

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ Роман ОДАРЧЕНКО
“ _____ ” _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Телекомунікаційна мережа на базі технології Metro Ethernet»

Виконавець: _____ Андрій ГЛУЩЕНКО
(підпис)

Керівник: _____ Віталій КУРУШКІН
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Денис БАХТІЯРОВ
(підпис)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Глушченка Андрія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Телекомунікаційна мережа на базі технології Metro Ethernet»

затверджена наказом ректора від «29» березня 2023 р. № 421/ст

2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 р. по 25.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Існуючі телекомунікаційні мережі

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Впровадження Metro Ethernet для покращення існуючої мережі, Побудова мережі Metro Ethernet, Висновок

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft PowerPoint

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	22.05.2023- 24.05.2023	Виконано
2	Вступ	25.05.2023	Виконано
3	Впровадження Metro Ethernet для покращення існуючої мережі	26.05.2023- 29.05.2023	Виконано
4	Побудова мережі Metro Ethernet.	30.05.2023- 07.06.2023	Виконано
5	Етапи проектування мережі Metro Ethernet.	08.06.2023- 14.06.2023	Виконано
6	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	15.06.2023- 25.06.2023	Виконано

7. Дата видачі завдання: “19” травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис керівника)

Віталій КУРУШКІН

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

(підпис випусника)

Андрій ГЛУЩЕНКО

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Телекомунікаційна мережа на базі технології Metro Ethernet» містить 59 сторінок, 9 рисунків, 0 таблиці, 5 використаних джерел.

Metro Ethernet, MPLS, VLAN, QoS, ADSL, Телекомунікаційна мережа.

Об'єкт дослідження – є мережа Metro Ethernet.

Предмет дослідження – конкретні аспекти мережі Metro Ethernet.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження та розробка рекомендацій з планування та розгортання мережі Metro Ethernet.

Метод дослідження – аналіз літературних джерел та Інтернет-ресурсі, дослідження та конструювання структурних схем.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при плануванні, проектуванні та розгортанні мережі на базі технології Metro Ethernet.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
РОЗДІЛ 1	11
ВПРОВАДЖЕННЯ METRO ETHERNET ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ.....	11
1.1. Аналіз існуючої мережі	11
1.2. Аналіз телефонної мережі.....	14
1.3. Існуюча сигналізація в мережі	15
1.4. Транспортна мережа	17
РОЗДІЛ 2	19
ПОБУДОВА МЕРЕЖІ METRO ETHERNET	19
2.1. Тенденції розвитку існуючої мережі	19
2.2. Побудова мережі Metro Ethernet	20
2.3. Результати застосування Metro Ethernet.....	21
2.4. Топології мережі.....	22
2.4.1. Архітектура мережі Metro Ethernet	27
2.5. Вибір технології.....	33
2.5.1. Технологія MPLS	33
2.5.2. Використання VLAN	35
2.6. Загальні відомості про проєктовану мережу	36
2.7. Технологія Metro Ethernet	37
2.8. Вибір обладнання при побудові мережі	39
РОЗДІЛ 3	41
ЕТАПИ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ METRO ETHERNET.....	41
3.1. Планування мережі Metro Ethernet	41
3.2. Процеси визначення навантаження від абонентів ADSL одного вузла	44
3.2.1. Міжміське навантаження від абонентів ADSL одного вузла.....	44
3.2.2. Міжнародне навантаження від абонентів ADSL	45

<i>3.2.3. Навантаження до інформаційної мережі Internet від абонентів ADSL</i>	46
<i>3.2.4. Вихідне навантаження від абонентів ADSL</i>	46
<i>3.2.5. Етапи розрахунку комутації пакетів за технологією ADSL</i>	48
3.3. Вихідне навантаження від підключених абонентів	48
3.4. Вихідне навантаження від ЛОМ	49
<i>3.4.1. Міжміське навантаження від ТА абонентів ЛОМ</i>	50
<i>3.4.2. Міжнародне навантаження від ТА абонентів ЛОМ</i>	50
3.5. Навантаження на інформаційну мережу "Internet"	51
3.6. Визначення кількості цифрових потоків кожного вузла	53
3.7. Кількість користувачів на сектор мережі Metro Ethernet	54
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ADSL (Digital Subscriber Line) — технологія широкосмугового доступу, яка забезпечує передачу швидкісного цифрового сигналу звичайною аналоговою телефонною лінією.

QoS (Quality of Service)- набір методів для управління ресурсами пакетних мереж.

VLAN (Virtual LAN)- віртуальна локальна комп'ютерна мережа.

MPLS (Multi-Protocol Label Switching)- багатопротокольна комутація за мітками.

RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)- прикладний протокол, призначеним для використання в системах, що працюють з мультимедіа даними, і що дозволяє клієнтові віддалено управляти потоком даних з сервера.

BRAS (Broadband Remote Access Server) – сервер широкосмугового віддаленого доступу.

ЛОМ (Локальна обчислювальна мережа) - це сукупність комп'ютерів, кабелів, мережевих адаптерів, що працюють під управлінням мережевої операційної системи і прикладного програмного забезпечення.

ВСТУП

Актуальність теми. Ця робота має велике значення для розвитку галузі телекомунікацій та мережевих технологій. Шляхом аналізу та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми, актуальність та доцільність даної роботи стають очевидними. Сучасне суспільство зростаючими темпами використовує цифрові технології, і відповідно зростає потреба в швидкому та надійному з'єднанні для передачі даних. Ця робота назріла саме зараз, оскільки динаміка розвитку науки, техніки та суспільства вимагає нових рішень у галузі мережевих комунікацій. Сучасний світ характеризується швидким розвитком технологій, особливо в галузі передачі даних. Забезпечення швидкого, надійного та безперебійного доступу до мережі є ключовою потребою для підприємств, організацій та користувачів. Швидкий розвиток таких технологій, як хмарні сервіси, потокове відео та Інтернет речей, призвів до значного збільшення вимог до пропускної здатності мережі. З поширенням віддаленої командної роботи, дистанційного навчання та відеоконференцій зростає потреба в забезпеченні швидкого та безперебійного доступу до мереж. Захист і безпека даних викликають дедалі більшу заклопотаність, оскільки цінність і вразливість інформації зростає. Комунікаційні мережі стали невід'ємною частиною сучасного суспільства, де швидкий і надійний обмін інформацією є ключовим фактором успіху. У цьому контексті мережі на базі технології Metro Ethernet стають дедалі популярнішими та важливішими.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота тісно пов'язана з науковими програмами та планами, спрямованими на розвиток телекомунікаційних систем та мережевих технологій. Вона відповідає потребам удосконалення мережевої інфраструктури, підвищенню пропускної здатності та якості зв'язку, забезпеченню надійності та ефективності передачі даних.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є проведення дослідження та розробка рекомендацій з планування та розгортання мережі Metro Ethernet. Для досягнення поставленої мети вирішуються такі наукові завдання:

1. Аналіз та опис основних переваг мережі Metro Ethernet.
2. Вивчення основних пунктів реалізації мережі Metro Ethernet.
3. Висвітлення основних етапів для проектування мережі Metro Ethernet.
4. Розробка структурних схем мережі та розповідь про її архітектурну будову.
5. Аналіз роботи технологій MPLS та VLAN в контексті мережі Metro Ethernet.
6. Розгляд методів визначення параметрів ADSL для забезпечення оптимальної передачі даних.

Об'єктом дослідження – в контексті даної роботи є мережа Metro Ethernet. Це комплексний процес передачі даних у міжміській мережі, який включає в себе різноманітні компоненти, пристрої та технології.

Предметом дослідження – в даній роботі є конкретні аспекти мережі Metro Ethernet, які розглядаються з метою аналізу, оптимізації та розробки. Це включає в себе структурну схему мережі, архітектуру, топологію, вибір технологій, таких як MPLS і VLAN, а також методи розрахунку параметрів ADSL для досягнення ефективної передачі даних.

Методи досліджень. У цій роботі використовуються наступні методи дослідження:

1. Аналіз літературних джерел, наукових статей та публікацій, що стосуються мережі Metro Ethernet та пов'язаних технологій.
2. Вивчення документації та специфікацій стандартів, пов'язаних з мережевими комунікаціями.
3. Розробка та аналіз структурних схем мережі.

Практичне значення отриманих результатів. Результати даної роботи мають практичне застосування для планування та розгортання мережі Metro Ethernet. Вони надають підприємствам та організаціям можливість вибрати оптимальні рішення та забезпечити ефективну роботу їхніх мереж зв'язку. Рекомендації, отримані в результаті цієї роботи, сприятимуть покращенню якості зв'язку, підвищенню

пропускної здатності та надійності передачі даних. Таким чином, дана робота вносить важливий внесок у розвиток галузі телекомунікацій та мережевих технологій, надаючи практичні рекомендації та розробки для ефективного планування та розгортання мережі Metro Ethernet. Результати дослідження є актуальними та придатними для впровадження в реальні умови, сприяючи покращенню зв'язку та оптимізації мережевої інфраструктури.

Апробація отриманих результатів. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2023 р.

РОЗДІЛ 1

ВПРОВАДЖЕННЯ METRO ETHERNET ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ

1.1. Аналіз існуючої мережі

При виборі технології Metro Ethernet для побудови мережі основна увага приділяється ряду факторів, таких як пропускна здатність, вартість, доступність, можливість розширення та масштабованість. Технологія Metro Ethernet відповідає цим вимогам і допомагає підтримувати високі рівні, пропускну здатність та масштабованість.

Існуюча телекомунікаційна мережа є складною системою, яка забезпечує передачу різних типів інформації, таких як голос, дані, відео, від одного вузла до іншого на великі відстані. Вона включає в себе фізичну інфраструктуру, мережеве обладнання та протоколи передачі даних. До складу телекомунікаційної мережі входять різні компоненти та обладнання, такі як маршрутизатори, комутатори, мультисервісні платформи, оптичні перетворювачі, кабельні лінії зв'язку, антени, приймачі тощо. Однак існуючі мережі можуть мати власний набір проблем. Наприклад, якщо мережа побудована на старих технологіях, вона може бути обмежена щодо швидкості передачі даних, навантаження та функціональності. Старіші протоколи та обладнання можуть не відповідати вимогам і потребам сучасних користувачів.

Якщо мережа має обмежену пропускну здатність, це може призводити до заторів, перевантаження та погіршення якості обслуговування для користувачів. Наприклад, із зростанням використання відео, стрімінгу та інших служб потокового передавання даних, може виникати брак пропускну здатності для їх ефективної передачі.

Погана масштабованість - якщо мережа не має достатньої масштабованості, це може ускладнювати розширення мережі та підключення нових користувачів. Це може призвести до обмежень у розвитку та незадоволення потреб бізнесу щодо кількості

користувачів. Мережа може піддаватися загрозам безпеки, таким як кібератаки та несанкціонований доступ. Якщо заходи безпеки є недостатніми, конфіденційні дані користувачів або дані, що передаються мережею, можуть бути скомпрометовані. Складну мережеву інфраструктуру та управління може бути важко конфігурувати, контролювати, діагностувати та усувати несправності. Складність управління може забирати багато часу, ускладнювати управління та підвищувати ризик помилок. Існуюча мережа може бути не достатньо гнучкою для забезпечення широкого спектру послуг для різних сервісів та користувачів. Недостатня гнучкість може ускладнювати впровадження нових технологій, розширення мережі та відповідь на мінливі потреби ринку. Складність управління може зайняти час і зусилля та збільшити ризик помилок.

Підтримка та розширення існуючої мережі може бути дорогим. Наприклад, старе обладнання може потребувати частоті модернізації та підтримки, що робить мережу дорожчою в обслуговуванні.

Існуючі мережі можуть використовувати різні протоколи або стандарти для передачі даних і можуть залежати від їх технології, таких як TDM (Time Division Multiplexing) мультиплексування з часовим поділом, PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) плезіохронна цифрова ієрархія, SDH (Synchronous Digital Hierarchy) синхронна цифрова ієрархія або ATM (Asynchronous Transfer Mode) режим асинхронної передачі. Metro Ethernet базується на стандарті Ethernet, яка є стандартом для передачі даних у локальних мережах і тому сумісна з широким спектром пристроїв і додатків. Однією з основних причин вищої пропускної здатності Metro Ethernet є використання пакетної комутації даних. Замість використання відведеного каналу для передачі даних, як це робиться у традиційних мережах, Metro Ethernet використовує пакети даних, що дозволяє передавати більше інформації одночасно. Крім того, Metro Ethernet підтримує високошвидкісні технології передачі даних, такі як Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet або навіть 100 Gigabit Ethernet, що забезпечують значно більшу пропускну здатність порівняно зі стандартними технологіями передачі даних.

Існуючі мережі можуть мати обмежений масштаб і охоплення, зосереджуючись на локальних областях або конкретних регіонах. Metro Ethernet, з іншого боку, є глобальним за масштабом і може охоплювати ширшу територію, включаючи міжнародні з'єднання.

У багатьох існуючих мережах швидкість передачі даних може бути обмежена залежно від використовуваної технології. Metro Ethernet пропонує значно вищу швидкість передачі даних, яка досягає гігабітної і навіть терабітної швидкості.

Існуючі мережі можуть використовувати різні протоколи та стандарти передачі даних, які можуть бути специфічними для конкретної технології. Metro Ethernet базується на стандарті Ethernet, що робить його сумісним із широкою різноманітністю пристроїв і програм.

