ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: « **ПОБУДОВА МЕРЕЖІ ДОСТУПУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ FTTx»**

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)

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

Тарас ЛЕЩУК

_____ _____
(*підпис*)

Виконав
здобувач вищої освіти
гр.ТСДМ-61 Тарас ЛЕЩУК

Керівник:
КТН, доцент Михайло МАЛЮЖЕНКО
науковий ступінь, вчене звання

Рецензент:
науковий ступінь, вчене звання

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Телекомунікаційних систем та мереж
_____Віктор ЗАЇКА
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Лещуку Тарасу Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **:** «Побудова мережі доступу за технологією FTTx **»** керівник кваліфікаційної роботи Михайло МАЛЮЖЕНКО, КТН, доцент
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий, ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «30» жовтня 2025 р. № 467.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «___» _____ 2025 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Теоретичні відомості щодо технологій оптоволоконних мереж зв'язку;
2. Мережі доступу;
3. Обладнання для організації оптичних мереж;
4. Науково–технічна література.

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

2 Аналіз стандартів технологій зв'язку
3 Організація мереж за технологією FTTx
4 Підрахунок фінансових затрат на організацію побудови мережі зв'язку на базі FTTx

5 Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір та аналіз науково-технічної літератури	10.10.2025	Викон.
2	Аналіз вибору технології мереж доступу	20.10.2025	Викон.
3	Дослідження впливу протоколів передачі даних на продуктивність мережі	31.10.2025	Викон.
4	Підрахунок витрат при побудові мережі	20.11.2025	Викон.
5	Висновки, вступ, реферат	30.11.2025	Викон.
6	Розробка презентації	15.12.2025	Викон.

Здобувачка вищої освіти Тарас ЛЕЩУК

Керівник кваліфікаційної роботи Михайло МАЛЮЖЕНКО

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій
ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістр

Направляється здобувач Лещук Т.А. до захисту кваліфікаційної роботи

(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)
на тему: «Побудова мережі доступу за технологією FTTx».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

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

Висновок керівника магістерської роботи

Здобувач Лещук Тарас Анатолійович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти новими комп'ютерними технологіями, користуватися навчальною, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які були поставлені керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до наукової роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Лещука Тараса Анатолійовича на оцінку «**добре**» та присвоїти йому кваліфікацію Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Керівник роботи Михайло МАЛЮЖЕНКО
(підпис) *(Ім'я,ПРІЗВИЩЕ)*

«____» _____ 2025 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Магістерська робота розглянута. Здобувач Лещук Т.А. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою Телекомунікаційних систем та мереж Віктор Заїка
(назва) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня магістр

Здобувача вищої освіти Лещука Тараса Анатолійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему «Побудова мережі доступу за технологією FTTx»

Актуальність: Збільшення швидкості передачі в локальних мережах до 100 і навіть до 1000 Мбіт/с вимагає застосування передових технологій, проведення дорогих наукових досліджень. Вони базуються на застосуванні оптоволокна та сучасного обладнання.

Позитивні сторони: Проведено порівняння технологій FTTx та PON, проведено порівняння конструкцій оптичного волокна, підібране обладнання для організації мережі за обраною технологією. У даній роботі спроектована, оптична кабельна інфраструктура за допомогою технології FTTx у вже побудованому житловому комплексі.

Недоліки: 1.Робота виконана у модельній формі та не прив'язана до певного місця чи регіону.

2.Слід було більше уваги приділити технічним засобам, їх технічним характеристикам, та виконати порівняльний аналіз.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної магістерської роботи

Висновок: *кваліфікаційна магістерська робота заслуговує оцінку "***добре***", а здобувач* Лещук Тарас Анатолійович *заслуговує присвоєння кваліфікації:* Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Рецензент: _____ _____
науковий ступінь, вчене звання *підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: ___ стор., ___ рис., ___ табл., ___ джерел.

Мета роботи–закріплення теоретичних та практичних знань ,що допоможуть під час створення мережі на базі технології FTTx з можливістю підключення до Інтернету.

Об'єкт дослідження – процес вивчення організації, топології мережі і з використанням технології FTTx.

Предмет дослідження–моделі і методи проектування мереж за технологією доступу FTTx.

В роботі проведено огляд на компоненти мережі на базі технології FTTx та PON, розглянуті топології які використовуються для побудови цих мереж, проведене порівняння технологій для передачі інформації. Проведений огляд обладнання яке рекомендовано використати при побудові мережі. Було розглянуто кабельні мережі зв`язку та їх властивості. Також перелічені види послуг, які будуть надаватись абонентам. Приведена фінансова частина витрат на побудову локальної мережі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

АРХІТЕКТУРА, СТАНДАРТИ ТЕХНОЛОГІЇ, FTTH, FTTX, PON, КАБЕЛЬНІ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ, МЕРЕЖЕВЕ ОБЛАДНАННЯ

ABSTRACT

Text part of the master's work: ___ pages, ___ drawings,

___table, ___gerel.

The object of investigation is the process of development of organization, network topology and various FTTx technologies.

Subject of research – models and methods of designing measures for FTTx access technology.

Meta-works – consolidation of theoretical and practical knowledge that will help in the creation of measures based on FTTx technology with the possibility of connecting to the Internet.

Research methods – natural modeling methods, theories of computational systems and mass services; methods of information theory and algorithms of folding systems, methods of system analysis theory,

, recommendations and standards of international organizations. The work examined the components of the network based on FTTx and PON technology, examined the topologies that are used to generate these networks, and updated technologies for information transfer. It is recommended to carry out an inspection of the property on a daily basis. The cable connections and their authorities were examined. The types of services that will be provided to subscribers are also listed. The financial part of the expenses for daily local measures is given.

KEYWORDS:

ARCHITECTURE, TECHNOLOGY STANDARDS, FTTH, FTTX, PON, CABLE METERINGS, MEREZHEVE OBLADNANNA

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

FTTB–оптичне волокно до будівлі

FTTH – оптичне волокно до квартири, котеджу

FTTx–оптичне волокно до точки«х»

LAN – локальна комп'ютерна мережа OLT – термінал оптичної лінії ONTONU– оптичний блок

ONT – оптичний мережевий термінал PON– пасивна оптична мережа

АТС – автоматична телефонна станція ВОК – волоконно-оптичний кабель ДРС – будинкова розподільна мережа ОВ– оптичне волокно

ОК–оптичний кабель

ОР–оптичний розгалужувач

ОРА – оптична абонентська розетка

ОРШ – оптичний розподільний шафа

ОУ– оптичний підсилювач

ОЕ–поверховий розгалуджувач

ВСТУП

За час, що пройшов з моменту появи перших локальних мереж, було розроблено декілька сотень самих різних мережевих технологій, проте помітне поширення отримали небагато. Це пов'язано, передусім, з високим рівнем стандартизації принципів організації мереж і з підтримкою їх відомими компаніями. Проте, не завжди стандартні мережі мають рекордні характеристики, забезпечують найбільш оптимальні режими обміну. Але великі обсяги випуску їх апаратури і, отже, її невисока вартість дають їм величезні переваги. Важливо і те, що виробники програмних засобів також в першу чергу орієнтуються на найпоширеніші мережі.

Нині зменшення кількості типів використовуваних мереж стало тенденцією. Річ у тому, що збільшення швидкості передачі в локальних мережах до 100 і навіть до 1000 Мбіт/с вимагає застосування передових технологій, проведення дорогих наукових досліджень.

На ринку пропонуються стандартні мережі усіх можливих топологій, так що вибір у користувачів є. Стандартні мережі забезпечують широкий діапазон допустимих розмірів мережі, кількості абонентів і, що не менш важливо, цін на апаратуру. Але зробити вибір все одно непросто. Адже на відміну від програмних засобів, замінити які неважко, апаратура зазвичай служить багато років, її заміна веде не лише до значних витрат, до необхідності перекладання кабелів, але і до перегляду системи комп'ютерних засобів організації. У зв'язку з цим помилки у виборі апаратури зазвичай обходяться набагато дорожче за помилки при вибиранні програмних засобів.

Схожі програми розвитку широкосмугових мереж існують і в ряді інших країн. Головну роль в побудові таких мереж буде грати оптичне волокно. Оптичне волокно може прокладатися до приватних будинків або квартир (FTTH), будівель (FTTB) або будь-яких інших вузлів, розташованих в безпосередній близькості від житлових будинків і приміщень. Термін FTTx вказує на загальний принцип організації кабельної інфраструктури мережі доступу.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Технологія xDSL

xDSL – це загальний термін для різних типів цифрових абонентських ліній (DSL), включаючи ADSL, RADSL, VDSL, SDSL, IDSL і HDSL. xDSL – це нова технологія передачі. Він використовує високочастотні та модуляційні технології на існуючих мідних телефонних лініях, тобто технологія обробки сигналу, яка додає або отримує більше цифрових даних до аналогових ліній, може досягти високої швидкості передачі (теоретичне значення може досягати 52 Мбіт/с). Найбільша відмінність між технологіями DSL полягає в швидкості передачі сигналу та відстані, а також у симетрії вихідних і низхідних каналів.

Розвиток технології xDSL представлений на рис. 1.1.

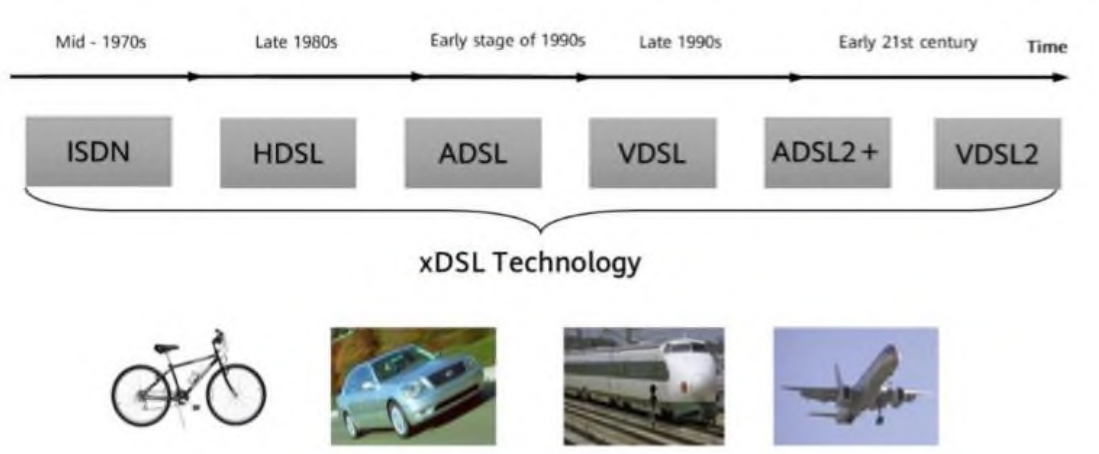


Рис. 1.1 Розвиток технології xDSL

Технологія цифрової мережі з інтегрованими послугами (ISDN) є технологією першого покоління DSL. Він має дві швидкості інтерфейсу: BRI і PRI, BRI може досягати 144 кбіт/с, а PR може досягати 2,048 Мбіт/с або 1,544 Мбіт/с. ISDN - це мережа зв'язку, розроблена на основі цифрової телефонної

мережі IDN. ISDN підтримує декілька послуг, включаючи телефонні та нетелефонні послуги.

Технологія HDSL означає цифрову абонентську лінію з високою швидкістю передачі даних, яка забезпечує швидкість передачі 2,048 Мбіт/с або 1,544 Мбіт/с. HDSL – це раннє розроблене та широко використовуване сімейство xDSL і є зрілою технологією DSL. Він має гарне взаємозв'язок, велику відстань передачі, низьку ціну на обладнання, відмінну якість передачі, низький рівень помилок у бітах і низький рівень перешкод для інших пар ліній. Лінія не потребує реконструкції. Його легко встановити, обслуговувати та керувати.

Асиметрична цифрова абонентська лінія (ADSL) — це технологія, яка використовує існуючі традиційні телефонні лінії для високошвидкісної передачі цифрової інформації. Технологія ADSL використовує існуючу пару телефонних мідних ліній, щоб забезпечити користувачам асиметричні швидкості передачі у висхідному та низхідному напрямках. Асиметрія в основному спричинена асиметрією швидкості висхідного потоку (до 640 кбіт/с) і низхідної швидкості (до 8 Мбіт/с). Висхідна лінія (від користувача до мережі) є низькошвидкісною передачею, яка може досягати 640 кбіт/с. Нижній канал (від мережі до користувача) є високошвидкісним, до 8 Мбіт/с, що майже в 300 разів більше, ніж у традиційного аналогового модему 28,8 Кбіт/с, і в 70 разів більше, ніж у 128 Кбіт/с Integrated Service. Мережа передачі даних (ISDN).

Цифровий абонентський контур з дуже високою швидкістю передачі даних (VDSL) – це швидка версія ADSL. VDSL може працювати з симетричною або асиметричною швидкістю, з максимальною симетричною швидкістю 26 Мбіт/с в кожному напрямку. Інші типові швидкості VDSL – це симетричні швидкості 13 Мбіт/с, низхідна швидкість 52 Мбіт/с, швидкість висхідного потоку 6,4 Мбіт/с та асиметричні комбінації швидкостей. Технологія VDSL використовує технологію мультиплексування з частотним розподілом. Сигнали даних і аудіосигнали телефону використовують різні

діапазони частот і не заважають один одному. Користувачі можуть здійснювати або отримувати дзвінки під час доступу до Інтернету.

VDSL2 — це комунікаційна технологія, подібна до ADSL та ADSL2+. Він використовує режим модуляції DMT, але діапазон частот збільшено до 30 МГц, забезпечуючи пропускну здатність до 100 Мбіт/с.

G.fast (також званий Giga DSL) дає змогу досягти швидкості доступу FTTH за допомогою існуючих мідних ліній, переносячи доступ до мідної лінії в еру гігабіт.

DSLAM: мультиплексор доступу до цифрової абонентської лінії. DSLAM — це центральний офісний пристрій різних систем DSL. Він отримує всі лінії DSL та об’єднує трафік

У мережі доступу xDSL розгалужувачі використовуються в CO та CPE для розділення та поєднання низькочастотних і високочастотних сигналів. Низькочастотні голосові сигнали підключаються до комутатора PSTN (телефонна мережа загального користування) або телефону POTS (звичайна стара телефонна служба) через розгалужувач для передачі загальної голосової інформації. Високочастотні цифрові сигнали передаються на модем DSLAM або DSL.

Із збільшенням ширини спектра різко збільшується перехресна перешкода між мідними лініями, а відстань передачі зменшується. Спочатку голосові сигнали, що передаються по мідних лініях, є низькочастотними сигналами з частотою 4 кГц. Дальність передачі голосових сигналів до 5 км. Для технології G.fast доступу частота розширена до 106 МГц, максимальна швидкість може досягати 1000 Мбіт/с, а типова відстань скорочується приблизно до 100 м.

Протиріччя між пропускною здатністю та ефективною відстанню передачі представленні на рис. 1.2.

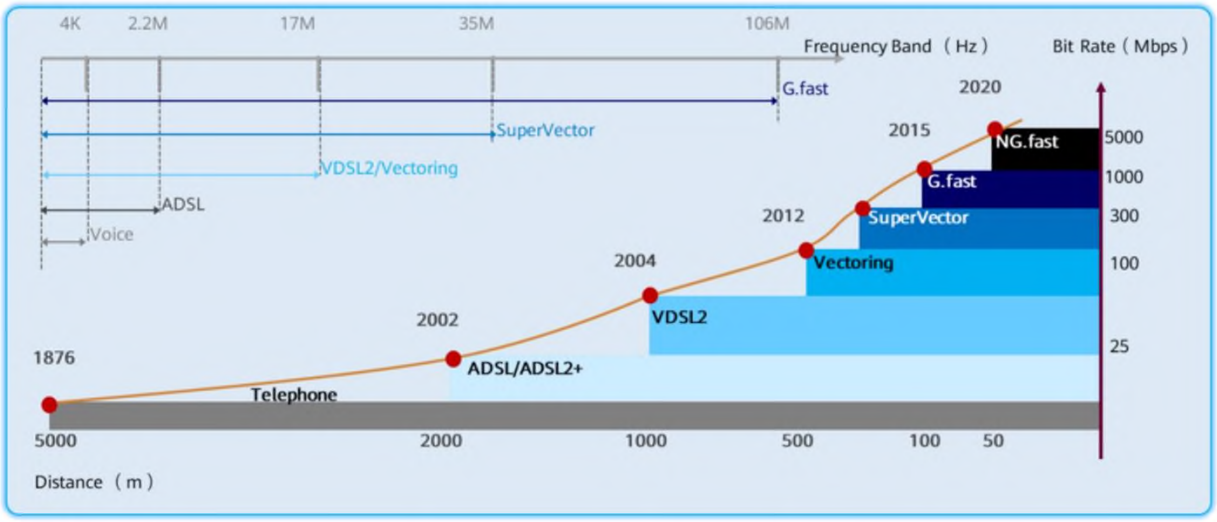


Рис. 1.2 Протиріччя між пропускною здатністю та ефективною відстанню передачі

1.2 Бездротові технології доступу да мереж

Технологія Bluetooth

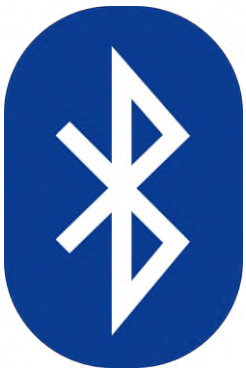


Рис. 1.3 Логотип Bluetooth

Що таке Bluetooth? Ця технологія бездротового зв'язку була створена в 1998 році групою компаній: Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba. Зараз розробка Bluetooth включає Bluetooth SIG (Special Interest Group), до якої також входять Lucent, Microsoft та багато інших.

Основним призначенням Bluetooth є забезпечення економічного (з точки зору споживання струму) та дешевого споживаного радіозв'язку між різними типами електронних пристроїв, при цьому значне значення надається компактності електронних компонентів, що дає можливість використовувати Bluetooth в невеликих пристроях. розміром з наручний годинник.

Інтерфейс Bluetooth дозволяє передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/с), так і дані. Для передачі даних можна використовувати асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) і симетричний (432,6 Кбіт/с в обидві сторони). Трансивер, що працює на частоті 2,4 ГГц, який є Bluetooth-чіпом, дозволяє в залежності від рівня потужності встановлювати зв'язок в межах 10 або 100 метрів. Різниця в межах, безумовно, велика, але підключення в межах 10 м дозволяє зберегти низьке енергоспоживання, компактні розміри і відносно невисоку вартість комплектуючих. Таким чином, малопотужний передавач споживає лише 0,3 мА в режимі очікування і в середньому 30 мА при обміні інформацією.Bluetooth працює за принципом FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum).

