ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА МОБІЛЬНИХ ТА ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методи побудови телекомунікаційних мереж з використанням технології NG-PON2»

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

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



Василь ЧОРНОМАЗ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-61
Василь ЧОРНОМАЗ

Керівник: Наталія РУДЕНКО

Рецензент: В. Василенко

Київ – 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Чорномазу Василю Богдановичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Методи побудови телекомунікаційних мереж з використанням технології NG-PON2», керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО, к.т.н., доцент, затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 19.10.2023 р. №145.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 25.12.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
   1. Телекомунікаційні системи та мережі
   2. Оптичні мережі
   3. Дослідження мережі NG PON2
   4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Телекомунікаційні системи та мережі
2. Аналіз оптичних мереж
3. Проектування мережі на основі NG PON2

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	23.10.2023	Виконано
2	Огляд та аналіз шляхів розв'язання проблем роботи	03.11.2023	Виконано
3	Телекомунікаційні системи та мережі	21.11.2023	Виконано
4	Аналіз оптичних мереж	27.11.2023	Виконано
5	Побудова мережі на основі NG-PON2 для ЖК "Ярославичі"	30.11.2023	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2023	Виконано
7	Висновки, вступ, реферат	08.12.2023	Виконано
8	Презентація	17.12.2023	Виконано

Здобувач вищої освіти Василь ЧОРНОМАЗ

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи: 80 с., 7 табл., 32 рис., 20 посилань.

Об`єкт дослідження - технологія NG PON2 та основні елементи структури пасивної оптичної мережі.

Предмет дослідження - особливості будівництва NG PON2 мережі.

Мета роботи - побудова оптичної мережі доступу на базі технології NG PON2 на прикладі конкретного населеного пункту.

Методи дослідження - моделювання діючої NG PON2 мережі та порівняння з іншими PON технологіями.

В даній роботі було розглянуто загальний принцип побудови оптоволоконних мереж широкосмугового доступу, проведено аналіз оптичних мереж доступу, дослідження мережі NG PON2.

Висвітлено основні переваги та недоліки широкосмугового оптоволоконного доступу, визначено які мережі будуть найбільш оптимальними в конкретних випадках, ефективні та економічні.

Проведено порівняння мереж доступу GPON та NG PON2 та надано рекомендації по впровадженню нових технологій без шкоди для існуючих послуг і доходів, переваги використання в телекомунікаційних мережах новітніх технологій та розглянуто питання сумісності новітніх мереж з існуючими мережами доступу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ, ОПТОВОЛОКОНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ, ОПТИЧНЕ ВОЛОКНО, ПАСИВНІ ТА АКТИВНІ, ОПТИЧНІ МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЯ NG-PON2.

ABSTRACT

Text part of the bachelor's thesis: 80 pages, 7 tables, 33 figures, 20 sources.

Object of research - NG PON2 technology and basic elements passive optical network structure.

Subject of research - features of construction of NG PON2 network.

The purpose of the work is to build an optical access network based on NG PON2 technology on the example of a specific settlement.

Research methods - modeling of the existing NG PON2 network and comparison with other PON technologies.

In this thesis the general principle of construction of fiber-optic networks of broadband access was considered, the analysis of optical access networks, research of NG PON2 network was carried out.

The main advantages and disadvantages of broadband fiber access are highlighted, which networks will be the most optimal in specific cases, efficient and economical.

The GPON and NG PON2 access networks are compared and recommendations are given on the introduction of new technologies without compromising existing services and revenues, the benefits of using the latest technologies in telecommunications networks and the compatibility of new networks with existing access networks.

TELECOMMUNICATIONS NETWORKS, OPTICAL FIBER OF THE COMMUNICATION LINE, OPTICAL FIBER, PASSIVE AND ACTIVE OPTICAL NETWORKS, NG-PON2.

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Чорномаза Василя Богдановича

на тему: «Методи побудови телекомунікаційних мереж з використанням технології NG-PON2»

Актуальність:

Технологія PON (пасивна оптична мережа) використовується для збільшення економічної ефективності оптичних мереж. Вона складається лише з пасивних елементів, яким не потрібне електричне живлення та має більш низьку вартість порівняно з іншими технологіями. Впровадження та розробка таких систем має велике значення, тому що підвищує економічність та ефективність використання оптоволоконних мереж зв'язку.

Позитивні сторони:

1. Автором проведено детальний аналіз предметної області, наведено переваги та недоліки використання даної технології.
2. Має практичну реалізацію.
3. Кваліфікаційна робота виконана у відповідності до поставленого завдання, матеріал викладено логічно і послідовно. Текст кожного розділу роботи супроводжується рисунками, що наочно пояснюють розглянутий матеріал.

Недоліки:

1. В роботі реалізовані поставлені задачі, але не достатньо повно описано вибір запропонованого обладнання для реалізації проекту.
2. Не представлений вартісний розрахунок реалізації даного проекту.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре», а здобувач ЧОРНОМАЗ Василь Богданович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: канд. техн. наук В. Васильєв

(науковий ступінь, вчене звання) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Чорномаз В.Б. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

на тему: Методи побудови телекомунікаційних мереж з використанням технології NG-PON2

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Чорномаз Василь Богданович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти технологіями нового покоління, вміло працювати з програмно-апаратними засобами мобільного зв'язку, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу Чорномаза Василя Богдановича на оцінку «добре» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

" " _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Чорномаз В.Б.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
Мобільних та відеоінформаційних технологій _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

" " _____ 2023 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 9

ВСТУП 10

1 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ 12

1.1 Аналіз телекомунікаційних систем та мереж 12

1.2 Значення інтернету в сучасному житті 19

1.3 Широкосмуговий доступ до інтернету 21

2 АНАЛІЗ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ 27

2.1 Оптичне волокно 27

2.3 Дослідження пасивних оптичних мереж 35

2.4 Стандарти PON 39

2.5 Еволюція від GPON до NG-PON 2 44

3 ПОБУДОВА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ NG-PON 2 ДЛЯ ЖК «ЯРОСЛАВИЧІ», М. ВИШГОРОД, ВУЛ. КУРГУЗОВА 1А 48

3.1 Опис району для побудови мережі 48

3.2 Проведення пошукових робіт 51

3.3 Вибір та опис обладнання для проектування мережі 55

3.4 Проектування магістральної та розподільної мережі 65

3.5 Розрахунок оптичного бюджету 74

ВИСНОВКИ 80

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 81

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ 83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

FTTB - Fiber to the Building - Волокно до будинку;

FTTC - Fiber to the Curb - Волокно до мікрорайону, кварталу або групи будинків;

FTTH - Fiber to the Home - Волокно до будинку (квартири);

FTTN - Fiber to the Node - Волокно до мережного вузла;

FTTx - Fiber to the x - Волокно до x;

OLT - Optical Line Terminal - Оптичний лінійний термінал;

ONT - Optical Network Terminal - Оптичний мережний термінал;

AON – Active Optical Networking – Активна оптична мережа;

PON - Passive Optical Networking - Пасивна оптична мережа;

NG PON2 – Next Generation Passive Optical Network2 – Пасивна оптична мережа нового покоління 2;

TDMA - Time Division Multiple Access - Множинний доступ з часовим розподілом;

WDM - Wavelength-division multiplexing - Хвильове спектральне мультиплексування;

IP - Internet Protocol – Ідентифікатор мережового рівня;

ВОК - Волоконно-оптичний кабель;

ВОЛЗ - Волоконно-оптична лінія зв'язку;

ОВ - Оптичне волокно;

ОК – Оптичний кабель;

ЦАТС – Центральна автоматична телефонна станція;

ВОСП – Волоконно-оптична система передачі.

ВСТУП

Життя кожної людини важко уявити без телекомунікаційних мереж. Інтернет міцно зайшов у кожен дім, у кожне життя. З його допомогою завжди можна знайти необхідну інформацію, зробити важливий дзвінок, сплатити за потрібні послуги чи товари. Завдяки соцмережам люди отримали можливість спілкуватися з різних куточків світу. З'явилося багато можливостей у багатьох сферах життя. Тому постійно виникає потреба в удосконаленні та покращенні якості зв'язку.

Розвиток інтернету став можливим завдяки швидкому поширенню оптичних ліній зв'язку між користувачами мережі. Розповсюдження оптоволоконних кабелів дало можливість істотно покращити якість обслуговування абонентів телекомунікаційних мереж та надавати їм більш сучасні послуги.

На сьогоднішній день оптичне волокно за рахунок своєї практично необмеженої пропускної здатності є основним середовищем для передачі голосу й даних у інфокомунікаційних мережах. Бурхливий розвиток інтернету став можливим також за рахунок розповсюдження високошвидкісних оптичних ліній зв'язку між вузлами інтернет мережі. Використання волоконно-оптичних кабелів дозволило істотно збільшити якість обслуговування клієнтів телекомунікаційних мереж і запропонувати їм нові послуги. Першочергово, перехід на оптику відбувся в секторі мереж для бізнесу, як наслідок з'явилися віртуальні офіси, компанії з розподіленою структурою, загальні корпоративні бази даних у хмарних сховищах, віддалені робочі місця, й т.д. Все це стало можливо за рахунок швидкісного каналу передачі даних, що був організований по оптичному кабелю.

Хоча волоконно-оптичні лінії не мають значних обмежень у пропускній спроможності каналів, існує одна перешкода, що ускладнює, їхнє активне впровадження у приватний сектор і в малий бізнес - це висока вартість підключення окремого абонента. Адже чим більша кількість підключень типу «точка-точка» (найпростіший варіант реалізації підключення абонента), тим більше потрібно активних і пасивних компонентів, волоконно-оптичних кабелів з великою кількістю волокон. Вартість будівництва й експлуатації такої мережі буде занадто високою. Для вирішення таких питань та підвищення економічної ефективності оптичних мереж доступу активно впроваджується технологія PON (Passive Optical Network).

Технологія PON (пасивна оптична мережа) використовується для збільшення економічної ефективності оптичних мереж. Вона складається лише з пасивних елементів, яким не потрібне електричне живлення та має більш низьку вартість порівняно з іншими технологіями. Впровадження та розробка таких систем має велике значення, тому що підвищує економічність та ефективність використання оптоволоконних мереж зв'язку.

Дана робота присвячена вивченню мереж доступу на основі технологій PON і NG-PON2, дослідженню їх переваг та недоліків. Аналіз та удосконалення даних мереж доступу дасть великий прогрес у телекомунікаціях. Впровадження нових пасивних мереж доступу повинно бути ефективним, надійним та досить гнучким по пропускній спроможності і по споживаній потужності. Отже, стандарт NG-PON2 покликаний стати мультисервісною інфраструктурою.

1 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

1.1 Аналіз телекомунікаційних систем та мереж

Телекомунікаційні мережі - це сукупність засобів, які забезпечують пересилку інформації між двома кінцевими пристроями. Телекомунікаційні мережі складаються з : мережевого обладнання, яке включає в себе кінцеві пристрої; комунікаційне обладнання (дротове, чи бездротове, середовище передачі інформації, а також проміжні пристрої (модеми, мережеві адаптери,комутатори та ін.) та кошти для підтримки функціонування мережі.

У телекомунікаційній мережі необхідно мати широкий вибір програмного забезпечення. Потрібні стандартні набори комунікаційних протоколів, що встановлюють правила взаємодії мережевих пристроїв.

Розвиток інтернету, у тому числі створення нових послуг зв'язку, сприяє зростанню трафіку, що передається по мережам, і змушує провайдерів шукати способи підвищення пропускної спроможності транспортних мереж. Для прийняття рішення зараз, вони мають брати до уваги різноманітні потреби абонентів, потенціал подальшого розвитку мережі та її економіки.

Телекомунікаційні системи та мережі розділюють за призначенням, принципом побудови, приналежністю, видами комутації, характером топології тощо. Зупинимось досконаліше на роподілі мережі по характеру топології. Ці мережі поділяють на: повнозв'язні (мережі, де кожний вузол мережі пов'язаний з усіма іншими вузлами) та неповнозв'язні. Повнозв'язана мережа має велику кількість вузлів і вимагає дуже багато каналів зв'язку. Тому її складно реалізувати через досить високу вартість та технічні труднощі. Через це більшість мереж є неповнозв'язними. При певній кількості вузлів у неповнозв'язній мережі існує безліч можливих варіантів з'єднання вузлів, але,

незважаючи на це, використовують кілька основних схем з'єднання вузлів мережі (тобто, топологій).

Відповідно до топологій, мережі поділяють на наступні типи:

1)Топологія типу «зірка».

В даній мережі зв'язку (Рисунок 1.1.) пропускну здатність мережі визначає продуктивність центрального вузла. Внаслідок порушення роботи центрального вузла буде порушуватись робота всієї мережі. Колізії даних внаслідок поломки не виникатиме. Кабелі в даній топології мають достатньо просте з'єднання - кожна робоча станція окремо пов'язана з вузлом. Витрати на прокладання кабеля в даному випадку досить високі. І витрати ще більше зростають, коли центральний вузол розташований далеко від центру топології. У випадку розповсюдження мережі проведений кабель не може більше використовуватись. Від центру мережі до нової точки потрібно буде прокладати окремий кабель. Із всіх відомих нам топологій дана топологія (зірка) має саму велику швидкодію. Передача інформації між робочими станціями в цьому випадку відбувається через центральний вузол по окремим лініям, які використовують тільки дані робочі станції.

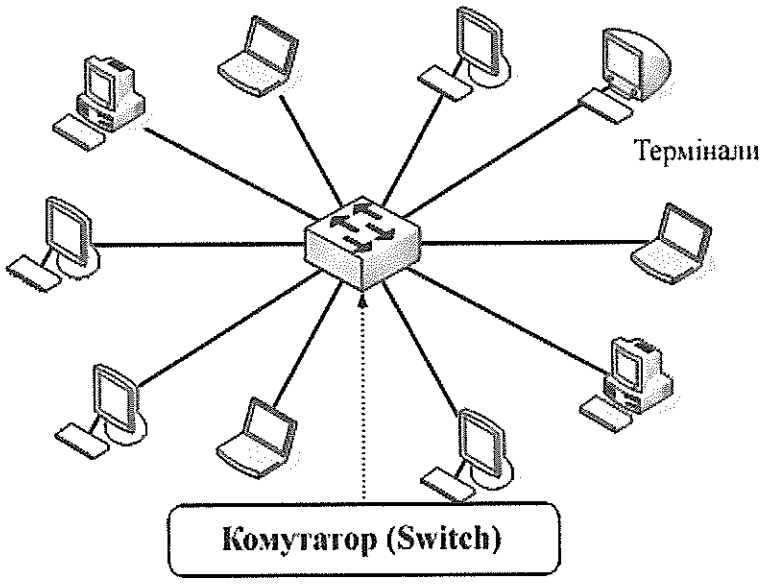


Рис. 1.1. Топологія мережі у вигляді зірка

2) Кільцева топологія.

У випадках кільцевої топології робочі станції зв'язані одна з одною по колу. Отже, перша робоча станція з другою станцією,третя робоча станція з четвертою станцією і т.д. Остання робоча станція зв'язана з першою. Комунікаційний зв'язок створює кільце (Рисунок 1.2.).

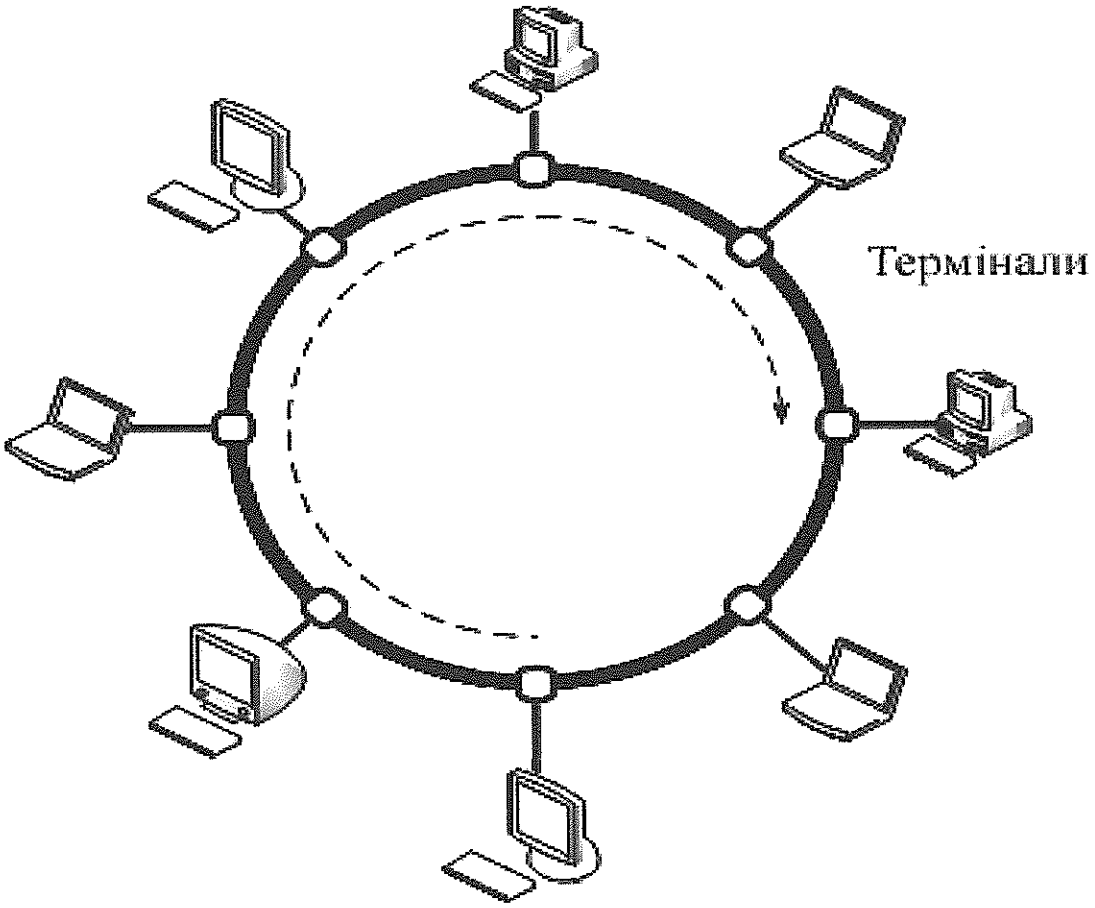


Рис. 1.2. Кільцева топологія мережі

Прокладання кабелів від однієї робочої станції до другої станції зазвичай досить складний і вартісний процес, особливо, коли робочі станції розташовуються на далекій відстані від кільця (напр. лінією). Повідомлення надходять по колу регулярно. Робоча станція отримує з кільця запит, а потім розсилає за кінцевою адресою інформацію. Пересилка повідомлень відбувається ефективно, тому що більшість повідомлень надсилається кабельною системою один за одним. Зробити кільцевий запит на всі станції

також досить просто. Швидкість передачі інформації збільшується пропорційно до кількості робочих станцій, які входять в мережу зв'язку. Однією із проблем організації кільцевої топології є те, що кожна робоча станція повинна брати активну участь у пересилці інформації. Отже, у випадку несправності хоча б якоїсь із робочих станцій вся мережа паралізується. Окрім того, можливі поломки в кабельних з'єднаннях легко локалізувати. Підключення нових робочих станцій потребує короткого швидкого вимкнення мережі, під час монтажу кільце повинне бути розімкнутим.

Логічна кільцева мережа – це спеціальна форма кільцевої топології . Монтаж логічної мережі проходить як з'єднання між собою зіркових топологій. Окремі зірки включатимуться за допомогою спеціальних комутаторів. В логічній мережі, в залежності від довжини кабелю та кількості робочих станцій використовують активні чи пасивні концентратори. Активний концентратор додатково містить в собі підсилювач, завдки якому може бути підключено 4-16 робочих станцій. Пасивний концентратор це виключно пристрій-розгалужувач, максимум на три станції. Управління логічною кільцевою мережею відбувається так само, як і звичайною кільцевою мережею. Кожній робочій станції присвоюється своя адреса, за якою передається управління від вищого до нижчого. Розірвання з'єднання відбувається тільки для нижчого вузла мережі, так що збалансована робота всієї мережі може порушуватися досить рідко.

3)Шинна топологія.

За умов шинної топології (Рисунок 1.3.) середовище передачі інформації представляється у формі комунікаційного шляху, доступного для всіх робочих станцій. До нього всі вони мають бути підключені. Всі робочі станції можуть вступати в контакт із будь-якою робочою станцією, яка є в мережі.

