

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

«Затверджую»

Зав. кафедри теоретичної та
прикладної системотехніки

д.т.н., проф. С. І. Шматков


«___» _____ 2023 р

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра


на тему: «МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ОФІСНОЇ
БУДІВЛІ»

Захищено на засіданні
Атестаційної комісії № 42
протокол № __ від __.06.2023 р.
Оцінка ____ / ____
Голова Атестаційної комісії
_____ **СКОБ Ю. О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Виконав:
студент 4 курсу, групи КУ– 41
Галузь знань: 15 – Автоматизація та
приладобудування
Спеціальність: 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
ПЕТРУШЕНКО Даніїл Олександрович 

Керівник: к.т.н., доцент кафедри
теоретичної та прикладної
системотехніки

БИКОВА Тетяна Володимирівна 

Рецензент: к.т.н., доцент, в.о. зав.
кафедри теоретичної та прикладної
інформатики Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
МЕНЯЙЛОВ Євген Сергійович 

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 57 сторінок, із яких 41 сторінка основної частини з 24 рисунками, 1 таблицею, 15 найменуваннями списку використаних джерел та трьома додатками.

Предмет дослідження – модель локальної обчислювальної мережі, спеціально призначеної для офісної будівлі, її ефективність, пропускна здатність та доступність.

Завдання дипломної роботи – аналіз технологій мережевого з'єднання в офісній будівлі, їх переваг та недоліків. Розробка протоколу з'єднання між пристроями в мережі. Розробка методу моніторингу та діагностики мережі. Розробка моделі мережі та її віртуального прототипування.

Об'єктом дослідження є локальна обчислювальна мережа офісної будівлі.

Методи дослідження були використані наступні:

- Експериментальне дослідження роботи мережі та її протоколу з'єднання.
- Аналіз літератури та джерел інформації про технології мережевого з'єднання.
- Моделювання мережі та її елементів з використанням спеціалізованих програмних засобів.
- Вивчення проблем безпеки мережі та використання методів її захисту.
- Аналіз отриманих результатів та їх узагальнення.

Технічні та програмні засоби – середовище проектування комп'ютерних мереж Cisco Packet Tracer.

Дана робота може бути корисною для організацій, які мають власну офісну будівлю та використовують локальні обчислювальні мережі для забезпечення роботи своїх пристроїв та програм. Рекомендую також

враховувати можливість використання результатів дослідження для покращення безпеки та ефективності мережі, що може допомогти в уникненні можливих проблем, пов'язаних з її використанням.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єктів розроблення – подальший розвиток офісних будівель та зростання їх кількості. За останні кілька років спостерігається збільшення попиту на простори для офісів, що може призвести до збільшення кількості будівель цього типу.

Ключові слова: Cisco Packet Tracer, модель, мережа, розробка мережі, мережа офісної будівлі, реалізація проєкту, програмне забезпечення, підхід, апаратне забезпечення.

ABSTRACT

Explanatory note to the thesis "Model of the local computer network of the office building": 44 pages, 20 drawings, 1 tables, 14 used sources, two additions.

The method of the thesis is the development of a model of a local computer network of an office building in order to improve the efficiency and safety of its work.

The subject of the research is the study and development of a model of a local computer network, specially designed for an office building.

The task of the thesis is to analyze the existing network connection technologies in the office building and their advantages and disadvantages. Development of a connection protocol between devices in the network. Development of a network monitoring and diagnostics method. Development of network protection methods against external threats. Development of a network model and its virtual prototyping.

The object of the research is the local computing network of the office building.

The following research methods were used:

- Experimental study of network operation and its connection protocol.
- Analysis of literature and sources of information about existing network connection technologies.
- Modeling of the network and its elements using specialized software.
- Study of network security problems and the use of methods of its protection.
- Analysis of the obtained results and their generalization.

Technical and software tools - Cisco Packet Tracer computer network design environment.

This work can be useful for organizations that have their own office building and choose local computing networks to support their devices and applications. I also recommend getting the opportunity to use the research results to improve the

security and efficiency of the network, which can help in a one-time solution to possible problems related to its use.

Predictive assumptions regarding the development of development objects - the further development of office buildings and the increase in their number. Over the past few years, the demand for office space has increased, which can lead to an increase in the number of buildings of this type.

Keywords: Cisco Packet Tracer, model, network, network development, office building network, project implementation, software, approach, hardware.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ.	10
1.1 Аналіз методики проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель. Короткий зміст етапів проектування.	10
1.1.1 Аналіз методики проектування	10
1.1.2 Зміст етапів проектування.....	11
1.2 Актуальні проблеми побудови комп'ютерних мереж.....	15
1.2.1 Існуючі технології та інструменти для побудови та адміністрування мереж 15	
1.2.2 Проблема масштабування та її вирішення	16
1.2.3 Принципи захисту мереж від зловмисників та інших загроз.....	19
1.2.4 Сформульовані принципи захисту	19
1.2.5 Аналіз навантаженості мережі	20
1.3 Правила використання технології Fast Ethernet та Gigabit Ethernet	20
1.4 Постановка завдання проектування локальної обчислювальної мережі офісного приміщення.....	21
1.4.1 Огляд першого поверху.....	22
1.4.2 Огляд другого поверху.....	22
1.4.3 Огляд третього поверху	23
1.4.4 Огляд четвертого поверху.....	24
Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ.	26
2.1 Критерії ефективності локальної мережі.....	26
2.2 Вибір топології мережі	27
2.3 Теоретико – розрахункова частина. Розробка математичної моделі розрахунку показників локальної мережі.....	30
2.3.1 Розрахунок навантаження на мережу	30
2.3.2 Пропускна здатність мережі	30

2.4 Розробка структурної схеми моделі проектування конфігурації локальної мережі.....	30
Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЛОКАЛЬНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ	33
3.1 Логічна схема локальної мережі.....	33
3.1.2 Мережеве з'єднання кожного поверху	33
3.1.2 Підмережа першого поверху	34
3.1.3 Підмережі наступних поверхів.....	34
3.1.4 Загальна логічна схема локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.....	37
3.2 Фізична схема локальної мережі	39
3.3 Перевірка працездатності вибраної конфігурації та технічних характеристик мережі.....	39
Висновки до розділу 3	41
ВИСНОВОК.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТОК Б.....	44
ДОДАТОК В.....	47

ВСТУП

Офісні будівлі зазвичай мають багато поверхів та велику кількість працівників, що створює потребу в ефективному та безпечному забезпеченні мережевого зв'язку. Крім того, з розвитком технологій та збільшенням кількості підключених до мережі пристроїв, виникає необхідність в забезпеченні достатньої швидкості та стабільності мережі.

У зв'язку з цим, розробка моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі є дуже важливою задачею. Така модель може допомогти в забезпеченні ефективної та безпечної роботи мережі, зменшенні витрат на обслуговування та підтримку мережі, а також покращенні якості обслуговування користувачів.

Актуальність роботи. Тема "Модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі" є дуже актуальною в наш час, оскільки майже всі компанії та організації використовують комп'ютерні мережі для забезпечення своєї діяльності.

Локальна обчислювальна мережа офісної будівлі - це комп'ютерна мережа, яка об'єднує різні комп'ютери, пристрої та сервери в межах однієї офісної будівлі або приміщення.

Така мережа дозволяє користувачам обмінюватися інформацією, друкувати документи, спілкуватися між собою через електронну пошту та інші сервіси. Вона може включати в себе декілька сотень або навіть тисяч пристроїв, що забезпечує ефективне та швидке обслуговування користувачів.

Також локальна обчислювальна мережа може мати з'єднання з інтернетом, що дає можливість користувачам виходити в мережу Інтернет та отримувати доступ до зовнішніх ресурсів.

Загалом, локальна обчислювальна мережа офісної будівлі є важливим компонентом інфраструктури організації, яка забезпечує спільний доступ до ресурсів та даних, поліпшує продуктивність та знижує витрати.

Мета дослідження – це розробка мережі в офісній будівлі, яка забезпечує зручний та швидкий обмін даними між комп'ютерами, а також доступ до ресурсів мережі та забезпечує безпеку даних.

Завдання дослідження:

- Аналіз етапів планування локальної мережі
- Аналіз можливих варіантів реалізації локальної мережі

- Розробка структурної схеми моделі проектування конфігурацій локальної мережі.
- Розробка математичної моделі розрахунку характеристик локальної мережі.
- Визначення критерію ефективності та вибір варіанту побудови локальної мережі.
- Перевірочний розрахунок коректності локальних мереж за часовими параметрами.
- Програмна реалізація моделі розрахунку характеристик локальної мережі

Об'єктом дослідження є сама локальна мережа, яка буде розроблена для офісній будівлі. Дослідження повинно включати аналіз технічних вимог та характеристик мережі, розробку проекту мережі, встановлення та налаштування обладнання, тестування мережі та розробку документації.

Дослідження також включає аналіз існуючих технологій та протоколів мережевого зв'язку, включаючи стандарти Ethernet, Wi-Fi та інші протоколи. Також може бути досліджено питання безпеки мережі, включаючи захист від хакерських атак, злому паролів та інших загроз.

Отже, об'єктом дослідження є всі аспекти, пов'язані з розробкою та встановленням локальної мережі в офісній будівлі, включаючи аналіз вимог, проектування мережі, встановлення та налаштування обладнання, тестування та документацію.

Результатом дипломної роботи є функціонуюча мережа, яка була розроблена та налаштована на основі виконаного дослідження.

Розроблену мережу можна використовувати для забезпечення зв'язку між комп'ютерами та іншими пристроями в офісній будівлі. Завдяки мережі можна забезпечити спільний доступ до даних та ресурсів, обмінюватися інформацією, виконувати спільні проекти та завдання.

Також, залежно від потреб користувачів, до мережі можна підключати різні пристрої: принтери, сканери, факси, маршрутизатори, точки доступу до Інтернету, телефонні системи тощо. Це дозволить забезпечити ще більш комфортні умови для роботи в офісі.

Отже, розроблена модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі може бути використана для підвищення продуктивності та ефективності роботи компанії, зменшення часу, необхідного для вирішення завдань та спільного виконання проектів, а також для забезпечення більш комфортних умов роботи співробітників.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ.

1.1 Аналіз методики проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель. Короткий зміст етапів проектування.

Проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель є важливим етапом в розробці інформаційно-комунікаційних систем. Така мережа забезпечує передачу даних та обмін інформацією між різними пристроями в межах будівлі або невеликого територіального об'єкта.

1.1.1 Аналіз методики проектування

Аналіз методики проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель може включати наступні процеси:

- Визначення вимог: на початку процесу необхідно чітко визначити вимоги до локальної обчислювальної мережі. Це включає обсяг і типи даних, які будуть передаватися, кількість користувачів та пристроїв, швидкість передачі даних, безпеку мережі тощо.
- Аналіз топології: топологія визначає фізичну організацію мережі, зокрема розташування пристроїв та кабелів. Найпоширеніші топології включають зірку, шину, кільце та дерево. При аналізі топології слід враховувати фізичні обмеження приміщення та вимоги до масштабованості мережі.
- Вибір мережевого обладнання: на цьому етапі вибираються необхідні мережеві пристрої, такі як комутатори, маршрутизатори, медіаконвертори тощо. При виборі обладнання слід враховувати підтримку необхідних протоколів, швидкість передачі даних, безпеку та інші функціональні вимоги.
- Проектування мережевої інфраструктури: цей етап включає розробку плану розміщення мережевого обладнання, кабельних трас, розподілу адрес IP та налаштування мережевих пристроїв. Важливо забезпечити належну фізичну безпеку обладнання та ефективну організацію кабелів.

Аналіз методики проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель допомагає забезпечити ефективну та надійну роботу мережі, враховуючи вимоги користувачів та особливості будівельного середовища.

1.1.2 Зміст етапів проектування

Планування локальної мережі можна розбити на наступні етапи аналізу:

- I. Визначення потреб користувачів та вимог до мережі. На цьому етапі потрібно з'ясувати, які функції має виконувати мережа, який обсяг даних має обробляти, який максимальний трафік має передаватися, який рівень безпеки потрібно забезпечити, які пристрої будуть підключені тощо.
- II. Проектування мережі. На цьому етапі потрібно розробити схему мережі, вибрати необхідне обладнання, визначити параметри кабелів та мережевих пристроїв, розмістити обладнання в приміщенні, розробити план забезпечення електроживлення та охолодження обладнання.
- III. Встановлення мережі. На цьому етапі потрібно встановити кабелі та мережеві пристрої, налаштувати мережеві параметри, забезпечити безпеку мережі та перевірити її працездатність.
- IV. Налаштування мережі. На цьому етапі потрібно налаштувати роботу мережевих пристроїв, встановити необхідне програмне забезпечення на комп'ютерах та інших пристроях, налаштувати спільний доступ до ресурсів мережі, налаштувати систему безпеки та моніторингу мережі.

