

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА  
РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

**Тема:** «Телекомунікаційна мережа житлового комплексу з використанням технології  
Quadro Play»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Валерій КОСТЯНЕНКО  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Юлія ПЕТРОВА  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

**Київ 2023**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Костяненка Валерія Максимовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Телекомунікаційна мережа житлового комплексу з використанням технології Quadro Play»

затверджена наказом ректора від «29» березня 2023 р. № 421/ст

2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 р. по 25.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: технології телекомунікаційних мереж

4. Зміст пояснювальної записки: проектування мережі Quadro Play, телекомунікаційна мережа житлового комплексу з використанням технології Quadro Play, технічний розрахунок проектованої мережі Quadro Play

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft Power Point

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	22.05.2023- 24.05.2023	Виконано
2	Вступ	25.05.2023	Виконано
3	Проектування мережі Quadro Play	26.05.2023- 29.05.2023	Виконано
4	Телекомунікаційна мережа житлового комплексу з використанням технології Quadro Play	30.05.2023- 07.06.2023	Виконано
5	Технічний розрахунок проєктованої мережі Quadro Play	08.06.2023- 14.06.2023	Виконано
6	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	15.06.2023- 25.06.2023	Виконано

7. Дата видачі завдання: “19” травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Юлія ПЕТРОВА  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Валерій КОСТЯНЕНКО  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Телекомунікаційна мережа житлового комплексу з використанням технології Quadro Play» містить 73 сторінки, 10 рисунків, 6 таблиць, 16 використаних джерел.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, ТЕЛЕФОНІЯ, ТЕЛЕБАЧЕННЯ, МЕРЕЖА «ІНТЕРНЕТ», МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, КОНВЕРГЕНЦІЯ, БАЗОВА СТАНЦІЯ, UMTS.

**Мета кваліфікаційної роботи** – розробка та проектування телекомунікаційної мережі житлового комплексу з використанням технології Quadro Play, що включає в себе дослідження основних принципів цієї технології, вибір необхідного обладнання, проектування мережі та проведення необхідних розрахунків для її реалізації.

**Об'єкт дослідження** – процес проектування телекомунікаційної мережі в житловому комплексі.

**Предмет дослідження** – побудова телекомунікаційної мережі в житловому комплексі, використовуючи технологію Quadro Play

**Практичне значення отриманих результатів.** Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при планів побудови мережі, визначенні потрібного обладнання та його конфігурації, а також при оцінці потенційної пропускної здатності та ефективності використання ресурсів.

Крім того, матеріали цієї роботи можуть слугувати джерелом інформації для наукових досліджень у галузі телекомунікацій, спеціально при вивченні принципів роботи та оптимізації мереж Quadro Play.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	6
ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ QUADRO PLAY.....	11
1.1. Технологія мережі Quadro Play.....	11
1.2. Основні методи доступу до мережі Інтернет.....	26
1.2.1. Підключення за допомогою Dial-up і модему.....	26
1.2.2. Підключення до домашньої мережі (домашнє підключення).....	29
1.2.3. Підключення за допомогою супутникової антени.....	30
1.3. Телефонія.....	31
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	34
РОЗДІЛ 2. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ QUADRO PLAY.....	35
2.1. Опис устаткування, що використовується для побудови мережі.....	35
2.2. Побудова мережі з урахуванням технології Quadro Play.....	48
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	49
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЄКТОВАНОЇ МЕРЕЖІ QUADRO PLAY.....	50
3.1. Розрахунок коефіцієнта навантаження у радіоканалі системи UMTS.....	50
3.2. Розрахунок зони покриття БС за допомогою моделі Окомура – Хата.....	55
3.3. Розрахунок параметрів одномодового оптичного волокна.....	62
3.4. Розрахунок ділянки регенерації.....	65
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	69
ВИСНОВКИ .....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	72

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Сесійний керуючий протокол (SIP)

MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visitor Location Register) - Мобільний комутаційний центр/Реєстр місця перебування відвідувача

HLR (Home Location Register) - Домашній реєстр місцезнаходження

GMSC (Gateway MSC) – Комутаційний центр-шлюз

SGSN (Serving GPRS Support Node) - Вузол підтримки GPRS

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System - Універсальна система мобільного зв'язку

BS - Base Station - БС Базова станція

ISP - Internet Service Provider - Провайдер послуг Інтернету

LAN - Local Area Network - Локальна обчислювальна мережа

WLAN - Wireless Local Area Network - Бездротова локальна обчислювальна мережа

VoIP - Voice over Internet Protocol - Голос по протоколу Інтернету

IPTV - Internet Protocol Television - Телебачення по протоколу Інтернету

OPEX - Operational Expenditure - Оперативні витрати

CAPEX - Capital Expenditure - Капітальні витрати

SLA - Service Level Agreement - Угода про рівень сервісу

QoS - Quality of Service - Якість обслуговування

RAN - Radio Access Network - Радіодоступна мережа

MIMO - Multiple Input Multiple Output - Багато входів, багато виходів

OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Ортогональне частотне розділення каналів

Wi-Fi - Wireless Fidelity - Бездротова вірність

CPE - Customer Premises Equipment - Обладнання на території споживача

IDU - Indoor Unit - Внутрішній блок

ODU - Outdoor Unit - Зовнішній блок

AP - Access Point - Точка доступу

SIP - Сесійний керуючий протокол

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В сучасному світі неможливо уявити своє життя без швидкісного інтернету, телебачення високої чіткості та безперебійної мобільної телефонії, особливо в житлових районах. Технологія Quadro Play, що дозволяє надавати ці послуги одночасно через один канал, стає все більш популярною та вимогливою.

Використання технології Quadro Play в житлових комплексах дозволяє максимально оптимізувати використання телекомунікаційної інфраструктури, зменшуючи витрати та покращуючи якість послуг. Отже, питання проектування та впровадження таких систем є надзвичайно актуальними.

У зв'язку з розвитком технологій та зростанням потреб користувачів, постає питання про більш ефективне використання радіоресурсів. Розробка та оптимізація системи на основі Quadro Play, які дозволяють ефективніше використовувати радіоканали, стають важливим напрямком досліджень.

Таким чином, розробка та дослідження мережі Quadro Play для житлових комплексів є актуальним та важливим напрямком, що відповідає сучасним тенденціям розвитку телекомунікаційних технологій.

**Мета і завдання дослідження.** Розробка та проектування телекомунікаційної мережі житлового комплексу з використанням технології Quadro Play, що включає в себе дослідження основних принципів цієї технології, вибір необхідного обладнання, проектування мережі та проведення необхідних розрахунків для її реалізації.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі технічні завдання:

1. Дослідження та аналіз основних принципів роботи технології Quadro Play та її застосування в побудові телекомунікаційних мереж.
2. Вибір та оцінка обладнання, необхідного для побудови мережі на основі технології Quadro Play.
3. Розробка проекту телекомунікаційної мережі житлового комплексу, враховуючи всі специфічні вимоги та обмеження.



4. Проведення розрахунків для оцінки ефективності розробленої мережі.
5. Вивчення актуальних тем та трендів в області телекомунікаційних технологій для розширення теоретичних знань та кращого розуміння сфери застосування проєкту.

**Об'єктом дослідження** – процес проєктування телекомунікаційної мережі в житловому комплексі.

**Предметом дослідження** – побудова телекомунікаційної мережі в житловому комплексі, використовуючи технологію Quadro Play

**Методи досліджень.** В ході виконання цієї кваліфікаційної роботи були використані такі методи досліджень:

1. Аналітичний метод - використовувався для вивчення наукової літератури, нормативних документів, а також для аналізу існуючих технологій і тенденцій в області телекомунікацій.
2. Моделювання - застосовувалось для проєктування телекомунікаційної мережі на основі технології Quadro Play.
3. Розрахунково-конструкторський метод - використовувався для розрахунку необхідних параметрів мережі та обладнання, а також для розробки схеми мережі.
4. Експертні оцінки - використовувались для вибору оптимального обладнання та для оцінки ефективності проєкту.
5. Метод порівняння - використовувався для аналізу різних варіантів технічних рішень та вибору найкращого.

Ці методи дозволили провести глибокий аналіз проблеми, розробити ефективний проєкт телекомунікаційної мережі, а також перевірити його на практиці.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при планів побудови мережі, визначенні потрібного обладнання та його конфігурації, а також при оцінці потенційної пропускну здатності та ефективності використання ресурсів.

Крім того, матеріали цієї роботи можуть слугувати джерелом інформації для наукових досліджень у галузі телекомунікацій, спеціально при вивченні принципів роботи та оптимізації мереж Quadro Play

**Апробація отриманих результатів.** Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2023 р.

# РОЗДІЛ 1

## ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ QUADRO PLAY

### 1.1. Технологія мережі Quadro Play

Експлуатаційна послуга з чотирма компонентами вигідна: замість однієї послуги вона забезпечує кілька, підвищуючи її дохідність. Що більше, для традиційних телефонних операторів це, по суті, єдина можливість вижити на динамічно розвиваючому ринку, незважаючи на суттєве зниження доходів від голосових послуг і домінування мобільних операторів.[1]

При створенні своєї мережі, традиційні телефонні оператори повинні враховувати унікальні способи запуску пакета послуг Quadro Play. Одним з ефективних методів реалізації цього є розширення базових послуг мобільної мережі, таких як текстові та мультимедійні повідомлення, що надають змогу передавати їх через комп'ютер, телевізор та стаціонарний телефон. Наприклад, користувач може відправити текстове повідомлення зі свого мобільного телефону, і воно з'явиться на екрані телевізора іншого користувача. Перевагою цього підходу є підвищення лояльності клієнтів через зручність та унікальність послуг, а також збільшення доходів від передачі повідомлень.

"Quadruple play - це маркетинговий термін в телекомунікаціях, який описує модель, за якої користувачеві одночасно надаються чотири сервіси: високошвидкісний доступ до Інтернету, кабельне телебачення, стаціонарний і мобільний телефонний зв'язок. Цей підхід є розвитком Triple Play і іноді називають "Фантастична четвірка".[8]

Так звана послуга Quadruple play інтегрує також послугу мобільного зв'язку. Один із варіантів реалізації - це включення WiFi-режиму до звичайного режиму GSM-зв'язку мобільного телефону, що дозволяє знизити вартість організації мобільного зв'язку в рамках передавача Wi-Fi.

Широкопуговий зв'язок - це технологія доступу до Інтернету, яка забезпечує високу швидкість передачі даних, перевищуючи максимальні можливості комутованого доступу через модем і телефонну мережу загального користування. Вона використовує дротові, волоконно-оптичні або бездротові з'єднання. У порівнянні з комутованим доступом, який має обмежену пропускну спроможність близько 56 кбіт/с і повністю займає телефонну лінію, широкопугові технології забезпечують набагато вищу швидкість передачі даних і не монополізують телефонну лінію. Історично широкопуговий доступ вважається швидшим, ніж стандарт E1 (32 × 64 кбіт/с).

Крім того, широкопуговий доступ забезпечує постійне підключення до Інтернету без необхідності встановлення комутованого з'єднання. Він також дозволяє "двостороннє" з'єднання, що означає можливість одночасно отримувати ("завантажувати") та передавати ("вивантажувати") інформацію з високою швидкістю передачі даних.

Широкопуговий доступ поділяється на мобільний широкопуговий доступ і фіксований широкопуговий доступ. Фіксований широкопуговий зв'язок здійснюється через дротові з'єднання, тоді як мобільний широкопуговий доступ передає дані бездротовим зв'язком.[14]

Мобільний широкопуговий доступ використовує такі мобільні технології, як WCDMA/HSPA (покоління 3.5G) і HSPA+ (покоління 3.75G). Крім того, використовуються технології 4G, такі як WiMax і LTE.

Також існує широкопуговий доступ до Інтернету через наземні мережі цифрового наземного телебачення DVB-T2.

Кабельне телебачення є аналоговою моделлю телевізійного мовлення (і часом FM-мовлення), при якій телевізійний сигнал передається високочастотними сигналами через кабель. Кабельне телебачення відрізняється від наземного і супутникового телебачення. Воно було винайдене у Сполучених Штатах у 1949 році.

Мережі кабельного телебачення активно розвивалися в Європі та США в 1980-х роках, а перші кабельні мережі з'явилися в Україні наприкінці 1980-х - на початку 1990-х років. Протягом довгого часу основним типом кабельного телебачення був

коаксіальний кабель. Однак успішний розвиток оптичних технологій передачі даних призвів до використання волоконної оптики у гібридних або волоконно-коаксіальних мережах кабельного телебачення, де поєднуються коаксіальний кабель і волоконно-оптичний кабель.

Сучасна мережа кабельного телебачення включає центральну головну станцію, основні канали зв'язку, допоміжні лінії та розподільні мережі для домашніх користувачів.[10]

Переваги кабельного телебачення порівняно з бездротовим:

- забезпечує стабільний і якісний сигнал без спотворень або перерв. Він забезпечує чітке відтворення відео та аудіо.

- мають високу стійкість до електромагнітних завад і перешкод. Вони менш піддаються впливу нашумлення чи інтерференції, що може вплинути на якість сигналу.

- Немає проблем з передачею сигналів у містах з щільними багатоповерховими будівлями: Кабельне телебачення може легко проникати через будівлі і стіни, що дозволяє надавати послуги в містах з великою концентрацією населення та щільною забудовою.

- Розширення послуг та кількості каналів: кабельні мережі мають значно більшу пропускну здатність, що дозволяє надавати більше каналів та розширені послуги, такі як інтерактивне телебачення, відео на вимогу, високошвидкісний Інтернет і т.д.

- Більша кількість телевізійних каналів: кабельне телебачення зазвичай пропонує широкий вибір телевізійних каналів для перегляду. Часто це означає наявність не менше 60 каналів і більшого розмаїття телепрограм.

Передача відео через кабельні мережі є одним з найперспективніших способів поширення інформації. Головною лінією зв'язку є волоконно-оптичні кабелі, які забезпечують високу швидкість і надійність передачі даних. Для зв'язку з кінцевими користувачами, відомими як "остання миля", можуть використовуватись кручені мідні або коаксіальні кабелі. Це дозволяє доставляти сигнал інтернету та телевізійних послуг безпосередньо до будинків і квартир користувачів.

У 1948 році власник магазину побутової техніки Джон Волсон побудував першу примітивну кабельну мережу в містечку Маханой, що розташоване в гірській місцевості Пенсільванії, у Сполучених Штатах. В той час якість прийому відеосигналу на антенах телевізійних приймачів була недостатньою через різницю у висоті. Щоб вирішити цю проблему, Джон Волсон зміцнив високу щоглу на найближчому пагорбі та встановив на неї антену. Електричний кабель антени був під'єднаний до входу телевізора, що значно покращило якість зображення. Пізніше він підключив свій будинок і будинок свого сусіда до цього кабелю. Через рік, співпрацюючи з Jerrold Electronics Corp., розташованою в іншому кінці міста, вони почали проводити кабельні з'єднання для всіх мешканців міста за щомісячну плату в розмірі трьох доларів на місяць.

На початку 50-х. проблеми з отриманням телевізійної ліцензії на ефірне мовлення призвели до швидкого зростання невеликих кабельних мереж по всій Америці. До 70-х років пропускна здатність кабелю значно зросла, і компанії, розмістивши комплекси антен на висотних будівлях, почали ретранслювати повітряні канали, а до середини 1970-х років - також супутник. Власні програми кабельного каналу були спочатку примітивними. Однак 1 червня 1980 року глобальна кабельна мережа CNN, заснована американським бізнесменом Робертом Едвардом Тернером (народилася 1938 року), почала мовлення з використанням високоякісних програм власного виробництва. Протягом п'яти років канал став настільки популярним, що його транслювали супутниками по всьому світу. У Західній Європі більшість жителів отримують телевізійний сигнал кабелем, телецентри доставляють на нього наземні, супутникові та місцеві канали власного виробництва.

