - широкополосные модемы и модемы для канала тональной частоты.
- Широкополосные модемы работают только по 4-проводным окончаниям в дуплексном синхронном режиме. Многие модели модемов для тонального канала могут работать в различных режимах, совмещая, например, поддержку асинхронного и синхронного режимов работы, 4- и 2-проводные окончания. Стандарт V.34+ является наиболее гибким и скоростным стандартом для модемов тонального канала, он поддерживает как выделенные, так и коммутируемые 2-проводные окончания.
- Цифровые выделенные каналы образуются первичными сетями двух поколений технологии - PDH и SONET/SDH. Эти технологии существуют в двух вариантах - североамериканском и европейском. Последний является также международным, соответствующим рекомендациям ITU-T. Два варианта технологий PDH несовместимы.
- В цифровых первичных сетях используется иерархия скоростей каналов, с помощью которой строятся магистральные каналы и каналы доступа. Технология PDH поддерживает следующие уровни иерархии каналов: абонентский канал 64 Кбит/с (DS-0), каналы T1/E1 (DS-1), каналы T2/E2 (DS-2) (редко сдаваемые в аренду) и каналы T3/E3 (DS-3). Скорость DS-4 определена в стандартах ITU-T, но на практике не используется.

- Технология PDH разрабатывалась как асинхронная, поэтому кадры различных скоростей разделяются специальными битами синхронизации. В этом причина основного недостатка каналов этой технологии - для получения доступа к данным одного низкоскоростного абонентского канала необходимо произвести полное демультиплексирование высокоскоростного канала, например Е3, а затем снова выполнить мультиплексирование 480 абонентских каналов в канал Е3. Кроме того, технология PDH не обеспечивает автоматической реакции первичной сети на отказ канала или порта.

- Технология SONET/SDH ориентируется на использование волоконно-оптических кабелей. Эта технология также включает два варианта - североамериканский (SONET) и европейско-международный (SDH), но в данном случае они являются совместимыми.

- Технология SONET/SDH продолжает иерархию скоростей каналов PDH - до 10 Гбит/с. Технология основана на полной синхронизации между каналами и устройствами сети, которая обеспечивается наличием центрального пункта распределения синхронизирующих импульсов для всей сети.

- Каналы иерархии PDH являются входными каналами для сетей технологии SONET/SDH, которая переносит ее по своим магистральным каналам.

- Синхронная передача кадров различного уровня иерархии позволяет получить доступ к данным низкоскоростного пользовательского канала, не выполняя полного демультиплексирования высокоскоростного потока. Техника указателей позволяет определить начало пользовательских подкадров внутри синхронного кадра и считать их или добавить «на лету». Эта техника называется техникой «вставки и удаления» (add and drop) пользовательских данных.

- Сети SONET/SDH обладают встроенной отказоустойчивостью за счет избыточности своих кадров и способности мультиплексоров выполнять реконфигурирование путей следования данных. Основной отказоустойчивой конфигурацией является конфигурация двойных волоконно-оптических колец.

- Внутренние протоколы SONET/SDH обеспечивают мониторинг и управление первичной сетью, в том числе удаленное создание постоянных соединений между абонентами сети.

- Первичные сети SONET/SDH являются основой для большинства телекоммуникационных сетей: телефонных, компьютерных, телексных.

- Для передачи компьютерных данных по выделенным каналам любой природы применяется несколько протоколов канального уровня: SLIP, HDLC и PPP. Протокол PPP в наибольшей степени подходит для современных выделенных каналов, аппаратура которых самостоятельно решает задачу надежной передачи данных. Протокол PPP обеспечивает

согласование многих важных параметров канального и сетевого уровня при установлении соединения между узлами.

- Для объединения локальных сетей с помощью выделенных каналов применяются такие ДТЕ, как маршрутизаторы и удаленные мосты. В канале с низкой пропускной способностью маршрутизаторы и мосты используют спуфинг, компрессию и сегментацию данных.

8.7. Глобальные связи на основе сетей с коммутацией каналов.

Выделенные линии представляют собой наиболее надежное средство соединения локальных сетей через глобальные каналы связи, так как вся пропускная способность такой линии всегда находится в распоряжении взаимодействующих сетей. Однако это и наиболее дорогой вид глобальных связей - при наличии N удаленных локальных сетей, которые интенсивно обмениваются данными друг с другом, нужно иметь $N \times (N-1)/2$ выделенных линий. Для снижения стоимости глобального транспорта применяют динамически коммутируемые каналы, стоимость которых разделяется между многими абонентами этих каналов.

Наиболее дешевыми оказываются услуги телефонных сетей, так как их коммутаторы оплачиваются большим количеством абонентов, пользующихся телефонными услугами, а не только абонентами, которые объединяют свои локальные сети.

Телефонные сети делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от способа мультиплексирования абонентских и магистральных каналов. Более точно, цифровыми называются сети, в которых на абонентских окончаниях информация представлена в цифровом виде и в которых используются цифровые методы мультиплексирования и коммутации, а аналоговыми - сети, которые принимают данные от абонентов аналоговой формы, то есть от классических аналоговых телефонных аппаратов, а мультиплексирование и коммутацию осуществляют как аналоговыми методами, так и цифровыми. В последние годы происходил достаточно интенсивный процесс замены коммутаторов телефонных сетей на цифровые коммутаторы, которые работают на основе технологии TDM. Однако такая сеть по-прежнему останется аналоговой телефонной сетью, даже если все коммутаторы будут работать по технологии TDM, обрабатывая данные в цифровой форме, если абонентские окончания у нее останутся аналоговыми, а аналого-цифровое преобразование выполняется на ближней к абоненту АТС сети. Новая технология модемов V.90 смогла использовать факт существования большого количества сетей, в которых основная часть коммутаторов являются цифровыми.

К телефонным сетям с цифровыми абонентскими окончаниями относятся так называемые службы Switched 56 (коммутируемые каналы 56 Кбит/с) и цифровые сети с

интегральными услугами ISDN (Intergrated Services Digital Network). Службы Switched 56 появились в ряде западных стран в результате предоставления конечным абонентам цифрового окончания, совместимого со стандартами линий T1. Эта технология не стала международным стандартом, и сегодня она вытеснена технологией ISDN, которая такой статус имеет.

Сети ISDN рассчитаны не только на передачу голоса, но и компьютерных данных, в том числе и с помощью коммутации пакетов, за счет чего они получили название сетей с интегральными услугами. Однако основным режимом работы сетей ISDN остается режим коммутации каналов, а служба коммутации пакетов обладает слишком низкой по современным меркам скоростью - обычно до 9600 бит/с. Новое поколение сетей с интеграцией услуг, названное B-ISDN (от broadband - широкополосные), основано уже целиком на технике коммутации пакетов (точнее, ячеек технологии ATM).

Пока географическая распространенность аналоговых сетей значительно превосходит распространенность цифровых, особенно в нашей стране, но это отставание с каждым годом сокращается.

8.7.1. Аналоговые телефонные сети. Организация аналоговых телефонных сетей.

Наиболее популярными коммутируемыми каналами являются каналы, создаваемые обычными аналоговыми телефонными сетями. В англоязычной литературе их иногда называют POTS (Plain Old Telephone Service), - что-то вроде «старая добрая телефонная служба», хотя, конечно, название PSTN (Public Switched Telephone Network) - «публичная коммутируемая телефонная сеть» является более официальным. К сожалению, эти сети малопригодны для построения магистралей корпоративных сетей. Со средней пропускной способностью 9600 бит/с коммутируемые аналоговые линии, оснащенные модемами, подходят только для пользователя с минимальными требованиями к времени реакции системы. Максимальная на сегодня пропускная способность в 56 Кбит/с достигается только в том случае, если все коммутаторы в сети на пути следования данных являются цифровыми, да и то такая скорость обеспечивается только в направлении «сеть - пользователь».

Чаще всего такие линии используются для индивидуального удаленного доступа к сети или же как резервные линии связи небольших офисов с центральным отделением предприятия. Доступ по телефонной сети имеет англоязычное название «dial-up access». Тем не менее при недостатке средств коммутируемые аналоговые линии обеспечивают связь локальных сетей между собой. Это выгодный режим соединения, если количество передаваемых данных невелико и данные не требуют частого обновления. В этом случае две сети могут соединяться по аналоговой телефонной сети, например, раз в сутки, передавать в течение нескольких минут данные, а затем разрывать соединение. При повременной оплате телефонного соединения такой режим оказывается эффективным. Обычно к нему прибегают

для передачи сводок работы предприятия за день, точнее тех частей сводок, которые имеют небольшие объемы (чаще всего - это числовые показатели, без графики).

Ниже перечислены основные характеристики аналоговых телефонных сетей.

- При вызове пользователи получают прямое соединение через коммутаторы в сети. Прямое соединение эквивалентно паре проводов с полосой пропускания от 300 до 3400 Гц. Абонентское окончание 2-проводное.

- Вызов абонента может осуществляться двумя способами: с помощью импульсного или тонального набора. Набор номера тоновым способом в среднем в 5 раз быстрее, чем импульсный.

- Коммутаторы сети не позволяют обеспечить промежуточное хранение данных. Поскольку запоминающие устройства в коммутаторах отсутствуют, возможен отказ в соединении при занятости абонента или при исчерпании коммутатором своих возможностей по соединению входных и выходных каналов (занятость АТС).

- Для передачи дискретных данных по аналоговым коммутируемым сетям используются модемы, поддерживающие процедуру вызова абонента.

- Пропускная способность коммутируемого аналогового канала заранее неизвестна, так как модемы устанавливают соединение на скорости, подходящей для реального качества канала. Так как качество коммутируемых каналов меняется в течение сеанса связи, то модемы изменяют скорость передачи данных динамически.

В телефонных коммутаторах аналоговых телефонных сетей могут использоваться два принципа коммутации - аналоговый, основанный на частотном разделении канала (FDM), и цифровой, основанный на разделении канала во времени (TDM).

Системы, работающие по методу частотного уплотнения, подразделяются на электромеханические и программно-управляемые электронные. Электромеханические системы (например, шаговые искатели) управляются по проводным цепям и приводятся в действие электродвигателями или шаговыми искателями. В электромеханических системах логика маршрутизации встроена в аппаратуру. В программно-управляемых коммутаторах логика коммутации реализуется программным обеспечением, а сама коммутация выполняется электронным способом.

Электромеханические коммутаторы, естественно, создают значительные помехи в коммутируемых каналах. Кроме того, дополнительные помехи создает сам способ коммутации уплотненных каналов на основе FDM. Это объясняется тем, что коммутировать уплотненные в общий канал сигналы отдельных абонентов невозможно. Перед операцией коммутации всегда нужно провести полное демультимплексирование сигналов абонентских каналов, то есть превратить сигнал высокочастотной несущей (который находится в диапазоне от 60 до 108 кГц для уплотненного канала первого уровня, состоящего из 12 абонентских каналов) в голосовой сигнал со спектром от 300 до 3400 Гц. Только затем такие каналы можно коммутировать с помощью шаговых искателей или электронных ключей. После коммутации абонентские каналы снова уплотняются в высокочастотный канал, но каждый входной канал теперь уже накладывается на несущую другой порядковой

частоты, что и соответствует операции коммутации (напомним, что при TDM-коммутации в уплотненном кадре меняется порядок следования байт).

Операция демультимплексирования высокочастотной несущей, а затем повторное наложение сигналов на высокочастотные несущие создает значительные помехи (треск и свист в телефонной трубке), которые существенно снижают качество коммутируемых каналов по сравнению с выделенными аналоговыми. Понятно, что наличие электромеханических элементов только усугубляет картину, а старые АТС с шаговыми искателями еще эксплуатируются (в Москве только совсем недавно была демонтирована АТС 231, которая работала с 30-х годов и была, естественно, электромеханической).

Переход на цифровые методы коммутации существенно повышает качество коммутируемых каналов даже при том, что сигнал от абонента поступает в ближайшую АТС в аналоговой форме, а значит, подвергается на «последней миле» воздействию помех, которые уже невозможно отфильтровать.

8.7.1.1. *Модемы для работы на коммутируемых аналоговых линиях.* Для передачи данных по аналоговым коммутируемым телефонным каналам используются модемы, которые:

- поддерживают процедуру автовызова абонента;
- работают по 2-проводному окончанию, так как в телефонных сетях для коммутируемых каналов предусмотрено именно это окончание.

Чаще всего сегодня для коммутируемых каналов используются те же модели модемов, что и для выделенных, так как последние стандарты определяют два режима работы - по выделенным каналам и по коммутируемым. Естественно, такие комбинированные модели дороже моделей, поддерживающих только один режим работы - по коммутируемым каналам.

Для передачи данных по коммутируемым каналам ССИТТ разработал ряд основных стандартов, определяющих скорость и метод кодирования сигналов.

Стандарты первой группы являются основными и состоят из следующих спецификаций:

- V.21 - дуплексная асинхронная передача данных на скорости 300 бит/с;
- V.22 - дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скорости 1,2 Кбит/с;
- V.22 bis - дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 1,2 и 2,4 Кбит/с;
- V.26 ter - дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 1,2 и 2,4 Кбит/с;
- V.32 - дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 4,8 и 9,6 Кбит/с;
- V.32 bis - дуплексная асинхронная/синхронная передача на скорости до 14,4 Кбит/с;
- V.34 - дуплексная передача на скорости до 28,8 Кбит/с;
- V.34+ - дуплексная передача на скорости до 33,6 Кбит/с.

Модемный стандарт V.90 является технологией, направленной на обеспечение недорогого и быстрого способа доступа пользователей к сетям поставщиков услуг. Этот стандарт обеспечивает асимметричный обмен данными: со скоростью 56 Кбит/с из сети и со скоростью 30-40 Кбит/с в сеть. Стандарт совместим со стандартом V.34+.

Основная идея технологии асимметричных модемов состоит в следующем. В современных телефонных сетях часто единственным аналоговым звеном в соединении с сервером удаленного доступа является телефонная пара, связывающая модем компьютера с коммутатором телефонной станции. Этот канал оптимизирован для передачи речевых сигналов: максимальная скорость передачи данных определяется из условия предельно допустимого соотношения между шумами физической линии передачи и погрешностью дискретизации звукового сигнала при его оцифровывании. Эта величина задается стандартом V.34+ и равна 33,6 Кбит/с.

Однако все выше приведенные соображения справедливы только для одного направления передачи данных - от аналогового модема к телефонной станции. Именно на этом участке выполняется аналого-цифровое преобразование, которое вносит погрешность квантования. Эта погрешность добавляется к другим помехам линии и ограничивает скорость передачи 33,6 Кбит/с. Обратное же цифро-аналоговое преобразование не вносит дополнительного шума, что делает возможным увеличение скорости передачи от телефонной станции к модему пользователя до 56 Кбит/с.

Достоинством новой технологии является то, что для ее внедрения не требуется вносить какие-либо изменения в оборудование телефонной станции - нужно лишь изменить программу в цифровых модемах, установленных в стойках у поставщика услуг, а также загрузить в пользовательский модем новую программу либо заменить микросхему памяти в зависимости от модели и производителя.

Технологии асимметричных модемов рассчитаны на то, что сервер удаленного доступа поставщика услуг корпоративной или публичной сети с коммутацией пакетов подключен к какой-либо АТС телефонной сети по цифровому интерфейсу, например BRI ISDN, или же по выделенному каналу T1/E1. Так что цифровой поток данных, идущий от сервера, постоянно пересылается сетью в цифровой форме и только на абонентском окончании преобразуется в аналоговую форму. Если же сервер удаленного доступа подключен к телефонной сети по обычному аналоговому окончанию, то даже наличие модема V.90 у сервера не спасет положение - данные будут подвергаться аналого-цифровому преобразованию, и их максимальная скорость не сможет превысить 33,6 Кбит/с. При подключении же модемов V.90 к телефонной сети с обеих сторон обычным способом, то есть через аналоговые окончания, они работают как модемы V.34+. Такая же картина будет наблюдаться в случае, если в телефонной сети на пути трафика встретится аналоговый коммутатор.

8.8. Компьютерные глобальные сети с коммутацией пакетов.

В предыдущих разделах рассматривалось построение глобальных связей в корпоративной сети на основе выделенных или коммутируемых каналов. Собственно, основные новые проблемы были сосредоточены при этом на физическом и канальном уровнях, так как поверх протоколов этих уровней, специфических для глобального канала, работали те же сетевые протоколы IP или IPX, которые использовались и для объединения локальных сетей.

Однако для глобальных сетей с коммутацией пакетов, таких как X.25, frame relay или АТМ, характерна оригинальная техника маршрутизации пакетов (здесь термин «пакет» используется как родовой для обозначения пакетов X.25, кадров frame relay и ячеек АТМ). Эта техника основана на понятии «виртуальный канал» и обеспечивает эффективную передачу долговременных устойчивых потоков данных.

8.8.1. Принцип коммутации пакетов с использованием техники виртуальных каналов.

Техника виртуальных каналов, используемая во всех территориальных сетях с коммутацией пакетов, кроме TCP/IP, состоит в следующем.

Прежде чем пакет будет передан через сеть, необходимо установить *виртуальное соединение* между абонентами сети - терминалами, маршрутизаторами или компьютерами. Существуют два типа виртуальных соединений - *коммутируемый виртуальный канал (Switched Virtual Circuit, SVC)* и *постоянный виртуальный канал (Permanent Virtual Circuit, PVC)*. При создании коммутируемого виртуального канала коммутаторы сети настраиваются на передачу пакетов динамически, по запросу абонента, а создание постоянного виртуального канала происходит заранее, причем коммутаторы настраиваются вручную администратором сети, возможно, с привлечением централизованной системы управления сетью.

Смысл создания виртуального канала состоит в том, что маршрутизация пакетов между коммутаторами сети на основании таблиц маршрутизации происходит только один раз - при создании виртуального канала (имеется в виду создание коммутируемого виртуального канала, поскольку создание постоянного виртуального канала осуществляется вручную и не требует передачи пакетов по сети). После создания виртуального канала передача пакетов коммутаторами происходит на основании так называемых *номеров* или *идентификаторов виртуальных каналов (Virtual Channel Identifier, VCI)*. Каждому виртуальному каналу присваивается значение VCI на этапе создания виртуального канала, причем это значение имеет не глобальный характер, как адрес абонента, а локальный - каждый коммутатор самостоятельно нумерует новый виртуальный канал. Кроме нумерации виртуального канала, каждый коммутатор при создании этого канала автоматически настраивает так называемые *таблицы коммутации портов* - эти таблицы описывают, на какой порт нужно передать пришедший пакет, если он имеет определенный номер VCI. Так что после прокладки виртуального канала через сеть коммутаторы больше не используют для пакетов этого соединения таблиц маршрутизации, а продвигают пакеты на основании номеров VCI небольшой разрядности. Сами таблицы коммутации портов также включают обычно меньше записей, чем таблицы маршрутизации, так как хранят данные только о действующих на данный момент соединениях, проходящих через данный порт.

Работа сети по маршрутизации пакетов ускоряется за счет двух факторов. Первый состоит в том, что решение о продвижении пакета принимается быстрее из-за меньшего размера таблицы коммутации. Вторым фактором является уменьшение доли служебной информации в пакетах. Адреса конечных узлов в глобальных сетях обычно имеют достаточно большую длину - 14-15 десятичных цифр, которые занимают до 8 байт (в технологии АТМ - 20 байт) в служебном поле пакета. Номер же виртуального канала обычно занимает 10-12 бит, так что накладные расходы на адресную часть существенно сокращаются, а значит, полезная скорость передачи данных возрастает.

Режим PVC является особенностью технологии маршрутизации пакетов в глобальных сетях, в сетях TCP/IP такого режима работы нет. Работа в режиме PVC является наиболее эффективной по критерию производительности сети. Половину работы по маршрутизации пакетов администратор сети уже выполнил, поэтому коммутаторы быстро занимаются продвижением кадров на основе готовых таблиц коммутации портов. Постоянный виртуальный канал подобен выделенному каналу в том, что не требуется устанавливать соединение или разъединение. Обмен пакетами по PVC может происходить в любой момент времени. Отличие PVC в сетях X.25 от выделенной линии типа 64 Кбит/с состоит в том, что пользователь не имеет никаких гарантий относительно действительной пропускной способности PVC. Использование PVC обычно намного дешевле, чем аренда

выделенной линии, так как пользователь делит пропускную способность сети с другими пользователями.

Режим продвижения пакетов на основе готовой таблицы коммутации портов обычно называют не маршрутизацией, а коммутацией и относят не к третьему, а ко второму (канальному) уровню стека протоколов.

Техника виртуальных каналов имеет свои достоинства и недостатки по сравнению с техникой IP- или IPX-маршрутизации. Маршрутизация каждого пакета без предварительного установления соединения (ни IP, ни IPX не работают с установлением соединения) эффективна для кратковременных потоков данных. Кроме того, возможно распараллеливание трафика для повышения производительности сети при наличии параллельных путей в сети. Быстрее обрабатывается отказ маршрутизатора или канала связи, так как последующие пакеты просто пойдут по новому пути (нужно учесть время установления новой конфигурации в таблицах маршрутизации). При использовании виртуальных каналов очень эффективно передаются через сеть долговременные потоки, но для кратковременных этот режим не очень подходит, так как на установление соединения обычно уходит много времени - даже коммутаторы технологии ATM, работающие на очень высоких скоростях, тратят на установление соединения по 5-10 мс каждый. Из-за этого обстоятельства компания Ipsilon разработала несколько лет назад технологию IP-switching, которая вводила в сети ATM, работающие по описанному принципу виртуальных каналов, режим передачи ячеек без предварительного установления соединения. Эта технология действительно ускоряла передачу через сеть кратковременных потоков IP-пакетов, поэтому она стала достаточно популярной, хотя и не приобрела статус стандарта. Особенностью всех подобных методов является ускорение передачи долговременных потоков пакетов. Технология IP-switching делает то же самое, но для кратковременных потоков, что хорошо отражает рассмотренные особенности каждого метода маршрутизации - маршрутизации на индивидуальной основе или на основе потоков пакетов, для которых прокладывается виртуальный канал.

8.8.2. Сети X.25

Назначение и структура сетей X.25

Сети X.25 являются на сегодняшний день самыми распространенными сетями с коммутацией пакетов, используемыми для построения корпоративных сетей. Основная причина такой ситуации состоит в том, что долгое время сети X.25 были единственными доступными сетями с коммутацией пакетов коммерческого типа, в которых давались гарантии коэффициента готовности сети. Сеть Internet также имеет долгую историю существования, но как коммерческая сеть она начала эксплуатироваться совсем недавно, поэтому для корпоративных пользователей выбора не было. Кроме того, сети X.25 хорошо

работают на ненадежных линиях благодаря протоколам с установлением соединения и коррекцией ошибок на двух уровнях - канальном и сетевом.

Стандарт X.25 «Интерфейс между конечным оборудованием данных и аппаратурой передачи данных для терминалов, работающих в пакетном режиме в сетях передачи данных общего пользования» был разработан комитетом ССИТТ в 1974 году и пересматривался несколько раз. Стандарт наилучшим образом подходит для передачи трафика низкой интенсивности, характерного для терминалов, и в меньшей степени соответствует более высоким требованиям трафика локальных сетей. Как видно из названия, стандарт не описывает внутреннее устройство сети X.25, а только определяет пользовательский интерфейс с сетью. Взаимодействие двух сетей X.25 определяет стандарт X.75.

Технология сетей X.25 имеет несколько существенных признаков, отличающих ее от других технологий.

- Наличие в структуре сети специального устройства - *PAD (Packet Assembler Disassembler)*, предназначенного для выполнения операции сборки нескольких низкоскоростных потоков байт от алфавитно-цифровых терминалов в пакеты, передаваемые по сети и направляемые компьютерам для обработки. Эти устройства имеют также русскоязычное название «Сборщик-разборщик пакетов», *СРП*.

- Наличие трехуровневого стека протоколов с использованием на канальном и сетевом уровнях протоколов с установлением соединения, управляющих потоками данных и исправляющих ошибки.

- Ориентация на однородные стеки транспортных протоколов во всех узлах сети - сетевой уровень рассчитан на работу только с одним протоколом канального уровня и не может подобно протоколу IP объединять разнородные сети. Сеть X.25 состоит из коммутаторов (*Switches, S*), называемых также *центрами коммутации пакетов (ЦКП)*, расположенных в различных географических точках и соединенных высокоскоростными выделенными каналами (рис. 8.12). Выделенные каналы могут быть как цифровыми, так и аналоговыми.

Асинхронные старт-стопные терминалы подключаются к сети через устройства PAD. Они могут быть встроенными или удаленными. Встроенный PAD обычно расположен в стойке коммутатора. Терминалы получают доступ ко встроенному устройству PAD по телефонной сети с помощью модемов с асинхронным интерфейсом. Встроенный PAD также подключается к телефонной сети с помощью нескольких модемов с асинхронным интерфейсом. Удаленный PAD представляет собой небольшое автономное устройство, подключенное к коммутатору через выделенный канал связи X.25. К удаленному устройству PAD терминалы подключаются по асинхронному интерфейсу, обычно для этой цели

используется интерфейс RS-232C. Один PAD обычно обеспечивает доступ для 8, 16 или 24 асинхронных терминалов.

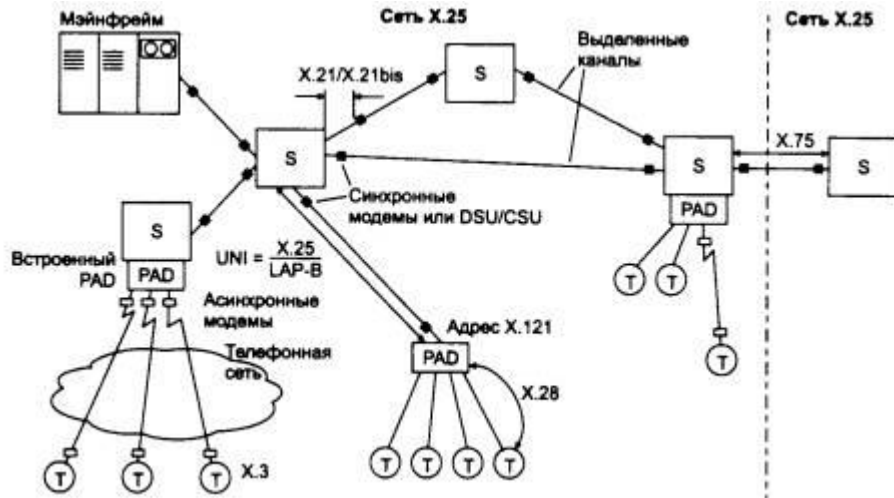


Рис. 8.12. Структура сети X.25

К основным функциям PAD, определенных стандартом X.3, относятся:

- сборка символов, полученных от асинхронных терминалов, в пакеты;
- разборка полей данных в пакетах и вывод данных на асинхронные терминалы;
- управление процедурами установления соединения и разъединения по сети X.25 с нужным компьютером;
- передача символов, включающих старт-стопные сигналы и биты проверки на четность, по требованию асинхронного терминала;
- продвижение пакетов при наличии соответствующих условий, таких как заполнение пакета, истечение времени ожидания и др.

Терминалы не имеют конечных адресов сети X.25. Адрес присваивается порту PAD, который подключен к коммутатору пакетов X.25 с помощью выделенного канала.

Несмотря на то, что задача подключения «неинтеллектуальных» терминалов к удаленным компьютерам возникает сейчас достаточно редко, функции PAD все еще остаются востребованными. Устройства PAD часто используются для подключения к сетям X.25 кассовых терминалов и банкоматов, имеющих асинхронный интерфейс RS-232.

8.8.2.1. *Стек протоколов сети X.25.* Стандарты сетей X.25 описывают 3 уровня протоколов (рис. 8.13).

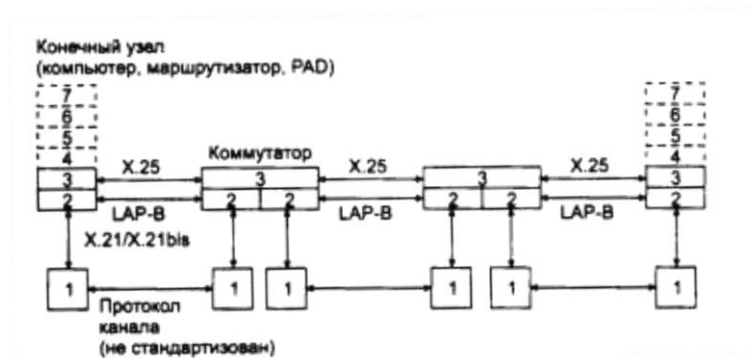


Рис. 8.13. Стек протоколов сети X.25

- На физическом уровне определены синхронные интерфейсы X.21 и X.21 bis к оборудованию передачи данных - либо DSU/CSU, если выделенный канал является цифровым, либо к синхронному модему, если канал выделенный.
- На канальном уровне используется подмножество протокола HDLC, обеспечивающее возможность автоматической передачи в случае возникновения ошибок в линии. Предусмотрен выбор из двух процедур доступа к каналу: LAP или LAP-B.
- На сетевом уровне определен протокол X.25/3 обмена пакетами между конечным оборудованием и сетью передачи данных.

Транспортный уровень может быть реализован в конечных узлах, но он стандартом не определяется.

Протокол физического уровня канала связи не оговорен, и это дает возможность использовать каналы разных стандартов.

На канальном уровне обычно используется протокол LAP-B. Этот протокол обеспечивает сбалансированный режим работы, то есть оба узла, участвующих в соединении, равноправны. По протоколу LAP-B устанавливается соединение между пользовательским оборудованием DTE (компьютером, IP- или IPX-маршрутизатором) и коммутатором сети. Хотя стандарт это и не оговаривает, но по протоколу LAP-B возможно также установление соединения на канальном уровне внутри сети между непосредственно связанными коммутаторами. Протокол LAP-B почти во всех отношениях идентичен протоколу LLC2, описанному в главе 3, кроме адресации. Кадр LAP-B содержит одно байтовое адресное поле (а не два - DSAP и SSAP), в котором указывается не адрес службы верхнего уровня, а направление передачи кадра - 0x01 для направления команд от DTE к DCE (в сеть) или ответов от DCE к DTE (из сети) и 0x03 для направления ответов от DTE к DCE или команд от DCE к DTE. Поддерживается как нормальный режим (с максимальным окном в 8 кадров и однобайтовым полем управления), так и расширенный режим (с максимальным окном в 128 кадров и двухбайтовым полем управления).

Сетевой уровень X.25/3 (в стандарте он назван не сетевым, а пакетным уровнем) реализуется с использованием 14 различных типов пакетов, по назначению аналогичных типам кадров протокола LAP-B. Так как надежную передачу данных обеспечивает протокол LAP-B, протокол X.25/3 выполняет функции маршрутизации пакетов, установления и разрыва виртуального канала между конечными абонентами сети и управления потоком пакетов.

Коммутаторы (ЦКП) сетей X.25 представляют собой гораздо более простые и дешевые устройства по сравнению с маршрутизаторами сетей TCP/IP. Это объясняется тем, что они не поддерживают процедур обмена маршрутной информацией и нахождения оптимальных маршрутов, а также не выполняют преобразований форматов кадров канальных протоколов. По принципу работы они ближе к коммутаторам локальных сетей, чем к маршрутизаторам. Однако работа, которую выполняют коммутаторы X.25 над пришедшими кадрами, включает больше этапов, чем при продвижении кадров коммутаторами локальных сетей. Коммутатор X.25 должен принять кадр LAP-B и ответить на него другим кадром LAP-B, в котором подтвердить получение кадра с конкретным номером. При утере или искажении кадра коммутатор должен организовать повторную передачу кадра. Если же с кадром LAP-B все в порядке, то коммутатор должен извлечь пакет X.25, на основании номера виртуального канала определить выходной порт, а затем сформировать новый кадр LAP-B для дальнейшего продвижения пакета. Коммутаторы локальных сетей такой работой не занимаются и просто передают кадр в том виде, в котором он пришел, на выходной порт.

8.8.3. Сети Frame Relay

8.8.3.1. *Назначение и общая характеристика.* Сети frame relay - сравнительно новые сети, которые гораздо лучше подходят для передачи пульсирующего трафика локальных

сетей по сравнению с сетями X.25, правда, это преимущество проявляется только тогда, когда каналы связи приближаются по качеству к каналам локальных сетей, а для глобальных каналов такое качество обычно достижимо только при использовании волоконно-оптических кабелей.

Преимущество сетей frame relay заключается в их низкой протокольной избыточности и дейтаграммном режиме работы, что обеспечивает высокую пропускную способность и небольшие задержки кадров. Надежную передачу кадров технология frame relay не обеспечивает. Сети frame relay специально разрабатывались как общественные сети для соединения частных локальных сетей. Они обеспечивают скорость передачи данных до 2 Мбит/с.

Особенностью технологии frame relay является гарантированная поддержка основных показателей качества транспортного обслуживания локальных сетей - средней скорости передачи данных по виртуальному каналу при допустимых пульсациях трафика. Кроме технологии frame relay гарантии качества обслуживания на сегодня может предоставить только технология АТМ, в то время как остальные технологии предоставляют требуемое качество обслуживания только в режиме «с максимальными усилиями» (best effort), то есть без гарантий.

Технология frame relay в сетях ISDN стандартизована как служба. В рекомендациях I.122, вышедших в свет в 1988 году, эта служба входила в число дополнительных служб пакетного режима, но затем уже при пересмотре рекомендаций в 1992-93 гг. она была названа службой frame relay и вошла в число служб режима передачи кадров наряду со службой frame switching. Служба frame switching работает в режиме гарантированной доставки кадров с регулированием потока. На практике поставщики телекоммуникационных услуг предлагают только службу frame relay.

Технология frame relay сразу привлекла большое внимание ведущих телекоммуникационных компаний и организаций по стандартизации. В ее становлении и стандартизации помимо ССИТТ (ITU-T) активное участие принимают Frame Relay Forum и комитет TISI института ANSI.

Некоммерческую организацию Frame Relay Forum образовали в 1990 году компании Cisco Systems, StrataCom (сегодня - подразделение Cisco Systems), Northern Telecom и Digital Equipment Corporation для развития и конкретизации стандартов ССИТТ и ANSI. Спецификации Frame Relay Forum носят название FRF и имеют порядковые номера. Спецификации FRF часто стандартизуют те аспекты технологии frame relay, которые еще не нашли свое отражение в стандартах ITU-T и ANSI. Например, спецификация FRF. 11 определяет режим передачи голоса по сетям frame relay.

Консорциум Frame Relay Forum разработал спецификацию, отвечающую требованиям базового протокола frame relay, разработанного T1S1 и CCITT. Однако консорциум расширил базовый протокол, включив дополнительные возможности по управлению сетью со стороны пользователя, что очень важно при использовании сетей frame relay в сложных составных корпоративных сетях. Эти дополнения к frame relay называют обобщенно *Local Management Interface (LMI)* - *локальный интерфейс управления*.

Стандарты ITU-T обычно отличаются высоким уровнем сложности и наличием многих возможностей, которые достаточно трудно воплотить на практике. Спецификации Frame Relay Forum упрощают некоторые аспекты стандартов ITU-T или отбрасывают некоторые возможности. Так, технология frame switching не нашла своего отражения в спецификациях FRF, а процедуры создания коммутируемых виртуальных каналов появились в спецификациях FRF позже, чем в стандартах ITU-T, и оказались более простыми.

Стандарты frame relay, как ITU-T/ANSI, так и Frame Relay Forum, определяют два типа виртуальных каналов - постоянные (PVC) и коммутируемые (SVC). Это соответствует потребностям пользователей, так как для соединений, по которым трафик передается почти всегда, больше подходят постоянные каналы, а для соединений, которые нужны только на несколько часов в месяц, больше подходят коммутируемые каналы.

Однако производители оборудования frame relay и поставщики услуг сетей frame relay начали с поддержки только постоянных виртуальных каналов. Это, естественно, является большим упрощением технологии. Тем не менее в последние годы оборудование, поддерживающее коммутируемые виртуальные каналы, появилось, и появились поставщики, предлагающие такую услугу.

8.8.3.2. *Стек протоколов frame relay*. Технология frame relay использует для передачи данных технику виртуальных соединений, аналогичную той, которая применялась в сетях X.25, однако стек протоколов frame relay передает кадры (при установленном виртуальном соединении) по протоколам только физического и канального уровней, в то время как в сетях X.25 и после установления соединения пользовательские данные передаются протоколом 3-го уровня.

Кроме того, протокол канального уровня LAP-F в сетях frame relay имеет два режима работы - основной (core) и управляющий (control). В основном режиме, который фактически практикуется в сегодняшних сетях frame relay, кадры передаются без преобразования и контроля, как и в коммутаторах локальных сетей. За счет этого сети frame relay обладают весьма высокой производительностью, так как кадры в коммутаторах не подвергаются преобразованию, а сеть не передает квитанции подтверждения между коммутаторами на каждый пользовательский кадр, как это происходит в сети X.25. Пульсации трафика передаются сетью frame relay достаточно быстро и без больших задержек.

При таком подходе уменьшаются накладные расходы при передаче пакетов локальных сетей, так как они вкладываются сразу в кадры канального уровня, а не в пакеты сетевого уровня, как это происходит в сетях X.25.

Структура стека (рис. 8.14) хорошо отражает происхождение технологии frame relay в недрах технологии ISDN, так как сети frame relay заимствуют многое из стека протоколов ISDN, особенно в процедурах установления коммутируемого виртуального канала.

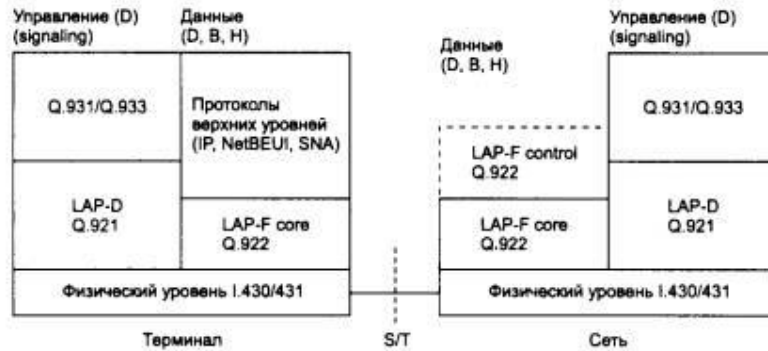


Рис. 8.14. Стек протоколов frame relay

Из-за того, что технология frame relay заканчивается на канальном уровне, она хорошо согласуется с идеей инкапсуляции пакетов единого сетевого протокола, например IP, в кадры канального уровня любых сетей, составляющих интернет. Процедуры взаимодействия протоколов сетевого уровня с технологией frame relay стандартизованы, например, принята спецификация RFC 1490, определяющая методы инкапсуляции в трафик frame relay трафика сетевых протоколов и протоколов канального уровня локальных сетей и SNA.

Другой особенностью технологии frame relay является отказ от коррекции обнаруженных в кадрах искажений. Протокол frame relay подразумевает, что конечные узлы будут обнаруживать и корректировать ошибки за счет работы протоколов транспортного или более высоких уровней. Это требует некоторой степени интеллектуальности от конечного оборудования, что по большей части справедливо для современных локальных сетей. В этом отношении технология frame relay близка к технологиям локальных сетей, таким как Ethernet, Token Ring и FDDI, которые тоже только отбрасывают искаженные кадры, но сами не занимаются их повторной передачей.

Структура кадра протокола LAP-F приведена на рис. 8.15.

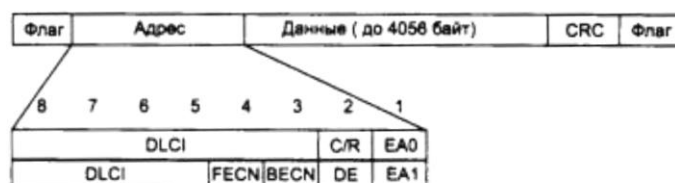


Рис. 8.15. Формат кадра LAP-F

За основу взят формат кадра HDLC, но поле адреса существенно изменило свой формат, а поле управления вообще отсутствует.

8.8.3.3. *Использование сетей frame relay.* Услуги frame relay обычно предоставляются теми же операторами, которые эксплуатируют сети X.25. Большая часть производителей выпускает сейчас коммутаторы, которые могут работать как по протоколам X.25, так и по протоколам frame relay.

Технология frame relay начинает занимать в территориальных сетях с коммутацией пакетов ту же нишу, которую заняла в локальных сетях технология Ethernet. Их роднит то, что они предоставляют только быстрые базовые транспортные услуги, доставляя кадры в узел назначения без гарантий, дейтаграммным способом. Однако если кадры теряются, то сеть frame relay, как и сеть Ethernet, не предпринимает никаких усилий для их восстановления. Отсюда следует простой вывод - полезная пропускная способность прикладных протоколов при работе через сети frame relay будет зависеть от качества каналов и методов восстановления пакетов на уровнях стека, расположенного над протоколом frame relay. Если каналы качественные, то кадры будут теряться и искажаться редко, так что скорость восстановления пакетов протоколом TCP или NCP будет вполне приемлема. Если же кадры искажаются и теряются часто, то полезная пропускная способность в сети frame relay может упасть в десятки раз, как это происходит в сетях Ethernet при плохом состоянии кабельной системы.

Поэтому сети frame relay следует применять только при наличии на магистральных каналах волоконно-оптических кабелей высокого качества. Каналы доступа могут быть и на витой паре, как это разрешает интерфейс G.703 или абонентское окончание ISDN. Используемая на каналах доступа аппаратура передачи данных должна обеспечить приемлемый уровень искажения данных - не ниже 10^{-6} .

На величины задержек сеть frame relay гарантий не дает, и это основная причина, которая сдерживает применение этих сетей для передачи голоса. Передача видеоизображения тормозится и другим отличием сетей frame relay от ATM - низкой скоростью доступа в 2 Мбит/с, что для передачи видео часто недостаточно.

Тем не менее многие производители оборудования для сетей frame relay поддерживают передачу голоса. Поддержка устройствами доступа заключается в присвоении кадрам, переносящим замеры голоса, приоритетов. Магистральные коммутаторы frame relay должны обслуживать такие кадры в первую очередь. Кроме того, желательно, чтобы сеть frame relay, передающая кадры с замерами голоса, была недогруженной. При этом в коммутаторах не возникают очереди кадров, и средние задержки в очередях близки к нулевым.

Необходимо также соблюдение еще одного условия для качественной передачи голоса - передавать замеры голоса необходимо в кадрах небольших размеров, иначе на качество будут влиять задержки упаковки замеров в кадр, так называемые задержки пакетизации, которые более подробно рассматриваются в разделе, посвященном технологии АТМ.

Для стандартизации механизмов качественной передачи голоса через сеть frame relay выпущена спецификация FRF.11. Однако в ней решены еще не все проблемы передачи голоса, поэтому работа в этом направлении продолжается.

Ввиду преобладания в коммерческих сетях frame relay услуг постоянных коммутируемых каналов и гарантированной пропускной способности, эти сети предоставляют услуги, очень похожие на услуги дробных выделенных линий T1/E1, но только за существенно меньшую плату.

При использовании PVC сеть frame relay хорошо подходит для объединения локальных сетей с помощью мостов, так как в этом случае от моста не нужна поддержка механизма установления виртуального канала, что требует некоторого программного «интеллекта». Мост может отправлять кадры протокола Ethernet или FDDI непосредственно в кадрах LAP-F или же может использовать поверх протокола LAP-F протокол PPP. Стандарт Internet RFC 1490 определяет формат заголовка SNAP для случая передачи через сеть frame relay непосредственно кадров канального уровня.

Чаще доступ к сетям frame relay реализуют не удаленные мосты, а маршрутизаторы, которые в случае поддержки на последовательных портах протокола frame relay как основного называют устройствами доступа FRAD (хотя и мост, и любое устройство, которое поддерживает протоколы UNI frame relay, относятся к классу FRAD).

Так как сети frame relay передают кадры с небольшими задержками, с их помощью часто передают трафик сетей SNA, особенно в том случае, когда они используют такие чувствительные к задержкам протоколы, как SDLC (фирменный протокол канального уровня компании IBM).

Виртуальные каналы в качестве основы построения корпоративной сети имеют один недостаток - при большом количестве точек доступа и смешанном характере связей необходимо большое количество виртуальных каналов, каждый из которых оплачивается отдельно. В сетях с маршрутизацией отдельных пакетов, таких как TCP/IP, абонент платит только за количество точек доступа, а не за количество связей между ними.

8.8.4. Технология АТМ

Гетерогенность - неотъемлемое качество любой крупной вычислительной сети, и на согласование разнородных компонентов системные интеграторы и администраторы тратят

большую часть своего времени. Поэтому любое средство, сулящее перспективу уменьшения неоднородности сети, привлекает пристальный интерес сетевых специалистов. Технология *асинхронного режима передачи* (*Asynchronous Transfer Mode, ATM*) разработана как единый универсальный транспорт для нового поколения сетей с интеграцией услуг, которые называются широкополосными сетями ISDN (Broadband-ISDN, B-ISDN).

По планам разработчиков единообразие, обеспечиваемое ATM, будет состоять в том, что одна транспортная технология сможет обеспечить несколько перечисленных ниже возможностей.

- Передачу в рамках одной транспортной системы компьютерного и мультимедийного (голос, видео) трафика, чувствительного к задержкам, причем для каждого вида трафика качество обслуживания будет соответствовать его потребностям.
- Иерархию скоростей передачи данных, от десятков мегабит до нескольких гига-бит в секунду с гарантированной пропускной способностью для ответственных приложений.
- Общие транспортные протоколы для локальных и глобальных сетей.
- Сохранение имеющейся инфраструктуры физических каналов или физических протоколов: T1/E1, T3/E3, SDH STM-n, FDDI.
- Взаимодействие с унаследованными протоколами локальных и глобальных сетей: IP, SNA, Ethernet, ISDN.