Перший етап планування локальної мережі передбачає проведення досліджень, необхідних для того, щоб зрозуміти потреби офісної будівлі, визначити вимоги до мережі, оцінити обсяги трафіку, визначити кількість користувачів та інше. Основні кроки цього етапу включають наступне:

1. Аналіз потреб офісної будівлі: Включає вивчення розміщення офісу, розміру будівлі та кількості користувачів, а також виділення основних потреб користувачів.
2. Визначення вимог до мережі: Включає визначення потреб у пропускній здатності, швидкості передачі даних, надійності мережі, безпеці, доступності інтернету та ін.
3. Оцінка обсягу трафіку: Включає визначення мережевого трафіку, що генерується користувачами, а також вимог щодо пропускної здатності мережі.
4. Визначення кількості користувачів: Включає визначення кількості користувачів, що працюватимуть в офісі, а також типу роботи, яку вони виконують.
5. Визначення потреб у ресурсах: Включає визначення потреб у мережевому обладнанні, програмному забезпеченні, кабельному з'єднанні та інших ресурсах.

В результаті аналізу цих питань можна скласти вимоги до мережі, які будуть враховуватися наступними етапами планування локальної мережі.

Під час цього етапу проводять попередній аналіз потреб користувачів, збирають інформацію про технічні характеристики комп'ютерів, серверів, мережевого обладнання, програмного забезпечення, що буде використовуватися в мережі, та інше.

Також визначаються вимоги до мережі щодо ємності, швидкості передачі даних, стійкості до збоїв, захисту від несанкціонованого доступу і вірусів, інші вимоги, необхідні для виконання завдань користувачів та бізнес-процесів.

Другий етап планування локальної мережі - проектування мережі - передбачає розробку детального проекту мережі, з урахуванням всіх вимог, зібраних на попередньому етапі.

Для ефективного проектування мережі необхідно визначити топологію мережі, вибрати необхідне мережеве обладнання та програмне забезпечення, а також планувати мережеві адреси.

Однією з найважливіших задач на етапі проектування є визначення топології мережі. Топологія мережі визначає спосіб, яким комп'ютери та інші пристрої підключаються до мережі та взаємодіють між собою. Найбільш поширеними топологіями є зірка, дерево, лінія та кільце.

Вибір мережевого обладнання також є ключовим на етапі проектування мережі. Для ефективної роботи мережі необхідно вибрати обладнання, яке відповідає потребам користувачів та має достатні ресурси для підтримки необхідної мережевої технології.

Планування мережевих адрес також є важливим етапом проектування мережі. Кожен пристрій в мережі повинен мати унікальну IP-адресу для забезпечення правильної передачі даних. При проектуванні мережі важливо розробити систему адресації, яка забезпечує ефективну адресацію пристроїв в мережі.

На етапі 2 необхідно розглянути архітектуру мережі та визначити необхідне обладнання для реалізації мережі. При цьому слід враховувати кількість пристроїв, що будуть підключатись до мережі, а також їхні функціональні вимоги.

Спочатку слід визначити тип мережі - провідну (LAN) чи бездротову (WLAN). Для провідної мережі необхідно встановити мережеві кабелі, комутатори, маршрутизатори та інші необхідні пристрої. Для бездротової мережі необхідно встановити точки доступу (access points), що забезпечують бездротовий зв'язок між пристроями та роутер, що забезпечує підключення до Інтернету.

Крім того, необхідно визначити кількість портів на комутаторах та маршрутизаторах, щоб забезпечити достатню кількість портів для всіх підключених пристроїв. Також варто враховувати можливість розширення мережі в майбутньому.

Для планування архітектури мережі було вирішено використати Cisco Packet Tracer. Це крос-платформенний інструмент візуального моделювання, розроблений компанією Cisco Systems, що дозволяє користувачам створювати мережеві топології та імітувати сучасні комп'ютерні мережі. Програмне забезпечення дозволяє користувачам імітувати конфігурацію маршрутизаторів і комутаторів Cisco за допомогою імітаційного інтерфейсу командного рядка. Packet Tracer використовує користувацький інтерфейс drag-and-drop, що дозволяє користувачам додавати та видаляти модельовані мережеві пристрої, як вони вважають за потрібне. Програма спрямована переважно на сертифікованих студентів Cisco Network Associate Academy як навчальний інструмент, який допомагає їм вивчати фундаментальні концепції CCNA.

Усі ці задачі потребують детального планування та врахування вимог, зібраних на попередньому етапі. Результатом другого етапу буде детальний проект мережі, який міститиме відомості про детальний план мережі, включаючи розташування пристроїв, типи з'єднань між ними, кількість портів на комутаторах та маршрутизаторах, параметри бездротової мережі та інші деталі.

Етап встановлення мережі є одним з найважливіших етапів планування локальної мережі. На цьому етапі розглядається встановлення кабелів та мережевих пристроїв.

На цьому етапі виконується встановлення кабелів та мережевих пристроїв. При встановленні кабелів потрібно врахувати вимоги до довжини кабелю, типу кабелю, його електричних параметрів, а також розташування мережевих пристроїв. Мережеві пристрої (комутатори, маршрутизатори, медіаконвертери тощо) потрібно встановлювати відповідно до попередньо розробленої схеми мережі.

Підсумовуючи, етап встановлення мережі є важливим етапом планування локальної мережі, який включає в себе встановлення кабелів та мережевих пристроїв, налаштування мережевих параметрів, забезпечення безпеки мережі та перевірку її працездатності. Важливо виконати всі ці кроки уважно та з урахуванням вимог до локальної мережі, щоб забезпечити надійну та безпечну роботу мережі.

Четвертий етап планування локальної мережі офісної будівлі - це етап реалізації проекту. На цьому етапі проектувальники здійснюють реалізацію попередньо розробленої і погодженої мережі, встановлюють всі необхідні компоненти та програмне забезпечення.

На цьому етапі виконується встановлення необхідного програмного забезпечення на комп'ютерах та інших пристроях. Встановлюються операційні системи, програмне забезпечення для мережевої безпеки, програми для забезпечення моніторингу мережі та інші необхідні програми.

Далі виконується налаштування спільного доступу до ресурсів мережі. Налаштування спільного доступу до ресурсів мережі дозволяє користувачам мережі спільно використовувати файли, друкуючі пристрої, бази даних та інші ресурси. Це може бути налаштовано через сервер файлів, друкуючого сервера та інші спеціальні рішення.

Також на цьому етапі проводять навчання користувачів роботі з мережею та програмним забезпеченням, документують процеси налаштування та зберігання даних.

На цьому етапі також налаштовуються системи захисту мережі від несанкціонованого доступу, вірусів та інших загроз. Також на цьому етапі встановлюються засоби моніторингу мережі, що дозволяють виявляти проблеми мережі та забезпечити її безперебійну роботу.

Після успішної реалізації проекту на цьому етапі проектувальники повинні забезпечити підтримку мережі та налагодження її роботи, а також забезпечити відповідність мережі стандартам та вимогам безпеки.

Для успішного завершення налаштування мережі необхідно виконати наступні кроки:

- Налаштування доступу до Інтернету: цей крок полягає в налаштуванні маршрутизатора, щоб він зміг з'єднатися з провайдером Інтернет-послуг.
- Налаштування IP-адрес та DNS: кожному комп'ютеру в мережі необхідно надати унікальну IP-адресу. Також потрібно налаштувати DNS-сервер для перекладу доменних імен на IP-адреси.
- Налаштування файрволу: файрвол - це програмне забезпечення або апаратний засіб, який забезпечує безпеку мережі, контролюючи рух пакетів даних. Налаштування файрволу дозволяє забезпечити безпеку мережі та захистити її від несанкціонованого доступу.
- Налаштування доступу до мережевих ресурсів: на цьому етапі налаштовуються права доступу до різних мережевих ресурсів, таких як файли та директорії, друкуючі пристрої, бази даних тощо.

- Документування: на цьому етапі необхідно документувати всі налаштування, які були виконані. Це дозволить забезпечити ефективну підтримку та розвиток мережі в майбутньому.
- Після успішного завершення цього етапу, **ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА** офісної будівлі буде повністю налаштована та готова до використання.

1.2 Актуальні проблеми побудови комп'ютерних мереж

Коли справа доходить до побудови комп'ютерних мереж, існує кілька існуючих методів, які зазвичай використовуються. Одним із найбільш традиційних методів є використання ієрархічної архітектури мережі, яка базується на еталонній моделі, що називається моделлю взаємодії відкритих систем (OSI) [1]. Цей метод включає в себе поділ мережі на різні рівні, кожен із яких виконує свою особливу функцію, і все ще широко використовується сьогодні. Однак цей метод має деякі обмеження, такі як негнучкість і складність масштабування [2].

Ще один метод, який набув популярності в останні роки, — хмарні мережі, які включають використання технологій хмарних обчислень для побудови та керування мережами. Цей метод базується на ідеї забезпечення зручного мережевого доступу до загального пулу обчислювальних ресурсів [3]. Хмарна мережа пропонує кілька переваг, таких як масштабованість, гнучкість і економічна ефективність, але вона також має деякі недоліки, такі як проблеми безпеки та потенційні проблеми з продуктивністю [4].

Програмно-визначена мережа (SDN) є відносно новим методом побудови комп'ютерних мереж, який привернув значну увагу в останні роки [5]. Цей метод передбачає відокремлення площини керування мережею від її площини даних, що забезпечує більш централізоване та програмоване керування мережею [6]. SDN пропонує кілька переваг, таких як підвищена гнучкість і масштабованість, але вона також має деякі проблеми, такі як потреба в спеціальних навичках і потенційні ризики безпеки [7][8]. Незважаючи на ці проблеми, SDN стає все більш популярним і, як очікується, відіграватиме значну роль у майбутньому комп'ютерних мереж.

1.2.1 Існуючі технології та інструменти для побудови та адміністрування мереж

Існує безліч технологій та інструментів для побудови та адміністрування комп'ютерних мереж. Нижче розглянемо деякі з них:

- Cisco Networking Academy: це програма, розроблена компанією Cisco, що дозволяє здобути практичні знання з побудови та адміністрування мереж. Програма пропонує онлайн-курси з побудови мереж, налаштування

маршрутизаторів та комутаторів, а також курси з кібербезпеки та мережевого проектування.

- Wireshark: це безкоштовний інструмент для аналізу мережевого трафіку. Він дозволяє переглядати та аналізувати пакети, що проходять через мережу, та визначати проблеми з її роботою.

- Microsoft Azure: це хмарна платформа від Microsoft, яка дозволяє побудувати та керувати мережами в хмарі. Вона має вбудовані інструменти для моніторингу та керування мережами, а також можливість налаштування віртуальних приватних мереж.

- Docker: це інструмент для контейнеризації додатків, який дозволяє запускати та керувати додатками в різних середовищах. Цей інструмент може бути використаний для побудови та керування мережевими додатками.

- Nagios: це безкоштовний інструмент для моніторингу мереж та серверів. Він дозволяє контролювати різні параметри мережі, такі як доступність серверів, використання ресурсів та швидкість передачі даних.

Оглядаючи існуючі технології та інструменти, можна знайти оптимальний варіант для побудови та адміністрування мережі з урахуванням конкретних потреб користувачів.

1.2.2 Проблема масштабування та її вирішення

Однією з ключових проблем побудови комп'ютерних мереж є масштабування. Мережі повинні бути здатні розширюватися для забезпечення зростаючих потреб користувачів та підтримки нових функціональних вимог. Далі будуть описані найефективніші методи масштабування, які наразі використовуються у більшості сучасних комп'ютерних мережах.

Горизонтальне та вертикальне масштабування - це два основних методи масштабування комп'ютерних мереж.

Вертикальне масштабування означає збільшення потужності обладнання, що використовується в мережі. Це може бути досягнуто шляхом додавання нових процесорів, пам'яті, жорстких дисків або інших компонентів до існуючих серверів. Якщо ресурси на сервері вичерпані, його можна замінити більш потужним. Вертикальне масштабування є дорожчим за горизонтальне, оскільки нове обладнання зазвичай дорожче, ніж просто додавання нових серверів.

Горизонтальне масштабування передбачає збільшення кількості серверів у мережі. Це може бути досягнуто шляхом додавання нових серверів або машин до мережі, які можуть виконувати різні функції. Горизонтальне масштабування зазвичай дешевше за вертикальне, оскільки можна

використовувати більш дешеві компоненти, а також через те, що можна використовувати віртуалізацію та контейнеризацію для ефективнішого використання ресурсів сервера.

