

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»  
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії  
та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

**Автоматика та телекомунікації**

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_р.

## Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Підвищення ефективності мережі FTTx за рахунок впровадження технології WDM»

Виконав: студент II курсу, групи ТКРм-19

(шифр групи)

спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ларичев І. О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник к.т.н., доц, Воропаєва Вікторія Яківна

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»  
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії  
та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації

(повна назва кафедри)

Захист відбувся \_\_\_\_\_  
 (дата)

з оцінкою \_\_\_\_\_  
 секретар ДЕК \_\_\_\_\_  
 (підпис)

## Випускна кваліфікаційна робота

\_\_\_\_\_

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Підвищення ефективності мережі FTTx за рахунок впровадження технології WDM»

Виконав студент групи ТКРМ-19 \_\_\_\_\_ Ларичев І. О.  
 (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ Воропасва В. Я.  
 (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій \_\_\_\_\_  
 (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти \_\_\_\_\_  
 (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ ас. Д.О.Жуковська  
 (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра автоматика та телекомунікації

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ларичев Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності мережі FTTx за рахунок  
впровадження технології WDM.

керівник роботи:

доц, к.т.н., Воропаєва Вікторія Яківна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від “ ” року №

2. Строк подання студентом роботи 1 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: характеристика існуючої мережі, матеріали переддипломної практики, власний досвід компанії

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

- 1) Визначити та класифікувати послуги що входять до сервісів Triple Play
  - 2) Провести розрахунок необхідної швидкості в каналі зв'язку для одного індивідуального підключення
  - 3) Провести загальний огляд доступних технологій для організації останньої милі
  - 4) Розробити проект сегменту мережі та визначити оптимальний варіант побудови
  - 5) На підставі порівняльного аналізу надати остаточні рекомендації щодо подальшого розвитку мережі
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
рисунки, таблиці.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                    | Строк виконання етапів проекту (роботи ) | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
|       | Характеристика об'єкта                                                      | 30.09                                    |          |
|       | Аналіз ринку                                                                | 15.10                                    |          |
|       | Детальний опис концепції Triple Play                                        | 25.10                                    |          |
|       | Характеристики базових послуг                                               | 30.10                                    |          |
|       | Визначення ключових технологій, які можуть бути використані як перспективні | 15.11                                    |          |
|       | Розробка концепту мережі для невеликого об'єкту                             | 20.11                                    |          |
|       | Оцінка технічних показників                                                 | 25.11                                    |          |
|       | Порівняльний аналіз з використанням апарату експертних оцінок               | 5.12                                     |          |
|       | Апаратний синтез                                                            | 7.12                                     |          |
|       | Охорона праці                                                               | 10.12                                    |          |
|       |                                                                             |                                          |          |

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )**Ларичев І.О.**\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
( підпис )**Воропаєва В.Я**\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## Лист зауважень

| Посада П.І.Б. | Суть зауваження, оцінка та підпис |
|---------------|-----------------------------------|
|               |                                   |

## АНОТАЦІЯ

Ларичев Ігор Олександрович. «Підвищення ефективності мережі FTТх за рахунок впровадження технології WDM» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

В рамках кваліфікаційної роботи автор проводить комплексне дослідження конвергентних та мультисервісних мереж з метою прогнозування та визначення перспективного напрям розвитку широкосмугових мереж абонентського доступу операторів кабельного зв'язку. Провівши ґрунтовний аналіз концепції Triple Play був визначений перелік послуг, які будуть затребувані абонентами приватного сектору найближчим часом. Виходячи з широкосмугових сервісів, було визначено, що пріоритетний напрям розвитку – розбудова FTТН мереж з використанням однієї з концепцій АЕ, GPON, GEPON, які найбільш задовільняють якісним вимогам, що висуваються абонентами. Провівши комплекс робіт з розробки проекту невеликої мережі на базі перелічених трьох основних векторів розвитку, спираючись на техніко-економічні характеристики та показники кожної з технологій, автором були визначені ряд параметрів на базі яких з застосуванням методу експертних оцінок був визначений найпривабливіший варіант розбудови оптичних мультисервісних конвергентних широкосмугових мереж останньої милі, за умов розгортання мережі на потужностях та абонентській базі ТОВ «Альтаір+».

Ключові слова: МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, ОПТИЧНИЙ КАБЕЛЬ, ХВИЛЬОВЕ УЩІЛЬНЕННЯ, ПРИВАТНИЙ СЕКТОР, КОНВЕРГЕНЦІЯ ПОСЛУ, ОПЕРАТОР ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ, ОПТИМАЛЬНІСТЬ, АБОНЕНТСЬКА ЩІЛЬНІСТЬ, СМУГА ПРОПУСКАННЯ, МАСШТАБОВАНІСТЬ, ЗАДАСТІЙКІСТЬ.

Список публікацій здобувача

Результати були представлені на VI-всеукраїнському науково-практичному форумі ТАК-2020, м. Покровськ.

## ABSTRACT

Larychev Ihor. Increasing the efficiency of the FTTx mesh for the implementation of the WDM technology / Graduation qualification work for obtaining an educational degree" Master "in specialty 172" Telecommunications and radio engineering ". - DonNTU, Pokrovsk, 2020.

As part of the qualifying work, the author conducts a comprehensive study of convergent and multiservice networks in order to predict and determine the perspective direction of development of broadband subscriber access networks of cable operators. A thorough analysis of the Triple Play concept has identified a list of services that will be requested by private sector subscribers in the near future. Based on broadband services, it was determined that the development of FTTH networks using one of the concepts AE, GPON, GEPON, which will most satisfy the quality requirements put forward by subscribers, is a priority trend. Providing a complex of works on the development of a small network based on the three main development vectors, based on the technical and economic characteristics and indicators of each of the technologies, the author identified a number of parameters on the basis of which the expert estimation method was used to determine the most attractive option for the development of optical multiservice convergent broadband networks of the last mile, under the conditions of deployment of the network at capacities and subscriber base of LLC "Altair +".

Keywords: MULTISERVICE NETWORK, OPTICAL CABLE, WAVE SEAL, PRIVATE SECTOR, AMBASSADOR CONVERGENCE, TELECOMMUNICATION SERVICES OPERATOR, OPTIMALITY, SUBSCRIBER DENSITY, BANDWIDTH, SCALABILITY, DATA RESILIENCE/

List of publisher publications

The results were presented at the VI All-Ukrainian Scientific and Practical Forum TAK-2020, Pokrovsk.

## ЗМІСТ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....                                                                    | 10 |
| ВСТУП.....                                                                                         | 11 |
| 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СПЕКТРАЛЬНОГО УЩІЛЬНЕННЯ КАНАЛІВ ...                                        | 15 |
| 1.1 Обґрунтування використання xWDM для інтернет-провайдерів України .....                         | 15 |
| 1.2 WDM (Wavelength Division Multiplexing).....                                                    | 17 |
| 1.3 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing).....                                            | 21 |
| 1.4 DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing) .....                                            | 27 |
| 1.5 HDWDM (High Dense WDM).....                                                                    | 31 |
| 1.6 Технологія FTTx.....                                                                           | 33 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                        | 36 |
| 2 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....                                                                 | 38 |
| 2.1 Сфера діяльності телекомунікаційної мережі компанії “Альтаір” .....                            | 38 |
| 2.2 Визначення послуг та розробка інформаційної моделі мережі.....                                 | 41 |
| 2.3 Характеристики телекомунікаційних послуг .....                                                 | 43 |
| 2.4 Прогнозування абонентського складу та розрахунок навантаження .....                            | 44 |
| Висновки до розділу 2 .....                                                                        | 48 |
| 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WDM В МЕРЕЖУ<br>ПРОВАЙДЕРА “АЛЬТАІР” .....            | 50 |
| 3.1 Розробка топології мережі .....                                                                | 50 |
| 3.2 Організація фізичного середовища .....                                                         | 53 |
| 3.3 Визначення ключових технологій побудови мережі.....                                            | 55 |
| 3.4 Огляд базових протоколів для функціонування мережі .....                                       | 63 |
| 3.5 Розробка структурних рішень.....                                                               | 67 |
| 3.6 Функціональна схема мережі.....                                                                | 69 |
| Висновки до розділу 3 .....                                                                        | 73 |
| 4 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ<br>WDM В МЕРЕЖУ ПРОВАЙДЕРА “АЛЬТАІР” ..... | 74 |
| 4.1 Вибір активних компонентів.....                                                                | 74 |
| 4.1.1 Вибір активного мережного устаткування .....                                                 | 74 |

|                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2 Вибір устаткування IPTV .....                                                                       | 79         |
| 4.2 Вибір пасивних компонентів .....                                                                      | 84         |
| Висновки до розділу 4 .....                                                                               | 87         |
| <b>5 МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ МЕРЕЖІ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ .....</b>                                 | <b>88</b>  |
| 5.1 Розподіл адресного простору .....                                                                     | 88         |
| 5.2 Розробка та налаштування моделі в пакеті Packet Tracer .....                                          | 92         |
| 5.3 Розробка рекомендацій щодо впровадження технологій xWDM в мережах FTTx.....                           | 95         |
| Висновки до розділу 5 .....                                                                               | 96         |
| <b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>                                          | <b>97</b>  |
| 6.1 Характеристика діяльності телекомунікаційної мережі компанії Альтаір з точки зору охорони праці ..... | 97         |
| 6.2 Розрахунок заземлення .....                                                                           | 98         |
| 6.3 Робота на висоті .....                                                                                | 101        |
| Висновки до розділу 6 .....                                                                               | 103        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>                                                                                      | <b>104</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                                                   | <b>106</b> |
| <b>ДОДАТОК А. Розподіл за категоріями та розрахунок навантаження.....</b>                                 | <b>108</b> |
| <b>ДОДАТОК Б. Топологічна схема та СКС.....</b>                                                           | <b>111</b> |
| <b>ДОДАТОК В. Структурна схема.....</b>                                                                   | <b>113</b> |
| <b>ДОДАТОК Г. Функціональна схема мережі.....</b>                                                         | <b>114</b> |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

IP – internet protocol;

VoIP – Voice over IP;

QoS – quality of service;

ГНН – година найбільшого навантаження;

DNS – domain name service;

СКС – структурована кабельна система;

FTTX – Fiber To The X - оптика до точки X;

FTTN – Fiber To The Node, волокно до вузла в 1км від абонента;

FTTC – Fiber To The Curb, волокно до шафи в 500м від абонента;

FTTB – Fiber To The Building, волокно до будинку в 100м від абонента;

FTTH – Fiber To The Home, волокно у квартиру/офіс абонента;

PON – passive optical network;

AON – all optical network;

WDM – wave digital multiplexing;

OSI – Open System Interconnection.

## ВСТУП

У розвинених країнах волоконно-оптичний зв'язок зайняв лідируючу позицію серед інших засобів зв'язку. Значною відмінністю виступають більш високі швидкість передачі інформації та надійність в порівнянні з проводовими технологіями електро та радіозв'язку. Саме ці якості зумовили швидкий розвиток волоконно-оптичних систем зв'язку за останні 10-15 років. На сьогодні в світі прокладено вже більше 100 млн км таких ліній зв'язку. Більш того, всі континенти пов'язані підводними волоконно-оптичними лініями зв'язку, загальна довжина яких перевищує 300 тис км. Розробляються і випробовуються волоконно-оптичні системи зв'язку нового покоління з пропускнуою здатністю в десятки і сотні Гбіт/с, а в перспективі - до декількох Тбіт/с. Ці системи використовують нові принципи передачі інформації - оптичні солітони і спектральне розділення каналів, а також принципово нову елементну базу, засновану на нових матеріалах і сучасних технологіях.

Розробка систем передачі інформації нового покоління, перш за все, викликана потребами економіки. Відомо, що для збільшення вдвічі національного валового продукту необхідно забезпечити 4-кратне збільшення обсягу інформації, що передається [1].

Найважливішими елементами високошвидкісних волоконно-оптичних мереж є оптичні модулі, модулятори, широкосмугові оптичні підсилювачі, компенсатори дисперсії, демультиплексори і комутатори.

Найбільш широке застосування в перспективних ВОЛЗ (волоконно-оптичні лінії зв'язку) зі спектральним розділенням каналів можуть знайти перебудовані по довжинах хвиль напівпровідникові лазери. До цих пристроїв ставляться досить жорсткі вимоги по стабільності спектральних характеристик. Основні ж зусилля розробників в даний час направлені на зниження вартості цих пристроїв з метою забезпечення більш високої конкурентоспроможності ВОЛЗ зі спектральним розділенням каналів в порівнянні з іншими типами ВОЛЗ, нарощування пропускну

здатності яких вимагає використання додаткових оптичних волокон або збільшення швидкості передачі при часовому ущільненні каналів.

Подальший розвиток ОСП (оптичні системи передачі) базується на концепції системи мультиплексування по довжині хвиль (WDM). WDM - це технологія, яка дозволяє передавати різні оптичні сигнали одним волокном. Його принцип, по суті, такий самий, як і мультиплексування з частотним поділом (FDM). Тобто кілька сигналів передаються з використанням різних несучих які займають частини частотного спектра, що не перекриваються, У випадку WDM використовується смуга спектру становить 1300 або 1550 нм, що є двома вікнами довжини хвилі, при яких оптичні волокна мають дуже низькі втрати сигналу.

Спочатку кожне вікно використовувалося для передачі одного цифрового сигналу. З розвитком оптичних компонентів, таких як лазери з розподіленим зворотним зв'язком (DFB), підсилювачі волокна, леговані ербієм (EDFA), та фотодетектори, незабаром було зрозуміло, що кожне передавальне вікно насправді може використовуватися декількома оптичними сигналами, кожен з яких займає невелику тягу загального вікна довжини хвилі.

Насправді кількість оптичних сигналів, мультиплексованих у вікні, обмежена лише точністю цих компонентів. Завдяки сучасній технології понад 100 оптичних каналів можна мультиплексувати в одне волокно.

Сучасні WDM системи на основі стандартного частотного плану (ITU-T Rec. G.692) можна розподілити на три групи:

- грубі WDM (Coarse WDM — CWDM) — мультиплексування з поділом на довжину хвилі, є методом оптичної передачі, що використовується на менших відстанях, передає кілька каналів і використовує більший інтервал між каналами на відстані до 60 км, відстань CWDM до 20 нм, порівняно з 1,6 нм DWDM, ширина каналу не менше 200 ГГц, мультиплексування до 16 каналів.
- щільні WDM (Dense WDM — DWDM) — модулює кілька каналів даних в оптичні сигнали, що мають різні частоти, а потім мультиплексує ці

сигнали в єдиний потік світла, який надсилається по волоконно-оптичному кабелю, кожен оптичний сигнал має власну частоту, тому до 80 потоків даних може передаватися одночасно по волокну, використовуючи лише 8 різних довжин світлових хвиль, ширина каналу не менше 100 ГГц, мультиплексування до 32 каналів.

- високощільні WDM (High Dense WDM — HDWDM) — система може поєднувати до 128 і більше довжин хвиль на одному волокні, метод мінімізації інтервалу каналів нижче 100 ГГц з високою швидкістю передачі даних, мінімальний інтервал каналів на високій швидкості для передачі даних є головною перевагою системи, мультиплексування не менше 64 каналів.

Частотний план для CWDM систем визначається стандартом ITU G.694.2. Галузь застосування технології CWDM — міські мережі з відстанню до 50 км. Перевагою даної системи є низька (порівнянню з іншими типами систем) вартість устаткування, що визначає менші вимоги до компонентної бази.

Частотний план для DWDM систем визначається стандартом ITU G.694.1. Галузь застосування — магістральні мережі. Даний тип систем ставить вищі вимоги до компонентів, ніж CWDM (ширина спектру джерела випромінювання, температурна стабілізація джерела і т. д.). Значним кроком до бурхливого розвитку DWDM мереж стала поява недорогих і ефективних волоконних ербієвих підсилювачів (EDFA), що працюють в проміжку від 1525 до 1565 нм (третє вікно прозорості кварцового волокна).

Актуальність проведення досліджень в магістерській роботі зумовлена різким зростанням обсягів мережного трафіку та зміни тенденцій в бік підвищення трафіку реального часу, що значно ускладнює вирішення питань забезпечення QoS в сучасних телекомунікаційних мережах.

**Метою магістерської роботи** є підвищення ефективності мережі FTTx за рахунок впровадження технології WDM.

**Задачі для вирішення:**

- огляд існуючих типів спектрального ущільнення каналів;
- аналіз технології FTTB на підприємстві компанії “Альтаір”;
- впровадження системи WDM в дану технологію компанії “Альтаір”;
- модель роботи WDM на технології FTTB;
- рекомендації щодо впровадження результатів дослідження.

**Методи дослідження** – технічно-аналітичний, прогнозування, проектування, моделювання.

**Результатом даної роботи** є рекомендації щодо впровадження системи WDM у технологію FTTB у компанії “Альтаір”. Також зроблена оцінка та порівняння пропускну здатності до і після впровадження WDM.

Побудовано модель, на якій видно роботу технології FTTB на системі WDM.

**Апробація отриманих результатів** проведена в рамках наукових конференцій: Всеукраїнський форум «ТАК».

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СПЕКТРАЛЬНОГО УЩІЛЬНЕННЯ КАНАЛІВ

### 1.1 Обґрунтування використання xWDM для інтернет-провайдерів України

За даними Держкомстату на початок другого кварталу 2020 року в Україні нараховувалось близько шести мільйонів Інтернет-користувачів, з них 5 млн 267 тис складають домашні абоненти.

Завдяки впровадженню нових технологій і зниження вартості доступу спостерігається стабільне збільшення числа користувачів. Так за перший квартал їх кількість збільшилася на 32,3%, або на 969 тис, у порівнянні з аналогічним періодом 2019 року.

Одночасно зі збільшенням кількості змінюються і пріоритети призначених для користувача запитів. Якщо раніше основними видами інтернет-трафіку були веб-серфінг і файловий обмін, що включає off-line video, то тепер на перше місце виходять графічні, голосові програми. Основним видом мультимедійного трафіку стає потокове відео, що генерується тими ж файлообмінними сервісами, хмарними сервісами, інтернет-телебаченням і системами відеоконференцій.

Згідно з даними щорічного прогнозу компанії Cisco Systems (Cisco Visual Networking Index Forecast) до 2025 року обсяги інтернет-трафіку виростуть в чотири рази від нинішніх показників і відео в цьому зростанні зіграє основну роль. Також в прогнозі йдеться, що протягом майбутніх 5 років щороку на частку відеотрафіку (у всіх його форматах) припадатиме понад 90% глобального трафіку.

Для обслуговування все більш зростаючого обсягу трафіку необхідно використовувати найбільш оптимальні технології підключення абонентів.

У нашій країні працюють багато провайдерів з різними системами та типами підключення: 3G, 4G, Ethernet, ВОЛС та інші.

Найбільші провайдери, такі як:

- INTS - компанія утворилась в 1992 році і на сьогоднішній день є одним з найбільших постачальників послуг комп'ютерної мережі Інтернет в Донбасі.

У даний час у розпорядженні компанії знаходиться декілька зовнішніх каналів сумарною пропускною здатністю понад 70 Гбіт / с, що дозволяє забезпечувати практично будь-які запити по швидкості і дотримуватись встановлених параметрів якості обслуговування.

Компанія використовує повністю WDM технологію високого ущільнення, вона є магістральним провайдером, який надає високі швидкості доступу до мережі Інтернет і забезпечує своїми послугами менших провайдерів.

- Компанія «ФРІНЕТ» - національний оператор широкосмугового доступу до мережі Інтернет.

«ФРІНЕТ» незмінно входить в топ-10 найбільших операторів ШСД України. За час своєї діяльності компанія побудувала більше 3 тис. км власних волоконно-оптичних ліній зв'язку та обслуговує понад 138 тис. абонентів. На мережах встановлено більше 10 тис. комутаторів, покрито 640 тис. домогосподарств в 175 населених пунктах, з них понад 104 тис. домогосподарств - в приватному секторі.

Компанія надає послуги в містах: Київ, Бровари, Житомир, Коростишів, Бердичів, Черняхів, Львів, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Івано-Франківськ, Мелітополь, Якимівка, Макарів і т.д.

Компанія будує мережі на базі технології FTTx - з використанням 10 гігабітних оптоволоконних магістралей і сучасного керованого устаткування. Кожному абоненту надається канал доступу в Інтернет зі швидкістю до 100 Мбіт / с. Мережі розвиваються на обладнанні таких відомих компаній, як Cisco, Edqe - core, D - Link, ZTE.

Також використовують технологію xWDM, з допомогою якої надають інтернет-трафік з меншим використанням волокон ВОЛС.

- Triolan - найбільша прогресивно розвиваюча телекомунікаційна мережа.

Стартувавши в 2008 році, компанія Triolan завоювала стабільну позитивну репутацію провайдера, який надає широкий спектр послуг за доступними цінами.

Основним видом підключення до телекомунікаційних мереж є підключення по оптоволоконним лініям, в яких використовують CWDM.

За допомогою цієї системи також по одному волокну надають декільком меншим провайдерам трафік в великих обсягах.

Висновок: більшість компаній використовують систему xWDM, так як вона задовольняє параметри QoS та дає змогу зменшити витрати на побудову нових ВОЛС. Використання технології WDM дозволяє уникнути додаткового прокладання оптичних кабелів в існуючі мережі. При зменшенні вартості волокна в майбутньому та використання новітніх технологій, волоконно-оптична інфраструктура (прокладання волокна і встановлення обладнання) завжди буде коштувати дорого. Для її ефективного використання необхідно мати можливість збільшувати пропускну здатність мережі і збільшувати набір наданих послуг без зміни оптичного кабелю. Технологія WDM забезпечує дану можливість.

## 1.2 WDM (Wavelength Division Multiplexing)

WDM - Wavelength Division Multiplexing (спектральне ущільнення каналів), відоме як класична технологія, що забезпечує оптимальні рішення для транспортування великих обсягів даних між сайтами. Завдяки нескінченним модернізаціям і вдосконаленням технологія WDM вже не просто переходить на озброєння постачальників послуг, а також застосовується для підприємств, організацій та центрів обробки даних, задовольняючи потреби як державних, так і приватних мереж.

WDM - це технологія передачі волоконно-оптичного сигналу для використання декількох довжин світлових хвиль для передачі даних через одне і те ж середовище. Дана технологія мультиплексує ряд сигналів оптичного несучого на одному оптичному волокні, використовуючи різні довжини оптичних хвиль (тобто кольорів) лазерного світла. Кожна довжина хвилі несе індивідуальний сигнал, який

не заважає іншим довжинам хвиль. Технології WDM використовуються на транспортних SDH.

#### Переваги застосування технології WDM

Передача надвеликої ємності: WDM здатний передавати та приймати дані великої ємності, що є готовим варіантом передачі з великою пропускнуою здатністю.

Надмірна передача на відстані: EDFA (підсилювач волокна, легований ербієм), часто застосовується в системі WDM, що дозволяє додатково підвищити інтенсивність оптичних сигналів для передачі на велику дальність.

Прозора передача: через фізичні властивості світла всі довжини хвиль є незалежними, оскільки канали не заважають один одному для забезпечення прозорості передачі. Застосування оптоелектронних пристроїв дозволяє гарантувати надійність системи WDM.

Гнучка для плавного розширення: техніка мультиплексування з поділом по довжині хвилі дозволяє підключати нові канали за необхідності, не порушуючи існуючі служби трафіку, полегшуючи оновлення.

Економія обох волоконних ресурсів і витрат: для однохвильової системи одна система SDH вимагає пари волокон, тоді як уся система мультиплексування вимагає лише однієї пари волокон, незалежно від кількості підсистем SDH. Таким чином, WDM не тільки максимізує використання волокон, але також допомагає оптимізувати загальні інвестиції в мережу.

#### Поширені компоненти системи WDM.

Найпростіша форма систем WDM складається з чотирьох основних елементів.

Компоненти мультиплексування з діленням довжини хвилі.

WDM Mux і Demux - це ключ до оптимізації використання волокна. В основі операції мультиплексор WDM збирає всі потоки даних разом для одночасної передачі по одному волокну. На іншому кінці волокна потоки демультимплексуються, тобто знову розділяються на різні канали.

### Трансивер.

Оптичні приймачі, прийняті в системі WDM, є специфічними для довжини хвилі лазерами, що відповідають діапазонам CWDM і DWDM, які відрізняються від загальних модулів з діапазонами 850 нм, 1310 нм і 1550 нм. Він перетворює сигнали даних з комутаторів в оптичні сигнали, які можуть передаватися у волокно. Кожен потік даних перетворюється в сигнал з довжиною хвилі світла, який є унікальним кольором.

### Патч корд

Волоконно-оптичний кабель, який з'єднує попередні оптичні модулі та мультиплексори для реалізації передачі - підключаючи вихід трансивера до входу мультиплексора.

### Темне волокно

Обов'язковою умовою будь-якого рішення WDM є доступ до темної волоконної мережі. Прийняття пари волокон вважається загальним способом транспортування оптичного трафіку. Одне з волокон використовується для передачі даних

Технологія WDM не тільки свідчить про зміни та вдосконалення оптичної передачі, але також бере участь у революції, яка знайшла своє відображення в розгортанні OTN (оптичної транспортної мережі). Заснований на технології WDM, OTN з надзвичайно великою пропускною здатністю додав технологію SDH (синхронна цифрова ієрархія) для реалізації потужних функціональних можливостей експлуатації, обслуговування та управління. Мережі OTN з технологією WDM широко застосовуються в різних сценаріях, особливо для мереж далекого сполучення та метро, що допомагає оптимізувати зв'язки в системі та гарантувати високу надійність мереж.

З точки зору обладнання WDM, система продуктів обладнання для передачі оптичних мереж поступово поповнюється все більшою кількістю обладнання WDM та оптичного доступу, прийнятих у всьому світі. Відповідно розширюється

масштаб індустрії оптичної передачі, і передбачається, що вимоги до програм WDM будуть продовжувати розширюватися.

Технологія WDM є найважливішою частиною прискорення розвитку мереж OTN у напрямку більш високої швидкості, більшої пропускної здатності, менших витрат, а також більш інтелектуальних та екологічно безпечних у майбутньому.

