ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Безпровідна комп'ютерна мережа на основі стандарту 802.11ac»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 123 Комп'ютерної інженерії
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

	Богдан ГАРГАЄВ
(підпис)	*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача*

Виконав: здобувач вищої освіти гр. КСЗ-51
Богдан ГАРГАЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Ірина КУЗЬМІЧ
ст. викладач Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра 123 Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 Комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Комп'ютерної інженерії
_____ Наталія ЛАЩЕВСЬКА
_____
«_____» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гаргаєв Богдан Эдуардович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Безпровідна комп'ютерна мережа на основі стандарту 802.11ac
керівник кваліфікаційної роботи Ірина КУЗЬМІЧ,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025р. № 56
2. Строк подання кваліфікаційної роботи «30» травня 2025р.
3. вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, безпровідна мережа, IEEE 802.11ac, WI-FI, маршрутизатор, точка доступу, адаптер, захист даних, WPA2, топологія, система шифрування, cisco packet tracer.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Дослідження та порівняльний аналіз сучасних бездротових технологій зв'язку
2. Структурно-функціональне моделювання Wi-Fi-мережі організації
3. Розгортання інфраструктури бездротової локальної мережі
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
6. Дата видачі завдання «25» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір даних	25.02-24.03.2025	Виконано
2	Обробка матеріалу	23.03-05.04.2025	Виконано
3	Розробка теоретичної частини	06.04-10.04.2025	Виконано
4	Розробка практичної частини	11.04-20.04.2025	Виконано
5	Висновки за результатами аналізу	21.04-06.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	07.05-08.05.2025	Виконано
7	Розробка презентації	09.05-11.05.2025	Виконано
8	Передзахист	26.05-30.05.2025	Виконано
9	Здача в деканат	30.05.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Богдан ГАРГАЄВ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Ірина КУЗЬМІЧ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 56 стор., 16 рис., 1 табл., 15 джерел.

Мета роботи – проєктування безпровідної комп'ютерної мережі підприємства з використанням сучасного стандарту IEEE 802.11ac для забезпечення надійного доступу до ресурсів і підвищення гнучкості мережевої інфраструктури.

Об'єкт дослідження – безпровідна локальна мережа підприємства.

Предмет дослідження – методика організації бездротового підключення до мережі з урахуванням топології, вибору обладнання, стандартів зв'язку та вимог до захисту даних.

У сучасних умовах цифрової трансформації бізнесу безпровідні комп'ютерні мережі стають основою мобільності та ефективної взаємодії користувачів з інформаційними ресурсами. Стандарт IEEE 802.11ac дозволяє забезпечити високу швидкість передавання даних, розширене покриття та покращену надійність з'єднання, що є критично важливим для сучасного підприємства.

У роботі проаналізовано класифікацію бездротових технологій, основні положення стандарту IEEE 802.11ac, особливості побудови безпровідної інфраструктури на підприємстві. Визначено вимоги до розміщення точок доступу, вибору мережевого обладнання, методів автентифікації користувачів і алгоритмів шифрування даних. Проведено моделювання мережі в Cisco Packet Tracer, а також розроблено практичні рекомендації щодо її реалізації.

Особливу увагу приділено організації захисту безпровідної мережі: розглянуто методи WPA2, налаштування безпеки маршрутизатора, а також принципи адміністрування доступу до мережі.

На основі отриманих результатів обґрунтовано технічну та економічну доцільність впровадження безпровідної мережі на підприємстві, що сприяє

зменшенню витрат на інфраструктуру, полегшенню обслуговування та підвищенню продуктивності працівників.

Ключові слова: БЕЗПРОВІДНА МЕРЕЖА, IEEE 802.11ac, WI-FI, МАРШРУТИЗАТОР, ТОЧКА ДОСТУПУ, АДАПТЕР, ЗАХИСТ ДАНИХ, WPA2, ТОПОЛОГІЯ, СИСТЕМА ШИФРУВАННЯ, CISCO PACKET TRACER.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 9
ВСТУП 10
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ 11
1.1 Технологічні засади та класифікація бездротових систем зв'язку 11
1.2 Типологія бездротових систем передавання даних 17
1.3 Архітектура та стандартизація технології Wi-Fi 19
1.4 Аналіз застосування бездротових рішень в інформаційній інфраструктурі підприємства 21
2 СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ WI-FI-МЕРЕЖІ ОРГАНІЗАЦІЇ 24
2.1 Процес проєктування та розгортання бездротової мережі стандарту IEEE 802.11 24
2.2 Формування логічної топології корпоративної мережі 26
2.3 Аналіз і вибір оптимальної технології реалізації ЛОМ 29
2.4 Підбір обладнання відповідно до вимог бездротової мережі підприємства 32
2.5 Структурне моделювання локальної мережі підприємства 37
3 РОЗГОРТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ БЕЗДРОТОВОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 40
3.1 Місце впровадження та практична реалізація мережевої інфраструктури 40
3.2 Структурна модель побудови комп'ютерної мереж 45
3.3 Інформаційна безпека бездротової мережі підприємства 47
3.4 Технічне налаштування компонентів WLAN 49
ВИСНОВКИ 53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 54
Додаток А. Демонстраційні матеріали (презентація) 55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Wi-Fi – Wireless Fidelity.

AP – Access Point.

SSID – Service Set Identifier.

WPA – Wireless Protected.

MAC– Media Access Control address.

LAN – Local Area Network.

WAN – Wide Area Network.

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol.

AES – Advanced Encryption Standard.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій зростає значення безпровідних мереж у забезпеченні мобільного, гнучкого та масштабованого доступу до цифрових ресурсів. Використання Wi-Fi-технологій стало ключовим елементом інфраструктури підприємств, навчальних закладів, комерційних та державних установ. Стандарти IEEE 802.11, зокрема 802.11ac, дозволяють суттєво підвищити швидкість передавання даних, розширити зону покриття мережі та забезпечити стабільність з'єднання навіть при значному навантаженні.

Однією з основних вимог до сучасної безпровідної мережі є забезпечення високої пропускної здатності, надійності зв'язку та ефективного управління доступом для різних категорій користувачів. Це особливо важливо для підприємств, де стабільність мережевої інфраструктури безпосередньо впливає на продуктивність роботи персоналу, доступ до хмарних сервісів, бухгалтерських систем, баз даних та мультимедійного контенту.

Метою даної роботи є проєктування безпровідної комп'ютерної мережі підприємства з використанням стандарту IEEE 802.11ac. У роботі проаналізовано характеристики обраного стандарту, підібрано відповідне апаратне забезпечення, розроблено логічну та фізичну структуру мережі, виконано її моделювання в програмному середовищі Cisco Packet Tracer, а також запропоновано заходи з організації захисту передавання даних у безпровідному середовищі.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Технологічні засади та класифікація бездротових систем зв'язку

Термін «бездротовий» (англ. Wireless) позначає клас технологій, що забезпечують передачу інформації без використання провідникових середовищ, тобто без застосування фізичних кабельних з'єднань. Дальність такої передачі варіюється від кількох метрів (наприклад, у випадку дистанційного керування телевізором) до тисяч і навіть мільйонів кілометрів, що притаманно телекомунікаційним системам.

Слід зазначити, що термін «бездротове середовище» не завжди означає повну відсутність кабелів у мережі. У більшості випадків бездротові елементи функціонують у поєднанні з провідними сегментами, де передача даних реалізується за допомогою кабельного середовища.

Сучасні бездротові технології охоплюють широкий спектр рішень, зокрема інфрачервоне випромінювання, радіочастотну передачу (DECT), стандарти мобільного зв'язку GSM/GPRS/CDMA, а також оптичні і лазерні засоби, Bluetooth, Wi-Fi тощо. Вони забезпечують функціонування мобільного зв'язку, навігаційних GPS-систем, супутникового телебачення, периферійних пристроїв для ПК та комп'ютерних мереж різного рівня складності.

Застосування бездротових технологій має низку переваг:

— можливість тимчасового підключення до провідної мережі;

— забезпечення резервного зв'язку;

— підвищення мобільності користувачів;

— усунення обмежень, пов'язаних з довжиною кабельних ліній, зокрема мідних і оптоволоконних.

Останніми роками спостерігається інтенсивний розвиток бездротових комп’ютерних мереж та систем віддаленого доступу, що обумовлено масовим впровадженням ноутбуків, пейджерів, мобільних пристроїв класу PDA (Personal Digital Assistant), а також функціональним зростанням смартфонів. Основним гаслом подібних систем стало «anytime, anywhere», тобто надання зв’язку незалежно від місця та часу. Бездротові канали особливо актуальні в умовах, де прокладання кабельної інфраструктури є технічно складним або економічно недоцільним.

На початку свого розвитку швидкість передачі даних у бездротових комп’ютерних мережах не перевищувала 14 Кбіт/с і обмежувалася короткими повідомленнями. Сучасні технології забезпечують швидкість передавання на рівні десятків мегабітів за секунду, що значно розширює сферу їх застосування.

Інфрачервоні технології використовують промені інфрачервоного діапазону. Для забезпечення надійного зв’язку необхідна генерація потужного сигналу, оскільки джерела стороннього освітлення (наприклад, сонячне світло) можуть створювати суттєві завади. Незважаючи на це, технологія забезпечує передачу даних зі швидкістю до 10 Мбіт/с.

Лазерна передача має подібні характеристики, однак вимагає чіткої прямої видимості між передавальним та приймальним пристроями. Будь-яке фізичне перешкоджання променю призводить до втрати з’єднання.

Радіопередача у вузькому діапазоні реалізується шляхом встановлення єдиної частоти для передавача і приймача. Такий підхід не потребує прямої видимості, але обмежується в проникності через металеві або залізобетонні конструкції. Дальність покриття може сягати десятків тисяч квадратних метрів. Недоліком є низька швидкість передачі (до 4,8 Мбіт/с).

Передача в розсіяному спектрі передбачає використання кількох частот, що знижує ймовірність перешкод та підвищує надійність зв’язку. Перемикання каналів відбувається синхронно для всіх пристроїв мережі, що забезпечує базовий рівень безпеки передавання.

Для реалізації бездротового зв’язку активно застосовуються технології радіодіапазону: IEEE 802.11 (радіо Ethernet), HIPERLAN, Bluetooth, які функціонують у радіо- та ультракороткохвильових діапазонах частот. Пристрої цього класу використовують антени для спрямованої передачі сигналу.

Стандарт IEEE 802.11 охоплює низку модифікацій, що визначають фізичний та канальний рівні передачі даних:

— IEEE 802.11 — початкова версія стандарту, яка вважається застарілою;

— IEEE 802.11b — забезпечує швидкість до 11 Мбіт/с у діапазоні 2.4 ГГц, використовує 14 каналів, широко застосовується у бездротових локальних мережах (WLAN);

— IEEE 802.11a — функціонує у діапазоні 5 ГГц, забезпечує до 54 Мбіт/с, підтримує 12 каналів у піддіапазонах 5.15–5.35 ГГц;

— IEEE 802.11g — забезпечує швидкість до 22 Мбіт/с у діапазоні 2.4 ГГц, сумісний з 802.11b, але використовує вдосконалені методи модуляції для підвищення ефективності.

Узагальнені технічні характеристики цих стандартів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Ключові технічні параметри стандартів сімейства IEEE 802.11

Стандарт	802.11g	802.11a	802.11n
Частотний діапазон, ГГц	2,4-2,483	5,15-5,25	2,4 или 5,0
Метод передачі	DSSS,OFDM	DSSS,OFDM	MIMO
Швидкість, Мбіт/с	1-54	6-54	6-300
Сумісність	802.11 b/n	802.11 n	802.11 a/b/g
Дальність зв’язку в приміщенні, м	20-50	10-20	50-100
Дальність зв’язку за приміщенням, м	250	150	500

Організація Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) здійснює сертифікацію обладнання на відповідність вимогам стандарту IEEE 802.11b. Сертифіковані пристрої маркуються позначкою *Wi-Fi compatible (Wireless Fidelity)*, що підтверджує їхню сумісність.

Європейською альтернативою стандарту IEEE 802.11 є технологія HIPERLAN (*High Performance Radio Local Area Network*), розроблена Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI). Серед її версій виокремлюють:

— HIPERLAN/1 — забезпечує швидкість до 20 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц;

— HIPERLAN/2 — дозволяє передавати дані на швидкості до 54 Мбіт/с у тому ж частотному діапазоні.

Сучасні технології бездротової передачі даних, зокрема Ultra Wideband (UWB), здатні забезпечити швидкість понад 100 Мбіт/с при низькому споживанні енергії, що робить їх перспективними для енергоефективних мереж.

Технологія VSAT (Very Small Aperture Terminal) використовує геостаціонарні супутники, розташовані на висоті близько 40 000 км над екватором. Наземні станції з антенами діаметром до 3 метрів забезпечують передачу даних зі швидкістю до 2 Мбіт/с. Хоча супутникові канали є дорогими, їхня пропускна здатність порівнянна з кабельними аналогами. Проте, через значну відстань до супутника, канали VSAT характеризуються високою затримкою (близько 250 мкс), що унеможливлює їхнє ефективне використання в системах реального часу. Типова топологія такої мережі — зіркоподібна, де провайдер купує високошвидкісний канал і розподіляє його серед абонентів.

