

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії

## Пояснювальна записка

до магістерської роботи  
на ступінь вищої освіти магістр

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ  
ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ»

Виконав: студент 6 курсу, групи КСДМ-61  
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

Грабовацький Н.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Лемешко А.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Київ – 2021

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

## Навчально–науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти - «Магістр»

Спеціальність - 123 Комп'ютерна інженерія

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Комп'ютерної інженерії

О.М. Ткаченко

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Грабовецькому Нікіті Вікторовичу

1. Тема роботи: «ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ»

Керівник роботи: Лемешко А.В. доктор філософії (phD),

затверджені наказом вищого навчального закладу від “11.10” 2021 року №170 .

2. Строк подання студентом роботи 24.12.2021

3. Вхідні дані для роботи:

Науково-технічна література про принципи будови та роботи

Комп'ютерних мереж. Статті про дослідження застосування передачі

відеоданих в комп'ютерних мережах.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

4.1. Що таке передача даних

4.2. Управління помилками на основі ретрансляції для інтерактивних відеододатків через інтернет

4.3. Комп'ютерна мережа

- 4.4. Програмне забезпечення та протокол передачі даних
5. Перелік графічного матеріалу
- 5.1. Об'єкт, предмет, мета, новизна
- 5.2. Актуальність
- 5.3. Фізичний шар
- 5.4. Розмір вікна одного TCP-з'єднання
- 5.5. Ілюстрація синхронізації годин
- 5.6. Принципи руху за розкладом
- 5.7. Сценарій з громадськими відповідачами
- 5.8. Сценарій стихійного лиха
- 5.9. Фізична архітектура мережі доступу з віддаленим широкомовним PON
- 5.10. Масштабованість архітектури оптичного комутатора та графа підключення як функція кількості вузлів у MAN
- 5.11. Вартість оптичних послуг на основі потоку з оптичним перемиканням в MAN та без/з дистанційно накачуваними підсиленими PON
- 5.12. Перелік публікацій
6. Дата видачі завдання 12.10.2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір джерел інформації	08.11.21	
2	Постановка задачі	11.11.21	
3	Написання роботи	25.11.21	
4	Висновки	06.12.21	
5	Підготовка демонстраційного матеріалу	10.12.21	
6	Попередній захист роботи	21.12.21	
7	Пред'явлення роботи в деканат	24.12.21	

Студент

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

\_\_\_\_\_

( підпис )

Грабовецький Н.В.

(прізвище та ініціали)

Лемешко А.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи 61 с., 21 рис., 20 джерел:

### КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ, ВІДЕОДАНІ, ETHERNET, MAN, WAN, PON

Об'єкт дослідження – дослідження методів збільшення швидкості передачі даних у сучасних комп'ютерних мережах.

Предмет дослідження – збільшення швидкості передачі даних в сучасних комп'ютерних мережах.

Мета роботи – дослідження та знаходження способів оптимізації системи для удосконалення функціонування.

Методи дослідження – аналіз існуючих специфікацій, аналіз існуючих систем перевірки, розробка додатку та його порівняння з існуючими аналогами.

Новизна: нові архітектури для потокової передачі/маршрутизації оптичних мереж для оптимізації їх функціонування, та збільшення ефективного спільного використання MAN/WAN.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>1. ЩО ТАКЕ ПЕРЕДАЧА ДАНИХ? .....</b>	<b>10</b>
1.2 Опис передачі даних .....	10
1.3 Значення мереж доставки контенту в передачі даних .....	11
1.4 Швидша передача даних .....	12
1.5 Трансферні тарифи.....	13
1.6 Великі дані .....	13
1.7 Чому передача даних настільки важлива для бізнесу .....	13
1.8 Мережні служби та багатошарова архітектура.....	14
1.9 Протоколи та рівні .....	16
1.10 Інтернет та мережі TCP/IP.....	18
1.11 Концепції передачі даних.....	20
1.12 Супутникові системи зв'язку.....	21
1.13 Інтелектуальні мережі.....	22
1.14 Цифрові системи .....	22
1.15 Моделювання захворювань і громадське здоров'я.....	23
1.16 Комутовані рішення ETHERNET для аудіо та відеозв'язку .....	23
<b>2. УПРАВЛІННЯ ПОМИЛКАМИ НА ОСНОВІ РЕТРАНСЛЯЦІЇ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІДЕОДОДАТКІВ ЧЕРЕЗ ІНТЕРНЕТ .....</b>	<b>29</b>
2.1 Підтримка нових додатків і послуг в мережах громадської безпеки LTE....	30
2.2 Спеціалізовані сценарії в надзвичайних ситуаціях суспільного характеру..	32
2.3 IPTV Архітектура .....	36
2.4 Характеристики передачі даних .....	37
2.5 Компоненти передачі даних.....	37
2.6 Представлення даних .....	38
2.7 Поток даних .....	40
<b>3. КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА .....</b>	<b>42</b>
3.1 Нові архітектури для потокової передачі/маршрутизації .....	47
3.2 Контроль неузгодженості часу .....	52

3.3 Інші системи бездротового зв'язку .....	53
3.4 Внутрішньоцентрові з'єднання, мережі та архітектури.....	54
3.5 Регенерація Оптичного Сигналу .....	59
<b>4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ..</b>	<b>60</b>
4.1 Програмне забезпечення для передачі даних.....	60
4.2. Протокол зв'язку.....	63
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>67</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>68</b>
<b>ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ).....</b>	<b>70</b>







## ВСТУП

Найближчими роками основними трендами розвитку технологій стануть швидкість і контент. Яким би ми не уявляли майбутнє — воно точно буде технологічним. Інновації можуть змінити до невпізнання і світ, і нас самих (можливо, не в кращу сторону). Однак з упевненістю можна сказати, що основна мета всіх винаходів — зробити наше життя комфортнішим. Передача відеоінформації стає все більш насущною для різних сфер життєдіяльності - телебачення, наукових досліджень, медицини, сучасних технологій дистанційного навчання та ін. Передача відеоінформації через мережу Інтернет є найважливішою складовою інформаційного потоку для багатьох сучасних мультимедійних додатків. При цьому передача відеоінформації в реальному часі висуває підвищені вимоги до ширини смуги частот, затримок передачі і допустимим втрат даних.

## **1 ЩО ТАКЕ ПЕРЕДАЧА ДАНИХ?**

Передача даних – це передача даних від одного цифрового пристрою до іншого. Ця передача відбувається через потоки або канали даних "точка-точка". Ці канали, можливо, раніше були у формі мідних проводів, але зараз набагато частіше є частиною бездротової мережі.

Як ми знаємо, методи передачі даних можуть стосуватися як аналогових, так і цифрових даних, але в цьому посібнику ми зосередимося на цифровій модуляції. Ця техніка модуляції зосереджена на кодуванні та декодуванні цифрових сигналів за допомогою двох основних методів паралельної та послідовної передачі.

Ефективність передачі даних значною мірою залежить від амплітуди та швидкості передачі несучого каналу. Обсяг даних, що передаються протягом певного періоду часу, є швидкістю передачі даних, яка визначає, чи можна використовувати мережу для завдань, які вимагають складних додатків із великим обсягом даних.

Перевантаженість мережі, затримка, працездатність сервера та недостатня інфраструктура можуть призвести до зниження швидкості передачі даних, що вплине на загальну ефективність бізнесу. Висока швидкість передачі даних має важливе значення для обробки складних завдань, таких як онлайн-трансляція та передача великих файлів.

### **1.2 Опис передачі даних**

Спілкування можна визначити як обмін інформацією між двома або більше тілами. В інженерії обмін інформацією відбувається не тільки між людьми, обмін інформацією відбувається також між машинами або системами. За останні роки важливість комунікації значно зросла. З появою мобільних телефонів із вбудованими послугами передачі даних, такими як SMS та перегляд веб-сторінок,

у всьому світі спостерігається безпрецедентне зростання використання голосових послуг.

Даними називають частину інформації, відформатовану особливим чином. Дані можуть існувати в різноманітних формах, таких як числа або текст на аркушах паперу, у вигляді бітів і байтів, що зберігаються в електронній пам'яті, або як факти, що зберігаються в свідомості людини. Строго кажучи, дані — це множина даних, єдина частина інформації. На практиці, однак, люди використовують дані як форму однини, так і множини слова. З точки зору електроніки дані - це цифровий біт або оцифрований аналоговий сигнал. Сигнали - це фізична величина, яка змінюється з часом.

Сигналом може бути напруга, яка пропорційна амплітуді повідомлення. Це також може бути послідовність імпульсів у волоконно-оптичному кабелі або електромагнітна хвиля, опромінена антеною. Коли ці сигнали передаються між двома або більше точками, ми говоримо, що дані передаються. Передача даних від джерела до місця призначення зазвичай відбувається через деякі засоби передачі, і це залежить від двох основних факторів; якість сигналу, що передається, та характеристики середовища передачі. Передача даних завжди використовується у формі електромагнітних хвиль, які поділяються на керовані електромагнітні хвилі та некеровані електромагнітні хвилі. Прикладами керованих хвиль є вита пара, коаксіальний кабель і оптичне волокно. Некеровані хвилі означають передачу електромагнітних хвиль, але вони не керуються як приклад поширення через повітря, вакуум і морську воду.

### **1.3 Значення мереж доставки контенту в передачі даних**

Високоякісна доставка веб-сайтів і програм у якомога більше місць по всьому світу вимагає інфраструктури та досвіду для забезпечення доставки з низькою затримкою, високою надійністю та високою швидкістю передачі даних.

Професійні мережі доставки контенту пропонують різноманітні переваги, включаючи безперебійне та безпечне розповсюдження вмісту кінцевим користувачам, незалежно від їхнього розташування. Мережі доставки контенту, такі як CDNetworks, зменшують навантаження на центральний сервер бізнесу, використовуючи складну систему вузлів, стратегічно розташованих по всьому світу, для доставки вмісту за рахунок більш ефективного використання мережевих ресурсів.

Більш висока швидкість перетворення даних покращує користувацький досвід і підвищує надійність. Вузькі місця — ознака того, що обсяг даних, що спрямовуються в мережевий ресурс, занадто великий для його обробки, — уникають за допомогою розумної маршрутизації з використанням адаптивних заходів для пошуку найкращих та найуспішніших шляхів у разі перевантаження мережі.

#### **1.4 Швидша передача даних**

FTP і HTTP є поширеними методами передачі файлів. FTP можна використовувати, наприклад, для передачі файлів або доступу до онлайн-архівів програмного забезпечення. HTTP – це протокол, який використовується для визначення того, як повідомлення не тільки визначаються, але й передаються. Він також визначає, які дії виконують веб-браузери та сервери, щоб реагувати на різноманітні команди.

HTTP-запити ідентифікуються як протокол без стану, тобто у них немає інформації щодо попередніх запитів. Провайдери пропонують обмежені рівні пропускної спроможності як для надсилання, так і для отримання даних, що може спричинити надмірне уповільнення, яке бізнес просто не може собі дозволити.

Мережа доставки вмісту, як-от CDNetworks, забезпечує передачу даних у 100 разів швидше, ніж методи FTP і HTTP, незалежно від того, чи передається це великий медіа-файл або декілька менших файлів.

## 1.5 Трансферні тарифи

Високі швидкості передачі даних необхідні для будь-якого бізнесу. Щоб визначити, як швидко дані передаються з одного розташування мережі в інше, дані вимірюються за допомогою швидкості передачі в бітах на секунду (bps). Пропускна здатність означає максимальну кількість даних, яку можна передати протягом певного проміжку часу. Однією з найперспективніших інновацій, впроваджених у контент-мережі, є Tbps (Терабіт за секунду), яку неможливо уявити до початку десятиліття, і вона може призвести до спілкування між пристроями майже в реальному часі.

CDNetworks пропонує пропускну здатність 50 Тбіт/с для забезпечення високоякісної передачі даних для доставки медіа та іншого вмісту великої ємності. CDNetworks передає та об'єднує дані, використовуючи декілька шляхів, щоб збільшити швидкість передачі даних.

## 1.6 Великі дані

За даними дослідників галузі, через зростання використання мобільних пристроїв, соціальних мереж і різноманітних датчиків обсяг даних, що використовуються щорічно, зріс на 40 відсотків.

Більш ніж будь-коли, інфраструктура високошвидкісної передачі даних потрібна підприємствам у кожній галузі для обробки постійно зростаючого обсягу вмісту, що передається з однієї точки в іншу.

## 1.7 Чому передача даних настільки важлива для бізнесу

Підприємства щодня засипаються великими обсягами даних, які стають все складнішими.

Мережі доставки контенту впровадили нові та вдосконалені технології для збільшення швидкості передачі даних із встановленими протоколами для захисту вихідної якості даних.

- Запатентовані протоколи можуть оцінити пропускну здатність і підвищити ефективність для швидкої повторної передачі та технології швидкого відновлення.
- За допомогою глобального балансування навантаження служби доставки вмісту, такі як CDNetworks, можуть отримати доступ до найближчих точок входу та виходу для джерела та призначення, використовуючи понад 1000 точок доступу (точок присутності), точки доступу з одного місця в Інтернет.
- Багатошляхова передача використовується для передачі та об'єднання даних, що значно підвищує швидкість.
- Шифрування даних і маскування IP-адреси джерела захищають дані як від відомих, так і від нових загроз.

## **1.8 Мережні служби та багатошарова архітектура**

Швидкість передачі послань швидко зростає. Оптичні канали можуть передавати зі швидкістю 10 Гбіт/с або більше на відстані приблизно 100 км. Більше того, за допомогою мультиплексування з поділом хвиль, або WDM, одне волокно може передавати велику кількість (від 16 до 64 комерційно, до 512 в лабораторії) таких швидких передач. Таким чином, між двома містами можлива лінія передачі зі швидкістю 1 Тбіт/с (дорівнює 1012 біт/с). Якщо в одному великому місті є сто тисяч користувачів, які одночасно активні, кожен користувач може в принципі отримати швидкість передачі 10 Мбіт/с, що більш ніж достатньо, як ми знаємо з нашого досвіду роботи з локальними мережами, які передають з такою швидкістю. Ця проста дискусія, схоже, виправдовує поширене переконання, що пропускну здатність є або скоро стане товаром у великій кількості.

Більш детальне вивчення мережевих операцій виявляє більш складну ситуацію. Хоча магістральна мережа побудована за допомогою оптичних волокон, багато каналів доступу все ще використовують мідний або загальний коаксіальний кабель, швидкість передачі якого порівняно повільна. Іншим, більш

тонким джерелом труднощів є те, що багато джерел трафіку даних є жадібними і намагаються заповнити доступну пропускну здатність, як ми пояснюємо, вивчаючи ТСР. Отже, збільшення пропускну здатності не усуває конкуренції за нього, а також затримок і втрат, які це тягне за собою. Крім того, щоб використовувати велику швидкість передачі оптичних каналів магістралі, комутатори, протоколи маршрутизації, транспортні протоколи та програми повинні бути покращені. Основна мета цієї книги — пояснити ці покращення.

Багато мереж надають транспортні послуги. Поштова система, послуги якої включають передачу листів і посилок, є знайомим прикладом. Послуги поштової системи розрізняються за якістю: є рекомендована пошта, доставка по ночах, наземна пошта, пошта третього класу. Ці послуги складаються з основних транспортних послуг, таких як вантажний, залізничний чи повітряний транспорт. Поштова система використовує ці основні послуги для створення більш складних послуг, які купують її клієнти. Якщо ви надсилаєте лист поштою, система вибирає маршрут для його відправлення; поміщає лист з іншими, що йдуть тим же маршрутом, у більший контейнер; відвантажує контейнер, скажімо, повітряним транспортом; передає контейнер до поштового відділення поблизу пункту призначення за допомогою автотранспорту; і, нарешті, доставляє лист до пункту призначення, використовуючи ще одну послугу, а саме ручну доставку листівником.

Характеристики основних сервісів і продуктивності системи підсумовуються і вимірюються кількома параметрами: обсяг листів, які можна обробити за день або годину, швидкість доставки, частка втрачених листів. Значною мірою ці характеристики визначаються можливостями «технічного забезпечення» поштової системи: кількістю вантажівок, вагонів і літаків, які має поштова система; їх швидкості; маршрути, якими вони можуть користуватися; і так далі. Цими апаратними можливостями потім керують і контролюється «інтелектом» поштової системи — втіленим у апаратних чи програмних системах чи працівниках поштової системи — для виробництва більш складних послуг, що

пропонуються клієнтам. Природно, що характеристики базових послуг обмежують діапазон і якість складних послуг, які можуть бути забезпечені. Наприклад, якщо поштою користуються тільки залізничні та вантажні.

## 1.9 Протоколи та рівні

**Фізичний шар.** Фізичний рівень містить усі функції, необхідні для передачі бітового потоку через фізичний носій до іншої системи. На рис. 1.1 показано положення фізичного рівня до канального рівня та середовища передачі. Середовище передачі утворює чисту «бітову трубу» і не повинно жодним чином змінювати передані біти. Тепер передача «по проводу» може надсилати біти за допомогою надзвичайно складного перетворення, але мета полягає в тому, щоб дати можливість одержувачу відновити бітовий потік точно так, як надіслано. До даних канального рівня можна додати деяку інформацію у вигляді кадрів передачі, але вона використовується лише фізичним рівнем і самим середовищем передачі. У деяких випадках середовище передачі посилає постійний бітовий шаблон простою, поки його не переривають дані.

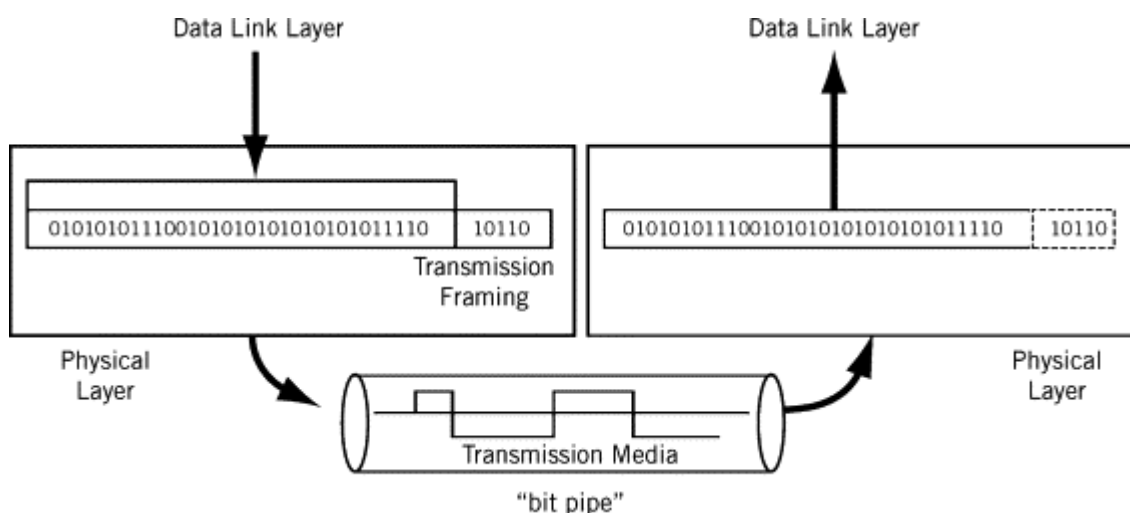


Рис. 1.1 – Фізичний шар. Біти кадрів передачі використовуються лише для цілей передачі медіа, наприклад низькорівневого керування

Специфікації фізичного рівня мають чотири частини: механічну, електричну або оптичну, функціональну та процедурну. Механічна частина



визначає фізичний розмір і форму самого роз'єму, щоб компоненти легко підключалися один до одного. Електрична/оптична специфікація визначає, яке значення напруги або стан лінії визначає, чи активний контакт або що саме представляє біт 0 або 1. Функціональна специфікація визначає функцію кожного контакту або відведення на роз'ємі (перший відвід – відправлення, другий – отримання тощо). Процедурна специфікація детально описує послідовність дій, які мають відбутися для надсилання або отримання бітів на інтерфейсі. (Для Ethernet активується пара відправлення, потім надсилається «преамбула» тощо.) Інтерфейси витої пари Ethernet від IEEE є поширеними реалізаціями фізичного рівня, який включає всі ці елементи.

