

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра _____ Інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Розробка та дослідження LAN великих виробничих

площ

(тема)

Виконав:

здобувач _____ 2 _____ року навчання,

групи _____ ІМІМ-24-1 _____

_____ Растяпін М. О. _____

(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____ 172 Електронні комунікації та
радіотехніка _____

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Інформаційно-мережна
інженерія _____

(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ проф. Рапін В.В. _____

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри _____

(підпис)

_____ Микола МОСКАЛЕЦЬ _____

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код і повна назва)
Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві Растяпін Михайло Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження LAN великих виробничих площ

затверджена наказом університету від «24» жовтня 2025 р. № 959Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії «22» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: підприємство- гіпермаркет розміщено у декількох приміщеннях загальною площею до 10000 м², де можуть знаходитися до 30 постійних робочих станцій, а також гаджети відвідувачів. Телекомунікаційна мережа повинна мати дротову і бездротову частини. Потрібно провести її проектування, розробити імітаційну модель, і дослідити основні характеристики.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ

1 аналітичний огляд сучасних технологій побудови локальних мереж

2 Проектування телекомунікаційної мережі підприємства

3 Розробка і тестування імітаційної моделі мережі, дослідження її основних характеристик, моделювання зон покриття точок доступу

Висновки,

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Слайди у форматі Power Point, назва, мета і актуальність кваліфікаційної роботи, структурна схема підприємства, структурна схема телекомунікаційної мережі, імітаційна модель мережі, результати тестування і дослідження моделі, висновки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ. | 25.10.25 | |
| | Підбір та вивчення літератури за темою роботи | 26.10-08.11.25 | |
| | Виконання розділу 1 | 09.11-16.11.25 | |
| | Виконання розділу 2 | 17.11-28.11.25 | |
| | Виконання розділу 3 | 29.11-09.12.25 | |
| | Оформлення пояснювальної записки | 10.12-18.12.25 | |
| | Оформлення презентаційного матеріалу, | 19.12-21.12.25 | |
| | Подача роботи до ЕК | 22.12.25 | |

Дата видачі завдання 25 жовтня 2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Рапін В.В.
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 50 с., 19 рис., 6 табл., 10 джерел.

Об'єкт дослідження – локальна обчислювальна мережа великих виробничих площ та процеси її проектування.

Мета роботи – розробка та дослідження надійної локальної мережі для виробничого підприємства, що забезпечує безперебійне покриття, високу швидкість передачі даних та масштабованість інфраструктури.

У кваліфікаційній роботі спроектовано локальну мережу (LAN) для забезпечення комунікації на великих виробничих площах. Проведено аналіз вимог до мережевої інфраструктури промислового об'єкта, враховано специфіку поширення сигналу та можливі перешкоди. Обґрунтовано вибір мережевого обладнання Cisco та середовища передачі даних. Розроблено схему IP-адресації, налаштовано маршрутизацію та реалізовано сегментацію мережі для підвищення рівня безпеки та керованість трафіком. Досліджено використання бездротових технологій (Wi-Fi) для забезпечення мобільності персоналу та обладнання. Ефективність запропонованих рішень перевірено шляхом моделювання та розрахунків пропускну здатності.

Ключові слова: ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО, КОМУТАЦІЯ, МАРШРУТИЗАЦІЯ, CISCO, WI-FI, ТОПОЛОГІЯ МЕРЕЖІ, ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 50 p., 19 fig., 6 tabl., 10 sources.

The object of study – is the local area network of large production areas and the processes of its design.

The purpose of the work – is the development and research of a reliable local network for a manufacturing enterprise, ensuring seamless coverage, high data transmission speed, and infrastructure scalability.

In the qualification work, a local area network (LAN) was designed to ensure communication across large production areas. An analysis of the requirements for the network infrastructure of the industrial facility was conducted, taking into account signal propagation specifics and potential interference. The selection of Cisco network equipment and data transmission media was justified. An IP addressing scheme was developed, routing was configured, and network segmentation was implemented to increase security and traffic manageability. The use of wireless technologies (Wi-Fi) to ensure the mobility of personnel and equipment was investigated. The effectiveness of the proposed solutions was verified through modeling and bandwidth calculations.

Keywords: LOCAL AREA NETWORK, MANUFACTURING ENTERPRISE, SWITCHING, ROUTING, CISCO, WI-FI, NETWORK TOPOLOGY, NETWORK DESIGN, TELECOMMUNICATION EQUIPMENT

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ..... | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖЕВОГО ДОСТУПУ..... | 9 |
| 1.1 Класифікація локальних мереж..... | 9 |
| 1.2 Основні стандарти локальних мереж..... | 11 |
| 1.3 Топології локальних мереж..... | 12 |
| 1.4 Режими функціонування и основні характеристики мережі WI-FI.... | 13 |
| 1.5 Мережеві пристрої локальних мережю..... | 15 |
| 1.6 Основний інструментарій для моделювання wifi мереж..... | 16 |
| 1.7 Постановка завдання на проектування та дослідження..... | 18 |
| Висновки до розділу 1..... | 18 |
| 2. ПЛАНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ..... | 19 |
| 2.1 Структурна схема організації..... | 19 |
| 2.2 Аналіз будівельного плану та розміщення мережевого обладнання торгового центру..... | 20 |
| 2.3 Організація структурної схеми мережі..... | 22 |
| 2.4 Розрахунок навантаження корпоративної мережі..... | 23 |
| 2.5 Вибір мережного обладнання..... | 27 |
| 2.5.1 Маршрутизатор Cisco 891-K9..... | 27 |
| 2.5.2 Точка доступу Cisco Business 240AC..... | 29 |
| 2.5.3 Комутатор керований рівня 3 Cisco CBS350-24T-4G-EU..... | 30 |
| 2.5.4 Сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10..... | 31 |
| Висновки до розділу2..... | 32 |
| 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ..... | 33 |
| 3.1 Розробка та тестування імітаційної моделі..... | 33 |
| 3.2 Прогнозування пропускнуої здатності мережі..... | 35 |
| 3.3 Дослідження зон покриття точок доступу..... | 38 |
| Висновки до розділу 3..... | 40 |
| ВИСНОВКИ..... | 41 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 42 |
| ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ..... | 43 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AP (Access Point) – точка доступу

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – інститут інженерів з електротехніки та електроніки

BSS (Basic Service Set) – базовий набір служб

ESS (Extended Service Set) – розширений набір служб

IP (Internet Protocol) – міжмережевий протокол

IT (Information Technology) – інформаційні технології

LAN (Local Area Network) – локальна обчислювальна мережа

MIMO (Multiple Input Multiple Output) – метод просторового кодування сигналу (множинний вхід — множинний вихід)

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – технологія бездротової передачі даних стандарту IEEE 802.11

WLAN (Wireless Local Area Network) – бездротова локальна мережа

WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) – бездротова міська мережа

WPAN (Wireless Personal Area Network) – бездротова персональна мережа

WWAN (Wireless Wide Area Network) – бездротова глобальна мережа

ПК – персональний комп'ютер

ВСТУП

У сучасну цифрову епоху та епоху автоматизації добре спроектована локальна мережа (LAN) є незамінною для будь-якого підприємства, щоб забезпечити ефективний потік інформації. Вона полегшує обмін даними між робочими станціями, серверами, контролерами, системами відеоспостереження та іншими пристроями, що використовуються у виробничій діяльності. Впровадження комплексних рішень для автоматизованого управління, моніторингу обладнання, контролю технологічних процесів та обробки великих обсягів інформації в режимі реального часу стає можливим завдяки LAN.

Питання проектування локальної мережі набуває особливої актуальності в умовах великих виробничих площ, де відстані між окремими вузлами системи можуть сягати сотень метрів, а кількість підключених пристроїв — сотень або навіть тисяч. У таких умовах необхідно враховувати не тільки технічні характеристики мережевого обладнання, але й особливості розташування виробничих цехів, рівень електромагнітних перешкод, можливість розширення мережі та вимоги до надійності зв'язку.

Розробка локальної мережі для великих виробничих об'єктів вимагає комплексного підходу. Цей підхід включає кілька ключових елементів, серед яких вибір оптимальної топології, визначення типів і категорій кабельної інфраструктури, розрахунок пропускної здатності, розробка схеми підключення активного обладнання, а також аналіз продуктивності та відмовостійкості системи. Крім того, вкрай важливо забезпечити високий рівень безпеки даних і стабільності мережі в разі можливих технічних або енергетичних збоїв.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖЕВОГО ДОСТУПУ

1.1 Класифікація локальних мереж.

Локальна мережа (LAN) — це тип комп'ютерної мережі, яка з'єднує комп'ютери, сервери та інше обладнання в межах обмеженої території, наприклад, офісу, підприємства, навчального закладу або будинку. Основна функція інтернету — полегшити обмін даними, спільне використання ресурсів та надання доступу до інтернету [1].

Класифікація локальних мереж (LAN) визначається носієм, через який передаються дані.

Доступні такі типи мідних кабелів:

- Кабелі з крученою парою, класифіковані як Cat.5e, Cat.6, Cat.6a, Cat.7 або Cat.8

Волоконна оптика є ключовим компонентом сучасної комунікаційної інфраструктури, причому одномодові (SM) варіанти є особливо ефективними для передачі на великі відстані в межах кампусів [1].

Бездротові сегменти (Wi-Fi, Bluetooth, Li-Fi) все частіше вбудовуються в кабельну інфраструктуру.

Нижче наведено перелік основних стандартів LAN (Ethernet):

Стандарт Fast Ethernet, позначений як 100BASE-T, працює зі швидкістю передачі даних 100 мегабіт на секунду.

Gigabit Ethernet (1000BASE-T) — стандарт, що працює зі швидкістю 1 Гбіт/с і в даний час використовується в багатьох сучасних офісних середовищах.

10G Ethernet (10GBASE-T, 10GBASE-SR/LR) має максимальну швидкість передачі даних 10 Гбіт/с.

Система 40G/10 G Ethernet була розроблена для використання в центрах обробки даних і системах з високим навантаженням.

Процес передачі даних між комп'ютерами є предметом значного інтересу в галузі інформаційних технологій.

Доступ до спільних ресурсів, включаючи, але не обмежуючись файловими серверами, принтерами та базами даних, дозволений.

Організація внутрішньої телефонії (VoIP).

Доступ до інтернету забезпечується через спільний шлюз.

Залежно від зони покриття мережі, бездротові мережі можна класифікувати наступним чином:

Термін «WWAN» є аббревіатурою від «wireless wide area network» (бездротова глобальна мережа).

Термін «WLAN» є аббревіатурою від «бездротова локальна мережа».

Термін «WMAN» є аббревіатурою від «бездротова міська мережа».

Термін «WPAN», аббревіатура від «бездротова персональна мережа», використовується для позначення конкретного типу бездротової мережі.

WWAN, або бездротова глобальна мережа, — це тип бездротової мережі, що охоплює великі території. Бездротові глобальні мережі (WWAN) зазвичай використовуються для встановлення інтернет-з'єднання на великі відстані для таких пристроїв, як ноутбуки та смартфони, часто з використанням стільникових мереж передачі даних. WLAN — це оптимальне рішення для організацій, яким потрібно підключення пристроїв на невеликі відстані. Замість встановлення з'єднання на території всього міста, вони можуть створити з'єднання на території університетського містечка. Бездротові локальні мережі (WLAN) часто використовуються в офісних будівлях, навчальних закладах та інших місцях, де безліч пристроїв, розташованих близько один до одного, потребують підключення [2].