Супутникові системи низької орбіти (LEO – Low Earth Orbit) розміщуються на висоті близько 1000 км, що дозволяє значно зменшити затримки при передаванні інформації. Виведення таких супутників на орбіту дешевше, однак підтримка безперервного зв’язку потребує використання численних супутників. Прикладом є система Iridium, яка складається з 66 супутників, хоча первинно планувалося використати 77, що відповідало числу електронів у атомі іридію. Назву було вирішено зберегти. Іншим прикладом є проект Teledesic, який передбачає запуск

840 супутників для створення глобальної мультимедійної мережі з пропускною здатністю від 62 Кбіт/с до 2 Мбіт/с.

Мережі на базі стільникових модемів використовують існуючу інфраструктуру мобільного зв'язку та функціонують навіть в умовах сильних завад і переривчастого сигналу. Серед методів доступу в таких мережах застосовуються аналогові технології: FDMA (Frequency Division Multiple Access) та TACS (Total Access Communication System), які забезпечують розділення частотного спектра. Частоти в стільникових мережах поділяються на декілька груп, при цьому однакові частоти не можуть використовуватись у сусідніх комірках для запобігання взаємним перешкодам.

Оптичний бездротовий зв'язок передбачає передачу сигналів за допомогою видимого, інфрачервоного (IR) або ультрафіолетового (UV) світла без використання фізичних провідників. Залежно від відстані передачі виділяють такі категорії:

— Ультракороткий діапазон — міжчіповий зв'язок у щільно інтегрованих системах;

— Короткий діапазон — бездротові настільні мережі (WBAN, WPAN), зокрема за стандартом IEEE 802.15.7, та підводний зв'язок;

— Середній діапазон — домашні мережі IR, зв'язок на основі видимого світла (VLC), комунікація між транспортними засобами та інфраструктурою;

— Довгий діапазон — міжбудинковий зв'язок і FSO (Free-Space Optical Communication);

— Ультрадовгий діапазон — міжсупутникові системи та супутниково-земні канали.

Технологія Bluetooth — це стандарт бездротового обміну даними на коротких відстанях (10–30 м, з перспективою до 100 м), що підтримує мультипунктовий режим та не потребує прямої видимості. Вона широко застосовується у побутових пристроях і мультимедійній техніці. Ініціатором розробки Bluetooth стала компанія Ericsson у 1994 році. Назва походить від прізвиська данського короля Гаральда Синьозубого (Harald Bluetooth), який об'єднав окремі землі у X столітті. У 1997 році були створені перші пристрої, а в 1998 — сформована група Bluetooth SIG, до якої

увійшли Ericsson, IBM, Intel, Nokia та Toshiba. У 1999 році опубліковано перші технічні специфікації.

Радіус дії різних класів бездротових мереж — персональних, локальних та глобальних — проілюстровано на рис.1.1.

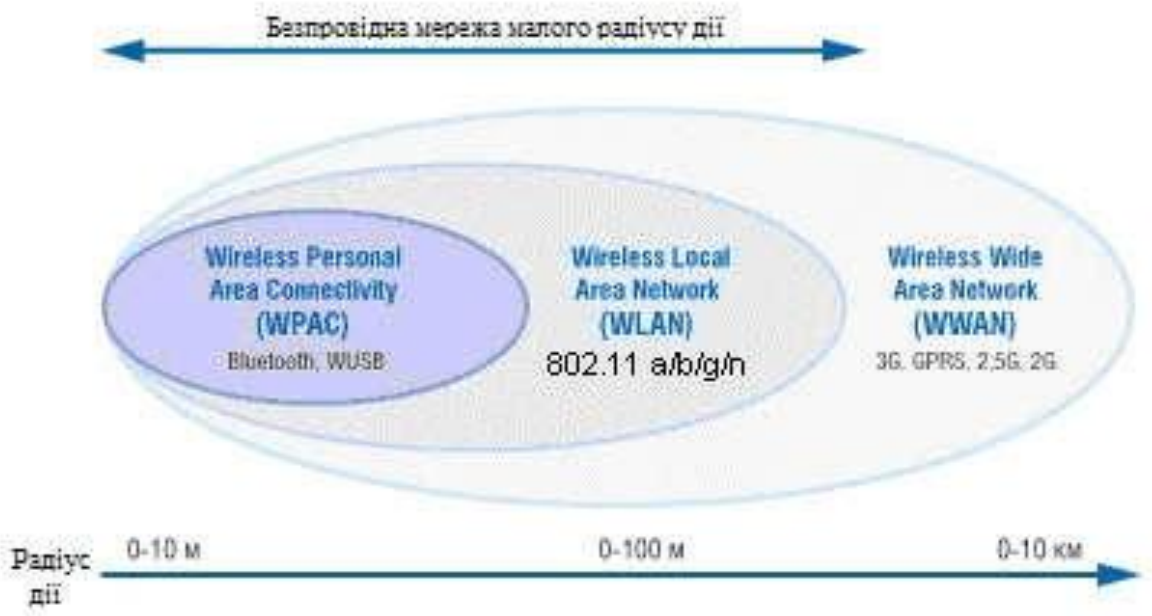


Рисунок 1.1 – Просторові характеристики та зона дії бездротових мереж

Системи, що базуються на інфрачервоних каналах, характеризуються низькою вартістю апаратних компонентів — вартість приймачів і передавачів коливається в межах від 1,5 до 4,5 доларів США. Водночас ці технології забезпечують високі швидкості передавання даних. Основним обмеженням інфрачервоного зв’язку є необхідність прямої оптичної видимості між передавальним і приймальним пристроями, що зменшує гнучкість у побудові мережі. Асоціація Infrared Data Communications (IrDA) розробила стандарт, що визначає швидкість передавання інфрачервоним каналом на рівні 115,2 Кбіт/с.

1.2 Типологія бездротових систем передавання даних

За радіусом дії:

— WPAN (Wireless Personal Area Network) — технології ближньої дії, наприклад Bluetooth, ZigBee;

— WLAN (Wireless Local Area Network) — бездротові локальні мережі, зокрема Wi-Fi;

— WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) — мережі міського масштабу, наприклад WiMAX;

— WWAN (Wireless Wide Area Network) — глобальні мережі, до яких належать CSD, GPRS, EDGE.

За топологічною структурою:

— Point-to-Point — односпрямоване з’єднання між двома вузлами;

— Point-to-Multipoint — зв’язок між одним джерелом і кількома приймачами.

За сферою застосування:

— Корпоративні бездротові мережі — використовуються в межах організацій для внутрішнього зв’язку та обміну даними;

— Операторські бездротові мережі — орієнтовані на надання телекомунікаційних послуг широкому колу абонентів.

Структурну класифікацію бездротових мереж представлено на рис.1.2.

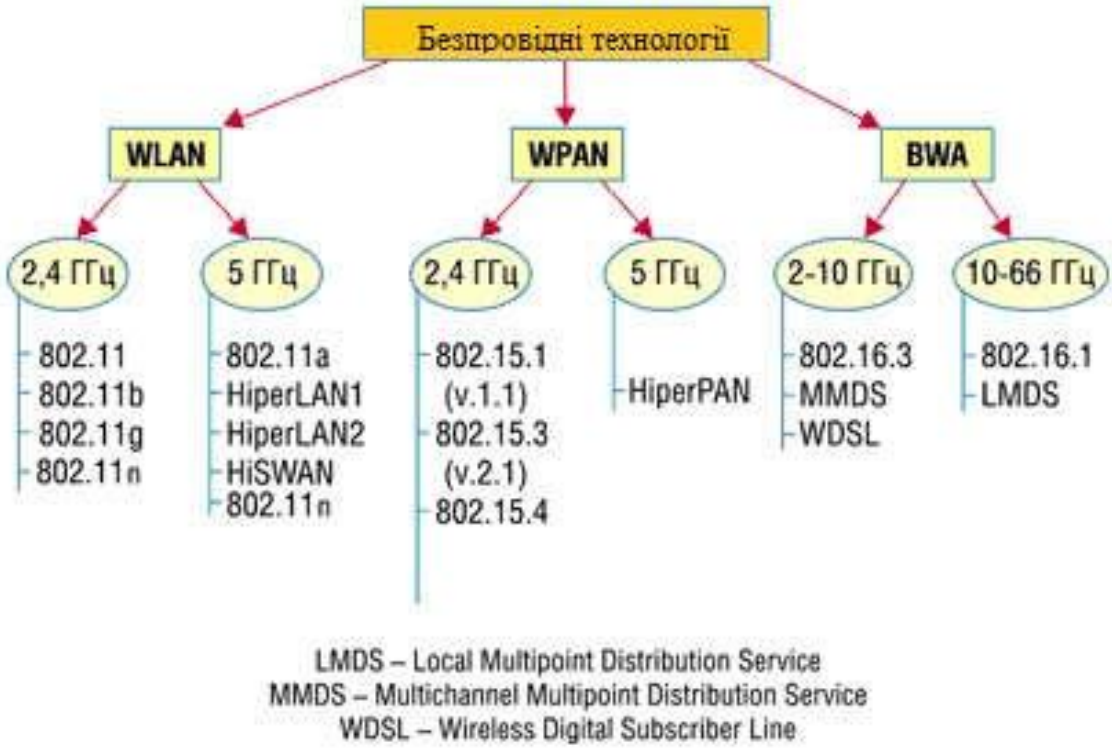


Рисунок 1.2 – Систематизація бездротових мереж за ознаками взаємодії та масштабом

Бездротова локальна мережа (WLAN) функціонує на основі радіочастотного передавання даних, що дозволяє реалізувати об'єднання пристроїв без використання фізичних (кабельних) з’єднань. Такий підхід забезпечує гнучкість розгортання мережі та зменшує витрати на інфраструктуру.

Бездротова персональна мережа (WPAN) призначена для обміну даними між пристроями на коротких відстанях. Вона охоплює комп’ютерну, побутову, офісну техніку та мобільні пристрої. Функціонування WPAN регламентується стандартом IEEE 802.15.4, який визначає вимоги до фізичного та канального рівнів. Радіус дії таких мереж зазвичай обмежується кількома метрами або навіть десятками сантиметрів.

Бездротова мережа міського масштабу (WMAN, Wireless Metropolitan Area Network) забезпечує широкосмуговий доступ до мережі Інтернет через радіоканали. Основним стандартом для цієї категорії є IEEE 802.16, який визначає

специфікацію Wireless MAN Air Interface. Технологія WMAN, відома також як рішення для «останньої милі», працює в частотному діапазоні від 10 до 66 ГГц і призначена для обслуговування великих територій, зокрема цілих міських районів.

Бездротова глобальна мережа (WWAN, Wireless Wide Area Network) охоплює великі географічні зони та забезпечує мобільний доступ до Інтернету за допомогою стільникових технологій зв'язку, таких як GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, 3G тощо. WWAN використовується для організації зв'язку в умовах мобільності, зокрема під час пересування абонентів між регіонами чи країнами.

1.3 Архітектура та стандартизація технології Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) — це зареєстрована торгова марка Wi-Fi Alliance, яка використовується як загальновживана назва для позначення технологій бездротової передачі даних відповідно до стандартів IEEE 802.11. Обладнання, що відповідає цим стандартам, може проходити сертифікацію в Wi-Fi Alliance, після чого отримує логотип Wi-Fi certified.

Одним із найпоширеніших протоколів на сьогодні є IEEE 802.11n, який забезпечує високу швидкість передавання даних і зворотну сумісність з попередніми версіями.

Використання Wireless LAN (WLAN) доцільне в середовищах, де прокладання дротової інфраструктури є технічно складним або економічно невиправданим. Wi-Fi забезпечує доступ до мережі Інтернет у межах зони покриття через мобільні пристрої (смартфони, ноутбуки, КПК, ігрові консолі), які оснащені клієнтськими бездротовими адаптерами.

Розробка технології Wi-Fi почалася в середині 1990-х років. Першочергово вона застосовувалася у локальних мережах великих корпорацій США, зокрема в компаніях Кремнієвої долини. Мобільні співробітники мали змогу підключатися до корпоративної мережі через точки доступу (AP), інтегровані у дротову

інфраструктуру організації. Радіус покриття однієї точки становив кілька десятків метрів і дозволяв обслуговування до 20 абонентів одночасно.

Початково термін "Wi-Fi" використовувався винятково стосовно технології IEEE 802.11b (швидкість до 11 Мбіт/с, частота 2.4 ГГц). Згодом його значення розширилося і охопило інші специфікації родини 802.11: 802.11a (5 ГГц, до 54 Мбіт/с) та 802.11g (2.4 ГГц, до 54 Мбіт/с).

З 1999 року, коли був стандартизований 802.11b, почалося активне впровадження Wi-Fi у корпоративних мережах як альтернатива дротовим рішенням. Побудова традиційної локальної мережі вимагала прокладання значного обсягу кабельної інфраструктури, тоді як Wi-Fi дозволяв обмежитися встановленням кількох точок доступу та клієнтських адаптерів.

На початку 2000-х років технологія набула широкого поширення в публічних місцях. З’явилися комерційні точки доступу Wi-Fi, або хот-споти, у кафе, готелях, аеропортах. Провайдери послуг, такі як T-Mobile, AT&T Wireless, British Telecom, Telecom Italia, організували міжмережевий роумінг. Витрати на створення одного хот-споту були значно нижчими порівняно з іншими технологіями (у межах $150–300 на встановлення та $50–100 на місяць для обслуговування).