Є й інші речі, які фізичний рівень повинен визначити або налаштувати для очікування.

Швидкість передачі даних — це кількість біт за секунду, які можна надіслати. Він також визначає тривалість символу на дроті. Символи зазвичай представляють один або кілька бітів, хоча існують схеми, в яких один біт представлений кількома символами.

Синхронізація бітів — відправник і одержувач повинні бути синхронізовані на рівні символів, щоб очікувана кількість бітів за одиницю часу була однаковою. Іншими словами, годинники відправника і одержувача повинні бути синхронізовані (хронометраж знаходиться в діапазоні мілісекунд або мікросекунд). На сучасних посиленнях інформація про час часто «відновлюється» з отриманого потоку даних.

Конфігурація — досі ми припускали прості зв'язки «точка-точка», але це не єдиний спосіб підключення систем. У багатоточковій конфігурації канал з'єднує більше двох пристроїв, а в топології багатосистемної шини/широкомовлення, наприклад, локальної мережі, кількість систем може бути дуже великою.

Топологія — пристрої можна розташувати кількома способами. У повній сітчастій топології всі пристрої під'єднані напряму і за один стрибок, але це

вимагає приголомшливої кількості зв'язків навіть для скромної мережі. Системи також можуть бути організовані як топологія зірки, причому всі системи доступні через центральну систему. Є також шина (всі пристрої знаходяться на спільній ланці) і кільце (пристрої з'єднані між собою, а останній з'єднаний з першим, утворюючи кільце).

Режим — досі ми говорили лише про одну з систем як відправника, а іншу як одержувача. Це робота в симплексному режимі, коли пристрій може лише відправляти або отримувати, наприклад, коли погодні датчики надсилають звіти на віддалену метеостанцію. Більш реалістичні пристрої використовують дуплексний режим, коли всі системи можуть надсилати або отримувати однаково. Це часто додатково розрізняють як напівдуплексний (система може надсилати й отримувати, але не одночасно) та повнодуплексний (одночасне надсилання та отримання).

### 1.10 Інтернет та мережі TCP/IP

**Налаштування вікна в TCP.** Швидкість передачі джерела TCP залежить від розміру вікна. Нагадаємо, що розмір вікна — це максимальна кількість байтів, яку джерело може надіслати в наборі пакетів, для яких він не отримав підтвердження. Як ми пояснили, кінцевий комп'ютер надсилає підтвердження для кожного правильного пакета, який він отримує. Припустимо, що час з'єднання туди й назад дорівнює  $T$  секунд. Тобто  $T$  — це час від передачі пакета до отримання його підтвердження джерелом. Якщо розмір вікна дорівнює  $W$  байтів, то джерело надсилає  $W$  байтів за  $T$  секунд, а його швидкість передачі дорівнює  $W/T$  байт/с.

Для джерела є спокуса вибрати дуже велике значення для  $W$ , щоб збільшити його пропускну здатність. Однак це робить ймовірність того, що маршрутизатор не зможе передавати так швидко, як джерело. В ідеалі джерело має налаштувати розмір свого вікна, щоб воно отримувало свою справедливую частку швидкості передачі маршрутизаторів. Точне значення «справедливої частки» можна

обговорювати, але просте тлумачення полягає в тому, що якщо  $N$  з'єднань спільно використовують маршрутизатор, який є їх єдиним вузьким місцем і передає зі швидкістю  $C$ , то кожне з'єднання повинно мати можливість передавати зі швидкістю близькою до  $C/N$ . Було б дуже несправедливо, якби деякі з'єднання могли передавати набагато більшу швидкість, ніж інші. Крім того, якщо розміри вікон занадто малі, то підключення не використовують переваги з'єднання. Підводячи підсумок, ми бачимо, що цілі механізму налаштування вікон полягають у справедливому та ефективному розподілі посилань між з'єднаннями.

Механізм налаштування вікна TCP починається зі збільшення розміру вікна експоненціально швидко, щоб «виявити» доступну швидкість передачі. Коли джерело не отримує підтвердження, воно підозрює, що маршрутизатор скинув пакет, і зменшує розмір свого вікна на 50%. З цього моменту джерело збільшує розмір свого вікна на одну одиницю кожного разу назад. Далі алгоритм продовжується, як і раніше. Рис. 2.1 показує результуючу еволюцію розміру вікна підключення, яке проходить через маршрутизатор, припускаючи, що це єдине активне з'єднання.

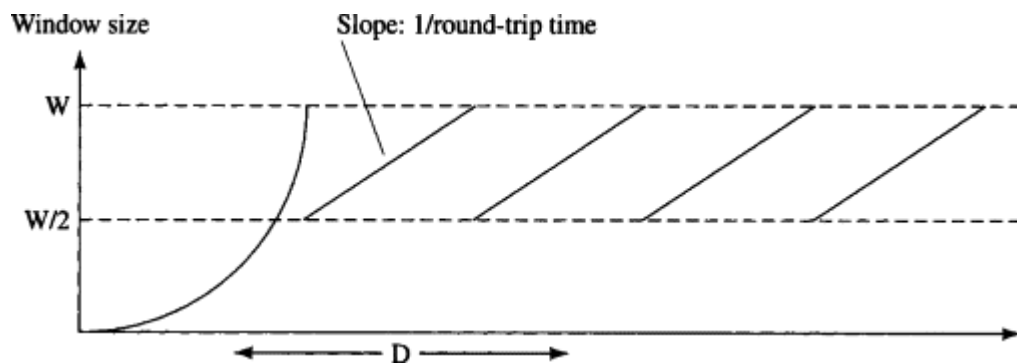


Рис. 2.1 – Розмір вікна одного TCP-з'єднання, що проходить через один маршрутизатор

З цього простого графіка можна зробити наступні висновки. По-перше, зв'язок з малим часом в обидва боки набагато агресивніший, ніж з великим. Отже, якщо з'єднання з різним часом переходу в обидва боки спільно використовують маршрутизатор, з'єднання з меншим часом переходу в обидва боки, швидше за все, захоплять більшу частину ємності каналу. По-друге, зверніть увагу на те, що

ТСР втрачає приблизно один пакет кожні  $D = TW/2$  секунди, де  $T$  – час обертання назад (див. малюнок). За  $D$  секунд з'єднання надсилає приблизно  $W/2 + (W/2 + 1) + \dots + 2W/2 \approx 3W^2/8$  одиниць. Припустимо, що одна одиниця складає  $K$  середніх пакетів. Таким чином, якщо позначити  $R = 3KW^2/8D = 3KW/4T$  пропускну здатність з'єднання (у пакетах/с) і  $L = 1/(3W^2/8) = 8/3W^2$  його швидкість втрат, то ми знайдемо, що

$$R = \frac{1.25K}{T\sqrt{L}}, \quad (1.1)$$

Ця тотожність показує, що пропускна здатність обернено пропорційна квадратному кореню з коефіцієнта втрат. Це спостереження іноді використовується, щоб визначити, чи є запропонований протокол «дружнім до ТСР». Якщо пропускна спроможність протоколу більша, ніж у ТСР для тієї ж швидкості втрат, тоді вирішується, що протокол не є ТСР-дружнім, що означає, що він захоплює несправедливо велику частину пропускну здатності маршрутизатора. Звичайно, таке підсумкове судження нехтує ефектом взаємодії між протоколами. Що ще важливіше, він вирішує, що протокол, який є «кращим», ніж ТСР, не є бажаним.

Зверніть увагу також на те, що якщо посилання від місця призначення до джерела повільне, то це може обмежити швидкість, з якою одержувач може підтвердити пакети, що, у свою чергу, обмежує швидкість, з якою джерело може надсилати пакети.

Коли канал з шумом (наприклад, бездротовий) скидає пакети через помилки передачі, ТСР сповільнюється, оскільки припускає, що втрати пов'язані з перевантаженням. Як наслідок, продуктивність ТСР дуже низька, коли посилання є шумними.

### 1.11 Концепції передачі даних

**Максимальна швидкість передачі даних.** Деякі фактори можуть обмежити максимальну швидкість передачі системи передачі. Теорема Найквіста

визначає максимальну швидкість передачі даних для умов безшумності, тоді як теорема Шеннона визначає максимальну швидкість передачі даних за умови шуму.

Теорема Найквіста стверджує, що сигнал із смугою пропускання  $B$  можна повністю відновити, якщо використовувати  $2B$  вибірки в секунду. Далі теорема стверджує, що:

$$R_{max} = 2B \log_2 M \quad (1.2)$$

де  $R_{max}$  – максимальна швидкість передачі даних, а  $M$  – дискретні рівні сигналу.

Наприклад, якщо система передачі, як телефонна мережа, має пропускну здатність 3000 Гц, то максимальна швидкість передачі даних  $= 2 \times 3000 \log_2 2 = 6000$  біт/с (біт/с).

Теорема Шеннона визначає максимальну швидкість передачі даних наступним чином:

$$R_{max} = B \log_2(1 + S/N), \quad (1.3)$$

де  $S$  - потужність сигналу, а  $N$  - потужність шуму.

Наприклад, якщо система має смугу пропускання  $B = 3$  кГц з якістю лінії передачі 30 дБ, то максимальна швидкість передачі даних  $= 3000 \log_2(1 + 1000) = 29,904$  біт/с.

### 1.12 Супутникові системи зв'язку

**Багатопротенева антена.** Для досягнення вищої швидкості передачі даних необхідні більш високі EIRP, G/T і частоти. Оскільки ширина променя антени стає вужчою, коли антени з великою апертурою, що працюють на більш високих частотах, використовуються для збільшення EIRP і G/T, для покриття глобальних областей потрібна велика кількість променів. У запропонованих системах Q/V-діапазону буде встановлено кілька десятків точкових променів з розміром променя менше  $1^\circ$ . Супутник NASA ACTS має стрибкові промені з шириною променя  $0,3^\circ$  і керований промінь із шириною променя  $1^\circ$  в діапазоні Ka.

Гігабітний супутник CRL має точкові промені для сканування з використанням активних фазованих антенних решіток Ka-діапазону.

### 1.13 Інтелектуальні мережі

**Затримка передачі.** Затримка передачі  $t_m$  залежить від швидкості передачі  $R$ , довжини повідомлення  $M$  та затримки доступу до каналу  $t_{ca}$ . Wireless Fidelity (WiFi)6 пропонує високі швидкості передачі, але затримка доступу до каналу залежить від «прослуховування перед розмовою» з характеристиками затримки рандомізованого доступу. Нова концепція радіо 5G також має високу швидкість передачі даних, як пояснювалося раніше, але на відміну від WiFi6, вона використовує доступ до середовища на основі резервування, що позитивно вплине на затримку. Доступ до середовища на основі резервування може гарантувати, що користувачі матимуть певний часовий інтервал для передачі. Це контрастує з механізмами випадкового розподілу в WiFi6, де численні зіткнення через процес рандомізації можуть призвести до великих затримок. Тому, якщо в певних сценаріях потрібна нестохастична, детермінована межа затримки, WiFi6 не підійде. Для величезної кількості датчиків затримка доступу до каналу для WiFi6 різко збільшиться. Якщо інформація про датчики розріджена, тобто вони належать одній руці або тілу, можна використовувати стиснене зондування, щоб швидко зчитувати їх. Концепція стисненого зондування може бути реалізована в мережі за допомогою концепції NFV. Для мережевих сенсорних мереж, а також для стійкого зв'язку з кодуванням із низькою затримкою можна використовувати мережеве кодування. Ця технологія також може бути реалізована за допомогою концепції NFV.

### 1.14 Цифрові системи

Порівняйте наступні дві системи зв'язку, знайшовши їх відповідні швидкості передачі (або пропускну здатність каналу)  $C$ . Система (a):  $B_{ch} = 5$  кГц і  $SNR_{dB} = 50$  дБ. Система (b):  $B_{ch} = 15$  кГц і  $SNR_{dB} = 17$  дБ.

Щоб використати для швидкості передачі, нам спочатку знадобиться SNR, для системи (а) дорівнює  $SNR = 1050/10 = 100\,000$ . Тоді  $C = 5 \text{ кГц} \cdot \log_2 100\,000 = 5 \text{ кГц} \cdot 16,7 = 83,3 \text{ кбіт/с}$ . Для системи (b) отримуємо  $C = 15 \text{ кГц} \cdot \log_2(1017/10) = 15 \text{ кГц} \cdot 5,7 = 85 \text{ кбіт/с}$ . Отже, обидві системи, навіть якщо вони істотно відрізняються, мають приблизно однакову пропускну здатність каналу.

### 1.15 Моделювання захворювань і громадське здоров'я

**Висновки: Контроль.** Результати вказують на те, що зниження швидкості непрямої передачі в моделі SISE могло б мати більший вплив на контроль поширення хвороби, порівняно з видаленням між переміщеннями стада. Хоча цей приклад ілюструє цікаві особливості зменшення поширення хвороби, ймовірно, існують інші шляхи передачі, наприклад, локальне поширення серед проксимальних стад, які слід включити в модель для досягнення більш повного розуміння складного процесу поширення. Тим не менш, цей короткий приклад слугує шаблоном для використання обчислювальної системи SimInf під час реалізації великомасштабних моделей поширення захворювань на основі даних та вивчення варіантів контролю.

### 1.16 Комутовані рішення ETHERNET для аудіо та відеозв'язку в реальному часі

**Рішення Ethernet AVB.** Спочатку запропоноване як синхронізоване рішення для аудіо- та відео передачі живих середовищ, перемикування аудіо-відео (AVB) Ethernet було швидко розглянуто для використання в автомобільному секторі завдяки його здатності гарантувати зв'язок у режимі реального часу з пропускну здатністю 100 Мбіт / с. Робоча група IEEE 802.1, робоча група з мостики аудіо / відео, розробила вичерпний набір специфікацій AVB з метою надання надійної та низької затримки для синхронізованого потокового передавання аудіо відео.

**Фізичний та MAC шари.** AVB - це рішення, засноване на Ethernet (IEEE 802.3) для передачі потоків аудіо та відео. Він включає шари 1 і 2 еталонної

моделі OSI (Open Systems Interconnection), тобто фізичний рівень та рівень управління доступом до медіа (MAC).

Замість використання класичного неекранованого кабелю крученої пари (UTP) Ethernet з чотирма парами, виробники автомобілів пропонують використовувати неекрановані кручені одно парні кабелі, що дозволяє з'єднати всі компоненти автомобіля за допомогою більш легких та економічно вигідних проводів, тому економлячи вагу та простір внутрішньо транспортних мереж. Запропоновано нові технології, що дозволяють одночасно здійснювати операції передачі та прийому (тобто повнодуплексні) на одно парному кабелі. Наприклад, автомобільний Ethernet стандарт BroadR-Reach, розроблений виробником мережевого обладнання Broadcom, реалізує повний дуплексний зв'язок на основі одно парних кабелів, пропускна здатність яких досягає 100 Мбіт / с. Цей стандарт (також відомий як 100BASE-T1) був пізніше стандартизований IEEE 802.3 IEEE 802.3bw-2015. Він викликає великий інтерес з боку декількох груп інтересів, включаючи OPEN Alliance SIG, який формується декількома автомобільними та обладнанням, показуючи, великий потенціал бути широко прийнятим в автомобільному Ethernet як стандарт підключення.

Однак, як зазначено, пропускна здатність 100 Мбіт / с, гарантована BroadR-Reach, може нести лише стислі відеопотоки. Необхідність Ethernet з більшою пропускною здатністю вирішила дослідницька група IEEE зі зменшеною крученою парною гігабітовою мережею Ethernet (RTPGE). Метою дослідження є модифікація дієвого стандарту IEEE 802.3, щоб підтримувати Ethernet 1 Гбіт / с на менше трьох скручених мідних парах і, таким чином, витратити використання Ethernet в автомобільній мережі як мережу зв'язку.

Специфікації AVB складаються з таких стандартів IEEE:

- IEEE 802.1AS - синхронізація та синхронізація для чутливих до часу додатків;
- IEEE 802.1Qat - протокол резервування потоку (SRP);



– IEEE 802.1Qav - поліпшення переадресації та черги для потоків, чутливих до часу;

– IEEE 802.1BA - Системи мостів для аудіо-відео.

### Сімейство стандартів Ethernet AVB:

– **gPTP IEEE 802.1AS.** IEEE 802.1AS - це стандарт синхронізації, заснований на IEEE 1588. IEEE 1588 стандартизував використання часових позначок фізичного рівня, щоб досягти точності в часі на рівні субмікросекунди. Мітка часу, заснована на події фізичного рівня синхронізації: початок кадру, використовується для вимірювання та обчислення затримок мережі.

IEEE 802.1AS - це специфічний профіль IEEE 1588 з меншою кількістю параметрів і розширеними параметрами фізичного рівня. Розподіл часу IEEE 802.1AS обробляється на основі ієрархічної архітектури тактових годин, де головний годинник періодично розподіляє "точну часову позначку", наприклад, кожні 100 мс двома можливими способами. Перший називається двоступеневим повідомленням, що спочатку надсилається кадр синхронізації Sync, а потім слідує кадр FollowUp, який використовується для розміщення часової позначки кадру Sync. Ілюстрація двоетапного обміну повідомленнями наведена на рис. 3.1. У момент  $t_1$  кадр синхронізації надсилається з головного годинника, а час його відходу  $t_1$  надсилається в межах кадру FollowUp. Другий спосіб вимагає лише одного кроку, який вимагає, щоб фізичний рівень вставив позначку часу в кадр синхронізації, що передає, «на льоту». У цьому випадку фрейм FollowUp більше не потрібен.

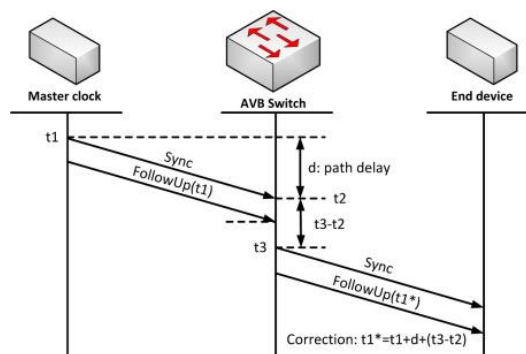


Рис. 3.1 – Ілюстрація синхронізації годин

Кожен не провідний міст передає кадр синхронізації, а також наступний кадр (якщо такий є) з полем корекції наступного мережевого обладнання до кінцевого пристрою, який є веденим в процесі синхронізації. Цей тип мосту називається прозорим годинником. Поле корекції використовується для зберігання інформації про накопичену затримку Висхідного тракту і затримці перемикавання, споживаної мостом для пересилання кадру синхронізації в вихідний порт. Синхронізація кадрів приймається на комутаторі AVB, транспортному тактовому пристрої, в момент часу T2 після виникнення затримки шляху d на лінії зв'язку між головними годинами та комутатором AVB. Синхронізація кадрів потім передається на кінцевий пристрій в момент часу T3. Комутатор AVB обчислює корекцію, додаючи затримку шляху d і затримку перемикавання ( $t3-t2$ ), а потім відправляє її в поле корекції наступного кадру як  $t1^*$ . У кожному кінцевому пристрої Скоригований час обчислюється сумою вихідної часової мітки, розподіленої по провідних годинах, полю корекції та затримці Висхідного шляху. Кожна пара мостів вимірює затримку шляху З'єднання Ethernet між ними.

