

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

(повна назва)

Кафедра

Інформаційно-мережної інженерії

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Аналіз ефективності використання AD-НОС мереж

у торговому комплексі

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ІМІзм-19-2

Перевало О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 «Телекомунікації

та радіотехніка»

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____

«Інформаційно-мережна інженерія»

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Бараннік В.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Безрук В.М.

(прізвище, ініціали)

2021 р.

Не містить відомостей заборонених до відкритого публікування.

Студент

/ Перевало О.Ю. /

Керівник

/ Бараннік В.В. /

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії

(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма «Інформаційно-мережна інженерія»

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Перевало Олександрю Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз ефективності використання AD-НОС мереж
у торговому комплексі

затверджена наказом університету від 25 березня 2021 р. № 33 Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 26 травня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Фізичне розташування мережі: торговий комплекс. Технологічна основа: частотний діапазон - 2,4 ГГц; швидкість передачі – 300 Мбіт/с; сумісність зі стандартами 802.11 a/b/g; дальність зв'язку в приміщенні 50-100 м; дальність зв'язку поза приміщення 500 м. Проаналізувати підходи щодо впровадження технології Wi-Fi у локальних мережах, основні елементи, характеристики та принципи роботи. Розробити можливий варіант побудови локальної бездротової мережі. Проаналізувати показники забезпечення потрібної якості передачі трафіку та провести моделювання схеми розміщення точок доступу з відстеженням планованої зони покриття

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ та висновки

1. Огляд технологій бездротового доступу Wi-Fi

2. Аналіз особливостей побудови бездротових локальних мереж на основі технології WMN

3. Планування бездротової мережі торговельного комплексу

4. Розрахункова частина

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) назва, мета і актуальність роботи, класифікація бездротових технологій, архітектура бездротової комірчастої мережі, класифікація бездротових багато вузлових мереж, інфраструктурна mesh-мережа, вибране обладнання для будівництва мережі, необхідна зона покриття мережі та розташування обладнання 1, 2, 3 та 4 поверхів, висновки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.</i>	25.03 – 26.03.21	<i>виконано</i>
2	<i>Підбір літератури за темою роботи.</i>	27.03 – 01.04.19	<i>виконано</i>
3	<i>Виконання розділу 1</i>	02.04 – 09.04.21	<i>виконано</i>
4	<i>Виконання розділу 2</i>	10.04 – 24.04.21	<i>виконано</i>
5	<i>Виконання розділу 3</i>	25.04 – 04.05.21	<i>виконано</i>
6	<i>Виконання розділу 4</i>	05.05 – 23.05.21	<i>виконано</i>
7	<i>Оформлення презентаційного матеріалу, підготовка до захисту у ЕК</i>	24.05 – 27.05.21	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання 25 березня 2021 р.

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Бараннік В.В.

(підпис)

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71 сторінки, 28 рисунків, 9 таблиць, 25 джерел, 2 додатки.

Об'єкт дослідження – локальна бездротова мережа.

Мета атестаційної роботи – виконати аналіз основ побудови і розробки бездротових мереж за технологією AD-HOC.

Розглянуто основні технології бездротових локальних комп'ютерних мереж. Відзначено їх основні компоненти та топології. Проведено аналіз основних стандартів бездротових мереж на базі технології mesh, відзначено їх основні характеристики та область застосування. Приведено зразок побудови локальної мережі у торговому комплексі, обрана оптимальна, для такої мережі, технологія та топологія. На основі аналізу умов приміщення комплексу запропоновано умови для раціонального розташування технічних засобів.

Проведено розрахунок зони дії точок доступу, змодельовано зону покриття для бездротової мережі з урахуванням конкретних умов поширення сигналу.

БЕЗДРОТОВЕ З'ЄДНАННЯ, БЕЗДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, WI-FI, AD-HOC, MIMO, ТОЧКА ДОСТУПУ, БЕЗДРОТОВИЙ КОНТРОЛЕР, WEP, WPA.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 71 p., 28 fig., 9 tabl., 25 sources, 2 app.

The object of research - local wireless network.

The purpose of certification work - to perform an analysis of the basics of building and developing wireless networks with AD-HOC technology.

The basic technologies of wireless local computer networks are considered. Their main components and topologies are noted. The basic standards of wireless networks based on mesh technology have been analyzed, their main characteristics and scope are noted. The example of construction of a local network in a trading complex is presented, the optimal choice for such a network is chosen, technology and topology. Based on the analysis of the premises conditions of the complex, conditions for rational arrangement of technical facilities are proposed.

The zone of operation of access points was calculated, the coverage area for the wireless network was modeled taking into account the specific conditions of the signal propagation.