Реальні швидкості доступу залежать не лише від специфікації Wi-Fi, а й від характеристик підключення до Інтернету. Навіть при цьому Wi-Fi суттєво перевищує швидкість зв’язку, що забезпечується мобільними операторами у мережах 2.5G (40–60 кбіт/с).

Типова Wi-Fi мережа містить щонайменше одну точку доступу. Вона легко масштабується, а також підтримує режим Ad-hoc, що дозволяє встановлювати пряме з’єднання між пристроями без точки доступу. Передача ідентифікатора мережі SSID здійснюється точкою доступу кожні 100 мс на швидкості 0,1 Мбіт/с, що є мінімальною швидкістю у межах стандарту.

Вибір точки доступу з боку клієнта ґрунтується на рівні сигналу, хоча стандарт надає свободу виробникам у реалізації додаткових механізмів вибору.

Виробники обладнання використовують різні підходи до побудови мереж, тому існує кілька типів організації Wi-Fi-інфраструктури:

— автономні точки доступу (децентралізовані рішення);

— централізовані точки з керуванням через контролер;

— керовані без контролера (клауд-рішення).

За способом керування радіоканалами виокремлюють:

— мережі зі статичними налаштуваннями каналів;

— адаптивні (динамічні) рішення;

— багатошарові або "шаруваті" архітектури каналів.

Стандарти IEEE 802.11 розробляються Інститутом інженерів електрики та електроніки (IEEE). Зокрема, стандарт 802.11n, схвалений у вересні 2009 року, передбачає максимальну швидкість до 600 Мбіт/с на фізичному рівні (реально — 150–200 Мбіт/с). У попередньому стандарті 802.11g ці значення складали відповідно 54 Мбіт/с і приблизно 20 Мбіт/с.

Ключовою технологією, що забезпечує підвищення продуктивності в 802.11n, є MIMO (Multiple Input Multiple Output) — багатоантенна передача даних. Завдяки цій технології підвищується не лише швидкість, а й зона покриття мережі. Стандарт підтримує роботу в обох частотних діапазонах — 2.4 ГГц і 5 ГГц.

1.4 Аналіз застосування бездротових рішень в інформаційній інфраструктурі підприємства

У процесі побудови мережевої інфраструктури на підприємстві передбачається використання технології Wi-Fi, яка є сучасним рішенням для реалізації бездротового доступу до інформаційних ресурсів. Її застосування дозволяє організувати високошвидкісний зв’язок без необхідності прокладання фізичних кабелів, що значно спрощує процес розгортання мережі.

Переваги впровадження Wi-Fi

— Зменшення вартості інфраструктури: мережа може бути побудована без використання кабельних з'єднань, що істотно знижує витрати на встановлення

та модернізацію, особливо у приміщеннях зі складним доступом або в будівлях історичного значення.

— Підтримка мобільного доступу: користувачі можуть підключатися до мережі за допомогою мобільних пристроїв (смартфонів, ноутбуків, планшетів), що підвищує гнучкість роботи персоналу.

— Високий рівень сумісності обладнання: завдяки обов'язковій сертифікації пристроїв, що відповідають стандартам IEEE 802.11, забезпечується взаємодія обладнання від різних виробників.

— Низький рівень електромагнітного випромінювання: енергія, що випромінюється Wi-Fi-пристроями під час передачі даних, у середньому в 100 разів менша, ніж у стільникових телефонах.

— Глобальне охоплення стандарту: Wi-Fi є міжнародним стандартом, що дозволяє використовувати відповідне обладнання в більшості країн світу без потреби в істотних змінах апаратного забезпечення.

Обмеження та недоліки використання Wi-Fi

— Обмежений спектр частот та відсутність повноцінного роумінгу: вузька смуга частот і нестача механізмів централізованої авторизації не дозволяють Wi-Fi повністю конкурувати з технологіями мобільного зв'язку, хоча існують рішення щодо реалізації Wi-Fi-телефонії (наприклад, від компаній ZyXEL, SocketIP, Symbol Technologies).

— Регуляторні обмеження в різних країнах: варіативність допустимих частотних діапазонів і вимоги щодо реєстрації бездротових пристроїв (наприклад, у Росії, Білорусі, Італії) можуть створювати додаткові адміністративні бар'єри для використання Wi-Fi.

— Проблеми безпеки: базовий протокол шифрування WEP має низький рівень криптографічної стійкості, що створює загрозу несанкціонованого доступу навіть при коректному налаштуванні. Хоча сучасні пристрої підтримують більш захищені протоколи WPA та WPA2, значна частина застарілих точок доступу не сумісна з ними, що вимагає оновлення мережевого обладнання.

— Необхідність додаткових заходів безпеки: через вразливість до атак

багато організацій впроваджують додаткові засоби захисту, зокрема VPN-технології, для забезпечення конфіденційності та цілісності передаваних даних.

2 СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ WI-FI-МЕРЕЖІ ОРГАНІЗАЦІЇ

2.1 Процес проєктування та розгортання бездротової мережі стандарту IEEE 802.11

Наявність зон бездротового покриття (Wi-Fi-зон) дозволяє користувачам здійснювати підключення до точок доступу (Access Points), розгорнутих як у межах офісних або домашніх мереж, так і в публічних просторах. Крім того, такі зони забезпечують можливість організації прямої взаємодії між кількома клієнтськими пристроями в єдиній мережі.

Дальність передавання радіосигналу Wi-Fi залежить від ряду чинників, зокрема:

— вихідної потужності передавача (у багатьох моделях регульованої програмно);

— наявності фізичних перешкод та їхніх характеристик;

— типу та спрямованості антени.

Серед найбільш поширених стандартів бездротового зв’язку на основі протоколу IEEE 802.11 варто виділити:

— 802.11a — працює у частотному діапазоні 5 ГГц та забезпечує передачу даних на швидкості до 54 Мбіт/с;

— 802.11g — функціонує в діапазоні 2.4 ГГц із такою ж максимальною швидкістю;

— 802.11n — один із найактуальніших стандартів, який дозволяє досягати швидкості передавання до 320 Мбіт/с (у теоретичному максимумі).

Центральним елементом Wi-Fi-мережі є точка доступу, яка виконує функції транслятора між клієнтськими пристроями та провідною мережею. Вона підключається до інтернет-каналу або локальної інфраструктури підприємства і

формує навколо себе зону покриття (Wi-Fi хот-спот) з типовим радіусом дії 50–100 метрів. Типова точка доступу містить передавач, приймач, інтерфейс для підключення до дротової мережі, а також вбудоване програмне забезпечення для конфігурації.

Для підключення до бездротової мережі користувачу необхідно лише потрапити у зону покриття з пристроєм, оснащеним Wi-Fi-адаптером. Більшість сучасних операційних систем автоматично визначають доступні мережі та виконують базову конфігурацію з'єднання. У разі наявності декількох точок доступу, пристрій обирає ту, що забезпечує найвищий рівень сигналу.

Основні етапи проєктування Wi-Fi-мережі:

1. Створення плану об'єкта: аналіз просторових параметрів приміщень, матеріалів стін, відстаней — для оцінки майбутніх зон покриття.

2. Визначення вимог до мережі:

— очікувана кількість користувачів;

— необхідна пропускна здатність;

— вимоги до захисту даних;

— технічні обмеження інфраструктури.

3. Оптимізація розташування точок доступу: вибір місць, що забезпечують максимальне покриття при мінімальній кількості обладнання.

4. Розроблення умов для підключення обладнання: визначення джерел живлення, способів монтажу та можливостей інтеграції у наявну інфраструктуру.

5. Складання специфікації: підбір мережевих пристроїв (точки доступу, антени, комутатори, маршрутизатори тощо) відповідно до технічних і фінансових критеріїв.

6. Розроблення кабельної схеми: планування фізичних з'єднань для забезпечення живлення та комунікації точок доступу з ядром мережі.

7. Установка та налаштування обладнання: фізичне розміщення пристроїв, їх конфігурація, активація служб безпеки (WPA2/WPA3), фільтрація доступу.

8. Тестування мережі та оптимізація:

— перевірка рівня сигналу в різних частинах приміщення;

— виявлення перешкод або мертвих зон;

— оцінка стабільності та пропускної здатності.

2.2 Формування логічної топології корпоративної мережі

Логічна структура мережі — це модель організації інформаційного обміну між вузлами, в основі якої лежать логічні зв’язки, що реалізуються шляхом маршрутизації даних та відповідного налаштування мережевого обладнання. Ці зв’язки не обов’язково відповідають фізичному розміщенню компонентів, однак визначають маршрути, якими передаються дані в межах мережі.

Фізична топологія, хоча і визначає фізичне з'єднання пристроїв, має обмежені можливості щодо оптимізації продуктивності. Зокрема, вона не дозволяє ефективно враховувати відмінності у пропускній здатності каналів зв’язку в різних сегментах мережі. Типові фізичні топології, як-от «шина», «кільце» або «зірка», оперують єдиним роздільним середовищем, що унеможливлює паралельний обмін даними між кількома парами пристроїв.

Наприклад, у топології «шина» взаємодія між двома вузлами блокує доступ до середовища для всіх інших пристроїв на період передачі, що призводить до зниження загальної пропускної здатності мережі при збільшенні кількості клієнтів. У масштабних інформаційних системах типова фізична структура нерідко не відповідає реальному розподілу та інтенсивності інформаційних потоків.

На відміну від цього, логічна структуризація дозволяє адаптувати маршрути передавання даних до специфіки навантаження, покращити керованість мережі, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити гнучке масштабування.

Логічна структуризація мережі — це процес поділу комп’ютерної мережі на окремі сегменти з локалізованим трафіком, що дозволяє підвищити ефективність передачі даних, оптимізувати навантаження та підвищити рівень безпеки. Такий

поділ реалізується за допомогою спеціалізованих комунікаційних пристроїв, які формують логічні зв’язки між вузлами незалежно від фізичного розміщення.

Для реалізації логічної структуризації використовуються наступні типи мережевого обладнання:

— мости (bridges);
— комутатори (switches);
— маршрутизатори (routers);
— шлюзи (gateways).

Мости. Міст забезпечує поділ єдиного середовища передавання даних на ізольовані сегменти. Інформація передається між сегментами лише тоді, коли вузол призначення розташований в іншому сегменті. Таким чином, міст зменшує міжсегментний трафік, знижує навантаження на середовище та підвищує загальну продуктивність мережі. Окрім цього, локалізація трафіку сприяє зменшенню ризику несанкціонованого доступу, оскільки кадри не виходять за межі свого сегмента.

Комутатори. Комутатори функціонують за тим самим принципом, що і мости, однак відрізняються наявністю окремих обчислювальних блоків для кожного порту, що дозволяє здійснювати паралельну обробку кадрів. Це суттєво підвищує продуктивність порівняно з традиційними мостами. Комутатори нового покоління можуть виконувати такі функції:

— наскрізну комутацію кадрів;
— базову маршрутизацію;
— підтримку протоколів управління мережею (наприклад, SNMP);
— роботу в режимах емуляції моста або маршрутизатора;
— організацію віртуальних локальних мереж (VLAN);
— швидкісну ретрансляцію даних між портами.

Маршрутизатори. Маршрутизатор виконує логічне сегментування мережі на основі IP-адресації. На відміну від мостів і комутаторів, які оперують фізичними MAC-адресами, маршрутизатори працюють з логічними адресами, що дозволяє точно ідентифікувати мережу, до якої належить конкретний вузол. Крім локалізації

трафіку, маршрутизатори можуть обирати оптимальні шляхи передавання даних в умовах наявності альтернативних маршрутів, а також об'єднувати підмережі, побудовані на основі різних технологій (наприклад, Ethernet та X.25).

Серед ключових відмінностей маршрутизаторів:

— використання логічної адресації замість фізичної;

— обробка лише призначених пакетів, відкидання широкомовних запитів;

— непрозорість для кінцевих користувачів, на відміну від мостів і комутаторів.

Шлюзи. Шлюз застосовується для з’єднання мереж, побудованих на основі різних протоколів, операційних систем або програмного забезпечення. Його головне завдання — забезпечити взаємодію між гетерогенними мережами, а локалізація трафіку є додатковим ефектом.

Переваги логічної структуризації. Логічна структуризація дозволяє ефективно вирішувати проблеми, пов’язані з обмеженням пропускної здатності, високим рівнем колізій у спільному середовищі передавання та зниженням продуктивності. Розділення мережі на декілька логічних сегментів дає змогу:

— зменшити навантаження на окремі ділянки мережі;

— скоротити час очікування доступу до середовища передавання;

— знизити рівень конфліктів (колізій), особливо у мережах типу Ethernet;

— підвищити безпеку за рахунок обмеження області поширення трафіку.

Комутатори та мости аналізують MAC-адреси канального рівня, тоді як маршрутизатори використовують IP-адреси мережного рівня. Це дозволяє не лише логічно ізолювати сегменти, а й ефективно маршрутизувати дані між різними підмережами.

На відміну від концентраторів (hub), які транслюють усі пакети на всі порти незалежно від адресата, мости, комутатори та маршрутизатори передають кадри тільки до цільового сегмента, що забезпечує ефективніше використання ресурсів мережі.