В Україні перші волоконно-оптичні лінії зв'язку вперше були використані у 90-тих роках ХХ століття. Вони забезпечували передачу великих обсягів даних, оскільки цифровий сигнал у вигляді світлових імпульсів на волокні майже не втрачався. Волоконно-оптичні лінії зв'язку могли передавати телевізійні та радіосигнали, телефонні розмови, Інтернет та інші послуги, але головною метою було надання абонентам багатоканального телебачення за певну плату. Зважаючи на високу вартість волоконно-оптичного кабелю, для розподілу програм до кінцевих

користувачів використовували дешевий коаксіальний кабель. У нових будівлях у великих містах враховувалась необхідність прокладання кабелю до кожної квартири, забезпечуючи доступ до кабельного телебачення.[13]

Спрощена структура кабельної мережі включає такі елементи:

- Набір професійних наземних і супутникових антен великого діаметра, що використовуються для отримання ефірних сигналів телевізійних каналів і сигналів від супутників. Вони забезпечують прийом сигналів і подальше передавання до системи.

- Перетворення головного або апаратного сигналу: В цьому етапі сигнал, отриманий з антен, піддається перетворенню для відповідної обробки. Це може включати демодуляцію, декодування, синхронізацію і інші операції, залежно від формату та типу сигналу.

- Сигнали, які пройшли перетворення, можуть бути посилені за допомогою підсилювачів. Це допомагає зберегти якість сигналу і забезпечити його подальшу передачу на великі відстані.

- Суматори, які використовуються для об'єднання різних сигналів, таких як ефірні, супутникові та інші відеосигнали. Вони дозволяють комбінувати різні джерела сигналів в один потік, який подається до кабельної мережі.

Така спрощена структура демонструє основні етапи обробки сигналу та передачі у кабельній мережі. У реальності кабельні мережі можуть мати складнішу архітектуру з багатьма додатковими елементами, такими як вузли розподілення, комутатори, мультиплексори та інші пристрої для забезпечення оптимальної передачі сигналу до кінцевих користувачів.

У кабельних мережах кілька тисяч абонентів можуть бути під'єднані до одного оптичного приймача, який забезпечує перегляд аналогових і цифрових каналів. З метою компенсації втрати сигналу в коаксіальному кабелі використовуються з'єднувальні та домашні підсилювачі. Для розподілу кабелю до різних споживачів використовуються різні модифікації спліттерів. В Україні зараз існує велика кількість кабельних мереж, і завдання полягає в консолідації цих розрізнених мереж з одночасним збільшенням кількості телевізійних каналів. Головна проблема полягає в технічній сумісності мереж без необхідності глобальної реконструкції та у створенні

єдиної системи на основі різних модулів. Сучасне кабельне телебачення поєднує можливості супутникових антен і системи наземних ретрансляторів для постачання глядачам високоякісного відеосигналу з багатьма тематичними каналами через розподільчу мережу. Таким чином, наявні технології гармонізуються.[11]

У великому масштабі високоякісне телевізійне мовлення може бути доступним як у щільно заселених центральних районах, так і в малонаселених віддалених районах, за умови оптимального поєднання різних каналів зв'язку. Основними тенденціями у розвитку телемовлення в сучасний час є:

- Використання супутникових систем дозволяє отримувати велику кількість каналів та програм з усього світу. Це дозволяє користувачам мати доступ до різноманітного контенту і розширює можливості телебачення.

- Оптичні кабелі широкосмугового доступу дозволяють передавати великі обсяги даних з високою якістю сигналу. В поєднанні з коаксіальними кабелями це створює широкі можливості для передачі телевізійних сигналів та інших послуг.

- За допомогою мобільних технологій телевізійне мовлення може бути доступним на портативних пристроях, таких як смартфони та планшети. Це дозволяє користувачам переглядати телепрограми в руху та в будь-якому місці з наявністю мобільного покриття.

Технологія IPTV забезпечує передачу цифрового телебачення через IP-мережі з використанням відеопотоків HD-роздільної здатності та багатоканального звуку. Для цього необхідна локальна IP-мережа з підтримкою multicast-мовлення, головна станція, яка отримує зовнішні цифрові телесигнали і керує всім IPTV комплексом, а також кінцеві абонентські приставки для телевізорів користувачів. Протокол IP дозволяє забезпечити взаємодію між головною станцією та абонентськими приставками, що в свою чергу дає можливість абонентам користуватися інтерактивними послугами телебачення та іншими медіа-сервісами, які недоступні для користувачів традиційного телебачення.[7]

Крім звичайних ТВ-каналів, IPTV надає користувачам інтерактивні послуги, такі як:



– Video on Demand (VoD) - послуга відео за запитом. Це система індивідуальної доставки відеофільмів абонентам. За допомогою цієї послуги абонент може замовити будь-який фільм з бібліотеки VoD сервера та переглянути його за одноразову плату. Під час перегляду фільму користувач має можливість використовувати функції паузи та перемотування.

– near Video on Demand (nVoD) - "майже" відео за запитом. Ця послуга також відома як "віртуальний кінозал" або "карусельне відео". Вона схожа на VoD, але спрямована на велику кількість користувачів, підключених до цієї послуги. Попередньо формується програма мовлення відеоконтенту за розкладом. Користувач може ознайомитися з цією програмою та спланувати перегляд цікавого контенту.

– Time Shifted TV - телебачення зі зсувом у часі. Ця послуга додає інтерактивні можливості до перегляду телепередач. Користувач може в будь-який момент поставити передачу на паузу та повернутися до перегляду пізніше. Також існує можливість перемотування ТВ-передач за допомогою записаних на TVoD-сервері відео-потоків.

– TV on Demand (TVoD) - телебачення за запитом. Це система відкладеного перегляду телепередач. Користувач може заздалегідь вибрати телеканали для запису і пізніше переглянути записані на TVoD-сервері передачі.

Розуміння різниці між цими методами є важливим для оцінки переваг IP-телебачення та організації відеотрансляцій в IP-мережі. Кожен з цих методів використовує різні типи IP-адрес для виконання своїх завдань, і існує значна різниця в їх впливі на обсяг споживаного трафіку.

Переваги IPTV порівняно зі звичайним телебаченням включають:

– дозволяє користувачам взаємодіяти з вмістом телебачення. Вони можуть переривати, перемотувати або паузувати відтворення телепередач. Крім того, користувачі можуть записувати програми для подальшого перегляду, створювати списки відтворення і вибирати вміст за запитом.

– надає доступ до різноманітних додаткових сервісів, таких як відео за запитом (Video on Demand). Користувачі можуть вибирати фільми, серіали або інші

відеоматеріали з бібліотеки і переглядати їх у зручний для них час. Існує три основні методи передавання трафіку в IP-мережах, це - Unicast, Broadcast і Multicast.

Unicast трафік (одноцільове передавання пакетів) переважно використовується для сервісів з "персональним" характером. Кожен абонент може запитати персональний відеоконтент у будь-який зручний для нього час. Unicast трафік направляється з одного джерела до однієї IP-адреси призначення, яка належить лише одному комп'ютеру або абонентському STB в мережі.

Кількість абонентів, які можуть одночасно отримувати unicast трафік, обмежена доступною шириною потоку в магістральній частині мережі. Для прикладу, якщо використовується мережа Gigabit Ethernet, максимальна теоретична ширина потоку даних може бути близько 1 Гб/с (з врахуванням обмежень на службову інформацію та технологічні запаси обладнання). Допустимо, що половина цієї ширини потоку виділяється для сервісів, які використовують unicast трафік.

Враховуючи, що для телевізійних каналів MPEG2 потрібно приблизно 5 Мб/сек, можна розрахувати, що кількість абонентів, які можуть одночасно отримувати unicast трафік, не перевищує 100.

Проте, слід зазначити, що це є лише прикладними числами, і реальна кількість абонентів, залежить від багатьох факторів, таких як тип кодування, якість обслуговування, розподіл ресурсів та інші технічні обмеження мережі.

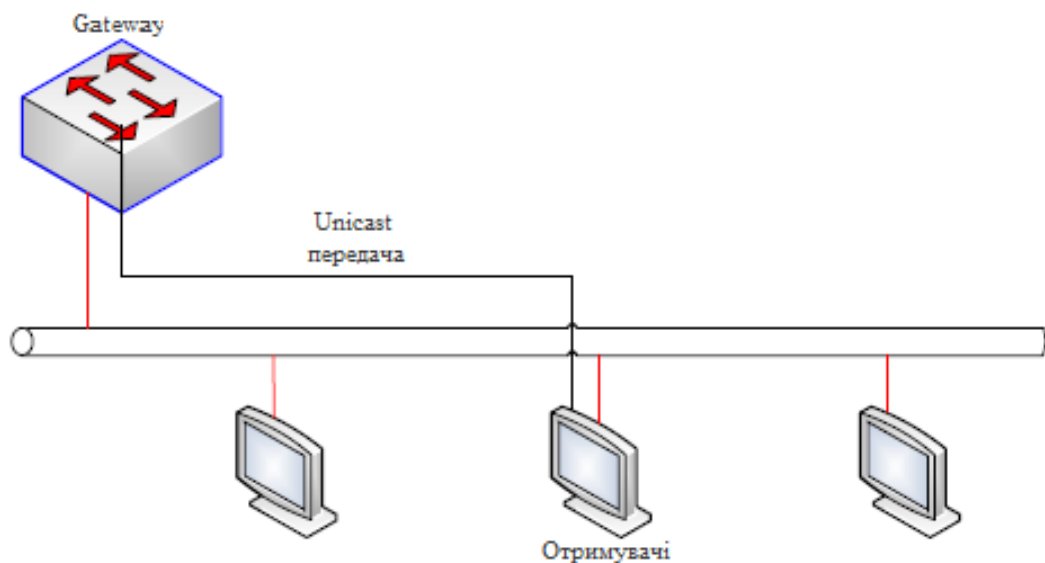


Рис. 1.1. Unicast передача

Broadcast трафік використовує спеціальну IP-адресу для передачі одного потоку даних до всіх абонентів в межах даної IP-мережі. Така IP-адреса може закінчуватися на 255, наприклад, 192.0.2.255, або мати 255 у всіх чотирьох полях (255.255.255.255). Важливо знати, що broadcast трафік приймається всіма підключеними комп'ютерами (або STB) у мережі незалежно від бажання користувача.

Основне призначення broadcast трафіку - передача службової інформації на мережевому рівні або обмін іншою вузькосмуговою інформацією. Проте важливо зазначити, що broadcast трафік не використовується для передачі відео-даних. Він має обмежене застосування і зазвичай використовується для особливих службових цілей у мережі.

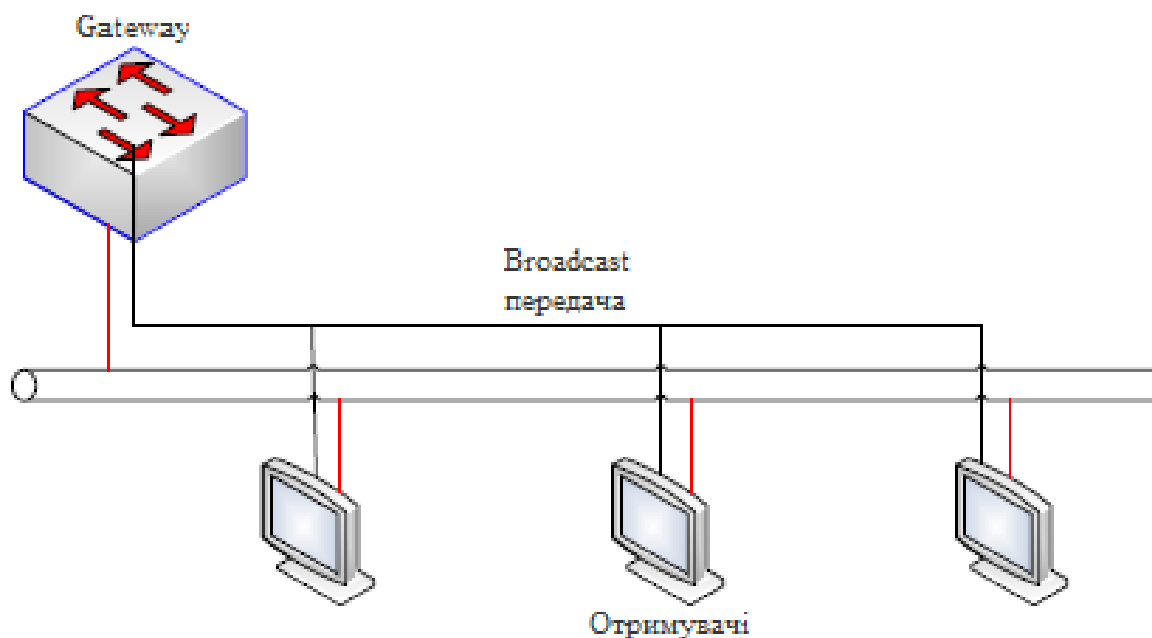


Рис. 1.2. Broadcast передача

Multicast трафік використовується для передачі потокового відео, коли потрібно доставити відео-контент необмеженій кількості абонентів без перевантаження мережі. Це найпоширеніший тип передачі даних в IP-TV мережах, коли велика кількість абонентів дивиться одну й ту саму програму. Multicast трафік використовує спеціальний клас IP-адрес призначення, зазвичай адреси з діапазону 224.0.0.0 до 239.255.255.255. Ці IP-адреси належать до класу D.