Існують особливості розгортання WDM в міських умовах. Для протяжних мереж висока вартість монтажу додаткових волокон стимулює збільшення пропускної здатності вже існуючих за допомогою використання WDM. Потреби у великій кількості електричних регенераторів є стимулом для розгортання WDM систем навіть в умовах, коли можливе введення додаткового волокна. Економія перевищить вартість апаратного забезпечення WDM. Для відстаней менше 100 км не потрібно відновлення і посилення. Для таких відстаней використовуються SONET / SDH термінали ADM, а також ATM свічі і маршрутизатори. Відповідно, немає економії на регенераторах, яка покривала вартість WDM системи. Коли з'являється необхідність у збільшенні ємності мережі та введення додаткових волокон, простіше вводити сигнали в інтерфейси ADM, свічів або маршрутизаторів, ніж розгортати WDM.

Вартість монтажу додаткових волокон також істотно відрізняється для протяжних і непротяжних мереж. І це піднімає питання - розгортати WDM або додавати нові волокна, коли існуюча ємність повністю вичерпана. З огляду на поточну вартість WDM систем і можливість введення дуже великої кількості волокон на етапі будівництва, часто економічно найбільш вигідно в умовах великих міст стає введення додаткових волокон.

У минулому у сервіс провайдерів було два основних способи забезпечити високу ємність мережі: орендувати SONET / SDH мережу (або віртуальну мережу ATM) або орендувати темне оптоволокно. Поява WDM відкрила нову можливість: орендувати один або більше каналів WDM системи. З точки зору покупця, канал WDM є аналогом темного волокна, до якого він може підключити свої власні ADM, свічі або маршрутизатори. Проте можуть бути деякі обмеження. Наприклад,

WDM система може вимагати передачі інформації клієнта в форматі SONET / SDH для полегшення процесу моніторингу каналу.

Розвиток систем WDM став можливим завдяки поліпшенню технології оптичного волокна, що дозволило на порядок розширити робочу смугу пропускання оптичного волокна: з 30 до 340 нм. Загасання в смузі пропускання плавно змінювалось у відносно невеликих межах:  $\pm 3$  дБ, що в свою чергу дозволило значно (у 10-50 разів) збільшити крок несучих довжин хвиль і тим самим істотно спростити фільтрацію несучих на приймаючій стороні, виключивши дорогі елементи. З'явився новий клас рішень — CWDM; DWDM; HDWDM.

### 1.3 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)

CWDM був стандартизований ITU-T G.694.2 на основі розподілу сітки або довжини хвилі 20 нм в діапазоні 1270-1610 нм. Він здатний нести до 18 довжин хвилі CWDM за одну пару волокон. Кожному сигналу присвоюється інша довжина хвилі світла. Кожна довжина хвилі не впливає на іншу довжину хвилі, тому сигнали не заважають. Кожен канал, як правило, прозорий для швидкості та типу даних, тому будь-яка суміш послуг SAN, WAN, голосу та відео може передаватися одночасно через одне волокно або волоконну пару.

CWDM є економічно вигідним рішенням для збільшення пропускної здатності мережі доступу. Вона може задовольнити вимоги щодо зростання трафіку, не перебудовуючи інфраструктуру. Наприклад, типова 8-канальна система CWDM пропонує 8-кратний обсяг смуги пропускання, який може бути досягнутий за допомогою системи SONET / SDH для заданої швидкості лінії передачі з однаковими оптичними волокнами. Це ідеальна альтернатива для перевізників, які прагнуть збільшити пропускну здатність встановленої оптичної мережі без заміни існуючого обладнання на обладнання передачі з більшою швидкістю передачі даних та без встановлення нових волокон.

Ключовий мережевий компонент CWDM: CWDM Mux і Demux. Mux широко відомий як мультиплексор, який поєднує кілька каналів довжини хвилі на одному волокні, а Demux знову розділяє їх на іншому кінці. Налаштування Mux / Demux особливо корисно для збільшення наскрізної потужності розгорнутого волокна. Mux, як правило, знаходиться в центральному офісі, а блок Demux - у шафі або в закритому склепінні, з якого волокна йдуть до місця призначення в топології у формі зірки.

Програми застосування CWDM систем.

CWDM застосовується насамперед у двох широких областях: метро та мережа доступу, виконуючи дві функції - одна полягає у використанні кожного оптичного каналу для передачі окремого вхідного сигналу з індивідуальною швидкістю, інша полягає у використанні CWDM для розбиття високошвидкісного сигналу на повільніші компоненти, які можуть передаватися більш економічно, наприклад, деякі трансивери 10 Гбіт.

Мегаполісна мережа (MAN) відноситься до мережі, яка охоплює місто та його передмістя, забезпечуючи інтегровану платформу передачі для мегаполісів. Мережі CWDM дозволяють надавати послуги з довжиною хвилі на великій ділянці, з функціональними та економічними перевагами повного підключення до логічної мережі, повторного використання довжини хвилі та низької наскрізної затримки. Ці функції застосовні до сегментів міжбюджетних мереж міст. Переваги CWDM з низькою затримкою особливо привабливі в програмах SAN. Менший простір, низька потужність та вигідні витрати CWDM також дозволяють розміщувати його на сегментах зовнішніх OSP або віддалених терміналів (RT).

CWDM має велику топологію мережі, таку як точка-точка, кільце, сітка тощо. Кільцева мережа може забезпечити захист від самовідновлення: включає захист від розриву каналів та поділ відмов від вузлів. Кільця CWDM та посилення "точка-точка" добре підходять для взаємозв'язку географічно розподіленої локальної мережі (локальна мережа) та SAN (мережа зберігання даних). Корпорації можуть отримати вигоду від CWDM, інтегрувавши кілька гігабітних Ethernet, 10

гігабітний Ethernet і волоконно-оптичні канали через одне оптичне волокно для додатків від точки до точки або для кільцевих додатків.

CWDM інтегрований у 10 гігабітний Ethernet. Завдяки перевагам низької вартості впровадження, надійності, простоти встановлення та обслуговування, Ethernet зараз інтенсивно використовується в системі метро / доступу. Зі збільшенням пропускної здатності було висунуто більш високу швидкість передачі даних 10 Гігабіт Ethernet. Інтеграція Ethernet з CWDM є одним з найкращих методів реалізації. В одному з 10 стандартів гігабітної мережі Ethernet в IEEE 802.3ae є чотириканальне рішення CWDM на 1300 нм. Однак, якби CWDM базувався на 10 каналах 1 Гбіт / с, тоді було б використано 200 нм спектра довжини хвилі. Порівняно з TDM (мультиплексування з поділом часу передачі), технологія 10G CWDM може мати вищу початкову вартість, але вона може запропонувати кращу масштабованість та гнучкість, ніж TDM.

CWDM в PON (пасивна оптична мережа). PON - це оптична мережа від точки до багатоточок, яка використовує існуюче волокно. Це економічний спосіб забезпечити пропускну здатність до останньої милі. Економія його витрат відбувається завдяки використанню пасивних пристроїв у формі відгалужувачів і розгалужувачів, а не активної електроніки, яка коштує дорожче. PON розширює кількість кінцевих точок і збільшує пропускну здатність волокна. Але PON має обмежену пропускну здатність, яку вона може підтримувати. Оскільки CWDM може рентабельно множити пропускну здатність, поєднуючи їх разом, кожна додаткова лямбда стає віртуальним з'єднанням "точка-точка" від центрального офісу до кінцевого користувача. Якщо один кінцевий користувач в оригінальному розгортанні PON зростає до такої міри, що йому потрібно власне волокно, додавання CWDM до волокна PON створює віртуальне волокно для цього користувача. Після переключення трафіку на призначену лямбда-смугу, пропускна здатність, взята з PON, тепер доступна для інших кінцевих користувачів. Таким чином, система доступу може максимізувати ефективність використання волокна.

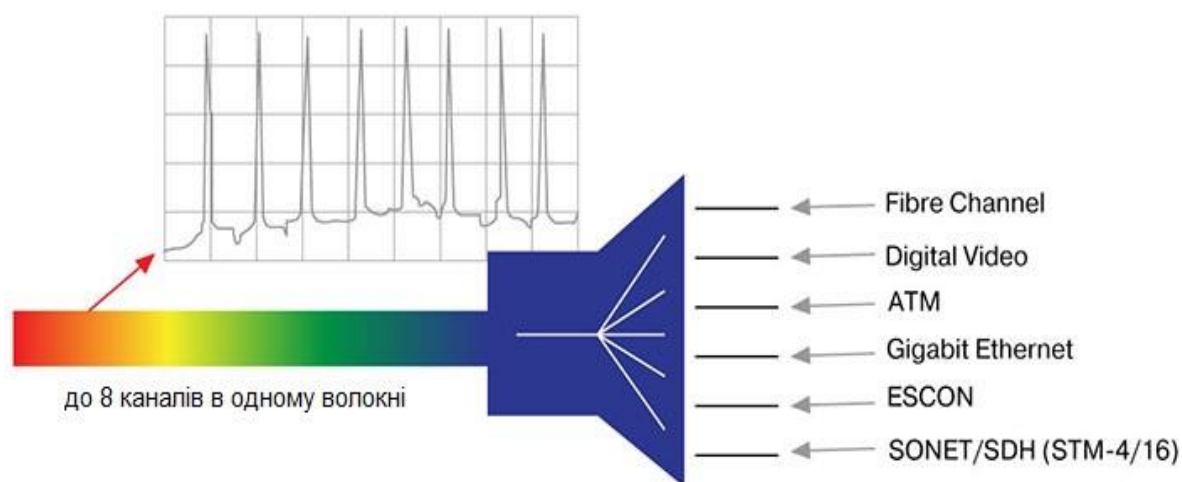


Рисунок 1.1 - Режим роботи CWDM

У 2002 році МСЕ стандартизував довжини хвиль, які можна використовувати з CWDM, до 18 довжин хвиль від 1270 нм до 1610 нм з інтервалом між каналами 20 нм (ITU - T G.692.2). Отже, максимальна кількість сигналів, які можуть бути використані в волоконній системі CWDM, дорівнюють 18 (рис.1.2).

Одним з найважливіших технологічних досягнень, що сприяє прийняттю CWDM, був розвиток волокна з низьким і нульовим піком води (ZWPF). Звичайне одномодове волокно страждає від надмірного затухання піку води між 1350 і 1450 нм, що робить цю смугу непридатною для передачі сигналу. Крім того, одномодове волокно може нести лише 12 каналів або менше, залежно від хвоста піку води та надлишкових втрат.

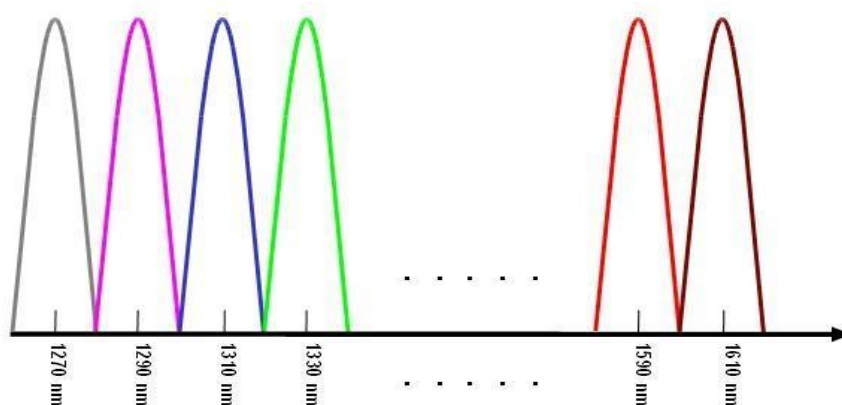


Рисунок 1.2 - Спектри роботи CWDM

У магістральній мережі CWDM збільшує багатохвильову технологію багатократного інтервалу довжини хвилі світлового сигналу. Вона може скористатися перевагами джерела світла без регулювання температури, а також побудувати систему зв'язку з низькою вартістю. Особливості та переваги CWDM наведені нижче:

- Широкий інтервал довжин хвиль значно зменшує вимоги до продуктивності оптичних пристроїв, таких як відповідні лазери та фільтри.
- Лазер без функції охолодження, пряма модуляція, без блокування довжини хвилі.
- Через невелику відстань передачі в загальних умовах немає необхідності в підсилювачі.
- Невисока вартість: технологія CWDM в повній мірі використовує такі особливості мережі мегаполісів, як коротка відстань передачі; вона може бути безпосередньо застосована у всьому вікні передачі оптичного волокна 1310 ~ 1560 нм і управляє мультиплексуванням поділу довжини хвилі на основі більш широкого інтервалу довжин хвиль. Через широкий інтервал довжин хвиль і коротку відстань пропускання CWDM не потрібно вибирати дорогий лазер, що значно знижує вартість лазера. Крім того, CWDM не повинен використовувати складні методи управління, щоб підтримувати вищі системні вимоги. Просто потрібно вибрати в якості реле недорогий мультиплексор / демультиплексор грубого поділу довжини хвилі та багатоканальний лазерний приймально-передавальний пристрій. Зниження вартості компонентів та вимог системи призводить до нижчих витрат у системі CWDM, ніж система DWDM. Вартість фільтра CWDM на 70% менша, ніж вартість фільтра DWDM. Застосування нових фільтрів та мультиплексорів / демультиплексорів можливо для подальшого зменшення витрат. Початкова конструкція CWDM спрямована на

недорогу технологію мультиплексування з поділом по довжині хвилі, так що перевага CWDM у вартості є головним моментом цієї технології.

- Низьке енергоспоживання: експлуатаційні витрати оптичної системи передачі залежать від технічного обслуговування та енергоспоживання системи. У цьому відношенні енергоспоживання системи CWDM значно нижче, ніж у системи DWDM.
- Невеликий розмір: CWDM використовує лазер без охолоджувача; лазер зазвичай складається з лазерного листа і моніторингового. На додаток до вищезазначених шести аспектів, CWDM має більш очевидні переваги в галузі безпеки, гнучкості мережі та ін.
- Гнучкий інтерфейс обслуговування: система CWDM в основному використовується в мегаполісах; він забезпечує прозору передачу даних із кількома послугами. Вона гнучка в інтерфейсі обслуговування на стороні клієнта і може підтримувати такі послуги:
- Служби SDH: підтримують послугу SDH STM-х ( $x = 1, 4$  і  $16$ ) на базі ITU-T G.707; Послуги Ethernet: підтримка 10M / 100M та Gigabit Ethernet послуг;
- Послуги банкомату: підтримка послуг банкоматів STM-х ( $x = 1, 4$  і  $16$ ) на основі стандарту ITU-T G.707;
- інші послуги, які можна широко застосовувати в майбутньому, такі як Fiber Channel, ESCON, FICON, DigitalVideo, 10GE тощо); Служба PDH 8/34/140 Мбіт / с..
- Значне зниження вартості володіння — зниження рівня експлуатаційних витрат.
- Відносно невисока вартість — питома ціна одного каналу в CWDM системі нижча, ніж в рішенні на активному обладнанні; можливість відмови від обладнання рівня агрегації.

- Максимальна дальність роботи CWDM системи складає 80 і більше кілометрів.
- Незалежність від клієнтських протоколів — передача до 16-ти незалежних сервісів по двох парах оптичних волокон; прозорість для усіх протоколів передачі даних.
- Наявність різних видів устаткування для монтажу в різних умовах: в стойку, в муфту, на стіну.

#### 1.4 DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing)

Мультиплексування з розподілом довжини хвилі (DWDM) - це оптична технологія мультиплексування, яка використовується для збільшення пропускної здатності існуючих оптичних мереж. Принцип роботи DWDM закладається в передачі декількох сигналів різної довжини хвилі одночасно на одному оптичному волокні. Ця технологія створює кілька віртуальних оптичних волокон, збільшуючи пропускну здатність існуючих волоконно-оптичних магістралей. Більш конкретно, методика мультиплексує вузький спектральний інтервал одного носія волокна в даному волокні, щоб скористатися перевагами досяжних характеристик передачі (наприклад, з мінімальною дисперсією або загасанням). Таким чином, із заданою пропускну здатністю інформації загальна кількість оптичних волокон може бути зменшена.

Мультиплексування з діленням довжини хвилі (WDM) є різновидом передавальної технології в оптичному волоконному зв'язку. Вона використовує одне оптичне волокно для одночасної передачі декількох оптичних носіїв з різною довжиною хвилі. Він ділить діапазон довжин хвиль оптичного волокна на кілька діапазонів хвиль. Кожна смуга хвиль використовується як незалежний канал, який передає заздалегідь визначену оптичну технологію довжини хвилі. DWDM поєднують і передають різні довжини хвиль одночасно в одному волокні. Для

ефективності одне волокно перетворюється на кілька віртуальних волокон. Отже, якщо планується повторно використовувати вісім носіїв оптичного волокна, тобто вісім волокон в одному волокні, пропускна здатність збільшиться з 2,5 Гбіт / с до 20 Гбіт / с. Завдяки впровадженню технології DWDM, одне оптичне волокно може одночасно передавати більше 150 світлових хвиль різної довжини хвилі, і кожна світлова хвиля досягає максимальної швидкості передачі 10 Гбіт / с.

Міські DWDM мережі, зазвичай будуються на базі кільцевої архітектури, що дозволяє застосовувати механізми захисту на рівні DWDM при швидкості відновлення не більше 50мс. Можлива побудова мережної інфраструктури на обладнанні декількох постачальників з додатковим рівнем розподілу на базі обладнання Metro DWDM. Цей рівень вводиться для організації обміну трафіком між мережами з обладнанням різних фірм.

На рисунку 1.3 показані можливості збільшення смуги пропускання (або інформативності) ВОЛЗ за рахунок застосування DWDM-технології для стандартних синхронних мереж передачі інформації і синхронних оптичних мереж (SDH / SONET) з інформаційними ємностями кожного каналу 2,5 Гбіт / с, 10 Гбіт / с і 40 Гбіт / с.

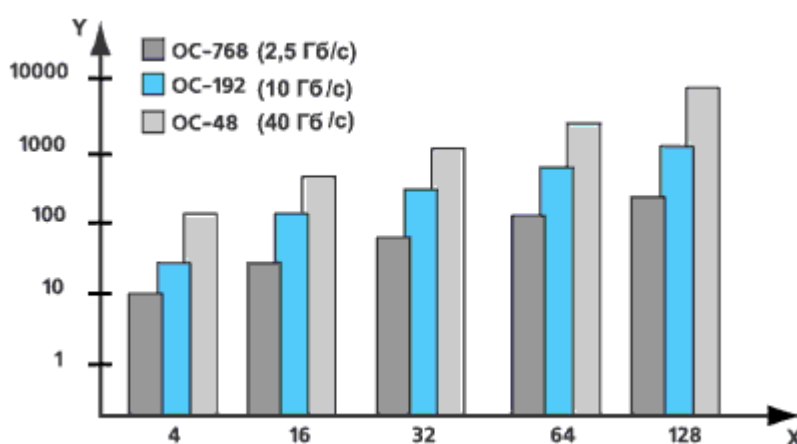


Рисунок 1.3 - Залежність повної швидкості передачі інформації через оптичне волокно від числа мультиплексируючих спектральних каналів для трьох швидкостей в кожному каналі.

З рисунка 1.3 видно, що DWDM-технологія дає змогу збільшувати пропускну здатність волоконно-оптичного каналу аж до декількох Тбіт/с тільки в одному вікні прозорості оптичного волокна.

Ключовою перевагою DWDM є те, що її протокол і швидкість передачі не є актуальними. Мережі на базі DWDM можуть використовувати протокол IP, ATM, SONET / SDH, протокол Ethernet для передачі даних, обробляючи трафік даних від 100 Мбіт / с до 2,5 Гбіт / с. Таким чином, мережі на основі DWDM можуть передавати різні типи трафіку даних з різною швидкістю на лазерному каналі. З точки зору якості обслуговування (QoS), мережі, що базуються на DWDM, швидко реагують на потреби клієнтів у пропускній здатності та зміни протоколів економічно ефективно.

Таким чином, основні переваги технології DWDM полягають у наступному[2]:

1. Надзвичайно велика потужність технології DWDM.

Використання технології DWDM збільшує пропускну здатність одного оптичного волокна в кілька разів, в десятки або сотні разів порівняно з пропускнуою здатністю систем з однією довжиною хвилі.

Багато компаній, такі як NEC, Alcatel, Nortel, виробляють системи DWDM. Потужність переважно DWDM становить 132 x 20 Гбіт / с при відстані передачі 120 км. Ці системи DWDM із загальною пропускнуою здатністю 35 нм (1529 нм ~ 1564 нм) і інтервалом між каналами 33 ГГц можуть передавати 40 мільйонів телефонних дзвінків. Можна сказати, що роботу, яку 100 оптичних волокон не можуть зробити разом, можна виконати лише за допомогою двох оптичних волокон завдяки технології DWDM.

2. Прозорість швидкості передачі даних.

Технологія систем DWDM виконує мультиплексування та демultipлексування в оптичних різницях довжин хвиль і не залежить від швидкості сигналу та режимів модуляції, тобто прозора для даних. Тому можуть передаватись сигнали з абсолютно різними характеристиками передачі та

реалізовувати поєднання та ізоляцію різних електричних сигналів, включаючи цифрові сигнали та аналогові сигнали та сигнали PDH та SDH.

### 3. Захист під час оновлення системи.

DWDM - ідеальний підхід для реалізації розширення пропускної здатності без установки нових волоконно-оптичних кабелів. Потрібні лише деякі оптичні передавачі та приймачі, що зазвичай потрібно при роботі в оптичних мережах. Це дуже простий спосіб запровадження широкосмугових послуг. Крім того, для отримання нових послуг чи нової потужності, доведеться вводити їх просто додаючи додаткову довжину хвилі.

### 4. Більш надійний.

Дуже важливо, щоб пристрої були надійними в телекомунікаційній мережі. Система DWDM - це телекомунікаційний пристрій, який є високонадійним та має високу гнучкість, економічність. Якщо говорити про TDM, то DWDM дуже простий і дуже надійний у порівнянні з нею, нова архітектура комунікаційної мережі, заснована на технології DWDM, набагато простіша, а мережеві рівні чіткіші.

Перенаправлення різних служб може бути просто реалізоване шляхом регулювання відповідної довжини хвилі оптичного сигналу. Завдяки простій мережевій архітектурі очевидні шари та зручне користування послугами, гнучкість мережі, економічність та надійність.

### 5. Сумісний з усіма оптичними комутаціями.

Варто зазначити, що при реалізації всіх оптичних мереж у майбутньому така обробка, як додавання / падіння та підключення всіх телекомунікаційних послуг, здійснюється шляхом зміни та регулювання довжини хвилі оптичного сигналу.

### 1.5 HDWDM (High Dense WDM)

Надщільне спектральне ущільнення - HDWDM (High Dense Wavelength Division Multiplexing) Надщільне спектральне ущільнення - HDWDM (High Dense Wavelength Division Multiplexing). Рухаючись зростанням доступу до Інтернету та попиту до високошвидкісних даних та відео з великою ємністю, потреба у довготривалій магістралі та високошвидкісному локальному доступі продовжує зростати. Системи передачі світлових хвиль із щільним поділом довжини хвилі (DWDM) можуть забезпечити волоконні мережі з дуже великою пропускною здатністю (від 40 до 1000 Гбіт / с).

Спочатку мультиплексування з поділом на довжину хвилі (WDM) означало збільшення пропускної здатності будь-якої одноволоконної лінії з однієї до двох довжин хвиль, не вносячи значних технологічних змін. Але зараз, лише через кілька років після введення DWDM, цей попит на вищу щільність каналів і швидкість передачі даних чинить величезний тиск на такі основні компоненти, як волокно, підсилювачі та джерела.

Найважливішим фактором забезпечення систем DWDM є постачання необхідних компонентів у великому обсязі. У DWDM саме компоненти визначають можливості. Ще недавно передача даних на значення 20 Гбіт / с з точки А в точку В з двома 10-Гбіт-сигналами, що працюють зі швидкістю 10 Гбіт, потребувала б регенератора кожні 80-100 км. Сьогодні, передаючи швидкість 2,5 Гбіт / с з вісьмома сигналами ОС-48, досягається однакова швидкість і чіткість - без будь-якої регенерації - понад 600 км.

Компоненти, особливо підсилювачі, вже вийшли за межі можливостей проектування сигналу. Як правило, системи розробляються для діапазону довжин хвиль від 1530 до 1560 нм, оскільки волоконно-підсилювачі, леговані ербієм (EDFA), працюють відносно ефективно в цьому діапазоні. Але ця конструкція не використовує весь діапазон вікна з низькими втратами волокна, який приблизно в десять разів ширший. Деякі роботи проводяться вище 1560 нм, що висуне сучасний

рівень комерційного дизайну EDFA далеко за межі того, що є сьогодні. Цей розвиток також потребуватиме нових джерел у цьому діапазоні. Наступна перешкода буде на 1600 нм, де чутливість детекторів різко падає. Деякі компанії прагнуть комерціалізувати системи з довжиною хвилі до 1600 нм.

Для систем короткої відстані підсилювачі можуть не обов'язково знадобитися. Потужні лазери можуть подолати втрати цих систем і збільшити загальну відстань, яку можна подолати. Системи короткого транспортування, як правило, долають відстані менше 75 км. Вони не використовують EDFA, тому не обмежуються обмеженнями пропускної здатності.

Технологія виробництва є головним фактором при впровадженні DWDM, і вона повинна створити пакет, достатньо стабільний, щоб лазери могли підтримувати довжину хвилі в часі, навколишньому середовищі та виробничому процесі. Ця стабільність вимагає вбудованих технологій характеристики. У міру збільшення щільності каналів довжини хвиль потрібно передбачати з більшою точністю.

Впровадження WDM доцільно не тільки в транспортних мережах, а і в існуючій мережі розподілу. При цьому слід враховувати тип технології FTTx у такій мережі.

