

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

_____ Явісія В.С.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019_р.

Магістерська дисертація

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка,

(код і назва)

За освітньо-професійною програмою Інженерія та програмування інфокомунікацій.

на тему: Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах

Виконав (-ла): студент (-ка) _2_ курсу, групи ТЗ - 81 мп

(шифр групи)

_____ Лебедева Юлія Дмитрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н. доцент Явісія В.С. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем

(повна назва)

Кафедра телекомунікацій

(повна назва)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою Інженерія та програмування інфокомунікацій.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Явіся В.С.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Лебедевої Юлії Дмитрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах

науковий керівник дисертації: доцент, к.т.н. доцент Явіся В.С.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «_07_» «_11_» 2019р. № _3840-с_

2. Строк подання студентом дисертації 04.12.2019 _____

3. Об'єкт дослідження: Мультисервісна мережа _____

4. Предмет дослідження: Маршрутизація в мультисервісних мережах _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Описати функціонування мультисервісних мереж та її архітектуру. Порівняти протоколи та алгоритми маршрутизації в мультисервісних мережах. Розробити методику вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

Слайд №1 Назва

Слайд №2 Вступ. Актуальність та мета

Слайд №3-4 Особливості побудови та функціонування МСМ

Слайд №5-6 NGN

Слайд №7 Основні завдання маршрутизації в мультисервісних мережах

Слайд №8 Алгоритми маршрутизації мультисервісних мереж

Слайд №9 Характеристика протоколів маршрутизації

Слайд №10-11 Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах

Слайд №12 Висновки

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання: 20.09.2018 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис функціонування та побудови мультисервісної мережі	01.10.2018- 20.10.2018	
2	Опис маршрутизації в мультисервісних мережах	20.10.2018- 20.12.2018	
3	Опис критеріїв порівняння протоколів маршрутизації	20.12.2018- 25.01.2019	
4	Порівняння протоколів та алгоритмів маршрутизації	25.01.2019- 11.03.2019	
5	Розробка методики вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах	11.03.2019- 28.04.2019	
6	Написання висновків щодо маршрутизації та методики вибору алгоритму маршрутизації в МСМ	28.04.2019- 1.07.2019	
7	Оформлення магістерської дисертації	1.07.2019- 09.10.2019	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 115 сторінок, 7 рисунків, 1 таблицю, 58 посилань.

Метою даної роботи є описати методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

Мультисервісні мережі являють собою самостійний клас мереж, що будуються на основі концепції NGN, на базі яких може бути здійснено надання широкого набору як традиційних, так і нових послуг. Основне завдання мультисервісних мереж полягає в забезпеченні роботи різномірних інформаційних і телекомунікаційних систем і додатків в єдиної транспортної середовищі, коли для передачі основного трафіку (даних) і трафіку реального часу (голос, відео) використовується єдина інфраструктура. Завдання маршрутизації полягає у визначенні ефективних шляхів проходження потоків трафіку через мережу передачі даних.

Ключові слова: мультисервісна мережа, маршрутизація, протоколи маршрутизації, алгоритми маршрутизації, якість обслуговування, інтернет, NGN.

ABSTRACT

The master's thesis consists of 115 pages, 7 drawings, 1 table, 58 references.

The purpose of this work is to describe the method of choosing a routing algorithm in multiservice networks.

Multiservice networks are an independent class of NGN-based networks that can be used to provide a wide range of traditional and new services. The main task of multiservice networks is to ensure the operation of heterogeneous information and telecommunication systems and applications in a single transport environment, when the same infrastructure is used to transmit basic traffic (data) and real-time traffic (voice, video). The task of routing is to identify effective ways of passing traffic through a data network.

Keywords: multiservice network, routing, routing protocols, routing algorithms, quality of service, Internet, NGN.

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	12
Розділ 1. Особливості побудови та функціонування мультисервісних мереж.....	15
1.1 Мультисервісна мережа	15
1.2 Структура мультисервісної мережі.....	19
1.3 Особливості проектування мультисервісної мережі	21
1.4 Мережа зв'язку наступного покоління (NGN).....	24
1.5 Архітектура NGN	25
1.6 Концепції NGN	32
1.7 ISDN	34
Розділ 2. Основні завдання маршрутизації в мультисервісних мережах	37
2.1. Опис маршрутизації в мультисервісних мережах	37
2.2. Завдання маршрутизації.....	40
2.3. Якість обслуговування (QoS) в мережах наступного покоління ..	43
2.4. ATM QoS.....	46
2.5. MPLS	48
Розділ 3. Аналіз методів маршрутизації в мультисервісних мережах.....	52
3.1. Метод маршрутизації DARL	52
3.2. Метод маршрутизації OLWR.....	53
3.3. Метод маршрутизації MODR-S.....	56
3.4. Алгоритми маршрутизації мультисервісних мереж.....	58
3.5. Протоколи маршрутизації.....	72
3.6. Критерії порівняння протоколів маршрутизації	74
3.7. Характеристика протоколів маршрутизації.....	79

					КПІ ім.Ігоря Сікорського _3840_-с 03.ТЗ-81мп.2019.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах			Літ.	Арк.	Акрюшів
Розроб.	Лебедева							8		
Перевір.	Явіся									
Реценз.										
Н. Контр.	Петрова							ІТС		
Затверд.	Явіся									

3.8.	Порівняльна характеристика протоколів маршрутизації	91
3.9.	Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах	93
	Висновки:	105
	Список використаної літератури:	110

					КПІ ім.Ігоря Сікорського 3840-с 03.ТЗ-81 мп.2019.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- MCM - Мультисервісна мережа
- NGN - Next generation network (Мережа наступного покоління)
- ATM - Asynchronous Transfer Mode (Асинхронний спосіб передачі даних)
- IP - Internet Protocol (Інтернет протокол)
- QoS - Quality of service (Якість обслуговування)
- ISDN - Integrated Services Digital Network
- FR - Frame Relay
- MCE - Міжнародний союз електрозв'язку
- UNI - User Network Interface (Мережевий інтерфейс користувача)
- NNI - Network Network Interface (Міжмережевий інтерфейс)
- ANI - Application Network Interface (Прикладний мережевий інтерфейс)
- NACF - Network Attachment Control Functions (Функцій контролю мережевих підключень)
- RACF - Resource and Admission Control Functions (Функцій управління ресурсами та доступом)
- SCF - Service Control Functions (Функцій управління послугами)
- TA - Terminal Adapter (Термінальний адаптер)
- LE - Local Exchange (Локальна станція)
- LT - Local Termination (Локальне закінчення)
- ET - Exchange Termination (Кінцева станція)
- NT - Network Termination (Мережева кінцева станція)
- МНГ - Мінімально спрямований граф
- IETF - The Internet Engineering Task Force (Інженерна рада інтернету)
- MPLS - multiprotocol label switching (Багатопротокольна комутація по мітках)
- OSPF - Open Shortest Path First

RIP	-	Routing Information Protocol
CBR	-	Constant bit rate (Постійна швидкість передачі даних)
VBR	-	Variable bit rate (Змінна швидкість передачі даних)
ABR	-	Available bit rate (Доступна швидкість передачі даних)
UBR	-	Unspecified bit rate
TTL	-	Time To Live (Час життя)
AODV	-	Ad hoc On Demand Distance Vector
DVA	-	Distance Vector Algorithms (Дистанційно-векторні протоколи)
LSA	-	Link State Algorithms (Протоколи стану каналу)
SPF	-	Shortest path first (Алгоритм найкоротшого шляху)
ПЗ	-	Програмне забезпечення
IGP	-	Interior Gateway Protocols (Протоколи внутрішніх шлюзів)
EGP	-	Exterior Gateway Protocols (Протоколи зовнішніх шлюзів)
АС	-	Автономної системи
EIGRP	-	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
RTP	-	Reliable Transport Protocol
IS-IS	-	Integrated Intermediate System-to-intermediate System
CSNP	-	Complete Sequence Number Packet
PSNP	-	Partial Sequence Number Packet
TE	-	Traffic Engineering

ВСТУП

Актуальність. За останні роки ми стали свідками все більш швидкої інтеграції комп'ютерів і телефонії як обладнання, так і мереж. Старі оператори загальнодоступних мереж спостерігали зменшення трафіку телефонії в своїх телекомунікаційних мережах з комутацією загального користування, в основному через все більшу популярність мобільних телефонів та рух послуг з телефонних мереж до загально доступного Інтернету.

Клієнти телефонних мереж надають перевагу нерегульованому, але великому змісту комунікацій, наданого їх постачальником мережі, який має можливості зв'язку. Відповідь операторів фіксованих мереж на задоволення цього попиту полягала в розгортанні широкосмугового зв'язку, тоді як це рішення задовольняло попит клієнтів, воно мало зробити для забезпечення подальшого розвитку глобальних мереж зв'язку, оскільки оператору нерухокої мережі залишається лише доступ до громадського Інтернету (або гірший доступ до постачальника послуг Інтернету (Інтернет-провайдер)). Хоча контент та послуга надаються без будь-яких зв'язків із мережевими витратами. Клієнти не купують технології, але купують послуги.

Отже, з точки зору оператора мережі, важливим є можливість пропонувати послуги, які можуть скористатися широкосмуговою мережею.

Мультисервісні мережі являють собою самостійний клас мереж, що будуються на основі концепції NGN, на базі яких може бути здійснено надання широкого набору як традиційних, так і нових послуг. Визначення мультисервісних мереж як самостійного класу означає, що їх регламентація повинна здійснюватися на основі нормативно-технічної бази, яка враховує особливості інтеграції різних послуг і системно-технічних рішень в рамках однієї

мережі. Мультисервісність - це підтримка безлічі служб (service) програмно-апаратними засобами однієї мережі.

Мультисервісні мережі забезпечують доставку споживачам безлічі різних послуг на єдиній технологічній основі - за принципом конвергенції послуг. Найбільш ефективно функції транспорту для голосу, відео та інших даних реалізуються на основі пакетних мереж, однією з різновидів мультисервісних мереж, що використовують транспорт MPLS-TP.

Мультисервісна мережа являє собою інфраструктуру, яка використовує єдиний канал для передачі даних різних типів трафіку. Далі перераховані аспекти побудови мультисервісних мереж:

- конвергенція завантаження мережі - передача різних типів трафіку в рамках єдиного формату представлення даних;
- конвергенція протоколів - перехід від безлічі існуючих мережевих протоколів до загального;
- фізична конвергенція - передача різних типів трафіку в рамках єдиної мережевої інфраструктури;
- конвергенція пристроїв - побудова архітектури мережевих пристроїв, здатної підтримувати різнотипний трафік в рамках єдиної системи;
- конвергенція додатків - інтеграція різних функцій в рамках єдиного програмного засобу;
- конвергенція технологій - створення єдиної загальної технологічної бази для побудови мереж зв'язку, здатної задовольнити вимогам і регіональних мереж зв'язку, і локальних обчислювальних мереж;
- організаційна конвергенція - централізація мережевих, телекомунікаційних, інформаційних служб під керуванням менеджерів вищої ланки.

Конвергенція мається на увазі об'єднання двох напрямків - комутацію каналів (передачу голосу) і комутацію пакетів (передачу даних).

Ця нова концепція інтегрованої широкопasmової мережі розвивалася протягом останніх кількох років і отримала назву Мережі наступного покоління (NGN). Цей термін використовується для опису деяких архітектурних еволюцій в телекомунікаційному ядрі та мережах доступу. Мережі наступного покоління зазвичай будуються навколо Інтернет-протоколу. Це дає змогу інтегрувати та ефективно передавати по одній інфраструктурі кілька сервісів, таких як голос, відео та дані.

Перспективна архітектура мереж наступного покоління (NGN) припускає створення мультисервісної мережі з винесенням функціональності послуг в граничні вузли мережі, створення спеціальної підсистеми керування послугами у вигляді окремої мережевої підсистеми, а також розширення номенклатури інтерфейсів для підключення устаткування постачальників послуг.

Сутність мережі наступного покоління полягає у переході від багатоплатформності до простої та ефективної мережі, розробленої спеціально для того, щоб надавати всі види послуг. З погляду технології перехід від традиційної мережі до мережі наступного покоління є переходом від окремого існування мережі з комутацією каналів і мережі з комутацією пакетів до мультисервісних мереж, що здібні функціонувати як в першому, так і в других режимах комутації. У результаті можна одержати мережі, що пристосовані до всіх видів послуг. Цими мережами буде набагато легше керувати, і водночас контроль за якістю послуг великою мірою перейде до самих клієнтів. [1,2]

Розділ 1. Особливості побудови та функціонування мультисервісних мереж

1.1 Мультисервісна мережа

Мультисервісна мережа (МСМ) - мережа зв'язку, яка побудована відповідно з концепцією мережі зв'язку наступного покоління, що забезпечує надання необмеженого набору послуг.[3]

Мультисервісна мережа - це єдина мережа, здатна передавати голос, відеозображення і дані. Основним стимулом появи і розвитку мультисервісних мереж є прагнення зменшити вартість володіння, підтримати складні, насичені мультимедіа прикладні програми та розширити функціональні можливості мережевого обладнання.[4]

Мультисервісні мережі являють собою самостійний клас мереж, що будуються на основі концепції NGN, на базі яких може бути здійснено надання широкого набору як традиційних, так і нових послуг.

Спостережувані, в даний час, високі темпи зростання об'ємів надання інфокомунікаційних послуг дозволяють прогнозувати їхнє переважання у мережах зв'язку в найближчому майбутньому. На сьогоднішній день розвиток інфокомунікаційних послуг здійснюється, в основному, в рамках комп'ютерної мережі Інтернет, доступ до послуг якої виконується через традиційні мережі зв'язку. Проте у ряді випадків послуги Інтернет, зважаючи на обмежені можливості її транспортної інфраструктури не відповідають сучасним вимогам, що пред'являються до послуг інформаційного суспільства. У зв'язку з цим розвиток інфокомунікаційних послуг вимагає рішення задач ефективного управління інформаційними ресурсами з одночасним розширенням функціональності мереж зв'язку. Це стимулює процес інтеграції Інтернет і мереж зв'язку. До основних технологічних особливостей, що відрізняють

інфокомунікаційні послуги від послуг традиційних мереж зв'язку, можна віднести наступні:

1. Інфокомунікаційні послуги виявляються на верхніх рівнях моделі OSI, тоді як послуги зв'язку надаються на третьому, мережевому рівні.
2. Більшість інфокомунікаційних послуг припускає наявність клієнтської та серверної частин; клієнтська частина реалізується в устаткуванні користувача, а серверна – на спеціальному виділеному вузлі мережі, що називається вузлом служб.
3. Інфокомунікаційні послуги припускають передачу мультимедійної інформації, яка характеризується високими швидкостями передачі і несиметричністю вхідного і вихідного інформаційних потоків.
4. Для надання інфокомунікаційних послуг необхідні складні конфігурації з'єднань.
5. Для інфокомунікаційних послуг характерна різноманітність прикладних протоколів і можливостей по керуванню послугами з боку користувача.
6. Для ідентифікації абонентів інфокомунікаційних послуг може використовуватися додаткова адресація в рамках даної інфокомунікаційної послуги.

Інфокомунікаційні послуги є додатками, тобто їхня функціональність розподілена між устаткуванням постачальника послуги і кінцевим устаткуванням користувача. Тому функції кінцевого устаткування також повинні бути віднесені до складу інфокомунікаційної послуги, що необхідно враховувати при їх регламентації.

До інфокомунікаційних послуг пред'являються наступні вимоги:

1. Мобільність послуг.
2. Можливість гнучкого і швидкого створення нових послуг.

3. Гарантована якість послуг.

Існуючі мережі зв'язку загального користування з комутацією каналів і комутацією пакетів не відповідають вимогам до мультисервісних мереж. Стримуючим чинником на шляху впровадження нових інфокомунікаційних послуг є обмежені можливості традиційних мереж. Нарощування об'ємів, що надаються до інфокомунікаційних послуг може негативно позначитися на показниках якості обслуговування викликів базових послуг існуючих мереж зв'язку. Все це вимушує враховувати наявність інфокомунікаційних послуг при плануванні способів розвитку традиційних мереж в напрямі створення мультисервісних мереж. [5]

Коли мова заходить про реалізацію мультисервісних мереж, зазвичай підлягають розгляду чотири технічних питання:

1. Пропускна здатність.
2. Затримка.
3. Розсинхронізація.
4. Управління.

Зростаючий попит на нові види ширококутових передач даних, потреба в доступі до Інтернету в умовах жорсткої конкуренції змушує провайдерів розширювати діапазон послуг, знижувати витрати на інфраструктуру та інше. Таким чином, потрібна платформа, здатна запропонувати комплексне рішення, що дозволяє надавати широкий спектр послуг: ATM, Frame Relay, Internet, IP, передачі голосу і відеосигналу з гарантованою якістю обслуговування (QoS) і максимальною готовністю. При цьому клієнт стає абонентом недорогих і надійних служб від одного постачальника, отримує доступ до Інтернету, має можливість вносити зміни в набір послуг і служб і оплачує тільки один рахунок.

Що стосується проектування мережі, то мультисервісні мережі вимагають зовсім іншого підходу. Доставка відео і голосу повинна здійснюватися в реальному часі - з необхідністю пріоритетності в разі перевантажень транспортної мережі. Однак мережева індустрія ніколи не орієнтувалася на мережі реального часу, дані доставлялися відповідно до можливостей мережі в конкретний проміжок часу. [4]

1.2 Структура мультисервісної мережі

Основу мультисервісної мережі складає універсальна транспортна мережа. До її складу можуть входити [6] :

1. Транзитні вузли, що виконують функції перенесення і комутації.
2. Кінцеві вузли, що забезпечують доступ абонентів до мультисервісної мережі.
3. Контролери сигналізації, які виконують функції обробки інформації сигналізації, керування викликами і з'єднаннями.
4. Шлюзи, що дозволяють здійснити підключення традиційних мереж зв'язку.

Призначенням транспортної мережі є надання послуг перенесення. Реалізація інфокомунікаційних послуг здійснюється на базі вузлів служб (SN) і/або вузлів керування послугами (SCP). Вузли SN є устаткуванням постачальників послуг і може розглядатися як сервер додатків для інфокомунікаційних послуг, клієнтська частина яких реалізується кінцевим устаткуванням користувача. Вузли SCP виконують функції керування логікою і атрибутами послуг. Сукупність декількох вузлів служб або вузлів керування послугами, які призначені для надання однієї і тієї ж послуги, вони створюють платформу керування послугами.

Побудова мультисервісних мереж повинна відповідати дворівневій архітектурі, що складається з регіонального і магістрального рівнів. Це створить умови для впровадження інфокомунікаційних послуг і рішення задач щодо забезпечення структурної надійності та нормування показників якості послуг. На регіональному рівні мультисервісна мережа повинна забезпечувати підключення абонентів і надання транспортних та інфокомунікаційних послуг, а також забезпечувати можливість взаємодії з аналогічними послугами інших регіональних мереж. На магістральному рівні мультисервісна мережа повинна

забезпечувати надання послуг перенесення для взаємодії мультисервісних регіональних мереж, а також для передачі навантаження всіх існуючих мереж. Під мережею доступу розуміється системно-мережева структура, яка складається з абонентних ліній, вузлів доступу і систем передачі, що призначена для організації підключення користувачів до ресурсів регіональних мереж.

Для доступу абонентів до послуг NGN використовуються:

1. Інтегровані мережі доступу, підключені до кінцевих вузлів мультисервісної мережі, що забезпечують підключення користувачів як до цієї мережі, так і до традиційних мереж.
2. традиційні мережі, абоненти яких отримують доступ до мультисервісної мережі через вузли, які підключені до шлюзів (Media Gateway).

Дворівнева архітектура мультисервісної мережі показана на рисунку 1.1

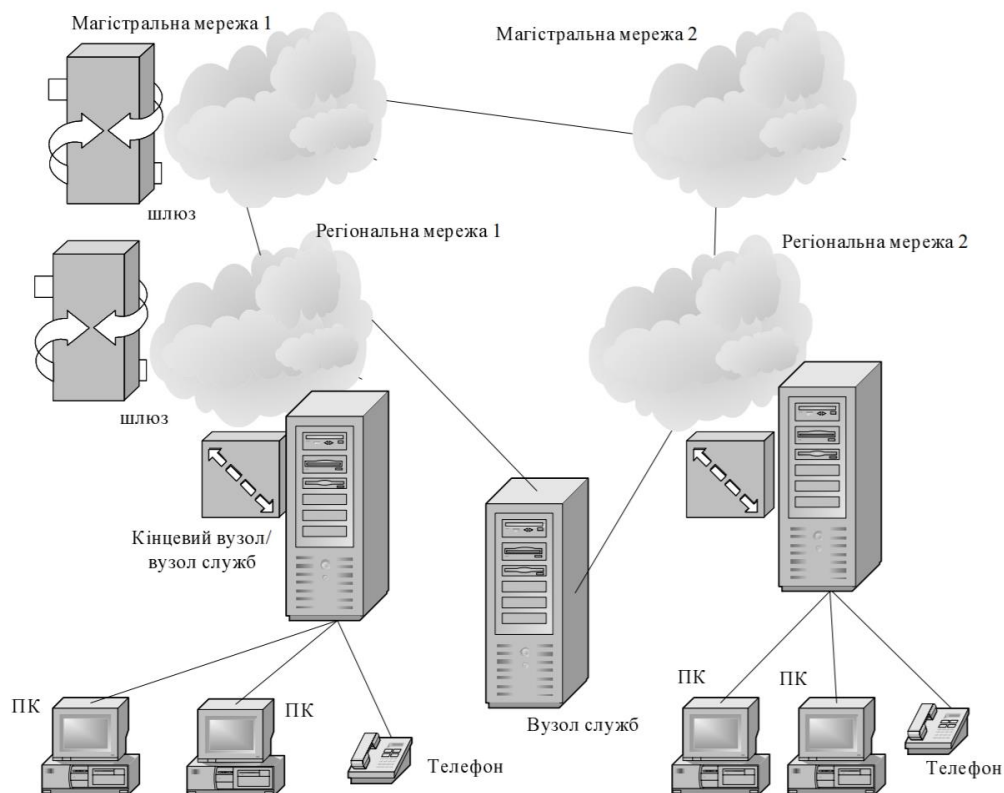


Рис. 1.1 Дворівнева архітектура мультисервісної мережі [5]

1.3 Особливості проектування мультисервісної мережі

Побудова мультисервісних мереж (МСМ) з інтеграцією різних послуг є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку мереж зв'язку, здатним вирішити проблеми конвергенції інформаційних і телекомунікаційних технологій.