WIRELESS CONNECTION, NETWORK, LOCAL NETWORK, WI-FI, AD-HOC, MIMO, ACCESS POINT, WIRELESS CONTROLLER, WEP, WPA.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	С.	8
ВСТУП.....		9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ WI-FI.....		10
1.1 Аналіз розвитку технологій бездротового доступу.....		10
1.2 Основні стандарти Wi-Fi.....		11
1.3 Самоорганізуючі MESH-мережі для приватного використання.....		15
1.4 Приклади технологій на базі mesh-мереж.....		16
1.5 Особливості маршрутизації в бездротових самоорганізуючих мережах.....		18
1.6 Аналіз бездротових багато-вузлових мереж зв'язку.....		19
2 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ БЕЗДРОТОВИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ WMN.....		23
2.1 Особливості коміркової топології.....		23
2.2 Область застосування коміркової топології.....		24
2.3 Коміркова топологія в бездротових локальних мережах.....		25
2.4 Маршрутизація та алгоритми маршрутизації в Mesh-мережах.....		27
3 ПЛАНУВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ ТОРГІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ.....		30
3.1 Загальні відомості.....		30
3.2 Основні рішення по організації мережі в торговому комплексі.....		33
3.3 Вибір обладнання.....		34
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....		43
4.1 Розрахунок ефективності ізотропної випромінюваної потужності...		43
4.2 Розрахунок зони дії сигналу.....		43
4.3 Складання карти зон покриття.....		46
ВИСНОВКИ.....		58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....		59
ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....		62
ДОДАТОК Б ПУБЛІКАЦІЇ.....		68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ANSI – (American National Standards Institute) національний інститут стандартизації США;

CSMA/CD – (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) метод множинного доступу з пізнанням несучої і виявленням колізій;

DES – (Data Encryption Standard) симетричний алгоритм шифрування;

ETSI – (European Telecommunications Standards Institute) європейський інститут з стандартизації в області телекомунікацій;

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

LAN – (Local Area Network) локальні мережі;

MAC – (Media Access Control) управління доступом до середовища;

MIMO – (Multiple Input Multiple Output) багатоканальний вхід багатоканальний вихід;

OFDM – (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) ортогональне частотне розділення каналів з мультиплексуванням;

PBCC – (Packet Binary Convolutional Coding) двійкове пакетне згорткове кодування;

QAM – (Quadrature Amplitude Modulation) квадратурна амплітудна модуляція;

QPSK – (Quadrature Phase Shift Keying) квадратурна фазова маніпуляція;

VLAN – (Virtual Local Area Network) віртуальна локальна комп'ютерна мережа;

VPN – (Virtual Private Network) віртуальні приватні мережі;

WAN – (Wide Area Network) глобальна обчислювальна мережа.

ВСТУП

На сьогоднішній день бездротові технології відносяться до найбільш стрімко розвиваючих областей інфокомунікаційних технологій, особливо затребувані вони у сфері бізнесу та ІТ. Користувачі з бездротовим доступом можуть працювати набагато продуктивніше, ніж їх колеги, що прив'язані до дротяних комп'ютерних мереж, так як мобільність користувача стає все більш затребуваною.

На теперішній час, технологія бездротових мереж Wi-Fi є найбільш зручною для випадків де необхідна мобільність користувачів та простота установки обладнання. Wi-Fi (від англ. Wireless fidelity - бездротовий зв'язок) - стандарт широкосмугового бездротового зв'язку сімейства 802.11 [1]. Ця технологія Wi-Fi використовується для організації бездротових локальних комп'ютерних мереж, та створення вільних точок hot-spot у для надання високошвидкісного інтернет-доступу.

Бездротові мережі володіють, в порівнянні з традиційними дротовими мережами, багатьма перевагами, такими як простота побудови, гнучкість архітектури, коли забезпечується можливість динамічної зміни топології мережі, переходу мобільних користувачів між точками доступу без значних затримок у часі, швидкість планування та побудови, що важливо при жорстких вимогах до характеристик побудови мережі. Так само, бездротова мережа потребує значно меншої кількості кабелів.

У той же час сучасні бездротові мережі все ще мають серйозні недоліки. Одним із яких є залежність швидкості передачі даних і радіусу дії від наявності перешкод між приймачем і передавачем. Способом збільшення ефективності та зони роботи бездротової мережі є впровадження розподіленої мережі бездротового доступу, що називають самоорганізуючими мережами AD-HOC.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ WI-FI

1.1 Аналіз розвитку технологій бездротового доступу

Спочатку у телекомунікаціях термін "бездротовий" (wireless) використовувався у досить широкому діапазоні систем радіозв'язку, тобто буквально завжди, коли передача інформації здійснювалася по радіоканалу. Пізніше слово "бездротовий" стало вживатися як заміна "радіо" (radio) або "радіочастота" (RF - radio frequency). На сьогодні ці поняття вважаються синонімами в тому випадку, коли мова йде про діапазон частот від 3 кГц до 300 ГГц. Але термін "радіо" все ж частіше використовується для опису таких технологій, як радіомовлення, супутниковий зв'язок, радіолокація, радіотелефонний зв'язок і т.д.. А ось термін "бездротовий" прийнято відносити до більш нових технологій, таких, як мікростільникова і стільникова телефонія, пейджинг, абонентський доступ і т.п.

Розрізняють три основні типи бездротових мереж за територіальною ознакою (рис. 1.1): WWAN (Wireless Wide Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network) і WPAN (Wireless Personal Area Network) [2].

