



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ комп'ютерної інженерії та управління \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ електронних обчислювальних машин \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 123 «Комп'ютерна інженерія» \_\_\_\_\_  
(код і повна назва)

Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма \_\_\_\_\_ Комп'ютерна інженерія \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві \_\_\_\_\_ Литвиненку Глебу Костянтиновичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Комп'ютерна мережа торгівельної установи з підтримкою безпроводних технологій \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р. № 424 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 16 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи \_\_\_\_\_

1. Розробка комп'ютерної мережі установи \_\_\_\_\_

2. Опис організаційної структури установи \_\_\_\_\_

3. Вимоги до швидкості передачі інформації в мережі \_\_\_\_\_

4. Перелік використаних програмних засобів: ОС Windows 10 \_\_\_\_\_

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі \_\_\_\_\_

1. Аналіз стану проблеми \_\_\_\_\_

2. Огляд сучасних та майбутніх технологій передачі даних \_\_\_\_\_

3. Огляд сучасних та майбутніх тенденцій побудови корпоративних мереж \_\_\_\_\_

4. Розробка загальної структури мережі установи \_\_\_\_\_

5. Аналіз та вибір апаратних засобів реалізації \_\_\_\_\_

6. Висновки \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій 14 слайдів

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану проблеми та методів її вирішення	26.05.24-30.05.24	
2	Аналіз роботи установи	31.05.24-04.06.24	
3	Розробка структури корпоративної мережі установи	05.06.24-06.06.24	
4	Вибір апаратних засобів реалізації мережі	07.06.24-09.06.24	
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	10.06.24-11.08.24	
6	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	12.06.24	
7	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	16.06.24	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

ст. викл. Станіслав ПАРТИКА

\_\_\_\_\_ (посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 53 с., 20 рис., 1 табл., 1 дод., 7 джерел.

WI-FI, БЕЗПРОВІДНА МЕРЕЖА, ТОЧКА ДОСТУПУ, ЛОКАЛЬНА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, МЕРЕЖА ІНТЕРНЕТ, МАРШРУТИЗАТОР, КАНАЛ ПЕРДАЧІ ДАНИХ.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка безпроводної комп'ютерної мережі установи з забезпеченням заданого рівня мережної безпеки, доступності і цілісності використовуваних даних.

Розглядаються основні принципи створення комп'ютерної мережі, починаючи з її планування (вибір структури мережі, вибір мережевої технології, вибір обладнання, програмного забезпечення) закінчуючи вводом в експлуатацію.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis: 53 pages, 20 figures, 1 tables, 1 appendices, 7 sources.

WI-FI, WIRELESS NETWORK, ACCESS POINT, LOCAL COMPUTER NETWORK, INTERNET NETWORK, ROUTER, DATA TRANSMISSION CHANNEL.

The purpose of the qualification work is to develop a wireless computer network of the institution with the provision of a given level of network security, availability and integrity of the data used.

The main principles of creating a computer network are considered, starting with its planning (choice of network structure, choice of network technology, choice of equipment, software) and ending with commissioning.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	7
ВСТУП .....	8
1 РОЗВИТОК БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ .....	9
1.1 Локальні безпроводні мережі .....	9
1.2 Мобільні безпроводні мережі .....	10
1.3 Основні характеристики та принципи технології Wi-Fi за стандартом IEEE 802.11 .....	11
1.4 Специфікація основних стандартів IEEE 802.11 .....	12
1.5 Топології мереж стандарту IEEE 802.11 .....	15
1.6 Методи доступу до середовища безпроводної мережі .....	16
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ .....	19
2.1 Опис вибраного стандарту IEEE 802.11ac .....	19
2.2 Аналіз території обслуговування для проектованої безпроводної мережі зв'язку .....	21
2.3 Визначення місць розташування базових станцій .....	23
2.4 Визначення місця розташування центральної станції безпроводної мережі .....	25
2.5 Вибір кабелів .....	27
2.6 Розробка функціональної схеми проектованої безпроводної мережі Wi-Fi .....	29
3 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	32
3.1 Активне мережеве обладнання .....	32
3.2 Дослідження зони радіочастотного покриття .....	41
ВИСНОВКИ .....	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	45
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи .....	46

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

BW – Полоса частот (англ. Bandwidth)

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

IP – міжмережеви протокол (англ. Internet Protocol)

ISO – міжнародна організація зі стандартизації (англ. International Organization for Standardization)

LAN – локальна комп'ютерна мережа (англ., Local area network)

MIMO – множина входів множина виходів (англ., Multiple Input Multiple Output)

MISO – множина входів єдиний вихід (англ., Multiple Input Single Output)

MU-MIMO – багато множинний доступ (англ., Multi-user MIMO)

SU-MIMO – одно-користувацький MIMO (англ., Single User-MIMO)

QAM – квадратурно-амплітудна модуляція (англ., M Quadrature Amplitude Modulation)

VHT – дуже велика пропускна здатність (англ., Very High Throughput)

WIMAX – мережа для мікрохвильового доступу (англ., Worldwide Interoperability for Microwave Access)

WI-FI – безпроводна точність (англ., Wireless Fidelity)

WMAN – безпроводна мережа великого міста (англ., Wireless Metropolitan Area Network)

## ВСТУП

У наші часи, безпроводні технології передачі даних відіграють надзвичайно важливу роль, що зумовлено зростаючою цінністю інформації та необхідністю забезпечення її доступності. За останні роки безпроводний зв'язок став невід'ємною частиною повсякденного життя, поширившись у побуті, бізнесі та публічних просторах. Практично в кожному домі, де є доступ до Інтернету, створено безпроводну локальну мережу Wi-Fi, що дозволяє користувачам уникнути обмежень, пов'язаних з проводним підключенням, та забезпечує зручний доступ до мережі з будь-якого мобільного пристрою в зоні покриття.

Технологія Wi-Fi широко використовується в організаціях – офісах, лікарнях, навчальних закладах – для забезпечення мобільності працівників і студентів. З огляду на стрімкий розвиток цієї технології, великої популярності набули публічні точки доступу з безкоштовним доступом до Інтернету, які розміщуються в аеропортах, торгових центрах, вокзалах, кафе, театрах тощо.

Розвиток безпроводних технологій іде паралельно в двох напрямках – безпроводні локальні мережі (WLAN) і мобільні мережі зв'язку. WLAN мають обмеження по радіусу дії, проте забезпечують високу швидкість передачі даних. Натомість мобільні мережі дозволяють користувачам залишатися онлайн під час переміщення, хоч і поступаються у швидкості з'єднання. Однак однією з основних проблем безпроводних мереж залишається їхня чутливість до перешкод: вплив електромагнітного випромінювання побутових приладів, наявність фізичних бар'єрів і значні відстані між приймачем і передавачем сигналу.

У цій кваліфікаційній роботі розробляється високошвидкісна безпроводна мережа на основі технології Wi-Fi відповідно до стандарту IEEE 802.11ac.

## 1 РОЗВИТОК БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

### 1.1 Локальні безпроводні мережі

Розвиток технології Wi-Fi, започаткований Інститутом інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) наприкінці 1980-х років, ознаменував собою початок ери локальних безпроводних мереж. У кінці 1990-х був затверджений стандарт 802.11, який дозволяв передавати дані на частоті 2,4 ГГц з базовими швидкостями. З часом, у відповідь на зростаючі вимоги до швидкості та надійності, було створено нові модифікації цього стандарту, які забезпечували вищу продуктивність і розширену сумісність.

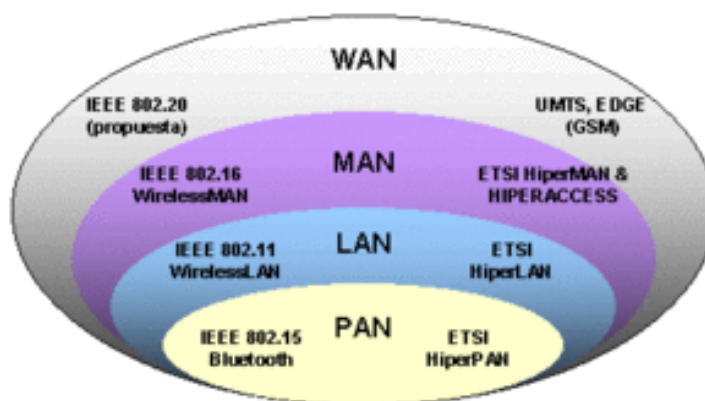


Рисунок 1.1 – Класифікація безпроводних мереж

Подальші оновлення, включаючи стандарти з покращеними частотними характеристиками та швидкістю передачі, дозволили досягти рівня, порівнянного з провідними мережами. Важливим етапом стало впровадження технологій, що дозволили працювати на вищих частотах і забезпечити широку зворотну сумісність. Зокрема, у 2009 році був розроблений стандарт, який поєднував два частотні діапазони та новітні багатоканальні методи передачі, що дозволило значно підвищити швидкість обміну даними.

Черговий стрибок відбувся у 2014 році з виходом Wi-Fi п'ятого покоління, який орієнтувався на досягнення гігабітних швидкостей. Завдяки розширенню ширини каналів і використанню до восьми антен одночасно, з'явилася можливість наблизитись до показника в 7 Гбіт/с. Паралельно тривала робота над іншими технологіями, зокрема WiGig, що використовує спектр у 60 ГГц і забезпечує високу швидкість та стабільність з'єднання при малому енергоспоживанні.

