

УДК 004.725.7

І. А. Коротун

(студент Державного економіко-технологічного університету транспорту, спеціальність «Автоматика та автоматизація на залізничному транспорті», спеціалізація «Автоматизовані системи технологічного зв'язку»)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СУЧАСНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

У статті проаналізовано підходи та засади на яких будуються сучасні мережі зв'язку; проаналізовано методи організації нижніх рівнів моделі OSI та розглянуто найпоширеніші протоколи, які використовуються на них; дано характеристику таким технологіям як MPLS, ATM та DSL, GPON/FTTx.

Ключові слова: мережа зв'язку, модель OSI, мультипротокольна комутація за допомогою міток, асинхронний спосіб передачі даних, цифрова абонентська лінія, інтернет протокол, протокол визначення адреси, протокол межового шлюза, управління доступом до середовища.

В статье проанализированы подходы и принципы на которых строятся современные сети связи; проанализированы методы организации нижних уровней модели OSI и рассмотрены наиболее распространенные протоколы, используемые на них; дана характеристика таким технологиям как MPLS, ATM и DSL, GPON / FTTx.

Ключевые слова: сеть связи, модель OSI, мультипротокольная коммутация с помощью меток, асинхронный способ передачи данных, цифровая абонентская линия, интернет протокол, протокол определения адреса, протокол граничного шлюза, управление доступом к среде.

Зростаючий попит на телекомунікаційні послуги диктує не лише потребу у збільшенні їхньої кількості у формі розширення мереж зв'язку, а і стимулює покращення цих послуг та збільшення їх номенклатури. Проектування, створення, експлуатація та модернізація мереж зв'язку потребують використання сучасних технологій як з боку тих засобів, які впроваджуються, так і тих засобів, за допомогою яких відбувається впровадження. Впровадження технологій, які можуть задовольнити сучасні вимоги телекомунікаційного ринку обіцяє значні дивіденди. При цьому слід розуміти, що структурні зміни мереж на рівні транспортної мережі та мережі доступу мають свої особливості, пов'язані з їх функціональними ролями у загальній структурі мережі: зміна конфігурації транспортної мережі [1] має вплив на всю мережу і рух трафіка в ній, а зміна мережі доступу впливає на структуру трафіка, який надходить до транспортної мережі.

© Коротун І. А., 2015

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

У свою чергу, зміна кількісних показників трафіка на входах транспортної мережі впливає на рух трафіка в ній, але якщо зміни структури транспортної мережі зачіпають всю транспортну мережу безпосередньо або опосередковано, то зміна мережі доступу чинить вплив лише на ту частину мережі, де здійснюється її підключення, або ж чинить системний ефект при зміні всіх мереж доступу, які підключаються до даної транспортної мережі.

Таким чином, актуальним є аналіз мереж зв'язку, в особливості транспортної мережі, оскільки зона впливу її елементів більша порівняно з мережами доступу, але не можна недооцінювати роль мереж доступу, оскільки їх велика кількість при структурному переході до більш ефективної технології спричиняє вплив на транспортну мережу, який полягає, наприклад, у зменшенні частки службового навантаження, використанні протоколів, в цих мережах, які краще суміщаються.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні мережі зв'язку активно розвиваються в концепції мереж наступного покоління (Next Generation Networks, NGN) [2,3,4]. Відповідно до даної концепції у мережі зв'язку виділяються рівні:

- 1) транспортний;
- 2) управління комутацією та передачею даних;
- 3) рівень послуг та управління послугами.

Також окремо варто звернути увагу на рівень доступу [2,5,6,7]. В моделі NGN він не зазначається, оскільки вибір технології доступу часто визначається такими факторами, як передбачуваний попит на послуги, присутністю наявних комунікацій, наприклад, телефонного кабелю, який використовується в технології DSL (Digital Subscriber Line, цифрова абонентська лінія), а також, тому що дана концепція орієнтована на виділення окремих функцій мережі, а технологія доступу, як правило, має надавати ці три функції безпосередньо абоненту.

Постановка проблеми

Транспортні мережі в системі мереж зв'язку мають глобальний вплив, тому якість наданих послуг провайдера зв'язку в найбільш загальному випадку залежить від технології транспортної мережі. Наприклад, для передачі інформації реального часу неприпустимо використання методу «дірявого відра» або «маркерного відра» [4] за якого частина пакетів, які не можуть бути передані у вузлі мережі, відкидається. В даному випадку потрібне застосування технологій, які б змогли забезпечити необхідну якість обслуговування, спираючись на кількість та якість послуг, які заплановано надавати даною мережею. З іншого боку, вимоги до трафіка, який надходить на транспортну мережу залежать від технології доступу, яка використовується і, т.ч., формує ці вимоги [8].

