

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 _____ Горбову Владиславу Олексійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Комп'ютерна мережа підприємства із застосуванням безпроводних технологій _____

затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р. № 425 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії _____ 17 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи _____

1. Розробка комп'ютерної мережі підприємства _____

2. Опис організаційної структури підприємства _____

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 мереж _____

4. Розробка загальної структури мережі підприємства _____

5. Аналіз та вибір апаратних засобів реалізації _____

6. Висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій 12 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	26.05.25-27.05.25	
2	Аналіз роботи підприємства	28.05.25-04.06.25	
3	Розробка структури корпоративної мережі установи	05.06.25-08.06.25	
4	Вибір апаратних засобів реалізації мережі	09.06.25-11.06.25	
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	12.06.25-14.08.25	
6	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	15.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

СТ. ВИКЛ. АНТОН ПОРОШЕНКО

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 60 с., 22 рис., 4 табл., 1 дод., 8 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.

Об'єктом проектування є локальна обчислювальна мережа підприємства. Вивчено діяльність підприємства, проаналізована необхідність в інформаційно-обчислювальних ресурсах і розроблена комп'ютерна інформаційно-обчислювальна мережа.

ABSTRACT

Bachelor's thesis: 60 pages, 22 figures, 4 tables, 1 appendices, 8 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 an institution with the provision of a given level of network security, accessibility and integrity of the data used.

The object of the design is the local computer network of the enterprise. The activities of the enterprise were studied, the need for information and computing resources was analyzed and a computer information and computing network was developed.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП	9
1. ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	11
2 ОГЛЯД БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ	12
2.1 Особливості безпроводної передачі даних.....	12
2.2 Технології безпроводної передачі даних.....	17
2.2.1 Bluetooth	17
2.2.2 UWB (Ultra-Wideband).....	18
2.2.3 WiMAX.....	19
2.2.4 Wi-Fi	20
2.3 Порівняльний аналіз безпроводних технологій.....	20
3 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI	22
3.1 Стандарти протоколу 802.11	23
3.1.1 Стандарт 802.11	23
3.1.2 Стандарт 802.11a	23
3.1.3 Стандарт 802.11b.....	24
3.1.4 Стандарт 802.11g.....	24
3.1.5 Стандарт 802.11n.....	24
3.1.6 Стандарт 802.11ac	27
3.2 Допоміжні специфікації	29
3.3 Режими функціонування станцій MIMO	30
4 ПРОЕКТ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА.....	33
4.1 Інформація про об'єкт	33
4.2 Проектування ЛОМ	35
4.3 Схематичне подання модернізованої ЛОМ.....	41
4.4 Вибір мережевого обладнання.....	41

4.4.1 Маршрутизуючий комутатор и брандмауер Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro	41
4.4.2 Керований комутатор Ubiquiti UniFi Switch 24	42
4.4.3 Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W	44
4.4.4 Точка доступу	45
4.4.5 Сервер Huawei Tecal RH2285H.....	46
4.5 Формування карти покриття безпроводної мережі	47
4.6 Розміщення обладнання в телекомунікаційних шафах.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	53
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	54

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

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

Ідея передачі інформації без використання проводів, які фізично обмежують мобільність користувача, завжди викликала значний інтерес. І щоразу, коли технічні засоби досягали рівня, який забезпечував одночасно зручність у користуванні та доступну вартість, безпроводні технології отримували стрімке поширення. Яскравим прикладом цього є розвиток мобільного зв'язку.

Ще у 1910 році шведський інженер Ларс Магнус Ерікссон сконструював перший прототип мобільного телефону, що встановлювався в автомобіль. Хоча пристрій був безпроводним під час руху, для здійснення дзвінка необхідно було зупинитися, вийти з автомобіля та за допомогою спеціальних штанг під'єднати апарат до ліній зв'язку. Через обмежену функціональність і низьку зручність така технологія не набула масового поширення [1].

Слід зазначити, що безпроводний зв'язок не завжди означає мобільність. Існує так званий фіксований безпроводний зв'язок, коли всі вузли мережі розміщуються на постійних місцях у межах певної зони, наприклад, у приміщенні. Такий підхід застосовується у випадках, коли використання кабельних ліній зв'язку є технічно складним або економічно недоцільним. Серед причин – важкодоступні або малонаселені території, як-от болотисті райони, пустелі, арктичні регіони, джунглі, а також будівлі, які становлять історичну цінність, де заборонено втручання в архітектуру.

Ще одним прикладом використання фіксованих безпроводних технологій є ситуація, коли альтернативний оператор зв'язку надає послуги абонентам, вже підключеним до мережі основного провайдера через провідну інфраструктуру. Крім того, безпроводний зв'язок часто застосовується для створення тимчасових мереж під час проведення заходів у приміщеннях, де відсутня або недостатня провідна інфраструктура.

Технології безпроводної передачі даних використовуються в комп'ютерних мережах уже протягом тривалого часу. У більшості випадків йдеться саме про фіксований безпроводний зв'язок. Варто зазначити, що користувачі іноді навіть не підозрюють, що передача даних на окремих ділянках маршруту відбувається не через кабель, а за допомогою електромагнітних хвиль – наприклад, у разі використання супутникових каналів або наземних ліній СВЧ-зв'язку, орендованих у магістрального оператора.

З середини 1990-х років активно розвиваються технології мобільних комп'ютерних мереж. Із затвердженням у 1997 році стандарту IEEE 802.11 з'явилася можливість створення безпроводних локальних мереж Ethernet, які дозволяють забезпечити взаємодію користувачів незалежно від географічного розташування або виробника обладнання. Хоча на сьогодні такі мережі ще поступаються за масштабами мобільним телефонним системам, фахівці прогнозують їх інтенсивне зростання найближчим часом.

Варто також відзначити, що сучасні мобільні мережі активно використовуються для доступу до мережі Інтернет. Технології третього покоління (3G) забезпечують передачу даних на швидкості 1,5–2 Мбіт/с, що є порівнянним із провідними каналами доступу через телефонні абонентські лінії [1].

Хоча найчастіше безпроводний зв'язок асоціюється з радіохвилями, насправді він охоплює широкий спектр частот – від низькочастотного радіодіапазону до світлового випромінювання з частотою понад 8×10^{14} Гц. Така різноманітність спектра дозволяє адаптувати технологію до різних умов експлуатації та завдань користувача.

1. ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Основною вимогою до сучасних комп'ютерних мереж є ефективне виконання їхньої ключової функції – забезпечення користувачам доступу до ресурсів усіх пристроїв, що об'єднані в єдину мережеву інфраструктуру. Решта характеристик, таких як продуктивність, надійність, сумісність, масштабованість і керованість, безпосередньо пов'язані з реалізацією цієї головної задачі.

У межах виконання атестаційної роботи передбачається вирішення наступного комплексу завдань:

- здійснити огляд сучасних технологій побудови комп'ютерних мереж;
- обґрунтувати вибір архітектури майбутньої мережі;
- провести аналіз переваг і недоліків використання безпроводних технологій у комп'ютерних мережах;
- розробити структуру мережі з урахуванням можливості її масштабування, інтеграції нових пристроїв, протоколів і підмереж;
- здійснити вибір відповідного мережевого обладнання.

Метою роботи є проектування мережі, що характеризується високою продуктивністю, стійкістю до відмов, можливістю гнучкого розмежування доступу до ресурсів і перспективою подальшого масштабування. Особливу увагу необхідно приділити потенційному зростанню кількості робочих станцій та відповідній адаптивності мережевої структури до змінних навантажень.

2 ОГЛЯД БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Особливості безпроводної передачі даних

Безпроводний зв'язок передбачає передачу інформації на відстані без використання фізичних кабельних з'єднань. Однією з ключових переваг цієї технології є простота та оперативність розгортання мережі. Відсутність потреби у прокладанні кабельної інфраструктури значно скорочує часові та фінансові витрати, особливо у складних або важкодоступних умовах, наприклад, у складських, виробничих або історично цінних будівлях [2].

Вартість впровадження безпроводних рішень зазвичай є нижчою, оскільки відпадає необхідність у складних будівельно-монтажних роботах, пов'язаних із прокладанням дротів. Крім того, такі мережі забезпечують гнучкість у підключенні нових пристроїв та можливість оперативної зміни топології. Безпроводні мережі класифікуються за масштабом охоплення на декілька основних типів (рисунки 2.1 та 2.2):

- PAN (Personal Area Network) – персональна мережа, що об'єднує пристрої одного користувача в межах невеликої зони, наприклад, кімнати або квартири (смартфони, планшети, ноутбуки, ПК);
- LAN (Local Area Network) – локальна мережа, яка забезпечує зв'язок між декількома пристроями в межах однієї будівлі або приміщення;
- CAN (Campus Area Network) – кампусна мережа, призначена для з'єднання декількох будівель, розташованих поруч (наприклад, навчальні корпуси, офісні комплекси);
- MAN (Metropolitan Area Network) – міська мережа, що охоплює територію одного або кількох населених пунктів, забезпечуючи зв'язок між локальними мережами на великій відстані;
- WAN (Wide Area Network) – глобальна мережа, яка забезпечує з'єднання пристроїв у різних регіонах, країнах або континентах.

Глобальні мережі (WAN) можуть включати в себе всі інші типи мережевих структур, забезпечуючи кінцевим користувачам доступ до ресурсів Інтернету. Наприклад, домашній користувач, під'єднуючи маршрутизатор до кабельної лінії провайдера, створює локальну безпроводну мережу (Wi-Fi), яка водночас надає вихід до глобальної мережі – Інтернету.

Сучасні безпроводні технології є надзвичайно популярними через зручність, мобільність і постійне зростання попиту. Очікується, що у майбутньому саме безпроводні рішення поступово витіснятимуть провідні підходи, адже вартість кабельних інфраструктур залишається досить високою. До того ж, безпроводні мережі розширюють функціональні можливості користувача, забезпечуючи більшу свободу дій та адаптивність до змін середовища.

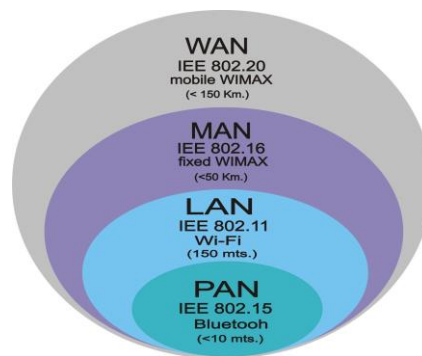


Рисунок 2.1 – Радіус дії персональних, локальних і глобальних безпроводних мереж

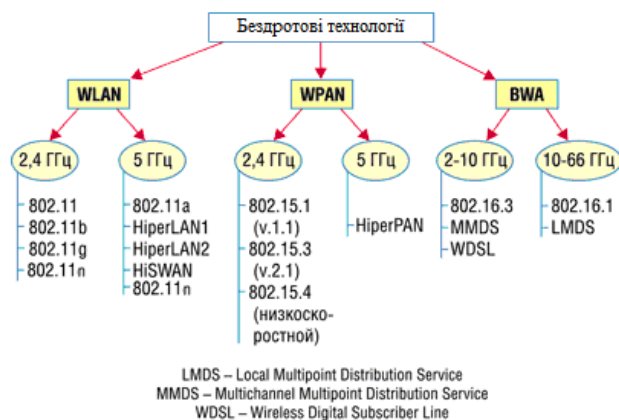


Рисунок 2.2 – Класифікація безпроводних технологій

Параметри безпроводного каналу зв'язку, зокрема дальність дії, площа покриття та швидкість передавання даних, значною мірою залежать від діапазону частот, у якому працює система. Електромагнітний спектр до 300 ГГц відноситься до так званого радіочастотного діапазону, який, згідно з класифікацією Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU), поділяється на кілька піддіапазонів – від наднизьких частот (ELF, Extremely Low Frequency) до надвисоких частот (EHF, Extra High Frequency) [2].

