

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

на тему: АВТОМАТИЧНЕ РЕЗЕРВУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ЛІНІЙ
GPON ТЕХНОЛОГІЇ НА ФІЗИЧНОМУ РІВНІ

Проектував	_____	О. С. Тіщенко
Керівник випускної роботи	_____	В. А. Чубаров
Консультант	_____	В. В. Костенко
Нормоконтроль	_____	Д. І. Кузнєцов
Завідувач кафедри	_____	А. І. Купін

Кривий Ріг
2023

Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Ступінь вищої освіти
Напрямок підготовки

магістр
123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії

_____ А. І. Купін

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи комп'ютерна мережа інтернет сервіс провайдеру з
послугами організації корпоративного
зв'язку _____

керівник роботи

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 20__ року
№ _____

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) графіки стану мережі, топології мережі, таблиці, формули. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі
завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок, рисунків, таблиць, використаних джерел.

Об'єкт проектування – локальна комп'ютерна мережа ISP «Pretcher» з можливістю резервування корпоративних та індивідуальних абонентів за технологією GPON.

Проект складається з трьох розділів.

Перший розділ присвячений опису існуючого технічного рішення мережної інфраструктури ISP «Pretcher», а також особливостям будови інфраструктури рівня розподілу. Опису активного мережевого обладнання та моделювання проектного сегмента локальної мережі, аналізу та вибору топології технології GPON, його ринку та обладнання. Опису існуючої конфігурації обладнання та розподілу оптичного бюджету.

У другому розділі розкрито існуючу проблематику при використанні технології GPON, її сутність резервування та необхідність впровадження в існуючу інфраструктуру, проаналізовано існуючі рішення з усунення проблеми постачання послуг.

Третій розділ присвячений розробці алгоритму прийняття рішень щодо забезпечення автоматичного резервування волоконно-оптичних ліній за технологією GPON, а також розробці програми, яка в режимі імітаційного моделювання дасть змогу візуалізувати процес автоматичного резервування магістральних ліній GPON технології на фізичному рівні

КОРПОРАТИВНА МЕРЕЖА, КОМУТАТОР, СЕРВЕР, ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ, ВОЛЗ, ОПТИЧНІ ЗВОРОТНІ ВІДБИТТЯ, СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ, SFP, РЕЗЕРВУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ЛІНІЙ ТЕХНОЛОГІЙ GPON.

					КНУ.РМ.123.23.18.Р			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				РЕФЕРАТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубаров							
Н.контроль	Кузнецов					КІ-22м		
Затвердив	Купін							

Master's work: pages, figures, tables, used sources.

The object of design is a local computer network of ISP "Pretcher" with the possibility of redundancy of corporate and individual subscribers using GPON technology.

The project consists of three sections.

The first section is devoted to the description of the existing technical solution of the ISP "Pretcher" network infrastructure, as well as the features of the distribution level infrastructure. Description of active network equipment and modeling of the projected local network segment, analysis and selection of GPON technology topology, its market and equipment. Description of the existing equipment configuration and optical budget allocation.

The second section reveals the existing problems in the use of GPON technology, its essence of redundancy and the need to implement it in the existing infrastructure, and analyzes existing solutions to eliminate the problem of service delivery.

The third section is devoted to the development of a decision-making algorithm for ensuring automatic redundancy of fiber-optic lines using GPON technology, as well as the development of a program that will allow visualizing the process of automatic redundancy of GPON trunk lines at the physical level in simulation mode

CORPORATE NETWORK, COMMUTER, SERVER, FIBER OPTIC COMMUNICATION LINES, FIBER, OPTICAL RETURN, TRANSMISSION SYSTEM, SFP, RECONFIGURATION OF GPON TECHNOLOGY TRANSPORT LINES.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХН ОЛОГІЇ GPON	11
1.1 Опис функціональної схеми мережі ISP Pretcher з прив'язкою до карти місцевості.....	11
1.2 Опис структурної схеми підземного кабельного сегменту мережі	13
1.3 Схема розміщення обладнання рівня доступу	14
1.4 Опис мережевого обладнання.....	15
1.5 Огляд задіяного мережевого обладнання.....	16
1.6 Представлення фізичної топології проєктованої мережі.....	35
1.7 Задіяна IP-адресація мережі Ethernet	37
1.8 Візуалізація віртуальної мережі та налаштування мережевого обладнання	38
1.9 Аналіз технологій та огляд обладнання GPON застосованої на проєктованій мережі	42
1.10 Огляд фізичної і логічної топології мережі GPON на вулицях Ватутіна (43/1-45а).	63
1.11 Аналіз організації логічної взаємодії та сервісу який надається абоненту	72
1.12 Огляд конфігурації існуючої OLT ZTE C320 та ONU	74
2. ПРОБЛЕМАТИКА РЕЗЕРВУВАННЯ ВОЛЗ ЛІНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ GPON	84
2.1 Причини та наслідки резервування ВОЛЗ ліній технології gpon	84
2.2 Методи резервування в технології Ethernet	85
2.3 Аналіз існуючих протоколів резервування технології Ethernet..	86
2.4 Методи резервування технології PON	91
2.5 Аналіз методів та способів оптичної комутації	96

					КНУ.РМ.123.23.18.3							
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата								
Розробив	Тіщенко				ЗМІСТ				Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірив	Чубаров											
Н.контроль	Кузнецов								КІ-22м			
Затвердив	Купін											

3. ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС КОМУТАЦІЇ ВОЛЗ	102
3.1 Опис теорії прийняття рішень	102
3.2 Існуючі методи прийняття рішень	103
3.3 Розробка алгоритму прийняття рішень	105
3.4 Розробка програми резервування ВОЛЗ GPON технології	108
3.5 Імітаційне моделювання обриву ВОЛЗ	114
ВИСНОВКИ	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	120

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Перелік умовних скорочень:

ВОЛЗ – Волоконно-оптичні лінії зв’язку.

ORL – Optic Return Loss (Оптичне зворотне відбиття)

OTDR – Optical time-domain reflectometer (Оптичний рефлектометр).

FTTH- Fiber To The Home (Волокно у дім)

FTTB- Fiber To The Building (Волокно до будівлі)

BR– Back Return (Зворотне відбиття)

IL - Insertion Loss (Внесене згасання)

APC– Angled Physical Contact (Кутовий фізичний контакт)

UPC– Ultra Physical Contact (Ультра фізичний контакт)

ТК- Телекомунікаційний колодязь

ВСТУП

На сьогоднішній день в світі існує більше 2 мільярдів комп'ютерів і більше 80% з них об'єднані в різноманітні інформаційно-обчислювальні мережі від малих локальних мереж в офісах і будинках, до глобальних мереж типу Internet. Не можливо уявити сьогодення без інтернету.

Актуальність роботи. В часи війни в нашій країні усі провайдери зіштовхнулись з проблемою блекаутів - повного відключення світла на тривалий період часу. Тому стало важливо, через енергонезалежність та надійність надної послуги, швидко пристосуватись та впровадити технологію GPON на базі діючої функціональної інфра-структури на основі Ethernet. Технологія GPON дозволяє зменшити вплив електропостачання на мережу та дозволяє оптимізувати розміщення оптичних розгалужувачів виходячи з реального розташування абонентів, витрат на прокладання ОК та експлуатацію кабельної мережі. Забезпечити відмовостійкість із застосуванням кільцевої топології на рівні доступу та вандалостійкість активного і пасивного устаткування. Проте все одно із раз у раз відбуваються ситуації, коли вандали шкодять кабелі та тим самим у наших абонентів пропадає сигнал. Тому було прийнято рішення проаналізувати способи рішення даної проблеми та впровадити в діючу інфраструктуру.

Мета і завдання дослідження: усунення впливу раптово виниклих обривів волоконо-оптичних ліній та впливу на надійність надання послуги.

Об'єкт дослідження – явище фізичної пропускну здатності каналу передачі даних.

Предмет дослідження – моделі і способи реалізації резервування магістральних ліній gpon технології на фізичному рівні, за допомогою використання волоконно-оптичного датчику на основі брегівських решіток.

Методи досліджень. У даній роботі було використано теоретичний аналіз для аналізу, групування та систематизації фактів. Експериментальний метод для перевірки ефективності роботи. Математичний метод - для обробки та оцінки отриманих даних.

Наукова новизна одержаних результатів. У даному методі резервування пропонується використовувати різновидове обладнання з можливістю налаштування резервування через один і той самий порт. Це дасть змогу забезпечити високу надійність мережі, оскільки в разі відмови одного пристрою, інший пристрій може автоматично перехопити управління і продовжити забезпечувати обслуговування через той самий порт.

					КНУ.РМ.123.23.18.ВС			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				ВСТУП		Літера	Аркуш
Перевірив	Чубаров							
Н.контроль	Кузнєцов				KI-22м			
Затвердив	Купін							

Практичне значення отриманих результатів. Підвищити надійність надавання послуги, виключити ймовірності втрати надавання послуги абонентам (пакетів в мережі) через обриви волоконо-оптичних ліній завдяки процесу автоматичного резервування магістральних ліній GPON технології на фізичному рівні, в результаті чого могла відбуватися деградація якості обслуговування абонентів.

Апробація роботи. Апробація досліджень відбувалась на ISP «Pretcher» в 2022 році. На основі отриманих результатів апробація проводилася на реальній ділянці міста на вулицях Ватутіна (43/1-45а), де була організована фізична та логічна топологія мережі GPON в побудовану і функціонуючу пасивну мережу.

1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON

1.1 Опис функціональної схеми мережі ISP Pretcher з прив'язкою до карти місцевості.

Функціональна схема мережі “ISP Pretcher” – це абстрактне представлення мережі із наочним зображенням топологічної взаємодії її складових елементів: мереженого обладнання, робочих станцій тощо. Функціональна схема має демонструвати кінцеві параметри створюваної мережі, а саме зазначати мережеву технологію, описувати загальну характеристику мережевого обладнання, містити інформацію про довжину майбутньої кабельної системи.

У баченні побудови мереж компанії Cisco існує поняття «трирівнева модель».

Трирівнева модель мережі являє собою певну ієрархічну структуру передачі даних в термінах функціонування абстрактних елементів мережі.

З назви очевидно, що всі елементи мережі діляться на три так званих рівня. Цей поділ дозволяє будувати відмово стійкі, надійні, масштабовані мережі передачі даних. Роль рівнів швидше логічна, і не обов'язково існує фізична прив'язка до конкретного обладнання.

У моделі на рисунку 1.1 визначені чотири рівні:

1. Базовий рівень (Рівень ядра)
2. Рівень поширення (Магістральний рівень)
3. Рівень доступу
4. Сервісний рівень

Кожен рівень відповідає за реалізацію певних функцій. Однак ці рівні є логічними і не обов'язково погоджені з фізичними пристроями.

Базовий рівень формує ядро мережі, яке відповідає за швидку та надійну пересилку великих обсягів трафіку. Єдиним та основним призначенням базового рівня є швидка комутація трафіку.

					КНУ.РМ.123.23.18.01.30А			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Чуюбаров							
Н.контроль	Кузнецов					KI-22M		
Затвердив	Купін							

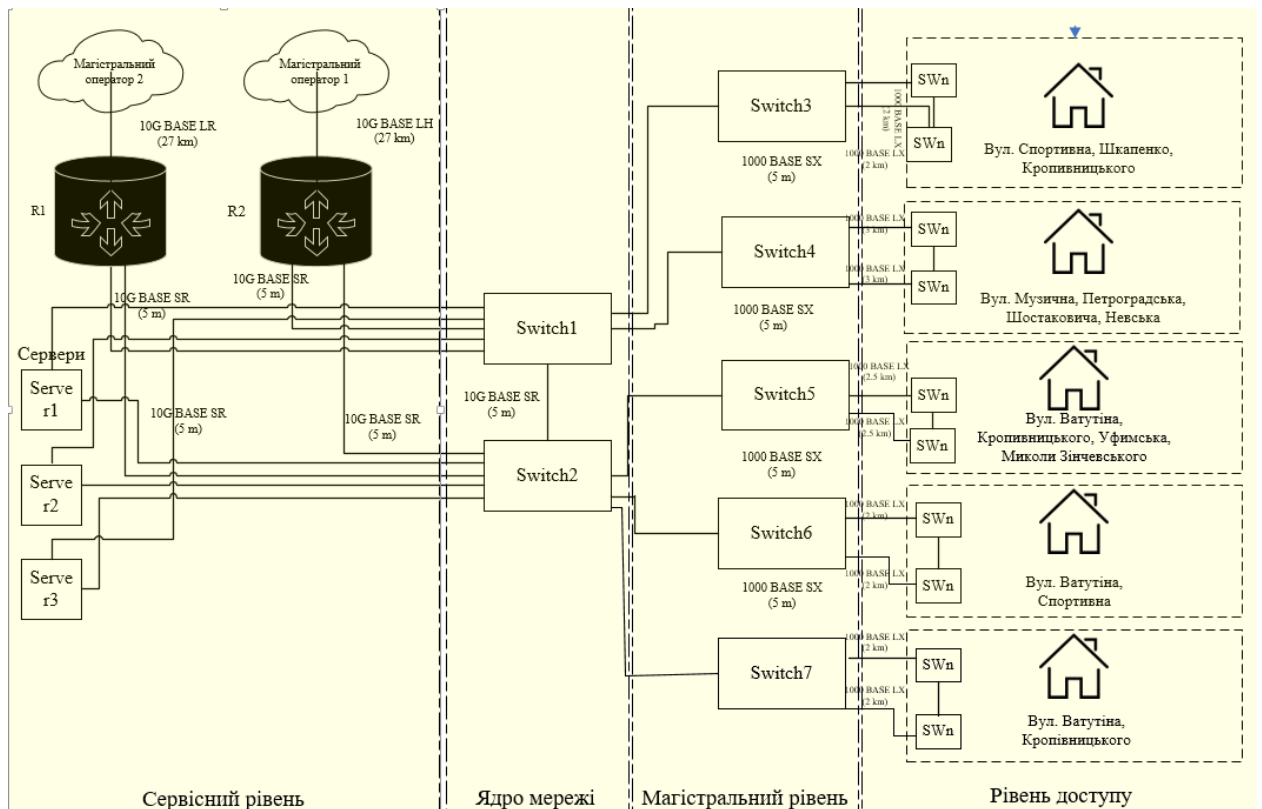


Рисунок 1.1 – Функціональна схема мережі ISP Pretcher

Трафік передається на базовому рівні спільно для декількох користувачів. Однак на рівні розподілу обробляються дані користувача, що може привести до додаткових запитів в базовий рівень. Ядро Інтернет сервіс провайдеру повинно бути побудовано на високопродуктивних комутаторах.

Рівень поширення іноді називають рівнем магістральним. Він розташований між базовим рівнем і рівнем доступу.

На рівні доступу реалізовано управління користувачами і робочими групами при зверненні до ресурсів об'єднаної мережі. Іноді рівень доступу називають рівнем настільних систем. Найбільша частина необхідних користувачам мережевих ресурсів повинна бути доступна локально.

Сервісний рівень в даному проекті не розглядається.

Спроектовано частину оптоволоконної мережі між магістральним рівнем, і рівнем доступу. На рисунку 1.1 зображена ділянка мережі між комутатором (*Switch5*), який знаходиться за адресою ватутіна і комутатором рівня доступу, який знаходиться за адресою вул.Миколи Зінчевського 12.

На рисунку 1.2 зображений план прокладки оптоволоконної лінії з прив'язкою до місцевості. План спирається на карту місцевості, на якій схематично зображена траса кабельної каналізації ОАО «КЖРК» і ОАО «Укртелеком» червоним кольором, також на схемі присутні номери кабельних колодязів в яких планується прокладка ВОЛЗ кабелів. Синім кольором визначені повітряні траси які будуть змонтовані між домами. Прямокутники визначають місця в яких буде змонтовано точки колективного доступу (ТКД).

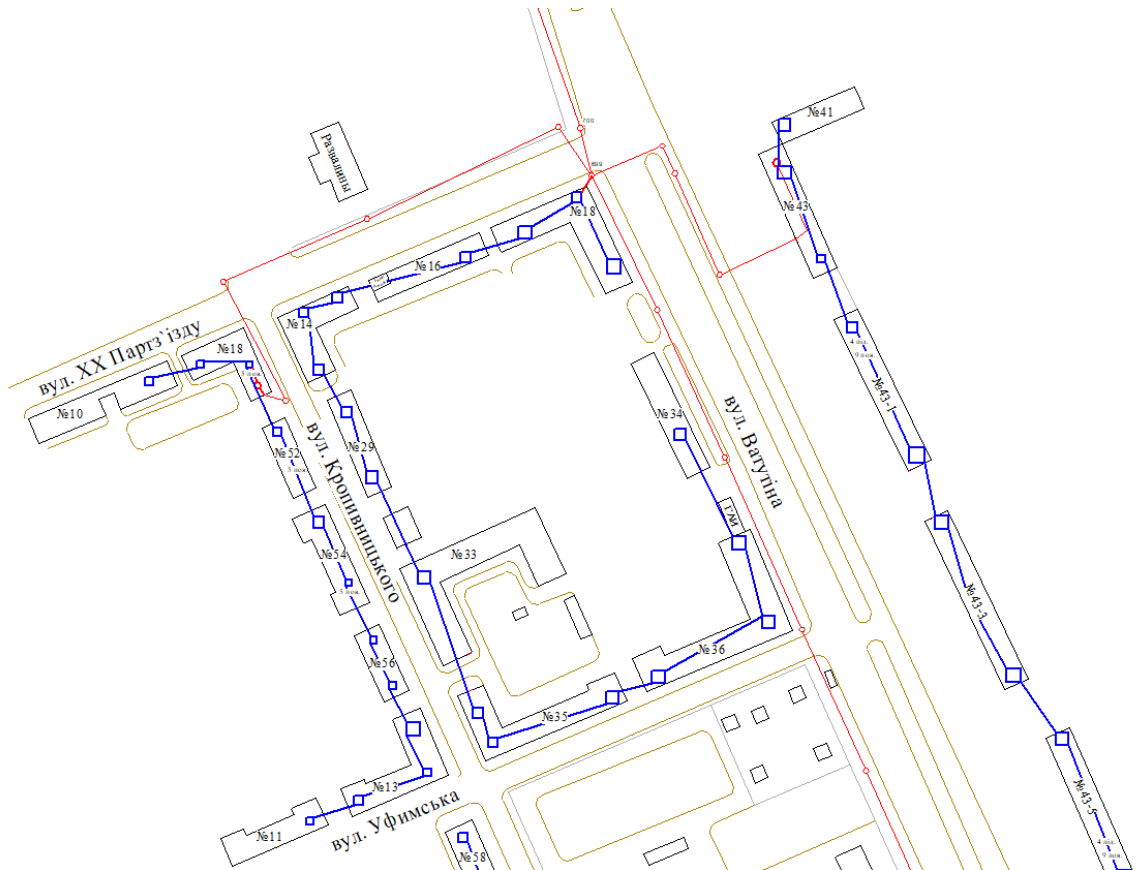


Рисунок 1.2 – План прокладки оптоволоконної лінії на карті місцевості

1.2 Опис структурної схеми підземного кабельного сегменту мережі

Вся траса проходить по телекомунікаційним колодязям від серверної і до вулиці Ватутіна 91. В колодязях використовується кабель для підземної прокладки і з'єднувальні оптичні муфти для герметичної і безпечної стиковки кабелю. Кабельна каналізація влаштовується з труб круглого перетину (в більшості своїй) з внутрішнім діаметром 100 мм, прокладка яких виконується на глибині від 0,4 до 1,8 м, які герметично з'єднуються між собою. Об'єднуються ці ділянки труб (блоків) в єдину кабельну каналізацію за допомогою входу в оглядові пристрої (залізобетонні колодязі), що мають всередині консолі для укладання кабелю. Ці колодязі розміщуються на трасі кабельної каналізації через 25-150 м залежно від схеми ділянки кабельної каналізації і його конфігурації. Таких колодязів протягом всієї траси 15 штук. Об'єкти являють собою дев'ятиповерхові житлові будинки. З об'єкта Ватутіна 31, кабель по кабельній каналізації потрапляє на об'єкт що знаходиться за адресою вул. Ватутіна 91, який з себе являє дев'ятиповерховий житловий будинок з горищем, де знаходиться кінцеве обладнання. Так як горищне приміщення є загальнодоступним, то відповідно все обладнання змонтовано в антивандальний бокс, який забезпечує збереження і недоступність обладнання від сторонніх осіб. Між будинками кабельна траса проходить повітряним чином.

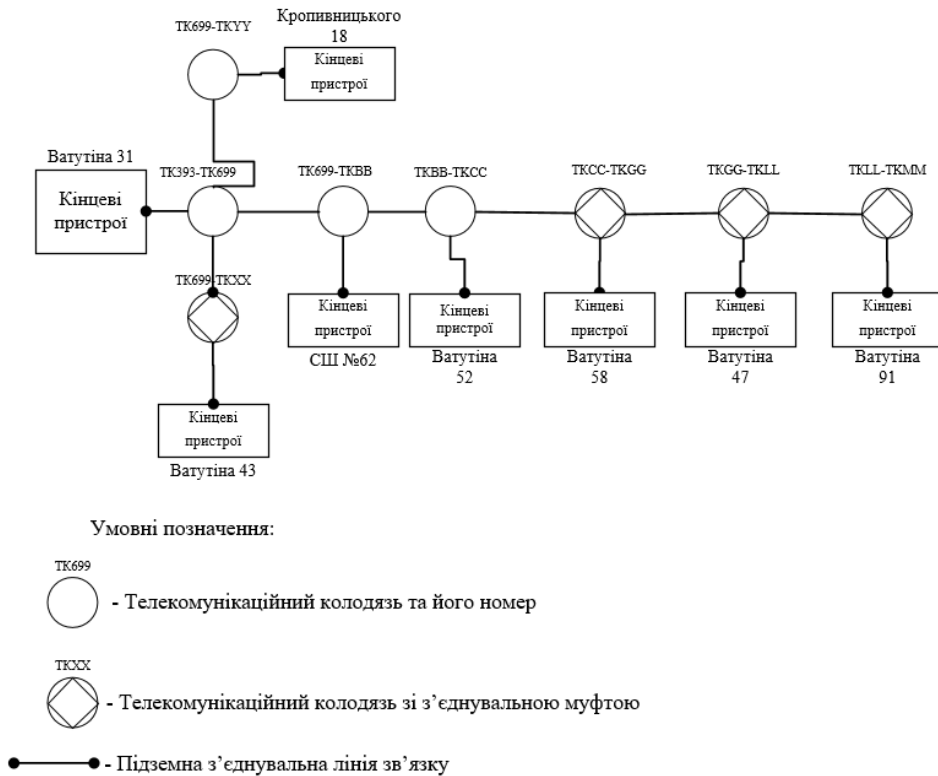


Рисунок 1.4 - Схема підземного кабельного сегменту мережі
 Вся частина, яка виконана повітряним способом вказана на рисунку 1.2
 На рисунку 1.4 представлена схема підземної кабельної мережі.

1.3 Схеми розміщення обладнання рівня доступу

У зв'язку з особливостями розташування будинків і своє унікальне розташування житлових масивів, кожний проект розглядається індивідуально. Проте, існує кілька типових робочих схем, які є загальними для всіх варіантів виконання рішення.

У цьому варіанті від магістрального кабелю, у випадку, якщо він проходить у районі до 5 метрів від під'єднуємих житлових будинків, то в найближчому кабельному колодязі встановлена розгалужувальна муфта. І від неї через кабельне введення, прокладен кабель по стіні будинку, і піднімається в технічний поверх, а у випадку його відсутності - у горищну надбудову житлового приміщення. У надбудові розташована точка колективного доступу, яка містить у собі антивандальну шафу, оптичну патч-панель, комутатор рівня доступу і кабельний організатор.

Пріоритетне місце установки антивандального комунікаційної шафи - технічний поверх будівлі (при відсутності технічного поверху - в підвалі). У разі відсутності тех. поверху в будівлі, розглянути можливість установки АШ ТКД в надбудові виходу на дах, або в існуючій вигородці перед виходом на дах. Місце встановлення повинно бути вказано в проекті. При установці в житлових будинках в проекті вказується під'їзд над (або під) яким необхідно провести установку боксу. Бокс встановлен на стіні, бажано несучої. При виборі місця установки боксу враховується матеріал, з якого складається стіна

і його здатність навантаження. Висота установки сейфа визначається його видом:

1) з фронтальним доступом на сходовій клітці - не менше 2,1 м. по нижньому зрізу корпусу;

2) з фронтальним доступом на технічному поверсі - не повинна перевищувати 1,3 м. По нижньому зрізу корпусу;

3) з фронтальним доступом в підвальному приміщенні - не повинна перевищувати 1,5 м. По нижньому зрізу корпусу;

Антивандальна шафа забезпечує захист від злому і спроби перепилювання петель за рахунок гнутих дверей сейфового типу і надійного вбудованого замку. Даний тип АШ призначений для розміщення в них обладнання інтерактивних мереж: оптичного кросу, мультиплексора, керованого комутатора, джерела безперебійного живлення, активного 19-ти дюймового обладнання і т.д. Застосування поворотної рами забезпечило можливість установки обладнання глибиною до 300 мм в шафу глибиною 270 мм. Мала глибина шафи дозволяє встановлювати активне обладнання в приміщеннях з будь-якої стандартної шириною (включаючи сходові прольоти 5-ти поверхових будинків). Поворотна рама ємністю 5U передбачає зручність монтажу та обслуговування і дозволяє закріпити 19-ти дюймовий обладнання глибиною до 300 мм.

Розміщення обладнання в АШ представлено на рисунку 1.5

Вводно-розподільний пристрій

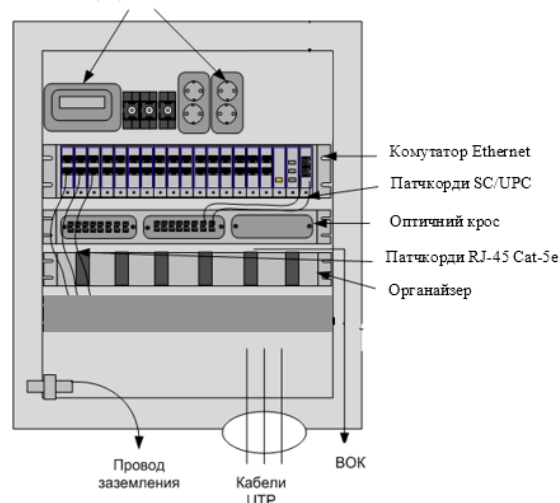


Рисунок 1.5 - Розміщення обладнання в антивандальній шафі

На стінках шафи виконані спеціальні полиці для установки акумуляторів.

Кабельні вводи, організовані у верхній і нижній частинах шафи і забезпечує монтаж необхідної кількості кабелів.

1.4 Опис мережевого обладнання

Мережеве обладнання — це обладнання, яке необхідне для роботи комп'ютерної мережі. Здебільшого поділяється на активне і пасивне.

Активне мережеве обладнання – це зв'язуюча ланка між окремими компонентами корпоративної локальної мережі. Воно необхідне для організації IT-інфраструктури підприємства та призначене для забезпечення

ефективного й безпечного інформаційного трафіку, а також для посилення і перетворення сигналів.

У сучасних мережах організована пакетна передача даних, де кожен пакет наділений інформацією про його місцезнаходження, цілісність переданої інформації та інших даних, що дозволяють доставити його за призначенням. Термін “активне” походить від принципів роботи, так як всі пристрої даного обладнання працюють від електричної мережі. Активне мережеве обладнання також покликане забезпечувати розподіл навантаження під час відправки та прийому пакетів. Це дозволяє ефективно використовувати наявні ресурси і захистити техніку від виходу з ладу.

У даному проекті використано такі види активного мережевого обладнання

1. Комутатори (Switch) - для сегментації мережі;
2. SFP-модулі - використовуються для приєднання плати мережевого пристрою (комутатора, маршрутизатора або подібного пристрою) до оптичного волокна;
3. Маршрутизатори (Router) - для забезпечення взаємодії даної локальної мережі з іншими мережами та мережею Інтернет;

1.5 Огляд задіяного мережевого обладнання

Найбільш часто на рівні доступу в провайдерської інфраструктурі, застосовуються комутатори таких фірм HP, D-Link, MikroTik та Linksys, Cisco, Omnilink, тому як мають в своєму складі функції віддаленого моніторингу стану приєданого абонентського кабелю, здатні встановлювати пороги фільтрації типу трафіку (broadcast unicast unknown unicast) фільтрацію BPDU пакетів. Функції які дозволяють фільтрувати трафік з боку абонента, який може знизити якість обслуговування інших абонентів.

Остаточний вибір вендора був заснован в тому, що в інфраструктурі опорного провайдера застосований саме D-Link вендор. Це дозволяє з легкістю його інтегрувати в діючу інфраструктуру провайдера, без зміни програмного забезпечення, яке призначене для моніторингу і контролю за станом мережі, і якістю обслуговування абонентів.

Комутатори D-Link широко використовуються для побудови малих і середніх мереж. Втім, розробники компанії не втрачають часу і розробляють відмінні моделі, які застосовуються для побудови величезних мереж з дуже складними рівнями захисту. Крім стандартних портів 10/100Base-TX є моделі з додатковим портом під оптоволоконний кабель. Автоматичне визначення полярності (прямий або кросовер), підтримка технологій SC, SM, CSMA/CD роблять їх універсальним рішенням для сучасних корпоративних мереж.[5]

Таблиця 1.2 – Характеристики комутаторів

					КНУ.РМ.123.22.18.01.30А	
Арк	№ документа	Підпис	Дата			

Характеристики	Опис характеристик				
Виробник	Linksys	MikroTik	HP	D-Link	Cisco
Модель	LG S528-EU [http://lantorg.com/products/linksys-lgs528-eu]	CR S328-4C-20S-4S+RM [http://www.technotrade.com.ua/Products/MikroTik-CRS328-4C-20S-4Splus-RM.php]	E42 10-24G Switch (JF844A) [https://h20195.www2.hp.com/v2/default.aspx?cc=kz&lc=ru&oid=4276947]	DE S-3200-28 [http://www.dlink.ru/ru/products/1/1587.html]	L3 (CBS350-8T-E-2G-EU) [https://setevuha.ua/cisco-cbs350-8t-e-2g-eu.html]
Фото					
Базова швидкість передачі даних Мбіт/сек	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000
Кількість портів	24+4	20+4+4	24+4	24+4	8+4
Внутрішня пропускна здатність, Гбіт/сек	56	32	128	12.8	20
Таблиця MAC-адрес	16384	16384	32768	8192	16000
Об'єм оперативної пам'яті, Мб	128	512	64	128	512
Об'єм флеш-пам'яті, Мб	16	16	16	16	256
Розміри мм	44 x 35 x 44.45	443 x 200 x 44	130*29*130	441 x 44 x 207	268x185x44
Вага, кг	2,43	2,4	2,3	2,15	1,7
Ціна, грн.	15864	11280	18960	7800	8234

Таблиця 1.3 – Продовження таблиці 1.2

Підтрим ка стандартів	Telnet, SNMP, Auto MDI/MDIX, IEEE 802.1q (VLAN), Power over Ethernet,	Telnet, SNMP, Auto	Auto MDI/MDIX, IEEE	Telnet, SNMP, Auto	Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet
		MDI/MDIX, IEEE 802.1p (Priority tags), IEEE 802.1q (VLAN), Power over Ethernet, IEEE 802.1d (Spanning Tree)	802.1p (Priority tags), IEEE 802.1q (VLAN), Power over Ethernet, IEEE 802.1d (Spanning Tree)	MDI/MDIX, IEEE 802.1p (Priority tags), IEEE 802.1q (VLAN), Power over Ethernet, IEEE 802.1d (Spanning Tree)	802.1X: (VLAN), Power over Ethernet, IEEE 802.1X (Spanning Tree)

З таблиці 1.2 видно, що у співвідношенні ціна-якість було обрано комутатор D-Link DES-3200-28, який підтримує підключення та конфігурування комутатора через telnet та SNMP (Simple Network Management Protocol - протокол управління мережами зв'язку на основі архітектури UDP, який покликаний забезпечити управління і контроль за пристроями й додатками в мережі зв'язку шляхом обміну керуючою інформацією між агентами, що розташовуються на мережних пристроях, і менеджерами, розташованими на станціях керування), має стандартно вбудовану функцію Auto MDI/MDIX (автоматичний вибір режиму роботи по прямій чи перехресній обжимці витой пари) і додатково володіє стандартом IEEE 802.1p (Priority tags), який дозволяє відсортувати весь трафік на пакети по мірі важливості, виставивши пріоритети та стандартом IEEE 802.1q (VLAN), який дозволяє всередині однієї фізичної мережі побудувати декілька окремих логічних (віртуальних) мереж та стандартом IEEE 802.1d (Spanning Tree), який перетворює мережу Ethernet з множинними зв'язками до деревоподібної топології, що виключає цикли пакетів.

SFP (SFP +) [8] модуль являє собою мініатюрний вузол в металевому корпусі, з одного боку має контакти для під'єднання до головного пристрою (маршрутизатора, комутатора), а з іншого - роз'єми для під'єднання оптичного кабелю (рідше - кручений пари), які до використання закриті пластиковою заглушкою.

Більшість видів SFP і SFP + (рисунок 1.6 та рисунок 1.7) мають практично однаковий форм-фактор: ідентичні розміри, схожу конструкцію, матеріал корпусу в обох типів - метал.

Наявність порту для SFP-модулів в кінцевих маршрутизаторах або комутаторах дозволяє: підключити сегмент локальної мережі, віддалений на відстань понад 100 м, максимальні для мідного кабелю, оптичним кабелем без застосування проміжних підсилювачів; підключитися до провайдера

оптичного інтернету без використання абонентського PON-модему; при необхідності здійснювати «гарячу» заміну збійних модулів - вони все її підтримують; при необхідності збільшувати пропускну здатність каналу або його дальність шляхом використання більш «швидкісного» кабелю і відповідних модулів.



Рисунок 1.6 - Модулі типу SFP



Рисунок 1.7 - Модулі типу SFP+

Оптичні модулі є активним оптоволоконним обладнанням - вони споживають електроенергію і виділяють тепло. Це потрібно враховувати, якщо ви збираєтеся використовувати під SFP модулі в комутаторі / маршрутизаторі велику кількість слотів. Більшість сучасних модулів підтримують функцію цифрового контролю якості зв'язку - DDM, Digital Diagnostics Monitoring, або DOM, Digital Optics Monitoring, що дозволяють діагностувати пошкодження кабелю і збої модулів. Визначити, чи є така підтримка часто можна вже за маркуванням трансивера - в ній присутня буква d.

Оптичні SFP і SFP + модулі розрізняються по багатьом параметрам, основними з яких є:

- 1) тип SFP або SFP +;
- 2) для якого типу оптоволоконного кабелю вони призначені - одномодового або багатомодового;
- 3) тип оптичного коннектора.
- 4) роз'єми під оптику або під RJ-45;
- 5) максимальна довжина сегмента кабелю;
- 6) використовувана довжина хвилі;
- 7) підтримувані стандарти 1000BASE-X і 1000BASE-T;
- 8) використовувана технологія спектрального ущільнення;

Залежно від підтримуваної технології - Ethernet, STM-1, STM-4, STM-16 або Fibre Channel - модулі можуть підтримувати швидкість: формату SFP - до 4,25 Гбіт / сек; формату SFP + - до 16 Гбіт / сек. Однак, так як у нас найчастіше

використовуються оптичні Ethernet модулі, прийнято говорити про швидкість 1 Гбіт / сек для SFP і 10 Гбіт / сек для SFP +.

Центральне відмінність між SFP модулями полягає в тому, якого типу оптоволоконний кабель використовується - многомодовий (MM, MMF) або одномодовий (SM, SMF). Рисунок 1.8 – зображує многомодовий та одномодовий волокна.

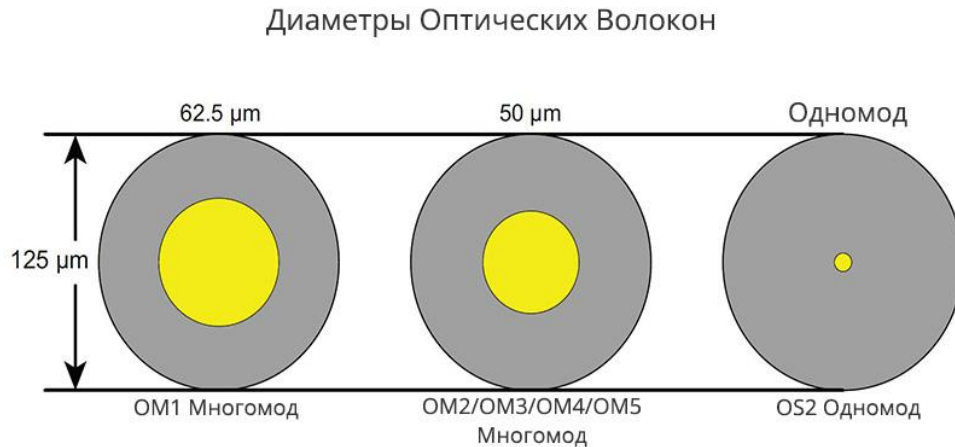


Рисунок 1.8 – Багатомодовий та одномодовий волокна.

Многомодове волокно більш товсте серцевину і краще збирає світло від випромінювача. За рахунок цього многомодові з'єднання значно терпиміше до якості матеріалу, компонентів, випромінювачів і обладнання. Однак, їх великим недоліком є обмежена максимальна довжина сегмента кабелю - близько 550 метрів. Тому многомодові SFP і SFP + модулі використовуються зазвичай в серверних приміщеннях, де відстань не перевищує 500 метрів, хоча зазвичай дешевше одномодових. Дальність передачі для одномодового кабелю без додаткових хитрувань може досягати 80 кілометрів, а при високоякісному кабелі і модулях, і використанні довгої хвилі як на передачу, так і на прийом (1510/1570) - навіть 120 км.

Многомодові оптичні модулі, як було сказано вище, підтримують передачу тільки на відстань до 550 метрів. У маркуванні SFP трансівєров це звичайний позначається цифрою 0,5 (наприклад, 0,5LC), є многомодові модулі з підтримкою ще меншої дальності.

