

**Кафедра організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт
Національного університету цивільного захисту України**

ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Конспект лекцій

Укладач: Л.В.Борисова

Харків 2017

ЛЕКЦІЯ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

План

Вступ

1. Мережі операторів.
2. Інтернет-сервіс-провайдинг.
3. Мережі підприємств і установ.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Рівень інформатизації будь-якої країни, ступінь її залучення до глобального інформаційного суспільства, визначається розвитком інформаційних комунікацій. Основу інформаційних комунікацій формують інформаційні мережі, які базуються на телекомунікаційних мережах. На шляху еволюційного розвитку телекомунікаційних мереж виокремлюють три етапи: аналоговий, цифровий та етап телекомунікаційно-комп'ютерної інтеграції.

Перший етап характеризує епоху аналогової телефонії, де середовищем передавання переважно були мідні кабелі. Багатоканальні системи передавання будували за принципом частотного розподілу телефонних каналів. Розподіл інформації здійснювався за принципом комутації каналів із телекомунікаційно-комп'ютерної інтеграції ознаменувався успіхами як у галузі електроніки, так і комп'ютерних технологій. Створення високопродуктивних, малогабаритних комп'ютерів, інтеграція їх із використанням електромеханічних (декадно-крокових, координатних) або в кращому випадку квазіелектронних автоматичних телефонних станцій.

Зародження етапу цифрового зв'язку розпочато з моменту формулювання та доведення теореми Котельникова (1933 рік) та розробки основ теорії потенційної завадостійкості (1946 рік). Досягнення мікро-, нано- та оптоелектроніки уможливили створення апаратури цифрового зв'язку. Із появою нових телекомунікаційних технологій, орієнтованих на пакетний спосіб передавання інформації (оптичне волокно, радіочастотний ресурс) та забезпечення мобільності зв'язку, виникла необхідність суттєво підвищити продуктивність, ефективність та якість обслуговування телекомунікаційних мереж.

Етап телекомунікаційної-комп'ютерної інтеграції означений успіхами як у галузі електроніки, так і комп'ютерних технологій. Інтеграція комп'ютерів з телекомунікаціями у якості термінальних і комунікаційних пристроїв, а також досягнення в галузі інформаційних технологій стали підґрунтям створення інформаційних мереж. Це дало змогу накопичувати в електронному вигляді, зберігати й обробляти значні ресурси інформації та надавати її користувачам за їх запитом у зручний для них час.

1.1. Мережі операторів

В умовах ринкової економіки суб'єктами підприємницької діяльності у галузі телекомунікацій виступають *мережеві оператори та сервіс-провайдери* (постачальники послуг). Вони забезпечують побудову мереж зв'язку *загального користування – публічних мереж*.

Телекомунікаційна мережа загального користування означає системи передавання і, у відповідних випадках, комунікаційне обладнання та інші ресурси, що дозволяють передавати сигнали між визначеними кінцевими пунктами за допомогою телеграфу, радіо, оптичних чи інших електромагнітних засобів, які використовуються повністю чи частково, для надання загальнодоступних телекомунікаційних послуг. Телекомунікаційна послуга означає послуги, надання яких повністю чи частково полягає в переданні та маршрутизації сигналів у телекомунікаційних мережах, за винятком радіо- та телевізійного мовлення (Директива Європейського парламенту і Ради від 15 грудня 1997 р. № 97/66/ЄС стосовно оброблення персональних даних і захисту права на невтручання в особисте життя в телекомунікаційному секторі).

Окремим класом виділяють *мережі підприємств*, що належать компаніям та установам, бізнес-інтереси яких, виходять за межі ринку телекомунікацій.

Оператор мережі – це оператор інфраструктури телекомунікацій загального користування, що дозволяє передачу сигналів між визначеними пунктами призначення всередині мережі за допомогою телефонного зв'язку, мікрохвиль, оптичних засобів чи інших електромагнітних засобів [с.15].

Постачальник послуг мережі – це фізична чи юридична особа, яка займається наданням послуг у сфері телекомунікацій загального користування, забезпечення яких цілком або частково полягає в передачі сигналів всередині мережі зв'язку [с.16].

Зв'язок – будь-яке з'єднання (стаціонарне чи тимчасове), яким може передаватися інформація між двома чи більше користувачами системи передачі даних [с.15].

Інформація про передачу даних між пунктом призначення та мережею чи іншим користувачем включає в себе інформацію про передачу, що використовується для встановлення зв'язку та контролю за його розвитком (наприклад, утримання запиту, передача запиту). Інформація про зв'язок також

включає в себе інформацію доступну для оператора мережі/постачальника послуг мережі (наприклад, тривалість зв'язку) [с. 17].¹

Послуги з транспортування інформації, які надаються оператором мережі як кінцевим користувачам мережі, так і іншим операторам мережі, забезпечуючи їх транзитною можливістю з передачі трафіку через свої мережі, називаються *телекомунікаційними послугами*.

Основним завданням телекомунікаційних послуг є забезпечення можливості віддаленорозташованих об'єктів обмінюватися інформаційними повідомленнями. Створюючи мережу загального користування, оператор зобов'язаний забезпечити в будь-якому місці мережі, до якого під'єднані кінцеві пристрої, *стандартний інтерфейс* (точку з'єднання). Розрізняють операторів *фіксованого* та *мобільного* (стільникового) зв'язку.

Оператори фіксованого зв'язку організують стаціонарні мережі, в яких комунікаційне обладнання та пристрої користувачів розміщуються в стаціонарних пунктах мережі.

Оператори мобільного зв'язку створюють мережеве покриття території, розміщуючи свої базові станції за стільниковою схемою в стаціонарних або рухомих пунктах, забезпечуючи тим самим можливість вільного переміщення абонентів у зоні покриття.

Серед основних тенденцій розвитку ринку стільникового зв'язку є поява *віртуальних² операторів*. Це компанії, не маючи власних мережевих ресурсів, займаються маркетинговою діяльністю, реалізуючи клієнтам під своєю торговою маркою у вигляді пакетів популярних послуг на основі гнучкої тарифної сітки. Для операторів фіксованих мереж комплексних рішень щодо розширення послуг є надання мобільного доступу своїм абонентам. Операторові мобільного зв'язку фіксована мережа дозволяє стати постачальником повного набору послуг.

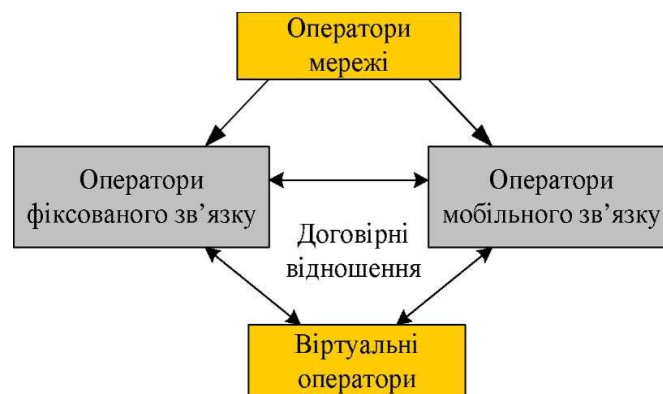


Рис. 1– Класифікаційна схема взаємодії між операторами

¹ Офіційний переклад нормативних актів Євросоюзу в сфері інформаційно-комунікаційних технологій. Громадська організація ІНТЕРНЬЮЗ-УКРАЇНА. – Київ, 2000. – 219 с.

² Віртуальний [virtualis – лат.] – можливий, такий, що може або повинен проявитися при певних умовах, але в реальності не існуючий; створений на екрані комп'ютера, відтворений комп'ютерним обладнанням. Новейший словарь иностранных слов и выражений. – М.: Современный литератор, 2003. – с. 177 .

1.2. Інтернет-сервіс-провайдинг

Розвиток Інтернету сприяв зростанню такому виду мережевих послуг як *інтернет-сервіс-провайдинг*. Унікальність Інтернету (глобальної *інформаційної мережі*) полягає в неосяжному наповненні інформаційними ресурсами та широкому застосуванні інформаційних технологій, таких як *накопичення, зберігання, обробка інформації* та подання її у формі *Web-сторінок*.

Інформаційні послуги Інтернету полягають у тому, щоб забезпечити користувачів можливістю пошуку в мережі найрізноманітнішої інформації (*контенту*). В Інтернеті, технологічною особливістю якого є пакетний спосіб передачі інформації, можливою є організація різних служб, найпоширенішою серед яких електронна пошта.

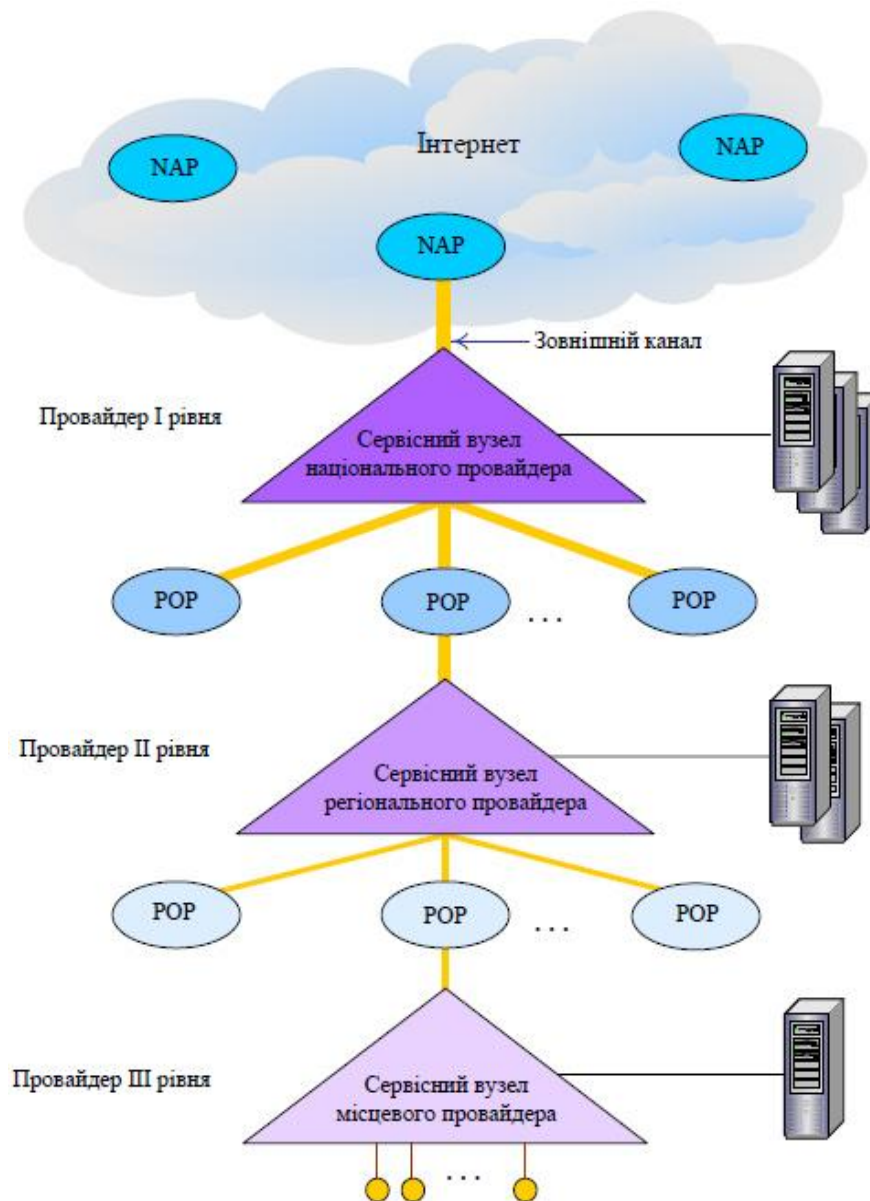


Рис. 2 – Інтернет-сервіс-провайдер

Діяльність сервіс-провайдерів зосереджена на організації сервісних вузлів, за допомогою яких реалізується доступ користувачів до різних мережевих служб та інформаційних ресурсів як даного вузла, так і віддалених вузлів Інтернету. Постачальники послуг (провайдери) також є споживачами телекомунікаційних послуг (послуг з транспортування інформації), які надаються мережевими операторами.

Функціонуюча мережа «провайдерського класу» створюється:

– сервісним вузлом *провайдера місцевого рівня* (рівень III) зовнішнім каналом, орендованим у мережевого оператора, під'єднуються *точки мережевої присутності* (Point of Presence, POP), у якій розміщується обладнання мережевого доступу регіонального провайдера;

– *регіональним провайдером* (рівень II), який розміщує в своєму регіоні кілька точок мережевої присутності, забезпечуючи користувачів місцевих провайдерів доступом як до своїх інформаційних ресурсів (свого сервісного вузла), так і до зовнішніх ресурсів Інтернету.

– регіональний провайдер, орендує канал у мережевого оператора, під'єднується до мережі доступу *національного провайдера* (рівень I). І тільки національний провайдер має право під'єднання до *точки мережевого доступу* (Network Access Point, NAP). NAP – це міжнаціональні точки доступу в Інтернет.

1.3. Мережі підприємств та установ

Мережами підприємств, або приватними мережами, називають мережі, які належать установам і компаніям.

Відмінною особливістю приватних мереж є те, що всі ресурси мережі використовуються виключно співробітниками підприємства, яке є власником мережі. Під терміном «приватна» мережа розуміють також *закриту мережу*, призначену для конфіденційного зв'язку.

Поєднання комп'ютерів у мережу дозволяє підприємству оптимізувати його інформаційну інфраструктуру (роботу програм, устаткування, баз даних, тощо), що в результаті підвищує ефективність процесу в цілому.

Залежно від масштабу виробничого підрозділу, в межах якого діє мережа, розрізняють *мережі робочих груп, мережі відділів, мережі кампусів* (невелике містечко) і *корпоративні мережі*.

Мережі робочих груп зазвичай характеризуються малою кількістю робочих місць (до 10) та використовуються невеликими групами співробітників підприємства, які виконують спільне виробниче завдання. Метою створення мережі в даному випадку є поділ дорогого периферійного обладнання та даних, спільне використання застосувань, а також надання універсальних засобів комунікацій як для внутрішнього, так і зовнішнього зв'язку (рис. 3).

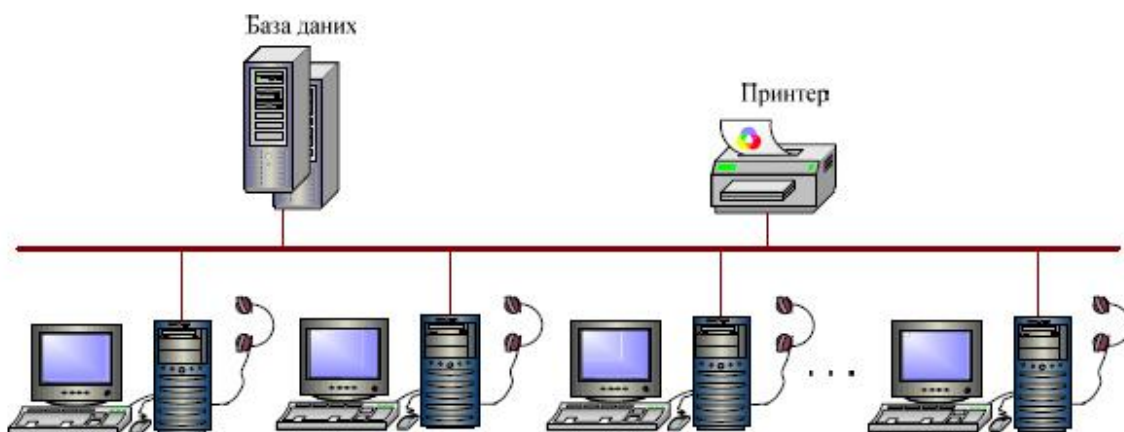


Рис. 3 – Мережа та робочі групи

Мережі відділів можуть об'єднувати від 30 до 100 робочих місць і призначені для забезпечення спільної роботи співробітників одного відділу (рис. 4), співробітники яких вирішують ряд взаємопов'язаних завдань. Завдяки мережі забезпечується робота в режимі розподілу лазерних принтерів, модемів, інформаційних ресурсів відділу та мережевих застосувань.

Комп'ютерно-телефонна інтеграція зумовила появу нових ознак, властивих сучасним мережам відділів: робочі місця співробітників поповнилися спеціалізованими телефонними апаратами, під'єднаними до послідовних портів персональних комп'ютерів (ПК). Крім того з'явилася можливість емуляції телефонного апарата за допомогою плат розширення в стандарті *програмного інтерфейсу телефонного застосування*.

Факс як необхідний елемент офісу або відділу завдяки новим стандартам інтегрувався в телефонно-комп'ютерну систему.

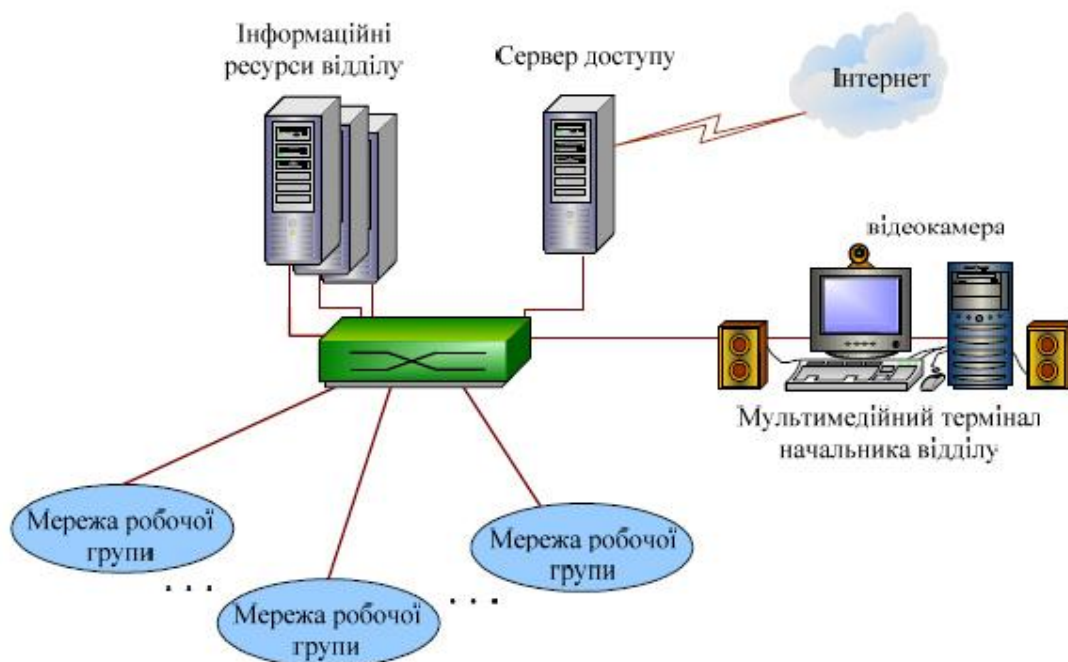


Рис. 4 – Мережа відділу

Мережі нового типу засновують як на базі УАТС (з використанням станцій Ніcom, Siemens), так і на базі технологій IP-мереж, що забезпечує можливість створення гібридних застосувань, наприклад, уніфікований обмін повідомленнями.

Мережа будівлі або кампусу об'єднує мережі різних відділів великого підприємства. Мережі відділів можуть розташовуватися як у межах одного багатоповерхового будинку, так і в декількох будинках, розміщених неподалік один від одного, які утворюють *кампус* (невелике містечко) (рис. 5).

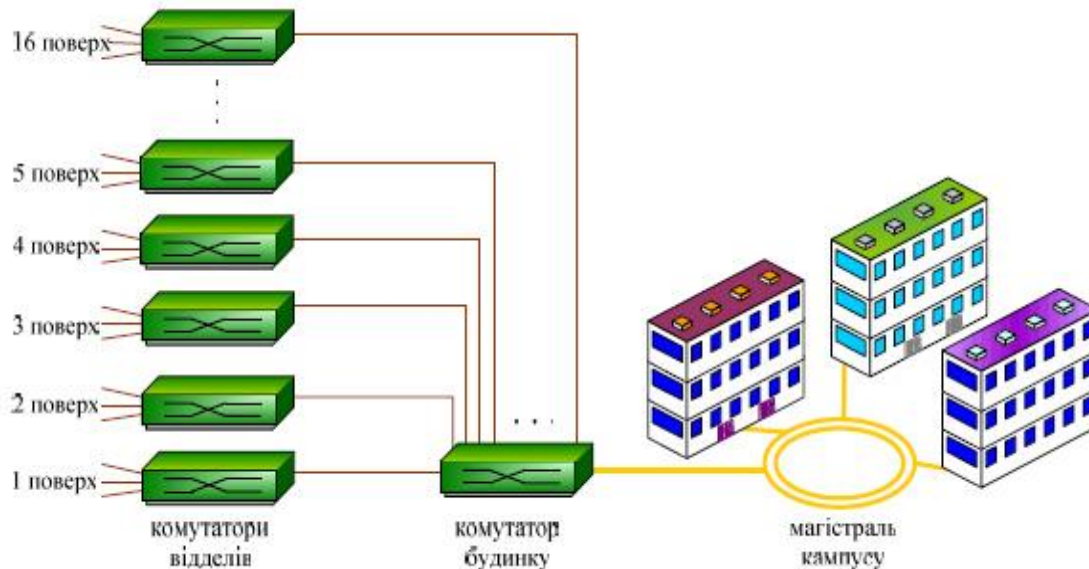


Рис. 5 – Мережа кампусу

Мережі кампусів налічують декілька сотень комп'ютерів, які використовують спеціальні служби мережевої взаємодії, що забезпечує доступ до загальних баз даних підприємства, високошвидкісних модемів та ін.

Кампусна мережа може складатися з різних типів комп'ютерів, неоднорідного апаратного й програмного забезпечення, різних мережевих технологій, що є прикладом *гетерогенного* мережевого середовища. Це створює проблему, пов'язану зі складністю керування кампусними мережами і вимагає високої кваліфікації мережевих адміністраторів.

Корпоративні мережі належать великим компаніям, які складаються з головної штаб-квартири (центрального офісу), а також віддалених філій в інших містах, країнах і навіть на різних континентах. Кількість користувачів і комп'ютерів у такій мережі досягає декількох тисяч.

Підрозділи корпорації можуть мати різний масштаб: від малого з одним або кількома працівниками компанії до філії масштабу кампусу, а тому об'єднання мереж корпоративних підрозділів є можливим лише з використанням *зовнішніх телекомунікацій* які, не належать даному підприємству (рис. 6).

Корпоративна мережа може обслуговувати не лише підрозділи однієї великої компанії, але й певну групу користувачів (основні клієнти компанії). Санкціонований доступ до корпоративної мережі має лише *обмежений контингент* користувачів, група конкретних осіб.

Корпоративні мережі включають усю комунікаційну інфраструктуру, що забезпечує взаємодію між користувачами:

- різні типи термінальних пристроїв;
- кабельні системи в місцях розташування офісів;
- глобальні комунікації на базі ресурсів мережевих операторів;
- функціональні елементи керування мережею.

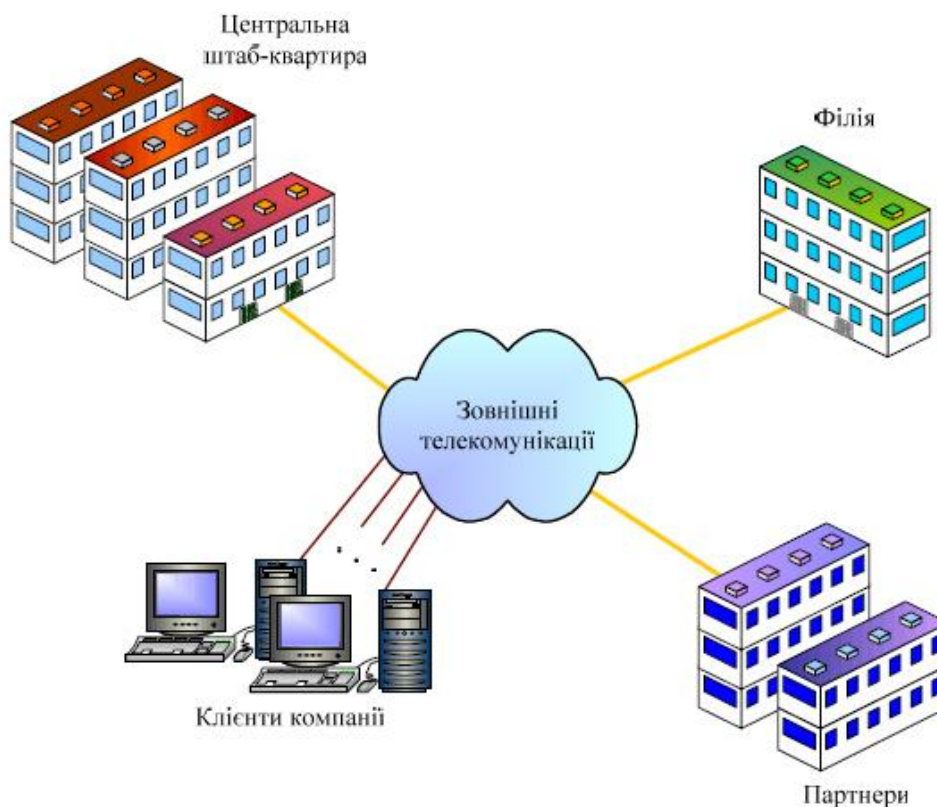


Рис. 6 – Корпоративна мережа

Оскільки об'єкти нерухомості, в яких інсталиються мережі, поділяються на виробничі будівлі та житловий сектор, розрізняють *мережі офісного типу*, *неофісного типу*, а також *мережі малих офісів* і *домашні мережі*.

Мережі офісного типу монтують на об'єктах, споруджених з урахуванням специфічних виробничих умов – підприємства, банки, установи, органи державного управління, які мають у своєму розпорядженні розвинену комунікаційну інфраструктуру на основі спеціально виділених для цього кабелів зв'язку та відповідного комунікаційного устаткування. Відмінною особливістю мереж офісного типу є те, що кабельна розводка для них будується практично завжди у формі *структурованих кабельних систем (СКС)*. Реалізації таких систем, які є технічними об'єктами, закріплено відомими національними й міжнародними стандартами.

Мережі неофісного типу характеризуються слабкострумовою кабельною розводкою, великою кількістю працюючих в системі застосувань (телефонії, охоронної сигналізації, відеоспостереження та ін.) у поєднанні з ефірним і кабельним телебаченням.

Сектор малих офісів містить об'єкти неофісного типу, такі, як мережі малих фірм і домашні мережі. Особливістю цього сектору є мала кількість працівників або тих співробітників підприємства, які працюють вдома та взаємодіють з центральним офісом. Організація такої взаємодії об'єднана загальним поняттям «*віддалений доступ*».

Висновки

Інформація про передачу даних між пунктом призначення та мережею чи іншим користувачем включає в себе інформацію про передачу, що використовується для встановлення зв'язку та контролю за його розвитком (наприклад, утримання запиту, передача запиту). Інформація про зв'язок також включає в себе інформацію доступну для оператора мережі/постачальника послуг мережі (наприклад, тривалість зв'язку) [с. 17]³.

У спеціальній літературі й міжнародних документах *відомості про проходження інформації* іменуються як «історичні дані», «дані про потоки» або «дані про потоки інформації» і вказують на джерело, призначення, шлях або маршрут, час, дату, розмір, тривалість чи тип мережевого сервісу.

ЛЕКЦІЯ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

План

Вступ

1. Телекомунікаційна мережа.
2. Параметри ефективності телекомунікаційної мережі.
3. Інформаційна мережа.
4. Конвергенція мереж, технологій та послуг.
5. Інфокомунікаційна мережа.
6. Глобальна інформаційна інфраструктура.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К. : Техніка, 2001.— 392 с.

³ Офіційний переклад нормативних актів Євросоюзу в сфері інформаційно-комунікаційних технологій. Громадська організація ІНТЕРНЬЮЗ-УКРАЇНА. – Київ, 2000. – 219 с.

Вступ

Сучасні мережі зв'язку є складними штучними системами. Вивчення та дослідження мереж доцільно здійснювати в двох аспектах:

- телекомунікаційні мережі;
- інформаційні мережі.

2.1. Телекомунікаційна мережа

Загальне поняття «телекомунікації» базується на уявленні про засоби, які дозволяють організувати зв'язок між двома і більше віддаленими пунктами. «Теле-» в перекладі з давньогрецької означає «далеко».

Телекомунікації – будь-яка передача знаків, сигналів, записів, образів, звуків, інформації чи свідчень будь-якого характеру, що передаються повністю або частково за допомогою телефонного зв'язку, радіо, електромагнітної, фотоелектронної чи фотооптичної системи [с. 17].⁴

Секція телекомунікацій *Міжнародного союзу електрозв'язку* у Рекомендаціях серії I (I.110, I.112) визначає термін «*телекомунікації*» як сукупність засобів, які забезпечують перенесення інформації, поданій у необхідній формі, на значну відстань за допомогою поширення сигналів в одному з середовищ (міді, оптичному волокні, ефірі) або сукупності середовищ.

Засоби телекомунікацій є лінії зв'язку, пристрої з'єднання середовищ, системи передачі, комунікаційні пристрої мережі, обладнання сигналізації, синхронізації та ін.

Ґрунтуючись на цих поняттях, дамо визначення телекомунікаційній мережі.

Телекомунікаційна мережа (ТК) – це системоутворююча сукупність засобів телекомунікацій, що надає територіально віддаленим об'єктам можливість інформаційної взаємодії шляхом обміну сигналами (електричними, оптичними або радіо).

Об'єктами при цьому можуть виступати:

- термінальні пристрої користувачів;
- кінцеві системи мережі;
- окремі мережі.

Кінцем (*інтерфейсною точкою*) *телекомунікаційної мережі* є або телекомунікаційний роз'єм, до якого під'єднано пристрій користувача (мережевий інтерфейс), або кінцеве мережеве обладнання, яке забезпечує з'єднання мереж (міжмережевий інтерфейс) (рис. 7).

⁴ Офіційний переклад нормативних актів Євросоюзу в сфері інформаційно-комунікаційних технологій. Громадська організація ІНТЕРНЬОУЗ-УКРАЇНА. – Київ, 2000. – 219 с.

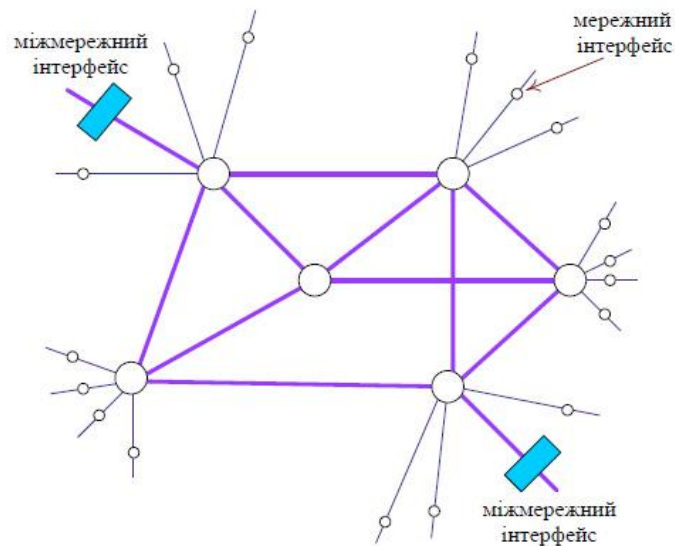


Рис.7 – Телекомунікаційна мережа

Транспортування інформації означає *перенесення інформації*, перетвореної в сигнал з кінця в кінець, тобто від джерела до одержувача. Його слід відрізняти від терміна «*передача*», під яким розуміється *процес поширення сигналу* у фізичному середовищі між двома суміжними пунктами мережі.

Транспортуючи інформацію, необхідно контролювати такі важливі мережеві функції, як якість обслуговування з кінця в кінець, керування потоками з метою запобігання перевантажень у мережі та ін.

Телекомунікаційні мережі можна класифікувати за:

- типом режиму перенесення інформації (синхронні, асинхронні);
- технологічними характеристиками (середовищем передавання, заданою шириною смуги пропускання, якістю передавання сигналів, швидкістю передавання та ін.).

2.2. Параметри ефективності телекомунікаційної мережі

Телекомунікаційні мережі характеризують за показниками, які відображають у цілому *можливість і ефективність транспортування інформації*. Можливість транспортування інформації в телекомунікаційній мережі пов'язана зі ступенем її функціональності в часі, тобто виконанням заданих функцій в повному обсязі з необхідним рівнем якості протягом певного періоду експлуатації мережі або в конкретний момент часу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттями *надійності* та *живучості*.⁵

Надійність мережі зв'язку характеризується здатністю забезпечувати зв'язок, зберігаючи в часі значення встановлених показників якості в заданих умовах експлуатації. Вона відображає вплив на працездатність мережі передусім внутрішніх чинників:

⁵ Різниця між цими поняттями зумовлена відмінностями причин та факторів, які порушують нормальну роботу мережі, та специфікою порушень.

– випадкових відмов технічних засобів, спричинених процесами старіння;

– дефектами технології виготовлення;

– помилками обслуговуючого персоналу.

Наприклад, показниками надійності є відношення часу працездатності мережі до загального часу її експлуатації, ймовірність безвідмовного зв'язку та ін.

Важливим показником є також кількість незалежних шляхів передавання інформаційного повідомлення, які можуть бути визначені між парою пунктів мережі.

Живучість мережі зв'язку характеризується здатністю зберігати повну або часткову функціональність під впливом руйнуючих причин, які виникають поза межами мережі й призводять до виходу з ладу чи значних пошкоджень деякої частини її елементів (пунктів і ліній зв'язку). Виокремлюють два типи таких причин: *стихійні* й *навмисні*.⁶

Живучість мережі характеризують показники, які визначають:

– вірогідність того, що між будь-якою заданою парою пунктів мережі можна передати обмежений обсяг інформації після впливу руйнівних факторів;

– мінімальну кількість пунктів, ліній мережі (або тих та інших), вихід з ладу яких призводить до порушення зв'язності мережі відносно довільної пари пунктів;

– середню кількість пунктів, які залишаються зв'язними при одночасному пошкодженні декількох ліній зв'язку та ін.

Пропускна здатність мережі. У тих випадках, коли мережа не може обслуговувати (реалізувати) необхідне навантаження, говорять про обсяг реалізованого навантаження в мережі.

Величина реалізованого навантаження в мережі визначає її *пропускну здатність* і в ряді випадків може бути оцінена кількісно. Оцінка пропускну здатності мережі значною мірою пов'язана з параметрами якості обслуговування, тому що реалізація конкретного навантаження має здійснюватися відповідно до заданих параметрів якості.⁷

Якість обслуговування визначається сукупністю показників, які вказують на рівень відповідності телекомунікаційної мережі нормам експлуатації та вимогам користувачів.

2.3. Інформаційна мережа

Поняття «*інформаційна мережа*» передбачає розгляд телекомунікаційної мережі в сукупності зі взаємодіючими за допомогою неї об'єктами. У такому

⁶ До стихійних чинників відносяться: землетрус, повинні та інші форсмажорні обставини, до навмисних – пошкодження мережі в наслідок злочинних дій.

⁷ Наприклад, можна визначити величину максимального потоку інформації між двома пунктами (джерело-стік), або пропускну спроможність перетину мережі, що є найвужчим місцем при поділі мережі між джерелом і стоком на дві частини.

розумінні *інформаційна мережа* – це «навантажена» телекомунікаційна мережа.

Поняття «інформаційна мережа» відображає *інформаційні процеси*, які протікають в мережі в результаті взаємодії кінцевих систем, під'єднаних до телекомунікаційної мережі.

Інформаційні процеси в мережі можна поділити на дві групи: *прикладні процеси* та *процеси взаємодії*.

Прикладні процеси ініціюються кінцевими системами під час запуску програм користувача, які ще називаються *застосуваннями*.

Процеси взаємодії – це процеси в мережі, призначені для обслуговування прикладних процесів.⁸ Прикладні процеси та процеси взаємодії підтримуються *мережевими операційними системами* (МОС).

Кінцеві системи інформаційної мережі класифікуються таким чином:

- *термінальні системи* – комп'ютери користувачів мережі;
- *хостингові системи* – комп'ютери, на яких розміщено інформаційні та програмні ресурси мережі;
- *сервери* – комп'ютери, на яких інстальоване спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє надавати мережеві сервіси.⁹ Серверний комп'ютер, залежно від можливості його операційної системи, може бути налаштований як для роботи в режимі хосту (інформаційний сервер), так і в режимі комунікаційного пристрою (наприклад, шлюзу);
- *адміністративні системи* – комп'ютери, які забезпечують роботу застосувань керування мережею та окремих її частин.

Інформаційні ресурси формуються і використовуються на основі всіх соціальних процесів, усіх форм власності та різних способів організації суспільно корисної діяльності. Процеси перетворення та реалізації знань через матеріалізацію інформаційного ресурсу отримують розвиток за рахунок високих інформаційних технологій, а для отримання і збереження переваг в умовах конкуренції кожна дія в інформаційному середовищі буде мати значний вплив у світі фізичних ресурсів: предметних, фінансових – і в різних абстрактних галузях.

Усе це систематизується в мережевих банках даних, з якими взаємодіють користувачі мережі. Ці ресурси визначають споживчу цінність інформаційної мережі, тому їх необхідно:

- постійно створювати та поповнювати;
- вчасно архівувати та оновлювати;
- користування мережею повинно забезпечувати можливість отримання актуальної інформації саме тоді, коли в ній виникає необхідність.

⁸ Наприклад, визначення форматів подання інформації для передачі мережею, встановлення режимів передавання даних, визначення маршрутів просування інформації та ін.

⁹ Наприклад, керування доступом для великої кількості користувачів до інформаційних ресурсів, пристроями колективного користування (принтерів, плотерів), реєстрація користувачів та контроль за їх правами доступу в мережу та ін.

Ресурси обробки та зберігання даних – це продуктивність процесорів та обсяги пам'яті комп'ютерів, які працюють у мережі, а також час, протягом якого вони використовуються.

Програмні ресурси – мережеве програмне забезпечення (ПЗ):

- мережеві операційні системи, серверне ПЗ, ПЗ робочих станцій;
- прикладне ПЗ;
- інструментальні засоби: утиліти, аналізатори проходження трафіку, засоби мережевого контролю, програми додаткових функцій, основними серед яких є виписка рахунків, облік оплати послуг, навігація (забезпечення пошуку інформації в мережі), обслуговування мережевих електронних поштових скриньок, організація мостів для телеконференцій, перетворення форматів переданих інформаційних повідомлень, криптозахист інформації (кодування й шифрування), автентифікація (електронний підпис документів, що засвідчує їх справжність).

Комунікаційні ресурси – це ресурси, які беруть участь у транспортуванні та перерозподілі потоків інформації в мережі (ресурси телекомунікаційної мережі), основними з яких є пропускні спроможності ліній зв'язку та устаткування вузлових пунктів, а також їх використання під час взаємодії користувача з мережею. Вони класифікуються відповідно до використаного середовища передачі та телекомунікаційної технології. Ресурси інформаційної мережі можуть використовуватися одночасно кількома прикладними процесами, тобто *розділятися в часі*.

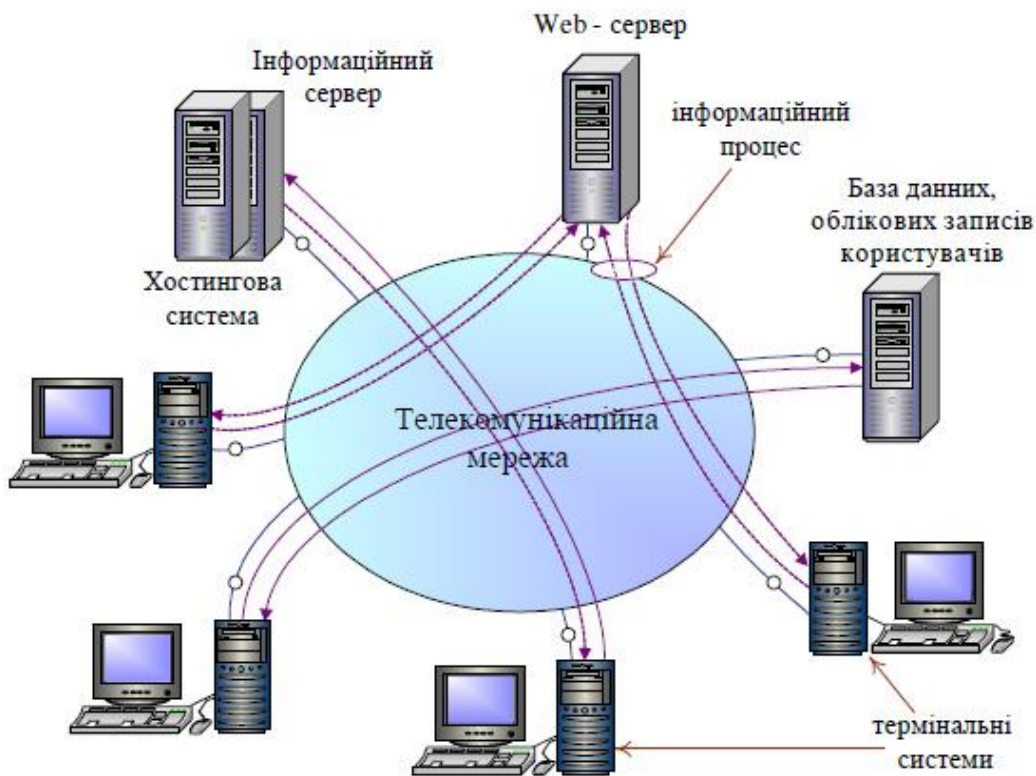


Рис. 8 – Інформаційна мережа

Ресурси інформаційної мережі дозволяють:

- виконувати обробку інформації;
- забезпечувати ефективний пошук її в будь-якому місці мережі;
- уможлиблюють її накопичення й зберігання.

Отже, під *інформаційною мережею* як *фізичним об'єктом* розуміють *сукупність територіально розрізаних кінцевих систем, об'єднаних телекомунікаційною мережею, за допомогою якої забезпечуються взаємодія прикладних процесів, активізованих в кінцевих системах, та їх колективний доступ до ресурсів мережі.*

Уся інтелектуальна робота в інформаційній мережі виконується на перефії, тобто в кінцевих системах мережі, а телекомунікаційна мережа, займаючи центральне положення є з'єднувальним компонентом (рис. 8) Телекомунікаційна мережа у складі інформаційної мережі виконує функції *транспортувальної системи.*

Поняття інформаційна мережа зосереджує увагу на *інформаційних процесах*, які виникають у мережі під час взаємодії кінцевих систем через телекомунікаційну мережу. Опис цієї взаємодії демонструє всю складність організації зв'язку в мережі як у режимі «запит-відповідь», так і в реальному масштабі часу. Основною вимогою, якій має відповідати інформаційна мережа, є забезпечення користувачів *ефективним доступом до ресурсів, які можуть розділятися* (тобто колективного використовуватися). Усі інші вимоги – пропускна здатність, надійність, живучість – лише забезпечують якісне виконання цієї основної вимоги.

Параметри оцінки ефективності інформаційної мережі визначаються рівнем продуктивності інформаційної мережі як системи розподільчих ресурсів складаються з:

- часу реакції мережі;
- затримки передачі;
- варіації затримки передачі;
- прозорості.

Час реакції мережі визначається як інтервал часу між поданням запиту користувача до певної мережевої служби (наприклад, передачі файлів) і отримання відповіді на цей запит. Значення цього показника залежать від:

- типу служби, до якої звертається користувач;
- до якої категорії належить користувач;
- продуктивності сервера, куди він звертається;
- ступеня завантаженості елементів мережі через які проходить запит.

Затримка передачі визначається як час між моментом надходження пакету даних на вхід будь-якого мережевого пристрою або фрагмента мережі і моментом виходу з неї тобто визначаються етапи тимчасової обробки пакетів при проходженні їх мережею. При цьому продуктивність мережі оцінюється максимальною затримкою передачі та варіацією затримки.

Варіація затримки (джитер затримки) характеризує коливання затримки в часі. Великий діапазон в значеннях затримки негативно позначаються на

якості наданої користувачеві інформації при передаванні чутливих до затримки видів трафіку таких як відеодані, мовленнєвий трафік.

Прозорість характеризується властивістю мережі приховувати від користувача принципи її внутрішньої організації. Для роботи з віддаленими ресурсами мережі користувач повинен використовувати ті ж самі команди й процедури, що й для роботи з ресурсами свого комп'ютера.

2.4. Конвергенція мереж, технологій та послуг

Мережі зв'язку класифікують відповідно до категорій послуг, які надаються, основними серед яких є такі:

- телекомунікаційні або транспортні послуги;
- інформаційні послуги.

Комп'ютери мережі як розподільчі системи обробки даних забезпечують можливість автоматизованої обробки, накопичення й зберігання в мережі будь-якої інформації, що є продуктом інтелектуальної діяльності суспільства, й видачі її на запит користувача в необхідній формі, розширюючи спектр інформаційних послуг.

Передача комп'ютерних даних засобами телефонних комунікацій або передача мовного трафіку з використанням пакетного режиму переносу інформації ускладнює та видозмінює звичну у минулому класифікацію мереж зв'язку за типом переданих інформаційних повідомлень. Сьогодні відбувається взаємопроникнення різних за походженням і принципами роботи мереж (мережі передачі комп'ютерних даних і мережі передачі мовного (телефонного) трафіку), що свідчить про *конвергенцію*¹⁰ мереж.

Під конвергенцією в телекомунікаціях розуміють забезпечення практично однакових наборів послуг різними за технологічними можливостями мереж, або об'єднання кінцевих пристроїв, таких, як телефон, персональний комп'ютер і TV-приймач у єдиний термінал.

Конвергенція передбачає створення *конвергентних систем зв'язку* на основі злиття мереж, які відрізняються цілим рядом ознак:

- використання різних телекомунікаційних технологій;
- локальні й територіальні мережі;
- проводові та безпроводові мережі;
- стаціонарні та мобільні мережі;
- мережі доступу та транспортні мережі.

Конвергенція послуг завжди припускає певний рівень конвергенції в технічних системах, які забезпечують ці послуги.

Конвергенція послуг слугує:

- до значного збільшення можливостей однієї окремо взятої послуги (наприклад, у мультимедійні комунікації);

¹⁰ Від англ. converge – зближення, сходження в одну точку. Конвергенція зумовлена прагненням мати однорідну інфраструктуру для тих чи інших послуг, навіть коли ці послуги підтримуються різними технічними рішеннями. Ці рішення можуть бути засновані на телекомунікаційних або інформаційних технологіях.

– *передачі мови пакетами*: коли окремі сегменти телефонної мережі заміщуються мережами передачі даних, які забезпечують також і транспортування мови;

– *надання Інтернет-послуг* через лінії доступу телефонної мережі (взаємодія між телефонною мережею та Інтернетом на межі телефонної мережі).

– *стирання меж між фіксованими та мобільними мережами* (інтеграція комутаторів для провідних і мобільних радіомереж (комбінований комутатор));

– *отримання абонентами послуг* у разі будь-якого доступу до мережі.

Закономірним результатом загальних процесів конвергенції є *комп'ютерно-мережева інтеграція*: саме розвиток обчислювальної техніки та її архітектури став підґрунтям розробки принципів та системних рішень, запроваджених в сучасних мережах.

Помітними також є фактори зворотного впливу. Необхідність передавання даних на значні відстані призвела до *використання існуючих телекомунікацій як транспортного середовища* при об'єднанні локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) та взаємодії їх з віддаленими комп'ютерами. Комп'ютер, у свою чергу, використовують не тільки як термінальний пристрій, але й як транзитний вузол телекомунікаційної мережі, який поєднує різних користувачів мережі, використовуючи мережеві процедури маршрутизації.

Доцільним є використання в локальних мережах телекомунікаційної технології асинхронного режиму перенесення (ATM), що забезпечує передачу різнотипного трафіку необхідної якості.

На сьогодні в комп'ютерно-телефонній інтеграції виокремлено два підходи: комп'ютерний і телефонний:

– *комп'ютерний*, в основі якого лежить концепція підтримки додаткових послуг підвищеної якості для бізнес-користувачів, яка орієнтована на конвергенцію комунікаційних та інформаційних послуг. Комп'ютерний підхід спрямовано на обслуговування великої кількості викликів шляхом організації спеціалізованого операторського центру, що забезпечує інтелектуальні й автоматизовані комунікаційні послуги, які підтримуються за допомогою складних програмних застосувань, інстальованих на спеціальному сервері комп'ютерної телефонії, який взаємодіє з базою даних клієнтів, що знаходиться на окремому сервері (програмний комутатор).

– *телефонний*, якщо забезпечує виконання функцій Call Center комутаційною системою телефонної станції без використання додаткового сервера. Основним завданням є вирішення внутрішніх завдань підприємства: підвищення культури виробництва, інтеграція різних власних баз даних з телефонною системою.

Таким чином, як перший, так і другий підходи мають право на існування.

Концепція IP-телефонії передбачає доставку голосового трафіку пакетами (Voice over Internet Protocol, VoIP) в режимі реального масштабу часу мережами передачі даних за допомогою транспортних механізмів протоколів

TCP/IP, що забезпечує можливість інтеграції голосового трафіку й даних в одній мережі, а це дозволяє спростити мережеву інфраструктуру, відмовившись від непотрібних мережевих платформ.

Найбільші можливості в створенні потужного мультисервісного терміналу надає персональний комп'ютер:

- завдяки модульній структурі розширення його функцій зводиться до додавання різноманітних карт і спеціального програмного забезпечення;
- використання ПК як мультисервісного пристрою для отримання послуг зв'язку в різних інформаційних середовищах, використовуючи як мультимедійний термінал, що поєднує текстову, звукову та відеоінформацію в одному сеансі зв'язку.

Підсумовуючи вищезазначене можна констатувати, що *конвергенція забезпечила перехід до мереж зв'язку наступного покоління*, які мають на меті якісно змінити всі сфери життя й діяльності людини.

2.5. Інфокомунікаційна мережа

Сукупність ресурсів мережі, задіяних у виробництві та наданні користувачам конкретної послуги або певного набору послуг, прийнято називати *платформою надання послуг*.

Використовуючи поняття «*мережеві ресурси*» та «*платформа надання послуг*», визначимо терміни «*інфокомунікації*» і «*інфокомунікаційна мережа*».

Інфокомунікації – це сукупність мережевих ресурсів, призначених для спільної участі у виробництві та наданні телекомунікаційних, інформаційних та інших послуг інформаційного співтовариства.

Інфокомунікації забезпечують:

- можливість перенесення в просторі інформаційних повідомлень;
- взаємодію інформаційних систем;
- виробництво нових послуг та інформації.

Інфокомунікаційна мережа є комплексом термінальних пристроїв користувачів, кінцевих систем мережі та універсальної платформи виробництва та надання послуг, які відповідають різноманітним вимогам користувачів до їх типу та якості.

Інфокомунікаційну мережу як фізичний об'єкт зображено на рис. 9. для

Термінальними пристроями користувачів називають пристрої, призначені роботи в мережі, якими є як кінцеві пристрої телекомунікаційних служб: телефонні апарати (стаціонарні, системні, мобільні, IP-телефонії), пристрої телематичних служб (факсимільні апарати, телетексти, відеотермінали тощо), так і багатофункціональні термінали на основі комп'ютерів.

Універсальну платформу надання широкого спектру послуг інфокомунікаційної мережі ще називають *мультисервісною мережею*, відмінною рисою якої є *мережеве закінчення з універсальним відкритим інтерфейсом*.

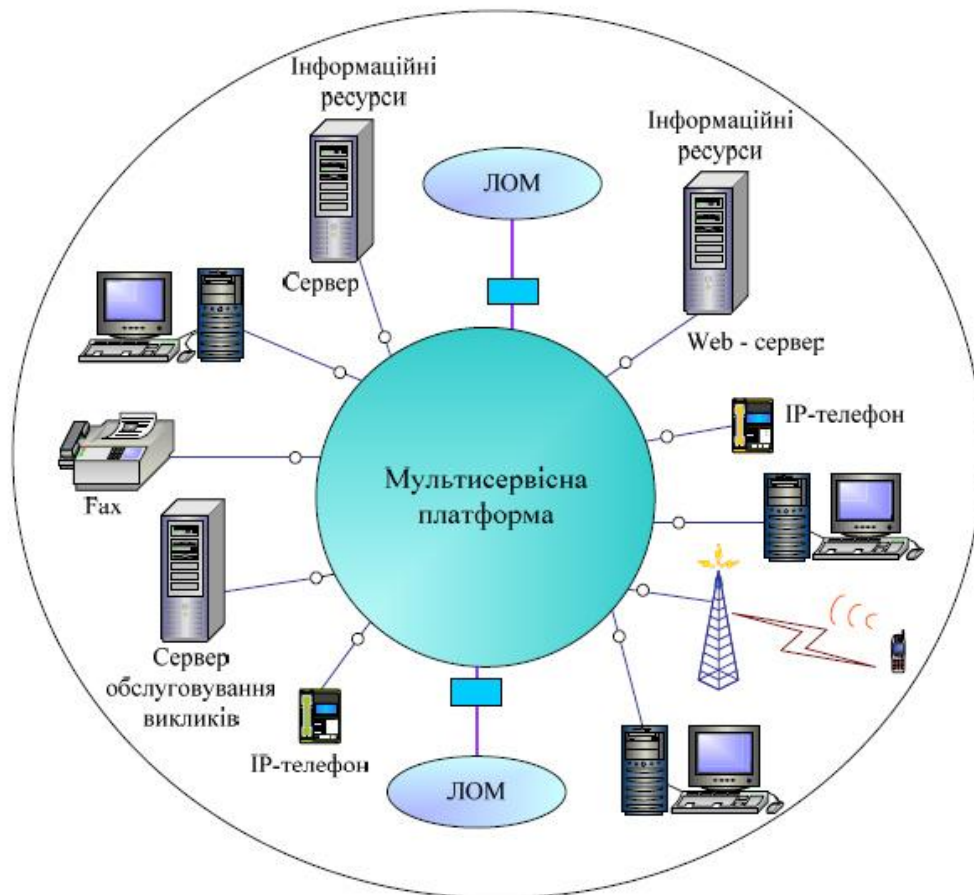


Рис. 9 – Інфокомунікаційна мережа

Таким чином, інфокомунікаційна мережа дозволяє вирішувати найбільш актуальні завдання:

- надання користувачам можливості обміну інформаційними повідомленнями різного типу (мова, відео, дані);
- швидке та якісне отримання необхідної інформації з будь-якого віддаленого джерела в мережі;
- автоматизацію процесів обробки, накопичення, зберігання великих обсягів інформації в мережі, самого процесу виробництва інформації.

У результаті конвергенції все сучасне цифрове мережеве та термінальне (користувальницьке) обладнання перетворюється в набір *різнофункціональних комп'ютерів*.

2.6. Глобальна інформаційна інфраструктура

Глобальна інформаційна інфраструктура пропонує користувачам набір комунікаційних послуг, які забезпечують відкриту множинність застосувань, охоплюють усі види інформації та надають можливість її отримання в будь-якому місці, в будь-який час, за прийнятною ціною і з прийнятною якістю.

Створенню глобальної інформаційної інфраструктури сприяють конвергенція технологій, упроваджених у галузі телекомунікацій, комп'ютерів і

споживчої електроніки. На Урядовій конференції країн «великої вісімки», проведеній Комісією Європейського Економічного Союзу (ЄЕС) в лютому 1995 року, було узгоджено основні принципи, на яких має базуватися розвиток глобальної інформаційної інфраструктури, серед яких:

- забезпечення відкритого доступу до мереж;
- гарантія забезпечення загального доступу до послуг, а саме:
 - мобільності* – можливості доступу до послуг з різних місць та під час руху. При цьому визначення та локалізація джерела надходження запитів повинні забезпечуватись мережею;
 - номадизму* – можливості вільного переміщення, зберігаючи при цьому доступ до послуг, незалежно від доступності або недоступності цих послуг в місцевому середовищі, тобто безперервність доступу в просторі та часі;
- забезпечення рівних можливостей для користувачів, зважаючи на культурне та мовне розмаїття;
- необхідність міжнародного співробітництва з особливою увагою до найменш розвинених країн;
- сприяння відкритій конкуренції та заохочення приватних інвестицій.

Висновки

Ці принципи можна реалізувати завдяки:

- розвитку глобальних ринків для мереж, послуг та застосувань;
- гарантії конфіденційності та захисту даних;
- захисту прав інтелектуальної власності;
- співробітництву в науково-дослідницької діяльності та в розробці нових застосувань.

ЛЕКЦІЯ 3. МОДЕЛІ СИСТЕМНОГО ОПИСУ МЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ

План

Вступ

1. Поняття архітектури мережі.
2. Моделі топологічної структури мережі.
3. Моделі організаційної структури мережі.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К. : Техніка, 2001.— 392 с.

Вступ

Вивчаючи питання лекції будемо використовувати узагальнюючі терміни «мережа зв'язку» (або просто «мережа»), відповідно до контексту, навантажену або ненавантажену телекомунікаційну мережу.

3.1. Поняття архітектури мережі

Усі мережі зв'язку належать до класу об'єктів, які називають великими чи складними системами. Складні системи за своїм складом є гетерогенними, тобто характеризуються величезною кількістю неоднорідних елементів і зв'язків між ними.¹¹ Мережам зв'язку властиво мати всі ознаки складних систем і підпорядковуватися відповідним їм закономірностям.

Ієрархічність – розташування частин та елементів цілого в порядку від вищого до нижчого. Дотримуючись цієї закономірності, ми можемо розчленовувати мережу на окремі підмережі (сегменти) нижчого порядку.¹²

Комунікаційність – закономірність, яка вказує на численність зв'язків (комунікацій) системи: зовнішніх – з навколишнім середовищем і внутрішніх – із власними підсистемами та елементами. Це означає, що мережу будь-якого рівня ієрархії не можна розглядати ізольовано, без урахування факторів, які впливають ззовні (вищерозташованих систем) і не можна розчленовувати її без урахування типу взаємозв'язку підмереж й елементів нижчого порядку.

Емергентність – закономірність, що полягає в прояві системою інтегрованої риси – цілісності, яка не притаманна окремим її елементам. Наприклад, у мережі можна виокремити такі функціонально важливі й відносно незалежні підсистеми, як система мережевих застосувань, транспортна система, система керування мережею та ін.¹³

Процес побудови ряду окремих структур системи має назву «структуризація».

Отримані в результаті структуризації окремі структури системи взаємопов'язані між собою. Щоб відобразити міжструктурні зв'язки, ізольовані структури розташовують у певному порядку, наприклад, ієрархічному, де ієрархія відбудовується відповідно до пріоритету аспектів дослідження системи.

Структуризація складної системи не піддається формалізації і тому її часто ототожнюють з архітектурою.

Архітектура – це багаторівневий опис системи, отриманий шляхом структуризації.

¹¹ Вивченням та дослідженням складних систем займається наука *системологія*.

¹² Наприклад, глобальна мережа може бути представлена сукупністю територіальних мереж різного масштабу: континентальних, регіональних, міських, локальних та ін.

¹³ Жодну з цих систем не можна ототожнити з мережею зв'язку в цілому, і тільки їх взаємозв'язок відображає це поняття. Системний підхід, системний аналіз, як наукові методи пізнання, засновані на методологічних принципах системології, передбачають усебічний розгляд складної системи в багатьох аспектах. Для кожного аспекту до уваги береться група найбільш типових елементів і визначається різновид зв'язків між ними, які створюють певну, окрему структуру системи.

Уявлення про будову та функціонування мережі зв'язку, як складної системи, може бути сформовано в результаті формування та дослідження її архітектури. При цьому доцільним є розгляд таких відокремлених структур:

- *топологічної*, яка визначає розташування пунктів мережі та ліній зв'язку;
- *організаційної*, яка визначає тип, призначення, статус елементів мережі залежно від виконуваних ними функцій;
- *логічної*, яка описує роботу мережі на рівні взаємодії мережевих функцій та правил встановлення зв'язку між кінцевими системами, взаємодіючими через телекомунікаційну мережу;
- *фізичної*, яка відображає фізичні пристрої та програмні засоби, в котрих реалізовано функціональні елементи мережі, фізичні середовища передавання сигналів.

Кожна з конкретних структур може бути змодельована. Модель дозволяє відобразити *найбільш важливі компоненти та зв'язки об'єкта*, і не враховувати несуттєві, відповідно до мети дослідження, деталі.

Сукупність таких моделей будемо називати *системним описом мережевої архітектури* (рис. 10).



Рис. 10 – Системний опис мережевої архітектури

З'ясуємо загальні принципи побудови мереж.

3.2. Моделі топологічної структури мережі

На рівні найбільш узагальненого уявлення, будь-яка мережа складається з сукупності *пунктів* і з'єднуючих їх *ліній*, взаємне розташування яких характеризує зв'язність мережі та здатність забезпечувати інформаційний обмін між різними адресатами. Така відокремлена структура мережі має назву «*топологія*».

Розрізняють топології *фізичних зв'язків* і *логічних зв'язків*.

Топологія фізичних зв'язків відображає схему з'єднань елементів мережі.

Для дослідження топологічних особливостей мережі її зручно зображувати у вигляді *точок* і з'єднуючих їх *дуг*. Така геометрична фігура має

назву *граф*. Точки в графі називають *вершинами*, а дуги, якщо не враховується їх спрямованість, – *ребрами*. Граф є моделлю топологічної структури мережі.

Вибір топології – це завдання, вирішення якого є першочерговим при побудові мережі. Він здійснюється з урахуванням таких вимог, як *економічність* і *надійність зв'язку*.

Задача вибору топології мережі вирішується, якщо відомим є набір *типових топологій (примітивів)*, які можна використовувати як окремо, так і в комбінації.

Розглянемо ряд типових топологій (назвемо їх базовими) та охарактеризуємо їх особливості.

Топологія «точка – точка» уявляє собою сегмент мережі, який зв'язує фізично й логічно два пункти (рис. 11).

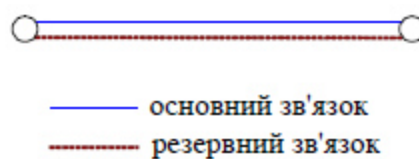


Рис. 11 – Топологія «точка – точка»

Надійність зв'язку в такому сегменті може бути підвищена за рахунок долучення резервного зв'язку, який забезпечує стовідсоткове резервування, яке називають *«захистом типу 1+1»*. У разі виходу з ладу основного зв'язку мережа автоматично від'єднується до резервного. Ця базова топологія найбільш широко використовується:

- при передачі великих потоків інформації високошвидкісними магістральними каналами, наприклад, трансокеанськими підводними кабелями, які обслуговують цифровий телефонний трафік;
- як складова частина радіально-кільцевої топології (у якості радіусів).

Топологія «точка – точка» з резервуванням типу 1+1 може розглядатися як варіант топології «кільце».

Деревоподібна топологія може мати різні варіанти (рис. 12)

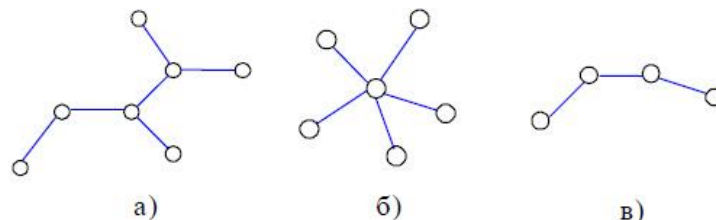


Рис. 12 – Деревоподібна топологія: а) дерево; б) зірка; в) ланцюг

Особливістю сегменту мережі, що має деревоподібну топологію, будь-якого з перелічених варіантів, є те, що зв'язність n пунктів на рівні фізичної топології тут досягається числом ребер $K = n - 1$, що забезпечує високу економічність такої мережі. На логічному рівні, кількість зв'язних шляхів передавання інформації між кожною парою пунктів у такому сегменті завжди

дорівнює $H = 1$. З точки зору надійності, це досить низький показник. Підвищення надійності в таких мережах досягається введенням резервних зв'язків (наприклад, захисту типу 1+1).

Деревоподібна топологія застосовується в локальних мережах, мережах абонентського доступу.

Топологія «кільце» (рис. 13) характеризує мережу, в якій до кожного пункту приєднано *дві (і тільки дві)* лінії. Кільцева топологія використовується в локальних мережах, у сегментах міжвузлових з'єднань територіальних мереж, а також у мережах абонентського доступу, організованих на базі волоконно-оптичного кабелю.

Число ребер графа, яке відображає фізичну топологію, дорівнює кількості вершин: $K = n$ і вказує на порівняно незначні витрати на мережу.

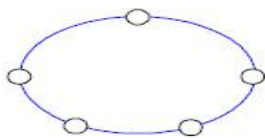


Рис. 13 – Типологія «кільце»

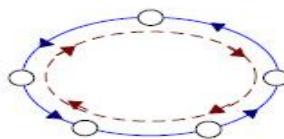


Рис. 14 – Типологія «подвійне кільце»

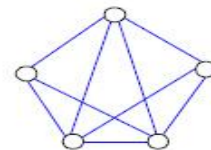


Рис. 15 – Повнозв'язна типологія

На логічному рівні між кожною парою пунктів можна організувати $k = 2$ незалежних зв'язаних шляхи (прямий та альтернативний), що забезпечує підвищення надійності зв'язку в такому сегменті, особливо при використанні резервування 1+1, так званого «подвійного кільця» (рис. 14). Подвійне кільце утворюється фізичними з'єднаннями між парами пунктів, при яких інформаційний потік направляється в двох протилежних напрямках (східному і західному), причому один напрям використовується як основний, другий – як резервний.

Повнозв'язна топологія (рис. 15) забезпечує фізичне та логічне з'єднання пунктів за принципом «кожен з кожним». Граф, який включає n вершин, містить $K = n(n - 1)/2$ ребер, що впливає на високу вартість мережі. Кількість незалежних зв'язаних шляхів між кожною парою пунктів у такому сегменті мережі дорівнює $H = n - 1$. Повнозв'язна топологія на логічному рівні забезпечує максимальну надійність зв'язку завдяки можливості організовувати велику кількість обхідних шляхів. Така топологія притаманна територіальним мережам при формуванні сегментів базових і опорних (магістральних) мереж. Максимальної надійності зв'язку в сегменті можна досягти, використовуючи на обхідних напрямках альтернативні середовища поширення сигналів (наприклад, волоконно-оптичний кабель і радіорелейна лінія).

Коміркова топологія (рис. 16). Кожен пункт сегмента має безпосередній зв'язок із невеликою кількістю пунктів, найближчих за відстанню.

При великій кількості вершин число ребер $R \approx r n/2$, де r – кількість ребер, інцидентних кожній вершині. Коміркові сегменти мають високу надійність зв'язку при меншій кількості ребер у порівнянні з повнозв'язним сегментом.

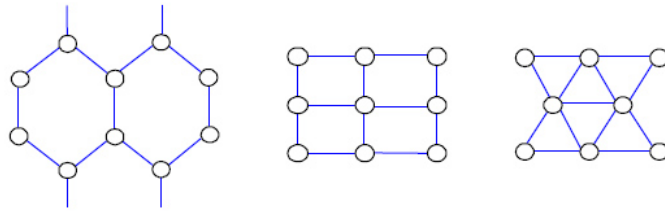


Рис. 16 – Коміркова топологія

Використання повнозв'язної та коміркової топологій є доцільним лише в сегментах із високою концентрацією трафіку, тому що їх реалізація пов'язана із значними витратами.

Складні (змішані) топології. Реальні мережі часто мають складні топології, що є розширеннями та/або комбінаціями базових фізичних топологій (рис. 17). За рахунок використання складних топологій вдається забезпечувати вимоги до *розширюваності* та *масштабованості* мереж.

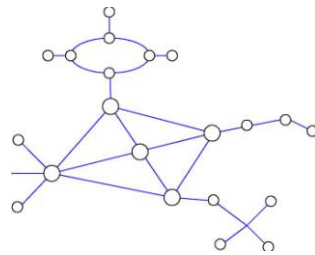


Рис. 17 – Складна мережева топологія

Топологія логічних зв'язків дає уявлення про шляхи переміщення інформаційних повідомлень у мережі від джерел до одержувачів відповідно до адресної інформації. Зв'язані шляхи можуть бути визначені лише в зв'язних фізичних топологіях (методи знаходження зв'язуючих шляхів із урахуванням різних критеріїв).

Під *зв'язуючим шляхом* розуміють послідовність ліній і вузлових пунктів, через які проходить маршрут перенесення інформації в мережі.

Маршрут вказує на спрямованість шляху (траєкторію перенесення інформації по мережі).

Сукупність потоків інформації (службової та призначеної для користувача), які переміщуються в мережі за певними маршрутами та навантажують мережу протягом певного інтервалу часу, називається *мережевим трафіком*.

Таким чином, *топологія логічних зв'язків* є адекватною плану розподілу потоків мережевого трафіку.

Узагальнено *планом розподілення потоків у мережі* називають суперпозицію (накладання) маршрутів передачі інформації, визначених у мережі для кожної пари джерело – одержувач.

Елементами моделі логічної топології є *логічні вузли* та *маршрути*, які їх поєднують.

Логічними вузлами, або далі скорочено *вузлами* мережі на рівні топології логічних зв'язків називаються будь-які фізичні пристрої, яким призначені адресні ідентифікатори.

Вузол може бути комп'ютером (робочою станцією або сервером), комунікаційним пристроєм, мережевим принтером – будь-яким пристроєм з *мережевим інтерфейсом* (встановленою мережевою платою).

Вузол, у якому не передбачено виконання функцій вузлових пунктів (концентрації, мультиплексування, комутації або маршрутизації), називається *хостом*¹⁴.

Хост – це вузол, який є кінцевою системою мережі і не може виконувати функції транзитного вузлового пункту.

Адресні ідентифікатори підрозділяються на адреси вузлів і мережеві адреси.

Адреси вузлів мають назву локальні¹⁵ чи апаратні адреси.

У локальних сегментах локальні адреси ще називають *фізичними адресами*, *адресами точки доступу до середовища*. Це унікальні числові значення можуть встановлюватися як програмно, так і апаратно.

У територіальних сегментах локальні розширення ідентифікують мережеві інтерфейси взаємодіючих всередині передбаченої використовуваною телекомунікаційною технологією.