Основне завдання МСМ полягає в забезпеченні співіснування і взаємодії різноманітних комунікаційних підсистем в єдиному транспортному середовищі, коли для передачі звичайного трафіку (даних) і трафіку реального часу (голосу і відео) використовується єдина інфраструктура. Тобто мультисервісна мережа - це інфраструктура, яка використовує єдиний канал зв'язку для передачі різних типів трафіку. МСМ дозволяє провайдерам:

- зменшити різноманітність типів обладнання;
- застосовувати єдині стандарти і єдину кабельну систему;
- централізовано керувати комунікаційним середовищем;
- розширити спектр послуг;
- підвищити прибутковість мережі;
- скоротити термін окупності мережі;
- зменшити сукупну вартість володіння мережею.

Для споживачів (абонентів) використання мультисервісних мереж означає:

- роботу з єдиним провайдером;
- широкий спектр сервісів;
- зручне управління набором послуг;
- єдина служба технічної підтримки;
- єдиний рахунок оплати послуг;
- і т.д.

При проектуванні МСМ розробники стикаються з низкою труднощів, розглянемо найосновніші.

По-перше, специфіка операторської діяльності полягає в збереженні інвестицій і неможливості відмови від існуючої телекомунікаційної інфраструктури на користь нових середовищ і технологій. Іншими словами, нова мультисервісна технологія повинна легко адаптуватися під уже існуючі інфраструктури оператора, або передбачати можливість поступової модернізації або переходу на нову інфраструктуру.

По-друге, при укладенні договору з абонентом оператор бере на себе певні зобов'язання щодо забезпечення обумовленої якості з'єднання і сервісів, що надаються. Тобто оператор повинен забезпечувати певний рівень якості обслуговування (QoS). Але так як різномірний трафік в мультисервісних мережах пред'являє різні вимоги до якості обслуговування, то мережу оператора зв'язку повинна підтримувати кілька рівнів QoS, кожен з яких має набір нормованих параметрів.

Третя проблема, яку необхідно вирішити провайдеру при впровадженні МСМ, - це різномірність середовища передачі даних. Абонент повинен отримувати замовлені сервіси з певною якістю, не залежно від того, де він знаходиться і яка технологія (xDSL, Ethernet, Wi-Fi і т.д.) використовується ним для доступу до мережі провайдера.

Взаємне проникнення мереж різного призначення шляхом використання єдиних компонентів і поєднання виконуваних функцій вже має досить багату історію і частина проблем, що стоять перед проектувальниками МСМ вже вирішені.

Серед традиційних технологій, які покликані забезпечити інтеграцію різномірного трафіку в єдиних телекомунікаційних інфраструктурах минулих років, в першу чергу слід відзначити технології: ISDN (Integrated Services Digital

Network), FR (Frame Relay) і АТМ (Asynchronous Transfer Mode). І хоча сьогодні ці технології можна вважати морально застарілими, більшість основоположних принципів і технічних рішень, які були в них використані вперше, залишаються як і раніше актуальними. Саме на їх базі будуються сучасні мультисервісні мережі.

1.4 Мережа зв'язку наступного покоління (NGN)

Мережа зв'язку наступного покоління (NGN) - концепція побудови мереж зв'язку, що забезпечує надання необмеженого набору послуг з гнучкими можливостями по їх управлінню і створенню нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень, яка припускає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг у кінцеві мережеві вузли і інтеграцію з традиційними мережами зв'язку. [5]

Мережа наступного покоління (NGN), яку здійснює Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ), зареєстрована з особливостями безперебійної доступності та комплексне страхування якості, тепер керує робочими графіками роботи операторів мережі та постачальників послуг. Метою NGN є забезпечення функціональної сумісності та мобільності всіх елементів мережі при збереженні концепції поділу між мережевим транспортом, обслуговуванням і додатками. З точки зору якості транспортних послуг, найбільш привабливим і цінним пропозицією в NGN є поділ функцій мережевого транспорту та управління і уніфікованих, протокольних, незалежних від технологій функцій управління транспортом. [7]

Рекомендація сектору стандартизації телекомунікаційних технологій МСЕ описує концепцію та ознаки NGN у цих п'яти областях:

1. NGN є мережею на основі пакетів і повинна мати можливість надавати будь-які види телекомунікаційних послуг.
2. Мережа може використовувати кілька широкосмугових і транспортних технологій, заснованих на якості обслуговування.
3. Функції, пов'язані з послугами в NGN, що не залежать від базових технологій, пов'язаних з транспортом.
4. З точки зору постачальників мережевих послуг і користувачів, мережа підтримує безперешкодний доступ.
5. Забезпечує загальну мобільність, яка забезпечує постійне і повсюдне надання послуг користувачам.

1.5 Архітектура NGN

Функціональна архітектура NGN [8] була розроблена для задоволення виявлених вимог [9] і для підтримки прикладів очікуваних послуг [10]. Огляд архітектури NGN показаний на рис. 1.2. Функції NGN розділені на функції рівня обслуговування і функції транспортного рівня.

Ідентифіковано три основних орієнтири: мережевий інтерфейс користувача (User Network Interface (UNI)), міжмережевий інтерфейс (Network Network Interface (NNI)) і прикладний мережевий інтерфейс (Application Network Interface (ANI)). UNI для клієнтів, а NNI для інших мереж.

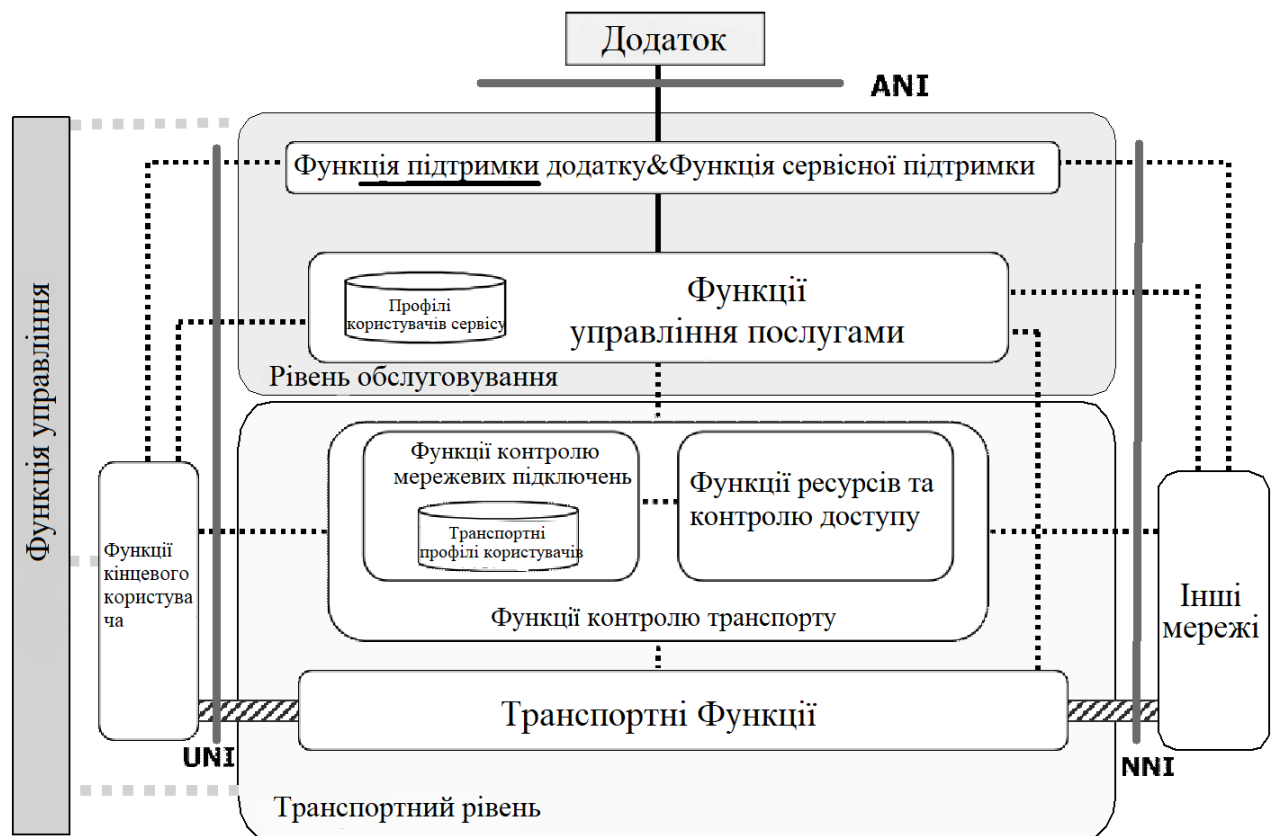


Рис. 1.2 Архітектура NGN

Це чітке розходження між UNI і NNI означає, що інтерфейси для клієнтів та інших мереж, ймовірно, будуть різними. Ця диференціація є показником відходу

від відкритої і автономної концепції Інтернету. Основне припущення Інтернету полягає в тому, що кожен компонент повинен розглядатися як ідентичний будівельний блок. Ця концепція дозволяє рости будь-якій комбінації будь-яких компонентів. NGN, однак, відрізняється. Принаймні, UNI і NNI відрізняються в тому сенсі, що однорангова сутність на стороні клієнта і мережева сторона передбачаються різними з точки зору можливостей, масштабу, ролі і відповідальності. Ще одне міркування, що стоїть за акцентом на зовнішні інтерфейси, таких як UNI і NNI, полягає в тому, що внутрішні інтерфейси всередині NGN можуть фактично відрізнятися від UNI і NNI. Ця різниця дозволяє оператору мережі будувати свою мережу гнучкішою, забезпечуючи при цьому відповідність ключових зовнішніх інтерфейсів. На кордонах UNI і NNI у NGN є можливість захистити себе від зловмисних атак або несподіваного поведінки з боку клієнтів або інших мереж, зберігаючи при цьому обслуговування звичайних клієнтів.

Транспортний рівень включає функції, що відповідають за передачу даних, і функції, що відповідають за управління та експлуатаційну підтримку транспортних ресурсів для передачі цих даних між термінальними пристроями. Взаємодія додатків і елементів мережі NGN здійснюється через прикладний мережевий інтерфейс (ANI). Мережевий Інтерфейс користувача (UNI) забезпечує взаємодію функцій кінцевого користувача і елементів мережі NGN. Міжмережевий інтерфейс (NNI) забезпечує взаємодію мережі NGN з іншими мережами. Так як мережа повинна забезпечувати передачу різноманітного трафіку, в тому числі чутливого до затримок, то важливими стають такі вимоги до мережі, як висока надійність обладнання вузлів, підтримка функцій управління трафіком, хороша масштабованість.

Усередині NGN транспортний рівень доставляє IP-пакети, дозволяючи функцій контролю мережевих підключень (Network Attachment Control Functions -

NACF) виконувати управління терміналами, а функцій управління ресурсами та доступом (Resource and Admission Control Functions RACF) - проводити реалізацію управління ресурсами IP. Рівень обслуговування забезпечує сервісний контроль. Поділ рівнів обслуговування і транспорту забезпечує гнучкість в різних аспектах. Одним з них є незалежність установки. Обладнання, що використовується, не залежить від обладнання, використовуваного на іншому рівні, що дозволяє гнучким сценаріям розгортання відповідати вимогам до потужності кожного компонента. Нові сервісні можливості можуть бути реалізовані шляхом впровадження нових серверів, в той час як транспортне обладнання залишається незмінним. Навіть якщо нова послуга не стане популярною, незалежно від служби транспортний рівень може продовжувати використовуватися для інших послуг. Іншим аспектом є незалежність міграції. Транспортні засоби можуть бути модернізовані або замінені новими технологіями без зміни засобів обслуговування. В крайньому випадку, загальний транспортний рівень може використовуватися різними роздрібними відділами однієї і тієї ж групи постачальників. Такий поділ або модульність є унікальною особливістю архітектури NGN.

1.5.1. Функції транспортного рівня

Функції транспортного рівня забезпечують з'єднання для всіх компонентів і фізично розділених функцій в рамках NGN, а також підтримку передачі мультимедійних файлів, контрольної і керуючої інформації.

Визначено такі функції транспортного рівня:

1. Функції доступу до мережі.
2. Функції граничного маршрутизатора.
3. Функції транзитного маршрутизатора.
4. Функції шлюзу.
5. Функції обробки медіанних.

6. Функції управління транспортним рівнем.

Функції доступу до мережі відповідають за доступ кінцевих користувачів до мережі, а також за збір та оцінку трафіку, отриманого транзитним вузлом від користувачів. Крім того, функції доступу до мережі здійснювали ють управління якістю обслуговування, включаючи управління ємністю буфера, планування і управління чергою, фільтрацію і класифікацію трафіку, його маркування, застосування політик щодо формування трафіку.

Функції граничного маршрутизатора використовуються для обробки даних і трафіку в разі, коли трафік, що приходить з різних мереж доступу, зливається в один потік на кордоні домену NGN. Сюди входять функції, пов'язані з підтримкою QoS і контролем трафіку.

Функції транзитного маршрутизатора відповідають за пересування інформації через мережу NGN і надають кошти для поділу трафіку щодо вимог до якості обслуговування. Дані функції надають QoS-механізми, безпосередньо пов'язані з трафіком користувача, включаючи управління буфером, розміром черги і плануванням, фільтрацію пакетів, класифікацію трафіку, маркування, розробку політик, контроль за точками доступу і можливостями брандмауера.

Функції ілюзу забезпечують взаємодію між функціями кінцевого користувача і / або іншими мережами, включаючи мережі NGN, а також існуючі мережі, такі як, наприклад, PSTN / ISDN, Інтернет і т.д.

Функції обробки медіанних надають медіаресурси, необхідні для надання послуг, таких як генерація то-нальних сигналів і перетворення одного коду в інший.

Функції управління транспортним рівнем включають в себе функції контролю доступом до ресурсів (RACF) і функції контролю здійснювати підключення до мережі (NACFs).

Функції контролю доступу до ресурсів уможливають подання для функцій управління послугами (Service Control Functions, SCF) інфраструктури транспортної мережі в абстрактному вигляді і звільняють провайдерів від знання таких деталей, як топологія мережі, інтерфейс підключення, споживання ресурсів, механізми QoS. Дані функції здійснюють контроль за ресурсами мережі на основі заданої політики, забезпечують резервування ресурсів, взаємодіють з функціями маршрутизатора з метою контролю за виконанням функцій з фільтрації пакетів, класифікації трафіку, маркування, визначення політики, управління пріоритетами і т.д.

Функції контролю здійснювати підключення до мережі здійснюють реєстрацію користувача на рівні доступу та ініціалізацію функцій користувача, необхідних для доступу до послуг NGN. Крім того, вони ідентифікують транспортний рівень, керують адресним простором мережі, аутентифікують секцію доступу.

Таким чином, функції контролю здійснювати підключення до мережі забезпечують:

1. Динамічне надання IP-адрес і інших параметрів конфігурації;
2. Визначення можливостей обладнання користувача і інших параметрів;
3. Аутентифікацію користувача і мережі на IP-рівні, а також взаємну аутентифікацію користувача і мережі;
4. Авторизацію доступу в мережу на основі профілю користувача;
5. Конфігурацію доступу в мережу на основі профілю користувача. [11]

1.5.2. Функції управління послугами

Абстрактне уявлення функціональних груп на рівні управління послугами полягає:

1. з функцій управління послугами, включаючи функції профілю користувача послуги;
2. з функцій підтримки додатків і функцій підтримки послуг.

Функції управління послугами включають в себе функції управління ресурсами, реєстрацією, аутентифікацією і авторизацією на рівні послуг. Також можуть включати в себе функції управління медіа-ресурсами, тобто спеціалізованими ресурсами і шлюзами сигналізації.

Функції управління послугами розміщують профілі користувача, що представляють собою інформацію про користувача і іншу інформацію, що управляє, в єдиний профіль користувача на рівні послуг в формі бази даних. Ці бази даних можуть бути визначені і реалізовані як набір сполучених баз даних з функціональними засобами, розташованими в будь-якій частині NGN.

Функції підтримки додатків і функцій підтримки послуг включають в себе функції маршрутизації, реєстрації, аутентифікації, авторизації на рівні додатків. Ці функції доступні як функціональній групі додатків, так і функціональній групі користувачів. Функції підтримки додатків і функції підтримки послуг працюють спільно з функціями управління послугами для забезпечення користувачів і додатків тими NGN-послугами, які їм потрібні. [11]

1.5.3. Функції кінцевого користувача

Інтерфейси користувачів та мережеві інтерфейси, з'єднані з мережею доступу NGN, можуть бути будь-якими. Устаткування користувача може бути як фіксованим, так і мобільним. [11]

1.5.4. Функції управління

Підтримка управління фундаментальна для роботи в NGN. Ці функції дають можливість управляти NGN з метою забезпечення NGN послуг очікуваної якості, безпеки і надійності.

Функції управління розподілені по всіх функціональних модулів (Functional Entity, FE) і взаємодіють з мережевими елементами управління і елементами управління послугами.

Функції управління застосовуються як на транспортному рівні, так і на рівні послуг NGN. Для кожного рівня вони зачіпають такі області:

1. Управління вихідними налаштуваннями;
2. управління конфігураціями;
3. управління обліковими записами користувачів;
4. управління продуктивністю;
5. управління безпекою.

Функції управління обліковими записами користувачів дають можливість провайдеру забезпечувати користувачів замовленими ними послугами. [11]

1.6 Концепції NGN

1.6.1 Рівень мобільності в архітектурі NGN

Архітектура NGN підтримує можливість забезпечення мобільності користувачів всередині і між різними мережами доступу та мережами з технологією мобільного доступу. Мобільність може бути підтримана на різних рівнях архітектури NGN.

1.6.2 Архітектура послуг NGN

Архітектура послуг NGN складається з трьох різних функціональних областей: області додатків, області функцій підтримки додатків і функцій підтримки послуг на сервісному рівні, області ресурсів транспортного рівня NGN.

Область функцій додатків може бути розбита на дві категорії - все, що пов'язано з мережевими провайдерами, і інше. До першої групи належать мережеві провайдери, субпровайдера і т.д. До другої - незалежні провайдери послуг, чий доступ до ресурсів повинен бути аутентифікований, контролюємо і профільований функціями деблокіатора.

За допомогою інтерфейсу ANI функціональна область функцій підтримки додатків і послуг пропонує ресурси послуг області додатків незалежно від технології мережі. Також за допомогою ANI область додатків отримує переваги від використання можливостей і ресурсів функціональної області інфраструктури NGN.

Архітектура послуг NGN слід трьома основними функціональними характеристикою:

1. Агностицизм - області функцій підтримки додатків і функцій підтримки послуг повинні складатися з функцій, незалежних від інфраструктури мережі NGN;

2. підтримка офіційних додатків і рис - архітектура послуг NGN не повинна надавати обмежує вплив на саму мережу NGN, тобто повинні підтримуватися функції з управління сесіями, аутентифікація, відомості про місцезнаходження і т.д .;

3. підтримка відкритого інтерфейсу послуг - платформа послуг NGN повинна права надавати незахищений інтерфейс послуг (що не залежить від технологій транспортної мережі), який забезпечує доступ до таких функцій, як аутентифікація, авторизація та безпеку, щоб будь-який провайдер послуг міг скористатися можливостями мережі. [11]

1.7 ISDN

ISDN (Integrated Services Data Network) - приклад мультисервісної мережі, яку можна вільно визначити як мережу, яка надає спектр послуг через загальний транспортний механізм - тобто загальний засіб передачі даних між пристроями. Це може означати, що різні служби отримують різний режим, щоб забезпечити виконання певних гарантій якості. [11]

Цифрова мережа з інтеграцією служб ISDN являє собою мережу з комутацією каналів (телефонну мережу), що забезпечує повністю цифрові з'єднання між кінцевими пристроями для підтримки широкого спектра інформаційних послуг.

ISDN забезпечує єдиний інтерфейс доступу до цифрової мережі передачі даних для пристроїв, що виконують широкий набір завдань, зі збереженням повної прозорості мережі для користувачів. Основне призначення ISDN – передача 64-Кбіт / с по 4 КГц провідної лінії і забезпечення інтегрованих телекомунікаційних послуг.

ISDN підтримує три типи логічних цифрових комунікаційних каналів, які виконують наступні функції:

B-канал використовує для передачі інформації (дані, відео та голоси);

D-канал використовує для передачі сигналів і пакетів даних між користувальницьким обладнанням і мережею;

H-канал виконує найсильніші функції, що і D-канал, однако працює з швидкістю, перетворюючи DS-0 (64 Кбіт / с).