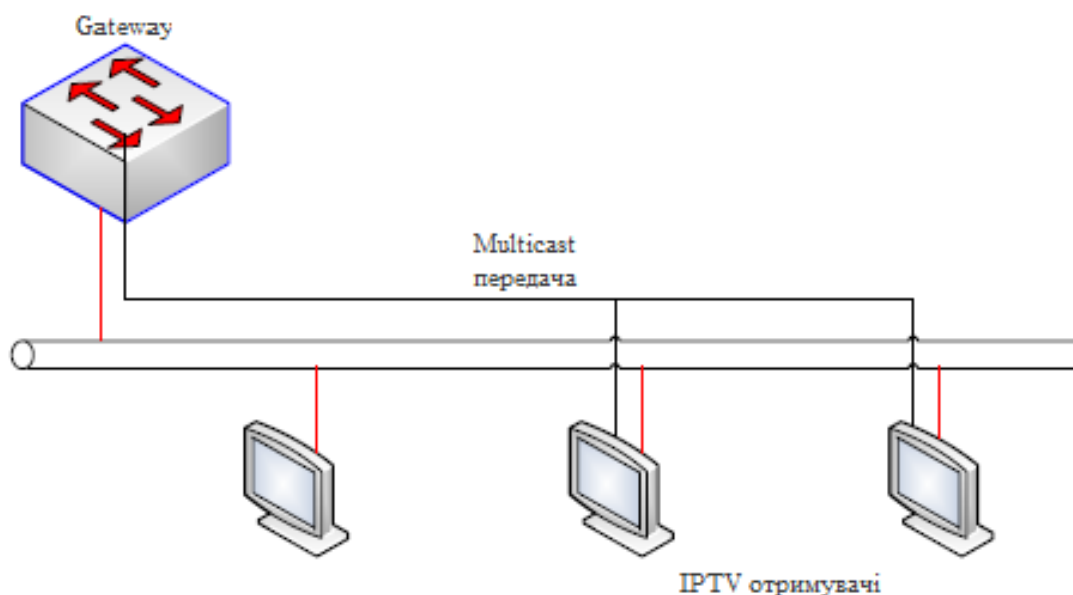


Рис. 1.3. Multicast передача

У випадку multicast трафіку, адреси не можуть бути призначені індивідуальним комп'ютерам або STB. При передачі даних за multicast IP-адресою, приймач може самостійно вирішити, чи хоче він приймати ці дані, тобто чи бажає абонент переглядати цей канал. Цей спосіб передачі означає, що головне обладнання IP-TV оператора передає один потік даних за декількома адресами призначення. У відміну від broadcast передачі, абонент має можливість вибору - приймати дані чи ні. Завантаження магістральної частини мережі multicast трафіком залежить від кількості трансльованих каналів у мережі. [4]

IP телефонія використовує технологію передавання голосу і факс-повідомлень через мережі з використанням протоколу IP в режимі реального часу. Вона може бути застосована як у мережі Інтернет, так і в локальних мережах. Хоча багато людей розглядають поняття "Інтернет телефонія" і "IP телефонія" як рівноцінні, насправді вони мають деякі відмінності. IP телефонія використовує виділені канали зв'язку для передавання голосу, тоді як Інтернет телефонія використовує загальні канали мережі Інтернет. IP телефонія має наступні переваги:

- Висока якість зв'язку при економії коштів.
- Підвищена безпека і конфіденційність.
- Інтелектуальність наданих послуг.

– Використання в рішеннях різного масштабу.

Сервери IP-телефонії працюють наступним чином: з одного боку, сервер підключений до телефонних ліній і може здійснювати з'єднання з будь-яким телефоном у світі. З іншого боку, сервер підключений до IP-мережі і може взаємодіяти з будь-яким комп'ютером у світі. Аналоговий голосовий сигнал перетворюється на цифровий, стискається, розбивається на пакети і відправляється через IP-мережу з використанням протоколу TSP/IP. Для пакету, який приходить з мережі Інтернет до телефонного сервера і відправляється в телефонну мережу, ці операції здійснюються у зворотному порядку. Обидва напрямки передачі сигналу (вхідний і вихідний) відбуваються практично одночасно, що дозволяє забезпечити повнодуплексну розмову.

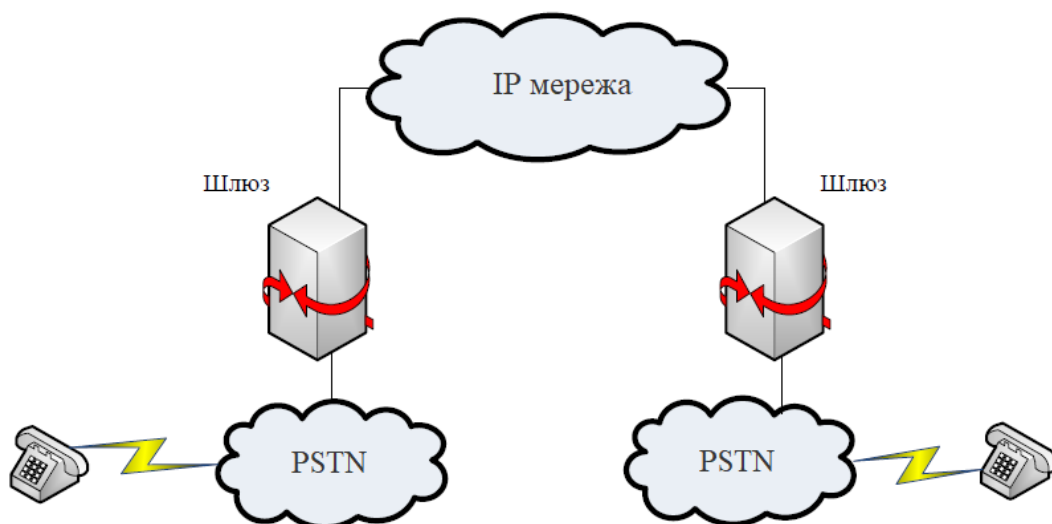


Рис. 1.4. Організація IP телефонії

Технологія IP-телефонії об'єднує мережі комутації каналів (для голосової передачі) і мережі комутації пакетів (для передачі даних) в одну комунікаційну мережу. Передача голосу між різними мережами здійснюється за допомогою шлюзів, які є пристроями, що з'єднують телефонні лінії з IP-мережею.

Голос в системі IP-телефонії існує у вигляді аналогових коливань лише в телефонній трубці або в пристрої, що замінює її. Проте, на інших ділянках передачі

сигналу від абонента до абонента мова оцифровується і передається у вигляді IP-пакетів. Кожен пакет даних містить порядковий номер, адреси призначення та передачі, а також інформацію для корекції помилок. Для того, щоб пакети були доставлені до відповідного отримувача, використовується IP-адреса, за якою здійснюється маршрутизація. Вузли IP направляють ці пакети через мережу до кінцевої точки маршруту доставки. Пакети, що досягають найближчого до отримувача шлюзу, знову перетворюються на аналоговий сигнал (голос) і подаються на телефонну лінію.

Оскільки пакети в системі IP-телефонії можуть бути доставлені не в послідовності, в якій вони були надіслані, важливим кроком є накопичення та відновлення правильної послідовності пакетів. Для цього використовуються порядкові номери пакетів, які допомагають відновити вихідні дані у правильному порядку. У додатках, де послідовність та інтервал приходу пакетів не мають вирішального значення, як, наприклад, в електронній пошті, час затримок між окремими пакетами не має значення. Однак, в галузі IP-телефонії, де важлива динаміка передавання сигналу, відновлення правильної послідовності є важливою складовою для забезпечення якісної та плавної розмови.

Максимальна затримка звуку у системі IP-телефонії може становити від 300 до 400 мілісекунд, залежно від характеристик апаратного обладнання, необхідного для перетворення аналогового аудіосигналу в цифровий. Важливо зазначити, що людське вухо не сприймає затримки менше 250 мілісекунд. З метою мінімізації втрати сигналу, провідні організації зі стандартизації активно працюють над розробкою нових протоколів, а виробники надають сучасні рішення в галузі IP-телефонії, що дозволяють уникнути втрати якості голосу.

IP-телефонія надає різноманітні комунікаційні послуги, включаючи:

- Комп'ютер-Телефон: можливість здійснювати телефонні дзвінки з комп'ютера;
- WEB-телефон: можливість здійснювати телефонні дзвінки через веб-браузер;

- Віртуальні приватні мережі (VPN): можливість створювати безпечні віртуальні мережі для передачі голосової інформації;
- Глобальний роумінг: можливість користуватися телефонними послугами в роумінгу по всьому світу.

В даній кваліфікаційній роботі для підключення послуги стільникового зв'язку використовується технологія UMTS. Система UMTS складається з декількох логічних мережевих елементів, які виконують певні функції.

З функціональної точки зору, мережеві елементи UMTS об'єднуються в наступні компоненти:[5]

- UTRAN (Універсальна Наземна Мережа Радіодоступу UMTS) - це універсальна мережа, яка виконує всі функції, пов'язані з радіомережею. UTRAN включає базові станції (NodeB) і контролюючі елементи (RNC - Radio Network Controller), які забезпечують передачу даних між мобільними пристроями (User Equipment) і Core Network.

- Core Network (CN) - базова мережа, відповідальна за комутацію і маршрутизацію дзвінків і даних в зовнішній мережі. CN складається з вузлів, таких як MSC (Mobile Switching Center), SGSN (Serving GPRS Support Node), GGSN (Gateway GPRS Support Node) і інших, які забезпечують комутаційні та інші послуги стільникового зв'язку.

- User Equipment (UE) - обладнання, яке призначене для користувача і є інтерфейсом між користувачем і UTRAN. UE включає мобільні пристрої, такі як смартфони, планшети або USB-модеми, які використовуються для доступу до послуг стільникового зв'язку.

Як вже було зазначено, мережа радіодоступу в WCDMA відома як Універсальна Наземна Мережа Радіодоступу (UTRAN - Universal Terrestrial Radio Access Network). UTRAN може використовувати наявні мережі другого покоління (2G), такі як GSM і GPRS, як базову мережу. На рисунку 1.6 зображено найпоширеніший спосіб з'єднання наявних базових мереж і мереж третього покоління UTRAN, демонструючи повну архітектуру системи, з'єднання з зовнішніми мережами та інтерфейси.

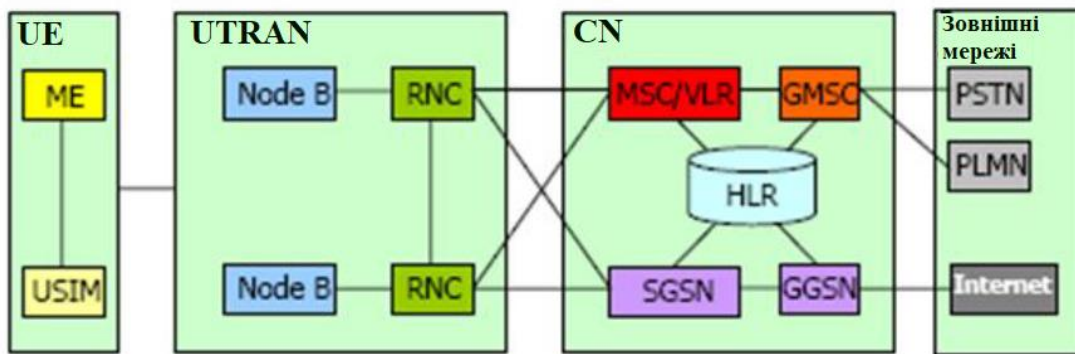


Рис. 1.5. Архітектура системи UMTS

UTRAN складається з двох основних компонентів: Базова станція (Node B) і контролер мережі радіозв'язку (Radio Network Controller - RNC). Node B відповідає за радіоінтерфейс з мобільними станціями, тоді як RNC контролює роботу кількох Node B і передає трафік між UTRAN і базовою мережею CN.

Node B виконує різні функції, зокрема:

- Передачу та приймання радіосигналів від або до користувацького обладнання (UE) через одну або групу стільників.
- Кодування каналу.
- Інтерлівінг (перемішування) сигналу.
- Адаптацію швидкості передачі даних.
- Розширення спектра сигналу.
- Управління радіомережею, включаючи управління потужністю.

Контролер радіомережі (RNC).

У порівнянні з мережею GSM, контролер радіомережі RNC (Radio Network Controller) в системі WCDMA відповідає контролеру базових станцій (BSC) в мережі GSM. RNC виконує керування ресурсами радіомережі, зокрема виділення радіоресурсів для підключених до нього Node B. Він є обслуговуючою точкою доступу для всіх сервісів, що надаються в UTRAN.

Основні завдання, які виконує RNC, включають:

- Призначення та управління всіма радіоресурсами.
- Встановлення кодів для нових радіоканалів.



- Управління радіомережею.
- Прийняття рішень щодо хендверу (передачі від однієї базової станції до іншої).
- Об'єднання та розділення потоків.
- Керування підключеними Node B.
- Контроль завантаження та розбіжностей в стільниках.
- Використовується як інтерфейс до базової мережі, з'єднується з центром комутації (MSC) та обслуговуючим вузлом підтримки GPRS (SGSN).

Зазвичай RNC складається з одного комутатора та одного SGSN.

Базова мережа (CN).[2]

Базова мережа WCDMA забезпечує передачу трафіку з комутацією каналів (CS) і з комутацією пакетів (PS), що є основними сервісами. З цієї причини базова мережа логічно поділяється на два домени: домен Комутації Каналів (CS Domain) і домен Комутації Пакетів (PS Domain). Базова мережа GSM і базова мережа GPRS (GPRS BACKBONE NETWORK) включає в себе такі компоненти:

- комутатор (MSC) спільно з базою даних візитерів (VLR) виконує функції телефонної комутації для послуг з комутацією каналів для всіх абонентів, зареєстрованих у зоні їх обслуговування. Він контролює з'єднання з іншими системами телефонії або передачі даних. VLR являє собою базу даних, що містить інформацію про всіх абонентів (мобільних станціях), які наразі перебувають у даній області обслуговування MSC/VLR (MSC Service Area).

- HLR який є базою даних, в якій зберігається важлива інформація про кожного абонента, який підключився до даного оператора. В HLR міститься інформація про додаткові послуги абонентів, дані аутентифікації та місцезнаходження абонентів. HLR є центральним елементом базової мережі і відповідає за управління та контроль за абонентськими даними та послугами. Він забезпечує доступ до цих даних для інших елементів мережі, таких як MSC/VLR та SGSN, для забезпечення належного обслуговування абонентів.

- шлюзовий комутатор GMSC, який відповідає за маршрутизацію всіх вхідних з'єднань до того комутатора, в зоні дії якого фактично знаходиться абонент.

Це стосується з'єднань з комутацією каналів. GMSC виконує важливу роль у передачі дзвінків між мережею мобільного оператора і іншими мережами, такими як мережа фіксованого телефону або інші мобільні мережі. Він забезпечує правильну маршрутизацію з'єднань, щоб дзвінок був належним чином переданий до правильного комутатора для подальшого оброблення і доставки до абонента.

– SGSN є обслуговуючим вузлом підтримки GPRS, який забезпечує передачу пакетних даних до і від UE (User Equipment), якщо воно зареєстроване в даній зоні обслуговування SGSN. Функціонально SGSN схожий на MSC/VLR, але спеціалізується на обробці послуг з комутацією пакетів. SGSN виконує процедури шифрування та автентифікації, управління сесіями (Session Management), управління пересуванням (Mobility Management) та збирає білінгову інформацію для кожного UE, що використовує послуги пакетної передачі даних. SGSN відповідає за передачу пакетних даних між мобільними станціями та внутрішніми і зовнішніми IP-мережами.

## **1.2. Основні методи доступу до мережі Інтернет**

Навіть користувачі з мінімальними вимогами до доступу до Інтернету можуть мати питання щодо процесу підключення. У той же час, ті, хто має більші потреби, повинні розглянути різні методи доступу, такі як модемне підключення, створення виділених каналів або бездротовий доступ.[3]

### ***1.2.1. Підключення за допомогою Dial-up і модему***

Цей спосіб є найпоширенішим для домашніх користувачів і малих підприємств, а також іноді використовується великими організаціями, якщо їх потреби в мережевих комунікаціях є невеликими. Для підключення вам знадобиться телефонна лінія та доступний модем. Інтернет-послуги забезпечуються спеціалізованими компаніями, а їх вартість є досить доступною. Щоб підключитися, слід виконати такі кроки:

1. Дізнайтеся про тип та якість вашої телефонної автоматичної станції (УАТС). Можете звернутися до друзів, які вже користуються модемним зв'язком через свою лінію, або зателефонуйте в УАТС. Найкращим варіантом є цифрова автоматична телефонна станція, але можуть бути використані й старіші моделі, які координуються або просто координуються. Дуже старі моделі автоматичних телефонних станцій зазвичай не зустрічаються, а якість зв'язку з ними незначна.