Проблема вибору технології транспорту та технології доступу [9], їх взаємодія, становлять складну задачу, яку можна вирішити лише практичним шляхом. Важливим є передбачення результатів впровадження тієї чи іншої технології та обґрунтування доцільності застосування конкретної технології.

Метою роботи є аналіз мультисервісних рішень, які впроваджуються на магістральних мережах та обґрунтування вибору технології доступу.

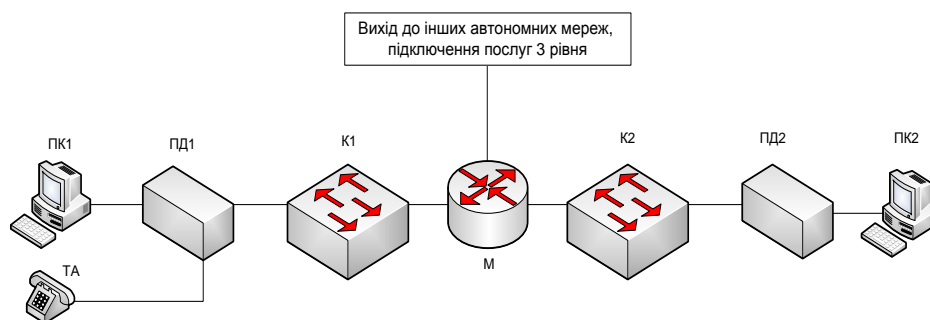
Виклад основного матеріалу дослідження

Сучасні мережі зв'язку стикаються на телекомунікаційному ринку з попитом на мультисервісні послуги, що створює умови для розвитку мультисервісних мереж. Задовольнити дані потреби дозволяє використання транспортної мережі, яка дозволяє передавати всі види трафіка, в найпростішому випадку – це голос,

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

дані та відео. Також, потрібно забезпечити можливість передачі таких видів трафіка, як, наприклад, факсимільний, телетайп, телетекст та інші. Цього можна досягти використанням шлюзів доступу, які підтримують широкую номенклатуру протоколів та будуються на сучасній цифровій базі із застосуванням комп'ютеризації [10, 11].

На рис. 1 зображена найпростіша схема встановлення зв'язку через мережу із застосуванням маршрутизації, тобто використовується третій рівень моделі OSI [7].



ПК1, ПК2 – персональні комп'ютери, К1, К2 – комутатори, М – маршрутизатор,
ПД – підключення доступу, ТА – телефонний апарат.

Рис. 1. Схема організації зв'язку по мережі з одним маршрутизатором

У даному випадку для доступу до мережі абонентське обладнання (на схемі для прикладу, персональний комп'ютер та телефонний апарат) підключається до обладнання доступу. Пристрій доступу, наприклад, у разі використання технології FTTx являє собою комутатор доступу, який від транспортної мережі приймає оптичний сигнал, перетворює його в електричний, найчастіше для інтерфейса Ethernet [7,9], який завантажується на обладнання абонента, а в зворотньому напрямку робить зворотнє перетворення із сигналом, який вивантажується від абонента.

Функції пристрою доступу може виконувати і комутатор [12,13], якщо немає необхідності робити перетворення сигналу на фізичному рівні. В даному випадку маємо справу з комутацією на другому каналному рівні моделі OSI (Level 2, L2). Ідентифікатором каналного рівня служить MAC-адреса (Media Access Control, управління доступом до середовища).

Комутатор зберігає в пам'яті (т. зв. асоціативній пам'яті) таблицю комутації, в якій вказується відповідність MAC-адреси вузла порту комутатора. При включенні комутатора ця таблиця порожня і він працює в режимі запам'ятовування. У цьому режимі дані, які надходять на якийсь порт, передаються на всі інші порти комутатора. При цьому комутатор аналізує фрейми (кадри) і, визначивши MAC-адресу хоста-відправника, заносить його в таблицю на деякий час. Згодом, якщо на один з портів комутатора надійде кадр, призначений для хоста, MAC-адреса якого вже є в таблиці, то цей кадр буде переданий тільки через порт, зазначений у таблиці. Якщо MAC-адреса хоста-одержувача не асоційована з яким-небудь портом комутатора, то кадр буде відправлений на всі порти, за винятком того порту, з якого він був отриманий. З часом комутатор будує таблицю для

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

всіх активних MAC-адрес, в результаті трафік локалізується. Варто відзначити малу латентність (затримку) і високу швидкість пересилки на кожному порту інтерфейса. MAC-адреса складається з 6 байтів та є унікальною для пристрою якому вона присвоюється. Це зроблено з метою уникнення колізій при ідентифікації каналів в мережі.

