

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ПОБУДОВА МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ GRON»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 123 Комп'ютерної інженерії
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело*

(підпис)

Микита ТОКАР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав:	здобувач(ка) вищої освіти гр. <u>КІД-41</u> _____ Микита ТОКАР Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: науковий ступінь, вчене звання	_____ Сергій КОРОТКОВ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Рецензент: науковий ступінь, вчене звання	_____ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра 123 Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 Комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Наталія ЛАЩЕВСЬКА

_____ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
«_____» _____ 2024р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Токар Микита Денисович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: ПОБУДОВА МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ GRON.

керівник кваліфікаційної роботи _____ Сергій КОРОТКОВ,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від
«27» лютого 2024р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «3» червня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

3.1 Вимоги до кваліфікаційної роботи бакалавра з актуальних завдань спеціальності.

3.2 Нормативні матеріали (стандарти).

3.3 Технічні вимоги.

3.4 Науково-технічна література з питань, з пов'язаних з темою роботи

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

4.1 Обладнання для побудови мережі

4.2 Побудова мережі

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація

6. Дата видачі завдання «27» лютого 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір даних	28.02-22.03.2024	Виконано
2	Обробка матеріалу	23.03-05.04.2024	Виконано
3	Розробка теоретичної частини	06.04-10.04.2024	Виконано
4	Розробка практичної частини	11.04-30.04.2024	Виконано
5	Написання розділів роботи	01.05-03.05.2024	Виконано
6	Висновки за результатами аналізу	04.05-08.05.2024	Виконано
7	Розробка презентації	09.05-11.05.2024	Виконано
8	Передзахист	14.05-17.05.2024	Виконано
9	Здача в деканат	25.05-3.06.2024	Виконано

Здобувач(ка) вищої освіти

(підпис)

Микита ТОКАР

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Сергій КОРОТКОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 41 стор., 17 рис., 1 табл., 21 джерел.

Мета роботи – побудова мережної інфраструктури з використанням технології GPON.

Об'єкт дослідження – процес побудови мережної інфраструктури.

Предмет дослідження – методи побудови мережної інфраструктури, що базується на оптичних лініях.

Короткий зміст роботи: В умовах війни та щоденного обстрілу інфраструктури ворогом, незалежність від постання електроенергії для надання послуг інтернету, телебачення та IP-телефонії є дуже нагальною проблемою, з якою допоможе справитись технологія GPON.

Волоконна оптика сьогодні є найшвидшою технологією для передачі інформації через Інтернет. Оптичні мережі є ідеальним рішенням для середовищ з декількома віддаленими вузлами або будівлями, а GPON пропонує широкий спектр переваг, які дозволяють швидко і гнучко розгортати оптоволокну на масовому ринку з мінімально можливими витратами на обслуговування і розгортання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕРЕЖЕВА ІНФРАСТРУКТУРА, GPON, EPON, OLT, ONU, ОПТИЧНИЙ КАБЕЛЬ.

ABSTRACT

The text part of the qualification work for obtaining a bachelor's degree: 41 pages, 17 figures, 1 table, 21 sources.

The purpose of the work is to build a network infrastructure using GPON technology.

The object of research is the process of building network infrastructure.

The subject of research is methods of building network infrastructure based on optical lines.

Summary of the work: In the conditions of war and daily shelling of the infrastructure by the enemy, independence from the generation of electricity for the provision of Internet, television and IP telephony services is a very urgent problem that GPON technology will help to cope with.

Fiber optics is the fastest technology for transmitting information over the Internet today. Optical networks are the ideal solution for environments with several remote nodes or buildings, and GPON offers a wide range of advantages that enable the rapid and flexible deployment of fiber to the mass market with the lowest possible maintenance and deployment costs.

KEY WORDS: NETWORK INFRASTRUCTURE, GPON, EPON, OLT, ONU, OPTICAL CABLE.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ШИРОГОСМУГОВОГО ДОСТУПУ	10
1.1 ADSL	10
1.2 WIMAX	11
1.3 PON.....	13
РОЗДІЛ 2 ОПТОВОЛОКОННІ МЕРЕЖІ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ.....	15
2.1 Переваги та недоліки	15
2.2 Принцип функціонуванн	17
2.3 Оптичні волокна: типи, переваги та недоліки.....	23
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ: GPON, EPON.....	29
3.1 GPON.....	29
3.2 EPON	30
3.3 Порівняння технологій GPON та EPON	31
РОЗДІЛ 4 ПОБУДОВА МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	34
4.1 Обладнання для побудови мережі.....	34
4.2 Побудова мережі.....	38
ВИСНОВКИ.....	39
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	40
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.....	43

ВСТУП

В умовах війни та щоденного обстрілу інфраструктури ворогом, незалежність від постання електроенергії для надання послуг інтернету, телебачення та IP-телефонії є дуже нагальною проблемою, з якою допоможе справитись технологія GPON.

Волоконна оптика сьогодні є найшвидшою технологією для передачі інформації через Інтернет. Оптичні мережі є ідеальним рішенням для середовищ з декількома віддаленими вузлами або будівлями, а GPON пропонує широкий спектр переваг, які дозволяють швидко і гнучко розгортати оптоволокно на масовому ринку з мінімально можливими витратами на обслуговування і розгортання. Сучасні технології оптичного доступу забезпечують користувачам достатню швидкість (до 1 Гбіт/с), але в найближчому майбутньому цих показників може виявитися недостатньо, оскільки обсяг даних, що передаються, стрімко зростає з розвитком і поширенням хмарних технологій, віддаленого зберігання даних і сервісів SaaS. Одним з рішень цієї проблеми є технологія пасивних оптичних мереж наступного покоління, яка може сприяти швидкому розвитку інноваційних послуг, що забезпечується переходом користувачів на більш швидкісні лінії зв'язку. Мета даної роботи – дослідити технології пасивних оптичних мереж та побудувати мережеву інфраструктуру з використанням технології GPON.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ШИРОГОСМУГОВОГО ДОСТУПУ

1.1 ADSL

Хоча ця технологія повільно, але впевнено втрачає популярність у великих містах, вона також стає дуже популярною в приватному секторі. Основою мережі є цифрова лінія абонента, яка забезпечує доступ до Інтернету через телефонну лінію. Однак телефонні лінії використовують аналогові сигнали для передачі голосових повідомлень; ADSL-з'єднання призначені для перетворення аналогових сигналів у цифрові і передачі їх безпосередньо до комп'ютера. (Рис.1.1).

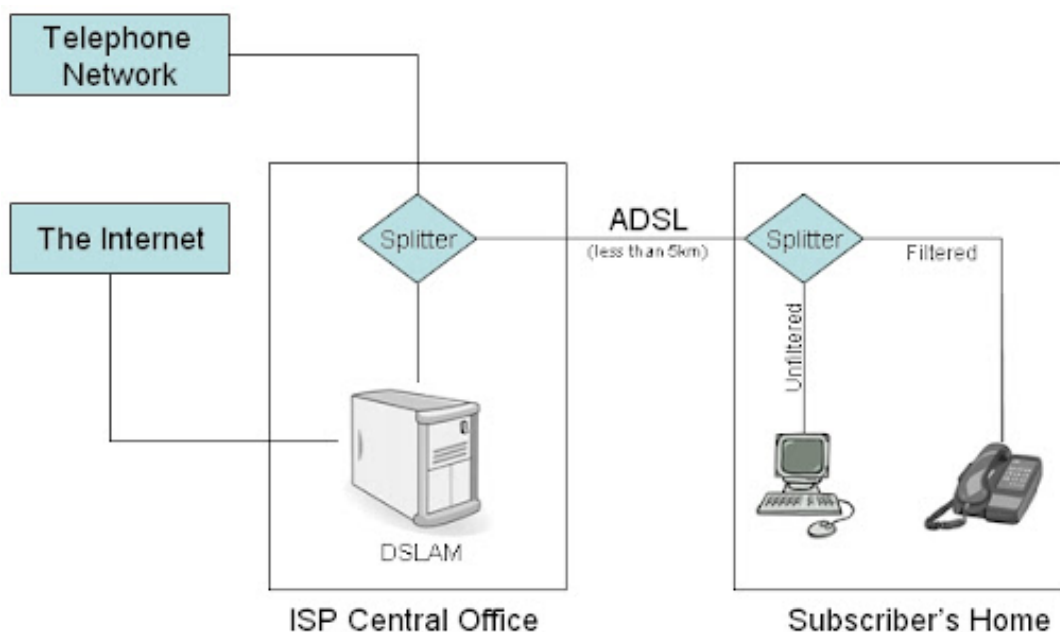


Рисунок 1.1 – Схема підключення ADSL – абонента

На відміну від старих комутованих модемів, обладнання на базі ADSL не перериває телефонну лінію і може використовувати цифрові та аналогові сигнали одночасно. Найважливішими перевагами технології ADSL є її низька вартість та ефективність. Фактично, система використовує ті ж самі мідні телефонні кабелі.

Кількість витих пар у ньому, звичайно, набагато більша, ніж кількість аналогічних елементів у кабельному модемі. Але при цьому немає необхідності в модернізації комутаційної системи або складних ремонтних роботах; ADSL-з'єднання швидкі, а новітні типи модемів інтуїтивно зрозумілі у використанні та встановленні; ADSL - це технологія високошвидкісного Інтернету, але вона не має універсального значення або формули. Швидкість варіюється для кожного окремого абонента і залежить від ряду факторів. Деякі з цих факторів впливають на надійність і якість обладнання. Тому краще всього довірити установку модемів і роутерів фахівцям. Основною причиною низької швидкості ADSL-з'єднання є якість абонентської лінії. Мається на увазі наявність або відсутність кабельних відгалужень, їх стан, діаметр і довжина проводів. Ослаблення сигналу є прямим наслідком збільшення довжини абонентської лінії, в той час як перешкоди можна зменшити, збільшивши діаметр лінії; стандартна довжина каналу ADSL - не більше 5 км, що є оптимальним діапазоном для високошвидкісної передачі даних.