Максимальна дальність одномодових оптичних трансівєров залежить від форм-фактора: SFP-модулі, в основному, випускаються для відстаней 3 км, 10 км, 20 км, 40 км, 80 км (але можуть бути також деякі додаткові варіації), максимально - 120 км. SFP + модулі також випускаються для різних відстаней, але максимум - це 80 км (через високу швидкість з'єднання).

Стандартними довжинами хвиль, які стали використовуватися для мультиплексування, були 1310 нм і 1550 нм. Великі довжини - до 240 нм дають можливість працювати без використання фільтрів. У зв'язку з цим принцип технології досить простий: застосовується два волокна, до одного підключений випромінювач, до іншого - приймач. З іншого боку каналу – все

навпаки. Технологія WDM (Bi-Directional), яка зображена на рисунку 1.8, працює з одним волокном. [9]

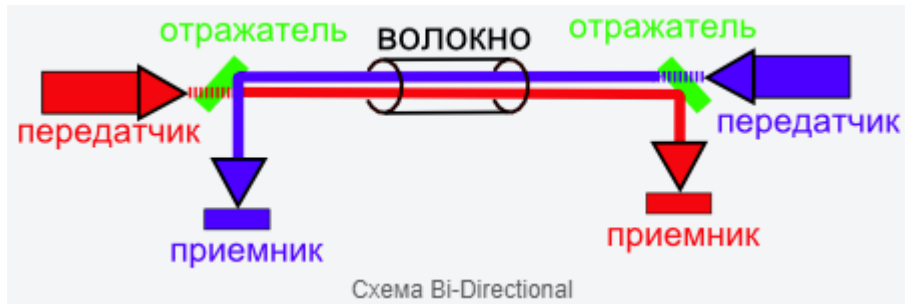


Рисунок 1.9 – Схема технології Bi-Directional

В перевагу специфіки оптичного кабелю, для організації дуплексу використовується пара волокон. Відповідно, всі SFP-модулі для даних сполук мають по парі кабельних роз'ємів. Один роз'єм призначений для передачі даних, другий - для прийому. До Двоволоконні (двухраз'ємним) відносяться як звичайні модулі, так і CWDM, DWDM. Але підняти мережу з використанням спектрального ущільнення CWDM, DWDM може бути набагато більш вигідним, ніж на звичайних Двоволоконних модулях (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Двоволоконний модуль

Оптичні модулі з технологією ущільнення сигналу WDM – Одноволоконні (рисунок 1.11). Технологія дозволяє використовувати і для передачі, і для прийому сигналу одне волокно (один роз'єм). Такі модулі ще називають Bi-Di ("двонаправлені"). Їх максимальна пропускна здатність, при інших рівних умовах, дорівнює пропускній здатності Двоволоконні трансивера без спектрального ущільнення.

Тому використання при побудові мережі BiDi SFP модулів вигідніше звичайних Двоволоконні (без спектрального ущільнення).



Рисунок 1.11 – Одноволоконний модуль

Слід також згадати, що крім оптичних, більшість постачальників SFP-модулів випускають також варіанти модулів SFP і SFP+ з гігабітними портами 1000Base-T (під мідний кабель) (рисунок 1.12) для збільшення можливостей розширення мережевих пристроїв з подібними роз'ємами. Такий модуль дозволяє використовувати слот під SFP для створення роз'єму RJ-45 під виту пару, а не під оптику.



Рисунок 1.12 – SFP модуль з портом 1000Base-T

SFP-модулі здійснюють прийом і передачу сигналу на різних довжинах хвилі. Тому при підборі пар приймально-передавачів потрібно враховувати цей фактор, не всі вони будуть сумісні між собою. У звичайних і WDM модулях SFP і SFP+: У многомодових - 850 нм. В одномодових - це найчастіше 1310 / 1550нм.

Приклад маркування

Наприклад, типова маркування модуля виглядає так, як зображено на рисунку 1.13:



Рисунок 1.13 – Маркування SFP модулю

1. SFP - тип форм-фактора модуля;
2. 1SM - одне одномодове волокно (одноволоконного модуль);
3. 1550nm - довжина хвилі передавача (трохи нижче аналогічне позначення 1550TX);
4. 40SC - 40 км максимальна довжина сегмента кабелю, SC - тип законцовки кабелю;
5. 1000Base-BX - підтримуваний стандарт Ethernet.

Виробник випускає парами SFP з довжиною хвилі 1310/1550 нм і SFP+ з такимж довжинами хвиль, які сумісні між собою. Тому оптимальний варіант - ставити такі парні модулі на обох кінцях кабелю. Стабільна спільна робота непарних модулів не гарантована, навіть якщо вони збігаються з реалізуемим стандартом, довжині хвилі і кількості конекторів. Можливі проблеми навіть з

суміщенню двох модулів від одного виробника з різних лінійок або випущених в різні роки. Не виключено пошкодження модулів, помилки прийому / передачі, помилки узгодження дуплексу і навіть пошкодження кабелю. Великі виробники обладнання, такі як Cisco, HP, Alcatel-Lucent, Zcom, Juniper, Dell та інші в багатьох випадках штучно блокують роботу своїх маршрутизаторів / комутаторів з SFP-модулями сторонніх виробників, хоча нерідко під своєю торговою маркою продають модулі сторонньої розробки.

Таблиця підбору SFP модуля (таблиця 1.4) по типу, роз'єм, швидкості та відстані.[10]

Таблиця 1.4 – Підбір SFP модулю за критеріями

Тип оптичного волокна	Роз'єм	Швидкість	Відстань	Модель
Многомод	Дуплексний LC-роз'єм	1 Гбит/с	550 м	DEM-311GT
		1 Гбит/с	2 км	DEM-312GT2
Одномод	Дуплексний LC-роз'єм	1 Гбит/с	10 км	DEM-310GT
		1 Гбит/с	50 км	DEM-314GT
		1 Гбит/с	80 км	DEM-315GT

Одним із критеріїв також є вибір SFP-модулів з урахуванням енергетичного потенціалу (Оптичний бюджет). В даний час в усьому світі засоби телекомунікації переживають період найширшого впровадження оптичних систем в практику.

Оптична система (optical system) - сукупність оптичних елементів, створена для певного формування пучків світлових променів.

Елементи оптичних систем можна класифікувати наступним чином:

1. Елементи, які створюють сигнал в лінії;
2. Елементи, які вносять додаткове загасання.

До першої категорії відносяться оптичні трансивери (GBIC, SFP, SFP +, XENPAK, XFP, X2 і ін.) І підсилювачі сигналу. Важливими параметрами трансиверів (приймачів) є: вихідна потужність передавача (transmitter output power) і чутливість приймача (receiver sensitivity), це паспортні величини.

Чутливість приймача - величина, що характеризує мінімальний рівень сигналу на його вході, який приймач ще може приймати.

Вихідна потужність передавача - величина, що характеризує рівень вихідного сигналу передавача.

Рівень сигналу, що передається передавачем по оптичній лінії, згасає з відстанню, тому, коли він досягає приймача, його рівень стає менше (на величину затуханий в лінії). Якщо цей рівень не менше чутливості приймача, то приймач зможе прийняти такий сигнал, інакше система працювати не буде.

Різниця цих показників дає нам оптичний бюджет (optical budget), який забезпечується трансивером: оптичний бюджет (енергетичний потенціал) - різниця між оптичною потужністю передавача і чутливістю приймача, виражена в dB. Це паспортна інформація, яку виробник (по ідеї) повинен прикладати до всіх приймач (трансивера). Якщо виробник цього не зробив, то її можна легко порахувати.

Приклад:

$P_{out} = 1\text{dBm}$ – выходная мощность передатчика;

$S = -16\text{dBm}$ – чувствительность приемника;

OB (optical budget) – ?

$OB = P_{out} - S = (1 - (-16))\text{dBm} = 17\text{dBm}$

Для забезпечення надійної роботи оптичної системи враховують можливість збільшення оптичних втрат при зміні зовнішніх факторів і погіршенні характеристик компонентів ВОЛЗ і потужності лазера, пов'язаних з їх старінням. Для компенсації даних втрат зазвичай вибирають оптичний бюджет трансиверів з запасом на 3-6dB.

Найчастіше розрахунок втрат в лінії не виробляють, а проводять реальні вимірювання за допомогою рефлектометрів. Рефлектометр передає оптичний імпульс по змонтованим оптичних ліній і вимірює відображені світлові частинки, відображаючи розсіянні і відбиті оптичні сигнали як функцію довжини. Порівнюючи кількість світла, відбитого в різні моменти часу, визначаються втрати в лінії і відбивна здатність оптичного кабелю. Отримані дані можуть бути представлені графічно у вигляді рефлектограмм.

Рефлектограмма (рисунок 1.14) - вичерпна інформація про з'єднання, зрощування і розриви на всій довжині оптичної лінії.[13]

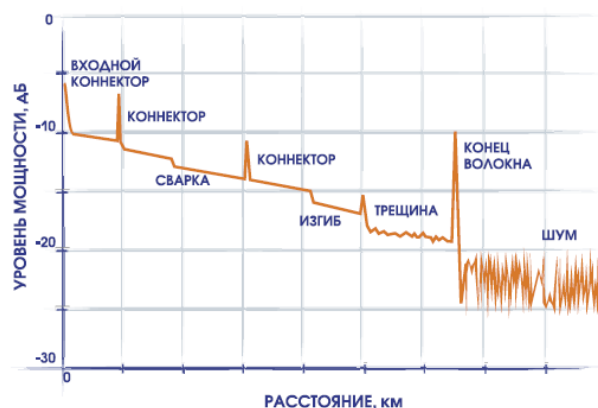


Рисунок 1.14 – Рефлектограмма

На основі всього вищевикладеного були встановлено SFP-модулі DEM-312GT2 фірми Dlink, так як все обладнання у провайдера цієї фірми і, як було написано в пункті 1.10 про вибір SFP-модуля, що б не було проблем з сумісністю обладнання різних фірм.

Одним з ключових компонентів, який забезпечує надійність, безпеку і тривалу службу ВОЛЗ (волоконно-оптична лінія зв'язку) вважається оптоволоконний кабель [15]. У світі налічуються десятки компаній, які виготовляють оптоволоконні кабелі різного призначення. Ключовими характеристиками при виготовленні кабелю вважаються умови його застосування і його провідність.

Конструктивні особливості кабелю які зображені на рисунку 2.15:

- З елементами всередині кабелю, розташованими у вільному розташуванні LooseTube (LT)
- З елементами всередині кабелю, сконцентрованими на одній центральній складовій UniTube (UT)



Рисунок 1.15 – Конструкція кабелів

LooseTube (LT) - такий кабель, як правило, має в центрі силовий елемент і по його окружності, звиваючись, розташовані оптичні модулі. Порожнечі в кабелі заповнює спеціальний захисний гель, часто іменований як «гідрофобний наповнювач». Описуваний кабель характеризується кращою стійкістю до агресивних факторів навколишнього середовища, більшою міцністю і відповідно, має великий розмір і вага, стійкість до екстремальних температур, водоблокуюча характеристика, захист від ультрафіолетового випромінювання.

UniTube (UT) - це зовнішній оптичний кабель зв'язку з металевою міцністю, що складається з желе, заповненого центральною трубою, із закладенням з шаруватого сталевих поліетилену, такий кабель, як правило, не

має силового елемента, а тільки модуль, який містить в собі оптоволокна. Він також відрізняється меншими розмірами, і, відповідно вагою, тому, він менш стійкий до зовнішніх впливів, а більше розрахований на застосування в приміщеннях.

Оптоволокна поділяються також на багатомодові (ММ) і одномодові (SM), які різняться між собою діаметром світowodящая серцевини. Назви цих оптоволокон були визначені способом, яким відбувається поширення в них випромінювання. Волокно складається з серцевини і оболонки з різними показниками заломлення. Діаметр світowodящая жили одномодового волокна близько 8-10 мкм, що дорівнює довжині світлової хвилі. При такому геометричному показнику всередині волокна можливе поширення лише 1 променя (одна мода). Розмір світowodящая жили многомодового оптоволокна близько 50-60 мкм, що дозволяє поширюватися значній кількості променів (багато мод).

Кількісні показники волокон безпосередньо впливають на провідність і геометрію побудови передбачуваної мережі. Наприклад, одне волокно може здійснювати як прийом, так і передачу даних. Є також можливість обміну даними, використовуючи 2 різних оптоволокон. Залежно від місця розташування мережі, використовуються такі види кабелів: на магістральному проміжку - доцільно застосовувати кабель з 24 і більше оптоволокон, на розподільному - вистачить восьми, а на абонентському - найчастіше, застосовують кабель з одним, двома, чотирма оптоволокон.

Важливим моментом є наявність запасу оптоволокон. У більшості випадків, такий запас позначається для кожної конкретної ситуації. Але, можна узагальнити так: для магістральних ділянок - це від 30% до 50% від кількості задіяних оптоволокон; для розподільних - від 15% до 20%; для абонентських такий запас, як правило, не має значення, і тому не передбачається.

Залежно від потрібної кількості оптичних волокон, застосовуються такі типи кабелів:

FTTH - 1-2 оптоволокон

LT - 12-24, більше 24, можливо 8-12

UT - від 4 до 8 оптоволокон, 8 - 12, можливо 12-24

З огляду на сферу застосування кабелю, визначені такі типи:

1. Для прокладання всередині будівель;
2. Для кабельної каналізації - кабель без захисної оболонки (броні);
3. Для кабельної каналізації - із захисною оболонкою (бронею);
4. Кабель з тросом;
5. Підвісна кабель самонесучий;
6. Для прокладання в ґрунт;
7. Кабель для прокладання під водою.

Оптоволокно, розраховані на монтаж усередині споруд

Оптоволоконні кабелі для прокладання всередині приміщень діляться на розподільні - це ті, що формують мережу, і на абонентські - це ті, що застосовуються з метою прокладання в приміщенні безпосередньо до клієнта. Прокладання оптики відбувається в кабельних лотках, кабельних каналах, а деякі марки реально навіть протягнути і по фасадах споруд. Як правило, даний кабель підводять до розподільній коробці, яка знаходиться між поверхами або прямо до точки підключення клієнта.

За конструкцією даний тип кабелю складається з волокна (він), що оберігає покриття, силового елемента, в якості якого може виступати зв'язка ниток з арамида. Зовнішня оболонка кабелю складається з поліуретану, для б́ольшей пожежної безпеки. Наступні характеристики - це мала вага кабелю, гнучкість і компактний розмір, тому багато моделей мають полегшену конструкцію, іноді з додатковим захистом від вологи. Як правило, кількість оптоволон в кабелях даного виду налічує не більше 12-ти.

Оптичні кабелі без захисної оболонки (броні)

Оптика без кабельної броні застосовуються для прокладання в каналізації, тунелі ітд. В цьому випадку повинна бути виключена можливість будь-якого механічного впливу на кабель. Укладання такого типу кабелю проводиться в захищені труби з поліетилену. Установка здійснюється ручним способом або використовуючи лебідку. Відмітною ознакою описуваного кабелю є гідрофобний гель, який заповнює порожні місця в кабелі, за рахунок якого забезпечується певний рівень вологозахисту.

Волоконно-оптичні кабелі із захисною оболонкою (бронєю)

Кабельна броня використовується для оснащення кабелю додатковим захисним рівнем. Вона проводиться з металевої стрічки, як правило, використовують сталь. Броньовані кабелі застосовують, коли передбачаються значні зовнішні навантаження, зокрема, на розтягування. Різновиди кабельної броні: дротова або стрічкова. Стрічкова застосовується в середовищі, яка є менш агресивною: каналізації для кабелів, мости, тунелі. Така кабельна броня має вигляд трубки зі сталі, товщина якої варіюється в межах 0,15-0,25 мм. Дротова ділиться на одно- і двухповівную. Дротяної кабельної броні, як правило, віддається більша перевага, оскільки в силу своєї конструкції (наявність сталевих дротів), вона захищає волокна від атак гризунів.

Оптичний кабель FTTH

Даний вид кабелів має найменшим розміром і вагою. Має плоску поверхню, що дозволяє здійснювати його кріплення до плінтусів і інших плоских поверхонь. За рахунок гарної гнучкості такі кабелі зручно прокладати, обробляти при монтажі. Його можна заводити прямо з вулиці в приміщення.

Укладання кабелю в ґрунт (рисунок 1.15)

Для даних умов прокладання застосовують оптику, яка має одноповівную або двухповівную броню дротяну. Рідше можуть користуватися

оптикою з стрічкової бронєю. Укладають таку оптику в траншеї або за допомогою кабелеукладача. За умови, коли температура зовнішнього середовища менше - 10 градусів Цельсія.

Броня також впливає на показник допустимого зусилля на розтягування. Оптика з двухповівної бронєю здатна витримувати зусилля від 80 кН, одноповівная - від 7 до 20 кН, а стрічкова броня забезпечує цілісність кабелю в умовах навантаження не менше 2,7 кН.

Кабелі, що застосовуються для монтажу мережі по повітрю (підвісні) (рисунок 2.16)



Рисунок 1.16 – Приклад підземного та підвісного кабелів

Кабелі для підвісу з самонесучим силовим елементом кріпляться на побудованих опорах повітряних ліній зв'язку та високовольтних ЛЕП. Це більш просте рішення в технологічному сенсі, ніж прокладання кабелів в ґрунт, але для даного способу є значущі обмеження - температура навколишнього середовища в процесі виконання монтажних робіт допустима не менше - 15 оС. Кабелі даного типу круглі, що сприяє зниженню навантажень від вітру, а довжина прольоту може бути до 100 м.

Силовий елемент для цих кабелів зазвичай проводиться зі склопластику або з арамідних ниток. Нитки дозволяють кабелю витримувати значні навантаження по всій його довжині. Застосовуються для прольотів з довжиною до 1-го км. Описуваний вид кабелю також має позитивну рису - безпека. Воно полягає в тому, що арамід з якого зроблені нитки, є діелектриком, відповідно кабель безпечний в разі поразки блискавки.

На основі з усього переліченого вище був встановлений кабель фірми Одескабель 33441104 (рисунок 1.18) для зовнішньої прокладки в телекомунікаційних колодцях, для прокладки кабелю повітряним чином оберемо кабель 34441204 Одескабель (рисунок 1.17) за рахунок його ціни на фоні конкурентів.

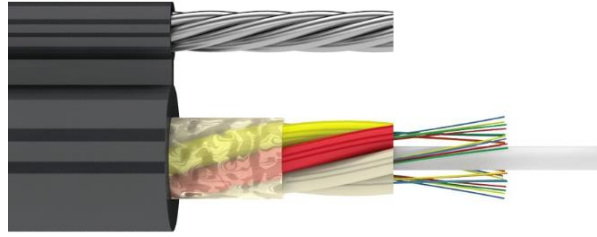


Рисунок 1.17– Зображення кабелю з виносним силовим елементом

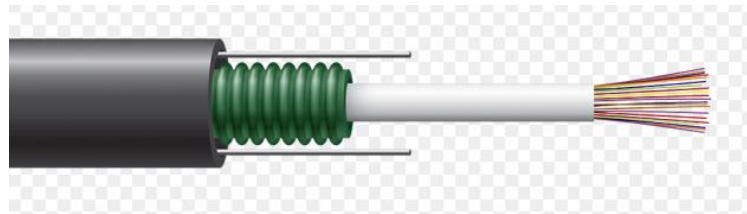


Рисунок 1.18 – Ілюстрація кабелю для зовнішньої прокладки

Оптичний роз'єм являє собою з'єднання 2-х оптичних роз'ємів (коннекторів) за допомогою адаптера. Адаптер має наскрізний отвір діаметром, відповідним діаметру ферули оптичного коннектора, завдяки чому він здатний виконати з'єднання з високою точністю.

Ферула оптичного коннектора - керамічна частина коннектора циліндричної форми, в центр якої вклеєно оптичне волокно. Найбільш поширені діаметри ферули: 2,5 мм (в коннекторах типу FC, SC, ST) і 1,25 мм (в коннекторах типу LC). [16]

Усі коннектори можна поділити наступним чином (рисунок 1.19):

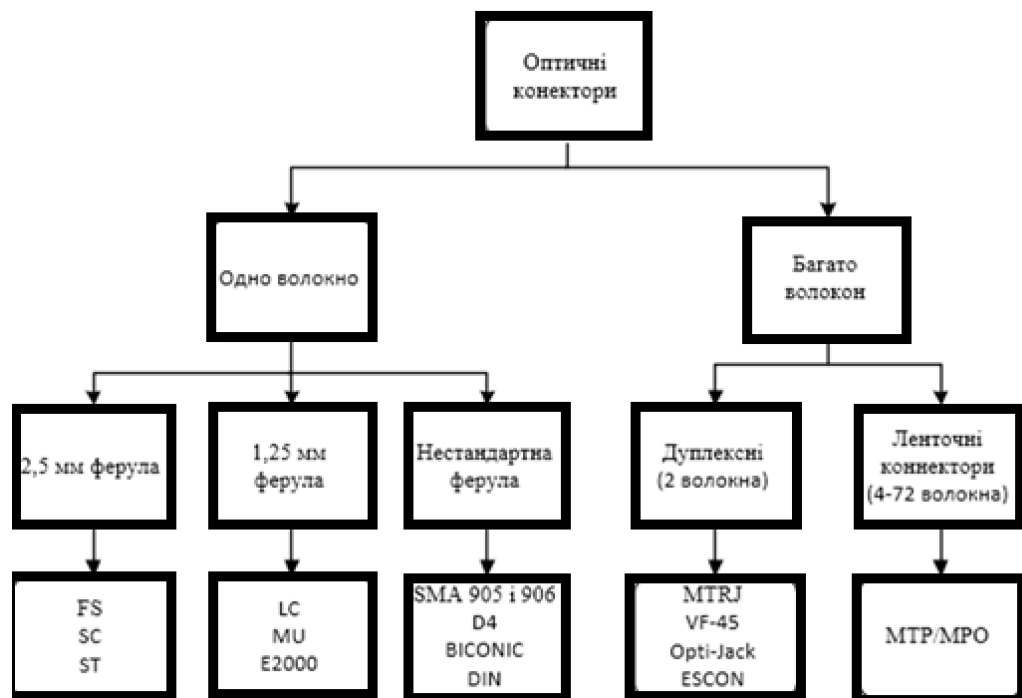


Рисунок 1.19 – Оптичні коннектори

Серед найбільш популярних конекторів з діаметром ферули 2,5 мм можна виділити конектори видів FC, SC, ST. Вони в свою чергу можуть бути сімплексні (поодинокі) або дуплексні (здвоєні) (рисунок 1.20).

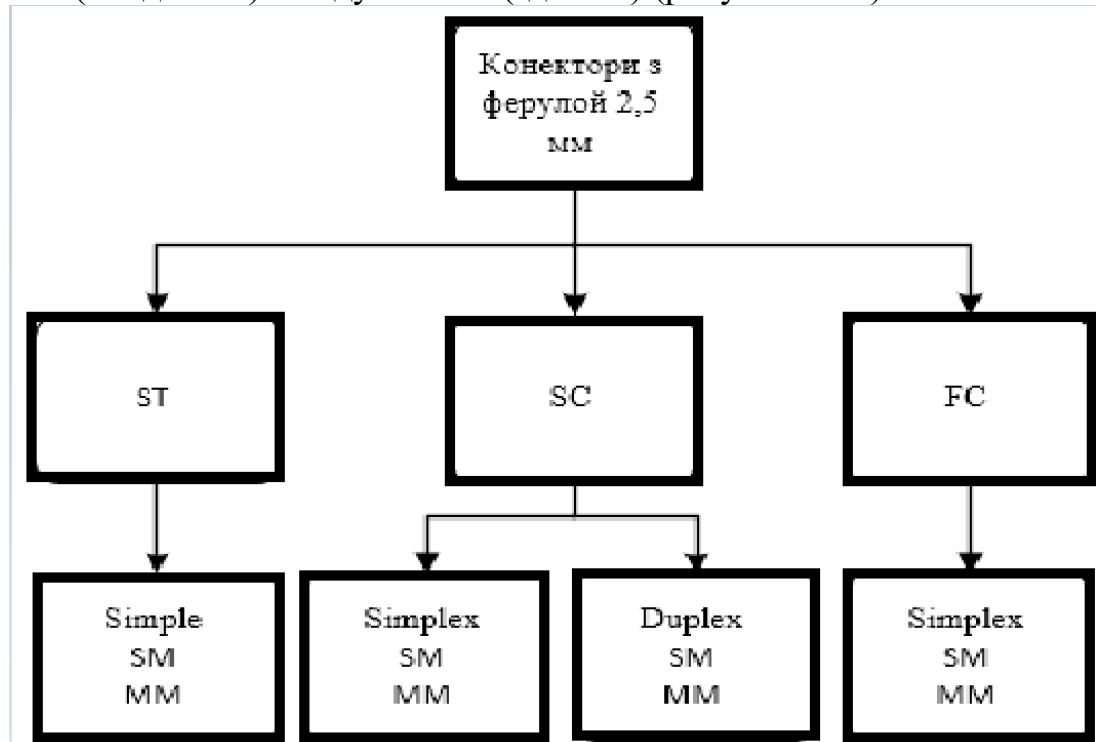


Рисунок 1.20 – Види конекторів

Особливості та застосування конекторів типу SC (рисунок 1.21)



Рисунок 1.21 – Конектор типу SC

1. висока щільність комутації
2. зручність і висока швидкість комутації
3. найбільш часто застосовується в СКС (структуровані кабельні системи), ЦОД (центри обробки даних), телекомунікації
4. пластмасовий корпус (схильний до швидкого зносу, не стійкий до вібрації)

Особливості та застосування конекторів типу FC (рисунок 1.22)



Рисунок 1.22 – Конектор типу FC

1. металевий корпус (в меншій мірі схильний до зносу і стійкий до вібрації)
2. найбільш часто застосовується в телекомунікаціях, промисловості і вимірювальних приладах
3. менша в порівнянні з SC щільність комутації
4. менш зручний в експлуатації з огляду на більш складної комутації

Особливості та застосування конекторів типу ST (рисунок 1.23)



Рисунок 1.23 – Конектор типу ST

1. металевий корпус (в меншій мірі схильний до зносу)
2. менша в порівнянні з SC щільність комутації
3. менш зручний в комутації ніж SC, але більш зручний ніж FC
4. найбільш часто застосовується в мережах з використанням багатомодових ВОЛЗ

Коннектори з діаметром фєрули 1,25 мм класифікуються наступним чином: (рисунок 1.24)

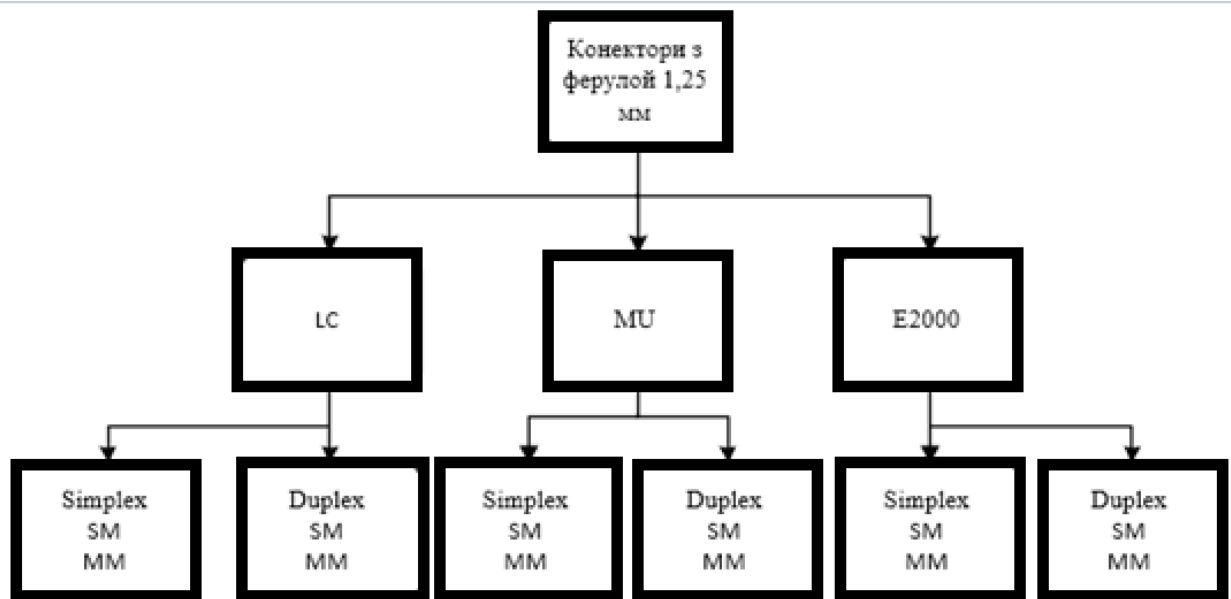


Рисунок 1.24 – Класифікація коннекторів

Найбільш популярним серед них є коннектор LC типу.
Особливості та застосування коннекторів типу LC (рисунок 1.25)



Рисунок 1.25 – Особливості та застосування коннекторів типу LC

1. найвища щільність монтажу
2. знижена надійність і стійкість до механічних навантажень за рахунок малого діаметра ферули
3. найбільш часто застосовується в СКС, ЦОД, мережах телекомунікацій
4. зручність комутації

Крім того, оптичні роз'єми відрізняються наступними параметрами:

1. типом полірування оптичного коннектора
2. типом оптичного волокна
3. видом хвостовика (в залежності від типу кабелю, на який встановлюється коннектор)

Було встановлено коннектори LC-типу з вище-наведених переваг.

Огляд типу і комплекту оптичних муфт є дуже важливим етапом в процесі проектування і будівництва ВОЛС [17]. Оптичні кабельні муфти та додаткові захисні і настановні комплекти повинні забезпечувати комфортні

умови для безперебійної роботи оптичних волокон, що зрощуються кабелі. Ці умови повинні забезпечуватися в будь-якому місці установки муфти і при будь-якого ступеня впливу навколишнього середовища на муфту і на що входять до муфту кабелі. Тип муфти підбирається за типом і конструкції оптичного кабелю (ОК). Варіанти конструкції муфт одного типу підбирають відповідно до проекту, з огляду на розташування функціонального вузла і величини навантажень, які він повинен нести, наприклад:

1. муфта оптична розгалужувальна або сполучна;
2. муфта оптична горизонтальна;
3. муфта оптична прохідна горизонтальна;
4. муфта оптична настінна компактна і т. д.
5. муфта тупикова оптична вертикальна;

Було визначено середу, в якій будуть знаходитися провідники, - значить, правильно підібрати тип пристрою і в кінцевому рахунку створити комфортні умови для безперебійної роботи оптичних кабелів. Розглянемо класифікацію муфт за місцем застосування і наведемо приклади.

Внутрішні муфти для оптичних кабелів (рисунок 1.26)



Рисунок 1.26 – Магістральна муфта ОК

Предназначені для прямого і розгалужувальний зрощування ОК різних конструкцій без фіксації броні в патрубках. Їх можна встановлювати:

1. в підземні контейнери ПІД або КОТ при прокладанні ОК в захисних поліетиленових трубах;
2. в колодязях і колекторах на спеціальних кронштейнах.
3. в технічних приміщеннях будівель, на горищах, дахах, підвалах;
4. на опорах ПЛЗ, ЛЕП, контактної мережі залізниць, міського електрогосподарства та освітлювальних мереж;

Приклади: малогабаритна муфта Crosver FOSC-SP112/24-1-12 (рисунок 1.26) [18]

Встановлюються в приміщеннях вводу кабелів, в колодязях, в котлованах і на дні водойм глибиною до 10 метрів. Муфти з оголовник типів «А» і «М» мають три круглих патрубка для введення ОК і три малих патрубка для введення проводів заземлення. Приклад: магістральна оптична муфта типу ССД МТОК-В2/288-8КТ3645-К-44 (рисунок 1.27 (дротова броня, транзит)).



Рисунок 1.27 – Універсальна муфта для ВОК

Використовується при монтажі підземних ОК, що прокладаються в ґрунтах всіх категорій, а також підводних ОК, що прокладаються через водні перешкоди.

Універсальні оптичні кабельні муфти були спеціально розроблені для прямого і розгалужувального зрощування всіх видів оптичних кабелів, з будь-якими видами броні і силових елементів:

1. оптичних кабелів 2-го і 3-го типів з бронепокровом з металевого дроту при прокладанні їх в ґрунті з введенням транзитної петлі в муфту, а також в кабельної каналізації.
2. підвісних самоутримних оптичних кабелів з пошиттям з синтетичних ниток або з бронею з склопластикових прутків;
3. оптичних кабелів з металевим гофрованим бронепокровом (або без нього);

Універсальність муфт полягає в тому, що вони можуть використовуватися як магістральні, внутрізонові і міські. Універсальні муфти можна встановлювати:

1. на опорах ПЛЗ, ЛЕП, контактної мережі залізниць, міського електрогосподарства та освітлювальних мереж;
2. в підземні контейнери ПІД або КОТ при прокладанні ОК в захисних поліетиленових трубах;
3. в колодязях і колекторах на спеціальних кронштейнах.

Приклад: муфта МТОК-ББ / 324-4КТ3645-К (будь-який тип кабелю, прохідна муфта), призначена для монтажу оптичних кабелів будь-якої конструкції (крім підводних) з кількістю волокон до 324 (рисунок 1.28).



Рисунок 1.28 – Муфта МТОК-ББ / 324-4КТ3645-К

Було інстальовано муфту Crosver FOSC-SP112/24-1-12, тому що вона має підвищену ударостійкість, в кабельної каналізації, і в її оглядових колодязях присутній інфраструктура інших власників, яка потребує обслуговування. І при тому, як боку організації які мають легальний доступ проводитимуть роботи в оглядових колодязях, вони можуть справити сильне механічний вплив на сполучну муфту, аж до її руйнування. З цього остаточний вибір заснований на тому, що муфта матиме підвищену механічну міцність, тобто, армована, яка зображена на рисунку 1.29. Дозволить нам встановити в разі потреби до 4 сплайс-касет типу s112 та ввести до 5 кабелів.



Рисунок 1.29 – Муфта Crosver FOSC-SP112/24-1-12

1.6 Представлення фізичної топології проєктованої мережі

При розробці фізичної топології основну увагу було зроблено на забезпечення надійності та відмовостійкості. Крім того, мінімізовано вплив зникнення електроживлення на якість доступності послуги. А саме, що б у разі знеструмлення частини комутаторів рівня доступу, що не відбувався відмова в обслуговуванні тієї частини мережі, на який електроживлення на комутаторах залишилося.

У якості механізму резервування й відмовостійкості на L2 рівні використано протокол RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol). Порти, якими з'єднані між собою магістральні комутатори являють собою один RSTP сегмент – магістральний, порти, що дивляться убік нижчих рівнів утворюють інші сегменти. Протокол STP на всіх рівнях, не використовується. На кожному сегменті один порт є заблокованим протоколом RSTP, усуваючи, таким чином, можливі петлі. При аварії, раніше заблокований порт переходить в активний стан, відновлюючи зв'язність у сегменті.

При складанні схеми та розподілу волокон розподілено їх так, що б мінімізувано вплив знеструмлення частини обладнання.

На рисунку 1.30 показана схема розподілу волокон в кабелі.

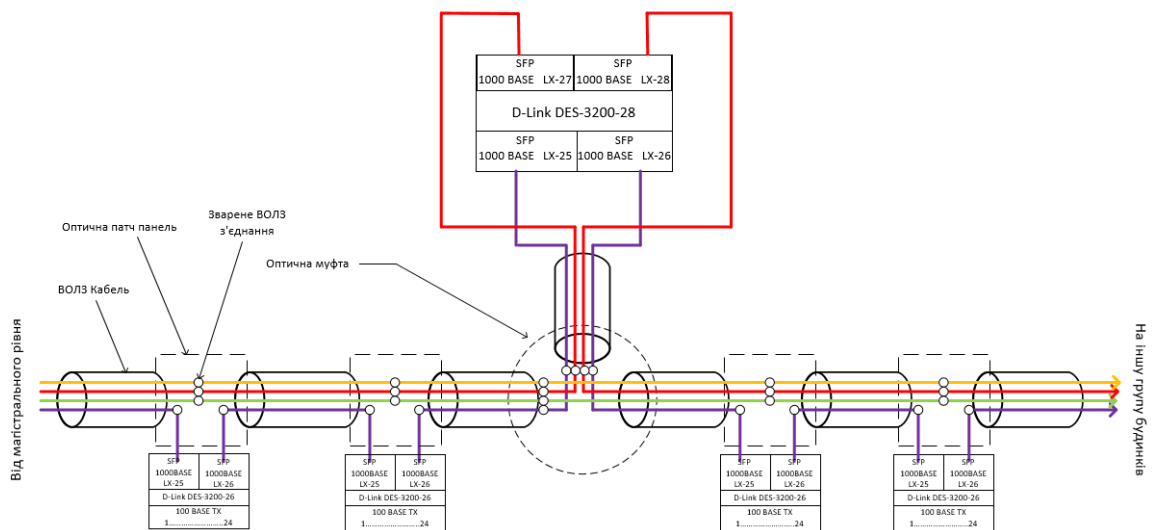


Рисунок 1.30 - Схема розподілу волокон в кабелі

З малюнка видно, що при саме такому розподілі волокон виходить так, що частина комутаторів які знаходяться в кільці, і знаходяться ближче до точки розподілу, підключені до одним волокнам (Жовте і зелене) і утворюють топологію кільце.

А інша частина комутаторів підключена до волокон, які проходять транзитом через ці будови, і далі проходять на інші будови, де вже там на місцевій групі будинків, які все підключені до однієї трансформаторної підстанції. Таким чином, знеструмлення обладнання однієї групи будинків, не вплине ніяк на комутатори, які включені по кільцевій топології і смонтованні на іншій групі будинків.