Таким чином, логічна структуризація є необхідною умовою для побудови масштабованих, продуктивних та захищених комп’ютерних мереж.

2.3 Аналіз і вибір оптимальної технології реалізації ЛОМ

Локальна обчислювальна мережа (Local Area Network, LAN) — це система взаємозв’язаних комп’ютерів, що функціонують на обмеженій географічній території (офіс, підприємство, навчальний заклад тощо). Відмінною рисою локальної мережі є висока швидкість обміну даними, відсутність потреби у використанні зовнішніх телекомунікаційних каналів і порівняно невелика зона покриття.

Поява нових мережевих технологій на початку 1980-х років сприяла активному розвитку локальних мереж. В умовах відсутності єдиних стандартів кожен виробник розробляв власні протоколи, програмне та апаратне забезпечення, що призводило до несумісності обладнання різних виробників. Це зумовило необхідність створення відкритих стандартів, що регламентують функціонування технічних та програмних засобів локальних мереж.

Сьогоднішні локальні мережі включають в себе:

— комп’ютери-клієнти та сервери;

— мережеві адаптери;

— периферійні пристрої;

— середовище передавання даних;

— активне мережеве обладнання.

За допомогою локальної мережі забезпечується спільний доступ до ресурсів — файлів, принтерів, сканерів, мережевого ПЗ, а також організація електронної пошти та групової взаємодії користувачів.

Серед основних переваг локальних мереж:

— розподілення даних — централізоване зберігання та доступ до файлів;

— розподілення ресурсів — спільне використання периферійних пристроїв;

— розподілення програмного забезпечення — доступ до програм, встановлених на сервері;

— електронна пошта — організація обміну повідомленнями між користувачами.

Сучасні ЛОМ зазвичай будуються за топологією «зірка» із використанням комутаторів (switch) або концентраторів (hub), а також кабельних систем на базі витої пари категорії 5e або 6 (UTP/STP). На сьогодні основою побудови мережевої інфраструктури є технологія Fast Ethernet, яка забезпечує швидкість передавання від 100 Мбіт/с до 100 Гбіт/с залежно від стандарту.

Базові технології локальних мереж. Мережева технологія — це узгоджений набір протоколів, апаратних засобів та інтерфейсів, що забезпечують створення і функціонування обчислювальної мережі. Прикладами базових технологій є:

— Ethernet
— Token Ring
— FDDI
— 100VG-AnyLAN

Зазвичай для впровадження певної технології достатньо використовувати відповідне сумісне обладнання (мережеві адаптери, концентратори, кабелі) та дотримуватись стандартів реалізації.

Ethernet — основна технологія для побудови ЛОМ. Ethernet (від англ. ether — ефір, та network — мережа) — домінуюча технологія для побудови дротових мереж, що працює на фізичному та канальному рівнях моделі OSI. Згідно зі статистикою, станом на 2016 рік, близько 85 % комп’ютерів у світі використовували Ethernet для підключення до мережі.

Ethernet базується на стандарті IEEE 802.3 та передбачає використання протоколу CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) для керування доступом до середовища. З розповсюдженням комутаторів і повнодуплексної передачі проблема колізій практично зникла.

Швидкісні модифікації Ethernet:

— 10BASE-T (Ethernet) — 10 Мбіт/с
— 100BASE-TX (Fast Ethernet) — 100 Мбіт/с
— 1000BASE-T (Gigabit Ethernet) — 1 Гбіт/с

— 10GBASE (10 Gigabit Ethernet) — 10 Гбіт/с

— 100GBASE (100 Gigabit Ethernet) — 100 Гбіт/с

Бездротові технології в локальних мережах. Окрім кабельного Ethernet, для організації бездротових локальних мереж застосовуються стандарти IEEE 802.11, найбільш відомим представником яких є Wi-Fi. Сучасний стандарт 802.11ac (Wi-Fi 5), що функціонує в частотному діапазоні 5–6 ГГц, забезпечує швидкість передавання даних до 6 Гбіт/с завдяки технології MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output).

Розвиток бездротових стандартів продемонстровано на рис.2.1.

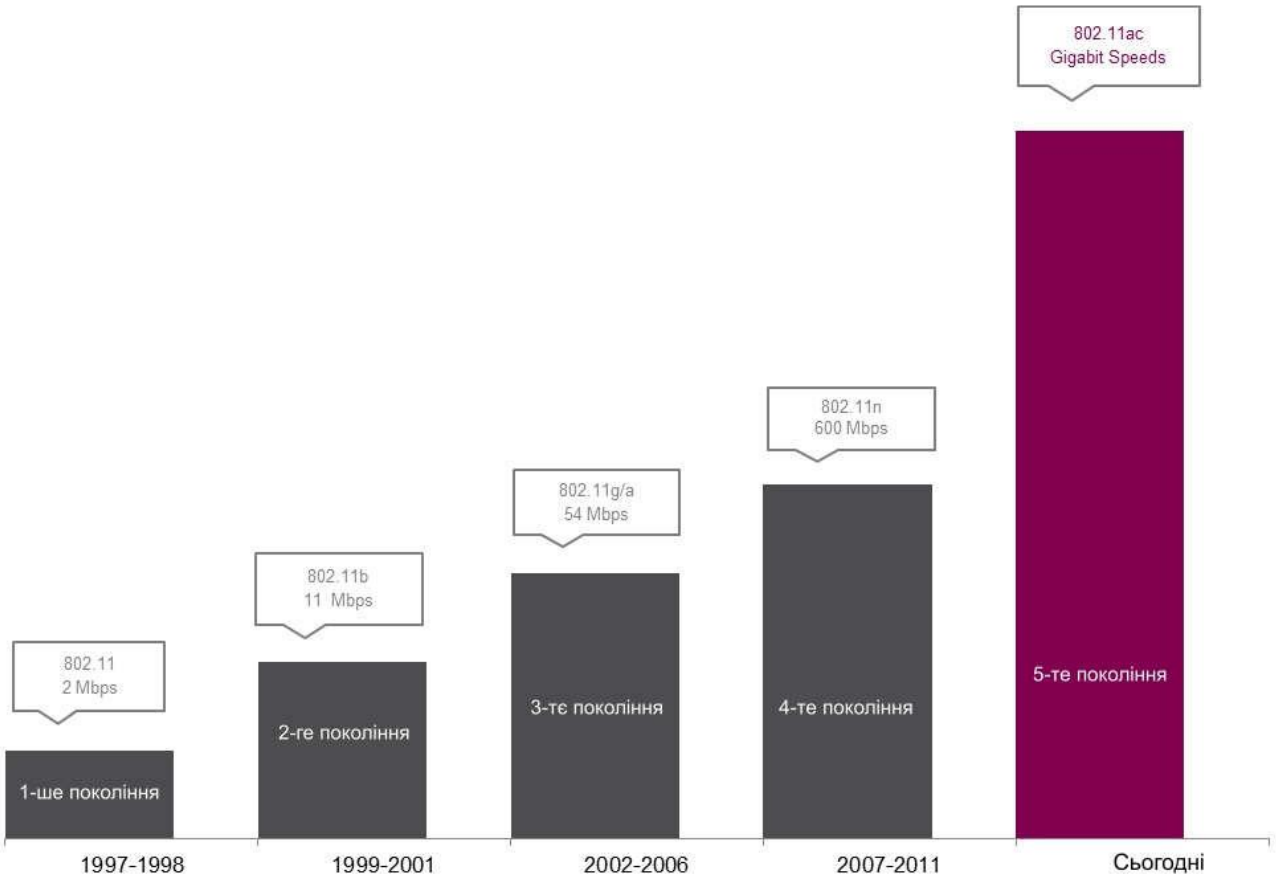


Рисунок 2.1 – Еволюція стандартів сімейства IEEE 802.11

Стандарт IEEE 802.11ac передбачає використання до восьми антен за технологією MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output), а також розширення ширини каналу до 80 або 160 МГц. З метою підвищення пропускної здатності було впроваджено більш ефективну схему модуляції — 256-QAM

(Quadrature Amplitude Modulation), яка забезпечує суттєве зростання щільності передачі даних у порівнянні з 64-QAM, що використовувалася в попередньому стандарті 802.11n.

Модуляція 256-QAM дозволяє передавати 256 різних сигналів на одній частоті, змінюючи їх фазу та амплітуду, завдяки чому спектральна ефективність стандарту 802.11ac зростає у чотири рази порівняно з 802.11n.

Спектральна ефективність є важливим показником, що відображає здатність технології ефективно використовувати доступну смугу пропускання. У частотному діапазоні 5 ГГц, де ширина каналів, як правило, становить 20 МГц або більше, показник спектральної ефективності має другорядне значення. Проте в умовах стільникових мереж, де ширина каналу часто обмежена 5 МГц, ця характеристика стає критично важливою.

2.4 Підбір обладнання відповідно до вимог бездротової мережі підприємства

Ключовим елементом побудови бездротової мережі є точка доступу (Access Point, AP) — пристрій, що забезпечує розширення існуючої дротової інфраструктури шляхом створення зони покриття Wi-Fi. Точка доступу приймає трафік через дротове підключення (зазвичай від маршрутизатора) і передає його до клієнтських пристроїв за допомогою бездротового інтерфейсу. Класична точка доступу не створює окрему мережу, а лише надає бездротовий доступ до вже існуючої локальної мережі.

Базові точки доступу мають обмежений функціонал і, як правило, не забезпечують можливості розподілу IP-адрес, маршрутизації трафіку чи підключення до провайдера за протоколами PPPoE, PPTP або VPN. У більшості випадків вони мають лише LAN-порт для інтеграції з уже розгорнутою мережею,

без WAN-інтерфейсу. Через обмежену функціональність такі пристрої здебільшого використовуються як розширювачі покриття.

Маршрутизатор (роутер), на відміну від точки доступу, є багатофункціональним мережевим пристроєм, що забезпечує маршрутизацію пакетів між локальною мережею і зовнішньою мережею провайдера. Він дозволяє:

— здійснювати маршрутизацію трафіку між різними підмережами;

— автоматично призначати IP-адреси клієнтським пристроям за допомогою DHCP-сервісу;

— виконувати трансляцію адрес (NAT), дозволяючи всім локальним пристроям використовувати одну зовнішню IP-адресу;

— реалізовувати базові функції інформаційної безпеки, зокрема фільтрацію трафіку та захист за допомогою брандмауера;

— обмежувати швидкість трафіку та керувати пріоритетами передачі даних.

Зі зростанням кількості бездротових пристроїв у домогосподарствах і на підприємствах, виробники (зокрема TP-Link, D-Link тощо) почали інтегрувати функції маршрутизатора безпосередньо в точки доступу, створюючи комбіновані пристрої типу «бездротова точка доступу з функцією маршрутизатора».

Іншим напрямом розвитку стало виробництво домашніх Wi-Fi маршрутизаторів, що поєднують у собі функціональність маршрутизатора, точки доступу та комутатора. Такі пристрої стали ідеальним рішенням для сегмента SOHO (Small Office / Home Office).

У корпоративному середовищі вимоги до обладнання є значно вищими. Промислові точки доступу, призначені для використання у SMB- та Enterprise-мережах, підтримують різні режими роботи: клієнт, міст, ретранслятор (repeater), а також їхні комбінації. Таке обладнання оптимізовано для обслуговування великої кількості клієнтів, високих навантажень і розширених зон покриття. Деякі моделі також оснащуються функціональністю маршрутизатора для повної автономності роботи.

Корпоративні маршрутизатори забезпечують взаємодію між дротовими та бездротовими сегментами мережі, підтримують розширені функції керування трафіком, віртуальні мережі (VLAN), гнучку політику безпеки та централізоване адміністрування.

З урахуванням технічних вимог підприємства та необхідності забезпечити стабільну роботу бездротової мережі, оптимальним вибором є маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N (рис. 2.2). Цей пристрій підтримує стандарти 802.11n, забезпечує швидкість передавання даних до 450 Мбіт/с, має декілька LAN-портів, вбудований DHCP-сервер, функції NAT, QoS, WPA2-шифрування, а також налаштування фільтрації доступу. Це робить його ефективним рішенням для малого та середнього підприємства.



Рисунок 2.2 – TP-LINK TL-WR940N

Для реалізації бездротової мережі в малому офісі було обрано маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N, який поєднує функціональність дротового комутатора та бездротової точки доступу. Пристрій відповідає специфікації IEEE 802.11n та

забезпечує швидкість передавання даних до 300 Мбіт/с, що є достатнім для виконання типових офісних задач, включаючи передавання файлів, голосовий трафік та мультимедійні застосунки.

Маршрутизатор оснащено чотирма LAN-портами, що дає змогу під'єднати провідні пристрої до локальної мережі. Завдяки впровадженню технології MIMO (Multiple Input Multiple Output) з трьома зовнішніми антенами забезпечується стабільне бездротове з'єднання зі збільшеною зоною покриття. Технологія CCA (Clear Channel Assessment) автоматично визначає найменш завантажений канал, підвищуючи ефективність розподілу смуги пропускання.

Високий рівень інформаційної безпеки забезпечується підтримкою шифрування WEP, WPA/WPA2, а також механізмами PSK-автентифікації. Контроль доступу може здійснюватися на основі MAC-адрес, а спрощене налаштування реалізовано завдяки підтримці QSS (Quick Secure Setup) та WPS.