2. Залежно від типу УАТС та фінансових можливостей, вирішіть, чи вам необхідно придбати модем. Якщо якість лінії не дуже хороша, вам буде потрібен більш високоякісний модем. Ціни на модеми можуть варіюватися від \$30 до \$50 (на момент написання статті), але дешеві моделі можна вибрати лише впевненим у якості телефонної лінії або в разі обмеженого бюджету.

3. Оцініть свої потреби - скільки часу ви плануєте проводити в Інтернеті, в який час доби і в які дні. Залежно від цього, вам потрібно вибрати тарифний план, який буде найбільш зручним. Якщо вам потрібен доступ лише до електронної пошти або щотижневих відвідувань певних веб-сайтів, ви можете розглянути оплату за час використання. Але якщо ви любите грати в Інтернеті або завантажувати музику в нічний час, вам може бути зручніше мати необмежений нічний доступ або підписку на 50-100 годин.

4. Виберіть провайдера, який пропонує найвигідніші умови для обраного тарифного плану.

5. Якщо провайдер надає таку можливість, виконайте тестовий сеанс доступу. Це дозволить вам оцінити швидкість та надійність з'єднання, а також протестувати простоту набору номера провайдера.

6. Відвідайте один з офісів провайдера, підпишіть контракт, отримайте доступ та отримайте реквізити для входу в Інтернет. Крім питань вибору, які можуть виникнути, ця процедура не є складною. Зазвичай встановлення модему та підключення до Інтернету може зайняти кілька годин, особливо якщо великі комп'ютерні компанії є дилерами одного або декількох інтернет-провайдерів.

З технічної точки зору, встановлення модему є найскладнішим аспектом. Проте для досвідченого фахівця ця процедура займає від двох до п'ятнадцяти хвилин.

Вартість модему досить невелика - найдешевші моделі коштують менше 40 доларів, а найкращі копії рідко перевищують 250 доларів. Оскільки для підключення використовується звичайна телефонна лінія, немає потреби у додаткових операціях для налагодження провідного з'єднання.

Інший аспект вартості підключення - щомісячні витрати - повністю залежить від способу використання мережі. Якщо користувач щодня виконує невеликий обсяг робіт, таких як читання і написання листів, перегляд новин і іноді завантаження програм, то щомісячні витрати, ймовірно, складатимуть 10-20 доларів. Вартість необмеженого доступу до мережі не є фіксованою, але, наприклад, у Києві можливо легко придбати гарний "необмежений" тариф за 15-30 доларів на місяць.

Все, що було зазначене вище - простота підключення та використання, низька вартість та доступність - робить модемний доступ дуже привабливим для більшості домашніх користувачів. Тому він користується популярністю більш ніж серед 70% користувачів. Однак, для вирішення більш складних завдань, необхідних вищевказаних, модемний доступ часто не задовольняє. Головними недоліками є низька швидкість передачі даних та недостатня надійність. В найкращому випадку, використовуючи модем, ви можете завантажувати інформацію зі швидкістю близько 7 кБ/с і відправляти її ще повільніше - 4 кБ/с. Ці цифри є максимальними. Крім того, будь-які перешкоди на лінії можуть призвести до втрати з'єднання, а його відновлення може зайняти деякий час. Якщо пул модемів вашого постачальника послуг перевантажений, вам може доводитись намагатись установити з'єднання декілька разів, перш ніж воно буде відновлено значно пізніше. Крім того, модем займає телефонну лінію, тому ви не зможете використовувати телефон для голосового спілкування під час використання Інтернету. Якщо у вас є пейджер, мобільний телефон або додаткова телефонна лінія, то це допоможе, але не всі мають такі альтернативні засоби зв'язку.

### ***1.2.2. Підключення до домашньої мережі (домашнє підключення)***

Якщо в вашому мікрорайоні сформувалась певна кількість користувачів, які бажають отримати доступ до Інтернету, і серед них є технічно обізнані та ініціативні особи, рано чи пізно вони організують локальну мережу, яка буде підключена до Інтернету за допомогою спеціального каналу. У такому випадку одним з доступних і вигідних способів альтернативного підключення до Інтернету є підключення вашого комп'ютера до цієї мережі. Для цього буде прокладено кабель, такий як "кручена пара" або коаксіальний, і підключено його до мережевої карти, яка встановлена на вашому комп'ютері. Тривалість цього етапу роботи залежить від конкретних умов, наприклад, наявності абонентів мережі у вашому будинку та способу прокладання кабелю. Якщо все пройде успішно, ви будете підключені до мережі протягом 3-5 днів. Ви зможете швидко і зручно обмінюватися даними, спілкуватися та грати з іншими користувачами в межах однієї локальної мережі. Доступ до Інтернету буде платним, оскільки адміністрація "домашньої мережі" повинна оплачувати вартість виділеного каналу і спеціального обладнання, а також заробітну плату технічному персоналу. По суті, це є повноцінний провайдер на мікрорайонному рівні.

Отже, початкові витрати на підключення складаються з двох основних складових - вартості мережевої карти та плати за з'єднання. Найбільш доступні мережеві карти можна придбати за приблизно 10 доларів, проте рекомендується використовувати більш якісні та надійні моделі, які коштують близько 20 доларів або більше. Витрати на підключення для фізичних осіб становлять від 100 до 200 доларів. Також, слід враховувати витрати на невеликі мережеві аксесуари, додатковий кабель для прокладання мережі всередині квартири, а також можливі витрати на пуско-налагоджувальні роботи, якщо ви не маєте достатньої кваліфікації для їх самостійного виконання. Таким чином, загальні витрати на підключення можуть становити від 110 до 250 доларів США, що трохи перевищує аналогічний показник для підключення за допомогою модему. Вартість більшості інших способів підключення до виділеного каналу буде значно вищою.

Вартість щомісячного обслуговування залежить від способу використання мережі. Зазвичай оплата здійснюється за обсяг переданих і отриманих даних, а не за

час, проведений в Інтернеті. Вартість 1 мегабайта трафіку зазвичай становить від 0,10 до 0,20 доларів. Крім того, нараховується невелика абонентська плата (зазвичай від 5 до 20 доларів), яка іноді вже включає в себе певну кількість трафіку (від 50 до 500 мегабайт). Якщо ви використовуєте Інтернет для перегляду новин, спілкування в чатах та ігор, то трафік буде відносно невеликим. У разі, якщо ви створюєте великий обсяг трафіку, наприклад, завантажуєте програми або музику, то витрати на трафік можуть значно зрости, особливо якщо це вимірюється гігабайтами. Загалом, вартість щомісячного обслуговування такого підключення до Інтернету для більшості користувачів коливається від 20 до 60 доларів, що в сутті аналогічно до вартості комутованого з'єднання.

Описавши ситуацію з цінами, перейдемо до якості та швидкості підключення. В порівнянні з модемним з'єднанням, доступ через виділені канали є набагато швидшим і має менше вірогідність обривів зв'язку. Зазвичай, проблеми зі швидкістю та надійністю пов'язані з перевантаженням сервера "домашньої мережі" або каналу зв'язку. Ідеально, користувач отримує стабільний 24-годинний канал підключення до Інтернету з пропускною здатністю від 64 до 512 кілобіт на секунду або навіть більше. Проте, реальна ситуація може бути іншою, оскільки якість та швидкість залежать від якості побудови локальної мережі. Тому перед прийняттям рішення про підключення до "домашньої мережі" бажано знайти інших абонентів у вашому будинку або мікрорайоні та дізнатися в них про швидкість передачі даних, частоту проблем з доступом до Інтернету та інші фактори, які можуть вплинути на якість зв'язку.

### ***1.2.3. Підключення за допомогою супутникової антени [12]***

Завдяки широкому поширенню цифрового супутникового мовлення, з'явилася можливість використовувати цей екзотичний метод для доступу в Інтернет. Варто відразу зауважити, що для приватних користувачів супутниковий зв'язок не є повноцінним каналом - супутникова антена використовується лише для прийому сигналу, а передача даних в Інтернет здійснюється за допомогою іншого каналу, наприклад, модему. Цей метод може бути привабливим, якщо вам важлива швидкість завантаження даних з Інтернету. За цим показником, супутниковий зв'язок є досить

привабливим - середня швидкість становить близько 150 кілобіт на секунду. Однією з переваг є те, що одна і та ж антена може використовуватися і для перегляду цифрового супутникового телебачення. Деякі провайдери, наприклад, EuropeOnline, надають додаткову послугу DigitalDownload - попередньо замовлені файли можуть бути завантажені з Інтернету зі швидкістю до 2,5 мегабіт на секунду, не використовуючи зворотній канал для підключення до Інтернету. Це дозволяє заощадити кошти шанувальникам свіжого програмного забезпечення та музики у форматі MP3. Варто зазначити, що висока швидкість зв'язку досягається лише під час завантаження файлів, і не рекомендується використовувати супутниковий зв'язок для мережевих ігор через велику затримку між запитом і передачею даних.

### **1.3. Телефонія**

Телефонія є ключовим компонентом будь-якої телекомунікаційної мережі, включаючи мережу Quadro Play. З технологічної точки зору, вона може бути реалізована як традиційна PSTN (Public Switched Telephone Network) телефонія або як IP-телефонія.

Традиційна PSTN телефонія базується на аналоговій технології, що використовує мідні кабелі для передачі голосових даних. Хоча ця технологія надійна і добре відома, вона має обмеження в плані масштабованості, гнучкості та можливостей.

IP-телефонія, з іншого боку, використовує технологію Voice over IP (VoIP), що передає голосові дані в цифровому форматі через IP-мережі, такі як Інтернет. Це дозволяє значно більшу гнучкість і масштабованість, а також можливість інтеграції з іншими послугами, такими як електронна пошта, веб-конференції, мобільний доступ та ін.[1]

В мережі Quadro Play, телефонія, як правило, реалізується через VoIP з декількома перевагами:

- може знизити вартість міжміських і міжнародних дзвінків, оскільки вони передаються через Інтернет.

- може інтегруватися з іншими Інтернет-послугами, такими як електронна пошта, веб-конференції, месенджери та ін.
- підтримувати широкий спектр функцій, включаючи голосову пошту, переадресацію дзвінків, автоматичне набирання, багатоканальні дзвінки та інше. Ці функції можуть бути надзвичайно корисними для підтримки продуктивності та ефективності в житловому комплексі.
- дозволяє користувачам здійснювати дзвінки з будь-якого місця з підключенням до Інтернету, що забезпечує більшу мобільність для користувачів.
- Сучасні VoIP системи можуть надавати високу якість звуку, порівнянну або навіть кращу за традиційну телефонію.
- VoIP системи легко масштабуються, що дозволяє додавати нових користувачів без необхідності великих капітальних витрат на нове устаткування.

Враховуючи всі ці переваги, VoIP є ідеальним вибором для реалізації телефонії в мережі Quadro Play. є додаткові важливі аспекти, які можуть бути розглянуті при обговоренні IP-телефонії в контексті мережі Quadro Play:

Також додатковими, але не менш важливими аспектами, які можна розглянути при обговоренні IP-телефонії в контексті мережі Quadro Play::

- SIP - це ключовий стандарт, що використовується для управління сесіями VoIP, включаючи ініціацію, підтримку та завершення дзвінків. SIP також може використовуватися для управління іншими мультимедійними сесіями, такими як відео.
- В VoIP використовуються кодеки для перетворення голосових даних в цифровий формат для передачі через IP-мережі, а потім знову в аудіосигнали при отриманні. Різні кодеки можуть використовуватися в залежності від потреб у якості та пропускну здатності.
- Важливо, щоб мережа була здатна забезпечити високу якість служби для голосових даних, оскільки вони є чутливими до затримок і втрат пакетів. QoS механізми можуть допомогти контролювати пропускну здатність та забезпечити надійність передачі голосових даних.
- Захист даних та приватності користувачів є критично важливим для будь-якої системи VoIP. Використовуються різні технології безпеки, включаючи шифрування,



аутифікацію та інтегритет даних, для захисту VoIP дзвінків від перехоплення та втручання.

– В системах VoIP повинна бути перед бачена можливість здійснювати екстрені дзвінки, такі як 112 в Європі або 911 в США. Це може вимагати спеціального планування та конфігурації, оскільки традиційні системи здійснення екстрених дзвінків засновані на фізичному розташуванні, а IP-телефонія може бути мобільною.

– Важливо, щоб система VoIP була сумісна з іншими системами та стандартами, включаючи традиційні телефонні мережі і мобільні оператори. Це може вимагати використання спеціального обладнання, такого як шлюзи VoIP, або стандартів, таких як SIP.

– Управління та підтримка: управління системою VoIP включає в себе моніторинг та розв'язання проблем з якістю дзвінків, мережевого з'єднання та обладнання. Важливо мати ефективні інструменти для виявлення та вирішення проблем, щоб забезпечити високу якість служби для користувачів.

Всі ці аспекти важливі при розгляді впровадження телефонії в мережі Quadro Play, і вони повинні бути враховані при плануванні та реалізації мережі.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі 1 "Проектування мережі Quadro Play" було детально розглянуто процес планування та проектування мережі, що базується на технології Quadro Play.

Було розглянуто саму технологію Quadro Play, її основні характеристики та переваги. Ця технологія дозволяє об'єднати послуги інтернету, телебачення, телефонії та мобільного зв'язку в одній мережі, що забезпечує високу ефективність використання ресурсів та зручність для кінцевого користувача.

Також, було проаналізовано основні методи доступу до мережі Інтернет за допомогою технології Quadro Play. Ми детально розглянули різні технології передачі даних, їх характеристики та особливості застосування в різних умовах.

Наступним етапом було вивчення основних аспектів побудови мережі Quadro Play. Було визначено ключові компоненти мережі, їх роль та функції, а також важливість правильного вибору та налаштування обладнання для забезпечення високої продуктивності та надійності мережі.

У цілому, Розділ 1 підкреслив значущість ретельного проектування мережі Quadro Play, включаючи розуміння технології, вибору відповідного обладнання та правильного налаштування. Особлива увага при цьому приділяється розумінню потреб користувачів та можливості мережі задовольнити ці потреби ефективно та надійно.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ QUADRO PLAY.

#### 2.1. Опис устаткування, що використовується для побудови мережі

Успішна побудова та ефективна робота мережі Quadro Play вимагає використання якісного, надійного та технологічно вдосконаленого обладнання. Важливо вибрати відповідне обладнання, яке би не тільки задовольнило поточні потреби, але й могло б забезпечити потреби мережі в майбутньому, у зв'язку з розширенням та ускладненням вимог до послуг та їх якості.

Спектр обладнання, що використовується в мережах Quadro Play, досить широкий і включає такі компоненти як маршрутизатори, комутатори, шлюзи, модеми, оптичні термінальні пристрої, точки доступу Wi-Fi та інше обладнання. Кожний з цих компонентів відіграє важливу роль в побудові та роботі мережі, тому вибір конкретних моделей та виробників вимагає детального розуміння їх технічних характеристик, можливостей та особливостей роботи.

Цей розділ роботи присвячений обговоренню основних типів обладнання, які використовуються в мережах Quadro Play. Будуть розглянуті основні типи пристроїв, їх характеристики, особливості роботи та взаємодію в мережі.

OGM-30E (Optical Gateway Multiservice-30E) пропонує гнучку та масштабовану архітектуру TDM-WDM, яка базується на Ethernet і MPLS-TP (Transport Profile). Ця конвергентна платформа забезпечує з'єднання з основною мережею, використовуючи SDH, Ethernet і IP/MPLS. Вона ідеально підходить для оптичної передачі високошвидкісних послуг фіксованого доступу та радіодоступу 2G/3G/4G мереж (RAN), забезпечуючи простоту та надійність.[6]



Рис. 2.1. Мультиплексор ОГМ-30Е (OGM-30E)

Продукти OGM-30E є оптимальним рішенням для мереж, які мігрують з традиційних пакетів TDM, а також для операторів, які шукають одну платформу для своїх фіксованих та мобільних транспортних послуг в одній мережі. Сімейство UGM дозволяє операторам оптимізувати конфігурацію своїх мереж за низьку загальну вартість.