Таблиця 1.1 - Показані зведені дані за технологіями спектрального ущільнення.

|                       | CWDM                | DWDM                        | HDWDM                    |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Крок каналів          | (грубе СУ)<br>20 нм | (щільне СУ)<br>1,6 нм       | (надщільне СУ)<br>0,4 нм |
| Використані діапазони | O, E, S, C, L       | 200, 100, 50 ГГц<br>S, C, L | 25, 12,5 ГГц<br>C, L     |
| Число каналів         | до 18               | десятки / сотні             | десятки                  |

## 1.6 Технологія FTTx

На сьогоднішній день, з поміж пропонованих широкосмугових технологій абонентського доступу найбільш перспективною та такою, що викликає певний інтерес виступає технологія ETTN (Ethernet To The Home - Ethernet до будинку /квартири), оскільки є найбільш швидкою, а також підтримує симетричні швидкості передачі даних як до користувача, так і від користувача. Так як максимальна відстань роботи протоколу Ethernet на мідному кабелі становить всього 100м, то в основному, при побудові мереж доступу використовуються оптичні технології [3].

Існує кілька бізнес-моделей побудови оптичних мереж - FTTx (Fiber To The). Відрізняються вони головним чином тим, наскільки близько до призначеного для користувача терміналу підходить оптичний кабель:

- FTTB (fiber to the building) –волокно до будівлі (рис. 1.4);

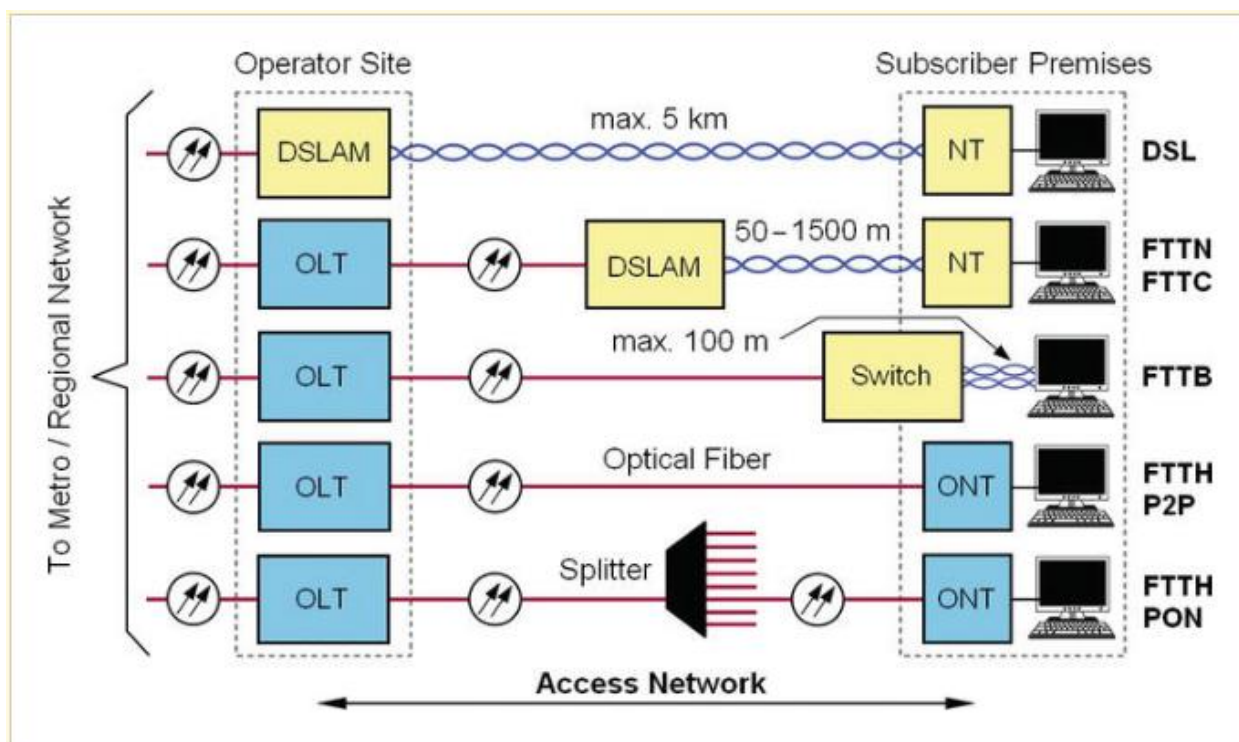


Рисунок 1.4 – варіант побудови оптичної мережі FTTx

Квартирний блок підключений до неекранованих кабелів передачі даних по витій парі (UTP) (нещодавно встановлених), утворюючи локальну мережу, що обслуговує всіх мешканців, з комутатором Ethernet, що виконує завершення волоконного каналу. Швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с, найчастіше 100 Мбіт/с.

- Fiber to the curb/cabinet (FTTC) – волокно до бордюру / шафи;

Оптичні волокна поширюються на віддалений блок із DSLAM. Звідти коротка (50–400 м) вита пара проходить до NT у приміщеннях замовника. Швидкість передачі даних до 100 Мбіт / с.

- Fiber to the distribution point (FTTDP) - волокно до точки розподілу;

Мережа доступу, заснована на технології G.fast, з дуже короткими (10–250 м) витими парами або коаксіальними петлями, що закінчуються на блоці розподільного пункту (DPU), розташованому неподалік від приміщення абонента: у коридорі, на стовпі, у люку тощо Швидкість передачі даних до 1 Гбіт / с.

- Fiber to the home (FTTH) – волокно до дому;

Мережа з оптичними волокнами, що простягаються до мережі ONT у приміщеннях замовника, також відома як волокно до приміщень (FTTP). У середині немає активних пристроїв.

- FTTH-PON;

Мережа FTTH, де фідерне волокно, що поширюється від OLT, розділено на 8–128 розподільних волокон, що надходять до приміщень замовника, утворюючи пасивну оптичну мережу (PON). Пропускна здатність OLT розподіляється між усіма користувачами в PON з мультиплексуванням з часовим поділом (TDM).

- FTTH-P2P – від точки до точки;

Мережа FTTH з окремим оптичним волокном для кожного клієнта, без розділення волокна. Кожен клієнт підключений до окремого порту OLT. Відсутність спільного доступу, швидкість передачі даних до 1 Гбіт / с.

- Fiber to the node (FTTN) – волокно до вузла;

Мережа схожа на FTTC, але з довшими мідними петлями, приблизно до 1500 м; віддалені одиниці знижують швидкість передачі даних до 20–40 Мбіт / с.

Сьогодні найбільшого поширення набула технологія FTTB. Головною перевагою мережі FTTB є те, що середовище передачі між комутатором Ethernet і приміщеннями абонента (квартира в житловому будинку) є мідний кабель категорії 5, 6 або 7 ( UTP) кабель для передачі даних, встановлений відповідно до стандартів локальної мережі (LAN). Використання спеціальних кабелів LAN довжиною до 100 м і номінальною продуктивністю до 100 МГц (Кат. 5) або навіть 600 МГц (Кат. 7). Також немає необхідності в окремих пристроях NT, оскільки ця функціональність, принаймні зі швидкістю передачі даних 100 Мбіт / с, включена в усі ПК, ноутбуки, маршрутизатори, телевізори тощо.

Але технології не стоять на місці, і все більшу популярність набирає варіант FTTB, коли оптичний кабель заходить безпосередньо в квартиру абонента. FTTH хоча і вимагає більш високих капітальних витрат при будівництві, ніж FTTB, але має більш низьку сукупну вартість (TCO - Total Cost of Ownership) за рахунок зниження експлуатаційних витрат. При побудові таких мереж:

- зменшується сумарна площа технічних приміщень,
- знижується кількість необхідного комунікаційного та додаткового обладнання (комутатори, комутаційні шафи, комутаційні панелі, електричні лічильники, джерела безперебійного живлення) за рахунок більш ефективного використання його ємності,
- знижується енергоспоживання,
- зменшуються витрати на технічну підтримку, так як кількість обладнання знижується і розташовується воно значно компактніше.

На даний момент в якості основного двигуна ринку FTTx називається масовий попит на широкосмуговий доступ, а його дуже складно забезпечити, якщо використовувати тільки ADSL. Оптичні рішення стали все активніше впроваджувати у великих містах, і тут чітко простежується тенденція до злиття дрібних операторів з більшими, які працюють у федеральному масштабі.

Технології FTTx активно застосовується в селищах, в яких інфраструктура спочатку будувалася на базі оптичного тракту.

Всі варіанти підключення відрізняються ступенем віддаленості оптоволокна від кінцевого користувача і заміною його на звичні мідні кабелі. Чим далі оптичне волокно, чим більше кількість користувачів на канал і мідних проводів, тим нижча буде швидкість Інтернету в точці підключення.

Багато українських провайдерів використовують FTTB і навіть FTTH, несучи користувачам вагомі переваги:

- По-перше, це пасивна мережа;
- По-друге, пропускна здатність відносно широка, а міжміська відповідає режиму широкомасштабного застосування операторів;
- По-третє, оскільки це послуга, що здійснюється по оптичному волокну, особливих проблем не виникає;
- По-четверте, через широку пропускну здатність протоколи, які вона підтримує, можуть бути більш гнучкими;
- По-п'яте, з розвитком технологій, точка-точка мають відносно ідеальні функції.

Технологія FTTx і надалі буде впроваджуватися в телекомунікаційних мережах, оскільки все більше операторів замінює стару мідну інфраструктуру системами на основі волокон. Абоненти побачать вигоду від цих вдосконалень інфраструктури з підвищеною швидкістю та більшим підключенням.

## Висновки до розділу 1

WDM система дуже перспективна на даний час, так як вона здатна зменшити витрати на прокладку нових оптичних ліній, може використовувати старі. Були описані всі типи WDM технологій які використовуються в провідних компаніях України. Порівняли існуючі WDM технології, та проведено аналіз систем FTTx для модернізації мережі.

Ця система настільки популярна, що більшість установлених оптичних трансиверів використовують технологію WDM. Найпопулярнішими є трансивери SFP WDM з дальністю передачі до 3 кілометрів.

Технологія FTTx використовується практично в усіх компаніях, всі її види дуже розповсюджені. Всі великі телекомунікаційні компанії використовують дану систему WDM.

Отже, перспектива впровадження WDM технологій для FTTx системи є дуже позитивною, бо вона надає можливість не будувати нову мережу, а вдосконалити стару за допомогою зміни устаткування. Поєднання системи WDM з технологією FTTB є оптимальним рішенням для даного часу та розвитку новітніх технологій.

## 2 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Сфера діяльності телекомунікаційної мережі компанії «Альтаір»

ТОВ «Альтаір» - оператор зв'язку, з 2000 року спеціалізується на наданні послуг зв'язку та доступу до мережі Інтернет. Компанія комплексно вирішує питання забезпечення зв'язком, надаючи найбільш важливі для бізнесу послуги: послуги зв'язку, доступ до мережі Інтернет, IPTV-телебачення.

Щоб відповідати високим вимогам якості і рівню обслуговування, компанія використовує тільки новітнє обладнання провідних світових виробників (Cisco, D-Link, BDCOM, Sofitec, TP-Link, Mikrotik), що обслуговує сертифікованими фахівцями, застосовує в більшості волоконно-оптичні лінії - як найбільш захищені і надійні. Власні волоконно-оптичні лінії зв'язку і мережі магістральних операторів, що забезпечують якісний, високошвидкісний, надійний зв'язок.

Таким чином, ТОВ «Альтаір» реалізуються заходи з впровадження новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологій серед широких верств населення та забезпечується право вільного доступу громадян до інформації, зокрема тієї, що розташована у мережі Інтернет.

За термін свого існування, ТОВ «Альтаір» успішно створено низку подібних мереж у різних регіонах України.

З огляду на викладене та беручи до уваги велику соціальну вагу зазначених проєктів, керівництво компанії акцентує увагу на впровадження мережі Інтернет у структурах життєзабезпечення: дільничих відділків охорони правопорядку, навчально-виховних закладах, державних комунальних підприємствах, закладах охорони здоров'я, тощо.

Компанія «Альтаір» має необхідний пакет ліцензій, що дозволяє виконувати весь комплекс робіт по мережній інтеграції для підприємств різних галузей діяльності: банки, страхові та інвестиційні компанії, державні органи влади,

підприємства торгівлі і сфери послуг, промислові підприємства; муніципальні установи, транспортні організації, засоби масової інформації.

Економічні показники компанії: підприємство займається передачею Ethernet і IPTV трафіку, підключення GPON волоконно-оптичним кабелем. Кількість міських абонентів – 17322, приватний сектор – 5584.

Технології передачі даних: ТОВ “Альтаір” забезпечує надійний обмін даними між будь-якими об’єктами та філіями клієнта, котрі можуть бути розташовані в різних районах міста.

Мережа передачі даних використовує найрізноманітніші мережні технології: Gigabit Ethernet, GPON, FTTB, які забезпечують високу якість мережних з’єднань при економному використанні ресурсів клієнтів. Вона має високу пропускну здатність та побудована на принципах повного резервування всіх елементів, що гарантує надійність мережних з’єднань та успішну передачу будь-яких об’ємів інформації.

Для надання послуг передачі даних компанія використовує різноманітні схеми організації зв’язку:

- оренда виділених каналів зв’язку «точка-точка»;
- використання власних мереж ВОЛЗ;
- будівництва нових мереж ВОЛЗ.

Розглянемо переваги технологій на прикладі таблиці (табл. 2.1).

Gigabit Ethernet - рекомендується впроваджувати лише в багатоповерхових та багатоквартирних будівлях. Низька собівартість за рахунок використання лише одного або двох оптичних волокон до комутатора, від комутатора до клієнта використовується витопарні кабелі. При використанні в приватному секторі виникають обставини енергозабезпечення всіх комутаційних вузлів та необхідність у грозозахисті.

FTTH - є невід’ємна складова Gigabit Ethernet, але тільки для використання у приватному секторі, висока собівартість за рахунок використання кабелів високої ємності не дозволяє впроваджувати в багатоповерхових будівлях. Вразливістю

вважається лише енергозабезпечення комутаційних вузлів.

Таблиця 2.1 – Переваги технологій Gigabit Ethernet та FTTB

|    | Gigabit Ethernet | FTTB |
|----|------------------|------|
| 1. | +                | -    |
| 2. | -                | +    |
| 3. | +                | -    |
| 4. | +                | +    |
| 5. | -                | +    |
| 6. | -                | -    |

PON - дозволяє побудувати енергонезалежну мережу з низькою собівартістю. За рахунок розгалуження одного волокна на 64 клієнти, ми отримаємо пасивне покриття на будь-яку кількість домогосподарств. PON-мережа не має активного обладнання між оператором та клієнтом.

На базі існуючого підприємства та беручи до уваги сучасні та новітні технології рекомендується впровадження одноволоконного оптичного модулю з форм фактором SFP для 1G Ethernet, відповідає стандарту 1000Base-BX. Такі WDM модулі призначені для роботи в одномодовому оптичному волокні. Використання таких модулів дозволяє збільшити оптичний бюджет, зменшити коливання сигналу під впливом погодних умов. Як наслідок- це підвищення якості наданих послуг.

Підприємство потребує впровадження WDM в технологію FTTB так, як на даний момент комутатори використовують по дві оптичні лінії для передачі та отримання інформації від та до комутатора. Такий крок дозволить збільшити ресурс вільних ємностей у волоконо-оптичних лініях.

Потребує змін обладнання компанії, так як технології змінюються та для впровадження і коректної роботи WDM потрібно змінити комутатори рівня - будинок, модулі та інші.

У компанії “Альтаір” технологія FTTB присутня виключно в

багатоповерхових будинках. На даний момент компанія використовує значну кількість ВОЛС для передачі та прийому інформації, комутатори приймають пакети по одному волокну, а відправляють по іншому. Також присутня велика кількість мідних ліній, які з'єднують комутатори між собою.

Має некеровані комутатори - комутатори, які не підтримують управління по протоколам мережного управління, як SNMP. При цьому некеровані комутатори можуть бути налаштованими. Некеровані комутатори- це DES-1005, DES-1008.

## 2.2 Визначення послуг та розробка інформаційної моделі мережі

Необхідність визначення послуг, що надаються в мережі, продиктована подальшим розрахунком трафіку. Залежно від набору послуг також необхідно буде використовувати певний рівень обслуговування, що визначає ту або іншу мережну технологію.

Як відомо, мультисервісні мережі призначені для передачі різнотипного виду трафіку єдиними каналами зв'язку. Згідно з цим твердженням, каналами зв'язку в мережі, що проектується, буде передаватися трафік наступних послуг:

- Інтернет;
- трафік ігрового серверу;
- відео за запитом;
- IPTV.

Слід зазначити, що всі послуги мережі необхідно розбити на декілька категорій в залежності від типів користувачів. Як відомо, в мережі присутні два типи користувачів – фізичні та юридичні особи. Фізичних осіб, в свою чергу, можна розділити на дві категорії, що відповідатимуть наступним тарифним паланам:

- Стандарт;
- Еліт.

Юридичні особи можуть бути розділені на дві категорії в відповідності до тарифних планів:

- Базовий;
- Розширений.

Для кожної категорії (тарифного плану) буде представлений унікальний набір послуг мережі. Відповідність послуг та тарифних планів наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Відповідність послуг та ТП

| Тарифний план       | Стандарт       | Еліт           | Базовий     | Розширений   |
|---------------------|----------------|----------------|-------------|--------------|
| Найменування послуг | Інтернет 10    | Інтернет 100   | Інтернет 10 | Інтернет 100 |
|                     | Ігровий сервер | Ігровий сервер |             | VoD          |
|                     | IPTV-70        | IPTV-140       |             |              |
|                     |                | VoD            |             |              |

На рисунку 2.1 наведена інформаційна модель мережі, що відображає перерозподіл мережних потоків від користувачів за послугами та напрямками.



Рисунок 2.1 – Інформаційна модель мережі

## 2.3 Характеристики телекомунікаційних послуг

Мультисервісна мережа, що проектується, буде мати наступний набір послуг: IP-телебачення, Інтернет, ігровий сервер та відеосервер. До ключових характеристик послуг відносяться – швидкість, пачечність, тривалість сеансу зв'язку, частота викликів в годину найбільшого навантаження (ГНН). Надамо опис кожної з послуг, що будуть надаватися мережею, та визначимо їх основні параметри.

У рамках мережі надається сервіс IPTV. Переваги IPTV:

- висока якість відеосигналу;
- велика кількість програм;
- інтерактивність;
- послуга «відео за запитом» (Video-on-Demand, VoD) та інші.

Основні технічні вимоги до мереж, які забезпечують надання якісних послуг IPTV, зводяться до наступних:

- висока пропускна здатність;
- підтримка технологій багатоадресної розсилки (Multicasting) у всій мережі;
- підтримка механізмів забезпечення якості обслуговування (QoS).

Як у випадку з голосовим мовленням (IP-телефонія), для компресії відео використовуються кодеки. Кожний широкомовний канал (Broadcast TV), що передається у режимі Multicast, вимагає смуги пропускання 4-10 Мбіт/с (зумовлена набором правил SD, HD – MPEG-2) для відеосигналів зі стандартною розподільною здатністю і більше 10 Мбіт/с для відеосигналів з високою розподільною здатністю. Кожен канал VoD вимагає такої ж смуги пропускання. Отже, пропускна здатність залежить від кількості каналів Broadcast TV і чисельності активних користувачів послуги VoD. На одного користувача припадатиме канал в 4 Мбіт/с (на один телеприймач). У порівнянні з класичним

способом надання телевізійного сигналу, при використанні кодека картинка має розподільну здатність  $1440 \times 1080$ , що відповідає 1152 стандартним телевізійним лініям (для телебачення використовується 576 ліній). Також найбільшою перевагою є використання функцій HD в нових телеприймачах.

Інтернет – це важлива послуга як для населення, так і для об'єктів інфраструктури. Однак, населення буде використовувати цю послугу в більшій мірі, ніж об'єкти інфраструктури. Тому що обсяги інформації у населення будуть у десятки разів більше, ніж у об'єктів інфраструктури, то і вимоги до неї будуть вище у другої категорії. Для кінцевих користувачів пропонується надання послуги інтернет на двох базових швидкостях – 10 та 100 Мбіт/с. Пачечність для цього виду послуги становитиме 10.

В якості окремих послуг слід виділити також ігровий сервер. Ігровий сервер містить безліч мережних ігор, доступних користувачам на швидкості 1Мбіт/сек.

Доступ до сервісу VoD виконуватиметься на швидкості 10 Мбіт/с, пачечність становитиме 1.

У таблиці 2.3 зведені основні характеристики послуг, які будуть підтримуватися мережею.

Таблиця 2.3 - Характеристика послуг мережі

|                | V, Мбіт/с | Пачковість | Тзв. с | F, частота викликів в ГНН |
|----------------|-----------|------------|--------|---------------------------|
| ІР-телебачення | 4,096     | 1          | 1200   | 2                         |
| Інтернет-10    | 10,24     | 10         | 10     | 50                        |
| Інтернет-100   | 100,24    | 10         | 5      | 75                        |
| Gamesервер     | 1,024     | 2          | 1200   | 1                         |
| VoD            | 4,096     | 1          | 1200   | 1                         |

## 2.4 Прогнозування абонентського складу та розрахунок навантаження

Для проведення розрахунку навантаження на мережу скористаємося наступною методикою.

Виходячи з відповідних параметрів кожного виду послуг, розраховується навантаження по кожному вузлу. Розрахунок трафіка ведеться згідно за формулою (2.1), яка має такий вигляд:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_i}^{(k)}, \quad (2.1)$$

$k$  - номер мережної послуги;

$i$  - номер вузла;

$\gamma_i^{(k)}$  - математичне очікування графіка, що генерується  $k$ -ю послугою на кму вузлі;

$B_{cp}^{(k)}$  - середня пропускна здатність каналу зв'язку, якої достатньо для якісної передачі трафіка  $k$ -ї послуги;

$N_{аб_i}^{(k)}$  - кількість абонентів на  $i$ -му вузлі, які користуються  $k$ -ю послугою;

$T_c^{(k)}$  - середня тривалість сеансу зв'язку для  $k$ -ї послуги;

$f_{викл_i}^{(k)}$  - середня кількість викликів у годину найбільшого навантаження для користувачів  $i$ -го вузла, які використовують  $k$ -у послугу.

Швидкість передачі даних  $B_{cp}^{(k)}$  знаходиться за формулою (2.2):

$$B_{cp}^{(k)} = \frac{B_{max}^{(k)}}{P^{(k)}}, \quad (2.2)$$

де:  $B_{cp}^{(k)}$  – максимальна пропускна здатність каналу зв'язку;

$P^{(k)}$  – пачковість на одного абонента – відношення між максимальною та середньою пропускною здатністю, необхідною для забезпечення  $k$ -ї послуги; ця величина характеризує вибухоподібність трафіку.

Вихідними даним для розрахунку є параметри послуг, що надаються мережею (таблиця 2.3) та кількість активних користувачів. Проведемо розрахунок навантаження для кожного виду послуг за формулою 1.1 для 1го користувача:

-для IP-телебачення:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_1}^{(k)} = \frac{4,096}{1} \cdot 1200 \cdot \frac{2}{3600} = 2,7307 \text{ Мбіт/с}; \quad (2.3)$$

-для Інтернет-10:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_2}^{(k)} = \frac{10,24}{10} \cdot 10 \cdot \frac{50}{3600} = 0,1423 \text{ Мбіт/с}; \quad (2.4)$$

-для Інтернет-20:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_3}^{(k)} = \frac{100,24}{10} \cdot 5 \cdot \frac{50}{3600} = 1,07 \text{ Мбіт/с}; \quad (2.5)$$

-для Ігровий-сервер:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_4}^{(k)} = \frac{1,024}{2} \cdot 1200 \cdot \frac{1}{3600} = 0,17 \text{ Мбіт/с}; \quad (2.6)$$

-для VoD-сервер:

$$\gamma_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_5}^{(k)} = \frac{4,096}{1} \cdot 1200 \cdot \frac{1}{3600} = 1,365 \text{ Мбіт/с}. \quad (2.7)$$

У відповідності до розробленої інформаційної моделі, визначимо навантаження на кожен абонентську групу (тарифний план), результати зведемо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Навантаження, що створюється одним абонентом тарифного плану

| Тарифний план      | Стандарт       |        | Еліт           |        | Базовий     |        | Розширений   |        |
|--------------------|----------------|--------|----------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
| Тип послуг, Мбіт/с | Інтернет 10    | 0,1423 | Інтернет 100   | 0,2134 | Інтернет 10 | 0,1423 | Інтернет 100 | 0,2134 |
|                    | Ігровий сервер | 0,171  | Ігровий сервер | 0,171  |             |        | VoD          | 0,2048 |
|                    | IPTV-70        | 2,7307 | IPTV-140       | 2,7307 |             |        |              |        |
|                    |                |        | VoD            | 1,3654 |             |        |              |        |
| Всього, Мбіт/с     | 3,2488         |        | 4,6853         |        | 0,1423      |        | 0,4182       |        |

Для подальшого проведення розрахунків та впровадження системи WDM в FTTB виберемо мікрорайони міста Покровськ.

Загальна кількість квартир, що не підключені до провайдеру телекомунікаційних послуг, становить 12884 одиниць. Кількість потенційних користувачів становить 90% від загальної кількості непідключених квартир і нараховує 11633. До тарифного плану Економ підключено 3914 користувачів (30% від потенційних), Стандарт – 7719 (70%). Всі юридичні особи та навчальні заклади підключенні до тарифного плану Базовий (18 користувачів), та Розширений (11 користувачів). У додатку А, таблиці А.1 наведений розподіл абонентського складу та результати розрахунку навантаження на кожен будинок та на мережу в цілому. Загальне навантаження склало 28625 Мбіт/с, максимальне навантаження, що створюється одним будинком становить 612 Мбіт/с і цим будинком є будинок №77.

Надалі слід визначити максимальне навантаження на кожен з послуг у мережі з метою визначення необхідних пропускних здатностей для активного устаткування та максимальної пропускної здатності зовнішнього каналу зв'язку.