Для того щоб отримати кращу гарантію на точність синхронізації годин, управління тактовими кадрами (Sync, FollowUP і ін.) може бути відправлений в VLAN з більш високим пріоритетом на основі IEEE 802.1 Q.

**Стандарт IEEE802.1Qat SRP.** IEEE 802.1 Qat SRP надає он-лайн механізм резервування потоку, заснований на протоколі реєстрації декількох потоків (MSRP). Розмовник, кінцева станція, яка є джерелом потоку, надсилає запит SRP (також називається оголошенням) слухачеві, кінцевій станції призначення, яка є одержувачем потоку. Кожен міст уздовж шляху поширює запит і резервує необхідний ресурс, наприклад смугу пропускання. Якщо ресурс уздовж шляху може гарантувати передачу потоку з необхідною якістю обслуговування, то слухач, запитувач прикріплення до потоку, підтвердить запит, відправивши назад оголошення відповіді SRP із зазначенням "слухач готовий". В іншому випадку він відправляє мовцеві оголошення відповіді "слухач запитує невдало". Зверніть увагу, що один і більше слухачів можуть приєднуватися до одного потоку, що вказує на багатопотоковий зв'язок.

IEEE 802.1 Qat SRP - це протокол динамічного розподілу ресурсів. Як тільки потік більше не потрібен і не створюється, слухач або мовець може видати повідомлення SRP, щоб відкликати необхідне оголошення ресурсу, і тому ресурс може бути звільнений і перерозподілений іншим потокам на вимогу.

**IEEE 1722.** IEEE 1722-це транспортний протокол рівня 2 AVB, також званий AVTP. Він дозволяє здійснювати взаємозамінну потокову передачу через мости, визначаючи медіа-формати та інкапсуляції, механізми синхронізації медіа, а також протокол розподілу адрес багатоадресної розсилки потоку (MAAP). Він вимагає, щоб усі пристрої надсилання, прийому або пересилання поточкових даних підтримували послуги, що надаються IEEE 802.1 AS для синхронізації, а також IEEE 802.1 Qat SRP і 802.1 Qav для забезпечення якості обслуговування (QoS).

IEEE 1722 підтримує необроблені і стислі формати аудіо/відео даних додатків, що використовують ІЕС 61883. Кожен потік має унікальний ідентифікатор і може передаватися від мовця до одного або декількох слухачів на основі багатоадресної адреси, виділеної MAAP. Слухачі можуть бути пристроями рендеринга, такими як багато дисплейні (складові) екрани.

Кожен потік даних інкапсулюється в стандартний кадр Ethernet Layer 2 зі вставленим часом подання. Час презентації - це час, протягом якого ці дані аудіо/відео потоку повинні бути представлені на цільових пристроях. Саме мовець відповідає за установку часу презентації, додаючи затримку передачі worstcase даних до обраного часу відповідно до IEEE 802.1 AS clock. Ґрунтуючись на синхронізованому часу презентації, всі пристрої рендеринга відтворюють потік одночасно.

IEEE 1722 також підтримує чутливий до часу потік управління від польових шин, наприклад CAN, FlexRay і LIN, які підключені до AVB Ethernet через шлюз.

**Еволюція: Ethernet TSN.** У разі сильно обмежених за часом потоків потік навіть з найвищим пріоритетом може страждати від неперехідної затримки в кожному відвідуваному комутаторі. Ця неперехідна затримка відповідає випадку, коли кадр з низьким пріоритетом тільки почав відправлятися до прибуття кадру з високим пріоритетом. Оскільки передача кадру не є попереджувальною, кадр з

високим пріоритетом повинен чекати закінчення передачі кадру з низьким пріоритетом. Прикладом додатків, що вимагають детермінованого зв'язку з малими тремтіннями в контексті автомобільних додатків, є програми управління, в яких передані дані використовуються для подачі параметрів контурів управління, що мають вирішальне значення для безпеки автомобіля. Ці кадри, що несуть контрольні дані, передаються за повторюваним графіком часу. Несвоєчасне постачання таких кадрів може призвести до нестабільності, неточності або збою в роботі відповідних контурів управління. У контексті автономних транспортних засобів управління траєкторією руху автомобіля за допомогою камер буде ставати все більш важливим.

Забезпечення передбачуваної передачі відео, знятого камерами, може стати критично важливим, наприклад, для виявлення перешкод або виявлення аномальних ситуацій.

Time-Sensitive Networking (TSN) - це набір стандартів, що розробляються цільовою групою Time-Sensitive Networking робочої групи IEEE 802.1. Мета Ethernet TSN полягає в тому, щоб забезпечити рішення для передачі критично важливого за часом керуючого трафіку з іншими класами трафіку в тій же мережі, за умови, що таке змішування може бути досягнуто, все ще задовольняючи вимогам часу критичного трафіку.

Критичний за часом трафік - це запланований трафік, що відправляється в захищені вікна фіксованих розмірів. Періодична структура захищених вікон повинна бути визначена на кожному комутаторі таким чином, щоб будь-який критичний потік часу міг бути обов'язково заблокований тільки іншим критичним трафіком часу. Перед будь-яким захищеним вікном встановлюється захисна смуга тривалістю, рівній передачі кадру з максимальною корисним навантаженням. Захисна смуга може використовуватися тільки некритичними кадрами. Некритичний за часом кадр не може почати свою передачу в охоронній смузі, а може тільки завершити її. Це потенційно призводить до введення часу простою в передачі кадрів для збереження запланованих вікон. На рис.3.2 показаний

приклад двох періодичних шаблонів, встановлених на двох комутаторах SW1 і SW2 з відповідними захищеними вікнами.

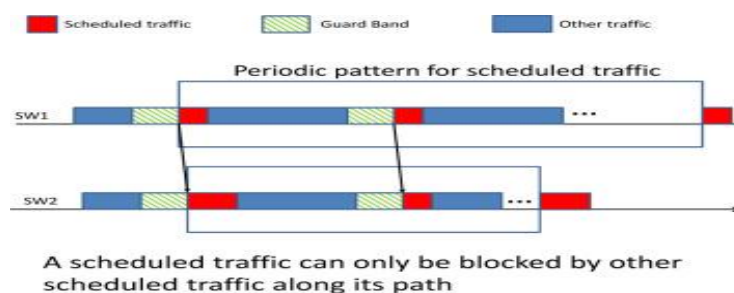


Рис 3.2 – Принципи руху за розкладом.

**Відео технологія, неекранована кручена пара.** У 1990-і роки в моду увійшла передача UTP-відео. Цей метод використовує передавач на камері та приймач на моніторі з двома скрученими мідними проводами, що з'єднують їх. Кілька причин для його зростаючої популярності полягають в тому, що:

1. він може використовуватися на великих відстанях, ніж коаксіальний кабель;
2. він використовує недорогий провід;
3. у багатьох місцях вже встановлена двопровідна кручена пара;
4. він використовує недорогий передавач і приймач;
5. він має більш високу електричну перешкодозахищеність в порівнянні з коаксіальним кабелем.

UTP за допомогою складного електронного передавача і приймача може передавати відеосигнал на 2000-3000 футів.

## **2 УПРАВЛІННЯ ПОМИЛКАМИ НА ОСНОВІ РЕТРАНСЛЯЦІЇ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІДЕОДОДАТКІВ ЧЕРЕЗ ІНТЕРНЕТ**

Ретрансляція була відома як неефективна для інтерактивної передачі відео через Інтернет. У цій статті ця точка зору оскаржується шляхом представлення декількох схем управління помилками на основі ретрансляції, які можуть бути використані для інтерактивних відеододатків. Зокрема, схеми не вимагають будь-якого штучного збільшення часу управління і затримки відтворення, а тому

підходять для інтерактивних додатків. Вони використовують переваги циклу прогнозування руху, що використовується в більшості кодеків на основі компенсації руху. Виправляючи помилки в системі відліку, викликані більш ранньою втратою пакетів, схеми запобігають поширенню помилок. Оскільки для побудови поточного зображення опорна рамка створюється так, щоб на неї можна було посилатися набагато пізніше часу відображення опорної рамки, затримка відновлення втрачених пакетів може бути ефективно замаскована. Експерименти з передачі інтернет-відео показують чудову стійкість схем до помилок.

## **2.1 Підтримка нових додатків і послуг в мережах громадської безпеки LTE**

**Послуги для мереж громадської безпеки.** Вивчення передачі відео в реальному часі в аварійній ситуації має сенс з точки зору оптимізації мережі, оскільки це одна з найбільш вимогливих послуг, які можуть бути використані. Висока пропускна здатність, необхідна для передачі та прийому відео без заїкання, і низькі вимоги до затримки при передачі в прямому ефірі підсилюють можливості мережі інакше, ніж в інших служб, і тому будь-який розвиток в напрямку забезпечення цього типу зв'язку може бути легко переведено на інші, менш вимогливі типи послуг.

Різні події або надзвичайні ситуації вимагають різних підходів і ресурсів, наявних в мережі. У цьому розділі робиться спроба перерахувати загальні проблеми для мережевих операторів в різних надзвичайних ситуаціях, а потім конкретні характеристики деяких типів сценаріїв громадської безпеки, обговорюючи області, які повинні бути поліпшені в мережевій інфраструктурі. Потім представлені основні варіанти використання цього дослідження і платформа BlueEye.

**Загальні проблеми для сучасних технологій у надзвичайних ситуаціях.** Хоча, на перший погляд, існуючі технології радіодоступу (RAT), такі як LTE і WiFi, або їх комбінація, можуть бути використані для покриття комунікаційних потреб аварійного персоналу в таких випадках, необхідно застосувати ряд оптимізацій для забезпечення вимог систем громадської безпеки, зокрема

пріоритизації трафіку і забезпечення дотримання QoS в мережі, голосового і відеотрансляційного транспорту, багатоадресного зв'язку і т. д. Для забезпечення безперебійного зв'язку з конкретними вимогами QoS основними недоліками, виявленими в існуючих RAT, які використовуються в комерційних цілях, є наступні:

- неможливість програми запросити у мобільної мережі гарантовану пропускну здатність або профіль якості обслуговування. Попри те, що стандартні інтерфейси для запиту таких видів послуг існують в міжнародній специфікації радіосистем, на практиці вони сьогодні недоступні з ряду причин, включаючи технічні, експлуатаційні, управлінські та комерційні;

- у нашому вимогливому Кейсі була виміряна приголомшлива 5-секундна наскрізна затримка для інтерактивного симплексного відео та дуплексного аудіо, що поставило під загрозу можливість мати плавну і впорядковану розмову між двома сторонами, наприклад фельдшером в машині швидкої допомоги та медичною бригадою в лікарні.

Будь-яке розв'язання цих проблем повинно також включати механізми підготовки записів даних про стягнення плати (CDRs) для комерційних мереж або ризик зіткнутися з опором впровадженню таких послуг з боку операторів. Крім того, однією з найбільш важливих проблем, які необхідно враховувати при наданні послуг в області громадської безпеки, є надійність мережі. Було проведено кілька досліджень, які аналізують можливі атаки на мережі LTE. Наприклад, в роботі описуються методи зниження атак спуфинга LTE (введення проміжного мовлення стільникового зв'язку в канали управління для отримання відмови в обслуговуванні). Також були описані атаки перешкод, що складаються в генеруванні сигналу високої потужності для перешкод каналам управління. Розробка для надання нових послуг в мережі повинна також враховувати ці недоліки, особливо враховуючи делікатний характер трафіку агентства громадської безпеки.

Крім того, видається, що одним із привабливих сценаріїв для урядів є поєднання розгортання спеціалізованих мереж громадської безпеки зі спільним

використанням інфраструктури з комерційними мобільними мережами. Наприклад, щільні міські райони можуть бути підтримані першими, а сільські райони-другими. Для підтримки спільного використання інфраструктури необхідно провести додаткову роботу по ізоляції служб, з тим щоб забезпечити відсутність міжмережєвих ефектів. Процедури довільного доступу також повинні бути покращені, оскільки зіткнення преамбул матиме тенденцію до збільшення частоти не тільки через машинного трафіку, але і через збільшення трафіку через надзвичайні ситуації.

## **2.2 Спеціалізовані сценарії в надзвичайних ситуаціях суспільного характеру**

У цьому підрозділі описуються деякі додаткові застереження, з якими можуть зіткнутися засоби зв'язку з питань громадської безпеки в конкретних сценаріях.

**Події з розгортанням великого громадського відповідача.** У ці сценарії ми включаємо все, що завгодно, починаючи від промислових аварій і закінчуючи терористичними атаками або заворушеннями, ситуаціями, коли швидке розгортання аварійних служб очікується відразу після події. У цьому випадку відеозв'язок, який є моделлю для нашого дослідження, йде переважно вгору, тобто від Кінцевого Користувача, будь то поліцейський або пожежний, до центрального місця або штаб-квартирі, де ці відео об'єднуються та обробляються. З точки зору мережі, ці сценарії визначаються раптовим збільшенням використання мережі, зазвичай через випадкових перехожих поблизу інциденту, а потім додаванням трафіку аварійних служб поверх вже перевантаженої мережі.

Цей тип сценарію накладає на мережу два тягара. З одного боку, ресурси, доступні для висхідного каналу, обмежені реальною місткістю, розгорнутою в цьому районі, оскільки зазвичай саме низхідний канал оптимізується, оскільки це звичайний напрямок мережевого трафіку. З іншого боку, мережа повинна бути в змозі ідентифікувати та обробляти трафік, що надходить від персоналу громадської безпеки з більш високим пріоритетом, ніж інші користувачі,



підтримуючи політику найкращих зусиль для них або навіть скорочуючи або відключаючи неперіоритетний трафік, якщо періоритетний вимагає більшої пропускної здатності.

На рис 4.1 показаний загальний перший відповідач з усіма елементами мережі LTE. Як правило, необхідний зв'язок буде багатоадресним, і однорангові вузли зв'язку можуть перебувати в умовах високої мобільності (транспортні засоби), низької мобільності (персонал з синім світлом на місці) і відсутності мобільності (лікарні, командні центри і т.д.). Як вже згадувалося раніше, комунікаціям першого відповідача зазвичай доводиться конкурувати з рештою мережевим трафіком, який повинен забезпечувати якість обслуговування і пріоритизацію.

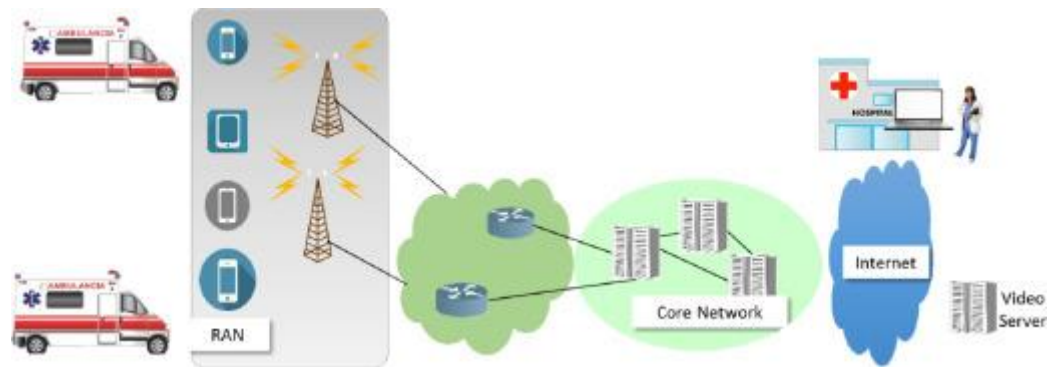


Рис 4.1 – Сценарій з громадськими відповідачами

На додаток до технологічних завдань, пов'язаних з виявленням і з'єднанням мереж різних операторів, наявних в зоні надзвичайної ситуації, необхідна співпраця між політичними та промисловими партнерами для визначення подій, в яких ці служби активуються, і для прийняття рішення про те, хто є кінцевою стороною, відповідальною за координацію засобів забезпечення безпеки.

**Стихійні лиха.** Землетруси, повені або великі градини мають ту ж структуру руху, що і попередній сценарій, з вибухом громадянського руху через кілька миттєвостей після події та подальшим додаванням даних аварійних служб, які повинні бути пріоритетними в порівнянні з будь-яким іншим типом зв'язку. На додаток до цих проблем, ці типи подій додають новий виклик мережі, оскільки стихійне лихо, як правило, зменшує фізичні ресурси, доступні для мережі. Вежі стільникового зв'язку більше не вирівняні зі своєю відповідним радіозв'язком або

навіть не падають з верхніх поверхів будівель, і в таких ситуаціях відключення є нормальним явищем; крім того, державні служби нерідко просять громадян відключити свої пристрої, щоб звільнити місце для аварійного руху.

На рис.4.2 показаний сценарій стихійного лиха; у цих типах сценаріїв зв'язок може бути фізично пошкоджена, тому може знадобитися швидке розгортання інфраструктури, використовуваної для підтримки зв'язку, або використання супутникового зв'язку, якщо Додатки схильні до затримок. Наприклад, використання безпілотних транспортних засобів може бути корисним для отримання інформації з областей, які недоступні (наприклад, через радіоактивність, пожежу тощо), але зв'язок повинен буде забезпечити йому спеціальне розгортання.



Рис. 4.2 – Сценарій стихійного лиха

Тим не менш, тип розгортання, який мережевий оператор повинен виконати, щоб гарантувати обслуговування в цьому типі сценарію, такий же, як і будь-яка інша високонадійна мережа, яка була детально вивчена раніше [EUR]. Це означає, що пріоритетна служба в режимі реального часу для надзвичайних ситуацій, про яку йде мова в цьому розділі, побудована поверх вже функціонуючої мережі, тому необхідний тип розгортання повинен бути таким же, як і для інших подій.

**Екстрене мовлення.** Очікується, що відеотрансляція з інформацією про безпеку для користувачів буде забезпечена за рахунок збільшення пропускної спроможності, яку забезпечать нові технології, такі як 5G. Вже існують системи, такі як бездротові аварійні сповіщення в Сполучених Штатах або європейська система громадського оповіщення в Європі [WIR, ETS], які використовують ширококомовний канал мережі для надання високо локалізованої інформації безпеки кінцевим користувачам, але вони використовують тільки низькошвидкісні SMS-повідомлення в комунікаціях.

Поява відеоповідомлень для даного виду зв'язку, як очікується, не викличе додаткових проблем в мережі крім нормального розвитку технології, так як в цьому випадку оператор контролює всі елементи стека і при необхідності може збільшити або в односторонньому порядку зменшити пріоритет всього іншого трафіку для забезпечення прийому цих повідомлень. Крім того, мовлення такого роду, швидше за все, буде односпрямованим від мережі до користувача, і без можливості відповіді вимоги до затримки для забезпечення зв'язку в реальному часі значно знижуються.

**Локалізовані аварійні служби.** Хоча сценарії, описані в попередніх підрозділах, є серйозними та складними для можливостей Мережі, вони також дуже рідкісні. Основною метою проекту Q4Health є надання можливості невеликим групам користувачів використовувати мережеві ресурси з гарантією обслуговування або, принаймні, з більш високим пріоритетом, ніж комерційні послуги, в ситуаціях, коли інша частина мережі працює належним чином. Приклад використання, навколо якого будується проект, — це випадок, коли швидка допомога реагує на невідкладну медичну допомогу, посилаючи аудіо-та відеозапис в лікарню, де медична бригада може рекомендувати різні методи лікування, що детально пояснюється в наступному розділі. Це, однак, лише один з багатьох сценаріїв, коли перші особи, відповідальні за реагування, повинні надати візуальну характеристику надзвичайної ситуації в віддалене місце.

