

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи

бакалавра

(назва освітнього рівня)

галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація бакалавр з телекомунікацій та радіотехніки
(код і назва кваліфікації)

На «Проектування мультисервісної мережі доступу передмістя»
тему:

Виконавець: студент 3 курсу, групи 172-16зск-1

Собакар Дмитро Павлович

(підпис)

(прізвище ім'я по-батькові)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	к.т.н., доцент Галушко О.М.		
розділів:			
спеціальний	к.т.н., доцент Галушко О.М.		
економічний	к.е.н., доцент Романюк Н.М.		
Рецензент	д.т.н., проф. Мещеряков Л.І.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Галушко О.М.		

Дніпро
2019

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

безпеки інформації та телекомунікацій

д.т.н., професор _____ Корнієнко В.І.

« ____ » _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

спеціальність

172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і назва спеціальності)

студента 172-16зск-1

Собакар Дмитро Павлович

(назва освітнього рівня)

Тема кваліфікаційної роботи : «Проектування мультисервісної мережі доступу передмістя»

Затверджена наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від «21» 05 2019 р. №770 - л

Роділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання. Постановка задачі	Огляд існуючих технологій абонентського доступу. Порівняння PON з класичною FTTH схемою підключення абонентів	08.05 – 22.05.2019
Спеціальна частина	Вибір та аналіз об'єкту проектування мережі мультисервісного доступу, визначення кількості абонентів, обсягу трафіку, побудова мережі, вибір обладнання	23.05 – 05.06.2019
Економічний розділ	Розрахунок вартості проектування мережі мультисервісного доступу	06.06 – 12.06.2019

Завдання видав до виконання

(підпис)

Галушко О.М.
(прізвище, ініціали)

Задання отримав

(підпис)

Собакар Д.П.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 15 березня 2019р.

Термін подання кваліфікаційної роботи до ДЕК: 18-20.06.2019р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80с., 28 рис., 15 табл., 4 додатки, 32 джерела

Об'єкт дослідження: Організація мережі доступу в Таромському мікрорайоні міста Дніпра

Предмет дослідження: обрання оптимальної технології та обладнання

Мета дипломної роботи: проектування сучасної перспективної мультисервісної у мережі абонентського доступу для населення Таромського мікрорайону міста Дніпра.

В першому розділі проаналізовано існуючі технології організації абонентського доступу, їх переваги та недоліки та обрано технологію GPON.

В спеціальному розділі проведено дослідження Таромського мікрорайону, а саме: типу забудови, щільність розміщення та кількість домоволодінь. Розглянуто та обрано варіанти побудови мережі, згідно отриманих під час дослідження району проектування даних. Обрано сучасне надійне обладнання в кількості, необхідній для реалізації проекту.

В економічній частині проведений розрахунок капітальних витрат на придбання, введення в експлуатацію та підтримку роботи проекрованої мережі. Наукова новизна полягає в проведенні оптоволоконного швидкісного інтернету в Таромському мікрорайоні міста Дніпра. На цей час доступ до мережі інтернет забезпечують виключно оператори мобільного зв'язку

Ключові слова

АБОНЕНТСЬКИЙ ДОСТУП, ШВИДКІСНИЙ ІНТЕРНЕТ, ПАСИВНА
ОПТОВОЛОКОННА МЕРЕЖА, ШИРОКОСМУГОВИЙ ДОСТУП, IP-
ТЕЛЕБАЧЕННЯ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 80с., 28 рис., 15 табл., 4 приложения, 32 источника

Объект исследования: организация сети доступа в Таромском микрорайоне города Днепр.

Предмет исследования: выбор оптимальной технологии и оборудования

Цель дипломной работы: проектирование современной перспективной мультисервисной сети абонентского доступа для населения Таромского микрорайона города Днепра.

В первом разделе проанализированы существующие технологии организации абонентского доступа, их преимущества и недостатки и выбрана технология GPON.

В специальном разделе проведено исследование Таромского микрорайона, а именно: типа застройки, плотности размещения и количества жилых домов. Рассмотрены варианты построения сети и выбран оптимальный, согласно полученных в ходе исследования района проектирования данных. Выбрано современное надежное оборудование в количестве, необходимом для реализации проекта.

В экономической части произведен расчет капитальных затрат на приобретение, ввод в эксплуатацию и поддержку работы проектируемой сети. Научная новизна заключается в проведении оптоволоконного скоростного интернета в Таромском микрорайоне города Днепра. В настоящее время доступ к сети интернет обеспечивают исключительно операторы мобильной связи

Ключевые слова

АБОНЕНСКИЙ ДОСТУП, СКОРОСТНОЙ ИНТЕРНЕТ, ПАССИВНАЯ
ОПТОВОЛОКОННАЯ СЕТЬ, ШИРОКОПОЛОСНИЙ ДОСТУП, IP-
ТЕЛЕВИДЕНИЕ

ABSTRACT

Explanatory note: 80p., 28 fig., 15 tab., 4 appendices, 32 sources

Object of study: the organization of the access network in the Taromsky district of the city of Dnepr.

Subject of research: the choice of optimal technology and equipment

The aim of the thesis: the design of a modern perspective multiservice subscriber access network for the population of the Taromsky microdistrict of the city of Dnipro.

The first section analyzes the existing technologies of subscriber access organization, their advantages and disadvantages and decided on GPON as the technology of choice.

In a special section, a study of the Taromsky microdistrict was conducted, namely: the type of development, the density of accommodation and the number of residential buildings. Considered options for building a network and selected the best, according to the data obtained during the study of the design area. Selected modern reliable equipment in the quantity necessary for the project.

In the economic part, the calculation of capital costs for the acquisition, commissioning and support of the projected network was made.

The scientific novelty lies in the conduct of fiber-optic high-speed Internet in the Taromsky microdistrict of the city of Dnipro. Currently, access to the Internet is provided exclusively by mobile operators.

Keywords

USER ACCESS, HIGH-SPEED INTERNET, PASSIVE OPTICAL FIBER NETWORK, WIDE-BAND ACCESS, IP-TELEVISION РЕФЕРАТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ШСД - широкопasmовий доступ до Інтернет (Broadband)

МД - мережа доступу AN (Access Network)

АЛ - абонентська лінія (Subscriber Line, SL)

БС - базова станція

МД - мережа доступу

ТКМ - телекомунікаційна мережа

АТМ - технологія асинхронного режиму передачі даних

Ethernet - протокол кабельних комп'ютерних мереж. На 2016 рік 85 % комп'ютерів світу підключені до комп'ютерних мереж по цьому протоколу.

VLAN - (віртуальна локальна комп'ютерна мережа) — група хостів з загальним набором вимог, що взаємодіють як би вони прикріплені до одного домену.

SDH - (*synchronous Digital Hierarchy*) – принцип побудови цифрових систем передачі, що використовують мультиплексування цифрових потоків

SONET - (*Synchronous Optical Networking*) — це протокол для Північної Америки і Японії, а SDH — визначення для Європи.

POS - (*Pocket over Sonet*) — протокол зв'язку;

EoSDH - (*Ethernet over SDH*) – набір протоколів, які дозволяють ефективно та гнучко переносити трафік Ethernet через синхронні мережі.

DWDM - (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) — щільне мультиплексуванє з розподілом за довжиною хвилі.

CWDM - є технологією передачі даних, яка дозволяє дуплексну передачу різних протоколів по оптичному волокну.

ТРП - кабель з високочастотними крученими парами (категорії 5);

ПРППМ - кабель з високочастотними крученими парами (категорії 5);

ПОМ - пасивна оптична мережа (PON – *Passive Optical Network*);

BRAS - (*broadband Remote Access Server* термін стандарту *Broadband*

Forum TR-59) - обладнання, що реалізує функції сервісного рівня

BNG - (Broadband Network Gateway, термін стандарту Broadband Forum TR-101) - обладнання, що реалізує функції сервісного рівня

SIPProxy – SoftSwitch – програмний комутатор викликів VoIP

NGN - FTTN (FiberToTheNode) — волокно до мережевого вузла;

FTTC - (FiberToTheCurb) — волокно до мікрорайону, кварталу чи групи домів;

FTTB - (Fiber To The Building) — волокно до будинку;

FTTH - (Fiber To The Home) — волокно до помешкання (квартири або окремого котеджу).

xDSL - (Digital Subscriber Line) - сімейство технологій, для поширення пропускної здатності абонентських ліній місцевої телефонної мережі;

DOCSIS - специфікація інтерфейсу служби передачі даних кабелем) — стандарт передачі даних телевізійним кабелем.

RLL - (Radio Local Loop) — технологія радіо-доступу;

WiMAX - (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекомунікаційна технологія розроблена для надання універсального бездротового зв'язку на великі відстані.

TMN - (Telecommunications Management Network) — мережа управління електрозв'язком;

SN - (Service Node) — вузол послуг;

UNI - (User-Network Interface) — інтерфейс «користувач — мережа» (точка присутності мережі доступу);

SNI - (Service Node Interface) — інтерфейс вузла послуг;

TN - (Transport Network) — транспортна мережа, центральний розподільний вузол (головна станція) (Center Distribution Node, CDN)

STL - (Subscriber Transmission Line) - лінія передачі абонентів;

DN - (Distribution Network) розподільна мережа

CDN - вузол розподілу

BN - (Backbone Network) - сполучна магістраль

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	12
1.1 Поняття систем абонентського доступу.....	12
1.2 Варіанти побудови мережі доступу.....	14
1.3 Порівнювальний аналіз технологій мережевого доступу.....	18
1.4 Порівняння PON з класичною FTTH схемою підключення абонентів.....	23
1.5 Визначення широкопasmового доступу.....	25
1.6 Архітектурна концепція оптичної міської мережі MetroEthernet.....	30
1.7 Постановка задачі.....	33
1.8 Висновки.....	33
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	34
2.1 Зведена характеристика Гаромського мікрорайону.....	34
2.2 Вихідні дані для розробки проекту.....	35
2.3 Розрахунок портів доступу проектованої мережі.....	36
2.4 Характеристики основного обладнання.....	37
2.4.1 Оптичний лінійний термінал OLT.....	37
2.4.2 SFP трансивер.....	39
2.4.3 Оптичний спліттер	41
2.4.3.1 Сплітер PLC Splitter 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField.....	42
2.4.3.2 Сплітер PLC Splitter 1x4, SC / UPC, 900 um, G657A FiberField.....	45
2.4.4 Оптична муфта.....	47
2.4.5 Абонентський термінал.....	47
2.4.6 Оптичний кабель.....	50
2.5 Основні проектні рішення проекту дипломного проекту.....	51
2.5.1 Реалізація мережі GPON в районі індивідуального житлового будівництва.....	52
2.5.2 Організація абонентського кластера на базі муфти-крос 2 каскаду.....	53
2.5.3 Підключення абонентів – розподільний пристрій 2-го каскаду (Муфтакрос зі сплітером 1X4).....	54

2.5.4 Розподільний пристрій 1 каскаду (муфта-крос зі сплітером 1X32.....	55
2.6 Розрахунок оптичного бюджету PON.....	56
2.7 Розрахунок трафіку проектованої мережі.....	59
2.8 Висновки.....	62
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	63
3.1 Розрахунок капітальних витрат.....	63
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	65
3.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	65
3.4 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	66
3.5 Розрахунок витрат на соціальні заходи.....	68
3.6 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт.....	68
3.7 Розрахунок витрат на матеріали та запчастини.....	68
3.8 Витрати на ремонт обладнання.....	68
3.9 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт обладнання.....	68
3.10 Визначення інших витрат.....	69
3.11 Визначення економічного ефекту проекту.....	70
3.12 Визначення та аналіз показників економічної ефективності проекту.....	71
3.13 Висновки.....	72
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДОДАТОК А.....	77
ДОДАТОК Б.....	78
ДОДАТОК В.....	79
ДОДАТОК Г.....	80

ВСТУП

На сьогодні рівень доступності населенню ресурсів мережі Інтернет та інформаційних послуг вважається найважливішою характеристикою економічного розвитку держави. Показники розвитку широкосмугового доступу (ШД) увійшли до переліку обов'язкових показників розвитку економіки, які відслідковуються аналітичними агентствами.

Нині доступ абонентів до телекомунікаційної мережі забезпечується за допомогою мереж доступу: бездротових, побудованих із застосуванням різноманітних радіо-технологій (GSM, UMTS, CDMA, WiMax, Wi-Fi тощо) або дротових (xDSL, DOCSIS, FTTx, PLC), що використовують як середовище для передавання сигналів різні металеві й оптичні кабелі зв'язку, кабелі електропостачання й електропроводки. ШД по кабелях займає у світі понад 95% усіх підключень. До ШД відносять, як правило, доступ зі швидкістю, більшою за 1 Мбіт/с на одне підключення (одну лінію зв'язку).

Найпоширенішим у світі видом ШД є доступ, що використовує добре розвинену мережу абонентських ліній (АЛ) місцевої телефонної мережі. Із загального числа ліній ШД у світі на початок 2009 року 266 млн. ліній (64,8 %) було побудовано на АЛ місцевої мережі з використанням спеціально розроблених для цих цілей технологій передавання – xDSL (Digital Subscriber Line), характеристики яких регламентовані рекомендаціями МСЕ-Т G.991 – G.993. За оцінками iks-consulting в Україні на 30 червня 2011 року загальна кількість абонентів ШД (приватних і корпоративних) склала близько 5,3 мільйона, з яких 4,6 мільйона – домашні користувачі [1]. На кінець 2 кв. 2011 року рівень проникнення ШД в Україні склав 26 %.

Таким чином, на 100 жителів припадає 9 ліній ШД, тоді як у світі цей показник складає у середньому 30 ліній. Більше половини ринку ШД України сьогодні належить технології xDSL, потім йдуть кабельні модеми (технологія DOCSIS) і бездротовий доступ. Останнім часом у зв'язку з розширенням відео-послуг набуває розповсюдження ШД по оптичному кабелю за технологіями FTTx.

У зв'язку з великим економічним значенням і швидким розповсюдженням у світі ШД до мережі Інтернет необхідно прискорити проектування і будівництво мережі ШД в Україні.

Ринок телекомунікаційних послуг України стрімко розвивається. Цьому розвитку в нашій державі перешкоджають дві основні проблеми: вартість послуг оператора та низька платоспроможність споживачів. При цьому, чим більше користувачів, тим дешевше послуги. Збільшити кількість абонентів можна лише серйозним зниженням вартості. Кардинальну роль в цьому процесі має вибір середовища розповсюдження інформаційного сигналу для "останньої милі". При побудові мережі абонентського доступу вибір технології має вирішальну роль, тому що витрати на організацію, "останньої милі" при встановленні тарифів пропорційні числу користувачів.

Метою випускної бакалаврської роботи є проектування мультисервісної мережі доступу передмістя.

1 СТАН ПИТАННЯ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Поняття систем абонентського доступу

Перший елемент телекомунікаційної системи являє собою сукупність термінального та іншого обладнання, яке встановлюється в приміщенні абонента (користувача). Другий елемент - мережі абонентського доступу полягає в тому, щоб забезпечити взаємодію між обладнанням, встановленим в приміщенні абонента, і транзитною мережею. Зазвичай в точці сполучення мережі абонентського доступу з транзитною мережею встановлюється комутаційна станція. Простір, що покривається мережею абонентського доступу, лежить між обладнанням, розміщеному в приміщенні у абонента, і цієї комутаційної станцією. Третій елемент телекомунікаційної системи - транзитна мережа. Її функції полягають у встановленні з'єднань між терміналами, включеними в різні мережі абонентського доступу, або між терміналом і засобами підтримки послуг.

Однією з найбільш проблемних і динамічних частин сучасних мереж зв'язку, які розвиваються є доступ користувачів і абонентів до вузлів зв'язку транспортних мереж для надання телекомунікаційних послуг. При цьому спостерігаються такі тенденції розвитку доступу [2]:

- використання технологій: «волокно в будинок», «волокно в розподільну шафу», «волокно в офіс» і т.і., які охоплюють FTTx (Fiber To The Home та ін.), наприклад, пасивної оптичної мережі PON (Passive Optical Network), заснованих на мережі оптоволоконних ліній, для організації доступу до будь-яких видів послуг;

- використання технологій радіо-доступу RLL (Radio Local Loop) для фіксованого і мобільного, вузько-смугового та широкосмугового доступу з поділом радіочастотних ресурсів по спектру частот, за часом, кодовим поділом, пакетною передачею; приклад останнього - технологія WiMAX.