На завершальному етапі еволюції Wi-Fi передбачалося впровадження стандарту нового покоління, який об'єднав попередні досягнення з новими інноваціями. Було реалізовано сучасні методи модуляції, що сприяли значному зростанню пропускної здатності, а також удосконалено можливості одночасної передачі даних багатьом користувачам. Завдяки цьому вдалося забезпечити стабільну та ефективну роботу мереж навіть у умовах високої щільності підключень.

## 1.2 Мобільні безпроводні мережі

Розвиток мобільних безпроводних мереж йшов паралельно з удосконаленням локальних мереж, і за останні десятиліття цей процес набув стрімкого темпу.

Мобільна телефонія зробила величезний ривок уперед – зростання кількості користувачів, розширення можливостей пристроїв та впровадження нових стандартів перетворили смартфон на невід'ємну частину повсякденного життя. Однією з ключових переваг стільникового зв'язку стало забезпечення повсюдного доступу до глобальної телефонної мережі та Інтернету за допомогою компактних і зручних пристроїв.

Історія мобільного зв'язку бере свій початок у 1970-х роках, коли компанія Motorola ініціювала запуск першої базової станції. Вже у 1980-х роках було започатковано розробку єдиного цифрового стандарту GSM, який згодом став основою мобільного зв'язку в усьому світі. Впровадження цієї

технології у 1990-х дозволило не лише передавати голос, а й надсилати короткі текстові повідомлення, що стало початком ери мобільного обміну даними.

Технологічний прорив відбувся з появою третього покоління, в якому головним акцентом стала передача даних. Мережі 3G забезпечили вихід у глобальний Інтернет зі швидкістю до кількох мегабіт на секунду, тим самим перетворивши мобільний пристрій на універсальний цифровий інструмент. Далі відбувся перехід до ще більш продуктивного рівня – четвертого покоління, що стало офіційним стандартом у 2012 році. Нові технології дозволили здійснювати високошвидкісну передачу як для мобільних, так і для стаціонарних користувачів, використовуючи передові принципи пакетної комутації та багатоантенних систем зв'язку.

Зростання кількості пристроїв, які потребують підключення до Інтернету, стимулювало подальшу еволюцію мобільних мереж. Важливу роль у цьому процесі відіграє п'яте покоління, орієнтоване на інтеграцію інтернету речей, наднизьку затримку сигналу та ще вищу пропускну здатність, що відкриває шлях до нових рівнів взаємодії між людьми й технологіями.

### 1.3 Основні характеристики та принципи технології Wi-Fi за стандартом IEEE 802.11

Безпроводні локальні мережі за технологією Wi-Fi класифікуються за способом передачі даних. Наприклад, інфрачервоні мережі обмежуються простором прямої видимості, оскільки інфрачервоне випромінювання не проходить крізь непрозорі перешкоди, тому їх використання можливе лише в межах одного приміщення. Інший підхід передбачає застосування розширеного спектра в діапазоні частот ISM, що дозволяє передавати інформацію більш надійно завдяки стійкості до перешкод. Також існує вузькосмугова НВЧ-передача, яка базується на використанні

мікрохвильового діапазону, однак на відміну від мереж із розширеним спектром, ці мережі можуть працювати як у ліцензованих, так і в неліцензованих частотах і менш стійкі до завад.

Wi-Fi – це технологія, що забезпечує безпроводне об'єднання пристроїв у локальну мережу з можливістю доступу до Інтернету без використання проводів.

Вона відкриває можливість використовувати комп'ютери та мобільні пристрої вільно, переміщаючись у межах зони покриття. Безпроводна передача в таких мережах відбувається за допомогою радіохвиль, що забезпечує швидке, зручне та стабільне з'єднання з мережею для великої кількості користувачів.

У стандарті IEEE 802.11 використовується дворівнева структура протоколів. До її складу входять фізичний рівень, який відповідає за технічні параметри передачі – частоту, тип модуляції та швидкість, – а також канальний рівень, який забезпечує організацію доступу до середовища. У свою чергу, канальний рівень включає механізми управління доступом (MAC), що запобігають конфліктам під час передавання, і логічне управління каналом (LLC), яке відповідає за адресацію, контроль помилок та розподіл трафіку між додатками.

#### 1.4 Специфікація основних стандартів IEEE 802.11

Початковий стандарт IEEE 802.11 забезпечував передачу даних через радіоканал на частоті 2,4 ГГц із максимальною швидкістю 1–2 Мбіт/с, що було достатньо для базових завдань у локальних мережах того часу. Із появою стандарту IEEE 802.11a відбувся серйозний прорив у швидкості, яка зросла до 54 Мбіт/с.

Цей стандарт функціонує в діапазоні частот 5 ГГц і використовує технологію ортогонального частотного мультиплексування (OFDM), яка значно покращує якість передачі.

Суть OFDM полягає в тому, що замість передавання потоку даних на одній високошвидкісній несучій, сигнал розбивається на кілька повільніших потоків, кожен з яких модулюється окремою допоміжною несучою. Усі ці несучі передаються одночасно, що забезпечує ефективніше використання частотного спектра. Важливо, що довжина символу в кожній піднесучій значно більша, ніж характерна затримка сигналу в середовищі, тому сигнал менш сприйнятливий до міжсимвольної інтерференції. Це дозволяє зменшити кількість помилок при передачі і підвищити стійкість до зовнішніх перешкод.

Однак використання частоти 5 ГГц має і свої недоліки. Серед них – підвищене енергоспоживання обладнання та зменшений радіус дії. Якщо обладнання в діапазоні 2,4 ГГц може забезпечити стабільну роботу в межах до 300 метрів, то у випадку з 5 ГГц ця відстань скорочується приблизно до 100 метрів.

Стандарт IEEE 802.11b став першим серед представників сімейства Wi-Fi, який здобув широку популярність у всьому світі. Саме з його появою у 1999 році було вперше використано торгову марку Wi-Fi (Wireless Fidelity). Цей стандарт функціонує в неліцензованому частотному діапазоні 2,4 ГГц і забезпечує швидкість передачі до 11 Мбіт/с.

На відміну від технології OFDM, тут використовується метод прямого розширення спектра (DSSS) із застосуванням 8-розрядних послідовностей Уолша. Частотний діапазон поділений на п'ять перекривних піддіапазонів, через які передається інформація. При погіршенні умов прийому сигналу система автоматично знижує швидкість передачі, що негативно впливає на стабільність з'єднання.

Розвитком цього стандарту стала версія IEEE 802.11g, яка також працює в діапазоні 2,4 ГГц і зберігає повну сумісність із попередніми пристроями. Прийнятий у 2003 році, стандарт 802.11g об'єднав технологічні рішення попередників, перейнявши швидкість передачі до 54 Мбіт/с від 802.11a, зберігаючи при цьому частотну сумісність із 802.11b. Його гнучкість

полягає в здатності використовувати різні типи модуляції, такі як DSSS, OFDM і CCK, що дозволяє ефективно адаптувати передачу даних залежно від умов.

У 2009 році був затверджений стандарт IEEE 802.11n, також відомий як Wi-Fi 4. Він увібрав у себе значні технічні покращення, зокрема новий фізичний рівень і модернізований підрівень MAC канального рівня, що забезпечили реальну швидкість передачі даних до 150 Мбіт/с при ширині каналу 40 МГц на одну просторову антену. Стандарт працює в обох частотних діапазонах – 2,4 і 5 ГГц – і базується на комбінації технологій OFDM і MIMO, яка дозволяє одночасно передавати кілька потоків даних через одну і ту саму частотну смугу, тим самим знижуючи вплив перешкод і втрат. Завдяки зворотній сумісності з попередніми стандартами, пристрої на основі IEEE 802.11n легко інтегруються в існуючі мережі.

У 2014 році було прийнято наступне покоління Wi-Fi – стандарт IEEE 802.11ac, або Wi-Fi 5, який наразі є одним із найрозповсюдженіших і найбільш технологічно досконалих. Його основна частота – 5 ГГц, хоча він також сумісний з пристроями, що працюють на 2,4 ГГц завдяки підтримці IEEE 802.11n. Цей стандарт забезпечує швидкість понад 1 Гбіт/с, а при використанні восьми антен з технологією MU-MIMO (багатокористувацький режим множинного входу/виходу) швидкість може досягати 6,77 Гбіт/с. Збільшення ширини каналу до 80 або навіть 160 МГц значно підвищує пропускну здатність, а знижене енергоспоживання позитивно впливає на тривалість автономної роботи мобільних пристроїв.

У 2019 році було запроваджено стандарт IEEE 802.11ax, відомий як Wi-Fi 6, який представляє собою безпроводний зв'язок нового покоління з підвищеною ефективністю (HEW – High-Efficiency Wireless). Він орієнтований на роботу в уже знайомих діапазонах частот 2,4 та 5 ГГц, але також передбачає можливість розширення до нових частотних смуг у межах від 1 до 7 ГГц, якщо вони будуть доступні. Завдяки поєднанню сучасних технологій, таких як MIMO і MU-MIMO для одночасної роботи кількох

антен, ортогональне частотне мультиплексування в режимі доступу (OFDMA) для підвищення ефективності використання спектра, а також модуляція 1024-QAM для збільшення обсягу переданих даних, Wi-Fi 6 здатен забезпечити у чотири рази більшу пропускну спроможність у порівнянні з Wi-Fi 5.