На відміну від попередніх сценаріїв, у цих подіях не бракує мережі, і трафік перших відповідачів у надзвичайних ситуаціях повинен оброблятися поряд з

трафіком звичайних користувачів, хоча і з більш високими пріоритетами. Огляд апаратної платформи BlueEye, детально описаний в наступному розділі, супроводжується впровадженням компонентів SDN в основну мережу для забезпечення необхідної пріоритизації при мінімальному порушенні роботи мережі. Вона також включає в себе нові комунікаційні послуги, такі як груповий зв'язок, без необхідності спеціального обладнання ні від кінцевих користувачів, ні від мережі оператора.

### 2.3 IPTV Архітектура

**MPEG-4.** MPEG-4-це робочий алгоритм стиснення Інтернет-відео сьогодні, і він знаходить деяке застосування в супутниковій і кабельній передачі. MPEG - 4 також відомий як advanced video coding (AVC), або за його позначенням ITU, H. 264. Як правило, припустимо, що пропускна здатність становить 2 Мб / с для SD і 8 Мб / с для HD з використанням MPEG-4. Необов'язково поміщати пакети MPEG-4 в транспортний потік MPEG-2, перш ніж поміщати їх в пакети TCP або UDP. MPEG - 4 задається в якості формату декодування для програвачів Blu-ray. А що сталося з MPEG-3? Спочатку він повинен був стати компаньйоном високої чіткості для MPEG-2. Але люди виявили, що MPEG-2 був абсолютно компетентною системою декодування високої чіткості, тому MPEG-3 ніколи не розроблявся.

Ви побачите так звані HD-потоки, що передаються через Інтернет зі швидкістю приблизно від однієї чверті до половини наведених вище. Правда, ви можете це зробити, але необхідна кількість стиснення така, що хороший Відеоінженер буде сперечатися про те, що зображення дійсно HD. Нещодавно ми передали один такий потік досвідченому відеоінженеру з великим програмістом, і він описав його як "трохи краще, ніж SD, і широкий екран." Схоже, що це історія з великою кількістю того, що сьогодні в Інтернеті вважається "HD", але багато передплатників не знають різниці.

Деякі програмісти ОТТ виявляють пристрій, який використовується для прийому потоку, і посилають потік з роздільною здатністю (і швидкістю),

відповідним використовуваному пристрою. Таким чином, вони будуть посилати більш швидкий потік на STB, а набагато більш повільний — на телефон. Екран телефону настільки малий, що ви не побачили б більш високої роздільної здатності, якби могли помістити його в телефон. Люди будуть називати їх усі потоками "HD", тому що саме цього очікує публіка, і, чесно кажучи, багато хто не знає різниці.

## 2.4 Характеристики передачі даних

Ефективність будь-якої системи передачі даних залежить за наступними чотирма основними характеристиками:

1. Доставка: дані повинні бути доставлені правильно призначення та правильний користувач.
2. Точність: система зв'язку повинна передавати дані точно, без помилок. Дані можуть отримати пошкоджено під час передачі, що впливає на точність доставлені дані.
3. Своєчасність: аудіо- та відеодані повинні бути доставлені вчасно без затримок; така доставка даних називається передача даних в режимі реального часу.
4. Джіттер: це зміна часу прибуття пакета. Нерівномірний джіттер може вплинути на своєчасність передачі даних.

## 2.5 Компоненти передачі даних

Система передачі даних складається з п'яти компонентів показано на схемі нижче:

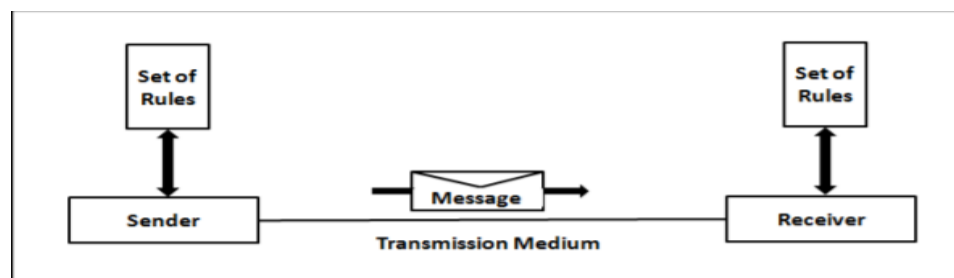


Рис.5.1. Компоненти системи передачі даних

## 1. Повідомлення

Повідомлення — це інформація, яку відправник має передати одержувачу.

## 2. Відправник

Відправником є будь-який пристрій, який здатний надсилати дані (повідомлення).

## 3. Приймач

Приймач - це пристрій, якому відправник хоче передати дані (повідомлення).

## 4. Середина передачі

Це шлях, по якому повідомлення проходить від відправника до одержувача. Він може бути дротовим або бездротовим, а також багато підтипів в обох.

## 5. Протокол

Це узгоджений набір або правила, які використовуються відправником і одержувачем для передачі даних.

Протокол – це набір правил, які регулюють передачу даних.

Протокол – це необхідність у передачі даних, без якої об'єкти, що спілкуються, схожі на двох осіб, які намагаються розмовляти один з одним іншою мовою, не знаючи іншої мови.

## **2.6 Представлення даних**

Дані – це збір необроблених фактів, які обробляються для отримання інформації.

Можуть бути різні форми, в яких дані можуть бути представлені. Деякі з форм даних, які використовуються в комунікації, є такими:

### 1. Текст

- Текст включає комбінацію алфавітів як у великому, так і в маленькому регістрі.

- Зберігається як шаблон бітів. Поширена система кодування: ASCII, Unicode

## 2. Числа

- Числа включають комбінацію цифр від 0 до 9.

- Зберігається як шаблон бітів. Поширена система кодування: ASCII, Unicode

## 3. Зображення

«Образ вартий тисячі слів» — дуже відомий вислів.

У комп'ютерах зображення зберігаються в цифровому вигляді.

- Піксель - це найменший елемент зображення. Простіше кажучи, зображення або зображення є матрицею елементів пікселя.

- Пікселі представлені у вигляді бітів. Залежно від типу зображення (чорний і білий або кольоровий) кожному пікселю знадобиться різна кількість бітів для представлення значення пікселя.

- Розмір зображення залежить від кількості пікселів (також називається роздільною здатністю) і бітового шаблону, який використовується для вказівки значення кожного пікселя.

- Приклад: якщо зображення є виключно чорно-білим (двоколірним), кожен піксель може бути представлений значенням 0 або 1, тому зображення, що складається з елементів 0 x 10 пікселів, потребує лише 100 біт пам'яті для збереження.

- З іншого боку, для зображення, яке містить сірий, може знадобитися 2 біти для представлення кожного значення пікселя (00 – чорний, 01 – темно-сірий, 10 – світло-сірий, 11 – білий). Таким чином, те саме зображення розміром 10 x 10 пікселів тепер потребує 200 біт пам'яті для збереження.

- Поширені формати зображень: jpg, png, bmp тощо

## 4. Аудіо

– Дані також можуть бути у формі звуку, який можна записувати та транслювати. Приклад: те, що ми чуємо по радіо, є джерелом даних або інформації.

– Аудіодані безперервні, а не дискретні.

## 5. Відео

– Відео – це трансляція даних у формі зображення або фільму.

## 2.7 Поток даних

Два пристрої взаємодіють один з одним шляхом надсилання та отримання даних.

Дані можуть передаватися між двома пристроями наступними способами.

1. Симплекс;
2. Напівдуплекс;
3. Повний дуплекс.

## Симплекс

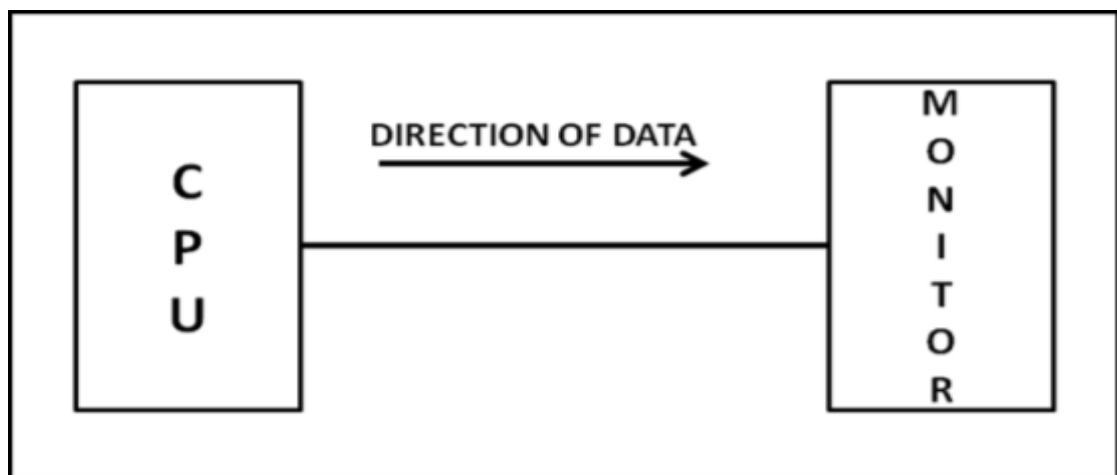


Рис 5.2 Симплексний режим зв'язку

- У Simplex комунікація односпрямована
- Тільки один із пристроїв надсилає дані, а інший лише отримує дані.



- Приклад: на діаграмі вище: процесор надсилає дані, а монітор отримує лише дані.

### Напівдуплекс

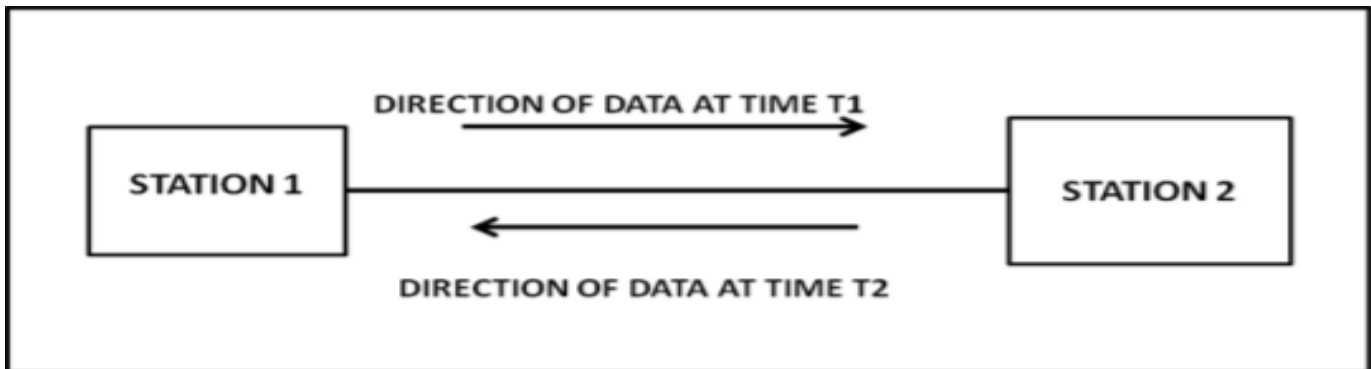


Рис 5.3 Напівдуплексний режим зв'язку

- У напівдуплексному режимі обидві станції можуть як передавати, так і приймати, але не одночасно.
- Коли один пристрій надсилає, інший може лише отримувати і навпаки (як показано на малюнку вище).
- Приклад: рація.

### Повний дуплекс

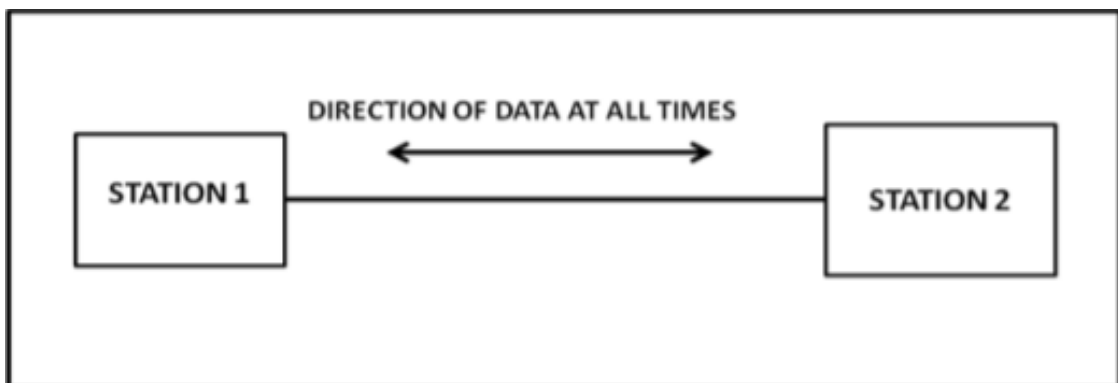


Рис.5.4 Повнодуплексний режим зв'язку

- У повному дуплексному режимі обидві станції можуть передавати та приймати одночасно.
- Приклад: мобільні телефони.

### 3 КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА

Комп'ютерна мережа - це взаємозв'язок двох або більше комп'ютерних систем з метою обміну даними. Комп'ютерна мережа - це система зв'язку, схожа на телефонну систему, будь-який підключений пристрій може використовувати мережу для надсилання та отримання інформації. По суті, комп'ютерна мережа складається з двох або більше комп'ютерів, з'єднаних один з одним, щоб вони могли спільно використовувати ресурси. Мережа виникла через необхідність своєчасного обміну ресурсами. Спільне використання дорогих периферійних пристроїв часто рекламується як головна причина створення мережі. Але це не достатня причина. Розглядаючи вигоду від спільного використання, ми знаходимо кілька вражаючих аргументів проти створення мережі. Завдяки доступнішим технологіям ми можемо легко виділити недорогі периферійні пристрої та не турбуватися про мережу. Настільні та портативні комп'ютери стають дешевшими, оскільки їх ємність збільшується. В результаті локальний жорсткий диск стає звичайним місцем і часто призначений для локального настільного комп'ютера або ноутбука. Флеш-накопичувачі та зовнішні жорсткі диски тепер мають достатньо місця для використання.

Якщо розглядати мережу як систему, вона має кілька вагомих аргументів на свою користь. У більшості випадків організації з кількома комп'ютерними системами повинні об'єднувати їх у мережу з таких причин:

1. Спільне використання периферійних пристроїв можна виправдати як «спільний ресурс», в результаті чого швидкість і якість покращуються, а середній час між відмовами (MTBF) збільшується. Спільний доступ у правильно розробленій мережі підвищує надійність усієї системи. Коли один пристрій виходить з ладу, інший готовий заповнити порожнечу під час ремонту.

2. Кращого часу відповіді можна досягти за допомогою мережі. Швидкість відповіді на запит є вирішальним фактором у обчисленні. Зрештою, більшість робіт, які виконує комп'ютер, можна виконати за допомогою олівця та паперу.

Коли ви купуєте комп'ютер, ви купуєте швидкість більше, ніж можливості. Кращий час відповіді через мережу жодним чином не гарантує. Насправді, неефективне використання мережі швидко призведе до неприпустимо поганої реакції. Проте елементи, необхідні для чудової продуктивності, є частиною більшості мереж. При правильному застосуванні комп'ютерна мережа буде більш ефективною, ніж автономні комп'ютери або мережеві термінали, і буде дорівнювати або перевищувати продуктивність автономного комп'ютера.

3. Периферійні пристрої, підключені до мережі, як правило, працюють швидше, ніж пристрої, призначені для автономних комп'ютерів. Пропускна здатність всієї локальної мережі значно перевищує швидкість автономного комп'ютера. Для багатьох додатків вузьким місцем є комп'ютер, а не мережа. Але оскільки локальна мережа за визначенням є системою з кількома процесорами, існує можливість розподілити навантаження обробки між кількома мікропроцесорами, що подібне до паралельної обробки. Можливо, ви не зможете прискорити сам комп'ютер, але ви можете прискорити результати.

4. При оцінці мережевої мережі часто упускають з уваги її організаційні переваги. Відділи, компанії, корпорації та установи – це організації, які передбачають взаємодію та командну роботу. Без мережі персональний комп'ютер був потужним, але ізольованим пристроєм. Його результати було важко інтегрувати в основне русло організації, тому його цінність була обмеженою. У деяких випадках ізольований персональний комп'ютер навіть створив серйозні загрози втрати даних.

Комп'ютерні мережі використовуються для передачі даних

Визначення:

Комп'ютерну мережу можна визначити як сукупність вузлів.

Вузлом може бути будь-який пристрій, здатний передавати або отримувати дані.

Комунікаційні вузли повинні бути з'єднані каналами зв'язку.

Обчислювальна мережа має забезпечити

- надійність процесу передачі даних;
- безпека даних;
- продуктивність завдяки досягненню більш високої пропускнуої здатності та меншого часу затримки.

## Категорії мережі

Мережі поділяються на категорії за розміром. Три основні категорії комп'ютерних мереж:

А. Локальні мережі (LAN) зазвичай обмежені кількома кілометрами. Це може бути приватна власність і може бути мережа всередині офісу на одному з поверхів будівлі або локальна мережа може бути мережею, що складається з комп'ютерів у всій будівлі.

LAN, скорочення від Local Area Network - це комп'ютерна мережа, що покриває невелику географічну зону з радіусом дії 1-5 км, наприклад, будинок, офіс, школа або група будівель, де є комп'ютери, сервери та периферійні пристрої, такі як принтери, сканери, проектори та інші компоненти зберігання. Дуже часто з'єднання між серверами здійснюються через кабелі Ethernet, і кінцеві пристрої взаємодіють один з одним через бездротове з'єднання, тобто Wi-Fi. Деякі з найбільш поширених протоколів локальної мережі є Ethernet, Token Ring і Fibre Distributed Data Interface, або FDDI, в той час 802.11a, 802.11b, 802.11g і 802.11n є найбільш застосовуваним бездротовим протоколом в даний час.

Локальні мережі призначені для спільного використання ресурсів між персональними комп'ютерами або робочими станціями. Ранні локальні мережі мали швидкість передачі даних від 4 до 16 мегабіт на секунду (Мбіт/с). Однак сьогодні швидкість зазвичай становить 100 Мбіт/с або 1000 Мбіт/с. Бездротові локальні мережі (WLAN) – це найновіша еволюція в технології локальних мереж.

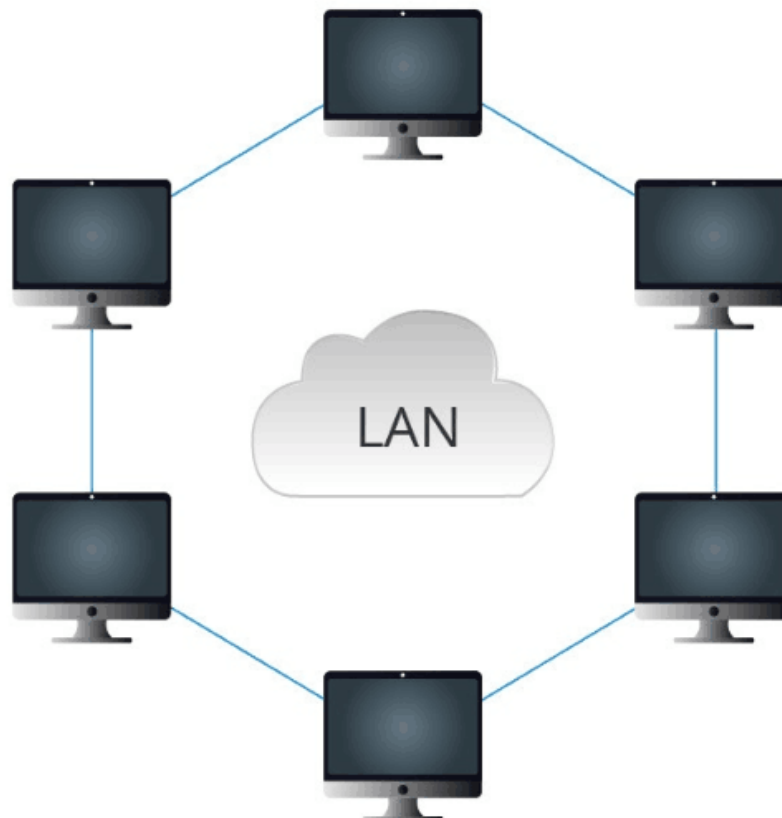


Рис 6.1 – Локальна мережа (LAN)

Глобальна мережа (WAN) складається з усіх мереж на (географічно) великій території. Мережа в усьому штаті Махараштра може бути WAN.