Найбільш знайомий користувачам широкомовний діапазон охоплює частоти від 20 кГц до 300 МГц і включає радіостанції, які працюють у AM- та FM-діапазонах. Ці системи підтримують низькі швидкості передавання даних – від десятків до сотень кілобіт за секунду. Наприклад, радіомодеми можуть об'єднувати сегменти локальної мережі на швидкостях 2400, 9600 або 19200 кбіт/с.

Частотний діапазон від 300 МГц до 300 ГГц зазвичай іменується мікрохвильовим. У цьому діапазоні функціонують різноманітні системи: радіорелейні лінії, супутникові канали, безпроводні локальні мережі, а також системи фіксованого безпроводного доступу (WLL, Wireless Local Loop), що замінюють провідне підключення до абонента.

Вище мікрохвильового діапазону знаходиться інфрачервоний спектр, який також використовується для безпроводного передавання даних. Через обмежену проникність інфрачервоного випромінювання (воно не проходить крізь стіни), відповідні системи застосовуються переважно для побудови невеликих локальних мереж в межах одного приміщення.

Останнім часом все ширше впроваджуються технології оптичної передачі, зокрема системи на основі видимого світла (наприклад, лазерні лінії зв'язку).

Розповсюдження електромагнітних хвиль має низку закономірностей, які пов'язані з частотою сигналу:

- зі зростанням несучої частоти збільшується потенційна швидкість передавання даних;

- чим вища частота, тим гірше сигнал проходить крізь фізичні перешкоди;
- високочастотні сигнали швидше втрачають енергію при поширенні;
- хвилі від 2 до 30 МГц можуть відбиватися від іоносфери, що дозволяє їм поширюватися на великі відстані (до кількох тисяч кілометрів) при достатній потужності;
- сигнали з частотою понад 30 МГц поширюються лише в межах прямої видимості;
- при частотах вище 4 ГГц сигнали починають активно поглинатися водою, тож погодні умови, такі як дощ або туман, можуть суттєво впливати на якість зв'язку;
- мікрохвильове передавання потребує урахування особливостей поширення хвиль прямої видимості, зокрема наявності перешкод на їх шляху.

Поведінка сигналу при взаємодії з перешкодами залежить від розмірів об'єкта і довжини хвилі:

- якщо перешкода прозора для хвилі і має більші розміри, ніж її довжина, частина сигналу відбивається (характерно для мікрохвиль, які відбиваються від будівель у міському середовищі);
- при зіткненні з непрозорою масивною перешкодою може виникати дифракція – хвиля огинає об'єкт, що дозволяє приймати сигнал навіть за межами прямої видимості;
- якщо розміри перешкоди співмірні з довжиною хвилі, відбувається розсіювання сигналу, що спричиняє поширення під різними кутами.

Таким чином, вибір частотного діапазону і технології безпроводного зв'язку повинен враховувати як характеристики середовища, так і специфіку задачі – від зони покриття до швидкості передачі та умов експлуатації.

Унаслідок багатопроменевого поширення сигналу, яке широко поширене в міському середовищі, приймач може отримувати кілька копій одного і того ж сигналу, що надходять різними шляхами [3]. Цей ефект

називають багатопроменевим розповсюдженням. Часто він негативно впливає на якість прийому, оскільки одна з копій сигналу може прийти із зворотною фазою, що призводить до часткового або повного гасіння основного сигналу.

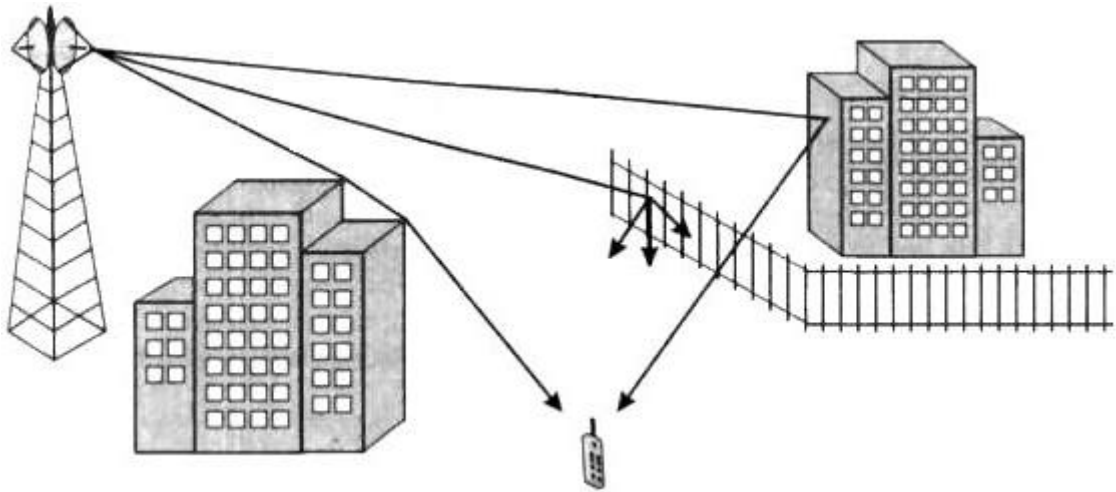


Рисунок 2.3 – Дифракція, розсіювання і відображення радіохвиль

Через те, що час проходження сигналу по різних траєкторіях є неоднаковим, може виникати явище міжсимвольної інтерференції – коли сигнали, які кодують послідовні біти інформації, накладаються один на одного в приймачі через часові затримки.

Спотворення, викликані багатопроменевим поширенням, призводять до ослаблення корисного сигналу, явище якого отримало назву багатопроменевого завмирання. Особливо у міських умовах інтенсивність ослаблення сигналу може зростати не пропорційно квадрату відстані, а навіть пропорційно кубу або четвертому ступеню відстані [3].

До вказаних спотворень додаються численні зовнішні електромагнітні перешкоди, які особливо характерні для міських зон. Наприклад, у частотному діапазоні 2,4 ГГц функціонують побутові мікрохвильові печі, що створюють додаткові джерела шумів. Для пом'якшення негативного впливу перешкод у безпроводних каналах застосовуються різні методи. Значну роль відіграють спеціальні методи кодування, які розподіляють енергію сигналу

на широкий спектр частот, підвищуючи стійкість до перешкод. Також передавачі та приймачі, за можливості, розташовують на високих опорах або вежах, що дозволяє мінімізувати кількість відбиттів сигналу.

Крім того, використовуються протоколи на каналному рівні, які передбачають встановлення з'єднання та повторну передачу кадрів у разі помилок. Такі протоколи забезпечують швидке коригування помилок, оскільки мають менші тайм-аути у порівнянні з протоколами транспортного рівня, наприклад TCP.

2.2 Технології безпроводної передачі даних

2.2.1 Bluetooth

Bluetooth – це стандарт безпроводного зв'язку, розроблений у 1998 році консорціумом компаній, до складу якого увійшли Toshiba, Ericsson, Intel, IBM та Nokia. Основна мета технології – забезпечення енергоефективного, компактного та недорогого радіозв'язку між різноманітними електронними пристроями, що дозволяє її успішно впроваджувати в малогабаритні пристрої.

Інтерфейс Bluetooth підтримує передачу як даних, так і голосу, зі швидкістю до 64 кбіт/с, достатньою для комфортної голосової комунікації. Технологія працює у вільному частотному діапазоні 2,4 ГГц і забезпечує зв'язок на відстані від 10 до 200 метрів залежно від потужності передавача, умов видимості та версії стандарту. Обмежена дальність сприяє збереженню компактних розмірів пристроїв, низькому енергоспоживанню та доступній вартості апаратних компонентів.

Bluetooth переважно застосовується для створення персональних мереж (PAN), які об'єднують широкий спектр мобільних і побутових пристроїв: мобільні телефони, планшети, ноутбуки, аудіоплеєри, а також розумні побутові прилади, такі як холодильники і мікрохвильові печі. Завдяки

підтримці передачі голосу та ефективному енергоспоживанню, Bluetooth широко використовується в безпроводних гарнітурах для мобільних телефонів і навушниках для портативних плеєрів. Також ця технологія активно застосовується для підключення периферійних пристроїв до ПК, включаючи клавіатури, миші, ігрові контролери тощо.

Bluetooth працює у тому ж діапазоні 2,4 ГГц, що і Wi-Fi, який є вільним від ліцензування СВЧ-частотним спектром. Максимальна швидкість передачі даних у останній версії Bluetooth 5.0 досягає 6,25 МБіт/с. Втім, ця швидкість є недостатньою для конкурентної роботи з іншими безпроводними технологіями при передачі великих файлів – зображень високої роздільної здатності, аудіо- та відеоконтенту, а також для синхронізації великих баз даних.

2.2.2 UWB (Ultra-Wideband)

Технологія надширокопasmого зв'язку (UWB) забезпечує високошвидкісну передачу даних на коротких дистанціях при дуже низькому енергоспоживанні. Проте через низку суттєвих обмежень вона поки що не отримала широкого поширення. Головними особливостями UWB є відсутність постійного несучого сигналу, дуже коротка тривалість імпульсів – одиниці та частки наносекунд, що природно забезпечує надшироку смугу частот.

Короткі імпульси можуть передаватися з високою частотою, що дозволяє досягати швидкостей передачі інформації у десятки й навіть сотні мегабіт на секунду.

Перевагою UWB є також порівняно висока здатність сигналу проходити через перешкоди. Крім того, короткі імпульси дозволяють здійснювати точне позиціонування об'єктів, що відповідає принципам імпульсної радіолокації: чим коротший імпульс, тим меншою є похибка визначення відстані.

Водночас технологія має ряд серйозних недоліків, які обмежують її застосування в безпроводних локальних мережах. По-перше, широка смуга частот і відносно висока потужність сигналів UWB можуть створювати перешкоди для інших існуючих та перспективних систем, зокрема Wi-Fi в діапазоні 5 ГГц. По-друге, через цю ж причину системи Wi-Fi можуть заважати зв'язку на базі UWB.

Ще одним викликом є складність прийому UWB-сигналів через їх надзвичайно коротку тривалість. Відповідно, синхронізація приймача потребує використання високоточних і стабільних генераторів тактової частоти, що ускладнює апаратну реалізацію.