Крім того, WLAN можуть бути життєздатним рішенням для організацій, яким потрібно постійне підключення таких пристроїв, як ноутбуки та смартфони.

Однією з основних переваг WLAN є її гнучкість і простота розгортання. На відміну від дротових локальних мереж (LAN), які вимагають прокладання численних кабелів, WLAN використовують бездротові сигнали, що полегшує масштабування та конфігурацію відповідно до вимог організації [2].

Бездротова локальна мережа (WLAN) — це мережева система, яка використовує бездротову технологію для підключення різних комп'ютерних пристроїв з метою формування мережевої системи, яка може взаємодіяти між собою, передавати дані та обмінюватися ресурсами. Сфера застосування системи є широкою і охоплює велику кількість секторів та галузей. Наприклад, вона застосовується на підприємствах, в лікарнях, магазинах, на заводах, в школах та в сім'ях [2].

Основною функцією цієї бездротової міської мережі є встановлення з'єднання з магістральною мережею, забезпечуючи тим самим покриття для користувачів. Наприклад, широкосмугова WMAN, втілена в серії стандартів IEEE 802.16, знаходить основне застосування в локальних багатоточкових з'єднаннях. Бездротова міська мережева технологія, яка зараз доступна на ринку, також називається «технологією WiMAX». Міністерство інформаційної промисловості оголосило про намір виділити два діапазони частот, 3,5 ГГц (3400-3430 МГц, 3500-3530 МГц) і 5,8 ГГц (5725-5850 МГц), як спеціальні діапазони частот для бездротового доступу до міських мереж [3].

Дротова локальна обчислювальна мережа, відома як LAN, являє собою систему взаємозв'язаних комп'ютерів, серверів та периферійного обладнання, що об'єднані в межах обмеженої території, такої як будинок, офіс або лабораторія. Основу такої мережі складає технологія Ethernet, яка забезпечує передачу даних за допомогою фізичних носіїв. Найчастіше для з'єднання використовується мідний кабель типу «вита пара», хоча в сучасних високошвидкісних системах або на великих відстанях застосовують оптоволокно. Головними апаратними компонентами мережі є мережеві адаптери, вбудовані в пристрої, та комутатори, які виконують роль інтелектуальних розподільників трафіку. Для виходу в інтернет до системи додається маршрутизатор [3].

1.2 Основні стандарти локальних мереж

Стандарти Wi-Fi визначені IEEE (інститут інженерів з електротехніки та електроніки) в протоколі 802.11. Ці стандарти встановлюють, як бездротові пристрої обмінюються даними і підключаються до інтернету. Еволюція зазначених стандартів привела до значного підвищення швидкості, дальності і надійності [3].

Наступні стандарти Wi-Fi вважаються основними:

Відповідно до стандарту IEEE 802.11, визначені параметри включають швидкість передачі даних, діапазон робочих частот і методи модуляції.

802.11 (1997) – до 2 Мбіт/с, діапазон 2,4 ГГц (застарілий).

Відповідно до специфікацій, викладених у 802.11a (1999), максимальна швидкість передачі даних для цієї технології становить 54 Мбіт/с, що працює в діапазоні частот 5 ГГц.

Стандарт 802.11b, опублікований у 1999 році, працює на швидкості до 11 Мбіт/с у діапазоні 2,4 ГГц.

Стандарт 802.11g, опублікований у 2003 році, забезпечує швидкість передачі даних до 54 мегабіт на секунду в діапазоні 2,4 гігагерц. Цей стандарт сумісний зі стандартом 802.11b.

Стандарт 802.11n, опублікований у 2009 році, забезпечує швидкість передачі даних до 600 Мбіт/с, працює в діапазонах 2,4 і 5 ГГц і використовує технологію Multiple Input, Multiple Output (MIMO).

Стандарт 802.11ac, опублікований у 2014 році, працює зі швидкістю до 6,9 Гбіт/с, використовує діапазон 5 ГГц і підтримує технологію MU-MIMO, що забезпечує ширші канали.

Стандарт 802.11ax, також відомий як Wi-Fi 6, був представлений у 2019 році. Він працює зі швидкістю до 9,6 гігабіт на секунду і використовує діапазони 2,4 і 5

гігагерц. Технологія OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) використовується для одночасної підтримки декількох користувачів і пристроїв.

Стандарт 802.11be, також відомий як Wi-Fi 7, наразі знаходиться в стадії розробки і здатний досягати швидкості до 46 Гбіт/с у діапазонах 2,4/5/6 ГГц, [3].

1.3 Топології локальних мереж

Топології технології Wi-Fi, які також називають режимами роботи, слугують для визначення способу встановлення з'єднання між пристроями. Ці топології класифікуються за трьома основними категоріями: У контексті бездротових мереж існує три основні режими встановлення мережевого з'єднання: Ad-Нос (IBSS), режим інфраструктури та розширений набір послуг (ESS), [4].

Режим Ad-Нос означає пряме з'єднання пристроїв між собою без участі точки доступу або проміжної мережевої інфраструктури. У режимі інфраструктури пристрої підключаються до точки доступу, яка забезпечує з'єднання з іншими мережами. ESS використовує кілька точок доступу для розширення покриття мережі.

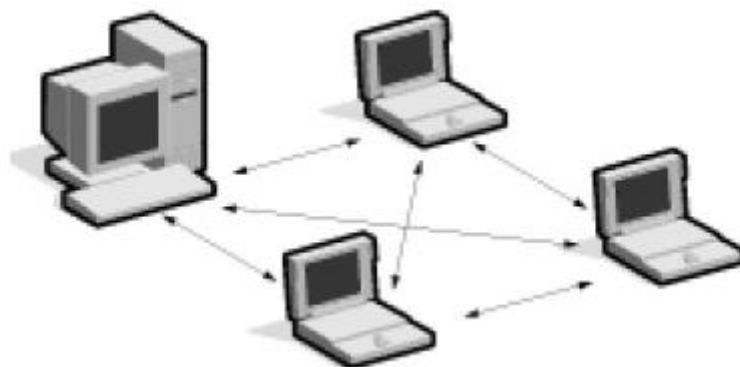


Рисунок 1.1 - Режим Ad-Нос

Режим Ad-Нос є найпростішою формою структури локальної мережі, в якій абонентські станції (ноутбуки або комп'ютери) взаємодіють безпосередньо між собою. Ця конфігурація є вигідною для швидкого впровадження мережі. Для створення вищезазначеної структури потрібно мінімум обладнання. Кожна абонентська станція обов'язково повинна бути обладнана адаптером WLAN [4].

У режимі BSS вузли мережі взаємодіють між собою не безпосередньо, а через точку доступу (AP). У режимі BSS всі вузли взаємодіють між собою через єдину точку доступу, яка може виступати мостом для підключення до зовнішньої кабельної мережі.

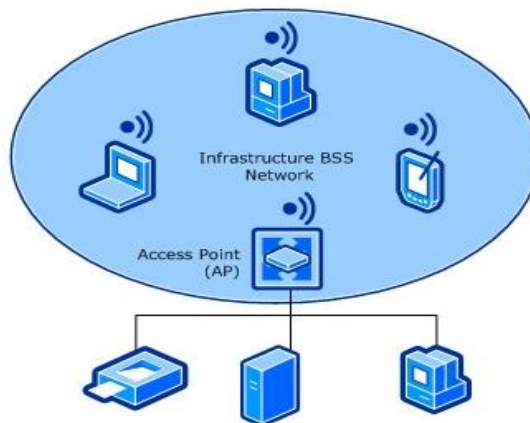


Рисунок 1.2 - Топологія BSS

Режим ESS полегшує об'єднання декількох точок доступу, тим самим інтегруючи декілька мереж BSS. У таких випадках точки доступу можуть взаємодіяти між собою. Розширений режим є вигідною функцією, коли необхідно об'єднати декількох користувачів в одну мережу або з'єднати декілька дротових або бездротових мереж.

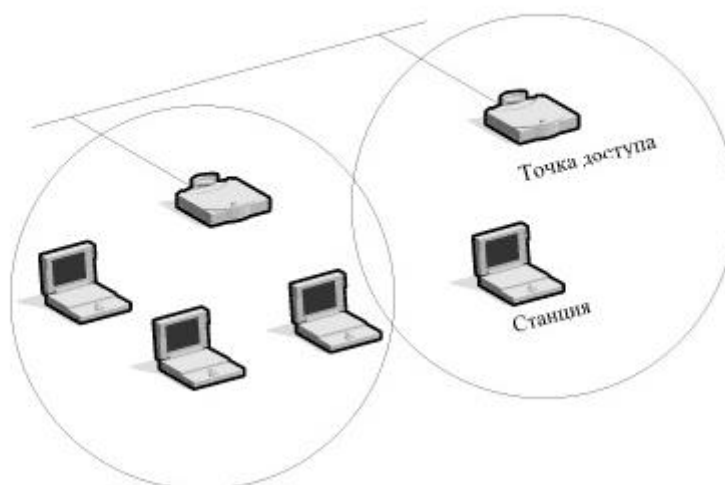


Рисунок 1.3 - Топологія ESS

1.4 Режими функціонування и основні характеристики мережі WI-FI

Бездротова мережа Wi-Fi 802.11 працює в трьох основних режимах. Основна відмінність між цими двома моделями полягає в їх максимальній швидкості передачі даних. Це режими b/g/n.

Необхідно провести більш ретельне дослідження.

Було встановлено, що B є найповільнішим режимом. Максимальна швидкість передачі даних 11 Мбіт/с (мегабіт на секунду) в режимі G еквівалентна 54 Мбіт/с в режимі N, що свідчить про значне збільшення пропускної здатності. Швидкість

передачі даних від маршрутизатора до адаптера може досягати 600 мегабіт на секунду (Мбіт/с) [4].

Важливо зазначити, що не всі мобільні пристрої, адаптери та мережеві карти ноутбуків сумісні з режимом N.

У контексті застарілих технологій А, В і G максимальна досяжна швидкість становить приблизно 20 Мбіт/с. Отже, особам, які переважно використовують Wi-Fi, необхідно враховувати цей фактор при виборі тарифного плану. У налаштуваннях маршрутизатора необхідно конфігурувати єдиний стандарт роботи (N, якщо підтримується) [4].

За відсутності відповідного сигналу маршрутизатор буде шукати найбільш підходящий сигнал з низькою швидкістю. Наприклад, якщо ноутбук зі стандартом підключення N підключений до точки доступу Wi-Fi зі стандартом підключення B, максимальна досяжна швидкість становить 20 Мбіт/с (стандарт B). Дальність і стабільність передачі також визначаються стандартом обладнання та якістю використовуваного маршрутизатора [4].

Нижче наведено основні особливості мереж Wi-Fi: Стандарти та швидкість передачі даних

Сімейство стандартів IEEE 802.11 — це набір специфікацій, що визначають спосіб передачі даних між пристроями в бездротовій мережі.