Функціями маршрутизатора є прокладання маршрутів. Маршрутизатор працює на третьому, мережевому рівні моделі OSI (Level3, L3) [7,9]. Класичним та найпоширенішим протоколом маршрутизації є IP-протокол (IP – Internet Protocol). Для прокладання маршруту між вузлами мережі для передачі даних може використовуватися ARP-протокол (Address Resolution Protocol – протокол визначення адреси).

Принцип роботи ARP-протокола такий. Абонентський пристрій, якому призначено IP-адресу, надсилає на маршрутизатор пакет, в якому зазначені IP-адреса відправника, MAC-адреса відправника та IP-адреса отримувача. Отримавши даний пакет, маршрутизатор надсилає широковисувальний пакет усім, крім відправника, пристроям мережі з «проханням» вислати свою MAC-адресу, зазначаючи IP-адресу отримувача, у відповідь маршрутизатор отримує MAC-адресу абонента, IP-адреса якого зазначена у вхідному пакеті, як адресат. Таким чином, на маршрутизаторі утворюється таблиця відповідності MAC-адреси та IP-адреси для однозначної ідентифікації напряму передачі пакетів.

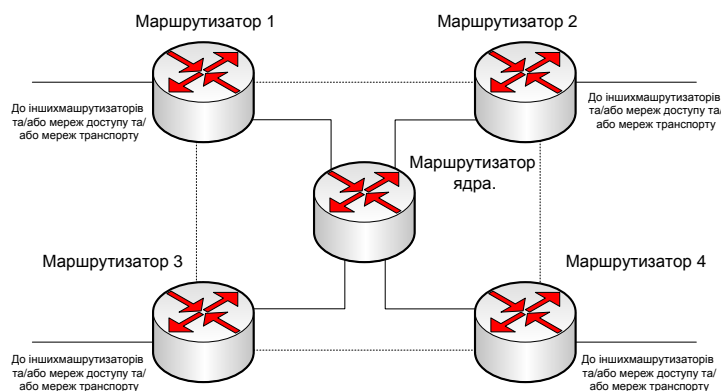


Рис. 2. Складна топологія організації ядра мережі

При використанні складної топології ядра мережі, наприклад, як показано на рис. 2 виникає необхідність прокладання маршруту, тобто із переліку кількох маршрутів необхідно вибрати один, та виділити можливі резервні (за необхідності), також, важливо уникати закільцювання, коли пакети не спрямовуються до отримувача, а багаторазово пересилаються між одними і тими самими маршрутизаторами.

Для маршрутизації може використовуватися протокол BGP (Border Gateway Protocol – протокол межового шлюза). Основною задачею BGP є динамічна маршрутизація в мережах. Він використовується для того, щоб в складній топології мережі «прокласти» маршрут прямування трафіка для передачі пакетів. Даний протокол використовується на маршрутизаторах, які мають зв'язок з іншими мережами, тобто на стику автономних мереж. Маршрутизатор, який знаходиться на межі з іншою автономною системою та використовує BGP повинен

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

мати інформацію про набір IP-адрес як всередині своєї мережі, так і всередині мережі з якою він межує. Для зв'язку між крайовими маршрутизаторами використовується eBGP (external BGP, тобто зовнішній BGP), а всередині автономної мережі використовується iBGP (internal BGP, тобто внутрішній BGP).

Перспективним виглядає використання в ядрі мережі технології MPLS (Multi Protocol Label Switching, мультипротокольна комутація за допомогою міток). Використання MPLS в ядрі мережі перш за все привабливе тим, що дозволяє інкапсулювати в свій пакет за допомогою мітки інформацію будь-який інший протокол, та передати його, керуючись лише інформацією з мітки.