Кожен з цих методів масштабування має свої переваги та недоліки, і вибір методу залежить від конкретних потреб мережі та обмежень бюджету.

Віртуалізація - це технологія, яка дозволяє запускати багато віртуальних комп'ютерів на одному фізичному сервері. Вона є ключовою технологією для будь-якої інфраструктури, що масштабується. Завдяки віртуалізації можна ефективно використовувати ресурси серверів, зменшити кількість фізичних серверів та спростити процеси адміністрування.

У контексті побудови комп'ютерних мереж віртуалізація може бути використана для створення віртуальних мереж з окремими віртуальними машинами, що запускаються на різних серверах. Це забезпечує більшу гнучкість в плані розгортання та управління мережами, що масштабуються.

Однією з основних переваг віртуалізації є можливість відокремлення ресурсів, що забезпечує високу рівень ізоляції та безпеки. Крім того, віртуалізація дає можливість швидко створювати та розгортати нові віртуальні машини, що робить процес розширення мережі більш простим та ефективним.

Проте, віртуалізація має свої недоліки. Вона може вплинути на продуктивність, особливо якщо використовуються віртуальні машини з високими вимогами до ресурсів. Також, віртуалізація потребує великої кількості ресурсів на господарському сервері, що може збільшити вартість побудови та управління мережами.

Кластеризація - це технологія, що дозволяє об'єднувати декілька комп'ютерів в єдину систему, яка працює як один цілий. Кожен комп'ютер у кластері називається вузлом і має свою власну пам'ять та процесор. Управління вузлами здійснюється з центрального вузла, який координує роботу всієї системи.

Кластеризація дозволяє покращити продуктивність системи, забезпечити надійність та зменшити вартість. Завдяки розподіленому обчисленню та резервному копіюванню даних на кількох вузлах, кластери дозволяють збільшити швидкість обробки інформації та забезпечити безперебійну роботу системи.

Хмарні технології дозволяють користувачам використовувати обчислювальні ресурси з розподіленої мережі серверів, що дозволяє підвищити масштабільність та забезпечити високу доступність.

Хмарні технології - це технології, що дозволяють користувачам отримувати доступ до обчислювальних ресурсів, програмного забезпечення та сервісів через Інтернет. За допомогою хмарних технологій можна зберігати та обробляти дані, виконувати різні обчислювальні процеси, а також розгортати та керувати інфраструктурою.

Однією з найбільш важливих переваг хмарних технологій є їх масштабованість та гнучкість. За потреби можна легко збільшувати або зменшувати кількість ресурсів, що використовуються, тим самим забезпечуючи оптимальне використання обчислювальної потужності. Крім того, за допомогою хмарних технологій можна забезпечити високу доступність та надійність системи, а також захист від зламів та крадіжок даних.

За допомогою хмарних технологій можна створювати та розгортати різноманітні додатки, віртуальні машини, веб-сайти та інші ресурси, що використовуються в Інтернеті. Крім того, хмарні технології дозволяють економити на обладнанні та інфраструктурі, оскільки вони забезпечують доступ до обчислювальних ресурсів в режимі "віддаленого доступу".

Протоколи маршрутизації є важливою складовою будь-якої комп'ютерної мережі. Вони використовуються для визначення найкоротшого шляху між вузлами мережі та передачі даних від одного вузла до іншого. Деякі з найпоширеніших протоколів маршрутизації включають:

- OSPF (Open Shortest Path First) - цей протокол маршрутизації використовується для маршрутизації в мережах IP. Він визначає найкоротший шлях між джерелом та призначенням, використовуючи метрики, такі як пропускна здатність та вартість маршруту.

- BGP (Border Gateway Protocol) - цей протокол маршрутизації використовується для маршрутизації між різними автономними системами (AS). Він дозволяє визначати найкоротший шлях між AS та встановлювати маршрути між ними.

- RIP (Routing Information Protocol) - цей протокол маршрутизації використовується для маршрутизації в невеликих мережах. Він використовує відстань як метрику та може підтримувати до 15 маршрутів.

- EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) - цей протокол маршрутизації використовується для маршрутизації в мережах IP. Він використовує кілька метрик, таких як пропускна здатність та затримка, для визначення найкоротшого шляху між джерелом та призначенням.

1.2.3 Принципи захисту мереж від зловмисників та інших загроз

Захист комп'ютерних мереж від зловмисників та інших загроз є критично важливим аспектом сучасної комп'ютерної техніки. Існують фундаментальні принципи, які повинні бути реалізовані для забезпечення безпеки комп'ютерних мереж. Одним із таких принципів є впровадження надійних політик паролів і процедур аутентифікації. Це передбачає встановлення надійних паролів, які важко вгадати, і впровадження багатофакторної аутентифікації, щоб гарантувати, що лише авторизовані користувачі можуть отримати доступ до мережі [9]. Впроваджуючи ці заходи, ризик несанкціонованого доступу до мережі значно знижується, а мережа стає краще захищеною.

Регулярне оновлення та виправлення програмного та апаратного забезпечення є ще одним важливим принципом захисту комп'ютерних мереж. Це передбачає підтримку всього програмного та апаратного забезпечення в актуальному стані за допомогою останніх виправлень безпеки та оновлень, щоб гарантувати оперативне усунення будь-яких вразливостей [10]. Відмова від оновлення та виправлення програмного та апаратного забезпечення може зробити мережу відкритою для атак зловмисників та інших зловмисників. Завдяки регулярному оновленню та виправленню програмного та апаратного забезпечення мережа краще захищена від відомих вразливостей і загроз.

Проведення регулярних перевірок безпеки та оцінки ризиків також є важливими для захисту комп'ютерних мереж. Це включає в себе регулярний перегляд заходів безпеки на місці та виявлення будь-яких потенційних вразливостей або слабких місць у мережі [11]. Проводячи регулярні аудити безпеки та оцінки ризиків, організації можуть проактивно виявляти потенційні загрози безпеці та вживати заходів для їх пом'якшення, перш ніж їх можна буде використовувати [12]. Відмова від проведення регулярних перевірок безпеки та оцінки ризиків може зробити мережу вразливою до атак та інших загроз безпеці [13]. Дотримуючись цих фундаментальних принципів, організації можуть краще захистити свої комп'ютерні мережі від зловмисників та інших загроз і забезпечити безпеку своїх даних і систем.

1.2.4 Сформульовані принципи захисту

Нижче зазначені загальні рекомендації, яких потрібно притримуватись при побудові та налаштуванні комп'ютерної мережі:

- Аутентифікація і авторизація: Користувачі повинні проходити процедуру аутентифікації для входу в мережу, і їхні дії повинні бути авторизовані на основі рівня доступу.
- Шифрування даних: Шифрування може бути застосовано для захисту конфіденційної інформації в мережі від несанкціонованого доступу.

- Встановлення мережевої політики: Мережева політика повинна бути встановлена для контролю доступу до мережі, а також для визначення правил використання мережевих ресурсів.
- Захист від вірусів і шкідливих програм: Мережа повинна бути захищена від вірусів і шкідливих програм, що можуть вбудовуватися в мережу через інтернет, електронну пошту або зовнішні носії даних.
- Система виявлення інтрузій: Система виявлення інтрузій повинна бути встановлена, щоб виявляти будь-які ненормальні активності в мережі, які можуть вказувати на потенційну загрозу.
- Захист від DoS атак: Захист від атак DoS (атак, що спрямовані на перевантаження мережі або окремих комп'ютерів) повинен бути встановлений, щоб запобігти перериванням роботи мережі.
- Резервне копіювання і відновлення: Резервне копіювання даних в мережі повинно бути встановлено, щоб запобігти втраті даних в разі виникнення проблем.
- Навчання користувачів: Навчання повинно включати основні принципи безпеки мережі, які включають в себе створення надійних паролів, уникнення підозрілих електронних листів та посилянь, використання антивірусного програмного забезпечення та відмова від відкритих мереж Wi-Fi. Крім того, користувачі повинні знати про найновіші загрози та техніки атак, щоб бути готовими до них.

1.2.5 Аналіз навантаженості мережі

Аналіз навантаженості системи - це процес вимірювання та оцінки продуктивності та ефективності системи в умовах збільшення обсягу роботи, зростання кількості користувачів або інших факторів, що можуть вплинути на її функціонування. Цей аналіз може допомогти виявити проблеми та відшукати методи їх вирішення. Цей етап є дуже важливою задачею при побудові комп'ютерної мережі.

1.3 Правила використання технології Fast Ethernet та Gigabit Ethernet

Технології Fast Ethernet та Gigabit Ethernet є стандартами передачі даних у локальних обчислювальних мережах. Основні правила використання цих технологій описані нижче:

Fast Ethernet:

- Швидкість передачі даних: Fast Ethernet забезпечує швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с. Використовується для підключення комп'ютерів, принтерів, комутаторів та інших пристроїв у локальній мережі.

- Кабельна інфраструктура: Fast Ethernet використовує виту пару кабелю типу Category 5 (CAT5) або Category 5e (CAT5e) для передачі даних. Кабель повинен бути належно укладений та забезпечувати надійне з'єднання між пристроями.

Топологія: Fast Ethernet підтримує різні топології, включаючи зірку, шину та дерево. Найпоширеніша топологія - зірка, де всі пристрої підключені до центрального комутатора.

Протоколи: Fast Ethernet використовує протоколи, такі як Ethernet, TCP/IP, UDP та інші для передачі даних у мережі. Для ефективної роботи можуть використовуватися комутатори, які дозволяють розділяти мережу на різні сегменти.

Gigabit Ethernet:

- Швидкість передачі даних: Gigabit Ethernet забезпечує швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с, що є вдесятеро швидше, ніж Fast Ethernet. Використовується для передачі великих обсягів даних та вимогливих застосунків.
- Кабельна інфраструктура: Gigabit Ethernet використовує виту пару кабелю типу Category 5e (CAT5e), Category 6 (CAT6) або Category 6a (CAT6a) для передачі даних. Вимагає більш високої якості кабелю та правильного монтажу.
- Топологія: Gigabit Ethernet підтримує різні топології, включаючи зірку, шину та дерево. Зазвичай використовується зіркова топологія з центральним комутатором.
- Протоколи: Gigabit Ethernet використовує ті ж протоколи, що й Fast Ethernet, такі як Ethernet, TCP/IP, UDP. Однак, завдяки вищій швидкості передачі даних, можна досягти більшої продуктивності та кращої реакції мережі.

Важливо враховувати, що правильна інсталяція кабельної інфраструктури, використання підходящих протоколів та налагодження мережевого обладнання є ключовими чинниками для досягнення надійної та ефективної роботи локальної мережі з використанням технологій Fast Ethernet та Gigabit Ethernet.

1.4 Постановка завдання проектування локальної обчислювальної мережі офісного приміщення

Задача проектування локальної обчислювальної мережі офісного приміщення передбачає створення інфраструктури, яка забезпечить ефективний обмін даними, спільний доступ до ресурсів та надійну комунікацію між комп'ютерами та пристроями всередині офісу.

Будівля офісної будівлі для якої планується побудувати локальну обчислювальну комп'ютерну мережу складається з 7 поверхів, має складну геометричну форму, що складається з двох частин – південної (еліптичної форми) та північної (багатокутної форми).

Конструктивно будівля є монолітно-каркасною з навісними вентиляльованими та світлопрозорими фасадами.

Поверхи з першого по четвертий сплановані під офісні кабінети, на п'ятому знаходяться технічні приміщення, на шостому поверсі розміщено зимовий сад, фітнес-зал, приміщення для оздоровлення, релаксації, відпочинку та проведення фуршетів., на сьомому розміщені інженерні системи управління будівлею – дахова котельня, установки кондиціювання повітря.

Загальна кількість ПК – 242, вони знаходяться на першому, другому, третьому та четвертому поверхах. В цій мережі повинні бути налаштовані варіанти дротового і бездротового підключення. Далі оглянемо кожен поверх окремо.

1.4.1 Огляд першого поверху

Перший поверх включає вестибюль зі сходами-атріумом, гардероб, конференц-зал, буфет, а також двадцять одне робоче місце. План першого поверху наведено на малюнку нижче (див. Рисунок 1.1).