Мережева адреса – це логічна адреса, яка присвоюється адміністрацією (спеціальним міжнародним органом) і визначає сегмент приєднання пристрою. Повна мережева адреса складається зі спільного для всіх вузлів номера мережі й унікального в цій мережі номера вузла.

В інформаційній мережі (як логічній надбудові) застосовуються також ідентифікатори (адреси) прикладних процесів, які взаємодіють через мережу.

Моделями топологій логічних зв'язків прийнято вважати:

- логічну шину;
- логічне кільце;
- комотовану топологію.

Принцип побудови тієї чи іншої моделі топологічних зв'язків ґрунтується на виборі механізму, який забезпечує зв'язність вузлів. Топологія логічних зв'язків може збігатися з топологією фізичних зв'язків у мережі або відрізнятися. На основі однієї й тієї ж топології фізичних зв'язків можна побудувати різні топології логічних зв'язків, використовуючи відповідне комунікаційне (мережеве) обладнання.

¹⁴ Термін «хост» широко використовується в Інтернеті. Усі комп'ютери з унікальними IP-адресами та доменними іменами, які призначено для виконання програм користувачів та під'єднано до глобальної мережі, традиційно називаються хостами.

¹⁵ Слово «локальний» означає «той, що діє в межах конкретного сегменту».

3.3. Моделі організаційної структури мережі

Організаційна структура мережі зв'язку визначає рольове призначення й статус мережевих елементів та утворених ними структурних компонентів залежно від поставленого завдання та займаного місця в мережі. Рольове призначення характеризує, умовно кажучи, «права та обов'язки» елементів або виділених структурних фрагментів мережі під час реалізації покладених на них функціональних завдань, а статус – рівень їх значимості відповідно до ієрархічної приналежності.

Елементами моделі організаційної структури є пункти та лінії зв'язку.

Пункти мережі підрозділяються на кінцеві і вузлові.

Кінцеві пункти (КП) – це пункти, в яких розміщено термінальне обладнання користувачів і кінцеві системи мережі (сервери, на яких зосереджено інформаційні ресурси й застосування, у тому числі застосування системи керування мережею).

Пункти, призначені для розміщення термінального обладнання користувачів, яке забезпечує доступ в мережу, функціонують у ролі абонентських пунктів (АП). Пункти, у яких зосереджено інформаційні ресурси, називаються інформаційними центрами (ІЦ), а пункти системи керування відповідно – центрами керування (ЦК).

У кінцевих пунктах телекомунікаційна мережа представлена пристроєм мережевого закінчення (Network Termination Unit, NTU), або просто мережевим закінченням (Network Termination, TU), яке в організаційній структурі набуває статусу точки присутності телекомунікаційної мережі. Прикладом цього є звичайна телефонна розетка, інформаційна розетка з телекомунікаційним роз'ємом для під'єднання комп'ютера.

Вузловий пункт – це пункт мережі, в якому сходяться дві і більше ліній зв'язку.

У вузловому пункті зазвичай розміщується комунікаційне (мережеве) обладнання, за допомогою якого можуть виконуватися такі функції, як концентрація, мультиплексування, комутація та маршрутизація.

Концентрація передбачає поєднання декількох невеликих за потужністю вхідних інформаційних потоків з метою отримання більш потужного вихідного потоку. Функція може бути реалізована в спеціалізованому пристрої на основі статистичного ущільнення (асинхронне мультиплексування). В концентраторі для локальних мереж, який має назву «хаб», ця функція виконується досить умовно. Повідомлення, яке надходить на один з входів хаба, передається одночасно на всі виходи.

Розподілення – функція, протилежна концентрації, тобто відгалуження від концентрованого вхідного інформаційного потоку малих за потужністю вихідних потоків і розподіл їх між виходами. Функція реалізується в пристроях, які називаються відгалужувачі.

Мультиплексування забезпечує можливість передачі декількох потоків інформації однією лінією, що здійснюється закріпленням за кожним із них

фіксованої частини ресурсу лінії (смуги пропускання або часу зайняття). Фіксований розподіл ресурсу лінії залишається незмінним навіть у періоди відсутності інформації, тобто функція концентрації не спрацьовує. Зворотна функція – *демультиплексування*. Реалізація в комунікаційних пристроях (мультиплексорах) функції мультиплексування завжди поєднується з демультиплексуванням.

Комутація є процесом встановлення зв'язку між входами та виходами комутаційного пристрою на основі аналізу адресної інформації повідомлень і використання інформації відповідних таблиць комутації. Комутація може бути оперативною (на час передачі одного повідомлення) та довготривалою, яка здійснюється шляхом кросування ліній, які сходяться у вузловому пункті.

Маршрутизація – це поєднання процедур пошуку зв'язних шляхів (маршрутів) між вузлами мережі з метою формування таблиць маршрутизації та встановлення зв'язку між входами та виходами пристрою на основі адресної інформації повідомлень та з урахуванням вибору найкращого (за обраним критерієм) маршруту проходження повідомлення мережею.

У комунікаційному пристрої може бути реалізована одна з перерахованих функцій, саме тоді цей пристрій відповідно називається або *концентратором*, або *мультиплексором*, або *комутатором*, або *маршрутизатором* та ін.

Порядок співвідношення між елементами (їх статус) в моделі організаційної структури визначається рівнями їх ієрархії (рис. 9).

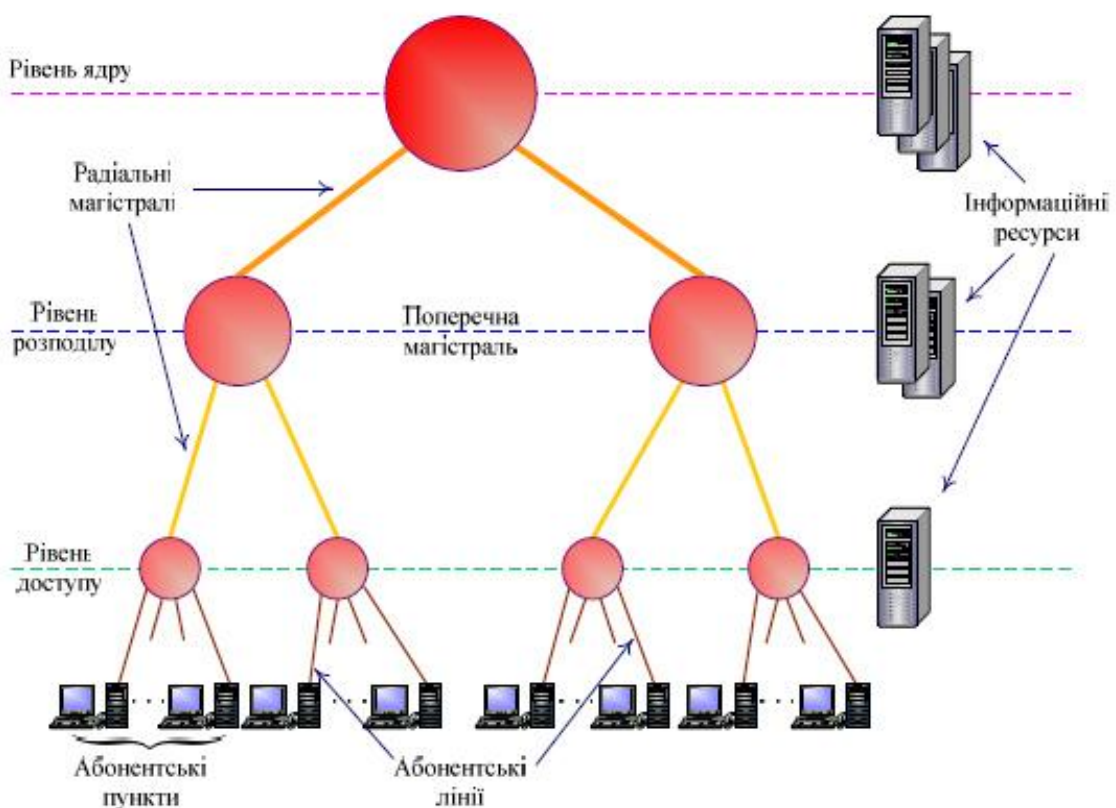


Рис. 18 – Узагальнена схема організаційної структури мережі

Найнижчий рівень займають АП. Статус вузлових пунктів визначається відповідно рівнем *доступу, розподілу та ядра*.

АП під'єднуються до вузлових пунктів рівня доступу. Таким чином для них реалізується право доступу в мережу (до її ресурсів).

Призначення та статус вузлових пунктів рівня розподілу визначається забезпеченням інформаційного обміну між АП, під'єднаними до різних вузлових пунктів рівня доступу. Залежно від способу структуризації мережі, рівень розподілу матиме декілька підрівнів. Вузлові пункти всіх підрівнів розподілу виконують функцію концентрації трафіку у висхідних напрямках і функцію розподілу – у низхідних.

У вузлових пунктах рівня ядра інформаційні потоки досягають максимальної концентрації та перерозподіляються між усіма іншими пунктами мережі. Вузлові пункти рівня ядра мають найвищий статус, оскільки вони забезпечують зв'язність мережі в цілому за рахунок об'єднання вузлових пунктів рівня розподілу.

Точка підключення кінцевих систем (інформаційних центрів мережі) може бути організована у вузловому пункті будь-якого рівня. Це визначається масштабом контингенту користувачів, які мають загальну потребу у зверненні до інформаційного ресурсу. Чим вище рівень підключення ресурсу, тим ширшою є його доступність. Те ж відноситься і до пунктів обладнання системи керування мережею – центрів керування (ЦК). Чим вищим є рівень підключення, тим ширшою зона моніторингу технічного стану елементів мережі.

Лінії зв'язку в моделі організаційної структури також отримують відповідний статус.

Лінії, які з'єднують АП з відповідним вузловим пунктом рівня доступу, мають найнижчий статус і називаються *абонентськими лініями*.

Лінії, які з'єднують вузлові пункти між собою, називаються *магістральними*. Чим вищим є рівень ієрархії з'єднаних магістралями вузлових пунктів, тим вищим – статус самих магістралей, і, відповідно, вимоги до їх пропускнув здатності, надійності.

Магістралі, що з'єднують вузлові пункти, які належать різним рівням ієрархії, називаються *радіальними магістралями*, а ті, що з'єднують вузлові пункти одного рівня, – *поперечними магістралями*.

Призначення вузлових пунктів в моделі організаційної структури відносно кінцевих пунктів, які він обслуговує, незалежно від статусу, може виступати в ролі:

- опорного вузла;
- транзитного вузла;
- опорно-транзитного вузла.

Якщо вузловий пункт забезпечує проходження трафіку тільки між КП конкретної групи, то відносно цих КП він виступає в ролі *опорного вузла*.

Якщо через вузловий пункт проходить трафік від деякої групи КП до будь-яких інших КП мережі, то він виступає в ролі *транзитного вузла*.

Якщо вузловий пункт забезпечує проходження трафіку як внутрішнього, так і зовнішнього обміну деякого конкретного числа КП мережі, то відносно цих КП він виступає у ролі *опорно-транзитного вузла*.

Для мереж операторів і сервіс-провайдерів актуальними є терміни, що визначають призначення вузлових пунктів відповідно до реалізації функцій доступу.

Функції доступу в територіальних мережах незалежно від рівня ієрархії вузлового пункту прийнято розглядати за наступними аспектами:

- забезпечення доступу користувачів до телекомунікаційних служб та мережевих ресурсів;

- забезпечення доступу при з'єднанні сегментів телекомунікаційної мережі;

- забезпечення доступу до інформаційних ресурсів глобальної мережі Інтернет.

Вузловий пункт, у якому забезпечується доступ користувачів до служб мережі з метою отримання телекомунікаційних та інформаційних послуг, називають *сервісним вузлом* (вузол рівня доступу, розподілу або ядра).

Вузловий пункт, де забезпечується з'єднання сегментів телекомунікаційної мережі, наприклад, мережі доступу та транспортної мережі, називається *вузлом доступу*.

Вузловий пункт, у якому забезпечується підключення сервіс-провайдера національного рівня в глобальну інформаційну мережу Інтернет, називається *точкою мережевого доступу* (Network Access Point, NAP). Це вузловий пункт рівня ядра. Через NAP зорганізується спілкування клієнтів одного національного провайдера з клієнтами інших національних провайдерів.

Висновки

Сервіс-провайдер національного рівня, як правило, має в декількох регіонах вузлові пункти, які називаються *точками присутності* (Point of Presents, POP).

До точок присутності під'єднанні провайдери регіонального рівня, які розміщують у різних місцях регіону свої точки присутності для підключення провайдерів нижчого рівня або корпоративних клієнтів. Такі вузлові пункти мають *статус рівня розподілу*. Точки присутності провайдерів, де забезпечується підключення індивідуальних клієнтів, мають *статус рівня доступу*.

ЛЕКЦІЯ 4. МОДЕЛІ СИСТЕМНОГО ОПИСУ МЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ (2)

План

Вступ

1. Моделі логічної структури мережі: протокольної; програмного забезпечення.

2. Компоненти і моделі фізичної структури.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.

2. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

3. Бертсекас Д. Сети передачи данных /Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – М.: Мир, 1989. – 544 с.

Вступ

На логічному рівні мережу зв'язку описують такими моделями:

- функціональна модель;
- протокольна модель;
- модель програмного забезпечення.

4.1. Моделі логічної структури мережі

Функціональна модель – це абстрактний опис мережі зв'язку, що не залежить від принципів її фізичної реалізації. Вона відображає взаємозв'язок функцій, які виконуються в мережі й які в даному випадку розглядаються як елементи моделі.

Функція – це певний логічний елемент, що виконує конкретне завдання в мережі. Реалізація функцій допустима в таких варіантах:

- у вигляді апаратних засобів;
- у вигляді програмного продукту.

Поняття «функція», що використовується в телекомунікаціях, традиційно передбачало реалізацію зв'язку в апаратному забезпеченні. Однак, завдяки потужному розвитку індустрії програмного забезпечення, виникла можливість реалізації функцій програмним способом. Функції, реалізовані у вигляді програмних продуктів, прийнято називати *об'єктами*.

Розрізняють такі основні типи функцій мережі зв'язку:

- *прикладні функції* – об'єкти застосувань користувачів;
- *функції обробки та зберігання даних* – об'єкти, що забезпечують виклик об'єктів застосувань, їх взаємодію, а також витяг необхідних даних або розміщення їх у базу даних;
- *функції керування послугами* – об'єкти, що дозволяють формувати послуги, необхідні користувачам, управляти ресурсами мережі, пов'язаними з їх наданням, і взаємодією користувачів з цими послугами;
- *комунікаційні функції* – транспортні функції, функції керування передачею потоків даних, функції керування телекомунікаційними послугами;

– *функції керування мережею* – об’єкти, які здійснюють керування роботою мережі в цілому (моніторинг дієздатності елементів мережі, збір статистики про проходження сигналів, вирішення аварійних і неординарних ситуацій та ін.).

Порядок і правила взаємодії між функціями та об’єктами мережі формують *зв’язки* між елементами у функціональній моделі. Повна специфікація такої взаємодії називається *логічним інтерфейсом*.

Логічний інтерфейс охоплює як набір правил поведінки взаємодіючих елементів, так і формат подання інформації, якою вони обмінюються.

Логічний інтерфейс між об’єктами одного типу називається *протоколом*.

Логічний інтерфейс між комунікаційними функціями отримав назву *еталонної точки телекомунікаційної мережі*.

4.1.1. Функціональні модулі

Розглядаючи реалізацію функцій та об’єктів доцільно групувати їх в *функціональні модулі*. Функціональні модулі можуть формуватися як функціональні підсистеми й домени.

У *функціональні підсистеми* об’єднуються функції та об’єкти, для яких важливою є спільна реалізація. Прикладом утворення функціональної підсистеми є поєднання транспортної функції та функції керування потоками при їх програмно-апаратній реалізації в сегментах телекомунікаційної мережі (рис.10). У такому контексті телекомунікаційну мережу на рівні функціональної моделі часто називають *транспортною підсистемою*.

Аналогічно можна виокремити підсистему адміністративного керування мережею, підсистему послуг та програм і менш масштабні підсистеми: підсистему передачі, підсистему розподілу інформації та ін.



Рис. 19 – Зразок утворення транспортної підсистеми на рівні функціональної моделі I (еталонна точка телекомунікаційної мережі); NTU мережеве закінчення I – інтерфейс (еталонна точка телекомунікаційної мережі); NTU – мережеве закінчення.

Домен – це функціональний модуль, сформований за принципом *приналежності функцій і об’єктів одній групі*. При цьому враховувати їх спільну дію при реалізації в апаратних засобах або програмних продуктах не

потрібно. Прикладами можуть бути домен користувача (рис. 20) і домен оператора мережі (рис. 21).

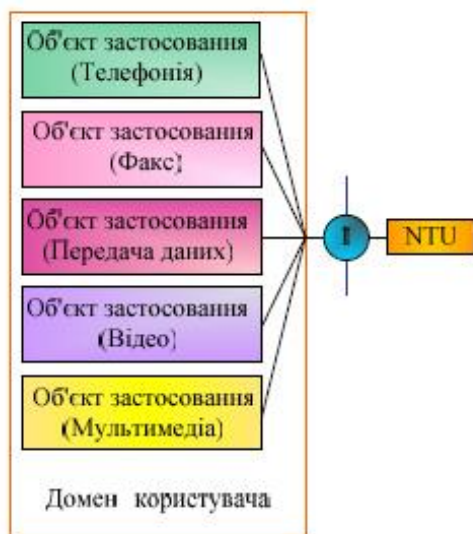


Рис. 20 – Зразок утворення домену користувача

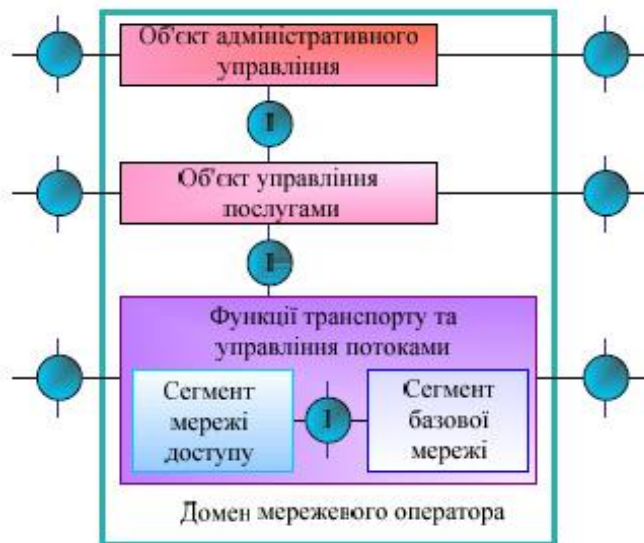


Рис. 21– Зразок освіти домену мережевого оператора

Конкретний склад об'єктів (функцій) домену називається *конфігурацією домену*. Конфігурації мережевих операторів можуть бути різними: якщо надання конкретної послуги або набору послуг вимагає участі декількох операторів, їх домени розглядаються на функціональному рівні як об'єднану платформу надання послуг.

Взаємодія функціональних підсистем і доменів реалізується за допомогою логічних інтерфейсів.

Залежно від способу формування функціональних модулів і можливостей їх реалізації (при конкретному рівні науково-технічного прогресу), може бути сформована одна або інша концепція побудови мережі.

Наприклад, концепція телефонної мережі полягає в побудові дорогих АТС як єдиної структури, в якій поєднують функції комутації, керування обслуговуваннями викликів, об'єкти послуг та застосувань, а також білінгу. Така АТС у мережі є монолітною, закритою системною структурою та, як правило, не допускає розширення або модернізації з використанням обладнання інших виробників. Спроба відокремити від АТС підсистему послуг та застосувань породила концепцію інтелектуальної мережі. Це дозволило організувати в телефонній мережі додаткові види обслуговування (розширити конфігурацію домену) та надавати різні послуги за заявками користувачів, формуючи їх з окремих компонентів.

Концепція інтелектуальної мережі припускає наявність таких функціональних модулів (підсистем):

- модуль розпізнавання викликів, що вимагається виконанням додаткові види обслуговування (ДВО);

– модуль формування необхідного сервісу з незалежних функціональних компонентів;

– модуль керування мережевими ресурсами та ін.

При цьому функціонування підсистеми додаткових видів обслуговування є абсолютно незалежним від типу мережі зв'язку. Технологія інтелектуальної мережі може бути реалізована на базі будь-якої комутованої мережі (аналогової або цифрової), а також мережі передачі даних.

Поява Softswitch, добре масштабованого сучасного програмного комутатора, докорінно змінила традиційну закриту систему комутації. Softswitch використовує принципи компонентної побудови мережі та відкриті стандартні інтерфейси між трьома основними функціями: комутація, керування обслуговуваннями викликів, керування послугами та програмами. У такій відкритій розподільчій структурі можуть вільно використовуватися функціональні компоненти різних виробників.

Поділ функцій транспортування інформації та функцій керування її перенесенням мережею, а також відмежування функцій послуг та програм від власне зв'язкових функцій породило концепцію NGN (мереж наступного покоління), в якій зв'язок між компонентами здійснюється виключно через відкриті інтерфейси. З позицій традиційної телефонії вона сприймається як мережа пакетної комутації під керування Softswitch, що підтримує широкосмуговий абонентський доступ і мультисервісне обслуговування трафіку.

4.1.2. Протокольна модель

Протокольна модель описує роботу мережі зв'язку на рівні *правил взаємодії* (протоколів) об'єктів (функцій) та функціональних модулів, розосереджених на різних кінцевих системах.

Повний набір протоколів, які забезпечують взаємодію кінцевих систем мережі великий, оскільки при цьому активізується величезна кількість мережеских функцій. При побудові протокольної моделі зручно всі протоколи розбити на групи, відповідно до об'єднання об'єктів у функціональні модулі, кожен з яких вирішує певне коло тісно пов'язаних завдань. Така група протоколів називається *протокольним рівнем* або *протокольним блоком*. Їх прийнято розташовувати ієрархічно, відповідно до першорядності завдань, які виконуються функціональними модулями (рис. 22).

Ієрархію протокольних рівнів (блоків) протокольної моделі конкретної мережі зв'язку називають *стеком протоколів*.

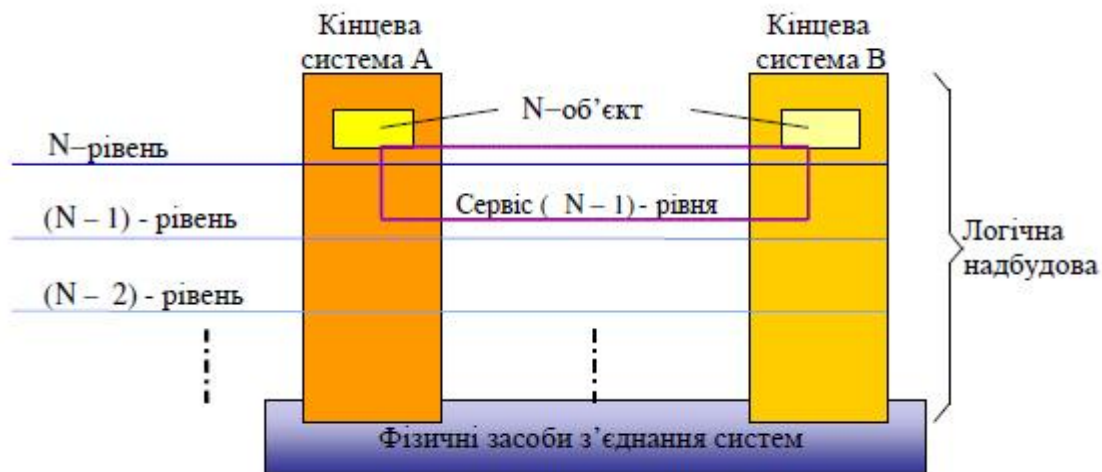


Рис. 22 – Принцип побудови протокольної моделі

N -об'єкти, виконуючи завдання N -рівня, здійснюють *локальний* комплекс функцій даного рівня. Протокольні блоки розташовані на рівні таким чином, що можливість виконання завдання N -рівня цілком залежить і забезпечується участю об'єктів нижчорозташованого $(N - 1)$ -го рівня й так далі. Таким чином, N -об'єкти виявляються залученими у взаємодію з $(N - 1)$ – об'єктами, а $(N - 1)$ – об'єкти з $(N - 2)$ – об'єктами і т. д. Тобто, кожен нижчий рівень надає *сервіс* вищому рівню.

Будь-який об'єкт N -рівня, активізуючись, видає інформацію двох типів:

1) інформацію, яка призначена для N -об'єкта іншої кінцевої системи (наприклад, дані користувача) й не пов'язана з операціями підтримання зв'язку об'єктів N -го рівня;

2) інформацію керування, яка призначена для об'єкта $(N - 1)$ -го рівня, за допомогою якої здійснюється координація процедур «з'єднання» об'єктів N -го рівня різних кінцевих систем.

Угоди, які визначають порядок взаємодії об'єктів одного рівня на різних кінцевих системах, називають *протоколом*, а угоди, які визначають порядок взаємодії об'єктів різних рівнів на одній кінцевій системі – *інтерфейсом*.¹⁶

¹⁶ Як ілюстрацію того, як відбувається реалізація протоколів і міжрівневих інтерфейсів при ініціалізації взаємодії двох кінцевих систем, проаналізуємо процес ділового інформаційного спілкування між двома користувачами, які знаходяться в різних установах. Особа, яка підготувала інформаційне повідомлення, передає його помічникові з адміністративної роботи (рівень, розташований нижче) та повідомляє ім'я одержувача. Помічник з адміністративної роботи шифрує повідомлення (якщо це необхідно) та форматує його (розміщує на офіційному бланку). Підготовлений документ передається секретареві (наступний нижчий рівень), який, у свою чергу, кладе його в конверт, додає повну адресу та наклеює поштову марку. Кур'єрський рівень забезпечує фізичну доставку конверта та серед іншої кореспонденції за адресою одержувача.

У такій системі відправник не має уявлення про механізм доставки. Він цілком покладається на сервіси нижчих рівнів і не турбується про те, як вони реалізуються. Це принциповий момент, який є необхідним у правильно сформованому стеку протоколів. Будь-який рівень повинен мати можливість змінювати механізм реалізації наданого ним сервісу, не впливаючи на роботу будь-якого іншого рівня. Так, наприклад поштовий кур'єр може доставляти кореспонденцію на велосипеді, автомобілі або поїзді, але це жодним чином не позначиться на роботі інших співробітників апарату. Вони повинні бути впевнені, що кореспонденція буде доставлена адресатові. Або, якщо передані дані в системі обробляються з використанням повного стека протоколів, ми можемо замінити мідне середовище передачі на оптико-волоконне, й це не впливатиме на програмне чи апаратне забезпеченні верхніх рівнів стека.

Підкреслюючи важливість протокольної моделі в реалізації принципів взаємодії кінцевих систем, її називають ще *архітектурою зв'язку* в мережі. Архітектура зв'язку є основою для розробки мережових стандартів, які є надзвичайно необхідними для забезпечення взаємодії між обладнанням різних виробників і сумісності мереж різних операторів.

4.1.3. Модель програмного забезпечення

Функціонування мережі зв'язку – це складний комплекс програмних і апаратних компонентів. Саме програмне забезпечення визначає функціональність мережі зв'язку. Сучасне мережеве програмне забезпечення є структуризованим. Основні функції та вся архітектура зв'язку (протокольні моделі) реалізуються в програмному забезпеченні мережі.

Аналіз *програмної структури* (ПЗ) дозволяє розглянути ієрархію мережевого програмного забезпечення. Елементами цієї структури є програмні модулі, в яких реалізовано об'єкти та логічні модулі мережі.

Ієрархія програмного забезпечення може бути подана таким чином:

- прикладне ПЗ;
- проміжне ПЗ;
- базове ПЗ.

У *прикладному ПЗ* реалізовано об'єкти застосувань. Розрізняють два типи застосувань, які впливають на структуру організації ПЗ – *локально обмежені* і *розподільчі*.

Локально обмежене застосування інсталується, викликається, керується та виконується в межах однієї кінцевої системи та не вимагає залучення комунікаційних функцій.¹⁷

Розподільче застосування складається з кількох компонентів, які можуть виконуватися в різних кінцевих системах а, отже, вимагають організації взаємодії цих кінцевих систем.¹⁸

Компоненти розподільчого застосування можуть неодноразово використовуватися іншими застосуваннями. У цьому випадку вони стають об'єктами *проміжного ПЗ* і підтримують послуги, пов'язані з інтелектуальними можливостями мережі.

Проміжне ПЗ реалізує в мережі функції керування послугами та функції адміністративного керування мережею. Об'єкти обох груп ПЗ аналогічно до компонентів розподільчих застосувань взаємодіють за допомогою комунікаційних функцій мережі.

Базове ПЗ призначено для забезпечення об'єктів прикладного ПЗ та проміжного ПЗ виконанням спільних дій з іншими об'єктами за допомогою взаємодії середовища з комунікаційними функціями мережі й логічними інтерфейсами користувачів. Організація цього середовища здійснюється

¹⁷ Прикладом може бути редагування документа при підготовці тексту на комп'ютері користувача (терміналі користувача).

¹⁸ Наприклад, спільне редагування тексту значної за обсягом публікації користувачами, які знаходяться на віддалі.

уніфікованими програмними комплексами, які називаються *мережевими операційними системами*. Від того, які концепції керування ресурсами покладено в основу мережевої ОС, залежить ефективність роботи не тільки об'єктів прикладного та проміжного ПЗ, але й мережі в цілому. Стандартами мережевих ОС де-факто на сьогодні стали системи UNIX і мережеві версії Windows. Логічні компоненти комунікаційних функцій, реалізованих програмно, які забезпечують підтримання зв'язку між віддаленими об'єктами, також розглядають як функції базового ПЗ.

До базового ПЗ належать також об'єкти обробки та зберігання даних, реалізовані в таких програмних комплексах, як СКБД (системи керування базами даних), базове ПЗ сервера обробки транзакцій та ін.

Тип взаємодії між об'єктами визначається типом *об'єктного інтерфейсу*, який є подібним до *протоколу* та *функціональної еталонної точки*.

Розрізняють такі типи об'єктних інтерфейсів (програмних інтерфейсів):

– *прикладний протокол* – логічний інтерфейс між прикладними об'єктами;

– *інтерфейс прикладних програм* – логічний інтерфейс між прикладними об'єктами та об'єктами проміжного ПЗ, які підтримують прикладні об'єкти;

– *протокол проміжного ПЗ* – логічний інтерфейс між об'єктами проміжного ПЗ;

– *інтерфейс базових програм* – логічний інтерфейс між об'єктами проміжного та базового програмного забезпечення, які підтримують об'єкти проміжного ПЗ;

– *інтерфейс «людина-комп'ютер»* – логічний інтерфейс між користувачем об'єктами базового ПЗ, проте він може включати в себе також логічний інтерфейс з об'єктами проміжного ПЗ і навіть об'єктами застосувань.

Мережеве програмне забезпечення є ресурсом, яке бере участь в організації платформ надання послуг, а з цього випливає, що композиційним принципам об'єднання програмних модулів, як і принципам побудови функціональної моделі мережі, притаманна така ж специфіка динамізму, як і принципам побудови функціональної моделі мережі.

4.2. Компоненти і моделі фізичної структури мережі

Розглянемо елементи мереж зв'язку як фізичних об'єктів.¹⁹

Апаратура, разом з її кабельної системою з'єднань, утворює *фізичне мережеве середовище*. Воно відображається моделлю, яка називається *фізичною структурою мережі*.

Під *фізичною структурою мережі* розуміють склад її *активного* та *пасивного обладнання* та топологію його розміщення в просторі.

Активне мережеве обладнання охоплює весь парк кінцевого й комунікаційного устаткування мережі, функціонування якого забезпечується за рахунок споживання електроенергії від зовнішніх джерел живлення. *Активне*

¹⁹ Загальна архітектура зв'язку та принципи взаємодії функцій і об'єктів кожного рівня розглянуті раніше.

мережеве обладнання виконує комплекси тих функцій мережі, які реалізуються в апаратурі.

Пасивне обладнання мережі, на відміну від активного, не має потреби в джерелах електроживлення й містить у собі кабельну систему, телекомунікаційні роз'єми, комутаційні панелі, комутаційні шнури, монтажне обладнання тощо.

4.2.1. Узагальнена модель апаратної реалізації функцій та об'єктів

Узагальнена модель апаратної реалізації:

- демонструє як реалізуються ті чи інші функції та об'єкти в активному обладнанні мережі, а також інтерфейси між різними апаратними засобами;
- визначає додаткові інтерфейси між обладнанням від різних постачальників та їх характеристики, які підлягають стандартизації.

Узагальнено під *апаратурою* розуміють активне обладнання, в якому функції можуть бути реалізовані як у вигляді апаратного забезпечення, так і у вигляді програмного забезпечення (рис. 23). Апаратура може мати модульну конструкцію, тобто складатися з певної кількості знімних плат.

Елементи моделі апаратної реалізації є такі:

- *апаратне забезпечення* (Hard ware) – обладнання, в якому одна або декілька функцій реалізовано фізично;
- *програмне забезпечення* (Soft ware) – один або декілька програмних модулів, які представляють собою реалізацію одного або декількох об'єктів;
- *фізичний інтерфейс* (Physical interface) – фізичне середовище (проводи) для передачі сигналів між різної апаратурою.

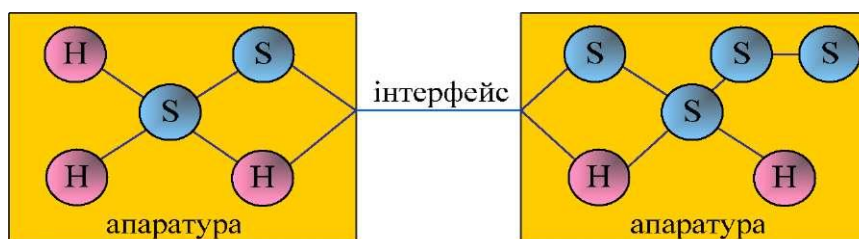


Рис. 23 – Схема моделі реалізації: Н – апаратне забезпечення (Hard ware); S – програмне забезпечення (Soft ware)

Сукупність різних пристроїв, потенційно призначених для використання в мережевих середовищах, називається *парком апаратури активного обладнання мережі*.

Активне обладнання мереж зв'язку складається з:

- пристроїв, які використовуються для організації кінцевих і вузлових пунктів;
- інтерфейсних пристроїв, які забезпечують спряження апаратури з лініями зв'язку.

У технічній літературі набули вжитку такі позначення класів апаратури: DTE, DCE і DTE/DCE.

Усі пристрої в мережі, які функціонують як джерела та приймачі даних на фізичному рівні моделі OSI/ISO, визначаються як *клас DTE (Data Terminal Equipment) – кінцева апаратура даних (КАД)*. У термінології електрозв'язку дана апаратура називається ще *кінцевим обладнанням даних*²⁰ (КОД).

Разом із функцією *формування даних*, у реалізації якої в основному бере участь програмне забезпечення, в КАД здійснюється також функція *керування потоком даних* для узгодження роботи джерела й приймача. Ця функція, як правило, виконується апаратно.

Відмінною особливістю обладнання класу DTE є те, що воно не належить до складу устаткування ліній зв'язку. Для забезпечення обміну даними між пристроями DTE через канали зовнішніх телекомунікацій необхідно використовувати фізичні *інтерфейсні пристрої*, які здійснюють обробку даних з урахуванням вимог передачі каналом певного стандарту. Ці пристрої забезпечують не тільки протокол фізичного рівня, а й фізичні засоби приєднання до середовища передачі, а тому вважаються устаткуванням ліній зв'язку.

Обладнання, що забезпечує сполучення DTE з каналами зв'язку, визначається як *клас DCE (Data Communication Equipment) – апаратура передачі даних (АПД)*. Пристрої DCE працюють на фізичному рівні, відповідаючи за передачу й прийом сигналів потрібної форми та потужності в середовищі передачі, й не можуть розглядатися в якості джерел і приймачів даних.

Мережеве обладнання важко розподілити за конкретними класами DTE та DCE. Наприклад, мережевий адаптер можна вважати як складовою комп'ютера (DTE), так і частиною каналу зв'язку (DCE).

У кожному сегменті інформаційної мережі DTE набуває функцій будь-якого джерела даних, поданих у форматі кадру канального рівня, якими можуть бути:

- мережевий адаптер;
- вихідний порт комутатора;
- вихідний порт маршрутизатора.

Хоча кадр даних спочатку продукується мережевим адаптером комп'ютера, а через комутатор або маршрутизатор відбувається його трансляція, для сегменту мережі, під'єданого до вихідного порту комутатора або маршрутизатора, цей кадр є новим. Отже, *вихідний порт* комутатора і маршрутизатора стає джерелом кадрів і може розглядатися як вихід пристрою DTE.

²⁰ Дані (інформація) – представлення інформації відповідним чином для зв'язку, тлумачення, зберігання і обробки відповідним чином [с.15]. Офіційний переклад нормативних актів Євросоюзу в сфері інформаційно-комунікаційних технологій. Громадська організація ІНТЕРНЬЮЗ-УКРАЇНА. – Київ, 2000. – 219 с.

Отже, такі комунікаційні пристрої, як мости, комутатори і маршрутизатори розглядають у межах змішаного класу – класу DTE/DCE, де розрізняють відповідні *типи портів*: DTE або DCE. Для цих портів принципами функціонування є такі:

– для порту DTE сигнал даних передавача є вихідним, а сигнал даних приймача - вхідним;

– для порту DCE – відповідно навпаки.

Пасивне обладнання використовується для побудови телекомунікаційних кабельних систем мережі. Кабельна система – це складний технічний об'єкт, який будується відповідно жорстким вимогам загальноприйнятих стандартів. До нього належать лінійно-кабельні споруди, кабелі ліній зв'язку, регенераційне обладнання, тощо. Створення й правильна експлуатація такого об'єкта вимагають відповідного рівня кваліфікації проектувальників, монтажників і обслуговуючого персоналу.

Висновки

1. Мережеве програмне забезпечення є ресурсом, яке бере участь в організації платформ надання послуг, а з цього випливає, що композиційним принципам об'єднання програмних модулів, як і принципам побудови функціональної моделі мережі, притаманна така ж специфіка динамізму, як і принципам побудови функціональної моделі мережі.

2. Обладнання кабельних систем для мереж підприємств є набором компонентів і аксесуарів *структурованих кабельних систем (СКС)* і складається з кабелів, роз'ємів телекомунікаційних та інформаційних розеток, монтажного обладнання, настінних коробів для прокладки кабелів горизонтальної розводки, закладних для прокладання кабелів вертикальної розводки та ін.

ЛЕКЦІЯ 5. СТАНДАРТИ ПРОТОКОЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

План

Вступ

1. Еталонна модель взаємодії відкритих систем ISO/OSI.

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.

2. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

3. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К. та ін.]. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.

Вступ

Завдання побудови мережі – це поєднання різноманітного обладнання, подальша функціональність та спільна робота якого залежить від забезпечення його сумісності, що відображено в стандартах.

Мережева технологія набуває законного статусу, коли її положення закріплюються у відповідному стандарті. Стандарти мереж описують мережі як відкриті системи.

Відкритою системою називається будь-яка система (мережа, програмний продукт, апаратний засіб), яка побудована відповідно до відкритих специфікацій.

Специфікація – це формалізований опис апаратного або програмного компонента мережі, способу його функціонування, взаємодії з іншими компонентами, умов експлуатації й особливих характеристик.

Стандартом стає *відкрита специфікація*, яка приймається в результаті досягнення згоди після всебічного обговорення всіма зацікавленими сторонами та оприлюднення її у відкритій пресі.

5.1. Еталонна модель OSI/ISO

У 1977 році ISO почала розробку стандартів універсальної архітектури зв'язку, яка отримала назву *Еталонної моделі взаємодії відкритих систем* (Open System Interconnection, OSI) або скорочено – *модель OSI/ISO*.

Модель OSI/ISO є концепцією застосування відкритих стандартів, спрямованою на забезпечення сумісності між різними системами, що дозволяє мінімізувати кількість угод, які не мають безпосереднього відношення до організації самого з'єднання між системами. Перша версія стандартів моделі OSI/ISO була випущена як стандарт X.200. Робота зі стандартизації моделі OSI/ISO, спільну участь у якій беруть ISO і ITU-T, триває до сьогодні.

Еталонна модель OSI є визначальним документом для розробки відкритих стандартів з організації з'єднань систем і мереж зв'язку. За основу прийняті такі принципи:

- кількість протокольних рівнів не повинна бути занадто великою, щоб розробка мережі та її реалізація не ускладнювалися, водночас ця кількість не має бути занадто малою, щоб не перевантажувати логічні модулі кожного рівня;

- рівні повинні чітко відрізнятися логічними модулями й функціями (об'єктами), які на них виконуються;

- функції та протоколи одного рівня можуть змінюватися, якщо це не порушує інші рівні;

- кількість інформації, яка передається через інтерфейси між рівнями, повинна бути мінімальною;

- допускається подальше структурування рівнів на підрівні, якщо виникає необхідність локального зосередження на функціях у межах одного

рівня. Виокремлення підрівнів є доцільним, якщо постає потреба поділу трудомісткого завдання на окремі, менш складні.

У результаті розроблено еталонну модель, яка містить сім рівнів (рис. 24).

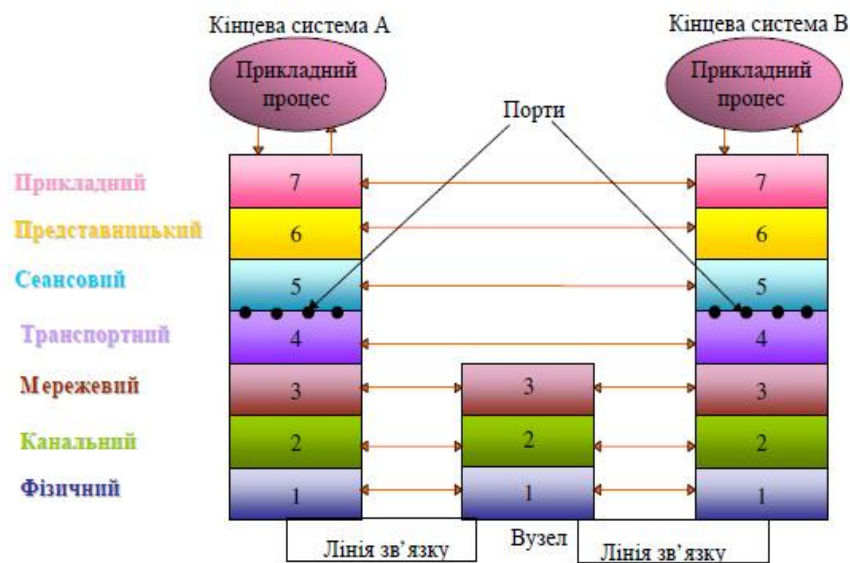


Рис. 24 – Еталонна модель OSI

Найвищим, сьомим, рівнем моделі OSI є *прикладний рівень*, на якому здійснюється керування терміналами й прикладними процесами в кінцевих системах мережі, які є джерелами та споживачами інформації. Цей рівень надає сервіси безпосередньо для прикладних програм користувачів.

Щоб уникнути несумісності між призначеними для користувача програмами, прикладний рівень визначає стандартні способи надання сервісів цього рівня. Це звільняє програмістів від необхідності повторно прописувати одні й ті ж функції в кожній розроблюваній ними мережевій прикладній програмі. Самі сервіси прикладного рівня не є застосуваннями. Прикладний рівень надає програмістам набір відкритих стандартних інтерфейсів прикладного програмування (Application Programming Interface, API), які можна використовувати для виконання таких функцій мережевого застосування, як передача файлів, віддалена реєстрація та ін. У результаті модулі прикладних програм виходять меншими за розміром і потребують менше пам'яті.

Прикладний рівень для користувачів є найбільш помітною частиною моделі OSI, оскільки він відповідає за запуск програм, їх виконання, введення-виведення даних, адміністративне керування мережею.

Протоколи взаємодії об'єктів сьомого рівня отримали назву *прикладних*.

Представницький рівень здійснює:

- інтерпретацію й перетворення даних, що передаються у мережу, до типу, зрозумілому прикладним процесам;

- забезпечує подання даних в узгоджених форматах і синтаксисі, трансляцію й інтерпретацію програм з різних мов, шифрування й стиснення даних.

Завдяки цьому мережа не обмежує використання різних типів ЕОМ як кінцевих систем. На практиці багато функцій цього рівня групуються з функціями прикладного рівня, тому протоколи представницького рівня не набули належного розвитку й не використовуються в багатьох мережах.

Сеансовий рівень забезпечує виконання функцій:

- керування сеансом зв'язку (сесією), орієнтованим на наскрізну передачу повідомлень, таких, наприклад, як встановлення й завершення сесії;
- керування черговістю й режимом передачі даних (*симплекс, дуплекс, напівдуплекс*);
- синхронізація; керування активністю сесії;
- складання звітів про надзвичайні ситуації.

У сесіях із встановленням логічного з'єднання запити встановлення й розриву з'єднання, а також запити передачі даних, пересилаються на розміщений нижче транспортний рівень. Сеансовий рівень після сесії здійснює поступове, а не раптове завершення, виконує процедуру квітування (відправки службового повідомлення про завершення сеансу зв'язку), що дозволяє запобігти втраті даних у разі, коли одна зі сторін має намір перервати діалог, а інша – ні. Сесії надзвичайно корисні у випадках, коли між клієнтом і сервером в мережі існує логічне з'єднання. Без встановлення логічного з'єднання сесія є неможливою. Однак, у цього правила є винятки, і деякі мережі підтримують передачу файлів без встановлення з'єднання. Навіть за таких умов сеансовий рівень передбачає виконання деяких корисних функцій для керування діалогом.

Сервіси сеансового рівня є додатковими і корисні лише для окремих застосувань, для більшості – їх наявність не є доцільною. Часто функції сеансового рівня реалізуються на транспортному рівні, тому протоколи сеансового рівня застосовуються обмежено.

Транспортний рівень виконує сегментування повідомлень і керування наскрізним, безпомилковим транспортуванням даних від джерела до споживача. Складність протоколів транспортного рівня зворотно пропорційна надійності сервісів нижчерозташованих рівнів (мережевого, каналного й фізичного).

Функція сегментації полягає в розбитті довгих інформаційних повідомлень на блоки даних транспортного рівня – сегменти. Для невеликого за обсягом повідомлення сегмент асоціюється з його розміром.

У керуванні наскрізним транспортуванням даних транспортний рівень підтримує такі функції як:

- адресація;
- встановлення з'єднання;
- керування потоком даних;
- надання даним пріоритетів;
- виявлення та виправлення помилок;
- відновлення після збоїв, мультиплексування.

Протоколи транспортного рівня поділяються на два види:

- протоколи, орієнтовані на встановлення з'єднання;

– протоколи, які забезпечують для вищих рівнів надійний сервіс без встановлення з'єднання.

Протоколи транспортного рівня без гарантії доставки набувають особливої популярності у випадках коли не потребується гарантована доставка повідомлень або не дозволяється повторення передачі повідомлень у якості метода контролю помилок. Це стосується застосувань, які працюють у реальному масштабі часу, такі як потокове відео або IP-телефонія.

Функція адресації на транспортному рівні, на відміну від адресації на мережевому і каналному рівнях, полягає в приєднанні додаткової унікальної адреси, яка ідентифікує прикладний процес, який здійснюється в кінцевій системі. Більшість комп'ютерів здатні виконувати одночасно декілька процесів, підтримуючи одночасно роботу декількох застосувань. Однак на мережевому рівні кожен із них, як правило, асоціюється з одним місцем розташування – апаратною адресою порту комп'ютера призначення. Коли пакет (блок даних мережевого рівня) надходить до порту комп'ютера призначення, останньому необхідно знати, для якого процесу його призначено. Саме цю інформацію надає унікальна адреса транспортного рівня. Таким чином, адреса транспортного рівня є *логічною* (відповідає програмному порту, пов'язаному з конкретним застосуванням), оскільки адресує процес, а не машину (на відміну від адрес каналного і мережевого рівнів).

Функція встановлення й розриву з'єднання на запит сеансового рівня між рівноправними об'єктами транспортного рівня реалізується за допомогою процедури *тристороннього квітування*.

Ця процедура дозволяє мінімізувати ймовірність випадкового встановлення помилкового з'єднання, вимагаючи два підтвердження у відповідь на один запит з'єднання. З'єднання встановлюється тільки тоді, коли всі три події (запит, підтвердження отримання запиту, підтвердження отримання підтвердження) відбуваються в заданий часовий проміжок. Це дозволяє переконатися у тому, що обидва об'єкти транспортного рівня готові до сеансу зв'язку. Якщо дії процедури не вкладаються в заданий проміжок часу, наприклад, через затримку або пошкодження службових пакетів, процедура ініціюється заново.

Розрив з'єднання транспортного рівня також контролюється тристороннім квітуванням, що забезпечує його коректність. Розрив з'єднання відбувається окремо в прямому й зворотному напрямках, що виключає можливість втрати даних користувача у разі, коли одна зі сторін завершила передачу даних, а інша ще залишається активною.

Функція керування потоком даних полягає в узгодженні параметрів передачі під час процедури тристороннього квітування. Такими параметрами є:

- максимальний розмір сегменту даних для встановленого з'єднання;
- обсяг вільного простору буфера приймача, в якому розміщуватимуться доставлені сегменти;
- розмір групи сегментів, після отримання яких приймач повинен надсилати передавачеві підтвердження про прийом.

Підтвердження не тільки доводить безпомилковість отримання даних, але й визначає кількість наступних сегментів, прийом яких є можливим з урахуванням поточного завантаження приймального буфера.

Функція призначення пріоритетів даних є виключною прерогативою транспортного рівня. Нижчий мережевий рівень не знає про існування пріоритетного трафіку й усі пакети (блоки даних мережевого рівня) він сприймає однаковими.

Більшість протоколів транспортного рівня підтримують два пріоритети: *звичайні дані* та *термінові*. Запит на призначення пріоритету надходить від сеансового рівня. Ідентифікатор призначеного пріоритету розміщується в поле службової інформації транспортного рівня, що приєднуються до сегмента.

Для кожного з пріоритетів можуть бути організовані окремі *буферні пули*. Алгоритм транспортування при цьому передбачає першочерговість обслуговування буфера термінових даних і тільки після його спустошення – буфера звичайних даних.

Іншим підходом є групування сегментів термінових і звичайних даних в один блок з розміщенням в полі службової інформації граничного показника їх розташування.

Функція виявлення та виправлення помилок виконується багатьма протоколами канального рівня, однак, транспортний рівень її не дублює. Відмінність полягає в тому, що канальний рівень виявляє й виправляє помилки двійкових розрядів, які виникають на фізичному рівні при передачі біт, а транспортний рівень ліквідує помилки, які виникають в результаті неправильної роботи мережевого рівня (втрата пакетів, несвоєчасна доставка пакетів та ін.). Крім того у мережах, де канальний рівень не відповідає за виявлення й виправлення помилок у двійкових розрядах або цей рівень зовсім відсутній, транспортний рівень бере на себе ці функції.

Функція транспортного рівня з виявлення помилкових пакетів ґрунтується на впорядкуванні сегментів. Для цього кожному сегменту присвоюється порядковий номер, а в момент відправлення запускається власний таймер. Таймер працює до тих пір, поки не надійде підтвердження (позитивне або негативне) прийому пакета на приймальному кінці. У разі негативного підтвердження, передавач повторює передачу сегмента.

У деяких більш простих реалізаціях протоколів транспортного рівня позитивне підтвердження отримання останнього сегмента повідомлення сприймається як безпомилкове отримання всіх його сегментів. Отримання негативного підтвердження означає, що передавач повинен повторно передати сегменти від тієї точки (сегмента), де виникла помилка. Такий механізм називається передачею з поверненням до N .

Якщо час, відрахований таймером сегмента, закінчується, ініціюється процедура виявлення помилки.

Функція відновлення після збоїв забезпечує можливість відновлення втрачених даних у разі пошкоджень мережі таких, як вихід з ладу лінії зв'язку (як наслідок – втрата віртуального з'єднання), вихід з ладу обладнання

мережевого вузла (як наслідок – втрата пакетів у середовищі без встановлення з'єднання) і, нарешті, вихід з ладу комп'ютера, якому адресовано дані. Якщо вихід з ладу окремих компонентів мережі короткочасний, і швидко вдається встановити новий віртуальний канал або знайти маршрут, який оминає несправний вузол, транспортний рівень, аналізуючи порядкові номери сегментів, точно встановлює, які сегменти вже отримано і які слід передати повторно. При довготривалому пошкодженні мережі транспортний рівень може організувати транспортне сполучення в резервній мережі (якщо така передбачена).

У разі виходу з ладу комп'ютера-передавача або комп'ютера-приймача, робота транспортного рівня припиняється, тому що він функціонує під керуванням інстальованих у них операційних системах. Після відновлення функціональності комп'ютера транспортний рівень починає ініціювати розсилку широкомовних повідомлень усім комп'ютерам, які працюють у мережі, з метою виявлення того з них, який мав активне транспортне з'єднання з пошкодженим. Таким чином, поновленому комп'ютеру вдається відновити перерване з'єднання за допомогою інформації, збереженої в справних машинах.

Функція мультиплексування дозволяє в одному мережевому з'єднанні організувати кілька з'єднань транспортного рівня. Адреса транспортного рівня дозволяє транспортному рівню розрізняти сегменти, адресовані різним прикладним процесам. Перевагою такого мультиплексування є зменшення собівартості транспортування даних у мережі. Проте воно є доцільним тільки в режимі роботи мережі, орієнтованій на встановлення з'єднання (віртуального каналу).

Особливостях роботи транспортного рівня в режимі без встановлення з'єднання, який використовується, коли гарантувати наскрізну доставку даних не потрібно:

- процеси обміну даними в реальному масштабі часу (аудіо- або відео-процеси), для яких доставка без затримки є значно важливішою ніж достовірність, яка досягається за рахунок повторних передач сегментів;

- більш ефективне використання мережі, не займаючи її пропускну здатність величезною кількістю службової інформації;

- актуальність функції адресації транспортного рівня, яка забезпечує підтримку декількох одночасно працюючих прикладних процесів на одній машині, що є неможливим без сервісів транспортного рівня.

Мережевий рівень виконує головну телекомунікаційну функцію – забезпечення зв'язку між кінцевими системами мережі. Цей зв'язок реалізовано шляхом надання наскрізного каналу, який комутований з окремими ділянками відповідно до оптимально обраного маршруту, логічного віртуального каналу або безпосередньої маршрутизації блоку даних у процесі його доставки. При цьому мережевий рівень звільняє вищі рівні від знань про те, через які ділянки мережі або через які мережі проходить маршрут передачі інформації. Якщо вищі рівні (прикладний, представницький, сеансовий і транспортний), зазвичай обов'язкові в кінцевих системах, які взаємодіють через мережу, три нижніх

рівні (мережевий, каналний та фізичний) є необхідними також для всіх проміжних мережевих пристроїв, розташованих у транзитних пунктах маршруту передачі даних.

Основною функцією мережевого рівня є *маршрутизація*. Вона полягає в прийнятті рішення, через які конкретно проміжні пункти повинен пройти маршрут передавання даних, які направляються з однієї кінцевої системи в іншу, та як має виконуватися комутація (яка відповідає конкретному маршруту) між входами та виходами мережевих пристроїв, розташованих у проміжних пунктах мережі.

Блоки даних, з якими оперує мережевий рівень, називаються *пакетами*. Пакет утворюється шляхом додавання до сегмента, переданого з транспортного рівня, заголовка, який містить *адресу мережевого рівня*, яка складається з двох частин і ідентифікує як адресу мережі кінцевого користувача, так і самого користувача в ній.

Мережі з різними мережевими адресами з'єднуються між собою *маршрутизаторами*. Для того, щоб передати пакет від відправника, який знаходиться в одній мережі, до одержувача з іншої мережі, необхідно зробити кілька транзитних «стрибків» – *хопів* (hops) між мережами, вибираючи щоразу найоптимальніший за часом проходження або надійністю маршрут.

Мережевий рівень вирішує також завдання взаємодії мереж з різними технологіями та створення захисних бар'єрів на шляху небажаного трафіку між мережами.

На мережевому рівні використовуються два види протоколів:

- власне мережеві протоколи, які забезпечують просування пакетів через мережу (асоціюють з протоколами мережевого рівня);
- протоколи маршрутизації, які займаються обміном маршрутною інформацією, за допомогою яких маршрутизатори збирають інформацію про топологію міжмережевих з'єднань.

Протоколи мережевого рівня виконуються модулями операційної системи, а також програмними й апаратними засобами маршрутизаторів.

На мережевому рівні можуть також працювати протоколи відображення адреси призначення мережевого рівня на адресу каналного рівня мережі, де знаходиться кінцевий користувач.

Канальний рівень відповідає за якісну передачу даних між двома пунктами, пов'язаними фізичним каналом з урахуванням особливостей середовища-передавача.

Термін «*передача даних*», на відміну від терміна «*переносу інформації*» підкреслює саме цей аспект діяльності каналного рівня. Якщо з'єднання встановлюється між двома кінцевими системами, не пов'язаними безпосередньо, то воно буде включати декілька незалежно функціонуючих фізичних каналів передачі даних. При цьому фізичні середовища передачі можуть відрізнятися (мідь, оптичне волокно, ефір). Несумісними можуть виявитися й вимоги до формату подання даних у кожному каналі, що називається *лінійним кодуванням*. У цій ситуації каналний рівень бере на себе

функції адаптації даних до типу фізичного каналу зв'язку, надаючи вищерозташованим рівням «прозоре з'єднання».

Блок даних на каналному рівні називається *кадром* або *фреймом*. Пакети мережевого рівня, об'єднані в кадр, обрамляються розділовими прапорами (спеціальними послідовностями біт, розміщеними на початку та в кінці блоку пакетів). Крім того, до кадру додається контрольна сума, з використанням якої здійснюється перевірка правильності переданого каналом кадру. У разі виявлення невірної помилки, приймач надсилає запит до передавача про повторну передачу кадру. Теорія передачі даних і теорія кодування досить добре розроблені, що дозволяє забезпечити високу ефективність роботи протоколів каналного рівня. Необхідно відзначити, що функція виправлення бітових помилок не завжди є обов'язковою для каналного рівня, тому в деяких протоколах каналного рівня вона відсутня. Іноді в глобальних мережах функції каналного рівня виокремити важко, оскільки в одному й тому ж протоколі вони об'єднуються з функціями мережевого рівня.

Важливими функціями каналного рівня є керування доступом до каналу з зв'язку, синхронізація кадрів, керування потоком даних, адресація, встановлення з'єднання й роз'єднання.

Керування доступом до каналу визначається:

- типом фізичного каналу, який з'єднує станції;
- кількістю під'єднаних до нього станцій.

Тип каналу визначається:

- режимом його роботи (дуплексний, напівдуплексний);
- конфігурацією (двоточковою – тільки дві станції, багатоточковою – три і більше станцій).

Керування доступом є актуальним у напівдуплексному режимі роботи каналу з багатоточковою конфігурацією, коли станціям необхідно очікувати момент початку своєї передачі даних.

Синхронізація кадрів забезпечує приймач можливість точного визначення початку й кінця кадру. Для передачі даних визначено два методи:

- асинхронна передача, орієнтована на символи (зазвичай 8-бітний символ), означає, що передача кожного символу попереджається стартовим бітом і закінчується стоповим бітом;
- синхронна передача, орієнтована на кадри, в якій використовуються прапори початку і кінця кадру як синхронізуючі послідовності.

Керування потоком даних полягає в наданні приймачу можливості повідомляти передавач про свою готовність або неготовність до приймання кадрів. Суть полягає в тому, що виникає запобігання такій ситуації, коли передавач завалює приймач кадрами, які той не в змозі обробити.

Адресація є потрібною при багатоточковій конфігурації каналу з більш ніж двома станціями, щоб ідентифікувати одержувача. Адреси каналного рівня називаються *апаратними*. Поле адреси містить адресу призначення та адресу джерела.

Встановлення та роз'єднання з'єднання – це процедура активації та дезактивації з'єднання на каналному рівні, яка виконується програмним забезпеченням. При цьому станція передачі ініціює з'єднання надсиланням адресату спеціальної команди «старт», а станція приймання підтверджує з'єднання, після чого починається передавання даних. Ця процедура здійснюється також після збоїв і перезавантаження програмного забезпечення каналного рівня. Є також команда «стоп», яка зупиняє роботу програмного забезпечення.

Фізичний рівень відповідає за розміщення біт інформації у фізичному середовищі. На фізичному рівні можуть використовуватися такі типи середовищ:

- кабель «вита пара»;
- коаксіальний кабель;
- оптичне волокно;
- територіальний цифровий канал;
- ефір.

Основними характеристиками фізичних середовищ передачі є такі параметри:

- смуга пропускання;
- перешкодозахищеність;
- хвильовий опір та ін.

Тут реалізуються фізичні інтерфейси пристроїв з передавальним середовищем та пристроями, між якими виконується передавання бітів.

Основні характеристики фізичного рівня можна об'єднати в такі групи.

Механічні. Це характеристики, пов'язані з фізичними властивостями інтерфейсу з передавальним середовищем, тобто роз'ємами, які забезпечують з'єднання пристрою з одним або кількома провідниками. Типи роз'ємів і їх призначення кожного контакту зазвичай стандартизуються.

Електричні. Визначають вимоги до подання бітів, які передаються в фізичне середовище, наприклад, рівень струму або напруги переданих сигналів, крутизна фронтів імпульсів, типи лінійних кодів, швидкість передачі сигналів.

Функціональні. Визначають функції окремих каналів фізичних інтерфейсів пристроїв, які взаємодіють через передавальне середовище.

Основними схемами взаємодії пристроїв на фізичному рівні є:

- симплексний зв'язок (однобічний);
- дуплексний зв'язок (двобічний, одночасний);
- напівдуплексний зв'язок (почерговий).

При цьому можуть бути реалізовані два варіанти організації зв'язку:

- «точка-точка»;
- «точка-багато точок».

У першому варіанті два пристрої розділяють один зв'язок, який, може бути симплексним, напівдуплексним або дуплексним.

У другому варіанті передбачається, що передані дані одним пристроєм приймаються багатьма пристроями. Як правило, такі зв'язки є симплексними

(кабельне телебачення) або напівдуплексними (локальна мережа на базі стандарту Ethernet). В окремих випадках можуть використовуватися також дуплексні зв'язки (мережа на базі технології SONET). Можуть застосовуватися також інші топології фізичного рівня, такі, як *шина*, *зірка*, *кільце*, проте всі вони є варіаціями вже відомих «точка-точка» і «точка-багато точок». Так топологія шина є типовим варіантом «точка-багато точок», топологія зірка - набором зв'язків «точка-точка», топологія кільце – набір колоподібних зв'язків «точка-точка».

Процедурні. Встановлюють правила, за допомогою яких відбувається обмін потоками бітів через фізичне середовище.

Це схеми роботи послідовного та паралельного інтерфейсів. У першому випадку між взаємодіючими пристроями існує тільки один канал зв'язку, яким біти передаються один за одним. Це призводить до обмеження швидкості передачі й, отже, повільної роботи інтерфейсу. У другому випадку кілька бітів передаються між взаємодіючими пристроями одночасно декількома каналами. Швидкість передачі при цьому зростає.

Однією з важливих функцій фізичного рівня є *мультиплексування*, що забезпечує об'єднання безлічі вузькосмугових (низькошвидкісних) каналів у один широкосмуговий (високошвидкісний). Як відомо, за технологічним принципом розрізняють:

- *частотне мультиплексування* (Frequency Division Multiplexing, FDM);
- *мультиплексування з поділом часу* (Time Division Multiplexing, TDM).

Технології FDM і TDM можуть бути об'єднані таким чином, що підканал у системі з частотним мультиплексуванням розбивається на кілька каналів шляхом мультиплексування з поділом часу. Цей прийом використовується в роботі цифрових стільникових мереж.

ЛЕКЦІЯ 6. СТАНДАРТИ ПРОТОКОЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ (2)

План

Вступ

1. Принципи інкапсуляції даних в моделі ISO/OSI.
2. Переваги і недоліки моделі ISO/OSI і TCP/IP.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.
3. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К. та ін.]. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.

Вступ

Використання відкритих специфікацій (стандартів) дозволяє випускати сумісні між собою мережеві компоненти, а мережевим операторам створювати мережі з продуктів різних виробників і забезпечувати сумісність своїх мереж з мережами інших операторів. Відкритий характер стандартів є важливим:

- для пристроїв і програм, які випускаються для побудови мереж;
- для комунікаційних протоколів.

Отже, дотримання відкритих стандартів надає такі переваги:

- можливість побудови мереж з апаратних і програмних засобів різних виробників;
- безпроблемну заміну одних компонентів мережі іншими, більш доскональними, що дозволяє забезпечити розвиток мережі з мінімальними витратами;
- вільне сполучення однієї мережі з іншою.

6.1. Принцип інкапсуляції даних в моделі OSI/ISO

Підготовка даних, отриманих на прикладному рівні, для транспортування по мережі зв'язку відповідно до протоколів стека OSI ґрунтується на концепції *інкапсуляції*.

Механізм інкапсуляції – це спосіб пакування даних у форматі одного протоколу в формат іншого протоколу, що в даному випадку відповідає послідовному додаванню до даних відповідної службової інформації на кожному рівні стека (рис. 25). У результаті кожний рівень отримує дані від вищого рівня, поміщені в оболонку. Оболонка не відкривається й не зчитується нижчим рівнем, який, у свою чергу, доповнює зовні оболонку своєю службовою інформацією, яка призначена аналогічному рівню в системі приймання.

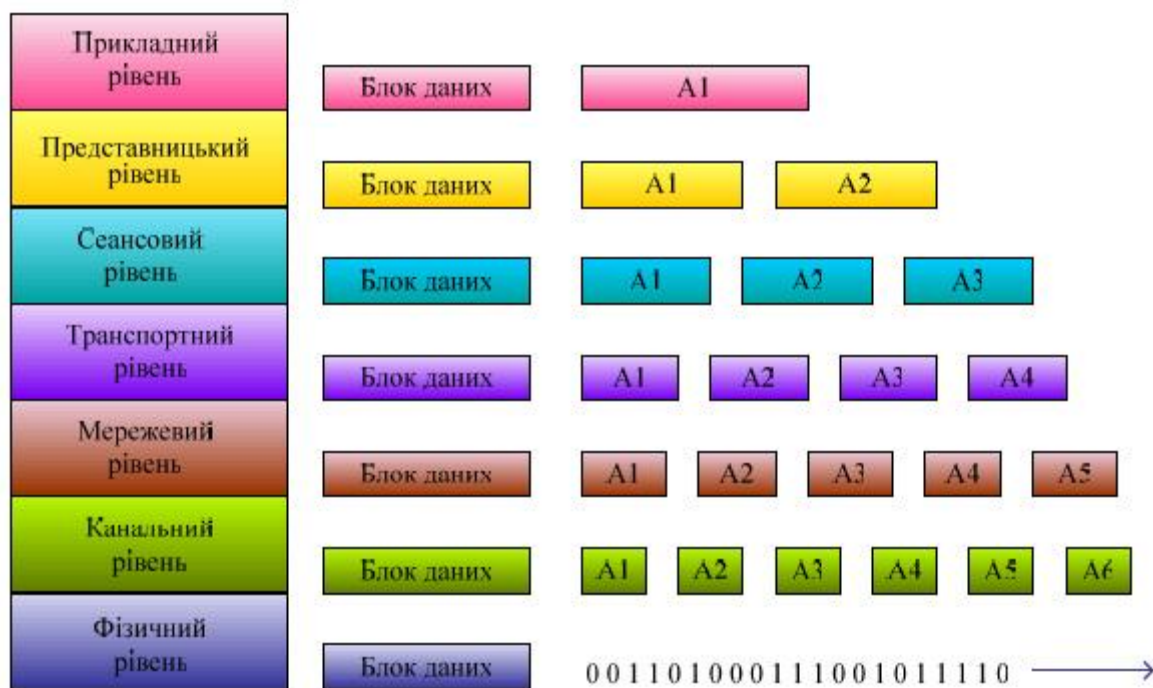


Рис. 25 –Інкапсуляція даних при проходженні вниз по стеку OSI

A1 – заголовок прикладного рівня

A2 – заголовок представницького рівня

A3 – заголовок сеансового рівня

A4 – заголовок транспортного рівня

A5 – заголовок мережевого рівня

A6 – заголовок канального рівня

Блок інформації, який надходить з вищого рівня на нижчий, завжди має стандартний формат: *заголовок, службова інформація, дані, кінцевик*. При цьому заголовок вищого рівня сприймається нижчерозміщеним як передані дані.

6.2. Промисловий стандарт стека протоколів TCP/IP

Transmission Control/Internet Protocol) (TCP/IP) – це промисловий стандарт стека протоколів, розроблений для глобальних мереж. У протоколі TCP/SH (*Transmission Control/Internet Protocol*) фіксується механізм того, як передається інформація з датчика особі, яка її приймає (або кільком особам). Для стаціонарних мереж це включає, наприклад, PSTN та ISDN (цифрова мережа інтегрованих послуг). Мережі та послуги комутації пакетів включають в себе, наприклад, GPRS, UMTS (Універсальну систему мобільних телекомунікацій), xDSL, TETRA (Транс'європейський стандарт радіозв'язку з автоматичним розподілом каналів), послуги електронної пошти та інші послуги Інтернет зв'язку. Щодо PLMN, це включає, наприклад, GSM (Глобальну систему для мобільного зв'язку), CDMA, IS41, FMPS, GPRS, UMTS, TETRA, також застосовується до S-PCS (персональної супутникової системи зв'язку).

Стандарти TCP/IP опубліковано в серії документів, названих *Request For Comment (RFC)*.²¹ Документи RFC описують внутрішню роботу Інтернету. На рис. 26 наведено структуру стека TCP/IP у співвідношенні з рівнями моделі OSI. Праворуч на рис.26 вказано засоби реалізації різних рівнів.