Основні переваги включають:

- Зниження витрат на трафік метро за допомогою конвергентної платформи TDM-WDM.
- Надання нового пакету трафіку TDM з надійністю 99,999%.
- Підтримка мережеских інвестицій для переходу до низькозатратних конвергентних мереж.
- Об'єднання фіксованого доступу та мобільних пристроїв в одній транспортній мережі.
- Масштабованість послуг TDM від E1/T1 до STM-64.
- Масштабованість Ethernet від FE до 10GE.
- Висока ємність перехресного з'єднання TDM - 60G (VC-12/3/4).
- Високопродуктивне повнодуплексне перемикання Ethernet - 320G.
- Проста та надійна транспортна інфраструктура з орієнтацією на MPLS-TP.
- Висока щільність Ethernet-модулів, TDM- та WDM-інтерфейсів.
- Компактність та енергоефективність, сумісність з NEBS [9].

На рисунку 2.2 представлений OGM-300 (Optical Gateway Multiservice-300), потужний вузол агрегації пакетів, який оптимізований для пакетних мереж із

швидкістю маршрутизації та комутації до 120 Гбіт/с. Його гнучка архітектура TDM-WDM включає підтримку Ethernet, IP і MPLS.



Рис. 2.2. Мультисервісна платформа OGM-300

Основні характеристики та переваги OGM-300:

- Гібридний пакет / OTN забезпечує операторам гнучкість використання технологій, уникаючи ризику багатоядерних ресурсів мережі.
- Вбудована підтримка WDM усуває потребу в додаткових оптичних інтерфейсах між агрегатами та транспортним обладнанням.
- Повний набір можливостей WDM, від пасивного до повністю динамічного DWDM, надає економічні рішення WDM для всіх мережевих додатків.
- Найкраща щільність портів у своєму класі допомагає знизити вартість простору.
- Висока енергоефективність, що призводить до зниження витрат на енергоспоживання та охолодження.
- Підтримка послуг MEF E-Line, E-LAN і E-Tree, що дозволяє отримувати доступ до нових послуг.
- Засновано на MPLS-TP L2VPN та емуляції каналів (CES), що забезпечує доставку пакетних послуг.
- Загальне управління мережею сприяє поліпшенню експлуатаційних витрат.

Контролер базової станції Huawei BSC6000 виконує ряд основних функцій:

- здійснює керування розподілом радіоресурсів між базовими станціями, що дозволяє оптимізувати використання радіочастотного спектра;
- забезпечує керування та координацію роботою базових станцій, включаючи їх конфігурацію, моніторинг та керування ресурсами;
- дозволяє ефективно керувати енергоспоживанням системи, знижуючи витрати на електроенергію та покращуючи енергоефективність;
- відповідає за керування передачею сигналів між базовими станціями та іншими елементами мережі;
- збирає та обробляє статистичні дані про роботу мережі, що дозволяє операторам аналізувати та вдосконалювати її ефективність.

Контролер базової станції BSC6000 побудований на платформі Advanced Radio Controller (PARC) і підтримує підключення інтерфейсів через IP. Він має наступні основні характеристики:

- Висока ємність і високий ступінь інтеграції, здатні підтримувати до 2048 TRX (трансиверів).
- Максимальний обсяг трафіку становить 13 000 грам.
- ВНСА (інтенсивні годинні дзвінки) становить 3,500,000.
- Кількість абонентів, яку може обслуговувати, становить близько 650,000.
- Кількість шаф у повній конфігурації може бути одна (з використанням вбудованих TS) або дві (з окремим розташуванням TS).
- Контролер має низьке енергоспоживання, залежно від конфігурації та використовуваних ресурсів.
- Він підтримує гнучку конфігурацію, здатну змінюватися відповідно до поточних вимог.
- Контролер підтримує різні типи топологій з'єднань між BSC і BTS, включаючи високошвидкісні з'єднання та підтримку сигнальних каналів 2 Мбіт/с.
- Він має систему управління статистичними завданнями та ефективну систему управління та ресурсами.

## Базова станція Huawei DBS3900

DBS3900 - це розподілена базова станція, розроблена Huawei, яка включає блок обробки базової частоти (BBU) і віддалений радіовузел (RRU). DBS3900 використовує технологію віддаленого радіоканалу, що дозволяє розширювати ємність та забезпечує гнучку установку під час побудови мережі.



Рис 2.3. Huawei DBS3900

Між RRU3804 і BBU3900 використовується інтерфейс CPRI, що дозволяє з'єднувати обидва пристрої за допомогою оптичних кабелів. Це спрощує процес розгортання, будівництва та транспортування обладнання.

BBU3900, внутрішній блок обробки базової частоти, виконує функції централізованого управління (O & M і обробка сигналізації) для всієї системи базової станції. Він забезпечує джерело синхронізації, фізичні інтерфейси для підключення до BSC і RRU3804. BBU3900 має компактний розмір і може бути встановлений у стандартну 19-дюймову шафу або на стіну. Додаткові карти, встановлені в BBU3900, надають функціональні можливості, такі як моніторинг довкілля, обхід інтерфейсу Abis і розподіл сигналів синхронізації GPRS.

RRU3804 - це віддалений радіоприймач зовнішнього блоку, який відповідає за обробку бази і радіочастот. Кожен RRU3804 може обробляти чотири носії. У випадку комбінованого встановлення двох RRU3004 в одному корпусі можливе оброблення чотирьох приймачів-передавачів.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики DBS3900

Параметр	Специфікація		
1	2		
Полоса частот	Полоса частот	RX полоса (МГц)	TX полоса (МГц)
	Полоса I (2000 MHz)	1810 – 1870	2110 – 2170
	Полоса II (1800 MHz)	1740 – 1810	1930 – 1990
	Полоса IV (AWS)	1610 – 1655	2110 – 2155
	Полоса V/VI (750 MHz)	785 – 810	869 – 894
Ємність	24 соти Максимальна конфігурація: 3 x 4, 3 x 6 Uplink: 1426 CE Downlink: 1426 CE		



Потужність випромінювання	<p>RRU3804 підтримує до чотирьох несучих з потужністю випромінювання 60 В на антену.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Конфігурація з однією несучою підтримує максимальну потужність випромінювання в 60 Вт.</li> <li>– Конфігурація з двома несучими підтримує максимальну потужність випромінювання в 30 Вт на несучу</li> <li>– Конфігурація з трьома несучими підтримує максимальну потужність випромінювання в 20 Вт на несучу</li> <li>– Конфігурація з чотирма несучими підтримує максимальну потужність випромінювання в 10 Вт на несучу</li> </ul>			
Чутливість приймача	Полоса частот	1-way чутливість приймача (dBm)	2-way чутливість приймача (dBm)	4-way чутливість приймача (dBm)
	Полоса I (2100	-125.8	-128.6	-131.3
	МГц)/Полоса IV (AWS)	-126.5	-129.3	-132.0
	Полоса II (1900	-125.3	-128.1	-130.8
	МГц)	-126.0	-128.8	-131.5
	Band V/VI (850 MHz)	-125.6	-128.4	-131.1
		-126.3	-129.	-131.8

Порти передачі	E1/T1 порт, FE електричний порт і FE оптичний порт. (Опціонально) Неканальний STM-1 порт, GE електричний порт і GE оптичний порт.
Синхронізація	Частота синхронізації витягується з Iub інтерфейсу, GPS, IP синхронізація. Точність: 0.05 ppm
Розмір (висота x ширина x глибина)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BBU3900: 86 мм x 442 мм x 310 мм</li> <li>- DC RRU3804 <ul style="list-style-type: none"> <li>– 480 mm x 270 mm x 140 mm (without the housing and connectors) – 485 mm x 285 mm x 170 mm (with the housing and connectors)</li> </ul> </li> </ul>
Електроживлення	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BBU3900 <ul style="list-style-type: none"> <li>- +24 V DC, voltage range: +21.6 V DC to +29 V DC</li> <li>- –48 V DC, voltage range: –38.4 V DC to –57 V DC</li> </ul> </li> <li>- RRU3804 <ul style="list-style-type: none"> <li>- –48 V DC, voltage range: –36 V DC to –57 V DC</li> <li>200 V AC to 240 V AC single phase, voltage range: 176 V AC to 290 V AC</li> <li>- 100/200 V AC to 120/240 V AC two phases, voltage range: 90/180 V AC to 135/270 V AC</li> </ul> </li> </ul>
Вага (кг)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BBU3900 <ul style="list-style-type: none"> <li>- У повній конфігурації: 11</li> <li>- Типова конфігурація (1 PSU, 1 WBBP, 1 WMPT): 7</li> </ul> </li> <li>- DC RRU3804 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Без стійки: 15</li> <li>- Зі стійкою: 17</li> </ul> </li> <li>- AC RRU3804 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Без стійки: 20.5</li> <li>- Зі стійкою: 22.5</li> </ul> </li> </ul>
Температура	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BBU3900: –20°C до +55°C</li> <li>- RRU3804: <ul style="list-style-type: none"> <li>– –40°C до +50°C</li> <li>– –40°C до +55°C</li> </ul> </li> </ul>

Відносна волога	. BBU3900: 5% RH to 95% RH . RRU3804: 5% RH to 100% RH
Абсолютна волога	. BBU3900: 1–25 g/m <sup>3</sup> . RRU3804: 1–30 g/m <sup>3</sup>
Повітряний тиск	70 кПа до 106 кПа
Транспортування	ETSI EN300019-1-2 V2.1.4 (2003-04) class 2.3 “Public transportation”
Антисейсмічність	IEC 60068-2-57 (1999-11) Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history method.

### Система електроживлення Eltek Micropower Outdoor Cabinet 3 KW

Призначена для надання гарантованого живлення постійного струму споживачам, які розташовані поза апаратними базовими станціями, серверними кімнатами, будівлями та спорудами. Зовнішня версія Eltek Micropower Outdoor Cabinet 3 KW підходить для роботи в різних кліматичних умовах, завдяки вбудованим охолоджувальним вентиляторам та нагрівальним елементам, які забезпечують постійну температуру всередині шафи.

Система має два випрямляючих модулі FlatPack 1500 48В, що дозволяють під'єднувати до двох навантажень з повною потужністю до 1500 В для забезпечення резервного живлення N+1. Кабінет Eltek Micropower Outdoor Cabinet 3 KW може вміщувати батареї загальною ємністю 62 Ач, що дозволяє зарезервувати живлення обладнання протягом до 8 годин.

#### Основні характеристики:

- Максимальна потужність: 4 кВт;
- Максимальна кількість встановлених модулів: 2 шт;
- Випрямні модулі: FlatPack 600 46V, FlatPack 1600 46V, FlatPack 1700 46V;
- Вхідна напруга: 1 фаза 220 В змінного струму;
- Вихідна напруга: 46 В;
- Робоча температура: від -30 до +85 °С;

- Розміри (ШxВxD): 690x527x675 мм;
- Стандарти електробезпеки: UL 60950, EN 60950;
- Стандарти EMC: ETSI EN 300 386 V.1.3.1, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2;
- Вихідні реле: 5 шт.

Оптичний крос-кантр R8-1U-FC-8 призначений для використання в телекомунікаційних стійках або стандартних шафах ширини 19", 21" і 23". Цей крос-кантр має 8 портів FC для оптичного перемикавання. Розміри крос-кантра R8-1U-FC-8 становлять 44 мм (висота 1U) x 469 мм (ширина 19") x 260 мм (глибина).

Крос-кантр R8-1U-FC-8 постачається в комплекті, який включає:

- Кріплення корпусу для стійки 19" - 1 шт.
- Касета KU-01 з кришкою - 1 шт.
- Циліндрична втулка довжиною 60 мм - 8 шт.
- Pigtail FC/SM довжиною 1,5 м - 8 шт.
- Адаптер FC/SM - 8 шт.

Оптичний спліттер PLC 1x14 виготовлений за технологією плоских волокон на спеціальному кристалі. Цей спліттер має 1 оптичний вхід і до 14 виходів. Він постачається з оптичним кабелем, вибраним клієнтом. Структура спліттера ПЛК 1x14 відповідає стандартам Telcordia GR-1209 та GR-1221. Він має низькі втрати і доступний в різних варіантах корпусу: міні-корпус, без обсадної колони або в оптичному поперечному перерізі 19". Кінцеві адаптери можуть бути типу SC, FC, LC, ST або MU в залежності від вибору замовника.

Технічні характеристики спліттера PLC 1x14:

- Тип спліттера: 1x14 (симетричний розподіл)
- Довжина хвилі: 1260 нм - 1650 нм
- Несучі втрати: 14,3 дБ
- Нерівності (макс.): 2,5 дБ
- Зворотні втрати (макс. / середній): 50/55 дБ
- PLD (макс.): 0,4 дБ
- Довжина оптичного виходу: 1 м (або інше за замовлення)

- Вибіркова втрата (WDL): 0,3 дБ
- Робоча температура: -40°C - +85°C

Оптичний кабель SNR-UT-B-08 є кабелем для прокладання, одномодульним з гофрованою сталевною бронею та армуванням. Він містить 8 оптичних волокон. Структура цього кабелю включає оболонку з поліетилену, сталеву гофровану стрічку, сталевий дріт, центральний оптичний модуль, гідрофобний агрегат та оптичні волокна.

Структура кабелю SNR-UT-B-08:

- оболонка (поліетилен);
- сталева гофрована стрічка;
- сталевий дріт;
- центральний оптичний модуль; - гідрофобний агрегат; - оптичні волокна.

Характеристики кабелю:

- кількість волокон, шт. - 8;
- діаметр оптичного сердечника -  $d = 2a = 9$  (мкм);
- діаметр оптичної оболонки -  $D = 2b = 125$  (мкм);
- показник заломлення оптичного сердечника дорівнює  $n_1 = 1,537$ ;
- показник заломлення оптичної оболонки дорівнює  $n_2 = 1,530$ ;
- довжина хвилі оптичного носія  $\lambda = 1,31$  (мкм);
- спектральна лінія випромінювання лазерного діода  $\Delta\lambda = 0,07$  (нм);
- питома кілометрова дисперсія - матеріал -  $M(\lambda) = -5$  (ps/(км·нм));
- питома кілометрова дисперсія хвилеводу -  $B(\lambda) = 8$  (ps / (км·нм));
- мінімальний радіус вигину, мм (пост) - 110;
- мінімальний радіус вигину, мм (дина) - 220;
- гранична міцність на розтягнення, N (короткочасна) - 1500;
- гранична міцність на розтягнення, H (довгострокова) - 600;
- міцність на стиск (розрив), N (короткочасна) - 1000;
- міцність на стиск (перелом), H (довгострокова) - 300.

Оптичний кабель самонесучий ОКА-М6Р-16А-4.0 є самонесучим оптичним кабелем з навантажувальною межею 4 кН. Він має 16 одномодових волокон.

Оптичний крос до стійки R64-3U-FC-64 призначений для великої місткості і розміщується в телекомунікаційній стійці або шафі стандартів 19", 21" і 23". Максимальна пропускна здатність кроса 3U становить 192 оптичних порти.