WAN (Wide Area Network – глобальна обчислювальна мережа) – це комп'ютерна мережа, яка охоплює великомасштабну географічну зону з діаметром близько 100-1000 км, тобто будь-яка мережа, чії лінії зв'язку комунікації перетинають столичні, регіональні чи національні кордони. Пристрої більш різноманітні, ніж застосовувані до інших типів, від маршрутизаторів до комутаторів, модемів міжмережєвих екранів і т. д. Такі компанії, як FS або інші світові організації, використовують WAN-з'єднання між своїми різними філіями за допомогою комунікації через мікрохвильові супутники. Деякі з найпоширеніших протоколів WAN, що використовуються в даний час, - Frame Relay, X-25, Integrated Services Digital Network або ISDN і протокол Point-to-Point або PPP.

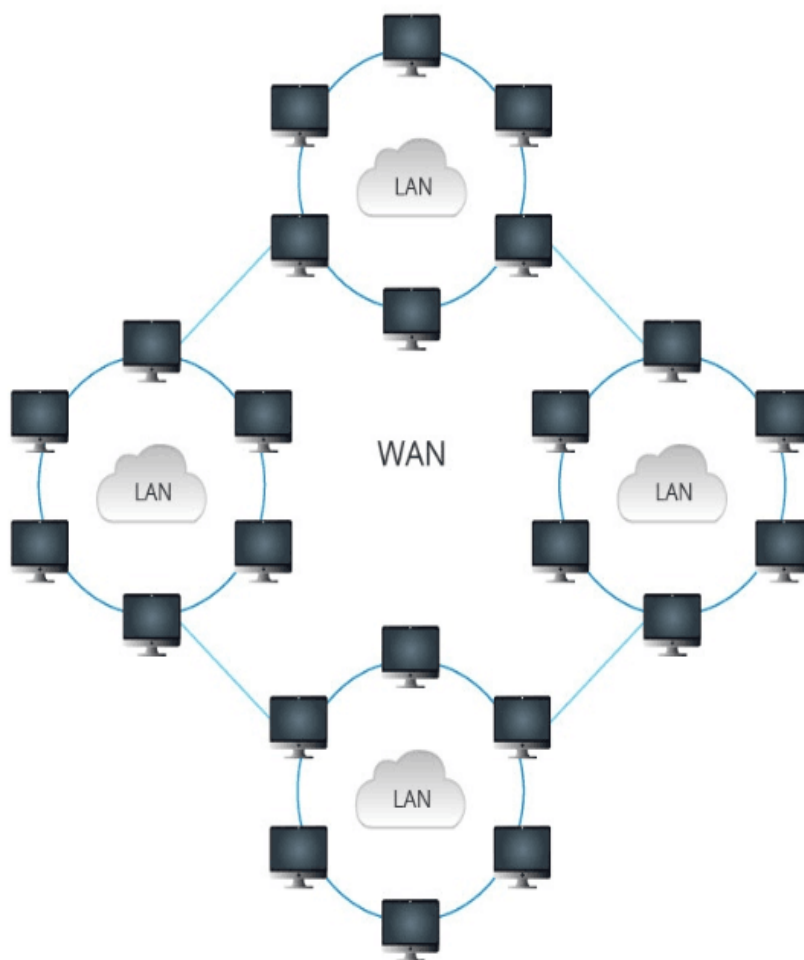


Рис 6.2 – Глобальна мережа (WAN)

С. Мережа столичного району (MAN) має розмір між LAN та WAN. Він більший за LAN, але менший за WAN. Він може охоплювати всю мережу в такому місті, як Мумбаї.

MAN (Metropolitan Area Network-міська обчислювальна мережа) часто використовується в містах та інших місцях на відстані 50-60 км. MAN - це високошвидкісні мережі сусідства, які підключають кілька локальних мереж до однієї великої мережі із загальним мостом. Цей міст називають магістральними лініями, які зазвичай встановлюються оптичним волокном підвищення швидкості передачі даних. Простіше кажучи, MAN може розглядатись як групу з однієї або декількох мереж LAN, з'єднаних разом через один кабель. RS-232, X-25, Frame Relay та ATM є звичайною практикою протоколу для зв'язку в MAN.

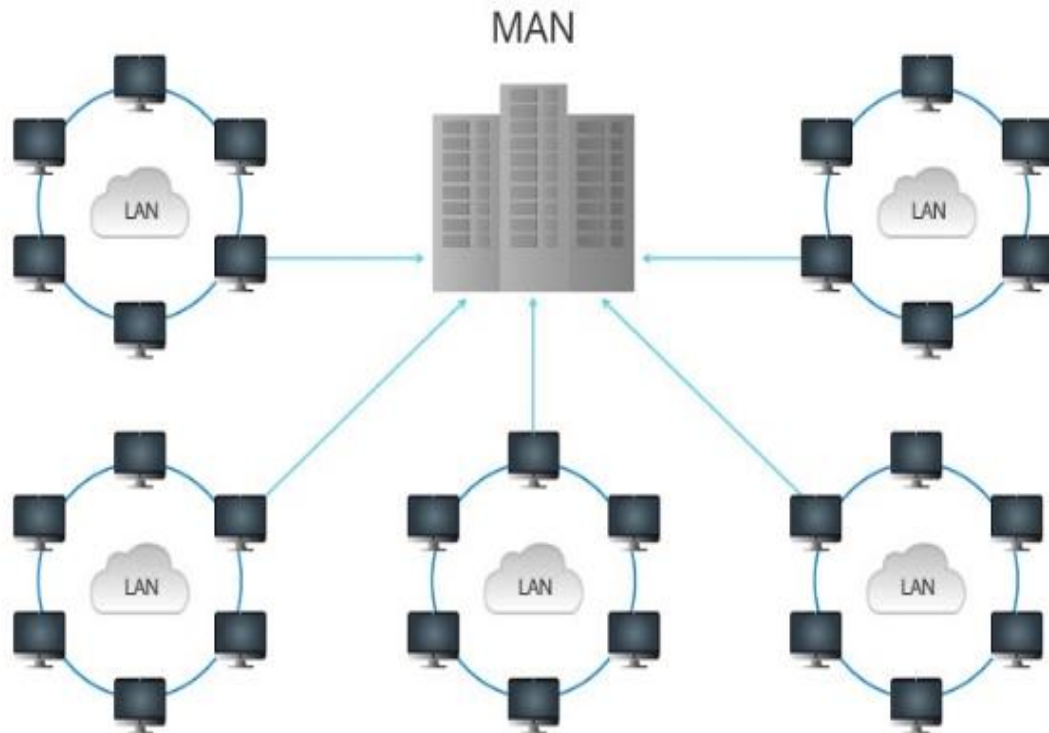


Рис 6.3 – Муніципальна мережа (MAN)

### 3.1 Нові архітектури для потокової передачі/маршрутизації в оптичних мережах

1. Мінімізуйте середню довжину світлового шляху з точки зору кількості пройдених оптичних вузлів і, таким чином, оптичних крос-з'єднань, ОХС6. У MAN будь-яку топологію підключеного волокна можна налаштувати на будь-яку топологію світлового тракту за допомогою ОХС та обхідних патч-панелей (за набагато нижчою ціною, ніж ОХС), якщо не потрібна гнучкість шляху. Щоб задовольнити потреби динамічного трафіку, фізична топологія повинна бути здатною реалізувати низку можливих топологій світлового шляху за допомогою алгоритмів маршрутизації та призначення довжини хвилі (RWA) за допомогою ОХС і налаштування трансивера.

2. Використання ербієвих підсилювачів із головною накачкою в мережах пасивного оптичного доступу (PON) для збільшення кількості користувачів у

групі широкомовної передачі для ефективного статистичного мультиплексування без перемикання кожного потоку вузлового обладнання.

3. Квазістатичні групи мовлення MAN, які коригуються на основі середньострокових тенденцій трафіку в часовому масштабі, щоб мінімізувати швидкі,  $<100$  мс, реконфігурації мережі на потік.

Через відсутність буферизації та оптико-електронно-оптичних (OEO) перетворень у внутрішніх мережах OFS, економічна життєздатність OFS значною мірою залежить від економічно ефективного розгортання повністю оптичних компонентів у метро та мережах доступу для здійснення оптичних агрегація даних — при дотриманні жорстких обмежень фізичного рівня, накладених архітектурою. У MAN реконфігурація через (дорогі) оптичні крос-з'єднання (ОХС) є економічно виправданою через велику кількість підтримуваних кінцевих користувачів; тоді як (менш дорогі) архітектури широкомовної передачі в поєднанні з резервуванням/плануванням довжини хвилі та часу підходять для мереж доступу, де кількість підтримуваних кінцевих користувачів значно менша. Для MAN міркування щодо довільних сітчастих мереж привели до висновку, що мережі, засновані на узагальнених графіках Мура з оптичними підсилювачами, що компенсують втрати ОХС, є найбільш ефективними.

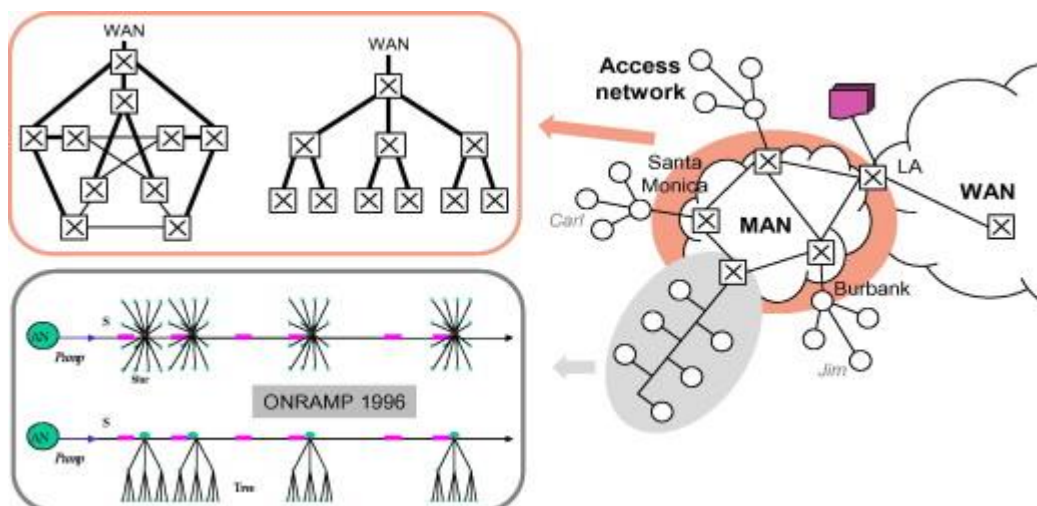


Рис.7.1 – Фізична архітектура мережі доступу з віддаленим широкомовним PON.

Рис. 7.2 підсумовує середню мінімальну відстань між усіма парами вузлів у мережі та діаметр мережі  $D$ , визначений як найдовший найкоротший шлях для



всіх пар вузлів. Очевидно, що це сильна функція ступеня  $\Delta$  мережі. Чим більше градус, тим коротшими будуть середня відстань і діаметр мінімального стрибка, а також менша кількість необхідних оптичних портів комутації. Очевидно, що деякі знайомі топології, такі як кільця та графіки Гамільтона, погано масштабуються з кількістю вузлів  $N$  у мережі. Більш складні топології, такі як графіки Shuffle-Net і deBruijn, які наближаються до теоретичної межі, відомої як межа Мура, вигідно масштабуються як  $\log N$ , залишаючи світлові шляхи короткими і, отже, використовують менше оптичних підсилювачів і оптичних комутаційних портів.

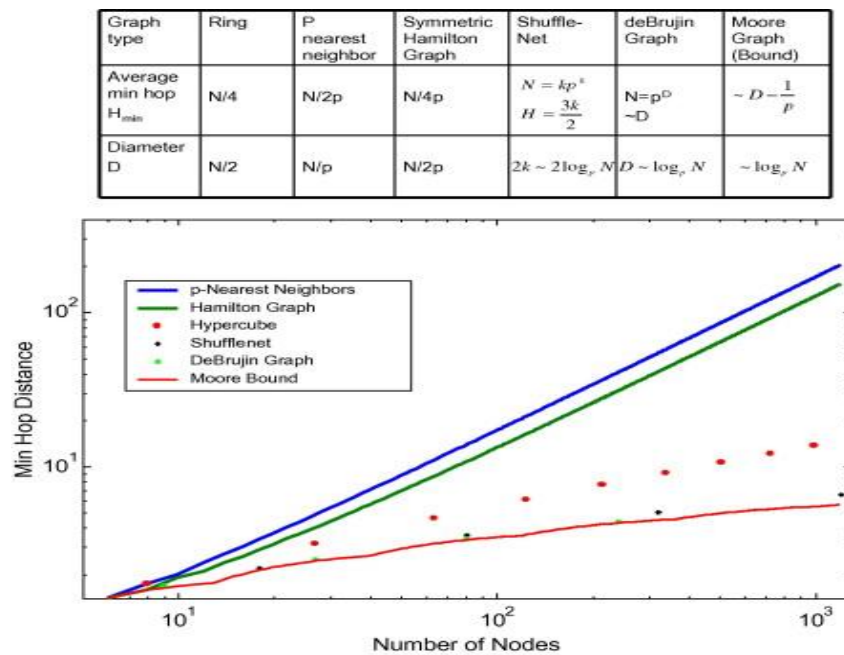


Рис.7.2 Середні відстані min-hop між вузлами як функція кількості вузлів  $N$  та ступеня  $p$  для різних класів фізичних топологій світлового шляху симетричного регулярного графа.

Як показано на рис. 7.2, існують суттєві відмінності між хорошою та пішохідною топологією мережі. Різниця в відстанях хвиль може перевищувати порядок. Навіть якщо охоплення світлового тракту не буде перевищено, різниця на порядок величини в відстані min-hop призведе до подібної різниці у вартості відповідних мереж через використання оптичних портів комутації у вузлах. Інший спосіб оцінити цей факт — вивчити обсяг наскрізного трафіку на кожному вузлі. Хороші топології мають меншу частку прохідного трафіку, а отже, вимагають лише невеликих ОХС. Таким чином, з точки зору вартості комутації на вузлах,

хороша топологія має вирішальне значення. Ці результати для регулярних топологій з рівномірним трафіком (детермінованим і випадковим).

На рис 7.3 показано, що нормалізована вартість вузла MAN може бути істотно знижена за допомогою правильної топології підключення та повністю оптичного перемикавання на вузлах. Хоча це має перший вплив на вартість MAN, та сама архітектура підключення важлива для високопродуктивних обчислень, де вартість високошвидкісного перемикавання може бути важливим фактором витрат. Насправді трафік рідко буває симетричним, а також не є регулярним або регулятивним. Узагальнення до нерегулярного та нерівномірного трафіку показує, що ідея мінімізації стрибків світлових шляхів і використання мережевих графіків із майже повними охоплюючими деревами, як-от узагальнені графіки Мура, все ще є хорошими. опорні фізичні архітектури і можуть використовуватися для керівництва операційними мережевими топологіями.

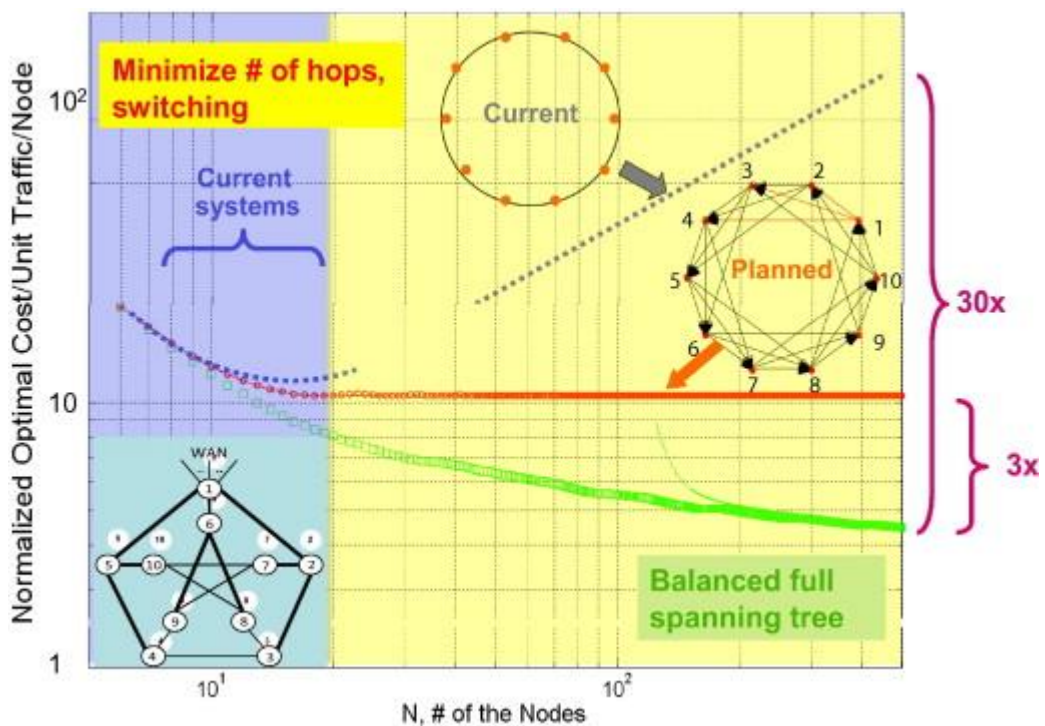


Рис. 7.3 – Масштабованість архітектури оптичного комутатора та графа підключення як функція кількості вузлів у MAN.

У середовищі доступу, звичайній пасивній оптичній мережі, конструкції PON є неадекватними для розподільних мереж через жорсткі обмеження

максимальної потужності ( $\sim 3$  мВт/довжина хвилі), яка може бути введена в одномодове волокно на головному кінці, що дає верхня межа  $\sim 100$  користувачів/PON. Сімейство пасивних повністю оптичних розподільних мереж, які використовують декілька сегментів волокна, легованого ербієм (EDF) (без насосів) у мережі, можна використовувати для збільшення кількості користувачів, підключених до одного головного вузла пасивної оптичної мережі. На відміну від звичайних схем PON, які використовують один зосереджений підсилювач на головній станції, ця конструкція використовує конфігурацію з дистанційною накачкою, в якій один лазер накачування на головній станції подає живлення до всіх сегментів волокна EDFA, повністю зберігаючи локальну мережу. пасивний без потреби електрики та активних оптичних компонентів. Чистим ефектом є значне збільшення кількості користувачів в одній групі мовлення до 103-4. Це дозволяє тисячам швидких користувачів ефективно ділитися дорогими ресурсами MAN/WAN за допомогою багаторазового доступу без активного оптичного перемикання кожного потоку.