Порівняно з існуючими мережами, Metro Ethernet є дуже гнучкою та масштабованою. Це означає, що можна легко додавати нові вузли, розширювати або змінювати конфігурацію мережі без значних витрат або переконфігурації існуючої інфраструктури. Загалом, особливості, які відрізняють Metro Ethernet від існуючих мереж, полягають у використанні стандартної технології Ethernet, глобальному охопленні, високій швидкості передачі даних, а також гнучкості в управлінні та масштабованості. Це робить її привабливим рішенням для модернізації телекомунікаційної інфраструктури.

Доступність телекомунікаційної мережі також є параметром, оскільки будь-який збій або переривання функціонування мережі може призвести до значного погіршення продуктивності або навіть втрати даних. Таким чином, мережа повинна мати достатню надлишковість і бути побудована таким чином, щоб можна було уникнути або зменшити сліди будь-яких операційних збоїв. . Тому Мережа повинна мати достатнє резервування і бути спроектована таким чином, щоб уникнути або мінімізувати вплив перебоїв у роботі. Надійність комунікаційної мережі залежить від ряду факторів, включаючи наявність резервного обладнання, надійність комунікаційних кабелів, наявність резервної системи електроживлення та системи автоматичного відновлення. Існуюча мережа має низький рівень надійності та доступності, оскільки є досить старою та погано обслуговується.

Доцільним способом вирішення цих проблем є побудова телекомунікаційної мережі на основі технології Metro Ethernet. Побудова мережі на основі технології Metro Ethernet передбачає використання обладнання, що дозволяє створити високошвидкісну мережу Ethernet, що забезпечує передачу даних по дротових і бездротових каналах з високою пропускнуою здатністю. Результати застосування цієї технології дозволяють значно підвищити швидкість передачі даних, підвищити рівень надійності та доступності мережі, а також знизити витрати на обслуговування та розширення.

1.2. Аналіз телефонної мережі

Телефонні мережі - це інфраструктура, яка забезпечує передачу голосової інформації та дзвінків між абонентами по телефонних лініях. Це дозволяє людям спілкуватися один з одним, надсилати голосові повідомлення та організувати голосові конференції.

Телефонні мережі складаються з різних компонентів, таких як телефони, комутатори, центральні офіси, лінії зв'язку та інфраструктура передачі даних. Вони базуються на протоколах і стандартах, які визначають спосіб передачі голосової інформації, наприклад Public Switched Telephone Network (PSTN) телефонна мережа загального користування і Voice over IP (VoIP).

Телефонні мережі забезпечують встановлення, адміністрування та припинення телефонного зв'язку, передачу сигналів між абонентами, перетворення та передачу аналогового голосу в цифровий формат, обробку інформації про номери та послуги, а також аутентифікацію користувачів.

Телефонні мережі є важливим компонентом телекомунікаційної інфраструктури і використовуються як у житлових, так і в комерційних умовах. З постійним розвитком технологій та впровадженням нових рішень телефонна мережа стала більш ефективною, надійною та гнучкою, забезпечуючи користувачам високоякісний телефонний зв'язок.

Впровадження технології Metro Ethernet може принести низку покращень телефонній мережі. Забезпечення IP-телефонії, Metro Ethernet дозволяє передавати телефонний трафік у вигляді IP-пакетів. Це дозволяє використовувати IP-телефонію, забезпечуючи гнучкість, функціональність і низькі витрати на інфраструктуру. Також високу пропускну здатність, технологія Metro Ethernet може її забезпечити. Це означає, що декілька голосових каналів можуть передаватись одночасно та підтримувати високу якість передачі голосу без затримок або погіршення якості. Збільшення якості обслуговування, Metro Ethernet підтримує механізм QoS, який надає пріоритет голосовому трафіку над іншими даними. Це гарантує, що якість голосового виклику залишається стабільною, навіть якщо мережа перевантажена. Metro Ethernet дозволяє легко розширювати телефонну мережу, додавати нові лінії та підключати нових користувачів без необхідності вносити серйозні зміни в структуру мережі. Завдяки Metro Ethernet вартість телефонної мережі може бути знижена за рахунок передачі голосу і даних по одному інфраструктурному кабелю. Мережі Metro Ethernet можуть мати відгалуження і резервні маршрути, що забезпечує високу надійність телефонних послуг.

Впровадження технології Metro Ethernet у телефонних мережах підвищує ефективність, функціональність і якість обслуговування, що призводить до більшої задоволеності користувачів і більш ефективного використання ресурсів.

1.3. Існуюча сигналізація в мережі

Існуюча сигналізація в телекомунікаційній мережі відіграє важливу роль у забезпеченні зв'язку та передачі інформації між вузлами мережі. Передає сигнали про початок і закінчення розмови, передачу даних, статус послуги тощо. Сигналізація забезпечує встановлення, контроль і завершення телефонних розмов, а також передачу додаткової інформації, що супроводжує виклик.

Сучасна сигналізація використовує різні протоколи і стандарти, такі як Signalling System 7 (SS7), Session Initiation Protocol (SIP), Integrated Services Digital Network User Partition (ISUP). Вони використовуються для передачі сигналів між

комутаторами, маршрутизаторами та іншими вузлами мережі для управління телефонією, встановлення параметрів з'єднання, обміну даними про стан послуг і виконання інших операцій сигналізації. Сигналізація може бути реалізована як окрема інфраструктура в мережі або використовувати той самий канал даних, що й голосовий трафік. Сигналізація надсилає сигнали від користувачів, абонентського обладнання або інших джерел до відповідних вузлів, де ці сигнали обробляються і здійснюється подальша маршрутизація викликів або передача даних.

Однак існуюча сигналізація може мати свої проблеми і недоліки, такі як обмежена швидкість передачі, складність управління і конфігурації, а також недостатня масштабованість при збільшенні обсягів дзвінків і вимог замовника. Для вирішення цих проблем може бути використана технологія Metro Ethernet, яка дозволяє поліпшити широкосмуговий доступ, високу пропускну здатність і масштабованість сигналізації в телекомунікаційних мережах.

Існуюча сигналізація в мережах є важливим елементом, який забезпечує зв'язок і передачу сигналів між вузлами. Використання технології Metro Ethernet може покращити наявну сигналізацію. Metro Ethernet пропонує високу пропускну здатність і швидкість передачі даних, забезпечуючи ефективну передачу сигналів між вузлами. Це забезпечує швидку реакцію системи на вхідні сигнали та зменшує затримки. Metro Ethernet може підтримувати механізми резервування та відновлення сигналу. Таким чином, у разі помилки або збою в одній частині мережі сигнал може бути автоматично перенаправлений на інші шляхи, забезпечуючи безперервність зв'язку. Metro Ethernet може підтримувати різні протоколи сигналізації, такі як SIP (Session Initiation Protocol) або SS7 (Signaling System 7). Це дозволяє інтегрувати мережу з існуючими системами і забезпечити сумісність з іншими операторами зв'язку. Мережа Metro Ethernet забезпечить моніторинг та управління сигналізацією в режимі реального часу. Це дозволить операторам мережі контролювати стан сигналізації, виявляти і налагоджувати помилки, а також підвищувати ефективність і надійність. Також Metro Ethernet забезпечує гнучкість і масштабованість для сигналізаційних потреб. Вона може підтримувати як вузли з невеликою кількістю сигналів, так і великі

централізовані вузли зі значною кількістю сигналів. Це дозволяє мережі розширюватися і рости в міру розвитку потреб в сигналізації.

Впровадження технології Metro Ethernet в сигнальних мережах підвищує їх продуктивність, надійність і ефективність передачі сигналу.

1.4. Транспортна мережа

Існуюча телекомунікаційна транспортна мережа є основою для передачі інформації між різними мережевими вузлами, пристроями та системами. Вона забезпечує фізичний канал зв'язку, через який передаються дані, голос, відео та інші форми зв'язку.

Така мережа може бути побудована за допомогою різних технологій і пристроїв, таких як оптоволоконні кабелі, мідні кабелі та бездротові з'єднання. Розподілена транспортна мережа складається з вузлів, які виконують маршрутизацію і комутацію даних.

При цьому дані передаються по мережі з використанням протоколів передачі даних, таких як Ethernet, IP, MPLS (Multiprotocol Label Switching). Ці протоколи дозволяють розділяти дані на пакети, додавати інформацію необхідну для адресації та маршрутизації та забезпечують контроль помилок. Транспортна мережа може мати кілька рівнів доступу, включаючи локальні мережі (LAN), міські мережі (MAN) і глобальні мережі (WAN). Кожен рівень має свої особливості та обмеження щодо швидкості передачі даних, діапазону та надійності зв'язку.

Загальна структура транспортної мережі включає вузли комутації, маршрутизатори, комутатори, оптичні мультиплексори, маршрутизатори та інші пристрої. Вони працюють разом, щоб забезпечити передачу даних від одного вузла до іншого, враховуючи вимоги до маршрутів, пропускної здатності та якості обслуговування. Така мережа забезпечує надійний та ефективний обмін даними між різними пристроями та системами телекомунікаційної інфраструктури.

Технологія Metro Ethernet може внести покращення в існуючу телекомунікаційну транспортну мережу. В основному воно відбудеться за рахунок

збільшеної пропускної здатності, Metro Ethernet використовує високошвидкісні комутатори та волоконно-оптичні кабелі для значного збільшення пропускної здатності мережі. Це дозволить передавати великі обсяги даних з високою швидкістю та ефективністю. Забезпечення гнучкості і масштабованості мережі, дозволить легко додавати нові вузли та пристрої та підключати нових користувачів без серйозних змін у структурі мережі. Механізми QoS забезпечить якість обслуговування для визначення пріоритетності трафіку для різних типів даних, таких як голос, відео, дані високого пріоритету тощо. Використання Metro Ethernet дозволяє створювати резервні мережеві конфігурації та шляхи, забезпечуючи високий рівень надійності та доступності мережі. А завдяки стандартизації та використанню комерційного обладнання впровадження Metro Ethernet може зменшити витрати на розширення мережі та обслуговування порівняно з іншими технологіями. Ще Metro Ethernet можна легко інтегрувати в існуючу телекомунікаційну інфраструктуру, дозволяючи модернізувати мережу без необхідності повної перебудови.

Використання технології Metro Ethernet може сприяти значному поліпшенню швидкості, масштабованості, надійності та якості обслуговування існуючих телекомунікаційних транспортних мереж, а також підвищенню їх загальної продуктивності та ефективності.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Основний висновок першого розділу полягає в тому, що мережа Metro Ethernet має численні переваги, такі як висока швидкість передачі даних, гнучкість, масштабованість та ефективне використання пропускної здатності. Ця технологія є привабливим вибором для побудови телекомунікаційних мереж, оскільки вона дозволяє інтегруватися з існуючими мережами та підтримувати різні послуги.

РОЗДІЛ 2

ПОБУДОВА МЕРЕЖІ METRO ETHERNET

2.1. Тенденції розвитку існуючої мережі

Для побудови мережі Metro Ethernet необхідно враховувати сучасні тенденції та вимоги телекомунікаційних мереж. Основними напрямками розвитку мережі Metro Ethernet є: зростання трафіку, конвергенція послуг, висока швидкість передачі даних, гнучкість та масштабованість, висока доступність і надійність.

В останні роки спостерігається стрімке зростання обсягу трафіку в мережах. Попит споживачів на швидкий і надійний доступ до великих обсягів даних, включаючи мультимедійний контент, хмарні сервіси, потокове відео тощо, зростає. Технологія Metro Ethernet забезпечує достатню пропускну здатність для задоволення цих потреб.

У сучасних мережах об'єднуються різноманітні послуги, такі як голос, відео, дані та мобільний зв'язок. Технологія Metro Ethernet дозволяє об'єднати ці сервіси в єдину інфраструктуру, спрощуючи управління та знижуючи витрати.

Мережі Metro Ethernet пропонують високі швидкості передачі даних, які відповідають вимогам сучасних програм і послуг. Використання Fast Ethernet забезпечує ефективний і швидкий обмін інформацією між вузлами мережі.

Технологія Metro Ethernet забезпечує гнучкість у розгортанні та розширенні мережі. Це дозволяє додавати нові вузли, збільшувати пропускну здатність і розширювати покриття мережі відповідно до певних вимог.

Мережі Metro Ethernet можуть бути спроектовані таким чином, щоб відповідати вимогам доступності та надійності. Використання резервних шляхів, резервних компонентів, а також механізмів виявлення і відновлення помилок може забезпечити стабільну роботу мережі в разі збою.

Реагування на ці тенденції допомагає побудувати мережу Metro Ethernet, яка відповідатиме потребам сучасних користувачів і підприємств, забезпечуючи швидкість, доступність, надійність і масштабованість.

2.2. Побудова мережі Metro Ethernet

Побудова мережі Metro Ethernet є дуже відповідальною та клопіткою роботою, де потрібно врахувати неймовірну кількість деталей. Для успішного впровадження мережі Metro Ethernet необхідно дотримуватись певної структури дій, таких як виконання наступних кроків: визначення вимог, проєктування мережі, вибір технології, вибір обладнання, розгортання та налаштування, тестування та перевірка, моніторинг та підтримка.

По-перше, необхідно визначити потреби та вимоги користувачів і компаній. Це включає визначення пропускнуої здатності, покриття мережі, якості обслуговування та інших вимог які повинна надавати мережа.

Наступним, важливим кроком є проєктування мережі Metro Ethernet, яке потребує врахування багатьох аспектів та являє собою найважливішу частину роботи. Цей розділ складається з різних завдань, таких як: визначення очікуваного навантаження, вибір технологій, топології мережі, розміщення вузлів зв'язку, вибір обладнання та розрахунок необхідних ресурсів.

