

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем  
Кафедра електронних комунікацій та інтернету речей**

«До захисту допущено»

ВО завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Галина СОЗОННИК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка**

**на Тему: “Аналіз варіантів абонентського доступу під час побудови  
мереж NGN”**

Виконав:

студент IV курсу, групи ТС-01

Джух Андрій Євгенійович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент кафедри ЕКІР, к.т.н., доцент

Гаттуров В. К. \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н Мазор С. Ю. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем**  
**Кафедра електронних комунікацій та інтернету речей**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма – «Системи електронних комунікацій та інтернету речей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

ВО завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Галина СОЗОННИК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

**Джуху Андрію Євгенійовичу**

1. Тема роботи «Аналіз варіантів абонентського доступу під час побудови мереж NGN», керівник роботи Гаттуров Віктор Каввич, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «22» травня 2024 р. № 2064
2. Термін подання студентом роботи: 14.06.2024
3. Вихідні дані до роботи: мережі наступного покоління (NGN) та мережі абонентського доступу
4. Зміст роботи: 1. Загальні принципи організації мережі наступного покоління. 2. Архітектура NGN. 3. Порівняльний аналіз мереж абонентського доступу. 4. Проект широкосмугового оптоволоконного доступу для району міста
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо: презентація 5 слайдів ( )

6. Дата видачі завдання: 21.02.2024

### Календарний план

з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні принципи організації мережі наступного покоління	21.02.2024 – 15.03.2024	Виконано
2	Архітектура NGN	15.03.2024 – 05.04.2024	Виконано
3	Порівняльний аналіз мереж абонентського доступу	05.04.2024 – 20.04.2024	Виконано
4	Проект широкосмугового оптоволоконного доступу для району міста	20.04.2024 – 15.05.2024	Виконано

Студент

Керівник роботи

Андрій ДЖУХ

Віктор ГАТТУРОВ

## РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 86 с., 41 рис., 13 табл., 17 лістингів, 15 джерел.

Тема роботи: Аналіз варіантів абонентського доступу під час побудови мереж NGN.

Мета роботи: Дослідження та аналіз різних варіантів побудови мереж абонентського доступу в мережах наступного покоління (NGN) з метою визначення їхніх переваг, недоліків та впливу на якість обслуговування та ефективність мережі.

Ключові слова: NGN, мережі абонентського доступу

## ABSTRACT

The text part of the thesis: 86 pp., 41 figures, 13 tables, 17 listings, 15 sources.

Work topic: Analysis of subscriber access options during the construction of NGN networks.

The purpose of the work: Research and analysis of various options for building subscriber access networks in next-generation networks (NGN) in order to determine their advantages, disadvantages and impact on service quality and network efficiency.

Keywords: NGN, subscriber access networks.

## Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	11
1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ .....	13
1.1 Передумови переходу до мереж NGN .....	13
1.2 Поняття мережі NGN, характеристики NGN .....	15
1.3 Класифікація послуг для мереж NGN.....	18
1.4 Висновки по розділу 1 .....	19
2 АРХІТЕКТУРА NGN.....	20
2.1 Загальні принципи архітектури NGN .....	20
2.2 Архітектура NGN, пропонована ITU-T .....	22
2.3 Архітектура NGN, пропонована MSF .....	28
2.4 Архітектура NGN, пропонована 3GPP.....	31
2.5 Висновки до розділу 2 .....	37
3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕРЕЖ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ .....	38
3.1 Еволюція мереж доступу при переході до мереж NGN.....	38
3.2 Класифікація технологій доступу .....	42
3.3 Структура перспективної мережі доступу .....	46
3.4 Огляд стандартів мереж PON та їх архітектури .....	49
3.5 Переваги PON порівняно з іншими технологіями.....	56
3.6 Висновки до розділу 3 .....	56
4 ПРОЕКТ ШИРОКОСМУГОВОГО ОПТОВОЛОКОННОГО ДОСТУПУ ДЛЯ РАЙОНУ МІСТА .....	57
4.1 Структурна схема лінійної частини мережі .....	57

					НТУУ2064-с-24.08ТС-01.2024ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Джух А. Є.				<i>Аналіз варіантів абонентського доступу під час побудови мереж NGN</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаттуров В. К.						6	86
Реценз.	Мазор С. Ю.					КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІТС		
Н. Контр.	Новіков В.І.							
Затверд.	Созонник Г. Д.							

4.2	Станційна ділянка .....	57
4.3	Магістральна ділянка.....	64
4.4	Розподільча ділянка .....	70
4.5	Абонентська ділянка.....	79
4.6	Висновки по розділу 4 .....	83
ВИСНОВКИ.....		84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		85

					НТУУ2064-с-24.08ТС-01.2024ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ADSL	- (Asymmetric Digital Subscriber Line) - асиметрична цифрова абонентська лінія
ATM	- (Asynchronous Transfer Mode) - асинхронний спосіб передачі даних
BPON	- (Broadband PON) - широкопasmугова пасивна оптична мережа
BRAS	- (Broadband Remote Access Server) - маршрутизатор широкопasmугового віддаленого доступу
DHCP	- (Dynamic Host Configuration Protocol) - протокол динамічної конфігурації вузла
DNS	- (Domain Name System) система доменних імен
DOCSIS	- (Data Over Cable Service Interface Specifications) - стандарт передачі даних по коаксіальному (телевізійного) кабелю
DSCP	- (Differentiated Services Code Point) - точка коду диференційованих послуг
DSLAM	- (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) - мультиплексор доступу цифрової абонентської лінії xDSL
EoMPLS	- (Ethernet over MPLS) – Ethernet через мультипротокольную комутацію по мітках
EoSDH	- (Ethernet over SDH) – Ethernet через синхронну цифрову ієрархію
EPON	- (Ethernet Passive Optical Network) – Ethernet- пасивна оптична мережа
FTTB	- (Fiber to the Building) - волокно до будівлі
FTTC	- (Fiber to the Curb) - волокно до мікрорайону, кварталу або групи будинків
FTTH	- (Fiber to the Home) - волокно до житла (квартири або окремого котеджу)
FTTN	- (Fiber to the Node) - волокно до мережевого вузла

FTTO	- (Fiber to The Office) - волокно до офісу
FTTx	- (Fiber to the x) - оптичне волокно до точки X
GPON	- (Gigabit Passive Optical Network) – гігабітна пасивна оптична мережа
GePON	- (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) - Gigabit Ethernet пасивна оптична мережа
HD	- (High Definition) - висока чіткість
HFC	- (Hybrid fibre-coaxial) - гібридна коаксіально-оптична мережа
ISDN	- цифрова мережа з інтеграцією служб
IEEE	- (Institute of Electrical and Electronics Engineers) - інститут інженерів з електротехніки та електроніки
IP	- (Internet Protocol) - міжмережевий протокол
LAN	- (Local Area Network) - локальна обчислювальна мережа
LTE	- (Long-Term Evolution) – стандарт бездротового зв'язку
NGN	- (New Generation Network) - мережа наступного покоління
ONT	- (Optical Network Terminal) - оптичний мережевий термінал
ONU	- (Optical Network Unit) - оптична мережева одиниця
OSI	- (Open Systems Interconnection) - взаємодія відкритих систем
PON	- (Passive optical network) - пасивна оптична мережа
POTS	- (Plain old telephone service) - звичайні телефонні служби
QoS	- (Quality of Service) - якість обслуговування
STP	- (Spanning Tree Protocol) - Протокол покриваючого дерева
TDM	- (Time Division Multiplexing) - часове мультиплексування
VDSL	- (Very-high data rate Digital Subscriber Line) – супершвидкісна цифрова абонентська лінія
VLAN	- (Virtual Local Area Network) - віртуальна локальна комп'ютерна мережа
VoIP	- (Voice over IP) - IP-телефонія
VPN-	(Virtual Private Network) - Віртуальна приватна мережа

WAN	- (Wide Area Network) - глобальна обчислювальна мережа
xDSL	- (Digital subscriber line) - цифрова абонентська лінія
ВРП	- вуличний розподільчий пункт
ВРШ	- вуличний розподільча шафа
ЛОМ	- локальна обчислювальна мережа
ПД	- передача даних
РП	- розподільчий пункт
СКС	- структурована кабельна система
ТП	- точка переходу
ТР	- телекомунікаційна розетка
ТШ	- телекомунікаційна шафа

## ВСТУП

В даний час стало очевидним, що традиційні мережі зв'язку (телефонні, телеграфні, передачі даних та ін) вже не в змозі задовольнити сучасні вимоги користувачів послуг зв'язку. Підтвердженням цьому є бурхливий розвиток Інтернету та мереж рухомого зв'язку. У зв'язку з цим світова телекомунікаційна спільнота висунула нову телекомунікаційну парадигму мережі наступного покоління NGN (Next Generation Networks), основою якої є використання пакетних технологій для передачі різних видів інформації по єдиній мережній інфраструктурі. Перед операторами зв'язку в усьому світі стоїть цілий комплекс проблем як ефективно здійснити міграцію від існуючих мереж зв'язку до мереж NGN, які мережеві архітектури та технології при цьому використовувати, які нові послуги будуть найбільш затребувані, як зне-друк якість та безпека роботи в мережі та багато іншого.

Слід зазначити, що останнім часом тематиці мереж NGN присвячено велике число статей у зарубіжних та вітчизняних науково-технічних журналах, матеріалів на сайтах в Інтернеті. У пропонованій книзі представлений систематизований матеріал з багатьох аспектів побудови мереж наступного покоління нормативно-правовим, системно-мережевим, організаційно-технічним, технологічним, апаратно-програмним та іншим. «класична» ієрархія мережевої архітектури NGN, що склалася вже, передбачає розподіл на рівень доступу, транспортний рівень, рівень управління комутацією і передачею інформації та рівень послуг. Відповідно до цього поділу у книзі проаналізовано концептуальні рішення міжнародних організацій зі стандартизації (МСЕ-Т, ETSI, 3GPP, IETF та ін.), а також архітектурні, технологічні та системно-мережеві рішення, що використовуються у вже реалізованих проектах мереж NGN зарубіжних та вітчизняних операторів зв'язку. У книзі значної уваги приділено аналізу перспективних послуг зв'язку, без успішного впровадження

яких неможливо окупити проекти мереж NGN, розглянуто проблеми білінгу та забезпечення безпеки послуг наступного покоління.

Основою книги послужили численні публікації у вітчизняних та зарубіжних журналах та матеріали з Інтернету (список використаних джерел інформації містить понад півтисячі найменувань), а також результати низки науково-дослідних робіт, виконаних Групою компаній «Старт», в яких брали участь автори.

Автори не тішать себе думкою, що вони висвітлили всі проблеми та методи їх вирішення для такого великого загальносвітового завдання, як побудова мереж зв'язку наступного покоління. Впевнені, що найближчим часом з'явиться безліч публікацій, у тому числі й книг, які розкривають ті чи інші аспекти цієї нової багатогранної та складної парадигми розвитку інфокомунікацій. Автори намагалися лише зробити свій скромний внесок у справу висвітлення нового напрямку розвитку телекомунікацій.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

### 1.1 Передумови переходу до мереж NGN

Розвиток телекомунікаційної індустрії призвів до переходу від традиційних телекомунікаційних мереж до Глобальної Інформаційної Інфраструктури (Global Information Infrastructure, GII) і від телекомунікаційних до інфокомунікаційних послуг. Технологічною основою інформаційного суспільства стала GII, що має забезпечити всім жителям планети рівний доступ до інформаційних ресурсів. GII складається з баз даних, засобів обробки інформації, мереж зв'язку і терміналів користувачів. Інфокомунікаційні послуги надають доступ до цих ресурсів через нові типи зв'язку, що дозволяє користувачам отримувати послуги, які раніше не були доступні. Сьогодні електронна пошта, Інтернет та мобільний зв'язок стали необхідною частиною нашого життя, але тепер ми бажаємо більше - можливість зв'язатися з друзями та колегами з будь-якої точки світу. Ми прагнемо мати один персональний номер, який би однозначно ідентифікував нас і направляв дзвінок на наш термінал у будь-якій мережі. Однак, навіть за таких умов, оператори зв'язку встановлюватимуть нове обладнання та надаватимуть нові сервіси лише у випадку, якщо це економічно обгрунтовано. Тому їхня потреба залучати нових абонентів та знижувати витрати на обслуговування веде до розробки мереж, які мають такі можливості:

- Швидке та ефективно впровадження нових послуг, щоб залучати нових абонентів;
- Зменшення витрат на обслуговування;
- Незалежність від постачальників обладнання;
- Конкурентоспроможність на ринку, оскільки дерегуляція телекомунікаційної галузі та нові технології стимулюють появу нових

операторів та сервіс-провайдерів, що пропонують розширений спектр послуг за доступніші ціни.

Інфокомунікаційна послуга - це послуга зв'язку, що передбачає автоматизовану обробку, зберігання або надання інформації із використанням обчислювальної техніки на обох кінцях з'єднання, як вхідному, так і вихідному. Основні технологічні характеристики інфокомунікаційних послуг включають:

- Розташування на верхніх рівнях моделі Взаємодії Відкритих Систем (VCS), на відміну від послуг зв'язку, що надаються на третьому, мережному рівні.
- Наявність клієнтської та серверної частин: клієнтська частина реалізується на обладнанні користувача, а серверна - на спеціальному виділеному вузлі мережі, що називається вузлом служб.
- Передачу мультимедійної інформації з високою швидкістю та несиметричністю вхідних і вихідних потоків.
- Використання складних багатоточкових конфігурацій з'єднань для надання послуг.
- Різноманітність прикладних протоколів і можливостей управління послугами з боку користувача.
- Використання додаткової адресації для ідентифікації абонентів інфокомунікаційних послуг.

Більшість інфокомунікаційних послуг є "додатками", тобто їх функціональність розподілена між обладнанням постачальника послуги та граничним обладнанням користувача. Тому функції граничного обладнання також повинні враховуватись при регламентації послуги. Бізнес-модель інфокомунікаційних послуг відрізняється від традиційної моделі послуг електрозв'язку, де було лише три основні учасники: оператор, абонент і користувач. Нова бізнес-модель передбачає наявність постачальника послуг, який надає інфокомунікаційні послуги абонентам і користувачам, при цьому

сам постачальник є споживачем послуг перенесення, що надаються оператором телекомунікаційної мережі.

Розвиток інфокомунікаційних послуг вимагає вирішення завдань ефективного управління інформаційними ресурсами з одночасним розширенням функціональності телекомунікаційних мереж. У 90-х роках минулого століття передбачалося, що ідея створення інфокомунікаційних мережі буде втілена за допомогою концепції інтелектуальної мережі. У 1993 році Міжнародний союз електрозв'язку (ITU-T) затвердив перші специфікації технології Intelligent Network (IN).

## 1.2 Поняття мережі NGN, характеристики NGN

NGN – це мережі з комутацією пакетів, у яких функції комутації відокремлені від функції надання послуг, дозволяють надавати широкий перелік послуг та додавати нові у міру їхньої розробки. Мережа NGN забезпечує широкосмуговий доступ та підтримує механізми якості обслуговування QoS. Мережа NGN — це не просто мережа з комутацією пакетів, що дозволяє оператору надавати всі відомі послуги зв'язку та використовувати для цього різноманітні високоякісні широкосмугові транспортні технології. Однією з головних рис мережі NGN є відокремлення функцій надання послуг від функцій транспортування. Підсумком такого «поділу» має стати необмежений доступ користувачів до послуг, які надають різні провайдери. Причому цей доступ повинен підтримуватися всюди і безперервно, тобто при необмеженій рухливості абонента.

Два з найбільш важливих, ключових аспектів мережі NGN полягають у розділенні управління обслуговуванням та надання послуг транспортної мережі та розширенні управління обслуговуванням для телефонних та мультимедійних послуг.

Необхідні платформи обслуговування повинні забезпечувати відкриті інтерфейси із застосуванням прикладних програмних інтерфейсів API (наприклад, такі як запро-дружини групою Parlay Group) та/або проксі-серверів для використання зовнішніх постачальників послуг. Послуги, що створюються при цьому, повинні бути доступні кінцевим користувачам при їх переміщенні між мережами, і, звичайно, наскрізні послуги повинні бути доступні для користувачів, підключених до різних мереж з різними постачальниками послуг.

Особливістю NGN з точки зору управління є також те, що ці мережі будуть складатися з більшої кількості різнотипних компонентів, включаючи мережні вузли, міжмережні шлюзи та ін. Однією з головних особливостей систем управління NGN є відкрита модульна архітектура.

При наданні послуг у мережах NGN є низка специфічних особливостей.

По-перше, бізнес-процеси в мережах зв'язку наступного покоління істотно відрізняються від мереж зв'язку попередніх поколінь. Принципова відмінність полягає у зростаючій ролі сервіс-провайдерів і, як наслідок, у перерозподілі доходів. За прогнозами різних експертів, очікується, що найближчими роками сформується новий ринок послуг контенту і до 2010 року він досягне 40% у загальному доході телекомунікаційного сектору. У зв'язку з цим операторам зв'язку необхідно визначити умови для формування єдиного сервісного простору, зразковий перелік базових послуг NGN як загальний необхідний мінімум та можливі шляхи взаємодії зі сторонніми постачальниками послуг та додатків (рис. 1.1).

По-друге, виникає необхідність майбутніх операторів мереж NGN оцінити можливості сервіс-провайдерів з надання базових послуг. З метою забезпечення якісної взаємодії операторських компаній із сервіс-провайдерами щодо надання послуг у мережах зв'язку наступного покоління доцільно проводити конкурс серед сервіс-провайдерів на відповідність послуг певним вимогам.



Рисунок 1.1 - Необхідність взаємодії операторів та сервіс-провайдерів

По-третє, особливістю ринку послуг NGN буде забезпечення гарантованого набору послуг, що включає основні базові можливості мереж зв'язку наступного покоління. Зокрема, це стосується одночасної передачі та прийому голосу, даних та зображення. Абоненти мереж NGN повинні мати можливість користуватися такими сервісами незалежно від того, який провайдер їх обслуговує, де вони територіально знаходяться та яке обладнання використовують. Єдиний базовий рівень надання послуг забезпечить створення єдиного сервісного простору, що поєднує операторів та споживачів мереж зв'язку наступного покоління, як інфраструктури споживання, що відповідає загальноприйнятим гарантованим вимогам якості.

Основні характеристики NGN:

- мережу на базі комутації пакетів, яка має розділені функції управління та перенесення інформації, де функції послуг та програм відокремлені від функцій мережі;
- мережу компонентної побудови з використанням відкритих інтерфейсів;
- мережа, що підтримує широкий спектр послуг, включаючи послуги в реальному часі та послуги доставки інформації, зокрема мультимедійні послуги;
- мережа, що забезпечує взаємодію з традиційними мережами електрозв'язку;

- мережу, що має загальної мобільністю, тобто, що дозволяє окремому абоненту користуватися та керувати послугами незалежно від технології доступу та типу терміналу, що використовується, і надає абоненту можливість вільного вибору постачальника послуг.