Розрахунок зведемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок параметрів навантаження на послуги

| Послуга        | Навантаження на 1 користувача, Мбіт/с | Кількість користувачів | Загальне навантаження, Мбіт/с |      |
|----------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------|------|
| Інтернет 10    | 0,1423                                | 3914                   | 924                           | 1472 |
| Інтернет 100   | 0,2134                                | 7719                   | 269                           |      |
| Ігровий сервер | 0,171                                 | 11633                  | 1990                          |      |
| IPTV           | 2,7307                                | 7719                   | 21079                         |      |
| VoD            | 1,3654                                | 1245                   | 1700                          |      |

Загальна пропускна здатність каналу Інтернет складає 1472 Мбіт/с, навантаження на ігровий сервер – 1990, відео – 1700 Мбіт/с. Високий рівень завантаженості каналів зв'язку послугою IPTV зумовлений використанням телевізійного мовлення в IP-мережі в режимі unicast, коли кожному окремому користувачеві надається в безпосереднє користування канал IPTV.

## Висновки до розділу 2

В якості об'єкту проектування в магістерському проекті виступають мікрорайони міста Покровськ в Донецькій області. Загальна кількість жителів мікрорайонів складає 40134 особи, кількість квартир – 15191. Загальна характеристика мікрорайону – спальний, промисловість не має яскраво вираженого характеру. Телекомунікаційна інфраструктура району представлена провайдером телекомунікацій «Альтаір».

Мультисервісна мережа, що проектується на базі системи WDM, буде мати

наступний набір послуг: IP-телефачення, Інтернет, ігровий сервер та відео сервер. Кількість категорій користувачів (тарифних планів) – 4.

Кількість потенційних користувачів становить 11633. До тарифного плану Економ підключено 3914 користувачів (30% від потенційних), Стандарт – 7719 (70%). Всі юридичні особи та навчальні заклади підключенні до тарифного плану Базовий (18 користувачів) та Розширений (11 користувачів).

Загальне навантаження склало 28625 Мбіт/с, максимальне навантаження, що створюється одним будинком, становить 612 Мбіт/с і цим будинком є будинок №77.

Загальна пропускна здатність каналу Інтернет складає 1472 Мбіт/с, навантаження на ігровий сервер – 1990, відео – 1700 Мбіт/с.

## 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WDM В МЕРЕЖУ ПРОВАЙДЕРА “АЛЬТАІР”

### 3.1 Розробка топології мережі

При побудові сучасних телекомунікаційних мереж найбільш часто використовують топології «зірка», «кільце» та «змішану» топологію, яка містить в собі деревоподібні, зіркові та ієрархічні структури. Багато телекомунікаційних систем пошарово або за певною ієрархією. Коли мережа розроблена та побудована ієрархічно, усунення несправностей, побудова, ремонт стає простішим. Крім того, додавання ієрархічної структури до шаруватого підходу дає можливість масштабованого дизайну.

Загальний підхід до проектування телекомунікаційних мереж включає три рівні: рівень доступу, рівень розподілу та рівень ядра. Рівень доступу - це рівень, на якому комп'ютери-хости підключені до мережі. Рівень розподілу діє як точка агрегації для всіх пристроїв рівня доступу. Основний рівень – рівень ядра, з'єднує всі пристрої розподільного рівня і надійно та швидко перемикає та маршрутизує великі обсяги трафіку.

Рівень доступу – є підключення Ethernet до кожної кінцевої станції або сервер віддаленого доступу, якщо пристрій дозволяє користувачам підключатися до мережі, це вважається пристроєм рівня доступу. Як правило, ці пристрої є концентраторами, багатостанційними блоками доступу (MAU) або вимикачами, розміщеними в електропроводках на кожному поверсі будівлі. Потім мережеві кабелі користувачів підключаються до такого пристрою рівня доступу, де вони підключаються до кожного користувача в локальній мережі. Зазвичай, рівень доступу будується за топологією «зірка». Географічно найнижчий рівень ієрархії мережі, що проектується, розташований в будинках. Рівень доступу, як правило, складається з безлічі комутаторів або концентраторів, які обслуговують певний поверх будівлі чи відділення всередині будівлі; однак пристрої рівня 3 моделі OSI

(такі як маршрутизатори) також можуть використовуватися на цьому рівні. Якщо VLAN використовуються для розділення відомчого та трансляційного трафіку, між маршрутизацією між різними VLAN повинні бути пристрій (і) рівня 3. Потреба в хабах, комутаторах і маршрутизаторах на рівні Access визначає не кількість користувачів, а кількість та тип трафіку.

Наступний рівень – рівень розподілу. З точки зору моделі OSI це фізичний рівень, головною функцією рівня розподілу є забезпечення рівня доступу зв'язкою з ядром. Рівень розподілу з'єднує кожен пристрій рівня доступу, щоб пристрої доступу могли прокладати шлях між собою та до ядра. Якщо VLAN використовуються для розділення трафіку на рівні доступу, рівень розподілу може здійснювати маршрутизацію між VLAN.

Крім того, рівень розподілу відповідає за маршрутизацію пакетів, фільтрацію пакетів та підключення до WAN. Як правило, цей рівень реалізований за допомогою маршрутизаторів або багатошарових комутаторів, які можуть одночасно здійснювати маршрутизацію та комутацію. Маршрутизація важлива на рівні розподілу, оскільки саме тут реалізовано широкомовний трафік та фільтрування іншого трафіку. Рівень розподілу "вирішує" - за допомогою протоколів маршрутизації та фільтрів як і куди буде пересилатися трафік.

На рівні розподілу налаштовуються брандмауери, безпека, мережеві політики та трансляція мережевих адрес (NAT). Здійснюється маршрутизація між робочими групами та VLAN. Реалізується доступ до списків доступу, фільтрації пакетів та черг.

Оскільки найосновнішою функцією рівня розподілу є підключення пристроїв рівня доступу, необхідно переконатися, що пристрої рівня розподілу (наприклад, маршрутизатори) можуть нести надзвичайно великі обсяги трафіку. Багато функцій рівня розподілу вимагають використання маршрутизаторів, тому на цьому рівні має бути дуже ретельне планування, щоб ці пристрої могли обробляти функції моделі OSI рівня 3 (такі як агрегування точок доступу, переклад безпеки тощо) на дуже високих швидкостях. Надлишковість - ще одна важлива мірка для цього

рівня. Хоча вихід з ладу пристрою рівня доступу може потенційно вплинути на сотні користувачів, несправність пристрою рівня розподілу може вплинути на тисячі. Через це пристрої рівня розподілу зазвичай розгортаються в парі із надлишковими посиленнями назад до пристроїв рівня доступу. Надлишкові джерела живлення та двигуни супервізора мають вирішальне значення у високодоступних мережах.

Пристрої рівня розподілу часто розгортаються парами для забезпечення надмірності та надійності. Пара пристроїв рівня розподілу з'єднана між собою, щоб забезпечити трафік між двома комутаторами та маршрутизаторами. Кожен пристрій рівня доступу підключений до обох пристроїв рівня розподілу. Дерево, що охоплює, при правильних налаштуваннях використовуватиме лише одне із зв'язків між рівнем доступу та рівнем розподілу. Якщо зв'язок між двома шарами не вдається, дерево, що охоплює, знову зійдеться і використає надлишкове з'єднання.

Рівень ядра. Найважливішим фактором, що розглядається на рівні Core, є швидкість, оскільки пристрої на Core рівні повинні виконувати перемикання між блоками перемикачів на дуже високих швидкостях. Оскільки швидкість важлива, рівень ядра не є місцем, де слід виконувати мережеві політики, брандмауери або будь-який тип фільтрації.

Не існує єдиного затвердженого проекту для рівня ядра. Деякі віддають перевагу конструкціям рівня 2 для швидкості перемикання, тоді як інші віддають перевагу конструкціям рівня 2 і рівня 3, щоб скористатися перевагами протоколів маршрутизації, швидкої конвергенції та здатності до відмови. На рівні ядра використовують, зазвичай, відмовостійкі топології на кшталт подвійного «кільця», або повнозв'язної топології. Оптимальним є використання топології - подвійне кільце, це пов'язано з меншими витратами на організацію мережі та більш простим налаштуванням та подальшим керуванням мережею. При внутрисистемних з'єднаннях на вузлах мережі (підключення серверного та термінального устаткування), доцільно використовувати топологію зірка.

Топологія мережі, що проектується, наведена в додатку Б, на рисунку Б.1, вона складається з 14 кільцевих та 1 деревоподібної структури рівня розподілу. Рівні розподілу мережі об'єднані в 3 кільцеві структури рівня ядра. Три вузла рівня ядра об'єднані між собою за топологією подвійне «кільце».

### 3.2 Організація фізичного середовища

Для кожного з рівнів мережі необхідно обрати варіант фізичної реалізації, а саме типи вдосконалених ВОЛС за допомогою системи WDM. Основними критеріями при виборі тих чи інших каналів виступають параметри пропускної здатності та максимальної відстані, що були визначені раніше:

- рівень доступу – максимальна довжина сегменту не перевищує 100 метрів, пропускна здатність не більше 100 Мбіт/с;
- рівень розподілу – мінімальна довжина сегменту 150 метрів, пропускна здатність не менш 1 Гбіт/с;
- рівень ядра – довжина сегменту при об'єднанні пристроїв ядра не менша 5 км, пропускна здатність каналів не менш 5 Гбіт/с, при внутрисистемних з'єднаннях не більше 50 метрів, пропускна здатність не менше 1 Гбіт/с.

В якості середовища розповсюдження сигналів для каналів зв'язку на сьогоднішній день використовуються як проводові так безпроводові канали. На рисунку 3.1 проілюстровані основні характеристики каналів зв'язку та їх основні характеристики.



Рисунок 3.1 – Характеристика каналів зв'язку

Виходячи з наведеної характеристики та поставлених вимог, найбільш оптимальним є використання мідних та оптичних каналів зв'язку. Для рівня доступу будуть використані мідні лінії, для організації мереж ядра та розподілу - оптичні. Слід зазначити, що застосування оптичного волокна для побудови мережі викликає необхідність використання концепції FTTx та СКС.

Також при впровадженні WDM нам можна зменшити кількість оптичних ліній у 2 рази.

Виходячи з використання оптичного волокна лише на ділянках мережі ядра та розподілу та кільцевих топологій, буде застосована концепція розбудови мережі – АЕ. Обрана концепція АЕ дозволяє використання повного спектру технологій FTTx, до якого відносяться наступні:

- FTTB (Fiber To The Building) - оптична система передачі до будинку;
- FTTN/FTTC (Fiber To The Node) - оптична система передачі до вузла;
- FTTO (Fiber To The Office) - оптична система передачі до офісу;
- FTTN (Fiber To The Home) - оптична система передачі до квартири.

Узагальнено FTTx можна проілюструвати на рисунку 3.2.

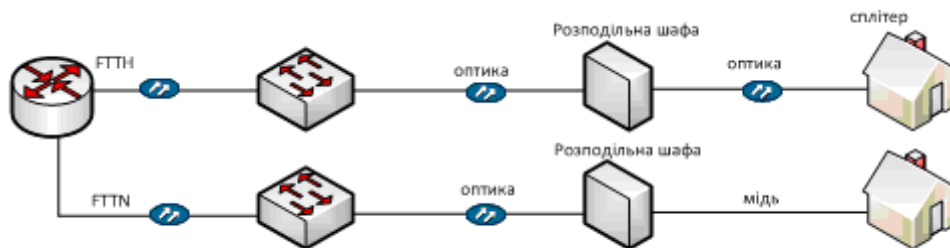


Рисунок 3.2 - Варіанти побудови мереж FTТх

Виходячи з обраних топологічних рішень та розшифрованих аббревіатур технології FTТх, в мережі можливе використання концепції FTTB для розбудови мережі розподілу та для побудови мережі ядра.

За технологію FTTB оптичний кабель підходить до будинку та розподіляється по квартирах за допомогою мідного кабелю Ethernet. Це дозволяє забезпечити в кожній квартирі якісний доступ до мережі Інтернет на максимальній швидкості до 100 Мбіт/с. У свою чергу оптичний кабель поєднує топологічні структури мережі розподілу з топологічною структурою мережі ядра.

### 3.3 Визначення ключових технологій побудови мережі

На даному етапі необхідно визначити основні технології та протоколи, які будуть використані при організації та розбудові телекомунікаційної інфраструктури мікрорайонів міста Покровськ. Необхідно обрати технології для організації рівня ядра, розподілу та доступу.

Загалом за структурним устроєм мережу можна розділити на дві частини - транспортний сегмент (рівень розподілу та ядра) та локальний сегмент (рівень доступу).

При виборі протоколів для організації мереж відповідних сегментів спершу необхідно проаналізувати навантаження на ключових елементах топологічної схеми. У таблиці 3.1 наведені параметри навантаження вузлів мережі та необхідної пропускної здатності магістральних каналів зв'язку. Таблиця сформована на

підставі розрахунків трафіку другої глави та розроблених топологічних рішень.

Як виходить з наведеної таблиці, навантаження на всіх ділянках мережі перевищує значення в 1 Гбіт/с, це пов'язано з попитом на послуги IPTV та VoD, топологія мереж на всіх рівнях – кільце. Існує безліч технологій, що покликані до вирішення задач транспорту, основними з них є EoSDH, SDH ATM, NGN, Ethernet та використання технології ущільнення каналів – WDM. Однак, при наявності в транспортній мережі великих обсягів пакетного трафіка, механізми захисту й транспорту мережі SDH стають малоефективними. Тому користування WDM доцільно в даній мережі, яка повністю замінить технології SDH.

Таблиця 3.1 – Пропускна здатність ліній та навантаження від вузлів

| Розподіл                      |                                                       |                     | Ядро             |                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Номер вузла розподілу/будинку | Перелік будинків                                      | Навантаження Мбіт/с | Перелік будинків | Навантаження Мбіт/с |
| 1-29a                         | 27, 27a, 28, 28a, 28б, 29, 29a, 30, 30a, 30б, 31      | 1932                | 20               | 8481                |
| 2-16                          | 12, 13, 13a, 14, 14a, 14б, 15a, 16, 16a, 16б          | 2039                |                  |                     |
| 3-15                          | 1, 5, 11, 15, 40, 40a, 40б                            | 644                 |                  |                     |
| 4-20                          | 20, 21, 31a, 32, 34a                                  | 1057                |                  |                     |
| 5-20a                         | 17, 19, 20a, 21a, 34, 37, 39                          | 971                 |                  |                     |
| 6-7a                          | 6a, 7, 7a, 8, 9, 9a, 10                               | 1838                |                  |                     |
| 7-22б                         | 13, 20б, 22, 22a, 22б, 33, 34, 35, 35a, 36, 36a       | 1463                | 46               | 8029                |
| 8-24a                         | 23, 24a, 25, 25a, 26, 47, 47a, 48, 63                 | 1919                |                  |                     |
| 9-46                          | 2, 2a, 3, 3a, 9, 44, 45, 46, 64                       | 1583                |                  |                     |
| 10-42                         | 41, 42, 43, 49, 50, 51, 52, 53, 60                    | 3064                |                  |                     |
| 11-78                         | 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 78, 79, 80, 81, 90    | 3217                | 78               | 10374               |
| 12-86                         | 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89                            | 1365                |                  |                     |
| 13-91                         | 64, 65, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 91, 92, 94, 95        | 1759                |                  |                     |
| 14-71                         | 4, 4a, 66, 68, 69, 71, 100                            | 1216                |                  |                     |
| 15-97                         | 70, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107 | 2817                |                  |                     |

При розгляді технологій побудови мережі слід звернути увагу на технологію «відмовостійке пакетне кільце» (Resilient Packet Ring – RPR) – стандартизоване як IEEE 802.17, є стандартом протоколу для передачі даних по волоконно-оптичних кільцевих мережах, який працює на рівні управління доступом до медіа (MAC) моделі Open System Interconnection (OSI). Він забезпечує можливість передачі даних на основі пакетів з метою підвищення ефективності послуг Ethernet та IP. RPR забезпечує покращене використання пропускної здатності, більшу швидкість розгортання, а також оптимізовані витрати на обладнання та експлуатацію.

Принцип роботи: станції в RPR з'єднані подвійними лічильниками, що обертаються волоконно-оптичними кільцями. Передача відбувається вздовж обох кілець. Це допомагає використовувати загальну доступну пропускну здатність порівняно з системами, де вторинне кільце зберігається лише для резервного копіювання.

Передача даних та передача керуючих сигналів відбуваються вздовж обох кілець. Сигнал управління передається в протилежному напрямку руху трафіку даних, інформацію якого він несе. Наприклад, якщо зовнішнє кільце несе дані, інформація про його управління передається внутрішнім кільцем.

Вузол RPR може динамічно узгоджувати проблеми пропускної здатності з іншими вузлами. Це установка, що забезпечує якість обслуговування (QoS), яка може планувати трафік у порядку своїх пріоритетів. Це дозволяє уникнути перевантажень і мінімізує невдалі передачі. Якщо посилання розірвано в будь-якому кільці, передача даних продовжується методами керування та обгортання. Під час керування всі вузли отримують повідомлення про непрацююче посилання, і вони перенаправляють свій трафік. При обтіканні трафік даних циклічно повертається до останнього вузла перед обривом лінії зв'язку та направляється до станції призначення через інший вузол.

RPR представляється як найбільш оптимальна технологія для агрегації трафіка в мережі. RPR є найкращим варіантом для забезпечення всіх сервісів завдяки певним в 802.17 базовим службам.

Ці сервісні примітиви описують три класи:

- служба Класу А – забезпечується гарантованою смугою з низькою затримкою від точки до точки й обмеженим джиттером. Цей клас має пріоритет над всіма іншими класами;
- служба Класу В – забезпечується гарантованою смугою з обмеженою затримкою й джиттером і можливістю доступу до додаткової смуги без гарантій по обмеженню затримки й джиттера в цій смузі. Клас В має пріоритет над класом С;
- служба Класу С – забезпечує доставку в міру можливостей (best effort) без гарантій швидкості даних і обмежень на затримку й джиттер.

Виходячи із цього набору служб, ясно, що служби реального часу для голосу або відео будуть використовувати Клас А для того, щоб забезпечити гарантовану смугу й найменшу затримку сигналу. Потокове відео або голос будуть використовувати Клас В. Служби даних будуть використовувати клас С.

802.17 визначає свій рівень контролю доступу до середовища передачі (МАС), що не залежить від фізичного рівня й середовища передачі. RPR може підтримувати безліч швидкостей; 1G, 2.5G і 10G - стандартні швидкості. 1G транспорт використовує Gigabit Ethernet на фізичному рівні. 2,5G транспорт використовує STM-16, а 10G використовує STM-64 або 10 GE на фізичному рівні. З огляду на високі вимоги до QoS, пропускної здатності магістральних каналів (майже 1 Гбіт/с), гнучкості в керуванні, найбільш оптимальним буде використання технології 10 GE.

Новий стандарт, насамперед, забезпечується збереженням стандартного протоколу МАС, формату Ethernet-пакетів 802.3 і діапазони допустимих розмірів пакетів. Пристрої, що відповідають новому стандарту, зможуть взаємодіяти з устаткуванням попередніх різновидів Ethernet.

10-гігабітні мережі відрізняються від своїх попередників не тільки швидкістю передачі. По-перше, транспортування трафіка в них здійснюється тільки в дуплексному режимі. Це дозволяє відмовитися від протоколу CSMA/CD,

що сильно стримував продуктивність мереж Ethernet. По-друге, у мережах 10GE використовуються волоконно-оптичні з'єднання.

Орієнтація на оптику змусила прямо вказати в стандарті припустимі види оптичного волокна й алгоритми передачі. Незважаючи на те, що формально протокол Ethernet належить до другого рівня еталонної моделі OSI, жоден із прийнятих стандартів Ethernet не обходить стороною фізичне середовище передачі.

Істотною особливістю нового стандарту є здатність устаткування 10GE взаємодіяти з мережами WDM, що означає можливість передавати пакети Ethernet по каналах WDM з високою ефективністю.

У результаті експансія технології Ethernet на розподілені міські мережі, що почалася з появою стандарту Gigabit Ethernet (802.3z), тепер пошириться на мережі глобальні. Саме для досягнення цієї мети служить інтерфейс WAN PHY. Оскільки смуга пропускання інтерфейсів WDM мало відрізняється від такої для 10GE (9,29 і 10 Гбіт/с відповідно), розробка єдиного протоколу MAC для двох фізичних інтерфейсів із близькими значеннями швидкості передачі не викликала особливих ускладнень.

Для кодування даних на фізичному рівні обраний алгоритм 64/66b замість 8/10b, що використовувався в мережах Gigabit Ethernet. Кодування 64B / 66B перетворює 64-бітний вхідний блок у вихідний блок 66, використовуючи складний алгоритм скремблювання (не фіксовану таблицю відображення). Структура вихідного блоку різниться в різних структурах, а тип структури позначається двома бітами синхронізації на початку вихідного блоку, як показано на рис. 3.3. Цей метод економного фінансування в основному використовується для 10 Гбіт Ethernet.

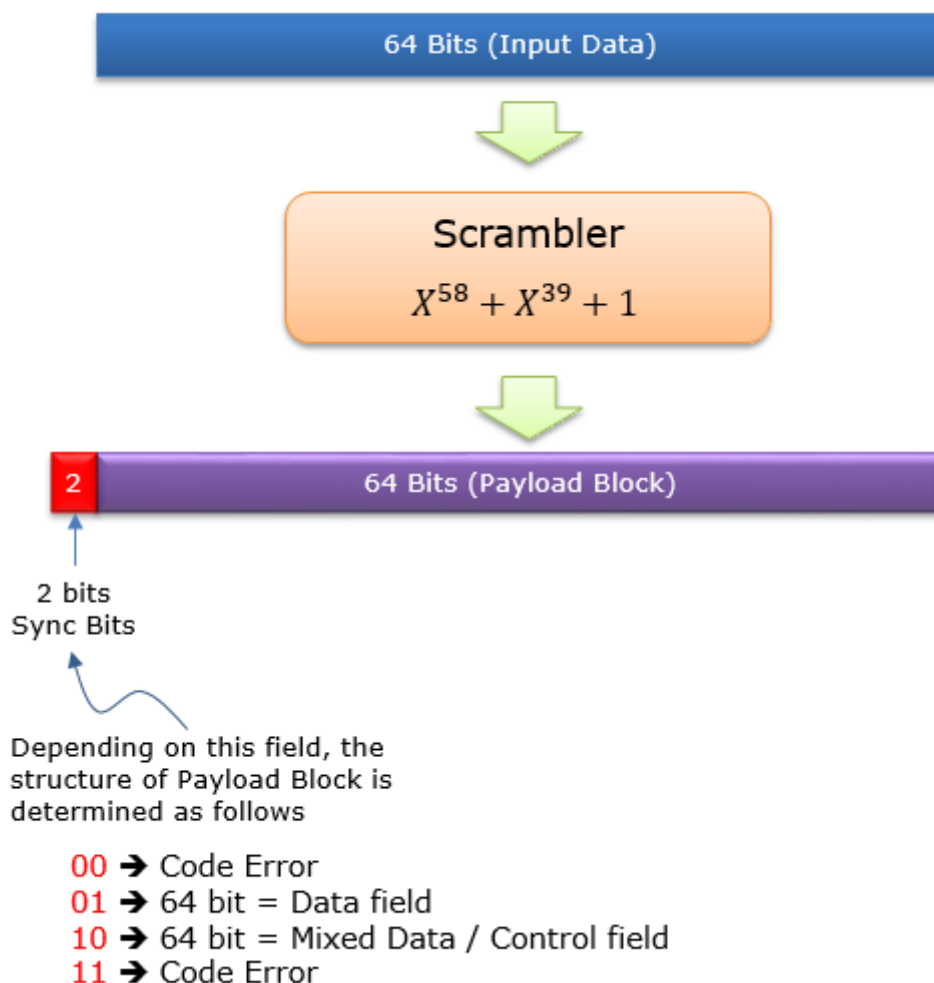


Рисунок 3.3 – Структура алгоритму 64/66b

Використовувані інтерфейси залежать від середовища передачі. В остаточній версії стандарту залишаться 5 – 2 для багатомодового й 3 для одномодового волокна. У локальних мережах, у першу чергу застосовується інтерфейс спектрального мультиплексування (WDM) на довжині хвилі 1310 нм. Використане при цьому багатомодовое волокно (62,5/125 мкм), а довжина з'єднань 300 м – досить висока за мірками локальних мереж Ethernet. В іншому інтерфейсі для локальних мереж задіяне багатомодовое волокно 50/125 мкм. При цьому робоча довжина хвилі становить 850 мкм. Пропонований інтерфейс, залишений в остаточній версії, з точки зору економічної ефективності: недорогий варіант організації високошвидкісних з'єднань між серверами. Інші інтерфейси розраховані на застосування в магістральних каналах міських і глобальних мережах.

Максимальна довжина з'єднання доведена до 40 км (у стандарті 802.3z вона рівнялася 5 км) з використанням одномодових волокон.