Швидкість цього процесу залежить від використовуваної версії.

802.11b → до 11 Мбіт/с

Стандарт 802.11g забезпечує швидкість передачі даних до 54 мегабіт на секунду.

Стандарт 802.11n (Wi-Fi 4) забезпечує швидкість передачі даних до 600 мегабіт на секунду.

Стандарт 802.11ac, також відомий як Wi-Fi 5, забезпечує швидкість передачі даних до 6,9 гігабіт на секунду (Гбіт/с).

Стандарт 802.11ax, також відомий як Wi-Fi 6 або 6E, забезпечує швидкість передачі даних до 9,6 гігабіт на секунду (Гбіт/с).

Стандарт 802.11be, також відомий як Wi-Fi 7, здатний досягати швидкості передачі даних до 30+ Гбіт/с [4].

Wi-fi компоненти працюють в діапазоні частот 2,4 ГГц, з максимальною відстанню передачі 100 метрів.

Ефективність проникнення через перешкоди була покращена.

Спостерігаються значні перешкоди при наявності Bluetooth, мікрохвильових печей та інших Wi-Fi-сигналів.

Діапазон частот 5 ГГц характеризується вищою швидкістю.

Менше перевантаженості.

Діапазон порівняно обмежений, у приміщенні становить 30–50 метрів.

Діапазон 6 ГГц, також відомий як Wi-Fi 6E та діапазони вищого рівня, є останнім досягненням у галузі бездротових технологій.

Пристрій має високий ступінь стійкості до перешкод.

Транспортний засіб має високу швидкість, однак його діапазон порівняно зменшений.

Пропускна здатність каналу визначається наступним чином:

Важливо зазначити, що канали мають різну ширину, причому 20 МГц є основною шириною.

40 МГц (802.11n).

Перший варіант — 80 МГц, другий — 160 МГц (802.11ac, Wi-Fi 5).

Максимальна робоча частота — 320 МГц (Wi-Fi 7).

Доведено, що ширина каналу прямо пропорційна швидкості, однак це також збільшує ймовірність перешкод.

1.5 Мережеві пристрої локальних мереж

Класифікація обладнання WLAN базується на цих основних характеристиках: призначення та роль обладнання в мережі, відповідність стандарту IEEE 802.11, діапазони частот, в яких воно працює, та сфера застосування [5].

Точка доступу (AP) – це пристрій, що забезпечує зв'язок між бездротовими клієнтами та дротовою мережею. Його основна функція – слугувати мережевим інтерфейсом, що забезпечує передачу даних між бездротовою та дротовою мережами.

Бездротовий клієнт (STA, станція) — кінцевий пристрій (ноутбук, смартфон, ПК з Wi-Fi-адаптером).

Бездротовий міст — система, що забезпечує зв'язок між двома локальними мережами через радіоканал.

Бездротовий маршрутизатор — пристрій, що поєднує функції маршрутизатора та точки доступу.

Бездротовий ретранслятор/подовжувач — пристрій, що підсилює та ретранслює сигнал, тим самим розширюючи зону покриття.

Бездротовий контролер – система, що забезпечує централізоване управління декількома точками доступу в корпоративній мережі.

Класифікація базується на частотному діапазоні.

Діапазон частот 2,4 гігагерца (ГГц) характеризується розширеним діапазоном, однак він також схильний до перевантаження, особливо в контексті стандартів Bluetooth, Wi-Fi та Zigbee.

Діапазон 5 ГГц працює на більш високій частоті, забезпечуючи підвищену швидкість, але з меншим діапазоном і схильністю до перешкод у порівнянні з нижчими частотами. Цей діапазон визначається стандартами a/n/ac/ax [5].

Діапазон 6 ГГц визначений як новий діапазон частот для Wi-Fi 6E і Wi-Fi 7, що забезпечує високу швидкість передачі даних при низькому рівні перевантаження.

До сфери застосування належать споживчі пристрої, такі як домашні маршрутизатори, адаптери та USB-модулі.

Наступні елементи мають особливе значення в корпоративному контексті:

- Точки доступу, контролери та системи моніторингу, що використовуються професіоналами в корпоративних структурах

Specialized пропонує ряд зовнішніх рішень та обладнання, призначених для інтернету речей (IoT) та промислового застосування.

1.6 Основний інструментарій для моделювання wifi мереж

Для моделювання та аналізу мереж Wi-Fi було розроблено безліч програм. Ці програми можна розділити на дві окремі групи: професійні інструменти для проектування мереж, включаючи NetAlly, AirMagnet Planner та Ekahau Site Survey, а також більш доступні програми для аналізу та діагностики, такі як NetSpot та Acrylic Wi-Fi. Професійні рішення пропонують комплексне покриття, включаючи теплові карти, аналіз перешкод та оптимізацію мережі. Навпаки, прості програми добре підходять для домашнього використання, особливо для виявлення основних проблем із сигналом [6].

Професійні інструменти

Ці програмні додатки були розроблені для інженерів та інших фахівців, які займаються проектуванням великомасштабних мереж Wi-Fi.

NetAlly AirMagnet Planner: це програмне забезпечення полегшує планування бездротових мереж, враховуючи такі фактори, як будівельні матеріали, перешкоди, типи антен та конфігурації точок доступу. Крім того, воно дозволяє створювати теплові карти, що ілюструють покриття мережі.

Ekahau Site Survey: це комплексне рішення призначене для спрощення проектування, моніторингу та аналізу Wi-Fi-мереж із підтримкою сучасних стандартів, таких як Wi-Fi 6. Програмне забезпечення надає детальні звіти та теплові карти, що дають уявлення про продуктивність та використання мережі.

Універсальні та аналітичні програми призначені для широкого кола користувачів, від приватних осіб, які використовують програми вдома, до малих підприємств.

NetSpot: Ця мультиплатформна програма пропонує аналіз Wi-Fi, планування мережі та створення теплових карт. Програмне забезпечення сумісне з такими операційними системами: Windows, macOS, Android та iOS.

Acrylic Wi-Fi: Ця програма пропонує як безкоштовну, так і платну версії, надаючи користувачам можливість проводити глибокий аналіз параметрів мережі. Ці параметри включають силу сигналу, типи шифрування та дані точки доступу.

Прості аналізатори та сканери

Утиліти для швидкої оцінки поточного середовища Wi-Fi

inSSIDer: надає детальну інформацію про точки доступу, включаючи рівні сигналу, типи шифрування та швидкість передачі даних, що полегшує діагностику мережі.

Wi-Fi Analyzer: Microsoft Store пропонує інструмент, який добре підходить для користувачів, яким потрібна проста програма для фундаментального аналізу.

Cisco Packet Tracer — це програма, розроблена компанією Cisco Systems, яка полегшує моделювання бездротових і дротових мереж. Вона дозволяє створювати топології мереж, конфігурувати віртуальні мережеві пристрої, такі як маршрутизатори та точки доступу, а також тестувати їхню продуктивність у контрольованому середовищі. Програма призначена для навчання мережевим технологіям, проведення експериментів і вивчення поведінки мереж за відсутності реального обладнання [7].

Нижче наведено основні характеристики Packet Tracer, що мають відношення до моделювання мереж Wi-Fi:

- Програма надає моделі точок доступу, маршрутизаторів, комутаторів та кінцевих пристроїв (ПК, принтери, IP-телефони), що дозволяє користувачеві відтворити реальну інфраструктуру [7].
- Процес побудови топологій Packet Tracer полегшує проектування як простих, так і складних топологій мереж, тим самим забезпечуючи безперебійне тестування різноманітних сценаріїв, включаючи впровадження бездротових мереж.
- Налаштування та усунення несправностей системи мають першочергове значення. Користувачі мають можливість налаштовувати параметри пристроїв, включаючи Wi-Fi, а також виявляти та усувати потенційні проблеми мережі.
- Cisco Packet Tracer є ефективним інструментом для відпрацювання практичних навичок роботи з мережевими технологіями та пристроями, доповнюючи теоретичні знання [7].

Отже, приймаючи до уваги усе вищезазначене, а також вимоги технічного завдання, далі пропонується: - дослідити ряд алгоритмів шифрування симетричного типу для виявлення найбільш перспективного з точки зору можливості його модифікації; - проаналізувати деякі асиметричні алгоритми для визначення більш стійкого з них для використання у якості засобу шифрування симетричних ключів.

1.7 Постановка завдання на проектування та дослідження.

Приймаючи до уваги усе вищезазначене, а також вимоги технічного завдання, проєктована мережа повинна відповідати певним критеріям, що забезпечать її надійність і адаптивність до майбутніх змін та потреб. Це включає:

- Гнучкість та розширюваність для інтеграції нових пристроїв і сервісів;
- Масштабованість для забезпечення зростання користувачів і обсягів даних;
- Висока продуктивність з метою підтримки швидкої та стабільної роботи;
- Надійність із забезпеченням відмовостійкості;
- Безпека, що забезпечує захист даних та інформаційних активів компанії.

Таким чином у данній роботі:

Об'єкт дослідження: телекомунікаційна мережа великих виробничих площ.

Предметом дослідження: основні характеристики корпоративної мережі.

Мета дослідження: затримки та втрати пакетів, зони покриття точок доступу.

Для досягнення цілей проєкту був обран симулятори Cisco packet tracer і D-Link Wi-Fi Planner Pro, які дозволяють створювати, тестувати, аналізувати оптимізувати конфігурацію мережі включаючи дротові і бездротові Wi-Fi частини.

Висновки до розділу 1

У першому розділі виконано аналітичний огляд сучасних технологій побудови локальних мереж, який показав, що для забезпечення ефективної роботи підприємства на великих виробничих площах найбільш доцільним є використання гібридної інфраструктури з розвиненим бездротовим сегментом.

Проведений аналіз стандартів IEEE 802.11 дозволив визначити стандарт 802.11ax (Wi-Fi 6) як оптимальний для сучасних вимог що гарантує високу пропускну здатність та стабільну роботу великої кількості клієнтських пристроїв.

Також було обґрунтовано вибір програмного середовища Cisco Packet Tracer як основного інструменту для імітаційного моделювання, що дозволяє відтворити топологію мережі, налаштувати параметри обладнання та перевірити його працездатність.

2 ПЛАНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Структурна схема організації

Структурна схема організації (рис. 2.1), також відома як її організаційна структура, є графічним зображенням внутрішньої структури компанії. Вона надає візуальне уявлення про підрозділи компанії, ієрархію повноважень між співробітниками, розподіл ролей, обов'язків та відповідальності, а також про те, як підрозділи та співробітники взаємодіють для досягнення бізнес-цілей [8].