### 1.3 Класифікація послуг для мереж NGN

В даний час відсутня загальна класифікація послуг для мереж NGN. В рамках концепції, коли мережу NGN пропонується розглядати не як окрему категорію мереж зв'язку, а як інструмент побудови і розвитку існуючих мереж, послуги, що надаються в рамках фрагмента NGN, можна класифікувати таким чином:

- базові: послуги, орієнтовані на встановлення з'єднання з використанням фрагмента NGN між двома кінцевими терміналами;
- додаткові види обслуговування: послуги, що надаються разом з базовими і орієнтовані на підтримку додаткових списків можливостей (у зарубіжній літературі ДВО зазвичай іменується як VAS (Value Added Services) - послуги, що приносять додатковий прибуток;
- послуги доступу, орієнтовані на організацію доступу до ресурсів, і точок присутності інтелектуальних мереж і мереж передачі даних, у тому числі:
  - інформаційно-довідкові послуги: послуги, орієнтовані на надання інформації з баз даних, що входять до структури NGN;
  - послуги віртуальних приватних мереж: послуги, орієнтовані на організацію і підтримку функціонування VPN з боку елементів фрагмента NGN;
  - мультимедійні послуги: послуги, орієнтовані на забезпечення і підтримку функціонування мультимедійних застосувань з боку фрагмента NGN.

## 1.4 Висновки по розділу 1

Отже, в даному розділі було переглянуто передумови переходу до мереж наступного покоління (NGN). Було зрозуміло, що таке NGN та ознайомилися з їх характеристикою. Також ознайомилися з класифікаціями послуг для мереж наступного покоління.

## 2 АРХІТЕКТУРА NGN

### 2.1 Загальні принципи архітектури NGN

Загальними характеристиками NGN, визначеними ITU-T та ETSI, є поділ функцій перенесення інформації та функцій керування перенесенням інформації через мережу, а також відокремлення функцій послуг та додатків від власне зв'язкових функцій. Таким чином, йдеться про розподілену архітектуру, в якій зв'язок між компонентами здійснюється виключно через відкриті інтерфейси.

Розробкою нової мережевої архітектури NGN займаються кілька організацій (ITU-T, ETSI, International Packet Communications Consortium IPCC, Multiservice Switching Forum MSF та ін.). У всіх версіях еталонної архітектури NGN є певний елемент управління, який може називатися гнучким комутатором (softswitch), вузлом (сервером) управління обслуговуванням викликів, телефонним сервером, Call-агентом або контролером медіашлюзів MGC.

В даний час немає єдиного підходу до визначення архітектури NGN.

Якщо подивитися на мережу NGN з найвищої точки, то ми побачимо багатопшарову структуру - шар опорної пакетної мережі, шар керуючих серверів, незалежний шар, де розміщуються платформи різноманітних послуг, і шар абонентських пристроїв. Причому ці верстви пов'язані між собою відкритими інтерфейсами, у результаті й реалізується основна ідея NGN — «спілкування без кордонів».

Площинна архітектура наріжний камінь NGN, вона дозволить підвищити ефективність операторської діяльності та надати відкриті інтерфейси стороннім розробникам. Але оператору відкрити інтерфейс до сторонніх розробників буде непросто технологічно, хоча Інтернет показує приклад роботи у відкритому середовищі.

Рекомендація МСЕ-Т У.2011 «Базова архітектура мереж наступного покоління NGN» включає 4 основні функціональні рівні (рис. 2.1):

- рівень доступу, що містить мережу абонентського доступу до транспортної пакетної мережі;
- транспортний рівень, що включає магістральну мережу, побудовану на базі протоколів пакетної комутації;
- рівень управління викликами включає сукупність функцій управління всіма процесами в телекомунікаційній мережі;
- рівень послуг та експлуатаційного управління, який містить логіку виконання послуг та/або додатків та керує цими послугами, має відкриті інтерфейси для використання сторонніми організаціями (для розробки програм та нових послуг).

Оптимальним буде рішення, в якому переналаштування будь-якого з вищих рівнів не вимагатиме жодної адаптації нижчележачих. Ця особливість гарантує гнучкість та універсальність системи та здатна дати реальні конкурентні переваги компанії, що володіє подібною інфраструктурою.



Рисунок 2.1 - Базова архітектура мереж наступного покоління NGN  
(згідно з Рекомендацією МСЕ-Т У.2001)

Існує й інші підходи щодо визначення архітектури мережі NGN. Так наприклад, компанія Alcatel визначає такі шари архітектури NGN: доступу, шлюзів (підтримують стикування з мережами рухомого зв'язку, ТФОП та іншими), транспорту, керування, додатків, експлуатаційного керування.

## 2.2 Архітектура NGN, запропонована ITU-T

На рис. 2.2 наведено архітектуру мережі NGN, що відповідає пропозиціям ITU-T.

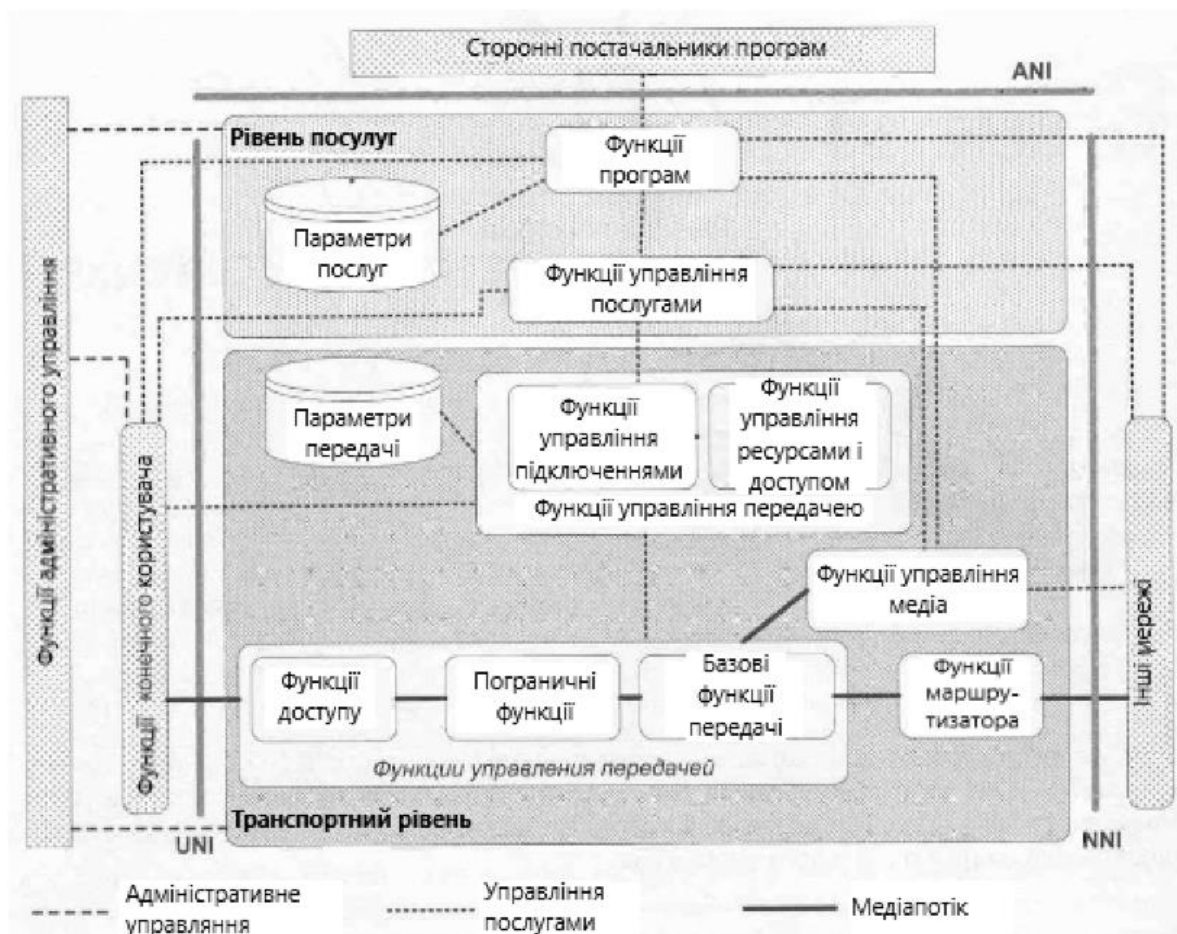


Рисунок 2.2 - Архітектура NGN, запропонована ITU-T

Як зазначалося, однією з головних характеристик мережі NGN є поділ функціональності послуг і транспорту, що дозволяє розвивати послуги

управління послугами, транспортні і прикладні послуги незалежно друг від друга.

Поділ подається у вигляді двох функціональних рівнів. Транспортні функції належать до транспортного рівня, а функціональність послуг лежить, відповідно, на рівні послуг. Горизонтальне розшарування показано на рис. 2.3 а вертикальне на рис. 2.4. Зазначимо такі особливості такого розшарування.

По-перше, існують транспортні функції, які тісно співвідносяться з перенесенням цифрових даних будь-якого виду між двома географічно рознесеними точками. Транспортний рівень може складатися з набору різних площин, що відносяться до рівнів 1 ... 3 еталонної моделі взаємодії відкритих систем (МВОС). Таким чином, транспортні функції надають можливість з'єднання двох мереж різної архітектури. Зокрема, транспортний рівень забезпечує:

- з'єднання користувачів між собою;
- з'єднання користувачів із платформами послуг;
- поєднання платформ послуг між собою.

Взагалі кажучи, на транспортному рівні можуть бути реалізовані будь-які існуючі мережеві технології, включаючи передачу даних з комутацією каналів (Connection Ori-ented Circuit Switched, CO-CS), передачу даних з комутацією пакетів (Connection Ori-ented Packet Switched, CO-PS) та пакетну передачу інформації без встановлення з'єднання (Connectionless Packet Switched, CLPS) згідно з Рекомендаціями МСЕ-Т G.805 та G.809. Передбачається, що протокол ІР буде базовим протоколом у NGN для надання як нових, так і по можливості існуючих послуг. Платформи послуг дозволяють надавати користувачам телефонні послуги, Web-послуги та ін. Рівень послуг, у свою чергу, може містити складний набір географічно рознесених платформ формування послуг або ж, у найпростішому випадку, мати функціональність послуг, необхідний для з'єднання лише двох користувачів .

По-друге, існує набір функцій додатків, необхідні надання послуг. До таких послуг належать голосові послуги (включаючи телефонію), послуги з передачі даних (включаючи Web-послуги), відеопослуги (включаючи перегляд фільмів та телевізійних програм) або комбінація перелічених вище послуг (наприклад, мультимедійні послуги, такі як відеотелефонія або ігри) . Існує також безліч інших критеріїв класифікації послуг (наприклад, відкладені послуги/послуги реального масштабу часу). На рис. 2.3 наведено приклади послуг мереж наступного покоління.



Рисунок 2.3 - Поділ функціональності послуг та транспорту

Кожен рівень може містити кілька шарів, кожен з яких концептуально може складатися з площини даних користувача, площини керування та площини менеджменту (рис. 2.4).

Взагалі кажучи, кожен рівень матиме певний набір ролей, учасників та адміністративних доменів згідно з рекомендацією МСЕ-Т 110. При цьому функціональність та роль послуг не залежатиме від транспортної складової. Кожен рівень необхідно розглядати окремо з технічного погляду. Це досягається шляхом поділу шару даних користувача на два рівні.

Грунтуючись на попередніх міркуваннях, а саме на концепції поділу функціональності послуг та транспорту, можна виділити два основні рівні, представлені на рис. 2.3. Рівень послуг NGN Частина NGN, яка надає функції сервісної передачі інформації, та функції управління та менеджменту послуг та

мережевих ресурсів. Цей рівень необхідний для функціонування послуг та додатків. Користувацькі послуги можуть реалізовуватись шляхом рекурсії багатошарових мереж у межах рівня послуг.

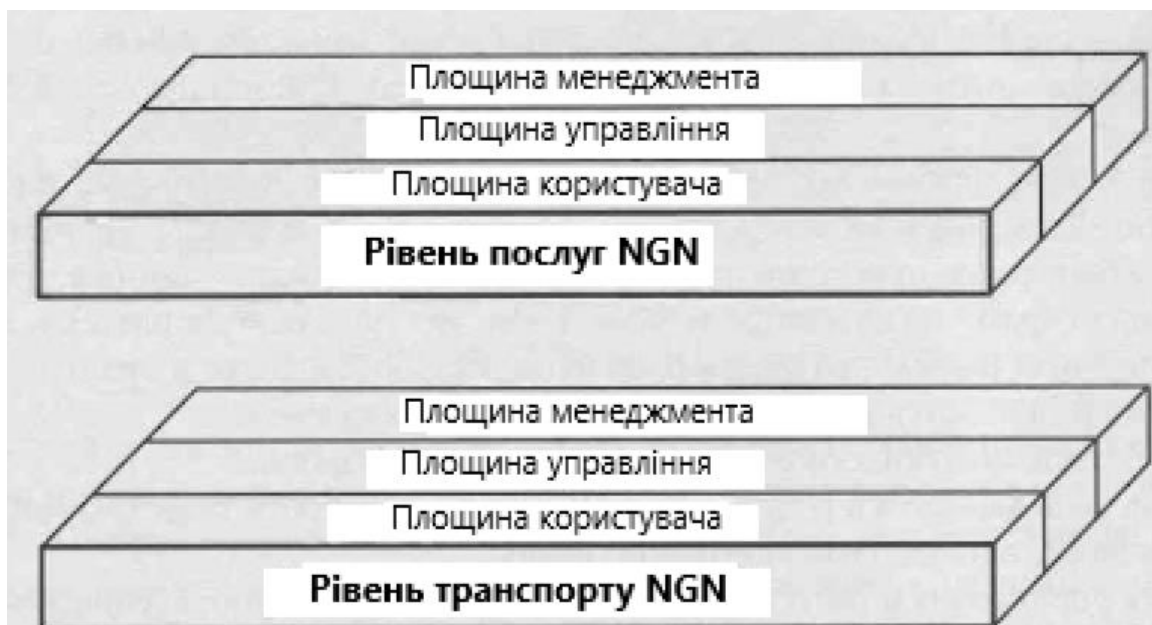


Рисунок 2.4 - Базова еталонна модель NGN

Рівень послуг NGN передбачає взаємодію послуг та додатків між рівноправними об'єктами мережі. Наприклад, послуги можуть відноситися до мовних, відео, інформаційних додатків або їх комбінації у разі надання мультимедійних послуг. З точки зору архітектури мережі, кожен шар на рівні послуг містить свої площини користувацьких даних, управління та менеджменту (рис.2.4).

Транспортний рівень NGN. Ця частина NGN забезпечує передачу інформації та надає функції з управління та менеджменту транспортними ресурсами. Під час передачі інформації для цілей управління та/або менеджменту встановлюються динамічні або статичні сполуки. Транспортний рівень реалізується шляхом рекурсії багатошарових мереж, як це показано в Рекомендаціях МСЕ-Т G.805 та G.809. З архітектурної точки зору, кожен шар у

транспортному рівні має свої площини даних, управління та менеджменту, але з деякими уточненнями:

1. Площини даних, управління та менеджменту логічно завжди присутні у кожному шарі.
2. Однак, на практиці для деяких шарів можуть бути відсутні площини управління або управління.
3. Відповідно до Рекомендації МСЕ-Т G.8080/Y.1304, функції, ідентичні функціям площини управління у багат шаровій архітектурі, можуть бути реалізовані в одному єдиному протоколі. Це стосується, наприклад, таких технологій, як оптична мережа з автоматичною комутацією (Automatically Switched Optical Network, ASON) та узагальнена мультипротокольна комутація за мітками (Generalized Multiprotocol Label Switching, GMPLS).
4. Згідно з Рекомендацією МСЕ-Т M.3010, функції, ідентичні площині менеджменту в багат шаровій архітектурі, можуть бути також реалізовані в одному протоколі. Загальні архітектурні принципи площин даних, управління та менеджменту можуть бути логічно визначені так, як показано на рис. 2.4. Крім того, із рис. 2.4 видно, що, крім поділу функціональності послуг і транспорту, на кожному рівні також виділяються площини управління та менеджменту.

У контексті мереж наступного покоління важливо розглядати:

1. Площина менеджменту в NGN як сукупність площини менеджменту рівня послуг та площини менеджменту транспортного рівня;
2. Площина управління в NGN як сукупність площини управління рівня послуг та площини управління транспортного рівня.

Оскільки площини, що розглядаються, можуть перекриватися, з'являються поняття загальних функцій управління та менеджменту. Важливо відзначити, що концепція площин NGN не передбачає вертикальної інтеграції площин, але потребує наявності точок дотику між ідентичними площинами

різних рівнів. Ця концепція необхідна спрощення переходу від функціонального розгляду побудови мережі NGN до її практичної реалізації.

При створенні послуг NGN використовується взаємодія функцій менеджменту та управління ресурсами, як показано на рис. 2.5. Цей підхід описаний серед інших у Рекомендації МСЕ-Т М.3010. Така ж взаємодія під час створення послуг притаманно функцій управління та передачі.

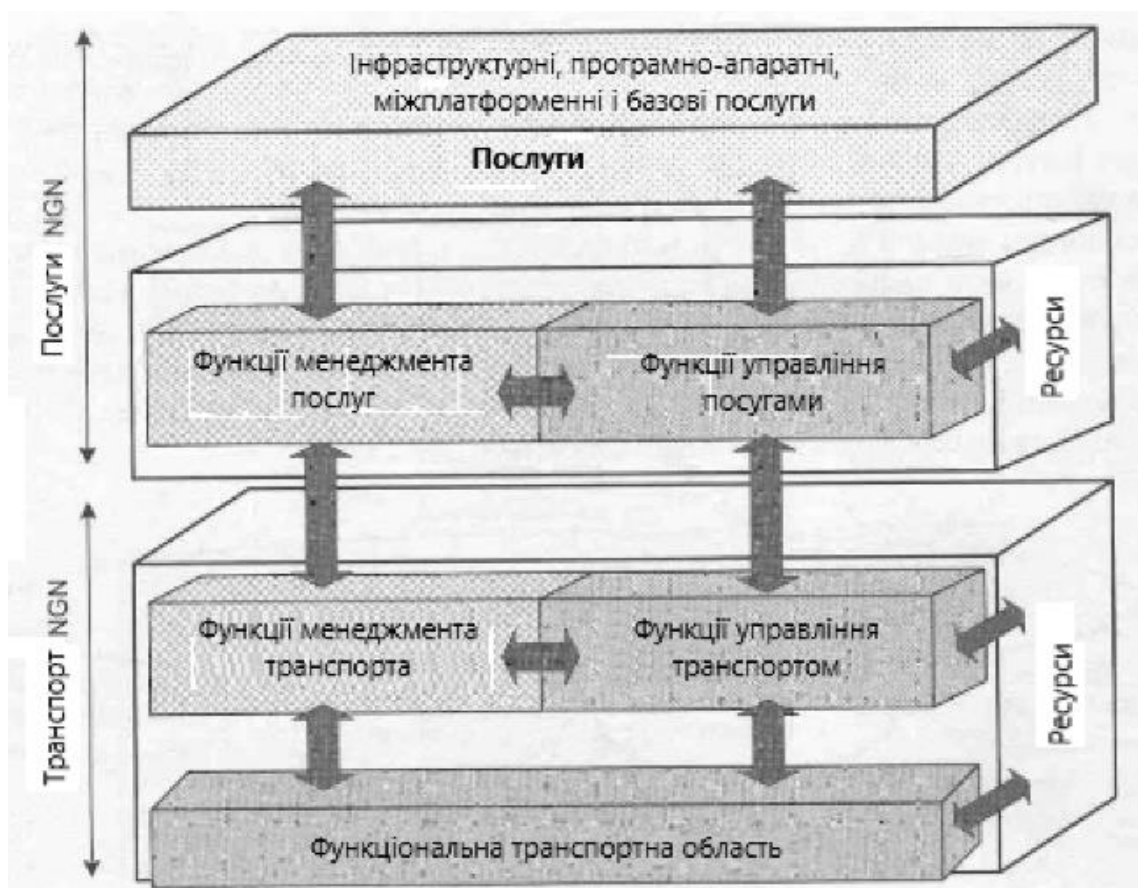


Рисунок 2.5 - Загальна функціональна модель NGN (відповідно до Рекомендації МСЕ-Т Y.2011)

Для підтримки мультимедійних та інших послуг при забезпеченні мобільності потрібні добре опрацьовані функції керування. При цьому насамперед має забезпечуватись гнучке управління ресурсами мережі. Під час розробки архітектури NGN необхідно також детально вивчити принципи звернення користувачів до послуг (дзвінок послуги). У рамках розробки

функціональної архітектури NGN важливо визначити поняття процесу «звернення», що традиційно називається процесом «управління».