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик основних стандартів IEEE 802.11

Стандарт	Рік прийняття	Частота	Макс. швидкість	Дальність дії	Особливості
802.11	1997	2,4 ГГц	1–2 Мбіт/с	~20 м (в приміщенні)	Базовий стандарт, невелика швидкість
802.11a	1999	5 ГГц	до 54 Мбіт/с	~30 м	Вища швидкість, менше поширення, стійкість до перешкод
802.11b	1999	2,4 ГГц	до 11 Мбіт/с	~100 м	Перший масовий Wi-Fi, чутливий до перешкод
802.11g	2003	2,4 ГГц	до 54 Мбіт/с	~100 м	Поєднання швидкості 802.11a і сумісності з 802.11b
802.11n	2009	2,4 і 5 ГГц	до 600 Мбіт/с	~250 м	Висока швидкість, використання кількох антен
802.11ac	2014	5 ГГц	до 1,3 Гбіт/с	~100 м	Висока продуктивність для HD-відео та потокової передачі
802.11ax	2019 (Wi-Fi 6)	2,4 і 5 ГГц	до 9,6 Гбіт/с	~150–300 м	Висока щільність підключень, енергоефективність, IoT

### 1.5 Топології мереж стандарту IEEE 802.11

У безпроводних мережах існують три основні підходи до організації з'єднання між пристроями, кожен із яких має свої особливості та сценарії використання. Найпростішою формою є так звана епізодична або Ad-Hoc мережа, коли пристрої обмінюються даними безпосередньо один з одним, без

участі точок доступу чи центрального вузла. Це зручно для тимчасових підключень, коли потрібно швидко встановити зв'язок між кількома пристроями, за умови, що кожен з них має безпроводний адаптер.

Інший варіант – базова зона обслуговування, у якій усі пристрої спілкуються між собою виключно через точку доступу. Така структура дозволяє не лише централізувати мережу, а й забезпечити вихід у зовнішню мережу, наприклад, до Інтернету, через підключення точки доступу до провідної інфраструктури.

Для створення масштабованих мереж використовується розширена зона обслуговування, що поєднує декілька базових зон. У цьому випадку кілька точок доступу взаємодіють між собою, дозволяючи користувачам переміщатися між ними без втрати зв'язку. Такий підхід підходить для розгортання безпроводної мережі в великих приміщеннях або на територіях з великою площею.

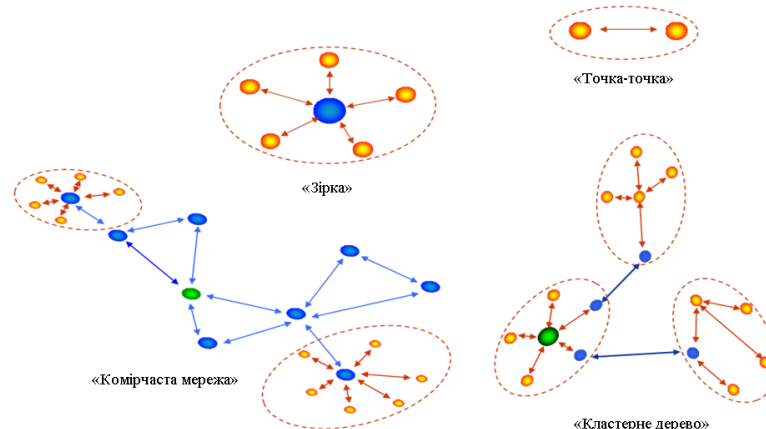


Рисунок 1.2 – Топології мереж стандарту IEEE 802.11

## 1.6 Методи доступу до середовища безпроводної мережі

При побудові безпроводної мережі ключовим завданням є організувати одночасний доступ великої кількості клієнтів до обмеженого радіочастотного ресурсу так, щоб передавачі не заважали один одному. Основна складність полягає в тому, що радіосигнали різних пристроїв можуть накладатися й

створювати взаємні перешкоди. Для вирішення цієї проблеми застосовують мультиплексування, яке базується на виділенні кожному каналу передачі даних унікальної «координати» в просторі, часі, частоті чи за кодом.

Методи доступу до середовища в безпроводних мережах базуються на розділенні сигналів за певною ознакою, щоб уникнути взаємних перешкод і забезпечити стабільну передачу даних.

Просторове розділення передбачає географічне обмеження зон покриття. Якщо пристрої розташовані в різних регіонах і працюють на однакових частотах, але в межах своєї території, то перешкод між ними не виникає завдяки обмеженій дальності поширення радіохвиль. Такий підхід широко використовується в радіомовленні, коли одна й та сама частота повторюється в різних містах без ризику накладання сигналів.

Частотне розділення, або FDM, полягає у виділенні окремих піддіапазонів для кожного клієнтського пристрою в межах однієї зони. Завдяки цьому декілька пристроїв можуть одночасно обмінюватися даними, не заважаючи один одному, що є базовим принципом роботи сучасних систем безпроводного зв'язку.

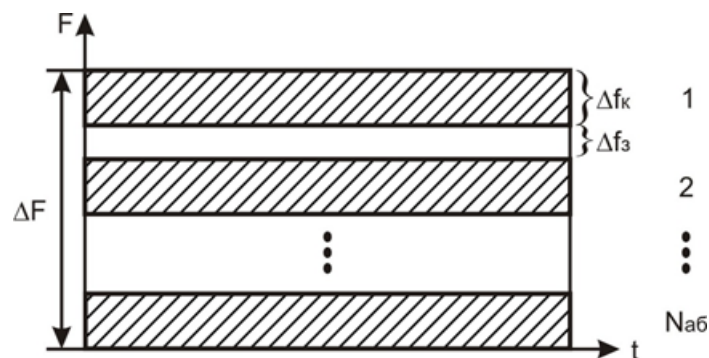


Рисунок 1.3 – Графічне подання ущільнення із частотним поділом

Наочним прикладом частотного ущільнення є ситуація, коли кілька радіостанцій в одному місті мовлять на окремих частотах. Між їхніми робочими діапазонами залишають спеціальні захисні інтервали, що унеможлиблює накладення сигналів.

Такий підхід забезпечує стабільну роботу численних передавачів в обмеженому просторі, хоча й вимагає виділення окремої частоти для кожного пристрою.

На відміну від цього, метод часового поділу дозволяє пристроям використовувати той самий частотний діапазон, але в різні проміжки часу. Таким чином, передача даних здійснюється по черзі – кожному абоненту надається власний часовий слот для обміну інформацією. Завдяки цьому вдається уникнути конфліктів сигналів навіть за умови спільного використання частоти.

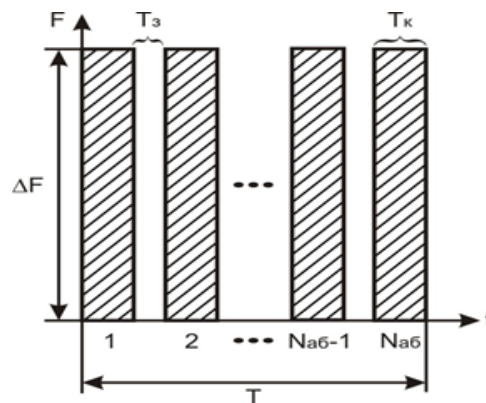


Рисунок 1.4 – Графічне уявлення ущільнення з часовим поділом

Метод ущільнення з кодовим поділом передбачає одночасну передачу інформації різними пристроями на однаковій частоті, у тому самому часовому проміжку та просторі, проте з використанням унікальних кодів. Кожному клієнтському пристрою призначається власний код, який використовується як для модуляції переданого сигналу, так і для його декодування на приймальному боці. Це дозволяє одночасно передавати множину сигналів без взаємних перешкод. Основним технічним викликом є необхідність точної синхронізації між передавачем і приймачем, а також складність апаратної реалізації. Водночас, перевагами CDM є висока стійкість до завад, захищеність та скритність передавання, що робить цей метод ефективним для мобільного та спеціального зв'язку.

## 2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ

### 2.1 Опис вибраного стандарту IEEE 802.11ac

Для організації проекрованої безпроводної мережі було обрано найбільш сучасний на момент розробки стандарт – IEEE 802.11ac. Цей стандарт використовує метод модуляції OFDMA разом із багатоантенною технологією MU-MIMO, що забезпечує високу продуктивність та ефективне використання спектра. Вибір 802.11ac зумовлений наступними перевагами:

- забезпечення необхідної швидкості передачі даних;
- підтримка двох діапазонів частот – 2,4 ГГц та 5 ГГц, що дозволяє гнучко організувати доступ у середовищах з різною щільністю трафіку та рівнем завад;
- можливість застосування технології beamforming, яка базується на цифровій антенній ґраті і дає змогу динамічно змінювати напрямок випромінювання сигналу, зосереджуючи його в бік конкретного користувача;
- зворотна сумісність із попередніми стандартами (802.11n, 802.11g, 802.11b та 802.11a), що забезпечує підтримку старіших пристроїв у мережі.

Серед усіх стандартів IEEE 802.11 лише 802.11ac здатен стабільно підтримувати швидкість на рівні 100 Мбіт/с у години пікового навантаження (ЧПН).

Для побудови безпроводної Wi-Fi мережі було обрано діапазон частот 5 ГГц. Цей вибір зумовлений вищою пропускну здатністю, що забезпечується можливістю використання більшої кількості радіоканалів порівняно з діапазоном 2,4 ГГц. Крім того, діапазон 5 ГГц на сьогоднішній день є менш завантаженим, що дозволяє підтримувати високу швидкість передачі даних на більші відстані з меншими втратами. Завдяки цьому стандарт IEEE 802.11ac може виступати повноцінною альтернативою провідним локальним мережам за швидкісними характеристиками.