До компонентів ISDN входять:

1. Термінальний адаптер (Terminal Adapter, TA) - використовується для підключення не-ISDN пристроїв до мереж ISDN;

2. локальна станція (Local Exchange, LE) - використовується в телефонній станції, працює з протоколом ISDN і є окремою мережею;
3. локальне закінчення (Local Termination, LT) - використовується для позначення LE, служачих для роботи з Local Loop (абонентським шлейфом);
4. кінцева станція ((Exchange Termination, ET) - використовується для позначення LE, відповідаючи за функції комутації;
5. мережева кінцева станція (Network Termination, NT):
 - NT1 - обслуговувати для завершення з'єднання між користувачами і LE, відповідає за роботу, моніторинг, подача живлення та мультиплексування каналів;
 - NT2 - будь-який пристрій, що застосовується для користувачів, комутації, мультиплексування та концентрації (локальна мережа, комп'ютер, термінальний контролер і т. Д.);
6. термінальне обладнання (Terminal Equipment, TE) - будь-який призначений для користувача пристрій (наприклад, телефон).

Кадри ISDN мають наступну структуру:

0	1	2	3	4	5	6	7
Дискримінатор протоколу							
0	0	0	0	Довжина поля "Посилання на виклик"			
Прапор	Посилання на виклик						
0	Тип повідомлення						

Рис. 1.3 Формат кадру ISDN

Поле Дискримінатор протоколу вказує протокол, який використовується для решти.

Поле Довжина поля «Посилання на виклик» визначає довжину наступного поля, яке може займати один або два октету (в залежності від типу використовуваного кодування).

Поле Прапор має нульове значення для повідомлень, переданих стороною, виділяє значення посилання на виклик, 1 - в інших випадках.

Поле Посилання на виклик використовується пристроями для ідентифікації з'єднання між пристроєм, що ініціювали виклик, і комутатором ISDN.

Поле Тип повідомлення визначає тип переданого повідомлення і може займати один або два (для специфічних повідомлень) октету. У двухоктетних повідомленнях перший октет містить вісім нулів. [11]

Висновок до Розділу 1 :

Мультисервісні мережі являють собою самостійний клас мереж, що будуються на основі концепції NGN, на базі яких може бути здійснено надання широкого набору як традиційних, так і нових послуг. Основне завдання мультисервісних мереж полягає в забезпеченні роботи різномірних інформаційних і телекомунікаційних систем і додатків в єдиної транспортної середовищі, коли для передачі основного трафіку (даних) і трафіку реального часу (голос, відео) використовується єдина інфраструктура [12]

Концепція мультисервісності охоплює безліч аспектів побудови мережі, дозволяючи домогтися необхідної якості вирішення завдань користувачів, функціонування як окремих частин, так і мережі в цілому.

Архітектура сучасної мережі складається з ядра інфраструктури доступу і периферії (межі мережі). На різних рівнях мережі повинні прийматися різні рішення. Опис маршрутизації мультисервісних мереж розглядається в Розділі 2. «Основні завдання маршрутизації в мультисервісних мережах».

Розділ 2. Основні завдання маршрутизації в мультисервісних мережах

2.1. Опис маршрутизації в мультисервісних мережах

Мультисервісними називаються мережі, в яких для передачі різних типів трафіку використовується один канал.

Архітектура маршрутизації мультисервісних мереж була розроблена з урахуванням наступних цілей:

1. Внесок в обслуговування, це означає, що рішення про маршрутизацію повинні враховувати умови мережі і встановлені угоди про рівень обслуговування, а це означає, що вхідні потоки повинні мати узгоджену продуктивність і не повинні заважати виконанню вже встановлених пріоритетних потоків.

2. Рішення з можливістю зміни масштабів, це означає, що механізм, який підтримує маршрутизацію якості обслуговування, не повинен вносити значні витрати в маршрутизатори, враховуючи як час обробки, так і розмір таблиці маршрутизації.

3. Оптимізація використання ресурсів, що припускає, що мережа повинна бути в змозі вмістити якомога більше трафіку без шкоди для пріоритетного трафіку.

4. Сумісність з існуючими протоколами внутрішньої маршрутизації, що означає, що нова пропозиція по маршрутизації має вводити обмежений набір змін в традиційні протоколи маршрутизації, оскільки вони вже широко розгорнуті і відомі мережевим операторам.

Пропозиція мультисервісної маршрутизації розширює традиційні протоколи розподіленої внутрішньо-доменної маршрутизації, ініціюючи цикли відновлення таблиці маршрутизації щоразу, коли виконання послуги може бути не виконано через існуючі умов мережі. Метрики з гладкими варіантами використовуються

для запуску таких оновлень на основі інформації про стан глобальної мережі. Для забезпечення сумісності в цьому процесі оновлення використовуються стандартні механізми і повідомлення.

Незважаючи на використання підходу постадійної маршрутизації, використовується стратегія агрегованого рівня потоку, яка забезпечує масштабування ефективно рішення. Агреговані потоки визначаються на кордоні мережі, привласнюючи значення мітки потоку відповідного полю заголовка пакета IPv6. Складність залежить від кордону мережі, оскільки ідентифікація і обслуговування потоку виконуються тільки на прикордонних маршрутизаторах. Якщо не потрібно перепризначення, рішення про маршрутизації приймаються тільки один раз, коли виявляється новий потік; наступні пакети маршрутизуються на основі їх класу обслуговування агрегованого потоку.

Щоразу кожен маршрутизатор може мати дві різні таблиці маршрутизації: стандартна таблиця, що описує набір найкоротших шляхів до місця призначення, і альтернативна таблиця, що описує набір довших шляхів до місця призначення. Вибір між цими таблицями повинен бути зроблений у відповідності з наступним набором політик маршрутизації:

1. Пріоритетний трафік повинен бути спрямований по стандартному (найкоротшому) шляху, так як цей має більш високу ймовірність забезпечення необхідного рівня обслуговування.
2. Якщо мережа менш завантажена, трафік що залишився, може використовувати один і той же шлях, так як це не буде заважати роботі з більш високим пріоритетом.
3. У міру збільшення навантаження на мережу будуть знайдені альтернативні шляхи, які будуть використовуватися вхідними агрегатними потоками з більш низьким пріоритетом, щоб відповідати рівню

обслуговування вже активних потоків і використовувати незадіяні мережеві ресурси.

4. У разі серйозного локального перевантаження існуючі агрегатні потоки з більш низьким пріоритетом, можливо, доведеться перенаправити на альтернативний шлях.

Мета маршрутизації при наявності певних обмежень зводиться до виконання наступних завдань: формування згідно з обраними критеріями і параметрами оптимальності набору маршрутів і розподіл по ним потоків трафіку. Серед параметрів оптимізації може бути мінімальна затримка доставки, максимальна пропускна здатність, мінімальна ціна, максимальна надійність або мінімальна ймовірність помилки. При чіткому розподілі навантаження можна управляти числом перевантажених ліній, у яких низька якість обслуговування .

Маршрутизація з урахуванням вимог трафіку має дві основні складові:

- створення набору допустимих маршрутів;
- розподіл трафіку за отриманими маршрутами відповідно до основним параметром оптимізації.

Для отримання оптимального рішення необхідно одночасний розгляд усіх потоків на повному безлічі маршрутів. Однак в мультисервісних мережах з великою кількістю вузлів розмір завдання маршрутизації при цьому може виявитися дуже великою, щоб розв'язати цю проблему за прийнятний час.

2.2. Завдання маршрутизації

Основне завдання мультисервісних мереж полягає в забезпеченні роботи різнорідних інформаційних і телекомунікаційних систем і додатків в єдиної транспортної середовищі, коли для передачі основного трафіку (даних) і трафіку реального часу (голос, відео) використовується єдина інфраструктура [12]

Завдання маршрутизації полягає у визначенні ефективних шляхів проходження потоків трафіку через мережу передачі даних [16]. Для цього найчастіше застосовується декомпозиція на три рівні:

1. Резервування необхідної пропускної здатності.
2. Визначення безлічі допустимих маршрутів.
3. Розміщення потоків за отриманими допустимим маршрутами.

Завдання першого рівня зводиться до визначення значення доступної пропускної здатності для додаткового трафіку певного класу сервісу через допустиму пропускну здатність лінії і значення реального проходить потоку трафіку по тій же лінії. Другий рівень загальної задачі маршрутизації вирішується за допомогою методу мінімально спрямованих графів (МНГ) для того, щоб знизити складність завдання шляхом накладання додаткових обмежень при пошуку допустимих маршрутів. В результаті побудови мінімального спрямованого графа утворюється набір допустимих маршрутів, за яким необхідно розподілити потоки інформації. Це є завданням третього рівня [16].

Коло потенційних користувачів мультисервісних мереж досить широкий. Це, по-перше, бізнес-центри, фірми, розташовані в одній будівлі. Корпоративним клієнтам необхідна велика кількість телефонних ліній, високошвидкісний доступ в Інтернет, системи аудіо- і відеоконференц-зв'язку, сигналізації і телеметрії. Це і великі холдинги, які мають віддалені на досить великі відстані один від одного філії та підрозділи, це компанії, що використовують віддалені автоматичні термінали (банкомати, торгові та ігрові автомати). Це і системи телемедицини різного рівня, що дозволяють, в тому числі і дистанційно, працювати з

медичними показниками пацієнтів, даними кардіо- та рентгенограм, при необхідності - про-вести відеоконсультацію з іншими фахівцями. Це багатоквартирні житлові будинки. Це, нарешті, компанії мобільного зв'язку, розподілені офіси, комутаційні центри і базові станції яких також можуть підключатися до єдиної мультисервісної мережі.

Мінімізація перевантажень є первинним завданням. Тут мова йде не про короткочасних перевантаженнях, а про довгострокові, що впливають на поведінку мережі в цілому. Перевантаження зазвичай проявляється двояко:

1. Коли мережевих ресурсів недостатньо або вони не відповідають існуючій завантаженні.

2. Коли потоки трафіку неефективно розподілені по наявним ресурсам.

Перший тип проблем перевантаження може бути вирішене шляхом:

- розширення ресурсу, або
- застосуванням класичних засобів управління перевантаженням, або
- поєднанням цих підходів.

Класичні способи управління перевантаженням намагаються регулювати запит таким чином, щоб трафік розподілявся на доступні ресурси. Ці способи включають в себе: обмеження потоку, управління шириною вікна для потоку, управління чергами в маршрутизаторі, диспетчеризацію і т.і.

Другий тип проблем з перевантаженням, пов'язаний з неефективним розміщенням ресурсів, може бути вирішене за допомогою управління трафіком:

Взагалі, перевантаження, пов'язана з неефективним розміщенням ресурсів, може бути зменшена за допомогою політики балансування навантаження в різних фрагментах мережі. Завданням таких стратегій є мінімізація максимальної перевантаження або навпаки мінімізація максимуму використання ресурсу. Коли перевантаження мінімізована шляхом оптимального розміщення ресурсів, втрати пакетів і затримка доставки падають, а сукупна пропускна здатність зростає.

Таким чином, сприйняття кінцевим користувачем якості мережевого обслуговування стає краще.

2.3. Якість обслуговування (QoS) в мережах наступного покоління

Якість обслуговування (QoS) відіграє головну роль в мережах зв'язку наступного покоління, оскільки нові сервіси та додатки виникають на основі мультимедійного трафіку з особливими вимогами, вимагаючи нових моделей обслуговування та підходів до маршрутизації .

QoS - це можливість надавати різні рівні обслуговування різним чином характеризуваним трафіком або потоком руху. Він є основою для пропонування різних класів обслуговування різним сегментам кінцевих користувачів, що дозволяє потім створювати різні рівні ціноутворення, які відповідають різним рівням CoS та QoS. QoS має важливе значення для розгортання в режимі реального часу трафіку, наприклад, голосових чи відеопослуг, а також для розгортання служб передачі даних.

QoS включає визначення вимог пропускної здатності мережі, контроль пріоритету користувача, контроль втрати пакета або стільника, а також контроль затримок як затримки транзиту (що відбувається в кінці), так і варіацій затримки трафіку (тобто тремтіння). Характеристики дорожнього руху включають визначення допуску затримки та еластичності для цього додатка. Вони також можуть пов'язувати стійкість до затримки та еластичність із програмами та користувачами та, можливо, навіть із сценаріями часу, дня тижня. Ми повинні мати можливість забезпечувати різні рівні обслуговування; наявність пропускної здатності, затримки від кінця до кінця, відхилення затримки та втрати пакетів, що підтримують відповідну програму; і відносний пріоритет руху. Також QoS асоціюється з контролем дозволу на дотримання політики та з дотриманням правил руху потоків руху.

Інженерна рада інтернету (The Internet Engineering Task Force - IETF) намагається вирішити проблему відсутності QoS в Інтернеті шляхом визначення нових моделей послуг. Перша запропонована модель - Integrated Service (IntServ)

- забезпечує суворі гарантії QoS, але погано масштабується для великих мереж. Модель диференційованого обслуговування (DiffServ) вирішила цю проблему і здатна забезпечити QoS для агрегованих потоків трафіку, класифікованих в обмежений набір класів обслуговування.

Є два способи реалізації QoS. Явний QoS означає, що програма вибирає необхідні QoS. Явний QoS означає, що менеджер мережі контролює це рішення.

Багатопротокольна комутація по мітках (MPLS) - це ще одне рішення, яке забезпечує підтримку QoS за допомогою можливостей проектування трафіку, пропонуваніх нижче мережевого рівня. Щодо QoS всі ці технології повинні співіснувати з мультисервісною мережею. Проте, Diffserv буде грати центральну роль, оскільки він пропонує масштабується, мережевого рівня, будучи незалежним від будь-яких технологій доступу або протоколів більш високого рівня.

На сьогоднішній день інтернет-маршрутизація фокусується на можливості підключення: протоколи маршрутизації, такі як Open Shortest Path First (OSPF) або RIP (Routing Information Protocol), здатні справлятися з порушеннями мережі, але не в змозі виконати накладені вимоги обслуговування. новим видом додатків, будучи неадекватною для NGN. Трафік між двома кінцевими точками пересилається по одному і тому ж шляху, який зазвичай є найкоротшим, незалежно від стану мережі та вимог QoS пов'язаних потоків. Таким чином, на цих шляхах виникає перевантаження, і вимоги до обслуговування більше не можуть бути задоволені, незважаючи на існування альтернативних недостатньо використовуваних шляхів.

Для вирішення цих проблем було запропоновано кілька протоколів маршрутизації з урахуванням QoS [13]. Якщо мережі передачі даних і телекомунікації зійдуться навколо NGN, проблеми з маршрутизацією QoS стануть дуже важкими для вирішення. Перш за все, ця конвергенція призводить

до існування трафіку з різними обмеженнями QoS в одній і тій же мережі, і, згідно з [8], це може збільшити складність маршрутизації, так як пошук допустимого шляху з двома незалежними обмеженнями є повною проблемою NP. По-друге, оскільки стан мережі змінюється дуже часто, може бути важко збирати актуальну інформацію про стан, особливо в великомасштабних середовищах. Використання застарілої інформації по протоколу маршрутизації може погіршити продуктивність мережі. І, нарешті, мережа, в якій ресурси розподіляються між пріоритетами і трафіком Best Effort (BE), важка для управління. Хоча гарантії продуктивності можуть бути забезпечені в пріоритетному трафіку, за допомогою резервування ресурсів пропускна здатність трафіку BE постраждає, якщо пропускна здатність мережі буде оптимізована, через втрату шляхів, які можуть використовуватися, зрештою, трафіком BE. Більшість пропозицій по маршрутизації QoS можуть працювати з інформацією про стан мережі, але не справляються з диференціацією послуг.

2.4. ATM QoS

ATM (asynchronous transfer mode — асинхронний спосіб передачі даних) QoS визначає чотири різні рівні обслуговування (один з яких має дві варіанти), які визначають серію конкретних параметрів QoS, які визначають ряд конкретних параметрів QoS що адаптує соти для розміщення відео, даних, голосу чи змішаного медіа-трафіку. Нижче наведено чотири класи обслуговування:

Постійна швидкість передачі даних (Constant bit rate - CBR) забезпечує постійну, гарантовану швидкість для додатків у режимі реального часу, таких як потокове відео, тому це безперервна смуга пропускання. Він імітує підхід з комутацією ланцюгів і пов'язаний з мінімальними затримками та втратами. CBR - це найвищий клас послуг, який ви можете отримати, і це для дуже вимогливих програм, таких як потокове медіа, потокове аудіо, потокове відео та відео запитом. Спочатку CBR потрібно було використовувати для таких речей, як голосова та відеоконференція, але ми виявили, що насправді в цих додатках нам не обов'язково потрібна безперервна смуга пропускання. Велика частина голосової розмови - це тиша. Якби ми переносили цю передачу через CBR, коли б там не було тиші, перемикачі ATM заповнювали б порожні соти, щоб підтримувати таку безперервну пропускну здатність, і, звичайно, це надмірність і витрата мережевих ресурсів.

Змінна швидкість передачі даних (Variable bit rate - VBR) BR має дві підмножини: в режимі реального часу (VBR-RT) і в режимі нереального часу (VBR-NRT). VBR забезпечує справедливу частку доступної пропускну здатності відповідно до конкретної політики розподілу, тому має максимальну стійкість до затримок і втрат. VBR - це найвищий клас сервісу в області даних, а також є класом обслуговування голосу в режимі реального часу. VBR-RT може використовуватися власним голосом ATM з стисненням пропускну здатності та придушенням тиші. Тож коли хтось мовчить, VBR-RT використовує наявну

смугу пропускання для перенесення чужих сот, що робить VBR відповідним для мультимедійних функцій, таких як відеоконференції. VBR-NRT можна використовувати для передачі даних, коли час відгуку є критичним (наприклад, додатки для обробки транзакцій, такі як бронювання авіакомпаній, банківські транзакції).

Доступна швидкість передачі даних (Available bit rate - ABR) підтримує трафік даних VBR із середніми та піковими параметрами трафіку (наприклад, з'єднання локальної мережі та послуги Інтернет-мережі, емуляція локальної мережі, передача критичних даних, що вимагає гарантій обслуговування). Виклики віддалених процедур, розподілені файлові послуги та обмін та пейджинг комп'ютерних процесів - приклади програм, які були б доречні для ABR.

Невизначена швидкість передачі даних (Unspecified bit rate - UBR) не надає гарантій на обслуговування, тому ви б використовували його для текстових даних, передачі зображень, обміну повідомленнями та розповсюдження інформації, яка є некритичною, коли вам не потрібно встановлювати встановлений час відповіді або гарантію обслуговування. [14]

2.5. MPLS

Останнім словом у розвитку засобів маршрутизації і комутації для магістралей Інтернет стала розробка технології багатопроTOCOLьної комутації на основі міток (Multiprotocol Label Switching - MPLS). У ній збережено все краще, що притаманне архітектурі IP over ATM (ефективні мультиплексування і моделювання трафіку, висока продуктивність), і при цьому вона ще більше підвищує масштабованість мереж, спрощує їх побудову та експлуатацію. Важливо і те, що MPLS може використовуватися не тільки з ATM, але і з будь-якою іншою технологією канального рівня. [15]

БагатопроTOCOLьна комутація інформаційних потоків по мітках (Multiprotocol Label Switching, MPLS) - технологія швидкої комутації пакетів в багато протокольних мережах, заснована на використанні міток [31]. MPLS поєднує в собі можливості, властиві технологіям канального рівня (Data Link Layer 2), масштабованість і гнучкість протоколів, управління трафіком, характерні для мережевого рівня (Network Link Layer 3). Вибір даної технології обумовлений існуючими сьогодні вимогами обслуговування (QoS) і класів обслуговування (CoS) для додатків у всій мережі, а також вирішення питань масштабованості, керованості і безпеки [32].

Поява методів багаторівневої комутації і, в кінцевому рахунку, MPLS - це один з кроків на шляху еволюційного розвитку Інтернет в бік спрощення його інфраструктури шляхом інтеграції функцій другого (комутація) та третього (маршрутизація) рівнів. Всі методи багаторівневої комутації, в тому числі і MPLS, базуються на двох основних принципах:

- 1) поділ функцій пересилання пакетів і управління цим процесом;
- 2) пересилання пакетів з використанням послідовних міток.

MPLS є гарною платформою для того, щоб здійснити явну маршрутизацію, а також підтримати попередній розрахунок безлічі певних маршрутів для пари

джерело - одержувач. В [33] помічено, що комутація по розрахованим заздалегідь шляхах набагато швидче, ніж при визначенні нового маршруту (наприклад, використовуючи алгоритм найкоротшого шляху), тому час відновлення відмови значно зменшується.

MPLS розглядається як перспективна, хоча і не єдина основа для конвергенції послуг і побудови мультисервісних мереж наступного покоління (NGN), в яких стане можлива передача різноманітного трафіку через інтегровану телекомунікаційну інфраструктуру вмістити декілька різних мереж [34]. Комутація по мітках дозволяє створювати сервіси, які важко або неможливо реалізувати на базі IP, і в загальному випадку вона має більш низьку вартість на одиницю об'єму трафіку в порівнянні з АТМ.

Багаторівнева комутація передбачає чіткий поділ всіх функцій по дві компоненти: пересилання пакетів і управління. Керуюча компонента задіє стандартні протоколи маршрутизації (OSPF, IS-IS, BGP4) для обміну інформацією з іншими маршрутизаторами. На основі цієї інформації формується і модифікується спочатку таблиця маршрутизації, а потім, з урахуванням інформації про суміжних системах на кожному інтерфейсі - таблиця пересилання пакетів. Коли система отримує новий пакет, що пересилає компонента аналізує інформацію, що міститься в його заголовку, шукає відповідний запис в таблиці пересилання і направляє пакет на вихідний інтерфейс.