1.7 Задіяна IP-адресація мережі Ethernet

Для початку було визначено необхідну кількість вузлів у мережі. У нашому випадку це 24 робочих станцій та 2 сервери. Створювана мережа міститиме декілька віртуальних мереж з метою обмеження та надання певних прав робітникам. Для створюваної мережі виділимо декілька під мереж з класу C, для цього під хостову частину виділимо 4 біти, що забезпечить функціонування у мережі 13 хостів. Таким чином маємо префікс під мережі /27 та маску 255.255.255.0. Розпишемо параметри адресації мережі:

Таблиця 1.5 - Параметри виділених підмереж

Адреса підмережі	91.196.80.1	91.196.81.1	91.196.82.1
Діапазон робочих адрес	91.196.80.2-91.196.80.94/27	91.196.81.2-91.196.81.94/27	91.196.82.2-91.196.82.94/27
Адреса Broadcast	91.196.80.95	91.196.81.95	91.196.82.95

Далі було розподілено адреси по підрозділам:

Таблиця 1.6 - Розподіл IP-адрес за вулицями

Вулиці	Кількість ПК	Адреса абонентів
Ватутіна 43	24	91.196.80.2 - 91.196.80.30/27
Ватутіна 43-1	24	91.196.80.32-91.196.80.62/27
Ватутіна 43-3	24	91.196.80.66-91.196.80.94/27
Ватутіна 18	24	91.196.81.2-91.196.81.30/27
Ватутіна 16	24	91.196.81.32-91.196.81.62/27
Ватутіна 14	24	91.196.81.66-91.196.81.94/27

Таблиця 1.7 – Продовження таблиці 1.6

18	Кропівницького	24	91.196.82.2-91.196.82.30/27
52	Кропівницького	24	91.196.82.32-91.196.82.62/27
54	Кропівницького	24	91.196.82.66-91.196.82.94/27

Було охарактеризовано адресацію в комп'ютерних мережах. Для створюваної мережі було обрано клас, призначено адресу мережі та маску. На основі виділеного діапазону адрес було присвоєно адреси кожній робочій станції та серверам.

1.8 Візуалізація віртуальної мережі та налаштування мережевого обладнання

Після побудови створюваної локальної мережі в оболонці програми Packet Tracer 5.3.3 налаштовано обладнання, що входить до її складу.

Під налаштуванням мережевого обладнання передбачається налаштування робочих станцій, комутаторів, маршрутизаторів, серверів баз даних та віддаленого серверу.

Вибір та введення адрес IP, Default Gateway та DNS-серверу було виконано вручну, оскільки для такої малої кількості робочих станцій немає сенсу налаштовувати DHCP-сервер.

Налаштування комутаторів мережі ПАТ «Pretcher» складається з трьох основних етапів: створення віртуальних мереж, з включенням портів комутатора до цих мереж; забезпечення зв'язку між однаковими VLAN на різних комутаторах (trunk); забезпечення безпеки підключення стороннього пристрою до портів комутатора.

VLAN (Virtual Local Area Network) — віртуальна локальна мережа. Вона складається з групи пристроїв, які взаємодіють між собою на канальному рівні моделі OSI, навіть якщо вони будуть підключені до різних комутаторів. Пристрої, що знаходяться у різних VLAN, не можуть «бачити» одне одного, що підвищує рівень безпеки і полегшує керування мережею.

Для наочного зображення необхідної схеми віртуальних мереж та обґрунтування подальшого налаштування представимо кінцевий вигляд мережі:

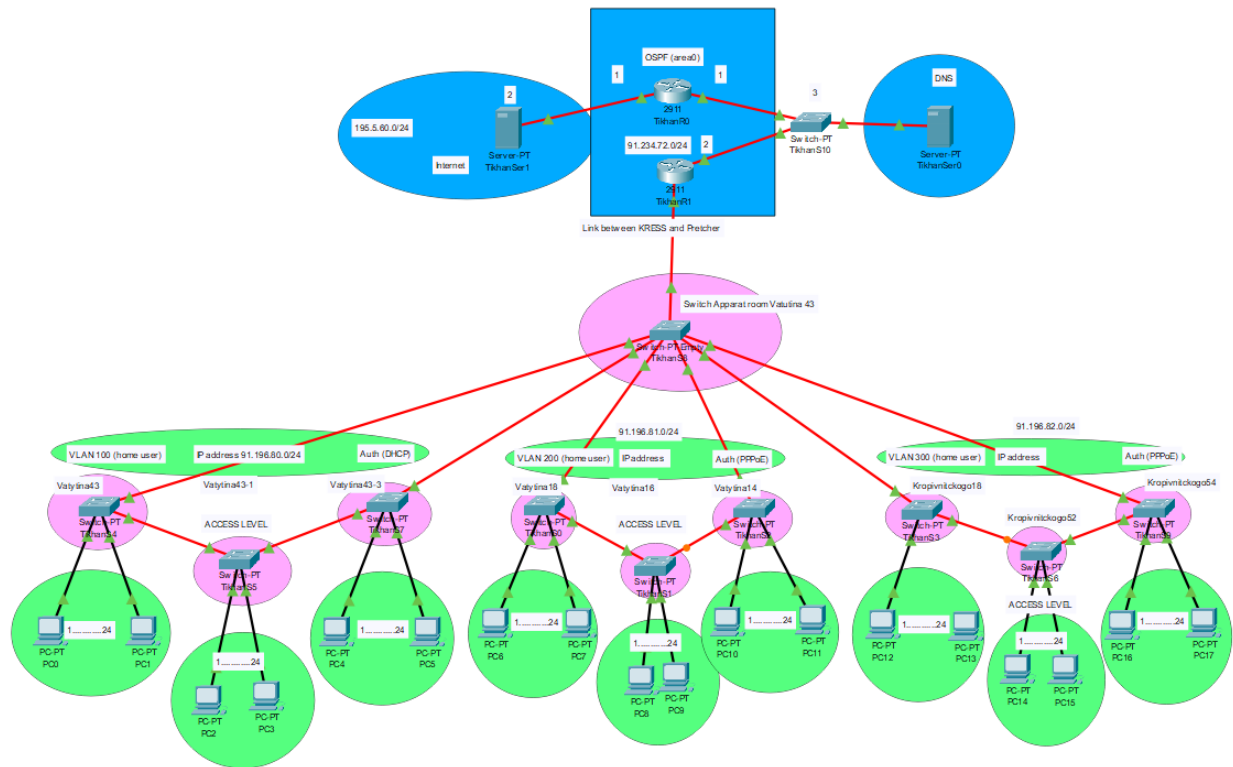


Рисунок 1.33 - Схема віртуальних мереж (VLAN)

На основі показаної схеми визначено параметри налаштування портів комутаторів:

Таблиця 1.8 - Параметри налаштування портів комутаторів

Номер Vlan	Номер комутатору								
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S9
100	-	-	-	-	Fa 2/1,3/1	Fa 2/1,3/1	-	Fa 2/1,3/1	-
200	Fa 6/1,7/1	Fa 6/1,7/1	Fa 6/1,7/1	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	Fa 4/1,5/1	-	-	Fa 4/1,5/1	-	Fa 4/1,5/1
Trunk-порт	Gi g8/1,9/1	Gi g8/1,9/1	Gi g8/1,9/1	Gi g0/1,1/1	Gi g8/1,9/1	Gi g8/1,9/1	Gi g0/1,1/1	Gi g8/1,9/1	Gi g0/1,1/1

Виконано налаштування VLAN комутатора TS5 та транкового порту:
 Switch(config)#vlan 100 / створення VLAN
 Switch(config-vlan)#exit / вихід

Switch(config)#interface range fastEthernet 2/1, fastEthernet 3/1/ вхід у налаштування інтерфейсів портів fast Ethernet 2/1, 3/1.

Switch(config-if-range)#switchport access vlan 100 / додавання портів у VLAN

Switch(config-if-range)#exit

Switch(config)# interface range gigabitEthernet 8/1, gigabitEthernet 9/1/ вхід у налаштування інтерфейсів портів gigabitEthernet 8/1, 9/1.

Switch(config-if)#switchport mode trunk / перехід порту у транковий стан

Switch(config-if-range)#switchport trunk allowed vlan 100/ дозвіл транкового порту для vlan 100

Switch(config-if)#exit

Демонстрація результату за допомогою команди show vlan brief:

```
Switch#show vlan brief
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/1, Fa1/1, Fa4/1, Fa5/1 Fa6/1, Fa7/1
100 VLAN0100	active	Fa2/1, Fa3/1
1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active	

Демонстрація результату транкінгу за допомогою команди show interfaces trunk:

```
Switch#show interfaces trunk
```

Port	Mode	Encapsulation	Status	Native vlan
Gig8/1	on	802.1q	trunking	1
Gig9/1	on	802.1q	trunking	1
Port	Vlans allowed on trunk			
Gig8/1	100			
Gig9/1	100			
Port	Vlans allowed and active in management domain			
Gig8/1	100			
Gig9/1	100			
Port	Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned			
Gig8/1	100			
Gig9/1	100			

Рисунок 1.34 - Результати налаштування комутатора TS5

Аналогічним чином згідно таблиці параметрів портів виконано налаштування комутаторів TS2, TS3, TS4, TS5, TS6, TS7, TS9.

Наступним кроком було налаштування безпеки, що дозволяє підключатися до мережі робочим станціям із певними MAC-адресами. Це дозволяє забезпечити безпеку та конфіденційність інформації, якою обмінюються працівники мережею.

Налаштовано безпеку комутатора TS1. Для початку переглянуто таблицю MAC-адрес комутатора:

```
Switch#show mac address-table
Mac Address Table
-----
Vlan    Mac Address      Type      Ports
----    -
1       00d0.ffc3.b215   DYNAMIC   Gig8/1
100     000a.f3a5.55e6   DYNAMIC   Gig8/1
100     00d0.ffc3.b215   DYNAMIC   Gig8/1
```

Рисунок 1.35 - Таблиця MAC-адрес

Switch(config) #interface range fastEthernet 2/1, fastEthernet 3/1 / вхід у налаштування інтерфейсів портів fast Ethernet 2/1, 3/1.

Switch(config-if-range)#switchport mode access / перевід портів в режим звичайного зв'язку

Switch(config-if-range)#switchport port-security / активація port-security на порті

Switch(config-if-range)#switchport port-security mac-address sticky / встановлення динамічного визначення secure-mac

Switch(config-if-range)#switchport port-security maximum 1 / встановлення максимальної кількості secure-mac на порту

Switch(config-if-range)#switchport port-security violation shutdown / вказівка дії при порушенні налаштованих обмежень (порт падає)

Демонстрація результату налаштування:

```
Switch#en
Switch#sh
Switch#show po
Switch#show port-security
Secure Port MaxSecureAddr CurrentAddr SecurityViolation Security Action
          (Count)          (Count)          (Count)
-----
Fa2/1     1           0           0           Shutdown
Fa3/1     1           0           0           Shutdown
```

Рисунок 1.36 - Результат налаштування комутатора TS5

Аналогічним чином налаштовано комутатор TS2, TS3, TS4, TS5, TS6, TS7, TS9.

Наступним кроком було налаштування серверу. Для цього було необхідно введено параметри IP-адресації пристрою. Таким чином налаштовано обидва сервери, при чому перший сервер вимагає налаштування усіх трьох мережевих карт. Під час налаштування було звернено увагу, що у якості Default Gateway виступає адреса порту маршрутизатора, що відповідає даному VLAN.

1.9 Аналіз технологій та огляд обладнання GPON застосованої на проєктованій мережі

В результаті налаштувань було отримано повністю робочу модель схеми локальної мережі, що створюється. Виконані налаштування дозволяють обмежити деякі права робочих станцій. Зокрема обмежити/дозволити доступ до серверів баз даних чи мережі Інтернет.

В першому розділі, з метою розуміння, була описана уся фізична та логічна інфраструктура ISP «PRETCHER», щоб далі не виникало складнощів при переході технологію GPON. А саме, проведений опис функціональної мережі «ISP PRETCHER». Розроблений план прокладки оптоволоконної лінії на карті місцевості, опис об'єкту та плану будівлі, структурної схеми підземного кабельного сегменту мережі та схеми розміщення обладнання рівня доступу. Проведений огляд активного обладнання, комутаторів, SFP модуля, аналіз ринку кабельної продукції, огляд пасивного обладнання, застосованих оптичних конекторів та фізичної топології проєктованої мережі та проведене моделювання проєктованого сегмента локальної мережі.

Технологія GPON заснована на топології «точка многоточка» P2MP(point to multipoint) Деревовидна топологія P2MP дозволяє оптимізувати розміщення оптичних розгалужувачів виходячи з реального розташування абонентів, витрат на прокладення ОК і експлуатацію кабельної мережі.

PON- технологія була розроблена для максимально ефективного і економного використання можливостей оптоволоконної мережі. Основною перевагою Passive optical network є організація підключення декількох десятків абонентів до мережі по ОДНОМУ оптоволокну. Реалізовано це за допомогою розділення передачі пакетів в часі (протоколи TDM і TDMA), а також розділення прийому і передачі даних в різних хвилових діапазонах. [29]

Основна ідея архітектури PON - використання усього одного приймально-передавального модуля в OLT для передачі інформації безлічі абонентських облаштувань ONT і прийому інформації від них

Число абонентських вузлів, підключених до одного приймально-передавального модуля OLT, може бути настільки великим, наскільки дозволяє бюджет потужності і максимальна швидкість приймально-передавальної апаратури. Для передачі потоку інформації від OLT до ONT - прямого (низхідного) потоку, як правило, використовується довжина хвилі 1550 нм. Навпаки, потоки даних від різних абонентських вузлів в центральний вузол, що спільно утворюють зворотний потік, передаються на довжині хвилі 1310 нм. У OLT і ONT вбудовані мультиплексори WDM, що розділяють витікаючі потоки, що входять.

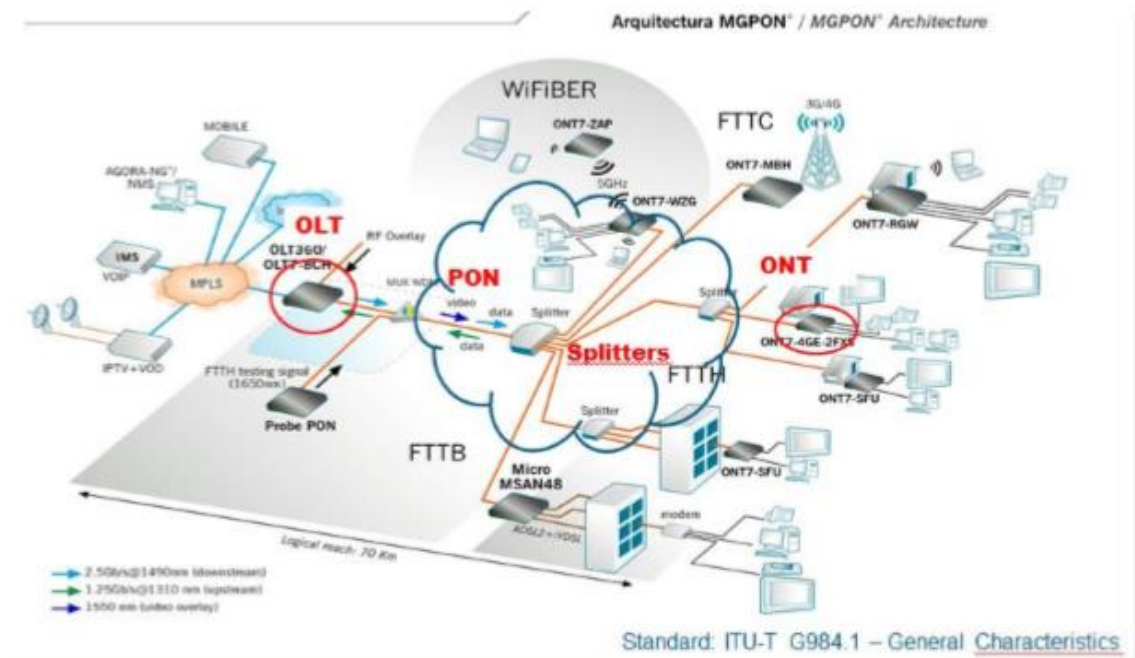


Рисунок 1.37 – Архітектура PON технології

За рисунком 1.37 буде проведений аналіз технологій GPON

Спершу краще всього буде пояснити, що таке технологія GPON . Розшифровка цієї аббревіатури - Gigabit - Capable Passive Optical Networks . Це останній варіант пасивної оптичної мережі PON, описаний в стандарті ITU, - T G.984.x. За його створення відповідає група FSAN (Full Service Access Network), яка створила його як наступника стандарту APON / BPON.

GPON - набагато ефективніша технологія, оскільки вона забезпечує швидкість передачі даних 2488 Мбіт / з від OLT до ONT і 1244 Мбіт / з від ONT до OLT. Він ґрунтований на архітектурі P2MP. Його оптичні параметри визначені в стандарті G.984.2.

Мережі GPON доставляються по-різному з використанням різних варіантів оптичної інфраструктури FTTx - від волокна до X. Існує багато варіантів, але є чотири основних, найбільш поширених:

- FTTH - Fiber to the Home ;
- FTTF - Fiber to the Flat ;
- FTTB - оптоволокну у будівлю ;
- FTTC / FTTO - Fiber to the Curb (оптичне волокно для офісних будівель і їх околиць) і Fiber to the Office (оптичне волокно для приміщень компанії).

[30]

Всесвітня комп'ютерна мережа почала розвиватися на базі існуючих телефонних ліній з використанням технологій xDSL. Самий "просунутий" різновид цього "мідного" сімейства - модемна технологія ADSL2+ забезпечує швидкість потоку, що входить, 24 Мб/з (витікаючого - 1,2 Мб/с). Нині вона є безумовним лідером з кількості підключень в усіх країнах світу. Проте "мідні" лінії зв'язку, прокладені десятки років назад, застарівають як фізично, так і

морально і поступово замінюються оптичними мережами FTTx, використання яких дозволяє на два порядки підвищити швидкість обміну інформацією в Інтернеті. А в недалекій перспективі - ще більше.

GPON вважається пасивною технологією, оскільки для її роботи не потрібно ніяких додаткових пристроїв для зв'язку оператора і одержувача. Активні тільки OLT (закінчення оптичної лінії) оператором і ONT / ONU (крайове облаштування оптичної мережі / блок оптичної мережі) користувачем.

Мережа GPON дозволяє виконувати декілька підключень по одному оптоволоконному кабелю. Операторові треба тільки поставити розгалужувач в потрібне місце, і сигнал може бути розділений на 128 одержувачів (чи більше). Він працює аналогічно кабельному телебаченню, встановленому у багатоквартирному будинку. GPON передає не лише високошвидкісний Інтернет, але також телефонію і телебачення.

Завдяки FTTH ви можете впровадити у свій дім найсучасніші послуги, у тому числі телебачення нового покоління, хмарні сервіси або навіть система розумного будинку. Мережа GPON дозволяє швидко приймати і передавати величезні ресурси даних без яких-небудь технологічних обмежень. Застосування цієї технології відкриває множину можливостей.

У останнє п'ятиріччя процес заміни мідних кабельних трас на оптичні наростає і, за розрахунками аналітиків, ще через п'ять років співвідношення "оптика/мідь" в телекомунікаціях кардинально зміниться на користь "оптики".

Архітектура FTTx (Fiber to the x) є відрізком оптоволоконної лінії зв'язку, підключеним з одного боку до приймально-передавальної станції OLT (Optical Line Terminal - оптичний лінійний термінал), встановленої у оператора, а з іншої - до приймально-передавальних модулів абонентів - ONT (Optical Network Terminal) або ONU (Optical Network Unit).

[31]

Тож мережа GPON складається з:

- 1) Станційного терміналу OLT (англ. Optical Line Terminal), якій містить у собі певну кількість портів GPON (типово від 4 до 112) та порти Gigabit Ethernet або 10 Gigabit Ethernet для підключення до транспортної IP мережі.

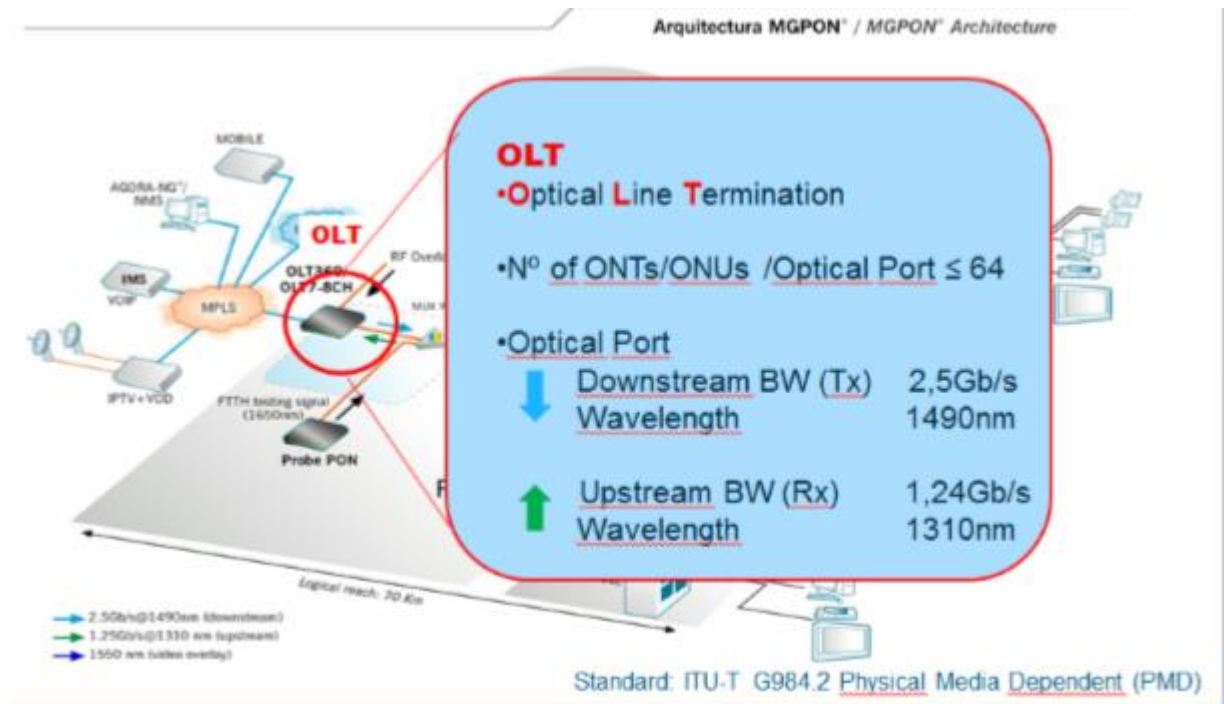


Рисунок 1.38 – Архітектура OLT

Основні функції:

- Швидкість передачі низхідного/висхідного потоків - 2.488/1.244 Гбіт/с
- Вдосконалений стандарт шифрування (AES)
- Пряма корекція помилок (FEC);
- до 64 ONT на одну лінію PON; (апаратна частина устаткування підтримує коефіцієнт ділення 1: 128)
- Конфігурації L2 : Прозоро передать/Добавить/Изменить S- Тег, C - Тег
- Динамічний Розподіл смуги пропускання (DBA).

Також необхідно розповісти за оптичну розподільну мережу ODN.

ODN є ділянкою мережі між оптичним лінійним терміналом (OLT) і оптичним мережевим модулем (ONU) і включає магістральний, розподільний і абонентський ділянки кабелю, а також усі необхідні з'єднувачі і пасивні пристрої.

- 2) Абонентського терміналу ONT (Optical Network Terminal). ONT може бути розрахованим на одного користувача та мати порти Ethernet, POTS та RF TV, або на групу користувачів, або на організацію, та мати порти Ethernet, xDSL, POTS, E1, RF TV.

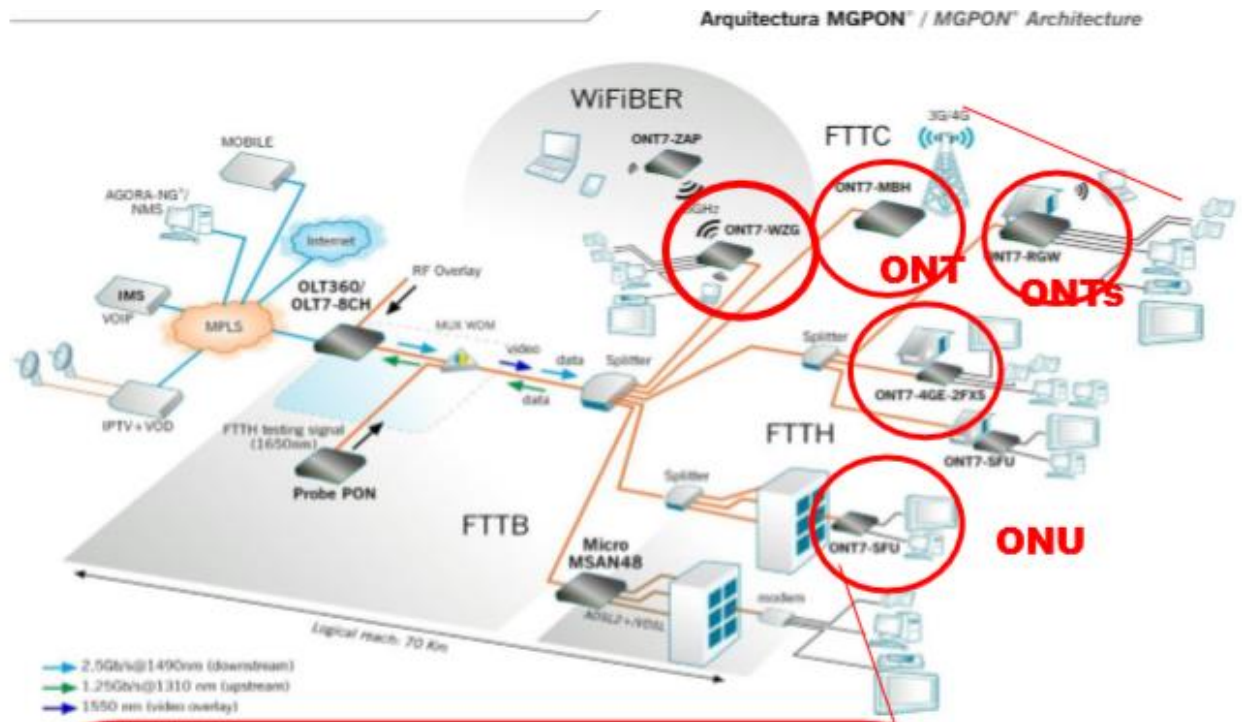


Рисунок 1.39 – Архітектура ONU/ONT

ONT - термінал індивідуального користування (його також називають оптичним модемом), встановлюване в квартирі. ONU - призначено для установки в розподільній шафі багатоквартирного будинку і має декілька портів для підключення комп'ютерів, телевізорів, телефонів, що знаходяться в сусідніх квартирах.

ONT і ONU перетворюють оптичні сигнали, що поступили від OLT, в електричні (що направляються, наприклад, в комп'ютери, телевізори, телефони), а також виконують зворотнє перетворення електричних сигналів, що поступили від терміналів користувачів, в оптичні, які вирушають в OLT.

Якщо у відрізок оптичної лінії впровадити сплиттери (пасивні роздільники сигналу, що поступає від OLT) і до їх виходів підключити ONT, то такий перехід від одинволоконної структури FTTx до деревовидної приведе до утворення пасивної оптичної мережі - PON (Passive Optical Network).

Типи опцій клієнтського інтерфейсу :

- 4x 100/1000Base - T для мережевого з'єднання Ethernet (RJ45 коннектори);
- 2x FXS порти (RJ 11 коннекторів)
- 2x3 точки доступу 2.4/5.0 GHz безпроводні інтерфейси (802.11 b/g/n);
- 2x USB 2.0 функцій для спільного використання принтера, мультимедіа і для 3G/4G резервного копіювання висхідного потоку;

Тип опції мережевого інтерфейсу :

- GPON SC/APC оптичний коннектор (B+/C+).

- 3) Повністю пасивної оптичної розподільчої мережі між ними, яка складається зі сплітерів з коефіцієнтом розділення від 1:2 до 1:64, що розташовані централізовано, або розподілено.

Робота PON полягає в організації множинного доступу через одно оптоволокну за допомогою тимчасового мультиплексування (Time Division Multiplexing Access - TDMA) і частотного розділення трактів прийому і передачі (Wavelength - Division Multiplexing - WDM). Мультиплексори WDM, працюючи у складі OLT і ONT, розділяють прямий (що входить) і зворотні (витікаючі) сигнали, що транслюються на різних довжинах хвиль (прямий - 1,49 мкм, зворотний, - 1,31 мкм). До цих потоків може бути доданий сигнал кабельного телебачення, що передається на довжині хвилі 1,55 мкм.

Розрахунок оптичного бюджету

Бюджет оптичного модуля= потужності передавачу - потужність приймачу.

При розрахунках оптичного бюджету ВОЛС необхідно враховувати наступні джерела загасання :

- Загасання сигналу в оптичному волокні

При поширенні сигналу в оптичному волокні відбувається природне загасання сигналу. Величина загасання у волокні залежить від великої кількості чинників, проте при розрахунках враховують тільки два з них - довжину лінії і довжину хвилі сигналу. Середні втрати для сигналу в одномодовому волокні складають 0,2 дБ/км для довжини хвилі 1550 нм, і 0,35 дБ/км для 1310 нм

- Точки з'єднання

Коннектори - від 0,3 дБ.

Місця зварювань - від 0,02 дБ

Механічні з'єднувачі - від 0,7 дБ

- Оптичні розгалужувачі

При розрахунку загасання на оптичних розгалужувачах необхідно відштовхуватися від специфікації конкретного розгалужувача.

- Запас потужності

Для забезпечення надійної роботи оптичної системи необхідно враховувати можливість збільшення оптичних втрат при зміні зовнішніх чинників і погіршенні характеристик компонентів ВОЛС, пов'язаних з їх старінням. Для компенсації цих втрат внесіть в розрахунки 3-6 "запасних" дБ.

Перші паростки технологій PON з'явилися близько 15 років тому, і за минулий час Міжнародним союзом електрозв'язку (МЭС) випущені п'ять стандартів передачі даних по оптоволокну. Активне устаткування, випущене

відповідно до вимог цих стандартів, забезпечує швидкості від 155 Мб/з до 2488 Мб/с. [32]

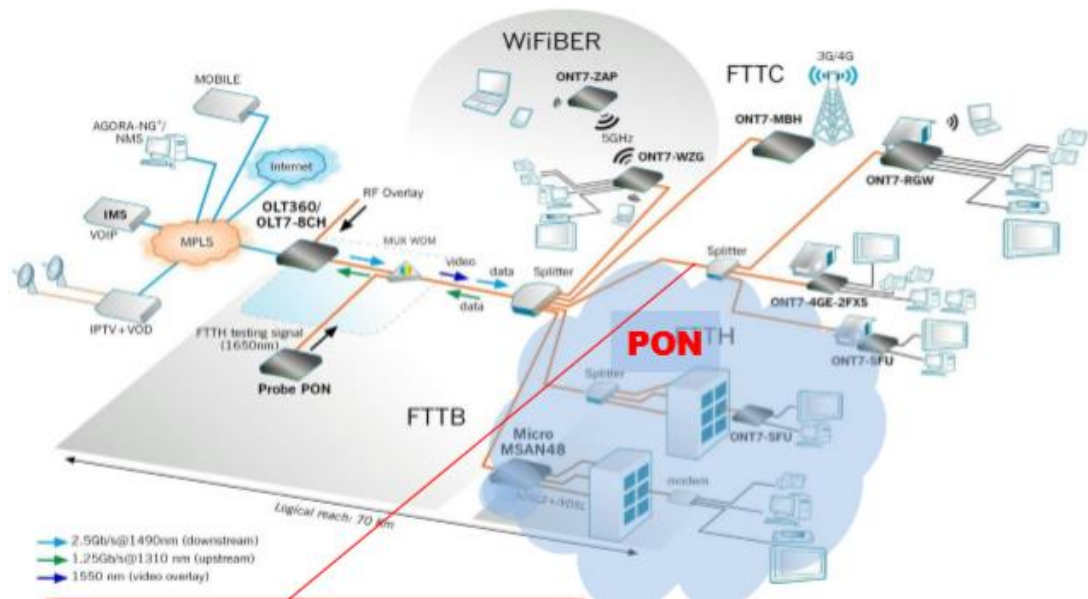


Рисунок 1.40 – Технологія PON

Передача з OLT ведеться на довжині хвилі 1490 нм зі швидкістю 2,5 Гбіт/с, а прийом — на довжині хвилі 1310 нм зі швидкістю 1,25 Гбіт/с. Таким чином забезпечується робота системи по одному волокну за принципом WDM. Асиметричність швидкостей потоку обумовлена характером трафіку низхідного потоку (закачування файлів, передача відео).

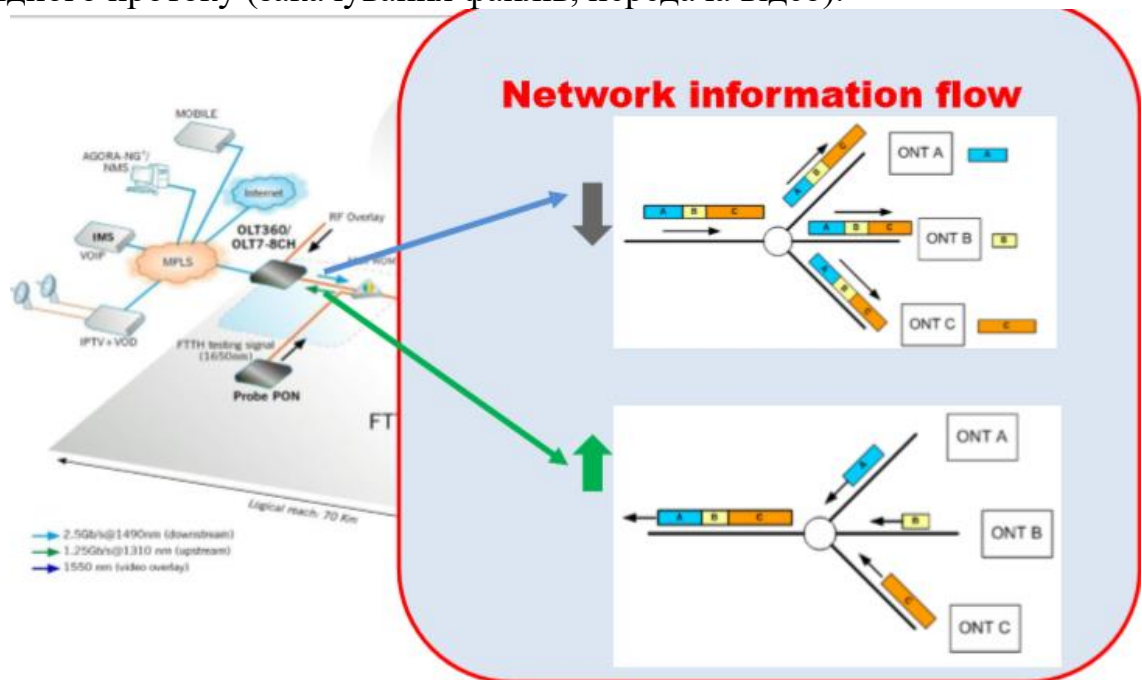


Рисунок 1.41 – Передача інформаційного потоку в мережі

Прямий потік на рівні оптичних сигналів, є широкомовним. Кожен абонентський вузол ONT, читаючи адресні поля, виділяє з цього загального

потоків призначену тільки йому частина інформації. Фактично, ми маємо справу з розподіленням демультиплексором.

Зворотний потік. Усі абонентські вузли ONT ведуть передачу в зворотному потоці на одній і тій же довжині хвилі, використовуючи концепцію множинного доступу з тимчасовим розділенням TDMA (time division multiple access). Для того, щоб унеможливити перетин сигналів від різних ONT, для кожного з них встановлюється свій індивідуальний розклад по передачі даних з обліком поправки на затримку, пов'язану з видаленням цього ONT від OLT. Цю задачу вирішує протокол TDMA MAC.

Побудова розподільної мережі GPON є цікавим і творчим процесом, при якому необхідно враховувати як технічні характеристики, так і економічні аспекти різних топологій. Звісно у цього стандарту є свої недоліки та переваги.

Переваги:

- оптичний кабель із стабільною великою місткістю
- можливість відправляти і отримувати величезні ресурси даних
- безпека (зниження ризику поразки електричним струмом);
- можливість об'єднання декількох послуг, наприклад, телефон / телебачення / Інтернет;
- безперебійний доступ в Інтернет незалежно від електрики (завдяки використанню додаткових пристроїв);
- огляди без відключення мережі.

Недоліки:

- тонкий оптоволоконний кабель, який без належного захисту легко пошкодити;
- довга підготовка до установки;
- проблеми з виявленням можливих несправностей;
- оператори не готові використати увесь потенціал пропонованої швидкості і потужності.
- вартість

Не дивлячись на недоліки які є, технологія GPON перевершує подальші технологічні обмеження. Переваги значно перевищують незначні недоліки, тому що завдяки найвищим швидкостям та механізмам керування трафіком технологія GPON дозволяє надати найкращий та найякісніший пакет послуг та максимізувати прибутки оператора. Хоча є проблема із значною вартістю, але оптимізація капітальних витрат досягається завдяки концентрації великої кількості абонентів на одне волокно та централізацією та малою кількістю активного обладнання. Але найголовнішими факторами вибору GPON є централізація обладнання та керування мережею, проста та надійна пасивна інфраструктура мережі, відсутність активного обладнання всередині мережі, відповідно значна економія електроенергії та орендних витрат.

Також існує дуже спрощена технологія GPON – технологія передачі даних декільком абонентам по одному волокну оптиковолокonnого кабелю. Суть технології передачі даних GPON полягає в тому, що пакети даних, призначені різним абонентам (так звані Ethernet- кадри) мають мітки, що дозволяють ідентифікувати адресата. Вони передаються по одному оптичному провідникові з OLT з глобальною мережею за допомогою потужного SFP OLT модуля.

Ethernet- кадри різної довжини йдуть з OLT через певні проміжки часу, технологія GPON дозволяє використати один канал для 64-х абонентів. Передача даних здійснюється на хвилі завдовжки 1490 нм з пропускною спроможністю до 2,5 Гбіт/с.[33]

Дані, що вийшли з OLT, потрапляють в спліттер. Цей пасивний пристрій, який забезпечує розділення оптичного сигналу між абонентами відповідно до ідентифікаторів Ethernet- кадрів. Сигнал, що вийшов із спліттера, спрямовується в ONU. При передачі даних абонентами у бік OLT вони вирушають в різні часові проміжки на хвилі завдовжки 1310 нм із швидкістю 1,244 Гбіт/с. Дійшовши до спліттера, пакети даних від різних абонентів об'єднуються у впорядкований потік Ethernet- кадрів, який рухається до OLT по тому ж оптичному провідникові. Таким чином, технологія GPON дозволяє по одному оптичному каналу здійснювати одночасно прийом і передачу пакетів даних інформації, голосової і відеозв'язки, а також організувати трансляцію передач кабельного телебачення.

Недоліки технології:

- Загасання сигналу на кожному вузлі галуження. У результаті в мережі на 64 ONU загальне загасання може перевищити 20 дБ.
- Необхідність максимальної пропускної спроможності усіх пристроїв. Хоча кожен конкретний абонент отримує від 16 Мбіт/сек, кожна точка мережі (ONU) вимушена підтримувати максимальну пропускну спроможність GPON - 1 Гбіт/сек.
- Недостатньо високий рівень безпеки даних. Технологія безперечно не підійде для фінансових і подібних організацій.
- Складність модернізації. Для того, щоб збільшити пропускну спроможність мережі, може потрібно замінити увесь кабель на магістралі.
- Перешкоди в роботі усієї PON при одному несправному облаштуванні ONU, передавальному безперервний світловий сигнал у зворотний бік. Можна передбачити WatchDog для контролю випадкових поломок, але набагато складніше запобігти діям злоумисників.
- Складність виявлення несправностей. Спліттери, зважаючи на свою надзвичайну простоту, нездатні допомогти у визначенні збійної ділянки мережі.

Переваги тезнології:

- Економна витрата оптичного кабелю. Фактично, технологія GPON дозволяє скоротити протяжність кабельної інфраструктури майже втричі.
- Відсутність активного устаткування на вузлах мережі, що істотно знижує витрати на її проведення і обслуговування.
- Висока підтримувана швидкість - до 1 Гбит/сек.
- Ефективний розподіл навантаження в каналі. Теоретично швидкість для кожного абонента складатиме пропускну спроможність каналу/ кількість абонентів. Фактично ж, якщо якісь абоненти в даний момент використовують не усю свою смугу трафіку або не підключені зовсім - швидкість у інших збільшується.

Технологія GPON має свої переваги та недоліки. Основна перевага – висока пропускна здатність мережі при відносно низьких витратах на її розгортання. Така мережа вимагає меншу кількість кабелю і на вузлах галуження використовує недорогі спліттери. Ця технологія підходить більше для бюджетних та не вимаглевих мереж. Проте у неї є значні недоліки - недостатньо високий рівень безпеки даних, складність модернізації та найважливіше складно виявити несправності. Технологія GPON - це економний спосіб забезпечити швидкісним Інтернетом велику кількість абонентів при відносно низькій вартості.

Нині для побудови PON- систем оператор може використати устаткування, що базується на двох групах стандартів. Системи GPON спираються на Рекомендації ITU - Т серії G.984. Друга група рішень (GPON) будується на стандартах IEEE 802.3ah. Устаткування GPON або GPON має важливі технічні відмінності, особливо з точки зору оператора.

У міру зростання бізнесу провайдери трохи більше уваги стало приділяти надійності устаткування, ніж його вартості. Хотілося, щоб устаткування працювало стабільно і передбачувано: щоб воно не перезавантажувалося, не підвисало, не втрачало клієнтський трафік, не викидало з консолі при будь-якому великому SNMP запиті. Для цих цілей устаткування GPON підходило куди краще. Сама по собі технологія GPON складніша, тому вимагала більше кваліфікованих інженерів, що позитивно позначалося як на апаратній, так і програмній надійності головних станцій. Це зараз GPON OLT-и роблять усі, кому ні лінь, але на зорі розвитку GPON цю нішу уподобали такі гіганти як ZTE і Huawei, і в якості їх продукції сумнівів ні у кого не було. Тим більше, ціни на GPON устаткування (OLT і ONT) вже не так сильно відрізнялися від GPON і не шокували великих провайдерів. Другий за значимістю чинник (а для деяких навіть перший), який захоував в технологію GPON - збільшене в 2 рази число ONT, здатне працювати на одному дереві. GPON дозволяв підключити всього 64 ONT на одно дерево; GPON подвоїв ставку - 128 ONT. Економія на особу: менше волокон, менше SFP OLT модулів, більше вільного простору в серверній стойці, який буває на вагу золота. Останнім чинником

переходу на технологію GPON стала збільшена швидкість передачі даних і гнучкість пріоритезації трафіку. У GPON швидкість каналу симетрична 1G/1G, GPON дає клієнтові 2.5G/1.25G[34]

Тож відмінності між GPON та GPON:

- Швидкість. GPON в downstream upstream- потоках досягає 1.25 Гбіт/с, GPON в downstream - до 2,488 Гбіт/с (у проміжних значеннях є присутніми швидкості 155, 622 Мбіт/с, 1,244 Гбіт/с). Значення висхідних потоків наближається до швидкості 155, 622 Мбіт/с або 1,244 Гбіт/с.
- Абонентська мережа і дальність. Радіус GPON- мережі досягає 30 км.

Структура пасивної PON- мережі є розгалуженням з дерев 1x64 . Топологічний ліс з деревами для GPON - це 1x128, а радіус не перевищує відстані в 20 км.

- Логічне кодування. GPON розрахований на надмірність коду 8/ 10B (кожних 8 символів замінюються на 10, що призводить до зниження ЕППЧ (ефективно передавана смуга частот) на 20%. У GPON - лінійне дворівневе кодування (NRZ), це метод примітивного біполярного кодування, який гарантує найменші зниження пропускну здатності з мінімальними втратами швидкості. ЕППЧ для GPON наближено до 70%, для GPON ефективність рідко буває менше 95%.

Схожості:

- Хвильовий діапазон. GPON і GPON працюють на однакових частотних планах: downstream йде в діапазоні 1480 ~1500 нм, upstream розрахований на довжини у рамках 1260-1360 нм, Довжина хвилі наближена до значення 1550 нм зазвичай зарезервована для тв-сигнала або інших застосувань.
- Ключі шифрування. Для обох технологій використовується метод шифрування з використанням ключа завдовжки в 128-бит. В результаті 128-бітового шифрування ми отримуємо до до $3,4 \times 10^{38}$ різних варіацій ключа, що гарантує сильний захист трафіку від хакерських втручань.[35]

Тож з вище переліченого було обрано саме технологію GPON. Тому що саме GPON підтримує більшу швидкість, легкодоступність обладнання та абонентську мережу і дальність.

Далі було розглянуто модельний ряд OLT, а саме OLT від компаній C-Data, BDCOM, ZTE та Huawei.

Таблиця 1.9 – Характеристики OLT

Характеристики	Опис характеристик			
Виробник	C-DATA	BDCOM	ZTE	HUAWEI
Модель	C-DATA FD1608SN-2AC	BDCOM GP3600-16	ZTE C320	HUAWEI OLT MA5608T
Фото				
Швидкість передачі даних	1,25 Gbps uplink/2.5Gbps downlink	1,25 Gbps uplink/2.5Gbps downlink	1,25 Gbps uplink/2.5Gbps downlink	1,25 Gbps uplink/2.5Gbps downlink
Інтерфейс	SFP + - 2 од. GPON- 8 од. GE RJ-45 combo SFP- 4 од.	PON- 16 од. 4од.- gigabit SFP slots, 4од. - gigabit TX/SFP combo ports 4од. - 10G SFP+ slots	SFP 1.25G- 4 од. SFP+ 10G- 4од. PON- від 8 до 32 од.	PON- від 8 до 32 од. Uplink- до 8 од.
Підтримка стандарту	IEEE802.3ad ITU -T G.984/988T IEEE 802.1D, Spanning Tree IEEE 802.1Q, VLAN IEEE 802.1w, RSTP	ITU-T G.984/G.988 IEEE 802.1D, Spanning Tree IEEE 802.1Q, VLAN IEEE 802.1w, RSTP IEEE 802.3ad physical link static/dynamic aggregation (LACP) Ethernet – II	IEEE802.3ah	Ethernet – L2,L3
Пропускна здатність	108 Gbps	205 Gbps	200 Gbps	200 Gbps
Розмір	440 x 300 x 44 мм	442.5x304x 44	442x233x88 mm	442x233x8 8 mm
Температура	0-50 °C	0°C-45°C	-40 до +55	-40 до +65
Живлення	70V	72V	48V	72V

Ціна	47023 грн	58734 грн	57280 грн	90000 грн
------	-----------	-----------	-----------	-----------

У ході аналізу, виходячи з таблиці 1.9, вибір був зроблений на фірмі ZTE C320, тому що це найкращий варіант «ціна-якість», також одним із претендентів був HUAWEI OLT MA5608T, але у нього ціна майже у два рази більше ніж у ZTE. Також одним із критеріїв була абонентська місткість, а саме до 32 од. та можливість доповнення новими картами розширення.

Наступним кроком було обрано ONU. Будемо аналізувати фірми C-Data, BDCOM, ZTE та Huawei.

- 1) Абонентський термінал C - DATA FD111HZ - це серія облаштувань ONU (optical network unit) або ONT (optical network terminal), які працюють за технологією GEAPON. Термінал відповідає стандартам IEEE 802.3ah і PRC Community Industry Standard (YD/T 1475-2006). Підтримує віртуальні приватні мережі (VLAN) і механізм аутентифікації.

Ця модель має один гігабітний RJ45 порт із швидкістю 1000 Мбіт в секунду для підключення клієнтського пристрою, це може бути роутер, комп'ютер, ноутбук, точка доступу і так далі. І є один PON порт для підключення до головної станції (OLT), до провайдера.



Рисунок 1.42 – Абонентський термінал ONU C-DATA FD111HZ

Головні особливості:

- працює за технологією GEAPON
 - максимальна відстань підключення до 20 км
 - швидкість передачі даних до 1.25 Гбіт/с
 - один гігабітний RJ45 порт 1000 Мбіт/с
 - один PON порт, для підключення до OLT
 - підтримка VLAN
 - підтримка DBA
 - режим управління SNMP, Telnet
- 2) Абонентський термінал BDCOM P1501DT - це серія облаштувань ONU (optical network unit) або ONT (optical network terminal), які працюють за технологією GEAPON. Термінал відповідає стандартам IEEE 802.3ah і

PRC Community Industry Standard (YD/T 1475-2006). Підтримує віртуальні приватні мережі (VLAN), багатоадресну розсилку (multicast), QoS, механізм аутентифікації, контроль шторму пакетів і так далі

Ця модель має один гігабітний RJ45 порт із швидкістю 1000 Мбіт в секунду для підключення клієнтського пристрою, це може бути роутер, комп'ютер, ноутбук, точка доступу і так далі. І є один PON порт для підключення до головної станції (OLT), до провайдера.



Рисунок 1.43 - Абонентський термінал ONU BDCOM P1501DT

Головні особливості:

- працює за технологією GPON
- максимальна відстань підключення до 20 км
- швидкість передачі даних до 1.25 Гбіт/с
- потужність оптичного передавача 0 - 4 дБм
- один гігабітний RJ45 порт 1000 Мбіт/с
- один PON порт, для підключення до OLT
- підтримка VLAN
- підтримка IGMP
- режим управління CLI, Web, SNMP, TELNET

3) Термінал ZTE F620 ONU V3 відповідає завданням забезпечення широкопasmової мережі Інтернет з дуже високою швидкістю і ефективністю використання FTTH. Він ідеально підходить для передачі голосу (VoIP), потокового відео (IPTV) і роботи в Інтернеті. Додатково F620 V3 дозволяє підключити 2 телефони через роз'єми RJ - 11.

Завдяки використанню двох роз'ємів типу RJ - 11 можна буде одночасно підключити два телефонні апарати, що дозволить відокремити приватну лінію від корпоративної.

Завдяки можливостям Gigabit Ethernet кожен з пристроїв, підключених до одного з 4 портів RJ, - 45 в ZTE F620 V3, зможе підтримувати швидке з'єднання із швидкістю передачі, що досягає 1 Гбіт/с.

Інтерфейс GPON забезпечить можливість використання оптоволоконної лінії зв'язку з максимальною швидкістю на відстані до 20 км.

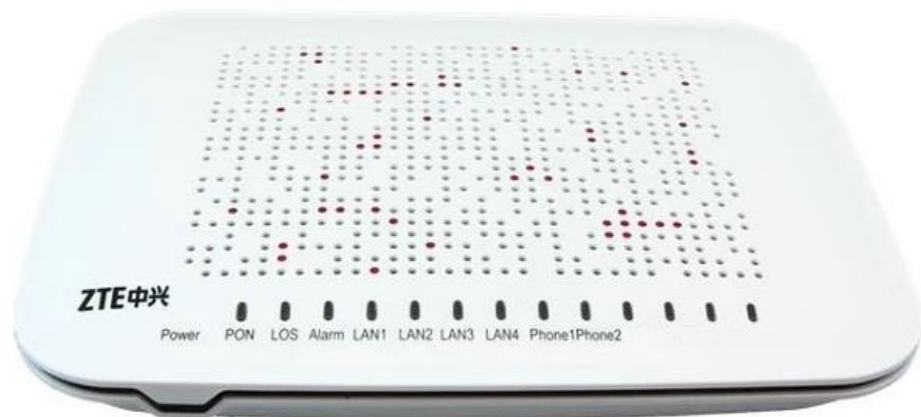


Рисунок 1.44 – Абонентський термінал ZTE F620 ONU V3

Головні особливості:

- працює за технологією GPON (8 портів T-CONT, 32 порта GEM)
- максимальна відстань підключення до 20 км
- швидкість передачі даних до 1.25 Гбіт/с
- 4 порти 10/100/1000Base - T, напівдуплексний/повний дуплекс, автоматичний MDI/MDIX, автоматичне узгодження
- підтримка VoIP(2 порта), ETHERNET, IPTV
- підтримка VLAN
- 2 інтерфейси POTS (VoIP)

- 4) Термінал Huawei HG8310M - це обладнання ONU (optical network unit) або ONT (optical network terminal), який використовує технологію GPON, підтримує стандарти ITU - T G.9844/988 і відповідає вимогам технології устаткування China Telecom.

Безпеку в мережі забезпечують функції, такі як шифрування даних, контроль штормів пакетів, обмеження швидкості портів, підтримує віртуальні приватні мережі (VLAN) і механізм аутентифікації.

Ця модель має один гігабітний RJ45 порт із швидкістю 1000 Мбіт в секунду для підключення клієнтського пристрою, це може бути роутер, комп'ютер, ноутбук, точка доступу і так далі. І є один PON порт для підключення до головної станції (OLT), до провайдера.



Рисунок 1.45 – Абонентський термінал ONU Huawei HG8310M

Головні особливості:

- працює за технологією GPON
- максимальна відстань підключення до 20 км
- швидкість передачі даних до 1.25 Гбіт/с
- один гігабіний Ethernet порт 1000 Мбіт/с з роз'ємом RJ45
- підтримка Dying Gasp

З усіх вищенаведених варіантів було обрано ZTE F620, щоб у нас було узгодження з OLT цієї ж фірми, велика кількість гігабіний Ethernet портів, сумісністю з GPON технологією, велика кількість підтримуємих послуг: VoIP(2 порта), ETHERNET, IPTV, VLAN.

Наступним кроком розглянуто види оптичних дільників, але у цьому розділі не потрібно їх обирати, тому що вони обираються індивідуально під кожного абонента.

Оптичні дільники (спліттери) - це пасивний багатополосний (багатопортовий) пристрій, призначений для розділення світлового потоку на декілька волокон в заданих пропорціях. Завдяки дільникам пасивна оптоволоконна мереда отримує свої переваги:

- 1) оптимальне використання оптоволоконного кабелю - спліттер ділить одно оптоволокно на декілька, не допускаючи ситуації, коли у кінцевих споживачів пропускна спроможність використовується тільки частково;
- 2) непримхливість до умов експлуатації - для оптичних дільників не потрібно електроживлення і опалювання при розміщенні, не потрібне налаштування і ремонт;
- 3) економічність - спліттер дешевше за активне устаткування, яке використовується в стандартних оптоволоконних мережах.

Якщо дільник має один вхід оптоволоконна, то його називають спліттер Y-образної форми.



Рисунок 1.46 - Y-образна форма дільника

Якщо дільник має два входи оптоволокна, то його називають спліттер Х-образной форми.



Рисунок 1.47 - Х-образна форма дільника

Класика PON - Y- образні дільники. Для мереж із складною конфігурацією використовуються Х- образні, оскільки вони дають більше можливостей реалізації розгалуженої архітектури.

Два основні види спліттерів - це планарні (PLC) і зварні (FBT). Технологія їх виробництва і властивості різні, тому їх відносять до різних категорій пасивного оптоволоконного устаткування.



Рисунок 1.48 – PLC вид спліттер

PLC Splitters виготовляються за складнішою технологією, ніж зварні, і тому їх вартість вища. Їх основа - планарний чіп, який робиться методом витравлення необхідної кількості хвильоводів за шаблоном в кварцевому склі або пластиці. Самі планарні чіпи виготовляються на порівняно невеликій кількості заводів, оскільки це високоточна і складна технологія.[36]

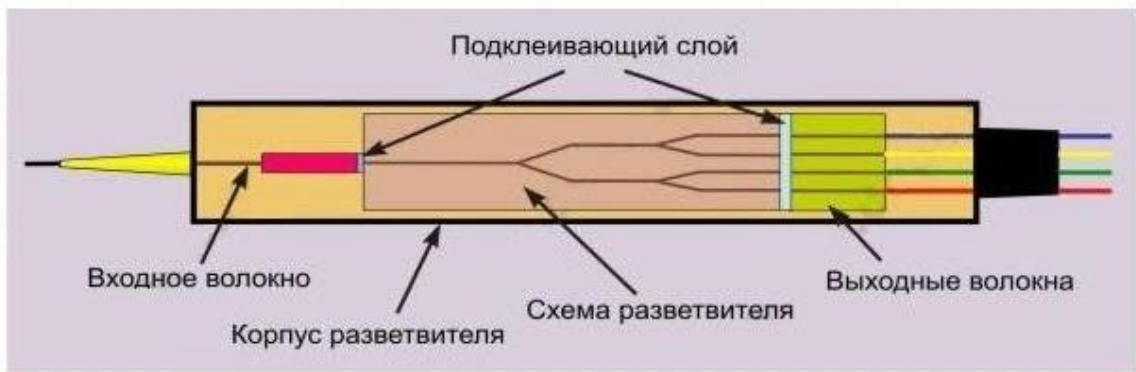


Рисунок 1.49 – Пристрій дільника після складання

Планарные спліттери найчастіше використовуються для побудови PON зважаючи на декілька переваг:

- Загасання сигналу при проходженні через PLC розгалужувач менший, ніж при проходженні через зварний.
- Кількість виходів, т. е. відгалужень основного волокна може доходити до 128.
- Кількість хвостів-виходів найчастіше дорівнює 2 в ступені N (2, 4, 8, 16, 32 і так далі), але робляться дільники і з вільним числом виходів (3, 6).
- Планарные розгалужувачі ділять сигнал на рівні частини, що найчастіше і треба при побудові мережі.
- Діапазон хвиль, який підтримує планарний чіп, досить широкий, тому в мережі із застосуванням PLC дільників можуть бути використані додаткові технології ущільнення трафіку (наприклад, CWDM).

Технологія виробництва зварних дільників (FBT) набагато простіша. Два волокна зварюються в спеціальному апараті. Якщо треба отримати дільника Х- образний, залишають два входи і два виходи, якщо Y- образний - один з входів запаюється. В процесі зварювання досягається потрібний коефіцієнт ділення каналу (5%/95%, 10%/20% і так далі). Можливість нерівномірного ділення пропускної спроможності оптоволокна - головна перевага зварних дільників (їх також називають відгалужувачами або коплерами (Coupler)). Це може бути корисним, якщо в процесі побудови мережі вам необхідно зробити відгалуження для абонентів, які знаходяться на різній відстані від точки ділення, приміром, 3 і 7 км. першому в цьому випадку дається відгалуження в 30% каналу, другому - в 70%. Крім того, сплавні дільники дешевші, ніж планарные спліттери. Особливості технології дозволяють робити коплери тільки з двома виходами. Проте у продажу зустрічаються зварні спліттери з набагато більшим числом "хвостів". Досягається це комбінацією декількох звичайних коплерів в заводському корпусі.[36]



Рисунок 1.50 – Приклад коплера 1x8 всередині

Спліттери, як планарні так і зварні, здійснюються з трьома типами оформлення кінців : коннекторами з роз'ємом SC/UPC, коннекторами з роз'ємом SC/APC, безкінцеві.

Дільники з коннекторами на кінцях застосовуються в PON, побудованою на механічних з'єднаннях магістральної лінії і розгалужувачів. При усіх недоліках такого з'єднання - більшому загасанні сигналу, наприклад, - воно має одно істотну перевагу. У разі поломки лінії із-за зворотного випромінювання на довжині хвилі 1310нм, джерело проблеми знайти цілком можливо - послідовно роз'єднуючи коннектори і спостерігаючи, пропало випромінювання в мережі або ні. У разі застосування зварних з'єднань такої можливості немає. [36]

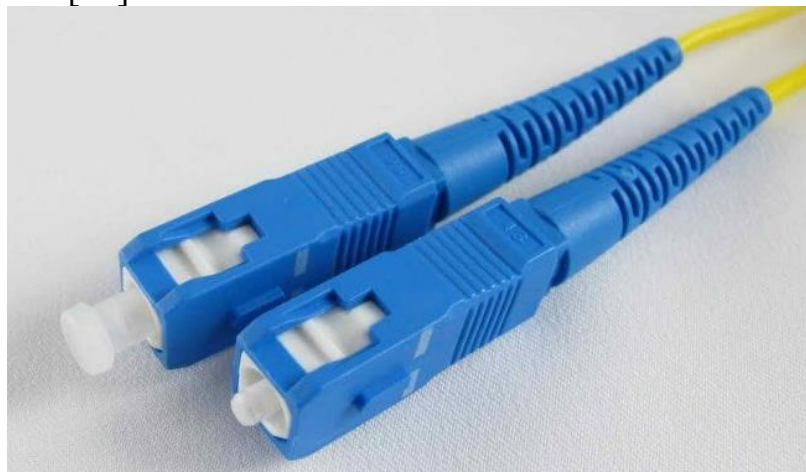


Рисунок 1.52 – Роз'єм SC/UPC

Особливості:

- Синього кольору (для багатомодового волокна - сірого).
- Сердцевина (ферула) відполірована під кутом 90° до оптоволокна (дешевша і простіша поліровка).
- Втрати, що вносяться, - 0,2 Дб.
- Стандартно використовується для Ethernet.

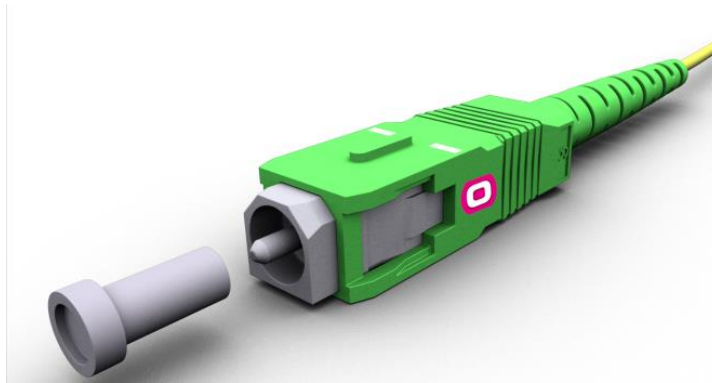


Рисунок 1.52 – Роз'єм SC/APC

Особливості:

- Зеленого кольору.
- Сердцевина відполірована із скосом в 8°. Така поліровка дозволяє відбитому сигналу виходити з волокна і, відповідно, знижує його вплив. Якщо для мережі Ethernet відображення не критичне, то для кабельного ТБ воно є великою проблемою.
- Втрати, що вносяться, - 0,3 Дб.
- Завдяки низьким показникам відображення, використовується для трафіку кабельного телебачення.

Найбільшу популярність в країні займають оптичні дільники фірми Cor-X. COR - X об'єднує під собою широкий спектр телекомунікаційних аксесуарів, вживаних в найрізноманітніших напрямках ринку. Завдяки широкому асортименту, продукція ТМ COR - X застосовується для будь-яких рішень, пов'язаних з будівництвом і розвитком мереж. Тому вибір заснований саме на цій фірмі.

Серед зварених(FBT) дільників було обрано:

- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-05/95-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-10/90-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-15/85-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-20/80-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-25/75-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-30/70-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-35/65-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler SC-1x2-1310/1490/1550-40/60-0-SC/UPC-0.9mm

Серед планарних(PLC) дільників було обрано:

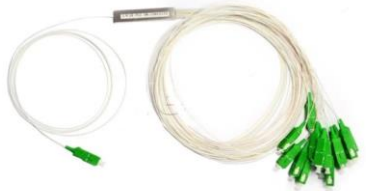
- Coupler PLC-1x2-split-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler PLC-1x4-split-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler PLC-1x8-split-0-SC/UPC-0.9mm
- Coupler PLC-1x16-split-0-SC/UPC-0.9mm

Безкінцеві дільники застосовуються для зварних з'єднань в PON. Такий спосіб дозволяє понизити загасання сигналу і запобігти типовим для механічних з'єднань проблемам - коннектор "вискочив" з гнізда, коннектор забули під'єднати і т. п. Крім того, вони дешевші. Проте якщо була виведена

лінія із ладу, то навіть маючи зварювальні з'єднання виявити де саме виникла проблема майже не можливо.

У даному підрозділі був проведений аналіз та вибір обладнання для технології GPON. Обране обладнання продемонстровано у таблиці 1.10

Таблиця 1.10 – Обране обладнання

Обладнання	Фірма	Фото
OLT	ZTE C 320	
ONU	ZTE F 601 ZTE F 660	 ZTE F 601  ZTE F 660
Оптичні дільники	FBT Cor-X (05/95, 10/90, 15/85, 20/80, 25/75, 30/70, 35/65, 40/60) PLC Cor-X (1x2, 1x4, 1x8, 1x16)	 Приклад PLC дільника Cor-X 1x16

У таблиці 1.10 було обрано OLT ZTE C 320, тому що ця OLT із однією платою та має розширення на 8 портів, обрано ONU ZTE F 601 та ZTE F 660 для того щоб у абонента був вибір, якщо у абонента є WI-FI, то йому потрібно придбати ZTE F 601, а у разі відсутності його - ZTE F 660. Перекласти вибір на абонента не можливо, з причини не знань. Також було обрано FBT та PLC фірми Cor-X усіх видів дільників. Так як не була побудована гілка, спектр різноманітності дільників великий та вони відносно дешеві, тому можна обрати їх усі, тому що можливо додавання та збавлення абонентів.

1.10 Огляд фізичної і логічної топології мережі GPON на вулицях Ватутіна (43/1-45а).

В цьому розділі придільна увага буде акцентована на топології мережі, тому що саме від топології залежить потенціал для підключення нових користувачів у вже побудовану і функціонуючу пасивну мережу. Пасивну мережу можна розгорнути практично при будь-якій щільності забудови і її особливостях.

Оскільки GPON в класичному виді має деревовидну структуру, розпочнемо саме з неї. Топологія типу "дерево" має на увазі, що мережа має "корінь", "гілки" і "листя". "Коренем" в GPON є PON порт OLT, в ролі "листя" виступають ONU, в якості "гілок" можна розглядати оптичні кабелі, прокладені на усьому шляху від OLT до ONU.

На малюнку 3.1 зображений перший тип під назвою «дерево». Варіацій побудови топології такого типу багато, але для простоти сприйняття показаний найпростіший випадок, віддалено FTTH, що нагадує. На стороні провайдера, відразу за OLT, встановлюється дільник 1x8, який однією стороною підключається до PON порту OLT, а інший - до восьмиволоконного кабелю, що грає роль "ствола" майбутнього дерева. В міру необхідності, "ствол" ріжеться, від нього відгалужується і розварюється одно волокно, з якого починає рости "гілка" на 8 абонентів, а інші волокна пускаються далі. Кожне відгалуження від основної магістралі є "піддерево" і може бути виконане з використанням дільника 1x8 або комбінації дільників 1x2 і 1x4.[37]

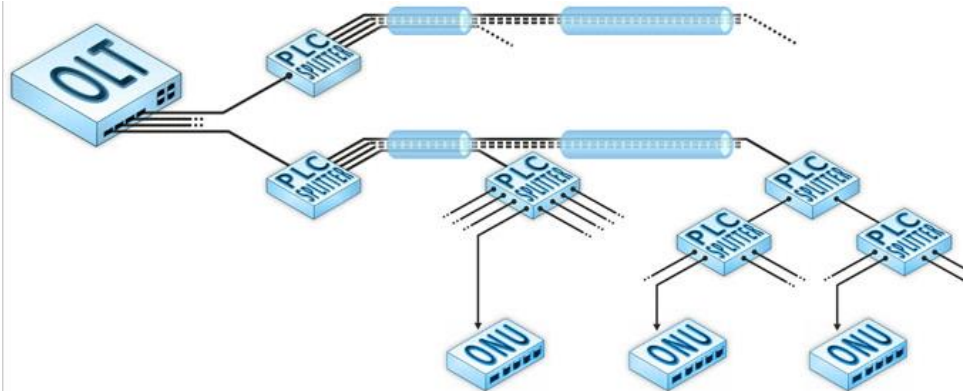


Рисунок 1.53 – Топологія PON типу «дерево»

Основною перевагою першого типу дерева є простота розуміння процесу побудови мережі. Крім того, перший тип дерева забезпечує відносно зручне освоєння конкретного напрямку : один порт на один мікрорайон з можливістю галуження "на місці".

Головним недоліком є відхилення від концепції економії волокна на користь простоти виконання топології мережі : використовується 4

незалежних багатоволоконних магістральних кабелю для побудови мережі на 256 абонентів під управлінням одного OLT.

Другий тип дерева - "мультидерево", елегантніший, але складніший з точки зору проектування. Саме цей тип дерева і є класикою побудови деревовидних пасивних мереж. Класичне PON- дерево зручно розгортати в невеликих населених пунктах або мікрорайонах з високою щільністю забудови і великою кількістю потенційних абонентів, географічно розташованих поруч.

Основним завданням інженера-проектувальника при побудові топології майбутньої мережі типу "класичне дерево" являється грамотний вибір місця розташування вузлів ділення. Це пов'язано з тим, що до останнього (абонентського) вузла ділення пасивне дерево буде "мультидеревом", ствол і гілки якого складаються з оптичного кабелю з числом волокон, кратним чотирьом. Гілки "мультидерева" обов'язково повинні покрити усю площу передбачуваного району підключення, а листя, як і в усіх інших випадках, відводяться під абонентські підключення. Проектувати таку пасивну мережу зручно, розбиваючи житловий масив на квадрати (квадратно-гніздовий спосіб) і встановлюючи в центрі кожного квадрата дільника 1хм, транспорт сигналу, що забезпечує, на М напрямів усередині цього квадрата. [37]

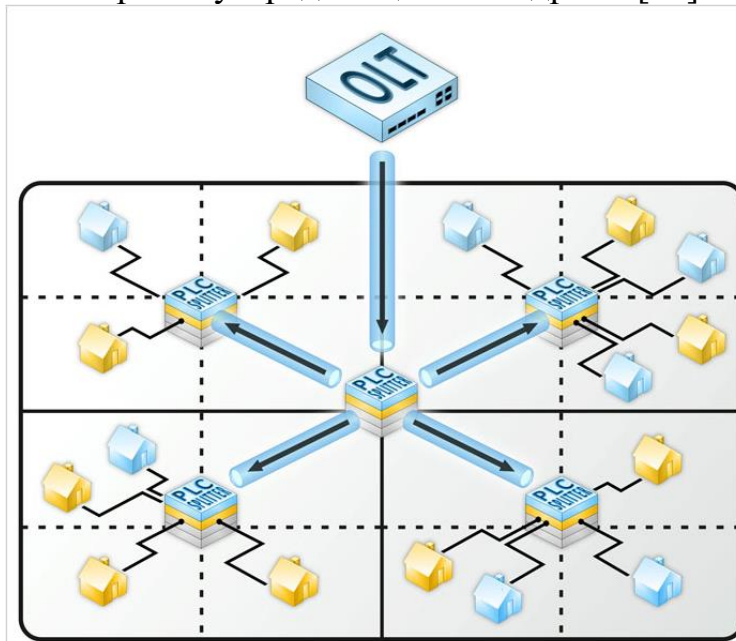


Рисунок 1.54 - квадратно-гніздовий спосіб проектування топології PON типу "мультидерево" з використанням планарних дільників 1х4.

Мережа буде N незалежних дерев (де N кратно чотирьом) в одному кабелі. Кратність чотирьом обумовлюється тим, що OLT має 4 PON- порту, кожен з яких здатний управляти деревом, що складається з 64-х абонентів. Якщо планованих підключень 256 або менше, то встановлюється один OLT і "мультидерево" будується на 4-хволоконном кабелі, якщо ж планованих підключень більше - використовується більше лінійних терміналів для управління мережею і більше місткий кабель.

Після того, як позначені основні вузли ділення і прокладений кабель, починається покроковий розвиток "мультидерева". [37]

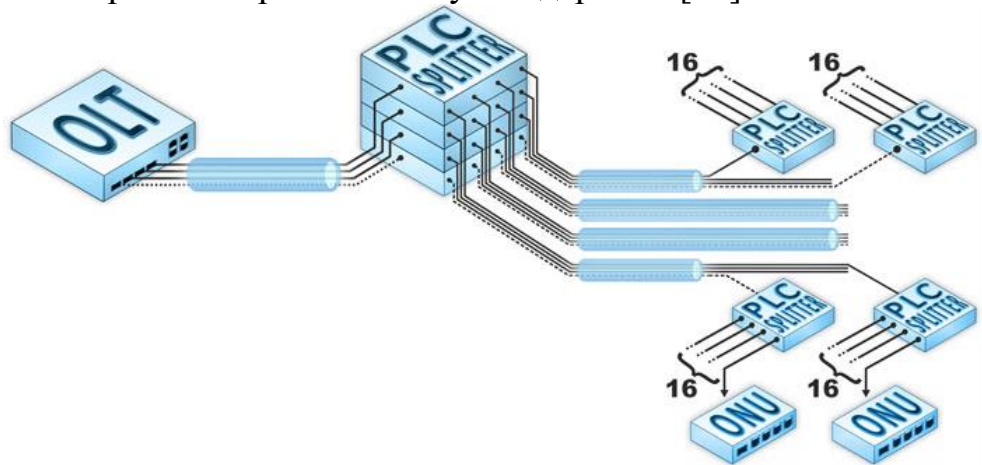


Рисунок 1.55 – Основний вузол ділення при розвитку топології PON типу "мультидерево"

Як тільки будь-який з абонентських ділянок (той, з якого росте "листя" абонентських підключень) на певному напрямі повністю заповнюється абонентами, в цьому ж напрямі починає розвиватися друге з N дерев - і так до тих пір, поки усі волокна на усіх напрямках не будуть зайняті.

"Мультидерево" може бути побудоване на базі будь-яких ділянок: 1x2 зварних з процентним співвідношенням потужності вихідних сигналів, планарные 1x2, 1x4, 1x8, 1x16 з однаковими показниками загасань на кожному виході. Концепція PON- дерева припускає, що пасивна мережа може бути побудована на базі комбінації будь-яких ділянок з урахуванням дотримання основного правила : ділити дерево не можна більше, ніж на 64 абоненти з дотриманням оптичного бюджету системи 30дБ.

Основною перевагою "мультидерева" є економія волокна і простота включення нового абонента.

Основні недоліки: складність первинного проектування і ризики, пов'язані з невірним плануванням числа можливих абонентів.

Часто населені пункти спроектовані так, що топологія типу "дерево" недоречна, тому виникають питання про створення мережі з топологією типу "зірка" або "шина". Оптичний бюджет GPON системи, а також існуючі у виробництві ділянки дозволяють реалізувати і ту, і іншу топологію.

Топологія типу "зірка" є, по суті, виродженим деревом першого типу : довгий магістральний кабель з невеликою кількістю волокон з одного боку підключається до PON- порту OLT, а з іншою закінчується планарним ділянком великої місткості (1x64 або 1x32) [37]

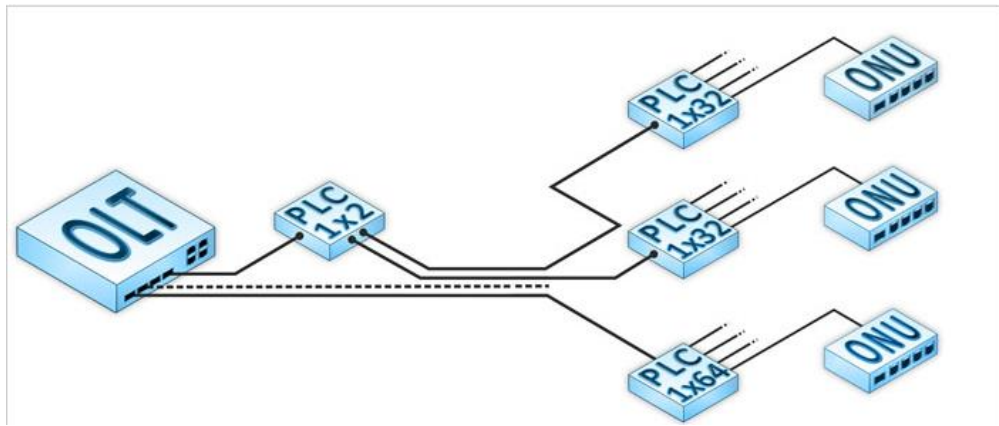


Рисунок 1.56 - Топологія PON типу «зірка»

Доставка сигналу до абонентів може бути реалізована двома способами. Перший спосіб полягає в тому, щоб "упаковувати" частину виведень дільника у багатоволоконний кабель з метою транспорту волокон в одному напрямі (наприклад, група приватних будинків, розташована на деякому видаленні від дільника). По прибуттю в район призначення, волокна виводяться з кабелю безпосередньо у будинки до абонентів, де підключаються до ONU.

Другий спосіб простіший: виведення дільника з'єднуються з абонентським патч-кордом зовнішнього виконання, який відразу прокладається від вузла ділення прямо до абонента. Другий спосіб підключення типу "зірка" зручно використати тільки у тому випадку, якщо велика кількість абонентів розміщена на невеликому видаленні від дільника і є можливість прокладення абонентських патч-кордів кожному абонентові у будинок.

Переваги "зірки" проявляють себе тільки випадку високої щільності абонентів на малій площі. У інших випадках практичний використати "дерево" або "шину".

Дуже часто на території України зустрічаються невеликі населені пункти, в яких є паралельні вулиці. "Дерево" і "зірку" в таких населених пунктах розгортати немає сенсу: це незручно і дорого. Єдиний вихід - "шина".

"Шина" в GPON-мережах розгортається на одному волокні з використанням каскаду зварних дільників 1x2 з процентним співвідношенням потужності вихідних сигналів. При цьому, вхід першого дільника підключається до PON- порту OLT, а інший каскад будується за принципом "велика потужність - в лінію", тобто велика потужність вихідного сигналу поступає в магістральну лінію і живить увесь подальший каскад дільників, а менша вихідна потужність відводиться для підключення абонента.

Проте, як показує практика, робити одно відгалуження для одного конкретного абонента незручно. По-перше, збільшується кількість зварювань на магістральному волокні, що знижує якість сигналу, особливо на останніх ділянках каскаду. По-друге, зростає складність включення нового абонента в центр вже існуючого каскаду : при включенні робитимуться зварні роботи, що

приведе до відсутності підключення у абонентів в нижчестоячому каскаді. Крім того, порушиться загальна схема загасання в лінії, що може негативно позначитися на якості сигналу у останніх абонентів в каскаді.

Вихід з цієї ситуації полягає в комбінуванні зварних дільників 1x2 з процентним співвідношенням потужності вихідних сигналів, і планарних дільників 1x2, 1x4 і 1x8. [37]

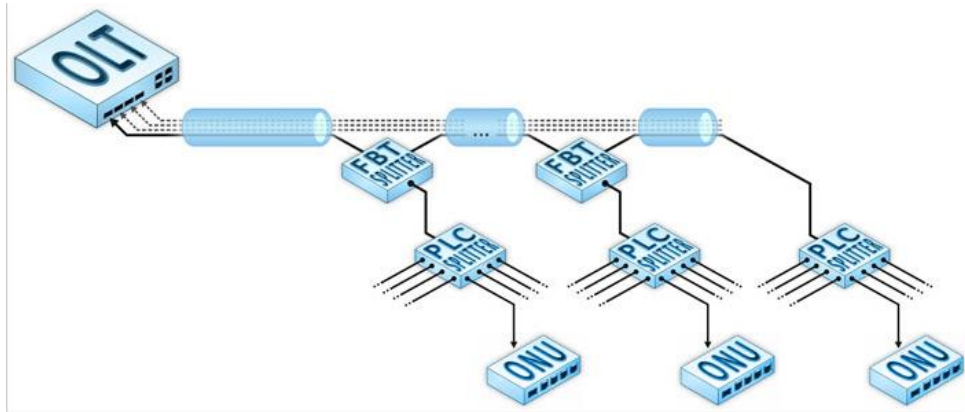


Рисунок 1.57 – Топологія PON типу «шина»

При цьому зберігається шинна топологія, але відгалуження сигналу йде не на одного абонента, а на групу абонентів, які можуть бути розташовані в радіусі 200 і більше метрів від планарного дільника.

Ця схема зручна тим, що при грамотному плануванні мережу стає легко масштабованою, і включення нового абонента робиться "в три кроки": прокладення патч-корда зовнішнього виконання від планарного дільника до абонента, підключення патч-корда в дільникові, підключення патч-корда до абонентській ONU.

Крім того, топологію типу "шина" зручно використати у випадках, коли вулиці в населених пунктах досить місткі з позиції числа абонентів, і в той же час мають досить довгу протяжність. В цьому випадку, "ближчі" до головної станції OLT абоненти обслуговуються однією шиною (одним волокном і одним PON- портом OLT), більше видалені - іншою шиною.

Найбільша ефективність топології типу "шина" досягається при комбінуванні зварних дільників 1x2 і планарних дільників 1x4 і 1x8. Для досягнення однакового стабільного сигналу на усіх ONU, в каскаді мають бути встановлені зварні дільники 5%/95%, 10%/90% і 20%/80%.

Тож у результаті аналізу було обрано топологію GPON типу «шина», тому що із за розташування будинків на місцевості, і з метою раціонального розподілу оптичної потужності, застосувати в даному випадку можна тільки тип «шина».

Після того, як обрано топологію GPON, потрібно побудувати схему підключення абонентів із застосуванням типу «шина». Для цього було обрано вулиці Ватутіна 43/1 – 45а.

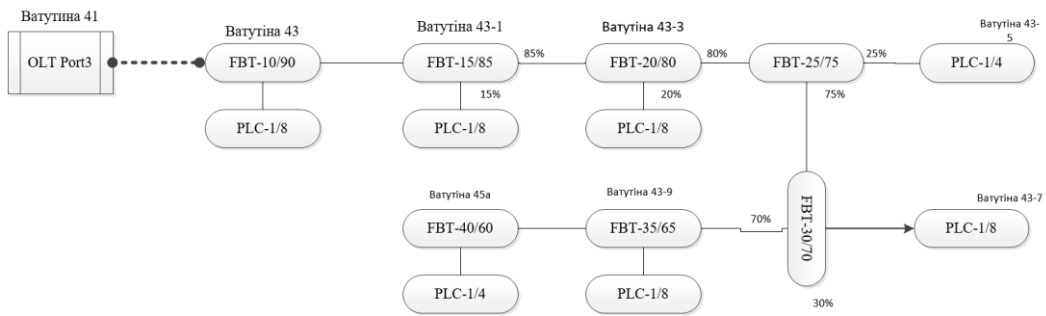


Рисунок 1.58 – Схема розподілення оптичної потужності

З метою організації включення абонентів, на рисунку 3.6 зображена схема розподілу оптичної потужності.

Після того як була побудована схема, потрібно розрахувати оптичний бюджет GPON на ділянці. Розрахунок цих показників найважливіша частина при побудові PON дерева. Оптичний бюджет потужності визначається як різниця між потужністю передавача (SFP OLT) і чутливістю приймача в ONU.

Під оптичним бюджетом втрат мається на увазі максимальне загасання сигналу від OLT- а до ONU. Це загасання складається з наступних складових:

- загасання на коннекторах (~ 0.5 dB);
- загасання на волокні (0.36/0.24 dB/km на довжинах хвиль 1310/1490 nm);
- загасання на зварюванні волокна (~ 0.05 dB);
- загасання на сплиттерах(таблиця 3.1) [38]
-

Таблиця 1.11 – Таблиця планарних і зварних спліттерів

Планарні спліттери	
Дільник	Загасання, dB
1x2	4.3
1x3	6.2
1x4	7.4
1x6	9.5
1x8	10.7
1x12	12.5
1x16	13.9
1x24	16.0
1x32	17.2
1x64	21.5
1x128	25.5

Таблиця 1.12 – Таблиця зварних сплітерів

Зварні сплітери		
Дільник	Загасання на довжині хвилі 1310нм, dB	Загасання на довжині хвилі 1550нм, dB
50/50	3.17/3.19	3.12/3.17
45/55	3.73/2.71	3.73/2.72
40/60	4.01/2.34	3.92/2.32
35/65	4.56/1.93	4.69/1.96
30/70	5.39/1.56	5.53/1.57
25/75	6.29/1.42	6.28/1.28
20/80	7.11/1.06	7.21/1.06
15/85	8.16/0.76	8.17/0.82
10/90	10.08/0.49	10.21/0.60
5/95	13.70/0,32	12.83/0.35

При зміні активного встаткування Fast Ethernet (100мбіт/с) на Gpon проблем не виникло. Ділянка мережі вийшла працездатною. Але при зміні тільки активного встаткування на Gpon, на ділянці мережі виникли проблеми. При вимірі рефлектометром і зробивши аналіз отриманої рефлектограми, удалось з'ясувати, що в одній з оптичних муфт присутнє загасання на довжині хвилі 1550нм. І при цьому залишається прийнятне значення загасання на довжині хвилі 1310нм. На рисунку 3.7 приводиться рефлектограма проблемної ділянки на довжині хвилі 1550нм. А на рисунку 3.8 приводиться рефлектограма на довжині хвилі 1310нм.

При аналізі отриманих рефлектограм, може здатися, що на відстань 1,4 км присутній вигин волокна. Але, якщо врахувати, що діаметр модового поля на довжині хвилі 1310нм ширше, чим на довжині хвилі 1550нм, то виходить при термічному зрощуванні волокна, відбулася їхня нестиківка. Далі, цю проблему варто розглянути детальніше, тому що у випадку не усунення цього явища на стадії проектування й монтажу, можна зіштовхнутися як із проблемою розширення пропускної здатності ВОЛЗ, так і з невідповідністю розрахункових значень загасання та розподілу оптичної потужності на стадії здачі в експлуатацію. Це приведе до проблеми, що потужність на порту ONU у абонента, не дивлячись на хороший запас по оптичному бюджету, виявиться недостатньою.

Отчёт

Файл : V31-V29-44KV-CST-1-1310 (1).sor
 Прибор : GAMMA-LUX
 Серийный номер: 043296
 Дата : 16.09.2021/09:32:49
 Кабель :
 Волокно :
 Тип волокна : [G.652] Стандартное OM 3B
 Начало волокна :
 Конец волокна :
 Условие : при прокладке
 Тип РФГ : стандартная, одно волокно
 Оператор :

Комментарий :
 Длина волны : 1310 нм
 Показатель преломления : 1,46800
 Диапазон : 2,0 км
 Разрешение : 0,41 м
 Длительность импульса : 128 нс
 Коэфф. обрат. расс. : 80,000 дБ
 Порог затухания : 0,200 дБ
 Порог отражения : -60,000 дБ
 Порог конца волокна : 3,000 дБ
 Затухание в линии : 2,116 дБ
 ORL линии : 33,519 дБ

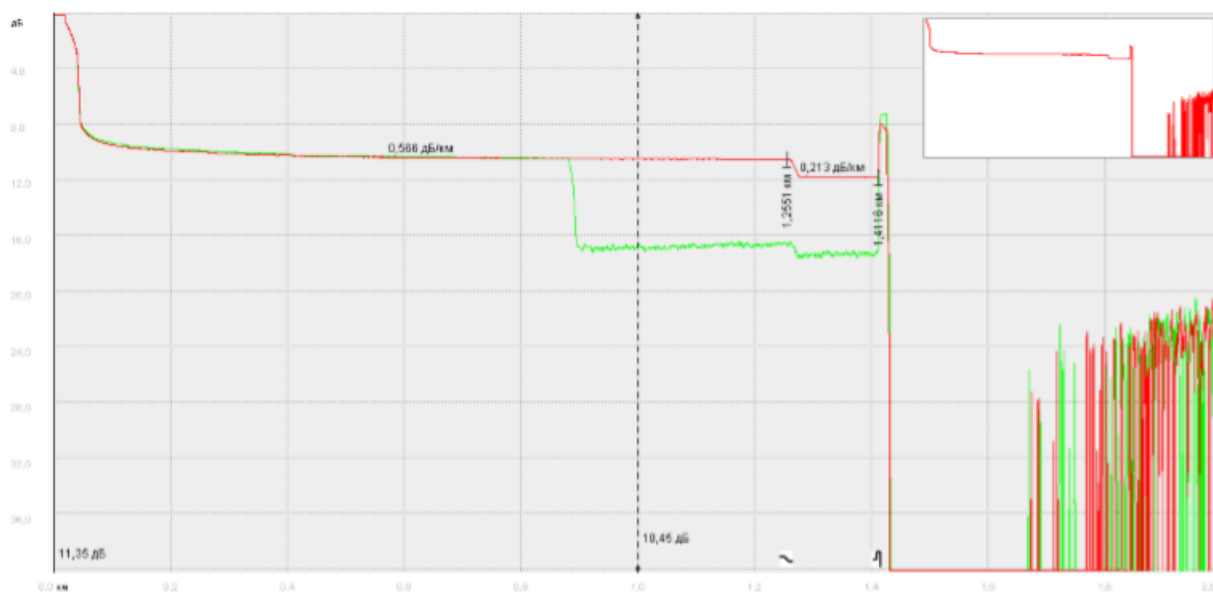


Таблица событий

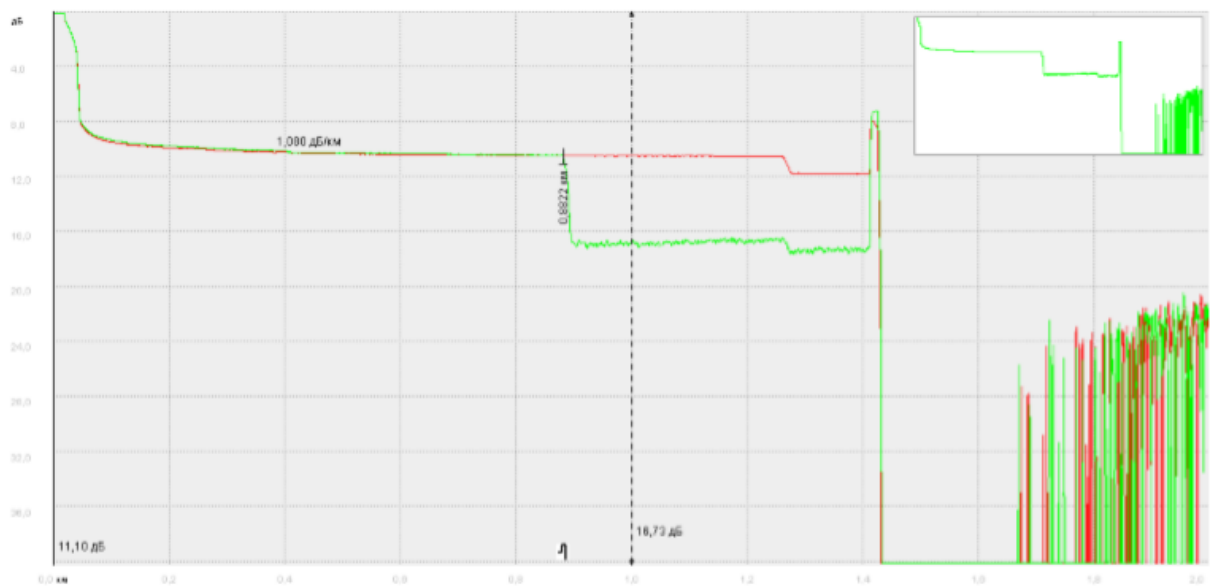
тип	номер	место	потери	отражение	затухание	сумма	комментарий
Л	1	0,0000		-40,019			начало волокна
~	2	1,2551	1,091		0,566	0,864	затухание, найдено программно
Л	3	1,4116	-32,768	-52,190	0,213	2,116	конец волокна

Рисунок 1.59 – Рефлектограма проблемної ділянки на довжині хвилі 1310нм.

Отчёт

Файл : V31-V29-44KV-CST-1310.sor
Прибор : GAMMA-LUX
Серийный номер: : 043296
Дата : 16.09.2021/09:26:53
Кабель :
Волокно :
Тип волокна : [G.652] Стандартное OM 3B
Начало волокна :
Конец волокна :
Условие : при прокладке
Тип РФГ : стандартная, одно волокно
Оператор :

Комментарий :
Длина волны : 1310 нм
Показатель преломления : 1,46800
Диапазон : 2,0 км
Разрешение : 0,41 м
Длительность импульса : 128 нс
Коэфф. обрат. расс. : 80,000 дБ
Порог затухания : 0,200 дБ
Порог отражения : -60,000 дБ
Порог конца волокна : 3,000 дБ
Затухание в линии : 1,076 дБ
ORL линии : 35,088 дБ

**Таблица событий**

тип	номер	место	потери	отражение	затухание	сумма	комментарий
Л	1	0,0000		-40,469			начало волокна
Л	2	0,8822	-32,768		1,080	1,076	конец волокна

Рисунок 1.60 – Рефлектограма проблемної ділянки на довжині хвилі 1550нм.

Найважливішою технологічною операцією при монтажі оптоволоконного кабелю є зрощування оптичного волокна, яка повинна задовольняти вимогам експлуатації ВОЛП. Необхідно, щоб експлуатаційна надійність стиків оптичного волокна була не нижче, ніж самих оптичних волокон. Відповідно, з'єднання оптичного волокна повинне мати достатню механічну міцність. Можливість виникнення дефектів у волокнах при підготовці кінців оптичного волокна до з'єднання й при їхньому зрощуванні повинна бути зведена до мінімуму. Дефекти, що практично не погіршують оптичні характеристики оптичного волокна на період монтажу лінії, надалі через втомне руйнування волокон у процесі експлуатації ВОЛП можуть розвинути й привести до ушкодження в місці стику оптичного волокна.

1.11 Аналіз організації логічної взаємодії та сервісу який надається абоненту

При наданні сервісу абонентів, найважливішою особливістю є якість і безпека послуги. На цьому етапі варто забезпечити повну логічну ізоляцію абонентського сервісу один від одного. Іншими словами можна сказати так, що є необхідність ділення єдиного широкомовного домена до *vlan per user*. Кількість абонентів у провайдера зазвичай обчислюється в тисячах. І при цьому виникає інша проблема. А конкретно, цей перетин *vlan id* як з іншими сервісами, так і із службами які надаються провайдером. Ця проблема легко вирішується, якщо застосувати технологію Q – inQ.

І оскільки вибраний OLT має у своєму заявленому функціоналі цю технологію, то вона і буде задіяна.

Технологія QinQ (802.1q - in - 802.1q) - це технологія, яка розширює простір VLAN. Додаючи ще один рівень тега 802.1q в повідомлення тега 802.1q для досягнення функції розширення простору VLAN, він може зробити приватну мережу Прозора передача VLAN в мережу загального користування. Оскільки пакети, що передаються в магістральній мережі, мають два рівні тегів 802.1q (один рівень тегів загальнодоступної мережі, один рівень тегів приватної мережі), тобто 802.1q - in - 802.1q, це називається протоколом QinQ.

У зв'язку з масовим розгортанням технології Ethernet в мережі використання 802.1q VLAN для ізоляції і ідентифікації користувачів значно обмежено. Оскільки поле тега VLAN, визначене в IEEE802.1q, має тільки 12 біт і може представляти тільки 4096 VLAN, воно не може задовольнити потреби в ідентифікації великої кількості користувачів в Ethernet, тому з'явилася технологія QinQ.

QinQ реалізується шляхом додавання рівня тегів 802.1q на основі початкових пакетів 802.1q, що збільшує кількість VLAN до 4094×4094 , що розширює простір VLAN. [39]

Переваги:

- Розширення VLAN для ізоляції і ідентифікації користувачів більше не обмежене.

- Внутрішні і зовнішні мітки QinQ можуть представляти різну інформацію. Наприклад, внутрішні мітки представляють користувачів, а зовнішні мітки представляють послуги, що зручніше для розгортання сервісів.

- QinQ має широкий спектр методів інкапсуляції і завершення, допомагаючи операторам домагатися оптимальних бізнес-операцій.

QinQ відноситься до додавання рівня тега 802.1q VLAN на основі 802.1q VLAN, тим самим розширюючи простір використання VLAN. В процесі передачі по загальнодоступній мережі пристрій пересилає повідомлення тільки відповідно до тега зовнішньої VLAN і вивчає MAC-адреса відповідно до тега зовнішньої VLAN повідомлення, а тег VLAN приватної мережі користувача розглядатиметься як частину даних повідомлення.

Інкапсуляція QinQ відноситься до того, як перетворити одношарове Q-повідомлення в дворівневе Q-повідомлення.

За різними даними пакету QinQ можна розділити на декілька різних типів, включаючи базовий QinQ і гнучкий QinQ. Базовий QinQ відноситься до QinQ на основі інтерфейсу, а гнучкий QinQ включає QinQ на основі ідентифікатора VLAN і QinQ на основі пріоритету 802.1p, а саме:

- Інтерфейсна упаковка QinQ

Інкапсуляція на основі інтерфейсу означає, що увесь трафік, що входить в інтерфейс, інкапсулюється за допомогою одного і того ж зовнішнього тега VLAN. Метод інкапсуляції недостатньо гнучкий, а відмінності в призначених для користувача послугах недостатньо детально описані. Цей метод інкапсуляції також називається базовим QinQ.

Базовий QinQ реалізований на основі методу інтерфейсу. Після включення базової функції QinQ інтерфейсу, коли інтерфейс отримує пакет, пристрій позначає пакет налагодженим зовнішнім тегом. Якщо отриманий пакет вже помічений тегом VLAN, потрібно додавати до нього тег зовнішнього VLAN; якщо отриманий пакет не має тега VLAN, спочатку потрібно додати до нього тег внутрішнього VLAN, а потім додавати верхній зовнішній тег.

- Інкапсуляція QinQ на основі ідентифікатора VLAN (гнучкий QinQ)

Інкапсуляція QinQ на основі ідентифікатора VLAN дозволяє вибирати, чи інкапсулювати зовнішні теги і які зовнішні теги інкапсулювати для різних потоків даних. Тому цей метод інкапсуляції також називається гнучким QinQ.

- Інкапсуляція QinQ на основі пріоритету 802.1p (гнучкий QinQ на основі потоків)

Інкапсуляція QinQ на основі пріоритету 802.1p дозволяє вибирати, чи слід інкапсулювати зовнішні теги і які зовнішні теги інкапсулювати для потоків даних з різними пріоритетами. Тому цей метод інкапсуляції також називається гнучким QinQ.

Ідентифікатор протоколу тега (TPID) - це поле в тегу VLAN, яке вказує тип протоколу тега VLAN. Протокол IEEE 802.1q вимагає, щоб значення цього поля було 0x8100.[39]

Тег VLAN кадру Ethernet, визначений протоколом IEEE802.1q. Тег 802.1q розташований між SA (адреса джерела) і довжиною / типом. Перевіряючи відповідне значення TPID, пристрій може визначити, чи містить отриманий кадр тег VLAN оператора або тег VLAN користувача. Після отримання кадру пристрій порівнює налагоджене значення TPID зі значенням поля TPID в кадрі. Якщо вони співпадають, кадр містить відповідний тег VLAN. Наприклад, якщо кадр містить тег VLAN зі значенням TPID 0x8100, а значення TPID тега VLAN призначеної для користувача мережі налагоджено як 0x8200, пристрій вважатиме, що кадр не має тега VLAN користувача.

Крім того, системи різних операторів можуть встановлювати для TPID тега зовнішньої VLAN кадру QinQ різні значення. Для досягнення сумісності з цими системами значення TPID можна змінити так, щоб при відправці кадру QinQ в мережу загального користування він мав те ж значення TPID, що і конкретний оператор, тим самим досягаючи взаємодії з устаткуванням оператора. TPID кадру Ethernet має ту ж позицію, що і поле типу протоколу кадру без тега VLAN.

Selective QinQ - це розширення функції dot1q - tunnel, що дозволяє тегувати пакети різним зовнішнім тегом VLAN залежно від різного внутрішнього тега VLAN відповідно до вимог користувача. Це дозволяє вибирати канали передачі для різних типів трафіку з різним тегом VLAN. Selective Q - in - Q надає можливість виборчого додавання Outer VLAN тега залежно від тега Inner VLAN. Основною сферою застосування Selective Q - in - Q являється організація в мережі передачі даних схеми надання послуг "VLAN на сервіс". [40]

Переваги:

- Маркірувати кадри зовнішніми тегамі з різними ідентифікаторами SP - VLAN залежно від значень внутрішніх ідентифікаторів C - VLAN на UNI портах.
- Можна задавати пріоритети обробки пакетів зовнішніх SP - VLAN на основі значень пріоритетів внутрішніх призначених для користувача C - VLAN або задавати своє значення.
- Додавати до немаркірованих призначених для користувача пакетів не лише зовнішній тег SP - VLAN, але і внутрішній тег C - VLAN.

1.12 Огляд конфігурації існуючої OLT ZTE C320 та ONU

Усі абонентські ONU керуються з головної станції OLT ZTE C320 . Управління здійснюється по протоколу OMCI.

OMCI (інтерфейс управління оптичними мережевими модулями, інтерфейс управління і контролю ONU) - це протокол для обміну інформацією між OLT і ONT, визначений в стандарті GPON. Він використовується для управління ONT за допомогою OLT в мережі GPON :

- Управління конфігурацією
- Управління несправностями

- Управління продуктивністю
- Управління безпекою.

Основний процес полягає в тому, що OLT відправляє повідомлення, що управляє, і чекає відповіді ONT. Після отримання відповіді або тайм-ауту він продовжує видавати наступне повідомлення. OMCI дозволяє постачальникам послуг створювати різні застосування і послуги, використовуючі PON (пасивну оптичну мережу), включаючи передачу голосу, відео і даних, і має властиву гнучкість.

Протокол OMCI є високорівневим рівнем управління системою GPON і відноситься до високорівневої конфігурації послуг і управління продуктивністю. Протокол ITU - TG.984.4 визначає сферу застосування і режим застосування протоколу OMCI в системі GPON. У режимі GEM кожне повідомлення OMCI інкапсулюється в кадр GEM. Повідомлення OMCI складається з 53 байтів. Вміст повідомлення : блокування GEM, ідентифікатор, пов'язаний з транзакцією, тип повідомлення, ідентифікатор пристрою, ідентифікатор повідомлення, вміст повідомлення і поле трейлера CRC.[41]

Таким чином вирішується декілька завдань.

1) Це ONU повністю контролюється провайдером, що позбавляє абонента від проблем з налаштуванням, і відповідно від помилок.

2) І так само забезпечується моніторинг більшості важливих параметрів (оптич потужність, активність портів, помилки на портах і ін.) що сильно спрощує діагностику у разі виникнення проблем.

Далі потрібно налаштувати OLT ZTE C320. Перед цим розглянемо її фізичну будову та розположення шасі.

Шасі ZXA10 C320 має 5 слотів: Слот 1 і 2 для лінійних плат GPON/EPON /P2P, слот 3 і 4 для плат управління, слот 5 - для модуля вентилятора. Зовнішній вигляд показаний на рисунку 3.7



Рисунок 1.61 – Схема розположення слотів в шасі OLT ZTE ZXA10 C320 Інтерфейс.

Uplink порты:

- Шасси для установки GE и FESFP
- Порт RG45 10/100/1000Ethernet

Downlink PON порты:

- Шасси для установки 16 SFP GPON
- К ONT 2488Mb/s от ONT 1244Mb/s
- До128ONT на порт

- SFP модули Class B+/C+/C++

Налаштування конфігурації шасі при першому увімкненні.

При першому включенні первинне налаштування здійснюється через COM порт. Перехідний кабель для підключення йде в комплекті.

Параметри підключення – 9600 8 - n - 1 без управління потоком

При підключенні термінальної програми одразу потрапляємо на CLI пристрою з якого доступні деякі команди моніторингу і діагностики.

Для переходу в привілейований режим використовується команда enable. Пароль за умовчанням zxr10.