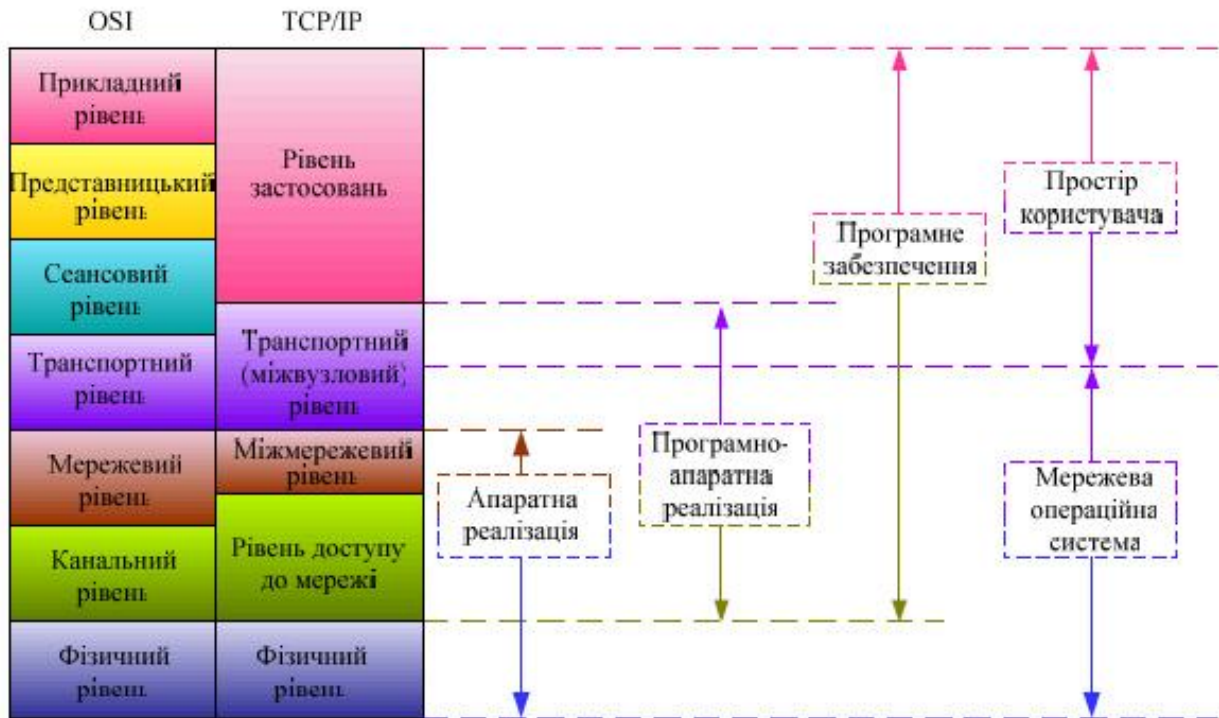


Рис. 26 – Порівняння архітектур TCP/IP і OSI за засобами реалізації різних рівнів

Протоколи стека TCP/IP поділяються на п'ять рівнів.

Найнижчий – фізичний рівень – відповідає *фізичному рівню* моделі OSI. Цей рівень у стеку TCP/IP спеціально *не стандартизовано*, а тому допускає використання всіх основних стандартів фізичного рівня, які визначають характеристики передавального середовища, швидкості передачі сигналів та схеми кодування сигналів.

Рівень доступу до мережі, пов'язаний з логічним інтерфейсом між кінцевої системою і мережею, є також *нерегламентованим*. Наприклад, для з'єднання комп'ютера з мережею може використовуватися будь-який стандарт канального рівня: PPP, Ethernet, ATM і та ін.

Міжмережевий рівень забезпечує функцію маршрутизації при передачі даних від одного хосту до іншого через вузли однієї або декількох логічних мереж. Основний протокол цього рівня – це протокол IP (Internet Protocol), який підтримується усіма кінцевими системами (хостами) й мережевими

²¹ Документи RFC описують внутрішню роботу Інтернету. Деякі RFC описують мережеві сервіси або протоколи та їх реалізацію, водночас інші узагальнюють умови застосування. Слід зазначити, що стандарти TCP/IP завжди публікуються у вигляді документів, але не всі RFC можна вважати стандартами. Деякі RFC з часом набувають статусу офіційних міжнародних стандартів після їх затвердження організацією зі стандартизації OSI або ITU-T.

комунікаційними пристроями, котрі здійснюють функцію маршрутизації. До допоміжних протоколів цього рівня належать такі:

- ICMP (Internet Control Message Protokol) – протокол керування повідомленнями Інтернет, забезпечує можливість шлюзів та маршрутизаторів обмінюватися службовими повідомленнями з хостом-відправником у разі виникнення проблемної ситуації при передачі в мережі;

- IGMP (Internet Group Management Protokol) – протокол керування групами, надає великій кількості хостів і маршрутизаторів можливість обмінюватися повідомленнями з груповими адресами в широкомовному режимі;

- OSPF (Open Shortest Path First) – протокол визначення першого найкоротшого маршруту при встановленні віртуального (логічного) з'єднання OSI/ISO в інтермережі;

- BGP (Border Gateway Protokol) – протокол регламентує процедуру маршрутизації між граничними шлюзами в Інтернет;

- RSVP (ReSerVation Protokol) – протокол резервування комунікаційних ресурсів (смуги пропускання ліній зв'язку) з метою надання необхідної якості обслуговування, підтримується хостами й мережевими комунікаційними пристроями;

- RIP (Routing Protokol) – протокол збору маршрутної інформації при топологічних змінах у інтермережі;

- ARP (Address Resolution) – протокол розв'язування адресів (встановлює співвідношення між IP-адресом і фізичним адресом вузла).

Транспортний рівень відповідає за виконання функції наскрізної передачі даних і тому реалізується лише в кінцевих системах. Протоколи цього рівня приховують від рівня застосувань подробиці про мережу або мережі, якими транспортуються дані. На цьому рівні виконуються два основні протоколи:

- TCP (Transmission Control Protokol) – протокол керування передачею, орієнтований на логічне з'єднання та послідовну передачу блоків даних, котрий містить механізми забезпечення надійності, які дозволяють відстежувати блоки даних і тим самим гарантувати їх коректну доставку застосування адресантові;

- UDP (Ustr Datagram Protokol) – протокол датаграм користувачів, який забезпечує швидку, але ненадійну передачу блоків даних, які самостійно переміщуються мережею без встановлення логічного з'єднання.

Рівень застосувань забезпечує зв'язок між прикладними процесами та застосуваннями взаємодіючих хостів. Основні протоколи цього рівня:

- FTP (File Transfer Protokol) – протокол передачі файлів;

- HTTP (Hyper Text Transfer Protokol) – протокол передачі гіпертекстових файлів;

- SMTP (Simple Mail Transfer Protokol) – простий протокол передачі пошти;

- TELNET – протокол видаленого входу в систему;

- SNMP (Simple Network Management Protokol) – простий протокол мережевого керування;

– DNS (Domain Name System) – служба імен доменів або прикладний сервіс в Інтернет-мережі, який дозволяє хостам перетворювати Інтернет-імена в IP- адреси;

– MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) – багатоцільові розширення Інтернет-пошти, які підтримують обмін мультимедійними повідомленнями, визначаючи процедури, які дозволяють користувачеві приєднувати до повідомлення електронної пошти файли різних форматів (тексти, зображення, аудіо, відео та цілі програмні застосування).

На рівні застосувань працюють також багато навігаційних програм (Google, Gopher, Wais, WWW), які забезпечують пошук потрібної інформації в мережі.

6.3. Переваги та недоліки моделі ISO/OSI і TCP/IP

Переваги моделі OSI

Модель OSI сьогодні є еталонною багаторівневою моделлю архітектури зв'язку інформаційних мереж і основою для розробки стандартів нових протоколів.

Модель ISO/OSI дозволяє визначити межі телекомунікаційної та інформаційної мереж у загальній архітектурі зв'язку, а саме:

– фізичний, каналний, мережевий і транспортний рівні відображають принцип роботи телекомунікаційної мережі;

– сеансовий, представницький і прикладний – інформаційної мережі.

Чітке визначення інтерфейсів за рівнями дозволяє замінити один протокол рівня на інший без зміни стандартів протоколів суміжних рівнів. У цьому полягає основна цінність моделі OSI.

Модель ISO/OSI є корисною для теоретичних досліджень і розробок нових мереж, хоча протоколи OSI не отримали широкого розповсюдження.

Недоліки моделі OSI

За архітектурою OSI закріпився статус *прписної моделі*. Це відбулося, по-перше через несвоєчасність появи стандартних протоколів OSI (до моменту їхньої появи розповсюдилися конкуруючі з ними протоколи стеку TCP/IP), а по-друге – через складність і недосконалість моделі (представницький і сеансовий рівні порожні, а мережевий і каналний – перевантажені).

Переваги моделі TCP/IP

Стек TCP/IP є лідером, що пояснюється такими його властивостями:

– це найбільш апробований, і у той же час популярний стек протоколів, який став стандартом де-факто;

– майже всі існуючі великомасштабні мережі функціонують на основі стека TCP/IP.

– це основний спосіб отримання доступу в Інтернет;

– усі сучасні операційні системи підтримують стек TCP/IP;

– стек TCP/IP знайшов застосування при створенні корпоративних мереж, які використовують транспортні послуги Інтернету і гіпертекстову технологію;

– стек TCP/IP є основою гнучкої технології для поєднання різнорідних систем і мереж, як на рівні реалізації транспортної функції, так і на рівні взаємодії прикладних процесів;

– стек TCP/IP забезпечує добре масштабоване середовище для застосувань клієнт-сервер.

Недоліки моделі TCP/IP

Моделі TCP/IP та її протокол не позбавлені певних недоліків:

– відсутність розмежувань концептуальних понять інтерфейсу, протоколу та рівневого сервісу, що досить чітко зроблено в моделі ISO/OSI. Внаслідок цього модель TCP/IP не може застосовуватися для розробки нових мереж.

– за допомогою моделі TCP/IP неможливо описати жоден інший стек протоколів, окрім TCP/IP.

– у моделі не диференційовано фізичний та канальний рівні, хоча вони абсолютно різні, що в коректній моделі обов'язково враховується.

– найбільш ретельно продумано й опрацьовано протоколи IP і TCP.

– стек TCP/IP не може розглядатися як повноцінна модель, однак самі протоколи добре апробовані та надзвичайно популярні.

Висновки

1. На транспортному і канальному рівнях реалізуються два незалежних механізми перенесення. Такий поділ задачі з транспортування інформації свого часу був зумовлений необхідністю об'єднати велику кількість мереж, які використовують різні технології доступу до каналу зв'язку. Домогтися узгодженої поведінки транспортного і канального рівнів (через мережевий рівень) не можливо у зв'язку з принципом автономності рівнів у моделі ISO/OSI. Однак сучасні концепції розвитку мереж на мультисервісній основі (зокрема концепція NGN) передбачають стратегії узгодженої поведінки транспортного та канального рівнів у обхід мережевого рівня, що формально порушує принцип автономності а виходить за межі еталонної моделі.

2. У результаті конвергенції мереж та об'єднання інформаційних потоків різних служб у спільний передавальний потік гетерогенного трафіку, виникає необхідність ідентифікації його змісту.

ЛЕКЦІЯ 7. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

План

Вступ

1. Сегментний підхід в побудові мереж.

2. Виокремлення сегментів за масштабом охопленої території, на основі декомпозиції транспортної функції, за технологічною ознакою.
 3. Побудова сегментів.
 4. Узагальнені характеристики сегментів.
 5. Поєднання сегментів мережі.
- Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.
3. Бертсекас Д. Сети передачи данных/Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – М. : Мир, 1989. – 544 с.
4. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Принципи побудови телекомунікаційної мережі як складного об'єкта базуються на способах її декомпозиції. Цей процес полягає у виділенні в мережі відносно незалежних структурних фрагментів, так званих *сегментів*. Будь-який сегмент глобальної мережі можна розглядати як *самостійну мережу більш низького рівня*.

Сегментний підхід слід розглядати не стільки як спосіб декомпозиції мережі, скільки як спосіб її синтезу (що нагадує принцип «дитячого конструктора»), метою якого є *визначення принципів утворення сегментів і правил поєднання сегментів між собою*. Основним завданням сегментації слід вважати максимізацію частки трафіку, який замикається всередині сегментів, та мінімізацію тієї його частини, яка циркулює між сегментами.

7.1. Сегментний підхід в побудові мереж

7.1.1. Виокремлення сегментів за масштабом охопленої території

Виокремлення сегментів за масштабно-територіальною ознакою представлено ієрархією, наведеною на рис. 27. До виділеного сегмента можна вжити термін «мережа», який не суперечить загальноприйнятій термінології, а для повноти ієрархії логічно ввести поняття глобальної мережі.

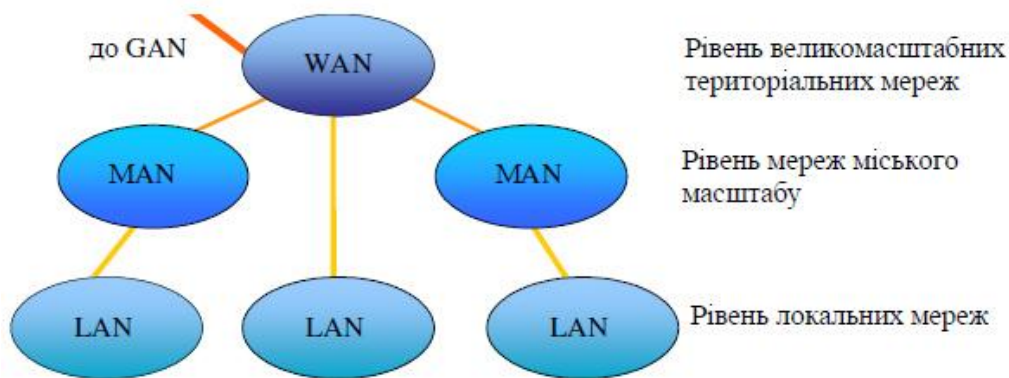


Рис. 27 – Ієрархія мереж

Глобальна мережа (Global Area Network, GAN) – це загальнопланетарна мережа, яка об'єднує всі країни та континенти, забезпечує доступ користувачів мережі в будь-якій точці земної кулі.

Великомасштабна територіальна мережа (Wide Area Network, WAN) – сегмент, призначений для об'єднання мереж міського масштабу або сільських районів, розташованих на території великого регіону, держави, континенту, а також на різних континентах.

Мережа мегаполісу (Metropolitan Area Network, MAN) – сегмент, що охоплює територію міста, сільського району, області або регіону.

Локальна мережа (Local Area Network, LAN) – сегмент, у якому основна частина трафіку замикається всередині невеликої території, установи, промислового підприємства і т. п. Сегментами типу LAN також є мережі, утворені поєднанням декількох локальних мереж, розташованих на невеликій відстані один від одного (мережі кампусів).

Класифікація сегментів за масштабно-територіальною ознакою представляє інтерес при *декомпозиції* задач синтезу мережі. Телекомунікаційні технології, які в них застосовуються, суттєво відрізняються один від одного. Зважаючи на відмінність технологій локальних і глобальних мереж, неважко зрозуміти, чому до недавнього часу локальні й територіальні мережі обслуговувалися різними фахівцями.

В умовах тенденції до зближення локальних і територіальних мереж (конвергенції мереж), а також конвергенції технологій, що застосовуються, ситуація суттєво змінилась. Сьогодні виділення будь-яких сегментів розглядається як *фрагментація єдиної глобальної мережі*.

7.1.2. Виокремлення сегментів на основі декомпозиції транспортної функції

Основне призначення телекомунікаційної мережі – це реалізація транспортної функції, тобто перенесення інформації, поданої у формі сигналу з кінця в кінець між інтерфейсами мережі.

Мережева активність при транспортуванні інформації різними ділянками телекомунікаційної мережі визначаються інтенсивністю створеного в них мережевого трафіку. Принцип розподілу інтенсивності трафіку на різних ділянках телекомунікаційної мережі може бути основою декомпозиції транспортної функції. Така декомпозиція передбачає виділення трьох типів сегментів, які вирішують відносно самостійні функціональні підзавдання, а саме: *транспортні мережі, мережі доступу і розподільчі мережі.*

Транспортна мережа – це сегмент з високим ступенем концентрації трафіку, за допомогою якого здійснюється інформаційний обмін між сегментами з більш повільним трафіком і в якому транспортне середовище для передавання будь-якого типу інформації забезпечується використанням єдиних технологічних принципів і встановлених стандартів з надання ширини смуги пропускання (рис. 28).

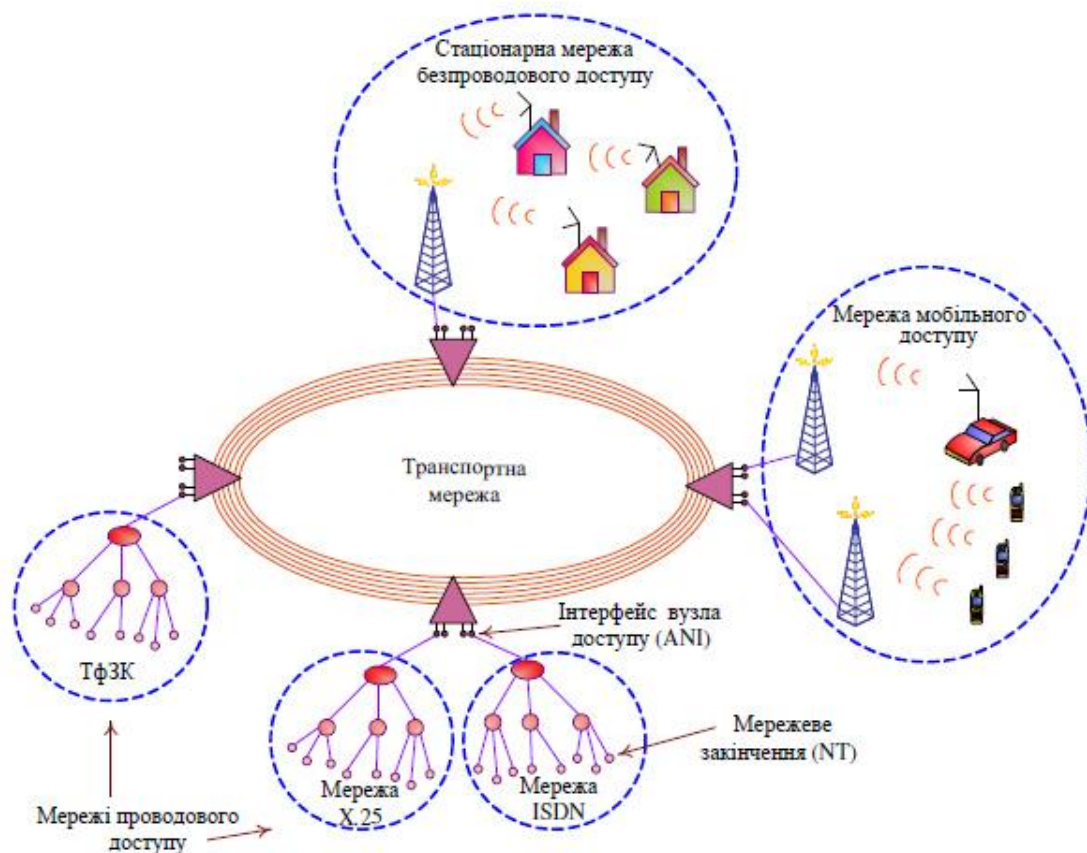


Рис. 28 – Транспортна мережа та мережі доступу

Мережею доступу називається сегмент телекомунікаційної мережі, в якому формуються інформаційні потоки, спрямовані в транспортну мережу.²²

З'єднання мереж доступу з транспортною мережею здійснюється у вузлах доступу до транспортної мережі. Мережі доступу узагальнено поділяються на:

- мережі прововодового доступу;
- стаціонарні мережі безпроводового доступу;

²² Хоча мережі доступу та транспортна мережа спільно вирішують завдання реалізації транспортної функції з перенесення інформації з кінця в кінець, телекомунікаційні технології, які використовуються в них, істотно відрізняються.

– мережі мобільного доступу.

Мережа доступу з боку користувача має пристрій *мережевого закінчення*, який ще називається просто *мережевим закінченням*, а на іншому кінці – *інтерфейс вузла доступу* до транспортної мережі.

Ділянка мережі між мережевим закінченням NT, до якого під'єднаний термінальний пристрій користувача, й *інтерфейсом сервісного вузла*, де абоненту надається необхідна послуга, визначається терміном *мережа абонентського доступу*.

Мережі доступу, у загальному випадку, мають багаторівневу архітектуру, що включає вузли рівнів доступу, розподілу і ядра. Опорні вузли мереж абонентського доступу формують рівень доступу. Вузли рівня розподілу забезпечують агрегацію інформаційних потоків, що надходять від опорних вузлів абонентського доступу, і магістралями направляють агреговані потоки у вузли доступу до транспортної мережі.

У вузлі доступу до транспортної мережі відбувається концентрація всіх інформаційних потоків від приєднаних вузлів рівня розподілу. Вузол доступу до транспортної мережі, таким чином, переміщується на рівень ядра в мережі доступу. Якщо територіальна протяжність є значною, мережа доступу може розглядатися як самостійний сегмент MAN.

Розподільчою мережею називають сегмент телекомунікаційної мережі, за допомогою якого концентрований потік, який надходить з транспортної мережі, перерозподіляється та надходить до споживачів.

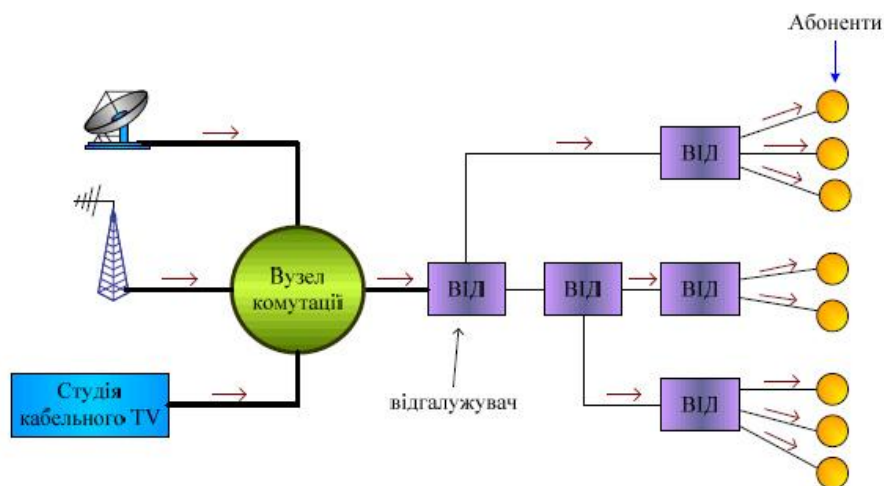


Рис. 29 – Розподільча мережа

На практиці функції мережі доступу та розподільчої мережі часто поєднуються в одному сегменті. Класичним прикладом власне розподільчої мережі є тільки мережа оператора кабельного телебачення (рис. 29).

7.1.3. Виокремлення сегментів за технологічною ознакою

Телекомунікаційну мережу розглядають як сукупність сегментів, різниця між якими зумовлена телекомунікаційними технологіями, що застосовуються в

них. Причому розміри таких сегментів можуть досягати масштабів LAN, WAN, MAN мереж.

Визначаючи сегменти за ознаками телекомунікаційної технології, вживають поняття, яке пов'язано з назвою відповідного технологічного стандарту або протоколу, наприклад, «мережа АТМ», «IP-мережа» та ін.

Принцип технологічної однорідності дозволяє виокремлення сегментів, до яких вживається термін *хмара*.

Хмара – це територіальна телекомунікаційна мережа з *однорідними зовнішніми інтерфейсами*, внутрішня будова якої при організації через неї транспортування інформаційних потоків не деталізується і не розглядається.

Цей термін вживається в контексті опису схем взаємодії двох і більше віддалених локальних мереж через телекомунікаційні мережі операторів. Прикладом цього є корпоративна мережа, в якій мережі центральної штаб-квартири та філій об'єднуються за допомогою зовнішніх телекомунікацій.

7.2. Побудова сегментів фізичного рівня

Сегмент фізичного рівня розглядається як сукупність пунктів і ліній, які їх з'єднують, що утворює відносно незалежний структурний фрагмент мережі.

З'єднаність усіх пунктів у сегменті на фізичному рівні досягається використанням *окремих ліній зв'язку* для кожної пари кінцевих пунктів (повнозв'язна топологія «кожен з кожним»), *спільним комунікаційним середовищем* або *вузлоутворенням*.

Повнозв'язна топологія

Використання в сегменті топологій «точка-точка» для зв'язку всіх пар кінцевих пунктів не завжди є економічно доцільним. Проте саме в такому сегменті досягається максимальна надійність, а це виправдовує використання дорогих топологій у сегментах з високим ступенем концентрації трафіку (магістральних мережах).

Спільне комунікаційне середовище – це фізичне середовище передачі, в якому з'єднаність кінцевих пунктів забезпечується принципом «точка-багато точок» (шинна топологія).

Пари пунктів можуть взаємодіяти у спільному середовищі, не заважаючи одна одній, тільки по чергово, тому що спільне комунікаційне середовище є єдиним приладом, який обслуговує запити на обмін інформацією різних кореспондуючих пар пунктів.

Сегменти, побудовані на базі спільного середовища передачі, мають такі недоліки:

- дефіцит пропускну здатності та зниження продуктивності сегмента при збільшенні кількості під'єднаних кінцевих пунктів;

- обмеження фізичної довжини сегмента, обумовлене загасанням сигналів у фізичному середовищі передачі.

Оскільки спільне комунікаційне середовище як єдиний канал зв'язку в одному часовому інтервалі може використовуватися тільки однією

взаємодіючою парою пунктів, його ще називають *розподільчим середовищем передачі* (мається на увазі розподіл у часі).

Використовуючи мультиплексування, в спільному комунікаційному середовищі можна організувати кілька незалежних каналів, розділивши його смугу пропускання на канали меншої пропускну здатності.

Кожен з них можна використовувати або за принципом єдиного розподільчого середовища для під'єднання декількох кінцевих пунктів, або як незалежні канали двоточкового з'єднання для підключення окремих пар пунктів. Обмеженням є дефіцит пропускну спроможності спільного середовища передачі, використання якого, незважаючи на зазначені недоліки, завжди є *економічно вигідним рішенням*.

Основна перевага спільного комунікаційного середовища – простота фізичної топології мережі, а також відносно недороге комунікаційне обладнання, в якому не потрібно аналізувати адресну інформацію повідомлень, що передаються. Це завдання перекладається на обладнання кінцевих пунктів, де аналізується адреса кожного надісланого повідомлення та обробляється лише те з них, яке адресовано даному пункту.

Вузлоутворення є компромісом між двома розглянутими вище способами організації зв'язних фізичних сегментів. Воно передбачає *структуризацію сегмента* зі встановленою ієрархією вузлових пунктів, в яких розміщується активне комунікаційне устаткування, що забезпечує зв'язність з'єднаних в них ліній.

У побудові сегментів фізичного рівня у вузлових пунктах використовується обладнання, в якому *не передбачено обробку адресної інформації* повідомлень, що передаються. Це устаткування фізичного рівня моделі OSI/ISO, наприклад, повторювачі, концентратори, мультиплексори.

Реалізація принципу вузлоутворення в сегменті називається його *фізичною структуризацією*, оскільки вузлові пункти можуть мати різний статус і таким чином формувати ієрархію. Фізично структурований сегмент залишається сегментом зі спільним комунікаційним середовищем і в ньому зберігаються всі притаманні йому недоліки.

7.2.1. Побудова сегментів каналного рівня

Розміщення в вузлових пунктах сегмента устаткування, *здатного аналізувати адресну інформацію* кадрів, що передаються (комунікаційного обладнання каналного рівня моделі (OSI/ISO), і на її основі виконувати функцію комутації вхідних і вихідних ліній зв'язку, дозволяє будувати структуровані сегменти з *комутованою топологією*, в даному випадку – сегменти каналного рівня.

Такий принцип вузлоутворення в сегментах отримав назву *логічна структуризація*.

У логічно структурованому сегменті у вузлових пунктах відбувається розділ спільного комунікаційного середовища на менші за розміром фізичні

сегменти, у межах яких властиві йому недоліки мінімізуються або є зовсім відсутніми.

Можливість одночасного встановлення в комутаторі декількох внутрішніх зв'язків (вхід-вихід) для паралельного проходження декількох кадрів дозволяє значно підвищити продуктивність сегмента, що в цілому виправдовує деякі втрати у вартості комутованої топології в порівнянні з розподільчим комунікаційним середовищем.

Використання комутованої топології дозволяє вирішити ряд найважливіших завдань, таких, як підвищення продуктивності сегмента і забезпечення його оптимальною масштабованістю.

7.2.2. Побудова сегментів мережевого рівня

Проблемою великомасштабних сегментів стає необхідність обмеження ширококомовного службового трафіку, що формується мережевими адаптерами хостів. Комунікаційні пристрої мережі, які працюють на фізичному й канальному рівнях моделі OSI/ISO, є прозорими для ширококомовного трафіку, який складають кадри без конкретної фізичної адреси порту призначення (MAC-адреси).

Широкомовним кадрам службового трафіку належить значна частина трафіку при функціонуванні мережі, а це створює додаткове навантаження на магістральні лінії зв'язку. Можливими є також ситуації, коли інтенсивність такого трафіку раптово зростає внаслідок програмних або апаратних збоїв. Наприклад, протокол верхнього рівня або мережевий адаптер починають працювати некоректно, генеруючи кадри з ширококомовними адресами. Такий режим називається затопленням мережі, або *широкомовним штормом*.

Вирішити зазначені проблеми можна за рахунок поділу великомасштабного сегмента канального рівня на ряд сегментів мережевого рівня моделі OSI/ISO.

Сегментом мережевого рівня є певна сукупність логічних вузлів, виокремлених за *принципом домену*. Доменний принцип передбачає спосіб групування вузлів в *поіменовані групи – домени*. У даному випадку ім'ям для кожного домену є спільний для вузлів, що належать до нього, номер – *адреса мережевого рівня*.

Група вузлів, які мають єдиний мережевий номер, називається *логічною мережею*.

Обмін трафіком двох і більше логічних мереж називають *міжмережевою взаємодією*. Прикордонним комунікаційним пристроєм, який виконує процедуру міжмережевої взаємодії, є *маршрутизатор* (обладнання мережевого рівня OSI/ISO). Він здатен не тільки розрізняти мережеві адреси, а й виконувати фільтрацію трафіку, спрямованого у відповідні логічні мережі.

Маршрутизатор обробляє пакети, які дістаються із кадрів, на основі мережевої адреси і не аналізує MAC-адресу. Тим самим він перешкоджає потраплянню службового ширококомовного трафіку з однієї логічної мережі в

іншу. У зв'язку з цим логічну мережу ще називають *доменом широкомовного трафіку*.

Використання в маршрутизаторах спеціальних алгоритмів маршрутизації з використанням адресної інформації пакетів забезпечує ще й можливість вибору оптимального, відповідно до заданих критеріїв, маршруту їх переміщення між вузлами.

7.2.3. Узагальнені характеристики сегментів

Узагальненими характеристиками будь-якого сегменту є *розмір, масштаб і структура внутрішньосегментного трафіку*.

Розмір сегмента визначається фізичною відстанню між найбільш віддаленими точками.

Масштаб сегмента визначається кількістю об'єднаних у ньому хостів.

Внутрішньосегментний трафік у загальному випадку складається з *локального трафіку, вихідного, вхідного і транзитного* відносно сегменту, який розглядається.

Локальним називається трафік, який формується в результаті інформаційного обміну хостів в межах сегменту. Розподіл локального трафіку в сегменті називається *замиканням трафіку* в сегменті.

Вихідним називається трафік, який генерується хостами сегмента і є спрямованим за межі даного сегмента до хостів інших сегментів.

Вхідним називається трафік, генерований хостами інших сегментів і призначений хостам даного сегмента.

Транзитним відносно сегмента називається трафік, генерований хостами інших сегментів та адресований хостам, розташованим поза даним сегментом.

Відповідно до перерахованих складових внутрішньосегментного трафіку будемо розрізняти наступні види сегментів.

Сегмент замикання локального трафіку (СЗЛТ) – сегмент, у якому циркулює тільки локальний трафік. Це приклад закритої, ізольованої мережі. Топологія логічних зв'язків у такому сегменті є повнозв'язною для кореспондуючих пунктів.

Існують «плоскі» і «опуклі» СЗЛТ.

Плоский СЗЛТ відповідає фізичному сегменту зі спільним комунікаційним середовищем, де рівень замикання локального трафіку припадає безпосередньо на фізичне середовище.²³

Опуклий СЗЛТ відповідає сегменту з комутованою топологією, де трафік замикається через логічний вузол (обладнання каналного або мережевого рівня). Такий вузол виконує обов'язки опорного вузла. Наприклад, та ж мережа робочої групи, що має топологію «зірки», але з використанням комутатора в центральному пункті.

²³ Прикладом може бути невелика мережа робочої групи з топологією «спільна шина», яка побудована з використанням кабелю, або з топологією «зірка» з використанням комунікаційного устаткування фізичного рівня.

Опорний вузол, через який хости обмінюються повідомленнями локального трафіку сегмента, визначає *рівень замикання трафіку* в опуклому сегменті.

Сегмент формування вихідного трафіку (СФВихТ) – сегмент, хости якого генерують трафік, спрямований за межі сегменту.

Сегмент розподілення вхідного трафіку (СРВхТ) – сегмент, у якому є лише трафік, який надходить від зовнішніх відносно нього, хостів.

У СФВихТ і СРВхТ не завершено процес перенесення інформації з кінця в кінець (від джерела до одержувача), і це визначає особливості топологій їх логічних зв'язків. Топологією логічних зв'язків таких сегментів є «*дерево з корінням*». У разі СФВихТ траєкторії руху трафіку спрямовано від хостів до вузла – «*кореня дерева*», в якому концентрується вихідний трафік, а в разі СРВхТ – навпаки. Вузол, який є «*корінням дерева*», у зазначених сегментах виступає у ролі *транзитного вузла*.

Оскільки на практиці всі мережі побудовано як відкриті системи, то припускається, що в багатьох випадках один і той же сегмент виконує відразу декілька функцій з формування трафіку (рис. 30).

Структурований СЗЛТ відображено як сукупність вкладених один в одного сегментів з поєднанням функцій СЗЛТ, СФВихТ і СРВхТ (рис. 31).

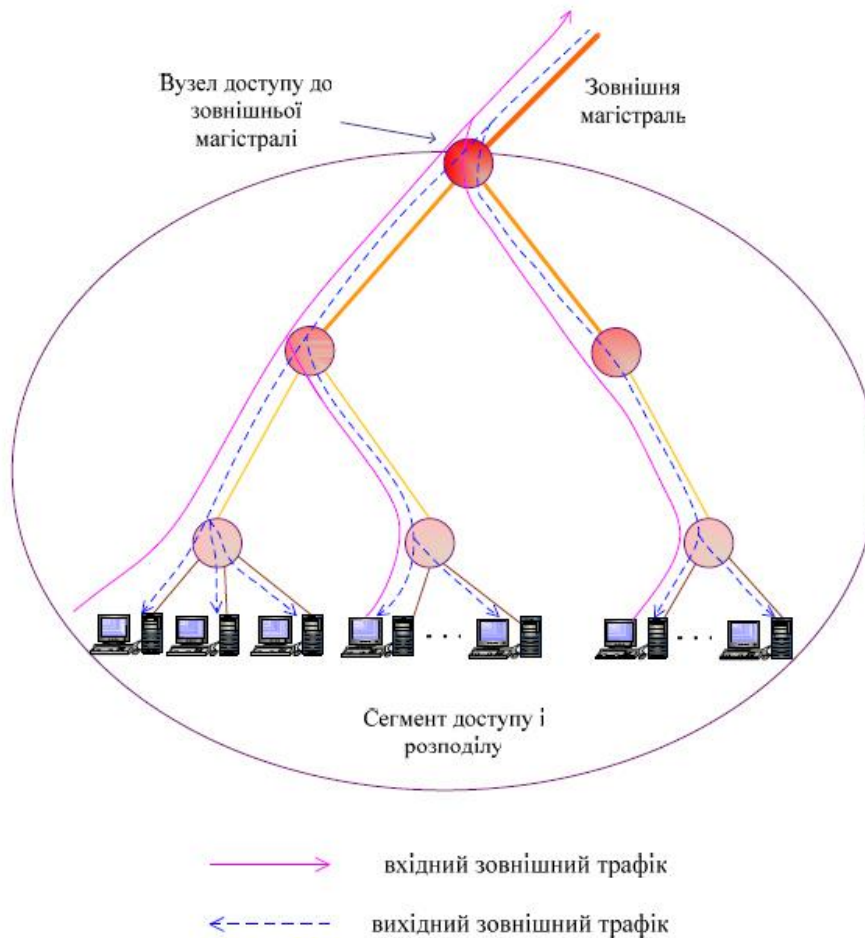


Рис. 30 – Поєднання функцій СФВихТ і СРВхТ в одному сегменті

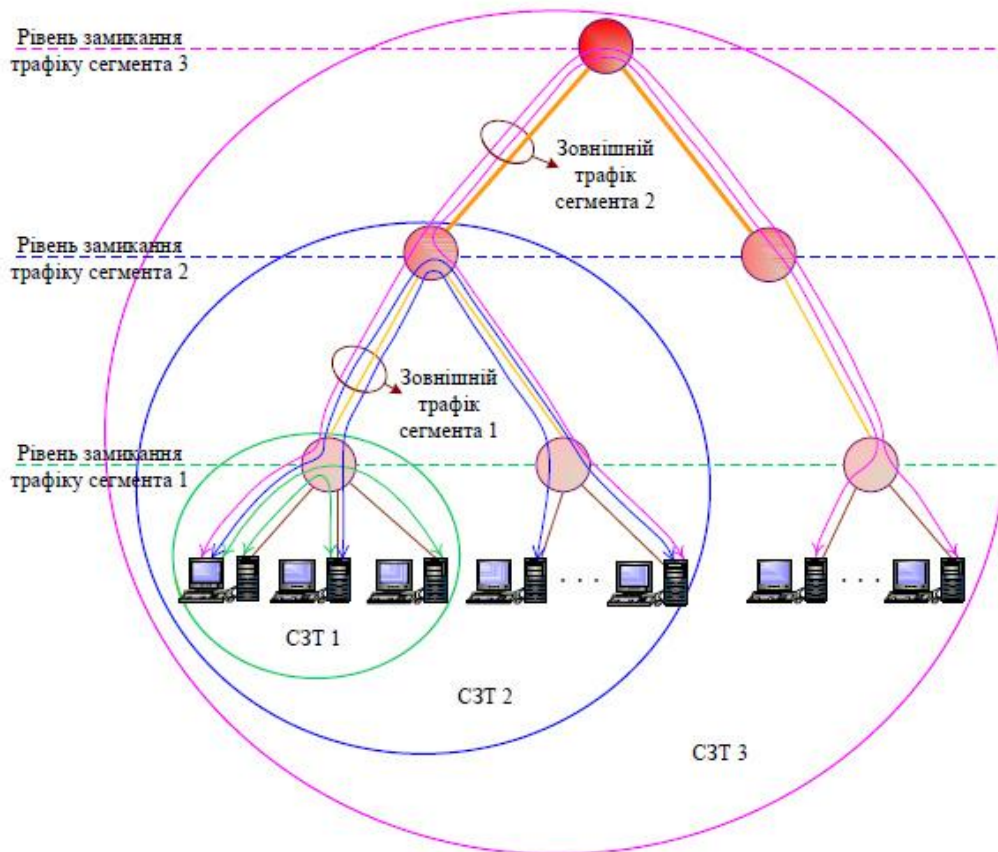


Рис. 31– Поєднання функцій СЗЛТ, СФВихТ і СРВхТ в одному сегменті

У такому сегменті існує декілька рівнів замикання трафіку, кожен з яких визначається статусом відповідного опорного вузла. Прикладом може бути мережа великого відділу, яка складається з рівня замикання локальних трафіків робочих груп і рівня замикання трафіку відділу.

Вузол, який виконує функції опорного вузла в поєднанні з функціями транзитного вузла, має назву *опорно-транзитного вузла*.

Сегментом формування транзитного трафіку (СФТТ) називається сегмент, у якому є концентрований трафік від хостів зовнішніх сегментів. СФТТ має особливий статус. Це магістральний сегмент, який об'єднує опорні, опорно-транзитні або власне транзитні вузли і визначає рівень замикання трафіку, оскільки перерозподіляє трафік між усіма об'єднаними ним сегментами, що мають нижчий статус.

Відмінною особливістю такого сегменту є підвищення вимог до пропускної спроможності магістральних ліній і продуктивності вузлів.

У мережевій термінології такий сегмент називається *магістральною мережею*.

7.2.4. Поєднання сегментів мережі

Поєднання сегментів здійснюється на фізичному, каналному й мережевому рівнях моделі OSI/ISO з використанням відповідного

комунікаційного обладнання. При цьому можуть бути задіяні механізми *розширюваності* й *масштабованості* сегментів.

Під *розширюваністю* розуміють можливість збільшення розміру сегмента шляхом порівняно нескладного долучення нових структурних фрагментів.

Поняття розширюваності пов'язують зазвичай з фізичними сегментами, побудованими на основі спільного розподільчого середовища передачі. Масштаб такого сегмента та його фізичний розмір обмежені, тому що починаючи з якогось певного моменту, додавання чергового хосту або структурного фрагмента призводить до різкого зниження технологічних характеристик мережі (продуктивності, збільшення загасання переданих сигналів).

Механізми, які забезпечують розширюваність сегмента, – це поєднання невеликих за розміром фізичних сегментів в сегмент більшого розміру з використанням комунікаційного устаткування фізичного рівня. Масштаб розширеного фізичного сегмента завжди має обмеження, що накладаються спільним комунікаційним середовищем.

Великомасштабні сегменти не можуть бути побудовані на базі нерозривного комунікаційного середовища з причин структурованості. Способи фізичної структуризації можуть варіюватися від простого поділу спільного кабелю на сегменти меншої довжини та поєднання їх за допомогою повторювачів (плоска структуризація) до побудови багаторівневої ієрархічної композиції на базі концентраторів (опукла структуризація).

На рис. 32 наведено приклад розширення локальної мережі, що використовує для з'єднання комп'ютерів загальний кабель (методом проколювання). Збільшення довжини сегмента здійснено нарощуванням додаткових ділянок, приєднаних повторювачами.



Рис. 32 – Плоска фізична структуризація

Для мережі невеликого відділу, підприємства можна скористатися опуклою (багаторівневою) структуризацією, адекватною його адміністративному улаштуванню (рис. 33).

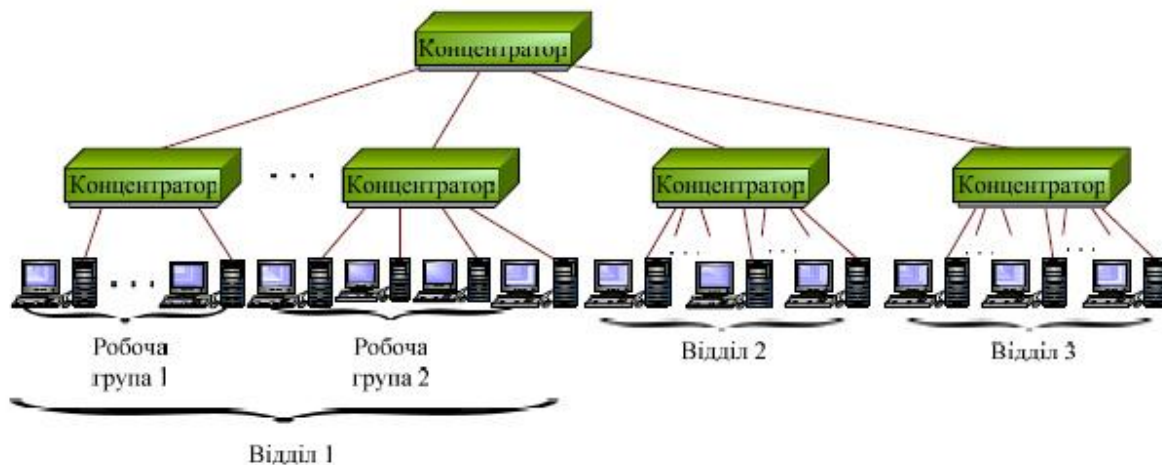


Рис. 33 – Опукла фізична структуризація

Комутована топологія з використанням комунікаційного устаткування не нижче каналного рівня, на відміну від спільного розподільчого середовища, дозволяє забезпечити оптимальну масштабованість сегмента.

Під *масштабованістю* розуміють можливість необмеженого під'єднання хостів і цілих сегментів, що не впливає на продуктивність мережі в цілому.

Збільшення масштабу сегменту відбувається шляхом додавання вузлового пункту на будь-якому рівні структуризації (доступу, розподілу або ядра). При цьому, чим вищим є рівень доданого вузла, тим ширшими можливості збільшення масштабу сегмента. Правильна масштабованість є однією з найважливіших вимог, дотримання яких у сучасних мереж є необхідною.

У загальних випадках об'єднання сегментів, які генерують вихідний трафік, виконують із використанням СФТТ. З'єднання будь-якого сегмента з магістральним сегментом зазвичай відбувається у вузлі, який набуває ролі опорно-транзитного або транзитного.

Визначаючи рівень ієрархії вузлів, на якому доцільною є організація СФТТ, слід брати до уваги такий фактор як масштаб формованої мережевої інфраструктури.

Об'єднання сегментів на мережевому рівні розглядається як забезпечення *міжмережевої взаємодії*, тобто засіб обміну даними між логічними мережами з використанням комунікаційного обладнання і протоколів третього рівня моделі OSI/ISO.

Таке об'єднання логічних мереж набуло назву *інтермережа* (internetwork, internet).

У мережах, які використовують стек протоколів TCP/IP, взаємодія логічних мереж здійснюється на основі *протокола міжмережевої взаємодії* (Internet Protocol, IP). У зв'язку з тим, поряд з терміном «інтермережа», використовуються також терміни *IP-мережа*, *TCP/IP-мережа* (за назвою протоколу і стека відповідно).

Термін *інтермережа*, на відміну від назви глобальної мережі *Інтернет*, завжди пишеться малими літерами, хоча за принципом організації вони ідентичні.

У межах однієї мережі масштабу LAN можна організувати інтермережу, наприклад, у разі необхідності забезпечення спільної роботи груп вузлів, які використовують різне системне програмне забезпечення. Для цього групи вузлів необхідно зробити логічними мережами, додавши їм відповідні номери (мережеві адреси) й організувати шлюз для їхньої взаємодії. Роль шлюзу може виконувати комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням мережевого рівня або маршрутизатор. Іншим прикладом є обмеження масштабу логічної мережі її адресним простором (множиною адрес, які є допустимими в рамках прийнятої схеми адресації).

Наприклад, для IP-протоколу – це 255 хостів для мереж класу C – найбільш доступного. У цьому випадку необхідно також організувати інтермережу з декількома IP-адресами.

Висновки

Сегментний підхід при синтезі мережі забезпечує вирішення таких завдань:

- *підвищення* загальної продуктивності мережі, оскільки відділення локального трафіку розвантажує магістральні зв'язки;
- *спрощення* процесу керування мережею, оскільки основні проблеми частіше виникають і локалізуються всередині сегментів;
- *підвищення* гнучкості мережі, оскільки будь-який сегмент завжди можна адаптувати до специфічних потреб групи об'єднаних у ньому користувачів;
- можливість забезпечення в різних сегментах різних швидкостей передачі та мережевих технологій.

ЛЕКЦІЯ 8. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ СИНТЕЗУ ТА АНАЛІЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

План

Вступ

1. Поняття архітектури мережі.
2. Моделі структур мереж: топологічної; організаційної; логічної; протокольної; програмного забезпечення; компоненти і моделі фізичної структури.

3. Задачі синтезу телекомунікаційних мереж.

4. Задачі аналізу телекомунікаційних мереж.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Кривуца В. Г. Математичне моделювання телекомунікаційних систем / Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н. – К. : Зв'язок, 2007. – 270 с.

Вступ

Для синтезу мережі є заданим географічне розташування пунктів мережі, які слід об'єднати в зв'язну мережу (same). При цьому топологія ліній зв'язку є невідомою характеристикою, яку необхідно з'ясувати, й яка може варіюватися залежно від оптимізації економічних показників. Це дає змогу розглядати мінімум витрат на лінії зв'язку як цільовий критерій оптимального синтезу мережі.

8.1. Загальне поняття про задачі синтезу та аналізу

Усі задачі, які виникають у процесі побудови та експлуатації телекомунікаційних мереж діляться на два класи: задачі синтезу²⁴ й аналізу зв'язувальних мереж.

Під *зв'язувальною мережею* розуміють сегмент телекомунікаційної мережі, для кожної пари пунктів якого може бути знайдено, принаймні, один шлях, який їх пов'язує.

Задача синтезу зв'язувальної мережі постає як у процесі побудови нової мережі, так і під час реконструкції та розвитку наявних мереж. За типом ця задача є техніко-економічною, тому що найчастіше треба знайти рішення, оптимальне за економічними показниками: мінімум капіталовкладень, максимум рентабельності та ін.

На конфігурацію ліній зв'язку між пунктами мережі може бути накладено обмеження, зокрема заборона окремих географічних трас, наприклад, якщо вони перетинають водні або гірські перешкоди.

У класі задач аналізу розглядають питання визначення структурних характеристик як мережі в цілому, так і окремих її елементів. Конкретними задачами є такі:

- розв'язування яких – це вибір оптимальної топології фізичних зв'язків на певних ділянках мережі;
- підвищення надійності та живучості мережі;
- вибір оптимальної кількості й місця розташування вузлових пунктів та ін.

Задачі аналізу є актуальними для наявних, тобто вже синтезованих зв'язувальних мереж. Такі задачі спрямовано на:

- знаходження екстремальних шляхів передавання інформаційних потоків;

²⁴ Поняття «синтез» у перекладі з грецької означає «з'єднання», «складання».

- визначення сукупності шляхів заданої транзитності;
- оцінювання пропускної здатності мережі;
- ймовірності підтримання зв'язку між пунктами та ін.

Для того, щоб вирішити конкретне завдання синтезу або аналізу телекомунікаційної мережі, її необхідно *формалізувати*, тобто записати у вигляді схеми: що дано, що необхідно визначити і з якими обмеженнями.²⁵

Здійснення формалізації вимагає не тільки розуміння самої проблеми, а й вибору адекватної моделі об'єкта (телекомунікаційної мережі). Моделювання об'єкта синтезу або аналізу дає змогу з'ясувати та відтворити найбільш істотні, відповідно до поставленого завдання, елементи об'єкта та зв'язки між ними, не відволікаючись на деталі.

Для модельного відтворення зв'язувальної мережі найчастіше застосовують графи. На основі моделі об'єкта та її параметрів (кількості пунктів та ліній мережі, відстаней між пунктами, пропускної здатності вузлів і ліній мережі, вартісних параметрів та ін.) можна побудувати математичну модель, яка відображає залежність між параметрами, що відшукуються, та незалежними змінними завдання.

У задачах синтезу та аналізу зв'язувальних мереж найчастіше використовують *оптимізаційні математичні моделі*, де критерій оптимізації записують як *цільову функцію*, для якої необхідно знайти екстремум (мінімум або максимум). На входні в цільову функцію параметри накладають обмеження, які вказують, у яких межах можуть змінюватися значення параметрів, що відшукуються. Обмеження записують як рівняння та нерівності, що містять деякі логічно пов'язані сукупності цих параметрів. Таку систему рівнянь або нерівностей називають *системою обмежень задачі*.

Задачі, в яких треба відшукати екстремум (мінімум або максимум) деякої цільової функції, що відображає критерій оптимальності рішення, називають *екстремальними*.

Особливістю екстремальних задач синтезу та аналізу телекомунікаційних мереж є їх велика розмірність. Формулювання цих завдань термінами графових та мережевих моделей дає змогу отримати значну кількість ефективних (зважаючи на подолання обчислювальної складності) методів та алгоритмів їх вирішення, орієнтованих на застосування ЕОМ.

Під *алгоритмом* розуміють формалізовану покрокову процедуру, що забезпечує знаходження рішення завдання, виконання якого можна доручити ЕОМ.

Розрізняють алгоритми *точні* та *наближені*, так звані *евристичні*.

Точні алгоритми завжди гарантують знаходження оптимального рішення (глобального оптимуму цільової функції). Наприклад, алгоритм повного перебору всіх можливих рішень з вибором найкращого серед них, є точним алгоритмом.

²⁵ Формалізацію можна виконати словесно (таку форму називають *вербальною моделлю* завдання) або у вигляді *математичної моделі*, яка описує завдання термінами тієї чи іншої теорії (наприклад, теорії графів, теорії множин, теорії оптимальних рішень та ін.)

Точні алгоритми досить трудомісткі, тому у практиці часто використовують більш прості алгоритми, що забезпечують швидке вирішення з прийнятною точністю. Такі алгоритми будують, використовуючи раціональні *правила знаходження рішення*. Ці правила називають *евристиками*. Розв'язування задачі можна повторити, використовуючи інші евристики. *Евристичний алгоритм* дає змогу знайти рішення, близьке до оптимального. Евристичні алгоритми використовують у тих випадках, коли побудувати точний алгоритм не вдається через складність математичної моделі задачі (її нелінійність, дискретність та ін.).

8.2. Моделювання зв'язувальної мережі як об'єкта синтезу та аналізу

Зв'язувальна мережа як об'єкт синтезу та аналізу – це сукупність розосереджених у просторі пунктів і ліній, які їх з'єднують. Математичною моделлю такого об'єкта може бути *граф*.

Означення. *Графом* називають певну сукупність точок, з'єднаних лініями.

Точки графа називають *вершинами*, а лінії – *дугами*. Граф математично позначають як $G(N, V)$, де N – кінцева множина вершин потужністю n , а V – кінцева множина дуг потужністю m .

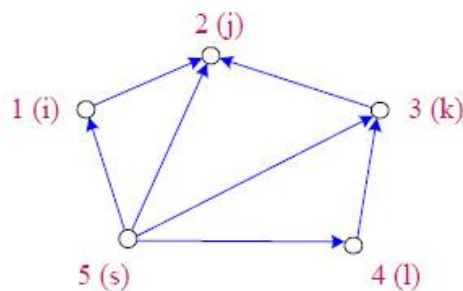


Рис. 34 – Графова модель мережі

Вершини можна позначити малими латинськими літерами (i, j, k, l, s) або арабськими цифрами (1, 2, 3, 4, 5), а дуги – відповідно парами: $\{(i, j), (o, k), (k, l), \dots\}$ або $\{(1, 2), (2, 3), (3, 4), \dots\}$, де перший індекс визначає *початок дуги*, а другий – *кінець дуги* (рис. 34).

Граф, у якому задано напрямок дуг стрілками, називають орієнтованим, у протилежному випадку – неорієнтованим. Неорієнтовані дуги називають ребрами.

Між двома вершинами, з'єднаними дугою (ребром), існує відношення *суміжності* (для орієнтованого графа вершини i та j суміжні, лише якщо дуга починається в i та направлена в j).

Між вершиною та суміжними з нею дугами (ребрами) існує відношення *інцидентності*. *Вершина і дуга інцидентні одне одному, якщо вершина є для цієї дуги кінцевою або початковою точкою*.

Граф, кожній дузі (ребру) якого відповідатимуть деякі числові характеристики, називають *зваженим графом*, а самі характеристики

називають *вагами*. Ваговими характеристиками зв'язувальної мережі можуть бути відстані, пропускна здатність, вартість та ін. У разі необхідності ваги можуть бути приписані також вершинам графа.

Зважений граф прийнято називати *мережею* (в даному випадку мається на увазі ще одна модель зв'язувальної мережі, а не фізичний об'єкт).

Крім геометричного зображення у вигляді точок і ліній, граф можна відтворити дискретно. Саме таку форму використовують у програмній реалізації алгоритмів для розв'язування задач із застосуванням графових моделей в ЕОМ.

Однією з найбільш поширених дискретних форм графа є *матриця суміжностей*. Це матриця $A=[a_{ij}]$, розміром $(n \times n)$ елементів, які можуть набувати значень:

$a_{ij} = 1$, якщо в графі G є дуга (ребро) між вершинами i та j ;

$a_{ij} = 0$, – у протилежному випадку.

Матрицю суміжності графа наведено на рис. 35.

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Рис. 35 – Матриця суміжності

Для зберігання в пам'яті ЕОМ матриці суміжності, як бачимо, необхідно n^2 комірок.

У неорієнтованому графі матриця суміжності є симетричною до основної діагоналі, отже, в пам'яті ЕОМ може зберігатися лише один з її трикутників (верхній або нижній), що економить пам'яті, але ускладнює її оброблювання в ЕОМ.

Якщо перенумерувати довільно дуги (ребра) графа G і проставити ці номери відповідно до номерів рядків деякої матриці $B = [b_{ij}]$, а номери стовпців залишити, як і раніше, відповідними номерам вершин графа, то в такій матриці можна відобразити відношення інцидентності елементів графа G . Елементи матриці B_{ij} можуть набувати значень $\{0, 1\}$.

Якщо перенумерувати дуги графа, наведеного на рис. 34, так : $(i, j) - 1$; $(j, k) - 2$; $(k, l) - 3$; $(l, s) - 4$; $(s, i) - 5$; $(s, j) - 6$; $(s, k) - 7$, то матриця інцидентності набуде вигляду (рис. 36):

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Рис. 36 – Матриця інцидентності

Зверніть увагу, що орієнтованість графа в цій матриці, на відміну від матриці суміжностей, не відображається.

Мережа (зважений граф) у дискретному вигляді може бути відтворена матрицею ваг $W = [w_{ij}]$, де w_{ij} – вага дуги (ребра), якщо вона (воно) існує в графі G . Вага ненаявних дуг (ребер), вважають, дорівнює ∞ або 0, що залежить від умов поставленої задачі.

Якщо граф є розрідженим (має малу кількість дуг (ребер)), то можливим є більш компактне подання графа G , а саме *списком дуг* (ребер). Цей список можна реалізувати двома одновимірними масивами ($R1$ і $R2$) розмірністю m , у першому з яких записано початкові вершини дуг (ребер), а в другому – кінцеві, або двовимірним масивом R розмірністю $(2, m)$. Наприклад,

$$R1 = (1, 3, 4, 5, 5, 2, 5);$$

$$R2 = (2, 2, 3, 4, 1, 5, 3)$$

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 4 & 5 & 5 & 2 & 5 \\ 2 & 2 & 3 & 4 & 1 & 5 & 3 \end{vmatrix}$$

Граф у вигляді дискретного масиву з плавкими межами є доцільним, якщо необхідно передбачити можливість долучення або вилучення його вершин, а тому варто використовувати так звану *структуру суміжностей*, тобто список суміжних вершин для кожної вершини графа. Структура суміжності для графа, наведеного на рис. 36 набуде вигляду:

1: 2;

2: 5;

3: 2;

4: 3;

5: 1, 2, 3, 4.

8.3. Задачі синтезу телекомунікаційних мереж

Розв'язування будь-якої задачі синтезу телекомунікаційної мережі обов'язково складається з визначення топології фізичних зв'язків (проводових або безпроводових) для деякої заданої сукупності пунктів, розосереджених у

просторі. Неважко уявити, що кількість топологічних варіантів можливих фізичних зв'язків у цьому випадку, може бути доволі значною величиною. Закономірно постає питання про вибір такого варіанту, який відповідатиме деякому задалегідь визначеному критерію оптимальності. Таким чином, задачі синтезу зв'язувальних мереж є екстремальними, для вирішення яких можна застосовувати точні та евристичні алгоритми. Чим більшою є розмірність мережі, тим складнішим є застосування точних методів і алгоритмів. Однак сегментний підхід у побудові телекомунікаційних мереж дає змогу здійснювати декомпозицію загальної задачі синтезу мережі на ряд підзадач оптимального синтезу її сегментів, які виконують відносно самостійні завдання щодо забезпечення основної телекомунікаційної функції – транспортування інформаційних потоків. Отже, говорять про оптимальний синтез мережі абонентського доступу, транспортної мережі та ін.

Сучасна теорія графів пропонує витончені методи та алгоритми рішення завдань оптимального синтезу топологій фізичних зв'язків для сегментів телекомунікаційних мереж.

8.3.1. Синтез зв'язувальної мережі мінімальної вартості

Ситуація, в якій деяку множину точок необхідно поєднати так, щоб кожна пара точок стала зв'язною (безпосередньо або через інші точки), а загальна вагова характеристика зв'язків виявилася мінімальною, спонукає до *розв'язування задачі синтезу мережі мінімальної вартості*.

Приклад: є ряд точок, у яких можуть бути розташовані пункти телекомунікаційної мережі.

Відомо: відстані між парами точок і вартість прокладання одного кілометра лінії зв'язку.

Необхідно: визначити сукупність ліній зв'язку, які забезпечують зв'язність усіх пунктів мережі й мінімальну сумарну вартість їх прокладки.

З теорії графів і мереж відомо, що рішенням поставленого завдання є мережа з топологією фізичних зв'язків типу «дерево», тобто такого графа, в якому відсутні *цикли*. Граф містить *цикли*, якщо в ньому можна відшукати замкнуті контури. Відсутність циклів визначає особливість графа типу «дерево», яка полягає в тому, що між будь-якою парою його вершин існує лише один єдиний шлях їх сполучення, тобто параметр зв'язності $k=1$. Кількість ребер у дереві є завжди на одиницю меншою від кількості його вершин.

Означення. Граф типу «дерево», в якому для кожної пари вершин існує шлях, який їх з'єднує, називають *покривним деревом*.

Математично задача синтезу мережі мінімальної вартості зводиться до знаходження *мінімального покривного дерева*. Цю задачу формулюють наступним чином.

Нехай задано неорієнтований граф $G(N, V)$, де множині вершин N відповідає множина пунктів мережі, загальне число яких дорівнює n , а множина ребер V – відстаням $[l_{i,j}]$ між парами пунктів.

Відома вартість C_{ij} організації одиниці довжини (наприклад, одного кілометра) лінії зв'язку між пунктами i та j .

Необхідно знайти деяке покривне дерево $G'(N, V')$, для якого досягається мінімум цільової функції:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} l_{ij} \rightarrow \min$$

Для вирішення поставленої задачі існує ряд ефективних алгоритмів знаходження покривного дерева. Наведемо один із них, відомий за прізвиськом автора як *алгоритм Пріма*.

Алгоритм Пріма можна реалізувати шляхом надання позначок вершинам, які вводяться в відшукуваний граф $G'(N, V')$, і послідовного введення в нього мінімальних за вагою ребер. При цьому, як зазначено вище, загальна кількість ребер не повинна перевищувати $(n-1)$ і між усіма n вершинами покривного дерева має бути зв'язність.

Надамо процедуру виконання алгоритму Пріма у покроковій формі.

Крок 0. Мережа $G'(N, V')$, яку треба визначити, початково містить n вершин і не має ребер. Вибирають одну довільну вершину i та позначають як «*вбрану*». Решта $(n-1)$ вершин є «*невибраними*».

Крок 1. Відшуковують ребро (i, j) , яке належить $G(N, V)$ з мінімальною вагою, у якого вершина i належить підмножині «*вбраних*» вершин, а вершина j – підмножині «*невбраних*» вершин.

Крок 2. Ребро (i, j) розміщують у мережі $G'(N, V')$, яку треба визначити, а вершину i , вилучаючи з підмножини «*невбраних*», розташовують у підмножині «*вбраних*» вершин. Якщо підмножина «*невбраних*» вершин виявилася порожньою, то роботу алгоритму завершено. Інакше – перехід до кроку 1.

Проілюструємо роботу алгоритму Пріма на прикладі. Задано сім пунктів мережі, відстані між якими зведено в матрицю $\|L_{ij}\|$, а саме:

$$L = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 5 & 12 & 9 & 3 & 9 \\ 10 & 0 & 7 & 2 & 8 & 4 & 6 \\ 5 & 7 & 0 & 3 & 1 & 5 & 11 \\ 12 & 2 & 3 & 0 & 10 & 15 & 10 \\ 9 & 8 & 1 & 10 & 0 & 12 & 9 \\ 3 & 4 & 5 & 15 & 12 & 0 & 17 \\ 9 & 6 & 11 & 10 & 9 & 17 & 0 \end{vmatrix}$$

На кроці 0 граф $G'(N, V')$, який треба знайти, містить сім вершин і не містить ребер. Вибираємо вершину 3 та позначаємо її як «*вбрану*» (рис. 37).

На кроці 1 вибираємо ребро (l_{35}) як ребро з найменшою вагою, у якого вершина $i = 3$ належить підмножині «*вбраних*» вершин (воно поки що містить лише одну вершину 3), а вершина $j = 5$ – підмножині «*невбраних*» вершин

(зараз це всі інші вершини). На кроці 2 ребро l_{35} уводимо у шуканий граф G' , а вершину 5 вилучаємо з підмножини «*вибраних*» вершин (рис. 38.).

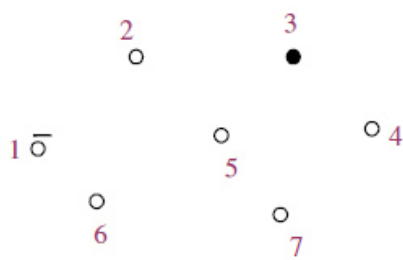


Рис. 37.

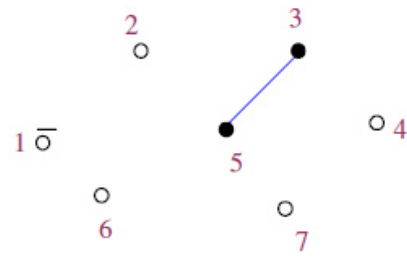


Рис.38.

Оскільки підмножина «*невибраних*» вершин – порожня, повторюємо крок 1. Для цього знаходимо ребро мінімальної ваги, перебираючи сполучення кожної пари «*вибраної*» та «*невибраної*» вершин. Таким виявилось ребро l_{34} (рис. 39), яке розміщуємо у графі G . Вершина 4 стає «*вибраною*».

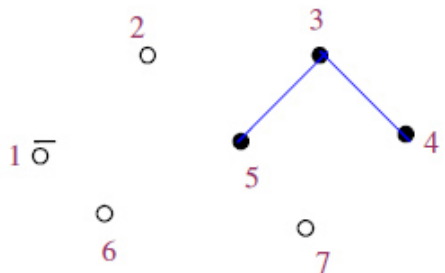


Рис. 39.

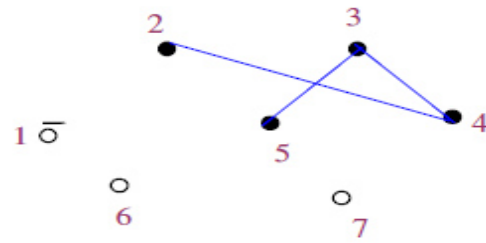


Рис. 40.

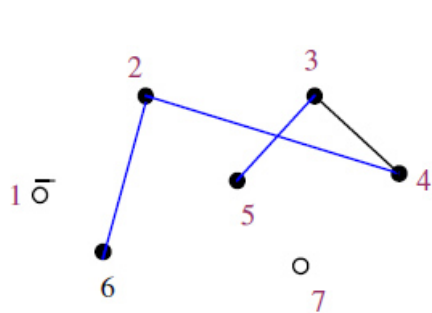


Рис. 41.

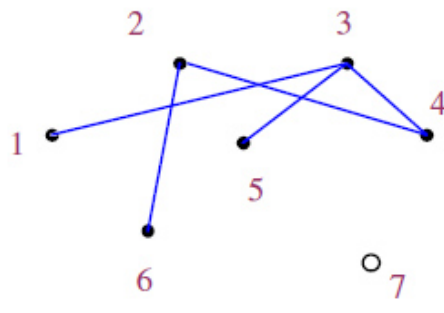


Рис. 42.

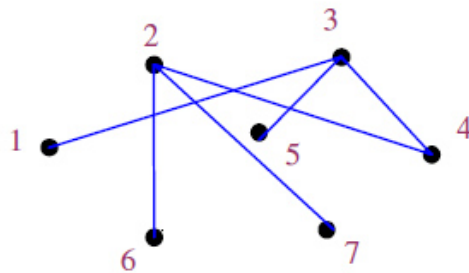


Рис. 43.

Наступними вибираємо ребра: l_{24} (рис. 41); l_{26} (рис. 42); l_{27} (рис.43). На цьому робота алгоритму закінчується, тому що всі вершини позначені як «вибрані» (тобто підмножина «невибраних вершин» стала порожньою).

Знайдено відшукуваний граф $G'(N, V')$, який є покривним деревом, тому що він містить усі вершини, а число ребер на одиницю є меншим кількості вершин ($n = 7, V = 6$) та забезпечує зв'язність кожної пари вершин.

Знаходження мінімального покривного дерева є однією з класичних задач оптимізації на графах і мережах, оригінальні розв'язування якої запропоновано багатьма авторами. Більш ефективним, з урахуванням швидкості обчислень, є алгоритм, запропонований Краскелом.

Алгоритм Краскела відрізняється тим, що ребра в ньому проглядають у порядку зростання ваг і лиш одноразово. Звісно, це передбачає виконання попередньої процедури впорядкування ребер у порядку збільшення їх вагових характеристик. У разі однакових ваг ребра розташовують довільно.

Ідея алгоритму ґрунтується на процесі «фарбування» ребер і формуванні «букетів» із вершин. Пояснимо цю ідею.

Для фарбування ребер, які формуватимуть мінімальне покривне дерево, використовуємо, наприклад, зелений колір, а для тих, що поза ним – помаранчевий. Якщо чергове незабарвлене ребро, взяте з упорядкованого списку, *не утворює цикл* з ребрами зеленого кольору, його забарвлюємо у зелений колір, а з його вершини утворюємо «букет» вершин мінімального покривного дерева, яке будується. Інакше – ребро забарвлюємо у помаранчевий колір. Ребро може утворювати цикл у мінімальному покривному дереві лише в тому випадку, коли його вершини належать до одного «букету». Якщо ж вершини належать різним «букетам», то ребро забарвлюють в зелений колір, а букети зливаються.

Процедуру завершують, коли кількість зелених ребер досягає $(n - 1)$, або коли всі ребра будуть, не зважаючи на колір, пофарбованими. Сформулюємо процедуру алгоритму Краскела покроково.