Функції керування, залучені до поняття процесу «звернення», можна розділити на дві групи: функції, що стосуються управління послугами (ідентифікація користувача, автентифікація користувача, керування доступом до послуг та ін.), та функції, що стосуються керування транспортною мережею (управління доступом до мережі, керування мережею ними ресурсами та ін).

Необхідно пам'ятати, що інші процеси при взаємодії користувача з мережею так чи інакше пов'язані з процесом «звернення». Ці процеси належать до поняття адміністративного управління (менеджменту) (Рекомендація МСЕ-Т М.3050.0).

Функції та процеси, що стосуються площини менеджменту, описані в серії Рекомендацій МСЕ-Т М.3050.x. Функції управління мережею (TMN) визначені в Рекомендації М.3400 і класифіковані згідно з Рекомендаціями М.3010, X.700 та X.701 таким чином:

- керування помилками;
- керування конфігуруванням;
- керуванням обліком;
- керування продуктивністю;
- керування безпекою.

### 2.3 Архітектура NGN, пропонована MSF

Архітектура NGN, що пропонується Форумом мультисервісної комутації (Multiservice Switching Forum, MSF), представлена на рис. 2.6.

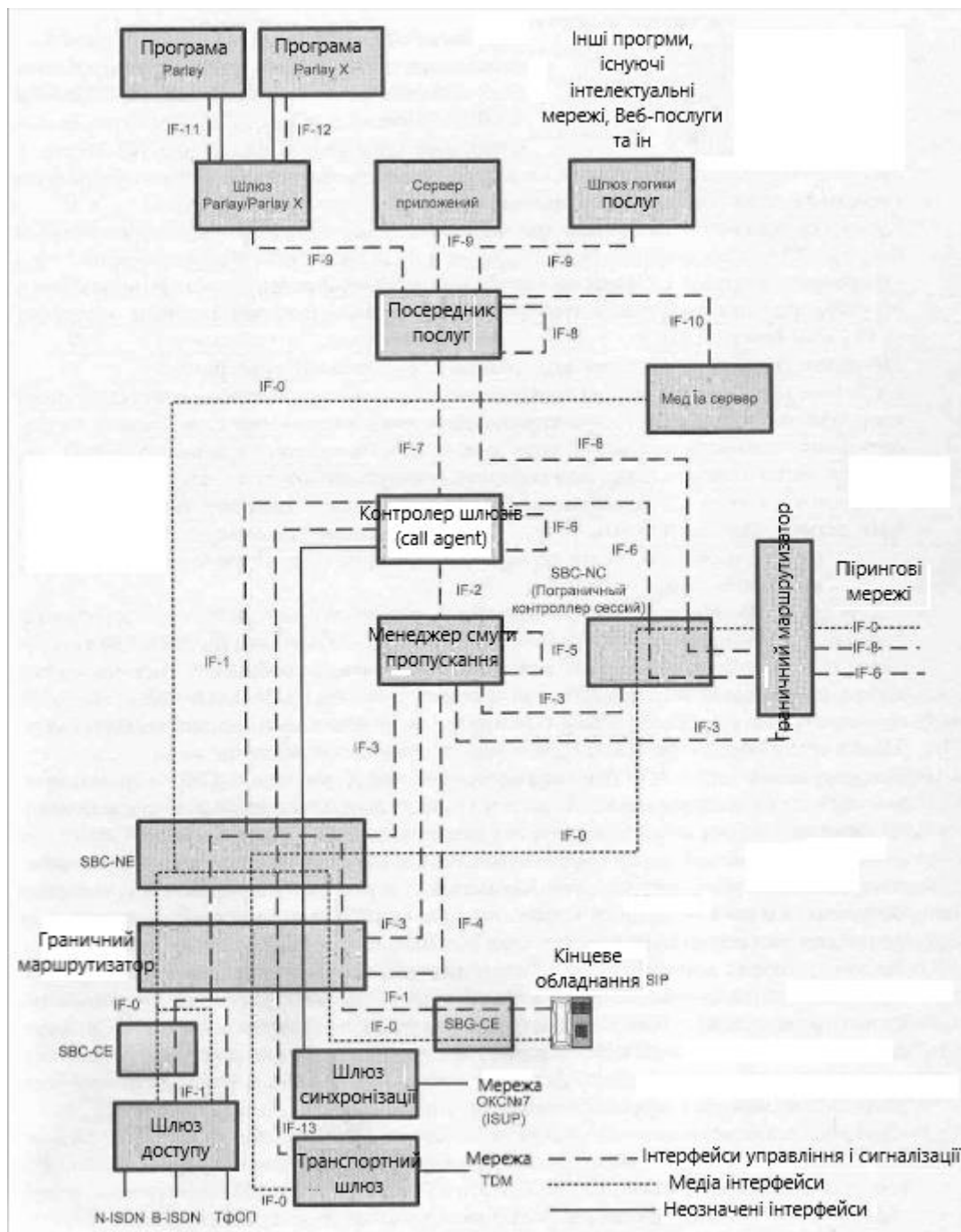


Рисунок 2.6 - Архітектура NGN, запропонована MSF (Release 2):

SBC-NE – прикордонний контролер сесій, мережеве обладнання;

SBC-CE - прикордонний контролер сесій, користувальницьке обладнання

Основними компонентами цієї архітектури є:

- гнучкий комутатор (контролер медіашлюзів, сервер управління викликами) забезпечує функції маршрутизації та обслуговування викликів,

логіку деяких додаткових послуг та взаємодію з додатками для послуг, що не надаються самим гнучким комутатором, обробку сигналізації та управління терміналами під час ініціювання, переадресації та термінування викликів. , а також формує необхідну інформацію для білінгу;

- SIP-сервер можна розглядати як окремий випадок гнучкого комутатора: він обробляє SIP-сигналізацію, перетворює її в H.248 або MGCP для коректної маршрутизації запитів до SIP-додатків і виконує функції адміністрування та структурування трафіку, а також збору статистики детальний запис про виклики (Call Detail Record, CDR);

- SIP-клієнт реалізує функції, аналогічні до функцій SIP-сервера;

- посередник послуг (service broker) розміщується на межі мережі оператора та забезпечує координацію взаємодії та управління серверами мовних додатків, медіа-серверами, агентами викликів та послугами, що надаються третьою стороною, наприклад, Parlay-шлюзами або вузлом управління послугами SCP інтелектуальної мережі;

- сервер додатків AS (Application Server) розміщується в мережі оператора та забезпечує логіку додаткових послуг, що не надаються безпосередньо гнучким комутатором, наприклад послуг сервера мовної пошти, конференц-зв'язку або послуг інтелектуальної мережі;

- медіасервер MS (Media Server) розміщується в мережі оператора і працює з інформаційними повідомленнями від та для абонентів, виконуючи, наприклад, функції детектування та генерації тональних сигналів, сервера мовних повідомлень, системи оповіщення, для мовних додатків він використовує протокол H .248 або MGCP;

- шлюз сигналізації SG (Signaling Gateway) перетворює сигналізацію ГКС № 7 мережі TDM у середу IP-маршрутизації для обробки її гнучким комутатором;

- транспортний шлюз TG (Trunking Gateway)/CAG (Core Access Gateway) - транспортний шлюз між середовищем з IP-маршрутизацією та TDM-

середовищем мережі з комутацією каналів. Зазвичай шлюз використовує сигналізацію H.248/Megaco чи MGCP; шлюз (концентратор) доступу (access concentrator) концентратор мережі абонентського доступу оператора, що підтримує аналогові порти ТФОП, що містить закінчення абонентських ліній «останньої милі» або ліній з XDSL-портами та інтегрованими пристроями доступу IAD, що використовує сигналізацію H.248/Megaco або MGCP ;

- менеджер смуги пропускання (bandwidth manager) відповідає за забезпечення необхідної якості обслуговування QoS у мережі оператора, тобто. за виділення відповідної смуги пропускання та контроль доступу до неї кожного абонентського виклику, а також визначає для кожного виклику політику маршрутизації та перенесення медіапотуку;

- прикордонний маршрутизатор (edge router) розміщується на межі абонентської мережі оператора та маршрутизує IP-пакети до його магістральної мережі;

- інтегрований пристрій абонентського доступу IAD (Integrated Access Device), що міститься в точці підключення до мережі абонентського доступу і містить закінчення абонентських ліній ТФОП, xDSL, E1, WLL, PON, FTТх, Ethernet тощо, а також мовні порти та інтерфейси передачі для підключення всього набору терміналів абонента.

## 2.4 Архітектура NGN, пропонується 3GPP

Для ефективного об'єднання засобів передачі голосового та мультимедійного трафіку в рамках єдиної мультисервісної платформи на основі загальноприйнятих стандартів було запропоновано технологію IP Multimedia Subsystem (IMS) сервісу мультимедійну IP-підсистему. Ось уже кілька років вона просувається виробниками та галузевими консорціумами як спосіб вирішення низки проблем сучасних телекомунікацій. Ця відкрита стандартизована архітектура мереж NGN поєднує передачу голосу та даних у

рамках єдиної пакетної мережі з поділом управління викликами та голосового трафіку, роумінгом викликів між мобільними та фіксованими мережами. Передбачається, що як уніфікуюча технологія, вона сприятиме конвергенції мереж, розробці додатків, розгортанню нових послуг та зниженню витрат завдяки застосуванню відкритих стандартів.

IMS визначає стандартну базову архітектуру для надання послуг передачі голосу (VOIP) та мультимедіа на основі розробленого 3GPP варіанта протоколу SIP, а як транспортна інфраструктура передбачає використання зв'язки IP/MPLS (або будь-якої мережі IP). Мета полягала у створенні операторам мереж NGN умов для впровадження мультимедійних послуг разом з розвиненими функціями управління, а операторам мобільних мереж для надання послуг на базі IP. Версія IMS (3GPP R.5) передбачає підтримку мереж GSM/GPRS (2G) та WCDMA/UMTS (3G). У версії від 3GPP2 додана підтримка WLAN та cdma2000, мультимедійних послуг реального часу ММД. Версії 3GPP R.6, R.7 та R.8 націлені на конвергенцію мобільних та фіксованих мереж (Fixed Mobile Convergence, FMC).

Серед основних властивостей архітектури IMS можна виділити слід дючі:

- багаторівневість поділяє рівні транспорту, управління та додатків;
- незалежність від середовища доступу - дозволяє операторам та сервіс-провайдерам конвєргувати фіксовані та мобільні мережі;
- підтримка мультимедійного персонального обміну інформацією в реальному часі (наприклад, голос, відеотелефонія) та аналогічного обміну інформацією між людьми та комп'ютерами (наприклад, ігри);
- повна інтеграція мультимедійних програм реального та нереального часу (наприклад, потокові програми та чати);
- можливість взаємодії різних видів послуг (наприклад, послуги управління присутністю та миттєвого обміну повідомленнями);
- можливість підтримки кількох служб в одному сеансі або організації кількох одночасних синхронізованих сеансів.

До важливих переваг IMS належить наявність різноманітних інтерфейсів, таких як Parlay, CAMEL та INAP, за допомогою яких послуги можна адаптувати для різних терміналів незалежно від типу мережі та організації роумінгу. Розроблені форумом Parlay спільно з 3GPP та ETSI інтерфейси Parlay AAPI спрощують створення серверів додатків, зокрема, завдяки тому, що від розробників не потрібно знання специфіки сигналізації SIP, ГКС № 7, ISDN та ін.

Поряд із необхідністю відокремлення транспортного рівня та рівня доступу від сервісного рівня виділяють такі вимоги до архітектури IMS:

- об'єднання голосових послуг з послугами реального часу (IM) та можливість задіяти декілька таких послуг у рамках сеансу зв'язку;
- прозора взаємодія з телефонними мережами та сумісність з послугами інтелектуальної мережі (IN);
- застосування стандартизованих механізмів обміну інформацією користувача між послугами для білінгу та аутентифікації;
- конвергенція послуг у дротових та бездротових мережах, а також відкриті інтерфейси (API) для розробки програм.

Наявність таких елементів IMS як база даних абонентів (Home Subscriber Server, HSS), де міститься також інформація про кінцеве обладнання, та контролери медіашлюзів (Media Gateway Controll Function, MGCF), спрощує адаптацію послуг для різних абонентських пристроїв та надання уніфікованих послуг (рис. 2.7). В HSS аналогу реєстру HLR у мережах стільникового зв'язку, розміщується база абонентів фіксованого та мобільного сегмента. Функція керування викликами та сеансами (Call Session Control Function, CSCF) розділена між кількома спеціалізованими серверами.

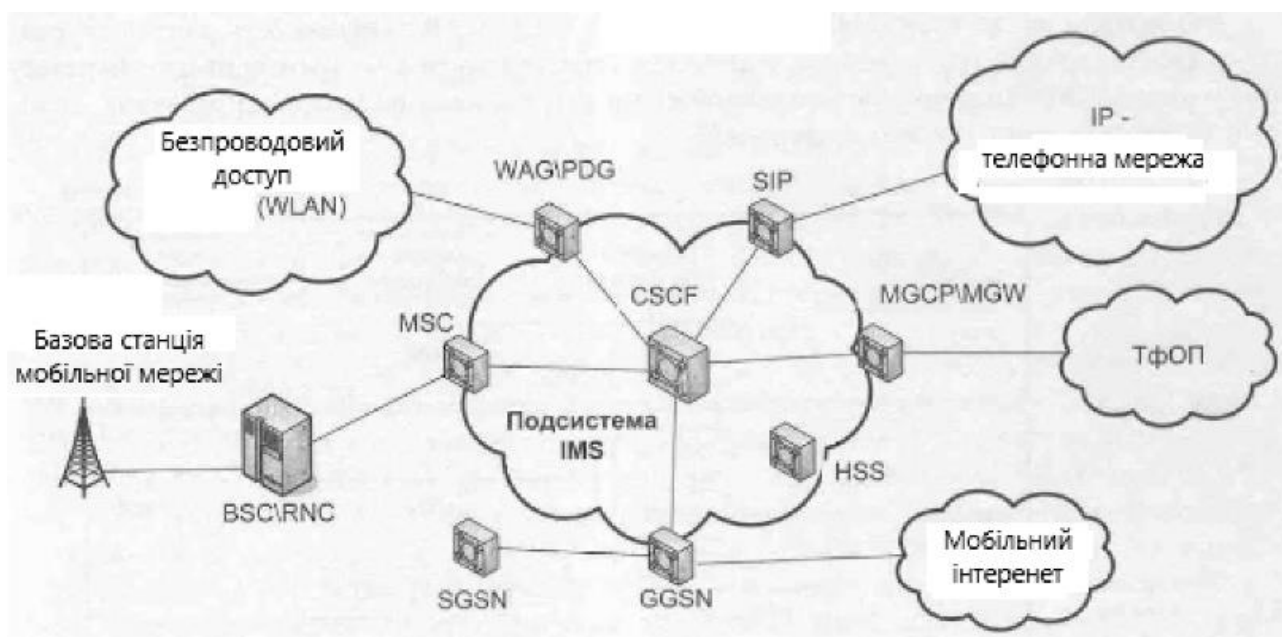


Рисунок 2.7 - Елементи підсистеми IMS

IMS – загальна технологічна інфраструктура, яка допомагає об'єднати Інтернет, ТФОП та бездротові мережі доступу, стає міжнародним стандартом, що визначає принципи взаємодії та роумінгу мультимедійних послуг у мережі IP. Оператори демонструють готовність до роботи з IMS, і запропоновані провідними постачальниками рішення IMS вже знаходять втілення у проектах British Telecom, Cingular Wireless, KPN, O2, Shandong Unicom, Sprint, Telecom Italia Mobile, TeliaSonera та ін.

Розглянемо архітектуру IMS докладніше. На рис. 2.8 показано мережу, що має багаторівневу архітектуру, яка включає три рівні транспортний, управління та послуг. Підсистема мультимедійного зв'язку розташована на рівні управління, який є основною в архітектурі IMS.

Також на ньому показано основні елементи платформи IMS, які визначаються не як пристрої (що характерно для традиційних мереж), а як логічні функції. Це відкриває постачальникам устаткування можливість реалізації функцій підсистеми IMS залежно від вимог оператора.

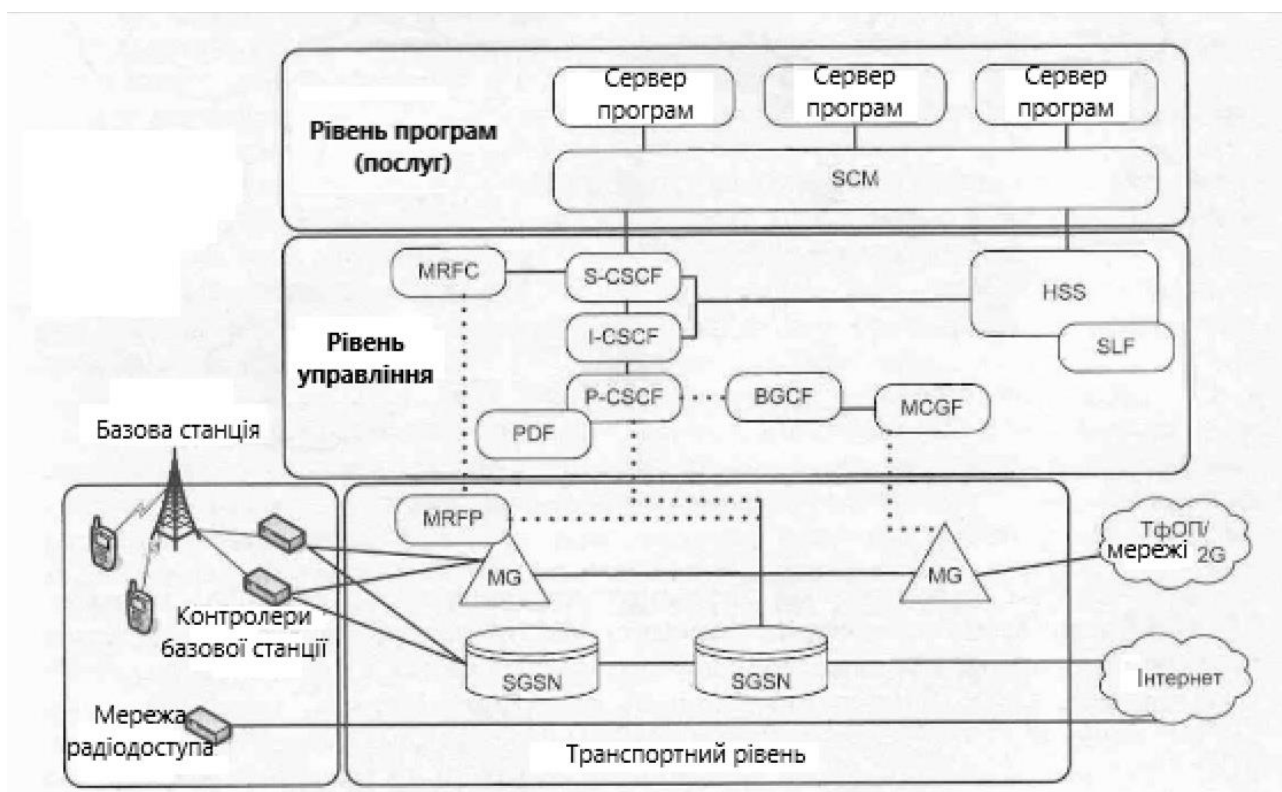


Рисунок 2.8 - Архітектура підсистеми IMS

Вузол обслуговування абонентів GPRS (Serving GPRS Support Node, SGSN) є основним компонентом GPRS-системи для реалізації всіх функцій обробки пакетної інформації. SGSN містить усі параметри мобільних абонентів GPRS, потрібні для пакетної передачі та виконує такі функції:

- керування сеансом;
- функції, які стосуються сеансу пакетного зв'язку;
- керування мобільністю;
- керування ресурсами;
- обробка (диспетчеризація) пакетів.