```
*****
```

```
Welcome to ZXAN product C320 of ZTE Corporation
```

```
*****
```

```
ZXAN>enable
```

```
Password: zxr10
```

```
ZXAN#
```

Для переходу у режим налаштування шасі використовується команда **configure terminal**.

```
ZXAN# configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.
```

Наступним кроком потрібно додати в систему шасі та усі встановлені карти та субкарти.

Додавання шасі C320Rack в систему:

```
ZXAN(config)#add-rack rackno 1 racktype C320Rack
```

```
ZXAN(config)#show rack
```

```
Rack    RackType          SupShelfNum    CfgShelfNum
```

```
-----
```

```
1        C320Rack          1              0
```

Потрібно додати крос-плату C320_SHELF у конфігурацію:

```
ZXAN(config)#add-shelfrackno 1 shelfno 1 shelftypeC320_SHELF
```

```
ZXAN(config)#show shelf
```

```
Rack    Shelf    ShelfType          ConnectId    CleiCode          Serial-Number
```

```
-----
```

```
1        1        C320_SHELF          0              UnKnowCleiCode    701369800143
```

Тепер коли можна побачити, які карти встановлені в шасі, потрібно додати їх в систему:

```
ZXAN(config)#show card
```

```
Rack Shelf Slot CfgType RealType Port HardVer SoftVer  Status
```

```

-----
1      1      2      GTGO      GTGOG      8      140600  V1.2.5p3  INSERVICE
1      1      2      PRAM      PRAM        3              V1.01      INSERVICE
1      1      4      SMXA      SMXA        3      131201  V1.2.5p3  INSERVICE

```

Командою add-card потрібно додати лінійну карту GTGH в слот 2

```
ZXAN(config)#add-card rackno 1 shelfno 1 slotno 2 GTGH
```

Тією ж командою потрібно додати карту живлення PRAM в слот 3

```
ZXAN(config)#add-card rackno 1 shelfno 1 slotno 3 PRAM
```

Для перегляду доступних типів карт можна вивести підказку за допомогою знаку «?»

```
ZXAN(config)#add-card rackno 1 shelfno 1 slotno 2 ?
```

UPLINK порти на карті управління підключаються через subcard UCDC/1, її теж треба додати.

```
ZXAN(config)#show subcard
```

```
Rack Shelf Slot Sub CfgType RealType Status
```

```

-----
1      1      4      1              UCDC/1  HWONLINE
ZXAN(config)#add-subcard rackno 1 shelfno 1 slotno 4 subcardno 1 UCDC/1

```

Наступним кроком потрібно вийти в кореневе меню і зберегти конфігурацію в енергонезалежну пам'ять write.

```
ZXAN(config)# exit
```

```
ZXAN#write
```

```
Backuping old configuration into flash...
```

```
Collecting configuration into memory...
```

```
Writing configuration into flash...[OK]
```

Тепер можна переконатися, що усі елементи шасі в робочому режимі INSERVICE, і готові до подальшого налаштування.

```
ZXAN#show shelf
```

```
Rack Shelf ShelfType ConnectId CleiCode Serial-Number
```

```

-----
1      1      C320_SHELF      0              UnKnowCleiCode 701369800143

```

```
ZXAN#show card
```

```

Rack Shelf Slot CfgType RealType Port      HardVer SoftVer      Status
-----
1      1      2      GTGH      GTGHG      16      120700 V1.2.5P3      INSERVICE
1      1      3      PRAM      PRAM      3              V1.01      INSERVICE
1      1      4      SMXA      SMXA      3      131201 V1.2.5P3      INSERVICE

ZXAN#show subcard

Rack Shelf Slot Sub CfgType RealType Status
-----
1      1      4      1      UCDC/1 UCDC/1      INSERVICE

```

Налаштування In - Band інтерфейсу управління і моніторингу.

Для управління пристроєм через виділений VLAN необхідно додати VLAN і IP інтерфейс в конфігурацію:

```

ZXAN#configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.

ZXAN(config)#interface gei_1/4/1

ZXAN(config-if)#switchport vlan 4 tag

ZXAN(config-if)#exit

ZXAN(config)#interface gei_1/4/2

ZXAN(config-if)#switchport vlan 4 tag

ZXAN(config-if)#exit

ZXAN(config)#interface gei_1/4/3

ZXAN(config-if)#switchport vlan 4 tag

ZXAN(config-if)#exit

ZXAN(config)#

ZXAN(config)#interface vlan 4

ZXAN(config-if)#ip address 192.168.1.79 255.255.255.0

ZXAN(config-if)#exit

Обов'язково зберегти конфігурацію:

ZXAN(config)#exit

ZXAN#write

Backing up old configuration into flash...

Collecting configuration into memory...

```

Writing configuration into flash...[OK]

ZXAN#

Після цього пристрій буде доступний для видаленого управління по протоколу telneti SSH.

Необхідно вказати HOSTNAME пристрою:

ZXAN#configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.

ZXAN(config)#hostname NEWNETS

NEWNETS(config)#exit

NEWNETS#write

Backuping old configuration into flash...

Collecting configuration into memory...

Writing configuration into flash...[OK]

NEWNETS#

Далі необхідно змінити пароль для дефолтного користувача ZTE, оскільки не безпечно залишати дефолтний обліковий запис.

NEWNETS #configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.

NEWNETS(config)#username zte password tester

NEWNETS(config)#exit

NEWNETS#write

Та створити новий обліковий запис з ім'ям test :

NEWNETS#configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.

NEWNETS(config)#username test password test privilege 0

NEWNETS(config)#exit

NEWNETS#

Тут слід звернути увагу, що залежно від рівня привілеїв (від 0 до 15) користувачеві буде доступний різний функціонал по управлінню і моніторингу OLT.

У теж час користувач може підвищити свій рівень за допомогою команди enable.

Welcome to ZXAN product C320 of ZTE Corporation

Username:test

Password:test

```
NEWNETS>enable
```

```
Password:zxr10
```

```
NEWNETS#
```

Тому рекомендується змінити пароль zxr10 з дефолтного:

```
NEWNETS#configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z
```

```
NEWNETS(config)#enable secret password
```

```
NEWNETS(config)#exit
```

```
NEWNETS#write
```

```
Backuping old configuration into flash...
```

```
Collecting configuration into memory...
```

```
Writing configuration into flash...[OK]
```

```
NEWNETS#
```

Наступним кроком налаштовується режим Q-in-Q. А саме, активується функція:

```
vlan-smart-qinq enable
```

cvlan – влан клиентского сервиса , на ONU

svlan - сервис влан (внешняя метка)

Далі налаштовується правила Q-in-Q vlan. А саме, на які внутрішні VLAN теги того, що поступає від ONU, будуть додані зовнішні теги.

```
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/1 cvlan 1000 to 1999 svlan 700
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/2 cvlan 1000 to 1999 svlan 701
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/3 cvlan 1000 to 1999 svlan 702
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/4 cvlan 1000 to 1999 svlan 703
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/5 cvlan 1000 to 1999 svlan 704
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/6 cvlan 1000 to 1999 svlan 705
vlan-smart-qinq ingress-port gpon-olt_1/2/1 cvlan 3000 to 3100 svlan 4007
```

Іншими словами, якщо від ONU в порт gpon-olt 1/2/1 приходить тег cvlan від 1000 до 1999 то, на нього буде доданий зовнішній тег svlan 700.

А якщо від ONU поступить в порт gpon-olt 1/2/1 трафік тега в cvlan 3000 до 3100 то, на такий фрейм тега буде доданий вже зовнішній svlan 4007. У цьому і полягає selective (вибірковий) Q - IN - Q.

Після цього настраюється режим роботи PON-порту в vlan - smart - qinq.

```
interface gpon-olt_1/1/1
  uncfg-onu-aging-time 30
  dba period-mode low-delay
  discover-period new-onu 2 miss-onu 0
  vlan-smart-qinq enable
```

У цьому режимі роботи налаштування vlan на unі порти (мідний порт на ONU) не обов'язкове.

```
interface gpon-onu_0/1/1:1
  sn-bind enable sn
```

```
tcont 1 name inet profile UP-500MB
gemport 1 name ginet unicast tcont 1 dir both
gemport 1 traffic-limit downstream 100M
switchport mode trunk vport 1
```

Також на uplink інтерфейсі має бути дозволений svlan.