Взагалі, до технологій стандарту відносяться наступні:

- 10 GBASE-CX4 – призначений для проходження через CX4 або чотири пари двовісної мідної проводки - найвідомішої завдяки використанню в середовищах IBM AS / 400. Головною метою є підключення серверів або комутаторів на короткі відстані - менше 300 фут - і, як очікується, це коштуватиме половину вартості оптоволоконного 10-гігабітного порту Ethernet. Є економічним, оскільки він повторно використовує частини 802.3 та інші стандарти для спрощення та зниження вартості впровадження;
- 10 GBASE-SR – це оригінальна специфікація багаторежимної оптики, яка досі є найбільш часто використовуваною. Оскільки він використовує єдиний недорогий твердотільний лазерний блок, це також найнижча вартість оптичних модулів, доступних для платформи 10GbE. Однак 10GBase-SR дуже чутливий до типу волокна і може досягати 300 м на волокні OM3;
- 10 GBASE-LX4 – підтримує традиційне багатомодове волокно FDDI на відстані до 300 м з використанням мультиплексування з грубим поділом довжини хвилі (CWDM), яке знижує швидкість передачі кожної довжини хвилі до 3,125 Гбіт. Стандарт LX4 також підтримує одномодовий волоконний зв'язок на відстані до 10 км. LX4 дорожчий за обидва SR і LR, оскільки для цього потрібні в чотири рази більше оптичних та електричних схем до оптичних мультиплексорів. Завдяки готовій доступності волокон OM3 / OM4 та новішим стандартам, які забезпечують тривале охоплення по багатомодовому режиму одним лазером, що забезпечує меншу вартість, LX4 швидко застаріває;
- 10 GBASE-LR і 10 GBASE-ER – 10GBase-LR використовує дорожчу оптику (1310 нм), ніж SR, і вимагає більш складного вирівнювання

оптики, щоб підтримувати 10-кілометрове з'єднання по одномодовому волокну. Також немає мінімальної відстані для LR, тому він підходить для коротких з'єднань по одномодовому волокну. ER – це одномодовий волоконно-оптичний кабель Extended Reach, який використовує лазер 1550 нм. Стандартний діапазон - 30 км, але може бути до 40 км при розгляді інженерних зв'язків;

- 10 GBASE-SW, 10 GBASE-LW і 10 GBASE-EW – ці стандарти використовують фізичний інтерфейс, сумісний по швидкості й формату даних з інтерфейсом OC- 192 / STM-64 SONET/SDH. Подібні до стандартів 10 GBASE-SR, 10 GBASE-LR і 10 GBASE-ER відповідно тому, що використовують ті ж самі типи кабелів і відстані передачі;
- 10 GBASE-T, IEEE 802.3 an-2006 – опублікований у 2006 році IEEE 802.3an, 10GBase-T - це пристрій передачі фізичного рівня (PHY) для Ethernet 10 Гбіт / с через мідну кручену пару. Метою цього мідного стандарту є приблизне підключення RJ-45 до 100 метрів. Він призначений для покращення продуктивності та відстані мідних кабелів за вартістю, нижчою ніж волоконна.

Виходячи з цього, на рівні ядра для внутрішньо системних з'єднань мережа буде побудована на базі технології 10GBase-LX4 з використанням багатомодового волокна (62,5/125 мкм).

Транспортна мережа рівня розподілу та мережа між ядрами буде побудована за технологією 10GBase-LR з використанням одномодових волокон.

Мережа абонентського доступу (сегмент від комутатора доступу до користувача) може бути побудована за технологією 100 BaseT, яка в повному обсязі задовольняє вимоги з пропускнуої здатності та надійності з'єднання.

### 3.4 Огляд базових протоколів для функціонування мережі

Протокол передачі даних (DTP) виконує три основні функції:

- забезпечує зручне розділення повідомлень NCP на "логічні" блоки (транзакції, одиниці, записи, групи та файли);
- дозволяє розділити дані та контрольну інформацію;
- включає деякі механізми контролю помилок.

Існує три режими поділу повідомлень на транзакції, що дозволено DTP. Перший - це невизначений бітовий потік, який припиняється лише тоді, коли з'єднання закрито (тобто біт потік являє собою одну транзакцію протягом з'єднання). Цей режим корисний при передачі даних між хостами та кінцевими IMP (TIP). Другий режим використовує "прозору" конвенцію блоків. Цей режим корисний при передачі даних між термінальними IMP.

Третій режим використовує механізм підрахунку. Кожна операція починається з поля дескриптора фіксованої довжини, що містить окремий двійковий підрахунок інформаційних бітів та заповнювача (тобто не інформаційні) біти. Цей режим корисний при передачі даних хоста.

Протокол DTP дозволяє змішувати режими передачі між собою, дозволяє відокремлювати дані та керуючу інформацію. Слід також зазначити, що DTP не визначає передачу даних обслуговування, а визначає механізм передачі даних, який може бути використаний для надання послуг.

Як зазначалося раніше, в мережі присутні дві базових послуги:

- передача даних;
- IP-телебачення.

Кожна з послуг потребує відповідного протоколу керування та організації взаємодії.

Мережні протоколи пропонують правила роботи комп'ютерам, які підключені до мережі. Вони будуються за багаторівневим принципом. Протокол рівня визначає одне з технічних правил зв'язку. У цей час для мережних протоколів

використовується модель OSI (Open System Interconnection - взаємодія відкритих систем, ВОС). Модель OSI реалізується групою протоколів і правил зв'язку, організованих на кількох рівнях:

Фізичний рівень – стосується електричної або оптичної передачі необроблених неструктурованих бітів даних по мережі від фізичного рівня відправляючого пристрою до фізичного рівня приймального пристрою. Він може включати такі специфікації, як напруга, розташування контактів, кабелі та радіочастоти. На фізичному рівні можна знайти “фізичні” ресурси, такі як мережеві концентратори, кабелі, ретранслятори, мережеві адаптери або модеми.

Канальний рівень – безпосередньо підключені вузли, що використовуються для здійснення передачі даних від вузла до вузла, де дані упаковуються у кадри. Рівень каналу даних також виправляє помилки, які могли виникнути на фізичному рівні.

Мережевий рівень – відповідає за отримання кадрів від рівня каналу передачі даних та їх доставку до призначених їм пунктів призначення на основі адрес, що містяться всередині кадру. Мережевий рівень знаходить пункт призначення за допомогою логічних адрес, таких як IP (Інтернет-протокол). На цьому рівні маршрутизатори є найважливішим компонентом, який використовується спрямування інформації туди, де вона повинна переходити між мережами.

Транспортний рівень – управляє доставкою та перевіркою помилок пакетів даних. Він регулює розмір, послідовність і, зрештою, передачу даних між системами та хостами. Одним з найпоширеніших прикладів транспортного рівня є TCP або протокол управління передачею.

Рівень сеансу – контролює розмови між різними хостами. Сеанс або зв'язок між машинами налаштовується, управляється і завершується на рівні 5. Послуги рівня сеансу також включають автентифікацію та повторні підключення.

Презентаційний рівень – форматує або перекладає дані для рівня програми на основі синтаксису або семантики, які приймає програма. Через це його іноді також

називають синтаксичним шаром. Цей рівень також може обробляти шифрування та дешифрування, необхідні рівню програми.

Рівень додатків – на цьому рівні як кінцевий користувач, так і прикладний рівень взаємодіють безпосередньо з програмним додатком. Цей рівень бачить мережеві послуги, що надаються програмам для кінцевих користувачів, таким як веб-браузер або Office 365. Рівень додатків визначає партнерів у зв'язку, доступність ресурсів та синхронізує зв'язок. Стек протоколів – ієрархічно організований набір мережних протоколів, достатній для організації взаємодії вузлів у мережі.

Найбільш популярні стеки протоколів: TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, DECnet і SNA. Більшість протоколів (усі з перерахованих, крім SNA) однакові на фізичному й на каналному рівні, але на інших рівнях, як правило, використовують різні протоколи.

У мережі, що проектується, запропоновано використання симбіозу протоколів TCP та IP. Протоколи TCP/IP – це два протоколи нижнього рівня, що є основою зв'язку в мережі Інтернет.

Також ці протоколи працюють в системі WDM без змін. Протокол TCP (Transmission Control Protocol) розбиває передану інформацію на порції й нумерує всі порції. За допомогою протоколу IP (Internet Protocol) всі частини передаються одержувачеві. Далі за допомогою протоколу TCP перевіряються, чи всі частини отримані. При одержанні всіх порцій TCP розташовує їх у потрібному порядку й збирає в єдине ціле.

Наведемо протоколи, що найбільш часто використовуються в мережі Інтернет:

- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) – протокол програми, який формує основу для спілкування у Всесвітній павутині (www), дозволяє обмінюватися гіпертекстом, структурованим текстом, який використовує логічні посилання (гіперпосилання) між вузлами;

- FTP (File Transfer Protocol) – широко використовуваний мережевий протокол для передачі файлів між комп'ютерами через мережу на основі TCP / IP, наприклад, Інтернет. FTP дозволяє людям та програмам обмінюватися даними у своїх офісах та через Інтернет. FTP була однією з перших технологій, розроблених для вирішення цієї загальної потреби, і вона залишається, з кількома поколіннями вдосконалень, другим за популярністю протоколом, що використовується сьогодні (після HTTP);
- POP (Post Office Protocol) – це широко використовуваний протокол електронної пошти, який можна використовувати для отримання електронної пошти з сервера електронної пошти для клієнтської програми, наприклад, Microsoft Outlook. Поточна версія POP - POP3.;
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – відносно простий текстовий протокол для надсилання електронної пошти через Інтернет: спочатку вказаний відправник повідомлення, потім один або кілька одержувачів, а потім інформація про доставку та вміст повідомлення;
- telnet – розроблений в 1969 р. протокол, який забезпечує інтерфейс командного рядка для зв'язку з віддаленим пристроєм або сервером, іноді застосовується для віддаленого управління, а також для початкового налаштування пристрою, такого як мережне обладнання.

Наразі, всі вище перелічені протоколи будуть співіснувати в мережі передачі даних.

Для надання послуг IPTV використовується кодек MPEG-2. Мережа IPTV функціонує за протоколом H.264. Передбачувані області застосування стандарту H.264 наступні:

- мовлення (кабель, кабельний модем, супутник, DSL, TB);
- зберігання на різних носіях (DVD, магнітні диски);
- відеоконференцзв'язок (ISDN, Ethernet, LAN, DSL, радіомережі, мобільні мережі, модеми);

- сервіси типу відео за запитом;
- сервіси MMS (DSL, ISDN).

Під ефективністю алгоритму в стандарті H.264 розуміється високий ступінь стиску відео при допустимій якості та надходження бітового потоку до помилок/втрат передачі. Аскетизм H.264 у відмінність MPEG-4 проявляється в тому, що тут передбачено всього три профілі:

- Baseline – відеоконференцзв'язок;
- Extended – для потокової передачі відео по мережі;
- Main – для зберігання й мовлення відео.

Треба відзначити, що профіль Extended повністю покриває профіль Baseline, тоді як профіль Main перебуває трохи осторонь. У випадку реалізації поточної мережі, буде використаний профіль Extended, який дозволяє не тільки виконувати мовлення відео по мережі, але й організовувати відеоконференцзв'язок.

### 3.5 Розробка структурних рішень

Загальна структура мережі відповідає загальноприйнятій ієрархічній структурі мережі, яка складається з трьох рівнів:

- рівень ядра;
- рівень розподілу;
- рівень доступу.

На рисунку В.1 наведена структурна схема мережі.

Мережа, що проектується, побудована на базі використання трьох рівнів ядра, та транспортний рівень з'єднаний за допомогою оптичних ліній через модулі SFP, які підтримуть режим WDM. Рівень ядра, призначений для перенаправлення агрегованих потоків від рівня розподілу. Структурно ядро мережі організовано на базі маршрутизатора, який виступає головним комутаційним центром. До маршрутизатора підключений комутатор доступу, активні пристрої рівня

розподілу, зовнішній канал до мережі Інтернет, набір серверного устаткування. Саме маршрутизатор ядра аналізує та перерозподіляє інформаційні потоки за відповідними напрямками.

До комутатора ядра підключені сервери DNS, proxy, IPTV, FTP/Game, VoD. Відеосервер необхідний для надання послуг IP-телебачення, список каналів та самі канали він ретранслює з мережі супутникового чи кабельного телебачення.

Рівень розподілу побудований на маршрутизаторах, які виконують функції агрегації трафіку від комутаторів рівня доступу. Топологія мережі розподілу – «кільце». Вибір саме цієї топології зумовлений вимогами надійності та безвідмовності, які в повному обсязі забезпечує кільцева топологія. Маршрутизатори рівня розподілу в транспортній мережі розташовані в будинках, до яких підключені рівні доступу.

Мережа доступу організована на комутаторах, які з'єднані за топологією «кільце». Розташування комутаторів доступу та об'єднання відповідних в кільцеву топологію виконано, виходячи з аналізу взаємного географічного розташування будинків.

Комутатори доступу агрегують трафік від кінцевих користувачів в транспортний потік, що йде до маршрутизатора розподілу. Комутатори доступу встановлені в будинках на кожному під'їзді.

Виходячи з типів користувачів (визначені в першій главі), термінальні пристрої, що можуть бути використані, наступні – IPTV шлюз та персональний комп'ютер або сегмент локальної мережі для виходу до Інтернет. До користувачів в квартиру заходить один кабель і в залежності від типу користувача йому надаються відповідні послуги.

Для користувачів тарифних планів Розширений та Стандарт в абонентській магістралі передається трафік відеоданих, в квартирі такого абонента встановлений абонентський комутатор, до якого підключені IPTV шлюз та персональний комп'ютер.

У випадку, якщо користувач відноситься до тарифного плану Базовий або Економ, до нього в офіс або в квартиру також заходить абонентська магістраль, в якій передається відповідний трафік даних і підключений персональний комп'ютер.

### 3.6 Функціональна схема мережі

Кількість вузлів ядра в мережі становить 3. Структура вузлів мережі абсолютно ідентична, що дозволяє використовувати резервування в мережі. Ключовим елементом ядра мережі виступає устаткування цифрового телебачення IPTV. У мережу передачі даних сегмент IPTV включається через IPTV – шлюз, так званий IPTV Head End. Включення абонентів проходить через сервер контролю доступу IP-CAS через інтерфейс 10GBASE-LX4, за протоколом TCP/IP, протокол маршрутизації OSPF. Підмережа IPTV надає послуги потокового відео на базі протоколів RTSP, RTP, RTCP і протоколу IGMP. На рисунку 3.1 наведена функціональна схема організації ядра мережі.

RTSP (Real-Time Streaming Protocol) – протокол потокового передавання в режимі реального часу або протокол управління презентаціями, широко відомий як RTSP, - це стандартний протокол, який широко використовується для ефективного контролю потокової передачі аудіо та відеоданих через Інтернет. Протокол розроблений багатосторонньою робочою групою з управління мультимедійними сесіями (MMUSIC WG), яка також є спільним підприємством RealNetworks, Netscape Communications та Колумбійського університету. На відміну від традиційного HTTP, який використовує прогресивну техніку, протокол потокового передавання в режимі реального часу забезпечує безперервний потік запитуваних даних, фактично не зберігаючи їх на жорсткому диску. Протокол використовується в таких програмах, як Windows Media Player, QuickTime, RealPlayer, MPEG4IP, JavaFX SDK для платформи Windows, Skype, для потокової передачі з єдиною

передачею (де передача даних відбувається між одним клієнтом та одним сервером) та потокової передачі з декількома трансляціями (між один сервер і кілька клієнтів). Протокол потокового передавання в режимі реального часу використовує комбінацію протоколів, таких як TCP (протокол, заснований на підключенні), UDP (протокол без підключення) і RTP для досягнення різних функцій, підтримуючи сеанс / стан між сервером і клієнтом за допомогою ідентифікатора. Іншими словами, сервер RTSP і клієнт можуть надсилати запити одночасно, вибираючи відповідний механізм доставки, що є перевагою перед іншими типами протоколів.

Протокол із цієї ж групи RTP (Real-time transport protocol) – транспортний протокол реального часу, протокол передачі даних, розроблений спеціально для обміну чутливими аудіо-візуальними даними в реальному часі в мережах на основі IP. RTP часто використовується в телефонії Voice-over-IP (VoIP-телефонія). Таким чином, телефонні системи, що підтримують IP, також мають протокол транспорту в реальному часі. Перша стандартизація вже була зафіксована в 1996 році в RFC 1889. З 2003 року RTP є специфікацією в RFC 3550.

Транспортний протокол реального часу здатний кодувати мультимедійні потоки даних, такі як аудіо чи відео, ділити їх на пакети та передавати через IP-мережу. На транспортному рівні транспортний протокол реального часу, як правило, використовує UDP без підключення (User Datagram Protocol). RTP дозволяє обмінюватися даними як в Unicast, так і в Multicast. Для обробки та задоволення необхідних параметрів якості обслуговування (параметрів QoS) під час передачі, RTP співпрацює з Протоколом управління реальним часом (RTCP).

RTP встановлено як стандарт зв'язку для передачі аудіо- або відеопотоків для протоколів IP-телефонії SIP та H.323.

Для приєднання до IP мережі та роботи в режимі multicast використовується стандартний протокол IGMP (Internet Group Membership Protocol).

Компоненти ядра IP-TV системи наступні:

- головна станція (IPTV Head End) - контролер керування відеопотоками;

- система умовного доступу (CAS);
- відеосервери (Video on Demand);
- сервери білінгової системи;
- сервери системи менеджменту;
- сервери проміжного програмного забезпечення (middleware).

Всі дані підсистеми спілкуються між собою через інтерфейс 10GBASE-LX4, за протоколом TCP/IP, зі швидкістю до 10 Гбіт/с.

Системи віщання ТБ програм і даних по IP-мережах у режимі multicast і unicast застосовуються для організації безпосереднього мовлення абонентам мережі. До складу системи входить:

- комплекс прийому й адаптації ТБ сигналів;
- підсистема компресії MPEG-2;
- приймач-декодувач сигналу IRD для сигналу із супутника;
- кодери-стрімери для сигналів ефірного телебачення;
- підсистема формування даних EPG;
- підсистема моніторингу.

Як джерела контенту в системі використовуються:

- супутникові програми стандарту DVB-S/S2;
- програми, прийняті по IP-мережі;
- програми ефірного телебачення;
- програми власного виробництва в аналоговому або цифровому вигляді.

Для формування IP-потoku програм будуть використані наступні пристрої:

- відеопроцесори з ASI-входами MPEG-2, до 256 програм з можливістю зміни бітової швидкості і можливістю вставки реклами;
- відеоплатформа (IPTV Head End) до 16 ASI-входів або 8 кодерів MPEG-2/MPEG-4 з можливістю зміни бітової швидкості 256 програм і транскодером.

Все устаткування головної станції управляється по IP-мережі за допомогою WEB-інтерфейсу або вручну з передньої панелі приладів.

Керування послугами в IP-мережі здійснюється за допомогою встановлюваного на сервер програмного комплексу, що надає операторам і користувачам мережі наступні можливості:

- аутентифікація й авторизація користувачів;
- формування інтерфейсу абонентського STB (Set Top Box);
- формування EPG (програми телепередач на 2 тижні);
- збір статистики про надані послуги, доступ до статистики абонентам і дистриб'юторам;
- тарифікація й білінг послуг;
- підтримка системи VoD (Video on Demand) «відео за запитом».

Телебачення через Інтернет-протокол (IPTV) - це система, за допомогою якої телевізійні послуги надаються за допомогою набору протоколів Інтернету через мережу з комутацією пакетів, таку як локальна мережа або Інтернет, замість того, щоб передаватись через традиційні формати ефірного, супутникового та кабельного телебачення, потік телевізійних каналів являє собою потік IP-пакетів, що передаються у мережі по окремому груповому IP-адресу, що відповідає даному телеканалу. Таким чином, мовлення декількох каналів представляє собою формування декількох потоків multicast-трафіку, коли кожний з каналів однозначно визначається унікальною адресою групового розсилання.

Використано MPEG-2 - застарілий, але все ще дуже популярний стандарт стиснення відео та аудіо. Стискаючи відео + аудіосигнали, можна зменшити швидкість передачі даних, щоб їх було легше зберігати та передавати в інші пункти призначення. Як частина кодування, відео mpeg2 розміщуються у форматі контейнера MPEG-2, який називається MPEG-TS, що дозволяє здійснювати потокове передавання відео IP. Насправді контейнер MPEG-TS зазвичай використовується для трансляції через Інтернет. Хоча кодування відео MPEG2 поступово припиняється на користь таких стандартів кодування, як H.264 / MPEG-4 / AVC, воно все ще дуже часто використовується у багатьох додатках та в ефірних системах, таких як ATSC та кабельні системи наприклад DVB-C.

Для забезпечення мінімальних затримок і гарантованої швидкості передачі в IP-мережі використовується підтримка Quality of Service (QoS), використовується протокол RSVP (Resource Reservation Protocol), протокол резервування ресурсів може бути використаний для наскрізного бронювання ресурсів в мережі IP, щоб гарантувати якість обслуговування, необхідного певним потокам. RSVP припускає, що і відправник даних, і приймач даного потоку беруть участь у сигналізації RSVP. Однак існують випадки використання, коли резервування ресурсів потрібне, але одержувач, відправник або обидва вони не підтримують RSVP.

### Висновки до розділу 3

У наведеному розділі магістерської роботи були прийняті основні теоретичні рішення з побудови мережі. Мережа трирівнева складається з доступу, розподілу та ядра. Топологія мережі доступу – «зірка», ядра та розподілу – «кільце», «дерево» та «зірка».

Транспортна мережа рівня розподілу складається з оптичних ліній, які з'єднані за допомогою SFP модулів, підтримуючи WDM систему. Мережа між ядрами буде побудована за технологією 10GBase-LR RPR з використанням одномодових волокон.

Мережа абонентського доступу (сегмент від комутатора доступу до користувача) може бути побудований за технологією 100 BaseT, яка в повному обсязі задовольняє вимогам з пропускної здатності та надійності з'єднання. Були розроблені структурні схеми для кожного з рівнів мережі.

Фізичне середовище побудоване у відповідності до концепцій FTTB та СКС. Компресія відбувається відеокодеком MPEG-2 (протокол H.264).

На підставі розроблених схем була сформована та описана функціональна схема сегменту мережі.

## 4 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WDM В МЕРЕЖУ ПРОВАЙДЕРА “АЛЬТАІР”

### 4.1 Вибір активних компонентів

В таблиці 4.1 наведено перелік активного устаткування та отриманих в результаті розробки структурних та функціональних схем проведених розрахунків.

Таблиця 4.1 – Склад та вимоги до активного устаткування

| Найменування            | Кількість | Кількість/тип портів         | Опис                                               |
|-------------------------|-----------|------------------------------|----------------------------------------------------|
| Маршрутизатор ядра      | 3         | 1/100 BASE-T, 10/10 GBASE-LR | Головний маршрутизатор                             |
| Маршрутизатор розподілу | 15        | 2/100 BASE-T, 5/10 GBASE-LR  | Маршрутизатори рівня розподілу                     |
| Комутатор ядра          | 3         | 4/100 BASE-T, 2/10 GBASE-LR  | Комутатор підключення серверного устаткування      |
| Комутатор доступу       | 335       | 48/100 BASE-TX, 2/10GBASE-LR | Комутатор організації мережі абонентського доступу |
| IPTV шлюз               | 3         | 1/10 GBASE-LR, BNC, HDMI     | Сервер для надання послуг IPTV                     |
| Серверне устаткування   | 9         | 1/100 BASE-T, 2/10 GBASE-LR  | Серверне устаткування для організації мережі       |

Умовно, все активне устаткування можна розділити на 4 групи:

- маршрутизатори;
- комутатори;
- серверне устаткування;
- відеосервер.

Для кожної групи пристроїв необхідно обрати виробника та конкретні модифікації.

#### 4.1.1 Вибір активного мережного устаткування

Почнемо з маршрутизаторів, які мають підтримку протоколів маршрутизації, служби трансляції, адрес та інше, що відповідають другому та третьому рівню моделі відкритих систем. На сьогоднішній день існує багато виробників

телекомунікаційного мережного устаткування, умовно ринок можна розділити на три сегменти:

- дешеві та прості пристрої з не надто високим рівнем надійності;
- середня цінова категорія з високими показниками якості та надійності;
- висока цінова категорія з дуже високими можливостями, які майже не будуть задіяні.

Виходячи зі специфіки об'єкту проектування, слід зазначити, що використання дешевих пристроїв не є пріоритетним при розбудові мережі. Слід обирати з сегменту ринку продукти високої та середньої цінової категорії. На думку автора, до виробників наведених категорій слід віднести продукцію компаній Cisco, Huawei, Juniper, H3C, Alcatel. У таблиці 3.2 проведемо стислий аналіз продуктів, що можуть бути використані як маршрутизатор ядра.

У технічному завданні до маршрутизаторів висуваються наступні вимоги:

- тип та кількість портів – 1/100 BASE-T, 10/10 GBASE-LR;
- підтримку протоколів маршрутизації та агрегації портів;
- наявність служби трансляції адрес;
- маршрутизація та комутація на 2 та 3 рівнях моделі OSI;
- керування та контроль трафіку;
- списки доступу.

З огляду параметрів конфігурації портів, заявленої пропускної здатності, переліку функцій, слід обирати серед моделей Juniper M40e, Cisco 7603 та Alcatel 7750 SR-7. Використання Alcatel 7750 SR-7 є технічно не оправданим з точки зору пропускної здатності. Слід зупинити вибір на моделях Juniper M40e та Cisco 7603. Juniper M40e не задовольняє наявною конфігурацією портів та відсутністю слотів розширення. Таким чином, оптимальним рішенням є використання Cisco 7603 в якості маршрутизатора ядра.

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз

| Параметр            | Cisco 7603                              | Alcatel 7750 SR-7                               | Huawei NE40E-3                                                           | HATEKC Router 9000                                                                                         | Juniper M40e                                                                                  |
|---------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модульність         | Так                                     | так                                             | так                                                                      | так                                                                                                        | так                                                                                           |
| Пропускна здатність | 40 Гбіт/с                               | 200 Гбіт/с                                      | 64 Гбіт/с                                                                | 256 Гбіт/с                                                                                                 | 32 Гбіт/с                                                                                     |
| MPLS                | Так                                     | так                                             | так                                                                      | так                                                                                                        | так                                                                                           |
| Конфігурація        | 24x100/<br>1000 Мбіт/с,<br>4 x10 Гбіт/с | 600x100 Мбіт/с,<br>10x1 Гбіт/с, 20x10<br>Гбіт/с | OC-48c/STM-16с<br>POS OC-3/STM-1<br>POS/cPOS GE<br>OC-48c/STM-16с<br>RPR | 10G POS, 10G<br>WAN/LAN, 2.5G<br>POS, 622M<br>POS, 155<br>POS/ATM,<br>GE1000M<br>(опт./електр.),<br>FE100M | 48 портів<br>10/100Bas<br>eT, 16<br>портів<br>1000Base<br>X, 1 порт<br>10 Gigabit<br>Ethernet |
| Слоти               | 1                                       | 5                                               | 5                                                                        | 1                                                                                                          | 0                                                                                             |
| Стационарні порти   | 4x10 Гбіт/с                             | шасі                                            | шасі                                                                     |                                                                                                            | 48 портів<br>10/100Bas<br>eT, 16<br>портів<br>1000Base<br>X, 1 порт<br>10 Gigabit<br>Ethernet |
| QoS                 | Так                                     | так                                             | так                                                                      | так                                                                                                        | так                                                                                           |
| Резервування        | Так                                     | так                                             | ні                                                                       | ні                                                                                                         | так                                                                                           |
| Білінг              | Ні                                      | так                                             | ні                                                                       | ні                                                                                                         | так                                                                                           |
| Вартість            | 29000\$                                 | 44000\$                                         | 32000\$                                                                  | 19000\$                                                                                                    | 26000\$                                                                                       |

Маршрутизатор Cisco 7603 - це єдиний у цій галузі маршрутизатор, який забезпечує надійні, високопродуктивні функції IP / MPLS для цілого ряду служб, що працюють на межі та корпоративних MAN / WAN. У поєднанні з найширшим набором інтерфейсів та інноваційною адаптивною технологією обробки мереж Cisco 7603 очолює галузь із інтегрованими можливостями агрегування Ethernet, приватної лінії та абонентів. Серія Cisco 7603 - це еволюція для існуючих клієнтів серії Cisco 7500 - із паритетом функцій Cisco IOS та підтримкою FlexWAN для існуючих адаптерів портів Cisco 7200/7500

Маршрутизатор Cisco 7603 має 240 Гбіт / с комутаційної ємності в 3-слотовій, 40-гігабітної / слотовій конфігурації з дуже компактним форм-фактором - вміщує до 11 одиниць в одній стійці - забезпечує необхідну потужність для живлення надійних крайових послуг для IP / Мережі MPLS. Ця система, сумісна з NEBS, забезпечує централізовану обробку 30 Мбіт / с у поєднанні з розподіленою обробкою для 10-та та 1-гігабітних мереж Ethernet.