Коротко це можна пояснити наступним чином: передавач розбиває дані на пакети і передає їх за допомогою псевдовипадкового алгоритму стрибків частоти (1600 разів на секунду) або шаблону (шаблона), що складається з 79 субчастот. «Зрозуміти» один одного можуть лише ті пристрої, які налаштовані на одну схему передачі – для сторонніх пристроїв передана інформація буде звичайним шумом.Основним структурним елементом мережі Bluetooth є так звана «пікосеть» (piconet) – сукупність від 2 до 8 пристроїв, що працюють за одним шаблоном. У кожній пікомережі один пристрій виступає як провідний, а решта як підпорядкований. Майстер визначає шаблон, на якому будуть працювати всі підпорядковані пристрої його пікомережі, і синхронізує його роботу. Стандарт Bluetooth передбачає незалежні і навіть несинхронізовані пікомережі (до 10) у так званій «scatternet» (один з варіантів перекладу дієслова для розсіювання звуку як «scatter»). Для цієї пари пікомереж має бути принаймні один загальний пристрій, який буде провідним в одній і

підпорядкованим в іншій. Таким чином, в одному окремому скаттернеті з інтерфейсом Bluetooth можна одночасно підключити максимум 71 пристрій, але це не обмежує використання шлюзових пристроїв, які використовують той самий Інтернет для більш віддаленого зв’язку. У більшості країн діапазон частот Bluetooth не ліцензується, але у Франції, Іспанії та Японії через законодавчі обмеження необхідно використовувати частоти, відмінні від перерахованих вище. Говорячи про бездротовий зв'язок, не можна не включити питання безпеки такого з'єднання. Крім фокусування на частотних шаблонах і переговорних трансиверах, стандарт Bluetooth передбачає шифрування даних за допомогою ключа допустимої довжини від 8 до 128 біт і вибір односторонньої або двосторонньої аутентифікації (звичайно, можна обійтися без аутентифікація взагалі), що дозволяє встановити міцність результату шифрування відповідно до законодавства кожної окремої країни. Крім шифрування на рівні протоколу, може застосовуватися шифрування на рівні програми - тут ніхто не обмежує використання як завгодно сильних алгоритмів. Ці пристрої можуть просто підключитися та почати обмінюватися інформацією, яка може не використовуватися сторонніми вухами чи очима. Фактично, автоматичний обмін інформацією між пристроями Bluetooth здійснюється тільки на апаратному рівні, тобто виключно для визначення самого факту можливості. Але на рівні програми користувач сам вирішує, вводити чи забороняти автоматичне встановлення з’єднання. Таким чином, використання Bluetooth стає небезпечним підключенням до Інтернету, в якому всі вузли також електрично підключені, але це не означає отримання безумовного доступу до будь-якого ресурсу.

Також варто відзначити, що стандарт Bluetooth був розроблений з розрахунком на малу потужність, тому його вплив на організм людини зведено до мінімуму. Основним напрямком використання Bluetooth має стати створення так званих мережевих мереж (PAN, або приватних мереж), включаючи такі різноманітні пристрої, як мобільні телефони, КПК, MP3-плеєри, комп'ютери і навіть мікрохвильові печі з холодильниками.

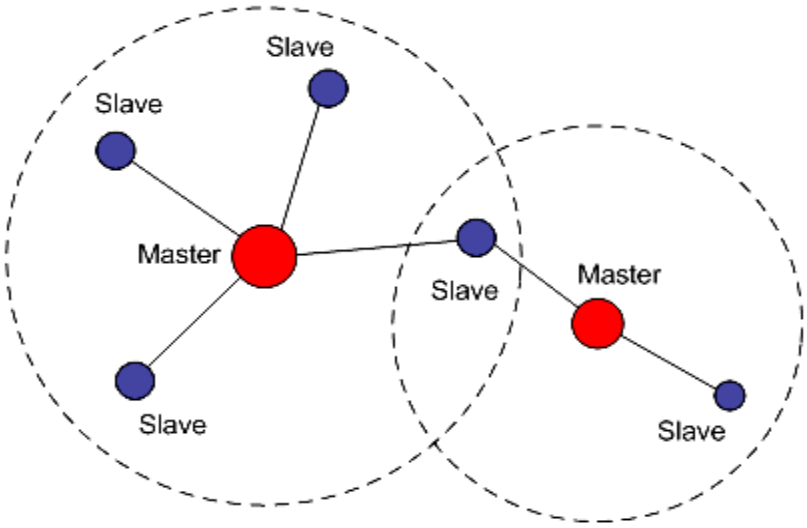


Рис. 1.4 Пікомережі та розподілена мережа Bluetooth

Технологія Zigbee



Рис. 1.5 Логотип Zigbee

Zigbee — це бездротова технологія, розроблена як відкритий глобальний стандарт для задоволення унікальних потреб недорогих, малопотужних бездротових мереж IoT. Стандарт Zigbee працює за специфікацією фізичного радіо IEEE 802.15.4 і працює в неліцензованих діапазонах, включаючи 2,4 ГГц, 900 МГц і 868 МГц.

Специфікація 802.15.4, за якою працює стек Zigbee, була ратифікована Інститутом інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) у 2003 році. Специфікація являє собою пакетний радіопротокол, призначений для недорогих пристроїв, що працюють від батарей. Протокол дозволяє пристроям

спілкуватися в різних мережевих топологіях і може працювати від акумулятора кілька років.

Протокол Zigbee 3.0

Протокол Zigbee був створений та ратифікований компаніями-членами Zigbee Alliance. Членами Zigbee Alliance є понад 300 провідних виробників напівпровідників, технологічних фірм, OEM та сервісних компаній. Протокол Zigbee був розроблений для забезпечення простого у використанні рішення для бездротової передачі даних, яке характеризується безпечною та надійною архітектурою бездротової мережі.

Протокол Zigbee 3.0 призначений для передачі даних через шумове радіочастотне середовище, яке є поширеним у комерційних та промислових додатках. Версія 3.0 ґрунтується на існуючому стандарті Zigbee, але об’єднує специфічні для ринку профілі додатків, щоб дозволити всім пристроям бути бездротовим з’єднанням в одній мережі, незалежно від їх ринкового призначення та функцій. Крім того, схема сертифікації Zigbee 3.0 забезпечує сумісність продуктів різних виробників. Підключення мереж Zigbee 3.0 до IP-домену відкриває можливість моніторингу та контролю з таких пристроїв, як смартфони та планшети в локальній або глобальній мережі, включаючи Інтернет, і забезпечує реальний Інтернет речей.

Функції протоколу Zigbee включають:

- Підтримка кількох мережевих топологій, таких як точка-точка,
- мережі «точка-багато точок» і мережеві мережі
- Низький робочий цикл – забезпечує тривалий термін служби акумулятора
- Низька затримка
- Розширений спектр прямої послідовності (DSSS)
- До 65 000 вузлів на мережу
- 128-бітове шифрування AES для безпечних з'єднань даних
- Уникнення зіткнення, повторні спроби та підтвердження

Стек Zigbee3

Програмний стек Zigbee 3.0 включає в себе «базовий пристрій», який забезпечує послідовну поведінку для введення вузлів у мережу. Надається загальний набір методів введення в експлуатацію, включаючи Touchlink, метод безпосереднього введення в експлуатацію.

Zigbee 3.0 забезпечує підвищену безпеку мережі. Існують два методи безпеки, які створюють два типи мережі:

- Централізована безпека: у цьому методі використовується координатор/центр довіри, який формує мережу та керує розподілом мережевих ключів безпеки та ключів безпеки зв’язку для приєднаних вузлів.
- Розподілена безпека: цей метод не має координатора/центру довіри і формується маршрутизатором. Будь-який вузол маршрутизатора Zigbee може згодом надати мережевий ключ для приєднаних вузлів.

Вузли використовують будь-який метод безпеки, який використовується мережею, до якої вони приєднуються. Zigbee 3.0 підтримує зростаючий масштаб і складність бездротових мереж, а також справляється з великими локальними мережами понад 250 вузлів. Zigbee також обробляє динамічну поведінку цих мереж (з вузлами, які з'являються, зникають і знову з'являються в мережі) і дозволяє осиротілим вузлам, які є результатом втрати одного з батьків, повторно приєднатися до мережі через іншого батьківського. Природа самовідновлення мереж Zigbee Mesh також дозволяє вузлам виходити з мережі без будь-яких порушень внутрішньої маршрутизації.

Зворотна сумісність Zigbee 3.0 означає, що програми, вже розроблені під профілем Zigbee Light Link 1.0 або Home Automation 1.2, готові до Zigbee 3.0. Профіль Smart Energy також сумісний із Zigbee 3.0 на функціональному рівні, але Smart Energy має додаткові вимоги безпеки, які розглядаються лише в

профілі.Функція оновлення Zigbee Over-The-Air (OTA) для оновлення програмного забезпечення під час роботи пристрою гарантує, що програми на пристроях, які вже розгорнуті в польових умовах, можуть бути плавно перенесені на Zigbee 3.0. Оновлення OTA — це додаткова функція, яку виробникам рекомендується підтримувати у своїх продуктах Zigbee.

Ключовим компонентом протоколу Zigbee є можливість підтримки сітчастої мережі. У сітчастій мережі вузли з’єднані між собою з іншими вузлами, так що кілька шляхів з’єднують кожен вузол. З’єднання між вузлами динамічно оновлюються та оптимізуються за допомогою складної вбудованої таблиці маршрутизації сітки.

Mesh мережі мають децентралізований характер; кожен вузол здатний до самовиявлення в мережі. Крім того, коли вузли залишають мережу, топологія сітки дозволяє вузлам переналаштовувати маршрути на основі нової структури мережі. Характеристики топології сітки та спеціальної маршрутизації забезпечують більшу стабільність у змінних умовах або збоях на окремих вузлах.

Таблиця 1.2

Порівняння стандартів ZigBee 802.15.4 і Bluetooth 802.15.1

Характеристики стандартів	**ZigBee 802.15.4**	**Bluetooth 802.15.1**
Основна галузь застосування	Спостереження й управління	Заміна кабелю
Обсяг пам'яті в одному пристрої (кбайт)	4—32	250
Час роботи від батареї (дні)	100—1000	1—7

Продовження таблиці 1.2

Кількість пристроїв в одній мережі	255—65000	7
Підтримувана швидкість передачі (кбіт/с)	20—250	720
Дальність дії (м)	1—75	1—10
Основні особливості	Надійність, невелике енергоспоживання, дешевизна	Дешевизна та зручність

Технологія Wi-Fi.



Рис. 1.6 Логотип WiFi

Wi-Fi – це бездротова технологія, яка використовується для підключення комп’ютерів, планшетів, смартфонів та інших пристроїв до Інтернету.

Wi-Fi – це радіосигнал, який надсилається з бездротового маршрутизатора на сусідній пристрій, який перетворює сигнал у дані, які ви можете бачити та використовувати. Пристрій передає радіосигнал назад на маршрутизатор, який підключається до Інтернету за допомогою дроту або кабелю.

Таблиця 1.3

Основні параметри стандартів 802.11

Характеристика стандартів	**802.11 b**	**802.11 a**	**802.11b/g**
Максимальна швидкість передачі даних, Мбіт/с	11	54	54
Частоти, які використовуються, ГГц	2,4	5	2,4
Радіус дії, м	до 100	до 50	до 100

Мережа Wi-Fi – це просто підключення до Інтернету, яке використовується кількома пристроями у вашому домі чи на підприємстві через бездротовий маршрутизатор. Маршрутизатор підключається безпосередньо до вашого Інтернет-модему і діє як концентратор для трансляції Інтернет-сигналу на всі ваші пристрої з підтримкою Wi-Fi. Це дозволяє залишатися на зв’язку з Інтернетом, поки ви перебуваєте в зоні покриття мережі.

Як не дивно Wi-Fi нічого не означає. Wi-Fi, який часто називають WiFi, wifi, wi-fi або wi-fi, часто вважається абревіатурою Wireless Fidelity, але такого поняття не існує. Термін був придуманий маркетинговою фірмою, тому що бездротова індустрія шукала зручну назву для позначення не дуже зручної технології, відомої як IEEE 802.11. І назва прижилася.

Wi-Fi використовує радіохвилі для передачі даних з бездротового маршрутизатора на пристрої з підтримкою Wi-Fi, такі як телевізори, смартфони, планшети та комп’ютери. Оскільки вони спілкуються один з одним по повітрю, ваші пристрої та особиста інформація можуть стати вразливими для хакерів, кібератак та інших загроз. Це особливо актуально, коли ви підключаєтеся до загальнодоступної мережі Wi-Fi у таких місцях, як кафе чи аеропорт. Якщо можливо, краще підключитися до захищеної паролем бездротової мережі або персональної точки доступу.

Типи підключення Wi-Fi:

Ваше бездротове підключення вдома зростає, оскільки мобільні мережі розширюються до сфери домашнього Інтернету. Як і в Інтернеті, кожен тип бездротового з’єднання має переваги та недоліки, такі як швидкість і потужність сигналу. Деякі з них ми окреслили тут.

- Провід / маршрутизатор

Сьогодні більшість будинків використовують бездротовий маршрутизатор для доступу до Інтернету. Плюси включають простоту налаштування, мобільність у межах зони доступу Wi-Fi (маршрутизатор) і можливість підключення кількох пристроїв. Мінуси: обмежена пропускна здатність і знижена швидкість, оскільки до однієї мережі Wi-Fi підключено більше пристроїв, а також можливі перешкоди від інших електромагнітних пристроїв у будинку.

- Мобільна точка доступу або рюкзак

Мобільні та виділені точки доступу стають все більш популярним способом безпечного підключення в дорозі. Два поширених пристрої доступу – це ваш смартфон і реактивний рюкзак. Більшість смартфонів або планшетів сьогодні можна використовувати як тимчасову точку доступу, і це чудовий варіант, якщо іноді це потрібно. Він простий у використанні і не вимагає придбання додаткових пристроїв, але може швидко скоротити час роботи акумулятора та передачу даних. З іншого боку, рюкзак діє як окрема мобільна точка доступу, яка отримує сигнали від веж стільникового зв’язку у вашому районі, як і ваш смартфон. До нього можна підключити більше пристроїв, і він пропонує більший діапазон Wi-Fi. А оскільки це окремий пристрій, на заряд акумулятора вашого смартфона це не впливає. Недоліком є необхідність покупки рюкзака та окремого тарифного плану через мобільного оператора.

- Домашній Інтернет 4G LTE

Якщо ви живете в сільській місцевості, де ваші можливості в Інтернеті обмежені, вам варто розглянути домашній Інтернет 4G LTE. Він пропонує послуги високошвидкісного Інтернету через вежі стільникового зв'язку та мобільні мережі із середньою швидкістю завантаження близько 25 Мбіт/с, зазвичай з меншою затримкою та більшою кількістю даних, ніж супутник. Перевагами є кращі швидкості та надійність залежно від вашого оператора. Деякі з недоліків домашнього Інтернету 4G LTE можуть включати обмежену доступність та вартість обслуговування та налаштування.

- Домашній Інтернет 5G

Оскільки домашній Інтернет 5G (фіксований бездротовий доступ) стає все більш доступним, він може стати однією з найкращих і найефективніших інтернет-сервісів. Використовуючи новий спектр потужних радіочастот через бездротову мережу, він пропонує більшу ємність, ніж 4G, значно більшу швидкість (до 1 Гб) і меншу затримку, ніж більшість людей вдома. Оскільки бездротові базові станції 5G зазвичай розташовані в межах 10 миль від будинків, надійність обслуговування часто є надзвичайною. Єдиним реальним недоліком домашнього Інтернету 5G зараз є те, що доступність настільки обмежена, але це все скоро зміниться.

Як уже згадувалося, є кілька способів отримати бездротовий доступ у вашому домі, і більшість із них залежить від географічного розташування та доступності. Більшість міських та приміських районів пропонують більшість із цих послуг, а домашній Інтернет 5G – за рогом. У сільській місцевості, швидше за все, запропонують супутниковий і домашній Інтернет 4G LTE. Якщо у вас є послуга дротового Інтернету, ви зможете налаштувати власну мережу Wi-Fi вдома. Підключивши маршрутизатор до модему, ви можете надати доступ до Інтернету всім пристроям із підтримкою Wi-Fi в межах досяжності. Якщо ваш будинок має два рівні, бетонні стіни або випадкові мертві зони, додавання

розширювача Wi-Fi, який передає бездротовий сигнал у ці зони, може мати велике значення.

Майте на увазі, що зі зростанням кількості ваших мобільних пристроїв зростає і попит на пропускну здатність. Щоб ваші пристрої працювали на максимальній швидкості, вам може знадобитися оновити план швидкості Інтернету. Verizon пропонує кілька інтернет-послуг, починаючи від DSL і оптоволоконного до домашнього Інтернету 5G, залежно від вашого місцезнаходження. Для найвищої надійності та найшвидшої швидкості завантаження Verizon аж до 940 Мбіт/с перевірте, чи доступний Fios Internet або 5G Home Internet за вашою адресою.

Технологія WiMAX



Рис. 1.7 Логотип WiMAX

WiMAX – це технологія бездротового широкосмугового зв’язку, заснована на стандарті IEE 802.16, що забезпечує високошвидкісні дані на широкій території.

Букви WiMAX означають всесвітню взаємодію для мікрохвильового доступу (AXess), і це технологія бездротової мережі «точка-багатоточка».

Технологія WiMAX здатна задовольнити потреби широкого кола користувачів від тих у розвинених країнах, які хочуть встановити нову високошвидкісну мережу передачі даних дуже дешево без витрат і часу, необхідних для встановлення дротової мережі, до тих, хто живе в сільській місцевості, яким потрібен швидкий доступ. де дротові рішення можуть бути нежиттєздатними через відстань і витрати, які ефективно забезпечують широкосмуговий доступ

WiMAX. Крім того, він використовується для мобільних додатків, забезпечуючи високошвидкісні дані користувачам у русі.

Стандарт для технології WiMAX — це стандарт для бездротових міських мереж (WMAN), який був розроблений робочою групою № 16 IEEE 802, що спеціалізується на широкосмуговому бездротовому доступі «точка-багато точок». Спочатку був розроблений і запущений 802.16a, але тепер він був додатково вдосконалений. 802.16d або 802.16-2004 був випущений як удосконалена версія стандарту 802.16a, спрямована на фіксовані програми. Інша версія стандарту, 802.16e або 802.16-2005, також була випущена і орієнтована на ринки роумінгу та мобільного зв’язку.

Технологія широкосмугового доступу WiMAX використовує деякі ключові технології, щоб забезпечити високу швидкість передачі даних:

- OFDM (Мультиплекс з ортогональним частотним поділом): OFDM був включений в технологію WiMAX, щоб забезпечити високу швидкість передачі даних без селективного загасання та інших проблем, пов'язаних з іншими формами формату сигналу.Мультиплекс з ортогональним частотним поділом, OFDM – це форма формату сигналу, яка використовує велику кількість близьких несучих, кожна з яких модулюється потоком даних з низькою швидкістю. Зазвичай очікується, що близько розташовані сигнали будуть заважати один одному, але якщо зробити сигнали ортогональними один до одного, взаємних перешкод немає. Дані, що підлягають передачі, розподіляються між усіма несучими, і це забезпечує стійкість до вибіркового згасання від багатопроменевих ефектів.

- MIMO (Multiple Input Multiple Output): технологія WiMAX використовує багатопроменеве поширення за допомогою MIMO. Використовуючи кілька існуючих шляхів сигналу, використання MIMO або дозволяє працювати з нижчими рівнями сигналу, або дозволяє підвищити

швидкість передачі даних. MIMO — це форма антенної технології, яка використовує кілька антен, щоб дозволити розділяти сигнали, що рухаються різними шляхами в результаті відображень тощо, і використовувати їх для покращення пропускної здатності даних та/або співвідношення сигнал/шум, покращуючи тим самим продуктивність системи.