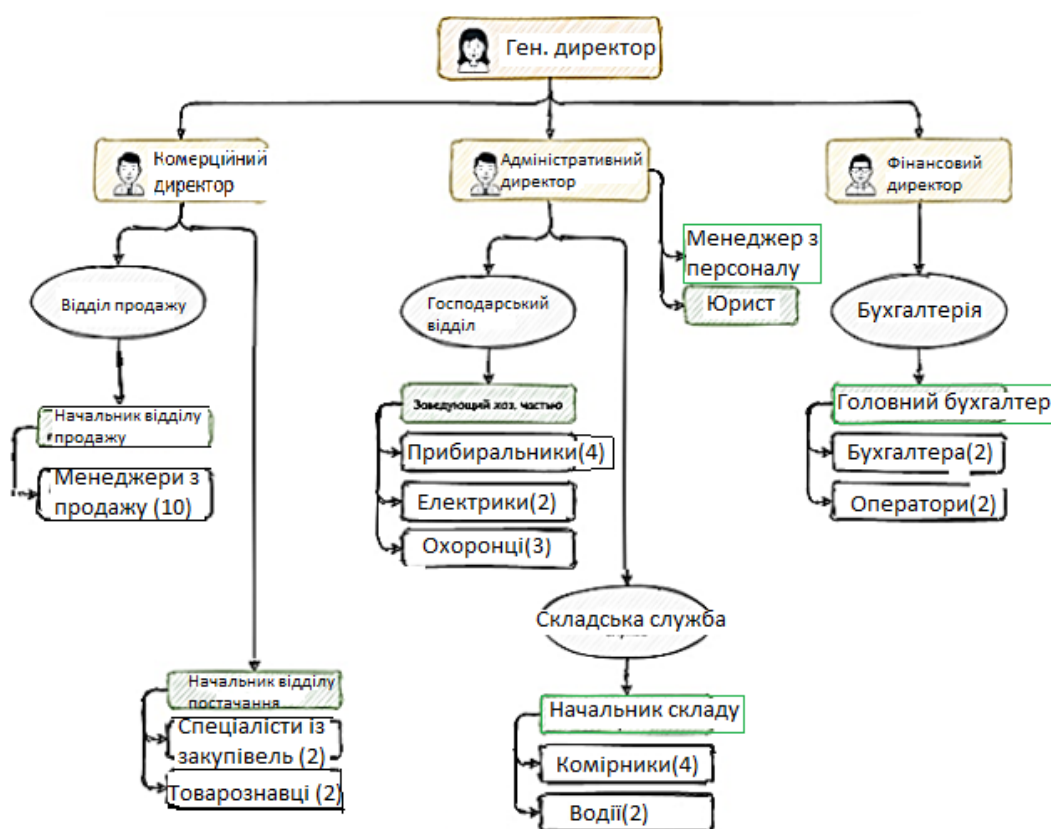


Рисунок 2.1 - Структурна схема організації

При проектуванні врахувати необхідність реалізації наступних телекомунікаційних послуг, що реалізуються як для внутрішніх потреб підприємства (інтранет), так і для інформаційної взаємодії з органами державної влади, партнерами підприємства, банками тощо (екстранет). При проектуванні передбачити підтримку мобільних користувачів послуг. При проектуванні необхідно враховувати специфіку інформаційного обміну на підприємстві [9]. Перелік послуг, які необхідно організувати, надавши апаратні, програмні, технологічні рішення:

- телефонний зв'язок;
- передача даних (обмін файлами, документообіг, системи управління підприємством);
- відеоспостереження;
- електронна пошта;
- електронні платежі («клієнт-банк»);
- факсимільний зв'язок;
- веб-сайт (портал) в мережі інтернет.

У мережі будуть такі пристрої:

- 19 персональних комп'ютерів;
- 3 принтери;
- 1 ксерокс;
- 1 сервер;

2.2 аналіз будівельного плану та розміщення мережевого обладнання торгового центру.

Початковий етап проектування локальної мережі (LAN) для торгового центру передбачає ретельне вивчення плану його будівництва. Основна мета цього етапу — визначення оптимального місця розташування мережевого обладнання з урахуванням архітектурних особливостей приміщення, кількості користувачів, вимог до пропускної здатності мережі та безпеки [9].

Будівля торгового центру має багатозонну структуру, що включає торгові зали, адміністративні приміщення та технічні приміщення. Така просторова організація вимагає впровадження зонування в мережі, створюючи тим самим дискретні сегменти. Такий підхід є необхідним для забезпечення стабільного з'єднання та ефективного розподілу навантаження.

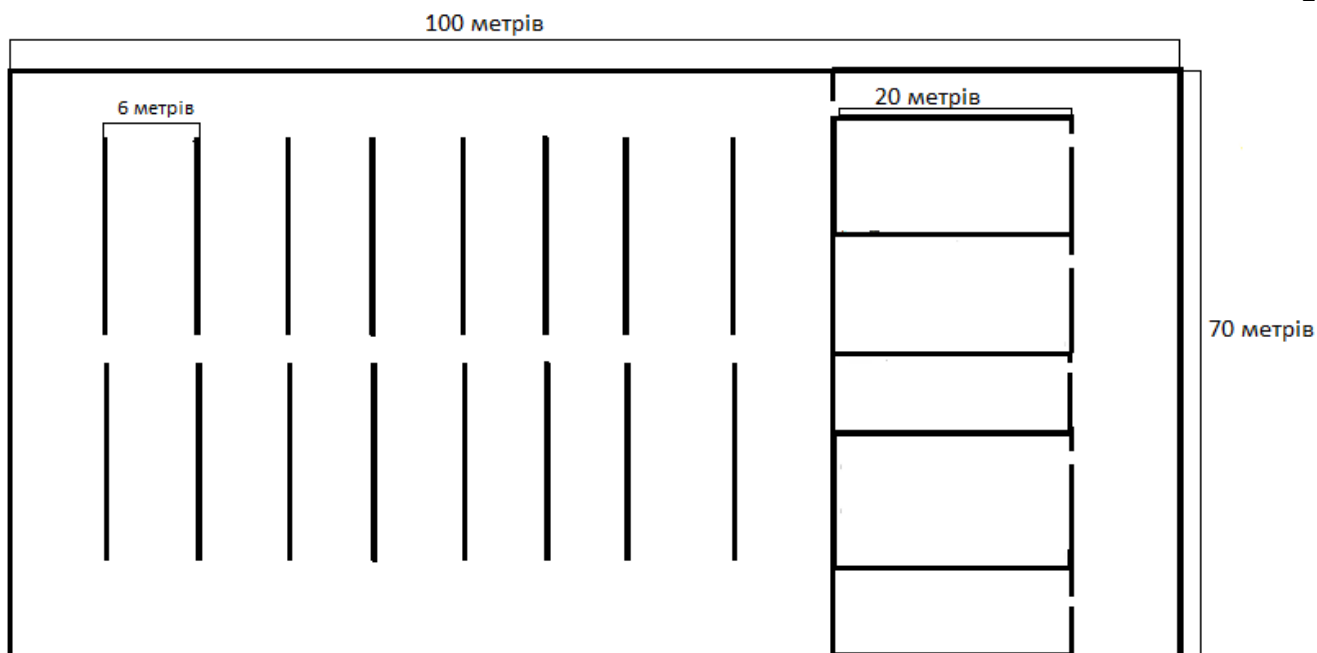


Рисунок 2.2 - План приміщення

Виходячи з плану приміщення, необхідно розробити план розміщення робочих місць, та обладнання.

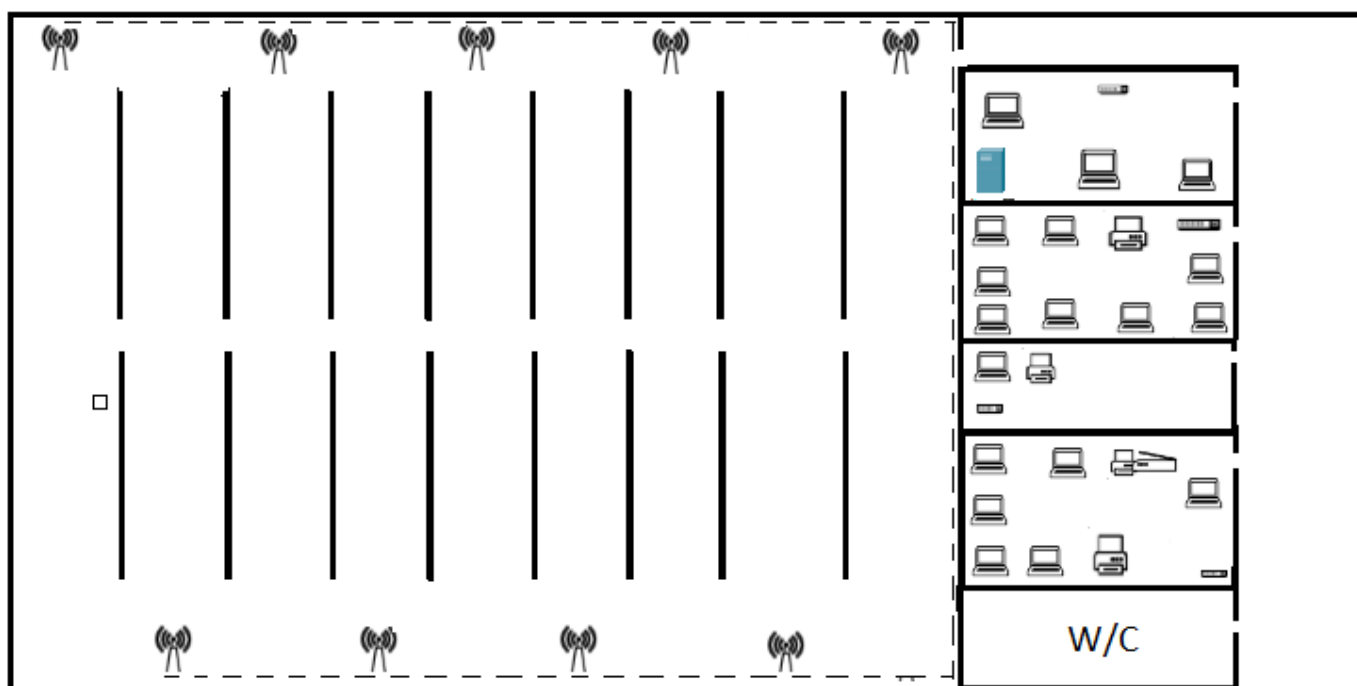


Рисунок 2.3 - План розміщення робочих місць, та обладнання

У результаті проведеного аналізу було створено план розміщення мережевого обладнання, який забезпечує ефективну роботу всієї інфраструктури торгового центру, гарантує надійність з'єднання, легкість обслуговування та можливість масштабування мережі у майбутньому.

2.3 Організація структурної схеми мережі

Організація схеми мережевої структури (рис. 2.4) є ключовим етапом у розробці інформаційної системи. Вона окреслює логічну та фізичну взаємодію між усіма елементами мережевої інфраструктури, включаючи робочі станції, сервери, комутатори, маршрутизатори та інші мережеві пристрої [10].

Метою побудови структурної схеми є забезпечення надійного, безпечного та ефективного обміну даними між усіма користувачами системи. У процесі розробки схеми враховуються такі основні параметри: топологія мережі, пропускна здатність каналу зв'язку, рівень навантаження на окремі вузли, а також вимоги до масштабованості та надмірності.