Основна ідея технології Metro Ethernet полягає в розширенні стандартних Ethernet-мереж на більші відстані за допомогою телекомунікаційних технологій. Однак вона може бути реалізована як на наявній телекомунікаційній інфраструктурі так і побудована з самого початку. Від цього буде залежити яка технологія та обладнання будуть використані, а також методи визначення очікуваного навантаження.

Для побудови мережі Metro Ethernet можна використовувати різні технології, такі як Ethernet over Copper (EoC), Ethernet over Fiber (EoF), Ethernet over TDM (EoTDM) тощо. Вибір технології залежить від вимог до швидкості передачі даних, відстані покриття, наявності ресурсів та деяких інших факторів.

Наступним кроком буде вибір відповідного обладнання для вашої мережі Metro Ethernet. Це включає в себе вибір комутаторів, маршрутизаторів, оптичного обладнання, кабелів та інших компонентів, які відповідатимуть потребам до мережі.

Після вибору апаратного забезпечення необхідно розгорнути та налаштувати мережу Metro Ethernet. Це включає фізичне підключення обладнання, налаштування мережевих протоколів, налаштування безпеки та керування мережею.

Після того, як мережу налаштовано, її слід протестувати та перевірити, щоб переконатися, що вона функціональна та відповідає вимогам. Це включає перевірку підключення, швидкості передачі даних, якості обслуговування та інших параметрів.

Коли мереже вже буде встановлена необхідно проводити постійний моніторинг та технічне обслуговування мережі. Це включає ідентифікацію та усунення несправностей, моніторинг пропускної здатності та навантаження, оновлення програмного забезпечення та інші завдання для забезпечення надійності та ефективності мережі.

Виконання цих кроків допоможе успішно побудувати мережу Metro Ethernet, яка відповідає потребам користувачів і забезпечує високу швидкість передачі даних, надійність і доступність.

2.3. Результати застосування Metro Ethernet

Побудувавши мережу Metro Ethernet можна спостерігати такі результати та переваги:

Збільшена пропускна здатність: технологія Metro Ethernet пропонує значно більшу пропускну здатність, ніж традиційні телекомунікаційні мережі. Це дозволяє передавати великі обсяги даних на високій швидкості.

Гнучкість і масштабованість: мережа Metro Ethernet має гнучку архітектуру, яка дозволяє легко змінювати топологію, додавати нові вузли та розширювати мережу без значних зусиль. Це гарантує можливість масштабування мережі в міру зростання різних потреб.

Висока доступність: мережа Metro Ethernet може бути налаштована з резервними маршрутами та компонентами, що забезпечує високу доступність мережі. У разі збою або переривання шляху трафік може бути автоматично переведений на резервний шлях, забезпечуючи безперервну роботу мережі.

Інтеграція послуг: Metro Ethernet підтримує інтеграцію різних типів послуг, таких як передача голосу, даних і відеоконференції тощо. Це дозволяє компаніям надавати різноманітні послуги своїм клієнтам і використовувати мережу для різних цілей.

Рентабельність: технологія Metro Ethernet може бути економічно вигідною порівняно з іншими традиційними телекомунікаційними технологіями. Це допомагає зменшити вартість мережевого обладнання, управління та підтримки.

Консолідація мережі: Metro Ethernet дозволяє об'єднувати різні типи мереж, наприклад локальні мережі (LAN) і територіально розподілені мережі (WAN). Це спрощує керування та обслуговування мережі, а також полегшує інтеграцію з існуючими системами.

Застосування технології Metro Ethernet допомагає підвищити ефективність і надійність мережі, забезпечуючи швидку передачу даних, гнучкість і доступність. І саме це робить його привабливим вибором для побудови телекомунікаційних мереж.

2.4. Топології мережі

Під час побудови мережі Metro Ethernet важливим кроком є вибір відповідної топології, яка визначає фізичну організацію та з'єднання між мережевими пристроями та вузлами. Системи Metro Ethernet можна використовувати для забезпечення прозорого підключення користувачів. Вони забезпечують підключення користувачів і оптимізують використання смуги пропускання, Прискорюють впровадження нових послуг. Технологія Ethernet дозволяє зменшити операційні витрати. Витрати на надання нових послуг Ethernet відносно низькі, оскільки їх можна легко адаптувати до існуючих інфраструктур передачі даних. Це пов'язано з тим, що вони можуть бути легко адаптовані до існуючої інфраструктури передачі

даних. Інформаційно-комунікаційна мережа Metro Ethernet (рис 1.1) побудована на тришаровій структурі, складається з трьох рівнів: ядра, рівня агрегації та рівня доступу.

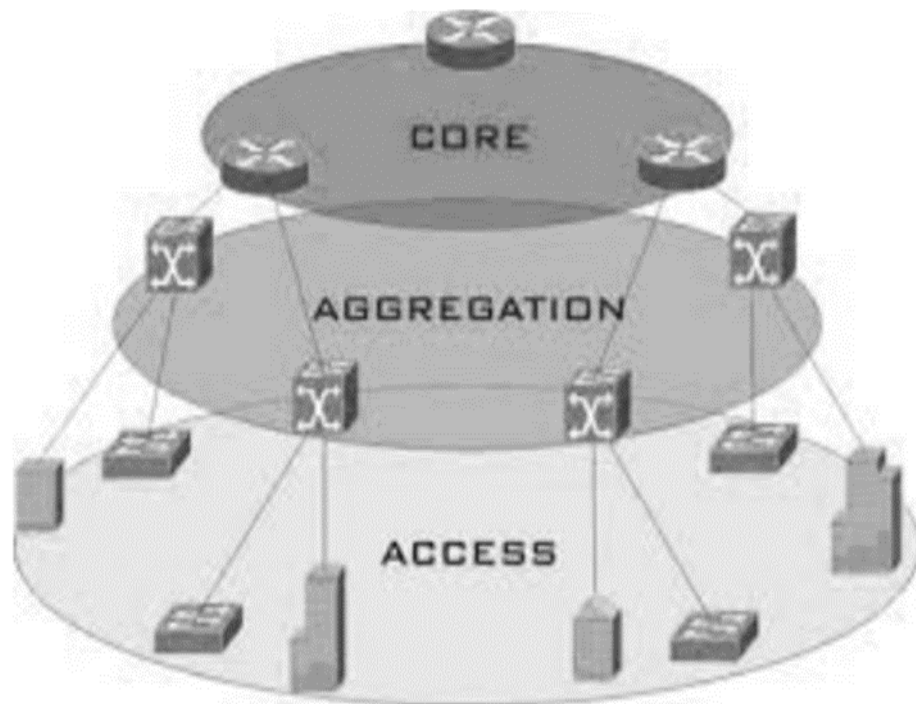


Рис. 1.1. Загальна схема мережі Metro Ethernet.

Існує кілька варіанти мережевих топологій Metro Ethernet таких як:

Топологія «зірка» (рис.1.2): У цій топології всі вузли мережі підключені до центрального комутатора. Центральний комутатор розподіляє трафік між вузлами. Топологія «зірка» проста в установці та управлінні і дозволяє досягти високих швидкостей передачі даних. Однак її недоліком є вразливість до збоїв центрального комутатора.

Топологія «шина»: У цій топології вузли мережі з'єднуються один з одним послідовно, утворюючи лінію. Кожен вузол безпосередньо з'єднаний з двома сусідніми вузлами. Лінійна топологія проста і економічно ефективна, але може бути неефективною для передачі даних на великі відстані.

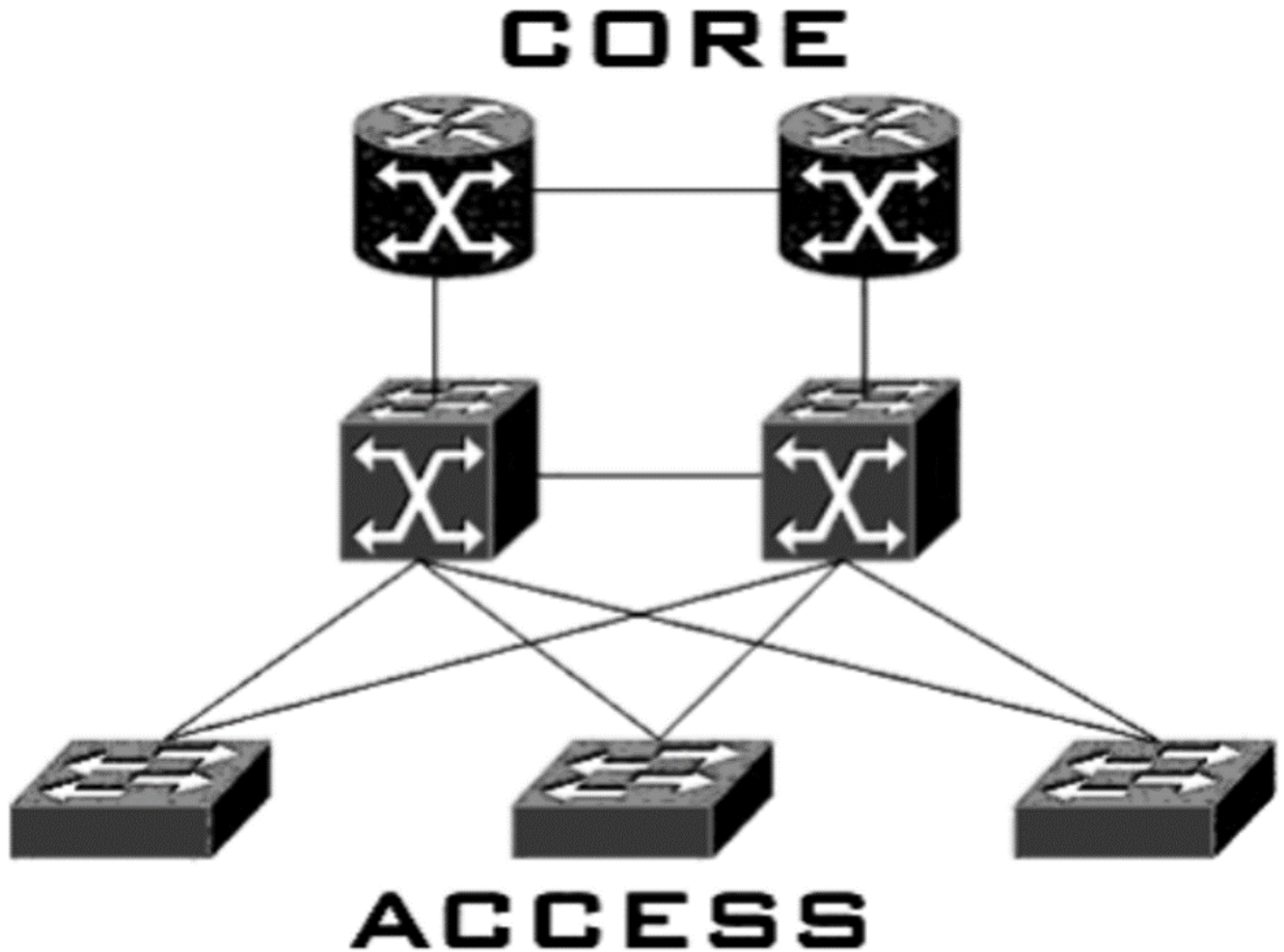


Рис. 1.2. Топологія «зірка».

Кільцева топологія (рис1.3): У цій топології вузли мережі з'єднані в кільце, і кожен вузол з'єднаний з двома сусідніми вузлами. Дані передаються в одному напрямку вздовж кільця. Кільцева топологія є дуже надійною, оскільки якщо один вузол виходить з ладу, дані можуть продовжувати передаватися через інші вузли. Однак ця топологія може бути менш ефективною, ніж інші топології.

Меш-топологія: У цій топології всі вузли мережі безпосередньо з'єднані з усіма іншими вузлами. Топологія Mesh забезпечує високу надійність і швидкість передачі даних, оскільки існує багато альтернативних шляхів для передачі даних. Однак реалізація цієї топології може бути дорогою через велику кількість необхідних з'єднань.

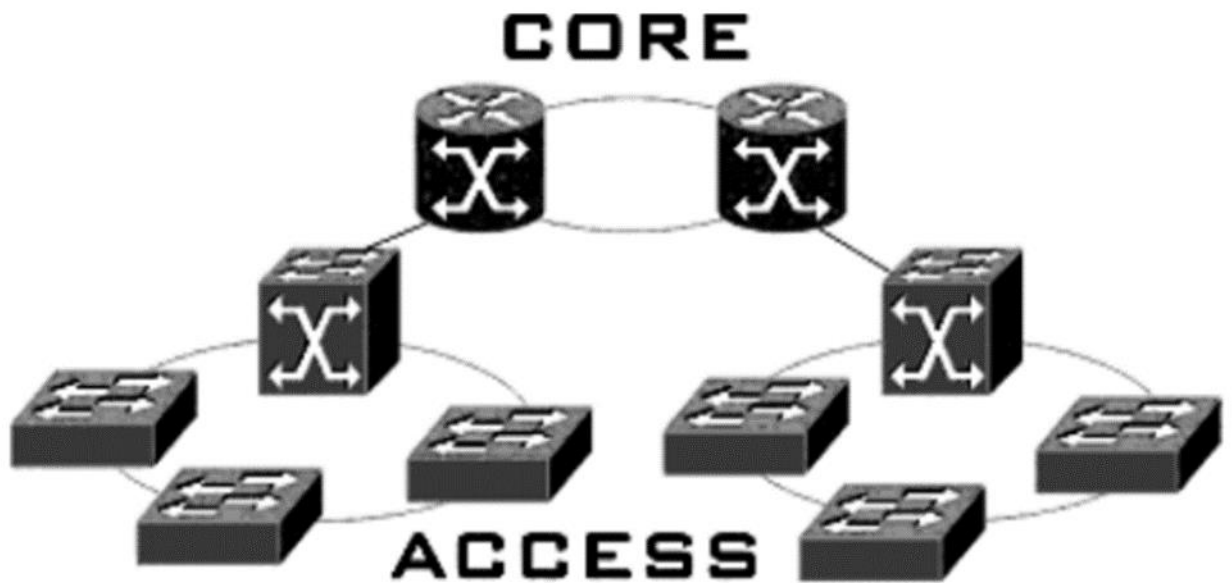


Рис. 1.3. Кільцева топологія.