Технологія PON дозволяє, використовуючи одне волокно, організувати повністю пасивну оптичну мережу доступу для 32 вузлів в радіусі 20 км, надаючи Ethernet послугу в кожному вузлі. Суть технології PON полягає в

тому, що між центральним вузлом і віддаленими абонентськими вузлами створюється повністю пасивна оптична мережа, що має топологію дерева. У проміжних вузлах дерева розміщуються пасивні оптичні розгалужувачі (сплітери) - компактні пристрої, які не потребують живлення та обслуговування.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекомунікаційна технологія, розроблена для надання універсального бездротового зв'язку на великі відстані. WiMAX підходить для вирішення наступних задач:

- з'єднання точок доступу Wi-Fi однієї з одним та з іншими сегментами Інтернету;
- забезпечення бездротового широкопasmового доступу як альтернативу виділеним лініям та DSL;
- надання високошвидкісних сервісів передачі даних та телекомунікаційних послуг;
- утворення точок доступу, не пов'язаних з географічним положенням.

WiMAX дозволяє здійснювати доступ до Інтернет на високих швидкостях з більш високим покриттям ніж у Wi-Fi мереж. Це дозволяє використовувати технологію в якості магістральних каналів, продовженням яких виступають традиційні DSL- та виділені лінії, а також локальні мережі. Як результат – є можливість утворювати високошвидкісні мережі в масштабі цілих міст.

Проблема «останньої милі» завжди була актуальною задачею постачальників зв'язку. З великої кількості варіантів – універсального рішення не існує, тому що у кожній технології є своя область використання, свої переваги. Оптимальний вибір визначають такі фактори як: стратегія оператора, цільова аудиторія, послуги які надаються та ті які планується надавати, а саме:

- розмір інвестицій в розвиток мережі та термін їх окупності;
- вже існуюча інфраструктура, ресурси на її підтримку в робочому стані;
- час, необхідний для впровадження мережі в роботу;
- інші фактори.

В загальному вигляді WiMAX мережі складаються з наступних частин: базових та абонентських станцій, а також обладнання, яке пов'язує базові станції між собою та з постачальником сервісів і з Інтернетом.

Для з'єднання базової станції з абонентською використовується високочастотний діапазон радіохвиль від 1,5 до 11 ГГц. В ідеальних умовах швидкість обміну даними може сягати 70 Мбіт/с, при цьому не потребує прямої видимості між базовою станцією та приймачем.

WiMAX застосовується як для вирішення проблеми «останньої милі», так і для надання доступу в мережу офісним і районним мережам.

Між базовими станціями встановлюється з'єднання прямої видимості, використовуючи діапазон частот от 10 до 66 ГГц, швидкість обміну даними може сягати 120 Мбіт/с. При цьому, як найменше одна базова станція (БС) підключається до мережі провайдера з використанням класичних дротових з'єднань. Чим більша кількість БС підключено до мережі провайдера, тим вища швидкість передачі даних і надійність мережі в цілому.

Структура мережі подібна до традиційних GSM мереж. БС діють на відстані до десятків км, не обов'язковим є встановлення досить високих мачт – дозволяється встановлення їх на дахах будівель, за умови прямої видимості між БС.

1.2 Варіанти побудови мережі доступу

Мережа доступу (МД) є складовою більш загальної телекомунікаційної мережі (ТКМ), тому є необхідність визначити її місце і функцію у взаємодії з іншими складовими ТКМ, необхідність розглянути її архітектуру [8]. Загальні відомості щодо загальної архітектури і моделі МД розглянуті в Рекомендації ITU-T G.902 (11/95) [9]. На рис. 1.1 подано загальну архітектуру МД.

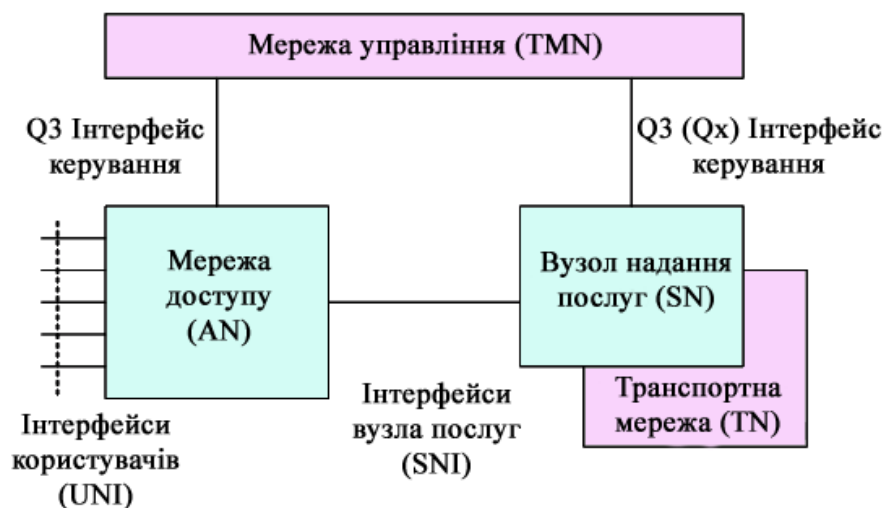


Рисунок 1.1 - Загальна архітектура мережі доступу

TMN (Telecommunications Management Network) — мережа управління електрозв'язком;

AN (Access Network) — мережа доступу;

SN (Service Node) — вузол послуг;

UNI (User-Network Interface) — інтерфейс «користувач — мережа» (точка присутності мережі доступу);

SNI (Service Node Interface) — інтерфейс вузла послуг;

TN (Transport Network) — транспортна мережа.

Система підтримки можливостей доступу може включати такі функції, як: прогнозування послуг, розрахунок показників якості й економічних показників, довідково-інформаційні функції тощо [3].

Приклади функцій інтерфейсів користувачів (UNI):

- 1) підключення терміналів користувачів;
- 2) аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення;
- 3) перетворення сигналів (інтерфейсів);
- 4) активація/деактивація UNI;
- 5) тестування;
- 6) контроль, управління, обслуговування.

Приклади функцій інтерфейсів вузлів послуг (SNI):

- 1) підключення мережі доступу до сервісних вузлів;
- 2) концентрація функцій контролю, управління, обслуговування в мережі доступу;
- 3) приміщення протоколів для частини SNI;
- 4) тестування;
- 5) управління, контроль і обслуговування інтерфейсу.

Приклади вбудованих функцій мережі доступу:

- 1) концентрація каналів користувачів МД;
- 2) мультиплексування сигнальної і пакетної інформації;
- 3) емуляція каналів для АТМ транспортних функцій;
- 4) функції контролю й управління.

Приклади транспортних функцій МД:

- 1) мультиплексування;
- 2) функції кроссування і конфігурації;
- 3) функції управління;
- 4) функції фізичного середовища (кодування, контроль помилок, перетворення сигналів, регенерація і підсилення тощо).

Приклади функцій системи управління МД:

- 1) конфігурація і контроль;
- 2) координація ресурсів;
- 3) виявлення й індикація аварій;
- 4) інформування користувачів і фіксація дат;
- 5) контроль безпеки;
- 6) координація управління критичного за часом;
- 7) управління ресурсами (каналами, трактами, секціями, інтерфейсами).

Приклади типів сервісних вузлів:

- а) індивідуальні підключення користувачів:
 - 1) телефонні вузли;
 - 2) вузли N-ISDN;

- 3) вузли В-ISDN;
- 4) вузли пакетної комутації;
- 5) вузли послуг відео;
- б) індивідуальні підключення по виділених лініях і каналах:
 - 1) вузли каналів і виділених ліній з певними послугами;
 - 2) сервіс по виділених лініях на основі АТМ;
 - 3) сервіс пакетної передачі по виділених лініях;
- в) сервісні вузли відео і радіопрограм мовлення і за запитом;
- г) сервісні вузли відео і радіопрограм у спеціальних конфігураціях для цифрової та аналогової інформації;
- д) вузли Інтернет.

На рис. 1.2 подано базову структуру мережі доступу і позначено всі її ділянки та складові елементи, блоки і системи:

1) мережа доступу МД (Access Network, AN) — сукупність абонентських ліній і обладнання (станцій) місцевої мережі, що забезпечує доступ абонентських терміналів до транспортної мережі і місцевий зв'язок без виходу на транспортну мережу;

2) центральний розподільний вузол (головна станція) (Center Distribution Node, CDN) забезпечує доступ абонентських пристроїв до вузлів послуг;

3) мережний блок (Network Unit, NU) забезпечує первинний доступ через мультиплексування і концентрацію трафіка і каналів;

4) мережне закінчення (Network Termination, NT) дозволяє підключати один або декілька призначених для користувача терміналів (Termination Element, TE);

5) система управління і контролю мережею доступу (Telecommunication Management Network, TMN), пов'язана з іншими компонентами (пристроями) МД через інтерфейси управління, стандартизованими ІТУ-Т.

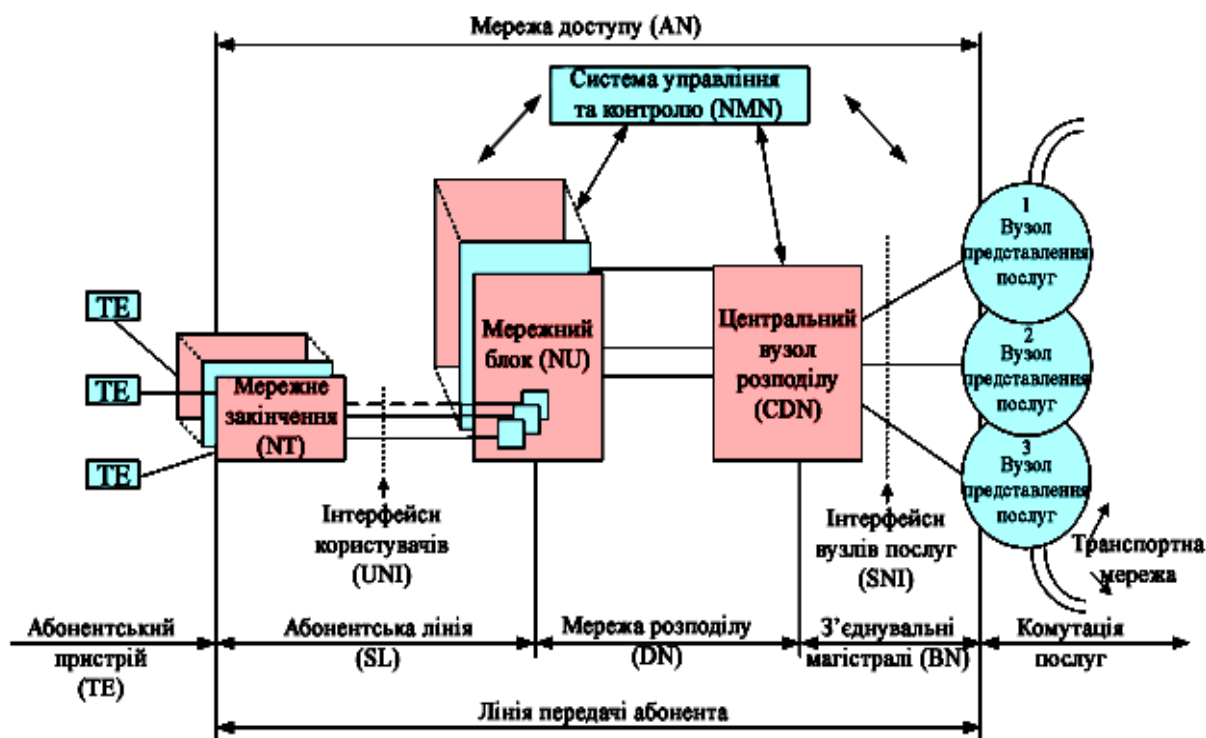


Рисунок 1.2 - Базовий прототип мережі доступу

Лінія передачі абонентів (Subscriber Transmission Line, STL) з'єднує вузол надання послуг з терміналом мережі і проходить мережу доступу. Вона може бути утворена фізичним з'єднанням, каналом (аналоговим або цифровим), складовим каналом, віртуальним каналом або групою каналів для однакових або різних послуг. Лінія передачі проходить крізь абонентну лінію (Subscriber Line, SL), інтерфейс UNI, мережний блок NU, розподільну мережу (Distribution Network, DN), вузол розподілу CDN, сполучну магістраль (Backbone Network, BN). Найпроблемнішими ділянками лінії передачі абонента є SL, що в літературі має назву «останньої милі», і розподільна мережа DN.

1.3 Порівнювальний аналіз технологій мережевого доступу

Оптичні мережі в загальному вигляді позначаються як FTTx, тобто Fiber To The X - «оптоволокну до точки «x»» рис. 1.3. Зміна останньої літери скорочення дає кілька різновидів мереж за технологією FTTx щодо близькості оптичного волокна до кінцевого користувача [4].

Існують такі різновиди стандартів:

- FTTh - оптоволокно в квартиру;
- FTTb - в будівлю;
- FTTn - до мережного вузла;
- FTTc - до району або кварталу.

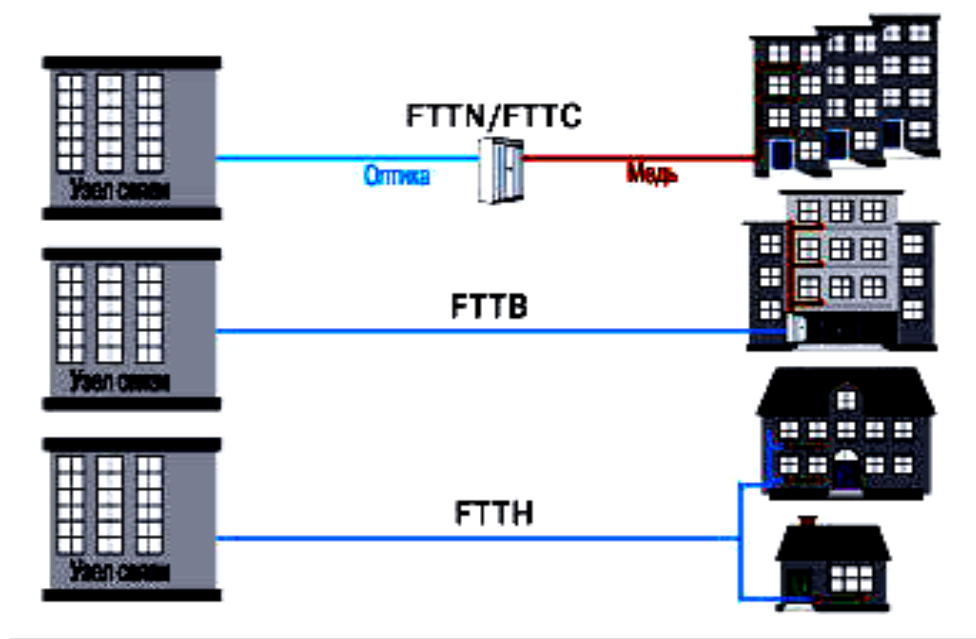


Рисунок 1.3 – Варіанти побудови оптичних мереж

Найшвидшим варіантом є FTTH, оскільки він дає найбільшу смугу пропускання [11]. В будинку користувача розміщується термінал (ONT/CPE), до якого підводять fth кабель, а вже звідти - до ПК. Оптичний кабель передає сигнал зі швидкістю до 1 Гбіт/с, тобто в 10 разів швидше Ethernet. Крім того, швидкості прийому та передачі трафіку користувача рівні.

При підключенні Інтернету за технологією ftx використовуються дорогі обладнання та фахівці, тому fttb/ftth далеко не всім провайдерам підходять по вартості. А ось FTTN/FTTC є бюджетними і вже застарілими рішеннями. Використовуються, в основному, дрібними провайдерами, які не мають коштів на прокладання оптоволокна ближче до кінцевого споживача. На виході -

проблеми зі швидкістю, перешкоди на лініях, пов'язані з застарілими мідними кабелями, і інше.

FTTB є найбільш доступним для користувача варіантом, реалізованим дуже просто: до будинку підводять оптику, а в квартиру - звичну виту пару, яка піде прямо в мережеву карту ПК (або роутер, а потім вже в ПК, якщо потрібен Wi-Fi). Така схема дозволяє отримати оптимальну якість Інтернету за досить демократичною вартістю. Швидкість обмежується 100 Мбіт/с (саме стільки витримує кабель «вита пара»). Тарифи в межах 60 - 150 грн/міс. FTTH Інтернет може бути організований одним з двох шляхів - на базі Ethernet або ж PON [13].

FTTH PON (пасивні оптичні мережі) розгортається до абонентів за допомогою сплітерів - пасивних оптичних розгалужувачів, що мають коефіцієнт ділення починаючи від 1:2 і закінчуючи 1:128. Але таке підключення коштує дорожче за рахунок високої складності і вартості абонентського ONT порівняно з CPE.