Висновок до Розділу 2 :

Маршрутизація - це процес в мережах зв'язку, при якому відбувається вибір маршруту пересування даних. Маршрутизація виконується за допомогою спеціальних пристроїв - маршрутизаторів. Вони є пристроєм, в якому здійснюється два процеси.

Перший процес носить назву «пересилання». Він займається обробкою приходять пакетів і вибором для них по таблиці маршрутизації вихідну лінію.

Другий процес заповнює і оновлює таблиці маршрутизації, застосовуючи відомі алгоритми, відбувається прийом пакета від однієї вузла мережі і передача його по мережі іншого вузла. Для цього маршрутизатор повинен вибрати оптимальний маршрут передачі пакета. Цей вибір маршруту пересування інформації залежить від дуже багатьох показників. Для визначення цих показників, вибору оптимальності маршруту існують різні алгоритми маршрутизації. Від неї (маршрутизації) досить серйозно залежить правильне функціонування мережі, тому вирішення питань маршрутизації є важливим етапом при проектуванні мережі .

У пам'яті маршрутизатора зберігаються так звані таблиці маршрутизації. Вони потрібні для зручності вибору шляху передачі. Інформація, яка зберігається в них може змінюватися в залежності від вибору алгоритму маршрутизації. Дані цієї таблиці можуть змінюватися прямо під час функціонування мережі. Це можуть робити або самі маршрутизатори, за рахунок обміну між ними необхідної службової інформацією (динамічна маршрутизація), або це роблять в ручну адміністратори мережі (статистична маршрутизація). Важливою особливістю таблиць маршрутизації є те, що вони зберігають інформацію про шляхи в різні мережі, а не до окремих пристроїв.

В Розділі 2 було розглянуто QoS, з опису якого можна зробити, що QoS - це можливість надавати різні рівні обслуговування різним чином характеризуваним трафіком або потоком руху. Він є основою для пропонування різних класів обслуговування різним сегментам кінцевих користувачів, що дозволяє потім створювати різні рівні ціноутворення, які відповідають різним рівням CoS та QoS. QoS має важливе значення для розгортання в режимі реального часу трафіку, наприклад, голосових чи відеопослуг, а також для розгортання служб передачі даних.

Також було описано метод безпротокольної маршрутизації. MPLS є гарною платформою для того, щоб здійснити явну маршрутизацію, а також підтримати попередній розрахунок безлічі певних маршрутів для пари джерело - одержувач.

Розділ 3. Аналіз методів маршрутизації в мультисервісних мережах

3.1. Метод маршрутизації DARL

Метод DARL при ухваленні рішення про вибір наступного маршруту враховує ймовірність скидання пакету на тому чи іншому мережевому інтерфейсі, а також використовує пакети даних в якості службових повідомлень.

У разі методу DARL метрика є багатокритеріальною. Тому необхідно введення двох нових полів в таблицю маршрутизації: поле «Завантаженість», яке містить кількість пакетів, повернутих шлюзом на даному маршруті за певний проміжок часу, для обчислення якого служить значення в поле «Граничний час».

Підсумкова метрика розраховується за такою формулою:

$$M = \begin{cases} 0, & \text{якщо } p = 1; \\ P + L + C, & \text{якщо } p < 1, \end{cases}$$

де,

p - завантаженість мережевого інтерфейсу маршруту;

P - нормована завантаженість мережевого інтерфейсу;

L - нормована завантаженість маршруту;

C - нормована стандартна метрика маршруту.

Нормована завантаженість мережевого інтерфейсу розраховується за формулою:

$$P = 1 - p$$

Нормована завантаженість маршруту розраховується за формулою:

$$L = \begin{cases} 1, & \text{якщо } l = 0 \\ \frac{1}{l}, & \text{якщо } l > 1, \end{cases}$$

де,

I – завантаженість маршруту.

Нормована стандартна метрика маршруту розраховується за формулою:

$$C = 1/c,$$

де,

c - метрика стандартного алгоритму.

Використання методу DARL дає наступні переваги:

1. Значне зменшення втрат будь-якого типу трафіку
2. Як наслідок, істотне збільшення продуктивності системи маршрутизації.
3. Зниження вартості доставки даних.

Недоліком методу є незначне збільшення фазового тремтіння цифрового сигналу даних при сильній завантаженості мережі. [18]

3.2. Метод маршрутизації OLWR

Метод OLWR - метод маршрутизації з оптимальною найменшим навантаженням. Цей алгоритм вибирає оптимальний маршрут, обчислюючи мінімальні параметри навантаження для маршрутів-кандидатів, і збільшує дохід при певних обмеженнях QoS. Параметри навантаження намагаються відобразити всебічне умова мережі, так, щоб вони могли використовуватися в якості факторів рішення щоб максимізувати продуктивність і дохід мережі. [18]

Коли під час вибору маршруту ми розглядаємо обмін між балансуванням навантаження і максимізацією доходу або якщо вступник трафік належить самому високому пріоритетного класу, ми вибираємо маршрут з мінімальною вільною смугою пропускання і найвищим коефіцієнтом використання смуги

пропускання для того, щоб звести до мінімуму фрагментації доступної пропускної здатності і підвищення ступеня використання мережевих ресурсів.

Уявімо, що

$X_R^i = (0, \dots, X_{R,i+1}^i, \dots, X_{R,n-1}^i, \dots, X_{R,n}^i)$ ($i=1, 2, \dots, n-1$) — двійковий вектор, пов'язаний з маршрутом R для викликів класу i .

Значення перших X_R^i елементів безлічі мають значення 0, а інші елементи $X_{R,j}^i$ ($j = i + 1, \dots, n$) визначаються як:

$$X_{R,j}^i = I \left[\Lambda \left(\frac{\tilde{C}_R - T_j}{b_j^{\min(h)}} \right) - \Lambda \left(\frac{\tilde{C}_R - T_j - b_i^h}{b_j^{\min(h)}} \right) \right],$$

де,

$\min(h)$ - означає кількість перельотів в маршруті, який являє собою мінімальний шлях хопу;

$\Lambda[(\tilde{C}_R - T_j)/b_j^{\min(h)}]$ - означає максимальну кількість викликів класу j ($j > i$), які можуть бути використані на маршруті R .

$I(x)$ визначається наступним чином:

$$I(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x = 0 \\ 1 & \text{if } x > 0. \end{cases}$$

Тому $X_{R,j}^i$ є показником, який показує, чи є зниження максимальної кількості викликів класу j , які можуть бути прийняті за маршрутом R після того, як виклик i пройшов за маршрутом R . Значення $X_{R,j}^i$ для $j = 1, \dots, i$ встановлюються в 0, тому що ми розглядаємо тільки вплив запитів класу i на більш високих (чим клас i) типах сервісу.

Пропорційне значення M_j між доходами класу j і класу i (тут ми припускаємо, що більш високий клас сервісу має більш високий дохід, ніж нижчий клас) визначається наступним чином:

$$M_j = \frac{\text{дохід для } j \text{ запитів}}{\text{дохід для } i \text{ запитів}}$$

Далі, ми вводимо і строго визначаємо параметр β , який представляє собою компроміс між найкоротшим маршрутом і альтернативним маршрутом для типу сервісу i . Зокрема,

$$\beta_i = \exp \left(\frac{G \rho_i b_i^{\min(h)}}{\sum_{i=1}^n \rho_i b_i^{\min(h)}} \right),$$

де $\rho_i = \lambda_i / \mu_i$ і G є константою для найвищих типів сервісу n і визначаються наступним чином:

$$G = K \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i b_i^{\min(h)}}{\rho_n b_n^{\min(h)}}.$$

де,

$$\gamma_R = \max \{ \gamma_i | \gamma_i = (C_i - \tilde{C}_i) / C_i, i \in R, R \in \mathcal{S} \}$$

позначає саму

найвикористовувану лінію на маршруті, і $\Phi(x, y)$ визначається як $\Phi(x, y) = \sqrt{xy}$.

Функція $\Phi()$, яка використовувалася в попередніх відносинах, є складною функцією пропорційного параметра найкоротшого альтернативного маршруту і використовуваної ліній маршруту. [18]

3.3. Метод маршрутизації MODR-S

MODR-S - альтернативний метод маршрутизації, який періодично оновлює таблиці маршрутизації. Він заснований на періодичних оцінках підсумкових транспортних потоків, базується на ієрархічній дворівневої багатоцільовий моделі оптимізації маршрутизації мережі.

Завдання маршрутизації сформульовано у вигляді ієрархічної дворівневої багатоцільовий проблеми оптимізації, яка, на мережевому рівні, прагне максимізувати очікуваний дохід мережі та максимальне значення ймовірності блокування послуги, а на прикладному рівні - мінімізувати середню ймовірність блокування послуги та максимальну ймовірність блокування точка-точка для кожної послуги. Цільова функція в на першому рівні є критерій справедливості на мережевому рівні щодо всіх типів послуг, а цільові функції на другому рівні представляють критерії справедливості в межах кожного типу сервісу. Важливо відзначити, що перший рівень цільових функцій має пріоритет над другим рівнем [18].

Позначимо

C_k - ємність лінії l_k ;

C - вектор ємностей лінії C_k ;

B - матриця ймовірностей блокування запиту B_{ks} ;

c - матриця впливають сполучних вартостей c_{ks} ;

$L_{r^i}^{i(f_s)}$ - ймовірність блокування на маршруті $r^i(f_s)$;

B_{ks} - ймовірність втрати запиту послуги s на лінії зв'язку l_k ;

ρ_{ks} - трафік, що висувається в лінію l_k сервісними запитами s .

Нехай

$$\overline{d}_k = (d_{k1}, \dots, d_{k|S|})$$

$$\overline{\rho}_k = (\rho_{k1}, \dots, \rho_{k|S|})$$

Тоді

$$B_{ks} = \mathcal{L}_s(\overline{d}_k, \overline{\rho}_k, C_k)$$

Висновок: Багатоцільові моделі маршрутизації дають можливість вибору компромісних рішень серед чітких вимог QoS, моделі дозволяють точно представляти цільові функції, доречну для кожного транспортного потоку метрику. У цій структурі маршрути зазвичай обрані в наборі не-превалюють маршрутів, тобто набору маршрутів, для яких в задачах мінімізації неможливо зменшити значення цільової функції без збільшення на як мінімум значення з інших цільових функцій. [18]

3.4. Алгоритми маршрутизації мультисервісних мереж

Існує кілька ключових підходів до класифікації алгоритмів маршрутизації. Алгоритми маршрутизації можна диференціювати, ґрунтуючись на декількох ключових характеристиках. По-перше, на роботу результуючого протоколу маршрутизації впливають конкретні завдання, які вирішує розробник алгоритму. По-друге, існують різні типи алгоритмів маршрутизації, і кожен з них по-різному впливає на мережу і ресурси маршрутизації. І нарешті, алгоритми маршрутизації використовують різноманітні показники, які впливають на розрахунок оптимальних маршрутів. [20]

Найбільш поширеним є підхід, в якому класифікація ґрунтується на тому, чи впливають зміни параметрів трафіку і стану ліній в мережі на обрані маршрути. На рис. 3.1 нижче представлена класифікація алгоритмів маршрутизації.

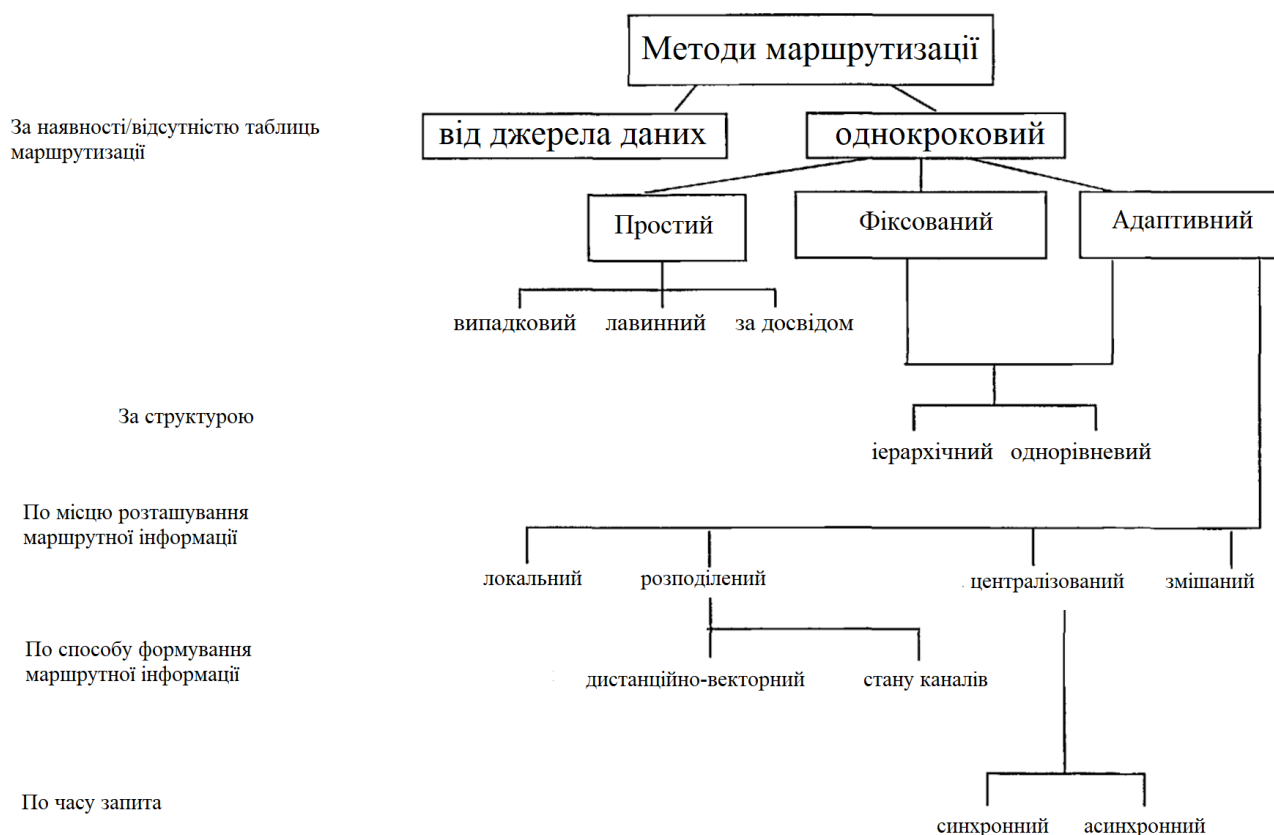


Рис.3.1 Класифікація алгоритмів маршрутизації в МСМ

Існують такі способи передачі даних, при яких не потрібна наявність таблиць маршрутизації в пристроях. До таких відносить маршрутизації від джерела [35,36]. В цьому випадку, при передачі даних повний маршрут прямування потоку трафіку по мережі формується в вузлі-джерелі у вигляді послідовності адрес тих вузлів, через які повинні пройти пакети, щоб досягти вузла-одержувача, і цілком включається до складу цих пакетів. В цьому випадку проміжні компоненти мережі при визначенні подальшого напрямку руху трафіку не приймають самостійно ніяких рішень, а виконують вказівки, що містяться в пакетах. Маршрутизація від джерела легко реалізується на проміжних вузлах в мережі, але вимагає повного знання всіх маршрутів на кінцевих компонентах. Через це кінцеві вузли повинні володіти високою продуктивністю, щоб зберігати всі таблиці маршрутизації. Це особливо стосується мереж з великою кількістю компонентів.

При однокроковій маршрутизації всі компоненти мережі, які беруть участь в передачі потоків, самостійно визначають, якому наступного вузла їх необхідно відправити. Рішення приймається на підставі аналізу знаходиться в пакеті адреси одержувача. При цьому повний маршрут для передачі трафіку складається з однокрокових рішень, прийнятих компонентами мережі. До таких технологій, наприклад, відноситься багатопрокольна комутація інформаційних потоків по мітках (Multiprotocol Label Switching, MPLS).

Залежно від способу формування таблиць маршрутизації, однокрокову маршрутизацію можна розділити на три класи (рис.3.1): [37]

- проста (за замовчуванням);
- фіксована (статична);
- адаптивна (динамічна).

Проста (за замовчуванням) маршрутизація здійснюється за принципом пристроїв каналного рівня (повторювачі, комутатори). У загальному випадку для простої маршрутизації на вибір подальшого шляху пакета впливає лише статична апріорне стан мережі. Її поточний стан: завантаження і зміна топології через відмови - не враховується. В алгоритмах простий маршрутизації таблиця маршрутизації або зовсім не використовується, або будується без участі протоколів маршрутизації. Є три види такого способу маршрутизації: випадкова маршрутизація, лавинна маршрутизація і маршрутизація з досвіду (рис.3.1.) [38]

При випадковій маршрутизації кожен маршрутизатор (роутер), отримавши пакет, відправляє його на випадковий інтерфейс. Такий підхід не гарантує швидкого та якісного доставки пакета адресату. А в ряді випадків пакет по-загальному знищується при перевищенні TTL (Time To Live) - часу життя [39]. При лавинній маршрутизації роутер посилає пакет за всіма активними інтерфейсами (портам, підключеним до маршрутизатора). Недолік цього алгоритму - засмічення мережі інформацією.

При випадковій та лавинній маршрутизації не використовуються таблиці маршрутизації, в яких відображена топологія мережі на даний момент часу. У найзагальнішому випадку таблиця маршрутизації містить адресу мережі призначення, адреса наступного вузла на шляху до цієї мережі і метрику (вартість) шляху.

При маршрутизації з досвіду шлюз накопичує інформацію про маршрути, пересилаючи дані лавинним чином. Після складання деякої таблиці, він вчиться направляти пакети по потрібному напрямку.

Алгоритми даного методу маршрутизації прості в реалізації, але при цьому не гарантують доставку пакета за вказаною адресою за прийнятний час і щодо раціонального маршруту без перевантаження мережі. Тому проста маршрутизація не знайшла застосування у великих мережах.

При реалізації фіксованою (статичною) маршрутизацією використовується інформація про топологію мережі. При цьому методі здійснюється такий вибір маршрутів, при якому для передачі даних від джерела до адресата використовується єдиний маршрут, описаний в таблиці маршрутизації. Крім того, при завданні фіксованої маршрутизації повинні бути вказані всі взаємозв'язки між логічними мережами, які передбачаються залишатися незмінними. Вся робота по прописування шляхів в таблиці покладається на адміністратора мережі.

При розробці алгоритмів маршрутизації часто переслідують одну або декілька з перерахованих нижче цілей:

1. Оптимальність.
2. Простота і низькі непродуктивні витрати.
3. Живучість і стабільність.
4. Швидка збіжність.
5. Гнучкість

Оптимальність.

Оптимальність є найбільш загальною метою розробки. Вона характеризує здатність алгоритму маршрутизації вибрати "найкращий" маршрут. Найкращий маршрут залежить від показників і від "ваги" цих показників, використовуваних при проведенні розрахунку. Наприклад, алгоритм маршрутизації міг би використовувати кілька пересилань з певною затримкою, але при розрахунку "вага" затримки може бути їм оцінений як дуже значний. Природно, що протоколи маршрутизації повинні строго визначати свої алгоритми розрахунку показників.

Простота і низькі непродуктивні витрати.

Алгоритми маршрутизації розробляються як можна більш простими. Іншими словами, алгоритм маршрутизації повинен ефективно забезпечувати свої функціональні можливості, з мінімальними витратами програмного забезпечення і коефіцієнтом використання. Особливо важлива ефективність у тому випадку, коли програма, що реалізує алгоритм маршрутизації, повинна працювати в комп'ютері з обмеженими фізичними ресурсами. [21]

Живучість і стабільність.

Алгоритми маршрутизації повинні мати живучість. Іншими словами, вони повинні чітко функціонувати в разі неординарних або непередбачених обставин, таких як відмови апаратури, умови високого навантаження і некоректні реалізації. Оскільки роутери розташовані в вузлових точках мережі, їх відмова може викликати значні проблеми. Часто найкращими алгоритмами маршрутизації виявляються ті, які витримали випробування часом і довели свою надійність в різних умовах роботи мережі.

Швидка збіжність.

Алгоритми маршрутизації повинні швидко сходитися. Збіжність - це процес угоди між усіма роутерами за оптимальними маршрутами. Коли якась подія в мережі приводить до того, що маршрути або відкидаються, або становляться недоступними, роутери розсилають повідомлення про відновлення маршрутизації. Повідомлення про відновлення маршрутизації пронизують мережі, стимулюючи перерахунок оптимальних маршрутів і, в кінцевому підсумку, змушуючи всі роутери дійти згоди по цих маршрутах. Алгоритми маршрутизації, які сходяться повільно, можуть привести до утворення петель маршрутизації або виходів з ладу мережі. [22]

Гнучкість.

Алгоритми маршрутизації повинні бути також гнучкими. Іншими словами, алгоритми маршрутизації повинні швидко і точно адаптуватися до різноманітних обставин в мережі. Наприклад, припустимо, що сегмент мережі відкинуть. Багато алгоритми маршрутизації, після того як вони дізнаються про цю проблему, швидко вибирають наступний найкращий шлях для всіх маршрутів, які зазвичай використовують цей сегмент. Алгоритми маршрутизації можуть бути запрограмовані таким чином, щоб вони могли адаптуватися до змін смуги пропускання мережі, розмірів черги до роутера, величини затримки мережі та інших змінних. [20]

Протоколи маршрутизації призначені для автоматичної побудови таблиць маршрутизації, які використовуються для просування пакетів даних.