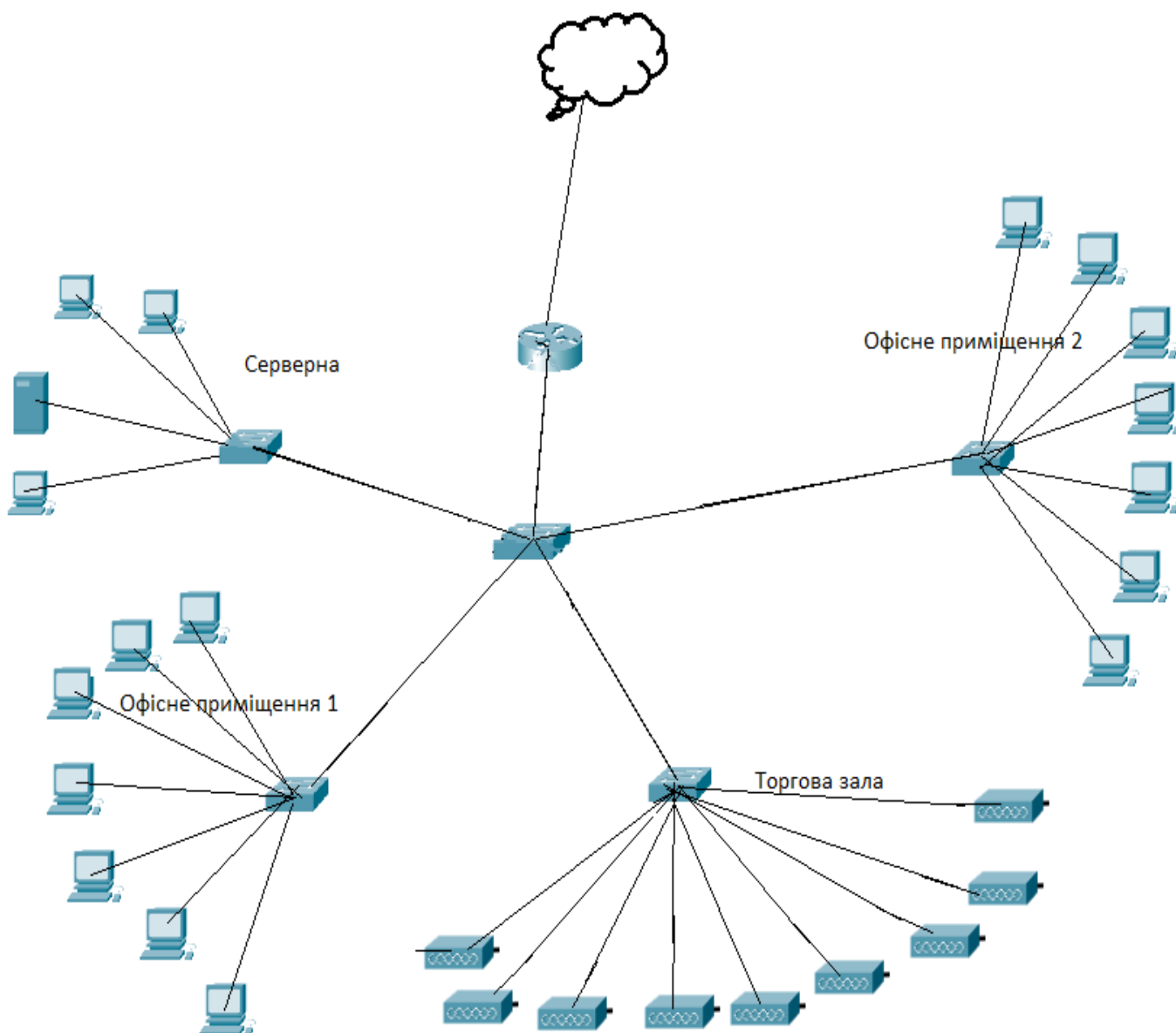


Рисунок 2.4 - Структурна схема мережі

2.4 Розрахунок навантаження корпоративної мережі

При проектуванні враховано реалізації телекомунікаційних послуг, реалізованих, як для внутрішніх потреб підприємства, так й інформаційної взаємодії з органами державної влади, партнерами підприємства, банками тощо. Під час проектування передбачено підтримку мобільних користувачів послуг. Враховано специфіку інформаційного обміну на підприємстві [10].

Для проектування корпоративної мережі зв'язку було розраховано навантаження. Для початку було визначено кількість та тип абонентів. абонентами корпоративної мережі є працівники корпорації кількістю 44 осіб.

Для корпоративної мережі важливими є послуги:

- високошвидкісний доступ до мережі інтернет;
- IP-телефонія;
- телефонний зв'язок;
- передача даних (файлообмін, системи керування підприємством);
- відеоспостереження;
- електронна пошта;
- факсимільний зв'язок.

Для розрахунку необхідного навантаження мережі визначили дані на такі види послуг:

- високошвидкісний доступ до мережі інтернет – 10000 кбіт/с;
- IP-телефонія – 84 кбіт/с;
- телефонний зв'язок – 512 кбіт/с;
- передача даних (файлообмін, системи керування підприємством) – 2048 кбіт/с;
- відеоспостереження – 2048 кбіт/с;
- електронна пошта – 512 кбіт/с;
- факсимільний зв'язок – 512 кбіт/с;
- підключення до інтернету у торговій залі - 10000 кбіт/с.

Для розрахунку необхідного навантаження мережі була використана формула (2.1):

$$N_{service} = C \cdot N_t = \text{абонентів}, \quad (2.1)$$

де C – фактична кількість користувачів;

N_t – кількість користувачів мережі підприємства.

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою інтернет. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 70%.

$$N_{internet} = 0,7 \cdot 44 = 31 \text{ абонентів.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою IP-телефонією. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 20%.

$$N_{VoIP} = 0,2 \cdot 44 = 9 \text{ абоненти.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою телефонних дзвінків. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 10%.

$$N_{phone} = 0,1 \cdot 44 = 4 \text{ абонентів.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою передачі даних. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 40%.

$$N_{data\ transfer} = 0,4 \cdot 44 = 18 \text{ абоненти.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою відеоспостереження. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 5%.

$$N_{video} = 0,05 \cdot 44 = 2 \text{ абонентів.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою електронної пошти. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 45%.

$$N_{email} = 0,45 \cdot 44 = 20 \text{ абонентів.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою факсимільного зв'язку. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 15%.

$$N_{fax} = 0,15 \cdot 44 = 7 \text{ абонентів.}$$

Згідно з виразом (2.1) проведено розрахунок кількості абонентів, які користуватимуться послугою підключення до інтернету у торговій залі. Фактична кількість користувачів, які використовують цю послугу одночасно складає 60%.

$$N_{lanint} = 0,6 \cdot 44 = 26 \text{ абонентів.}$$

Загальна кількість абонентів корпоративної мережі залишилася незмінною 108 абонентів. Після проведених розрахунків було отримано необхідні дані для розрахунку навантаження:

- високошвидкісний доступ до мережі інтернет – 31 абонентів;
- IP-телефонія – 9 абонент;
- телефонний зв'язок – 4 абонентів;
- передача даних (файлообмін, системи керування підприємством) – 18 абонента;
- відеоспостереження – 2 абонентів;
- електронна пошта – 20 абонентів;
- факсимільний зв'язок – 7 абонентів.
- підключення до інтернету у торговій залі – 26 абонентів.

Розраховали необхідне навантаження за формулою (2.2):

$$B_{service} = N_i \cdot S, \text{ кбіт / с,} \quad (2.2)$$

де N_i – кількість користувачів, які використовують визначений сервіс;

S – швидкість використання послуги.

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги інтернет:

$$B_{internet} = 31 \cdot 10000 = 310000 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги IP-телефонії:

$$B_{VoIP} = 9 \cdot 84 = 756 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги телефонного зв'язку:

$$B_{phone} = 4 \cdot 512 = 2048 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги телефонного зв'язку:

$$B_{data transfer} = 18 \cdot 2048 = 36864 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги відеоспостереження:

$$B_{video} = 2 \cdot 2048 = 4096 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги електронної пошти:

$$B_{email} = 20 \cdot 512 = 10240 \text{ кбіт} / \text{с.}$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги факсимільного зв'язку:

$$V_{fax}=7 \cdot 512 = 3584 \text{ кбіт} / \text{с}.$$

Згідно з виразом (2.2) проведено розрахунок навантаження для послуги підключення до інтернету у торговій залі:

$$V_{lanint}=26 \cdot 10000 = 260000 \text{ кбіт} / \text{с}.$$

Після проведених розрахунків було отримано найважливіші дані для вибору обладнання та проектування мережі. Разом сумарний трафік абонентів даної категорії: $627588 \text{ кбіт/с} = 627,588 \text{ мбіт/с}$. Розрахунок трафіку дозволяє обрати обладнання, яке стовідсотково буде підходити до мережі та працювати набагато швидше та якісніше, тому після проведеного розрахунку було обрано обладнання та побудовано мережу.

2.5 Вибір мережного обладнання

Після розрахунку навантаження мережі було отримано сумарний трафік користувачів $627,6 \text{ мбіт/с}$. Виходячи з цього було обрано мережне обладнання для роботи в мережі підприємства, яке задовольняє всі потреби користувачів:

- Маршрутизатор Cisco 891-K9;
- Точка доступу Cisco Business 240AC;
- Комутатор керований рівня 3 Cisco CBS350-24T-4G-EU;
- Сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10 (873830-421).

2.5.1 Маршрутизатор Cisco 891-K9

Маршрутизатори Cisco серії 800 з інтегрованими мережними сервісами є поширеним обладнанням. Маршрутизатори Cisco надають високу надійність та підтримують велику кількість сервісів на швидкості широкопугового каналу зв'язку. Роутери Cisco 800 Series Integrated Services Routers найбільше підходять для підприємств, робота яких полягає у використанні передових технологій. Маршрутизатори Cisco серії 800 підтримують бездротову мережу, забезпечують безпеку та об'єднують засоби передачі даних.

Маршрутизатори Cisco серії 800 з інтегрованими мережними сервісами здатні забезпечувати високий рівень безпеки, бездротовий доступ, одночасний доступ до кількох сервісів на швидкості широкопугового зв'язку, підтримку мереж VPN, дозволяють використовувати максимально всі можливості

ширококутнього з'єднання. Висока безпека дозволяє обмежити систему від різних загроз та вірусів. На рис.2.5 показано Маршрутизатор Cisco 891-K9.



Рисунок 2.5 – Маршрутизатор Cisco 891-K9

Основні характеристики маршрутизатора Cisco 891-K9 наведено у табл.2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики маршрутизатора Cisco 891-K9

| | |
|--|--|
| Бренд | Cisco |
| Тип пристрою | Маршрутизатор (роутер) |
| Вхід (WAN порт) | 1x 10/100/1000 |
| інтерфейс підключення (LAN-порт) | 8x 10/100 |
| Брандмауер (Firewall) | є |
| NAT | є |
| Підтримка VPN (віртуальних мереж) | є |
| DHCP-сервер | є |
| Веб-інтерфейс | є |
| Telnet | є |
| Підтримка SNMP | є |
| Живлення (PoE/адаптер) | -/+ |
| Можливість встановлення поза приміщенням | немає |
| Режим моста | немає |
| інше | 2 x USB 2.0, 1x Auxiliary Management порт (RJ-45), 1x Console Management (RJ-45) |
| Розміри (мм) | 325x249x48 |
| Вага (г) | 2500 |

2.5.2 Точка доступу Cisco Business 240AC

D-Link DAP-2610 забезпечує високошвидкісне покриття Wi-Fi стандарту 802.11ac Wave 2, підтримує одночасну роботу у двох діапазонах — 2,4 ГГц і 5 ГГц, та використовує технологію MU-MIMO для ефективного обслуговування великої кількості користувачів.