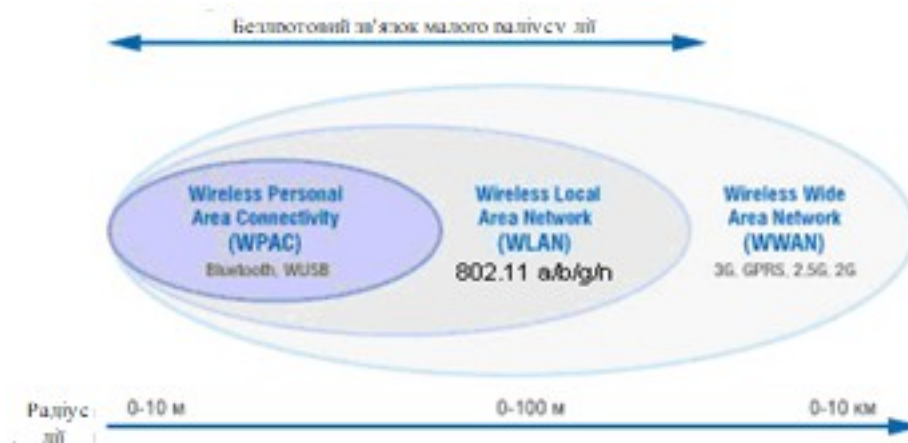


Рисунок 1.1 – Класифікація бездротових мереж за радіусом дії

Ключова відмінність між різними бездротовими технологіями (рис. 1.2) - діапазон робочих частот і характеристики радіо-інтерфейсу. Мережі WLAN і WPAN працюють у вільних для використання неліцензійних діапазонах частот 2,4 і 5 ГГц, тобто при їх розгортанні не потрібно координувати свій частотний

діапазон з іншими радіомережами, що можуть працювати в тому ж діапазоні. Мережі BWA (Broadband Wireless Access) працюють у ліцензійному та неліцензійному діапазонах одночасно (від 2 до 66 ГГц).

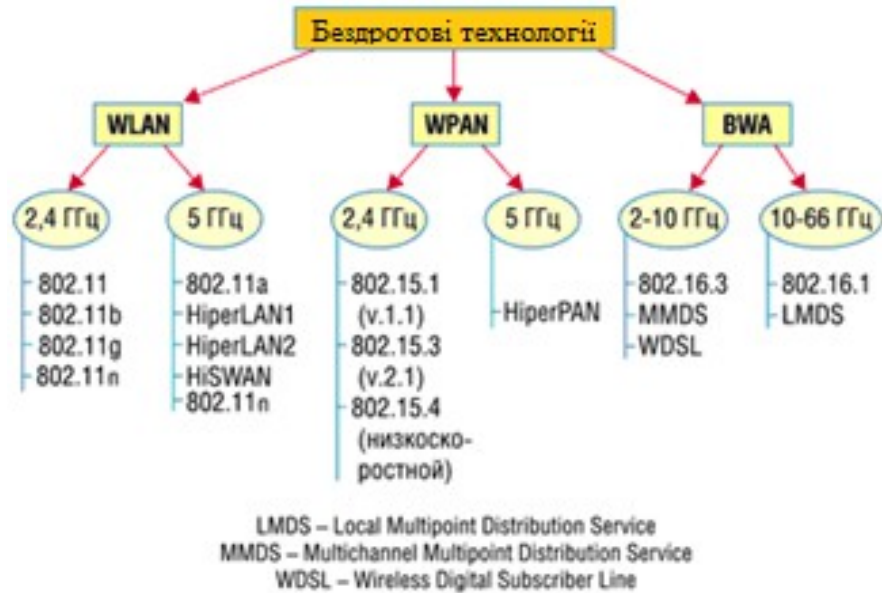


Рисунок 1.2 - Класифікація бездротових технологій

Основна функція бездротових локальних мереж (WLAN) - організація доступу абонентам до інформаційних ресурсів на невеликій території. Також до WLAN відноситься організація громадських комерційних точок доступу в багатолюдних місцях - готелях, аеропортах, кафе, торговельних комплексах і ін..

Бездротові локальні мережі створюються на основі сімейства стандартів IEEE 802.11. Ці мережі відомі також як Wi-Fi (Wireless Fidelity), і хоча сам термін Wi-Fi, в стандартах явно не прописаний, бренд Wi-Fi отримав в світі найширше розповсюдження [1].

1.2 Основні стандарти Wi-Fi

На сьогоднішній день широко використовується переважно три стандарти технології IEEE 802.11 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Основні параметри стандартів групи IEEE 802.11

Стандарт	802.11g	802.11a	802.11n
Частотний діапазон, ГГц	2,4-2,483	5,15-5,25	2,4 або 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
Метод модуляції	BPSK, QPSK OFDM	BPSK, QPSK OFDM	BPSK, 64-QAM
Дальність зв'язку в приміщенні, м	20-50	10-20	50-100
Дальність зв'язку поза приміщенням, м	250	150	500

Стандарт IEEE 802.11g, прийнятий в 2003 році, є логічним розвитком стандарту 802.11b і передбачає передачу даних в тому ж частотному діапазоні, але з більш високими швидкостями. Крім того, стандарт 802.11g повністю сумісний з 802.11b, тобто будь-який пристрій 802.11g має підтримувати роботу з пристроями 802.11b. Максимальна швидкість передачі даних в стандарті 802.11g становить 54 Мбіт/с [2].

Стандарт IEEE 802.11a передбачає швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с. На відміну від базового стандарту специфікаціями 802.11a передбачена робота в новому частотному діапазоні 5ГГц. В якості методу модуляції сигналу вибрано ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), що забезпечує високу стійкість зв'язку в умовах багатопроменевого поширення сигналу [1].

За технікою модуляції протокол 802.11a схожий на 802.11g. На низьких швидкостях передачі для модуляції піднесучих частот використовується двійкова BPSK і квадратурна фазові модуляції QPSK. У BPSK в одному символі кодується один інформаційний біт, а при QPSK-модуляції в одному символі кодуються два інформаційних біта. Відповідно модуляція BPSK використовується для передачі даних на швидкостях 6 і 9 Мбіт/с, а модуляція QPSK - на швидкостях 12 і 18 Мбіт/с.