Додатковий функціонал маршрутизатора включає:

— підтримку протоколів UPnP та Dynamic DNS;

— ведення системного журналу;

— розподіл пріоритетів трафіку (QoS) для критичних сервісів, таких як відео- або VoIP-застосунки;

— створення гостьової мережі, що дозволяє забезпечити обмежений доступ до бездротової мережі для сторонніх користувачів без шкоди для безпеки основної мережі.

Для підключення стаціонарних комп'ютерів до бездротової мережі буде використано мережевий Wi-Fi-адаптер TP-LINK Archer T2UH (рис. 2.3), що забезпечує підтримку стандартів 802.11ac/n та стабільний прийом сигналу, як з точки зору швидкості, так і рівня сигналу.



Рисунок 2.3 – TP-LINK Archer T2UH

Для підключення персональних комп’ютерів до бездротової мережі запропоновано використовувати дводіапазонний USB-адаптер TP-LINK Archer T2UH, який підтримує новітній стандарт IEEE 802.11ac. Цей стандарт забезпечує істотне зростання швидкості та надійності зв’язку в порівнянні з попередніми версіями (серія 802.11n), що дозволяє використовувати адаптер для задач із підвищеними вимогами до пропускної здатності.

Модель Archer T2UH забезпечує:

— швидкість до 433 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц, що оптимально для перегляду потокового відео високої чіткості, онлайн-ігор та інших мультимедійних застосунків;

— швидкість до 150 Мбіт/с у діапазоні 2,4 ГГц, що підходить для веб-серфінгу та роботи з електронною поштою.

Адаптер обладнаний зовнішньою антеною з підсиленням 3 дБі, яка забезпечує кращу якість сигналу порівняно з внутрішніми антенами. Завдяки можливості фізичного регулювання положення антени під час налаштування адаптер можна ефективно використовувати в складних умовах розміщення

клієнтських пристроїв. За необхідності антену можна замінити на більш потужну для розширення зони покриття або підвищення стабільності сигналу.

TP-LINK Archer T2UH дозволяє не лише значно підвищити продуктивність бездротового з’єднання стаціонарного ПК або ноутбука, але і реалізувати одночасне підключення в обох частотних діапазонах — 2,4 ГГц і 5 ГГц, що забезпечує більшу гнучкість у розподілі трафіку та мінімізацію впливу перешкод.

Таким чином, обраний адаптер є ефективним рішенням для розгортання надійної клієнтської частини в складі корпоративної бездротової мережі.

Таким чином, обране мережеве обладнання задовольняє вимоги до надійності, продуктивності та безпеки в межах мережі малого офісу.

2.5 Структурне моделювання локальної мережі підприємства

Залежно від масштабу покриття території, комп’ютерні мережі класифікують наступним чином:

— малі локальні або персональні мережі — характеризуються радіусом дії від кількох метрів до кількох десятків метрів;

— локальні мережі — мають радіус покриття від кількох сотень метрів до десятків кілометрів;

— розподілені мережі — охоплюють від кількох сотень до кількох тисяч кілометрів;

— глобальні мережі — мають міжконтинентальний рівень покриття та з’єднують обчислювальні ресурси у світовому масштабі.

Якщо розподілена або локальна мережа обслуговується одним організаційним суб’єктом або має централізовану адміністрацію, вона класифікується як корпоративна мережа.

На підприємстві доступ до глобальної мережі Інтернет організовано за допомогою маршрутизатора, який забезпечує розподіл трафіку на внутрішні

обчислювальні пристрої. Схематичне зображення цієї моделі представлено на рис.2.4.

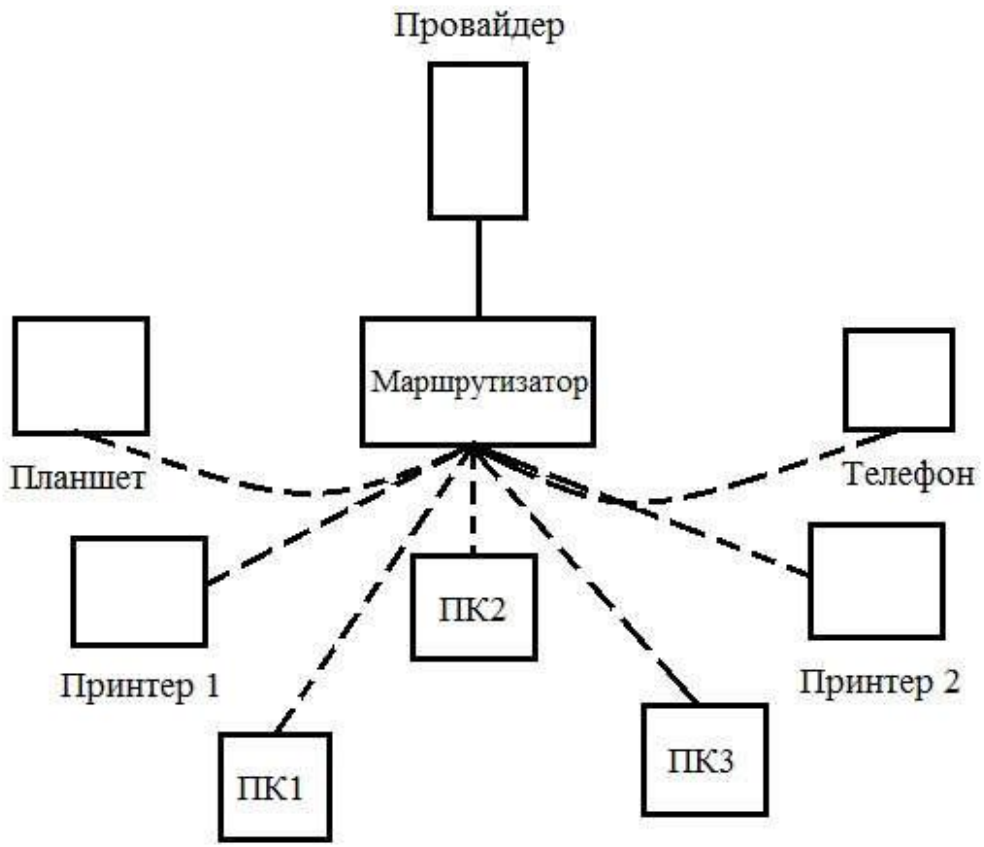


Рисунок 2.4 – Схематичне представлення структури локальної мережі

З моменту свого впровадження маршрутизатори переважно використовувалися у корпоративному секторі. Однак із зростанням кількості персональних обчислювальних пристроїв виникла потреба у створенні спрощених моделей для домашнього та малого офісного використання. Такі пристрої забезпечують спільний доступ декількох домашніх пристроїв до мережі Інтернет. Для цього кабель Ethernet від провайдера або вита пара від ADSL-модему підключається до WAN-порту маршрутизатора, тоді як локальні пристрої приєднуються через LAN-порти.

Локальна комп’ютерна мережа (LAN) — це сукупність обчислювальних пристроїв, розміщених на обмеженій території (наприклад, у межах одного приміщення або кількох сусідніх будівель), з’єднаних між собою єдиною лінією

зв’язку. У сучасних умовах більшість комп’ютерних мереж належать до класу локальних і реалізуються відповідно до архітектури «клієнт–сервер».

Для потреб даного підприємства передбачено створення локальної комп’ютерної мережі на основі безпровідних технологій. Проєктована мережа охоплюватиме необхідну кількість комп’ютерів та периферійних пристроїв, об’єднаних у єдину інфраструктуру з використанням бездротового зв’язку.

3 РОЗГОРТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ БЕЗДРОТОВОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Місце впровадження та практична реалізація мережевої інфраструктури

У межах даного проєкту об’єктом моделювання обрана громадська установа «Сузір’я», яка функціонує як багатофункціональний простір для проведення урочистих подій, корпоративних заходів та сімейних свят. Архітектура будівлі представлена чітким зонуванням, що забезпечує ефективну організацію обслуговування відвідувачів і персоналу.

Планування приміщення включає наступні функціональні зони:

— велика банкетна зала, що використовується для масових подій і здатна вмістити до 100 осіб;

— мала банкетна зала, призначена для камерних заходів на 30–40 гостей;

— кухонний блок, у якому здійснюється приготування їжі відповідно до санітарно-гігієнічних норм;

— складська кімната, де зберігаються харчові продукти, посуд і витратні матеріали;

— санітарний вузол (туалет) для обслуговування відвідувачів;

— приміщення персоналу, яке виконує функцію гардеробної та адміністративного офісу.

Загальна площа приміщення дозволяє одночасно обслуговувати велику кількість відвідувачів, що обумовлює підвищене навантаження на мережеву інфраструктуру у вечірній час і під час заходів.

Основні завдання проєкту:

— визначити оптимальні точки розміщення точок доступу Wi-Fi з урахуванням архітектури будівлі;

— забезпечити рівномірне покриття бездротовим сигналом у великих і малих банкетних залах, а також у службових приміщеннях;

— гарантувати якість зв’язку при високому навантаженні (наприклад, під час заходів із великою кількістю користувачів);

— закріпити позитивний імідж закладу як технологічно підготовленого до сучасних вимог комфорту та комунікацій.

Архітектурне планування об’єкта подано на рис.3.1. На його основі буде здійснено розрахунок зон покриття, визначено оптимальні місця для встановлення маршрутизаторів, проаналізовано можливі перешкоди для розповсюдження сигналу.

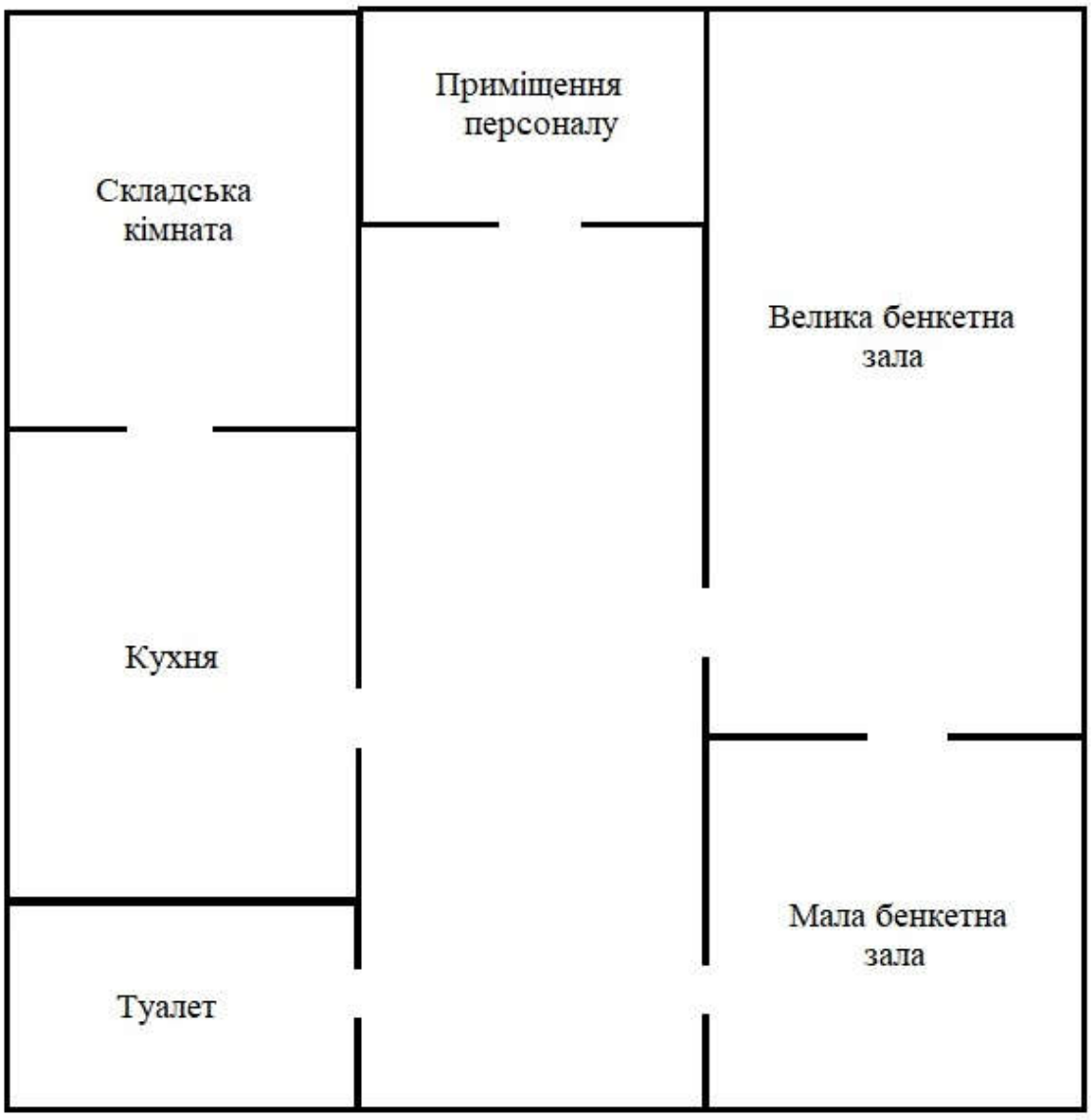


Рисунок 3.1 – Архітектурне планування будівлі підприємства

На підприємстві експлуатуються три сучасні персональні комп’ютери, які забезпечують базову офісну функціональність. Актуальні технічні характеристики обчислювальних пристроїв наведено нижче:

— Процесор — Intel Core i5-12400 (6 ядер, 12 потоків, базова частота 2.5 ГГц, турбочастота до 4.4 ГГц);

— Оперативна пам’ять — 16 ГБ DDR4, з можливістю розширення до 32 ГБ;

— Графічна підсистема — інтегроване графічне ядро Intel UHD Graphics 730;

— Накопичувач — твердотільний накопичувач SSD об’ємом 512 ГБ, інтерфейс NVMe;

— Блок живлення — 450 Вт з сертифікацією 80+ Bronze для енергоефективності.