Алгоритми маршрутизації можна умовно розділити на дві великі групи: одношляхова маршрутизація і багатошляхова. При одношляховій маршрутизації передача інформації здійснюється по одному каналу зв'язку, при багатошляховій, як можна зрозуміти з назви, для передачі трафіку одночасно використовується кілька маршрутів до одного одержувача. Одними з найважливіших вимог, що пред'являються до протоколів маршрутизації, є надійність і відмовостійкість.

Цим критеріям ефективно задовольняють методи багатошляхова маршрутизації. З цієї причини розробці і дослідженню алгоритмів передачі даних одночасно за кількома маршрутами присвячено безліч наукових робіт. Заслужений інтерес до багатошляховій маршрутизації виявлений завдяки тому, що вона забезпечує стабільність, балансування навантаження, запобігання перевантажень і оптимальне використання ресурсів мережі.

Існують два великі класи алгоритмів маршрутизації: статичні і динамічні. Статичні алгоритми приймають рішення тільки на основі даних, які не змінюються з плином часу. Динамічні алгоритми постійно оновлюють свої локальні структури для оптимізації вибору маршрутів.

Принципова різниця між ними - в ступені обліку зміни топології і навантаження мережі при вирішенні завдання вибору маршруту.

Статична маршрутизація передбачає знаходження декількох шляхів між кожною парою джерело-одержувач заздалегідь. Дані маршрути записуються в таблицю маршрутизації і використовуються при передачі даних. Як правило, такі алгоритми дозволяють враховувати кілька критеріїв при виборі маршруту, але володіють великою обчислювальною складністю, а, отже, і меншою гнучкістю при зміні навантаження в мережі. Такі алгоритми використовуються в високостабільних надійних мережах, де зміни відбуваються досить рідко і потрібний чіткій заданий коефіцієнт готовності.

Найбільшого поширення набула адаптивна (динамічна) маршрутизація, яка застосовується в великих мережах з різними за характеристиками каналами і надлишковими лініями. При такій маршрутизації враховується і зміна навантаження, і зміна топології, крім того, в процедурі вибору маршруту дозволяється використовувати більше одного шляху. Динамічна маршрутизація передбачає, що маршрутизатор може сам визначати нові шляхи, або модифікувати інформацію про старих [40].

Адаптивна маршрутизація виконує дві важливі функції:

1. Динамічне виявлення маршрутів, так що не потрібно попередня настройка кінцевих систем і маршрутизаторів між ними при кожній зміні топології [41].

2. Припустима зміна маршрутів при виникненні перевантажень або несправностей на лінії, в результаті чого може бути досягнута ефективне балансування навантаження.

Але, тим не менше, динамічна маршрутизація має певні недоліки:

- ускладнюється вибір маршрутів, тому маршрутизаторів доводиться більше часу витратити на обробку інформації;

- в більшості випадків алгоритми адаптивної маршрутизації залежать від інформації про стан мережі, зібраної в одному місці, але використовуваної в іншому [41]. Виникає проблема вибору між якістю цієї інформації і кількістю витрачених ресурсів для її обслуговування. Чим більший обсяг інформації, яким обмінюються маршрутизатори, і чим частіше вони нею обмінюються, тим краще будуть рішення про вибір маршрутів, прийнятих кожним вузлом. Але з іншого боку, ця інформація сама надає навантаження на мережі, викликаючи зниження продуктивності;
- реакція на зміни, що виникають при адаптивній маршрутизації, може виявитися занадто швидкої, що може привести до великого обсягу службової інформації, що викликають перевантаження, або занадто повільної, тобто не встигає за змінами.
- застосування адаптивної стратегії може привести до небажаних ефектів, таким як, наприклад, зациклення.

Динамічні протоколи засновані на лавинних алгоритмах маршрутизації і алгоритмах маршрутизації від джерела і здатні динамічно реагувати на зміни топології мережі. Одним з таких протоколів є Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV). [23]

Динамічні протоколи маршрутизації, що застосовуються в даний час в обчислювальних мережах, діляться на три групи, кожна з яких пов'язана з одним з наступних типів алгоритмів:

1. Дистанційно-векторні протоколи (Distance Vector Algorithms, DVA);
2. протоколи стану каналу (Link State Algorithms, LSA);
3. гібридні протоколи.

У протоколах дистанційно-векторного типу кожен маршрутизатор періодично і ширококомовно розсилає по мережі вектор, компонентами якого є

відстані від даного маршрутизатора до всіх відомих йому мереж. Під відстанню зазвичай розуміється число переходів. Можлива й інша метрика, що враховує не тільки число проміжних маршрутизаторів, а й час проходження пакетів по мережі між сусідніми маршрутизаторами. При отриманні вектора від сусіда маршрутизатор нарощує відстані до вказаних у векторі мереж на відстань до даного сусіда. Отримавши вектор від сусіднього маршрутизатора, кожен маршрутизатор додає до нього інформацію про відомі йому інші мережі, про які він дізнався безпосередньо (якщо вони підключені до його портів) або з аналогічних оголошень інших маршрутизаторів, а потім знову розсилає нове значення вектора по мережі. Кожен маршрутизатор дізнається інформацію про всі наявні в інтермережі мережах і про відстань до них через сусідні маршрутизатори.

Протоколи стану каналу забезпечують кожен маршрутизатор інформацією, достатньою для побудови точного графа зв'язків мережі. Всі маршрутизатори працюють на основі однакових графів, що робить процес маршрутизації стійкішим до змін конфігурації. Широкомовна розсилка використовується тут тільки при змінах стану зв'язків, що Збірник наукових праць відбувається в надійних мережах не так часто. Вершинами графа є як маршрутизатори, так і об'єднані ними мережі. Інформація, що розповсюджується по мережі складається з опису зв'язків різних типів: маршрутизатор - маршрутизатор, маршрутизатор - мережа. Гібридні протоколи працюють за принципами дистанційно-векторних протоколів, але будують таблиці маршрутизації, як протоколи стану каналу.

Гібридні протоколи працюють за принципами дистанційно-векторних протоколів, але будують таблиці маршрутизації, як протоколи стану каналу. [24]

Крім цього, можна виділити чотири види адаптивної маршрутизації (рис.3.1.): локальна, розподілена, централізована, змішана.

З точки зору розробки і реалізації, найбільш простими є такі методи адаптивної маршрутизації, які будують свої рішення тільки на підставі локально доступною в кожному вузлі інформації. Ці методи відносяться до локальної адаптивної маршрутизації. Інформація, необхідна для прийняття рішення, являє собою заздалегідь завантажені в вузли таблиці маршрутизації, відомості про поточний стан вихідних трактів вузла (відкриті або закриті) і довжинах черг пакетів, які мають бути надіслані по кожному з каналів. Інформація про стан інших компонентів мережі вузлом не використовується. Алгоритм маршрутизації обирає найкращий маршрут з безлічі можливих, заданих таблицями маршрутизації. Цей вибір робиться за допомогою обчислень, що ґрунтуються на відомостях про довжинах черг і топології мережі, що відображають перевагу найкращим каналам для досягнення того чи іншого вузла призначення. Недоліком такого методу є обмежена адаптація до змін різного роду в мережі, а також відсутність обміну даними про маршрутизації між вузлами.

Розподілена адаптивна маршрутизація характеризується тим, що вузли між собою обмінюються інформацією, що стосується подальшого розподілу даних. В результаті, після отримання інформації, кожен вузол заново підраховує таблицю маршрутизації. Рішення про вибір того чи іншого маршруту для передачі трафіку всередині підмережі приймають внутрішні (локальні) маршрутизатори цієї підмережі [42], а поза підмережі - зовнішні (магістральні) маршрутизатори.

Через постійного обміну інформацією між вузлами в мережі можуть виникати перевантаження. Крім цього, при використанні розподіленої адаптивної маршрутизації з'являються проблеми, що виникають при відключенні одного з вузлів від мережі, - Count to Infinity (рахунок до нескінченності). Таке про-виходить після відключення однієї з мереж, коли сторонній роутер оповіщає сусіда, що відключена мережу доступна через нього (в разі, якщо сусід не встигне оповістити маршрутизатор про недоступність мережі).

Даний метод маршрутизації використовується в протоколі маршрутизації RIP, який називається також методом рельєфів. Він заснований на алгоритмі Беллмана-Форда [43] і використовується переважно на нижніх рівнях ієрархії мережі.

У розподіленій маршрутизації можна виділити два алгоритми. Алгоритми стану каналу (Link State Algorithm, LSA) направляють потоки маршрутної інформації в усі вузли об'єднаної мережі. Однак кожен роутер посилає тільки ту частину маршрутної таблиці, в якій міститься інформація про найближчих сусідів і мережах, а також відомості про метриці для кожного свого з'єднання. Потім, застосовуючи алгоритм найкоротшого шляху (shortest path first - SPF), який більш відомий як алгоритм Дейкстра, маршрутизатори обчислюють дерево найкоротших маршрутів до кожного віддаленого вузла, поміщаючи себе в корінь цього дерева [44].

Алгоритми вектора відстані або дистанційно-векторні (Distance Vector Algorithm, DVA) вимагають від кожного маршрутизатора посилки всієї або частини своєї маршрутної таблиці, але тільки своїм сусідам. Вузол оцінює дистанцію до кожного сусіда і розсилає її своїм сусідам, які в свою чергу виконують те ж саме. Під дистанцією або відстанню зазвичай розуміється кількість переходів, пересилань між компонентами мережі (хопи), які необхідно подолати, щоб досягти одержувача, хоча можлива наявність і інших метрик, що включають швидкість і / або вартість передачі па-кета по лінії зв'язку. При формуванні таблиці маршрутизації в неї вносяться зміни, так щоб в ній містилися тільки маршрути з найкоротшими відстанями. Основна перевага алгоритму вектора відстаней - його простота. Дійсно, в процесі роботи маршрутизатор спілкується тільки з сусідами, періодично обмінюючись з ними копіями своїх таблиць маршрутизації. Слабка сторона алгоритму вектора відстаней - повільна конвергенція, що може стати причиною утворення петель і "чорних дірок" при зміні топології мережі.

Дистанційно-векторні алгоритми добре працюють тільки в невеликих мережах. У великих же вони завантажують лінії зв'язку інтенсивним ширококомовним трафіком.

Відрізняючись більш швидкої збіжністю, алгоритми стану каналів трохи менше схильні до утворення петель маршрутизації, ніж алгоритми вектора відстані. З іншого боку, алгоритми стану каналу характеризуються більш складними розрахунками в порівнянні з алгоритмами вектора відстаней, вимагаючи більшої процесорної потужності та пам'яті, ніж алгоритми вектора відстаней. Крім того, дистанційно-векторні алгоритми володіє таким недоліком, як проблеми зростання до нескінченності (Count to Infinity) [45]. Вона є основною причиною завдання обмежень на максимальну довжину шляху в усіх протоколах вектора відстані. Протоколи, в основі яких лежать алгоритми стану каналу, дають можливість кожному вузлу самостійно обмінюватися інформацією з усіма маршрутизаторами і отримувати уявлення про топологію мережі. Саме тому цього алгоритму не властиві проблеми зростання до нескінченності, а жорсткі обмеження на діаметр мережі відсутні. Вузьким місцем такого підходу є необхідність обов'язкової синхронізації баз даних всіх маршрутизаторів в межах автономної системи. Якщо різні вузли будуть по-різному уявляти собі топологію мережі, з якої вони працюють, то це призведе до утворення петель і до інших проблем. Ще однією перевагою алгоритмів аналізу стану каналу є поліпшена ієрархічна структура (допускається розбиття домена на рівні або області), що дозволяє краще виявляти нестабільні ділянки [44].

Питання, що обговорювалися адаптивні алгоритми маршрутизації використовують для своєї роботи або локальну інформацію, яку інформацію, отриману в процесі обміну з сусідніми вузлами. Алгоритми такого типу дуже повільно адаптуються до віддалених подій в мережі, що є наслідком малої швидкості поширення маршрутної інформації по мережі. Тому розробники

алгоритмів шукали методи, що засновують свої рішення на інформації про стан всієї мережі. Одним із способів формування уявлення про стан всієї мережі є організація в мережі центру маршрутизації. І тоді мережа буде функціонувати за принципом централізованої адаптивної маршрутизації.

При такій маршрутизації кожен вузол мережі готує повідомлення про свій стан, в якому міститься інформація про поточні довжинах черг, працездатності трактів і т. д.; ці повідомлення будуть надсилатися центру маршрутизації мережі. Із сукупності таких повідомлень центральний вузол становить глобальну картину стану мережі, користуючись якою він може визначити найкращі маршрути для трафіку в мережі. Ці маршрути оформляються у вигляді таблиць маршрутизації, які розсилаються всім вузлам мережі, що знаходяться на певному маршруті.

Залежно від способу збору інформації про стан мережі і розсилки керуючих директив режим маршрутизації в мережі може бути синхронним і асинхронним [37]. Якщо всі вузли посилають свої повідомлення і отримують вказівки центрального вузла через регулярні інтервали часу, то такий спосіб управління трафіком називається синхронним; якщо такі дії здійснюються лише при істотних змінах в мережі, цей спосіб управління називається асинхронним. При синхронному режимі обсяг службової інформації, переданої для цілей маршрутизації, може бути занадто великим, особливо для мереж великої розмірності, і це призводить до великих витрат на маршрутизацію. Асинхронний режим може бути реалізований при значно меншому потоці службової інформації.

Як і всі інші методи, централізована адаптивна маршрутизація не позбавлена своїх недоліків, до яких можна віднести концентрацію службового трафіку біля центру маршрутизації; низьку надійність мережі при відмові центрального вузла або при ізоляції від нього ділянки мережі; отримання вузлами таблиць маршрутизації в різний час з різною затримкою.

Змішана адаптивна маршрутизація характеризується тим, що рішення про вибір маршруту приймається в вузлах комутації з урахуванням рекомендацій центру управління.

Деякі алгоритми маршрутизації оперують в плоскому просторі, в той час як інші використовують ієрархії маршрутизації. У однорівневої маршрутизації всі роутери рівні по відношенню один до одного. У ієрархічній маршрутизації деякі маршрутизатори формують те, що становить основу (backbone - базу) маршрутизації. Пакети з небазових роутерів переміщаються до базових і пропусаються через них до тих пір, поки не досяг-нут загальної області пункту призначення. Починаючи з цього моменту, вони переміщаються від останнього базового маршрутизатора через один або декілька не-базових маршрутизаторів до кінцевого пункту призначення. Тобто існує схема розбивки великої мережі на ієрархічну систему підмереж з власної маршрутизацією всередині кожного рівня. У дуже великих мережах можуть існувати додаткові ієрархічні рівні. Роутери найвищого рівня ієрархії утворюють базу маршрутизації. Основною перевагою ієрархічної маршрутизації є те, що вона імітує організацію більшості компаній і, отже, дуже добре підтримує їх схеми трафіку.

3.5. Протоколи маршрутизації

Вибір протоколу маршрутизації в значній мірі залежить від наступних факторів.

- Топологія і складність мережі. Необхідно передбачити наявність резервних ліній зв'язку в мережі, що забезпечують її надійне функціонування (доступність серверів і мережевих сегментів) в разі відмов мережевого обладнання та основних ліній зв'язку. Наприклад, при деревовидної топології мережі з так званим «кореневим маршрутизатором», можливості динамічної маршрутизації зводяться до мінімуму.

- Розміри мережі і необхідність в її подальшому масштабування. Можливості деяких протоколів в цьому сенсі обмежені.

- Завантаженість мережі. Для мереж з високим коефіцієнтом завантаженості ліній зв'язку має значення здатність протоколу до перерозподілу потоків даних.

- Вимоги до надійності мережі. Допустимий час простоїв або нестабільності в роботі мережі через відмову її вузлів залежить від роду діяльності організації, і визначається можливими фінансові збитками або небезпекою порушення виробничого циклу.

- Вимоги до захисту інформації в мережі. Ці вимоги визначаються ступенем ризику, пов'язаного з потраплянням інформації про адреси і маршрутах в мережі в руки зловмисників, що особливо важливо для мереж, що мають зовнішні канали зв'язку.

- Необхідність підключення маршрутизації сегмента до вже існуючої мережі. В цьому випадку слід звернути увагу на сумісність протоколів маршрутизації і засобів їх реалізації.

• Можливість організації програмних маршрутизаторів. При невеликому трафіку в мережі або на окремих її ділянках від маршрутизаторів не потрібна висока продуктивність. У таких випадках з економічної точки зору буває вигідніше використовувати замість апаратного маршрутизатора універсальний комп'ютер з декількома мережевими картами і програмним забезпеченням (ПЗ) з функціями протоколів маршрутизації. Однак не для всіх протоколів маршрутизації є відповідне ПЗ, а від складності протоколів залежить кількість споживаних обчислювальних ресурсів комп'ютера.

• Кваліфікація і суб'єктивні переваги обслуговуючого персоналу. Складність настройки маршрутизаторів і адміністрування мережі при використанні різних протоколів суттєво відрізняються. При наявності необхідних можливостей в декількох протоколах важливо врахувати зручність і наявність досвіду роботи з одним з протоколів в адміністратора мережі. [25]

3.6. Критерії порівняння протоколів маршрутизації

Так як адаптивна маршрутизація є найбільш поширеною, то і протоколи адаптивної маршрутизації користуються найбільшою популярністю. До таких протоколів відносять RIP, OSPF, IS-IS, BGP та ін.

Для визначення ефективного протоколу маршрутизації, який би задовольняв вимогам конкретної мережі, необхідно провести порівняльний аналіз найбільш відомих протоколів динамічної маршрутизації.

Протоколи маршрутизації діляться на два основні класи: протоколи внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocols - IGP) і протоколи зовнішніх шлюзів (Exterior Gateway Protocols - EGP). Протоколи класу IGP проектувалися для обміну інформацією про мережі та підмережі між внутрішніми маршрутизаторами однієї автономної системи (Autonomous System - AS), тобто між маршрутизаторами, що знаходяться під єдиним адміністративним керуванням, і використовують один протокол маршрутизації. Такими мережами можуть бути мережі провайдерів послуг Internet, великих урядових і науково-дослідних організацій, приватних комерційних концернів. Протоколи EGP проектувалися для обміну маршрутною інформацією між прикордонними маршрутизаторами різних автономних систем. Домінуючим EGP-протоколом сьогодні є протокол граничної маршрутизації версії 4 (Border Gateway Protocol version 4 - BGP-4). Цей протокол використовується для обміну маршрутною інформацією між AS мережі Internet.

За методом поширення маршрутної інформації протоколи IGP діляться на дистанційно-векторні і стану каналів зв'язку.

У методі вектора відстаней кожен маршрутизатор через рівні проміжки часу посилає сусіднім маршрутизаторам оновлення всієї або частини своєї таблиці маршрутизації. У міру поширення маршрутної інформації в мережі кожен маршрутизатор може обчислити відстані від нього до всіх мереж і підмереж в

межах внутрішньо-корпоративної мережі. Найбільш поширеними протоколами даного типу є RIP (Routing Information Protocol) і IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).

У методі обліку стану каналів зв'язку кожен маршрутизатор корпоративної мережі посилає іншим маршрутизаторів інформацію про своїх безпосередніх з'єднаннях з мережами і маршрутизаторами. На основі отриманої інформації, кожен маршрутизатор здатний побудувати її повний топологічний граф, а потім заповнити свою таблицю, використовуючи складний алгоритм вибору першого найкоротшого шляху (Shortest Path First - SPF). Найбільш відомими протоколами даного типу є OSPF (Open Shortest Path First) і IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Існують також гібридні протоколи, що поєднують в собі переваги обох методів поширення маршрутної інформації. Прикладом гібридного протоколу є EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).

Протоколи, засновані на методі вектора відстані, вимагають менше обчислювальних ресурсів маршрутизатора, ніж протоколи з вибором станом каналів зв'язку з їх складними SPF-алгоритмами. З іншого боку, протоколи з вибором станом каналів зв'язку займають меншу частину смуги пропускання мережі (крім початкового етапу вивчення топології мережі) так, як вони поширюють тільки інформацію про зміни, а не всю таблицю маршрутизації, що особливо важливо для великих мереж.

В якості інших критеріїв порівняння протоколів динамічної маршрутизації можна виділити наступні.

- Швидкість збіжності. Ця характеристика протоколу визначає тривалість тимчасового інтервалу можливої нестабільної роботи мережі, в перебігу якого протокол виявляє недоступний маршрут, вибирає новий маршрут і поширює нову інформацію по мережі. Швидкість реакції на зміни в мережевий топології особливо важлива при підтримці важливих додатків, що вимагають високого

ступеня готовності мережі. Протоколи, засновані на методі вектора відстані, вимагають більшого часу для збіжності, ніж протоколи з вибором станом каналу зв'язку, тому що інформація про новий шляху передається від одного маршрутизатора до іншого побічно без вказівки джерела її походження в процесі періодичних розсилок.

- Можливість обліку в метриці (критерії) вибору найбільш раціонального маршруту різних характеристик маршруту. Метрики можуть розраховуватися на основі однієї або кількох характеристик шляху. До найбільш вживаним характеристикам шляху відносяться:

- кількість переходів (проміжних маршрутизаторів в дорозі);
- пропускна здатність каналів зв'язку;
- затримка пакета в дорозі;
- надійність (частота виникнення помилок каналах зв'язку);
- навантаження (завантаженість маршрутизаторів і каналів зв'язку);
- вартість (довільне значення, яка призначається адміністратором на підставу як перерахованих вище, так і інших міркувань, наприклад фінансових).