Крок 0. Упорядкувати ребра за збільшенням ваги. Усі ребра є непофарбованими. Букети відсутні. Вибрати перше з упорядкованого списку ребро (воно має мінімальну вагу), пофарбувати його в зелений колір і сформувати з його вершин перший букет.

Крок 1. Вибрати наступне за списком незабарвлене ребро. Можливим є один із таких варіантів:

а) обидві вершини належать одному букету – пофарбувати ребро в оранжевий колір;

б) одна з вершин належить букету, а інша ні – пофарбувати ребро в зелений колір, вершину долучити до того ж букету;

в) обидві вершини не належать жодному букету – пофарбувати ребро в зелений колір і сформувати з його вершин новий букет;

с) вершини належать різним букетам – пофарбувати ребро в зелений колір, а обидва букета об'єднати в один.

Перейти до кроку 2.

Крок 2. Якщо кількість зелених вершин дорівнює $(n-1)$, або всі вершини пофарбовано – кінець роботи алгоритму. Інакше – повернутися до кроку 1.

8.3.2. Визначення оптимального місця розташування опорного вузла в кабельній мережі абонентського доступу

Розглянемо наступне завдання. Нехай граф $G(N, V)$ відображає деяку зв'язувальну мережу, тотожну кабельній мережі абонентського доступу, яка охоплює n абонентських пунктів. Вага кожного ребра (i, j) , яке належить V , відповідає довжині l_{ij} або вартості прокладки кабелю, котрий з'єднує пункти i та j . Необхідно визначити деяку вершину m , що належить N , у якій доцільно розмістити опорний вузол (наприклад, районну АТС) з урахуванням мінімізації загальної довжини кабелю, який з'єднує абонентські пункти з опорним вузлом.

Рішенням поставленого завдання є визначення медіани графа $G(N, V)$.

Означення. Вершина m , яка належить N , є медіаною графа $G(N, V)$, якщо вона не суперечить умові

$$\sum_{j=1}^n l_{mj} \leq \sum_{j=1}^n l_{kj} ; k \neq m.$$

Величину $R_m = \sum_{j=1}^n l_{mj}$ називають *медіанною довжиною* графа G , вона є найменшою сумарною довжиною ребер, які з'єднують вершину m з іншими вершинами графа.

Алгоритм визначення медіани графа G складається з наступних кроків.

Крок 1. У вихідній матриці ваг $L = [l_{ij}]$, яка відповідає довжині ребер, знайти суму елементів для кожного рядка:

$$R_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} ; \forall i \in N$$

Крок 2. Серед значень (R_i) відшукати мінімальне R_m . Вершина m і є медіаною графа G . Кінець роботи алгоритму.

8.3.3. Визначення оптимального місця розташування базової станції в мережі стаціонарного радіодоступу

Припустимо, що задано розташування пунктів мережі, в якій реалізовано абонентський стаціонарний радіодоступ до базової станції (БС). Необхідно знайти місце розташування базової станції, яка по радіоканалах зв'язується з абонентськими пунктами (АП). Бажано, щоб відстань від БС до будь-якого АП була мінімальною, що забезпечить стійкий радіо зв'язок з урахуванням меншої потужності передавача БС. Такий критерій задовольнити майже неможливо. Тому будемо мінімізувати відстань до найбільш віддаленого від БС абонентського пункту, решта АП в цьому випадку автоматично знаходиться

ближче до БС. Закономірно, що БС (якщо це можливо) повинна займати центральне положення відносно всіх АП.

Задача знаходження пункту, в якому доцільно розташувати БС, може бути зведена до задачі знаходження *центра графа*.

Означення. Нехай $G(N, V)$ є графом, де N – множина вершин, а V – множина відстаней між усіма вершинами. Вершину s називають центром графа $G(N, V)$ якщо вона не суперечить умові

$$\max l_{sj} < \max l_{ij} \text{ для будь-якої } i; 1 < j < n.$$

Алгоритм знаходження центра графа (вершини s) впливає з самого визначення. Нижче наведемо його покрокову процедуру.

Крок 1. У кожному рядку i вихідної матриці ваг $L = l_{ij}$ знаходимо елемент з максимальним значенням.

Крок 2. Серед максимальних значень елементів рядків знаходимо найменше значення $l_{sj} \in \{l_{ij}\}$. Вершина s є центром графа. Кінець роботи алгоритму.

Таким чином, мінімізувавши відстань від точки s до найвіддаленішої вершини, забезпечується до всіх інших вершин гарантовано менша відстань.

8.3.4. Визначення циклу найменшої довжини для організації транспортного кільця

Кільцеві топології фізичних зв'язків часто використовують для побудови сегментів телекомунікаційних мереж, особливо транспортних мереж.

У термінах теорії графів кільцеву топологію визначають як *цикл* або *контур*.

Під *циклом* розуміють послідовність дуг (ребер) графа, що складають шлях, який починається й закінчується в одній і тій же вершині, а під *контуром* – послідовність вершин графа, які входять у такий цикл.

Пошук циклу (контур) є доцільний лише в «надлишковому» відносно деревоподібного графа, тобто в графі, кількість ребер якого є більшою від числа n його вершин. Власне кажучи, в задачах синтезу в такому сенсі вихідний граф допустимих зв'язків між вершинами завжди є надлишковим. У такому графі можна утворити $n!$ циклів, які містять дуги (ребра) різної ваги, серед яких можна відшукати цикл найменшої сумарної ваги дуг (ребер). Розв'язавши подібну задачу можна оптимізувати витрати на побудову транспортної мережі.

Задача про знаходження циклу найменшої довжини в теорії графів є відомою як «задача комівояжера». Вона може бути формалізована наступним чином.

Дано граф $G(N, V)$ вершини якого – це міста в зоні обслуговування комівояжера, а дуги – відповідно зв'язки між парами міст. Маршрутом комівояжера називається контур, який містить всі вершини графа G . Необхідно знайти маршрут найменшої довжини.

Розв'язком цієї задачі є гамільтонов контур²⁶ в графі $G(N, V)$, який відповідає маршруту найменшої довжини.

Означення. Контур, у якому розміщено кожен вершину графа $G(N, V)$ тільки один раз, називають *гамільтоновим контуром* (або *гамільтоновим циклом*).

Задачу про знаходження гамільтонового контуру можна розв'язати за допомогою точного методу.

Пронумеруємо n міст цілими числами від 1 до n . За базовим містом закріпимо номер n . Звернемо увагу на те, що тур комівояжера однозначно відповідає перестановці цілих чисел $1, 2, \dots, (n - 1)$. Базове місто під номером n при цьому постійно займає останню позицію та в процесах перестановки не бере участь. Кожній перестановці можна поставити у відповідність деяке число, яке визначає довжину маршруту комівояжера як суму довжин ребер циклу, який з'єднує всі n вершин графа.

Утворивши всі перестановки з $(n - 1)$ чисел і отримавши довжини маршрутів, кількість яких визначається як $(n - 1)!$, необхідно знайти маршрут найменшої довжини.

Не важко переконатися, що ефективність обчислювальної процедури для вирішення цього завдання точним методом різко зменшується зі збільшенням числа n вершин графа. Як доводить практика, ефективність можна вважати задовільною, якщо кількість вершин у графі не більша від 30. У зв'язку з цим для розв'язування задачі про знаходження гамільтонового контуру часто використовують евристичні алгоритми.

Наближений алгоритм для розв'язання задачі про комівояжера можна отримати, наприклад, використовуючи евристики: – «*на кожному кроці рухаємося тільки до найближчого пункту*». Використання такої евристики дає змогу одержати прийнятне рішення за час, необхідний для побудови тільки одного контуру. Переконайтесь в цьому, спробуйте знайти цикл найменшої довжини для вихідного повноз'язного графа, який використано для ілюстрації роботи алгоритма Пріма.

8.4. Задачі аналізу телекомунікаційних мереж

Задачі аналізу телекомунікаційної мережі, як уже зазначено вище, ґрунтуються на синтезованій топології фізичних зв'язків, і найчастіше зводяться до з'ясування оптимальних топологій логічних зв'язків. Це стосується побудови оптимальних планів розподілу інформаційних потоків у мережі, вибору найкращих маршрутів передавання інформаційних повідомлень, підвищення надійності та живучості мережі та ін.

Задачі синтезу та аналізу дуже пов'язані між собою, оскільки можливості оптимізації топології логічних зв'язків обмежуються топологією фізичних зв'язків у мережі. Якщо неможливо виконати умови оптимальної побудови

²⁶ Назва «гамільтонов контур» походить від прізвища ірландського математика Вільяма Гамільтона, який у 1859 року вперше розпочав дослідження цих задач.

топології логічних зв'язків, доводиться повертатися до синтезу інших топологій фізичних зв'язків. У результаті побудова телекомунікаційної мережі та її сегментів перетворюється на ітераційний процес.

Нижче розглядаємо окремі класичні задачі аналізу зв'язувальних мереж, що засновані на *графових моделях*.

8.4.1. Знаходження найкоротшого шляху в зв'язувальній мережі

Задача про знаходження найкоротшого за довжиною шляху в зв'язувальній мережі є фундаментальною задачею комбінаторної оптимізації. За її допомогою можна вирішити широке коло практичних завдань, які виникають у процесі керування телекомунікаційними мережами, впровадження нових телекомунікаційних технологій, методів маршрутизації та ін. Закономірно, що як «довжини» можуть розглядатися будь-які інші вагові характеристики елементів графа.

Одним з найбільш ефективних алгоритмів, які вирішують поставлене завдання, є *алгоритм Дейкстри*. Особливістю цього алгоритму є те, що в процесі його виконання одночасно будують найкоротші шляхи з заданої вершини s до усіх інших вершин мережі. Це пояснюється тим, що будь-яка вершина $i \in N$ може виявитися проміжною на найкоротшому шляху з s до i . Після закінчення роботи алгоритму вершина s стає з'єднаною з усіма іншими вершинами зв'язувальної мережі G , зокрема і з вершиною i , найкоротшими шляхами, а дуги (ребра), які увійшли до них, утворюють деяку підмережу без циклів, тобто «дерево» з коренем у вершині s .

Робота алгоритму реалізується за допомогою розміщення у вершинах позначок (L_{sj}, i) , де L_{sj} – довжина найкоротшого шляху з початкової вершини s до деякої вершини i , а i попередня до j – вершина на цьому шляху.

Позначки поділяють на *тимчасові* та *постійні*. Тимчасові позначки можуть змінюватися в результаті роботи алгоритму, а постійні – не змінюються.

Нижче наводимо алгоритм Дейкстри покроково.

Крок 0. Для вершини s вважатиме, що $L_{ss} = 0$, а для решти вершин $L_{sj} = \infty$. Усі вершини мають тимчасові позначки типу (l_{sj}, s) .

Крок 1. Серед вершин з тимчасовими позначками вибираємо вершину r , для якої L_{sr} має найменше значення серед усіх L_{sj} . Таким чином позначка вершини r стає постійною.

Крок 2. Якщо всі вершини мережі отримали постійні позначки – кінець роботи алгоритму. Інакше – перехід до кроку 3.

Крок 3. Перераховуємо *тимчасові* позначки для вершин, суміжних з вершиною r , яка отримала постійну позначку на кроці 1, відповідно до формули $L_{sj} = L_{sj}L_{sr} + L_{sr}$. Перехід до кроку 1.

Проілюструємо роботу алгоритму Дейкстри на прикладі. Знайдемо найкоротший шлях з вершини s до вершину i у мережі (рис. 44). Ваги, проставлені біля ребер, визначають їх довжини.

Крок 0. Позначка P для вершини s має вигляд: $P_s = (0,0)$. Для інших вершин $P_i = (\infty, s)$. Усі позначки тимчасові.

Крок 1. Серед тимчасових позначок найменшу довжину має вершина s , так як $L_{ss} = 0$. Її позначка стає постійною (позначимо її подвійними дужками).

Крок 2. Перераховуємо тимчасові позначки для вершин, суміжних з вершиною s . Для вершини 1 параметр довжини

$$L_{s1} = L_{ss} + l_{s1} = 0 + 15 = 15.$$

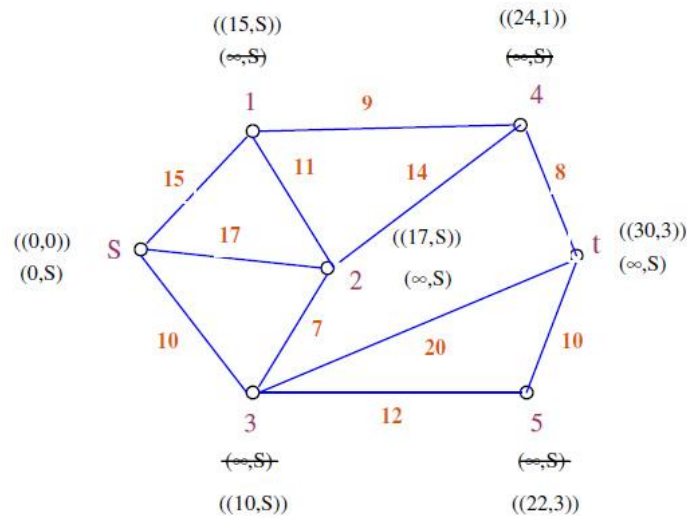


Рис. 44 – Ілюстрація роботи алгоритму Дейкстри

Отримане значення є меншим від наявного ($L_{s1} = \infty$), а тому нове значення тимчасової позначки буде $P_1 = (15, 8)$.

Для вершини 2 нова позначка має значення $P_2 = (17, 8)$. Для вершини 3 – $P_3 = (10, s)$.

Перейшовши до кроку 1, вибираємо вершину 3, тому що вона має найменший параметр довжини $L_{s3} = 10$ серед усіх вершин з тимчасовими позначками. Її позначка стає постійною. Оскільки ще не всі вершини отримали постійні позначки, переходимо до кроку 2 і здійснюємо перерахунок позначок для вершин, суміжних з вершиною 3.

$P_2 = (17, 8)$ можна залишити без змін, тому що новий параметр довжини дорівнює попереднім значенням.

$$P_5 = (22, 3).$$

$$P_t = (30, 3).$$

Вершина 1 на кроці 1 отримує постійну позначку, оскільки її параметр довжини є мінімальним.

Нове значення позначки на кроці 2 отримує вершина 4, а саме $P_4 = (24, 1)$.

Повертаючись до кроку 1, робимо постійну позначку на вершині 5. Змінити значення позначок на кроці 3 не вдається. Фіксуємо наступну вершину з *постійною* позначкою - це вершина 4.

Змінити *тимчасову* позначку для вершини t не вдається, і вона автоматично стає *постійною*.

На цьому робота алгоритму закінчується. Довжина визначеного шляху μ_{st} дорівнює 30 (перший параметр постійної позначки для вершини t). Трасування шляху визначаємо, рухаючись у зворотному напрямку від t до s через вершину, визначену як другий параметр постійної позначки. В даному випадку маємо: $t \rightarrow 3 \rightarrow s$.

8.4.2. Визначення множини шляхів заданої транзитності

Серед обмежень, які накладаються у процесі знаходженні шляхів у зв'язувальних мережах, можна розглядати обмеження на їх транзитність.

Під *транзитністю шляху* μ_{st} розуміють кількість проміжних пунктів, які входять до нього (без урахування початкового s і кінцевого t пунктів), або кількість ліній зв'язку, які з'єднують на шляху тільки транзитні пункти. Кількість проміжних пунктів називають *параметром транзитності* T на шляху μ_{st} .

Обмеження за транзитністю на шляху надсилання повідомлення залежать від вимог до якості обслуговування у мережі (наприклад, до часу проходження повідомлення мережею, часу оброблювання повідомлення у вузлах та ін.).

Термінами теорії графів завдання формулюємо таким чином.

Дано деякий вихідний граф $G(N, V)$, у відповідність множині N потужністю n вершин якого поставлено пункти зв'язувальної мережі, а множині V – лінії зв'язку. Необхідно визначити множину шляхів $M = \{ \mu_{si} \}$ із заданої вершини s до інших вершин $i \in N, i \neq s, i = 1, \dots, n$, графа G , для яких параметр транзитності T не перевищує певної заданої величини T_0 , тобто

$$T < T_0, \forall \{ \mu_{si} \}, i \neq s, i = 1..n$$

Одним з найбільш зручних і легких для реалізації на ЕОМ методів визначення шляхів, які відповідають цій вимозі, є побудова так званого «*ярусного дерева*» шляхів від заданої вершини s до інших вершин графа.

На рис. 45 наведено вихідний граф та відповідне йому «ярусне дерево» з параметром $T_0 = 2$.

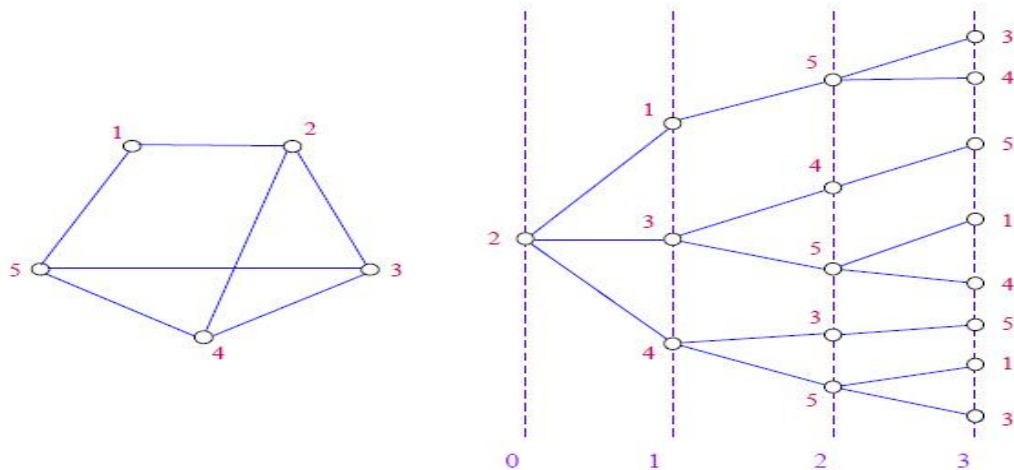


Рис. 45 – Ілюстрація роботи алгоритму побудови ярусного дерева

Алгоритм побудови «ярусного дерева» складається з таких кроків.

Крок 0. Утворити підмножини нульового ярусу, який міститиме єдиний елемент – вершину s . Використовуючи матрицю суміжності, виписати номери стовпців у рядку з номером s , елементи якого дорівнюють $a_{sj} = 1$. Таким чином, отримано підмножину вершин першого ярусу, утворену вершиною s .

Крок 1. Утворити підмножину вершин наступного ярусу. Для цього:

а) по чергові вибирають вершини попереднього ярусу, для кожної з яких вибирають рядок з однойменною номером у матриці суміжності;

б) для кожного рядка виписують номери стовпців, визначені ненульовим елементами;

в) з кожної з утворених підмножин вилучають номери вершин (номери стовпчиків), відносно яких утворювалися підмножини вершин у попередніх ярусах. Усі не викреслені елементи (номери стовпчиків) утворюють підмножини наступного ярусу.

Крок 2. Якщо номер ярусу дорівнює $(T_0 + 1)$ – кінець. Інакше – перейти до кроку 1.

Спеціальні технічні можливості комутаційного обладнання іноді дають змогу вибирати додаткові напрями (обхідні) у разі зайнятості напрямку першого вибору. Порядок вибору напрямків визначають маршрутною матрицею, кількість рядків якої відповідає числу шляхів, нумерація рядків – призначеному порядку їх зайняття, а число стовпців – адресами пунктів призначення. Елементом маршрутної матриці є номер порту вихідної лінії на шляху відповідного вибору з даного транзитного пункту до пункту призначення.

Висновки

Алгоритми знаходження екстремальних шляхів (найкоротших за довжиною, за транзитністю) застосовують для визначення оптимальних маршрутів як у мережах із пакетною комутацією, так і в мережах із комутацією каналів каналів. Результати їхньої роботи зводять до побудови маршрутних матриць, які

зберігаються в транзитних пунктах телекомунікаційних сегментів із комутованою топологією. Вони призначені для визначення вихідного порту під час комутації вхід-вихід, наприклад, у маршрутизаторах, комутаційних телефонних станціях.

ЛЕКЦІЯ 9. БАЗОВІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

План

Вступ

1. Поняття технології в телекомунікаціях.
2. Технології синхронного перенесення: синхронне часове мультиплексування; комутація каналів; технологія ISDN.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.
3. Теория передачи сигналов : учебник для вузов / Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М. – М. : Радио и связь, 1986. – 304 с.
4. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К. : ДУІКТ, 2009. – 352 с.

Вступ

Під терміном «метод передавання» (на відміну від «режим перенесення») розуміють спосіб організації взаємодії приймача й передавача в процесі обміну сигналами між двома суміжними вузлами мережі, безпосередньо з'єднаними лінією зв'язку (проводовою або безпроводовою). Ці методи ґрунтуються на теорії передавання сигналів і в даному розділі не розглядаються.

9.1. Поняття технології в телекомунікаціях

Поняттям *технологія* у сфері телекомунікацій позначають *спосіб реалізації режиму перенесення інформації в мережі, який забезпечує користувачів певним гарантованим рівнем якості обслуговування.*

Термін *режим перенесення*²⁷ узагальнено розуміють як *сукупність методів мультиплексування, передавання та комутації, за допомогою яких у телекомунікаційній мережі уможлиблюється транспортування інформації з кінця в кінець, тобто від джерела до одержувача.*

Фізичною основою будь-якої телекомунікаційної технології є лінії зв'язку та комунікаційне (мережеве) устаткування.

Лінії зв'язку – це узагальнене поняття, яке, залежно від застосування певної телекомунікаційної технології, можна конкретизувати таким чином:

– *ланка, лінк* – це фізичний сегмент, який забезпечує передавання сигналів між суміжними вузлами без використання проміжного комунікаційного обладнання мультиплексування й комутації;

– *канал* – це частина пропускної здатності ланки, яка незалежно використовується під час комутації. Канали в ланці можуть бути утворені за допомогою демультіплексора або апаратури ущільнення (наприклад, ланка з 30 каналів, кожен з яких має пропускну здатність 64 Кбіт/с);

– *комутований канал* – це складений канал, який утворюється в сегменті з комутованою топологією з окремих проміжних ланок або каналів та комутаційного обладнання вузлів;

– *тракт передавання* – це всі пристрої та споруди, які беруть участь в утворенні шляху проходження інформації з кінця в кінець. Тракт утворюють засоби кросової комутації декількох каналів у транзитних вузлах мережі.

Лінії зв'язку є середовищем передавання сигналів, безпосередньо підтримуючи технології фізичного рівня моделі OSI/ISO. Комунікаційне обладнання залежно від функціональності можна поділяти на обладнання фізичного, каналного та мережевого рівнів моделі OSI/ISO.

Режим перенесення інформації в мережі можна організувати *синхронним* способом або *асинхронним*.

Синхронний режим перенесення ґрунтується на принципі синхронного часового мультиплексування та часового розділення каналів у процесі передавання інформації від одного вузла комутації до іншого. При цьому всі ланки тракту передавання інформації з кінця в кінець працюють синхронно. Таку синхронізацію забезпечують спеціальні синхронні технології, основані на використанні генераторів тактових сигналів, які працюють від єдиного еталонного джерела в мережі.

Для *асинхронного режиму перенесення* достатньо забезпечити синхронне передавання інформації лише між суміжними об'єктами (передавачем і приймачем вузлів, безпосередньо з'єднаних лінією зв'язку). У транзитному вузлі інформаційні блоки зберігаються деякий час у пристрої запам'ятовування, а потім передаються в наступний вузол мережі. При цьому швидкості у

²⁷ Поява даного терміна зумовлена тим, що в цифрових телекомунікаційних мережах межі між технікою мультиплексування, передавання та комутації стають важче помітними. Нагадаємо, що під терміном «метод передавання» (на відміну від «режим перенесення») розуміють спосіб організації взаємодії приймача й передавача в процесі обміну сигналами між двома суміжними вузлами мережі, безпосередньо з'єднаними лінією зв'язку (проводовою або безпроводовою).

вхідному та вихідному каналах вузла можуть відрізнятися. Таким чином, *при асинхронному режимі інформація переміщується мережею естафетним способом.*

Відповідно до цього телекомунікаційні технології можна класифікувати як *технології синхронного та асинхронного режимів перенесення.* Технологічний рівень розвитку мережі того чи іншого режиму перенесення залежить від двох факторів:

- рівня розвитку науково-технічного прогресу;
- потреб людства в послугах зв'язку певного типу та відповідної якості.

Телекомунікаційна технологія є одним з основних факторів, який характеризує телекомунікаційну мережу з точки зору можливостей з транспортування інформації.

9.2. Технології синхронного режиму перенесення

9.2.1. Синхронне часове мультиплексування

Режим комутації часових каналів, який ґрунтується на принципі синхронного часового мультиплексування під час передавання інформації від одного вузла комутації до іншого, відомий як *синхронний режим перенесення STM (Synhrounus Transfer Mode).*

Під *мультиплексуванням* у цифрових мережах розуміють поєднання *n* низькошвидкісних цифрових потоків у один високошвидкісний потік. Мультиплексування застосовують з метою більш ефективного використання пропускної здатності лінії зв'язку, що зумовило вживання у термінології понять *ущільнення, розподілення* лінії зв'язку.

Вихідні цифрові потоки, які формуються в результаті роботи різних мережевих застосувань (від різних служб), можуть істотно відрізнятися за своєю природою. Це передавання:

- постійного бітового потоку;
- файлів даних;
- мовленнєвих і відеосигналів в цифровій формі.

Мультиплексування забезпечує *адаптацію середовища передавання лінії зв'язку* до великої кількості різнорідних мережевих додатків.

Цифровий потік кожного застосування є сигналом, що відповідає критеріям та показникам певного інформаційного повідомлення, яке необхідно передати. Часове синхронне мультиплексування полягає в тому, що вся смуга середовища поширення сигналів в лінії зв'язку на короткий проміжок часу, тривалістю τ , по чергово надається сигналам *n* застосувань. Зазначений проміжок часу називають *тайм-слотом*, інтервал $T_{\text{ц}} = n\tau$, який відповідає *n* тайм-слотам, називають *циклом передавання*.

Характерною особливістю *синхронного часового мультиплексування* є те, що в мультиплексному сигналі кожному початковому сигналу відповідає тайм-слот із чітко фіксованим порядковим номером у межах циклу передавання $T_{\text{ц}}$.

Слід зазначити, що завдяки мультиплексуванню для сигналу мультимедійного застосування (голос + відео + дані) надають відразу декілька тайм-слотів.

Пристрій, який приймає декілька потоків від різних застосувань (голос, відео, дані) й передає їх у лінію у вигляді мультиплексного сигналу, називають *мультиплексором* (MUX), а пристрій, який виконує зворотну функцію на іншому кінці лінії, – *демультиплексором* (DEMUX). MUX і DEMUX повинні працювати синхронно і синфазно, так як тайм-слоти відносно T_c на вході й на виході лінії зв'язку повинні збігатися. З цією метою використовують пристрої з високим стандартом частоти, які називають *таймерами*. Зазвичай, у системах двобічного (дуплексного) зв'язку функції мультиплексування й демультиплексування поєднують в одному пристрої, який також називають *мультиплексором*.

Сучасні мультиплексори розподілення часу є каналотворювальним обладнанням. Їх відмінність від традиційних систем ущільнення з імпульсно-ковою модуляцією полягає в тому, що:

- мультиплексори дають змогу передавати в лінію цифрові потоки різних швидкостей (від різних джерел), тому вони ще називаються *гнучкими мультиплексорами*;

- мультиплексори, які мають властивість «*долучення/виокремлення*», дозволяють відокремити від загального потоку частину сигналів або додавати сигнали до спільного лінійного потоку. Це дає змогу будувати мережі складної топології.

Мультиплексування мовленнєвих сигналів за своєю природою є аналоговим, і для передавання в інформаційній мережі його перетворюють у цифровий. Відомо, що основну смугу частот мовленнєвого сигналу оптимізовано за індексом артикуляції (прийнятному – 0,7), що відповідає рівню чіткості слів 85-90% і складає 3100 Гц. Цю смугу розміщено в діапазоні 0,3-3,4 кГц, що відповідає стандартизованій смузі каналу тональної частоти (ТЧ). Зважаючи на те, що зазначену смугу необхідно фільтрувати реальним аналоговим смуговим фільтром, який має кінцеву крутизну спаду частотної характеристики в перехідній смузі, запропоновано використовувати смугу 4 кГц як розрахункову ширину смуги стандартного каналу тональної частоти, що забезпечує захисну смугу між двома сусідніми каналами 900 Гц.

Перетворення мовленнєвого сигналу в цифрову форму здійснюється на основі імпульсно-кової модуляції (ІКМ) (рис. 46).

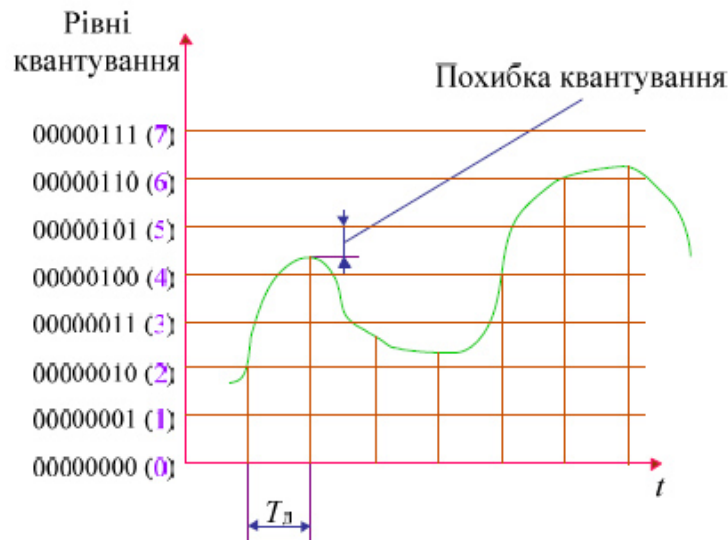


Рис. 46 – Перетворення безперервного сигналу в ІКМ-сигнал

Схема цього перетворення складається з таких етапів:

1. *Дискретизування* аналогового сигналу.

Відповідно до теореми Котельникова частота дискретизування аналогового сигналу, яка забезпечує його відновлення без спотворення, дорівнює подвоєнню максимальної частоти спектру сигналу. З урахуванням верхньої межі діапазону мовленнєвого сигналу, частота дискретизації

$$F_d = 2 \times 4 \text{ кГц} = 8 \text{ кГц},$$

що відповідає періоду дискретизування $T_d = 1/8 = 125 \text{ мкс}$.

2. *Квантування* амплітуд дискретних відліків сигналу за рівнем ϵ поділ миттєвої амплітуди на певне число рівнів (рівнів квантування). Для якісного передавання мовлення приймають 256 рівнів квантування. Величиною амплітуди дискретного відліку мовленнєвого сигналу вибирають найближчий до її значення рівень квантування. Різницю між значеннями амплітуди сигналу та найближчим рівнем квантування визначає похибка перетворення мовленнєвого сигналу в цифрову форму, яка називають *помилкою квантування* Δ .

3. *Кодування* квантованих амплітуд дискретних відліків мовленнєвого сигналу. Якщо номери рівнів квантування подати в двійковому коді, то процес кодування зводиться до вибору номера найближчого до значення дискретної амплітуди сигналу рівня квантування. Номер рівня квантування в двійковому коді передається в лінію. Кількість позицій двійкового коду цифрового номера рівня квантування дорівнює 8 (один байт), що дає змогу закодувати номер найвищого рівня квантування 255 – 11111111.

Кодову комбінацію, яка відповідає одному дискретному відліку амплітуди мовленнєвого сигналу, називають *вибіркою*.

Зважаючи на те, що вибірки мовленнєвого сигналу надходять у лінію з частотою 8 кГц, послідовно одна за одну, отримуємо цифровий зі швидкістю $C = 8 \text{ біт} \times 8 \text{ кГц} = 64 \text{ кбіт/с}$.

Швидкість 64 кбіт/с визначено Міжнародним союзом електрозв'язку (ITU-T) швидкістю основного цифрового каналу, який ще називають потоком нульового рівня DSO (Digital Service /Signal of Level 0).

Імпульсно-кодова модуляція є основою для побудови цифрових систем передавання (ЦСП). Існує декілька реалізацій цифрових систем, визнаних стандартними:

- ІКМ-30/32 (СНД) – 30-канальна;
- СЕРТ (Європа) – 30-канальна;
- Bell D1 (США) – 24-канальна;
- D 2 (Bell, США) – 24-канальна;
- U.K. (Англія) – 24- канальна.

Принцип побудови ЦСП зображено на рис. 47.

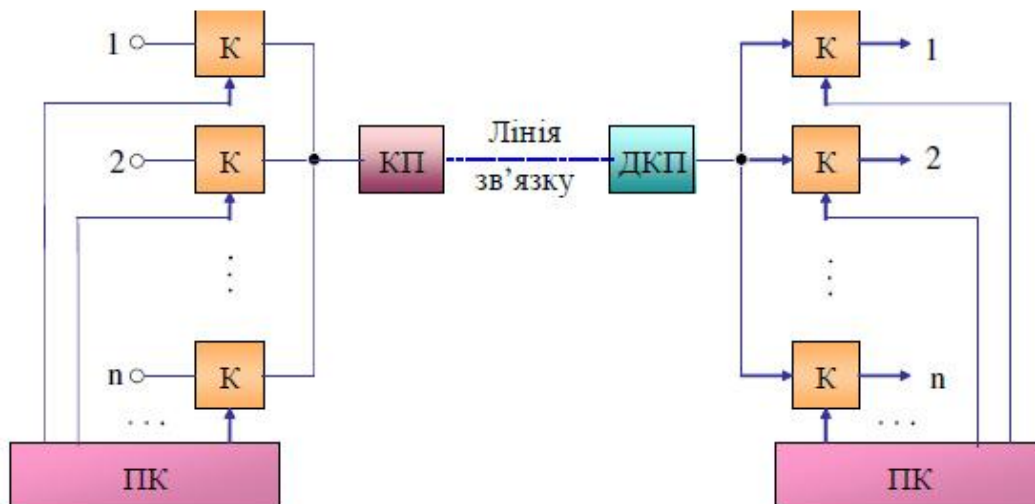


Рис. 47 – Структурна схема ЦСП: К – електронні ключі, які забезпечують дискретизацію безперервних інформаційних сигналів; ПК – пристрої керування станом (замкненого, розімкнутого) ключів; КП – кодувальний пристрій, в якому груповий сигнал підлягає квантуванню й кодуванню; ДКП – декодер, який зворотно перетворює ІКМ- сигнал у груповий амплітудно-імпульсний сигнал

Функціонування такої системи пов'язано з розмежуванням часу передавання на повторювані цикли тривалістю T_d . Кожний цикл, у свою чергу, розбивають на тайм-слоти, число яких дорівнює кількості організованих у лінії каналів.

Розглянемо структуру (формат) багатоканального сигналу на виході 30-канального ЦСП.

Апаратура ІКМ-30/32 утворює в лінії 32 цифрові канали, з яких 30 призначено для передавання інформаційних сигналів, один – для синхронізації,

один – для сигналізації (передавання службових сигналів перед сеансом зв'язку).

Час циклу T_u у ІКМ-30/32 відповідає період дискретизації $T_d = 125$ мкс. Для того, щоб упродовж цього часу передати 32 цифрові потоки зі швидкостями 64 кбіт/с кожен, у лінії зв'язку необхідно забезпечити швидкість $C_l = 64$ кбіт/с \times 32 = 2048 кбіт/с. Загальна тривалість тайм-слоту при цьому $t = 125$ мкс/32 = 3,90625 мкс. Упродовж цього часу послідовно в кожному з 32-х тимчасових каналів передається 1 байт. Протягом циклу T_u передається відповідно: 8 біт \times 32 = 256 байт. Формат сигналу в 256 байт показано на рис. 8. Його називають *кадром, або фреймом*.

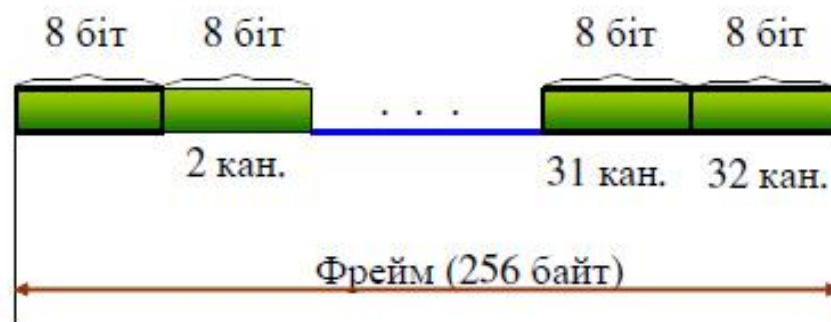


Рис. 48 – Формат лінійного сигналу ІКМ-30/32

Кількість біт, яка відповідає конкретному часовому каналу (тайм-слоту) в загальному форматі фрейму, називають *полем, або ніблом (nibble)*. Положення кожного поля чітко фіксується в структурі фрейму. Це уможливлено застосуванням у ЦСП синхронізації. Синхронізація здійснюється передаванням спеціального синхросигналу (наприклад, 11111111) каналом синхронізації (наприклад, 31-м). Сигнал синхронізації в даному випадку передається зовнішнім (відносно до інформаційного) каналом, а тому вважають, що виконується ідеальне мультиплексування.

Під час часового мультиплексування потоків даних на входи мультиплексора подаються n двійкових потоків даних, походження яких не пов'язано з формуванням вибірок для відліків амплітуд безперервних сигналів. Тому з вхідних каналів можна вибрати будь-яку логічно осмислену послідовність біт як вибірку сигналів при формуванні фрейму. Такий процес формування вибірок називають *інтерлівінгом*.

- *байт-інтерлівінг* (чергування байтів по одному з кожного каналу);
- *символьний інтерлівінг* (чергування декількох бітів, необхідних для кодування одного символу переданого тексту, з кожного каналу. Так, наприклад, під час передавання файлу з комп'ютерним алфавітом ASCII міжнародної версії, довжина поля коду одного символу становить 8 біт, а американської версії – 7 біт);
- *блок-інтерлівінг* (чергування блоків по кілька байт із кожного каналу).

Сигнали синхронізації та сигналізації у процесі формуванні фрейму можуть передаватися як окремими виділеними часовими каналами (ідеальне мультиплексування), так і інформаційними каналами.

Узагальнено в мультиплексуванні потоків даних розрізняють такі види синхронізації:

- за окремими полями (часовими каналами);
- за фреймом у цілому;
- за кожним бітом у межах кожного поля.

Для синхронізації в структуру фрейму після будь-якої з перерахованих груп додають по одному або кілька бітів. Можна сформувати й більш складну повторювану структуру, складену з m -фреймів і k полів синхронізації, так званий *мультифрейм*.

Без урахування синхронізації мультиплексор створює регулярний потік фреймів. Синхронізація цю регулярність порушує.

Сигналізація також може бути виконана в окремому каналі або розміщенням бітів сигналізації в полях вибірок зі зменшенням при цьому розрядної сітки поля, наприклад, на 1 біт.

Навіть зважаючи на все можливе розмаїття, структура фрейму (його формат) для конкретної системи передавання є фіксованою.

За аналогією до тривалості циклу передавання $T_{\text{ц}}$ в ідеальному мультиплексуванні, у даному випадку можна говорити за *період повторення фрейму* – часу, що витрачається на один повний цикл, та доданому часу передавання долучених бітових груп синхронізації та сигналізації.

9.2.2. Комутація каналів

Надання зв'язку абонентам-кореспондентами на основі методу комутації каналів (Switching Circuits, SC) складається з трьох фаз.

1. *Налаштування дуплексного каналу.* Для цього в мережу передається службова інформація, яка містить закодовані адреси абонента. На основі цієї інформації встановлюється маршрут передавання інформаційного повідомлення, який з'єднує опорні вузли через ланцюг проміжних вузлів комутації. Службова інформація формується самим абонентом (набором номера абонента) або його терміналом і передається каналами сигналізації або інформаційними каналами.

2. *Здійснення сеансу зв'язку.* Після налаштування каналу абоненти можуть починати процес обміну інформаційними повідомленнями. При цьому ресурси мережі, які забезпечують даний сеанс зв'язку, повністю закріплені за налаштованим каналом зв'язку і, в разі пауз у процесі передавання інформації, не можуть бути надані для організації інших з'єднань.

3. *Від'єднання каналу.* Після відповідної команди про припинення сеансу зв'язку від однієї з опорних станцій каналом сигналізації проходить сигнал роз'єднання, в результаті чого зайняті ресурси вивільнюються в мережу.

Для налаштування каналу комутаційна система повинна забезпечити взаємні з'єднання будь-яких каналів. Для комутації кожного вхідного часового каналу з кожним вихідним необхідно мати можливість перестановки вибірки, яка визначає амплітуду мовленнєвого сигналу (байти інформації) з одного часового інтервалу в будь-який інший.

У даний час використовують два принципи побудови комутаційних блоків (КБ): *просторовий* та *часовий*.

Просторовий принцип побудови КБ. З'єднання здійснюється в одній і тій же часовій позиції каналів вхідної ущільненої лінії (ВхУЛ) з каналами вихідної ущільненої лінії (ВихУЛ).

У цьому випадку 8-розрядна вибірка надходить з каналу і ВхУЛ в канал і ВихУЛ. Структурну схему просторового однокаскадного КБ зображено на рис. 49.

У певні моменти часу з пристрою керування (ПК) подаються сигнали для замикання відповідних точок комутації. Ці точки можуть бути реалізовані на електронних елементах (електронних ключах).

Очевидно, що за такої побудови КБ комутуються цифрові канали ВхУЛ з цифровими каналами ВихУЛ тільки в одній і тій же часовій позиції (в однойменних тайм-слотах), тобто в процесі комутації немає можливості змінити часову позицію. Здійснити таку можливість дає змогу *часовий* принцип побудови КБ.

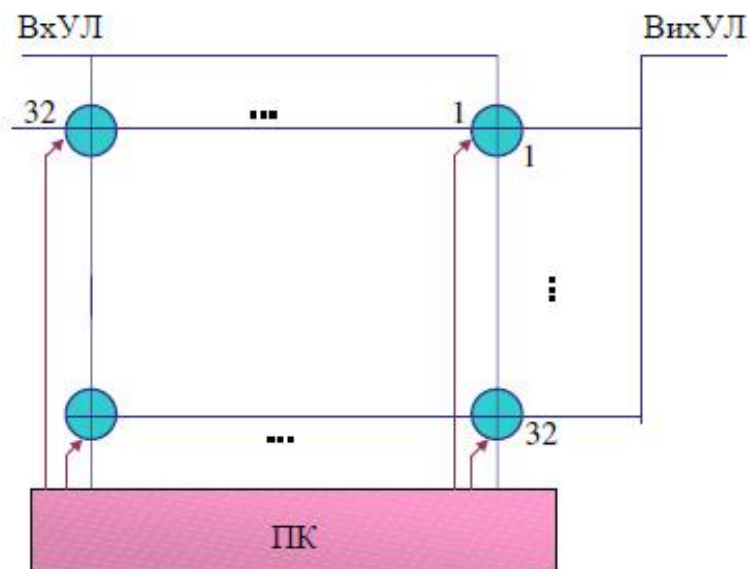


Рис. 49 – Просторовий однокаскадний КБ

Часовий принцип побудови КБ засновано на налаштуванні зв'язку входу з виходом через буферний запам'ятовуючий пристрій (БЗП) (рис. 50).

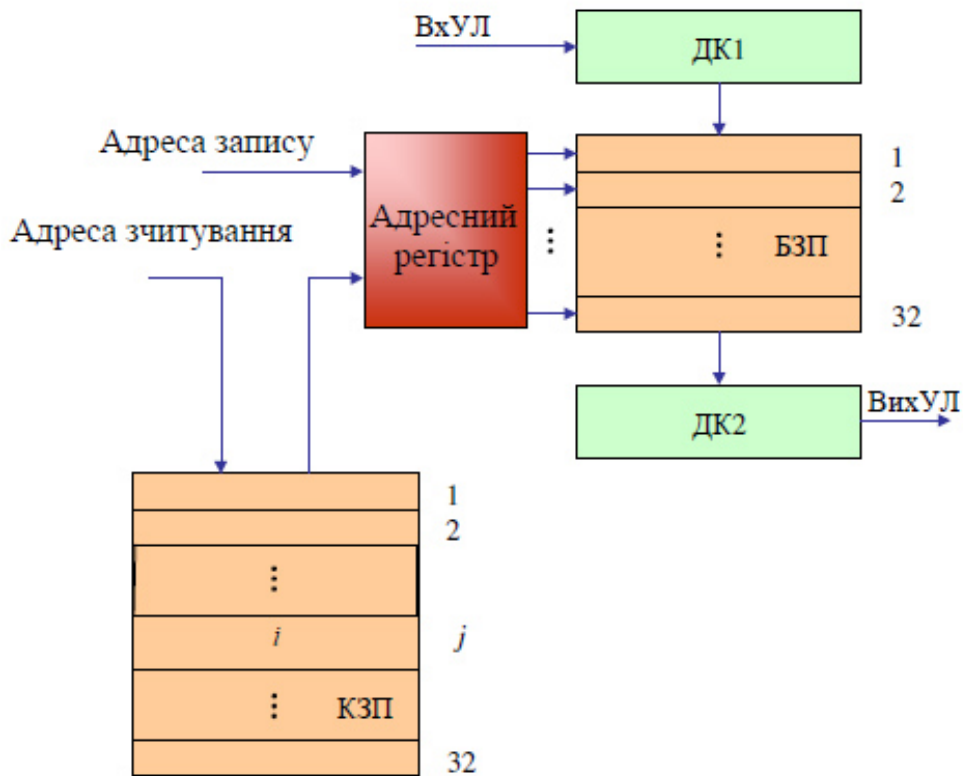


Рис. 50 – Комутаційний блок з тимчасовою комутацією

Канальні вибірки, які послідовно надходять з ВхУЛ в результаті демультимплексування, через допоміжну комірку ДК1, куди накопичується 8-розрядна кодова комбінація при побітовому її надходженні, розміщуються в БЗП у комірку з адресою, яка відповідає номеру часового каналу. Протягом часу одного тайм-слоту проводиться один запис у БЗП каналної вибірки, яка надходить із ВхУЛ, і одне зчитування каналної вибірки з БЗП, яке направляється в ВихУЛ. У зв'язку з цим каналний інтервал (тайм-слот) розділяється на дві фази. У першій здійснюється запис, у другій – читання.

Зчитування вибірок здійснюється за допомогою управляючого запам'ятовуючого пристрою (КЗП). У ньому на етапі налаштування зв'язку за допомогою службових сигналів записується інформація в номерах вихідних часових каналів, з якими повинні бути скомутовані послідовно вхідні часові канали. Так, якщо вхідний канал i комутується з вихідним каналом i , то в j – у комірці КЗП записується число i . У другій фазі тайм-слоту з номером i подається сигнал адреси зчитування i з комірці i КЗП вибирається число i . Воно розміщується в адресний реєстр, у результаті чого вміст комірці з номером i з БЗП зчитується у допоміжну комірку ДК2. З ДК2 кодова комбінація побітово передається в канал ВихУЛ.

9.2.3. Технологія ISDN

Традиційна комутація каналів з часовим розподіленням є дуже негнучкою процедурою, так як тривалість тайм-слоту однозначно визначає швидкість передавання в каналі зв'язку. У технології ISDN зроблено першу реальну спробу безпосередньо надати послуги передавання не тільки голосової, а й відеоінформації та даних кінцевим користувачам у єдиній цифровій мережі.

Цифрова мережа інтегрального обслуговування ISDN (Integrated Services Digital Network) є інтегрованою системою зв'язку з різноманітним комплексом послуг. Вимоги різних служб до швидкості передавання різні – від дуже низьких (1 кбіт/с – для телеметрії) до надвисоких (140 Мбіт/с – TV високої чіткості). Для задоволення цих вимог було розроблено варіант поєднання комутації каналів з мультиплексуванням, який забезпечує широкий діапазон швидкостей передавання даних.

У системі передавання з високошвидкісною комутацією каналів використовується той самий метод часового мультиплексування, що й у системі зі звичайною комутацією каналів. Проте в одному з'єднанні (широкосмуговому каналі) може використовуватися n ($n > 1$) цифрових каналів Б80 (64 кбіт/с). Отже, кожне під'єднання може бути кратним швидкості 64 кбіт/с.

Системи комутації, які забезпечують багатошвидкісну комутацію каналів, є більш складними в порівнянні з системами зі звичайною комутацією цифрових каналів, так як всі канали окремих з'єднувальних ланок є синхронними.

Важливою проблемою для систем з багатошвидкісною комутацією каналів є вибір базової швидкості передавання. ІТУ-Т визначив основними два інтерфейси доступу до ISDN:

- базовий доступ (Basic Rate Acces) 144 кбіт/с, який забезпечує два мовленнєвих канали типу В зі швидкістю 64 кбіт/с і один сигнальний канал типу D зі швидкістю передавання 16 кбіт/с ($2B + D$);

- первинний доступ PRA (Primary Rate Acces), який дає змогу працювати з каналами T1 (1,5 Мбіт/с) і E1 (2 Мбіт/с), які розділено на 23 і 30 каналів типу В відповідно, і, крім цього, мають один сигнальний D канал зі швидкістю 64 кбіт/с ($23B + D$ або $30B + D$).

Виділена лінія може використовувати як окремий канал В, так і їх комбінацію для досягнення збільшення швидкості. Як налаштування, так і роз'єднання зв'язку між абонентами здійснюються через сигнальний канал і відбуваються майже миттєво.

Обрана швидкість каналу має дорівнювати або перевищувати пікову швидкість передавання джерела під час усього сеансу зв'язку, хоча середня швидкість передавання може бути дуже низькою. Це принципово важливо для передавання мовлення, а особливо – відео. Зміна швидкості передавання у

даному випадку характеризується *вибуховим* (пачковим) режимом роботи джерела, на відміну від рівномірного, так званого *ізохронного* потоку²⁸.

Таким чином, *вибуховий трафік* не забезпечує ефективне використання пропускної здатності каналу навіть у процесі багатошвидкісної комутації каналів.

Цифрові мережі ISDN виникли як альтернатива традиційним аналоговим мережам із застосуванням модемів, виділених ліній, іншим службам глобальних мереж. Маючи значно більшу гнучкість у порівнянні з простою комутацією каналів, технології ISDN все ж зберігають фундаментальне обмеження: хоча користувач має можливість вибору швидкості передавання, сам набір швидкостей залишається цілком визначеним (фіксованим).

Системи комутації, розроблені для багатошвидкісної комутації каналів, складаються з набору окремих комутаторів, кожен із яких здійснює комутацію каналів з певною швидкістю. Інформація з абонентської лінії до надходження на різні комутатори демультимплексується, а інформація від комутатора до абонентського лінії, навпаки, мультимплексується.

Незважаючи на всі переваги технології ISDN, мережеві ресурси продовжують використовуватися неефективно. Так, наприклад, якщо всі низькошвидкісні комутатори зайнято, то додаткове низькошвидкісне під'єднання не відбудеться, незважаючи на те, що високошвидкісні комутатори у цей час є вільними.

Висновки

Телекомунікаційна технологія є одним з основних факторів, який характеризує телекомунікаційну мережу з точки зору можливостей з транспортування інформації.

ЛЕКЦІЯ 10. БАЗОВІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ (2)

План

Вступ

1. Технології асинхронного режиму перенесення: принцип комутації пакетів; способи передавання пакетів у телекомунікаційній мережі; технологія X.25; передавання й комутація комірок.

2. Технологія АТМ.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М.

²⁸ Наприклад, коли майже застигла відеокартинка раптом змінюється новим кадром. Аналогічне можна спостерігати у процесі передавання мовлення.

Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.

2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.

3. Теория передачи сигналов: учебник для вузов / [Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М.] – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.

4. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К. : ДУІКТ, 2009. – 352 с.

Вступ

Телекомунікаційні мережі з комутацією каналів було розроблено й оптимізовано для досягнення найвищої якості передавання мовленнєвих повідомлень. Навіть те, що дуплексний канал при цьому використовується тільки на 50%, вважається цілком допустимим.

10.1. Технології асинхронного режиму перенесення

10.1.1. Принцип комутації пакетів

Низька ефективність використання каналів у мережі з комутацією каналів пояснюється тим, що після налаштування з'єднання між кінцевими пристроями ресурс (пропускна здатність) *скомутованого каналу та його складових частин на час сеансу зв'язку є недоступним для інших застосувань*, навіть у тому випадку, коли дані тимчасово не передаються. Використовуючи такі телекомунікаційні мережі для передавання даних між комп'ютерами, виявлено, принаймні, два недоліки:

– з'єднання типу *термінал-хост* (наприклад, у процесі взаємодії ПК користувача з мережевим комп'ютером) звільняє канал на значний час, але телекомунікаційна мережа не може використовувати його в цей час для іншого застосування;

– мережа з комутацією каналів забезпечує передавання даних з постійною швидкістю. Це означає, що будь-якій парі термінал-хост надано однакову фіксовану швидкість, що обмежує можливості мережі для під'єднання хостів і терміналів різної продуктивності.

Упровадження телекомунікаційної мережі з асинхронним режимом перенесення може усунути ці недоліки шляхом використання так званого *естафетного* способу передавання повідомлень (або його частин) від вузла до вузла за маршрутом перенесення інформації в мережі. При цьому не потрібно жорсткого закріплення ресурсів ліній зв'язку, через які проходить маршрут.

Комп'ютерні повідомлення (дані), згідно зі стеком протоколів моделі OSI/ISO, розподіляються на невеликі блоки, які, досягаючи мережевого рівня, перетворюються на *пакети*, отримуючи заголовок Z_n , який містить адреси джерела й споживача інформації, номер блоку в повідомленні та вказівку на його приналежність до даних повідомлень (рис. 51).

Перед відправленням у лінію пакет оформлюються у вигляді *фрейму*. *Фрейм* – це сегмент повідомлення із заголовками каналного рівня. Таке формування прийнято ще називати *кадром*. Заголовок кадру Z_{Φ} , містить інформацію, яка використовується для ідентифікації адреси порту призначення кадру (фрейму).

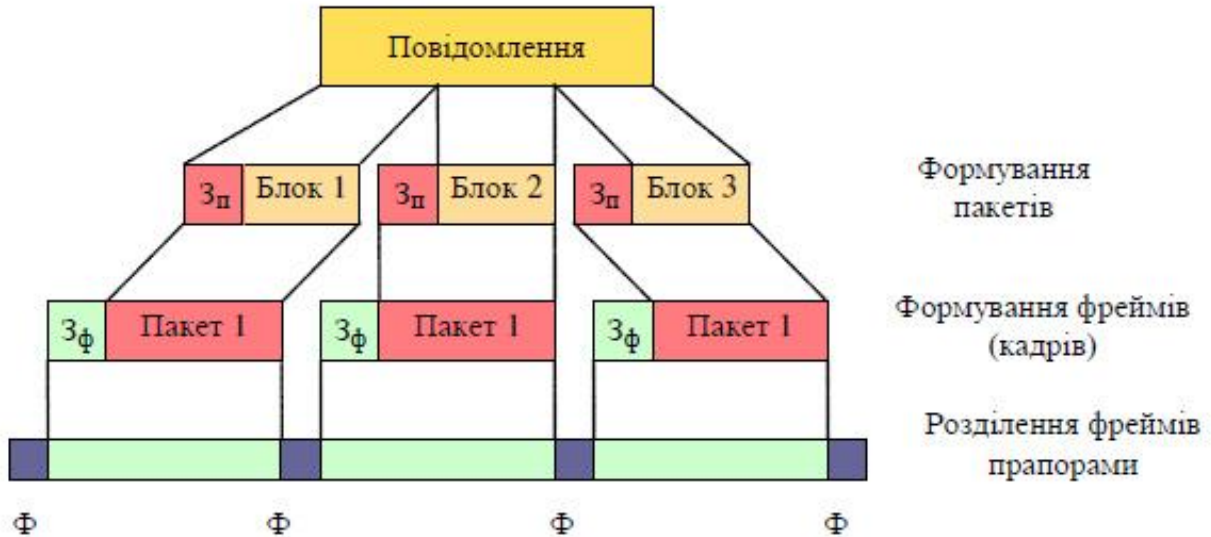


Рис. 51 – Передавання повідомлення пакетами

Для того, щоб на приймальному кінці лінії зв'язку відокремити один фрейм від іншого у процесі побітового передавання їх каналом, між фреймами вставляються розділові прапори. *Прапор* (Φ) – це поле, яке містить 8 біт, наприклад, 01111110. На приймальному вузлі прийнята послідовність бітів групується у фреймі, прапори видаляються, а з фрейму витягується пакет. Він розміщується в запам'ятовуючий пристрій (ЗП) вузла та обробляється: перевіряється на відсутність помилок та перекручень. У разі виявлення помилок і неможливості їх виправити, приймальний вузол повторює передавання фрейму.

Вилучений з ЗП пакет відповідно до таблиці адрес, збереженої на вузлі комутації, прямує у вихідну лінію та оформлюється в новий фрейм. Таким естафетним способом сегмент інформаційного повідомлення передається мережею до вузла призначення (вихідного вузла).

На вхідному вузлі пакети накопичуються, з них витягуються сегменти, з яких далі збираються повідомлення. Таким чином, функція розбиття повідомлення на сегменти здійснюється на вихідному вузлі, а збирання – на вхідному.

Незважаючи на те, що лініями зв'язку пакети передаються у вигляді фреймів (кадрів), у проміжних вузлах відбувається комутація *саме пакетів*. Тому такий метод комутації у вузлах мережі отримав назву *комутація пакетів*, а мережі, відповідно, – з комутацією пакетів.

Комутація пакетів (КП) має кілька переваг над комутацією каналів (КК):

– ефективність використання ліній при КП є набагато вищою, оскільки ресурси ліній та вузлів мережі можуть динамічно розподілятися між багатьма пакетами від різних застосувань;

– у мережі з комутацією пакетів може здійснюватися перетворення швидкості передавання даних. Це дає змогу обмінюватися повідомленнями абонентських пунктів, під'єднаних до мережі каналами різної пропускну здатності (смуги пропускання);

– користувачам гарантовано під'єднання навіть, якщо мережу перевантажено. При цьому лише можуть виникнути затримки з доставкою пакетів або зменшення швидкості передавання;

– у мережах з КП можна використовувати систему пріоритетів. Пакети з високим пріоритетом доставлятимуться з меншими затримками.

10.1.2. Способи передавання пакетів у телекомунікаційній мережі

Передавання пакетів між вузлами телекомунікаційної мережі можна реалізувати по-різному, а саме:

- за допомогою датаграм;
- з використанням віртуального виклику;
- з використанням віртуального каналу;
- з використанням віртуального з'єднання.

Датаграмний спосіб полягає у тому, що кожен пакет рухається мережею самостійно, без урахування того, як просуваються пакети, які йдуть до або після нього. Кожен вузол комутації (ВК), на основі адресної інформації полів заголовка пакета й власних відомостей про наявність незайнятих вихідних каналів, до сусідніх ВК вибирає наступний ВК, на який спрямовується пакет.

У результаті пакети одного й того ж повідомлення з однією й тією ж адресою можуть слідувати від місця відправлення до місця призначення різними маршрутами й прийти у переплутаному порядку (рис. 52а). Вхідний ВК (кінцевий вузол маршруту) відновлює правильну послідовність пакетів і вже в цій послідовності передає їх до пункту призначення.

Використання віртуального виклику. Прикметною особливістю є те, що датаграмний спосіб доповнюється віртуальним викликом. Попередньою до фази передавання пакетів повідомлення є фаза посилки службового пакету в АП одержувача із зазначенням повного обсягу повідомлення для того, щоб зарезервувати достатній буферу пам'яті для його прийому.

Після резервування пам'яті в АП у зворотний бік надсилається службовий пакет з підтвердженням про готовність до прийому повідомлення. Сеанс передавання пакетів розпочинається лише після отримання пакету про підтвердження прийому.

Обмін службовими пакетами перед сеансом передавання повідомлення називається *посилкою віртуального виклику*. Спосіб віртуального виклику зменшує ймовірність блокування роботи окремих вузлів комутації (ВК) і, отже, ймовірність виникнення безвихідних ситуацій у мережі, які гальмують

проходження датаграм, а також додаткових витрат часу на послілку віртуального виклику.

Використання віртуального каналу. Цей спосіб характеризується тим, що фазі передавання пакетів повідомлення від одного АП до іншого АП передуює фаза налаштування логічного з'єднання між ними, яке називається *віртуальним каналом* (рис. 52б). Фаза налаштування віртуального каналу містить обмін службовими пакетами, при якому, як і в попередньому способі, здійснюється резервування пам'яті для прийому повідомлення в АП одержувача, а також визначається фіксований маршрут прямування мережею пакетів переданого повідомлення. Кожен пакет забезпечується ідентифікатором віртуального каналу, який розміщується в поле заголовка.

Проміжні ВК, через які проходить маршрут віртуального каналу, у даній ситуації не приймають самостійних рішень щодо маршрутизації пакетів, а спрямовують пакети згідно з ідентифікаторами віртуального каналу. Оскільки пакети рухаються за фіксованим маршрутом, то, у випадку зайнятості вихідного напрямку, вони затримуються в ВК і накопичуються у вихідних буферах.

Якщо вихідний буфер переповнюється, виникає блокування ВК. Блокування можуть викликати неприпустимі затримки пакетів у мережі, а також безвихідну ситуацію, яка зупиняє роботу всієї мережі. Цей недолік усувається за допомогою організації віртуального з'єднання, в якому забезпечується резервування ресурсів пам'яті в усіх проміжних ВК маршрутом проходження пакетів переданого повідомлення.

Використання віртуального з'єднання. Спосіб характеризується тим, що в фазі налаштування віртуального каналу здійснюється резервування буферів до ЗП ВК, які входять у маршрут передавання пакетів, достатніх для проходження пакетів без затримок (рис. 52в).

Цей спосіб є подібним за принципом налаштування зв'язку до методу комутації каналів (КК). Якщо налаштування зв'язку супроводжуватиметься резервуванням тайм-слотів у транзитних лініях, то відмінність від КК полягатиме лише в розмірі пакета та способі коректування помилок (при КК це робиться на вхідному ВК, а при КП – на всіх ВК, які складають маршрут віртуального каналу).

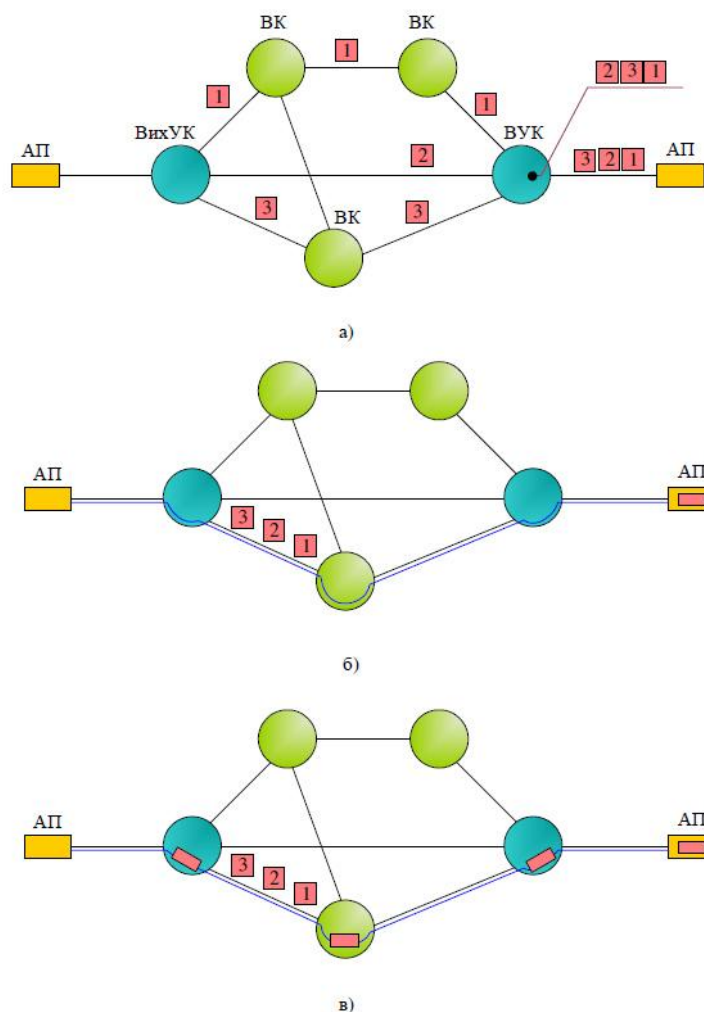


Рис. 52. Способи комутації пакетів: а – датаграмний; б – віртуального каналу; в – віртуального з'єднання

10.1.3. Технологія X.25

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та ІУ-Т уперше затвердили метод передавання й комутації пакетів у вигляді Рекомендацій X.25. Зазначений метод (протокол) дістав назву *технологія X.25*. Крім пакету розміром 128 байт, який приймається усталено, допускаються також інші розміри пакету: 16, 32, 256, 512, 1024, 2048, 4096 байт. Крім довжин пакетів, рекомендовано також формати пакетів і кадрів (фреймів), а також протокол їх передавання та приймання.

Технологія X.25 – це технологія передавання даних з комутацією пакетів, яка дає змогу вирішувати проблеми «поганих» каналів зв'язку з великим рівнем перешкод, якими, наприклад, є аналогові телефонні лінії.

Для забезпечення необхідної достовірності передавання інформації в технології X.25 впроваджено багаторівневу систему виявлення й коректування помилок. Кожен ВК мережі X.25 на шляху руху пакета перевіряє цілісність пакету, читає контрольну суму, розміщену в заголовку пакету, обчислює її нове значення й порівнює їх.

Якщо кількість помилок є незначною, ВК здатний відновити пакет і передати його далі. При цьому вузол надсилає підтвердження попереднього вузла про коректний прийом пакету. Якщо ж відновити пакет неможливо, робиться запит про його повторне передавання.

Розбиття повідомлення на пакети й складання повідомлення з пакетів в технології X.25 прийнято називати функцією *розбиття/збірки* (Packet Assembler and Disassembler, PAD). Функція PAD може виконуватися в будь-якому мережевому пристрої або вузлі, який забезпечує доступ до мережі X.25. Слід зазначити, що якщо джерелом повідомлення є ЕОМ (робоча станція), функція PAD може виконуватися безпосередньо в ній.

Високий рівень перешкод на лініях призводить до зменшення швидкості передавання, а тому гранична швидкість передавання в мережах X.25 складає 64 кбіт/с. Крім того, ця швидкість не залишається постійною величиною й залежить від рівня перешкод і викликаних ними помилок.

Метод передавання й комутації пакетів реалізовано не тільки в протоколі X.25, але і, наприклад, у стеку протоколів TCP/IP, який вперше застосовано також у мережі АКРА²⁹. Надалі АКРА перетворилась в Інтернет.

10.1.4. Особливості формування пакетів мовних повідомлень

Мовних повідомлення, подане в цифровій формі (ІКМ сигнал), є послідовністю байтів (вибіроч дискретних відліків амплітуд), які в часовому каналі йдуть один за одним через 125 мкс. Особливість реалізації функції PAD при цьому полягає в тому, що, формуючи блок, довжина якого більша від одного байта, необхідно накопичити потрібну кількість байтів. У цьому випадку відбувається затримка всіх байтів, які містить пакет, окрім останнього (рис. 53), на час $\tau = 125(n - 1)$ мкс, де n – кількість байтів у блоці. Перехід до пакета та трафіку залишається тим же.

На приймальному кінці (вхідного ВК) для правильного відновлення повідомлення відбувається перетворення в ІКМ-сигнал з відповідним рознесенням у часі окремих байтів. Крім того, здійснюється узгодження в часі байтів різних блоків. Очевидно, що наявність часових затримань у процесі передавання й отримання пакетів може суттєво спотворити мовних повідомлення.

Щоб запобігти цьому, для передавання мовлення пакетами необхідно використовувати високошвидкісні канали, в яких мовленнєві пакети передаватимуться пріоритетно серед інших даних.

²⁹ Першу мережу передавання пакетів ARPA введено в експлуатацію наприкінці 60-х рр. у США. Фінансування проекту здійснювалося Управлінням перспективних наукових досліджень (Advance Research Project Agency) США. Абревіатура, складена з перших літер назви цього управління, визначила назву мережі. Максимальний розмір пакету складав у мережі ARPA 1024 біт (128 байт), а максимальний розмір повідомлення не перевищував 8 пакетів.

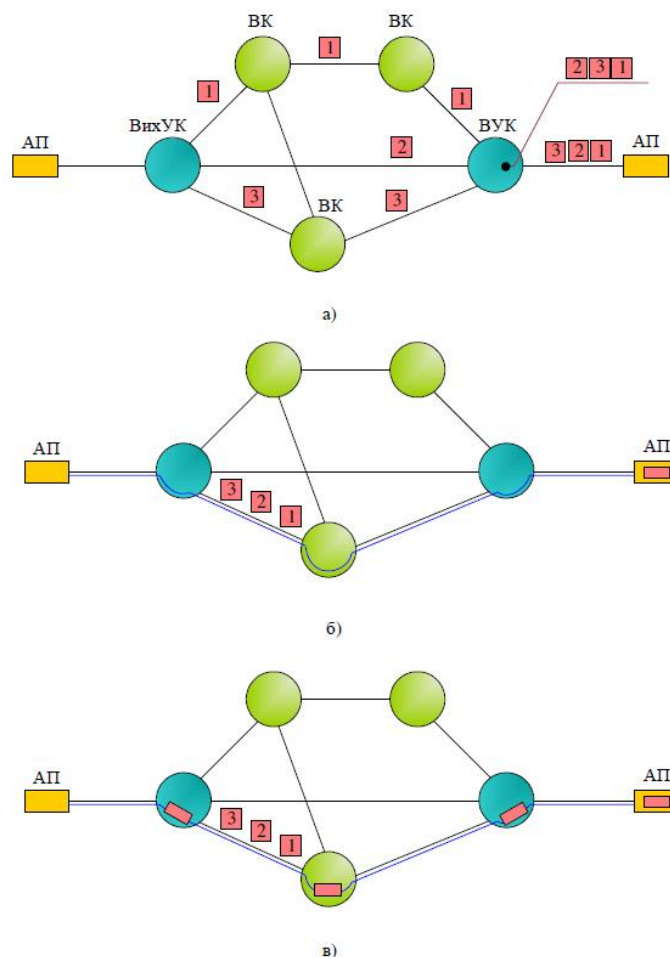


Рис. 53 – Формування пакета мовленнєвого сигналу: K1, K2, K3 – кадри

10.1.5. Технологія ретрансляції фреймів (Frame Relay)

У швидкісних телекомунікаційних мережах, які використовують волоконно-оптичне середовище для передавання даних, рівень помилок є набагато нижчим, порівняно з каналами аналогової телефонії. А тому надмірність кодування (застосування складних кодів для виявлення й виправлення помилок) пакетів стає непотрібною, спрощується система заголовків, якою була перенасичена обсягами інформації для відновлення пакетів.