32 біти			
20 біт	3 біти	1 біт	8 біт
Label	TC	S	TTL

Рис. 3. Структура мітки MPLS. Label – мітка; TC - traffic class – клас трафіка; S – «Bottom to stack» - «дно стека», TTL – time to live – час життя

Мітка використовується для безпосередньої комутації; клас трафіка служить для забезпечення необхідної QoS (Quality of servise, якість обслуговування); байт «дно стека» має значення 1, якщо мітка в стеку міток остання; час життя потрібен для запобігання петель.

Одним із можливих варіантів організації транспортної мережі може бути технологія ATM (Asynhronous Transport Mode, асинхронний спосіб передачі даних) – високопродуктивна технологія комутації та мультиплексування, яка заснована на передачі даних у вигляді ячеек, які складаються з 53 байтів, 5 з яких відведені під заголовок.

Якщо ж звернутися до технологій доступу, то перевагу отримують уже наявні або ж технології, які мають жорсткий попит.

До технологій, які вже існують, належить DSL, адже вона дає можливість організувати передачу даних по телефонному кабелю, практично, до 10 Мбіт/с. Теоретично застосування ж технологій ADSL (Asymmetric DSL, асинхронна DSL) дає можливість досягати швидкостей до 24 Мбіт/с для завантаження та 1,2 Мбіт/с для висхідного трафіка. Підключення ж мережі доступу на основі DSL здійснюється за допомогою мультиплексорів DSLAM (DSL Access Multiplexer, DSL мультиплексор доступу).

На противагу даній технології, яка має вже наявні фізичні лінії прийшла технологія GPON (Gigabit passive optical network, пасивні оптичні мережі ємністю в 1 Гбіт/с) або ж FTTx (Fiber to the (x), волокно в «приміщення»), що дає можливість отримати в будівлі оптоволоконне підключення, яке забезпечує підключення для користувача на швидкостях, які практично досягають можливостей обладнання користувача (як правило, мережеві плати ПК підтримують швидкість до 100Мбіт/с), а фактично можливе досягнення і більших швидкостей.

Отже, використання в транспортній мережі технології комутації пакетів, таких як MPLS та ATM дає можливість ефективного використання ресурсів, при цьому можливості MPLS по комутації протоколів, практично, будь-якого рівня робить його більш продуктивним, а тому має більше шансів зробити експлуатацію мережі більш ефективною. Підключення ж технологій доступу, таких як DSL та GPON (FTTx) історично співіснують, але надзвичайна продуктивність

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

GPON порівняно з DSL робить його більш перспективним, а тому GPON як стандарт зв'язку буде застосовуватися для надання телекомунікаційних послуг на місці DSL.

ЛІТЕРАТУРА

1. Басов В.И. Цифровые интегральные сети связи. – Харьков: Транспорт Украины, 2000. – 166 с.
2. Семёнов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб: ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ», 2005. – 240 с.
3. Бакланов И. Г. NGN. Принципы построения и организации / Под ред. Ю. Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.: ил.
4. Битнер В. И., Михайлова Ц. Ц. Сети нового поколения – NGN: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 226 с., ил.
5. Никитюк Л.А. Телекоммуникационные технологии цифровых сетей: Учеб. пособие /Под редакцией Н.В. Захарченко. – Одесса: Изд. УГАС им. А.С. Попова, 2000. – 64 с.
6. Пескова С. А., Кузин А. В., Волков А. Н. Сети и телекоммуникации: Учеб. пособ для студентов высш.учеб. заведений.–2-е издание,стер. – М. Издательский центр «Академия», 2007. – 352 с.
7. Максимов Н. В., Попов И. И. Компьютерные сети: Учебное пособие для студентов среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ, 2008. – 448 с.: ил. – (Профессиональное образование).
8. Басов В. И., Загарий Г. И., Приходько С. И, Терещенко Ю. Н., Чикин А. А. Мультисервисные сети / Под ред. Ю. Н. Терещенко. – Харьков: ЧП Издательство «Новое слово», 2009. – 192 с.
9. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. –5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с, ил.
10. Танненбаум Э. Архитектура компьютера. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003.– 698 с., ил.
11. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.: ил.
12. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновський Г. Н. Сети связи: Учебник для ВУЗов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.: ил.
13. Андерсон К., Минаси М. Локальные сети.: Полное руководство. / Пер. с англ. – К.: ВЕК+:ЭНТРОП, СПб.: КОРОНА-принт, 1999. – 624 с., ил.