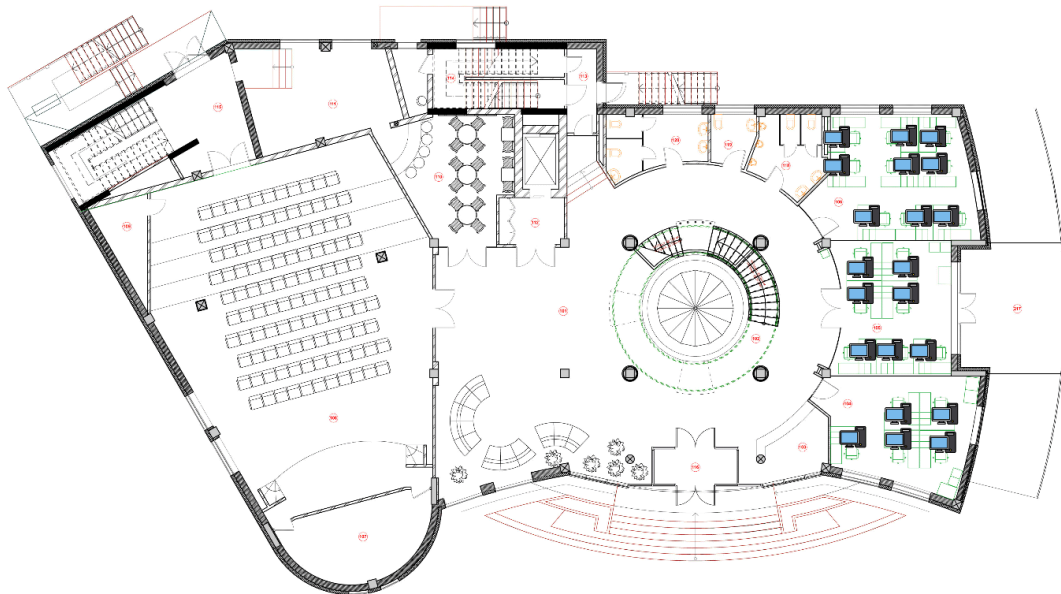


Рисунок 1.1 – План-схема 1-го поверху

1.4.2 Огляд другого поверху

На другому поверсі розташовано 11 офісних приміщень, які містять 76 робочих місць обладнаних комп'ютерами. План другого поверху наведено на малюнку нижче (див. Рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – План-схема 2-го поверху

1.4.3 Огляд третього поверху

На третьому поверсі розташовано 10 офісних приміщень, які містять 69 робочих місць обладнаних комп'ютерами та кімнату для переговорів. План третього поверху наведено на малюнку нижче (див. Рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – План-схема 3-го поверху

1.4.4 Огляд четвертого поверху

На четвертому поверсі розташовано 11 офісних приміщень, які містять 76 робочих місць обладнаних комп'ютерами та кімнату для переговорів. План четвертого поверху наведено на малюнку нижче (див. Рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – План-схема 4-го поверху

Висновки до розділу 1

У даному розділі було проведено аналіз підходів до проектування локальних обчислювальних мереж. В першому підрозділі була розглянута методика проектування конфігурації та структурної схеми локальних обчислювальних мереж будівель, а також наведений короткий зміст етапів проектування. Виявлено, що проектування локальних обчислювальних мереж включає такі етапи, як аналіз вимог, проектування топології, вибір обладнання, розробка схем підключення та інші.

У другому підрозділі були розглянуті актуальні проблеми побудови комп'ютерних мереж. Було описано технології та інструменти для побудови та адміністрування мереж, проблему масштабування та способи її вирішення. Також було розглянуто принципи захисту мереж від зловмисників та інших загроз, а також сформульовані принципи захисту. Крім того, проведений аналіз навантаженості мережі.

Загальний висновок з даного розділу полягає в тому, що проектування локальних обчислювальних мереж є складним процесом, який вимагає ретельного аналізу вимог, вибору оптимальної топології та обладнання, а

також розробки ефективних заходів забезпечення безпеки та масштабованості мережі. Наведені в розділі підходи та проблеми є актуальними і допоможуть при розробці ефективних рішень у процесі проектування локальних обчислювальних мереж.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ.

2.1 Критерії ефективності локальної мережі

Для визначення критеріїв ефективності та вибору варіанту побудови локальної мережі, необхідно врахувати кілька важливих факторів. Ось деякі критерії, які можна використовувати при оцінці ефективності і виборі варіанту побудови локальної мережі:

- Пропускна здатність: Це кількість даних, які можуть бути передані через мережу протягом певного періоду часу. Якщо ваші потреби у передачі даних великі, вам може знадобитися висока пропускна здатність.
- Масштабованість: Якщо планується розширення мережі в майбутньому, важливо мати можливість легко розширити її розмір і підключити нові пристрої без значного збільшення складності.
- Надійність: Вибір відповідних компонентів мережі та запобігання одній точці відмови може забезпечити надійну роботу локальної мережі. Резервне копіювання, дублювання мережевих з'єднань та інші заходи можуть забезпечити високу доступність.
- Безпека: Якщо мережа містить чутливі дані, важливо забезпечити належний рівень безпеки. Використання шифрування, фаєрволів, систем аутентифікації та інших заходів може допомогти забезпечити конфіденційність та цілісність даних.
- Вартість: Економічний аспект також грає важливу роль. Вам потрібно зрозуміти вартість необхідного обладнання, програмного забезпечення, налаштування та підтримки мережі.
- Легкість управління: Вибір варіанту, який забезпечує простоту управління локальної мережі, може значно полегшити її адміністрування та підтримку. Це може включати наявність інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу управління, можливість централізованого керування мережею, автоматизований моніторинг та керування ресурсами.
- Зручність інтеграції: Якщо у вас вже є чинні системи або пристрої, важливо вибрати варіант побудови локальної мережі, який забезпечує зручну інтеграцію з ними. Це може включати сумісність з наявними протоколами, стандартами та інтерфейсами.
- Мобільність: Якщо ваша організація потребує мобільного доступу до мережі або планується використання бездротових технологій, важливо врахувати цей аспект при виборі варіанту побудови локальної мережі.

Враховуючи ці критерії, стає можливо провести оцінку різних варіантів побудови локальної мережі і вибрати той, який найкраще відповідає потребам і обмеженням. Беручи це все до уваги та те, що комп'ютерна мережа будується для офісної будівлі доцільно буде виділити наступні критерії - пропускну здатність, надійність та легкість управління.

2.2 Вибір топології мережі

При організації комп'ютерної мережі виключно важливим є вибір топології, тобто компоновання мережевих пристроїв і кабельної інфраструктури. Потрібно вибрати таку топологію, яка б забезпечила надійну та ефективну роботу мережі, зручне управління потоками мережевих даних. Бажано також, щоб мережа за вартістю створення та супроводом вийшла недорогою, але й залишалися можливості для її подальшого розширення та, бажано, для переходу до більш високошвидкісних технологій зв'язку.

Щоб вирішити це завдання, необхідно знати, які взагалі бувають мережеві топології. Зауважимо, що при цьому слід розрізняти поняття фізичної топології, тобто способу розміщення комп'ютерів, мережевого обладнання та їх з'єднаннях за допомогою кабельної інфраструктури, і логічної топології – структури взаємодії комп'ютерів та характеру поширення сигналів мережею.

Існує три основних топології мережі:

- Шина, при якій всі комп'ютери паралельно підключаються до однієї лінії зв'язку й інформація від кожного комп'ютера одночасно передається всім іншим комп'ютерам (див. Рисунок 2.1);

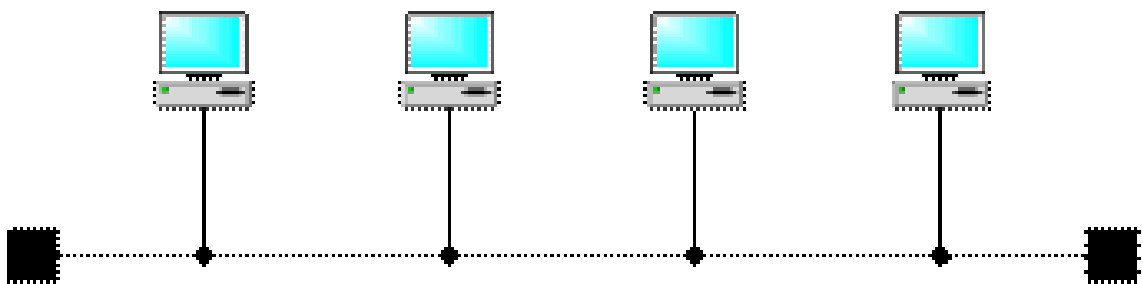


Рисунок 2.1 – Топологія «Шина»

- Зірка, при якій до одного центрального комп'ютера приєднуються інші периферійні комп'ютери, причому кожен з них використовує свою окрему лінію зв'язку (див. Рисунок 2.2);

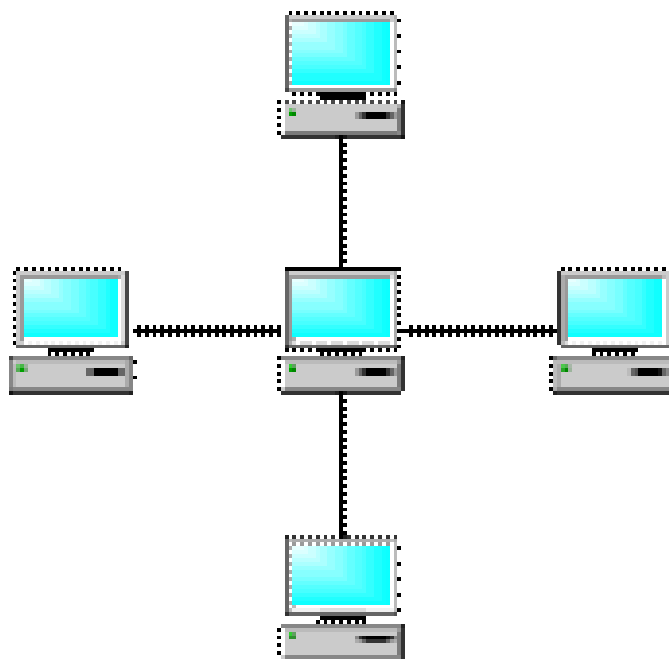


Рисунок 2.2 – Топологія «Зірка»

- Кільце, при якій кожний комп'ютер передає інформацію завжди тільки одному комп'ютеру, наступному в ланцюжку, а одержує інформацію тільки від попереднього комп'ютера в ланцюжку, і цей ланцюжок замкнутий в «кільце» (див. Рисунок 2.3).

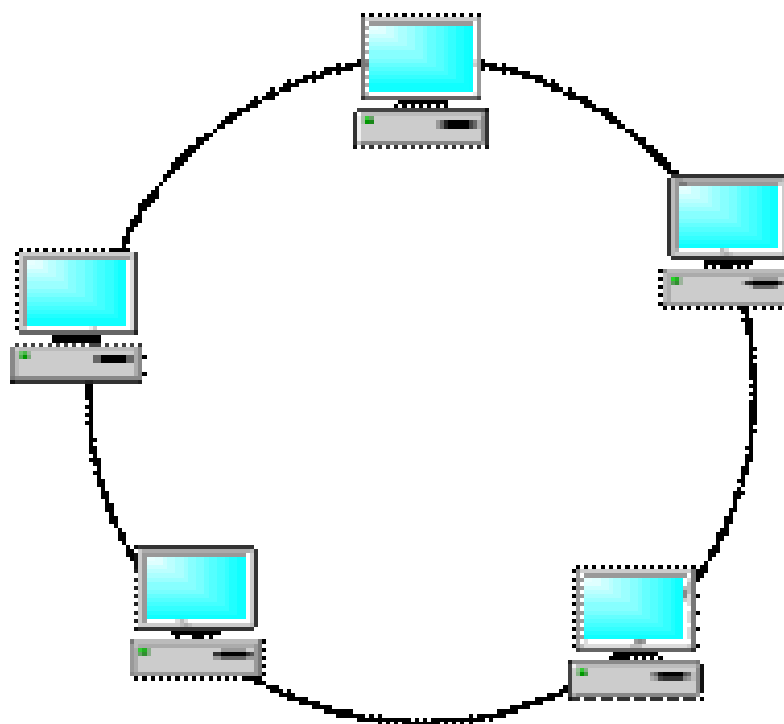


Рисунок 2.3 – Топологія «Кільце»

- Дерево, можна розглядати як об'єднання кількох «зірок» (див. Рисунок 2.4). Топологія дерева має центральний вузол, до якого підключаються всі інші пристрої для побудови ієрархії, саме вона сьогодні є найбільш популярною при побудові локальних мереж.