Кожна робоча станція також укомплектована:

— LED-монітором з діагоналлю 24" і роздільною здатністю Full HD (1920×1080);

— маніпулятором типу «миша» з інтерфейсом USB;

— стандартною USB-клавіатурою;

— офісним струменевим або лазерним принтером з підтримкою мережевих функцій.

Всі три комп’ютери об’єднані в локальну мережу за допомогою п’ятипортового мережевого комутатора (рис.3.2).

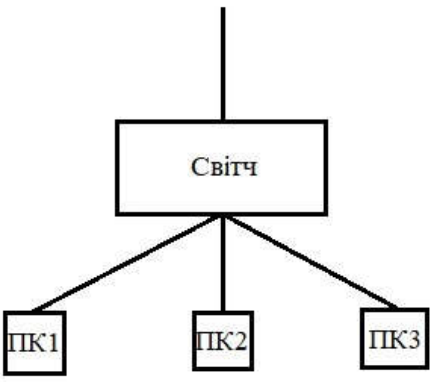


Рисунок 3.2 – Блок-схема взаємодії мережевих компонентів

На підприємстві використовуються такі програмні засоби:

— 1С:Підприємство — прикладне програмне забезпечення для автоматизації бухгалтерського та податкового обліку, включаючи формування регламентованої звітності. Забезпечує ефективну підготовку фінансових звітів та аналіз господарської діяльності підприємства.

— Microsoft Office — офісний програмний комплекс, що включає інструменти для роботи з текстовими документами, електронними таблицями, презентаціями та базами даних. Використовується для створення, обробки та збереження різноманітної документації.

— WinRAR — програмний архіватор для операційної системи Windows, який характеризується високим ступенем стиснення та швидкодією. Застосовується для ефективного зменшення обсягів даних та їхнього збереження на зовнішніх носіях.

Фізична організація мережі підприємства реалізована за допомогою топології типу «дерево», що є різновидом ієрархічної побудови мережевої структури. Цей тип топології поєднує переваги зіркоподібної конфігурації та можливість розширення мережі за рахунок додавання гілок. У разі виходу з ладу одного з сегментів мережі (гілки), підключені до нього пристрої втрачають доступ до мережевих ресурсів. Центральним вузлом такої структури виступає мережевий комутатор, який забезпечує маршрутизацію даних між вузлами локальної мережі (рис.3.3).

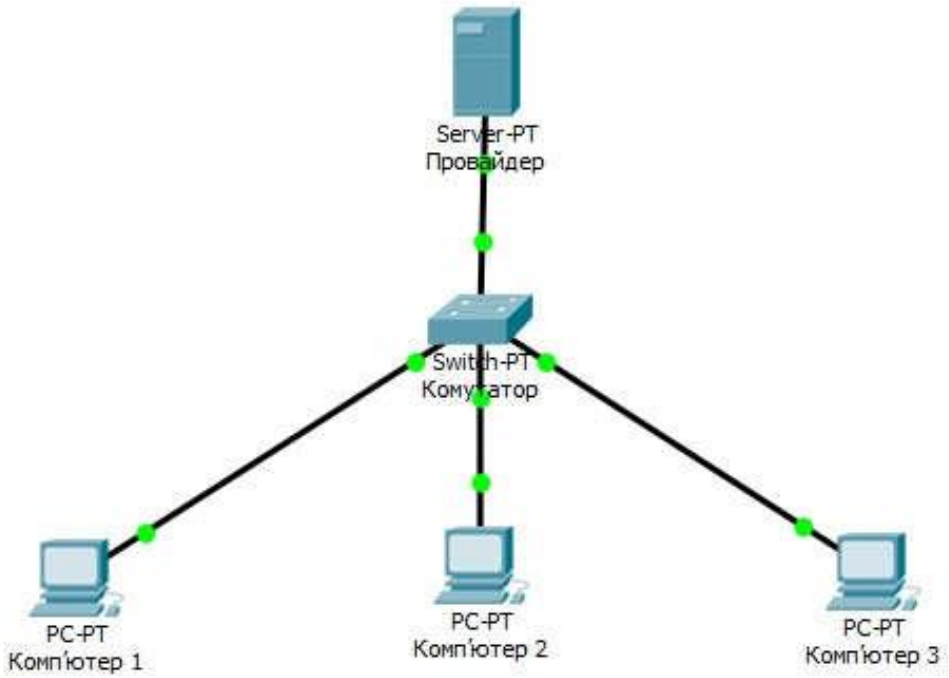


Рисунок 3.3 – Проєктування мережі підприємства за допомогою Cisco Packet Tracer

Серед переваг топології дерева варто зазначити її гнучкість у масштабуванні та зручність у адмініструванні мережі. Водночас до недоліків цієї топології належать залежність функціонування мережі від працездатності батьківських вузлів (вихід з ладу головного вузла призводить до втрати зв’язку з підлеглими елементами) та обмеження пропускної здатності. Проблему недостатньої пропускної спроможності частково вирішує використання топології «товстого» дерева.

Для підвищення ефективності функціонування комп’ютерної мережі підприємства доцільно здійснити перехід до безпровідної архітектури. Зокрема, пропонується встановити безпровідну точку доступу, а також забезпечити робочі станції відповідними Wi-Fi-адаптерами. Крім того, заміна стаціонарних ПК на мобільні пристрої (ноутбуки) сприятиме оптимізації робочого простору. Такий підхід дозволить значно зменшити кількість кабельних з’єднань, забезпечити гнучкий доступ користувачів до мережевих ресурсів (зокрема, принтерів), а також надати гостьовий доступ до мережі Інтернет.

3.2 Структурна модель побудови комп’ютерної мереж

Безпровідна мережа, що планується до впровадження, буде реалізована на основі стандарту IEEE 802.11ac. Керування мережею здійснюватиметься з будь-якого пристрою, що має доступ до мережі, за умови його попередньої авторизації з правами адміністратора.

Оскільки мережа буде використовуватися як персоналом підприємства, так і відвідувачами, було прийнято рішення розробити відповідну архітектуру, що враховує потреби обох категорій користувачів. Схематичне представлення проектованої мережі наведено на рис.3.4.

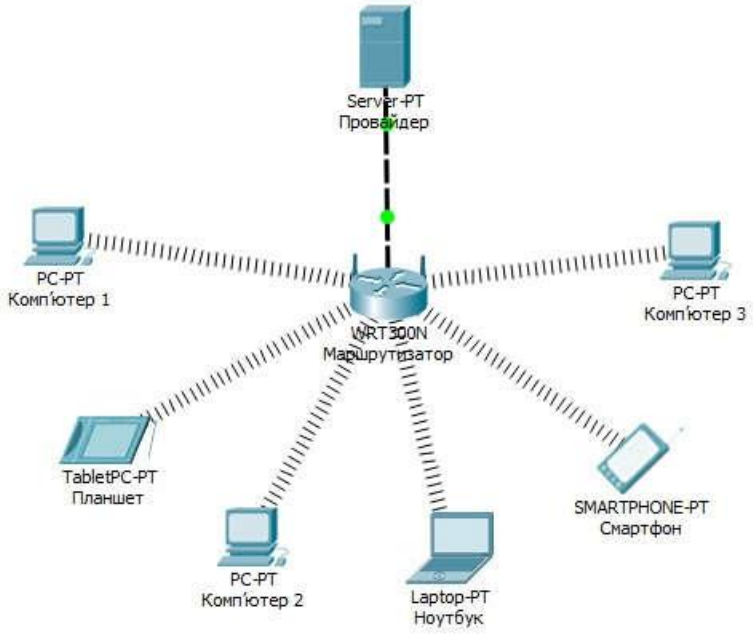


Рисунок 3.4 — Імітаційне моделювання безпровідної мережі за допомогою Cisco Packet Tracer

Організація мережі:

— Для реалізації безпровідного доступу до локальної мережі передбачається встановлення маршрутизатора TP-LINK TL-WR940N у службовому приміщенні персоналу. Обране приміщення є оптимальним з огляду на його центральне розташування у будівлі, що сприятиме рівномірному покриттю

безпровідним сигналом. Окрім цього, обмежений фізичний доступ до маршрутизатора сторонніми особами підвищує загальний рівень безпеки мережі.

— Провести конфігурацію маршрутизатора, здійснити налаштування параметрів моніторингу та засобів захисту мережі.

— Забезпечити організацію підключення до мережі Інтернет.

Схематичне зображення зони покриття безпровідного сигналу наведено на рису.3.5.

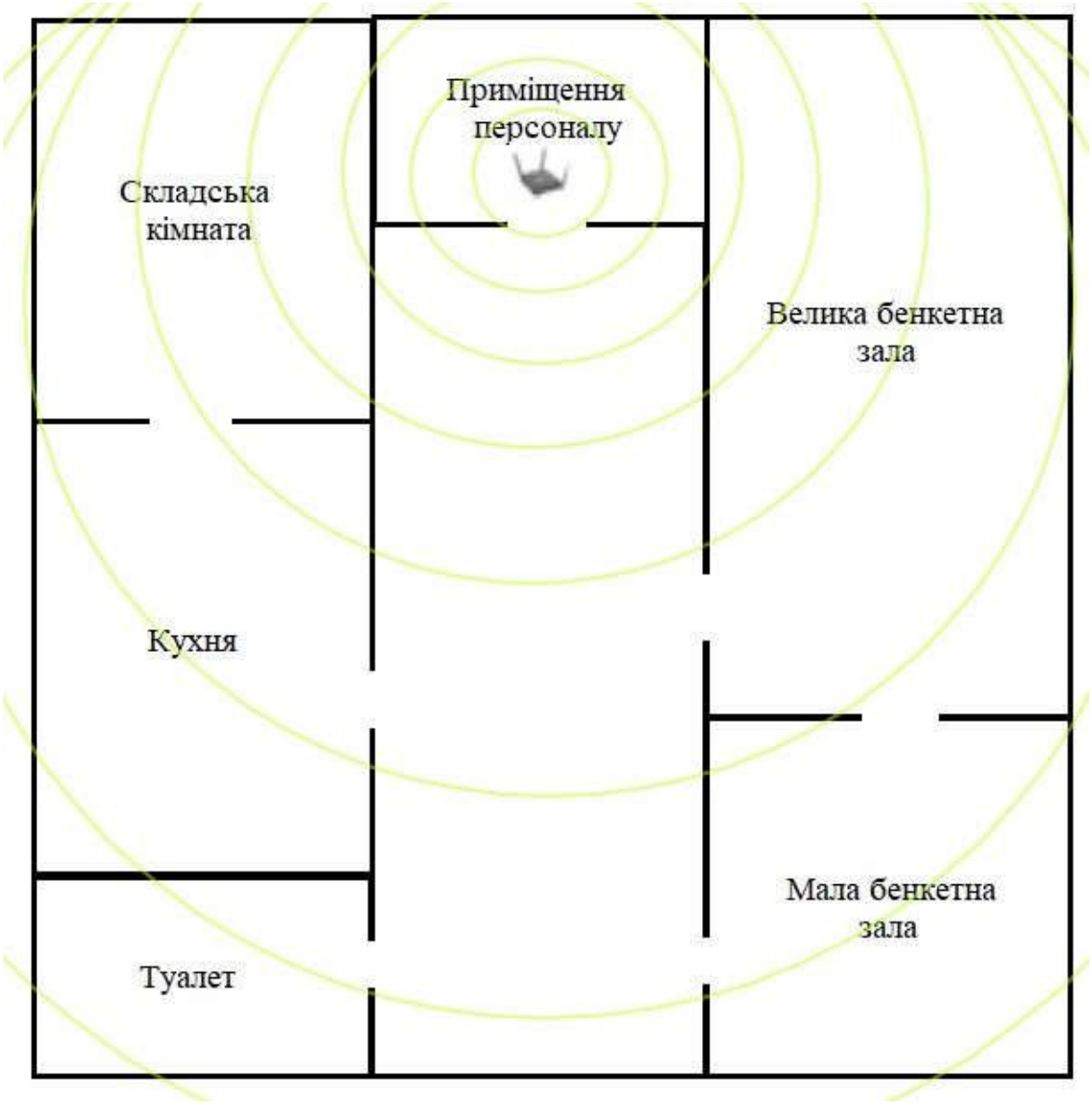


Рисунок 3.5 – Схема розповсюдження сигналу

3.3 Інформаційна безпека бездротової мережі підприємства

Пристрої, що відповідають стандарту 802.11, обмінюються даними через радіочастотний спектр, використовуючи радіохвилі як середовище передавання. Передавання інформації здійснюється у вигляді широкомовного сигналу, що приймається всіма сумісними приймачами в межах діапазону частот. Основним недоліком такого підходу є те, що будь-який пристрій, який працює в тому самому частотному діапазоні, може перехоплювати цей сигнал. У разі відсутності засобів захисту, будь-який клієнтський пристрій, сумісний зі стандартом 802.11, здатен отримати доступ до інформації, що передається в межах мережі.