2.2.3 WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – це технологія безпроводного зв'язку, що базується на стандарті IEEE 802.16. Мережа WiMAX складається з базових та абонентських станцій, а також обладнання, яке з'єднує базові станції з провайдерами Інтернету та інших сервісів. Діапазон частот, що використовується, охоплює від 1,5 до 13,6 ГГц. Радіус покриття становить близько 6–10 км для стаціонарних користувачів і 1–5 км для мобільних абонентів, що рухаються зі швидкістю до 120 км/год.

Швидкість передачі даних у мережах WiMAX може досягати від 40 до 75 Мбіт/с. Ця технологія була розроблена як універсальний безпроводний зв'язок, придатний для широкого спектра пристроїв – від персональних комп'ютерів і ноутбуків до мобільних телефонів і планшетів, забезпечуючи роботу на значних відстанях [3].

Стандарт 802.16d (також відомий як 802.16-2004) використовує стаціонарні модеми та PCMCIA-карти для ноутбуків і призначений виключно для нерухомих абонентів. Він підтримує швидкість до 75 Мбіт/с і радіус дії від 25 до 80 км, працюючи в діапазоні частот від 1,5 до 11 ГГц, з найбільш поширеними піддіапазонами 3,5 та 5 ГГц.

Стандарт 802.16e (802.16-2005) орієнтований на мобільних користувачів і забезпечує швидкість до 40 Мбіт/с при дальності покриття 1–5 км. Частотний діапазон для 802.16e становить від 2,3 до 13,6 ГГц, найчастіше використовуються діапазони 2,3–2,5 ГГц, 2,5–2,7 ГГц, а також 3,4–3,8 ГГц. Крім мобільних абонентів, цей стандарт також застосовується для обслуговування фіксованих користувачів і є найбільш розповсюдженим.

2.2.4 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – це сучасна технологія безпроводної передачі даних через радіоканал. Постійний розвиток стандартів Wi-Fi забезпечує можливість передачі значних обсягів інформації, підвищення надійності зв'язку та покращення захисту даних. Сьогодні підтримка Wi-Fi реалізована в широкому спектрі пристроїв, включаючи ноутбуки, смартфони, КПК, ігрові консолі, комп'ютерні миші та багато іншого [3].

Популярність Wi-Fi обумовлена простотою його впровадження, доступною вартістю обладнання та високою швидкістю передачі даних у радіоканалі.

2.3 Порівняльний аналіз безпроводних технологій

Для визначення найбільш оптимальної безпроводної технології, що відповідатиме вимогам технічного завдання, було проведено порівняльний аналіз основних безпроводних стандартів, результати якого представлені в таблиці 2.1. На основі отриманих даних можна зробити такі висновки.

WiMAX – це технологія дальнього радіусу дії, що забезпечує покриття великих територій на кілометрових відстанях і зазвичай працює в ліцензованих діапазонах частот для доступу до Інтернету. Вона характеризується середньою швидкістю передачі даних. Однак використання ліцензованих частот ускладнює масове розгортання таких мереж.

Технологія Wi-Fi забезпечує високу швидкість передачі даних, яка залишається стабільною в радіусі 40–60 метрів. Проте зі збільшенням кількості користувачів або підвищенням колізійності мережі швидкість може знижуватися. Значним недоліком є вплив навколишніх будівель і споруд, що створюють перешкоди та негативно впливають на якість сигналу.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз безпроводних технологій

Параметр для порівняння	UWB	Wi-Fi	WiMAX	Bluetooth
Тип мережі	PAN	LAN, WLAN	MAN, WAN	PAN
Радіус дії	До 10 метрів	40–60 метрів	1–10 км (залежно від мобільності)	До 10–100 метрів (залежно від класу)
Швидкість передачі даних	До сотень Мбіт/с	До 6,77 Гбіт/с (802.11ac)	40–75 Мбіт/с	До 6,25 Мбіт/с (Bluetooth 5.0)
Частотний діапазон	3,1–10,6 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц	1,5–13,6 ГГц	2,4 ГГц
Основне призначення	Високошвидкісний зв'язок на короткі дистанції	Загальне безпроводне підключення	Широкодіапазонний доступ на великі відстані	Персональні пристрої, периферія
Переваги	Висока швидкість, точне позиціонування	Легке розгортання, висока швидкість	Великий радіус покриття, ліцензовані частоти	Низьке енергоспоживання, компактність
Недоліки	Складність синхронізації, завади	Зниження швидкості при багатьох користувачах	Ліцензування частот, дорожчі рішення	Обмежена швидкість, мала дальність

3 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI

У 1990 році Комітет зі стандартів IEEE 802 (Інститут інженерів з електротехніки та електроніки) створив робочу групу, яка займалась розробкою стандартів для безпроводних мереж у межах сімейства 802.11. Метою цієї групи було створення єдиного стандарту для безпроводних локальних мереж, що працюють у діапазоні частот 2,4 ГГц та підтримують швидкості передачі даних 1 та 2 Мбіт/с. Через сім років роботи, у 1997 році, була затверджена перша версія стандарту 802.11.

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз стандартів технології Wi-Fi

Стандарт (рік затвердження)	Частотний діапазон	Максимальна швидкість передачі даних	Основні характеристики	Сфера застосування
IEEE 802.11a (1999)	5 ГГц	До 54 Мбіт/с	Вища швидкість, менше перешкод	Офіси, промислові зони
IEEE 802.11g (2003)	2.4 ГГц	До 54 Мбіт/с	Компатибельність з 802.11b, вища швидкість	Домашні та офісні мережі
IEEE 802.11n (2009)	2.4 ГГц / 5 ГГц	До 600 Мбіт/с	МІМО технологія, покращена продуктивність	Високошвидкісні домашні та офісні мережі
IEEE 802.11ac (2013)	5 ГГц	До 6,77 Гбіт/с	Підтримка MU-MIMO, широка смуга пропускання	Високошвидкісний Wi-Fi у бізнесі та вдома
IEEE 802.11ax (2019)	2.4 ГГц / 5 ГГц	До 9,6 Гбіт/с	Покращена ефективність у густонаселених мережах	Мережі нового покоління, IoT

3.1 Стандарти протоколу 802.11

З розвитком стандартів Wi-Fi відбулися значні покращення технічних характеристик: зросла ширина спектра радіоканалу, збільшилася кількість одночасно використовуваних приймально-передавальних антен (завдяки технології MIMO), що дозволило суттєво підвищити пропускну здатність безпроводної мережі, її надійність та швидкість передачі даних [4].

3.1.1 Стандарт 802.11

Цей початковий стандарт, затверджений у 1997 році, нині вважається застарілим. Він забезпечував передачу даних на низьких швидкостях – 1 і 2 Мбіт/с – та включав метод прямого виправлення помилок. У специфікації були описані три можливі варіанти реалізації фізичного рівня:

- інфрачервоне випромінювання (IR) зі швидкістю до 1 Мбіт/с;
- технологія з розширенням спектра за методом частотних перестрибувань (FHSS), яка підтримувала 1 або 2 Мбіт/с;
- метод прямої послідовності розширення спектра (DSSS), також зі швидкостями 1 або 2 Мбіт/с.

Передача здійснювалася у неліцензованому діапазоні 2,4 ГГц.

3.1.2 Стандарт 802.11a

Цей стандарт став суттєвим проривом у порівнянні з базовим 802.11. Він передбачає передачу даних зі швидкістю до 54 Мбіт/с та працює в частотному діапазоні 5 ГГц, що зменшує рівень радіоперешкод у порівнянні з 2,4 ГГц. Для модуляції використовується OFDM (ортогональне частотне мультиплексування), яке забезпечує стійкість до багатопроменевого поширення сигналу та високий рівень надійності з'єднання в умовах міського середовища.

3.1.3 Стандарт 802.11b

Це розширення початкового стандарту 802.11, яке зберігає діапазон 2,4 ГГц і суттєво покращує пропускну здатність – до 11 Мбіт/с. На каналному рівні змін не було, усі модифікації стосувалися лише фізичного рівня. Для модуляції використовується DSSS, де діапазон поділяється на кілька перекриваних каналів. Кожен біт інформації передається у вигляді певної кодової послідовності. Незважаючи на застарілість, стандарт 802.11b досі підтримується значною кількістю пристроїв, що забезпечує зворотну сумісність.

3.1.4 Стандарт 802.11g

Цей стандарт поєднує переваги 802.11a та 802.11b. Він також працює в діапазоні 2,4 ГГц, але забезпечує швидкість передачі до 54 Мбіт/с, подібно до 802.11a.

Однією з ключових переваг є повна сумісність із пристроями, що підтримують 802.11b. При створенні специфікації розглядалися дві альтернативні технології: OFDM (як у 802.11a) і ССК (ССК). У підсумковій версії стандарту були об'єднані обидва методи, а також опціонально – РВСС (РВСС). Це забезпечило гнучкість у виборі реалізації на рівні виробника обладнання.

3.1.5 Стандарт 802.11n

Стандарт 802.11n був офіційно затверджений 11 вересня 2009 року. Він став суттєвим кроком уперед у розвитку безпроводних технологій і наблизив за швидкістю передачі даних безпроводні мережі до провідних рішень. У порівнянні з початковими версіями Wi-Fi, продуктивність 802.11n зросла в 5–6 разів.

До ключових переваг стандарту 802.11n належать:

- висока пропускна здатність – до 300 Мбіт/с;
- стабільне покриття з рівномірним розповсюдженням сигналу та мінімальною кількістю «мертвих зон»;
- зворотна сумісність із більшістю попередніх стандартів Wi-Fi;
- підтримка двох діапазонів частот: 2,4 ГГц і 5 ГГц, що дає змогу обирати оптимальний варіант залежно від умов використання.

Разом із тим, стандарт має і недоліки:

- вищий рівень енергоспоживання порівняно з попередніми версіями;
- складніше апаратне забезпечення з більшими розмірами та вартістю.

Основне зростання швидкості передачі даних у 802.11n досягається завдяки:

- розширенню смуги каналу до 40 МГц (порівняно з 20 МГц у попередніх версіях);
- використанню технології MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Технологія MIMO передбачає одночасне застосування декількох антен на приймальному та передавальному боці. Це дозволяє збільшити швидкість і надійність передачі, а також покращити якість зв'язку за рахунок багатопроменевого поширення. Традиційні системи з однією передавальною та однією приймальною антеною позначаються як SISO (Single Input Single Output) [4].

Принцип реалізації технології представлений на рисунку 3.1.

