ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри автоматики та телекомунікацій

_____ Іван ЛАКТІОНОВ

(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» _____ 2022 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Модернізація телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове»

Виконав студент 3 курсу, групи ТКРп–19

(шифр групи)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Костів Павло Стефанович

(Прізвище, Ім'я та По-батькові) (підпис)

Керівник асистент каф. АТ _____ Дар'я ЖУКОВСЬКА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Рецензент зав. каф. ЕлІн, к.т.н., доц. Олександр КОЛЛАРОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Нормоконтроль:

_____ ас. Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис)

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

Студент _____

(підпис)

Луцьк – 2022 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____

(дата)

з оцінкою_____

Секретар ЕК _____

(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

Тема: «Модернізація телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове»

Спецчастина:_____

Виконавець, студент
гр. ТКРп–19 Павло КОСТІВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти: Іван ЛАКТІОНОВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Гліб СТУПАК

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтроль Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Луцьк – 2022

Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра Автоматика та телекомунікації
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТ
Іван ЛАКТІОНОВ
«____» _____2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Костіву Павлу Стефановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) Модернізація телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове
керівник проекту (роботи) Жуковська Дар'я Олександрівна, асистент каф. АТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 06.05.2022 року № 180
2. Строк подання студентом проекту (роботи)_____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)_____
Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз об'єкту проектування. 2 Аналіз особливостей проектування телекомунікаційної системи в умовах приватного сектору. 3 Апаратний синтез та особливості проектування телекомунікаційної системи в умовах приватного сектору. 4. Моделювання фрагменту телекомунікаційної системи в умовах приватного сектору

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Аналіз об'єкту, розрахунок трафіку, структурна схема, технічні характеристики, модель мережі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	асист. каф. АТ, Жуовська Д.О.		
2	к.т.н., доц. каф. АТ, доц. Поцепаєв В.В.		
3	зав. каф. АТ, д.т.н., доц. Лактіонов І.С.		
4	ст. викл. каф. АТ Ступак Г.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз об’єкту проектування, існуючої телекомунікаційної інфраструктури об'єкта,	18.04-08.05.2022	
2	розробка інформаційної моделі об'єкта, розрахунок трафіку для майбутньої телекомунікаційної мережі	09.05-22.05.2022	
3	Структурна та функціональна концепції проектування мережі, аналіз і вибір технологій.	23.06-01.06.2022	
	Апаратна концепція проектування мережі Моделювання фрагменту спроектованої мережі в середовищі Packet Tracer	02.06-08.06.2022	
4	Додаток А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві	09.06.2022	
5	Оформлення	10.06.2022	

Студент _____ **Павло КОСТІВ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Дар’я ЖУКОВСЬКА**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада, Ім’я та ПРІЗВИЩЕ	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Костів П.С. Модернізація телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2022.

Робота містить 67 сторінок,складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, 11 рисунків, 10 таблиць та 4 додатків.

У випускній кваліфікаційній роботі проведена модернізація телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове для забезпечення сучасними широкосмуговими послугами.

Об’єктом роботи є приватний сектор м. Селидове Донецької області.

Предметом роботи є телекомунікаційна мережа Інтернет-провайдера «АНТАРЕС».

В роботі використані наступні методи: аналіз, методи теорії телетрафіка та математичної статистики, прогнозування, проектування, синтез, моделювання.

Практична цінність отриманих результатів. Результати можуть бути використані Інтернет-провайдером «АНТАРЕС» для забезпечення якісними, сучасними та доступними послугами абонентів приватного сектора в м. Селидове.

Ключові слова: ІНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕР, ШИРОКОСМУГОВА ПОСЛУГА, КАТЕГОРІЯ, ТРАІФІК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МОДЕЛЬ, ПРИВАТНИЙ СЕКТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність роботи. Модернізація та продуктивність мереж стали критичними елементами у забезпеченні досконалості та якості для користувачів сучасних послуг, що диктує ринок телекомунікацій.

Перепроектування та модернізація наявних мереж, що не потребують великих капітальних вкладів та втрати клієнтської бази, а навпаки забезпечувати якісними, сучасними та доступними послугами наявних абонентів, з метою залученням нових користувачів є актуальною практичною на сьогоднішній день задачею.

Мета роботи заключається в проектуванні телекомунікаційної мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове для забезпечення сучасними широкосмуговими послугами.

Для досягнення поставленої мети треба виконати **ряд задач**:

1) Проаналізувати обраний об’єкт, а саме приватний сектор м. Селидове, визначити типи абонентів та види послуг, які вже наявні в існуючій мережі та які плануються надаватись в майбутньому;

2) Розробити тарифні плани під вимоги користувачів, розрахувати кількість абонентів та спрогнозувати навантаження на мережу;

3) Проаналізувати та обрати технології на базі яких буде проводитись проектування мережі;

4) Розробити структурну на функціональну схеми, обрати технічну складову телекомунікаційної мережі, організувати СКС;

5) Перевірити доцільність модернізації за допомогою стимуляційної моделі.

Об’єктом роботи виступає приватний сектор м. Селидове Донецької області.

Предметом роботи виступає телекомунікаційна мережа Інтернет-провайдера «АНТАРЕС».

В роботі використані наступні **методи**: аналіз, методи теорії телетрафіка та математичної статистики, прогнозування, проектування, синтез, моделювання.

Практична цінність отриманих результатів. Результати можуть бути використані Інтернет-провайдером «АНТАРЕС» для забезпечення якісними, сучасними та доступними послугами абонентів приватного сектора в м. Селидове.

Структура та обсяг роботи. Випускна кваліфікаційна робота обсягом 67 машинописних сторінок складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліка використаних джерел, що складається з 15 найменувань і розташованих на 8 сторінках 4 додатки. Робота містить 11 рисунків, 10 таблиці.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Опис та сегментація об’єкту проектування

Селидове – місто у східній частині Донецької області, розташоване на річці Солона. Знаходиться біля Покровського району, але підпорядковується безпосередньо обласному центру.

Засноване на початку 1770-х років. До середини 19 століття Селидівка (таку назву місто носило до 1956 року) була великим селом.

Нині Селидове – шахтарське місто з розвиненим аграрним сектором. Працюють підприємства з виготовлення будівельних матеріалів та харчової промисловості.

За даними перепису 2001 року населення Селидового становило 26875 осіб та 21916 осіб за даними від 01.01.2021 р. Площа міста 10,8 км^2. Густота населення 2029 осіб/км^2. Місто складається із 11 мікрорайонів [1].

Велику частину території міста займають 5-(2), 9-(1) поверхові будинки, але об’єктом роботи виступає саме приватний сектор міста в силу його не розвиненої інформаційної інфраструктури. До приватного сектора відносяться наступні вилиці:

вул. Карбишева;

вул. Черняховського;

вул. Джерельна;

вул. Щербакова;

вул. Козацька;

вул. Кучуринська;

вул. Мостова;

вул. Фурманова;

вул. Берегова;

вул. Чехова;

вул. Ткаченка;

вул. Урожайна;

вул. Героїв праці;

вул. Верхня;

вул. Шевченка;

вул. Павлова;

вул. Олега Кошового;

вул. Челюскіна;

вул. Михайлівська;

вул. Шахтна;

вул. Лесі Українки;

вул. Островського.

Для вирішення задачі аналізу об’єкта та абонентського складу було прийнято розділити всю територію приватного сектора м. Селидове на 6 частин (вузлів).

В додатку Б, на рис. Б.1 приведена карта міста з поділом на вузли території приватного сектору.

1.2 Аналіз існуючої телекомунікаційної інфраструктури об'єкта

У місті Селидове діють провайдери, які надають ряд телекомунікаційних послуг, основними з яких є: послуги зв'язку з передачі даних і телекомунікаційні послуги зв'язку (в тому числі Інтернет, IP-TV) та інші.

Переважна більшість населення міста користується сучасними телекомунікаційними послугами. Кількість користувачів телекомунікаційних послуг зростає, але не має якісної, сучасної, налагодженої структури в приватному секторі та відсутні збалансовані тарифи, провайдери не задовольняють користувачів кількістю послуг. Звідси актуальність модернізації телекомунікаційної мережі з IPTV та Інтернетом саме для

абонентів приватного сектора міста

Компанія «АНТАРЕС» надає послуги:

- інтернет-доступ використовуючи технології AON, GEPON, Ethernet;
- кабельне телебачення: аналогове та цифрове;
- проектування, встановлення та налагодження та налаштування систем відеоспостереження.

ТОВ «АНТАРЕС» є провайдером широкосмугового зв'язку в м. Селидове Донецької області. Кількість штатних працівників – 14 осіб. Абонентський склад налічує 780 абонентів.

Виходячи з усього вищесказаного, можна зробити висновок, що в умовах ринкової конкуренції, зі стрімким розвитком телекомунікаційних послуг, компанія «АНТАРЕС» може існувати лише за рахунок впровадження кращих та різноманітніших тарифів, які задовольняють якомога більшій кількості категорій населення. Все це можна реалізувати лише шляхом модернізації існуючої мережі.

1.3 Інформаційна модель об'єкта

Весь штат абонентів можна розділити на 3 категорії:

1. Неактивні користувачі - абоненти, яким не потрібен доступ до послуг Інтернету, але яким необхідно забезпечити телебачення. За статистикою (в цю групу входять пенсіонери, люди без ПК), в цю категорію входить близько 10% потенційних передплатників.

2. Постійні користувачі - абоненти, яким необхідний доступ до Інтернету та телевізійних послуг. Цю категорію можна розділити на 2 підкатегорії, відмінною рисою яких є необхідність різної швидкості доступу до Інтернет-сервісів. За статистикою, це буде найбільша група передплатників – близько 70%.

3. Безкоштовні користувачі - о. вимагає лише доступу до Інтернет-послуг. За статистикою, до цієї категорії потрапляє близько 20% користувачів.

Послуги, що надаються користувачам:

1. IPTV - це телебачення з Інтернет-протоколом. Це послуга цифрового телебачення, яка надається через Інтернет-протокол через широкосмуговий зв'язок. Крім того, воно може передавати вміст безпосередньо в записаному форматі або в прямому ефірі через Інтернет-з'єднання.

IPTV — це телевізійна технологія наступного покоління, яка забезпечує кращий телевізійний досвід і безліч послуг. Проте послугою IPTV можна користуватися лише через комп'ютери, смартфони, планшети чи телевізор із сучасними функціями. Але IPTV може працювати на телевізорі, який не є смарт-телевізором, із доданою приставкою. За допомогою телевізійної приставки можна отримати доступ до телевізійних каналів, різноманітних послуг на основі підписки, програм, а також фільмів на замовлення.

2. Доступ до Інтернету –підключення до глобальної мережі Інтернету за допомогою ПК, ноутбуків, мобільних пристроїв тощо. Доступ до Інтернету залежить від швидкості передачі даних, і користувачі можуть підключатися з різною швидкістю Інтернету. Доступ до Інтернету дозволяє окремим особам або організаціям користуватися послугами Інтернету/веб-послугами.

Доступ до Інтернету часто надається вдома, у школах, на робочих місцях, у громадських та інших місцях. Інтернет став набирати популярність завдяки комутованого доступу до Інтернету. За відносно короткий час технології доступу до Інтернету змінилися, забезпечивши швидші та надійніші варіанти. В даний час широкосмугові технології, такі як кабельний Інтернет та мобільний, є найбільш широко використовуваними методами доступу до Інтернету. Швидкість, вартість, надійність та доступність доступу до Інтернету залежить від користувачів, обладнання, технологій, постачальника послуг Інтернету та типу підключення.

Існує багато різних способів отримати доступ до Інтернету, зокрема:

- безпроводове підключення

- мобільне підключення
- широкосмуговий доступ
- супутниковий доступ.

Доступ до комп’ютерів чи розумних пристроїв є одним із важливих факторів для розуміння рівня доступу до Інтернету для регіону. Однак доступ до Інтернету не рівномірно розподілений всередині або між країнами. Цифровий розрив існує між багатьма країнами та регіонами. Хороший доступ до Інтернету асоціюється з регіонами з високим рівнем доходів населення, високим індексом розвитку та високим технологічним розвитком..

На підставі наведеного вище пропонується спроектувати 4 пакета тарифів чи категорії абонентів:

1. «Соціальный»пакет. Послуги, що входять до нього:

- IPTV

2. Загальний пакет. Послуги, що входять до нього:

-IPTV

-Web-surfing – 10 Мбит/с

-Download files – 20 Мбит/с

-Network files – 100 Мбит/с

3. Загальний + пакет. Послуги, що входять до нього:

-IPTV

-Web-surfing – 10 Мбит/с

-Download files – 50 Мбит/с

-Network files – 150 Мбит/с

4. Вільний пакет. Послуги, що входять до нього:

-Web-surfing – 5 Мбит/с

-Download files – 20 Мбит/с

-Network files – 100 Мбит/с

Рисунок 1.1 якраз і демонструє спроектовано інформаційну модель з огляду на територіальну особливість розташування об’єкта, категорій

користувачів, послуг, що готовий надавати інтернет-провайдер «АНТАРЕС» та розроблених тарифних планів.