Метрики, що обчислюються на основі декількох показників, забезпечують більшу гнучкість при виборі маршруту. Можливості протоколу підтримувати одночасно кілька метрик дозволяють задовольняти вимоги QoS-трафіку (Quality of Service) різних додатків.

- Можливість балансування навантаження між декількома маршрутами. Можливість зберігання в таблицях маршрутизації декількох маршрутів до однієї мережі (з рівними або навіть відрізняються метриками) дає можливість маршрутизатора знижувати навантаження ліній зв'язку, шляхом поперемінного відсилання пакетів по кожному з маршрутів. Слід звернути увагу на те, що балансування навантаження може викликати проблеми в тих випадках, коли

додаток використовує дейтаграммні протоколи канального і транспортного рівнів, що не нумерують і, отже, не відновлюють порядок проходження пакетів, як це робить, наприклад, транспортний протокол із установленням з'єднання TCP.

- Можливість об'єднання маршрутів на співпадаючих ділянках. Наявність даної функції сприяє зниженню відносної складності великої мережі, скорочення кількості записів в таблицях маршрутизаторів і прискоренню пошуку в них. Об'єднання маршрутів вимагає, щоб протокол маршрутизації підтримував маски підмереж змінної довжини і був здатний поширювати інформацію про мережеві маски разом з інформацією про мережевих маршрутах.

- Максимальна кількість маршрутизаторів в мережі визначає можливості її масштабування. Це обмеження побічно пов'язане з іншими характеристиками протоколу маршрутизації, що впливають на його здатність працювати у великій мережі (наприклад, швидкістю збіжності, часткою смуги пропускання мережі, необхідної для передачі службових повідомлень протоколу).

- Необхідність попередньої логічної підготовки мережі. Деякі протоколи маршрутизації для досягнення відповідного рівня масштабування (зменшення споживання обчислювальних ресурсів маршрутизаторів і пропускну здатності мережі) мають на увазі виділення в мережі логічних областей і зв'язків між ними. впровадження таких протоколів може зажадати серйозної інженерного пропрацювання проекту мережі (її топології та схеми адресації).

- Забезпечення безпеки при обміні маршрутною інформацією. Якщо мережа підтримує обмін маршрутною інформацією між підмережами, з'єднаними глобальними зв'язками, то потрапляння такої інформації в руки злоумисників може становити загрозу безпеці мережі. У таких випадках підтримка протоколом маршрутизації методів аутентифікації джерела і шифрування маршрутною інформації набуває важливого значення.

- Доступність програмного забезпечення (ПЗ) реалізації протоколу маршрутизації. Проколи можуть бути відритими і підтримуватися різними виробниками апаратних маршрутизаторів і ПО для універсальних комп'ютерів, а можуть бути закритими і реалізуватися тільки певними компаніями.
- Перспективність - реалізація в протоколі перспективних можливостей (наприклад, протоколу IP6, підтримка трафік інжинірингу). [25]

3.7. Характеристика протоколів маршрутизації

3.7.1 Протокол маршрутизації на базі вектора відстаней - RIP

Одним з найбільш поширених протоколів маршрутизації на основі вектора відстаней, є протокол RIP (Routing Information Protocol). Основні характеристики протоколу RIP:

- дистанційно-векторний протокол маршрутизації; метрика - число переходів;
- максимальне число переходів - 15;
- широкомова розсилка маршрутизації за замовчуванням - раз в 30 секунд.

RIP призначений для роботи з мережами середнього розміру, що використовують однорідну технологію. Практично використання RIP обмежена мережами, найдовший шлях якого не перевищує 15 стадій.

При запуску маршрутизатор, який підтримує RIP, дізнається з файлів конфігурації, до яких мереж він безпосередньо підключений. Він записує цю інформацію в свою таблицю маршрутизації і розсилає її у вигляді групових повідомлень всім підключеним мереж. Решта маршрутизаторів на цих мережах отримують і записують отриману інформацію в свої таблиці маршрутизації. При наступному обміні інформацією кожен з маршрутизаторів передає свою оновлену таблицю маршрутизації. Інформація передається через фіксовані проміжки часу (30 с), хоча розширення «критичний RIP» дозволяє робити це відразу ж після зміни локальної конфігурації.

Версія 2 RIP, що підтримує маршрути CIDR, не змінює самого протоколу, а вводить розширення в формат повідомлення, яке дозволяє маршрутизаторів колективно використовувати важливу додаткову інформацію.

І хоча RIP не призначений для виконання ролі EGP, він іноді використовується для маршрутизації між автономними системами (АС). Центральні комп'ютери (хости) можуть також використовувати RIP як протокол розпізнавання маршрутизаторів. Такі комп'ютери переглядають («слухають») як проходить трафік RIP і використовують видобуту з нього інформацію розпізнавання маршрутів для прийняття рішення про вибір конкретного маршрутизатора для використання в якості першої стадії.

Головною перевагою протоколу є легкість конфігурування, що не вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Протокол є відкритим і підтримується практично всіма виробниками мережевого устаткування.

До недоліків RIP слід віднести.

1. Таблиці маршрутизації надсилаються повністю і по груповій адресі.
2. Повільна збіжність і великий обсяг службового трафіка (для адаптації до змін в топології мережі маршрутизатори періодично розсилають повні копії своїх таблиць). Це обмежило сферу застосування протоколу мережами з кількістю маршрутизаторів не більше п'ятнадцяти. [26]
3. При відключенні мережі маршрутизатори не отримують про це своєчасної інформації.
4. Для маршрутизації вибирається шлях з найменшим числом проміжних маршрутизаторів, але не найшвидший або дешевий.

І хоча нові досконаліші протоколи OSPF і IS-IS в цілому перевершують RIP, в невеликих мережах він має ряд переваг, забезпечуючи там меншу перевантаження з точки зору використовуваної смуги пропускання і часу адміністративного управління. RIP дуже легко реалізувати особливо в порівнянні з новітніми IGP і витрати на нього швидко окупаються.

Повідомлення RIP містить мінімум маршрутною інформації та великий обсяг вільного місця, що належить відправнику.

Крім того, реалізацій RIP набагато більше, ніж, наприклад, комбінованого використання OSPF і IS-IS OSI. Очікується, що використання RIP продовжиться ще протягом декількох років.

Висновок щодо протоколу маршрутизації RIP: У сучасних мережах протокол RIP не найкраще рішення для вибору в якості протоколу маршрутизації, так як його можливості поступають більш сучасним протоколам, таким як EIGRP і OSPF. Обмеження на 15 переходів (хопів) не дозволяє застосовувати його у великих мережах. Перевага цього протоколу являється простота конфігурації. Тому, якщо мережа невелика, то протокол RIP цілком прийнятний як протокол маршрутизації.

3.7.2 Протокол маршрутизації IGRP

Закритий дистанційно-векторний протокол IGRP компанії Cisco Systems був спроектований для усунення ряду недоліків протоколу RIP, і мав на меті забезпечити кращу підтримку великих мереж (до 255 маршрутизаторів), які містять канали зв'язку з відмінними характеристиками смуги пропускання і величини затримки. Протокол використовує комбіновану метрику, яка включає затримку, смугу пропускання, надійність і завантаженість маршруту. Вагові коефіцієнти, що визначають внесок цих характеристик в результуючу метрику, задаються користувачем, забезпечуючи гнучку адаптацію до його конкретним завданням. Показники затримки і смуги пропускання конфігуруються для кожної лінії зв'язку попередньо, а показники надійності і завантаженості можуть обчислюватися в процесі обробки реального трафіку в мережі. [26] Для підтримки вимог QoS різних додатків можна підготувати кілька маршрутних таблиць, побудованих на основі метрик з різними значеннями вагових коефіцієнтів.

Протокол IGRP забезпечує швидшу збіжність, ніж RIP завдяки застосуванню пакетів оновлення з миттєвою розсилкою (інформація про зміни в мережі відправляється відразу, як тільки стає доступною, не чекаючи чергового часу поновлення). Протокол підтримує балансування навантаження між декількома маршрутами навіть в тому випадку, якщо їх метрики не рівні, але знаходяться в межах певного діапазону показників найкращого маршруту. При цьому співвідношення обсягів відправлених по кожній колії даних буде пропорційно співвідношенню їх метрик.

До недоліків протоколу можна віднести відсутність підтримки масок підмереж змінної довжини і можливості об'єднання маршрутів. Періодичні розсилки маршрутної інформації сусіднім маршрутизаторам залишаються ширококомовними. Засоби забезпечення безпеки обмежені. Відсутні кошти аутентифікації при обміні маршрутною інформацією. Непрямим засобом захисту є можливість прийому повідомлень про оновлення маршрутів тільки від тих маршрутизаторів, які даний визначає як «сусідні», а також можливість внесення змін в конфігурацію маршрутизатора тільки на підставі пароля, який зберігається в зашифрованому вигляді. Протокол сумісний з RIP. [25]

3.7.3 Вдосконалений протокол маршрутизації на базі вектора відстаней - EIGRP

Вдосконаленим протоколом маршрутизації на базі вектора відстаней є протокол EIGRP. Він був розроблений компанією Cisco Systems, отже, часто використовується на обладнанні цієї компанії.

Протокол має наступні якості.

1. Більш швидка збіжність в порівнянні з іншими протоколами на базі вектора відстаней, яка досягається завдяки алгоритму DUAL (Diffusing Update Algorithm). Алгоритм становить таблицю

топологій, в якій зазначено два кращих шляху до мережі призначення (основний і резервний). На обох цих маршрутах не виникають петлі.

2. Зниження споживання смуги пропускання досягається за рахунок того, що при будь-яких зміни в мережі, алгоритм DUAL відправляє тільки нові оновлення, а не всю таблицю маршрутизації.
3. Підтримка декількох протоколів мережевого рівня (IP, IPX, AppleTalk).
4. Безкласовий протокол маршрутизації.
5. Використання багатоадресної (224.0.0.10) та одноадресної розсилки, замість широкомовної. Завдяки цьому оновленню маршрутизації не впливають непотрібні маршрутизатори.

3.7.4 Принцип роботи протоколу EIGRP

1. Протокол EIGRP спочатку повинен виявити своїх сусідів, для цього він використовує протокол Hello, який в свою чергу розсилає hello- пакети (за замовчуванням кожні 5 секунд). Для відправки пакетів використовується багатоадресна розсилка. Поки hello-пакети приходять від сусіда, маршрутизатор визначає його як функціонує. Якщо протягом певного часу (за замовчуванням 15 секунд) від сусіда не прийшов hello- пакет, він вважається недоступним.

2. Після того, як сусіди встановлені, відбувається обмін інформацією про топологію мережі. Спочатку пересилається інформація про повну топології мережі між маршрутизаторами. А далі, при зміні на мережі, маршрутизатори обмінюються наступними пакетами:

- Пакет оновлень маршрутів (Update). У цих пакетах зберігається інформація про зміну маршрутів. Пакети можуть пересилатися по багатоадресній або одноадресній розсилці.

- Пакет запитів (Query). Цей пакет необхідний, коли маршрутизатор перераховує будь-якої маршрут, і у нього немає резервного. Маршрутизатор відправляє запит сусідам. Якщо у сусідів є маршрут, то вони відповідають шляхом посилки пакета відповіді на запит (Reply). Якщо маршруту немає, то вони відправляють запит уже своїм сусідам.
- Пакет підтвердження (Acknowledgment). при отриманні вище зазначених пакетів (update, query, reply), у відповідь надсилається пакети підтвердження. Для надійної і гарантованої доставки відправлених пакетів протокол EIGRP використовує надійний транспортний протокол (Reliable Transport Protocol - RTP). Протокол неодноразово пересилає маршрутну інформацію, якщо повідомлення було втрачено. За рахунок використання протоколу RTP зменшується ймовірність виникнення петель.

3. Далі відбувається вибір найкращого шляху. Маршрутизатор аналізують топологічну таблицю і вибирають з неї шлях з найменшою метрикою. Протокол вважає її за допомогою вагових коефіцієнтів (за замовчуванням $K1 = 1$; $K2 = 0$; $K3 = 1$; $K4 = 0$; $K5 = 0$), а також смуги пропускання (bandwidth) і затримки (delay).

Висновок щодо протоколу маршрутизації EIGRP: До переваг протоколу EIGRP відноситься:

- швидка збіжність у великих мережах;
- значно менша завантаження каналів і CPU при роботі протоколу;
- можливість балансування трафіку по нееквівалентним каналах.

Недоліком протоколу EIGRP, є те що він закритий, тобто може бути реалізований тільки на обладнанні компанії Cisco Systems. Протокол добре сумісний з IGRP, а також з RIP.

3.7.5 Протокол маршрутизації на основі стану каналу - OSPF

Одним з поширених протоколів на основі стану каналу є протокол OSPF. Це безкласовий протокол маршрутизації. Технологія роботи протоколу полягає у відстеженні стану каналів і пошуку найкоротших шляхів (Shortest Path First - SPF), використовуючи алгоритм Дейкстри. Протокол підтримує складну топологічну базу даних. Якщо протоколи на базі вектора відстаней не містять інформацію про віддалених мережах, то протоколи на основі стану каналу підтримують всю інформацію про видалені маршрутизаторах і їх з'єднаннях. Стан каналу в цьому протоколі має на увазі опис інтерфейсу (наприклад, IP-адреса, маска, тип мережі і т.п.) і його відношення з сусідніми маршрутизаторами. На основі вище зазначених описів інтерфейсів формується база даних стану каналів. База даних заповнюється завдяки отриманню повідомлень про стан каналу (Link-State Advertisement - LSA), які розподіляються часто або ж відразу після зміни топології мережі, або при будь-яких змінах на маршрутизаторах. Ці повідомлення є невеликими пакетами. В LSA міститься інформація про підключені інтерфейси, метрики і інші параметри. На основі отриманих повідомлень LSA маршрутизатор використовує алгоритм SPF, який будує дерево найкоротших маршрутів. Алгоритм виробляє розрахунок над базою даних топології мережі, видаляючи зайві гілки (гілки - всі можливі шляхи). Отримані маршрути записуються в таблицю маршрутизації.

Протокол може підтримувати різні вимоги IP-пакетів на якість обслуговування (пропускна здатність, затримка і надійність) за допомогою побудови окремої таблиці маршрутизації для кожного з цих показників. Протокол володіє і іншими перевагами, корисними в великих сучасних мережах. До них відносяться можливість балансування навантаження між каналами з рівними метриками і засоби аутентифікації як по нешифрованій пароллю, так і по шифрованому (шляхом додавання до пакету дайджесту ключа і тіла пакета за

алгоритмом MD5). нумерація пакетів виключає їх повторюваність і таким чином можливість повторної атаки.

До недоліків проколу слід віднести високу обчислювальну складність і, отже, високі вимоги, що пред'являються до ресурсів маршрутизатора. Обчислювальна складність OSPF зростає зі збільшенням розмірів мережі. Тому для збільшення масштабованості протоколу застосовується поділ мережі на логічні області, з'єднані магістральною областю. Внутрішня топологічна інформація між областями не віддається. Скорочення обсягів таблиць маршрутизації і зниження службового трафіку при оновленні топологічної інформації служить можливістю об'єднання декількох адрес мереж в один при виявленні у них загального префікса, і заміна ширококомовних розсилок – мультикастинговими. З метою економії IP-адрес в з'єднаннях типу «точка - точка» між маршрутизаторами призначати кінцевим точкам адреси не обов'язково. Платою за ці переваги є складність конфігурації і необхідність ретельного попереднього планування мережі для її оптимальної роботи (розбивка на області, виділення магістралі, розподіл функцій між маршрутизаторами з урахуванням їх обчислювальної потужності: рядові, виділені в зоні, прикордонні і т.д.). [25]

Протокол OSPF - внутрішній протокол маршрутизації і працює всередині однієї автономної системи. Її можна розбити на зони або області, які представляють собою логічні розділи автономної системи.

OSPF забезпечує:

1. алгоритм вибору оптимального шляху, заснований на пропускній здатності каналів зв'язку, затримки в передачі даних, кількості помилок при передачі в кожному напрямку і інших факторах;
2. відсутність службового трафіку після побудови таблиці маршрутизації (передача тільки коротких пакетів між сусідніми маршрутизаторами через певні інтервали часу, що підтверджують їх доступність);

3. швидке поширення інформації про зміну топології (кожен маршрутизатор містить повну картину про структуру всієї зони, тому при зміні топології інформація розсилається відразу всім маршрутизаторів зони);
4. розподіл повноважень з управління. Наявність в OSPF власних зон дозволяє у великій мережі делегувати повноваження по управлінню різними ділянками (зонами) мережі окремим адміністраторам, зберігаючи загальний контроль за мережею з центру, завдяки наявності так званої центральної (backbone) зони, через яку здійснюється сполучення інших зон між собою;
5. автоматичне агрегування підмереж, тобто уявлення декількох безперервно наступних в адресному просторі підмереж у вигляді однієї мережі в разі, якщо доступ до всіх цих мереж з даного маршрутизатора здійснюється через один сусідній маршрутизатор;
6. можливість розподіляти навантаження по передачі трафіку по паралельних каналах, що дозволяє збільшувати пропускну здатність при відсутності каналів зв'язку необхідної пропускну здатності. [28]

Висновок щодо протоколу маршрутизації OSPF: Протокол OSPF має ряд переваг:

- маршрути, обчислені протоколом OSPF, не можуть бути циклічними;
- протокол забезпечує масштабованість для великих мереж;
- найшвидша пере налаштування при зміні топології мережі.

До недоліків можна віднести:

- ієрархічна топологія;
- відсутній розподіл навантаження при нееквівалентний шляхах;
- метрика використовує тільки вартість маршруту [29]

3.7.6 Протокол маршрутизації IS-IS

Протокол IS-IS заснований на алгоритмі стану каналів зв'язку і є попередником OSPF. У протоколі обміну даними між проміжними системами IS-IS (Integrated Intermediate System-to-intermediate System) використовується той же принцип маршрутизації станом каналів, що і в протоколі OSPF. Обидва ці протоколу відносяться до класу протоколів IGP (Interior Gateway Protocol) і їх головна відмітна особливість - постійно проводиться пошук найкоротшого шляху. Це основна властивість є одночасно як перевагою, так і не недостатком. Для передачі даних між двома кінцевими пунктами використовується найкоротший на даний момент маршрут. Але при цьому, для обміну між маршрутизаторами службовою інформацією, доводиться вдаватися до лавинної розсилці пакетів (flooding). Такий процес необхідний для того, щоб кожен маршрутизатор, який є сусіднім до даного, прийнявши чергове повідомлення про зміну стану каналів і оновивши свої таблиці маршрутизації, переслав його далі.

Для запобігання можливих перевантажень при лавинної розсилці пакетів стану каналів LSP (Link State Packet) протокол IS-IS оснащений рядом механізмів контролю. Його принцип полягає в тому, що маршрутизатор ніколи не передасть LSP-пакет тому вузлу, від якого був прийнятий.

Принципи маршрутизації протоколу IS-IS багато в чому схожі з тими, що використовуються в OSPF. Для синхронізації баз даних маршрутизації IS-IS використовує пакети CSNP (Complete Sequence Number Packet) і PSNP (Partial Sequence Number Packet) [46] за своїм значенням приблизно аналогічні пакетам DD (Database Description) і LSR (Link State Request) протоколу OSPF.

У мережевому оточенні IS-IS використовується два різних способу маршрутизації і, відповідно, два методу обробки дейтаграм маршрутизаторами. Сфера дії маршрутизатора першого рівня обмежена своєю областю, а маршрутизатор другого рівня відповідає за маршрутизацію як всередині, так і поза області, домену, локальної мережі.

В даний час цей протокол дуже рідко використовується в корпоративних мережах. Це викликано повною перевагою над ним протоколу OSPF, який, по суті, є вдосконаленим IS-IS. До недоліків протоколу відноситься його нездатність підтримувати маски підмереж змінної довжини, об'єднувати маршрути, а також ширококомовний характер розсилок сусіднім маршрутизаторам. Все це негативно впливає на швидкість збіжності, навантаження маршрутизаторів і завантаженість ліній зв'язку. [24]

3.7.7 Протокол маршрутизації BGP-4

Протокол BGP розроблявся як зовнішній для організації маршрутизації між автономними системами в глобальній мережі Internet (максимальне число маршрутизаторів 65534 між AS). В даний час в Internet використовується 4-я версія протоколу BGP-4. Хоча протокол відноситься до зовнішніх протоколів маршрутизації, його іноді застосовують і для внутрішньої маршрутизації. BGP є протоколом, що орієнтується на вектор відстані.

Однак, на відміну від RIP і IGRP протокол BGP не вимагає періодичного оновлення всієї маршрутної таблиці. Обмін повними таблицями виконується між маршрутизаторами тільки при їх початковому підключенні. Надалі відсилаються тільки повідомлення про оновлення в таблицях, причому тільки тим маршрутизаторам, які явно вказані в якості сусідніх. В одному оновленні BGP-4 може бути оголошено про одне новий маршрут або анулювання декількох, що перестали існувати. Все це сприяє зниженню службового трафіку.

Метрика BGP є довільне число одиниць, що характеризує ступінь переваги конкретного маршруту, і встановлюються адміністратором мережі, в основному виходячи з міркувань договірних і фінансових переваг, можливо, з обліку інших факторів (за замовчуванням на підставі мінімального числа проміжних AS). У різних маршрутизаторів може використовуватися різна маршрутна політика.