Переваги Інтернет FTTx в тому, що вони досить поширені і доступні. Всі варіанти підключення відрізняються ступенем віддаленості оптоволокна від кінцевого користувача і заміною його на звичні мідні кабелі. Багато хто з нас є або ж ось-ось стануть абонентами мереж fttx. Чим далі оптика, чим більше кількість користувачів на канал і мідних дротів, тим нижче буде швидкість Інтернету в точці підключення.

Багато українських провайдерів використовують fttb і навіть ftth, надаючи користувачам вагомні переваги:

- висока швидкість аж до 1 Гбіт/с, стабільність і дуже низький пінг (важливо для рухомих онлайн- ігор);
- доступність повного набору телекомунікаційних послуг (телефонія, телебачення, Інтернет) в одному оптоволоконному кабелі через абонентський термінал;
- просунута технічна підтримка - немає потреби виклику майстра в разі збою на будинок. Більшість проблем вирішуються віддалено.

МД — це універсальна мережа, в якій можуть бути гарантовані будь-які телекомунікаційні послуги із смугою частот переданих сигналів від тональних (0,3...3,4 кГц) до десятків і сотень мегагерц (для телевізійних сигналів аналогового і цифрового форматів). Для реалізації універсальних можливостей МД можуть бути використані оптичні лінії передачі, проводові та радіолінії.

Мережі ж телефонних ліній непридатні для надання широкосмугових послуг, проте вони можуть частково входити до мереж доступу на різних ділянках, наприклад, на ділянці розподілу (див. рис. 1.3), відповідній ділянці SL мережі доступу (див. рис. 1.2). Для реалізації послуг нетелефонного типу, наприклад N-ISDN, знадобиться заміна абонентської проводки (див. рис. 1.3), виконаної зазвичай кабелем ТРП або ПРППМ, на кабель з високочастотними крученими парами (категорії 5).

Для розв'язання завдань створення універсального доступу до телекомунікаційної мережі ІТУ-Т запропонував у низці своїх рекомендацій типові структури мереж доступу із застосуванням дротових і оптичних ліній, радіоліній, відкритих оптичних ліній [5], приклади яких наведено на рис. 1.4 [3].

Серед різних архітектурних рішень для МД необхідно виділити пасивну оптичну мережу ПОМ (Passive Optical Network, PON), яка відзначається відносно низькими витратами на реалізацію і забезпечує інтерактивний трафік з широкосмуговими сигналами на одній або декількох оптичних частотах в одному скловолокні. Як ключові елементи розгалуження в PON можуть бути використані оптичні пристрої розділення потужності сигналу, які здатні розділяти й об'єднувати системи різних напрямів передачі оптичних частот. Приклад PON подано на рис. 1.5 [3].

В особливо відповідальних випадках надійність такої мережі забезпечується дублюванням кабельної лінії. Розглянута архітектура може бути реалізована в МД з різними фізичними середовищами, у тому числі й у PON.

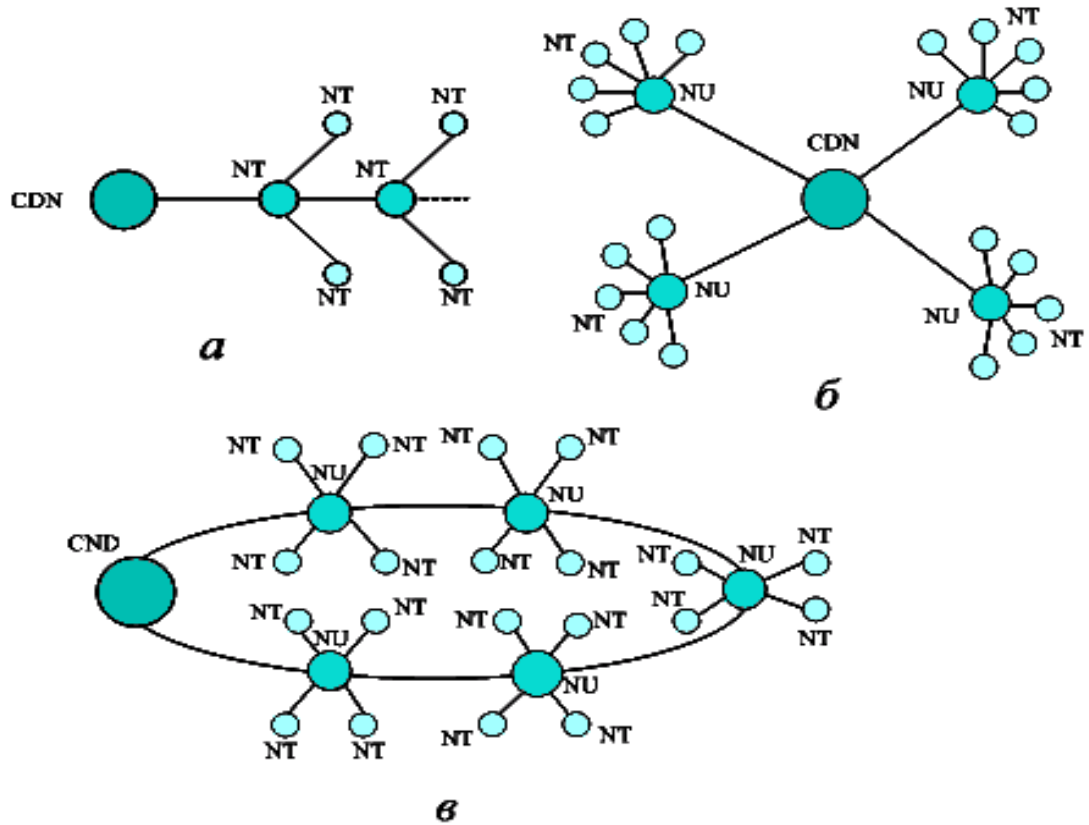


Рисунок 1.4 - Типова архітектура мережі доступу:

а - архітектура «каскад» (дерево); б- архітектура «зірка»; в- архітектура «кілеце»

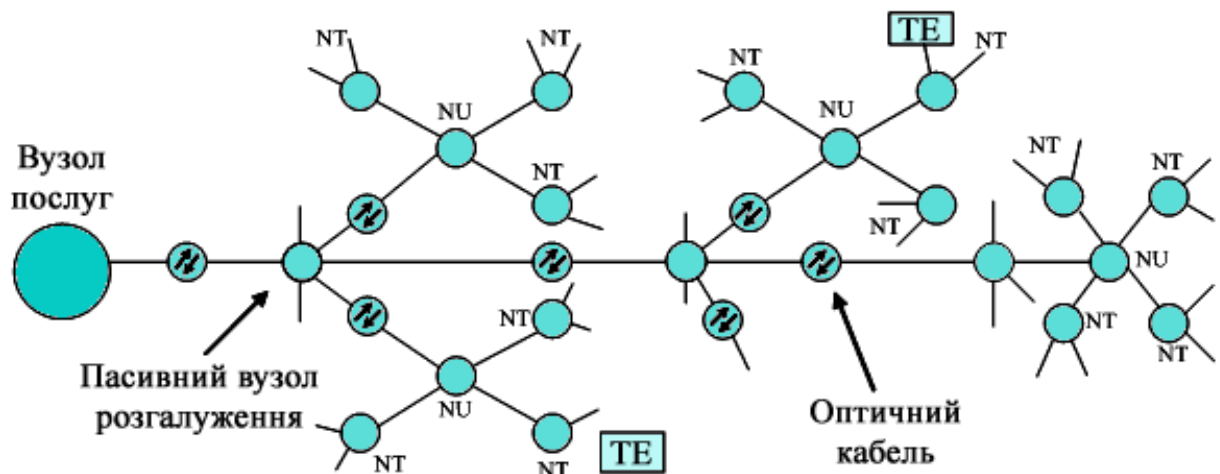


Рисунок 1.5 - Приклад пасивної оптичної мережі PON

Мережі доступу можна класифікувати за технологічними рішеннями і розбити на дротові і бездротові. Основою для реалізації цих технологій служать мідні дроти і волоконні світловоди.

Необхідно відзначити, що використання волоконної оптики для побудови МД стало можливим через зниження ціни на оптоволоконний кабель. Проте цей кабель все ще кошковий (2 тис. дол. 8 волокон — 1 км), тому використання інших менш ефективних по смузі частот середовищ передачі (мідних і біметалевих кабелів) залишається актуальним в дротових мережах.

1.4 Порівняння PON з класичною FTTH схемою підключення абонентів

У класичному FTTH для підключення, наприклад, 256 абонентів в приватному секторі необхідно 256 оптичних волокон. 256 волокон - це багато дуже товстих і дорогих кабелів, а також ціла низка проблем, пов'язаних з їх прокладкою, комутацією [16].

Для забезпечення трафіку, необхідно N світчей: N-1 світчей доступу до яких будуть приєднуватися абоненти і один для агрегації трафіку зі світчей доступу. Для вирішення поточної задачі, наприклад, D-Link DES 3200-28F потрібно 11 штук (це на доступ), D-Link DGS 3120-24SC потрібен один (це на агрегацію). Також потрібні SFP модулі, медіаконвертери, які необхідно забезпечити живленням та розміщенням в належних умовах і адмініструванням. При використанні GEPON для цього ж завдання необхідно всього:

- 4 волокна;
- один OLT с SFP модулями (8 штук, з них 4 на Ethernet UpLink, 4 на PON DownLink);
- 256 ONU (по одному на кожного абонента , живляться вони безпосередньо від абонентського енергопостачання,
- набір спліттерів і PON-боксов (або муфти) для роботи з кабелем і розміщенням в них цих самих спліттерів, а іноді і самих ONU.

Робота адміністратора буде зводитися тільки до управління OLT'ом (ONU логічно є «продовженням» GPON-портів OLT). Живлення - тільки на стороні абонента і в серверній.

Крім того, слід враховувати той факт, що на вже побудованій за схемою PON мережі легко запустити кабельне TV , як показано на рис. 1.6.

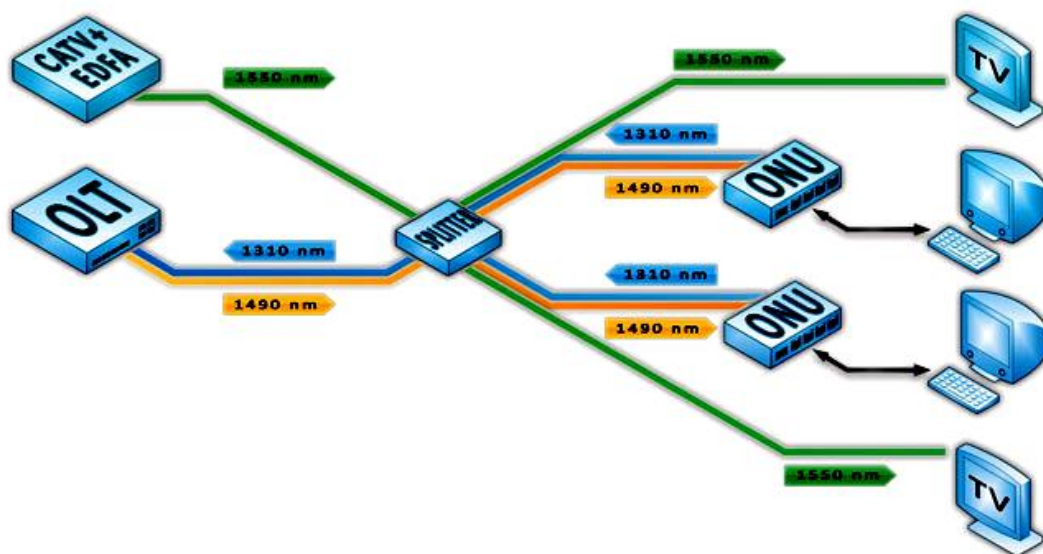


Рисунок 1.6 - Схема використання впроваджені абонентської мережі, побудовані за технологією PON для надання послуг кабельного телебачення

Отже, перевагами технології PON є:

- мінімальне використання активного обладнання;
- мінімізація кабельної інфраструктури;
- низька вартість обслуговування;
- можливість інтеграції з кабельним телебаченням;
- хороша масштабованість;
- висока щільність абонентських портів.

Одним з перспективних різновидів PON є GPON - стандарт для гігабітних пасивних оптичних мереж [14]. Стандарт GPON визначено в рекомендаціях (технічних стандартах) G.984.1 і G.984.6 комітету ITU-T. GPON може передавати не тільки трафік Ethernet, але і ATM і TDM (PSTN, ISDN, E1 і E3).

Основною частиною мережі GPON, головним чином, є два активних передавальних пристрої: оптичний лінійний термінал - OLT і модуль оптичної мережі (абонентський термінал) - ONU або ONT. GPON підтримує сервіси tripleplay, високу пропускну здатність (high-bandwidth), велика відстань передачі даних (до 20 км.). Безпосереднім конкурентом GPON є EPON. На рис. 1.7 наведено порівняння цих технологій.

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

Рисунок 1.7 – Порівняння технологій GPON та EPON

1.5 Визначення широкопasmового доступу

Широкопasmовий доступ до Інтернет (Broadband) - технологія швидкісної передачі даних по IP мережі [12]. Широкопasmовий доступ — досить загальне визначення, так як існують як технології дротового широкопasmового доступу — такі, як Ethernet, так і бездротового широкопasmового доступу RADIO-Ethernet.

У діяльності Державного агентства з питань електронного урядування, ШСД згадується в сфері розвитку інформаційного суспільства у напрямках розвитку інформаційної інфраструктури і розвитку е-освіти. Таким чином, діяльність Державного агентства з питань електронного урядування щодо ШСД дублює положення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні.

В наведеній нижче таблиці 1.1 показана швидкість, яку вкладають різні оператори і провайдери в поняття надання послуги ШСД в Україні станом на лютий 2016 року:

Таблиця 1.1 - Швидкість надання послуг ШСД провайдерами та операторами України

Назва постачальника	Формулювання послуги	Швидкість послуги
Xnet	послуга широкосмугового доступу до мережі Інтернет шляхом фіксованого підключення	0,128 Мб/с
Оптоком	послуга широкосмугового доступу до мережі Інтернет	1 Мб/с
Укртелеком	послуга широкосмугового доступу до мережі Інтернет	2 Мб/с
City Net	послуги широкосмугового доступу	5 Мб/с
Vega	послуга ШСД до мережі Інтернет	10 Мб/с
Best	широкосмуговий доступ до мережі Інтернет	10 Мб/с
Сітел	широкосмуговий доступ до Інтернет	20 Мб/с

Швидкість надання послуги ШСД у операторів і провайдерів суттєво відрізняється. Межа швидкості залежить від технічних можливостей самого провайдера чи оператора, місця надання послуг (швидкість у великому місті вища ніж у селі). Таким чином, послуги доступу як зі швидкістю 0,128 Мб/с, так і з швидкістю 20 Мб/с, визначаються операторами і провайдерами як широкосмугові [6].

Термін Широкосмуговий доступ використовується, також, для опису високошвидкісних мереж, що дозволяють передавати водночас сигнали різних служб, наприклад, дані, голос і відео.

Широкосмуговий доступ в Інтернет забезпечується за допомогою ряду різноманітних технологій, які дають можливість користувачам відправляти та

приймати інформацію у великих обсягах і з більш високими швидкостями, ніж у випадку комутованого (dial-up) або сеансного доступу в Інтернет (2,5;3G).

Широкополосний доступ (ШСД) забезпечує не тільки високу швидкість передачі даних, а й постійне підключення до Інтернету, і можливість як приймати, так і передавати інформацію на високих швидкостях.

ШСД є частиною інфраструктури будь-якого оператора. Існують різні технології доступу, моделі надання послуг, архітектурні підходи до будівництва таких мереж. Архітектурні рішення засновані на рекомендаціях міжнародних організацій по стандартизації, таких як Broadband Forum (рекомендація TR-101), Metro Ethernet Forum та інших.

Можна виділити чотири основні рівня, в тому чи іншому вигляді присутніх в будь-якій мережі ШСД це: рівень доступу; рівень агрегації; рівень надання послуг (сервісний рівень); рівень магістралі.

Рівень доступу, як випливає з його назви, забезпечує фізичний доступ абоненту до мережі. Всі існуючі технології доступу, зазвичай, підрозділяються на три класи – дротові, кабельні та бездротові. До дротових відносяться мережі xDSL, PON і Ethernet. Розглядається Ethernet-доступ, проте з точки зору архітектури мережі, тобто організації VLAN, логічних принципів підключення абонентів, забезпечення резервування і т.д., всі типи дротових (та бездротових) мереж доступу вельми схожі. Тому багато принципів, які розглядаються, також можна віднести і до інших технологій доступу.