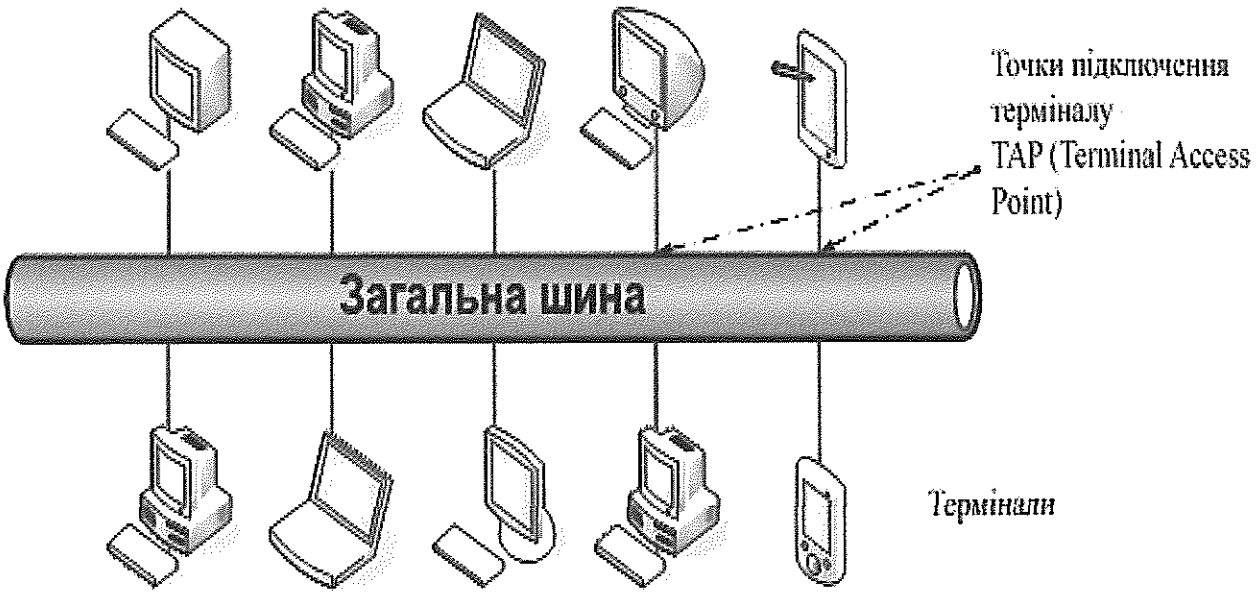


Рис. 1.3. Шинна топологія мережі

Робочі станції без зупинки роботи цілої мережі, можуть бути підключені до неї чи відключені. Робота цієї мережі зв'язку не залежить від функціонування окремої робочої станції. В стандартних ситуаціях для шинної мережі зазвичай використовують тонкий кабель із трійником. Підключення і вимикання такої мережі вимагає розриву шини, що викликає збій системи і порушення циркуляції потоку інформації. Новинки сучасних технологій пропонують спеціальні штепсельні коробки, через які можна вимкнути чи вмикнути робочі станції під час роботи мережі.

При прямій передачі інформації в мережах зв'язку завжди може існувати лише одна станція, яка передає дані. Щоб запобігти колізіям у більшості випадків застосовують часовий метод розподілу. Згідно цього розподілу для кожної підключеної станції в певний час надається пріоритетне право використовувати канал передачі. Вимоги до пропускної здатності мережі при підвищеному навантаженні знижуються, наприклад, при підключенні нових робочих станцій. Робочі станції приєднуються до шини за допомогою пристроїв - точок підключення терміналу TAP (Terminal Access Point), який являє собою спеціальний тип приєднання до коаксіального кабелю.

В мережах, де використовують широкосмугову передачу інформації робочі станції отримують частоту, на якій ці станції зможуть відправляти та одержувати інформацію. Передана інформація модулюється на певних частотах, між середовищем передачі даних та робочими станціями знаходяться модеми для модуляції й демодуляції. Технологія широкосмугових повідомлень дозволяє одночасно пересилати в комунікаційному середовищі великий обсяг інформації. Для майбутнього розвитку дискретного транспортування інформації не важливо, яка первісні дані були подані в модем, тому що вони все рівно будуть перетворені. Порівняльну характеристику різних топологій мереж зв'язку наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Порівняльна характеристика різних мережних топологій

Характеристика	Топологія		
	Зірка	Кільце	Шина
Вартість розширення	Незначна	Середня	Середня
Приєднання абонентів	Пасивне	Активне	Пасивне
Захист від відмов	Незначний	Незначний	Високий
Розмір мережі	Будь-який	Будь-який	Обмежений
Захист від прослуховування	Добрий	Добрий	Незначний
Вартість підключення	Незначна	Незначна	Висока
Розведення кабелю	Добре	Задовільне	Добре
Обслуговування	Дуже добре	Середнє	Середнє

4) Деревоподібна структура мережі.

Поряд з відомими топологіями- кільце, зірка та шина - на практиці використовують і комбіновану. Наприклад, деревоподібна структура мережі (Рисунок 1.4). Вона створюється у вигляді комбінацій інших топологій мереж. Основа дерева розташовується в точці (корінь), в ній збираються лінії зв'язку (гілки дерева). Мережі з деревоподібною структурою застосовують там, де неможливо застосовувати базові мережні структури у чистому вигляді.

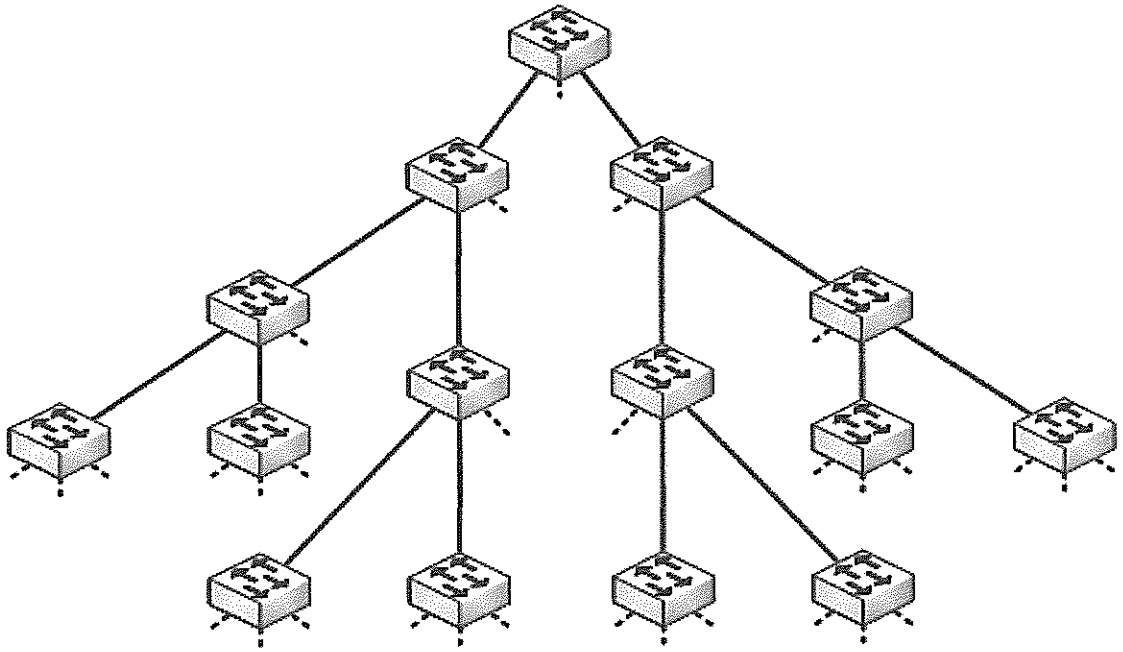


Рис. 1.4. Деревоподібна структура мережі

Якщо потрібно підключити велику кількість робочих станцій зазвичай викоростовують мережеві підсилювачі та комутатори. Мережевий комутатор, який може одночасно виконувати функції підсилювача - це активний концентратор. Використовують два основні види комутаторів. Перший забезпечує підключення восьми ліній а другий підключення шістнадцяти ліній. Прилад, до якого можна підключити максимально три робочі станції - це пасивний концентратор, його в більшості випадків використовують як розгалужувач. Йому не потрібен підсилювач. Основна умова для під'єднання пасивного концентратора це відстань між станціями. Максимальна відстань

від однієї робочої станції до іншої повинна бути не більше кілька десятків метрів. Багато мереж також бувають змішаної топології, це коли окремі частини мережі мають різну топологію.[12]

1.2 Значення інтернету в сучасному житті

Важливого значення в нашому житті все далі більше набувають інформаційні технології, відеозв'язок, мобільний зв'язок, телебачення. Особливу роль відіграють дротові та бездротові мережі інтернету. Інтернет є важливим джерелом інформації , універсальним середовищем для навчання, спілкування та розваг. Щодня збільшується кількість користувачів інтернетом, збільшуються і вимоги до його швидкості та якості передачі. Його роль в суспільстві беззаперечна, він має багато переваг, але він також має недоліки. Однією з важливих характеристик інтернету є можливість швидкого пошуку необхідної інформації. Цією інформацією користуються школярі, студенти, вчені, різні фахівці народного господарства, прості люди, яким потрібна будь-яка інформація. За допомогою інтернету можна вийти на звя'зок у будь-якій точці світу. Можна пересилати різні документи, фото, аудіо та відеозаписи, за лічені секунди отримувати пошту. В інтернеті існує безліч сайтів та платформ, де можна зробити різні покупки. Оплатити їх також можна онлайн, замовити доставку в потрібне місце. Тобто, можна, не виходячи з дому, вести активне життя. Інтернет у житті людини це і розваги, і реальне робоче місце. Вже нікого не дивує поняття віддалена робота, інтернет-підприємець, мережевий маркетинг і т.д. На жаль слід зазначити і деякі недоліки Інтернету: надмірне використання комп'ютера має негативний вплив на організм; захоплення віртуальним світом та перевага інтернету над реальністю сприяє виникненню

залежності; заміна живого спілкування може зруйнувати відносини. Тому зайве використання інтернету слід обмежити. Але в рамках розумного використання це незамінний помічник в житті кожної людини.

Інтернет (від анг. Internet) - міжнародна комп'ютерна мережа - всесвітня система з'єднаних комп'ютерних мереж, основана на комплекті Інтернет-протоколів. Його іще називають мережею мереж, тому що він складається з мільйонів локальних ,глобальних, ділових, побутових та інших мереж, пов'язаних між собою використанням різних дротових, оптичних та бездротових технологій. Міжмережжя становить основу для розміщення великої кількості інформаційних ресурсів та послуг, таких як взаємопов'язані гіпертекстові документи Всесвітнього павутиння та електронна пошта.

Основні принципи інтернету:

Інтернет складається з багатьох мільйонів корпоративних, урядових, наукових та домашніх мереж. Об'єднання різнорідних за архітектурою мереж стало можливо завдяки протоколу IP (анг. Internet Protocol) та завдяки принципу маршрутизації пакетів даних. Протокол IP був створений агностичним відносно фізичних каналів зв'язку. Отже, будь-яка мережа передавання цифрових даних може передавати інтернет трафік. На стиках мереж спеціальні маршрутизатори працюють над сортуванням і перенаправленням пакетів даних, базуючись на IP-адресах одержувачів цих пакетів. Протокол IP утворює єдиний адресний простір у масштабах всього світу, але в кожній окремо взятій мережі може існувати свій власний адресний підпростір. Така організація IP-адресу дозволяє маршрутизаторам однозначно визначати подальший напрямок для кожного пакету даних. У підсумку, між різними мережами Інтернету не виникає конфліктів і дані без перешкод передаються від мережі до мережі по всій планеті. [9]

Сам протокол IP був створений всередині організації IETF (анг. Internet Engineering Task Force, Task force) Тобто, команда спеціалістів була зібрана вирішити певне завдання. IETF та її робочі групи до цих пір забезпечують розвиток протоколів Всесвітньої мережі. Вона відкрита для широкої участі та обговорень.

Протоколи інтернету:

Протокол - спосіб взаємодії, обмін різною інформацією між комп'ютерами, що працюють у мережі. Щоб різні комп'ютери могли разом працювати, вони повинні використовувати однакові протоколи. Сукупність цих протоколів називають стеком протоколів TCP/IP.

В таблиці 1.2 в алфавітному порядку показано поширені мережеві протоколи відповідно до моделі OSI.

Таблиця 1.2.

Мережеві протоколи відповідно до моделі OSI

На прикладному рівні	На сеансовому рівні	На транспортному рівні	На мережевому рівні	На канальному рівні
DNS	SSL	TCP	BGP	Ethernet
FTP	TLS	UDP	ICMP	Frame relay
HTTP			IGMP	HDLC
HTTPS			IP	PPP
IMAP			OSPF	SLIP
LDAP			RIP	
POP3			EIGRP	
SMTP			IS-IS	
SSH				
Telnet				
XMPP (Jabber)				

Існує ціла група нестандартних але досить поширених протоколів. Це протоколи децентралізованого обміну файлами та текстовими повідомленнями. На багатьох із них побудовано великі файлообмінні мережі. Це такі протоколи: OSCAR, CDDB[en], eDonkey, BitTorrent, Gnutella, Skype. Інтернет надає наступні основні види послуг: новини; e-mail - електронна пошта; поштова розсилка; доступ до файлів на віддалених комп'ютерах; сеанси зв'язку з іншими комп'ютерами,що під'єднані до інтернету; пошук інформації в базі даних; спілкування з іншими користувачами, використовуючи сервіс інтернет чату; доступ до інформаційної системи World Wide Web.

З додаткових послуг можна виділити: радіоінтернет; розмовний конференційний зв'язок; широка передача мультимедіа; безпечні угоди; відео-конференційний зв'язок; бездротове з'єднання.

1.3 Широкосмуговий доступ до інтернету

Кожного року все більш росте потреба в розвитку мереж доступу з можливістю надання абоненту широкосмугового каналу зв'язку. Зв'язано це зі швидким зростанням вимог пропускної здатності мереж зв'язку, спричинений появою нових широкосмугових послуг. Сюди відносяться послуги для бізнесу (тобто віддалена робота, телемедицина і т.д.) і розважальні послуги (відео, цифрове мовлення, ігри і т.д). Використовувані в даний час технології не можуть надати економічно вигідного та ефективного рішення для задоволення зростаючих потреб. Тому активно починають використовуватись не зовсім звичні але досить ефективні технології.

Широкосмуговий зв'язок - це термін, який широко використовується для характеристики будь-якої форми високошвидкісного інтернет-з'єднання, яке завжди ввімкнене і може одночасно передавати дані кількома каналами.

Широкосмугові з'єднання з інтернетом мають переваги над класичним методом комутованого доступу, який потрібно було активувати вручну і який обмежувався виконанням одного завдання за один раз.

На сьогодні виділяють такі послуги ШСД в Україні:

1) xDSL - мідні лінії зв'язку;

xDSL - це сімейство технологій, які можуть відчутно збільшити пропускну спроможність телефонної лініїі шляхом ефективного використання лінійних кодів та різних варіантів корегування спотворень лінії, базуючись на сучасних досягненнях мікроелектроніки та сучасних методах цифрової обробки сигналу. Основним принципом побудови сімейства DSL є використання передачі даних мідними проводами, які спочатку були використані для підключення абонентів до АТС. В слові xDSL символ "x" використовують для позначки першого символу в назві певної технології, а DSL значить - цифрова абонентська лінія DSL. Технологія xDSL дозволяє передавати інформацію зі швидкістю, що значно перевищує доступні найкращим аналоговим та цифровим модемам швидкості.В попередніх технологіях використання мідних телефонних ліній потрібно було ручне налаштування при підключенні мережі.

Системи xDSL не потребують вже ручного налаштування при встановленні. Модем автоматично проводить аналіз лінії та налаштовує з'єднання за секунди.Потім цей процес продовжується і під час з'єднання, тому що модем компенсує зміни, що відбуваються в лінії.

Ці технології підтримують високошвидкісну передачу даних та відеосигналів, передачу голосу. Вони створюють значні переваги для користувачів. Велика кількість технологій xDSL дозволяє поєднувати високошвидкісну передачу даних та передачу голосу по одній мідній парі.

Технології xDSL розроблялися, щоб працювати на вже підключених телефонних лініях. Потрібно було, щоб це не заважало роботі різного обладнання користувача, наприклад,телефонний апарат, факс та ін. Також вони повинні були забезпечувати постійне підключення користувача до мережі. Широке розповсюдження технологій xDSL мало супроводжуватися певним перерозподілом роботи постачальників послуг, як інтернету так і телефонних мереж. Важливою умовою було те, що їх обладнання повинно працювати спільно.

Деякі сучасні технології xDSL є досить оригінальними розробками, декі є просто теоретичними моделями. В той же час деякі із цих технологій вже стали широко використовуваними стандартами. Основною різницею даних технологій є метод модуляції, що використовується для кодування даних.

2) DOCSIS - коаксіальний (телевізійний) кабель;

Data Over Cable Service Interface Specifications (DOCSIS) - це сімейство стандартів передачі даних через мережі кабельного телебачення по коаксіальному (телевізійному) кабелю.

3) FTTx - волоконно-оптичні лінії зв'язку;

Fiber To The X або FTTx (англ. fiber to the x - оптичне волокно до точки X) - це загальний термін для будь-якої широкосмугової телекомунікаційної мережі передачі даних, що використовує у своїй архітектурі волоконно-оптичний кабель як останню милю для забезпечення всієї (або частини) абонентської лінії. Термін є збірним для кількох конфігурацій розгортання оптоволокна - починаючи від FTTN (до вузла) і до FTTD (до робочого столу).

4) VSAT - супутникові канали;

VSAT (скор. від англ. Very Small Aperture Terminal) - мала супутникова станція, тобто термінал супутникового зв'язку з антеною невеликого розміру. За сучасною класифікацією до VSAT відносяться абонентські супутникові

станції з антенами діаметром менше 2,5 м, типовими вважаються розміри від 1,8 до 2,4 м у C-діапазоні, від 0,9 до 1,8 м у Ku-діапазоні та до 1-1,2 м у Ka-діапазоні. Для станцій з антенами розміром десятки сантиметрів, що застосовуються на мобільних супутникових станціях, іноді використовується назва «мікро-VSAT». Назва VSAT застосовується до станцій, оснащених як дзеркальними антенами («тарілками»), так і антенними ґратами аналогічної апертури.

5) бездротовий доступ – Wi-Fi, WiMAX, 3G та 4G;

Wi-Fi - це технологія бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11. Під абревіатурою Wi-Fi (від англійського словосполучення Wireless Fidelity, яке можна дослівно перекласти як «бездротова точність»), в даний час розвивається ціла родина стандартів передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. Основними діапазонами Wi-Fi вважаються 2.4 ГГц (2412 МГц-2472 МГц) та 5 ГГц (5160-5825 МГц). Сигнал Wi-Fi може передаватися на кілометри навіть за низької потужності передачі, але для прийому Wi-Fi-сигналу зі звичайного Wi-Fi-маршрутизатора на далекій відстані потрібна антена з високим коефіцієнтом посилення (наприклад, параболічна антена або Wi-Fi-гармата).[2]

WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) - стандарт бездротового зв'язку, який забезпечує широкосмуговий зв'язок на значні відстані зі швидкістю, порівняною з кабельними з'єднаннями. Стандарт IEEE 802.16. Форум описує WiMAX як «засновану на стандарті технологію, яка надає високошвидкісний бездротовий доступ до мережі, альтернативній виділеним лініям і DSL». У теперішній час WiMAX вже не використовується в публічних мережах, і практично повністю витіснений такими технологіями, як LTE, HSPA+ і Wi-Fi 802.11n.[10]

3G (анг. 3rd Generation) – це третє покоління технології мобільного зв'язку - набір послуг, який включає в себе високошвидкісний мобільний доступ до мережі інтернет та радіозв'язок.

4G (анг. 4th Generation) – це четверте покоління мобільного радіозв'язку, має високу швидкість передачі даних. Вона перевищує показники 3G приблизно в 200-500 раз. В мережі четвертого покоління канал передачі голосу не використовується,тут працюють лише з цифровими даними, телефонія переходить у формат VoIP. Вважається,що в майбутньому це може призвести до відмирання класичних каналів зв'язку на користь інтернет-телефонії.

Основним трендом останніх років є зростання кількості підключень до мережі інтернет саме через мобільні пристрої і навряд чи це зміниться найближчим часом. Тому існує необхідність враховувати це в майбутніх інфраструктурних проектах.

2 АНАЛІЗ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ

2.1 Оптичне волокно

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) - це вид зв'язку, в якому інформація передається по оптичному волокну (оптичних діелектричних хвилеводах).

Тема про оптоволоконі лінії зв'язку досить актуальна на даний момент часу. З кожним днем потреби в покращенні життя людини зростають. Ще з давніх-давен людина вдосконалюється: поліпшує свої знання, прагне покращити умови життя, створюючи і вдосконалюючи предмети побуту. І заразі багато підприємств створюють різну апаратуру, телевізори, телефони, комп'ютери та багато іншої техніки, яка покращує повсякденне життя людини. Але для впровадження нового та сучасного потрібно змінювати старе. Як приклад, можна навести лінії зв'язку по коаксіальному кабелю, про які вже було згадано. Їхня швидкість досить мала, навіть для передачі відеоінформації.

А волоконна оптика це якраз те, що потрібно. Вона має досить велику швидкість передачі даних. Оптоволокно на відміну від телефонного кабеля має пропускну здатність в рази вищу, коштує практично так само, як і телефонний і забезпечує стабільну роботу інтернету за рахунок стійкості до радіоперешкод та погодних умов.

Оптичне волокно – це досконале середовище для передачі великої кількості інформації на далекі відстані. Воно виготовлється з кварцу, в складі якого є двоокис кремнію - розповсюджений і недорогий матеріал. Оптичне волокно досить компактне і легке, його діаметр всього близько 100 мкм. Волоконні світловоди це волоконно-оптичні джгути, склеєні або спечені у

кінців, захищені непрозорою оболонкою і мають торці з полірованою поверхнею. [6]

Оптичне волокно – типовий діелектричний хвилевід електромагнітних хвиль. Коли потік світла перетинає межу розділу двох середовищ із показниками заломлення n1 і n2, то, як відомо, спостерігаються два явища: заломлення і відображення (Рисунок 2.1.) Якщо світловий потік перетинає межу розділу з боку оптично більш щільного середовища, то кут заломлення більший за кут падіння.