Фінальна версія стандарту IEEE 802.11ac була затверджена у січні 2014 року. Основні технічні переваги:

- кількість просторових потоків збільшено з 4 до 8, а ширина одного каналу становить до 160 МГц;
- при використанні восьми потоків мультиплексування досягається теоретична максимальна швидкість передачі даних майже 7 Гбіт/с;
- реальна швидкість одного каналу шириною 160 МГц становить до 866 Мбіт/с, що у багато разів перевищує швидкість, яку забезпечує стандарт 802.11n;
- замість модуляції 64-QAM використовується 256-QAM, що підвищує щільність передавання даних;
- додано швидкості кодування  $\frac{3}{4}$  та  $\frac{5}{6}$  для гнучкішого налаштування каналів зв'язку;
- реалізовано технології MU-MIMO (підтримка до восьми антен для прийому й передачі) та beamforming, які покращують ефективність і стабільність сигналу.

Розвиток антенної технології динамічного формування діаграми спрямованості – beamforming – значно підвищив ефективність поширення сигналу. Ця технологія забезпечує не лише вищу продуктивність у відкритому просторі, а й дозволяє ефективно долати перешкоди, такі як стіни чи меблі в приміщенні. На відміну від класичного рівномірного розповсюдження сигналу в усіх напрямках, beamforming забезпечує формування спрямованого променя. Передавальний пристрій (точка доступу) визначає орієнтовне положення клієнтського пристрою та динамічно формує діаграму спрямованості антен саме у цьому напрямку. Таким чином, сигнал стає більш концентрованим, що зменшує втрати та підвищує якість з'єднання. Приклад роботи технології представлено на рисунку 2.1.

У стандарті IEEE 802.11ac використовуються ті самі протоколи безпеки, що й у попередньому стандарті 802.11n. Для пристроїв, які працюють на підвищених швидкостях передачі даних, застосовується

протокол AES-CCMP, що відповідає вимогам сертифікації WPA2. Крім того, стандарт підтримує протокол GCMP (Galois/Counter Mode Protocol), який забезпечує як шифрування даних, так і їхню аутентифікацію. Однією з головних переваг GCMP є паралельне шифрування блоків даних, що суттєво скорочує затримки при передачі великого обсягу інформації та дозволяє ефективно працювати на високих швидкостях.

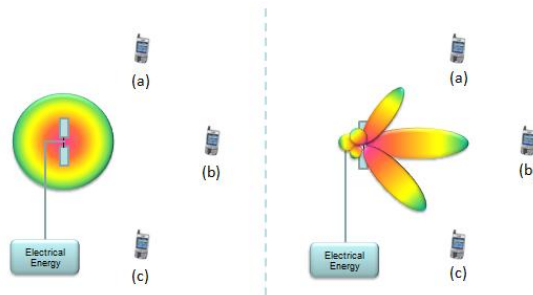


Рисунок 2.1 – . Приклади діаграм спрямованості для антен

## 2.2 Аналіз території обслуговування для проектованої безпроводної мережі зв'язку

Для ефективного проектування безпроводної мережі необхідно провести попередній аналіз території обслуговування з урахуванням особливостей забудови, рельєфу, кількості користувачів і вимог до якості покриття.

Характеристика об'єкта проектування. Об'єктом проектування є комп'ютерна мережа торговельної установи з підтримкою безпроводних технологій, що включає в себе двоповерхове приміщення.

Стіни виконані з бетону та цегли, що суттєво впливає на рівень загасання сигналу.

Мережа повинна забезпечувати стійке покриття в таких зонах:

- внутрішні приміщення (офіси, коридори);
- загальні зони (вестибюль, кафе, торговельний зал);
- за необхідності – прилегла територія.

Очікувана кількість одночасно активних користувачів у пікові години – до 150 пристроїв. Враховуючи розподіл користувачів за зонами, необхідно передбачити встановлення більш потужного обладнання в зонах з найбільшим трафіком.

Проектована мережа повинна забезпечити:

- стабільну швидкість передачі даних не менше 100 Мбіт/с у робочих зонах;
- мінімальну затримку сигналу (ping < 20 мс);
- безперервне покриття з відсутністю «мертвих зон».

Розглянемо просторово-конструктивні особливості та характеристики об'єктів на території обслуговування безпроводної Wi-Fi мережі, що проектується. На рисунках 2.2 та 2.3 представлено плани приміщень, що підлягають покриттю.

Об'єктом проектування є двоповерховий будинок, який включає в себе типові приміщення адміністративного призначення: кабінети, переговорні кімнати, торгівельний зал, кафе та технічні приміщення. Загальна площа кожного поверху становить орієнтовно 450 м<sup>2</sup>, із сумарною площею приблизно 1200 м<sup>2</sup> разом з підвальними приміщеннями.

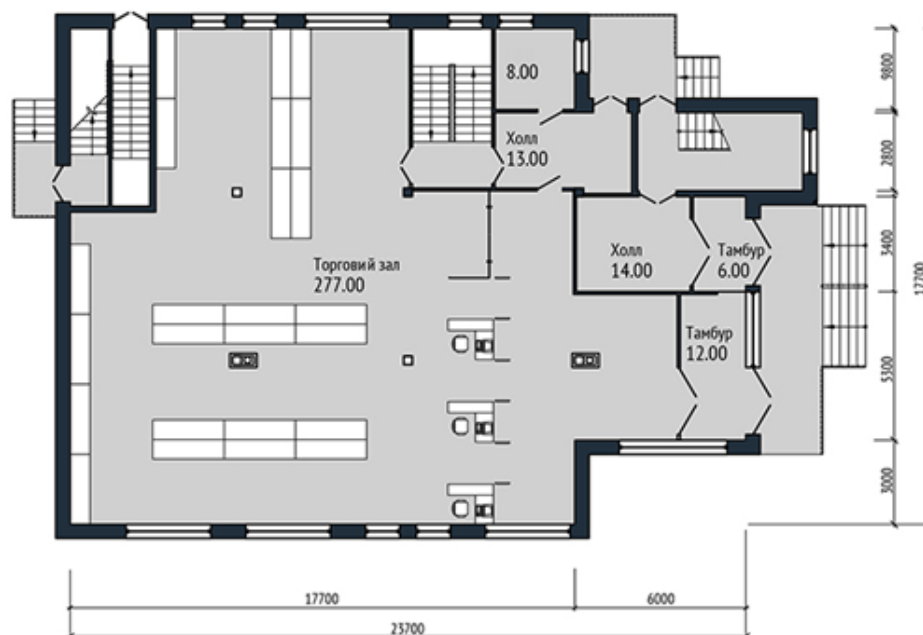


Рисунок 2.2 – План першого поверху



Рисунок 2.3 – План другого поверху

### 2.3 Визначення місць розташування базових станцій

Вибір оптимальних місць розташування базових станцій (БС) або точок доступу Wi-Fi здійснюється з урахуванням ряду важливих факторів, що безпосередньо впливають на якість радіопокриття в межах території обслуговування (ТО). Серед основних чинників варто виділити:

- густоту розміщення абонентських пристроїв – у місцях скупчення користувачів доцільно встановлювати окремі БС для запобігання перевантаженню;
- фізичні властивості будівельних матеріалів – товсті стіни з бетону або цегли значно зменшують силу сигналу; перегородки з гіпсокартону впливають меншою мірою;
- наявність металевих конструкцій і відбивних поверхонь – металева арматура, вентиляційні труби, сейфи тощо можуть викликати багатопроменеве поширення (multipath) або екранування;

- архітектурні зони з мінімальними перешкодами – бажано розміщувати БС в зонах відкритого простору, коридорах або центральних ділянках приміщень, де радіохвилі можуть розповсюджуватися рівномірно.

З урахуванням зазначених параметрів було здійснено попереднє планування розміщення базових станцій. На рисунку 2.4 наведена орієнтовна схема встановлення БС для першого поверху будівлі.

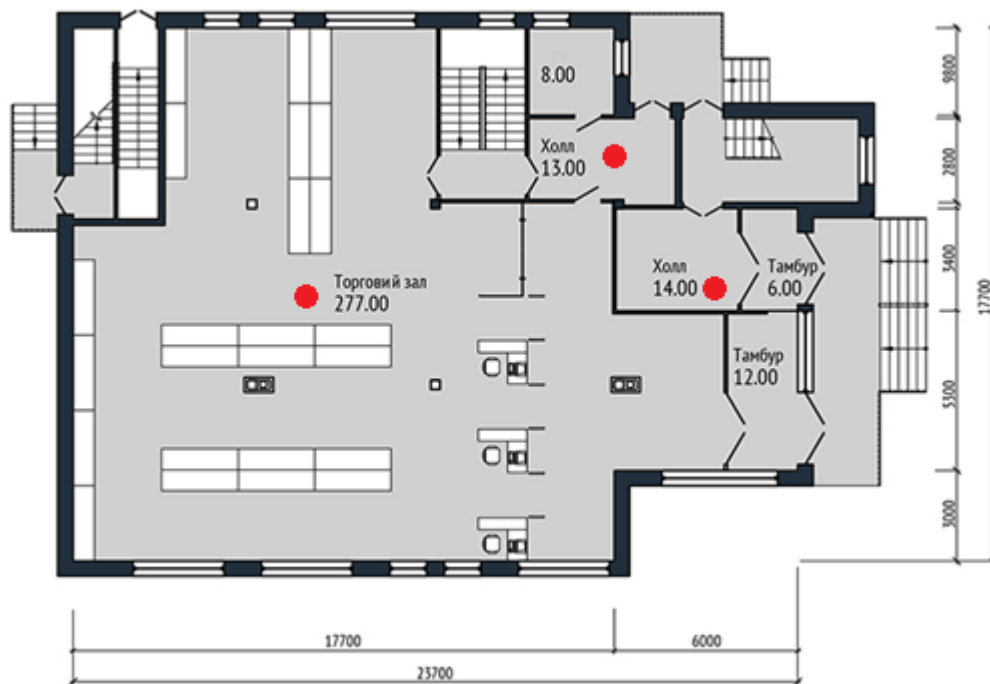


Рисунок 2.4 – План розміщення ТД на першому поверсі

На першому поверсі будівлі планується обслуговування від 40 до 60 абонентів, серед яких – як співробітники, так і клієнти установи. Відповідно до аналізу плану поверху, можна виділити ключову архітектурну особливість, що негативно впливає на якість покриття Wi-Fi: це цегляні стіни з гіпсокартонною обшивкою, які розділяють торговий зал та холіві приміщення.