Хоча технологія WiMAX підтримуватиме трафік на основі транспортних технологій, починаючи від Ethernet, Інтернет-протоколу (IP) та асинхронного режиму передачі (ATM), Форум сертифікуватиме лише елементи, пов’язані з IP-протоколом продуктів 802.16. Основна увага зосереджена на IP-операціях, тому що зараз це основний протокол, який використовується.

Історія WiMAX починається в 1990-х роках з усвідомлення того, що буде значне збільшення трафіку даних через телекомунікаційні мережі. Оскільки дротові телекомунікаційні мережі дуже дорогі, особливо в віддалених районах і не встановлені в багатьох країнах, були досліджені методи забезпечення бездротового широкосмугового доступу.

Історія WiMAX почалася з цих досліджень того, що було названо підключенням останньої милі – методів доставки високошвидкісних даних великій кількості користувачів, які, можливо, не мають дротового з’єднання.

Можливість недорогого підключення до останньої милі разом із можливістю системи, яка могла б обробляти зворотний зв'язок по бездротовому каналу, виявилася вагомим аргументом для розробки нової системи бездротового каналу передачі даних.

Наступним важливим етапом в історії WiMAX була розробка стандартів IEEE.

Робоча група зі стандартів 802.16 була створена IEEE в 1999 році в рамках комітету стандартів IEEE 802 LAN/MAN. Перший стандарт 802.16 був затверджений у грудні 2001 року, за ним послідували дві поправки до базового

стандарту 802.16. Ці поправки торкалися питань радіочастотного спектру та сумісності та отримали позначення 802.16a та 802.16c.

У вересні 2003 року було розпочато масштабний проект ревізії. Це мало на меті узгодження стандарту з європейським стандартом / ETSI HIPERMAN. Він також мав на меті включити специфікації випробувань на відповідність у загальний стандарт. Проект був завершений у 2004 році, і стандарт був випущений як 802.16d, хоча з огляду на дату випуску його часто називають 802.16-2004. Після випуску стандарту 802.16-2004 попередні документи 802.16, включаючи поправки a, b і c, були відкликані.

Версії WiMAX:

- 802.16d – заміна DSL Версію 802.16d часто називають 802.16-2004, і вона ближча до того, що можна назвати оригінальною версією WiMAX, визначеною в 802.16a. Він націлений на фіксовані програми та надає бездротовий еквівалент широкосмугових даних DSL – часто називають широкосмуговим WiMAX. Насправді WiMAX Forum описує цю технологію як «технологію, засновану на стандартах, що дозволяє надавати бездротовий широкосмуговий доступ останньої милі як альтернативу кабельному та DSL».802.16d здатний забезпечити швидкість передачі даних до 75 Мбіт/с, і, як наслідок, він ідеально підходить для фіксованих додатків, що замінюють DSL, як широкосмуговий WiMAX. Він також може використовуватися для зворотного зв’язку, де остаточні дані можуть розповсюджуватися далі окремим користувачам. Радіуси осередків зазвичай до 75 км.

- 802.16e - Nomadic / Mobile Хоча 802.16 / WiMAX спочатку передбачався як фіксована технологія, з потребою людей у русі, які потребують високошвидкісної передачі даних за нижчою ціною, ніж послуги стільникового зв'язку, і була помічена можливість для мобільної версії. і було розроблено 802.16e. Цей стандарт також широко відомий як 802.16-

2005. Наразі він надає користувачам можливість підключатися до осередку WiMAX з різних місць, а також є майбутні вдосконалення для забезпечення передачі стільникового зв’язку.
802.16e здатний забезпечити швидкість передачі даних до 15 Мбіт/с, а радіус стільникових відстаней зазвичай становить від 2 до 4 км.

Конкуренція з WiMAX, 802.16 залежить від типу або версії, що використовується. Хоча спочатку вважалося, що з Wi-Fi може виникнути значна конкуренція, є й інші сфери, для яких WiMAX становить загрозу.

Кабельні лінії DSL WiMAX здатний надавати користувачам високошвидкісні канали передачі даних і, таким чином, може становити загрозу для кабельних операторів DSL.

Оператори стільникового зв’язку У міру розробки LTE та початкового впровадження оператори стільникових телефонів бачили мобільну версію WiMAX як значну загрозу. Його навіть розглядали як стандарт IMT 4G, але LTE було прийнято як стандарт, залишивши WiMAX для фіксованого широкосмугового WiMAX, каналів останньої милі та ряду інших додатків «точка-точка».

Таблиця 1.4

Характеристики стандартів WiMAX

Характеристика стандарту	**802.16**	**802.16 Rev'd**	**802.16 e**
Рік затвердження	2001	2004	2005
Спектр частот, які використовуються, ГГц	10—66	2—11	2—6

Продовження таблиці 1.4

Сфера застосування	Backhaul (ретрансляція)	WDSL (Wireless DSL&Backhaul)	Мобільний Інтернет
LOS*/NLOS**	LOS	NLOS	NLOS
Швидкість передавання даних, Мбіт/с	32—134	до 75	до 15

Таблиця 1.5

Порівняння стандартів ZigBee 802.15.4 і Bluetooth 802.15.1

Характеристики стандартів	**ZigBee 802.15.4**	**Bluetooth 802.15.1**
Основна галузь застосування	Спостереження й управління	Заміна кабелю
Обсяг пам'яті в одному пристрої (кбайт)	4—32	250
Час роботи від батареї (дні)	100—1000	1—7
Кількість пристроїв в одній мережі	255—65000	7
Підтримувана швидкість передачі (кбіт/с)	20—250	720
Дальність дії (м)	1—75	1—10
Основні особливості	Надійність, невелике енергоспоживання, дешевизна	Дешевизна та зручність

1.3 Пасивні мережі доступу

Пасивна оптична мережа (PON) — це волоконно-оптична мережа, що використовує топологію «точка-багато точок» і оптичні розділювачі для доставки даних від однієї точки передачі до кількох кінцевих точок користувача. Пасивний, у цьому контексті, відноситься до стану без живлення волокна та компонентів, що розщеплюють/об’єднують.

На відміну від активної оптичної мережі, електроенергія потрібна лише в точках відправки та прийому, що робить PON за своєю природою ефективним з точки зору витрат на експлуатацію. Пасивні оптичні мережі використовуються для одночасної передачі сигналів як вгорі, так і вниз по течії до та від кінцевих точок користувача.Технології PON повністю відповідають стратегії розвитку мереж доступу яка зветься «волокно в дім» або FTTx, де під індексом «x» розуміють кінцевий пункт представлення послуг волокном. Це такі технології:

- волокно до квартири (Fiber To The Home- FTTH),
- волокно до вузла (Fiber To The Node -FTTN),
- волокно до будівлі (Fiber To The Building -FTTB).

Оптичне волокно і розгалужувачі є справді «пасивними» будівельними блоками PON, без електричного живлення. Оптичні розгалужувачі не є селективними по довжині хвилі і просто ділять будь-які оптичні довжини хвилі в напрямку вниз по течії, звичайно, розщеплення оптичного сигналу призводить до втрати потужності, яка залежить від кількості способів поділу сигналу. Спліттери не вимагають охолодження чи іншого постійного обслуговування, властивого активним мережевим компонентам (наприклад, оптичним підсилювачам), і можуть працювати десятиліттями, якщо їх не турбувати. На додаток до пасивних компонентів, для повного створення мережі PON необхідні активні кінцеві пристрої.

Вибір трас для прокладання кабелю залежить від безлічі факторів, серед яких слід зазначити такі:

- системні вимоги до мережі PON (втрати по оптичних лініях, кількість портів, швидкість передачі);
- географія та топологія (місце розташування абонентів, наявність прокладеного волокна);
- надійність і якість (резервування, запас за потужністю);
- економічність (строки окупності, питомі витрати)

Термінал оптичної лінії (OLT) є відправною точкою для пасивної оптичної мережі. Він підключається до основного комутатора через роз'єми Ethernet. Основною функцією OLT є перетворення, кадрування та передача сигналів для мережі PON, а також координація мультиплексування оптичного мережевого терміналу (ONT) для спільної передавання. Ви також можете побачити пристрої кінцевого користувача, які називаються оптичними мережевими блоками (ONU), це просто різниця в термінології між двома основними органами стандартизації, ITU-T, які використовують ONT, і IEEE, які використовують ONU, два терміни є фактично взаємозамінними, але залежать від послуги PON і використовуваного стандарту

ONT — це пристрій з живленням пасивної оптичної мережевої системи на протилежному (користувачському) кінці мережі і включає порти Ethernet для домашнього пристрою або підключення до мережі.

Архітектура пасивної оптичної мережі представлена на рис 1.8.

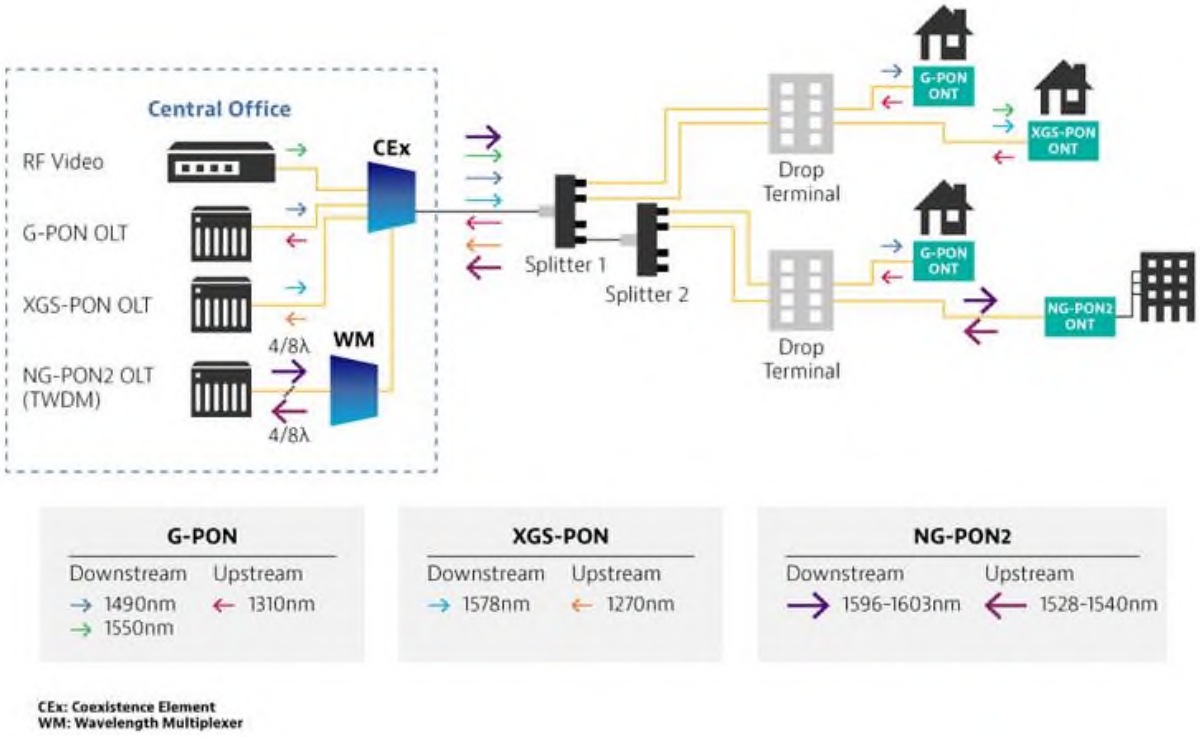


Рис. 1.8 Архітектура пасивної оптичної мережі

Мережі PON використовують архітектуру «точка-багато точок» (P2MP)(рис. 1.9), яка використовує оптичні розгалужувачі для поділу низхідного сигналу від одного OLT на кілька низхідних шляхів до кінцевих користувачів, ті самі розгалужувачі об’єднують кілька вихідних шляхів від кінцевих користувачів назад до OLT.

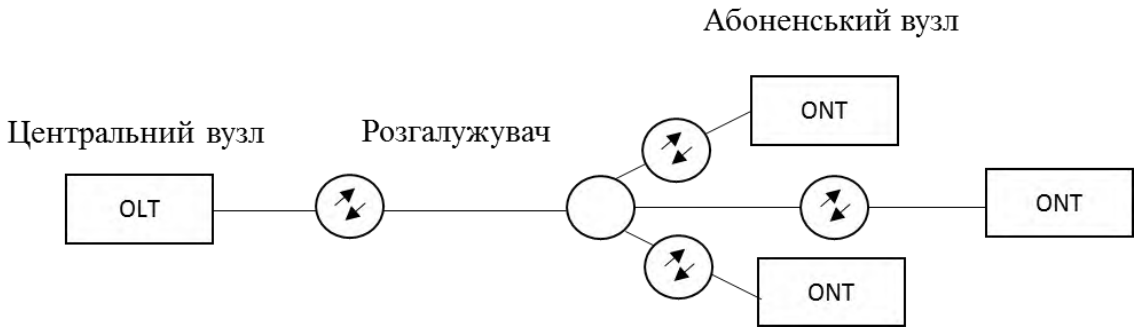


Рис. 1.9. Архітектура «точка-багато точок»

«Точка-багатоточка» була обрана як найбільш життєздатна архітектура PON для мереж оптичного доступу з притаманною ефективністю спільного

використання волокна та низьким споживанням енергії. Ця архітектура була стандартизована в 1998 році за специфікацією ATM-PON G.983.1.

Сьогодні стандарт ITU-T G.984 для G-PON витіснив стандарт ATM, оскільки асинхронний режим передачі (ATM) більше не використовується.

Мережа PON починається з терміналу оптичної лінії (OLT) у місці джерела постачальника послуг, який зазвичай відомий як місцевий або центральний офіс, або іноді згадується як станція або головна станція. Звідти волоконно-оптичний фідерний кабель (або фідерне волокно) направляється до пасивного розгалужувача разом із резервним волокном, якщо воно використовується. Розподільні волокна потім підключаються від розгалужувача до роз'ємної клеми, яка може бути розташована у вуличній шафі або в міцному корпусі, встановленому в ями, на телеграфному стовпі або навіть збоку будівель. Потім волокна скидання забезпечують остаточне з'єднання один-на-один від порту кінцевого терміналу до кінцевого користувача ONT/ONU. У деяких випадках послідовно використовується більше одного спліттера, це називається каскадною архітектурою розгалужувачів.

Сигнали, що передаються по волокну фідера, можна розділити, щоб забезпечити обслуговування до 256 користувачів за допомогою ONU або ONT, що перетворює сигнали та надає користувачам доступ до Інтернету. Кількість способів поділу або розподілу сигналу OLT нижче за потоком, перш ніж досягти кінцевого користувача, відома як роздільник або коефіцієнт розділення (наприклад, 1:32 або 1:64).

У складніших конфігураціях, коли радіочастотне відео транслюється паралельно службі даних PON або додаткові послуги PON співіснують в одній мережі PON, у центральному/місцевому офісі використовуються пасивні (MUX) комбінатори для об'єднання довжини хвилі накладання відео. і додаткові довжини хвиль служби PON на вихідне волокно фідера OLT.

Робота пасивної оптичної мережі

Інновацією, яка є невід'ємною частиною роботи PON, є мультиплексування з поділом хвиль (WDM), яке використовується для розділення потоків даних на основі довжини хвилі (колір) лазерного світла. Одна довжина хвилі може використовуватися для передачі даних нижче за течією, а інша – для передачі вихідних даних. Ці виділені довжини хвилі змінюються залежно від стандарту PON, який використовується, і можуть бути присутніми одночасно на одному волокні.

Множинний доступ з тимчасовим розділенням (**TDMA**) – це ще одна технологія, яка використовується для розподілу пропускної здатності висхідного потоку кожному кінцевому користувачеві на певний період часу, яким керує OLT, запобігаючи зіткненням довжини хвилі/даних на розгалужувачах PON або OLT через кілька ONT/ONU. одночасно передавати дані вгору. Це також називається передачею в пакетному режимі для висхідного PON.

Види послуг PON

З моменту свого запровадження в 1990-х роках технологія PON продовжувала розвиватися, і сформувалися численні ітерації топології мережі PON. Оригінальні стандарти пасивної оптичної мережі, APON і BPON, поступово поступилися місцем перевагам пропускної здатності та загальної продуктивності нових версій.

- **G-PON**

Гігабітний PON або G-PON, розроблений ITU-T, використовує протоколи на основі IP і визнається надзвичайною гнучкістю щодо типів трафіку, включаючи програми «трийної відтворення» для голосу, Інтернету та телебачення. Загальний метод інкапсуляції G-PON здатний упаковувати IP, Ethernet, VoIP та багато інших типів даних.G-PON вважається де-факто стандартом PON, який використовується сьогодні, з мережами, які покривають

відстані від 20 до 40 км, залежно від прийнятого коефіцієнта розподілу, через одномодове волокно. Вихідна довжина хвилі налаштована на 1490 нм з вихідною довжиною хвилі 1310 нм, зі швидкістю висхідного потоку 2,4 Гбіт/с і 1,2 Гбіт/с на виході.

- **E-PON**

Додатковим стандартом пасивної оптичної мережі від IEEE є Ethernet PON або E-PON, який був розроблений для безперебійної сумісності з пристроями Ethernet. Заснована на стандарті IEEE 802.3, E-PON не потребує додаткових протоколів інкапсуляції або перетворення для підключення до мереж на основі Ethernet. Це стосується як висхідного, так і низхідного напрямків передачі даних.Звичайний E-PON може підтримувати симетричну швидкість до 1,25 Гбіт/с вгору і вниз по потоку. Подібно до G-PON, E-PON забезпечує діапазон від 20 до 40 км, знову ж таки залежно від коефіцієнта розподілу, і використовує подібні довжини хвилі 1310 нм у верхній частині та 1490 нм вниз по течії, через це E-PON і G-PON не можуть бути розгорнуті на та сама мережа PON.

- **10G-EPON**

Більш просунутий стандарт 10G-EPON збільшує швидкість до симетричних 10 Гбіт/с у верхній і нижній частині потоку, крім того, він працює на різних довжинах хвилі до E-PON, використовуючи 1577 нм вниз по потоку та 1270 нм на виході, це дозволяє використовувати один і той самий PON як для E-PON, так і для 10G-EPON одночасно як механізм, що забезпечує безперебійне оновлення послуг і збільшення пропускної здатності існуючої мережі PON.

- **XG(S)-PON**

Версія 10G G-PON відома як XG-PON. Цей новий протокол підтримує швидкість до 10 Гбіт/с на нижньому і 2,5 Гбіт/с на вихідному. Незважаючи на те, що фізичне волокно та правила форматування даних ідентичні оригінальному G-PON, довжини хвиль зміщувалися, як і 10G-EPON, до 1577 нм для нижнього потоку та 1270 нм для вихідного. Знову ж таки, це налаштування дозволяє використовувати одну і ту ж мережу PON як для G-PON, так і для XG-PON одночасно. Розширеною версією XG-PON є XGS-PON, яка використовує ті ж довжини хвилі, що й XG-PON, і забезпечує симетричну швидкість 10 Гбіт/с як у верхній, так і в нижній частині.

- **NG-PON2**

Крім XG(S) є NG-PON2, який використовує WDM з кількома довжинами хвиль 10G, як угорі, так і вниз по течії, щоб забезпечити симетричну послугу 40 Гбіт/с. Знову ж таки, NG-PON2 використовує різні довжини хвилі для G-PON і XG/XGS-PON, щоб забезпечити співіснування всіх трьох послуг в одній мережі PON.Оскільки вимоги до швидкості продовжують зростати з кожним роком, XG-PON, XGS-PON і NG-PON2 забезпечать шлях оновлення, який має виявитися особливо корисним у великих кількома клієнтах або бізнес-клієнтах, а також як частина бездротових мереж 5G.