Новим ключовим елементом в архітектурі IMS є функція керування викликами та сеансами CSCF (Call Session Control Function). Функція CSCF є основною на площині керування IMS-платформи. Модуль CSCF, використовуючи протокол SIP, виконує функції, що забезпечують доставку багатьох послуг реального часу за допомогою протоколу IP. Функція CSCF

використовує динамічну інформацію для ефективного керування мережевими ресурсами (граничні пристрої, шлюзи та сервери додатків) у залежності від профілю користувачів та додатків. Модуль CSCF включає три основні функції: обслуговуюча CSCF (Serving CSCF, S-CSCF), CSCF доступу (Proxy CSCF, P-CSCF) та запитувача CSCF (Interrogating CSCF, I-CSCF).

Функція S-CSCF забезпечує керування сеансами доставки мультимедійних даних. шення транспорту IP, включаючи реєстрацію терміналів, двосторонню взаємодію з сервером HSS (отримання від нього даних), аналіз повідомлення, маршрутизацію, керування мережевими ресурсами (шлюзами, серверами, прикордонними пристроями) залежно від додатків та профілю користувача.

Функція P-CSCF створює першу контактну точку на сигнальному рівні всередині ядра IMS для терміналів IMS цієї мережі. Функція P-CSCF приймає запит від або до терміналу та маршрутизує його до елементів ядра IMS. Термінал користувача, що обслуговується, закріплюється за функцією P-CSCF при реєстрації в мережі на весь час реєстрації. Модуль P-CSCF реалізує функції, пов'язані з автентифікацією користувача, формує облікові записи та передає їх на сервер нарахування плати. Одним з елементів модуля P-CSCF є Policy Decision Function (PDF) функція вибору політики, що оперує з характеристиками інформаційного трафіку (такими, як необхідна пропускна спроможність, пачечність) та визначає можливість організації сеансу або його заборони, необхідність зміни параметрів сеансу і т.д.

Функція I-CSCF створює першу контактну точку на сигнальному рівні всередині ядра IMS для всіх зовнішніх з'єднань з абонентами цієї мережі або візитними абонентами, що тимчасово перебувають у мережі. Основне завдання модуля I-CSCF ідентифікація привілеїв зовнішнього абонента щодо доступу до послуг, вибір відповідного сервера додатків та забезпечення доступу до нього.

## 2.5 Висновки до розділу 2

В 2-му розділі розглянуто стандартизацію NGN. Ознайомився з архітектурою мереж наступного покоління. Було досліджено архітектуру NGN за концепцією ITU-T, 3GPP та MSF. Також додавав малюнки для більшої інформативності.

## 3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕРЕЖ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

### 3.1 Еволюція мереж доступу при переході до мереж NGN

За даними галузевих досліджень, проведених зарубіжними компаніями, від 50 до 80% обсягу вкладень у мережеву інфраструктуру посідає мережі доступу. Розгалужена система каналів зв'язку, що доводить мережевий трафік до користувачів, потребує величезних зусиль для постійної підтримки необхідних експлуатаційних характеристик. У результаті стану мережі доступу, з якою взаємодіє абонент, багато в чому залежить якість наданих послуг. При цьому побудова сучасної мережі доступу - це завдання, яке найчастіше за капіталовкладеннями перевищує багато інших.

Концепція мереж зв'язку наступного покоління NGN поки розроблена у загальному вигляді. Однак наявні результати дозволяють сформулювати основні вимоги до створення перспективної мережі доступу:

- обладнання, яке використовується в мережі доступу, повинно обслуговувати всі види трафіку;
- вимога уніфікації протоколів передачі, комутації та обробки інформації, що стимулює поступовий перехід до IP-технології;
- вимоги потенційних клієнтів, що постійно підвищуються, до якості передачі та обслуговування трафіку, а також до надійності мережі.

Остання вимога пов'язана не з концепцією NGN, а із загальними тенденціями розвитку інфокомунікацій. Тим не менш, такі вимоги повинні враховуватися при розробці принципів розвитку мереж доступу.

Мережа доступу з фінансових міркувань не може бути одразу модернізована до того рівня, який повністю відповідає вимогам NGN. Тому постає завдання поетапної еволюції мережі доступу, щоб відповідні витрати окупалися за рахунок доходів, які отримують від запровадження нових видів інфокомунікаційних послуг. Темпи еволюції мережі доступу будуть специфічними для різних мереж доступу, що визначається характером зміни

платоспроможного попиту на нові види інфокомунікаційних послуг. Крім того, на модернізацію мережі доступу впливають основні бізнес-процеси оператора.

Положення, викладені вище, є еволюційною стратегією побудови мережі доступу NGN. Вона може вважатися основною для операторів, які вже створили мережу доступу на основі провідних засобів електрозв'язку. Зокрема, ця стратегія підходить для операторів телефонних мереж загального користування (ТФОП). Для операторів, які не мають своєї мережі доступу, тобто для нових експлуатаційних компаній, можлива революційна стратегія побудови мережі доступу NGN. Це означає, що на «голому місці» створюється мережа доступу, яка використовує лише IP-технології та відповідає всім вимогам концепції NGN. Слід наголосити, що йдеться про теоретичну можливість побудови такої мережі доступу без аналізу ризиків технічного та економічного характеру.

Для економічної реалізації еволюційної стратегії переходу до мережі доступу NGN необхідно використовувати нові апаратно-програмні засоби, що відповідають ряду специфічних вимог. Передбачається, що вони складаються з двох видів обладнання, яке використовує технології комутації каналів та пакетів (рис. 3.1).

У лівій частині рис. 3.1 показано початковий етап переходу до NGN, коли основним навантаженням залишається трафік мови, який обслуговується в традиційному режимі комутації каналів. Другим (за значенням) є трафік даних, що спрямовується до мережі Інтернет обладнанням з комутацією пакетів. Поки що транспортні ресурси в основному призначені для обслуговування мови. Деяка частина цих ресурсів використовується на користь обох видів трафіку для згладжування пікового навантаження.

У правій частині рис. 3.1 представлений «передостанній» етап переходу до NGN, коли значна частина загального навантаження обслуговується за технологією комутації пакетів. Ця технологія використовується не тільки для даних, але й для мови (наприклад, у вигляді VOIP). Частка обладнання, що

використовує технологію комутації пакетів, стає домінуючою. Зростає пропускна спроможність транспортної мережі за рахунок збільшення трафіку даних та надання нових широкосмугових послуг. У ТФОП обслуговується тільки та частина трафіку мови, яка використовує технологію комутації каналів, і навантаження, що створюється комутованим dial-up доступом до мережі Інтернет. Решта видів послуг забезпечуються мережею NGN.



Рисунок 3.1 - Еволюція мережі доступу

Для реалізації телекомунікаційної інфраструктури на базі ресурсів мереж доступу NGN можуть використовуватися найрізноманітніші дротові та бездротові технології, основні з яких:

- цифрові абонентські лінії XDSL (HDSL, ADSL, VDSL та ін.);
- пасивні оптичні мережі PON;
- гібридні волоконно-коаксіальні мережі (HFC), кабельні модеми;
- радіодоступ на базі різних технологій (Wi-Fi, WiMAX, LMDS/MMDS, супутниковий зв'язок та ін.);
- бездротовий оптичний зв'язок (ПЧ-зв'язок);
- технології Ethernet/Fast Ethernet.

Основні характеристики різних технологій доступу наведено у табл. 3.1

Як очевидно з табл. 3.1, сучасне обладнання мереж доступу може використовуватися не тільки для організації локального доступу до магістралі

(транспортної мережі) на відстані до 5 км (рис. 3.2), але і для побудови мережі доступу довжиною до 150 км зі швидкістю передачі до 100 Мбіт/с.

Загалом сумарна вартість мережі доступу на основі комутації пакетів може бути нижче, ніж рішення з урахуванням традиційної технології комутації каналів. При цьому побудована мережа доступу може використовуватися як для телефонії, так і для передачі даних.

Таблиця 3.1 - Основні характеристики різних технологій доступу

Технологія	Середовище передачі	Швидкість	Максимальна відстань
HDSL	Мідна вита пара	2 Мбіт/с, симетрична передача	До 5...8км в залежності від діаметра мідної жили
ADSL	Мідна вита пара	1 Мбіт/с від абонента і 7 Мбіт/с до абонента, асиметрична передача	До 5...8км в залежності від діаметра мідної жили
VDSL	Мідна вита пара	10 Мбіт/с, симетрична передача	До 1,5 км
PON	Волокно	10 Мбіт/с для даних, 2 Мбіт/с для телефонії	До 20 км
HFC	Волокно і коаксіальний кабель	40 Мбіт/с низхідний потік на групу до 100...500 абонентів	450...500м між посилювачами (без відгалуджень)
Wi-Fi (версія IEEE 802.11a/b)	Ефір	До 11/54 Мбіт/с	50...100 м
WiMAX (версія IEEE 802.16-2004)	Ефір	До 70 Мбіт/с	До 3-5км - міська забудова, до 50м - відкрита місцевість
Супутниковий зв'язок	Ефір	До 6 Мбіт/с	Не обмежено
Ік-зв'язок	Повітряні шари атмосфери	1...1250 Мбіт/с	Від 500 м до 3 км
HomePNA (версія 1.0)	Мідна вита пара	1 Мбіт/с	150 м
Ethernet/Fast Ethernet	Волокно, мідна вита пара (кат.5)	10...100 Мбіт/с	100м (мідь), до 2км (багатомодове волокно), до 150км (одномодове волокно)

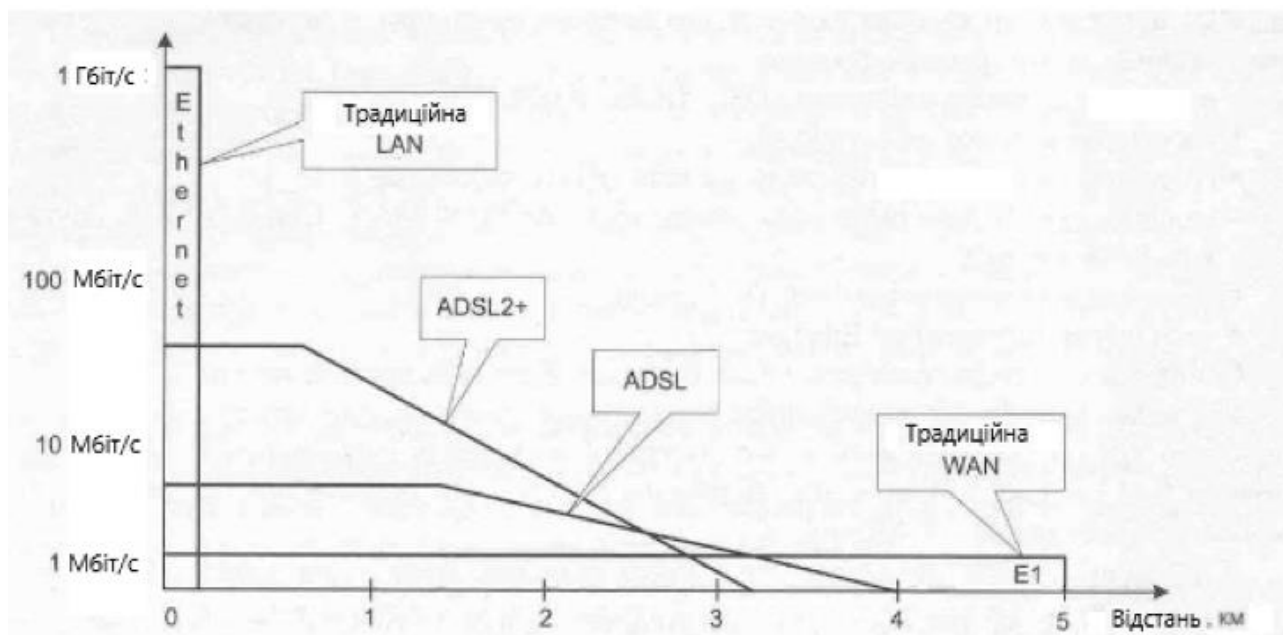


Рисунок 3.2 - Технології локального доступу

### 3.2 Класифікація технологій доступу

Тривалий період використання багатопарних кабелів у ГТС та повітряних ланцюгів у СТС для побудови мереж доступу закінчився. В даний час операторам мереж зв'язку доступні різні технології для модернізації мереж доступу. Їхня класифікація по використаному середовищу передачі представлена на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 - Класифікація технологій доступу за середовищем.

Для модернізації мереж доступу розроблено безліч нових технологій, але з очевидних економічних міркувань оператори ТФОП не поспішають із заміною двопровідних фізичних кіл. Нові технології доступу можна класифікувати у різний спосіб. Один із таких способів поділ технологій на дві групи. Перша група включає технології, які використовують (повністю або частково) двопровідні фізичні ланцюги.

Технології другої групи такої можливості не передбачають. Таку класифікацію нових технологій доступу показано на рис. 3.3. Технології, що утворюють першу групу, цікаві принаймні з двох точок зору. По-перше, вони забезпечують підтримку нових інфокомунікаційних послуг мережі NGN. По-друге, ці технології дозволяють зменшити витрати на модернізацію мережі доступу, навіть якщо платоспроможний попит на нові послуги відсутній.

Питання практичного використання технологій, що входять до сімейства xDSL, активно обговорюються в російській та зарубіжній технічній літературі, а також на Інтернет-сайтах. В даний час більш популярні асиметричні цифрові тракти, створювані обладнанням ADSL, що пояснюється основною областю застосування розглянутого сімейства технологій доступ до Інтернету. Очікується, що в перспективі більш активно використовуватимуться симетричні тракти, що створюються, зокрема, обладнанням SHDSL. Типовий приклад їх застосування – об'єднання рознесених офісів однієї компанії в єдину мережу.

Технології FTТх мають на увазі доведення кабелю з оптичним волокном до деякої точки x, після якої інформація передається з використанням іншого середовища розповсюдження сигналів. Для першої групи технологій цікаві ті рішення FTТХ, для яких після точки x використовується фізичний двопровідний ланцюг. Такий спосіб побудови мережі доступу може виявитися економічно вигідним, якщо в точці x встановлюється виносний концентратор цифрової комутаційної станції. Якщо деяким користувачам необхідний

широкосмуговий доступ, то така можливість може забезпечуватися поєднанням технологій FTTx і xDSL.

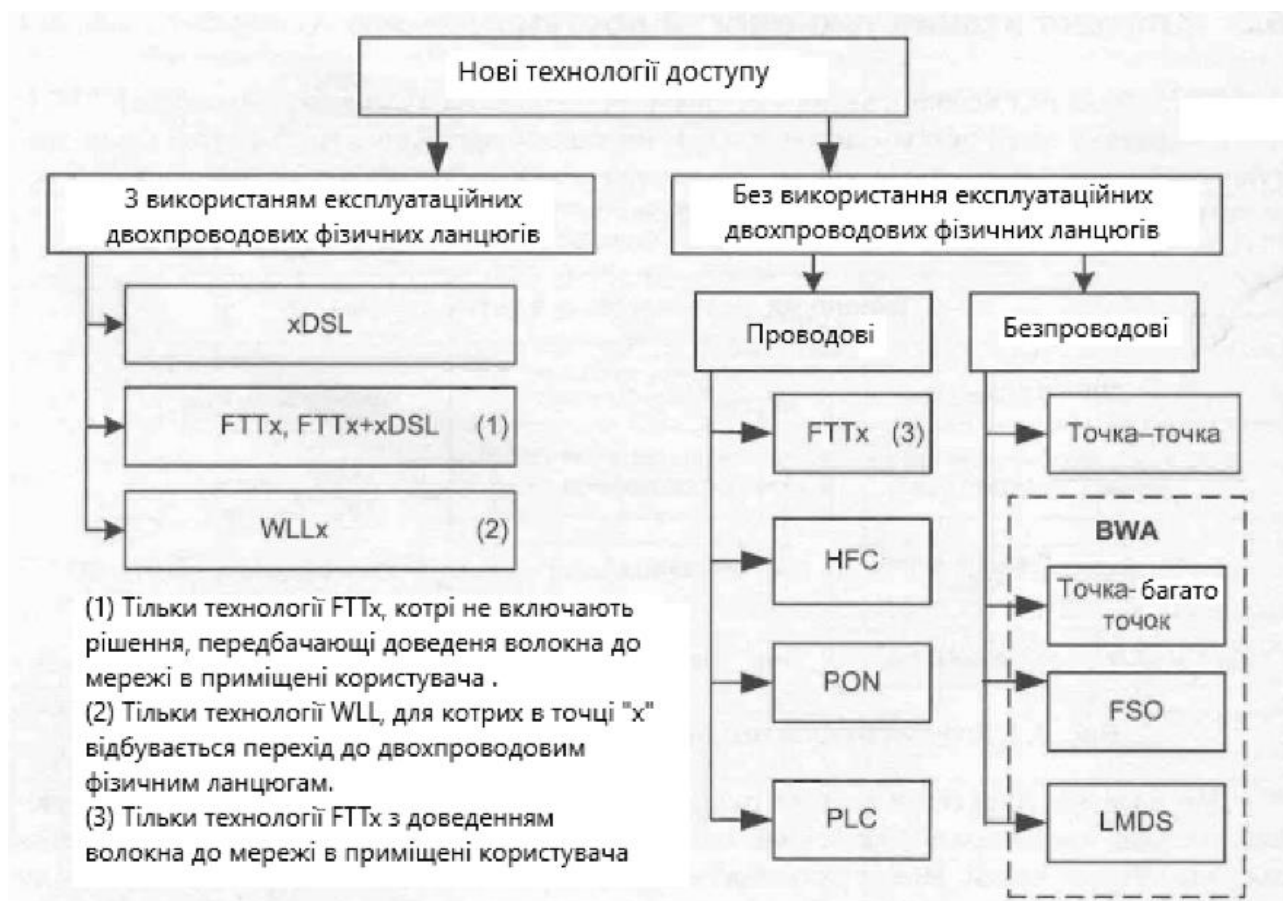


Рисунок 3.3 - Класифікація нових технологій доступу за двома групами

У деяких випадках (найчастіше у сільській місцевості) доцільними є технології бездротових абонентських ліній (Wireless Local Loop, WLL) у поєднанні з фізичними ланцюгами. Існує кілька різновидів технологій WLL, які відрізняються способом поділу каналів (частотний, тимчасовий та кодовий), а також іншими характеристиками.