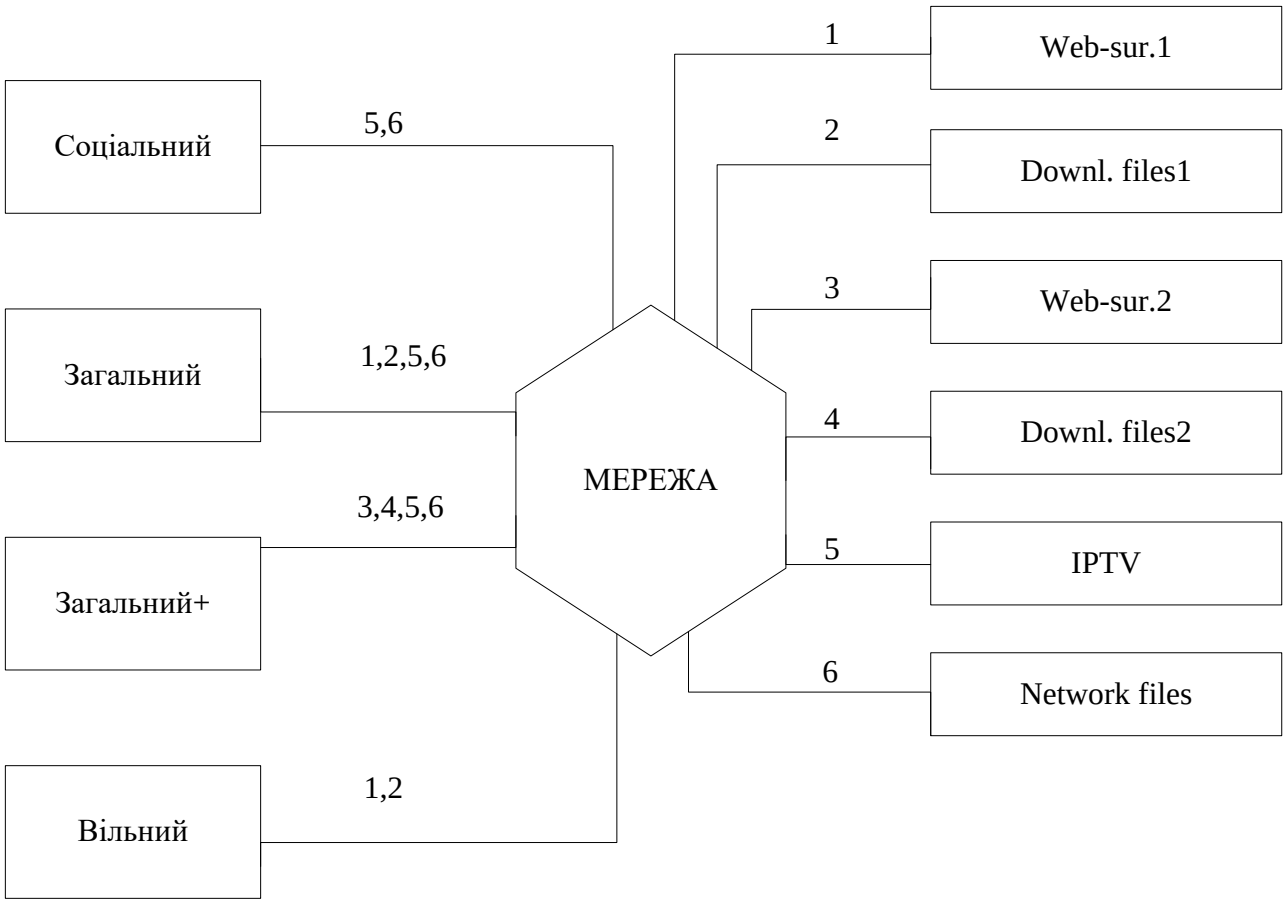

Рисунок 1.1 – Проект інформаційної моделі об’єкту

1.4 Розрахунок трафіку для майбутньої телекомунікаційної мережі

Увесь приватний сектор міста Селидове було розбито на окремі сегменти чи вузли, їх в проектованій мережі – 6.

Для розрахунку трафіку необхідно порахувати на основі інформаційної моделі кількість абонентів кожного сегменту (вузлу), які користуються певними послугами.

Взявши до уваги з кількості існуючих абонентів, можливого переходу абонентів від інших провайдерів і використовуючи статистику, приймаємо

коефіцієнт підключення 0,6 (*Kpdkl* = 0,6). В табл. 1.1 приведена прогнозна кількість підключень та розподіл по сегментам.

Таблиця 1.1 – Прогноз кількості підключень по сегментам мережі

Сегмент	Кількість підключень
1	131
2	131
3	117
4	125
5	148
6	128

Трафік розраховується окремо для кожного виду послуги.

МО трафік генерується на і-му вузлі (для вузла беруть окремий будинок), абоненти, які використовують k-й сервіс [1]:

$$\gamma_i^{(k)} = N_{\text{аб}i}^{(k)} \cdot B_{cp}^{(k)} \cdot Y^{(k)}\,, \qquad (1.1)$$

де k – номер мережної послуги;

i – номер вузла;

$\gamma_i^{(k)}$ – математичне очікування трафіку, який генерується *k*-ю послугою на *i*-му вузлі;

$B_{cp}^{(k)}$ – швидкість передачі даних (у бітах чи пакетах на секунду) – середня пропускна здатність каналу зв’язку, якої достатньо для якісної передачі трафіку *k*-ї послуги;

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

$Y^{(k)}$ – вірогідність використання *к*-ї послуги в час найбільшого навантаження (ЧНН).

Сумарний трафік, що генерується на *i*-му вузлі:

$$\gamma_{\sum i=\sum_{i=1}^{Ni}\gamma_i^{(k)}}. \quad (1.2)$$

Необхідно виставити наступні вимоги до якості послуг, що будуть надавтись в проектованій телекомунікаційній мережі:

- Web-surfing1 і Web-surfing2 - зі статистичних даних та аналізу потреб абонентів обрано максимальну швидкість передачі даних 5 Мбіт/с і 10 Мбіт/с відповідно.
- Download files1 та Download files2 - зі статистичних даних та аналізу потреб абонентів обрано максимальну швидкість передачі даних 20 Мбіт/с та 50 Мбіт/с відповідно.
- IPTV – вибір максимальної швидкості для цієї послуги було отримано зі статистичних даних.

Таблиця 1.2 – Параметри трафіку широкомовних інтерактивних служб

Тип прослуг	Пропускна здатність Мбіт/с	Швидкість передачі данних	Пачеч-ність	Тривалість сеансу зв'язку Тс, с	f викликів, викл/год	Вхідне наванта-ження у ГНН (Ерл)	Трафік Мбіт/с
Web-sur. 1 (5 Мбіт/с)	5	0,1	10	8	60	0,134	0,067
Downl. Files 1 (20 Мбіт/с)	20	1	10	2000	1	0,556	1,112
Web-sur. 2 (10 Мбіт/с)	10	0,2	10	4	60	0,067	0,067
Downl. Files 2 (50 Мбіт/с)	50	2	10	1500	1	0,417	2,085
IPTV	4	2	2	2000	1	0,556	1,112
Network files	100	3	10	550	1	0,153	1,53

Підрахуємо питоме навантаження для кожної категорії абонентського складу мережі (тарифний пакет), для цього наведемо таблицю, в якій кожній категорії буде відповідати набір послуг (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Питоме навантаження для кожного тарифа послуг

Тарифний план	Тип послуг	Трафік, Мбіт/с	Сумм. Мбіт/с	Відсоток, %
Соціальний	IPTV	1,112	1,112	10
Загальний	Web-sur. 1	0,067	3,821	20
	Downl. Files 1	1,112		
	IPTV	1,112		
	Network files	1,53		
Загальний+	Web-sur. 2	0,067	4,794	50
	Downl. Files 2	2,085		
	IPTV	1,112		
	Network files	1,53		
Вільний	Web-sur. 1	0,067	2,709	20
	Downl. Files 1	1,112		
	Network files	1,53		

Відсоток абонентів, підключених до різних пакетних послуг, вибирався на основі статистичних даних, а саме: соціальні, економічні, існуючі абоненти.

Далі розраховується навантаження, створювана кінцевими вузлами. За кінцевий вузол обрані саме сегменти, на які попередньо було розділено всю мережу.

З використанням формул розрахунку навантаження мережі та дані таблиць (1.1) – (1.3) вдалося отримати значення навантаження для кожного виду послуги. Розраховані дані представлені у таблиці 1.4.

Отже, сумарне навантаження на мережу становить ≈ 2 Гбіт / с.

Таблиця 1.4 – Розраховане навантаження створюване кожною послугою в мережі

Тип прослуг	Кількість абонентів	Трафік, Мбіт/с
Web-sur. 1 (1мбит/с)	312	20,904
Downl. Files 1 (10мбит/с)	120	133,44
Web-sur. 2 (5мбит/с)	359	24,053
Downl. Files 2 (20мбит/с)	520	1084,2
IPTV	360	800,64
Network files	480	734,4
Всього, Гбіт/с		1,997

Висновки до розділу 1

У даному розділі кваліфікаційної роботи було проаналізовано, спроетовано та обране наступне:

1) У приватному секторі гостро стоїть задача модернізації телекомунікаційної мережі для інтернет-провайдера мультисервісних послуг «АНТАРЕС».

2) Беручи до уваги статистичні дані було обрано коефіцієнт підключення (Кпідкл) рівним 0,6.

3) Був розрахований трафік створюваний окремими тарифними планами: Соціальний – 1,112 Мбіт/с, Загальний – 3,821 Мбіт/с, Загальний+– 4,734 Мбіт/с, Вільний – 2,709 Мбіт/с.

4) Був розрахований трафік, що виходить з мережі і він становить ≈ 2 Гбіт/ с.

5) Проведені розрахунки будуть використовуватися в наступних розділах роботи при проектуванні топології мережі та при виборі технологій.

2 СТРУКТУРНА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ

2.1 Проектування топології та типів ліній зв'язку в модернізованій мережі

Розглянемо побудову телекомунікаційних мереж за класичними топологіями.

Топологія «зірка» — це архітектура «точка-точка», де окремі пристрої або вузли взаємодіють безпосередньо з центральним ядром або шлюзом. Пристрої в топології зірки спілкуються тільки зі шлюзом, а не один з одним.

Потім шлюз передає дані до центральної точки збору, наприклад, до диспетчерської – або безпосередньо, або шляхом підключення до іншої мережі. Шлюз також отримує дані з центральної точки і передає їх на відповідний пристрій.

Оскільки кожен пристрій зв’язується безпосередньо зі шлюзом, топологію «зірка» також іноді описують як архітектуру «точка-точка» або «лінія видимості».

Ці прості прямі з’єднання роблять топології зірка застосовними для відносно простих або малопотужних додатків, оскільки вони потенційно можуть використовувати найменшу кількість енергії з усіх топології. Однак дані про відстань, які можуть передаватися (від пристрою до шлюзу), обмежені – часто від 30 до 100 метрів.

Якщо щось порушує прямий шлях передачі по прямій видимості між пристроєм і його шлюзом, є велика ймовірність, що зв’язок буде перешкоджено і дані будуть втрачені. На заводі є багато речей, які можуть викликати такі проблеми, включаючи радіочастотні перешкоди та фізичні конструкції, такі як судна, трубопроводи та обладнання. Навіть тимчасові перешкоди, такі як вантажівки, будівельне обладнання або риштування, можуть порушити

комунікації, як і фактори навколишнього середовища, такі як дощ, туман, і вологість [3].

Кільцева топологія - це місце, де вузли розташовані по колу (або кільцю). Дані можуть переміщатися через кільцеву мережу в одному або в обох напрямках, при цьому кожен пристрій має рівно двох сусідів.

Плюси кільцевої топології.

Оскільки кожен пристрій під’єднано лише до пристроїв з обох сторін, під час передачі даних пакети також подорожують по колу, переміщаючись через кожен із проміжних вузлів, доки не прибувають до місця призначення. Якщо велика мережа розташована в кільцевій топології, можна використовувати ретранслятори, щоб гарантувати, що пакети надходять правильно і без втрати даних.

Тільки одній станції в мережі дозволено надсилати дані одночасно, що значно знижує ризик зіткнень пакетів, роблячи кільцеві топології ефективними для передачі даних без помилок.

Загалом, кільцеві топології є економічно ефективними та недорогими в установці, а складне підключення вузлів «точка-точка» дозволяє відносно легко виявляти проблеми або неправильні конфігурації в мережі.

Мінуси кільцевої топології.

Незважаючи на те, що вона популярна, кільцева топологія все ще вразлива до збою без належного керування мережею. Оскільки потік передачі даних рухається однонаправлено між вузлами вздовж кожного кільця, якщо один вузол виходить з ладу, він може забрати з собою всю мережу. Ось чому вкрай важливо, щоб кожен із вузлів контролювався та підтримувався в хорошому стані. Тим не менш, навіть якщо ви будете пильні та уважні до продуктивності вузла, ваша мережа все одно може бути виведена з ладу через збій лінії передачі.

Також слід враховувати питання масштабованості. У кільцевій топології всі пристрої мережі спільно використовують пропускну здатність, тому додавання додаткових пристроїв може сприяти загальним затримкам зв’язку.

Адміністратори мережі повинні пам’ятати про пристрої, додані до топології, щоб уникнути надмірного навантаження на ресурси та потужність мережі.