Для організації рівня ядра необхідний також комутатор. Для реалізації даних функцій буде використана платформа Cisco 7603. Для комплектації пристрою будуть використані модулі 4 x 10 Gigabit Ethernet, SFP модулі, які підтримують всі режими WDM.

Виходячи з проведеного порівняльного аналізу (таблиця 4.2), для маршрутизаторів рівня розподілу можливо також використання маршрутизатора Cisco 7603.

Надалі слід перейти до вибору комутаторів рівня розподілу/доступу. У вимогах до комутаторів заявлено, що вони повинні мати 48 портів 100 BASE-TX та як мінімум два порти 10 GBASE-LR.

Огляд продуктів будемо проводити серед тих самих виробників. Слід також зазначити, що даний сегмент комутаторів представлений і більш дешевими виробниками (Planet, D-Link, TP-Link, Zyxel, Asus), але вони мають нижчий рівень надійності, що унеможлиблює їх використання в рамках мережі, що проектується. У таблиці 4.3 проведемо порівняльний аналіз моделей, які можуть бути використані для розбудови рівня розподілу/доступу:

Таблиця 3.3 – Порівняння комутаторів рівня розподілу/доступу

|                     | D-Link<br>EX3200-48       | Alcatel<br>OmniStack<br>LS 6248 | Huawei<br>S3352P-EI-<br>48S | НАТЕКС<br>NX-3428   | Cisco Catalyst<br>WS-2960S-<br>48TD-L |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| Пропускна здатність | 136 Гбіт/с                | 17,6 Гбіт/с                     | 17,6 Гбіт/с                 | 36 Гбіт/с           | 40 Гбіт/с                             |
| Рівень OSI          | 3                         | 2                               | 2                           | 2                   | 3                                     |
| Стационарні порти   | 48 10/100/<br>1000 Мбіт/с | 48 10/100<br>Мбіт/с PoE         | 48 10/100<br>Мбіт/с         | 48 10/100<br>Мбіт/с | 48 10/100/<br>1000 Мбіт/с             |
| Наявність слотів    | 1                         | 1                               | 1                           | 1                   | 1                                     |
| Резервування        | так                       | ні                              | ні                          | так                 | так                                   |
| Вартість            | 610 \$                    | 600 \$                          | 750 \$                      | 1100 \$             | 3200 \$                               |

Встановленим вимогам відповідають два продукти – D-Link EX3200-48 та Cisco Catalyst WS-2960S-48TD-L. Вибір комутатора базується, в першу чергу, на граничній пропускній здатності та швидкості комутації. Серед представлених моделей лідером є пристрій D-Link EX3200-48. Саме цей пристрій з модулем

розширення 2 x 10 Gigabit Ethernet, XFP буде використаний при апаратній реалізації мережі. Комутатор Layer 3, 48 портів 10/100/1000 Base-T (8 з підтримкою PoE), 1 слот для установки модулів розширення. EX-серія підтримує L2/L 3-комутацію на швидкості інтерфейсів, VLAN, RVI, QoS, Power over Ethernet, динамічну маршрутизацію, кластеризацію Virtual Chassis, 802.1X, port- security, PVLAN, Q-In- Q.

Основні особливості:

- розмір таблиці MAC- Адрес: 24000;
- кількість VLAN: 4096;
- протоколи маршрутизації: RI v1/v2, OSPF, BGP, IS- IS;
- кількість активних unicast- маршрутів: 12 000;
- функція BFD;
- функція віртуальних маршрутизаторів (VRF);
- функція Dynamic ARP Inspection;
- функція IP Source Guard;
- функція Virtual Chassis;
- функція Cable Diagnostic.

Серверне устаткування буде представлено комп'ютерами з наступною конфігурацією, що наведена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Конфігурація серверного устаткування

| найменування      | тип                                                                                                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| корпус            | INTEL SC5299BRP; 6U <u>Tower</u> , <u>Extended</u> ATX, 7 <u>slots</u> , PSU <u>installed</u> 650W, <u>Black</u>                                                           |
| материнська плата | ASUS P8Z77-V; S1155; Z77; <u>Onboard</u> VGA; 4DDR3(2600*); 2xP-Ex16; 1xP-Ex4; 2xP-Ex1; 2xP; 8ch-Sound; <u>GigaLan</u> ; <u>WiFi</u> ; 2xUSB 3.0; 2xSATAIII; 4xSATAII; ATX |
| процесор          | Core i7 Quad; i7-3770; 3.4GHz; 8M cache(L3); 77Вт; LGA-1155 box; INTEL; PN: BX80637I73770                                                                                  |
| пам'ять           | 4096Mb (2x2048Mb) DDR-III; PC-12800 (1600MHz), CL8; <u>AMD Performance Edition</u>                                                                                         |
| жорсткий диск     | 1000.0 Gb; SEAGATE <u>Barracuda</u> 7200.10; SATA II; NCQ; 7200rpm; 32Mb <u>cache</u>                                                                                      |

#### 4.1.2 Вибір устаткування IPTV

Вимоги до устаткування IPTV:

- можливість одержувати вхідний відеоконтент із багатьох джерел у різних цифрових форматах (ASI, IP, ATM, SDI);
- повна гнучкість в обробці відеопотоку (трансреїтинг, транскодинг, підтримка адресації трафіку multicast і unicast);
- можливість надання сервісів через різні фізичні типи транспортних мереж (мідь, оптоволокно (Ethernet), ATM, коаксіальний кабель, супутникові мережі);
- MPEG–2 і MPEG4 – кодування;
- MPEG–2 в MPEG4 – транскодування;
- підтримка систем умовного доступу DVB CAS і/або IP CAS.

Також для головної IPTV станції:

- автоматичне резервування (1+1);
- гнучке нарощування функцій і сервісів, масштабування;
- легке й інтуїтивне керування.

Розглянемо устаткування системи IPTV наступних виробників: Luminato inc., Cisco , Thomson Grass Valley.

Luminato inc.

Компанія випускає велику гаму кодерів для зображення високої якості. Нове покоління кодерів працює зі стандартом компресії H.264, важливою особливістю є наявність IP (Ethernet)–виходу з інкапсульованим транспортним потоком MPEG. Це дозволяє при створенні конфігурацій з комутацією й резервуванням сигналів заощадити на дорогих комутаторах для цифрового відео. А в багатоканальних кодерах Ion можлива робота як з постійним бітрейтом (CBR), так і зі змінною швидкістю транспортного потоку (VBR).

Для операторів кабельного телебачення випускаються сімейства шлюзів BNG 6100/6200. Серія BNG 6100 є універсальним шлюзом між цифровою мережею

Gigabit Ethernet і мережею доступу цифрового кабельного телебачення DVB–C. Завдяки тому, що до складу шлюзу BNG входять мультиплексор, скремблер, QAM–модулятор і конвертер, його можна назвати недорогим рішенням для головної платформи починаючого провайдеру цифрового телебачення.

Особливості:

- невелика кількість заявлених продуктів;
- низький рівень універсальності;
- компанія більш пристосована до невеликих провайдерів КТВ і IPTV;
- Harmonic – один з піонерів стандарту H.264 і телебачення високої чіткості;
- Немає своїх приймачів– й окремих дескремблерів.

Thomson Grass Valley.

Ключові продукти.

Продукти для великих проектів цифрового ТБ (у цій групі кодери, продукти групи NetXX, а також багато пристроїв вузької спеціалізації, серед яких багато не мають аналогів, наприклад: «приймачі для DVB–S2 і H.264 HD», «монітор цифрової вставки DPI», «сервер EPG», «монітор QoS» і т.д.). Актуальними для кабельного телебачення є продукти групи NetXX – універсальні пристрої «усе в одному»: мережні адаптери, мультиплексори, slicer'и–трансреїтери з величезною продуктивністю й набором функцій.

Продукція призначена для платформ мобільного ТБ (DVB–H) і проектів IPTV операторського класу. У випадку з DVB–H в Thomson можна купити все й відразу: від кодера до передавача й STB. Настільки ж повним є рішення для IPTV: під платформу SmartVision можна підібрати різні конфігурації й завершити композицію абонентськими пристроями.

Особливості:

- кількість заявлених продуктів дуже велика, компанія все ще веде роботу із систематизації пропозицій;

- всі нові продукти будуються за модульним принципом: від кодерів з різними інтерфейсами до мультиплексорів–процесорів з більшим набором можливостей і сфер застосування;
- спеціалізація – системи операторського класу («під ключ»);
- перевага компанії – стандарт MPEG–2/4 AVC/H.264 і все, що з ним пов'язане: кодери, різні процесори–мультиплексори, вимірювальні прилади й т.д.
- є продукти, що не мають аналогів, і продукти інноваційні (наприклад, перший у світі трансрейтер для AVC/H.264),
- при цьому операторам DVB–С або IPTV потрібна постійна підтримка інтегратора, тому що до рішення конкретної задачі у випадку з Thomson можна піти відразу декількома шляхами.

Компанією випускається платформа Mediaplex–20 – модульна система з більшим набором можливостей, серед яких кодери MPEG2/MPEG4, транскодування MPEG–2 в MPEG–4 AVC і заміна режиму VBR на CBR, що необхідно провайдерам IPTV.

#### Особливості:

- компанія, безперечно, перебуває на провідних позиціях. Крім продукції для платформ провайдерів цифрового ТБ, є рішення для IPTV, DSNG, інтерактивного ТБ, «відео за запитом», розподілу відео через транспортні мережі й т.д;
- дуже чітка структура пропозиції продуктів і рішень;
- дуже велика увага до IPTV, безліч закінчених рішень для цього сегмента ринку;
- завдяки сильному власному потенціалу в частині розробки нових пристроїв і рішень Cisco завжди відповідає попиту на ринку;

Таким чином, найбільш перспективним на ринку й гнучким при експлуатації буде устаткування компанії Cisco ASR 9000.

З огляду на сказане раніше, основні вимоги до головної станції IPTV будуть наступними:

- можливість одержувати вхідного відеоконтенту із багатьох джерел у різних цифрових форматах (ASI, IP, ATM, SDI);
- повна гнучкість в обробці відеопотоку (трансреїтинг, транскодинг, підтримка адресації трафіку multicast і unicast);
- можливість надання сервісів через різні фізичні типи транспортних мереж (мідь та оптика Ethernet, ATM, коаксіальний кабель, супутникові мережі);
- MPEG-2 і MPEG4 – кодування;
- MPEG-2 в MPEG4 – транскодування;
- підтримка систем умовного доступу DVB CAS і/або IP CAS.

Також головна IPTV станція підтримує:

- автоматичне резервування (1+1), «гаряча» заміна модулів;
- гнучке нарощування функцій і сервісів, масштабування;
- легке й інтуїтивне керування.

Опишемо основні параметри даної IPTV-Платформи.

Cisco ASR 9000 пропонується операторам як станція вищого класу, що забезпечує телебачення якісним мовленням по IP-мережах будь-якого масштабу. Пропонується з лінійними картками, що підтримують 400 Гбіт / с.

Підтримка когерентної оптики для забезпечення конвергенції IP та оптичних шарів. Пряма та зворотна сумісність. Покращена гнучкість портів, що підтримує 1G до 400G та нові форм-фактори. Оснащений провідним в галузі 7-нм кремній-процесором, що забезпечують значну економію енергії. З простою, сучасною та надійною мережевою операційною системою (IOS XR), що готова до автоматизації з відкритими API, моделями Native, YANG та Open Config. Стійкий за допомогою телеметрії в реальному часі, маршрутизації сегментів та віртуальних приватних мереж Ethernet (EVPN). Покращена безпека, включаючи безпечне завантаження, Cisco Trust Anchor та заходи проти підробки.

Крім своєї базової функції – IP–інкапсуляції станція Cisco ASR 9000 виконує:

- Відеопредпроцесінг (коректування зображення в частині яскравості, контрастності, насиченості, колірного балансу, шумопоглинання й т.п.);
- кодування відеопрограм у форматах MPEG2 і MPEG4/H.264 (encoding);
- транскодування з MPEG2 в MPEG4 / H.264 (transcoding);
- демультимплексування (remultiplexing / demultiplexing);
- трансрейтинг (transrating);
- QoS тегінг (супровід відеоданих тегами, тобто ознаками, по яких визначається тип трафіку, що вимагає пріоритету QoS);
- формування вихідного MPEG over IP потоку.

Для надання операторові можливості одержувати й передавати контент, взаємодіючи з різними типами транспортних мереж без спеціальних транспортних конвертерів, станція iPlax має великий набір входів і виходів, включаючи:

- двонаправлені інтерфейси ATM OC–3с / STM1 для MM і SM волокна;
- двонаправлені інтерфейси ATM DS–3 / E–3;
- ASI інтерфейси;
- GigabitEthernet (8 портів );
- 10/100 Ethernet.

Для кодування вхідного відео в MPEG транспортний потік станція має входи композитного відео, S–video і цифровий вхід SDI.

Більшою перевагою в порівнянні з іншими головними станціями IPTV є підтримка Cisco ASR 9000 функції Stream Replications (дублювання потоку), що дозволяє надавати однаковий по змісту програм транспортний потік одночасно у форматах ATM, ASI і GigabitEthernet на відповідних виходах, причому швидкість потоку на різних виходах може бути різною.

Cisco ASR 9000 відрізняється високою щільністю інтерфейсів і функціональних модулів. Розміщена в стандартній 19” стійці, ця компактна станція

висотою всього 19 hu (86 дюймів) у максимальній комплектації може надати операторові:

- до 48 енкодерів MPEG2 і/або MPEG4;
- до 48 MPEG4 транскодерів;
- до 64 ASI входів / виходів, що містять до 1000 вхідних /або вихідних потоків;
- трансрейтинг до 144 потоків.

Станція відрізняється винятковою надійністю. Є можливість повного резервування всього устаткування. Всі модулі, включаючи блоки живлення й вентилятори, допускають гарячу заміну.

## 4.2 Вибір пасивних компонентів

Для реалізації мережі буде введено в експлуатацію оптичні лінії, але скорочені в кількості допоміжні модулі з підтримкою WDM на маршрутизаторах. Уся кабельна розводка в межах будинків і споруджень буде незмінна. Кожний з під'їздів будинків буде мати свою власну комутаційну шафу, відповідно, вся кабельна мережа буде зводитися в одну точку, що дозволить в майбутньому гнучке конфігурування.

Як пасивне устаткування, у нашому випадку, виступають наступні:

- магістральні кабелі;
- абонентські кабелі;
- комутаційнокросове устаткування;
- комутаційні та розподільні шафи та стійки.

СКС складається з магістральної мережі та горизонтальної, різних з'єднань і з'єднувачів, комутаційних шаф і стійок.

Для монтажу пасивної та активної складової нашої мережі будуть використовуватися комутаційні 19 дюймові напольні шафи ємністю в 48 юнітів.

Їхня необхідність зумовлена раціональним використанням простору для монтажу та полегшення обслуговування. У межах мережі будуть використовуватися комутаційні шафи виробництва NeoMax.

В якості магістральних ліній зв'язку передбачається використання оптоволокна NeoMax Optix LX. Технічні характеристики кабелю відповідають вимогам специфікації ANSI/TIA/EIA-568-A-5. Оптичні інтерфейси та кабель NeoMax Optix LX також використовуються на доступі до FTP, IPTV.

Шафи оптичні (розподільні) в основному використовуються для поперечного з'єднання зовнішніх оптичних кабелів від офісів до оптичного розподільного вузла. Шафа пропонує ідеальне середовище для зрощування волокон, закінчення кабелю, розподіл волокна, відправлення та правильна організація в зовнішньому середовищі. Розподільна оптичний шафа забезпечує безпечне, надійне та гнучке управління оптичними волокнами / кабельними схемами, підходить для різних мереж зв'язку, особливо для інженерних мереж доступу до оптичних волокон користувачів.

Якщо ви хочете створити проводову мережу, яка включає безліч настінних портів у різних кімнатах, патч-панель у центральному місці може надати акуратне та просте в управлінні рішення. Патч-панель - це, по суті, масив портів на одній панелі. Кожен порт підключається за допомогою патч-кабелю до іншого порту, який знаходиться в іншому місці будівлі. Патч-панелі об'єднують кілька мережевих портів для з'єднання входних та вихідних ліній - у тому числі для локальних мереж, електроніки, електричних систем та зв'язку. Коли патч-панелі є частиною локальної мережі, вони можуть підключати комп'ютери до інших комп'ютерів і до зовнішніх ліній. Ці лінії, у свою чергу, дозволяють локальним мережам підключатися до широкосмугових мереж або до Інтернету. Виправлення несправностей спрощується за допомогою патч-панелей, оскільки вони забезпечують єдине розташування для всіх входних гнізд. Основною перевагою використання патч-панелей є поліпшена організація та полегшення управління проводовою мережею. Для більшості нових конструкцій патч-панелей основна

увага приділяється кабелю.. Завдяки централізації кабелів в одному місці, патч-панелі полегшують мережевим адміністраторам переміщення, додавання або змінення складних мережових архітектур. У діловому середовищі патч-панелі - це розумний спосіб швидко перенести лінії зв'язку з офісу в інший.

Патч-панелі можуть бути частиною мереж з волоконним або мідним кабелем. Основна роль панелей полягає в тому, щоб спрямовувати трафік сигналів, а не рухати сигнал з необхідною швидкістю. Однак немає сумніву, що волоконні панелі коштують дорожче. На всі патч-панелі поширюються однакові стандарти, які забезпечують оцінку продуктивності сигналу та швидкості для інших мережових компонентів.

Порти є компонентом панелей виправлень, оскільки вони забезпечують фізичні точки входу та виходу для даних. Кількість портів на панелі не підлягає фізичним обмеженням, крім приміщення для їх розміщення. Однак панелі включають модулі з вісьмома портами, оскільки на менших групах легше виконувати заміну та обслуговування. Коли виникає несправність, менші групи портів означають менше проводів для підключення до нового модуля.

Вільні волокна (технологічний запас) закріплюються на спеціальному організаторові світловодів (сплайс-пластині), який забезпечує їхню фіксацію з дотриманням мінімально припустимого радіуса вигину. Там же при необхідності передбачається кріплення зросток (захисних гільз, або сплайсів). Для з'єднання устаткування зі з'єднувачами в оптичних шафах використовувалися патчкорди оптичні.

Для оптичного середовища передачі нам необхідні патчкорди та патчпанелі. У комутаційних шафах рівня розподілу будуть використовуватися двопортові патч-панелі, а в центральному комутаційному вузлі – багатопортові, виробництва NeoMax, моделі відповідно – оптична комутаційна панель 19", 1U, 6 ST, без каплерів та оптична комутаційна панель 19", 1U, 24 ST, без каплерів. Для з'єднання активної та пасивної оптичної частини СКС будуть використовуватися патч-корди duplex MM, 62.5/125, MTRJ-ST (NeoMax).

Для побудови мережі абонентського доступу буде використовуватися мідна проводка. В якості кабелю буде використаний кабель NeoMax UTP5e 4812, також будуть використані комутаційні двоюнітові панелі NeoMax 48xRJ-45 482213. В якості патч–кабелів для мідних ліній зв'язку ми будемо використовувати фірмові патч–кабелі NeoMax.

І останнім елементом комутаційного устаткування є безпосередньо розетка. У нашому випадку буде використана не сама розетка, а лише модуль типу RJ–45 Cat 5e, виробництва NeoMax.

#### Висновки до розділу 4

У поточній главі була проведена робота з вибору активного та пасивного устаткування для реалізації мережі.

Для організації рівня ядра необхідно обрати комутатор та маршрутизатор. Для реалізації даних функцій буде використана платформа Cisco 7603. В якості маршрутизаторів рівня розподілу використаний маршрутизатор Cisco 7603, в базовій конфігурації. В якості комутаторів рівня розподілу/доступу буде використаний комутатор D-Link EX3200-48. IPTV шлюз – Cisco ASR 9000. Обрано пасивні компоненти мережі компанії NeoMax.

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ МЕРЕЖІ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ

### 5.1 Розподіл адресного простору

У наведеному пункті необхідно провести розподіл IP-адресного простору в мережі мікрорайонів міста Покровськ. Топологічна схема складається з трьох маршрутизаторів ядра, об'єднаних в транспортне кільце, до кожного з маршрутизаторів підключаються концентратори доступу.

Як відомо, існують декілька способів розподілення адресного простору, а саме:

- структурний;
- географічний;
- топологічний.

Найбільш оптимальним способом розподілу є топологічний. Це пов'язано з можливістю сумування маршрутів та прив'язці адресного простору до конкретних маршрутизаторів.

У таблиці 5.1 наведемо розподіл адресного простору та вимоги до кількості адрес.

Таблиця 5.1 – Розподіл адресного простору

| Вузол/лінія         | Необхідна кількість адрес | Мережа       | Маска |
|---------------------|---------------------------|--------------|-------|
| Router 0            | 4000                      | 10.0.0.0     | 22    |
| Router 1            | 4000                      | 10.0.4.0     | 22    |
| Router 2            | 4000                      | 10.0.8.0     | 22    |
| Router 0 - Router 1 | 2                         | 192.168.0.64 | 30    |
| Router 1 - Router 2 | 2                         | 192.168.0.68 | 30    |
| Router 2 - Router 0 | 2                         | 192.168.0.72 | 30    |
| Router 0 - Inet     | 2                         | 195.95.95.0  | 30    |

Розподіл адрес будемо проводити в автоматичному режимі (служба DHCP) задля підвищення мобільності користувачів та полегшення роботи адміністраторів мережі.

На рисунку 5.1 наведемо схему розподілу адресного простору.

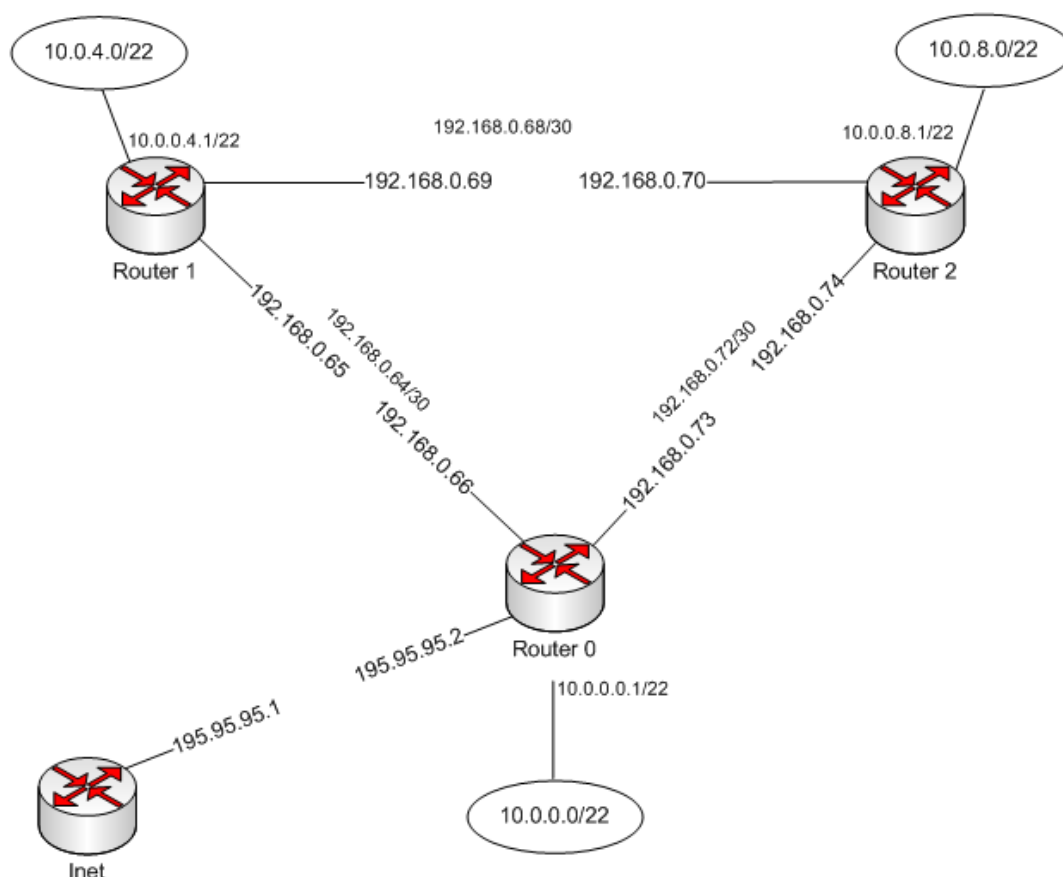


Рисунок 5.1 – Схема розподілу адресного простору

Білінгова система й авторизація користувачів будуть виконуватися сервером. Для авторизації клієнтів буде використовуватися протокол RADIUS. Служба віддаленої автентифікації (Dial-In User Service - RADIUS) була розроблена в 1991 році як протокол автентифікації та обліку на сервері доступу. Пізніше він був внесений до стандартів Інженерної робочої групи (IETF). Практично всі користуються RADIUS, оскільки RADIUS є основним протоколом автентифікації та доступу, що використовується більшістю мережевих та обчислювальних систем. RADIUS зазвичай використовується для полегшення роумінгу між провайдерами.