Зі зростанням кута падіння заломлений промінь притискатиметься до межі розділу. І, нарешті, при певному вуглі падіння, званому критичним, заломлений промінь почне ковзати вздовж поверхні розділу. [11]

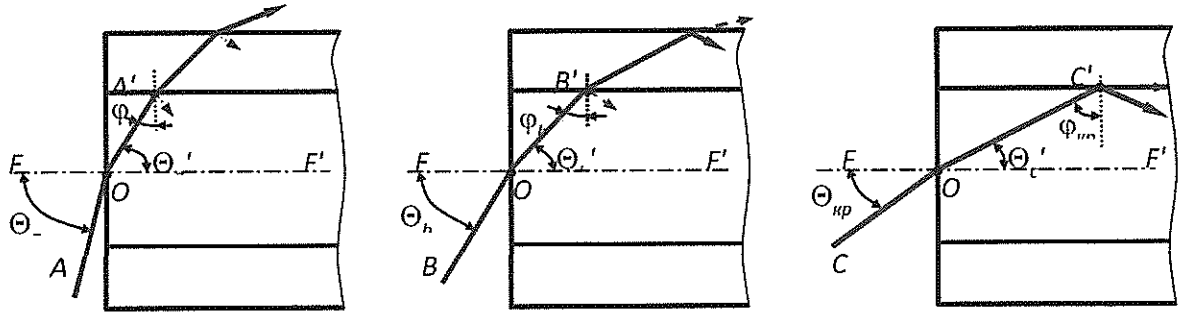


Рис. 2.1. Розповсюдження світла в оптоволокні

При кутах падіння, більших критичного, заломлення світлового потоку відсутнє (в ідеалізованому випадку), поверхня розділу набуває властивостей дзеркала - вся енергія, що переноситься променем, залишається у відбитому потоці. Це називається повним внутрішнім відображенням. На ефекті повного внутрішнього відображення побудовані всі оптичні волокна.

В залежності від способу поширення випромінювання у волокон відомо два види волокна: одномодове та багатомодове. Волокно складається з серцевини та оболонки. Також воно має різні показниками заломлення.

Одномодове волокно має діаметр світловодної жили приблизно 8-10 мкм, отже його можна порівняти з довжиною світлової хвилі. За такої структури у волокні поширюється тільки один промінь (одна мода). Структура одномодового волокна зображена на рисунку 2.2.

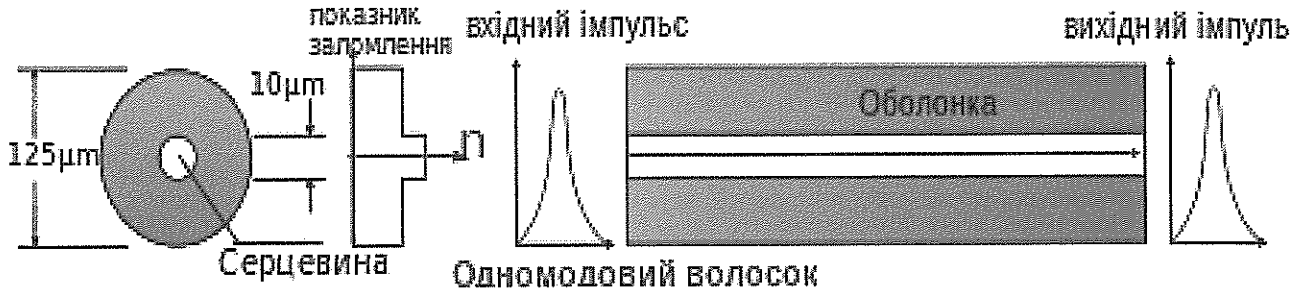


Рис. 2.2. Одномодове волокно

Багатомодове волокно, показане на рисунку 2.3, має великий діаметр серцевини і може мати ступінчасті або градієнтні профілі. У ступінчастому випадку моди слідують за різними траєкторіями і досягають кінця волокна в різний час. Завдяки ефекту повного внутрішнього відбиття багатомодове волокно проводить світлові промені по довжині серцевини. Промені, що падають на межу компонентів волокна під гострим кутом, більшим за кут повного внутрішнього відбиття відбиваються. Промені, які стикаються з границею під невеликим кутом, заломлюються в напрямку від ядра до оболонки, а потім поглинаються, тобто більше не передають інформацію.

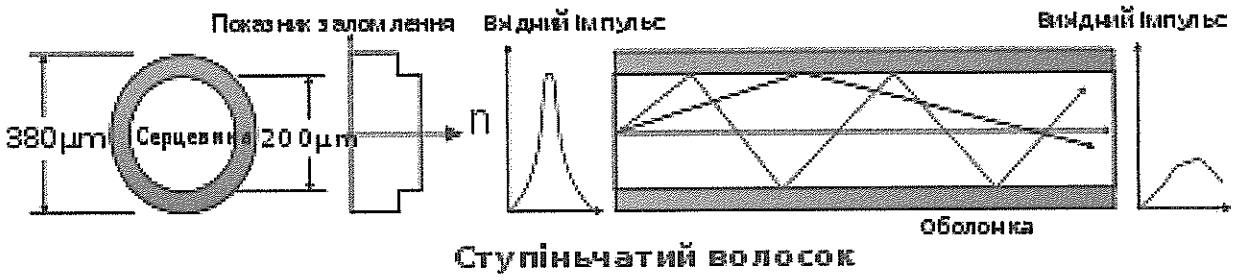


Рис. 2.3. Багатомодове волокно

Великий отвір дає змогу світлу поширюватися по довжині волокна, використовуючи розташовані близько до осі промені, під шістнадцяти різними кутами, що дозволяє ефективно компонувати пучок випромінення у світловоді.

При градієнтному профілі тимчасові затримки різних мод майже повністю зникають, як показано на рисунку 2.4, і промені рухаються плавно через зміни швидкості поширення світла вздовж хвилеподібних спіралей. Показник заломлення в серцевині такого волокна починає зменшуватися від осі до поверхневої стінки волокна. Тому промені світла згинаються по дузі, наближаючись до оболонки. Це зменшує дисперсію багатовекторного поширення, оскільки промені під великими кутами проходять через ядро із низьким показником заломлення швидше, ніж під великим.

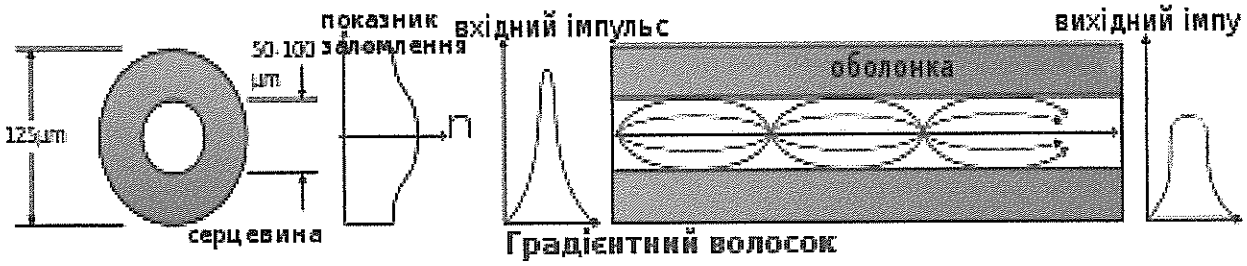


Рис. 2.4. Градієнтне волокно

Щоб зменшити різницю між поздовжньою швидкістю поширення променів різної орієнтації векторів у волокні, необхідно вибрати профіль показника заломлення. Ідеальний профіль показника заломлення дуже близький до параболічного у співвідношенні величини та відстані до осі.

Використовуються наступні види одномодових волокон: ступінчасте, з дисперсією зміщення, з ненульовою дисперсією зміщення. Міжмодова дисперсія в першому випадку усувається. Передача інформації відбувається на довжині хвилі 1310 і 1550 нм. При цьому хроматичної дисперсії не має при 1310 нм. Варто відзначити, що загасання на другій довжині хвилі значно менше. В другому типі волокна передавання проходить на робочій довжині

хвилі 1550 нм, оскільки хвиля нульової дисперсії зміщується до цього вікна. Продукт має 17 властивостей, які підходять для прокладання довгих ліній - мінімум втрат і дисперсії. У волокнах зі зміщеною дисперсією інформація передається у вікні 1530-1560 нм. Його відмінність полягає в здатності передавати кілька довжин хвиль.

Відкрилися широкі можливості практичного використання оптокабелю та волоконно-оптичних мереж в різних галузях, таких як радіоелектроніка, зв'язок, обчислювальна техніка, інформатика, космос, медицина та ін. З'явилися нові варіанти передачі інформації; кабельне телебачення; локальні обчислювальні мережі; нові системи передачі інформації; обладнання та монтаж мобільних об'єктів.

Багатоканальні волоконно-оптичні системи передачі починають широко використовуватись на магістральних та розподільних мережах зв'язку. Тому, що оптокабель має велику інформаційну здатність та високу перешкодозахищеність. Особливий ефект мають підводні оптичні магістралі. Використанн оптичних систем у кабельному телебаченні гарантує високу якість зображення і значно розширює можливості інформаційного обслуговування користувачів. Отже, сфера застосуваннння оптокабелю дуже різноманітна. Тому даний напрямок зв'язку є дуже важливим та актуальним. Його потрібно постійно розвивати та вдосконалювати.

Мережі, що створюються на базі оптичного волокна, позначають терміном Fiber To The X або FTTx (оптичне волокно до точки X) - це загальний термін для будь-якої мережі. В цій мережі від вузла зв'язку до потрібного місця (точка X) доходить оптоволоконний кабель, а потім до абонента - мідний кабель. Може бути варіант, при якому оптоволокно прокладається безпосередньо до абонентського пристрою. FTTx - це тільки фізичний рівень, але фактично це поняття охоплює велику кількість технологій канального і

мережевого рівня. З широкосмуговою системою FTTx нерозривно пов'язана можливість надання великої кількості нових послуг.

Є багато різновидів архітектури FTTx, серед яких основними є: FTTH - доведення волокна до квартири; FTTB - доведення волокна до будинку, і варіанти, що по суті, що дублюють FTTH і FTTB з невеликими змінами: FTTC - доведення волокна до кабельної шафи. [4] Варіанти підключень до мережі наведені на рисунку 2.5.

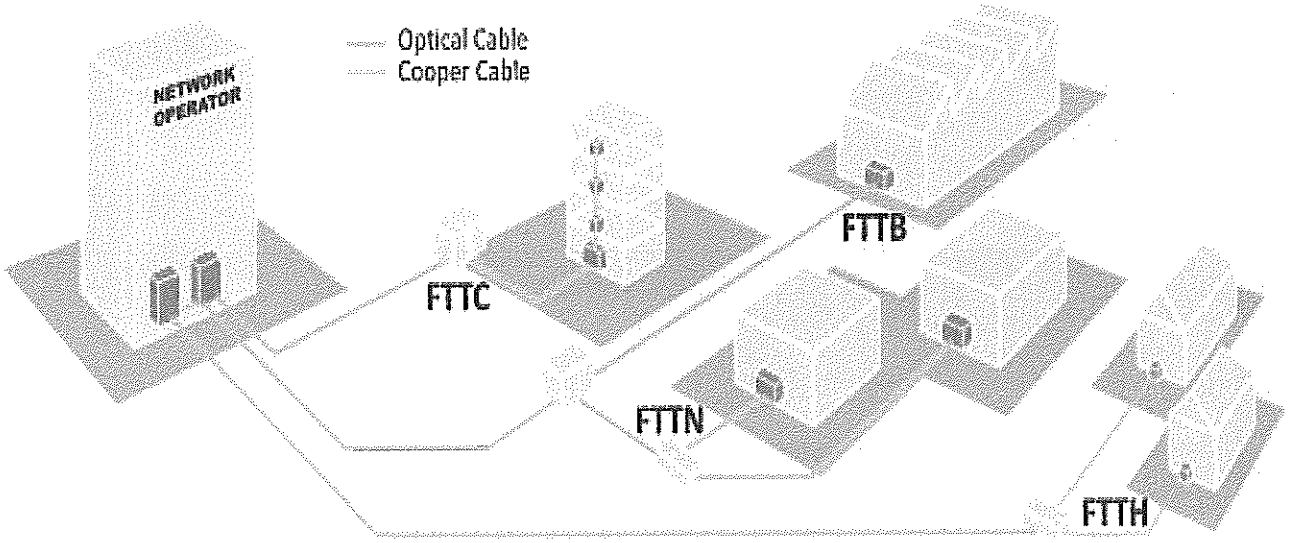


Рис. 2.5. Варіанти підключення по технології FTTx

2.2 Активні та пасивні оптичні мережі

FTTH на сьогоднішній день вважається кращим по відношенню якості передачі даних та пропускної здатності. Розповсюдження мереж доступу FTTH пройшов досить довгий шлях, пока абоненти почали надавати перевагу оптоволокну замість мідних ліній для створення широкосмугового доступу в інтернет. Мережа FTTH може бути створена напряму, використовуючи

активну оптичну мережу (AON) або пасивну оптичну мережу (PON). Ці дві мережі співрозмірні і мають свої переваги й недоліки.

Пасивна оптична мережа.

Пасивна оптична мережа (PON) – це точка для багатоточкової (PMP) оптичної мережі, яка використовує тільки волокно і пасивні компоненти, такі як оптичні розгалужувачі, ніяких активних компонентів (підсилювачів, повторювачів або схем формування). Іншими словами, пасивна оптична мережа розділяє оптоволокно на частини мережі. У пасивної оптичної системі однополюсне оптоволоконе з'єднання з терміналом оптичної лінії центрального офісу (OLT) підключається до оптичних мережевих терміналів (ONT) або оптичним мережевим блокам (ONU) в приміщеннях замовника. Оптичний спліттер, також званий перехідником PON, або встановлений в приміщенні абонента, або за його межами, щоб відділятися для збору оптичних сигналів і розподілу сигналів для користувачів. [8] (Рисунок 2.6.)

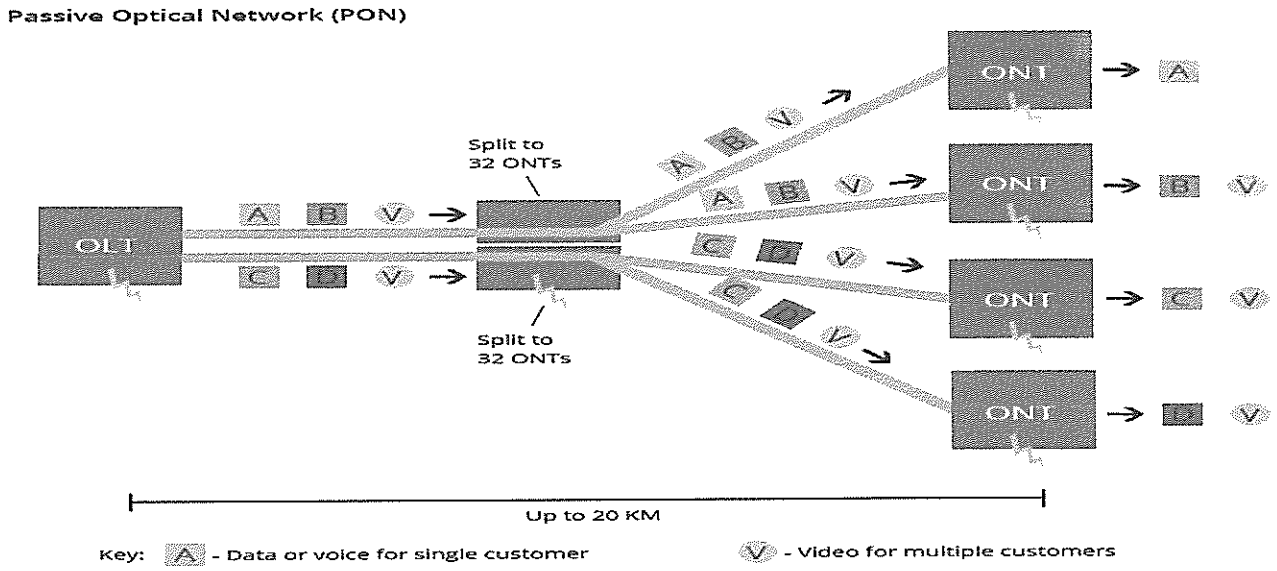


Рис. 2.6. Загальна структура мережі PON

Активна оптична мережа.

Пристрій AON має двоточкову структуру (PTP), де кожен користувач має свою власну виділену оптоволоконну лінію, яка закінчується на оптичному концентраторі. В активній оптичній системі використовують обладнання з електричним перемиканням, таке як маршрутизатор або агрегатор комутатора для управління розподілом сигналів і даними маршруту у відповідні місця. Крім того, AON ідеально підходить для сегментів кінцевих споживачів з високим рівнем прибутку, таких як бізнес-клієнти, багатоквартирні будинки, університети, місцева влада і т. д. [8] (Рис.2.7)

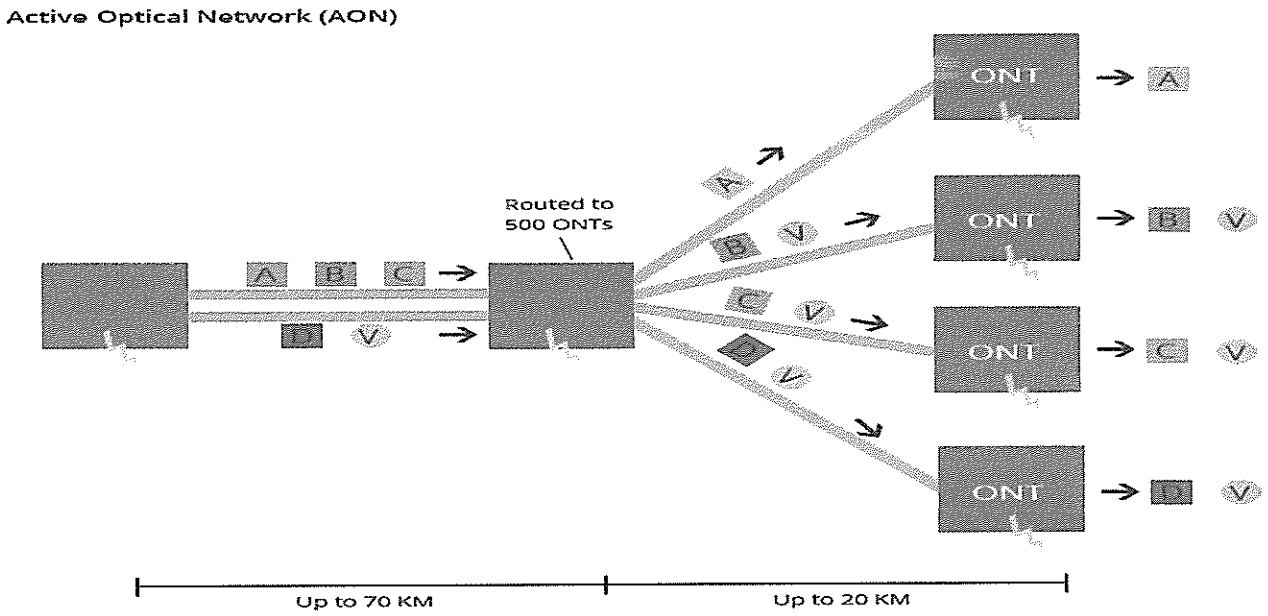


Рис. 2.7. Загальна структура мережі AON

Порівняння AON та PON.

Основна технічна відмінність між технологіями активного і пасивного доступу до мереж полягає в тому, що пасивні оптичні мережі використовують спліттер. Це своєрідне мультидзеркало, яке розподіляє оптичний сигнал на абонентську лінію по волоконно-оптичних маршрутах без електрики. Ефективність PON полягає в тому, що така волоконно-оптична мережа може

обслуговувати багато абонентів одночасно. Але пропускна здатність в PON не призначена для окремих осіб, тому виявляти поломкиї в разі порушення волокна складніше. Крім того, частка волоконно-оптичних ниток для окремих частин мережі вимагає, щоб абоненти PON були географічно ближче до центрального джерела даних.

Що стосується користувачів AON: пропускна спроможність кожного порту призначається окремому користувачеві. Отже, більш високу пропускну здатність на порт може дати саме AON. Тут також легше виявити розриви волокна або якісь поломки. Мінусом є те, що для управлінн системою AON необхідне активне обладнання.

Тому при виборі PON чи AON слід враховувати, які послуги потрібні користувачу, а також масштаб самої мережі. Отже, PON - підходить для великих відстаней, AON - якщо мережа створена для використання лише кількома людьми. У всіх випадках немає єдиної технології. В принципі, пасивні оптичні мережі є найкращим вибором для постачальників мережевих послуг, які надають послуги значній кількості абонентів. А активні оптичні мережі більше підходять для мережевих операторів, щоб створювати приватні волоконно-оптичні лінії для комерційних осіб.

2.3 Дослідження пасивних оптичних мереж

Пасивні оптичні мережі(PON) - це мережа доступу яка створена на волоконно-кабельній архітектурі з використанням пасивних оптичних розгалужувачів які встановлені на вузлах та дають можливість високошвидкісно передавати різноманітні додатки (голос, дані, відео). Архітектура PON дає можливість нарощувати як вузли мережі так і їх

пропускну спроможність це залежить від реальних та майбутніх потреб користувача.

В архітектурі пасивних оптичних мереж основним є ідея використання лише одного приймального модуля OLT (Optical Line Terminal) для передачі інформації великій кількості пристроїв ONT (Optical Network Terminal), і прийому інформації від них. На рисунку 2.8. зображено архітектуру пасивної оптичної мережі.