Крім того, всю мережу потрібно перевести в автономний режим, щоб переналаштувати, додати або видалити вузли, тому планування простої мережі може бути незручним і дорогим [4].

Топологія шини орієнтує всі пристрої в мережі вздовж одного кабелю, що проходить в одному напрямку від одного кінця мережі до іншого, тому її іноді називають «лінійною топологією» або «топологією магістралі». Потік даних у мережі також йде за маршрутом кабелю, рухаючись в одному напрямку.

Переваги шинної топології.

Топології шини є хорошим, економічно вигідним вибором для невеликих мереж, оскільки проектуваняя просте, що дозволяє підключати всі пристрої за допомогою одного коаксіального кабелю або кабелю RJ45. Якщо потрібно, додаткові вузли можна легко додати до мережі, приєднавши додаткові кабелі.

Недоліки шинної топології.

Однак, оскільки топології шини використовують один кабель для передачі даних, вони є дещо вразливими. Якщо кабель виходить з ладу, вся мережа виходить з ладу, відновлення якого може зайняти багато часу та дорого, що може бути меншою проблемою для менших мереж.

Топології шини найкраще підходять для невеликих мереж, оскільки пропускна здатність дуже велика, а кожен додатковий вузол сповільнює швидкість передачі.

Крім того, дані є «напівдуплексними», що означає, що їх не можна надсилати в двох протилежних напрямках одночасно, тому такий макет не є ідеальним вибором для мереж з великим об’ємом трафіку [4].

Проектована мережа для приватного сектору міста Селидове побудована за стандартною трирівневою топологією: рівні доступу, розподілу та ядра.

Зазначену територію приватного сектора було поділено на 6 вузлів, на 1ому вузлі буде встановлений маршрутизатор на рівні ядра мережі.

У кожному з вузлів будуть встановлені маршрутизатори рівня розподілу, які будуть підключені до кільцевої топології.

Кожен вузол був розділений на підвузли, в яких будуть розміщені перемикачі рівня доступу, які підключені до розподілу за різними топологіями. В таблиці 2.1 приведено топологічні характеристики для сегментів телекомунікаційної мережі.

Таблиця 2.1 – Топологічні характеристики районів проектування

Сегмент (вузол)	Тип топології	Тип лінії зв'язку	Загальна довжина лінії зв'язку, км
1	зірка	ВОЛЗ	5,1
2	зірка	ВОЛЗ	3,2
3	зірка	ВОЛЗ	3,1
4	зірка	ВОЛЗ	2,7
5	зірка	ВОЛЗ	2,8
6	зірка	ВОЛЗ	4,1

Перший вузол має з'єднання з маршрутизатором рівня ядра. Тип цих з'єднань – ВОЛЗ, сполучення з шостим є головним, а з п'ятим – резервним. Це зроблено, тому що ці два вузла живляться від різних підстанцій. І у випадку обезживленя головного маршруту, буде резервний.

2.2 Вибір технології мережі

На даному етапі необхідно вибрати транспортну технологію та технологію для рівня доступу мережі, що проектується.

2.2.1 Стандарт Ethernet

Стандарт 1000Base Ethernet, також званий Gigabit Ethernet (GbE або 1GigE), визначається стандартом IEEE 802.3-2008 і забезпечує в 10 разів більшу швидкість передачі 100Base Ethernet. Gigabit Ethernet має здатність забезпечувати швидкість передачі даних до 125 МБ/с і є сучасним промисловим стандартом для робочих станцій, точок доступу та комутаторів рівня доступу.

Найпопулярнішими стандартами Gigabit Ethernet є 1000Base-T витий мідний кабель і 1000Base-X (оптоволоконний кабель). Давайте розглянемо їх ближче, а також проаналізуємо 10GBase – 10Gigabit Ethernet, який є стандартом для центрів обробки даних (з'єднання з сервером, мережеві комутатори – магістраль тощо), які підтримують швидкість передачі до 1250 МБ/с.

1000BASE-T.

1000Base-T є стандартом IEEE 802.3ab для Gigabit Ethernet через мідну проводку. Як і 100BaseT, 1000Base-T може працювати на відстані до 100 метрів і підтримується на кабелях CAT5e, CAT6 і CAT7. Користувачі також можуть відвідати нашу статтю про неекрановану виту пару (UTP) – від CAT 1 до CAT5, 5e, CAT6 і CAT7, яка містить схеми та цінну інформацію про кабель кожної категорії, їхню максимальну довжину, підтримувані швидкості тощо.

З 1000Base-T використовуються всі 4 пари мідного кабелю, однак лише дві пари використовуються для узгодження з'єднання. Якщо в кабелі доступні лише 2 пари, узгодження між двома пристроями може завершитися успішно, але зв'язок не буде встановлений.

1000BASE-X.

1000Base-X є промисловим стандартом для Gigabit Ethernet через волоконно-оптичну мережу. Існує чотири Gigabit Ethernet через волоконно-оптичні стандарти, з яких найпопулярнішими є стандарти 1000Base-SX і 1000Base-LX.

Стандарт 1000Base-SX призначений для роботи по багатомодовому волокну з використанням світлової хвилі від 770 до 860 нанометрів.

Багатомодове волокно Gigabit Ethernet може працювати на відстані до 200 метрів при використанні волокна 62,5/125 або 550 метрів при використанні волокна 50/125. Багаторежимний Gigabit Ethernet зазвичай використовується для магістральних з'єднань між комутаторами, розташованими в центрі обробки даних, будинках на невеликій відстані або на різних рівнях всередині будівлі.

Стандарт 1000Base-LX призначений для роботи по одномодовому волокну з використанням світлової хвилі від 1270 до 1355 нанометрів. Одномодове волокно Gigabit Ethernet може працювати на відстані до 5 км залежно від типу волокна і зазвичай використовується для магістральних з'єднань між будівлями та віддалених кінцевих точок.

10GBASE.

Стандарт 10Gigabit Ethernet став популярним за останні пару років, однак стандарт IEEE (802.3ae) був розроблений з 2002 року. 10Gigabit Ethernet забезпечує швидкість в 10 разів швидше, ніж Gigabit Ethernet, і підтримується через мідь і волоконно-оптику. 10 гігабітний Ethernet рідко використовується для підключення кінцевих точок (робочі станції, ноутбуки) і зустрічається в основному в центрах обробки даних, що підключають сервери, комутатори та пристрої зберігання даних. У деяких випадках він також використовується для магістральних зв'язків між будівлями та комутаторами.

10GBASE-T.

10GBase-T — це стандарт Ethernet, що охоплює мідну проводку, стандартизований у 2006 році за стандартом IEEE802.3an і підтримується лише кабелями витої пари CAT6 та CAT7. При використанні кабелів CAT6 10 Гбіт/с підтримується лише на відстані до 55 метрів, тоді як кабель CAT7 може забезпечити підтримку 10 Гбіт/с на відстані до 100 метрів.

10 Gigabit Ethernet через оптоволокно визначається стандартами 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-LX4/LRM, а також декількома іншими. Нижче наведено короткий огляд цих стандартів:

10GBASE-SR: Відомий як Short Reach (SR), використовується для коротких віддалених з'єднань через багатомодове волокно з довжиною хвилі 850 нанометрів. Максимальна відстань 400 метрів, в залежності від типу волоконно-оптичного кабелю.

10GBASE-LR: Відомий як Long Reach (LR), використовується для з'єднання на відстані до 10 км через одномодовий волоконно-оптичний кабель із довжиною хвилі 1310 нанометрів.

10GBASE-ER: Відомий як Extended Reach (ER), використовується для надзвичайно тривалих віддалених з'єднань до вражаючих 40 км за допомогою одномодового волоконно-оптичного кабелю з довжиною хвилі 1550 нанометрів.

10GBASE-LX4/LRM: стандарт LX4 був замінений на LRM (багаторежим довгого охоплення). LX4 працює на відстані до 300 метрів для багатомодового волокна або 10 км для одномодового волокна і використовує довжину хвилі 1310 нанометрів. Стандарт LRM використовує тільки багатомодове волокно і може покривати відстані до 220 метрів, знову ж таки, використовуючи довжину хвилі 1310 нанометрів [5].

2.2.2 Gigabit Passive Optical Network

Технологія GPON (Gigabit Passive Optical Network) заснована на останньому поколінні широкосмугових стандартів пасивного оптичного інтегрованого доступу на основі стандарту ITU-TG.984.x. Він має багато переваг, таких як висока пропускна здатність, висока ефективність, велике покриття та багатий користувальницький інтерфейс. Більшість операторів розглядають мережу доступу як широкосмугову технологію, інтегровану трансформацію ідеальної технології.

Основна структура пристрою на основі технології GPON схожа на існуючий PON. Також підключені OLT (термінал оптичної лінії) в

центральному офісі та ONT / ONU (термінал оптичної мережі) на стороні користувача. Перші два пристрої з'єднані за допомогою одномодового оптичного волокна (SM-волокно) і пасивного розгалужувача, що складається з ODN (оптичної розподільної мережі) і системи управління мережею.

Особливості GPON.

Технічна особливість GPON полягає в тому, що він використовує GFP (рагальна процедура кадрування), визначену ITU-T на другому рівні, і розширює формат інкапсуляції Загальних методів інкапсуляції (GEM) для рекомбінації послуг будь-якого типу та будь-якої швидкості передачі PON, і Заголовок GFM містить байт індикатора довжини кадру, який можна використовувати для доставки пакетів змінної довжини, покращити ефективність передачі, він може бути більш простим, поширеним та ефективним для підтримки повного сервісу. деталі наступним чином:

Безпрецедентно висока пропускна здатність. Завдяки швидкості GPON до 2,5 Гбіт/с він забезпечує достатню пропускну здатність, щоб задовольнити зростаючий попит на високу пропускну здатність у майбутніх мережах, а асиметричні функції краще підходять для ринку широкосмугових послуг передачі даних. Рисунок 2.1 демонструє приклад організації мережі з використанням технології GPON.

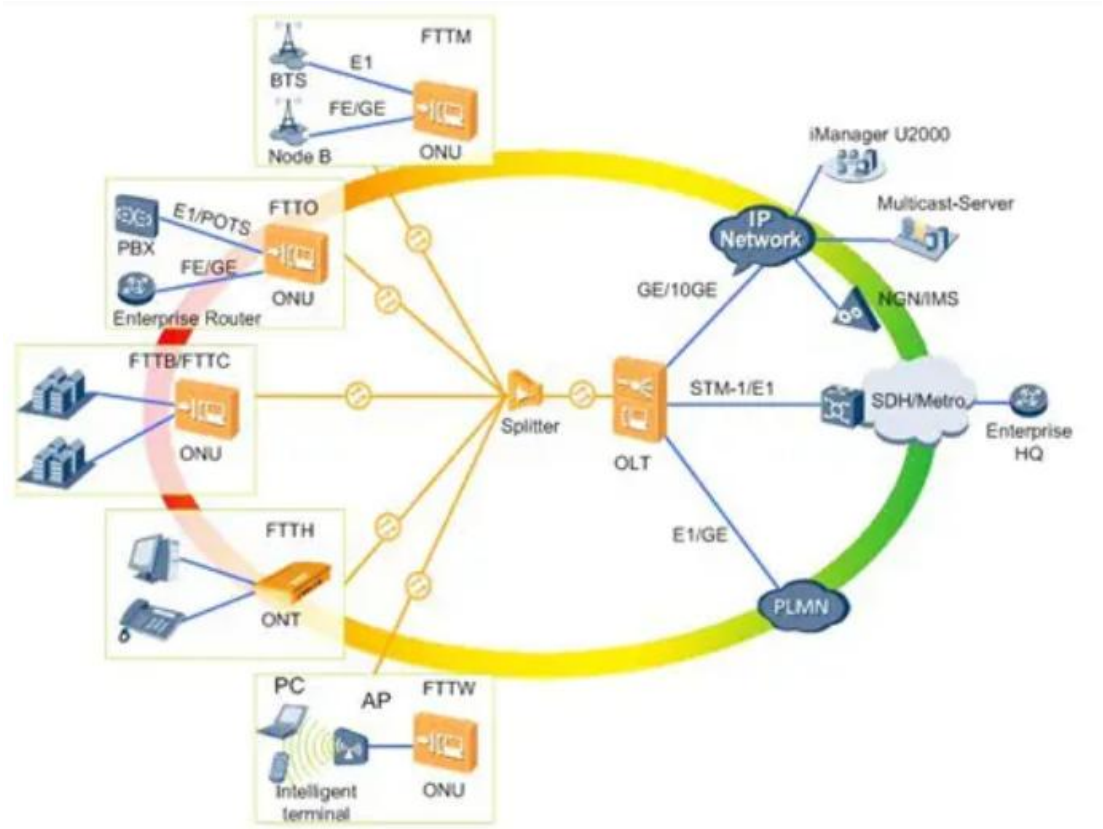

Рисунок 2.1 – Приклад організації мережі за технологією GPON

QoS гарантований повний доступ до послуг. GPON має гарний рівень обслуговування, підтримувати гарантію QoS та повний доступ до послуг. Технологія використання GEM для надання різноманітних абонентських послуг також була одноголосно схвалена всіма і широко застосовувалася та розвивалася. GPON може бути будь-якого типу та будь-якої швидкості вихідного бізнесу після передачі формату пакету PON передачі.