Технології, що входять до другої групи, у свою чергу діляться на два види: провідні (wireline) та бездротові (wireless). Для технологій першого виду на рис. 3.3 наведено чотири приклади:

- підмножина FTTx, яка призначена для доведення оптичного волокна до мережі, розташованої у приміщенні користувача;

- комбіноване середовище «волокно-коаксіал», відоме за аббревіатурою HFC (Hybrid Fibre-Coaxial) (спосіб, який був розроблений та апробований операторами кабельного телебачення);
- пасивна оптична мережа PON (Passive Optical Network), що забезпечує широкопasmові послуги для кількох груп потенційних клієнтів;
- технологія PLC (Power Line Communication), яка використовує лінії електроживлення як середовище передачі сигналів через мережу доступу.

Технології другого виду представлені чотирма прикладами. Три з них утворюють загальну підмножину технологій бездротового доступу BWA, яка орієнтована на підтримку широкопasmових послуг.

Устаткування, що використовує конфігурацію зв'язку «точка-точка», застосовується для організації тракту між двома приймачами. Перше покоління обладнання «точка-точка» призначалося для включення телефонного апарату до абонентського комплексу комутаційної станції (таке обладнання отримало назву «радіоподовжувач»).

Конфігурація «точка-багато точок» забезпечує підключення терміналів або виносних модулів, розташованих у зоні обслуговування відповідної базової станції. Перші системи "точка-багато точок" були призначені виключно для телефонного зв'язку. Широкопasmові послуги ними не підтримувалися. В даний час у більшості систем, що використовують цю конфігурацію, передбачено підтримку широкопasmових послуг. Характерним прикладом такого рішення вважається обладнання, що відповідає сім'ї стандартів IEEE 802.16 і більш відоме за аббревіатурою WiMAX.

Наступний приклад технологій бездротового широкопasmового доступу системи лазерного зв'язку FSO (Free Space Optics). Для передачі сигналів використовується лазер, промінь якого поширюється у відкритому просторі.

Завершує список прикладів бездротового доступу технологія LMDS (Local Multipoint Distribution System).

Поява нових технологій доступу не означає, що підключення телефонних апаратів за двопровідними фізичними ланцюгами не застосовуватиметься операторами ТФОП. Для тих абонентів, яким потрібні лише послуги телефонного зв'язку, такий варіант організації мережі доступу є цілком прийнятним, якщо він економічно виправданий.

### 3.3 Структура перспективної мережі доступу

Мережі доступу, створені операторами ТФОП у містах, ґрунтуються на типових рішеннях, які передбачають виділення зони прямого живлення та кількох шафових районів. Структури мереж доступу у містах дуже схожі. Для сільської місцевості характерно більше типових рішень щодо побудови мереж доступу внаслідок географічних та демографічних відмінностей.

Інтеграція завжди була властива мережам доступу. Вона породжувала зміну низки базових принципів, які визначали побудову мереж доступу. Перехід до NGN став каталізатором цього процесу. Це твердження ілюструє рис. 3.4, на якому зображено модель перспективної мережі доступу. Основний елемент моделі – абонентський медіашлюз (АМШ), який підтримує підключення всіх видів термінального обладнання. Він також забезпечує вихід опорну мережу NGN. Абревіатура FTTR (R - remote) використовується для позначення тих способів застосування технології FTTH, коли кабель з оптичними волокнами прокладається від опорного комутатора базової мережі до віддаленого модулю. У разі функції такого модуля виконує АМШ.

У верхній частині моделі показано включення звичайного телефонного апарату (ТА) по двопровідному фізичному ланцюзі. Таке рішення буде цілком прийнятним для тих користувачів, яким потрібний лише телефонний зв'язок.

Варіант (б) ілюструє одну з типових ситуацій, коли нова компанія створює мережу в приміщенні користувача на основі локальної мережі (LAN), а лінійно-кабельні споруди для підключення до АМШ відсутні. Тоді можна

скористатись послугами іншого оператора. Для вибраної моделі показано можливість використання мережі провідного широкосмугового доступу, для якої вибрано стандарт WiMAX.

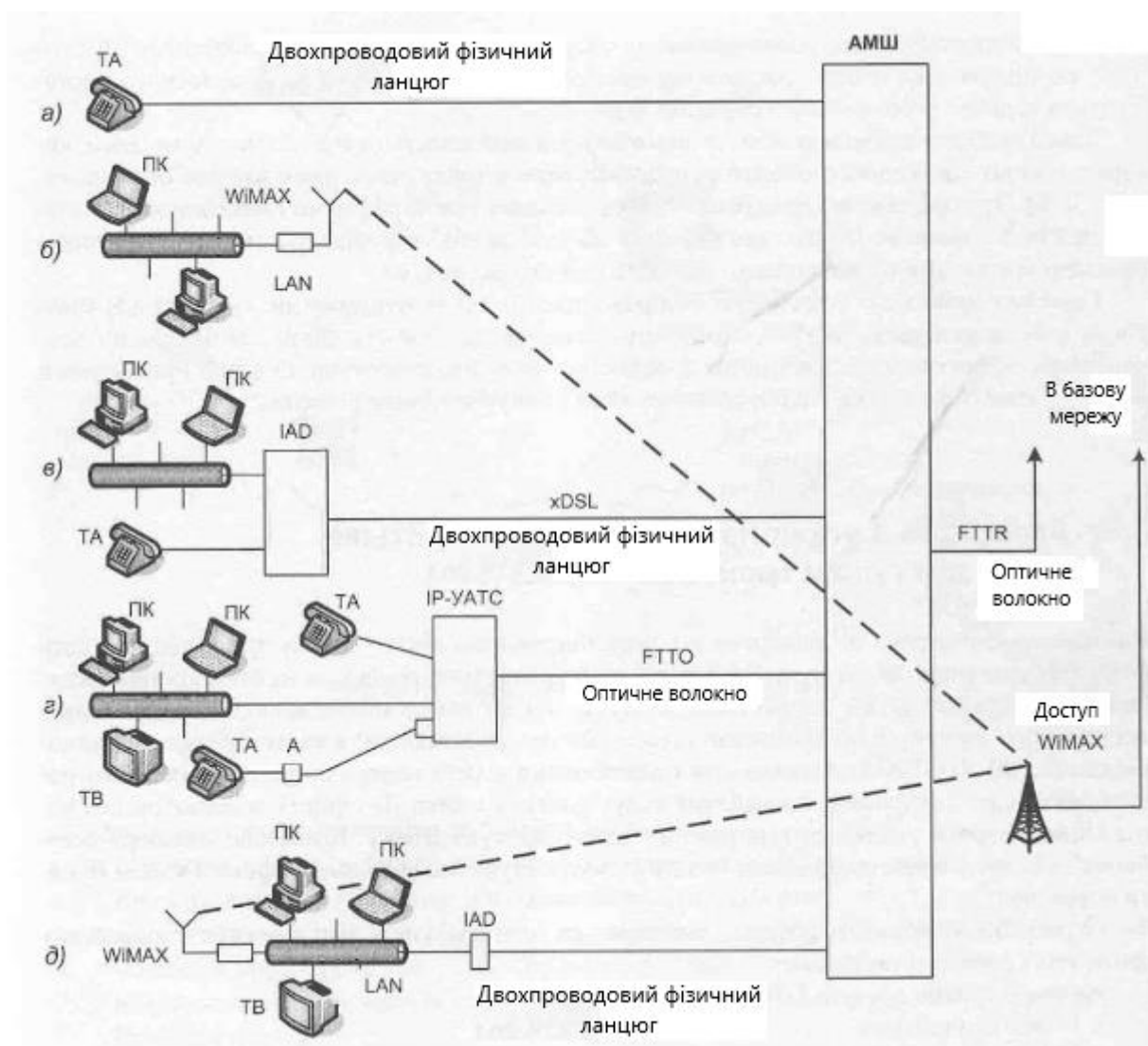


Рисунок 3.4 - Структура перспективної мережі доступу NGN

Деякі компанії почали використовувати інтегрований пристрій доступу (IAD), що забезпечує підключення різних типів термінального обладнання. Для варіанта (б) показано включення одного телефонного апарату та локальної мережі, що забезпечує зв'язок для персональних комп'ютерів (ПК). Зв'язок IAD з медіашлюзом здійснюється за рахунок обладнання xDSL, яке працює з фізичного ланцюга. Ряд стандартів дозволяє покращити характеристики якості

інформації, що передається, за рахунок використання кількох фізичних ланцюгів.

Варіант (г) ґрунтується на використанні установчої АТС, яка базується на ІР-технології (ІР-УАТС). Телефонні апарати до цієї станції підключаються двома способами:

- за звичайним двопровідним фізичним ланцюгом;
- через адаптери (А), які дозволяють передавати інформацію лініями електропроводки (технологія PLC).

У локальній мережі показано пристрій для обміну телевізійними сигналами (ТВ). До медіашлюзу передбачено використання кабелю з оптичним волокном. Літера "О" (Office) на останній позиції в аббревіатурі FTTO вказує на той факт, що кабель з оптичним волокном прокладений до офісу, тобто до кордону з мережею в приміщенні користувача.

У нижній частині моделі показано рішення (д), яке можна вважати комбінацією варіантів (б) та (в). Всім користувачам забезпечується два незалежні шляхи обміну інформацією з базовою мережею:

- цифровим трактом, утвореним обладнанням XDSL, і далі через АМШ;
- цифровим трактом, створеним системою бездротового широкопasmового доступу, і далі через базову станцію WiMAX.

Таке рішення дозволяє забезпечити високу надійність зв'язку тим користувачам, котрі готові укласти з оператором угоду про гарантований рівень обслуговування (SLA). Ці угоди передбачають підвищені тарифи, але гарантують користувачам вищі показники якості обслуговування, порушення яких оператором оцінюється заздалегідь обумовленими грошовими компенсаціями.

Симбіоз провідних (wireline) та бездротових (wireless) технологій, який для стислості можна називати «W+W», дозволяє підвищити надійність зв'язку. Це рішення наголошує на ефективності взаємного доповнення двох видів

доступу. Зазвичай дротові та бездротові технології розглядаються як конкуруючі рішення.

### 3.4 Огляд стандартів мереж PON та їх архітектури

PON (англ. Passive Optical Network - пасивна оптична мережа) - це найбільш перспективна технологія широкосмугового мультисервісного множинного доступу з оптичного волокна, що використовує хвильовий поділ трактів прийому/передачі і дозволяє реалізувати одноволоконне деревоподібну топологію «точка-многоточка» без використання активних мережевих елементів в вузлах розгалуження. Іншими словами, мало волокон, відсутність проміжного активного обладнання, нульовий (ну, майже нульове) вплив погодних умов, зручна WDM (wavelength-division multiplexing – спектральне ущільнення каналів) система передачі даних від «фабрики по виробництву інтернету» до клієнта і назад по одному волокну. Активне обладнання в цій мережі є тільки на стороні провайдера (в чистій, сухій і прохолодною серверній стійці) і на стороні абонента (на горищі, в передпокої, на старому-доброму стовпі та ін.). Ідеально як для віддалених малонаселених пунктів, так і для міського приватного сектора.

Спектральне ущільнення каналів (англ. Wavelength-division multiplexing, скор. WDM - мультиплексування з поділом по довжині хвилі) - технологія, що дозволяє одночасно передавати кілька інформаційних каналів по одному оптичному волокну на різних несучих частотах.

Характерною особливістю і суттєвою перевагою WDM технології є можливість реалізації в одному оптичному волокну багатьох оптично прозорих каналів, в кожному з яких можна вести передачу сигналів з будь-яким форматом. Таким чином, одним оптичним волокном можна одночасно передавати синхронні, асинхронні і аналогові сигнали, і немає потреби в єдиній

структурі сигналів, як це є, наприклад, в системах із часовим ущільненням каналів передачі.

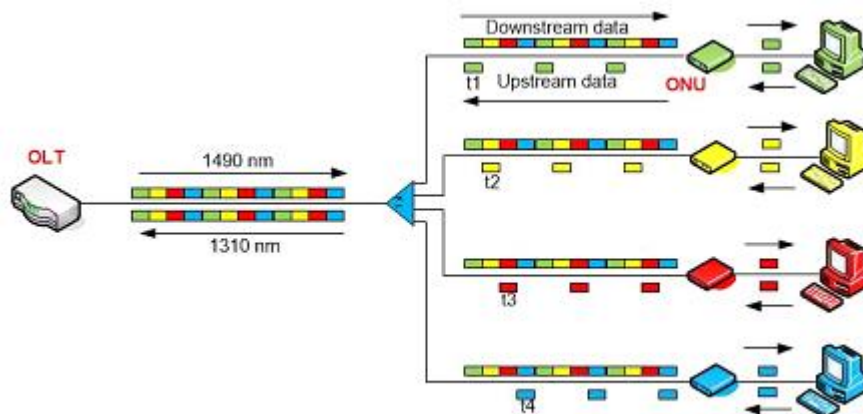


Рисунок 3.5 - Мультиплексування з часовим поділом

Таким чином при використанні даної технології ми отримаємо наступні переваги:

- Економія волокон в оптичних кабелях.
- Значна економія оптичних випромінювачів на головній станції.
- Можливість надання трьох видів інформації (згідно концепції Triple Play)– голосу, відео та даних.
- Відсутність необхідності електроживлення мережевих елементів (крім кінцевих).
- Невеликі витрати на обслуговування.
- Проста можливість підключення абонентів.
- Подальше збільшення швидкості передачі (до 10 Гбіт/с та вище) без заміни обладнання лінійного тракту (оптичні кабелі, розгалужувачі, з'єднувачі).

Перевагою DWDM-систем є можливість передачі високошвидкісного сигналу на наддалекі відстані без використання проміжних пунктів (без регенерації сигналу і проміжних підсилювачів). Ці переваги вкрай затребувані для передачі даних через малонаселені пункти.

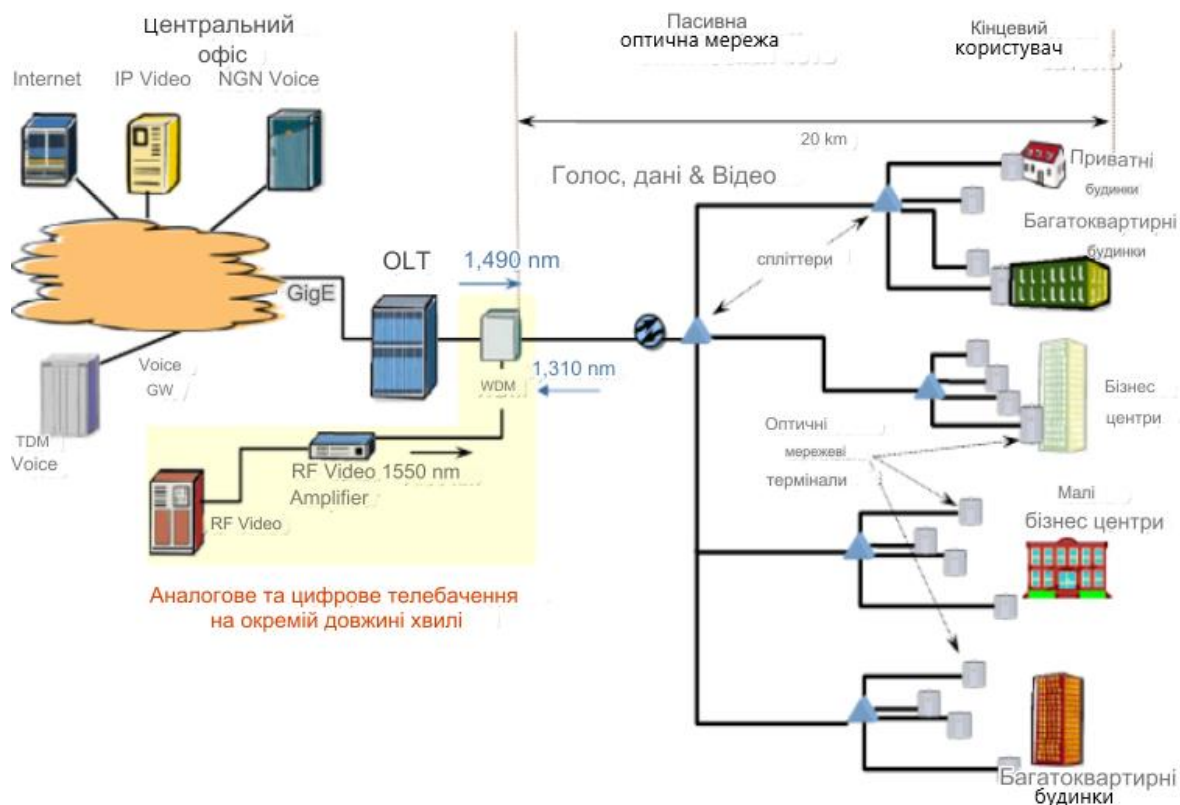


Рисунок 3.6 - Типова схема реалізації зв'язку за допомогою технології PON

На стороні провайдера встановлюється OLT (англ. Optical Line Terminal- Оптичний Лінійний Термінал) - L2 свитч з усіма функціональними можливостями, має Uplink порти (для підключення себе до L3 роутера) і Downlink порти (для клієнтських потреб). OLT від орденоносного китайського виробника BDCOM, наприклад, має 2 оптичних гігабітних Uplink порти, 2 «комбо» гігабітних Uplink порти (2 оптичних + 2 мідних), і 4 гігабітних Downlink PON порти. Управління OLT проводиться як через термінальний порт, так і за допомогою протоколів типу SNMP, SSH і TELNET. ONT (ONU) модем або абонентський термінал – пристрій на стороні абонента в мережі GEAPON/GPON. Термінал є компактним VLAN комутатором. Основна його функція – приймати з широкомовного трафіку призначені для нього пакети і, відповідно, відсилати зворотну інформацію. Стандартно ONT (ONU) модем (термінал) комплектується одним портом для підключення з боку GEAPON-мережі і декількома портами для витої пари з боку абонента.

Переваги використання технології PON в мережах доступу:

- Можливість економії на кабельній інфраструктурі за рахунок скорочення кількості оптичних волокон;
- Відсутність активних елементів всередині кабельної інфраструктури;
- Скорочення числа оптичних передавачів та приймачів в центральному вузлі;
- Оптимальна топологія для багатоквартирних будинків;
- Легкість підключення нових абонентів і зручність обслуговування.

### Стандарти PON

Групою з декількох європейських телекомунікаційних компаній був створений консорціум для реалізації ідеї множинного доступу по одному волокну, що отримав назву FSAN (Full Service Access Network). Метою FSAN була розробка загальних рекомендацій і вимог до устаткування PON для того, щоб виробники обладнання та оператори могли співіснувати разом на конкурентному ринку систем доступу PON. Підсумком роботи FSAN став ряд стандартів PON:

- ITU-TG.983:
- APON (ATM Passive Optical Network);
- BPON (Broadband PON);
- ITU-T G.984:
- GPON (Gigabit PON);
- IEEE 802.3ah
- EPON/GEAPON (Ethernet PON);
- IEEE 802.3av
- 10GEAPON (10 Gigabit Ethernet PON).