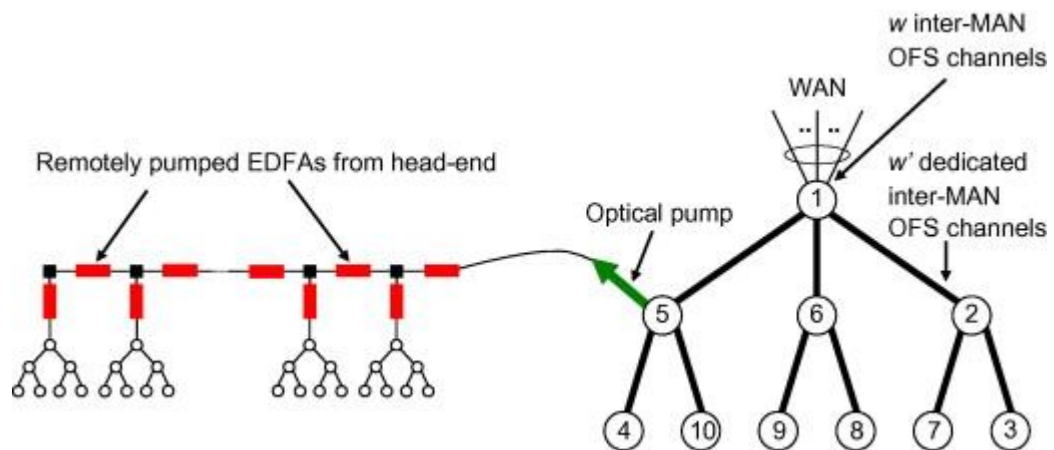


Рис 7.4 – Фізична архітектура мережі доступу з дистанційною мережею мовлення для збільшення ефективного статистичного спільного використання ресурсів MAN/WAN

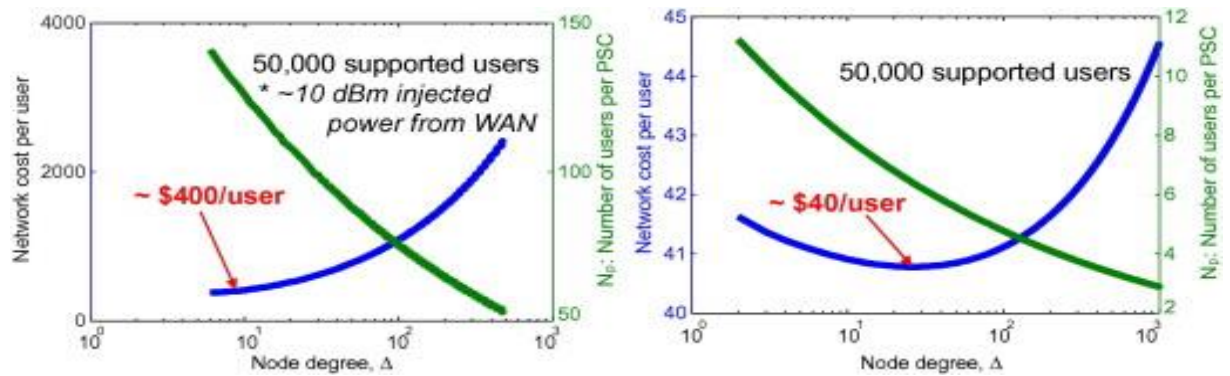


Рис. 7.5 – Вартість оптичних послуг на основі потоку з оптичним перемиканням в MAN та без/з дистанційно накачуваними підсиленими PON.

### 3.2 Контроль неузгодженості часу

Гібридна схема OTDM для демультимплексування з кращою стійкістю до зміщення часу. У системі OTDM, коли швидкість передачі даних зростає, демультимплексування оптичних додаткових каналів стає все більш складним. Було б бажано дозволити демультимплексування каналу з більшим допуском неузгодженості часу або послабленим вікном перемикання. Досліджується нова схема OTDM з гібридними форматами RZ-ASK/RZ-DPSK, яка полегшує труднощі демультимплексування. Канали RZ-ASK перемежуються з каналами RZ-DPSK у часовій області. Для каналу OOK у запропонованому гібридному сигналі OTDM перехресні перешкоди від сусідніх каналів DPSK є постійною потужністю, яка в основному змінює поріг виявлення. Аналогічно, для каналу DPSK в гібридному сигналі OTDM, демультимплексування з розслабленим вікном перемикання буде шлюзувати частину сусідніх бітів OOK. Після демодуляції DPSK за допомогою інтерферометра із затримкою (DI), стробована частина біта OOK буде деструктивно заважати тій частині його попереднього біта; таким чином, він зникне або стане на одну чверть своєї початкової потужності, залежно від того, чи є ці два послідовні біти однаковими чи ні. Для систем OTDM 40 Гбіт/с допуски до неузгодженості часу демультимплексування покращені на 180% і 70% для каналів RZ-ASK і RZ-DPSK відповідно. Схема застосована до системи OTDM 84,88 Гбіт/с зі швидкістю передачі даних каналу 10,61 Гбіт/с. У порівнянні зі звичайною

системою OTDM з однорідним форматом модуляції для різних каналів OTDM, демультимплексований канал у гібридному сигналі OTDM страждає від меншої деградації, викликані можливими перехресними перешкодами від сусідніх каналів. Гібридне демультимплексування OTDM 84,88-10,61 Гбіт/с досягається за допомогою відносно широкого вікна перемикавання, яке неможливо реалізувати за допомогою звичайного OTDM.

### 3.3 Інші системи бездротового зв'язку

**Multi-Carrier EDGE.** Радіоінтерфейс GSM заснований на структурі TDMA з вісьмома часовими інтервалами і пропускнуою здатністю 200 кГц. Щоб підвищити швидкість передачі даних, сучасні термінали GPRS і EDGE можуть використовувати кілька часових інтервалів для передачі, прийому або обох. Використовуючи модуляцію 8PSK (Рис. 7.1) і призначаючи максимум вісім часових інтервалів, стандарт GSM/EDGE дає теоретичну пікову швидкість передачі даних близько 480 кбіт/с. Однак, з точки зору дизайну та складності, краще уникати одночасної передачі та прийому. Сучасні термінали зазвичай отримують максимум п'ять часових інтервалів, оскільки вони також повинні передавати (принаймні в одному часовому інтервалі), а також вимірювати силу сигналу сусідніх комірок.

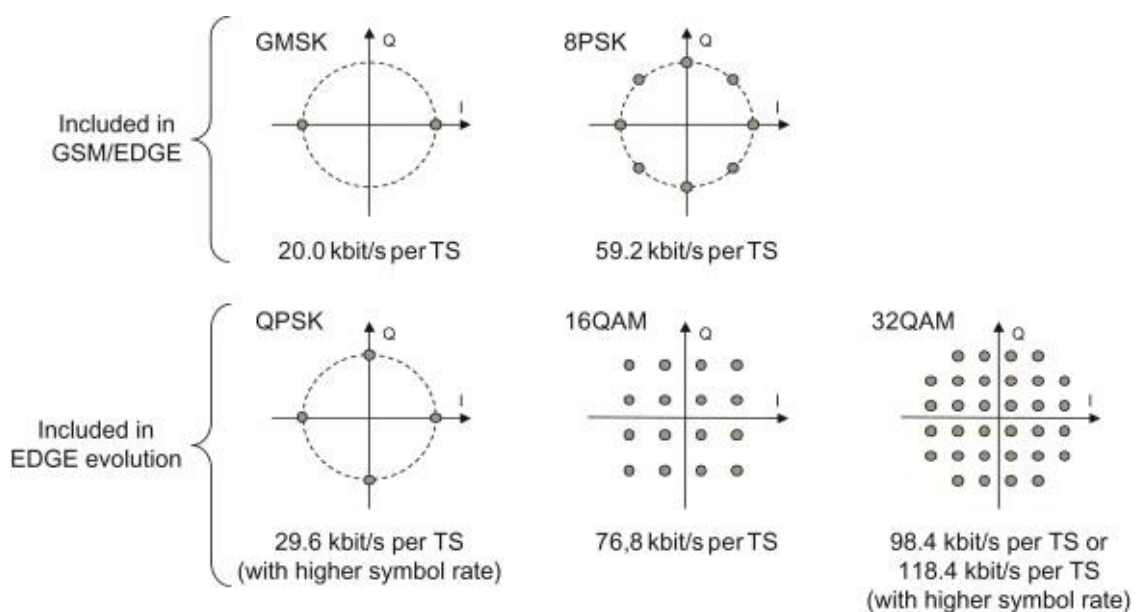


Рис.8.1 – Існуючі та нові схеми модуляції для GSM/EDGE

Для кожної схеми відображається найвища встановлена швидкість передачі даних радіоінтерфейсу за допомогою GPRS. Зауважимо, що вигляд нелінійної бінарної схеми GMSK спрощено на малюнку.

Для подальшого збільшення швидкості передачі даних можна запровадити декілька несучих для низхідної та висхідної лінії зв'язку. Це просте покращення збільшує пікову та середню швидкість передачі даних пропорційно кількості використовуваних носіїв. Наприклад, якщо врахувати дві несучі з вісьмома часовими інтервалами кожна, то пікова швидкість передачі даних буде близькою до 1 Мбіт/с. Використання подвійних несучих можна розглядати як пряме розширення багатослотового принципу, що дозволяє конфігурації з кількома слотами охоплювати більше ніж одну несучу. Обмежуючим фактором у цьому випадку є складність і вартість терміналу, який повинен мати або кілька передавачів і приймачів, або широкосмуговий передавач і приймач. Використання кількох несучих має лише незначний вплив на базові приймальні станції. Рішення низхідного зв'язку з подвійними несучими стандартизоване у випуску 7 стандарту GSM/EDGE.

### **3.4 Внутрішньоцентрові з'єднання, мережі та архітектури**

**Оптика для середини та упаковки.** Постійне зростання трафіку, викликане додатками центрів обробки даних, чинить тиск на мережу, щоб забезпечити вищі швидкості передачі даних для підключення мережевого обладнання. Однак із збільшенням швидкості передачі даних взаємоз'єднання стає все більш складним, оскільки ми обговорювали вибір технології з'єднання. Труднощі не обмежуються оптичною областю, оскільки при більш високих швидкостях передачі даних електричні сигнали всередині корпусу обладнання також стикаються з більш серйозними порушеннями цілісності сигналу. Ці порушення можна компенсувати шляхом додавання електричних функцій на кожному кінці каналу для посилення або відновлення сигналів, але вони мають недоліки через підвищену складність і споживання енергії. Цілісність сигналу є

складною темою, але домінуючими термінами є втрати при передачі, зворотні втрати та перехресні перешкоди. Щоб підвищити швидкість передачі даних і пом'якшити ці порушення, шлях сигналу повинен бути якомога коротшим і слід уникати розривів, наприклад, при з'єднанні. Пом'якшення порушень цілісності електричного сигналу є одним з основних факторів, які дають змогу інтегрувати оптику ближче до головного чіпа всередині шасі обладнання. Існує багато застосувань для цієї технології. Наприклад, чіпом хоста може бути чип комутатора або мікросхема контролера мережевого інтерфейсу на обчислювальному вузлі або медіа-контролер на пристрої зберігання даних.

Еволюція оптики глибше в мережеві пристрої проілюстрована на рис. 9.1. На малюнку показано еволюцію оптичних приймачів від пристроїв, що підключаються на краю шасі (а), до вбудованої оптики, підключеної безпосередньо до друкованої плати в центрі шасі (b), до оптики, упакованої разом з хостом. чіп (с). Оскільки оптика просувається глибше в шасі, оптичне волокно, а не електричні сліди переносять високошвидкісний сигнал до передньої панелі, покращуючи цілісність сигналу та звільняючи площу передньої панелі.

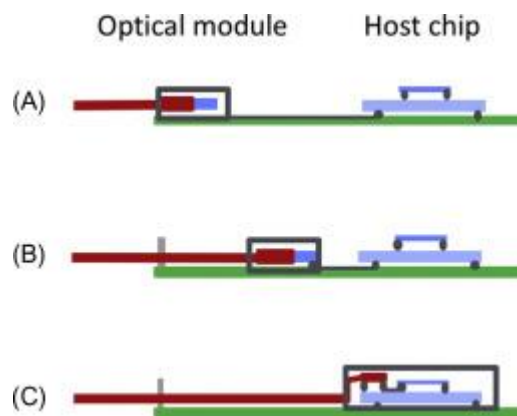


Рис. 9.1 – Ілюстрація еволюції оптики до інтеграції з основним чіпом.

З початку 2000-х років більшість міжкомпонентних оптичних пристроїв короткого радіусу дії, що використовуються в телекомунікаційних, датакомунікаційних і високопродуктивних обчислювальних програмах, були підключаються оптикою, як описано в цій главі. Ці підключаються модулі, у свою чергу, були прийняті центрами обробки даних для мережевих додатків.

Починаючи з 2010 року, для задоволення потреб індустрії суперкомп'ютерів розроблялися вбудовані оптичні модулі. Ця потреба була викликана подвоєнням обчислювальних можливостей кожні два-три роки відповідно до закону Мура. Це збільшення потребувало більшої пропускної здатності мережі. Високоінтегровані, енергоефективні та економічно ефективні рішення, які можуть задовольнити ці вимоги, можуть бути реалізовані шляхом переміщення оптичних з'єднань глибше в систему. Інші модулі також були розроблені для цих додатків, але всі проекти були власністю та не мали спільного інтерфейсу для забезпечення взаємозамінності. Ця відсутність сумісності зупинила ширше впровадження бортових модулів на цих ринках.

Гіпермасштабні центри обробки даних вирости до такої міри, що стикаються з проблемами, подібними до проблем суперкомп'ютерів з точки зору масштабування до більш високої швидкості передачі даних. Потужність, розмір і вартість знову ж таки є трьома ключовими показниками продуктивності, які потрібно оптимізувати, оскільки ці ресурси обмежені і є пріоритетними для функцій центру обробки даних, що приносять прибуток. Вбудована оптика має потенціал для підвищення енергоефективності та економічності, а також збільшення щільності мережевого обладнання. Вбудована оптика також подолала б системні проблеми, спростивши маршрутизацію електричних сигналів на передню панель материнської плати. Переміщення оптичного модуля глибше в обладнання також звільнить місце на передній панелі та дозволить більшій кількості охолоджуючого повітря проходити через обладнання.

Незважаючи на потенційні переваги, існує кілька недоліків, пов'язаних з практичністю розгортання та обслуговування бортової оптики. Зміни повинні відбутися у способі виробництва та встановлення мережевого обладнання. Виробники обладнання повинні мати досвід роботи з оптичними волокнами та тестування оптики. Операторам центрів обробки даних також доведеться змінити свої робочі моделі, щоб обробляти різні моделі збоїв. Якщо підключаються модулі виходять з ладу, їх розташування на передній панелі дозволяє легко



замінити їх, тоді як вбудована оптика буде недоступна всередині мережевого обладнання. Мережа повинна врахувати втрату цього каналу, і неясно, чи буде достатньо надійності оптичних модулів і, зокрема, лазерних джерел для підтримки цієї робочої моделі.

Щоб вивчити ці варіанти використання та моделі зручності обслуговування, у 2015 році було засновано консорціум бортової оптики (COVO) з метою створення спільної специфікації інтерфейсу для бортової оптики. Консорціум на чолі з Microsoft швидко зростав і залучив понад 60 учасників, включаючи виробників системного обладнання, компанії з оптичних модулів та компанії, що займаються електричним з'єднанням. COVO визначив три класи вбудованих модулів для підтримки додатків, починаючи від багатомодової оптики на стороні клієнта і закінчуючи когерентною оптикою на стороні лінії. Кожен клас форм-фактора має різний розмір, що дозволяє використовувати різні параметри керування теплом для підтримки різних режимів споживання енергії.

На додаток до трьох класів форм-факторів, специфікація COVO детально описує два типи електричних інтерфейсів. Перший — восьмисмуговий інтерфейс, заснований на IEEE 400GAUI-8, розроблений для додатків 400 Гбіт/с. Другий інтерфейс є 16-смуговою версією для модулів 800 Гбіт/с, де один модуль 800 Гбіт/с, а не два окремих модуля 400 Гбіт/с, зменшить витрати на упаковку та спростить управління температурою. Модулі, що підтримують 400 Гбіт/с, будуть використовувати вісім сигналів PAM4 50 Гбіт/с, а модулі, що підтримують 800 Гбіт/с, використовуватимуть шістнадцять сигналів PAM4 50 Гбіт/с. Коли визначено сигнали IEEE 100 Гбіт/с, очікується, що два електричні інтерфейси підтримуватимуть модулі 800 Гбіт/с і 1,6 Тбіт/с відповідно.

Успіх модулів COVO для додатків всередині ЦОД буде визначатися на основі ключових показників продуктивності: потужності, вартості та розміру, а також прийняття відповідних операційних моделей. Навіть якщо немає широкого впровадження COVO, вивчення вбудованої оптики є важливою сходинкою, яка забезпечує критичне навчання майбутнім поколінням вбудованої оптики.

Крім вбудованої оптики, оптика в спільному упаковці зробила б крок ближче до основного чіпа, упакувавши оптику разом з основним чіпом, як показано на рис. 9.2. Спільна оптика дозволить покращити цілісність електричного сигналу між основним чіпом та оптичним модулем. Спільна оптика була визначена як основна область для продуктів наступного покоління і знаходиться на ранній стадії дослідження та розробки. Досліджується низка різних сценаріїв, починаючи від вбудованих модулів, які використовують проміжний матеріал для кріплення основного чіпа та оптичних чіпів з окремими пакетами, або спільно упакованих, коли оптика розташована на одній підкладці упаковки та розміщена разом в одному корпусі.

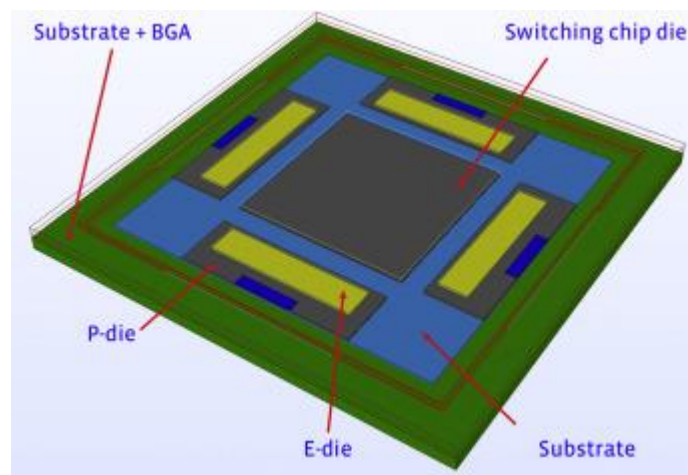


Рис. 9.2 – Схема оптичного модуля в спільній упаковці, що включає кристали комутації, а також фотонні (р-) та електронні (e-) кубики.

Спільна оптика також може використовувати виробничі процеси великого обсягу, розроблені для промисловості кремнієвих чіпів. Було показано, що високоавтоматизовані технології виробництва та контроль процесу зменшують кількість дефектів і мають ряд переваг, зокрема: уникнення людської помилки, мінімізація забруднення та запобігання неналежному поведженню. Виявлено, що ці проблеми є першопричиною великої частки невдач у виробництві підключаються модулів з використанням традиційних технологій виробництва.