Як і всі системи PON, GPON складається з ONU, OLT і пасивних оптичних розподільних мереж. OLT забезпечує інтерфейс між мережевою стороною та основною мережею для мережі доступу та з’єднується з ONU через ODN. Як основний функціональний пристрій системи PON, OLT має функції централізованого розподілу пропускної здатності, контролю ONU, моніторингу в реальному часі, експлуатації, обслуговування та керування системою PON. ONU надає інтерфейс на стороні користувача для мережі доступу для надання кількох потоків послуг, таких як голос, дані та відео, для доступу до ODN, який централізовано керується OLT. Механізм передачі

GPON і EPON абсолютно однаковий, використовують механізм двонаправленої передачі з одного волокна на одному волокні, використання технології WDM, використання різних довжин хвиль для передачі даних висхідного та низхідного зв’язку. На тому самому волокні GPON може використовувати технологію мультиплексування з поділом довжини хвилі (WDM), щоб забезпечити двонаправлену передачу сигналу. Відповідно до реальних потреб, ви також можете використовувати відповідну структуру захисту PON для підвищення живучості мережі на основі традиційної топології дерева.

Стандарт GPON визначає типи послуг, які необхідно підтримувати, включаючи послуги передачі даних (сервіси Ethernet, включаючи послуги IP і потокове відео MPEG), послуги PSTN (послуги POTS і ISDN), приватні лінії (T1, E1, DS3, E3).) І відеосервіси (цифрове відео). Мультисервіс у GPON відображається в осередку або кадр GEM для передачі, що може забезпечити відповідну гарантію QoS для різних типів послуг .

2.2.3 Synchronous Digital Hierarchy

Синхронна цифрова система SDH (синхронна цифрова ієрархія) використовує унікальний метод інкапсуляції даних у кадри та має глобальний уніфікований інтерфейс. В якості основної концепції використовується модуль синхронної передачі STM-N. Його модулі складаються з інформаційного корисного навантаження (корисного навантаження), накладних витрат сегмента (SOH), вказівника блоку управління (AU), а його відмінною особливістю є використання віртуальних контейнерів для сумісності з різними системами PDH. Мережа передачі SDH має переваги інтелектуальної конфігурації маршрутизації, зручних верхніх і нижніх ланцюгів, потужних можливостей технічного обслуговування, моніторингу та керування, а також єдиних стандартів оптичного інтерфейсу.

Основний принцип передачі SDH.

Рівень інформаційної структури, прийнятий SDH, називається синхронним транспортним модулем STM-N (синхронний транспортний режим, N=1, 4, 16, 64), основним модулем є STM-1, а 4 проміжне мультиплексування STM-1 складають STM - 4, 16 STM-1 або 4 STM-4 проміжнемультиплексування становлять STM-16. SDH використовує структуру кадру у формі блоку для передачі інформації, як показано на малюнку 1. Кожен кадр складається з 9 вертикальних рядків і горизонтальних 270×N стовпців байтів. Кожен байт містить 8 біт. Вся структура кадру поділена на зони накладних секцій, область корисного навантаження STM-N (корисне навантаження) та області 3 вказівника блоку керування (AU PTR). З-поміж них, ділянка накладної частини в основному використовується для роботи мережі, управління, обслуговування та призначення для забезпечення нормальної та гнучкої передачі інформації. Він поділяється на накладну частину секції регенератора (RSOH) і накладну частину секції мультиплексу (верхня частина мультиплексної секції). накладні витрати, MSOH); область корисного навантаження використовується для зберігання бітів, які фактично використовуються для інформаційних послуг, і невеликої кількості накладних байтів каналу, що використовуються для обслуговування та керування каналом; покажчик блоку управління використовується для вказівки, що перший байт інформації в області корисного навантаження знаходиться в STM-N. Точна позиція всередині кадру, щоб корисне навантаження можна було правильно розділити під час отримання. Кадр SDH передається послідовно зліва направо і зверху вниз. Час передачі кожного кадру становить 125 мкс, а за секунду передається 1/125×1 000 000 кадрів. Для STM-1 Скажімо, що кожен байт кадру становить 8 біт×(9×270×1)=19 440 біт, тоді швидкість передачі STM-1 становить 19440×8000=155,520 Мбіт/с; а швидкість передачі STM-4 становить 4×155,520 Мбіт/с =622,080 Мбіт/с; Швидкість передачі STM-16 становить 16×155,520 (або 4×622,080) = 2488,320 Мбіт/с.

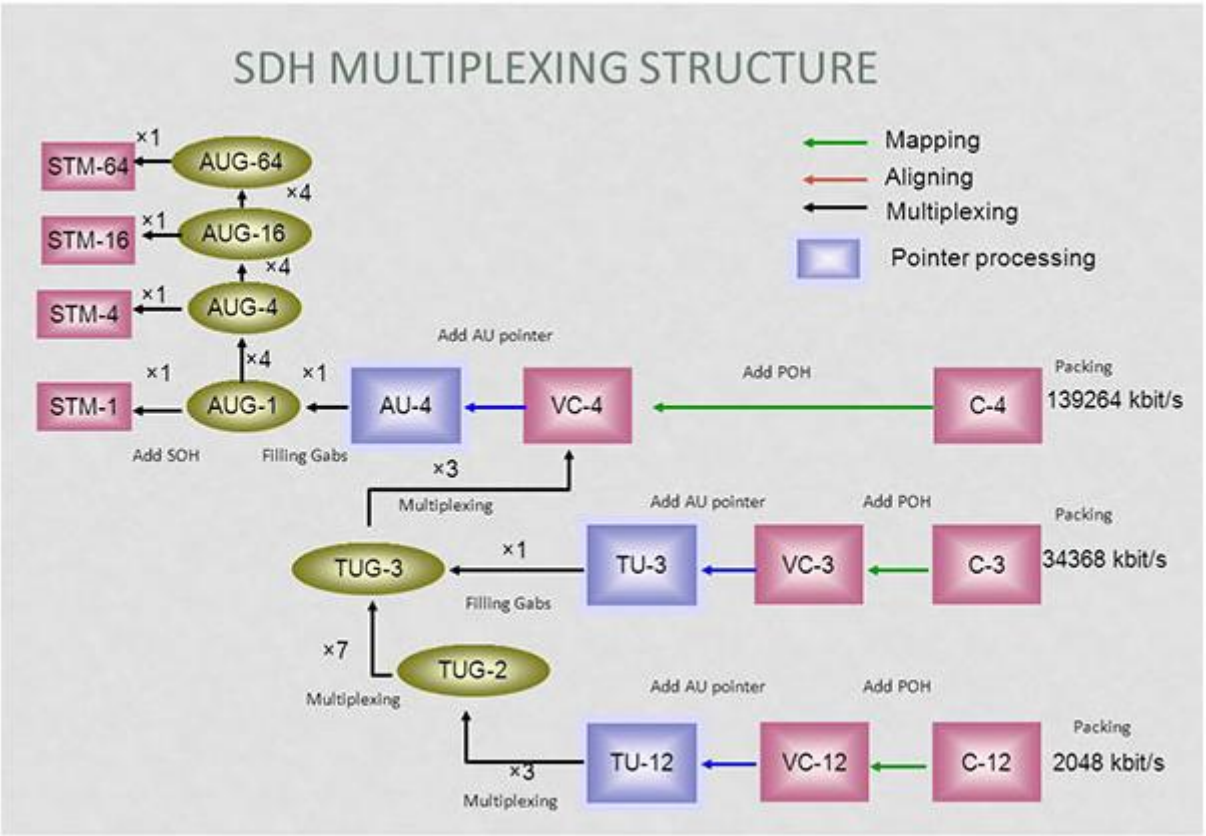

Рисунок 2.2 – Структура відображення мультиплексування SDH, рекомендована ITU-T G.703

SDH має уніфіковану структуру кадрів, стандартну швидкість цифрової передачі та стандартний у світі оптичний інтерфейс, сумісний з PDH, і сформував глобальний стандарт уніфікованої цифрової системи передачі. Він використовує більш просунутий мультиплексор додавання/відкидання (ADM) для безпосереднього додавання/відключення низькошвидкісних трибутарних сигналів. Мережа має функції самовідновлення та реорганізації, потужні функції керування мережею, дуже гнучку топологію мережі, продуктивність передачі та комутації, сувору синхронізацію, стабільну та надійну мережу, менше помилок, а також легке повторне використання та налаштування [7].

2.3 Вибір технології доступу мережі

2.3.1 Fast Ethernet

Fast Ethernet – це вдосконалення Ethernet, яке забезпечує швидкість 100 Мбіт/с. Поліпшення швидкості в порівнянні з Ethernet досягається за рахунок скорочення бітового часу (часу, необхідного для передачі біта) до 0,01 мікросекунд. IEEE використовує 100BASE-Tx / Rx; як зазвичай, “100” відповідає швидкості 100 Мбіт/с, а “Base” – сигналам основної смуги. Нижче показано технічні характеристики фізичного носія.

Ось чому було запропоновано три підстандарти для 100 Мбіт/с:

- 100BaseTX IEEE 802.3, для якого потрібні дві пари неекранованих (UTP) категорії 5 або дві екрановані пари (STP) типу 1.
- IEEE 802.3 100BaseT4, для якого потрібні чотири пари неекранованих (UTP) категорій 3, 4 і 5.
- IEEE 802.3 100BASE-FX, який вимагає двох оптичних волокон.

Максимальна відстань між двома найдальшими точками значно зменшена в порівнянні з версією 10 Мбіт/с. Мінімальна довжина кадру завжди становить 64 байти; час передачі становить 5,12 мікросекунд. Отже, максимальна відстань, яку можна подолати за цей час, становить близько 1000 м, враховуючи максимальну довжину Fast Ethernet приблизно 500 м. Оскільки центри часу перетину є відносно великими, більшість виробників обмежують максимальну відстань до 210 м для Fast Ethernet. Час між двома кадрами або інтервалом зменшується до 0,96 мікросекунд.

Це рішення має перевагу, що забезпечує хорошу сумісність з версією 10 Мбіт/с, яка зв’язується з тими ж станціями-концентраторами зі швидкістю 10 Мбіт/с і 100 Мбіт/с. Вартість підключення 100 Мбіт/с тепер така ж, як і у звичайного Ethernet, але в десять разів повільніше.

Мережі Fast Ethernet часто використовують мережі з’єднання мережі Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с. Відносно обмежена відстань, яку покриває Fast Ethernet, однак, не дозволяє йому «зрошувати» досить велику компанію.

Іншим варіантом розширення покриття мережі Ethernet є підключення Fast Ethernet за допомогою мостів, призначених для фільтрації кадрів за допомогою MAC-адреси. Ці мости мають ту ж функціональність, що й комутатори, які сьогодні зустрічаються в кадрах Ethernet передачі великої компанії для мереж, що використовують комутатори Ethernet [8,9].

2.4 Опис структурної схеми проектованої мережі

Технологія Gigabit Ethernet була обрана для підключення хост-маршрутизаторів, маршрутизатора ядра та прикордонного маршрутизатора. Використовуючи таблицю 1.4, трафік в кільці мережі становитиме майже 2 Гбіт/с, тому для нормальної роботи мережі потрібні 2 пари волоконно-оптичного кабелю. Те ж саме стосується з'єднання маршрутизатора ядра з п'ятим і шостим вузлом (для зв'язку з шостим - вита пара шостої категорії). Для з'єднання прикордонного маршрутизатора і маршрутизатора ядра необхідні 3 канали Gigabit Ethernet (вита пара шостої категорії).

Технологія Gigabit Ethernet була обрана для підключення вузлових маршрутизаторів і комутаторів доступу.

Для спроектованої мережі ми будемо використовувати протокол 1000base-lx для комутаторів, розташованих у місцях, не суміжних з хост-роутером, і протокол 1000base-TX для підключення маршрутизатора до комутатора в одному мі.

Для підключення абонентів до комутатора доступу була обрана технологія Fast Ethernet, стандарт 100base-TX.

Виходячи з обраної топології «зірка» буде використовуватись вита пара 5 категорії з дуплексним режимом передачі даних, на відстань до 100 м.

Порти комутаторів із підтримкою 100base-TX матимуть роз’єм RJ-45.

Служба мережевих файлів надаватиметься сервером мережевих файлів, який підключатиметься до маршрутизатора ядра через комутатор Switch Work. Використовуючи таблицю 1.4, отримуємо трафік ≈ 2 Гбіт/с. Network Files Server підключатиметься до Switch Work, а також до маршрутизатора ядра Gigabit Ethernet за стандартом 1000base-T.

Служба IPTV забезпечуватиметься IPTV-сервером, який буде підключатися до маршрутизатора ядра через комутатор Switch Work. Як зазначалося в першій частині, передплатникам буде надано 70 каналів. Використовуючи таблицю 1.2 ми отримаємо трафік, який буде надходити на IPTV-сервер:

$$B=b*Nk=2*70=140\text{Мбіт/с}, \quad (2.1)$$

де B – значення загального трафіку мережі,

в – значення трафіку одного каналу,

Nk – кількість каналів, що доступна в тарифі.

Обраний IPTV-сервер буде підключатися до Switch Work з використанням технології Fast Ethernet за стандартом 100base-TX.

Структурна схема приведена в додатку В.

2.5 Опис функціональної схеми проектованої мережі

Мережа доступу з апаратним та програмним забезпечення маршрутизує та підключається до мереж за допомогою технології Ethernet.