У 90-х рр. ІТУ-Т затверджує новий протокол із сімейства протоколів Х.25, який отримав назву протоколу *ретрансляції фреймів (кадрів)* – (Frame Relay, FR). У цьому протоколі немає тієї надмірності, яка була характерною для протоколу Х.25, по-перше, тому, що він спеціально розроблявся для використання на лініях зв'язку з низьким рівнем перешкод, по-друге, в ньому усунуто систему контролю помилок всього фрейму. Замість цього лише перевіряється цілісність отриманого фрейму, й тільки для адресного поля здійснюється контроль помилок.

Завдяки всьому цьому Frame Relay забезпечує під'єднання користувачів до телекомунікаційної мережі на швидкості 2 Мбіт/с і вищій. Основною перевагою технології Frame Relay стала низька надлишковість службової

інформації в пакеті, що помітно збільшило продуктивність передавання даних у мережі. За іншими критеріями протокол Frame Relay є подібним до протоколу X.25.

Розміри фреймів можуть мати змінну довжину, оскільки самі пакети допускають використання різних довжин і, як наслідок, варіації затримок у процесі передавання фреймів. А це не зовсім прийнятно для передавання мовленнєвих та відеоповідомлень, які вимагають регулярних швидкостей.

Сферою більш ефективного застосування технології Frame Relay є взаємодія локальних мереж LAN через глобальні телекомунікаційні мережі, а також забезпечення високошвидкісних користувальницьких інтерфейсів UNI. Оскільки Frame Relay є різновидом протоколів X.25, він добре поєднується з мережами X.25.

Передавання фреймів мережею уможлиблюється завдяки використанню віртуального каналу, віртуального під'єднання, а також датаграмного режиму.

З метою керування потоками фреймів у перевантажених мережах, на мережах FR застосовується система так званих «кредитів». Кредит CIR (Committed Information Rate) видається користувачеві, та є своєрідним дозволом на передавання даних зі швидкістю, яка не перевищує вказану. При цьому CIR, який вимірюється в кілобітах на секунду, визначається термінами дозволеного обсягу даних B , який можна надіслати користувачем у мережу за час T : $CIR = B/T$.

Значення CIR є середнім гарантованим мережею значенням швидкості передавання даних за умови неперевантажень мережі. Кредит CIR видає адміністрація мережі, він може бути однаковим для всіх користувачів або враховувати запит конкретного користувача.

10.2. Передавання й комутація комірок. Технологія АТМ

Технологія АТМ (Asynchronous Transfer Mode) є провідною у порівнянні з розглянутими вище пакетними технологіями. Дану технологію ще називають *асинхронним режимом перенесення*, що закріплено рекомендаціями ІТГ-Т. На сьогодні АТМ є єдиною технологією, яка дає змогу повноцінно передавати інтегральний трафік (голос, відео, дані), одночасно задовольняючи абсолютно несумісні вимоги до умов передавання.

Сутність технології АТМ полягає в транспортуванні всіх видів інформації пакетами фіксованої довжини в 53 байта, з яких 48 байтів визначають розмір інформаційного поля, а 5 байтів відводиться для заголовка. Такий пакет отримав назву *комірка* (cell).

Комірки передаються без додаткового оформлення в кадр (фрейм), а для їх оброблення використовують більш прості протоколи, на відміну від передавання пакетами за протоколом X.25. Крім того, фіксована довжина й регулярність створюваного ними потоку не вимагають використання прапора між ними для відокремлення однієї комірки від іншої. Комірки фіксованої довжини передаються каналом безперервно.

У тому випадку, коли інформаційні комірки відсутні, каналом передаються порожні комірки стандартної величини, тобто комірки, які не містять даних у полі інформації, що зазначено в заголовку. Порожні комірки необхідно передавати для того, щоб не порушити покоміркову дискретизацію в каналі.

Покоміркова дискретизація нагадує часову дискретизацію в синхронному режимі передавання. Однак, якщо у синхронному режимі тривалість тайм-слоту (часового каналу) залежала від швидкості передавання бітів каналом, то в асинхронному режимі тривалість часу, витрачена для передавання комірки, залежить тільки від кількості бітів, необхідних для її передавання, але не від швидкості. Таким чином, за допомогою комірок здійснюється своєрідна часова дискретизація в каналі, у зв'язку з чим асинхронний режим передавання ще називають *асинхронним часовим мультиплексуванням*.

Відмінність асинхронного часового мультиплексування (АЧМ) від синхронного часового мультиплексування (СЧМ) полягає в тому, що комірки, які належать різним інформаційним повідомленням, можуть слідувати довільно, а тайм-слоти СЧМ для передавання різних повідомлень розташовуються на осі часу (в структурі кадру) в чітко фіксованому порядку відносно початку циклу дискретизації (початок кадру) (рис. 54).

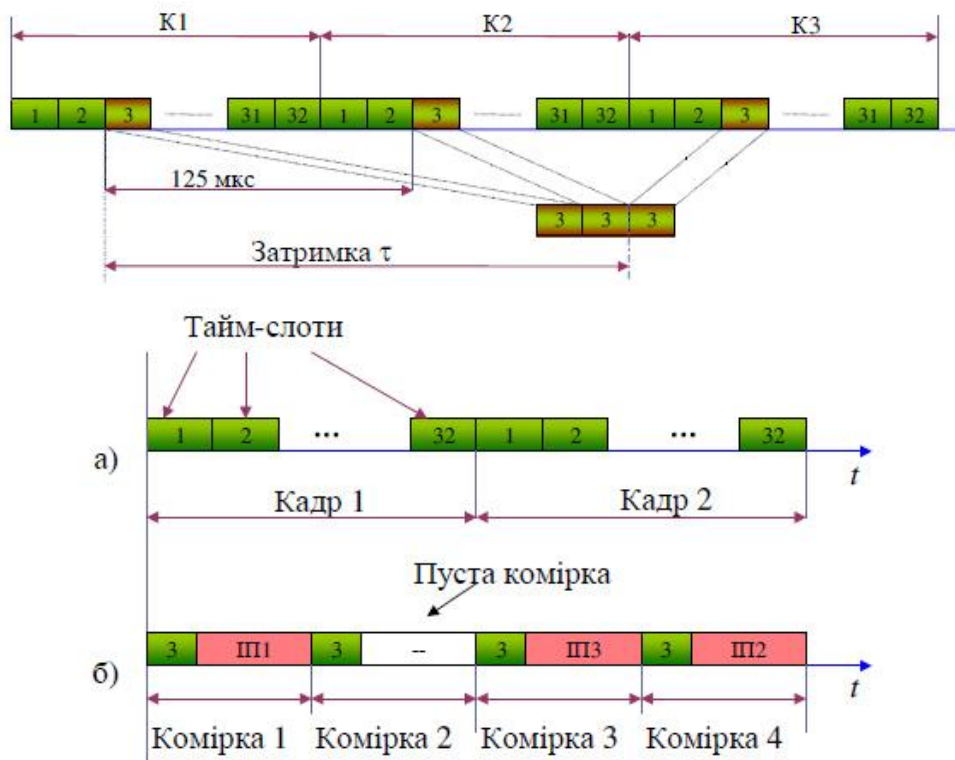


Рис. 54 – Принцип асинхронного мультиплексування: а – синхронне мультиплексування; б – асинхронне мультиплексування ПП1, ПП2, ПП3 – інформаційні повідомлення

Передавання комірок мережею здійснюється завдяки віртуальному з'єднанню, у зв'язку з чим фазі передавання передують фази налаштування віртуального з'єднання, під час якої перевіряється достатність обсягу мережевих ресурсів як для якісного обслуговування вже наявних віртуальних з'єднань, так і для новостворюваного.

Якщо мережевих ресурсів недостатньо, налаштування з'єднання не відбудеться.

Таким чином, у мережі АТМ реалізується функція контролю й захисту від перевантажень.

Щоб зменшити часові затримання комірок у вузлах комутації, функції заголовка пакету АТМ обмежують. Основною функцією заголовка стає ідентифікація віртуального з'єднання та забезпечення гарантії правильної маршрутизації. Заголовок також дає змогу мультиплексувати різні віртуальні з'єднання в одному цифровому тракті. Оскільки помилка в заголовку може призвести до неправильної маршрутизації, передбачено виявлення й виправлення помилок у заголовку пакету АТМ.

Через обмеження функцій, які виконує заголовок пакету АТМ, його обробка є відносно простою процедурою й може здійснюватися на дуже високих швидкостях, що забезпечує незначне затримання комірок у чергах буферних пристроїв комутаторів АТМ. Продуктивність комутаторів АТМ досягає 10 Гбіт/с.

Якщо мережевих ресурсів недостатньо, налаштування з'єднання не відбудеться.

Комутатори АТМ є основними пристроями мережі АТМ, основними функціями яких є:

- налаштування віртуального з'єднання між кінцевими пристроями користувачів;
- забезпечення так званого *режиму якісного обслуговування* (Quality of Service, QoS) для цього з'єднання.

Параметри режиму QoS задають користувачі в заявці на під'єднання в фазі формування віртуального з'єднання.

У рекомендаціях ІТУ-Т передбачено такі типи QoS:

- CBR (Constant Bit Rate) – виокремлення каналу з фіксованою пропускну здатністю, гранично допустимим затриманням та іншими характеристиками, замовленими користувачем. Такий вид QoS в основному використовують для передавання мовлення;
- RT-VBR (Real Time Variable Bit Rate) – виокремлення каналу з пропускну здатністю в заданих межах (min-max) з жорсткими вимогами до затримання та іншими параметрами, замовленими користувачем. RT-VBR є ідеальним для передавання відео й мовлення;
- NRT-VBR (Not Real Time Variable Bit Rate) – VBR з послабленими вимогами до затримання у передаванні – застосовується для відео та мовлення, які не потребують режиму реального часу;

– ABR (Available Bit Rate) – надання користувачеві залишково вільної частини фізичного каналу. Підключаючись, користувач встановлює лише межі допустимих змін швидкості передавання. Величина затримувач є контрольованою. Даний режим застосовують для передавання даних;

– UBR (Unspecified Bit Rate) – найбільш низькопріоритетний режим передавання, особливість якого в тому, що надається для користування певний канал без будь-яких гарантій якості передавання;

– UBR+ – модифікований UBR, який передбачає припинення передавання комірок повідомлення у разі виникнення перевантаження мережі. Застосування UBR+ дає змогу розвантажити фізичні канали.

Забезпечення режиму QoS принципово відрізняє технологію ATM від усіх наявних мережевих технологій. Особливого значення вона набуває в процесі інтегрування даних відео й мовлення, надзвичайно чутливих до затримувач під час передавання.

Єдиним протоколом, який забезпечує QoS у комутаторах ATM, є протокол PNNT Phase 1.0 (Private Network – to – Network Interface). Протокол досить складний, для його роботи потрібно вдсятеро більше процесорного часу, ніж для відомого протоколу визначення найкоротшого шляху (OSPF), який використовується в маршрутизаторах.

Висновки

Перевагами методу комутації каналів є можливість організації сеансу зв'язку в режимі діалогу й відсутність затримань у передаванні, що є пріоритетами застосування цього методу для мовленнєвих повідомлень.

Недоліками методу комутації каналів є неефективне використання ресурсів мережі (простої ресурсу в паузах, наявних під час розмови абонентів) і необхідність повторних викликів у разі відмови під час налаштування з'єднання. Збій у процесі з'єднання виникає не тільки через зайнятість абонента, але й у випадку зайнятості однієї з проміжних ділянок з'єднувального тракту іншим з'єднувальним трактом. Повторні виклики, у свою чергу, створюють додаткове, небажане навантаження на мережу.

ЛЕКЦІЯ 11. МЕРЕЖЕВІ КОНЦЕПЦІЇ. ДИНАМІКА РОЗВИТКУ МЕРЕЖ

План

Вступ

1. Концепція Єдиної автоматизованої мережі зв'язку.
2. Концепція цифрової мережі інтегрального обслуговування ISDN.

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М.

Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.

2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.

3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

4. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. –К. : Техніка, 2001. – 392 с.

Вступ

Концепція побудови мережі відтворює систему поглядів на те, як повинна функціонувати мережа зв'язку, яка задовольняє певні потреби користувачів, і уявлення про те, як це можна практично реалізувати.

Формування певної мережевої концепції ґрунтується, насамперед, на конкретизації переліку функцій, виконання яких передбачено в мережі, способі їх поєднання й групування в функціональні модулі та способі реалізації цих функціональних модулів (програмний, апаратний, програмно-апаратний).

З'ясовуючи перспективи впровадження тієї чи іншої мережевої концепції, враховують рівень науково-технічного прогресу в суспільстві, якість розробок телекомунікаційних технологій та потреби суспільства в певному наборі послуг зв'язку.

11.1. Концепція Єдиної автоматизованої мережі зв'язку (ЄАМЗ)

Особливістю початкового етапу розвитку мереж зв'язку, як глобальних об'єктів, є побудова окремих мереж для кожного виду інформації, яку необхідно було передати.

Помітний прогрес у розвитку технічних засобів доставки різних видів інформації надала концепція *Єдиної Автоматизованої мережі зв'язку (ЄАМЗ)*, яка виникла на початку 90-х років минулого століття, основною ідеєю якої стало об'єднання мереж, структурно й функціонально відмінних і призначених для передавання різної інформації, у єдину мережу зв'язку, побудовану з максимальним використанням спільних систем передавання й розподілення інформації. Доцільність злиття мереж електрозв'язку було зумовлено також стрімким прогресом у сфері систем комутації, спрямованому на об'єднання комутаційних станцій різного призначення в єдині системи комутації зі спільним керуванням.

Концепція ЄАМЗ ґрунтувалася на виокремленні сукупності мережевих вузлів, мережевих станцій та ліній передавання, які утворюють мережу типових каналів передавання та типових лінійних трактів – *первинну мережу ЄАМЗ*. Ця мережа з відповідними пристроями керування й експлуатацією стала своєрідним «кістяком» загальної мережі, типові канали якої виділялися для створення різних, так званих, *вторинних мереж*. Вторинні мережі розділялись за типом інформації, що передавалася, та відомчої приналежності. У межах сформульованої концепції до складу ЄАМЗ входять наступні вторинні мережі:

- телефонного зв'язку загального користування (ТфЗК), яку одночасно можна використовувати для передавання даних, факсимільної передачі, повільного відеотелефона;
- телеграфного зв'язку загального користування (ТлгЗК) між підприємствами зв'язку;
- абонентського телеграфу між підприємствами та установами;
- загальнодержавної мережі передавання даних;
- передавання програм телемовлення;
- фототелеграфного передавання газет;
- факсимільного зв'язку;
- різних відомств.

На базі первинної мережі ЄАМЗ, заснованої на аналогових системах передавання з частотним розподілом каналів, можна було утворювати також широкопasmові канали для звукового мовлення та звукового супроводу програм телебачення та ін.

Створення єдиної універсальної інтегрованої та уніфікованої мережі зв'язку залишається одним з пріоритетних завдань і саме концепцію ЄАМЗ вважають першим кроком у цьому важливому напрямку.

11.2. Концепція цифрової мережі інтегрального обслуговування ISDN

Поява програмно-керованих електронних АТС, систем ІКМ з часовим розподілом каналів (ЧПК), а також перехід до наскрізних цифрових трактів передавання в мережі з кінця в кінець дало змогу створити *інтегровані цифрові мережі зв'язку*, якими розпочато другий – цифровий етап розвитку телекомунікаційних мереж. *Інтеграція комутаційного й каналоутворювального обладнання* визначили концептуальну сутність цифрової інтегрованої мережі.

Розробка методу комутації пакетів і створення перших мереж ЕОМ з пакетною комутацією уможливили появу гібридних мереж, у яких інтегровано метод комутації каналів (КК) і метод комутації пакетів (КП).

Гібридні та інтегровані цифрові мережі забезпечили на початку 80-х років минулого століття перехід до *цифрової мережі інтегрального обслуговування*. ІТУ-Т в Рекомендації I.112 подано таке визначення цієї мережі: «*ISDN – це мережа, яка забезпечує надання декількох різних видів обслуговування зв'язком і передбачає цифрові з'єднання між інтерфейсами користувач-мережа*».

У ISDN на основі єдиних принципів побудови й функціонування інтегровано не тільки комутаційне й передавальне обладнання, а й різні типи переданої інформації (мова, дані і т.д.), методи комутації (КК, КП), різні види обслуговування (скорочений номер, зворотний виклик, переадресація виклику та ін.)

Користувачі ISDN отримали можливість позбутися незручностей, пов'язаних з необхідністю мати кілька абонентських ліній спеціалізованих вторинних мереж і декілька абонентських номерів одного й того ж абонентського пункту для передавання різних видів інформації.

Окрім однієї абонентської лінії й одного абонентського номера, очевидними перевагами ISDN є також:

- наявність багатофункціональних терміналів;
- потужна пакетна система сигналізації № 7 (СС-7), яка забезпечує ефективне використання засобів зв'язку.

Відповідно до рекомендацій ІТУ-Т ISDN поділяють на два види:

- *вузькосмугові* (Рекомендація І.120);
- *широкосмугові* (Рекомендація І.121).

N-ISDN – це такі мережі, в яких швидкість передавання від 64 Кбіт/с до 2,048 Мбіт/с, а

B- ISDN – такі, в яких використовують широкосмугові канали із швидкістю передавання понад 2 Мбіт/с.

11.2.1. Термінали ISDN. Еталонна конфігурація інтерфейсу «користувач-мережа»

Розрізняють два типи терміналів в ISDN

– *термінальне обладнання типу 1 (TE1)* – це спеціалізовані цифрові телефонні апарати, термінали ISDN (цифрування аналогового мовного сигналу відбувається безпосередньо в апараті). Термінали TE1 під'єднують до мережі ISDN через цифрову лінію зв'язку з чотирьох скручених пар проводів;

– *термінальне обладнання типу 2 (TE2)* під'єднують до мережі ISDN через спеціальні термінальні адаптери.

На рис. 55 зображено еталонну конфігурацію інтерфейсу «користувач-мережа» (Рекомендація І.411), яка забезпечує під'єднання користувачів до мережі ISDN.

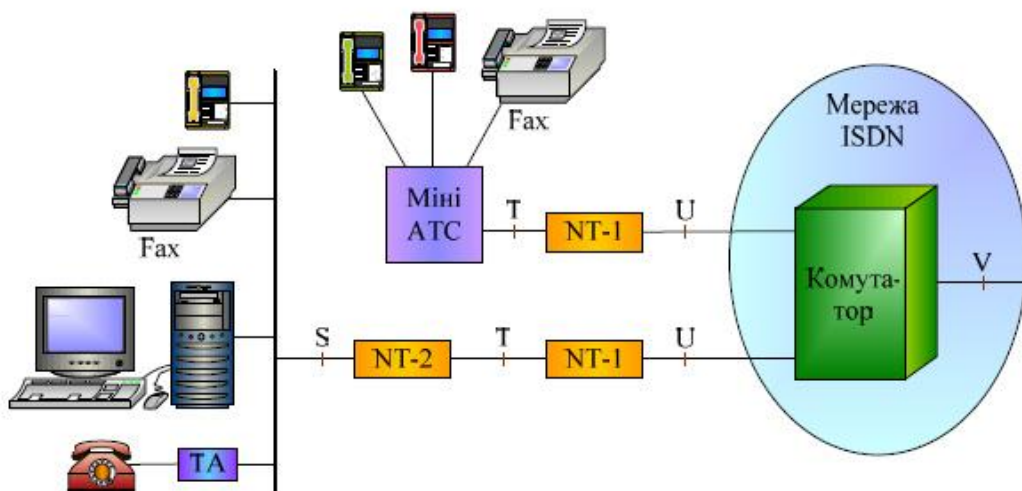


Рис. 55 – Еталонна конфігурація інтерфейсу «користувач-мережа»

Вона складається з таких елементів, як термінальне обладнання (TE1 і TE2), термінальний адаптер (ТА), кінцеве обладнання мережі (мережеві закінчення KT1 і KT2) та інтерфейсні еталонні точки (R, S, T, U, V).

Еталонна *точка R* забезпечує узгодження терміналу TE2 з термінальним адаптером (ТА ISDN). Терміналами можуть бути аналоговий телефонний апарат, факсимільний, телетексний, відеотексний та інші апарати, а також персональні ЕОМ. ТА ISDN може бути або автономним пристроєм, або платою всередині TE2. Якщо TE2 реалізовано як автономний пристрій, то він під'єднується до ТА через стандартний інтерфейс фізичного рівня.

Еталонна *точка S* реалізує взаємодію терміналу TE1 або ТА ISDN, якщо даний термінал не є терміналом ISDN, і мережевого закінчення NT2. До однієї абонентської лінії ISDN можна під'єднувати (до чотирипроводової шини S на основі інтерфейсу S) до восьми терміналів. Уважають, що мережа починається з NT2. У NT2 виконуються функції другого та третього рівнів моделі OSI. Опції NT2 може здійснювати міні-АТС з функціями ISDN, яка обслуговує свої термінали. У цьому випадку вона відразу під'єднується до мережевого закінчення KT1 через еталонну точку T.

Еталонна *точка T* забезпечує взаємозв'язок NT2 з NT1, у якій реалізуються функції першого (фізичного) рівня моделі OSI. Фактично NT1 є пристроєм (лінійним терміналом), який утворює дуплексний канал з відповідним пристроєм, налаштованим на території оператора мережі ІБК.

Еталонна *точка U* забезпечує взаємозв'язок з абонентською лінією NT1, яка знаходиться на стороні абонента з аналогічним пристроєм на вході комутатора. *U*-інтерфейс (вита пара) призначено для роботи з віддаленими користувачами (до 4 - 7 кілометрів).

Еталонна *точка V* – це інтерфейс для з'єднання з іншими комутаторами. Цей інтерфейс цікавить тільки оператора мережі ISDN.

Основним призначенням N- ISDN є передавання телефонного трафіку. Тому за основу адреси ISDN було взято формат міжнародного телефонного плану номерів, описаного у Рекомендації E.163 (ITU-T). Для підтримки більшої кількості абонентів і для використання адрес інших мереж, наприклад X.25, формат було розширено. Стандарт адресації в мережах ISDN отримав номер E.164.

У мережах ISDN розрізняють номер абонента та адресу абонента. Номер абонента відповідає точці T під'єднання всього призначеного для користувача устаткування до мережі. Наприклад, уся офісна МІНІ-АТС може ідентифікуватися одним номером ISDN.

Номер ISDN складається з 15 десяткових цифр та містить, як і телефонний номер, за стандартом E.163 поле «Код країни» (від 1 до 3 цифр), поле «Код міста» і поле «Номер абонента». Адреса ISDN містить номер плюс до 40 цифр підадреси. Підадресу використовують для нумерації термінальних пристроїв за інтерфейсом користувачів, тобто під'єднаних до шинного інтерфейсу – точки S.

11.2.2. Еталонна конфігурація інтерфейсу «користувач-мережа»

Еталонну конфігурацію N-ISDN з невеликими змінами та доповненнями визнано також придатною для В-І8БК що закріплено Рекомендацією І. 413 (ITU-T).

Еталонну конфігурацію інтерфейсу «користувач-мережа» для В-ISDN наведено на рис. 56.

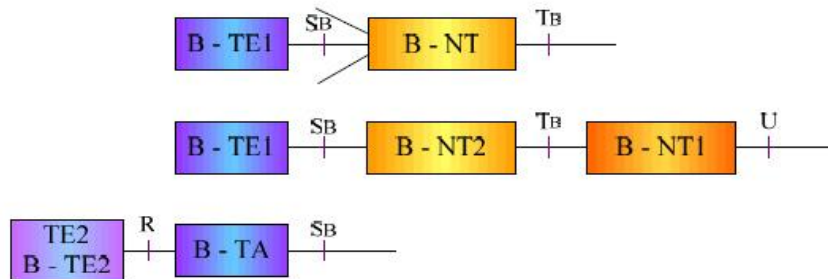


Рис. 56 – Еталонна конфігурація інтерфейсу «користувач-мережа» для В- ISDN

Широкосмугові термінали В-ТЕ1 під'єднують до широкосмугового мережевого закінчення В-NT, яке забезпечує під'єднання терміналів до мережі АТМ, а також можливість спільного використання абонентської лінії декількома В-ТЕ1. Можливим є також поділ В-NT на два типи мережевих закінчень:

- В-ТЕ1 – широкосмугове мережеве закінчення для під'єднання терміналів зі стандартним для В- ISDN інтерфейсом;
- В-ТЕ2 – широкосмугове мережеве закінчення для під'єднання терміналів з нестандартним для В- ISDN інтерфейсом.

У В-ISDN виділяють, за аналогією до К-ISDN інтерфейсні еталонні точки доступу: К, SB, ТВ та еталонну точку доступу до широкосмугової абонентської лінії – UB.

У В- ISDN застосовують структуру під'єднання «зірка» за SB-інтерфейсом до мережевого закінчення В-NT.

Мережеве закінчення В-КТ2 виконує функції як фізичного рівня, так і більш високих рівнів моделі OSI, основними серед яких є:

- адаптація до різних інтерфейсів фізичних середовищ (мідь, оптичне волокно) й топологій;
- мультиплексування або концентрація трафіку джерел;
- контроль параметрів користувача;
- керування протоколами сигналізації та ін.

Мережеве закінчення В-КТ2 може бути відсутнім за умов, коли можливим є пряме з'єднання терміналу В-ТЕ1 з широкосмуговим мережевим закінченням

В-КТ1. Еталонна точка ТВ є інтерфейсом між В-NT2 і В-NT1.

У комутаційній системі забезпечується комутація як широкосмугових, так і вузькосмугових каналів (для K-ISDN). Широкосмуговий доступ орієнтовано на стандартні швидкості передавання 155 Мбіт/с і 622 Мбіт/с. У еталонних точках SB і ТВ підтримуються всі види широкосмугового сервісу.

Сигнальна інформація та інформація користувачів передаються по окремих віртуальних каналах. Сигнальне повідомлення із запитом на налаштування віртуального каналу може додатково містити статистичні параметри потоку інформації, що передається та необхідну якість обслуговування.

11.2.3. Еталонна модель протоколів B-ISDN

Розбиття на рівні (рівнева архітектура) є центральною ідеєю створення будь-якої протокольної моделі і еталонної моделі протоколів B-ISDN зокрема. Загальний вигляд еталонної моделі протоколів на технології ATM подано на рис. 57.

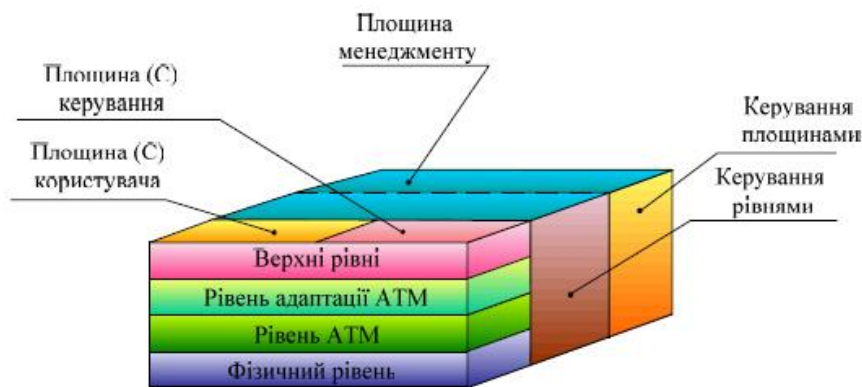


Рис. 57 – Еталонна модель протоколів B-ISDN

Відповідно до Рекомендації I.321 (ITU-T), модель містить у собі три площини:

- площину користувача;
- площину керування;
- площину менеджменту.

Площина користувача (U-plane) забезпечує транспортування всіх видів інформації з відповідними механізмами захисту від помилок, контролю й керування потоком, обмеження навантаження та ін. Площина користувача має рівневу структуру.

Площина керування (C-plane) визначає протоколи налаштування, контролю й роз'єднання з'єднань; виконує функції сигналізації. Площина керування також має рівневу структуру.

Площина менеджменту (M-plane) забезпечує виконання функцій двох типів: адміністративне керування площинами й рівнями. Адміністративне керування площинами здійснює координацію між усіма «гранями» моделі

протоколів і всієї В- ISDN пов'язуючи її в єдине ціле. Сфера керування площинами не має рівневої структури.

Функціями керування рівнями є:

- розподілення мережевих ресурсів;
- узгодження їх з параметрами трафіку;
- оброблення інформації, експлуатації та технічного обслуговування;
- керування мережею.

Керування рівнями має рівневу структуру.

Опції рівневої еталонної моделі протоколів В-ISDN визначено в Рекомендаціях I.321 і I.413 (ITU-T). Фізичний рівень відповідає першому рівню еталонної моделі OSI/ISO, рівень АТМ і частина рівня адаптації АТМ відповідають другому рівню OSI/ISO та вищим.

Мережі В-ISDN на основі технології АТМ розраховано на використання в локальному секторі, міських і глобальних мережах для передавання різних видів трафіку: аудіо, відео на вимогу, телебачення високої чіткості. В-ІВК фактично є першою мультисервісною мережею.

ЛЕКЦІЯ 12. МЕРЕЖЕВІ КОНЦЕПЦІЇ. ДИНАМІКА РОЗВИТКУ МЕРЕЖ (2)

План

1. Концепція інтелектуальної мережі (ІН);
2. Концепція мереж наступного покоління (NGN).

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.
4. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. –К. : Техніка, 2001. – 392 с.

12.1. Концепція інтелектуальної мережі (ІН)

Наявність програмного керування в комутаційних системах дала змогу реалізувати нову, в порівнянні з попередніми мережевими концепціям, *функціональну модель мережі*. З'явилася можливість відокремити *функції керування з'єднаннями* від *функцій пов'язаних з логікою формування послуг* і, таким чином, відобразити функціональну модель мережі *дворівневою*

архітектурою (рис. 58). Це дозволило реалізувати зазначені функції в окремому обладнанні та забезпечити до нього віддалений доступ з метою спільного використання всіма комутаційними вузлами мережі зв'язку. Програмну реалізацію принципу формування послуг, наприклад, переадресація виклику, обмеження потоку викликів, телефонні картки та ін., можна розглядати як наділення мережі «інтелектуальністю».



Рис. 58 – Архітектура інтелектуальної мережі

Керування з'єднаннями (комутація) ІТУ-Т у Рекомендаціях Q.1201 і Q.1290 дає таке визначення терміна «інтелектуальна мережа».

Інтелектуальна мережа є архітектурною концепцією, яку застосовують для мереж електрозв'язку, передбачає чітко визначений набір гнучко використовуваних засобів, які сприяють створенню та долученню в мережі зв'язку нових послуг, зокрема послуг, керованих користувачем.

Концепція ІК таким чином, встановлює набір правил, відмінною рисою яких є те, що вони не залежать від створюваної послуги й від структури мережі, яка надає цю послугу. Більшу частину логіки, що є частиною програмного забезпечення АТС, для реалізації інтелектуальної мережі перенесено на невелику кількість спеціалізованих комп'ютерів. Послуги ІН підтримуються шляхом інформаційного обміну між комутаційними станціями, зазначеними комп'ютерами та деякими іншими спеціалізованими пристроями (призначення яких розглядатимемо далі). Концепцію ІІ у принципі можна реалізувати також у аналоговій мережі, але її реалізація на базі цифрової інтегрованої мережі є значно ефективнішою.

12.1.1. Елементи мережі

На рис. 59 зображено структурну модель інтелектуальної мережі, яку складають компоненти ІІ і зв'язки між ними.

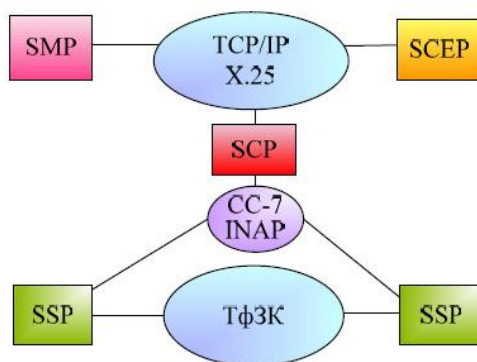


Рис. 59 – Структурна модель інтелектуальної мережі

SSP (Service Switching Point) – вузол комутації послуг, котрий є звичайною комутаційною станцією, в якій збережено всі функції керування процесом надання основних послуг зв'язку та додаткові програмні засобами, що надають змогу підтримувати діалог з абонентом (запрошення абонента до набору додаткових цифр, розпізнавання мови і т.д.). *SSP* з'ясовує, чи вимагає прийнятий ним від абонента виклик звернення до послуг *IN*, а у разі потреби спрямовує відповідний запит у вузол керування послугами *SCP*. Таким чином, *SSP* забезпечує доступ абонентів мережі зв'язку до послуг *IN* та підтримує протоколи взаємодії з іншим елементами *IN*. Запити на послуги передають мережею *CC-7*, використовуючи спеціальний протокол прикладного рівня *INAP* (Intellegent Network Application Protocol), який визначає синтаксис та семантику операцій, призначення та порядок їх обробки. Цей протокол прикладного рівня, який підтримує система *CC-7*, забезпечує взаємодію між прикладними процесами у вузлах *IN*.

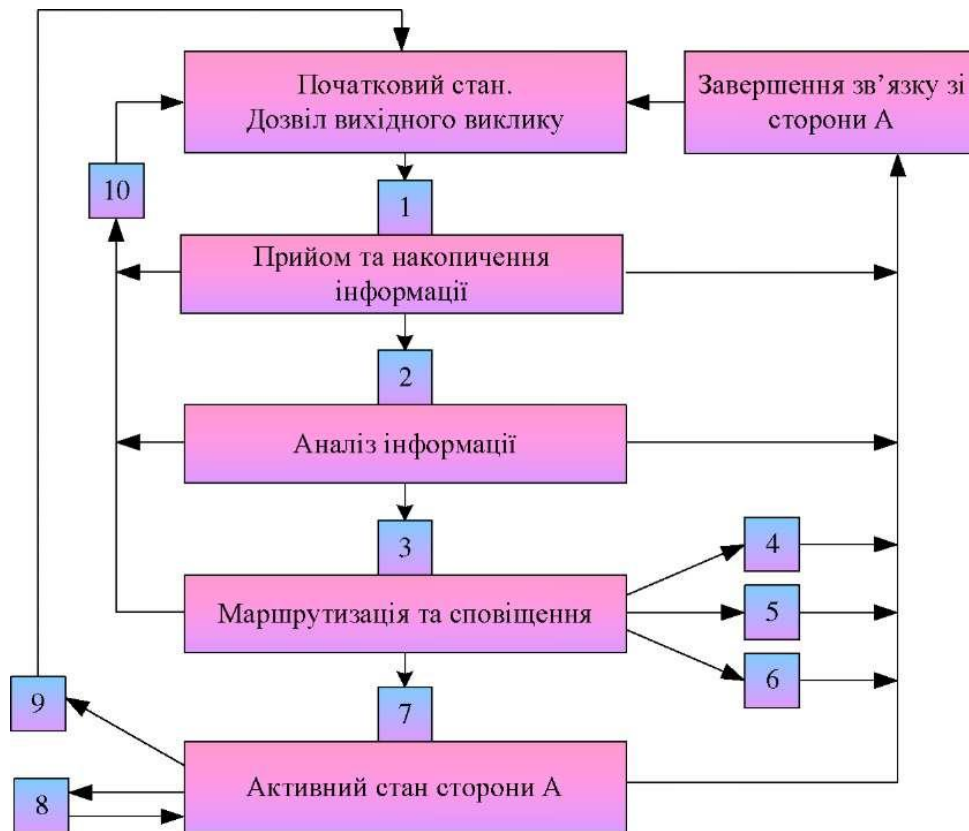
SCP (Service Control Point) – вузол керування послугами, який містить програми, що централізовано реалізують логіку послуг, системне програмне забезпечення, а також базу даних реального часу. *SCP* приймає запит від *SSP* та направляє йому інструкції для подальшої обробки дзвінка відповідно до необхідної послуги.

SMP (Service Manedgment Point) – система експлуатаційного керування та *SCEP* (Service Creation Enviroment Point) – середовище створення послуг надають змогу оператору мережі контролювати та керувати параметрами й конфігурацією послуг *IN*. Середовище створення послуг містить засоби конструювання, модифікації та тестування послуг до початку комерційної експлуатації та засоби завантаження відповідних програм у *SMP*. *SMP* забезпечує експлуатаційне керування наявними послугами, підготовкою нових послуг та їх долученням. У якості протоколів взаємодії між *SMP*, *SCEP* і *SCP* використовують *X.25* і стек *TCP/IP*.

12.1.2. Модель обслуговування *IN*-виклику

Модель *IN*-виклику детально описано в Рекомендації МСЕ Q.1214. Вона складається з двох частин: моделі вихідної сторони (А); моделі вхідної сторони

(В). На рис.60 показано модель IN-виклику для вихідної сторони (А). Модель вхідної сторони (В) є подібною.



Тригерні точки: 1– Вихідний виклик дозволено; 2 – Інформація накопичена
3 – Інформація проаналізована; 4 – Маршрут не знайдено; 5 – Зайнята сторона,
що викликається; 6 – Сторона, що викликається, не знайдена; 7 – Відповідь
сторони, що викликається; 8 – Втручання у фазу розмови сторони А; 9 –
Роз'єднання сторони А; 10 – Відмова від зв'язку сторони А

Рис. 60 – Модель IN-виклику для вихідної сторони

Модель містить послідовність точок, які відображають фази станів базового процесу, виконуваного комутаційною станцією під час налаштування з'єднання, через які проходить процес обслуговування виклику з моменту, коли абонент зняв слухавку, до закінчення сеансу зв'язку.

Між точками базового процесу можуть бути точки звернень до послуг IN або подій, які становлять інтерес з точки зору логіки послуги IN. Ці точки називають *тригерними точками*. Якщо в процесі обслуговування виклику виявлено активну тригерну точку, то процес призупиняється до того часу, поки SSP і SCP не завершать обмін інформацією, в результаті якого визначаються параметри наступного стану базового процесу.

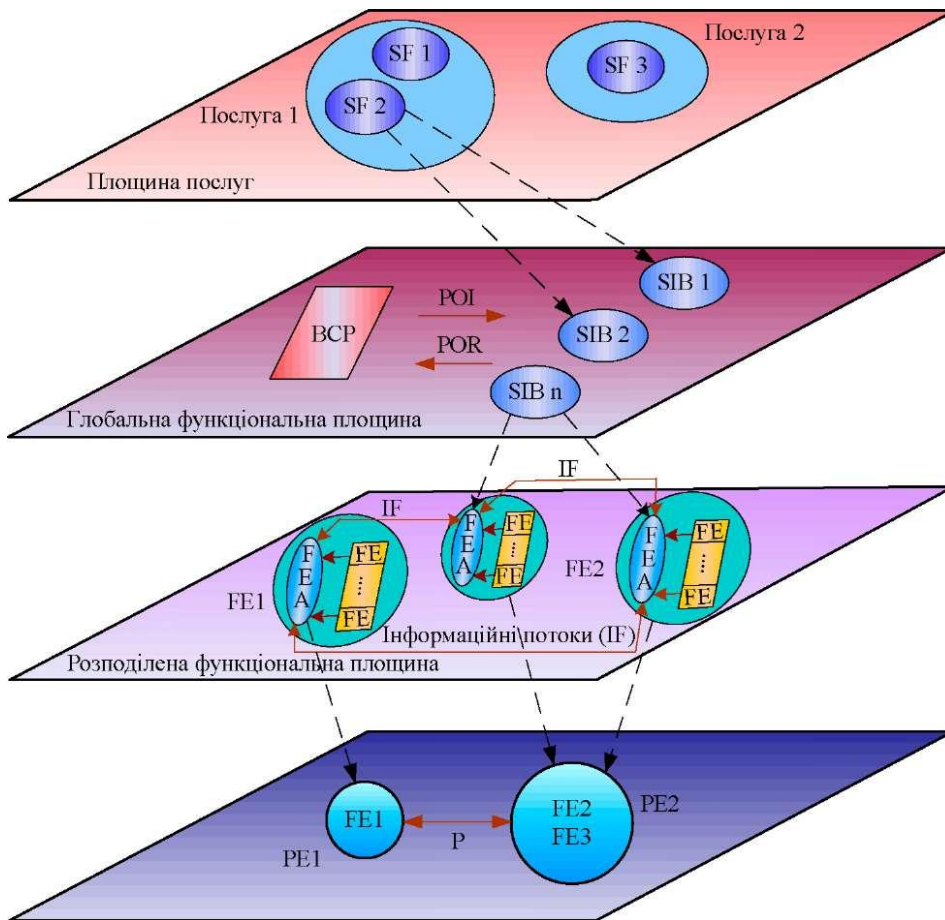


Рис. 61–Концептуальна модель ІН

Модель містить чотири розташованих одна над іншою площини, кожна з яких є абстрактним поданням (зі своїм ступенем деталізації) тих можливостей, якими володіє інтелектуальна мережа. Зміни, пов'язані з тією або іншою послугою функції, відображено на кожній площині відповідними об'єктами, причому функціональні об'єкти сусідніх площин заданим способом співвідносяться один з одним.

За допомогою поданої концептуальної моделі можна проектувати послуги та моделювати їх подання для мереж ІМ, які мають різну структуру та різні принципи організації. Розглянемо більш детально, чим відрізняються площини моделі та яким є їх призначення.

Площина послуг. Верхня площина моделі репрезентує послуги так, як їх сприймає кінцевий користувач. Таке подання не містить інформації про способи та деталі реалізації послуги в мережі. На цій площині послуга компонується з однієї або декількох різних стандартизованих складових. Кожну з цих складових користувач сприймає як один із атрибутів послуги. Стандартом визначено як сукупність таких складових, так і правила їх використання.

Глобальна функціональна площина відображає мережу ІН у вигляді єдиного функціонального об'єкта. На цій площині подано незалежні від послуг функціональні блоки, узагальнено названі «конструктивними блоками» (SIB)

Одним із таких блоків (SIB) є блок, який реалізує базовий процес обслуговування виклику (BCP). Він виконує традиційні для звичайної комутаційної станції функції:

- налаштування з'єднання;
- роз'єднання;
- зберігання оперативних даних;
- виявляти запити послуги IN;
- звертатися до інших блоків.

Звернення BCP до інших SIB відбувається за допомогою логічного інтерфейсу, так званої *точки ініціалізування* (POI). Після завершення процесу надання послуги IN (у іншому блоці), відбувається повернення в BCP, який продовжує роботу, використовуючи дані, отримані після повернення. Повернення здійснюється через інший логічний інтерфейс, який називають *точкою повернення* (POR).

Необхідність специфікації точок POI та POR зумовлена тим, що одна й та ж сукупність SIB може надавати абсолютно різні послуги залежно від того, з яких точок BCP здійснено запит.

Розподільча функціональна площина відображає те, як реалізацію послуги IM шляхом розподілення здійснюють програмні засоби. Кожен об'єкт (FE) на цій площині може виконувати декілька призначених ньому дій.

Блоки SIB подано на розподільчій функціональній площині у вигляді послідовності дій, які виконують об'єкти FE. Деякі з таких дії пов'язані з обміном інформацією між FE, що відображено на цій площині у вигляді інформаційних потоків.

Фізичну площину відображають фізичні елементи мережі (PE), в якій реалізується концепція IM. Такими PE можуть бути комутаційні станції, спеціалізовані комп'ютери або бази даних. На фізичній площині показано у яких PE розміщено ті чи інші PE.

Концептуальна модель IN є засобом для розмежування етапів проектування послуг та послідовності дій на кожному з них. Моделюючи процедури керування зв'язками користувачів на розподільчій функціональній та фізичній площинах цієї моделі, можна проаналізувати та порівняти можливі варіанти архітектури IN з урахуванням їх економічної доцільності та ефективності функціонування.

Декларований у стандартах для IN принцип незалежності її архітектури від типу мережі зв'язку є чинним, оскільки міжнародними стандартами однозначно визначено функціональні модулі платформи IN та взаємозв'язку між компонентами IN. Принцип організації доступу до платформи IN залежить в якій абонентів мережі загального користування є доступними послуги IN, а також від кількості на мережі цифрових комутаційних станцій, способів маршрутизації, систем сигналізації та ін.

12.2. Концепції мереж наступного покоління (NGN)

Швидкий розвиток у XXI столітті цифрових мультисервісних мереж зумовив виникнення нової мережевої концепції – концепції *мереж наступного покоління* (Next Generation Network, NGN).

У Рекомендації Y.2001 (ITU-T) NGN визначено як концепцію побудови мереж зв'язку, які надають необмежений набір послуг (зокрема й широкосмугових) з гнучкими можливостями щодо їх керування, персоналізації та створюють нові послуги за рахунок уніфікації мережевих рішень з використанням мультисервісної транспортної мережі, винесенням функцій надання послуг в кінцеві вузли мережі та можливістю інтеграції з традиційними мережами зв'язку.

Визначення NGN можна доповнити такими характеристиками:

– *універсальна мобільність* передбачає, що для користувачів і будь-яких рухомих об'єктів надання послуг є безперервним та повсюдним, тобто взаємодія та доступ до послуг не залежатимуть від змін місцезнаходження або технічних умов. Рівень доступу до послуг обумовлюється лише технологічними можливостями мережі доступу, узгодженням рівнів обслуговування між мережею реєстрації користувача та візитною мережею;

– *можливість широкосмугового передавання з наскрізним QoS* передбачає досягнення угод з різними кінцевими системами щодо забезпечення *необхідної якості обслуговування з кінця в кінець*, щодо використання наборів параметрів протоколу верхнього рівня для керування нижнім рівнем, а також досягнення угод про механізми QoS рівня доступу та транспорту;

– забезпечення безлічі технологій для мереж доступу;

– повна захищеність інформації в мережі;

– незалежність функцій, пов'язаних з послугами, від внутрішніх транспортних технологій;

– забезпечення відкритих інтерфейсів для взаємодії з традиційними мережами;

– різноманітні схеми ідентифікації користувачів та уніфіковані (за оцінкою користувача) характеристики одних і тих самих послуг у різних мережах.

Отже, основним принципом концепції NGN є відокремлення:

– функцій транспортування;

– функцій керування викликами;

– функцій керування послугами.

Багаторівневу архітектуру концепції NGN подано на рис.62.



Рис. 62 – Багаторівнева архітектура концепції NGN

Основними завданнями *транспортного рівня* є прозоре передавання інформаційних потоків, а також підтримка взаємодії з наявними мережами зв'язку.

На *рівні керування викликами* обробляють інформацію сигналізації та керування комутацією й передаванням.

Рівень керування послугами забезпечує керування логікою послуг та застосувань.

Такий функціональний розподіл дає змогу уніфікувати завдання, пов'язані з керуванням викликами, відокремивши їх від особливостей застосовуваних транспортних технологій, та використовувати однакову логіку формування послуги незалежно від типу транспортної мережі та мережі доступу.

Мовлення (в даному випадку медіа-трафік) і сигнальна інформація для керування обслуговуванням виклику в NGN передають різними маршрутами та обробляють різні мережеві пристрої, а не єдиний вузол комутації каналів (АТС), як у традиційній ТфЗК. Медіа-трафік проходить безпосередньо між шлюзами доступу або транспортними шлюзами. Сигналізація управління викликом проходить через інший пристрій – спеціальний *програмний комутатор*, але завжди не там, де проходить медіа-трафік. Маршрути медіа-трафіку і сигналізації сходяться в *прикордонному контролері сеансів* – ще одному спеціальному пристрої, який застосовують у NGN.

З функціями комунікаційного обладнання (мультиплексорів, комутаторів і маршрутизаторів) до складу NGN входять:

- контролери сигналізації;
- шлюзове обладнання різного призначення.

Особливе місце тут займає програмний комутатор, який дає змогу надавати мовленнєві послуги у процесі взаємодії мереж з синхронним режимом перенесення (класична телефонія) та з асинхронним (середовища з пакетною комутацією).

Приклад побудови мережі NGN подано на рис. 63.

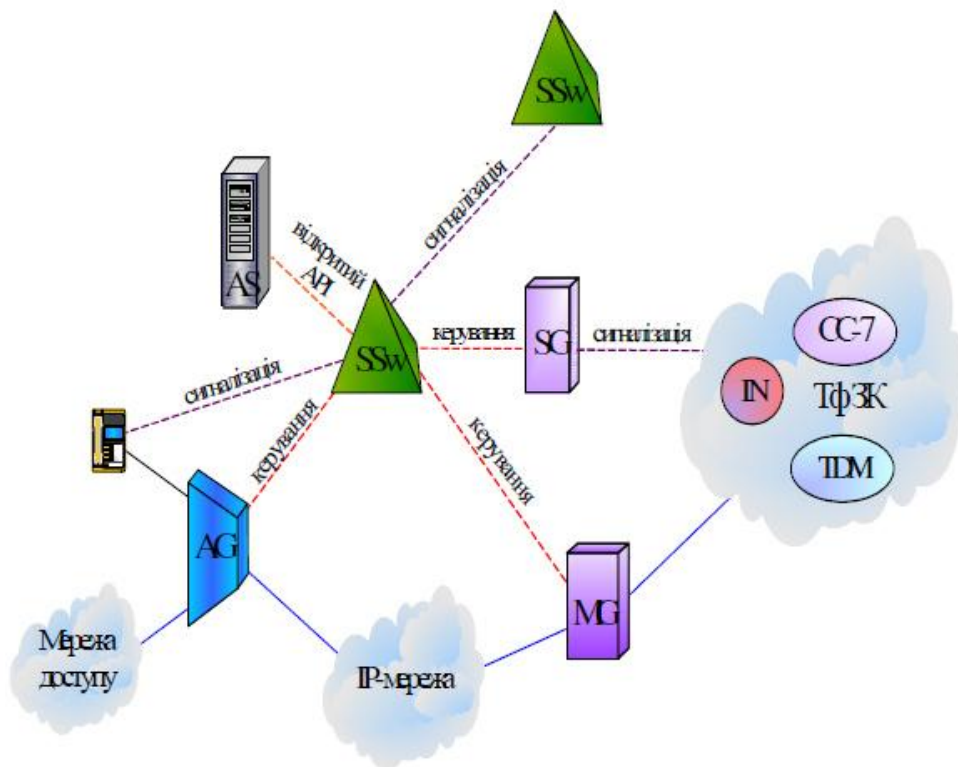


Рис. 63– Приклад мережі NGN

- AG (Access Gateway) – шлюз доступу;
- MG (Media Gateway) – транспортний шлюз;
- SG (Signaling Gateway) – шлюз сигналізації;
- AS (Application Gateway) – сервер застосувань;
- SSw (Softswitch) – програмний комутатор.

Softswitch виконує функції керування обслуговуванням викликів і обробляє всю сигналізацію, керує всіма шлюзами (AG, MG, SG), надає інформацію про маршрутизацію виклику, визначає стан оброблення кожного виклику в шлюзі й стан інформаційних каналів, передає інформаційні повідомлення користувачів між транспортними шлюзами, а також між ІР-телефонами та іншими терміналами, виконує функції обліку вартості послуг.

Сервер застосувань AS реалізує логіку послуг. Виклик, який вимагає додаткової послуги, або може бути переданий від Softswitch до шлюзу доступу для подальшого керування цією послугою, або сам Softswitch може отримувати від шлюзу доступу інформацію, необхідну для виконання логіки послуги.

На транспортний шлюз MG надходять потоки мовленнєвої інформації з боку ТфЗК, він перетворює цю інформацію в пакети й передає її за протоколом ІР у мережу з маршрутизацією пакетів, і все це виконує під керуванням Softswitch.

Шлюз доступу AG є інтерфейсом між ІР-мережею та мережею доступу (проводовою або безпроводовою), передає сигнальну інформацію до Softswitch, перетворює призначену для користувача інформацію й передає її або до іншого порту цієї ж ІР-мережі, або в іншу мережу (з комутацією пакетів або каналів).

Сигнальний шлюз SG забезпечує доставку до Softswitch сигнальної інформації, яка надходить від ТфЗК, а також перенесення сигнальної інформації в зворотному напрямку.

Провідне місце в мережах NGN займає спеціальний *протокол ініціалізування сеансів зв'язку* (Session Initiation Protocol, SIP). SIP є текстово орієнтованим протоколом прикладного рівня, який призначено для організації, модифікації та завершення різних сеансів з зв'язку, зокрема мультимедійних конференцій, телефонних з'єднань, широкомовної розсилки мультимедійної інформації та з'єднань користувачів з різними інфокомунікаційними застосуваннями. SIP використовують для взаємодії Softswitch між собою. Крім того, за допомогою SIP користувачі можуть брати участь у вже активних сеансах зв'язку, а також бути запрошеними іншими користувачами до участі у новостворюваному сеансі.

Отже, NGN – це повноцінна платформа для швидкого створення нових комунікаційних послуг. Значну роль у цьому процесі відіграє Softswitch, який забезпечує нові можливості завдяки *інтерфейсам прикладного програмування*, що ґрунтуються на відкритих стандартах.

ITU-T ініціював процес стандартизації мереж нового покоління в рамках Проекту Глобальної інформаційної інфраструктури (GII), що обумовило створення ряду рекомендацій з GII серії Y.

12.3. Основні тенденції розвитку телекомунікацій

У перспективі розвитку телекомунікацій помітними є тенденції до:

- *мультисервісності*, тобто незалежності технологій надання послуг від транспортних технологій;
- *широкомовності*, яка забезпечить гнучкі та динамічні зміни швидкості передавання інформації в широкому діапазоні відповідно до поточних потреб користувача;
- *мультимедійності*, тобто здатності мережі передавати багатокомпонентну інформацію (мовлення, дані, відео, аудіо та ін.) з необхідною синхронізацією цих компонентів у реальному часі й використанням складних конфігурацій сполучень;
- *інтелектуальності* – можливості керувати послугою, викликом і з'єднанням користувачами або постачальниками послуг;
- *інваріантності доступу*, тобто можливості організувати доступ до послуг незалежно від технології, яку використовують;
- *багатооператорності*, тобто участі декількох операторів у процесі надання послуги та розмежування їх відповідальності відповідно до сфер їх діяльності.

Реалізація перерахованих тенденцій дасть змогу вийти на телекомунікаційний ринок мереж з пакетною комутацією для надання як традиційних послуг зв'язку, так і мультимедійних. Традиційними послугами,

реалізованими зараз засобами IP, є: передавання мовлення через Інтернет VoIP потокове відео, інтерактивні ігри, Інтернет-радіо та ін.

У процесі передавання мультимедійного трафіку через Інтернет, разом з мережевим і нижніми рівнями, починають діяти також верхні рівні обладнання користувача, у яких виконуються протоколи контролю перенесення мультимедійного трафіку «з кінця в кінець», алгоритми стискання та кодування інформації.

У цілому, перехід на IP-основу зводиться до розподілу функцій перенесення інформації та функцій керування перенесеннями інформації через мережу, а також відокремленні функцій послуг та застосувань від телекомунікаційних функцій.

Еволюція телекомунікаційних мереж у напрямку NGN відбуватиметься шляхом об'єднання транспортних мереж та мереж доступу як на апаратному рівні, так і на програмному.

Складність переходу до NGN пов'язана з тим, що в наявних мережах використовують різне програмне забезпечення. Для того, щоб усунути таке протиріччя, розроблено концепцію відкритого доступу до послуг OSA (Open Service Access), що передбачає використання інтерфейсних пристроїв, які забезпечують взаємодію різних мереж.

Висновки

Процес конвергенції мереж прискорює розвиток фундаментальних тенденцій у телекомунікаціях, а саме:

- кардинальна зміна мережевих архітектур, відмова від жорсткої ієрархії мереж, прикметної для концепції ЄАМЗ;
- фундаментальний поділ рівнів транспортування інформації та рівня формування послуг;
- перехід від телекомунікацій до інфокомунікацій;
- рівноправна участь у інформаційному процесі всіх учасників: користувачів, мережевих операторів і контент-провайдерів.

ЛЕКЦІЯ 13. ТРАНСПОРТНІ МЕРЕЖІ

План

Вступ

1. Різновиди транспортних сегментів.
2. Організація транспорту в сегментах LAN.

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами /

Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К.: ДУІКТ, 2009. – 352 с.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Транспортна мережа виконує функцію перерозподілу трафіку між усіма поєднаними елементами мережі і є сегментом формування суто транзитного трафіку (СФТТ). Такий сегмент може бути наявним у мережах, які охоплюють різні території (LAN, MAN, WAN).

13.1. Різновиди транспортних сегментів

Транспортна мережа виконує функцію перерозподілу трафіку між усіма поєднаними елементами мережі і є *сегментом формування транзитного трафіку (СФТТ)*.

Наведено найбільш часто вживані терміни, за допомогою яких прийнято розрізняти СФТТ:

– *опорна магістраль* – сегмент, побудований з використанням обладнання та телекомунікаційних технологій фізичного рівня. Різницю топологій фізичних зв'язків у процесі реалізації опорної магістралі (ланцюг, кільце) відображено в таких поняттях, як: «*спільна шина*», «*хребтова мережа*», «*транспортне кільце*»;

– *опорна магістральна мережа* є сегментом, утвореним сукупністю опорних вузлів, з'єднаних поперечними магістралями, з використанням обладнання й технологій каналного рівня. Чим повнішою є зв'язність опорної мережі, тим вищою є надійність даного сегмента;

– *сколапсована магістраль* – стягнута в точку опорна мережа (точніше – один опорний вузол). Поєднання окремих сегментів у даному випадку здійснюється в межах одного комунікаційного пристрою (магістрального комутатора або маршрутизатора);

– *базова мережа* – сегмент рівня ядра мережевої інфраструктури, реалізований з використанням технологій фізичного, каналного та мережевого рівнів моделі OSI/ISO, поєднуючи мережі різних операторів і провайдерів у глобальну мережу.

Магістральний сегмент може бути утвореним на рівні доступу, розподілення або ядра мережі (рис. 64 а, б, в). Основними факторами, які при цьому слід враховувати, є:

- розмір території, яку охоплює мережа;
- вимоги до пропускної здатності СФТТ;
- інтенсивність транзитного трафіку;
- вимоги до розширюваності й масштабованості мережі;
- обмеження у вартості.

Побудова транспортних мереж базується на вищерозглянутих принципах побудови сегментів фізичного, каналного та мережевого рівнів моделі OSI/ISO. Однак, оскільки для сегментів LAN, MAN та WAN розроблено

спочатку різні телекомунікаційні технології, то й елементи обладнання, які використовують для побудови відповідних їм СФТТ, мають певні відмінності.

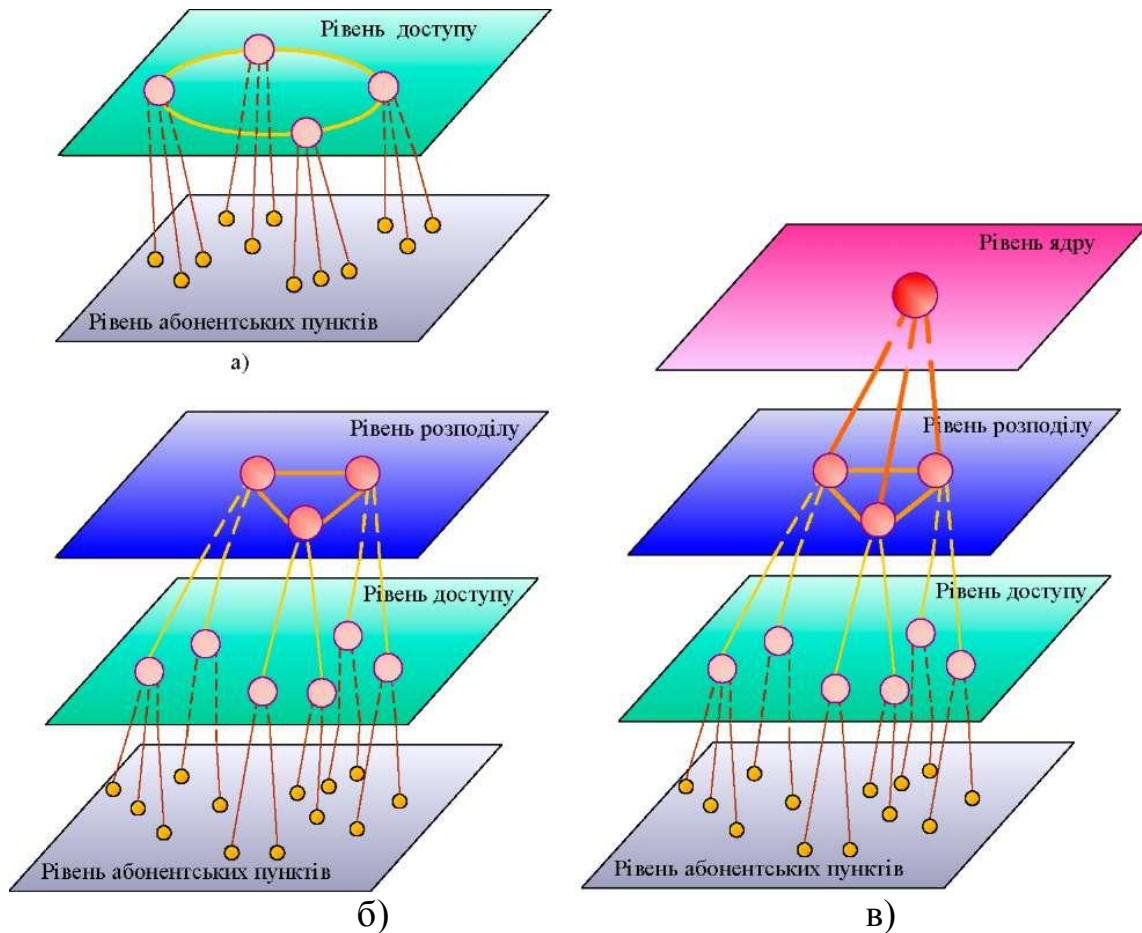


Рис.64 – Магістральні сегменти, утворені на різних рівнях:
 а) опорна магістральна на рівні доступу;
 б) опорна магістральна мережа на рівні розподілення;
 в) сколапсована магістраль на рівні ядра

13.2. Організація транспорту в сегментах LAN

13.2.1. СФТТ на основі розподільчих середовищ

Об'єднати мережі робочих груп невеликого підприємства або відділу можна шляхом організації *опорної магістралі* типу *загальна шина* (рис. 65). У мережах Ethernet для цього, зазвичай, застосовують товстий або тонкий коаксіальний кабель, під'єднаний *відгалужувачем*, так званим «зубом вампіра». Зуб відгалужувача – це спеціальна тонка голка, яку вводять до половини товщини внутрішньої жили кабелю.

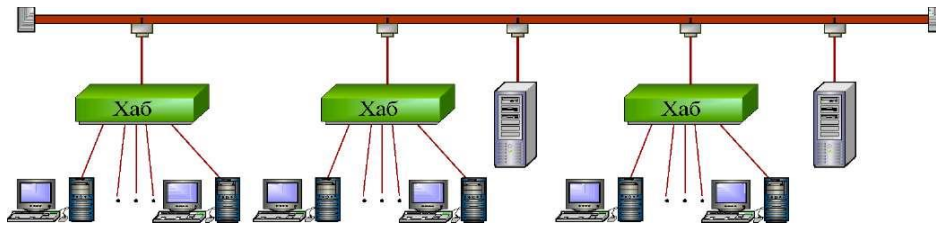


Рис. 65 – Опорна магістраль типу «загальна шина»

Збільшують фізичний розмір магістралі за рахунок застосування повторювачів.

Повторювач – це двопортовий пристрій, призначений для об'єднання фізичних сегментів коаксіального кабелю в єдине розподільче середовище.

Опорна магістраль типу «хребтова мережа» може бути утворена ланцюгово з'єднаними концентраторами (хабами) – устаткуванням фізичного рівня для локальних мереж (рис. 66).

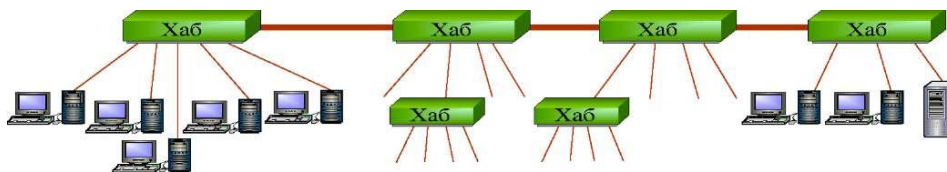


Рис. 66 – Опорна магістраль типу «хребтова мережа»

Концентратор (хаб) – це багатопортовий повторювач. Принцип його роботи полягає в *побитовому повторенні кадру* на всіх чи деяких портах, залежно від конкретного алгоритму, визначеного відповідним стандартом мережевої технології, що застосовується. Це є рівнозначним поширенню сигналу в коаксіальному кабелі. Концентратори розрізняють за типом мережевої технології, для якої вони призначені, наявністю додаткових функцій (підтримка резервних зв'язків, захист від несанкціонованого доступу), конструктивним виконанням (багатосегментні, стекові).

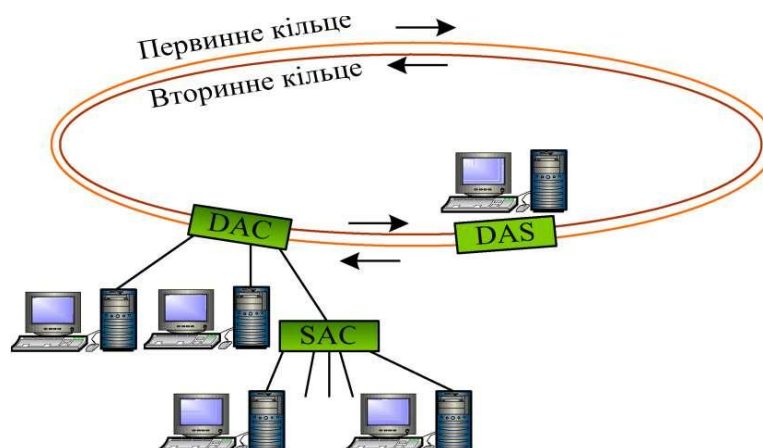


Рис. 67 – Опорна магістраль «транспортне кільце»

Магістраль кампусу створюють за типом «транспортного кільця», використовуючи технології FDDI (рис 67).

FDDI (Fiber Distributer Data Interface) – це перша технологія сегментів LAN, у якій для середовища передавання застосовано волоконно-оптичний кабель. Стандарти ISO 9314.xx, які описують FDDI, гарантують передавання даних зі швидкістю 100 Мбіт/с подвійним кільцем завдовжки до 100 км з маркерним доступом. Подвійне кільце забезпечує захист 1+1 (основний та резервний шлях), тим самим підвищуючи відмовостійкість мережі за рахунок стандартизованих процедур відновлення після відмов різного типу.

Кільця в мережах FDDI – спільне колективне середовище передавання, у якому наявні протокол фізичного рівня, протокол підрівня маркерного доступу до середовища (MAC) і протокол підрівня керування логічним каналом (LLC), визначений у стандарті IEEE 802.2. Таким чином, технологія FDDI вписується в структуру стандартів 802. Особливістю технології FDDI є наявність рівня SMT (Stathion Managment) – керування під'єднаним вузлом (робочою станцією). Він з'ясовує:

- конфігурацію під'єданого вузла й кільця;
- забезпечує збір статистики;
- ізоляцію неактивних елементів;
- генерацію діагностичних кадрів; планування навантаження;
- переспрямування потоків даних у вторинне кільце у разі аварійності первинного.

Іноді вторинне кільце застосовують, щоб підвищити пропускну здатність мережі до 200 Мбіт/с.

Обладнання FDDI складають адаптери, концентратори й мости.

Адаптера FDDI з оптичними трансиверами під'єднують робочі станції (вузли) безпосередньо до кільця або через концентратор. За конструкцією вони нагадують мережеві адаптери інших технологій, але вимагають високої продуктивності шини й процесора, а їх ціна може перевищувати ціну комп'ютера.

Концентратори FDDI розрізняють за способом під'єднання до основного кільця (рис. 67):

- DAC (Dual Attached Concentrator) – концентратор подвійного під'єднання, що дає змогу під'єднувати до подвійного кільця вузли (хости й концентратори) одинарного під'єднання;

- SAC (Singe Attached Concentrator) – концентратор одинарного під'єднання, що дає змогу під'єднувати вузли одинарного під'єднання.

Мости FDDI зв'язують сегменти (декілька кілець FDDI) між собою або з сегментами мереж подібних технологій. Мости не об'єднують кільця в єдине велике кільце, вони лише забезпечують передавання кадрів даних між сегментами. Мости для підключення сегментів з іншими технологіями поділяються на два типи: транслювальні та інкапсулювальні.

Транслювальний міст перетворює кадр іншої технології в кадр FDDI, що дає змогу налаштувати зв'язки, наприклад, між вузлом Ethernet і FDDI.

Інкапсулювальні мости працюють попарно: міст-передавач поміщає в поле даних кадру FDDI отриманий кадр «чужих» технологій та передає його за протоколом FDDI мосту-приймачу, який, у свою чергу, витягує інкапсульований кадр «чужих» технологій та передає його в інший сегмент за протоколом відповідної йому технології.

13.2.2. СФТТ на базі комутованої технології

Найбільш популярною для реалізації комутованої топології в сегментах LAN є технологія Enhernet. СФТТ, виконаний на базі комутованої Enhernet, залежно від масштабу мережі, може бути сколапсованою магістраллю або опорною магістральною мережею. Основним комунікаційним устаткуванням для цього обирають комутатор Enhernet.