Главная идея технологии асинхронного режима передачи была высказана достаточно давно - этот термин ввела лаборатория Bell Labs еще в 1968 году. Основной разрабатываемой технологией тогда была технология TDM с синхронными методами коммутации, основанными на порядковом номере байта в объединенном кадре. Главный недостаток технологии TDM, которую также называют технологией синхронной передачи STM (Synchronous Transfer Mode), заключается в невозможности перераспределять пропускную способность объединенного канала между подканалами. В те периоды времени, когда по подканалу не передаются пользовательские данные, объединенный канал все равно передает байты этого подканала, заполненные нулями.

Попытки загрузить периоды простоя подканалов приводят к необходимости введения заголовка для данных каждого подканала. В промежуточной технологии STDM (Statistical TDM), которая позволяет заполнять периоды простоя передачей пульсаций трафика других подканалов, действительно вводятся заголовки, содержащие номер подканала. Данные при этом оформляются в пакеты, похожие по структуре на пакеты компьютерных сетей. Наличие адреса у каждого пакета позволяет передавать его асинхронно, так как местоположение его относительно данных других подканалов уже не является его адресом. Асинхронные пакеты

одного подканала вставляются в свободные тайм - слоты другого подканала, но не смешиваются с данными этого подканала, так как имеют собственный адрес.

Технология АТМ совмещает в себе подходы двух технологий - коммутации пакетов и коммутации каналов. От первой она взяла на вооружение передачу данных в виде адресуемых пакетов, а от второй - использование пакетов небольшого фиксированного размера, в результате чего задержки в сети становятся более предсказуемыми. С помощью техники виртуальных каналов, предварительного заказа параметров качества обслуживания канала и приоритетного обслуживания виртуальных каналов с разным качеством обслуживания удается добиться передачи в одной сети разных типов трафика без дискриминации. Хотя сети ISDN также разрабатывались для передачи различных видов трафика в рамках одной сети, голосовой трафик явно был для разработчиков более приоритетным. Технология АТМ с самого начала разрабатывалась как технология, способная обслуживать все виды трафика в соответствии с их требованиями.

Службы верхних уровней сети В-ISDN должны быть примерно такими же, что и у сети ISDN - это передача факсов, распространение телевизионного изображения, голосовая почта, электронная почта, различные интерактивные службы, например проведение видеоконференций. Высокие скорости технологии АТМ создают гораздо больше возможностей для служб верхнего уровня, которые не могли быть реализованы сетями ISDN - например, для передачи цветного телевизионного изображения необходима полоса пропускания в районе 30 Мбит/с. Технология ISDN такую скорость поддержать не может, а для АТМ она не составляет больших проблем.

Разработку стандартов АТМ осуществляет группа организаций под названием АТМ Forum под эгидой специального комитета IEEE, а также комитеты ITU-T и ANSI. АТМ - это очень сложная технология, требующая стандартизации в самых различных аспектах, поэтому, хотя основное ядро стандартов было принято в 1993 году, работа по стандартизации активно продолжается. Оптимизм внушает тот факт, что в АТМ Forum принимают участие практически все заинтересованные стороны - производители телекоммуникационного оборудования, производители оборудования локальных сетей, операторы телекоммуникационных сетей и сетевые интеграторы. До широкого распространения технологии АТМ по оценкам специалистов должно пройти еще 5-10 лет. Такой прогноз связан не только с отсутствием полного набора принятых стандартов, но и с невозможностью быстрой замены уже установленного дорогого оборудования, которое хотя и не так хорошо, как хотелось бы, но все же справляется со своими обязанностями. Кроме того, многое еще нужно сделать в области стандартизации взаимодействия АТМ с существующими сетями, как компьютерными, так и телефонными.

8.8.4.1. *Основные принципы технологии ATM.* Сеть ATM имеет классическую структуру крупной территориальной сети - конечные станции соединяются индивидуальными каналами с коммутаторами нижнего уровня, которые в свою очередь соединяются с коммутаторами более высоких уровней. Коммутаторы ATM пользуются 20-байтными адресами конечных узлов для маршрутизации трафика на основе техники виртуальных каналов. Для частных сетей ATM определен протокол маршрутизации PNNI (Private NNI), с помощью которого коммутаторы могут строить таблицы маршрутизации автоматически. В публичных сетях ATM таблицы маршрутизации могут строиться администраторами вручную, как и в сетях X.25, или могут поддерживаться протоколом PNNI.

Коммутация пакетов происходит на основе идентификатора виртуального канала (Virtual Channel Identifier, VCI), который назначается соединению при его установлении и уничтожается при разрыве соединения. Адрес конечного узла ATM, на основе которого прокладывается виртуальный канал, имеет иерархическую структуру, подобную номеру в телефонной сети, и использует префиксы, соответствующие кодам стран, городов, сетям поставщиков услуг и т. п., что упрощает маршрутизацию запросов установления соединения, как и при использовании агрегированных IP-адресов в соответствии с техникой CIDR.

Виртуальные соединения могут быть постоянными (Permanent Virtual Circuit, PVC) и коммутируемыми (Switched Virtual Circuit, SVC). Для ускорения коммутации в больших сетях используется понятие виртуального пути - Virtual Path, который объединяет виртуальные каналы, имеющие в сети ATM общий маршрут между исходным и конечным узлами или общую часть маршрута между некоторыми двумя коммутаторами сети. Идентификатор виртуального пути (Virtual Path Identifier, VPI) является старшей частью локального адреса и представляет собой общий префикс для некоторого количества различных виртуальных каналов. Таким образом, идея агрегирования адресов в технологии ATM применена на двух уровнях - на уровне адресов конечных узлов (работает на стадии установления виртуального канала) и на уровне номеров виртуальных каналов (работает при передаче данных по имеющемуся виртуальному каналу).

Соединения конечной станции ATM с коммутатором нижнего уровня определяются стандартом UNI (User Network Interface). Спецификация UNI определяет структуру пакета, адресацию станций, обмен управляющей информацией, уровни протокола ATM, способы установления виртуального канала и способы управления трафиком. В настоящее время принята версия UNI 4.0, но наиболее распространенной версией, поддерживаемой производителями оборудования, является версия UNI 3.1.

Стандарт ATM не вводит свои спецификации на реализацию физического уровня. Здесь он основывается на технологии SDH/SONET, принимая ее иерархию скоростей. В

соответствии с этим начальная скорость доступа пользователя сети - это скорость OC-3 155 Мбит/с. Организация ATM Forum определила для ATM не все иерархии скоростей SDH, а только скорости OC-3 и OC-12 (622 Мбит/с). На скорости 155 Мбит/с можно использовать не только волоконно-оптический кабель, но и неэкранированную витую пару категории 5. На скорости 622 Мбит/с допустим только волоконно-оптический кабель, причем как SMF, так и MMF.

Все перечисленные выше характеристики технологии ATM не свидетельствуют о том, что это некая «особенная» технология, а скорее представляют ее как типичную технологию глобальных сетей, основанную на технике виртуальных каналов. Особенности же технологии ATM лежат в области качественного обслуживания разнородного трафика и объясняются стремлением решить задачу совмещения в одних и тех же каналах связи и в одном и том же коммуникационном оборудовании компьютерного и мультимедийного трафика таким образом, чтобы каждый тип трафика получил требуемый уровень обслуживания и не рассматривался как «второстепенный».

Трафик вычислительных сетей имеет ярко выраженный асинхронный и пульсирующий характер. Компьютер посылает пакеты в сеть в случайные моменты времени, по мере возникновения в этом необходимости. При этом интенсивность посылки пакетов в сеть и их размер могут изменяться в широких пределах - например, коэффициент пульсаций трафика (отношения максимальной мгновенной интенсивности трафика к его средней интенсивности) протоколов без установления соединений может достигать до 200, а протоколов с установлением соединений - до 20. Чувствительность компьютерного трафика к потерям данных высокая, так как без утраченных данных обойтись нельзя и их необходимо восстановить за счет повторной передачи.

Мультимедийный трафик, передающий, например, голос или изображение, характеризуется низким коэффициентом пульсаций, высокой чувствительностью к задержкам передачи данных (отражающихся на качестве воспроизводимого непрерывного сигнала) и низкой чувствительностью к потерям данных (из-за инерционности физических процессов потерю отдельных замеров голоса или кадров изображения можно компенсировать сглаживанием на основе предыдущих и последующих значений).

Сложность совмещения компьютерного и мультимедийного трафика с диаметрально противоположными характеристиками хорошо видна на рис. 8.16.

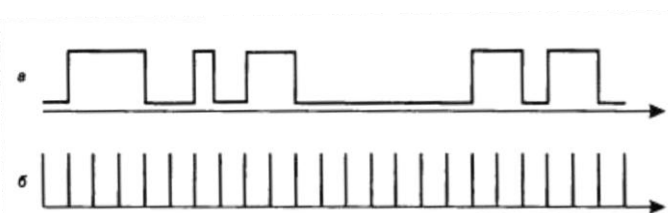


Рис. 8.16. Два типа трафика: а - компьютерный; б- мультимедийный

На возможности совмещения этих двух видов трафика большое влияние оказывает размер компьютерных пакетов. Если размер пакета может меняться в широком диапазоне (например, от 29 до 4500 байт, как в технологии FDDI), то даже при придании голосовым пакетам высшего приоритета обслуживания в коммутаторах время ожидания компьютерного пакета может оказаться недопустимо высоким. Например, пакет в 4500 байт будет передаваться в выходной порт на скорости 2 Мбит/с (максимальная скорость работы порта коммутатора frame relay) 18 мс. При совмещении трафика за это время необходимо через этот же порт передать 144 замера голоса. Прерывать передачу пакета в сетях нежелательно, так как при распределенном характере сети накладные расходы на оповещение соседнего коммутатора о прерывании пакета, а потом - о возобновлении передачи пакета с прерванного места оказываются слишком большими.

Подход, реализованный в технологии АТМ, состоит в передаче любого вида трафика - компьютерного, телефонного или видео - пакетами фиксированной и очень маленькой длины в 53 байта. Пакеты АТМ называют ячейками - cell. Поле данных ячейки занимает 48 байт, а заголовок - 5 байт.

Чтобы пакеты содержали адрес узла назначения и в то же время процент служебной информации не превышал размер поля данных пакета, в технологии АТМ применен стандартный для глобальных вычислительных сетей прием - передача ячеек в соответствии с техникой виртуальных каналов с длиной номера виртуального канала в 24 бит, что вполне достаточно для обслуживания большого количества виртуальных соединений каждым портом коммутатора глобальной (может быть всемирной) сети АТМ.

Размер ячейки АТМ является результатом компромисса между телефонистами и компьютерщиками - первые настаивали на размере поля данных в 32 байта, а вторые - в 64 байта.

Чем меньше пакет, тем легче имитировать услуги каналов с постоянной битовой скоростью, которая характерна для телефонных сетей. Ясно, что при отказе от жестко синхронизированных временных слотов для каждого канала идеальной синхронности добиться будет невозможно, однако чем меньше размер пакета, тем легче этого достичь.

Для пакета, состоящего из 53 байт, при скорости в 155 Мбит/с время передачи кадра на выходной порт составляет менее 3 мкс. Так что эта задержка не очень существенна для трафика, пакеты которого должны передаваться каждые 125 мкс.

Однако на выбор размера ячейки большее влияние оказала не величина ожидания передачи ячейки, а задержка пакетизации. *Задержка пакетизации* - это время, в течение которого первый замер голоса ждет момента окончательного формирования пакета и отправки его по сети. При размере поля данных в 48 байт одна ячейка АТМ обычно переносит 48 замеров голоса, которые делаются с интервалом в 125 мкс. Поэтому первый

замер должен ждать примерно 6 мс, прежде чем ячейка будет отправлена по сети. Именно по этой причине телефонисты боролись за уменьшения размера ячейки, так как 6 мс - это задержка, близкая к пределу, за которым начинаются нарушения качества передачи голоса. При выборе размера ячейки в 32 байта задержка пакетизации составила бы 4 мс, что гарантировало бы более качественную передачу голоса. А стремление компьютерных специалистов увеличить поле данных до 64 байт вполне понятно - при этом повышается полезная скорость передачи данных. Избыточность служебных данных при использовании 48-байтного поля данных составляет 10 %, а при использовании 32-байтного поля данных она сразу повышается до 16 %.

Выбор для передачи данных любого типа небольшой ячейки фиксированного размера еще не решает задачу совмещения разнородного трафика в одной сети, а только создает предпосылки для ее решения. Для полного решения этой задачи технология ATM привлекает и развивает идеи *заказа пропускной способности и качества обслуживания*, реализованные в технологии frame relay. Но если сеть frame relay изначально была предназначена для передачи только пульсирующего компьютерного трафика (в связи с этим для сетей frame relay так трудно дается стандартизация передачи голоса), то разработчики технологии ATM проанализировали всевозможные образцы трафика, создаваемые различными приложениями, и выделили 4 основных класса трафика, для которых разработали различные механизмы резервирования и поддержания требуемого качества обслуживания.

Класс трафика (называемый также классом услуг - service class) качественно характеризует требуемые услуги по передаче данных через сеть ATM. Если приложение указывает сети, что требуется, например, передача голосового трафика, то из этого становится ясно, что особенно важными для пользователя будут такие показатели качества обслуживания, как задержки и вариации задержек ячеек, существенно влияющие на качество переданной информации - голоса или изображения, а потеря отдельной ячейки с несколькими замерами не так уж важна, так как, например, воспроизводящее голос устройство может аппроксимировать недостающие замеры и качество пострадает не слишком. Требования к синхронности передаваемых данных очень важны для многих приложений - не только голоса, но и видеоизображения, и наличие этих требований стало первым критерием для деления трафика на классы.

Другим важным параметром трафика, существенно влияющим на способ его передачи через сеть, является величина его пульсаций. Разработчики технологии ATM решили выделить два различных типа трафика в отношении этого параметра - трафик с постоянной битовой скоростью (Constant Bit Rate, CBR) и трафик с переменной битовой скоростью (Variable Bit Rate, VBR).

К разным классам были отнесены трафики, порождаемые приложениями, использующими для обмена сообщениями протоколы с установлением соединений и без установления соединений. В первом случае данные передаются самим приложением достаточно надежно, как это обычно делают протоколы с установлением соединения, поэтому от сети АТМ высокой надежности передачи не требуется. А во втором случае приложение работает без установления соединения и восстановлением потерянных и искаженных данных не занимается, что предъявляет повышенные требования к надежности передачи ячеек сетью АТМ.

В результате было определено пять классов трафика, отличающихся следующими качественными характеристиками:

- наличием или отсутствием пульсации трафика, то есть трафики CBR или VBR;
- требованием к синхронизации данных между передающей и принимающей сторонами;
- типом протокола, передающего свои данные через сеть АТМ, - с установлением соединения или без установления соединения (только для случая передачи компьютерных данных). Основные характеристики классов трафика АТМ приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2. Классы трафика АТМ

Класс трафика	Характеристика
A	Постоянная битовая скорость — Constant Bit Rate, CBR. Требуются временные соотношения между передаваемыми и принимаемыми данными. С установлением соединения. Примеры: голосовой трафик, трафик телевизионного изображения
B	Переменная битовая скорость — Variable Bit Rate, VBR. Требуются временные соотношения между передаваемыми и принимаемыми данными. С установлением соединения. Примеры: компрессированный голос, компрессированное видеозображение
C	Переменная битовая скорость — Variable Bit Rate, VBR. Не требуются временные соотношения между передаваемыми и принимаемыми данными. С установлением соединения. Примеры: трафик компьютерных сетей, в которых конечные узлы работают по протоколам с установлением соединений: frame relay, X.25, LLC2, TCP
D	Переменная битовая скорость — Variable Bit Rate, VBR. Не требуются временные соотношения между передаваемыми и принимаемыми данными. Без установления соединения. Примеры: трафик компьютерных сетей, в которых конечные узлы работают по протоколам без установления соединений (IP, Ethernet, DNS, SNMP)
X	Тип трафика и его параметры определяются пользователем

В технологии АТМ поддерживается следующий набор основных количественных параметров:

- Peak Cell Rate (PCR) - максимальная скорость передачи данных;
- Sustained Cell Rate (SCR) - средняя скорость передачи данных;

- Minimum Cell Rate (MCR) - минимальная скорость передачи данных;
- Maximum Burst Size (MBS) - максимальный размер пульсации;
- Cell Loss Ratio (CLR) - доля потерянных ячеек;
- Cell Transfer Delay (CTD) - задержка передачи ячеек;
- Cell Delay Variation (CDV) - вариация задержки ячеек.

Параметры скорости измеряются в ячейках в секунду, максимальный размер пульсации - в ячейках, а временные параметры - в секундах. Максимальный размер пульсации задает количество ячеек, которое приложение может передать с максимальной скоростью PCR, если задана средняя скорость. Доля потерянных ячеек является отношением потерянных ячеек к общему количеству отправленных ячеек по данному виртуальному соединению. Так как виртуальные соединения являются дуплексными, то для каждого направления соединения могут быть заданы разные значения параметров.

В технологии ATM принят не совсем традиционный подход к трактовке термина «качество обслуживания» - QoS. Обычно качество обслуживания трафика характеризуется параметрами пропускной способности (здесь это RCR, SCR, MCR, MBS), параметрами задержек пакетов (CTD и CDV), а также параметрами надежности передачи пакетов (CLR). В ATM характеристики пропускной способности называют *параметрами трафика* и не включают их в число параметров качества обслуживания QoS, хотя по существу они таковыми являются. Параметрами QoS в ATM являются только параметры CTD, CDV и CLR. Сеть старается обеспечить такой уровень услуг, чтобы поддерживались требуемые значения и параметров трафика, и задержек ячеек, и доли потерянных ячеек.

8.8.4.2. *Стек протоколов ATM.* Стек протоколов ATM показан на рис 8.17, а распределение протоколов по конечным узлам и коммутаторам ATM - на рис. 8.18.

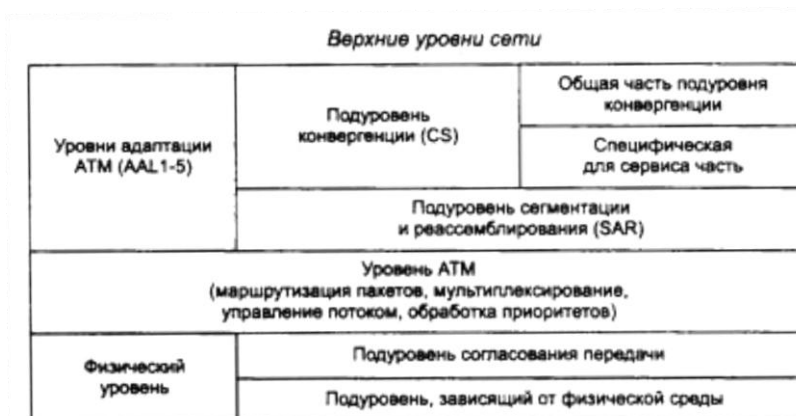


Рис. 8.17. Структура стека протоколов ATM

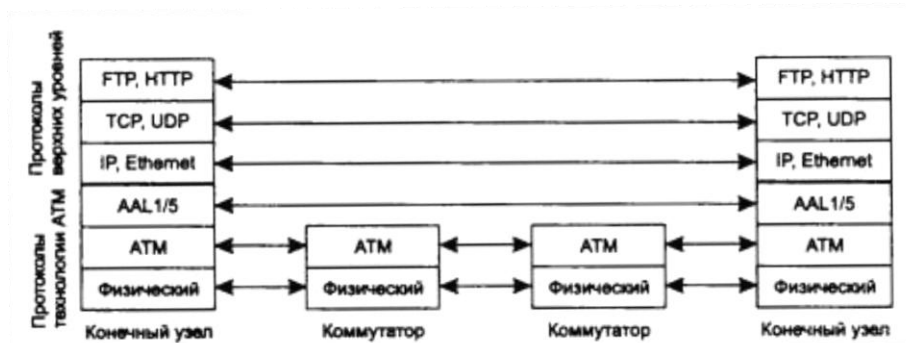


Рис. 8.18. Распределение протоколов по узлам и коммутаторам сети ATM

Стек протоколов ATM соответствует нижним уровням семиуровневой модели ISO/OSI и включает уровень адаптации ATM, собственно уровень ATM и физический уровень. Прямого соответствия между уровнями протоколов технологии ATM и уровнями модели OSI нет.

8.8.4.3. *Протокол ATM*. Протокол ATM занимает в стеке протоколов ATM примерно то же место, что протокол IP в стеке TCP/IP или протокол LAP-F в стеке протоколов технологии frame relay. Протокол ATM занимается передачей ячеек через коммутаторы при установленном и настроенном виртуальном соединении, то есть на основании готовых таблиц коммутации портов. Протокол ATM выполняет коммутацию по номеру виртуального соединения, который в технологии ATM разбит на две части - *идентификатор виртуального пути (Virtual Path Identifier, VPI)* и *идентификатор виртуального канала (Virtual Channel Identifier, VCI)*. Кроме этой основной задачи протокол ATM выполняет ряд функций по контролю за соблюдением трафик - контракта со стороны пользователя сети, маркировке ячеек-нарушителей, отбрасыванию ячеек-нарушителей при перегрузке сети, а также управлению потоком ячеек для повышения производительности сети (естественно, при соблюдении условий трафик - контракта для всех виртуальных соединений).

Протокол ATM работает с ячейками следующего формата, представленного на рис. 8.19.

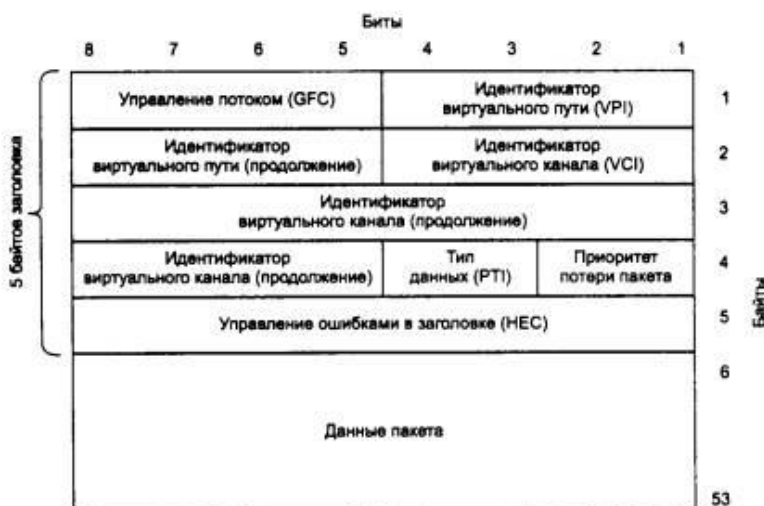


Рис. 8.19. Формат ячейки ATM

Поле *Управление потоком (Generic Flow Control)* используется только при взаимодействии конечного узла и первого коммутатора сети. В настоящее время его точные функции не определены.

Поля *Идентификатор виртуального пути (Virtual Path Identifier, VPI)* и *Идентификатор виртуального канала (Virtual Channel Identifier, VCI)* занимают соответственно 1 и 2 байта. Эти поля задают номер виртуального соединения, разделенный на старшую (VPI) и младшую (VCI) части.

Поле *Идентификатор типа данных (Payload Type Identifier, PTI)* состоит из 3-х бит и задает тип данных, переносимых ячейкой, - пользовательские или управляющие (например, управляющие установлением виртуального соединения). Кроме того, один бит этого поля используется для указания перегрузки в сети - он называется Explicit Congestion Forward Identifier, EFCI - и играет ту же роль, что бит FECN в технологии frame relay, то есть передает информацию о перегрузке по направлению потока данных.

Поле *Приоритет потери кадра (Cell Loss Priority, CLP)* играет в данной технологии ту же роль, что и поле DE в технологии frame relay - в нем коммутаторы ATM отмечают ячейки, которые нарушают соглашения о параметрах качества обслуживания, чтобы удалить их при перегрузках сети. Таким образом, ячейки с CLP=0 являются для сети высокоприоритетными, а ячейки с CLP=1 - низкоприоритетными.

Поле *Управление ошибками в заголовке (Header Error Control, HEC)* содержит контрольную сумму, вычисленную для заголовка ячейки. Контрольная сумма вычисляется с помощью техники корректирующих кодов Хэмминга, поэтому она позволяет не только обнаруживать ошибки, но и исправлять все одиночные ошибки, а также некоторые двойные. Поле HEC обеспечивает не только обнаружение и исправление ошибок в заголовке, но и нахождение границы начала кадра в потоке байтов кадров SDH, которые являются предпочтительным физическим уровнем технологии ATM, или же в потоке бит физического уровня, основанного на ячейках. Указателей, позволяющих в поле данных кадра STS-n (STM-n) технологии SONET/SDH обнаруживать границы ячеек ATM (подобных тем указателям, которые используются для определения, например, границ виртуальных контейнеров подканалов T1/E1), не существует. Поэтому коммутатор ATM вычисляет контрольную сумму для последовательности из 5 байт, находящихся в поле данных кадра STM-n, и, если вычисленная контрольная сумма говорит о корректности заголовка ячейки ATM, первый байт становится границей ячейки. Если же это не так, то происходит сдвиг на один байт и операция продолжается. Таким образом, технология ATM выделяет асинхронный поток ячеек ATM в синхронных кадрах SDH или потоке бит физического уровня, основанного на ячейках.

8.8.4.4. *Передача трафика IP через сети ATM.* Технология ATM привлекает к себе общее внимание, так как претендует на роль всеобщего и очень гибкого транспорта, на основе которого строятся другие сети. И хотя технология ATM может использоваться непосредственно для транспортировки сообщений протоколов прикладного уровня, пока она чаще переносит пакеты других протоколов канального и сетевого уровней (Ethernet, IP, IPX, frame relay, X.25), сосуществуя с ними, а не полностью заменяя. Поэтому протоколы и спецификации, которые определяют способы взаимодействия технологии ATM с другими технологиями, очень важны для современных сетей. А так как протокол IP является на сегодня основным протоколом построения составных сетей, то стандарты работы IP через сети ATM являются стандартами, определяющими взаимодействие двух наиболее популярных технологий.

Протокол Classical IP (RFC 1577) является первым (по времени появления) протоколом, определившим способ работы интерсети IP в том случае, когда одна из промежуточных сетей работает по технологии ATM. Из-за классической концепции подсетей протокол и получил свое название - Classical.

Одной из основных задач, решаемых протоколом Classical IP, является традиционная для IP-сетей задача - поиск локального адреса следующего маршрутизатора или конечного узла по его IP-адресу, то есть задача, возлагаемая в локальных сетях на протокол ARP. Поскольку сеть ATM не поддерживает широковещательность, традиционный для локальных сетей способ широковещательных ARP-запросов здесь не работает. Технология ATM, конечно, не единственная технология, в которой возникает такая проблема, - для обозначения таких технологий даже ввели специальный термин - «Нешироковещательные сети с множественным доступом» (Non-Broadcast networks with Multiple Access, NBMA). К сетям NBMA относятся, в частности, сети X.25 и frame relay.

В общем случае для нешироковещательных сетей стандарты TCP/IP определяют только ручной способ построения ARP-таблиц, однако для технологии ATM делается исключение - для нее разработана процедура автоматического отображения IP-адресов на локальные адреса. Такой особый подход к технологии ATM объясняется следующими причинами. Сети NBMA (в том числе X.25 и frame relay) используются, как правило, как транзитные глобальные сети, к которым подключается ограниченное число маршрутизаторов, а для небольшого числа маршрутизаторов можно задать ARP-таблицу вручную. Технология ATM отличается тем, что она применяется для построения не только глобальных, но и локальных сетей. В последнем случае размерность ARP-таблицы, которая должна содержать записи и о пограничных маршрутизаторах, и о множестве конечных узлов, может быть очень большой. К тому же, для крупной локальной сети характерно постоянное изменение состава узлов, а значит, часто возникает необходимость в корректировке таблиц. Все это делает ручной вариант решения задачи отображения адресов для сетей ATM мало пригодным.

В соответствии со спецификацией Classical IP одна сеть ATM может быть представлена в виде нескольких IP-подсетей, так называемых логических подсетей (Logical IP Subnet, LIS) (рис. 8.20). Все узлы одной LIS имеют общий адрес сети. Как и в классической IP-сети, весь трафик между подсетями обязательно проходит через маршрутизатор, хотя и существует принципиальная возможность передавать его непосредственно через коммутаторы ATM, на которых построена сеть ATM. Маршрутизатор имеет интерфейсы во всех LIS, на которые разбита сеть ATM.

Подход спецификации Classical IP к подсетям напоминает технику виртуальных локальных сетей VLAN -там также вводятся ограничения на имеющуюся возможность связи через коммутаторы для узлов, принадлежащих разным VLAN.

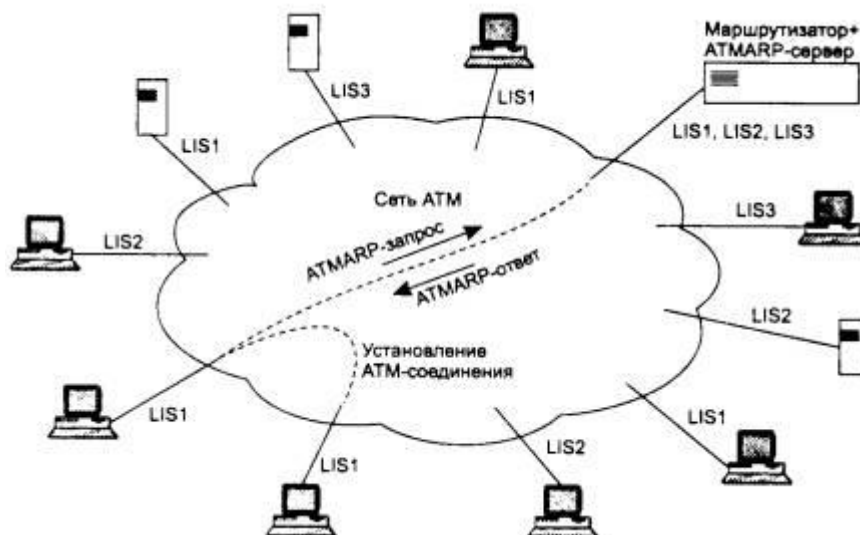


Рис. 8.20. Логические IP-подсети в сети ATM

8.8.4.5. Сосуществование ATM с традиционными технологиями локальных сетей.

Технология ATM разрабатывалась сначала как «вещь в себе», без учета того факта, что в существующие технологии сделаны большие вложения и поэтому никто не станет сразу отказываться от установленного и работающего оборудования, даже если появляется новое, более совершенное. Это обстоятельство оказалось не столь важным для территориальных сетей, которые в случае необходимости могли предоставить свои оптоволоконные каналы для построения сетей ATM. Учитывая, что стоимость высокоскоростных оптоволоконных каналов, проложенных на большие расстояния, часто превышает стоимость остального сетевого оборудования, переход на новую технологию ATM, связанный с заменой коммутаторов, во многих случаях оказывался экономически оправданным.

Для локальных сетей, в которых замена коммутаторов и сетевых адаптеров равнозначна созданию новой сети, переход на технологию ATM мог быть вызван только весьма серьезными причинами. Гораздо привлекательнее полной замены существующей локальной сети новой сетью ATM выглядела возможность «постепенного» внедрения технологии ATM в существующую на предприятии сеть. При таком подходе фрагменты сети, работающие по новой технологии ATM, могли бы мирно сосуществовать с другими частями сети, построенными на основе традиционных технологий, таких как Ethernet или FDDI, улучшая характеристики сети там, где это нужно, и оставляя сети рабочих групп или отделов в прежнем виде. Применение маршрутизаторов IP, реализующих протокол Classical IP, решает эту проблему, но такое решение не всегда устраивает предприятия, пользующиеся

услугами локальных сетей, так как, во-первых, требуется обязательная поддержка протокола IP во всех узлах локальных сетей, а во-вторых, требуется установка некоторого количества маршрутизаторов, что также не всегда приемлемо. Отчетливо ощущалась необходимость способа согласования технологии ATM с технологиями локальных сетей без привлечения сетевого уровня.

В ответ на такую потребность ATM Forum разработал спецификацию, называемую LAN emulation, LANE (то есть эмуляция локальных сетей), которая призвана обеспечить совместимость традиционных протоколов и оборудования локальных сетей с технологией ATM. Эта спецификация обеспечивает совместную работу этих технологий на канальном уровне. При таком подходе коммутаторы ATM работают в качестве высокоскоростных коммутаторов магистрали локальной сети, обеспечивая не только скорость, но и гибкость соединений коммутаторов ATM между собой, поддерживающих произвольную топологию связей, а не только древовидные структуры.

Спецификация LANE определяет способ преобразования кадров и адресов MAC - уровня традиционных технологий локальных сетей в ячейки и коммутируемые виртуальные соединения SVC технологии ATM, а также способ обратного преобразования. Всю работу по преобразованию протоколов выполняют специальные компоненты, встраиваемые в обычные коммутаторы локальных сетей, поэтому ни коммутаторы ATM, ни рабочие станции локальных сетей не замечают того, что они работают с чуждыми им технологиями. Такая прозрачность была одной из главных целей разработчиков спецификации LANE.

Так как эта спецификация определяет только канальный уровень взаимодействия, то с помощью коммутаторов ATM и компонентов эмуляции LAN можно образовать только виртуальные сети, называемые здесь эмулируемыми сетями, а для их соединения нужно использовать обычные маршрутизаторы.

Рассмотрим основные идеи спецификации на примере сети, изображенной на рис. 8.21.

8.8.4.6. *Использование технологии ATM.* Технология ATM расширяет свое присутствие в локальных и глобальных сетях не очень быстро, но неуклонно. В последнее время наблюдается устойчивый ежегодный прирост числа сетей, выполненных по этой технологии, в 20-30 %.

В локальных сетях технология ATM применяется обычно на магистралях, где хорошо проявляются такие ее качества, как масштабируемая скорость (выпускаемые сегодня корпоративные коммутаторы ATM поддерживают на своих портах скорости 155 и 622 Мбит/с), качество обслуживания (для этого нужны приложения, которые умеют запрашивать нужный класс обслуживания), петле-видные связи (которые позволяют повысить пропускную способность и обеспечить резервирование каналов связи). Петлевидные связи поддерживаются в силу того, что ATM - это технология с маршрутизацией пакетов,

запрашивающих установление соединений, а значит, таблица маршрутизации может эти связи учесть - либо за счет ручного труда администратора, либо за счет протокола маршрутизации PNNL.

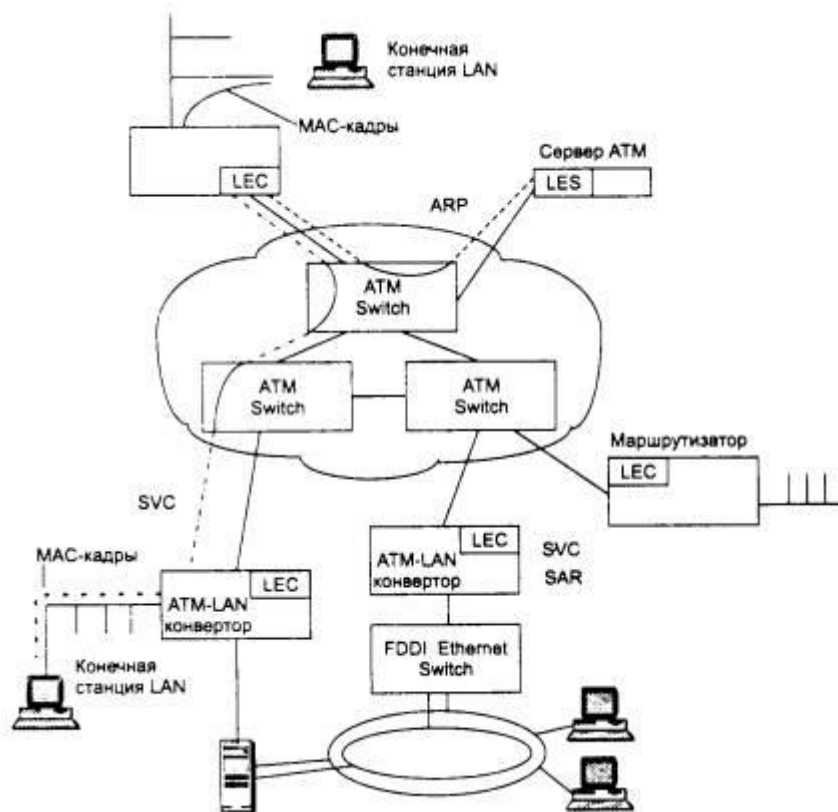


Рис. 8.21. Принципы работы технологии LAN emulation

Основной соперник технологии ATM в локальных сетях - технология Gigabit Ethernet. Она превосходит ATM в скорости передачи данных - 1000 Мбит/с по сравнению с 622 Мбит/с, а также в затратах на единицу скорости. Там, где коммутаторы ATM используются только как высокоскоростные устройства, а возможности поддержки разных типов трафика игнорируются, технологию ATM, очевидно, заменит технология Gigabit Ethernet. Там же, где качество обслуживания действительно важно (видеоконференции, трансляция телевизионных передач и т. п.), технология ATM останется. Для объединения настольных компьютеров технология ATM, вероятно, еще долго не будет использоваться, так как здесь очень серьезную конкуренцию ей составляет технология Fast Ethernet.

В глобальных сетях ATM применяется там, где сеть frame relay не справляется с большими объемами трафика, и там, где нужно обеспечить низкий уровень задержек, необходимый для передачи информации реального времени.

Сегодня основной потребитель территориальных коммутаторов ATM - это Internet. Коммутаторы ATM используются как гибкая среда коммутации виртуальных каналов между IP-маршрутизаторами, которые передают свой трафик в ячейках ATM. Сети ATM оказались

более выгодной средой соединения IP-маршрутизаторов, чем выделенные каналы SDH, так как виртуальный канал ATM может динамически перераспределять свою пропускную способность между пульсирующим трафиком клиентов IP-сетей. Примером магистральной сети ATM крупного поставщика услуг может служить сеть компании UUNET - одного из ведущих поставщиков услуг Internet Северной Америки (рис. 8.22).

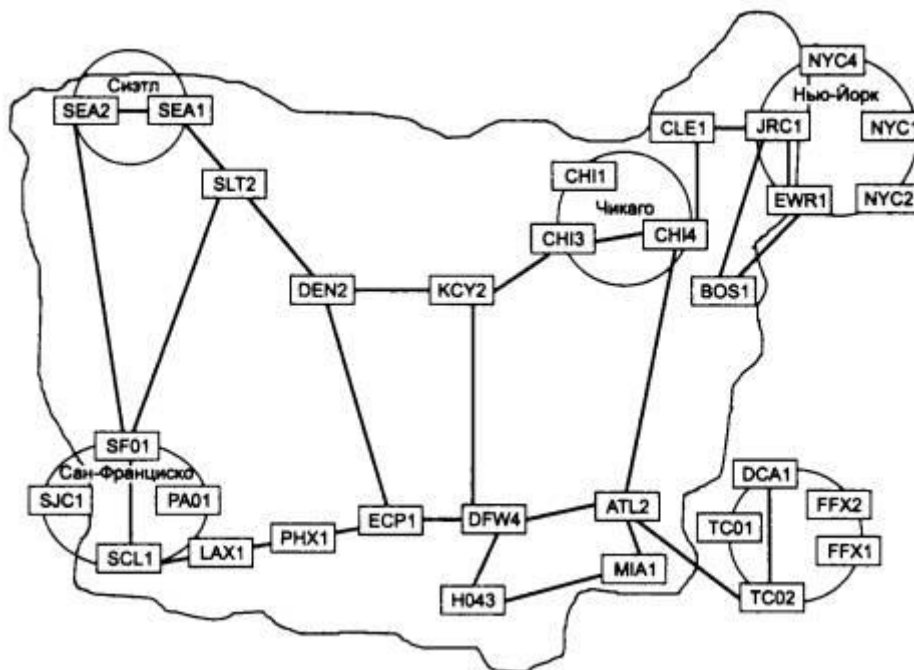


Рис. 8.22. Магистральная сеть ATM компании UUNET

Хотя технология ATM разрабатывалась для одновременной передачи данных компьютерных и телефонных сетей, передача голоса по каналам CBR для сетей ATM составляет всего 5 % от общего трафика, а передача видеoinформации - 10 %. Телефонные компании пока предпочитают передавать свой трафик непосредственно по каналам SDH, не довольствуясь гарантиями качества обслуживания ATM. Кроме того, технология ATM пока имеет недостаточно стандартов для плавного включения в существующие телефонные сети, хотя работы в этом направлении идут.

Что же касается совместимости ATM с технологиями компьютерных сетей, то разработанные в этой области стандарты вполне работоспособны и удовлетворяют пользователей и сетевых интеграторов.

Выводы

- К технологиям глобальных сетей с коммутацией пакетов относятся сети X.25, frame relay, SMDS, ATM и TCP/IP. Все эти сети, кроме сетей TCP/IP, используют маршрутизацию пакетов, основанную на виртуальных каналах между конечными узлами сети.
- Сети TCP/IP занимают особое положение среди технологий глобальных сетей, так как они выполняют роль технологии объединения сетей любых типов, в том числе и

сетей всех остальных глобальных технологий. Таким образом, сети TCP/ IP относятся к более высокоуровневым технологиям, чем технологии собственно глобальных сетей.

- Техника виртуальных каналов заключается в разделении операций маршрутизации и коммутации пакетов. Первый пакет таких сетей содержит адрес вызываемого абонента и прокладывает виртуальный путь в сети, настраивая промежуточные коммутаторы. Остальные пакеты проходят по виртуальному каналу в режиме коммутации на основании номера виртуального канала, который является локальным адресом для каждого порта каждого коммутатора.

- Техника виртуальных каналов имеет преимущества и недостатки по сравнению с техникой маршрутизации каждого пакета, характерной для сетей IP или IPX. Преимуществами являются: ускоренная коммутация пакетов по номеру виртуального канала, а также сокращение адресной части пакета, а значит, и избыточности заголовка. К недостаткам следует отнести невозможность распараллеливания потока данных между двумя абонентами по параллельным путям, а также неэффективность установления виртуального пути для кратковременных потоков данных.

- Сети X.25 относятся к одной из наиболее старых и отработанных технологий глобальных сетей. Трехуровневый стек протоколов сетей X.25 хорошо работает на ненадежных зашумленных каналах связи, исправляя ошибки и управляя потоком данных на канальном и пакетном уровнях.

- Сети X.25 поддерживают групповое подключение к сети простых алфавитно-цифровых терминалов за счет включения в сеть специальных устройств PAD, каждое из которых представляет собой особый вид терминального сервера.

- На надежных волоконно-оптических каналах технология X.25 становится избыточной и неэффективной, так как значительная часть работы ее протоколов ведется «вхолостую».

- Сети frame relay работают на основе весьма упрощенной, по сравнению с сетями X.25, технологией, которая передает кадры только по протоколу канального уровня - протоколу LAP-F. Кадры при передаче через коммутатор не подвергаются преобразованиям, из-за чего технология и получила свое название.

- Важной особенностью технологии frame relay является концепция резервирования пропускной способности при прокладке в сети виртуального канала. Сети frame relay создавались специально для передачи пульсирующего компьютерного трафика, поэтому при резервировании пропускной способности указывается средняя скорость трафика CIR и согласованный объем пульсаций Bc.

- Сеть frame relay гарантирует поддержку заказанных параметров качества обслуживания за счет предварительного расчета возможностей каждого коммутатора, а

также отбрасывания кадров, которые нарушают соглашение о трафике, то есть посылаются в сеть слишком интенсивно.

- Большинство первых сетей frame relay поддерживали только службу постоянных виртуальных каналов, а служба коммутируемых виртуальных каналов стала применяться на практике только недавно.

- Технология ATM является дальнейшим развитием идей предварительного резервирования пропускной способности виртуального канала, реализованных в технологии frame relay.

- Технология ATM поддерживает основные типы трафика, существующие у абонентов разного типа: трафик с постоянной битовой скоростью CBR, характерный для телефонных сетей и сетей передачи изображения, трафик с переменной битовой скоростью VBR, характерный для компьютерных сетей, а также для передачи компрессированного голоса и изображения.

- Для каждого типа трафика пользователь может заказать у сети значения нескольких параметров качества обслуживания - максимальной битовой скорости PCR, средней битовой скорости SCR, максимальной пульсации MBS, а также контроля временных соотношений между передатчиком и приемником, важных для трафика, чувствительного к задержкам.

- Технология ATM сама не определяет новые стандарты для физического уровня, а пользуется существующими. Основным стандартом для ATM является физический уровень каналов технологий SONET/SDH и PDH.

- Ввиду того что ATM поддерживает все основные существующие типы трафика, она выбрана в качестве транспортной основы широкополосных цифровых сетей с интеграцией услуг - сетей B-ISDN, которые должны заменить сети ISDN.

8.9. Удаленный доступ

Если магистральные связи между локальными сетями всегда строятся путем соединения локальных сетей с территориальным транспортом через маршрутизаторы, то для организации удаленного доступа могут использоваться различные схемы и продукты. Продукты удаленного доступа могут существенно отличаться реализованными в них функциями, а значит, и возможностями при решении конкретной практической задачи.