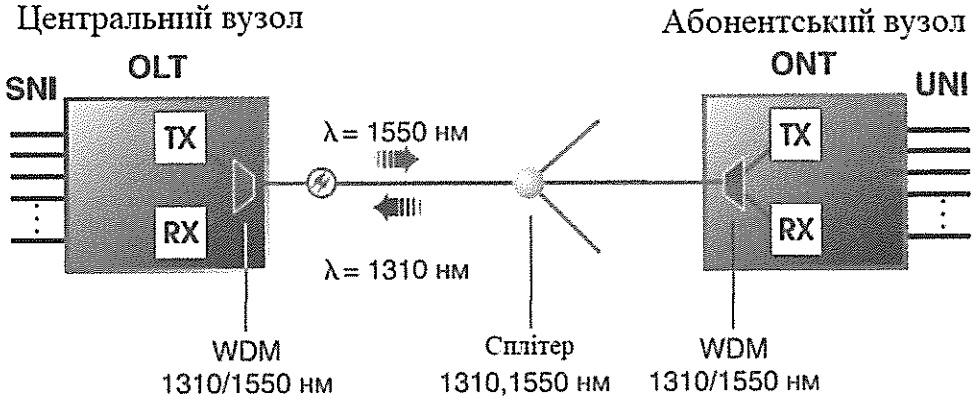


Рис. 2.8. Архітектура та основні елементи пасивної оптичної мережі

Розвиток оптоволокна призвів до його майже необмеженої пропускної спроможності це відкрило змогу для широкого впровадження магістральних та міських волоконно-оптичних мереж. Застосування волоконно-оптичного кабелю який прийшов на заміну мідному кабелю дало змогу знизити вартість обладнання та експлуатації та досить сильно підвищило якість обслуговування (QoS). На основі цього проходить процес переходу від використання мідного кабелю до FTTC (Fiber-To-The-Curb), коли волокно заходить до оптичного розподільного блоку(один на декілька будівель), а потім - до систем FTTB (Fiber-To-The-Building), коли волокно досягає певної будівлі, а далі до систем FTTH (Fiber-To-The-Home), коли волокно потрапляє до квартири користувача.

В Україні на цей період часу застосовуються всі наступні системи. На рисунку 2.9. зображено типову мережу FTTx.

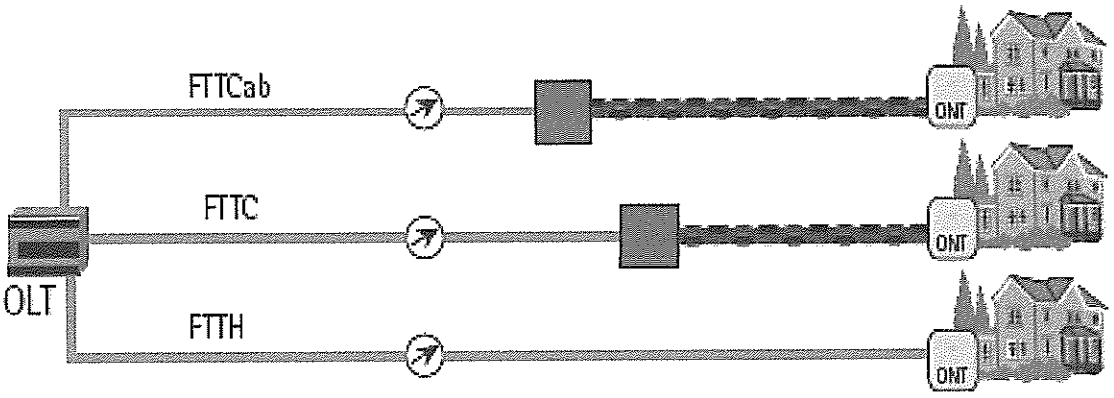


Рис. 2.9. Типова мережа FTTx

- FTTCabinet (Fiber To The Cabinet) - Волокно до розподільчої шафи або до приміщення з розподільчим обладнанням.
- FTTC (Fiber To The Curb) - Волокно до розподільчої шафи
- FTTH (Fiber To The Home) - Волокно до будинку користувача
- FTTP (Fiber To The Premises) - Волокно до приміщення
- FTTO (Fiber To The Office) - Волокно до офісу [4]

Для розподілу сигналу в активній оптичній мережі застосовуються активні мережеві пристрої такі як: мультиплексори, комутатори, маршрутизатори. За рахунок використання цього обладнання трафік надходить саме до користувача, якому він адресований, такий принцип відповідає з'єднанню «точка-точка». Трафік, який буде надходити від користувачів при проходженні у зворотньому напрямку, не буде зазнавати колізій через буферизацію пакетів в активному обладнанні. В мережах PON для побудови мережі активне обладнання не використовується.

Тому при розгортанні пасивної оптичної мережі реалізується топологія "точка-багатоточка", яка дає змогу використовуючи одне оптичне волокно надавати послуги доступу 32 користувачам, а іноді навіть 128 користувачам.

В технології PON між приймальним модулем OLT та віддаленими ONT створюється повністю пасивна оптична мережа, яка має топологію “дерево”. Архітектура описаної мережі зображена на рисунку 2.10.

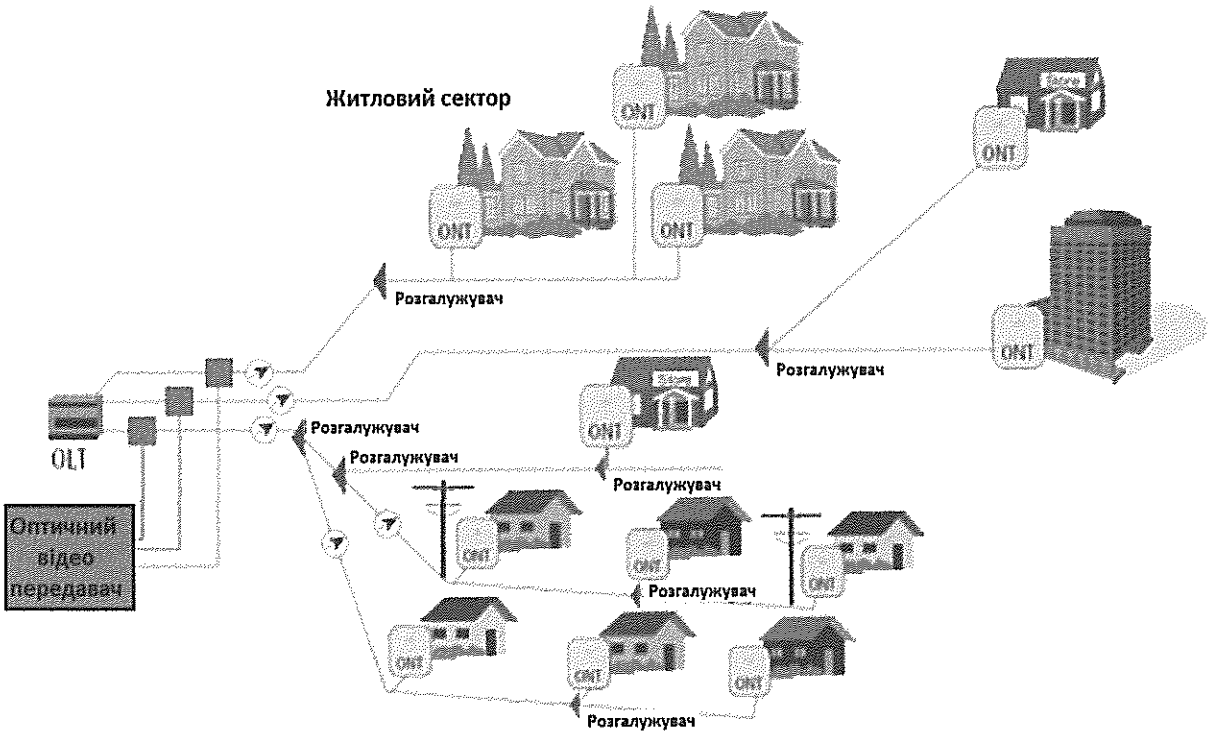


Рис. 2.10. Архітектура PON мережі.

В проміжних вузлах топології “дерево” знаходяться пасивні оптичні розгалужувачі – це компактні пристрої, яким не потрібне живлення та обслуговування. Один приймальний модуль OLT дає змогу передавати інформацію великій кількості пристроїв ONT. Кількість підключень ONT до одного OLT, може мати стільки підключень, скільки дозволяє потужність та максимальна швидкість приймальної апаратури. В OLT і ONT відразу вмонтовані мультиплексори WDM, які поділяють вхідні та вихідні потоки. OLT може передавти голос та дані на довжині хвилі 1490 нм, а ONT може

забезпечити зворотний потік на довжині хвилі 1310 нм, це дає змогу здіюснбвати передачу в двох напрямках за допомогою одного волокна без впливу сигналів. Для передачі відеосигналу використовується хвиля - 1550 нм.

Довжини хвиль та сервіси FTTx мережі зображені на рисунку 2.11.

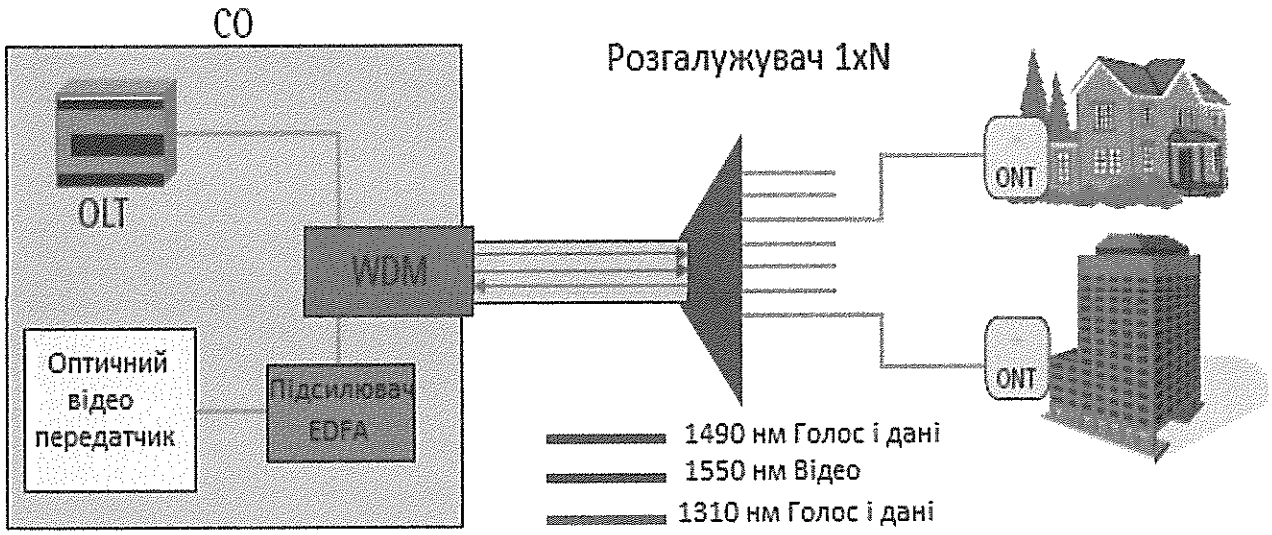


Рис. 2.11. Довжина хвиль та сервіси в FTTx мережі

На рівні оптичних сигналів прямий потік є широкомовним. Кожен ONT, читаючи адресні поля, забирає з цього потоку лише призначену йому частину інформації. Фактично ми маємо справу з розподіленим демультиплексором. Усі абонентські вузли ONT ведуть передачу у зворотному потоці на тій ж самій довжині хвилі, при цьому вони використовують концепцію множинного доступу з тимчасовим поділом TDMA. Для виключення можливості перетинання сигналів від різних ONT, кожний з них встановлює свій розклад передачі даних з врахуванням поправки на затримку, пов'язану з видаленням даного ONT від OLT (Рисунок 2.12.)

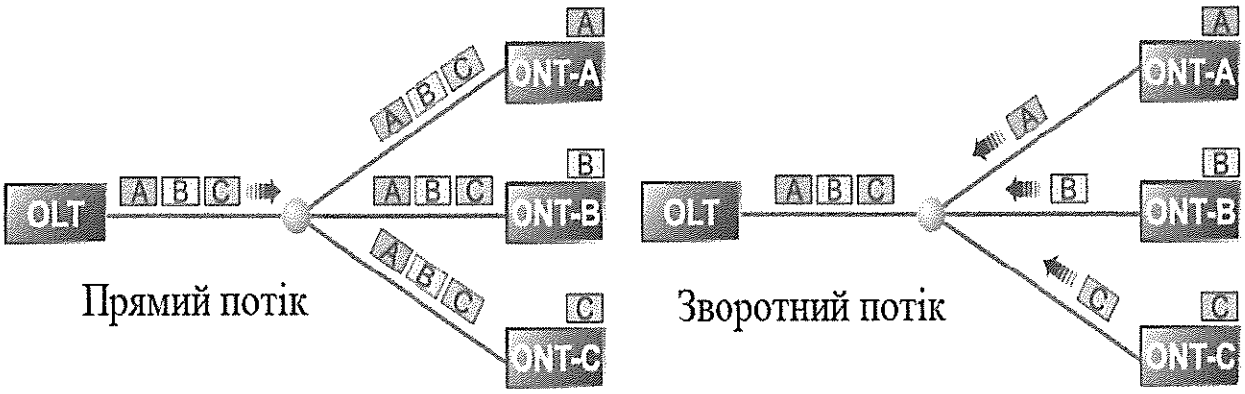


Рис. 2.12. Схема передачі низхідних і висхідних потоків в PON

Вирішення цього завдання покладене на протокол TDMA MAC. В напрямку до OLT, PON мережа являє собою мережу типу “багато точок - одна точка”. Для того щоб запобігти колізій передачі даних, які прибувають до розгалужувача одночасно від різних ONT, використовується множинний доступ з поділом за часом (TDMA). TDMA дає змогу надсилати дані від кожного ONT на OLT під час певного проміжку часу. OLT надає тимчасові слоти кожному ONT при передачі даних, і завдяки цьому пакети, які надходять від різних ONT не конфліктують.

В розподільній пасивній оптичній мережі від розподільних шаф до кінцевих пристроїв абонентів передача даних виконується з допомогою сплітерів, які встановлюються в розподільні коробки або в розподільні шафи чи муфти.

Схеми які використовуються для цієї мережі можуть бути як однорівневою(однокаскадною) так і багатокаскадною з послідовноим включенням (Рисунок 2.13.). Кількість рівнів каскадування буде залежити від згасання від сплітерів, та від коефіцієнта розгалуження інтерфейсів пасивних оптичних мереж (в GPON це 1:64) а також від вимог до смуги пропускання для всіх абонентів.

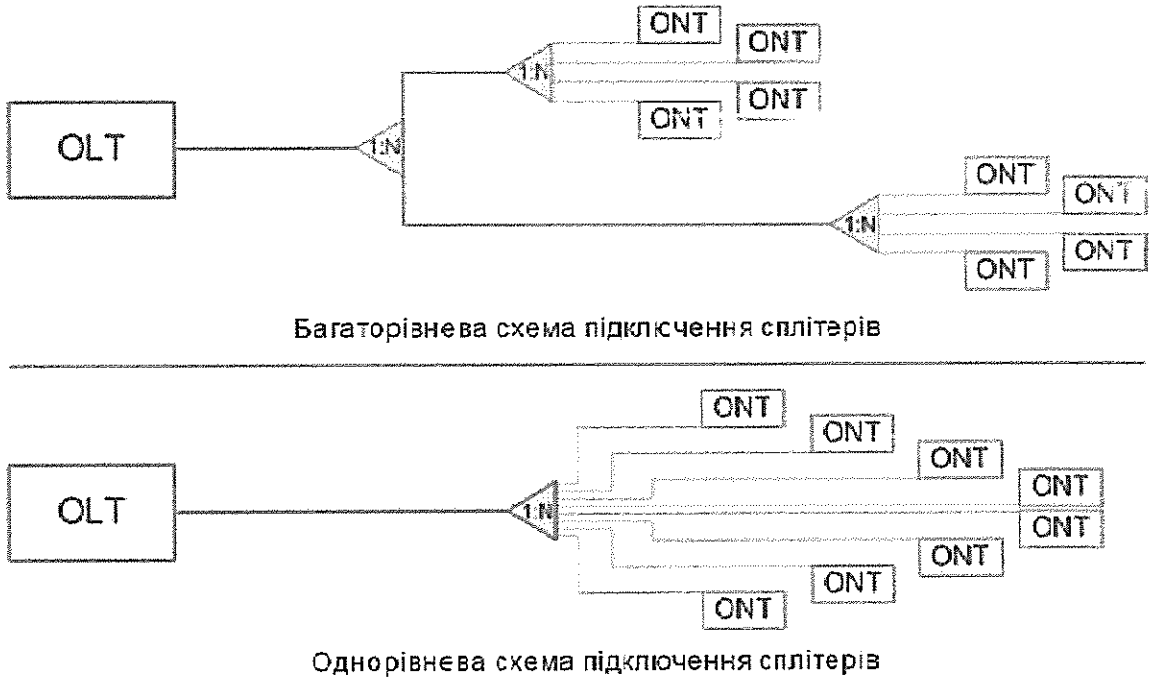


Рис.2.13. Схеми включення сплітерів у мережі PON

Пасивні оптичні мережі дозволяють економити на кількості використовуваного кабелю, за рахунок того що від центрального комутатора до абонентського розгалужувача буде використане лише одне волокно.

Перевагами пасивних оптичних мереж є: непотрібно використовувати проміжне активне обладнання; не потрібно використовувати велику кількість передавачів в центральному вузлі; економне використання оптичних волокон; досить просто підключати нових абонентів та обслуговувати їх;

На данний час оптимальна ціна та великий спектр робить технологію пасивних оптичних мереж досить привабливою, економічно вигідною та тою яка дає змогу забезпечити високу пропускну спроможність. При цьому пасивні оптичні мережі можуть дати змогу ефективно нарощувати і вузли мережі, і пропускну спроможність. Це все залежить від існуючих та майбутніх потреб користувачів.

2.4 Стандарти PON

На сьогоднішній день відомі наступні стандарти мережі PON:

APON. Ця технологія виникла в 90-х роках, принцип її реалізації полягав в передачі інформації за допомогою службових протоколів ATM -тобто в асинхронному способі передачі даних, це технологія комутації та мультиплексування з високою продуктивністю, яка передає дані у вигляді осередків з фіксованим розміром (53 байта), 5 байтів займає заголовок. На відміну від STM (Synchronous Transfer Mode), ATM більше підходить для передавання даних, у яких сильно відрізняється бітрейт. Складається така ситуація, що передача даних в режимі симетрії відбувається на швидкості 155 Мбіт/сек, а асиметричний режим передбачає швидкість у прямому потоці 622 Мбіт/сек, а для зворотнього напрямку швидкість 155 Мбіт/сек. Коли велика кількість абонентів передають інформацію на OLT, може відбуватись накладання даних. Для того, щоб це не траплялось OLT надсилає службові команди ONT з дозволом на передачу. В даний час APON практично не застосовується.

BPON. Ця технологія прийшла на заміну технології APON. Основною відмінністю цієї технології стала можливість передавати різні типи інформації (голосові повідомлення, відео та цифрові дані). Процес залишився аналогічним попередній технології, лише виросла передача даних в симетричному режимі до 622 Мбіт/сек, а у асиметричному до 1244 Мбіт/сек. Також ця технологія надає можливість розподілу смуги на динамічному рівні між окремими абонентами. Після появи технології GPON, BPON перестали використовувати через економічну недоцільність.

GPON. Ця технологія з'явилась внаслідок розвитку технологій APON/BPON. В 2003 році було створено стандарт GPON ITU-T Rec.984.3, який

запровадив процес передачі кадрів зі швидкістю до 2,5 Гбіт/сек. В наш час цю технологію широко використовують провайдери,тому що вона є ефективною та економічно вигідною. Її основні особливості: здатність підключати від 64 до 128 абонентів на одному волокні на відстань до 20 км; використовувати протокол SDH (GFP); передавати інформацію на швидкості 1244 Мбіт/сек в симетричному режимі і на швидкості 1244 Мбіт/сек і 2488 Мбіт/сек відповідно в асиметричному; підтримувати трафік ATM, IP, передавати мову та відео; забезпечувати високу ефективність пропускної здатності. GPON дає змогу економічно використовувати оптичні волокна за рахунок деревовидної структури мережі. За рахунок використання пасивних елементів розгалуження забезпечується висока надійність цієї технології. Основними недоліками технології GPON є складність багаторівневої системи і складність управління.

EPON. Ця технологія з'явилась В 2000 році. Ця технологія створена на основі пасивних оптичних мереж, базуючись на стандарті Ethernet. Основною особливістю цієї технології є те що всередині структури EPON кадри Ethernet надсилаються без фрагментації. Структура EPON розроблялась для створення оптоволоконного каналу напряму до користувача. Ця технологія по максимуму підлаштована під протокол IP і є оптимальним рішенням у випадку організації відносно дешевого широкосмугового транспорту в мережу інтернет.

У випадку прийняття рішення про побудову пасивної оптичної мережі на базі IP-протоколу, EPON буде самою оптимальною для вирішення задач «останньої милі». Можна також передавати інформацію за стандартом Ethernet і іншими стандартами, але в цьому випадку на проміжку оператор - користувач з'явиться активне обладнання і в результаті виникнуть всі відомі обмеження. Забезпечення більшої широкосмугової передачі потребує використання більш складного і більш дорогого обладнання. Завдяки переходу до протоколу IP,

EPON вважається найбільш прогресивною та ефективною технологією на даний момент.

Технологія EPON має наступні можливості: по каналу пересилаються вихідні Ethernet пакети; відбувається досить просте та недороге управління.

Існує певна перевага при Ethernet з'єднанні - підтримка функцій TLS, сумісність з протоколом IP, підтримка IPTV та інше. Отже, EPON поєднує недороге обладнання Ethernet та оптоволоконну інфраструктуру. Це має велике значення для побудови телекомунікаційних мереж. Мережі типу EPON можуть передавати дані зі швидкістю прямого та зворотного потоків до 1 Гбіт/сек, мають можливість підключення біля 64 абонентів на одному волокні. Передача інформації у прямому потоці проходить з довжиною хвилі 1490 нм, а зворотній потік проходить на 1310 нм. Довжину хвилі1550 нм використовують для різних відео. Щоб між сигналами різних типів не було конфлікту, в GEPON використовують протокол MPCP (Multi-Point Control Protocol) – спеціальний протокол для управління великою кількістю вузлів.

Технологія GEPON має функцію підтримки TDM, синхронізації даних та захищених перемикань. Це робить GEPON самою економічною з всього сімейства PON. Також ця технологія повсякчас вдосконалюється і на сьогоднішній день вже тестуються нові типи даної технології.