Такі конструкції створюють значне екранування радіосигналу: велика частина потужності сигналу від базової станції поглинається або перевідбивається. Це призводить до зниження швидкості з'єднання, втрат пакетів та нестабільного зв'язку.

З огляду на це, для забезпечення стабільного радіопокриття в кожному секторі необхідно встановити окрему базову станцію (БС).

На другому поверсі будівлі схема розміщення БС представлена на рисунку 2.5..

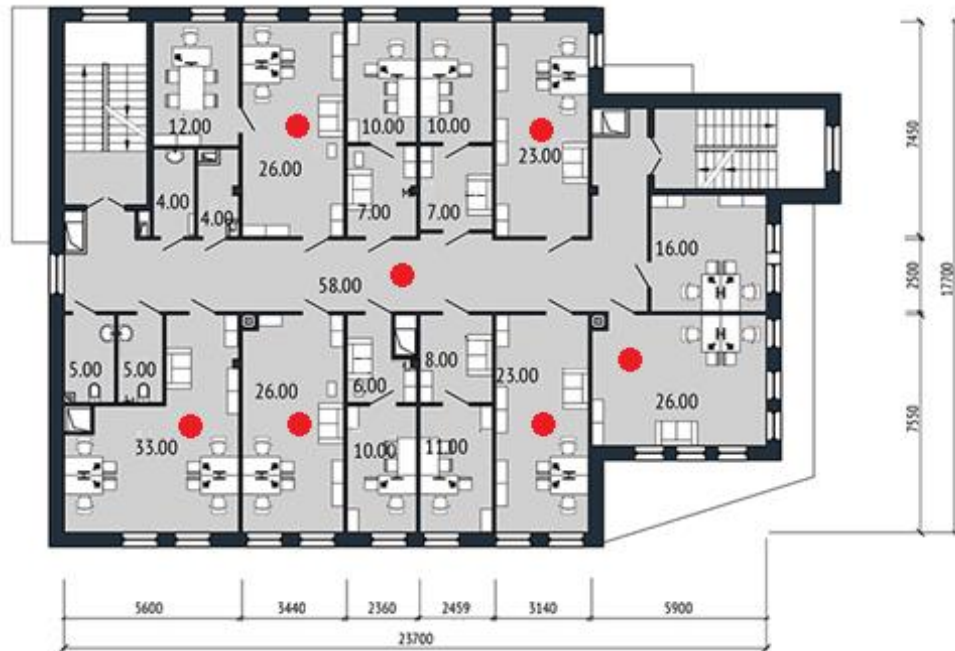


Рисунок 2.5 – План розміщення ТД на другому поверсі

2.4 Визначення місця розташування центральної станції безпроводної мережі

Центральна станція (ЦС) або серверна є ключовою ланкою в архітектурі безпроводної мережі зв'язку – «серцем» всієї системи. Її розташування визначає як якість функціонування, так і ефективність витрат при розгортанні мережі.

При виборі місця розташування ЦС необхідно дотримуватись принципу однорідного доступу до всіх базових станцій (БС). З технічної точки зору, збільшення довжини з'єднувальних ліній між ЦС та БС веде до втрат сигналу, а з економічної – до зростання витрат на кабельну інфраструктуру.

Таким чином, геометричний центр території обслуговування є найбільш доцільним місцем для розміщення ЦС, оскільки забезпечує оптимальну довжину кабелів до всіх вузлів.

Крім цього, необхідно враховувати відстань до зовнішньої мережі Інтернет. Підключення ЦС до провайдера зазвичай здійснюється оптоволоконною лінією, яка суттєво дорожча за звичайну виту пару. Тому бажано мінімізувати довжину лінії між ЦС та вузлом підключення до Інтернету.

У контексті будівлі, де розміщується одна велика установа, доцільним є впровадження безпроводного контролера базових станцій (КБС). Він виконує функції централізованого управління всіма точками доступу, спрощуючи маршрутизацію та автентифікацію. Це дозволяє створити єдину зону покриття, в межах якої користувачі можуть переміщуватись без втрати сигналу або повторної авторизації.

У проєктованій мережі передбачається розміщення серверної та КБС у технічному приміщенні площею 4 м<sup>2</sup>, розташованому в центрі будівлі на другому поверсі (рисунок 2.6). Таке рішення забезпечує:

- мінімальні витрати на кабельну інфраструктуру;
- захищене середовище для обладнання (можна організувати серверну);
- можливість подальшого розширення послуг (ІР-телефонія, відеоспостереження) без значних додаткових витрат.

Усе програмно-апаратне забезпечення, а також контроль роботи контролера базових станцій (КБС) та управління безпроводною мережею зв'язку здійснюватиметься з боку серверної.

Це приміщення може функціонувати як серверна кімната з обмеженим доступом виключно для обслуговуючого персоналу, що забезпечить як фізичну безпеку, так і стабільну роботу мережі. У перспективі це приміщення також може бути використане для розширення спектру послуг зв'язку, зокрема впровадження ІР-телефонії та систем відеоспостереження.

Розгортання таких сервісів на вже наявному обладнанні дозволить знизити витрати та оптимізувати ресурсне використання інфраструктури.



Рисунок 2.6 – Розміщення серверної на другому поверсі

## 2.5 Вибір кабелів

Кабельні лінії між складовими частинами мережі повинні відповідати вимогам щодо пропускнув здатності, надійності та економічної доцільності. З технічної точки зору більшість сучасних типів ліній передачі демонструють подібні характеристики, однак відрізняються умовами застосування. У зв'язку з цим при виборі типу середі передачі на перший план виходить економічний фактор – за рівних технічних умов він дозволяє зробити оптимальне рішення щодо вартості.

Для з'єднання точок доступу з інфраструктурною системою доцільно використовувати кабель типу «вита пара». Це економічно ефективне рішення, яке має низку переваг:

- простота монтажу без потреби у складному обладнанні;
- стійкість до зовнішніх впливів і механічна міцність;

- сумісність із більшістю сучасного мережевого обладнання;
- нижча вартість у порівнянні з коаксіальними або оптичними лініями зв'язку.

Широке розповсюдження технологій на основі «витої пари» спричинило зниження загальної вартості розгортання локальних мереж, що робить її оптимальним вибором у проєктуванні Wi-Fi-інфраструктури в будівлі установи.

Найбільш оптимальним варіантом для підключення точок доступу є використання 4-парного кабелю типу «кручена пара» категорії 5e (CAT 5e). Це вдосконалена версія стандартного кабелю CAT 5, яка дозволяє передавати дані на швидкості до 1000 Мбіт/с (Gigabit Ethernet) за умови використання всіх чотирьох пар провідників. У кабелі CAT 5e застосовуються мідні провідники діаметром 0,4–0,6 мм, що забезпечує належну якість сигналу при середній довжині траси.

Найпоширенішим типом є UTP (Unshielded Twisted Pair) – неекранована вита пара, яка широко використовується для прокладання комп'ютерних мереж завдяки своїй простоті, гнучкості та доступній вартості. Екрановані варіанти (FTP/STP) використовуються у разі підвищених вимог до захисту від електромагнітних завад. Зовнішня оболонка кабелю зазвичай виготовляється з поліетилену або поліпропілену, що забезпечує базовий захист від зовнішніх впливів.

Для з'єднання контролера базових станцій та центральної станції (ЦС) з вузлами доступу до зовнішньої мережі Інтернет доцільно застосовувати волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ).

Таким чином, комбіноване використання кабелю UTP Cat 5e всередині будівлі та ВОЛЗ для зовнішніх підключень забезпечує оптимальне поєднання швидкості, надійності та вартості побудови мережі.

Передача даних за допомогою волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) має цілу низку суттєвих переваг над традиційними мідними кабелями.

Нижче наведено основні особливості поширення сигналу по оптичному каналу:

- широка смуга пропускання, обумовлена високою частотою несучої (порядку  $10^{14}$  Гц), що дозволяє досягати швидкостей передавання даних до кількох терабіт за секунду (Тбіт/с);
- мале згасання сигналу – лише 0,2–0,3 дБ/км при довжині хвилі 1,55 мкм, що разом із низькою дисперсією дозволяє прокладати ділянки зв'язку до 100 км без ретрансляторів;
- висока завадозахищеність, оскільки оптичний сигнал не піддається впливу електромагнітних завад від електрообладнання та мідних систем;
- низький рівень шумів, що сприяє стабільній та надійній передачі даних;
- невелика маса та габарити кабелю, що спрощує транспортування і монтаж, особливо в щільних умовах будівництва;
- високий рівень інформаційної безпеки – перехопити сигнал у ВОЛЗ практично неможливо без порушення цілісності волокна, що буде помічено;
- довгий термін експлуатації – орієнтовно до 25 років, що значно перевищує строк служби більшості мідних кабелів;
- економічність у довгостроковій перспективі.