На рівні агрегації здійснюється підключення рівня доступу до рівня надання послуг та до ядра мережі. Географічні розміри мережі агрегації відрізняються і залежать від щільності абонентів, наявної оптичної інфраструктури: як правило, вона покриває велике місто або область. Мережа може бути побудована як повністю на другому рівні моделі OSI (тобто, простіше кажучи, з використанням комутаторів), так і з використанням технологій IP/MPLS (із застосуванням IP/MPLS маршрутизаторів).

Мережа агрегації, побудована повністю на другому рівні, зазвичай є дешевшою, але, як правило, складнішою в експлуатації.

Мережа агрегації, побудована на базі технології IP/MPLS, забезпечує необхідну гнучкість, простоту експлуатації та високі можливості масштабування. Особливо варто відзначити, що використання IP/MPLS в агрегації дозволяє застосовувати комбінований підхід до доставки трафіку: частина трафіку можна маршрутизувати на третьому рівні моделі OSI (наприклад, відео-трафік, особливо його multicast-складову), а іншу частину (наприклад, інтернет-трафік) – тунелювати на другому рівні до сервісного кордону за допомогою технологій Ethernet over MPLS або VPLS.

Завдання сервісного рівня полягає не в передачі трафіку як такого, а в організації сервісу. Сервісний рівень здійснює аутентифікацію і авторизацію абонента – визначає список сервісів, які повинен отримувати абонент. Далі обладнання сервісного рівня забезпечує виконання параметрів контракту з абонентом по сервісам, на які абонент підписаний, наприклад, обмежує швидкість доступу в Інтернет до контрактних величин; і тут же формується статистика для білінгу абонента або забезпечується контроль споживання послуг абонентами, що працюють за передоплатою. На сервісному рівні формується поняття абонентської сесії, тобто своєрідного «віртуального мережевого інтерфейсу» до абонента, виконується видача IP-адрес.

Власне, на рівні IP-протоколу абонент взаємодіє саме з сервісним рівнем. Обладнання, що реалізує функції сервісного рівня, прийнято називати термінами BRAS (Broadband Remote Access Server, термін стандарту Broadband Forum TR-59) або BNG (Broadband Network Gateway, термін стандарту Broadband Forum TR-101).

Тарифікація, як і доступ до послуги, виконуються власне мережею, а саме пристроєм BRAS. Прикладами послуг другого типу – послуг застосувань – є такі сервіси, як IP-телефонія або IPTV. Вони керуються і тарифікуються відповідними прикладними системами (наприклад, доступ до послуг VoIP управляється реєстрацією абонентського терміналу на SIP Proxy сервері, а тарифікація забезпечується програмним комутатором викликів VoIP – SoftSwitch

Послуги, реалізовані за допомогою виділеного сервісного кордону, як правило, вимагають забезпечити підключення абонента до обладнання сервісного рівня на другому рівні моделі OSI. У мережі доступу та агрегації такі підключення виконуються за допомогою набору VLAN. Послуги застосувань можуть використовувати обладнання агрегації в якості спрощеного сервісного кордону, і відповідний VLAN як засіб підключення користувацького терміналу до вузла агрегації необхідний тільки на рівні доступу. Існують дві базові моделі використання VLAN в мережах доступу та агрегації: «VLAN на користувача» і «VLAN на сервіс/групу користувачів. Головний вузол доступу в Інтернет та мережу передачі даних.

Магістральна мережа побудована з використанням кільцевої топології, квартальні кільця підключено до стеку гіга-бітних комутаторів. Магістральні комутатори забезпечують резервування підключених будинкових комутаторів до магістралі, концентрацію та високошвидкісну комутацію трафіку, класифікацію і обслуговування трафіку на підставі пріоритетів. Будинкові комутатори надають абонентам точки входу до мережі, яка контролюється оператором. За необхідності, оператор може блокувати послуги прямо в точці підключення абонента. Для забезпечення резервування будинкові комутатори з'єднують в ланцюг в квартальні кільця (рис. 1.8). У випадку обриву оптичного кабелю або відмови одного з будинкових комутаторів інші комутатори автоматично переключають абонентів на запасне з'єднання з магістраллю.

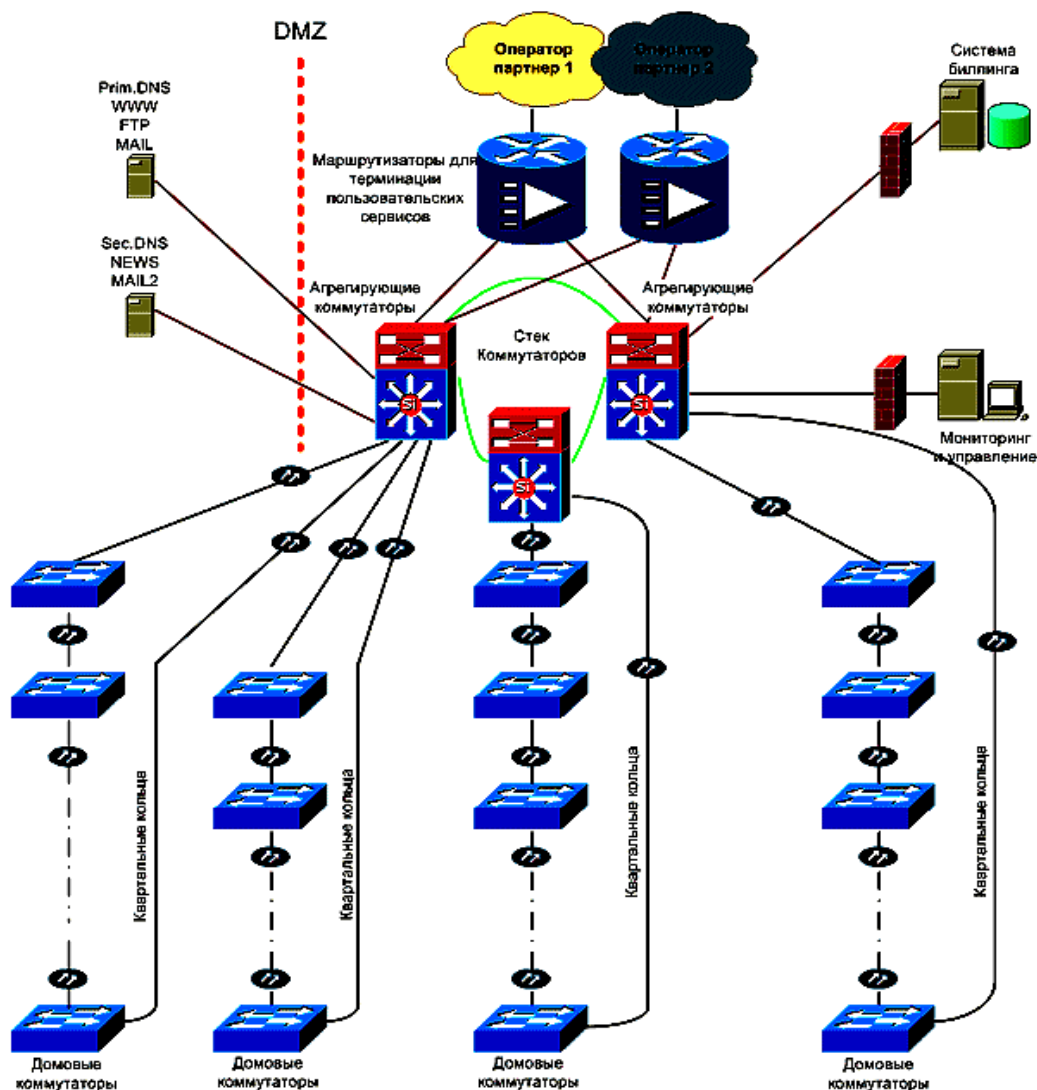


Рисунок 1.8 - Концептуальна схема вузла доступу і мережі передачі даних

1.6 Архітектурна концепція оптичної міської мережі MetroEthernet

Використання Metro Ethernet систем дозволяє забезпечувати прозоре підключення користувачів, оптимізувати використання смуги пропускання, прискорювати впровадження нових сервісів. Технологія Ethernet дозволяє зменшити експлуатаційні витрати. Витрати на надання нових Ethernet послуг відносно невеликі, оскільки технологія з легкістю адаптується в існуючу інфраструктуру передачі даних.

Інфокомунікаційна мережа Metro Ethernet будується за тривірневою ієрархічною схемою (рис. 1.9), яка складається з ядра, рівня агрегації та рівня доступу.

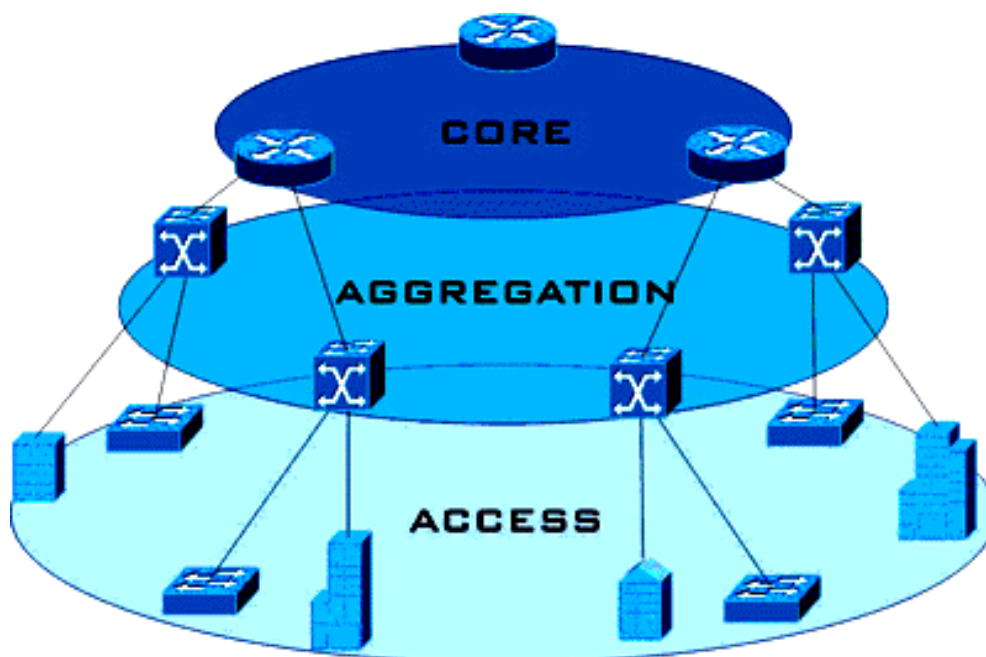


Рисунок 1.9 - Загальна схема мережі Metro Ethernet

Основною метою використання багаторівневої архітектури при побудові Metro Ethernet мереж є забезпечення високої надійності, масштабування та продуктивності.

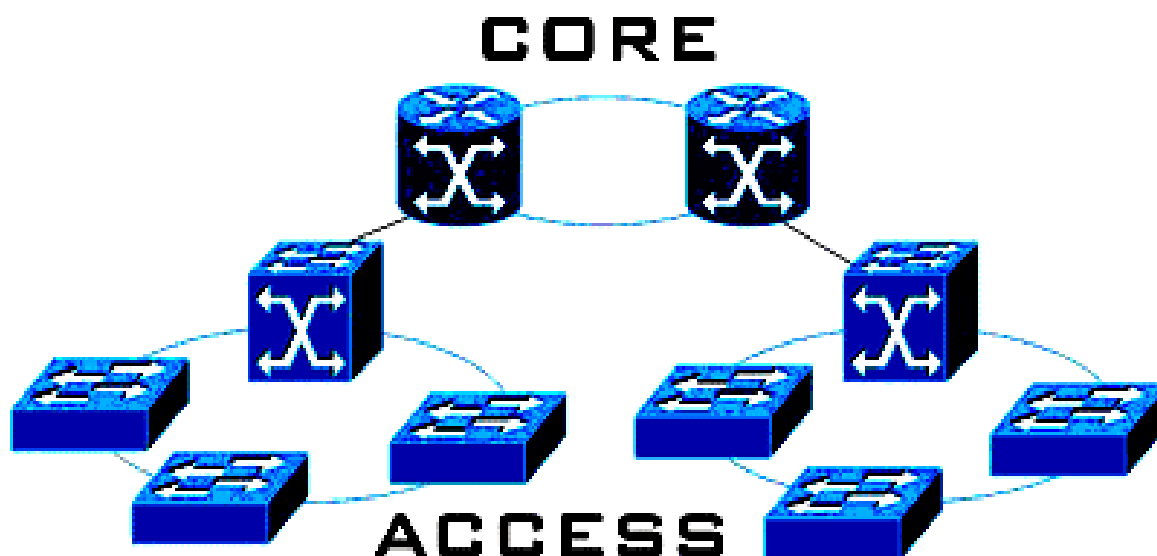


Рисунок 1.10 - Топологічна модель кільця

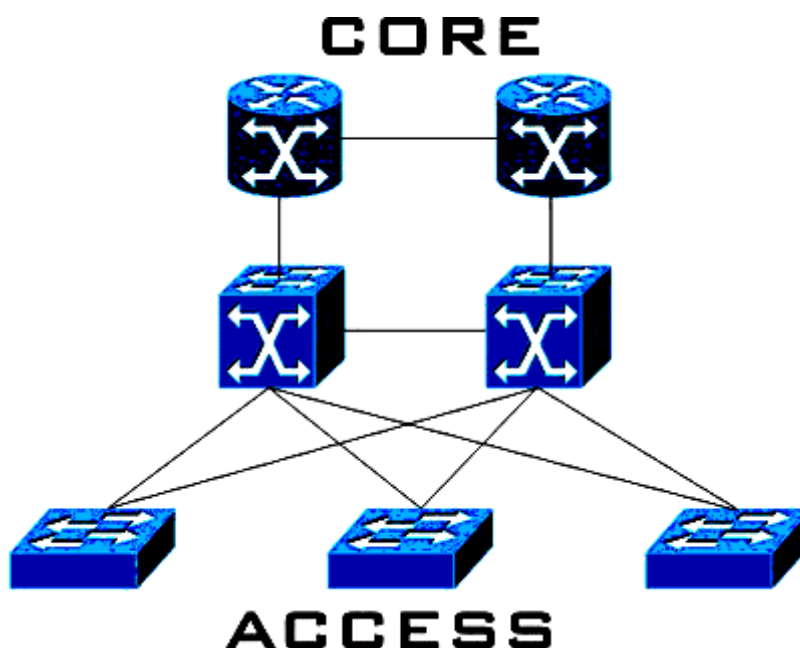


Рисунок 1.11 - Топологічна модель зірки

Саме ці характеристики дозволяють вирішити задачі операторів телекомунікаційних послуг в межах міста. Головною перевагою MetroEthernet є співвідношення ціни до якості. Сучасна технологія Metro Ethernet використовується операторами зв'язку при побудові NGN-мереж нового покоління, позбавляє від необхідності використання додаткового обладнання для отримання доступу в Інтернет, практично знімає обмеження по швидкості, дозволяє провайдеру швидко впроваджувати нові програми та додаткові сервіси для абонентів.

Рівень доступу будується за кільцевою чи зіркоподібною схемою (рис. 1.10, рис.1.11) на комутаторах Metro Ethernet для підключення корпоративних клієнтів, офісних будівель, а також домашніх й SOHO клієнтів. На рівні доступу реалізується повний комплекс заходів безпеки, забезпечуючи ідентифікацію й ізоляцію клієнтів, захист інфраструктури оператора.

Термін «множинний доступ» підкреслює той факт, що всі станції мають однакове право на доступ до мережі. Якщо одна зі станцій виявить колізію, вона пошле спеціальний сигнал, що попереджає інші станції про те, що сталося конфлікті. При колізії знищуються всі дані мережі. Після колізії станції

намагаються передати дані повторно. Для того щоб запобігти одночасну передачу, був розроблений спеціальний механізм переривань, який наказує кожній станції почекати випадковий проміжок часу перед повторною. Станція, якій дістався найкоротший період очікування, першою отримує право на чергову спробу передати дані, а інші визначають, що мережа зайнята і знову чекатимуть.

Базовими магістральними технологіями зараз є наступні [7]: SONET/SDH, ATM, POS (PocketoverSonet), EoSDH (EthernetoverSDH), DWDM, CWDM, DPT/RPR, Fast/Gigabit/10 GigabitEthernet.