2.5 Еволюція від GPON до NG-PON 2

Сучасні технології PON вже досить розгорнуті, тому нові типи, такі як NG-PON2 постійно привертають увагу розробників та науковців.

Один із нових стандартів PON наступного покоління, NG-PON2, може поєднувати мережі з кількома послугами в одну ODN, що приведе до

відчутного зниження загальної вартості мережі. Це дасть змогу впровадитинові сучасні архітектури, які зможуть задовольнити потреби користувачів.

GPON при передачі інформації, використовує лише одну довжину хвилі на кожному волокні. NG-PON2 дає змогу викоритовувати мінімально чотири довжини хвилі на кожному волокні. Це робить його одним з найкращих стандартів доступу до кількох довжин хвиль. Довжина кожної хвилі в одному волокні дає можливість забезпечити симетричну швидкість 10 Гбіт/с. Отже при поєднанні 4-х довжин хвиль пропускна спроможність може досягти 40 Гбіт/с. В перспективі можна буде об'єднувати 8 довжин хвиль, що дасть можливість отримувати швидкість 80 Гбіт/с. Саме тому NG-PON2 ще називають 40G або 80G PON. На відміну від інших PON технологій, NG-PON2 має значні переваги та можливості.

Дана технологія за допомогою управління потужністю на вимогу дає широкий вибір можливостей надання послуг та регулює навантаження. Декілька довжин хвиль використовуються для керування ємністю PON. У випадку збільшення застосування ємність PON можна розподілити, вмикнути нові канали і переключити оптичні мережеві блоки на різну довжину хвиль, при цьому не впливати на надання існуючих послуг. Технологія має можливість підтримувати вісім двоточкових довжин хвиль, які будуть використані для спеціалізованих сервісів, наприклад корпоративних підприємств, fronthaul та інших.

Щоб перейти з GPON до NG-PON2 потрібно зробити такі інвестиції: ONU з лазером, які можна переналаштувати (тобто ті які можна запрограмувати для під різні канали та довжини хвиль), фільтри та приймачі які необхідні для підтримки певних довжин хвиль. Існуючі ONU вже мають такі лазери та фільтри, які дозволяють працювати з GPON і NG-PON2.

Нові лінійні карти OLT повинні підтримувати сумісні довжини хвиль. На даний час вважається що технологіями які будуть долучені до NG-PON2 є WDM, DWDM, OOFDMA, за їхні переваги. Ці технології будуть мати ключове значення в майбутньому оптичного зв'язку.

Аналіз нових технологїй доступу показує великий прогрес в телекомунікаціях. На даний час кабельні мережі поступаються потенціалом і характеристиками. Потреби в нових послугах ростуть як від комерційних структур, так і від побутових користувачів. Отже, огляд мережі нового покоління демонструє нам, що вона дійсно може бути приорітетною у розгортанні мереж доступу. Вона може підтримувати вже існуючі ділові додатки, побутові послуги та приймати активну участь в розгортанні нових сучасних мереж доступу.

NG-PON2 гарантує клієнтам низьку затримку і якість досвіду (QoE).

QoE (Quality of Experience) - дослівно «якість досвіду користувача» або ступінь задоволеності користувача. З недавніх пір використовується в телекомунікаційній термінології та визначає ступінь задоволеності кінцевого користувача послугами, які надає провайдер зв'язку.

На відміну від QoS - якості обслуговування споживача, що визначає операційні характеристики мережі, такі як затримка, втрата пакета або своєчасне пересилання по дорозі, QoE визначає end-to-end підключення, швидкість роботи мережевих додатків, що працюють через це підключення і як елементи мультимедіа, такі як інтернет відео або IPTV мережі задовольняють очікуванням та відповідають вимогам кінцевого споживача.

Зв'язок між QoS і QoE полягає тільки в продуктивності підключення абонента. У випадку з QoS ця продуктивність чітко спрямована на надання користувачеві конкретного сервісу (VoIP, IPTV), а у випадку з QoE - на

відчуття користувачем під час використання послуги підключення до інтернету через конкретного провайдера зв'язку.

Отже, пасивна оптична мережа другого покоління повинна бути масштабованою, гнучкою, надійною та ефективною як по пропускній здатності, так і по споживаній потужності тому стандарт NG-PON2 стане мультисервісною інфраструктурою.

3 ПОБУДОВА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ NG-PON 2 ДЛЯ ЖК «ЯРОСЛАВИЧІ», М. ВИШГОРОД, ВУЛ. КУРГУЗОВА 1А

3.1 Опис району для побудови мережі

Для виконання проектування мережі на основі технології NG-PON2 було обрано житловий комплекс “Ярославичі”, який знаходиться за адресою: м. Вишгород, вул. Кургузова 1-а. Вибір цього житлового комплексу обумовлений тим, що мережі тут мають недостатній рівень розвитку, дана область проектування має досить зручну архітектуру, яка знаходиться навколо ЦАТС. В цьому районі оптична мережа зв'язку представлена лише міжстанційною мережею з топологією кільце, що по'єднує між собою ЦАТС та АМТС м. Вишгорода. Тому для житлового комплексу розподільну та магістральну мережі NG-PON2 потрібно розробляти окремо.

Схема житлового комплексу «Ярославичі» зображена на рисунку 3.1.

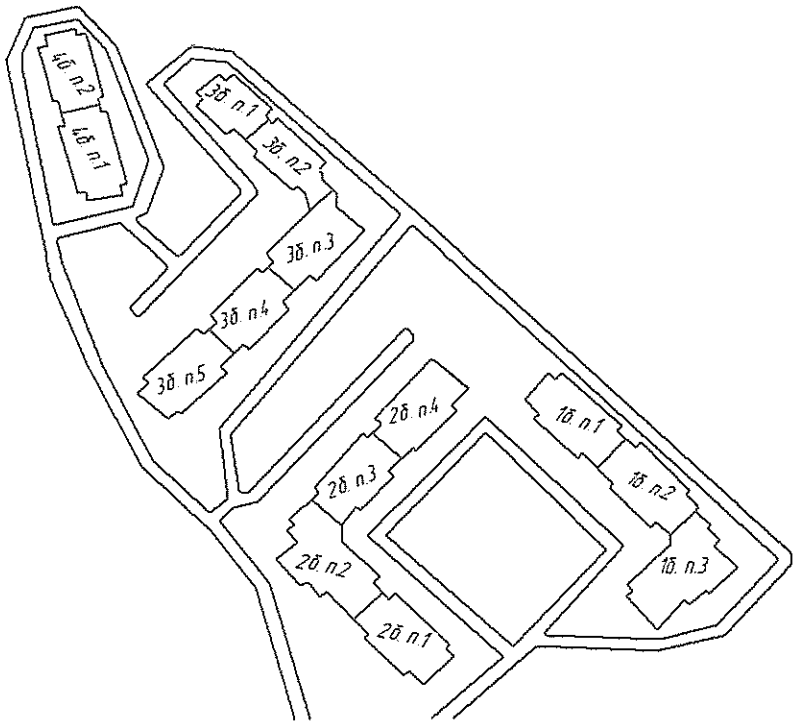


Рис. 3.1. Схема житлового комплексу для проектування мережі

Розподільні та магістральні оптокабельні мережі NG-PON2, що проектуються будуть прокладені в існуючій кабельній каналізації, прикріпленій до ЦАТС 98-12, м. Вишгород, Київської області. Далі визначаємось зі списком будинків для підключення та коефіцієнтом охоплення технологією NG-PON2.

Для подальшої побудови мережі, спочатку необхідно визначити список житлових будинків та інших споруд, що будуть підключатись до мережі NG-PON2. В таблиці 3.1. вказані будинки, які будуть підключені до мережі.

Таблиця 3.1.

Будинки, що будуть підключатись

Вулиця, будинок	Під'їздів/квартир в під'їзді	Квартир всього
вул.Кургузова,1а буд.1	3/114	342
вул.Кургузова,1а буд.2	4/114	456
вул.Кургузова,1а буд.3	5/114	570
вул.Кургузова,1а буд.4	2/114	228

Визначимо відсоток охоплення квартир технологією NG-PON2 для житлових будинків. Він розраховується відношенням до сплітерної ємності (кількості спліттерів, помноженому на коефіцієнт розгалуження) до загальної кількості квартир.

$$D[\%] = [(N_{spl}) \times \frac{K_{(1:K)}}{M_{\text{кв}}}] \times 100 \quad (3.1)$$

де N_{spl} - загальна кількість кінцевих розгалужувачів у будинку;

$K(1:K)$ - коефіцієнт розгалуження;

$M_{\text{КВ}}$ - загальна кількість квартир у будинку.

Через використання спліттерів певної кратності майже неможливо досягти для великої кількості будинків однозначного відсотка охоплення. Тому відсотком охоплення називають середній діапазон чи величину. Зазвичай для нових будинків нормальний відсотком охоплення потрібно вважати 100%.

Але, при проектуванні мережі слід дотримуватися розумного підходу, якщо кількість квартир не є спліттерною ємністю. Таким чином, якщо в будинку 70 квартир, а 2 спліттери 1:32 можуть охопити 64 квартири, то недоцільно підключати третій спліттер лише на 6 абонентів. Кожен кінцевий спліттер - це найбільша або ціла частина окремого перетворення інтерфейсу NG-PON2 активного обладнання OLT, це пов'язано з ефективністю його використання та вартістю обладнання. Для початку необхідно встановити умову розрахунку мінімальної кількості спліттерів для нових будинків, коли необхідно встановлювати додатковий спліттер.

При цих розрахунках необхідно включати в загальну кількість квартир офіси, які можуть бути розташовані в житлових будинках або поруч. В таблиці 3.2. можна побачити кількість планових підключень до мережі.[14]

Таблиця 3.2

Кількість планових підключень

Вулиця, будинок	Кількість квартир	Спл.1х2, шт.	Спл.1х32, шт	Коефіцієнт покриття, %
вул.Кургузова,1а буд.1	342	-	11	100
вул.Кургузова,1а буд.2	456	4	14	100
вул.Кургузова,1а буд.3	570	5	18	100
вул.Кургузова,1а буд.4	228	2	7	100
	1592	11шт	50шт.	

У будинку на вул. Кургузова, 1а, буд.1, додаємо додатковий сплітер 1х32 це зроблено щоб забезпечити інтернетом офіси які знаходяться на першому поверсі. У решті ЖК "Ярославичі" змогли отримати 100% коефіцієнт покриття шляхом додавання сплітерів 1х2.

3.2 Проведення пошукових робіт

Коли визначилсь з будинками, що будуть підключатись, необхідно виконати пошук даних про кабельну каналізацію в районі де відбуватиметься проектування, визначається можливість прокладання оптичних кабелів для мережі NG-PON2, далі необхідно виконати огляд будинків, потім провести огляд лінійних вводів автоматичних телефонних станцій, також потрібно провести огляд станційних споруд мережі NG-PON2.

Схема району проектування з зображенням кабельною каналізації наведено на рисунку 3.2.

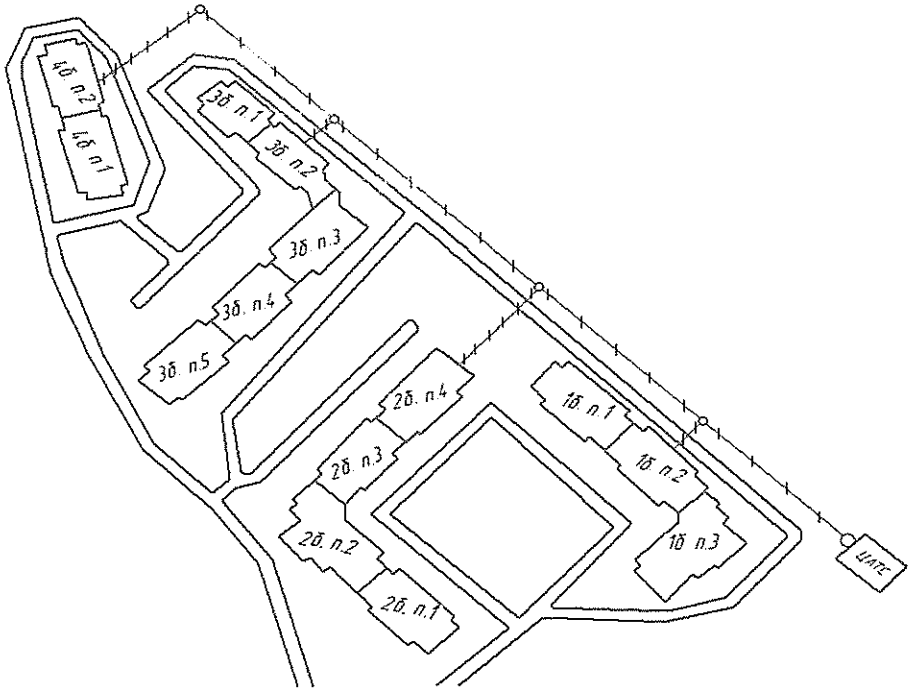


Рис. 3.2. Схема району з існуючою кабельною каналізацією

В кабельній каналізації в в районі проектування застосовуються труби з внутрішнім діаметром 100 мм.

Кількість під'їздів, квартир, що будуть підключатись до мережі NG-PON2, зазначено у таблиці 3.2.

Проводимо обстеження кабельної каналізації.

Обстеження необхідне для того, щоб в подальшому використовувати кабельну каналізацію для прокладання оптокабельних мереж PON, при обстеженні виконуються наступні дії:

- необхідно знайти ділянки, де можливо пройти, а там де неможливо, визначити чи існує там обхідний шлях.Робиться це для розуміння необхідності будувати кабельну каналізацію;
- далі визначаються ділянки для прокладання кабельної каналізації;
- використовуючи паспорти кабельних колодязів визначаються номери каналів прокладання оптокабельної мережі.

Після проведення обстеження кабельної каналізації виявилось, що кабельна каналізація в проектованому районі повністю задовільняє своєю прохідністю для прокладання кабелів, тому в побудові кабельної каналізації немає потреби. Муфти розгалуження для магістрального оптокабелю розташовуватимуться в кабельних колодязях. Ці дані ми будемо використовувати в подальшому при проектуванні магістральної та розподільної мережі NG-PON2.

Проведення обстеження будинків.

При проведенні обстеження будинку потрібно звертати увагу на стан кабельних вводів в будинок також необхідно оглядати міжповерхові стояки та визначати чи можна виконати прокладання кабелю з їх допомогою чи доведеться встановлювати для прокладки додаткові поліетиленові труби. Також при обстеженні необхідно визначити місце для встановлення пасивних

розгалужувачів та ГРК. Отримані результати знадобляться для виконнання подальшого проектування оптичної мережі в будинку. Під час обстеження будівель було визначено, що прокладати додаткові поліетиленові труби немає жодної необхідності, всі оптокабелі можуть прокладатись у вже існуючих стояках. Місця установки розгалужувачів та ГРК розглядаються при описі побудови мережі в будинках.

Обстеження введень в автоматичну телефонну станцію.

Обстеження лінійних вводів автоматичної телефонної станції необхідно виконувати безпосередньо в приміщенні вводу кабелю на автоматичну телефонну станцію, куди будуть заведені лінійні кабелі з кабельної каналізації, де в подальшому вони будуть покладені на металоконструкції, броньований оптокабель заземляється та даль розшивається встанційній муфті. Обстеження вводів автоматичної телефонної станції здійснюється таким чином:

- виконується розробка ескізів з проведенням вимірів в приміщеннях вводу кабелю, блоку вводу труб, з зображенням виду розміщених там кабелів та отворів для підйому кабелів;
- визначається траса прокладання кабелю;
- визначається місце де буде укладатись запас кабелю;
- визначаються обсяги кількості додаткових каркасів, консолей, кабельростів, можливість використати існуючі канали вступного блоку труб або кількість додаткових труб;
- визначається спосіб виконання заземлення кабелів.

Далі необхідно встановити тип та місце розміщення КВП, та встановити відстань до щитка "Земля".

Після обстеження лінійних вводів виконується розробка схеми (рис.3.3.)

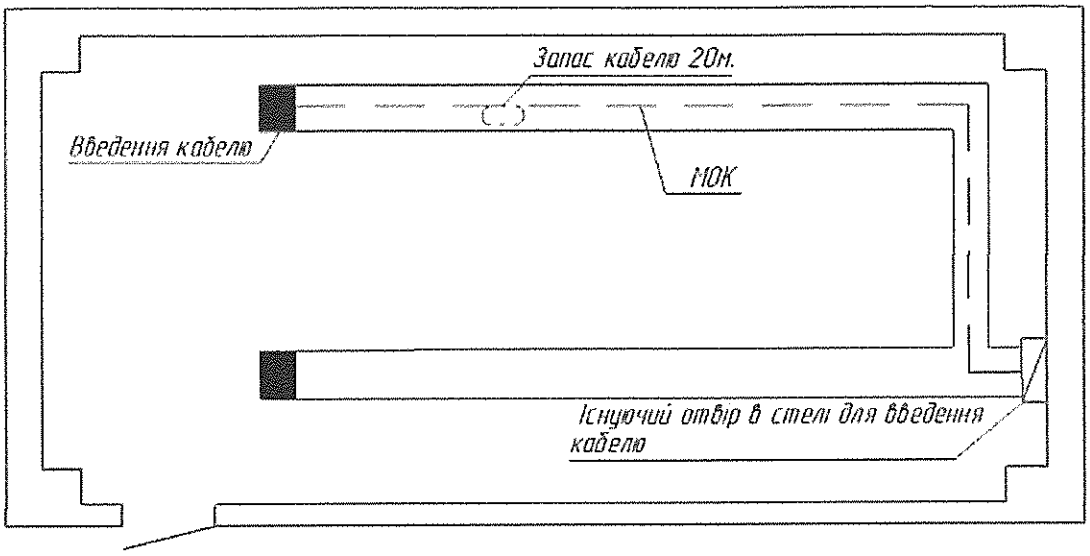


Рис. 3.3. Схема вводу магістрального оптокабелю в шахту

В проектованій мережі магістральний кабель з кабельної каналізації беде вводитись в приміщення кабельної шахти в приміщенні автоматичної телефонної станції, далі в гофрованій трубі він виводиться в отвір який веде на 1 поверх будівлі, де розташовуватиметься обладнання високої щільності та обладнання OLT.

Заземлення для магістрального кабелю буде здійснюватись у стійці оптичного кросу в лінійно-апаратному залі.

Зображення кабельної каналізації в розрізі, з якої магістральний кабель буде введений в будівлю (канал 20) показано на рисунку 3.4.

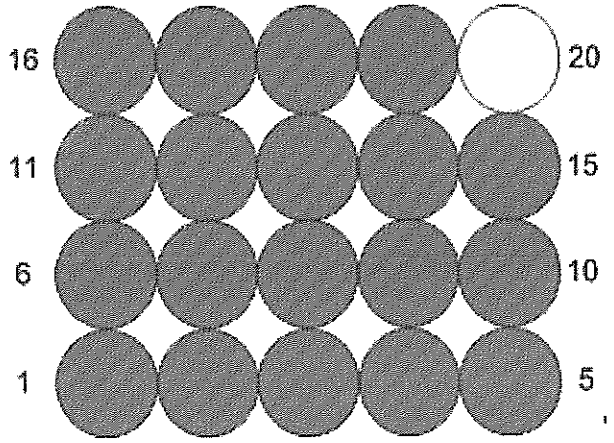


Рис. 3.4. Кабельна каналізація у розрізі

Пошук станційних споруд для мережі NG-PON2.

Виконуються наступним чином: необхідно визначити де розташований оптичний крос ODF; визначити місце для встановлення обладнання NG-PON2 OLT; виконується розробка плану розташування обладнання;

Прораховуються методи прокладки кабелів для з'єднання OLT с ODF, встановлюється тип та кількість оптичних кабелів.

В проектованій мережі обладнання ODF та OLT будемо розташовувати в приміщенні лінійно-апаратного залу. План розміщення обладнання представлений на рисунку 3.5.