Ivan Korotun

(Student of State University for Transport Economy and Technologies, Specialty «Automatic and Automation (Railway Transport)», Specializing «Automation system of Technological Communication»)

ANALYSIS TECHNOLOGIES OF MODERN COMMUNICATIONS NETWORKS

This article analyzes the modern communication networks in the context of ideology of next generation networks; modern network functionally divided into transport and access network as separate comparison of such transport technologies such as MPLS and ATM, DSL and GPON / FTTx, given the comparison cell ATM and label MPLS, and for access technologies considered comparing the effectiveness of reuse of existing broadband channel called DSL connection and efficiency of implementation of GPON / FTTx, as a technology with higher data rates, and are routing communications based on circuit with a router, considered principles of communication using protocols such as IP, ARP and BGP, given complex topology network core areas of responsibility and described for eBGP and iBGP, are functioning as the second level of the OSI model based on MAC addresses, which allows access to the electrical signal propagation environment and described how the network layer uses MAC-address.

ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Keywords: *network communication model OSI, multyprotokol switching using labels, asynchronous method of data transmission, digital subscriber line, Internet protocol, address resolution protocol, border gateway protocol, media access control.*

REFERENCES

1. *Basov V.I.* Tsyfrovyye integral'nyie seti svyazi. [Digital integrative network communications]–Kharkov: Transport Ukrayiny, 2000. – 166 p.
2. *Semenov U.V.* Proektirovaniye setei svyazi sleduyushchego pokoleniya [Desining of next generation communication networks]. - St. Petersburg: OAO»Ghiprosvyaz', 2005. –240 p.
3. *Baklanov Gh.* NGN. Printsypy postroeniya e orghanizatciyi. [Principles of construction and organization]./ Pod pedaktsyyey Yu. N. Chernyshova. – Moscow: Eco-Trandz, 2008. – 400 p.
4. *Bitner V.I., Mykhaylova Ts.Ts.* Seti sleduyushchego pokoleniya – NGN. Uchebnoe posobiye dlya vuzov. [Next generation networks – NGN. Textbook for High Schools]. – Moscow: Gharyachaya liniya – Telecom, 2011. – 226 p.
5. *Nikityuk L.A.* Telekommunikatsionnye tekhnolohiyi tsyfrovyyh setey. [Telecommunication technologies of digital networks] Ucheb.posobie. / Pod redaktsyyei N.V. Zaharchenko – Odessa: izd. UGHAS im A. S. Popova, 2000. – 64 p.
6. *Pescova S.A., Kuzin A.V., Volkov A.N.* Sety i telekommunikatsyyi [Networks and telecommunications]: uchebnoye posobiye dlya studentov vussh. ucheb. zavedeniy. – 2-e izdaniye, ster. – Moscow.: izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2007. – 352 p.
7. *Maksimov N.V., Popov I.I.* Kompyuternyye seti [Computer networks]: uchebnoye posobiye dlya studentov srednegho professionalnogho obrazovaniya. – Moscow, FORUM, 2008. – 448 p.: ill/ (Profesionalnoe obrazovaniye).
8. *Basov V.I., Zaghoriy Gh.I., Prihod'ko S.I., Tereshchenko Yu.N., Chikin U.U.* Multiservisnyye seti/ Pod red. Yu. N. Tereshchenko. – Kharkov. ChP Izdatel'stvo «Novoe slovo», 2009. – 192 p.
9. *Tanenbaum E., Wetherall D.* Kompyuternyye seti. 5-ye izd. [Computer networks. 5-th edition]. – St. Petersburg: Piter, 2012. – 960 p.
10. *Tanenbaum E.* Arhitektura kompyutera. 4-ye izd. [Computer architecture. 4-th edition]. – St. Petersburg: Piter, 2003. – 698 p.
11. *Olipher V.Gh., Olipher N.A.* Kompyuternyye seti. Printsypy, tekhnolohiyi, protokoly: Uchebnik dlya vuzov. – 3-ye izd. [Computer networks: principles, technologies, protocols. Textbook for High Schools. 3-id edition] – St. Petersburg: Piter, 2006. – 958 p.
12. *Gholdshstein B.S., Sokolov N.A., Yanovskyi G.N.* Seti svyazi: Uchebnik dlyu VUZov. [Communication networks: Textbook for High Schools]. St. Petersburg: BHV – St. Petersburg, 2010. – 400 p.
13. *Anderson K., Minasi M.* Local'nyye seti. Polnoe rukovodstvo: Per. [Local networks. The Complete Guide. Translated]. – St. Petersburg: VEK+ENTROP, s angl. – St. Petersburg: KORONA print, 1999. – 624 p.