1.7 Постановка задачі кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є вибір оптимального рішення для забезпечення якісного та надійного доступу населення житлового району Таромське міста Дніпра до інформаційно-комунікаційних послуг. Важливим є надання послуг, які можуть бути оплачуваними більшістю верств населення.

Основні задачі, які повинні бути вирішені у роботі:

- створити зведену характеристику об'єкту проектування - Таромського мікрорайону;
- сформулювати вихідні дані для розробки проекту;
- обрати схему підключення абонентів;
- виконати розрахунок портів доступу проектованої мережі;
- обрати обладнання мережі;
- розрахувати загальний трафік.

1.8 Висновки

У першому розлілі розглянуто системи абонентського доступу, виконано порівнювальний аналіз технологій мережевого доступу, наведено архітектурну концепцію оптичної міської мережі MetroEthernet, сформульовані задачі на проектування мережі абонентського доступу передмістя.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Зведена характеристика Таромського мікрорайону

Для визначення завдань і постановки технічних рішень необхідно визначити сектор проектування і основні вихідні дані. Основними даними є типи і категорії трафіку, число потенційно можливих абонентів і щільність розподілу абонентських груп. Для початку проектування підрядна організації замовляє маркетингові дослідження з метою отримання даних про цільову групу об'єкта дослідження.

Цим проектом для уточнення вихідних даних по цільовій групі абонентів мережі PON, були використані дані з мережі інтернет. Кількість домоволодінь в Таромському мікрорайоні визначилося згідно з Google-мапою. Для визначення обсягу ринку, описання соціально-демографічного портрету споживача, оцінки популярності продукту і багато іншого, зазвичай використовуються кількісні дослідження. Вони являють собою збір і аналіз первинної інформації. Цей метод дозволяє отримати інформацію, виражену в кількісному вигляді, від великої кількості людей і поширити висновки на всю цільову групу.

Відповідно до проведених досліджень Таромський мікрорайон міста Дніпра, розташований в східній частині його частині, межує з Карнаухівкою, яка входить до складу міста Кам'янське.

Населення Таромського мікрорайону становить близько 20 тис. осіб. З них 18.5 тис. мешкає в приватних домогосподарствах і 1,5 тис. в багатоквартирних будинках. До складу населеного пункту входять 154 вулиці та провулки загальною довжиною близько 120 км., площа сягає майже 75 км². Місцевість відома з XII століття як Тарентский Ріг. З 1938 року - селище міського типу.

З 1970 року Таромський мікрорайон включений в межі Дніпропетровська. 1992-2001 роки - самоврядне селище міського типу, підлегле міськраді. З вересня 2001 року ця місцевість повністю увійшла до складу Дніпропетровська (Ленінський район).

2.2 Вихідні дані для розробки проекту

Таромський мікрорайон не відноситься до об'єктів нового будівництва, які проектуються за сучасними технічними рішеннями і нормами. Переважно забудовою є приватні будинки з наявними земельними ділянками, тому щільність помешкань є досить низькою.

На території Таромського мікрорайону наявні дві опорно-транзитні телефонні станції, які входять до складу цифрової автоматичної телефонної станції (ЦАТС) ДНПРО-МТ (рис. 2.1), що належить ПАТ “Укртелеком”, який є магістральним провайдером Інтернет першого рівня [10]:

ОПТС-4 749(ВМ 15/1) знаходиться за адресою: м.Дніпро, вул.Старий Шлях, 5-А;

ОПТС-4 749(ВМ 15/2) знаходиться за адресою: м. Дніпро, вул. А Павлова, 1

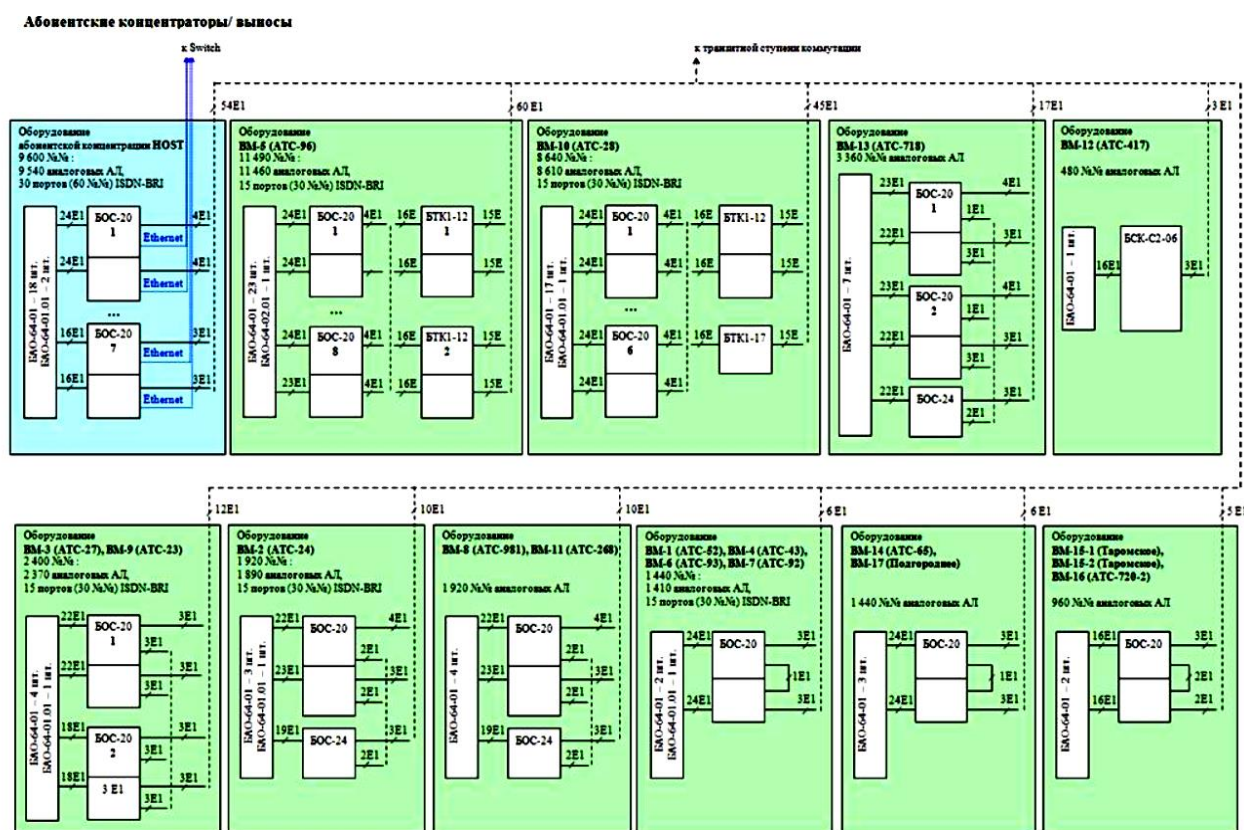


Рисунок 2.1 – Функціональна будова цифрової автоматичної телефонної станції (ЦАТС) ДНПРО-МТ

Мережа абонентського доступу розробляється відповідно до технічного завдання на дипломний проект для Таромського мікрорайону (передмістя

Таким чином, проєктована мережа розраховується на 1024 порти абонентського доступу. Порівнюючи переваги та недоліки різних технологій організації абонентського доступу та умови району проєктування, а саме Таромського житлового району міста Дніпра, прийнято рішення розраховувати проєкт за технологією GPON. В табл.2.1 наведено кількісні показники проєктного розподілу по гілкам.

Таблиця 2.1 – Кількісні показники проєктного розподілу по гілкам

Гілка	Кількість абонентів	Макс. абонентів	Покриття, %
Червона	251	256	100
Блакитна	125	128	100
Зелена	139	128	92
Жовта	127	128	100
Коричнева	130	128	98
Рожева	112	128	100
Фіолетова	128	128	100
Загалом			

2.4 Характеристики основного обладнання

2.4.1 Оптичний лінійний термінал OLT

OLT (OpticalLineTerminal) - обладнання для GPON і GEAPON мереж, також зване PON-комутатором. Пристрій здійснює передачу інформації на абонентські термінали і прийом зворотних пакетів від них, агрегацію і комутацію трафіку.

OLT-комутатор є "відправною точкою" мережі PON, основним активним обладнанням в ній. Його функціонал відповідає свитчу 2-го рівня. При розрахунку даного проєкту буде використано BDCOM OLT GPON GP3600-08-AC[18], характеристики якого представлено в табл.2.2, а зовнішній вигляд на рис. 2.3.

Таблиця 2.2 - Характеристики BDCOM OLT GPON GP3600-08-AC

Найменування характеристики	Значення
Підтримка Telnet	є
Підтримка SNMP	є
Порти RJ-45 1 Гбіт / с	8
Порти RJ-45 10 Гбіт / с	4
Оптичні порти	4
Комбо-порти	4
Живлення	90 ~ 240 В, постійний струм 36 ~ 72 В, двох канальний вхід, можлива гаряча заміна
Стандарти	ITU-T G.984 / G.988, IEEE 802.1D, Spanning Tree, IEEE 802.1Q, VLAN, IEEE 802.1w, RSTP, IEEE 802.3ad physical link static / dynamic aggregation (LACP), Ethernet - II
Розміри (ШхВхГ)	442.5 x 304 x 44 мм
Джерело живлення	Input voltage: AC 90 ~ 240V, DC 36 ~ 72V, dual-power input, DC/AC power supply and hot-swap
Кількість PON портів	8
Швидкість PON	портів 1,25 Гб / с 2,5 Гб / с
Робоча температура	- 0 ° C + 45 ° C
VLAN	Port-based VLAN, QinQ i flexible QinQ
QoS (пріоритезація даних)	Backpressure flow control (half duplex), IEEE 802.3x flow control (full duplex), IEEE 802.1p, CoS, WRR, SP and FIFO queue schedule, Обмеження пропускної спроможності на кожній ONU, DBA i SLA
Технологія	GPON



Рисунок 2.3 - Зовнішній вигляд BDCOMOLTGPONGP3600-08-AC

2.4.2 SFP трансивер

Створення мережі за технологією PON в нинішній час користується великою популярністю, завдяки багатьом перевагам. Насамперед через мінімальне використання активного обладнання. Головним елементом виступає OLT комутатор, який містить декілька PON портів. Саме в ці порти встановлюються спеціальні оптичні модулі, які передають інформацію абонентським терміналам. Трансивер SFP GPON LTE3680P-BC-2DM є тим самим модулем, який в залежності від технології здатний передавати інформацію, одночасно на кілька десятків абонентських терміналів.

При розрахунку даного проекту буде використовуватись SFPOLTLTE3680P-BC-2DMCLASSC ++ (-32dBm) GPONZTE[26, 29].

Технічні особливості LTE3680P-BC-2DMOLTSFPGPON модуль працює за технологією спектрального ущільнення каналів (WDM), що дозволяє передавати і отримувати інформацію по одному оптичного волокна, при цьому передача інформації здійснюється на хвилях довжиною 1490 нм, а прийом 1310 нм. Модуль підтримує можливість гарячої заміни, що надає гнучкості в його використанню. Для підключення до оптичної лінії, трансивер використовує коннектори типу SC. Потужність випромінюється для LTE3680P-BC-2DM знаходиться в межах + 3 ~ + 7dBm, а чутливість передавача становит -32 дБм. Також даний трансивер підтримує функцію цифрового контролю модуля (DDM), що дозволяє відстежувати основні параметри, такі як напруга, рівень сигналу, температуру. Коефіцієнт розгалуження для LTE3680P-BC-2DM становит 1 до 128, що дозволяє підключити до одного трансивер до 128 абонентських

терміналів. Пропускна здатність на прийом становит 1244 Мбіт / с а на передачу 2488 Мбіт / с.

Оптичні модулі LTE3680P-BC-2DMOLTSFPGPON (рис. 2.4) є сумісними, не тільки з обладнанням компанії ZTE, вони також можуть працювати в комутаторах інших виробників, наприклад таких як BDCOM або HUAWEI . Сумісність в першу чергу забезпечується підтримкою стандарту ITU-G.984.2. Характеристики LTE3680P-BC-2DMOLTSFPGPON представлено в табл.. 2.3.



Рисунок 2.4 – зовнішній вигляд LTE3680P-BC-2DMOLTSFPGPON

Таблиця 2.3 – Характеристики LTE3680P-BC-2DM OLT SFP GPON

Швидкість прийому / передачі даних:	1.25 / 2.5 Gbps
Коефіцієнт розгалуження:	1:64, 1: 128
Клас лазера:	C ++
Чутливість оптичного приймача:	-32 dBm
Довжина хвилі на передачу:	1490 nm
Довжина хвилі на прийом	1310 nm
Технологія роботи:	GPON, GEPON
Тип коннектора:	SC
Потужність оптичного передавача (хв / макс):	+ 3дБм / + 7 дБм
Робоча відстань:	до 20км
Тип оптичного волокна:	SM

2.4.3 Оптичний спліттер

«Спліттер» (від англ. Split - розділяти) - сленгове назва пасивного компонента волоконно-оптичних мереж, призначеного для розподілу світлового сигналу від одного порту до кількох чи смикоти сигналу від кількох портів до одного на мережі між стаціонарним і абонентськими терміналами [17].

Компактне виконання – конструкція спліттерів, їх широка лінійка дозволяють забезпечити досить велику гнучкість при побудові волоконно-оптичних мереж [17]. Крім цього, компактна конструкція дозволяє абсолютно спокійно інтегрувати оптичні сплітери в оптичні кроси або муфти, а також пристрої абонентського доступу. Така широка гама застосування оптичних спліттерів дозволяє досить гнучко підходити до архітектури (топології) волоконно-оптичної мережі.

Загальні вимоги, що пред'являються до оптичних спліттерів, можна визначити так:

- низькі вносимі втрати сигналу;
- високі втрати в зворотному напрямку;
- незалежне поділ режимів на окремі напрямки;
- просте регулювання;
- простота виробництва;
- низька ціна;

Основне своє застосування сплітери знаходять:

- в мережах HFC (гібридних волоконно-коаксіальних) для розподілу сигналу від одного оптичного передавача до декількох оптичних вузлів;
- в перспективній і передовій технології FTTH (волокно в будинок), яка застосовується багатьма провайдерами, операторами, CATV, передача даних, всередині і зовні приміщення;
- в мережах PON (пасивні оптичні мережі) BPON, GPON, GE-PON, P2P.

Тим самим застосування оптичних спліттерів дозволяє оптичним мережам бути гнучкими і масштабованими. Практично, як будь-які телекомунікаційні

пристрої, оптичні спліттери можна класифікувати і умовно розділити за наступним:

- числу вхідних / вихідних портів;
- робочій довжині хвилі;
- класу якості;
- окінцеванню;

Технології виробництва (рис. 2.5)



а)



б)

Рисунок 2.5 - Вигляд сплітера: а) зварного FBT (fused biconic taper);
б) планарного PLC (planar-lightwave-circuit).

При розрахунку даного проекту буде використано два види сплітерів. PLC Splitter (Сплітер) 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField та PLC Splitter (Сплітер) 1x4, SC / UPC, 900 um, G657A FiberField.

2.4.3.1 Сплітер PLC Splitter 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField

Планарний дільник PLC Splitter (розгалужувач) [19] для рівномірного розподілу потужності вхідного оптичного сигналу. 1x32, Тх 1260-1620 нм, \varnothing 0,9 мм, G657A, SM, низькезатухання, SC / UPC, детальні характеристики вказані в табл. 2.4.

Використовується в пасивних оптичних мережах (PON) з метою розділити сигнал одного вхідного оптичного волокна на кілька виходять волокон. Кількість виходять волокон (одержувачів сигналу) може змінюватися в діапазоні від 2 до 128.

Переваги:

- діапазон допустимих довжин хвиль дуже широкий (1260-1650 нм);
- опис PLC спліттера 1x32 PLC спліттер 1x32 або планарний дільник (англ. Planar Lightwave Circuit Splitter) призначений для фізичного розподілу трафіку в PON - пасивної оптоволоконної мережі. Він є одним з головних її компонентів, але для своєї роботи не вимагає живлення, а експлуатуватися може в широкому діапазоні температур. На відміну від зварних, планарні подільники мають краще коефіцієнтом загасання на оптичний порт, а робоча довжина хвилі коливається від 1260 нм до 1650 нм. PLC-сплітери оснащені як SC / APC, так і SC / UPC-коннекторами, підтримують уніформатності, мають низькі зворотні відображення і вносяться втрати. Внесені втрати низькі (в середньому до 3.6dB);
- зворотне відображення низьке;
- максимальні втрати від поляризації (PDL) досить низькі (0,2 дБ (макс.);
- вихідний сигнал досить рівномірний;
- дуже висока надійність;
- застосовується волокно G.657, що дуже істотно для розгортання PON мереж всередині житлових приміщень.