8.9.1. Основные схемы глобальных связей при удаленном доступе

Удаленный доступ - очень широкое понятие, которое включает в себя различные типы и варианты взаимодействия компьютеров, сетей и приложений. Если рассматривать все многочисленные схемы взаимодействия, которые обычно относят к удаленному доступу, то всем им присуще *использование глобальных каналов или глобальных сетей* при

взаимодействии. Кроме того, для удаленного доступа, как правило, характерна *несимметричность взаимодействия*, когда, с одной стороны, имеется центральная крупная сеть или центральный компьютер, а с другой - отдельный удаленный терминал, компьютер или небольшая сеть, которые хотят получить доступ к информационным ресурсам центральной сети. Количество удаленных от центральной сети узлов и сетей, требующих этот доступ, постоянно растет, поэтому современные средства удаленного доступа рассчитаны на поддержку большого количества удаленных клиентов.

8.9.2. Типы взаимодействующих систем

На рис. 8.23 приведены основные схемы удаленного доступа, отличающиеся типом взаимодействующих систем:

- терминал-компьютер-(1);
- компьютер-компьютер - (2);
- компьютер-сеть- (3);
- сеть-сеть - (4).

Первые три вида удаленного доступа часто объединяют понятием индивидуального доступа, а схемы доступа сеть - сеть иногда делят на два класса - ROBO и SOHO. Класс *ROBO* (*Regional Office/Branch Office*) соответствует случаю подключения к центральной сети сетей средних размеров - сетей региональных подразделений предприятия, а классу *SOHO* (*Small Office/Home Office*) соответствует случай удаленного доступа сетей небольших офисов и домашних сетей.

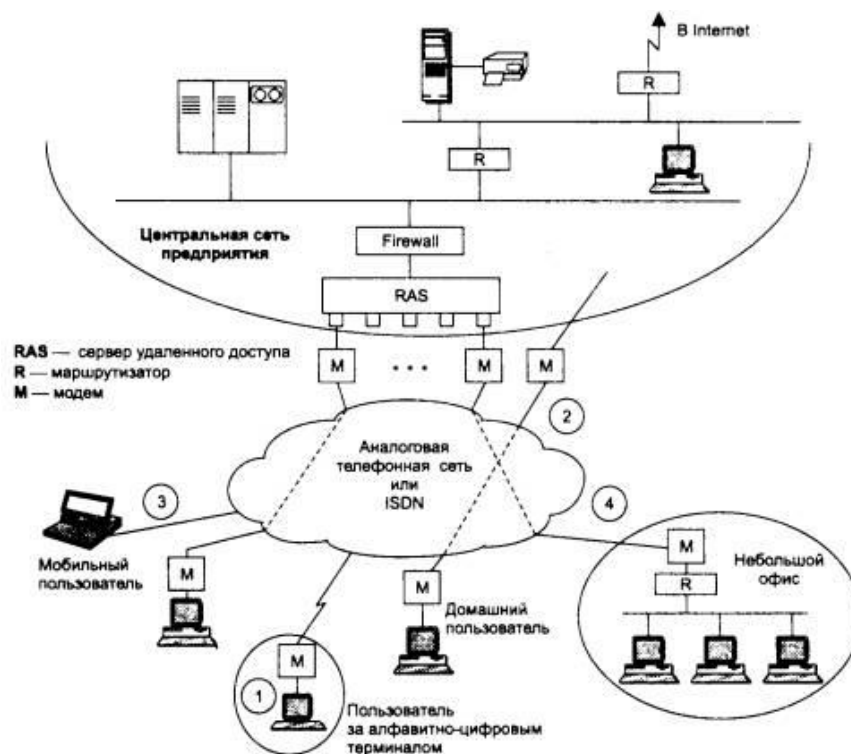


Рис. 8.23. Общая схема удаленного доступа

8.9.3. Типы поддерживаемых служб

Схемы удаленного доступа могут отличаться также и типом служб, которые поддерживаются для удаленного клиента. Наиболее часто используется удаленный доступ к файлам, базам данных, принтерам в том же стиле, к которому пользователь привык при работе в локальной сети. Такой режим называется *режимом удаленного узла (remote node)*. Иногда при удаленном доступе реализуется обмен с центральной сетью сообщениями *электронной почты*, с помощью которого можно в автоматическом режиме получить запрашиваемые корпоративные данные, например из базы данных.

Особое место среди всех видов удаленного доступа к компьютеру занимает способ, при котором пользователь получает возможность удаленно работать с компьютером таким же способом, как если бы он управлял им с помощью локально подключенного терминала. В этом режиме он может запускать на выполнение программы на удаленном компьютере и видеть результаты из выполнения. При этом принято подразделять такой способ доступа на *терминальный доступ* и *удаленное управление*. Если у удаленного пользователя в распоряжении имеется только неинтеллектуальный алфавитно-цифровой терминал или же он запускает на своем персональном компьютере программу эмуляции такого терминала (например, Тepp90 из утилит Norton Commander или же программу Terminal из утилит Windows 3.1), то такой режим работы называют терминальным доступом. Для владельца алфавитно-цифрового терминала, например VT-100, этот вид удаленного доступа является единственно возможным. Доступ к мэйнфрейму IBM, работающему под управлением операционной системы MVS, с помощью доступа через удаленный или встроенный PAD, который затем работает с мэйнфреймом через сеть X.25, также является примером терминального доступа. Отличительной особенностью терминального доступа является то, что операционные системы на компьютере, к которому получают доступ пользователи, рассчитаны на многотерминальный режим работы, поэтому главное здесь — отличная от стандартного варианта схема подключения терминала, ориентированная на глобальные сети.

При удаленном управлении пользователь запускает на своем компьютере программу, которая эмулирует ему на экране сеанс работы с операционной системой — DOS, Windows, OS/2, — которая не поддерживает многотерминальный режим работы. Программа эмуляции экрана через глобальные каналы взаимодействует с дополнительным программным обеспечением, работающим под управлением соответствующей операционной системы на удаленном компьютере. Пользователь, как и при терминальном доступе, также получает полное управление удаленным компьютером, при этом он видит на экране графический интерфейс привычной ему операционной системы, в качестве которой чаще всего выступает Windows. Результат получается практически тот же, но за счет нестандартного дополнительного программного обеспечения на удаленном компьютере.

8.9.4. Типы используемых глобальных служб

Схема организации удаленного доступа во многом определяется теми глобальными транспортными службами, которые доступны в точках нахождения многочисленных клиентов удаленного доступа. Кроме степени распространенности необходимо учитывать и стоимость глобальной службы. С учетом этих двух обстоятельств наиболее часто для организации удаленного доступа используется служба телефонных сетей — аналоговых (Plain Old Telephone Service — POTS) и, если это возможно, ISDN. Только эти сети пока могут обеспечить дешевый доступ практически из любого географического пункта. Правда, для нашей страны это справедливо только для аналоговых телефонных сетей, службы же ISDN доступны только в крупных городах и то фрагментарно. В то же время для большинства стран Западной Европы, Японии, Южной Кореи, а также США и Канады получение услуг ISDN для небольшого офиса или домашнего пользователя — это реальность сегодняшнего дня, и этим объясняется большое количество продуктов для организации удаленного доступа, ориентированных на службу ISDN. Хотя количество установленных абонентских окончаний ISDN даже в развитых странах пока в процентном отношении и невелико по отношению к общему числу абонентов телефонной сети, но главную роль здесь играет то, что при заказе такого окончания абонент получает его в течение нескольких недель.

Служба выделенных каналов экономически оправдана только при подключении небольшого числа крупных подразделений предприятия, а для отдельных пользователей ее использование — слишком большая роскошь.

Служба сетей с коммутацией пакетов, таких как X.25 или frame relay, из-за своей стоимости также малоприспособна для индивидуальных пользователей. Кроме того, точки доступа к этим сетям далеко не так распространены, как точки доступа к телефонной сети, имеющиеся почти в каждой квартире, не говоря уже о небольших офисах. Прямые подключения к сетям X.25 или frame relay целесообразны для организации равноправных связей сетей или же для подключения сетей класса ROBO, так как такого рода сетей у предприятия обычно немного, а связь с центральной сетью им нужна постоянно. Для индивидуальных пользователей проблема подключения к сети X.25 решается доступом по телефонной сети через устройство PAD, оснащенное модемным пулом, если такой доступ оправдан экономически.

Экономические аспекты удаленного доступа должны учитывать способ его оплаты и интенсивность использования, которое обычно оценивается количеством часов загруженности глобальных каналов в месяц. Необходимо иметь в виду, что практически все транспортные службы удаленного доступа, связанные с коммутируемыми каналами, оплачиваются повременно, а в транспортных службах постоянных каналов схема оплаты

помесячная, не зависящая от загрузки канала. Например, доступ через аналоговую телефонную сеть или ISDN оплачивается повременно, а доступ через выделенный канал 64 Кбит/с или постоянный канал 64 Кбит/с в сети frame relay оплачивается фиксированной месячной суммой.

Поэтому обычно сначала определяется, какое количество часов в месяц будет тот или иной удаленный пользователь работать с центральной локальной сетью удаленно. Затем на основании тарифов оплаты телекоммуникационных услуг находится тот вид услуги, который более экономичен для данного количества часов месячной работы. Обычно при количестве часов до 20-40 более выгодными являются аналоговые телефонные сети и ISDN. Для пользователей, которым требуется большее чем 40 количество часов доступа в месяц, например 60-80, может оказаться более выгодным воспользоваться выделенным каналом frame relay. Необходимо отметить, что коммутируемые услуги в сетях, основанных на технике виртуальных каналов, обычно оплачиваются также по временной схеме. Так оплачиваются услуги коммутируемых виртуальных каналов АТМ и только появляющаяся аналогичная служба сетей frame relay.

9 СЕТИ ДОСТУПА

Интерес к участку "последней мили" резко возрос в развитых странах в конце 80-х - начале 90-х годов, когда, с одной стороны, стало ясно, что одни лишь услуги аналоговой телефонии перестали удовлетворять пользователей, а, с другой стороны, прошла модернизация и цифровизация магистральных сетей и коммутационных станций, позволившая обеспечить потребность в новых услугах. "Последняя миля" стала в тот момент "горлышком бутылки", сдерживавшим стремительное развитие услуг связи.

Термин "последняя миля" появился сравнительно недавно. Им обозначают участок сети связи от телефонной (коммутационной) станции до абонентских оконечных устройств. Другое обозначение того же понятия - сеть абонентского доступа. Оба определения берут свое начало от английских выражений ("Last Mile" и "Access Network"). Однако уже в начале 90-х годов появились технологии, позволившие снять напряженность на участке доступа. Прежде всего, это гамма решений xDSL, давших новую жизнь медным абонентским линиям. Одновременно с модернизацией медных линий полным ходом шло развитие сетей абонентского доступа, основанных на использовании оптических кабелей и радиоканалов. К концу 90-х годов наблюдается следующий виток спирали развития - во многих странах сети абонентского доступа развиты настолько, что легко могут обеспечить абоненту подключение на скоростях 2 Мбит/с и выше. Однако оказывается, что магистральные сети сегодня уже не справляются с такими объемами данных. Так что очередь снова стоит за модернизацией магистралей.

Рынок средств связи для "последней мили" в настоящее время стремительно развивается. Это обуславливает необходимость резкого расширения абонентской распределительной сети, что может явиться непростой задачей для традиционного кабельного решения, особенно если новая АТС устанавливается в районе, где кабельная канализация перегружена или отсутствует.

Абоненты, как правило, нуждаются не только в телефонной связи, но и в подключении к электронной почте, получении видеоконференцсвязи, услуг интеллектуальной сети и ISDN, доступе к сети Internet и всевозможным базам данных.

Все это требует развития сетей абонентского доступа. Простое увеличение числа медных кабелей далеко не всегда целесообразно по экономическим показателям. Современная индустрия средств связи для "последней мили" предлагает несколько альтернативных решений.

Наиболее простым и экономичным способом увеличения емкости распределительной сети, предназначенной для предоставления услуг аналоговой телефонии, является применение цифровых систем передачи для абонентских линий (ЦСПАЛ). Это оборудование часто

называют также аппаратурой уплотнения абонентских линий. Аппаратура ЦСПАЛ нашла широкое применение на сетях связи.

Ключевое значение на абонентских линиях имело появление технологий xDSL и особенно HDSL.

В тех случаях, когда прокладка кабельных линий нецелесообразна, а также для мобильного развертывания сети доступа, эффективным может оказаться беспроводное подключение абонентов.

9.1. Традиционные решения организации абонентского подключения к сети.

Понятие "последняя миля" ("Last Mile") относится к небольшому участку телефонной сети - только к абонентской линии, которая как бы закреплена за определенным абонентом (пользователем), проблема "последней мили" заключается в выборе способа организации абонентского подключения (доступа) к сети и выборе соответствующего оборудования.

Раньше окончательным устройством телефонной сети был телефонный аппарат, а компьютер выполнял только вычислительные функции. Затем длительное время процесс развития шел по пути использования телефонных сетей общего пользования для передачи сигналов от ЭВМ. Когда обмен информацией от ЭВМ достиг значительной величины, стало целесообразным создание телекоммуникационных сетей, представляющих собой совокупность средств электросвязи для доставки информации удаленным абонентам (пользователям) и средств хранения и обработки подлежащей передаче информации. Указанная совокупность включает также программные средства, обеспечивающие пользователям предоставление услуг одного или нескольких видов: обмен речевыми сообщениями (в том числе и традиционная телефонная связь), данными, файлами, факсимильными сообщениями, видеосигналами, доступ к всевозможным базам данных и т.д.

В настоящее время телефонная сеть успешно используется как основа для развития и создания всевозможных телекоммуникационных сетей, систем и служб. На рис. 9.1 показан пример построения телекоммуникационной сети, объединяющей, в основном, пользователей компьютеров (ПК) на основе обмена информацией между ними и узлом. Эта сеть включает в себя телекоммуникационный узел (ТКУ), где находится центральный компьютер, соединенный с абонентами линиями телефонной сети через модемы - устройства, преобразующие дискретные сигналы от компьютера в аналоговые для передачи через сеть. ТКУ обеспечивает абонентам данной сети доступ к всевозможным базам данных. Модемы для организации обмена информацией через телефонную сеть должны выбираться со стандартными протоколами ITU-T, обеспечивающими довольно высокую скорость передачи, даже если реальная скорость, которая определяется качеством каналов и линий связи, значительно ниже.

Такую же структуру имеет подключение абонентов к ТКУ через *выделенные телефонные сети*, предоставляющей, кроме услуг телефонной сети, услуги электронной почты и факс-почты.

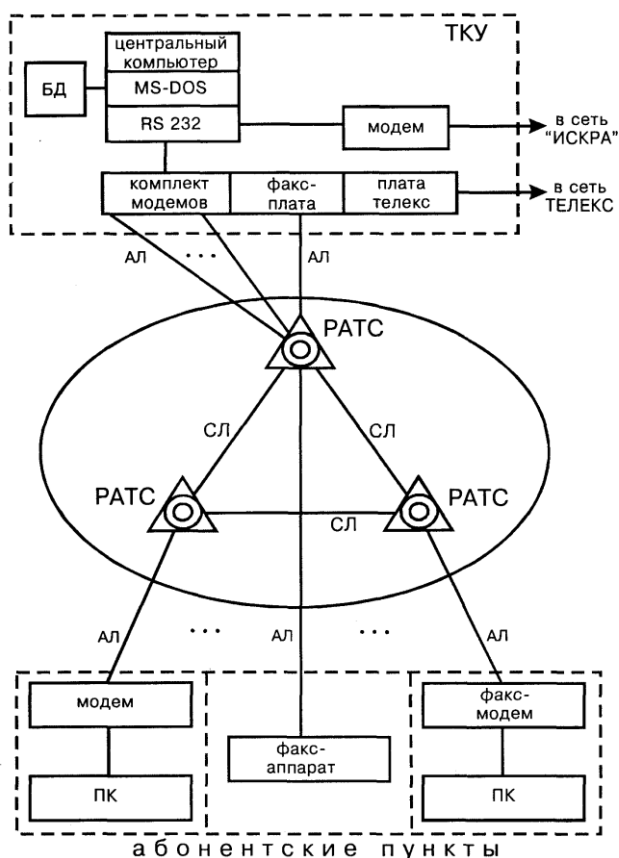


Рис. 9.1. Пример построения телекоммуникационной сети

Привлекательным с точки зрения расширения возможностей телекоммуникационной сети является подключение ТКУ к *сети коммутации пакетов* через центр коммутации пакетов или концентратор со сборщиком-разборщиком пакетов.

Часто целесообразным является подключение шлюза к телеграфной сети типа АТ/Телекс (сеть АТ - Абонентский телеграф). В настоящее время с ростом потребностей на современные услуги документальной электросвязи с 1992 года наблюдается устойчивое снижение спроса на услуги телеграфной сети. Это объясняется серьезной конкуренцией со стороны интенсивно развивающихся сетей, предоставляющих услуги телематических служб: факсимильная связь, электронная почта, доступ к информационным ресурсам, служба передачи голосовых сообщений (голосовая почта).

Под *телематическими службами* обычно понимаются службы, создаваемые на основе уже существующей сети (например, телефонной) с целью обмена информацией через эти сети. Наибольшее распространение получили: *телетекс* - передача деловой корреспонденции, позволяющая сохранить содержание и форму текста; *видеотекс* - передача текста и цветных графических изображений на экран телевизора по телефонной сети; *телефакс*

(бюрофакс) - передача факсимильных сообщений, при этом бюрофакс предлагает услуги передачи сообщений потребителям, не имеющим собственных соответствующих технических средств.

Телефонная сеть в общем-то не предназначена для передачи дискретных сообщений. Такие характеристики сети, как неравномерность амплитудно-частотной характеристики затухания и группового времени запаздывания, кратковременные перерывы связи, импульсные помехи, дрожание фазы, существенно влияют на верность передачи дискретных сообщений. Коэффициент ошибок при трансляции сообщений через АТС электромеханических систем в отдельных случаях может достигать сотых долей, что является недопустимым.

Резкое снижение скорости передачи может быть вызвано применением на городской телефонной сети (ГТС) аналоговых систем передачи (уплотнения).

9.2. Способы построения сетей абонентского доступа

9.2.1. Особенностью абонентских линий является их значительная протяженность. На рис. 9.2 показано распределение длин АЛ в разных странах (данные фирмы Schmid Telecom AG). Из этого рисунка видно, что самые длинные АЛ - в странах Восточной Европы, это делает задачу решения проблемы "последней мили" в этих странах весьма актуальной.

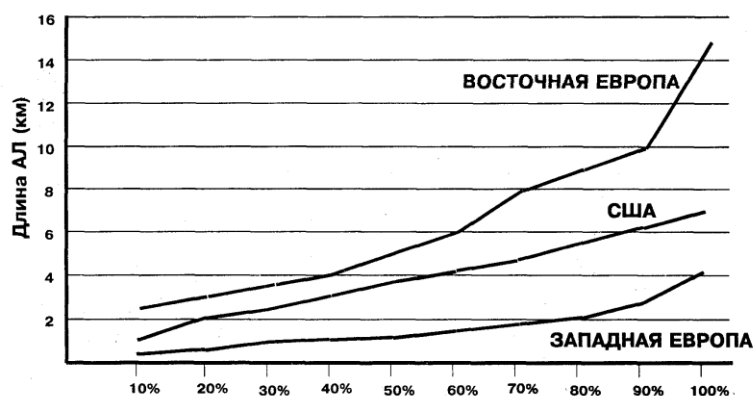


Рис. 9.2. Распределение длин АЛ в разных странах

На рис. 9.3 и в табл. 9.1 показаны основные способы решения этой проблемы и даны сравнительные характеристики этих способов.

Модернизация абонентской распределительной сети и установка систем уплотнения позволяют быстро и с небольшими затратами увеличить пропускную способность АЛ, а также дает возможность обеспечить абонентам новые информационные возможности (например, получить высокоскоростной доступ к ресурсам глобальной информационной сети Internet и т.д.). Полоса пропускания при этом остается несколько ограниченной.

Прокладка ВОЛС обеспечивает абонентам более широкие возможности по полосе пропускания, но прокладка нового кабеля, как правило, это весьма длительный и дорогостоящий процесс.

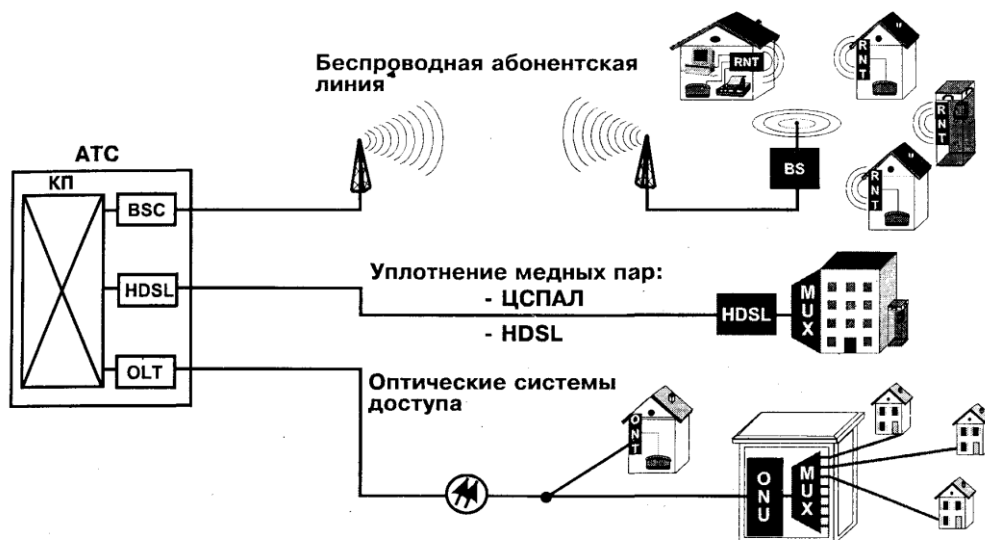


Рис. 9.3. Три способа решения проблемы "последней мили" (BSC - контроллер базовой станции системы радиодоступа, BS - базовая станция, RNT - абонентский оконечный блок; HDSL - оборудование цифровой абонентской линии; OLT, ONU, ONT - линейные комплекты оптической системы передачи; MUX - мультиплексор)

Таблица 9.1. Основные способы решения проблемы "последней мили"

Способ организации абонентских линий	Пропускная способность и функциональность	Время установки	Стоимость
Уплотнение уже проложенных линий	+/-	+	+
Прокладка ВОЛС	+	-	-
Беспроводное подключение	+/-	+	+/-

Примечание. Знаком (+) показано определенное преимущество способа перед другими, знаком (-) - данный способ проигрывает по сравнению с другими.

Радиодоступ (радиоудлинение) или беспроводное подключение (WLL - Wireless Local Loop) обеспечивает максимальную мобильность и оперативность связи, является быстрым способом организации связи, особенный эффект достигается, если прокладка кабеля связана со значительными затратами, или невозможна (например, в помещениях, имеющих железобетонные полы и стены, и т.д.) или нецелесообразна (например, в помещении, снятом на короткий срок).

На рис. 9.4 показано сравнение стоимостей прокладки кабеля и организации беспроводного доступа в зависимости от числа телефонных аппаратов на единицу площади территории, охватываемой связью, при этом стоимость беспроводного доступа определяется стоимостью радиооборудования (по материалам фирмы SAT, Франция).



Рис. 9.4. Сравнение стоимостей способов подключения

Из рисунка видно, что при невысокой плотности беспроводный доступ довольно эффективен.

Развитие телекоммуникационных сетей и служб связано с переоборудованием АТС, заменой аналоговых систем передачи на цифровые.

9.2.2. На телефонных сетях сохраняется аналоговое коммутационное и каналообразующее оборудование. Поэтому новые технические средства, применяемые на "последней миле", должны быть пригодны для работы как с аналоговым, так и с цифровым оборудованием.

Значительную часть общих затрат на сооружение ГТС составляют затраты на абонентскую распределительную сеть (до 30%). Наиболее распространены следующие способы, позволяющие повысить эффективность использования АЛ, а также получить абонентам дополнительный доступ к телефонной и другим сетям (через ресурсы ТфОП):

- спаренное включение телефонных аппаратов;
- применение всевозможного каналообразующего оборудования (систем уплотнения и мультиплексоров);
- организация выноса стационарного оборудования в места концентрации абонентов (подстанции и концентраторы);
- бесшнуровое подключение (радио доступ).

9.2.2.1. При *спаренном включении* двух близко расположенных телефонных аппаратов (ТА), каждому из которых присвоен свой абонентский номер, оба подключаются к одной АЛ. В корпусах спаренных ТА вмонтированы разделительные диодные цепи, позволяющие переключать ТА при поступлении соответствующего вызова. При разговоре по одному ТА, второй отключается от общей линии запертыми диодами. Как показывают расчеты, применение спаренного включения оказывается выгодным по затратам, начиная с расстояния 0,3-0,5 км от АТС. Данный способ снижает расход кабеля, но является крайне неудобным и

нежелательным для абонентов.

9.2.2.2. Применение *систем уплотнения* (системы передачи) на всех участках сети позволяет увеличить дальность передачи и число каналов в линии связи.

В общем виде системы уплотнения имеют общую структурную схему, приведенную на рис. 9.5. Сигналы от N источников (абонентов) поступают на входы N каналов оборудования системы уплотнения. В каждом канале с помощью соответствующего модулятора M происходит преобразование исходного сигнала в канальный и на выходе сумматора уже действует групповой сигнал $S(t)$.

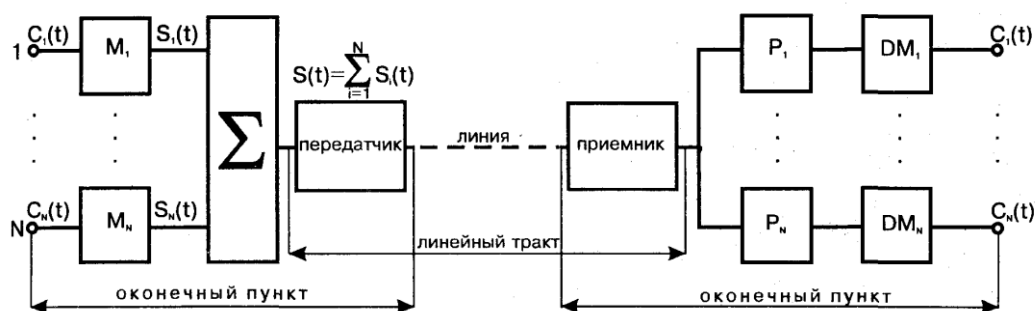


Рис. 9.5. Структурная схема системы уплотнения

Передающая часть оборудования преобразует групповой сигнал в линейный, который поступает в линию связи. Это преобразование обусловлено большим разнообразием линий связи на сети: воздушные, кабельные, радиорелейные, спутниковые, волоконно-оптические и др. При формировании линейного сигнала из группового должны учитываться рабочий диапазон передаваемых частот, уровни передаваемых и принимаемых сигналов, а также помех в линии.

Приемная часть восстанавливает форму передаваемых сигналов и преобразует линейный сигнал в групповой. С выхода линейного тракта сигнал $S(t)$ поступает на вход совокупности разделителей канальных сигналов (P), затем с помощью демодуляторов (DM) канальные сигналы преобразуются в исходные.

При передаче по линиям происходит искажение формы сигнала и наложение помех. Уменьшить влияние этого фактора позволяют усилительные или регенерационные пункты на линии, восстанавливающие форму сигналов и обеспечивающие их помехозащищенность.

9.2.2.2.1. Система абонентского высокочастотного уплотнения (АВУ) позволяет получить на одной АЛ, кроме немодулированного исходного сигнала с частотами 0,3-3,4 кГц (эффективный спектр речи), еще один дополнительный высокочастотный канал. Этот канал получается с помощью модуляторов и несущих частот однократным преобразованием исходного сигнала. Для передачи по высокочастотному каналу от ТА к АТС используется частота 28 кГц, а от АТС к ТА - частота 64 кГц. С помощью этих несущих формируются сигналы, спектры которых занимают взаимно непересекающиеся диапазоны частот (рис. 9.3). В линию передаются несущая частота и две боковые частоты, получившиеся при преобразовании исходного сигнала. Такой способ передачи является нерациональным, так как ширина спектра передаваемого по линии сигнала

более чем в 2 раза больше, чем ширина спектра исходного сигнала. Обе боковые полосы несут одинаковую информацию об исходном сигнале, а несущая не содержит полезной информации, при этом ее мощность значительно превосходит мощность боковых полос. При таком способе большая часть мощности линейного сигнала расходуется бесполезно, однако, построение системы максимально упрощается и удешевляется.

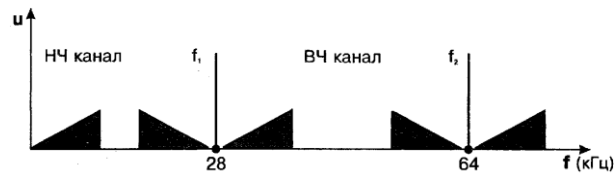


Рис. 9.3. Спектр передаваемых АВУ сигналов

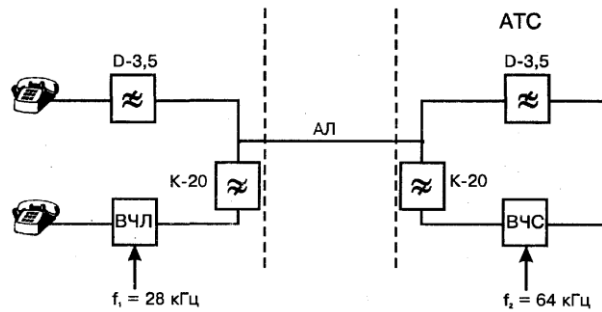


Рис. 9.4. Схема построения АВУ

Система АВУ состоит из двух фильтров для выделения частот низкочастотного канала (D-3,5), двух фильтров для выделения частот высокочастотного канала (K-20) и двух блоков высокочастотных преобразователей: стационарного - ВЧС и линейного - ВЧЛ (рис. 9.4). Система АВУ имеет невысокую надежность и низкое качество связи (особенно высокочастотный канал), что обуславливает необходимость ее замены на цифровые системы.

9.2.2.2.2. В настоящее время все шире внедряются *цифровые системы уплотнения* (передачи) АЛ, для которых характерны следующие преимущества: высокая помехозащищенность; стабильность параметров каналов; эффективность использования пропускной способности каналов при передаче дискретных сигналов; слабая зависимость качества передачи от длины линии связи; возможность построения цифровой сети связи; высокие технико-экономические показатели.

Структурная схема цифровой системы передачи (ЦСП) приведена на рис. 9.5. Функционирование этих систем передачи связано с разбиением времени передачи на циклы длительностью T , при этом частота следования (частота дискретизации) будет $f=1/T$. Каждый цикл N -канальной системы передачи разбивается на N канальных интервалов (КИ) длительностью $t=T/N$. При этом в течение каждого канального интервала передается информация соответствующего канала, которая содержит информацию о мгновенных значениях отсчетов в исходном сигнале.

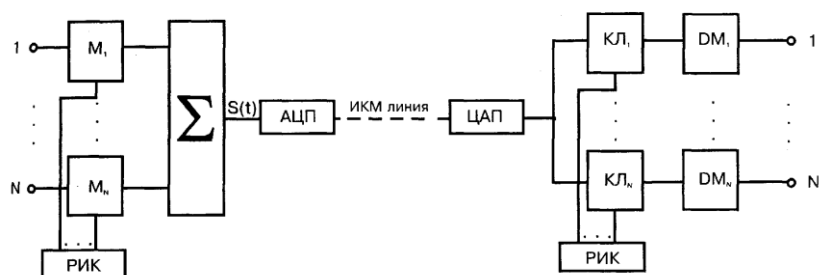


Рис. 9.5. Структурная схема ЦСП

9.2.2.2.3. Применение *мультиплексов* MUX (рис. 9.6) позволяет строить гибкие распределительные телефонные сети различной топологии и объединять потоки сообщений разного вида (телефонные сигналы и передачу данных, текста и видеоизображений).

Современные мультиплексоры разделения времени, предназначенные для использования в телефонных сетях, являются каналобразующим оборудованием, их основное отличие от традиционных систем уплотнения с импульсно-кодовой модуляцией состоит в том, что:

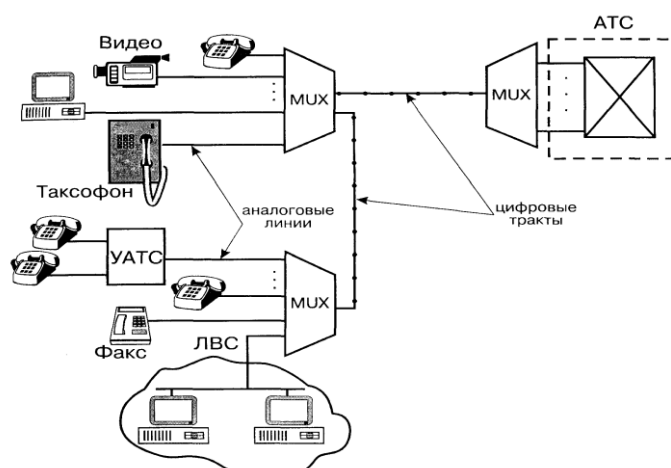


Рис. 9.6. Пример построения сети с использованием мультиплексов

1. мультиплексоры позволяют, кроме традиционной передачи телефонных сигналов, передавать данные с разной скоростью, для этого мультиплексоры снабжены портами (точками подключения), поддерживающими разные скорости;

2. мультиплексоры, обладающие свойством "drop & insert" (add/drop), позволяют выделять часть каналов из общего линейного потока, а также объединять каналы в общий линейный поток, это дает возможность строить сети сложной топологии.

Широко применяются мультиплексоры для децентрализации оборудования АТС путем выноса его части в места концентрации абонентов (городской микрорайон, многоэтажный и многоквартирный дом, офис крупной фирмы и т.д.).

9.2.2.3. При внедрении электронных цифровых АТС построение сети с помощью цифровых *выносных подстанций* ПС, иногда называемых концентраторами, является весьма эффективным уже при расстоянии 500-700 метров до окончных абонентских устройств. Основное отличие цифровых подстанций от мультиплексов разделения времени заключается в возможности замыкания внутренней нагрузки через коммутационные поля (КП) подстанций. Для управления этими коммутационными полями предусматриваются управляющие устройства (УУ), более сложные, чем у мультиплексов. Это приводит к более высокой стоимости подстанций по сравнению с мультиплексорами.

Цифровые подстанции (концентраторы) как и мультиплексоры осуществляют аналого-цифровое преобразование сигналов, концентрацию нагрузки и коммутацию абонентских линий, при этом концентратор может представлять собой управляемую с

основной (опорной) АТС подстанцию. Таким образом, вместо абонентских линий, имеющих сравнительно небольшое использование, от подстанции до опорной АТС идет пучок уплотненных соединительных линий (рис. 9.7). Потребность в магистральных кабелях для абонентской сети при этом резко уменьшается. Цифровой поток доходит до подстанции, затухание соединительного цифрового тракта будет равно 0 дБ. Тогда затухание, отведенное по нормам на абонентскую линию и равное 4,5 дБ, теперь будет считаться от подстанции, допустимая длина линии от подстанции до окончного абонентского устройства как бы увеличится, тем самым увеличится зона действия АТС.

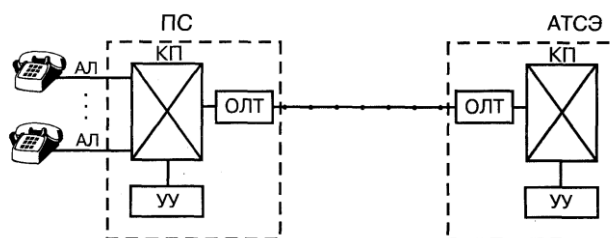


Рис. 9.7. Пример построения сети с использованием подстанции (концентраторов)

Для установки подстанций требуются специально приспособленные помещения. Целесообразность построения телефонной сети по тому или иному варианту обычно определяется специальным расчетом, учитывающим конкретные условия.

9.3. Построение абонентской распределительной сети

В настоящее время, в основном, предусматривается включение в АТС двухпроводных аналоговых и цифровых АЛ.

На рис. 9.8 приведена схема организации абонентского доступа на городской телефонной сети (ГТС), которая используется в настоящее время. Для организации доступа к АТС применяются многопарные кабели связи, которые, как правило, прокладываются в специальной кабельной канализации.

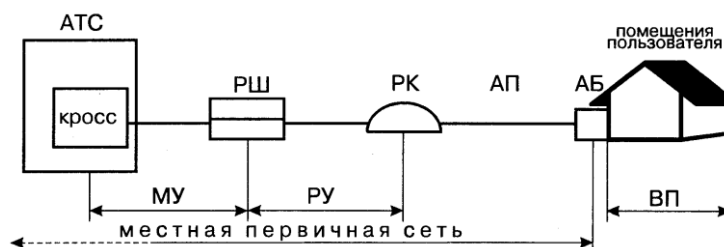


Рис. 9.8. Схема организации абонентского доступа на ГТС (МУ - магистральный кабельный участок абонентской распределительной сети, выполняемый на многопарном кабеле (200-1200 пар), РУ - распределительный участок (выполняется на 10-50 парном кабеле), АП - абонентская проводка, ВП - внутренняя проводка в помещении абонента, РШ - распределительный шкаф, РК - распределительная коробка, ОУ - окончное устройство первичной сети или блок абонентского оборудования системы передачи АБ (абонентский полукомплект).

Очевидно, что уже в ближайшем будущем структура абонентской сети будет меняться

- оптимальным будет доведение ВОЛС все ближе и ближе до окончного абонентского устройства, а также построение абонентской сети по принципу "кольца" (рис. 9.9). На рисунке показано образование "кольца" с помощью ВОЛС и оборудования системы передачи синхронной иерархии со скоростью потока 155 Мбит/с FOT 155 (фирмы SAT, Франция), а также оборудование мультиплексов RMX и BMX (той же фирмы) и высокоскоростной цифровой абонентской линии HDSL

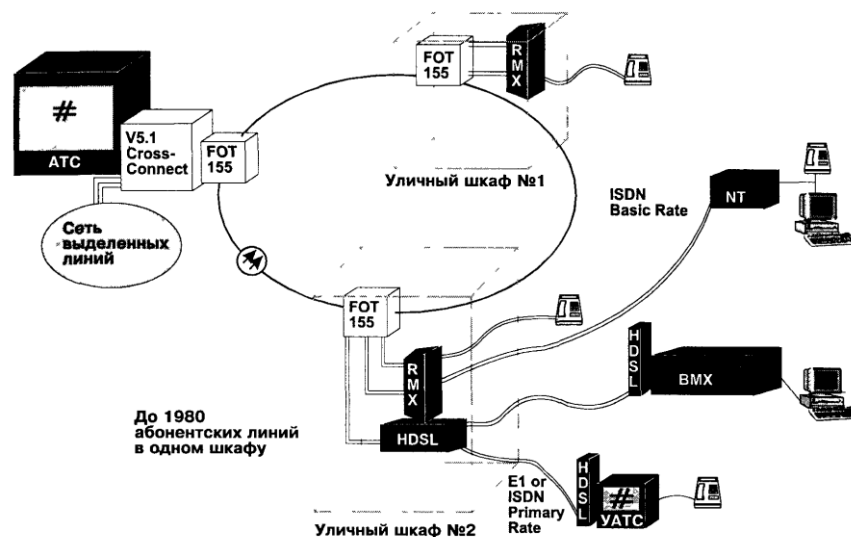


Рис. 9.9. Пример абонентской распределительной кольцевой сети

9.4. Средства доступа к сетям передачи данных

9.4.1. *Общие характеристики.* Одной из главных задач при подключении к сети передачи данных является организация высокоскоростного канала связи от абонента до узла сети. Эта же задача стоит при построении корпоративных или региональных сетей связи. Наиболее широко для решения этой задачи используются модемы для телефонных каналов. Такой модем преобразует цифровой сигнал, получаемый от окончного оборудования данных (персональный компьютер, маршрутизатор или другое устройство), в аналоговый сигнал, пригодный для передачи в частотном диапазоне телефонного канала. Передача осуществляется по тому или иному протоколу, стандартизованному ИТУ-Т. Этим достигается совместимость модемов различных производителей на уровне сопряжения с каналом связи. Модемы для телефонных каналов стандартизованы и с точки зрения системы команд управления. Стандарт на систему команд принят всеми производителями "де-факто", хотя и не утвержден "де-юре". Чаще всего система команд называется "AT-команды" или Hayes-команды (по имени создателя первого интеллектуального модема).

Современные сети передачи данных обеспечивают скорости подключения, существенно превышающие предельно-допустимые для телефонных модемов. Например, для многих Internet-приложений клиенту необходим доступ на скорости 64-2048 кбит/с. В

случаях, когда точки подключения (к узлу сети и пользовательскому оконечному устройству) расположены в пределах одного города и пригородов, одним из наиболее эффективных путей решения задачи является использование *модемов для физических линий* (также называемых модемами на ограниченную дистанцию - short-range), позволяющих организовать высокоскоростные каналы связи на медных линиях городской телефонной сети. Модемы для физических линий, в отличие от телефонных модемов, стандартизованы в меньшей степени. Как правило, модемы каждой фирмы-производителя имеют свой уникальный линейный протокол, и поэтому должны использоваться в паре на обоих концах линии. Это не вызывает серьезных неудобств, так как модемы для физических линий не работают через коммутируемую сеть, следовательно, каждое соединение, организуется на длительное время и может быть оборудовано одинаковыми модемами. С точки зрения стыковки с оконечным оборудованием, модемы для физических линий стандартизованы по типам пользовательских интерфейсов. Как правило, это синхронные интерфейсы V.24, V.35 или G.703. Большинство модемов для физических линий основаны на технологиях xDSL.

9.4.2. *Модемы для телефонных каналов. Максимальная скорость*, требуемая от модемов, во многом определяется решаемой задачей и качеством каналов связи. Конечно, чем модем быстрее, тем он лучше, но важны также фактор цены, удобства в обслуживании, совместимости и т.д. Вместе с тем придерживаются нескольких основных подходов, которые носят достаточно универсальный характер.

1). Лучше использовать модемы, поддерживающие более современный протокол, так как они всегда работают надежнее. В новые протоколы вносятся самые последние достижения в методах передачи информации, в том числе по помехоустойчивости и коррекции искажений.

2). Желательно не использовать на магистральных линиях и узлах модемы на скорость ниже 28800 бит/с, в том числе и потому, что они сняты с производства большинством производителей и будут неудобны в обслуживании и ремонте.

3). Не целесообразно использовать модемы, реализующие нестандартные (не регламентированные ITU-T) протоколы, например ZyXEL 16,8 кбит/с, ZyXEL 19,2 кбит/с, протокол V.FC (Rockwell), HST (US Robotics) и некоторые другие.

Три основные функциональные назначения модемов:

- Магистральные модемы, обеспечивающие обмен данными по 2- и 4-проводным выделенным каналам ТЧ.
- Узловые модемы, находящиеся в режиме автоответа, соединенные с хост-компьютером или терминальным сервером сетевого узла.
- Абонентские модемы, обеспечивающие обмен при работе с коммутируемой телефонной сетью.

Магистральные модемы

Магистральный модем должен обеспечивать синхронный режим обмена, иметь возможность аппаратного конфигурирования в режиме выделенной линии с автоматическим поддержанием соединения. Необходимы регулировка выходной мощности и высокая чувствительность приемника, что делает возможной работу модемов на каналах с большим затуханием. Полезны также функции централизованного управления (предпочтительно с использованием стандарта SNMP), универсальность к типу канала (2-/4-проводные) и наличие функции Dial Backup (автоматический переход на коммутируемый канал при повреждении выделенного), поддержка вторичного канала для конфигурирования удаленного модема.

Модемы узлов сетей

В числе требований к модемам, устанавливаемым на коммутируемых входах в узлах сетей, следующие:

- возможность регулировки уровня выходного сигнала;
- корректная отработка команд и сигналов RS232 хост-компьютера;
- исключение "зависания" модемов;
- отработка алгоритмов работы при серийном включении в АТС;
- наличие достаточной внешней индикации и конфигурирования с панели;
- наличие дополнительных функций диагностики и статистики;
- наличие стоечной версии (при большом числе каналов).

В последнее время получили большое распространение цифровые модемы, подключаемые к АТС по стыку E1.

Рекомендации для этого класса задач во многом аналогичны рекомендациям для класса магистральных модемов. Отличие лишь в том, что для коммутируемых входов нет необходимости использовать модемы, имеющие 4-проводный режим и синхронный протокол работы. Многие фирмы выпускают специальные "модемные пулы", предназначенные для работы в узлах доступа телекоммуникационных сетей. Обычно модемный пул выпускается в стоечном исполнении, при этом на одной плате размещаются 2 или 4 модема, платы монтируются в кассету 19-дюймового стандарта. Модемный пул имеет функцию централизованного сетевого управления. Это позволяет обеспечить большое число входов, энергонезависимое питание с резервированием (два источника питания), гарантирует работоспособность в круглосуточном и необслуживаемом режимах работы, в условиях повышенной температуры. Кроме того, стоечное исполнение предусматривает создание всего комплекса в едином конструктиве с использованием высоконадежных хост-компьютеров, сетевых устройств, внешней памяти.

На рис. 9.10 представлен пример реализации узла доступа к сети Internet с

применением различных типов модемного оборудования.