Кожна з цих топологій має переваги та недоліки, приклади яких наведені нижче, і вибір залежить від конкретних потреб та обмежень проекту. При виборі топології мережі Metro Ethernet слід враховувати такі фактори, як розмір мережі, пропускна здатність, масштабованість, надійність, вартість і управління.

Metro Ethernet може поєднувати різні типи топологій. Цього можна досягти шляхом комбінування різних технологій і мережевих конфігурацій. Наприклад, одна мережа Metro Ethernet може використовувати топологію «зірка» для підключення кінцевих точок до центрального комутатора, топологію «кільце» для забезпечення надмірності та надійності або меш-топологію для підключення критичних вузлів або великих сегментів мережі.

Такий підхід дозволяє об'єднати переваги різних топологій для досягнення оптимізованої структури мережі Metro Ethernet. Залежно від потреб і вимог мережі, різні топології можна комбінувати, щоб забезпечити найкращу продуктивність, надійність і масштабованість мережі.

Топологія зірка:

- Переваги:

- Простота установки та управління.
- Легкий доступ до всіх мережевих пристроїв.
- Висока надійність (при виході з ладу одного пристрою інші продовжують працювати).

- Недоліки:

- Залежність від центрального перемикача, який може стати єдиною точкою втрати.

- Обмежена масштабованість із збільшенням кількості пристроїв.

Лінійна топологія:

- Переваги:

- Простота монтажу і низька вартість.

- Недоліки:

- Обмежена масштабованість, оскільки кожен пристрій підключено послідовно.
- Вразливість до збою одного пристрою, що може призвести до втрати зв'язку з іншими пристроями.

Топологія кільця:

- Переваги:

- Висока надійність, оскільки кожен пристрій має два пристрої в безпосередній близькості для забезпечення резервування та відновлення зв'язку.

- Масштабованість з можливістю додавання нових пристроїв до кільця.

- Недоліки:

- Для створення петлі потрібна більша довжина кабелю.
- Виникнення проблеми «розірваного кільця», коли збій в одній частині кільця призводить до втрати зв'язку по всьому кільцю.

Меш-топологія:

- Переваги:

- Масштабованість і гнучкість у розширенні мережі.
- Висока надійність завдяки можливості використання резервних шляхів.

- Недоліки:

- Більша складність встановлення та керування, ніж інші топології.

- Висока вартість

При виборі топології мережі Metro Ethernet важливо враховувати особливості конкретного проекту, його розмір, масштабованість, надійність і вимоги до вартості. Кожна топологія має свої переваги та недоліки, і їх відповідний аналіз допоможе знайти оптимальне рішення.

2.4.1. Архітектура мережі Metro Ethernet

Типовий макет мережі можна розділити на три рівні:

- Рівень ядра мережі та периферійний рівень послуг
- Рівень агрегації
- Рівень доступу

Типова схема мережі показана на малюнку 1.4.

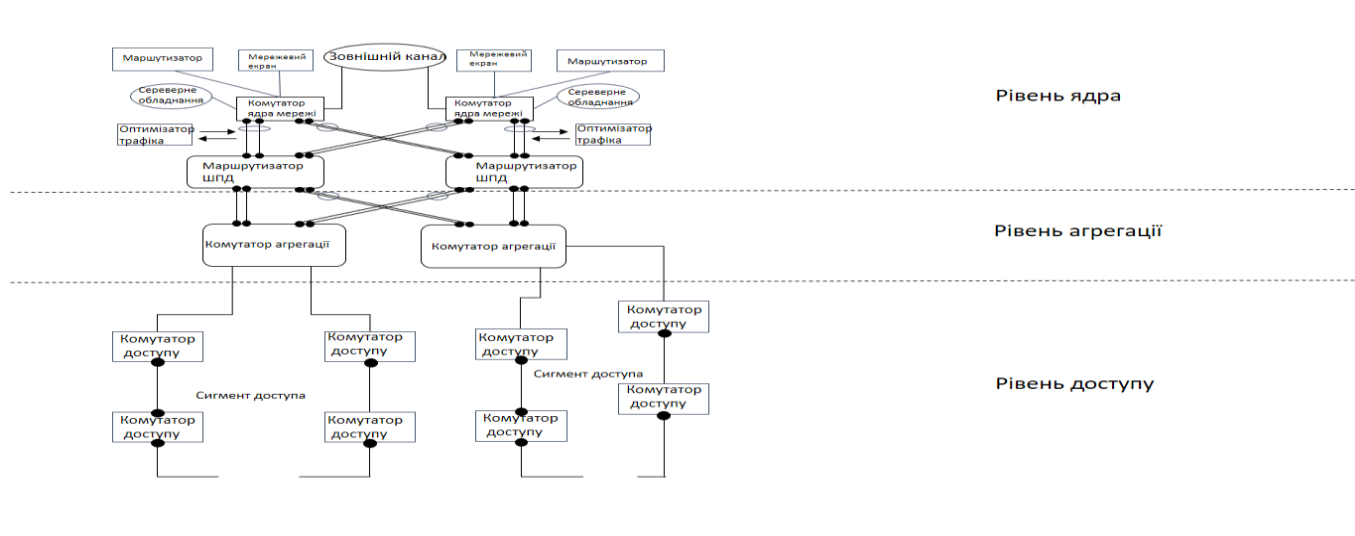


Рис. 1.4. Типова архітектурна схема Metro Ethernet

Розглянемо ці рівні більш детально.

Ядро мережі.

Основними функціями ядра мережі та пристроїв на периферійному рівні є підключення абонентів, з'єднання каналів зв'язку та класифікація трафіку. Типове ядро мережі складається з таких пристроїв, як сервісні маршрутизатори, технологічні

комутатори, маршрутизатори, брандмауери і серверні пристрої. Схема ядра показана на малюнку 1.5.

Ядро мережі

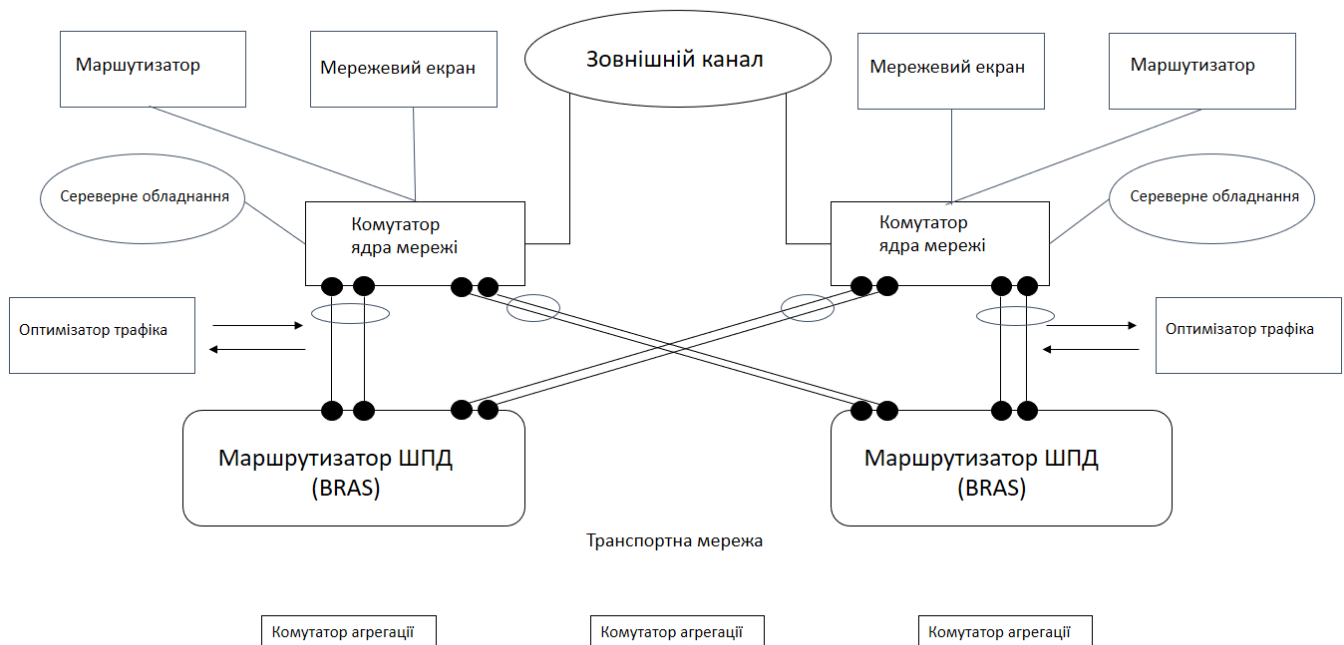


Рис. 1.5. Ядро мережі.

Серцем мережі є маршрутизатор широкосмугового доступу, скорочено BRAS, завданням якого є організація з'єднань з абонентами, управління зовнішніми каналами зв'язку та підключення до білінгових та інших серверів для надання повноцінної послуги. Один повноцінний BRAS може обслуговувати до 100 000 абонентських сесій.

В ядрі мережі використовуються дві BRAS з фізичною комутацією, щоб абоненти могли обслуговуватися з будь-якої BRAS. У нормальному режимі навантаження розподіляється рівномірно, як показано на малюнку 1.6.

Робота BRAS в нормальному режимі

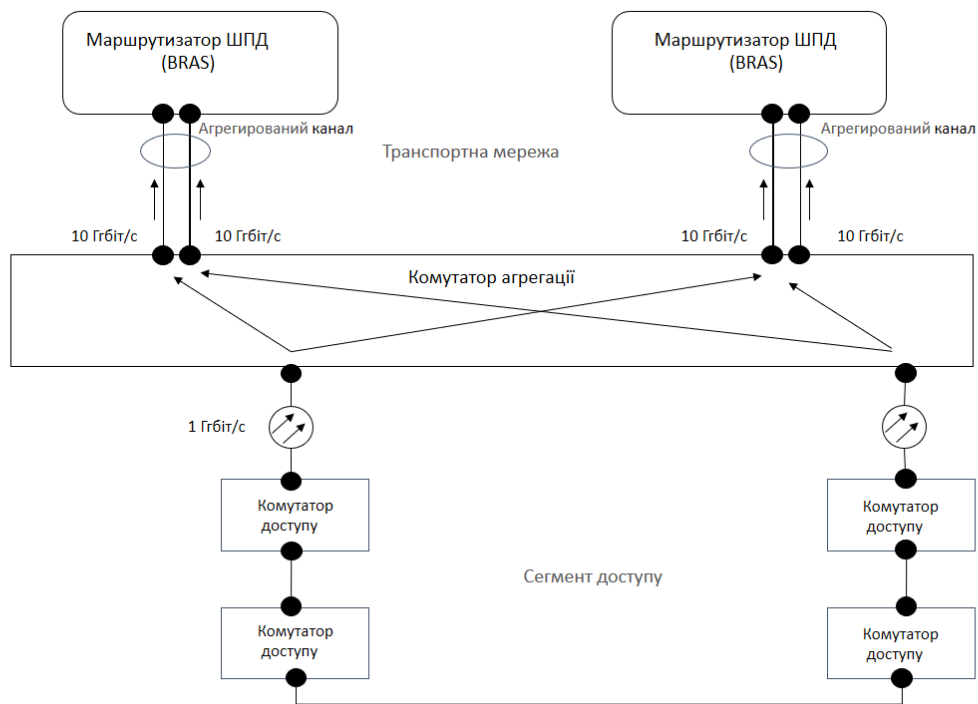


Рис. 1.6. Функціонування BRAS в нормальному режимі.

Якщо одна з BRAS виходить з ладу або фізичне з'єднання з BRAS руйнується, абонент автоматично переключається на іншу BRAS. При цьому як ресурси для підключення абонента, так і пропускна здатність транспортної мережі повинні бути достатніми.

Комутатор ядра мережі з'єднує все обладнання ЦСК, сервери та зовнішні канали і перемикає їх по високошвидкісному каналу від BRAS.

Брандмауери виконують роль міжмережєвих екранів і запобігають доступу ззаду, наприклад, до білінгових серверів.

Маршрутизатори використовуються для безпечного обміну даними між географічно віддаленими філіями, організовуючи повноцінні канали зв'язку між усіма філіями компанії, і в основному використовуються для віддаленого управління та моніторингу.

Серверне обладнання можна розділити на наступні категорії

- Білінгові сервери
- Сервери телефонії
- Інфраструктурні сервери

- Сервери інформаційних технологій (ІТ)

Білінгові сервери здійснюють автентифікацію абонентів, управління особистими кабінетами абонентів на порталі компанії, формування звітів про роботу абонентів, резервне копіювання білінгової системи та автентифікацію активного мережевого обладнання.

Сервери телефонії повністю реалізують різноманітні телефонні сервіси для абонентів.