```
interface gei_1/4/1
  hybrid-attribute fiber
  negotiation auto
  flowcontrol disable
  description uplink
  port-protect disable
  uplink-isolate disable
  switchport mode trunk
  switchport vlan ,700 tag
```

Після головних налаштувань OLT, потрібно зареєструвати та налаштувати ONU.

Для налаштування ONU потрібно через OMCI на OLT ZTE - C320 організувати налаштування абонентського терміналу ZXHN F601 в режимі Ethernet моста, прозорий для будь-якого ethernet протоколу.

Додавання нової ONU в систему

1. Перевірити яка ONU з'явилася нова не налагоджена

```
ZXAN#show gpon onu uncfg
OnuIndex          Sn          State
-----
gpon-onu_1/1/1:1  ZTEGC101A6B0  unknown
```

Рисунок 1.62 – Демонстрація коду перевірки ONU

2. Перевірити скільки ONU є на цьому порту

```
ZXAN#show gpon onu state gpon-olt_1/1/1
OnuIndex          Admin State OMCC State  O7 State  Phase State
-----
gpon-onu_1/1/1:1  enable    enable    operation working
gpon-onu_1/1/1:2  enable    enable    operation working
ONU Number: 2/2
```

Рисунок 1.63 – Демонстрація коду кількості ONU

3. Увійти до режиму конфігурації на цей порт OLT і додати наступну по порядку. (Реєстрація по серійному номеру)

```
ZXAN#conf t
ZXAN(config)#interface gpon-olt_1/1/1
ZXAN(config-if)#onu 3 type ZTE-F601 sn ZTEGC101A6B0
.[Successful]
```

Рисунок 1.64 – Демонстрація коду режиму конфігурації

4. Перевірити чи з'явилася додаваема ONU

```
ZXAN(config-if)#show gpon onu state
OnuIndex          Admin State OMCC State  O7 State  Phase State
-----
gpon-onu_1/1/1:1  enable    enable    operation working
gpon-onu_1/1/1:2  enable    enable    operation working
gpon-onu_1/1/1:3  enable    enable    operation working
```

Рисунок 1.65 – Демонстрація коду перевірки

5. Додати профілі line і remote на цю ONU

```
ZXAN(config-if)#onu 3 profile line LP_ONU-1G remote SERVICE-FTTH
```

Рисунок 1.66 – Демонстрація коду додавання профілів line і remote на ONU

6. Налаштувати оптичний порт ONU в режим прийому і передачі трафіку тега

```
interface gpon-onu_1/2/2:1
description user_2_1
switchport mode trunk vport 1
```

Рисунок 1.67 – Демонстрація коду налаштування оптичного порту ONU в режим прийому і передачі трафіку тега

7. Налаштувати режим роботи мідного (абонентського) порту ONU

```
gpon-onu-mng gpon-onu_1/2/2:1
loop-detect ethuni eth_0/1 enable режим определения наличия «петли» на
интерфейсе
vlan port eth_0/1 mode hybrid def-vlan 1001
```

Рисунок 1.68 – Демонстрація коду налаштування режиму роботи мідного порту ONU

Було налаштовано режим роботи порту, коли на ethernet фрейм додається cvlan 1001. Отже, тепер, трафік, що приходить від абонента, на мідний порт ONU буде помічений vlan 1000 і поступить в OLT де буде згідно з правилами selective Q - IN - Q доданий відповідний зовнішній тег.

Далі варто привести декілька діагностичних, що часто зустрічаються і потрібних при введенні в експлуатацію команд:

- Інформація про зареєстровані ONU
#show gpon onu baseinfo gpon-olt 1/2/1
- Детальна інформація про ONU
wat31 - zte320#show gpon onu detail - info gpon-onu 1/2/1 : 3
- Подивитися що включене на порту (мідному) onu
wat31 - zte320#show gpon remote - onu interface eth gpon-onu 1/2/2 : 25
- Подивитися MAC адреса на мідному порту ONU
wat31 - zte320#show gpon remote - onu mac uni gpon-onu 1/2/2 : 25
- Подивитися MAC адреса на усій ONU
wat31 - zte320#show mac gpon onu gpon-onu 1/2/2 : 41
- Подивитися який призначений VLAN на мідному порту ONU
wat31 - zte320#show gpon remote - onu vlan eth gpon-onu 1/2/2 : 25

В першому розділі, з метою розуміння, була описана існуюча та функціонуюча частина GPON мережі. Наведена фізична та логічна інфраструктура ISP «PRETCHER» та особливості будови інфраструктури рівня розподілу, задіяного мережевого обладнання та огляд спроектованного сегмента локальної мережі, розробленого плану прокладки оптоволоконної лінії на карті місцевості. Опис структурної схеми підземного кабельного сегменту мережі та схеми розміщення обладнання рівня доступу. Проведений огляд задіяного активного та пасивного обладнання, комутаторів, SFP модуля, застосованих оптичних коннекторів та наведена фізична топологія проєктованої мережі. Проаналізовано технології PON, а саме технології GPON, її відмінність від GEPON, щоб далі була зрозуміла існуюча проблематика при використанні технології GPON. Проведений аналіз обладнання та ринку GPON застосованої на проєктованій мережі, розглянуто модельний ряд OLT, ONU та оптичних дільників та організації топології GPON, оптичний бюджет. Розглянута рефлектограма проблемної ділянки та організація логічної взаємодії та організація сервісу, який надається абоненту, а саме технологія Q-in-Q. Описання конфігурація існуючих OLT ZTE C320 і ONU для можливості надання ETHERNET

2. ПРОБЛЕМАТИКА РЕЗЕРВУВАННЯ ВОЛЗ ЛІНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ GPON

2.1 Причини та наслідки резервування ВОЛЗ ліній технології gpon

Обриви ВОЛЗ трапляються завжди і з різних причин. Цей процес повністю виключити неможливо. Але в технології Ethernet існує відпрацьована технологія автоматичного резервування і модифіковану стійкість досить складно поліпшити, але технологія PON занадто відрізняється від технології Ethernet, а проблематика залишається такою ж на фізичному рівні. У технології Ethernet у випадку обриву ВОЛЗ нічого не станеться завдяки кільцевому резервуванню (рисунок 2.1), а побудова PON зовсім інша (рисунок 2.2), і в разі обриву ВОЛЗ виходить повна відмова всієї гілки, що на нуль зводить усі переваги цієї технології, а саме - надійність.

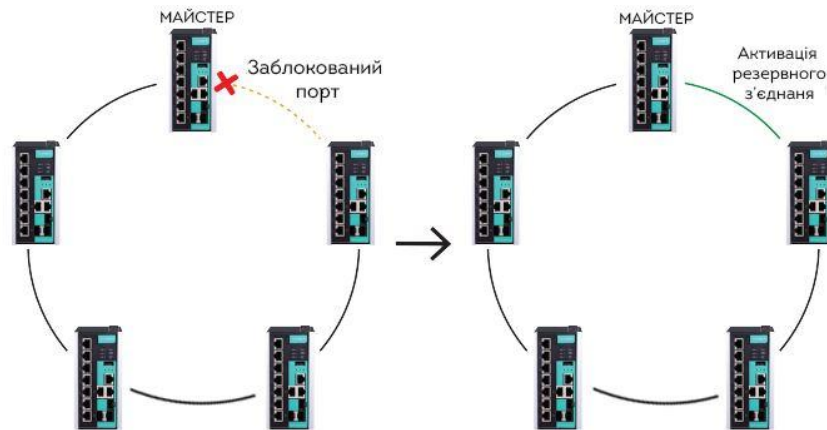


Рисунок 2.1 – Схема кільцевого резервування

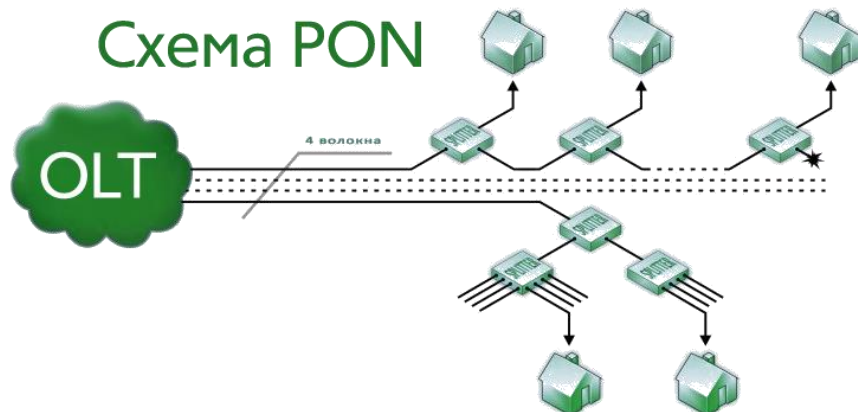


Рисунок 2.2 – Схема побудови PON

					КНУ.РМ.123.23.18.02.ПРВЛ			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				РОЗДІЛ 2. ПРОБЛЕМАТИКА РЕЗЕРВУВАННЯ ВОЛЗ ЛІНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ GPON	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чуюбаров							
Н.контроль	Кузнецов					КІ-22М		
Затвердив	Купін							

Оскільки в разі масового знеструмлення, зберегти послугу, що надається абоненту, є неможливим, що і є коренем проблематики цієї технології. В Україні GPON технологія стала дуже різко розвиватися, оскільки в неї є найважливіша перевага - енергенезалежність, що дає змогу послужити зберегти свою дієздатність. У технології Ethernet існує відпрацьована роками технологія RSTP, але, на відміну від неї, в PON її не передбачено, кожен вендор вирішує цю ситуацію по-різному, а 2 порти будуть використовуватися для резервування, що не раціонально.

2.2 Методи резервування в технології Ethernet

Одне з ключових вимог для промислових мереж Ethernet - відсутність петель або замкнутих маршрутів в топології, тобто між одержувачем і відправником кадру даних повинен бути єдиний шлях його доставки. Поява замкнутого маршруту в мережі викличе лавиноподібне зростання трафіку і, отже, перевантаження мережі, тому в традиційних мережах Ethernet уникають виникнення таких петель. У промислових мережах задача протоколів резервування - це моніторинг дубльованих каналів зв'язку з метою недопущення колізій і перерозподіл трафіку в аварійних ситуаціях. Протокол резервування повинен гарантувати логічне існування тільки одного шляху доставки повідомлення в конкретний момент часу при фізичному наявності декількох. З існуючих фізичних каналів зв'язку один вибирається основним, інші чекають в резерві. [42]

Такий принцип був вперше застосований в протоколі STP, який відстежував стан каналів зв'язку і при виявленні обривів направляв трафік з відмовив каналу на резервний. Це означає, що зв'язок втрачається на деякий час, поки обрив виявиться, а новий канал передачі даних буде активований. Залежно від розмірів мережі і складності її топології час відновлення зв'язку може бути різним і заздалегідь його визначити не можна. На основі протоколу STP можна сформулювати основні вимоги до протоколів резервування Ethernet в промисловому середовищі:

- певний час відновлення мережі: період часу від моменту розриву основного з'єднання до відновлення зв'язку з резервного з'єднання повинен бути менше певної допустимої величини;
- вимоги до мережі: для протоколу повинні бути визначені допустима топологія мережі, максимальна кількість вузлів (комутаторів), типи з'єднань.
- протокол повинен базуватися на стандартизованому методі або алгоритмі. Тільки так можна гарантувати сумісність з мережевими устаткуванням та іншими мережевими протоколами. [42]

Перша вимога традиційно для промислових мереж, що працюють в реальному часі. Протокол резервування може бути задіяний, якщо максимально можливий час відновлення задовольняє вимогам процесу або програми, для якого мережа передачі даних використовується.

2.3 Аналіз існуючих протоколів резервування технології Ethernet

В останні роки згаданий протокол STP був витіснений своїм більш швидким послідовником - протоколом RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol), описаним у стандарті IEEE 802.1D-2004 (рисунок 2.3). Даний протокол підтримує безліч різних топологій і базується на тому, що з кожного мережного підключення виділяється деревоподібна структура, так що між будь-якими двома вузлами мережі в кожний момент часу існує єдиний маршрут передачі даних. Всі з'єднання, які не увійшли в активний «дерево», вважаються резервними і не активні до зміни топології. Протокол базується на мостових з'єднаннях (BPDU - Bridge Protocol Data Units), серед яких вибирається кореневої міст (з'єднання комутаторкомутатор). Все інше «дерево» будується від нього. Будь-яка зміна в активному «дереві» означає зміну в складі BPDU з розсилкою спеціального BPDU-кадру по вузлах мережі, після чого ті активують резервні маршрути для трафіку. В протокол вбудовано захист від перевантаження мережі даними кадрами, яка може привести до збільшення часу відновлення. [43]

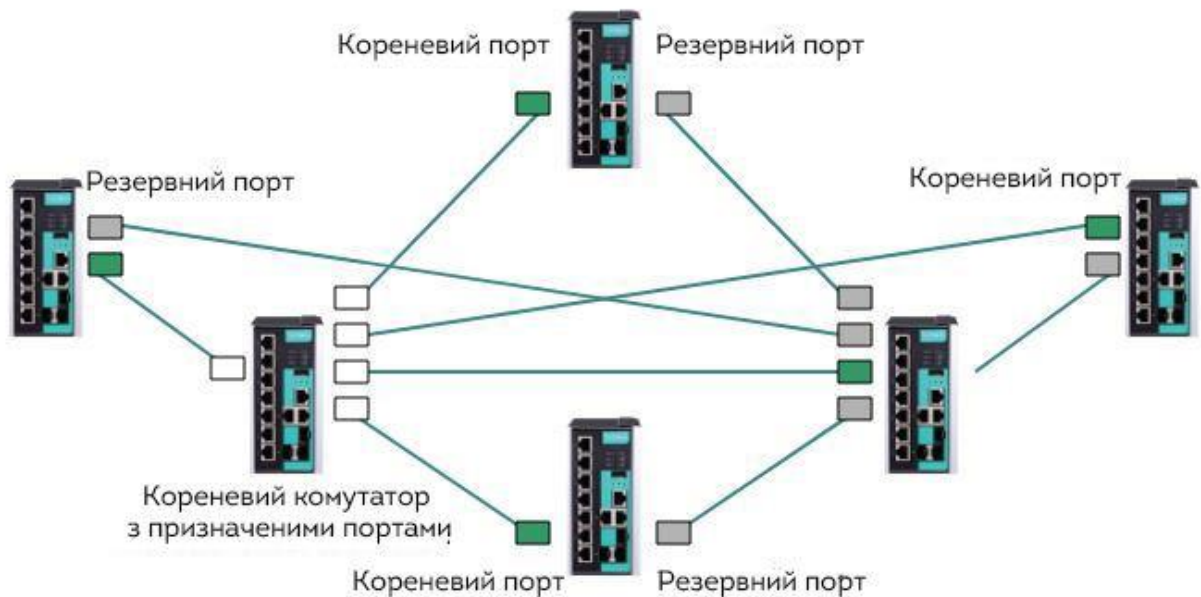


Рисунок 2.3 – Приклад протоколу RSTP

Протокол RSTP підтримує велику кількість вузлів і забезпечує час відновлення зв'язку близько 1 секунди. Це час багато в чому залежить від місця виникнення обриву зв'язку в мережі, тому не може бути чітко визначено заздалегідь. Даний істотний недолік можна обійти, якщо обмежити топологію мережі кільцевою структурою. Тим самим можна домогтися дотримання часу відновлення мережі близько 100 мс і менше. [43]

MSTP - нова ітерація описаного протоколу резервованих «дерев», і працює вона за тим же принципом. Якщо RSTP працює незалежно від віртуальних мереж VLAN, то структури MSTP, навпаки, існують в складі

віртуальної мережі і таким чином забезпечують більше зручностей і свобод в плані можливих топологій і розподілу навантаження. Обидва протокола сумісні між собою і можуть бути реалізовані всередині однієї мережі. [44]

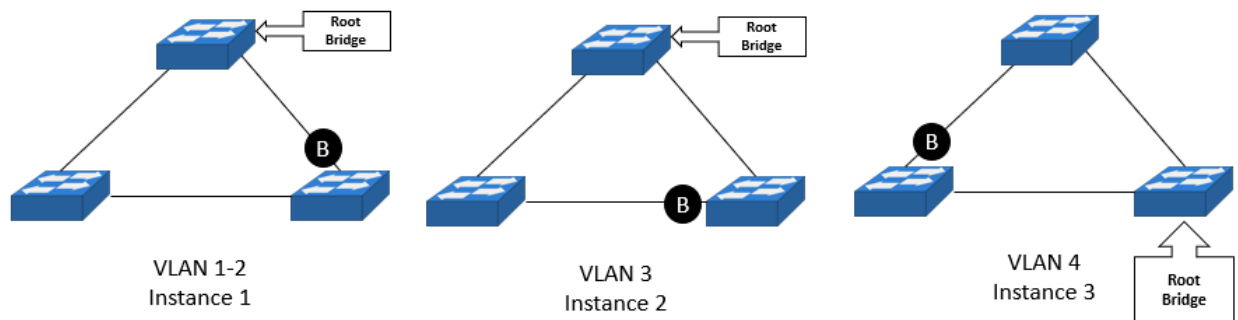


Рисунок 2.4 – Взаємодія протоколу MSTP

Кільцева топологія зручна насамперед тим, що з нею досягається певний і гарантований час відновлення зв'язку після збою, що враховує кількість комутаторів в кільці. Стандарт IEC 62439-1 описує приклад розрахунку часу відновлення для кільця, а також додаткові обмеження (наприклад, RSTP не може бути налаштований на портах комутатора, не задіяних в кільці). Однак RSTP не розроблений для кільцевого резервування, тому поступається спеціалізованим протоколам типу MRP. У комутаторах Hirschmann реалізована підтримка обох протоколів, і, хоча приписів щодо їх спільного застосування немає, використовувати в цьому випадку краще MRP. [44]

Протокол MRP був спеціально розроблений для промислового застосування. Він описаний в стандарті IEC 62439-2 для промислових мереж Ethernet з високим ступенем доступності. MRP підтримує тільки кільцеву топологію мережі з кількістю комутаторів не більше 50, гарантуючи заздалегідь певний час відновлення зв'язку в разі виникнення збою. Час відновлення залежить від обраних параметрів протоколу MRP і може складати від 10 до 500 мс, причому максимальне час можна встановити заздалегідь. Наприклад, при максимальному часу відновлення, що дорівнює 200 мс, типове значення складе 50-60 мс при середньому завантаженні мережі. [44]

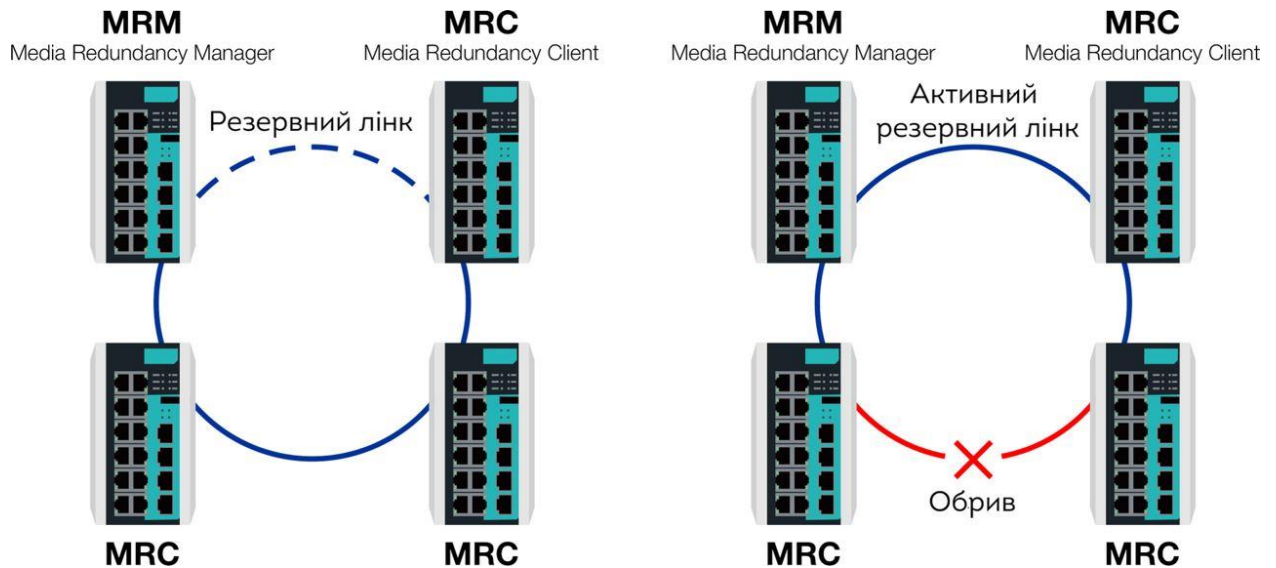


Рисунок 2.5 – Принцип роботи резервного кільця в протоколі MRP

Протокол передбачає об'єднання в кільце групи комутаторів, один з яких бере на себе роль ведучого (MRM - Media Redundancy Manager). Він контролює цілісність кільця, передаючи по кільцю тестові кадри даних в одну сторону і отримуючи їх по ланцюжку з іншого боку. Для запобігання колізій всі дані, крім тестових кадрів, блокуються на одному з двох кільцевих портів MRM-комутатора, утворюючи фактично лінійну топологію мережі. Якщо ведучий комутатор не отримує тестові кадри, це означає розрив кільця, в такому випадку він розблокує друге з'єднання, відновивши передачу даних. Решта комутатори в кільці грають роль ведених (MRC - Media Redundancy Clients) і передають тестові кадри по ланцюжку з одного кільцевого порту в інший. Також відомі комутатори передають ведучому інформацію про зміну стану їх портів. Якщо MRM-комутатор отримав повідомлення від MRC-комутатора про відмову його кільцевого порту раніше, ніж недорахувався тестових кадрів, то він керується цим попередженням і активує заблоковане з'єднання. Такий підхід забезпечує найменше можливий час відновлення мережі. [44]

Незважаючи на швидкість роботи MRP і його універсальність для широкого кола завдань, існують додатки, де неприпустимо навіть мінімальний час відновлення мережі. Для таких додатків необхідний зовсім новий підхід до питання високої доступності мережі. В основі цього підходу - існування мінімум двох одночасно активних сполук між двома вузлами мережі таким чином, що відправник інформації посилає кадри даних синхронно з двох Ethernet-каналів. Одержувач ж за допомогою протоколу резервування приймає перший кадр даних і відхиляє другий. Якщо другий кадр даних не отримана, адресат робить висновок про обрив зв'язку у відповідному каналі.

Даний механізм резервування реалізований в протоколі PRP (Parallel Redundancy Protocol), описаному в стандарті IEC 62439-3 [45]. PRP використовує дві паралельні мережі передачі даних з довільною топологією,

не обмеженої ні кільцями, ні іншими структурами. Більш того, в двох паралельних мережах може не бути резервування зовсім, а можуть застосовуватися протоколи MRP і RSTP. Таким чином, принципова перевага PRP полягає в його «безшовному» резервуванні з відсутністю навіть малого часу перемикавання з основного на резервний канал зв'язку. Високий рівень доступності мережі з паралельним резервуванням дотримується за умови, що обидві підмережі, об'єднані PRP, не можуть відмовити одночасно.

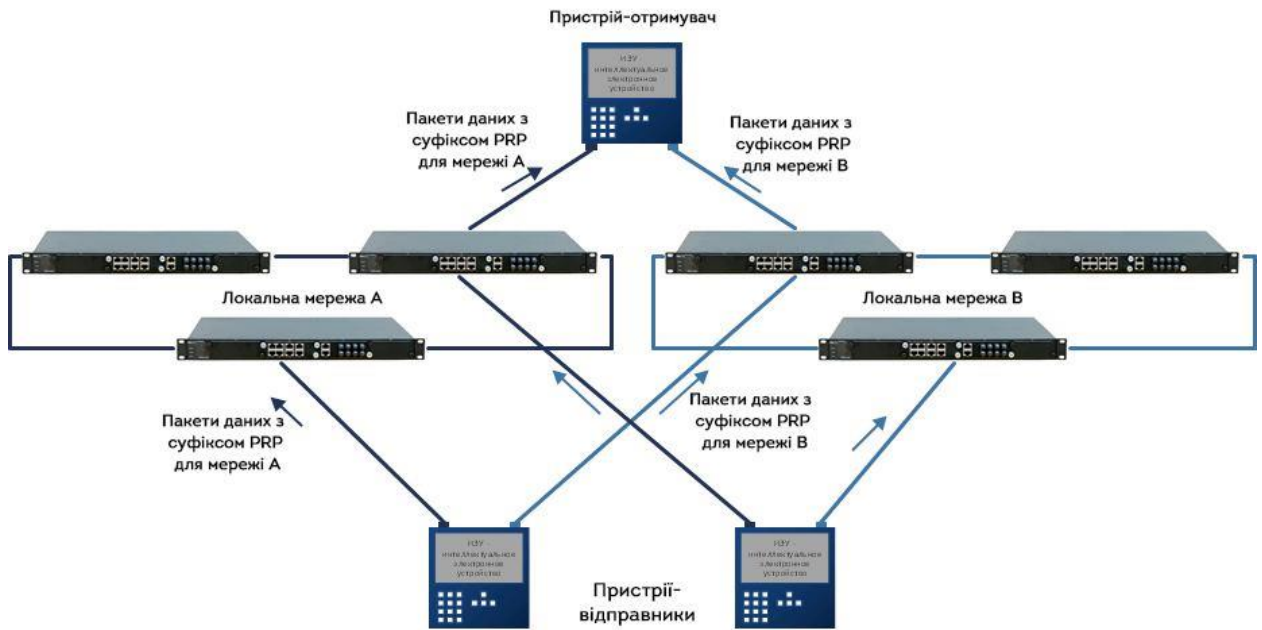


Рисунок 2.6 – Ілюстрація роботи протоколу PRP

Протокол PRP реалізується на кінцевих пристроях. Комутатори мережі працюють незалежно від даного протоколу і, відповідно, не повинні мати ніякої спеціальної апаратної або програмної підтримки.

Кінцеві пристрої з підтримкою PRP (DANP - Double Attached Node for PRP) мають два мережевих інтерфейсу і підключаються до двох незалежних мереж. При цьому мережі можуть мати різну топологію, середу і швидкість передачі. До мережі можуть підключатися і звичайні кінцеві пристрої з одним мережевим інтерфейсом (SAN - Single Attached Node). Також можуть використовуватися кінцеві пристрої типу DANP в ролі проксі-серверів (так звані RedBox - скорочення від Redundancy Box), до яких підключені декілька SAN-пристроїв. Від SAN-пристрою не потрібно ніякої спеціальної підтримки PRP. Цю можливість зручно застосовувати на практиці, користуючись тим, що в мережах з високою доступністю наявність паралельного резервування критично не для всіх пристроїв, тому кінцеві пристрої за ступенем важливості можна розділити на типи DANP і SAN і з'єднати, використовуючи дубльований або єдиний канал зв'язку відповідно. Кінцеві пристрої з можливістю паралельного резервування типу DANP повинні контролювати дубльовані кадри Ethernet. Отримавши дані для передачі в мережу, пристрій, що реалізує протокол PRP, посилає їх по двом мережних інтерфейсів одночасно. Таким чином, два кадри Ethernet відправляються з незалежних

мереж до одного одержувачу і, з огляду на різну топологію і пропускну здатність обох мереж, доходять до адресата з різною затримкою. Перший прийшов одержувачу кадр приймається і передається на верхній рівень, другий - видаляється. В результаті мережеве додаток, що використовує отримані дані, не "відчуває" різниці між резервованим з PRP і звичайним Ethernet-інтерфейсом. [44]

Протокол HSR (High-availability Seamless Redundancy) - подальший розвиток ідеї паралельного резервування. Однак якщо у випадку з PRP йшлося про резервування мережі, то HSR - це протокол резервування з'єднань. HSR, як і PRP, описаний в стандарті IEC 62439-3. Але на відміну від PRP протокол HSR розроблений для кільцевої топології мережі. Як і PRP, він використовує два мережевих порту у кінцевого пристрою для підключення до мережі, але ланцюгом, замкнутого в кільце.

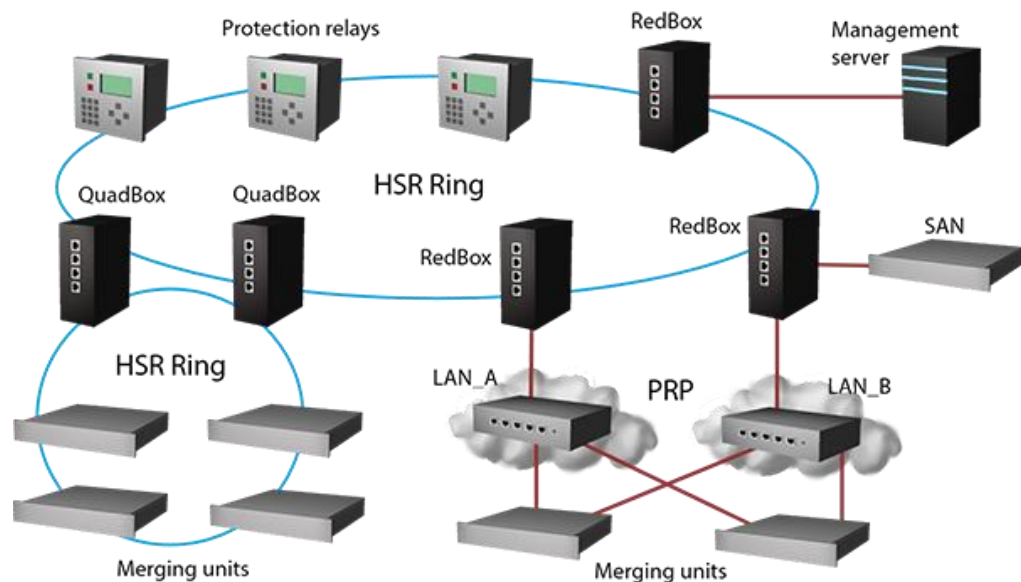


Рисунок 2.7 – Зразок протоколу HSR

Формат кадру даних у протоколу HSR аналогічний PRP. Ідентифікатор HSR схожий на поле RCT: включає розмір призначених для користувача даних, тип порту відправника (1-й або 2-й порт) і номер послідовності. Однак якщо ідентифікатор протоколу PRP йде всередині стандартного Ethernet-кадру, то у випадку з HSR ідентифікатор протоколу йде на початку. Тому HSR-пристрої розпізнають дані на льоту і швидше їх обробляють, передаючи з першого на другий інтерфейс по ланцюгу. При цьому кожне кінцеве пристрій пропускає через себе всі кадри даних, читає заголовки і відбирає собі кадри зі своєю адресою одержувача, а також широкомовні повідомлення. Для запобігання циркуляції по колу широкомовних повідомлень пристрій-відправник видаляє повідомлення, які пройшли повне коло по мережі. На відміну від мережі з паралельним резервуванням, в HSR-кільце не можна включити стандартний пристрій з одним мережевим інтерфейсом - кільце не буде замкнено і формат даних з HSR-заголовком не розпізнає. Аналіз кадру

даних на другому рівні OSI з ідентифікатором PRP (він знаходиться в полі додаткової інформації) можливий і звичайним пристроєм - воно просто пропустить поле з RCT. Формат даних cHSR-заголовком виходить нестандартний, і кінцеве пристрій без підтримки HSR-протоколу його не розпізнає. Проте, в цьому випадку можна використовувати посередника RedBox, який включається в HSR-кільце і має додаткові підключення до кінцевих пристроїв поза кільця. [44]

2.4 Методи резервування технології PON

Так як технологія PON має деревоподібну топологію, шляхом розподілу потужності, дуже складно організувати кільцеву топологію таким чином, щоб вийшло резервування за рахунок особливостей цієї топології, оскільки технологія Ethernet дає змогу це зробити протоколами STP/RSTP.

Рішення на основі архітектури PON використовують логічну топологію "точка-многоточка" P2MP (point-to-multipoint), яка покладена в основу технології PON. До одного порту центрального вузла можна підключати цілий волоконно-оптичний сегмент деревоподібної архітектури, що охоплює десятки абонентів. При цьому в проміжних вузлах дерева встановлюються компактні, повністю пасивні оптичні розгалужувачі (сплітери), які не потребують живлення та обслуговування. Деревоподібна топологія P2MP дає змогу оптимізувати розміщення оптичних розгалужувачів з огляду на реальне розташування абонентів, витрат на прокладання ОК і експлуатацію кабельної мережі (рисунки 2.2). [46]

У міру дедалі частішого використання пасивних оптичних мереж для бізнес-абонентів зростає актуальність завдання захисту мережі за допомогою дублювання з'єднань і захисного перемикання. Захисне перемикання між резервними з'єднаннями дає змогу забезпечити безперервне функціонування мережі в разі її пошкодження, наприклад, розриву волокна. Автоматичне захисне перемикання - це функція мережі, що реалізується на фізичному рівні. Вона дає змогу перенаправити всі сигнали, зокрема дані та сигналізацію з одного фізичного шляху на інший. Ця функція добре відома ще з часу магістральних мереж SDH (G.783.2) з топологією кільця, в яких у разі розриву кільця трафік перенаправляється в протилежний перенаправляється в протилежному напрямку. Захисне перемикання не входить до стандарту EPON, але є частиною GPON, оскільки згадується в у G.984.1. Стандарт говорить про можливість реалізації захисного перемикання в GPON з дублюванням конфігурації. Незважаючи на те, що захисне перемикання не передбачено в стандарті EPON, конфігурації зі стандарту GPON у ньому також використовуються. [47]

За аналогією із системами SDH використовується два варіанти захисного перемикання: автоматичне та ручне. Автоматичне перемикання виконується в

разі виникнення помилок, наприклад, втрати сигналу, втрати пакетів, зниження пропускної здатності з'єднання, що виражається в погіршенні BER, та інших змінах контрольованих параметрів. Ручне перемикання здійснює оператор мережі в разі перенаправлення, заміни волокна тощо. Хоча захисне перемикання є не обов'язковою функцією, мають бути забезпечені обидва варіанти перемикання. Під час перемикання необхідно зберегти передані дані та інформацію про стан перемикання. З цією метою захист є частиною функціональності, званої OAM (Operation, Administration and Maintenance), а не є частиною процесу всередині звичайного потоку даних. Тобто механізм перемикання реалізовано як функцію OAM, для якої має бути зарезервовано місце в заголовку пакета.

На рисунку 2.8 показано модель дублювання мережі доступу. У загальному випадку захист GPON має забезпечуватися від інтерфейсу (Line Terminal - LT) ODN в OLT до інтерфейсу (Network Terminal -NT) ODN в ONU. Перемикання з однієї мережі на іншу зазвичай відбувається за кілька мс. Максимально дозволений час для відновлення з'єднання становить 120 мс. У разі більш довготривалої втрати даних послуга, заснована на POTS або ISDN, буде перервана, і її необхідно буде ініціювати заново. [47]

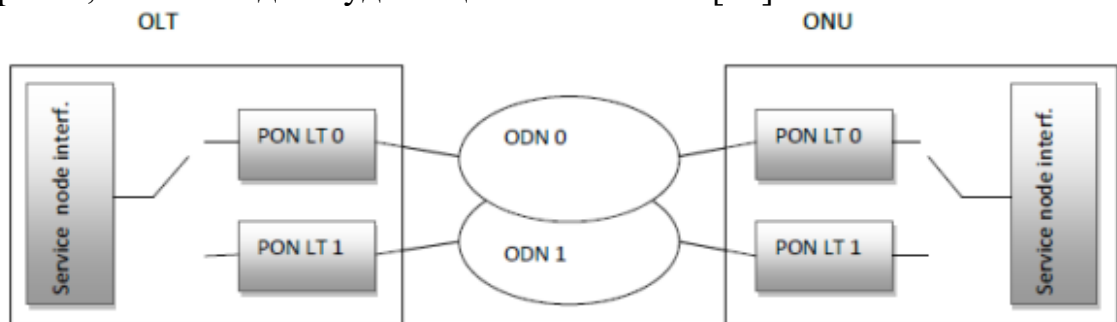


Рисунок 2.8 – Модель дублювання мережі доступу

Існує кілька способів реалізувати дублювання в GPON. При цьому протокол контролю для кожної конфігурації має бути реалізований незалежно. Дублювання використовується для тієї частини мережі, яка найбільш схильна до пошкоджень. Це можуть бути підключення OLT, підключення ONU, уся оптична розподільча мережа або тільки загальне волокно до першого спліттера. У разі перемикання перед LT і/або перемикання за NT воно виконується електронним чином, в інших випадках для здійснення перемикання необхідний оптичний комутатор.

У разі дублювання загального волокна (рисунок 2.9) протокол перемикання в OLT/ONU не потрібен, оскільки проводиться заміна тільки оптичного кабелю. Недолік такого захисту полягає в необхідності застосування оптичних комутаторів. Один із них можна замінити більш простим сплітером 1:2. З метою збереження пасивності ланцюга має сенс замінити другий комутатор також сплітером 1:2. Через небажані зворотних відображень у дубльованій гілці необхідно використовувати відповідні оптичні комутатори, що забезпечують мінімум віддзеркалень. Комутатор

приносить у з'єднання додаткове загасання, що знижує баланс потужності. У разі використання спліттера 2:1 вноситься додаткове загасання 3 дБ. Втрата сигналу в момент перемикавання і відмінність у шляхах двох географічно розділених мереж призводять до втрати одного або декількох пакетів. Оптиелектронні інтерфейси в OLT і ONU в цьому разі не дублюються. Якщо з якоїсь причини відбувається відмова інтерфейсу в OLT, порушується робота всієї мережі. [47]

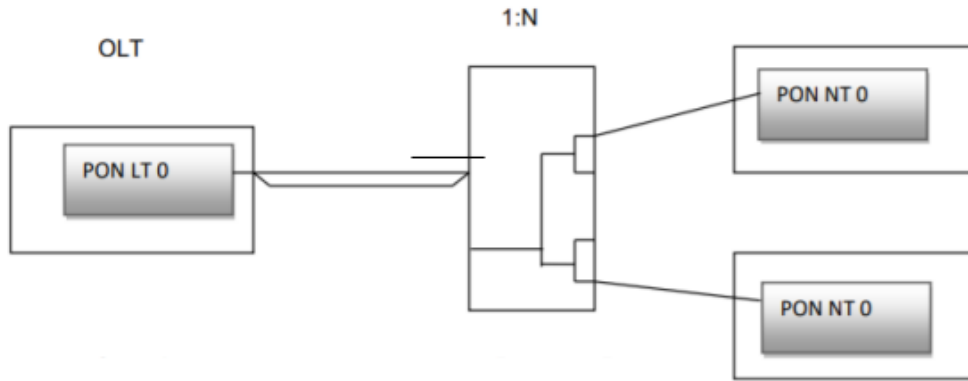


Рисунок 2.9 – Приклад дублювання загального волокна

Переваги:

- Мінімальна вартість та легкість виконання
- Протокол перемикавання в OLT/ONU не потрібен

Недоліки:

- Немає резервування обладнання
- Втрата сигналу в момент перемикавання
- Відмінність у шляхах двох географічно розділених мереж

Для виключення необхідності застосування оптичної комутації можна забезпечити дублювання оптиелектронного інтерфейсу в OLT (рисунок 2.10). У цьому разі протокол перемикавання також не потрібен, оскільки перемикавання здійснюється лише в OLT. У цій конфігурації резервний оптиелектронний інтерфейс перебуває в постійній готовності до перемикавання на нього трафіку. Обидва виходи OLT через географічно розділені оптичні волокна з'єднуються зі входом оптичного спліттера. Оптичний спліттер повинен мати два підключення на стороні OLT. У цьому прикладі через додатковий спліттер 2:2 у сигнал також вноситься додаткове загасання 3 дБ. Оскільки резервування ONU в цій конфігурації не виконується, то можливе оновлення лише з боку OLT. І хоча в резервному OLT застосовується тимчасова затримка для компенсації різних відстаней, при перемиканні неминуча втрата сигналу і, як наслідок, переданих пакетів. [47]

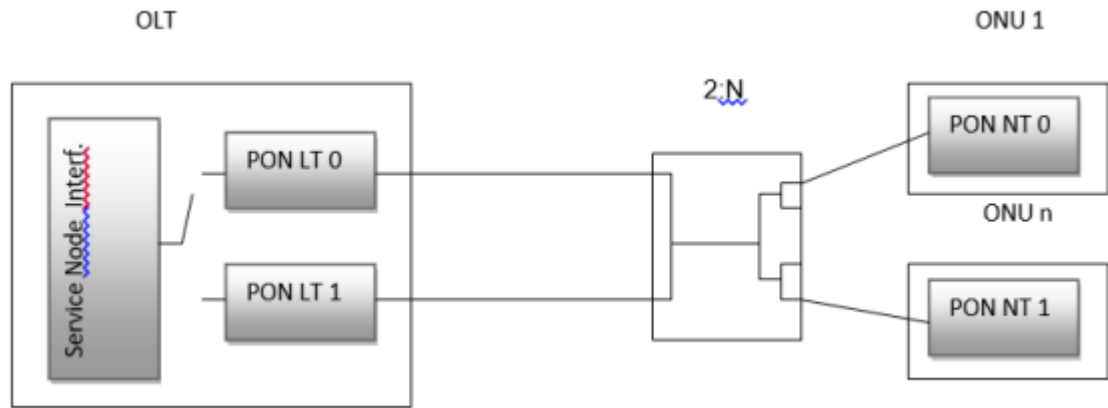


Рисунок 2.10 –Ілюстрація дублювання загального волокна в OLT

Переваги:

- транковий кабель між OLT і спліттером зарезервований

Недоліки:

- Необхідні 2 GPON інтерфейси, що значно збільшує вартість даного способу
- При перемиканні неминуча втрата сигналу, так як OLT застосовується тимчасова затримка

Якщо необхідно виключити можливість втрати сигналу або пакетів, слід використовувати так зване перемикання "hitless", конфігурація якого показано на рисунку 2.11 . У цьому разі забезпечується повне дублювання всієї оптичної розгалуженої мережі, включно з оптоелектронними інтерфейси в OLT і ONU. Перемикання на обох сторонах виконується електрично між двома працюючими оптичними мережами, які вже синхронізованими і передають однакові дані. Розрив волокна в будь-якому місці мережі (включно з територією абонента) викликає перемикання на резервну мережу. Відмінності оптичних відстаней уже взято до уваги під час функціонування головної та резервної мереж. Таке рішення резервування є найдорожчим і забезпечує найвищу надійність, хоча реконфігурація можлива в разі появи тільки однієї помилки. [47]

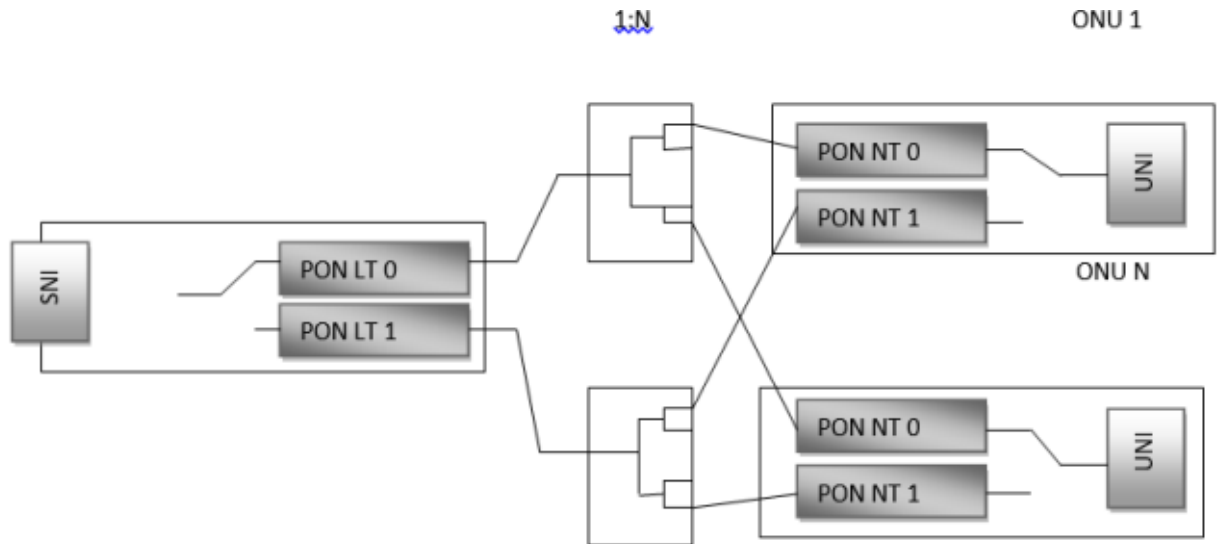


Рисунок 2.11 –Приклад повного дублювання PON

Переваги:

- OLT, ONT і оптика зарезервовані
- Висока надійність

Недоліки:

- Висока вартість і важке виконання
- При виникненні помилки потрібна повна реконфігурація.

У разі, якщо комунікації дублюються у всіх абонентів (рисунок 2.12) така конфігурація може бути стійкою до появи двох помилок, однієї на ділянці в приміщенні абонента і другої на ділянці між OLT і точкою поділу. Звичайно ж, для такої реалізації потрібна найбільша кількість резервного обладнання та комунікацій, що часто є недоступним для оператора через ціну та супровід.

У всіх наведених конфігураціях дублювання з'єднання та інфраструктура не використовуються до моменту виникнення помилок. У разі виникнення помилок резервна інфраструктура використовується лише до моменту їх усунення. З цього погляду побудова таких систем неекономічна. [47]

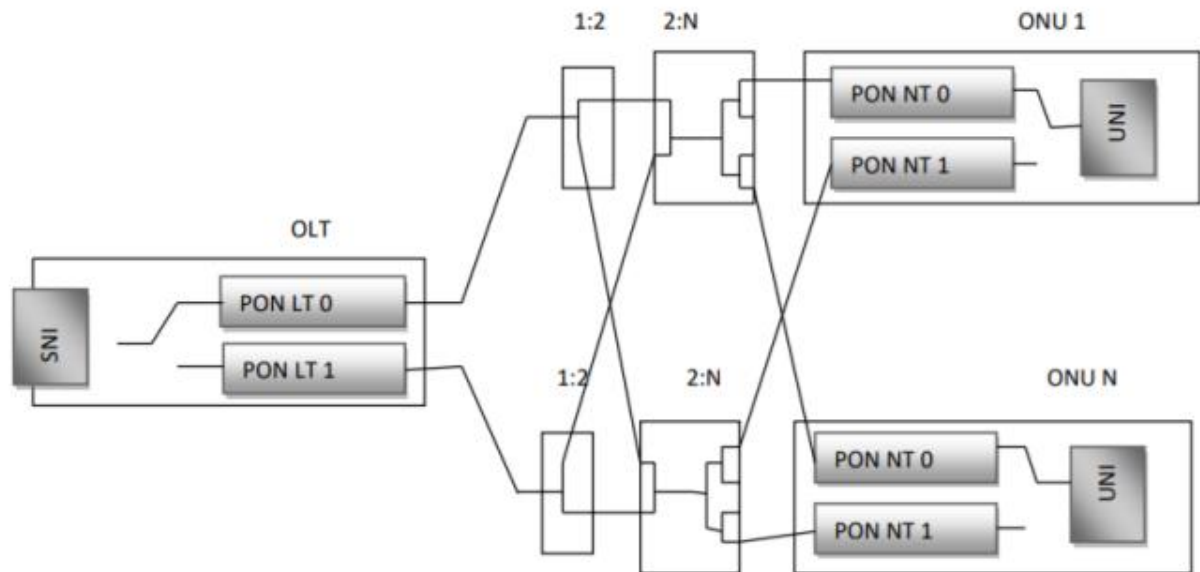


Рисунок 2.12 – Зразок повного дублювання PON з відновленням після двох помилок

Переваги:

- OLT, ONT і оптика зарезервовані
- Висока надійність
- Стійка до появи двох помилок

Недоліки:

- Висока вартість і важке виконання
- При виникненні помилки потрібна повна реконфігурація.
- Нескономічне використання

Враховуючи вище зазначені способи резервування, їх переваги та недоліки, мною пропонується резервування шляхом оптичної комутації.

2.5 Аналіз методів та способів оптичної комутації

Так як при резервуванні PON доводиться робити комутацію фотонів, необхідно проаналізувати методи та способи оптичної комутації.

Волоконно-оптичні вимикачі призначені для контролю напрямку розподілу світла в оптоволоконних каналах. Вони перерозподіляють сигнали, які надходять на вхідні канали між виходами. [48]

Волоконно-оптичні вимикачі мають ряд фізико-технічних характеристик, які найбільш важливі при виборі відповідного пристрою. До них можна віднести наступне:

- Робочий діапазон довжин хвиль - в сучасних пристроях, доступних від UV-C до SWIR діапазону.

- Швидкість перемикання - в залежності від використовуваної технології і кількості комутованих каналів від 10 нс до часток секунди.
- Тип коміту - з вибраним каналом, зафіксованим після припинення контрольного сигналу (засувки) і без такого скидання коміту до стандартного стану (без засувки).
- Вхідні втрати - в залежності від використовуваної технології і якості від 0,4 дБ до 4-5 дБ.
- Кількість робочих циклів - в залежності від використовуваної технології

Розглянемо існуючі волоконно-оптичні перемикачі.

Мікромеханічні перемикачі. Такі перемикачі застосовують принцип перемикання, заснований на фізичному русі елемента пристрою, що дозволяє перемикати оптичний сигнал між вихідними каналами. Наприклад, шляхом переміщення механічного маніпулятора з вхідним каналом між декількома виходами: такі перемикачі застосовують принцип перемикання, заснований на фізичному переміщенні елемента пристрою, що дозволяє перемикати оптичний сигнал між вихідними каналами, шляхом переміщення механічного маніпулятора з вхідним каналом між декількома виходами або перерозподілом сигналу шляхом маніпулювання оптичними елементами, які в свою чергу перерозподіляють оптичні шляхи в системі. [48]

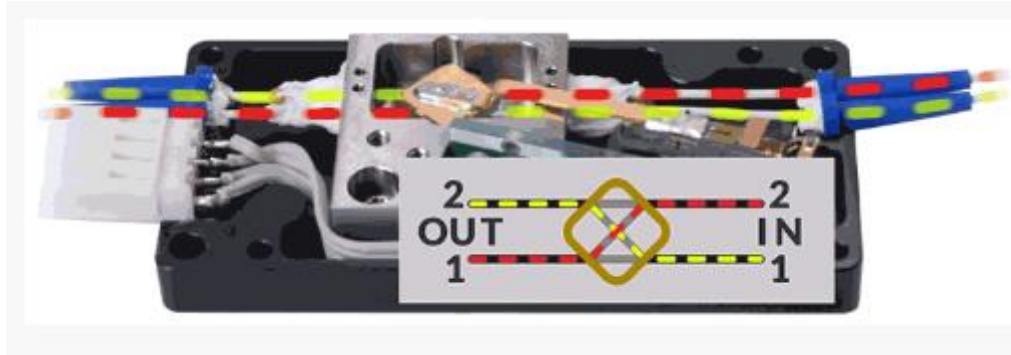


Рисунок 2.13 – Приклад роботи мікромеханічного перемикача

Характеристики та ключові особливості мікромеханічного перемикача:

- Швидкість перемикання 3-10 мс
- Тривалість життя 10^7 циклів
- Низька вартість
- Фіксація та виконання без затримки

Переваги:

- Низька вартість
- Простота реалізації

Недоліки:

- Низька швидкість перемикання (мс)
- Відносно коротке життя

Далі розглянемо наступний вид перемикачів MEMS, які засновані на мікроелектромеханічних дзеркалах, які здатні відхилятися в різні боки за допомогою керуючих сигналів. Оптичний сигнал, що падає на таке дзеркало, може бути перерозподілений в будь-який з вихідних каналів шляхом відбиття від площини дзеркала MEMS. [48]

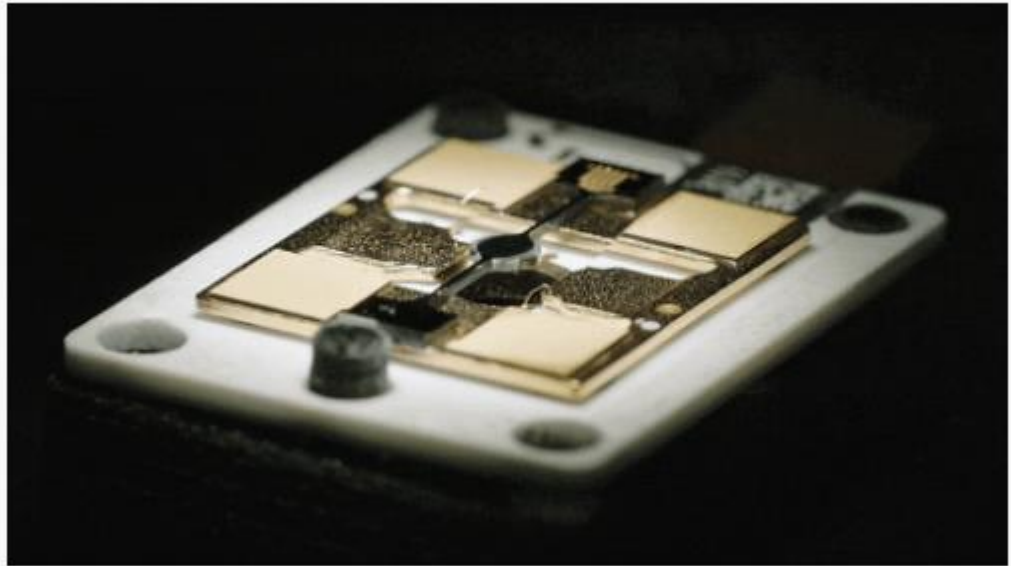


Рисунок 2.14 – Зразок MEMS дзеркала в перемикачі

Технологія MEMS досить гнучка, надзвичайно компактна і дозволяє створювати перемикачі різних форм-факторів. Перемикачі MEMS набагато надійніші ніж мікромеханічні перемикачі і компактніші. Розглянемо ключові особливості MEMS перемикача:

- Перемикання 2-10 мс
- Тривалість життя 10^9 циклів
- Компактність
- Фіксація та виконання без затримки
- Немає необхідності в стабілізації температури

Переваги:

- Мініатюрність
- Висока компактність
- Висока надійність

Недоліки:

- Для потужностей до 0,5 В
- Висока вартість

Наступний вид перемикачів – магнітооптичні, засновані на ефекті Фарадея, використовують обертання площини поляризації в пластині магнітооптичного матеріалу, наприклад в ітрієво-залізній гранаті. Напрямок вектора намагніченості в пластині і, відповідно, напрямок обертання площини поляризації змінюється зовнішнім магнітним полем, створеним котушкою з магнітоспалювальним сердечником (має низьку магнітну проникність і високі значення примусової сили) матеріалу.

Залежно від поляризації, випромінювання в призмі поляризації поширюється в одному з двох напрямків (звичайний або незвичайний промінь). Для роботи такого вимикача потрібне зіткнення світла, тому вхід і вихід випромінювання в волоконні світловоди здійснюється через спеціальні мікролінзи. [48]

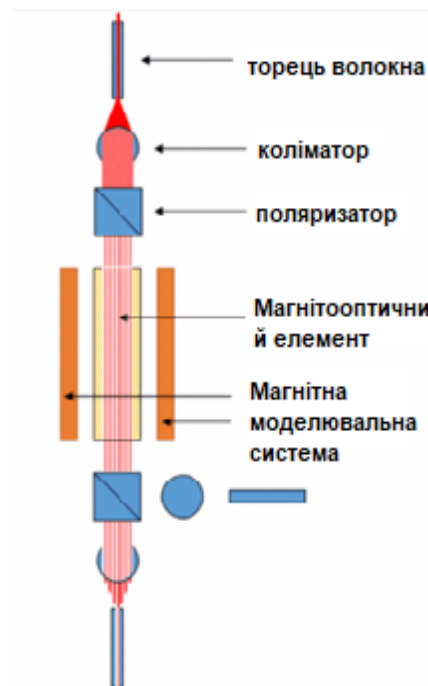


Рисунок 2.15 – Побудова магнітооптичного перемикача

Наведемо характеристики даного перемикача:

- Перемикання 10 мкс
- Термін служби $> 10^{11}$ циклів
- Немає рухомих частин
- Затримка виконання

Завдяки повній відсутності рухомих механічних деталей в конструкції магнітооптичних вимикачів термін їх служби дуже високий - термін служби при виході з ладу може становити більше 100 млрд циклів перемикання. Низька інерція системи магнітної модуляції забезпечує швидкість комутації порядку 10 мікросекунд. [48]

Переваги:

- Великий термін служби
- Висока швидкість перемикання

Недоліки:

- Підвищене енергоспоживання
- Самонагрівання

Останнім видом перемикачів який буде розглянуто – це електрооптичні перемикачі. Для багатомодових систем електрооптичні перемикачі розробляються на основі планарних світловодів. Для систем на одномодових волоконних світловодах кращі параметри з усіх типів перемикачів мають ЕОПи на смужкових світловодах, що забезпечують незрівнянну швидкодію і малі для цього класу перемикачів оптичні втрати, включаючи втрати на узгодження з вхідними і вихідними волокнами.

ЕОПи – найперспективніший (але технологічно і найскладніший) тип оптичних перемикачів. Принцип їх дії полягає у маніпуляції коефіцієнтом зв'язку між двома близько зведеними оптичними хвилями, розташованими на електрооптичному кристалі ніобату літію (LiNbO_3), на який поперемінно подається напруга. [48]

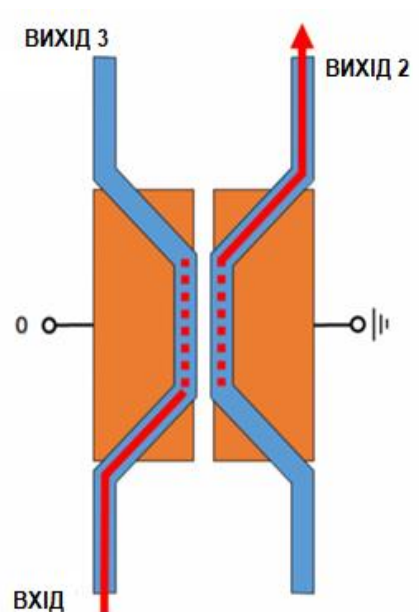


Рисунок 2.16 – Принцип дії електрооптичного перемикача

Ключові особливості електрооптичних перемикачів:

- Перемикання $\approx 10\text{-}100$ нс
- Час життя $> 10^{11}$ циклів
- Немає рухомих частин
- Non-latching виконання

Для створення перемикачів такого типу на три і більше вихідних каналів застосовується каскадування, при якому кристали з витраченими світловодами розташовуються один за одним, приєднуючись своїм єдиним входом до одного з виходів попереднього кристала. Кожен такий каскад керується індивідуально, що дозволяє перерозподіляти сигнал зі швидкістю порядку наносекунд між N вихідними каналами. [48]

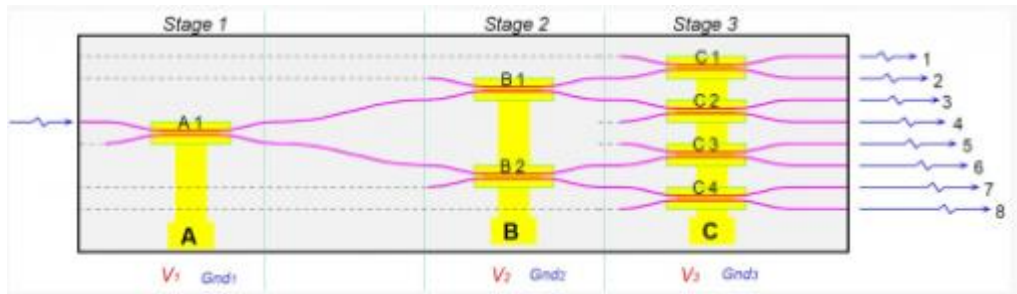


Рисунок 2.17 – Структурна схема влаштування каскадного електрооптичного модулятора на 8 вихідних каналів.

Переваги:

- Великий термін служби
- Найвища швидкість перемикання

Недоліки:

- Порівняно великі втрати і cross-talk
- Висока вартість

В результаті аналізу був обран електрооптичний перемикач, так як у нього найвища швидкість перемикання та великий термін служби порівняно з іншими видами перемикачів. Хоч і має велеку вартість порівняно з конкурентами, проте для нашого випадку данна вартість не критична і дуже підходить саме для побудови резервної лінії в GPON технології.

В другому розділі була описана та розглянута проблематика резервування ВОЛЗ ліній GPON технології, а саме її причини та наслідки. Для більш кращого розуміння представлені методи резервування в технології Ethernet, проведений аналіз її існуючих протоколів. Після чого були розглянуті існуючі методи резервування технології PON та порівняно з технологією Ethernet, де краще продемонстровано відмінності в побудові та можливостях резервування в цих двох технологіях. Після вибору методу резервування шляхом оптичної комутації, був зроблений аналіз методів та способів оптичної комутації та обраний електрооптичний перемикач для побудови резервної лінії в GPON технології.

3. ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС КОМУТАЦІЇ ВОЛЗ

Є необхідність вироблення моменту ухвалення рішення. А саме, коли, в яких випадках, проводити перекомутацію лінії на резерв, і коли ухвалити остаточне рішення про те, що основна лінія більше не є працездатною, і необхідно ухвалити рішення про перемикання на резервну лінію. Для цього існує теорія ухвалення рішень.

3.1 Опис теорії прийняття рішень

Прийняття рішень, поряд із прогнозуванням, плануванням ситуаційним аналізом обстановки, виконанням рішень, контролем та обліком є функцією управління. Усі функції управління спрямовані так чи інакше на формування або реалізацію рішень, і будь-яку функцію управління технологічно можна представити у вигляді послідовності будь-яких пов'язаних спільною метою рішень. Під час прогнозування і планування ухвалюють рішення, пов'язані з вибором методів і засобів, організацією роботи, оцінкою достовірності інформації, вибором найбільш достовірного варіанта прогнозу і найкращого варіанта плану. [49]

Кінцевим результатом будь-якого завдання прийняття рішень стає рішення, конструктивний припис до дії. Рішення є одним із видів розумової діяльності та має такі ознаки:

- є вибір із безлічі можливостей; вибір орієнтований на свідоме досягнення цілей;
- вибір ґрунтується на свідомому досягненні цілей; вибір орієнтований на свідоме досягнення цілей;
- вибір ґрунтується на сформованій установці до дії.

Основною характеристикою рішення є його ефективність, тобто ступінь, темп досягнення цілей і витрати ресурсів для прийняття і реалізації рішення. Рішення тим ефективніше, чим більший ступінь досягнення цілей.

Прийняття рішення - це вибір одного з безлічі розглянутих допустимих варіантів. Зазвичай їхня кількість скінченна, а кожен варіант вибору визначає деякий результат, що допускає кількісну оцінку. Такий результат зазвичай називається корисністю рішення. Таким чином, шукається варіант з найбільшим значенням корисності рішення. [49]

					КНУ.РМ.123.23.18.03.ЗАПР			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КОМУТАЦІЇ ВОЛЗ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Чуюбаров							
						KI-22M		
Н.контроль	Кузнецов							
Затвердив	Купін							

3.2 Існуючі методи прийняття рішень

Залежно від критерію ефективності, стратегій і чинників управління обирається той чи інший метод (алгоритм) оптимізації. [49]

Основними є такі класи методів:

1. методи лінійного та динамічного програмування (ухвалення рішення про оптимальний розподіл ресурсів);
2. методи теорії масового обслуговування (ухвалення рішення в системі з випадковим характером надходження та обслуговування заявок на ресурси);
3. методи імітаційного моделювання (ухвалення рішення шляхом програвання різних ситуацій, аналізу відгуків системи на різні набори заданих ресурсів);
4. методи теорії ігор (ухвалення рішень за допомогою визначення стратегії в тих чи інших змагальних завданнях);
5. методи теорії розкладів (ухвалення рішень за допомогою розроблення календарних розкладів виконання робіт і використання ресурсів);
6. методи мережевого планування та управління (ухвалення рішень за допомогою оцінки та перерозподілу ресурсів під час виконання проєктів, зображуваних мережевими графіками);
7. методи багатокритеріальної (векторної) оптимізації (ухвалення рішень за умови існування багатьох критеріїв оптимальності рішення)

Вибір рішення - заключний і найбільш відповідальний етап процесу прийняття рішень. Саме на цьому етапі потрібно осмислити інформацію поставлену на етапі постановки задачі та формування рішень і використати її для обґрунтування вибору.

З усіх існуючих методів було обрано саме метод імітаційного моделювання, тому що потрібно зробити переключення на резервну лінію при обривах лінії зв'язку в залежності від стану ONU у абонентів.

Метод імітаційного моделювання – метод, що дає змогу будувати моделі, які описують процеси так, як вони відбувалися б насправді. Таку модель можна "програти" в часі як для одного випробування, так і заданої їхньої множини. При цьому результати визначатимуться випадковим характером процесів. За цими даними можна отримати досить стійку статистику. [50]

Метод імітаційного моделювання визначається, як експериментальний підхід до дослідження реальних систем за їхніми імітаційними моделями.

Види імітаційного моделювання:

- Дискретно-подієве моделювання - підхід до моделювання, що пропонує абстрагуватися від безперервної природи подій і розглядати тільки основні події модельованої системи

- Системна динаміка - парадигма моделювання, де для досліджуваної системи будують графічні діаграми причинних зв'язків і глобальних впливів одних параметрів на інші в часі, а потім створену на основі цих діаграм модель імітують на комп'ютері.
- Агентне моделювання - метод імітаційного моделювання, що досліджує поведінку децентралізованих агентів і те, як така поведінка визначає поведінку всієї системи загалом.

З існуючих методів імітаційного моделювання було обрано саме системну динаміку, тому що такий вид моделювання більше за всі інші парадигми допомагає зрозуміти суть того, що відбувається, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами і явищами.

У кожній моделі-імітації можна виділити низку основних процесів (етапів), через які проходить розробник упродовж роботи над проєктом: [52]

- розробка моделі досліджуваної системи (при цьому вона розбивається на приватні моделі або модулі, пов'язані між собою функціонально);
- вибір ключових характеристик об'єкта, а також аналіз їх самих і способів їх закладення в модель;
- закладення в систему деяких модулів, які імітують вплив на систему зовнішнього середовища;
- вибір способів дослідження імітаційної моделі відповідно до методів планування експериментів.

Спираючись на вищезазначені етапи, структуру імітаційної моделі в загальному, "абстрактному", сенсі можна представити на рисунку 3.1.

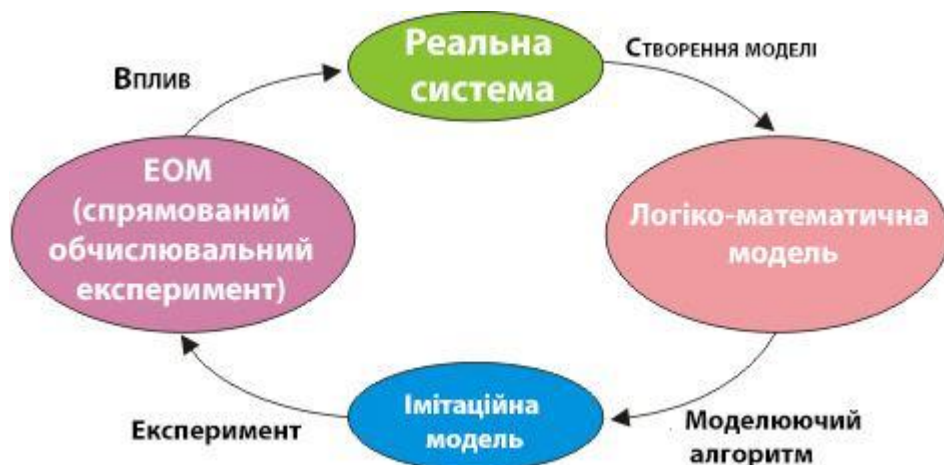


Рисунок 3.1 – Схема структури імітаційної моделі

Даний спосіб можна назвати наочним пізнанням реальності в мініатюрі. Є об'єкти, які дорого і трудомістко втілити в реальність у натуральному розмірі без точної впевненості в ефективності всіх конструктивних елементів.

Таким чином потрібно розробити імітаційну модель діяльності надання послуги абоненту, яка забезпечує підтримку прийняття рішення в результаті обриву зв'язку (при сигналі з усіх абонентських ONU «LOS»), здатна зробити переключення на резервну лінію. Саме для цього необхідно розробити алгоритм прийняття рішень у випадках обриву зв'язку для оцінки якості функціонування та оптимізації.

3.3 Розробка алгоритму прийняття рішень

Під час розробки раціонального алгоритму прийняття рішення необхідно брати до уваги зовнішнє середовище і побічні явища, динамічну мінливість критеріїв оцінок рішення, необхідність ранжування аспектів і пріоритетів рішення, тощо.

Для того щоб розробити імітаційну модель резервування ВОЛЗ технології GPON, потрібно розробити стратегію перемикання згідно з алгоритмом прийняття рішень, а саме:

- визначити умови при яких відбуватиметься перемикання з основної лінії на резервну;
- встановити порогові значення для автоматичного та ручного перемикання;
- задіяти систему моніторингу для відстеження стану лінії зв'язу та ONU;
- провести тестові сценарії для перевірки ефективності резервування та аналізу поведінки системи при відмовах;
- внесення коригувань при зміні вимог і умов мережі.

Першим чином побудуємо блок-схему роботи програми резервування ВОЛЗ технології GPON та розробити послідовність операцій для виконання конкретних функцій і визначимо алгоритм та логіку процесів.

Для кращого розуміння принципу програми змодельюємо 5 абонентів, які підключені до технології GPON та відповідно у кожного з абонентів є свій ONU, завдяки якому ми можемо відслідковувати стан сигналу. У кожного з абонентів може бути 3 стани ONU:

- режим «working» - свідчить про те, що абоненту коректно надається послуга
- режим «dying gasp» - свідчить про те, що у абонента відключення електроживлення
- режим «los» - свідчить про те, що загасання на лінії падає до критичних показників (-31 dBm) [51]

Проте є виключення, коли ми маємо у всіх абонентів стан «los» - це свідчить саме проте що стався обрив лінії та потрібно зробити перемикання на резервну лінію, для того щоб продовжувати надавати послугу клієнту у той час поки усувається проблема.

Тож в даній роботі приводяться вхідні дані: стан кожної ONU абонента, її режим роботи. У даному випадку буде зроблено імітаційне моделювання на 5 абонентах для наглядності прикладу. Потрібно постійно програмно контролювати стан ONU кожного абонента. На рисунках 3.2 та 3.3 для наочності наведені приклади реальних станів абонентів ISP «Pretcher», які користуються послугою GPON технології.