1.2 WiMAX

Стандарт WiMAX (аббревіатура від Worldwide Interoperability for Microwave Access) - на відміну від інших технологій бездротового доступу, WiMAX є технологією широкопasmового бездротового зв'язку (протокол IEEE 802. 16) Технологія WiMAX може працювати в будь-яких умовах, в тому числі в щільних міських районах, забезпечуючи високу якість зв'язку і швидкість передачі даних WiMAX може використовуватися для вирішення завдань, обмежених традиційними технологіями, таких як установка широкопasmових з'єднань "останньої милі", розгортання бездротових точок доступу і організація мереж між філіями компаній Технологія WiMAX значно перевершує сучасні мережі Wi-Fi Wi-Fi - це технологія бездротового зв'язку на коротких відстанях, наприклад, в офісних будівлях і кафе, причому відстань від точки доступу до комп'ютера до точки

доступу Wi-Fi, як правило, не перевищує 10 м. Технологія WiMAX - це широкосмугова мережа бездротового доступу з покриттям по всьому місту. Мережа бездротового доступу, в якій відстань від приймача до базової станції вимірюється в кілометрах. Тому локальна мережа Wi-Fi є логічним продовженням мережі WiMAX, рис 1.2.

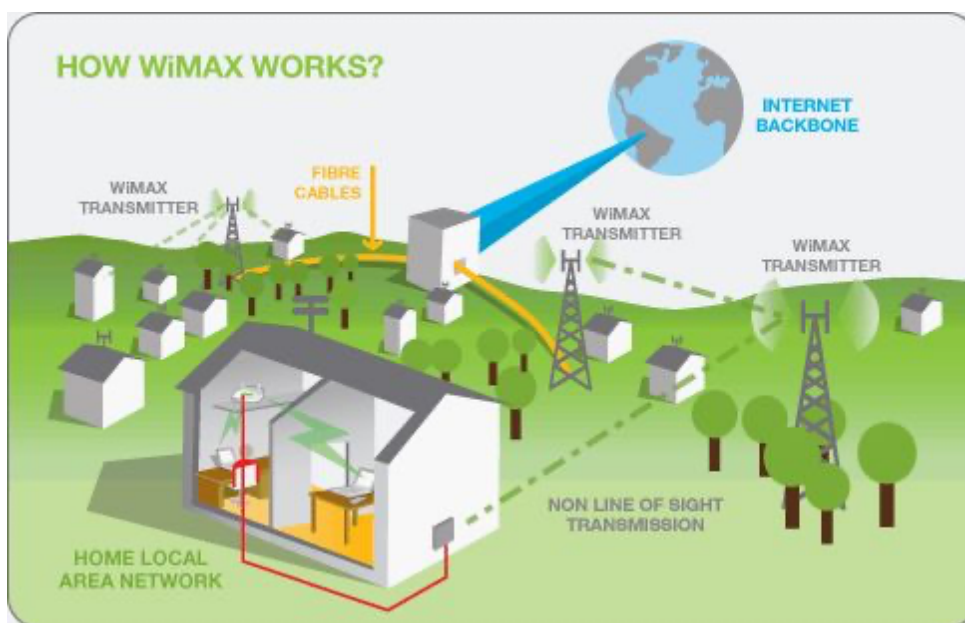


Рисунок 1.2 – Принцип функціонування WiMAX

Технологія WiMAX має багато переваг:

- у порівнянні з дротовими (xDSL), бездротовими та супутниковими системами, мережі WiMAX не тільки дозволяють операторам та постачальникам послуг економічно ефективно охопити нових потенційних користувачів, але й розширюють сферу застосування інформаційно-комунікаційних технологій для користувачів, які вже користуються фіксованими (стаціонарними) лініями зв'язку;
- стандарт є універсальним, оскільки поєднує технологію операторського рівня (яка об'єднує низку підмереж і забезпечує доступ до Інтернету) з технологією "останньої милі" (останній сегмент від точки входу в мережу провайдера до комп'ютера користувача), що підвищує надійність системи;
- бездротові технології є гнучкими і можуть бути масштабовані за необхідності, що полегшує розгортання;

- простота встановлення - фактор, який знижує вартість створення мережі в країнах, що розвиваються, малонаселених районах і віддалених місцях;
- покриття - важливий показник для бездротових систем зв'язку. В даний час більшість технологій бездротового широкосмугового зв'язку вимагають наявності прямої видимості між об'єктами мережі; WiMAX, використовуючи технологію OFDM (цифрової модуляції), створює зону покриття без прямої видимості від клієнтського пристрою до базової станції, де відстань вимірюється в кілометрах;
- технологія WiMAX включає в себе миттєвий IP-протокол, що робить інтеграцію в локальні мережі легкою і прозорою;
- технологія WiMAX підходить для об'єктів фіксованої та мобільної мережі на єдиній інфраструктурі.

Сьогодні системи широкосмугового доступу викликають особливий інтерес у операторів і розробників нового обладнання: Бездротові мережі на основі технології WiMAX пропонують видатні переваги з точки зору швидкості розгортання, вартості, покриття території та мобільності. Тому слід продовжувати докладати зусиль для розробки стандарту для сучасних бездротових мереж WiMAX і найкращим чином використовувати їхні ресурси.

1.3 PON

PON (Passive Optical Network – гігабітна пасивна оптична мережа) - це технологія, яка використовує пасивні оптичні розгалужувачі для створення розгалужених мереж (переважно деревоподібної топології) без активних компонентів. Технологія PON, рис 1.3, ідеально підходить для покриття великих територій з різною щільністю забудови, від багатоповерхових мікрорайонів до котеджних містечок, переваги цієї технології використовуються в повній мірі. Двонаправлена передача і прийом в принципі здійснюються по одному оптичному

волокну, але на різних довжинах хвиль (1310 нм і 1490 нм). Вся інформація користувача передається одночасно від оптичного лінійного терміналу (OLT), головного кінця, до оптичного мережевого блоку (ONU) терміналу з тимчасовим розділенням каналів: Оптична потужність з виходу OLT ділиться (порівну або нерівномірно) на вузлах мережі таким чином, щоб рівень сигналу на вході всіх ONU був приблизно однаковим.

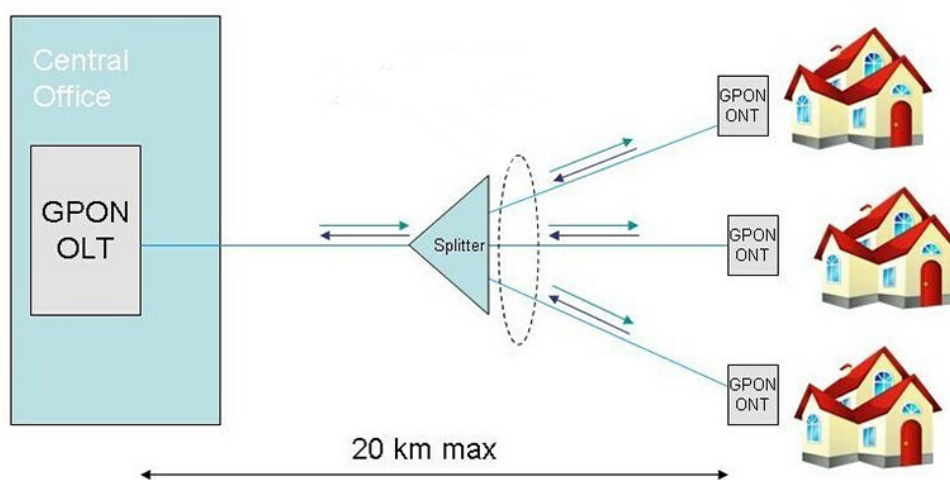


Рисунок 1.3 – Структура пасивної оптичної мережі

Таким чином при використанні даної технології ми отримуємо наступні переваги:

- економія волокон в оптичних кабелях;
- значна економія оптичних випромінювачів на головній станції;
- можливість надання трьох видів інформації (згідно з концепцією Triple Play) - голос, відео і даних;
- не має потреби в електроживленні на мережеві елементи (крім кінцевих);
- невеликі витрати на обслуговування;
- проста можливість підключення абонентів.
- подальше збільшення швидкості передачі (до 10 Гбіт/с і вище) без заміни обладнання лінійного тракту (оптичні кабелі, розгалужувачі, з'єднувачі).

РОЗДІЛ 2 ОПТОВОЛОКОННІ МЕРЕЖІ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

2.1 Переваги та недоліки

Волоконна оптика (діелектричний хвилевід) має найвищу пропускну здатність серед усіх існуючих засобів зв'язку. Волоконно-оптичні кабелі використовуються для створення ВОЛЗ (волоконно-оптичних ліній зв'язку), які можуть забезпечити найвищу швидкість передачі даних (швидкість передачі десятків гігабайт і навіть терабайт в секунду, в залежності від типу використовуваного активного обладнання).

Кварцове скло, середовище передачі даних для волоконної оптики, має ще одну цінну властивість на додаток до своїх унікальних характеристик пропускну здатності: низькі втрати і нечутливість до електромагнітних полів. Це відрізняє його від звичайних мідних кабельних систем. Ця система передачі інформації часто використовується при будівництві робочих об'єктів, як зовнішня магістральна лінія, що з'єднує різні будівлі або будівлі та багатоповерхові будинки. Вона також може використовуватися як внутрішній носій для структурованих кабельних систем (СКС), але через високу вартість будівництва оптичних ліній зв'язку, повні СКС, що повністю складаються з оптоволокна, не дуже поширені.