Більш високий рівень інтеграції також забезпечить вищу щільність і заощадить простір на платі для інших компонентів. Однак збільшення фізичної

щільності без істотного зниження потужності збільшить щільність потужності і, у свою чергу, призведе до теплових проблем. Замість традиційного повітряного охолодження можуть знадобитися нові методи охолодження, такі як рідинне охолодження. Високий рівень інтеграції також посилює проблему зручності обслуговування, оскільки поломка одного компонента впливає на весь пакет, а його ремонт виводить з ладу всю збірку. Якщо надійність можна підвищити в достатній мірі та залежно від стійкості мережі, можливо, можна буде усунути збої, залишивши пристрій на місці.

Мабуть, найбільшою перешкодою для широкомасштабного впровадження оптики в упаковці є те, що вона вимагає значної зміни в організації ланцюга поставок. Еволюція від вбудованої оптики до спільної оптики створює додатковий виклик, оскільки традиційне розмежування між постачальником фотонного модуля та розробником інтегральних схем має змінитися. Нинішня екосистема ланцюга поставок сприяє спеціалізації в певній області, наприклад, фотоніка або дизайн ASIC. Потрібно буде розробити нові бізнес-моделі, які розмиють межі між фотонікою, електронними інтегральними схемами та упаковкою напівпровідників. Сьогодні небагато компаній, здатних поєднати це.

Інтерес до сфери упакованої оптики зростає, і вона обговорюється на багатьох галузевих технологічних форумах, таких як Optical Fiber Conference, European Conference on Optical Communication та IEEE Optical Interconnects. Угода про підтримку загальних стандартних інтерфейсів, які забезпечують взаємодію та взаємозамінність, буде важливою для підтримки різноманітної екосистеми на основі поставок та забезпечення широкого впровадження.

### **3.5 Регенерація Оптичного Сигналу**

**Відновлення оптичного годинника (CR).** Поряд з рішенням, CR є другою ключовою функцією в регенераторах 3R. Один можливий підхід до CR використовує електроніку, а інший – лише оптику. Перший супроводжується перетворенням OE за допомогою фотодіода та подальшим EO перетворенням

через модулятор. Це перетворення стає більш складним і енергоємним у міру збільшення швидкості передачі даних. Зрозуміло, що зрілість електроніки дає поточну перевагу цьому підходу. Але враховуючи плюси та мінуси електронного CR для економічно ефективного впровадження, повністю оптичний підхід виглядає більш перспективним, оскільки повна інтеграція регенератора потенційно можлива зі зниженим споживанням енергії. З цієї точки зору ми зосередимося тут на оптичному підході, а точніше на ефекті самопульсації в лазерах із розподіленим зворотним зв'язком із трьома секціями (DFB) або нещодавно в лазерах з розподіленим відбивачем Брегга (DBR). Останні експериментальні результати ілюструють потенціал таких пристроїв для високої швидкості передачі даних (до 160 Гбіт/с), широкого динамічного діапазону, широкої настройки частоти, нечутливості поляризації та відносно короткого часу блокування (1 нс). Ця остання функція робить ці пристрої хорошими кандидатами для роботи в режимах асинхронних пакетів.

## **4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

### **4.1 Програмне забезпечення для передачі даних**

**Опис комунікаційного програмного забезпечення.** Основна концепція передачі даних і мережі полягає в тому, щоб два або більше комп'ютерів або електронних пристроїв бачили один одного та обмінювалися ресурсами. Щоб це було заархівовано, має бути програма або програмне забезпечення, що відповідає за обмін інформацією. Програмне забезпечення в цьому випадку називається програмним забезпеченням для передачі даних. Програмне забезпечення для передачі даних - це в основному комп'ютерна програма, яка.

1. Це комп'ютерна програма, необхідна для DTE (ПК) для подолання розриву та інтерпретації біт/байтів, які передаються через засоби зв'язку через інтерфейс.
2. Основою передачі даних є комунікаційне програмне забезпечення без програмного забезпечення, передача даних неповна.

3. Комунікаційне програмне забезпечення відповідає за контроль форматування даних, передачу даних та повний контроль зв'язку.

4. Він може повністю розташовуватися на центральному ПК або частина його може бути розташована на передньому комунікаційному ПК, концентраторі, віддаленому концентраторі або в інтелектуальних терміналах.

**Значення програмного забезпечення для передачі даних Основне значення програмного забезпечення для передачі даних:**

1. Визначає такі параметри зв'язку, як швидкість зв'язку, частота помилок, пропускна здатність, протоколи тощо.

2. Контролює доступність користувача до інформації. Це означає, як користувач може отримати доступ до інформації та як інформація має бути представлена користувачеві.

3. Він контролює оптимальну конфігурацію комунікаційного обладнання та забезпечує ефективне використання ресурсів мережі.

**Функції комунікаційного програмного забезпечення Загальними функціями комунікаційного програмного забезпечення є:**

1. Встановить логічні шляхи даних.
2. Перевірте точність кожної передачі та влаштуйте повторну передачу, якщо необхідно (наприклад, TCP/IP).
3. Контролюйте потоки, щоб уникнути перевантаження та втрати даних.
4. Ведення статистики обсягів трафіку по всіх каналах і надійності мережі
5. Ініціювання та завершення передачі здійснюється програмним забезпеченням зв'язку, коли це підказує користувач. У випадку модему, функція ініціалізації модему та його готовності підпадає під цю категорію.
6. Встановлення логічних з'єднань через фізичну лінію, наприклад набір номера на телефонних лініях.
7. Повідомлення Збірка та демонтаж.
8. Передача та отримання даних. Це означає модуляцію цифрових даних в аналогові і навпаки модемом).

9. Перетворення коду здійснюється за допомогою комунікаційного програмного забезпечення, де воно форматує дані
10. Виявлення помилок також здійснюється ним. Він перевіряє втрачені біти та інші помилки, що виникають під час передачі.
11. Редагування даних
12. Керування розпізнаванням символів
13. Доставка та виведення даних. Комунікаційне програмне забезпечення контролює вихід та доставку даних в пункт призначення)
14. Моніторинг і технічне обслуговування трансмісії.

### **Категорії комунікаційного програмного забезпечення**

Програмне забезпечення для передачі даних можна розділити на дві категорії:

1. Прикладне програмне забезпечення: це програмне забезпечення, яке дозволяє кінцевим користувачам виконувати те чи інше завдання в системі передачі даних та мережі. Наприклад, програмне забезпечення для електронної пошти - усі типи програмного забезпечення для електронної пошти, яке включає наступне, програмне забезпечення для мовлення - включаючи MP3-файли, програмне забезпечення для запису аудіо та запису дзвінків, і програмне забезпечення для бездротового зв'язку - всі типи програмного забезпечення, пов'язаного з бездротовими мережами.

2. Системне програмне забезпечення: програмне забезпечення, яке дозволяє підключатися до інших комп'ютерів або мобільних пристроїв за допомогою текстових, відео- або аудіоформатів синхронно або асинхронно. Вони являють собою набір програмного забезпечення, яке дозволяє системі передачі даних функціонувати та відповідати вимогам спільного використання ресурсів та інших можливостей. Програмне забезпечення системи передачі даних можна класифікувати на програмне забезпечення для розробки та програмне забезпечення для управління, наприклад, аналізатор мережевого трафіку, програма ping/traceroute, брандмауер тощо.

## 4.2. Протокол зв'язку

**Опис протоколу зв'язку.** Протокол – це набір правил, які регулюють передачу даних. Він являє собою угоду між пристроями, що спілкуються. Без протоколу два пристрої можуть бути підключені, але не спілкуватися, так само як людина, яка говорить на ігбо, не може бути зрозуміла людині, яка говорить тільки на йоруба. Протокол зв'язку — це опис правил, яким повинні дотримуватися пристрої зв'язку, щоб спілкуватися один з одним. Протокол є одним із компонентів системи передачі даних. Без протоколу зв'язок не може відбутися. Пристрій-відправник не може просто надсилати дані та очікувати, що пристрій-отримувач отримає та правильно інтерпретує їх. Протокол коротко згадується у другому розділі цієї книги, але повністю обговорюється в цьому розділі.

### **Елементи протоколу Є три ключові елементи протоколу:**

1. Синтаксис — це структура або формат даних. Це розташування даних у певному порядку.
2. Семантика дає значення кожній секції бітів і вказує на інтерпретацію кожного розділу. У ньому також вказується, які дії/рішення слід вжити на основі тлумачення.
3. Хронометраж повідомляє відправнику про готовність одержувача отримати дані. Він повідомляє відправнику, з якою швидкістю дані повинні бути відправлені одержувачу, щоб уникнути перевантаження одержувача.

Протокол керування передачею (TCP) TCP/IP є основним протоколом зв'язку для двох або більше комп'ютерів або електронних пристроїв (наприклад, мобільного телефону) для зв'язку один з одним у мережі. TCP/IP означає Протокол керування передачею/протокол Інтернету. TCP/IP визначає, як електронні пристрої (наприклад, комп'ютери) повинні бути підключені до Інтернету та як дані повинні передаватися між ними. TCP/IP є основним протоколом в комунікаційній мережі, без якого може обійтися спілкування. Всередині стандарту TCP/IP є кілька протоколів для обробки передачі даних, а

саме: TCP (Transmission Control Protocol) зв'язок між додатками; UDP (User Datagram Protocol) простий зв'язок між додатками; IP (Internet Protocol) зв'язок між комп'ютерами; ICMP (Internet Control Message Protocol) для помилок і статистики; DHCP (Протокол динамічної конфігурації хосту) для динамічної адресації; і TCP використовує фіксоване з'єднання.

Протокол керування передачею: Протокол керування передачею забезпечує зв'язок між вашим програмним забезпеченням (тобто вашим браузером) і вашим мережевим програмним забезпеченням. TCP відповідає за розбиття даних на IP-пакети перед їх відправкою і за збирання пакетів, коли вони надходять. TCP призначений для зв'язку між додатками. Якщо одна програма хоче спілкуватися з іншою через TCP, вона надсилає запит на зв'язок. Цей запит необхідно надіслати за точною адресою. Після «рукостискання» між двома програмами TCP встановить «повнодуплексний» зв'язок між двома програмами. "Повнодуплексний" зв'язок займатиме лінію зв'язку між двома комп'ютерами, доки її не закриє одна з двох програм.

Протокол Інтернету: Інтернет-протокол без підключення, тобто він не займає лінію зв'язку між двома комп'ютерами. Протокол мережевого рівня для TCP/IP – це протокол Інтернету (IP). Він використовує IP-адреси та маску підмережі, щоб визначити, чи знаходиться дейтаграма в локальній чи віддаленій мережі. Якщо він знаходиться у віддаленій мережі, дейтаграма пересилається на шлюз за замовчуванням, який є маршрутизатором, який підключається до іншої мережі. IP відстежує кількість перетинів через кожен маршрутизатор, через які проходить дейтаграма, щоб досягти місця призначення. Кожен трансверс називається хопом. Якщо кількість стрибків перевищує 255, дейтаграма видаляється, а пункт призначення вважається недосяжним. IP зменшує потребу в мережевих лініях. Кожну лінію можна використовувати для зв'язку між багатьма різними комп'ютерами одночасно. За допомогою IP повідомлення (або інші дані) розбиваються на невеликі незалежні «пакети» і пересилаються між комп'ютерами



через Інтернет. IP відповідає за «маршрутизацію» кожного пакета до правильного місця призначення.

**Протокол спеціального призначення.** Протоколи спеціального призначення — це набір протоколів, призначених для виконання окремого завдання в системі мережі зв'язку. Нижче наведено деякі з цих протоколів та їх функції:

1. HTTP - протокол передачі гіпертексту: HTTP забезпечує зв'язок між веб-сервером і веб-браузером. HTTP використовується для надсилання запитів від веб-клієнта (браузера) на веб-сервер, повернення веб-вмісту (веб-сторінок) із сервера назад до клієнта.

2. HTTPS – безпечний HTTP: HTTPS забезпечує безпечне спілкування між веб-сервером і веб-браузером. HTTPS зазвичай обробляє транзакції з кредитними картками та інші конфіденційні дані.

3. SSL – рівень безпечних сокетів: Протокол SSL використовується для шифрування даних для безпечної передачі даних.

4. MIME – багатоцільові розширення Інтернет-пошти: Протокол MIME дозволяє SMTP передавати мультимедійні файли, включаючи голосові, аудіо та двійкові дані, через мережі TCP/IP.

5. IMAP – протокол доступу до Інтернет-повідомлень: IMAP використовується для зберігання та отримання електронних листів.

6. FTP – протокол передачі файлів: FTP забезпечує передачу файлів між комп'ютерами.

7. NTP – мережевий протокол часу: NTP використовується для синхронізації часу (годинника) між комп'ютерами.

8. DHCP - Протокол динамічної конфігурації хосту: DHCP використовується для виділення динамічних IP-адрес комп'ютерам у мережі.

9. SNMP - простий протокол управління мережею: SNMP використовується для адміністрування комп'ютерних мереж.

10. LDAP – Полегшений протокол доступу до каталогів: LDAP використовується для збору інформації про користувачів і адреси електронної пошти з Інтернету.

11. ICMP – протокол керуючих повідомлень Інтернету: ICMP піклується про обробку помилок у мережі.

12. ARP - Протокол розділення адрес: ARP використовується IP для пошуку апаратної адреси мережевої карти комп'ютера на основі IP-адреси.

13. RARP - Протокол зворотного розпізнавання адрес: RARP використовується IP-адресою для пошуку IP-адреси на основі апаратної адреси мережевої карти комп'ютера.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, виходячи з проведеного аналізу організації каналів передачі даних в комп'ютерних мережах можна зробити ряд висновків:

– у межах тієї або іншої архітектури комп'ютерна мережа повинна забезпечуватись погоджена взаємодія різних її структур. Так, при деякій логічній структурі, яка відповідає прийнятій архітектурі комп'ютерна мережа, може бути побудована множина фізичних структур у вигляді різнорідних каналів передачі даних, що впливають на властивості та можливості мережі. Вони являють собою узагальнений алгоритм інформаційного процесу, що протікає в комп'ютерній мережі;

– при передачі дискретних даних по каналах передачі даних застосовуються два основні типи фізичного кодування - на основі синусоїдального несучого сигналу і на основі послідовності прямокутних імпульсів. Перший спосіб часто називається також модуляцією або аналоговою модуляцією, підкреслюючи той факт, що кодування здійснюється за рахунок зміни параметрів аналогового сигналу. Другий спосіб звичайно називають цифровим кодуванням. Ці способи відрізняються шириною спектру результуючого сигналу і складністю апаратури, необхідної для їх реалізації;

– каналів передачі даних у комп'ютерній мережі діляться на аналогові і цифрові залежно від того, якого типу комутаційна апаратура застосована для постійної комутації абонентів – з частотним розділенням каналів (Frequency Division Multiplexing – FDM) або тимчасовим розділенням каналів (Time Division Multiplexing – TDM).

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі. / 2-е вид., оновл. і доп. - Львів - Бак, 2009.
2. Швиденко М.З., Матус Ю.В. Технології комп'ютерних мереж. / Навч. - метод. посібник., Київ - Видавництво ООО "Береста", - 2010.
3. Швиденко М.З., Матус Ю.В. Комп'ютерні мережні технології. / Навч. - метод. посібник. - Київ. - ТОВ "Авета", - 2011.
4. Сучасні комп'ютерні технології / за ред. . Швиденко М.З., Л.: ННЦ "Інститут аграрної економіки". - 2010. - 705 с.
5. Кристо Андерсон, Марк Минаси. "Локальные сети". / К.: ВЕК, 2008.
6. "Компьютерные сети". / М.: Microsoft Press, 2012.
7. Малишев Р.А. Локальні обчислювальні мережі: Навчальний посібник / РГАТА. - Рибінськ, 2006. - 83 с.
8. Оліфер В.Г., Оліфер Н.А. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи / В.Г. Оліфер, Н.А. Оліфер. - СПб.: Пітер, 2012. - 672 с.: Іл.
9. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник /Комп'ютерні мережі [навчальний посібник] – Львів, «Магнолія 2006», 2013. – 256 с.
10. Комп'ютерні мережі Ю.О. Кулаков, Г.М. Луцький Київ, "Юніор" 2005. – 397с.
11. Комп'ютерні мережі О. Азаров, С. Захарченко, О. Кадук, М. Орлова, В. Тарасенко, 2013.
12. Зайченко О. Ю. Комп'ютерні мережі / О. Ю. Зайченко, Ю. П. Зайченко. — К. : Видавничий Дім «Слово», 2010. — 520 с.
13. Карташевский В. Г. Сети подвижной связи / В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстов. — М. : Эко-Трендз, 2001. — 299 с.
14. Кулаков Ю. О. Комп'ютерні мережі / Ю. О. Кулаков, Г. М. Луцький. — К. : Юніор, 2003. — 400 с.
15. Куроуз Дж. Компьютерные сети. Многоуровневая архитектура Интернета / Дж. Куроуз, К. Росс. — С-Пт. : Питер, 2004. — 765 с. — ISBN 5-8046-0093-1.
16. Кульгин М. Компьютерные сети, практика построения. — С-Пт. : Питер. 2003. — 462 с. — ISBN 5-94723-563-3.

17. Лаем Куин. Fast Ethernet / Лаем Куин, Ричард Рассел. — К. : Издательская группа ВHV, 1998. — 448 с.
18. Назаров А. Н. АТМ : Технические решения создания сетей / А. Н. Назаров, И. А. Разживин, М. В. Симонов. — М. : Горячая линияТелеком, 2001. — 376 с.
19. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : [учебник для ВУЗов] / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — С-Пт. : Питер, 2013. — 944 с.
20. Штучні нейронні мережі у сучасному світі: особливості застосування / Д.Розмаїтий, Н. Грабовецький, О. Цвик, О. Лемешко // Зв'язок – Київ: Державний університет телекомунікацій, 2021. – Подано до друку.

## **ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра Комп'ютерної інженерії



## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Виконав: студент 6 курсу, групи КСДМ-61  
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

Грабовецький Нікіта Вікторович

Науковий керівник: Лемешко Андрій Вікторович

# Об'єкт, предмет, мета, новизна

- \* Об'єкт дослідження – дослідження методів збільшення швидкості передачі даних у сучасних комп'ютерних мережах.
- \* Предмет дослідження – збільшення швидкості передачі даних в сучасних комп'ютерних мережах.
- \* Мета роботи – дослідження та знаходження способів оптимізації системи для удосконалення функціонування.
- \* Новизна: нові архітектури для потокової передачі/маршрутизації оптичних мереж для оптимізації їх функціонування, та збільшення ефективного спільного використання MAN/WAN



# Актуальність

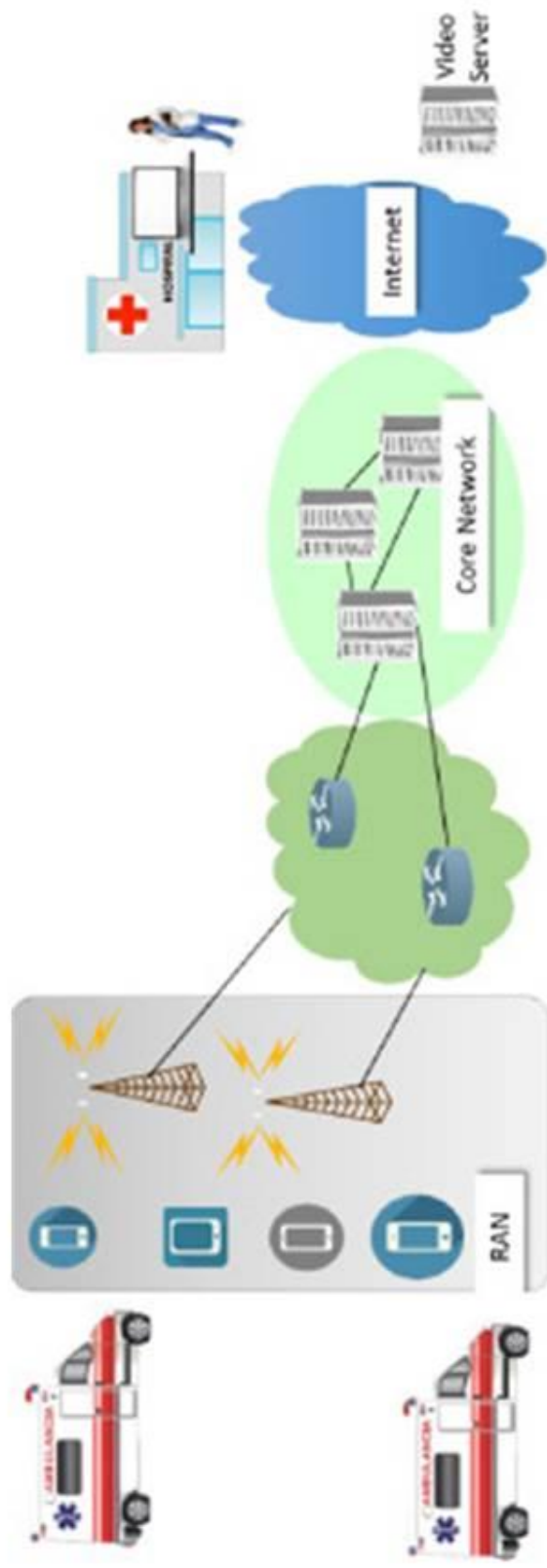
- \* Актуальність - робота є актуальною за рахунок того, що швидкість передачі даних стає все більш насущною для різних сфер життєдіяльності - телебачення, наукових досліджень, медицини, сучасних технологій дистанційного навчання та ін. Передача даних через мережу Інтернет є найважливішою складовою інформаційного потоку для багатьох сучасних мультимедійних додатків.