Для забезпечення базового рівня безпеки необхідне впровадження механізмів, які обмежують доступ до мережі лише авторизованим користувачам. Цього досягають шляхом реалізації процедур аутентифікації, що дозволяють визначити, хто саме має право підключення до бездротової мережі. Додатково, для захисту переданої інформації застосовуються криптографічні алгоритми, що забезпечують конфіденційність даних у безпровідному середовищі.

Схематичне представлення системи захисту бездротової мережі наведено на рис.3.6.

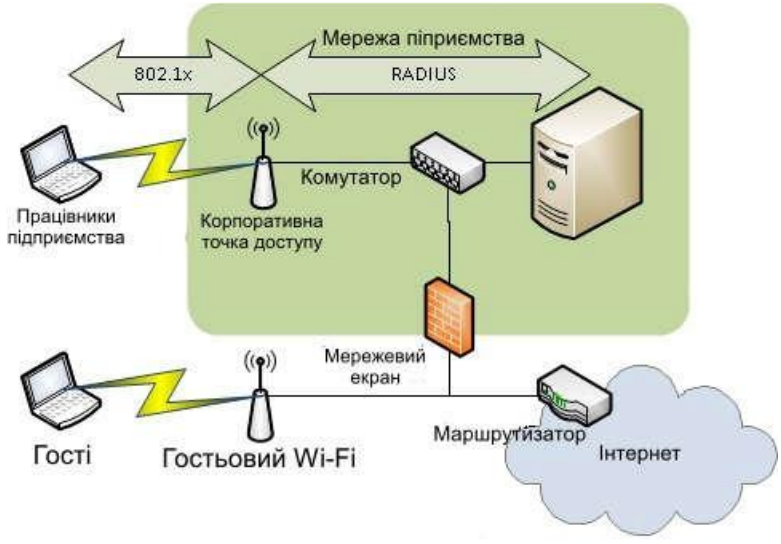


Рисунок 3.6 — Організація безпеки Wi-Fi-інфраструктури на підприємстві

Для забезпечення конфіденційності переданих даних у безпровідних мережах використовуються різноманітні алгоритми шифрування, що реалізуються у межах протоколів сімейства IEEE 802.11. Основними з них є:

— WEP (Wired Equivalent Privacy) — базовий протокол шифрування, що застосовує симетричний потоковий шифр RC4 (Rivest Cipher 4). Підтримуються два варіанти довжини ключа: 64 біти (40-бітний ключ із 24-бітним вектором ініціалізації) та 128 біт (104-бітний ключ з тим самим вектором). Незважаючи на простоту реалізації, протокол WEP не забезпечує належного рівня захисту та вважається застарілим.

— TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) — розширення WEP, що також використовує RC4, але з вектором ініціалізації розміром 48 біт. Включає механізм перевірки цілісності повідомлень (MIC — Message Integrity Check), який забезпечує блокування клієнта у разі виявлення спроби підміни даних. Однак, попри удосконалення, TKIP не є криптостійким за сучасними мірками.

— CKIP (Cisco Key Integrity Protocol) — реалізація компанії Cisco, яка має схожі риси з TKIP. Для контролю цілісності повідомлень використовується власний механізм — CMIC (Cisco Message Integrity Check).

— WPA (Wi-Fi Protected Access) — стандарт, що замінює WEP. Основою є застосування алгоритму AES (Advanced Encryption Standard), який значно підвищує рівень криптостійкості. Підтримуються режими:

— WPA-PSK (Pre-Shared Key) — автентифікація за спільним паролем;

— WPA-Enterprise — автентифікація за допомогою сервера RADIUS та протоколу EAP (Extensible Authentication Protocol).

— WPA2 (IEEE 802.11i) — подальший розвиток WPA, обов’язковий для усіх сертифікованих Wi-Fi пристроїв з 2006 року. Запроваджено використання протоколу CCMP (Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol), що базується на AES та забезпечує високий рівень захисту. Як і в WPA, підтримуються режими PSK та Enterprise. Для сумісності передбачено можливість використання TKIP та EAP.

3.4 Технічне налаштування компонентів WLAN

Для здійснення первинного налаштування безпровідної мережі необхідно увійти до інтерфейсу конфігурації маршрутизатора. Це здійснюється шляхом введення локальної IP-адреси пристрою (за замовчуванням — 192.168.0.1) у адресному рядку будь-якого веб-браузера. Після завантаження сторінки з'являється форма авторизації, у якій слід зазначити відповідні облікові дані — ім’я користувача та пароль (рис.3.7).

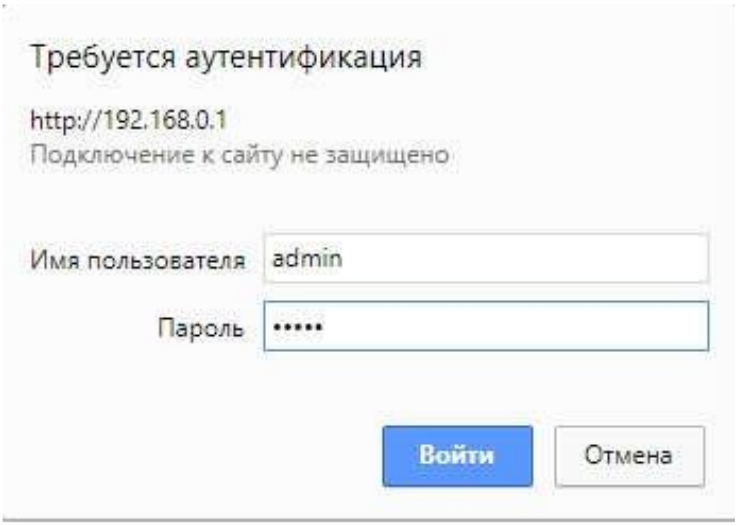


Рисунок 3.7 – Авторизація в інтерфейсі керування маршрутизатором

Після проходження процедури авторизації користувач отримує доступ до веб-інтерфейсу маршрутизатора, де відображається вікно статусу пристрою, а також доступні параметри конфігурації провідної та безпровідної мережі (рис.3.8).



Рисунок 3.8 – Інтерфейс перегляду стану маршрутизатора

Наступним етапом є конфігурація підключення маршрутизатора до глобальної мережі Інтернет. Для цього у веб-інтерфейсі пристрою необхідно перейти до вкладки «Мережа» та відкрити розділ «WAN». У цьому розділі виконується вибір типу підключення, наприклад, динамічної або статичної IP-адреси, а також задається ім’я хоста пристрою (рис. 3.9).

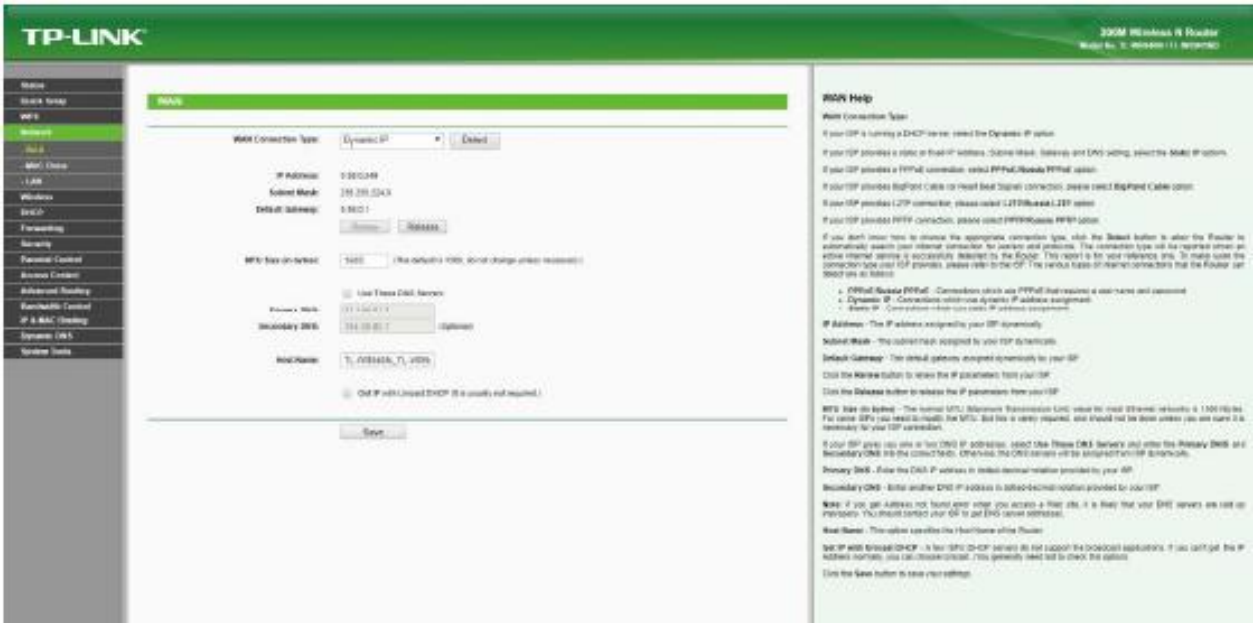


Рисунок 3.9 – Конфігурація підключення до глобальної мережі Інтернет

Після цього виконується конфігурація безпровідної мережі. Для цього необхідно перейти до вкладки «Wireless» та обрати підвкладку «Wireless Settings». У відповідному меню задається ім’я мережі (SSID), вибирається регіон, стандарт роботи, а також номер каналу. Рекомендується обирати канал, що не перетинається з каналами інших маршрутизаторів для уникнення радіоперешкод (рис.3.10).



Рисунок 3.10 – Конфігурація параметрів безпровідного з'єднання

На наступному етапі здійснюється конфігурування параметрів безпеки для автентифікації клієнтських пристроїв у безпровідній мережі. Для цього необхідно перейти до вкладки «Безпровідна безпека» (Wireless Security), де встановлюються тип шифрування, його версія та метод реалізації. Додатково задається пароль доступу до мережі. За потреби можна активувати функцію автоматичної зміни ключа доступу через визначений часовий інтервал, що підвищує рівень захищеності з’єднання (рис.3.11).



Рисунок 3.11 – Конфігурація параметрів захисту

Після завершення конфігурації маршрутизатор автоматично зберігає внесені параметри та ініціює перезавантаження системи. Цей процес зазвичай триває від 1 до 2 хвилин. Після повторного завантаження пристрою безпровідна мережа вважається готовою до експлуатації.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної роботи було реалізовано повноцінний проєкт побудови безпровідної комп’ютерної мережі підприємства на основі стандарту IEEE 802.11ac. Проведений аналіз сучасних технологій бездротового зв’язку дозволив обґрунтувати вибір саме цього стандарту, зважаючи на його переваги у швидкості передавання даних, стабільності з’єднання, енергоефективності та широкій зоні покриття.

У ході проєктування:

— обрано технічні засоби — маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N і адаптери TP-LINK Archer T2UH — з урахуванням специфіки приміщення та потреб користувачів;

— розроблено логічну і фізичну структуру мережі, оптимізовано розміщення обладнання з метою досягнення максимальної зони покриття сигналу;

— змодельовано мережу в середовищі Cisco Packet Tracer для перевірки її працездатності та візуалізації взаємодії пристроїв;

— реалізовано налаштування маршрутизатора, включаючи конфігурацію безпровідної мережі, підключення до Інтернету, а також встановлення параметрів безпеки доступу;

— розроблено систему захисту бездротової мережі на основі WPA2 із використанням сучасних алгоритмів шифрування та аутентифікації.

Запропоноване рішення дозволяє значно підвищити гнучкість мережевої інфраструктури підприємства, спростити розгортання мережі, зменшити кількість кабельних з’єднань та забезпечити зручний доступ до Інтернету як для працівників, так і для відвідувачів. Перехід до безпровідної мережі є технічно доцільним та економічно обґрунтованим рішенням, що відповідає сучасним вимогам до організації локальних комп’ютерних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Таненбаум Е. С., Уезеролл Д. Дж. Комп'ютерні мережі. – К.: Діалектика, 2012. – 960 с.
2. Курган М. М., Кушніренко О. В. Комп'ютерні мережі: підручник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 296 с.
3. Олійник В. В., Приймак І. Ю. Основи комп'ютерних мереж. – К.: ВНТУ, 2020. – 204 с.
4. Forouzan B. Data Communications and Networking. – New York: McGraw-Hill, 2013. – 1264 p.
5. Andrews J. A+ Guide to Managing and Maintaining Your PC. – Cengage Learning, 2016. – 928 p.
6. Behrouz A. Forouzan. TCP/IP Protocol Suite. – McGraw-Hill Education, 2010. – 960 p.
7. Comer D. E. Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architecture. – Pearson, 2013. – 744 p.
8. Held G. Data Communications and Networking Basics. – Wiley, 2000. – 392 p.
9. Ciampa M. Guide to Wireless Communications. – Cengage Learning, 2017. – 640 p.
10. Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach. – Pearson, 2017. – 864 p.
11. Gast M. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide. – O'Reilly Media, 2005. – 672 p.
12. Hucaby D. Cisco Wireless LAN Security. – Cisco Press, 2004. – 528 p.
13. Hucaby D. CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide. – Cisco Press, 2016. – 576 p.
14. Seifert R., Edwards J. The All-New Switch Book: The Complete Guide to LAN Switching Technology. – Wiley, 2008. – 864 p.
15. Oppenheimer P. Top-Down Network Design. – Cisco Press, 2010. – 528 p..