```
wat31-zte320#show gpon onu state gpon-olt_1/2/2
```

OnuIndex	Admin State	OMCC State	O7 State	Phase State
gpon-onu_1/2/2:1	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:2	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:3	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:4	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:5	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:6	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:7	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:8	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:9	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:10	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:11	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:12	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:13	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:14	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:15	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:16	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:17	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:18	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:19	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:20	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:21	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:22	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:23	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:24	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:25	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:26	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:27	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:28	enable	disable	unknown	DyingGasp
gpon-onu_1/2/2:29	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:30	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:31	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:32	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:33	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:34	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:35	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:36	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:37	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/2/2:38	enable	enable	operation	working

--More--

Рисунок 3.2 – Перевірка фазових станів ONU абонентів

```
wat31-zte320#show gpon onu state gpon-olt_1/1/3
```

OnuIndex	Admin State	OMCC State	O7 State	Phase State
gpon-onu_1/1/3:1	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:2	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:3	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:4	enable	disable	unknown	DyingGasp
gpon-onu_1/1/3:5	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:6	enable	disable	unknown	DyingGasp
gpon-onu_1/1/3:7	enable	disable	unknown	OffLine
gpon-onu_1/1/3:8	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:9	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:10	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:11	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:12	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:13	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:14	enable	enable	operation	working
gpon-onu_1/1/3:15	enable	disable	unknown	DyingGasp

ONU Number: 11/15

Рисунок 3.3 – Демонстрація фазових станів ONU абонентів при відключенні електроживлення

Логіка роботи: класичний стан ONU – режим «working», де саме коректно надається послуга і відповідно нічого не потрібно робити, аналогічно якщо змінюється стан на режим «dying gasp» - для розуміння того що відбулось відключення електроживлення, так само і з режимом «los» - для розуміння що загасання у абонентів падає. Але як тільки змінюється на режим «los» у всіх абонентів, то потрібно здійснити програмно перемикавання, яке відбувається автоматично, швидко та програмно, на резервну лінію зв'язку – тим самим це свідчить про те, що відбувся обрив лінії. Проте є важливе уточнення, після того як було здійснено переключення на резервну лінію, потрібно впевнитись, що проблема була усунена і коректно надається послуга, за допомогою перевірки режимів стану ONU. Тому з цієї причини також буде додана перевірки у вигляді повідомлення, чи усунена проблема, якщо так, ми можемо робити перемикавання на основну лінію. На рисунку 3.2 зображена блок-схема програми перевірки станів та перемикавання на резервну лінію зв'язку у випадку аварії.

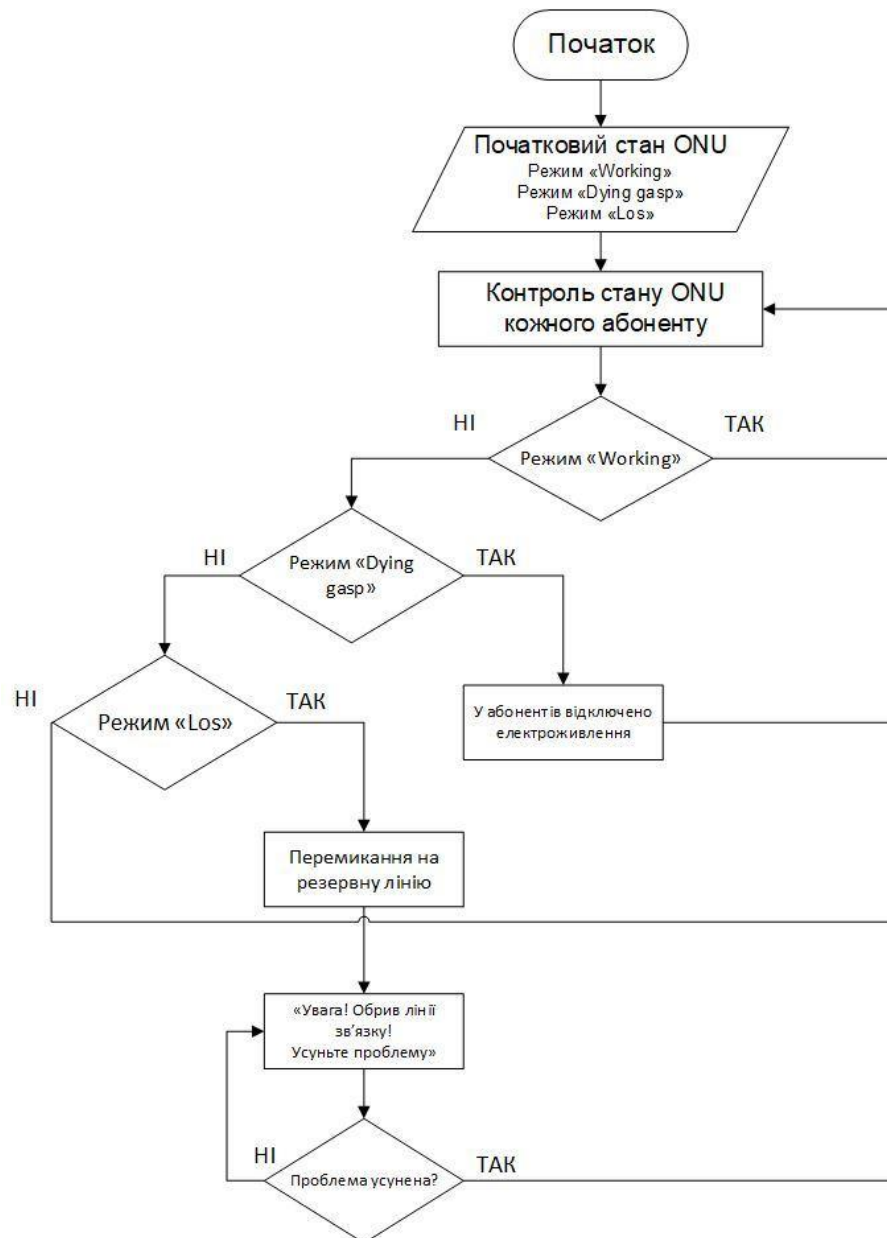


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму програми

3.4 Розробка програми резервування ВОЛЗ GPON технології

Необхідно змодельовати приклад роботи перемикання на резервну лінію у випадках обриву ВОЛЗ для 5 абонентів. Для розробки програми було обрано мову програмування SWIFT у середовищі XCODE для більш детального розуміння роботи програми та зручності використання, так як не завжди вдається знаходитись біля комп'ютеру, а обриви ліній можуть статись будь-коли. Swift - це мова програмування від компанії Apple з відкритим вихідним кодом. Призначена для розробки застосунків для iOS і macOS.

Для наочності роботи програми створено графічний інтерфейс. Першим кроком було додано 5 абонентів.



Рисунок 3.5 – Зображення абонентів програми

Далі додано Combobox поряд з кожним абонентом – компонент графічного інтерфейсу користувача, що поєднує в собі текстове поле та випадний список. Компонент дозволяє або ввести необхідне значення у полі, або вибрати його із випадного списку. Він включає у себе необхідні стани для перевірки «working», «dying gasp», «los». При виборі кожного програмний код буде розуміти який стан у абонента.

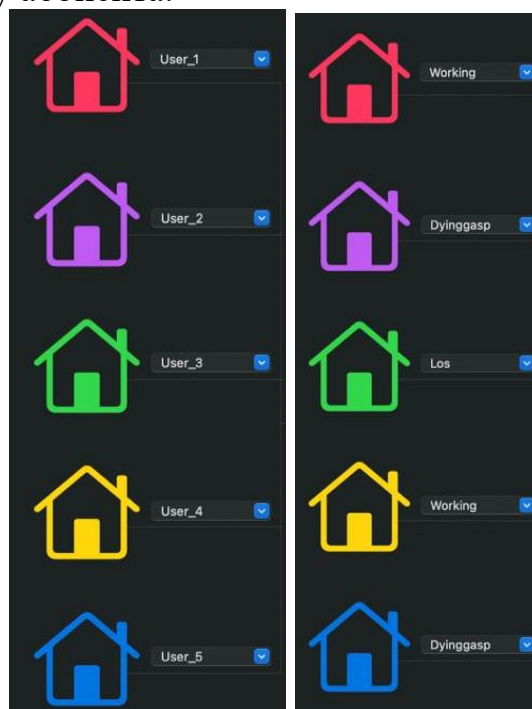


Рисунок 3.6 – Зображення Combobox та станів абонентів

Наступним кроком було гарфічно зображений провайдер та з'єднання за допомогою горизонтальних та вертикальних ліній – ВОЛЗ.

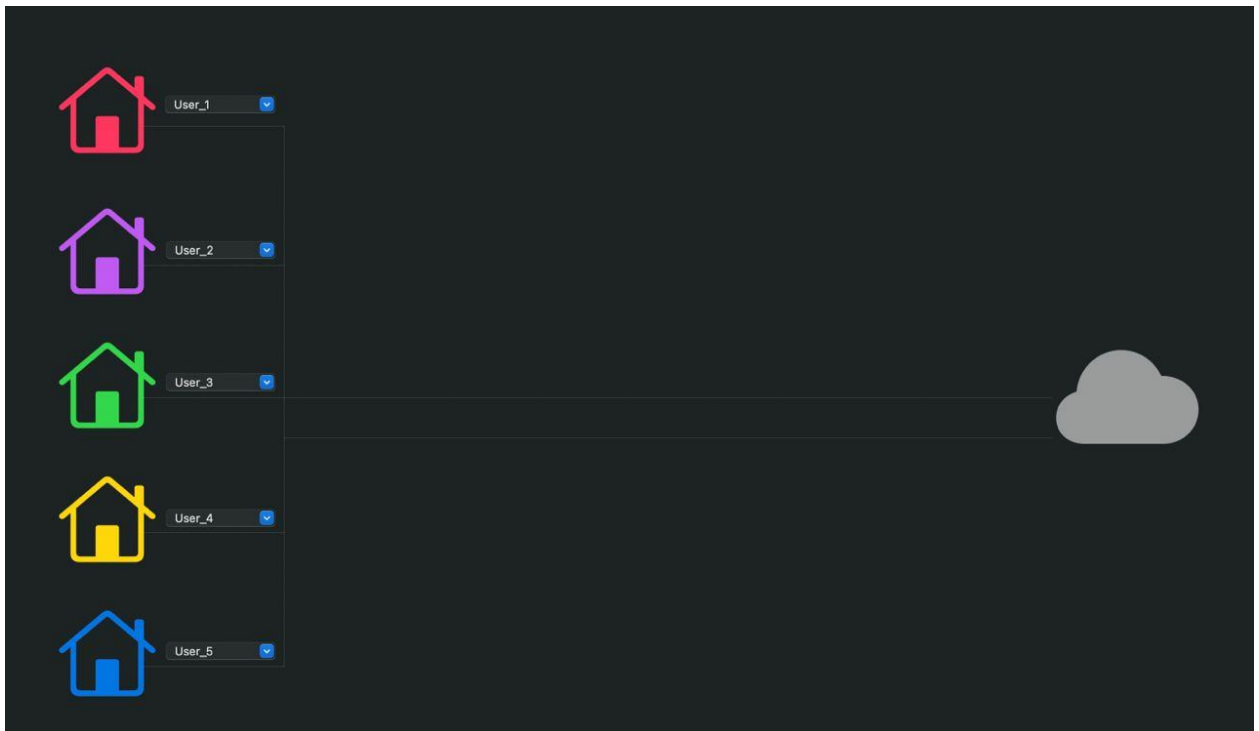


Рисунок 3.7 – Графічна ілюстрація програми

Далі потрібно пов'язати графічні елементи з кодом і реалізувати переключення на резервну лінію та здійснити перевірку стану для кожного абонента.

Перш за все потрібно пов'язати ComboBox з графічним інтерфейсом.