- **RF Video Overlay**

РЧ-телевізійні сигнали (аналогові або цифрові) можуть передаватися через PON шляхом модуляції на одну довжину хвилі світла, як правило, з використанням довжини хвилі 1550 нм, це називається накладанням радіочастотного відео.

Програми PON

PON іноді називають «останньою мильою» між постачальником і користувачем, або Fiber to X (FTTX), де «X» означає будинок (FTTH), будівлю

(FTTB), приміщення (FTTP) або інше місце , залежно від того, де закінчується оптичне волокно. Поки що основним додатком для PON був FTTH.

Зменшена кабельна інфраструктура (без активних елементів) і гнучкі властивості передачі медіа пасивних оптичних мереж зробили його ідеальним для домашнього Інтернету, голосових і відеопрограм. Оскільки технологія PON продовжує вдосконалюватися, потенційні застосування також розширюються.

Розгортання 5G продовжується, і мережі PON знайшли нове застосування з 5G fronthaul. Fronthaul – це зв’язок між контролером основної смуги частот і віддаленим радіоголовкою на сайті стільникового зв’язку.

Через вимоги до пропускної здатності та затримки, які накладає 5G, використання мереж PON для завершення з’єднань передньої передачі може зменшити кількість волокон і підвищити ефективність без шкоди для продуктивності. Подібним чином вихідний сигнал розподіляється між користувачами для FTTH, сигнал від модулів основної смуги може бути розподілений на масив віддалених радіоголовок.

Додаткові програми, які добре підходять для пасивних оптичних мереж, включають університетські містечка та бізнес-середовища. Для додатків у кампусі мережі PON дають помітні переваги щодо швидкості, енергоспоживання, надійності та відстані доступу, але в основному вартість створення/розгортання та поточної експлуатації.

PON дає змогу інтегрувати такі функції кампуса, як управління будівлею, охорона та паркування, за допомогою обмеженого виділеного обладнання, кабелів та систем керування. Аналогічно, бізнес-комплекси середнього та великого розміру можуть отримати негайні вигоди від впровадження PON, при цьому зниження витрат на встановлення та обслуговування безпосередньо впливає на прибуток.

Порівняльний аналіз технологій APON, EPON і GPON наведений в тебл. 1.6.

Таблиця 1.6

Порівняльний аналіз технологій APON, EPON і GPON

Характеристики	**APON (BPON)**	**EPON**	**GPON**
Інститути стандартизації / альянси	ITU-TSG 15/FSAN	IEEE/EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Швидкість передачі, прямий/зворотний потік, Мбіт/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155, 622,1244 2488/622, 1244, 2488
Базовий протокол	ATM	Ethernet	SDH
Лінійний код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальний радіус мережі, км	20	20	20
Максимальна кількість ONT на одне волокно	32	16	64 (128)*
Аплікації	будь-які	IP-дані	будь-які
Корекція помилок FEC	передбачена	немає	необхідна
Довжини хвиль прямого/зворотного потоків, нм	1550/1310(1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)**	1550/1310 (1480/1310)

Продовження таблиці 1.6

Динамічний розподіл смуги	є	здійснюється на більш високих рівнях	є
IP-фрагментація	є	немає	є
Захист даних	шифрування відкритими ключами	немає	Шифрування відкритими ключами
Резервування	є	немає	є
Оцінка підтримки голосових додатків і QoS	висока	низька	висока

Ось 5 ключових переваг, які PON Internet має перед іншими:

- Інтернет PON є економічно вигідним. PON є економічно ефективною технологією.
- Пропонує найвищу доступну швидкість Інтернету.
- Забезпечує надійне та адаптивне підключення до Інтернету.
- Надає більше послуг, ніж просто Інтернет.
- PON є гнучкими та масштабованими.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ FTTx.

Термін «широкосмуговий доступ» використовується для позначення постійного і високошвидкісного підключення до Інтернет. Однак широкосмуговий доступ - це не тільки висока швидкість обміну інформацією, а й особливий спосіб використання всесвітньої мережі. Користувач широкосмугового доступу має можливість в будь-яку секунду отримати або відправити великий обсяг будь-якої інформації, яка може включати в себе кольорові зображення, аудіо- та відео кліпи, анімацію, телевізійний контент і багато іншого. Широкосмуговий доступ забезпечує надання користувачеві найсучасніших послуг, незалежно від точки його підключення. Володар широкосмугового доступу має більше можливостей по використанню мультимедійних послуг і з інформаційного забезпечення свого бізнесу. Це файловий обмін, відео конференції, ігри; послуги охоронних систем; телефонні та банківські послуги і т.д. Все це стало доступним завдяки сучасним мережам широкосмугового доступу (ШСД).

Широкосмуговий доступ сприяє також появи нових сфер діяльності людини і збагачує вже існуючі. Він стимулює економічне зростання і відкриває нові можливості для інвестицій і працевлаштування.

2.1 Методи побудови FTTx

Технологія FTTx (англ. Fiber to the x - оптичне волокно до точки X), назва якої походить від вживання великої літери англійського виразу Fiber-to-the-build / home, що означає «оптика в кожен будинок». Цей термін застосовується для будь-якої комп'ютерної мережі, в якій від вузла зв'язку до певного місця (точка X) доходить оптоволоконний кабель. Широка смуга систем FTTx відкриває нові можливості надання абонентам більшого числа нових послуг.

Технологія FTTB (англ. Fiber to the Building - волокно до будівлі) - на сьогоднішній день найбільш затребувана в Україні технологія будівництва широкосмугових мереж. Широкому поширенню FTTB сприяли зниженню цін на оптичний кабель (ОК), поява дешевих оптичних приймачів, передавачів і оптичних підсилювачів (ОП). Використання оптики в FTTB дозволяє використовувати для передачі даних швидку технологію Metro Ethernet, позбавляє від необхідності заземлення несучого тросу, виключає вихід обладнання з ладу від статичної електрики, і полегшує узгодження розгорнутих мережі в наглядових інстанціях. Топологія мережі, побудованої за технологією FTTB, показана на рис. 2.1 нижче.

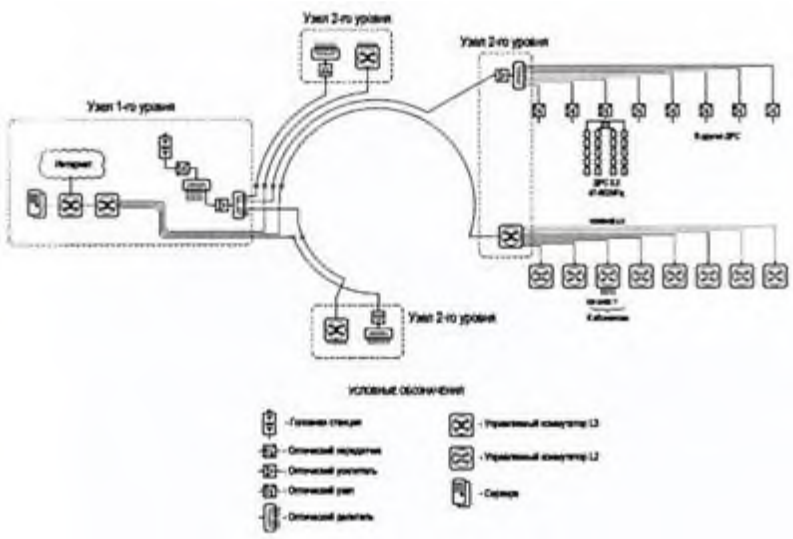


Рис. 2.1 Топологія мережі FTTB

Топологія даної мережі багато в чому повторює гібридну волоконно-коаксіальну мережу і також складається з вузла передачі даних, магістральної волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ) і розподільної мережі. Відмінність FTTB складається лише в заміні оптичних вузлів ГВКС на «вузли другого рівня» (підсилювальні пункти) і кабелю розподільних мереж з коаксіального кабелю на оптичний. Головна станція і будинкова розподільна мережа не вимагають зміни при модернізації, а для магістралі може знадобитися лише збільшення числа оптичних волокон. Виходячи з вищесказаного, в мережах

FTTB зростає кількість прокладається оптоволокна і встановлюваних оптичних приймачів.

Мережа FTTB, побудована за даною технологією - це дві накладені мережі: одна для послуг аналогового кабельного телебачення, інша - для послуги передачі даних. Об'єднує їх використання різних волокон в одних і тих же ОК на ділянках магістралі і в розподільних мережах вузлів другого рівня. В іншому, на відміну від DOCSIS, при використанні FTTB все обладнання строго спеціалізоване: або передача ТВ, або передача даних, і при виході з ладу одного обладнання інша послуга не страждає.

При використанні варіанту FTTB оптичне волокно заводиться в будинок, як правило, на цокольний поверх або на горище (що більш економічно ефективно) і підключається до пристрою ONU (Optical Network Unit). На стороні оператора зв'язку встановлюється термінал оптичної лінії OLT (Optical Line Terminal). OLT є primary пристроєм і визначає параметри обміну трафіку (наприклад, інтервали часу прийому / передачі сигналу) з абонентськими пристроями ONU (або ONT, в разі FTTH).

Подальший розподіл мережі по дому відбувається по «кручений парі».

Цей підхід доцільно застосовувати в разі розгортання мережі в багатоквартирних будинках і бізнес-центрах середнього класу. Російські оператори зв'язку розгортають мережі FTTB поки тільки у великих містах, але в перспективі використання даної технології повсюдно. У FTTB немає необхідності прокладати дорогий оптичний кабель з великою кількістю волокон, як при використанні FTTH.

FTTH - (англ. Fiber to the Home- оптичне волокно до квартири). З огляду на те, що російські абоненти проживають в основному в багатоквартирних будинках, FTTH означає, на відміну від FTTB, доведення оптичного волокна до квартири абонента.

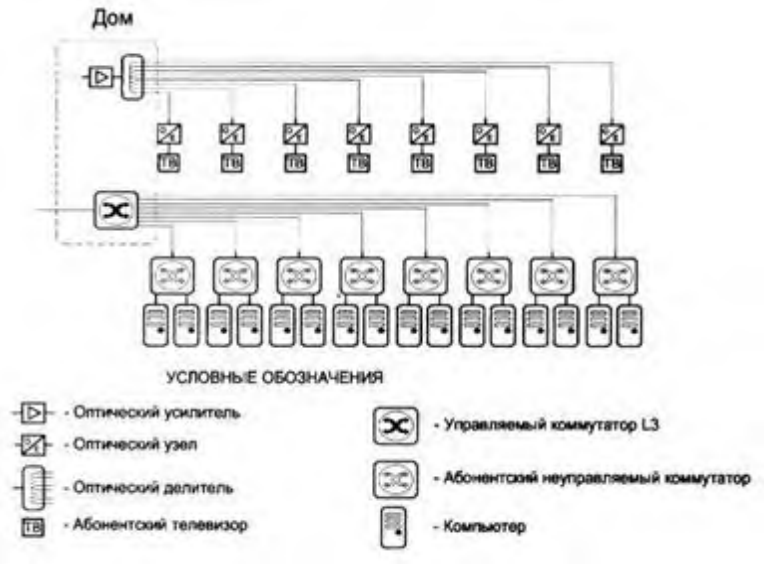


Рис. 2.2 Топологія мережі FTTH

Існує два типи організації FTTH мереж: на базі Ethernet і на базі PON.

Архітектури на базі Ethernet

Необхідність швидкого виведення на ринок і зниження вартості для абонентів привели до появи мережевий архітектури на базі Ethernet-комутації. Передача даних по мережі Ethernet і Ethernet-комутація стали приносити дохід на ринку корпоративних мереж і привели до зниження цін, появи закінчених продуктів і прискоренню освоєння нових продуктів. В основі перших європейських проектів мереж Ethernet FTTH лежала архітектура, при якій комутатори, розташовані на цокольних поверхах багатоквартирних будинків, були об'єднані в кільце за технологією Gigabit Ethernet. Ця структура забезпечувала чудову стійкість до різного роду пошкоджень кабелю та була вельми рентабельною, але до її недоліків можна було віднести поділ смуги пропускання всередині кожного кільця доступу (1 Гбіт / с), що давало в перспективі порівняно невелику пропускну здатність, а також викликало труднощі масштабування архітектури.

Потім широкого поширення набула архітектура Ethernet типу «зірка». Така архітектура передбачає наявність виділених оптоволоконних ліній (зазвичай одно модових, одно волоконних ліній з передачею даних Ethernet за

технологією 100BX або 1000BX) від кожного кінцевого пристрою до точки присутності (point of presence, POP), де відбувається їх підключення до комутатора. Кінцеві пристрої можуть знаходитися в окремих житлових будинках, квартирах або багатоквартирних будинках, на цокольних поверхах яких розташовуються комутатори, що доводять лінії по всіх квартирах за допомогою відповідної технології передачі.

Архітектура Ethernet FTTH з топологією «Зірка»:

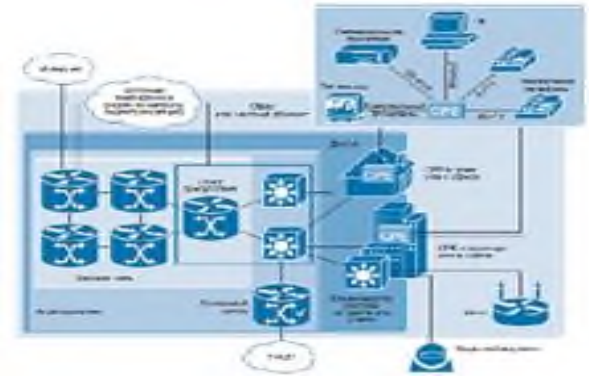


Рис. 2.3 Архітектури на базі PON

При використанні архітектури на базі пасивної оптичної мережі PON для розгортання мереж FTTH оптоволоконна лінія розподіляється по абонентам за допомогою пасивних оптичних розгалуджувач з коефіцієнтом розгалуження до 1:64 або навіть 1: 128. Архітектура FTTH на базі PON зазвичай підтримує протокол Ethernet. У деяких випадках використовується додаткова довжина хвилі низхідного потоку, що дозволяє надавати традиційні аналогові і цифрові телевізійні послуги користувачам без застосування телевізійних приставок з підтримкою IP.

Нижче на малюнку зображена типова пасивна оптична мережа PON, в якій використовуються різні термінатори оптичної мережі (optical network termination, ONT) або пристрої оптичної мережі (optical network unit, ONU). ONT призначені для використання окремими кінцевим користувачем. Пристрої ONU зазвичай розташовуються на цокольних поверхах або в підвальних

приміщеннях і спільно використовуються групою користувачів. Голосові сервіси, а також послуги передачі даних і відео доводяться від ONU або ONT до абонента по кабелях, прокладених в приміщенні абонента.

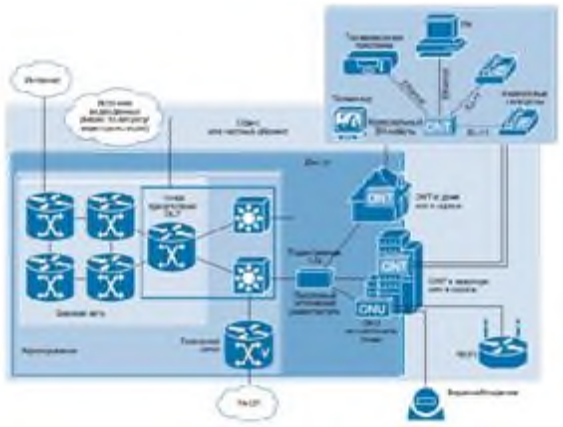


Рис. 2.4 Архітектура пасивної оптичної мережі (PON)

В даний час існує три різні стандарти мережі PON, які наведені в таблиці. Параметри смуги пропускання позначають сукупну швидкість передачі даних в низхідному і висхідному потоках. Ця швидкість передачі даних ділиться між 16, 32, 64 або 128 абонентами, в залежності від плану розгортання.

2.2 Вибір обладнання для побудови мережі за технологією FTTx.

Для реалізації проекту потрібно обрати середовище передачі інформації. Для прокладки вибираємо оптоволокно та виту пару. 0.655 одномодове ступінчате волокно з незміщеною дисперсією слугує основоположним компонентом оптичної телекомунікаційної системи. Характеристики волокон вказані в Таблиці (2.1)

Таблиця 2.1

Технічні характеристики ОК

Характеристика	**6.655.A**	**Є.655.B**	**6.655.C**	**С.655.0**	**6.655.E**
Довжина хвилі, нм	1550	1550	1550	1550	1550
Діаметр модової плями, мкм	8,0-11,0 ±0,7	8,0-11,0 ±0,7	8,0-11,0 ±0,7	8,0-11,0 ±0,6	8,0-11,0 ±0,6
Діаметр оболонки, мкм	125,0±1	125,0*1	125,0±1	125,0±1	125,0±1
Діаметр захисного покриття, мкм	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15
Ексцентриситет серцевини, мкм	0,8 max	0,8 max	0,8 max	0,6 max	0,6 max
Сплющеність оболонки	2,0% max	2,0% max	2,0% max	1,0% max	1,0% max
	1450 max	1450 max	1450 max	1450 max	1450 max
Втрати на макро згибі, дБ	0,5 max на 1550 нм	0,5 max на 1625 нм	0,5 max на 1625 нм	0,1 max на 1625 нм	0,1 max на 1625 нм
Перевірочна напруга, ГПа	0,69 min	0,69 min	0,69 min	0,69 min	0,69 min
Коефіцієнт хроматичної дисперсії, пс/нм*км, не більш, у інтервалі довжин хвиль: 1460-1625 1530-1565 1565-1625	0,1-6	1-10	1-10	2,6-6,0 4,0-8,9	2,6-6,0 4,0-8,9
Знак дисперсії	+ и -	+ и -	+ и -	+ и -	+ и -

Продовження Таблиці 2.1

Коефіцієнт затухання, дБ/км; на довжині хвилі, нм	-1 -	-1 -	-1 -	- 1 -	- 1 "
	-1 -	0,35 | 1550	0,35 | 1550	0,35 | 1550	0,35 | 1550
	0,35 | 1550	0,4 | 1625	0,4 | 1625	0,4 | 1625	0,4 | 1625
Коефіцієнт PMO, пс/л/км	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2

За параметрами зазначеними у даній таблиці вибираємо оптичне волокно типу G.655.A.

Вита пара CAT6a - це кабель зв'язку , що складається з однієї або декількох пар ізольованих провідників , скручених між собою (з невеликою кількістю витків на одиницю довжини) , покритих пластиковою оболонкою . Звивання ізольованих провідників виробляється для підвищення зв'язку провідників однієї пари (електромагнітна перешкода однаково впливає на обидва дроти пари) і подальшого зменшення електромагнітних перешкод від зовнішніх джерел , а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів .

Для зниження зв'язку окремих пар кабелю (періодичного зближення провідників різних пар) в кабелях UTP категорії 5 і вище дроти пари

звиваються з різним кроком. Вита пара - один з компонентів сучасних структурованих кабельних систем . Використовується в телекомунікаціях і в комп'ютерних мережах як фізичне середовище передачі сигналу в багатьох технологіях , таких як Ethernet , Arcnet і Token ring . В даний час , завдяки своїй дешевизні і легкості в монтажі , є найпоширенішим рішенням для побудови

дротових (кабельних) локальних мереж.