Оптоволоконні лінії можна використовувати для локального з'єднання робочих місць, завантаження високошвидкісного Інтернету на всі комп'ютери одночасно, а також для забезпечення якісного телефонного та телевізійного зв'язку. Якщо майбутня система правильно спроектована (на цьому етапі необхідно вирішити архітектурні питання і вибрати відповідне обладнання та кабельні з'єднання) і професійно встановлена, волоконно-оптичні лінії мають значні переваги, такі як:

- вища пропускна здатність завдяки вищій несучій частоті. Потенційна пропускна здатність одного оптоволокна становить кілька терабіт інформації в секунду;
- волоконно-оптичні кабелі характеризуються низьким рівнем шуму, що позитивно впливає на пропускну здатність і можливість передачі сигналів з різними рівнями модуляції;
- пожежна безпека (вогнестійкість). На відміну від інших систем зв'язку, ВОЛЗ не генерує іскор і тому може без обмежень використовуватися на особливо небезпечних об'єктах, таких як нафтохімічні заводи;
- завдяки низькому загасанню оптичного сигналу оптичні системи можуть з'єднувати великі відстані (>100 км) між робочими зонами без необхідності використання додаткових ретрансляторів (підсилювачів).
- інформаційна безпека. Оптоволоконний зв'язок надійно захищає конфіденційну інформацію від несанкціонованого доступу та підслуховування. Ця особливість оптоволокна обумовлена відсутністю випромінювання в радіодіапазоні та високою чутливістю до вібрацій. У разі спроби прослуховування вбудована система моніторингу може відключити канал і попередити користувача про підозру злому. Саме тому LAS активно використовується сучасними банками, дослідницькими центрами, правоохоронними органами та іншими організаціями, які обробляють конфіденційну інформацію;
- висока надійність і стабільність системи. Оскільки оптоволокно є діелектричним провідником, на нього не впливає електромагнітне випромінювання, окислення або волога;
- економічна ефективність. Хоча будівництво оптичної системи коштує дорожче, ніж звичайної СКС через її складність, в довгостроковій перспективі власник отримає значну економічну вигоду. Кварцове оптичне волокно приблизно вдвічі дешевше за мідний кабель і дозволяє економити на підсилювачах при побудові великих систем. У той час як мідні подвійні ретранслятори потрібно встановлювати кожні кілька кілометрів, з ВОЛЗ ця відстань становить

щонайменше 100 кілометрів. При цьому швидкість, надійність і довговічність звичайних СКС значно поступаються оптичним;

- термін служби волоконно-оптичної лінії становить близько чверті століття. Після 25 років безперервного використання в несучій системі загасання сигналу є значним;
- якщо порівнювати мідні та оптичні кабелі, то останні приблизно в чотири рази легші за вагою при однаковій смузі пропускання і в кілька разів менші за об'ємом, ніж мідні кабелі, навіть із захисною оболонкою;
- очікування. Волоконно-оптичні лінії зв'язку дозволяють легко збільшити обчислювальну потужність локальної мережі за рахунок встановлення швидшого активного обладнання без необхідності зміни комунікацій.

Недоліки ВОЛЗ:

- вартість монтажу та інтерфейсного обладнання відносно висока. Але технології не стоять на місці, і з кожним роком з'являються нові способи здешевлення цього параметра;
- ускладнюється монтаж і обслуговування мережі. Монтаж оптичних кабелів вимагає дотримання технології;
- мікротріщини знижують надійність; Додаткове армування кабелю можливе, але збільшує вартість оптоволоконного кабелю.

2.2 Принцип функціонування

Сучасні скляні оптоволоконні кабелі з низькими втратами пропонують практично необмежену пропускну здатність і багато інших переваг у порівнянні з раніше розробленими середовищами передачі даних. Найпростіша оптоволоконна система, що використовується для передачі інформації між двома точками, складається з трьох основних елементів: оптичного передавача, оптоволоконного кабелю та оптичного приймача, рис. 2.1.

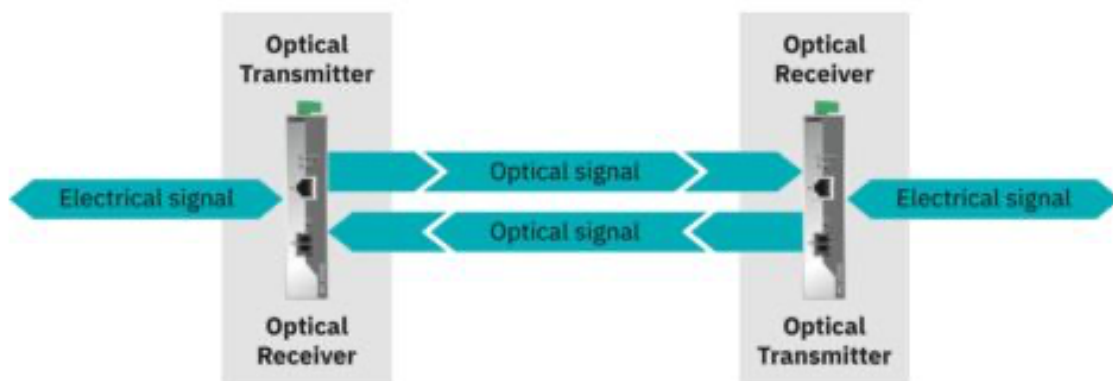


Рисунок 2.1 – Схема найпростішої оптоволоконної системи передачі інформації

Електричний сигнал надсилається на приймач, який перетворює електричний сигнал в оптичний імпульс. Оптичні імпульси надсилаються до оптичного кабелю через оптичний роз'єм. На приймальному кінці оптичний кабель з'єднується з трансивером, який перетворює світловий промінь в електричний сигнал за допомогою оптичного роз'єму.

Склад класичної мережі PON:

- оптичне закінчення лінії (OLT) OLT є початковою точкою пасивної оптичної мережі, підключеної до комутатора ядра через кабель Ethernet. Основна функція OLT (рис. 2.2. 2.2.2) полягає в перетворенні, формуванні і передачі сигналів в мережі PON, а також в розділенні передачі по висхідній лінії зв'язку. Для цього він координує мультиплексування оптичних мережевих терміналів. Зазвичай обладнання OLT включає в себе стійку, модуль управління і комутації (CSM), модуль зв'язку EPON (ELM, плата PON), резервний модуль живлення -48 В постійного струму або модуль живлення 110/220 В змінного струму і вентилятор. З них плата PON і блок живлення можуть бути гаряче замінені, тоді як інші модулі є вбудованими; OLT висхідний (розподіл різних типів даних і голосового трафіку від користувача) і низхідний (локальна мережа або міжміський Існує два змінних напрямки (прийом даних, голосового і відеотрафіку з мережі і відправка їх на модуль ONT); максимальна відстань, що підтримується для передачі по оптичній розподільчій мережі ODN (Optical Distribution Network), становить 20 км;

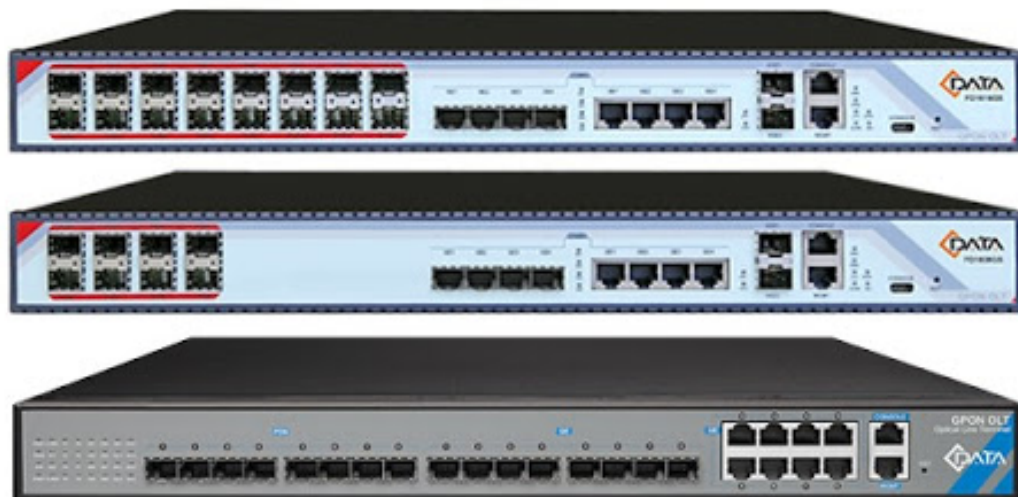


Рисунок 2.2 – Оптичні лінійні термінали (OLT)

— оптичний мережевий блок (ONU)/оптичний мережевий термінал (ONT)

ONU перетворює оптичні сигнали, що передаються по волокну, в електричні сигнали. Ці електричні сигнали передаються окремим абонентам. Зазвичай між ONU і приміщенням кінцевого користувача існує мережа віддаленого або іншого доступу. Крім того, ONU можуть передавати, збирати і обробляти різні типи даних від клієнта і передавати їх до OLT. Обробка - це процес оптимізації та реорганізації потоку даних для більш ефективної передачі; OLT підтримує розподіл смуги пропускання і забезпечує безперебійне надходження даних до OLT; ONU можуть бути підключені різними способами, включаючи мідні пари, коаксіальний кабель, оптоволокну, Wi-Fi і різні типи кабелів. Пристрої кінцевого користувача також називають оптичними мережевими терміналами (ONT); ONT - це, по суті, те ж саме, що й ONU; ONT - це термін ITU-T, а ONU - термін IEEE. Хоча вони належать різним органам стандартизації, обидва терміни відносяться до користувацького обладнання в системі GPON. На практиці, однак, існують невеликі відмінності між ONT і ONU в залежності від їх положення.



Рисунок 2.3 – Абонентський термінал GPON (ONU)

Технологія WDM (мультиплексування з поділом по довжині хвилі) використовується для надання послуг зв'язку абонентам, коли сигнали до абонента і від нього передаються на різних довжинах хвиль (1490 нм і 1310 нм відповідно). Залежно від типу ONU/ONT з незалежними виходами для телевізійних відеосигналів, відеосигнали різних довжин хвиль можуть бути "змішані" з волоконною оптикою в кабельному телебаченні з довжиною хвилі 1550 нм.