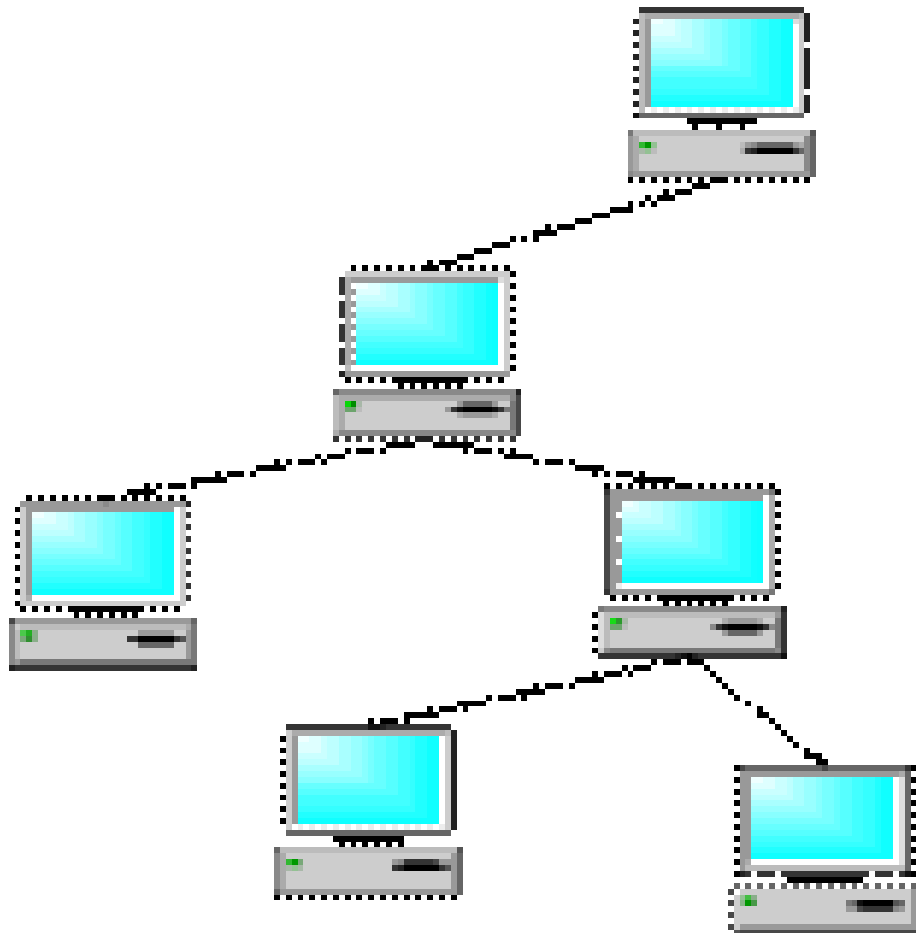


Рисунок 2.4 – Топологія «Дерево»

Після огляду варіантів топології та враховуючи схему офісної будівлі, для якої розробляється модель локальної обчислювальної мережі було прийнято рішення використовувати топологію «Дерево», цю топологію найкраще застосовувати, коли мережа велика, ідеальна, якщо робочі місця згруповані в різних областях. В створюваній мережі буде комутатор ядра Cisco 3650, який буде передавати інформацію до кожного поверху, де розміщені комутатори доступу Cisco Catalyst 2960.

2.3 Теоретико – розрахункова частина. Розробка математичної моделі розрахунку показників локальної мережі.

Теоретико - розрахункова частина присвячена перевірковому розрахунку коректності локальних мереж за часовими параметрами і включає теоретичний опис і безпосередній розрахунок.

2.3.1 Розрахунок навантаження на мережу

Навантаження на мережу це обсяг даних, який реально передається мережею в одиницю часу. Розрахунок навантаження на мережу здійснюється за формулою:

$$V = nv_i \quad (2.1)$$

де n – число комп'ютерів у мережі, v_i – навантаження однією комп'ютер у мережі.

Розрахунок навантаження на один комп'ютер у мережі здійснюється за формулою:

$$V = D/t \quad (2.2)$$

де D – кількість переданих даних, t – час, протягом якого передані дані.

2.3.2 Пропускна здатність мережі

Пропускна здатність v_{\max} це максимально можлива для цієї мережі швидкість передачі даних, яка визначається бітовою швидкістю і деякими іншими обмежувальними факторами (тривалість інтервалів між блоками даних, що передаються, обсяг передається мережею службової інформації та ін.). Значення пропускної спроможності для мережевих технологій відомі та наводиться у стандарті. Найчастіше можна прийняти пропускну здатність рівної бітової швидкості.

v_{\max} для стандарту 100BASE-TX становить 100 Mbit/сек. [14]

2.4 Розробка структурної схеми моделі проектування конфігурації локальної мережі.

Враховуючи минулі пункти, було розроблено наступну структурну схему моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі (див. Рисунок 2.5):

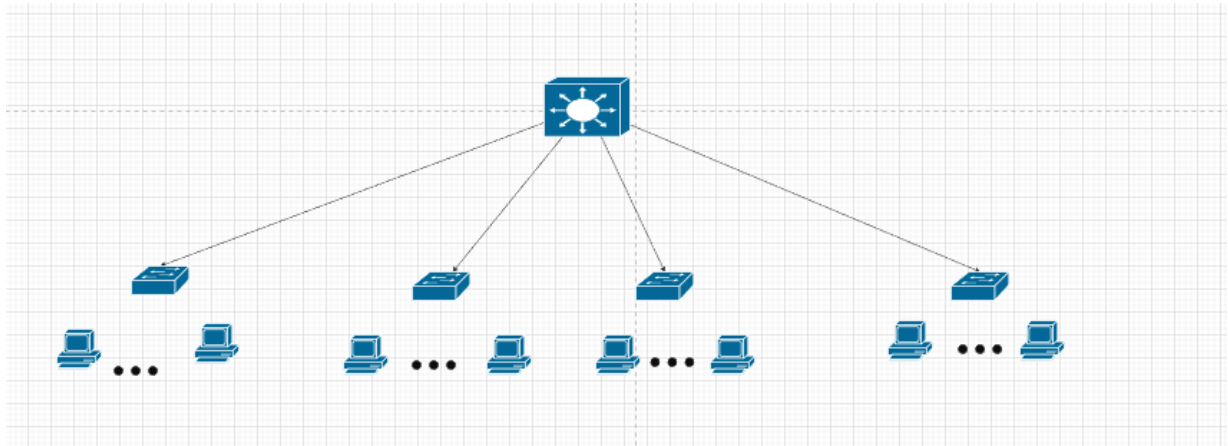


Рисунок 2.5 – Структурна схема мережі

Кожен поверх будівлі буде розбитий на окрему підмережу. Це означає, що на кожному поверсі будуть розташовані комп'ютери, які належать до своєї власної підмережі. Комутатор, який знаходиться на кожному поверсі, буде підключений до ядра мережі, що дозволить комп'ютерам у різних підмережах взаємодіяти між собою.

Кожна підмережа може бути налаштована з власним VLAN.

VLAN (Virtual Local Area Network) - це логічне розділення фізичної мережі на окремі віртуальні мережі. Використання VLAN дозволяє забезпечити ізоляваність і безпеку між різними групами комп'ютерів у мережі.

Організація мережі з централізованим ядром та підмережами допомагає полегшити керування мережею, забезпечити гнучкість управління трафіком і збільшити безпеку. Вона також дозволяє зосередитися на підтримці і адмініструванні мережі в одній центральній точці.

Важливо врахувати налагодження належного конфігурування комутаторів і ядра мережі, а також встановлення правильних параметрів VLAN, щоб забезпечити належну роботу мережі. Рекомендується отримати додаткову консультацію від професіонала з мережевого адміністрування або інженера з мережевих технологій для реалізації цієї мережевої інфраструктури.

В створюваній мережі комутатором ядра обрано Cisco 3650, який буде передавати інформацію до кожного поверху, де розміщені комутатори доступу Cisco Catalyst 2960. Також до ядра було підключено Wireless Lan Controller WLC-3504.

Wireless Lan Controller – використовується для керування у великих кількостях адміністратором мережі або центром операцій з мережею. Контролер бездротової локальної мережі є частиною лінії даних в рамках

бездротової моделі Cisco. Контролер WLAN автоматично обробляє конфігурацію бездротових точок доступу. Останнім десятиліттям Cisco Wireless Lan Controller стали дуже популярними, оскільки компанії переходять від автономних дизайнів розгортання точок доступу (AP) до централізованого дизайну на основі контролерів, використовуючи переваги розширеної функціональності та резервування, що постачаються з використанням контролерів.

Висновки до розділу 2

В розділі проведено дослідження та аналіз основних аспектів проектування локальної мережі. Перш за все, були розглянуті критерії ефективності локальної мережі, які дозволяють оцінити її продуктивність, надійність та масштабованість.

Далі в розділі розглянуто процес вибору топології мережі, що є ключовим етапом при проектуванні. Розглянуті різні типи топологій та їх переваги та недоліки, що дозволило зробити обґрунтований вибір для даного проєкту.

Також була проведена теоретико-розрахункова частина, де розроблена математична модель для розрахунку показників локальної мережі. У рамках цього розділу були розглянуті такі важливі аспекти, як розрахунок навантаження на мережу та пропускна здатність. Ці розрахунки дозволяють оцінити навантаження на мережу та забезпечити необхідну пропускну здатність для ефективної роботи системи.

У завершенні розділу проведено розробку структурної схеми моделі проектування конфігурації локальної мережі. Ця схема визначає структуру та взаємозв'язки між компонентами мережі, що є основою для подальшого проектування та реалізації мережевої інфраструктури.

РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЛОКАЛЬНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ

3.1 Логічна схема локальної мережі

Далі перейдемо до побудування локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer.

Як вже зазначалось, комутатором ядра виступає Cisco 3650. До нього було підключено маршрутизатор Cisco 1841 та Wireless Lan Controller.

Маршрутизатор роздає на кожен поверх різні підмережі. Схему підключення ядра до мережі зображено на наступному малюнку (див. Рисунок 3.1).

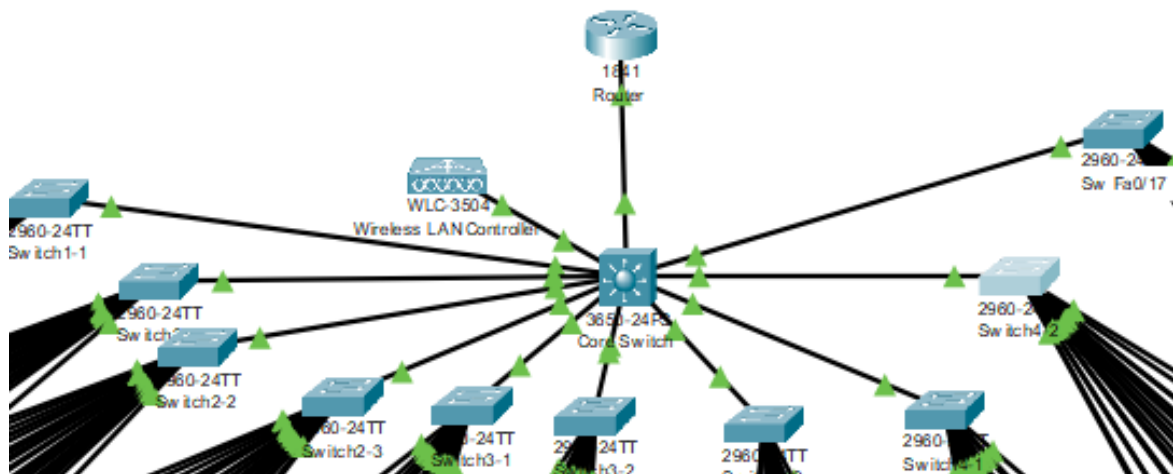


Рисунок 3.1 – Ядро мережі

Підмережа для керування мережевими пристроями vlan 50, 192.168.50.0/24 (статичні адреси)

Підмережа для керування точками доступу та контролером wifi vlan 14, 192.168.14.0/24(динамічні адреси)

3.1.2 Мережеве з'єднання кожного поверху

На кожному поверсі розміщені комутатори доступу Cisco Catalyst 2960. Бездротову мережу роздають точки доступу Cisco 3702I. Далі оглянемо кожен поверх по черзі.