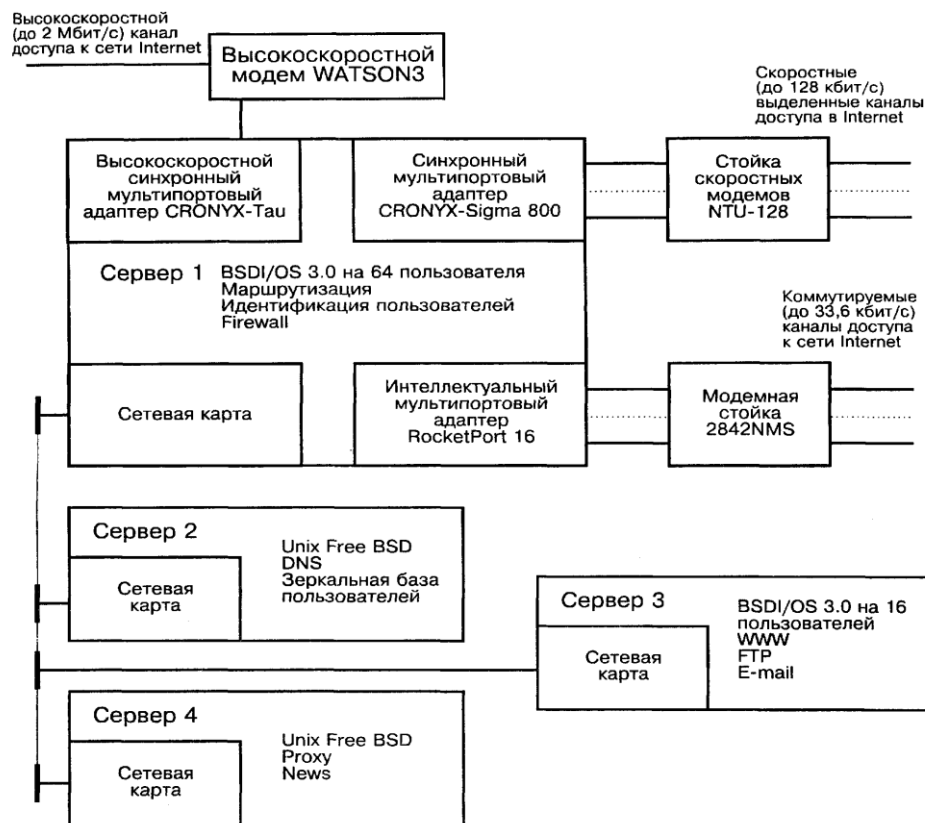


Рис. 9.10. Пример оборудования узла доступа к сети Internet:
 подключение к магистральному каналу Internet на скорости до 2 Мбит/с;
 16 низкоскоростных (до 33,6 кбит/с) коммутируемых каналов на выходе;
 8 скоростных каналов (до 128 кбит/с) на выходе; гибкая наращиваемая конфигурация

Абонентские модемы

Среди специфических требований, предъявляемых к абонентским модемам, необходимо отметить высокую чувствительность, надежное распознавание станционных зуммеров (для автодозвона) и низкую стоимость.

Модемы для физических линий.

Для организации высокоскоростного доступа по существующим медным линиям применяются модемы для физических линий. Необходимо отметить, что длина линий, по которым работают модемы, часто превышает обычную длину абонентских телефонных линий. Это связано с тем, что количество узлов сетей передачи данных обычно меньше, чем число телефонных станций. Поэтому абонент сети передачи данных подключается по прямому проводу, включающему собственно абонентскую линию, а также участок соединительной линии между АТС и узлом сети. Типовая длина медной линии от абонента до узла сети в 5-15 км.

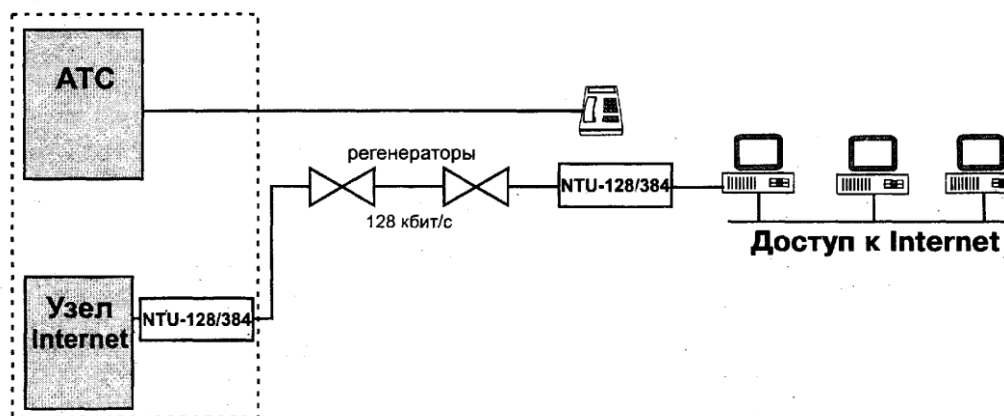


Рис.9.11. Подключение к сети передачи данных посредством модема для физических линий

Модемы "голос+данные"

Довольно часто встречается ситуация, когда ввиду дефицита кабельных линий выделение отдельной пары под включение в сеть передачи данных требует от абонента отказа от одной из телефонных линий. В условиях растущего спроса на услуги такая ситуация повторяется чаще и чаще. Кроме того, если оператор сети передачи данных не является одновременно собственником абонентской распределительной сети, использование дополнительной пары для включения в сеть означает необходимость арендных платежей.

Для решения перечисленных выше проблем разработаны специальные модемы, получившие название "голос+данные" (Data over Voice).

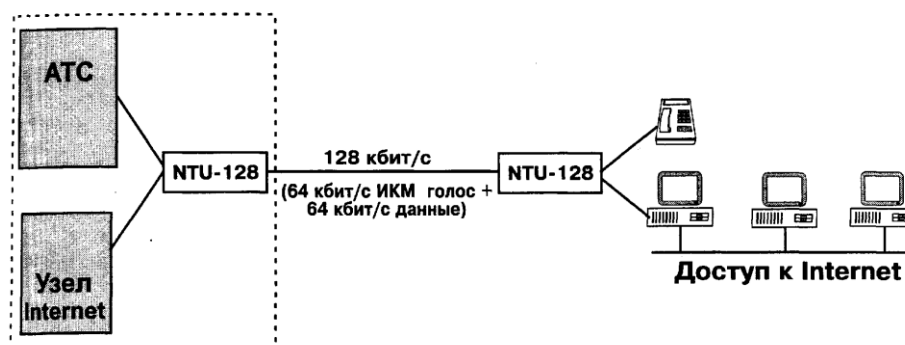


Рис. 9.12. Применение модемов "голос+данные"

В модемах "голос+данные" применяются несколько различных технологий. Первая из них реализовала достаточно простую идею переноса спектра, используемого для передачи данных, в высокочастотную область. То есть данные как бы передавались "над голосом" - отсюда и название (дословный перевод Data over Voice означает "Данные над голосом"). Эта технология достаточно проста, недорога в реализации и распространена. Ее главным недостатком является низкая скорость передачи данных (как правило, до 19200 бит/с в асинхронном режиме) и довольно небольшая дистанция, ограниченная как "голосовой" составляющей

соответственно допустимому затуханию в АЛ, так и цифровой частью из-за довольно примитивной схемы модуляции. Другой проблемой для модемов такого типа являются импульсные помехи при передаче данных, вызываемые набором номера и другими сигналами абонентской сигнализации, передаваемыми по абонентской линии для нужд телефонной связи. Тем не менее, ввиду дешевизны, многие производители до сих пор производят модемы по описанной выше технологии.

В модемах с *цифровым методом передачи линейного сигнала* цифровой групповой поток (160 кбит/с) разделяется на три составляющих. Первая часть потока (64 кбит/с) отводится под канал передачи данных, то есть попросту выводится на пользовательский интерфейс V.24 или V.35. Вторая часть (64 кбит/с) используется для передачи речи с применением стандартного для телефонии кодирования ИКМ. Третья часть (32 кбит/с) используется для передачи сигналов управления удаленным модемом (для функции централизованного сетевого управления) и сигналов телефонной сигнализации. Естественно, такой подход к построению модема требует значительных аппаратных затрат, не только на реализацию ИКМ-кодека, но и на цепи, обеспечивающие восстановление сигналов абонентской сигнализации (набор номера, вызывной сигнал, различные зуммеры). Преимуществами описанного подхода являются более высокая скорость передачи данных, синхронный режим передачи, цифровизация, а следовательно, улучшение качества телефонной линии, отсутствие сбоев и помех от сигналов сигнализации. Кроме того, при использовании регенераторов практически снимаются ограничения на дальность работы аппаратуры.

Следующим шагом является применение *модемов HDSL*. Один из временных интервалов (64 кбит/с) отводится под передачу голоса с кодированием ИКМ. Для передачи данных остается 1984 кбит/с. Другой подход реализуют производители модемов HDSL с модуляцией CAP. Так как модуляция CAP не использует частотный диапазон аналогового телефонного канала, имеется возможность с помощью фильтров разделить полосу пропускания телефонной медной линии на две составляющих - высокочастотную использовать для HDSL передачи, а низкочастотную составляющую - для обычного аналогового телефонного канала. Устройства, необходимые для такого разделения, называются *разделителями*, или *потс-сплиттерами* (от английского POTS splitter - разделитель телефонного канала).

9.4.3. Модемы HDSL и ее применение в сетях доступа. *"Медь закопана в землю, но далеко еще не мертва"*(поговорка разработчиков HDSL)

На рис. 9.13 показана эволюция скорости передачи по медно-кабельным линиям от азбуки Морзе (10 бит/с) до VDSL (51 Мбит/с). Модемы xDSL (DSL - Digital Subscriber Loop) начали свое развитие в 70-х годах созданием устройств доступа BR (Basic Rate) ISDN (160 кбит/с). С разработкой концепции xDSL значительно изменилась идеология развития сетей

связи. Раньше широко бытовало мнение, что довести "цифру в каждый дом" можно лишь с помощью массового внедрения оптических кабелей. В настоящее время после практической апробации xDSL, особенно HDSL, у операторов связи появилась уверенность в том, что существующая сеть медных кабелей связи еще долго останется той основой, на которой строится вся телекоммуникационная инфраструктура.

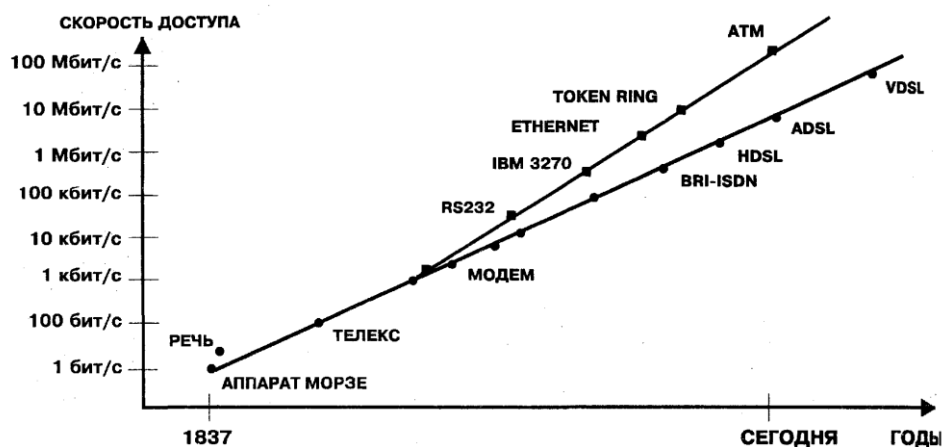


Рис. 9.13. Рост скорости цифровой передачи по медным линиям связи

Первой из xDSL является применение U-интерфейса ISDN, обеспечивающая дуплексную (в обе стороны) передачу со скоростью 160 кбит/с по одной витой паре. Этот метод широко распространен и, кроме сетей ISDN, применяется для создания оборудования уплотнения абонентских линий и модемов на ограниченную дистанцию (short-range).

Следующей методом в ряду xDSL (и наиболее распространенным в настоящее время) является *высокоскоростная цифровая абонентская линия HDSL* (High-bit-rate Digital Subscriber Loop). Модемы HDSL обеспечивает полный дуплексный обмен на скорости 2048 кбит/с. Для передачи используются две или три кабельных пары. Дальнейшим развитием HDSL стало появление устройств *симметричной высокоскоростной цифровой абонентской линии, работающих по одной паре - SDSL* (Single Pair Symmetrical Digital Subscriber Loop).

В последние годы разработаны также более высокоскоростные xDSL, например, такие как ADSL и VDSL. Модемы *асимметричной цифровой абонентской линии ADSL* (Asymmetric DSL) обеспечивает передачу до 8 Мбит/с в направлении "от сети к абоненту" и до 1 Мбит/с в направлении "от абонента к сети" и обещает быть весьма перспективной для доступа к сети Internet. Вместе с тем, ADSL вряд ли найдет широкое применение в телефонии, где, как правило, необходима симметричная дуплексная передача. Применение ADSL, как средства доступа, сдерживается в настоящее время также ограниченностью пропускной способности магистральных сетей. Например, Internet-провайдер с пропускной способностью магистральной сети 155 Мбит/с (STM-1) сможет подключить на скорости 8

Мбит/с всего около 20 абонентов (155/8).

Все xDSL рассматривались изначально как *технологии абонентского доступа* (отсюда и название), предназначенные для использования на абонентских линиях, то есть медных кабельных парах, проложенных от телефонной станции до месторасположения абонента. В реальности сфера применения xDSL существенно шире. Например, ведущий производитель оборудования xDSL в США, компания PairGain Technologies, добилась наибольшего объема поставок систем HDSL под задачу модернизации межстанционных цифровых соединительных линий со скоростью передачи 1,5 Мбит/с - T1. По данным ведущего европейского производителя систем xDSL, фирмы Schmid Telecom AG (Швейцария), модернизация существующих и организация новых трактов E1 для межстанционной связи (функциональный аналог T1 по европейскому стандарту) остается одним из основных приложений систем HDSL в Европе.

HDSL, предназначенная первоначально для "цифровизации" именно абонентских линий, разрабатывалась таким образом, чтобы обеспечить работу на подавляющем большинстве существующих АЛ. Поэтому, "базовая дальность" для систем HDSL составляет 5-6 км (по паре с жилой диаметром 0,4-0,5 мм). Так как абонентские линии часто выполняются составным кабелем, участки которого имеют разное сечение жил (от 0,35 мм до 0,9 мм), xDSL должны быть работоспособны на линиях самых "сложных" топологий. И, наконец, поскольку в кабеле, как правило, несколько десятков (а то и сотен) жил, оборудование xDSL должно сосуществовать с оборудованием, работающим по соседним парам, будь то другая система xDSL, ISDN или обычный аналоговый телефон.

Варианты применения модемов в сетях связи приведены на рис. 9.14-9.19.



Рис. 9.14. Межстанционная связь между цифровыми АТС

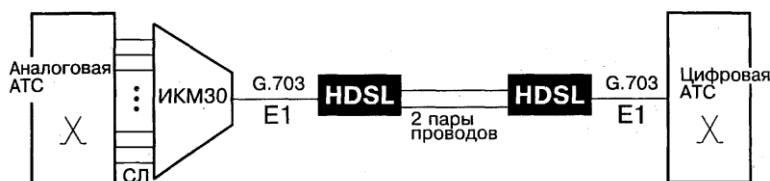


Рис. 9.15. Межстанционная связь между аналоговой и цифровой АТС

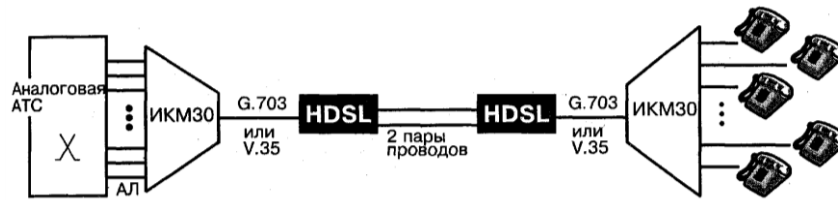


Рис. 9.16. Абонентский вынос

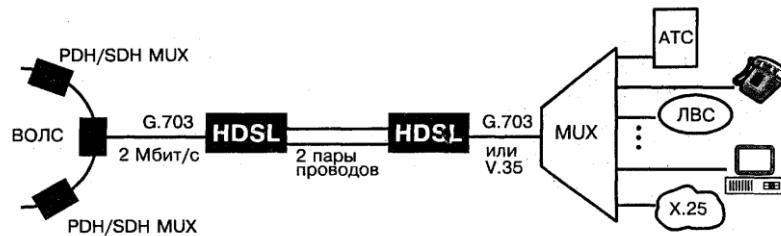


Рис. 9.17. Доступ к сети SDH



Рис. 9.18. Объединение локальных вычислительных сетей

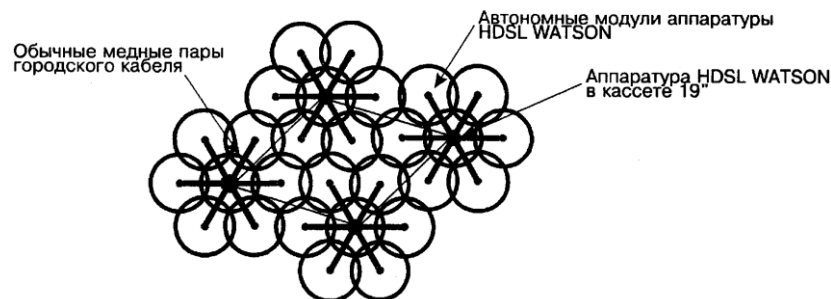


Рис. 9.19. Применение HDSL для соединения базовых станций в сотовых сетях связи

9.5. Организация доступа абонента к ISDN

Одно из главных преимуществ обслуживания потоков информации различного вида в рамках единой сети заключается в предоставлении абонентам высококачественных услуг, при этом она более экономична, чем отдельные (телефонные, передачи данных и др.) сети.

В настоящее время получили наибольшее распространение, в основном, два вида абонентского доступа к ресурсам сети ISDN:

1). базовый (Basic Rate Interface - BRI) со структурой 2B+D, где B=64 кбит/с, D=16 кбит/с, групповая скорость при этом будет 144 кбит/с, при наличии канала синхронизации скорость передачи в линии может быть равной 160 кбит/с или 192 кбит/с,

2). первичный (Primary Rate Interface - PRI) со структурой 30B+D, где B=64 кбит/с,

$D=64$ кбит/с, при этом скорость передачи с учетом сигналов синхронизации будет – 2048 кбит/с.

Каналы В являются независимыми и могут использоваться одновременно для различных соединений и предоставления различных услуг. Канал D, в основном, предназначен для передачи служебной (управляющей) информации между пользователями и коммутационной станцией. Кроме этого, по нему можно передавать пакеты данных и сигналы телеметрии.

Абонентский доступ к ISDN осуществляется в точках со стандартизованными электрическими и логическими характеристиками.

Функциональная схема организации абонентского доступа к ISDN приведена на рис. 9.20. Основными являются интерфейсы R, S, T, U и V, которые стандартизованы (кроме точки R).

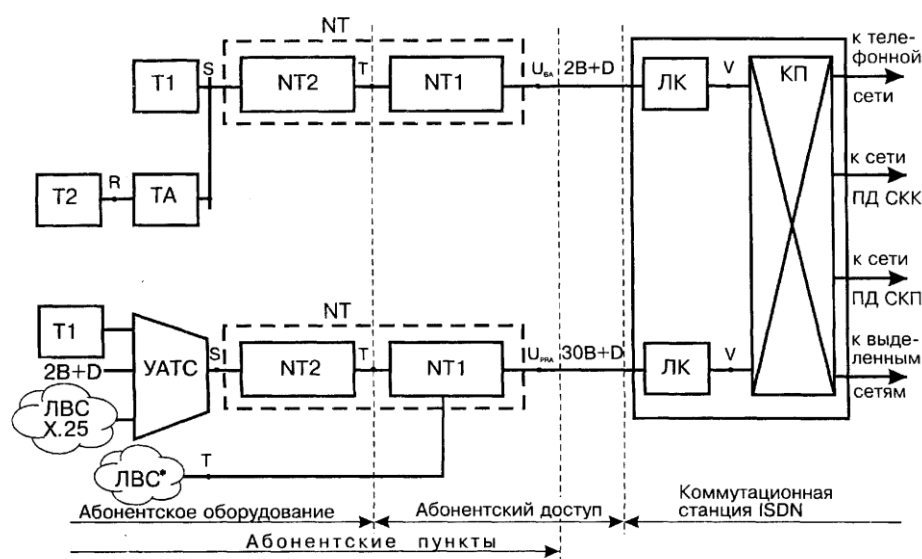


Рис. 9.20. Функциональная схема организации абонентского доступа к ISDN (ЛВС* - маршрутизатор этой сети имеет порт ISDN)

Интерфейс R обеспечивает взаимосвязь между абонентским терминалом TE2 и терминальным адаптером ТА. В качестве терминала в сети ISDN может быть как телефонный аппарат, так и факсимильный, телетекстный, видеотекстный и другие аппараты или персональный компьютер. Если в качестве терминала подключается специальный терминал ISDN TE1 с характеристиками, отвечающими стандартам ИТУ-T, то необходимость в терминальном адаптере ТА, согласующем интерфейсы, отпадает.

Четырехпроводный интерфейс S обеспечивает взаимодействие терминала ISDN (или ТА) с оконечным сетевым оборудованием NT2, выполняющим функции сопряжения терминалов с сетью. Оборудование NT2 может выполнять функции концентратора или учрежденческой АТС. Оконечное оборудование NT1 обеспечивает связь оборудования абонентского пункта АП со стационарным оборудованием по физической среде (первый уровень ВОС - Взаимодействия Открытых Систем).

Интерфейс U обеспечивает взаимосвязь с абонентским линейным комплектом, при этом интерфейс может быть как двухпроводным (в случае базового доступа), так и четырехпроводным (иногда в случае первичного доступа) с использованием линейных кодов 4В3Т или 2В1Q.

В АП к одной АЛ допускается подключение до 16 различных абонентских терминалов (реально до 8), включая

аналоговый телефонный аппарат (Т2), унифицированный терминал ISDN, персональную ЭВМ, локальную сеть с пакетной коммутацией, для чего предусмотрен интерфейс X.25, цифровую учрежденческую АТС, предоставляющую услуги ISDN и др.

В систему абонентского доступа к сети ISDN входит, кроме АЛ, сетевое оборудование NT1.

Наиболее распространенные скорости включения в сеть на сегодняшний день - это 128 кбит/с - 2 Мбит/с. Для обеспечения трансляции таких потоков можно использовать различные физические среды:

- *оптическое волокно*, при этом может быть достигнута скорость более 2 Гбит/с. Следует отметить, что стоимость оптического кабеля неуклонно падает, однако, такое решение имеет два главных практических недостатка: значительное время, требуемое на прокладку кабеля, и относительно высокую стоимость строительно-монтажных работ, что может сделать волоконно-оптическую абонентскую линию малоэффективной;

- *радиоканал*, даже относительно дешевые радиомодемы могут обеспечить скорости до 2Мбит/с, а современные радиорелейные линии (РРЛ) транслируют потоки со скоростью до 2 Гбит/с. Установка радиоаппаратуры производится достаточно быстро, поэтому подобное решение могло бы найти широкое применение как средство абонентского доступа. Тем не менее на пути использования радиоаппаратуры есть серьезное препятствие - необходимость получения специального разрешения от контролирующих организаций на эксплуатацию радиомодемов и РРЛ. Необходимость затрат времени и возможные накладные расходы, которые может повлечь за собой получение такого разрешения, могут уменьшить преимущества использования радиоканала;

- существующие, уже проложенные обычные *кабели с медными жилами*. В последнее время разработано несколько новых методов передачи цифровых потоков по обычному электрическому кабелю, позволяющие добиться высокой пропускной способности, низкой себестоимости включения и высокого качества связи. Применение современной технологии- DSL - позволяет достичь при использовании кабеля с медными жилами скоростей и качества передачи, ранее доступных лишь на ВОЛС.

На рис. 9.21 показан пример организации абонентского доступа к АТС, предоставляющей услуги ISDN.

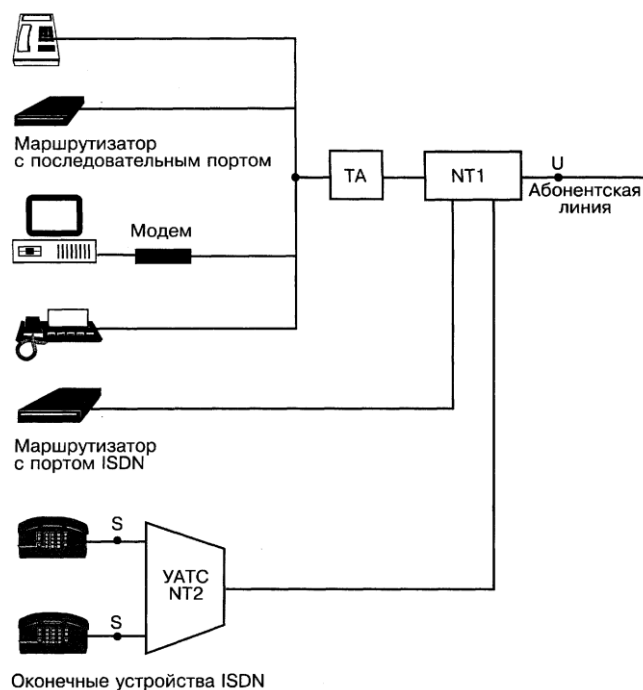


Рис.9.21. Пример организации абонентского доступа к АТС

Абонентская линия ISDN - это двухпроводная линия, соединяющая офис пользователя с АТС. Двухпроводный пользовательский интерфейс (U-интерфейс) может представлять собой разъемы RJ-11/RJ-45, подключаемые к оборудованию сетевого окончания NT1. Точка U является элементом разграничения АЛ и абонентского пункта.

Если в офисе имеется цифровая учрежденческая АТС, имеющая порты ISDN, то такая АТС может выполнять роль сетевого устройства NT2. Порты S/T устройства NT1 используются для многоточечного подключения различных абонентских оконечных устройств ISDN. К точке S могут подключаться устройства двух типов: оконечные устройства, поддерживающие интерфейс S, и терминальные адаптеры (ТА). Через точку R к NT1 можно подключать устройства, имеющие аналоговый выход или работающие с последовательным обменом и не предусматривающие прямого подключения к сети ISDN: модемы, факс-аппараты, обычные телефонные аппараты, маршрутизаторы, не имеющие порта ISDN, и т.п. На первом уровне (физическом) устройства, подключаемые через ТА, могут иметь свои собственные интерфейсы последовательного обмена RS-232 или V.35 или RJ-11. Устройства NT1 и NT2 часто объединяются вместе, при этом в качестве интерфейса S/T используется разъем RJ-45. К этому разъему могут подключаться четырехпроводные устройства, например, маршрутизаторы, имеющие встроенный порт ISDN.

В настоящее время чаще всего используется двухпроводный базовый доступ, при этом два канала В могут объединяться для совместной передачи данных на скорости 128 кбит/с или организации видеоконференции. Если же требуется телефонная связь, то для этого может использоваться один канал В, а по другому каналу в это же время могут передаваться данные или организовываться связь с Internet. Канал D может использоваться не только для сигнализации, но и для низкоскоростной передачи данных или подключения факс-аппарата. Удаленный пользователь может также подключаться к сети через маршрутизатор со скоростью 128 кбит/с. Канал связи с удаленным пользователем устанавливается по требованию и отключается в случае, если передачи данных не происходит.

При заказе услуг ISDN необходимо выяснить, можно ли получить доступ к ISDN в данном конкретном районе и требуется ли прокладка специальной линии, выбрать технические средства доступа, которые необходимо согласовывать с оператором связи, предоставляющим такие услуги. Кроме этого, необходимо убедиться, что АТС имеет поддерживающее ISDN программное обеспечение.

Альтернативой доступа к ISDN является использование линий кабельного телевидения, а также технологии HDSL и ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Loop), что является значительно более экономичным вариантом.

9.6. Организация радиодоступа к телефонным сетям

Развитие абонентской распределительной сети с использованием радиосредств в настоящее время является весьма перспективным: при определенных условиях радиодоступ может быть более экономичным, чем кабельная сеть. Разработанная первоначально для обеспечения связью мобильных абонентов радиотехнология стала сегодня реальной альтернативой существующей кабельной сети. Стоимость линейно-кабельных сооружений неуклонно возрастает, в то время как стоимость оборудования падает. В сети радиодоступа большая часть затрат приходится именно на радиооборудование. В случае необходимости конфигурация радиосистем может быть легко изменена, что дает возможность гибко отслеживать изменения спроса на услуги. Кроме этого, следует отметить, что внедрение

абонентского радиодоступа обеспечивает хорошие условия для создания системы персональной связи.

Использование радиодоступа позволяет не только уменьшить капитальные затраты на создание распределительной сети, но и сократить сроки строительства и ввод объектов в эксплуатацию, а, следовательно, срок окупаемости вновь вводимой емкости.

Технология абонентского радиодоступа позволяет минимизировать начальные инвестиции и увеличивать емкость сети постепенно за счет доходов, полученных от эксплуатации первоначально введенной емкости.

9.6.1. Радиотехнологии и аппаратные средства

Структура радиосети может быть различной. Некоторые примеры использования радиотехнологий на "последней миле":

а). Радиорелейный тракт в конфигурации "точка-точка" (point-to-point), при этом организуется абонентский вынос номеров с опорной АТС.

б). Радиоканал в конфигурации "точка-много точек" (point-to-Multipoint) на участке опорная АТС - оконечное групповое устройство.

в). Микросотовая структура построения радиосети, при этом радиоканал организуется на некоторых участках абонентской линии или по всей ее длине. К системам последнего типа можно отнести АТС учрежденческо-производственной связи с радиодоступом. К этому же виду относятся системы беспроводного доступа к АТС (Wireless Local Loop - WLL). Параметры радиоканала в таких системах иногда соответствуют одному из стандартов сотовой системы связи: AMPS, NMT, GSM, IS-95, стандартам бытовых радиотелефонов или специально разработанным стандартам: DECT, CT-2, CDMA, FH-TDMA (FH-CDMA) и др. В системах WLL, как правило, отсутствует центр коммутации, позволяющий поддерживать связь при переходе из одной соты в другую. Такие системы обычно рассматриваются как продолжение местных телефонных сетей общего пользования, на них распространяются правила предоставления услуг и методы регулирования тарифов, действующие на местных телефонных сетях общего пользования.

При сравнении способов организации абонентского доступа необходимо учесть следующее. Системы WLL по сравнению с кабельной распределительной сетью имеют:

а). меньшую трудоемкость строительно-монтажных работ, следовательно более короткие сроки ввода в эксплуатацию;

б). меньшие начальные затраты и малый срок окупаемости;

в). большую гибкость и легкую трансформацию;

г). несомненные преимущества при сооружении сети на сильно пересеченной местности с большим числом водных преград и водоемов, а также в случае сложных грунтов.

Применение оборудования WLL экономически оправдано во многих практических

приложениях, например:

а). при создании операторами новой сети радиодоступа с частичным использованием существующих линейно-кабельных сооружений в городских и пригородных районах;

б). при телефонизации сельских районов, где телефонная плотность (число абонентов на квадратный километр) невелика и прокладка длинных кабельных абонентских линий может оказаться невыгодной;

в). при подключении абонентов в условиях отсутствия свободных пар в кабеле на абонентском участке ГТС (при средней телефонной плотности);

г). при невозможности прокладки кабеля, например, в труднодоступных районах;

д). при организации временной связи, например, для организации выставок.

В системах радиодоступа широко используются самые различные технологии организации множественного доступа, в частности, следующие:

- **FDMA** (Frequency Division Multiple Access) - множественный доступ с частотным разделением, при этом выделенный для определенной системы спектр делится на полосы частот, в которых осуществляется передача канальной информации от разных абонентов;

- **TDMA** (Time Division Multiple Access) - множественный доступ с временным разделением, при этом выделенная полоса частот предоставляется для передачи канальной информации на определенный короткий промежуток времени, в следующий промежуток времени осуществляется передача информации от другого абонента;

- **CDMA** (Code Division Multiple Access) - множественный доступ с кодовым разделением, сообщения от абонентов шифруются и передаются одновременно, этот способ имеет определенные достоинства (например, скрытность информации), но при этом для передачи требуется довольно широкая полоса частот, что может быть недостатком при ограниченности частотного ресурса.

Наиболее широко в оборудовании радиодоступа применяются перечисленные ниже стандарты: CT-2 (и ее модификации), DECT (PRE-DECT), CDMA (IS-95), D-AMPS, MOW Hopping (MultiGain Wireless).

- **Технология CT-2** использует метод множественного доступа с частотным разделением каналов FDMA, совмещенный с временным дуплексным разделением режимов передачи и приема TDD, при котором в одном временном интервале осуществляется передача сообщения от абонента, а в следующий момент - прием сообщения от базовой станции. Таким образом используется только одна несущая частота для передачи и приема информации.

Такой стандарт принят, например, для создания системы Telepoint, предназначенной для связи подвижных абонентов с абонентами фиксированной сети. Эта система получила в Европе широкое распространение: в Великобритании это системы Phonerpoint и Zonophone, в Германии это служба Birdie. Стандарт CT-2 обеспечивает конфиденциальность переговоров и высокое качество приема речевых сообщений.

- **В стандарте DECT** используется временное разделение каналов ТОМА в сочетании с таким же, как в стандарте CT-2, временным дуплексным разделением TDD. Предусматривается возможность присоединения к цифровым сетям ISDN. Технология DECT может применяться как для построения оборудования абонентского радиодоступа, так и радиотелефонной бесшнуровой связи.

- **Wi-Fi** (англ. *Wireless Fidelity* — «беспроводная точность») — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11

Wi-Fi был создан в 1991 году NCR Corporation/AT&T (впоследствии — Lucent Technologies и Agere Systems) в Нивегейн, Нидерланды. Продукты, предназначавшиеся изначально для систем кассового обслуживания, были выведены на рынок под маркой WaveLAN и обеспечивали скорость передачи данных от 1 до 2 Мбит/с. по стандартам IEEE 802.11b, IEEE 802.11a и IEEE 802.11g.

Стандарт IEEE 802.11n был утверждён 11 сентября 2009 года. Его применение позволяет повысить скорость передачи данных практически вчетверо по сравнению с устройствами стандартов 802.11g (максимальная скорость которых равна 54 Мбит/с), при условии использования в режиме 802.11n с другими устройствами 802.11n. Теоретически 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 600 Мбит/с.

Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка (Ad-hoc), когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную свободу при выборе критериев для соединения.

Стандарт не описывает все аспекты построения беспроводных локальных сетей Wi-Fi. Поэтому каждый производитель оборудования решает эту задачу по-своему, применяя те подходы, которые он считает наилучшими с той или иной точки зрения. Поэтому возникает необходимость классификации способов построения беспроводных локальных сетей.

По способу объединения точек доступа в единую систему можно выделить:

- автономные точки доступа (называются также самостоятельные, децентрализованные, умные)
- точки доступа, работающие под управлением контроллера (называются также «легковесные», централизованные)
- бесконтроллерные, но не автономные (управляемые без контроллера)

По способу организации и управления радиоканалами можно выделить беспроводные локальные сети:

- со статическими настройками радиоканалов
- с динамическими (адаптивными) настройками радиоканалов
- со «слоистой» или многослойной структурой радиоканалов

Преимущества Wi-Fi:

- позволяет развернуть сеть без прокладки кабеля, что может уменьшить стоимость развёртывания и/или расширения сети. Места, где нельзя проложить кабель, например, вне помещений и в зданиях, имеющих историческую ценность, могут обслуживаться беспроводными сетями.

- позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам.

- Wi-Fi устройства широко распространены на рынке. Гарантируется совместимость оборудования благодаря обязательной сертификации оборудования с логотипом Wi-Fi.

- излучение от Wi-Fi устройств в момент передачи данных на два порядка (в 100 раз) меньше, чем у сотового телефона.

- частотный диапазон и эксплуатационные ограничения в различных странах неодинаковы. Во многих европейских странах разрешены два дополнительных канала, которые запрещены в США; В Японии есть ещё один канал в верхней части диапазона, а другие страны, например Испания, запрещают использование низкочастотных каналов. Более того, некоторые страны, например Россия, Беларусь и Италия, требуют регистрации всех сетей Wi-Fi, работающих вне помещений, или требуют регистрации Wi-Fi-оператора.

- самый популярный стандарт шифрования WEP может быть относительно легко взломан даже при правильной конфигурации (из-за слабой стойкости алгоритма). Несмотря на то, что новые устройства поддерживают более совершенный протокол шифрования данных WPA и WPA2, многие старые точки доступа не поддерживают его и требуют замены. Принятие стандарта IEEE 802.11i (WPA2) в июне 2004 года сделало доступной более безопасную схему, которая доступна в новом оборудовании. Обе схемы требуют более стойкий пароль, чем те, которые обычно назначаются пользователями. Многие организации используют дополнительное шифрование (например VPN) для защиты от вторжения.

Доступ к сервисам на основе Wi-Fi предоставляется в таких местах, как интернет-кафе, аэропорты и кафе по всему миру (обычно эти места называют Wi-Fi-кафе), однако их покрытие можно считать точечным по сравнению с сотовыми сетями.

Укртелеком в Украине предоставляет услуги Wi-Fi ("ОГО! Wi-Fi") по всем городам страны. Покрытие распространяется не только на центры городов, крупные отели, рестораны, кафе, вокзалы аэропорты, но и на библиотеки, отделения "Телекомсервис" и т.д.

Некоторые считают, что Wi-Fi и подобные ему технологии со временем могут заменить сотовые сети, такие как GSM. Препятствиями для такого развития событий в ближайшем будущем являются отсутствие роуминга и возможностей аутентификации (см. 802.1x, SIM-карты и RADIUS), ограниченность частотного диапазона и сильно ограниченный радиус действия Wi-Fi. Более правильным выглядит сравнение Wi-Fi с другими стандартами сотовых сетей, таких как UMTS, CDMA или WiMAX.

Тем не менее, Wi-Fi пригоден для использования VoIP в корпоративных сетях или в среде SOHO. Когда звонки с помощью VoIP стали очень дешёвыми, а зачастую вообще бесплатными, провайдеры, способные предоставлять услуги VoIP, получили возможность открыть новый рынок — услуг VoIP. Телефоны GSM с интегрированной поддержкой возможностей Wi-Fi и VoIP начали выводиться на рынок, и потенциально они могут заменить проводные телефоны.

В настоящий момент непосредственное сравнение Wi-Fi и сотовых сетей нецелесообразно. Телефоны, использующие только Wi-Fi, имеют очень ограниченный радиус действия, поэтому развёртывание таких сетей обходится очень дорого. Тем не менее, развёртывание таких сетей может быть наилучшим решением для локального использования, например, в корпоративных сетях. Однако устройства, поддерживающие несколько стандартов, могут занять значительную долю рынка.

Многие группы, сообщества, города, и частные лица строят свободные сети Wi-Fi, часто используя общее пиринговое соглашение для того, чтобы сети могли свободно взаимодействовать друг с другом.

Многие муниципалитеты объединяются с локальными сообществами, чтобы расширить свободные Wi-Fi-сети. Некоторые группы строят свои Wi-Fi-сети, полностью основанные на добровольной помощи и жертвованиях.

Большая часть сетей построена на основе ПО с открытым кодом, или публикуют свою схему под открытой лицензией. См. например «WiFi Liberator» (превращает любой ноутбук с установленной Mac OS X и Wi-Fi-модулем в открытый узел Wi-Fi-сети).

Некоторые небольшие страны и муниципалитеты уже обеспечивают свободный доступ к хот-спотам Wi-Fi и доступ к Интернету через Wi-Fi по месту жительства для всех. Например, Королевство Тонга и Эстония, которые имеют большое количество свободных хот-спотов Wi-Fi по всей территории страны. В Париже OzoneParis предоставляет свободный доступ в Интернет неограниченно всем, кто способствует развитию Pervasive Network, предоставляя крышу своего дома для монтажа оборудования Wi-Fi. Unwire Jerusalem — это проект установки свободных точек доступа Wi-Fi в крупных торговых центрах Иерусалима.

Многие университеты обеспечивают свободный доступ к Интернет через Wi-Fi для своих студентов, посетителей и всех, кто находится на территории университета.

Некоторые коммерческие организации, такие как Panera Bread, предоставляют свободный доступ к Wi-Fi постоянным клиентам. Заведения McDonald's Corporation тоже предоставляют доступ к Wi-Fi под брендом McInternet. Этот сервис был запущен в ресторане в Оук-Брук, Иллинойс; он также доступен во многих ресторанах в Лондоне, Москве и Киеве.

Тем не менее, есть и третья подкатегория сетей, созданных сообществами и организациями, такими как университеты, где свободный доступ предоставляется членам сообщества, а тем, кто в него не входит, доступ предоставляется на платной основе.

В последнее время коммерческие Wi-Fi-провайдеры строят свободные хот-споты Wi-Fi и хот-зоны. Они считают, что свободный Wi-Fi-доступ привлечёт новых клиентов и инвестиции вернуться.

Независимо от исходных целей (привлечение клиентов, создание дополнительного удобства или чистый альтруизм) во всём мире растёт количество бесплатных хот-спотов, где можно получить доступ к наиболее популярной глобальной сети (Интернет) совершенно бесплатно. Это могут быть и крупные транспортные узлы, где подключиться можно самостоятельно в автоматическом режиме, и бары, где для подключения необходимо попросить карточку доступа у персонала и, даже, просто территории городского ландшафта, являющиеся местом постоянного скопления людей.

Существует довольно большое количество Linux-based прошивок для беспроводных роутеров, распространяемых под лицензией GNU GPL. К ним относятся так называемая «прошивка от Олега», FreeWRT, OpenWRT, X-WRT, DD-WRT и т. д. Как правило, они поддерживают гораздо больше функций, чем оригинальные прошивки. Необходимые сервисы легко добавляются путём установки соответствующих пакетов. Список поддерживаемого оборудования постоянно растёт.

В ОС семейства Microsoft Windows поддержка Wi-Fi обеспечивается, в зависимости от версии, либо посредством драйверов, качество которых зависит от поставщика, либо средствами самой Windows.

Microsoft Windows 7 поддерживает все современные на момент её выхода беспроводные устройства и протоколы шифрования. Помимо прочего в Windows 7 создана возможность создавать виртуальные адаптеры Wi-Fi, что теоретически позволило бы подключаться не к одной Wi-Fi-сети, а к нескольким сразу. На практике в Windows 7 поддерживается создание только одного виртуального адаптера, при условии написания специальных драйверов. Это может быть полезно при использовании компьютера в локальной Wi-Fi-сети и, одновременно, в Wi-Fi-сети подключённой к Интернет.

В Украине использование Wi-Fi без разрешения Украинского государственного центра радиочастот возможно лишь в случае использования точки доступа со стандартной всенаправленной антенной (<6 Дб, мощность сигнала ≤ 100 мВт на 2.4 ГГц и ≤ 200 мВт на 5 ГГц) для внутренних (использование внутри помещения) потребностей организации (Решение Национальной комиссии по регулированию связи Украины № 914 от 2007.09.06) В случае сигнала большей мощности либо предоставления услуг доступа в Интернет, либо к каким-либо ресурсам, необходимо регистрировать передатчик и получить лицензию УДЦР.

- **WiMAX** (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN (WiMAX следует считать жаргонным названием, так как это не технология, а названия форума, на котором Wireless MAN и был согласован).

Название «WiMAX» было создано WiMAX Forum — организацией, которая была основана в июне 2001

года с целью продвижения и развития технологии WiMAX. Форум описывает WiMAX как «основанную на стандарте технологию, предоставляющую высокоскоростной беспроводной доступ к сети, альтернативный выделенным линиям и DSL». Максимальная скорость — до 1 Гбит/сек.

WiMAX подходит для решения следующих задач:

- соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и другими сегментами Интернета.
- обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативы выделенным линиям и DSL.
- предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных и телекоммуникационных услуг.
- создания точек доступа, не привязанных к географическому положению.
- создания систем удалённого мониторинга (monitoring системы), как это имеет место в системе SCADA.

WiMAX позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с гораздо большим покрытием, чем у Wi-Fi-сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL- и выделенные линии, а также локальные сети. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети в рамках городов.

Набор преимуществ присущ всему семейству WiMAX, однако его версии существенно отличаются друг от друга. Разработчики стандарта искали оптимальные решения как для *фиксированного*, так и для *мобильного* применения, но совместить все требования в рамках одного стандарта не удалось. Хотя ряд базовых требований совпадает, нацеленность технологий на разные рыночные ниши привела к созданию двух отдельных версий стандарта (вернее, их можно считать двумя разными стандартами). Каждая из спецификаций WiMAX определяет свои рабочие диапазоны частот, ширину полосы пропускания, мощность излучения, методы передачи и доступа, способы кодирования и модуляции сигнала, принципы повторного использования радиочастот и прочие показатели. А потому WiMAX-системы, основанные на версиях стандарта IEEE 802.16 e и d, практически несовместимы. Краткие характеристики каждой из версий приведены ниже.

802.16-2004 (известен также как 802.16d и фиксированный WiMAX). Спецификация утверждена в 2004 году. Используется ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM), поддерживается фиксированный доступ в зонах с наличием либо отсутствием прямой видимости. Пользовательские устройства представляют собой стационарные модемы для установки вне и внутри помещений, а также PCMCIA-карты для ноутбуков. В большинстве стран под эту технологию отведены диапазоны 3,5 и 5 ГГц. Многие аналитики видят в ней конкурирующую или взаимодополняющую технологию проводного широкополосного доступа DSL.

802.16-2005 (известен также как 802.16e и мобильный WiMAX). Спецификация утверждена в 2005 году. Оптимизированная для поддержки мобильных пользователей версия поддерживает ряд специфических функций, таких как хэндовер (англ.), *idle mode* и роуминг. Применяется масштабируемый OFDM-доступ (SOFDMA), возможна работа при наличии либо отсутствии прямой видимости. Планируемые частотные диапазоны для сетей Mobile WiMAX таковы: 2,3-2,5; 2,5-2,7; 3,4-3,8 ГГц. Конкурентами 802.16e являются все мобильные технологии третьего поколения (например, EV-DO, HSDPA).