Для передачі більш високих швидкостей в стандарті 802.11a використовуються квадратурні амплітудні модуляції 16-QAM і 64-QAM. Відповідно у першому випадку береться 16 станів сигналу, якими можна закодувати 4 біта в одному символі, а в другому - вже 64 можливі стани сигналів, тобто можна закодувати послідовність з 6 бітів одним символом.

Відповідно модуляція 16-QAM застосовується на швидкостях 24 і 36 Мбіт/с, а 64-QAM - на швидкостях 48 і 54 Мбіт/с.

Стандарт IEEE 802.11n був затверджений 11 вересня 2009 року 802.11n по швидкості передачі можна порівняти з провідними стандартами. Максимальна швидкість передачі стандарту 802.11n приблизно в 5 разів перевищує продуктивність класичного Wi-Fi [4].

Збільшення швидкості передачі в стандарті IEEE 802.11n було досягнуто за рахунок подвоєнню ширини каналу з 20 до 40 МГц та використанні технології MIMO.

Технологія MIMO (Multiple Input Multiple Output) передбачає одночасне застосування декількох передавальних і приймальних антен (рис. 1.3). Попередні стандарти використовували відповідно системи з однієї передавальної і однієї приймаючої антеною - SISO (Single Input Single Output).

Стандарт IEEE 802.11n використовує одночасно технології OFDM-MIMO. В ньому є деталі, що запозичені зі стандарту 802.11a, але в 802.11n передбачається робота на двох частотних діапазонах або 5, або 2,4 ГГц [4].

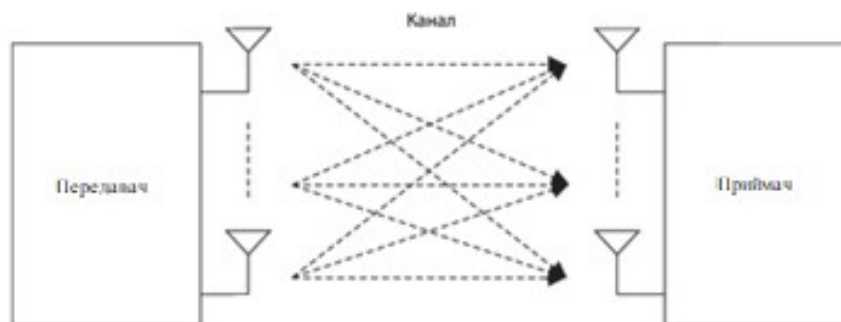


Рисунок 1.3 - Принцип реалізації технології MIMO

Вся передавальна послідовність ділиться на паралельні потоки, з яких на приймачі відновлюється вихідний сигнал. При цьому виникає певна складність - кожна антена приймає суперпозицію сигналів, які необхідно відділяти один від одного. Для цього на приймачі працює спеціально розроблений алгоритм просторового виявлення сигналу. Він заснований на виділенні піднесучої і буде тим складнішим, чим більше їх число. Головним недоліком використання MIMO є складність і громіздкість системи і, відповідно, більш високе споживання енергії та ціна. Для забезпечення сумісності технології MIMO зі станціями попередніх стандартів передбачено три режими роботи:

- 1) Успадкований режим (legacy mode);

- 2) Змішаний режим (mixed mode);
- 3) Режим зеленого поля (green field mode) [1].

Кожному режиму роботи відповідає своя структура преамбули. У преамбулу включається інформація про довжину пакета та його тип, вид модуляції, обраний метод кодування, а також всі параметри кодування. Для виключення конфліктів в роботі станцій МІМО зі звичайними станціями (з одною антеною), під час обміну даними між станціями МІМО пакет супроводжується особливою преамбулою і заголовком [3]. Отримавши таку преамбулу, станції, що працюють в успадкованому режимі, відкладають свою передачу до закінчення сеансу зв'язку між станціями МІМО. Структура преамбули, також, дозволяє проводити оцінку потужності сигналу для системи автоматичного регулювання підсилення, виявляти початок пакета, зміщення за часом та частотою.

Розглянемо детальніше режими роботи станцій МІМО.

Успадкований режим. Він необхідний для забезпечення обміну пакетами між двома станціями, що мають по одній антені. В цьому випадку передача здійснюється за протоколами 802.11a. Якщо передає станція МІМО, а приймає - звичайна станція, то при передачі використовується тільки одна антена і передача здійснюється так само, як і в попередніх версіях Wi-Fi. Якщо передача йде навпаки: від звичайної станції до станції МІМО, то остання використовує багатоприймальні антени, але тоді швидкість передачі не буде максимальна. Структура преамбули відповідає у версії 802.11a [2].

Змішаний режим. В цьому режимі обмін пакетами може здійснюватися як між системами МІМО, так і між звичайними станціями. Відповідно станції МІМО генерують два види пакетів, в залежності від приймальної сторони. Зі звичайними станціями підключення буде повільне, оскільки вони не підтримують високошвидкісну передачу, а між станціями МІМО швидкість буде така, яка прописана у стандарті. Преамбула в пакетах від звичайних станцій відповідає стандарту 802.11a, а в пакетах МІМО вона буде змінена. Якщо передавачем є МІМО, то кожна антена передає не цілу преамбулу, а циклічно зміщену. І відповідно буде знижено процент споживання станції, а канал буде використовуватися більш ефективно. Відзначимо що не всі станції можуть працювати в змішаному режимі [3].