Абоненти проектованої мережі отримують доступ до мережних ресурсів через певний сегментний маршрутизатор, що розташований в їх вузлі, основний маршрутизатор мережі, сервер, прикордонний маршрутизатор і шлюзи, що призначені до певних послуг.

У таблиці 2.2 наведений фрагмент розподілу зв’язків спроектованих сегментів телекомунікаційної мережі.

Таблиця 2.2 – Розподіл зв'язків сегментів мережі

Зв'язок	Стандарт	Тип лінії зв'язку зв'язку	Кількість портів та їх тип
Switch Work	1000Base-TX	CAT.6	2------>RJ-45
Edge Router	1000Base-TX	CAT.6	3------>RJ-45
Internal Roter 5	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Internal Roter 6	1000Base-TX	CAT.6	4------>RJ-45
Core Router	1000Base-TX	CAT.6	3------>RJ-45
Web Server	100Base-TX	CAT.5	1------>RJ-46
I-net	1000Base-LX	ОКЛБг	3------>SFP
Core Router	1000Base-TX	CAT.6	3------>RJ-45
Net Work Files Serv.	1000Base-TX	CAT.6	3------>RJ-45
IPTV Server1	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Switch Work	100Base-TX	CAT.5	1------>RJ-45
Switch Work	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Трансивер	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
IPTV Server2	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Core Router	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Internal Roter 6	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Internal Roter 1	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Access Switch 5.1	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
.....	.....	.....	.....
Access Switch 5.18	1000Base-LX	ОКЛБг	1------>SFP
IPTV Server2	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Core Router	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Internal Roter 5	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Internal Roter 7	10GBase-LR	ОКЛБг	4------>SFP
Access Switch 5.1	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Access Switch 5.1	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
.....	.....	.....	.....
Access Switch 5.18	1000Base-LX	ОКЛБг	1------>SFP
IPTV Server2	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Core Router	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
Internal Roter 5	1000Base-LX	ОКЛБг	4------>SFP
Internal Roter 7	10GBase-LR	ОКЛБг	4------>SFP
Access Switch 5.1	1000Base-TX	CAT.6	1------>RJ-45
.....	.....	.....	.....
Access Switch 5.16	1000Base-LX	ОКЛБг	1------>SFP
Internal Roter 5	1000Base-LX	ОКЛБг	1------>SFP
Абонент 1	100Base-TX	CAT.5	1------>RJ-45
.....	.....	.....	.....
Абонент 35	100Base-TX	CAT.5	1------>RJ-45

Спроектована функціональна схема приведена у додатку Г.

2.6 Волоконно-оптичні кабелі

Волоконно-оптичні роз’єми та кабелі присутні майже в кожному сучасному комунікаційному проекті. Загальне уявлення про волоконну оптику та різні доступні типи волокон і роз’ємів дозволить більш точно спроектувати телекомунікаційну мережу для приватного сектору.

Цифрові світлові сигнали – лазери всередині обладнання генерують світло, яке несуть волоконні кабелі.

Подібно до того, як мідні кабелі використовують імпульси електрики для передачі сигналів через копіювальний дріт, волоконно-оптичний кабель використовує імпульси світла. Для цифрового зв’язку ми передаємо в одиницях і нулях. Для міді різниця між одиницею і нулем є зміною або зміною електричного імпульсу в певному прийнятному діапазоні. Щоб це було дуже просто, наявність імпульсу в певний час дорівнює одиниці (1), а відсутність імпульсу — нулю (0). Цей же принцип використовується для волоконної оптики, тільки замість електричних імпульсів ми використовуємо імпульси світла. Лазерне джерело всередині апаратного забезпечення використовується для включення і вимкнення світла. Для волоконної оптики, знову ж таки, наявність світлового імпульсу в певний час дорівнює одиниці (1), а відсутність світлового імпульсу дорівнює нулю (0). Для більшого спрощення – світло ввімкнено = 1, світло вимкнено = 0.

Оптичний сердечник – скляна трубка (сердечник) поширює світлові сигнали через волоконний кабель.

Скло за своєю суттю відбиває і є ідеальним середовищем для транспортування світла. Через це волоконно-оптичні кабелі використовують скляну трубку (сердечник) у своєму центрі для транспортування світлових імпульсів, що генеруються лазерами. Ці світлові імпульси рухаються (поширюються) по скляній серцевині, відбиваючись від боків. За винятком оригінального лазера, транспортований сигнал не потребує жодної енергії, світло, що відбивається всередині серцевини, є тим, що переносить сигнал

через волоконний кабель. Сигнал слабшає, чим далі йде, і врешті-решт його потрібно буде відновити, але не раніше, ніж він пройде досить довгий шлях. Деякі волоконно-оптичні кабелі можуть передавати сигнали на 100 км або більше, перш ніж вони потребують регенерації.

Діаметри серцевини оптоволокна.

Центр волокна, або ядро, відіграє велику роль у якості та відстані, на яку може проходити сигнал по волокну. Розмір ядра є великим фактором у тому, як далеко буде поширюватися сигнал. Загалом, чим менше ядро, тим далі піде оптичний сигнал (світловий імпульс), перш ніж його потрібно буде регенерувати.

Стандартні розміри сердечника волокна:

- Розмір багатомодового волокна: 50 мкм і 62,5 мкм;
- Розмір ядра одномодового волокна: 8 – 9 мкм.

Рис. 2.3 демонструє багатомодове та одномодове поширення світла в оптичному кабелі.

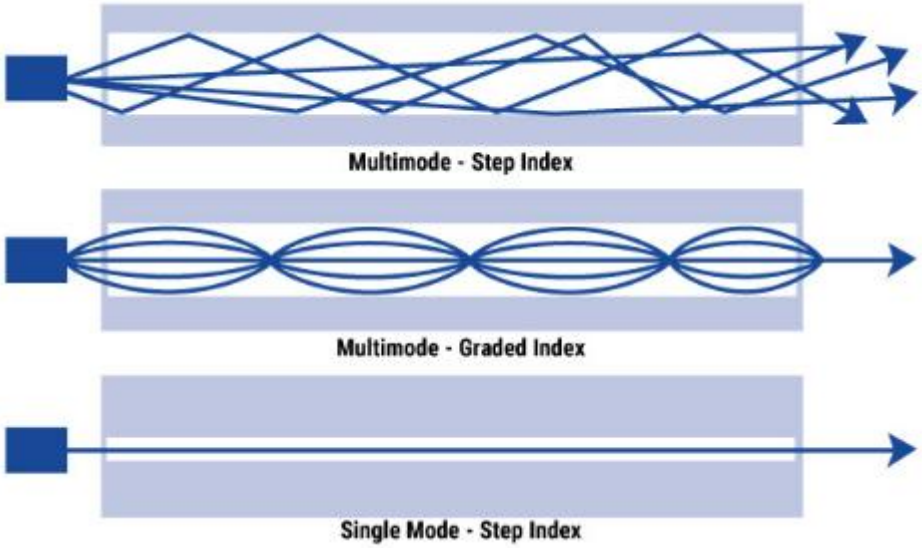

Рисунок 2.3 – Багатомодове та одномодове поширення світла

Загалом, одномодове (SM) волокно використовується для великих відстаней або потреб з більшою пропускною здатністю і використовує лазер з джерелом світла, тоді як багатомодове (MM) волокно використовує світлодіод

як джерело світла і використовується для додатків на короткі відстані або з меншою пропускною здатністю.

Довжина хвилі – світло, що проходить крізь ядро.

Як мідні кабелі мають різні радіочастоти, волоконний кабель передає різні частоти світла або довжин хвиль. Джерело світла визначає довжину хвилі. Лазери можна налаштувати на передачу певної довжини хвилі по серцевині волокна. І оскільки кожна довжина хвилі проходить по-різному в центрі волокна, деякі типи волокон краще підходять для деяких довжин хвиль [10].

Стандартні довжини хвилі волокна:

– Багатомодове волокно: 850 нм і 1300 нм;
– Одномодове волокно: 1310 нм і 1550 нм.

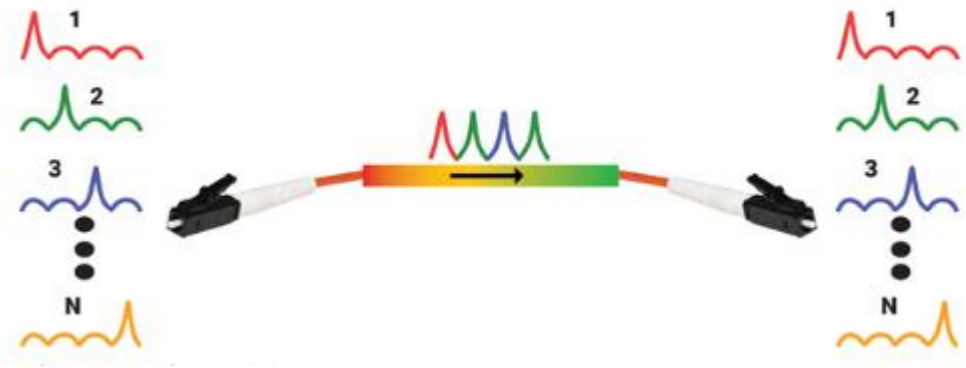

Рисунок 2.4 – Волоконно-оптичний кабель

У таблиці 2.3 проаналізовані найбільш розповсюджені стандарти оптичних волокон, а також приведено галузі застосування кожного стандарту.

Таблиця 2.3 – Розповсюджені стандарти оптичних волокон

Багатомодове волокно		Одномодове волокно		
MMF 50/125 градієнтне волокно	MMF 62,5/125 градієнтне волокно	SF (NDSF) ступінчате волокно	DSF волокно зі зміщеною дисперсією	NZDSF волокно з ненульовою зміщеною дисперсією
ЛВС (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	ЛВС (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	Протяжна мережа (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM), магістралі SDH)	Надпротяжні мережі, супермагістралі (SDH,ATM)	Надпротяжні мережі, супермагістралі (SDH,ATM), повністю оптичні мережі

SFP (Small Form-Factor Pluggable) — це різновид модуля, який зазвичай використовується для трафіку гігабіттернет за допомогою мідного або волоконно-оптичного кабелю. Оскільки SFP може працювати як з мідними, так і з волоконно-оптичними, це додає гнучкості для проектування мережі.

На рис. 2.5 показано зовнішній вигляд SFP модулів.

Рисунок 2.5 – SFP модулі

Типи модулів SFP.

1000BASE-T SFP може працювати з кабелями категорії 5 або 6 і може працювати довжиною до 90 – 100 метрів.

1000BASE-SX SFP може працювати з багатомодовим волоконно-оптичним кабелем і може працювати на каналах на відстані до 560 метрів.

1000BASE-LX/LH SFP може працювати як з одномодовими, так і з багатомодовими волоконно-оптичними кабелями. Ці SFP можуть працювати на відстані до 9000 метрів з одномодовими і 500 метрів з багатомодовими волоконно-оптичними кабелями.

1000BASE-EX SFP може працювати з одномодовим волоконно-оптичним кабелем і переносити трафік на великі відстані до 40 кілометрів. Між волокном і портом приймача необхідно використовувати аттенюатор на 5 дБ.

1000BASE-ZX SFP може працювати з одномодовим волоконно-оптичним кабелем і переносити трафік на великі відстані до 70 кілометрів. Між волокном і портом приймача необхідно використовувати аттенюатор на 10 дБ.

XFP — це різновид SFP, який підтримує 10 гігабітний трафік для вихідних каналів.

Усі спроектовані елементи телекомунікаційної мережі з’єднуються за допомогою одномодового оптичного кабелю 1000BASE-LX для забезпечення необхідної високої пропускної здатності, за винятком абонентів мережі, які будуть підключені витою парою 5 100BASE-TX до комутаторів рівня доступу.

Висновки до розділу 2

В даному розділі кваліфікаційної роботи виконані наступні завдання:

1) Проаналізовано існуючі та обрано топологію для мережі: транспортний рівень – кільцева топологія, рівень доступ – топологія зірка. Забезпечення резервування маршрутів для доступу до маршрутизатора ядра. Топологія була обрана виходячи з забезпечення надійності та економічності мережі.

2) Вибрана основна технологія побудови мережі - Ethernet:

- транспортний рівень (кільцевий) і зв'язок з маршрутизатором ядра - GbEthernet
- підключення вузлового маршрутизатора та комутаторів доступу - GbEthernet
- абонентський рівень - Fast Ethernet.

Технологія обрана виходячи з забезпечення економічних показників і значень трафіку.

3 АПАРАТНА КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ

3.1 Підбір обладнання рівнів ядра-розподілу-доступу для мережі

За розрахунками і технологіями, що розглянуті у попередніх розділах роботи обрано маршрутизатор типу ядра(Core Router).

Маршрутизатори Cisco серії 7600 (рис. 3.1) — це сімейство мережевих базових шасі, які забезпечують надійні та високопродуктивні функції IP/MPLS і призначені для використання у великих корпоративних мережах MAN/WAN, а також як прикордонний маршрутизатор у мережах постачальників послуг. Пристрої серії Cisco 7600 є модульними, їх можна оснастити різними платами розширення. Частково підходять плати розширення з платформи Cisco 6500.