Основное различие двух технологий состоит в том, что фиксированный WiMAX позволяет обслуживать только «статичных» абонентов, а мобильный ориентирован на работу с пользователями, передвигающимися со скоростью до 120 км/ч. Мобильность означает наличие функций роуминга и «бесшовного» переключения между базовыми станциями при передвижении абонента (как происходит в сетях сотовой связи). В частном случае мобильный WiMAX может применяться и для обслуживания фиксированных пользователей.

Широкополосный доступ. Многие телекоммуникационные компании делают большие ставки на использование WiMAX для предоставления услуг высокоскоростной связи.

Сопоставления WiMAX и Wi-Fi

Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи					
Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
<u>Wi-Fi</u>	802.11a	WLAN	до 54 Мбит/с	до 100 метров	5,0 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11b	WLAN	до 11 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11g	WLAN	до 54 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11n	WLAN	до 300 Мбит/с (в перспективе до 450, а затем до 600 Мбит/с)	до 100 метров	2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц
WiMax	802.16d	WMAN	до 75 Мбит/с	6-10 км	1,5-11 ГГц
WiMax	802.16e	Mobile WMAN	до 40 Мбит/с	1-5 км	2.3-13.6 ГГц
WiMax	802.16m	WMAN, Mobile WMAN	до 1 Гбит/с (WMAN), до 100 Мбит/с (Mobile WMAN)	н/д (стандарт в разработке)	н/д (стандарт в разработке)
<u>Bluetooth v. 1.1.</u>	802.15.1	WPAN	до 1 Мбит/с	до 10 метров	2,4 ГГц
<u>Bluetooth v. 1.3.</u>	802.15.3	WPAN	от 11 до 55 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Bluetooth v. 3.0</u>	802.11	WPAN	от 3 Мбит/с до 24 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>UWB</u>	802.15.3a	WPAN	110-480 Мбит/с	до 10 метров	7,5 ГГц
<u>ZigBee</u>	802.15.4	WPAN	от 20 до 250 Кбит/с	1-100 м	2,4 ГГц (16 каналов), 915 МГц (10 каналов), 868 МГц (один канал)
<u>Инфракрасный порт</u>	IrDa	WPAN	до 16 Мбит/с	от 5 до 50 сантиметров, односторонняя связь — до 10 метров	

- WiMAX это система дальнего действия, покрывающая километры пространства, которая обычно использует лицензированные спектры частот (хотя возможно и использование нелицензированных частот) для предоставления соединения с интернетом типа точка-точка провайдером конечному пользователю. Разные стандарты семейства 802.16 обеспечивают разные виды доступа, от мобильного (схож с передачей данных с мобильных телефонов) до фиксированного (альтернатива проводному доступу, при котором беспроводное оборудование пользователя привязано к местоположению).

- Wi-Fi это система более короткого действия, обычно покрывающая десятки метров, которая использует нелицензированные диапазоны частот для обеспечения доступа к сети. Обычно Wi-Fi используется пользователями для доступа к их собственной локальной сети, которая может быть и не подключена к Интернету. Если WiMAX можно сравнить с мобильной связью, то Wi-Fi скорее похож на стационарный беспроводной телефон.

- WiMAX и Wi-Fi имеют совершенно разный механизм Quality of Service (QoS). WiMAX использует механизм, основанный на установлении соединения между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на специальном алгоритме планирования, который может гарантировать параметр QoS для каждого соединения. Wi-Fi, в свою очередь, использует механизм QoS подобный тому, что используется в Ethernet, при котором пакеты получают различный приоритет. Такой подход не гарантирует одинаковый QoS для каждого соединения.

Из-за дешевизны и простоты установки, Wi-Fi часто используется для предоставления клиентам быстрого доступа в Интернет различными организациями. Например, в некоторых кафе, отелях, вокзалах и аэропортах можно обнаружить бесплатную точку доступа Wi-Fi.

В общем виде WiMAX сети состоят из следующих основных частей: базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/с. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надёжность сети в целом.

Структура сетей семейства стандартов IEEE 802.16 схожа с традиционными GSM сетями (базовые станции действуют на расстояниях до десятков километров, для их установки не обязательно строить вышки — допускается установка на крышах домов при соблюдении условия прямой видимости между станциями).

В Wi-Fi сетях все пользовательские станции, которые хотят передать информацию через точку доступа (AP), соревнуются за «внимание» последней. Такой подход может вызвать ситуацию, при которой связь для более удалённых станций будет постоянно обрываться в пользу более близких станций. Подобное положение вещей делает затруднительным использование таких сервисов как Voice over IP (VoIP), которые очень сильно зависят от непрерывного соединения.

Что же касается сетей 802.16, в них MAC использует алгоритм планирования. Любой пользовательской станции стоит лишь подключиться к точке доступа, для неё будет создан выделенный слот на точке доступа, недоступный другим пользователям.

WiMAX Forum разработал архитектуру, которая определяет множество аспектов работы WiMAX сетей: взаимодействия с другими сетями, распределение сетевых адресов, аутентификация и многое другое.

Архитектура сетей WiMax не привязана к какой-либо определённой конфигурации, обладает высокой гибкостью и масштабируемостью.

9.7. Сети абонентского доступа на основе высокоскоростных линий связи

В последнее время концепция подключения абонентов к сети электросвязи претерпела существенные изменения. Эти изменения особенно заметны при исследовании способов построения сетей электросвязи развитых и развивающихся стран. Применение медных линий в качестве средства доступа практически исключено при новом строительстве, а при реконструкции и усилении существующих распределительных сетей крайне ограничено.

В сетях доступа все чаще используются технологии, раньше применявшиеся лишь на магистральных направлениях, а именно волоконно-оптические и радиорелейные линии.

Концепция развития сетей доступа в основном разделяется на две составляющие:

- интенсификация использования существующих абонентских линий (АЛ);
- строительство сетей доступа с применением новых технологий (ВОЛС, РРЛ,

HDSL).

Концепция модернизации АЛ заключается, прежде всего, в различных способах повышения их пропускной способности (или уплотнения) без изменения топологии сети. При уплотнении АЛ производится простое наращивание числа линий, уплотненные АЛ с функциональной точки зрения не отличаются от традиционных медных.

Концепция построения современных сетей доступа имеет существенные отличия от простого уплотнения АЛ. Во-первых, сеть доступа рассматривается как единая структура, имеющая свою идеологию построения, топологию, систему управления. Во-вторых, совокупность различных типов каналообразующего оборудования и линейных передающих систем, используемых в сети доступа, практически не ограничивает возможностей оператора по предоставлению как аналоговых, так и цифровых услуг. Наконец, при условии цифровизации и стандартизации транзитной сети, современная сеть доступа в корне меняет подход к построению коммутационного оборудования, поскольку все абонентские подключения к коммутатору осуществляются по цифровым стыкам.

9.7.1. *Концепция построения сетей доступа.* Сеть доступа является неким фрагментом цифровой транспортной сети, соединяющей телефонную станцию с абонентскими терминалами. Образно говоря, цель создания сети абонентского доступа является в максимально возможном приближении сетевых элементов к абоненту и, тем самым, сокращения "последней мили" (как и раньше выполненной кабелем) до "последнего метра". Оконечный сетевой элемент, как правило, мультиплексор, выносится как можно ближе к месту расположения абонентов. Таким образом, традиционная медная проводка используется на весьма коротких расстояниях (в пределах здания, жилого дома, офиса).

Основой создания оборудования для сети доступа (в дальнейшем ОСД) служит принцип временного разделения цифровых каналов, давно известный и опробованный в магистральных сетях. Оборудование, таким образом, состоит из двух частей, одна из которых называется "станционной" и подключается к коммутационной станции, а другая - "абонентской", к которой подключаются абонентские терминалы (в простейшем случае телефонные аппараты).

Для передачи линейного сигнала в СД все более широко используются оптические кабели и радиоканалы. Как правило, современное оборудование для построения сети доступа является универсальным с точки зрения использования различных сред передачи. Оптический кабель обладает наилучшими показателями с точки зрения цены и пропускной способности при телефонизации новых районов застройки. При развертывании сети в регионах со сложившейся кабельной инфраструктурой большое значение имеет организация цифровых трактов на медных парах с HDSL. Наконец, в сельских и труднодоступных районах ключевое значение имеют радиорелейные линии и спутниковые каналы связи.

Применения оптического кабеля на участке "последней мили" подразделяется на несколько направлений:

- FTTB (Fiber To The Building) - оптика до здания;
- ПТО (Fiber To The Office) - оптика до офиса;
- FTTZ (Fiber To The Zone) - оптика до некоторой зоны, где группируются абоненты.

Все три направления едины в главном - довести широкополосную оптическую линию связи до некоторой точки, где целесообразно поместить оборудование, распределяющее более низкоскоростные цифровые потоки (или аналоговые каналы) непосредственно до "розетки", то есть до места включения пользовательского терминала.

9.7.2. Основные требования к оборудованию. Задачи оператора телекоммуникационной сети:

- быстрое подключение новых абонентов (при модернизации и строительстве новой СД).
- возможность предоставления новых услуг (цифровые каналы + ISDN).
- минимизация стоимости СД и эксплуатационных затрат.
- возможность экономичного перераспределения ресурсов СД и предоставления широкополосных услуг по требованию.
- обеспечение "запаса ресурса" СД для предоставления новых услуг в будущем.

Рассмотрим каждую задачу и путь ее решения.

1. Для быстрого подключения абонентов подходят все решения, не связанные с прокладкой кабеля. Уплотнение существующих медных линий, использование радиодоступа, применение радиолиний для связи терминалов ОСД - все эти решения обеспечивают быстрое включение новых абонентов. Именно эти решения чаще всего используются при модернизации СД, связанной с увеличением потребностей в услугах в регионах, уже имеющих кабельную инфраструктуру. При ограниченности пропускной способности линий связи терминалов ОСД применяется динамическая концентрация. При строительстве новой СД в развивающихся деловых, индустриальных или жилых районах целесообразно использование радиодоступа (имеющего, однако, ряд ограничений по стоимости и пропускной способности) или ОСД, использующего в качестве среды распространения сигналов оптический кабель. Действительно, стоимость прокладки медного и оптического кабелей примерно одинакова, стоимость самого оптического кабеля постоянно снижается, а пропускная способность, надежность, запас ресурса у ВОЛС несопоставимо выше.

2. Предоставление новых услуг, под которыми сейчас, в основном, понимаются некоммутируемые каналы с цифровым окончанием и ISDN, возможно с применением всех систем современного ОСД. Однако в случаях уплотнения медных линий и радиодоступа, цифровые услуги существенно снижают емкость систем, отбирая львиную долю общей пропускной

способности. Некоторые виды широкополосных услуг, требующих для своей работы потоков более, чем 2 Мбит/с, как правило, не могут быть предоставлены через СД, использующую существующий медный кабель, так же как и через систему беспроводного радиодоступа. Для таких задач оптимальнее применять универсальное ОСД с применением в качестве линейных средств волоконной оптики или высокоскоростных радиолиний. Естественно, на некоторых участках, с целью снижения затрат и увеличения оперативности предоставления услуг, возможно и целесообразно использование медных линий.

3. Затраты на строительство и эксплуатацию - необходимо проведение технико-экономического расчета по каждой проектируемой СД. Каждый из способов оптимален в определенных условиях. Для обеспечения оптимальных технико-экономических параметров СД чаще всего используется комбинация всех трех СД: уплотнение медных линий, радиодоступ, ВОЛС. Оптимизация себестоимости СД достигается путем комбинирования различных способов организации доступа. Естественно, собственно оборудование сети доступа также должно быть оптимизировано по себестоимости как при закупке, так и при эксплуатации.

4. Гибкость и мобильность СД позволяет оператору быстро предоставить услуги по месту требования, при этом не требует избыточных предварительных затрат. При построении гибкой и мобильной СД оператор обеспечивает в каждой точке подключения абонентов (в абонентских терминалах ОСД) возможность предоставления такой услуги путем установки соответствующей интерфейсной платы. При проектировании СД важно, чтобы пропускная способность соединительных линий обеспечила требуемый ресурс.

5. Запас по ресурсу желателен для оператора, так как проектируемая сеть доступа рассчитана на десятки лет эксплуатации, а каждая новая услуга обычно требует увеличения полосы пропускания канала связи. С другой стороны, запас ресурса связан с повышением начальных затрат. Поэтому часто используется комбинированный способ. Применяемое в сети ОСД выбирается таким, чтобы его конструкцией было предусмотрено обеспечение широкополосных услуг. Линии же связи, строительство которых требует больших затрат, вводятся в эксплуатацию по мере необходимости. Например, на начальном этапе для связи стационарного и абонентского терминалов ОСД используются существующие медные линии, уплотненные аппаратурой HDSL. Это обеспечивает достаточную пропускную способность для предоставления услуг аналоговой телефонии. По мере роста потребностей абонентов в высокоскоростных цифровых каналах вводятся дополнительные линии связи на основе оптических кабелей или радиорелейных линий.

10 БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Средства беспроводных сетей позволяют развертывать глобальные, региональные и локальные сети без необходимости создания кабельной структуры. Институтом IEEE разработан стандарт 802.11 для беспроводных локальных сетей. Кроме него, над созданием интегральных технологий беспроводных сетей работает промышленный консорциум Bluetooth.

В радиотелефонах первого поколения использовалась аналоговая технология. Эти устройства были громоздки и имели ограниченную зону обслуживания, но на их примере ясно были видны преимущества мобильной системы связи. Теперешнее поколение беспроводных устройств построено уже на базе цифровой, а не аналоговой технологии. Цифровые сети могут передавать намного больший телефонный трафик, и обеспечиваемые ими качество приема и безопасность выше, чем в аналоговых системах. Кроме того, цифровая технология позволяет вводить дополнительные услуги, такие, как идентификация вызывающего абонента. Беспроводные устройства следующего поколения также будут цифровыми, с подключением к Internet и использованием новых частотных диапазонов и более высоких скоростей передачи информации.

Стандарты, определяющие характер взаимодействия устройств беспроводной связи, быстро унифицируются и скоро позволят создать глобальную беспроводную сеть, предоставляющую все многообразие услуг.

В настоящее время наиболее очевидный признак успеха беспроводных технологий — распространение телефонов. Начиная с 1996 года количество новых абонентов мобильных телефонов превышает количество новых абонентов стационарных телефонов. Так получилось по многим причинам. Мобильные телефоны удобны; они перемещаются вместе с людьми. Кроме того, по самой своей природе средства мобильной связи "знают" свое местоположение. Каждый мобильный телефон связывается с региональными базовыми станциями, расположение которых твердо установлено.

Во многих регионах распространение мобильных телефонов — единственный экономичный способ предоставить населению телефонную связь. Базовые станции можно создавать быстро и недорого по сравнению с рытьем траншей и прокладкой кабелей, особенно в сложных условиях местности.

Появляется все больше и больше новых типов беспроводных устройств, которые имеют доступ в Internet. К ним относятся персональные органайзеры и те же телефоны, но теперь уже с Web-доступом, функциями мгновенных сообщений, электронной почты и другими услугами, доступными в Internet. Беспроводные устройства в автомобилях позволяют загружать карты и маршруты. Скоро такие устройства смогут вызывать помощь,

если произошла авария, или даже сообщать пользователю о самых низких ценах на бензин в ближайшей окрестности. Будут доступны и другие удобные функции.

Первым заданием для мобильных устройств была передача речи. Теперь акцент переместился на передачу данных. Предполагается, что в следующие пять лет сложится многомиллионный рынок услуг беспроводной передачи данных. Большая часть этого рынка — "беспроводная" Internet. Беспроводные устройства потребуют использовать Internet иначе, чем стационарные. Беспроводные устройства имеют меньше возможностей отображения и ввода данных по сравнению с обычными стационарными устройствами, такими, как персональные компьютеры. Нормой станут не длинные сеансы просмотра Web-страниц, а транзакции и обмен сообщениями. Поскольку беспроводные устройства "знают" свое расположение, можно будет адаптировать информацию к географическому местоположению пользователя. Таким образом, уже не пользователи будут искать информацию, а информация сможет сама находить пользователей.

10.1 Глобальная сотовая сеть

Сейчас не существует какой-то единой сотовой сети. Обычно существующие устройства поддерживают одну или две из несметного числа технологий и работают только в пределах зоны обслуживания одного оператора. Чтобы выйти за пределы этой модели, надо проделать много работы, особенно в определении и реализации стандартов.

Комплекс стандартов для беспроводных устройств следующего поколения разрабатывает ITU. В новых стандартах будут использоваться более высокие частоты, что позволит увеличить пропускную способность. Новые стандарты также помогут преодолеть несовместимость различных сетей первого и второго поколений, разработанных и развернутых за последние десять лет.

Преобладающей цифровой беспроводной сетью первого поколения в Северной Америке была система AMPS (Advanced Mobile Phone System — усовершенствованная система мобильной телефонной связи). Эта сеть предоставляла услуги передачи данных на базе перекрывающихся сетей CDPD (Cellular Digital Packet Data — сотовая система передачи пакетов цифровых данных) со скоростью 19,2 Кбит/с. В системе CDPD передача данных производилась в незанятые интервалы в обычных каналах телефонной связи.

Важнейшие беспроводные системы второго поколения — GSM (Global System for Mobile Communications — глобальная система мобильной связи), PCS (Personal Communications Service — персональная служба связи) IS-136 и PCS IS-95. В стандарте PCS IS-136 используется множественный доступ с временным разделением, а в IS-95 — с кодовым разделением. В системах GSM и PCS IS-136 передача данных производится через выделенные каналы со скоростью 9,6 Кбит/с.

Сейчас ИТУ разрабатывает стандарты ИМТ-2000 (International Mobile Telecommunications — международные мобильные телекоммуникации). Эта группа стандартов должна определить глобальную интегрированную сеть. В стандартах используется диапазон 2 ГГц. Новые стандарты и новый диапазон позволят достичь скорости передачи данных 2 Мбит/с.

Кроме определения использования частот, схем кодирования и передачи, в стандартах также должно быть указано, как мобильные устройства будут взаимодействовать с Internet. В этой области работают несколько специализированных организаций по стандартам и промышленных консорциумов. В частности, Форум WAP (Wireless Application Protocol — протокол беспроводных приложений) разрабатывает общий протокол для обращения к Internet устройств с ограниченными возможностями отображения и ввода. Проблемная группа проектирования Internet (IETF) разрабатывает стандарт протокола Mobile IP, который представляет собой адаптацию общепринятого протокола IP к работе в мобильном окружении.

Все более важное место в Internet занимает мультимедиа. Чтобы полностью включиться в эту среду, беспроводные сети должны обеспечивать такие же высокие скорости передачи данных, как и их стационарные аналоги. Этим скоростей позволяет достичь широкополосная технология.

Широкополосные беспроводные службы имеют те же преимущества, что и все беспроводные средства: удобство и сниженные затраты. За счет отказа от кабелей операторы могут развертывать беспроводные службы быстрее и дешевле, чем проводные. Кроме того, беспроводные службы мобильны и могут разворачиваться почти в любом месте.

Существует много проектов разработки стандартов широкополосной беспроводной связи для множества различных приложений. Эти стандарты охватывают все области — от беспроводных локальных сетей до небольших домашних сетей. Скорости передачи данных варьируются от 2 Мбит/с до более чем 100 Мбит/с. Уже доступны многие из этих технологий и число их значительно увеличится в следующие несколько лет.

Беспроводные локальные сети предоставляют возможность работы в сети там, где бывает трудно или слишком дорого развернуть стационарную инфраструктуру. Основные стандарты беспроводных локальных сетей — IEEE 802.11b в Америке и HiperLAN в Европе. Стандарт IEEE предусматривает скорость передачи данных до 10 Мбит/с. Европейский стандарт определяет максимальную скорость 24 Мбит/с, а в следующей редакции скорость передачи будет повышена до 54 Мбит/с.

Потенциальная проблема стандарта 802.11b — совместимость с Bluetooth. Спецификация беспроводных сетей Bluetooth определяет связь между такими устройствами, как ноутбуки, карманные компьютеры и мобильные телефоны. В Bluetooth и 802.11b

используется один и тот же диапазон частот. При реализации в одном устройстве эти технологии, скорее всего, будут мешать друг другу.

В рамках проекта HomeRF разрабатываются стандарты беспроводной связи между домашними компьютерами и внешними устройствами. В настоящее время в HomeRF применяются скорости передачи до 2 Мбит/с, но новая редакция будет рассчитана на скорости порядка 10 Мбит/с.

10.2 Проблемы беспроводной связи

Беспроводные службы удобны и часто более дешевы в развертывании, чем стационарные, но они несовершенны. Существуют ограничения, трудности политического и технического характера, которые в конечном счете могут помешать беспроводным технологиям полностью реализовать свой потенциал. Две основные проблемы — несовместимость стандартов и ограничения устройств.

В Северной Америке существует два стандарта цифровых сотовых систем. В остальном мире существует по крайней мере еще один стандарт. Устройство, в котором используется PCS IS-136, не будет работать в районе, где развернута система связи построена на стандарте PCS IS-95. Невозможно применять Bluetooth и 802.11b в одном и том же устройстве. Отсутствие единого стандарта мешает технологиям достичь одного из настоящих идеалов беспроводной связи — повсеместного доступа к данным.

Ограничения, присущие устройствам, также сдерживают свободное движение данных. Маленький жидкокристаллический дисплей мобильного телефона неспособен отобразить больше нескольких строк текста. Кроме того, большинство мобильных беспроводных устройств может обращаться лишь к небольшой части огромного множества Web-сайтов в Internet. В браузерах этих устройств используется специальный язык разметки для беспроводных приложений (Wireless Markup Language — WML), а не стандартный язык HTML.

Вероятнее всего, невозможно создать такое беспроводное устройство, которое могло бы удовлетворить любую потребность. Потенциал беспроводной связи можно реализовать, но не в каком-то одном изделии. Беспроводная связь будет иметь успех при интегрировании в различные устройства, предназначенные для удовлетворения разнообразных потребностей.

10.3 Спутниковые системы связи

Сердцем системы спутниковой связи является антенна спутника, находящегося на стационарной орбите. С помощью одного или нескольких таких спутников, используемых как космические ретрансляторы, осуществляется связь между двумя или несколькими станциями, принадлежащими одной системе спутниковой связи и расположенными на Земле

или близ Земли. Системы антенн, расположенных на Земле или близ Земли, называют наземными станциями. Канал передачи данных с наземной станции на спутник называется восходящим (uplink), а канал передачи данных в обратном направлении — нисходящим (downlink). Электронное оборудование спутника, которое принимает сигналы восходящего канала и преобразует их в сигналы нисходящего канала, называется транспондером.

Спутники связи можно классифицировать по таким признакам.

- Зона обслуживания: может быть глобальной, региональной или национальной. Чем больше зона обслуживания, тем больше спутников будет задействовано в организации сети.
- Тип услуг: существуют спутники стационарной службы связи (fixed service satellite-- FSS), радиовещательной службы (broadcast service satellite — BSS) и мобильной- службы (mobile service satellite — MSS).
- Характер использования: коммерческие, военные, любительские или экспериментальные.

При проектировании станций беспроводной связи следует учитывать те многочисленные особенности, которые отличают станции, базирующиеся на спутниках, от наземных станций.

- Зона обслуживания спутниковой системы намного превышает зону обслуживания наземной системы. Для одной антенны спутника, находящегося на геостационарной орбите, доступно около одной четвертой поверхности Земли.
- Такие ресурсы космического аппарата, как мощность и выделенная ширина полосы, весьма ограничены. Поэтому на стадии проектирования нужно выбирать оптимальное соотношение между параметрами наземной станции и спутника.
- Условия, в которых находятся общающиеся спутники, не так меняются со временем, как условия связи спутника с наземной станцией или же как условия связи двух наземных беспроводных антенн. Поэтому каналы связи спутник-спутник можно рассчитать с довольно высокой степенью точности.

Если передатчик и приемник находятся в зоне обслуживания одного спутника, то затраты на передачу данных не зависят от расстояния между ними.

- Легко внедряются широковещательные, многоадресные и двухточечные приложения.
- Пользователю доступен очень широкий диапазон частот или высокая скорость передачи данных.
- В целом качество данных, передаваемых с помощью спутника, поддерживается исключительно высоким, несмотря на кратковременные отключения или ухудшение качества связи.

- Для спутников, находящихся на геостационарной орбите, задержка распространения сигнала с земли на спутник и обратно равна примерно одной четвертой секунды.
- Передающие наземные станции во многих случаях могут принимать и собственные сигналы.

10.3.1 *Спутниковые орбиты.* Существует несколько классификаций орбит спутников.

1. Орбита может быть круговой, с центром окружности, расположенном в центре Земли, или эллиптической, для которой центр Земли находится в одном из фокусов эллипса.

2. Спутник может вращаться вокруг Земли в разных плоскостях. Экваториальные орбиты расположены в плоскости земного экватора. Полярные орбиты проходят над обоими полюсами Земли. Все остальные орбиты называются наклонными.

3. По высоте над уровнем моря орбиты классифицируются следующим образом: геостационарные околоземные орбиты (geostationary earth orbit — GEO), средние околоземные орбиты (medium earth orbit — MEO) и низкие околоземные орбиты (low earth orbit — LEO).

На рис. 10.1 приведена геометрическая схема, в соответствии с которой рассчитывается зона обслуживания спутника. Ключевым параметром данной схемы является угол возвышения наземной станции θ , который является углом между горизонтальной линией (т.е. линией, касательной к поверхности Земли в точке расположения антенны) и направлением основного луча антенны, наделенного непосредственно на спутник. Максимальная величина зоны обслуживания спутника получается при нулевом угле возвышения.

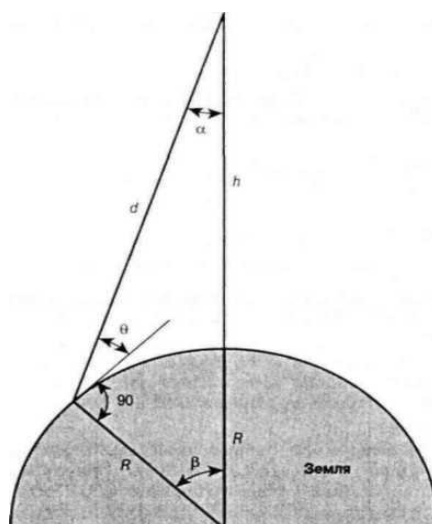


Рисунок 10.1 - Охват и угол возвышения

Тогда зона обслуживания во всех направлениях ограничивается только оптическим горизонтом спутника. Однако существуют по крайней мере три проблемы, которые не позволяют строить антенны наземных станций с нулевым углом возвышения и определяют минимальный угол возвышения.

1. Нельзя игнорировать здания, деревья и другие наземные объекты, которые могут находиться на пути луча, идущего от антенны. Подобные помехи приводят к ослаблению сигнала, так как происходит его частичное поглощение или искажение вследствие многократного отражения луча.

2. Чем меньше значение угла возвышения, тем больше атмосферное поглощение, так как при малых углах возвышения сигнал проходит в атмосфере большое расстояние.

3. На качество приема также неблагоприятно влияет электрический шум, обусловленный высокой температурой около поверхности Земли.

При проектировании нисходящего канала принято использовать минимальный угол возвышения, который, в зависимости от частоты сигнала, может составлять 5-20°. Для восходящего канала Федеральная комиссия по средствам связи США предписывает использовать угол возвышения не менее 5°.

Угол охвата β — это мера части земной поверхности, которая видна со спутника с учетом минимального угла возвышения. Угол β задает окружность на поверхности Земли, центр которой находится в точке, расположенной непосредственно под спутником. Справедливо следующее соотношение:

$$\frac{R}{R+h} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\theta + \frac{\pi}{2})} = \frac{\sin(\frac{\pi}{2} - \beta - \theta)}{\sin(\theta + \frac{\pi}{2})} = \frac{\cos(\beta + \theta)}{\cos(\theta)}$$

Здесь:

R — радиус Земли, который равен 6370 км;

h — высота орбиты (т.е. кратчайшее расстояние от спутника до Земли);

β — угол охвата;

θ — минимальный угол возвышения.

Расстояние от спутника до ближайшей к нему точки зоны обслуживания рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{d}{R+h} = \frac{\sin(\beta)}{\sin(\theta + \frac{\pi}{2})} = \frac{\sin(\beta)}{\cos(\theta)}$$

$$d = \frac{(R+h) \sin(\beta)}{\cos(\theta)} = \frac{R \sin(\beta)}{\sin(\alpha)}$$

Следовательно, задержка кругового обращения сигнала принадлежит такому диапазону:

$$\frac{2h}{c} \leq t \leq \frac{2(R+h) \sin(\beta)}{c(\cos\theta)}$$

где: c — скорость света, которая равна примерно 3×10^8 м/с.

Размер зоны обслуживания спутника обычно выражается через диаметр покрываемой области, равный $2\beta R$, где β выражается в радианах.

10.3.2. *Геостационарные спутники.* В настоящее время самыми распространенными среди спутников связи являются геостационарные (GEO). Первым, кто выдвинул идею использования таких спутников, был писатель-фантаст Артур Кларк, пославший в 1945 году статью на эту тему в журнал *Wireless World*. Идея заключалась в следующем: если спутник находится на круговой орбите на высоте 35 863 км над поверхностью Земли и движется в плоскости земного экватора, то угловая частота вращения такого спутника будет совпадать с угловой частотой вращения Земли и спутник все время будет находиться над одной и той же точкой на экваторе. На геостационарной орбите находится довольно много спутников, некоторые из них расположены вплотную друг к другу.

Геостационарные орбиты имеют ряд преимуществ, которые выгодно отличают их от орбит других типов.

- Так как спутник не движется относительно Земли, то не возникает проблем с изменением частоты сигнала из-за относительного движения спутника и наземных антенн (обусловленного эффектом Доплера).

- Упрощается процедура отслеживания спутника с наземных станций.

- Спутник, находящийся на высоте 35 863 км над Землей, может связаться примерно с четвертой частью земной поверхности. Для того чтобы покрыть все населенные зоны Земли, исключая участки близ северного и южного полюсов, понадобится вывести на геостационарную орбиту всего три спутника, расположив их на расстоянии 120° друг от друга.

С другой стороны, есть и недостатки.

- После прохождения расстояния свыше 35 000 км сигнал может стать довольно слабым.

- Полярные области и приполярные участки северного и южного полушарий практически недоступны для геостационарных спутников.

Несмотря на то что скорость света равна 300 000 км/с, задержка прохождения сигнала из точки на экваторе, расположенной под спутником, на спутник и обратно довольно существенна.

Задержка связи между двумя наземными абонентами, расположенными непосредственно под спутником, в действительности составляет $(2 \times 35\,863)/300\,000 = 0,24$ с. Для других абонентов, не находящихся непосредственно под спутником, задержка связи еще больше. Если использовать спутниковую связь для телефонных переговоров, то суммарный интервал между завершением фразы одного абонента и ответом другого удваивается и получается равным примерно половине секунды. Такую задержку трудно не заметить. Еще одним свойством геостационарных спутников является то, что выделенные для них частоты используются над очень большим участком поверхности Земли. Для многоточечных приложений, таких, как передача телевизионных программ, это даже к лучшему, однако для двухточечной связи спектр частот геостационарного спутника будет использоваться очень неэкономно. Можно использовать специальные антенны с направленным или управляемым лучом, которые позволяют ограничить область, покрываемую сигналом спутника, и таким образом контролировать размеры области, в пределах которой принимается сигнал спутника. Для решения некоторых из перечисленных проблем были разработаны другие типы орбит.

10.3.3. Для персональных устройств связи третьего поколения важную роль играют *спутники на низких околоземных орбитах (LEOS) и спутники на средних околоземных орбитах (MEOS)* - рис. 10.2.

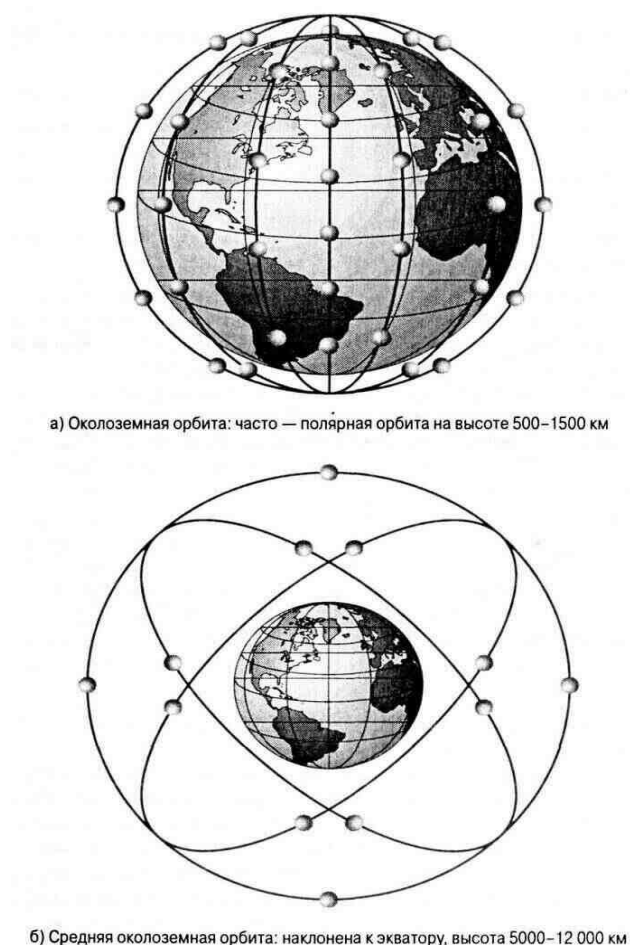


Рисунок 10.2. Орбиты низких и средних околоземных спутников

Спутники LEO. Спутники LEO (рис. 10.2, а) имеют следующие характеристики.

Круговые или эллиптические орбиты на высоте до 2000 км. Все предлагаемые и реальные системы располагаются на высоте от 500 до 1500 км.

- Период орбиты равен 1,5-2 ч.
- Диаметр зоны обслуживания равен примерно 8000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет не более 20 мс.
- Максимальное время, в течение которого спутник виден с фиксированной точки на поверхности Земли (в пределах радиогоризонта), достигает 20 мин.

• Ввиду высокой скорости относительного движения спутника и стационарного расположения наземной станции оборудование системы связи должно быть способно учитывать большие доплеровские сдвиги, которым подвергается частота сигнала.

• Для спутников LEO велико сопротивление атмосферы, поэтому орбита спутника постепенно деформируется. Чтобы ввести в действие такую систему связи, нужно довольно много орбитальных плоскостей; кроме того, на каждой орбите должны находиться по несколько спутников. Тогда при сообщении двух наземных станций сигнал, как правило, будет передаваться с одного спутника на другой.

Спутники LEO имеют ряд преимуществ по сравнению с геостационарными спутниками. Принимаемый сигнал, отправленный со спутника LEO, гораздо сильнее сигнала со спутника GEO при той же энергии передачи. Зону обслуживания спутника LEO можно локализовать с гораздо большей степенью точности, так что можно эффективнее распорядиться спектром частот, выделенным для спутника LEO. Поэтому данная технология сейчас предложена для связи с мобильными и персональными терминалами, для функционирования которых нужны более сильные сигналы. С другой стороны, чтобы 24 часа обеспечивать широкую зону обслуживания, нужно много спутников LEO.

Было выдвинуто несколько коммерческих предложений по использованию кластеров спутников LEO для предоставления услуг связи. Эти предложения можно разделить на две категории.

- Малые кластеры LEO. Такие кластеры, предназначенные для работы при частоте связи ниже 1 ГГц, используют полосу частот шириной не более 5 МГц и обеспечивают скорость передачи данных до 10 Кбит/с. Эти системы предназначены для поиска, слежения и низкоскоростного обмена сообщениями.

- Большие кластеры LEO. Такие системы работают на частотах более 1 ГГц и поддерживают скорость передачи данных до нескольких мегабайтов в секунду. Эти системы стремятся предоставлять те же услуги, что и малые кластеры LEO, а также дополнительные услуги по передаче голоса и по определению местоположения. Примером большой системы

LEO является система Globalstar. Ее спутники довольно примитивны. В отличие от некоторых малых систем LEO, на спутниках этой системы не установлено оборудования для обработки данных или связи между спутниками. Обработка данных большей частью проводится наземными станциями системы. В системе используется технология CDMA, подобная стандарту CDMA сотовой связи. Нисходящая связь с мобильными пользователями осуществляется в диапазоне 5-полосы (около 2 ГГц). Система Globalstar тесно интегрирована с традиционными звуковыми службами-носителями. Все звонки должны обрабатываться на наземных станциях. Группа спутников системы Globalstar состоит из 48 действующих спутников и 8 запасных. Эти спутники находятся на орбитах на высоте 1413 км.

Спутники МЕО. Спутники МЕО (рис. 10.2, б) имеют следующие характеристики.

- Круговая орбита, расположенная на высоте 5000-12 000 км.
- Период орбиты около 6 ч.
- Диаметр зоны обслуживания колеблется от 10 000 до 15 000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет менее 50 мс.
- Максимальное время, в течение которого спутник виден из фиксированной точки на земной поверхности (находящейся в пределах радиогоризонта), составляет несколько часов.

В системах МЕО не требуется так много переключений между спутниками, как в системах LEO. Значения таких параметров спутника МЕО, как задержка распространения сигнала со спутника МЕО на Землю и его требуемая мощность, выше, чем у спутников LEO, однако существенно меньше, чем у геостационарных спутников. Для новой программы ICO, разработанной в январе 1995 года, была предложена система МЕО. Запуски спутников МЕО начались в 2000 году. На орбиты высотой 10400 км планировалось поместить двенадцать спутников (из них два запасных). Спутники должны быть равномерно распределены между двумя плоскостями и иметь угол наклона к экватору в 45° . Системы МЕО предлагается использовать для предоставления таких услуг, как цифровая передача речи, данных, факсимильных сообщений, широкоэвещательных уведомлений, и для обмена сообщениями.

10.3.4. *Полосы частот.* В табл. 10.1 перечислены полосы частот, доступные для спутниковой связи. Чем выше частота полосы, тем больше ее доступная ширина. Однако, полосы более высокой частоты сильнее подвержены искажениям передачи. Службам мобильной спутниковой связи (MSS) выделены частоты в полосах S и L. Если сравнить эти полосы с полосами более высоких частот, то здесь наблюдается большее преломление луча и его проникновение через физические преграды, такие, как листва и неметаллические структуры. Эти характеристики являются крайне важными для услуг мобильной связи. Кроме того, полосы L и S широко используются для других наземных приложений, поэтому в настоящее время существует конкуренция между поставщиками услуг в СВЧ-диапазоне за возможность использования полос L и S.

Таблица 10.1. Полосы частот для спутниковой связи

Полоса	Диапазон частот, ГГц	Суммарная ширина полосы, ГГц	Распространенные приложения
L	1-2	1	Мобильная спутниковая связь (MSS)
S	2-4	2	Службы MSS, NASA, исследование дальнего космоса
C	4-8	4	Спутники стационарной службы связи (FSS)
X	8-12,5	4,5	Военные службы FSS, исследования Земли и метеорологические спутники
Ku	12,5-18	5,5	Службы FSS, радиовещательные спутниковые службы (BSS)
K	18-26,5	8,5	Службы FSS и BSS
Ka	26,5-40	13,5	Службы FSS

При предоставлении службе полосы частот диапазоны для восходящего и нисходящего каналов определяются отдельно, причем частота восходящего канала всегда выше. Для сигнала с более высокой частотой рассеяние или потери в свободном пространстве больше, чем для его низкочастотного дополнения. Впрочем, наземные станции располагают достаточной мощностью, позволяющей компенсировать низкую производительность на высоких частотах.

10.3.5. Ухудшение качества связи. Производительность спутникового канала связи зависит от трех факторов:

- расстояния между антенной наземной станции и антенной спутника;
- в нисходящем канале — от расстояния между антенной наземной станции и "точкой прицела" спутника;
- атмосферного поглощения.

10.3.5.1 Расстояние.

Формула потерь в свободном пространстве:

$$L_{\text{дБ}} = 10 \lg (P_t/P_r) = 10 \lg (4\pi d/\lambda) = -20 \lg(\lambda) + 20 \lg(d) + 21,98$$

Здесь

P_t — мощность сигнала на передающей антенне;

P_r — мощность сигнала на принимающей антенне;

λ — длина волны несущей;

d — расстояние распространения между антеннами.

Величины d и λ измеряются в одних единицах (например, в метрах).

Чем выше частота сигнала (т.е. чем меньше его длина волны), тем большими будут потери. Для геостационарного спутника потери в свободном пространстве на экваторе составляют:

$$L_{\text{дБ}} = -20 \lg(\lambda) + 20 \lg (35,863 \times 10^6) + 21,98 \text{ дБ} = -20 \lg(\lambda) + 173,07.$$

Потери для точек земной поверхности, удаленных от экватора, но все еще видимых со спутника, будут несколько больше. Максимальное расстояние (от спутника до горизонта)

для геостационарного спутника равно 42711 км. Потери в свободном пространстве при прохождении сигналом такого расстояния равны:

$$L_{\text{дБ}} = -20 \lg(\lambda) + 174,51.$$

10.3.5.2 *След спутника.* Для работы на СВЧ, которые используются в спутниковой связи, применяются узконаправленные антенны. Таким образом, сигнал со спутника не распространяется во все стороны, а нацеливается на определенную точку Земли. Выбор точки прицела производится с учетом местоположения и размеров области, которая должна покрываться.

На центральную точку этой области придется наиболее мощный сигнал, интенсивность сигнала будет спадать по мере удаления от центральной точки в любом направлении. Этот эффект обычно демонстрируется на примере модели, называемой следом спутника (satellite footprint), представленной на рис. 10.3.

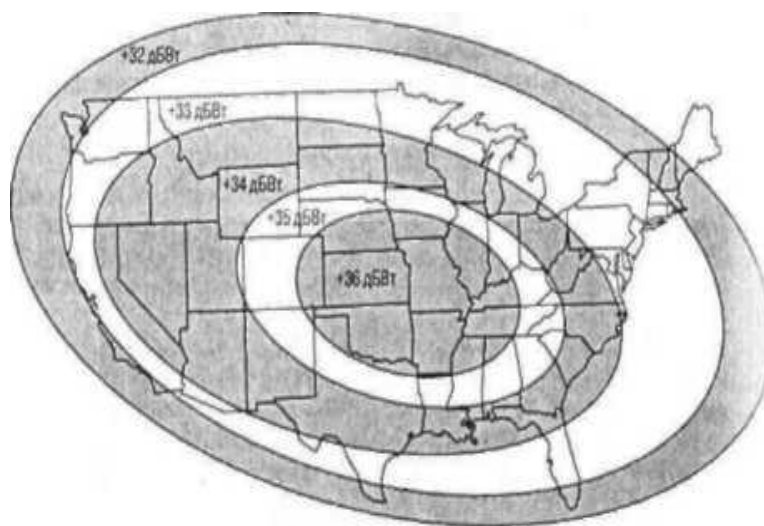


Рисунок 10.3. - Типичный след спутника

Показано, какая эффективная часть излученной энергии антенны попадает в каждую точку на территории США. Результат зависит от мощности сигнала, поступающего в принимающую антенну, а также от направленности передающей антенны. В рассматриваемом примере мощность сигнала, принимаемого в Арканзасе, составляет +36 дБВт, а в Массачусетсе — +32 дБВт. Чтобы получить реальную мощность сигнала, принимаемого в каждой точке покрываемой области, из эффективной мощности, указанной на рисунке, следует вычесть потери в свободном пространстве.

10.3.5.3 *Атмосферное поглощение.* Главной причиной затухания сигнала в атмосфере является наличие кислорода, а также влаги. Поглощение, обусловленное наличием воды, происходит в туман и в дождь. Еще одним фактором, влияющим на затухание сигнала, является значение угла возвышения спутника, который зависит от положения наземной станции. Чем меньше угол возвышения, тем больший путь в атмосфере придется пройти сигналу. Наконец, величина атмосферного затухания зависит от частоты сигнала. В общем случае чем выше частота сигнала, тем сильнее он затухает. Конечно затухание,

обусловленное туманом и дождем, возникает только в случае присутствия этих явлений в атмосфере.

10.3.6 Конфигурации спутниковой сети.

На рис. 10.4 схематично изображены две наиболее распространенные конфигурации спутниковых систем связи. В первой конфигурации спутник используется для обеспечения двухточечной связи между двумя удаленными наземными антеннами. Во второй конфигурации спутник обеспечивает сообщение между одним наземным передатчиком и несколькими наземными приемниками.