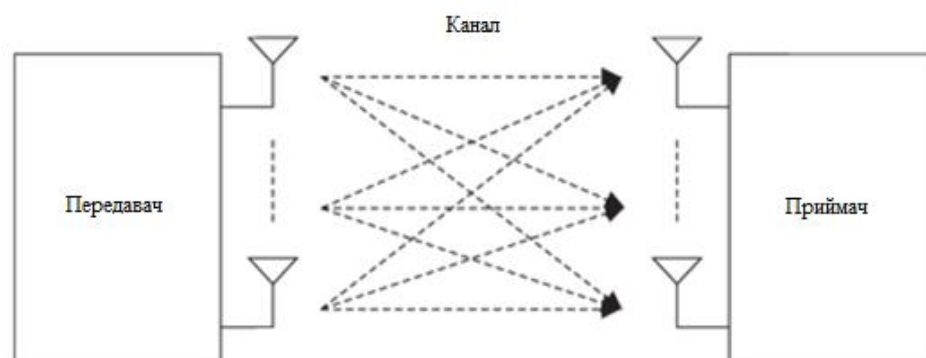


Рисунок 3.1 – Принцип реалізації технології MIMO

Стандарт 802.11n базується на застосуванні технології OFDM-MIMO (ортогонального частотного мультиплексування з множинним прийомом і передачею). Багато технічних рішень були запозичені з попереднього стандарту 802.11a, проте 802.11n має розширену функціональність: підтримуються як частотний діапазон 5 ГГц (характерний для 802.11a), так і 2,4 ГГц, на якому працює стандарт 802.11g. Це забезпечує широку сумісність із пристроями різних поколінь і дозволяє адаптувати обладнання до поточних умов експлуатації.

У межах MIMO-архітектури вихідна послідовність даних розділяється на кілька паралельних потоків, які одночасно передаються різними антенами. На приймальному боці здійснюється складна процедура обробки сигналів, які приходять у вигляді суперпозиції (накладення). Для відновлення початкової інформації застосовується алгоритм просторового виділення сигналів, який дозволяє розділити потоки за допомогою аналізу великої кількості піднесучих частот.

Основним недоліком технології MIMO є її висока апаратна складність, що призводить до збільшення енергоспоживання та габаритів пристроїв.

З метою забезпечення зворотної сумісності з попередніми версіями Wi-Fi, у стандарті 802.11n передбачено три режими роботи:

- Legacy Mode – успадкований режим, сумісний із пристроями стандартів 802.11a/b/g;
- Mixed Mode – змішаний режим, що дозволяє новим пристроям працювати в мережі зі старими;
- Green Field Mode – режим роботи виключно для пристроїв 802.11n без підтримки сумісності з попередніми стандартами.

Для кожного режиму використовується своя структура преамбули – службового поля пакету, яке відповідає за синхронізацію між передавачем і приймачем. У преамбулі зазначається:

- довжина пакета;
- тип кадру;

- використана модуляція;
- метод і параметри кодування.

Щоб уникнути конфліктів між MIMO-пристроями і стандартними клієнтами з однією антеною, кадри MIMO супроводжуються розширеною преамбулою та заголовком, які дозволяють іншим пристроям розпізнати тип сеансу та відкласти передачу на час його завершення.

Крім того, структура преамбули виконує низку вторинних функцій, зокрема:

- оцінка рівня потужності сигналу для автоматичного налаштування підсилення;
- визначення початку пакета;
- оцінка тимчасового зсуву або частотного зміщення.

3.1.6 Стандарт 802.11ac

Попередня офіційно затверджена версія стандарту Wi-Fi – 802.11n – розроблялася впродовж 2002–2009 років. Проте її попередній проект, так званий draft-варіант, було ухвалено ще у 2007 році. Вже тоді на ринку почали з'являтися маршрутизатори й інші пристрої, що підтримували стандарт 802.11n draft, тобто ще до остаточного його затвердження [5].

Виробники мережевого обладнання вчинили передбачливо, не очікуючи фінальної редакції протоколу, що дало змогу раніше вивести на ринок пристрої з підтримкою передачі даних на швидкості до 300 Мбіт/с. І навіть після остаточного затвердження стандарту нові сертифіковані пристрої залишилися сумісними з раніше випущеними моделями, оскільки ті відповідали базовим апаратним вимогам чорнової версії. Мінімальні відмінності усувалися оновленням мікропрограмного забезпечення.

До певного часу нові версії стандартів позначалися послідовним додаванням літер латиниці до основного позначення 802.11 – наприклад, 802.11g, 802.11n тощо. Проте в 2011 році ця схема була порушена – відразу

після версії 802.11n з'явився проєкт 802.11ac. Його чорнову специфікацію також ухвалили дуже швидко, і вже за кілька місяців на ринку з'явилися перші пристрої, що підтримували цю нову версію.

Слід зазначити, що навіть попередній стандарт – 802.11n – на той момент ще не вичерпав свого потенціалу для практичних застосувань. Однак це не стало на заваді подальшому прогресу. Адже впровадження нових стандартів Wi-Fi не лише забезпечує вищу швидкість передачі, а й покращує стабільність з'єднання, розширює зону покриття та зменшує енергоспоживання. Стандарт 802.11ac прийнято вважати п'ятим поколінням безпроводних технологій, і хоча іноді його називають 5G Wi-Fi, таке позначення є неофіційним.

Одним із головних завдань розробки 802.11ac було досягнення гігабітної швидкості передачі даних. Теоретично, стандарт 802.11n здатний забезпечити швидкість до 600 Мбіт/с за рахунок використання чотирьох паралельних каналів по 150 Мбіт/с кожен, але подолати рубіж у 1 Гбіт/с він не зміг – цю задачу і було передано новому стандарту.

Водночас розробники не прагнули досягти гігабітної швидкості за будь-яку ціну – важливо було зберегти сумісність з попередніми версіями. Це означає, що у змішаних мережах нові та старі пристрої можуть взаємодіяти без проблем, незалежно від підтримуваного покоління Wi-Fi.

Щоб реалізувати ці завдання, було прийнято рішення залишити робочий діапазон частот до 6 ГГц. Якщо 802.11n працював одночасно в діапазонах 2.4 та 5 ГГц, то в 802.11ac від частоти 2.4 ГГц відмовились, залишивши лише 5 ГГц – більш ефективну з точки зору пропускної здатності.

Хоча 2.4 ГГц краще проникає крізь перешкоди та забезпечує зв'язок на більші відстані, цей діапазон надто насичений сигналами від побутових приладів (Bluetooth, мікрохвильові печі тощо), що створює завади. До того ж у ньому недостатньо місця для широких каналів – 80 або 160 МГц – які використовує новий стандарт.

3.2 Допоміжні специфікації

Окрім основних версій стандарту 802.11, існує також низка допоміжних специфікацій, які розширюють функціональні можливості безпроводних мереж і забезпечують кращу сумісність, керованість, безпеку та ефективність їхньої роботи. До них належать [5]:

- 802.11d – встановлює правила використання смуги частот у різних регіонах і країнах, адаптуючи стандарт до локальних вимог законодавства щодо радіочастотного спектра;

- 802.11e – запроваджує механізми забезпечення якості обслуговування (QoS) для мультимедійних потоків, таких як відео та голос, що дозволяє оптимізувати передавання контенту в реальному часі;

- 802.11f – спрямована на уніфікацію вимог до взаємодії обладнання, виробленого різними постачальниками, зокрема у частині обміну інформацією про доступні точки підключення (Inter-Access Point Protocol);

- 802.11h – регламентує роботу обладнання у діапазоні частот 5 ГГц, впроваджуючи механізми динамічного вибору частот (DFS) і контролю потужності (TRP) для запобігання завадам з боку радіолокаційних систем;

- 802.11i – встановлює стандартизовані засоби захисту даних, зокрема методи аутентифікації, шифрування й управління ключами, включаючи протокол WPA2;

- 802.11k – описує інструменти моніторингу і балансування навантаження в мережі, зокрема завдяки оцінці якості з'єднання та оптимальному вибору точки доступу;

- 802.11m – включає поточні зміни, уточнення і виправлення до всього сімейства стандартів 802.11, не запроваджуючи нових функцій, а забезпечуючи цілісність і актуальність документів;

- 802.11p – регламентує роботу безпроводного зв'язку між транспортними засобами (V2V) та між транспортними засобами й інфраструктурою (V2I), особливо у системах інтелектуального транспорту;

- 802.11r – розроблена для прискорення процедури роумінгу між точками доступу, що дозволяє безперервно підтримувати з'єднання під час переміщення клієнта в межах мережі;
- 802.11s – визначає принципи побудови багатозв'язних (mesh) мереж, де кожна точка може виступати як вузол маршрутизації, забезпечуючи гнучке і надійне покриття;
- 802.11t – встановлює методологію тестування продуктивності та метрологічні критерії для Wi-Fi обладнання;
- 802.11u – забезпечує взаємодію з мережами інших типів, зокрема спрощує доступ до публічних мереж, автоматично ідентифікуючи їхні характеристики;
- 802.11v – включає механізми дистанційного управління клієнтськими пристроями в мережі, дозволяючи оптимізувати параметри роботи безпроводного з'єднання;
- 802.11w – зосереджена на захисті службових кадрів керування (наприклад, кадрів відключення), що підвищує загальний рівень безпеки Wi-Fi з'єднання.

Станом на сьогодні почалася чергова зміна поколінь Wi-Fi. Використання пристроїв, що підтримують лише стандарт 802.11n, є доцільним лише у разі потреби замінити застаріле або несправне обладнання. При розгортанні нових безпроводних локальних мереж слід орієнтуватися виключно на сучасні специфікації й будувати інфраструктуру на основі актуального обладнання, яке підтримує новітні можливості стандартів 802.11.

3.3 Режими функціонування станцій MIMO

Успадкований режим (Legacy Mode). Цей режим призначений для забезпечення сумісності при обміні даними між двома пристроями, які мають лише одну антену. У такому випадку передавання інформації здійснюється

відповідно до стандарту 802.11a. Якщо передавальним пристроєм є MIMO-станція, а приймальним – одноантенна станція, то передача здійснюється за допомогою однієї антени, і використовується звичайна схема передачі, передбачена для попередніх стандартів серії 802.11. У зворотному випадку, коли інформацію надсилає одноантенна станція, а приймає – MIMO, остання може використовувати декілька приймальних антен, однак при цьому не досягається максимальна продуктивність. Структура преамбули в цьому режимі відповідає формату, визначеному для 802.11a [6].

Змішаний режим (Mixed Mode). У даному режимі забезпечується одночасна взаємодія між MIMO-пристроями та звичайними станціями. Системи з підтримкою MIMO повинні генерувати два різні типи пакетів залежно від типу приймального пристрою.

При обміні з одноантенними станціями швидкість передачі даних буде обмеженою через обмеження апаратної частини останніх, яка не підтримує високошвидкісну передачу. Натомість між багатоканальними MIMO-пристроями передавання здійснюється набагато швидше, хоча й не з максимально можливою швидкістю, характерною для наступного режиму – «зеленого поля» [7].

Якщо передавачем є звичайна станція, преамбула пакета повністю відповідає стандарту 802.11a. Якщо ж передає система з підтримкою MIMO, то кожна її антена формує не повну преамбулу, а лише її версію з циклічним зсувом. Такий підхід дозволяє ефективніше використовувати пропускну здатність каналу та знижує енергоспоживання пристрою.