```
@IBOutlet var Combo1: NSComboBox!
@IBOutlet var Combo2: NSComboBox!
@IBOutlet var Combo3: NSComboBox!
@IBOutlet var Combo4: NSComboBox!
@IBOutlet var Combo5: NSComboBox!
```

Цей код показує, що в інтерфейсі є об'єкт типу NSComboBox, який позначено ім'ям Combo, і ця змінна доступна для використання в коді програми для обробки вибору користувача та взаємодії з об'єктом випадаючого списку.

Теж саме потрібно зробити також для усіх з'єднуючих ліній.

```
@IBOutlet var MainLine: NSBox!
@IBOutlet var VerticalLine: NSBox!
@IBOutlet var RezervLine: NSBox!
@IBOutlet var TheUS1Line: NSBox!
@IBOutlet var TheUS2Line: NSBox!
@IBOutlet var TheUS3Line: NSBox!
@IBOutlet var TheUS4Line: NSBox!
@IBOutlet var TheUS5Line: NSBox!
```

Цей код вказує на те, що існує підключення між кодом програми і інтерфейсом користувача, а саме, існує змінна, яка вказує на об'єкт типу `NSBox` у інтерфейсі, і ця змінна доступна для подальших операцій та маніпуляцій з коду програми.

Настпуним кроком потрібно прив'язати події, які відбуваються у `Combobox` в інтерфейсі.

```
@IBAction func Combobox1(_ sender: Any) {
}
```

Цей код показує, що існує зв'язок між подією (наприклад, вибір елементу в комбобоксі) та кодом програми через функцію `Combobox1`. Коли відбудеться відповідна подія в інтерфейсі, ця функція буде викликана, і програма може виконати певні дії відповідно до обраного елементу чи події в комбобоксі.

Далі потрібно реалізувати зміну кольору ліній в даній функції при виборі визначеного елементу зі списку. В середині функції зазначено, що при виборі режиму «Working» лінії змінюють колір на зелений, якщо обрано режим «Dying gasp» лінії змінюють колір на помаранчевий, а при виборі режиму «Los» лінії змінюють колір на червоний. Також задіяні змінні для подальшої роботи з ними. Приклад реалізації змін у коді:

```
var selectedIndex1: Int = 0
var selectedIndex2: Int = 0
var selectedIndex3: Int = 0
var selectedIndex4: Int = 0
var selectedIndex5: Int = 0
```

Демонстрація коду функції `Combobox`:

```
@IBAction func Combobox1(_ sender: Any) {
    selectedIndex1 = Combo1.indexOfSelectedItem

    if selectedIndex1 == 1 {
        TheUS1Line.fillColor = NSColor.orange
        TheUS1Line.borderColor = NSColor.orange
    } else if selectedIndex1 == 0 {
        TheUS1Line.fillColor = NSColor.green
        TheUS1Line.borderColor = NSColor.green
    } else if selectedIndex1 == 2 {
        TheUS1Line.fillColor = NSColor.red
        TheUS1Line.borderColor = NSColor.red
    }
}
```

```

    }
    Los()
}

```

У коді зазначено, що викликається також функція Los(), де залежно від обраних значень в комбобоксах (виділених selectedIndex1 до `selectedIndex5`), встановлюються відповідні кольори для графічних об'єктів. Приклад реалізації коду:

```

func Los(){
    if selectedIndex1 == 2 && selectedIndex2 == 2 && selectedIndex3 ==
2 && selectedIndex4 == 2 && selectedIndex5 == 2 {

        VerticalLine.fillColor = NSColor.red
        VerticalLine.borderColor = NSColor.red
        RezervLine.fillColor = NSColor.red
        RezervLine.borderColor = NSColor.red
        MainLine.fillColor = NSColor.gray
        MainLine.borderColor = NSColor.gray

        showAlert()

    } else if selectedIndex1 == 1 && selectedIndex2 == 1 &&
selectedIndex3 == 1 && selectedIndex4 == 1 && selectedIndex5 == 1{

        VerticalLine.fillColor = NSColor.green
        VerticalLine.borderColor = NSColor.green
        RezervLine.fillColor = NSColor.gray
        RezervLine.borderColor = NSColor.gray
        MainLine.fillColor = NSColor.green
        MainLine.borderColor = NSColor.green

    } else if selectedIndex1 != 0 && selectedIndex2 != 0 &&
selectedIndex3 != 0 && selectedIndex4 != 0 && selectedIndex5 != 0 {

        VerticalLine.fillColor = NSColor.red
        VerticalLine.borderColor = NSColor.red
        RezervLine.fillColor = NSColor.red
        RezervLine.borderColor = NSColor.red
        MainLine.fillColor = NSColor.gray
        MainLine.borderColor = NSColor.gray
        showAlert()

    } else {
        VerticalLine.fillColor = NSColor.green
        VerticalLine.borderColor = NSColor.green
    }
}

```

```

RezervLine.fillColor = NSColor.gray
RezervLine.borderColor = NSColor.gray
MainLine.fillColor = NSColor.green
MainLine.borderColor = NSColor.green
    }
}

```

В різних випадках, залежно від станів абонентів, відбувається зміна кольорів ліній графічного інтерфейсу.

Також в деяких випадках застосовується функція showAlert(), яка використовується для відображення діалогового вікна з повідомленням про обрив ліній зв'язку та викликає іншу функцію, яка відображає підтверджувальне повідомлення в разі натискання кнопки "ОК".

```

func showAlert() {
    let alert = NSAlert()
    alert.messageText = "Увага! Обрив лінії зв'язку! Усуньте цю
помилку."
    alert.alertStyle = .informational
    alert.addButton(withTitle: "ОК")
    alert.beginSheetModal(for: self.view.window!) { (response) in
        if response == .alertFirstButtonReturn {
            self.showConfirmationAlert()
        }
    }
}

```

Але, також є інша підфункція, яка викликається після натисненої кнопки «ОК» – showConfirmationAlert(), яка використовується для відображення діалогового вікна після усунення помилки та взаємодії з користувачем для підтвердження стану системи.

```

func showConfirmationAlert() {
    let confirmationAlert = NSAlert()
    confirmationAlert.messageText = "Помилка усунена?"
    confirmationAlert.alertStyle = .informational
    confirmationAlert.addButton(withTitle: "Так")
    confirmationAlert.addButton(withTitle: "Hi")
    confirmationAlert.beginSheetModal(for: self.view.window!) { (response)
in
        if response == .alertFirstButtonReturn {
            self.TheUS1Line.fillColor = NSColor.gray
            self.TheUS1Line.borderColor = NSColor.gray
            self.TheUS2Line.fillColor = NSColor.gray
            self.TheUS2Line.borderColor = NSColor.gray

```

```

self.TheUS3Line.fillColor = NSColor.gray
self.TheUS3Line.borderColor = NSColor.gray
self.TheUS4Line.fillColor = NSColor.gray
self.TheUS4Line.borderColor = NSColor.gray
self.TheUS5Line.fillColor = NSColor.gray
self.TheUS5Line.borderColor = NSColor.gray
self.RezervLine.fillColor = NSColor.gray
self.RezervLine.borderColor = NSColor.gray
self.VerticalLine.fillColor = NSColor.gray
self.VerticalLine.borderColor = NSColor.gray
} else if response == .alertSecondButtonReturn {
    self.showAlert()
}
}
}

```

В даній функції, якщо користувач натиснув "Так" (перша кнопка), то здійснюються зміни кольорів для різних об'єктів ('TheUS1Line', TheUS2Line, ..., RezervLine, VerticalLine'). Якщо користувач натиснув "Ні" (друга кнопка), то викликається функція `showAlert()`, яка вже була описана раніше.

Тепер потрібно скопіювати код за з'імітувати роботу станів ONU та перемикання у випадках обриву ВОЛЗ на резерв.

3.5 Імітаційне моделювання обриву ВОЛЗ

Для більш наочного роботоспроможності програми, проведено імітаційне моделювання різних станів ONU.

Першим проведено перевірка стану «working» у абонентів. У даному випадку абоненту коректно надається послуга і зв'язок проходить через основну лінію зв'язку.

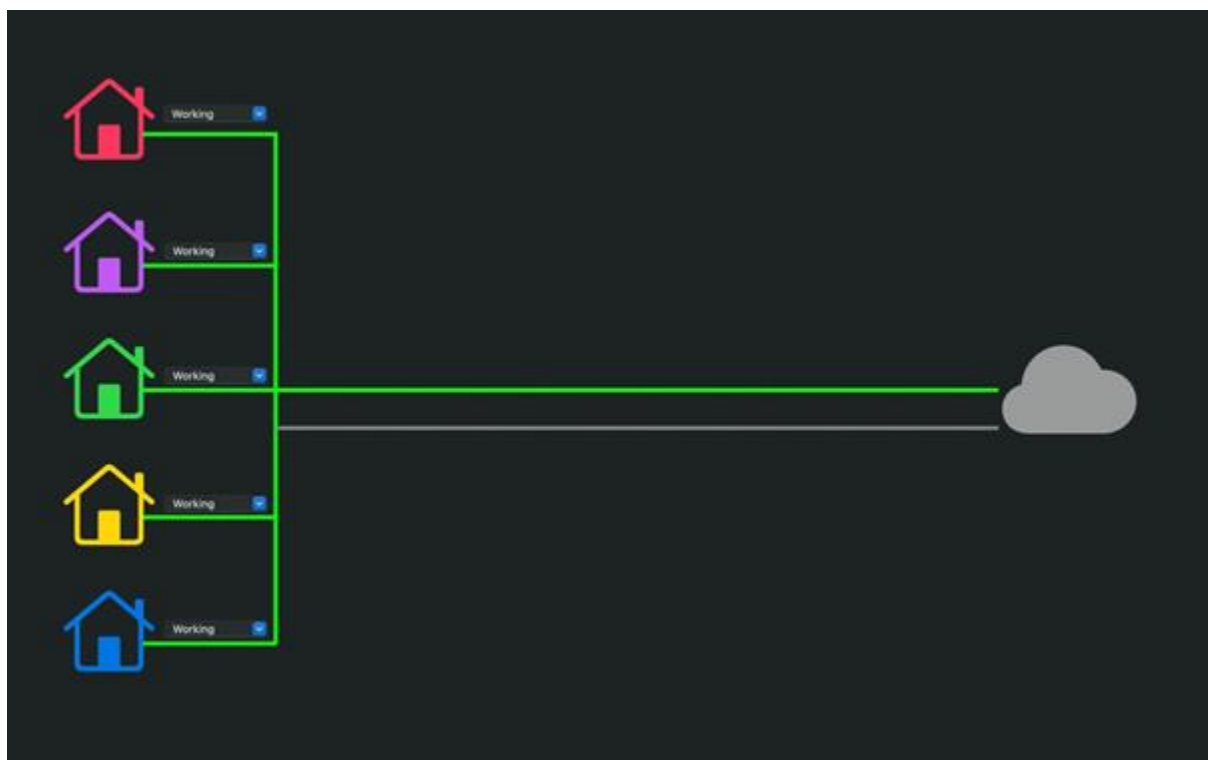


Рисунок 3.8 – Приклад імітаційного моделювання режиму ONU «working»

На рисунку 3.9 змодельована ситуація коли в абонента відбулось відключення електроживлення, про це свідчить стан «Dying gasp».

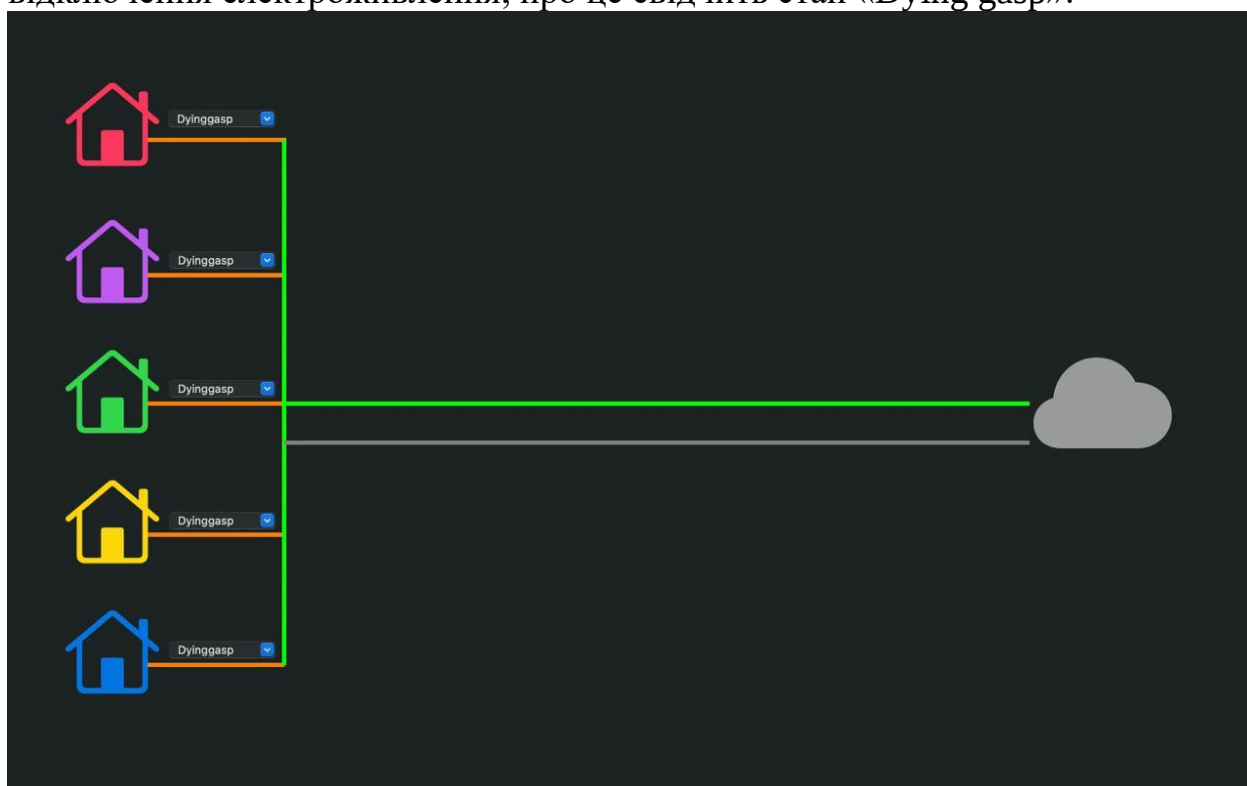


Рисунок 3.9 – Ілюстрація імітаційного моделювання режиму ONU «Dying gasp»

Останнім кроком була перевірка стану «Los», де загасання на лінії падає до критичної норми, саме в цьому випадку потрібно зробити переключення на резервну лінію зв'язку. Про це свідчить відповідне інформаційне вікно.

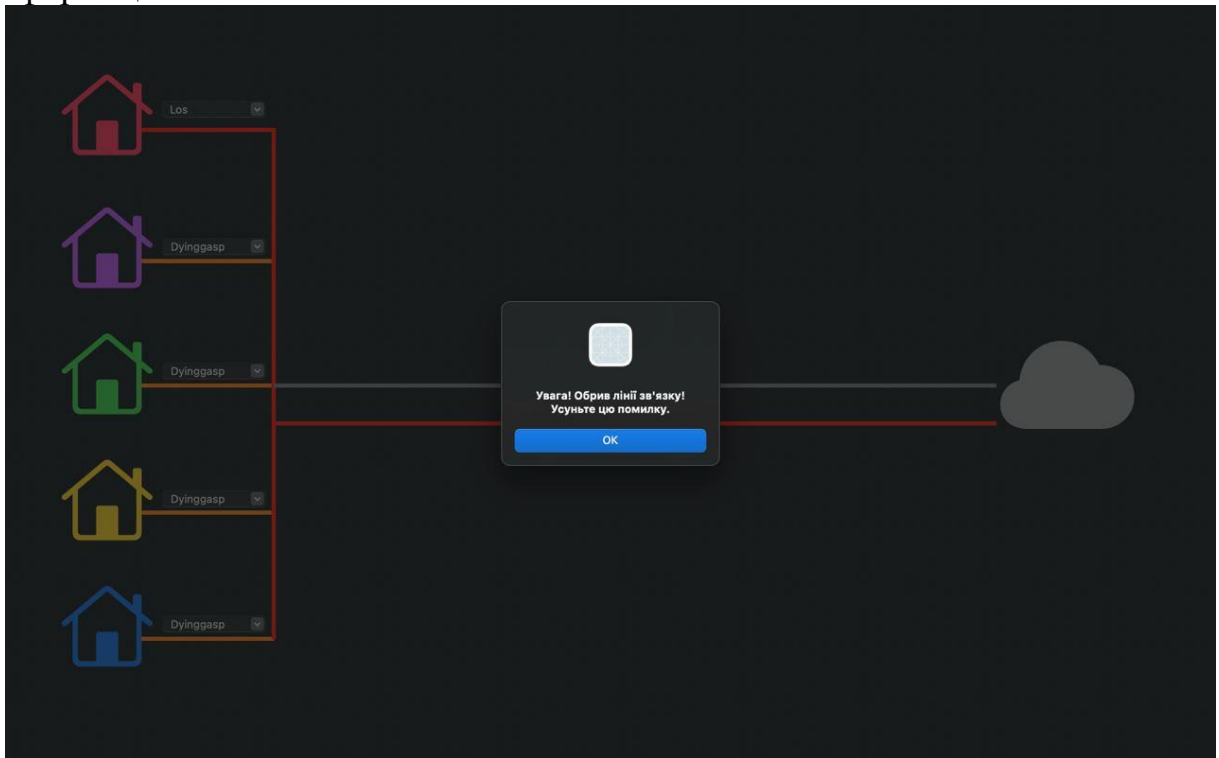


Рисунок 3.10 – Зображення імітаційного моделювання режиму ONU «Los»

Коли було натиснута кнопка «ОК», відкривається наступне вікно з вибором результату.

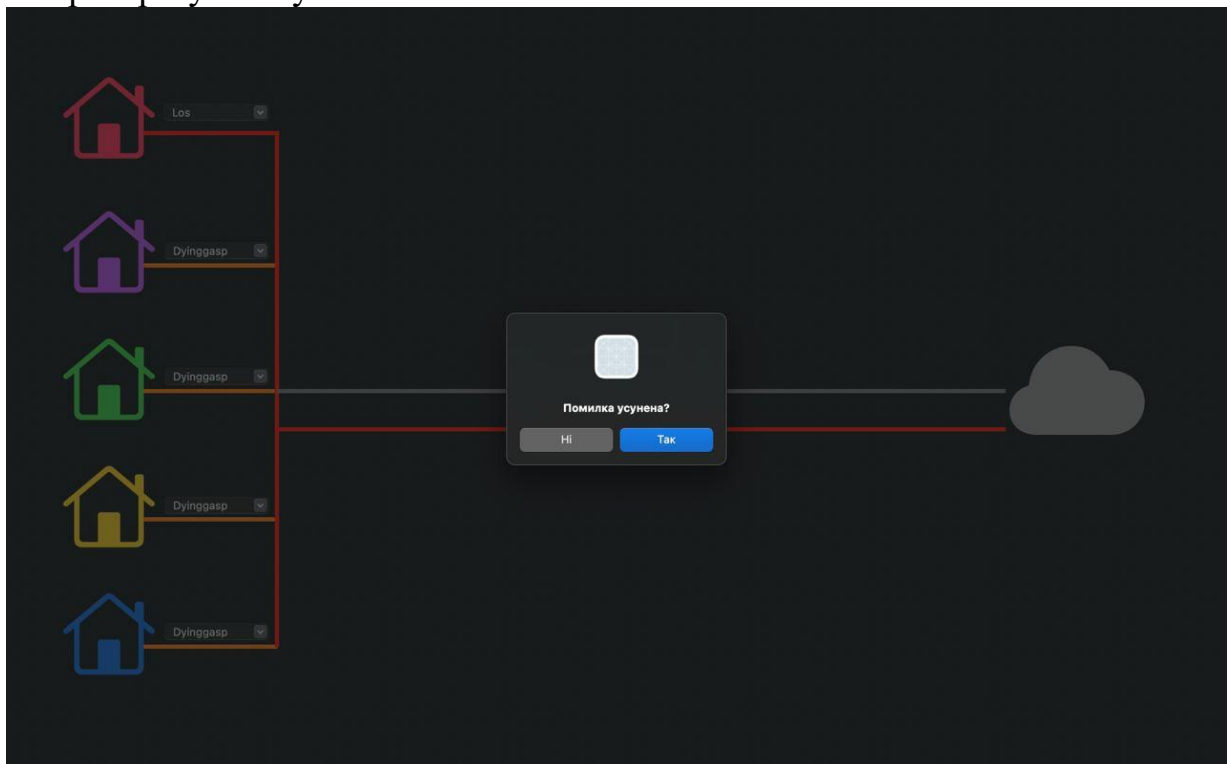


Рисунок 3.11 – Демонстрація вікна після натиснутої кнопки «ОК»

У тому випадку коли було натиснуто кнопку «Ні», знову з'являється вікно з вибором результату, так як помилка не була усунена як на рисунку 3.11. Але в тому випадку, коли було настигнута кнопка «Так», перед нами з'являється схема але вже з вимкнутими лініями, тому що, для того щоб не перемикалось автоматично на основну лінію, а потім на резервну і абонент не втрачав послугу, потрібно власноруч перемкнути стан на режим «working» (впевнитись, що у хоча б одна ONU у стані «working»).

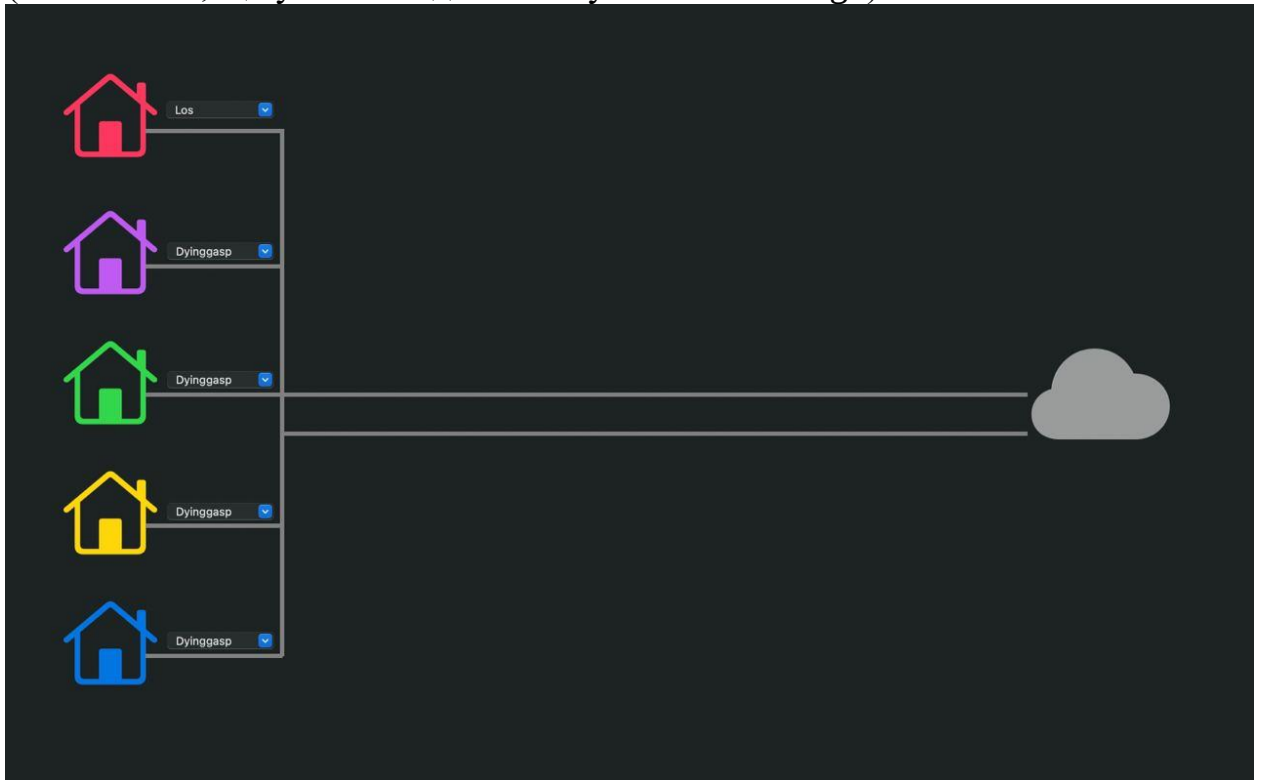


Рисунок 3.12 – Ілюстрація вигляду програми після натиснутої кнопки «Так»

В третьому розділі була описано та розглянуто застосування алгоритму прийняття рішень під час комутації ВОЛЗ. Для більшого розуміння була описана теорія прийняття рішень та розглянуті існуючі методи прийняття рішень і обраний метод імітаційного моделювання для побудування моделі програми. Був розроблений алгоритм прийняття рішень та надана блок-схема для більш наочного уявлення алгоритму роботи програми. Розроблена програма резервування ВОЛЗ GPON технології з урахуванням особливостей зміни станів режимів роботи ONU. Проведено імітаційне моделювання роботоспроможності програми, продемонстровано залежність роботи ліній зв'язку в залежності від станів ONU абонентів.

ВИСНОВКИ

В результаті написання роботи магістра, було описане та спроектоване автоматичне резервування магістральних ліній GPON технології на фізичному рівні.

В першому розділі, з метою розуміння, була описана існуюча та функціонуюча частина GPON мережі. Наведена фізична та логічна інфраструктура ISP «PRETCHER» та особливості будови інфраструктури рівня розподілу, задіяного мережевого обладнання та огляд спроектованого сегмента локальної мережі, розробленого плану прокладки оптоволоконної лінії на карті місцевості. Опис структурної схеми підземного кабельного сегменту мережі та схеми розміщення обладнання рівня доступу. Проведений огляд задіяного активного та пасивного обладнання, комутаторів, SFP модуля, застосованих оптичних коннекторів та наведена фізична топологія проєктованої мережі. Проаналізовано технології PON, а саме технології GPON, її відмінність від GEPON, щоб далі була зрозуміла існуюча проблематика при використанні технології GPON. Проведений аналіз обладнання та ринку GPON застосованої на проєктованій мережі, розглянуто модельний ряд OLT, ONU та оптичних дільників та організації топології GPON, оптичний бюджет. Розглянута рефлектограма проблемної ділянки та організація логічної взаємодії та організація сервісу, який надається абоненту, а саме технологія Q-in-Q. Описання конфігурація існуючих OLT ZTE C320 і ONU для можливості надання ETHERNET.

В другому розділі була описана та розглянута проблематика резервування ВОЛЗ ліній GPON технології, а саме її причини та наслідки. Для більш кращого розуміння представлені методи резервування в технології Ethernet, проведений аналіз її існуючих протоколів. Після чого були розглянуті існуючі методи резервування технології PON та порівняно з технологією Ethernet, де краще продемонстровано відмінності в побудові та можливостях резервування в цих двох технологіях. Після вибору методу резервування шляхом оптичної комутації, був зроблений аналіз методів та способів оптичної комутації та обраний електрооптичний перемикач для побудови резервної лінії в GPON технології.

					КНУ.РМ.123.23.18.В			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тіщенко				ВИСНОВКИ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чуюбаров							
Н.контроль	Кузнецов					KI-22M		
Затвердив	Купін							

В третьому розділі була описано та розглянуто застосування алгоритму прийняття рішень під час комутації ВОЛЗ. Для більшого розуміння була описана теорія прийняття рішень та розглянуті існуючі методи прийняття рішень і обраний метод імітаційного моделювання для побудування моделі програми. Був розроблений алгоритм прийняття рішень та надана блок-схема для більш наочного уявлення алгоритму роботи програми. Розроблена програма резервування ВОЛЗ GPON технології з урахуванням особливостей зміни станів режимів роботи ONU. Проведено імітаційне моделювання роботоспроможності програми, продемонстровано залежність роботи ліній зв'язу в залежності від станів ONU абонентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Локальні мережі на основі комутаторів: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] / В. Г. Оліфер, Н. А. Оліфер // Введення. Тенденція витіснення концентраторів і маршрутизаторів комутаторами - Режим доступу до книги: http://citforum.ru/nets/isok/glava_1.shtml
2. Зварювальні апарати для волоконно оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) : інформаційно-аналітичний матеріал [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://www.tehencom.com/Categories/Splicers/Splicers.htm>
3. Гук М. Ю. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия / Михаил Юрьевич Гук. – СПб: Издательский дом «Питер», 2000. - 576с.: ил.
4. Інформація о к компанії : (Офіційний сайт компанії Hewlett-Packard) [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до статті: <https://www8.hp.com/ua/ru/hp-information/index.html>
5. Інформація о компанії : (Офіційний сайт компанії D-Link) [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до статті: <http://www.dlink.ua/ua/node/11137>
6. Інформація о компанії : (Офіційний сайт компанії Mikrotik) [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до статті: <https://mikrotik.com/aboutus>
7. Інформація о компанії : (Офіційний сайт компанії Linksys) [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до статті: http://linksys.com.ua/about_us
8. Як вибрати SFP (SFP +) модуль : інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://lantorg.com/article/kak-vybrat-sfp-sfp-modul>
9. Технологія WDM (Bi-Directional): інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://ic-line.ua/wiki/31-wdm-cwdm-dwdm>
10. Підбір SFP модулів: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://www.dlink.ru/u/faq/61/787>
11. Інформація о компанії : (Офіційний сайт компанії OMNILINK) [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://omnilink.ua/ru/o-kompanii>
12. Інформація о компанії : (Офіційний сайт компанії OMNILINK) [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: https://www.cisco.com/c/ru_ua/about.html

					КНУ.РМ.123.23.18.СВД			
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розробив	Тіщенко							
Перевірів	Чуюбаров							
Н.контроль	Кузнецов							
Затвердив	Купін							
						Літера	Аркуш	Аркушів
						KI-22M		

13. Оптичний бюджет (енергетичний потенціал): [Електронний ресурс]
Режим доступу до статті: https://shop.nag.ru/article/optical_budget
14. Аналіз ринка кабельної продукції: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://www.klaster-plus.ua>
15. Вибір оптичних кабелів: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://nettech.ua/news/vibiraem-opticheskiy-kabel-pravilno>
16. Типи і види оптичних роз'ємів: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: https://fibertop.ru/optic_connectors.htm/
17. Вибір з'єднувальних муфт: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://cable.ru/articles/id-1452.php>
18. Вибір муфт: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://deps.ua>
19. Опис GNS3: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://elims.org.ua/blog/gns3-graficheskij-simulyator-seti-marshrutizatorov-cisco/>
20. Cisco Packet Tracer: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: https://www.cisco.com/c/ru_ua/training-events/netacad/training-courses/cisco-packet-tracer.html
21. Що таке PPPoE: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.dmosk.ru/terminus.php?object=pppoe>
22. Що таке протокол PPTP: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.expressvpn.com/ru/what-is-vpn/protocols/pptp>
23. Що таке протокол L2TP / IPsec: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.expressvpn.com/ru/what-is-vpn/protocols/l2tp>
24. Secure Socket Tunneling Protocol (SSTP): [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.thin.kiev.ua/windows/49-windows/727-sstp-vpn.html>
25. Що таке протокол OpenVPN: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.cactusvpn.com/ru/beginners-guide-to-vpn/what-is-openvpn/#definition>
26. Що таке DHCP і як він працює: інформаційно-аналітичні матеріали [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/telekommunikatsionnye-tehnologii/dhcp.html>
27. Трансляція адрес: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.comnews.ru/content/203264/2019-12-02/2019-w49/ischerpanie-ip-adresov-rossii-i-evrope-est-li-reshenie>
28. Що таке NAT: [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://wiki.merionet.ru/seti/13/nat-na-palcax-chto-eto/>

- 29.Технологія GPON. Вступ : [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://lantorg.com/article/tehnologiya-pon-chto-eto>
- 30.GPON. Його особливості. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://ipcom.ua/gpon-volokonno-optycheskaya-set>
- 31.Історія розвинення мережі GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: https://iron-harry.ua/gpon_tehnologiya.htm
- 32.Особливості технології GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: https://iron-harry.ua/gpon_tehnologiya.htm
- 33.Побудова та переваги GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://lantorg.com/article/ekonomnyj-optovolokonnyj-internet-gepon>
- 34.Ринок GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://ic-line.ua/novosti/obzor-gpon-olt-ov>
- 35.Відмінності технології GPON та GERON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://e-server.com.ua/sovety/tehnologija-gpon-gepon-ili-epon-ocheyiden-li-vybor>
- 36.PLC Сплітери. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://lantorg.com/article/kak-vybrat-splitter-delitel-dlya-pon>
- 37.Топологія пасивних мереж GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://ic-line.ua/wiki/topologiya-gepon>
- 38.Пам'ятка по розрахунку оптичного бюджету GPON. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://ic-line.ua/wiki/pon-byudget>
- 39.Q-in-Q. Що це та як працює? [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://russianblogs.com/article/7045742338/>
- 40.Selective QinQ. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://n-sistem.net/about/baza-znaniy/kommutatory/snr-/nastroyka-qinq-i-selective-qinq-na-kommutatorakh-snr>
- 41.Протокол OMCI. [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.baudcom.com.cn/ru/blog/gpon-omci>
42. Концепція паралельного та кільцевого резервування [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.cta.ru/cms/f/443112.pdf>
43. IEEE 802.1D-2004 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges [Електронний ресурс] : Режим доступу: <https://standards.ieee.org/ieee/802.1D/3387/>
44. Концепція паралельного та кільцевого резервування [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <https://www.cta.ru/articles/obzory/promyshlennye-seti/124787/>
45. Протоколи резервирования МЭК 62439-3 HSR/PRP [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ipc2u.ru/>
46. Пасивні оптичні мережі. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://t8.ru/wp-content/uploads/2012/01/24.pdf>
- 47.Пасивні оптичні мережі XPON. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2672.pdf>

48. Огляд волоконно-оптичних перемикачів. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ritm-magazine.com/ru/public/obzor-volokonno-opticheskikh-pereklyuchateley>
49. Основи прийняття рішень і ситуаційного моделювання [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ideafix.name/wp-content/uploads/stuff/SYSAN/13.pdf>
50. Огляд методу імітаційного моделювання [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://technology.snauka.ru/2017/05/13530>
51. Налаштування обладнання [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://nastroisam.ru/indikator-los-migaet-krasnym-na-routere-prichiny-i-reshenie/>
52. Імітаційне моделювання систем: що це таке і де використовується [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://sapr-soft.ru/stati/imitacionnoe-modelirovanie-sistem-chto-eto-takoe-i-gde-ispolzuetsya>