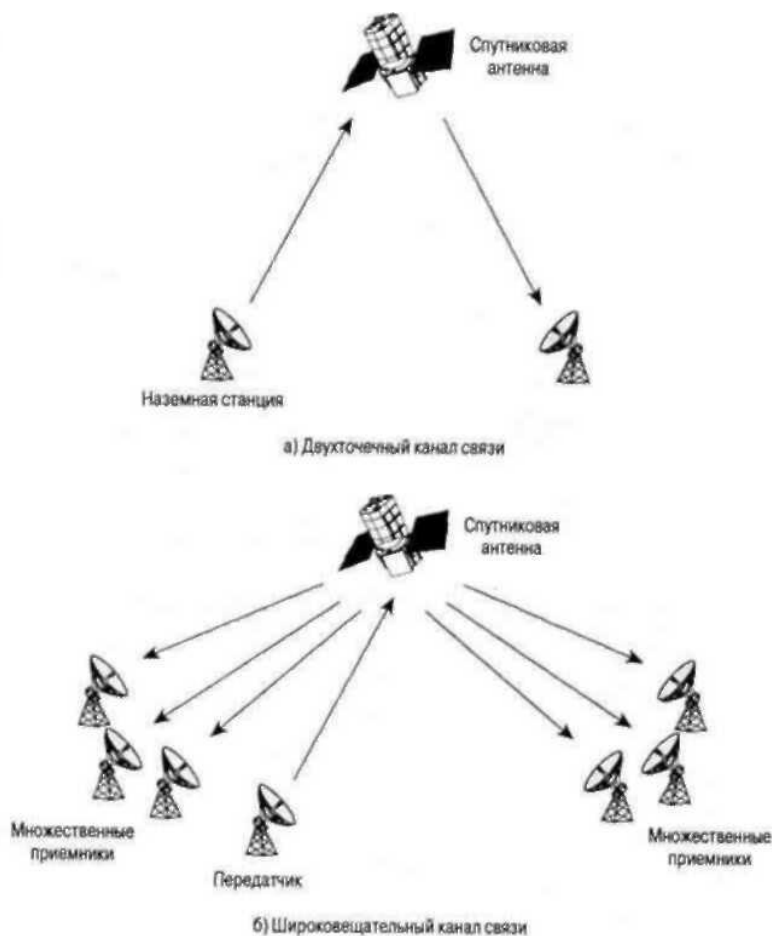


Рисунок 10.4.- Конфигурации систем спутниковой связи

Существует также разновидность второй конфигурации, в которой осуществляется двухсторонняя связь между комплексом наземных станций, состоящим из одного центрального концентратора и множества удаленных абонентских Станций. Такой тип конфигурации, показанный на рис. 10.5, используется в системах VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча).

Недорогими антеннами VSAT оснащены многие абонентские станции. Установив определенный порядок, эти станции совместно используют пропускную способность спутника для передачи данных станции-концентратору. Концентратор может обмениваться

сообщениями с любым абонентом и ретранслировать со. общения, идущие от одного абонента другому.

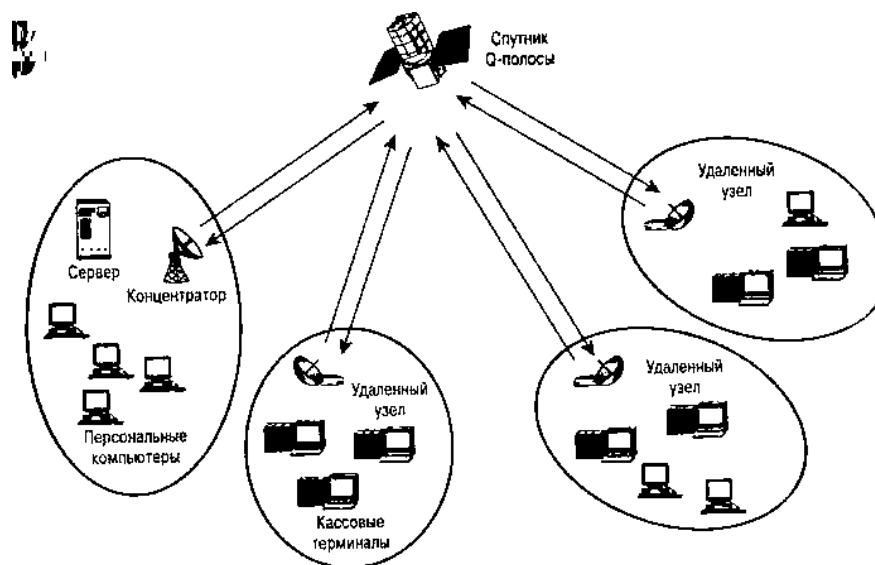


Рисунок 10.5 - Конфигурация типичной системы VSAT

10.3.7 *Распределение пропускной способности.* Как правило, один геостационарный спутник работает в довольно широкой полосе частот (например, 500 МГц), которая делится на несколько каналов, имеющих меньшую ширину (например, по 40 МГц). В каждом из таких каналов требуется распределить пропускную способность. Иногда, например при телевещании или передаче единичного потока цифровых данных со скоростью 50 Мбит/с, весь канал выделяется для одного пользователя или приложения. В то же время если отбросить такие крайние случаи, то можно сказать, что экономное использование спутника невозможно без разделения канала между несколькими пользователями. Поэтому задача распределения, в основном, сводится к уплотнению каналов. В некоторых случаях распределение проводится под централизованным управлением, осуществляемым обычно со спутника. Пропускная способность может также распределяться динамически посредством команд, передаваемых наземными станциями. Ниже на примерах рассмотрены оба случая.

Все стратегии распределения относятся к одной из трех категорий.

- Множественный доступ с частотным разделением (Frequency Division Multiple Access — FDMA).
- Множественный доступ с временным разделением (Time Division Multiple Access — TDMA).
- Множественный доступ с кодовым разделением (Code-Division Multiple Access — CDMA).

10.3.7.1. *Уплотнение с частотным разделением (FDM).* Полная пропускная способность спутника связи делится на несколько каналов. Это верхний уровень уплотнения,

далее пропускная способность распределяется внутри каждого канала. На рис. 10.6 приведен пример схемы уплотнения с частотным разделением (FDM), типичной для геостационарных спутников связи.

Эта схема используется в спутниках Galaxy корпорации PanAmSat3. Используемые спутником частоты принадлежат полосе С, ширина полосы спутника равна 500 МГц и разбита на 24 канала по 40 МГц. Втиснуть 24 канала в полосу шириной 500 МГц удастся посредством многократного использования частоты: каждая из выделяемых частот используется двумя несущими, поляризации которых ортогональны. В каждый канал шириной 40 МГц входит защитная полоса, составляющая 4 МГц, так что реальная ширина каждого канала равна 36 МГц. При использовании двухточечной конфигурации (рис. 1.8, а) каждый канал можно применять для различных альтернативных целей. Например:

- 1200 каналов речевого диапазона (VF); ft один поток данных со скоростью 50 Мбит/с;
- 16 каналов со скоростью 1,544 Мбит/с в каждом;
- 400 каналов со скоростью 64 Кбит/с в каждом;
- 600 каналов со скоростью 40 Кбит/с в каждом;
- один аналоговый видеосигнал;
- от шести до девяти цифровых видеосигналов.

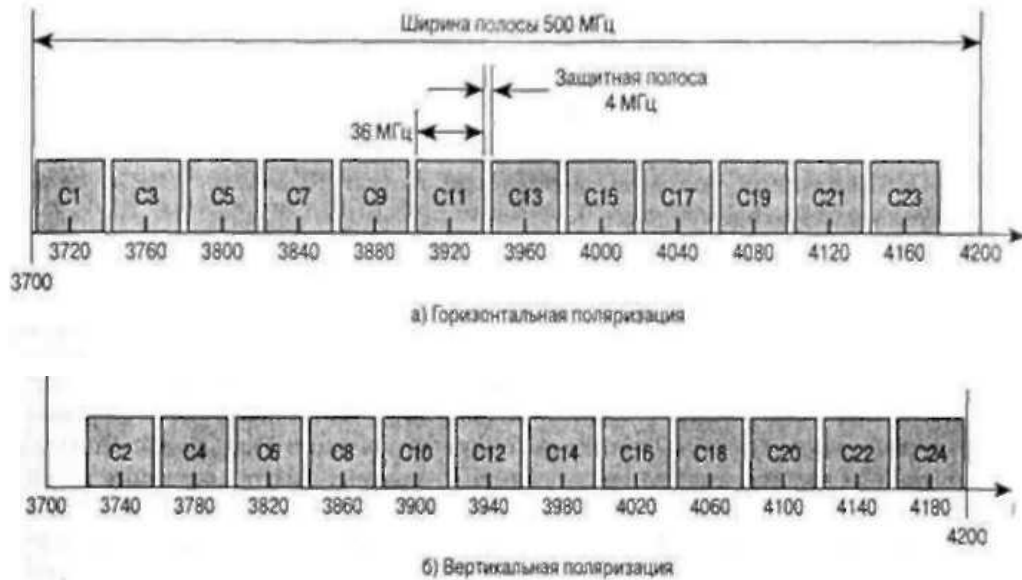


Рисунок 10.6 - Типичный план распределения частот спутникового транспондера для нисходящих каналов связи (чтобы составить план для восходящих каналов связи, к приведенным на рисунке значениям следует прибавить 2225 МГц)

Ширина полосы для аналогового видеосигнала может показаться слишком высокой. Рассчитаем ее, используя правило Карсона. Ширина полосы видеосигнала, сопровождаемого аудиосигналом, приблизительно равна 6,8 МГц. Затем суммарный сигнал посредством частотной модуляции (FM) переносится на несущую 6 ГГц. Максимальное отклонение частоты сигнала при использовании этой процедуры равно $\Delta F = 12,5$ МГц. Определим ширину полосы передаваемого сигнала:

$$B_T = 2\Delta F + 2B = 2(12,5 + 6,8) = 38,6 \text{ МГц},$$

что приемлемо для транспондера на 36 МГц.

В цифровом видео использование сжатия может привести к тому, что скорость передачи данных в одном канале составит 3-5 Мбит/с, в зависимости от того, насколько видеоматериал насыщен движением.

10.3.7.2. *Множественный доступ с частотным разделением (FDMA)*. В предыдущем разделе предполагалось, что спутник используется в качестве промежуточного устройства, обеспечивающего, по сути, двухточечную связь между двумя наземными станциями. Поскольку зона обслуживания спутника весьма велика, он может выполнять гораздо больше функций.

Например, для серии спутников INTELSAT (INTELSAT (International Telecommunications Satellite Organization — Международная организация спутниковых телекоммуникаций) — это консорциум национальных поставщиков спутниковой связи, основанный согласно международному договору. INTELSAT занимается приобретением космических аппаратов, учитывая глобальный спрос на телефонные и телевизионные услуги. Действует консорциум как оптовый продавец, предоставляя участки космического пространства конечным пользователям, работающим на собственных наземных станциях. Представителем Соединенных Штатов в этом консорциуме является COMSAT.

Канал шириной 36 МГц можно разделить, используя уплотнение с частотным разделением, на несколько меньших каналов, в каждом из которых можно использовать частотную модуляцию. Каждый из этих меньших каналов, в свою очередь, несет несколько сигналов речевого диапазона (VF), для чего используется уплотнение с частотным разделением. Возможность получения несколькими наземными станциями доступа к одному и тому же каналу называется схемой FDMA (frequency division multiple access — множественный доступ с частотным разделением).

Количество подканалов, на которые можно разбить спутниковый канал с помощью технологии FDMA, ограничено тремя факторами:

- тепловой шум;
- комбинационные помехи;
- перекрестные помехи.

Воздействие первых двух факторов прямо противоположно. Передаваемый сигнал очень малой интенсивности будет искажаться фоновым шумом. При очень большой интенсивности сигнала нелинейные эффекты, имеющие место в усилителях спутников, приведут к сильным комбинационным помехам. Перекрестные помехи происходят при попытках увеличить пропускную способность путем многократного использования частот. Перекрестные помехи ограничивают применение этой практики, однако не сводят ее на нет. Полосу частот можно многократно использовать в том случае, если имеются антенны, которые могут излучать два поляризованных сигнала одинаковой частоты с ортогональными поляризациями. Если интенсивность сигнала слишком высока, то становится значительной и интерференция.

Возможны две формы FDMA.

- Множественный доступ с фиксированным распределением (*fixed-assignment multiple access* — FAMA). Распределение пропускной способности спутникового канала между множеством станций производится заранее. В результате значительная часть пропускной способности не используется, поскольку спрос на частоты может меняться в процессе связи.

- Множественный доступ с распределением по запросу (*demand-assignment multiple access* — DAMA). Распределение пропускной способности среди множества станций меняется с изменением спроса на частоты. Это позволяет оптимально распределить пропускную способность спутника.

10.3.7.3. *Временной разделение.* Хотя уплотнение с частотным разделением до сих пор широко используется в спутниковой связи, все большую популярность приобретают схемы уплотнения с временным разделением. Перечислим причины, по которым это происходит.

- Непрерывное падение стоимости цифровых составляющих.
- Преимущества цифровых методов обработки, включая возможность исправления ошибок.
- Повышенная эффективность схем TDM, которая обусловлена отсутствием комбинационных помех.

Как и при частотном разделении, все схемы временного разделения обеспечивают множественный доступ и включают схемы FAMA-TDMA и DAMA-TDMA. Метод FAMA-TDMA, по сути, не отличается от синхронного временного разделения. Передача осуществляется в форме повторяющейся последовательности кадров, каждый из которых делится на несколько временных интервалов. Каждое положение интервала в последовательности кадров соответствует определенному передатчику. Периоды кадров лежат в диапазоне от 10 мкс до более чем 2 мс и состоят из 3-100 интервалов и более. Скорость передачи данных составляет от 10 Мбит/с до более чем 100 Мбит/с.

Типичный формат кадра показан на рис. 10.7. Как правило, кадр начинается с двух опорных пакетов, определяющих начало кадра. Эти два пакета предоставляются двумя разными наземными станциями, так что «стема может продолжать функционировать даже при потере связи с одной из опорных станций вследствие неисправности. Каждый опорный пакет начинается с последовательности для восстановления тактовой синхронизации и несущей, являющейся уникальной и позволяющей синхронизироваться с центральным тактовым генератором. Каждой из N станций выделяется один или несколько интервалов в кадре. Станция использует выделенный ей интервал для передачи пакета данных, состоящего из предварительной последовательности и пользовательской информации. Предварительная последовательность содержит управляющую информацию и информацию о синхронизации плюс данные, идентифицирующие станцию назначения. Отдельные пакеты разделены защитными интервалами, предотвращающими наложение данных.

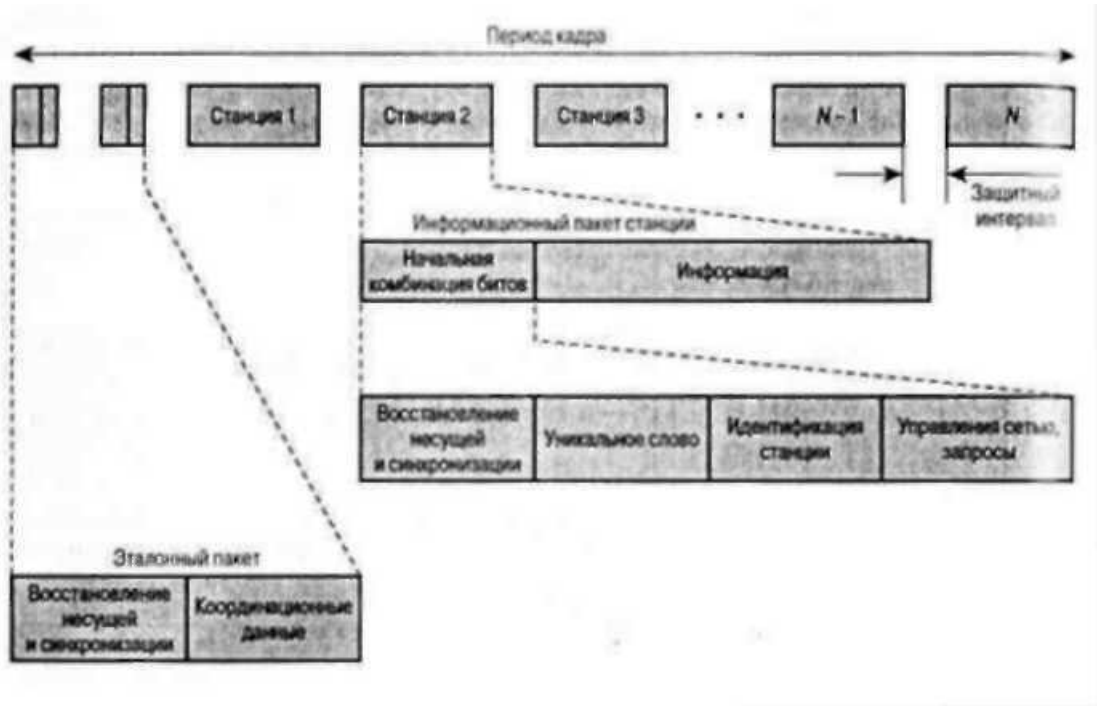
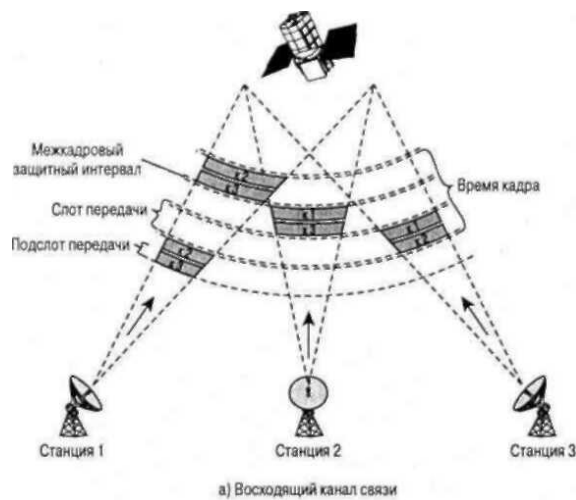


Рисунок 10.7 - Пример формата кадра TDMA

На рис. 10.8 показан принцип действия систем FAMA-TDMA. Отдельные наземные станции по очереди используют восходящий канал связи и могут помещать пакеты данных в выделенные для них временные интервалы. Спутник ретранслирует входящие данные всем станциям. Таким образом, передача и прием информации каждой станцией осуществляется в определенный временной интервал. Спутник также повторяет опорные пакеты данных, поэтому все станции, принимающие эти пакеты, имеют возможность синхронизировать свою работу.



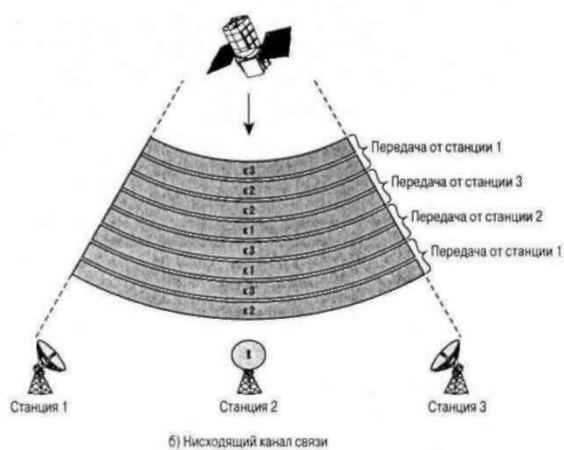


Рисунок 10.8 - Функционирование системы FAMA-TDMA

Каждый из повторяющихся временных интервалов является каналом и не зависит от других каналов. Поэтому его можно использовать любым способом, по выбору передающей станции. Можно, например, организовать коммутацию, включив в каждый временной интервал поле адреса. Тогда, хотя временные интервалы и останутся закрепленными за станциями, в каждом нисходящем интервале несколько станций смогут ожидать данные, адресованные именно им. С помощью еще одной схемы передающая наземная станция может разделить свой временной интервал на подынтервалы и, таким образом, отправлять данные по нескольким подканалам в одном канале TDMA.

Обычная схема TDMA эффективнее традиционной схемы FDMA, так как на защитные интервалы и управляющие биты TDMA расходуется меньшая пропускная способность, чем на защитные полосы FDMA. Пропускной способности для FDMA падает по мере увеличения числа каналов. В случае использования схемы TDMA при увеличении числа временных интервалов (тех же каналов) пропускная способность уменьшается гораздо медленнее. Кроме того, при использовании более длинных кадров также увеличивается эффективность связи.

В полосах с более высокой частотой (K_i и K) можно достичь даже большей эффективности. При таких частотах лучи, передаваемые со спутника, можно довольно точно сфокусировать, что позволит передавать много лучей одной и той же частоты в разные зоны. Таким образом, спутник сможет обслуживать довольно много зон, в каждой из которых может находиться много наземных станций. Сообщение между этими станциями в пределах одной зоны осуществляется по обычной схеме FAMA-TDMA. Более того, можно организовать сообщение между станциями, принадлежащими различным областям, если спутник имеет возможность переключать временные интервалы с одного луча на другой.

Этот метод известен как TDMA со спутниковой коммутацией (satellite-switched TDMA — SS/TDMA).

10.4 Сотовая связь

Сотовой радиосвязью называется технология, разработанная для увеличения пропускной способности мобильных радиотелефонных услуг. До введения сотовой радиосвязи для предоставления этих услуг требовались передатчики и приемники высокой мощности. Типичная система связи могла обслуживать около 25 каналов и имела эффективный радиус действия около 80 км. Для увеличения пропускной способности такой системы нужно было использовать оборудование более низкой мощности и, следовательно, меньшего радиуса действия при участии в ней нескольких передатчиков и приемников.

10.4.1. *Организация сотовой сети.* Принцип организации сотовой связи состоит в использовании множества маломощных (100 Вт и ниже) передатчиков. Поскольку диапазон действия таких передатчиков довольно мал, зону обслуживания системы можно разбивать на ячейки, каждая из которых будет обслуживаться собственной антенной. Каждая ячейка, которой выделяется своя полоса частот, обслуживается базовой станцией, состоящей из передатчика, приемника и модуля управления. Смежные ячейки используют разные частоты, чтобы избежать интерференции или перекрестных помех. В то же время ячейки, находящиеся на довольно большом расстоянии друг от друга, могут использовать одинаковые полосы частот.

При проектировании такой системы первое, что нужно сделать, — это решить, какую форму должны иметь ячейки, на которые будет разбита зона обслуживания. Самым простым решением была бы сетка, состоящая из квадратных ячеек (рис. 10.9, а).

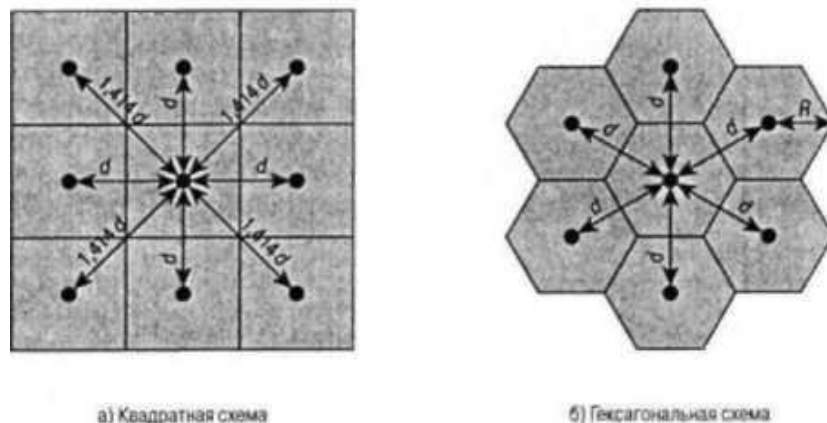


Рисунок 10.9 - Геометрические структуры сотовых систем

Однако такая геометрическая форма оказалась не идеальной. Если сторона квадратной ячейки равна d , тогда ячейка будет иметь четыре соседа на расстоянии d и четыре — на расстоянии $\sqrt{2}d$. В то же время, если пользователь мобильных услуг находится

в пределах одной ячейки и движется по направлению к ее границе, было бы лучше, чтобы все смежные антенны находились на равных расстояниях друг от друга. В этом случае проще определить момент, в который следует переключать пользователя на другую антенну, также выбирать новую антенну. Равное расстояние между смежными антеннами достигается только в шестиугольной схеме (см. рис. 10.9, б). Радиус шестиугольника определяется как радиус окружности, описанной вокруг него (эта величина равна расстоянию от центра фигуры до каждой из ее вершин, а также длине стороны шестиугольника). Для ячейки с радиусом R расстояние между центром ячейки и центром любой смежной ячейки равняется $d = \sqrt{3} R$.

На практике точная шестиугольная структура не используется. Отклонения от идеальных шестиугольников обусловлены топографическими ограничениями, местными условиями распространения сигнала и соображениями целесообразности расположения антенн.

В беспроводной сотовой системе нельзя неограниченно использовать одну и ту же частоту для разных сообщений, так как при передаче на произвольных частотах разные сигналы могут интерферировать, даже если географически они разделены. Поэтому для систем, поддерживающих большое количество одновременных сеансов связи, нужен механизм, определяющий принципы использования спектра.

10.4.2. *Многократное использование частот.* В каждой ячейке сотовой сети имеется базовый трансивер. Мощность передаваемых сигналов тщательно регулируется (несколько это возможно для быстро меняющихся условий сред мобильной связи), поскольку требуется осуществлять связь в пределах одной ячейки, но это не должно приводить к интерференции сигналов данной ячейки с сигналами соседних. Как правило, каждой ячейке выделяется 10-50 частот, в зависимости от планируемой нагрузки. Кроме того, нужен механизм использования одной и той же частоты в ячейках, расположенных недалеко друг от друга, чтобы одну частоту можно было использовать для нескольких одновременных сеансов связи.

Важным вопросом, разумеется, является определение удаленности двух ячеек, использующих одну частоту, поскольку сигналы этих ячеек не должны интерферировать друг с другом. Были предложены различные модели многократного использования частот, некоторые примеры приведены на рис. 10.10. Если схема состоит из N ячеек, для которых выделяется одинаковое количество частот, то каждая ячейка будет иметь K/N частот, где K — общее число частот, выделяемых системе. Мобильная телефонная система AMPS, в которой $K = 395$, а $N = 7$, представляет собой наименьшую систему, в которой можно обеспечить достаточную изоляцию двух сеансов использования одной и той же частоты. Это означает, что в среднем на одну ячейку должно приходиться не более 57 частот.

Для характеристики повторного использования частоты существуют следующие

параметры:

D — минимальное расстояние между центрами ячеек, которые используют одну и ту же полосу частот (называемую группой внутренних каналов);

R — радиус ячейки;

d — расстояние между центрами смежных ячеек ($d = \sqrt{3} R$).

N — число ячеек в минимальном фрагменте, периодическим повторением которого образуется вся схема (каждая ячейка фрагмента использует уникальную полосу частот). Этот параметр еще называют кратностью использования.

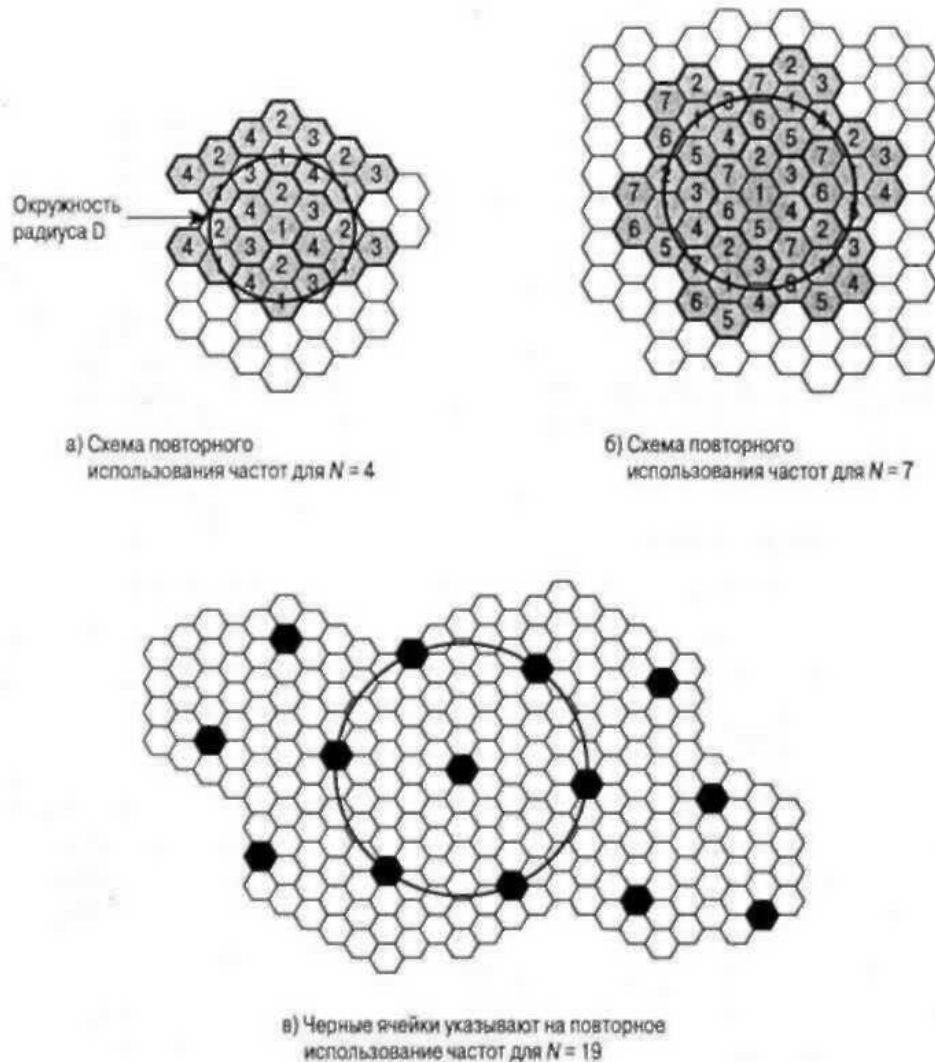


Рисунок 10.10 - Модели многократного использования частот

В шестиугольной схеме возможны только следующие значения N :

$$N = I^2 + J^2 + (I \times J), \quad I, J = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Таким образом, возможными значениями N являются числа 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21 и т.д. Верно следующее соотношение:

$$D / R = \sqrt{N}.$$

Это можно записать и по-другому: $D/d = \sqrt{N}$.

10.4.3. *Увеличение пропускной способности.* Со временем, когда система будет

обслуживать все больше клиентов, трафик может распределиться таким образом, что какой-нибудь ячейке для обслуживания звонков не хватит выделенных ей частот. Для выхода из такой ситуации используется несколько подходов.

- Добавление новых каналов. Обычно, когда система установлена в определенном регионе, используются не все каналы, и с расширением системы можно просто добавлять новые.

- Заимствование частот. В самом простом случае перегруженные ячейки могут "одалживать" частоты у смежных ячеек.

- Расщепление ячеек. На практике распределение трафика и топография местности неоднородны, что также дает возможность увеличения пропускной способности. Ячейки в областях с повышенным спросом на услуги мобильной связи можно расщеплять. Как правило, размеры исходных ячеек колеблются от 6,5 до 13 км. Меньшие ячейки также можно разбивать, однако следует помнить, что на практике радиус 1,5 км считается минимальным. При использовании меньших ячеек нужно уменьшать уровень мощности, чтобы сигнал оставался в пределах ячейки. Кроме того, при движении мобильные устройства переходят из одной ячейки в другую, что требует передачи вызова от одного базового трансивера другому. Этот процесс называется переключением (handoff). Так вот, по мере уменьшения размера ячейки переключения будут происходить все чаще. При уменьшении радиуса ячейки в F раз размеры покрываемой области уменьшаются в F^2 раз, а требуемое число базовых станций увеличивается в те же F^2 раз.

- Разбивка ячеек на секторы. При разбивке на секторы ячейка делится на несколько клиновидных секторов, в каждом из которых остается свой набор каналов. Обычно на ячейку приходится 3-6 секторов. Каждому сектору предоставляется отдельный набор каналов ячейки, а для фокусировки сигнала на отдельных секторах используются направляемые антенны базовой станции.

- Микроячейки. По мере уменьшения ячейки антенны перемещаются с крыш высотных зданий и вершин холмов на крыши зданий поменьше или на стены высотных домов и в конце концов оказываются на фонарных столбах, с высоты которых они обслуживают микроячейки. Любое уменьшение размера ячейки сопровождается уменьшением уровня мощности сигналов, излучаемых базовой станцией. Микроячейки полезно располагать на городских улицах в густо населенных районах, а также внутри больших зданий общественного пользования.

В табл.10.2 представлены характерные параметры традиционных ячеек, именуемых макроячейками, и микроячеек, созданных описанным выше способом. Средний разброс задержек — это усреднение разброса задержек по многим трактам распространения (ведь один и тот же сигнал может распространяться несколькими путями, и существует временная

задержка между прибытием в приемник самого раннего и самого позднего сигнала).

Таблица 10.2. Характерные параметры макро- и микроячеек

	Макроячейка	Микроячейка
Радиус ячейки	1-2 км	0,1-1 км
Мощность передаваемого сигнала	1-10 Вт	0,1-1 Вт
Средний разброс задержек	0,1-10 мкс	10-100 нс
Максимальная скорость передачи данных	0,3 Мбит/с	1 Мбит/с

10.4.4. *Функционирование сотовой системы.* На рис. 10.11 показаны основные элементы сотовой системы.

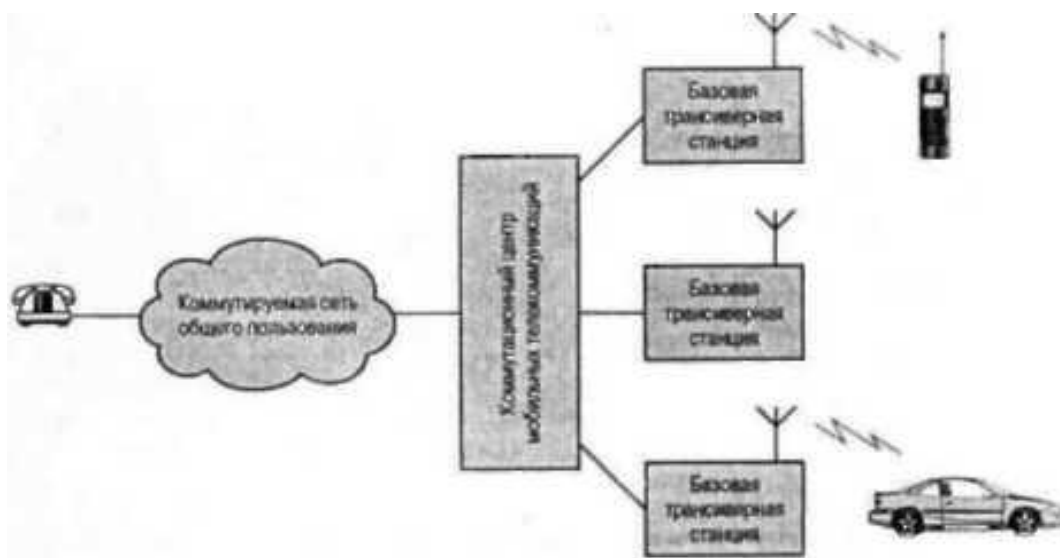


Рисунок 10.11 - Общий вид сотовой системы

Примерно в центре каждой ячейки находится базовая станция. Базовая станция состоит из антенны, контроллера и нескольких трансиверов, которые служат для связи в каналах, выделенных этой ячейке. Контроллер используется для обработки соединений мобильного устройства с остальной сетью. В любой момент в пределах ячейки могут быть активными и перемещаться несколько пользователей мобильной связи, общающихся с базовой станцией. Каждая базовая станция подсоединена к коммутатору мобильных телекоммуникаций (*mobile telecommunications switching office* — *MTSO*), причем один коммутатор *MTSO* может обслуживать несколько базовых станций. Обычно связь между коммутатором *MTSO* и базовой станцией является проводной, хотя возможна также беспроводная связь. Коммутатор *MTSO* устанавливает соединение между мобильными устройствами. Кроме того, *MTSO* соединен также с общественной телефонной или телекоммуникационной сетью и может соединять стационарных абонентов с сетью общего пользования и мобильных абонентов с сотовой сетью. Коммутатор *MTSO* выделяет для каждого соединения голосовой канал, выполняет переключения (о которых мы поговорим ниже) и контролирует звонки для передачи информации о счетах.

Работа сотовой системы полностью автоматизирована и не требует от пользователя

никаких действий, кроме заказа разговоров и ответа на звонки. Между мобильным устройством и базовой станцией можно устанавливать каналы связи двух типов: каналы управления и информационные каналы. Каналы управления используются для обмена информацией, касающейся заказа и поддержания звонка, а также установления связи между мобильным устройством и ближайшей к нему базовой станцией. Информационные каналы служат для передачи голоса или данных между пользователями. На рис. 10.12 показаны шаги, которые следует предпринять для обычного соединения двух мобильных пользователей, находящихся в зоне действия одного коммутатора MTSO.

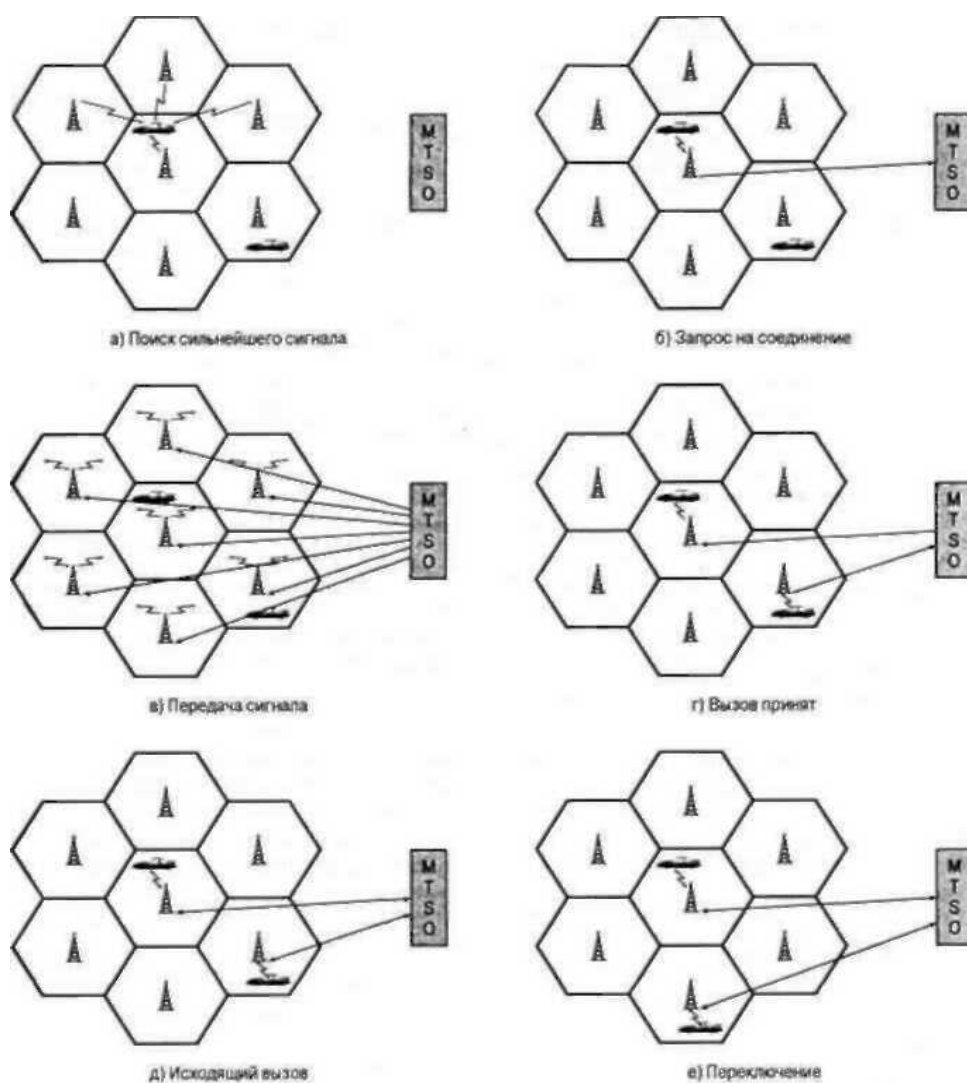


Рисунок 10.12 - Пример мобильного сотового соединения

- Инициализация мобильного устройства. Включенное мобильное устройство проводит сканирование и выбирает самый сильный настроечный канал управления, используемый данной системой (см. рис. 10.12, а). Ячейки с различными полосами частот периодически транслируют сигналы в различных настроечных каналах. Приемник мобильного устройства выбирает самый сильный настроечный канал и начинает его прослушивать. В результате

этой процедуры мобильное устройство автоматически выбирает антенну базовой станции той ячейки, в пределах которой оно будет действовать. Затем выполняется квитирование между мобильным устройством и коммутатором MTSO, контролирующим данную ячейку, что тоже осуществляется через базовую станцию этой ячейки. Квитирование используется для опознавания пользователя и для регистрации его местоположения. Все время, пока включено мобильное устройство, эта процедура сканирования периодически повторяется, что позволяет следить за движением устройства. Если устройство входит в новую ячейку, выбирается новая базовая станция. Кроме того, мобильное устройство следит за сигналами избирательного вызова.

- Звонок с мобильного устройства. Звонок с мобильного устройства начинается с отправки номера вызываемого устройства по предварительно выбранному каналу (рис. 10.12, б). Приемник мобильного устройства сначала проверяет, свободен ли настроечный канал, анализируя информацию в прямом (от базовой станции) канале. Когда обнаруживается, что канал свободен, мобильное устройство может начинать передачу в соответствующем обратном (к базовой станции) канале. Базовая станция в свою очередь отправляет запрос на коммутатор MTSO.

- Избирательный вызов. Далее коммутатор MTSO пытается установить связь с вызываемым устройством. Коммутатор отправляет адресное сообщение определенной базовой станции, в зависимости от номера вызывающего мобильного устройства (рис. 10.12, в). Каждая базовая станция передает сигналы избирательного вызова в собственном выделенном настроечном канале.

- Принятие вызова. Вызываемое мобильное устройство распознает свой номер в настроечном канале, за которым следит в настоящий момент, и отвечает данной базовой станции. Базовая станция отправляет ответ на коммутатор MTSO, который устанавливает канал связи между вызывающей и вызываемой базовыми станциями. В то же самое время коммутатор MTSO выбирает подходящий канал информационного обмена внутри ячейки каждой базовой станции и уведомляет каждую базовую станцию, которые в свою очередь уведомляют свои мобильные устройства (рис. 10.12, г). Оба мобильных устройства настраиваются на выделенные им каналы.

- Текущий вызов. Пока поддерживается соединение, два мобильных устройства обмениваются голосовыми сигналами или данными, проходящими через соответствующие базовые станции и коммутатор MTSO (рис. 10.12, д).

- Переключение. Если мобильное устройство во время соединения выходит за пределы одной ячейки и входит в зону действия другой, то старый информационный канал следует заменить каналом, выделенным новой базовой станции в новой ячейке (рис. 10.12, е). Система осуществляет это изменение, не прерывая звонка и не беспокоя пользователя.

Система также выполняет некоторые другие функции, не представленные на рис. 10.12.

- **Блокирование вызова.** Если при звонке с мобильного устройства все информационные каналы, выделенные ближайшей базовой станцией, заняты, то мобильное устройство предпринимает предварительно заданное количество последовательных попыток установления связи. После определенного количества неудачных попыток пользователю возвращается сигнал "занято".

- **Завершение вызова.** Когда один или оба пользователя вешают трубку, об этом узнает коммутатор MTSO и освобождает информационные каналы обеих базовых станций.

- **Потеря вызова.** Если в определенный период соединения из-за интерференции или слабого сигнала базовая станция не может поддерживать минимально требуемую интенсивность сигнала, то информационный канал связи с пользователем прерывается, о чем уведомляется коммутатор MTSO.

- **Звонки стационарным и удаленным мобильным абонентам/от стационарных и удаленных мобильных абонентов.** Коммутатор MTSO подключен к коммутатору общественной телефонной сети. Это означает, что коммутатор MTSO может устанавливать соединение между мобильным пользователем из своей зоны и стационарным абонентом через телефонную сеть. Более того, MTSO может соединяться через телефонную сеть либо через выделенные каналы связи с удаленными MTSO и устанавливать соединение между мобильным пользователем из своей зоны и удаленным мобильным пользователем.

10.4.5. *Эффекты распространения радиоволн в мобильной связи.* Радиосвязь с подвижными объектами имеет свои сложности, отсутствующие в проводных или стационарных беспроводных системах связи. Особого внимания требуют два аспекта: интенсивность сигнала и эффекты распространения сигнала.

- **Интенсивность сигнала.** Интенсивность сигнала между базовой станцией и мобильным устройством должна быть достаточно высокой, чтобы поддерживать качество сигнала на приемнике, но при этом не слишком высокой, чтобы не создавать сильной интерференции с каналами других ячеек, которые используют ту же полосу частот. Ситуацию дополнительно усложняют несколько факторов. Уровень искусственного шума бывает очень разным. Например, шум зажигания автомобилей в диапазоне частот сотовой связи в городе гораздо больше, чем в пригороде. Есть и другие источники шумовых сигналов, характеристики которых в большой степени зависят от места. Поэтому интенсивность сигнала является переменной величиной и ведет себя как функция расстояния от базовой станции до точки в пределах ячейки. Кроме того, интенсивность сигнала динамически меняется по мере движения мобильного устройства.

- **Замирание.** Даже если интенсивность сигнала лежит в эффективном диапазоне,

разрушить сигнал или вызвать его отклонение могут эффекты, возникающие при распространении сигнала.

При проектировании сотовой сети инженеры-связисты должны учитывать различные эффекты распространения сигнала, желаемый максимальный уровень мощности передачи на базовой станции и на мобильном устройстве, обычную характерную высоту антенны мобильного устройства и доступную высоту антенны базовой станции. На основе этих факторов и определяются размеры отдельной ячейки. Эффекты распространения являются динамическими и их бывает трудно предсказать. Наилучшее, что можно сделать, — это разработать модель, основываясь на опытных данных, и, применив эту модель к данной окружающей среде, разработать правило определения размера ячейки.

Одна из наиболее широко используемых моделей была представлена Окумурой (Okumura), а ее усовершенствование предложено Хатой (Hata). В качестве исходных данных был принят подробный анализ района Токио и получена информация о потерях на тракте для городской среды. Модель Хаты является обобщением опытных фактов, в котором учтено много условий и типов сред.