Режим зеленого поля (Green Field Mode). Цей режим оптимізовано виключно для взаємодії між багатоканальними MIMO-пристроями, що дозволяє повністю розкрити потенціал технології MIMO. У цьому режимі обмін даними можливий лише між пристроями, які підтримують багатоантенну архітектуру. Коли одна з таких станцій передає дані, усі інші пристрої, що не підтримують MIMO, повинні призупинити передачу, щоб уникнути конфліктів у середовищі.

У режимі «зеленого поля» пристрої можуть приймати сигнали, передані відповідно до попередніх (успадкованих або змішаних) режимів, проте передавати інформацію в такому форматі не мають змоги. Такий підхід дозволяє зменшити вплив застарілих одноантенних пристроїв на пропускну здатність мережі та забезпечити найвищу швидкість. Усі передані пакети супроводжуються преамбулами, які можуть бути розпізнані лише багатоканальними MIMO-пристроями. Завдяки цьому забезпечується максимально ефективне використання можливостей технології MIMO-OFDM.

Наслідований режим (Legacy). Цей режим критично важливий для забезпечення зворотної сумісності з попередніми стандартами родини 802.11. За своїми характеристиками він аналогічний специфікаціям 802.11a/g і передбачає використання смуги пропускання шириною 20 МГц.

Подвійний наслідований режим (Duplicate Legacy Mode). У цьому режимі передача даних здійснюється в ширшій смузі – 40 МГц, яка поділена на два 20-мегагерцових підканали: верхній і нижній. Ті самі дані надсилаються паралельно обома каналами зі зсувом фази на 90° , що дозволяє забезпечити коректне декодування на сумісних пристроях. Структура пакета в цьому випадку сформована таким чином, що передбачається наявність одноантенного приймача як наступного вузла обміну.

Режим з високою пропускну здатністю (High Throughput Mode). Цей режим підтримує обидва варіанти ширини каналу – як 20, так і 40 МГц. Проте обмін даними у цьому випадку дозволений виключно між пристроями, які повністю підтримують технологію MIMO. Використання цього режиму забезпечує значне зростання продуктивності безпроводної мережі, дозволяючи реалізувати повний потенціал високошвидкісної передачі даних.

4 ПРОЕКТ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

4.1 Інформація про об'єкт

Етап попереднього аналізу є ключовим при проектуванні обчислювальної мережі, оскільки на ньому збирається інформація, що дозволяє сформулювати загальне уявлення про підприємство, його організаційну структуру та функціональні завдання. Це також допомагає визначити оптимальні технології для побудови мережі. Основний напрям діяльності підприємства полягає у продажу побутової техніки, комп'ютерної техніки, витратних матеріалів, мережевого обладнання та програмного забезпечення.

Враховуючи специфіку роботи, необхідна постійна інформаційна взаємодія між віддаленим підрозділом та головною будівлею, де розташовані різні функціональні відділи, що вимагають оперативного обміну даними.

Підприємство включає чотири відділи:

- адміністративний;
- відділ менеджерів;
- відділ продажів;
- склад.

Обидві будівлі вже оснащені локальними обчислювальними мережами, які наразі не з'єднані між собою та побудовані за технологією Fast Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с.

Головний підрозділ розташований на першому поверсі будівлі. Висота стель – 4 метри, відстань між фальшстелею та основною стелею становить 0,8 метра. Товщина стін дорівнює 0,5 метра, міжкімнатних перегородок – 0,2 метра. Проект будівлі не передбачає наявності додаткових каналів у підлозі чи стінах для прокладання кабелів.

План приміщень підрозділів наведено на рисунках 4.1 та 4.2..

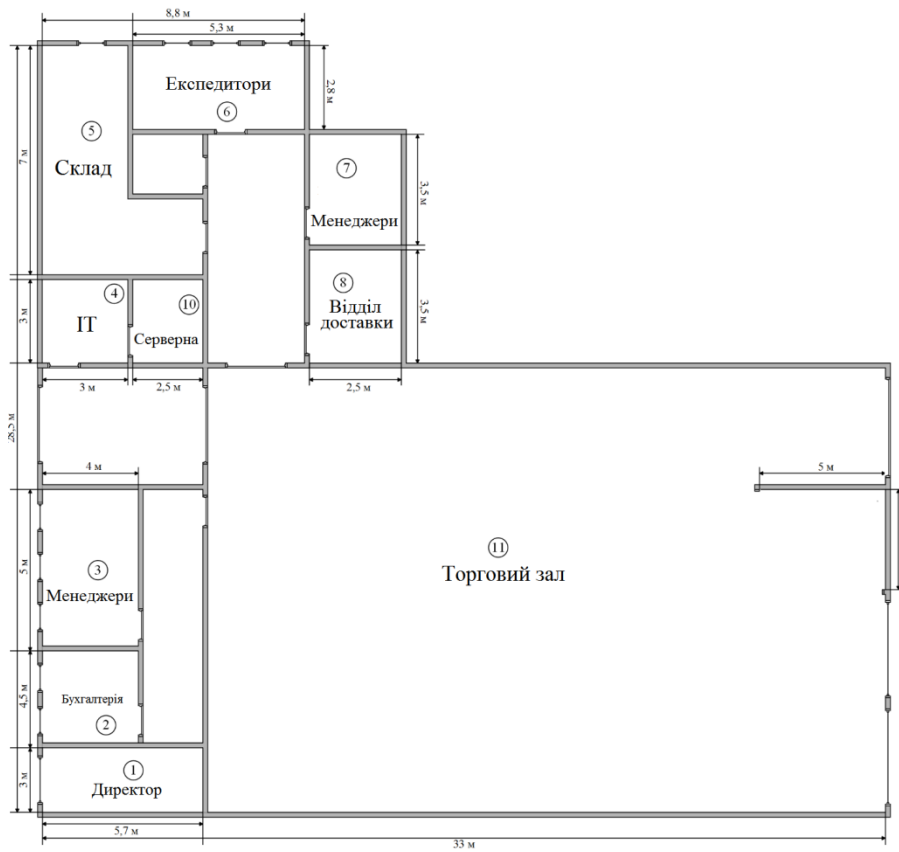


Рисунок 4.1 – План приміщення головного підрозділу

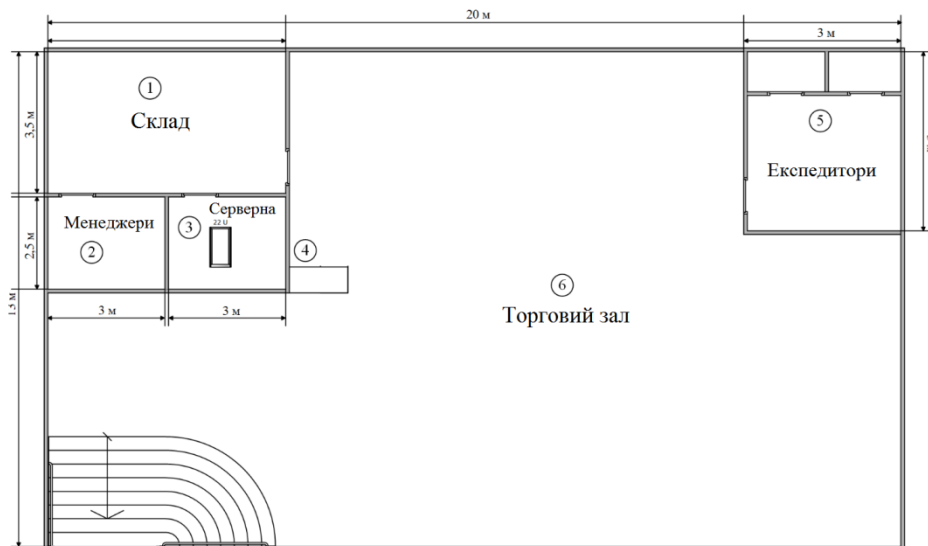


Рисунок 4.2 – План приміщення віддаленого підрозділу

Проаналізуємо приміщення віддаленого підрозділу, яке розташоване на першому поверсі будівлі. Висота стелі становить 3,5 метра, відстань від фальшстелі до основної стелі – 0,8 метра. Товщина зовнішніх стін – 0,5

метра, міжкімнатних перегородок – 0,2 метра. У проекті будівлі не передбачено наявності додаткових каналів у підлозі або стінах для прокладання кабельних ліній. Однак існує доступ до даху будівлі.

Мережа головного підрозділу має низку суттєвих недоліків: відсутність структурованої та логічної кабельної системи, ненадійність з'єднань мережевих компонентів, низький рівень стійкості до відмов, значні фізичні та фінансові витрати при розширенні мережі за рахунок додавання нових користувачів, а також складність адміністрування, моніторингу та усунення несправностей. Причинами цих проблем є застаріле комутаційне обладнання, відсутність сучасних каналів зв'язку та неефективне використання програмних засобів адміністрування.

Локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) у будівлі віддаленого підрозділу була побудована у 2014 році й характеризується аналогічними проблемами, як і мережа головного підрозділу.

Метою проектування нової системи є створення сучасної, масштабованої, відмовостійкої локальної обчислювальної мережі з урахуванням традиційних принципів мережевого дизайну – ієрархічності та модульності. Важливо забезпечити запас потужності для подальшого розширення як функціональних можливостей, так і кількісних характеристик мережі, таких як пропускна здатність та портова ємність.

4.2 Проектування ЛОМ

Проектування є одним із найважливіших етапів у процесі створення обчислювальних мереж. Від якості виконання цього етапу безпосередньо залежить продуктивність мережі, її надійність, рівень безпеки та загальна вартість. Саме тому до проектування потрібно підходити з особливою увагою та відповідальністю, адже помилки, допущені на цьому етапі, часто виявляються лише під час пуско-налагодження, а їх усунення пов'язане з великими економічними витратами.

Відповідно до рисунка 4.3, у головній будівлі передбачено 18 робочих місць, а у віддаленому підрозділі, згідно з рисунком 4.4, 5 робочих місць для користувачів ЛОМ.

На сьогоднішній день основним стандартом побудови ЛОМ є Ethernet у різних варіаціях. Для цього проекту обрано стандарт 1000BASE-T Gigabit Ethernet, який є оптимальним за співвідношенням ціна/якість для модернізованої ЛОМ. Цей стандарт передбачає використання топології «зірка» і забезпечує передачу даних зі швидкістю до 1 Гбіт/с, що дозволяє досягти високої швидкодії мережі.