Логіка роботи: користувач або машина надсилає запит на сервер мережевого доступу (NAS) для отримання доступу до мережевого ресурсу. Цей запит включає облікові дані доступу (наприклад, ім'я користувача та пароль), які передаються на пристрій NAS через протокол рівня зв'язку. Запит може містити іншу інформацію про користувача, таку як мережеву адресу, номер телефону або фізичне прикріплення до NAS.

Сервер RADIUS перевіряє правильність інформації за допомогою протоколу автентифікації (наприклад: PAP, CHAP, EAP). Сервер RADIUS повертається з однією з трьох відповідей: Відхилити доступ, Виклик доступу або Прийняти доступ. Кожна з цих відповідей може бути передана користувачеві на веб-сторінці, що повертається.

Після автентифікації користувача сервер RADIUS перевірить, чи є користувач авторизованим для певної мережі.

Кажучи про технології мережної аутентифікації користувачів, варто згадати протокол PPP, що найбільш часто використовується для підключення клієнтів до Інтернет-провайдерів. PPP є частиною протоколу L2TP, на якому заснований безпечний віддалений доступ до систем на базі Windows 2000 і вище.

Останнім часом для протоколу були розроблені нові механізми аутентифікації під загальною назвою EAP (Extensible Authentication Protocol). Розширюваний протокол автентифікації (EAP) найкраще розглядати як основу для транспортування протоколів автентифікації, а не як сам протокол автентифікації. EAP можна використовувати для автентифікації комутованих та VPN-з'єднань, а також портів LAN у поєднанні з IEEE 802.1X.

В EAP сторона, яка вимагає автентифікації, називається аутентифікатором, а сторона, що аутентифікується, називається суплікантом. Протокол EAP визначає чотири типи пакетів: запит, відповідь, успіх і відмова. Пакети запитів видаються аутентифікатором і вимагають пакету відповіді від запитувача. Для завершення автентифікації дозволяється будь-яка кількість обмінів запитом-відповіддю. Якщо

аутентифікація пройшла успішно, заявнику надсилається пакет успіху; якщо ні, то надсилається пакет відмови.

Основний формат пакетів EAP простий. Поле типу вказує тип пакета, наприклад, відповідь або запит. Поле Ідентифікатор використовується для узгодження запитів та відповідей. Пакети відповідей та запитів мають ще два поля. Перший, це тип, вказує тип даних, що транспортуються (наприклад, протокол автентифікації), а другий, тип даних, складається з цих даних. Зауважимо, що метод EAP є синонімом типу, і обидва вони використовуються часто.

Специфікація EAP визначає три "базових" типи аутентифікації EAP (MD5-Challenge, OTP і GTC) і три типи неавторифікації (Identity, Nak та Notification). Три "базові" типи аутентифікації не вважаються безпечними для типового використання, особливо в безпроводових середовищах, і, отже, слід використовувати інші типи. Тип ідентифікатора використовується автентифікатором для запиту імені користувача, на яке заявляє заявник, і, як правило, це перший переданий пакет. Тип Nak використовується партнером, щоб вказати, що тип, запропонований автентифікатором, є неприйнятним (наприклад, автентифікатор запропонував протокол автентифікації, який не підтримується рівноправним, або політика забороняє його використання). Якщо заявник подає запропонований тип, аутентифікатор може вибрати інший, тим самим дозволяючи заявнику та автентифікатору узгодити взаємоприйнятний протокол автентифікації. Тип сповіщення, який використовується рідко, повертає повідомлення, яке повинно відображатися користувачеві.

EAP дозволяє наскрізну автентифікацію. Прохідна автентифікація дозволяє автентифікатору пересилати всі відповіді, використовуючи протокол RADIUS, на віддалений сервер EAP. Цей сервер виконує роль автентифікатора до кінця сеансу EAP. Головною перевагою є те, що це дозволяє централізоване управління аутентифікацією. Ще однією перевагою є те, що автентифікатору не потрібно підтримувати тип, узгоджений рівноправним сервером та сервером EAP.

## 5.2 Розробка та налаштування моделі в пакеті Packet Tracer

Перевірки прийнятих рішень щодо розподілу адресного простору та функціонування мережі будемо проводити в програмному пакеті Packet Tracer 5.0. На рисунку 5.2 наведемо схему моделі.

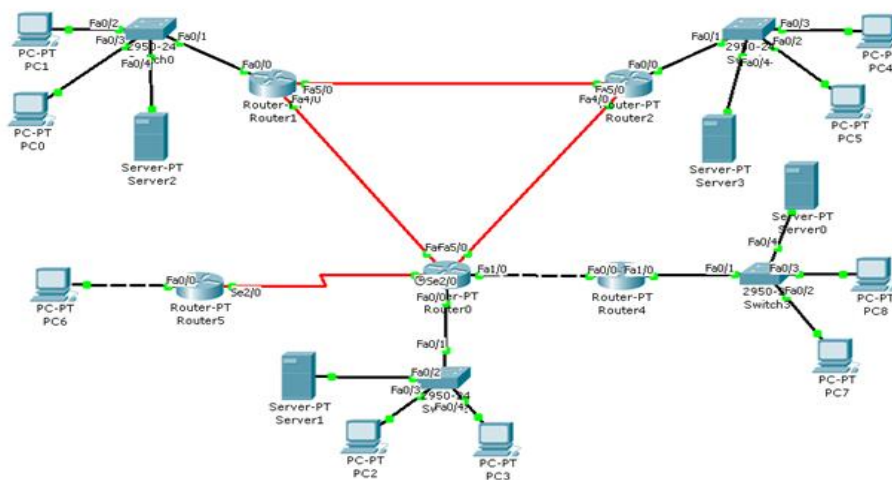


Рисунок 5.2 – Схема моделі в програмному пакеті

В якості концентраторів доступу на моделі виступають комутатори та серверне устаткування, яке виконує функції DHCP-серверів. Розподіл адресного простору був проведений згідно з таблицею 4.1 та схемою IP-адресації на рисунку 4.2.

Наведемо конфігураційний файл в якому відображені налаштування портів головного маршрутизатора мережі Router 0:

```
interface FastEthernet0/0
ip address 10.0.0.1 255.255.252.0
duplex auto
speed auto!
```

```

interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.0.77 255.255.255.252
duplex auto
speed auto!
interface Serial2/0
ip address 195.95.95.2 255.255.255.0!
interface Serial3/0
no ip address!
interface FastEthernet4/0
ip address 192.168.0.66 255.255.255.252!
interface FastEthernet5/0
ip address 192.168.0.73 255.255.255.252

```

Як зазначалося раніше, необхідно провести конфігурацію маршрутизації за статичним способом. Наведемо лістинг налаштувань маршрутизатора Router 0:

```

Router(config)#ip route 1.1.1.0 255.255.255.0 195.95.95.1
Router(config)#ip route 192.168.0.68 255.255.255.252 192.168.0.74
Router(config)#ip route 192.168.0.68 255.255.255.252 192.168.0.65
Router(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.255.192 192.168.0.78
Router(config)#ip route 10.0.4.0 255.255.252.0 192.168.0.65
Router(config)#ip route 10.0.4.0 255.255.252.0 192.168.0.74
Router(config)#ip route 10.0.8.0 255.255.252.0 192.168.0.74
Router(config)#ip route 10.0.8.0 255.255.252.0 192.168.0.65

```

Аналогічні налаштування з опису інших мереж проводяться на кожному з маршрутизаторів. Проведемо налаштування списків доступу на маршрутизаторі Router 0. Наразі ми повинні заборонити доступ з інших мереж до серверу служби DHCP. Наведемо лістинг налаштувань:

```

Router(config)#ip access-list standard serv
Router(config-std-nacl)#permit 10.0.0.0 0.0.3.255
Router(config-std-nacl)#deny any
Router(config-std-nacl)#exit
Router(config)#interface fastEthernet 0/0
Router(config-if)#ip access-group name out
Router(config-if)#ip access-group name in

```

Перевірку налаштувань проведемо за допомоги команди ping.

```
PC0>ping 10.0.0.100
```

```
Pinging 10.0.0.1 with 32 bytes of data:
```

```

Reply from 10.0.0.100: Destination host unreachable.
Reply from 10.0.0.100: Destination host unreachable.
Reply from 10.0.0.100: Destination host unreachable.
Reply from 10.0.0.100: Destination host unreachable.

```

```
Ping statistics for 10.0.0.100:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

```
PC3>ping 1.1.1.2
```

```
Pinging 1.1.1.2 with 32 bytes of data:
```

```

Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time=10ms TTL=125
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time=125ms TTL=125
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time=79ms TTL=125
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time=90ms TTL=125

```

```
Ping statistics for 1.1.1.2:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
```