Сьогодні співвідношення вартості волоконно-оптичного кабелю до мідної пари оцінюється як 2:5, однак ВОЛЗ забезпечує значно кращу якість зв'язку та меншу загальну вартість у довгостроковій експлуатації.

## 2.6 Розробка функціональної схеми проектованої безпроводної мережі Wi-Fi

У цьому проєкті контролер базових станцій (КТД) буде безпосередньо підключено до глобальної мережі Інтернет через провайдера, який також забезпечує прокладання волоконно-оптичної лінії зв'язку до будівлі. Безпроводна мережа Wi-Fi передбачає логічний поділ на два сегменти – для

співробітників установи та для гостей. Такий поділ здійснюється за допомогою функції VLAN (віртуальна локальна мережа), яка дозволяє створювати окремі логічні мережі в межах єдиної фізичної інфраструктури. Завдяки цьому рішення забезпечується ізоляція трафіку, підвищення безпеки та зручне централізоване керування всією мережею з боку КТД.

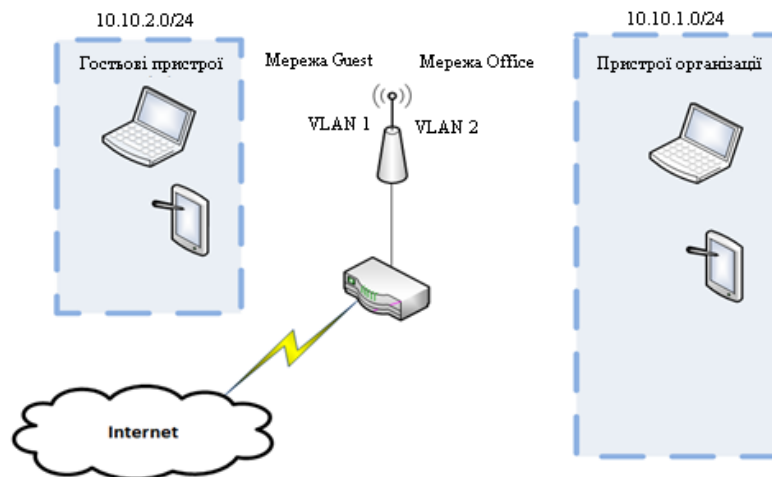


Рисунок 2.7 – Типова схема організації мережі VLAN

Мережа VLAN має низку ключових переваг, які роблять її ефективним інструментом для організації сучасних корпоративних мереж. Однією з головних є підвищення безпеки, оскільки трафік кожного підрозділу чи групи користувачів ізолюваний від інших, що знижує ризик несанкціонованого доступу. VLAN також дозволяє спростити адміністрування мережі – логічний поділ мережі не залежить від фізичного розташування пристроїв, що дає змогу централізовано керувати конфігурацією та спрощує масштабування.

Крім того, використання VLAN сприяє зменшенню широкомовного трафіку (broadcast), що підвищує продуктивність і стабільність роботи мережі. Завдяки таким перевагам VLAN є ефективним рішенням для оптимізації інфраструктури в офісних, навчальних або виробничих середовищах.

У запропонованій функціональній схемі безпроводної мережі радіодоступу виділено три основні підсистеми, кожна з яких виконує свої важливі функції.

Підсистема управління відповідає за централізоване адміністрування всієї мережі, включаючи контроль за точками доступу, маршрутизацію трафіку, а також забезпечення безпеки та логіки обслуговування абонентів.

Мережева підсистема виконує функцію транспортного середовища – вона з'єднує точки доступу з центральними вузлами та глобальною мережею Інтернет, передаючи дані між усіма компонентами.

Підсистема точок доступу забезпечує безпосереднє радіопокриття – кожна точка доступу формує свою зону дії, а разом вони охоплюють усю територію обслуговування. У цій структурі важливу роль відіграє контролер точок доступу та серверна, які координують роботу мережі та забезпечують її надійне функціонування.

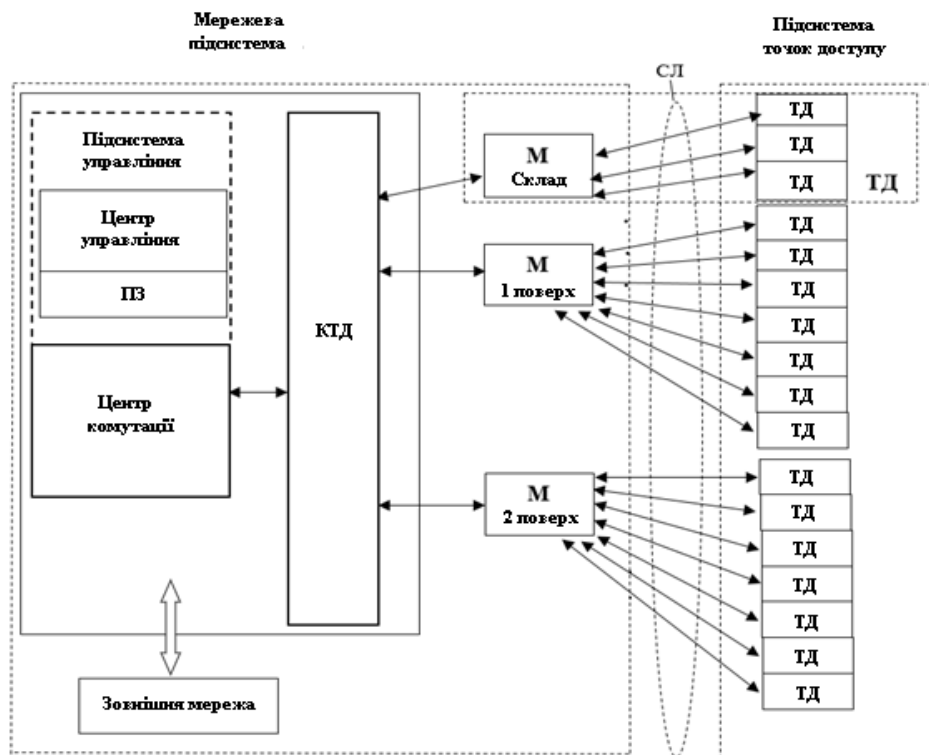


Рисунок 2.8 – Функціональна схема проектованої безпроводної мережі Wi-Fi

## 3 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Активне мережеве обладнання

Під час проектування будь-якої системи зв'язку особливу увагу приділяють економічній доцільності – чим менші витрати на обладнання, тим ефективнішим вважається рішення. У випадку з безпроводними мережами витрати на монтаж і підключення є мінімальними, що робить цю технологію ще привабливішою.

Сучасний стандарт безпроводного зв'язку IEEE 802.11ac, відомий також як гігабітний Wi-Fi, представляє найновішу розробку у родині протоколів 802.11. Устаткування, що підтримує цей стандарт, забезпечує передачу даних на швидкостях, які утричі перевищують можливості попереднього популярного стандарту 802.11n.

Завдяки високій надійності та широкій пропускній здатності, 802.11ac є оптимальним вибором для забезпечення якісної трансляції HD-відео, відеозв'язку, IP-телефонії та інших мультимедійних сервісів, які потребують швидкого і стабільного з'єднання.

Під час впровадження безпроводної мережі в межах будівлі ключовими компонентами інфраструктури виступають базові станції та маршрутизатори. Кілька базових станцій на кожному поверсі підключаються через маршрутизатор, який далі з'єднується з центральним контролером, що здійснює управління всіма точками доступу в межах обраного технічного об'єкта.

З огляду на вибір сучасного стандарту IEEE 802.11ac, для реалізації проекту доцільно обрати обладнання компанії D-Link. Цей виробник спеціалізується на випуску обладнання для комерційних мереж зв'язку, підтримує актуальні стандарти Wi-Fi та активно впроваджує рішення на основі 802.11ac.

Такий вибір забезпечить сумісність, високу пропускну здатність та стабільну роботу безпроводної мережі в межах будівлі.



Рисунок 3.1 – D-Link DWL-6610AP

Підтримка Power over Ethernet (PoE) у точці доступу D-Link DWL-6610AP забезпечує одночасну передачу даних і електроживлення через один кабель Ethernet, що значно спрощує інсталяцію та знижує витрати на прокладання окремих ліній живлення. Модель DWL-6610AP – це дводіапазонна точка доступу, орієнтована на корпоративні мережі різного масштабу.

Завдяки підтримці стандарту 802.11ac та одночасній роботі в діапазонах 2,4 і 5 ГГц, вона ідеально підходить для задач, що вимагають високої пропускну здатності.

Компактна конструкція й можливість монтажу на стелі або стіні роблять її зручною для розміщення у будь-якому приміщенні. Уніфікована модель DWL-6610AP/B забезпечує швидкість передачі до 1167 Мбіт/с завдяки технології MIMO 2x2, а також підтримує сучасні функції балансування навантаження і оптимізації покриття.

Версія DWL-6610AP/A додатково використовує технологію Beamforming, що підвищує якість сигналу, спрямовуючи його безпосередньо на клієнтські пристрої, зменшуючи вплив перешкод і покращуючи загальну стабільність з'єднання.