Рисунок 4.3 – План розташування робочих місць в головній будівлі

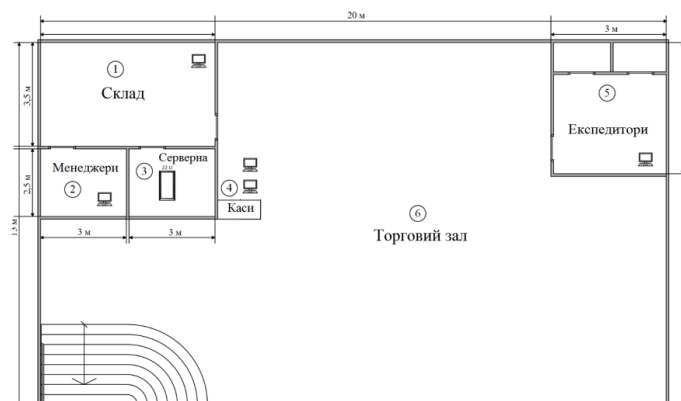


Рисунок 4.4 – План розташування робочих місць в віддаленому підрозділі

Згідно зі стандартом ISO/IEC 11801 для побудови кабельної системи допускається застосування симетричних мережевих кабелів на основі кручених пар або оптоволоконних кабелів.

У цьому проекті прийнято рішення застосувати для горизонтальної підсистеми елементну базу категорії 5e. Вона забезпечує передачу даних усіх широко розповсюджених варіантів Ethernet, включно з Gigabit Ethernet. Таким чином, запропоноване рішення гарантує резерв пропускної спроможності кабельної системи ЛОМ. Використання оптоволоконна не передбачене з економічних міркувань.

Модернізована ЛОМ складається з таких підсистем:

- підсистема робочого місця;
- горизонтальна підсистема;
- зовнішня підсистема;
- адміністративна підсистема.

Вертикальна підсистема відсутня, оскільки підприємство займає лише один поверх у кожній будівлі. Підсистема устаткування інтегрована з адміністративною підсистемою.

Підсистема робочого місця включає необхідну кількість інформаційних розеток з уніфікованими роз'ємами стандарту RJ-45 для підключення кінцевого обладнання. Кожна будівля має власну підсистему робочого місця.

Існують два способи розміщення інформаційних розеток:

- рівномірний розподіл по площі;
- відповідно до плану розміщення робочих місць.

У цьому проекті вирішено розміщувати розетки згідно з планом розташування робочих місць і мережевих принтерів. Такий підхід дозволяє зменшити вартість кабельної системи і скоротити час її монтажу.

Передбачено по одній інформаційній розетці з двома розетковими модулями, змонтованими на стіні поруч із декоративним коробом на висоті приблизно 80 см. Тип розеткових модулів визначається з урахуванням вимог пропускної спроможності, конфігурації робочого місця та способу кріплення.

При застосуванні одиночних модулів категорії 5e їх встановлюють попарно на одне посадкове місце. Блок інформаційних розеток встановлюється для кожного робочого місця та мережевого принтера, всього – 21 блок. Крім того, враховуються додаткові розетки для підключення точок доступу WiFi. Схема розведення телекомунікаційних розеток відповідає стандарту T568B.

Кількість, тип і довжина комутаційних кабелів визначаються відповідно до числа робочих станцій, точок доступу та обладнання ЛОМ. Для компенсації можливих втрат і пошкоджень у процесі монтажу передбачено 10% запасу, що становить 3 додаткові кабелі. Довжина комутаційних кабелів встановлена на рівні 2 метрів, що не обмежує свободу розташування обладнання і меблів і не створює надлишку кабелю на робочому місці. Характеристики комутаційних кабелів відповідають категорії 5e.

Горизонтальна підсистема ЛОМ – це частина мережі, що проходить між інформаційною розеткою робочого місця та кросовою (серверною) шафою.

Вона побудована на основі неекранованих 4-парних кабелів категорії 5e, прокладених у кількості двох кабелів на кожен блок розеток. Кожна будівля обслуговується власною горизонтальною підсистемою.

Горизонтальна підсистема віддаленого підрозділу не потребує модернізації, оскільки відповідає встановленим вимогам.

Прокладання кабелів горизонтальної підсистеми здійснюється під підвісною стелею із застосуванням кріплень (дюбель і стяжка): дюбелі фіксуються до стелі, а пучки кабелів – м'якими стяжками. Висота монтажу – 3,5 метри від рівня підлоги. Кабелі прокладаються горизонтально.

Під час укладання підсистеми в приміщеннях застосовуються декоративні пластикові коробки, які заповнюються не більше ніж на 40%, залишаючи 60% внутрішнього перерізу вільним для можливого подальшого розширення кабельної мережі.

Схема прокладки кабельних трас у підрозділах підприємства наведена на рисунках 4.5 та 4.6.

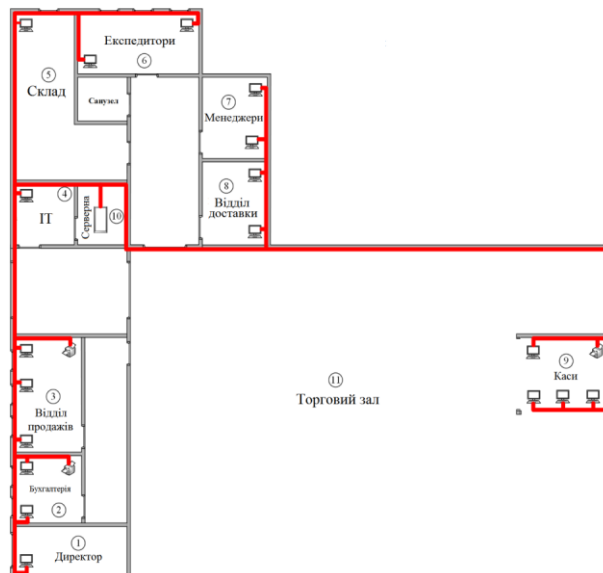


Рисунок 4.5 – Схема кабельних трас в головному підрозділі

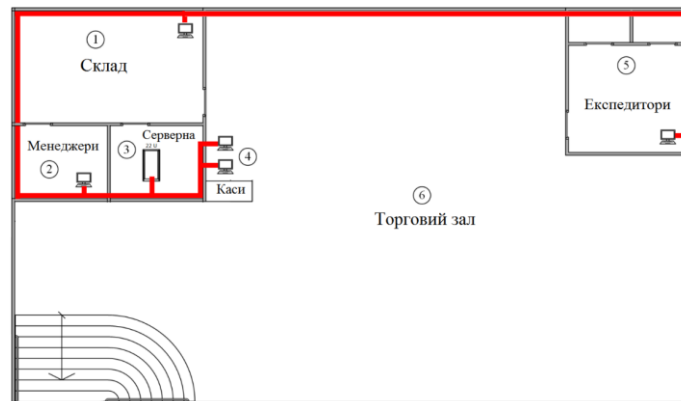


Рисунок 4.6 – Схема кабельних трас в віддаленому підрозділі

Під час розрахунку довжини кабелю береться до уваги, що кожна інформаційна розетка з'єднується з комутаційним обладнанням у серверній двома кабелями, при цьому беруться до уваги всі вертикальні та горизонтальні ділянки кабельної траси. Висота вертикального спуску кабелю приймається рівною 2,7 м.

Для розрахунку використовується метод підсумовування, що полягає у визначенні довжини кожного горизонтального кабелю окремо з подальшим сумуванням отриманих значень. До загальної довжини додається технологічний запас у розмірі 10%, а також додатковий запас для монтажних робіт – 1 метр для телекомунікаційної шафи і 0,5 метра для розетки.

Таким чином, розрахунок довжини кабелю виглядає наступним чином:

$$L1 = 30,45 + 1 + 0,5 + 2,7 = 34,65$$

$$L2 = 24,15 + 1 + 0,5 + 2,7 = 28,35$$

$$L3 = 19,92 + 1 + 0,5 + 2,7 = 24,12$$

$$L4 = 22,55 + 1 + 0,5 + 2,7 = 26,75$$

$$L5 = 18,35 + 1 + 0,5 + 2,7 = 22,55$$

$$L6 = 16,05 + 1 + 0,5 + 2,7 = 20,25$$

$$L7 = 13,65 + 1 + 0,5 + 2,7 = 17,85$$

$$L8 = 17,35 + 1 + 0,5 + 2,7 = 21,55$$

$$L9 = 7,65 + 1 + 0,5 + 2,7 = 11,85$$

$$L10 = 12,15 + 1 + 0,5 + 2,7 = 16,35$$

$$L11 = 21,15 + 1 + 0,5 + 2,7 = 25,35$$

$$L12 = 23,85 + 1 + 0,5 + 2,7 = 28,05$$

$$L13 = 16,52 + 1 + 0,5 + 2,7 = 20,72$$

$$L14 = 18,72 + 1 + 0,5 + 2,7 = 22,92$$

$$L15 = 12,02 + 1 + 0,5 + 2,7 = 16,22$$

$$L16 = 12,98 + 1 + 0,5 + 2,7 = 17,18$$

$$L17 = 42,45 + 1 + 0,5 + 2,7 = 46,65$$

$$L18 = 44,48 + 1 + 0,5 + 2,7 = 48,68$$

$$L19 = 46,46 + 1 + 0,5 + 2,7 = 50,66$$

$$L20 = 37,95 + 1 + 0,5 + 2,7 = 42,15$$

$$L21 = 40,47 + 1 + 0,5 + 2,7 = 44,67$$

З урахуванням того, що кожна інформаційна розетка підключається до комутаційного обладнання у серверній двома кабелями, а також передбаченого 10% технологічного запасу, загальна довжина кабелю, необхідна для горизонтальної підсистеми, становить 1272,6 м. При цьому розрахунок показує, що максимальна довжина окремої кабельної лінії не перевищує 90 м.

Враховуючи, що стандартна бухта містить 305 метрів кабелю, для реалізації горизонтальної підсистеми потрібно придбати 5 бухт кабелю.

4.3 Схематичне подання модернізованої ЛОМ

Загальна логічна схема мережі після модернізації представлена на рисунку 4.7.

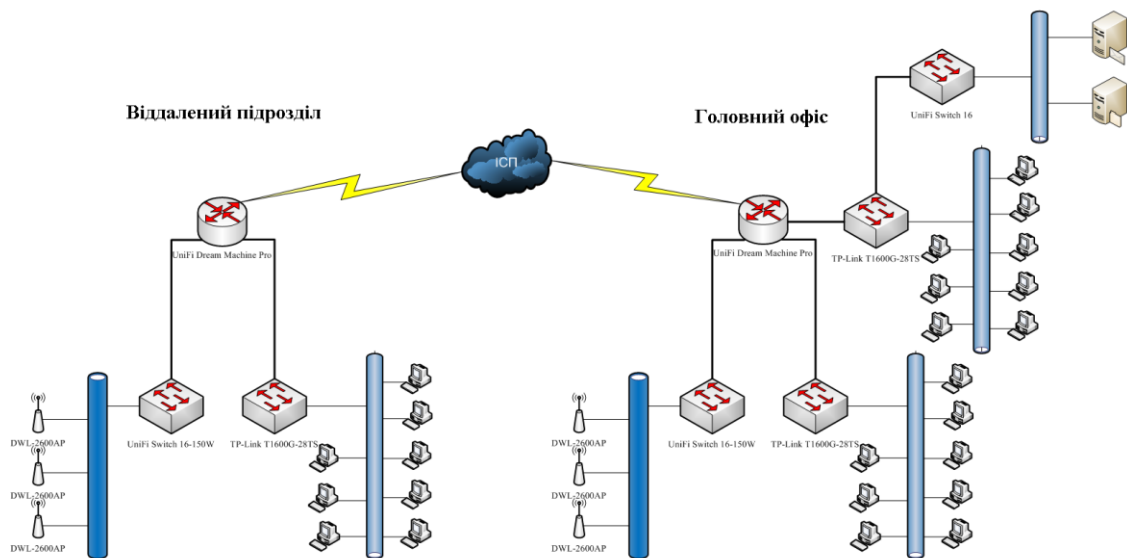


Рисунок 4.7 – Схема мережі підприємства

4.4 Вибір мережевого обладнання

4.4.1 Маршрутизуючий комутатор и брандмауер Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro

Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro – це багатофункціональний мережевий пристрій, орієнтований на потреби малого та середнього бізнесу, який об'єднує функції міжмережевого екрану, керованого гігабітного комутатора, контролера UniFi та мережевого відеореєстратора з відсіком для жорстких дисків формату 2,5 або 3,5 дюйма (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Маршрутизуючий комутатор Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro

Продукти серії Ubiquiti UniFi призначені для комерційного використання та відзначаються простотою впровадження й адміністрування завдяки доданому програмному забезпеченню UniFi Controller. Їх використання не потребує додаткових ліцензій чи передплат. Контролер сумісний із платформами Windows, macOS і Linux.