Режим зеленого поля. В цьому режимі використовуються всі переваги технології МІМО. Передача буде проводитися лише між багатоантенними

станціями та при наявності успадкованих приймачів. Коли йде передача системою MIMO, звичайні станції чекають доки канал не буде звільнено, щоб уникнути конфліктів. У режимі зеленого поля від систем, що працюють за першими двома схемами, можливий тільки прийом сигналу. Це необхідно для того, щоб виокремити з обміну даними одноантенні станції і відповідно підвищити швидкість роботи. Преамбули пакетів будуть відповідати технології MIMO. Все це дозволить максимально використовувати функціонал систем MIMO-OFDM [2].

1.3 Самоорганізуючі MESH-мережі для приватного використання

Mesh-мережі можуть складатися з різних мережевих радіо-технологій. Найпоширеніший бездротовий стандарт для побудови комп'ютерних мереж - Wi-Fi. Тому мережі mesh переважно будуються на цій технології. Частіше за все вони використовуються для організації локальних (LAN) і міських (MAN) мереж. Актуальність mesh-мереж визначається появою безлічі різних пристроїв, що вирізняються автономною роботою, багаторазовою зміною режиму роботи (знаходження в мережі і виходу з неї) і потребують обміну інформацією з навколишнім оточенням, та/або з керуючим інформаційним центром (наприклад, концепція IoT - Internet of Things). Головна перевага mesh-мереж – її незалежність. Чим більше абонентів у мережі - тим щільніше і надійніше вона буде. Таким чином, можна завжди залишатися на зв'язку навіть в місцях, де відсутня мережева інфраструктура. Це може виявитися досить корисно в районах підвищеного ризику (де змушені працювати спеціальні бригади), в місцях дикої природи (де проводять дослідження вчені, археологи, геологи, туристи) та віддалених населених пунктах, де абсолютно кожний абонентський пристрій може брати участь в процесі передачі інформації до адресата. За основним задумом, у повноцінних mesh-мережах можна реалізувати перехоплення трафіку та заборону поширення певної інформації. Однак, це може суперечити державним законам конкретної країни або регіону. У той же час, державні структури і військові відомства по тим же самим причин зацікавлені в освоєнні і організації подібних мереж.

Розглянемо вже реалізовані приклади громадських mesh-мереж:

1) Guifi Каталонія, Валенсія. Створена у відповідь на відсутність «доступного» (за ціною і якістю) інтернет-провайдера. Має спеціальні віддалені

сервери доступу в Інтернет, є ряд абонентів які мають доступ до цих серверів, а через них, в свою чергу, до Інтернету можуть підключитися інші користувачі;

2) AWMN (Athens Wireless Metropolitan Network) Греція, Афіни. Для маршрутизації у мережі використовуються протоколи BGP (Border Gateway Protocol) і OLSR (Optimized Link-State Routing);

3) WasabiNet США, Сент-Луїс. Міська мережа, що покриває окремі вулиці та пропонує доступ в Інтернет як безкоштовно, так і за гроші, з певними послугами та більш високою швидкістю доступу. Для маршрутизації також використовується OLSR;

4) OLPC (One Laptop Per Child). Мета мережі - можливість організувати класну/аудиторну mesh-мережу, не використовуючи спеціальне комутаційне обладнання, а тільки ноутбуки дітей/школярів, що видаються їм в рамках проекту;

5) Hyperboria (або Project Meshnet) В рамках проекту реалізований протокол Cjdns. З його допомогою можна побудувати свою інфраструктуру обміну інформацією. Цей протокол також вирішує проблему оптимального перерозподілу трафіку і перенаправлення навантаження На відміну від OLSR і інших протоколів (наприклад В.А.Т.М.А.Н.) дозволяє об'єднувати окремі мережі та шифрувати трафік.

Лідуючим протоколом для застосування у mesh на сьогоднішній день є Cjdns. Іноді Wi-Fi mesh-мережі називають Cjdns-мережами, а протокол Cjdns «двигуном маршрутизації». Не менш популярний і протокол OLSR (RFC 3626) - протокол маршрутизації для мереж MANET (Mobile Ad-hoc Network, RFC 2501).

1.4 Приклади технологій на базі mesh-мереж

Далі проведемо невеликий огляд організації та можливостей чотирьох функціонуючих технологій самоорганізованих mesh-мереж для різних сфер застосування, щоб відзначити універсальний характер даного підходу до побудови бездротових з'єднань.

Z-Wave – представляє собою технологію «інтелектуального будинку». Користувач мережі отримує повний контроль над побутовими пристроями у будинку, що можуть мати підключення до мережі mesh (освітлення, електроприлади, кондиціонування, опалення і ін.). Маючи спеціальний пульт, є

можливість керування автоматизованою системою. Сама мережа складається з електронних побутових приладів обслуговування, контролерів та датчиків (руху, світла, температури і ін.). Є також можливість дистанційного керування через Інтернет. Тобто, якщо господар будинку забув вимкнути будь-який прилад або не закрив двері приміщення, це завжди можна перевірити, більш того, віддалено можна вимкнути забутий пристрій, закрити двері, перекрити кран, погасити світло і таке інше.