Технологія Airtime Fairness, реалізована у моделі DWL-6610AP/B, забезпечує рівномірний розподіл ефірного часу між усіма підключеними клієнтами, завдяки чому повільні пристрої не уповільнюють роботу всієї

мережі. Це дозволяє підвищити загальну ефективність безпроводної системи, зменшити затримки та забезпечити стабільність підключення для всіх користувачів.

Окрім цього, у поєднанні з уніфікованими комутаторами або контролерами D-Link точка доступу підтримує централізоване керування мережею. Це значно спрощує адміністрування великої кількості точок доступу: конфігурація задається один раз і автоматично застосовується до всіх пристроїв. Централізоване управління також включає моніторинг радіочастотних параметрів і налаштувань безпеки, що дає змогу вчасно виявляти і виправляти потенційні проблеми або вразливості у мережі.



Рисунок 3.2 – Контролер D-Link DWC-2000

Безпроводний контролер D-Link DWC-2000 виконує функцію централізованого управління всією інфраструктурою безпроводної мережі та підходить для використання у школах, готелях, а також у середніх і великих компаніях.

Його ключова перевага – можливість масштабування: базово він підтримує до 64 точок доступу, а з додатковими ліцензіями – до 256, або навіть до 1024 при роботі в кластері з іншими контролерами.

Це робить його практичним рішенням для розгортання масштабованої мережі без необхідності в складних налаштуваннях – автоматичне виявлення пристроїв і централізоване конфігурування спрощують впровадження. Крім того, DWC-2000 має розвинені механізми безпеки, які ефективно захищають мережу від спроб несанкціонованого доступу та зловмисних пристроїв.

DWC-2000 забезпечує зручне управління мережею в реальному часі завдяки інтерактивній інформаційній панелі, яка дозволяє швидко оцінити стан точок доступу та підключених клієнтів. Налаштовувані графічні елементи допомагають візуалізувати основні показники продуктивності, а автоматичні попередження та збір статистики сприяють більш ефективному управлінню мережею.

Крім того, контролер підтримує керування гостьовим доступом, що особливо актуально для публічних і корпоративних мереж. Адміністратор може створювати тимчасові облікові записи з обмеженням за часом чи трафіком, генерувати доступи в пакетах, друкувати звіти та при потребі продовжувати термін дії облікового запису. Для ще більшої зручності можливе підключення до платіжних систем, що дозволяє гостям самостійно купувати доступ онлайн.

DWC-2000 забезпечує надійність та стабільність безпроводної мережі завдяки вбудованим функціям автоматичної оптимізації та відновлення. У разі несправності контролера, система резервування 4+4 разом з механізмом автоматичного перенесення управління точками доступу (AP provisioning) дозволяє миттєво передати керування на резервний контролер, не допускаючи збоїв у роботі мережі.

Контролер постійно аналізує радіочастотне середовище, автоматично підбираючи оптимальні частоти та рівні потужності для кожної точки доступу, щоб мінімізувати перешкоди й покращити стабільність сигналу. Якщо якась точка виходить з ладу, контролер підвищує потужність сусідніх, компенсуючи втрату покриття й підтримуючи безперервний доступ для користувачів.

Контролер DWC-2000 є ефективним інструментом для захисту безпроводної мережі завдяки поєднанню активного виявлення загроз і розширених механізмів автентифікації. Його система виявлення вторгнень WIDS дозволяє оперативно ідентифікувати підозрілу активність, включно з несанкціонованими точками доступу або клієнтами, тим самим знижуючи

ризик порушення безпеки. Завдяки адаптивному порталу доступ користувачів до мережі блокується до завершення перевірки через обраний сервер автентифікації, що забезпечує високий рівень контролю. Окрім базових функцій, контролер підтримує розширення своїх можливостей через ліцензії. Це дозволяє не лише масштабувати мережу до 256 точок доступу, а й розширити набір функцій, адаптуючи систему до нових потреб підприємства.

Характеристики:

- порти: 4 комбо-порти 100/1000Base-T/SFP;
- USB: 2 порти USB 2.0;
- консольний порт: 1 порт із роз'ємом RJ-45;
- слот розширення: 1 слот жорсткого диска.

Оскільки точки доступу розміщені по всій будівлі технічного об'єкта, доцільно організувати їх підключення до локальної мережі через точки агрегації каналів, використовуючи комутатори Cisco Catalyst 9300 на рівні доступу та Cisco Catalyst 3750 на рівні ядра. Таке рішення дозволяє ефективно об'єднати трафік з усіх базових станцій і направити його до контролера КТД, який приєднується до ЛОМ через комутатор ядра. Далі вся система зв'язується з глобальною мережею через граничний маршрутизатор Cisco C897VAW.

Усі з'єднання між елементами мережі реалізуються за допомогою мідного кабелю типу кручена пара, що забезпечує достатню швидкість і стабільність передавання даних у межах об'єкта.

Для виконання функцій агрегації в мережі доцільно використовувати саме комутатори, а не концентратори, оскільки вони мають низку ключових переваг. По-перше, кожен порт комутатора забезпечує захист від колізій, що дозволяє уникнути конфліктів при передаванні даних. Комутатор працює на другому рівні моделі OSI, здійснюючи селективну комутацію кадрів залежно від MAC-адрес, які він автоматично вивчає й асоціює з відповідними портами. Завдяки цьому кадри надсилаються лише на конкретний порт, до

якого підключено одержувача, замість широкомовного розсилання, як у концентраторах. Це дозволяє суттєво зменшити кількість зайвого трафіку в мережі, підвищити її пропускну здатність і знизити навантаження на все телекомунікаційне обладнання.

У проєктованій безпроводній мережі ключову роль у маршрутизації даних та контролі доступу виконують комутатор рівня ядра та граничний маршрутизатор.

Комутатор ядра забезпечує обмін даними між підмережами, що функціонують у різних VLAN, використовуючи технологію маршрутизації між VLAN (inter-VLAN routing).

Він також зберігає інформацію про маршрут за замовчуванням до граничного маршрутизатора, реалізований через статичну маршрутизацію. Крім того, цей пристрій контролює взаємодію між внутрішніми вузлами мережі за допомогою списків доступу (access lists), що дозволяє обмежити або дозволити певні типи трафіку.



Рисунок 3.3 – Комутатор Cisco Catalyst 9300

Комутатори серії Cisco Catalyst представляють собою інтелектуальні та гнучкі мережеві пристрої з фіксованою конфігурацією, які вирізняються широким вибором модулів для забезпечення стабільної та ефективної роботи локальної мережі. Ці мережеві рішення значно полегшують управління ІТ-інфраструктурою, сприяють надійному захисту бізнес-процесів і гарантують безперервне функціонування мережевих сервісів.

Комутатори Cisco Catalyst 9300 серії поєднують високу продуктивність із розширеною функціональністю, дозволяючи ефективно інтегрувати Інтернет речей у корпоративну інфраструктуру.

Завдяки підтримці UPOE, PoE+ і PoE вони можуть забезпечити живлення для великої кількості підключених пристроїв, а також мають вбудовані засоби безпеки, аналізу трафіку та підтримку сучасних протоколів, зокрема AVB і IEEE 1588. Завдяки вбудованому контролеру Wi-Fi ці комутатори забезпечують централізоване управління до 48 точок доступу за стандартом 802.11ac Wave 2, залишаючись при цьому компактними та придатними для розміщення в обмеженому просторі. Має у наявності 24 порти Gigabit Ethernet.

Основні переваги серії 9300:

- висока масштабуємість з точками доступу Wave2;
- Процесор Intel x86;
- інтелектуальне управління живленням за допомогою технології Cisco StackPower;
- підтримка подвійного стеку для розподілу IPv4/IPv6;
- новітня операційна система Cisco IOS XE;
- розширений функціонал безпеки.



Рисунок 3.4 – Комутатор Cisco Catalyst 3750

Комутатори Cisco Catalyst 3750 є потужним рішенням для створення масштабованих мереж завдяки стекуванню через технологію StackWise, яка забезпечує загальну пропускну здатність до 32 Гбіт/с між пристроями. Об'єднуючи до 9 комутаторів в один логічний блок, можливо досягти централізованого управління, високої надійності та зменшення затримок у передачі даних. Ці Layer 3-комутатори також підтримують маршрутизацію, VLAN, QoS та інші ключові функції для корпоративного середовища з високими вимогами до продуктивності.

Ви абсолютно вірно описали ключові особливості Cisco Catalyst 3750 – це надійні Layer 3 комутатори з фіксованою конфігурацією до 48 портів, що підтримують PoE, мають 1G/10G uplink-порти, і забезпечують стекування з централізованим керуванням. Завдяки цьому забезпечується висока відмовостійкість, масштабованість і спрощене адміністрування, що робить їх популярними в корпоративних мережах.

Комутатори серії Cisco Catalyst 3750 вирізняються широким спектром функціональних можливостей, серед яких особливо важливою є здатність забезпечувати контроль доступу та безпеку на кожному порту. Це досягається завдяки застосуванню списків контролю доступу, які працюють на основі MAC-адрес, IP-адрес та мережевих портів. Пристрої цієї серії підтримують повноцінну маршрутизацію IP у режимі Cisco Express Forwarding і здатні працювати з найпоширенішими протоколами маршрутизації, включаючи як внутрішні, так і зовнішні протоколи. Однією з переваг є сумісність з протоколом IPv6 і можливість одночасної роботи як з IPv4, так і з IPv6. Завдяки підтримці якості обслуговування, динамічної видачі IP-адрес і функціоналу об'єднання портів, ці комутатори здатні забезпечити високу швидкість обміну даними між ключовими мережевими пристроями. Крім того, вони дозволяють ефективно реалізувати сегментацію мережі за допомогою VLAN з можливістю створення великої кількості віртуальних мереж, що робить їх оптимальним вибором для масштабованих корпоративних рішень.