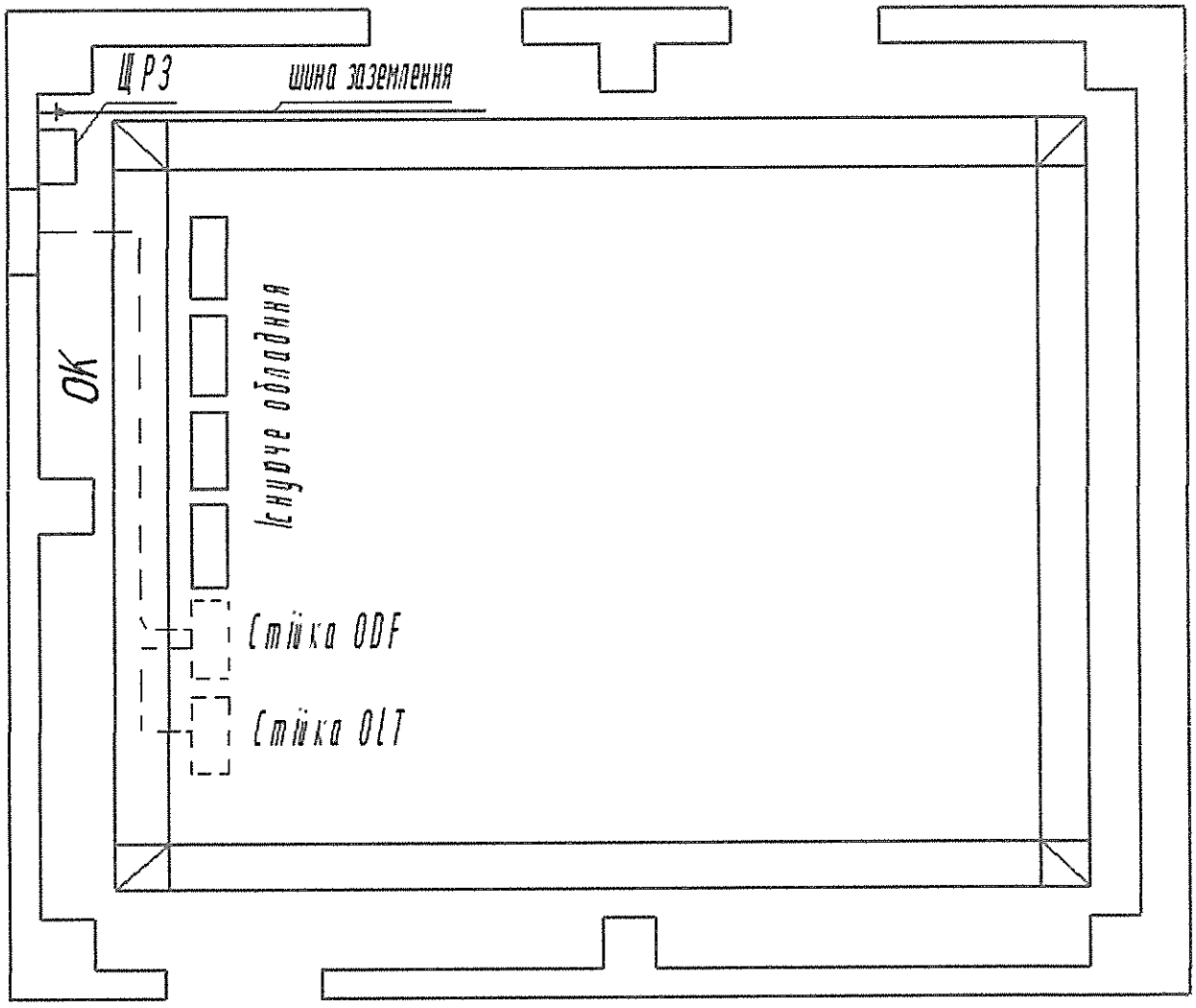


Рис.3.5. Розташування проектованого обладнання ODF та OLT у приміщенні лінійно-апаратного залу

Необхідне для обладнання NG-PON2 OLT електроживлення буде надходити від джерела постійної напруги $U = 60$В. Тому, що ЦАТС 98-12 належить до першої групи безперебійного енергопостачання. Резервування живлення виконують за допомогою двосекційної (дві секції кожна має по 30 акумуляторів) акумуляторної батареї та дизель-генератора потужністю 100 кВ. Підключення проектованого обладнання до мережі електроживлення виконується за допомогою електрощита ЩРЗ двома проводами марки ПВЗ-10 (на шини "+" та "-") довжиною 20 м. Зважаючи на те що максимальна споживча потужність обладнання

≤ 1500 Вт, підключення буде здійсненно за допомогою автоматичного вимикача з струмом 25А. Заземлення корпусів стійок ODF та OLT буде здійснено клемами в самих стійках шиною заземлення лінійно-апаратного залу дротом ПВЗ-16 завдовжки 20 м.

3.3 Вибір та опис обладнання для проектування мережі

Опис OLT ZTE ZXA10 C300

Обладнання ZXA10 C300 (рис.3.6.) було розроблено з урахуванням всіх сучасних вимог, це обладнання повністю підтримує функціональність IP-мереж доступу. Комутаційна ємність ZXA10 C300 складає 480G. Це обладнання має ємність системи: 16/14 слотів сервісних карт (GPON/P2P/NG-PON2). Також це обладнання може похвалитись великою пропускною здатністю, це дозволяє вирішити проблему з дефіцитом ресурсів смуги пропускання.

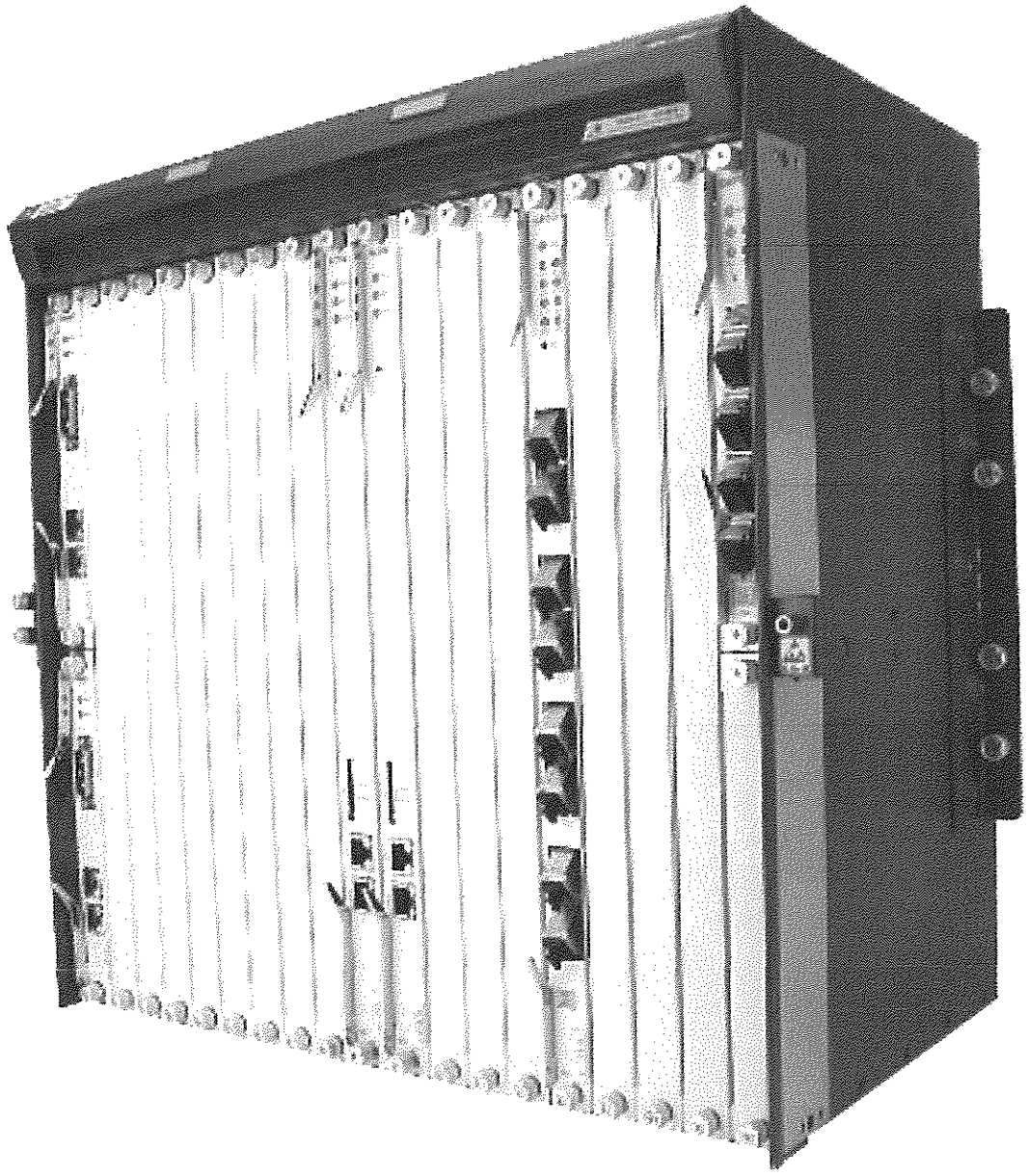


Рис. 3.6. Полиця **ZTE ZXA10 C300**

Розміри полиці ZTE ZXA10 C300 яка використовується при побудові мережі: Висота 449.2 мм., ширина 535мм., глубина 270 мм.

Фізичні параметри полиці ZTE ZXA10 C300:

- експлуатаційний діапазон температур становить від -25 ° C до + 55 ° C;
- експлуатаційно допустима вологість повітря від 5% до 95%;
- робоча напруга постійного струму -48 (±20%) або -60 (±20%);
- максимальний струм 50 А.

Також ця полиця має підтрику наступних характеристик:

- підтримує IEEE 1588v2 та SyncE для мобільних транзитних вузлів;
- підтримує Ethernet Ring(G.8032) та MPLS;
- підтримує керування енергозбереженням ONU;
- підтримує плавний перехід до NG-PON2: TWDM-PON, PtP-WDM тощо.

Забезпечення безпеки в данній полиці виконується завдяки: L2-L4 ACL, охорона джерела IP та MAC, захист від DoS-атак, MAC/IP анти-спуфінг (MAC прив'язка, IP прив'язка, DHCP відстеження), обмеження кількості MAC-адрес, ідентифікація порту користувача – PPPoE+ та DHCP Option 82. [5]

Основні властивості ZTE ZXA10 C300 зображені в табл.3.3.

Таблиця 3.3.

Основні властивості ZTE ZXA10 C300

Назва	Характеристики
Властивості PON	Сумісно з ITU G.984.x Підтримує ITU-T G.987.x та G.988, OLS, SR-DBA та NSR-DBA, шифрування AES128, SCB, Фізична досяжність: 20~60 км Потужність випромінювача GPON: Class B+ та Class C+ Потужність випромінювача XG-PON1: N1, N2a Підтримує захист Type B та Type C Повний стек G.984.4 OMCI Підтримує перехід до NG PON2
Властивості L2/L3	4K номерів VLAN, IEEE 802.1q, 1:1/N:1 VLAN, VLAN перетворення, стекування VLAN (QinQ). VRF, ARP агент/проксі.

	STP/RSTP/MSTP/UAPS/ERPS (G.8032)/LACP. Агрегування з'єднання IEEE 802.3ad. Подвійний стек IPv4 та IPv6. 1588v2, 1PPS+ToD, SynE, BITs/HZ. Класифікація потоків L2-L4 та ACL Багатоадресна передача: IGMP V1/2/3, IGMP/MLDv1, MLDv2, MLD snooping/proxy/router. Підтримка IGMP pre-join (попереднього з'єднання) та fast leave (швидкого догляду) 256 багатоадресних VLAN-ів.
Властивості MPLS	Базова функція MPLS із сигналом LDP Служби VPWS, VPLS, H-VPLS MPLS OAM PW VCCV
Властивості MPLS	MPLS ping/tracert Метод розповсюдження сигналу DU або DoD Статичний LSP LDP Graceful Restart PWE3(SAToP E1,ETH) Ретрансляція TDM
Інші властивості	Підтримка вентиляторів, захист від пилу та датчики довкілля (температура, вологість, інші), підтримка режиму CES, Підтримка MEF8 та PWE3 надає інтерфейси E1, STM-1 та STM-4 для транзитного TDM Ступінь деталізації DBA: 64 кбіт/с Підтримка потрійних служб: VoIP, HSI, IPTV, CATV та інших/

	Розширений функціонал OAM: визначення стану з'єднання, локалізація несправностей, виявлення віддаленого стану та віддаленого повернення на початок; підтримує внутрішньосмугове та позасмугове управління.

Опис ONT

Абонентські термінали EchoLife мають різні модифікації, які призначені задовільняти різні потреби користувачів. Відмінність заключається в наборі послуг, які користувач зможе отримати, використовуючи той чи інший термінал.

В нашому проекті ми будемо використовувати термінал HG850, він повністю задовільняє наші потреби. EchoLife HG850 - це термінал оптичної мережі (ONT), розроблений для використання як у побуті так і у невеликих офісах. Використовуючи технологію NG-PON2, термінал HG850 зможе забезпечити високошвидкісні канали передачі для оптичного кабелю. Пропускна здатність висхідного потоку до 1244 Гбіт/с, пропускна здатність низхідного потоку до 2488 Гбіт/с. Користуючись терміналом HG850, користувачі зможуть отримати високошвидкісний доступ до мережі, а також широкосмугові голосові та відео послуги високої якості.

Як мережевий термінал, що розміщується на рівні доступу мережі NG-PON2, HG850 дозволяє користувачам отримати доступ до IP та IPTV мереж. З боку локальної мережі HG850 надає безліч інтерфейсів для з'єднання з іншими пристроями, у різних мережних умовах. Також, HG850 підтримує високоякісні та не дорогі послуги голос через IP (VoIP) і факс через IP (FoIP). Термінал HG850, використовує інтерфейс контролю та управління (OMCI) технології

ONT, це дуже зручно для віддаленого конфігурування, управління та експлуатації.

Характеристики апаратної платформи: один оптичний інтерфейс; чотири Ethernet порти з функцією автоматичного визначення швидкості та методу передачі даних 10/100 Base-T (RJ-45); два VoIP телефонні інтерфейси (RJ-11); один інтерфейс живлення від постійного струму (використовується для з'єднання із зовнішнім резервним джерелом живлення); один інтерфейс моніторингу АКБ (підтримує моніторинг зовнішнього резервного джерела живлення).

Функціональні характеристики: відповідає вимогам технології FTTH; підтримує послуги VoIP та FoIP;надає високошвидкісний доступ до Інтернету.

Характеристики NG-PON2: відповідає стандарту ITU-T G.984; режим інкапсуляції NG-PON2; підтримує динамічний розподіл смуги пропускання (DBA); надає 8 T-CONT портів та 32 GEM порти; підтримує приймачі оптичної потужності Class B+; мапінг між VLAN та GEM портами; підтримує функції прямої корекції помилок у низхідному потоці (FEC).

Характеристики Ethernet: автопереговори; підтримує MDI/MDI-X автовизначення; підтримує Ethernet кадр до 1536 байт; підтримка до 1024 областей у локальній таблиці обміну MAC.

Управління пристроєм: підтримує віддалене керування пристроєм через Telnet; підтримує віддалену конфігурацію послуг та керування пристроєм через OMCI.

Характеристики живлення:

- вхідна напруга адаптера живлення: 100-240 В AC, 50-60 Гц;
- напруга живлення пристрою: 12 DC, 2 A;
- стандартне споживання енергії: < 12 Вт.

Рішення високої щільності монтажу оптичних волокон LISA

Використовується для введення великої кількості оптичних кабелів у конструктиви стандартизованих типорозмірів, монтажу та крос-комутації оптичних волокон, організації вхідних-вихідних та комутаційних кабелів (патчкордів). Подібні рішення можуть бути використані в центрах комутації волоконно-оптичних мереж операторів зв'язку, в мережах кабельного ТБ, в пасивних оптомережах.

Шафи та стійки високої щільності монтажу оптоволокна варто використовувати при великій концентрації оптичних кабелів. Максимальна ємність рішення високої щільності становить не менше 1000 оптоволокон в одному конструктиві. Особливістю таких рішень є додаткова функціональність стосовно введення оптичних кабелів, монтажу оптоволокна та крос-комутації оптичних портів патчкордами.

Всередині конструктиву виділяється окрема зона для кріплення багатоволоконних кабелів, для викладання та зберігання запасів патчкордів і для зварювання волокон, що дає змогу спростити завдання монтажу та обслуговування великої кількості оптичних портів. Рішення високої щільності монтажу оптоволокна повинно бути модульним і дозволяти нарощувати ємність в міру розширення мережі та введення нових кабелів.При монтажі нових кабелів та перемиканні діючих повинна бути забезпечена правильна раніше змонтованих волокон.

Система LISA.

Рішення високої щільності монтажу оптичних волокон LISA призначене для застосування в центральних офісах операторів у випадках, коли загальна кількість волокон вхідних та вихідних оптичних кабелів сягає 200 і більше.

LISA - волоконно-оптичний модульний центральний крос який може забезпечити ефективний менеджмент великої кількості оптичних кабелів та

патч-кордів, а також високу гнучкість та масштабованість. Стійка високої щільності монтажу LISA зображена на рисунку 3.7.

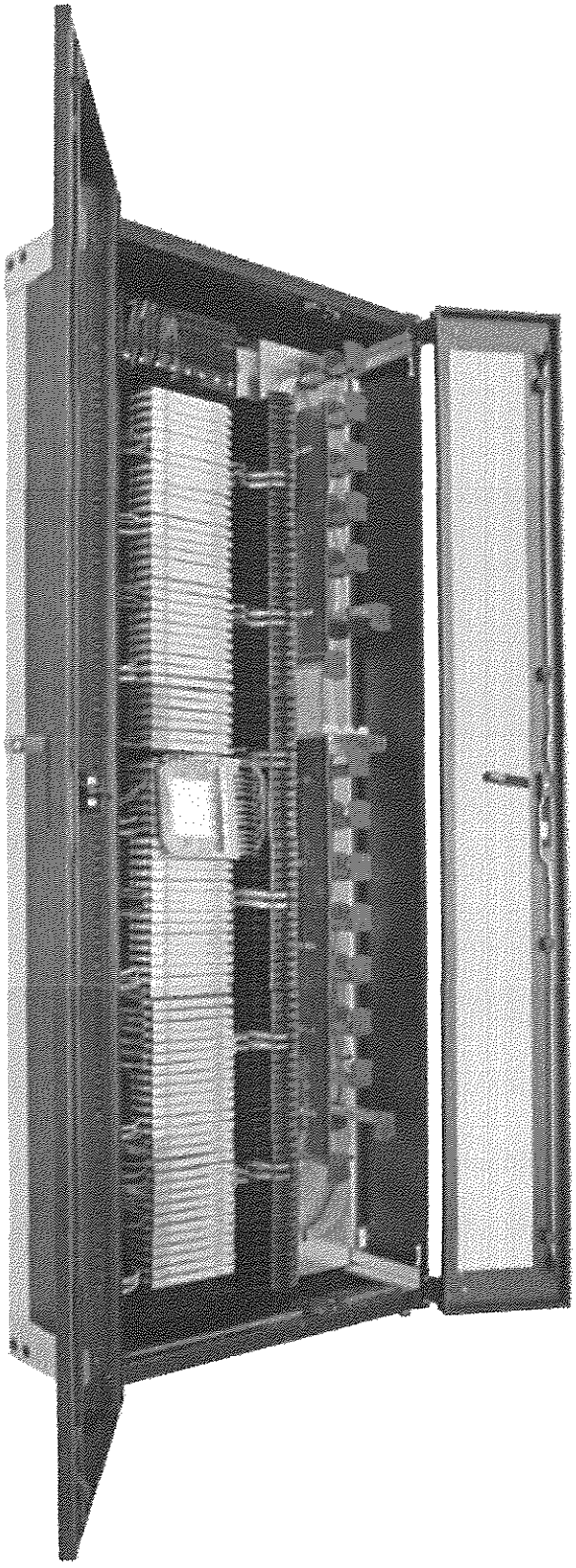


Рис. 3.7. Стійка високої щільності монтажу LISA

Стійка LISA глибиною всього 300 мм обслуговується повністю з передньої частини. В системі використовуються оптичні касети LISA з різними типами роз'ємів та способами монтажу волокон (зварювання, патч-модулі, претерміновані модулі). Касети LISA можна встановити всього за кілька секунд, і отримати доступ до них у будь-який час без використання інструментів і не торкаючись волокон, що задіяні для передачі даних, завдяки ретельно продуманій конструкції і системі організації кабелів.

Для збільшення загальної ємності кросу виробу LISA можна об'єднати, встановлюючи їх "пліч-о-пліч" або "спина до спини".

Кросове рішення LISA базується на спеціальному конструктиві (стійці чи шафі). Вузли ВКР мають різне виконання залежно від конструкції кабелів, яким вони призначені.

Вузли ВКР розміщуються на несучих панелях. Від вузлів введення оптичні волокна у спеціалiованих трубках надходять у кросові модулі, де зварюються із пігтейлами. Для зручності монтажу та обслуговування волокон кросові модулі разом із касетою та панеллю з адаптерами можуть висуватися або повертатися (залежно від конструкції). Кросові модулі поєднуються в блоки, які, у свою чергу, монтуються на конструктиві.

Для викладання та зберігання запасів патчкордів, підключених до портів кросових модулів, використовуються органайзери різної конфігурації, що дозволяють підвищити надійність експлуатації та мінімізувати тимчасові втрати при експлуатації кросу, зокрема, при перемиканнях.

Зона введення оптокабелю організується у верхній або нижній частині шафи з використанням вузлів

Спосіб силового кріплення вузлів введення може полегшувати та прискорювати доступ до оптичних кабелів як при обслуговуванні та монтажі так і доущільненні та переконфігуруванні мережі. Оптичні волокна в модулях

виводяться з ВКР в індивідуальних гофрованих трубках зовнішнім діаметром 5 мм.

У центральній частині шафи розташовується зона монтажу та кроскомутації волокон. Зона викладки та зберігання запасу сполучних шнурів розташована збоку від зони комутації, тут же встановлені органайзери (рис.3.8.)