Група ІТ-серверів забезпечує абонентські сервіси (конвертація доменних імен в ІР-адреси, перевірка швидкості з'єднання) та сервіси для співробітників (відеоспостереження за телекомунікаційними об'єктами, моніторинг обладнання в мережі, моніторинг аналогового телебачення, моніторинг якості наданої телефонної послуги), корпоративну телефонію, сеанси користувачів (збір даних про сеанси користувачів) (збір, аналіз та зберігання даних).

До ІТ-серверів відносяться контролери ІС, контролери доменів та офісні поштові сервери. Вони забезпечують пряме, безперебійне обслуговування співробітників у філіях компанії та використовуються для міжфіліальної комунікації.

Агрегаційний рівень.

Основна функція вузла агрегації - доставляти трафік від сегмента доступу до сервісного маршрутизатора. На рівні агрегації використовуються високопродуктивні комутатори, які забезпечують необхідну ємність портів, підключення абонентів і резервування всіх критично важливих компонентів. До кожного комутатора можна підключити до 140 кілець комутаторів доступу, до яких можна підключити від 10 000 до 30 000 абонентів. Високошвидкісні канали, тобто фізичні з'єднання з різними фізичними шляхами, використовуються для з'єднання вузлів агрегації та сервісних маршрутизаторів. Ці канали утворюють канал агрегації, який забезпечує ефективне балансування трафіку і резервування в разі відмови одного каналу (ВОЛС), як показано на малюнку 1.7. Під час аварій або профілактичних робіт на всіх лініях каналу агрегації абоненти автоматично підключаються до іншого маршрутизатора, як показано на малюнку 1.8. Абонент не повинен помітити жодних змін, оскільки ці ситуації враховуються при розрахунку пропускної здатності каналу агрегації.

Пошкодження однієї з ланок каналу агрегації

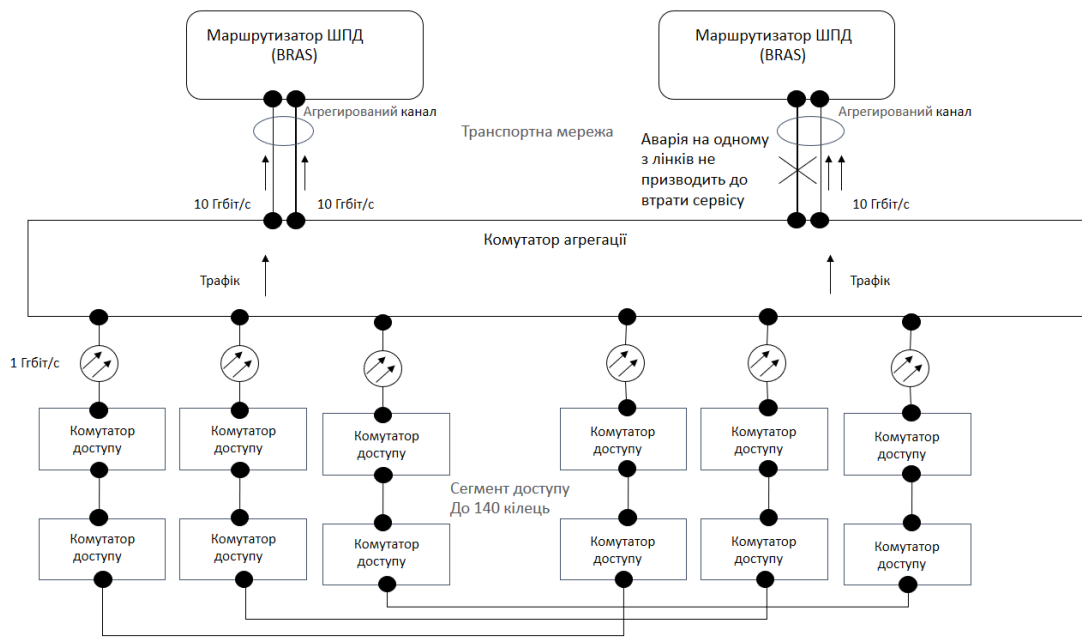


Рис. 1.7. Пошкодження однієї з ланок каналу агрегації

Повне відключення каналу агрегації

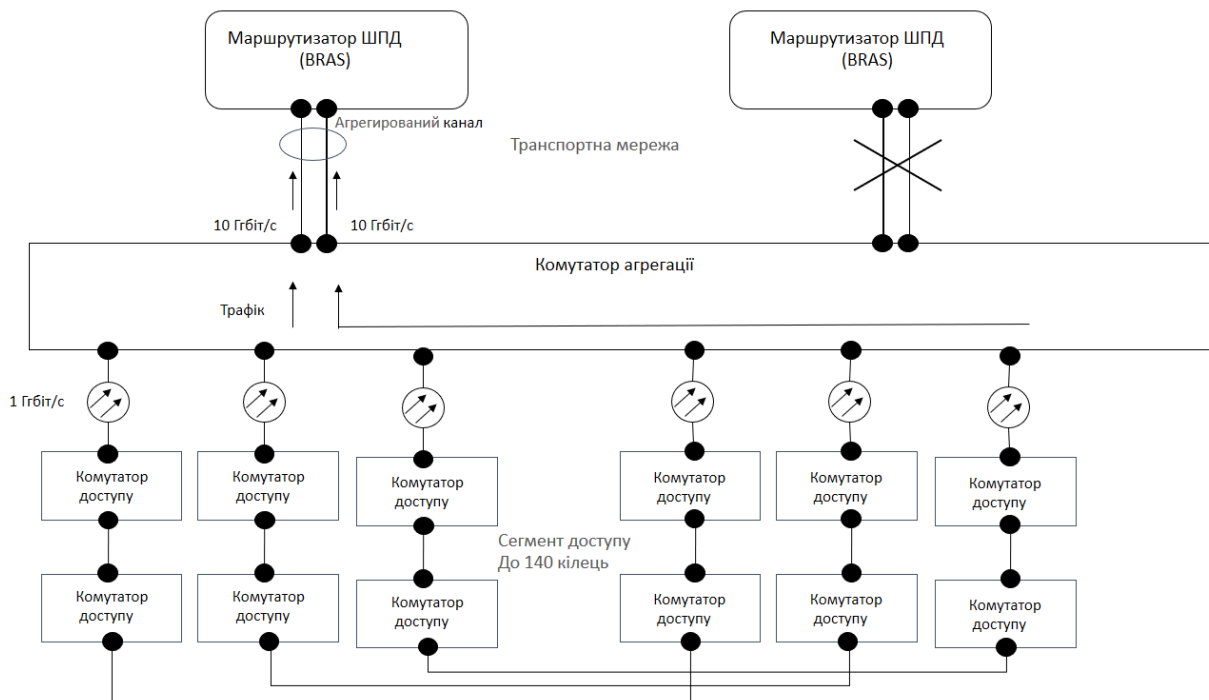


Рис. 1.8. Повний обрив агрегованого каналу.

Рівень доступу.

2.5. Вибір технології

Вибір технології також є відповідальним кроком при побудові мережі Metro Ethernet. Вибираючи технологію Metro Ethernet, важливо враховувати використання стандартів і протоколів. Наприклад, стандарт IEEE 802.3 Ethernet є основою для передачі даних у мережі Metro Ethernet. Крім того, такі протоколи, як VLAN (віртуальна локальна мережа) і MPLS (багатопротокольна комутація міток), можна використовувати для керування трафіком і встановлення віртуальних з'єднань у мережі. Також потрібно враховувати інформацію про ємність мережі. Різні технології Metro Ethernet можуть мати різну пропускну здатність, що спричиняє проблеми з пропускну здатністю даних. Технологія Metro Ethernet підтримує передачу даних на різні відстані. Вибір технологій повинен відповідати потребам у закритій географічній зоні та між вузлами мережі. Наприклад, існує технологія, яка підтримує передачу даних на великі відстані, наприклад Ethernet over MPLS. При виборі технології слід також враховувати витрати, пов'язані з установкою і обслуговуванням мережі. Різні технології можуть мати різну вартість обладнання, інсталяції та управління. Ви повинні збалансувати витрати з потребами і вимогами вашої мережі. Масштабованість технології є важливим фактором. Слід обирати технологію, яка дозволяє легко розширювати мережу, додавати нові вузли та підключати нових користувачів без внесення значних змін до мережевої інфраструктури.

2.5.1. Технологія MPLS

Мережі MPLS Багатопротокольна комутація за мітками (Multiprotocol Label Switching, MPLS) - це стандартизований метод високошвидкісної маршрутизації, що використовується у високошвидкісних (0,1-40 Гбіт/с) IP-мережах. Технологія була створена, щоб об'єднати переваги віртуальних каналів і дейтаграмних схем. Технологія використовує протоколи маршрутизації в стеку TCP/IP для вивчення топології мережі, пошуку раціональних маршрутів і пересилання пакетів на основі технології віртуальних каналів.

У традиційних IP-мережах кожен маршрутизатор визначає маршрути на основі даних заголовка пакета (адреса призначення і маска підмережі), аналізу власної таблиці маршрутизації (порівняння адрес і масок, вибір найкращого збігу) та іноді інших параметрів. У будь-якому випадку доводиться аналізувати заголовок пакета, який містить набагато більше інформації, ніж потрібно для того, щоб піти далі і вибрати маршрут; в MPLS маршрути визначаються зовсім по-іншому. Використовуються мітки, встановлені попереднім маршрутизатором.

Основна перевага технології MPLS полягає в тому, що вона може закласти основу для розгортання нових типів послуг, які не підтримуються або важко підтримуються традиційною маршрутизацією. MPLS знижує витрати і покращує якість базових послуг і розширює існуючі можливості маршрутизації. Можливість класифікувати пакети по ряду параметрів дозволяє адміністраторам направляти потоки трафіку по обраним, оптимізованим шляхам.

Технологія MPLS розширює можливості управління трафіком. Це означає більш ефективну роботу мережі, передбачувану якість обслуговування і гнучкість для задоволення потреб користувачів. MPLS може підтримувати наступні послуги:

- Інжиніринг трафіку (TE),
- Якість обслуговування (QoS),
- VPN,
- Доступ до зовнішніх послуг,
- Доступ в Інтернет.

В IP-мережах кожен маршрутизатор аналізує заголовок кожного пакета, щоб визначити адресу призначення пакета.

У технології MPLS до IP-пакету додається невелика ідентифікаційна мітка фіксованої довжини. Ця мітка має локальне значення і діє на ділянці між двома сусідніми маршрутизаторами. Кожен маршрутизатор позначає пакети різними мітками під час їх пересилання: на вході в мережу MPLS маршрутизатор перевіряє пакет на відповідність так званому "класу еквівалентності пересилання" (Forwarding Equivalence Class, FEC). Пакети зі схожими характеристиками належать до одного FEC і можуть бути направлені за одним маршрутом; параметри, що визначають FEC,

залежать від конфігурації маршрутизатора. Як правило, для визначення FEC використовується IP-адреса призначення. Кожна FEC має власний набір міток, які визначають маршрут доставки пакетів. Оскільки маршрутизатори не аналізують заголовки IP-пакетів, а використовують мітки для комутації, використання міток значно прискорює доставку пакетів і значно скорочує час.

2.5.2. Використання VLAN

Завдання, яке вирішується за допомогою VLAN, до ери комутуваного Ethernet VLAN використовувалися для зменшення кількості колізій, але зараз це завдання втрачає сенс. Проте, можливість конфігурувати віртуальні мережі, що містять лише частину користувацького обладнання та мережевих пристроїв, корисна в багатьох інших випадках. Зокрема, різні типи трафіку можна розділити на VLAN з різними пріоритетами і класами обслуговування. Крім того, VLAN можуть забезпечити певний ступінь захисту трафіку від перехоплення.

Зокрема, VLAN можна використовувати для захисту трафіку від атак переповнення MAC-адрес. Таким чином, цінний трафік надсилається клієнтам або через окремі VLAN, або через декілька VLAN, яким призначаються різні пріоритети залежно від послуги, що передається. Вони також можуть обмежувати доступ до мережевих ресурсів і сервісів, тобто керувати цим доступом. Таким чином, VLAN є зручним механізмом управління мережею, який не потребує фізичних модифікацій.

По-перше, слід зазначити, що тег, який вказує на приналежність до VLAN, вводиться в комутатор, а не в абонентський пристрій; існує два принципи призначення VLAN: статичний і динамічний. У першому випадку VLAN призначається певному фізичному порту комутатора, і весь трафік, що надходить на цей порт, автоматично позначається як такий, що належить до цієї VLAN. Цей метод дуже простий і може бути реалізований вручну оператором або жорстко налаштований на апаратному рівні. Недоліком цього методу є те, що він негнучкий і, зокрема, один порт не може підтримувати декілька VLAN.

У динамічному методі приналежність до VLAN визначається на основі інформації, що міститься у вхідних пакетах; одним із способів визначення

ідентифікаторів VLAN є MAC-адреса. Крім того, він може бути виділений за допомогою інформації, що передається кадрами за протоколом 3-4 рівня. І, нарешті, дані можуть бути розподілені в VLAN на основі аутентифікації користувача або абонентського пристрою.

2.6. Загальні відомості про проєктовану мережу

Під час проєктування мережі Metro Ethernet необхідно отримати наступну загальну інформацію для успішної реалізації мережі.