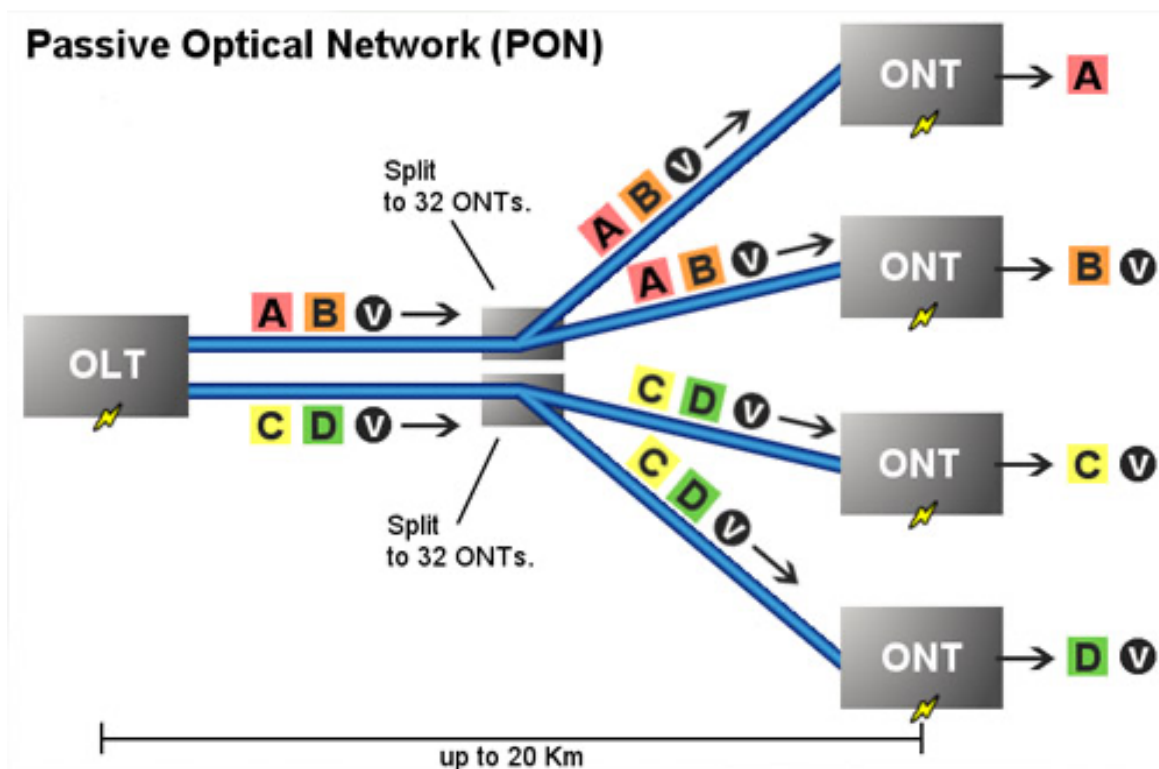


Рисунок 2.4 – Загальна структура роботи PON-мережі

Технології часового розділення використовуються в кожному напрямку передачі (до абонента і від нього) для кожної довжини хвилі.

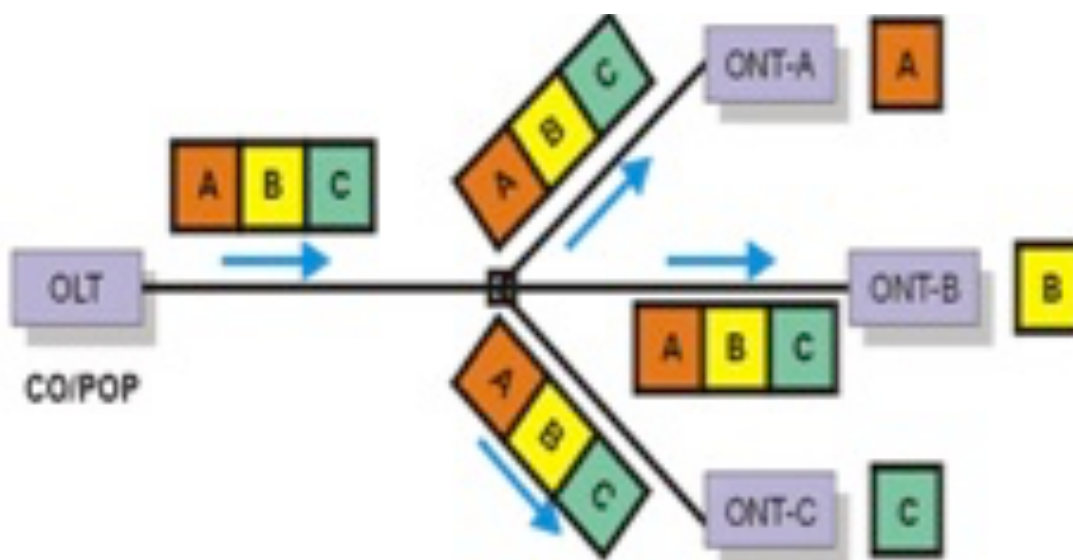


Рисунок 2.5 – Передача інформації за направленням до абонента

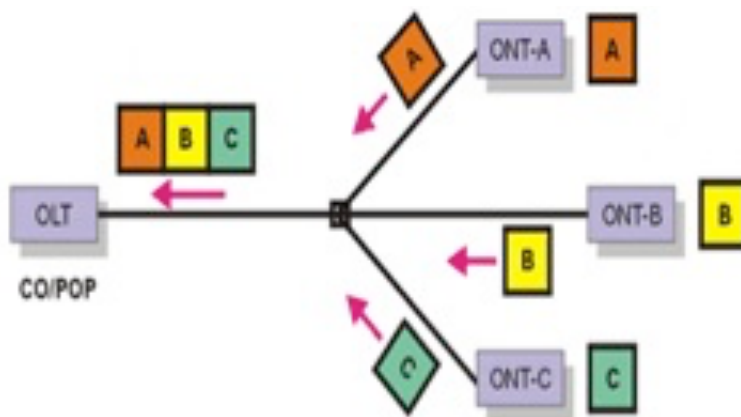


Рисунок 2.6 – Передача інформації за направленням від абонента

У вищевказаних випадках всім абонентам виділяється рівна фіксована гарантована пропускна здатність в кожному напрямку. Однак, існують також наступні випадки:

- деякі абоненти в даний момент не приймають/передають інформацію або відключені (не користуються послугами зв'язку), що призводить до "простою" пропускної здатності каналу зв'язку;
- різні абоненти потребують різної пропускної здатності каналу зв'язку;
- деякі абоненти потребують тимчасового збільшення пропускної здатності.

Звичайні розгалужувачі розділяють оптичні потоки без урахування їх довжин хвиль; WDM-розгалужувачі - це розгалужувачі з двома виходами, які можуть розділити оптичний потік з урахуванням його спектральних складових, часто званих краплями. Ідея збільшення пропускної здатності одного волокна за рахунок передачі декількох каналів інформації на кожній довжині хвилі активно використовується для побудови мереж PON наступного покоління (WDM-PON).

Залежно від призначення ВОЛЗ, його довжини і якості використовуваних компонентів застосовуються різні схеми побудови. Якщо відстань між передавальною та приймальною точками велика, в хід йдуть ретранслятори з підсилювачами сигналу. Якщо довжина оптичного кабелю невелика (достатньо конструктивної довжини оптичного кабелю), зварювання кабелю не потрібне. Хоча стандартна довжина оптичного волокна становить кілька кілометрів, довжина ліній

зв'язку ВОЛЗ може досягати кількох сотень кілометрів (наприклад, при передачі даних на великі відстані). Тому при створенні маршрутів необхідно вирішувати проблему зрощування окремих світловодів.

Існує два типи зрощування: знімне і постійне. У першому випадку для зрощування використовуються оптичні з'єднувачі (що викликає додаткові витрати, а також збільшує оптичні втрати при великій кількості проміжних з'єднань відгалужень). Для постійного з'єднання локальних ділянок (прокладання трас) використовуються механічні з'єднувачі, клейові з'єднання і зварювання волокон. В останньому випадку використовується волоконно-оптичний зварювальний апарат. Який метод вибрати, залежить від призначення оптики та умов її використання. Найпоширенішим є метод склеювання, який використовує спеціальне обладнання та інструменти і передбачає кілька технічних операцій.

2.3 Оптичні волокна: типи, переваги та недоліки

Оптоволокно, рис 2.7 - це хвилевід з круглим поперечним перерізом дуже малого діаметру (порівнянного з товщиною людської волосини), через який передається електромагнітне випромінювання в оптичному полі. Довжина хвилі оптичного випромінювання охоплює електромагнітний спектр від 100 нм до 1 мм, але оптичні волокна зазвичай використовуються в ближній інфрачервоній (ІЧ) області (760-1600 нм) і рідше в області видимого світла (380-760 нм). Оптичні волокна складаються з серцевини та оптичної оболонки, виготовленої з матеріалу, прозорого для світлового випромінювання.