Керуванням займається спеціальна мікросхема Single Chip, що йде в комплекті з модулем радіочастотного тракту і антеною. Компанія Sigma Designs пропонує комплект для розробників: Z-Wave Development Kit для створення своєї власної бездротової mesh-мережі на базі протоколу Z-Wave. В Z-Wave mesh-мережі передбачено наступні типи вузлів: 1) controllers - здійснюють маршрутизацію; 2) slaves - посилають, приймають і виконують команди, можуть бути ретрансляторами. Максимальна кількість вузлів рівна 232. Для групування пристроїв використовуються спеціальні ідентифікатори - Home ID і Node ID [5].

Ruckus – також використовується для побудови високопродуктивної «розумної» mesh-мережі. Виробник орієнтується у першу чергу на комерційні підприємства і заявляє про такі властивості, як самоорганізація, оптимізація і самовідновлення.

Мережа має наступні пристрої: контролер мережі - центральний елемент, виконує конфігурування і керування мережею. Через нього можна перевіряти карту топології мережі і клієнтів та вносити необхідні зміни; точки доступу Root AP (коренева точка доступу, яка з'єднується з контролером) і Mesh AP (проста точка доступу мережі, обирає оптимальний шлях для передачі сигналу від інших вузлів і кореневої точки доступу).

AirTies Mesh – технологія, що покликана вирішувати проблеми слабого сигналу через бездротову локальну мережу та обмеженого перешкодами покриття. Пристрій буде підключатися не до однієї, а до кількох точок доступу, які працюють у режимі репітера. Точки доступу загалом утворюють mesh-мережу, а пристрій користувача буде підключено до цієї мережі через точку з найсильнішим сигналом.

RAELink3 Mesh - представляє собою «портативний модем, що забезпечує бездротовий зв'язок великого радіусу дії між віддаленими портативними газоаналізаторами і базовою станцією комп'ютера для

комплексного моніторингу» [4]. До нього можуть підключатися до 8 газоаналізаторів і до 64 газоаналізаторів, які обладнані модемом. Вона має три режими роботи: дистанційний - для підключення до базової станції; базова станція - для роботи в якості головного модему; ретранслятор.

1.5 Особливості маршрутизації в бездротових самоорганізуючих мережах

Оскільки основною характеристикою mesh-мереж є змінна топологія, найактуальніше питання, яке необхідно вирішити для її організації, - як ефективно побудувати маршрут між джерелом повідомлень і адресатом. Протоколи маршрутизації ділять на два класи:

1. *Проактивні* (використовують таблиці). Кожен вузол заповнює свою таблицю маршрутизації і передає інформацію про зміни у топології мережі своїм сусідам. Приклади: OLSR, DSDV (Destination-Sequenced Distance Vector).

2. *Реактивні* (які працюють за запитом). Таблиці маршрутизації не будуються, маршрут складається в міру необхідності. Використовується широкомовлення для визначення шляху відправки повідомлення. Приклади: DSR (Dynamic Source Routing), AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector).

На практиці використовують гібридні протоколи. Велика мережа ділиться на підмережі. У підмережах на вузлах створюються таблиці маршрутизації і такі маршрути будуть складатися через широкомовні запити, шляхом визначення найбільш актуального на даний момент шляху. Приклад гібридного протоколу: HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol). Є також протоколи геомаршрутизації, які беруть інформацію про місцезнаходження вузлів мережі через супутникові системи (ГЛОНАСС, ГЛОНАСС/GPS). Приклад таких протоколів: GAF (Geographical Adaptive Fidelity), GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing), LAR (Location-Aided Routing). Аналогічно провідним комп'ютерним мережам протоколи маршрутизації *mesh* ділять на векторні протоколи і протоколи стану каналу (з комплексної метрикою маршрутів). Огляд актуальних протоколів маршрутизації, їх переваг і недоліків можна знайти в роботі. В роботі протоколи аналізуються за певною системою критеріїв, що враховує функціональні, топологічні, дистанційні, ресурсні та інші особливості організації самоорганізуючої мережі. Більш докладно про можливі умови і метрики вибору оптимальних маршрутів в mesh-мережі можна довідатися в роботі. Коротко можна зазначити, що для побудови маршруту

можуть враховуватися: довжина шляху, надійність, затримки, пропускна здатність, завантаження і вартість передачі даних [7].

1.6 Аналіз бездротових багатовузлових мереж зв'язку

Бездротові багатовузлові мережі (Wireless Multihop Networks) є узагальненням бездротових мереж з великою кількістю проміжних вузлів зв'язку. У підмножину таких мереж входять мобільні мережі ad-hoc (Mobile Ad Hoc Networks - MANET), бездротові коміркові мережі (Wireless Mesh Networks - WMN) і бездротові сенсорні мережі (Wireless Sensor Networks - WSN). Всіх їх об'єднує спільна концепція безлічі вузлів-передавачів, що генерують і пересилають пакетний трафік певної інтенсивності. Такі мережі можуть мати вузли-шлюзи (gateway nodes), які відіграють роль моста в зовнішній мережі передачі даних, а також вузли-точки-доступу (у випадку з WMNs), що надають можливість стороннім клієнтам отримувати доступ до вузлів бездротової багатовузлової мережі [5].

В таблиці 1.2 представлені основні види бездротових багатовузлових самоорганізуючих мереж, з описом їх характеристик в контексті генерування і пересилки трафіку, розміру, топології, області застосування і автономності.