Хоча BGP підтримує маршрутну таблицю всіх можливих шляхів до конкретної мережі, в своїх повідомленнях про коригування він оголошує тільки про оптимальні маршрути. Наявність в таблиці альтернативних маршрутів прискорює реакцію маршрутизатора на інформацію про недосяжність основного шляху, а також дозволяє підтримувати балансування навантаження. Оскільки протокол орієнтований на обмін даними між різними AS, де при виборі маршрутів переважають, як правило, не технічні, а політичні міркування, то процес балансування навантаження на увазі осмислене розподіл маршрутів між альтернативними каналами за допомогою настройки відповідних параметрів протоколу. Повідомлення BGP-4 про коригування містять послідовність AS, через які може бути досягнута зазначена мережа, її IP-адреса та довжина маски префікса (підтримується тільки безкласовості адресація CIDR).

Протокол дозволяє об'єднувати маршрути. Перелік AS використовується для поліпшення збіжності, швидкість якої у протоколу не висока. Для забезпечення безпеки можуть застосовуватися різні способи аутентифікації маршрутизаторів. Протокол сумісний з RIP і OSPF. [25]

3.8. Порівняльна характеристика протоколів маршрутизації

У таблиці представлена порівняльна характеристика основних протоколів динамічної маршрутизації.

Важливою характеристикою протоколу маршрутизації є швидкість збіжності. Виходячи з аналізу самих алгоритмів можна сказати, що дистанційно-векторний протокол RIP поступається за цим параметром вдосконаленому протоколу IGRP. Ще більшою швидкістю збіжності має комбінований протокол EIGRP, який наближається до найбільш швидкісним протоколам OSPF і IS-IS, заснованим на алгоритмі обліку стану каналів зв'язку. Протокол BGP не відноситься до числа швидкісних, як через дистанційно-векторного алгоритму, так і з огляду на його особливості, пов'язаних з роботою в якості зовнішнього протоколу (різна маршрутна політика маршрутизаторів, використання надійного транспортного протоколу TCP і т.д.).

Табл. 1. Порівняльна таблиця основних характеристик протоколів динамічної маршрутизації [25]

Критерії/Протоколи	RIP v.2	IGRP	IS-IS	OSPF	EIGRP	BGP v.4
Безпека	Відкритий пароль або аутентифікація по ключу MD5	-	-	Відкритий пароль або аутентифікація по ключу MD5	Аутентифікація по ключу MD5	Різні методи аутентифікації
Тип алгоритму	Вектор відстані	Вектор відстані	Стан лінії зв'язку	Стан лінії зв'язку	Комбінований	Вектор відстані
Балансування навантаження	-	Різні метрики	Однакові метрики	Однакові метрики	Різні метрики	Різні метрики(під автоматично)
Об'єднання маршрутів	-	-	-	+	+	+
Маски підмережі	+	-	-	+	+	+
Максимальна кількість маршрутизаторів в мережі	15	255(реком. < 50)	1024	65534	255	65534

Метрика	Одна загальна	Комбінована	Одна загальна та 3 додаткові	Одна загальна та 3 додаткові	Комбінована	довільна
Підтримка QoS	-	+	+	+	+	-
Оновлення маршрутною інформації	Вся таблиця	Вся таблиця	Тільки зміни	Тільки зміни	Тільки зміни	Тільки зміни
Доступність реалізації	Відтримий	Тільки на обладнанні і Cisco Systems	Відтримий	Відтримий	Тільки на обладнанні Cisco Systems	Відтримий
Підтримка IPv6	-	-	-	+	+	+

Можна зробити висновок, що кращими внутрішніми протоколами маршрутизації є OSPF і EIGRP. Особливо в застосуванні до великих і складних мереж. Але так само ці протоколи, не дивлячись на широкий спектр позитивних якостей, мають і свої мінуси. Протокол OSPF має високі вимоги до ресурсів маршрутизації через занадто складного обчислювального розрахунку найкоротших шляхів. Хоча протокол EIGRP виграє в цьому плані, він все ж є закритим. Його реалізація можлива тільки на обладнанні Cisco Systems. Але в наш час в мережах застосовується обладнання різноманітних фірм. Тому у великих мережах вигідніше застосовувати протокол OSPF [30].

3.9. Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах

Багато мережевих завдання, такі як завдання знаходження оптимального маршруту проходження трафіку, завдання пошуку найкоротших шляхів, завдання оптимального розподілу мережевих ресурсів і т.д. формулюються як задачі теорії графів [47]. На даний момент теорія графів розглядається як потужний інструмент для вирішення великої кількості завдань з різноманітних областей.

Перед тим як описати методику вибору алгоритму слід позначити основні визначення з теорії графів.

Теорія графів - розділ дискретної математики, що вивчає властивості графів. У загальному сенсі граф представляється як безліч вершин (вузлів), з'єднаних ребрами. [48]

Граф $G = [R, A]$ - це сукупність двох множин: множини точок, які називаються вершинами, і безлічі ребер A . Кожен елемент $a \in A$ є упорядкована пара (p_i, p_j) елементів множини R , вершини p_i і p_j називаються кінцевими точками або кінцями ребра a . Граф називається кінцевим, якщо безлічі R і A кінцеві. [49]

Теорія графів не враховує конкретну природу множин A і B . Існує велика кількість самих різних конкретних завдань, при вирішенні яких можна тимчасово забути про специфічний зміст множин та їх елементів. Ця специфіка ніяк не позначається на результаті виконання завдання, незалежно від її складності! Наприклад, при вирішенні питання про те, чи можна з точки a дістатися до точки e , рухаючись тільки по з'єднує точки лініях, неважливо, чи маємо ми справу з людьми, містами, числами і т.д. Але, коли задача вирішена, ми отримуємо рішення, вірне для будь-якого змісту, яке було змодельована у вигляді графа. Не

дивно тому, що теорія графів - один з найбільш затребуваних інструментів при створенні штучного інтелекту: адже штучний інтелект може обговорити зі співрозмовником і питання любові, і питання музики або спорту, і питання вирішення різних завдань, причому робить це без будь-якого переходу (перемикання) , без якого в подібних випадках не обійтися людині.

Зв'язний граф - граф, що містить рівно один компонент зв'язності. Це означає, що між будь-якою парою вершин цього графа існує як мінімум один шлях. [50]

Неорієнтовані граф, G-граф - це впорядкована пара $G: = (V, E)$, для якої виконані наступні умови:

- V - це непорожня безліч вершин, або вузлів,
- E - це множина пар (в разі неорієнтованого графа - неупорядкованих) вершин, званих ребрами
- V (а значить і, E , інакше воно було б мульти-множина) зазвичай вважаються кінцевими множинами. Багато хороші результати, отримані для кінцевих графів, невірні (або будь-яким чином відрізняються) для нескінченних графів. Це відбувається тому, що ряд міркувань стає хибним в разі нескінченних множин.
- Вершини і ребра графа називаються також елементами графа.
- Порядок графа - це число вершин в графі $|V|$.
- Розмір графа - це число його ребер $|E|$ [51]

В мультисервісних мережах у порівнянні зі звичайними мережами передачі даних спостерігається значне збільшення навантаження на мережеві ресурси. А класична IP-маршрутизація не здатна забезпечити ефективну і надійну роботу мережі.

Одним з рішень є запропонований спосіб маршрутизації на основі мінімально спрямованих графів, при якому трафік проходить за мінімально спрямованим графом, побудованому за допомогою алгоритму Йена [52,53]. Агрегований потік трафіку розподіляється відразу кількома маршрутами, певним при побудові графа. Набір маршрутів створюється при побудові мінімальних спрямованих графів для пари вузлів. При цьому виділяється деяка підмножина маршрутів між заданими вузлами. Для побудови такого підграфа з вихідного графа мережі застосовується метод ранжирування і послідовна нумерація вузлів. Після цього вузли, які опинилися непронумерованими, спільно з інцидентними їм лініями виключаються з розгляду.

Для передачі по мережі різнорідних потоків інформації необхідно, щоб алгоритм маршрутизації враховував вимоги, що пред'являються даними потоками до рівня QoS. Перевагою MPLS є можливість безпосереднього управління маршрутами, за якими будуть слідувати потоки трафіку. Для мультисервісних мереж, в яких реалізуються можливості Traffic Engineering (TE), через велику кількість вузлів розмір завдання маршрутизації може виявитися дуже великим, щоб розв'язати цю проблему за прийнятний час.

Зменшити розмір завдання маршрутизації можна за рахунок формування набору маршрутів для кожної пари вузлів (джерело, одержувач) B_{ij} , задовольняючи певні умови [54], а саме мінімальна або заздалегідь заданома обмежена кількості прольотів. Формування множини допустимих маршрутів між кожною парою вузлів (джерело-одержувач) будемо здійснювати, використовуючи резервний алгоритм, в основі якого лежить метод МНГ (мінімальних спрямованих графів) [55].

Суть методу мінімально спрямованих графів полягає в тому, що певний потік трафіку направляється від джерела до одержувача відразу кількома маршрутами, обчисленим при побудові мінімального спрямованого графа, або по

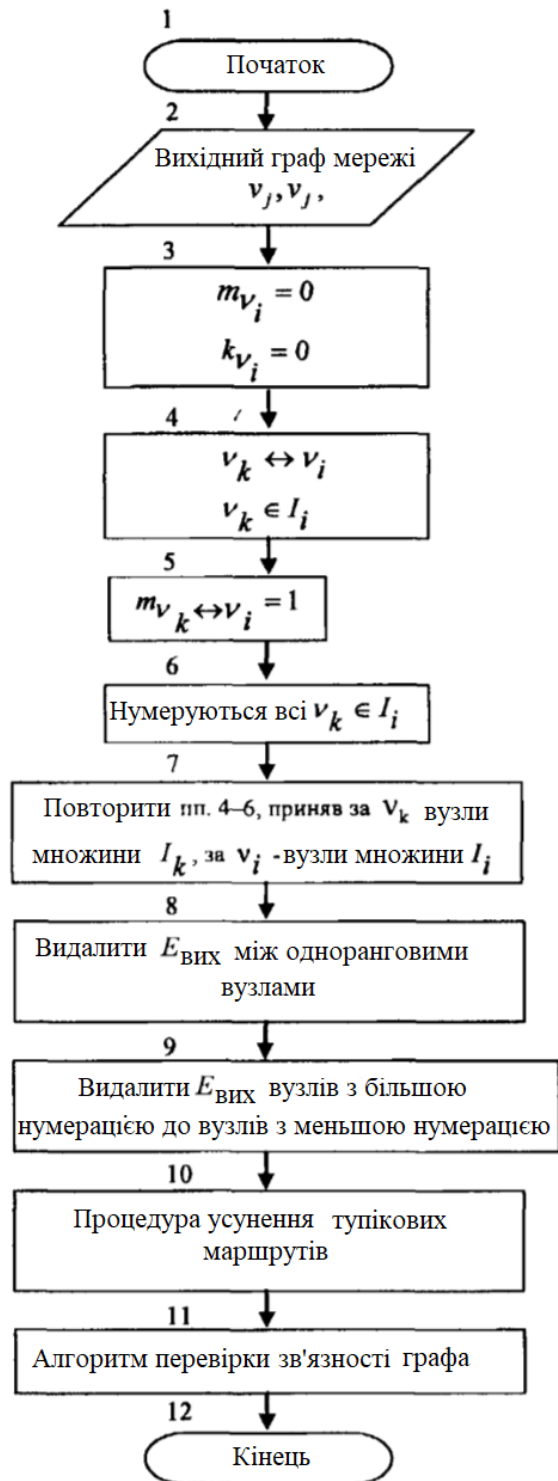
одному, але з найбільшим пріоритетом, з набору допустимих маршрутів. При цьому досягається більш збалансоване завантаження, так як враховуються особливості всіх маршрутів. Їх основні параметри збираються на основі статистичної обробки всієї мережі за певний період. До таких параметрів можна віднести, наприклад, коефіцієнти завантаження в мережі в залежності від часу доби (днів тижня), затримка в мережі при передачі.

Побудова мінімального спрямованого графа необхідна для того, щоб виділити серед безлічі маршрутів між парою вузлів ті, які мають мінімальне або заздалегідь відоме число прольотів (але більше мінімального), і вже серед них провести оптимізацію по- одному або кількома параметрами. При цьому слід враховувати, що графи, що містять зациклення, в розгляд не приймаються.

Таким чином, методику вибору алгоритму маршрутизації можна визначити як завдання побудови мінімального спрямованого графа та звести його до чотирьох основних процедур:

1. ранжування і послідовна нумерація всіх вузлів;
2. видалення ліній, що з'єднують однорангові вузли, і ліній, що йдуть від вузлів з більшою нумерацією до вузлів з меншою нумерацією;
3. видалення тупикових маршрутів;
4. перевірка зв'язності.

Нижче представлений алгоритм побудови мінімального спрямованого графа (рис. 3.2).

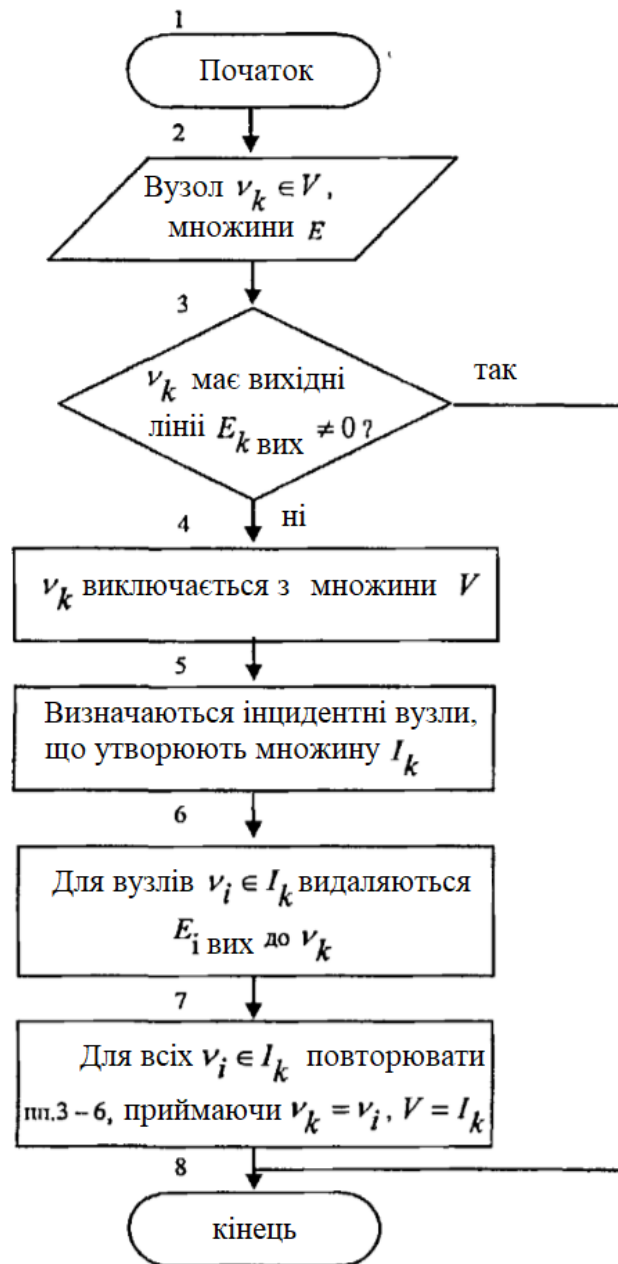


Процедура усунення «тупикових» маршрутів:

Вихідними даними є вузол $v_k \in V$ (V - множина всіх вузлів мережі), у якого була видалена хоча б одна вихідна лінія, і множина E вхідних і вихідних ліній вузла.

1. Перевіряється, чи є у даного вузла ще вихідні лінії. Якщо вихідні лінії відсутні, тобто $E_{k\text{пoch}} = 0$ то вузол v_k , виключається з множини розглянутих вузлів. Якщо $E_{k\text{пoch}} \neq 0$ то перейти до п. 5.
2. По безлічі вхідних ліній вузол $E_{k\text{вх}}$ визначаються інцидентні йому вузли, які утворюють множини I_k .
3. У всіх вузлів множини I_k видаляються вихідні лінії до вузла v_k з множини E .
4. Для кожного вузла з множини I_k , у якого була видалена хоча б одна виходить лінія, запускається процедура усунення тупикових маршрутів, при цьому відповідний вузол виключається з множини I_k .
5. Якщо всі вузли з множини I_k були розглянуті ($I_k \neq 0$), вихід з процедури.

Схема цієї процедури зображена на рис. 3.3.

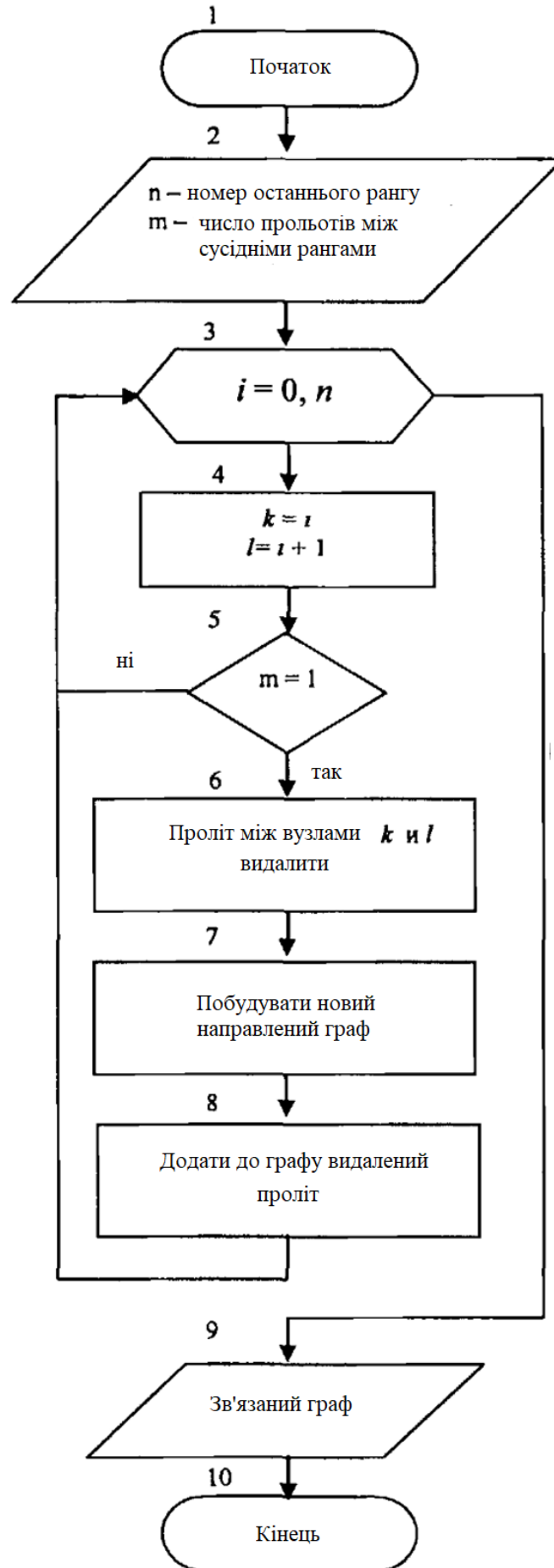


Алгоритм перевірки зв'язності графа:

При побудові мінімального спрямованого графа після процедури усунення тупикових маршрутів слід запуснути алгоритм перевірки зв'язності графа [56], який для випадків видалення одного прольоту або видалення одного вузла буде різним. Під видаленням вузла розуміється вихід з ладу всіх його інтерфейсів. Але з огляду на те, що ймовірність такого події мала, то її подальший розгляд в даній роботі не є доцільним.

Нижче наводиться опис алгоритму для випадку видалення одного прольоту і схема цього процесу (рис.3.4). Слід зауважити, що віддаленим може виявитися проліт в разі будь-якої аварії (наприклад, обрив кабелю або вихід з ладу відповідного інтерфейсу в вузлі) або якщо коефіцієнт завантаження даної ділянки дорівнює або прямує до 100%.

1. Розглядаються прольоти від вузла нульового рангу до всіх вузлів першого рангу.
2. Якщо таких прольотів більше одного, то перейти до п. 5. Якщо такий проліт один, то потрібно тимчасово виключити його з розгляду.
3. Побудувати заново спрямований граф без урахування віддалених прольотів. Якщо в цьому випадку не вдається побудувати спрямований граф, то можливе використання модифікованого алгоритму побудови спрямованого графа.
4. Додати до отриманого графу тимчасово вилучені прольоти. Тепер кількість прольотів між двома розглянутими рангами більше одного.
5. Перейти до розгляду всіх прольотів між двома наступними рангами. При цьому розглядається вже новозбудований граф. Якщо наступний ранг відсутня, то перейти до п. 7.
6. Повторити процедуру, починаючи з п. 2.
7. Отриманий після виконаних операцій граф залишається зв'язковим навіть при видаленні одного будь-якого прольоту.



Пропонується кілька варіантів модифікованого алгоритму побудови спрямованого графа при перевірці зв'язності.

1. При побудові спрямованого графа не слід виключати прольоти між однорангових вузлами. При цьому номери рангів будуть визначатися за рангом вузла, для якого віддалений проліт є вихідним, а також по найбільшому рангу, який містить більше одного вузла. Якщо віддалений проліт з'єднував вузол-джерело і будь-який вузол першого рангу, то не слід видаляти лінії між однорангових вузлами першого рангу, що містить більше одного вузла.

2. Для створення зв'язного графа потрібно побудувати міні-граф між вузлами двох найближчих рангів, для яких був видалений проліт. При цьому такі вузли приймаються за джерело і приймач відповідно. Після побудови міні-графа його накладають на вихідний спрямований граф, а також додають віддалений раніше проліт.

Для такого варіанту перевірки зв'язності графа очевидними є певні переваги і недоліки. Перевагою є те, що зв'язний графа виходить максимально наближеним до вихідного мінімального спрямованого графу. Недолік такого способу - кількість прольотів (хопів) значно збільшується.