Крос R64-3U-FC-64 поставляється у комплекті на 64 порти, включаючи:

- Кріплення корпусу в стійці 19" 3U - 1 шт.
- Касета KU-01 з кришкою - 2 шт.
- Циліндрична втулка 60 мм - 64 шт.
- Pigtail FC/SM 1,5 м. - 64 шт.
- Адаптер FC/SM - 64 шт.

Розміри кроса R64-3U-FC-64 становлять 132 мм (висота 3U) x 469 мм (ширина 19") x 260 мм (глибина).

Розподільна коробка KRTM 2/10 є металевою коробкою з замком, призначеною для розподілення до 10 пар. Вона може бути встановлена на стіні або інших літаках. Коробка доступна у варіантах ємності 10 і 20 пар. Вона комплектується плінтусами LSA PROFILE або плінтусами POUYET. Для запобігання несанкціонованому доступу, коробка оснащена спеціальним замком з ключем. Вона виготовлена з 1,2 мм металу і покрита порошковою полімерною фарбою.

Оптичний кабель SNR-FOCD-FFM-01 з ультра-гнучким волокном призначений для використання всередині будівель, на горищах та інших технічних приміщеннях. Він має 1 одномодове волокно SM G.657A, яке армоване знятим несучим елементом діаметром 1,0 мм зі сталевого дроту. Кабель SNR-FOCD-FFM-01 призначений для використання в мережах FTTH як розподільний кабель "останньої милі" з віддаленим елементом живлення. Він зручний для різання і складання. Зовнішня оболонка кабелю виготовлена з вогнестійкого безгалогенного матеріалу LSZH (Low Smoke Zero Halogen) з низьким вмістом диму. Опір поздовжньому натягу кабелю забезпечується сталевим дротом. У разі укладання в приміщенні після відокремлення основного опорного елемента, жорсткість структури передається двома елементами

живлення скловолокна діаметром 0,6 мм. Технічні параметри кабелю SNR-FOCD-FFM-01:[16]

- тип кабелю (кількість волокон) - SNR-FOCD-FFM-01/02/04;
- тип волокна (згідно з МСЕ-Т) - G.657A;
- елемент підшипника - сталевий дріт;
- діаметр несучого елемента, мм - 1,0; - матеріал силових елементів - KFRP;
- діаметр силових елементів, мм - 0,6;
- матеріал оболонки кабелю - LSZH;
- розміри кабелю: товщина x висота, мм - 5.2 ( $\pm 0.2$ ) X 2.0 ( $\pm 0.2$ );
- вага кабелю, кг/км - 21,5;
- мін. радіус вигину, мм - 120;
- мін. радіус вигину без несучого елемента, мм - 30, 60 (для інсталяції);
- макс. розтягувальне навантаження, N - 600;
- макс. компресійне навантаження, Н/100 мм - 2200;
- допустима робоча температура -  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+60^{\circ}\text{C}$ ; - кольори волокон - натуральний, синій, помаранчевий, зелений.

Патч-корд 5Е.

Технічні характеристики патч-корду 5Е:

- опис - Патч-корд;
- розміри - довжина - 5 м;
- категорія - 5Е;
- розмір упаковки - 200 x 10 x 10 мм, вага 0,17 кг.

Оптичний роз'єм абонента SCON-PA-1 (2 порти SC) використовується в пасивних оптичних мережах (PON) як пристрій підключення абонента. Цей роз'єм використовується для завершення однотипного шнура, такого як пігтейл, в абонентському приміщенні за допомогою оптичного роз'єму SC. Він може бути встановлений та роз'єднаний для двох роз'ємів SC. Оптичний роз'єм користувача SHKON-PA-1 (2 порти SC) має адаптер (гніздо SC).

## 2.2 Побудова мережі з урахуванням технології Quadro Play

Мережа абонентського доступу буде спроектована в ЖК «Теракота», м. Київ. У ЖК «Теракота» - стоять шестиповерхові будинки із загальною кількістю будинків 10 і квартир 229.

Оскільки ми впроваджуємо стільникову телефонію, нам потрібно розмістити стільникові базові станції на території цього мікрорайону. [15]

Кожен із цих будинків буде обслуговуватися трьома мультиплексорами OGM-30E, які, своєю чергою, з'єднуються з основним мультиплексором району OGM-300. На рисунку 2.3 показано структурну схему мережі.

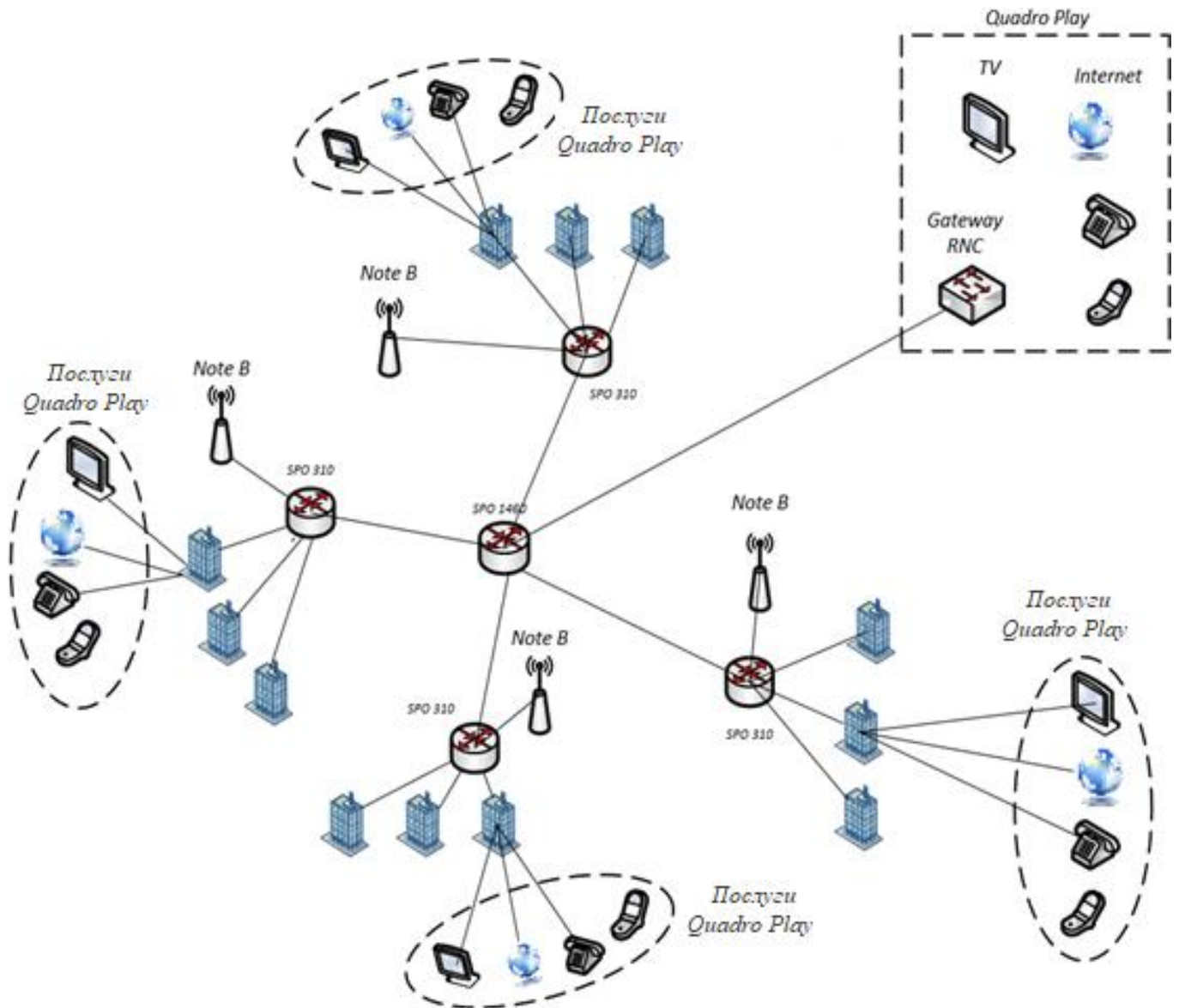


Рис. 2.3. Структурна схема мережі



## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі була виконана задача побудови телекомунікаційної мережі для житлового комплексу з використанням технології Quadro Play. Завдяки технології Quadro Play, ми маємо можливість об'єднати інтернет, телефонію, телебачення і мобільний зв'язок в одну мережу, що суттєво полегшує доступ до цих сервісів для користувачів і знижує витрати на їхнє обслуговування.

При побудові мережі були використані сучасні мережеві компоненти, які забезпечують високу швидкість передачі даних, високу якість сервісів і надійність зв'язку.

У результатах розділу демонструється, що технологія Quadro Play є ефективним рішенням для побудови телекомунікаційної мережі в житловому комплексі. Вона забезпечує широкий спектр послуг на одному кабелі, включаючи швидкісний інтернет, високоякісне цифрове телебачення, надійну фіксовану телефонію та зв'язок мобільної телефонії. Впровадження Quadro Play у мережу житлового комплексу може принести значні переваги для мешканців та операторів.

## РОЗДІЛ 3

### ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЄКТОВАНОЇ МЕРЕЖІ QUADRO PLAY

#### 3.1. Розрахунок коефіцієнта навантаження у радіоканалі системи UMTS

Для розрахунку коефіцієнта навантаження в лінії "вгору" використовується формула:

$$\eta_{UL} = \frac{E_b/N_0}{W/R_j} * N * v_j * (1 + i), \quad (3.1)$$

де  $E_b/N_0$  - відношення енергії сигналу на біт повідомлення до спектральної щільності перешкод;

$W$  - символна швидкість (для WCDMA (Wide Code Division Multiple Access, широкопугмовий множинний доступ із кодовим поділом каналів)  $W=3,84 \cdot 10^6$  символів/с);

$R_j$  - бітова швидкість  $j$ -го абонента;

$N$  - кількість абонентів;

$v_j$  - коефіцієнт активності  $j$ -го абонента на фізичному рівні;

$i$  - відношення рівня перешкод від інших стільників до перешкод усередині стільника.

Коефіцієнт навантаження в лінії "вниз" визначається формулою:

$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N v_j * \frac{E_b/N_0}{W/R_j} * [(1 - \alpha_j) + i_j], \quad (3.2)$$

де  $\alpha_j$  - коефіцієнт ортогональності  $j$ -го абонента;

$i_j$  - відношення рівня перешкод від інших стільників до перешкод усередині стільника  $j$ -го абонента.

Для проведення розрахунку зроблено такі припущення:

- $E_b/N_0 = 1,6$  дБ;
- $v_j = 0,51$  (під час розмови для всіх абонентів);
- $i = 0,65$  (сектор із ненаправленою антеною); -  $ij = 0,45$  (для всіх абонентів); -  $\alpha_j = 0,5$  (для всіх абонентів).

Розрахунок ґрунтується на визначенні максимально можливої кількості абонентів, яку можна обслуговувати одночасно в приватному каналі (5 МГц), залежно від швидкості передачі даних у напрямку «вгору» та «вниз». Кількість абонентів визначається за допомогою формул (3.1) і (3.2). При цьому використовується максимальний коефіцієнт навантаження ( $\eta = 1$ ), що дозволяє врахувати перешкоди, і отримати потужність каналу з урахуванням цих перешкод. Зазначена потужність складає 2466 кбіт/с для напрямку «вгору» і 4022 кбіт/с для напрямку «вниз» [12].

Кількість абонентів, яку можна обслуговувати одночасно в приватному каналі (5 МГц), залежить від швидкості передавання даних у лінії "вгору" і буде дорівнювати

$$N = \frac{\eta_{UL} * W / R_j}{E_b / N_0 * v_j * (1 + i)}, \quad (3.3)$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 15 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 15 * 10^3}{1,6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 191.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 30 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 30 * 10^3}{1,6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 96.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 60 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 60 * 10^3}{1,6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 48.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 120 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 120 * 10^3}{1.6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 24.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 240 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 240 * 10^3}{1.6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 12.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 480 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 480 * 10^3}{1.6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 6.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 960 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 960 * 10^3}{1.6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 3.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 1920 кбіт/с

$$N = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 1920 * 10^3}{1.6 * 0,51 * (1 + 0,65)} = 2.$$

Кількість абонентів, яку можна одночасно обслуговувати в приватному каналі (5 МГц), залежить від швидкості передачі даних у лінії "вниз" і буде рівна.

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{\eta_{DL} * W / R_j}{E_b / N_0 * [(1 - \alpha_j) + i_j]}, \quad (3.4)$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 15 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 15 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 169.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 30 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 30 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 85.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 60 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 60 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 43.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 120 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 120 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 22.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 240 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 240 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 11.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 480 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 480 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 6.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 960 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 960 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 3.$$

Кількість абонентів за швидкості передачі 1920 кбіт/с

$$\sum_{j=1}^N v_j = \frac{1 * 3,84 * 10^6 / 1920 * 10^3}{1.6 * [(1 + 0,50) + 0,45]} = 2.$$

Всі отримані дані у занесемо до таблиці 3.1, яка відобразатиме максимальну кількість абонентів, що можуть бути обслуговані в одному частотному каналі, залежно від швидкості передачі даних у напрямку "вгору" та "вниз", з урахуванням наявних перешкод.

Таблиця 3.1

Максимальна кількість абонентів

Швидкість передачі, кбіт/с (bit rate R)	Кількість абонентів	
	«uplink» – «вгору»	«down-link» – «вниз»
15	191	169
30	96	85
60	48	43
120	24	22
240	12	11
480	6	6
960	3	3
1920	2	2

На основі результатів розрахунків побудуємо графік (Рисунок 3.1), де лінія "а" представлятиме максимальний коефіцієнт навантаження ( $\eta = 1$ ) для каналу "вгору", а лінія "b" відобразатиме максимальний коефіцієнт навантаження для каналу "вниз" з урахуванням наявних перешкод.

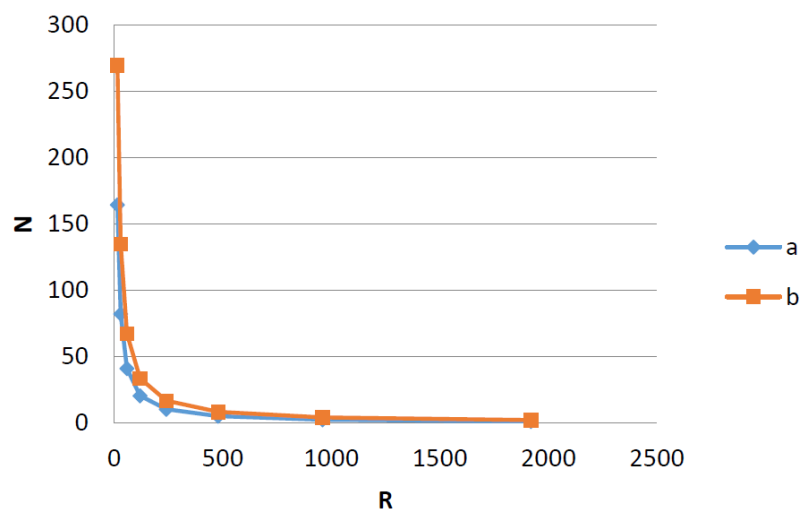


Рис. 3.1. Залежність швидкості від кількості абонентів

### 3.2. Розрахунок зони покриття БС за допомогою моделі Оокура – Хата

На ринку існує значна кількість емпіричних моделей для прогнозування втрат сигналу при передачі в різних типах місцевості. Однак, найбільш відомою і широко використовуваною моделлю є Оокура-Хата модель, яка застосовується для ізотропних (ідеально всеспрямованих) антен базової станції та рухомого об'єкта з коефіцієнтами посилення, рівними одиниці. Середні втрати сигналу в радіошляху, розраховані за емпіричною моделлю Хата, визначаються наступним способом:

$$L_P = \begin{cases} A + B \lg(r) & \text{для міської місцевості} \\ A + B \lg(r) - C & \text{для приміської місцевості} \\ A + B \lg(r) - D & \text{для відкритої місцевості} \end{cases} \quad (3.5)$$

де  $r$  - відстань між базовою та рухомою станцією, виміряна в кілометрах.