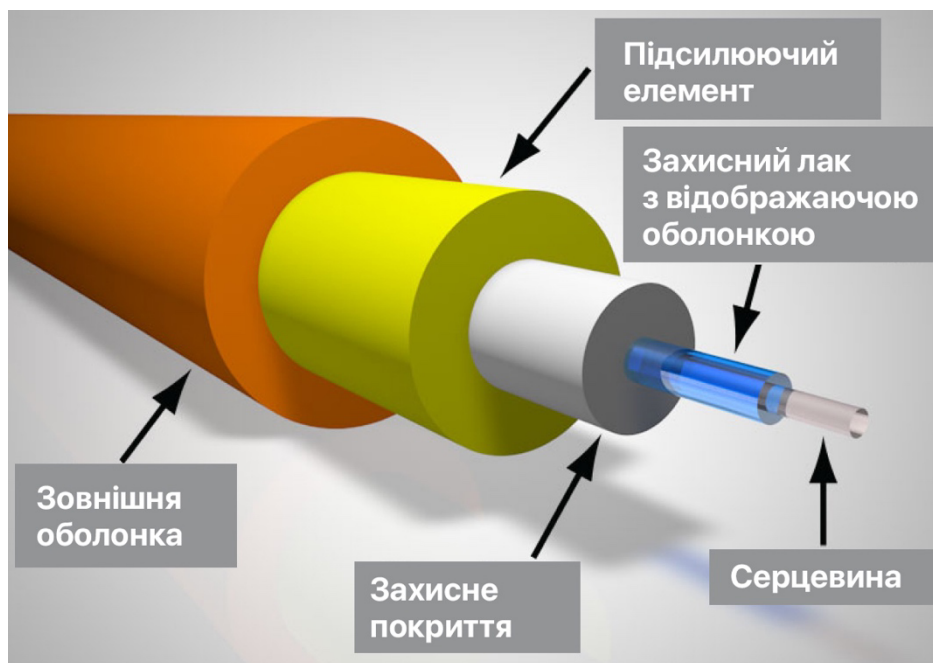


Рисунок 2.7 – Конструкція оптичного волокна

Оптичні волокна, що використовуються для побудови волоконно-оптичних пристроїв, відрізняються за матеріалом виготовлення та оптичною структурою. За матеріалом виготовлення розрізняють суцільноскляні волокна (зі скляною серцевиною і скляною оптичною оболонкою), суцільнопластикові волокна (з пластиковою серцевиною і оболонкою) і композитні типи (зі скляною серцевиною і пластиковою оболонкою). Скловолокно забезпечує найвищу пропускну здатність, але дешевше пластикове волокно використовується там, де вимоги до загасання і пропускну здатності не є критичними. За типом шляху, по якому світло поширюється через серцевину волокна, розрізняють одномодові та багатомодові волокна (одномодові випромінюють один промінь світла, тоді як багатомодові випромінюють кілька (десятки, сотні або тисячі) променів світла).

Двома основними параметрами, рис 2.8, оптичного волокна є фотопровідна серцевина і фотопровідна оболонка. Стінка трубки є відбивною оболонкою, а внутрішня порожнина трубки - серцевиною. У багатомодових волокнах діаметр внутрішньої порожнини дуже великий - 62,5 або 50 мкм, тоді як в одномодових волокнах він становить лише 9 мкм, тобто в кілька разів менший. Тому в багатомодових волокнах сигнал складається з багатьох хвиль, що поширюються на

значно більшій площі, що призводить до більш ослабленого сигналу і відносно короткого радіусу дії.

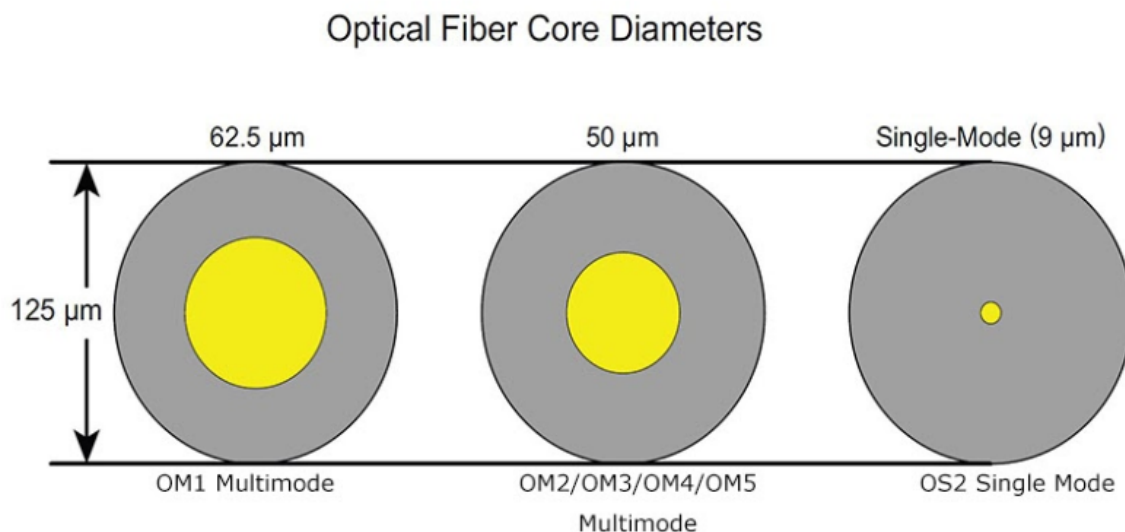


Figure 1: Optical Fiber Core Diameters

Рисунок 2.8 – Діаметри оптичних волокон

Багатомодові, рис 2.9, оптоволоконні кабелі забезпечують високу пропускну здатність лише на коротких відстанях, оскільки через них проходить більше однієї моди (оптичного променя). При проходженні сигналу на більші відстані виникає проблема дисперсії мод (спотворення). Зазвичай це виражається в термінах "ефективної модальної смуги пропускання" волокна, яка є зворотною залежністю між пропускну здатністю волокна і відстанню до нього. Чим ширша смуга пропускання, тим менша відстань, яку потрібно подолати, і навпаки, тим менша відстань, яку потрібно подолати, через дисперсію мод. Дисперсія мод - це механізм деградації, який виникає в багатомодових оптичних волокнах та інших хвилеводах; кожен фотон в оптичному волокні проходить шлях, відмінний від інших, так що кожен фотон (при однаковій швидкості поширення) проходить різну відстань в одному і тому ж волокні, що призводить до різних затримок і дисперсії сигналу. Дисперсія і загасання є двома найважливішими параметрами оптичного волокна: Оскільки світлодіоди і лазери випромінюють певний спектр довжин хвиль при

передачі інформації, дисперсія розширює імпульс при його поширенні по волокну і викликає спотворення сигналу. Для оцінки дисперсії використовується термін "ширина смуги пропускання". Це величина, зворотна поширенню імпульсу при проходженні по оптичному волокну на відстань 1 км. Смуга пропускання вимірюється в мегагерцах на кілометр. Дисперсія накладає обмеження на дальність передачі і верхню межу частоти сигналу, що передається. Загасання визначається втратами на поглинання і розсіювання в оптичному волокні. Втрати на поглинання залежать від чистоти матеріалу, в той час як втрати на розсіювання залежать від неоднорідності показника заломлення матеріалу. Загасання також залежить від довжини хвилі випромінювання, введеного в оптичне волокно. Оптичні сигнали загасають у всіх волокнах зі швидкістю, яка залежить від довжини хвилі передавача, що слугує джерелом світла. Існує три довжини хвиль, на яких загасання в оптичних волокнах зазвичай мінімальне: 850 нм, 1310 нм і 1550 нм. Вони відомі як "прозорі вікна". У багатомодових системах вікно 850 нм є першим і найбільш широко використовуваним (найдешевша волоконно-оптична лінія). На цій довжині хвилі якісне градієнтне багатомодове волокно показує загасання близько 3 дБ/км, що дозволяє здійснювати зв'язок на відстані понад 3 км.

В одномодовому волокні світлові імпульси поширюються з приблизно однаковою швидкістю і прибувають приблизно в один і той же час, що усуває ефект модальної дисперсії, присутній в багатомодовому волокні. Це призводить до низьких втрат сигналу і високої пропускної здатності навіть на великих відстанях. Тому одномодове волокно ідеально підходить для передачі сигналу на великі відстані, наприклад, між виробничими об'єктами, під водою або у віддалених офісах. Насправді, немає ніяких обмежень для відстані.

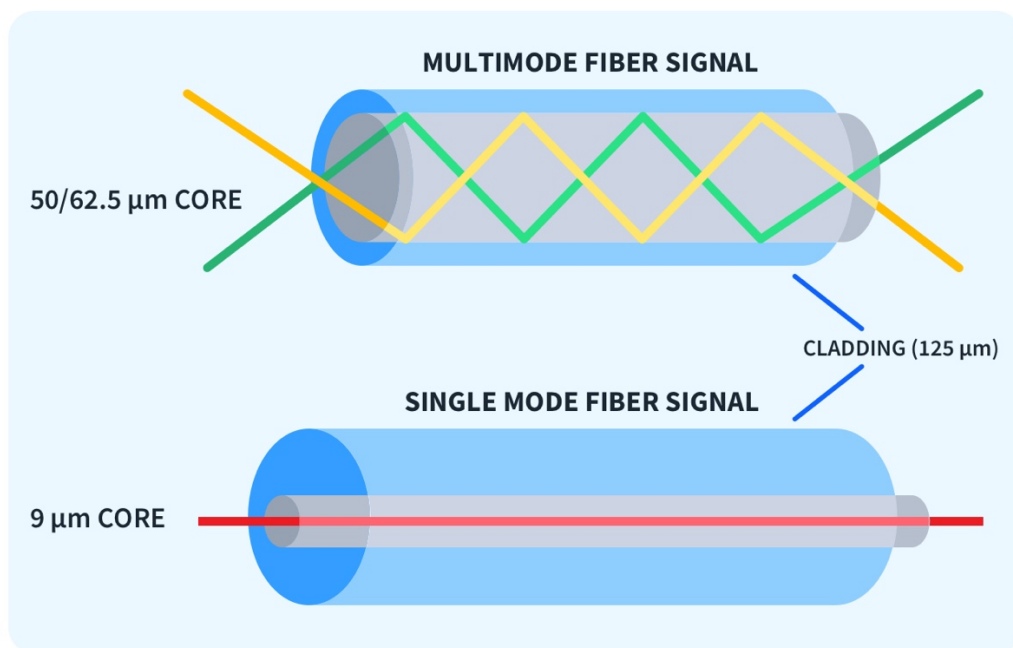


Рисунок 2.9 – Порівняння структури одномодового та багатомодового волокна

У будь-якому випадку, оптоволоконні кабелі принципово відрізняються від звичайних електричних кабелів і мають високу стійкість до перешкод, що гарантує максимальну ефективність як цілісність, так і конфіденційність інформації, що передається через оптоволоконні кабелі. Електромагнітні перешкоди, спрямовані на оптоволоконні кабелі, не можуть спотворити світловий потік, а самі фотони не створюють зовнішнього електромагнітного випромінювання. Неможливо створити перешкоди, не порушивши цілісність інформації, що передається по кабелю. Смуга пропускання оптоволоконних кабелів теоретично становить 10^{12} Гц, що не має аналогів серед існуючих складних кабелів, і може легко передавати інформацію зі швидкістю до 10 Гбіт/с на кілометр.