# Вступ

**Найближчими роками основними трендами розвитку технологій стануть швидкість і контент. Яким би ми не уявляли майбутнє — воно точно буде технологічним.**

**В магістерській роботі будуть розглянуті можливості покращення системи за допомогою методів, які будуть дослідженні в дипломній роботі.**

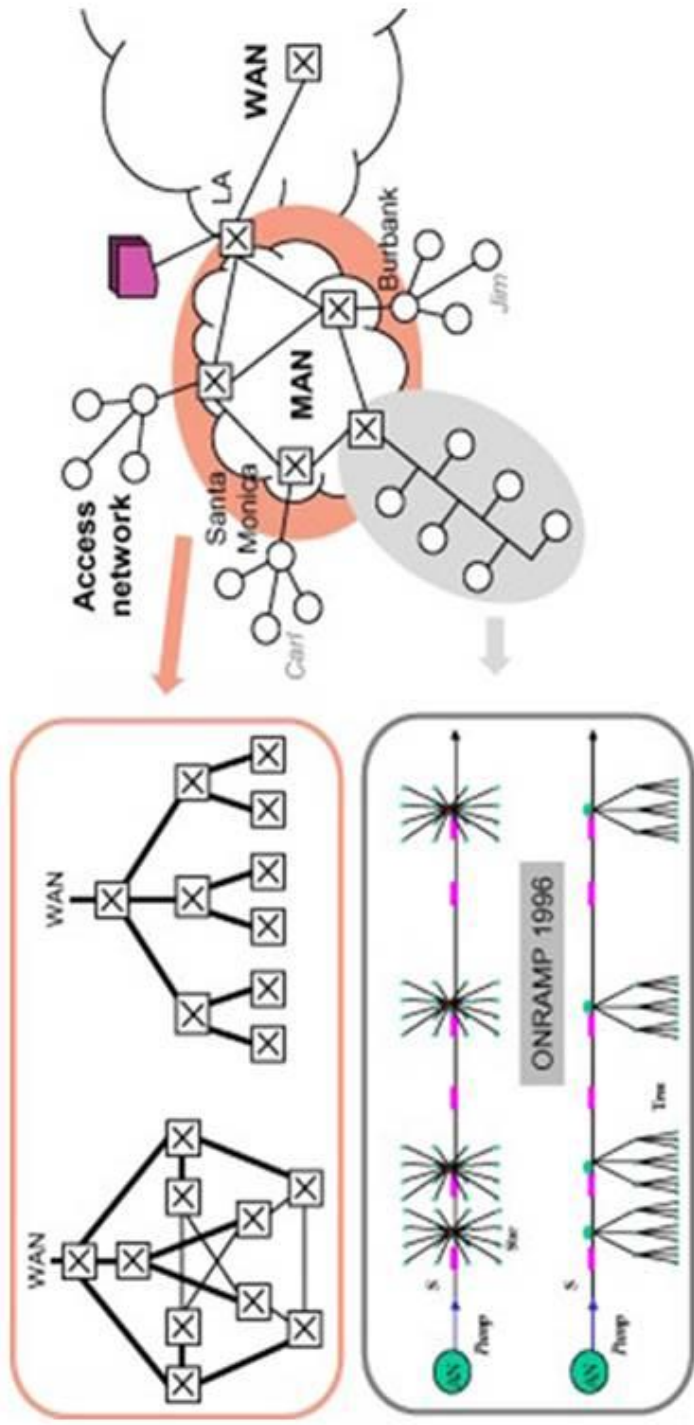
# Сценарій з громадськими відповідачами



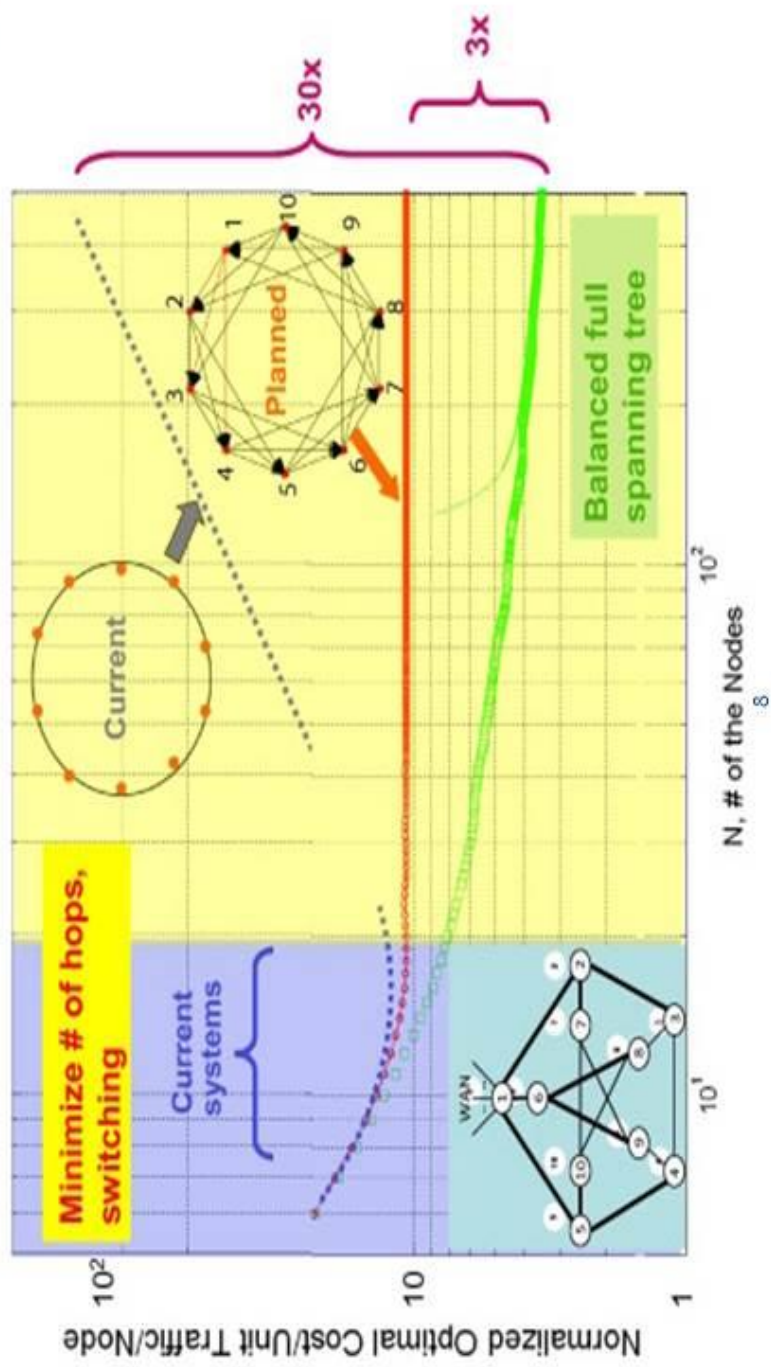
# Сценарій стихійного лиха



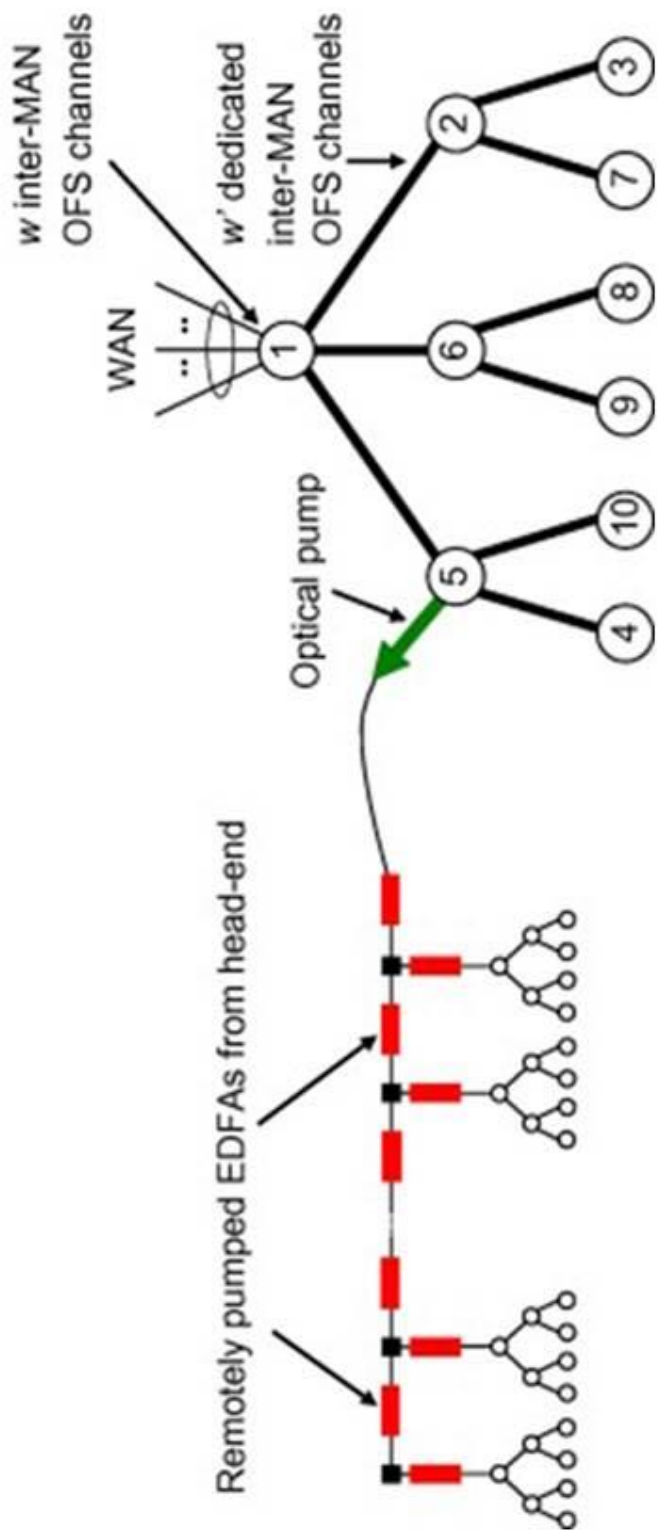
# Фізична архітектура мережі доступу з віддаленим широкомовним PON



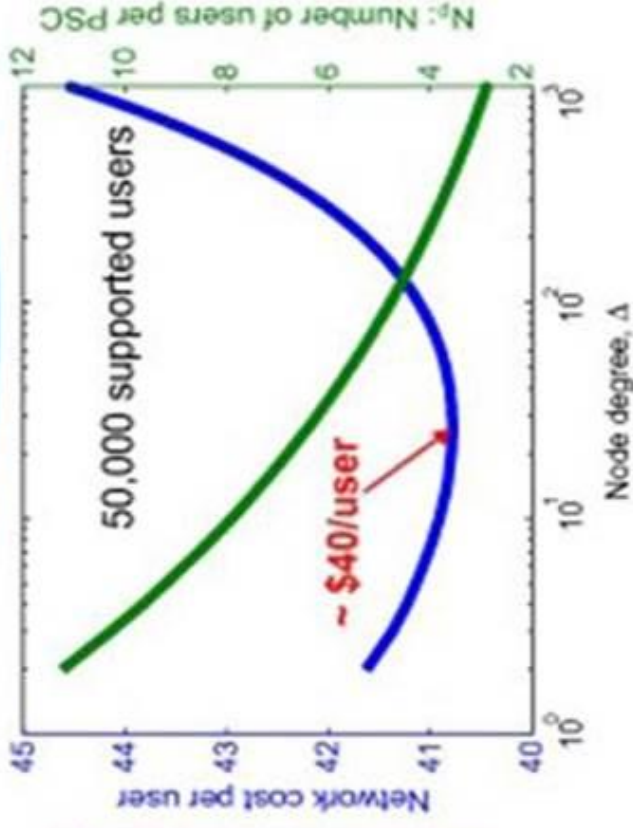
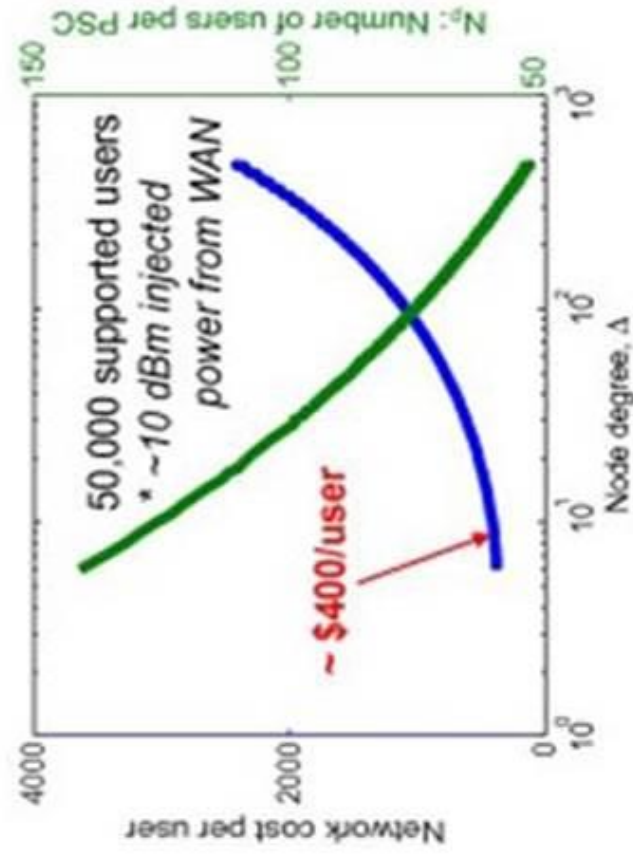
Масштабованість архітектури оптичного комутатора та графа підключення як функція кількості вузлів у MAN.



Фізична архітектура мережі доступу з дистанційною мережею мовлення для збільшення ефективного статистичного спільного використання ресурсів MAN/WAN.

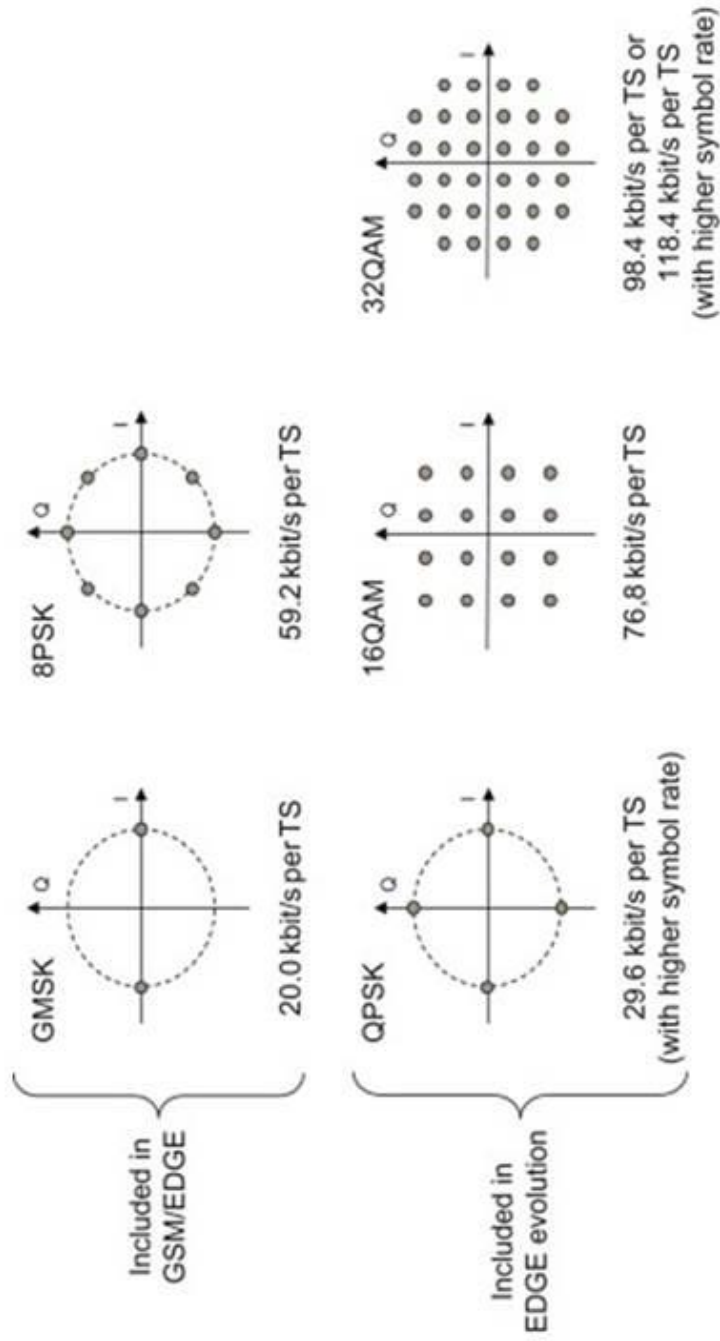


Вартість оптичних послуг на основі потоку з оптичним перемиканням в МАН та без/з дистанційно накачуваними підсилювачами РОН.





Існуючі та нові схеми модуляції для GSM/EDGE. Для кожної схеми відображається найвища встановлена швидкість передачі даних радіоінтерфейсу за допомогою GPRS. Зауважимо, що вигляд нелінійної бінарної схеми GMSK спрощено на малюнку.



# ВИСНОВКИ

- \* У ході дослідження було отримано результати щодо оптимізації, як змінюється її стан та які є можливості в оптимізації потокової передачі/маршрутизації оптичних мереж.

# Перелік публікацій

- \* Штучні нейронні мережі у сучасному світі: особливості застосування / Д. Розмаїтій, Н. Грабовецький, О. Цвик, О. Лемешко // Зв'язок – Київ: Державний університет телекомунікацій, 2021. – Подано до друку.