Радіочастота несучої хвилі  $f_0$  виражена в мегагерцах, висота антени базової станції  $h_b = 18$  метрів і висота антени рухомої станції  $h_m = 1,7$  метра. Значення  $A$ ,  $B$ ,  $C$  і  $D$  визначаються за наступними формулами:

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69,55 + 26,16 \log(f_0) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m); \quad (3.6)$$

$$B = B(h_b) = 44,9 - 6,55 \log(h_b); \quad (3.7)$$

$$C = C(f_0) = 2 \left[ \log \left( \frac{f_0}{28} \right) \right]^2 + 5,4; \quad (3.8)$$

$$D = D(f_0) = 4,78[\log(f_0)]^2 - 19,33 * \log(f_0) + 40,94; \quad (3.9)$$

де для середніх та невеликих міст:

$$a(h_m) = [1,1 * \log(f_0) - 0,7]h_m - [1,56 * \log(f_0) - 0,8]; \quad (3.10)$$

для великих міст:

$$a(h_m) = 3,2 * [\log(11,75 * h_m)]^2 - 4,97. \quad (3.11)$$

Ця модель Оокура і Хата була створена шляхом адаптації емпіричних формул Хата до графіків, розроблених Оокура та його співавторами.

Для застосування цих формул необхідно щоб виконувалися наступні умови:

- Діапазон частот  $f_0$ : від 150 до 1500 МГц.
- Висота антени базової станції  $h_b$ : від 30 до 200 метрів, з можливим розширенням від 1,5 до 400 метрів.
- Висота антени рухомої станції  $h_m$ : від 1 до 10 метрів.
- Відстань між станціями  $r$ : від 1 до 20 кілометрів, з можливим розширенням від 2 метрів до 80 кілометрів [13].

Енергетичний розрахунок є основою для територіального планування, оскільки в процесі його виконання визначається архітектура мережі та її просторові координати з урахуванням якості прийнятого сигналу та обсягу інформаційного навантаження. Взаємозв'язок між передавачем і отримувачем у будь-який момент часу буде забезпечений, якщо енергія корисних сигналів, отриманих в місцях приймання, перевищує енергію перешкод.

Якість прийнятого сигналу залежить від потужності передавача, ряду коефіцієнтів, що характеризують систему зв'язку, чутливості приймача, і вона



визначається рівнянням передачі. У загальному вигляді рівняння передачі має такий вигляд:

$$P_{\text{ПРМ}} = \frac{P_{\text{ПРД}} \eta_{\text{ФПРД}} G_{\text{АПРД}} \xi_{\text{П}} G_{\text{АПМР}} \eta_{\text{ФПРМ}} \xi_{\text{С}}}{L_{\Sigma}}. \quad (3.12)$$

де  $P_{\text{ПРМ}}$  - потужність радіосигналу на вході приймача (визначається чутливістю приймача), дБ/Вт;

$P_{\text{ПРД}}$  - потужність передавача, дБ/Вт;

$\eta_{\text{ФПРД}}$ ,  $\eta_{\text{ФПРМ}}$  - ККД передавального і приймального фідерів, дБ;

$G_{\text{АПРД}}$ ,  $G_{\text{АПМР}}$  - коефіцієнти посилення передавальної та приймальної антен, дБ;

$\xi_{\text{П}}$ ,  $\xi_{\text{С}}$  - коефіцієнти узгодження антен (передавача і приймача) з радіосигналом за поляризацією, дБ;

$L_{\Sigma}$  - сумарне загасання радіохвиль на трасі, дБ.

Значення потужності радіосигналу на вході приймача зручно виражати в децибелах відносно вата. При цьому рівняння (3.12) набуває вигляду:

$$P_{\text{ПРМ}} = P_{\text{ПРД}} + \eta_{\text{ФПРД}} + G_{\text{АПРД}} + \xi_{\text{П}} + G_{\text{АПМР}} + \eta_{\text{ФПРМ}} + \xi_{\text{С}} - L_{\Sigma}; \quad (3.13)$$

За цією формулою можна визначити сумарні енергетичні втрати, що виникають на трасі поширення радіохвиль.

$$L_{\Sigma} = P_{\text{ПРД}} + \eta_{\text{ФПРД}} + G_{\text{АПРД}} + \xi_{\text{П}} + G_{\text{АПМР}} + \eta_{\text{ФПРМ}} + \xi_{\text{С}} - P_{\text{ПРМ}}. \quad (3.14)$$

Сумарне загасання радіохвиль у напрямку від БС до МС становить:

$$L_{\Sigma\text{БС}} = 12 + 0,85 + 19 + 0,9 + 0 + 0,95 + 0,9 - (-104) = 138,6\text{дБ}.$$

Сумарне загасання радіохвиль у напрямку від БС до МС становить:

$$L_{\Sigma\text{МС}} = -2 + 0,85 + 0 + 0,9 + 19 + 0,95 + 0,95 - (-138) = 158,65\text{дБ}.$$

Поширення радіохвиль також залежить від наступних факторів:

- Положення антени передавальної радіостанції.
- Рельєф місцевості.
- Тип поверхні землі, на якій розташована система зв'язку.

Можна визначити сумарні втрати поширення радіохвиль для конкретного типу місцевості  $L_p$ , а також поправки, що враховують рельєф місцевості  $L_{РЕЛ}$ .

$$L_{\Sigma} = L_p + L_{РЕЛ} \quad (3.15)$$

Результати занесено до таблиць 3.2 – 3.5.

Таблиця 3.2

Рельєф місцевості в трьох напрямках для БС 1

Відстань від БС, км	Висота над рівнем моря, м		
	Сектор АВ	Сектор ВС	Сектор АС
0	705	705	705
0,25	703	706	709
0,5	700	708	710
1	699	698	711
1,5	695	700	715

$$\Delta h_{AB} = (695 - 705) \cdot 0,8 = -8 \text{ м};$$

$$\Delta h_{BC} = (700 - 705) \cdot 0,8 = -4 \text{ м};$$

$$\Delta h_{AC} = (715 - 705) \cdot 0,8 = 8 \text{ м}.$$

Таблиця 3.3

Рельєф місцевості в трьох напрямках для БС 2

Відстані від БС, км	Висота над рівнем моря, м		
	Сектор АВ	Сектор ВС	Сектор АС
0	701	701	701
0,25	698	695	700
0,5	697	682	699
1	690	692	702
1,5	694	695	715

$$\Delta h_{AB} = (701 - 694) \cdot 0,8 = 5,6 \text{ м};$$

$$\Delta h_{BC} = (701 - 695) \cdot 0,8 = 4,8 \text{ м};$$

$$\Delta h_{AC} = (701 - 715) \cdot 0,8 = -11,2 \text{ м}.$$

Таблиця 3.4

## Рельєф місцевості в трьох напрямках для БС 3

Відстань від БС, км	Висота над рівнем моря, м		
	Сектор АВ	Сектор ВС	Сектор АС
1	2	3	4
0	698	698	698
0,25	705	692	690
1	2	3	4
0,5	705	687	700
1	702	695	705
1,5	700	689	710

$$\Delta h_{AB} = (698 - 700) \cdot 0,8 = -1,6 \text{ м};$$

$$\Delta h_{BC} = (698 - 689) \cdot 0,8 = 7,2 \text{ м};$$

$$\Delta h_{AC} = (698 - 710) \cdot 0,8 = -9,6 \text{ м}.$$

Таблиця 3.5

## Рельєф місцевості в трьох напрямках для БС 4

Відстань від БС, км	Висота над рівнем моря, м		
	Сектор АВ	Сектор ВС	Сектор АС
0	715	715	715
0,25	712	703	715
0,5	710	710	715
1	705	711	715
1,5	700	717	715

$$\Delta h_{AB} = (715 - 700) \cdot 0,8 = 12 \text{ м};$$

$$\Delta h_{BC} = (715 - 717) \cdot 0,8 = -1,6 \text{ м};$$

$$\Delta h_{AC} = (715 - 715) \cdot 0,8 = 0 \text{ м}.$$

Оскільки зміна висоти ( $\Delta h$ ) не перевищує 50 метрів, не потрібно вносити жодних поправок. Тому, сумарне загасання радіохвиль для всіх чотирьох станцій, у всіх трьох напрямках, залишається незмінним.

Для БС, сумарне загасання радіохвиль для даного типу місцевості у напрямку до МС дорівнює:

$$L_{\text{РЕЛ}} = L_{\Sigma\text{БС}} = 138,6\text{дБ.}$$

Для МС, сумарне загасання радіохвиль для даного типу місцевості у напрямку до БС дорівнює:

$$L_{\text{РЕЛ}} = L_{\Sigma\text{МС}} = 158,65\text{дБ}$$

Тепер безпосередньо перейдемо до моделі Окомура – Хата

Буде розраховуватись 25-й канал 900 діапазону

а) Знаходимо відстань  $r$  від БС до МС:

- $f_0 = 930$  МГц;
- $h_m = 1,7$  м;
- $h_b = 18$  м.

$$a(h_m) = 3,2 * [\lg(11,75 * 1,7)]^2 - 4,97 = 0,442.$$

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69,55 + 26,16 * \lg(930) - 13,82 * \lg(18) - 0,442 = 129,416.$$

$$B = B(h_b) = 44,9 - 6,55 * \lg(18) = 36,678.$$

Використаємо формулу (3.1) для міської зони

$$L_p = A + B * \lg(r) \tag{3.16}$$

Знаходимо  $r$ :

$$r = 10^{\frac{L_p - A}{B}} = 10^{\frac{138,7 - 129,416}{36,678}} = 1,791\text{км.}$$

Знаходимо відстань  $r$  від МС до БС:

- $f_0 = 885$  МГц;
- $h_m = 1,7$  м;
- $h_b = 18$  м.

$$a(h_b) = 3,2 * [\lg(11,75 * 18)]^2 - 4,97 = 12,33.$$

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69,55 + 26,16 * \lg(885) - 13,82 * \lg(1,7) - 12,33 = 131,125.$$

$$B = B(h_m) = 44,9 - 6,55 * \lg(1,7) = 43,39.$$

Використаємо формулу (3.16) та знаходимо  $r$ :

$$r = 10^{\frac{L_p - A}{B}} = 10^{\frac{156,7 - 131,125}{43,39}} = 3,885 \text{ км.}$$

За отриманими результатами розрахунків моделі Оокумура і Хата видно, що зона покриття МС майже в 2 рази більша, ніж зона покриття БС. Отже, за таких розташувань БС буде обслуговуватися весь житловий комплекс.

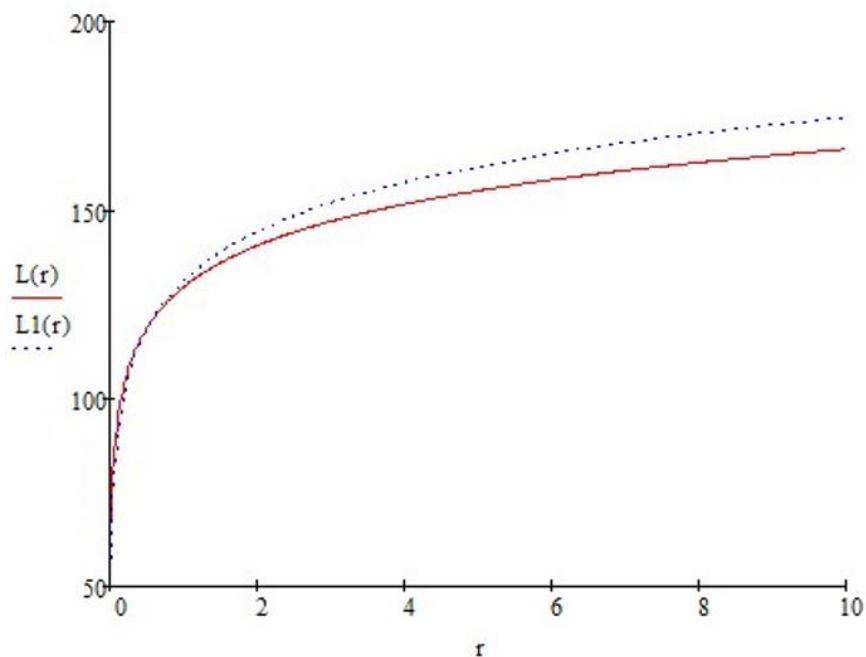


Рис. 3.3. Залежність середнього рівня втрат від радіуса покриття

### 3.3. Розрахунок параметрів одномодового оптичного волокна

Розрахунок параметрів одномодового оптичного волокна SNR-UT-B-08.