APON і BPON морально застаріли ще при народженні, GPON не надто розвинений через високу (щодо GEAPON) вартість, а також через небажання

багатьох працювати зі швидкостями 2,5G, 10GEPON поки знаходиться в стадії розробки/налагодження/випробувань. Є ще EPON, який теж не актуальний (100Mbps зараз вистачить хіба що для десятка користувачів, а обладнання за ціною не сильно відрізняється від старшого побратима GEPON). У підсумку залишається тільки GEPON, який на сьогоднішній день відповідає вимогам більшості провайдерів для підключення віддалених абонентів (швидкість передачі «туди» і «назад» становить 1 Гбіт/с, при цьому, на одному волокні можуть перебувати до 64 кінцевих пристроїв мережі). Створимо таблицю порівняння EPON та GPON:

Таблиця 3.2 - Порівняння GPON та GEPON

<b>Технологія</b>	<b>GPON</b>	<b>GEPON</b>
<b>Стандарт</b>	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
<b>Тип переданих кадрів</b>	GTC	Ethernet
<b>Лінійна швидкість</b>	2,5 Гбіт/с downlink 1,25 Гбіт/с uplink	1,25 Гбіт/с downlink 1,25 Гбіт/с uplink
<b>Швидкість передачі «Корисного навантаження»</b>	2,5 Гбіт/с downlink 1,25 Гбіт/с uplink	1 Гбіт/с downlink 1 Гбіт/с uplink
<b>Лінійне кодування</b>	NRZ	8B/10B
<b>Кількість ONT на 1 порт PON</b>	128	64
<b>Максимальна довжина передачі, км</b>	64	32
<b>Затухання лінії, дБ</b>	22	26
<b>Сервіси</b>	Інтернет, телефонія, IPTV, VoD, CaTV	Інтернет, телефонія, IPTV

Архітектура мереж PON

Існують три основні топології побудови оптичних мереж доступу:

- «дерево»;
- «зірка»;
- «шина».

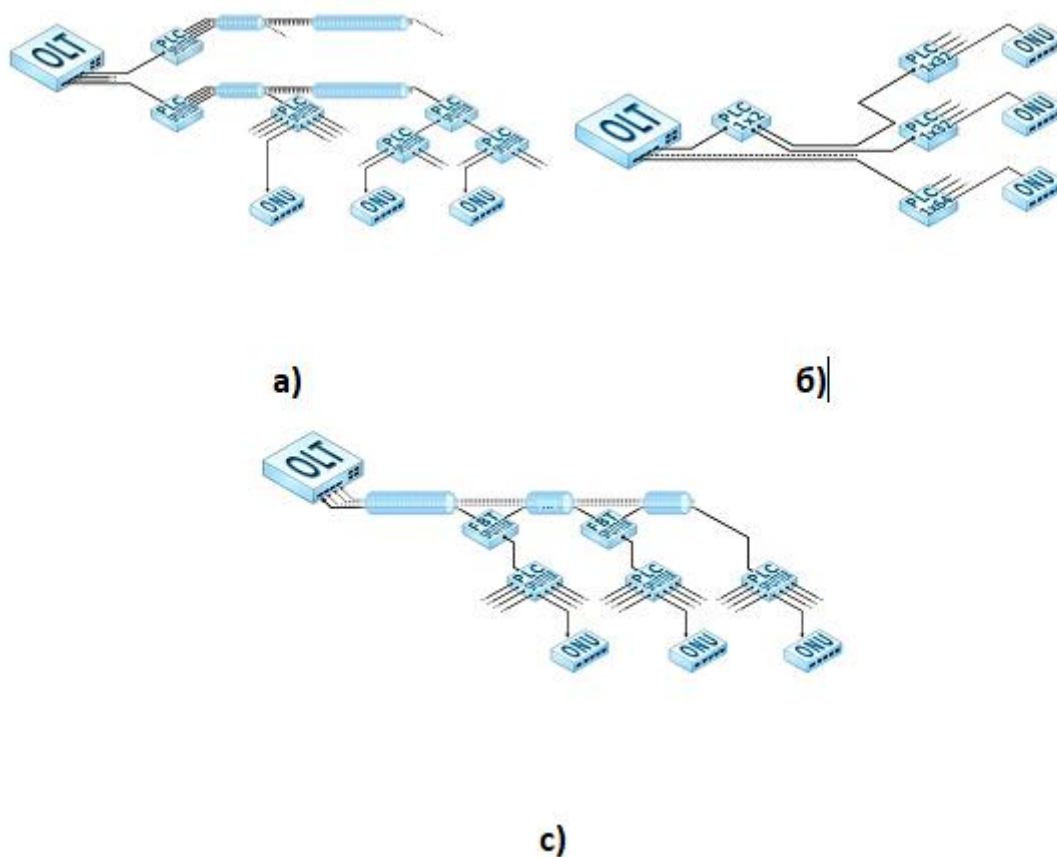


Рисунок 3.7 - Топологія мереж PON: а) «дерево»; б) «зірка»; в) «шина».

Розподільча мережа доступу PON, заснована на деревовидній волоконній кабельній архітектурі з пасивними оптичними розгалужувачами на вузлах, можливо, є найбільш економічною і здатною забезпечити широкосмугову передачу різноманітних додатків. При цьому архітектура PON володіє необхідною ефективністю нарощування як вузлів мережі, так і пропускної здатності в залежності від теперішніх та майбутніх потреб абонентів.

Часто населені пункти спроектовані так, що топологія типу «дерево» недоречна, тому виникають питання про створення мережі з топологією типу

«зірка» або «шина». Оптичний бюджет GPON системи, а також існуючі в виробництві подільники дозволяють реалізувати і ту, і іншу топології.

Топологія типу «зірка» являє собою, по суті, вироджене дерево першого типу: довгий магістральний кабель з невеликою кількістю волокон з одного боку підключається до PON-порту OLT, а з іншого закінчується планарним дільником великої місткості.

Дуже часто на території України зустрічаються невеликі населені пункти (село, село та ін.), що представляють собою одну або кілька паралельно розташованих довгих вулиць. «Дерево» і «зірку» в таких населених пунктах розгорнути немає сенсу: це незручно і дорого. Єдиний вихід - «шина».

«Шина» в GPON-мережах розгортається на одному волокні з використанням каскаду зварних подільників з процентним співвідношенням потужності вихідних сигналів. При цьому, вхід першого дільника підключається до PON-порту OLT, а решта каскаду будується за принципом «велика потужність - в лінію», тобто велика потужність вихідного сигналу надходить в магістральну лінію та живить весь подальший каскад подільників, а менша вихідна потужність відводиться для підключення абонента.

Однак, як показує практика, робити одне відгалуження для одного конкретного абонента незручно. По-перше, збільшується кількість сварок на магістральному волокні, що знижує якість сигналу, особливо на останніх ділянках каскаду. По-друге, зростає складність включення нового абонента в центр уже існуючого каскаду: при включенні будуть проводитися зварні роботи, що призведе до відсутності підключення у абонентів в нижньому каскаді. Крім того, порушиться загальна схема загасання в лінії, що може негативно позначитися на якості сигналу у останніх абонентів в каскаді.

### 3.5 Переваги PON порівняно з іншими технологіями

Головні переваги технології PON:

- Економія на обладнанні та волокні. Потрібен тільки один головний термінал на сегменті, який простягається на дистанцію до 20-60 кілометрів. При цьому за 1 волокном дані можуть передаватися максимум на 128 вузлів абонентського типу, в залежності від типу технології.
- Швидка передача даних — до 2,488 Гбіт/сек.
- Високий ступінь відмовостійкості та зручність експлуатації: проміжні вузли мережі включають лише сплітери, які не потребують обслуговування.
- Гідна масштабованість — завдяки своїй топології та структурі технологія дозволяє досить бюджетно підключати нових користувачів. Крім того, можна резервувати хоч окремих абонентів, хоч усіх разом.
- Інформація передається у вигляді АТМ-осередків, що дозволяє надавати користувачам необхідний їм рівень сервісу.
- Доступна робота в різних режимах: симетричному та несиметричному.

### 3.6 Висновки до розділу 3

У цьому розділі розглянув еволюцію мереж доступу при переході до NGN, було розглянуто класифікацію технологій доступу. Було досліджено структуру перспективної мережі доступу. Додавав схеми та малюнки. Звісно також було проаналізовано технологію пасивних оптичних мереж (PON) і було зрозуміло, що ця технологія має переваги над всіма іншими технологіями, тому наступний розділ буде зав'язаний на цій мережі.

## 4 ПРОЕКТ ШИРОКОСМУГОВОГО ОПТОВОЛОКОННОГО ДОСТУПУ ДЛЯ РАЙОНУ МІСТА

### Вихідні дані

Проектування мережі доступу здійснюється для ресторану “Вілла Чиполіна” (м. Фастів) Адреса вузла зв’язку провайдера: Соборна 25.

- Технологія та архітектура мережі доступу GPON, FTTH;
- Встановити ONU;
- Технологія доступу на абонентській ділянці VDSL2;
- Швидкість доступу Uplink/Downlink – 20 Мбіт/с;
- Розетки RJ-45 встановлюються у кожному відділі;
- Передбачити зони WiFi по всій площі супермаркету;
- Заземлення та блискавкозахист виконати відповідно до прийнятих норм.

норм.

### 4.1 Структурна схема лінійної частини мережі

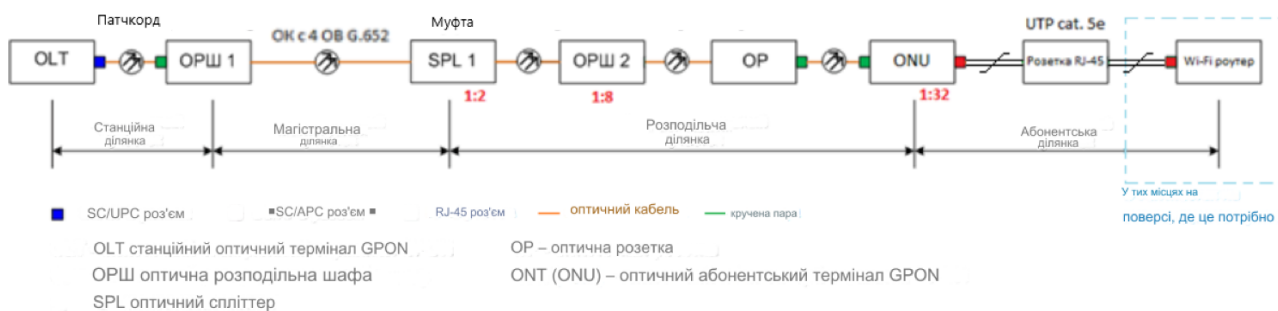


Рисунок 4.1 - Структурна схема лінійної частини мережі при заданих умовах

### 4.2 Станційна ділянка

Найголовніший пристрій на цій ділянці – це лінійний оптичний термінал (OLT). Беручи до уваги вихідні дані візьмемо V1600D4L V-Solution.

V1600D4L володіє чотирма оптичними EPON портами, що з огляду на коефіцієнт розгалуження 1 до 64, дозволяє залучити до терміналу до 256 абонентських терміналів. Дистанція, на яку, фізично можна видалити ONU від терміналу, не повинна перевищувати 20 км. Оскільки технологія EPON являє собою деревоподібну систему, з великими розгалуженнями, то варто відзначити що логічне відстань, на якому термінал буде ефективно працювати з абонентськими пристроями, становить 60 км.

PON порти працюють на стандартних довжинах хвиль (1490 нм на передачу/1310 нм на прийом), і також у відповідність до стандартів EPON, працюють на симетричній швидкості 1,25 Гбіт/с.



Рисунок 4.2 - Термінал V1600D4L V-Solution

Є програмне забезпечення EMS, яке дозволяє здійснювати моніторинг, налаштування, спостереження за працездатністю, рівнями сигналів, продуктивністю абонентських ONU, так само надається можливість схематичного уявлення EPON гілки із зазначенням ділянок і абонентських ONU, і інтерактивним відображенням їх поточного стану.

Так само як і BDCOM P3310 (B,C) є функція автореєстрації ONU, автоматичного застосування шаблону при реєстрації ONU. Виготовляється даний OLT комутатор на китайському заводі V-Solution.

Наступним важливим елементом станційної ділянки є оптичний розподільча шафа. Оскільки ресторан одноповерховий, то потрібно забезпечити лише один поверх, тому доцільно використовувати ОРШ-М (тобто малої

ємності, де кількість вхідного волоконно-оптичного кабелю до 32 ОВ, а комутаційна панель містить 64 – 72 роз'єму типу SC/APC), причому на усіх ділянках, які показані на рисунку 4.3.

Таблиця 4.1 - Характеристики терміналу V1600D4L V-Solution

Спосіб установки:	Стоїчний
Швидкість прийому/передачі даних:	1,25 Гбіт/с (Симетрична)
Кількість PON портів:	4 x <i>GEAPON</i>
Кількість абонентів:	до 256
Коефіцієнт розгалуження:	1: 64
Тип модуля в станд. комплектації:	<i>Px20 +</i>
Uplink порти:	2 x 100/1000Мбіт/с <i>RJ – 45</i> , 2 x 1000Мбіт/с <i>SFP</i>
Довжина хвилі на передачу:	1490 нм
Довжина хвилі на прийом:	1310 нм
Максимальна відстань передачі даних:	20 км
Технологія роботи:	<i>GEAPON</i>
Вологість при роботі:	5% ~ 90% без конденсації
Розміри:	442 * 200 * 43,6 мм
Вага:	4,2 кг
Температура роботи:	-10~55 °C
Температура зберігання:	-40~85 °C
Джерело живлення:	Мережа перемінного тока, 47 /63 Гц
Споживана потужність:	30 Вт
Споживча напруга:	90~264 В
Потужність передачі:	+2 – +7дБм
Чутливість приймача:	-27дБм
Насичення оптичної потужності:	-6 дБм
Управління пристроєм:	<i>SNMP</i> , <i>Telnet</i> або <i>CLI</i> , <i>Web management</i>

Буде встановлений КО-Р-8-SC/APC-SM – крос оптичний розподільний на 12 портів з адаптерами і монтажними шнурками SC/APC на одномодовом волокні, 1 модуль зрощування, 12 гільз, кріплення (такий же буде встановлений на розподільчий ділянці мережі, на цокольному поверсі будинку, куди прокладаємо зв'язок):



Рисунок 4.3 - Крос КО-Р-8-SC/APC-SM

Характеристики оптичної розподільчої шафи наведені у таблиці нижче:

Таблиця 4.2 - Характеристики КО-Р-8-SC/APC-SM

Кількість абонентських оптичних портів	8 SC/APC
Тип корпусу	Пило-волого захищений
Матеріал корпусу	Сталь (товщина 2 мм)
Тип замку	Сувальдний
Кількість кросових блоків	1
Кількість кросових модулів	1
Кількість розгалужувачів 1x8	1
Габарити корпусу розгалужувачів, мм	60x70x10
Максимальна кількість ввідних ОК	3
Максимальний діаметр ОК, мм	20
Захищеність	IP54
Довжина, мм	200
Ширина, мм	220
Глибина, мм	40
Маса, кг	10

Для з'єднання елементів структури, які були описані вище використовують патч-корди – це оптичний кабель, на кінцях якого з обох сторін встановлені оптичні конектори. Волоконно-оптичні з'єднувальні шнури з конекторами ST, FC, SC, LC, E2000 і MT-RJ використовуються для комутації активного мережного обладнання, кросів і внутрішньокросових з'єднань в волоконно-оптичних лініях зв'язку.

Щоб забезпечити неперервну роботу станційної ділянки потрібно врахувати джерело безперебійного живлення. Для цього проекту буде використано: ИБП NetPRO 11 RM 1KL (таке ж джерело безперебійного живлення встановимо і на розподільчо-абонентській частині мережі, разом с ONU в комутаційну настінну шафу).

Моделі з зовнішніми акумуляторами (1KL - 10KL) мають потужний вбудований зарядний пристрій (до 12 А), що дозволяє забезпечити тривалий час резервного електроживлення критичних навантажень: до 48 годин. Для моделей 6 - 10 кВА можлива установка до ДБЖ додаткового зовнішнього зарядного пристрою до 24 А, що дає можливість швидко зарядити батареї ще більшої місткості і, відповідно, додатково збільшити час автономної роботи.



Рисунок 4.4 - ИБП NetPRO 11 RM 1KL

Таблиця 4.3 - Характеристики ИБП NetPRO 11 RM 1KL

Виробник:	<i>Net Pro UPS</i> (Китай)
Тип архітектури:	Безперервної дії ( <i>On – line</i> )
Тип виконання:	монтажний в стійку
Форма вихідної напруги:	синусоїда
Акумуляторна батарея:	зовнішня
Потужність, кВт:	0,9
Коефіцієнт потужності	0,9
Кількість фаз (вхід/вихід):	1/1
Нижній поріг вхідної напруги, В:	110
Верхній поріг вхідної напруги, В:	288
Вихідна напруга, В:	220
Частота електромережі, Гц:	50/60
Наявність зарядного пристрою:	Є
Відображення інформації:	<i>LED</i> панелі, <i>LCD</i> дисплей
Функція холодного старту:	Є
Інтерфейси:	<i>RS232</i> <i>USB</i>
Місце, яке займає в стійці	<i>2U</i>
Висота, мм:	86
Ширина, мм:	438
Глибина, мм:	426
Маса, кг:	8

Для того, щоб поставити OLT обладнання та ДБЖ потрібно заздалегідь спланувати стійку, в якій і буде розташовуватися дане обладнання. Оскільки, всього два пристрої потрібно розмістити, то встановимо комутаційну шафу настінну 12U 580.



Рисунок 4.5 - Комутаційна шафа настінна 12U 580

Таблиця 4.4 - Характеристики комутаційної настінної шафи 12U 580

Висота, U	12
Ширина, мм	570
Глибина, мм	580
Конструкція	19''
Макс. навантаження	до 120 кг
Макс. глибина обладнання, мм	510
Бічні стінки	знімні
У комплекті	4 река (підставка)
Ввід кабелю	Зверху, знизу, по боках
Колір	Сірий

В даному випадку для з'єднання буде використовуватися патч-корд OFPC-SC/UPC-SC/APC-1 (такий же буде використовуватись для з'єднань на інших ділянках мережі):



Рисунок 4.6 - Патчкорд OFPC-SC/UPC-SC/APC-1

Таблиця 4.5 - Характеристика патчкорду OFPC-SC/UPC-SC/APC-1

Довжина, м	1
Тип конектора	SC-SC
Тип патч-корду	Simplex
Тип волокна	Singlemode
Тип поліровки	UPC-APC
Спосіб прокладки	Внутренний

### 4.3 Магістральна ділянка

Звернувши увагу на карту, одразу можна визначити відстань магістральної частини, яка становить 0,45 кілометри. Оскільки головна магістральна траса проходить уздовж вулиці Соборна, то найбільш вигідно буде вибрати топологію магістральної частини у вигляді – дерево.

Чому ж саме дерево, а не, наприклад, шина? Оскільки будівля, до якої буде проводитись широкосмуговий оптоволоконний доступ належить ресторану, а в цьому районі є ще декілька будинків, та навіть будинки, які тільки будуються, тому топологію вибрали з можливістю подальшого розвитку.