2.3 Вибір типу оптичного волокна

Для реалізації технології FTTB потрібно наступний вигляд оптичного волокна і кручений пари G.652 – одно модове ступеневу волокно з несмещенной дисперсією служить основним компонентом оптичної телекомунікаційної системи і класифікується стандартом G.652. Найбільш поширений вид волокна, оптимізований для передачі сигналу на довжині хвилі 1310 нм. Верхня межа довжини хвилі L-діапазону становить 1625 нм. Вимоги на макро згиб - радіус оправлення 30 мм.

Вита пара CAT6a - це кабель зв'язку, що складається з однієї або декількох пар ізольованих провідників, скручених між собою (з невеликим числом витків на одиницю довжини), покритих пластиковою оболонкою. Звивання ізольованих провідників проводиться для підвищення зв'язку провідників однієї пари (електромагнітна перешкода однаково впливає на обидва дроти пари) і подальшого зменшення електромагнітних перешкод від зовнішніх джерел, а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів.

Для зниження зв'язку окремих пар кабелю (періодичного зближення провідників різних пар) в кабелях UTP категорії 5 і вище дроти пари звиваються з різним кроком. Вита пара - один з компонентів сучасних структурованих кабельних систем. Використовується в телекомунікаціях і в комп'ютерних мережах як фізичне середовище передачі сигналу в багатьох технологіях, таких як Ethernet, Arcnet і Token ring. В даний час, завдяки своїй дешевизні і легкості в монтажі, є найпоширенішим рішенням для побудови дротових (кабельних) локальних мереж.



Рис. 2.5 «Вита пара CAT6a»

Для реалізації технології FTTH будуть потрібні оптичні волокна типу G.652.A і G.657..657 – одно модове оптичне волокно характеризуються малим рівнем втрат на згинах, призначені в першу чергу для мереж FTTH багатоквартирних будинків, а їх переваги особливо очевидні на обмеженому просторі. Працювати з волокном стандарту G.657, можна практично як з мідно жильним кабелем.

2.4 Розрахунок параметрів мереж

Таблиця 2.2

Варіанти скла для розрахунків

№	Склад(в молярнх %)	A1	A2	A3	L1	L2	L3
1	9,1% P2O5 90,9% SiO2	0,695797	0,452497	0,712513	0,061568	0,119921	8,656641
2	13,3%B2O3 86,7 SiO2	0,692618	0,401996	0,898817	0,061900	0,123662	9,098960

Розрахунок коефіцієнта заломлення згідно з формулою:

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \sum_{l=1}^{3} A_1 \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - l_1^2}}$$

(2.1)

де λ- довжина хвилі, що дорівнює 1,49 мкм

$$n1 = \sqrt{1 + \frac{0{,}695790 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 0{,}003790618} + \frac{0{,}452497 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 0{,}014338104} + \frac{0{,}712513 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 74{,}9374334}} = 1{,}45967;$$

$$n2 = \sqrt{1 + \frac{0{,}690618 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 0{,}005141191} + \frac{0{,}401996 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 0{,}01529229} + \frac{0{,}898817 * 2{,}2201}{2{,}2201 - 82{,}78615972}} = 1{,}43997;$$

Вибираємо скло з найбільшим коефіцієнтом заломлення осердя і наступне велике значення для оболонки.

Для передачі оптичного сигналу вздовж світловода повинно виконуватися наступне співвідношення: n1>n2

Отже, n1=1,45967;

n2=1,43997;

де n1- коефіцієнт заломлення осердя;

n2- коефіцієнт заломлення оболонки;

Використовуючи коефіцієнти заломлення розраховую відношення коефіцієнтів заломлення по формулі:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1};$$

(2.2)

$$\Delta = \frac{1{,}45967 - 1{,}43997}{1{,}45967} = 0{,}013496;$$

Число апертуру розраховуємо по формулі:

$$NA = \sqrt{n_1^2 + n_2^2};$$

(2.3)

$$NA = \sqrt{1{,}45967^2 + 1{,}43997^2} = 2{,}05039$$

Нормовану частоту розраховуємо по формулі:

$$V = \frac{\pi d}{\lambda}\sqrt{n_1^2 + n_2^2}$$

(2.4)

$$V = \frac{\pi * 6}{1{,}55}\sqrt{1{,}45967^2 + 1{,}43997^2} = 2{,}90488;$$

де d- діаметр осердя оптичного волокна, що дорівнює 6 мкм;

По нормованій частоті визначаю яке має бути оптичне волокно одно модове або багато модове, якщо V менше 2,2204, то таке волокно одно модове.

2,90488>2,2204-багатомодове

Критичну частоту розраховуємо по формулі, Гц:

$$f_0 = \frac{P_{nm} * C}{\pi d\sqrt{n_1^2 + n_2^2}};$$

(2.5)

де P_{nm}- параметр, що характеризує ти хвилі, в якому індекс n характеризує кількість змін поля по периметру, а m- по діаметру.

При розрахунку використовую P_{nm}, яке дорівнює 2,2201.

с- швидкість світла в метрах за секунду, що дорівнює $3 * 10^8$;

d-діаметр осердя світловоду, що дорівнює 6 мкм

$$f_0 = \sqrt{\frac{2{,}2201 * 3 * 10^8}{6 * 3{,}14 * 0{,}23899}} = 1{,}47922 * 10^8 \text{Гц};$$

Критичну довжину хвилі розраховуємо по формулі, мкм:

$$\lambda = \frac{2\pi d}{P_{nm}} * \sqrt{n_1^2 + n_2^2} \qquad (2.6)$$

$$\lambda = \frac{6 * 6.28}{2.2201 * 1.45967} * 0023899 = 2.77884 \text{ мкм};$$

Розрахунок згасання волоконного світловоду по формулі, дБ/км:

$$\alpha = \alpha_{рр} + \alpha_{nm} + \alpha_{інф.ч.} + \alpha_{он};$$

де $\alpha_{рр}$- згасання на розсіювання,

α_{nm}- згасання на поглинання,

$\alpha_{інф.ч.}$- згасання на поглинання в інфрачервоному спектрі,

$\alpha_{он}$- згасання на поглинання на групах ОН

Загасання на розсіювання розраховуємо по формулі, дБ/км:

$$\alpha_{рр} = 6{,}3\frac{10^{11}}{\lambda^4};$$ (2.7)

де λ- довжина хвилі в нанометрах.

$$\alpha_{рр} = \left(6{,}3\frac{10^{11}}{1550^4}\right) * (1 + 215 - 0{,}011443) = \frac{0{,}377677 дБ}{км};$$

Згасання на поглинання розраховуємо по формулі, дБ/км:

$$\alpha_{пт} = 2{,}55 * 10^{-3} * e^{\left(4{,}63*\frac{10^3}{\lambda}\right)};$$ (2.8)

$$\alpha_{пт} = 2{,}55 * 10^{-3} * e^{\left(4{,}63*\frac{10^2}{1550}\right)} = 0{,}020705\frac{дБ}{км};$$

Згасання на поглинання в інфрачервоному спектрі розраховуємо по формулі, дБ/км:

$$\alpha_{інф.ч.} = 7{,}81 * 10^{11} * e^{\left(-4{,}85*\frac{10^3}{\lambda}\right)};$$ (2.9)

$$\alpha_{інф.ч.} = 7{,}81 * 10^{11} * e^{\left(-4{,}85*\frac{10^3}{1550}\right)} = 0{,}0249 дБ/км;$$

Згасання на поглинання на групах ОН розраховано і при довжині хвилі $\lambda = 1550$ нм.

$$\alpha_{он} = 0{,}03 дБ/км;$$

$$\alpha = 0{,}377677 + 0{,}020705 + 0{,}0249 + 0{,}03 = 0{,}453282 дБ/км;$$

Розрахунок дисперсії розраховуємо по формулі, нс/км:

$$\tau = \sqrt{\tau_{мм} + (\tau_{в} + \tau м)};$$

(2.10)

де $\tau_{мм}$- міжмодова дисперсія

$\tau_{в}$- внутрішньо-модова дисперсія

$\tau_{м}$- матеріальна дисперсія

Міжмодова дисперсія розраховується по формулі, нс/км:

$$\tau_{мм} = \frac{n_1 \Delta^2}{2C} L;$$

(2.11)

$$\tau_{мм} = \frac{1{,}45967 * 0{,}013496^2}{2 * 3 * 10^8} * 2 = 8{,}8622 * 10^{-13} нс/км;$$

де Δ- відношення коефіцієнтів заломлення,

n_1- коефіцієнт заломлення,

L- довжина лінії прийнята 2 км,

C- швидкість світла.

Матеріальна дисперсія розраховується по формулі:

$$\tau_m = \Delta\lambda L\gamma(\lambda); \quad (2.12)$$

де $\gamma(\lambda)$- питома дисперсія матеріалу;

$\Delta\lambda$- ширина спектру джерела випромінювання: для інженерного лазера $\Delta\lambda$ дорівнює 2 нм, а для світловоду $\Delta\lambda$ дорівнює 33 нм;

L- довжина лінії, приймаємо 2 км.

$\tau_{m=2*2*2=8*10^{-3}}$ нс/км

Питомі дисперсії матеріалу та внутрішньо-модова (для лазера) в залежності від довжини хвилі приведені нижче:

Для довжини:

$\lambda = 1{,}3$ мкм $= 5$ пс/км $*$ нм;

$\lambda = 1{,}3$ мкм $= 5 * 10^{-3}$нс/км $*$ нм;

$\lambda = 1{,}55$ мкм $= 2 * 10^{-3}$ пс/км $*$ нм;

$\lambda = 1{,}49$ мкм $= 2$ пс/км $*$ нм;

Внутрішньо-модову дисперсію визначаю по формулі:

$$\tau_в = \Delta\lambda LB(\lambda); \quad (2.13)$$

де $B(\lambda)$ - питома внутрішньо-модова дисперсія на довжині хвилі 1,55 мкм дорівнює – 16 пс/км*нм

$$\tau_в = 2 * 2 * 8 * \frac{10^{-3}нс}{км}$$

$$\tau = \sqrt{(8{,}8622 * 10^{-13}) + (8 * 10^{-3} + 32 * 10^{-3})} = 40 * 10^{-3}нс/км$$

2.5 Вибір конструкції оптичного кабелю

Для реалізації нашого проекту нам знадобляться наступні види оптичних кабелів:



Рис. 2.6 ОКЛСт

застосування: оптичні кабелі зв'язку призначені для прокладки в кабельній каналізації, спеціальних трубах, колекторах, тунелях, на мостах і естакадах, а так само в легких ґрунтах і в місцях, заражених гризунами.

Опції:

- Використання оптичних волокон відповідно до Рекомендацій G.651, G.652, G.655
- Застосування сухих водо блокуючої матеріалів («суха» конструкція сердечника).
- Виготовлення оболонки з матеріалів, які не розповсюджують горіння, без галогенів, з низьким димо виділенням (марка ОКЛСт-Н).
- Виготовлення кабелю з внутрішньої поліетиленової оболонкою для підвищеної волого непроникності (АлПе).

Опис конструкції:

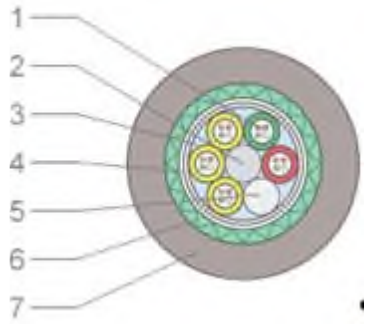


Рис. 2.7 Схема кабелю типу ОКЛСт (з одного ПЕ оболонкою до 192 ОВ) для прокладки в кабельній каналізації

1. Оптичні волокна вільно укладені в полімерних трубках (оптичні модулі), заповнених тиксотропним гелем по всій довжині.

2. Центральний силовий елемент (ЦСЕ), діелектричний склопластиковий пруток (або сталевий трос в ПЕ оболонці), навколо якого скручені оптичні модулі.

3.Корделя (при необхідності) - суцільні ПЕ стрижні для стійкості конструкції.

4.Поясна ізоляція у вигляді лавсанової стрічки, накладена поверх скручування.

5.Гідрофобний гель, що заповнює порожнечі скручування по всій довжині.

6.Броня у вигляді сталевої гофрованої стрічки з водо блокуючої стрічкою під нею.

7.Зовнішня оболонка виконана з композиції ПЕ низької або високої щільності.

Переваги:

• компактний дизайн;

• мінімальна вага;

• відмінні механічні властивості;

• стійкість до гризунів;

• зручність прокладки і монтажу;

• великий термін служби;

• використання матеріалів кращих зарубіжних і вітчизняних виробників;

• мінімальний коефіцієнт тертя.



Рис. 2.8 ОКЛЖт

Застосування: призначені для підвіски по стовпах міського енергогосподарства; підвіски по опорах контактної мережі ж / д, повітряних ліній зв'язку; повітряної прокладки по опорах міського енергогосподарства; прокладки по лотках і естакадах.

Опції:

• Використання оптичних волокон відповідно до Рекомендацій G.651, G.652, G.655;

• Застосування гідрофобного компаунда для заповнення пустот скручування по всій довжині;

• Виготовлення зовнішньої оболонки з матеріалів, які не розповсюджують горіння;

• Застосування розпорювали кордів;

• Виготовлення кабелю з двома ПЕ оболонками;

• Виготовлення кабелю з кількістю волокон до 192;

• Розрахунок конструкції і параметрів кабелю по вимогам конкретного проекту, в залежності від значень довжин прольотів, стріл провисання і умов експлуатації;

Опис конструкції:

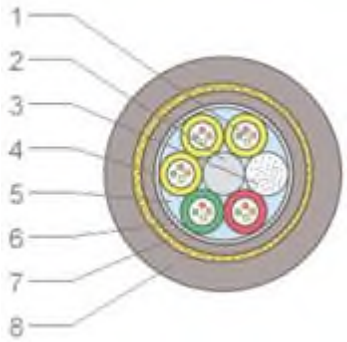


Рис. 2.9. Схема кабелю типу ОКЛЖ- (Т) (від 2 до 144 ОВ) для повітряної прокладки (класичний дизайн, відповідно ТТ ФСК)

1. Оптичні волокна вільно укладені в полімерних трубках (оптичні модулі), заповнених тиксотропним гелем по всій довжині.

2. Центральний силовий елемент (ЦСЕ) у вигляді склопластикового прутка, навколо якого скручені оптичні модулі (модулі і корделя).

3.Кордель - суцільні ПЕ стрижні - для стійкості конструкції.

4.Поясна ізоляція у вигляді лавсанової стрічки, накладена поверх скручування.

5.Гідрофобний гель, що заповнює порожнечі скручування по всій довжині.

6.Внутрішня оболонка виконана з композиції ПЕ низької або високої щільності.

7.Силові елементи у вигляді шару арамідних ниток.

8.Зовнішня оболонка виконана з композиції ПЕ високої щільності.

Переваги:

• мінімальні вагу і діаметр;

• високі механічні властивості;

• оптимальна жорсткість і низький коефіцієнт тертя оболонки (для задування в спеціальні труби);

• низька температура прокладки;

• великий діапазон температури при експлуатації;

• вибір оптимальної конструкції для конкретних умов експлуатації;

• зручність прокладки і монтажу;

• великий термін служби.

2.6 Вибір і обґрунтування кросового обладнання



Рис. 2.10 Оптичний крос КРС-48

Оптичні кроси для монтажу в стійку є зручними комутаційними панелями для з'єднання і розподілу волокон лінійного оптичного кабелю за допомогою оптичних пігтейлів і з'єднувальних шнурів. Виготовлені з легкого алюмінієвого сплаву з антикорозійним покриттям, або зі сталі зі ступенем захисту IP-55. Касети для укладання місць зварювання дозволяють використовувати термонасадкові трубки КДЗС довжиною 60 мм або 40 мм. В спеціальні гнізда встановлюються адаптери FC, SC або ST типів.

Модель КРС-48 відноситься до серії стандартних стоїчних комутаційно-розподільних пристроїв форм-фактора 2U і забезпечує комутацію до 48 оптичних портів FC, ST, SC, MT-RJ, E-2000 та до 72 портів LC.

Оптичні адаптери монтуються на 4 змінні планки, які кріпляться до лицьової панелі корпусу за допомогою двох засувок.



Рис. 2.11 Пігтейл SM

Монтажний оптичний шнур (Рис 2.9) SM застосовується для окінцювання магістрального оптичного кабелю при розведенні в розподільному кросовому обладнанні.

Являє собою шматок волоконно оптичного кабелю, окінцьовані з одного боку. Пігтейли використовуються для швидкої окінцівкі волоконно-оптичного кабелю при монтажі мереж зв'язку шляхом приєднання пігтейлу до кабелю за допомогою зварювання або механічних з'єднувачів. По суті, пігтейл це оптичний шнур (патч-корд) без другого конектора, тому до пігтейл пред'являються вимоги, подібні до вимог до пачт-корд. Відповідно, велика увага приділяється якості пігтейлу, до прямим і зворотним втрат, несиметричним положення волокна в ферулі конектора, механічної міцності.

Пігтейли використовуються при монтажі пасивних розподільних пристроїв, таких як оптичні кроси.



Рис. 2.12 Патчкорд SM FC-LC duplex

Патчкорд - це оптичний кабель, який закінчується з обох сторін конекторами різних типів (Рис.). Він застосовується для того, щоб підключити до оптичного кросу оптичне телекомунікаційне обладнання.

Типологія пасивне:

За типом використаного у виробництві кабелю патч пасивне поділяються на: одномодові "SM" (singl-mode) або багатомодові "MM" (multi-mode).

По виду використаного у виробництві кабелю пач пасивне поділяються на: дуплексні "DPX" (duplex) або сімплексні "SPX" (simplex).

Крім того, розрізняються вони і по виду конекторів - "FC", "LC", "SC", "ST", "MT-RJ", можуть бути сполучними (однакові конектори з обох сторін) або перехідні (різні конектори з різних сторін).



Рис. 2.13 Патчкорд SM LC-LC duplex

Оптичні з'єднувальні шнури з LC - роз'ємами. Патчкорди виготовлені з одномодового волокна 9/125 мкм, многомодового волокна 50/125 мкм або 62,5 / 125 мкм. Кабель покритий захисною оболонкою жовтого, оранжевого, білого або синього кольору, в залежності від типу кабелю.



Рис. 2.14 Патчкорд SM SC-SC/APC simplex

Шнур оптичний SC-SC APC 9/125 одномодовий симплексний застосовується для комутації між оптичними кросами, підключення оптичного устаткування, з'єднання оптичних кросів. Також вони мають альтернативні назви - оптичний патчкорд SC-SC і шнур оптичний з'єднувальний SC-SC.

Звертайте увагу на тип оптичного кабелю, тип оптичних конекторів з обох сторін і тип шліфування ферула, для того, щоб уникнути проблем при монтажі.



Рис. 2.15 Пігтейл sm sc/PC

Шнур оптичний монтажний SC PC 62,5 / 125 застосовується для окінцівкі оптичних ліній зв'язку в оптичних кросах. Шнур потрібно розрізати навпіл, для того щоб отримати 2 пігтейлу. Ціна вказана за 1 пігтейл (pigtail). Звертайте увагу на тип оптичного кабелю, тип оптичного конектора і тип шліфування ферула, для того, щоб уникнути проблем при монтажі.