```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
Minimum = 10ms, Maximum = 125ms, Average = 76ms
```

Як бачимо, вихід до зовнішніх мереж є, доступ до сервера DHCP заборонено, тобто проведені налаштування вірні, мережа буде працювати з реалізованим розподілом адресного простору.

### 5.3 Розробка рекомендацій щодо впровадження технологій xWDM в мережах FTTx

Компанія “Альтаір” потребує змін як і інші великі провайдери країни. Впровадження xWDM в технології FTTx має для компанії великі можливості, для розширення свого спектру послуг. Також дане впровадження не потребує значних витрат, компанія зменшує кількість оптичних ліній в половину за рахунок зміни модулів на комутаторах.

Для забезпечення послуг зв'язку в житлових багатоквартирних будинках застосовується технологія FTTB, так як це більш раціональне використання фінансів (кабель з витої пари коштує дешевше і не боїться вигинів) кінцеве обладнання користувача при використанні витої пари коштує набагато дешевше.

Для економії оптичних волокон впроваджуємо одно-волоконний режим, використовуючи WDM SFP оптичні модулі. Вартість WDM SFP модулів набагато вище звичайних і так само істотна різниця по вартість між SFP модулями з різними довжинами хвиль. SFP модуль, що працює на довжині хвилі 1310 нм майже в два рази дешевше, ніж працює на довжині хвилі 1550 нм. Селективні Y-образні модулі економлять кошти, щодо WDM SFP модулів.

Впровадження данної системи відкриває для компанії нові можливості:

- надання нових послуг (кабельне ТВ, доступ до FTP серверів)
- зменшення кількості оптичних волокон у 2 рази
- збільшення пропускної здатності

Отже для впровадження xWDM в технологію FTTB не потрібно змінювати обладнання, достатньо змінити окремі модулі в комутаторах. Таким чином вдосконалення системи FTTB в компанії “Альтаір” буде технічно не складно і економічно доцільно.

## Висновки до розділу 5

У поточній главі був проведений розподіл адресного простору для мережі, що проектується. Для приватних користувачів було виділено три адресних простори – 10.0.0.0/22, 10.0.4.0/22 та 10.0.8.0/22. Для ліній зв'язку використовувались адреси з простору 192.168.0.64/27. Розроблена еквівалентна модель мережі в програмному пакеті PacketTracer, визначена її топологія та проведений розподіл адресного простору. Всі користувальницькі станції отримують динамічні адреси з відповідних просторів, в мережі використовується статична маршрутизація.

Задля розділення та розмежування доступу в мережі використовуються чорні та білі списки доступу. Правильність всіх налаштувань перевірена командою ping.

Визначили перспективи впровадження системи xWDM в технологію FTTB.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Характеристика діяльності телекомунікаційної мережі компанії Альтаїр з точки зору охорони праці

Компанія ТОВ “Альтаїр” спеціалізується на наданні послуг зв'язку та доступу до мережі інтернет. Робітники компанії комплексно вирішують питання забезпечення зв'язком та надають для бізнесу важливі послуги.

Телекомунікаційна компанія реалізує заходи з впровадження новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологій серед широких верств населення та забезпечує право вільного доступу громадян до інформації.

Управління спеціалізується на виконанні управлінської діяльності (головний інженер).

В управлінні виробничих робіт виконують кваліфіковані фахівці.

Технології передачі даних ТОВ “Альтаїр” забезпечує надійний обмін даними між будь-якими об'єктами та філіями клієнта, котрі можуть бути розташовані в різних районах міста.

Мережа передачі даних використовує найрізноманітніші мережні технології: Gigabit Ethernet, GEPON, FTTB, які забезпечують високу якість мережних з'єднань при економному використанні ресурсів клієнтів.

Працівники при вдосконаленні повинні працювати з обладнанням D-Link 3120 та D-Link DGS 3500, яке використовує електричним струм до 1000В. Також роботи по демонтажу оптичних ліній виконуються на висоті

Відповідно ГОСТ 12.0.003-2002 “ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы: электрический ток и опасности работы на высоте” при аналізі електротравматизму виділяють дві основні причини електричних травм а саме: організаційні; технічні.

До технічних причин відносять: невідповідність вимогам безпеки або

несправність електроустаткування, електрозахист засобів, конструктивні недоліки устаткування.

Організаційні причини, що повністю залежать від рівня організації праці на виробництві. До них можна віднести: незадовільний стан території, проїздів, проходів, порушення правил експлуатації обладнання, транспортних засобів, порушення технологічного регламенту, порушення правил і норм при транспортуванні, складанні і зберіганні матеріалів і деталей; порушення норм і правил при плановому технічному обслуговуванні та ремонті обладнання.

## 6.2 Розрахунок заземлення

Для запобігання електричних травм, які можуть бути викликані при торканні металевих конструкцій або корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, а також для захисту апаратури влаштовуються заземлення, що представляють собою навмисне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих частин електроустановок, нормально не знаходяться під напругою.

Розрахунок заземлюючого пристрою здійснюють виходячи з його максимально допустимого опору, встановленого для відповідного обладнання.

В електроустановках напруга до 1000 В в мережі з заземленою нейтраллю опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 0,4 Ом в будь-який час року, тобто  $R \leq 4 \text{ Ом}$ .

Так як природний заземлювач відсутня (не передбачений завданням), то передбачається штучний заземлювач, опір якого  $R_I \leq R_{доп} \leq 0,5 \text{ Ом}$ .

Визначимо розрахункове питомий опір  $\rho_r = \rho \cdot \phi$ , де  $\rho$  - питомий опір ґрунту, Ом/м,  $\phi$  - кліматичний коефіцієнт (вибирається з довідника відповідно до кліматичних умов окремих зон). Вибираємо тип ґрунту - суглинок з опором  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , а кліматичний коефіцієнт відповідно до нашої зоною  $\phi = 1,5$ . Тоді

розрахункова питомий опір буде визначено:

$$\rho_r = \rho \cdot \varphi = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Виберемо тип заземлювача і його розміри. Штучний заземлювач відноситься до типу трубчастий абострижневий довжиною  $l = 3$  м і діаметром  $d = 0,05$  м. Відстань від заземлювача до поверхні землі в розрахунках приймемо рівним  $h = 0,8$  м.

Розрахуємо опір розтікання одиночного трубчастого заземлювача:

$$R_0 = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right),$$

де  $H = h + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3$  (м) - відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

Використовуючи вищенаведені дані, отримаємо:

$$R_0 = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 40,795 \text{ (Ом)}$$

Кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів, необхідних для отримання допустимого значення опору заземлення, без урахування опору смуги з'єднання, становитиме:

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{доп}} \cdot \eta},$$

де  $\eta$  - коефіцієнт використання групового заземлювача. Згідно з довідковими даними, кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів

повинно бути не менше двох. Так як ми розраховуємо одиночне заземлення, то з довідкових таблиць вибираємо  $\eta = 1$ .

Тоді:  $n = \frac{40,795}{0,5 \cdot 1} = 81,59 \approx 82$ .

Довжина смуги з'єднання визначається як:

$$L = a(n - 1),$$

де  $a = 3$  м - расстояние между вертикальными заземлителями.

Відповідно  $L = 3(82 - 1) = 243$  м. Розрахуємо опір  $R_n$  смуги з'єднання, використовуючи формулу:

$$R_n = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{d \cdot h},$$

де  $d$  - еквівалентний діаметр сполучної смуги шириною  $b$ . У розрахунках приймемо  $d = 0,95b$  при  $b = 15$  см.

Тоді:

$$R_n = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 243} \ln \frac{2 \cdot 243^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,8} = 1,357 \text{ (Ом)}.$$

Виходячи зі знайдених значень, можна розрахувати опір всього заземлювального пристрою з урахуванням сполучної смуги:

$$R = \frac{R_0 R_n}{R_0 \eta_n + R_n n \eta},$$

де  $\eta_n$  - коефіцієнт використання сполучної смуги, вибирається з довідника і відповідно до заданих умов має значення  $\eta_n = 1$ .

$$R = \frac{40,795 \cdot 1,357}{40,795 \cdot 1 + 1,357 \cdot 82 \cdot 1} = 0,364 \quad (\text{Ом}).$$

Таким чином, опір розтікання групового штучного заземлювача дещо менше заданого (0,4 Ом), що підвищує допустиму безпеку.

### 6.3 Робота на висоті

Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті поширюються на суб'єктів господарювання, які організовують або виконують роботи на висоті, у тому числі верхолазні роботи, і встановлюють вимоги безпеки і охорони праці під час здійснення будівництва, монтажу (демонтажу) конструкцій і обладнання, ремонту, реконструкції, експлуатації об'єктів.

До виконання робіт на висоті допускаються особи, не молодше 18 років, та які пройшли: професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі, затвердженого спільним наказом Міністерства охорони здоров'я України та Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 23.09.94 263/121, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 25.01.95 за 18/554;

Встановлено єдиний порядок організації та проведення всіх видів робіт на висоті, верхолазних робіт з метою забезпечення безпеки працівників, що виконують ці роботи, та осіб, що знаходяться в зоні виконання робіт.

Роботи на висоті - це роботи, при виконанні яких працівник перебуває на відстані менше 2 м від неогороджених перепадів по висоті 1,3 м і більше. При неможливості влаштування огорожі такі роботи повинні виконуватися із застосуванням запобіжного пояса і страхувального каната.

Верхолазними вважаються роботи, що виконуються на висоті більше 5 м від

поверхні землі, перекриття або робочого настилу, над якими проводяться роботи безпосередньо поблизу конструкцій або обладнання при їх монтажі або ремонті. Основним засобом, що оберігає працівників від падіння, в даному випадку є запобіжний пояс.

Робітники всіх спеціальностей, призначувані для виконання робіт на висоті, - монтажники, такелажники, електрозварники, газорізальники, слюсарі та ін. Повинні пройти медичний огляд, інструктаж, навчання, перевірку знань з безпечних прийомів робіт, мати відповідні посвідчення на право їх виробництва і бути допущеними до виконання робіт у встановленому порядку.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи не молодше 18 років і не старше 60 років, які пройшли медичний огляд, мають стаж верхолазних робіт під наглядом не менше одного року, розряд не нижче третього і допущені до виконання робіт у встановленому порядку.

Верхолазні роботи належать до робіт підвищеної небезпеки та проводяться за нарядом-допуском, в якому повинні передбачатися організаційні та технічні заходи з підготовки та безпечного виконання цих робіт. Перелік місць виробництва і видів робіт, де роботи виконуються за нарядом-допуском, розробляється в організації з урахуванням її профілю і затверджується керівником організації. Наряд-допуск визначає місце робіт з підвищеною небезпекою, їх зміст, умови безпечного виконання, час початку і закінчення робіт, склад бригади або осіб, які виконують роботи, відповідальних осіб при виконанні цих робіт.

Наряд-допуск видається на строк, необхідний для виконання заданого обсягу робіт. При виникненні в процесі робіт небезпечних виробничих факторів, не передбачених нарядом-допуском, роботи припиняються, наряд-допуск анулюється, і поновлення робіт проводиться після видачі нового наряду-допуску.

Працюючі на висоті повинні бути забезпечені запобіжними поясами, касками, без яких до виробництва робіт допускатися не повинні. При верхолазних роботах місця кріплення карабіна запобіжного пояса повинні бути до початку робіт вказані майстром. Верхолаз повинен виконувати тільки ту роботу, яка йому

доручена.

Видаються працівникам спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати характеру та умовам праці і забезпечувати безпеку праці.

## Висновки до розділу 6

Охорона праці являє собою створення здорових та безпечних умов праці різними засобами.

Безпека праці - це стан умов праці, при яких вплив на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів виключено або вплив шкідливих виробничих факторів не перевищує гранично допустимих значень.

Охорона праці включає в себе такі розділи як: законодавчі акти (нормативно-правова, нормативно-технічна база) та управління охороною праці, організація охорони праці; виробнича санітарія; пожежна безпека та промислова екологія.

Техніка безпеки і "Охорона праці", передбачає технічні та організаційні заходи, що забезпечують безпечну працю на підприємстві. Порушення правил техніки безпеки і виробничих інструкцій обслуговуючим персоналом можуть бути причиною травм і професійних захворювань.

Створення безпечних умов праці на підприємствах різних форм власності є одним з головних пріоритетів.

Високий рівень організації охорони праці на підприємстві сприяє зростанню продуктивності праці працівників, а тим самим і зростанню виробництва, і підвищенню його ефективності; скорочення втрат робочого часу, скорочення випадків виробничого травматизму, професійних захворювань і пр.

Необхідність охорони праці диктується сьогодні не тільки гуманітарними, а й економічними міркуваннями. Високий рівень безпеки виробництва однаково вигідні і працівникам, і роботодавцям.

## ВИСНОВКИ

Технологія FTTx використовується практично в усіх компаніях, всі її види дуже розповсюджені. Всі великі телекомунікаційні компанії використовують дану систему WDM.

Отже, перспектива впровадження WDM технологій для FTTx системи є дуже позитивною, бо вона надає можливість не будувати нову мережу, а вдосконалити стару за допомогою зміни устаткування. Поєднання системи WDM з технологією FTTB є оптимальним рішенням для даного часу та розвитку новітніх технологій.

В якості об'єкту проектування в магістерському проекті виступають мікрорайони міста Покровськ в Донецькій області. Загальна кількість жителів мікрорайонів складає 40134 особи, кількість квартир – 15191. Загальна характеристика мікрорайону – спальний, промисловість не має яскраво вираженого характеру. Телекомунікаційна інфраструктура району представлена провайдером телекомунікацій «Альтаір».

Мультисервісна мережа, що проектується на базі системи WDM, буде мати наступний набір послуг: IP-телебачення, Інтернет, ігровий сервер та відео сервер. Кількість категорій користувачів (тарифних планів) – 4. Кількість потенційних користувачів становить 11633. До тарифного плану Економ підключено 3914 користувачів (30% від потенційних), Стандарт – 7719 (70%). Всі юридичні особи та навчальні заклади підключенні до тарифного плану Базовий (18 користувачів) та Розширений (11 користувачів). Загальне навантаження склало 28625 Мбіт/с, максимальне навантаження, що створюється одним будинком, становить 612 Мбіт/с і цим будинком є будинок №77. Загальна пропускна здатність каналу Інтернет складає 1472 Мбіт/с, навантаження на ігровий сервер – 1990, відео – 1700 Мбіт/с.

Ндалі роботи були прийняті основні теоретичні рішення з побудови мережі. Мережа трирівнева складається з доступу, розподілу та ядра. Топологія мережі доступу – «зірка», ядра та розподілу – «кільце», «дерево» та «зірка». Транспортна

мережа рівня розподілу складається з оптичних ліній, які з'єднані за допомогою SFP модулів, що підтримують WDM систему. Мережа між ядрами буде побудована за технологією 10GBase-LR RPR з використанням одномодових волокон.

Мережа абонентського доступу (сегмент від комутатора доступу до користувача) може бути побудована за технологією 100 BaseT, яка в повному обсязі задовольняє вимогам з пропускної здатності та надійності з'єднання. Були розроблені структурні схеми для кожного з рівнів мережі. Фізичне середовище побудоване у відповідності до концепцій FTTB та СКС. Компресія відбувається відеокодеком MPEG-2 (протокол H.264). На підставі розроблених схем була сформована та описана функціональна схема сегменту мережі і проведена робота з вибору активного та пасивного устаткування для реалізації мережі.

Для організації рівня ядра необхідно обрати комутатор та маршрутизатор. Для реалізації даних функцій буде використана платформа Cisco 7603. В якості маршрутизаторів рівня розподілу використаний маршрутизатор Cisco 7603, в базовій конфігурації. В якості комутаторів рівня розподілу/доступу буде використаний комутатор D-Link EX3200-48. IPTV шлюз – Cisco ASR 9000. Обрано пасивні компоненти мережі компанії NeoMax.

У поточній главі був проведений розподіл адресного простору для мережі, що проектується. Для приватних користувачів було виділено три адресних простори – 10.0.0.0/22, 10.0.4.0/22 та 10.0.8.0/22. Для ліній зв'язку використовувались адреси з простору 192.168.0.64/27. Розроблена еквівалентна модель мережі в програмному пакеті PacketTracer, визначена її топологія та проведений розподіл адресного простору. Всі користувальницькі станції отримують динамічні адреси з відповідних просторів, в мережі використовується статична маршрутизація.

Задля розділення та розмежування доступу в мережі використовуються чорні та білі списки доступу. Правильність всіх налаштувань перевірена командою ping.

Наприкінці роботи був проаналізований стан охорони праці на об'єкті дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андре Жирар. Руководство по технологии и тестированию систем WDM. Пер. англ. под ред. А. М. Бродниковского , Р. Р. Убайдуллаева , А. В. Шмалько. М. : EXFO , 2001 .
2. Гладышевский М.А. Волоконно-оптическая связь: Экономические перспективы использования WDM-технологии // Lightwave Russian Edition. 2004 , № 2 , С. 14-19 .
3. Буров, Є. В. Телекомунікаційні мережі : підручник [Текст] / Є. В. Буров. – Львів : Магнолія, 2006, 2007. – 260 с.
4. Вишняков, В. М. Сучасні технології побудови комп'ютерних мереж : навч. посіб. [Текст] / В. М. Вишняков. – К. : КНУБА, 2004. – 128 с
5. ДСТУ Б А.2.4-40:2009. СПДБ. Телекомунікації. Проводові засоби зв'язку. Умовні графічні зображення на схемах та планах [Текст]. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.
6. . ДСТУ 3008-95. Документація у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 38 с.
7. . Жуков, І. А. Інтернет мережі і технології : навч. посіб. для вузів [Текст] / І. А. Жуков, В. О. Гуменюк, І. Є. Альтман. – К. : НАУ, 2004. – 276 с.
8. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. [Електронний ресурс] : затв. наказом Держгірпромнагляду від 26 березня 2010 р. № 65. – Режим доступу : URL : [http://www.leonorm.com/P/NL\\_DOC/UA/201001/Nak65.htm](http://www.leonorm.com/P/NL_DOC/UA/201001/Nak65.htm). – Загол. з екрану.
9. Портнов Э. Л., Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с: ил.
10. Промышленные средства связи Ethernet [Электронный ресурс] : руководство по выбору кабеля. – Режим доступа : URL :

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/1585-br001\\_-ru-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/1585-br001_-ru-p.pdf) – Загл. с экрана.

11. Семёнов, Ю.А. Телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс] : обучающий веб-сервер / Ю. А. Семёнов. – М. : МФТИ, 2008. – 2500 с. : ил.. – Режим доступа : URL : <http://book.itep.ru/>. – Загл. с экрана.

12. Сучасні технології побудови комп'ютерних мереж : навч. посіб. [Текст]. – К. : КНУБА, 2004. – 128 с

13. Телекомунікаційні системи та мережі [Електронний ресурс] : електрон. підруч. : в 4 т. – Х. : Компанія СМІТ, 2011. – Т. 1. Структура й основні функції. – 1 електрон. опт. диск (CD-R) : кольор. ; 12 см. – Систем. вимоги: Pentium-300 ; 128 Mb RAM ; пристрій читання компакт-дисків або DVD-дисків ; Windows XP. – Загол. з титул. диску.

14. RIPE Network Coordination Centre [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL : <http://www.ripe.net/>. – Загл. с экрана.

15. RS3412xs - Продукты - Сетевые продукты хранения (NAS) Synology Inc.: – [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL : <http://www.synology.com/ruru/products/overview/RS3412xs> – Загл. с экрана

## ДОДАТОК А

## Розподіл за категоріями та розрахунок навантаження

Таблиця А.1 – Розподіл за категоріями та розрахунок навантаження

| №   | N <sub>непідкл</sub> | Економ             |              | Стандарт           |              | Еліт               |              | Базовий            |              | Розширений         |              | Всього             |              |
|-----|----------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|     |                      | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с | N <sub>підкл</sub> | Y,<br>Мбіт/с |
| 1   | 3                    | 4                  | 5            | 6                  | 7            | 8                  | 9            | 10                 | 11           | 12                 | 13           | 14                 | 15           |
| 1   | 122                  | 37                 | 16,54        | 61                 | 198,18       | 12                 | 56,23        |                    |              |                    |              | 110                | 270,95       |
| 2   | 61                   | 19                 | 8,5          | 31                 | 100,72       | 5                  | 23,43        |                    |              |                    |              | 55                 | 132,65       |
| 2a  |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 3   | 61                   | 19                 | 8,5          | 31                 | 100,72       | 5                  | 23,43        |                    |              |                    |              | 55                 | 132,65       |
| 3a  |                      | 0                  | 0            | 0                  | 0            | 0                  | 0            | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 4   | 61                   | 19                 | 8,5          | 31                 | 100,72       | 5                  | 23,43        |                    |              |                    |              | 55                 | 132,65       |
| 4a  |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 5   |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 6   | 153                  | 46                 | 20,57        | 77                 | 250,16       | 15                 | 70,28        |                    |              |                    |              | 138                | 341,01       |
| 6a  | 91                   | 28                 | 12,52        | 46                 | 149,45       | 8                  | 37,49        |                    |              |                    |              | 82                 | 199,46       |
| 7   | 153                  | 46                 | 20,57        | 77                 | 250,16       | 15                 | 70,28        |                    |              |                    |              | 138                | 341,01       |
| 7a  | 61                   | 19                 | 8,5          | 31                 | 100,72       | 5                  | 23,43        |                    |              |                    |              | 55                 | 132,65       |
| 8   |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 9   | 214                  | 65                 | 29,06        | 107                | 347,63       | 21                 | 98,4         |                    |              |                    |              | 193                | 475,09       |
| 9a  | 183                  | 55                 | 24,59        | 92                 | 298,89       | 18                 | 84,34        |                    |              |                    |              | 165                | 407,82       |
| 10  | 127                  | 39                 | 17,44        | 64                 | 207,93       | 12                 | 56,23        |                    |              |                    |              | 115                | 281,6        |
| 11  | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 12  | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 13  | 153                  | 46                 | 20,57        | 77                 | 250,16       | 15                 | 70,28        |                    |              |                    |              | 138                | 341,01       |
| 13a | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 14  | 153                  | 46                 | 20,57        | 77                 | 250,16       | 15                 | 70,28        |                    |              |                    |              | 138                | 341,01       |
| 14a | 30                   | 9                  | 4,03         | 15                 | 48,74        | 3                  | 14,06        |                    |              |                    |              | 27                 | 66,83        |
| 14b |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 15  |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 15a |                      |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,15         |                    |              | 1                  | 0,15         |
| 16  | 170                  | 51                 | 22,8         | 85                 | 276,15       | 17                 | 79,66        |                    |              |                    |              | 153                | 378,61       |
| 16a | 68                   | 21                 | 9,39         | 34                 | 110,46       | 7                  | 32,8         |                    |              |                    |              | 62                 | 152,65       |
| 16b | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 17  | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 19  |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 20  | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 20a |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 21  | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 21a |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 22  | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 22a | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |
| 22b |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 23  | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 24  | 119                  | 36                 | 16,1         | 60                 | 194,93       | 12                 | 56,23        |                    |              |                    |              | 108                | 267,26       |
| 24a |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 25  | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 25a | 136                  | 41                 | 18,33        | 68                 | 220,92       | 14                 | 65,6         |                    |              |                    |              | 123                | 304,85       |
| 26  | 119                  | 36                 | 16,1         | 60                 | 194,93       | 12                 | 56,23        |                    |              |                    |              | 108                | 267,26       |
| 27  | 367                  | 111                | 49,62        | 184                | 597,78       | 36                 | 168,68       |                    |              |                    |              | 331                | 816,08       |
| 27a | 68                   | 21                 | 9,39         | 34                 | 110,46       | 7                  | 32,8         |                    |              |                    |              | 62                 | 152,65       |
| 28  | 91                   | 28                 | 12,52        | 46                 | 149,45       | 8                  | 37,49        |                    |              |                    |              | 82                 | 199,46       |
| 28a | 61                   | 19                 | 8,5          | 31                 | 100,72       | 5                  | 23,43        |                    |              |                    |              | 55                 | 132,65       |
| 28b |                      |                    |              |                    |              |                    |              |                    |              | 1                  | 0,42         | 1                  | 0,42         |
| 29  | 102                  | 31                 | 13,86        | 51                 | 165,69       | 10                 | 46,86        |                    |              |                    |              | 92                 | 226,41       |

## Продовження таблиці А.1

| 1   | 3   | 4  | 5     | 6   | 7      | 8  | 9     | 10 | 11   | 12 | 13   | 14  | 15     |
|-----|-----|----|-------|-----|--------|----|-------|----|------|----|------|-----|--------|
| 29a |     |    |       |     |        |    |       |    |      | 1  | 0,42 | 1   | 0,42   |
| 30  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 30a | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 30b |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 31  |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 31a | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 32  | 91  | 28 | 12,52 | 46  | 149,45 | 8  | 37,49 |    |      |    |      | 82  | 199,46 |
| 33  |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 34  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 34a | 30  | 9  | 4,03  | 15  | 48,74  | 3  | 14,06 |    |      |    |      | 27  | 66,83  |
| 34b | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 35  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 35a |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 36  | 91  | 28 | 12,52 | 46  | 149,45 | 8  | 37,49 |    |      |    |      | 82  | 199,46 |
| 36a | 30  | 9  | 4,03  | 15  | 48,74  | 3  | 14,06 |    |      |    |      | 27  | 66,83  |
| 37  | 136 | 41 | 18,33 | 68  | 220,92 | 14 | 65,6  |    |      |    |      | 123 | 304,85 |
| 38  | 91  | 28 | 12,52 | 46  | 149,45 | 8  | 37,49 |    |      |    |      | 82  | 199,46 |
| 40  | 30  | 9  | 4,03  | 15  | 48,74  | 3  | 14,06 |    |      |    |      | 27  | 66,83  |
| 40a |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 40b |     |    |       |     |        |    |       |    |      | 1  | 0,42 | 1   | 0,42   |
| 41  | 204 | 62 | 27,72 | 102 | 331,38 | 20 | 93,71 |    |      |    |      | 184 | 452,81 |
| 42  | 204 | 62 | 27,72 | 102 | 331,38 | 20 | 93,71 |    |      |    |      | 184 | 452,81 |
| 43  | 204 | 62 | 27,72 | 102 | 331,38 | 20 | 93,71 |    |      |    |      | 184 | 452,81 |
| 44  | 81  | 25 | 11,18 | 41  | 133,21 | 7  | 32,8  |    |      |    |      | 73  | 177,19 |
| 45  | 40  | 12 | 5,37  | 20  | 64,98  | 4  | 18,75 |    |      |    |      | 36  | 89,1   |
| 46  | 136 | 41 | 18,33 | 68  | 220,92 | 14 | 65,6  |    |      |    |      | 123 | 304,85 |
| 47  | 81  | 25 | 11,18 | 41  | 133,21 | 7  | 32,8  |    |      |    |      | 73  | 177,19 |
| 48  | 91  | 28 | 12,52 | 46  | 149,45 | 8  | 37,49 |    |      |    |      | 82  | 199,46 |
| 49  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 49a | 40  | 12 | 5,37  | 20  | 64,98  | 4  | 18,75 |    |      |    |      | 36  | 89,1   |
| 50  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |
| 51  | 81  | 25 | 11,18 | 41  | 133,21 | 7  | 32,8  |    |      |    |      | 73  | 177,19 |
| 52  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |
| 53  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |
| 54  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 55  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 56  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 57  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |
| 58  | 91  | 28 | 12,52 | 46  | 149,45 | 8  | 37,49 |    |      |    |      | 82  | 199,46 |
| 59  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 60  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 61  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |
| 62  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 63  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 64  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 65  |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 66  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 67  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 68  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 69  | 122 | 37 | 16,54 | 61  | 198,18 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 110 | 270,95 |
| 70  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 71  |     |    |       |     |        |    |       |    |      | 1  | 0,42 | 1   | 0,42   |
| 72  | 61  | 19 | 8,5   | 31  | 100,72 | 5  | 23,43 |    |      |    |      | 55  | 132,65 |
| 73  |     |    |       |     |        |    |       | 1  | 0,15 |    |      | 1   | 0,15   |
| 75  | 163 | 49 | 21,91 | 82  | 266,41 | 16 | 74,97 |    |      |    |      | 147 | 363,29 |
| 76  | 119 | 36 | 16,1  | 60  | 194,93 | 12 | 56,23 |    |      |    |      | 108 | 267,26 |

## Продовження таблиці А.1

| 1   | 3     | 4    | 5     | 6    | 7      | 8    | 9      | 10 | 11   | 12 | 13   | 14    | 15     |
|-----|-------|------|-------|------|--------|------|--------|----|------|----|------|-------|--------|
| 77  | 275   | 83   | 37,11 | 138  | 448,34 | 27   | 126,51 |    |      |    |      | 248   | 611,96 |
| 78  | 163   | 49   | 21,91 | 82   | 266,41 | 16   | 74,97  |    |      |    |      | 147   | 363,29 |
| 79  | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| 80  | 163   | 49   | 21,91 | 82   | 266,41 | 16   | 74,97  |    |      |    |      | 147   | 363,29 |
| 81  |       |      |       |      |        |      |        | 1  | 0,15 |    |      | 1     | 0,15   |
| 82  | 91    | 28   | 12,52 | 46   | 149,45 | 8    | 37,49  |    |      |    |      | 82    | 199,46 |
| 83  | 61    | 19   | 8,5   | 31   | 100,72 | 5    | 23,43  |    |      |    |      | 55    | 132,65 |
| 84  |       |      |       |      |        |      |        |    |      | 1  | 0,42 | 1     | 0,42   |
| 85  | 244   | 74   | 33,08 | 122  | 396,36 | 24   | 112,45 |    |      |    |      | 220   | 541,89 |
| 86  | 99    | 30   | 13,41 | 50   | 162,44 | 10   | 46,86  |    |      |    |      | 90    | 222,71 |
| 87  | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 88  | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| 89  |       |      |       |      |        |      |        | 1  | 0,15 |    |      | 1     | 0,15   |
| 90  | 204   | 62   | 27,72 | 102  | 331,38 | 20   | 93,71  |    |      |    |      | 184   | 452,81 |
| 91  | 204   | 62   | 27,72 | 102  | 331,38 | 20   | 93,71  |    |      |    |      | 184   | 452,81 |
| 92  | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| 93  | 61    | 19   | 8,5   | 31   | 100,72 | 5    | 23,43  |    |      |    |      | 55    | 132,65 |
| 94  |       |      |       |      |        |      |        | 1  | 0,15 |    |      | 1     | 0,15   |
| 95  |       |      |       |      |        |      |        | 1  | 0,15 |    |      | 1     | 0,15   |
| 96  | 61    | 19   | 8,5   | 31   | 100,72 | 5    | 23,43  |    |      |    |      | 55    | 132,65 |
| 97  | 204   | 62   | 27,72 | 102  | 331,38 | 20   | 93,71  |    |      |    |      | 184   | 452,81 |
| 98  | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 99  | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| 100 | 81    | 25   | 11,18 | 41   | 133,21 | 7    | 32,8   |    |      |    |      | 73    | 177,19 |
| 101 | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 102 | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 103 | 61    | 19   | 8,5   | 31   | 100,72 | 5    | 23,43  |    |      |    |      | 55    | 132,65 |
| 104 | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 105 | 61    | 19   | 8,5   | 31   | 100,72 | 5    | 23,43  |    |      |    |      | 55    | 132,65 |
| 106 | 142   | 43   | 19,23 | 71   | 230,67 | 14   | 65,6   |    |      |    |      | 128   | 315,5  |
| 107 | 81    | 25   | 11,18 | 41   | 133,21 | 7    | 32,8   |    |      |    |      | 73    | 177,19 |
| 108 | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 109 | 119   | 36   | 16,1  | 60   | 194,93 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 108   | 267,26 |
| 110 | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| 111 | 122   | 37   | 16,54 | 61   | 198,18 | 12   | 56,23  |    |      |    |      | 110   | 270,95 |
| Σ   | 12884 | 3914 | 1751  | 6474 | 21034  | 1245 | 5834   | 18 | 2,7  | 11 | 4,62 | 11662 | 28625  |

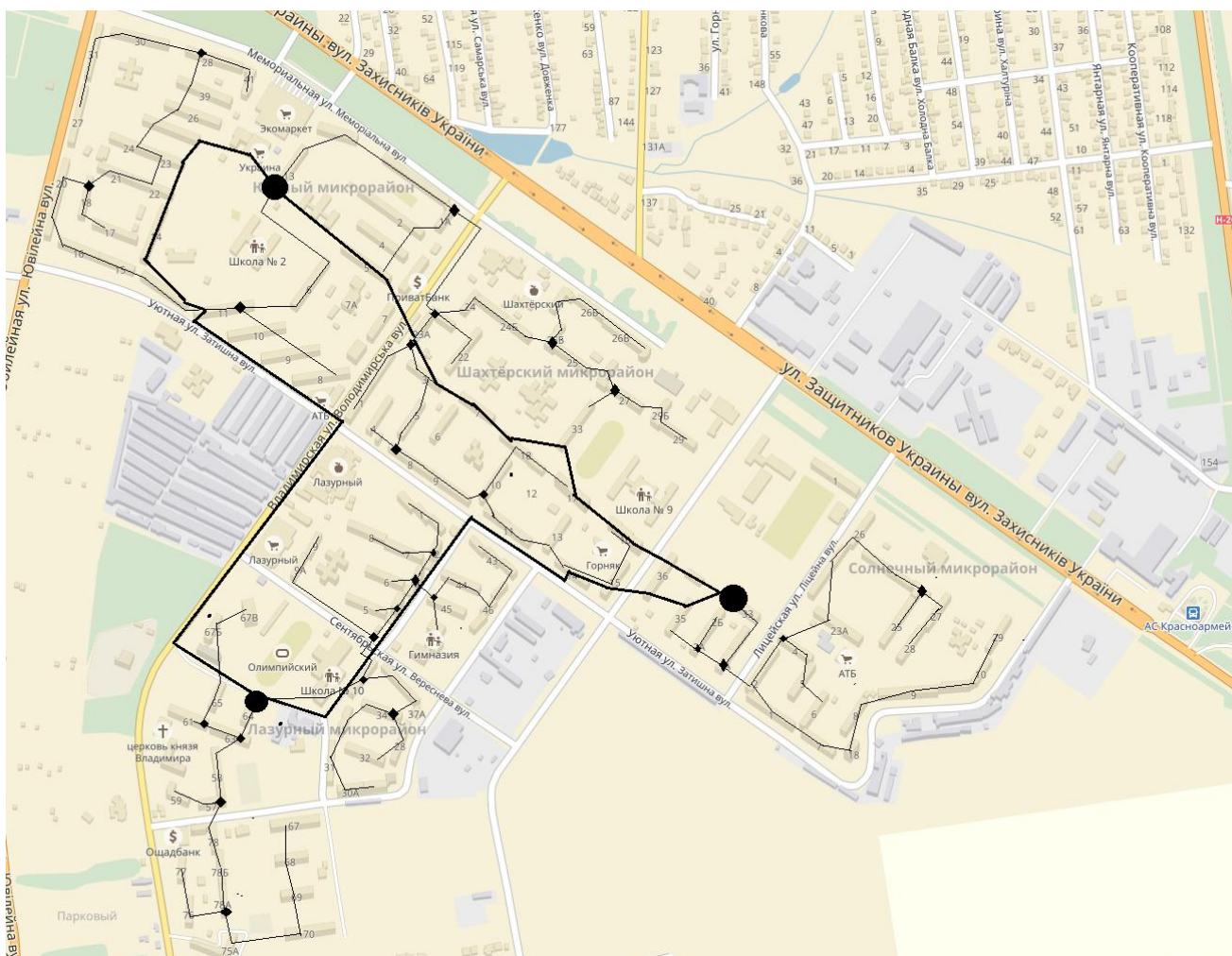


Рисунок Б.1 –Топологічна схема

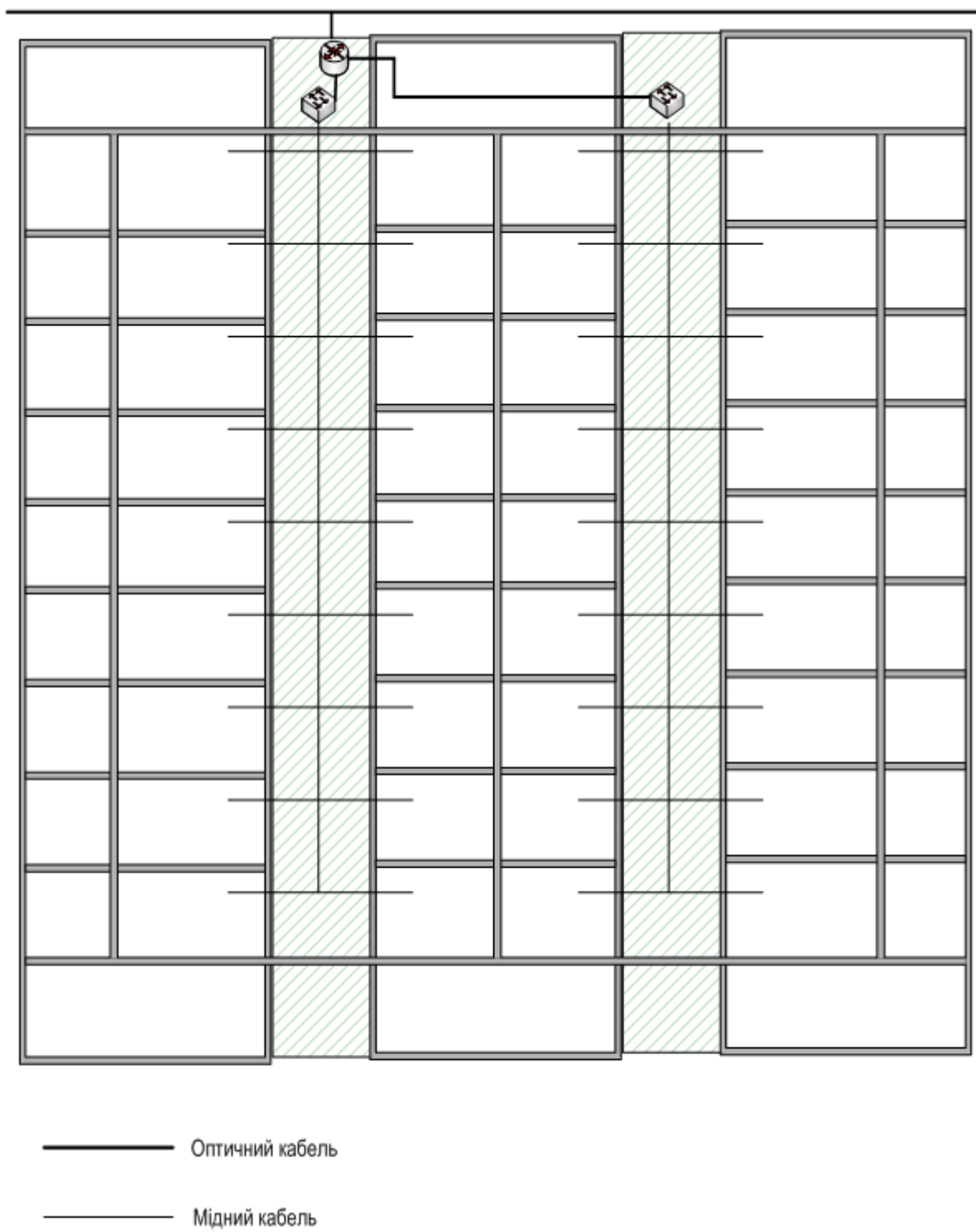


Рисунок Б.2 – Схема СКС

## ДОДАТОК В

### Структурна схема

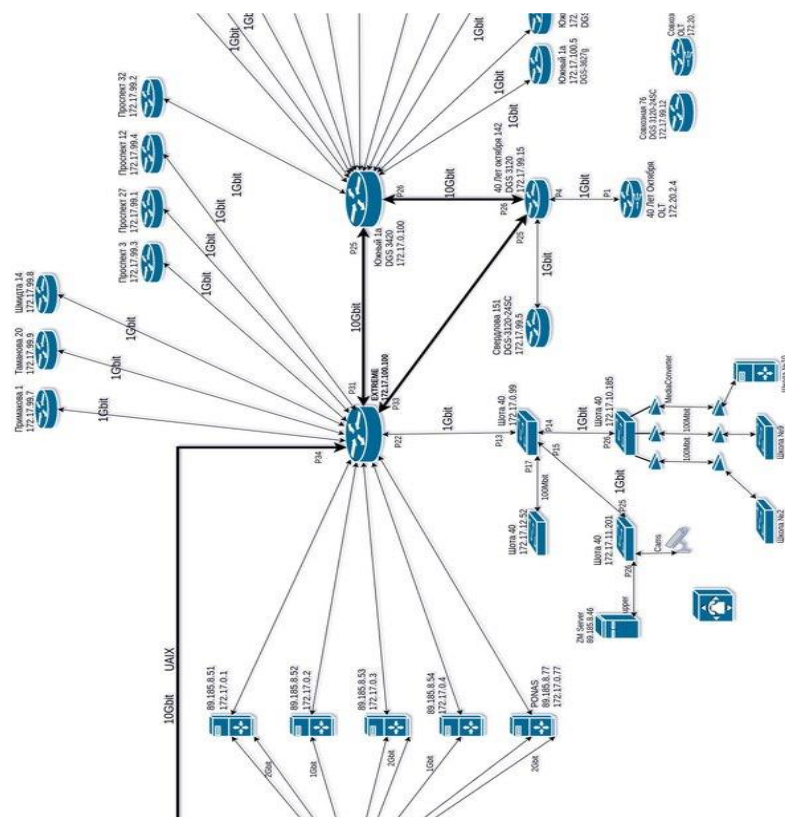


Рисунок В.1 – Структурна схема мережі



## ДОДАТОК Д

### Специфікація

Таблиця Д.1 – Специфікація

| Найменування                 | Кількість | Опис                    |
|------------------------------|-----------|-------------------------|
| Cisco 7603                   | 3         | Маршрутизатор ядра      |
| Cisco 7603                   | 15        | Маршрутизатор розподілу |
| D-Link EX3200-48             | 335       | Комутатор доступу       |
| Cisco ASR 9000               | 3         | IP TV шлюз              |
| Intel 4566                   | 9         | Серверне устаткування   |
| NeoMax Optix LX              | 51000     | Кабель оптичний         |
| SFP 1.25G WDM                | 335       | Модуль для системи WDM  |
| NeoMax 19", 1U, 24 ST        | 15        | Патч-панель оптична     |
| NeoMax MM, 62.5/125, MTRJ-ST | 335       | Патч-корд оптичний      |
| NeoMax UTP5e 4812            | 697320    | Кабель кручена пара     |
| NeoMax 48xRJ-45 482213       | 335       | Патч-панель мідна       |
| NeoMax UTP5e 45              | 11622     | Патч-корд мідний        |
| NeoMax RJ-45 Cat 5e          | 11622     | Розетка комп'ютерна     |
| NeoMax Rack e42              | 15        | Шафа ядра/розподілу     |
| NeoMax Rack e9               | 335       | Шафа доступу            |