Таблиця 2.4 - Характеристики PLC Splitter (Сплиттер) 1x32, SC / UPC, 900 um, G657A

Найменування характеристики	Значення
Співвідношення розподілу:	1x32
Тип коннектора:	SC / UPC
Тип оптичного волокна:	Одномодовое (SM)
Стандарт оптичного волокна:	G.657.A
Втрати при зворотних відображеннях:	≥ 50
Спрямованість:	≥ 55
Максимальні втрати від поляризації (PDL):	≤ 1
Максимальні втрати уніформатності	$:\leq 1$
Довжина хвиль:	1260 ~ 1650 нм
Внесені втрати (хв / макс):	max ≤ 13.8 dBm
Тип інтерфейсу:	SC
Температура роботи:	-40 ... + 85 ° C
Розміри:	1500 мм

Зовнішній вигляд PLC Splitter (Сплиттер) 1x32, SC/UPC представлено на рис. 2.6.

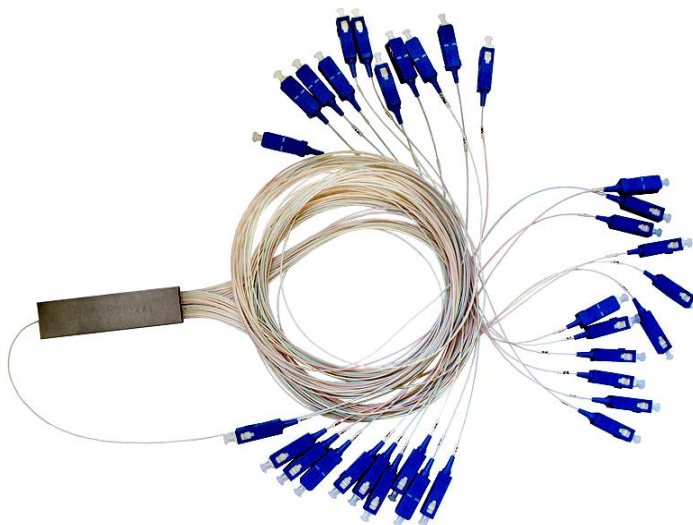


Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд PLC Splitter (Сплиттер) 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField

2.4.3.2 Сплітер PLC Splitter 1x4, SC / UPC, 900 um, G657AFiberField

Планарний дільник PLC Splitter (розгалужувач) для рівномірного розподілу потужності вхідного оптичного сигналу. 1x4, Tx 1260-1620 нм, \varnothing 0,9 мм, G657A, SM, низьке затухання, SC / UPC. Зовнішній вигляд представлено на рис. 2.7. Використовується в пасивних оптичних мережах (PON) з метою розділити сигнал одного вхідного оптичного волокна на кілька вихідних волокон [19]. Кількість вихідних волокон (одержувачів сигналу) може змінюватися в діапазоні від 2 до 128. Характеристики PLC Splitter (Спліттер) 1x4, SC / UPC, 900 um, G657A наведено в табл. 2.5.

Переваги:

- діапазон допустимих довжин хвиль дуже широкий (1260-1650 нм);
- опис PLC спліттера 1x32;
- PLC спліттер 1x32 або планарний дільник (англ. Planar Lightwave Circuit Splitter) призначений для фізичного розподілу трафіку в PON - пасивної оптоволоконної мережі. Він є одним з головних її компонентів, але для своєї роботи не вимагає живлення, а експлуатуватися може в широкому діапазоні температур. На відміну від зварних, планарні подільники мають краще коефіцієнтом загасання на оптичний порт, а робоча довжина хвилі коливається від 1260 нм до 1650 нм. PLC-сплітери оснащені як SC / APC, так і SC / UPC-коннекторами, підтримують уніформності, мають низькі зворотні відображення і вносяться втрати. Внесені втрати низькі (в середньому до 3.6dB);
- зворотне відображення низьке;
- максимальні втрати від поляризації (PDL) досить низькі (0,2 дБ (макс.);
- вихідний сигнал досить рівномірний;
- дуже висока надійність;
- застосовується волокно G.657, що дуже істотно для розгортання PON мереж всередині житлових приміщень.

Таблиця 2.5 - Характеристики PLC Splitter (Сплиттер) 1x4, SC / UPC, 900 um, G657A

Найменування характеристики	Значення
Співвідношення розподілу:	1x4
Тип коннектора:	SC / UPC
Тип оптичного волокна:	Одномодовое (SM)
Стандарт оптичного волокна:	G.657.A
Втрати при зворотних відображеннях	: ≥ 50
Довжина хвиль	: 1260 ~ 1650 нм
Максимальні втрати від поляризації (PDL):	≤ 0.08
Максимальні втрати уніформатності:	≤ 0.08
спрямованість:	≥ 55
Внесені втрати (хв / макс):	max ≤ 7.4 dBm
розміри:	1500 мм
Температура роботи:	-40 ... + 85 ° C
Тип інтерфейсу:	SC



Рисунок 2.7 - Зовнішній вигляд PLC Splitter (Сплиттер) 1x4, SC / UPC, 900 um, G657A FiberField

2.4.4 Оптична муфта

Невід'ємним компонентом при прокладанні та обслуговуванні сучасних волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) є муфти оптичні [21]. Вуличні умови можуть негативно вплинути на оптичне волокно. Муфта для оптичного кабелю виконує функцію надійного захисту оптичних волокон від вуличного середовища і функцію герметизації місць з'єднання оптичних кабелів різної довжини.

В даний час використання муфт не обмежується переліченими вище функціями. Все частіше доводиться виконувати і комутаційну функцію, допомагаючи виводити необхідну частину волокон для подальшого підключення спеціального обладнання. Муфта оптична - це пристрій, призначений для з'єднання будь-якого типу оптичних кабелів, при їх прокладанні в ґрунті, каналах кабельної каналізації, тунелях, колекторах, а також на опорах повітряних ліній зв'язку та електропередач.

Як правило, комплектація муфти оптичної складається з наступних елементів:

- деталі кріплення зовнішньої оболонки оптичного кабелю;
- вузли для забезпечення механічної міцності електричних силових елементів оптичного кабелю;
- касети для укладання і захисту з'єднань оптичного волокна, а також запасу оптичного волокна;
- вузли для виведення проводів заземлення.

Приклад комплектації тупикової муфти представлено на рис. 2.8.

2.4.5 Абонентський термінал

Одним з невід'ємних компонентів будь-PON мережі, є абонентський термінал (ONU). При розрахунку даного проекту буде використовуватись абонентський термінал HG8346 GPON ONU Huawei [22], зображення якого представлено на рис. 2.9.

Характеристики HG8346 GPON ONU Huawei наведено в табл..2.6.



Рисунок 2.8 - Внутрішня будова оптичної муфти

Таблица 2.6 – Характеристики абонентського терміналу HG8346 GPON ONU Huawei

Тип PON порту:	GPON
Швидкість прийому / передачі даних	2.5 / 1.25 Gbps
Тип підключається коннектора:	SC / UPC
Ethernet	: 4x10 / 100 / 1000Mbps
Порти додатково:	Wi-Fi
вага:	0,55
Вологість при зберіганні:	5-95%

Продовження таблиці 2.6

1	2
Кількість POTS-портів::	2
Споживана потужність	10 Вт
Робоча вологість	: 5-95
розміри:	195 x 155 x 34 мм
Мережеві протоколи і стандарти:	Так
Температура роботи:	0 ... + 40 ° C
Відстеження мережевого трафіку IGMP:	IGMP V2 & V3 snooping / IGMP proxy
Характеристики VoIP	: VOIP + H.248
Підтримка Plug and Play (PnP):	Так
Тип оптичного волокна:	SM
Форм фактор SFP модуля:	SFP
Характеристики VoIP:	VOIP + H.248
Користувальницький інтерфейс:	RJ-45 SC / UPC Wi-Fi USB
матеріал:	пластик



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд абонентського терміналу HG8346

GPONONUHuawei

Одна з головних характеристик GPON - FEC (ForwardingEquivalenceClass) дуже важлива і дає можливість гнучкого розподілу трафіку відповідно до наданими послугами. Так для WEB-серфінгу можна встановити пріоритет QoS BE - це буде один FEC, а для VoIP можна встановити пріоритет EF - це буде інший FEC. Далі можна вказати, що для FEC BE LSP трафік повинен йти широким, довгим і негарантованих шляхом, а для FEC EF - трафік повинен йти вузьким, але швидким шляхом. Все це дозволяє гнучко налаштувати розподіл трафіку і як результат отримувати високоякісні послуги.

2.4.6 Оптичний кабель

В цьому розрахунку проекту використано кабель ОЦПс-2А1(1х2)-1,5 [24] та FinMark FTTH001-SM-02[25]., зовнішній вигляд представлено на рис. 2.10 та 2.11 відповідно.

ОЦПс-2А1 (1х2) -1,5 - оптоволоконний підвісний, монотуб, 2 одномодових волокна типу А (ITU-TG.652D), силовий елемент - 2 склопластикових прутка, ізоляція - поліетилен. Діаметр 7,1 мм, розтяжне зусилля 1,5 кН, радіус вигину 142 мм.



Рисунок 2.10 - Кабель ОЦПс-2А1 (1х2) -1,5

FinMark FTTH001-SM-02 - Оптоволоконний одномодовий кабель FTTH ("остання миля") для прокладки в будинок, квартирі. Підвищена гнучкість, укріплений 2 сталевими проволками діаметром 0,4 мм. 1 оптоволокну G.652D, оболонка з матеріалу, що не підтримує горіння.



Рисунок 2.11 – зовнішній вигляд FinMarkFTTH001-SM-02

2.5 Основні проектні рішення

Проаналізувавши вихідні дані та особливості Таромського мікрорайону прийнято рішення проводити розрахунок АД за технологією GPON.

У загальному вигляді принципова схема організації абонентського доступу [20] Таромського мікрорайону планується така, як на рис. 2.12.

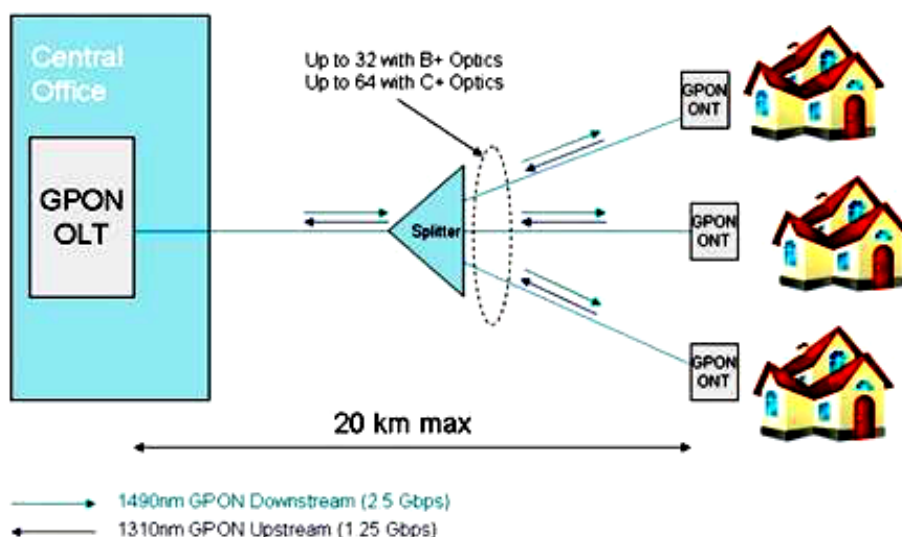


Рисунок 2.12- Концептуальна схема мережі GPON

2.5.1 Реалізація мережі GPON в районі індивідуального житлового будівництва Таромського мікрорайону за схемою 1X32:1X4 [15]. Схематичне зображення наведено на рис. 2.13, перелік обладнання, яке буде використовуватись представлено в табл. 2.7.



Рисунок 2.13 - Структурна схемна реалізація мережі GPON в районі індивідуального житлового будівництва

Таблиця 2.7 - Перелік обладнання, який планується використовувати у проекті

Найменування	Одиниця виміру.	Кількість
Муфта-крос 1го каскаду, PLC 1x32	шт.	8
Муфта-крос 2го каскаду, PLC 1x4	шт.	256
Оптичний кабель розподільний	км	160
Оптичний кабель - абонентський дроп	км.	20

2.5.2 Організація абонентського кластера на базі муфти-крос 2 каскаду

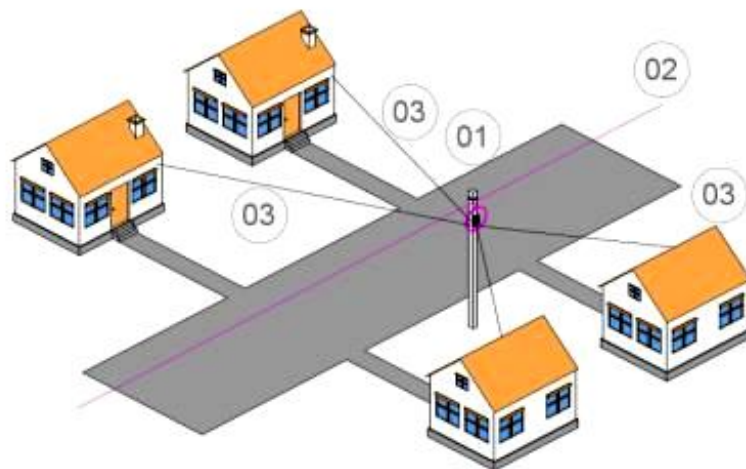


Рисунок 2.14 - Зона підключень абонентської муфти

Таблиця 2.8 - Перелік обладнання, яке планується використовувати

Найменування	Од. виміру.	Кількість
Муфта-крос 2го каскаду, PLC 1x4	шт.	1
Оптичний кабель розподільний	км	0,5
Оптичний кабель - абонентський дроп	шт.	4

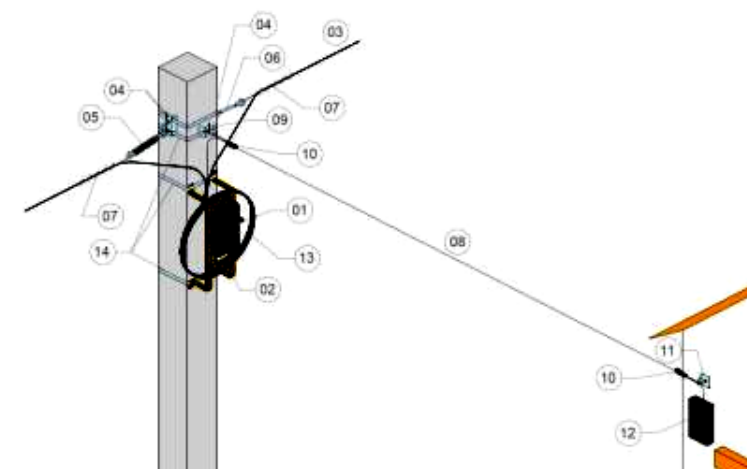


Рисунок 2.15 - Типова схема підключення абонентів – розподільний пристрій 2-го каскаду (Муфта-крос зі сплітером 1X4)

2.5.3 Підключення абонентів – розподільний пристрій 2-го каскаду
(Муфтакрос зі сплітером 1X4)

Таблиця 2.9 - Перелік обладнання, яке планується використовувати при підключенні абонентів на базі муфта-крос зі сплітером 1X4

Найменування	Одиниця виміру.	Кількість
1. Муфта-крос МКО-П1, PLC 1x4	шт.	1
2. Кронштейн для МКО-П1	шт.	1
3. Оптичний кабель розподільний	км	0,1
4. Вузол кріплення УК-Н-01	шт.	2
5. Талреп	шт.	1
6. ПромЗвено штанга вушко-вушко	шт.	1
7. Затиск НСО (спіральний)	шт.	2
8. Оптичний кабель - абонентський дроп	шт.	1
9. Вузол кріплення УК-П-01	шт.	1
10. затиск ODWAC	шт.	2
11. Кронштейн УН-Т	шт.	1
12. Транзитна (перехідна) коробка	шт.	0
13. Запас розподільного кабелю	км	0
14. Хомут стрічковий	шт.	8

2.5.4 Розподільний пристрій 1 каскаду (муфта-крос зі сплітером 1X32)

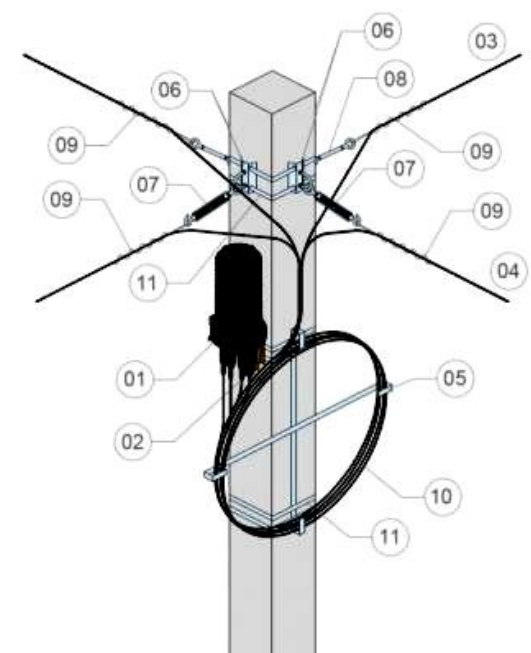


Рисунок 2.16 - Типова схема установки розподільного пристрою 1 каскаду муфта крос зі сплітером 1X32

Таблиця 2.10 - Перелік обладнання, яке планується використовувати при підключенні абонентів на базі муфта-крос зі сплітером 1X32

Найменування	Одиниця виміру.	Кількість
1. Муфта-крос МКО-ГЗ, PLC 1x32	шт.	1
2. Кронштейн для МТОК-ГЗ	шт.	1
3. Оптичний кабель магістральний	Км	0
4. Оптичний кабель розподільний	Км	1
5. Пристрій УПМК	шт.	1
6. Вузол кріплення УК-Н-01	шт.	4
7. Талреп	шт.	2
8. Пром.звено штанга вушко-вушко	шт.	2
9. Затиск НСО (спіральний)	шт.	4
10. Запас розподільного, магістрального кабелів	Км	-26]
11. Хомут стрічковий	шт.	8

2.6 Розрахунок оптичного бюджету PON

При проектуванні мережі PON найбільше запитань виникає про розрахунок оптичного бюджету потужності і оптичного бюджету втрат [26]. Розрахунок цих показників є основним при побудові PON дерева. Оптичний бюджет потужності визначається як різниця між потужністю передавача (SFPOLT трансивера) і чутливістю приймача в ONU.