Комутатор (Switch) працює на каналному рівні моделі OSI/ISO та використовує адреси каналного рівня (MAC-адреси).

Кожен порт комутатора обладнано спеціалізованим процесором, який обробляє кадри незалежно від процесорів інших портів. Крім того, комутатор має системний модуль, який координує роботу всіх процесорів. Системний модуль створює таблицю MAC-адрес усіх вузлів, під'єднаних до портів комутатора, і, проаналізувавши адресну інформацію кадрів, керує роботою комутаційного блоку, який виконує з'єднання внутрішніх ланцюгів «вхід-вихід».

У загальному випадку N-портовий комутатор із напівдуплексними портами забезпечує $N/2$ незалежних ланцюгів, які діють одночасно. За рахунок цього загальна продуктивність сегмента з комутованою топологією підвищується. У разі повного дуплексу кількість ланцюгів теоретично може досягати N. Захистити сегмент від широкомовного шторму та підтримувати петлювату структуру зв'язків на відміну від комутатора може маршрутизатор.

Маршрутизатор, на відміну від комутатора, підтримує протоколи як каналного, так і мережевого рівня. Протоколи мережевого рівня забезпечують збір інформації про топологію з'єднань, із замкнутими контурами також, й побудову таблиць маршрутизації з маршрутами до всіх відомих маршрутизатору логічним мереж. На основі таблиць маршрутизації маршрутизатор виконує передавання пакетів з однієї мережі в іншу й може приймати рішення щодо вибору найбільш раціонального маршруту передавання даних у складних топологіях зв'язків.

Оскільки маршрутизатор обробляє кожний пакет за допомогою мікропрограми окремо, його продуктивність є значно нижчою, ніж у комутатора. Таким чином, маршрутизатор може спричинити гальмування проходження трафіку, якщо він встановлюється на рівні ядра.

З метою поєднання переваг комутатора й маршрутизатора та усунення властивих кожному з них недоліків було розроблено комунікаційний пристрій *маршрутизувальний комутатор*, або так званий *комутатор 3-го рівня* (тобто мережевого). Можливими є два варіанти вирішення:

- пакети, які передаються з однієї логічної мережі в іншу, маршрутизуються, а всередині мережі – комутуються;
- маршрутизуються тільки кілька перших пакети стійкого потоку, а всі інші пакети цього потоку комутуються.

У комутаторах 3-го рівня здійснюється перенесення процедур маршрутизації з програмованих процедур в НВІС (надвеликі інтегральні схеми), які працюють на жорсткій логіці.

13.3. Транспортні мережі METRO

Транспортні мережі територіальних сегментів MAN і WAN (масштабу міста, великого регіону) як мережі загального користування (публічні мережі) отримали назву *транспортні мережі METRO*. Їх завданням є перерозподілення транзитного трафіку, який створюють не лише окремі користувачі, а й сегменти LAN. Усі вони висувають різні вимоги до транспортування інформації з кінця в кінець.

На рис. 68 наведено архітектуру транспортної мережі METRO.

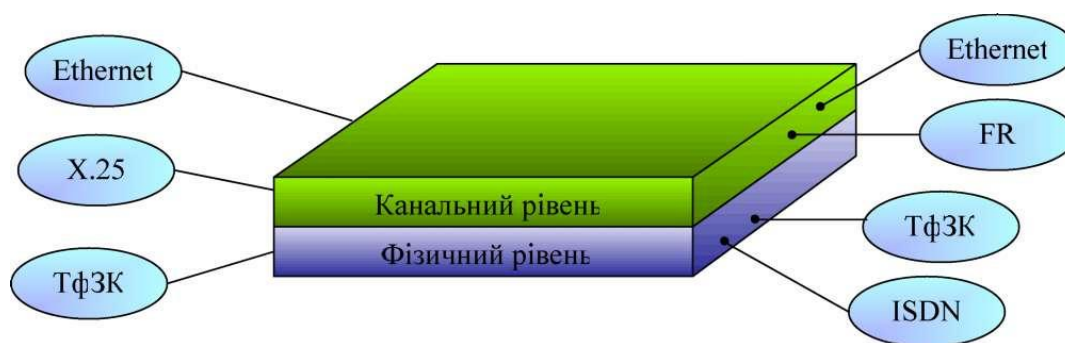


Рис. 68 – Архітектура транспортної мережі METRO

У територіальних транспортних мережах довжина ліній зв'язку є досить великою. Крім того, в публічних мережах необхідно забезпечувати можливість задоволення запитів різних користувачів та надання різноманітних сервісів (організацію різних режимів перенесення інформації, смуги пропускання каналів).

Таким чином, фізичний рівень транспортної мережі METRO перетворюється у відносно самостійну мережу, в якій застосовано специфічні для неї технології фізичного рівня, що надають *первинні сервіси* каналного рівня у вигляді *каналів точкових з'єднань з заданою смугою пропускання*. Таку мережу прийнято називати *первинною мережею*.

На каналному рівні реалізується комутована топологія з використанням первинного сервісу для організації зв'язків між вузловими пунктами, в яких налаштовується комунікаційне обладнання відповідної *базової телекомунікаційної технології каналного рівня*.

Таким чином, поверх первинної мережі також утворюються *вторинні мережі, які надають сервіси базових мережевих технологій*, тобто технологій каналного рівня. Їх називають *базовими сервісними мережами*.

13.3.1. Телекомунікаційні технології та устаткування фізичного рівня METRO

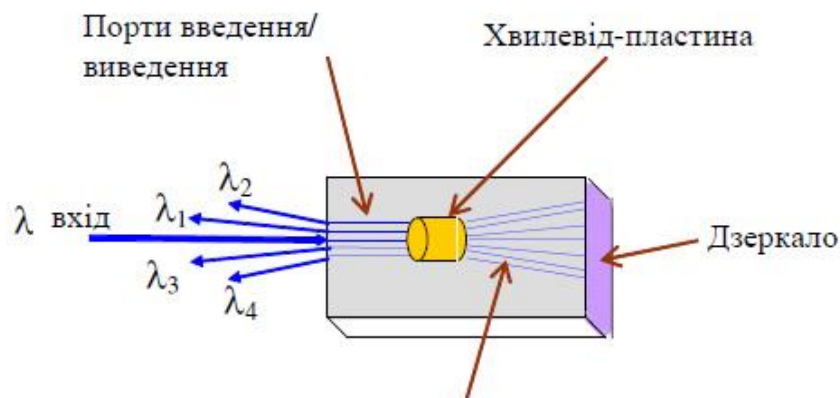
У територіальних (MAN, WAN) телекомунікаційних мережах використання спільного комунікаційного середовища здійснюється шляхом його поділу на множини незалежних каналів двоточкового з'єднання пари пунктів (вузлів доступу).

Спільне середовище передавання в даному випадку, як відомо, можна розподіляти за частотою (FDM), за часом (TDM), за довжиною хвилі (WDM). Як комунікаційне обладнання вузлів доступу застосовують різні мультиплексори.

Мультиплексори забезпечують спільне використання фізичної лінії, під'єднаної до єдиного виходу мультиплексора, декількома інформаційними потоками, які надходять на його входи. Розрізняють мультиплексори сегментів доступу й транспортних сегментів. Виокремлюють три покоління транспортних технологій фізичного рівня METRO:

- плезіохрона цифрова ієрархія;
- синхронна цифрова ієрархія;
- щільне хвильове мультиплексування.

Мультиплексори DWDM розраховано на роботу з великою кількістю каналів (32 і більше). Типову схему мультиплексора DWDM /демультиплексора наведено на рис. 69.



Дифракційна структура на основі масиву хвилеводів

Рис. 69 – DWDM мультиплексор

Розглянемо роботу DWDM мультиплексора в режимі демультиплексування. Надісланий мультиплексний сигнал потрапляє на вхідний порт. Потім проходить через хвилевід-пластину й розподіляється по хвилеводах, які формують дифракційну структуру. У кожному з хвилеводів

дифракційної структури сигнал залишається мультиплексний. Далі відбувається відбиття сигналів від дзеркальної поверхні, нарешті світлові потоки знову збираються в хвилеводі-пластині, де відбувається їх фокусування та інтерференція, – утворюються просторово рознесені інтерференційні максимуми інтенсивності, які відповідають різним каналам.

У пристрої DWDM, в яких мультиплексується/демультиплексується відразу всі канали, впроваджують також нові пристрої, які не мають аналогів у системах WDM і працюють у режимі долучення або вилучення одного та більше каналів основного мультиплексного потоку. У зв'язку з тим, що вихідні порти демультиплексора закріплено за певною довжиною хвиль, говорять, що такий пристрій здійснює *пасивну маршрутизацію* по довжинах хвиль.

Сектор зі стандартизації телекомунікацій ITU-T затвердив частотний план DWDM з відстанню між сусідніми каналами 100 ГГц (0,8 нм). Рівномірний розподіл каналів дає змогу оптимізувати роботу хвильових конвертерів, переналаштовуваних лазерів та інших пристроїв AON.

Сітка 100 ГГц забезпечує можливість організувати ефективно передавання цифрових потоків у каналах на швидкостях 2,4 Гбіт/с (STM-16) (рис. 70 а) і 10 Гбіт/с (STM-64) (рис. 70 б).

Мультиплексування каналів STM-64 з інтервалом 50 ГГц є недопустимим, оскільки виникає перекриття спектрів сусідніх каналів (рис. 70 б)

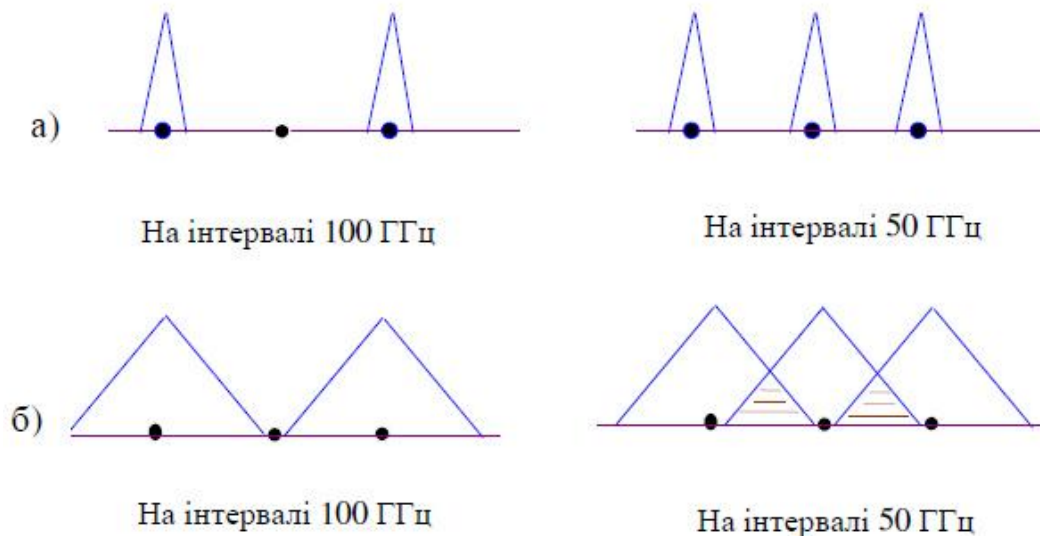


Рис. 70 – Спектральне розміщення каналів у волокні

13.3.2. Фотонні технології та обладнання оптичних мереж

Технології оптичних мереж визначають клас мереж, функціонування яких забезпечують не електронні або оптико-електронні, а тільки оптичні елементи.

Оптичні мережі AON претендують на роль основної мережевої технології, здатної гарантувати надзвичайні швидкості передавання цифрових

потоків, як для наявних, так і для майбутніх мережевих інформаційних застосувань. ІТУ-Т в Рекомендації 0.709 визначено *оптичну транспортну ієрархію*, яка забезпечує наступні швидкості передавання трафіку: 2.5, 10, 40 Гбіт/с.

Більшість оптичних комунікаційних пристроїв і елементів, застосованих у АОН використовують *цифрове передавання сигналу з модуляцією інтенсивності мережевого променя*, коли бінарній одиниці відповідає передавання світла великої інтенсивності, а бінарному нулю – передавання світла малої інтенсивності.

На рис. 71 наведено типову схему зв'язку з використанням волоконно-оптичної лінії зв'язку, яка реалізує топологію «точка-точка».



Рис. 71– Типова схема ВОЛЗ

Оптичний передавач забезпечує перетворення вхідного електричного цифрового сигналу у вихідний світловий (цифровий) сигнал. Оптичний випромінювач вмикається та вимикається відповідно до надісланого двійкового потоку електричного сигналу. Для цього використовують інфрачервоні світловипромінювальні діоди або лазери (лазерні діоди).

Оптичний приймач забезпечує зворотне перетворення вхідних оптичних імпульсів у вихідні імпульси електричного струму. У якості основного елементу оптичного приймача використовують так звані лавинні фотодіоди, які мають дуже малу інерційність.

Повторювач складається з оптичного приймача, електронного підсилювача й оптичного передавача. Повторювачі призначено для посилення ослаблого в процесі поширення на велику відстань оптичного сигналу, а також для відновлення фронтів імпульсів.

Повторювач, відповідно до стандарту передавання, може працювати в синхронному або асинхронному режимах.

У *синхронному режимі* приймальний пристрій повторювача регулярно приймає синхроімпульси, за якими налаштовує свій таймер, який задає частоту для подальшого передавання. У лінії при цьому підтримується безперервний бітовий потік. До передавальної послідовності повторювач додає синхроімпульси для синхронізації наступної ділянки.

У *асинхронному режимі* інформація, яка передається, зорганізується в пакети даних. Кожному пакету передують службова група бітів – преамбула, яка синхронізує приймальний пристрій. До прийому преамбули приймальний пристрій перебуває в режимі очікування.

Повторювач, який повністю відновлює початкову форму оптичного сигналу, називають *регенератором*.

Оптичний підсилювач, використовуючи спеціальні активні середовища й лазери накачування, безпосередньо підсилює прохідний оптичний сигнал, завдяки індукованому випромінюванню. Є дві причини, які переконують у доцільності застосування підсилювачів:

- якість сигналу, переданого по оптичному волокні, залишається дуже високою у зв'язку з малою дисперсією та затуханням;

- підсилювач є більш універсальним пристроєм, оскільки він (на відміну від повторювача) не залежить від стандарту передавання сигналу.

Хвильові перетворювачі (конвертери) призначено для перетворення однієї довжини хвилі в іншу, із забезпеченням прозорого зв'язку між пристроями в різних сегментах.

Фільтри призначено для виділення одного потрібного каналу з безлічі мультиплексних каналів у волокні. Опції фільтру може виконувати оптичний демультиплексор.

Пасивні оптичні мультиплексори забезпечують функцію збирання декількох простих сигналів різних довжин хвиль з декількох волокон у мультиплексний сигнал, який поширюється по одному волокні.

Демультиплексори виконують зворотню функцію.

Хвильове ущільнення може здійснюватися за допомогою WDM-фільтра.

Узагальнюючи, зазначимо, оскільки важко передбачити потреби розподілення смуги пропускання в транспортних мережах METRO, то переваги матимуть ті архітектури, які допускають більш плавне нарощування своїх ресурсів у більш широких межах.

13.3.3. Телекомунікаційні технології та обладнання каналного рівня METRO

На каналному рівні METRO реалізується базова сервісна мережа з комутованою топологією та використанням на фізичному рівні двоточкових з'єднань первинної мережі.

Функції технологій каналного рівня можуть виконувати як технології синхронного режиму перенесення (тимчасова комутація цифрових каналів), так і асинхронного режиму перенесення (комутовані віртуальні канали та віртуальні з'єднання). Залежно від застосовуваної технології каналного рівня можна утворити відповідні сервісні мережі: TфЗК, ISDN, мережу X.25, мережу FR, мережу ATM, мережу Ethernet, мережу GE, мережу 10GE та ін.

Комутована топологія в транспортних мережах METRO утворюється з використанням комунікаційного обладнання каналного рівня моделі OSI/ISO – магістральних комутаторів.

1. Магістральні комутатори

Функція комутації в територіальних сегментах може бути виконана різними способами: комутацією каналів, пакетів, комірок. Для реалізації кожного із способів комутації необхідним є спеціальний комутатор.

У транспортних територіальних мережах з пакетною комутацією функції комутації виконують *магістральні комутатори*, які працюють на основі технологій віртуальних каналів і підтримують два або три нижніх рівні протоколів моделі OSI/ISO.

Магістральні комутатори можуть оперувати не тільки інформаційними потоками, які надходять із мереж доступу, але і агрегованими інформаційними потоками, які надходять із первинної мережі. Розрізняють комутатори з електронними і оптичними комутаційними блоками. Незалежно від цього комутаційні блоки поділяються на три типи:

- комутаційні блоки з колективною пам'яттю;
- комутаційні блоки зі спільним середовищем;
- комутаційні блоки з просторовим розділенням.

2. *Високошвидкісний комутатор з колективною пам'яттю* є найбільш простим типом комутаторів. Структуру такого комутатора наведено на рис. 72.

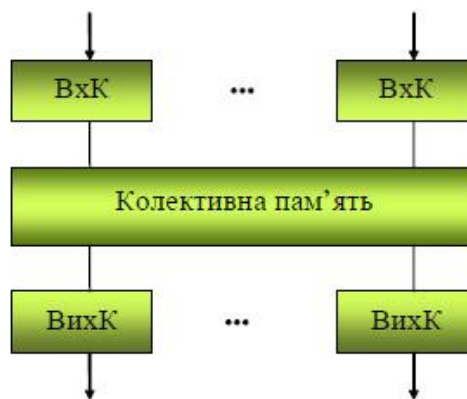


Рис. 72 – Комутатор з колективною пам'яттю

Усі входні та вихідні контролери (ВХК і ВихК) безпосередньо з'єднано із загальним запам'ятовуючим пристроєм, доступним для запису з усіх входних контролерів і читання для всіх вихідних контролерів. Швидкість запису/читання для колективної пам'яті має бути досить високою, щоб можна було обслуговувати одночасно вхідний та вихідний трафіки.

У комутаторі зі спільним середовищем усі пакети, які надходять за входними каналами, синхронно мультиплекуються в спільне середовище з високою швидкістю передавання, яким може виступати «загальна шина» з розділенням за часом (рис. 73) або «кільце» (рис. 74).

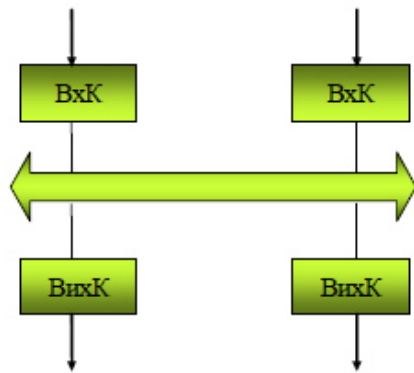


Рис. 73 – Шинна структура комутатора

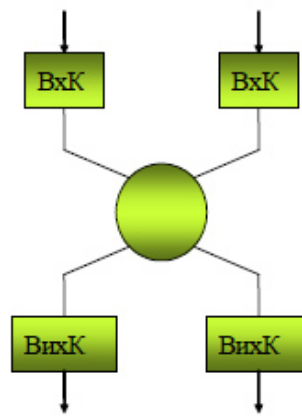


Рис. 74 – Кільцева структура комутатора

Відмінність комутаторів зі спільним середовищем від комутаторів із колективною пам'яттю полягає в тому, що в перших здійснюється роздільне використання пам'яті вихідними чергами, яке реалізовується у вигляді великого пристрою пам'яті вихідних контролерів.

У комутаторі з просторовим розділенням від входів до виходів налаштовується декілька з'єднань усередині комутаційної системи, швидкість передавання по кожному з яких може дорівнювати швидкості передавання з одного вхідного каналу.

Передавання пакетів усередині комутаційної системи відбувається по віртуальних каналах, аналогічно до того, як це виконується в мережі. Комутація пакетів здійснюється в комутаторі на основі аналізу управляючої інформації, розміщеної в заголовку пакета. Керування комутатором може бути як централізованим, так і розподіленим.

Комутатори з просторовим розділенням розподіляють на дві *групи*: *матричні* та *типу «баньян»*.

3. *Матричні комутатори*. Основою комутаційної структури матричного типу є квадратний масив з N^2 елементів комутації (ЕК), по одному на кожному парі «вхід-вихід» (рис. 75). Замикання ЕК, яке знаходиться в точці перемикання, утворює фізичне з'єднання i -го входу з j -м виходом. ЕК можуть перебувати в двох станах: *наскрізному* або *перехресному*. Припустимо, що спочатку всі ЕК перебувають у наскрізному стані. Для з'єднання i -го входу з j -м виходом досить перевести (i, j) -й ЕК в перехресний стан, а інші ключі залишити в наскрізному стані. Необхідне перемикання ЕК у перехресний стан може бути здійснено найшвидшим пакетом індивідуально, якщо в ньому міститься номер потрібного виходу. Цю властивість називають *самомаршрутизацією*, що дає змогу суттєво спростити керування комутаційною структурою за рахунок розподілу управляючих функцій по всіх ЕК.

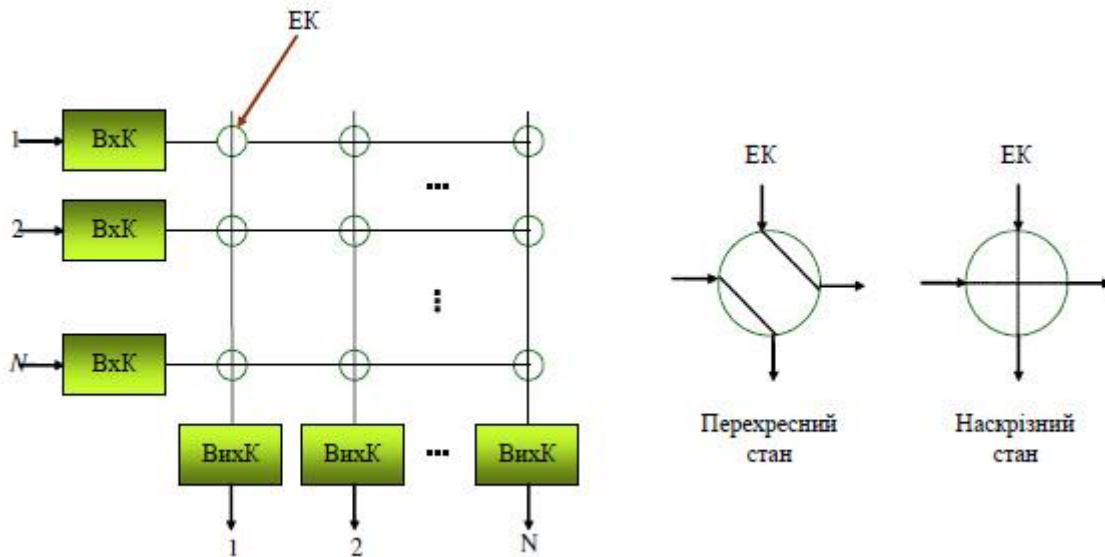


Рис. 75 – Комутатори матричної структури

Комутатори типу «баньян» є альтернативою матричних комутаторів і ґрунтуються на багатокаскадних мережах. Основними структурними компонентами багатокаскадної мережі є розгалужувачі та концентратори, реалізовані за допомогою елементарних (2x2) перемикачів, які можуть перебувати в двох станах – наскрізному і перехресному.

Розгалужувач (рис. 76) на $N = 2^k$ виходів можна побудувати у вигляді двійкового дерева з k розгалуженнями на $N-1$ перемикачів. У цьому «дереві» існує єдиний шлях від «кореня» (входу) до кожного з «листіків» (виходів). Очевидно, що такий розгалужувач має властивість самомаршрутизації.

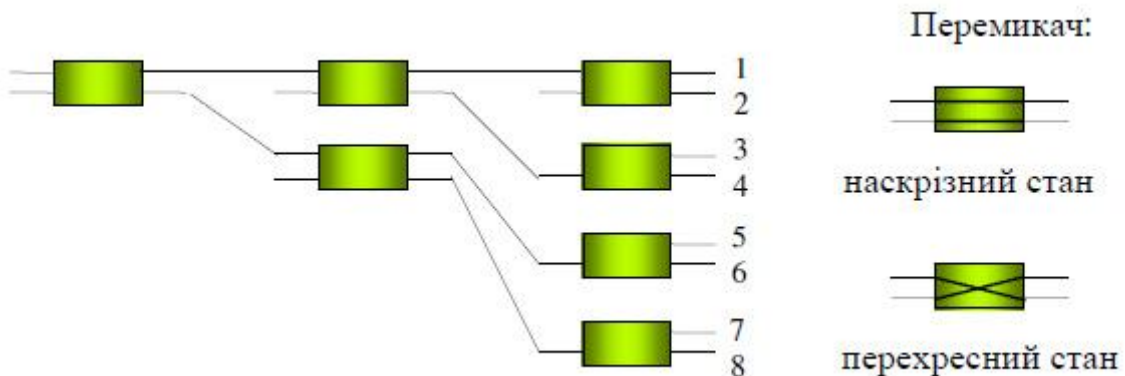


Рис. 76 – Двійкове «дерево», яке з'єднує вхідний канал з вихідними за допомогою перемикачів

Однак незалежно від конкретного різновиду, всі $N \times N$ багатокаскадні КС мають такі основні властивості:

- існує єдиний шлях до КС, який з'єднує вхідний канал з вихідним;
- налаштування з'єднання може здійснюватися децентралізовано з використанням процедури самомаршрутизації;
- в усіх структурах можливим є одночасне налаштування не більше від N з'єднань;

– структура КС є регулярною, що забезпечує зручність її реалізації на НВІС;

– структура КС є модульною, що дає змогу нарощувати її без необхідності модифікувати фізичне компонування або алгоритми.

Існує велика кількість різноманітних багатокаскадних структур. Перспективним напрямком у побудові транспортних мереж METRO є використання обладнання мереж Ethernet (GE, 10GE).

13.3.4. Транспортні мережі METRO на основі обладнання повністю оптичних мереж

При зростанні обсягу інформації, яка передається в мережі, з часом постає завдання нарощування її ємності. Це може бути вирішено за допомогою заміни комутаційного електронного обладнання в центральних вузлах на більш потужне, розраховане на швидкості передавання 1; 2,5 або до 10 Гбіт/с. Розрізняють три категорії AON:

- AON які використовують прості багатомодові лінії;
- AON із комутацією каналів;
- AON із комутацією пакетів.

Перші дві категорії мають одну важливу особливість – прозорість мережі відносно застосування. Оптична прозорість (передавання оптичного сигналу у форматі застосування – коду, частоти модуляції та ін.) забезпечується з будь-якого з оптичних WDM каналів від вузла-джерела до вузла-призначення без використання проміжних пристроїв перетворення сигналу. Прозорі AON крім суто пасивних компонентів (мультиплексорів, відгалужувачів), можуть містити активні елементи, такі, як конфігуровані хвильові маршрутизатори, комутатори, перетворювачі.

Оптичним термінальним обладнанням у прозорій AON у загальному випадку є переналаштовувані лазерні передавачі, переналаштовувані фільтри. Дві кінцеві системи мережі можуть організувати канал зв'язку через таку мережу за допомогою налаштування на певні дві хвилі (прийому та передачі), які їм надає мережевий контролер оптичного терміналу (доступу в AON, опрацювавши відповідний попередній запит. Після налаштування з'єднання магістральний канал стає прозорим відносно застосування.

ЛЕКЦІЯ 14. ТРАНСПОРТНІ МЕРЕЖІ (2)

План

Вступ

1. Транспортні мережі CORE.

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К.: ДУІКТ, 2009. – 352 с.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Транспортна мережа виконує функцію перерозподіл трафіку між усіма поєднаними елементами мережі і є сегментом формування суто транзитного трафіку (СФТТ). Такий сегмент може бути наявним у мережах, які охоплюють різні території (LAN, MAN, WAN).

14.1. Транспортні мережі CORE

Створення глобальної телекомунікаційної мережі засновано на об'єднанні різних за технологічними ознаками базових сервісних мереж. Їх взаємодія здійснюється з використанням протоколу мережевого рівня моделі OSI/ISO-IP. Кожна мережа повинна бути здатною передавати трафік протоколу IP, і розглядатися на мережевому рівні як *логічна мережа*. Різниця IP-мереж полягає лише у використовуваних під рівнем IP технологіях каналного та фізичного рівнів. Архітектуру глобальної мережі наведено на рисунку 77.

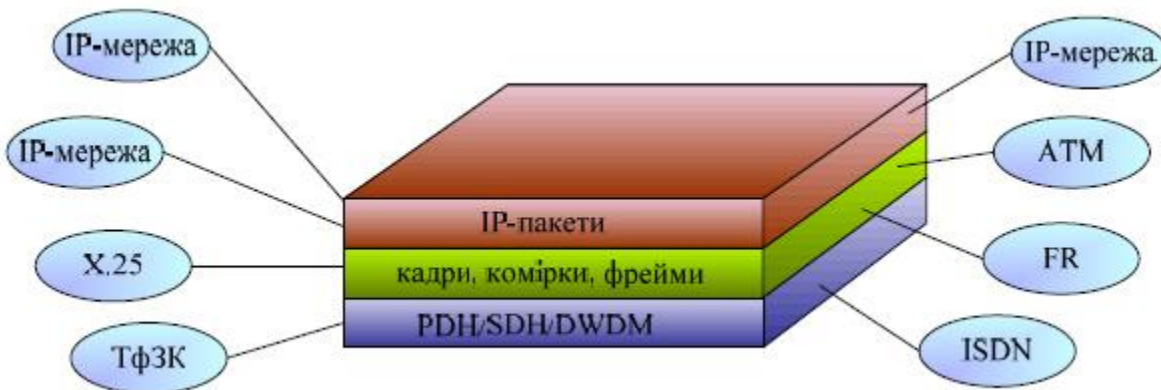


Рис. 77 – Архітектура глобальної телекомунікаційної мережі

Сегмент формування транзитного трафіку (СФТТ) у глобальній мережі є *опорною мережею ядра (транспортна мережа CORE)*. Ця мережа надає сервіси мережевого рівня.

Основним комунікаційним обладнанням мережевого рівня моделі OSI/ISO в глобальній мережі є магістральні маршрутизатори та транспортні шлюзи.

Магістральні маршрутизатори оперують агрегованими інформаційними потоками, які переносять дані великої кількості з'єднань користувачів. Вони

мають високошвидкісні інтерфейси, такі, як ATM 155/622 Мбіт/с, GE, 10GE, а також інтерфейси SDH зі швидкостями від 155 Мбіт/с до 10 Гбіт/с. Магістральні маршрутизатори повинні підтримувати декілька таких інтерфейсів. Очевидно, для того, щоб не створювати «вузьких місць» у транспортній мережі CORE, магістральний маршрутизатор повинен мати дуже високу продуктивність. Процесори, якими обладнано інтерфейсні блоки (порти) магістрального маршрутизатора, самостійно виконують просування IP-пакетів на основі локальних копій таблиць маршрутизації. Функції просування IP-пакетів є набагато складнішими від функцій обробки кадрів технологій каналного рівня.

Якщо маршрутизатор підтримує декілька протоколів мережевого рівня, його називають *мультипротокольным маршрутизатором*.

Транспортні шлюзи призначено для об'єднання окремих сегментів з суттєво різними принципами формування трафіку, наприклад звичайної телефонії та IP-телефонії, що є особливо актуальним для конвергенції мереж з комутацією каналів і комутацією пакетів.

Шлюзи виконують функції перетворення протоколів більш ніж на одному рівні моделі OSI/ISO. Таким чином, шлюзи забезпечують в єдиній мережі взаємодію систем з різними архітектурами та різними протоколами передавання даних на декількох рівнях.

Шлюзи можуть бути реалізовані програмно або апаратно, але частіше вони є комбінацією обох засобів.

В Інтернеті шлюзи використовуються для об'єднання *автономних систем* (декілька логічних мереж під єдиним адміністративним керуванням одного сервіс-провайдера, котрий визначає, які протоколи маршрутизації повинні використовуватися в автономній системі). Такі транспортні шлюзи називаються зовнішніми шлюзами.

14.1.1. Технологія MPLS

Новим словом у сфері інтеграції IP з технологіями віртуальних каналів стала технологія *мультипротокольної комутації міток*. Вона займає проміжне місце між рівнем IP і рівнем таких технологій, як ATM, РК або Ethernet, інтегруючи їх у єдину ефективну технологію.

Багатопротокольна комутація міток – це технологія магістральних мереж, яка значно підвищує швидкість передавання трафіку територіальних мереж. Термін багатопротокольна означає, що технологія MPLS застосовується до будь-якого протоколу мережевого рівня, тобто, це своєрідний *інкапсулювальний протокол*, здатний транспортувати інформацію безлічі інших протоколів вищих рівнів моделі OSI.

Площина пересилання даних MPLS не утворює повноцінного рівня, вона «вклинюється» в мережі IP, ATM або FR між 2-м і 3-м рівнями моделі OSI, залишаючись незалежною від цих рівнів. Можна сказати, що можливість

функціонування MPLS на мережевому й каналному рівнях призводить до утворення так званого рівня 2.5, де виконується комутація за мітками.

Положення технології MPLS відносно семирівневої моделі OSI/ISO показано на рис. 78.

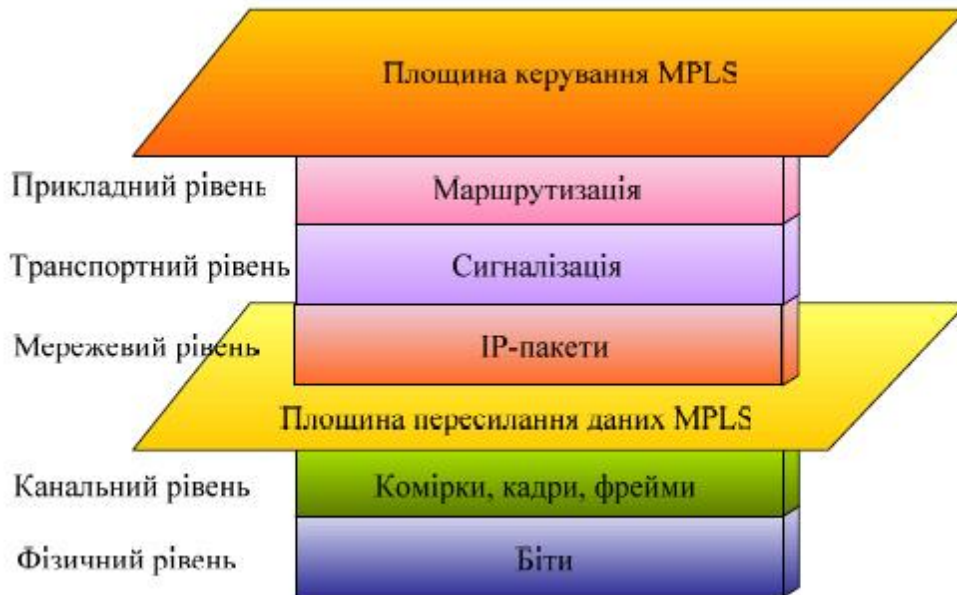


Рис. 78 – Площини MPLS

Площина пересилання даних MPLS не утворює повноцінного рівня, вона «вклинюється» в мережі IP, ATM або FR між 2-м і 3-м рівнями моделі OSI, залишаючись незалежною від цих рівнів. Можна сказати, що можливість функціонування MPLS на мережевому й каналному рівнях призводить до утворення так званого рівня 2.5, де виконується комутація за мітками.

MPLS поєднала в собі надійність і якість обслуговування ATM зі зручними й потужними засобами доставки IP-мереж. Спільне використання протоколів IP та ATM може розглядатися як гібрид мережі з віртуальними каналами і мережі з пакетною маршрутизацією, яка реалізує стек TCP/IP.

Особливість технології MPLS – це відділення процесу комутації пакету від аналізу IP-адреси в його заголовку. Для цього пристрої, які здійснюють комутацію або маршрутизацію, призначають коміркам або пакетам короткі *мітки* фіксованої довжини.

Зазвичай комутація міток реалізується не у всій мережі, а в *деякій групі її сегментів*, частіше – магістральних. Ця група сегментів називається *доменом MPLS* (або мережею MPLS).

У разі комутації за міткою повний аналіз заголовка третього рівня здійснюється *лише один раз* – на вході в домен MPLS. Це виконує розташований на межі домену пристрій, який називається *прикордонним маршрутизатором з комутацією міток*. Далі, всередині домену, проміжні LSR аналізують лише мітки. Це дає змогу передавати пакети всередині домену значно швидше. Вихідний прикордонний LSR виконує операцію вилучення з

пакета мітки, аналізує заголовок пакета й направляє його до адресата, який знаходиться поза MPLS-мережею.

Таким чином, привласнення мітки є своєрідною «формою інкапсуляції» пакета, а сам процес проходження пакета через домен MPLS аналогічний до тунелювання. Оскільки заголовок мережевого рівня у процесі маршрутизації через домен не враховується, комутацію міток можна використовувати для передавання пакетів не тільки IP, але і будь-яких інших протоколів мережевого рівня.

Для технології MPLS визначено три основні елементи:

- мітка;
- клас еквівалентності пересилання (FEC);
- комутований за мітками тракт (LSP).

1. *Мітка* є спеціальним заголовком – заголовком MPLS розміром 4 байти. При цьому ідентифікатор самої мітки займає перші 20 біт. Мітку можна передавати у складі будь-якого пакета. Для її розміщення використовуються уже наявні формати пакетів тієї чи іншої технології. З цієї причини розташування мітки в пакеті залежить від застосовуваної технології канального рівня.

Вона може бути поміщена в пакет як додатковий заголовок, який розташовується між заголовками рівня 2 і рівня 3, як це показано на рис. 79. У цьому випадку заголовок MPLS часто називають *заголовком-клином*, підкреслюючи те, що він «вклинюється» в пакет між заголовками канального й мережевого рівня.

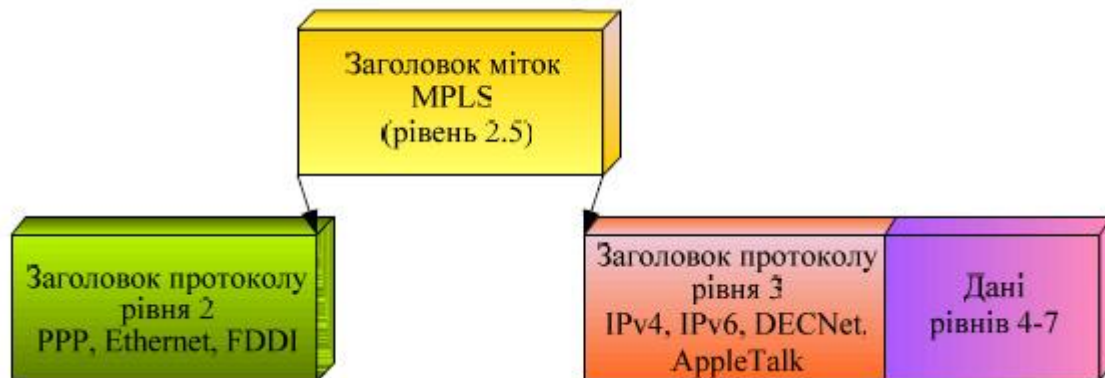


Рис. 79 – Розміщення мітки MPLS

Крім того, мітка може бути розміщена у *вільне та доступне поле заголовку* (якщо таке є) одного із зазначених двох рівнів. Це може бути поле ідентифікатора з'єднання канального рівня для кадру технології RF або поле ідентифікаторів віртуального каналу та віртуального шляху, у разі комірки АТМ. Принцип, зображений на рис. 79, підходить для каналів «точка-точка» й для локальних мереж Ethernet усіх типів.

2. *Комутований за мітками тракт (LSP)* – це віртуальний комутований за мітками тракт, так званий тунель, який являє собою встановлене логічне з'єднання і є симплексним з'єднанням. Для організації напівдуплексного

з'єднання необхідними є два LSP. LSP завжди починається на одному кінці домену MPLS і закінчується на протилежному, проходячи через кілька транзитних пристроїв (LSP).

3. *Стек міток.* Пакет, який передають через мережу MPLS містить не одну, а кілька міток. Такий набір міток утворює стек (див. рис. 9.29). Основне призначення стеку міток – підтримка деревовидності множини трактів LSP, які закінчуються в одному вхідному LSP, а також у тому, щоб використовувати мітки під час створення, так званих, LSP-тунелів.

У MPLS зі стеком можуть виконуватися такі операції:

- розміщення мітки в стек;
- вилучення мітки зі стеку;
- заміна мітки.

Операція розміщення мітки в стек долучає нову мітку поверх стеку, а операція вилучення мітки зі стеку видаляє верхню мітку зі стеку. Ці операції використовують для злиття та розгалуження інформаційних потоків різних застосувань.

Функціональні можливості стеку MPLS дають змогу об'єднувати кілька LSP у один. До стеку міток кожного з цих LSP зверху додається загальна мітка, в результаті чого утворюється агрегований тракт MPLS. У точці закінчення такого тракту відбувається його розгалуження на складові індивідуальні LSP. Так можуть об'єднатися тракти, які мають спільну частину маршруту. Отже, MPLS здатна забезпечувати ієрархічне пересилання, що є важливою й потрібною функцією.

Згідно з розглянутими нижче правилами інкапсуляції міток, за міткою MPLS в пакеті завжди має слідувати заголовок мережевого рівня. Так як MPLS починає роботу з вершини стеку, використовується процедура Li-Fo «останнім прийшов – першим пішов». Приклад чотирирівневого стеку міток зображено на рис.80. Заголовок MPLS № 1 був першим заголовком MPLS, вміщеним у пакет, потім – заголовки № 2, № 3 і, нарешті, заголовок № 4. Комутація за мітками завжди використовує верхню мітку стеку, а мітки видаляють з пакету так, як це визначено вихідним вузлом для кожного LSP, по якому слідує пакет.

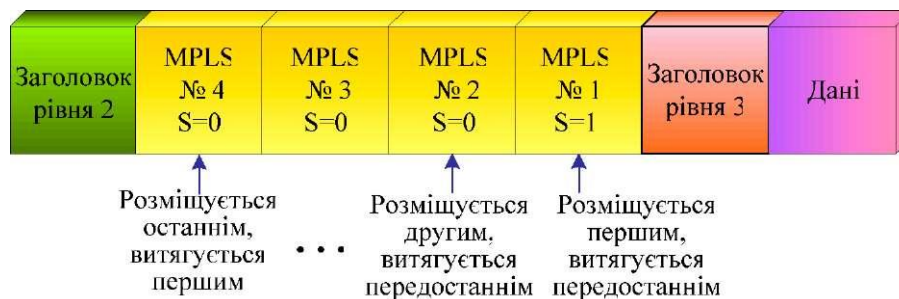


Рис. 80 – Чотирирівневий стек міток

4. *Таблиці пересилання.* У мережі MPLS кожен маршрутизатор комутації за мітками LSP створює таблицю пересилання, за допомогою якої він визначає, яким чином треба пересилати пакет, який до нього надійшов. Цю таблицю

називають *інформаційною базою міток* (Label Information Base, LIB). Вона містить використовувану кількість міток, а для кожної з них – прив’язку «FEC – мітка». В інформаційну базу LIB входить така інформація:

- операція, яку треба виконати зі стеком міток пакета (замінити верхню позначку стеку, вилучити верхню позначку, помістити поверх стеку нову позначку);
- наступний LSR у тракті (LSP);
- використовувана в процесі передавання пакета інкапсуляція на каналному рівні;
- спосіб кодування стеку міток у процесі передавання пакета;
- інша інформація про пересилання пакета.

Таблиця пересилання, яка містить дану інформацію та яку формує LSR, є послідовністю записів. Кожен запис таблиці складається з вхідної мітки та однієї або більше підзаписів, причому кожен підзапис містить значення вихідної мітки, ідентифікатор вихідного інтерфейсу й адресу наступного маршрутизатора в LSP. Приклад простої таблиці пересилання LIB подано на рис. 81.

Вхідна мітка	Перший підзапис	Другий підзапис
Значення вхідної мітки	Вихідна мітка	Вихідна мітка
	Вихідний інтерфейс	Вихідний інтерфейс
	Адрес наступного LSR	Адрес наступного LSR

Рис. 81–Таблиця пересилання LSR

Різні підзаписи всередині одного запису можуть мати або однакові, або різні значення вихідних позначок. Більше ніж один підзапис буває потрібним для підтримки багатоадресного розсилання пакету, коли пакет, який надійшов до одного вхідного інтерфейсу, треба потім розсилати через кілька вихідних інтерфейсів. Звернення до конкретної запису в таблиці здійснюють за значенням вхідної мітки.

Запис у таблиці може також містити інформацію, що вказує, які ресурси має можливість використовувати пакет, наприклад певну вихідну чергу.

LSR може підтримувати або одну загальну таблицю, або окремі таблиці для кожного зі своїх інтерфейсів. У першому варіанті оброблення пакета визначається тільки міткою, яку переносить пакет. У другому варіанті оброблення пакета визначається не тільки міткою, а й інтерфейсом, до якого надійшов пакет. LSR може використовувати або перший варіант, або другий, або їх поєднання.

5. Прив’язка «мітка- FEC». Кожен запис у таблиці пересилання, яку веде LSR, містить одну вхідну мітку й одну або більше вихідних. Згідно з цими двома типами міток, забезпечуються два типи прив’язки міток до FEC:

- перший тип – мітка для прив’язки вибирається й призначається у LSR локально. Таку прив’язку називають локальною;

– другий тип – LSR отримує від іншого LSR інформацію про прив'язку мітки, яка відповідає прив'язці, створеній на цьому іншому LSR. Таку прив'язку називають віддаленою.

Засоби керування комутацією за мітками використовують для заповнення таблиць пересилання як локальну, так і віддалену прив'язку міток до FEC. Це може здійснюватися в двох варіантах. Перший: коли мітки на локальній прив'язці використовують як вхідні мітки, а мітки з віддаленої прив'язки – як вихідні. Другий варіант – прямо протилежний, тобто мітки з локальної прив'язки використовують як вихідні мітки, а мітки з віддаленої прив'язки – як вхідні. Розглянемо кожен з цих варіантів.

Перший варіант називають прив'язкою мітки до FEC «знизу». Для прив'язки «знизу» пакети, які переносять певну мітку, передаються в напрямку, протилежному напрямку передавання інформації про прив'язку цієї мітки до FEC.

Другий варіант називають прив'язкою мітки до FEC «зверху», тому що в цьому випадку прив'язка мітки, яку переносить пакет, до того FEC, якому належить цей пакет, створюється тим самим LSR, який поміщає мітку в пакет; тобто створювач прив'язки розташований «вище» (ближче до відправника пакета), ніж LSR, до якого пересилається цей пакет. Для прив'язки «зверху» пакети, які переносять певну мітку, передаються в тому ж напрямку, що й інформація про прив'язку цієї мітки до FEC.

LSR обслуговує також пул «вільних» міток (міток без прив'язки). На початковому налаштуванні LSR пул містить усі мітки, які може використовувати LSR для їх локальної прив'язки до FEC. Саме ємність цього пулу й визначає, скільки пар «мітка-FEC» може одночасно підтримувати LSR. Коли маршрутизатор створює нову локальну прив'язку, він бере мітку з пулу; коли маршрутизатор знищує раніше створену прив'язку, він повертає мітку, пов'язану з цією прив'язкою, назад у пул.

LSR створює або знищує прив'язку мітки до FEC у результаті певної події. Підтримка функцій пересилання при традиційній маршрутизації необхідна тому, що прив'язка мітки створює ефект, який супроводжує традиційну маршрутизацію пакетів.

Висновки:

– однією з найсильніших сторін технології MPLS є те, що її можна використовувати спільно з різними протоколами канального рівня. Серед цих протоколів – ATM, FR, PPP і Ethernet, FDDI та інші, передбачені документами щодо MPLS;

– використання MPLS поверх ATM є досить активним, особливо для транспортування мережами ATM трафіку IP. ATM-комутатори, конфігуровані для підтримки MPB8 (ATM-LSR), виконують протоколи маршрутизації TCP/IP і використовують пересилку даних комірками фіксованої довжини – 53 байти. У середині цих ATM-LSR верхня мітка MPLS поміщається у поле

ідентифікаторів віртуальних каналів у заголовку комірки АТМ, а дані про стек міток MPLS – у поле даних комірок АТМ;

– використання MPLS у мережах Ethernet, особливо в міських мережах, є перспективною можливістю. У стандарт Ethernet вносяться зміни, які дають змогу збільшити швидкість і дальність передавання Ethernet-пакетів. У даний час починають застосовувати Ethernet-інтерфейси на швидкостях 10 Гбіт/с, а незабаром з'являться Ethernet-інтерфейси на ще вищих швидкостях.

ЛЕКЦІЯ 15. МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

План

Вступ

1. Мережі абонентського проводового і безпроводового доступу.
2. Технології і обладнання абонентської лінії;
3. Мережі мобільного доступу;

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К. : ДУІКТ, 2009. – 352 с.Буров Є.
3. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Призначення мереж доступу полягає у формуванні агрегованих інформаційних потоків, спрямованих користувачами в транспортну мережу з максимальною концентрацією їх у вузлах доступу, й розподіленні потоку, який надходить з транспортної мережі, між кінцевими користувачами з урахуванням конкретних запитів кожного.

Ці функції виконують відповідно сегмент формування вихідного трафіку (СФВхТ) і сегмент розподілення вхідного трафіку (СРВхТ). Можливим є поєднання обох функцій одним сегментом доступу.

За допомогою мереж доступу забезпечується доставка інформації до кінцевого користувача, з урахуванням його вимог до надаваних мережею послуг. Щоб забезпечувати широкий спектр послуг (передавання голосу, відео, даних), мережі доступу повинні бути максимально функціональними й гнучкими, що досягається завдяки застосуванню відповідних телекомунікаційних технологій та різних середовищ передавання.

Першою «сходиною», яка забезпечує під'єднання користувачів до мережі й можливість отримання ними телекомунікаційних та інформаційних послуг як на місцевому рівні, так і з виходом у глобальні мережі та в Інтернет, є *мережі абонентського доступу*.

15.1. Мережі абонентського проводового і доступу

На рис. 82 наведено схему традиційної мережі абонентського доступу, мережеві закінчення (КТ) якої можна знайти в кожному домі. Вона містить фрагмент розподільчої мережі, яка класифікується як СРВхТ, через яку абонент отримує послуги кабельного телебачення та фрагменти організації доступу в територіальні та глобальні мережі.

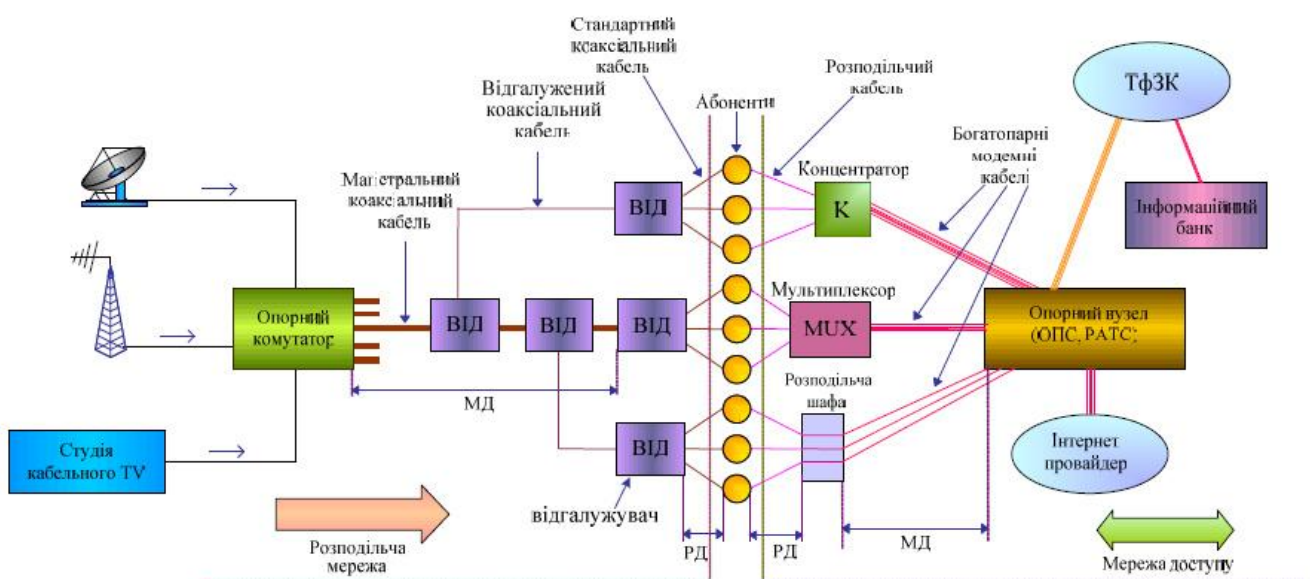


Рис. 82 – Схема традиційного абонентського доступу

Особливістю цих фрагментів є:

- поєднання у собі функції СФВихТ і СРВхТ;
- виконання функції сегмента замикання локального трафіку (СЗЛТ), оскільки опорний вузол (ОВ) мережі абонентського доступу – це перший рівень замикання трафіку, на якому здійснюється інформаційний обмін між під'єднаними до нього абонентськими пунктами (АП).

Територія, на якій зосереджено АП, під'єднані до відповідного ОВ, є *сферою обслуговування* ОВ. Межі сфери обслуговування ОВ залежать від абонентської щільності й комутаційних можливостей вузла. Відносно АП своєї сфери обслуговування, опорний вузол виконує функцію *комутації*, забезпечуючи налаштування зв'язків усередині. Водночас у ньому здійснюється функція *концентрації* інформаційних потоків, які направляються в глобальні мережі.

Лінії зв'язку, за допомогою яких АП під'єднуються до ОВ, називаються *абонентськими лініями* (АЛ). Це, як правило, кабелі з мідними жилами.

Абонентську мережу на ділянці від ОВ до АП називають «*останньою милею*» телекомунікаційної мережі. Проблема «*останньої милі*» полягає в численності абонентських ліній, що становить значну частку загальномережевих витрат. Вирішують цю проблему, організовуючи додаткові вузлові пункти (розподільчі вузли), які є інсталяційною базою для розміщення таких пристроїв, як *розподільчі коробки, розподільчі шафи, мультиплексори, концентратори, відгалужувачі*.

Отже, мережа абонентського доступу складається з двох ділянок:

- *розподільчої ділянки* (РД) (це, в основному, окремі мідні пари);
- *магістральної ділянки* (МД), на якій використовують спільний багатожильний кабель.

15.1.1. Технології та обладнання цифрової абонентської лінії

Цифрова абонентська лінія (Digital Subscriber Line, DSL) надається абонентові безпосередньо після під'єднання до мережі ISDN. Усі послуги цієї мережі засновано на передаванні інформації в цифровому вигляді. Інтерфейс користувача (BRI, PRI) також є цифровим, тобто всі абонентські пристрої (телефон, факс, комп'ютер) повинні бути цифровими й спрямовувати в мережу цифрові дані.

Альтернативою цифрового абонентського закінчення ISDN. Ця альтернатива є сімейством технологій із загальною назвою xDSL і складається з таких технологій:

- *асиметричне цифрове абонентське закінчення* – Рекомендація С.992.1 (ITU); у комерційних пропозиціях мережевих операторів і провайдерів цю технологію часто називають широкосмуговим доступом;
- *високошвидкісна цифрова абонентська лінія* – Рекомендація 0.991.1 (ITU);
- *симетричне цифрове абонентське закінчення* – Рекомендація 0.991.2 (ITU);
- *надшвидке цифрове абонентське закінчення* – Рекомендація 0.993 (ITU);
- *цифрове закінчення з адаптувальною швидкістю* – Рекомендація 0.992.1 (ITU).

Технології xDSL засновано на методах, які дають змогу стиснути спектр сигналу й зосередити основну частину його енергії на ділянках більш низьких частот, що узгоджує електричні характеристики кабелю з параметрами сигналу. Подібних перетворень спектру сигналу досягають, використовуючи спеціальні методи модуляції та кодування (ці питання детально вивчають інші дисципліни).

15.1.2. Мережі абонентського безпроводового доступу

Використання безпроводового абонентського доступу має такі переваги:

- швидку реалізацію та введення об'єкта в експлуатацію;
- порівняно нескладну реконфігурацію мережі, що дає змогу відстежувати зміни попиту на послуги;
- у деяких випадках через неможливість прокласти оптичний кабель, безпроводовий доступ стає єдиною можливим способом нарощування й модернізації абонентської мережі.

До безпроводового абонентського доступу також застосовують терміни «безпроводове абонентське закінчення» і «абонентський радіодоступ».

Мережу абонентського безпроводового доступу зображено на рис. 83. Незважаючи на відсутність кабелю на розподільчій ділянці (РД), абоненти, як і раніше, залишаються «прив'язаними» до конкретної стаціонарної географічної точки – базової станції (BS). Базова станція з опорним вузлом може бути пов'язана як за допомогою кабелю (поток E1 0703, модемною технологією HDSW), так і безпроводовим способом (цифровий РРЛ, супутникових систем зв'язку).

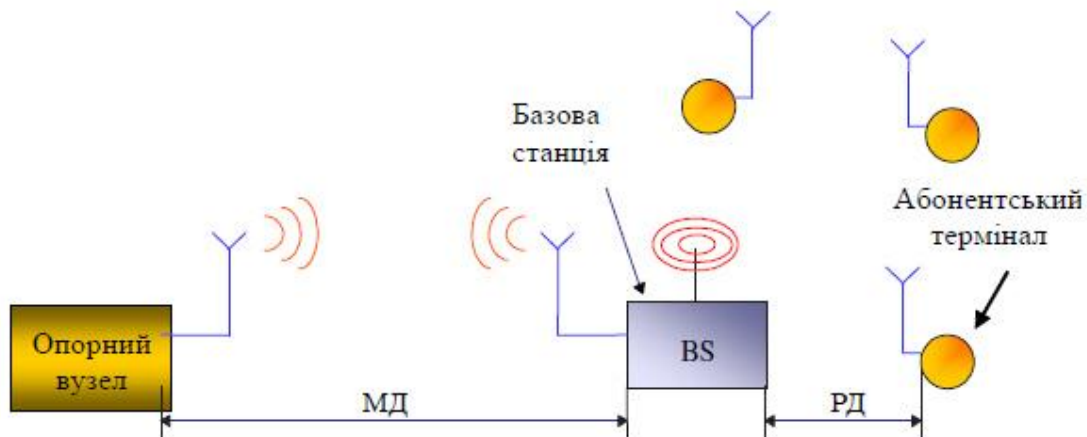


Рис. 83 – Стаціонарний радіодоступ

Абонентський термінал (АТ) є радіоблоком з компактною направленою або ненаправленою антеною. Залежно від типу антени й потужності передавача, допустиме віддалення АТ від базової станції може становити від 5 до 12 км.

Існують вузькосмугові та широкосмугові безпроводові абонентські закінчення.

Вузькосмугові безпроводові закінчення забезпечують передавання тільки низькошвидкісного комп'ютерного (до 128 Кбіт/с) та телефонного трафіку. Типовою технологією вузькосмугового абонентського закінчення є технологія DECT.

Сфери застосування стандарту DECT – це системи мікростільникового зв'язку для бізнесу, безпроводові АТС для середніх і великих компаній, пристрої абонентського доступу до телекомунікаційної мережі загального користування, альтернатива стандартному проводовому під'єднанню WLL, мікростільникові радіотелефони для дому й малих офісів.

Стандарт базується на цифровому радіопередаванні даних між базовими радіостанціями й радіотелефонами за технологією множинного доступу з часовим розподілом, TDMA. Повністю дуплексний зв'язок забезпечується за допомогою часового дуплексування TDD. Діапазон радіочастот, використовуваних для приймання/передавання, – 1880-1900 МГц. Робочий діапазон (20 МГц) розподілено на 10 радіоканалів, кожен – по 1,728 МГц. Обмін інформацією проводиться кадрами; за допомогою часового розподілення в кожному кадрі створюються 24 часові слоти; 24 слоти забезпечують 12 дуплексних каналів для приймання/передавання голосу.

Широкошмугові безпроводові абонентські закінчення засновано на системах поширення телевізійного сигналу, які працюють у високочастотному діапазоні й забезпечують передавання всіх трьох видів трафіку, причому комп'ютерні дані можуть передаватися зі швидкостями кілька мегабіт в секунду.

Системами останнього типу є служба багатоканального багатоточкового розподілення, яка працює на частоті 30 ГГц в Америці та 40 ГГц – в Європі.

Важливий аспект використання цієї служби полягає в тому, що вона пропонує альтернативу високошвидкісним орендованим лініям для бізнесу, забезпечує високошвидкісний доступ до Інтернету та телебачення високої чіткості (HDTV).

Стандарт IEEE 802.16 є більш придатним, оскільки визначає загальні принципи використання частотного діапазону, методи мультиплексування й надані послуги, що дає змогу врахувати інтереси різних виробників обладнання WLL та забезпечити гнучкість таких систем. У даний час інтенсивно освоюються діапазони 2.5, 3.5 і 5.8 ГГц.

Специфікація IEEE 802.16 стала стандартом для побудови мереж *широкошмугового доступу наступного покоління*, які дають змогу не тільки покрити всі зони «останньої милі», але й охопити безпроводовим зв'язком цілі регіони.

15.1.3. Мережі мобільного доступу

Мобільний доступ абонентам надають оператори стільникового зв'язку.

Стандарт CDMA в системі UMTS еволюціонує від вузькошмугового до широкошмугового зі швидкістю передавання до 2.4 Мбіт/с.

Радіоінтерфейс WCDMA містить канали трьох рівнів:

- логічного;
- транспортного;
- фізичного.

Логічні канали визначають тип інформації, яка передається в мережі. Вони організовуються в мережі лише в потрібні моменти часу для виконання конкретних завдань. Транспортні канали визначають, яким чином перетворюється й здійснюються обмін інформацією між елементами мережі. Фізичні канали забезпечують реальне передавання сигналів у мережі

радіодоступу. З фізичними каналами працюють базові станції, а контролери мережі радіодоступу розрізняють і працюють тільки з транспортними каналами. У мережі UMTS передбачено також такі фізичні канали, які виконують функції сигналізації і не містять інформацію транспортних каналів.

Лінії зв'язку в UMTS складаються з ліній «вгору» US-BS – від абонентського обладнання до базової станції та ліній «униз» BS-US – від базової станції до абонентського обладнання. Транспортні канали радіо інтерфейсу WCDMA в лініях US-BS і BS-US мають певні відмінності.

Безпроводовий мобільний доступ до Інтернету надають переважно оператори мобільних телефонних мереж з використанням для передавання пакетного трафіку *протоколу служби пакетного радіозв'язку загального призначення*, який працює в рамках стандарту GSM (General System for Mobile Communication) в діапазоні 1800 МГц.

Мобільні мережі третього покоління 3G задекларовано ІТУ в *концепції IMT-2000* (International Mobile Telecommunications). Їх відмінною рисою є значне перевищення трафіку даних над голосовим трафіком. Роботу над стандартами 3G зосереджено на розширенні займаної смуги частот та удосконаленні принципів побудови радіоінтерфейсу.

У мережах 3G забезпечено такі швидкості передавання даних:

- для абонентів, які рухаються зі швидкістю 120 км/год, - 144 кбіт/с;
- для абонентів, які рухаються зі швидкістю до 3 км/год, - 384 кбіт/с;
- для стаціонарних абонентів – до 2 Мбіт/с.

Для роботи в мережах мобільного доступу використовують абонентські багатофункціональні пристрої (АБП), що є повноцінними продуктами конвергенції, якими є мобільний телефон, плата для комп'ютера, блок, інтегрований в ноутбук. Важливим напрямком розвитку АБП є їх конвергенція з іншими технологіями безпроводового доступу, наприклад, використання SIM-картки пристрою, призначеного для роботи в мережі GSM, в пристроях що працюють за технологією Wi-Fi.

ЛЕКЦІЯ 16. МЕРЕЖІ ДОСТУПУ (2)

План

1. Мережі абонентського проводового і безпроводового доступу.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.. – К. : ДУІКТ, 2009. – 352 с.Буров Є.

16.1. Узагальнена архітектура та модель мережі доступу

Мережі доступу та транспортні мережі є засобом отримання телекомунікаційних та інформаційних послуг.

Узагальнену архітектуру та модель мережі доступу визначено ІТУ-Т у Рекомендації 0.902 (11/95). На рис. 84 наведено узагальнену архітектуру мережі доступу, описану в цій рекомендації.

Елементами узагальненої архітектури мережі доступу є:

- TMN – мережа керування телекомунікаціями;
- UNI – інтерфейс користувач- мережа;
- AN – мережа доступу;
- SNI – інтерфейс сервісного вузла;
- SN – сервісний вузол;
- TN – транспортна мережа;
- Q3 – інтерфейс керування.

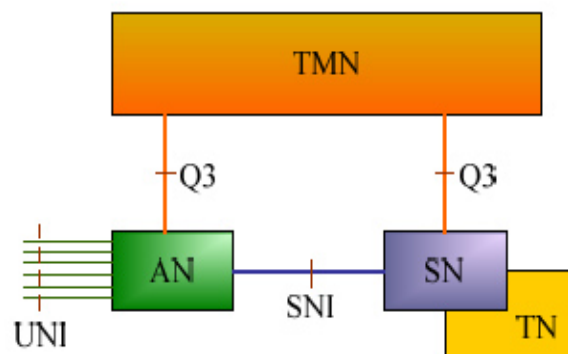


Рис. 84 – Узагальнена архітектура мережі доступу

На мережу керування телекомунікаціями ТМК покладено завдання підтримувати функціональність усіх елементів мережі, що здійснюється шляхом постійного контролювання інтерфейсом Q3 операційних систем керування, конфігурації та координації ресурсів, контролювання безпеки. Опції повномасштабного керування повинні охоплювати мережі доступу різних операторів на великих територіях (у межах міст, областей).

Транспортна мережа ТК забезпечує можливість доступу до різних сервісним вузлів.

- функціями інтерфейсів користувачів є:
- під'єднання терміналів користувачів;
- аналогово-цифрове та цифрово-аналогове перетворення;
- перетворення сигналів (інтерфейсів);
- активація/деактивація І№; тестування;
- контроль, керування та обслуговування.

Прикладами функцій інтерфейсів сервісних вузлів SNI є:

- під'єднання мереж доступу до сервісних вузлів;
- концентрація функцій контролю;
- керування;
- обслуговування в мережах доступу;
- тестування;
- управління;
- контроль та обслуговування інтерфейсів.

Зразками типів сервісних вузлів SN є:

- вузли телефонного зв'язку;
- вузли N-ISDN, вузли B-ISDN, вузли виокремлених ліній;
- вузли пакетної комутації;
- вузли пакетного передавання через виділені лінії;
- вузли відео- та радіопрограм аналогового мовлення;
- вузли відео та радіопрограм цифрового мовлення;
- вузли відео- та радіопрограм на запит;
- вузли Інтернет.

На рис. 85 відтворено узагальнену модель мережі доступу, в якій відображено її основні ділянки, елементи, блоки та системи.

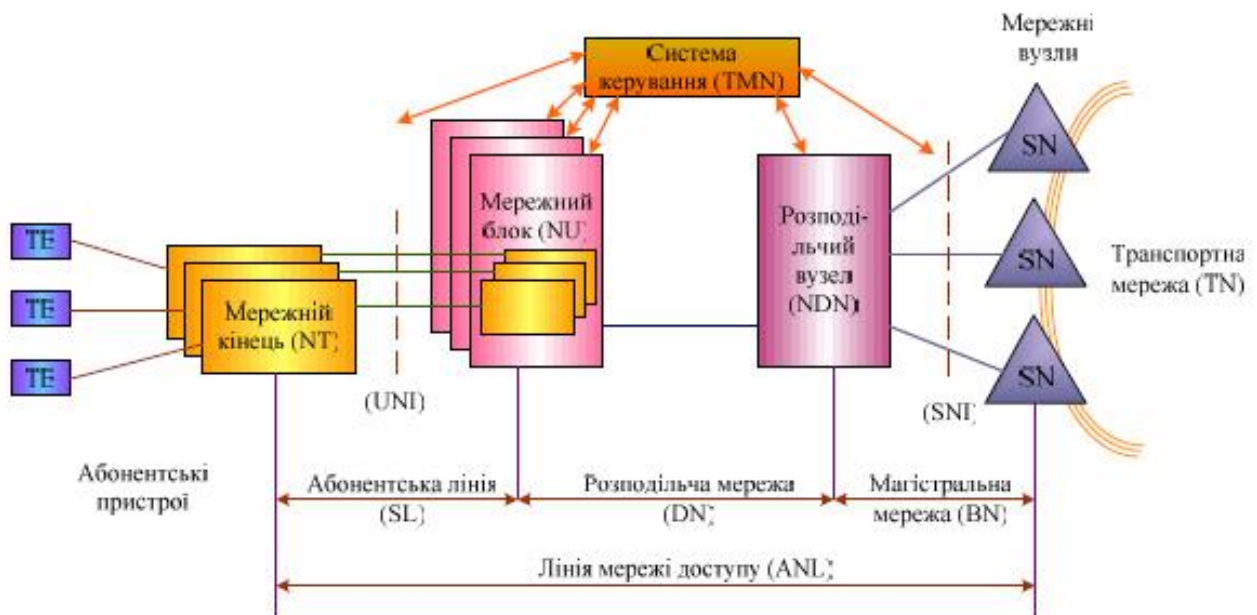


Рис. 85 – Модель мережі доступу

На цій моделі мережа доступу є сукупністю абонентських ліній та обладнання (станцій) місцевої мережі, які забезпечують доступ абонентських терміналів до транспортної мережі та місцевий зв'язок без виходу в транспортну мережу.

Мережеве закінчення NT дає змогу під'єднувати один або декілька користувацьких терміналів TE.

Мережевий блок N забезпечує первинний доступ через мультиплексування й концентрацію трафіку та каналів, а розподільчий вузол DN – доступ абонентських пристроїв TE до сервісних вузлах SN. У даній узагальненій моделі мережі доступу ІТУ-Т уперше вводиться поняття «лінія мережі доступу».