Пристрій відзначається гнучкістю налаштування, зокрема через безкоштовне програмне забезпечення Nuclias Connect або веб-інтерфейс, що забезпечує централізоване керування та моніторинг мережею.

Точка доступу підтримує розширені функції безпеки (WPA/WPA2 Enterprise), сегментацію мережі (VLAN), балансування навантаження (Load Balancing), а також технологію Beamforming для покращення якості сигналу.

Завдяки підтримці PoE (Power over Ethernet) стандарту 802.3af, пристрій може отримувати живлення безпосередньо через Ethernet-кабель, що значно спрощує монтаж у місцях без доступу до розеток.

D-Link DAP-2610 ідеально підходить для готелів, офісних приміщень, навчальних закладів або торгових залів, де необхідно забезпечити стабільний бездротовий доступ із високою пропускнуою здатністю.

На рис. 2.6 показано точку доступу D-Link DAP-2610. На рис. 2.6 показано точку доступу Cisco Business 240AC.



Рисунок 2.6 – Точка доступу Cisco Business 240AC

Таблиця 2.2 – Характеристики точки доступу Cisco Business 240AC

| | |
|--------------------------------------|--|
| Бренд | D-Link |
| Тип | Точка доступу (Access Point) |
| Стандарт | 802.11a/b/g/n/ac Wave 2 |
| Діапазони частот | 2,4 ГГц і 5 ГГц |
| Максимальна швидкість передачі даних | до 1300 Мбіт/с (400 Мбіт/с на 2,4 ГГц + 867 Мбіт/с на 5 ГГц) |
| Кількість антен | 2 внутрішні антени MIMO 2x2 |
| Кількість радіоканалів | 2 (2,4 ГГц / 5 ГГц) |
| Підключення (LAN-порт) | 1 × 10/100/1000 Base-T Ethernet (PoE) |

Подовження таблиці 2.2

| | |
|----------------|--|
| Живлення | PoE 802.3af або адаптер 12 В |
| Підтримка VLAN | є |
| Безпека | WPA2-Enterprise, WPA3, 802.1X, Radius |
| Керування | D-Link Nuclias Connect, Web-інтерфейс (HTTP/HTTPS), Telnet, SNMP |
| Монтування | Стіна / стеля |
| Розміри (мм) | 170 × 170 × 28 |
| Вага (г) | 314 |

2.5.3 Комутатор керований рівня 3 Cisco CBS350-24T-4G-EU

Комутатори Cisco Business серії 350 це сімейство економічних керованих комутаторів, кожен з яких може стати найважливішим компонентом невеликої офісної мережі. Панель керування зі зрозумілим інтерфейсом спрощує налаштування мережі, розширений набір інструментів прискорює цифрову трансформацію, а комплексна система безпеки захищає ключові бізнес- транзакції. У моделях Cisco Business серії 350 поєднуються економічність та функціональність для невеликих середовищ, що дозволяє покращити ефективність роботи та взаємодію співробітників.

На рис. 2.7 зображено комутатор керований рівня 3 Cisco CBS350-8T-E-2G-EU



Рисунок 2.7 – Комутатор керований рівня 3 Cisco CBS350-8T-E-2G-EU

Основні характеристики комутатора керованого рівня 3 Cisco CBS350-8T-E-2G-EU наведено у табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики комутатора керованого рівня 3 Cisco CBS350-8T-E-2G-EU

| | |
|---|-----------------------------|
| Бренд | Cisco |
| Тип | Комутатор керований рівня 3 |
| Кількість портів Fast Ethernet (10/100) | немає |
| Кількість портів Gigabit Ethernet (10/100/1000) | 8 |
| Кількість портів SFP | 2 |
| Кількість портів SFP + | немає |

Подовження таблиці 2.3

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| інші порти | mini USB Type-B, RJ45 console port |
| Моніторинг та конфігурування | SSH, Telnet, Web-інтерфейс, SNMP |
| Можливість монтажу в стійку | є |
| Стекування | є |
| Живлення | AC 100-240 В |
| Розміри, мм | 445x240x44 |
| Вага, кг | 2,63 |

У серії Cisco Business 350 представлені керовані комутатори Ethernet із фіксованою конфігурацією. У доступі є варіанти з 8-48 гігабітними портами Ethernet, які підтримують висхідні канали 1 Гбіт/с та 10 Гбіт/с, що забезпечує необхідну гнучкість для офісних мереж. Всі рішення оснащені розширеним набором інструментів для керування безпекою та підтримки працездатності мережі (обробка корпоративної інформації, передача голосових даних, захист та бездротовий зв'язок).

2.5.4 Сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10

HPE ProLiant MicroServer Gen10 це недорогий компактний сервер початкового рівня, спеціально розроблений для робочих середовищ офісів. Простий доступ до жорстких дисків, модулів пам'яті та слотів PCIe дозволяє без проблем здійснювати управління, встановлення та модернізацію. Сервер HPE MicroServer Gen10 поставляється з програмним забезпеченням ClearOS від HPE, що має інтуїтивно зрозумілий веб-інтерфейс та магазин додатків.

Нові можливості серверу:

- графічна карта AMD Radeon™ Pro WX 2100 дозволяє працювати з додатковим робочим навантаженням на графічну підсистему та надає можливість виводу зображення на п'ять дисплеїв з роздільною здатністю 4К;

- двопортовий мережний адаптер HPE на 10 Гбіт/с дозволяє збільшити швидкість мережі;

- твердотільний накопичувач HPE SATA ємністю 240 Гбайт малого форм-фактора дозволяє швидше завантаження з великою кількістю операцій читання, завантаження операційних систем та запуск пристроїв;

- HPE Smart Array E208i-p SR Gen10 рішення для масивів RAID 5 за допомогою контролера;

- підтримка ОС Red Hat Enterprise Linux версії 7.4.

На рис. 2.8 зображено сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10.



Рисунок 2.8 – Сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10

Основні характеристики сервера HPE ProLiant MicroServer Gen10 у табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики сервера HPE ProLiant MicroServer Gen10

| | |
|---|-------------------------|
| Бренд | HPE |
| Тип | Сервер |
| Чіпсет | інтегрований в процесор |
| Тип процесора | AMD Opteron X3216 |
| Частота, GHz | 1,6-3,0 |
| Кількість ядер | 2 |
| Кількість процесорів встановлене/максимальне | 1/1 |
| Кількість вільних PCI-Express слотів | 2 |
| Мережевий адаптер | 2x Gigabit Ethernet |
| Тип шасі | Ultra Micro Tower |

Висновки до розділу 2

У другому розділі розроблена структурна схема мережі передбачає поділ на дротовий сегмент для критично важливих вузлів і серверів та бездротовий сегмент для забезпечення мобільності персоналу й відвідувачів. На основі розрахунків мережевого навантаження, яке враховує коефіцієнт одночасної роботи користувачів на рівні 0,7 було підбрано активне мережеве обладнання, що відповідає вимогам продуктивності, та яка забезпечує можливість подальшого масштабування інфраструктури.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ

3.1 Розробка та тестування імітаційної моделі

Імітаційна модель телекомунікаційної мережі була створена з метою оцінки її роботи під різними навантаженнями та моделювання реальних робочих сценаріїв торгового центру. Модель відтворює структуру мережі, включаючи комп'ютери, точки доступу, клієнтські пристрої та характер взаємодії між елементами.

У моделі враховано такі параметри:

- кількість одночасно підключених клієнтів;
- типи трафіку (голосовий, відео, веб-трафік, офісні додатки, запити до сервера);
- відстань до точки доступу та рівень сигналу;

Для побудови моделі були використані моделі мережевих пристроїв у симуляторі Cisco Packet Tracer. У моделюванні використано два основні сценарії:

- Звичайне робоче навантаження: кількість активних клієнтів не перевищує 30–40% від максимальної.

- Пікове навантаження: одночасна робота майже всіх клієнтів, включаючи інтенсивний трафік з точок доступу та офісних ПК.

імітаційна модель представлена на рисунку 3.1

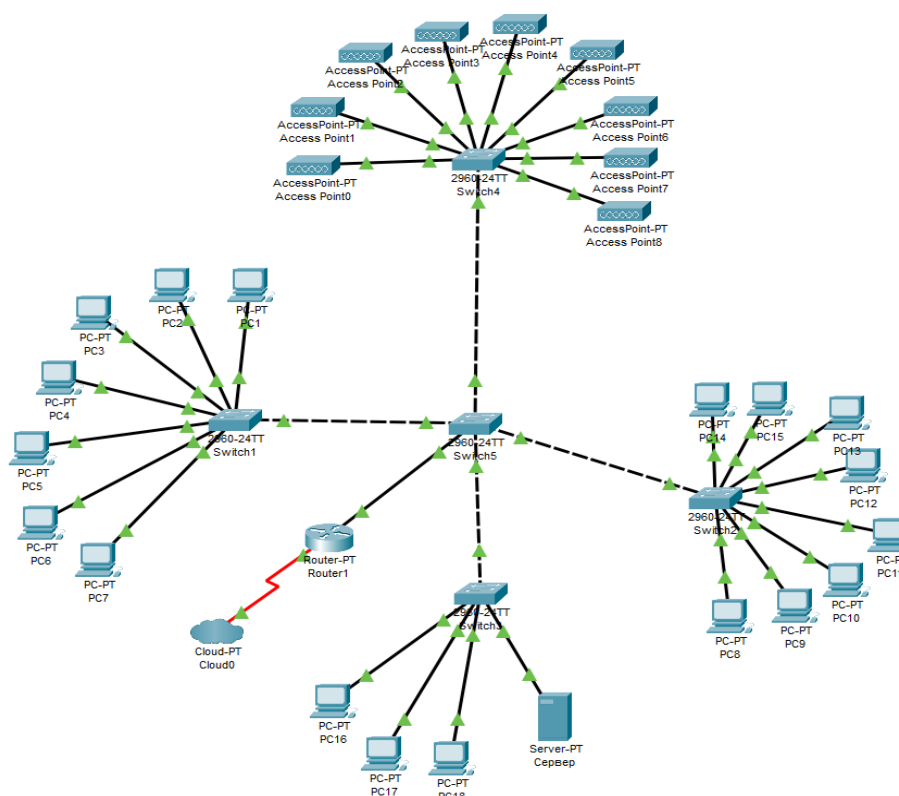
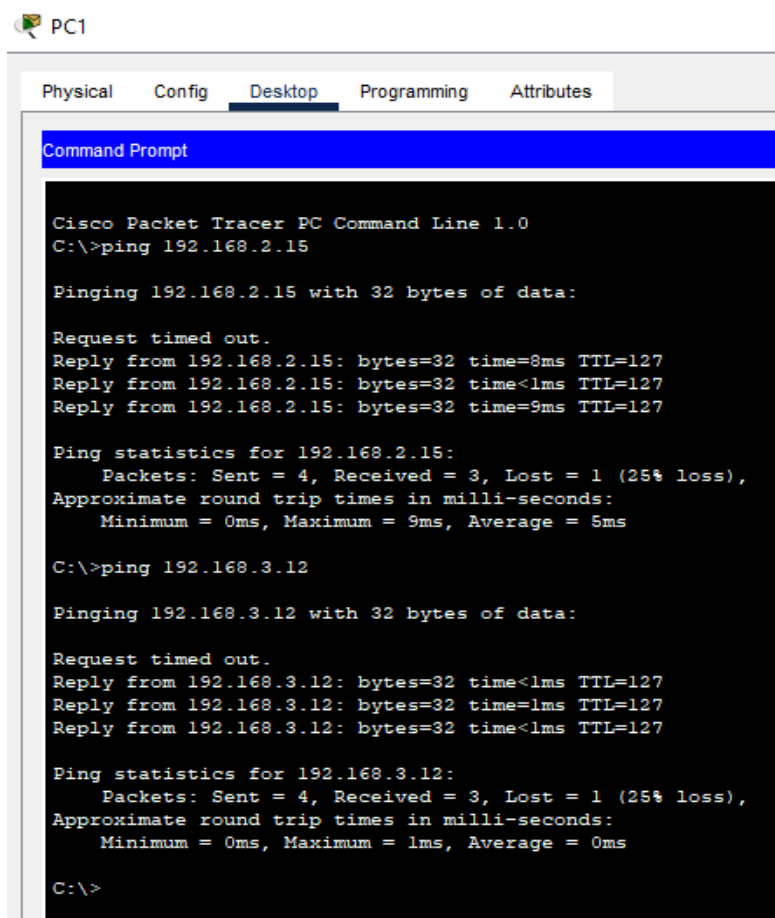