Область застосування бездротових самоорганізуючих мереж доволі широка - починаючи з сенсорних мереж моніторингу навколишнього середовища, і закінчуючи мережами швидкого розгортання для військового сектору. Наприклад використовувати бездротову сенсорну мережу (WSN), можна як побудову інтелектуальної мережі вуличного освітлення SmartLighting [20]. В ній кожен вузол буде оснащений мікроконтролером та сенсорами руху, для взаємодії з іншими сенсорами необхідний бездротовий інтерфейс передачі даних, та контролер включення/виключення лампи (рис. 1.4). Кожен вузол такої мережі зможе детектувати рух людини, і передавати інформацію сусіднім лампам для визначення напрямку і швидкості руху пішохода та своєчасного включення/виключення освітлення.

Таблиця 1.2 – Класифікація бездротових багатовузлових мереж

	Бездротова сенсорна мережа, WSN	Бездротова коміркова мережа, WMN	Мобільна ad hoc мережа, MANET
Інтенсивність трафіку	Низька	Висока	Середня
Швидкість передачі даних	10 – 100 Кбіт/с	1 – 300 Мбіт/с	0,1 – 1 Мбіт/с
Розмір мережі	Середній – великий, 100 – 1000 вузлів	Середній, 10 – 100 вузлів	Середній – великий, 100 – 1000 вузлів
Топологія	Статична та динамічна	Статична	Динамічна
Ступінь автономності	Висока	Низька	Середня
L3-протокол	LEACH, SPIN, Flooding	AODV, OLSR, B.A.T.M.A.N.	AODV, OLSR, DSR
Область застосування	Системи розподіленого моніторингу	Мережа передачі даних, мережа доступу	Мережа моніторингу, мережу передачі повідомлень

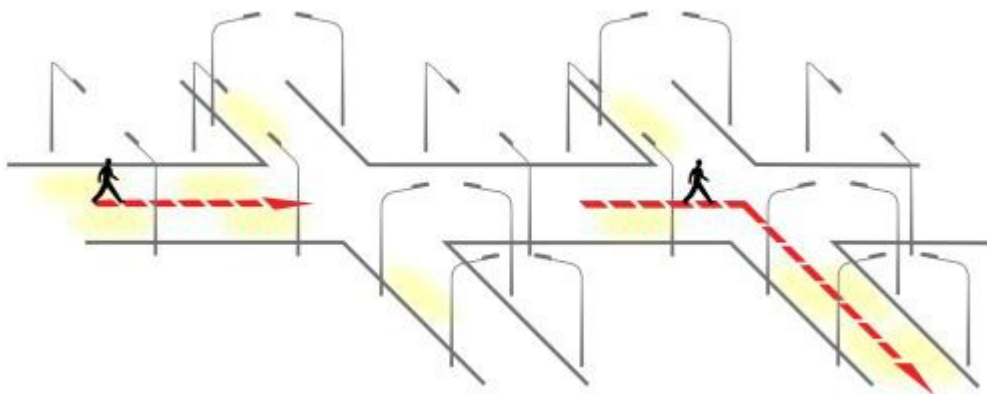


Рисунок 1.4 - Побудова мережі інтелектуального вуличного освітлення SmartLighting

Прикладом мережі MANET (мобільних ad-hoc мереж) є робота розподілених мобільних месенджерів (наприклад Firechat [21]), в них здійснюється безпосередня пряма передача текстових повідомлень між мобільними пристроями, без застосування базових станцій, Wi-Fi точок доступу, і т.д.. Тобто такий сервіс буде доступним навіть без доступу до зовнішньої мережі. За подібним принципом працює система мобільного моніторингу Serval Project [22], вона дозволяє користувачам проводити

передачу даних, здійснювати дзвінки, підключати моніторинг на певній території і т.д.. У Serval Project вся комунікація також здійснюється прямо через смартфон користувача з використанням стандартних бездротових інтерфейсів. При цьому, користувач може змінювати своє положення, що внесе зміни в топологію мережі, а вплине на побудову маршрутів з'єднань в MANET мережі.

Однією з різновидів мереж MANET є мережі VANET (Vehicular Ad-hoc Networks), основною функцією яких є передача повідомлень між рухомими автомобілями та дорожньою інфраструктурою для здійснення доступу в мережу Інтернет, а також реалізації сервісів для безпеки дорожнього руху за допомогою обміну відповідними повідомленнями, і для підтримки руху автономних транспортних засобів (наприклад, проект Platooning). До класу бездротових коміркових мереж (Wireless Mesh Networks, WMN) відносяться бездротові мережі передачі даних, які створюються для надання первинного доступу користувачам до зовнішньої мережі Інтернет, а також ці мережі здійснюють маршрутизацію і балансування трафіку користувачів в комірчастій мережі [21]. Як правило, такі мережі будуть мати певну ієрархію вузлів, що розділяються на:

- вузли доступу (mesh points) – які здійснюють маршрутизацію трафіку та надають доступ кінцевим користувачам до мережі;
- вузли-шлюзи (mesh gateways) – що здійснюють маршрутизацію трафіку та виконують функцію шлюзу до зовнішньої мережі.

Загальна схема WMN представлена на рис. 1.5. Як реальний і цілком ефективний приклад застосування бездротових коміркових мереж (WMNs) на практиці є проект Freifunk (нім. "Вільне радіо"). В ньому користувачам надається доступ до глобальної мережі через технологію Wi-Fi, без побудови дротової інфраструктури. У проекті Freifunk, бездротові Wi-Fi роутери об'єднуються в одну бездротову mesh-мережу, яка покриває цілі райони таких міст як Гамбург і Берлін, з більш ніж 300-ми вузлами [22]. Маршрутизація користувальницького трафіку здійснюється за допомогою таких протоколів маршрутизації як OLSR та B.A.T.M.A.N [23].