Потрібно визначити очікувану кількість мережевих вузлів, абонентів і користувачів. Це допоможе визначитись з необхідною пропускну здатністю і розміром обладнання. Окреслити фізичну топологію мережі, таку як зірка, кільце, шина або деяка комбінація цих структур. Топологія визначатиме шляхи з'єднання між вузлами і вплине на надійність та ефективність мережі. Проведення аналізу трафіку, щоб визначити пропускну здатність, необхідну для задоволення потреб користувачів мережі. Її має бути достатньо для передачі великої кількості даних з низькою затримкою. Розрахунок швидкості передачі даних, визначення максимальної швидкості передачі даних, яку підтримує мережа. Можна виразити в бітах на секунду (біт/с) або мегабітах на секунду (Мбіт/с). Забезпечте надійність мережі шляхом використання резервування, дублювання та інших механізмів. Резервування може включати дублювання шляхів, комутацію на рівні мережевих вузлів та використання протоколів резервування. Передбачте заходи безпеки для захисту мережі Metro Ethernet від несанкціонованого доступу, атак і витоку даних. Використовуйте механізми аутентифікації, шифрування трафіку та мережеві брандмауери для забезпечення безпеки мережі. Потрібно розглянути механізми управління трафіком, такі як Quality of Service (QoS), щоб визначити пріоритетність різних типів трафіку. Це дозволить забезпечити якість обслуговування, необхідну для різних додатків і послуг. Проаналізувати сумісність із існуючою мережевою інфраструктурою, такою як існуючі комутатори, маршрутизатори та інше обладнання. Необхідно

переконалися, що нова мережа Metro Ethernet може співіснувати та інтегруватися з наявними системами.

Це є та загальна інформація під час проектування мережі Metro Ethernet яка допоможе створити ефективну та надійну телекомунікаційну інфраструктуру. З максимальною експлуатацією наявної мережі та найбільш ефективним розподілом витрат.

2.7. Технологія Metro Ethernet

Технологія Metro Ethernet заснована на використанні технологій Ethernet для побудови масштабованих мереж. Вона пропонує багато можливостей для передачі даних, голосу та відео в міському масштабі, що робить можливим підключення великої кількості абонентів та організацій.

Ключові особливості технології Metro Ethernet включають: Підтримка Ethernet, Висока пропускна здатність, Гнучкість і масштабованість, Висока доступність, Управління трафіком, Підтримка різних служб.

Технологія Metro Ethernet заснована на стандартах Ethernet, що дозволяє використовувати існуюче обладнання та інфраструктуру Ethernet. Це забезпечує легкість розгортання та інтеграції з існуючими мережами.

Metro Ethernet забезпечує високу пропускну здатність для передачі великих обсягів даних. Він підтримує швидкість передачі даних від 10 Мбіт/с до кількох десятків Гбіт/с, що дозволяє відповідати вимогам найвибагливіших програм.

Також Metro Ethernet дозволяє гнучко розширювати мережу та додавати нові вузли та абонентів. Він підтримує масштабування на великих географічних територіях, що робить його ідеальним вибором для мереж метро.

Технологія Metro Ethernet забезпечує резервування мережевих шляхів і вузлів для забезпечення безперервності з'єднання. Він також підтримує механізми виявлення служби та відновлення у разі проблеми.

Управління трафіком, Metro Ethernet підтримує механізми керування трафіком, такі як якість обслуговування (QoS), які допомагають визначити пріоритетність

різних типів трафіку. Це дозволяє забезпечувати необхідну якість обслуговування різних додатків і сервісів.

Підтримка різних служб, Metro Ethernet дозволяє надавати різні послуги, такі як Інтернет, голос, відеоконференції, віртуальні приватні мережі (VPN) тощо. Це робить його універсальним рішенням для різних типів організацій і абонентів.

Технологія Metro Ethernet забезпечує високу продуктивність, надійність і гнучкість для побудови масштабованих телекомунікаційних мереж різних масштабів. Він став популярним вибором для постачальників послуг і підприємств, яким потрібне ефективне та надійне підключення великої кількості користувачів і вузлів.

Для побудови мережі Metro Ethernet можна використовувати різні алгоритми та протоколи для забезпечення ефективної комутації, керування трафіком і високої надійності. Ось деякі з основних використовуваних алгоритмів і протоколів:

1. Протокол охоплюючого дерева Spanning Tree Protocol (STP): STP використовується для уникнення петель у мережі та створення дерева, яке визначає шляхи передачі даних. Блокуйте зайві шляхи, уникайте петель і забезпечуйте надійність мережі.
2. Протокол швидкого охоплюючого дерева Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP): RSTP є розширеною версією STP і забезпечує швидший час відновлення після змін топології мережі. Дозволяє швидше перемикатися на альтернативні маршрути та забезпечує швидшу мережеву конвергенцію.
3. Агрегація каналів Link Aggregation (LACP): LACP використовується для об'єднання кількох фізичних інтерфейсів в єдиний логічний інтерфейс, який називається транкінг каналів. Це забезпечує вищу пропускну здатність і більшу надійність шляху.
4. Віртуальна локальна мережа Virtual LAN (VLAN): VLAN використовується для поділу фізичної мережі на логічні сегменти. Він дозволяє розподіляти трафік за групою абонентів, що забезпечує кращу керованість мережі, безпеку та ефективність.
5. Якість обслуговування Quality of Service (QoS): QoS використовується для визначення пріоритетів різних типів трафіку в мережі. Виділіть пропускну

здатність і ресурси для критично важливих програм, таких як голосова або відеотелефонія, щоб забезпечити якість обслуговування.

6. Багатопротокольна комутація міток Multi-Protocol Label Switching (MPLS): MPLS використовується для встановлення логічних шляхів через мережу, що забезпечує швидку та ефективну комутацію пакетів. Забезпечує гнучкість і керованість у мережі Metro Ethernet.
7. Системи керування мережею Network Management Systems (NMS): NMS є інструментами для моніторингу, керування та налагодження вашої мережі. Вони дозволяють контролювати мережу, виявляти проблеми та налаштовувати параметри для оптимальної продуктивності.

2.8. Вибір обладнання при побудові мережі

При створенні мережі Metro Ethernet важливо ретельно спланувати та вибрати відповідне обладнання. Наведемо приклади обладнання та важливі аспекти, які слід враховувати.

Як відомо основними компонентами мережі Metro Ethernet є комутатори. Вони забезпечують з'єднання між абонентськими пристроями та керують передачею даних у мережі. Важливо вибрати комутатори з відповідними портами, пропускною спроможністю та підтримкою, необхідні для ваших мережевих потреб. Після чого потрібно обрати маршрутизатори, які використовуються для маршрутизації даних між різними сегментами мережі. Вони забезпечують оптимальний шлях передачі даних і підтримують протоколи маршрутизації. При виборі роутерів необхідно враховувати пропускну здатність, характеристики та сумісність з іншим обладнанням. Оскільки мережа Metro Ethernet передає дані на великі відстані, важливо мати високоякісне оптичне обладнання. Це включає оптичні кабелі, штекери, оптичні трансивери та інші компоненти. Вибір оптичного обладнання повинен враховувати вимоги до пропускної здатності та типи оптичних ліній. Ще необхідно приділити увагу способам керування мережею. Для ефективного керування мережею Metro Ethernet рекомендується використовувати систему

керування мережею (NMS). Це дозволить вам перевіряти, контролювати та налагоджувати вашу мережу, а також виявляти та виправляти проблеми. Також під час створення мережі Metro Ethernet слід враховувати заходи безпеки. Встановлення брандмауерів, систем виявлення вторгнень (IDS) та інших засобів захисту може допомогти захистити вашу мережу від несанкціонованого доступу та атак.

При виборі обладнання слід уважно вивчити технічні характеристики, можливості і ціни. Рекомендується перед покупкою обладнання проконсультуватися з фахівцями та провести випробування, щоб переконатися в його сумісності та відповідності вимогам планованої мережі.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В розділі було представлено детальний огляд мережі Metro Ethernet. Були висвітлені основні характеристики та переваги цієї технології, зокрема висока пропускна здатність, гнучкість та масштабованість. Також були наведені приклади структурних схем мережі Metro Ethernet, що демонструють її архітектурну організацію та ієрархічну будову. Отже, у цьому розділі я надав детальну інформацію про структурні схеми та ієрархічну будову мережі Metro Ethernet, а також підкреслив важливість використання технологій MPLS та VLAN для досягнення оптимального функціонування мережі.

РОЗДІЛ 3

ЕТАПИ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ METRO ETHERNET.

3.1. Планування мережі Metro Ethernet

Аналіз трафіку, статистичних даних та використання математичних моделей є важливими етапами для розрахунку параметрів при проектуванні мережі Metro Ethernet. Ось кілька прикладів, як ці підходи можуть бути застосовані:

1. Аналіз трафіку: Збір і аналіз трафіку дозволяє отримати інформацію про типи послуг, що використовуються, обсяги передачі даних, пікові навантаження та інші параметри. Це може бути зроблено за допомогою спеціального програмного забезпечення для моніторингу мережі або аналізу пакетів. На основі отриманих даних можна визначити пропускну здатність, шляхи комутації та резервування ресурсів мережі.
2. Статистичні дані: Зібрані статистичні дані про використання ресурсів, навантаження, пікові часи та інші параметри можуть бути використані для розрахунку параметрів мережі. Наприклад, можна визначити середню пропускну здатність, співвідношення навантаження та резервування ресурсів, час відновлення після відмови та інші важливі показники.
3. Симуляція: Використання програмних інструментів для симуляції мережі дозволяє відтворити роботу системи та оцінити різні сценарії роботи. За допомогою симуляції можна вивчати вплив змін у конфігурації мережі, розміщення ресурсів та режимів роботи на її продуктивність та надійність.

Планування мережі Metro Ethernet включає визначення параметрів та ресурсів, необхідних для задоволення потреб користувачів. Висвітлю порядок дій для планування мережі.

Спочатку потрібно визначити обсяг трафіку, який буде передаватися по мережі. Це включає розгляд типів додатків, кількості користувачів та їх очікувану активність. Дані про трафік можна отримати з аналізу попередніх використань мережі або на підставі прогнозування зростання обсягу трафіку. На основі визначеного трафіку потрібно розрахувати необхідну пропускну здатність мережі. Це включає врахування пропускну здатності кожного зв'язку, комутаторів та інших мережевих пристроїв. Розрахунок може базуватися на передбачуваній активності користувачів та типах додатків.

Для забезпечення надійності та уникнення перевантажень рекомендується врахувати резерв пропускну здатності. Це може включати резервування додаткової пропускну здатності або використання технологій збільшення пропускну здатності, наприклад, агрегацію каналів.

При проектуванні мережі потрібно планувати адресний простір, тобто визначати діапазон IP-адрес, які будуть призначені різним пристроям в мережі. Важливо забезпечити достатню кількість доступних адрес для підключення користувачів та мережевих пристроїв.

Крім пропускну здатності, слід також враховувати розрахунок інших ресурсів, як-то процесорний час, пам'ять, потужність мережевих пристроїв тощо. Це допоможе забезпечити ефективну роботу мережі та виключити можливі обмеження.

Ці основні кроки планування мережі Metro Ethernet є важливими етапами проектування, оскільки вони допомагають визначити необхідні ресурси та параметри мережі, підібрати оптимальну технологію та обладнання для задоволення потреб користувачів і забезпечення її ефективності та надійності.

Спеціальне програмне забезпечення для моніторингу мережі може включати такі інструменти:

- Wireshark: Це безкоштовний інструмент для аналізу мережевого трафіку. Він дозволяє перехоплювати та аналізувати пакети даних у режимі реального часу, вивчати їх структуру та визначати протоколи, які використовуються.
- PRTG Network Monitor: Це комерційний інструмент для моніторингу мережі, який надає широкий спектр функціональності. Він дозволяє відстежувати

пропускну здатність, пікові навантаження, статус пристроїв та інші показники мережі.

- Nagios: Це відкрите програмне забезпечення для моніторингу мережі та систем. Воно надає можливості для перевірки доступності пристроїв, відстежування метрик та виконання спеціалізованих скриптів для аналізу мережі.

Статистичні дані можна зібрати з різних джерел, таких як:

- Моніторинг мережі: Вищезгадані програмні засоби для моніторингу мережі можуть надавати статистику про пропускну здатність, навантаження та інші показники.
- Журнали роутерів та комутаторів: Журнали мережевих пристроїв містять інформацію про стан та використання ресурсів.
- Аналізатори мережі: Є спеціалізовані пристрої або програмне забезпечення, що дозволяють збирати статистику про трафік, пропускну здатність, пікові навантаження тощо.

Деякі інструменти для симуляції мережі включають:

- OPNET: Комерційне програмне забезпечення для моделювання та симуляції мережі, яке дозволяє відтворювати різні сценарії роботи мережі та вивчати її продуктивність.
- ns-3: Відкрите програмне забезпечення для симуляції мережі, яке надає широкі можливості для моделювання різних протоколів, трафіку та архітектур мережі.
- MATLAB/Simulink: Програмний пакет MATLAB включає модуль Simulink, який дозволяє моделювати та симулювати різні системи, включаючи мережі.

Ці інструменти допоможуть інженерам виконувати аналіз, прогнозування та оптимізацію параметрів мережі Metro Ethernet на основі реальних даних.

3.2. Процеси визначення навантаження від абонентів ADSL одного вузла

Важливим кроком у проектуванні мережі Metro Ethernet є визначення абонентського навантаження ADSL на вузол. Такі розрахунки допомагають визначити пропускну здатність і ресурси, необхідні для підтримки передачі даних абонента ADSL.