3. Для створення зв'язного графа потрібно побудувати міні-граф між вузлами двох рангів. Джерелом бути вузол, для якого віддалений проліт є вихідним. Приймачем залишається той же вузол, який був призначений для початкової топології. Після побудови такого міні-графа його накладають на вихідний спрямований граф, а також додають віддалений раніше проліт. Такий спосіб є хіба що проміжним між попереднім методом і з самого початку не модифікованим алгоритмом перевірки зв'язності графа.

4. У більшості схожий на вихідний модифікований алгоритм перевірки зв'язності графа. З тією лише різницею, що в даному випадку з розгляду тимчасово виключаються йдуть підряд поодинокі прольоти.

Якщо в процесі перевірки зв'язності графа з використанням модифікованого алгоритму не вдалося побудувати спрямований граф, тобто в разі видалення якого-небудь одиночного прольоту не є можливим знайти резервні маршрути, значить мережу із заданою топологією не гарантуватиме необхідну якість обслуговування QoS про визначення класу сервісу трафіку. Такий потік отримає відмову в обслуговуванні.

Можлива така ситуація, коли після перевірки зв'язності будується початковий граф, тобто виходить та топологія, яка була до початку побудови набору допустимих маршрутів. Таке найімовірніше, коли задана мережа, з невеликою кількістю вузлів. Якщо в такій мережі маршрутизатори (розглядаються в якості вузлів) не здатні обробити таблиці маршрутизації з необхідним обсягом інформації, то слід опустити перевірку зв'язності графа, або не використовувати модифікації алгоритму перевірки зв'язності графа. Для зниження рівня складності завдання розподілу потоків можна також обмежити число можливих допустимих маршрутів кожної пари вузлів джерело - одержувач.

Перевірку зв'язності графа можливо також опустити для випадку, якщо в поданій мережі спочатку існує одиночний проліт між вузлами двох рангів. Щоб це перевірити, необхідно до процесу усунення тупикових маршрутів виявити поодинокі прольоти.

Висновки до Розділу 3: Одним із завдань, що виникає в ході розвитку і становлення мультисервісних мереж, є забезпечення гарантованої якості обслуговування і пов'язана з нею завдання оптимального використання мережевих ресурсів.

Аналіз робіт дозволяє зробити висновок про те, що деякі алгоритми маршрутизації прості в реалізації і тому володіють швидкою збіжністю, але при цьому не є надійними і не гарантують доставку пакетів в мережі. Інша частина алгоритмів забезпечує вибір оптимальних (раціональних) маршрутів і гарантовану якість обслуговування. Але з огляду на те, що такі алгоритми будують свої таблиці маршрутизації на підставі інформації про всі вузли, що знаходяться в мережі або окремих її сегментах, то на великих мережах при великих обсягах службової інформації їх збіжність здійснюється повільно, їм потрібні великі часові затрати на обробку службової інформації.

Таким чином, актуальним завданням є зменшення розміру завдання маршрутизації за рахунок формування набору допустимих маршрутів, які охоплюють обмежену кількість вузлів в мережі.

Одним з рішень задачі є запропонований спосіб маршрутизації на основі мінімально спрямованих графів, при якому трафік проходить за мінімальним спрямованому графу, побудованому за допомогою алгоритму Йена. За допомогою якого була сформована методика алгоритму маршрутизації.

Висновки:

Невеличке порівняння деяких характеристик алгоритму, заснованого на стані ліній, і дистанційно-векторного алгоритму.

□ Складність повідомлень. Як ми бачили, алгоритм, заснований на стані ліній, вимагає від кожного вузла знання вартості кожної лінії мережі. Для цього необхідно відправити O повідомлень, де p є кількість вузлів мережі, а E - число ліній. Крім того, кожен раз, коли вартість лінії змінюється, про це слід повідомити всі вузли. Дистанційно-векторний алгоритм вимагає обміну повідомленнями тільки між безпосередньо з'єднаними вузлами на кожній ітерації. Як було сказано, час, необхідний для сходження алгоритму, може залежати від багатьох факторів. Коли змінюється вартість лінії, дистанційно-векторний алгоритм поширює результати тільки в тому випадку, якщо ця зміна приводить до зміни шляху з найменшою вартістю для одного з вузлів, приєднаного до цієї лінії.

□ Швидкість сходження. Як ми бачили, кількість обчислень в нашій реалізації алгоритму, заснованого на стані ліній, зростає пропорційно квадрату вузлів мережі, вимагаючи передачі O повідомлень. Дистанційно-векторний алгоритм може сходитися повільно, і під час сходження можуть утворюватися маршрутні петлі. Крім того, дистанційно-векторний алгоритм страждає від «нападів» рахунки до нескінченності.

□ Живучість. Що може статися, якщо маршрутизатор вийде з ладу? В алгоритмі маршрутизації, заснованому на стані ліній, маршрутизатор може передати всім іншим маршрутизаторів невірні відомості про вартість однієї з приєднаних до нього ліній. Вузол може також зашкодити або втратити один з ширококомовних пакетів LS-алгоритму, який він отримав. Але вузол розраховує тільки власну таблицю просування даних. Решта вузли самі обчислюють свої таблиці. Це означає, що в алгоритмі, заснованому на стані ліній, розрахунки

маршрутів виконуються в значній мірі окремо, що надає певний ступінь живучості. У разі дистанційно-векторного алгоритму вузол може передати іншим вузлам невірно пораховані їм значення мінімальної вартості шляхів. Необхідно звернути увагу, що в дистанційно-векторному алгоритмі на кожній ітерації результати обчислень вузла безпосередньо про передаються сусідньому вузлу, а потім на наступній ітерації вони потрапляють до сусіда сусіда і т. д. Таким чином, в дистанційно-векторному алгоритмі некоректно обчислені дані можуть поширитися по всій мережі.

При отриманні пакету з будь-якого пристрою мережі, маршрутизатор змушений перевірити свою таблицю маршрутизації. У разі, якщо адреса призначення є в цій таблиці, то пакет направляється по ньому. А якщо адреса одержувача немає в таблиці маршрутизації, то пакет направляється на шлюз за замовчуванням, при існуванні такого в даній мережі. А якщо ж, адреси одержувача зовсім немає в пакеті, то маршрутизатор відправляє пристрою-відправнику повідомлення про помилку [57]. Правильність розуміння алгоритмів маршрутизації складається з декількох складових. Однією з основних є оптимальність. Тут розуміється вибір найкращого маршруту, а саме меншого по затримці даних. Завданням маршрутизатора є визначити шлях пересування інформації по каналах, які в сумі матимуть найменшу затримку, тим самим буде досягнута оптимальність.

Також важливою особливістю є гнучкість. Це означає швидку адаптація до всіляких обставин, що виникли в мережі. При функціонуванні мережі може виникнути ситуація, при якій буде порушено лінії зв'язку. Маршрутизатор навіть в такому випадку повинен буде вибрати оптимальний маршрут з усіх решти, за винятком вийшов з ладу. Важлива можливість через зміну смуги пропускання в мережі, через зміни затримки в каналах зв'язку.

Алгоритми маршрутизації розробляються як можна більш простими в реалізації. Це потрібно для того, щоб вони могли виконати свої обов'язки, і зробити це з мінімальними апаратними та програмними витратами. Це особливо важливо в мережах з обмеженими функціональними можливостями [58].

Великим питанням в маршрутизації є вибір найкоротшого шляху. Тут на допомогу приходить математика - теорія графів. Найкоротший шлях від вузла А до вузла В вибирається на основі одного з критеріїв мінімальної вартості. Якщо мова йде про маршрут з найменшим числом вузлів ретрансляції, то кожне ребро має весь розмір в одиницю. Якщо розглядається зважений граф, ребра матимуть певне значення (вартість). Тоді загальна вартість шляху буде сумою всіх вартостей ребер. Для розрахунку найкоротшого шляху прийнято виділяти два основних алгоритми: Дейкстри і Беллмана-Форда.

Існує безліч видів алгоритмів маршрутизації. І вибір оптимального алгоритму для конкретної мережі є досить важкою роботою. Далеко не завжди існує такий вид маршрутизації, при якому всі маршрутизатори рівні один перед одним (однорівнева маршрутизація). При ієрархічній маршрутизації все навпаки. Існує група маршрутизаторів, в якій всі пристрої відносяться до так званого базового шару, але також існує інша група роутерів, які відносяться до небазових шару. При передачі пакетів від пристрою-відправника до пристрою-одержувача, пакети спочатку проходять через небазові маршрутизатори, потім через базові, і потім вже поблизу пункту призначення, знову через небазові маршрутизатори до самого вузла-одержувача.

Часто в таких мережах деякі групи вузлів об'єднуються, такі об'єднання називаються доменами. Перевагою такої мережі буде те, що деякі маршрутизатори одного домену мають можливість спілкуватися тільки з роутерами свого домену, а деякі і роутерами інших доменів. Тобто відбувається розбиття мережі на підмережі, у яких існує своя власна маршрутизація.

Відповідно маршрутизаторів в межах одного домену необхідно зберігати інформацію тільки про маршрутизатори, які підтримуються вашим. Тобто, їх алгоритми можна спростити, через це можна зменшити і трафік оновлень таблиць маршрутизації, що в цілому допоможе розвантажити мережу.

Маршрутизація по вектору відстаней використовує таблиці, з якими працюють і які оновлюють маршрутизатори, що містять записи про кожен маршрутизатор підмережі. Кожна запис складається з пріоритетного номера лінії для даного одержувача і передбачуваного відстані або часу проходження пакета до цього одержувача. Алгоритми маршрутизації на основі вектора відстані (також відомі під назвою алгоритми Беллмана-Форда) передбачають періодичну передачу копій таблиці маршрутизації від одного маршрутизатора іншому. Регулярно посилаються між маршрутизаторами пакети актуалізації повідомляють про всі зміни топології. Кожен маршрутизатор отримує таблицю маршрутизації від свого сусіда. Однією з проблем даного алгоритму є те, що інформація про появу гарного маршруту в підмережі поширюється більш-менш швидко, а ось дані про втрати, руйнування якого маршруту поширюються не настільки швидко. При маршрутизації з урахуванням стану каналу потоки інформації про маршрут передаються всіх пристроїв мережі. Але тут кожен маршрутизатор відправляє тільки ту малу частину своєї таблиці маршрутизації, в якій описуються тільки його особисті лінії зв'язку ця передача здійснюється для оновлення інформації, що міститься в таблицях маршрутизації. Тобто, алгоритми стану каналів передають маленькі коригування таблиць, але всім, а алгоритми по вектору відстаней посилають великі зміни, але тільки сусіднім маршрутизаторам.

Алгоритми з урахуванням стану ліній відрізняються більшою збіжністю, у них менша ймовірність утворення петель, ніж у алгоритмів по вектору відстаней. Але ці алгоритми і вимагають більш потужної функціональної платформи, тут

проводиться більше обчислень, задіюється більше пам'яті, отже, ці алгоритми дорожче реалізовувати, ніж алгоритми по вектору відстаней [57].

Таким чином, усталилася єдина система маршрутизації, що забезпечує якісну передачу інформації, здатна сама розпізнавати, якими шляхами найбільш вигідно передавати пакети з найменшими втратами і витратами часу.

Базуючись на вище описаних критеріях оцінки алгоритмів та згідно таблиці порівня протоколів (побудованих на цих алгоритмах) можна зробити висновок що : При проектуванні мереж одним з найголовніших питань, що стають перед розробником, є вибір типу маршрутизації. Це питання тягне за собою вибір алгоритми маршрутизації. Все залежить від того яка мережа йому потрібна. Якщо розглядати між собою два найбільш використовуваних типу динамічної маршрутизації, а саме маршрутизацію по вектору відстаней і маршрутизацію з урахуванням стану каналу, перший тип варто вибрати, якщо не стоїть питання в найкращій оптимальності і збіжності алгоритмів, а важливо з найменшими фінансовими витратами побудувати мережу. А мережі ж потрібна менша ймовірність утворення петель, велика збіжність, гнучкість і оптимальність, і є фінансові можливості, то слід звернутися до маршрутизації з урахуванням стану каналу.

Побудова мінімального спрямованого графа необхідна для того, щоб виділити серед безлічі маршрутів між парою вузлів ті, які мають мінімальне або заздалегідь відоме число прольотів (але більше мінімального), і вже серед них провести оптимізацію по- одному або кількома параметрами. При цьому слід враховувати, що графи, що містять зациклення, в розгляд не приймаються.

Таким чином, методику вибору алгоритму маршрутизації можна визначити як завдання побудови мінімального спрямованого графа та звести його до чотирьох основних процедур, які були описані в Розділі 3.

Список використаної літератури:

1. Building the Carrier-Class IP Next-Generation Network. //[Електронний ресурс], 2003. – Режим доступу:
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5763/prod_white_paper0900aecd802e2a52_ns573_Networking_Solutions_White_Paper.html
2. Мережі нового покоління для нової України. Інформаційний бюлетень Міжнародного центру перспективних досліджень //[Електронний ресурс], 2006. – Режим доступу:
http://www.icps.com.ua/arh/pub/inform_technologies.html2
3. Концепція мультисервісних мереж, Бельков Д.В. [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<http://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/3252/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6.pdf>
4. Розробка мультисервісної мережі, [Електронний ресурс] - Режим доступу:
https://knowledge.allbest.ru/radio/3c0b65635a2ad68b5c53b89521206c36_0.html
5. Д.В. Бельков, Л.В. Незамова- "Побудова мультисервісної мережі" Донецький національний технічний університет - 2010 рік
6. Концептуальні положення з побудови мультисервісних мереж //[Електронний ресурс], 2004. – Режим доступу:
<http://www.minsvyaz.ru/img/uploaded/2002020610512757.pdf>
7. E.D. Queros, V. Martins et al “The labelling algorithm for the multiobjective shortest path problem”

8. ITU-T Recommendation Y.2012, “Functional requirements and architecture of the NGN,” Sept. 2006.
9. ITU-T Recommendation Y.2201, “NGN release 1 requirements,” to be approved in April 2007.
10. ITU-T Supplement 1 to Y.2000 series, “NGN release 1 scope,” July 2006.
11. Д.С.Кулябов, А.В.Королькова “Архитектура и принципы построения современных сетей и систем телекоммуникаций” - Москва 2008г.
12. Hiroyuki, S. Traffic Engineering using Multiple Multipoint-to-Point LSPs [Электронный ресурс] / S. Hiroyuki, M. Yasuhiro, Makiko Y. - Режим доступа: <http://www.ieee-infocom.org/2000/papers/533.pdf>. - 3.12.2007.].
13. S. Chen and K. Nahrstedt, “An Overview of Next-Generation High-Speed Networks: Problems and Solutions,” IEEE Network.
14. The Broadband Architecture: Multiservice Networks. // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://flylib.com/books/en/2.567.1.57/1/>
15. Методы маршрутизации в сетях связи следующего поколения - Данилов А.Н., Максимов С.П., Никифоров Е.Ю., МТУСИ
16. Плешаков В. Основы маршрутизации. // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.citforum.ru/nets/ito/2.shtml>
17. Головин, Технологии мультисервисных сетей / Головин // СЮ. - 2005. - №10.-С, 27-32.
18. Исследование методов динамической маршрутизации для мультисервисных сетей. // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://masters.donntu.org/t2010/z/bespalov/diss/index.htm>
19. Martins L, Craveirinha J, Climaco J (2003a), A new multiobjective dynamic routing method for multiservice networks – modeling and performance evaluation, Technical report, INESC– Coimbra.

20. CISCO Internetworking Technology Overview , Сервер Марк-ИТТ, Владимир Плешаков. // [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://citforum.ru/nets/ito/index.shtml>
21. Розробка структурної схеми маршрутизатора. // [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://ukrefs.com.ua/page,6,171661-Razrabotka-strukturnoiy-shemy-marshrutizatora.html>
22. Класифікація алгоритмів маршрутизації. // [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://um.co.ua/2/2-7/2-74318.html>
23. Canfeng Chen Weiling Wu Zheng Li. Multipath Routing Modeling in Ad Hoc Networks / In Proc. of IEEE Globecom. — St. Louis, Missouri, USA, 2005. Pp. 259- 2598.
24. Збірник наукових праць ВІТІ № 2 – 2019 Симоненко О.А. (ВІТІ) Троцько О.О. (ВІТІ) Кушніренко Д.М. (ВІТІ) - Аналіз методів багатошляхової маршрутизації в програмно конфігурованих телекомунікаційних мережах .
25. Бачинский, В.Ш. Гиоргизова-Гай, 2011 Системні дослідження та інформаційні технології, 2011, № 1
26. Джером Ф. Димарцио. Маршрутизаторы Cisco. Пособие для самостоятельного изучения – М: Издательство «Символ-Плюс», 2003. – 508 с.: ил.
27. Аллан Леинванд, Брюс Пински. Конфигурирование маршрутизаторов Cisco. 2 издание. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 368 с.: ил.
28. Владимир Щербо - Протоколы маршрутизации Internet. // [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.osp.ru/os/1999/11-12/177881/>
29. Dimitri B., Robert G., “Data Networks – 2nd ed”. Prentice Hall, New Jersey, ISBN 0-3-200916-1.].

30. Yee, J.R., "On the International routing protocol enhanced interior gateway routing protocols: is it optimal?" in International Transactions in Operational Research, v 13, n 3, pp. 177-94, May 2006
31. <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
32. Головин, С. Технологии мультисервисных сетей / С. Головин // СЮ. - 2005. - №10. - С. 27-32
33. Ру, J. Reliable Routing in MPLS Networks [Электронный документ] / J. Ру, E. Manning, and G.C. Shoja (Canada). // [Электронный ресурс]— Режим доступа: <http://www.actapres.com/Abstract.aspx?paperId=24278>
34. Орлов, Сергей. Перекресток миров [Электронный документ] / Журнал сетевых решений LAN. - 2004. - №5. - Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/05/139060/>. - 2.02.2007
35. Олифер Н. Протоколы маршрутизации [Электронный документ] / Н. Олифер // Журнал сетевых решений LAN. - 2001. - № 09. - Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2001/09/024.htm>. - 22.11.2006],
36. Олифер, В. Г. Компьютерные сети Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. 3-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - Спб.: Питер, 2006 - 958 с.
37. CISCO Internetworking Technology Overview [Электронный ресурс] / В. Плешаков - Режим доступа: <http://www.ods.com.ua/win/rus/net-tech/ciscoito/>. - 06.09.2006
38. Поздняк, И. С. Методы маршрутизации в сетях NGN / И. С. Поздняк // VII Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций»: труды конференции. — Самара, 2006. - с. 148-149.].
39. Маршрутизация в глобальных сетях // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://proffy.info/inet/35.htm>
40. Глоссарий.Ру: Маршрутизация [Электронный документ] /. - Режим доступа: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RMgw@wzyong.09

41. Столингс, В. Современные компьютерные сети // В. Столингс; пер. с англ. А. Леонтьева. - 2-издание. - СПб.: Питер, 2003. - 783 с.
42. Тимофеев, А. В. Модели и методы маршрутизации потоков данных в телекоммуникационных системах с изменяющейся динамикой / А.В. Тимофеев, Сырцев А.В. - М.: Новые технологии, 2005. — 32 с. — (Прил. к журн. "Информационные Технологии" N 8/2005).
43. Кормен, Томас. Алгоритмы: построение и анализ / Томас Кормен, Чарльз Лейзерсон, Рональд Ривест. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. - 1296 с.]
44. Хелеби, Сэм. Принципы маршрутизации в Internet // Сэм Хелеби, Денни Мак- Ферсон; пер. с англ. В. В. Ткаченко. — 2-е издание. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2001.- 448 с.].
45. Савельев, А. Современные протоколы маршрутизации [Электронный документ] / Журнал сетевых решений LAN. — 1998. — №12. — Режим доступа: <http://www.unix.org.ua/routing/1/>- 15.11.2006
46. Гольдштейн, А. Б. Технология и протоколы MPLS / А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. - СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2005. - 304 с.].
47. Харрари, Ф. Теория графов / Ф. Харрари. - М.: Мир, 1973. - 300 с.].
48. Теория графов и социальные сети // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://medium.com/eggheado-science/778c92d20cea>
49. Графы и сети. Потоки в сетях // [Электронный ресурс] - Режим доступа:- http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/osn_pon_teor_graph.htm
50. Связный граф // [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84
51. Базовые понятия теории графов // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://bourabai.kz/dm/graph.htm>

52. Нахождение к кратчайших путей в графе [Электронный документ]. - Режим доступа: <http://algotlist.manual.ru/math/graphs/shortpath/yen.php> - 5.03.2008.,
53. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. — М.: Мир, 1978.- 432 с.].
54. Лихтциндер, Б. Я. Инжиниринг трафика в мультисервисных сетях / Б. Я. Лихтциндер, П. М. Попов // Электросвязь. - 2005. - № 7. - С. 22-26.
55. Лихтциндер, Б.Я. Техника инжиниринга трафика в мультисервисных и многоприоритетных сетях / Б. Я. Лихтциндер, П. М. Попов // Инфокоммуникационные технологии. - 2004. — Т. 2, №.3. — С. 48-56.].
56. Лихтциндер, Б. Я. Резервирующий алгоритм построения минимального направленного графа при адаптивной маршрутизации / Б. Я. Лихтциндер, И. С. Поздняк // Инфокоммуникационные технологии. — 2007. — Т. 5, №2. С. 42-46.
57. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.:Питер, 2010. 944 с].
58. Плешаков В. А. Основы построения объединенных сетей. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://citforum.ru/nets/ito/2.shtml> .