Волоконно-оптичні кабелі самі по собі не дорогі і мало чим відрізняються від тонких коаксіальних кабелів. Однак значну частину вартості готової мережі становить приймально-передавальне обладнання, яке перетворює електричні сигнали на світлові і навпаки.

Ослаблення оптичного сигналу, що проходить через оптоволоконний кабель в локальній мережі, не перевищує 5 дБ на км. Причому, чим вище частота, тим більш вираженою стає перевага оптичних середовищ над звичайними

електричними провідниками, загасання зростає незначно. А на частотах вище 0,2 ГГц оптоволоконні кабелі абсолютно неконкурентоспроможні. Практично можливо збільшити відстань передачі до 800 км. Оптоволоконні кабелі використовуються в мережах з топологією "кілеце" або "зірка" і не мають проблем із заземленням і узгодженням навантаження, які завжди є проблемою для електричних кабелів.

Завдяки вищезазначеним перевагам аналітики прогнозують, що оптоволоконні кабелі незабаром замінять електричні кабелі в мережевих комунікаціях, особливо з огляду на зростаючий дефіцит міді на планеті.

Слід згадати і про недоліки волоконно-оптичних систем передачі інформації, основними з яких є складність монтажу системи та високі вимоги до точності встановлення роз'ємів. Розбіжність в один мікрон при монтажі роз'єму призведе до значного загасання сигналу. Це вимагає високоточного зварювання і спеціальних клейких гелів, близьких до оптичного показника заломлення волокон, що збираються.

Оптоволокло є менш міцним і гнучким матеріалом, ніж мідь, і згинання його нижче радіуса 10 см становить загрозу безпеці. Іонізуюче випромінювання зменшує прозорість волокна і збільшує загасання оптичного сигналу, що передається. Радіаційно-стійкі оптоволоконні кабелі коштують дорожче, ніж звичайні оптоволоконні кабелі. Різкі перепади температури спричиняють появу тріщин в оптичному волокні. Звичайно, оптоволокло також вразливе до механічних навантажень, ударів та ультразвуку. Для захисту від цих факторів в оболонці кабелю використовуються спеціальні м'які, звукопоглинаючі матеріали.

В даний час ведуться активні дослідження щодо зміни функціональних властивостей волокон і усунення існуючих недоліків. Це робиться в основному для того, щоб зробити їх ще більш ефективними в ще більшій кількості сфер людської діяльності.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ: GPON, EPON

3.1 GPON

Протягом багатьох років були розроблені різні стандарти PON: Наприкінці 1990-х років Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) розробив стандарт APON, який використовує асинхронний режим передачі (ATM) для передачі пакетів на великі відстані. Оскільки ATM більше не використовується, була розроблена нова версія під назвою Broadband PON або BPON. Була створена нова версія під назвою Broadband PON або BPON. Цей стандарт називається ITU-T G.983 і забезпечує 622 Мбіт/с низхідну і 155 Мбіт/с висхідну лінію зв'язку. BPON все ще використовується в деяких системах, але більшість сучасних мереж використовують GPON або Gigabit PON Стандарт ITU-T - G.984. Він забезпечує 2,448 Гбіт/с висхідної та 1,244 Гбіт/с низхідної лінії зв'язку.

GPON використовує мультиплексування з поділом по довжині хвилі (WDM), що означає, що одне волокно може передавати дані як у низхідному, так і у висхідному напрямках; лазер з довжиною хвилі 1490 нм передає дані у низхідному напрямку. Дані у висхідному напрямку передаються на довжині хвилі 1310 нм. Для телебачення використовується довжина хвилі 1550 нм. Кожен ONU отримує повну швидкість низхідної лінії 2,448 Гбіт/с, але GPON використовує множинний доступ з часовим поділом каналів (TDMA) для виділення певного часового інтервалу для кожного користувача. Таким чином, пропускна здатність розподіляється таким чином, що кожен користувач отримує частку в залежності від того, як її виділив постачальник послуг, наприклад, 100 Мбіт/с. Швидкість висхідного потоку менша за максимальну, оскільки вона ділиться з іншими ONU за допомогою методу TDMA; OLT визначає відстань і затримку для кожного абонента. Потім програмне забезпечення забезпечує спосіб виділення часового інтервалу для передачі даних кожному користувачеві. Типове співвідношення для одного волокна - 1:32 або 1:64.

Це означає, що кожне волокно може обслуговувати 32 або 64 абоненти. Залежно від системи, можливе також співвідношення поділу до 1:128.

З точки зору формату даних, пакети GPON можуть безпосередньо обробляти пакети АТМ; АТМ об'єднує все в 53-байтовий пакет, 48 байт для даних і 5 байт для службових даних. GPON також використовує загальну схему інкапсуляції для передачі інших протоколів. GPON також використовує загальні схеми інкапсуляції для передачі інших протоколів. Він може інкапсулювати протоколи, необхідні для передачі даних, такі як Ethernet, IP, TCP, UDP, T1/E1, відео та VoIP. Розмір пакета становить мінімум 53 байти і максимум 1518 байт; шифрування AES використовується лише в подальшому; остання версія GPON - це 10-гігабітна версія, яка називається XGPON або 10GPON.

3.2 EPON

Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) розробив ще один новий стандарт PON. Заснований на стандарті Ethernet 802.3, EPON 802.3ah визначає аналогічну пасивну мережу з радіусом дії до 20 км, що використовує WDM на тій же оптичній частоті, що і GPON, і використовує TDMA (радіочастоту, коли кілька абонентів знаходяться в одній смузі частот). Вихідна швидкість передачі даних становить 1,25 Гбіт/с як у низхідному, так і у висхідному напрямках.

EPON повністю сумісний з іншими стандартами Ethernet, тому при підключенні до мереж на основі Ethernet з обох сторін не потрібно ніякого перетворення або інкапсуляції. Використовуються ідентичні кадри Ethernet з максимальним корисним навантаженням 1518 байт; EPON не використовує метод доступу CSMA/CD, який застосовується в інших версіях Ethernet. Оскільки Ethernet є домінуючою мережевою технологією, що використовується в локальних мережах (LAN), а тепер і в міських мережах (MAN), перетворення протоколу не потрібне. Фактична швидкість лінії становить 10,3125 Гбіт/с. Базовий режим - 10 Гбіт/с

висхідний і низхідний; варіанти - 10 Гбіт/с низхідний і 1 Гбіт/с висхідний; версія 10 Гбіт/с використовує різні довжини оптичних хвиль у волокні, 1575-1580 нм низхідний і 1260-1280 нм висхідний, тому стандартні системи 1 Гбіт/с 10 Гбіт/с можуть бути мультиплексовані по довжині хвилі, використовуючи те саме волокно, що і стандартні системи 1 Гбіт/с.

3.3 Порівняння технологій GPON та EPON

Основна відмінність між технологіями GPON і EPON полягає в швидкості передачі даних по низхідній лінії: 2,5 Гбіт/с для GPON і 1,25 Гбіт/с для EPON. Технологія GPON використовує найпростіше кодування NRZ без надмірності, що відповідає швидкості передачі корисного навантаження 2,5 Гбіт/с лінійної швидкості. Технологія EPON має швидкість передачі корисного навантаження 1 Гбіт/с. Це пов'язано з використанням надлишкового лінійного кодування 8B/10B на виході кодера, що збільшує кількість символів в блоці і підвищує завадостійкість лінійного сигналу. Структура кадру також відрізняється, рис. 3.1.

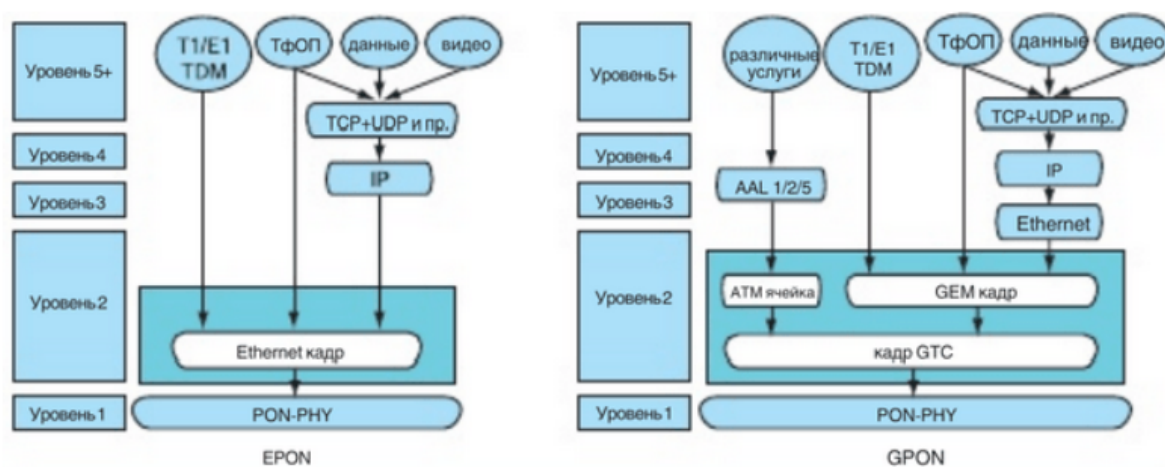


Рисунок 3.1 – Формування кадрів EPON та GPON

Мережами EPON передаються Ethernet-пакети, що містять різні типи інформації (голос, відео, дані). На першому рівні генеруються комірки ATM або кадри GEM зі змінною довжиною поля корисного навантаження, які на другому рівні інкапсулюються в кадри GTC; саме кадри GTC передаються в мережах GPON, оскільки в мережах EPON відсутня фрагментація кадрів GEM, на відміну від мереж GPON, перед передачею вказується довжина окремих кадрів, а не довжина черги. Це призводить до збільшення обсягу службової інформації, що знижує ефективність використання смуги пропускання, але спрощує управління мережею.