Операційна система UniFi OS об'єднує функціональність таких сервісів, як мережевий контролер, система відеоспостереження (Protect), система контролю доступу (Access), а також бета-версія голосового сервісу (Talk).

Інтерфейси підключення пристрою:

- 8 гігабітних портів RJ45 LAN;
- 1 гігабітний порт RJ45 WAN;
- 1 порт SFP+ (1/10 Гбіт/с) LAN;
- 1 порт SFP+ (1/10 Гбіт/с) WAN.

Функції шлюзу безпеки включають:

- підключення через SFP+ WAN зі швидкістю до 10 Гбіт/с;
- міжмережевий екран з підтримкою VPN, глибокої інспекції пакетів (DPI), а також систем виявлення і запобігання вторгнень (IPS/IDS) зі швидкістю до 3,5 Гбіт/с.

4.4.2 Керований комутатор Ubiquiti UniFi Switch 24

UniFi Switch 24 – це функціональний керований гігабітний комутатор, розроблений для масштабованих мережевих інфраструктур, що потребують стабільної продуктивності та гнучких параметрів комутації. Пристрій

забезпечує наскрізну передачу даних на повній швидкості для кожного порту без втрати пакетів. Сукупна пропускна здатність комутатора становить 26 Гбіт/с.

UniFi Switch 24 також підтримує підключення через оптичні канали зв'язку завдяки двом портам SFP, що забезпечують швидкість передачі до 1 Гбіт/с для висхідних з'єднань (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 24

Основні характеристики:

- 24 порти Gigabit Ethernet RJ45;
- 2 оптичні порти типу SFP;
- 1 консольний порт (послідовного типу), зарезервованій для подальшого використання;
- внутрішня пропускна здатність – 26 Гбіт/с;
- загальна пропускна здатність портів – 52 Гбіт/с;
- швидкість обробки мережевого трафіку – 38,69 млн пакетів за секунду;
- можливість монтажу в стандартну телекомунікаційну стійку.

Пристрій орієнтований на централізоване та зручне адміністрування. Дає змогу мережевим адміністраторам здійснювати налаштування та моніторинг комутаторів UniFi Switch, а також іншого обладнання UniFi через інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс. Програмне забезпечення для керування (UniFi Controller) доступне для завантаження безкоштовно, без необхідності придбання додаткових ліцензій чи платних розширень, з офіційного сайту виробника. UniFi Controller підтримує хмарну інфраструктуру, завдяки чому один контролер може обслуговувати декілька

об'єктів одночасно. Така архітектура дозволяє створювати логічно ізольовані середовища з окремими конфігураціями, топологічними картами, статистичними даними, гостьовими порталами та обліковими записами адміністраторів – що особливо актуально для керованих сервісів і мультиорендних сценаріїв.

Функції керування включають:

- індивідуальне налаштування PoE-живлення на кожному порту;
- вибір режиму роботи портів: звичайний режим, режим дзеркалювання або агрегації;
- конфігурація мережевих параметрів і VLAN для кожного інтерфейсу.

4.4.3 Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W

Модель UniFi Switch 16-150W – це 16-портовий гігабітний комутатор із підтримкою живлення PoE+/Passive PoE, що дозволяє подавати напругу 24 або 48 В на всі порти. Модель UniFi Switch 16-150W – це 16-портовий гігабітний комутатор із підтримкою живлення PoE+/Passive PoE, що дозволяє подавати напругу 24 або 48 В на всі порти (рисунок 4.10).



Рисунок 4.11 – Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W

Пристрій має 2 оптичні порти типу SFP для організації висхідних каналів зв'язку. Загальна потужність, яку може видавати комутатор через PoE, становить до 150 Вт.

Основні технічні характеристики:

- 16 портів Gigabit Ethernet (RJ45);
- 2 порти SFP;

- 1 консольний порт (зарезервований для подальшого використання);
- внутрішня комутаційна пропускна здатність: 18 Гбіт/с;
- сумарна пропускна спроможність портів: 36 Гбіт/с;
- швидкість обробки трафіку: до 26,78 мільйонів пакетів на секунду;
- максимальне енергоспоживання: 150 Вт;
- підтримка стандартів живлення IEEE 802.3af/at (PoE+) та 24 В Passive PoE;
- варіанти встановлення: монтаж у 19-дюймову стійку або кріплення на стіну за допомогою комплектних кронштейнів.

Пристрій забезпечує високу продуктивність і розумну маршрутизацію трафіку в масштабованих мережах. Комутатор підтримує роботу на повній швидкості по всіх портах одночасно без втрати пакетів. Завдяки функції автоматичного виявлення PoE-сумісних пристроїв за стандартами IEEE 802.3af/at живлення активується автоматично. Для живлення пристроїв з пасивним PoE 24 В відповідний режим активується вручну через UniFi Controller. Оптиволоконні підключення реалізуються через два SFP-інтерфейси, що дозволяють здійснювати передачу даних зі швидкістю до 1 Гбіт/с. Гнучкість у виборі способу встановлення дозволяє розмістити комутатор у стійці, на стіні або на горизонтальній поверхні.

4.4.4 Точка доступу



Рисунок 4.11 – Точка доступу DWL-2600AP

Уніфікована точка доступу DWL-2600AP (рисунок 4.11) призначена для встановлення всередині приміщень і орієнтована на побудову безпроводних мереж корпоративного рівня. Пристрій забезпечує зручну

інтеграцію в існуючу мережеву інфраструктуру з можливістю подальшого масштабування відповідно до зростаючих потреб підприємства. Функціонал автоматичного кластерного налаштування є оптимальним рішенням для малого бізнесу, де потрібно розгорнути декілька точок доступу, але обмежені ресурси не дозволяють реалізувати централізоване управління мережею. У випадку невеликої кількості ТД можлива автоматизована конфігурація кластера: після ручного налаштування лише одного пристрою.

Якщо в мережі використовується уніфікований безпроводний контролер, система підтримує централізоване керування до 192 точок доступу DWL-2600AP.

4.4.5 Сервер Huawei Tecal RH2285H

Сервери HUAWEI серії Tecal вирізняються високою обчислювальною потужністю, значною місткістю для зберігання інформації, підтримкою інтелектуального аналізу даних, можливістю реалізації розподілених сховищ і повною готовністю до віртуалізованих середовищ.

Високі показники продуктивності та адаптивна масштабованість стійкових серверів цієї лінійки забезпечуються завдяки використанню багатоядерних процесорів Intel Xeon серій E5-2400v2 / E5-2600v2, а також підтримці до 768 ГБ оперативної пам'яті. У конструкції застосовуються енергоефективні блоки живлення 80 Plus Platinum потужністю 460 Вт, 750 Вт або 800 Вт, які відповідають вимогам енергозбереження стандарту ENERGY STAR.

Сервери підтримують апаратні RAID-масиви рівнів 0, 1, 5, 6, 10, 50 та 60, оснащуються кеш-пам'яттю обсягом 512 МБ або 1 ГБ, з можливістю встановлення резервного акумулятора (BBU). Також підтримуються функції збереження конфігурації RAID, автодіагностики, зміни режимів RAID та віддаленого веб-налаштування, що гарантує надійний захист та збереження даних (рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 –Сервер Huawei Tecal RH2285H V2 E5-2407v2

4.5 Формування карти покриття безпроводної мережі

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Wi-Fi Planner PRO та на основі технічних параметрів обраної точки доступу DWL-2600AP було виконано моделювання радіопокриття для приміщень підприємства (рисунок 4.13 та 4.14).

Це дозволило точно визначити оптимальну кількість точок доступу та їх розміщення у відповідності до вимог безперервного покриття на всій території об'єкта. Для створення моделі зони покриття у середовище Wi-Fi Planner PRO було завантажено архітектурний план приміщень. Далі, на план були нанесені елементи внутрішньої інфраструктури – бетонні та цегляні стіни, легкі міжкімнатні перегородки, а також вітринні конструкції зі скла, які впливають на поширення радіосигналу.

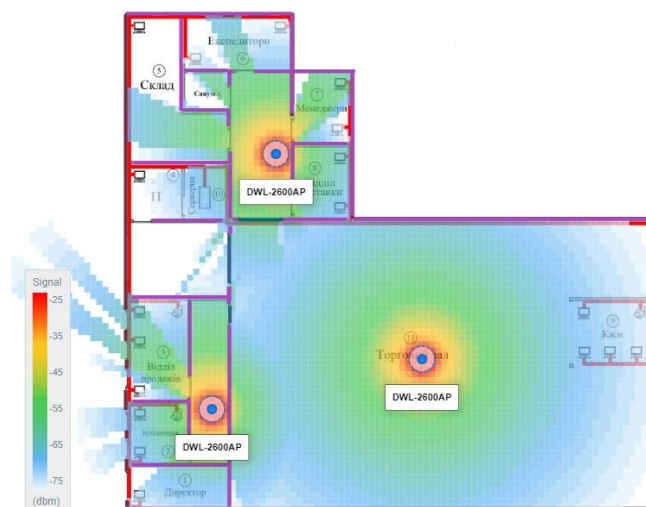


Рисунок 4.13 – Зона покриття головного підрозділу з однією точкою доступу в торговельном залі

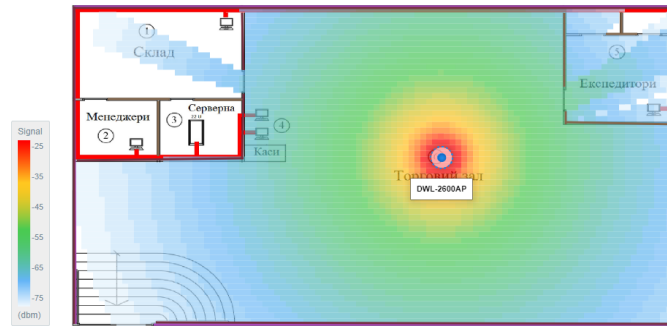


Рисунок 4.14 – Зона покриття віддаленого підрозділу з однією точкою доступу в торговельному залі

Програмне забезпечення має вбудовані значення коефіцієнтів загасання для різних типів перегородок, що дозволяє з високою точністю змодельювати поширення радіосигналу всередині приміщення. Для досягнення оптимального розташування точок доступу необхідно, згідно з технічним завданням, нанести на план поверху відповідні зони покриття безпроводної мережі.