Потужність обраного SFPOLTLTE3680P-BC-2DMCLASSC++ GPONZTE складає $\sim +4$ dBm, чутливість ONU: ~ -32 dBm

Таким чином, оптичний бюджет потужності для PON мережі становить приблизно 36 dB.

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

- загасання на коннекторах (~ 0.5 dB);
- загасання на волокні (0.36/0.24 dB / km на довжинах хвиль 1310/1490 nm);
- загасання на зварюванні волокна (~ 0.05 dB);
- загасання на спліттер (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 - Кількісні значення загасання сплітерів

Планарні сплітери		Зварні сплітери		
дільник	Загасання, dB	дільник	Загасання на довжині хвилі 1310nm, dB	Загасання на довжині хвилі 1550nm, dB
1x2	4.3	50/50	3.17 / 3.19	3.12 / 3.17
1x3	6.2	45/55	3.73 / 2.71	3.73 / 2.72
1x4	7.4	40/60	4.01 / 2.34	3.92 / 2.32
1x6	9.5	35/65	4.56 / 1.93	4.69 / 1.96
1x8	10.7	30/70	5.39 / 1.56	5.53 / 1.57
1x12	12.5	25/75	6.29 / 1.42	6.28 / 1.28

Продовження таблиці 2.11

1x16	13.9	20/80	7.11 / 1.06	7.21 / 1.06
1x24	16	15/85	8.16 / 0.76	8.17 / 0.82
1x32	17.2	10/90	10.08 / 0.49	10.21 / 0.60
1x64	21.5	05/95	13.70 / 0,32	12.83 / 0.35
1x128	25.5			

Для отримання більш точнозначення сумарного згасання необхідно визначити втрати на зварних і механічних з'єднаннях. Для цього потрібно обрати тип під'єднання спліттерів з оптичною муфтою, тобто за допомогою сварок або за допомогою конекторів. Існує декілька варіантів з'єднання спліттерів кожен має свої переваги та недоліки.

При зварному з'єднанні (всі виходи спліттера зварюються з волокном) перевагою є мінімальне згасання сигналу, а вагомим недоліком виступають значні трудовитрати при визначенні несправності в мережі та вартість відновлення з'єднання.

При механічному з'єднанні (всі виходи спліттера з'єднуються з волокном за допомогою конекторів) вагомим недоліком виступає максимальне згасання сигналу, натомість при встановленні несправності в мережі витрати на відновлення мінімальні.

При комбінованому з'єднанні (частина виходів спліттера зварюється з волокном, інша частина - з'єднується конекторами) згасання сигналу оптимальне, при цьому трудовитрати на відновлення мережі досить низькі. Як показує практика, провайдери найчастіше вибирають комбінований варіант з'єднання спліттерів, тому щовін забезпечує компроміс між згасанням сигналу і зручністю пошуку несправностей в мережі та її відновлення.

На рис.2.17 представлено комбінований метод з'єднання спліттерів для топології «дерево» [27].

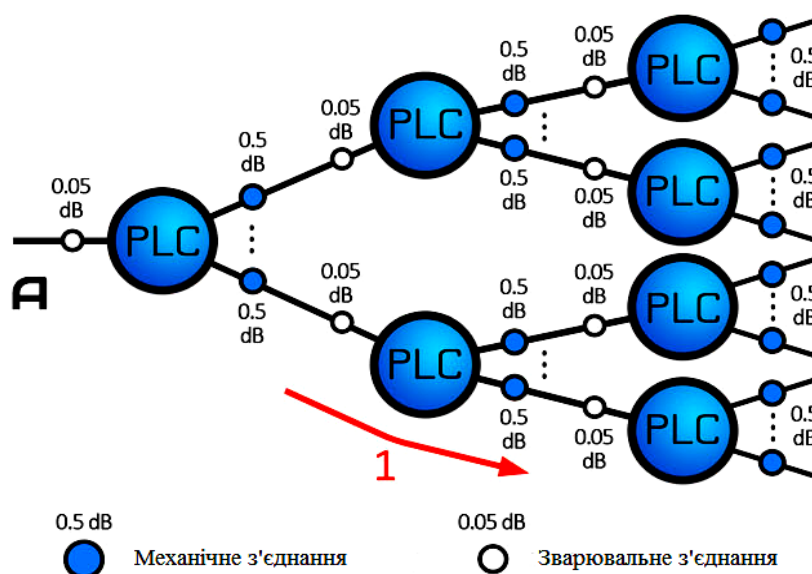


Рисунок 2.17 - Оптимальні схеми з'єднання спліттерів для топології «дерево» із зазначенням місць сварок і механічних з'єднань

Проаналізувавши рис.2.17, робимо наступний висновок: для деревовидної топології: при проходженні через PLC спліттер (напрямок 1) сигнал втрачає на звареному і механічному з'єднаннях сумарно 0.55 dB ($0.5 + 0.05$). При цьому приймається, що в якості показників згасання на зварних і механічних з'єднаннях використовувалися максимально допустимі значення. Середнє згасання на SC конекторі становить 0.35 dB, а згасання на місці зварювання може становити всього 0.01 dB або менше.

При документуванні проекту оптичний бюджет втрат повинен бути пораховано більш точно і для кожного кінцевого вузла мережі. Для визначення сумарного згасання всіх елементів ланцюга користуємось формулою 2.1, представленою нижче:

$$A\Sigma = \alpha * L\Sigma + AW * NW + AC * NC + AS, \text{ dB} \quad (2.1)$$

Де $A\Sigma$ - сумарне згасання сигналу;

α - згасання сигналу на 1км оптоволоконна при довжині хвилі 1310нм;

$L\Sigma$ - сумарна довжина оптоволоконна від OLT-а до кінцевого вузла;

AW - згасання сигналу на зварному з'єднанні;

NW - кількість зварних з'єднань на шляху проходження сигналу від OLT-а до кінцевого вузла;

AC - згасання сигналу на механічному з'єднанні;

NC - кількість механічних з'єднань на шляху проходження сигналу від OLT-а до кінцевого вузла;

AS - сумарне згасання сигналу на каскаді спліттерів;

$$A\Sigma = 0,36 * 2,5 + 0,05 * 2 + 0,5 * 2 + 24,6, \text{ dB} = 26,6 \text{ dB}$$

Також закладаємо 3 dB експлуатаційного резерву:

$$26,6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 29,6 \text{ dB} < 36 \text{ dB}$$

2.7 Розрахунок трафіку проектованої мережі

Даний проект мережі доступу мікрорайону «Гаромське» міста Дніпра має за мету забезпечити населення широкосмуговим доступом до Інтернету, Ір-телефонії, IPTV. Підключення до магістралі ПАТ «Укртелеком» проводиться через власну мережу GPON, забезпечуючи вихід на опорний вузол мережі ЦАТС міста Дніпра, розташованого за адресою Старий Шлях, 5-А. Основне та додаткове навантаження розраховується виходячи з чисельності абонентської мережі.

Розрахунок пропускної здатності, проектованої мережі проводиться відповідно до чисельності максимально планованої абонентської бази,

мікрорайону Таромське, зацікавленості різних груп абонентської бази, в послугах., які планується надаватись[30].

Розрахунок пропускної здатності мережі буде виконуватись, виходячи з таких показників:

- швидкість доступу до мережі Internet: $V_{int} = 20$, Мбіт / с;
- швидкість доступу до IP-телефонії: $V_{sip} = 100$, Кбіт / с;
- швидкість доступу до IPTV: $V_{iptv} = 8$, Мбіт / с.

Розраховуємо пропускну здатність [28] мережі на рівні доступу за умови, що послугами одночасно користуються 100% користувачів:

$$P_{p.d} = P_{int} + P_{sip} + P_{iptv}, \quad (2.2)$$

$$\text{де : } P_{int} = V_{int} * n, \quad (2.3)$$

$$P_{sip} = V_{sip} * n \quad (2.4)$$

$n = 128$ - кількість підключень на 1 порт OLT.

$$P_{int} = 20480 * 128 = 2621440, \text{Кбіт/с}$$

$$P_{sip} = 100 * 128 = 12800, \text{Кбіт/с}$$

Для IPTV попередньо виділяємо 50 каналів, тобто:

$$P_{iptv} = V_{iptv} * 50,$$

$$P_{iptv} = 8192 * 50 = 409600, \text{Кбіт/с}$$

$$P_{p.d} = 2621440 + 12800 + 409600 = 3043840, \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} = 3,04, \text{Гбіт/с}$$

Ситуація, коли всіма послугами одночасно користуються 100% користувачів, зустрічаються вкрай рідко. За підсумками моніторингу деяких операторів, в середньому, послугою Інтернет одночасно користуються приблизно 70% користувачів, а послугою IP-телефонії - 30% користувачів. Тоді пропускна здатність мережі на рівні доступу буде:

$$P_{p.d} = (P_{int} * 0.7) + (P_{sip} * 0.3) + P_{iptv} \quad (2.5)$$

$$P_{p.d} = (2621440 * 0,7) + (12800 * 0,3) + 409600 = 2248448, \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} = 2,24, \text{ Гбіт/с}$$

Пропускна здатність мережі на рівні агрегації розраховується наступним чином[28]. Так як обраний лінійний термінал (OLT) має 8 портів доступу то кількість користувачів підключених до одного OLT дорівнюватиме:

$$m_{p.a} = 128 * 8 = 1024 \quad (2.6)$$

Тоді за умови, що всіма послугами одночасно користуються 100% користувачів, пропускна здатність OLT дорівнюватиме:

$$P_{p.a} = P_{p.d} * 8 \quad (2.7)$$

$$P_{p.a} = (2621440 + 12800 + 409600) * 8 = 24350720, \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} = 24,35, \text{ Гбіт/с}$$

У випадку, коли послугою Інтернет одночасно користуватимуться приблизно 70% користувачів, а послугою IP-телефонії - 30% користувачів, пропускна здатність OLT буде:

$$P_{p.a} = ((2621440 * 0,7) + (7168 * 0,3) + 409600) * 8 = 17987584, \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} = 17,98, \text{ Гбіт/с}$$

Пропускна здатність мережі на рівні агрегації буде дорівнює: 17,98 Гбіт / с

2.8 Висновки

У другому розділі створена зведена характеристика Таромського мікрорайону, виконано розрахунок портів доступу проектованої мережі, обрано необхідне обладнання та наведено його основні характеристики, представлена реалізація мережі GPON в районі індивідуального житлового будівництва, виконано розрахунок оптичного бюджету PON та трафіку проектованої мережі.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення населення Таромського мікрорайону міста Дніпра послугою мультисервісного доступу до мережі Internet за допомогою технології PON. У кваліфікаційній роботі виконано аналіз існуючих технологій PON та надано перевагу технології GPON.

3.1 Розрахунок капітальних витрат на побудову абонентської мережі широкопasmового доступу

Капітальні вкладення - це витрати праці, матеріально-технічних ресурсів, коштів на відтворення основних виробничих фондів. У капітальні вкладення не включається капітальний ремонт основних фондів [32].

Для будівництва проекрованої мережі широкопasmового доступу необхідні такі капітальні вкладення:

- на придбання обладнання широкопasmового доступу, придбання кабелів і витратних матеріалів;
- на транспортні і заготівельно-складські витрати;
- на монтаж і налаштування обладнання.

Капітальні витрати наведені у таблиці 3.1

Витратина транспортні і заготівельно-складські витрати 10% від вартості обладнання, вартість монтажу і налаштування приймаємо 10% від вартості обладнання, витрати на тару і упаковку 0,5% від вартості обладнання.

Таблиця 3.1 – Капітальні витрати на проектовану мережу широкопasmового доступу

Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість, грн	Сума, грн
BDCOMOLTGPONGP3600-08-AC оптичний лінійний термінал	шт	1	57996	57996
SFP OLT LTE3680P-BC-2DM CLASS C++ (-32dBm) GPON ZTE	шт	8	1003.4	8027,52

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
PLC Splitter (Сплиттер) 1x32, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField	шт	8	867.84	6942,72
PLC Splitter (Сплиттер) 1x4, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField	шт	256	160	40960
ОЦПс-2А1(1x2)-1,5 кабель	км	160	3400	544000
FinMark FTTH001-SM-02 дроп	км	5	2050	10250
HG8346 GPON ONU Huawei абон. Термінал	шт	1024	498	552345,6
Муфта-крос МКО-П1, PLC 1x4	шт.	264	600	158400
PON-бокс MDU 3480 RCI	шт	8	1155.3	9242,48
Кронштейндля МКО-П1	шт.	264	10	2640
Вузол кріплення УК-Н-01	шт.	604	10	6040
Талреп	шт.	272	10	2720
ПромЗвено штанга вушко- вушко	шт.	272	7	1904
Затиск НСО (спіральний)	шт.	544	3	1632
Вузол кріплення УК-П-01	шт.	1	50	50
Затиск ODWAC	шт.	512	10	5120
Кронштейн УН-Т	шт.	256	30	7680
Хомут стрічковий	шт.	1040	4	4160
Всього на придбання обладнання				1395897,6
Транспортні і заготівельно-складські витрати (10%)				139589,76
Монтаж і налаштування обладнання (10%)				139589,76
Всього за кошторисом				1675077,12

Таким чином, капітальні витрати на здійснення проекту розраховуються за формулою:

$$K = K_{Об} + K_{Тр} + K_{Монт}, \text{ грн.} \quad (3.1)$$

де $K_{Об}$ – вартість обладнання;

$K_{Монт}$ – вартість монтажу і налаштування обладнання;

$K_{Тр}$ – вартість транспорту і заготівельно-складських витрат.

$$K_{Об} = 57996 + 8027,52 + 6942,72 + 40960 + 544000 + 10250 + 552345,6 + 158400 + 9242,48 + 2640 + 6040 + 2720 + 1904 + 1632 + 50 + 5120 + 7680 + 4160 = 139589,76 \text{ грн.}$$

$$K = 139589,6 + 139589,76 + 139589,76 = 1675077,12 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Витрати при експлуатації систем широкоплатформеного доступу складаються з витрат на заробітну плату, відрахувань на соціальне страхування, витрат на матеріали і запасні частини, паливо, електроенергію, амортизаційних відрахувань та інших витрат.