Рисунок 3.1 - Імітаційна модель

Імітаційна модель дозволяє прогнозувати поведінку мережі при збільшенні кількості пристроїв, оцінити можливість перевантаження каналів, а також визначити оптимальне налаштування мережевих пристроїв для забезпечення пріоритетності критично важливих даних.

Після створення імітаційної моделі було проведено серію тестів, спрямованих на визначення якості функціонування Wi-Fi мережі в різних умовах. Основна увага приділялася наявності сигналу і якості проходження пакетів.

Результати тестування мережі вказанна на рисунках 3.2 та 3.3



```
PC1
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.2.15

Pinging 192.168.2.15 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.2.15: bytes=32 time=8ms TTL=127
Reply from 192.168.2.15: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 192.168.2.15: bytes=32 time=9ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.2.15:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 9ms, Average = 5ms

C:\>ping 192.168.3.12

Pinging 192.168.3.12 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.3.12: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 192.168.3.12: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.3.12: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.3.12:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>
```

Рисунок 3.2 - Результат першого тестування

```

Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.1.14

Pinging 192.168.1.14 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.1.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>ping 192.168.2.16

Pinging 192.168.2.16 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.2.16: bytes=32 time=9ms TTL=127
Reply from 192.168.2.16: bytes=32 time=9ms TTL=127
Reply from 192.168.2.16: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.2.16:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 9ms, Average = 6ms

C:\>

```

Рисунок 3.3 - Результат другого тестування

Аналіз отриманих результатів показує, що мережа працездатна і може бути використана.

3.2 Дослідження пропускної здатності мережі

Прогнозування пропускної здатності мережі та подальше тестування імітаційної моделі є ключовими етапами у створенні стабільної та ефективною Wi-Fi інфраструктури для великого торгового приміщення. Розглянемо умовний торговий зал розміром близько 100 на 70 метрів, у якому розташовано вісім рядів металевих стелажів, розділених проходами приблизно по шість метрів та з широким центральним коридором. Така конструкція суттєво впливає на якість поширення радіосигналу, адже металеві стелажі частково екранують та спотворюють Wi-Fi-сигнал, що необхідно враховувати під час планування розміщення точок доступу та розрахунку пропускної здатності.

Для перевірки правильності попередніх розрахунків та прогнозів була створена імітаційна модель мережі у Cisco Packet Tracer. Модель відтворювала роботу точок доступу, клієнтів і службових пристроїв під різним навантаженням. Після побудови моделі виконувалася серія тестів, спрямованих на визначення фактичних показників пропускної здатності, затримки та втрат пакетів. Основна увага приділялася якості сигналу, стабільності зв'язку та поведінці мережі під час збільшення кількості активних вузлів. Результати приведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати дослідження

| Но випробування | Мережевий трафік | Контрольний трафік | Затримка пакетів, min/max/average | Коефіцієнт втрати пакетів, %* |
|-----------------|--|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Traffic Generator - | PC2=PC11, ping, n=250 | 2ms/28ms/13ms | 0% |
| 2 | Traffic Generator PC1-PC8,N=500,T=0,31. PC3-PC12,N=350,T=0,34. | PC2=PC11, ping, n=250 | 4ms/34ms/15ms | 0% |
| 3 | Traffic Generator PC1-PC8,N=500,T=0,31. PC3-PC12,N=350,T=0,34. PC17-PC1,N=400,T=0,38. | PC2=PC11, ping, n=250 | 7ms/75ms/24ms | 0% |
| 4 | Traffic Generator PC1-PC8,N=500,T=0,31. PC3-PC12,N=350,T=0,34. PC17-PC1,N=400,T=0,38. PC7-PC6,N=250,T=0,25. | PC2=PC11, ping, n=250 | 11ms/121ms/37ms | 0% |
| 5 | Traffic Generator PC1-PC8,N=500,T=0,31. PC3-PC12,N=350,T=0,34. PC17-PC1,N=400,T=0,38. PC7-PC6,N=250,T=0,25. PC14-PC5,N=450,T=0,36. | PC2=PC11, ping, n=250 | 17ms/153ms/42ms | 1% |
| 6 | Traffic Generator PC1-PC8,N=500,T=0,31. PC3-PC12,N=350,T=0,34. PC17-PC1,N=400,T=0,38. PC7-PC6,N=250,T=0,25. PC14-PC5,N=450,T=0,36. PC11-PC2,N=400,T=0,35. PC4-PC13,N=350,T=0,3. | PC2=PC11, ping, n=250 | 22ms/164ms/48ms | 2% |

Результати експеримента у графічному вигляді представлені на рис. 3.4 та рис. 3.5.

На рис. 3.4 показані втрати пакетів в залежності від навантаження.



Рисунок 3.4 - Залежність втрачених пакетів від навантаження

У таблиці 3.2 представлен розподіл затримок в залежності від їх значень.

Таблиця 3.2 - Кількість затримок

| інтервал | 0-18 | 19-36 | 37-54 | 55-72 | 73-90 | 91-108 | 109-126 | 127-144 | 145-162 | 162-180 |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Кількість затримок | 10 | 25 | 40 | 20 | 50 | 35 | 30 | 20 | 15 | 5 |

Ця інформація у графічному вигляді показана на рис. 3.5

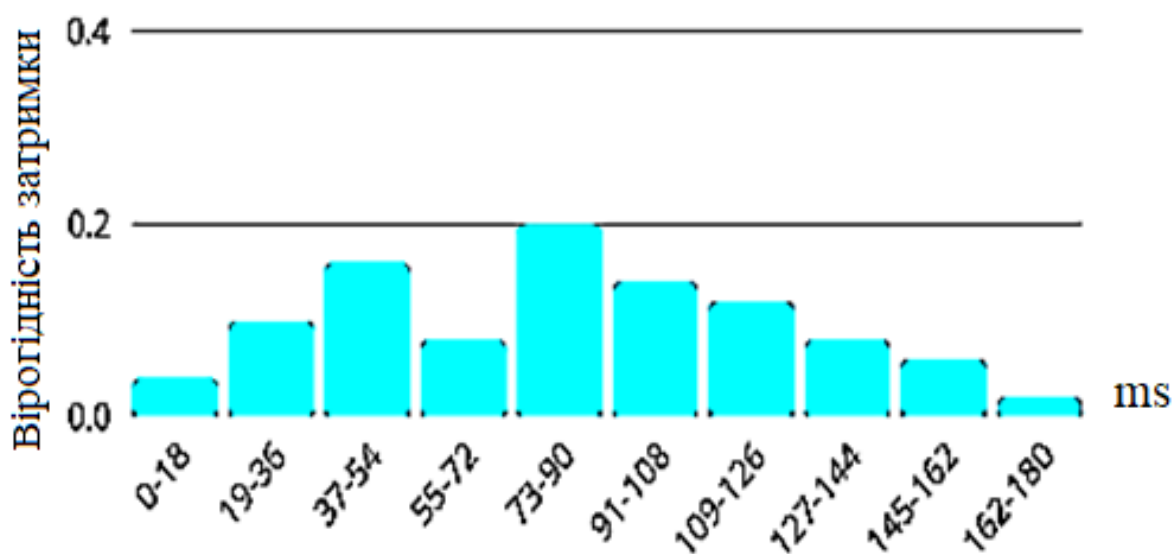


Рисунок 3.5 - Вірогідність затримки пакетів

Результати тестування показали, що при стандартному навантаженні рівень втрати пакетів становив 0–2%, а значення затримки відповідали типовим показникам корпоративних мереж. При моделюванні пікового навантаження коефіцієнт втрати пакетів зростав до 5%, а середня затримка збільшувалася, що підтвердило чутливість бездротової мережі до перевантаження каналу. Додаткові випробування із штучним підвищенням рівня радіоперешкод продемонстрували збільшення середньої затримки на 20–30% та відповідне збільшення кількості втрачених пакетів.

Отримані дані свідчать про відповідність імітаційної моделі реальним умовам функціонування Wi-Fi мережі у великому торговому приміщенні. Поєднання прогнозування пропускну здатності та тестування моделі дозволило оцінити ймовірні вузькі місця, визначити оптимальну кількість точок доступу та підтвердити працездатність розробленої мережевої конфігурації. Такий підхід забезпечує можливість подальшої оптимізації мережі та дозволяє ефективно планувати її розвиток при збільшенні кількості пристроїв і підвищенні навантаження.

3.3 Дослідження зон покриття точок доступу

аналіз зони покриття точок доступу є ключовим компонентом оцінки продуктивності бездротової мережі в умовах великого торгового приміщення, оскільки якість сигналу безпосередньо впливає на пропускну здатність, стабільність з'єднання та рівень втрати пакетів. аналіз проводився шляхом вивчення плану будівлі, що включає торгове приміщення розміром 100 на 70 метрів, вісім рядів високих металевих стелажів та адміністративну зону, що включає робочі місця та офіси. Встановлення декількох точок доступу в межах визначеної зони було здійснено з метою забезпечення оптимального покриття та зменшення ймовірності виникнення мертвих зон. Ці точки доступу були стратегічно розміщені по периметру торгової зони та офісної зони, забезпечуючи рівномірний розподіл і максимізуючи покриття мережі.

Дослідження було проведено з урахуванням особливих характеристик поширення радіохвиль у складних середовищах. Було виявлено, що металеві стелажі, які займають більшу частину торгової площі, значно послаблюють сигнал, створюючи тим самим тіньові зони, де рівень сигналу може падати до прийнятних меж. Тому були вибрані точки доступу типу DAP 2610, які мають кругову діаграму спрямованості, рис. 3.6, що не є оптимальним у нашому випадку, оскільки випромінювання повинно йти узьким коридором у одну сторону між двома сусідніми стілажами.