Рис. 2.16 Комутатор 100Base-FX(24 порта)+10GBase-L(2 порта)

Комутатор - пристрій, призначений для з'єднання декількох вузлів комп'ютерної мережі в межах одного або декількох сегментів мережі. Комутатор передає дані лише безпосередньо отримувачу. Це підвищує продуктивність і безпеку мережі, позбавляючи інші сегменти мережі від необхідності (і можливості) обробляти дані, які їм не призначалися.



Рис. 2.17 Оптичний модуль SFP

SFP модулі призначені для установки в слот маршрутизатора або комутатора і забезпечують підключення його до мережі за допомогою потрібного інтерфейсу. Конвертори SFP підтримують режим гарячої заміни (hot-swap). Випускаються різні модулі, що дозволяють підключити необхідне обладнання до різних середовищ передачі: багатомодове оптоволокно, одномодовое оптоволокно, кручена пара. Модуль GLC-T стандарту 1000Base-LX забезпечує передачу даних по кручений парі категорії 5, на відстань до 100 метрів.



Рис. 2.18 Оптичний модуль XFP

Даний модуль підтримує технологію цифрової діагностики, яка дозволяє в реальному часі відстежувати параметри роботи пристрою, такі як: робоча температура, відхилення струму лазера, яку випромінює оптична потужність, яка приймається оптична потужність, напруга живлення.

Підтримується система сигналізації про вихід параметрів за межі встановлених допусків.



Рис. 2.19 Оптичні сплітери

Оптичний сплітер- це пасивний оптичний елемент мережі дозволяє істотно знизити вартість кабельної інфраструктури мережі доступу, дозволяє використання архітектури пасивних оптичних мереж (PON), виконують просторове розділення (об'єднання) потужності оптичного сигналу по декількох каналах, його ще називають оптичним дільником, перехідником (Рис.).

Основними технологіями , що використовують архітектуру оптичної мережі FTTH, є Ethernet і PON . Оскільки в мережах PON на ділянці між оптичним лінійним терміналом (OLT) , розташованим в центральному вузлі зв'язку , і абонентським оптичним мережевим терміналом (ONT) активне обладнання не використовується , ці мережі значно простіше і дешевше інсталювати і обслуговувати. За допомогою одного або декількох пасивних розгалуджувачів безліч ONT підключають до одному лінійному волокна, які від OLT . Трафік передачі даних , телефонії OLT передає і приймає на довжинах хвиль 1490 і 1310 нм відповідно, а віддання або телевізійні канали вводяться в « дерево» PON допомогою пристрою спектрального ущільнення FWDM і транслюються абонентам на довжині хвилі 1550 нм.

Існує дві технології виготовлення оптичних розгалуджувачів: зварні «Fused» і планарні «PLC» (Planar Lightwave Circuit).

Зварні «Fused» Ключові параметри:

- традиційно зварні сплітери складаються з волокон, що мають від одного до трьох вікон прозорості (1310 нм, 1490 нм або 1550 нм);
- коефіцієнт розгалуження більше ніж 1:4 реалізується каскадним розміщенням сплітерів 1x2, 1x3 або 1x4, з максимальним числом розгалуження до 32 (конструкції з двома вхідними волокнами також можливі);
- кожний наступний каскад розгалуження призводить до суттєвих внесеним втрат і зниження рівномірності розподілу.

Планарні «PLC» (Planar Lightwave Circuit) Ключові параметри:

- рівномірний, симетрична розподіл оптичної потужності. Можливі співвідношення поділу від 1x4 до 1x64 і більше (конструкції з двома вхідними волокнами також можливі);
- компактність пристрою, в порівнянні з FBT, при великих коефіцієнтах розподілу (НЕ каскадні), що важливо при монтажі;
- стабільність і точність ділення, низький рівень внесених втрат при більш високих довжинах хвиль в порівнянні з FBT (у всіх вікнах прозорості);
- широкий оптичний спектр, який можна застосовувати в системах спектрального ущільнення WDW.

2.7 Вибір апаратури оптичного лінійного терміналу

Оптичний лінійний термінал (OLT) призначений для організації широкосмугового мультисервісного множинного доступу з оптичного волокна деревовидної структури згідно стандарту G.983.X за технологією PON.



Рис. 2.20 Модульний комутатор GEPON/GPON на 128 портів

ZyXEL Fiberhome AN5116 - 06B належить до новітнього покоління пристроїв широкосмугового доступу і характеризується можливістю гнучкої інтеграції в IP- мережі оператора , одночасною підтримкою двох технологій GEPON і GPON , високою щільністю портів , що забезпечує підключення до 8192 абонентів (при використанні оптичних сплітерів 1:64) . Висока пропускна здатність каналів GPON або GEPON - 2,5 / 1,25 Гбіт / с , розширена підтримка багатоадресних розсилок , а також розвинені засоби приоритезации та захисту трафіку абонентів роблять цей комутатор оптимальним вибором при масовому наданні сучасного пакету вимогливих до смуги пропускання послуг - Triple Play.

AN5116 - 06B займає в 19 стойці 12 юнітів , в максимальній конфігурації шасі вміщує 2 модуля управління і комутації , 16 лінійних модулів , 2 магістральних модуля , 3 вентиляторних модуля , і забезпечує " гарячу " заміну всіх модулів і підключення до 8192 абонентів з 100% резервуванням критично важливих вузлів , магістралей і послуг. У шасі передбачено два роз'єми для підключення джерела живлення , які також підтримують резервування .

Модуль управління і комутації HSWA , як зрозуміло з назви , здійснює управління іншими модулями в шасі і комутує трафік , використовуючи неблокеруєму матрицю з пропускною здатністю 1 Тбіт / с. У комутатор можуть бути встановлені два однотипних керуючих модуля HSWA , що забезпечує

повне резервування функцій управління і комутації трафіку за рахунок автоматичного перемикання на другий модуль у разі виходу з ладу основного . Модуль оснащений інтерфейсом Fast Ethernet для в немережевих управління , а також консольним портом.

Лінійні модулі GC4B і EC4B забезпечені 4-ма SFP - слотами для підключення абонентів за технологією GPON і GEPON відповідно, а GC8B і EC8B -8-ю слотами . У сумі 16 модулів забезпечують до 128 портів PON , що при коефіцієнті розподілу каналу 1:64 дає до 8192 абонентів на шасі.

У шасі може бути встановлене 1 або 2 магістральних модуля. їх існує 3 різних типу ємністю від 6 слотів Гбіт / с SFP до двох 10 - гігабітних слотів XFP + два слота 1 Гбіт / с SFP , що забезпечує масштабованість пропускної здатності Uplink з 6 Гбіт / с до 44 Гбіт / с.

GEPON / GPON - комутатор AN5116 - 06B забезпечує неблококеруючої просування мережевого трафіку і оптимальну доставку даних абонентам з наскрізною трансляцією класів обслуговування в IP , Ethernet і PON- мережах (класифікація трафіку / обмеження швидкості / керування чергами / віддзеркалення трафіку) .

Комутатор здатний обробити більше 60 IGMP - запитів в секунду на приєднання / відключення від груп розсилки та забезпечує перемикання між групами розсилки (наприклад , телевізійними каналами) менш ніж за 250 мілі секунд (fast zapping) . Всі ці функції дозволяють запропонувати абонентам високоякісні послуги IP- телефонії , відео конференція зв'язку та телебачення.

Комутатор має гнучкі засоби управління (Telnet / SSH , SNMP , систему мережевого управління та надання послуг ANM - 2000), що дозволяють створювати і тиражувати профілі абонентів і послуг , ізолювати трафік абонентів і здійснювати розгорнуту діагностику і керування мережею локально і через Інтернет. Для забезпечення безпеки та підвищення надійності надання

послуг адміністратори можуть бути розділені на три групи з різними рівнями повноважень.

Система мережевого управління ANM - 2000 реалізує повний набір можливостей з управління GPON / GEPON - комутаторами ZyXEL -FiberHome , а також відповідними абонентськими пристроями. Система дозволяє здійснювати віддалене адміністрування обладнання , збирати та аналізувати інформацію про його поведінку , здійснювати моніторинг його продуктивності , представляти дані у формі, зручній для аналізу поточного стану і тенденцій поведінки мережі оператора. З використанням ANM - 2000 управління мережею з тисяч PON -ліній перетворюється на просту і зрозумілу задачу , що не вимагає значних інвестицій і глибокої спеціальної підготовки системних адміністраторів.

З використанням комутатора AN5116 - 06B оператори зв'язку зможуть не тільки запропонувати домашнім користувачам набір сучасних послуг зв'язку - високошвидкісний доступ в Інтернет , пакет каналів телебачення високої чіткості , VoIP- телефонію і факс , але і підключати на високій швидкості корпоративних користувачів, забезпечуючи широкий набір тарифних планів , додаткових послуг і збільшення ARPU - середнього щомісячного доходу з розрахунку на користувача. Основні переваги:

- висока щільність портів: до 8192 абонентів на шасі;
- високопродуктивна неблокеруємоя матриця комутації з пропускною здатністю 1 Тбіт / с;
- 4 * ЮГбіт +4 * ІГбіт пропускна здатність магістральних інтерфейсів;
- модульна архітектура з можливістю гарячої заміни модулів;
- резервування всіх основних модулів за схемою «1+1 »;
- можлива одночасна робота з GPON і GEPON лінійними модулями;
- система управління ANM2000 надає зручний механізм для віддаленого централізованої конфігурації , моніторингу та адміністрування всіх пристроїв GPON / GEPON;

- розвинений функціонал для підтримки послуг Triple -Play : управління якістю обслуговування , розширена підтримка багатоадресних розсилок , підтримка протоколів VoIP;
- підтримка протоколів третього рівня: OSPF , RIP та інші. За функціональним призначенням:
- використовується спільно з віддаленими модемами ONU в якості інтегрованого станційного рішення для мережі GEPON / GPON;
- підтримує вбудовані широкосмугові і вузько смугові послуги, такі як VoIP , TDM , передача даних , IP -телебачення , кабельне телебачення;
- разом з віддаленими модемами ONU реалізує повний набір конвергентної функціональності.

OLT забезпечує поділ оптичного сигналу на 2/4/8/16/32 напрямки.

Стандарт PON G.983 охоплює пасивну складову мережі і активні пристрої, регламентує протоколи взаємодії між центральним вузлом OLT і абонентськими вузлами ONT, параметри оптичних приймально-передавальних інтерфейсів (потужності сигналів, довжини хвиль) для OLT і ONT, визначає допустимі топології і протяжність мережі P0N . Технологія P0N передбачає використання С-діапазону (1530-1565 нм) для передачі DWDM сигналів.

Відповідно до стандарту G.983.1 один волоконно-оптичний сегмент мережі PON може охоплювати до 32 абонентських вузлів в радіусі до 20 км.

Кожен абонентський вузол розрахований на звичайний житловий будинок або офісний будинок і в свою чергу може охоплювати сотні абонентів, надаючи сервісні інтерфейси 10 / 100Base-TX, E1 / E2 / E3 / E4, цифрове відео, ATM, STM-1/4.

Центральний вузол може мати мережеві інтерфейси ATM, SDH (STM-1/4/16), Gigabit Ethernet для підключення до магістральних мереж.

Функціональні особливості застосування OLT:

- Оптичне волокно стає найкращим середовищем для побудови магістральних мереж і мереж доступу невеликого діаметру.
- Пасивні вузли розгалуження дозволяють значно підвищити надійність мережі, усуваючи проміжні активні елементи між центральним офісом і абонентським вузлом.
- При найдосконалішою концепції FTTH (волокно до квартири) кожен абонент стає термінальним.
- Завдяки гігантської пропускної здатності волокна оптимальне рішення досягається, коли одне волокно, що йде з центрального вузла чи інакше точки присутності POP (Point-Of-Presence) розгалужується на безліч абонентів. Це робить економним і будівництво волоконно-оптичної кабельної системи і зменшує наступні витрати на її підтримку.
- Найкращим чином задовольняють цим вимоги рішення на основі технологій PON та DWDM.
- Значне зниження вартості застосування технології PON в базовому варіанті двох довжин хвиль (1550 нм, 1310 нм).
- Ефективно використовується смуга пропускання оптичного волокна.
- Мережа будується з пасивним розгалуженням волокна.
- PON - Мультисервісна мережа.
- Динамічний розподіл смуги пропускання.
- Природний розвиток до мережі DWDM.
- Можливість резервування як всіх, так і окремих абонентів,
- Перетворення концепції "останньої милі" в концепцію "першої милі".



Рис. 2.21 Устаткування ONU

Однією з важливих відмінних особливостей пристрою DIR-100 є його універсальність. Купуючи DIR-100, користувач може сам вирішити, як якого пристрою його використовувати: широкосмугового маршрутизатора, маршрутизатора Triple Play або комутатора VLAN. Для отримання нового пристрою досить просто завантажити з FTP-сервера компанії D-Link необхідне програмне забезпечення. При цьому апаратне забезпечення пристрою залишається незмінним. Тут наводиться опис функціоналу DIR-100 в якості маршрутизатора Triple Play.

Послуги Triple Play

Популярність і доступність послуг Triple Play зростає з кожним днем. Користувачеві досить просто підключити маршрутизатор Triple Play і замовити у провайдера відповідну послугу. Маршрутизатор Triple Play DIR-100, рекомендований для використання в мережах провайдерів, дозволяє користувачам отримувати доступ в Інтернет, переглядати передачі IPTV і користуватися послугами VoiceOverIP з гарантованою швидкістю передачі. Таким чином, за допомогою одного WAN-з'єднання одночасно передається голосовий, відео та Інтернет-трафік (Triple Play).

Принцип роботи пристрою досить простий. Два його порту підтримують NAT і функції брандмауера. Ці порти призначені для підключення персональних комп'ютерів і організації доступу до Інтернет. Два ж інших порту

не підтримують функцій маршрутизації - ці порти підключаються до WAN-порту в режимі прозорого моста. До цих двох портів можливо підключити, наприклад, IP-телефон або обладнання, необхідне для реалізації послуги IP-телебачення (IPSTB).

Підтримка VLAN і пріоритетності черг

Підтримка віртуальних мереж VLAN (802.1Q і на базі портів) особливо важлива для цього пристрою. Оскільки саме ця функція дозволяє передавати кожен вид трафіку з власної віртуальної мережі.

Також пристрій підтримує пріоритезацію черг 802.1p для забезпечення належної якості обслуговування, дозволяючи користувачам використовувати в мережі чутливі до затримок програми, такі як потокове аудіо / відео і VoIP.

Безпека

Порти маршрутизатора Triple Play DIR-100, призначені для підключення персональних комп'ютера, оснащені функціями безпеки. Так, для них передбачений вбудований між мережевий екран для захисту комп'ютерів в мережі від вірусних і DOS-атак.

Висновки до розділу 2.

Технологія FTTH має ряд перерахованих нижче незаперечних переваг перед іншими технологіями:

- з усіх існуючих на сьогоднішній день варіантів FTTx архітектура FTTH забезпечує найбільшу смугу пропускання;
- на сьогоднішній день, FTTH повністю стандартизований і найбільш перспективний варіант розвитку мереж абонентського доступу з використанням волоконно–оптичного кабелю;
- рішення, побудовані на базі архітектури FTTH, дозволяють забезпечити масове обслуговування абонентів на відстані до 20 км від вузла зв'язку;

- використання FTTH дозволяє істотно скоротити експлуатаційні витрати, в першу чергу, за рахунок зменшення площі технічних приміщень, де необхідно розміщення обладнання, а також відповідно, зниження енергоспоживання і власне витрат на технічну підтримку.

Технологія FTTH є більш дорогою від інших технологій при побудові мережі, але при експлуатації і обслуговуванні даної мережі вона є на багато економічно вигідною від інших технологій конкурентів.

3 ПІДРАХУНОК ЗАТРАТ НА ОРГАНІЗАЦІЮ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ FTTx

3.1 Вибір місцевості для побудови мережі FTTx

Для розрахункової частини було обрано технологію FTTH, так як дана технологія є самою впроваджуємою та перспективною технологією в різновидах FTTx.

Для побудови мережі зв’язку на базі технології FTTH був обраний типовий житловий комплекс. В даному житловому комплексі збудовано 9 будинкі по 11 поверхів.В кожному будуинку по 168 квартир. Загальна кількість квартир складає 1512.

Дана схема підключення ЖК від вузла агрегації іншими (рис. 3.1) словами АТС ця відстань становить 3 км і є економічно вигідною та оптимальною так як:

- Вибраний найменший маршут від ЖК до АТС.
- Вибраний монтаж оптичного кабелю в кабельних каналізаціях, які можуть бути взяті в оренду. На відміну від іншого монтажу це більш економічно вигідно.

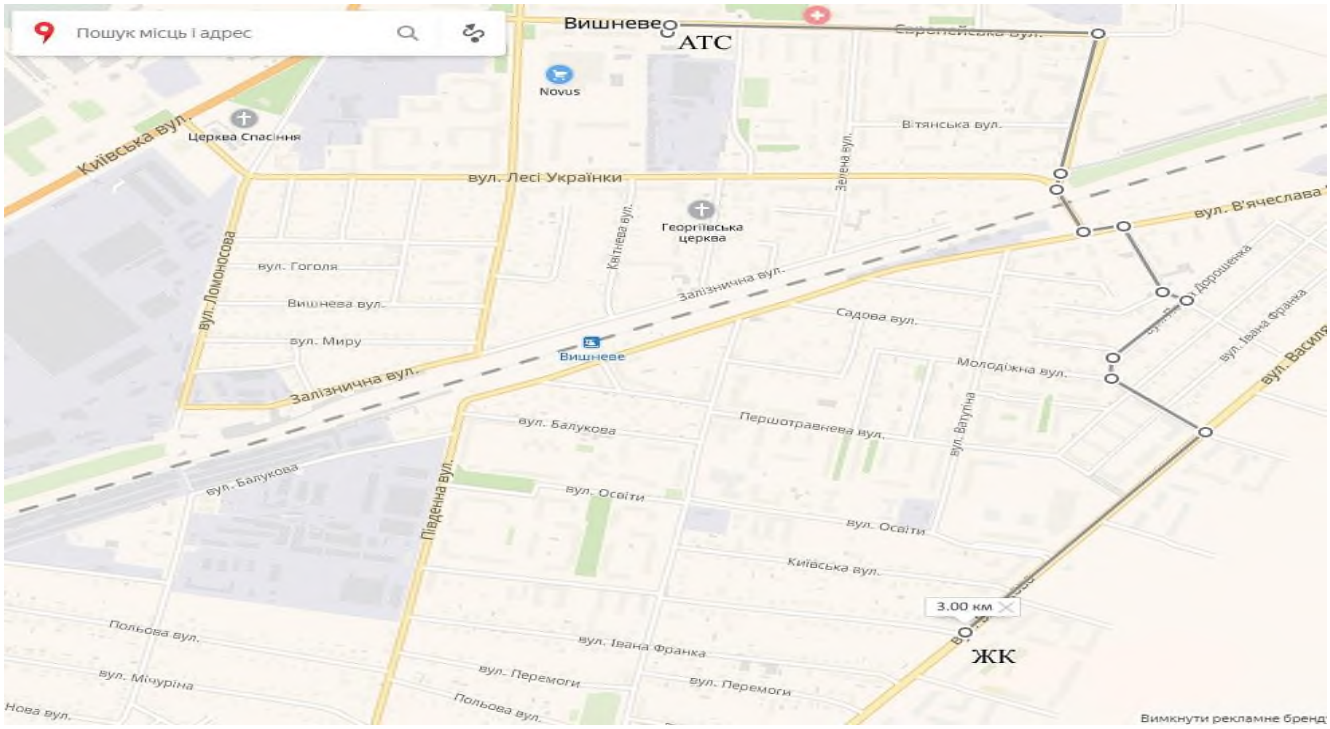


Рис.3.1 Відстань від АТС до ЖК

Провівши розрахунок кількості муфт було виявлено, що на 9 будинків знадобиться 5 муфт (див рис. 3.1).