Це лінія, яка з'єднує мережеве закінчення NT з сервісним вузлом SN і проходить через усю мережу доступу. Вона може бути утворена фізичним ланцюгом (колом), каналом (аналоговим або цифровим), складовим каналом, віртуальним каналом або декількома каналами для однакових або різних послуг.

ALN проходить через абонентську лінію SL, інтерфейс UNI мережевий блок NU, розподільчу мережу DN, мережевий розподільчий вузол NDN та магістральну (транспортну) мережу BN.

Модель мережі доступу, визначена ІТУ-Т, відрізняється від звичної схеми мережі абонентського доступу на базі міської телефонної мережі. Для реалізації універсальних можливостей мережі доступу використовуються розглянуті вище системи передавання мідними лініями з застосуванням широкосмужових технологій, оптичного зв'язку та радіосистеми.

16.2. Ієрархія мереж доступу

З точки зору мережевого оператора, мережі доступу можна класифікувати відповідно до ієрархії сегментів: LAN, MAN, WAN. На рис. 86 наведено схему такої структурованої мережі доступу.

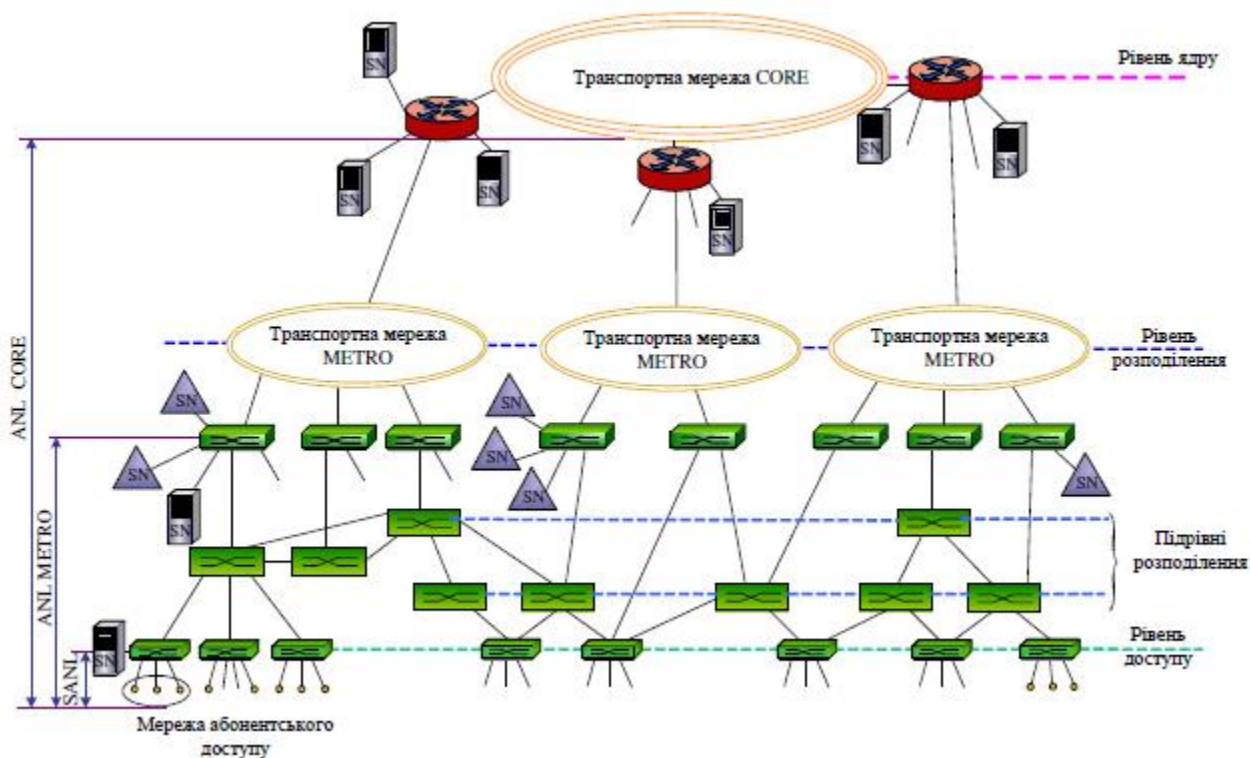


Рис.86 – Схема структурованої мережі доступу

Структуризація мережі доступу ґрунтується на принципі побудови ієрархічної моделі організаційної структури мережі. Ця модель відображає ієрархію рівнів доступу, розподілу та ядра.

Перераховані рівні, відповідно до побудови мереж доступу, можна розглядати як:

- рівні замикання трафіку в процесі організації внутрішньосегментних зв'язків через опорні вузли;
- рівні розташування *сервісних вузлів*.

Функції *розподільчих вузлів* при цьому покладено на опорні вузли відповідних рівнів.

Таким чином, побудова мережі доступу зводиться до організації сегмента формування вихідного трафіка СФВихТ від мережевих закінчень КТ до опорного вузла того рівня, до якого під'єднано відповідні сервісні вузли. Якщо оператор поєднує свою діяльність з діяльністю провайдера послуг, він може зосередити функції розподільчого вузла та сервісного вузла (вузлів) у одному опорному вузлі.

Сервісні вузли SN різних провайдерів розосереджені в мережі. У загальному випадку, доступ до них можна здійснювати через транспортні мережі різних рівнів (METRO, CORE). Хоча канали транспортних мереж забезпечують досить широку смугу пропускання, канали мереж доступу залишаються розрахованими на меншу швидкість.

Ієрархічна модель організаційної структури мережі допускає подання рівня розподілу кількома підрівнями, кількість яких залежить від ступеню агрегації інформаційних потоків, які доправляються в транспортну мережу. Малопотужні потоки об'єднуються в комутаційних вузлах підрівнів розподілу до необхідного ступеня агрегації та остаточно концентруються у вузлах доступу – терміналах транспортної мережі. Ступінь концентрації залежить від технології мультиплексування, яку застосовують.

Ділянки мереж доступу, утворені використанням комутаційних вузлів підрівнів розподілу, можуть розглядатися як самостійні сегменти та мають назву «*мережі міжвузлового зв'язку*». Топологія фізичних зв'язків у сегментах NCN визначається на основі загальних правил побудови сегментів, а також вимог надійності та живучості мережі.

Вузли підрівнів розподілу є суто транзитними вузлами, а лінії зв'язку, які забезпечують їх поєднання, називають *з'єднувальними лініями*.

Традиційно мережі міжвузлового зв'язку NCN масштабу MAN класифікують як:

- нерайоновані;
- районовані без вузлування;
- районовані з вузлуванням (термінологія телефонних мереж), що, характеризує ступінь розгалуженості мережі.

Нерайонована NCN є зоною, в якій мережа NCN спростилася до розміру одного опорного вузла, що, крім своїх основних функцій, забезпечує доступ до транспортної мережі METRO.

Районована NCN без вузлування характеризується наявністю декількох районів обслуговування абонентів на її території, в кожному з яких знаходиться свій ОВ. Усі ОВ об'єднуються між собою для організації міжрайонного зв'язку, наприклад, за принципом «кожний з кожним» або в «кільце» (рис. 87 а, 87 б). Вихід у транспортну мережу організовується в одному з вузлів, який виконує функцію опорно-транзитного.

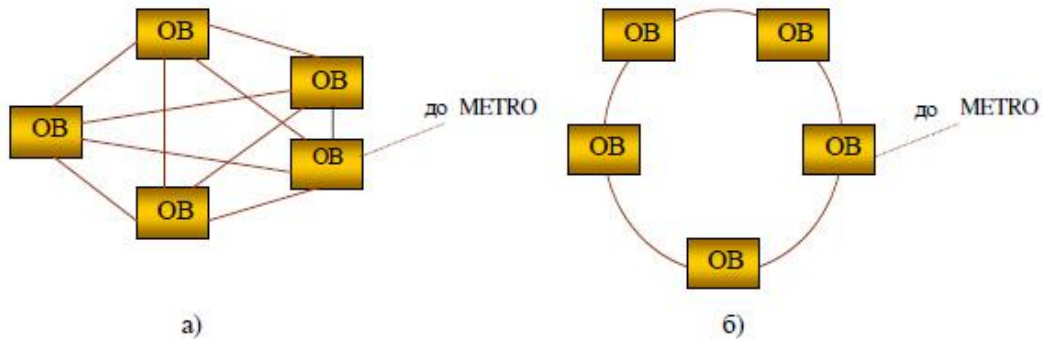


Рис. 87 – Районована мережа NCN без вузлування: а – на основі мідного кабелю, б – на основі ВОК

Районована NCN з вузлуванням припускає наявність у мережі NCN транзитних вузлів (ТВ), через які можна організувати зв'язок міжрайонного обміну. Це вузли наступного за ієрархією підрівня розподілу. Наявність транзитних вузлів припускає утворення для кожного з них свого вузлового району, який містить певне число ОВ (рис. 89). Один з ТВ забезпечує вихід до транспортної мережі METRO.

Мережа міжвузлового зв'язку може містити сегменти, в яких використовуються різні телекомунікаційні технології, реалізовані на основі мідних кабелів і ВОК. Об'єднання таких сегментів здійснюється шляхом використання «шлюзів». Ці функції, як правило, покладаються на транзитні вузли.

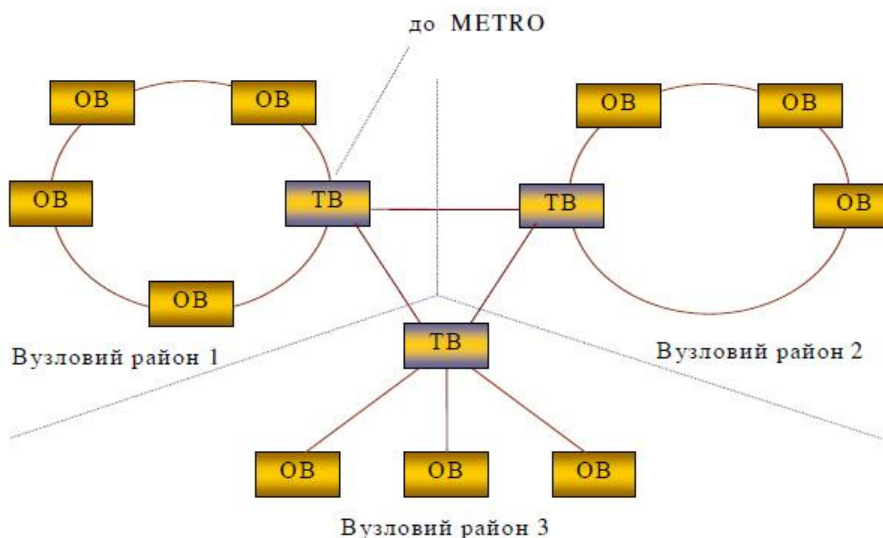


Рис.89 – Районована мережа NCN з вузлуванням

Відповідно до розглянутої *ієрархії мереж доступу* та узагальненої моделі мережі доступу ІТУ-Т, доцільно сформувавши *ієрархію ліній мереж доступу* ANL, а саме:

- перший рівень – лінія мережі доступу ANL проходить від мережевого закінчення NT до сервісного вузла SN, розташованого на рівні доступу ієрархічної моделі організаційної структури мережі;
- другий рівень – лінія мережі доступу ANL проходить від мережевого закінчення NT до сервісного вузла SN, розташованого на рівні розподілу ієрархічної моделі організаційної структури мережі;
- третій рівень – лінія мережі доступу ANL проходить від мережевого закінчення NT до сервісного вузла SN, розташованого на рівні ядра ієрархічної моделі організаційної структури мережі.

У висновку зазначимо, що еволюція розвитку мереж доступу допускає *конвергенцію транспортних мереж та мереж доступу*, що не потребує організувати сегменти NCN. Трансформація транспортних мереж у мультисервісні мережі повинна забезпечити доступ у транспортну мережу потоків різного ступеня агрегації.

Оскільки важко заздалегідь передбачити потреби в розподілі смуги пропускання в транспортних мережах, то, мабуть, переваги матимуть архітектури, які допускають поступове нарощування своїх ресурсів, однак в ширших межах.

Мультисервісний комутатор доступу МКД виконує одночасно функції вузла комутації та вузла мережі доступу для місцевих мереж зв'язку. Системне й програмне забезпечення МКД функціонує в реальному масштабі часу й забезпечує надання всіх телекомунікаційних послуг, а також виконання функцій керування, генерації статистичної та тарифної інформації, технічного обслуговування та моніторингу аварійних ситуацій.

На рис. 90 наведено схему побудови мультисервісного доступу в мережу NGN з використанням МКД та МАК.

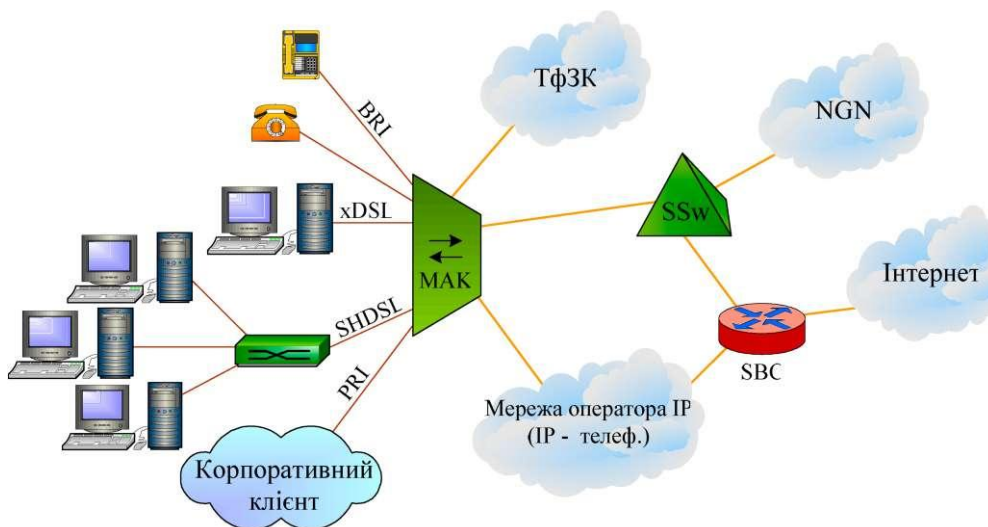


Рис.90 – Мультисервісний доступ

У цій схемі МКД взаємодіє з ТфЗК з використанням сигналізації СС-7 і керує мережею ІР-телефонії. Мультисервісний концентратор МАК під'єднується до нього ІКМ-трактом, який підтримує до 16 потоків Е1.

Цікавою особливістю застосування МКД є можливість об'єднання декількох територіально віддалених пристроїв доступу МАК в один з присвоєнням їм одного коду пункту сигналізації. Крім того, МКД може керувати мережею ІР-телефонії, побудованою на мультисервісних абонентських концентраторах МАК.

Висновки

Нарощувана й гнучка архітектура, висока продуктивність і порівняно невисока вартість послуг забезпечують мобільному зв'язку лідерство серед безпроводових широкосмугових систем доступу. Ця технологія з успіхом застосовується для досягнення вигідних економічних рішень з урахуванням особливостей конкретної географічної зони.

Суворі стандартизація міжсегментних інтерфейсів є вирішальним чинником у створенні глобальної інфокомунікаційної мережі.

ЛЕКЦІЯ 17. ІНТЕРМЕРЕЖІ

План

Вступ

1. Інтермережа.
2. ІР-мережі і ТСП/ІР-мережі.
3. Протокол міжмережевої взаємодії.
4. Організаційна структура Інтернету.

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория передачи сигналов: учебник для вузов / Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.
4. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – М.: Мир, 1989. – 544 с.

Вступ

Практично всі мережі містять у собі декілька мереж, кожна з яких може працювати на основі власної технології каналного рівня.

Відносно складної мережі ми вживаємо термін «інтермережа», який визначає сукупність логічних мереж, що взаємодіють між собою на основі

протоколів та устаткування мережевого рівня. У межах інтермережі логічні мережі з'єднують за допомогою маршрутизаторів, основне призначення яких полягає в передаванні даних із однієї логічної мережі в іншу. Функції маршрутизаторів можуть виконувати як спеціалізовані пристрої, так і універсальні комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням. Компонентами інтермережі можуть бути як локальні, так і глобальні сегменти, внутрішня структура яких не має принципового значення для протоколу мережевого рівня.

17.1. IP-мережі і TCP/IP-мережі

Для стеку TCP/IP основним протоколом мережевого рівня є *протокол міжмережевої взаємодії – інтернет-протокол*, що дає підстави називати інтермережу також *IP-мережею*.

Мережевий рівень функціонує як *координатор роботи* всіх логічних мереж на шляху проходження пакету по складеній IP-мережі. Для переміщення даних у межах окремих логічних мереж мережевий рівень звертається до використовуваних у них технологій каналного рівня. Протоколи мережевого рівня реалізуються, як правило, у вигляді програмних модулів і виконуються на кінцевих вузлах, які називають також хостами, та на проміжних вузлах - шлюзах, інакше – маршрутизаторах.

IP-мережа за функціональною ознакою є *телекомунікаційною мережею*, в якій передавання трафіку здійснюється IP-пакетами.

Реалізація функцій прикладного рівня на базі IP-мережі забезпечує її *сервісні можливості з формування послуг та застосувань*. За функціональною ознакою TCP/IP-мережа є *інформаційною мережею*, класичним прикладом якої є глобальний Інтернет, де *інтернет-сервіс-провайдинг* – це особливий вид діяльності, відокремлений від діяльності мережевих операторів.

17.1.1. Протокол міжмережевої взаємодії

Протокол міжмережевої взаємодії, описаний у документі REF 791, є *основним протоколом мережевого рівня* стеку протоколів TCP/IP.

IP – це неорієнтований на налаштування з'єднання та ненадійний протокол передавання. Термін «неорієнтований на налаштування з'єднання» означає, що сеанс для обміну даними не встановлюється. Термін «ненадійний» означає, що доставка не гарантується.

IP-адреса

Формат IP-адреси стандартний і визначений протоколом IP, тому адреси комп'ютерів ще називають IP-адресами.

IP-адреса комп'ютера складається з чотирьох полів, які відокремлюють крапкою. Кожне поле містить число, значення якого лежить у межах від 0 до 255. Такий формат називають *точково-десятьковою нотацією*. Для зберігання

даних у обчислювальній техніці застосовують двійкові числа, тому IP-адресу можна подати в двійковому вигляді:

двійковий формат – 11000000 10101000 00000011 00011000
(десятковий формат – 192.168.3.24)

У двійковому форматі IP-адреса складається з 32 бітів, які розбиті на чотири октети (поля по 8 біт). Щоб точно вказувати місцезнаходження комп'ютера в мережі, IP-адресу розділено на дві частини, одна містить номер мережі, інша – номер комп'ютера в цій мережі.

Для того, щоб відокремити в IP-адресі поля, пов'язані з номером мережі від полів номера вузла, комп'ютерні мережі поділяють на три основні класи: А, В і С. Класи істотно відрізняються один від одного за розмірами та складністю. Вони визначають, скільки біт в IP-адресі відводиться під номер мережі та скільки під номер вузла.

Один і той самий фізичний пристрій (комп'ютер та ін) може мати декілька IP-адрес, тобто відповідати декільком логічним вузлам. Зазвичай, така ситуація виникає, якщо пристрій має кілька мережевих адаптерів і/або модемів, оскільки з кожним з них повинен бути пов'язаний як мінімум одна унікальна IP-адреса. Хоча нерідко комп'ютеру, який має один мережевий адаптер або модем, може бути присвоєно декілька IP-адрес. Якщо фізичний пристрій має кілька IP-адрес, то говорять, що він має декілька інтерфейсів, (точок під'єднання до логічної мережі).

17.1.2. Підмережі та маски під мереж

Підмережу розуміють як окрему, самостійно функціонуючу частину IP-мережі одного класу, яка під'єднується, як правило, через маршрутизатор. IP-мережу можна розбити на кілька логічних мереж (підмереж), об'єднавши їх маршрутизаторами та присвоївши кожній із них свій ідентифікатор мережі. В одному мережевому класі може існувати безліч підмереж.

Для налаштування підмережі використовують *маску підмережі*, що призначена для визначення адреси мережі незалежно від класу мережі. Формат запису маски підмережі однаковий з форматом IP-адреси: це чотири двійкових октети або чотири поля, розділених крапкою.

17.1.3. Формат IP-пакету (датаграми)

IP-пакет – це форматований блок інформації, який передається IP-мережею, складений із заголовка й текстової частини. Для IP протоколу розроблено дві версії: четверта – IPv4 і шоста - IPv6. На рис. 91 наведено формати IP-паKETІВ відповідно зазначених версій.

0				1				2				3											
0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Версія (4 біти)				IHL				Тип обслуговування				Довжина пакету											
Ідентифікатор								Прапори		Зміщення фрагменту													
Кількість переходів (TTL)				Протокол				Контрольна сума заголовка															
IP-адреса відправника (32 біти)																							
IP-адреса одержувача (32 біти)																							
Параметри (до 320 біт)								Дані (до 65535 байтів мінус заголовки)															

Рис. 91 – Формат пакету версії IPv4

Призначення полів:

Версія – інформація про версію протоколу. Для IPv4 значення поля має дорівнювати 4 бітам.

IHL – довжина заголовка IP-пакету в 32-бітових словах (dword). Саме це поле вказує на початок блоку даних у пакеті. Мінімальне коректне значення для цього поля дорівнює 5 бітам.

Ідентифікатор – значення, яка призначається відправником пакету та призначене для з'ясування коректної послідовності фрагментів при складанні датаграми. Для фрагментованого пакету всі фрагменти мають однаковий ідентифікатор.

Прапори – 3 біти. Перший біт повинен завжди дорівнювати нулю, другий біт DF (don't fragment) визначає можливість фрагментації пакета, а третій біт MF (more fragment) показує, чи не є цей пакет останнім у ланцюжку пакетів.

Зміщення фрагмента – значення, що визначає позицію фрагмента в потоці даних

Протокол-ідентифікатор заголовка Інтернет-протоколу наступного рівня.

17.2. Організаційна структура Інтернету

Більшість протоколів маршрутизації, які застосовують у сучасних мережах з комутацією пакетів, виникли завдяки Інтернету. Для того, щоб зрозуміти їхнє призначення та особливості, корисно ознайомитися з організаційною структурою цієї глобальної мережі.

Інтернет від самого початку створено як мережу, яка об'єднує велику кількість незалежних систем. У його структурі виокремлювали *магістральну мережу – ядро*, а під'єднані до магістралі мережі розглядали як *автономні системи*. (рис. 92).

Магістраль і кожна з автономних систем мали своє власне адміністративне керування та протоколи маршрутизації. Необхідно звернути увагу на те, що розподілення на автономні системи не пов'язано прямо з розподіленням Інтернету на мережі та домени імен. *Автономна система*

об'єднує мережі, де маршрутизація здійснюється під загальним адміністративним керівництвом однієї організації, а домен імен – єдиний для комп'ютерів (можливо тим, які належать різним мережам), для яких призначення унікальних символічних імен відбувається під таким же керівництвом.

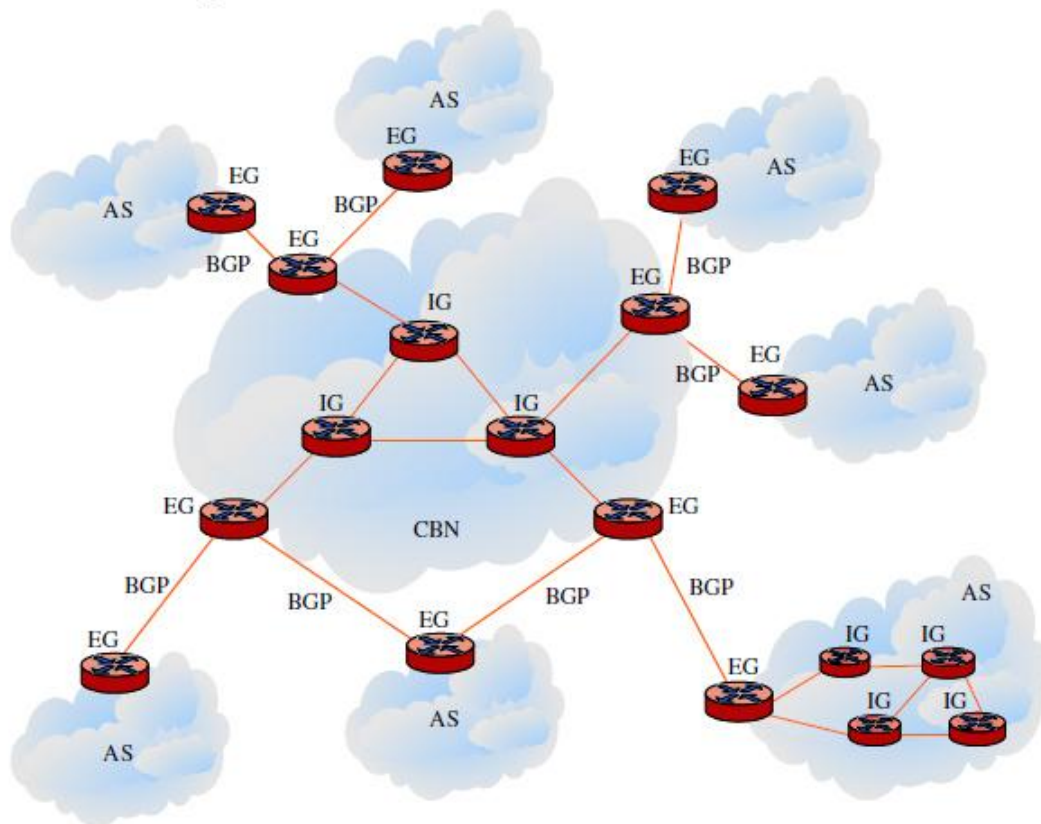


Рис. 92 – Організаційна структура Інтернету

CBR – маршрутна мережа AS – автономна система IG – внутрішній шлюз EG – зовнішній шлюз BGP – протокол суміжної маршрутизації

Сфера дії автономної системи та домену імен можуть іноді збігатися, якщо одна організація виконує обидві зазначені функції.

Маршрутизатори, які застосовуються для формування інтермережі усередині автономної системи, називаються *внутрішніми шлюзами*, а ті, за допомогою яких автономні системи під'єднуються до магістралі CBR, – *зовнішніми шлюзами*. Сама магістраль CBR також є автономною системою.

Усі автономні системи мають спеціальний унікальний 16-розрядний номер, який присвоюється централізовано відповідним адміністративним органом Інтернету, де реєструють усі AS.

Протоколи, що використовуються всередині автономних систем маршрутизації називаються *протоколами внутрішніх шлюзів*, а протоколи обміну маршрутною інформацією між зовнішніми шлюзами автономних систем і шлюзами магістральної мережі CBR – *протоколами зовнішніх шлюзів*. Усередині магістральної мережі CBR також може функціонувати будь-який власний внутрішній протокол IGP.

Поділ усього Інтернету на автономні системи є:

– необхідним для *багаторівневої модульної організації*, що уможливорює розширення будь-якої великої системи. Зміна протоколів маршрутизації всередині якої-небудь автономної системи не повинна впливати на роботу інших автономних систем;

– сприяє агрегуванню інформації на магістральних та зовнішніх шлюзах. Внутрішні шлюзи можуть використовувати для внутрішньої маршрутизації досить детальні графи взаємних зв'язків, щоб вибрати найбільш раціональний маршрут.

Якщо інформація такого ступеня деталізації зберігатиметься в усіх маршрутизаторах мережі, то топологічні бази даних настільки розростуться, що буде потрібно пам'ять гігантських розмірів, а час прийняття рішень про маршрутизацію стане неприйнятно тривалим. Детальна топологічна інформація залишається всередині автономної системи, яку зовнішні шлюзи подають для іншої частини Інтернет як єдине ціле. Вони повідомляють про внутрішній склад автономної системи мінімально необхідні відомості:

- кількість IP-мереж, їх адреси;
- внутрішню відстань до цих мереж від даного зовнішнього шлюзу.

Структура Інтернет з єдиною магістраллю, яка наведена на рис. 92, була такою досить довго, тому спеціально для неї було розроблено протокол маршрутного обміну інформацією між AS, названий EGP. Однак з розвитком інтернет-сервіс-провайдингу структура Інтернету ускладнилася і зв'язки між автономними системами стали довільними. Внаслідок цього протокол EGP поступився місцем *протоколу прикордонної маршрутизації*, який дає змогу розпізнавати наявність петель між автономними системами та вилучати їх з міжсистемних маршрутів.

Висновки

Великомасштабні автономні системи, що складаються із сотень вузлів, можна поділяти на підсистеми (більш дрібні AS). Таке утворення називають *конфедерацією*. Організувати конфедерації рекомендовано в тих випадках, коли в роботу за протоколом BGP залучено велику кількість маршрутизаторів, що викликає лавиноподібне наростання кількості BGP-сеансів на окремому маршрутизаторові. Всередині кожної такої підсистеми AS чинними є всі правила маршрутизації за IGP. Оскільки, кожна підсистема AS має власний номер, вони можуть взаємодіяти із зовнішнім протоколом BGP.

ЛЕКЦІЯ 18. ІНТЕРМЕРЕЖІ (2)

План

Вступ

1.Методи і протоколи маршрутизації.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Бертсекас Д. Сети передачи данных /Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
3. Теория передачи сигналов: учебник для вузов / Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М. – М. : Радио и связь, 1986. – 304 с.

Вступ

Найважливішим завданням мережевого рівня є маршрутизація – передавання пакетів між двома кінцевими вузлами в складеній мережі.

18.1. Методи та протоколи маршрутизації

Завдання щодо вибору маршрутів із декількох можливих вирішують маршрутизатори, а також кінцеві вузли. Маршрут вибирають на підставі наявної у цих пристроїв інформації про поточну конфігурацію мережі, а також з урахуванням зазначеного критерію вибору маршруту. Зазвичай, таким критерієм є затримка проходження маршруту окремим пакетом або середня пропускна здатність маршруту для послідовності пакетів. Часто використовують досить простий критерій, який враховує тільки кількість транзитних маршрутизаторів. Завдання маршрутизації вирішується на основі аналізу відповідних таблиць, розміщених на всіх маршрутизаторах і кінцевих вузлах мережі.

18.1.1. Таблиці маршрутизації

Рішення про просування пакету маршрутизатор приймає на основі *таблиці маршрутизації*. Побудова коректних таблиць маршрутизації на всіх маршрутизаторах у великій складеній мережі є трудомістким завданням. Таблицю маршрутизації для відображення поточної мережевої топології необхідно періодично коригувати, тобто керувати динамічно.

Маршрутизатор виконує це завдання, беручи участь у процесі обміну інформацією про маршрути з іншими маршрутизаторами на основі *протоколів маршрутизації*. Протоколами маршрутизації, які забезпечують обмін інформацією про маршрути в мережах на базі протоколу IP, є протоколи RIP, OSPF, EGP і BGP. Залежно від структури мережі деякі маршрутизатори можуть одночасно підтримувати роботу декількох протоколів маршрутизації.

Будь-який із маршрутизаторів має не менше ніж два порти для під'єднання різних логічних мереж. Кожен порт можна розглядати як окремий вузол мережі, оскільки він має власну *мережеву адресу* та власну *локальну адресу* в кожній мережі, яку до нього під'єднано.

За допомогою протоколів маршрутизації маршрутизатор складає «карту» зв'язків мережі різної деталізації. На підставі цієї інформації для кожного номера мережі приймається рішення про те, якому наступному маршрутизатору треба передавати пакети, які прямують за цією адресою, щоб маршрут був раціональним. Результати таких рішень заносять до таблиці маршрутизації.

У таблиці 1 наведено приклад простої таблиці маршрутизації. У цій таблиці розміщено типові записи для протоколів маршрутизації, таких, наприклад, як RIP, які використовують в якості метрики маршруту кількість переходів, так званих *хопів* (hop count).

Таблиця 1

Номер мережі одержувача 128.3.0.0			
Наступний маршрутизатор на шляху	Кількість переходів	Протокол маршрутизації	Часовий таймер
128.5.3.2	3	RIP	145
128.5.4.7	3	RIP	170
128.5.3.9	6	RIP	25

Кожен запис у таблиці маршрутизації містить таку інформацію:

– *наступний маршрут на шляху* містить IP-адресу віддаленого маршрутизатора, якому необхідно послати пакети для доставки їх за адресою призначення;

– *кількість переходів* визначає кількість переходів (хопів) між даним маршрутизатором і одержувачем пакетів;

– *протокол маршрутизації* визначає протокол маршрутизації, за допомогою якого запис з'явився в таблиці маршрутизації;

– *часовий таймер* визначає час з моменту останнього поновлення запису в таблиці. Цей таймер скидає показання щоразу після отримання оновлення.

В основному маршрутизатори керують таблицею маршрутизації, яка містить тільки один маршрут для кожної мережі призначення. Деякі протоколи маршрутизації можуть керувати більш ніж одним маршрутом у певну мережу (прикладом є протокол OSPF).

Маршрутизатори повинні перевіряти свої таблиці маршрутизації, відшукуючи шлях для кожного пакету. Зміна конфігурації мережі деякі записи в таблиці спростовує. У подібних випадках пакети можуть бути відправлені за помилковими маршрутами, можуть зациклюватися та губитися. Якщо маршрут неможливо знайти, то маршрутизатору, який виконує пошук, необхідно видалити пакет з обігу.

Слід зазначити, що таблиця маршрутизації існує не тільки в маршрутизаторів із декількома портами, а й у хостів, які під'єднуються до мережі через один мережевий адаптер. Відмінність у цій ситуації полягає в

тому, що всі пакети необхідно видавати тільки через один-єдиний порт, незалежно від їх адреси призначення.

18.1.2. Алгоритми та протоколи маршрутизації

Залежно від способу формування таблиць маршрутизації однокроковий алгоритми поділяють на три класи:

- алгоритми фіксованої (або статичної) маршрутизації;
- алгоритми простої маршрутизації;
- алгоритми адаптивної (або динамічної) маршрутизації.

Якщо *маршрутизація є фіксованою*, то всі записи в таблиці маршрутизації – статичні.

Таблицю створюють у процесі завантаження та редагують, якщо це необхідно. Такі виправлення можуть знадобитися, зокрема, якщо в мережі відмовляє якийсь маршрутизатор, а його функції передають іншому.

Таблиці розрізняють одномаршрутні, в яких для кожного адресата задано один шлях, та багато маршрутні, коли пропонується декілька альтернативних шляхів. У разі багатомаршрутних таблиць повинно бути задано правило вибору одного з маршрутів. Найчастіше один шлях є основним, а інші – резервними.

У алгоритмах *простої маршрутизації* таблиця маршрутизації або зовсім не використовується, або будується без протоколів маршрутизації. Виокремлюють три типи простої маршрутизації:

- випадкова маршрутизація, коли пакет, який прибув, надсилається в будь-якому вільному напрямку, крім вихідного;
- лавинна маршрутизація, коли пакет ширококомовно надсилається у всіх можливих напрямках, крім вихідного (аналогічно тому, як мости обробляють кадри з невідомою адресою);
- маршрутизація з урахуванням накопиченого досвіду, коли вибір маршруту здійснюється за таблицею, але таблиця будується так само, як і у випадку мосту, шляхом аналізу адресних полів пакетів, які надходять.

Найбільшого поширення набули алгоритми *адаптивної*, або *динамічної* маршрутизації.

Адаптивні алгоритми мають розподілений характер, тобто в мережі немає спеціально виділених маршрутизаторів для збору та узагальнення топологічної інформації: цю роботу розподілено між усіма маршрутизаторами.

У глобальних мережах використовують так звані *сервери маршрутів*. Вони збирають маршрутну інформацію, а потім за запитом роздають її маршрутизаторів. У цьому випадку останні або звільняються від функції створення таблиці маршрутизації, або створюють тільки частину таблиці. Взаємодія маршрутизаторів із серверами маршрутів здійснюється за спеціальними протоколами, наприклад, *протоколом вибору наступного кроку*.

Адаптивні алгоритми маршрутизації повинні відповідати таким вимогам:

- вони зобов'язані забезпечувати вибір якщо не оптимального, то хоча б раціонального маршруту;

– неодмінна простота, щоб відповідні реалізації не споживали значні мережеві ресурси, зокрема вони не повинні породжувати занадто великий обсяг обчислень або інтенсивний службовий трафік.

Алгоритми маршрутизації повинні мати властивість збіжності, тобто завжди приводить до однозначного результату за прийнятний час.

Сучасні адаптивні протоколи обміну інформацією про маршрути, у свою чергу, поділяють на дві групи, кожна з яких пов'язана з одним із наступних типів алгоритмів:

- дистанційно-векторні алгоритми;
- алгоритми стану зв'язків.

В алгоритмах *дистанційно-векторного* типу кожен маршрутизатор періодично й ширококомовно розсилає мережею вектор, компонентами якого є відстані від даного маршрутизатора до всіх відомих йому мереж. Під відстанню розуміють кількість транзитних вузлів. Метрика може бути й такою, яка враховує не тільки кількість проміжних маршрутизаторів, але й час проходження пакетів між сусідніми маршрутизаторами або надійність шляхів.

Одержавши вектор від сусіда, маршрутизатор збільшує відстань до зазначених у ньому мереж на довжину шляху до даного сусіда та додає до нього інформацію про відомі йому інші мережі, про які він дізнався безпосередньо (якщо вони під'єднані до його портів) або з аналогічних оголошень інших маршрутизаторів, а потім розсилає нове значення вектора мережею. Врешті-решт, кожен маршрутизатор дізнається інформацію про всі наявні в об'єднаній мережі мережах і про відстань до них через сусідні маршрутизатори.

Дистанційно-векторні алгоритми добре працюють тільки в невеликих мережах.

Найбільш поширеним протоколом на базі дистанційно-векторного алгоритму є *протокол маршрутної інформації*.

Алгоритми стану зв'язків дають змогу кожному маршрутизатору отримати достатню інформацію для побудови точного графа зв'язків мережі. Всі маршрутизатори працюють на основі однакових графів, у результаті чого процес маршрутизації виявляється більш стійким до змін конфігурації. «Широкомовна» розсилка (передавання пакету всім найближчим сусідам маршрутизатора) проводиться тут тільки при змінах стану зв'язків, що в надійних мережах відбувається не так часто.

Вершинами графа є як маршрутизатори, так об'єднані ними мережі. Поширювана у мережі інформація складається з опису зв'язків різних типів: маршрутизатор-маршрутизатор, маршрутизатор-мережа.

Для того щоб зрозуміти, в якому стані знаходяться лінії зв'язку, під'єднані до портів маршрутизатора, він повинен періодично обмінюватися короткими пакетами HELLO зі своїми найближчими сусідами. Цей службовий трафік також засмічує мережу, але не так, як, наприклад, пакети RIP, оскільки як пакети HELLO мають набагато менший обсяг.

Прикладом протоколу на основі алгоритму стану зв'язків може бути протокол першочергового вибору найкоротшого шляху «відкрити найкоротший шлях першим» стеку TCP/IP.

Маршрутизатори OSPF можуть брати адресну інформацію від інших протоколів маршрутизації, наприклад від протоколу RIP, що є корисним для роботи в гетерогенних мережах. Така адресна інформація обробляється так само, як і зовнішня інформація між різними областями.

Протоколи RIP і OSPF є *внутрішніми шлюзовими протоколами IGP*, вони працюють на маршрутизаторах корпоративних мереж.

Протокол керування передаванням (Transmission Control Protocol, TCP) використовують як *надійний транспортний засіб* для взаємодії розподілених прикладних процесів у TCP/IP мережах. Протокол TCP працює, як і протокол UDP, на транспортному рівні, який забезпечує надійне транспортування даних між прикладними програмами шляхом налаштування логічного з'єднання між ними.

Для забезпечення надійного передавання даних налаштованими логічними з'єднаннями між парами прикладних програм протокол TCP повинен забезпечувати виконання таких функцій:

- передавати необхідні дані;
- підтримувати достовірність даних під час передавання;
- керувати потоком даних;
- розділяти канали зв'язку;
- обслуговувати налаштовані з'єднання;
- підтримувати встановлений пріоритет користувачів і відповідний

рівень безпеки.

Сегмент є одиницею даних протоколу TCP. Вихідні від застосування дані буферизують засоби TCP. Для передавання на мережевий рівень з буферу «вирізають» певну безперервна частина даних, яку називають сегментом. Розмежування сегментів TCP здійснює протокол IP. Не всі сегменти, надіслані через з'єднання, будуть однакового розміру. Однак обидва учасники з'єднання повинні домовитися про максимальний розміру сегменту, який вони будуть використовувати. Цей розмір вибирають таким, щоб при пакуванні сегменту в IP-датаграму він умістився туди цілком.

Адресатом інформації є модуль протоколу TCP на приймальному кінці. Цей модуль розміщує дані сегменту в буфер прикладної програми одержувача та сповіщає його про прибуття даних. З кожним модулем TCP пов'язано модуль протоколу IP, який забезпечує передавання локальною мережею. При цьому відбувається інкапсуляція сегменту TCP у датаграму протоколу IP. Ця датаграма, у свою чергу, поміщається в кадр канального рівня відповідного типу. Протокол IP здійснює фрагментацію та збирання сегментів TCP, необхідне для здійснення передавання та доставки їх через безліч мереж із різними технологіями канального рівня.

Протокол TCP дає можливість одержувачеві керувати кількістю даних, які надсилає йому відправником. Це досягається посилкою разом з кожним

підтвердженням так званого вікна. Вікно визначає кількість сегментів інформації, яку відправник може послати до отримання подальших вказівок. У вікні вказано діапазон номерів, наступних після номеру успішно прийнятого сегменту.

Правильність передавання кожного сегменту підтверджує квитанція одержувача. Для організації повторного передавання раніше перекручених даних відправник нумерує сегменти для передавання. Для кожного сегменту відправник чекає від одержувача позитивну квитанцію, тобто службове повідомлення, яке повідомляє про те, що вихідний сегмент отримано, а дані в ньому є коректними. Час очікування квитанції є обмеженим. Відправляючи сегмент, відправник запускає таймер, і якщо після закінчення часу таймера квитанцію не отримано, то сегмент вважається загубленим.

Метод з простоями вимагає, щоб відправник очікував отримання квитанції від одержувача та тільки після цього посилав наступний сегмент. На рис. 94 показаний приклад методу з простоями.

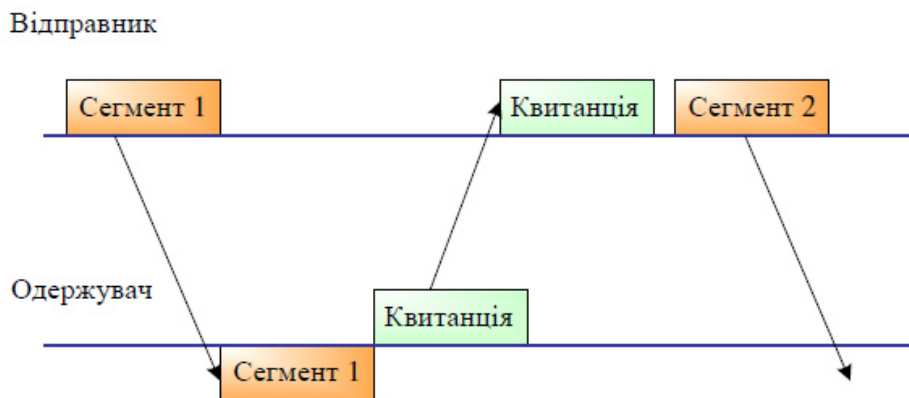


Рис. 94 – Приклад методу передавання сегментів з простоями

Даний метод має низьку швидкістю передавання даних. Особливо це стає помітним на низькошвидкісних каналах зв'язку.

Використовуючи метод з організацією вікна, названого ще методом безперервного відправлення сегментів, відправник може передати деяку кількість сегментів безперервно – без отримання на ці сегменти квитанції. Кількість сегментів, які дозволено передавати таким чином, вказується розміром вікна. На рис. 95 наведено приклад реалізації цього методу для розміру вікна в N сегментів.

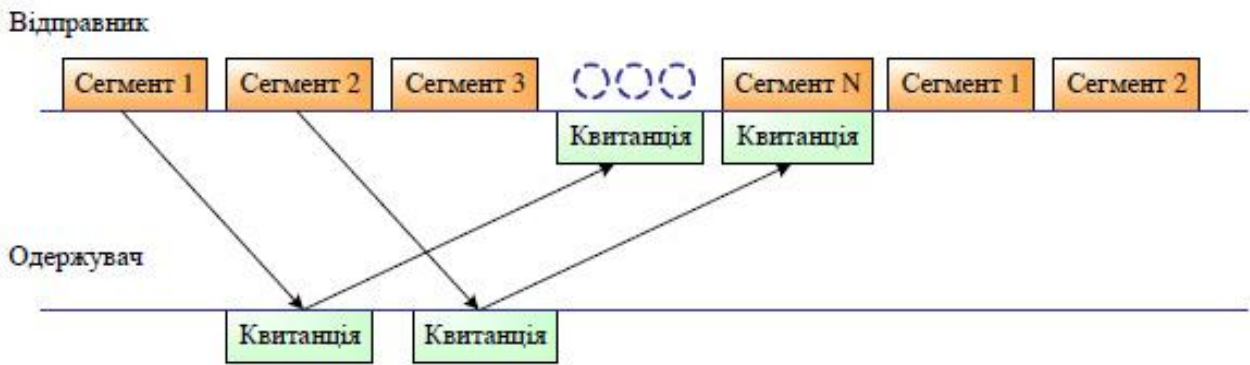


Рис. 95 – Метод безперервної відправки сегментів

Сегменти під час обміну нумерують циклічно – від 1 до N . Відправляючи сегмент 1 , відправнику дозволено передати ще $N - 1$ сегментів до отримання квитанції на сегмент 1 . Якщо ж за цей час квитанція на сегмент 1 так і не прийшла, то процес передавання припиняється, а після закінчення деякого часу сегмент 1 вважається загубленим і передається знову.

Якщо потік квитанцій надходить регулярно, в межах числа N сегментів, то швидкість обміну досягає максимально можливої величини для даного каналу зв'язку. Такий алгоритм називають *алгоритмом ковзного вікна*. Щоразу, отримуючи квитанції, вікно переміщається, захоплюючи нові сегменти, які дозволено передавати без підтвердження. Як квитанції одержувач сегмента відсилає відповідь, у якій міститься число, яке на одиницю перевищує максимальний номер байта в отриманому сегменті. Якщо розмір вікна дорівнює N , а остання квитанція містила значення K , то відправник може посилати нові сегменти доти, поки в черговий сегмент не потрапить байт з номером $K + N$. Цей сегмент виходить за межі вікна, що свідчить про необхідність призупинення передавання.

Для одночасного використання можливостей протоколу TCP кількома прикладними програмами на одному комп'ютері використовують набір адрес і протокольних портів. Зауважимо, що порти протоколу TCP відрізняються від портів протоколу UDP. Оскільки кожна програма протоколу TCP обирає ідентифікаторів портів незалежно, то вони не будуть унікальні. Унікальною буде сукупність ідентифікатора порту та його IP-адреси. Ця сукупність має назву «*сокет*».

З'єднання між відправником і одержувачем визначаються двома сокетами на кінцях. Спрощено процес з'єднання можна подати такою послідовністю дій:

1) ініціатор з'єднання надсилає запит до протоколу TCP на відкриття порту для передавання;

2) після відкриття порту протокол TCP на стороні застосування-ініціатора надсилає запит застосуванню, з яким потрібно налаштувати з'єднання;

3) протокол TCP на приймальній стороні відкриває порт для прийому даних і відсилає квитанцію, яка підтверджує прийом запиту;

4) приймальня сторона відкриває порт для передавання і також передає запит до протилежної сторони;

5) застосування-ініціатор відкриває порт для прийому та повертає квитанцію. З цього моменту з'єднання вважається налаштованим: починається обмін інформацією.

Існують кілька основних концепцій зв'язку портів із прикладними програмами, враховуючи будь-які реалізації протоколу TCP, та *загальновідомі сокети*. Для збереження всієї сукупності інформації щодо процесу створення сокетів є структура даних, яку називають *блоком керування передаванням*. Блок TCP формується для кожного з'єднання, є необхідним для підтримування з'єднань протоколу TCP та містить ряд змінних, якими є номери локального та віддаленого сокетів, прапори безпеки та пріоритети для даного з'єднання, показчики буферів надсилання та отримання, показчики поточного сегменту та черги повторного надсилання. Крім перерахованих вище змінних, блок має ряд змінних, які визначають черговість відправлення.

Висновки

Протокол TCP використовується як транспортний механізм обміну маршрутною інформацією в протоколі політики маршрутизації BGP. Протокол TCP знаходиться в постійному розвитку. Один із останніх кроків у розвитку протоколу регламентовано у документі RFC-1323. Ця модернізація протоколу адаптує його до дуже високих швидкостей передавання (до терабіт в секунду).

ЛЕКЦІЯ 19. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ПІДПРИЄМСТВ

План

Вступ

1. Особливості побудови мереж підприємств.
2. Технології та устаткування телекомунікаційних мереж підприємств.
3. Структуровані кабельні системи будівель.
4. Організація віддаленого доступу в мережах підприємств.

Висновки

Література

1. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів : вид-во УАД, 2011. – 496 с.
2. Теория сетей связи : учеб. для вузов связи / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М. : Радио и Связь, 1981.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.

Вступ

Основне призначення мережі підприємств – це забезпечення колективного доступу користувачів до інформаційних ресурсів (баз даних) підприємства та виходу в глобальні мережі, поділ дорогого периферійного обладнання та оргтехніки, призначеної для роботи в мережі, підвищення ефективності виробничого процесу (бізнес-процесу) за рахунок автоматизації якомога більшої кількості виробничих операцій. Отже, *мережі підприємств є класичним прикладом інформаційних мереж*, де основний трафік формується в результаті взаємодії прикладних процесів кінцевих систем.

19.1. Особливості побудови мереж підприємств

Мережі підприємств організовуються на основі принципів побудови сегментів LAN. Їх прикметними особливостями є компактне розташування користувачів і високі швидкості передавання трафіку.

Принцип сегментування мережі великого підприємства, як правило, відображає його організаційну структуру. Кількість рівнів структуризації в мережі є пропорційним до масштабу підприємства. Так, для об'єднання кінцевих пристроїв у сегменті масштабу мережі невеликої робочої групи цілком можна обмежитися комутатором рівня доступу. Для об'єднання сегментів робочих груп у сегмент масштабу відділу й далі – підприємства необхідно долучати комутатори відповідно рівнів розподілу й ядра (рис. 96).

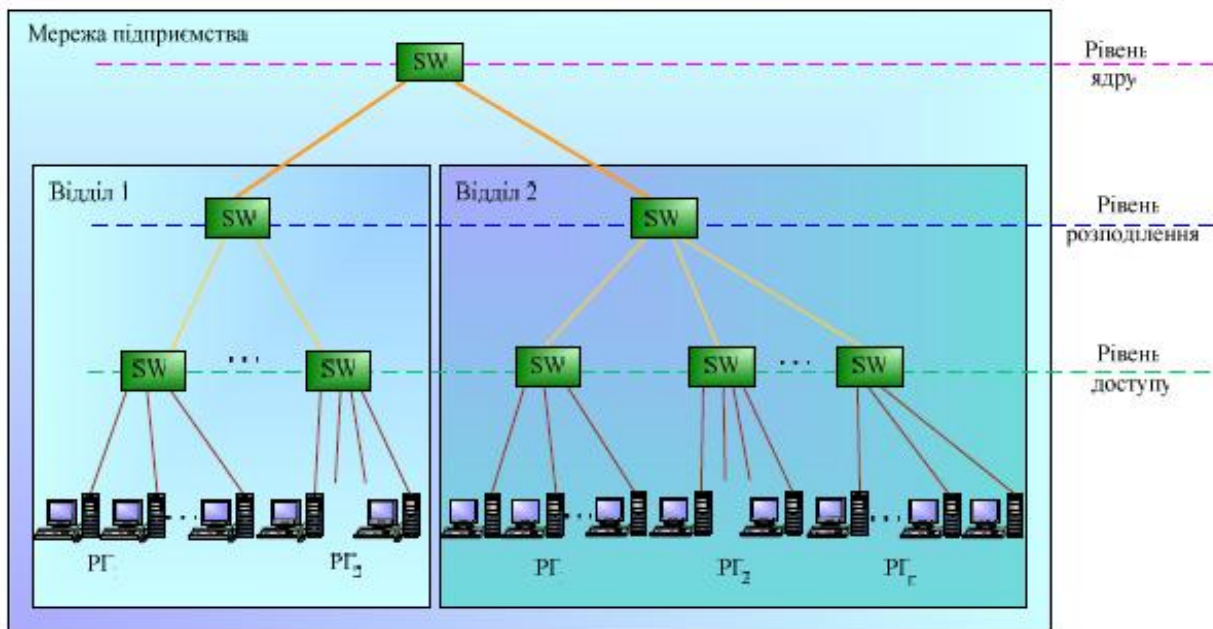


Рис. 96 – Зразок мережі підприємства

Побудова телекомунікаційних мереж підприємств ґрунтується на загальних принципах побудови сегментів фізичного каналного й мережевого рівнів. У якості ліній зв'язку, як правило, використовують прості ланки (без ущільнення й мультиплексування).

19.1.1. Термінальне устаткування мереж підприємств

Термінальним устаткуванням мереж підприємств є апаратура класу DTE.

Термінальні пристрої телекомунікаційних служб. До *цих пристроїв належать кінцеві пристрої користувачів*, а саме:

- цифрові та аналогові телефонні апарати;
- IP-телефони;
- факс-апарати;
- офісні міні-АТС;
- алфавітно-цифрові, графічні та відеотермінали.

Використовуються у клієнт-серверних системах для організації робочого місця користувача, а також як консолі для керування мережевими обладнаннями. Термінали мають власну систему команд (популярні системи команд VT-52, VT-100), які мають відмінності в трактуванні управляючих символів і послідовностей. Розрізняють також таблиці кодування символів.

Комп'ютери. Залежно від функцій, які комп'ютер виконує у мережі, він може розглядатися як робоча станція або сервер. Функціональне призначення робочої станції визначають інсталювані в неї застосування та її периферія (мультимедійні аксесуари, IP-телефони, відеотелефони, та ін.).

Сервер, який працює в режимі хосту, може бути під'єднаним до одного й більше сегментів мережі підприємства. Він отримує та надсилає потоки даних будь-якого із сегментів, але не має права переспрямовувати (ретранслювати) дані з одного сегмента в інший. Інакше він стає мережовим комунікаційним пристроєм.

Розподільчі принтери. Забезпечують друк завдань для користувачів мережі. У загальному випадку для цього потрібно мати принт-сервер, який керує вибором завдань з черги і, власне, принтер, під'єднаний до принт-серверу (як правило, через порт LPT, можливо USB, іноді через COM-порт). Функції принт-сервера може виконувати звичайний комп'ютер, під'єднаний до мережі. Під'єднання принтера за допомогою кабелю до комп'ютера територіально «прив'язує» принтер до комп'ютера (на відстань до 5 м), а це не завжди зручно.

Мережові принтери. Це тип принтерів, які мають вбудований мережовий інтерфейс (мережовий адаптер) і вбудоване програмне забезпечення (принт-сервер). До мережі під'єднуються самостійно, територіально можуть розташовуватися в будь-якому місці, де є телекомунікаційний роз'єм мережі.

Апаратні принт-сервери. Це мікроконтролери, які забезпечені мережними адаптерами. Вони також мають кілька портів для під'єднання звичайних принтерів. Можливість під'єднання відразу декількох принтерів є відмінною рисою апаратного принт-сервера. Вбудоване в апаратний принт-сервер програмне забезпечення виконує вибір завдань із черги на друк.

Плотери (графобудівники). Припускають використання в режимі розподілення, якщо вони підтримують стандартний протокол керування потоком даних. У разі наявності паралельного інтерфейсу плотер без проблем

може під'єднуватися до будь-якого принт-сервера (аналогічно до принтера). Плотери з послідовними інтерфейсами можуть взаємодіяти з застосуваннями тільки локально, через спеціальний драйвер.

Для під'єднання термінальних пристроїв локальної мережі до фізичного середовища передавання, використовується апаратура класу DCE. У даному випадку цю функцію виконує *мережевий адаптер* або *мережева інтерфейсна карта*. Це вбудований інтерфейсний пристрій, який є джерелом і приймачем даних у кінцевих вузлах мережі. Разом зі своїм драйвером (системною програмою) він здійснює передавання й приймання кадрів локальних сегментів (реалізує функції фізичного рівня моделі OSI/ISO або підрівня MAC – доступу до середовища). Його тип повинен відповідати призначенню кінцевого пристрою мережі та його мережеві активності (клієнт, сервер), а також застосовуваний мережеві технології.

19.2. Технології та устаткування телекомунікаційних мереж підприємств

З переходом на комутовану топологію, стало можливим, шляхом кросування портів комунікаційного обладнання, реалізувати будь-яку з перерахованих вище топологій тільки на фізичній топології «зірка» (або «ієрархічна зірка»).

Алгоритм побудови покривного дерева. Основна специфікації ITU-T, яка містить протокол, що реалізує алгоритм STA. Це – стандарт IEEE 802.1D.

Протокол STA знаходить конфігурацію покривного дерева в три етапи. На першому етапі визначається кореневий комутатор, на другому – кореневі порти, на третьому – призначені порти сегментів.

Транки – це з'єднання між двома комунікаційними пристроями, які утворюються логічним об'єднанням фізичних портів заздалегідь передбачених надлишкових зв'язків у загальний логічний канал з єдиним логічним портом. При цьому не тільки збільшується пропускна здатність з'єднання, а й підвищується його надійності. У разі відмови одного з зв'язків агрегованого з'єднання, трафік перерозподіляється між рештою ліній. Стандартний спосіб створення транкового з'єднання описано в специфікації IEEE 802.3ad.

Використання транків є зручним, коли підвищення швидкості передавання потрібним є не у всій мережі, а на окремих ділянках, наприклад, у лінії, яка з'єднує комутатор з сервером, потік звернень до якого є досить інтенсивним. Транк використовують як для зв'язків між комп'ютером і комутатором, так і для зв'язків між портами комутаторів. Агрегований канал може бути утворений не тільки між двома сусідніми комутаторами, але й розподілятися між портами декількох комутаторів. Для автоматичного повідомлення про приналежність фізичного порту до певного агрегованого порту використовують спеціальний *протокол керування агрегуванням ліній зв'язку*. Методи агрегування зв'язків мають певні обмеження: вони вимагають наявності надлишкової кількості портів у з'єднувальних пристроях.

Технологія віртуальних локальних мереж дає змогу в мережі, побудованій на комутаторах, створювати сегменти, трафіки яких повністю ізолюються один від одного. Це досягається шляхом логічного конфігурування комутаторів мережевим адміністратором і не вимагає зміни фізичної структури мережі.

Технологія VLAN, таким чином, забезпечує вирішення проблеми бар'єрів на шляху ширококомовного трафіку, оскільки весь трафік (зокрема ширококомовний) вузлів, які належать одній віртуальній мережі, на каналному рівні повністю ізолюється від інших вузлів мережі. Це означає, що передавання кадрів між різними віртуальними мережами на основі адреси каналного рівня є неможливим, незалежно від типу адреси – унікальної, групової або ширококомовної. Водночас усередині віртуальної мережі кадри передаються за технологією комутації, тобто лише на той порт, який пов'язаний з адресою призначення кадру. Віртуальні мережі можуть перетинатися, якщо один або декілька комп'ютерів входять до складу більш ніж однієї віртуальної мережі. Таким чином віртуальна мережа утворює *домен ширококомовного трафіку*.

Базові правила побудови віртуальних локальних мереж визначено стандартом IEEE 802.1Q та не залежать від протоколу каналного рівня, який підтримує комутатор.

Використовуючи технології VLAN в мережі підприємства, одночасно можна вирішувати такі завдання:

- підвищувати загальну корисну пропускну спроможність мережі за рахунок локалізації ширококомовного трафіку в окремих сегментах VLAN;
- забезпечувати можливість гнучкого формування сегментів мережі з некомпактно розташованих вузлів на програмованій основі, а не шляхом їх фізичного переміщення або перекомутації на крос-панелях;
- ізолювати мережі одну від іншої для керування правами доступу користувачів.

Для поєднання віртуальних мереж у загальну мережу необхідним є залучення мережевого рівня, що може бути реалізовано в окремому маршрутизаторі або у складі програмного забезпечення комутатора, який при цьому стає комбінованим пристроєм – *комутатором 3-го рівня*.

Створюючи віртуальні мережі на основі одного комутатора, зазвичай, використовують *механізм групування в мережі портів комутатора* (рис. 97), за яким кожен порт приписують до тієї чи іншої віртуальної мережі.

Кадр, що надійшов від порту, який належить, наприклад, віртуальній мережі 1, ніколи не буде передано порту, який не належить цій віртуальній мережі. Порт можна приписати до декількох віртуальних мереж, хоча у практиці так роблять рідко (зникає ефект повної ізоляції мереж).

Групування портів для одного комутатора – найбільш логічний спосіб утворення VLAN, оскільки віртуальних мереж, побудованих на основі одного комутатора, не може бути більше, ніж портів. Однак групування портів погано працює в мережах, побудованих на декількох комутаторах.

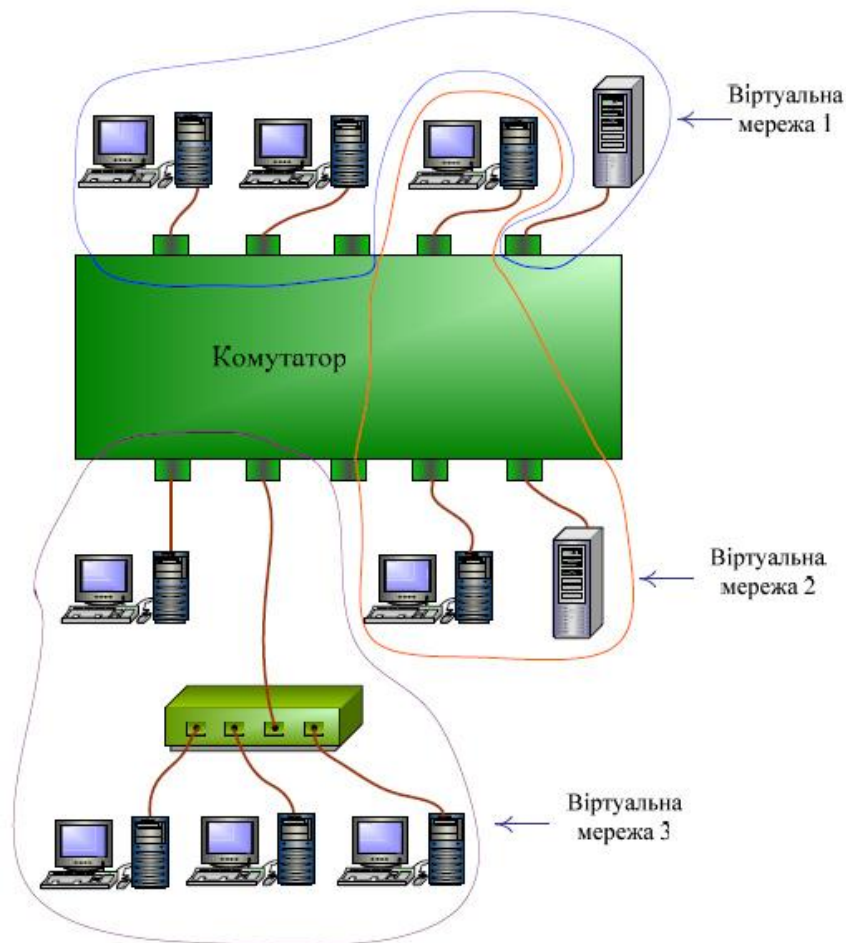


Рис. 97 – Віртуальні мережі, побудовані на одному комутаторі

19.3. Структуровані кабельні системи будівель

Використання комутованої топології, яка забезпечила незалежність топології фізичних зв'язків від застосовуваної мережевої технології в сегментах LAN, дало змогу розглядати телекомунікаційні мережі будівель як самостійні об'єкти – *структуровані кабельні системи*.

Структурована кабельна система (СКС) є невід'ємною частиною будь-якого сучасного будинку, істотно підвищує ринкову вартість об'єкта нерухомості. Її створюють на етапі будівництва або переобладнання об'єкта під будівлю офісного типу. Офісною будівлею є будь-який будинок або його частина, основна площа якого призначена для організації робочих місць співробітників. Типовими прикладами офісних будівель є бізнес-центри, державні та фінансові установи, навчальні заклади тощо.

Сучасна СКС є устаткуванням, що містить компоненти пасивного мережевого обладнання, створеного на основі відповідних стандартів. Технічний рівень елементної бази, яку застосовують для побудови СКС, задається стандартом таким чином, щоб забезпечити тривалість експлуатації кабельної системи мінімально на 10 років.

На сьогодні у світі чинними є три основні стандарти СКС³⁰:

- Американський – EIA/TIA-568-A;
- Міжнародний – I80/IEC 11801;
- Європейський – ЕК 50173.

У вказаних стандартах СКС визначено як кабельну систему, принцип побудови якої відповідає трьом основним ознакам: *структуризації, універсальності та надлишковості*.

Структуризація припускає розбивку кабельної проводки та її аксесуарів на окремі підсистеми, кожна з яких виконує певні функції й забезпечена стандартизованим інтерфейсом для зв'язку з іншими підсистемами та активним комунікаційним устаткуванням. Кожна підсистема обов'язково складається з великого набору засобів перемикання, що забезпечує її високу гнучкість і можливість швидкої зміни конфігурації.

Універсальність кабельної системи полягає в тому, що її споруджують без прив'язки до будь-якої конкретної мережевої технології та будують за принципами відкритої архітектури, набір основних технічних характеристик якої зафіксовано в стандартах. У нормативних документах визначено параметри як електричних і оптичних кабельних трас кожної з підсистем, так і їх інтерфейсів.

Для з'єднання підсистем СКС між собою, а також з активним устаткуванням передбачено обмежений набір шнурів з універсальними роз'ємами.

Надлишковість припускає долучення до складу СКС додаткових інформаційних розеток, кількість та розміщення яких визначають площею та топологією робочих приміщень, а не планом розміщення обладнання робочих місць співробітників і офісних меблів. Оскільки тривалість експлуатації СКС у кілька разів перевищує аналогічний показник для інших компонентів інформаційної інфраструктури будівлі, цей принцип є особливо важливим.

Для створення ефективної СКС та її експлуатації необхідними є такі умови:

- наявність каталогу продукції;
- наявність чинних стандартів, які регламентують норми й методику проектування СКС;
- можливість адміністрування СКС відповідно до стандартних процедур;
- система підготовки кадрів та забезпечення гарантії виробника.

Структуризація кабельної системи залежить від особливостей структури будівлі. Будівля складається з поверхів, а кожен поверх – з певної кількості кімнат, з'єднаних коридорами. Ієрархічний підхід до процесу створення кабельної системи в будівлі дає підстави називати її структурованою.

Усі вони описують майже однакові кабельні системи. Розрізняють ці стандарти за термінологією та нормами на параметри СКС.

На рис. 98 наведено схему структуризації кабельної системи сегменту LAN масштабу кампусних мережі.

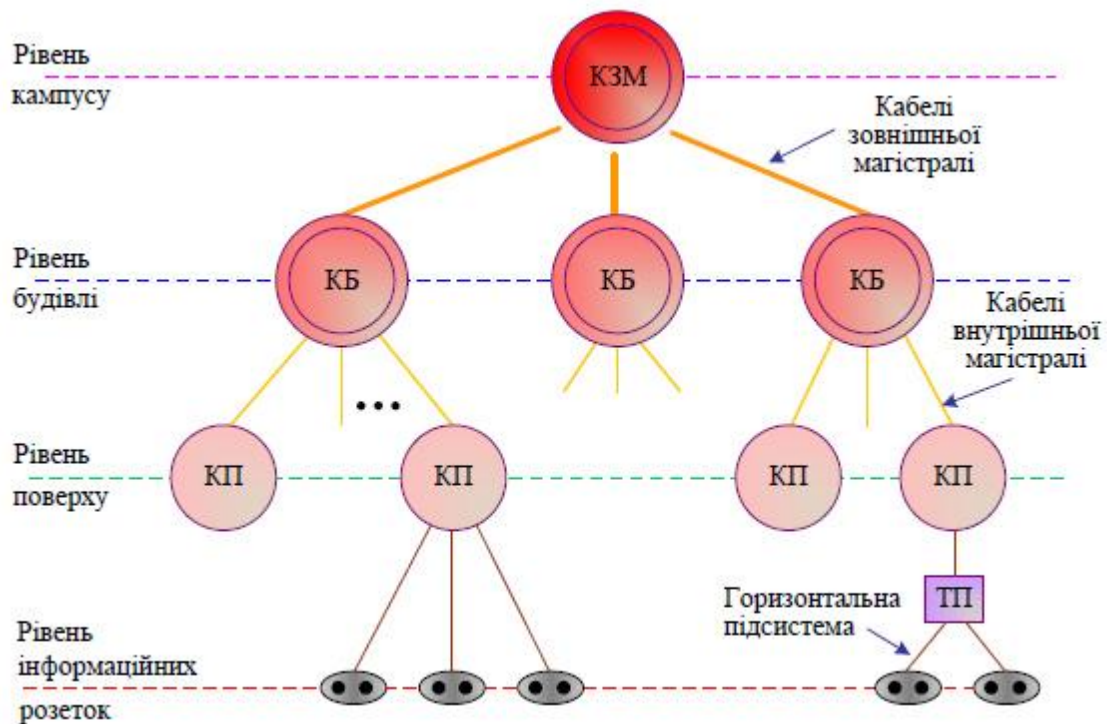


Рис. 98 – Схема структуризації кабельної системи КЗМ – крос зовнішніх магістралей КБ – крос будівель КП – крос поверхів ТП – точки переходу (необов'язково)

В основу будь-якої СКС покладено фізичну топологію «дерево», яку називають *ієрархічною зіркою*. У її вузлових пунктах передбачається розміщення пасивного комутаційного устаткування, яким, зазвичай, обладнуються спеціальні технічні приміщення. Це пасивне комутаційне устаткування з'єднують між собою і з інформаційними розетками робочих місць користувачів електричними й оптичними кабелями. Усі кабелі, які входять у технічне приміщення, заводяться на комутаційне устаткування (кросові комутаційні панелі, комутаційні шафи, стійки та ін.). Тут здійснюють усі необхідні під'єднання (зокрема, до активного комунікаційного обладнання) на етапі інсталяції СКС і перемикання в процесі поточної експлуатації мережі. Це забезпечує велику гнучкість СКС і можливість організувати на зазначеній технічній платформі будь-яку топологію мережі, передбачену стандартами мережевих технологій локальних сегментів (шина, кільце, зірка).