Наведемо деякі основні етапи розрахунку навантаження абонентів ADSL. Перш за все, необхідно визначити кількість абонентів, підключених до вузла мережі Metro Ethernet. Це можна зробити залежно від графіка та кількості підключених абонентів у конкретній місцевості. Далі слід визначити очікувану пропускну здатність кожного абонента ADSL. Це може залежати від типу послуг, що надаються абонентам, як-от доступ до Інтернету, передача даних або потокове відео. Враховуючи ці дані, можна визначити необхідну пропускну здатність для кожного абонента.

Розрахунок загальної пропускну здатності, виходячи з кількості абонентів і очікуваної пропускну здатності на абонента, потрібно обчислити загальну пропускну здатність для вузла. Це множення кількості передплатників на пропускну спроможність на одного абонента. Також потрібно прослідкувати за пропускну здатністю, щоб забезпечити надійність і уникнути перевантажень, рекомендується враховувати резерв пропускну здатності. Це може включати виділення додаткової пропускну здатності або використання технологій розширення пропускну здатності, наприклад зв'язування каналів.

Розрахунок абонентського навантаження ADSL вузла дозволяє визначити пропускну здатність і ресурси, необхідні для забезпечення передачі абонентських даних. Це важливий крок у проектуванні, який забезпечує ефективне використання мережевих ресурсів і забезпечує високоякісне обслуговування користувачів ADSL.

3.2.1. Міжміське навантаження від абонентів ADSL одного вузла

Міжміське навантаження абонентів ADSL з одним вузлом є важливим моментом при проектуванні мережі Metro Ethernet. Цей елемент включає в себе аналіз навантаження, яке створюють абоненти під час міжміських розмов і передачі

даних. Приведу до прикладу деякі дії, виконання яких необхідне для розрахунку міжміського навантаження абонентів ADSL вузла.

Визначення кількості абонентів, які здійснюють міжміські дзвінки. Необхідно визначити кількість абонентів ADSL, які регулярно здійснюють міжміські дзвінки. Це можна визначити на основі статистичних даних або опитувань клієнтів.

Оцінка міжміських дзвінків, необхідно визначити середню тривалість міжміських дзвінків, згенерованих абонентами ADSL. Це може базуватися на статистиці або приблизних оцінках.

Визначення обсягу трафіку, виходячи з кількості абонентів і середньої тривалості міжміських розмов, можна розрахувати обсяг трафіку, який генерують абоненти ADSL під час міжміських розмов. Це можна виразити в бітах на секунду (біт/с) або будь-якій іншій відповідній одиниці. Щоб забезпечити надійність і уникнути вузьких місць, рекомендується враховувати резервну пропускну здатність для міжміської зарядки. Це дозволить уникнути перевантаження мережі при збільшенні обсягу трафіку.

Розрахунок міжміського навантаження абонентів ADSL дозволяє визначити пропускну здатність і ресурси, необхідні для забезпечення якісного міжміського зв'язку користувачів мережі Metro Ethernet. Враховуючи ці моменти, можна оптимізувати розподіл ресурсів і забезпечити ефективну роботу мережі.

3.2.2. Міжнародне навантаження від абонентів ADSL

Міжнародне навантаження абонентів ADSL є ще одним аспектом, який слід враховувати при проектуванні мережі Metro Ethernet. Цей пункт охоплює аналіз навантаження, створюваного абонентами під час міжнародних з'єднань і передачі даних. Основні етапи розрахунку міжнародного абонентського навантаження ADSL подібні до кроків, показаних у визначенні міського навантаження, і включають: визначення кількості абонентів, які здійснюють міжнародні з'єднання, оцінку тривалості міжнародних з'єднань, розрахунок обсягу трафіку з урахуванням резерв.

Розрахунок міжнародного навантаження абонентів ADSL дозволяє визначити ресурси та пропускну здатність, необхідні для забезпечення якісного міжнародного

зв'язку в мережі Metro Ethernet. Це також допоможе оптимізувати розподіл ресурсів і забезпечити ефективну роботу мережі.

3.2.3. Навантаження до інформаційної мережі Internet від абонентів ADSL

Визначимо аспекти необхідні для розрахунку навантаження, яке створюють абоненти ADSL і спрямовують на інформаційну мережу Інтернет. Такий розрахунок дозволяє визначити пропускну здатність і ресурси, необхідні для забезпечення якісного доступу абонентів до мережі Інтернет. Покроково висвітлю основні етапи до розрахунку навантаження на інформаційну мережу Інтернет абонентів ADSL.

Визначення кількості абонентів ADSL, необхідно встановити загальну кількість абонентів ADSL, підключених до мережі. Це можна отримати зі статистики оператора мережі. Проведення оцінка використання ресурсів, потрібно визначити середнє використання ресурсів (пропускну здатність) кожним абонентом під час доступу до Інтернету. Це можна виразити в бітах за секунду або будь-якій іншій відповідній одиниці. Виходячи з кількості абонентів і середнього використання ресурсів, можна розрахувати загальне навантаження, створюване абонентами ADSL на інформаційну мережу Інтернет. Це допомагає визначити загальну пропускну здатність, необхідну для задоволення потреб користувача. Та провести планування ресурсів, результати розрахунків допомагають планувати та розподіляти ресурси, такі як пропускну здатність каналу зв'язку, мережеве обладнання та деякі інші ресурси, щоб забезпечити ефективну роботу мережі та задовольнити вимоги до мережі Інтернет для абонентів.

Розрахунок навантаження на інформаційну мережу Інтернет абонентів ADSL допомагає мережевим операторам гарантувати користувачам відповідну пропускну здатність і якість обслуговування в контексті зростаючих вимог до обсягів даних і швидкості передачі.

3.2.4. Вихідне навантаження від абонентів ADSL

Розглянемо методи визначення вихідного навантаження, яке створюють абоненти ADSL. Цей розрахунок допомагає визначити пропускну здатність і ресурси,

необхідні для передачі даних про абонента до центрального вузла або іншої точки підключення. До основних етапів розрахунку вихідного навантаження абонентів ADSL відносяться: визначення кількості абонентів ADSL, оцінка використання ресурсів, розрахунок загального вихідного навантаження, планування ресурсів.

Розрахунок вихідного навантаження допомагає мережевим операторам забезпечити достатню пропускну здатність і ефективну роботу мережі з урахуванням запитів трафіку, що генеруються абонентами ADSL. Розрахунок вихідного навантаження абонентів ADSL може проводитися різними методами і формулами, в залежності від специфіки мережі і наявних даних. Нижче наведено загальний опис деяких обчислювальних підходів.

1. Розрахунок на основі середнього використання: одним із підходів є визначення середнього використання смуги пропускання кожним абонентом ADSL для передачі даних. Це можна визначити, проаналізувавши статистичні дані про використання ресурсів у мережі. Загальне вихідне навантаження можна розрахувати, помноживши кількість передплатників на середнє використання.

2. Розрахунок на основі пропускну здатності: інший підхід полягає у визначенні вимог до пропускну здатності для кожного абонента ADSL. Це може включати оцінку типових даних, переданих абонентами, таких як веб-сторінки, електронні листи, мультимедійні файли тощо. Загальне вихідне навантаження можна розрахувати, додавши необхідну пропускну здатність для кожного абонента.

3. Моделювання трафіку: у деяких випадках для імітації трафіку абонентів ADSL використовуються математичні моделі. Це дозволяє більш точно визначати характеристики трафіку, такі як інтенсивність, типові розміри пакетів тощо. Використовуючи такі моделі, можна розрахувати вихідне навантаження та оцінити ресурси, необхідні для маршрутизації цього трафіку.

У реальних ситуаціях обчислення вихідного навантаження може вимагати використання спеціалізованого програмного забезпечення та аналізу фактичних даних мережі. Оператори мереж також можуть використовувати емпіричні дані та свій досвід для оцінки вихідного навантаження абонентів ADSL.

3.2.5. Етапи розрахунку комутації пакетів за технологією ADSL

Методи розрахунку комутації пакетів за технологією ADSL. Цей розрахунок визначає пропускну здатність і ресурси, необхідні для передачі пакетів даних у мережі ADSL. До основних етапів розрахунку комутації пакетів за технологією ADSL відносяться: визначення кількості абонентів ADSL, оцінка трафіку, розрахунок загального трафіку, розрахунок комутації, планування ресурсів.

У реальних сценаріях обчислення комутації пакетів може бути більш складним і вимагати використання спеціалізованих алгоритмів і інструментів для оптимізації використання ресурсів мережі ADSL. Ось кілька прикладів: Алгоритми управління трафіком, алгоритми управління заторами, алгоритми оптимальної маршрутизації, системи моніторингу та аналізу трафіку. Ці алгоритми є лише кількома прикладами широкого спектру інструментів, які можна використовувати для оптимізації використання ресурсів мережі ADSL. Вибір конкретних алгоритмів і інструментів залежить від потреб і характеристик конкретної мережі.

3.3. Вихідне навантаження від підключених абонентів

У цьому розділі наведемо фактори які необхідно врахувати, щоб розрахувати навантаження, яке створюють абоненти мережі ADSL на вихідні канали мережі.

1. Кількість підключених абонентів - визначається загальна кількість абонентів, які користуються послугами ADSL.
2. Тип послуг та їх характеристики: різні типи послуг, наприклад доступ до Інтернету, передача даних, потокове відео тощо, можуть мати різні вимоги до пропускну здатності.
3. Передача даних - враховується обсяг передачі даних, згенерований кожним абонентом. Це можна визначити на основі типу активності абонента, використання послуги та поведінки в Інтернеті.

4. Вимоги до пропускної здатності: вимоги до пропускної здатності визначаються для того, щоб забезпечити виконання вимог абонентів щодо швидкого та стабільного з'єднання.
5. Періоди пікового навантаження - враховується пікове навантаження мережі, яке може змінюватися в різний час доби. Стрибки навантаження впливають на вимоги до пропускної здатності та резервування ресурсів.

Для розрахунку вихідного навантаження підключених користувачів використовуються статистичні дані про використання послуг та аналіз мережевого трафіку. На основі цих даних можна визначити сумарну пропускну здатність, необхідну для забезпечення задоволення потреб абонента та ефективного використання ресурсів мережі ADSL.

3.4. Вихідне навантаження від ЛОМ

Розглянемо аспекти для визначення вихідного навантаження абонентської локальної комп'ютерної мережі (ЛОМ). При розрахунку вихідного навантаження від ЛОМ необхідно враховувати наступні моменти:

1. Кількість абонентів ЛОМ: визначається загальна кількість абонентів, підключених до конкретного ЛОМ.
2. Тип послуг та їх характеристики: Різні типи послуг, що надаються абонентам ЛОМ, можуть мати різні вимоги до пропускної здатності та швидкості передачі даних.
3. Обсяг передачі даних: враховується обсяг даних, згенерований абонентами ЛОМ. Це можна визначити, виходячи з виду діяльності абонента, використання ним послуг і поведінки в мережі.
4. Пікові періоди: враховується пікове навантаження на мережу, яке може змінюватися в різний час доби. Пікове навантаження впливає на вимоги до пропускної здатності та резервування ресурсів.

5. Пропускна здатність LOM: визначається пропускна здатність каналів, що з'єднують LOM з іншими частинами мережі. Пропускна здатність має бути достатньою для задоволення потреб абонентів LOM.

Визначення вихідного навантаження LOM виконується з використанням математичних моделей, статистичних даних і аналізу мережевого трафіку. Це дозволяє оцінити необхідну пропускну здатність і зарезервувати ресурси для задоволення потреб абонентів LOM і забезпечення ефективної роботи мережі ADSL.

3.4.1. Міжміське навантаження від ТА абонентів LOM

Розглянемо міжміське навантаження ТА (транзитного вузла) абонентів LOM. Міжміське навантаження ТА визначає обсяг трафіку, створеного абонентами LOM і відправленого через транзитний вузол до міжміських мереж або інших постачальників. При розрахунку міжміського навантаження ТА абонентів LOM слід враховувати наступні фактори: кількість абонентів LOM, які користуються міжміськими послугами, типи міжміських послуг та їх характеристики, трафік від LOM до міжміської мережі, міжміські маршрути та ТА позиціонування, резервування ресурсів.

Розрахунок міжміського навантаження абонентів LOM ТА проводиться на основі аналізу трафіку, статистичних даних і математичних моделей. Це допомагає визначити пропускну здатність і ресурси, необхідні для задоволення потреб абонентів LOM у міжміському зв'язку.

3.4.2. Міжнародне навантаження від ТА абонентів LOM

Розрахунок LOM міжнародного навантаження абонентів ТА вимагає звернути увагу на трафік, що проходить через міжнародні з'єднання або з'єднання з іноземними операторами. Основною метою є оцінка потреби в пропускну здатності та ресурсах для задоволення зростаючих потреб абонентів LOM у міжнародному зв'язку. Для розрахунку міжнародного навантаження можуть бути використані наступні критерії: Аналіз обсягу та типу міжнародного трафіку, Аналіз міжнародних

сполучень і сполучень, Прогнозування зростання міжнародного трафіку, Визначення вимог до пропускної здатності.

1. Аналіз обсягу та виду міжнародного трафіку:

- Визначення обсягу транзитного трафіку міжнародними сполученнями або з'єднаннями з іноземними операторами.
- Класифікація міжнародного трафіку за типом послуги (голос, дані, відео тощо) для визначення різних вимог до пропускної здатності та швидкості передачі даних.

2. Аналіз міжнародних зв'язків і зв'язків:

- Оцінка наявності та надійності міжнародних зв'язків і зв'язків.
- Розгляд можливих обмежень і проблем, пов'язаних зі збільшенням міжнародного трафіку.