3.1.2 Підмережа першого поверху

Перший поверх має один комутатор Switch1-1 з IP-адресою 192.168.50.11. Для першого поверху було налаштовано VLAN (в мережі він під назвою vlan10), який має динамічну адресацію та наступну IP-адресу:

192.168.10.0/24(динамічні адреси)

Мережу першого поверху продемонстровано на наступному зображенні (див. Рисунок 3.2):

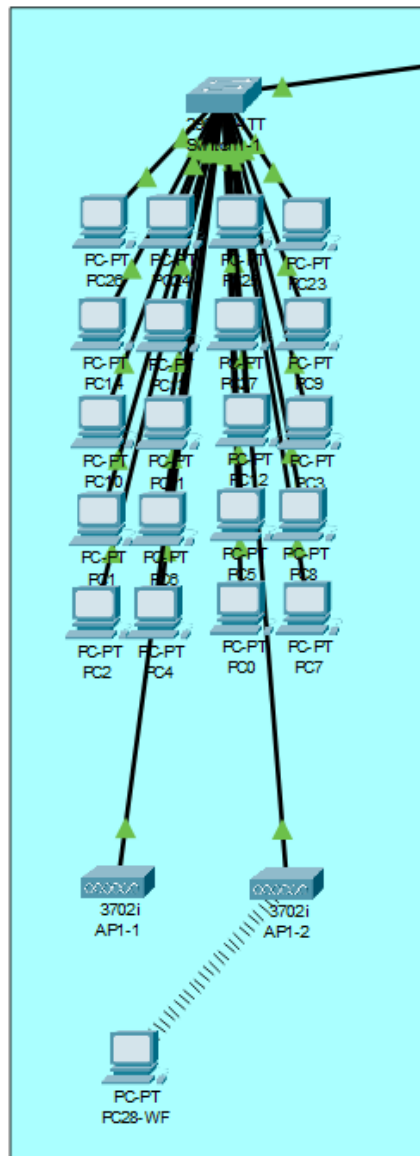


Рисунок 3.2 – Мережеве з'єднання першого поверху

3.1.3 Підмережі наступних поверхів

На наступних поверхах кількість пристроїв більша, тому вони мають більше комутаторів, а саме по 3 комутатори на поверх.

Для другого поверху було налаштовано VLAN (в мережі він під назвою vlan20) з наступними IP-адресами:

- switch2-1 192.168.50.21
- switch2-2 192.168.50.22
- switch2-3 192.168.50.23
- vlan20, 192.168.20.0/24 (динамічні адреси)

Мережу другого поверху продемонстровано на наступному зображенні (див. Рисунок 3.3):

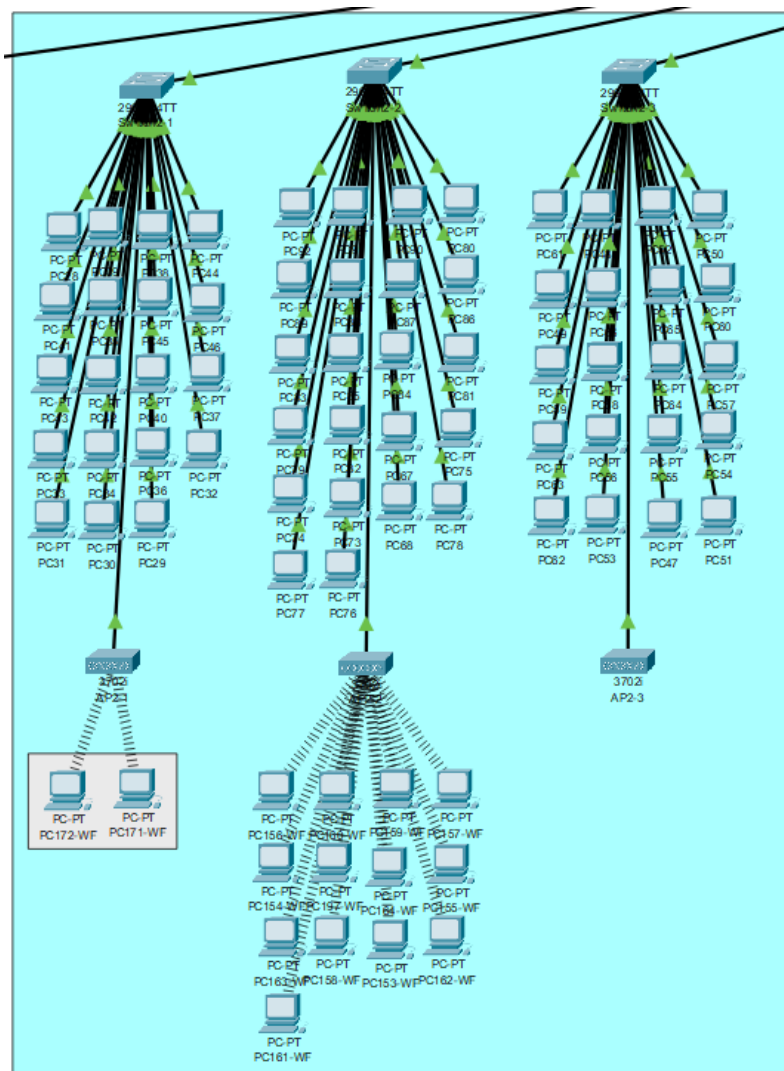


Рисунок 3.3 - Мережеве з'єднання другого поверху

Для третього поверху було налаштовано VLAN (в мережі він під назвою vlan30) з наступними IP-адресами:

- switch3-1 192.168.50.31
- switch3-2 192.168.50.32
- switch3-3 192.168.50.33
- vlan 30, 192.168.30.0/24 (динамічні адреси)

Мережу третього поверху продемонстровано на наступному зображенні (див. Рисунок 3.4):

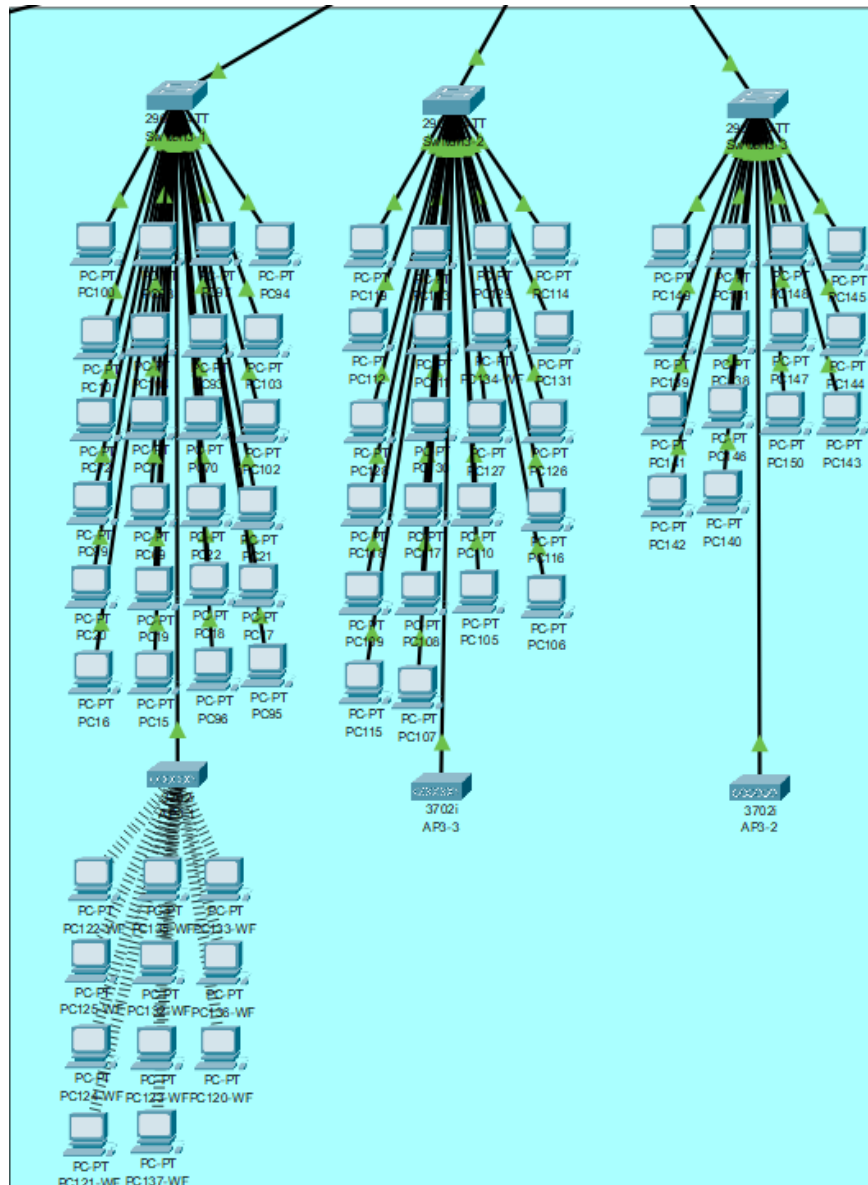


Рисунок 3.4 - Мережеве з'єднання третього поверху

Для четвертого поверху було налаштовано VLAN (в мережі він під назвою vlan40) з наступними IP-адресами:

- switch4-1 192.168.50.41
- switch4-2 192.168.50.42
- switch4-3 192.168.50.43
- vlan 40, 192.168.40.0/24(динамічні адреси)

Мережу четвертого поверху продемонстровано на наступному зображенні (див. Рисунок 3.5):

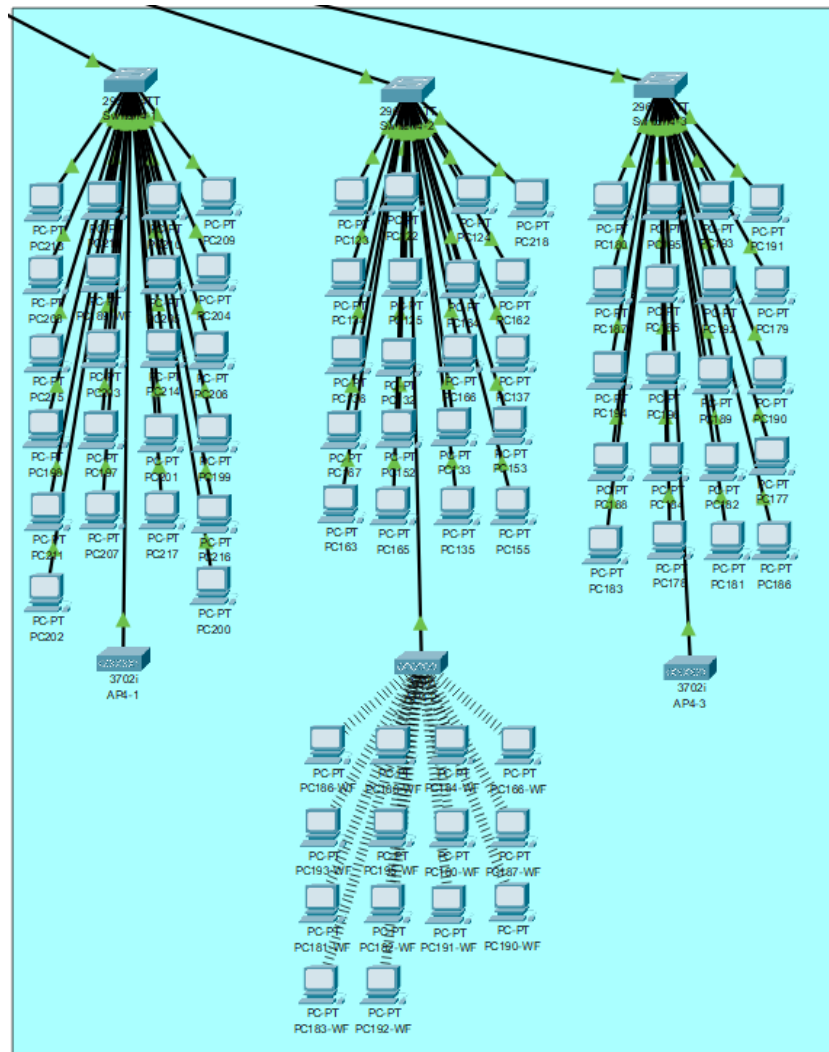


Рисунок 3.5 - Мережеве з'єднання четвертого поверху

3.1.4 Загальна логічна схема локальної обчислювальної мережі офісної будівлі

Підсумкова схема локальної обчислювальної мережі офісної будівлі зображена на наступному малюнку (див. Рисунок 3.6):

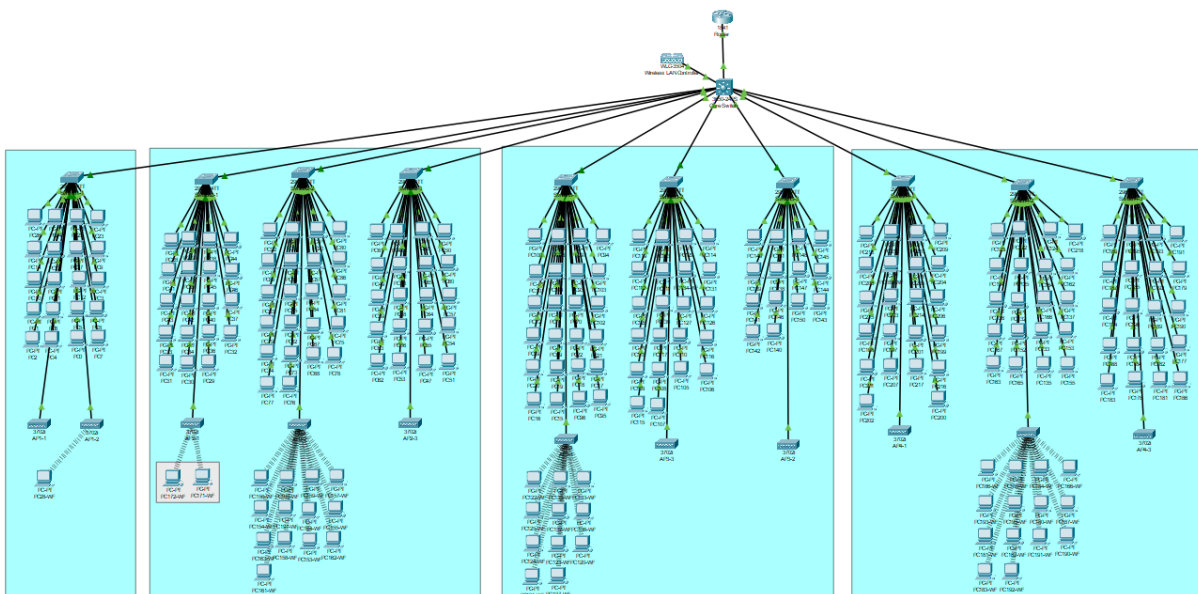


Рисунок 3.6 - Локальна обчислювальна мережа офісної будівлі

Також wifi було розділено на офісний та гостьовий, враховуючи те, що до офісних приміщень можуть надходити клієнти, а також те, що в будівлі є окремий поверх з розважальними приміщеннями.