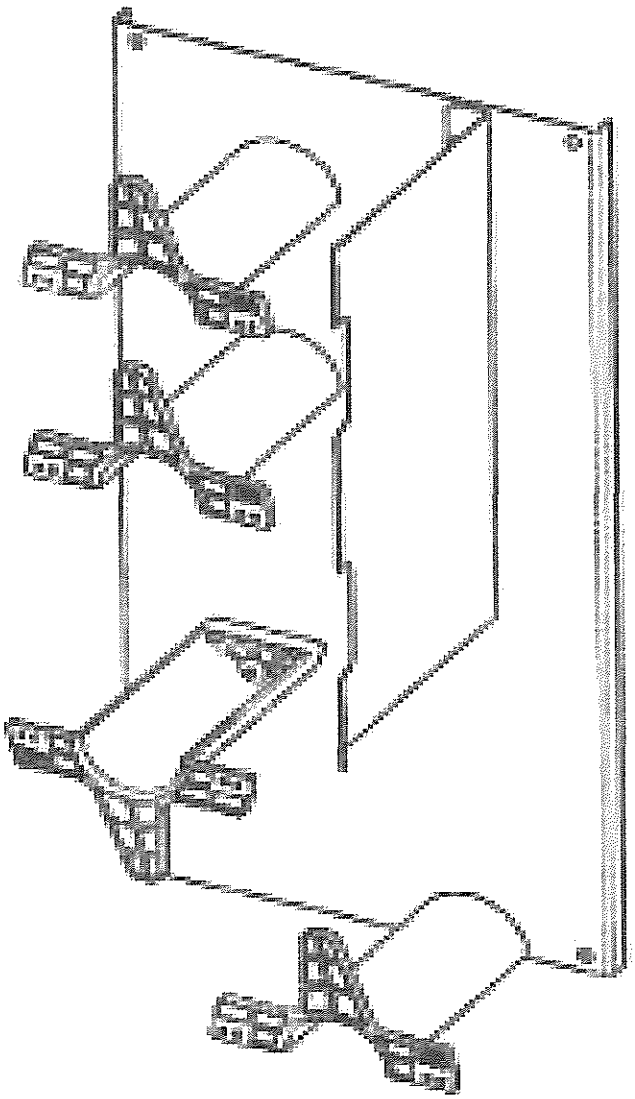


Рис. 3.8. Органайзер

Органайзери призначені для розміщення зайвої довжини та зручного обслуговування кросового шнура. Конструкція органайзера забезпечує розкладку запасів сполучного кросового шнура і зручне вилучення всієї

довжини кросового шнура, включаючи запас, що зберігається, для перекросування оптичних ліній. Даний спосіб розкладки дозволяє проводити регламентні перекросування без створення додаткового згасання оптичних шнурах, що знаходяться під сигналом.

Модульний крос.

IANOS - волоконно-оптичний модульний крос забезпечує щільність до 72 дуплексних портів LC (144 волокна) або MTP в одному юніті. Кошик IANOS заввишки один юніт замінює 3 традиційні оптичні панелі 1U по 24 порти, які разом з організаторами патч-кордів зазвичай займають не менше 6 юнітів у стійці. Завдяки ретельно продуманій конструкції, системі організації кабелів та маркування, обслуговувати крос IANOS зручніше та безпечніше, ніж класичні панелі.[3]Волоконно-оптичний модульний крос IANOS зображено на рисунку 3.9.

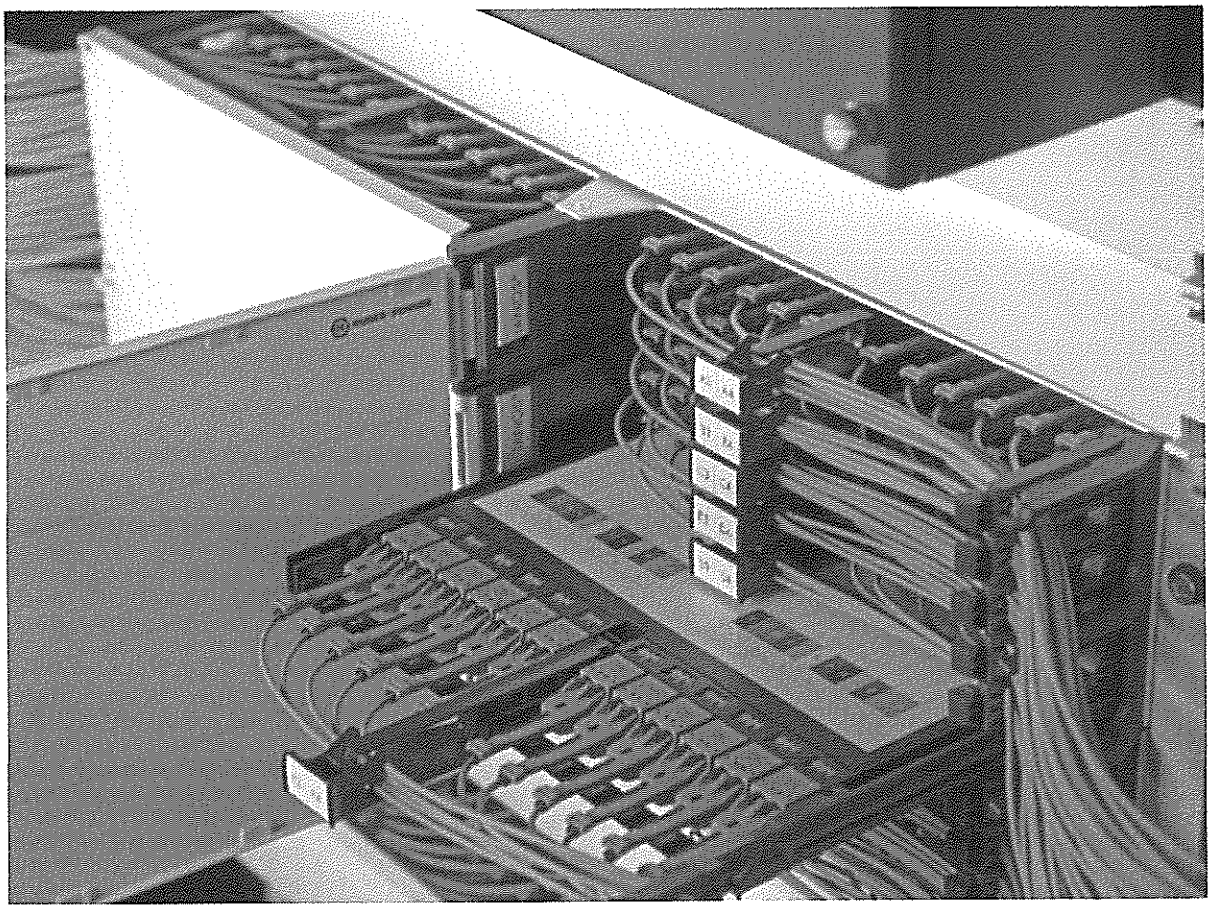


Рис. 3.9. Волоконно-оптичний модульний крос IANOS

Компактність – не єдина перевага IANOS. При розробці були враховані специфічні вимоги до кросу, такі як: масштабованість, висока швидкість монтажу та зміни конфігурації (MAC - Moves, Adds and Changes), підтримка високошвидкісних протоколів 40 і 100 Гб/с на базі багатоволоконних роз'ємів MTP (інша назва MPO). Це модульна система, яка відрізняється великою гнучкістю завдяки наявності асортименту модулів з різними типами роз'ємів та способами монтажу волокон. Місткість кросу легко нарощується всередині кошика шляхом встановлення додаткових модулів. Основу системи складають кошики IANOS 1U або 4U висувної конструкції, ємністю 72 та 288 портів LC duplex або MTP відповідно. Вони передбачені задній організатор кабелів і фронтальний організатор патч-кордів з кришкою і направляючими, який забезпечує їх надійний захист. Продумана система маркування спереду та ззаду кошика дозволяє легко знайти потрібний порт, ідентифікатори портів промарковані на модулі та на кришці організатора.

3.4 Проектування магістральної та розподільної мережі

Магістральна мережа абонентського доступу являє собою основний елемент всієї мережі. Правильним буде виконати підбір системи для побудови мережі, вибрати топологію що буде використана, визначити умови та правила організації мережі доступу, що зробить можливим прибрати непотрібні витрати при подальшому розвитку та мережі.

Основними питаннями при проектуванні магістральної мережі NG-PON2 є:

- вибір оптимальної топології побудови магістральної мережі;
- знаходження способів резервування в магістральній мережі;

- вибір максимальної місткості магістральних кабелів, вибір типу кабелів; вибір оптичних муфт;
- вибір оптимального рішення стосовно заземлення оптичного кабелю.

В проектованому районі необхідно вибрати найбільш оптимальну топологію, з огляду на проектованону мережу найбільш оптимальною буде багаторівнева (каскадна) топологія мережі, число каскадів цієї мережі буде дорівнювати двом (спліттери 1х2 і 1х32) для кожного будинку, що будуть підключені. Схема топології зображена на рисунку 3.10.

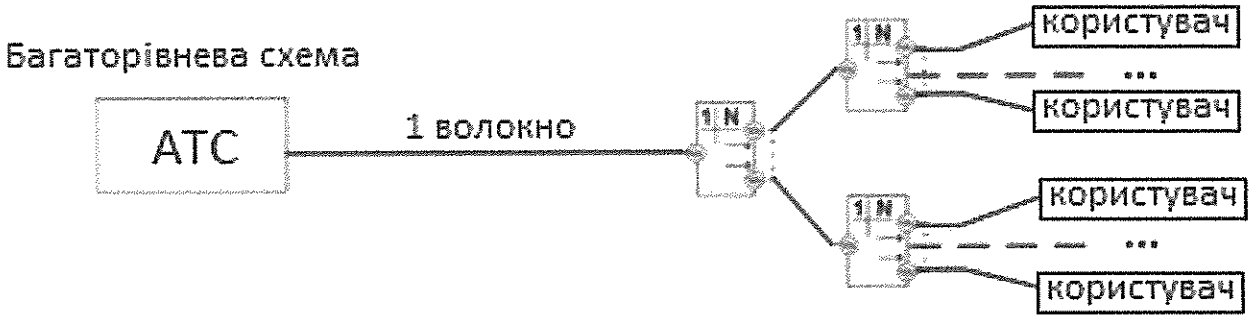


Рис. 3.10. Багаторівнева(каскадна) схема мережі NG-PON2

Вибір даної топології обумовлений такими причинами.

Кабельна каналізація проходить збоку вздовж усього району з відгалуженнями до кожного будинку. При цьому побудова мережі з ОРШ є,через велику витрату розподільного оптокабелюі через необхідність використання більшого числа каналів кабельної каналізації. Побудова мережі буде виконуватись з відгалудженням розподільчого оптокабелю до будинків, що будуть підключені від магістрального оптокабелю з використанням кабельних муфт.

Через багатоповерховість будинків, що будуть підключені, та коефіцієнт охоплення абонентів послугою, яка буде рівною 100%, не має сенсу

використовувати інші топології (точка-точка (P2P) і "дерево"), тому що при використанні топології P2P необхідна досить велика ємність магістрального та розподільних кабелів, а в випадку використання деревоподібної структури мережі забезпечити баланс оптичної потужності з використанням оптичних розгалужувачів, неможливо.

Резервування на магістральній мережі буде здійснюватись шляхом підведення до кожного спліттера, які будуть розташовані в будинках, двох оптоволокон: одного робочого та одного резервного.

Визначення максимальної ємності магістрального оптокабелю виконується з урахуванням кількості введених в будинки оптоволокон та з врахуванням резерву (одне резервне оптоволокно на спліттер). Кількість оптоволокон, що будуть введені до будинків, представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Кількість оптоволокон, що вводяться в кожен будинок

Вулиця, будинок	Кількість оптоволокон, що вводяться в кожен будинок
вул.Кургузова,1а буд.1	11
вул.Кургузова,1а буд.2	18
вул.Кургузова,1а буд.3	23
вул.Кургузова,1а буд.4	9

Як магістральний оптичний кабель можна викоритстати кабель Utex ОКЗ(б2,7) М-0812. Оптичний кабель марки ОКЗ(б2,7) М-0812 призначений для прокладання як механізованим так і ручним способами в грунтах всіх категорій з низькою, середньою і високою корозійною агресивністю, в тому числі заражених гризунами, окрім схильних до мерзлотних деформацій. Також можлива прокладка в кабельній каналізації, трубах, блоках, колекторах і т.д.

при небезпеці пошкодження гризунами. Кабель відповідає нормативним документам: ДСТУ IEC 60794-1-1-2002, ДСТУ IEC 60794-3-2002, ДСТУ 45.019-2001, ГОСТ 18690-82.

Цей кабель має такі властивості:

- Центральним силовим елементом виступає склопластиковий пруток який забезпечує захист кабелю від подовжнього навантаження.
- Броня з гофрованої сталі дає змогу забезпечити захист модулів з волокнами.
- Модулі: 1-й модуль - червоного кольору, 2-й - зеленого, наступні - не окрашені, модулі рахують по часовій стрілці.

Оптичне волокно: одномодове типу G.652 D; 96 волокон; модулі заповнені гелем; кольорове кодування у відповідності до IEC 60304.

Корделі виготовлені з поліетилену високої щільності чорного кольору. На сердечник накладається проміжна оболонка з поліетилену середньої щільності. На проміжну оболонку накладається броня із гофрованої сталі. Вільний простір між дротами заповнено гідрофобним гелем. На броню накладається оболонка із поліетилену високої щільності. [15] Зображений на рисунку 3.11.

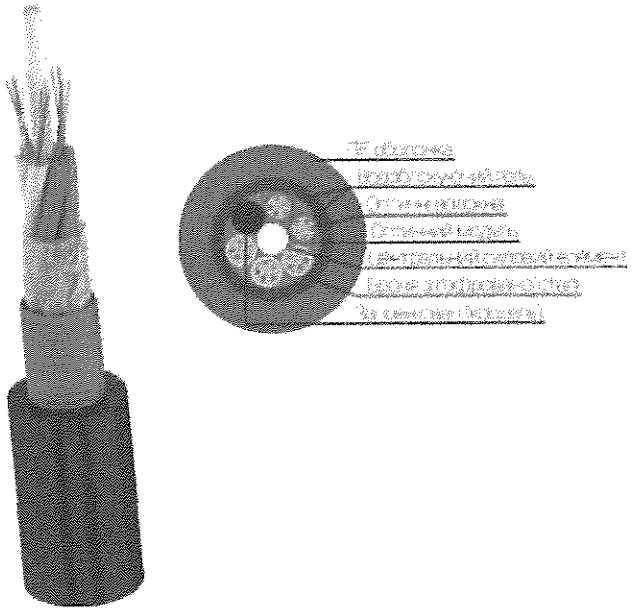


Рис. 3.11. Кабель Utex ОКЗ(62,7) М-0812

Параметри експлуатації кабеля Utex ОКЗ(б2,7) М-0812.

- температура монтажу -5°С до +60°С
- температура експлуатації -40°С до +70°С
- мінімальний радіус згину 15 номінальних діаметрів кабелю
- допустиме зусилля на роздавлення 300 Н/см
- допустиме зусилля на поздовжнє розтягування 2700 Н

Механічні характеристики:

- вага кабелю – 136,0 кг/км
- діаметр кабелю – 11,5 мм
- кабельна довжина – від 2 до 4 км на барабані

Розгалуження оптоволокна від магістрального оптокабелю до будинків, що будуть підключені, проводиться з допомогою оптичних муфт. В проектованій мережі будуть використані муфти Crosver FOSC-SPC112/24-1-12-9SC (рис. 3.12.)



Рис. 3.12. Оптична муфта Crosver FOSC-SPC112/24-1-12-9SC

Муфта зварювальна для оптокабелю, підвищеної ударомiцності, тупикового типу. Призначена для зрощування та розгалуження оптичного кабелю при повітряній, настінній і підземній інсталяції. Муфта Crosver FOSC-SPC112 / 24-1-12-9SC має 4 кабельних вводи, які герметизуються термоусадкою і один кабельний ввід, який герметизується механічним способом за допомогою гумової втулки і затискної гайки. Цей ввід універсальний і дозволяє вводити від 1 до 8-ми кабелів в залежності від діаметра кабелю. Через цей ввід зручно підключати абонентські кабелі при побудові мереж FTTH.

Ще однією особливістю муфти FOSC-SPC112 / 24-1-12-9SC є наявність вбудованої панелі яка дозволяє встановити до 9 оптичних адаптерів типу SC. Це дає можливість здійснювати оперативну комутацію абонентів, що підключаються без використання зварювання, наприклад, встановивши оптичний дільник PLC з роз'ємами всередині муфти, можна в подальшому швидко підключати в міру необхідності абонентів мережі PON. Муфта допускає установку від 1 до 3 сплайс-касет типу S112 номінальною ємністю 12 і максимальною 24 зварювання. Магістральні муфти встановлюються в приміщеннях введення кабелів, колодязях, котлованах і на дні водойм глибиною до 10 метрів. Герметизація кожуха з оголовником здійснюється "гарячим" методом за допомогою термоусаджуваної трубки. Для додаткового захисту можуть використовуватися чавунні і пластикові муфти. Заземлення оптичного кабелю здійснюється у будівлі АТС у приміщенні шахти до обладнання КВП та у будинках до шини заземлення ГРЩ. Відгалуження оптичних волокон від магістрального кабелю до будинків і транзит оптичних волокон магістрального кабелю виробляються в муфтах на сплайс-пластинах.

Для відгалуження оптоволокна від магістрального оптокабелю до будинків застосовується оптокабель ОКЗ (б2,7) М-0304 на 16, 12, 8, 6 та 4 оптоволокна виробництва фірми " Utex "(рис.3.13)

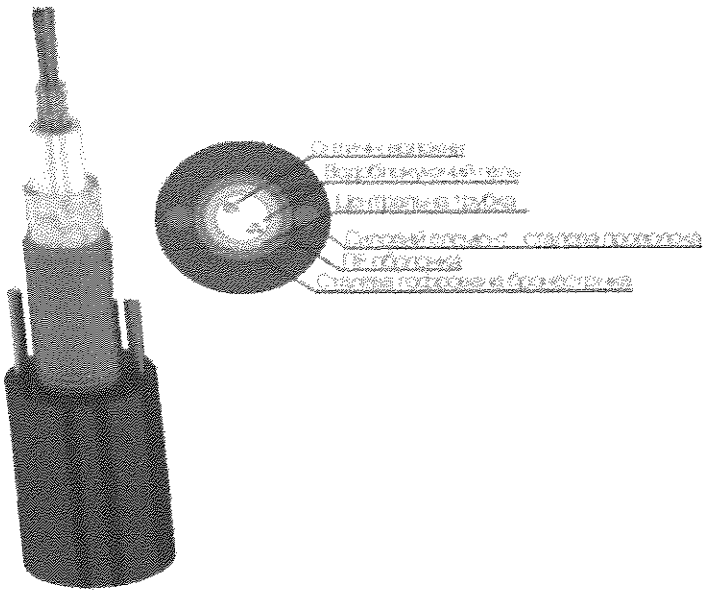


Рис. 3.13. Кабель оптичний ОКЗ(б2,7) М-0304

Оптичний кабель марки ОКЗ(б2,7) М-0304 призначений для прокладання ручним і механізованим способами в грунтах всіх категорій з низькою, середньою і високою корозійною агресивністю, в тому числі заражених гризунами, окрім схильних до мерзлотних деформацій. Також можлива прокладка в кабельній каналізації, трубах, блоках, колекторах і т.д. при небезпеці пошкодження гризунами. Кабель відповідає нормативним документам: ДСТУ IEC 60794-1-1-2002, ДСТУ IEC 60794-3-2002, ДСТУ 45.019-2001, ГОСТ 18690-82..

Властивості:

- Центральний силовий елемент (склопластиковий пруток) забезпечує надійний захист кабелю від подовжнього навантаження
- Броня з гофрованої сталі забезпечує захист модулів з волокнами

- Модулі: 1-й модуль - червоного кольору, 2-й - зеленого, наступні - не окрашені, модулі рахують по часовій стрілці

- Кордель (пластиковий шнур) для заповнення кабельної конструкції

Параметри експлуатації ОК ОКЗ:

- температура монтажу -5°С до +60°С; температура експлуатації -40°С до +70°С;

- мінімальний радіус згину 15 номінальних діаметрів кабелю; допустиме зусилля на роздавлення 300 Н/см; допустиме зусилля на поздовжнє розтягування 2700 Н. [7]

Далі виконується проектування розподільної мережі в будинку. Підключається один під'їзд будинку. Показується принцип введення в житловий будинок.

Введення до житлового будинку може організовуватись наступними способами: підземне введення (через підвал); повітряне введення (через горище); підземне (повітряне) введення на зовнішню стіну будівлі.

В даному проекті доцільно виконувати введення оптокабелю до будинку через підвальне приміщення. Типовий варіант такого вводу зображено на рисунку 3.14.

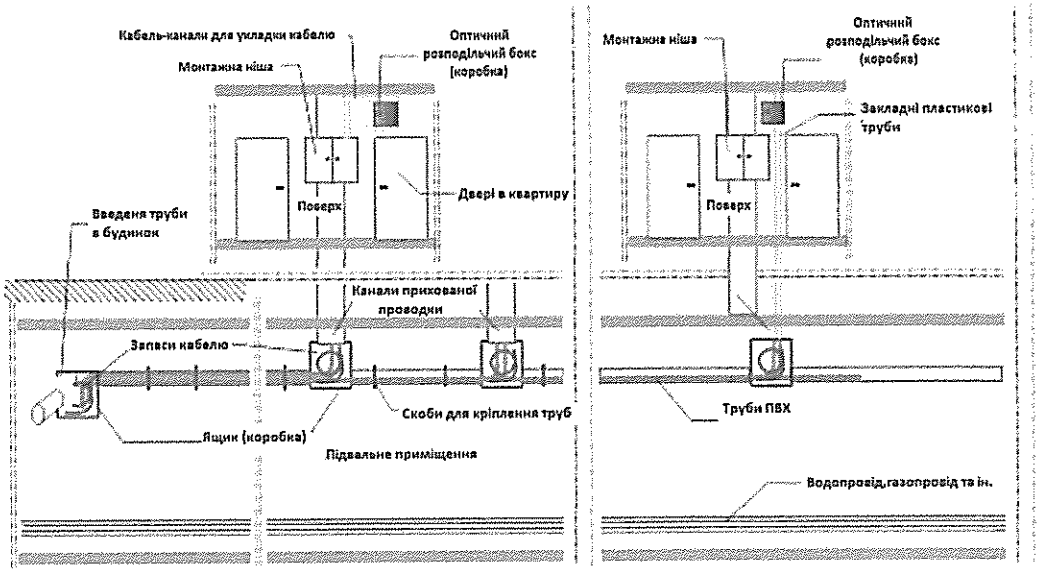


Рис. 3.14. Введення оптокабелю в підвал будинку

В нашому проекті кабель, що вводиться до підвалу, буде заведений на антивандальну шафу, в якій будуть розташовані розгалужувачі 1х2. Також в цій шафі за необхідності проводиться транзит розподільного оптокабелю до інших будинків.