Комутатори Cisco Catalyst 3750 доступні з двома варіантами програмного забезпечення Cisco IOS: базовим, що призначений для реалізації маршрутизації на рівні доступу в корпоративних мережах, та розширеним, який підтримує розширені функції маршрутизації для протоколів IPv4 і IPv6 і орієнтований а більш складні мережеві інфраструктури.

Граничний маршрутизатор здійснює обмін даними між внутрішніми сегментами мережі та мережею Internet. Він також застосовує access lists для фільтрації трафіку, що надходить із глобальної мережі, забезпечуючи

додатковий рівень безпеки. У цій ролі використовується маршрутизатор Cisco C897VAW, що поєднує функціональність маршрутизації та захисту мережі.



Рисунок 3.5 – Маршрутизатор Cisco C897VAW

Рисунок 3.5 ілюструє зовнішній вигляд та компонування граничного маршрутизатора Cisco C897VAW, що використовується для організації обміну даними між внутрішніми сегментами мережі та глобальною мережею Internet.

Маршрутизатори Cisco серії 800 поєднують у собі компактність, високу ефективність і функціональну насиченість, що робить їх ідеальним вибором для невеликих підприємств і віддалених офісів.

Вони дозволяють не лише організувати безпечне підключення до Інтернету, а й створити єдину корпоративну мережу для територіально розподілених підрозділів. Завдяки вбудованим компонентам ці маршрутизатори забезпечують повний набір функцій для організації надійного з'єднання з провайдером або центральною мережею організації, не потребуючи додаткового обладнання.

Маршрутизатори серії Cisco 800 здатні забезпечити стабільний зв'язок між локальною мережею та Інтернетом або корпоративною інфраструктурою, використовуючи різні типи підключення – від широкосмугових DSL-ліній до аналогових модемів.

Вони підтримують високу швидкість передачі даних при одночасному використанні кількох сервісів, мають вбудований керований Ethernet-комутатор на чотири порти, а також оснащені засобами для створення безпроводної мережі.

До того ж, завдяки фірмовому міжмережевому екрану Cisco IOS та підтримці VPN, маршрутизатори забезпечують надійний захист даних і безпечну роботу віддалених користувачів.

Маршрутизатори Cisco 897 забезпечують гнучкість у виборі технології підключення до глобальної мережі завдяки підтримці таких каналів, як VDSL2 та G.SHDSL. Вони оснащені засобами захисту від вторгнень при використанні образу IOS Advanced IP Services, мають можливість контент-фільтрації через систему Cisco IOS, а також підтримують передові технології захищеного з'єднання, зокрема Cisco DMVPN, GETVPN та SSL VPN.

У свою чергу, моделі Cisco 897VAW, що належать до другого покоління маршрутизаторів з інтегрованими сервісами (ISR G2), вирізняються підвищеною продуктивністю і орієнтовані на безпечний широкосмуговий доступ. Вони призначені для роботи у мережах типу Ethernet Metro, мають два канали підключення, інтегровану точку доступу за стандартом 802.11n із двома радіомодулями, а також вбудований керований комутатор на вісім портів, чотири з яких можуть забезпечувати живлення PoE.

Після детального аналізу обладнання, яке планується впровадити для побудови безпроводної мережі передачі даних, надано загальну структурну схему розгортання мережі на території обслуговування (рисунок 3.6), яка відображає взаємозв'язки між її ключовими елементами.

### 3.2 Дослідження зони радіочастотного покриття

Дослідження зони радіочастотного покриття – це важливий етап проєктування безпроводної мережі, що дозволяє визначити оптимальне розміщення точок доступу для забезпечення стабільного та якісного сигналу на всій території обслуговування. Таке дослідження включає:

- аналіз фізичних умов середовища, таких як матеріали стін, наявність перешкод, типи приміщень;

- вимірювання рівня сигналу (RSSI) в реальних умовах або моделювання покриття за допомогою спеціалізованих програм;
- визначення зон перекриття сигналу для забезпечення безперервного роумінгу між точками доступу;
- оцінка зон можливих «мертвих» зон та зон з інтерференцією.

Це дозволяє не лише зменшити кількість точок доступу без втрати якості покриття, а й оптимізувати продуктивність та безпеку мережі.

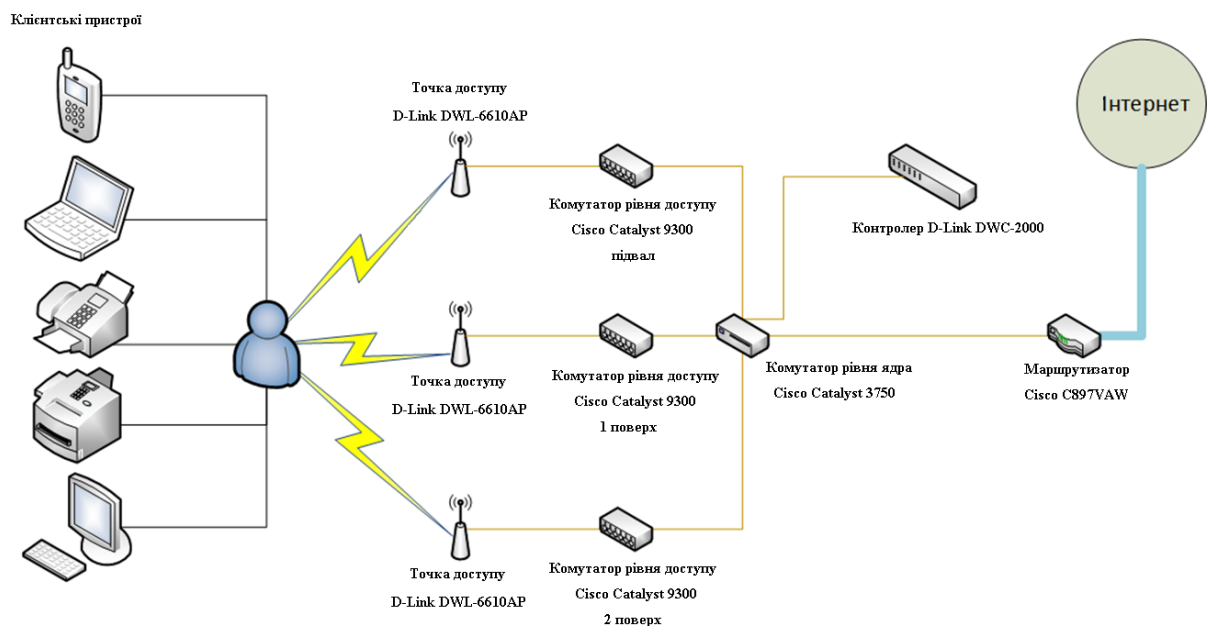


Рисунок 3.6 – Загальна схема мережі із зазначенням обраного обладнання

Під час виконання кваліфікаційної роботи за допомогою D-Link Wi-Fi Planner PRO було здійснено моделювання зони покриття безпроводної мережі. Основною метою цього етапу було визначення оптимальної кількості та розміщення точок доступу для забезпечення стабільного радіочастотного покриття на всій території обслуговування. Інструмент дозволив врахувати план будівлі, характеристики приміщень, матеріали стін та інші фактори, що впливають на поширення радіосигналу. Результатом моделювання стало раціональне розміщення точок доступу таким чином, щоб уникнути мертвих зон, зменшити інтерференцію та забезпечити покриття з достатнім рівнем сигналу в усіх функціональних зонах будівлі.



## ВИСНОВКИ

В випускній кваліфікаційній роботі спроектовано локальну безпроводну мережу високошвидкісного доступу для торгівельної установи з урахуванням сучасних вимог до мобільності, ефективності та інформаційної безпеки.

В результаті аналізу стандартів IEEE 802.11 було прийнято обґрунтоване рішення використовувати стандарт IEEE 802.11ac, який забезпечує високу швидкість передавання даних, розширену пропускну здатність та покращене функціонування в умовах великої кількості клієнтів. У межах проекту проведено аналіз основних характеристик цього стандарту, його переваг, а також особливостей реалізації у практичному застосуванні.

Виконано моделювання розміщення точок доступу у приміщеннях. Це дозволило оптимізувати зону покриття й забезпечити стабільний рівень сигналу в усіх ключових зонах будівлі. Вибір обладнання відбувався на основі вимог до продуктивності мережі.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Fan Wang, Suoping Li, Zufang Dou, Duo Peng Markov Modeling Methods for Performance Analysis of IEEE 802.11 Protocol // IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC 2018). 2018.
2. Hui Liu G.L. OFDM-Based Broadband Wireless Networks: Design and Optimization // Wiley-Interscience. 2005. P. 251.
3. IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput IEEE Std 802.11. 2009.
4. Kastor «Мир без проводов. Знакомимся с Wi-Fi». URL: <http://www.vr-online.ru/content/mir-bez-provodov-znakomimsja-s-wi-fi-796>. (дата звернення: 11.05.2025).
5. Laura Ribeiro, Eduardo Souto Multi-Factor Dynamic Channel Assignment approach for Wi-Fi networks // IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). 2018.
6. Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., Schotten, H. Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project // IEEE Communications Magazine. 2014. P. 26–35.
7. Rastislav Bencel, Kristián Košťál, Ivan Kotuliak, Michal Ries Common SDN control channel for seamless handover in 802.11 // Wireless Days (WD). 2018.