Підмережа офісного wifi vlan 15, 192.168.15.0/24(динамічні адреси)

Підмережа гостьового wifi vlan 16, 192.168.16.0/24(динамічні адреси)

База налаштованих VLAN на комутаторі ядра проілюстровано на наступному малюнку (див. Рисунок 3.7):

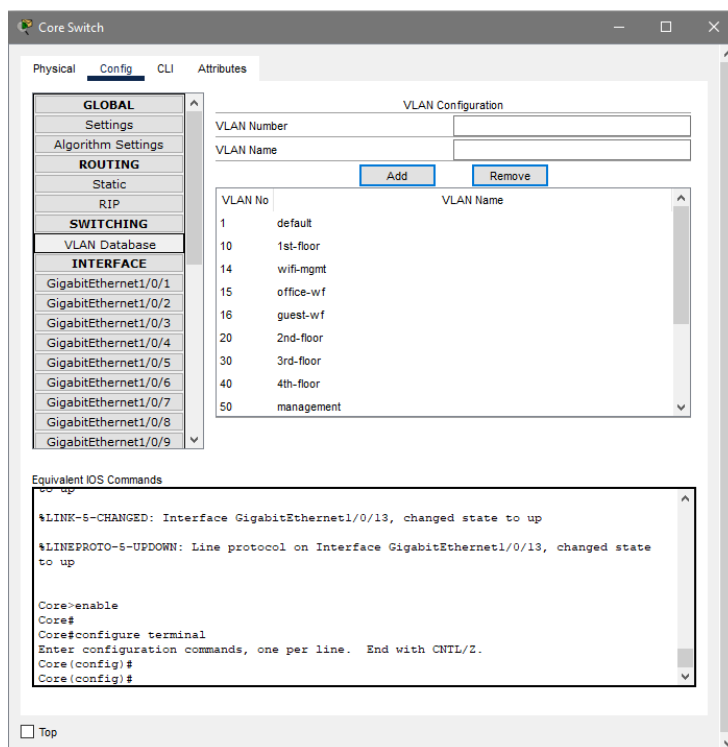


Рисунок 3.7 – База даних VLAN на комутаторі ядра

3.2 Фізична схема локальної мережі

Програмний пакет Cisco Packet Tracer також дозволяє побудувати фізичну схему локальної мережі. Цю схему для нашої мережі можете побачити на наступній ілюстрації (див. Рисунок 3.8):

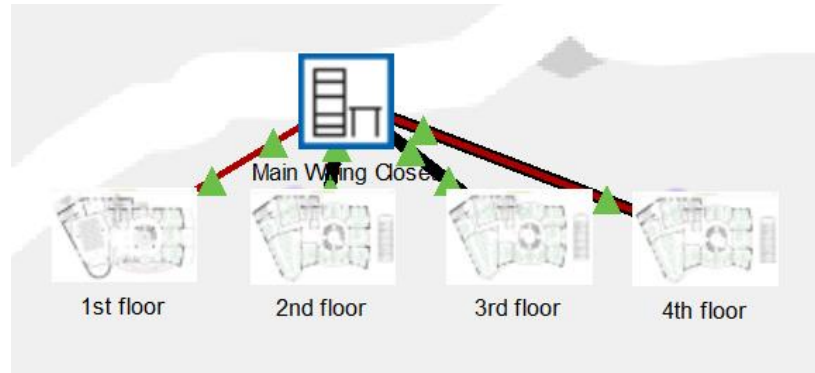


Рисунок 3.8 - Фізична схема локальної мережі

3.3 Перевірка працездатності вибраної конфігурації та технічних характеристик мережі.

Спочатку потрібно переконатись у правильності з'єднання вузлів в одному VLAN та перевірити їх доступність. Для цього скористаємось командою ping. Перевіримо для прикладу з'єднання між PC199 та PC217, результат перевірки позитивний (див. Рисунок 3.9):

```

Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.40.1

Pinging 192.168.40.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time=12ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.40.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 3ms

C:\>

```

Рисунок 3.9 – Перевірка з'єднання двох ПК

Затримка між двома пристроями вагається від значень, які менші за одну мілісекунду і до 12 мілісекунд.

Розрахуємо навантаження на один комп'ютер у мережі:

$$V = 32 \text{ байта} / 12 \text{ мс} = 2,66 \text{ байт/мс} \quad (3.1)$$

Далі ми можемо визначити навантаження на мережу:

$$V1 = 242 * 2,66 \text{ байт/мс} = 643,72 \text{ байт/мс} = 0,64372 \text{ Мб/с} \quad (3.2)$$

Наступним кроком проведемо експеримент, де збільшимо кількість пакетів, а також їх розмірів. Для цього я використовую вбудовану утиліту Traffic Generator, вкажемо розмір пакета – 100 байт, а далі будемо збільшувати з кожним кроком на 100, поки пакет не досягне розміру в 1500 байт. Вікно налаштувань проілюстровано далі (див. Рисунок 3.10):

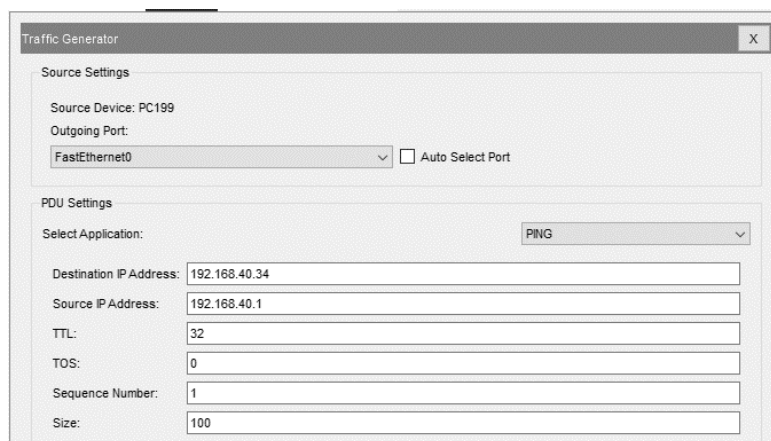


Рисунок 3.10 – Утиліта Packet Tracer

Отримані результати ви можете побачити в таблиці (див. Таблицю 3.1):

Таблиця 3.1

Результати перевірки працездатності мережі

Номер експерименту	Розмір пакета, байт	Пакет втрачено, так/ні
1	100	ні
2	200	ні
3	300	ні
4	400	ні
5	500	ні
6	600	ні
7	700	ні
8	800	ні
9	900	ні
10	1000	ні
11	1100	ні
12	1200	ні
13	1300	так
14	1400	ні
15	1500	ні

З результатів можемо побачити, що мережа працездатна при збільшенні навантажень. Далі проведемо серію таких експериментів та визначимо середню кількість відмов, кожен пакет відправимо в кількості 100 штук.

Результат цих експериментів проілюстровано на наступному графіку (див. Рисунок 3.11):



Рисунок 3.11 – Графік залежності кількості втрачених пакетів від розміру пакетів

З графіку можна побачити, що максимальна кількість втрачених пакетів – 12 штук, досягається при найвищому в експерименті розміру пакета, який дорівнює 1500 байт, з цього можна прийти до висновку, що максимально може втратитись 12% всіх пакетів, що є прийнятним результатом. Середня кількість втрачених пакетів дорівнює 4.13.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі була розглянута побудова моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі, логічна схема мережі, включаючи мережеве з'єднання кожного поверху, підмережу першого поверху та підмережі наступних поверхів. Також була представлена загальна логічна схема локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.

Крім того, була розглянута фізична схема локальної мережі, включаючи розташування мережевого обладнання та з'єднання між ними.

Для перевірки працездатності вибраної конфігурації та технічних характеристик мережі проведені відповідні тестування.

Результати цього розділу надають повний огляд структури та організації локальної обчислювальної мережі офісної будівлі, що буде використовуватися для забезпечення комунікації та обміну даними в офісному середовищі.

ВИСНОВОК

У даній дипломній роботі було проведено аналіз підходів до проєктування локальних обчислювальних мереж офісної будівлі, розглянуті методики, а також етапи, що включаються в процес проєктування, що дозволило визначити критерії ефективності мережі.

Були розглянуті технології та інструменти для побудови та адміністрування мереж, проблема масштабування та принципи захисту мереж від зловмисників та інших загроз. Було сформульовано принципи захисту та проведено аналіз навантаженості мережі.

Далі, проведено розрахунки показників локальної мережі, таких як час затримки детектування колізій і скорочення міжпакетного інтервалу. Була розроблена структурна схема моделі проєктування конфігурації мережі.

Також побудовано логічну та фізичну схему мережі, включаючи мережеве з'єднання кожного поверху та підмережі. Було також проведено перевірку працездатності вибраної конфігурації та технічних характеристик мережі.

У загальних висновках цієї дипломної роботи підсумовані наукові та практичні результати, отримані під час проведення досліджень. Встановлено, що розроблена модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі є ефективною та відповідає вимогам експлуатації мережі в офісному середовищі.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення та розвитку методів проєктування локальних обчислювальних мереж. Дослідження можуть стати основою для подальших розробок у галузі побудови мереж офісних будівель та розв'язання проблем масштабування та безпеки.

Також, результати дослідження можуть бути використані в практичній діяльності при проєктуванні та впровадженні локальних обчислювальних мереж в офісних будівлях, забезпечуючи ефективну роботу мережі та захист від потенційних загроз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сергієнко О. М. Навчально-методичний посібник. Київ: ЕНМП, 2020. 415 с.
2. Тарантін А. О. АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА. Харків: ХНУРЕ, 2019. 90 с.
3. ВАКАЛЮК Т.А. Хмарні технології в освіті. Житомир: ЖДУ імені Івана Франка 2016, 72 с.
4. Коваленко А. А. Моделі та методи синтезу і реконфігурації архітектур комп'ютерних систем і мереж об'єктів критичного застосування. Харків: Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", 2018, 40 с.
5. БЕРКМАН Л.Н. ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНІ МЕРЕЖІ, 2014, 154 с.
6. Ю. А. Тарнавський, І. М. Кузьменко., Організація комп'ютерних мереж підручник: для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки» Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 259 с. URL: http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25156/1/Tarnavsky_Kuzmenko_Org_Komp_merej.pdf , 13.02.2023
7. Лосев Ю. І., Руккас К. М., Шматков С. І. Комп'ютерні мережі: навч. посіб. / за редакцією Ю. І. Лосева. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 248 с.
8. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ, 2010. 399 с. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783642031205> , 16.01.2023
9. Г. Ф. Кривуля. Комп'ютерні мережі. Енциклопедія Сучасної України: онлайн-версія / редкол.: І. М. Дзюба та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2014. URL: <https://esu.com.ua/article-4398>
10. Cisco Systems Керівництво Cisco з міждоменної багатоадресової маршрутизації — Interdomain Multicast Solutions Guide. — М.: «Вільямс», 2004. — ISBN 5-8459-0605-9
11. Кулаков Ю. О., Луцький Г. М. Комп'ютерні мережі. Київ: "Юніор", 2005, 397 с.;
12. Лавріщева К. М. Індустріальний підхід до розробки і виконання прикладних систем в гетерогенних розподілених середовищах / К. М. Лавріщева, А. Ю. Стеняшин // International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems". – 2013. – С. 196–204.
13. Семеріков С. О. Хмарні технології навчання: витоки / О. М. Маркова, С. О. Семеріков, А. М. Стрюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – №2 (46). – С. 29-44. – Режим доступу до журн. : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1234/916#.VfFO4NLtmko>.
14. "IEEE Standard for Ethernet," in IEEE Std 802.3-2015 (Revision of IEEE Std 802.3-2012) , pp.1-4017, 4 March 2016, doi: 10.1109/IEEESTD.2016.7428776.