Базовою платою шасі Cisco 7600 (як і 6500) є Supervisor Engine. Це модуль управління, він може бути реалізований як Supervisor 720 або Supervisor 32. Модуль Supervisor має модульну архітектуру, MSFC (Multilayer Switch Feature Card) відповідає за основні мережеві протоколи 2-го і 3-го рівнів, а також PFC (Policy Feature Card) - працює з таблицею MAC-адрес, пересилає пакети на IP і MPLS, обробляє QoS і ACL. У Supervisor також інтегрована карта Switch Fabric (720 в назві моделі і означає пропускну здатність Switch Fabric - 720 Гбіт/с).

Шасі Cisco 7600 може бути оснащено широким спектром додаткових інтерфейсних карт, які розширюють можливості відповідно до потреб, включаючи різні швидкості та інтерфейси передачі даних [12].

Рисунок 3.1 – Маршрутизатор Cisco серії 7600

За розрахунками і технологіями, що розглянуті у попередніх розділах роботи обрано пограничний маршрутизатор.

Таким параметрам відповідає маршрутизатор Cisco 7609 (рис. 3.2) [13].

Рисунок 3.2 – Маршрутизатор Cisco 7609

За розрахунками і технологіями, що розглянуті у попередніх розділах роботи обрано маршрутизатор рівня розподілу. Таким параметрам відповідає маршрутизатор той же Cisco 7609.

За розрахунками і технологіями, що розглянуті у попередніх розділах роботи обрано комутатор рівня доступу. Таким параметрам відповідає комутатор D-Link SWITCH 24-port DES-1226G 100Mbps, 2 Gbps (рис.3.3) [14].

Рисунок 3.3 – Комутатор D-Link SWITCH 24-port DES-1226G 100Mbps, 2 Gbps

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики D-Link SWITCH 24-port DES-1226G 100Mbps

Виробник	D-link
Вартість тис. грн	1000
Габарити, (Ш х В х Г)мм	440 x 140 x 44
Вес, kg	4
MAC-таблиця	2000
Пропускна спроможність	8 Гбит/с
Стекування	так
Інтерфейси	2 SFP, RJ-45, GE
	1 console, RJ-45
	24 RJ-45, FaE
Термін використання, років	5

3.2 Підбір обладнання для сервісу IPTV

IPTV streamer NetUP IPTV Combine 4x (рис. 3.4).

Рисунок 3.4 – IPTV streamer NetUP IPTV Combine 4x

Базова конфігурація IPTV Combine 4x:

1. Єдиний центр управління є інтегрованою функцією IPTV Combine 4x сервер і його можна безпосередньо завантажити звідти.

2. Усі приймачі IPTV в мережі можуть бути забезпечені оновленням програмного забезпечення з центрального сервера оновлення мікропрограми.

3. Різні теми екранного меню (скіни) можна створювати, редагувати та зберігати на IPTV сервер.

4. Оператори IPTV можуть прийняти рішення про переклад текстів OSD на будь-яку необхідну мову.

5. Доступний веб-інтерфейс для запуску, виходу та налаштування всіх IPTV Combine 4x послуг.

6. IPTV Combine 4x має 1 ТБ внутрішнього жорсткого диска для зберігання вміст VOD і VOD контенту [15].

Висновки до розділу 3

У даному розділі кваліфікаційної роботи було обрано необхідне обладнання для всіх рівнів і сегментів проектованої мережі.

За розрахунками і технологіями, що розглянуті у попередніх розділах роботи обрано:

1) маршрутизатор рівня ядра – Cisco 7600,

2) пограничний маршрутизатор – Cisco 7609,

3) комутатор рівня доступу – D-Link SWITCH 24-port DES-1226G 100Mbps, 2 Gbps,

4) обладнання для сервісу IPTV – NetUP IPTV Combine 4x.

4 МОДЕЛЬ СЕГМЕНТУ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРИВАТНОГО СЕКТОРУ М.СЕЛИДОВЕ В СЕРЕДОВИЩІ PACKET TRACER

4.1 Розподіл адресного простору та логічна структуризація мережі

Телекомунікаційна мережа була розбита на 6 сегментів (вузлів).

Адреси відповідних осередків будуть динамічно розподілятися сервером DHCP.

Адресація між маршрутизаторами ядра використовує адресні простори для організації двокомпонентних з'єднань мережі, що є глобальними маршрутами. Для адресації масиву необхідно використовувати 6 підвимірів для класу А з маскою /20 біт і 5 підрозділів для класу А з маскою /21 біт. Також необхідно вибрати адреси для серверів.

Вибрані адреси представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розподіл адресного простору для сегментів мережі

Назва пристроїв	Кількість	Мережа	Маска
Робочі станції	780	10.0.0.0	24
IP-телевізори	360	10.0.1.0	24

Для кожного маршрутизатора мережі необхідно провести налаштування інтерфейсів і таблиці маршрутизації. Тому для оцінки якісних характеристик мережі необхідно спочатку створити модель мережі - для цього у фірми Cisco існує програмний засіб - Packet Tracer 7.0. Модель мережі зображено на рис. 4.1.

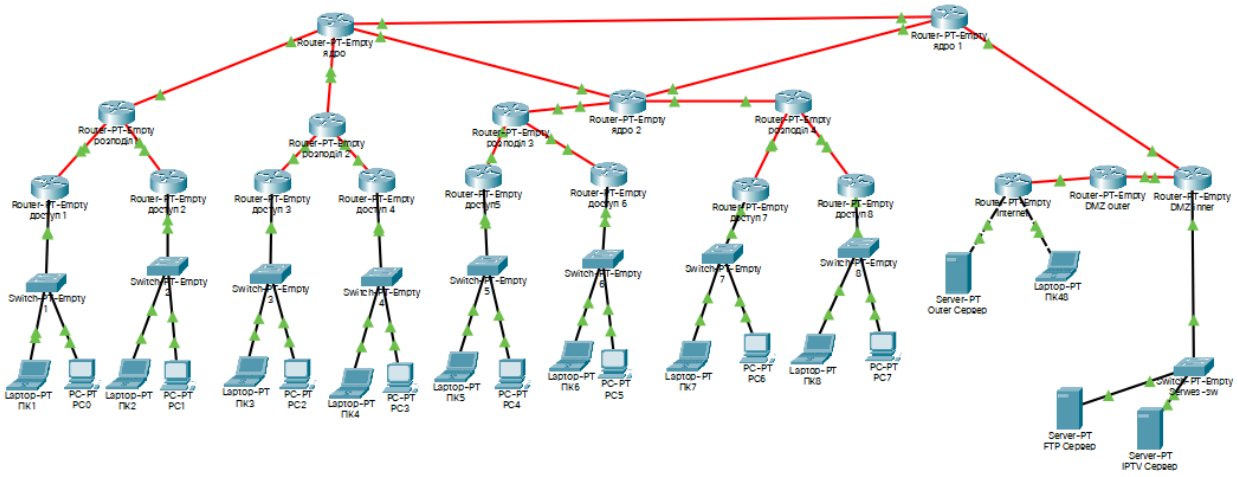

Рисунок 4.1 – Модель мережі в середовищі Packet Tracer

4.2 Моделювання сегменту мережі в середовищі Packet Tracer

Приклад конфігурації налаштування комутатора Switch1:

```
//входимо в режим конфігурування
Switch1>enable
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
//створюємо віртуальну під мережу для робочих станцій
Switch1(config)#vlan 101
Switch1(config-vlan)#name PC
Switch1(config-vlan)#exit
//створюємо віртуальну під мережу для IP-телефонів
Switch1(config)#vlan 102
Switch1(config-vlan)#name TEL
Switch1(config-vlan)#exit
//створюємо віртуальну підмережу для IP-телевізорів
Switch1(config)#vlan 103
Switch1(config-vlan)#name TV
Switch1(config-vlan)#exit
//створюємо віртуальну підмережу для системи відеоспостереження
Switch1(config)#vlan 201
Switch1(config-vlan)#name VN
Switch1(config-vlan)#exit
Switch1(config)#
//конфігуруємо інтерфейс в режимі trunk
Switch1 (config) #interface FastEthernet0/1
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport mode trunk
Switch1(config-if)#
  %LINEPR0T0-5-UPD0WN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to down
```

```
%LINEPR0T0-5-UPD0WN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to up
Switch!(config-if)#exit
//призначаемо фізичні інтерфейси до віртуальних підмереж
Switch1(config)#interface FastEthernet0/3
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 101
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/4
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 101
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/5
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 102
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/6
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if) #
Switch1(config-if)#switchport access vlan 102
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/7
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if) #
Switch1(config-if)#switchport access vlan 103
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/2
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 201
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/9
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 201
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#interface FastEthernet0/10
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#
Switch1(config-if)#switchport access vlan 201
Switch1(config-if)#exit
Switch1(config)#
```

Подібні налаштування були зроблені на перемикачі доступу Switch3. Наступним приєднанням, яке потрібно налаштувати, є комутатор розподілу Switch 0. На новому необхідно створити всі необхідні віртуальні середовища та перевести порт доступу цього ядра в режим магістралі:

```
Switch0#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch0(config)fvlan 101
Switch0(config-vlan)#name PC
Switch0(config-vlan)#exit
Switch0(config)fvlan 102
Switch0(config-vlan)#name TEL
Switch0(config-vlan)#exit
Switch0(config)fvlan 201
Switch0(config-vlan)#name VN
Switch0(config-vlan)#exit
Switch0(config)#
Switch0(config)#interface FastEthernet0/1
Switch0(config-if)#
Switch0(config-if)#switchport mode trunk
Switch0(config-if)#
   %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to down
   %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to up
Switch0(config-if)#exit
Switch0(config)#interface FastEthernet0/2
Switch0(config-if)#
Switch0(config-if)#switchport mode trunk
Switch0(config-if)#
Switch0(config-if)#exit
Switch0(config)#interface FastEthernet0/3
Switch0(config-if)#
Switch0(config-if)#switchport mode trunk
Switch0(config-if)#
```

Після налаштування портів розподільного маршрутизатора перейдемо до налаштування параметрів маршрутизатора 1. На цьому пристрої потрібно створити віртуальні підмережі, налаштувати сервер виділення адресного простору, визначити параметри NAT та організувати списки доступу.

Віртуальні мережі на комутаторі маршрутизатора Router1 і визначення режим порту:

```
Router1#vlan database
% Warning: It is recommended to configure VLAN from config mode,
   as VLAN database mode is being deprecated. Please consult user
   documentation for configuring VTP/VLAN in config mode.
Router1(vlan)#vlan 101 name PC
VLAN 101 modified:
   Name: PC
Router1(vlan)#vlan 102 name TEL
VLAN 102 modified:
   Name: TEL
Router1(vlan)#vlan 103 name TV
VLAN 103 modified:
   Name: TV
Router1(vlan)#vlan 201 name VN
VLAN 201 modified:
   Name: VN
Router1(vlan)#
Router1(vlan)#exit
APPLY completed.
Exiting....
Router1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router1(config)#interface FastEthernet0/3/3
Router1 (config-if)#
Router1 (config-if)#switchport mode trunk
Router1(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN:     Line protocol  on   Interface
     FastEthernet0/3/3 changed state to down
%LINEPROTO-5-UPDOWN:     Line protocol  on   Interface
     FastEthernet0/3/3 changed state to up
Router1(config-if)#exit
Router1 (config)#interface FastEthernet0/3/0
Router1(config-if)#
Router1 (config-if)#
Router1 (config-if)#switchport access vlan 102
Router1(config-if)#
Router1(config-if)#exit
Router1(config)#interface FastEthernet0/3/1
Router1 (config-if)#
Router1(config-if)#
Router1 (config-if)#switchport access vlan 103
Router1(config-if)#
Router1(config-if)#exit
Router1 (config)#interface FastEthernet0/3/2
Router1(config-if)#
Router1(config-if)#
Router1(config-if)#switchport access vlan 103
Router1(config-if)#
```

Фізичний інтерфейс, спрямований на Router0:

```
Router1(config)tinterface FastEthernet0/0
Router1(config-if)#no shutdown
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
Router1 (config-if)#ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
```

Віртуальні інтерфейси та їх IP-адреси:

```
Router1(config-if)#int vlan 101
Router1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan101, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan101, changed
state to up
Router1 (config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Router1(config-if)#int vlan 102
Router1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan102, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan102, changed
state to up
Router1 (config-if)#ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
Router1(config-if)#int vlan 103
Router1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan103, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan103, changed
state to up
Router1 (config-if)#ip address 10.0.2.1 255.255.254.0
Router1 (config-if)#int vlan 201
Router1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan201, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan201, changed
state to up
Router1 (config-if)#ip address 10.0.4.1 255.255.254.0
```

DHCP який буде роздаватися як в автоматичному, режимі так і вручну:

```
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.0.1  255.255.255.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.1.1  255.255.255.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.1.2  255.255.255.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.1.3  255.255.255.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.2.1  255.255.254.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.2.2  255.255.254.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.4.1  255.255.254.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.4.2  255.255.254.0
Router1(config)tip  dhcp  excluded-address  10.0.4.3  255.255.254.0
Router1(config)tip dhcp pool 101
Router1(dhcp-config)#network 10.0.0.0 255.255.255.0
Router1(dhcp-config)#def
Router1(dhcp-config)#default-router 10.0.0.1
Router1(dhcp-config)#ip dhcp pool 102
Router1(dhcp-config)#network 10.0.1.0 255.255.255.0
Router1(dhcp-config)#default-router 10.0.1.1
Router1(dhcp-config)#ip dhcp pool 103
Router1(dhcp-config)#network 10.0.2.0 255.255.254.0
Router1(dhcp-config)#default-router 10.0.2.1
Router1(dhcp-config)#ip dhcp pool 201
Router1(dhcp-config)#network 10.0.4.0 255.255.254.0
Router1(dhcp-config)#default-router 10.0.4.1
Router1(dhcp-config)#exit
```