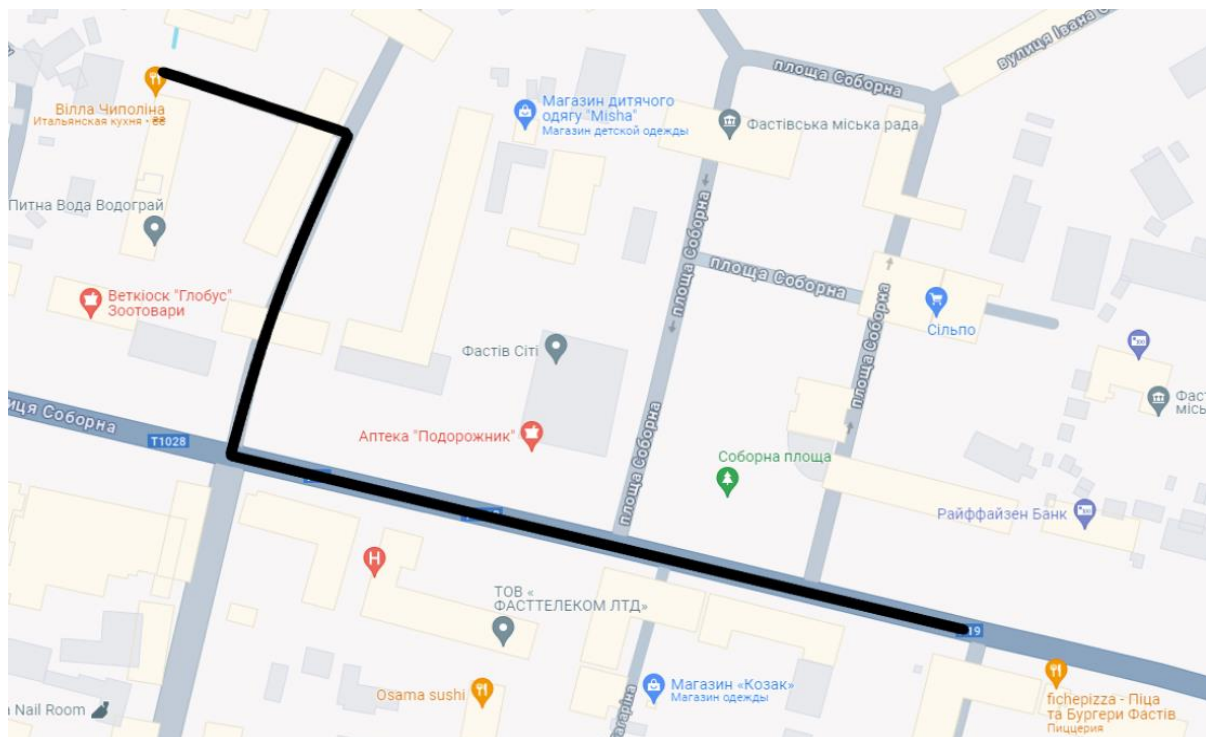


Рисунок 4.7 - Магістральна ділянка

#### *Вибір способу резервування*

Магістральна мережа найпростіша, без резервування, блоки OLT однокомплектні.

Прокладка буде здійснюватися в підземній кабельній каналізації, яка вже побудована вздовж вулиці Соборна та вулиці Андрія Саєнка. У цьому випадку достатньо лише мати пристрій закладки кабелю (ПЗК), кабельну панчоху необхідного діаметра, та пару роликів для запобігання тертя ізоляції кабелю об кромку кабельного люка, і не вимагає застосування різних дорогих пристроїв. І найважливіша перевага такого способу прокладання – це швидкість прокладки.

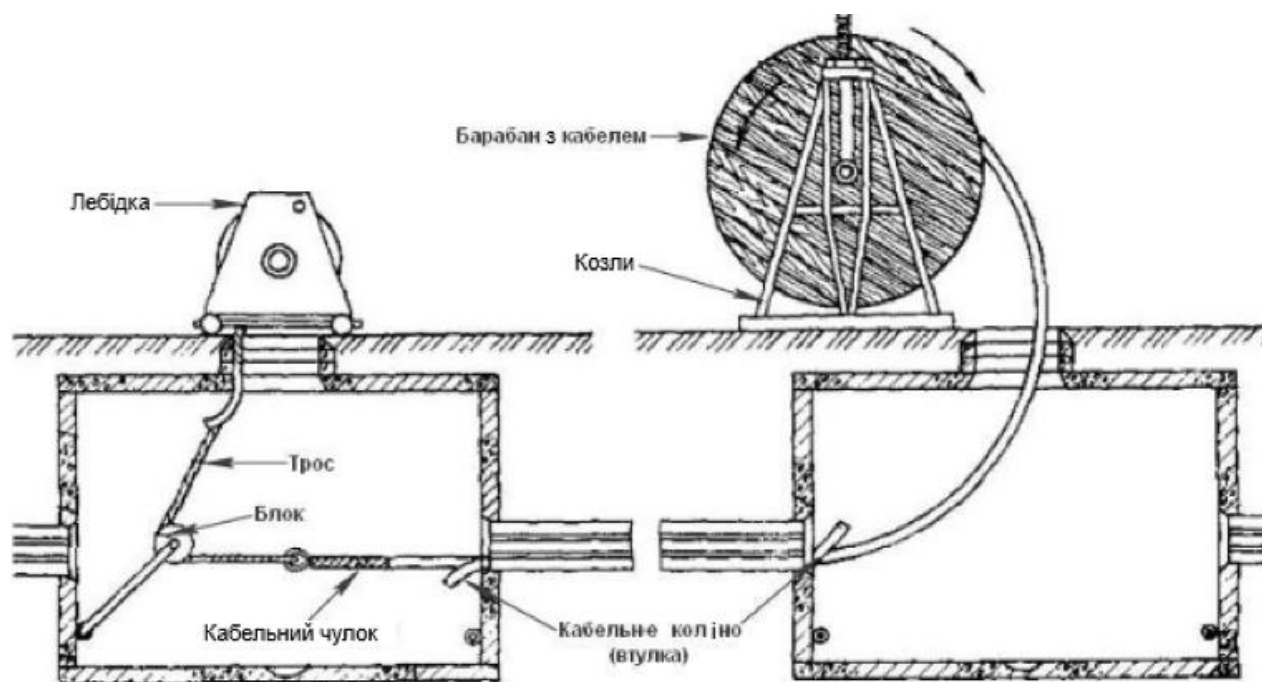


Рисунок 4.8 - Схема методу прокладки кабелю

### *Вибір магістрального кабелю*



Рисунок 4.9 - Складові оптоволоконного кабелю FinMark LT004-SM-04

В якості магістрального кабелю обираємо кабель фірми FinMark LT004-SM-04, тому що він відповідає вимогам до магістральних кабелів, а саме: броня зі сталеві стрічки, поліетиленовий тип оболонки, модульний тип сердечника,

діелектричний тип центрального силового елемента, заповнений гідروفобний гелем та має граничне розтяжне зусилля 1500 – 5000 Н. Більш детально про характеристики и конструкцію нижче.

Цей кабель призначений для прокладки в кабельній каналізації та трубопроводах, на мостах і естакадах, в тунелях, колекторах при вводі в будинок, в тому числі в місцях заражених гризунами, в легких ґрунтах (без мерзлотних деформацій), а також по зовнішніх стінах будівель і споруд.

Кабель може містити від 5 до 24 оптичних модуля, навитих навколо центрального силового елемента, в яких може розташовуватися до 288 оптичних волокон.

У кабелі з числом волокон 4 - 144 оптичні модулі розташовуються в один шар, а для більшої кількості волокон - в два шари. Порожнечі між оптичними модулями заповнені гідروفобним водоблокуючим компаундом. У кабелі з малою кількістю волокон, замість відсутніх оптичних модулів застосовуються так звані «заповнюючі» модулі. Шар броні виконаний зі сталевий гофрованої стрічки і крім механічного захисту служить гідробар'єром, який перешкоджає дифузії вологи через полімерні оболонки в сторону оптичного волокна. Зовнішня оболонка виготовлена з УФ-стабілізованого поліетилену високої щільності.

У кабель закладається оптичне волокно Fujikura FutureGuide - LWP (відповідає ІТУ-Т G.652.D). Характеристики даного кабелю, при кількості волокон – 4 можна побачити у таблиці 4.4.

Таблиця 4.6 - Характеристики кабелю FinMark LT004-SM-04

Кількість волокон, шт	4
Загальна кількість оптичних і заповнюють модулів, шт. (1-й шар / 2-й шар)	5
Максимальна кількість волокон в модулі, шт	6

Продовження таблиці 4.6

Товщина зовнішньої оболонки, мм *		1,65
Діаметр кабелю, мм		9,5
Маса кабелю, кг/км		103
Мін. радіус вигину, постійний/динамічний		10/20 діаметрів кабелю
Максимальне навантаження при розтягуванні (Короткострокова/довгострокова), Н		2700/900
Максимальне навантаження при стисненні, (Короткострокова/довгострокова), Н/100мм		3000/1000
Допустимі температури, ° С	роботи	-40 - +60
	зберігання	-40 - +60
	інсталяція	-40 - +60

#### *Вибір оптичної муфти*

Оскільки завдання – це спроектувати мережу для одного поверху, то не будемо розглядати умови прокладання до іншого району. Нам потрібна лише одна розгалужувальна муфта, яка буде встановлена у кабельній каналізації на підході до будівлі, щоб урахувати можливість додаткового розгортання мережі. Прямі муфти (з'єднувальні) не потрібні, тому що типові будівельні довжини для оптоволоконного кабелю для магістральних ліній зв'язку 4-6 км.

У кабельній каналізації буде встановлена муфта ССД МТОК 96/216-О1-IV — універсальна оптична муфта призначена для зрощування оптичних кабелів (ОК) будь-яких конструкцій з кількістю волокон від 96 до 216. Може монтуватися в тупиковому або в прохідному варіантах. В муфту можна ввести до 16-ти окремих ОК (якщо діаметр 4-х з них 6-10 мм), або 8 окремих ОК і дві транзитні петлі ОК. Муфта герметизується відрізком трубки ТУТ 180/60. Муфту можна багаторазово розкривати в процесі експлуатації. Герметизацію корпусу після розтину виконують в прохідному варіанті манжетою ХАГА SLVP або "холодним" способом, в тупиковому варіанті трубкою ТУТ.



Рисунок 4.10 - Муфта ССД МТОК 96/216-01-IV

Таблиця 4.7 - Характеристики муфти ССД МТОК 96/216-01-IV

Тип муфти	прохідна
Кількість зварних з'єднань	216 шт.
Тип касет, що використовуються	КУ-М-01 (на 24 волокна)
Максимальна кількість касет	9 шт.
Кількість ввідних кабелів	до 16 шт.
Максимальний зовнішній діаметр кабелів, що вводяться, мм	22
Температура експлуатації, °С	-60 ... +70
Герметизація вводів	спеціальні комплекти вводу
Герметизація корпусу	трубки ТУТ
Довжина, мм	620
Діаметр, мм	158
Маса, кг	3,1

#### 4.4 Розподільча ділянка

##### *ОРШ та його комплектація*

Як було сказано раніше, використовується оптична розподільча шафа КО-Р-8-SC/APC-SM, характеристики якої наведені у таблиці 4.2.

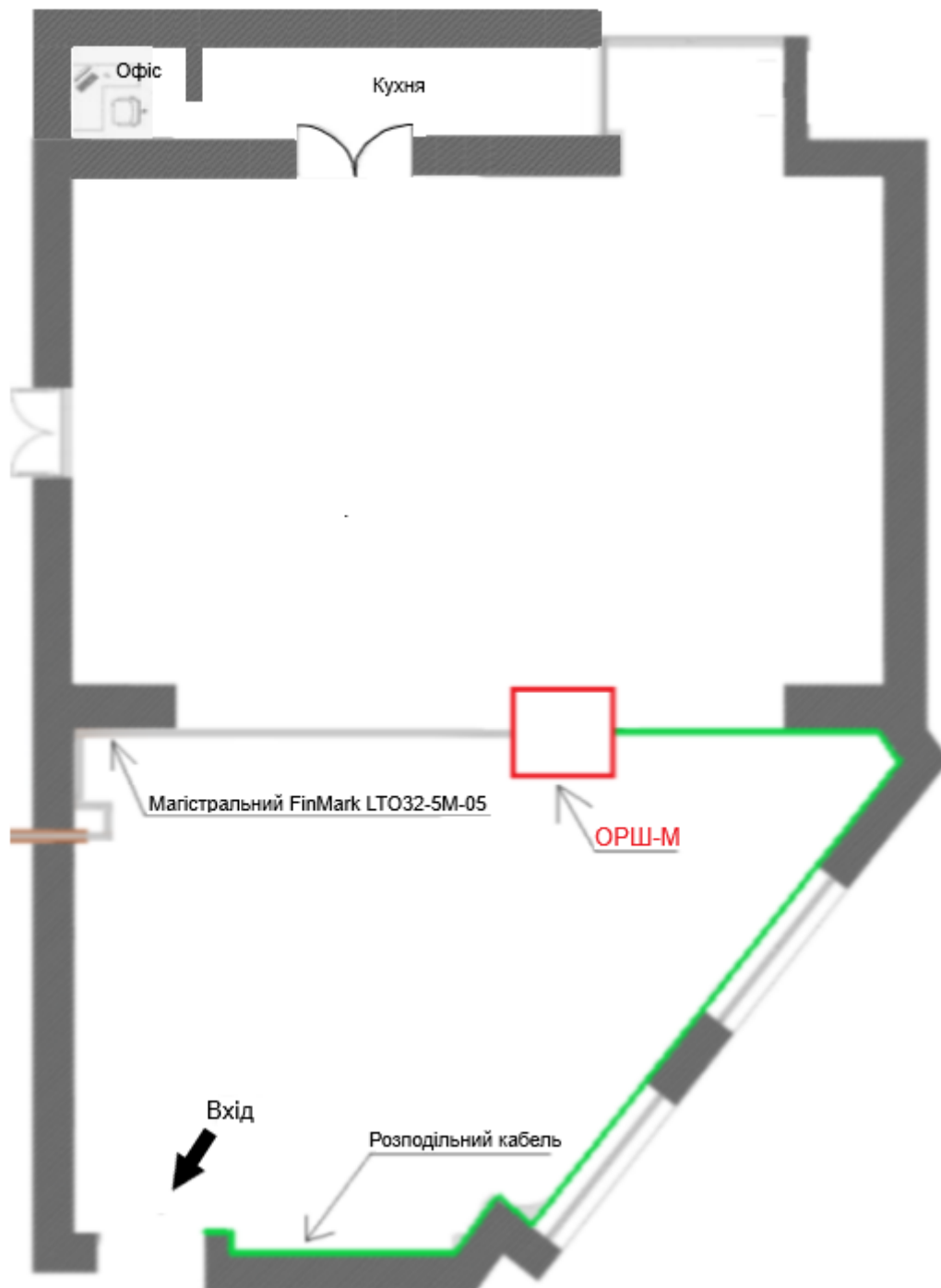


Рисунок 4.11 - Схема розводки кабелю на цокольному поверсі

Більше детально розглянемо методику встановлення ОРШ. В даному проекті відбувається обслуговування одного поверху будівлі, тому ставити ОРШ на вулиці недоцільно. Беручи до уваги, що це заклад громадського харчування, а значить ставити ОРШ на вулиці недоцільно з правил технічної безпеки, оскільки і людина може постраждати, і легкий доступ до ОРШ зменшує надійність мережі. Тому в даному випадку вибір падає на внутрішню стіну цокольного поверху у центральній частині споруди.

Для розгалуження вхідного оптоволокна, використаємо PLC Splitter (Спліттер) 1x8, SC/UPC, 900 um, G657A FiberField:



Рисунок 4.12 - PLC Splitter (Спліттер) 1x8

Таблиця 4.8 - Характеристики PLC Splitter (Спліттер) 1x8

Тип роз'єму	SC/UPC
Корпус	метал
Довжина хвилі, нм	1260~1650
Максимальне внесене загасання, дБ	10,7
Втрати зв'язані з поляризацією, дБ	0,3
Спрямованість, дБ	55
Розгалуження вхід	1
Розгалуження вихід	8
Робоча температура	- 40°C + 85°C

На схемі розподілу волокон, можна побачити, як виконується підключення в ОРШ.

В даному випадку розподільча шафа стоїть на цокольному поверсі (в підвалі), а в ролі розподільчої коробки знаходиться ONU на потрібно варіанту поверсі.

### *Заземлення*

Заземлення броньованого ОК передбачено в ОРШ шляхом приєднання металевої броні оптичного кабелю до системи вирівнювання потенціалів в житловому будинку. Шафа ОРШ має всередині два болта заземлення. На один болт заводиться провід ПВЗ-1x16 мм<sup>2</sup> в жовто-зеленій ізоляції від шини PEN головного ввідно-розподільчого щита (ГРЩ) будинку. Провід ПВЗ-1x16 мм<sup>2</sup> прокладається в гнучкій гофрованій трубі по трасі спільно з телекомунікаційним кабелем по підвалу. Траса прокладки уточнюється за місцем. Металевий бронепокров оптичного кабелю заземлюється в шафі ОРШ на другий болт заземлення. Перед проведенням монтажних робіт перевірити систему повторного заземлення PEN провідника на ГРЩ. Опір контуру має бути не більше 4 Ом для напруги ~ 380 В.

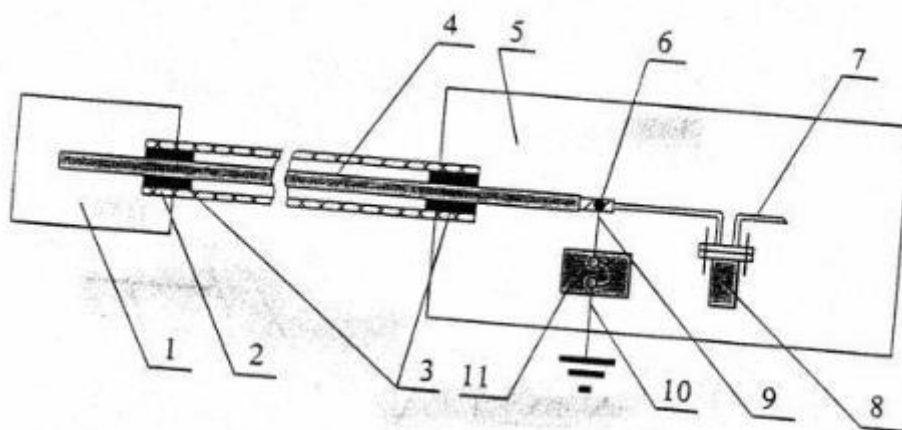


Рисунок 4.13 - Схема вводу кабелю у будівлю с наявним заземленням:

- 1) оглядовий пристрій кабельної каналізації;
- 2) канал кабельної каналізації;
- 3) вузол герметизації кабельного каналу;
- 4) оптичний кабель;
- 5) приміщення вводу кабелів в будівлю об'єкта зв'язку;
- 6) металевий бронепокров оптичного кабелю;
- 7) станційний оптичний кабель, оболонка якого не підтримує горіння;
- 8) з'єднувальна муфта або вологозахисна ввідна шафа;
- 9) захисний провідник перетином  $\geq 4\text{мм}^2$ ;
- 10) заземлювальний провідник;
- 11) кабельний щиток заземлення, що містить знімні перемички для можливості відключення бронепокрову від заземлення.