Аналіз результатів, демонструє, що встановлення лише однієї точки доступу в торговельному залі є недостатнім. Проведене імітаційне моделювання показало, що додавання ще однієї точки доступу та коригування їх розташування суттєво покращують рівень радіопокриття у торговельних зонах підприємства (рисунки 4.15 та 4.16).

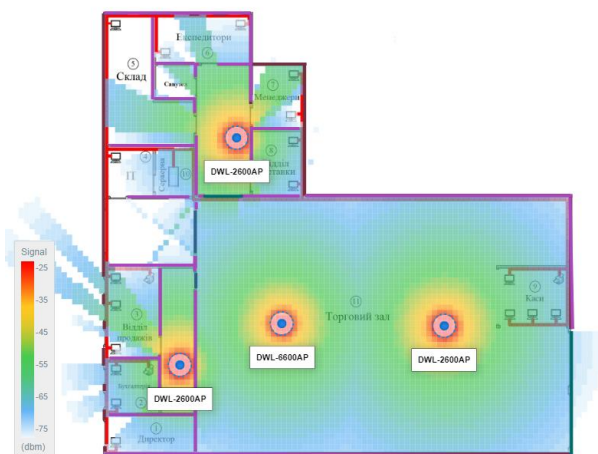


Рисунок 4.15 – Зона покриття головного підрозділу з двома точками доступу в торговельному залі

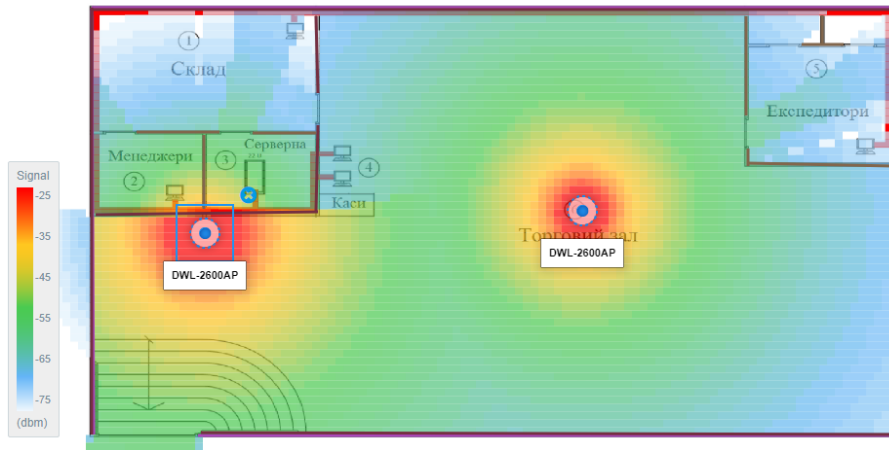


Рисунок 4.16 – Зона покриття віддаленого підрозділу з двома точками доступу в торговельному залі

На підставі результатів імітаційного моделювання, проведеного в середовищі Wi-Fi Planner PRO, було внесено корективи до прокладення кабельних трас у приміщеннях підприємства, що відображено на рисунках 4.17 та 4.18.

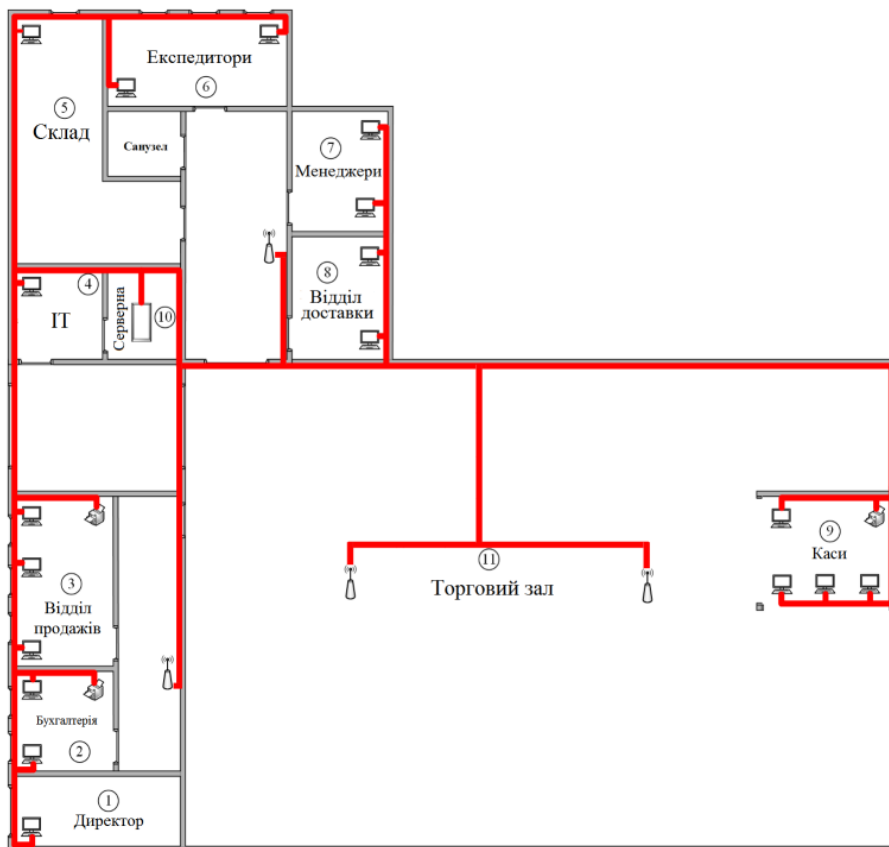


Рисунок 4.17 –Схема кабельних трас в головному підрозділі

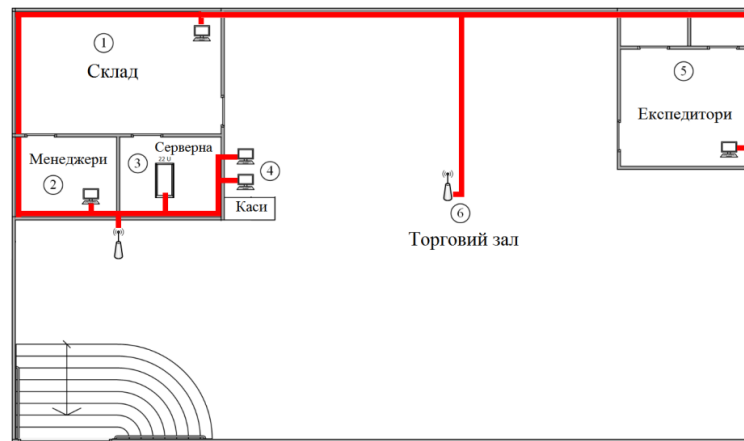


Рисунок 4.18 – Схема кабельних трас в віддаленому підрозділі

4.6 Розміщення обладнання в телекомунікаційних шафах

Для розміщення мережевого обладнання в серверній кімнаті головного підрозділу встановлюється підлогова телекомунікаційна шафа 19”, висотою 22 U. Існуюча телекомунікаційна шафа 19”, 12 U, також підлогового типу, що була до модернізації в головному підрозділі, переміщується до серверної кімнати віддаленого підрозділу. Серверне приміщення головного підрозділу обслуговує 24 інформаційні розетки.

Розташування мережного обладнання у телекомунікаційній шафі віддаленого підрозділу наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Телекомунікаційна шафа віддаленого підрозділу

U	Обладнання
1	Комутаційна панель
2	Органайзер
3	Комутатор Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro
4	Органайзер
5	Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W
6	Органайзер
7	Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W
8	Органайзер
9	Резерв
10	Сервер Huawei Tecal RH2285H
11	Панель живлення
12	ДБЖ

Розміщення обладнання у телекомунікаційній шафі головного підрозділу наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Телекомунікаційна шафа головного підрозділу

U	Устаткування
1	Комутаційна панель
2	Органайзер
3	Комутаційна панель
4	Органайзер
5	Комутатор Ubiquiti UniFi Dream Machine Pro
6	Органайзер
7	Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 16-150W
8	Органайзер
9	Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 24
10	Органайзер
11	Комутатор Ubiquiti UniFi Switch 24
12	Органайзер
13	
14 - 15	Сервер Huawei Tecal RH2285H
16	
17 - 18	Сервер Huawei Tecal RH2285H
19	
20	Панель живлення
21	ДБЖ

ВИСНОВКИ

У рамках випускної кваліфікаційної роботи було створено проект комп'ютерної мережі для торговельного підприємства з впровадженням безпроводних технологій передачі даних.

В ході роботи проведено передпроектне обстеження об'єкта, виконано необхідні розрахунки, створено схеми та складено специфікацію обладнання і матеріалів, що знадобляться для впровадження мережі.

Проектована мережа базується на обладнанні компаній Ubiquiti та D-Link, яке відповідає всім технічним вимогам для надання високоякісних послуг зв'язку в діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц, а також відзначається високою надійністю.

Запропоноване рішення забезпечує необхідний запас продуктивності та можливість подальшого розширення мережі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Григор'єв, В. А. Мережі та системи радіодоступу: навч. посібник / В. А. Григор'єв, О. І. Лагутенко, Ю. А. Распаєв.: Еко-Трендз, 2005. 324 с.
2. Хелд Г. Технології передачі даних / Г. Хелд. –: Ексмо, 2015 357 с.
3. Вишневський В. Безпроводні мережі широкосмугового доступу до ресурсів Інтернету / Техносфера, 2003. - 108 с.
4. Кисельов С.В. Основи мережевих технологій: навчальний посібник для початкової професійної освіти /С.В. Кисельов, І.Л.// Вид.: Академія, 2016р. 64с.
5. Чекмарьов Ю.В. Локальні обчислювальні мережі. 2-ге вид, виправлене та доповнене. /Ю.В. Чекмарьов : ДМК Прес, 2009. - 200 с.: іл.
6. Рябко, Є.І. Калейдоскоп VPN – технологій/Е. І. Рябко - Т-Com спецвипуск з ІБ, 2009. С. 3-13.
7. Рошан, П. Основи побудови безпроводних локальних мереж стандарту 802.11: практичне керівництво / П. Рошан, Д. Ліері. : Cisco Press Переклад з англійської Видавничий дім "Вільямс", 2004. 389 с.
8. Шахнович, І. І. Сучасні технології безпроводного зв'язку / І. І. Шахнович.: Техносфера, 2004. 452 с.