В городской среде предлагается следующее выражение для потерь в тракте.

$$L_{\text{дБ}} = 65,55 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \lg d$$

Здесь:

f_c — частота несущей в мегагерцах, которая варьируется от 150 до 1500 МГц;

h_t — высота передающей антенны (базовой станции) в метрах, лежит в пределах 30-300 м;

h_r — высота принимающей антенны (мобильного устройства) в метрах, лежит в пределах 1-10 м;

d — расстояние между антеннами в километрах, варьируется в пределах 1-20 км;

$A(h_r)$ — поправочный коэффициент для высоты мобильной антенны.

Для небольших или средних городов поправочный коэффициент вычисляется по такой формуле:

$$A(h_r) = (1,1 \lg f_c - 0,7) h_r - (1,56 \lg f_c - 0,8) \text{ дБ}$$

Для больших городов множитель вычисляется по следующей формуле:

$$A(h_r) = 8,29 [\lg (1,54 h_r)]^2 - 1,1 \text{ дБ} \quad \text{для } f_c \leq 300 \text{ МГц}$$

$$A(h_r) = 3,2 [\lg (11,75 h_r)]^2 - 4,97 \text{ дБ} \quad \text{для } f_c \geq 300 \text{ МГц}$$

Чтобы оценить потери на тракте для пригорода, формулу потерь для городской среды (2.1) нужно изменить следующим образом:

$$L_{\text{дБ(пригород)}} = L_{\text{дБ(город)}} - 2 [\lg (f_c/28)]^2 - 5,4$$

Для потерь на открытом пространстве формула выглядит следующим образом:

$$L_{\text{дБ(открытая местность)}} = L_{\text{дБ(город)}} - 4,78 \lg (f_c)^2 - 18,773 (\lg f_c) - 40,98$$

Модель Окумуры/Хаты считается одной из лучших по точности предсказания потерь на тракте и представляет собой практический способ оценки потерь на тракте для множества

ситуаций.

Пример. Пусть $f_c = 900$ МГц, $h_t = 40$ м, $h_r = 5$ м и $d = 10$ км. Оцените потери на тракте для города средней величины.

$$A(h_r) = (1,1 \lg 900 - 0,75) 5 - (1,56 \lg 900 - 0,8) \text{ дБ} = 12,75 - 3,8 = 8,95 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{дБ}} = 69,55 + 26,16 \lg 900 - 13,82 \lg 900 - 8,95 + (44,9 - 6,55 \lg 40) \lg 10 = 69,55 + 77,28 - 22,14 - 8,95 + 34,4 = 150,14 \text{ дБ}$$

10.4.6. *Переключение.* Переключение — это процедура изменения "прописки" мобильного устройства с одной базовой станции на другую при переходе мобильного пользователя из одной ячейки в другую. Переключение пользователя осуществляется в разных системах по-разному, при этом задействовано множество факторов. Здесь будет дан только краткий обзор этой процедуры.

Переключение может инициироваться сетью, тогда решение о переключении принимается исключительно на основе сетевых измерений сигналов, принимаемых от мобильного устройства. Существуют альтернативные схемы переключения с участием пользователя, которые позволяют мобильному устройству участвовать в принятии решения о переключении, предоставляя возможность обратной связи с сетью по сигналам, принимаемым мобильным устройством. В любом случае для принятия решения могут использоваться различные метрики производительности. Например, такие.

- Вероятность блокирования вызова. Вероятность того, что новая ячейка окажется заблокированной вследствие превышения возможностей (пропускной способности) базовой станции. В таком случае решение о передаче мобильного устройства соседней ячейке принимается не на основе качества сигнала, а в зависимости от степени использования пропускной способности.

- Вероятность потери соединения. Вероятность того, что в процессе переключения звонок будет потерян.

- Вероятность завершения звонка. Вероятность того, что разрешенный звонок не будет прерван до его завершения.

- Вероятность неудачного переключения. Вероятность того, что переключение будет выполнено при неподходящих условиях приема.

- Вероятность блокирования переключения. Вероятность того, что переключение не будет завершено успешно.

- Вероятность переключения. Вероятность того, что до завершения разговора произойдет одно переключение.

- Частота переключений. Число переключений за единицу времени.

- Длительность прерывания. Промежуток времени в ходе переключения, в течение которого мобильный пользователь не будет соединен с базовой станцией.

- **Задержка переключения.** Расстояние, на которое переместится мобильное устройство от точки, где должно было произойти переключение, до точки, в которой оно действительно произошло.

Основным параметром, используемым при принятии решения о переключении, является измеренная интенсивность сигнала от мобильного устройства к базовой станции. Обычно на базовой станции сигнал усредняется по времени движения, чтобы отбросить быстрые флуктуации, возникающие вследствие эффектов многолучевого распространения.

- **Относительная интенсивность сигнала.** Обслуживание мобильного устройства передается с базовой станции А базовой станции В в тот момент, когда интенсивность сигнала, принимаемого на станции В, впервые превысит интенсивность на станции А. Если в дальнейшем интенсивность сигнала на станции В упадет ниже значения, регистрируемого на станции А, то мобильное устройство снова будет переключено на станцию А. Поскольку вследствие эффектов многолучевого распространения интенсивность сигнала флуктуирует, то даже при усреднении мощности такой подход может дать эффект пинг-понга, когда устройство периодически переключается между двумя базовыми станциями.

- **Интенсивность сигнала относительно порога.** Переключение происходит, если сигнал на текущей базовой станции становится довольно слабым (ниже установленного порога) и если появляется другой, более сильный сигнал. Смысл этой стратегии состоит в том, что пока сигнал на текущей базовой станции является достаточно сильным, переключать мобильное устройство необязательно. Если использовать большой порог, эта схема будет равносильна схеме с определением относительной интенсивности сигнала. Если задать достаточно низкий порог по сравнению с критической интенсивностью сигнала, то мобильное устройство может зайти довольно глубоко в новую ячейку, прежде чем произойдет переключение. Это снизит качество канала связи и способно привести к разрыву соединения. Пороговое значение нельзя определять, не учитывая другие параметры, поскольку его эффективность зависит от предварительных знаний о критической интенсивности сигнала между текущей базовой станцией и потенциальной новой базовой станцией.

- **Относительная интенсивность сигнала и гистерезис.** Переключение происходит только в том случае, если сигнал на новой базовой станции значительно сильнее, чем на текущей станции. Эта схема предотвращает эффект пинг-понга, так как если переключение уже произошло, знак порогового значения N меняется на противоположный.

Термином гистерезис обозначается явление, известное как магнитный гистерезис. Механизм переключения можно представить состоящим из двух состояний. Пока мобильное устройство относится к станции А, переключение произойдет только тогда, когда относительная интенсивность сигнала достигнет порога N или превысит его. Мобильное

устройство, переданное станции В, останется там до тех пор, пока относительная интенсивность сигнала не упадет ниже H , и только тогда устройство будет передано обратно станции А. Единственный недостаток этой схемы: первая передача может все еще быть необязательной, если базовая станция А имеет достаточно интенсивный сигнал.

- Относительная интенсивность сигнала, гистерезис и порог. Переключение происходит, только если текущий уровень сигнала упадет ниже порога и базовая станция-кандидат окажется сильнее, чем текущая станция, на величину H .

- Технологии прогнозирования. Решение о переключении принимается на основе ожидаемого в будущем значения интенсивности принимаемого сигнала. Принятие решения о переключении осложняется использованием схем регулирования мощности, которые позволяют базовым станциям динамически настраивать мощность сигналов, передаваемых мобильными устройствами. На этом вопросе мы остановимся подробно в следующем разделе.

10.4.7. *Регулирование мощности.* Учитывая наличие многих спорных моментов, при проектировании в сотовой системе желательно предусмотреть возможность динамической регулировки мощности.

1. Чтобы сообщение проходило эффективно, мощность принимаемого сигнала должна существенно превышать фоновые шумы, в связи с этим предъявляются повышенные требования к мощности передатчика. По мере того как мобильное устройство удаляется от передатчика, принимаемая мощность уменьшается из-за обычного затухания. Кроме того, эффекты отражения, дифракции и рассеяния могут вызвать быструю смену уровней принимаемой мощности даже на небольших расстояниях. Ведь уровень мощности является суммой сигналов, приходящих по множеству различных путей, а фазы, соответствующие этим путям, являются случайными, так что при их сложении сигнал иногда усиливается, а иногда ослабляется. Отметим также, что при движении мобильного устройства воздействие сигналов, поступающих разными путями, может меняться.

2. В то же время желательно минимизировать мощность сигнала, передаваемого мобильным устройством, чтобы уменьшить интерференцию с каналами удаленных ячеек, использующих одну и ту же полосу частот, уменьшить вред, наносимый здоровью людей, и сэкономить энергию батарей.

3. В системах с расширенным спектром (SS), использующих множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA), желательно выравнивать уровни мощности сигналов, принимаемых базовой станцией от разных мобильных устройств. Это влияет на производительность системы, так как всем пользователям выделены одни и те же частоты.

На рис. 10.13 показано два варианта регулирования мощности. *Регулирование мощности по разомкнутому циклу* зависит исключительно от мобильного устройства, без

учета ответной реакции базовой станции, и используется в некоторых системах расширенного спектра. В таких системах базовая станция непрерывно передает немодулированный пилот-сигнал. Этот сигнал позволяет мобильному устройству синхронизироваться с прямым каналом (от базовой станции к мобильному устройству) CDMA и дает эталонную фазу для демодуляции. Его можно также использовать для контроля мощности. Мобильное устройство следит за уровнем мощности принимаемого контрольного сигнала и устанавливает передаваемую мощность в обратном канале (от мобильного устройства к базовой станции), обратно пропорциональную мощности сигнала. При таком подходе предполагается, что интенсивности сигналов в прямом и обратном канале связи сильно коррелируют, как обычно и бывает. Регулирование по разомкнутому циклу не такое точное, как регулирование по замкнутому циклу. При этом первая схема позволяет оперативнее реагировать на быстрые флуктуации интенсивности сигнала, например, подобные тем, что возникают при появлении мобильного устройства из-за большого здания. Такая быстрая реакция требуется в обратном канале связи систем CDMA, где при случайном увеличении интенсивности принимаемого сигнала на базовой станции могут подавляться все прочие сигналы.

При регулировании мощности по замкнутому циклу выравнивается интенсивность сигнала в обратном канале (от мобильного устройства к базовой станции). При этом учитываются характеристики этого обратного канала, такие, как уровень мощности принимаемого сигнала, отношение сигнал/шум или частота появления в принимаемом сигнале ошибочных битов. Базовая станция принимает решение о регулировании мощности и передает команды регулирования мощности в канал управления мобильного устройства. Регулирование по замкнутому циклу также используется для выравнивания мощности в прямом канале. В этом случае мобильное устройство предоставляет базовой станции информацию о качестве принимаемого сигнала, а базовая станция затем регулирует передаваемую мощность.

В табл. 10.3 показаны классы мощности, используемые в стандарте GSM, который является стандартом для систем TDMA. В соответствии с мощностью выходных сигналов стандарт GSM определяет восемь классов базовых станций и пять классов мобильных станций. Регулирование в направлениях проводится по схеме замкнутого цикла.

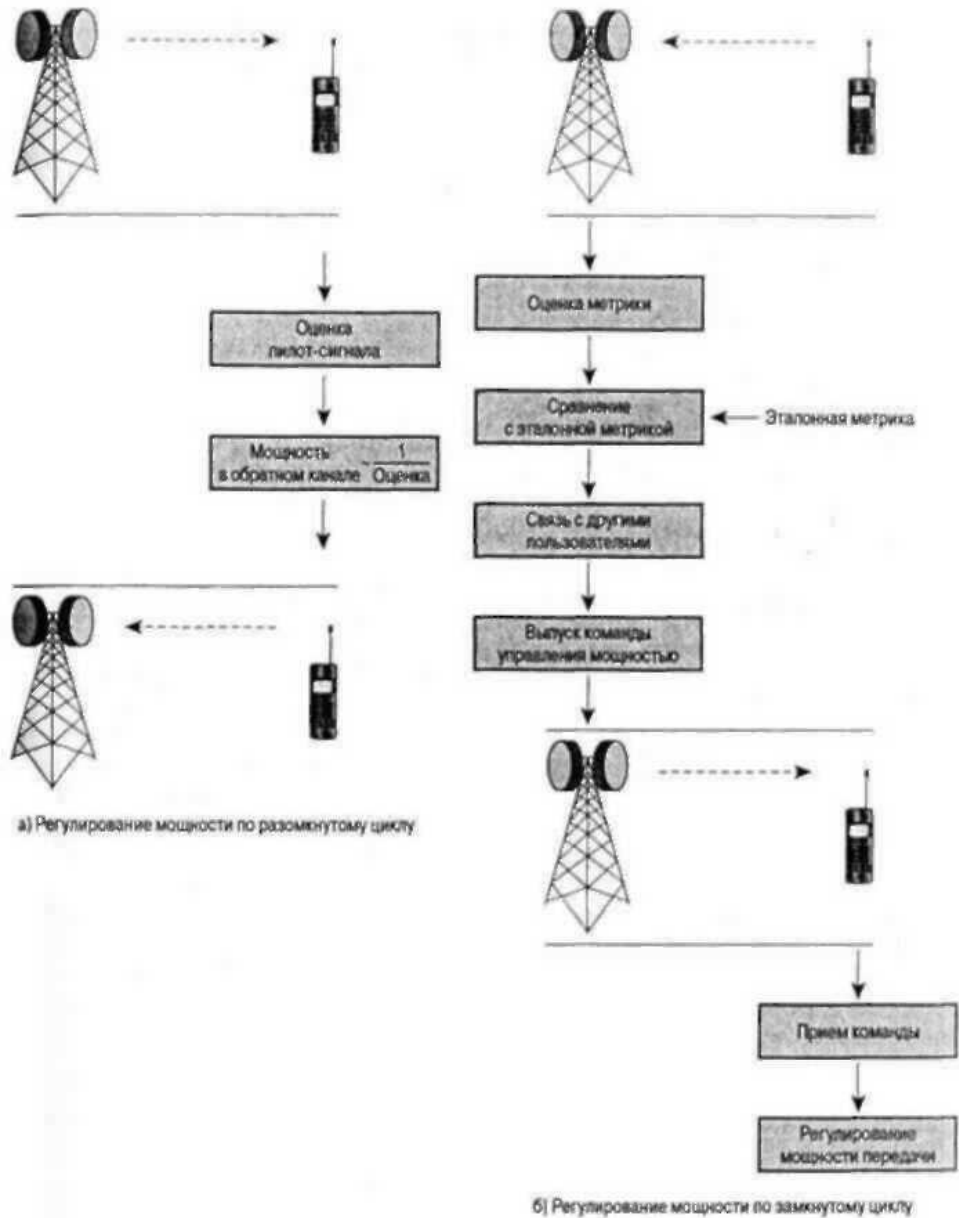


Рисунок 10.13 - Регулирование мощности в обратном канале

Таблица 10.3. Классы передатчиков согласно стандарту GSM

Класс мощности	Мощность базовой станции, Вт	Мощность мобильной станции, Вт
1	320	20
2	160	8
3	80	5
4	40	2
5	20	0,8
6	10	
7	5	
8	2,5	

10.4.8. *Регулирование трафика.* Для систем FDMA пропускная способность ячейки равна количеству выделенных ей частотных каналов. В идеальной ситуации количество доступных каналов в ячейке должно равняться общему числу абонентов, которые могут быть активны в любой момент. На практике же невозможно достичь такой пропускной

способности, которая позволяла бы выдержать любую возможную нагрузку в любой момент времени. К счастью, не все абоненты заказывают разговоры одновременно, поэтому разумно иметь сеть такого размера, чтобы она могла выдерживать некоторый ожидаемый уровень трафика. Во многом производительность системы зависит от схемы регулирования трафика.

Концепция регулирования трафика была разработана при проектировании телефонных коммутаторов и телефонных сетей с коммутацией каналов, однако эта концепция в равной степени применима и к сотовым сетям. Рассмотрим ячейку, способную обслуживать N пользователей одновременно (т.е. пропускная способность которой равна N каналов), у которой есть L потенциальных абонентов (L мобильных устройств). Если $L < N$, систему называют неблокируемой; одновременно могут быть обработаны все звонки. Если $L > N$, систему называют блокируемой: абонент, пытающийся заказать разговор, может обнаружить, что пропускная способность использована полностью, т.е. заблокирована для него. Для блокируемых систем основными интересующими нас вопросами производительности являются следующие.

1. Какова степень блокирования, т.е. какова вероятность того, что запрос соединения будет заблокирован? Или какая пропускная способность (N) необходима для того, чтобы достигнуть определенной верхней границы вероятности блокирования?

2. Если заблокированные соединения ожидают предоставления услуги, то каково среднее время задержки? Или какая пропускная способность нужна для достижения определенного значения средней задержки?

Величину загрузки системы определяют два параметра:

λ — средняя частота звонков (запросов соединения), поступающих в единицу времени;

h — среднее время разговора.

Основной мерой нагрузки является интенсивность трафика, которая выражается в безразмерных единицах, эрлангах.

$$A = \lambda h.$$

Величину A можно интерпретировать несколькими способами. Это нормированная версия λ : A равно среднему числу звонков, поступающих в течение среднего времени разговора. Можно также рассматривать ячейку как систему обслуживания с несколькими серверами, в которой количество серверов равно пропускной способности N . Среднее время предоставления услуги на сервере равно h . Основным соотношением в системе обслуживания с несколькими серверами является $\lambda h = \rho N$, где ρ — использование сервера, или часть времени, в течение которого сервер занят. Отсюда $A = \rho N$, и параметр A является мерой среднего числа требуемых каналов.

Пример. Если частота вызовов в среднем составляет 20 вызовов в минуту, а среднее время разговора —

3 минуты, тогда $A = 60$. Можно ожидать, что ячейка с пропускной способностью 120 каналов будет использоваться наполовину в любой момент времени. В то же время коммутатора с пропускной способностью 50 будет явно недостаточно. Пропускная способность в 60 каналов будет удовлетворять средний спрос, однако из-за флуктуации около среднего значения A временами ее будет не хватать.

Пример. Чтобы прояснить эти концепции, рассмотрим рис. 2.9, на котором показана модель функционирования ячейки с пропускной способностью 10 каналов в течение одного часа. Частота вызовов в минуту составляет $97/60$. Среднее время разговора на один вызов в минутах составляет $294/97$. Таким образом, $A = (97/60) \times (294/97) = 4,9$ эрлангов. Другой способ трактовки параметра A — рассматривать его как среднее число обрабатываемых вызовов. Т.е. в среднем задействовано 4,9 канала. В то же время последняя интерпретация соответствует действительности только для неблокируемых систем. Параметр A был определен как частота попыток соединения, а не обслуживаемого трафика.

Обычная блокируемая система ограничивается некоторым верхним пределом интенсивности трафика. Считается неразумным проектировать систему с учетом трафика, ожидаемого в пиковое время. Чаще всего системы проектируются в расчете на среднюю частоту попыток соединения, имеющую место в час наибольшей нагрузки. Час наибольшей нагрузки определяется как 60-минутный период в течение дня, когда трафик наибольший. Союз ИТУ-T рекомендует усреднять трафик в часы пик по 30 самым загруженным дням года; данный параметр называется "средним трафиком в часы пик". В Северной Америке практикуют усреднение по 10 наиболее загруженным дням.

Параметр A — мера трафика в часы пик — является входным при моделировании нагрузки. Природу модели определяют два ключевых фактора:

- способ обработки заблокированных звонков;
- число источников трафика.

Блокированные звонки можно обрабатывать двумя способами. Во-первых, их можно помещать в очередь ожидания свободного канала. Эта практика называется задержкой неудачного вызова (LCD), хотя в действительности вызов не является неудачным, он просто отложен. Во-вторых, заблокированный вызов можно отклонить или прервать. Это, в свою очередь, приводит к двум предположениям по поводу действий пользователя. Если пользователь вешает трубку, ожидает в течение некоторого случайного интервала времени и только потом возобновляет попытку дозвониться, то это называется очисткой неудачного вызова (LCC). Если же пользователь периодически пытается дозвониться, то это называется удержанием неудачного вызова (LCH). Для каждой из этих двух возможностей блокирования выведены формулы, которые характеризуют производительность системы. Для сотовых систем обычно используется модель LCC, которая, как правило, более точно описывает систему.

Вторым ключевым элементом модели трафика является предположение о том, конечно или бесконечно количество пользователей. В модели с бесконечным количеством источников нагрузки предполагается фиксированная частота прибытия звонков. Для конечного числа источников частота прибытия звонков зависит от числа уже занятых источников. В частности, если общее число пользователей, равно L и каждый пользователь

заказывает соединения со средней частотой λ/L , тогда, если ячейка совсем не занята, частота прибытия звонков равна λ . В то же время если в момент времени / обслуживаются К пользователей, тогда мгновенная частота прибытия звонков в этот момент равна $\lambda(L - K)/L$. Отметим, что модели с бесконечным числом источников аналитически проще, а применять их стоит, если число источников по крайней мере в 5-10 раз превышает пропускную способность системы.

1. При одинаковом уровне обслуживания более эффективны системы с большей пропускной способностью.

2. Системы с большей пропускной способностью более восприимчивы к снижению уровня обслуживания.

Пример. Для иллюстрации первого утверждения рассмотрим две ячейки, каждая из которых имеет пропускную способность 10 каналов. Их общая пропускная способность равна 20 каналам, и вместе они могут справиться с поступающим трафиком интенсивностью 6,86, обеспечивая уровень обслуживания, равный 0,002. В то же время одна ячейка с пропускной способностью 20 каналов при уровне обслуживания 0,002 может обрабатывать трафик в 10,07 эрлангов. Для иллюстрации второго утверждения рассмотрим ячейку с 10 каналами, имеющую уровень обслуживания 0,002 и трафик 3,43 эрланга. При увеличении трафика на 30% уровень обслуживания уменьшается до 0,01. В то же время для ячейки с пропускной способностью 70 каналов уровень обслуживания падает с 0,002 до 0,01 всего лишь при 10%-ном увеличении трафика.

В приведенном примере фигурировал поступающий трафик, но если измерения различных метрик производятся в системе, то в них входит обработанный трафик. Несложно разработать программу, которая в качестве входных данных будет принимать обработанный трафик и превращать его в поступающий. Связь между обработанным трафиком С и поступающим трафиком Л выглядит так:

$$C = A(1 - P).$$

Для малых значений Р А является хорошим приближением С.

10.4.9. *Эффект переключения.* Одной из сложностей моделей трафика сотовой системы, отсутствующей в моделях других систем, является влияние переключения. Указанный эффект продемонстрирован на рис. 10.14. Частота поступления вызовов — это сумма двух величин: новые звонки, поступившие с мобильных устройств ячейки (λ_1), и звонки мобильных устройств, переданные ячейке при входе этих устройств в ячейку (λ_2). Общая частота поступления звонков: $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$. Точно так же, частота завершения звонков состоит из собственно прекращенных звонков и звонков, переключенных на другую ячейку. Таким образом, требуется соответствующая коррекция модели.

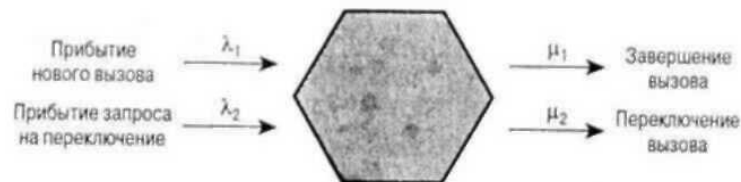


Рисунок 10.14 - Модель нагрузки ячейки

11 СЕТИ СВЯЗИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

11.1 Определение ССП, основные характеристики, услуги ССП

Потребность операторов сетей связи в увеличении прибыли приводит к созданию сети, которая позволяла бы:

- как можно быстрее и дешевле создавать новые услуги, с тем чтобы постоянно привлекать новых абонентов;
- уменьшать затраты на обслуживание;
- быть независимыми от поставщиков оборудования;
- быть конкурентоспособными (дерегуляция в телекоммуникационной отрасли и достижения в новейших технологиях привели к появлению новых операторов связи и сервис-провайдеров, предлагающих более дешевый

11.1.1. *Особенности современных услуг связи.* Технологической основой информационного общества является Глобальная информационная инфраструктура (ГИИ), которая должна обеспечить возможность недискриминационного доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты. Информационную инфраструктуру составляет совокупность баз данных, средств обработки информации, взаимодействующих сетей связи и терминалов пользователя.

Доступ к информационным ресурсам в ГИИ реализуется посредством услуг связи нового типа, получивших название услуг Информационного общества или инфокоммуникационных услуг.

Наблюдаемые в настоящее время высокие темпы роста объемов предоставления инфокоммуникационных услуг позволяют прогнозировать их преобладание в сетях связи в ближайшем будущем.

На сегодняшний день развитие инфокоммуникационных услуг осуществляется, в основном, в рамках компьютерной сети Интернет, доступ к услугам которой происходит через традиционные сети связи.

В то же время в ряде случаев услуги Интернет, ввиду ограниченных возможностей ее транспортной инфраструктуры не отвечают современным требованиям, предъявляемым к услугам информационного общества.

В связи с этим развитие инфокоммуникационных услуг требует решения задач эффективного управления информационными ресурсами с одновременным расширением функциональности сетей связи. В свою очередь это стимулирует процесс интеграции Интернета и сетей связи.

11.1.2. *Особенности инфокоммуникационных услуг.* К основным технологическим особенностям, отличающим инфокоммуникационные услуги от услуг традиционных сетей связи, можно отнести следующие:

- инфокоммуникационные услуги оказываются на верхних уровнях модели ВОС - Взаимодействия Открытых Систем (в то время как услуги связи предоставляются на третьем, сетевом уровне);
- большинство инфокоммуникационных услуг предполагает наличие клиентской и серверной частей; клиентская часть реализуется в оборудовании пользователя, а серверная – на специальном выделенном узле сети, называемом узлом служб;
- инфокоммуникационные услуги, как правило, предполагают передачу информации мультимедиа, которая характеризуется высокими скоростями передачи и несимметричностью входящего и исходящего информационных потоков;
- для предоставления инфокоммуникационных услуг зачастую необходимы сложные многоточечные конфигурации соединений;
- для инфокоммуникационных услуг характерно разнообразие прикладных протоколов и возможностей по управлению услугами со стороны пользователя;
- для идентификации абонентов инфокоммуникационных услуг может использоваться дополнительная адресация в рамках данной инфокоммуникационной услуги.

Большинство инфокоммуникационных услуг являются "приложениями", т.е. их функциональность распределена между оборудованием поставщика услуги и окончательным оборудованием пользователя. Как следствие, функции окончательного оборудования также должны быть отнесены к составу инфокоммуникационной услуги, что необходимо учитывать при их регламентации.

Бизнес-модель, определяющая участников процесса предоставления инфокоммуникационных услуг и их взаимоотношения, также отличается от модели традиционных услуг электросвязи, в которой было представлено всего лишь три основных участника: оператор, абонент и пользователь.

Новая деловая модель предполагает наличие поставщика услуг, который предоставляет инфокоммуникационные услуги абонентам и пользователям. При этом сам поставщик является потребителем услуг переноса, предоставляемых оператором сети связи.

На рынке могут также присутствовать дополнительные виды поставщиков услуг: поставщики информации, брокеры, ритейлеры и т.д. Поставщик информации предоставляет информацию поставщику услуг для распространения. Брокер предоставляет информацию о поставщиках услуг и их потенциальных абонентах, содействует пользователям в поиске поставщиков, оказывающих требуемые услуги. Ритейлер выступает как посредник между абонентом и поставщиком с целью адаптации услуги к индивидуальным требованиям абонента.

11.1.3. К инфокоммуникационным услугам предъявляются такие требования, как:

- мобильность услуг;

- возможность гибкого и быстрого создания новых услуг;
- гарантированное качество услуг.

Большое влияние на требования к инфокоммуникационным услугам оказывает процесс *конвергенции*, приводящий к тому, что инфокоммуникационные услуги становятся доступными пользователям вне зависимости от способов доступа.

11.1.4. *Требования к сетям связи.* Принимая во внимание рассмотренные особенности инфокоммуникационных услуг, могут быть определены следующие требования к *перспективным сетям связи*:

- мультисервисность, под которой понимается независимость технологий предоставления услуг от транспортных технологий;
- широкополосность, под которой понимается возможность гибкого и динамического изменения скорости передачи информации в широком диапазоне в зависимости от текущих потребностей пользователя;
- мультимедийность, под которой понимается способность сети передавать многокомпонентную информацию (речь, данные, видео, аудио) с необходимой синхронизацией этих компонент в реальном времени и использованием сложных конфигураций соединений;
- интеллектуальность, под которой понимается возможность управления услугой, вызовом и соединением со стороны пользователя или поставщика услуг;
- инвариантность доступа, под которой понимается возможность организации доступа к услугам независимо от используемой технологии;
- многооператорность, под которой понимается возможность участия нескольких операторов в процессе предоставления услуги и разделение их ответственности в соответствии с областью деятельности.

Кроме того, при формировании требований к перспективным сетям связи необходимо учитывать особенности деятельности поставщиков услуг. В частности, современные подходы к регламентации услуг присоединения предусматривают доступ поставщиков услуг, в том числе и не обладающих собственной инфраструктурой, к ресурсам сети общего пользования на недискриминационной основе. При этом к основным требованиям, предъявляемым поставщиками услуг к сетевому окружению, относятся:

- обеспечение возможности работы оборудования в "мультиоператорской" среде, т.е. увеличение числа интерфейсов для подключения к сетям сразу нескольких операторов связи, в том числе на уровне доступа;
- обеспечение взаимодействия узлов поставщиков услуг для их совместного предоставления;

- возможность применения "масштабируемых" технических решений при минимальной стартовой стоимости оборудования.

Существующие сети связи общего пользования с коммутацией каналов (ТфОП) и коммутацией пакетов (СПД) в настоящее время не отвечают перечисленным выше требованиям. Ограниченные возможности традиционных сетей являются сдерживающим фактором на пути внедрения новых инфокоммуникационных услуг.

С другой стороны, наращивание объемов предоставляемых инфокоммуникационных услуг может негативно сказаться на показателях качества обслуживания вызовов базовых услуг существующих сетей связи.

Все это вынуждает учитывать наличие инфокоммуникационных услуг при планировании способов развития традиционных сетей связи в направлении создания сетей связи следующего поколения.

11.1.5. *Понятие сети ССП и ее базовые принципы.* В основу концепции построения *сети связи следующего поколения* положена идея о создании универсальной сети, которая бы позволяла переносить любые виды информации, такие как речь, видео, аудио, графику и т. д., а также обеспечивать возможность предоставления неограниченного спектра инфокоммуникативных услуг.

Сеть связи следующего поколения (ССП, NGN – Next Generation Network) – концепция построения сетей связи, обеспечивающих предоставление неограниченного набора услуг с гибкими возможностями по их управлению, персонализации и созданию новых услуг за счет унификации сетевых решений, предполагающая реализацию универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными сетями связи.

Базовым принципом концепции NGN является отделение друг от друга функций переноса и коммутации, функций управления вызовом и функций управления услугами.

ССП, которая потенциально должна объединить существующие сети связи (телефонные сети общего пользования – ТфОП, сети передачи данных – СПД, сети подвижной связи – СПС), обладает *следующими характеристиками*:

- сеть на базе коммутации пакетов, которая имеет разделенные функции управления и переноса информации, где функции услуг и приложений отделены от функций сети;
- сеть компонентного построения с использованием открытых интерфейсов;
- сеть, поддерживающая широкий спектр услуг, включая услуги в реальном времени и услуги доставки информации (электронная почта), в том числе мультимедийные услуги;
- сеть, обеспечивающая взаимодействие с традиционными сетями электросвязи;

- сеть, обладающая общей мобильностью, т.е. позволяющая отдельному абоненту пользоваться и управлять услугами независимо от технологии доступа и типа используемого терминала и предоставляющая абоненту возможность свободного выбора поставщика услуг.

11.1.6. Сети электросвязи, построенные на основе концепции *ССП*, обладают следующими *преимуществами* перед традиционными сетями электросвязи.

Для оператора:

- построение одной универсальной сети для оказания различных услуг;
- повышение среднего дохода с абонента за счет оказания дополнительных мультимедийных услуг;
- оператор *ССП* может наиболее оптимально реализовывать полосу пропускания для интеграции различных видов трафика и оказания различных услуг;
- *ССП* лучше приспособлена к модернизации и расширению;
- *ССП* обладает легкостью в управлении и эксплуатации;
- оператор *ССП* располагает возможностью быстрого внедрения новых услуг и приложений с различным требованием к объему передаваемой информации и качеству ее передачи.

Для пользователя:

- абстрагирование от технологий реализации услуг электросвязи (принцип черного ящика);
- гибкое получение необходимого набора, объема и качества услуг;
- мобильность получения услуг.

Одной из основных целей построения *ССП* является расширение спектра предоставляемых услуг.

- услуги службы телефонной связи (предоставление местного телефонного соединения, междугородного телефонного соединения, международного телефонного соединения);
- услуги служб передачи данных (предоставление выделенного канала передачи данных, постоянного и коммутируемого доступа в сеть Интернет, виртуальных частных сетей передачи данных);
- услуги телематических служб ("электронная почта ", "голосовая почта ", "доступ к информационным ресурсам ", телефония по IP-протоколу, "аудиоконференция " и "видеоконференция ");
- услуги служб подвижной электросвязи;
- услуги поставщиков информации: видео и аудио по запросу, "интерактивные новости " (для пользователя реализуется возможность просмотра, прослушивания и чтения

информации о произошедших за какое-то время событиях), электронный супермаркет (пользователь выбирает товар в "электронном магазине", получает подробную информацию о его потребительских свойствах, цене и пр.), дистанционное обучение и др.

Таким образом, *ССП* будут поддерживать как уже существующее, так и новое оконечное оборудование, включая аналоговые телефонные аппараты, факсимильные аппараты, оборудование ЦСИС (цифровая сеть с интеграцией служб), сотовые телефоны различных стандартов, терминалы телефонии по IP-протоколу (SIP и H.323), кабельные модемы и т.д.

11.1.7. *Услуги ССП* используют различные способы кодирования и передачи и включают в себя: многоадресную и широковещательную передачу сообщений, передачу чувствительного и нечувствительного к задержкам трафика, услуги обычной передачи данных, услуги реального масштаба времени, диалоговые услуги.

В настоящее время отсутствует общая классификация услуг для сетей *ССП*. В рамках концепции, когда сеть *ССП* предлагается рассматривать не как отдельную категорию сетей связи, а как инструмент построения и развития существующих сетей.

Услуги, предоставляемые в рамках фрагмента *ССП*, можно классифицировать следующим образом:

- базовые: услуги, ориентированные на установление соединения с использованием фрагмента *NGN* между двумя оконечными терминалами;
- дополнительные виды обслуживания: услуги, предоставляемые наряду с базовыми и ориентированные на поддержку дополнительных списков возможностей;
- услуги доступа, ориентированные на организацию доступа к ресурсам, и точек присутствия интеллектуальных сетей и сетей передачи данных;
 - информационно-справочные услуги: услуги, ориентированные на предоставление информации из баз данных, входящих в структуру *ССП*;
 - услуги виртуальных частных сетей: услуги, ориентированные на организацию и поддержание функционирования VPN со стороны элементов фрагмента *ССП*;
 - услуги мультимедиа: услуги, ориентированные на обеспечение и поддержку функционирования мультимедийных приложений со стороны фрагмента *ССП*.

Под базовыми видами понимаются:

- услуги местной, междугородной, международной телефонной связи, предоставляемые с использованием (полным или частичным) фрагмента сети на основе *NGN*-технологий. Базовые услуги телефонии в сетях *ССП* могут использовать технологии компрессии речи, при этом качество предоставления базовых услуг должно соответствовать классам "высший" и "высокий". Базовые услуги телефонии могут быть доступны пользователям, использующим терминалы сетей ТФОП, СПС и H.323, SIP-терминалы;

- услуги по передаче факсимильных сообщений между терминальным оборудованием пользователей. Услуга может предоставляться пользователям, использующим терминалы сетей ТфОП и СПС. Услуга e-fax не относится к данному классу;

- услуги по организации модемных соединений между терминальным оборудованием пользователей. Услуга может предоставляться пользователям, использующим терминалы сетей ТфОП и СПС. Услуга доступа в сети IP не относится к данному классу;

- услуга доставки информации "64 кбит/с без ограничений " и базирующиеся на ней услуги предоставления связи, определенные для технологии ISDN для установления соединений между терминальным оборудованием пользователей. Услуга может предоставляться пользователям, использующим терминалы ISDN.

Задачей сетевого фрагмента *ССП* при предоставлении базовых услуг является установление и поддержание соединения с требуемыми параметрами.

Предоставление базовых услуг может сопровождаться дополнительными видами обслуживания, которые расширяют возможности пользователя по получению информации о соединении, тональных уведомлений, а также позволяют изменять конфигурацию соединения.

В сетевом фрагменте *ССП* пользователям могут быть доступны следующие *дополнительные виды обслуживания (ДВО)*:

- идентификации вызывающей линии (CLIP);
- запрет идентификации вызывающей линии (CLIR);
- предоставление идентификации подключенной линии (COLP);
- переадресация вызова при отсутствии ответа (Call Forwarding No Reply);
- переадресация вызова при занятости (Call Forwarding Busy);
- безусловная переадресация вызова (Call Forwarding Unconditional);
- идентификация злонамеренного вызова (MOD);
- индикация ожидающего вызова/сообщения (Call/Message Waiting);
- завершение вызова (Call Completion);
- парковка и перехват вызовов (Call Park/Pick-up);
- удержание вызова (Call Hold);
- замкнутая группа пользователей (CUG);
- конференц-связь с расширением (CONF);
- другие.

Следует отметить, что в зависимости от используемого типа подключения и терминального оборудования, а также от возможностей Softswitch список и алгоритмы предоставления услуг могут отличаться.

В настоящий момент наиболее специфицированными являются дополнительные виды обслуживания для пользователей сетей ISDN. Спецификации ряда ДВО для пользователей сетей на основе H.323 и SIP-протоколов находятся в процессе разработки в международных организациях.

Также следует отметить, что фрагмент *ССП* для проходящих через него вызовов должен обеспечивать поддержку ДВО, инициированных в других сетях.

Услугами доступа, поддерживаемыми со стороны сетевого фрагмента *ССП*, являются:

- услуги доступа в сети IP по коммутируемому соединению с поддержкой процедур точки доступа и авторизации со стороны фрагмента *NGN*; применяются как для поддержки WWW, E-mail, FTP-приложений, так и для доступа к сетям IP-телефонии;
- услуги доступа к ресурсам ИСС с реализацией функции SSP в сетевом фрагменте *NGN*. Реализованный SSP на ЕСЭ РФ должен как минимум обеспечивать поддержку следующих видов услуг ИСС:
 - "Бесплатный вызов";
 - "Телеголосование";
 - "Вызов с дополнительной оплатой";
 - "Вызов по предоплаченной карте".
- услуги доступа к информационно-справочным ресурсам с поддержкой точки доступа и авторизации доступа со стороны фрагмента *ССП* (функция Service Node при доступе к внешним ресурсам).

К информационно-справочным относятся услуги предоставления информации со стороны элементов фрагмента *ССП*. В отличие от услуги доступа к информационно-справочным ресурсам, в данном случае предоставление предполагает включение сервера услуги в состав фрагмента *ССП* и использование API-интерфейсов между Softswitch и сервером приложений.

Фрагментом *ССП* может поддерживаться предоставление следующих видов услуг *виртуальных частных сетей*:

- виртуальная частная сеть (VPN) на основе коммутируемых соединений с поддержкой адресного пространства VPN со стороны Softswitch. В этом случае задачей Softswitch является анализ номера входящего/исходящего абонента с принятием решения о возможности установления соединения в соответствии с политикой VPN. После принятия положительного решения об установлении соединения обрабатывается во фрагменте *ССП* как обычный вызов;
- виртуальная частная сеть на основе постоянных соединений внутри фрагмента *NGN* с обработкой адресной информации со стороны гибкого коммутатора. В этом случае для виртуальной частной сети изначально резервируется транспортный ресурс во фрагменте

NGN. Обслуживание вызовов VPN осуществляется гибким коммутатором в рамках выделенного для VPN транспортного ресурса;

- виртуальная частная сеть на основе постоянных соединений без обработки сигнальной информации вызова гибким коммутатором. В этом случае VPN использует фрагмент *NGN* только как транспортный ресурс. Обработкой сигнальной информации, относящейся к вызову, занимаются внешние к фрагменту устройства.

Мультимедийные услуги можно рассматривать с двух позиций:

- с позиции абонентов услуг связи;
- с позиции поставщика услуг (оператора связи).

С точки зрения абонентов, мультимедийная услуга связи представляет собой возможность сети обеспечить функционирование специфических мультимедийных пользовательских приложений. Фактически абоненту безразлично, на базе какой сети предоставляется мультимедийная услуга, т. е. услуга не зависит от технологической платформы сети.

Мультимедийное пользовательское приложение представляет собой приложение, одновременно поддерживающее несколько "единиц" представления аудиовизуальной информации и предоставляющее абонентам общее информационное пространство в рамках одного сеанса связи. В качестве примеров мультимедийных приложений можно привести следующие: совместная работа с документами и графикой, "белая доска", дистанционное обучение, телемедицина и др.

Оператор связи рассматривает мультимедийную услугу связи как перенос комбинации двух или более "единиц" представления аудиовизуальной информации (т. е. видео, звука, текста) между абонентами (группами абонентов) в рамках сетевой инфраструктуры и с учетом состава и возможностей используемого оборудования. Таким образом, возможность предоставления той или иной мультимедийной услуги полностью зависит от технологической платформы сети.

Европейский институт стандартизации в области связи (ETSI) ввел понятие "широкополосных мультимедийных услуг". Под такими услугами понимаются услуги связи, предоставление которых осуществляется на базе широкополосных сетей связи, способных обеспечить перенос информации (контента) в виде непрерывных потоков пакетов/ячеек в режиме реального времени.

Классификацию мультимедийных услуг связи и приложений можно производить с различных точек зрения и с использованием различных критериев.

В качестве примера классификации, отражающей точку зрения оператора сети B-ISDN, можно привести рекомендацию ITU-T I.211. Суть подхода заключается в том, что услуги связи предоставляются абонентам с помощью определенных служб B-ISDN.

Согласно рекомендации, в зависимости от способов связи между терминальным оборудованием абонентов и в соответствии с возможными пользовательскими приложениями все службы делятся на интерактивные и распределительные, каждая из которых, в свою очередь, включает несколько классов служб.

11.2. Архитектура ССП

С развитием инфокоммуникационных услуг стали весьма популярны обсуждения различных вариантов архитектуры *ССП*, которые в рамках единой инфраструктуры объединяют сети ТфОП, мобильную связь, ресурсы сети Интернет, телефонию по IP-протоколу. В настоящее время наибольшее распространение получила четырехуровневая архитектура *ССП*:

- уровень управления услугами;
- уровень управления коммутацией;
- транспортный уровень;
- уровень доступа.



Рис. 11.1. Архитектура сети следующего поколения

11.2.1. *Уровень управления услугами* содержит функции управления логикой услуг и приложений и представляет собой распределенную вычислительную среду, обеспечивающую:

- предоставление инфокоммуникационных услуг;
- управление услугами;
- создание и внедрение новых услуг;
- взаимодействие различных услуг.

Данный уровень позволяет реализовать специфику услуг и применять одну и ту же программу логики услуг вне зависимости от типа транспортной сети и способа доступа. Наличие этого *уровня* позволяет также вводить на сети электросвязи любые новые услуги без вмешательства в функционирование других *уровней*.

11.2.2. *Уровень управления* может включать множество независимых подсистем

("сетей услуг"), базирующихся на различных технологиях, имеющих своих абонентов и использующих свои, внутренние системы адресации.

Операторам связи требуются механизмы, позволяющие быстро и гибко развертывать, а также изменять услуги в зависимости от индивидуальных потребностей пользователей.

Такие механизмы предусмотрены открытой сервисной архитектурой *OSA (Open Services Access)* – основной концепцией будущего развития сетей электросвязи в части внедрения и оказания новых дополнительных услуг.

При создании систем на основе *OSA* должны присутствовать следующие ключевые моменты:

- открытая среда для создания услуг;
- открытая платформа управления услугами.

На протяжении нескольких лет различными организациями предлагалось несколько вариантов реализации концепции *OSA*, пока в 1998 г. не был сформирован консорциум *Parlay Group*, который занимается созданием спецификаций открытого *API (Application Programming Interface)*, позволяющего управлять сетевыми ресурсами и получать доступ к сетевой информации.

Архитектура *Parlay* является одной из практических реализаций концепции *OSA* (рис. 11.2).



Рис. 11.2. Архитектура Parlay

Как показано на рисунке, разные сети связи имеют различные сетевые элементы, в частности:

- в сети подвижной электросвязи второго поколения входят SGSN (Serving GPRS Support Node) и MSC (Mobile Switching Center);
- в телефонную сеть общего пользования входит SSP (Service Switching Point) коммутатор услуг в ТфОП;

- в сети подвижной электросвязи третьего поколения входит S-CSCF (Serving Call Session Control Function);
- ведомственные АТС.

Каждый из этих элементов выходит на шлюз (Gateway) по своему протоколу, а задача шлюза по концепции OSA/Parlay состоит в том, чтобы свести все протоколы к единым интерфейсам API. Тогда приложения можно писать без учета особенностей нижележащих сетей, и следует только строго придерживаться интерфейсов API.