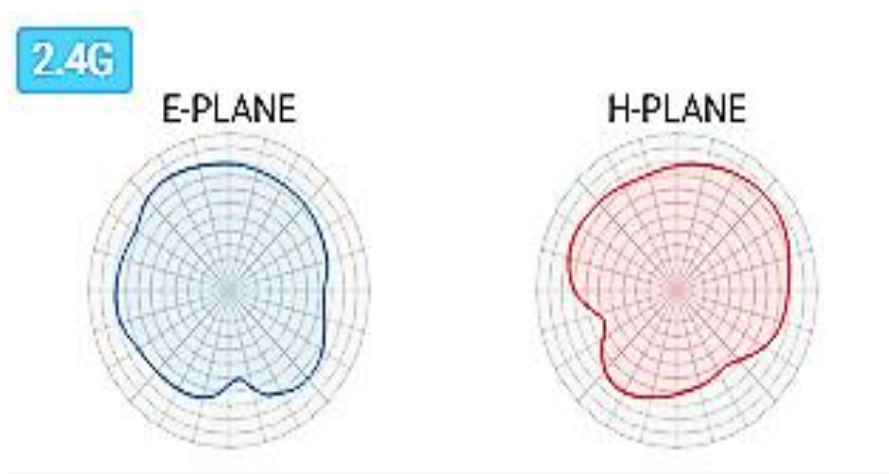


Рис. 3.6 Діаграма спрямованості точки доступу типу DAP 2610

Для корекції діаграми спрямованості були додатково використані антени типу ANT 24-1800, діаграма спрямованості якої представлена на рис. 3.7.

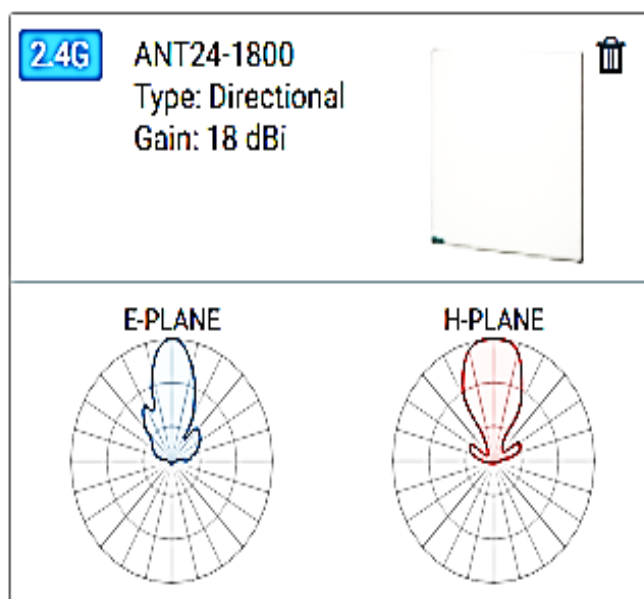


Рисунок 3.7 Діаграма спрямованості антени.

Неважко бачити, що при використанні антени випромінювання буде поступати іменно у прохід між стелажми і витратитися оатимальним образом.

Зона покриття точок доступу у приміщенні показана на рис. 3.8

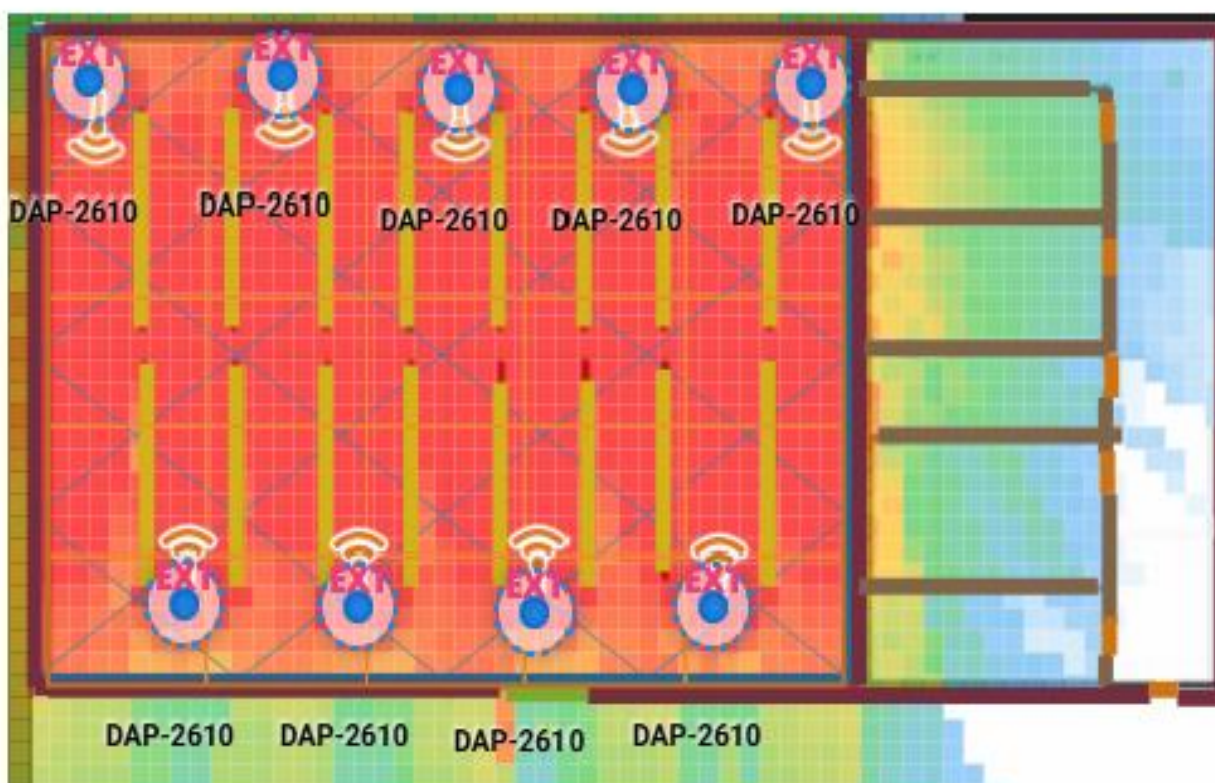


Рисунок 3.8 - Зона покриття точок доступу на частоті 2.4 ГГц

Що стосується каналів, то симулятор D-Link Wi-Fi Planner Pro встановив їх автоматично оптимальним образом у сусідних точках доступу. У нашому випадку це канали 1, 6 і 11, що на частоті 2.4 ГГц не перекриваються.

аналіз зон покриття показав, що встановлені точки доступу утворюють зони перекриття сигналу, що запобігає втраті з'єднання, коли користувачі переміщуються по торговому залу. Найвищі рівні сигналу спостерігаються в центральних зонах між точками доступу, тоді як у глибоких проходах між полицями рівень сигналу знижується на 25–40%. Цей висновок підтверджує необхідність визначеного розташування точок доступу, де кожна з них працює в зоні з мінімальними перешкодами, а комплексне планування забезпечує достатнє перекриття для компенсації втрати сигналу.

В офісній зоні, де стіни є основним фактором ослаблення сигналу, покриття є більш рівномірним. Однак при проходженні через кілька перегородок також спостерігається зниження потужності сигналу.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі проведено комплексне дослідження розробленої мережі шляхом імітаційного моделювання в середовищі Cisco Packet Tracer та планування покриття за допомогою D-Link Wi-Fi Planner Pro.

Результати тестів підтвердили стабільність роботи системи: при стандартному навантаженні втрати пакетів не перевищували 0–2% що свідчить про достатній запас надійності.

Аналіз зон покриття дозволив оптимізувати розміщення точок доступу з урахуванням затухання сигналу від металевих стелажів та налаштувати використання неперекривних каналів (1, 6, 11) у діапазоні 2.4 ГГц, що мінімізувало інтерференцію та забезпечило безшовний роумінг на всій території об'єкта.

ВИСНОВКИ

У ході кваліфікаційної роботи було виконано комплексне проєктування та дослідження локальної обчислювальної мережі для великого торгово-виробничого приміщення. Робота охоплювала аналіз сучасних дротових і бездротових технологій, вивчення стандартів Wi-Fi, топологій мереж, принципів побудови інфраструктури та використання інструментів моделювання.

Під час проєктування було враховано специфіку середовища: значні площі, наявність металевих конструкцій, можливість виникнення радіоперешкод, необхідність стабільного бездротового покриття та суворі вимоги до безпеки інформації. Проведено аналіз планувальної структури будівлі та розроблено схему розміщення мережевого обладнання, що забезпечує ефективну роботу як торгової, так і адміністративної зон.

На основі проведених розрахунків навантаження визначено сумарний прогнозований трафік у межах 627,6 Мбіт/с, що стало підґрунтям для вибору відповідного мережевого обладнання. Для побудови мережі були обрані маршрутизатор Cisco 891-K9, комутатор Cisco CBS350-24T-4G-EU, сервер HPE ProLiant MicroServer Gen10 та точки доступу Cisco Business 240AC. Обладнання забезпечує високу пропускну здатність, надійність, підтримку сучасних стандартів бездротового зв'язку та можливість масштабування.

Створена в Cisco Packet Tracer імітаційна модель дозволила дослідити роботу мережі в умовах реального та пікового навантаження. Проведені тести підтвердили стабільність роботи мережі, прийнятні рівні затримки та невеликі втрати пакетів навіть при інтенсивному трафіку. Окреме дослідження зон покриття показало необхідність точного розміщення точок доступу з урахуванням перешкод та забезпечення їхнього перекриття для запобігання появи “мертвих зон”.

Таким чином, поставлені цілі були повністю досягнуті. Розроблена мережа є ефективною, надійною та придатною до подальшого розширення. Вона відповідає вимогам сучасних підприємств щодо швидкості обміну даними, стабільності роботи, інформаційної безпеки та зручності адміністрування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. How to Establish a Local Area Network (LAN) Among Different Factory Sites?. *PUSR*. URL: <https://www.pusr.com/blog/How-to-Establish-a-Local-Area-Network-LAN-Among-Different-Factory-Sites>.
2. Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments. Cisco. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/wireless-lan>
3. IEEE 802.11 Standards. IEEE. URL: https://standards.ieee.org/standard/802_11
4. Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks. Cisco Press. URL: <https://www.ciscopress.com>
5. Wi-Fi на складі, або не все так просто, як здається. *LWCOM*. URL: <https://lwcom.com/blog/wi-fi-na-sklade-ili-ne-vse-tak-prosto-kak-kazhetsya/>
6. Розбираємося в тонкощах проектування Wi-Fi мереж в приміщеннях. *Habr*. URL: <https://habr.com/en/specials/456918>.
7. *Cisco*. URL: <https://www.cisco.com>.
8. *Основи інформаційних технологій*. URL: https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyku-prof-tech/Osnovy_inform_tehnologiy.pdf.
9. Методи розрахунку пропускної здатності мережі. ITUA. URL: <https://it.ua>
10. Wireless Communications & Networks. Pearson Education. URL: <https://www.pearson.com>