Розподільча схема будинку містить такі елементи: розгалужувачі 1х2; розгалужувачі 1х32; поверхові оптичні розподільні коробки; розподільні оптокабелі; абонентське проведення. Як розгалужувачі 1х2 будуть використані розгалужувачі PLC Splitter 1x2, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField.

Ці розподільники дають змогу використання досить широкого діапазону хвиль (1260нм - 1650нм) та мінімальні показники згасання на порту, застосування даних пристроїв значно розширює можливості розгортання складних мереж PON.

Як розгалужувачі 1х32 використовуємо PLC Splitter 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField. Розгалужувачі 1х32 встановлюються у під'їздах на будь-якому зручному поверсі. Розташування кожного розгалужувача 1х32 у конкретному будинку залежить від кількості під'їздів поверховості будинку. В якості оптокабелів, що прокладається від розгалужувачів 1х2 до розгалужувачів 1х32, використовується Fibrain EAC-RAs(0,4)-8. Оптичний кабель EAC (Easy Access Cable) призначений для застосування в мережах FTTH при вертикальній прокладці і підключеннях «останньої милі» всередині будівель, в офісах і квартирах. Кабель містить 8 вільно покладених оптичних волокон G.657A1 в покритті 900 мкм. Кабель захищений зовнішньою оболонкою з галогенного низькодимного компуанда що не підтримує горіння FR-LSZH .В якості силових елементів використовуються два склопластикових прутка FRP (Fiber-reinforced plastic), діаметром 0,7 мм кожен, симетрично прокладені всередині зовнішньої оболонки, які надають конструкції стійкість до поздовжнього натягу, а також запобігають осьове скручування кабелю.

Кабель зручний при обробленні і монтажу. У зовнішньому покритті можна вирізати поздовжнє вікно, яке забезпечує доступ до оптичних волокнах розміщених всередині кабелю. Волокна, що витягуються через отвір в оболонці кабелю, доводяться безпосередньо до місця підключення абонента. Повністю діелектрична конструкція є надійним захистом від впливу електромагнітного випромінювання та грозового розряду.

Розподіл оптоволокна від розгалужувачів 1х32 до поверхових розподільних оптичних коробок здійснюватиметься оптичним кабелем НРС-1626-48. Це гнучкий кабель модульної конструкції ємністю 48 ОВ, що дозволяє вільно витягувати будь-який модуль довжиною до 10м із ОК. Він зручний для прокладання розподільної мережі в будинках з великою кількістю поверхів. У будинках за допомогою розподільного кабелю такої ємності можна забезпечити резервування оптичних волокон із розрахунку 1 резервне ОВ на 3 ОРК. Як ОРК використовується крос оптичний Crosver FOB-01-08. Це поверховий оптичний крос, що містить у собі 8 оптичних портів SC/SM і забезпечений вісьмома пігтейлами з оптичними конекторами типу SC з поліруванням UPC.

Проведення до абонентів здійснюється при безпосередньому підключенні абонентів до мережі та не враховується при проектуванні цієї мережі.

Розподільча схема підїзду будинку, розташованого за адресою м.Вишгород вул. Кургузова 1а, будинок 4, представлена на рисунку 3.15.

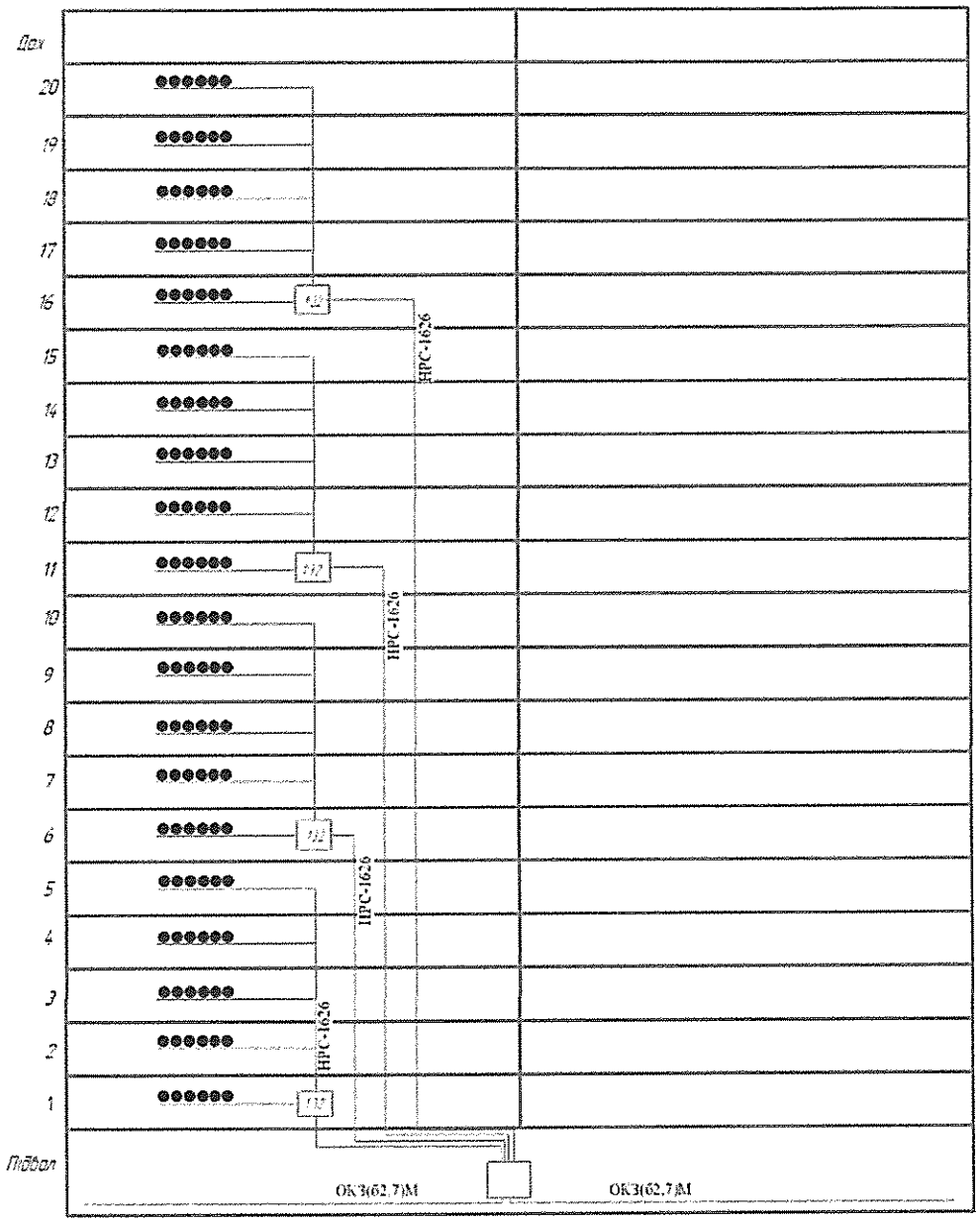


Рис. 3.15. Розподільна мережа одного підїзду будинку

Розподільну мережу розроблено для одного підїзду, через те що будинки в ЖК Ярославичі мають ідентичну будову.

3.5 Розрахунок оптичного бюджету

Згасання на оптичній лінії розраховуються від підключення волокна на активному устаткуванні (на передавачі) до віддаленого абонента (на приймачі). В пасивних оптичних мережах джерелами втрат є:

- повне згасання в оптичному волокні, залежить від коефіцієнта загасання волокна на певній довжині хвилі та його довжини;
- повні втрати у зростках (зварні з'єднання), залежать від втрат у кожному зростку та їх загальної кількості;
- повні втрати у з'єднувачах (роз'ємні з'єднання), залежать від втрат у кожному з'єднувачі та їх загальної кількості;
- втрати у розгалужувачах, залежать від коефіцієнта розгалуження;
- експлуатаційні втрати: втрати на додаткових зростках та кабельних вставках під час проведення ремонтних робіт.

Розрахунки проводять для кожної АТС за найвіддаленішою оптичною лінією з урахуванням магістрального, розподільного ділянок мережі, абонентської проводки та внутрішньостанційних з'єднань з усіма пасивними пристроями в ланцюзі з'єднання. З урахуванням використовуваної в проекті топології мережі, немає необхідності розраховувати відсоток розподілу потужності в оптичних розгалужувачах, мережа вийде збалансованою, що забезпечить безпомилковий прийом потоків даних оптичним приймачем обладнання OLT.

При розрахунках враховуються такі параметри втрат:
- коефіцієнт загасання волокна на довжині хвилі
- 1310 нм – 0,34 дб/км;
- нероз'ємні з'єднання (зварні) – 0,05 дБ;
- роз'ємні з'єднання (конектори) – 0,3 дБ;
- розгалужувачі: 1х2 – 3,5 дБ, 1х32 – 17,5 дБ;
- експлуатаційний запас – 3 дБ;

Діапазон загасання для обладнання ZTE ZXA10 C300 становить 29 дБ.

Найвіддаленіший абонент у мережі, що проектується, знаходиться в будинку за адресою вул. Кургузова 1а, будинок 4. На даній ділянці 5 роз'ємних

з'єднань, 4 зварних з'єднань, довжина ОВ від обладнання OLT до будинку (до квартири) становить 550 м.

Згасання на цій ділянці мережі, що вносяться різними факторами, представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Згасання найбільш протяжної ділянки мережі

Параметр	$P_{ов}$, дБ	$P_{роз'емн.}$, дБ	$P_{зварн.}$, дБ	$P_{1:N}$, дБ	експл. Запас, дБ
Значення	0,18	1,5	0,2	21	3

де:

$P_{ОВ}$ - втрати в оптичному волокні;

$P_{роз'емн}$ - втрати в роз'ємних з'єднаннях;

$P_{зварн}$ - втрати у зварних з'єднаннях;

$P_{1:N}$ – втрати у розгалужувачах.

Таким чином, загасання на даній ділянці:

$$P = P_{ОВ} + P_{роз'емн} + P_{зварн} + P_{1:N} + \text{експл. запас} = 25{,}88 \text{ Дб.} \quad (3.2)$$

Таким чином, мережа, що проектується, задовольняє вимогам до оптичного бюджету активного обладнання OLT.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було розглянуто загальний принцип побудови оптоволоконних мереж широкосмугового доступу. Висвітлено основні переваги та недоліки широкосмугового оптоволоконного доступу, визначено які мережі будуть найбільш оптимальними в конкретних випадках, ефективніші та економічніші.

Проведено аналіз оптичних мереж доступу. Визначено основні переваги PON, тобто відсутнє активне проміжне обладнання, мінімум використаних оптичних передавачів у центральному вузлі, зручність в розгортанні та обслуговуванні мережі, досить низька вартість оптичного волокна та ін. Проведено порівняння мереж доступу GPON і NG PON2 та представлено рекомендації по розповсюдженню нових технологій без шкоди для діючих послуг, переваги використання в телекомунікаційних мережах новітніх технологій (на прикладі NG PON2) та розглянуто можливість сумісного використання новітніх мереж з діючими мережами доступу.

Аналіз та удосконалення даних мереж доступу дасть великий прогрес у телекомунікаціях. Впровадження новітніх пасивних мереж доступу повинно бути ефективним, надійним та досить гнучким по пропускній спроможності і по споживаній потужності. NG-PON2 покликаний стати мультисервісною інфраструктурою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. wikiwand.com/uk; Багатомодове одномодове волокно. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.wikiwand.com/uk/Оптоволокно
2. calvarybaptisthsv.org; [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://calvarybaptisthsv.org/w/vay-fay
3. alphagrissin.com.ua; [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://alphagrissin.com.ua/219_evolyutsiya-volokonno-opticheskikh-krossov
4. uk.wikipedia.org; [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/FTTx
5. lanmarket.ua; ZXA10 C300 ; [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://lanmarket.ua/zte/zte-shassi-zte-olt-zxa10-c300-13184/
6. ni.biz.ua ; Оптичне волокно; [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ni.biz.ua/2/2_12/2_123513_opticheskoe-volokno.html
7. ott.net.ua; Кабель оптичний Utex;. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ott.net.ua/ua/telekomunikaciyi/kabel-1/optichnij-kabel/kabel-optychnyy-okz-b2-7-m-0304
8. ttsystem.com.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ttsystem.com.ua/novini/vybor-mezhdu-passivnymi-i-aktivnymi-opticheskimi-setyami-2/
9. uk.wikipedia.org [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82
10. uk.wikipedia.org [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/WiMAX
11. ur.co.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ur.co.ua/69/119-1-optovolokno.html

12. znanius.com; Класифікація телекомунікаційних мереж; [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.znanius.com/3561.html
13. Петренко І.І., Убайдуллаєв Р.Р. Пасивні оптичні мережі PON. Частина 1. Архітектура та стандарти, №1
14. ukrbukva.net [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ukrbukva.net/page,9,101558-Proektirovanie-seti-PON.html
15. lanmarket.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://lanmarket.ua/dlya-ukladki-v-grunt/okz-b2-7-m-0812-96/
16. Ключко А.В. Вплив нелінійних спотворень, що викликані вимушеним розсіюванням Мандельштама-Брілюена, в каналах пасивних мереж PON / А.В. Ключко, Н.А. Харченко // тези доповідей одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційнокомунікаційних технологій та засобів управління» 8-9 квітня 2021 року., Харків, Т1 секції 1,2, С. 92.
17. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник (для вищих навчальних закладів) / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
18. DESIGN OF PASSIVE OPTICAL NETWORK, Juan Salvador Asensi Pla, BRNO, 2011, page 42.
19. Проектування та експлуатація сучасних мереж широкосмугового доступу: навч. посіб. для дипломного проектування та магістерських робіт / [В.О. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький, В.І. Орєшков]. – Одеса: РВЦ ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2019. – 267 с.
20. Технології територіально-розподілених мереж: Курс лекцій для студентів спеціальності "Виробництво електронних засобів" / Уклад.: П.В. Кучернюк – К.: НТУУ «КПІ», 2010 р. – 81 с. 60

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Існуючі технології доступу показують великий прогрес у телекомунікаціях. Традиційні кабельні мережі на даний час поступаються своїми характеристиками та потенціалом, а запит на якісні послуги весь час зростає. Нові технології повинні бути впроваджені без шкоди для існуючих послуг і доходів.

Дана бакалаврська робота присвячена вивченню основних принципів побудови мереж доступу на основі PON і NG PON2, їх переваги та недоліки.

Аналіз та удосконалення даних мереж доступу дасть великий прогрес у телекомунікаціях. Пасивна оптична мережа нового покоління повинна бути ефективною, гнучкою та надійною як по пропускній здатності, так і по споживаній потужності, тому стандарт NG-PON2 стане мультисервісною інфраструктурою, отже актуальність даної теми є беззаперечною.

Об`єкт дослідження - технологія NG PON2 та основні елементи структури пасивної оптичної мережі.

Предмет дослідження - особливості будівництва NG PON2 мережі.

Мета роботи - побудова оптичної мережі доступу на базі технології NG PON2 на прикладі конкретного населеного пункту.

Методи дослідження - моделювання діючої NG PON2 мережі та порівняння з іншими PON технологіями.

Вступ

Життя сучасної людини важко уявити без телекомунікаційних мереж. Інтернет міцно увійшов у повсякденне життя кожної людини. З його допомогою завжди можна відшукати потрібну інформацію, зробити важливий дзвінок, сплатити за послуги чи товари. З'явилися фактично безмежні можливості у багатьох сферах життя. Тому постійно виникає потреба в удосконаленні та покращенні якості зв'язку.

Швидкий розвиток інтернету став можливим за рахунок розповсюдження високошвидкісних оптичних ліній зв'язку між абонентами інтернет мережі. Використання волоконно-оптичних ліній дозволило істотно збільшити якість обслуговування користувачів телекомунікаційних мереж і запропонувати їм нові послуги.

Волоконно - оптичні лінії зв'язку

Волоконно-оптичні лінії зв'язку - це вид зв'язку, при якому інформація передається по оптичних діелектричних хвилеводах, відомим під назвою "оптичне волокно".

Оптичне волокно - найдосконаліше середовище для передачі великих потоків інформації на великі відстані, виготовлене з кварцу. Оптоволокно – типовий діелектричний хвилевід електромагнітних хвиль.

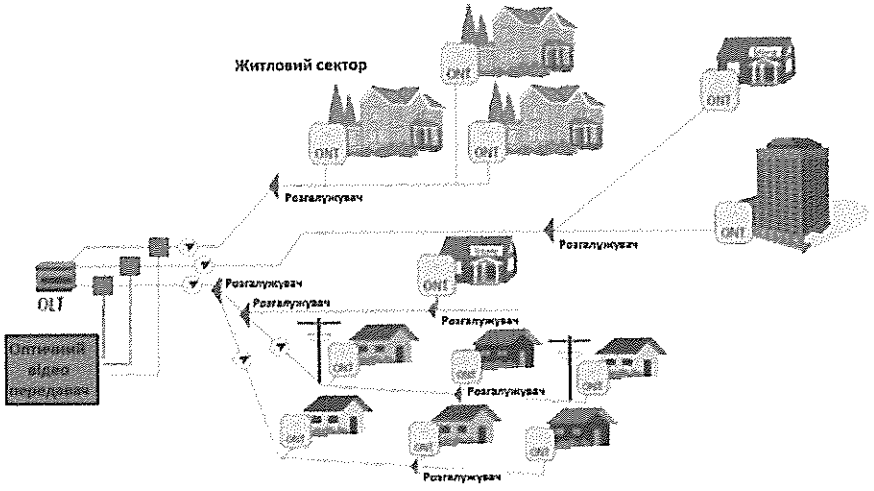
Активні та пасивні оптичні мережі

Активна оптична мережа (AON) має двоточкову структуру , де кожен користувач має свою власну виділену оптоволоконну лінію, яка закінчується на оптичному концентраторі.

Пасивна оптична мережа (PON)–розподільна мережа доступу заснована на волоконно - кабельній архітектурі з пасивними оптичними розгалужувачами на вузлах. При цьому архітектура PON має необхідну ефективність нарощування вузлів мережі і пропускну спроможність, залежно від потреб абонентів.

Основна ідея архітектури PON - використання всього одного приймального модуля OLT для передачі інформації безлічі абонентських пристроїв ONT і прийому інформації від них.

Архітектура мережі PON



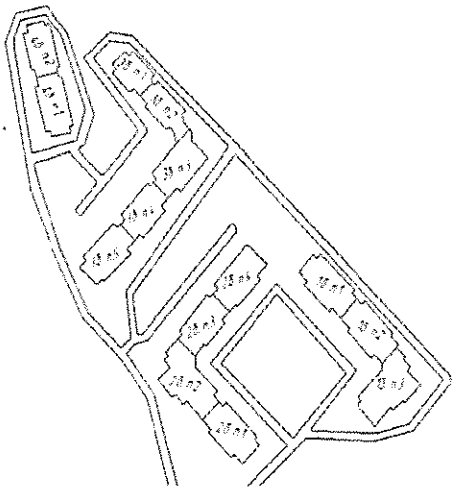
Еволюція до NG-PON2

Оскільки системи PON вже розгорнуті, NG-PON2 постійно привертає увагу дослідників. Один із стандартів PON наступного покоління, NG-PON2, дозволяє об'єднувати мережі з декількома послугами в одну ODN, що призводить до значного зниження сукупної вартості мережі. NG-PON2 також дозволяє впроваджувати нові ефективні архітектури, які налаштовані для задоволення нових потреб абонентів.

NG-PON2 підтримує мінімум чотири довжини хвилі на кожному волокні, що робить його першим в галузі стандартом доступу до декількох довжин хвиль.

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ NG-PON 2 ДЛЯ ЖК «ЯРОСЛАВИЧІ», М. ВИШГОРОД, ВУЛ. КУРГУЗОВА 1А

Для проектування мережі на основі технології NG-PON2 було обрано житловий комплекс “Ярославичі”, який знаходиться за адресою: м. Вишгород, вул. Кургузова 1-а. Такий вибір обумовлений тим, що мережі тут розвинені недостатньо, а сам район має зручну, зосереджену навколо ЦАТС архітектуру.



Район для проектування мережі

Етапи проектування мережі

- визначення та складання списку житлових будинків та інших будівель, що підключаються до мережі NG-PON2;
- проведення збору даних про існуючу кабельну каналізацію, можливості прокладання в ній оптичних кабелів для мережі, обстеження житлових будинків;
-обстеження лінійних вводів автоматичних телефонних станцій, дослідження по станційним спорудам мережі NG-PON2;
- вибір та опис обладнання для проектування мережі;
- проектування магістральної та розподільної мережі;
- розрахунок оптичного бюджету.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській роботі було проведено проектування мережі на основі NG-PON 2 для ЖК «Ярославичі», м. Вишгород, вул. Кургузова 1А. Аналіз та проектування даної мережі доступу дасть великий прогрес у телекомунікаціях в даному районі.

В процесі роботи було розглянуто:

- загальний принцип побудови оптоволоконних мереж широкосмугового доступу,
- проведено аналіз оптичних мереж доступу, дослідження мережі NG PON2;
- висвітлено основні переваги та недоліки широкосмугового оптоволоконного доступу;
- визначено які мережі будуть найбільш оптимальними в конкретних випадках, ефективні та економічні;
- проведено порівняння мереж доступу GPON та NG PON2 та надано рекомендації по впровадженню нових технологій без шкоди для існуючих послуг.

Пасивна оптична мережа нового покоління повинна бути ефективною, гнучкою та надійною як по пропускній здатності, так і по споживаній потужності.

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Василь Чорномаз

Назва: Методи побудови телекомунікаційних мереж з використанням технології NG-PON2

Координатор: Наталія Руденко

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1:7.1

Коефіцієнт подібності 2:2.5

Тривога: 0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☐ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

....

Дата *Підпис Наукового керівника*