ДОДАТОК Б

Технічне завдання на розробку програмного виробу «Модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі»

1.	Введення	<p>1.1. Назва: Модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.</p> <p>1.2. Галузь застосування: класифікація, аналіз.</p>
2.	Підстава для розробки	<p>2.1. Навчальний план за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</p> <p>2.2. Завдання на дипломну роботу магістра № 4101-5/895 від «23» 05 2023 (представити як Додаток А до пояснювальної записки до дипломної роботи).</p>
3.	Призначення розробки	<p>3.1. Мета розробки: створення моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.</p> <p>3.2. Призначена для розробки і проектування комп'ютерної мережі, яка забезпечує підключення всіх комп'ютерів, принтерів, серверів та інших пристроїв в офісі до єдиного інформаційного простору. Мета цієї розробки полягає в тому, щоб створити ефективну, надійну і безпечну мережу, яка забезпечує швидкий доступ до даних та інформації, яку потребують працівники офісу, і зменшує час витрачений на пошук, обмін інформацією та співпрацю між працівниками.</p> <p>3.3. Вихідні дані розробки: розмір та тип будівлі, типи пристроїв та програмне забезпечення.</p>
4.	Технічні вимоги до програмного виробу	<p>4.1. Вимоги до функціональних характеристик: забезпечення високої швидкості передачі даних, забезпечення доступності мережі</p> <p>4.2. Вимоги до надійності: висока доступність мережі та захист від втрат даних.</p> <p>4.3. Вимоги до умов експлуатації: немає</p> <p>4.4. Вимоги до складу і параметрів технічних засобів: комутатор ядра Cisco 3650, маршрутизатор Cisco 1841 комутатори доступу Cisco Catalyst 2960, точки доступу Cisco 3702I.</p> <p>4.5. Вимоги до інформаційної та програмної сумісності: немає</p> <p>4.6. Вимоги до маркування та упаковки: немає</p> <p>4.7. Вимоги до транспортування і зберігання: на звичайних носіях інформації</p> <p>4.8. Спеціальні вимоги: немає.</p>

5.	Вимоги до програмної документації	<p>Програмною документацією до виробу «Методи навчання згорткової нейронної мережі на основі популяційного алгоритму» вважати:</p> <p>1) Справжнє Технічне завдання на розробку виробу (представити у вигляді Додатку Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).</p> <p>2) Методику дослідження (у вигляді глави пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).</p> <p>3) Опис моделі (представити в Розділі 3 пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).</p>	
6.	Вимоги до техніко-економічних показників	1) Оцінка економічної ефективності – не потрібна.	
7.	Стадії і етапи розробки	Дата	Назва етапу
		від 10 грудня 2022 до 12 січня 2023	Проведення аналізу літературних джерел по побудові комп'ютерних мереж.
		від 13 січня 2023 до 31 січня 2023	Розробка алгоритму побудови локальної обчислювальної мережі офісної будівлі
		від 1 лютого 2023 до 27 лютого 2023	Програмна реалізація моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.
від 28 лютого 2023 до 29 березня 2023	Проведення тесту працездатності.		

		від 30 березня 2023 до 30 квітня 2023	Оцінка якості роботи моделі.
		від 1 травня 2023 до 13 травня 2023	Розробка висновків та практичних рекомендацій.
		від 14 травня 2023 до 25 травня 2023	Написання пояснювальної записки.
		від 25 серпня 2023 до 28 вересня 2023	Представлення роботи науковому керівнику.
8.	Порядок контролю і приймання програмного продукту (моделі)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірку ходу розробки програми виконувати раз в 3 тижні. 2. Захист розробленої моделі провести на засіданні Атестаційної комісії. 3. Пояснювальну записку подати на паперових носіях в 1 примірнику і в електронному вигляді в 1 примірнику на CD-R компакт-диску. 	

Виконавець
студент групи КУ- 41
Петрушенко Д. О.



Замовник
к.т.н.,
Бикова Т.В.



ДОДАТОК В
ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ
програмного виробу «Модель локальної обчислювальної мережі офісної
будівлі»

1 Об'єкт випробувань

1.1 Об'єктом випробувань є модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.

2. Мета випробувань

2.1 Перевірка відповідності функціональності програмної реалізації заявленим функціональним можливостям в технічному завданні (Додаток Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).

3. Загальні положення

3.1 Підставою для проведення випробувань є наказ про призначення атестаційної комісії.

3.2 Місце і тривалість випробувань

Приймальні (приймально-здавальні) випробування проводяться на базі комп'ютерного класу кафедри в період роботи атестаційної комісії.

3.3 Обсяг випробувань

Приймальні випробування програмного виробу проводяться в обсязі відповідному цієї локальної обчислювальної мережі і методики випробувань.

3.4 Організації, які беруть участь у випробуваннях

Приймальні випробування проводяться атестаційною комісією напередодні засідання (або в процесі засідання) за участю Замовника, Виконавця та інших осіб, присутніх на засіданні.

4. Вимоги до програми або програмного виробу

Модель локальної обчислювальної мережі повина:

1. Представляти з себе модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі.
2. Забезпечувати працездатну роботу мережі.
3. Локальна обчислювальна мережа повинна забезпечувати підключення всіх комп'ютерів, серверів та інших пристроїв в офісі до єдиного інформаційного простору.
4. Для виконання локальної обчислювальної мережі необхідний ПК з доступом до мережі Інтернет та браузером.

5. Вимоги до маркування та упаковки (не висуваються).
6. Вимоги до транспортування і зберігання (не висуваються).
7. Спеціальні вимоги (не пред'являються).

5. Вимоги до програмної документації

Склад програмної документації, що подається на випробування, включає:

- 1) Справжнє Технічне завдання на розробку моделі локальної обчислювальної мережі офісної будівлі (представити у вигляді Додатку Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).
- 2) Програму і методику випробувань розробленого виробу (представити у вигляді Додатку В до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).
- 3) Опис моделі (представити в Розділі 3 пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).
- 4) Модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі спроектовану в програмному середовищі Cisco Packet Tracer (представити в Додатку Г до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).

6. Засоби і порядок випробувань

6.1 Засоби випробувань

Для виконання програми необхідний ПК з доступом до мережі Інтернет та браузером.

Програма працює на різних операційних системах: Linux, Windows та інших.

Для проведення випробувань необхідно мати додаток Cisco Packet Tracer.

6.2 Порядок проведення випробувань

1. Перевірка документації
 - 1.1. Перевірка складу документації. Перевірку здійснювати за критерієм наявності, представленої в ТЗ документації.
 - 1.2. Перевірка якості програмної документації. Перевірку здійснювати за критерієм відповідності вимогам ГОСТ 19.301-79 ЕСПД. «Програма і методика випробувань».
2. Перевірка працездатності моделі

Копіюємо наступну модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі спроектовану в ваше середовище Cisco Packet Tracer

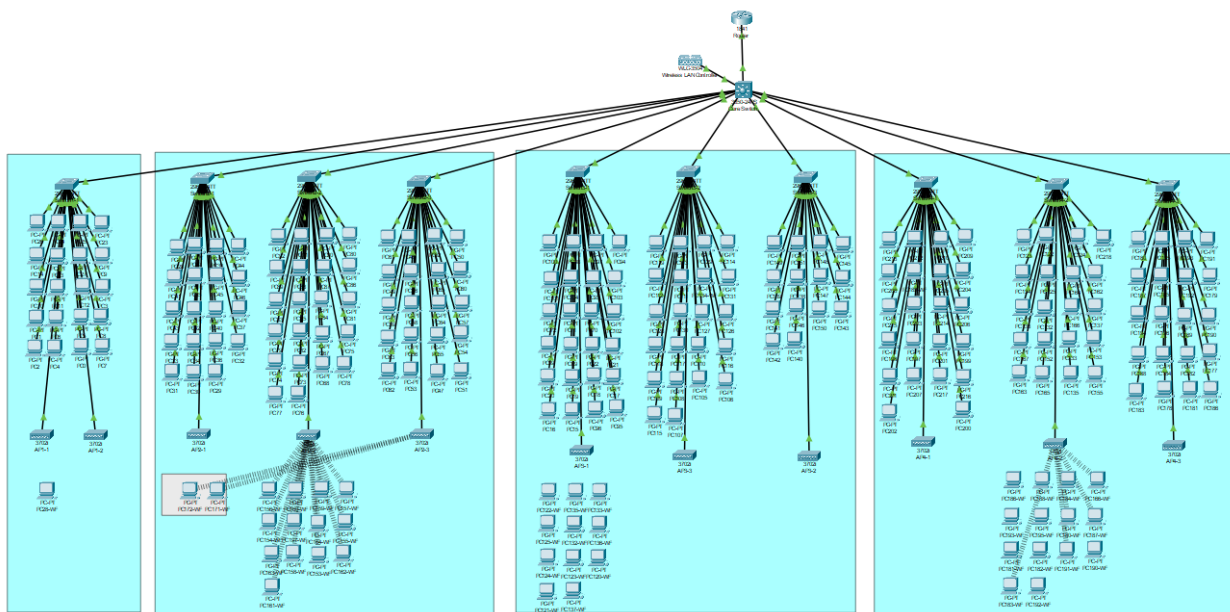


Рисунок В.1 – Модель локальної обчислювальної мережі офісної будівлі спроектовану в середовищі Cisco Packet Tracer

Тест 1

2.1. Перевірка працездатності

2.1.1. Перевірку здійснювати за критерієм аналізу підключення та доступності мережі. Перевірка правильності з'єднання вузлів в одному VLAN та перевірити їх доступність. Для цього скористаємось командою ping. Перевіримо для прикладу з'єднання між PC199 та PC217, результат перевірки позитивний, на екрані результати повинні бути наступними: відправлено 4, отримано 4.

```

Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.40.1

Pinging 192.168.40.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time=12ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 192.168.40.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.40.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 3ms

C:\>
  
```

Рисунок В.2 – Перевірка працездатності мережі

Тест 2

2.2. Перевірка працездатності мережі при великих напруженнях.

2.2.1. Перевірку здійснювати за критерієм аналізу доступної навантаженості мережі.

Змодельовати потік трафіку використовуючи вбудовану утиліту Traffic Generator, наприклад розмір пакета – 1000 байт, а далі збільшується з кожним кроком на 1000, поки пакет не досягне максимального розміру, який дорівнює 4000 байт. Кількість втрачених пакетів повинна бути менше 20%, при збільшенні розміру пакету.

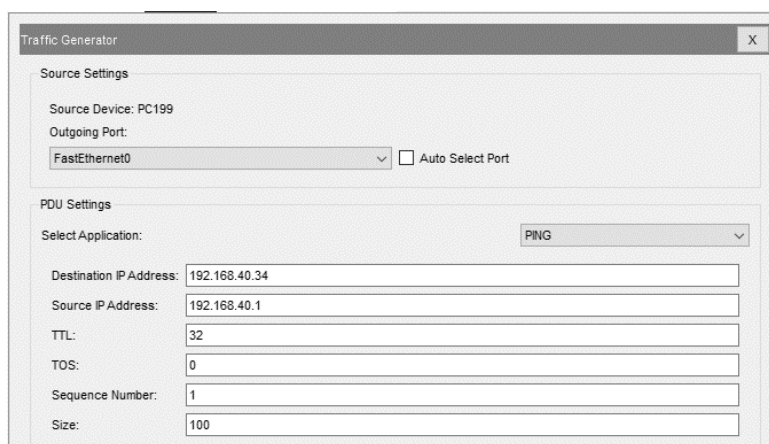


Рисунок В.3 – Налаштування вбудованої утиліти Traffic Generator

Номер експерименту	Розмір пакетів, байт	Пакетів втрачено всього, шт
1	1000	0
2	2000	0
3	3000	0
4	4000	0

Рисунок В.4 – Результати роботи мережі під навантаженням

Висновки: випробування вважаються успішно пройденими, якщо були виконані всі перевірки з пунктів 1,2.

Виконавець

студент групи КУ-41

Петрушенко Д.О.