Рис.3.2 Схема розташування муфт

Також була розрахована загальна довжина оптичного кабелю – вона складає 4620метрів. До цієї довжини входить:

- Довжина від АТС до житлового комплексу – 3.00 км;
- Довжина між муфтами – 400 м;
- Довжина кабелю на дев'ять будинків – 1500 м (165 метрів на один будинок.

3.2 Розрахунок довжини кабелів, необхідних для створення мережі

Від вузла агрегації до вузлів доступу буде проходити волоконно–оптичний кабель.

Таблиця 3.1

Вартість оптичного кабелю

Тип кабелю	Вартість
Одесакабель Ecolight СБ–М 4х48	20 000 грн/км
Оптический кабель Одескабель ОКЛБг–4–ДА 48	36 грн/м

Довжина магістрального кабелю – 3 кілометрів.

Вартість магістрального кабелю (купується кілометровими ділянками):

$$Ц_{маг.каб} = 20000 \cdot 3 = 60000 \text{ грн}, \quad (3.1)$$

Від муфти великої ємності до розподільчої муфти довжина розподільчого кабелю сягає 60 м. А від розподільчої муфти до кожного будинку довжина кабелю буде становити 20 м.

Всього довжина кабелю буде складати :

$$Д_{розп.каб} = 20 + 60 = 80 \text{ м} \quad (3.2)$$

Вартість розподільчого кабелю:

$$Ц_{розп.каб} = 400 \cdot 36 = 14440 \text{ грн} \quad (3.3)$$

Загальна ціна на волоконно–оптичний кабель:

$$Ц_{ВОК} = 60000 + 14440 = 74440 \text{ грн} \quad (3.4)$$

Так як поверхів 11 у дев'яти будинках, то до останнього поверху довжина кабелю приблизно дорівнює 28 метрів. Відстань між поверхами – 2.5 метрів, тому загальна довжина такого кабелю буде дорівнювати 165 метрів (27.5 м + 25 м + 22.5 м + ... + 2.5 м). Загальна довжина на 9 будинків – 1485 метрів.

Вартість оптичного кабелю який буде прокладений у будинках:

$$Ц_{каб.буд} = 1485 * 36 = 53460 \text{ грн} \quad (3.5)$$

Загальна вартість прокладки усіх кабелів:

$$Ц_{заг} = 14440 + 74440 + 53460 = 142340 \text{ грн} \quad (3.6)$$

3.3 Визначення вартості матеріальної частини мережі

Згідно із завданням дипломного проекту необхідно визначити собівартість і ціну локально–обчислювальної мережі. Для виконання розрахунку були використані початкові дані, представлені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Початкові дані для розрахунку

Найменування початкових даних	Показник	Джерело отримання
Трудомісткість проектування мережі	144 год.	Фактичні витрати часу на проектування мережі
Місячна ставка системного адміністратора	15000 грн.	Дані переддипломної практики
Кількість годин в місяці	152 год.	Розрахунок зроблений для травня місяця 2018 року, кількість робочих днів – 18
Додаткова зарплата (20 %)	20 %	Дані переддипломної практики
Відрахування до цільових соціальних фондів	36,4 %	Дані переддипломної практики
Загально виробничі витрати (%)	100 %	Дані переддипломної практики

Продовження табл.3.2

ПДВ (податок на додану вартість)	20 %	Дані переддипломної практики

Розрахунок необхідної довжини оптичного кабелю представлений в таблиці 3.3

Перелік всіх технічних засобів, потрібних для проектування мережі наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.3

Розрахунок довжини проведення кабелю

Місцезнаходження	Довжина кабелю, м
АТС–Магістральна муфта	3000
Магістральна муфта–тупікові муфти	400
Будинок 1А	165
Будинок 2А	165
Будинок 1Б	165
Будинок 2Б	165
Будинок 1В	165
Будинок 2В	165
Будинок 1Г	165
Будинок 2Г	165
Будинок 1Д	165
Разом	4885

Таблиця 3.4

Перелік технічних засобів для проектування мережі

Найменування	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Комутатор	81	33 333	2 699 973
Медіаконвертор	1512	586	886 032
Муфта тупікова	5	1395	6 975
Муфта магістральна	1	3249	3 249
Оптична кросова панель	9	3500	31 500
Серверна шафа	9	7177	64 593
Фільтр мережевий	27	60	1 620
Оптичний кабель	4885	36	175 860
Разом			3 869 802

3.4 Визначення трудомісткості настроювання мережі

Таблиця 3.5

Трудомісткість робіт

Зміст операції	Витрати часу(год)
Закупка технічних засобів	48
Перевірка окремих технічних засобів	12
Монтажні роботи	12
Встановлення устаткування	16
Встановлення мережного ПО	14

Продовження табл.3.5

Запуск та тестування мережі	12
Підсумок	144

3.5 Розрахунок витрат на організацію й обслуговування LAN

Стаття 3. Основна заробітна плата:

$$З_{осн} = l_{год} * Т_{год}, \quad (3.7)$$

де $l_{год}$ – годинна тарифна ставка оператора, грн.; $Т_{год}$ – кількість годин у місяці, приймається 144 год. – вихідні дані.

Визначаємо годинну тарифну ставку оператора:

$$l_{год} = \frac{L_{міс}}{Т_{год}}, \quad (3.8)$$

де $L_{міс}$ – місячна ставка оператора, грн.

$$l_{год} = \frac{15000}{152} = 98.7 \text{ грн}, \quad (3.9)$$

Визначаємо основну заробітну плату оператора:

$$З_{осн} = 98.7 * 144 = 14\,212 \text{ грн}, \quad (3.11)$$

Стаття 4. Додаткова заробітна плата:

$$З_{дод} = \frac{З_{осн} * Д\%}{100} = \frac{15000 * 50}{100} = 7\,500 \text{ грн}, \quad (3.13)$$

де $З_{дод}$ – додаткова заробітна плата, грн.; Д% – відсоток додаткової заробітної плати, приймається 50 % – вихідні дані.

Стаття 5. Відрахування в соціальні фонди:

$$З_{соц} = \frac{(З_{осн}+З_{дод})*С\%}{100} = \frac{(14212+7500)*98.7}{100} = 21\ 364 \text{ грн}, \quad (3.14)$$

де $З_{соц}$ – відрахування в соціальні фонди, грн.; С% – відсоток відрахувань у соціальні фонди, приймається 34,6% – вихідні дані.

Стаття 6. Загальновиробничі витрати:

$$З_{заг} = \frac{З_{осн}*Н_1\%}{100} = \frac{14212*100}{100} = 14212 \text{ грн}, \quad (3.15)$$

де $З_{заг}$ – загальновиробничі витрати, грн.; $Н_1$ % – відсоток загальвиробничих витрат, приймається 100% – вихідні дані.

Розрахунок виробничої собівартості.

$$S_{пп} = З_к + З_{осн} + З_{дод} + З_{соц} + З_{заг} = 3\ 869\ 802 + 14\ 212 + 7\ 500 + 21\ 364 + 14\ 212 = 3\ 927\ 090 \text{ грн}, \quad (3.1$$

Розрахунок прибутку підприємства.

$$П_п = S_{пп} * \frac{П_п\%}{100} = 3\ 927\ 090 * \frac{10}{100} = 392\ 709, \quad (3.17)$$

де $П_п$ – прибуток підприємства, грн.; $П_п$% – відсоток прибутку підприємства, приймається 10% – вихідні дані. Розрахунок ціни підприємства:

$$Ц_п = S_{пп} + П_п = 3\ 927\ 090 + 392\ 709 = 4\ 319\ 799 \text{ грн}, \quad (3.18)$$

де $Ц_п$ – ціна підприємства, грн.

Визначення суми податок на додану вартість:

$$ПДВ = Ц_п * \frac{ПДВ\%}{100} = \frac{4\,319\,799 * 20}{100} = 863\,959 \text{ грн}, \quad (3.19)$$

де ПДВ% – відсоток податку на додану вартість, приймається 20% – діюча ставка ПДВ на сучасний момент.

Розрахунок ціни для замовника:

$$Ц_{зам} = ПДВ + Ц_п = 863\,959 \text{ грн} + 4\,319\,799 \text{ грн} = 5\,183\,758 \text{ грн}, \quad (3.20)$$

Таблиця 3.6

Планова калькуляція собівартості, ціни локально–обчислювальної мережі

Статті калькуляції	Сума, грн.
Стаття 1 Матеріали	–
Стаття 2 Комплектуючі вироби	3 869 802
Стаття 3 Основна заробітна плата	14 212
Стаття 4 Додаткова заробітна плата	7 500
Стаття 5 Відрахування в соціальні фонди	21 364
Стаття 6 Загально–виробничі витрати	14 212
Прибуток підприємства	392 709
Ціна підприємства	4 319 799
Податок на додану вартість	863 959
Ціна для замовника	5 183 758

3.6 Охорона праці для суб’єкта господарської діяльності

1) Організації робочого місця користувача ПК

Встановлене устаткування: системний блок комп'ютера, монітор, необхідні периферійні пристрої.

Проводяться роботи, що по енергетичних витратах організму відносяться до легких фізичних робіт категорії 1а , при яких витрати енергії складають 139 Вт.

Зорова робота відноситься до категорії малої точності – 5 розряд зорової напруги, найменший розмір розпізнавання об'єкту від 1,0 до 5,0 мм.

Робоче місце, має розмір 3,5 х 3 х 3 $м^3$. Площа, виділена для робочого місця з відеотерміналом та персональною ПК складає 10,5$м^2$, а об’єм – 31,5 $м^3$, що відповідає санітарним нормам .

2) Організація охорони праці на підприємстві

Для функціонування системи управління охороною праці на виробництві роботодавець створює відповідні служби та призначає посадових осіб, затверджує інструкції про їх обов’язки, а також контролює їх дотримання; реалізує комплексні заходи та підвищення існуючого рівня охорони праці; організовує за свої кошти проведення попереднього та періодичних медичних оглядів; розробляє та затверджує відповідні положення з охорони праці, щорічні плани–графіки навчання та перевірки знань.

Визначено такі форми навчання: інструктажі, перевірка знань посадових осіб, підвищення кваліфікації, спеціальне навчання та перевірка знань. На робочому місці проводять вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі. Вступний інструктаж проводиться з працівниками, які щойно прийняті на роботу. Інструктаж проводить спеціаліст відділу охорони праці.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником (постійно чи тимчасово) на підприємство; працівником, який буде виконувати нову для нього роботу.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою – 1 раз у квартал, на інших роботах – 1 раз на півріччя.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці: при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів.

Обсяг і зміст інструктажу визначається в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили необхідність його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками при: виконанні разових робіт, що не пов'язані з безпосередніми обов'язками за фахом; ліквідації аварії, стихійного лиха; проведенні робіт, на які оформлюється наряд–допуск.

При проведенні первинного, повторного, позапланового інструктажів, стажування та допуску до роботи особа, яка проводила інструктаж, робить запис до журналу реєстрації інструктажів, з підписами інструктованого та інструктуючого.

Державний нагляд за додержанням законодавчих та нормативних актів з охорони праці здійснюють відповідні служби, а саме : державний комітет України по нагляду за охороною праці, державний комітет України з ядерної та радіаційної безпеки, органи державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства з надзвичайних ситуацій, органи санітарно–епідеміологічної служби при МОЗ України. Громадський контроль здійснюють професійні спілки, в особі своїх виборних представників, або уповноважені найманими працівниками особи у разі відсутності професійної спілки.

3) Причини травматизму та профзахворювань поділяються на групи, а саме: організаційні; технічні; санітарно–гігієнічні, психофізіологічні.

– Організаційні причини повністю залежать від рівня організації праці на підприємстві. Неякісне проведення навчання та інструктажу, невиконання інструкцій, відсутність контролю з боку посадових осіб. Все це, як правило, пов’язано з низькою виробничою дисципліною.

На робочому місці застосовані технічні засоби які повинні захистити працівника від травматизму та профзахворювань, а саме:

- ізоляція та недоступність струмопровідних частин;
- прилади мають плавкі запобіжники для захисту ланцюга від короткого замикання.
- санітарно–гігієнічні причини пов’язані з поганим освітленням, надмірним шумом та вібрацією, недодержання параметрів мікроклімату та інше.
- психофізіологічні причини пов’язані з нервово–психічним перевантаженням, порушення ритму праці та відпочинку та інше. Проводяться медичні огляди раз на два роки у складі терапевта, невропатолога та офтальмолога.

4) Електробезпека – система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, зумовлює перетворення поглинутої організмом електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дію.

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки:

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають

класу зони за ПВЕ, мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Нульовий захисний провід прокладено від стійки групового розподільчого щита. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій три провідній мережі є більшою площі перерізу фазового провідника. ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, підключаються до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника.

Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних ПК, периферійних пристроїв ПК та устаткування прокладено по підлозі поряд зі стінами приміщення, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені.

Захисне заземлення включає заземлюючий пристрій і провідник, що з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється – заземлюючий провідник.

Занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

5) Заходи безпеки на робочому місці

- Перед початком роботи необхідно:
- впорядкувати робоче місце;
- очистити екран відео терміналу від пилу та інших забруднень;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, упевнитись в відсутності відбиття на екрані;
- упевнитись в наявності захисного заземлення та підключення екранного провідника до корпусів системного блока, відео терміналу;
- включити комп'ютер.

Неприпустимими дії під час виконання роботи: зберігання біля відео термінала та ПК паперу, дискет, інших носіїв інформації; забороняється торкатися одночасно екрана монітора та клавіатури; торкатися задньої панелі системного блока при включеному живленні; переключати роз'єднувачі інтерфейсних кабелів периферійних пристроїв при включеному живленні; допускати потрапляння вологи на поверхню системного блоку, ВДТ, клавіатуру та інших пристроїв; самостійно відкривати та ремонтувати обладнання.

Після закінчення роботи :

- вимкнути електроживлення ПК у порядку, який встановлений Інструкцією користувача ПК;
- від'єднати шнури електроживлення та кабелів від електромережі;
- вимкнути вилку силового кабелю з розетки;
- прибрати робоче місце .
- аварійна ситуація:
- коротке замикання у мережі електроживлення обладнання з можливим загоранням;
- ураженням працівника електричним струмом.

При ураженні працівника електричним струмом відключити електромережу, звільнити потерпілого від контакту із струмовідними частинами, застосовуючи діелектричні захисні засоби.

Оживлення організму необхідно проводити до повного відновлення дихання потерпілим або до прибуття лікаря.

6) Санітарно–гігієнічні вимоги

Працівник, який працює з ПК, постійно перебуває під впливом небезпечних та шкідливих виробничих факторів: електромагнітних полів, інфрачервоного та іонізуючого випромінювань, шуму і вібрації, статичної електрики.

Крім цього, працівник піддається значному розумовому та психоемоційному навантаженню, напрузі зорової та м’язової діяльності.

Впродовж робочої зміни передбачено перерви для відпочинку та вживання їжі (обідні перерви). Через кожні дві години роботи за ВДТ передбачається 15 хвилин на перерва для відпочинку очей.

7) Мікроклімат робочої зони

Параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вміст шкідливих речовин на робочому місці, оснащеному відеотерміналом, відповідають вимогам, що наведені у таблиці 3.7 та 3.8.

Таблиця 3.7

Нормовані параметри мікроклімату для приміщень з ПК

Пора року	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	21 – 23	40 – 60	0,1
Тепла	22 – 24	40 – 60	0,1

Організація робочого місця передбачає: правильне розташування робочого місця у виробничому приміщенні; вибір виробничих меблів;

раціональне компонування комп’ютерного обладнання на робочому місці; урахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Таблиця 3.8

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 $см^3$ повітря	
	$^{+}$п	$^{-}$п
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 – 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Конструкція робочого місця користувача відео терміналу забезпечує підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70º–90º, до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20º, відносно горизонтальної площини, нахил голови – 15º–20º, відносно вертикальної площини.

Все вказане обладнання розміщується на основному робочому столі з лівого боку.

Висота робочої поверхні столу для відео терміналу 680–800мм, а ширина – забезпечує можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Розміри столу: висота – 725мм, ширина – 600–1400мм, глибина – 800мм–1000мм. Робочий стіл для відео терміналу обладнаний підставкою для ніг шириною 400мм з можливістю регулювання по висоті. Підставка має рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче сидіння користувача відео терміналу та персональної ПК має такі основні елементи: сидіння, спинку та знімні підлокітники. Робоче сидіння є

підйомно–поворотним, регулюється за висотою, кутом нахилу сидіння та спинки. Поверхня сидіння є плоскою, передній край – заокруглений.

Екран відео термінала розташовуються на оптимальній відстані від очей користувача (800 мм).

Розташування екрану відео терміналу забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30º від лінії зору працівника.

Клавіатура розміщена на спеціальній, регульованій за висотою, робочій поверхні окремо від столу на відстані 300мм від краю, ближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури складає 10º.

Колір є найбільш ефективним засобом естетичного рівня виробничого інтер'єру. За допомогою кольору вирішуються питання: забезпечення психофізіологічного комфорту; емоційно–естетичний вплив на працівника.

На робочому місці стіни фарбують у світлий колір. Що сприяє працездатності працівника, зменшує втому очей.

8) Опалення та вентиляція

Приміщення обладнане системою опалення для підтримки температури повітря не нижче встановленої. Для приміщень з електронно–обчислювальною технікою передбачено центральне опалення. Застосовують кондиціювання на робочому місці, а також природне провітрювання.

9) Виробниче освітлення

Приміщення для обслуговування, ремонту та налагодження ПК має природне і штучне освітлення. Робоче місце з відео терміналом відносно світлових прорізів розміщується так, що природне світло падає збоку, переважно зліва, на відстані не менше 1 м від стін .

Природне світло проникає через бічні світлопрорізи, зорієнтовані на північ, і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5

%. Вікна приміщення мають регулювальні пристрої для відкривання, а також жалюзі.

Загальне освітлення виконане у вигляді переривчатих ліній світильників, що розміщуються збоку від робочого місця, паралельно лінії зору працівника. На робочому місці застосовано світильники, що відносяться до класу Н (переважно прямого світла).

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50º до 90º, відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах складає не більше 200 кд/м^2, а захисний кут світильників є не більшим 40º.

Рівень освітленості на робочому столі є в межах 500 лк. Світильники місцевого освітлення мають напівпрозорий відбивач світла з захисним кутом 40º.