Створення списків доступу. На маршрутизаторі списки доступу повинні бути налаштовані як наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Вимоги до списків доступу

Послуга	VLAN101	VLAN102	VLAN103	VLAN201
Інтернет	+	-	-	-
Відео за запитом та IP-телебачення	-	-	+	-

Налаштування прав доступу до мережі Інтернет за допомогою списків доступу:

```
Router1(config)#ip access-list standard 1
Router1 (config-std-nacl)#deny 10.0.2.0 0.0.1.255
Router1(config-std-nacl)#deny 10.0.1.0 0.0.0.255
Router1(config-std-nacl)#deny 10.0.4.0 0.0.1.255
Router1 (config-std-nacl)tpermit any
Router1(config-std-nacl)lex
Router1(config)#int fa0/0
Router1 (config-if)#ip access-group 1 out
```

Останнім налаштування розробленої моделі трансляції адрес на Router0 для доступу до Інтернету:

```
DMZ(config)#int f0/1
DMZ(config-if)#ip nat outside
DMZ(config-if)#int f0/0
DMZ(config-if)#ip nat inside
DMZ(config)#ip nat inside source static 10.0.0.0 5.5.5.0
```

Здійснення остаточної перевірки всіх налаштувань:

```
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 5.5.5.1
Pinging 5.5.5.1 with 32 bytes of data:
Reply from5.5.5.1:bytes=32 time=10ms    TTL=125
Reply from5.5.5.1:bytes=32    time=125ms TTL=12
Reply from5.5.5.1:bytes=32 time=79ms    TTL=125
Reply from5.5.5.1:bytes=32 time=9Cms    TTL=125
Ping statistics for 5.5.5.1:
   Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0(0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 10ms, Maximum = 125ms, Average =76ms
```

Висновки до розділу 4

В даному розділі випускної кваліфікаційної роботи було розроблено імітаційну модель спроектованої мережі. Середовищем побудови моделі виступило ПО від компанії Cisco – Packet Tracer.

Шляхом системних налаштувань відповідних віртуальних мереж, динамічної роздачі IP-адрес, доступу до серверів, накладення правил користування мережею згідно тарифних планів та категорій абонентів, виходу в мережу Інтернет було проведено комп’ютерне моделювання мережі, що дало змогу здійснити перевірку адекватності роботи мережі та модернізації в цілому.

ВИСНОВКИ

Метою випускної кваліфікаційної роботи було модернізувати наявну телекомунікаційну мережі для абонентів приватного сектору Інтернет-провайдера «АНТАРЕС», м. Селидове для забезпечення сучасними широкосмуговими послугами.

Перший розділ кваліфікаційної роботи присвячений аналізу проектуванню наступних тезисів:

1) У приватному секторі гостро стоїть задача модернізації телекомунікаційної мережі для інтернет-провайдера мультисервісних послуг «АНТАРЕС».

2) Був розрахований трафік створюваний окремими тарифними планами: Соціальний – 1,112 Мбіт/с, Загальний – 3,821 Мбіт/с, Загальний+– 4,734 Мбіт/с, Вільний – 2,709 Мбіт/с.

3) Був розрахований трафік, що виходить з мережі і він становить ≈ 2 Гбіт/ с.

4) Проведені розрахунки служать вихідними даними при проектуванні топології мережі та при виборі технологій.

В другому розділі кваліфікаційної роботи виконані наступні завдання:

1) Проаналізовано існуючі та обрано топологію для мережі: транспортний рівень – кільцева топологія, рівень доступ – топологія зірка. Забезпечення резервування маршрутів для доступу до маршрутизатора ядра. Топологія була обрана виходячи з забезпечення надійності та економічності мережі.

2) Вибрана основна технологія побудови мережі - Ethernet:

- транспортний рівень (кільцевий) і зв'язок з маршрутизатором ядра - GbEthernet
- підключення вузлового маршрутизатора та комутаторів доступу - GbEthernet
- абонентський рівень - Fast Ethernet.

Технологія обрана виходячи з забезпечення економічних показників і значень трафіку.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було обрано необхідне обладнання для всіх рівнів і сегментів проектованої мережі:

1) маршрутизатор рівня ядра – Cisco 7600,

2) пограничний маршрутизатор – Cisco 7609,

3) комутатор рівня доступу – D-Link SWITCH 24-port DES-1226G 100Mbps, 2 Gbps,

4) обладнання для сервісу IPTV – NetUP IPTV Combine 4x.

В четвертому розділі випускної кваліфікаційної роботи було розроблено імітаційну модель спроектованої мережі. Середовищем побудови моделі виступило ПО від компанії Cisco – Packet Tracer.

Шляхом системних налаштувань відповідних віртуальних мереж, динамічної роздачі IP-адрес, доступу до серверів, накладення правил користування мережею згідно тарифних планів та категорій абонентів, виходу в мережу Інтернет було проведено комп’ютерне моделювання мережі, що дало змогу здійснити перевірку адекватності роботи мережі та модернізації в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карта Селидово [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mistaua.com/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0/?setcity=1396 – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана

2. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування засобів та систем телекомунікаційних мереж» для студентів заочної форми навчання по спеціальності «Телекомунікаційні системи а мережі» / Укл.: доц. Дегтяренко І.В., ас. Ступак Г.В., ас. Прядко Л.О. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 58 с.

3. Wireless Topologies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.emerson.com/documents/automation/training-wireless-topologies-en-41144.pdf – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

4. What Is Network Topology? Best Guide to Types and Diagrams [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.dnsstuff.com/what-is-network-topology – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

5. 1GIGABIT 802.3AB -10GBASE (10GIGABIT) 802.3AN ETHERNET - CAT6 - CAT7 UTP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.firewall.cx/networking-topics/cabling-utp-fibre/1122-network-cabling-1000base-t-lx-sx-gigabit-10gbase-10gigabit-ethernet.html. – Назва з титул. екрана.

6. GPON Technology Tutorial [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.optcore.net/gpon-tutorial/ – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

7. SDH technology. Power communication equipment technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.tata-communications.com/sdh-technology.html – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

8. Fast Ethernet and Gigabit Ethernet – Difference [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.propatel.com/fast-ethernet-gigabit-ethernet/ – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

9. Fast Ethernet: 100 Base-TX, 100 Base-FX, 100 Base-T4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecomputernotes.com/computernetworkingnotes/communication-networks/fast-ethernet – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

10. Fiber Optic Cable Types [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rfindustries.com/fiber-optic-cable-types-multimode-and-single-mode/ – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

11. SFP (Small Form-Factor Pluggable) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://networkel.com/sfp-small-form-factor-pluggable/ – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

12. Маршрутизатор CISCO 7603-S [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://xn--h1aemkx.com.ua/marshrutizator-cisco-7603-s – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

13. CISCO7609-S (USED) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.router-switch.com/cisco7609-s-p-319.html – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

14. D-Link [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://store.unicentr.dp.ua/index.php?route=product/manufacturer/info&manufacturer_id=41 – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана.

15. NetUP IPTV Combine 4x & Amino AmiNET130M [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://silo.tips/queue/netup-iptv-combine-4x-amino-aminet130m?&queue_id=-1&v=1655394846&u=MTYwLjIzOC4xMjQuNzE= – Дата доступу: травень 2022. – Назва з титул. екрана

ДОДАТОК А

Розділ охорони праці та пожежна безпека під час монтажних робіт на підприємствах у галузі зв’язку

Розроблений на підставі Законів України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку» та «Про охорону навколишнього середовища, державних будівельних норм України ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», комплекс заходів забезпечує в даному проекті безпеку будівельно-монтажних робіт і подальшу експлуатацію обладнання комплексної системи.

До початку виробництва будівельних або монтажних робіт робочі майданчики повинні бути забезпечені питною водою, аптечками, засобами для надання першої медичної допомоги, телефонним зв'язком.

На робочих площах повинні бути організовані пожежні пости з протипожежними засобами.

Робочі майданчики повинні бути оснащені сучасною контрольно-вимірювальною апаратурою.

До робіт з монтажу обладнання та кабельних ліній зв'язку допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, навчені безпечним методам роботи і мають посвідчення про перевірку знань з охорони праці та електробезпеки.

Зазначені особи повинні пройти вступний інструктаж на робочому місці. У бригаді монтажників обов'язково повинне бути присутнім особа, що спостерігає за безпекою виконання робіт. такою особою бажано призначати старшого по бригаді.

До робіт не допускаються працівники, що знаходяться в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.

Виробництво робіт по монтажу обладнання і кабельних ліній зв'язку виробляти в суворій відповідності з нормативними документами:

- НПАОП 0.00-1.15-07 Правила охорони праці під час Виконання робіт на висоті;
- НПАОП 40.1-1.01-97 (ДНАОП 1.1.10-1.01-97) Правила безпечної ЕКСПЛУАТАЦІЇ електроустановок;
- НПАОП 0.00-1.04-07 Правила Вибори та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання;
- НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок;
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів;
- ДБН В.1.1-7 Пожежна безпека об`єктів будівництва;
- ГОСТ 12.1.030-81 Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення.

Основні рішення з промислової безпеки;

- "ССБП. Охорона праці и промислова безпека в будівництві. Основні положення "з урахуванням місцевих умов. Крім того, при розробці розділу використані нормативні документи:
- ГОСТ 12.1.002-84 «Електричні поля промислової частоти допустимі рівні напруженості і вимоги до проведення контролю на робочих місцях»;
- ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»;
- ДСТУ Б А.3.2-13: 2011 Системи стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD);
- ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення»;
- ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Обладнання прмислове. Загальні вимоги безпеки»;

- ГОСТ 12.2.007.0-75 * ССБТ. «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки»;
- ДСТУ IEC 60745-1: 2010 Інструмент ручний електромеханічний.

Безпека. Частина 1. Загальні вимоги;

- ГОСТ 12.3.032-84 * ССБТ «Роботи електромонтажні. Загальні вимоги безпеки»;
- ГОСТ 12.4.051-87 (СТ РЕВ 5803- 86) ССБТ. «Засоби індивідуального захисту органів слуху»;
- ГОСТ 464-79 «Заземлення для стаціонарних установок проводового зв'язку, радіорелейних станцій, радіотрансляційних вузлів проводового мовлення і антен систем колективного прийому телебачення. Норми опору»;
- ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;
- НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- НПАОП 64.2-1.07-96 (ДНАОП 5.2.30-1.07-96) «Правила безпеки при роботах на кабельних лініях зв'язку і проводового мовлення»;
- НПАОП 63.12-1.03-96. (ДНАОП 7.1.00-1.03-96) «Правила охорони праці при експлуатації баз, складів і сховищ, виконанні вантажо-розвантажувальних робіт на об'єктах оптової торгівлі».

Існуючі системи опалення та вентиляція повинні відповідати:

ДБН В.2.5-67 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Опалення, вентиляція і кондиціювання ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Блискавкозахист будівлі повинна відповідати ДСТУ Б В.2.5-38: 2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд »(IE C 62305: 2006, NEQ).

Влаштування заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Електробезпечність. Захисне заземлення. Занулення».

Розділ з охорони праці.

Повинні бути передбачені необхідні заходи і засоби для забезпечення безпеки і нормальних санітарних умов праці, як ри проведенні монтажних робіт, так і при експлуатації комплексної системи безпеки відповідно до нормативних документів:

- Закон України «Про охорону праці»;
- ДСТУ 7238: 2011 Системи стандартів безпеки праці. «Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація»;
- ДСТУ 7239: 2011 Системи стандартів безпеки праці. «Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація»;
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- НПАОП 63.12-1.03-96. (ДНАОП 7.1.00-1.03-96) «Правила охорони праці при експлуатації баз, складів і сховищ, виконанні вантажо-розвантажувальних робіт на об'єктах оптової торгівлі».
- НПАОП 64.2-1.07-96 (ДНАОП 5.2.30-1.07-96) «Правила безпеки при роботах на кабельних лініях зв'язку і проводового мовлення»;
- НПАОП 64.2-1.08-96 (ДНАОП 5.2.30-1.08-96) «Правила безпеки при роботах на телефонних і телеграфних станціях»;
- НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 40.1-1.07-01 (ДНАОП 1.1.10-1.07-01) «Правила експлуатації електрозахисних засобів»;
- ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила и норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Безпечне обслуговування проектованого обладнання забезпечується системою заходів, передбачених "Правилами улаштування електроустановок" ПУЕ-2009, ПТЕЕС "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів України".

Протипожежні заходи.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний дотримуватися встановленого протипожежного режиму на об'єкті, виконувати встановлені правила і інші нормативні акти з питань пожежної безпеки.

Кожен працівник у разі виявлення пожежі або запаху диму, гару, надмірного підвищення температури зобов'язаний негайно повідомити про це в пожежну охорону (при цьому назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище) і вжити заходів щодо його ліквідації та рятування людей і майна.