#### *Вибір розподільчого ОК*

Для внутрішньої прокладки розподільчого кабелю візьмемо кабель FinMark FTTH002-SM-18 – сучасний одномодовий волоконно-оптичний кабель типу FTTH для прокладки всередині приміщення або проброса між опорами. Так він ідеальний для будинків, офісів, прокладки в коробах і по плінтусів. Кабель FinMark FTTH002-SM-18 має 2 оптичні волокна, що відповідають рекомендації G.652.D. Як зовнішня оболонки був використаний негорючий

безгалогенний матеріал LSZH. Кабель виділяється непоганими параметрами стійкості при короткочасному розтягуванні і стисненні – 700 Н і 2200 Н/100 мм відповідно і довгостроковому розтягуванні і стисненні - 350 Н і 1100 Н/100 мм відповідно. Стійкості в розтягування надають два силових елемента (матеріал - сталевий дріт) з діаметром 0,45 міліметра. Також допустимо мінімальний радіус вигину в 30 мм на постійній основі і 60 мм при динамічній. На додачу є сталевий несучий дріт діаметром 1 міліметр на базі фосфатированной стали. Кабель легко кріпиться і зручний в обробленні. У бухті йде 1000 м кабелю. Вага одного кілометра такого кабелю 19,5 кілограм.



Рисунок 4.14 - Складові оптоволоконного кабелю FinMark FTTH002-SM-18

Кабель містить два оптичних волокна, що відповідають рекомендації G.652.D (стандартне одномодове волокно з пригніченим «водяним піком»). Зовнішня оболонка виготовлена з не розповсюджує горіння безгалогенного низькодимного матеріалу - LSZH (Low Smoke Zero Halogen). Стійкість до поздовжніх натягу кабелю надають два силових елемента з склопластикових прутків. В оптичний кабель закладається оптичне волокно Fujikura FutureGuide - LWP (відповідає ITU-T G.652.D). На вимогу замовника кабель може виготовлятися з волокнами по ITU-T G.657.A2.

Таблиця 4.9 - Характеристики кабелю FinMark MT002-SM-03

Тип кабелю (кількість волокон)	2
Тип волокна (згідно ІТУ-Т)	G.652.D
Матеріал силових елементів	Сталевий дріт
Діаметр силових елементів, мм	0,45
Матеріал несучого елемента	фосфатована сталь
Діаметр несучого елемента, мм	1,0
Матеріал оболонки кабелю	LZSH
Розміри кабелю: товщина × висота, мм	2.0 × 5.2
Маса кабелю, кг/км	19,5
Мін. радіус вигину постійний/ динамічний, мм	30/60 10/25 (Flex)
Макс. навантаження при розтягуванні (Короткочасна/довготривала), Н	700/350
Макс. навантаження при стисненні (короткочасна/довготривала), Н/100	2200/1100
Допустима температура експлуатації, ° С	-40 ... +60

Через те, що нам потрібно забезпечити один поверх зв'язком, даний кабель будемо використовувати як для горизонтальної, так і для вертикальної прокладки. За рекомендаціями правильно було цей кабель використати, щоб підвести ОРШ №1 до ОРК, яку поставили на першому поверсі.

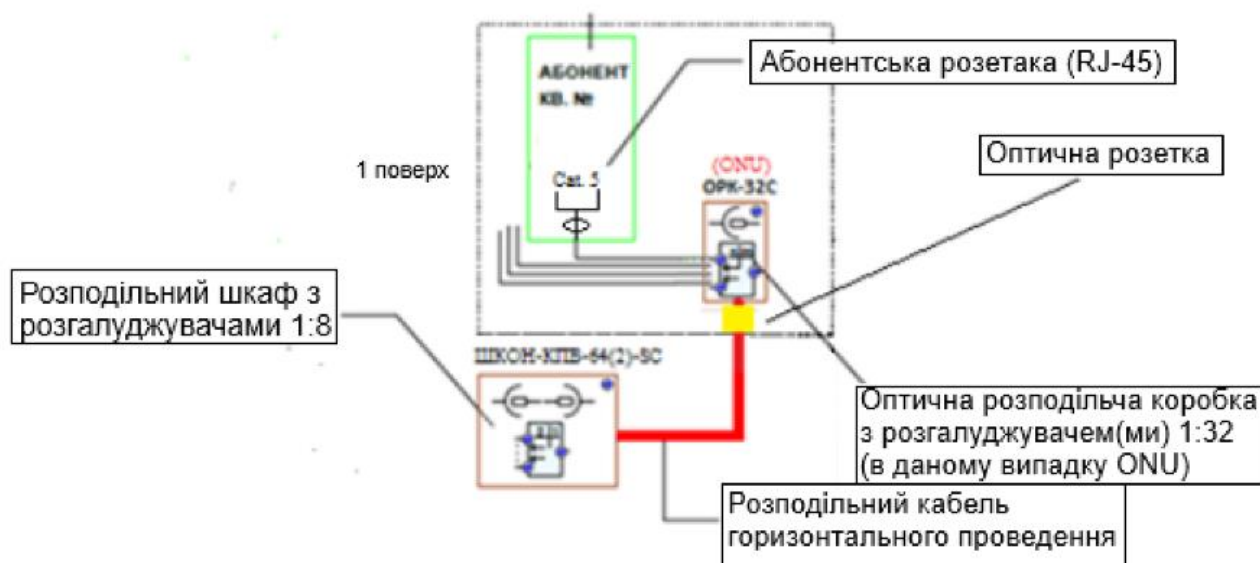


Рисунок 4.15 - Схема вертикальної прокладки кабелю

Оптична розетка найрозповсюдженіша – Crosver FOR-02 – пластикова настінна оптична розетка дозволяє з'єднати до 2-х оптичних волокон, конструкція допускає установку до відповідних посадочних місць 2-х адаптерів. Також є можливість закріплення оптичного кабелю кабельним зажимом, що запобігає його висмикуванню. Призначена для «окінцювання» патчкордових оптичних кабелів або кабелів типу FTTH. Габаритні розміри 86x86x22мм.



Рисунок 4.16 - Оптична розетка Crosver FOR-02

В даному випадку ОРК-32С показана як для прикладу, оскільки на практиці будемо використовувати абонентський термінал DLCOM2096 та ще у якості ONU.

DLCOM2096 - мінішассі IP-DSLAM, яке відповідає зростаючим вимогам до широкопasmового доступу і мереж NGN. Цей пристрій підтримує роздільну рішення triple-play для передачі по існуючим мідних лініях або оптичних мереж для провайдерів Інтернет і корпоративних мереж. DLCOM2096 має 4 слота для установки плат клієнтських інтерфейсів і підтримує технології xDSL, IP-телефонії, Ethernet, PON.

Для існуючих мідних мереж DLCOM2096 можна розглядати як традиційні IP-DSLAM, які використовують мідні мережі без всякого апгрейда. Для нових оптичних мереж GEPON і Gigabit Ethernet встановлюються плати uplink з портами GbE і GEPON ONU для агрегації різних клієнтських сервісів, таких як xDSL, VoIP. Поєднуючи мідні та оптичні мережі, DLCOM2096 надає операторам ідеальне рішення для розгортання змішаної мережі xDSL + FTTx.

Таблиця 4.10 - Характеристики DLCOM2096

Шасі	4 слота для плат клієнтських інтерфейсів Відсік вентиляторів розміщений зліва в шасі
SMC модуль (PON або GE порти для uplink)	Фіксований PON порт SC/PC роз'єм single mode, одноволоконний 1310 нм burst прийом 1490 нм continuous передача Симетричний 1,25 Гб/с Відстань 20 км Розподіл: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 і 1:64 Індикатори: LNK, АСТ

Продовження таблиці 4.10

SMC модуль (PON або GE порти для uplink)	Мідний порт 10/100/1000 Мбіт/сек autonegotiation RJ-45 роз'єм Full/half duplex Flow control Auto MDI/MDI-X Відстань - 100 м Індикатори: LNK, ACT; SFP оптичний модуль 1000M auto-negotiation RJ-45 роз'єм Full/half duplex
ADSL модуль	ADSL/ADSL2/ADSL2 + 24 клієнтських порту ADSL на платі G.992.1 & G.992.3 & G.992.5
POTs модуль	48 портів FXS для підключення аналогових двопровідних ліній Визначення замикання шлейфу та сигналу (Circuit і ringing current detection)
Розмір	482,6 (Ш) * 88,1 (В) * 240 (Г) мм
Маса	3,8 кг (тільки шасі)
Потужність споживання	Резервне живлення не більше 120 Вт в максимальній конфігурації
Умови роботи	Температура: -5 ~ 50 °C Вологість: < 90%
Безпека	CE сертифікація

Обладнання буде стояти в кросовій поверху, а саме у комутаційній настінній шафі (табл. 4.4, рис. 4.5).

Щоб поставити устаткування, виконати розводку кабелів, організуємо кросову поверху. Є вільне місце з правої сторони барної стійки.



Рисунок 4.17 - Розташування кросової поверху

Заземлення виконується по методиці описаній вище, тобто с приєднанням до болтів ОРШ у підвалі (цокольному поверсі).

#### 4.5 Абонентська ділянка

Перед тим як визначитись з типом кабелю на абонентській ділянці, спочатку треба вирішити, яким способом зробити комутацію з ONU. Для цього, встановимо до комутаційної настінної шафи патч панель на 24 порти UTP стійкову 19", кат. 5Е.



Рисунок 4.18 - Патч панель 24 порти UTP стійкова 19", кат. 5E

Для абонентської проводки використовуватимемо мідний кабель FinMark UTP cat 5e 4x2x0,51, який повністю задовольнить технологію передачі на абонентській ділянці – VDSL2. Найбільш використовуваний вид кабелю, налічує чотири пари, застосовується при конструюванні мереж 100/1000 Мбіт/сек. Під час задіяння двох пар, швидкість передачі - 100 Мбіт/с, якщо задіють усі чотири пари – 1000 Мбіт/с. Частотна смуга 100 МГц.

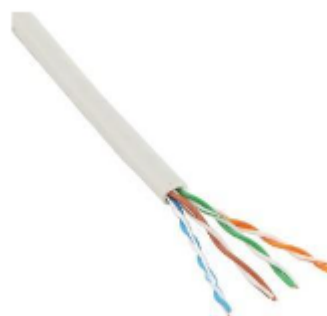


Рисунок 4.19 - Кабель FinMark UTP cat 5e 4x2x0,51

Приклад розміщення абонентських пристроїв приведений на рисунку 4.17. Загальна відстань від введення в приміщення до установки телекомунікаційної розетки (RJ-45) не перевищує 15-20 метрів. Телекомунікаційна розетка встановлюється в місці передбачуваної установки робочого місця (обладнання – комп'ютер, принтер і т.д.) з урахуванням найкоротшого шляху прокладки кабелю, на висоті 50-80 см від рівня підлоги, на відстані не більше одного метра від електричної розетки.

Таблиця 4.11 - Характеристики кабелю FinMark UTP cat 5e 4x2x0,51

Ізоляція провідника		Поліетилен, діаметр провідника в ізоляції 0,9 мм
Кількість пар провідників		4
Матеріал провідника		Мідний дріт діаметром 0.51 мм (24 AWG)
Температурний діапазон	інсталяції, °С	-10 ... + 60
	робочий, °С	-30 ... + 60
Мінімальний радіус вигину	при монтажі (динамічний)	≥ 8 x діаметрів кабелю
	після монтажу (постійний)	≥ 4 x діаметрів кабелю
Розтяжне зусилля, Н		≤ 85
Маса, кг	Брутто	23,23
	Нетто	19,23
Габаритні розміри, ШxВxD, мм		390 x 490 x 390
Імпеданс, Ом		100 ± 15
Опір по постійному струму, Ом/км		94
Швидкість розповсюдження		0,68 · с



Рисунок 4.20 - UTP CAT5e комп'ютерна розетка (зовнішня) з одним портом

У двох місцях споруди потрібно враховувати Wi-Fi (позначено на рис. 4.18), оскільки в одному випадку на плані будівлі вказано, що там офіс, а в другому зона відвідувачів.

Для забезпечення цих зон Wi-Fi, поблизу телекомунікаційних розеток одразу врахуємо наявність маршрутизатора маршрутизатор Asus RT-AX5400.



Рисунок 4.21 - Маршрутизатор Asus RT-AX5400

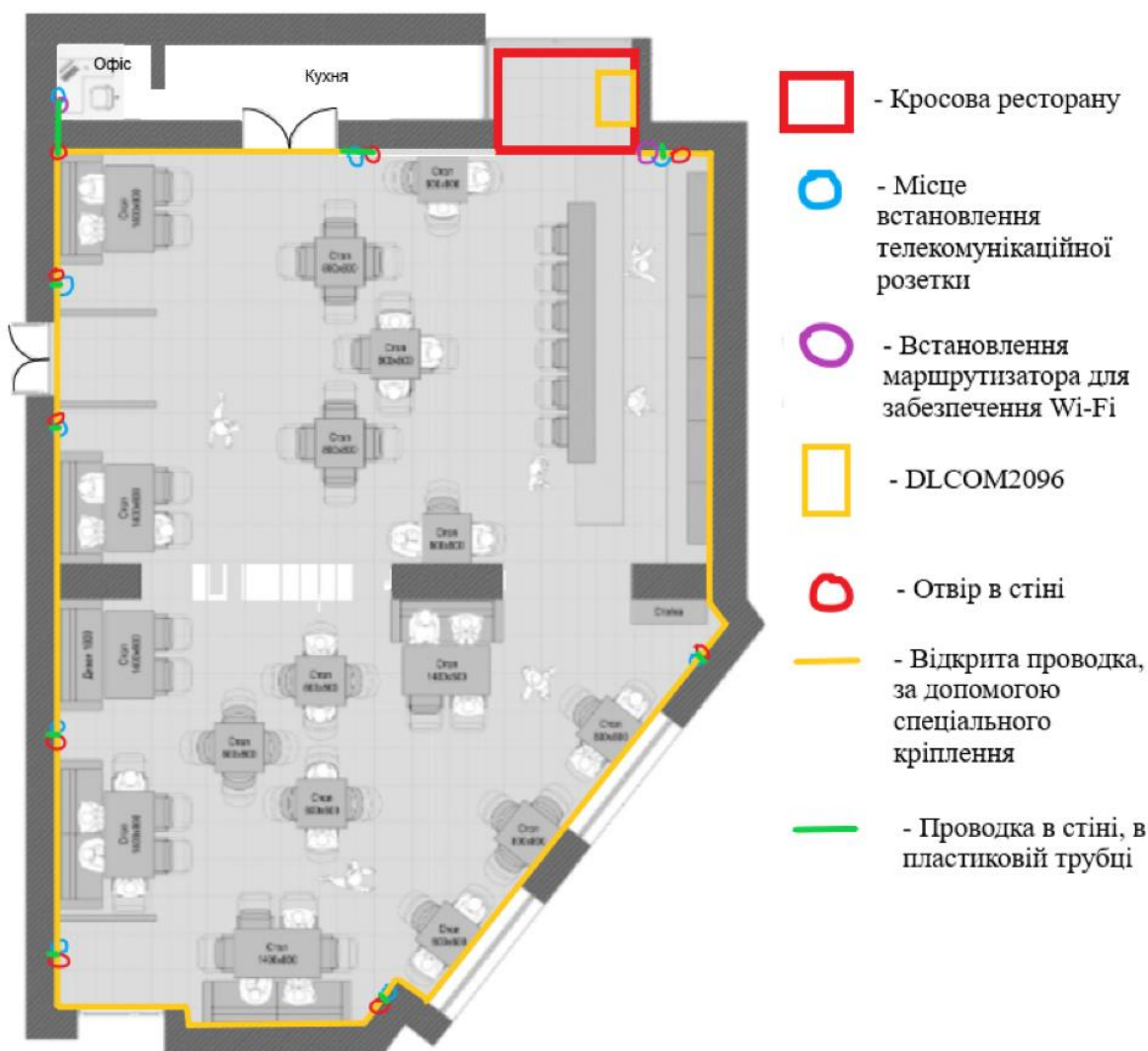


Рисунок 4.22 - Загальна схема розводки абонентської ділянки кабелю

#### 4.6 Висновки по розділу 4

У цьому розділі було створено проект широкосмугового оптоволоконного доступу для району міста. Потрібно було зпроектувати мережі доступу для ресторану "Вілла Чіполіна". Було розроблено структурну схему лінійної частини мережі. Проаналізував станційну ділянку та магістральну ділянку вибрав спосіб резервування, зробив вибір магістрального кабелю та оптичної муфти. Зпроектовано розподільчу ділянку в якій є ОРШ та його комплектація і заземлення. Було обрано розподільчий кабель для внутрішньої прокладки.

## ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі проведено детальний аналіз технологій мереж наступного покоління (NGN). Визначено, що NGN забезпечують інтеграцію різних видів послуг, підвищують ефективність використання ресурсів та знижують експлуатаційні витрати. Розглянуто різні варіанти побудови мереж абонентського доступу. Виявлено, що кожна з технологій має свої переваги та недоліки, але все ж таки технологія пасивних оптичних мереж (PON), є однією з найкращих. Перехід до мереж наступного покоління є стратегічно важливим кроком для розвитку телекомунікаційної інфраструктури, що забезпечує підвищення якості обслуговування користувачів та економічну ефективність мережі. Таким чином, дослідження підтверджує необхідність та доцільність впровадження мереж NGN для покращення телекомунікаційних послуг і забезпечення їхньої економічної ефективності.

В результаті виконання дипломної роботи був розроблений ескізний проект мережі широкопasmового оптоволоконного доступу за технологією PON (Passive Optical Network), з фрагментами кабельного оптичного лінійного тракту на магістральних та розподільних частинах, та VDSL2, з фрагментами кабельного мідного тракту на абонентській ділянці.

На кожному етапі розробки, виконувались вимоги рекомендацій, щодо вибору складових мережі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Kyivstar. Режим доступу до ресурсу: <https://kyivstar.ua/support/mobile-internet>.
2. Соколов Н. А. Мережі абонентського доступу.–М.: „Ентер”, 2004–254 с.
3. Денисьєва О. М. Цифрові системи передачі для абонентських ліній// Вісник зв’язку. - №9. – 1995. – С. 37-38.
4. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Проектування телекомунікаційних мереж: Підручник для вузів / Під ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
5. П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708с.
6. Мережі абонентського доступу: Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 201 с.
7. Бортник Г. Г., Кичак В. М., Яблонський В. Ф. Методи та засоби оцінювання параметрів абонентських ліній зв’язку. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006.– 139 с.
8. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Мережі зв’язку: Посібник для вузів, 2010. – 400 с.
9. Мережі та обладнання широкосмугового доступу за технологіями xDSL: Навч. посіб./ [В.О. Балашов та інші]. – Одеса: Вид. центр ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 208 с.
10. Петренко И.И. Пассивні оптичні мережі PON: Часть 1 –Архітектура і стандарти І.І. Петренко, Р.Р. Убайдуллаєв. – 2004. – № 1. – 22-28 с.
11. Петренко И.И. Пассивні оптичні мережі PON: Часть 2 І.І. Петренко, Р.Р. Убайдуллаєв. – 2004. – № 2. – 25-32 с.

12. Алексеев Е.Б. Оптичні мережі доступу: навч. посіб. / Алексеев Е.Б. –М.: МТУ СИ, 2005. – 140 с.
13. Росляков А.В. Сети доступа: [учеб. пособ. для вузов]. – М: Горячая линия – Телеком, 2008. – 96 с.
14. Фриман Р. Волоконно-оптичні системи зв'язку/ Фриман Р. – М.:Техносфера, 2003. – 440 с.
15. Папушой О.К. Удосконалена методика оцінки структурної надійності мультисервісної мережі зв'язку//перспективи розвитку інформаційно- телекомунікаційних технологій та систем/Ольга Папушой. – 2021.– 404 с.