Додаток А

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій
Кафедра Комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему: «Безпровідна комп'ютерна мережа на основі стандарту 802.11ac»

Виконав студент групи КСЗ-51
Гаргаєв Богдан Эдуардович

Керівник кваліфікаційної роботи:
Кузьмич Ірина Богданівна,
старший викладач кафедри КІ

Київ – 2025

Мета роботи – Проєктування безпровідної комп'ютерної мережі підприємства з використанням сучасного стандарту IEEE 802.11ac для забезпечення надійного доступу до ресурсів і підвищення гнучкості мережевої інфраструктури.

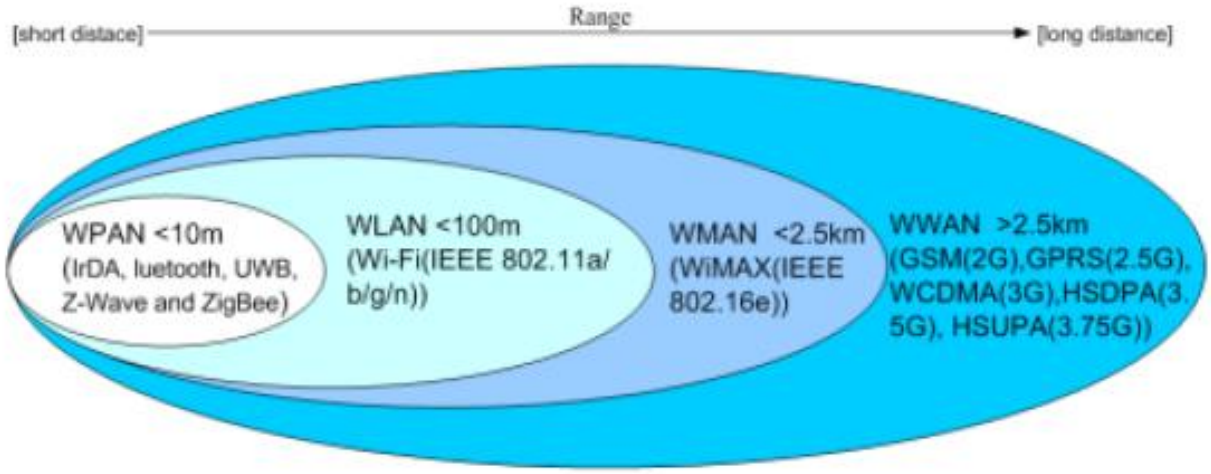
Об`єкт дослідження – Безпровідна локальна мережа підприємства.

Предмет дослідження – Методика організації бездротового підключення до мережі з урахуванням топології, вибору обладнання, стандартів зв'язку та вимог до захисту даних.

Актуальність обраної теми

У сучасних умовах цифрової трансформації бізнесу безпровідні комп'ютерні мережі стають основою мобільності та ефективної взаємодії користувачів з інформаційними ресурсами. Стандарт IEEE 802.11ac дозволяє забезпечити високу швидкість передавання даних, розширене покриття та покращену надійність з'єднання, що є критично важливим для сучасного підприємства.

Класифікація бездротових технологій



Розвиток стандартів Wi-Fi

IEEE Standard	Year Adopted	Frequency	Max. Data Rate	Max. Range
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	400 ft.
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	450 ft.
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	450 ft.
802.11n	2009	2.4/5 GHz	600 Mbps	825 ft.
802.11ac	2014	5 GHz	1 Gbps	1,000 ft.
802.11ac Wave 2	2015	5 GHz	3.47 Gbps	10 m.
802.11ad	2016	60 GHz	7 Gbps	30 ft.
802.11af	2014	2.4/5 GHz	26.7 Mbps – 568.9 Mbps (depending on channel)	1,000 m.
802.11ah	2016	2.4/5 GHz	347 Mbps	1,000 m.
802.11ax	2019 (expected)	2.4/5 GHz	10 Gbps	1,000 ft.
802.11ay	late 2019 (expected)	60 GHz	100 Gbps	300-500 m.
802.11az	2021 (expected)	60 GHz	Device tracking refresh rate 0.1-0.5 Hz	Accuracy <1m to <0.1m

Підбір обладнання

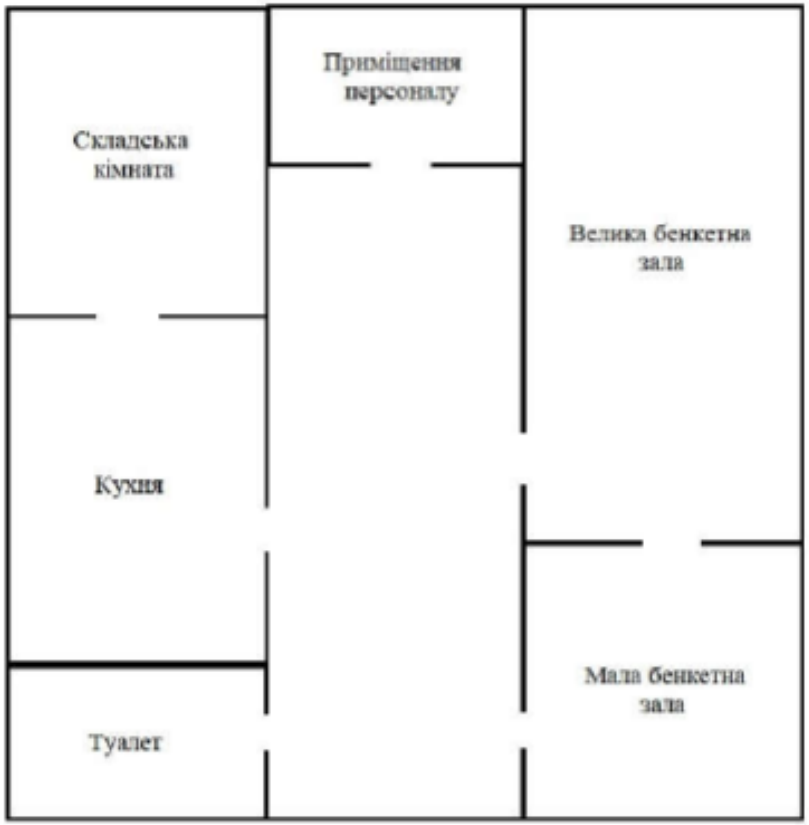


Рисунок 6.1 – TP-LINK TL-WR940N

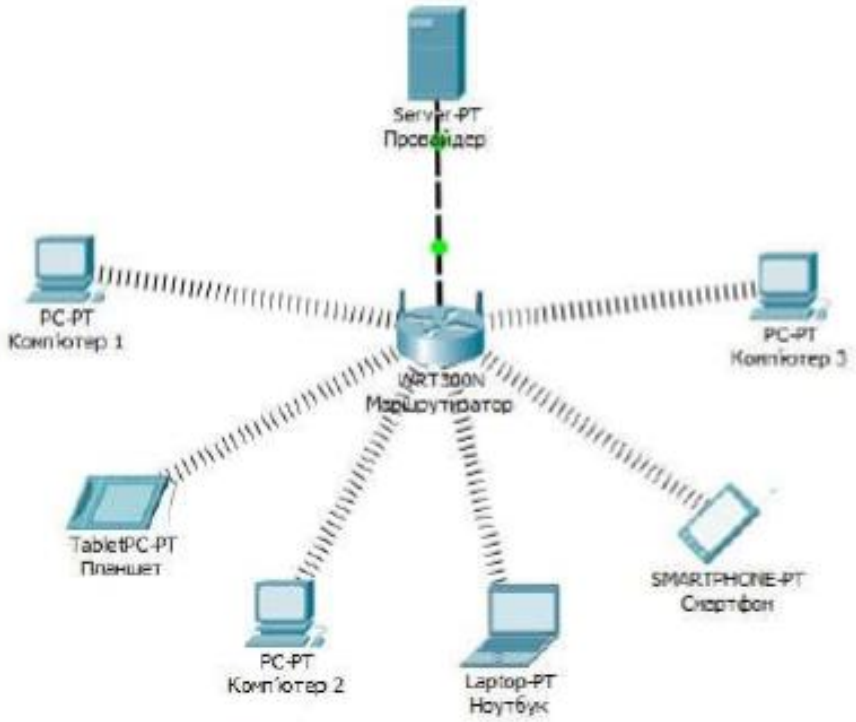


Рисунок 6.2 – TP-LINK Archer T2UH

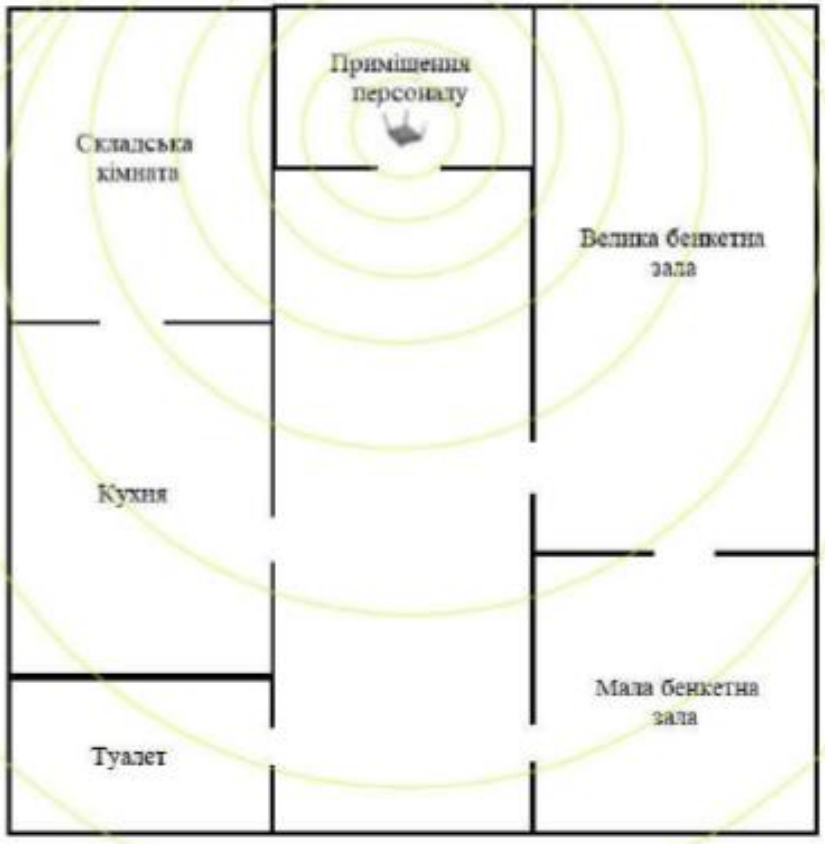
Архітектура підприємства «Сузір’я»



Топологія мережі



Зона покриття



Технічне налаштування

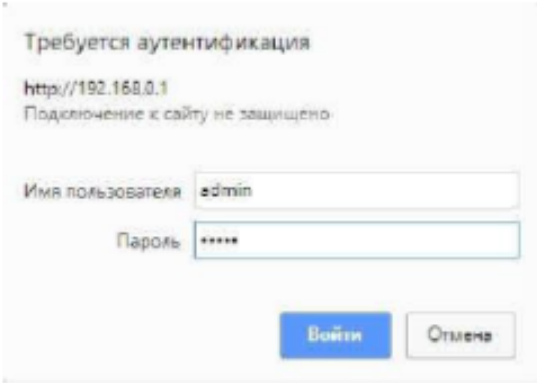


Рис 11.1 - Авторизація в інтерфейсі



Рис 11.2 - Інтерфейс перегляду стану маршрутизатора



Рис 11.3 - Конфігурація підключення до глобальної мережі Інтернет



Рис 11.4- Конфігурація параметрів безпровідного з'єднання



Рис 11.5 - Конфігурація параметрів захисту

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної роботи було реалізовано повноцінний проєкт побудови безпровідної комп'ютерної мережі підприємства на основі стандарту IEEE 802.11ac. У ході проєктування:

— обрано технічні засоби — маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N і адаптери TP-LINK Archer T2UH — з урахуванням специфіки приміщення та потреб користувачів;

— розроблено логічну і фізичну структуру мережі, оптимізовано розміщення обладнання з метою досягнення максимальної зони покриття сигналу;

— змодельовано мережу в середовищі Cisco Packet Tracer для перевірки її працездатності та візуалізації взаємодії пристроїв;

— реалізовано налаштування маршрутизатора, включаючи конфігурацію безпровідної мережі, підключення до Інтернету, а також встановлення параметрів безпеки доступу;

Запропоноване рішення дозволяє значно підвищити гнучкість мережевої інфраструктури підприємства, спростити розгортання мережі, зменшити кількість кабельних з'єднань та забезпечити зручний доступ до Інтернету як для працівників, так і для відвідувачів. Перехід до безпровідної мережі є технічно доцільним та економічно обґрунтованим рішенням, що відповідає сучасним вимогам до організації локальних комп'ютерних мереж