Протокол Ethernet не має функції QoS (Quality of Service); оскільки системи PON не можуть існувати без QoS, більшість постачальників реалізували QoS в EPON за допомогою тегів VLAN (Virtual Local Area Network). Це вирішує проблему QoS, але набагато дорожче: Теги VLAN не надаються автоматично, тому їх зазвичай надають вручну; GPON перевершують EPON, оскільки вони інтегрують обробку QoS; QoS в EPON дорожче, ніж в GPON; і вартість QoS в EPON набагато вища, ніж в GPON., рис.3.2.

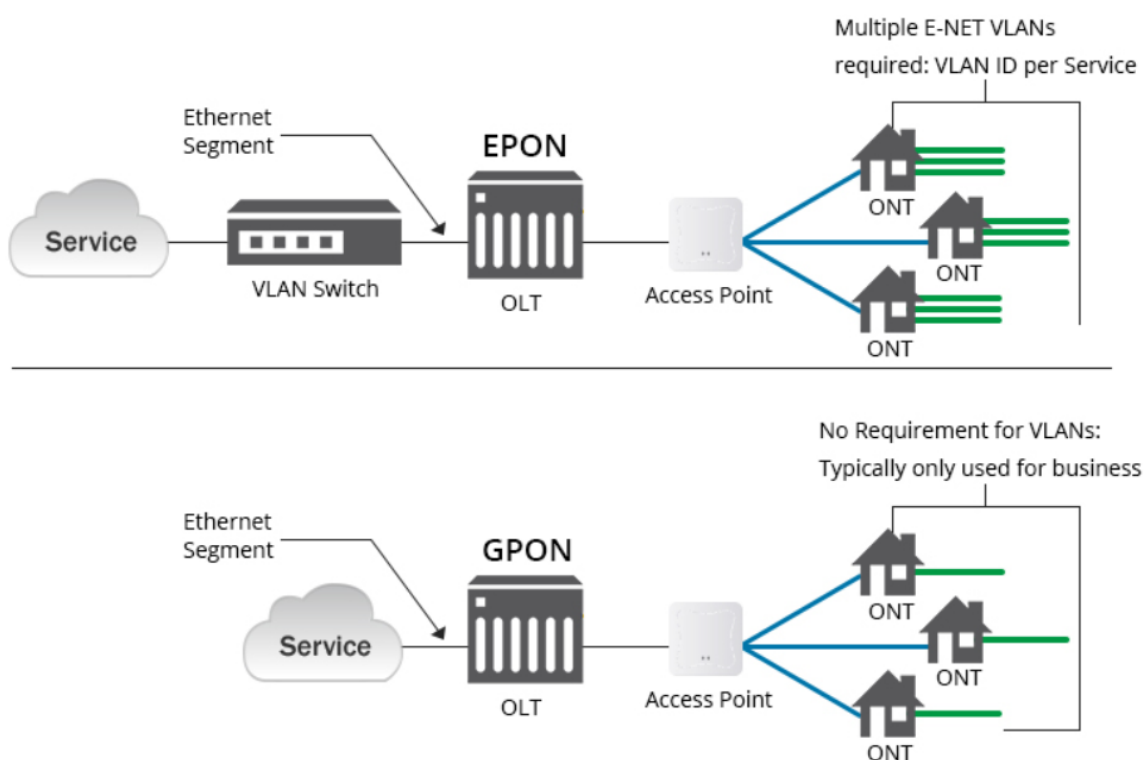


Рисунок 3.2 – QoS архітектура EPON та GPON

Відмінні характеристики технологій GPON і EPON представлені в таблиці нижче.

	GPON	EPON
Стандарт	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Тип кадрів, які передаються	GTC	Ethernet
Лінійна швидкість	2.5 Гбіт/с downlink 1.25 Гбіт/с uplink	1.25 Гбіт/с downlink 1.25 Гбіт/с uplink
Швидкість передачі “корисного навантаження”	2.5 Гбіт/с downlink 1.25 Гбіт/с uplink	1 Гбіт/с downlink 1 Гбіт/с uplink
Лінійне кодування	NRZ	8B/10B
Кількість ONT на 1 порт PON	128	64
Сервіси	інтернет, телефонія, IPTV, VoD, CaTV	інтернет, телефонія, IPTV

Таблиця 3.1 – Порівняння технологій GPON та EPON

В результаті EPON і GPON можуть бути розгорнуті з використанням однієї і тієї ж волоконно-оптичної інфраструктури. Іншими словами, вибір обладнання для пасивної оптичної мережі PON повинен ґрунтуватися на перевагах і недоліках кожної технології і обмежуватися її енергетичними характеристиками (оптичним бюджетом). Важливо відзначити, що через відмінності в технологіях обладнання GPON і EPON не сумісні і не взаємодіють між собою. Найбільш перспективною технологією для розгортання мереж "останньої милі" в найближчі роки, безсумнівно, є технологія GPON, яка активно розвивається (публікуються нові стандарти і рекомендації ITU-T) і здатна надавати найсучасніші послуги.

РОЗДІЛ 4 ПОБУДОВА МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

4.1 Обладнання для побудови мережі

Для побудови GPON мережі потрібен наступний список обладнання:

- оптичний термінал GPON OLT;
- оптичний сплітер;
- абонентський термінал GPON (ONU);

В якості оптичного терміналу використовується GPON OLT – Huawei MA5608T, рис. 4.1, який має від восьми до шістнадцяти PON портів.



Рисунок 4.1 – Оптичний термінал GPON OLT Huawei MA5608T

Huawei Smartax 5608T – це сучасне та потужне рішення для організації широкосмугового каналу зв'язку за технологією EPON та GPON. Станційний комутатор Smartax 5608T має гнучкі налаштування і є 19-дюймовим корпусним обладнанням, висотою 2U. Залежно від вимог та особливостей мережі, він може бути оснащений двома uplink-інтерфейсами GPON або EPON, а також такими downlink-інтерфейсами, як GE, FE, POTS, SHDSL, ISDN, VDSL2 та ADSL2+.

Smartax 5608T відрізняється надійністю, високою продуктивністю, простотою в обслуговуванні, економією споживаної електрики та високою щільністю доступу.

Технічні характеристики:

- кількість портів PON: до 32;
- коефіцієнт розгалуження: 1:64, 1:128;
- технологія роботи: GPON, GEAPON, XG-PON;
- розміри: 442 x 268.7 x 88.1 мм;
- температура роботи: -40~65 °C;
- швидкість передачі даних: 1.25 Gbps 2.5 Gbps, 10 Gbps;
- блок живлення: DC: -48 V / -60 V AC: 110 V / 220 V;
- габарити: 442 x 244.5 x 88.1;
- управління SNMP;

В якості оптичного сплітеру використаєм ipcom coupler plc-1x32-split-0-sc/upc-0.9mm cord-1.0m, рис 4.2.

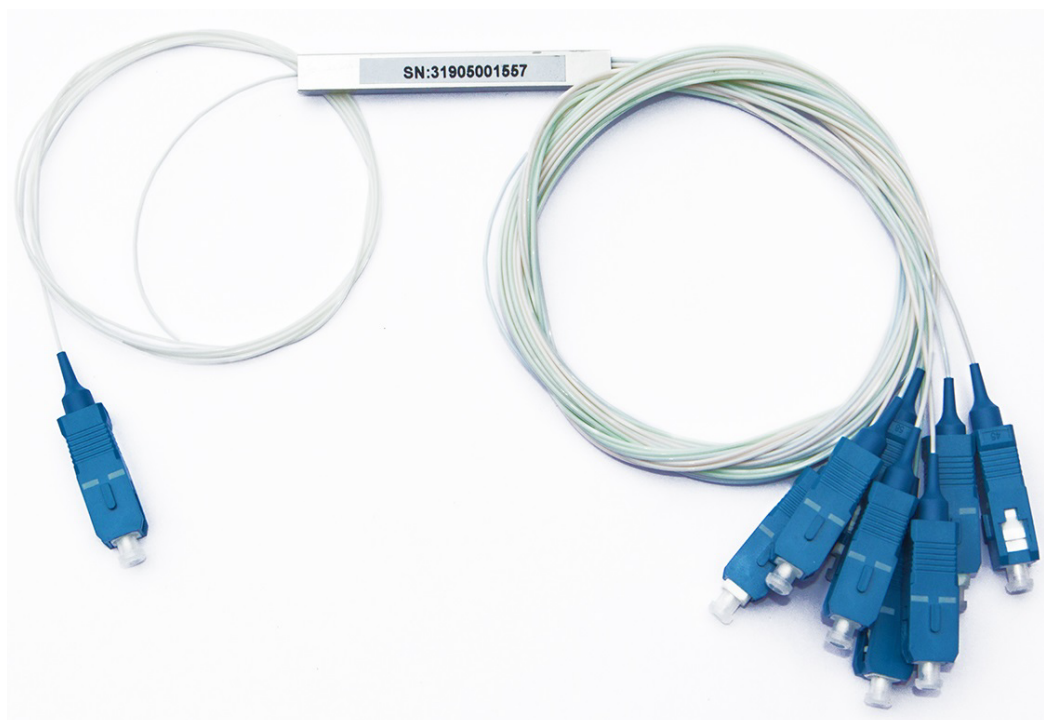


Рисунок 4.2 – Оптичний сплітер

Дільник оптичний Coupler PLC оконцованни роз'ємами SC / UPC з кількістю висновків 32, від кількості висновків залежать розміри корпусу від $60 \times 7 \times 4$ мм до

80 × 20 × 6 мм. Планарні оптичні сплітери є високопродуктивними, надійними і компактними пристроями для поділу потужності оптичного сигналу, які спеціально розроблені для застосування в мережах FTTH, PON і CATV. Засновані на унікальній хвильовій технології іонного обміну в скловолокна. Ці сплітери / розгалужувачі мають дуже низькі вносяться втрати і PDL (поляризаційно залежні втрати), відмінну рівномірність каналів і широкий робочий діапазон довжин хвиль. Можлива поставка неоконцованих і закінчуватися роз'ємами будь-якого типу подільників.