10) Захист від випромінювань

Електромагнітне випромінювання монітора відповідає нормам, а саме: напруженість змінного електричного поля не перевищує 10 В/м на відстані 0,3 м від центру екрану та 1 В/м при 0,5 м навколо монітора; напруженість змінного магнітного поля не перевищує 200 мА/м на відстані 0,3 м від центру екрану та 20 мА/м при 0,5 м навколо монітора.

Гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати рівнів, наведених в ДГСТ.

11) Захист від шуму та вібрації

Рівні шуму під час виконання робіт з ПК у виробничому приміщенні не перевищують 60 дБ.

На робочому місці присутня незначна вібрація, яка гаситься за рахунок віброізоляції. Віброізоляція реалізовується за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, що послаблює передачу вібрацій робочому столу.

12) Вимоги до персоналу

Усі працівники, які виконують роботи, пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням ПК, підлягають обов'язковому медичному огляду – попередньому під час оформлення на роботу та періодичному на протязі трудової діяльності .

Посадові особи та спеціалісти, інші працівники підприємств, які організовують та виконують роботи, пов'язані з експлуатацією ПК, проходять підготовку (підвищення кваліфікації), перевірку знань з охорони праці та питань пожежної безпеки.

Допускати до роботи осіб, що в установленому порядку не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці та пожежної безпеки, забороняється.

Забороняється допускати осіб, молодших 18 років, до самостійних робіт в електроустановках та на електрообладнанні під час профілактичного обслуговування, налагодження, ремонту ПК .

До робіт з обслуговування ПК допускаються особи, що мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче П.

13) Протипожежний захист

Приміщення по вибухово–безпечній і протипожежній безпеці відноситься до категорії В. Приміщення за ступенем вогнестійкості відноситься до 2 ступеню. Протипожежний захист приміщення досягається застосуванням установок автоматичної пожежної сигналізації.

Система пожежної сигналізації складається з пожежних датчиків (пристроїв для формування сигналу про пожежу), які включені у сигнальну лінію (шлейф), приймально–контрольного приладу, ліній зв'язку.

Пожежні датчики перетворююсь прояви пожежі в електричний сигнал, який по лініях зв'язку надходить до контрольно–приймального приладу. Контрольно–приймальний прилад здійснює приймання інформації від

пожежних датчиків, виробляє сигнал про виникнення пожежі чи несправності, передає цей сигнал. На підприємстві застосовуються димові датчики, які реагують на аерозольні продукти горіння.

Як засіб пожежогасіння використовується вуглекислотний вогнегасник типу ВВ–2. Він знаходиться на видному місці та кріпиться на стіні спеціальним тримачем на висоті 1,5 м від підлоги.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено аналіз побудови мережі за технологією FTTx.

У ході дослідження проведено порівняння технологій FTTx та PON, проведено порівняння конструкцій оптичного волокна, підібране обладнання для організації мережі за обраною технологією. У даній роботі спроектована, оптична кабельна інфраструктура за допомогою технології FTTH у вже побудованому житловому комплексі.

У першому розділі розкрито варіанти реалізації FTTx.

У другому розділі проведено порівняльний аналіз технології FTTx та PON та обґрунтовано вибір побудови інфраструктури за технологією FTTH.

FTTH має наступні переваги:

- FTTH забезпечується найбільшу смугу пропускання;
- FTTH повністю стандартизована і найбільша перспективний варіант розвитку мереж абоненського доступу з ВОЛЗ;
- FTTH дозволяє масове обслуговування абонентів на відстані до 20 км від вузла зв’язку;
- FTTH дозволяє істотно скоротити експлуатаційні витрати за рахунок зменшення площі технічних приміщень;

Технологія FTTH є більш дорогою від інших технологій при побудові мережі, але при експлуатації і обслуговуванні даної мережі вона є на багато економічно вигідною від інших технологій конкурентів.

У третьому розділі створена схема прокладки оптичного кабелю та розрахована загальна довжина оптичного кабелю – вона складає 4620метрів. До цієї довжини входить:

- Довжина від АТС до житлового комплексу – 3.00 км;
- Довжина між муфтами – 400 м;
- Довжина кабелю на дев'ять будинків – 1500 м (165 метрів на один

будинок.

Провівши розрахунки у третьому розділі, було виявлено, що загальна вартість такої мережі складає 4 319 799 грн., а ціна для замовника 5 183 758 грн, що робить спроектовану інфраструктуру прибутково вигідною.

Комплектуючі вироби складають 3 869 802 грн.

Підібране обладнання забезпечить продуктивне використання та ефективний доступ до мережі Інтернет.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. FTTH – Оптика в квартиру. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.dlink.ua/ua/multiservice_solutions_10_ua

3 FTTx. Принципы построения, технологии и решения для монтажа. Бонч-Бруевич М.А. , Былина М.С. под редакцией Глаголева С.Ф. Санкт-Петербург, 2012.

4 Андрушко Л.М., Вознесенський В.А., Каток В.Б. та інші. Довіник по волоконно-оптичних лініях зв'язку, Вінниця: ВНТУ 2005. - 225 с.

5 Архитектура оптических сетей доступа FTTH [Електронний ресурс] // Режим доступу : fibertool.ru/

6 Все о пассивных оптических сетях (PON) [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.nestor.minsk.by/sr/2004/08/40806.html

7 ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.

8 Є.А. Бондаренко. Охорона праці в робочій професії користувача ЕОМ. Вінниця : ВДТУ, 2003. – 115с. Державні санітарні правила і норми робот із візуальними терміналами ЕОМ СанПін 2.2.212.41340–03.

9 Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-XII (ред.. 27.12.2019, підстава - 341-IX)

10 Іваненко М. Є. Телекомунікаційні мережі: монографія / М. Є. Іваненко, К. С. Суриков, С. Е. Василюк, В. В. Король, П. П. Петренко, К. Р. Верещак; під ред. М. Є. Іваненко. – 3-е вид. – Харків : Техніка, 1986. – 302 с.

11 Пасивні оптичні мережі [Електронний ресурс] // Режим доступу : http://www.susolya-byk.narod.ru/vosp/37.htm

12 Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К. : Техніка, 2001. – 390 с.

13 Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К. : Техніка, 2001. – 390 с.

14 Технология FTTH (FTTx) [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://mirntc.ru/ftth

15 Технології доступу [Електронний ресурс] // Режим доступу : http://www.znanius.com/3564.html

16 Тукоси Т. Волоконно-оптические устройства / Т. Тукоси, К. Камото, М. Оцу, С. Комо, Н. Косе, В. Хакамада, С. Мору ; под ред. Т. Тукоси ; пер. с япон. под ред. П. Р. Иванова. – Ленинград :Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

17 Харін Н.О. Захищеність WI-FI мереж / Харін Н.О. Дмитренко В.В. // XII Науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації» - Київ : 12-13 грудня 2018 р. – С. 35-36.

18 https://www.verizon.com/info/definitions/wifi/

19 https://forum.huawei.com/enterprise/en/what-is-xdsl-technology/thread/687323-100181

20 https://www.ixbt.com/mobile/review/bluetooth-2.shtml

21 https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard

22 https://www.verizon.com/info/definitions/wifi/

23 https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wimax/what-is-wimax-802-16-technology-basics.php

24 https://www.viavisolutions.com/ru-ru/taxonomy/term/6647

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ



Тема: Методика Побудова мережі доступу за технологією FTTx

Виконав: ст. гр. ТСДМ-61 Лещук Т А.

Керівник: доцент Малюженко М.В.

Київ 2025

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Розширення ринку телекомунікаційних послуг

Розвиток мережі абонентського доступу

Технологія FTTx найбільш затребувана в Україні технологія будівнитва широкосмугових мереж

ЗУМОВЛЮЄ

МЕТУ РОБОТИ

Закріплення теоретичних та практичних знань, що допоможуть під час створення мережі на базі технології FTTx з можливістю підключення до інтернету

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

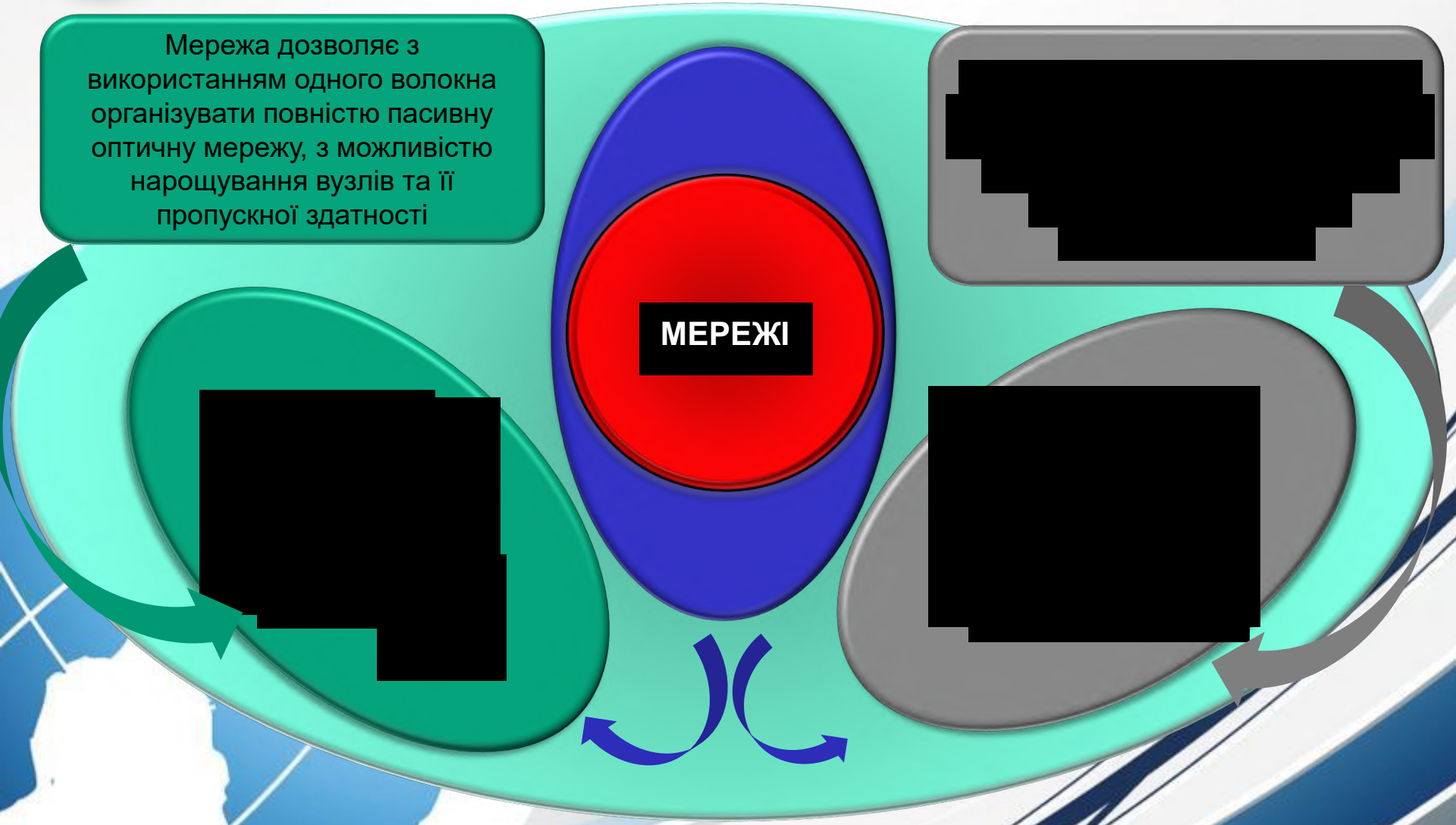
Об'єкт дослідження: процес вивчення організацій, топології мережі із використанням технології FTTx

Предмет дослідження: моделі і методи проєктування мереж за технологією доступу FTTx

ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- Аналіз сучасних технологій доступу до мереж
- Організація мережі зв'язку за технологією FTTx
- Підрахунок фінансових витрат на організацію побудови мережі доступу за технологією FTTx

СУЧАСНі ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖ



ГЕОГРАФІЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА ВІДСТАНЬ МІЖ АТС ТА ЖК

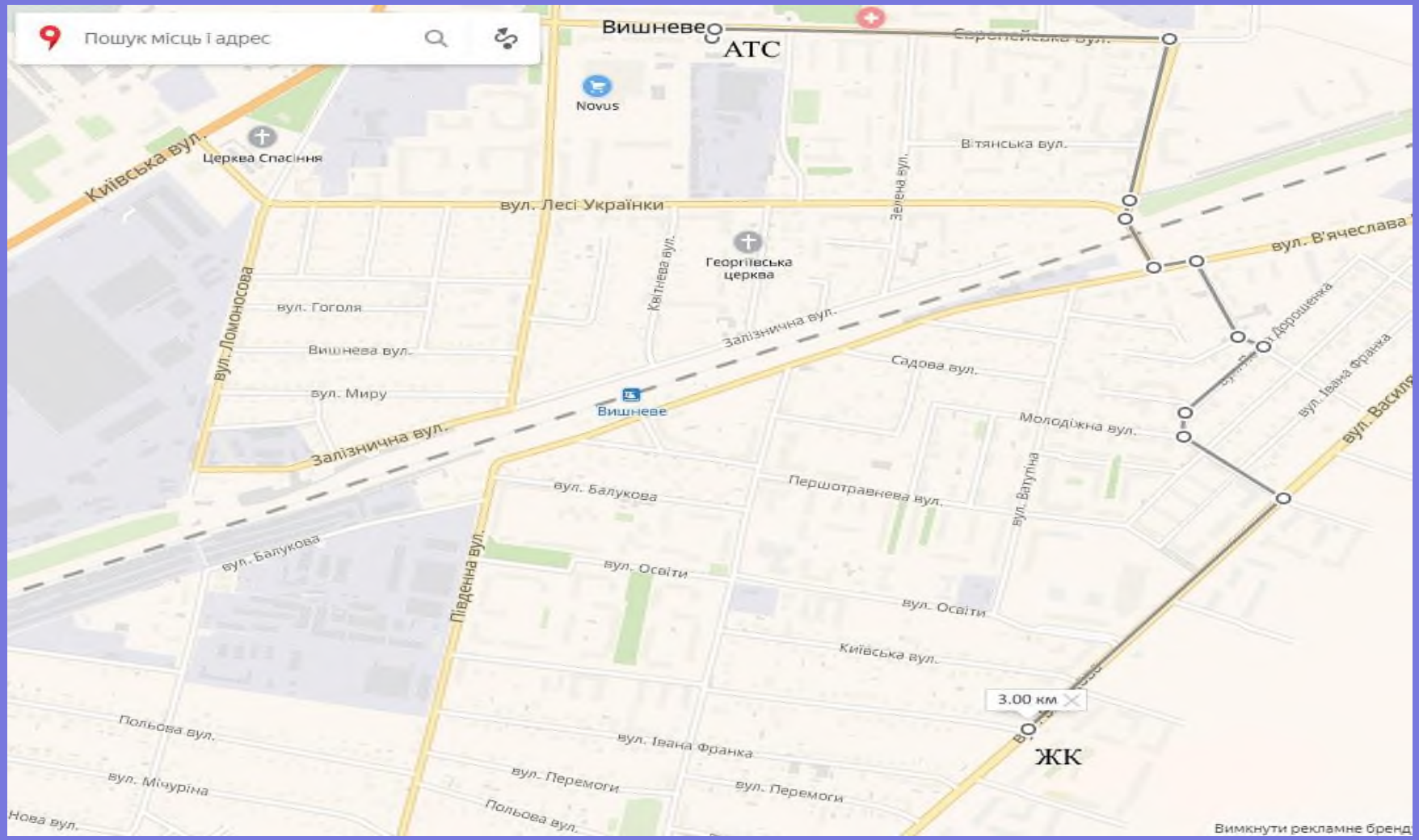


СХЕМА РОЗТАШУВАННЯ МУФТ



Вибір технології передачі даних

FTTH

- Використовується активне обладнання
- Велика кабельна інфраструктура (на кожного з 256 абонентів виділене окреме волокно)
- Через велику кількість активного обладнання – висока вартість обслуговування
- Низька щільність абонентських портів

GPON

- Використовується пасивне обладнання
- Мінімізація кабельної інфраструктури (на обслуговування 256 абонентів необхідно лише 4 волокна)
- Низька вартість обслуговування
- Висока щільність абонентських портів

РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЖК

Статті калькуляції	Сума, грн.
Стаття 1 Матеріали	–
Стаття 2 Комплектуючі вироби	3 869 802
Стаття 3 Основна заробітна плата	14 212
Стаття 4 Додаткова заробітна плата	7 500
Стаття 5 Відрахування в соціальні фонди	21 364
Стаття 6 Загально–виробничі витрати	14 212
Прибуток підприємства	392 709
Ціна підприємства	4 319 799
Податок на додану вартість	863 959
Ціна для замовника	5 183 758

ВИКОРИСТАНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ

Найменування	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Комутатор	81	33 333	2 699 973
Медіаконвертор	1512	586	886 032
Муфта тупікова	5	1395	6 975
Муфта магістральна	1	3249	3 249
Оптична кросова панель	9	3500	31 500
Серверна шафа	9	7177	64 593
Фільтр мережевий	27	60	1 620
Оптичний кабель	4885	36	175 860
РАЗОМ			3 869 802

ВИКОРИСТАНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ

Загальна вартість побудови проєкту мережі в ЖК з урахуванням всього обладнання та його монтуванням складає 4 319 799 гривень

Побудова проєкту для замовника буде становити 5 189 758 гривень, що робить проєкт

ПРИБУТКОВО ВИГІДНИМ

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено аналіз побудови мережі за технологією FTTx.

У ході дослідження проведено порівняння технологій FTTx та PON, проведено порівняння конструкцій оптичного волокна, підібране обладнання для організації мережі за обраною технологією. У даній роботі спроектована, оптична кабельна інфраструктура за допомогою технології FTTH у вже побудованому житловому комплексі.

У першому розділі розкрито варіанти реалізації FTTx.

У другому розділі проведено порівняльний аналіз технології FTTx та PON та обґрунтовано вибір побудови інфраструктури за технологією FTTH.

FTTH має наступні переваги:

- **FTTH забезпечується найбільшу смугу пропускання;**
- **FTTH повністю стандартизована і найбільша перспективний варіант розвитку мереж абоненського доступу з ВОЛЗ;**
- **FTTH дозволяє масове обслуговування абонентів на відстані до 20 км від вузла зв'язку;**
- **FTTH дозволяє істотно скоротити експлуатаційні витрати за рахунок зменшення площі технічних приміщень;**

Технологія FTTH є більш дорогою від інших технологій при побудові мережі, але при експлуатації і обслуговуванні даної мережі вона є на багато економічно вигідною від інших технологій конкурентів.

У третьому розділі створена схема прокладки оптичного кабелю та розрахована загальна довжина оптичного кабелю – вона складає 4620метрів. До цієї довжини входить:

- **Довжина від АТС до житлового комплексу – 3.00 км;**
- **Довжина між муфтами – 400 м;**
- **Довжина кабелю на дев'ять будинків – 1500 м (165 метрів на один будинок.**

Провівши розрахунки у третьому розділі, було виявлено, що загальна вартість такої мережі складає 4 319 799 грн., а ціна для замовника 5 183 758 грн, що робить спроектовану інфраструктуру прибутково вигідною.

Комплектуючі вироби складають 3 869 802 грн.

Підібране обладнання забезпечить продуктивне використання та ефективний доступ до мережі Інтернет.