Сума всіх витрат складових експлуатаційні витрати

$$З = C_A + C_З + C_C + C_T + C_E + C_{Ін}, \quad (3.2)$$

C_A - амортизаційні відрахування, грн.;

$C_З$ - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

C_C - відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, грн.;

C_T - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт обладнання, грн.;

C_E вартість електроенергії, що споживається об'єктом проектування, грн.;

$C_{Ін}$ - інші витрати, грн.

3.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Розглянемо метод зменшення залишкової вартості. Приймаємо що обладнання буде працювати 5 років. Норму амортизаційних відрахувань H_B розраховуємо за наступною формулою:

$$H_B = 1/T * 100\% \quad (3.3)$$

де T - термін роботи обладнання, 5 років

$$H_B = 1/5 * 100\% = 20\%$$

Амортизаційні відрахування знаходимо за формулою 3.4.

$$C_A = K_{Ob} * H_B, \quad (3.4)$$

де K_{Ob} – вартість обладнання,

H_B – норма амортизаційних відрахувань, %.

$$C_A = 1395897,6 * 0,2 = 279179,52 \text{ грн.}$$

3.4 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Проектуючи мережу абонентського доступу для Таромського мікрорайону залучимо сім працівників, з яких один працівник – провідний інженер, два – механіки, два оператори, два – адміністратори, таблиця 3.2.

Розрахуємо річний фонд заробітної плати [31], враховуючи, що номінальний річний фонд робочого часу розраховується за формулою:

$$F_H = (T_K - T_{Cv} - T_{Vix} - T_{Bid}) * t, \quad (3.5)$$

де F_H – номінальний річний фонд робочого часу

T_K – кількість календарних днів;

T_{Cv} – кількість святкових днів;

T_{Vix} – кількість вихідних днів;

T_{Bid} – кількість днів, що надаються на відпустку;

t – кількість робочих годин на день.

$$F_H = (365 - 10 - 104 - 30) * 8 = 1768 \text{ (годин)}$$

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 9% від основної заробітної плати за формулою:

$$C_{Зд} = C_{Зосн} * 9\%, \text{ грн.} \quad (3.6)$$

де $C_{Зд}$ – додаткова заробітна платня працівників підприємства.

$C_{Зосн}$ – основна заробітна плата персоналу.

Таблиця 3.2 – Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

Найменування професії робітників	Явочний штат в зміну, чол.	Година тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, ч.	Всього, пряма зарплата за тарифом, грн.	Доплати (4%), грн.	Премія (10%), грн.	Усього основна зарплата, грн.
Оператор	2	30	1768	53040	2121,6	5304	60465,6
Адміністратор	2	30	1768	53040	2121,6	5304	60465,6
Всього	4			106080	4243,2	10608	120930

$$C_{зд} = 120930 * 0,09 = 10883,7 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу складає:

$$C_3 = C_{зосн} + C_{зд}, \text{ грн.} \quad (3.7)$$

$$C_3 = 120930 + 10883,7 = 131814 \text{ грн.}$$

3.5 Розрахунок витрат на соціальні заходи

Дотримуючись встановленого чинним законодавством відсотка від заробітної плати розраховуємо відрахування на соціальні заходи:

$$C_C = (C_3 * 37)/100 \quad (3.8)$$

$$C_C = (131814 * 37)/100 = 48771 \text{ грн.}$$

3.6 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування і мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату механікам і визначаються у відсотках до капітальних витрат.

3.7 Розрахунок витрат на матеріали і запчастини

Витрати на матеріали і запчастини (М) приймаються в розмірі 3% від витрат на впровадження системи абонентського доступу на проєктованому ділянці.

$$M = K * 0,03 \quad (3.9)$$

$$M = 1535487,36 * 0,03 = 46064,62 \text{ грн.}$$

3.8 Витрати на ремонт обладнання

Витрати на ремонт обладнання приймаються в розмірі 2% від його вартості:

$$P_{\text{обл}} = 1395897,6 * 0,02 = 27917,95 \text{ грн.}$$

3.9 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт обладнання розраховуємо за формулою:

$$C_T = M + P_{\text{обл}} \quad (3.10)$$

$$C_T = 46064,62 + 27917,95 = 73982,57 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії, що споживається об'єктом проєктування

Вартість електроенергії, що споживається мережею абонентського доступу мікрорайону, вираховуємо за формулою:

$$C_E = W_P * T_E, \text{ грн.} \quad (3.11)$$

де W_P – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт годин

T_E – тариф на електроенергію, грн./кВт годин.

Згідно існуючих тарифів на електроенергію для юридичних осіб:

$$T_E = 171.908 \text{ коп./кВт}$$

Згідно технічних характеристик обладнання, яке застосовується при побудові мережі абонентського доступу для мікрорайону маємо:

$$W_P = W_M * 12 \quad (3.12)$$

де W_M – кількість спожитої електроенергії за місяць, кВт

$$W_M = 200 \text{ кВт,}$$

$$W_P = W_M * 12 = 200 * 12 = 2400 \text{ кВт.}$$

Отримавши показники T_E та W_P визначаємо C_E :

$$C_E = W_P * T_E \quad (3.13)$$

$$C_E = 171.908 * 2400 = 4125,80 \text{ грн.}$$

3.10 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації мережі абонентського доступу мікрорайону включають витрати на охорону праці, спецодяг та інше. Відповідно до практики ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{In} = C_3 * 4\% \quad (3.14)$$

$$C_{In} = 131814 * 0,04 = 5272,56 \text{ грн}$$

Таким чином остаточний підрахунок річних експлуатаційних витрат мережі абонентського доступу мікрорайону міста матиме наступний вигляд:

$$З = C_A + C_3 + C_C + C_T + C_E + C_{In} \quad (3.15)$$

$$З = 837538,56 + 131814 + 48771 + 73982,57 + 4125,8 + 5272,56 = 1101504 \text{ грн.}$$

Розраховані результати капітальних та експлуатаційних витрат зведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Експлуатаційні витрати на організацію проекту

Найменування витрат	Сума, грн.
Амортизація	279179,52
Фонд оплати праці	131814
Єдиний соціальний податок	48771
Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт	73982,57
Витрати на електроенергію	4125,80
Інші витрати	5272,56
Усього	543145,5

3.11 Визначення економічного ефекту проекту

Визначення прибутку від реалізації, що отримує підприємство в результаті надання послуг

Місячний дохід від реалізації може бути вирахований наступним чином:

$$V_M = X_K * T_{\Pi} , \quad (3.16)$$

Де: X_K – кількість клієнтів, яким надається послуга,

T_{Π} – тариф на надання послуги, міс.

За наступними даними:

$$X_K = 1024 \text{ осіб,}$$

$$T_{\Pi} = 250 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річний дохід від реалізації проекту з надання послуги високошвидкісного доступу до Internet абонентам телефонної мережі V_p :

$$V_M = 1024 * 250 = 256000 \text{ грн.}$$

$$V_p = V_M * 12 \quad (3.17)$$

$$V_p = 256000 * 12 = 3072000 \text{ грн}$$

Річний прибуток мережі абонентського доступу мікрорайону може бути порахований наступним чином:

$$P_p = V_p - Z \quad (3.18)$$

$$P_p = 3072000 - 543145,50 = 2528854,50 \text{ грн}$$

3.12 Визначення та аналіз показників економічної ефективності проекту

Оцінка економічної ефективності розглянутих у спеціальній частині дипломного проекту технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

- розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат E_p ,
- терміну окупності капітальних витрат T_p .
- коефіцієнт ефективності капітальних витрат E_p показує, скільки гривень додаткового прибутку приносить одна гривня капітальних витрат, та рахується наступним чином:

$$E_p = P_p / K, \quad (3.19)$$

де: P_p – річний прибуток проекту,

K – капітальні витрати проекту.

$$E_p = 2528854,50 / 1675077,12 = 1,509 \text{ грн.}$$

Отже одна гривня капітальних витрат приносить 1.509 грн. додаткового прибутку.

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років капітальні витрати окупляться за рахунок прибутку проекту:

$$T_p = K / P_p \quad (3.20)$$

$$T_p = 1675077,12 / 2528854,50 = 0,663 \text{ року}$$

3.13 Висновок

Капітальні витрати на здійснення проекту становлять 1675077,12грн.

Експлуатаційні витрати на організацію проекту широкополосного доступу до мережі Internet для абонентів телефонної лінії становлять 543145,5грн.

Річний прибуток мережі абонентського доступу мікрорайону становить 2528854,50 грн.

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат (E_p) вказує на те, що одна гривня капітальних витрат приносить додатковий прибуток 1, 509 грн.

Отриманий T_p показує, що проект побудови мережі абонентського доступу мікрорайону матиме строк окупності 0,663 року при підключенні всіх можливих абонентів (1024) до мережі.

Таким чином проект з надання послуги Internet абонентам телефонної лінії є вигідним. Немає необхідності утримувати великий штат працівників бо обладнання конфігурується дистанційно. Результати соціологічного опитування говорять про те, що послуга доступу до мережі Internet є затребуваною, навіть при відносно високих цінах. Необхідно вкладати кошти на розвиток мережі доступу та транспортної мережі, щоб підвищити конкурентоспроможність, швидкість передачі інформації і кількість користувачів.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи виконано огляд існуючих технологій побудови мережі доступу. Ретельно розглянуто доцільність впровадження тієї чи іншої технології, в залежності від інфраструктури району проектування, типу забудови, кількості потенційних абонентів, наявності постачальників аналогічних послуг, тощо. Для проектування мережі доступу в Таромському мікрорайоні обрано технологію GPON як таку, що є сучасною, перспективною, легкомасштабуємою, за наявності потреби в проведенні абонентського доступу більшій кількості абонентів, та енергоефективною.

В спеціальному розділі дипломного проекту проведено ретельне дослідження Таромського мікрорайону, а саме пошук можливості впровадження провідного швидкісного стаціонарного мережевого доступу. В результаті було встановлено, що на території Таромського мікрорайону побудовані дві опірні підстанції ПАТ «Укртелеком» - провайдера, який є постачальником інтернету першого рівня. На баз однієї з них, а саме ОПТС-4 749(ВМ 15/1), яка знаходиться за адресою: м.Дніпро, вул.Старий Шлях, 5-А і вирішено організувати проект.

Проведено дослідження Таромського мікрорайону, а саме: типу забудови, щільності розміщення та кількості домоволодінь. Розглянуто та обрано варіанти побудови мережі, згідно отриманих під час дослідження району проектування даних. Обрано сучасне надійне обладнання в кількості, необхідній для реалізації проекту.

В економічному розділі, на підставі переліку обраного обладнання, необхідного в кількості для організації стаціонарного абонентського доступу в Таромському мікрорайоні міста Дніпра, проведено розрахунок капітальних витрат на втілення проекту. На підставі отриманих за результатом розрахунку даних, здійснено аналіз таких показників як коефіцієнт ефективності капітальних витрат та термін окупності. Результати розрахунку в економічній частині є такими, що свідчать про те що проект економічно-ефективний та перспективний.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Проектування, будівництво та експлуатація мереж широкопasmового доступу Навчальний посібник з дипломного проектування та виконання магістерських робіт. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://metod.onat.edu.ua/download/261>. - Загол. з екрану.

2 Банк лекцій. Учебные материалы ОКСО 210000. Электронная техника, радиотехника и связь. Лекции для преподавателей и студентов. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii>. - Загол. з екрану.

3 Архітектура і технологія побудови мережі доступу. Моделі й архітектура мережі доступу. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.znanius.com>

4 Фокин, В. Г., Основы оптической связи (Електрон. ресурс): практикум / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и. - Новосибирск: СибГУТИ, 2013. - 35 с.

5 Ирвин, Дж. Передача данных в сетях: инженерный подход: Пер. с англ. / Дж. Ирвин, Д. Харль - СПб. БХВ-Петербург., 2013. -448 с.

6 Інформаційно-аналітична записка Поняття «широкопasmового доступу» до мережі Інтернет Автор: Олександр ГИРИЧ Рецензія: Ігор ПРОЦИКЕВИЧ. (Електрон. ресурс). Спосіб доступу: URL: <http://dialog.lviv.ua/wp-content/uploads/2016/06/Ponyattya-SHSD.pdf>

7 Metro Ethernet. Архитектура и технологи. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <https://nag.ru/articles/reviews/15443/metro-ethernet-arhitektura-i-tehnologii.html>

8 Электронные средства обучения. 6.3.1. Модели и архитектура сети доступа. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.znanius.com/3688.html?&L=2>

9 Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник (для вищих навчальних закладів) / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.: іл. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:

<http://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Vorobiyenko-P.P.-Telekomunikatsijni-ta-informatsijni-merezhi.pdf>

10 Цифровая автоматическая телефонная станция «ДНІПРО-МТ» ТОВ НПП "МонТекс", 2016-2018 © МонТекС (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://server.monteks.dp.ua:8080/Monteks/Dneprmt>

11 Е.Гаскевич, І.Петренко Мікротрубчатая каналізація для мереж FTTH (Первая Миля №4,2012). 3. Гаскевич Е., Петренко І., Убайдуллаев Р. Волоконно-оптичні мережі доступу для районів малоповерхової забудови. - Вісник зв'язку, 2011, №4. 4. Гаскевич Е. Мережі PON для районів індивідуальної та малоповерхової житлової забудови. - Первая миля, 2012 №1.

12 Бубліченко Н. Широкопasmовий доступ в рамках архітектури FTTH: ефективні рішення компанії "СТР". - Журнал "Первая миля", № 5-6, 2010.

13 Гаскевич Е., Петренко І., Убайдуллаев Р. Волоконно-оптичні мережі доступу для районів малоповерхової забудови. - Вісник зв'язку, 2011, №4.

14 Гаскевич Е. Мережі PON для районів індивідуальної та малоповерхової житлової забудови. - Первая миля, 2012 №1.

15 ic-line.ua (Електрон. ресурс) /Спосіб доступу: URL: <http://ic-line.ua/wiki/sravnenie-pon-s-klassicheskoy-ftth-skhemoj-podklyucheniya-abonentov>

16 ic-line.ua (Електрон. ресурс) /Спосіб доступу: URL:<http://ic-line.ua/wiki/sravnenie-pon-s-klassicheskoy-ftth-skhemoj-podklyucheniya-abonentov>

17 ТОВ "Оптокон Україна" (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://optokon.ua/arts/opticheskii-splitter-kak-osnovnoi-element-setei-pon/>

18 Lantorg.com (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<https://lantorg.com/products/bdcom-olt-gpon-gr3600-08-ac>

19 Lanmarket.ua (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<https://lanmarket.ua/plc-splitters-deliteli-planarnye/fiberfield-plc-splitter-1x32-sc-upc-900-um-1500-mm-2787/>

20 Device.com.ua (Електрон. ресурс) /Спосіб доступу: URL:<https://device.com.ua/blog/novosti-tehnologiy/chto-takoe-gpon-gepon/>

- 21 HBO ПасКом (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://paskom.ru/stati/opticheskaya-mufta-dlya-chego-ona-nuzhna/>
- 22 Lanmarket.ua (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://lanmarket.ua/huawei/huawei-hg8346-gpon-onu-2584/>
- 23 Lanmarket.ua (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://lanmarket.ua/stats/osobennosti-primeneniya-opticheskikh-volokon-v-setyakh-fttx>
- 24 lantorg.com (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://lantorg.com/products/kabel-ocps-4a11h4-15>
- 25 lantorg.com (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://lantorg.com/products/finmark-ftth001-sm-02>
- 26 ic-line.ua (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://ic-line.ua/wiki/pon-byudget>
- 27 ic-line.ua (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://ic-line.ua/wiki/7-raschjot-opticheskogo-byudzheta-poter>
- 28 Расчет пропускной способности сети
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://studfiles.net/preview/4599800/page:3>
- 29 lanmarket.ua (Електрон. ресурс) / <https://lanmarket.ua/gpon-sfp/sfp-olt-lte3680p-bc-2dm-class-c-32dbm-gpon/>
- 30 ТОВ ВБ «Фактор» (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:
URL:<https://i.factor.ua/ukr/journals/nibu/2016/april/issue-32/article-17158.html>
- 31 Грещак М.Г, Коцюба О.С. Управління витратами. (навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни) - Київський національний економічний університет, Київ, 2002
- 32 Покропивний С.Ф. Економіка підприємства (навчальний посібник) - Київський національний економічний університет, Київ, 2000

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломного проекту

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
Документація				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	2	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	22	
6	A4	Спеціальна частина	29	
7	A4	Економічний розділ	10	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	3	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії
Пояснювальна записка Собакаря Д.П.

Презентація.pptx

ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу

Керівник розділу _____ Романюк Н.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