Технічні характеристики:

- тип волокна: G.657.A1;
- діаметр волокна: 0,9 мм;
- довжина хвилі передачі: 1260-1650 нм;
- прямі втрати: 13,8 дБ;
- діапазон температур: від -40° до +85°;
- довжина волокна, м: ≥ 1.0 м;
- кількість виходів: 32.

В якості абонентського терміналу буде використаний Picotel PU-X613, рис. 4.3.



Рисунок 4.3 – абонентський термінал Picotel PU-X613

Модель PU-X613 призначена для роботи в EPON та GPON мережах, підтримує стандарт EPON (802.3ah) і GPON (ITU-T G.984.2) повністю сумісна з OLT C-DATA, BDCOM, Huawei та ZTE . Для підключення клієнтського обладнання використовується WiFi IEEE 802.11b/g/n, 2.4 ГГц зі швидкістю до 300Мбіт/с або Gigabit Ethernet порт (10/100/1000 Mbps base-T). Для підключення до мережі PON використовують оптичний порт SC/UPC. Dual Mode ONU PU-X613 виконана в компактному стильному корпусі, який підходить під будь-який інтер'єр. Picotel PU-X613 автоматично обирає правильний режим роботи в залежності від типу PON мережі до якої вона включена.

Технічні характеристики:

- конектор: SC/UPC;
 - інтерфейси: RJ-45;
 - кількість портів RJ45: 1
 - мережеві інтерфейси: LAN: 1 порт Ethernet 10/100/1000 Base-T(RJ-45)
- WiFi IEEE 802.11b/g/n до 300Мбіт/с;
- порти: 1 Гбіт/с;
 - довжина хвилі, нм: 1490;
 - параметри передавача: 1310nm DFB 1244Mb/s;
 - довжина хвилі: 1490nm APD/TIA;
 - робоча дистанція: 20км;
 - безпека: AES шифрування FEC кодування 802.3ah: EPON ITU-T G.984.x: GPON ITU-T G.988 OMCI specification IEEE 802.1D IEEE 802.1Q IEEE 802.1P;
- керування пристроєм: Управління налаштуваннями WiFi з OLT C-DATA Обмеження швидкості на портах;
- джерело живлення: 12В, 0,5А;
 - споживана потужність: 4 Вт;
 - параметри навколишнього середовища: 0° ~ +0°С;
 - розміри: 125x80x25 мм;

4.2 Побудова мережі

Отже для побудови мережі в нас є все необхідне і ми можемо сформуванати мережу, рис. 4.4, використовуючи обладнання яке ми обрали на попередньому етапі.

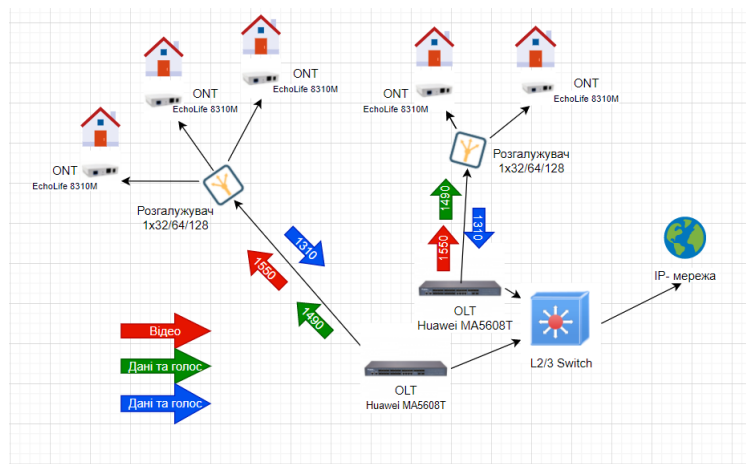


Рисунок 4.4 – Мережна інфраструктура на базі технології GPON

Наша мережа має такий вигляд: оптичний лінійного терміналу (OLT) у центральному офісі постачальника послуг і ряду оптичних мережних блоків (ONU) або оптичних мережних терміналів (ONT) поблизу кінцевих користувачів, з оптичною розподільчою мережею (ODN) між OLT і ONU/ONT.

"Точка-багато точок" (P2MP) є однією з відмінних характеристик, якими володіє пасивна оптична мережа, що означає, що одне оптичне волокно використовується для обслуговування кількох кінцевих точок. PON не потребує надання окремих волокон між концентратором і клієнтом, що значно зменшує кількість оптоволокон та центрального офісного обладнання порівняно з архітектурами «точка-точка».

ВИСНОВКИ

Дослідивши можливі варіанти забезпечення абонентів швидкісним інтернетом в період вимикання електроенергії, було обрано оптимальну технологію як б могла забезпечити абонентів безперервним доступом до мережі інтернет.

Були виконані наступні задачі:

1) Розглянуто теоретичні відомості про існуючі технології передачі даних на великі відстані (ADSL, WIMAX, PON), описано принцип роботи кожної з них та доцільність використання в приватних секторах.

2) Досліджено оптоволоконні мережі, які переваги та недоліки вони мають, описано, чому саме PON – технології є найбільш перспективними в майбутньому. Також розглянуто принцип функціонування таких мереж, їхню структуру, обладнання та класифікацію оптичних волокон.

3) Досліджено основні стандарти PON, а саме GPON та EPON, їх ключові відмінності. Проаналізовано, яка з даних технологій є доцільною в використанні та подальшій модернізації.

4) Підібрано сучасне обладнання для побудови мережі GPON і побудована сама мережа GPON.

От же в кінцевому висновку ми маємо що побудова мережі з використанням технології GPON має чудові переваги щодо швидкості, енергоспоживання, надійності, а вартість розгортання може подолати вузьке місце та забезпечити економічно ефективні рішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Архітектура мережі доступу. Поширені і перспективні технології. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: https://iron-harry.ua/architecture_last_mile.htm/ (дата звернення: 23.03.2024).
2. Comparison of EPON and GPON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://community.fs.com/blog/comparison-of-epon-and-gpon.html/> (дата звернення: 22.04.2024).
3. ADSL або інтернет епохи, що минає. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.rtatelecom.ru/adsl-ili-internet-uxodyashhej-epoxi/> (дата звернення: 22.04.2024).
4. WiMAX – гігант широкосмугового інтернету. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.imena.ua/blog/wimax-gigant-shirokopolosnogo-interneta/> (дата звернення: 23.04.2024).
5. Одномодовое або багатомодове волокно: реальні відмінності. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: https://optokon.ua/arts/odnomodovoe_mnogomodovoe_volokno/ (дата звернення: 29.04.2024).
6. Технологія PON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochная-informatsiya/66121.html/> (дата звернення: 25.04.2024).
7. Принципи побудови мереж абонентського доступу. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/vychislitelnye-sistemy-seti-i-telekommunikatsii/14-printsipy-postroeniya-setej-abonentskogo-dostupa#14.5> (дата звернення: 23.04.2024).
8. Побудова мережі абонентського доступу на основі PON-технології. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: https://inlinetelecom.ru/solutions/access_network/building_a_subscriber_access_network_based_on_pon_technology/ (дата звернення: 29.04.2024).

9. Технологія GPON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: https://skomplekt.com/technology/gpon_tehnologiya.htm/ (дата звернення: 30.04.2024).

10. ОЛЗ (оптоволоконні лінії зв'язку). РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://iron-harry.ua/solution/vols.htm/> (дата звернення: 29.04.2024)

11. Оптоволоконні лінії зв'язку: необмежені можливості. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.avclub.pro/articles/audio-video-ot-a-do-ya/optovolokonnye-linii-svyazi-neogranichennye-vozmozhnosti/> (дата звернення: 29.04.2024).

12. Технологія PON: оптимальне рішення для побудови мереж в приватному секторі. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://mediasat.info/2015/12/15/pon/> (дата звернення: 26.04.2024).

13. Оптоволоконні кабелі - структура, види і характеристики. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <http://electricalschool.info/main/kabel/2108-optovolokonnye-kabeli-ustroystvo-vidy-i-harakteristiki.html> (дата звернення: 29.04.2024).

14. Технологія PON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochная-informatsiya/66121.html/> (дата звернення: 26.05.2024).

15. Відмінності технологій пасивних мереж EPON і GPON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://skeo.ru/articles/razlichiya-tekhnologij-epon-i-gpon/> (дата звернення: 03.05.2024).

16. GPON или EPON? Eltex или BDCOM?. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://eltexsl.ru/gpon-vs-bdcom//> (дата звернення: 03.05.2024).

17. What are 10GPON and 10G-EPON? РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.technopediasite.com/2021/01/what-are-10g-gpon-and-10g-epon.html/> (дата звернення: 10.05.2024).

18. 3 Reasons tell You 10G PON Era is Coming, Providing more benefits than GPON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://blog.router->

switch.com/2020/04/3-reasons-tell-you-10g-pon-era-is-coming-providing-morebenefits-than-gpon// (дата звернення: 10.05.2024).

19. Технологія WDM. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.ltc.uz/ru/solutions/item/148//> (дата звернення: 08.05.2024).

20. 10GPON Evolution and FTTH Solutions. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.thunder-link.com/docs/post/10g-gpon-evolution-and-ftth-solutions.html//> (дата звернення: 09.05.2024).

21. Huawei PON Combo Solutions Enable Smooth Evolution to 10G PON. РЕЖИМ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСУ: <https://www.lightreading.com/ubiquitous-ultra-broadband/huawei-pon-combo-solutions-enable-smooth-evolution-to-10g-pon/d/d-id/726240//> (дата звернення: 10.05.2024).

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