Оказалось, что концепция Parlay является слишком сложной для массового привлечения сторонних программистов. Выяснилось, что для оказания 80% услуг требуется лишь 20% возможностей Parlay-шлюза. Следовательно, для подавляющего большинства программистов требование освоить весь набор Parlay-интерфейсов является чрезмерно завышенным. По мере уменьшения разнообразия возможностей сети растет число разработчиков приложений, что весьма важно для освоения прибыльного рынка приложений.

11.2.3. *Задача уровня управления коммутацией* — обработка информации сигнализации, маршрутизация вызовов и управление потоками. Данный уровень поддерживает логику управления, которая необходима для обработки и маршрутизации трафика.

Функция установления соединения реализуется на уровне элементов базовой сети под внешним управлением оборудования *программного коммутатора (Softswitch)*. Исключением являются АТС с функциями контроллера шлюзов (MGC – Media Gateway Controller), которые сами выполняют коммутацию на уровне элемента транспортной сети.

В случае использования на сети нескольких Softswitch они взаимодействуют посредством соответствующих протоколов (как правило, семейство SIP-T) и обеспечивают совместное управление установлением соединения.

Softswitch должен осуществлять:

- обработку всех видов сигнализации, используемых в его домене;
- хранение и управление абонентскими данными пользователей, подключаемых к его домену непосредственно или через оборудование шлюзов доступа;
- взаимодействие с серверами приложений для оказания расширенного списка услуг пользователям сети.

Более подробно Softswitch будет рассмотрен в следующих лекциях.

11.2.4. *Задача транспортного уровня* — коммутация и прозрачная передача информации пользователя.

В ССП операторы получают возможность наращивать объемы услуг, что в свою очередь приведет к росту требований к производительности и емкости сетей транспортного

уровня. Основными требованиями к таким сетям являются:

- высокая надежность оборудования узлов;
- поддержка функций управления трафиком;
- хорошая масштабируемость.

Надежность выходит на первое место, так как *ССП* должны обеспечивать передачу разнородного трафика, в том числе чувствительного к задержкам, который ранее передавался с помощью классических систем передачи с временным разделением каналов иерархий SDH или PDH.

В ряде случаев создаваемые транспортные сети будут заменять собой часть инфраструктуры существующих традиционных сетей передачи. Конечно, они должны соответствовать требованиям технических нормативных правовых актов, предъявляемым к заменяемой сети.

МСЭ-Т определяет следующие требования к возможностям транспортного уровня:

- поддержка соединений в реальном времени и соединений, нечувствительных к задержкам;
- поддержка различных моделей соединений: "точка-точка", "точка-многоточие", "многоточие-многоточие", "многоточие-точка";
- гарантированные уровни производительности, надежности, доступности, масштабируемости.

Транспортный уровень *ССП* рассматривается как уровень, составными частями которого являются *сеть доступа* и *базовая сеть*.

Под *сетью доступа* понимается системно-сетевая инфраструктура, которая состоит из абонентских линий, узлов доступа и систем передачи, обеспечивающих подключение пользователей к точке агрегации трафика (к сети *ССП* или к традиционным сетям электросвязи).

Для организации *уровня* доступа могут использоваться различные среды передачи. Это может быть медная пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель, радиоканал, спутниковые каналы либо любая их комбинация.

Особенностью инфраструктуры *ССП* является использование универсальной базовой сети, базирующейся на технологиях пакетной коммутации.

Базовая сеть – это универсальная сеть, реализующая функции транспортировки и коммутации. В соответствии с данными функциями базовая сеть представляется в виде трех *уровней* (рис. 11.3):

- технология коммутации пакетов;
- технологии формирования тракта;
- среда передачи сигналов.

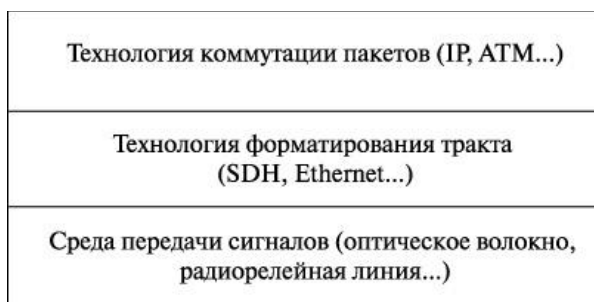


Рис. 11.3. Модель базовой сети

Нижний уровень модели – среда передачи сигналов. Этот уровень должен быть реализован на кабелях с оптическими волокнами (ОВ) или на цифровых радиорелейных линиях (РРЛ).

Сегодня при выборе технологической основы перспективной считается IP, ввиду того, что:

- использование технологии IP/MPLS в среде Ethernet позволяет повысить масштабируемость и качество обслуживания до *уровня*, необходимого для транспортных сетей, а спецификации MPLS RSVP-TE Fast Reroute обеспечивает восстанавливаемость трактов в пределах 50 мс. Это означает, что сети Ethernet приобретают характеристики и надежность SDH или ATM;

- количество приложений, использующих протокол IP, будет возрастать, соответственно доля трафика IP будет увеличиваться, и, как следствие, неизбежны проблемы технологии ATM, связанные с дополнительными накладными расходами полосы пропускания при передаче IP-трафика, вследствие чего происходит увеличение стоимости реализации сетевых решений на базе ATM.

В состав базовой сети *ССП* могут входить:

- транзитные узлы, выполняющие функции переноса и коммутации;
- оконечные (граничные) узлы, обеспечивающие доступ абонентов к мультисервисной сети;
- контроллеры сигнализации, выполняющие функции обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями;
- шлюзы, позволяющие осуществить подключение традиционных сетей электросвязи (ТфОП, СПД, СПС).

Контроллеры сигнализации могут быть вынесены в отдельные устройства, предназначенные для обслуживания нескольких узлов коммутации. Использование общих контроллеров позволяет рассматривать их как единую систему коммутации, распределенную по сети. Такое решение не только упрощает алгоритмы установления соединений, но и

является наиболее экономичным для операторов электросвязи, так как позволяет заменить дорогостоящие системы коммутации большой емкости небольшими, гибкими и доступными по стоимости даже мелким операторам электросвязи.

Доступ к ресурсам базовой сети осуществляется через граничные узлы, к которым подключается оборудование сети доступа или осуществляется связь с существующими сетями. В последнем случае граничный узел выполняет функции межсетевого шлюза.

К уровню доступа относятся:

- шлюзы;
- сеть доступа (сеть электросвязи, обеспечивающая подключение конечных терминальных устройств пользователя к окончному узлу транспортной сети);
- окончное абонентское оборудование.

К технологиям построения сетей доступа относятся:

- беспроводные технологии (Wi-Fi, WiMAX);
- технологии на основе систем кабельного телевидения (DOCSIS, DVB);
- технологии xDSL;
- оптоволоконные технологии (пассивные оптические сети (PON)).

Можно отметить, что с развитием технологий электросвязи становится все проблематичней провести четкую грань между транспортным *уровнем* и *уровнем* доступа. Так, например, цифровой абонентский мультиплексор доступа (DSLAM) может быть отнесен и к тому, и к другому *уровню*.

11.2.5. Архитектура сети электросвязи, построенной в соответствии с концепцией ССП, представлена на рис. 11.4.

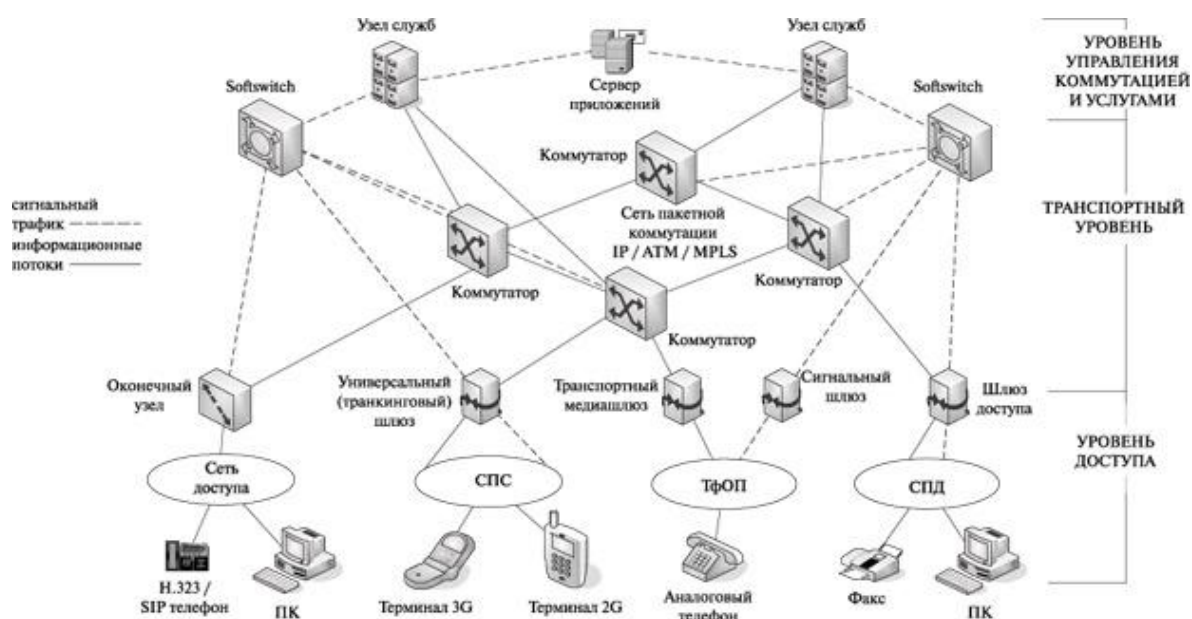


Рис. 11.4. Архитектура сети электросвязи

Инфокоммуникационные услуги предполагают взаимодействие поставщиков услуг и операторов связи, которое может обеспечиваться на основе функциональной модели распределенных (региональных) баз данных, реализуемых в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т X.500. Доступ к базам данных организуется с использованием протокола LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

Вышеуказанные базы данных позволяют решить следующие задачи:

- создание абонентских справочников;
- автоматизация взаиморасчетов между операторами связи и поставщиками услуг;
- обеспечение взаимодействия между операторами связи в процессе предоставления услуг интеллектуальной связи;
- обеспечение взаимодействия терминалов с различными функциональными возможностями на разных концах соединения.

Вышеуказанные базы данных могут использоваться также поставщиками услуг для организации платных информационно-справочных услуг.

Концепция *ССП* во многом опирается на технические решения, уже разработанные международными организациями стандартизации. Так, взаимодействие серверов в процессе предоставления услуг предполагается осуществлять на базе протоколов, специфицированных IETF (MEGACO), ETSI (TIPHON), Форумом 3GPP2 и т.д. Для управления услугами будут использованы протоколы H.323, SIP и подходы, применяемые в интеллектуальных сетях связи.

В качестве технологической основы построения транспортного *уровня* сетей связи следующего поколения рассматривается технология IP/MPLS с возможным применением в будущем оптической коммутации.

11.3. Оборудование ССП

11.3.1 *Softswitch* реализует функции по логике обработки вызова, доступу к серверам приложения, сбору статистической информации, сигнальному взаимодействию с сетью ТфОП и внутри пакетной сети, управлению установлением соединения и др.

Softswitch является основным устройством, реализующим функции уровня управления коммутацией и передачей информации.

В оборудовании *Softswitch* должны быть реализованы следующие основные функции:

- функция управления базовым вызовом, обеспечивающая прием и обработку сигнальной информации и реализацию действий по установлению соединения в пакетной сети;

- функция аутентификации и авторизации абонентов, подключаемых в пакетную сеть как непосредственно, так и с использованием оборудования доступа ТфОП;
- функция маршрутизации вызовов в пакетной сети;
- функция тарификации, сбора статистической информации;
- функция управления оборудованием *транспортных шлюзов*;
- функция предоставления ДВО (дополнительных видов обслуживания).

Реализуется в оборудовании *Softswitch* или совместно с сервером приложений;

- функция ОАМ&Р: эксплуатация, управление (администрирование), техническое обслуживание и предоставление той информации, которая не нужна непосредственно для управления вызовом и может передаваться к системе управления элементами через логически отдельный интерфейс;
- функция менеджмента: обеспечивает взаимодействие с системой менеджмента сети.

Дополнительно в оборудовании *Softswitch* могут быть реализованы следующие функции:

- функция SP STP сети ОКС7;
- функция предоставления расширенного списка ДВО. Реализуется самостоятельно или с использованием серверов приложений;
- функция взаимодействия с серверами приложений;
- функция SSP;

Основные характеристики *Softswitch*.

Производительность – максимальное количество обслуживаемых базовых вызовов за единицу времени (как правило, за час). Производительность *Softswitch* — это одна из главных характеристик, на основе которой должен проводиться выбор оборудования и проектирование сети. Следует понимать, что *Softswitch* обслуживает вызовы от различных источников нагрузки, каковыми являются:

- вызовы от терминалов, предназначенных для работы в сетях *ССП* (терминалы SIP и H.323, а также IP-УПАТС);
- вызовы от терминалов, не предназначенных для работы в сетях *ССП* (аналоговые и ISDN-терминалы) и подключаемых через оборудование
 - *резидентных шлюзов* доступа;
 - вызовы от оборудования сети доступа, не предназначенного для работы в сетях *ССП* (концентраторы с интерфейсом V5) и подключаемого через оборудование *шлюзов* доступа;
- вызовы от оборудования, использующего первичный доступ (УПАТС) и подключаемого через оборудование *шлюзов* доступа;

- вызовы от сети ТфОП, обслуживаемые с использованием сигнализации ОКС7, с включением сигнальных каналов ОКС7 либо непосредственно в *Softswitch*, либо через оборудование *сигнальных шлюзов*;
- вызовы от других *Softswitch*, обслуживаемые с использованием сигнализации SIP-T.

Производительность оборудования *Softswitch* различна при обслуживании вызовов от различных источников, что объясняется как различным объемом и характером поступления сигнальной информации от разных источников, так и заложенными алгоритмами обработки сигнальной информации.

При проектировании сети *ССП*, в части возможностей *Softswitch*, важно иметь наиболее полную информацию о производительности для различных видов нагрузки, а также для смешанных типов нагрузки при различных долях каждого из видов.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров и способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Требования по надежности к оборудованию *Softswitch* характеризуются средней наработкой на отказ, средним временем восстановления, коэффициентом готовности, сроком службы. При проектировании сети следует понимать, что выход из строя *Softswitch* приведет к пропаже всех видов связи в обслуживаемом сетевом фрагменте (домене); поэтому должны быть предусмотрены меры по обеспечению дублирования и защиты оборудования.

Оборудование *Softswitch* может поддерживать следующие виды протоколов.

1. При взаимодействии с существующими фрагментами сети ТфОП:
 - непосредственное взаимодействие: ОКС7 в части протоколов МТР, ISUP и SССР;
 - взаимодействие через *сигнальные шлюзы*,: M2UA, M3UA, M2PA для передачи сигнализации ОКС7 через пакетную сеть;
 - V5UA для передачи сигнальной информации V5 через пакетную сеть;
 - IUA для передачи сигнальной информации первичного доступа ISDN через пакетную сеть;
 - MEGACO (H.248) для передачи информации, поступающей по системам сигнализации по выделенным сигнальным каналам (2ВСК). В настоящее время известны подобные реализации в части системы сигнализации R1; требований и примеров реализации MEGACO для поддержки российской системы сигнализации R1.5 не существует.
2. При взаимодействии с терминальным оборудованием:
 - непосредственное взаимодействие с терминальным оборудованием пакетных сетей: SIP и H.323;

- взаимодействие с оборудованием *шлюзов*, обеспечивающим подключение терминального оборудования ТфОП: MEGACO (H.248) для передачи сигнализации по аналоговым абонентским линиям; IUA для передачи сигнальной информации базового доступа ISDN.

3. При взаимодействии с другими *Softswitch*: SIP-T.

4. При взаимодействии с оборудованием интеллектуальных платформ (SCP): INAP.

5. При взаимодействии с серверами приложений: в настоящее время такое взаимодействие, как правило, базируется на внутрифирменных протоколах, в основе которых лежат технологии JAVA, XML, SIP и др.

6. При взаимодействии с оборудованием *транспортных шлюзов*:

- для *шлюзов*, поддерживающих транспорт IP или IP/ATM: H.248, MGCP, IPDC и др.;

- для *шлюзов*, поддерживающих транспорт ATM: BICC.

Поддерживаемые интерфейсы

Как правило, оборудование *Softswitch* поддерживает следующие виды интерфейсов:

- интерфейс E1 (2048 Кбит/с) для подключения сигнальных каналов ОКС7, включаемых непосредственно в *Softswitch*;
- интерфейсы семейства Ethernet для подключения к IP-сети. Через Ethernet-интерфейсы передается сигнальная информация в направлении пакетной сети.

11.3.2. *Шлюзы (Gateways)* – устройства доступа к сети и сопряжения с существующими сетями. Оборудование *шлюзов* реализует функции по преобразованию сигнальной информации сетей с коммутацией каналов в сигнальную информацию пакетных сетей, а также функции по преобразованию информации транспортных каналов в пакеты IP / ячейки ATM и маршрутизации пакетов IP / ячеек ATM. Шлюзы функционируют на транспортном уровне / уровне доступа.

Для реализации возможности подключения к мультисервисной сети различных видов оборудования ТфОП используются различные программные и аппаратные конфигурации *шлюзового* оборудования:

- *транспортный шлюз (Media Gateway (MG))* – реализация функций преобразования речевой информации в пакеты IP / ячейки ATM и маршрутизации пакетов IP / ячеек ATM;

- *сигнальные шлюзы (Signalling Gateway (SG))* – реализация функции преобразования систем межстанционной сигнализации сети ОКС7 (квзисвязный режим) в системы сигнализации пакетной сети (SIGTRAN (MxUA));

- *транкинговый шлюз (Trunking Gateway (TGW))* – совместная реализация функций MG и SG;
- *шлюз доступа (Access Gateway (AGW))* – реализация функции MG и SG для оборудования доступа, подключаемого через интерфейс V5;
- *резидентный шлюз доступа (Residential Access Gateway (RAGW))* – реализация функции подключения пользователей, использующих *терминальное оборудование* ТФОП/ЦСИС к мультисервисной сети.

Оборудование *транспортного шлюза* должно выполнять функции устройства, производящего обработку информационных потоков среды передачи.

Оборудование *транспортного шлюза* должно реализовывать следующий перечень обязательных функций:

- функцию адресации: обеспечивает присвоение адресов транспортировки IP для средства приема и передачи;
- функцию транспортировки: обеспечивает согласованную транспортировку потоков среды передачи между доменом IP и доменом сети с коммутацией каналов, включая, например, выполнение процедур преобразования кодировок и эхокомпенсации;
- функцию трансляции кодека: маршрутизирует информационные транспортные потоки между доменом IP и доменом сети с коммутацией каналов;
- функцию обеспечения секретности канала среды передачи: гарантирует секретность транспортировки информации в направлении к *шлюзу* и от *шлюза*;
- функцию транспортного окончания сети с коммутацией каналов: включает реализацию процедур всех низкоуровневых аппаратных средств и протоколов сети;
- функцию транспортного окончания сети пакетной коммутации: включает реализацию процедур всех протоколов, задействованных в распределении транспортных ресурсов, на сети пакетной коммутации, в том числе процедуры использования кодеков;
- функцию обработки транспортного потока с пакетной коммутацией / коммутацией каналов: обеспечивает преобразование между каналом передачи аудиоинформации, каналом передачи факсимильной информации или каналом передачи данных на стороне сети с коммутацией каналов и пакетами данных (например RTP/UDP/IP или ATM) на стороне сети пакетной коммутации;
- функцию предоставления канала для услуги: обеспечивает такие услуги, как передача уведомлений и тональных сигналов в направлении к сети с коммутацией каналов или к сети пакетной коммутации;
- функцию регистрации использования: определяет и/или регистрирует информацию о сигнализации и/или информацию о приеме или передаче сообщений, передаваемых в транспортных потоках;

- функцию информирования об использовании: сообщает внешнему объекту о текущем и/или зарегистрированном использовании (ресурсов);
- функцию ОАМ&Р: эксплуатация, управление (администрирование), техническое обслуживание и предоставление той информации, которая не нужна непосредственно для управления вызовом и может передаваться к системе управления элементами через логически отдельный интерфейс;
- функцию менеджмента: обеспечивает взаимодействие с системой менеджмента сети.

Оборудование *сигнального шлюза* должно выполнять функции посредника при сигнализации между пакетной сетью и сетью с коммутацией каналов.

Оборудование *сигнального шлюза* сигнализации должно реализовывать следующий перечень обязательных функций:

- функцию окончания протоколов уровня, располагающегося ниже уровня протокола управления вызовом сети с коммутацией каналов;
- функцию секретности сигнальных сообщений: обеспечивает секретность сигнальных сообщений в направлении к *шлюзу* и от *шлюза*;
- функцию ОАМ&Р: эксплуатация, управление (администрирование), техническое обслуживание и предоставление той информации, которая не нужна непосредственно для управления вызовом и может передаваться к системе управления элементами через логически отдельный интерфейс;
- функцию менеджмента: обеспечивает взаимодействие с системой менеджмента сети.

11.3.2.1. *Основными характеристиками шлюзов* являются следующие.

- *Емкость. Определяется как в направлении ТфОП, так и в направлении к пакетной сети.*

В первом случае емкость определяется количеством подключаемых потоков Е1 в направлении сети ТфОП для *транспортных шлюзов*, а также количеством аналоговых абонентских линий и количеством (S,T)-интерфейсов для подключения абонентов базового доступа ISDN для резидентных *шлюзов* доступа.

В направлении к пакетной сети емкость определяется количеством и типом интерфейсов. Например, емкость в направлении пакетной сети может составлять один интерфейс Ethernet 100BaseT.

- *Производительность. Как правило, производительность является достаточной для обслуживания потоков вызовов, определяемых емкостными показателями оборудования.*

- *Протоколы. Оборудование шлюзов может поддерживать следующие протоколы.*

1. *Для транспортных шлюзов:*

○ в направлении к *Softswitch*: H.248, MGCP, IPDC для управления вызовами при использовании транспортной технологии IP; ВСС для управления вызовами при использовании транспортной технологии АТМ;

○ в направлении к другим *шлюзам* или терминальному оборудованию пакетной сети: RTP/RTCP при использовании транспортной технологии IP; PNNI или UNI при использовании АТМ.

2. *Для сигнальных шлюзов:*

○ в направлении к сети ТфОП: в зависимости от реализации возможна поддержка уровня МТР2 или МТР3 системы сигнализации ОКС7. В первом случае *сигнальный шлюз* должен терминировать уровень МТР3 и передавать всю "вышестоящую" информацию в направлении *Softswitch* с использованием протокола М2UA. Во втором случае *сигнальный шлюз* должен терминировать уровень МТР3 и передавать "вышестоящую" информацию в направлении *Softswitch* с использованием протокола М3UA;

○ в направлении к *Softswitch*: в зависимости от используемых механизмов обработки ОКС7 могут поддерживаться М2UA или М3UA.

3. *Для шлюзов доступа:*

○ в направлении к *Softswitch* для передачи сигнальной информации, связанной с обслуживанием вызова: V5UA при подключении оборудования сети доступа: MEGACO (H.248) при подключении абонентов, использующих сигнализацию по аналоговой абонентской линии; IUA при подключении абонентов, использующих базовый доступа ISDN. Для передачи сигнальной информации управления *шлюзами*: H.248, MGCP, IPDC;

○ в направлении к другим *шлюзам* и терминальному оборудованию пакетной сети: RTP, RTCP;

○ в направлении к ТфОП: сигнализацию по аналоговым абонентским линиям, сигнализацию базового доступа ISDN в части протоколов уровня 2 (LAP-D), сигнализацию по интерфейсу V5 в части протоколов уровня 2 (LAP-V5).

- *Поддерживаемые интерфейсы. Как правило, оборудование шлюзов поддерживает следующие интерфейсы:*

1. *Транспортные шлюзы:*

- в направлении к ТфОП поддерживают интерфейсы PDH (E1) и/или SDH (STM1/4). В направлении пакетной сети на основе IP-технологий: интерфейсы Ethernet.

2. *Сигнальные шлюзы:*

- в направлении ТфОП в основном поддерживают интерфейс PDH (E1), а в направлении пакетной сети – интерфейс 10Base Ethernet:

3. *Шлюзы доступа:*

- в направлении ТфОП поддерживают интерфейс по аналоговым абонентским линиям, интерфейсы базового доступа ISDN (U-, S-, S-T) для *резидентных шлюзов* и интерфейс PDH (E1) и *шлюзов доступа*, осуществляющих подключения оборудования интерфейса V5. В направлении пакетной сети на основе IP технологий: интерфейсы 10-100Base Ethernet. В направлении пакетной сети на основе ATM технологий: UNI.

С точки зрения технических характеристик (в пакетной части), для такого оборудования определяются требования по емкости, производительности, надежности, поддерживаемым протоколам и реализованным интерфейсам к пакетной сети.

11.3.3. *Терминальное оборудование* – терминальные устройства, используемые для предоставления голосовых и мультимедийных услуг связи и предназначенные для работы в пакетных сетях.

Существует два основных типа терминальных устройств, предназначенных для работы в пакетных сетях: SIP-терминалы и H.323-терминалы. Данное оборудование может иметь как специализированное аппаратное (standalone), так и программное исполнение (softphone).

Также иногда используется *терминальное оборудование* на основе протокола MEGACO. Такое *терминальное оборудование* совмещает в себе функции аналогового телефонного аппарата и *шлюза доступа* в части преобразования сигнализации по аналоговым абонентским линиям. Его функциональные возможности ограничиваются возможностями аналогового аппарата, но оно может непосредственно подключаться к пакетной сети.

Еще одним видом терминального оборудования являются интегрированные устройства доступа (IAD). Как правило, IAD обеспечивает подключение *терминального оборудования* сетей ТфОП (аналоговые ТА и терминалы ISDN) и терминального оборудования сетей передачи данных. В IAD реализуются функции по преобразованию протоколов сигнализации ТфОП в протоколы пакетных сетей (SIP/H.323) и преобразованию потоков пользовательской информации между сетями с коммутацией каналов и пакетными сетями. Ближайшая аналогия с IAD в сетях ТфОП — оборудование малых УПАТС.

Терминальное оборудование поддерживает протоколы SIP или H.323 в направлении *Softswitch* для передачи информации сигнализации и управления коммутацией и протоколы

RTP/RTCP для передачи пользовательской информации. Для подключения к сети, как правило, применяется Ethernet-интерфейс.

11.3.4. *Сервер приложений.* Используется для предоставления расширенного списка дополнительных услуг абонентам пакетных сетей или абонентам, получающим доступ в пакетные сети. Серверы приложений предназначены для выполнения функций уровня услуг и управления услугами.

Спецификация выполняемых функций зависит от реализуемой с помощью сервера услуги группы услуг и не может быть сформулирована на абстрактном уровне.

Серверы приложений, как правило, взаимодействуют с оборудованием *Softswitch*, где задействованы технологии Java, XML, SOAP. Подключение производится в основном с использованием интерфейсов, базирующихся на Ethernet.

11.4. Реализация ССП

Общими задачами *ССП*, определенными ITU и ETSI, являются разделение функций переноса информации через сеть, а также отделение функций услуг и приложений от собственно связных функций. Таким образом, речь идет о распределенной архитектуре, в которой связь между компонентами осуществляется исключительно через открытые интерфейсы.

11.4.1. Первый пример сетевой конфигурации, предложенный консорциумом IPCC, представлен на рис. 11.5 Элементами изображенной на этом рисунке сети являются *Softswitch*, сервер приложений AS (Application Server), шлюз между ТфОП и IP-сетью TG (Trunk Gateway), шлюз доступа AG (Access Gateway), шлюз сигнализации SG (Signaling Gateway) и транспортный медиасервер MS (Media Server).

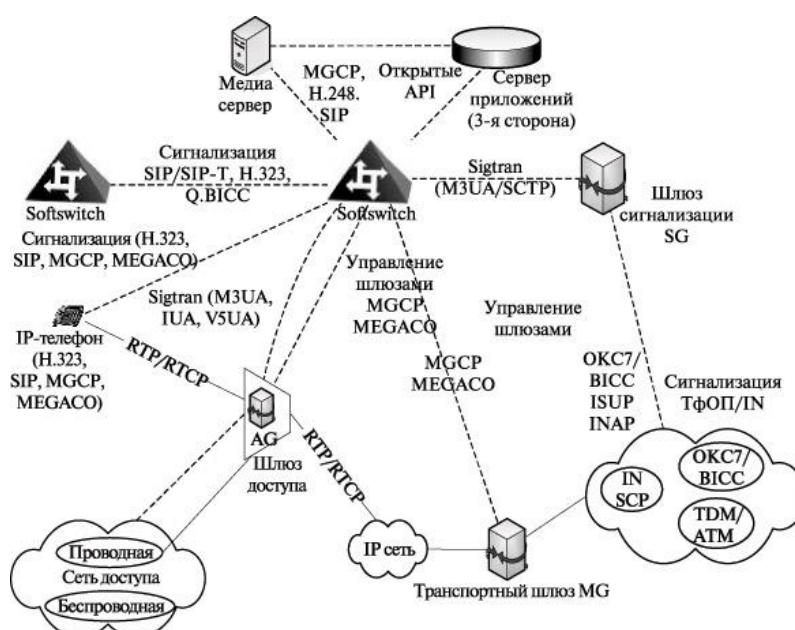


Рис. 11.5. Пример архитектуры ССП

Softswitch в данном примере обрабатывает всю сигнализацию, управляет TG, AG и соответствующим выделением медиаресурсов, а также обеспечивает получение учетной информации. Кроме того, каждый *Softswitch* взаимодействует с другими *Softswitch*.

Сервер приложений AS реализует логику услуг. Вызов, который требует дополнительную услугу, либо может быть передан от *Softswitch* к AS для дальнейшего управления этой услугой, либо сам *Softswitch* может получать информацию от AS, необходимую для выполнения логики услуги. Сервер приложения AS может сам управлять MS или передать управление им *Softswitch*.

На *транспортный шлюз TG* поступают потоки пользовательской (речевой) информации со стороны ТфОП, он преобразует эту информацию в пакеты и передает ее по протоколу IP в сеть с маршрутизацией пакетов, причем делает все это под управлением *Softswitch*.

Шлюз доступа AG служит интерфейсом между IP-сетью и проводной или беспроводной сетью доступа, передает сигнальную информацию к *Softswitch*, преобразует пользовательскую информацию и передает ее либо к другому порту этой же IP-сети, либо в другую сеть с коммутацией пакетов, либо к TG для последующей передачи в сеть с коммутацией каналов. Функциональным объектом MG-F в составе AG также управляет *Softswitch*. Сигнальный шлюз SG обеспечивает доставку сигнальной информации, поступающей со стороны ТфОП, а также перенос сигнальной информации в обратном направлении.

Медиа сервер MS может выполнять такие задачи, как, например, передачу записанных объявлений и накопление цифр номера, хотя в большинстве случаев цифры накапливает шлюз AG. Сервером MS может управлять либо *Softswitch*, либо AS, либо оба этих сетевых элемента.

11.4.2. На рис. 11.6. показан пример сети доступа на базе протокола V5 и ISDN.

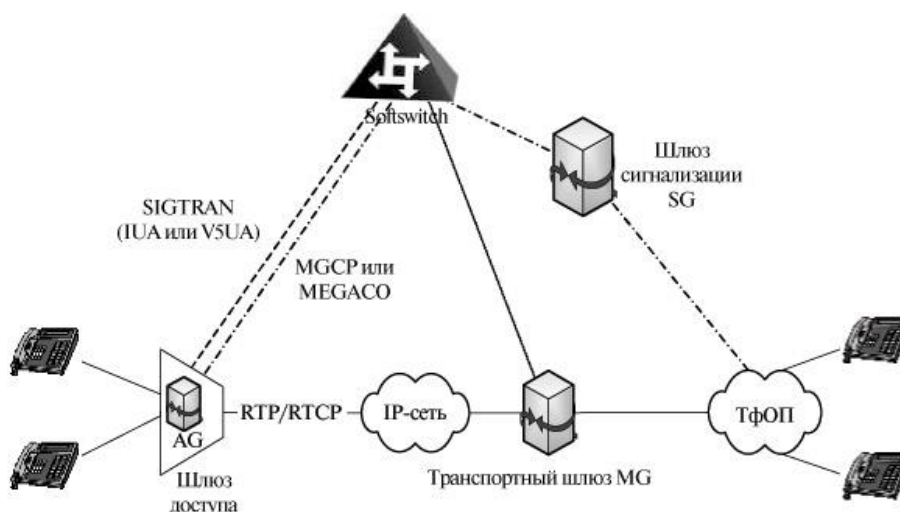


Рис. 11.6. Пример с ISDN и V5

Шлюз доступа AG обменивается сигнальной информацией V5 или ISDN с сетью доступа и является окончанием физического соединения, по которому переносится сигнальная информация V5 или ISDN. Затем он передает эту информацию по IP-сети к *Softswitch* с помощью протоколов сигнализации SIGTRAN (V5UA или IUA). Речевую информацию AG преобразует в пакетную форму и пересылает ее в виде пакетов устройству, преобразующему пакетированную речь обратно в TDM-форму и затем передающему ее в сеть ТфОП.

11.4.3. На рис. 11.7 показан пример реализации *VoIP-сети*, использующей сеть доступа с технологий DSL. Обычные аналоговые телефоны и любые устройства локальной сети Ethernet подключаются к устройству интегрированного доступа IAD абонента, которое обрабатывает и передает абонентскую сигнальную информацию по IP-сети или через мультиплексор доступа DSLAM к *Softswitch*. Что касается речевой информации, то IAD оцифровывает ее, пакетирует и переносит в виде пакетов RTP по IP-сети.

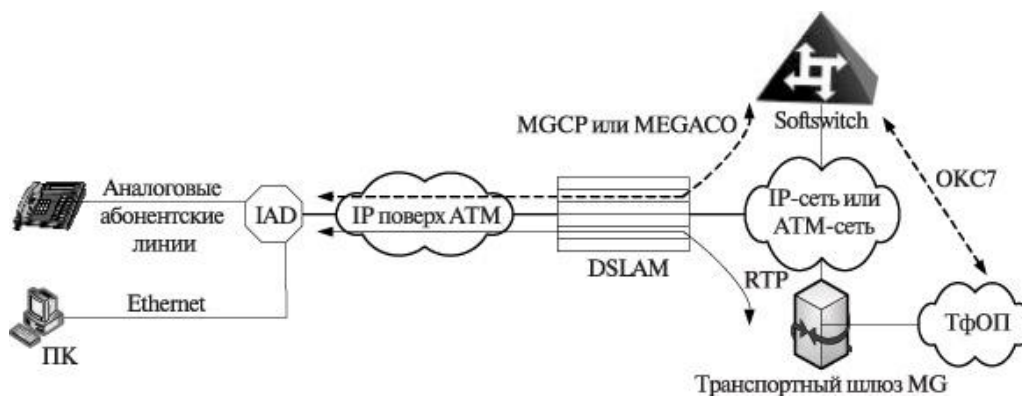


Рис. 11.7. Архитектура ССП с IAD и DSLAM

Эти три примера иллюстрируют базовое свойство сетей *ССП* – интеграцию передачи речи, данных и видеоинформации, включая объединение оборудования и функциональных возможностей как на уровне опорной сети (Core Network), так и на уровне сети доступа (Access Network).

11.4.4. *Взаимодействие Softswitch и OKC7*. Концепция SIGTRAN нацелена на надежный перенос сигнальной информации OKC7 через IP-сеть. Для этого *Softswitch* взаимодействует с рядом шлюзов MG, расположенных поблизости от источников и приемников информации в ТфОП (на границах IP-сети). Взаимодействие обычно обеспечивается при наличии по крайней мере двух сигнальных шлюзов SG, в которые включены сигнальные звенья OKC7. Эта архитектура показана на рис. 11.8, причем в число используемых протоколов входят SCTP, M3UA или M2UA.

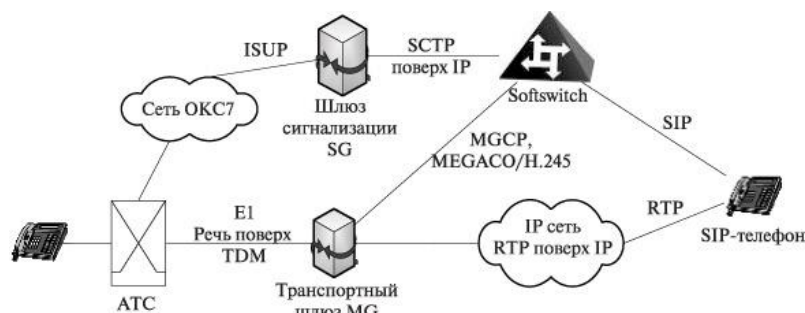


Рис. 11.8. Взаимодействие ОКС7 и архитектуры Softswitch

11.4.5. *Оборудование Softswitch в качестве транзитной станции.* В зонах связи, в которых имеется сегмент транспортной сети на базе технологии коммутации пакетов, оборудование *Softswitch* может использоваться для обеспечения транзита внутризонового трафика в пределах телефонной зоны или для транзита голосового трафика в местной сети связи. При внедрении технологии *Softswitch* обеспечивается повышение эффективности использования существующей транспортной сети с коммутацией пакетов за счет организации передачи по ней голосового трафика.

Внедрение технологии *Softswitch* и технологии пакетной коммутации позволяет параллельно существующей инфраструктуре с коммутацией каналов создать сегмент телефонной сети на базе коммутации пакетов. Вначале этот сегмент может использоваться, например, для пропуска пиковой нагрузки или для организации резервных маршрутов. Также это позволяет отказаться от использования устаревших транзитных станций коммутации и заменить их коммутацией пакетов. Кроме того, при строительстве новых станций коммутации передача транзитной нагрузки между ними также может осуществляться по сети с коммутацией пакетов.

К основным преимуществам внедрения технологий пакетной коммутации и технологии *Softswitch* для организации телефонной нагрузки следует отнести создание сетевой инфраструктуры, которая может стать основой для организации распределенной станции коммутации и платформы для предоставления дополнительных услуг, в том числе для пользователей, подключенных к сети связи по IP. Кроме того, при использовании *Softswitch* возможно уменьшение числа пунктов сигнализации, включая транзитные пункты, в сети ОКС №7.

11.4.6. *Оборудование Softswitch в качестве распределенной оконечной станции коммутации.* Оборудование *Softswitch* может использоваться для подключения сетей абонентского доступа или оконечного (пользовательского) оборудования. Как правило, обеспечивается возможность подключения аналоговых телефонов, ISDN-телефонов, SIP/H.323-телефонов. Оборудование *Softswitch* большинства производителей позволяет обеспечить подключение по интерфейсу V5.

Функции по управлению вызовом – прием и обработка сигнальной информации,

ведение учета стоимости, сбора статистики — обеспечиваются со стороны контроллера управления шлюзами. Функции по коммутации пользовательских соединений обеспечиваются со стороны шлюзов доступа или со стороны оборудования IP-концентраторов в случае SIP/H.323-телефонов.

Оконечные станции коммутации местной сети могут быть заменены оптическими сетями доступа, что дает возможность развивать услуги на базе IP.

К основным преимуществам организации распределенной оконечной станции на базе оборудования *Softswitch* и технологий коммутации пакетов можно отнести следующие:

расширение перечня предоставляемых дополнительных услуг связи, в том числе за счет возможности предоставления услуг IP-Centrex, конвергированных услуг связи, реализуемых на базе шлюзов Parlay и/или серверов приложений;

- возможность создания выносов, которые обеспечивают не только концентрацию абонентских линий, но также высокоскоростной доступ к Интернету и предоставление различных дополнительных и интеллектуальных услуг связи, реализуемых на базе шлюзов Parlay и/или серверов приложений;

- возможность предоставления пользователям делового сектора услуг передачи голосовой информации с использованием технологий VoIP или VoATM. Эти технологии могут использоваться при организации корпоративных сетей и позволяют за счет реализации в шлюзах алгоритмов компрессии речи уменьшить требуемую полосу пропускания в 1,5-4 раза в зависимости от типа используемого кодека;

- возможность предоставления пользователям делового сектора услуг VPN;

- увеличение до необходимого количества точек присоединения для присоединения телефонных сетей взаимодействующих операторов путем установки дополнительных шлюзов;

- упрощение реализации гибкой тарифной политики. Поскольку оборудование *Softswitch* базируется на централизованном управлении установлением/разъединением соединений, существует возможность обеспечить применение гибких тарифных планов в отношении абонентов всей сети, построенной на базе оборудования *Softswitch*, из одной точки.

11.4.7. *Оборудование Softswitch в качестве распределенного SSP.* Оборудование *Softswitch* базируется на технологии распределенной коммутации и позволяет организовать распределенный узел коммутации услуг SSP, который обеспечивает доступ пользователей к интеллектуальным услугам, реализованным в существующих SCP. Функция коммутации услуг (SSF) реализуется за счет совместного функционирования шлюзов и контроллера шлюзов (MGC).

При этом функция интерфейса с SCP и функция управления установлением

соединения при предоставлении интеллектуальных услуг реализуются в MGC. В качестве протокола взаимодействия между SSP и SCP должен использоваться INAP-R.

По сравнению с построением интеллектуальной сети связи на базе классической платформы ИСС организация распределенного SSP на базе оборудования *Softswitch* имеет следующие преимущества:

- минимизация инвестиций на внедрение функции SSF. В "классическом" варианте необходимо либо модернизировать все станции коммутации, в которых должна осуществляться обработка вызовов от пользователей интеллектуальными услугами, либо устанавливать оборудование выделенного SSP в нескольких сетевых точках;
- минимизация инвестиций на расширение функций SSF в случае модернизации или внедрения новых интеллектуальных услуг. В "классическом" варианте модернизировать приходится все точки SSP, в случае распределенного SSP – только функциональность MGC;
- возможность организации доступа к интеллектуальным услугам, реализованным как в сетях, базирующихся на технологии коммутации пакетов, так и в сетях, базирующихся на коммутации каналов, в рамках единой сетевой инфраструктуры;
- возможность предоставления расширенного списка интеллектуальных услуг за счет серверов приложений, управляемых со стороны оборудования *Softswitch*;
- возможность предоставления дополнительных (интеллектуальных) услуг, включая персональную мобильность, конвергированные услуги, требующие интеграции сетей связи.

11.4.8. *Оборудование Softswitch в качестве распределенного узла телематических служб.* В качестве распределенного узла телематических служб оборудование *Softswitch* позволяет:

- создать точки доступа в Интернет;
- предоставлять доступ к услугам местной и внутризональной передачи голосовой информации по сетям передачи данных с использованием нумерации телефонной сети;
- организовать передачу информации по сети передачи данных без использования нумерации телефонной сети (SIP-телефония);
- предоставлять услуги мультимедиа и т.д.

Точки доступа (POP) в сеть Интернет реализуются в шлюзах, обеспечивающих терминирование коммутируемого соединения на сеть передачи данных. Задачей шлюзов в этом случае является преобразование информации, передаваемой в режиме коммутируемого соединения (dial-up) по сети с коммутацией каналов, в пакеты IP. Сервер авторизации доступа (RAS) может входить в состав оборудования *Softswitch* либо может быть реализован как отдельное оборудование.

Доступ к услугам местной и внутризональной передачи голосовой информации по сетям

передачи данных с использованием нумерации телефонной сети может быть организован с использованием телефонных карт. В этом случае в оборудовании *Softswitch* должен быть реализован алгоритм распознавания дополнительной адресной информации, применяемой для идентификации вызываемого абонента.

Для предоставления услуг передачи информации по сети передачи данных без использования нумерации телефонной сети (IP-телефонии) необходимо обеспечить преобразование имен или адресов пользователей в адреса IP. Для этого может быть использована система ENUM (система единых коммуникационных номеров), позволяющая по URI (единообразный идентификатор ресурсов) определить адрес IP.

Предоставление услуг мультимедиа ориентировано на пользователей, использующих терминалы мультимедийных сетей (SIP/H.323). Основными приложениями мультимедиа в настоящее время являются: мультимедийные конференции, услуги аудио и видео по запросу, игры. Предоставление услуг мультимедиа реализуется за счет использования серверов мультимедиа, устанавливаемых в сети на базе коммутации пакетов.

Основным преимуществом использования решений на базе *Softswitch* при построении распределенного узла телематических служб является возможность использования единой сетевой инфраструктуры для предоставления существующих и перспективных телематических услуг. При этом обеспечивается:

- возможность гибкого внедрения новых дополнительных услуг за счет наличия в шлюзах Parlay стандартных прикладных интерфейсов;
- возможность обеспечения роуминга услуг за счет взаимодействия шлюзов Parlay, установленных в разных сетях с сервером приложений, в котором реализована услуга;
- возможность гибкой тарифной политики;
- централизованный сбор тарифной и статистической информации;
- уменьшение эксплуатационных расходов за счет централизации точки контроля за предоставлением услуг.

Необходимо отметить, что в зависимости от производителя оборудование *Softswitch* может быть ориентировано на одно или на несколько из вышеперечисленных применений. Наибольший эффект от сети на базе оборудования *Softswitch* может достигаться только при наличии сети с коммутацией пакетов, обеспечивающей гарантированное качество обслуживания при передаче голосовой информации. При этом оборудование *Softswitch* должно позволять использовать его в нескольких сетевых сценариях, а именно, в качестве транзитной станции коммутации и местной оконечной станции коммутации и также в качестве платформы для предоставления дополнительных (интеллектуальных и телематических) услуг.