Основні вимоги щодо пожежної безпеки було встановлено відповідно до НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», НАПБ В.01.053-2016 / 520« Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку» і ДБН В.1.1-7 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Протипожежні системи, установки, устаткування будівель, споруд і приміщень (протидимний захист, пожежна автоматика, протипожежне водопостачання, протипожежні двері, клапани, інші захисні пристрої у протипожежних стінах і перекриттях і т.п.) повинні постійно утримуватися в справному стані.

Евакуація здійснюється по шляхах евакуації через евакуаційні виходи. Евакуаційні шляхи в межах приміщення повинні забезпечувати безпечну евакуацію людей через евакуаційні виходи з даного приміщення. Кількість і загальна ширина евакуаційних виходів з приміщень визначаються в залежності від максимально можливого числа евакуйованих через них людей і гранично допустимого відстані від найбільш віддаленого місця можливого перебування людей (робочого місця) до найближчого евакуаційного виходу.

Протидимний захист будівель повинна виконуватися відповідно з ДБН В.2.5-67. Система оповіщення про пожежу повинна виконуватися відповідно з ДБН В.1.1-7, ДБН 2.5-56-2014 і І 220-008-91.

Для прокладки кабелів зв'язку в приміщеннях слід застосовувати кабелі з негорючим покриттям, рекомендовані фірмами виробниками мережного обладнання.

У приміщеннях, де розташовується телекомунікаційне обладнання, дозволяється зберігати для виробничих потреб не більше 0,15 л бензину, 0,25 л ацетону і 1 л спирту в розрахунку на 100 куб. м об'єму приміщення.

Приміщення, де розташовано телекомунікаційне обладнання, повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння та протипожежним інвентарем відповідно до встановлених норм згідно НАПБ В.01.053-2016 / 520 "Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку". На стіні у вихідний двері приміщення повинен встановлюватися порошковий або вуглекислотний вогнегасник так, щоб відкривається двері не ускладнювала його використання.

ДОДАТОК Б

Сегменти й вузли проектованої мережі

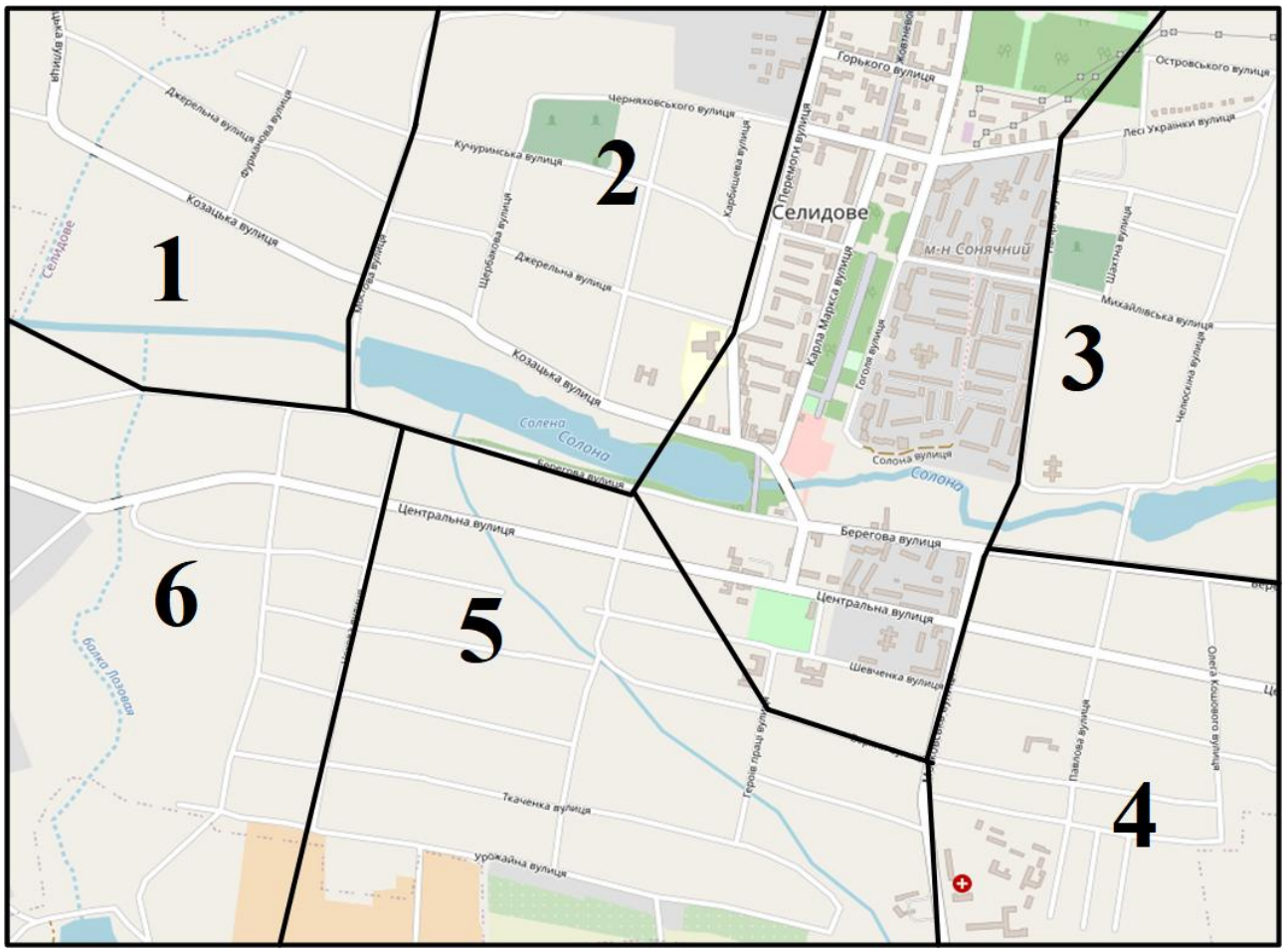

Рисунок Б.1 – Сегменти й вузли проектованої мережі

ДОДАТОК В
Структурна схема мережі

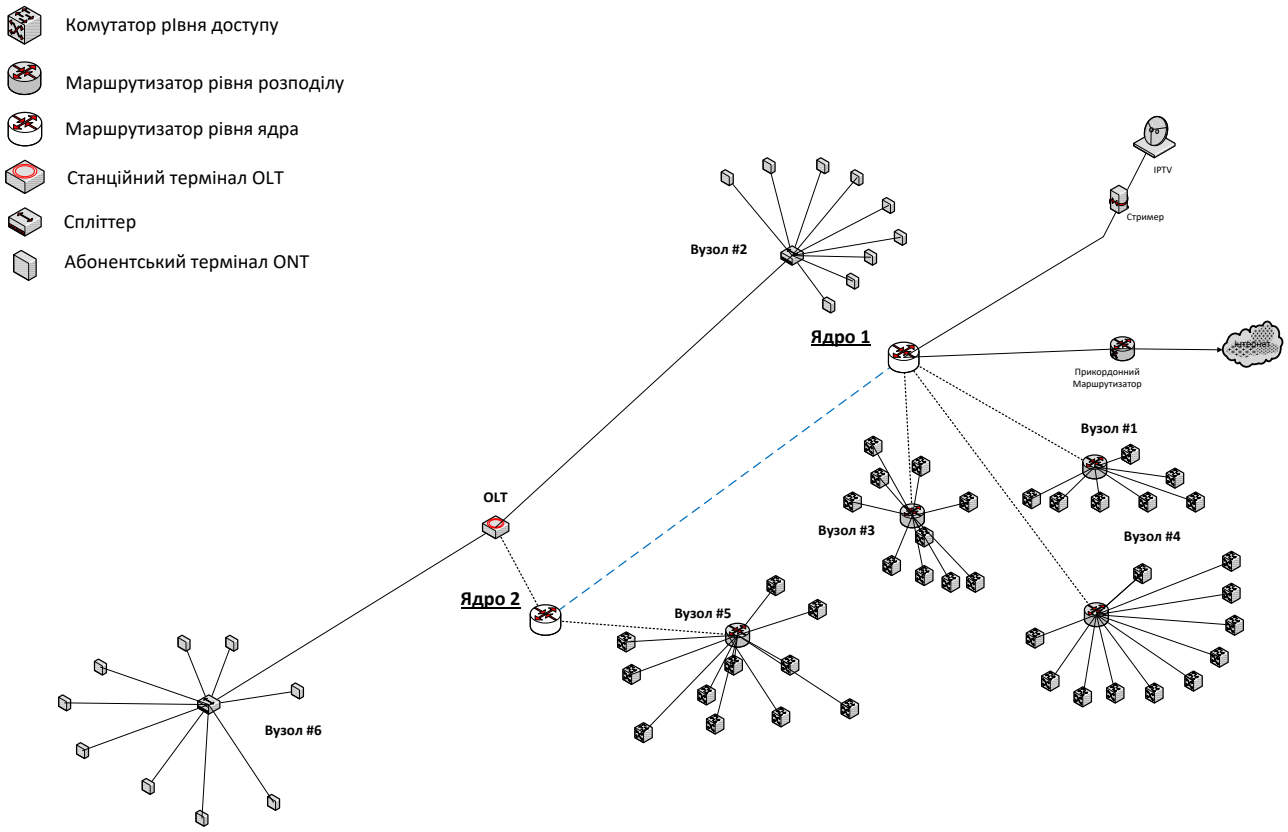

Рисунок В.1 – Структурна схема проектованої мережі

ДОДАТОК Г
Функціональна схема мережі

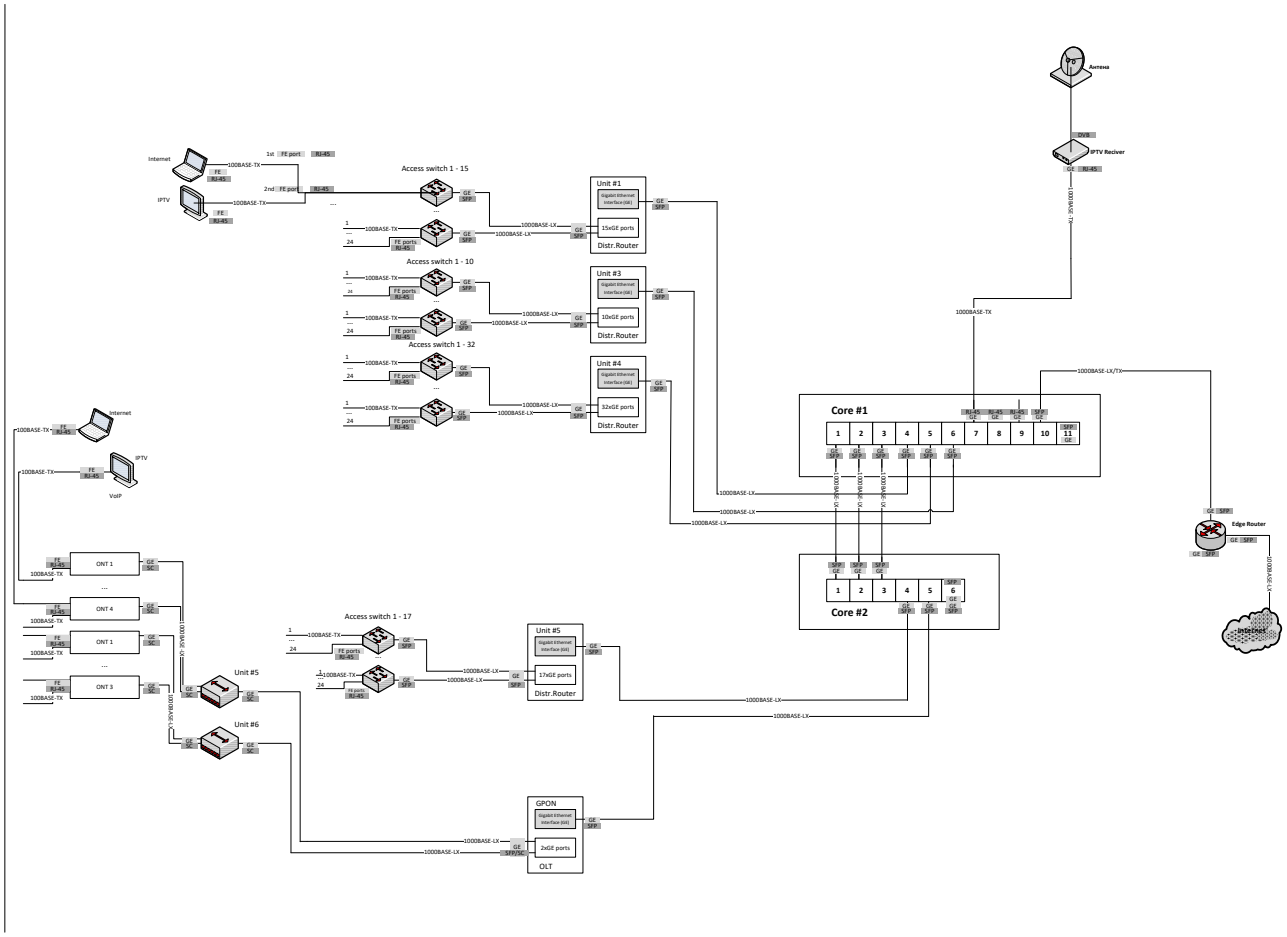

Рисунок Г.1 – Функціональна схема проектованої мережі