Відповідно до міжнародного стандарту ISO/IEC 11801 у сфері СКС, усі види застосувань поділяють на класи. Для застосувань кожного класу визначають відповідний клас лінії зв'язку, який задає певні електричні характеристики лінії, необхідні для нормальної роботи застосувань відповідного й нижчого класу.

Лінії електричного зв'язку СКС повинні бути зібрані з кабелів та інших компонентів, що забезпечує якісне передавання сигналів, які генерують

застосування відповідного класу. Стандарт ISO/IEC 11801 додатково до класів ліній специфікує категорії кабелів і роз'ємів (табл. 2). Категорії визначено за максимальною частотою сигналу, на яку розраховано відповідні роз'єми та кабелі. Кабелі та роз'єми більш високих категорій підтримують усі програми, які розраховано на роботу кабелів нижчих категорій.

Усій СКС також присвоюється категорія, що відповідає категорії компонентів, з яких вона виконана. Якщо СКС зібрано з компонентів різних категорій, їй присвоюється остаточна категорія, яка визначається найнижчою категорією наявних компонентів.

Таблиця 2

Категорія кабелю і роз'єму	Максимальна частота сигнал
Категорія 3	до 16 МГц
Категорія 4	до 20 МГц
Категорія 5	до 100 МГц
Категорія 5e	до 100 МГц
Категорія 6	до 250 МГц
Категорія 7	до 600 МГц
Категорія 8	до 1200 МГц

На рис. 99 подано основні підсистеми та обмеження в кабельній підсистемі, що передбачено стандартами СКС.

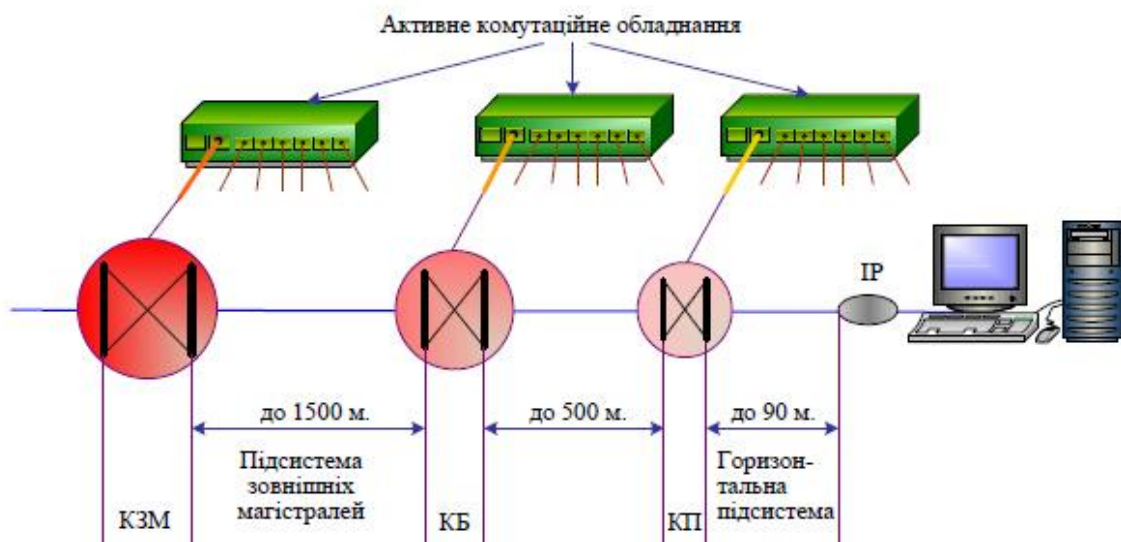


Рис. 99 – Підсистеми СКС та обмеження на довжини кабелів

Підсистема зовнішніх магістралей складається з зовнішніх магістральних кабелів між КЗМ і КБ, комутаційного устаткування в КЗМ і КБ,

до якого під'єднано зовнішні магістральні кабелі, й комутаційних шнурів і перемичок в КЗМ. Підсистема зовнішніх магістралей є тією основою, яка поєднує в єдину мережу кампусу локальні мережі будинків, розташованих на невеликій відстані один від одного. Якщо СКС налаштовують тільки в одній будівлі, то підсистема зовнішніх магістралей відсутня. У висотних будівлях підсистему зовнішніх магістралей складають також ті кабелі, які мають довжину понад 500 м, хоча вони фактично не виходять за межі будівлі.

Підсистема внутрішніх магістралей, яку ще називають *вертикальною підсистемою*, містить прокладені між КБ і КП внутрішні магістральні кабелі, під'єднане до них комутаційне устаткування в КБ та КП, а також частину комутаційних шнурів і перемичок в КБ. Кабелі розглянутої підсистеми фактично пов'язують між собою окремі поверхи будівлі й просторово рознесені приміщення в межах однієї будівлі. Якщо СКС обслуговує один поверх, то підсистема внутрішніх магістралей може бути відсутньою.

Горизонтальна підсистема утворена горизонтальними кабелями між КП та інформаційними розетками (ІР), самими ІР, а також комутаційним устаткуванням у КП, до якого під'єднано горизонтальні кабелі. Горизонтальна підсистема складається також зі значної частини комутаційних шнурів і перемичок в КП. У побудові горизонтальної проводки допускається використання однієї точки переходу (ТП) на тракт, у якій відбувається зміна типу кабелю, який прокладають (наприклад, перехід на плоский кабель для прокладки під килимовим покриттям з еквівалентними передавальними характеристиками).

Узагальнено-типова СКС згідно з чинними рекомендаціями міжнародних нормативно-технічних документів містить у собі такі компоненти:

- лінійно-кабельне устаткування підсистеми зовнішніх магістралей;
- комутаційне устаткування зовнішніх магістралей;
- лінійно-кабельне устаткування підсистеми внутрішніх магістралей;
- комутаційне устаткування внутрішніх магістралей;
- лінійно-кабельне устаткування горизонтальної підсистеми;
- комутаційне устаткування горизонтальної підсистеми;
- точки переходу;
- інформаційні розетки.

Використання структурованої кабельної системи, замість хаотично прокладених кабелів, забезпечує підприємству гарантовану якість трафіку, що циркулює

19.4. Організація віддаленого доступу в мережах підприємств

Віддалений доступ у мережах підприємств застосовують для взаємодії вузлів, не пов'язаних загальною локальною мережею. Завдання організації віддаленого доступу у даному випадку може бути сформульовано декількома варіантами:

- забезпечити доступ комп'ютерів окремих віддалених співробітників до ресурсів локальної мережі підприємства;
- надати клієнтам локальної мережі доступ до ресурсів глобальної мережі Інтернет;
- організувати зв'язок двох і більше локальних мереж, які територіально рознесені на велику відстань одна від іншої, при об'єднанні у єдину корпоративну мережу.

Для кожного з перерахованих варіантів як зовнішні транспортні ресурсів використовують канали мереж операторів зв'язку (канали мереж доступу й транспортних мереж).

Відносно каналів зовнішніх телекомунікацій вихідний порт комп'ютера й точку виходу локальної мережі розглядають як джерела даних, тобто апаратуру класу DTE. Для сполучення апаратури класу DTE з середовищем передавання (каналами телекомунікацій) необхідно використовувати фізичні *інтерфейсні пристрої* – апаратуру класу DTE.

Пристрої класів DTE та DCE, які розташовані недалеко один від одного (15 – 20 м), з'єднують між собою провідниками, що формує кола обміну або сигнальні кола. Специфікації електричних сигналів у колах обміну є стандартними інтерфейсами, які відображають стандарти фізичного рівня. До цих стандартів належать стандарти ITU серії V.xx й стандарти серії RS-xxx Американської асоціації електронної промисловості.

Характеристику найбільш часто використовуваних фізичних інтерфейсів.

Модеми. Пристрої для передавання даних у зовнішні мережі на далекі відстані по виділених чи комутованих лініях. Вибір типу модему залежить від типів абонентського закінчення лінії мережі доступу, ліній зв'язку (виділена, комутована) та транспортної технології.

Голосовий модем здатний до перетворювання звукового сигналу у цифровий, який далі передається по лінії зв'язку. Аудіосигнал стискається шляхом адаптивної диференціальної імпульсно-кодової модуляції. На приймальній стороні виконуються зворотні перетворення. Модеми під час сеансу зв'язку можуть працювати в симетричному, дуплексному або напівдуплексному режимах. Для підвищення ефективної швидкості використовують різні методи стиснення інформації, які можуть бути реалізовані як апаратно, так і програмно.

Для широкосмугового доступу використовують *xDSL-модеми*, що дає змогу перетворити абонентську лінію звичайної телефонної мережі з аналоговою на цифрову, а також *кабельні модеми*, призначені для роботи через мережі кабельного телебачення.

19.4.1. Схема віддаленого доступу «комп'ютер-мережа»

Схему віддаленого доступу «комп'ютер-мережа» наведено на рис.100. Дану схему використовують для організації доступу комп'ютерів

співробітників, які працюють удома або перебувають у відрядженні, до ресурсів локальної мережі підприємства.



Рис.100 – Схема віддаленого доступу «комп'ютер-мережа»

Комп'ютери клієнтів за допомогою модемів (М) через абонентські лінії під'єднуються до точок присутності телекомунікаційної мережі оператора (POP), у якості якої в даному випадку використано сегмент типу «хмара ТфЗК». Комп'ютери 1 і 2 під'єднано за допомогою виділених ліній (складові канали показані пунктиром), а 5 і 6 – за допомогою комутованих каналів.

З боку локальної мережі підприємства лінії телекомунікаційної мережі під'єднано до пулу модемів, які виконують зворотні операції відносно модемів клієнтських комп'ютерів. Кількість секцій у модемному пулі, які забезпечують зв'язки з виділеними лініями, має відповідати кількості клієнтів, які працюють за ними, а кількість секцій для комутованих зв'язків може бути меншою від кількості клієнтів.

Вихід модемного пулу з'єднано з комп'ютером, який виконує функції сервера віддаленого доступу (RAS). RAS – це комп'ютерна програма, призначення якої полягає в тому, щоб керувати чергою запитів, які надходять від модемного пулу, а також виконувати функції маршрутизації трафіку у процесі передавання в локальну мережу.

Якщо необхідно забезпечити керування трафіком у зворотному напрямку (від локальної мережі до клієнтських комп'ютерів), у серверний комп'ютер необхідно інсталиувати ще одну програму – комунікаційний сервер (CS).

19.4.2. Схема організації доступу до ресурсів глобальної мережі

На рис. 101 подано компоненти схеми організації доступу користувачів локальної мережі підприємства до ресурсів Інтернету.

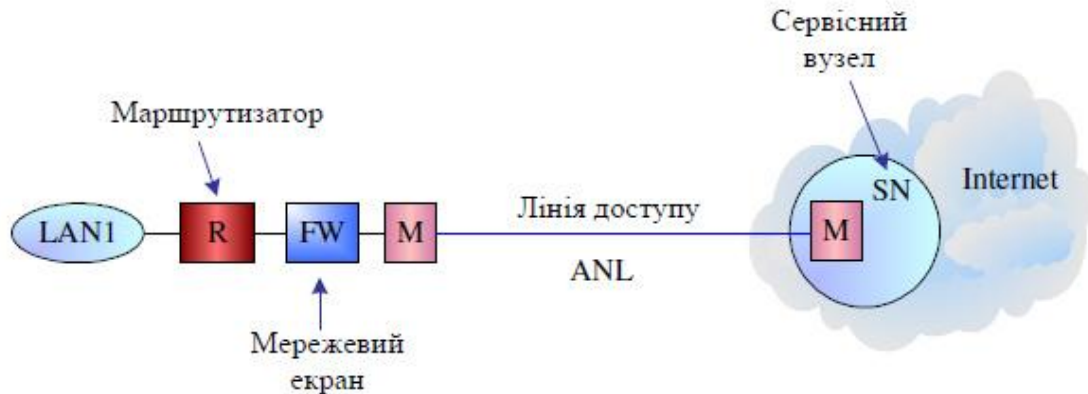


Рис.101 – Схема організації доступу до ресурсів глобальної мережі

Джерелом даних DTE з боку локальної мережі для лінії доступу ANL до сервісного вузла SN інтернет-сервіс-провайдера (ISP) є маршрутизатор R. Він є обов'язковим прикордонним пристроєм на межі локальної та глобальної мереж, оскільки виконує функції розподілу TP-трафіку між ними, а також функції фільтрації пакетів за різними критеріями (конкретним протоколами верхніх рівнів, конкретними адресами призначення). Для посилення функцій фільтрації, забезпечення захисту мережі може бути долучено ще один пристрій – *мережевий екран*. Модем M вибирають відповідно до технологічних особливостей лінії мережі абонентського доступу до сервісного вузла ISP.

19.4.3. Схема віддаленого доступу «мережа-мережа»

Для зв'язку двох локальних мереж, наприклад, потоком E1 по виділеній цифровій лінії, зазвичай, використовують *мости-маршрутизатори*, які ще називають *віддаленими мостами*.

Віддалений міст – це міст, призначений для передавання даних одного локального сегмента через глобальну мережу в інший локальний сегмент. Він будує таблицю MAC-адрес на основі трафіку, який через неї проходить, і на основі таблиці приймає рішення передавати кадри у віддалений сегмент чи ні. На рис. 102. наведено схему віддаленого доступу двох локальних мереж з використанням віддалених мостів.



Рис.102 – Схема віддаленого доступу «мережа-мережа»

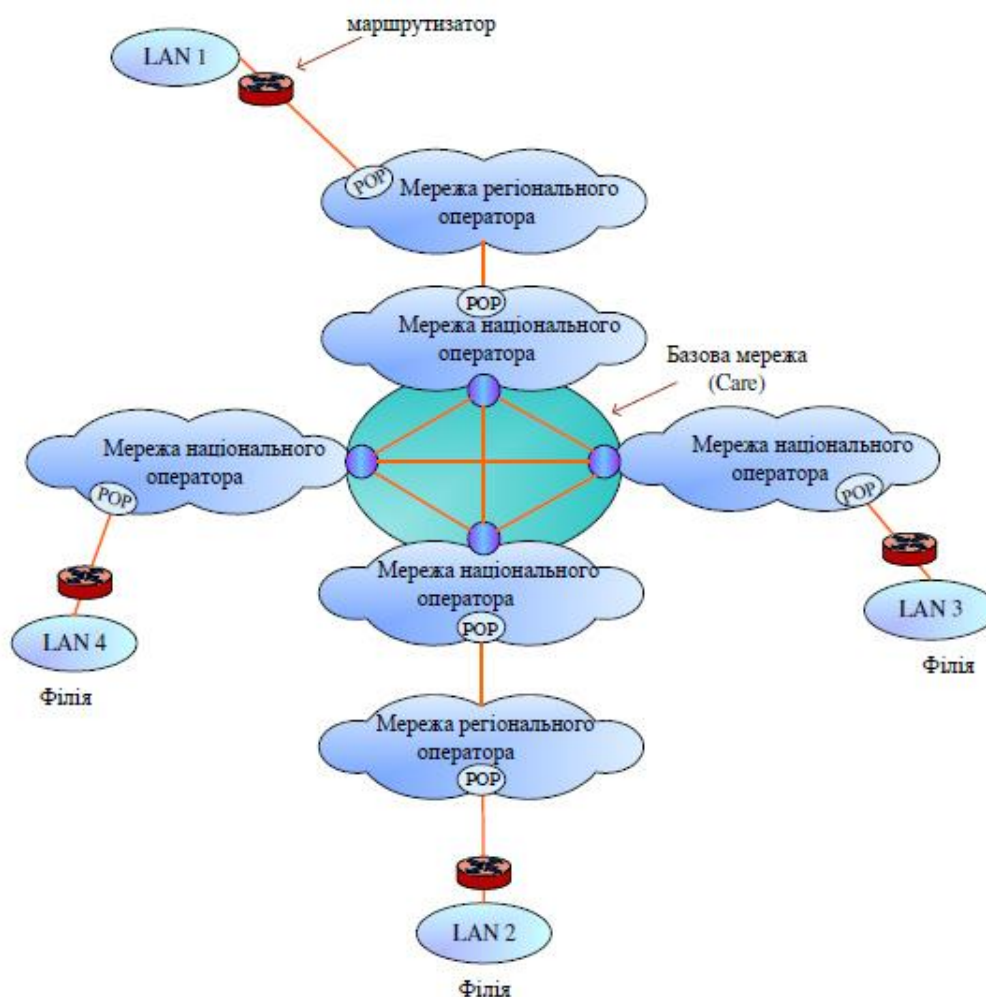


Рис.103 – Об'єднання територіально віддалених локальних мереж через мережі операторів різних рівнів

Оптимізувати мережеву інфраструктуру корпорацій сьогодні досить ефективно можна, використовуючи Інтернет-технологію як універсальний та недорогий спосіб транспортування трафіку корпоративних мереж через публічні мережі. Це дає змогу підприємствам отримати значний вигаш у використанні смуги пропускання в глобальних сегментах своїх мереж, зменшивши сумарні вимоги до смуги пропускання.

Зазначену проблему вирішують, застосовуючи спеціальні технології, які отримали назву *VPN-технологій*. Ці технології перетворюють зв'язок через мережі загального користування у віртуально наявні та абсолютно захищені канали. У зв'язку з цим набув поширення термін «*віртуальна приватна мережа*», якій охоплює досить широке коло технологій.

Організуючи взаємодію мереж філій корпорації та віддалених користувачів з мережею центрального офісу, необхідно лише під'єднати їх до мереж місцевих сервіс-провайдерів. Локальні мережі корпорації в такій ситуації стають природним продовженням Інтернету. Абонентська плата за послуги Інтернету є значно нижчою щомісячних витрат на орендовані у мережних операторів лінії. Крім того, під'єднання нових вузлів у зв'язку з розширенням підприємства є набагато простішим як організаційно, так і технічно.

Застосування VPN-технологій в Інтернеті пов'язують із поняттями «інтрамережі» (сукупність зв'язків усередині корпорації) та «екстрамережі» (взаємодія з підприємствами-партнерами в бізнесі або з постійними клієнтами) (рис. 104).

Функції найважливішої частини технології VPN спрямовано на *безпеку передавання даних* відкритою публічною мережею. Безпека даних означає їхню *конфіденційність, цілісність і доступність* для легальних користувачів.

Технологічним інструментарієм для вирішенні цього завдання є:

- сучасні методи шифрування, які дають змогу створити криптостійкі системи захисту інформації;
- автентифікація користувачів – процедура підтвердження ідентичності особи, яка є легальним користувачем мережі, заснована на використанні паролів, фізичних ключів, електронних магнітних карт, а також власних біохарактеристик (відбитків пальців, райдужної оболонки очей);
- автентифікація даних, яка підтверджує цілісність даних і їх легальність на основі алгоритмів формування електронного підпису;
- авторизація – процедура надання кожному легальному користувачеві, який успішно пройшов автентифікацію, тих видів доступу й до тих ресурсів, які для нього визначає адміністратор мережі;
- тунелювання – розміщення пакета з даними користувача в «зовнішній оболонці» для транспортування у відкритій мережі, що дає змогу повністю зашифрувати пакет, включаючи його заголовок;
- аудит-процедура фіксації в системному журналі всіх подій, пов'язаних з доступом до захищених ресурсів корпоративної інформації. Записи аудиту використовують у разі виявлення дій зловмисника, щоб вилючити пошкоджені місця в системі захисту та запобігати повторним зломам.

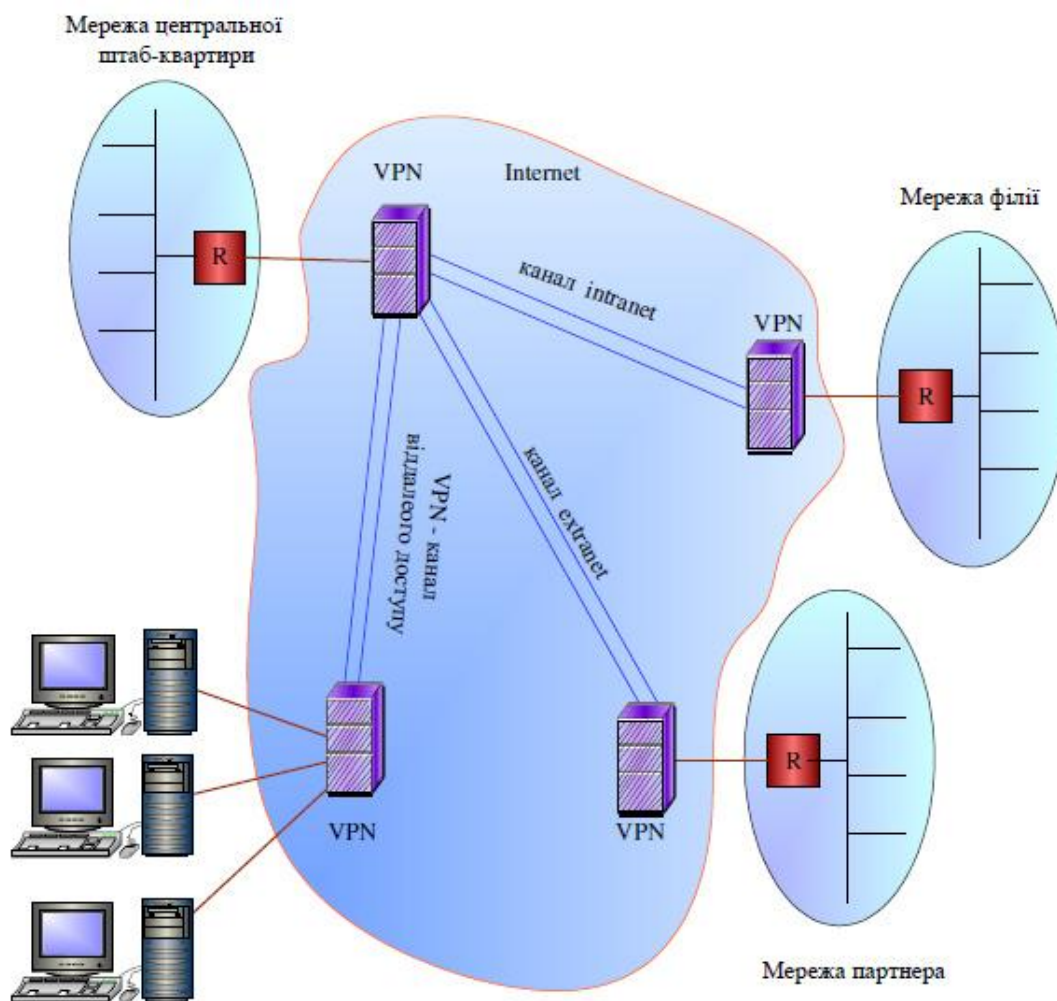


Рис.104 – Корпоративна мережа на основі VPN-технології

Висновки

Ці технології є найбільш перспективними технологіями, які використовують різні компанії в багатьох країнах світу. Їх перспективність доведено у зв'язку з нарізною необхідністю переходу від Інтернету до *публічної мережі наступного покоління* New Public Network (NPN), яка уможливить користувачам роботу в реальному масштабі часу та віртуальну присутність у будь-якій точці земної кулі.

ЛЕКЦІЯ 20. МЕРЕЖЕВІ СЛУЖБИ. ПОСЛУГИ МЕРЕЖІ

План

Вступ

1. Послуги, служби та програми.
2. Категорії клієнтів та абонентів.

3. Мережеві служби
4. Телекомунікаційні та інформаційні послуги.
5. Послуги TCP/IP-мереж.
6. Концепція відкритого доступу до послуг (OSA).
7. IP-телефонія.
8. IP-телефонія в межах наступного покоління.
9. Глобальна система персонального зв'язку Skype.
10. Технологія пірінгових мереж³¹ P2P.

Висновки

Вступ

Англomовний термін «Service» у перекладній технічній літературі часто трактують синонімічно до понять «послуга», «служба», «обслуговування» та «сервіс». Однак, важливо розрізняти ці поняття.

20.1 Послуги, служби та програми

Послуга – надання мережею можливість задовольнити телекомунікаційні та/або інформаційні (або ті та інші одночасно) потреби користувача.

Послуга є продуктом мережі, який має вартість, що залежить від її типу й якості, і який споживає користувач мережі.

Службою мережі називають комплекс апаратних, програмних ресурсів мережі, а також організаційних засобів, задіяних для виробництва і надання конкретної послуги або виду послуг.

Таким чином, на відміну від послуги, служба є можливістю мережі (тобто мережевою компонентою), а не продуктом мережі.

Під термінами *сервіс* і *обслуговування* розуміють *специфікацію* послуг, які надає мережа, а саме:

- спектр додаткових видів обслуговування;
- функціональну повноту (специфічних особливостей послуги);
- клас обслуговування (рівень комфортності послуг);
- якість обслуговування QoS (Quality of Service);
- прикладного рівня, які підтримує мережа.

Застосування може бути *автономним* (наприклад, навчальний курс, скачаний з Інтернет). Таке застосування користувач отримує аналогічно як і послугу, але у вигляді кінцевого програмного продукту, який можна потім багаторазово використовувати.

Окрім того в мережі можуть виконуватися й розподілені застосування. Розподілене застосування містить декілька частин, кожна з яких виконує певну закінчену роботу для розв'язання прикладної задачі (наприклад, система дистанційного навчання, система електронної комерції та ін). Розподілені застосування в повному обсязі використовують можливості мережі для

³¹ Назва «пірінгові мережі» походить від англійської «peer-to-peer», що у перекладі означає рівнорангові мережі.

організації взаємодії своїх компонентів, а тому їх називають *мережевими застосуваннями*.

20.2. Категорії клієнтів та абонентів мережі

Користувачів мережі поділяють на *клієнтів* та *абонентів*, що визначається порядком їх взаємодії з мережею.

Залежно від виду та наборів споживаних послуг усіх користувачів (клієнтів та абонентів) умовно поділяють на три категорії:

- користувачі на роботі;
- користувачі вдома;
- користувачі в дорозі.

У діловому секторі (в установах, офісах) з усіх видів послуг найбільш споживаними є послуги телефонії, доповнені секретарськими послугами (наприклад, накопичення інформації про дзвінки, повідомлення про номер абонента та ін.), послуги аудіо- і відеоконференц-зв'язку, голосової пошти, а також послуги, пов'язані з передаванням текстів, даних, факсимільних повідомлень.

Вимоги до послуг зв'язку в домашньому секторі висувають не в такому обсязі, як у діловому, однак вони є досить чіткими і зумовлені різними факторами. Збільшується кількість приватних ділових заходів (взаємодія з банком, страховою компанією, придбання товарів), зростає вільний час, зростає потреба в безпеці. Найбільш споживаними в побуті є такі послуги, як: відео за запитом, послуги індустрії розваг (ігри, музичні шоу), освіти, телефонії, електронної пошти, дистанційне керування та контроль комунальних систем і домашньої апаратури, оповіщення про небезпеку, аварійні виклики. Останнім часом виник також інтерес до послуг мультимедіа (одночасного передавання зображення, звуку та даних).

Рухливі користувачі споживають в основному послуги телефонії, однак, важливе значення має й одержання контент-послуг (наприклад, про стан дорожнього руху, карт і плану міста для орієнтації під час руху, можливих місць паркування транспорту та ін.).

20.3. Мережеві служби

Телематичні служби є прикладом розширення *спектру послуг* на основі наявних мереж. Такими службами є *телефакс* (використання каналів телефонної мережі для факсимільного способу передавання повідомлення), *датафакс* (використання каналів мережі передавання даних факсимільним способом), *телекс* (поєднання можливостей конторської друкарської машинки з передаванням текстових повідомлень каналами мереж електрозв'язку), *відеотекс* (інформаційно-довідкова служба, що обслуговує запити користувачів на інформацію з банків даних), *телетекст* (доповнення TV-програм

інформацією, що передається під час зворотного ходу променя кадрової розгортки телевізійного сигналу).

Поява інтегральної мережі ISDN спонукала до проведення значних робіт зі стандартизації та міжнародних угод. Міжнародні рекомендації в цій сфері розробляв Сектор зі стандартизації телекомунікацій ІУТ-Т. Зокрема, відповідно до положень Рекомендації І.112, служби в інтегрованій мережі розділено на дві групи, які не залежать від форм зв'язку. Це *служби передавання* й *телеслужби*.

Служби передавання забезпечують прозоре транспортування інформації тільки між інтерфейсами точками мережі, в яких забезпечується під'єднання абонентів, і *не несуть відповідальність за сумісність функцій зв'язку кінцевих пристроїв користувачів*. Цю відповідальність цілком покладають на користувачів, які придбали термінальні пристрої.

Телеслужби призначено для надання зв'язку «користувач-користувач» з підтримкою функцій зв'язку користувацьких терміналів, забезпечуючи їх сумісність.

Служби передавання реалізують функції трьох нижніх рівнів моделі OSI/ISO, а телеслужби, в загальному випадку, – всіх семи рівнів цієї моделі.

Пізніше ІУТ-Т вводить термін «*телекомунікаційний сервіс*», який не застосовували раніше до спеціалізованих мереж. Під цим терміном розуміють задоволення мережею специфічних вимог користувачів до зв'язку, поєднуючи як різні послуги, так і забезпечення різних видів зв'язку з наданням каналів, різних за швидкостями, за середовищем передавання (провідні, бездротові) і принципом надання користувачеві (на час передавання або оренди на тривалий час) та ін.

Для телекомунікаційного сервісу також визначено два типи: *опорний сервіс* та *телесервіс*, які є аналогічними до функцій служб передавання й телеслужб, відповідно розвиваючи та доповнюючи їх.

Інтеграція обчислювальної техніки в мережеву середовище, впровадження електронних комутаційних систем дало змогу розширити *функціональність* послуг, а саме:

– надавати користувачам послуги не тільки в *ординарній формі* (із стандартним набором функцій);

– з *розширеним набором функцій*³², що забезпечує підвищення їх якості та зручність зв'язку.

Розширений набір функцій послуг, які надаються, дістав назву «*додаткові види обслуговування*» (ДВО). ДВО використовують тільки за відповідною заявою користувача й для різних груп абонентів вони можуть бути різними.

Розподіливши види обслуговування на основні та додаткові, можна організувати новий принцип надання послуг користувачам, при якому послуга

³² Наприклад, скорочений набір номера для абонентів, яких викликають, повідомлення про надходження виклику з індикацією, переадресація виклику, оплачування послуги (або її частини) абонента, зазначення дати й часу налаштування з'єднання, виявлення абонентів, які здійснюють зловмисні виклики та ін.

основного виду може бути доповнена одним або кількома ДВО, залежності від запиту користувача.

Виокремлення механізму формування послуг у нову функціональну підсистему стало початком *інтелектуалізації* мереж. Реалізація концепції інтелектуальної мережі ІК передбачала широке використання елементів штучного інтелекту, синтезаторів і розпізнавачів мови та ін.

Технологію ІК можна реалізувати на основі будь-якої мережі, але найбільш ефективною вона є для використанні технологічної інфраструктури цифрових мереж (зокрема, ISDN).

Концепція інтелектуальної мережі ІН передбачає динамізм спектру послуг, коли доцільно вже класифікувати окремі складові послуг та застосувань, які дають змогу компонувати будь-який вид послуги на запит користувача із зазначених складових як *незалежних* від виду обслуговування й один від одного *функціональних блоків SIB*.

Широкосмугова інтегрована мережа, яка підтримує всі класи сервісу дістала назву *«мультисервісна мережа»*. Вона розробляється в рамках концепції мереж наступного покоління (NGN).

Мультисервісна мережа – це мережа з гнучкими можливостями для організації різних служб, які уможливають надання необмеженого набору послуг. Мережеві служби в мультисервісній мережі є системними розподіленими програмами і невід’ємними компонентами мережевої операційної системи. За цими розподіленими програмами закріплено назви як *«мережні служби»*, так і *«мережеві сервіси»*. Забезпечення користувачів спільним доступом до певного мережного ресурсу називають *наданням сервісу*. Мережеві сервіси, які реалізовані програмно, є об’єктами прикладного рівня моделі OSI/ISO. Мережева операційна система, зазвичай, підтримує декілька видів мережевих сервісів для користувачів, таких, наприклад, як: файловий сервіс, сервіс електронної пошти, сервіс друку, сервіс віддаленого доступу та ін.

20.4. Телекомунікаційні та інформаційні послуги

Послуги традиційно поділяють на дві категорії: *телекомунікаційні* та *інформаційні*.

Телекомунікаційні послуги призначено для задоволення запитів і потреб у транспортних ресурсах клієнтів, абонентів мережі, а також інших об’єктів (наприклад, локальних мереж, які взаємодіють на віддалі), об’єднаних спільним поняттям «користувачі мережі». Основним завданням цих послуг є якісне транспортування інформації, яку створюють користувачі мережі у вигляді інформаційних повідомлень. Мережа приймає інформацію, перетворену у сигнал, в пункті, де знаходиться мережевий інтерфейс, передає її через транзитні пункти, та видає в пункт призначення також через інтерфейс. Надаючи телекомунікаційні послуги, мережа не вносить жодних змін у зміст інформації, яку передає, видаючи її одержувачу в тому вигляді, в якому вона

надійшла в мережу від відправника. У зв'язку з цим телекомунікаційні послуги ще називають *послугами транспорту*.

Надання транспортних ресурсів здійснюють мережеві оператори (оператори зв'язку).

Інформаційні послуги забезпечують користувачів можливістю отримати необхідну інформацію, створену в мережі без посередництва користувача. Користувач отримує інформацію з мережі у вигляді *контенту* – деякого обсягу, що забезпечує сприйняття його смислового змісту. У цьому контексті інформаційні послуги ще називають *контент-послугами*.

Виробництво й надання інформаційної послуги завжди пов'язано з операціями обробки інформації (перетворенням та впорядкованим її зберіганням у файлах, базах даних, Веб-сторінках), а також пошуку її в мережі. Для цього застосовують різні інформаційні технології:

- програмування;
- створення файлів і баз даних;
- копіювання;
- архівування файлів та ін.

Створюють, накопичують і обробляють інформацію спеціальні інформаційні служби мережі. Підготовлену інформацію розміщують у Веб-порталах на Веб-серверах постачальників послуг.

Постачальник інформації надає інформацію постачальнику послуг-сервіс-провайдеру для розміщення на Веб-серверах. *Брокер* надає інформацію про постачальників послуг та їх потенційних абонентів, сприяє користувачам у пошуку постачальників, які надають необхідні послуги. *Ритейлер* виступає як посередник між абонентом і постачальником з метою адаптації послуги до індивідуальних вимог абонента. Усі ці компанії мають на меті заповнити мережі трафіком, що стимулює подальший розвиток інфраструктур операторів зв'язку.

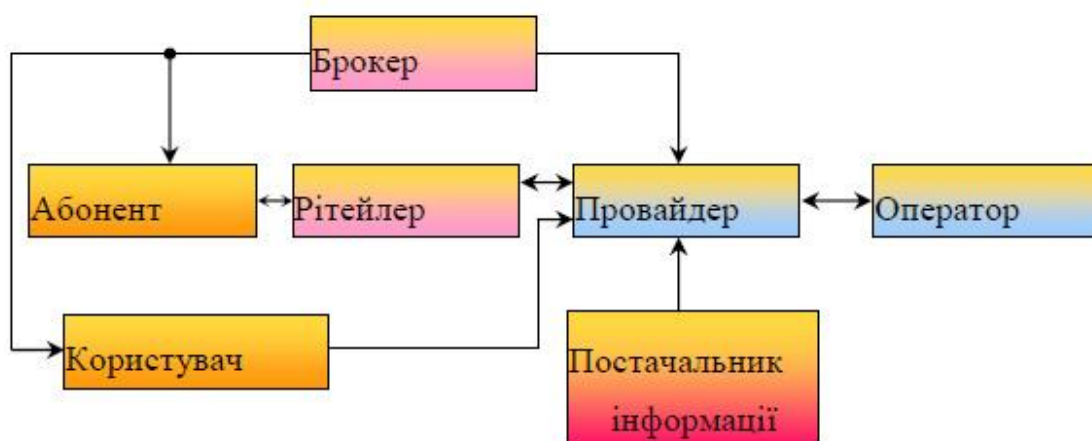


Рис. 105 – Сервісна бізнес-модель надання послуг

Розглянута модель називається *сервісною бізнес-моделлю* надання послуг (рис. 105). У ній послуги знаходяться на перехресті інтересів різних груп:

- технічних спеціалістів,

- маркетологів,
- інформаційних агентств,
- комерційного персоналу й користувачів.

20.5. Послуги ТСП/ІР-мереж

У формуванні та наданні послуг у інтермережі беруть участь протоколи всіх рівнів стеку ТСП/ІР, передусім прикладного рівня.³³

20.5.1. Голосова послуга VoIP

Спочатку, на прикладному рівні, мовленнєвий аналоговий сигнал надходить на кодек, де перетворюється в цифровий потік. Традиційно використовують стандартні кодеки ІКМ та АДІКМ-перетворень. Після перетворення цифровий потік розділяється на інформаційні блоки *транспортного протоколу реального масштабу часу* стеку ТСП/ІР, які відправляються в сокет, так зване «гніздо» (вхід) операційної системи (рис. 106).

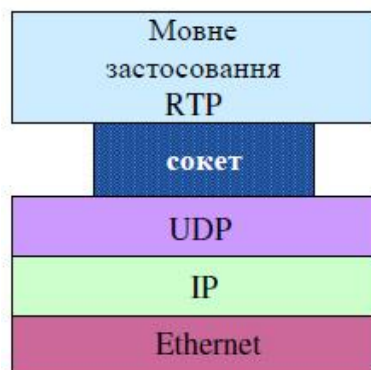


Рис. 106 – Формування пакетів VoIP

На іншому кінці сокету (в ядрі операційної системи) генеруються UDP-пакети, які поміщаються в IP-пакети. Останні передаються мережею. Якщо комп'ютер під'єднано до локальної мережі Ethernet, IP-пакети розбиваються на кадри Ethernet.

Щоб нівелювати вплив нерівномірних затримувачів на передавання мовленнєвого сигналу пакетами, протоколом RTP передбачено розміщення в кожній датаграмі VoIP спеціальних тимчасових позначок, які дають змогу джерелу пов'язати позначку часу з першим символом кожного пакету. Позначки часу проставляються відносно моменту початку передавання потоку

³³ Будемо вживати термін «ТСП/ІР-мережа», замість терміна «ІР-мережа», яким визначають сегмент мережевого рівня телекомунікаційної мережі.

й використовуються на приймальному кінці для коректного відновлення мовленнєвого повідомлення, якщо надходження пакетів є нерівномірним.

Останньою стадією формування мовленнєвого сигналу є долучення спеціального потоку службових даних, який можна трактувати як систему абонентської сигналізації.

Сесію в мережі VoIP поділяють на три фази:

- сигнальний обмін у процесі налаштування з'єднання;
- інформаційний обмін (обмін повідомленнями користувачів);
- сигнальний обмін для завершення з'єднання.

Слід зазначити, що протокол RTP забезпечує тільки компенсацію нерівномірності затримувачь пакетів за рахунок використання механізму тимчасових позначок. Інших елементів забезпечення якості послуг, які надаються в протоколі RTP, немає. Для послуги VoIP є критичними такі параметри, як сумарне затримувачь передавання, частота втрачання пакетів та ін. С цього приводу протокол RTP було доповнено *транспортним керуючим протоколом реального часу*, принцип роботи якого полягає в постійному обміні даними про стан каналу, передавача й приймача, що дає змогу керувати параметрами якості впродовж сесії VoIP.

Послуги IPTV забезпечують можливість переглядати відеофільми, телевізійні канали, які передаються у мережі IP-пакетами. Надання послуг IPTV (відео за запитом) у мережі можна організувати, використовуючи служби за запитом у режимі *негрупового розсилання* або дистрибутивної служби в режимі *групового розсилання*.

Формування потоку мультимедійних даних послуги IPTV у форматі MPEG-4 показано на рис. 107.

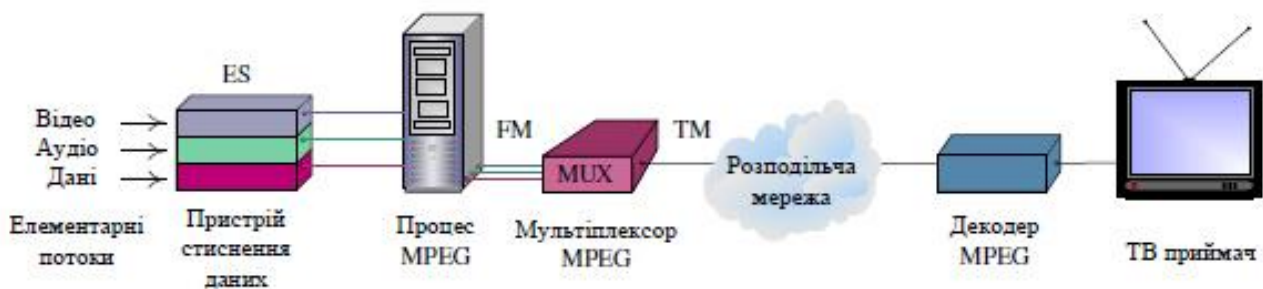


Рис.107 – Формування потоку мультимедійних даних послуги IPTV у форматі MPEG-4

Зазначимо, що модель мережі, в якій надають послуги IPTV, містить специфічний для даної послуги об'єкт – головну станцію IPTV, де здійснюється прийом відеосигналів, перетворення їх у мультимедійні дані й формування відповідного контенту. Узагальнену структуру головної станції IPTV наведено на рис. 108.

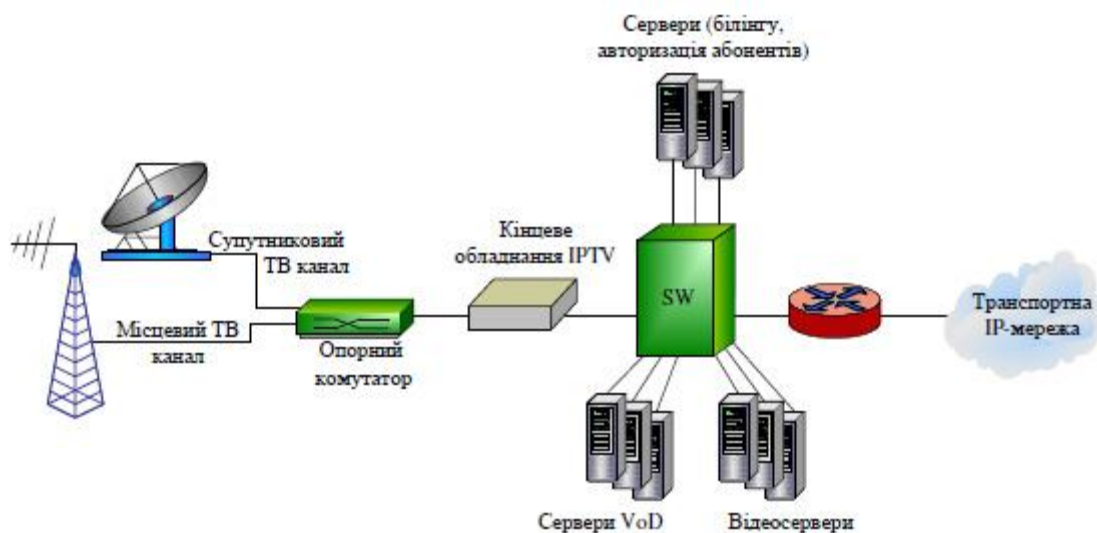


Рис.108 – Структура головної станції IPTV

20.5.2. Інфокомунікаційні послуги

Кінцевий результат процесу конвергенції на всіх рівнях (мереж, технологій, послуг та програм) – це можливість виробництва й надання *інфокомунікаційних послуг*. Інфокомунікаційні послуги називають послугами *Глобального Інформаційного Суспільства* (ГІС). Технічною та технологічною основою ГІС має стати *Глобальна Інформаційна Інфраструктура* (ГІІ), яка має на меті забезпечити кожного користувача різними послугами зв'язку й рівноправним доступом до інформаційних ресурсів планети за конкурентоздатною ціною та з безперервністю послуг при перетині кордонів різних сегментів глобальної мережі.

На сьогоднішній день розвиток інформаційно-комунікаційних послуг спостерігається в межах глобальної мережі Інтернет, доступ до послуг якої відбувається через традиційні мережі зв'язку. Зважаючи на обмежені можливості транспортної інфраструктури, послуги Інтернету не відповідають вимогам, які висувають до послуг ГІС.

Технологічні особливості, які вирізняють інфокомунікаційні послуги:

- доступність для користувачів незалежно від способів доступу до мережі та гарантована якість обслуговування;
- використання додаткової адресації в межах конкретної інфокомунікаційної послуги при ідентифікації абонентів;
- залучення верхніх рівнів моделі ISO/OSI для реалізації інфокомунікаційної послуги;
- розподілення функціональності інфокомунікаційних послуг між устаткуванням сервісного вузла провайдера й термінальним обладнанням користувача, оскільки більшість комунікаційних послуг є мережевими застосуваннями:

– більшість інфокомунікаційних послуг передбачає наявність клієнтської й серверної частин. Клієнтську частину реалізують у обладнанні користувача, а серверну – на сервісному сайті провайдера;

– наявність можливостей керування інфокомунікаційними послугами з боку користувачів, тому що для них прикметним є різноманіття прикладних протоколів;

– несиметричність вхідного та вихідного інформаційних потоків і вимога високих швидкостей для передавання мультимедійних даних;

– для надання інфокомунікаційних послуг часто необхідними є складні багатоточкові схеми з'єднань;

– забезпечення користувачеві комплексної можливості отримання послуг за допомогою єдиного уніфікованого інтерфейсу.

Інфокомунікаційних послуга – це послуга, здатна задовольнити телекомунікаційні, інформаційні (або ті й інші одночасно) потреби користувача при будь-якому (проводовому, безпроводовому стаціонарному або мобільному) доступі до мережі та з можливістю вибору різних режимів зв'язку, інтегрованих у формі єдиного терміналу.

Вимоги до платформи надання інфокомунікаційних послуг:

– *мультисервісність*, під якою розуміють незалежність технологій надання послуг від транспортних технологій;

– *широкосмуговість*, тобто можливість гнучкої та динамічної зміни швидкості передавання інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача;

– *мультимедійність*, під якою розуміють здатність мережі передавати багатокомпонентну інформацію (мовлення, дані, відео, аудіо) з необхідною синхронізацією цих компонентів у реальному часі та використанням різних схем з'єднань;

– *інтелектуальність*, тобто можливість керування послугою, викликом і з'єднанням як з боку користувача, так і сервіс-провайдера;

– *інваріантність доступу* – можливість організації доступу до послуг незалежно від технології, яку застосовують;

– *багатооператорність* – можливість участі декількох операторів у процесі надання послуги та розподілення їх відповідальності з урахуванням сфери діяльності.

Сучасні підходи в діяльності сервіс-провайдерів передбачають доступ усіх провайдерів, навіть тих, які не мають власної інфраструктури, до ресурсів мереж загального користування. Основними вимогами, які висувають до сервіс-провайдерів щодо нового типу мереж, є:

– забезпечення можливості роботи устаткування в «мультиоператорському» середовищі, тобто збільшення кількості інтерфейсів для під'єднання до мереж відразу декількох операторів зв'язку, і на рівні доступу також;

– забезпечення взаємодії сервіс-вузлів для спільного надання послуг;

– можливість застосування «масштабованих» технічних рішень при мінімальній стартовій вартості обладнання.

Мережа наступного покоління NGN буде здатна задовольнити потреби сервіс-провайдерів та мережних операторів. У цьому контексті підсумкові переваги NGN є такими:

- отримання однієї універсальної мережі для надання різних послуг;
- підвищення середньої дохідності від абонентів за рахунок надання додаткових мультимедійних послуг;
- можливість оператора найбільш оптимально виділяти смугу пропускання для інтеграції різних видів трафіку при наданні різних послуг в NGN і забезпеченні їх якості;
- NGN краще пристосована до модернізації та розширення, є легкою для керування та експлуатації.

20.6. Концепція відкритого доступу до послуг (OSA)

Наявність відкритих стандартів прикладних програмних інтерфейсів API не зовсім вирішує завдання оперативного введення в експлуатацію нових комунікаційних послуг, тому що *звернення різних мережевих платформ до застосувань не є універсальним*.

Виникає необхідність долучити проміжну ланку – міст між розробниками застосувань і мережевими операторами.

Ідея концепції OSA полягає в тому, щоб забезпечити мережеві елементи, які працюють за різними протоколами, можливістю взаємодіяти з застосуваннями та послугами через стандартні інтерфейси API за допомогою сервера доступу до послуг. Даний сервер призначено для втілення ідеї «мосту», тобто шлюзу.

Концепція OSA передбачає також реалізацію єдиних засобів і способів керування як уже наявними мережами, так розроблюваними конвергентними платформами у процесі надання комунікаційних послуг. Відповідно до концепції OSA елементи керування мережею є незалежними від протоколів і технологій, які застосовують усередині самої мережі, настільки, наскільки це є можливим і необхідним.

Сервери застосувань можуть перебувати поза зоною мережевого оператора, як, наприклад, це передбачено в технології побудови розподілених інформаційних систем CORBA. Дозволяючи серверам застосувань керувати мережею ззовні, можна гарантувати безпеку мережі автентифікацією застосувань, використовуючи міжмережеві екрани.

Відкрите середовище для створення послуг, в рамках концепції OSA, базується на стандартних API та передбачає розробку нових програмних блоків послуг і компонування послуги, використовуючи спеціальні інструментальні засоби програмування. Закладені в ці засоби принципи модульності дають змоги сервіс-провайдеру самостійно комбінувати й налаштовувати програмні компоненти в своїй мережі.

OSA дає можливість операторам і сервіс-провайдерам інтегрувати в мережі застосування від різних сторонніх виробників, а також розробляти свої власні програми.

Інтерфейси API розміщують на *серверах застосувань*, забезпечуючи доступ до інфокомунікаційних послуг. Використання API та протоколу ініціації сесії SIP дає змогу легко долучати нові послуги. На сервері застосувань можна розміщувати також моделі традиційної інтелектуальної мережі ІК та необхідні для неї протоколи сигналізації SS-7. Сервер застосувань і абонент, якому надають послугу, можуть знаходитися в мережах, що належать різним операторам.

Відкрита платформа керування послугами містить такі елементи, як *медіасервер і транспортні шлюзи*.

Медіасервери призначено для реалізації послуг, забезпечуючи спеціалізовані ресурси, такі, наприклад, як засоби конференц-зв'язку, інтерактивну мовну систему, факсимільне передавання та ін. Якщо сервер застосувань використовується в поєднанні з медіасервером, то логіка послуг у сервері застосувань має доступ до всіх подій у процесі обслуговування виклику засобами протоколу SIP.

Транспортні шлюзи – це сервери, налаштовані в режимі шлюзу, тобто комунікаційного устаткування (на відміну від серверів застосувань і медіасерверів, які налаштовані в режимі хосту). Транспортні шлюзи завжди розташовуються на межі мережі, а медіасервери можуть розташовуватися як на межі, так і в ядрі мережі. Крім своїх основних функцій – сполучення сегментів мереж різних операторів – транспортні шлюзи можуть виконувати обробку інформації користувачів спільно з медіасервером.

20.7. IP-телефонія

IP-телефонія – найбільш розповсюджена форма надання послуги VoIP. IP-телефонія забезпечує передавання не тільки голосу, а й факсу частково або повністю через пакетні мережі на основі протоколу IP. Поняття «IP-телефонія» вживають також у тих випадках, коли голос і факс передають разом з іншими видами інформації, зокрема з текстом і зображенням. Крім «IP-телефонії» як синонім використовують також термін «*Інтернет-телефонія*», коли послуги IP-телефонії в повному обсязі здійснюються через Інтернет.

Найпростіший спосіб передавання мовлення пакетами через Інтернет потребує два комп'ютери, обладнані мікрофонами, динаміками, звуковими картами з підтримкою цифрування звуку та не дуже складним програмним забезпеченням, яке уможливило двосторонній діалог через Інтернет у реальному масштабі часу. При цьому абонентам звичайно треба знати IP-адресу комп'ютера співрозмовника.

Через відсутність стандартів на обох комп'ютерах, потрібно було налаштовувати таке програмне забезпечення, щоб спосіб кодування голосу й пакування був однаковим.

З появою *стандартів IP-телефонії*, перш за все стандартів групи H.323 ситуація змінилась.

На рис. 109 наведено узагальнену схему взаємодії ТфЗК та IP-мережі на базі стандартів H.323.

Основними елементами мережі H.323 є IP-телефони, які під'єднано безпосередньо до мережі IP, і *шлюзи* (gateway), які зв'язують традиційну телефонну мережу з IP-мережею та забезпечують трансляцію пакетованого цифрованого й стиснутого голосу в цифрову або аналогову форму, придатну для передавання ТфЗК. Крім того, функціями шлюзу H.323 є трансляція протоколів сигналізації телефонних мереж, таких, як R2, Q.931 або SS-7, у протоколи сигналізації стеку H.323. Шлюз дає змогу абонентам, які мають звичайний телефонний апарат, спілкуватися з користувачами IP-телефонів або ж використовувати IP-мережу як транзитну.



Рис. 109 – Схема міжоператорської взаємодії в IP-телефонії

Основним завданням керування викликами є вибір шляху в мережі з комутацією пакетів, що також можна вирішити, застосовуючи шлюзи.

Для більш загальних потреб замість шлюзу може бути використано спеціальний елемент мережі – *брамник*. Брамник виконує реєстрацію та авторизацію абонентів, у разі потреби – трансляцію адрес (наприклад, імен DNS у телефонні номери), а також займається маршрутизацією викликів до IP-телефону, а якщо необхідно – то й до іншого брамника. Один брамник обслуговує частину мережі, якою адміністративно керує одна організація.

Функції бранника в архітектурі H.323 можуть виконувати *термінальні пристрої* – телефони та шлюзи, але таке рішення погано масштабувати, а потік викликів складно контролювати й тарифікувати.

20.8. IP-телефонія в межах наступного покоління

Збільшену схему повномасштабної мережі IP-телефонії наведено на рис. 110. Така мережа може підтримувати власних абонентів та бути транзитною мережею для традиційних телефонних мереж, які надаватимуть повний спектр послуг, серед котрих – послуги інтелектуальної мережі ІК.

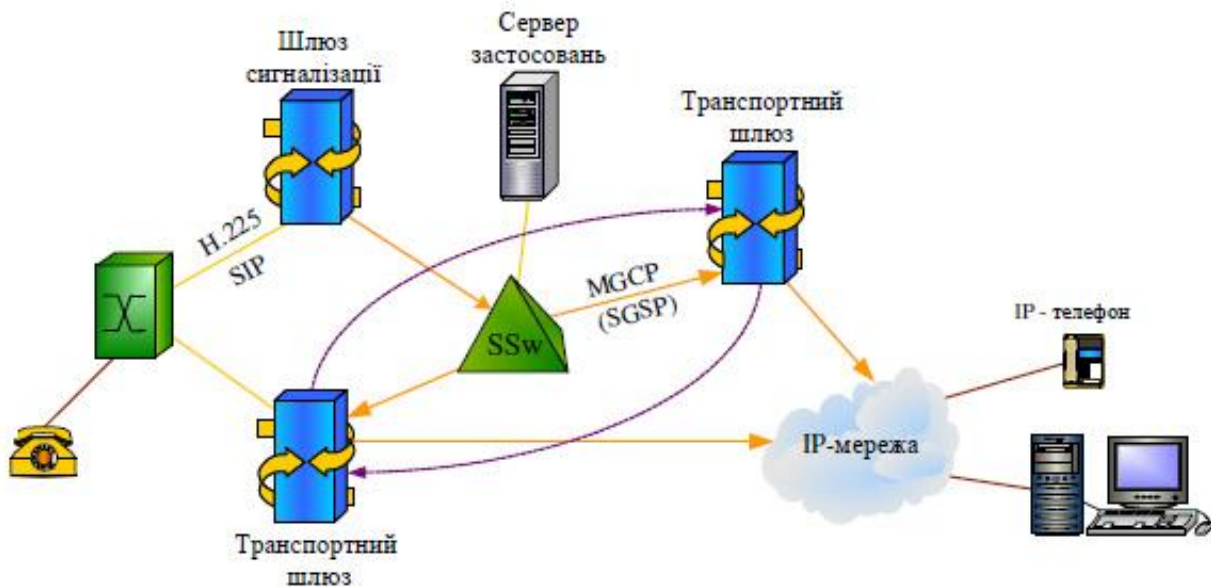


Рис.110 – Схема IP-телефонії інфокомунікаційного етапу

Ця мережа вирізняється декількома особливостями. У вузлах IP-телефонії нового покоління відбулося чітке розділення функцій на три групи – *транспортну, керування викликами та групу прикладних сервісів*.

Транспортну групу сформовано шляхом відділення від шлюзу функціональної частини, яка виконує операцію комутації між вхідними й вихідними портами (фізичними або віртуальними). Цей елемент називають *транспортним шлюзом*. Він є своєрідним аналогом комутаційного поля телефонної станції.

Наступну групу – *керування викликами* – складають протоколи сигналізації IP-телефонії: H.225. із стандарту H.323 і протокол ініціалізації сесії – SIP. До цієї групи також належать протоколи керування транспортними шлюзами, які ініціюють дії з комутації портів. Усі перераховані базові функції з обробки викликів реалізуються через програмний комутатор Softswitch.

Третя група функцій утворює *рівень сервісів*, які реалізують у вигляді звичайних мережевих застосовань *універсальні сервери застосовань*.

Прикладами таких сервісів є ініціація телефонного виклику натисканням певної кнопки сторінки Web, передавання виклику абонентові, під'єданого до Інтернету телефонною мережею, а також послуги інтелектуальної мережі. У мережах IP-телефонії попереднього етапу призначені користувачеві послуги надавав тільки *сервер інтерактивної мовленнєвої системи*, а інші прикладні програмні системи цього рівня реалізовували внутрішні для сервіс-провайдера функції – автентифікацію, білінг та ін. Зараз весь спектр додаткових послуг, які можуть надавати для абонентів розвинені телефонні комутатори міського типу, здійснюються за допомогою інтелектуальної мережі:

- переадресацію дзвінків у врахуванням різних умов;
- телеголосування;
- безкоштовний дзвінок;
- дзвінок за спеціальним тарифом;
- скорочений набір *та ін.*

Взаємодія між рівнями здійснюється через стандартні інтерфейси, що створює передумови для побудови телефонних вузлів IP-телефонії на основі продуктів різних виробників із застосуванням загальноприйнятих способів обробки викликів.

Масштабованість комутації та незалежність транспортного рівня від рівня керування викликами в новому поколінні вузлів IP-телефонії досягається завдяки застосуванню концепції програмного комутатора Softswitch. Вона виділяє в архітектурі розподіленого вузла IP-телефонії деякий загальний елемент. Даний елемент керування відповідає за обробку повідомлень протоколів сигналізації, на підставі яких відбуваються з'єднання, наприклад протоколу H.225 стеку H.323, протоколу налаштування з'єднань SIP або ж протоколу сигналізації SS-7.

Сигналізацію SS-7 також можна передавати IP-мережею. Для цієї мети ІETF створено спеціальний протокол транспортного рівня – *протокол керування потоковим передаванням*, який використовують замість TCP для передавання інформації реального часу, чутливою до втрачання пакетів (саме сигнальна інформація і є даними такого типу).

Програмні комутатори – «серце» сучасного вузла IP-телефонії. Вони здійснюють за одиницю часу значну кількість з'єднань: стільки ж, скільки телефонні комутатори міського та міжміського типів. Високого ступеню масштабованості досягають завдяки розподільчій моделі комутації, елементи якої взаємодіють стандартним чином, що забезпечує модульну побудову вузла комутації. Багато виробників пропонують програмні комутатори «частинами»: так, шлюз сигналізації SS-7 часто виготовляють як окремий програмний продукт, оскільки він не завжди є необхідним сервіс-провайдеру; окремо можуть поставлятися також сервери 8IP.

Процедури налаштування з'єднань за протоколом 8IP є простішими та компактнішими в порівнянні з аналогічними процедурами протоколів H.323, а ступінь інтеграції 8IP з прикладними протоколами та службами Інтернет (перш за все з протоколом HTTP і службами БК8 і є досить високою.

20.9. Глобальна система персонального зв'язку Skype

Skype – це система VoIP, призначена для здійснення голосових, аудіо або відео сеансів зв'язку між комп'ютерами.

Застосування Skype розробила корпорація Skype Technologies S.A. (Люксембург). Skype сервіс здійснює з'єднання комп'ютер-комп'ютер і комп'ютер-телефон (стаціонарний, мобільний чи супутниковий – несуттєво). Skype є проектом міжнародної мережі, яка побудована на абсолютно відмінних від традиційних мереж принципах. VoIP- адаптер під'єднують до кабельного модему або домашньої мережі Ethernet (рис. 111).

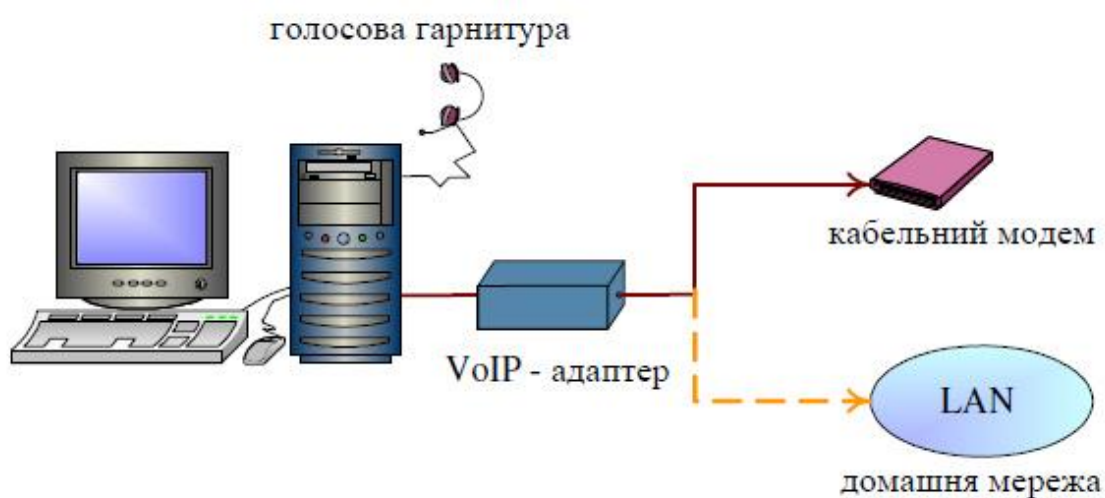


Рис.111 – Під'єднання комп'ютера користувача з системою Skype

Основний принцип функціонування Skype полягає в тому, що програми та інформаційні ресурси (музика, відеофільми, фотографії), до яких звертаються Skype-клієнти, знаходяться в самих клієнтів, а не на серверах у сервіс-провайдерів. Таким чином, Skype-клієнт не посилає свої виклики на центральний сервер, а здійснює пошук, звертаючись безпосередньо до інших Skype-клієнтів. Обмін голосовими або мультимедіа повідомленнями відбувається без сервіс-провайдерів.

Технологію організації подібної системи зв'язку називають *технологію пірінгових мереж*. У ній усі призначені для користувача комп'ютери виступають у ролі однорангових вузлів, тобто є клієнтами й серверами одночасно.

20.10. Технологія пірінгових мереж³⁴ P2P

У рівнорангових мережах усі вузли за значимістю однакові (повна відсутність ієрархії): кожен вузол є одночасно клієнтом і сервером. Їх

³⁴ Назва «пірінгові мережі» походить від англійської «peer-to-peer», що у перекладі означає рівнорангові мережі.

відмінною особливістю також є абсолютна розподіленість – немає єдиного керування.

Алгоритм, за яким однорангові вузли взаємодіють один з одним отримав назву «технологія P2P». Розглянемо один з варіантів технології P2P, заснований на *методі хорди*.

Нехай система містить n користувачів. Кожен має *службове ім'я*, подане рядком символів ASCII, що може бути відомо іншим користувачам.

Наявний у кожного вузла IP-адреси кодується m -бітним номером за допомогою хеш-функції. Для обчислення хеш-функції в методі хорди використовують алгоритм SHA, який застосовують у криптографії. IP-адресу подають деякою функцією з аргументом у вигляді рядка змінної довжини та значенням – 160-бітовим числом високого ступеня випадковості, яке називають *ідентифікатором вузла*.

Загальна кількість можливих ідентифікаторів вузлів становить 2160. Усі вони розташовуються у зростаючому порядку, утворюючи велике коло чисел, деякі з яких відповідають реально наявним вузлам.

На рис. 112 показано коло ідентифікаторів для $m = 5$. Реальним вузлам відповідають ідентифікатори 1, 4, 7, 12, 15, 20 і 27. Усі інші ідентифікатори поки не задіяні.

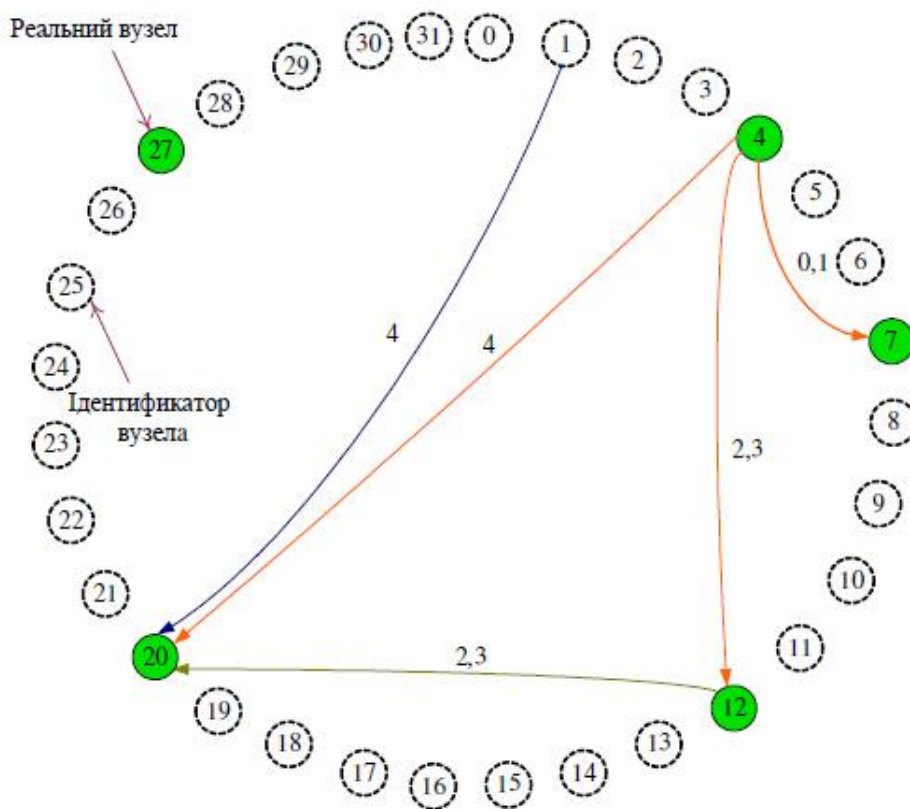


Рис.112 – Ідентифікатори вузлів

Будемо називати *послідовником* деякого вузла k у колі перший реальний вузол, наступний після нього, а функцією $s(k)$ визначення послідовника розглядатиме його ідентифікатор. Наприклад, $s(8) = 12$, $s(19) = 20$ і т.д.

Назви *name* інформаційних ресурсів (аудіо записів, фотографій тощо), якими можуть обмінюватися користувачі в мережі також відпрацьовуються за допомогою алгоритму SHA хеш-функцією *hash*, і перетворюються в 160-бітові числа, які називають ключами *key*. Таким чином, щоб отримати ключ *key* з назви запису *name*, необхідно обчислити $key = hash(name)$. Таке обчислення є локальною процедурою – викликом функції *hash*.

Якщо користувач, якому відомо кілька назв *name* хоче зробити їх доступними для інших користувачів, він повинен скласти для кожного з них *кортеж* (*name*, моя *IP-адреса*) та виконати функцію *s* (*hash* (*name*)), щоб зберегти їх у загальноприйнятій формі. Якщо існує кілька записів (на різних вузлах) для однієї й тієї ж назви, всі їхні кортежі будуть зберігатися на одному й тому ж вузлі.

Якщо хтось із користувачів захоче знайти назву *name*, він повинен обчислити значення хеш-функції, отримати ключ *key*, а потім за допомогою функції *s* (*key*) визначити *IP-адресу* вузла, що зберігає кортежі індексів. Для того, щоб можна було знайти *IP-адресу* вузла, що відповідає якому-небудь ключу, кожен вузол повинен підтримувати певні службові структури даних. Однією з них є *IP-адреса* послідовника.

Процедура пошуку є такою. Вузол, який надсилає запит, посилає послідовникові пакет, що містить його *IP-адресу* й ключ, який він шукає. Цей пакет пересилається по колу доти, поки не буде знайдено вузол, що відшукується. На ньому перевіряють відповідність наявної інформації ключу, а якщо результат позитивний, після перевірки пакет повертається безпосередньо вузлу, чия *IP-адреса* містився в запиті.

Такий пошук є малоефективним. Значно пришвидшити пошук дає змогу підтримувана кожним вузлом спеціальна таблиця, яку в методі хорд називають *таблицею показчиків*. У ній є *m* записів, пронумерованих від 0 до *m – 1*. Кожен запис містить два поля: початок *start* та *IP-адресу* послідовника – *s(start)*, як показано на рисунку 18.6.

Поле Start	IP-адрес послідовника
2	4
3	4
5	7
9	12
17	20

Таблиця показчиків
вузла 1

Поле Start	IP-адрес послідовника
5	7
6	7
6	12
12	12
20	20

Таблиця показчиків
вузла 4

Поле Start	IP-адрес послідовника
13	15
15	15
16	20
20	20
28	1

Таблиця показчиків
вузла 12