3. Прогноз зростання міжнародного трафіку:

- Прогнозування зростання міжнародного трафіку в майбутньому на основі глобальних тенденцій і розвитку комунікацій.
- Аналіз факторів, які можуть вплинути на зростання міжнародного трафіку, таких як розвиток нових послуг, збільшення обсягів комерційних операцій тощо.

4. Визначте необхідну пропускну здатність:

- Розрахунок пропускної здатності та швидкості передачі даних для розміщення міжнародного трафіку.
- Оцінка необхідності покращення міжнародних зв'язків і зв'язків для забезпечення оптимальної якості міжнародного спілкування.

Ці аналізи та розрахунки визначають необхідні ресурси та розмір пропускної здатності для міжнародного зв'язку абонентів LOM, що сприяє ефективному використанню мережі та задоволенню їхніх потреб.

3.5. Навантаження на інформаційну мережу "Internet"

Навантаження на інформаційну мережу «Інтернет» включає детальний аналіз трафіку, який генерується абонентами ADSL і передається через інформаційну

мережу «Інтернет». Основною метою цього розрахунку є визначення ресурсів і пропускної здатності, необхідних для забезпечення надійної та ефективної роботи мережі передачі даних в Інтернет.

Для аналізу трафіку та розрахунку навантаження на мережу «Інтернет» можна використовувати такі методи та інструменти: моніторинг трафіку, статистичний аналіз даних, математичні моделі, моделювання навантаження. Важливо зазначити, що конкретні методи та інструменти для аналізу трафіку та розрахунку навантаження можуть відрізнятися залежно від контексту та характеристик конкретної телекомунікаційної мережі та проекту. Фахівці з проектування мереж і телекомунікацій використовують ці інструменти та методи, щоб забезпечити оптимальне використання ресурсів і якість обслуговування для користувачів мережі ADSL.

Розрахунок навантаження на інформаційну мережу «Інтернет» абонентів ADSL є важливим етапом проектування мережі. Цей розрахунок визначає пропускну здатність і ресурси, необхідні для забезпечення належної швидкості передачі даних і доступу до Інтернету для абонентів.

Для розрахунку навантаження на мережу «Інтернет» можна використовувати такі критерії та фактори:

1. Обсяг трафіку:
 - Визначення загального обсягу трафіку, який генерується абонентами ADSL і направляється в інформаційну мережу «Інтернет».
 - Класифікація трафіку за типом послуги (наприклад, перегляд веб-сторінок, потокове відео, обмін файлами тощо), щоб відповідати різним вимогам щодо пропускної здатності та якості обслуговування.
2. Прогноз зростання трафіку:
 - Аналіз тенденцій зростання використання Інтернету та популярності різноманітних сервісів.
 - Розглянемо майбутні прогнози зростання трафіку, щоб спланувати достатню пропускну здатність мережі та її масштабованість.
3. Навантаження на мережеве обладнання:

- Розрахувати навантаження на маршрутизатори, комутатори та інше мережеве обладнання, щоб визначити їхню пропускну здатність і пропускну здатність.
- Оптимізація мережевої інфраструктури для забезпечення ефективного розподілу навантаження та уникнення перевантажень.

Ці розрахунки дають змогу визначити відповідні ресурси та пропускну здатність для забезпечення високої якості обслуговування абонентів і належного функціонування мережі в цілому.

3.6. Визначення кількості цифрових потоків кожного вузла

У попередніх пунктах ми робили огляд на основні критерії визначення вхідного та вихідного навантаження ADSL-абонентів одного вузла міжміського та міжнародного навантаження, завантаження транзитних вузлів локальних комп'ютерних мереж. Також про навантаження на мережу Інтернет. Це все є важливими етапами, від яких отримані дані подальшому допоможуть визначитись в кількості цифрових потоків кожного вузла.

Цей пункт аналізує критерії для розраховує кількості цифрових потоків, які необхідно виділити для кожного вузла мережі Metro Ethernet. Кількість цифрових потоків зазвичай розраховується на основі потреб передачі даних кожного вузла. Для цього можна провести такі дії як, оцінка обсягу даних, які будуть передані через кожен вузол мережі. Це можна визначити на основі минулої статистики або прогнозів використання послуги. Розрахунок пропускну здатності, необхідної для передачі даних на кожному вузлі. Це включає пропускну здатність, швидкість передачі даних та інші параметри, які можуть впливати на продуктивність мережі. Урахування кількості користувачів, які будуть підключені до кожного вузла мережі. Це можна визначити на основі прогнозів чисельності абонентів або історичної статистики. Та розгляд різних типів послуг, які надаватимуться через кожен вузол. Для різних типів послуг може знадобитися різна пропускну здатність і мережеві ресурси.

Застосування відповідних формул і алгоритмів визначає необхідну кількість цифрових потоків для кожного вузла мережі Metro Ethernet. Це забезпечує достатню пропускну здатність і надійність мережі для передачі даних.

3.7. Кількість користувачів на сектор мережі Metro Ethernet

У цьому пункті аналізуються та визначаються основні критерії для розрахунку кількості користувачів, які можуть обслуговуватися в даному секторі мережі Metro Ethernet. Для розрахунку кількості користувачів у зоні можна використовувати наступні критерії: пропускну здатність зони, пропускну здатність на користувача, вимоги до QoS, розподіл ресурсів.

Кількість користувачів, які може обслуговувати певна область мережі Metro Ethernet, залежить від кількох факторів, таких як пропускну здатність мережі, тип інфраструктури, використовувані технології та призначення мережі. Для визначення максимальної кількості користувачів, які можуть обслуговуватися в зоні мережі Metro Ethernet, можна використовувати різні формули та алгоритми. Основні фактори, які необхідно враховувати при розрахунку:

1. Пропускна здатність: пропускна здатність мережі визначає, скільки даних можна передати за певний проміжок часу. Враховуючи передачу даних кожному користувачеві, можна розрахувати максимальну кількість користувачів, яку може підтримувати мережа з певним рівнем якості обслуговування.
2. Швидкість передачі даних: важливо враховувати швидкість передачі даних, яку кожен користувач може отримати від мережі Metro Ethernet. Наприклад, якщо швидкість передачі даних у секторі мережі становить 100 Мбіт/с, а кожному користувачеві потрібна 10 Мбіт/с, максимальна кількість користувачів буде обмежена пропускну здатністю.
3. Обсяг навантаження: розрахунок кількості користувачів також може залежати від обсягу навантаження, створеного кожним користувачем. Якщо користувачі в основному виконують легкі завдання, такі як перегляд веб-

сторінок або електронна пошта, кількість користувачів може бути більшою. У разі передачі великих даних, таких як відеопотоки або великі файли, кількість користувачів може бути обмежена.

4. Управління трафіком: використання різних методів керування трафіком, таких як розподіл пропускної здатності, пріоритезація та обмеження швидкості, може вплинути на кількість користувачів, які може обслуговувати зона мережі.

Для точного визначення максимальної кількості користувачів у секторі мережі Metro Ethernet рекомендується виконати детальні розрахунки за допомогою алгоритмів, формул і спеціалізованих інструментів, які враховують параметри мережі, специфіку та потреби користувачів.

Застосування відповідних формул і алгоритмів дає змогу визначити максимальну кількість користувачів, яку за певних умов може обслуговувати певний сектор мережі Metro Ethernet. Це допомагає в плануванні розміщення обладнання, розрахунку пропускної здатності та оптимізації використання мережевих ресурсів. Різноманітні спеціалізовані алгоритми та інструменти можна використовувати для врахування всіх вищевказаних факторів і параметрів мережі Metro Ethernet. Ось кілька прикладів таких інструментів:

Моделювання та симуляція мережі: Існують пакети програмного забезпечення, які дозволяють моделювати мережу Metro Ethernet і запускати моделювання для визначення її характеристик. Наприклад, такі інструменти, як OPNET, ns-3, OMNeT++, Riverbed Modeler та інші, надають можливість створювати моделі мережі з різними параметрами, включаючи пропускну здатність сектора, швидкість передачі даних користувача та обсяг даних, трафік.

Аналітичні методи: для розрахунку пропускної здатності та кількості користувачів у зоні мережі Metro Ethernet можна використовувати кілька аналітичних методів. Наприклад, теорія масового обслуговування, аналітичні моделі розподілу трафіку та інші методи можуть бути застосовані для визначення оптимальних параметрів мережі.

Важливо відзначити, що вибір конкретного алгоритму або інструменту залежить від конкретних вимог і потреб проєкту.

Щоб визначити максимальну кількість користувачів, яку може обслуговувати дана область, можна використовувати наступні формули та алгоритми:

1. Формула каналної пропускної здатності:

- Канальна пропускна здатність в бітах за секунду = пропускна здатність каналу (в бітах за секунду) * кількість каналів.

2. Формула розрахунку пропускної здатності для кожного користувача:

- Пропускна здатність для кожного користувача (в бітах за секунду) = загальна пропускна здатність сектора (в бітах за секунду) / кількість користувачів.

3. Алгоритм визначення максимальної кількості користувачів:

- Визначення пропускної здатності каналу або сектора.
- Розрахунок пропускної здатності для кожного користувача.
- Визначення кількості користувачів, яку може обслуговувати сектор, шляхом порівняння пропускної здатності для кожного користувача з максимально допустимою пропускною здатністю для заданої якості обслуговування.

Важливо зазначити, що конкретні формули та алгоритми можуть відрізнятися залежно від конкретного типу мережі, протоколів і параметрів, що використовуються. Рекомендується звернутися до професійної літератури та стандартів, пов'язаних із конкретним типом мережі, щоб отримати детальніші поточні формули та алгоритми.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

На основі цих етапів проводиться розрахунок та аналіз навантаження, комутації пакетів та кількості користувачів в мережі Metro Ethernet. Ці дані необхідні для визначення потреби в ресурсах, оптимізації мережі та забезпечення ефективної роботи системи зв'язку. Детальні розрахунки та оцінки дозволяють планувати

мережу, визначати її пропускну здатність та навантаження, а також налаштовувати мережеве обладнання для досягнення оптимальної продуктивності.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було проведено детальне дослідження проєктування мережі Metro Ethernet і розглянуто основні аспекти, пов'язані з вибором топології, вибором технологій та обладнання, процесами розгортання та налаштування.

В ході аналізу було встановлено, що мережа Metro Ethernet має низку значних переваг, які роблять її привабливим варіантом для підприємств та організацій. Вона забезпечує високу швидкість передачі даних, велику пропускну здатність та масштабованість, низьку затримку та високу надійність з'єднання. Крім того, мережа Metro Ethernet є гнучкою і готовою до майбутніх зростаючих потреб, що робить її ідеальним рішенням для сучасних вимог до мереж зв'язку.

При проєктуванні мережі Metro Ethernet важливо враховувати різноманітні аспекти, які були розглянуті в даній роботі. Вибір оптимальної топології мережі, використання VLAN для забезпечення логічного розділення трафіку, вибір відповідних технологій та обладнання, а також правильне розгортання, налаштування та тестування - усе це має велике значення для стабільної та ефективної роботи мережі Metro Ethernet.

Результати проведеної роботи мають практичне застосування для підприємств та організацій, які планують впровадження мережі Metro Ethernet. Рекомендації, отримані в результаті дослідження, допоможуть вибрати оптимальні рішення та забезпечити ефективну роботу мережі зв'язку. Розроблені структурні схеми мережі Metro Ethernet та аналіз роботи MPLS і VLAN надають практичну основу для реалізації цих технологій у мережі Metro Ethernet.

Усвідомлення та впровадження принципів, рекомендацій та результатів даної роботи сприятимуть поліпшенню якості зв'язку, збільшенню продуктивності та ефективності роботи мережі Metro Ethernet. Враховуючи швидкий розвиток технологій та зростаючу потребу в передачі великого обсягу даних, мережа Metro Ethernet є обіцяючим рішенням для майбутнього, і дана робота сприятиме її успішному впровадженню та розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Metro Ethernet Forum [Інтернет ресурс]- Режим доступу до ресурсу: <https://www.mef.net/learn/mef-educational-materials/>.
2. Архітектура і технологія побудови мережі доступу. Моделі й архітектура мережі доступу. [Електрон. Ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://www.znanius.com>.
3. Nainggolan, Mhd Ramadhan, and Pristiwanto Pristiwanto. "Simulasi Sistem Monitoring Link Metro Ethernet (ME) di PT Indosat Ooredoo Medan dengan Metode Doppler." *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)* 7, no. 3 (June 14, 2020): 426. Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v7i3.2169>.
4. Nirmakumala, Sekar, Sukiswo Sukiswo, and Ajub Ajulian Zahra. "Perencanaan jaringan backbone METRO ETHERNET kota semarang tahun 2028 menggunakan algoritma dysart dan georganas serta metode hungarian dan forecasting kruithof's double factor." *Transient* 7, no. 4 (May 25, 2019): 949. Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.14710/transient.7.4.949-956>.
5. Dani, Akhmad Wahyu, Fadli Sirait, Fina Supegina, Rohilah Sahak, and Kresna Jery Kusnanto. "Improvement of network survivability using the effective redundancy desing." *Sinergi* 23, no. 3 (October 18, 2019): 253. Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.010>.
6. Elastic Metro Ethernet and Elastic Cloud Services- Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.05.003>.
7. Jha V. K., Pandey B., Rodriguez Rodriguez C. Metro Ethernet. *Network Evolution and Applications*. Boca Raton, 2022. P. 149–157. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1201/9781003302902-9>.