Вихідні дані:

- Діаметр оптичної серцевини:  $d = 2a = 9$  (мкм);
- Діаметр оптичної оболонки:  $D = 2b = 125$  (мкм);
- Показники заломлення:
  - оптичної серцевини:  $n_1 = 1,537$ ;
  - оптичної оболонки:  $n_2 = 1,530$ ;
- Довжина хвилі оптичної несучої:  $\lambda = 1,31$  (мкм) і ширина спектральної лінії випромінювання лазерного діода:  $\Delta\lambda = 0,07$  (нм);
- Питомі кілометричні дисперсії:
  - матеріальна:  $M(\lambda) = -5$  (пс/(км\*нм));
  - хвилеводна:  $B(\lambda) = 8$  (пс/(км\*нм));

Розрахунок виконується згідно з таким алгоритмом:

Відносне значення показника заломлення

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.17)$$

$$\Delta = \frac{1,537 - 1,530}{1,537} = \frac{0,007}{1,537} \approx 0,004.$$

Числова апертура та апертурний кут:

$$NA = \sin \theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.18)$$

$$\theta_A = \arcsin(NA) \approx 8,4^\circ.$$

Нормована частота:

$$V = \frac{2\pi * NA * \alpha}{\lambda}, \quad (3.19)$$

$$V = \frac{2 * 3,14 * 0,147 * 4,5 * 10^{-6}}{1,31 * 10^{-6}} = \frac{4,15422}{1,31} \approx 3,2.$$

Критична частота:

$$f_{\text{КР}} = \frac{P_{mn} * c}{\pi * d * NA}, \quad (3.20)$$

де  $c$  – швидкість світла,  $3 * 10^8$  м/с;

$P_{mn} = 2,405$  – параметр, що характеризує тип хвилі.

$$f_{\text{КР}} = \frac{2,405 * 3 * 10^8}{3,14 * 9 * 10^{-6} * 0,147} = \frac{7,215 * 10^8}{4,15422 * 10^{-6}} \approx 174 * 10^{12} \text{ Гц.}$$

Критична довжина хвилі:

$$\lambda_{\text{КР}} = \frac{\pi * d * NA}{P_{mn} * n_1}, \quad (3.21)$$

$$\lambda_{\text{КР}} = \frac{3,14 * 9 * 10^{-6} * 0,147}{2,405 * 1,537} = \frac{4,15422 * 10^{-6}}{3,696485} \approx 1,12 * 10^6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт загасання, що зумовлений поляризацією матеріалів оптичної серцевини:

$$\alpha_{\text{П}} = 2,55 * 10^{-3} * \exp \frac{4,63}{\lambda}, \quad (3.22)$$

$$\alpha_{\text{П}} = 2,55 * 10^{-3} * 2,72 \frac{4,63}{1,3} \approx 2,55 * 10^{-3} * 35,24 \approx 89,86 * 10^{-3} \text{ дБм/км.}$$

Коефіцієнт загасання, що зумовлений поглинанням іонами перехідних металів:

$$\alpha_n = 7,81 * 10^{11} * \exp \frac{-48,5}{\lambda}, \quad (3.23)$$

$$\alpha_n = 7,81 * 10^{11} * 2,72^{\frac{-48,5}{1,3}} = \frac{7,81 * 10^{11}}{2,72^{37,3}} = \frac{7,81 * 10^{11}}{16,2 * 10^{15}} \approx 0,48 * 10^{-4} \text{ дБм/км.}$$

Коефіцієнт загасання, зумовлений поглинанням гідроксильної групи ОН:

$$\alpha_{OH} = \begin{cases} 0,1 \text{ дБм/км}, \lambda = 0,85 \mu\text{м}; \\ 0,05 \text{ дБм/км}, \lambda = 1,31 \mu\text{м}; \\ 0,03 \text{ дБм/км}, \lambda = 1,55 \mu\text{м}; \end{cases} \Rightarrow \alpha_{OH} = 0,05 \text{ дБм/км.} \quad (3.24)$$

Коефіцієнт затування, що зумовлений дисперсією сигналу:

$$\alpha_D = \frac{K_D}{\lambda^4}, \quad (3.25)$$

де  $K_D = 0,63 \dots 0,8$  (мкм<sup>4</sup>\*дБм)/км - коефіцієнт питомої дисперсії для кварцу (SiO<sub>2</sub>); а  $\lambda$  вимірюється в  $\mu\text{м}$ .

$$\alpha_D = \frac{0,7}{1,3^4} = \frac{0,7}{2,8561} \approx 0,245 \text{ дБм/км.}$$

Сумарний коефіцієнт затування:

$$\alpha = \alpha_{\Pi} + \alpha_n + \alpha_{OH} + \alpha_D = 89,86 * 10^{-3} + 0,48 * 10^{-4} + 0,05 + 0,245 \approx 0,385.$$

Кілометрична матеріальна дисперсія:

$$\tau_M = \lambda \Delta * M(\lambda), \quad (3.26)$$

$$\tau_M = 0,07 * (-5) * 10^{-12} = -0,35 * 10^{-12} \text{ с/км.}$$

Хвилеводна кілометрична дисперсія:



$$\tau_B = \lambda \Delta * B(\lambda), \quad (3.27)$$

$$\tau_B = 0,07 * 8 * 10^{-12} = 0,56 * 10^{-12} \text{ с/км.}$$

Сумарна кілометрична дисперсія:

$$\tau = \tau_M + \tau_B, \quad (3.28)$$

$$\tau = -0,35 * 10^{-12} + 0,56 * 10^{-12} = 0,21 * 10^{-12} \text{ с/км.}$$

Кілометрична смуга пропускання:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|}, \quad (3.29)$$

$$\Delta F_1 = \frac{1}{0,21 * 10^{-12}} \approx 4,76 * 10^{12} \text{ Гц * км.}$$

Полоса пропускання для тракту довжиною  $L$ :

$$\Delta F = \frac{\Delta F_1}{L}, \quad (3.30)$$

$$\Delta F = \frac{4,76 * 10^{12}}{20} \approx 0,238 * 10^{12} \approx 238 * 10^9 \text{ Гц.}$$

### 3.4. Розрахунок ділянки регенерації

Виконаємо обчислення довжини регенераційної ділянки для даної системи передачі з урахуванням обраного типу кабелю.

Також проведемо розрахунок обмеження, пов'язаного з дисперсією. Матеріальна дисперсія може бути визначена за наступною формулою:

$$\tau_{\text{мат}} = \Delta\lambda * M, \quad (3.31)$$

де  $M$  - коефіцієнт питомої матеріальної дисперсії для плавленого кварцу, що дорівнює 0,3098;  $\Delta\lambda$  - спектральна ширина лазера;  $\Delta\lambda = 0,07$  нм.

$$\tau_{\text{мат}} = 0,07 * 10^{-9} * 0,3098 = 0,217 * 10^{-10} \text{ пс/км * нм.}$$

Хвилеводна дисперсія для ступінчастого світловода визначається за наступною формулою:

$$\tau_{\text{вв}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} * \frac{2n_1^2\Delta}{c}, \quad (3.32)$$

де  $c$  – швидкість світла у вакуумі,  $3*10^8$  км/с.

$$\tau_{\text{вв}} = \frac{0,07 * 10^{-9}}{1,31 * 10^6} * \frac{2 * 1,537^2 * 0,003}{3 * 10^5} \approx 2,525 * 10^{-12} \text{ пс/км * нм.}$$

Сумарна дисперсія для одномодового волоконно-оптичного світловода визначається сумою матеріальної та хвилеводної дисперсій:

$$\sum \tau = \tau_{\text{вв}} + \tau_{\text{мат}}, \quad (3.33)$$

$$\sum \tau = 21,7 * 10^{-12} + 2,525 * 10^{-12} = 24,225 * 10^{-12}.$$

За допомогою сумарної дисперсії можна визначити ширину полоси пропускання світловода  $\Delta F$ :

$$\Delta F = \frac{1}{\sum \tau}, \quad (3.34)$$

$$\Delta F = \frac{1}{24,225 * 10^{-12}} = 41,28 \text{ ГГц/км.}$$

Довжина ділянки регенерації визначається двома параметрами: дисперсією світловода і загасанням ділянки регенерації.

Визначимо довжину ділянки регенерації за допомогою дисперсійної характеристики світловода:

$$\frac{\Delta F}{\Delta F_x} = \sqrt{\frac{L_x}{L}}, \quad (3.35)$$

де  $\Delta F$  - ширина смуги пропускання 1 км світловода;

$\Delta F_x$  - ширина смуги пропускання в кінці ділянки регенерації;

$L_{\text{стр}}$  - будівельна ділянка, (0,5 км);

$L_x$  - довжина ділянки регенерації.

Для подальших розрахунків приймаємо що,  $\Delta F_x = 2.5 \text{ ГГц}$ .

Виразимо з формули (3.35) величину  $L_x$

$$L_x = \frac{\Delta F^2}{\Delta F_x^2} * L_{\text{стр}}, \quad (3.36)$$

$$L_x = \left( \frac{41,28 * 10^9}{2,5 * 10^9} \right)^2 * 0,5 = 8,256 \text{ км.}$$

Визначимо максимально можливу довжину ділянки регенерації по загасанню, за умови, що місце стикування будівельних довжин не вносить додаткового загасання. Тоді довжина ділянки регенерації визначатиметься енергетичним запасом системи передавання та кілометрове загасання кабелю:

$$L_p = \frac{A}{L_k}, \quad (3.37)$$

де  $A$  - енергетичний запас системи;

$L_k$  - кілометричне загасання кабелю.

Енергетичний запас системи передавання визначається максимально можливими рівнями сигналу на передавальному та приймальному кінці

$$A = |P_{\text{пр min}}| + |P_{\text{пр max}}|, \quad (3.38)$$

$$A = 24 + 2 = 26 \text{ дБ.}$$

Кабель має кілометричне загасання, що дорівнює 0,385 дБ/км. Тоді за формулою (3.37)

$$L_p = \frac{26}{0,385} = 67,5.$$

У цьому випадку довжина ділянки регенерації буде визначатися загасанням кабелю і втратами випромінювання на стиках

$$L_p = \frac{A - M}{\alpha + \frac{L_M}{L_{\text{СТР}}}}, \quad (3.39)$$

де  $A$  - енергетичний запас системи, 26 дБ;

$\alpha$  - кілометрове загасання кабелю, 0,385 дБ;

$M$  - втрати на старіння, 5 дБ;

$L_M$  - загасання на стику світловод - світловод, 0,3;

$L_{\text{СТР}}$  - будівельна довжина кабелю, 0,5 км.

Підставимо значення до формули (3.39) і отримаємо

$$L_p = \frac{26 - 5}{0,385 + \frac{0,3}{0,5}} = 21,32 \text{ км.}$$

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Виконаний технічний розрахунок проєктованої мережі Quadro Play дозволив зрозуміти і оцінити ефективність використання цієї технології в житловому комплексі. В результаті розрахунку було встановлено, що запропонована модель мережі забезпечує необхідну швидкість і надійність передачі даних.

Розрахунок коефіцієнта навантаження в радіоканалі системи UMTS показав, що використання Quadro Play дозволяє ефективно використовувати радіочастотний діапазон, при цьому забезпечуючи високу якість телекомунікаційних послуг.

За допомогою розрахунку зони покриття базової станції за моделлю Окомура - Хата було встановлено, що обране устаткування і розташування базових станцій забезпечують потрібне покриття території житлового комплексу.

Розрахунок параметрів одномодового оптичного волокна показав, що його використання в системі Quadro Play забезпечує високу швидкість передачі даних і низький рівень втрат сигналу, що важливо для забезпечення якості послуг телевізійного мовлення, телефонії, інтернету та мультимедійних послуг.

За допомогою розрахунку ділянки регенерації було встановлено, що використання регенераторів сигналу дозволяє подолати обмеження на дальність передачі сигналу в одномодовому оптичному волокні, і таким чином гарантує стабільність і надійність роботи телекомунікаційної мережі.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, провівши аналіз і розробку проєкту мережі Quadro Play, можна стверджувати, що це справді перспективний напрямок у розвитку телекомунікацій. Сучасний світ неможливо уявити без швидкісного та якісного доступу до інформації. Технологія Quadro Play, яка об'єднує в собі надання широкого спектру послуг - від високошвидкісного Інтернету до мобільної та фіксованої телефонії та інтерактивного телебачення - відповідає сучасним вимогам споживача.

Ми вже звикли до того, що різні види комунікаційних послуг надаються окремо, але інноваційні рішення в області телекомунікацій відкривають можливість отримання всіх цих послуг через одну єдину лінію зв'язку від одного провайдера.

Проєкт, розроблений в рамках цієї роботи, підтверджує ефективність застосування технології Quadro Play у реальних умовах. Дана технологія спрямована на вирішення актуальних завдань задоволення потреб користувачів у якісних та різноманітних телекомунікаційних послугах. Вона забезпечує можливість користувачам активно впливати на обраний контент, замовляти програми на вибрані години, записувати цікаві програми на особистому віртуальному відеомагнітофоні, брати участь в інтерактивних іграх, користуватися послугами електронної комерції, спілкуватися в віртуальних спільнотах і отримувати доступ до дистанційного навчання.

Технологія Quadro Play не лише відповідає сучасним вимогам споживачів, а й демонструє потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення в майбутньому. Ця робота підтверджує це, показуючи, як можна ефективно інтегрувати різні телекомунікаційні послуги у єдину систему.

Аналізуючи телекомунікаційну мережу з використанням технології Quadro Play, були проведені розрахунки коефіцієнта навантаження у радіоканалі системи UMTS. Це дозволило отримати більш точні оцінки щодо максимального обсягу трафіку, який може обслуговуватися, без зниження якості зв'язку для користувачів мережі.

Також були проведені розрахунки зон покриття базових станцій з використанням моделі Окомура – Хата. Ця модель визнана в науковому співтоваристві як надійний інструмент для оцінки рівня сигналу в різних умовах розповсюдження. Вона допомогла нам забезпечити оптимальне покриття мережі на території житлового комплексу, мінімізувати перекриття зон покриття та запобігти можливим проблемам з якістю зв'язку.

В рамках проектування мережі були виконані розрахунки параметрів одношовного оптичного волокна. Врахування особливостей роботи з цим видом волокна дозволило нам забезпечити високий рівень якості передачі даних в мережі.

З огляду на вимоги до стабільності сигналу і якості зв'язку, було визначено також необхідність встановлення ділянок регенерації. Розроблений в рамках дипломної роботи проєкт передбачає встановлення таких ділянок у місцях з найбільшим рівнем демпфування сигналу.

В цілому, проведені розрахунки та обрані методи дозволили створити оптимізовану, ефективну та надійну мережу, яка відповідає сучасним стандартам та вимогам користувачів до якості послуг.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OpenWorldLearning. Exploring Triple Play In Telecommunications: What It Is And How It Works (2023) [<https://www.openworldlearning.org/exploring-triple-play-in-telecommunications-what-it-is-and-how-it-works/>]
2. M. Katz, Creating Quad and Triple Play Solutions for Operators [[https://www.researchgate.net/publication/228784636\\_Quad\\_play\\_a\\_new\\_telecom\\_service\\_trend](https://www.researchgate.net/publication/228784636_Quad_play_a_new_telecom_service_trend)]
3. Francisco J. Hens; José M. Caballero, "Quadruple Play," in Triple Play: Building the converged network for IP, VoIP and IPTV [<http://surl.li/hegyj>]
4. Parker, D., et al. (2022). "Quad-play Services and Their Impact on the Telecommunication Industry," Telecommunications Policy, vol. 46, no. 2, pp. 187-202, 2022.
5. Patel, K. R., & Raval, M. S. (2022). "UMTS System for Mobile Communications," in International Journal of Engineering Research & Technology, vol. 11, no. 2, pp. 314-318, 2022.
6. Wu, Y., & Tsang, D. H. (2023). "The Role of Regeneration Stations in Optical Networks," IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, vol. 15, no. 6, pp. 1768-1782, June 2023.
7. Zhelev, N., & Zheleva, A. (2021). "Telecommunication Network Design and Optimization," Information Technologies and Control, vol. 14, no. 2, pp. 156-164, 2021.
8. Singh, S., et al. (2022). "Analyzing the Impact of Quad-Play Services in Consumer Market: An Empirical Study," Journal of Business Research, vol. 125, pp. 92-106, 2022.
9. Гордієнко, О. (2023). "Сучасні технології в телекомунікаційних мережах", Технології та пристрої зв'язку, ст. 47-56, 2023.
10. Єрмоленко, В., та Степаненко, І. (2021). "Основи проектування телекомунікаційних мереж", Вісник телекомунікацій, ст. 33-41, 2021.



11. Козлов, О. (2022). "Аналіз квадро-плей послуг в Україні", Український журнал телекомунікацій, випуск 10, ст. 67-73, 2022.
12. Мельник, В. (2022). "Телекомунікаційні технології: тренди та інновації", Наукові праці НТУУ «КПІ», ст. 88-94, 2022.
13. Панченко, І., та Шевченко, О. (2021). "Оптичні системи передачі даних: актуальні проблеми та розв'язки", Вісник телекомунікацій, ст. 29-35, 2021.
14. Руденко, С. (2023). "Системи UMTS для мобільного зв'язку: можливості та переваги", Телекомунікаційні системи та технології, ст. 50-57, 2023.
15. Сергієнко, О., та Черненко, Д. (2021). "Моделювання та оптимізація мережі Quadro Play", Інформаційні системи та мережі, ст. 18-24, 2021.
16. Хоменко, О. (2022). "Актуальні проблеми використання одномодових оптичних волокон", Наукові праці НТУУ «КПІ», випуск 4, стор. 75-81, 2022.