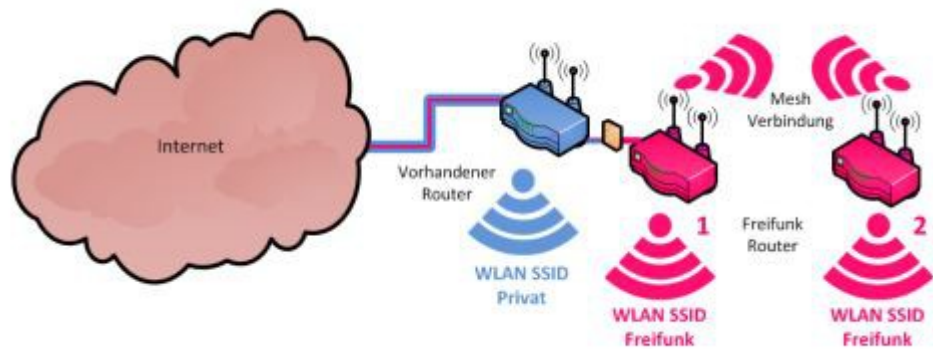


Рисунок 1.5 - Архітектура бездротової комірчастої мережі на прикладі проекту Freifunk

Тобто можна зробити висновки, що бездротові багатовузлові мережі є вельми затребуваною сферою інфокомунікацій з багатьма нішами для застосування. Крім того, зі стрімким розвитком концепції інтернет речей, а також зростанням числа бездротових пристроїв і вимог до швидкості передачі даних, завдання пошуку оптимального алгоритму маршрутизації є досить актуальною науковою задачею.

2 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ БЕЗДРОТОВИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ WMN

2.1 Особливості коміркової топології

Бездротова коміркова мережа (Wireless Mesh Network - WMN) будується на основі великої кількості вузлів через з'єднання «точка-точка». Такі вузли будуть перекривати радіопокриття один одного (mesh peertopeer, multi-hop) створюючи таким чином єдину область дії мережі. Головна властивість таких мереж – самоорганізація, вона базується на тому, що, з'єднання між вузлами встановлюються автоматично та будь-який вузол може виконувати функції транзитної передачі пакетів для своїх сусідів (рис. 2.1)

Мережа на основі комірчастої топології має високу надійність, велику пропускну здатність та знижене енергоспоживання. Надійність забезпечується надмірністю вузлів на території мережі (при відключенні одного вузла дані прочто почнуть передаватися по іншому шляху). Можливість побудови альтернативних маршрутів також підвищує пропускну здатність мережі. Енергоспоживання знижується за рахунок зменшення потужно сигналів на кожному вузлі, так як дані передаються на менші відстані але через більшу кількість вузлів [7].

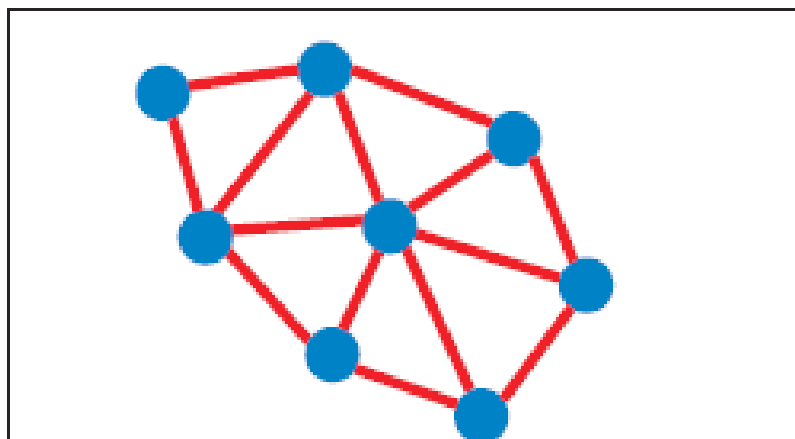


Рисунок 2.1 - Коміркова (mesh) топологія

Однорангові mesh-мережі можуть розгортатися в місцях, де потрібна взаємодія між користувачами, і швидко згоратися коли вона вже не потрібна.

Мережі mesh можуть будуватися як на основі тільки клієнтського обладнання, так і з використанням спеціальних пристроїв на рівні доступу до мережі.

2.2 Область застосування коміркової топології

Загальноприйнята класифікація бездротових мереж за функціонально-територіальною ознакою на персональні (Wireless Personal Area Network - WPAN), локальні (Wireless Local Area Network - WLAN), міські (Wireless Metropolitan Area Network - WMAN) та глобальні (Wireless Wide Area Network - WWAN). При цьому порівняння бездротових технологій відповідних класів мереж є досить умовним, так як сучасні розробки у сфері бездротових комунікацій вже мають більш широкі можливості використання. Область застосування кожної конкретної технології визначається безліччю пов'язаних один з одним параметрів, таких як пропускна здатність, енергоспоживання, вартість обладнання, дальність передачі, діапазон частот, можливі топології, якість обслуговування, безпеку і т. д.

Коміркова топологія для економічних низькошвидкісних мереж успішно реалізована в технології ZigBee. Низький рівень споживання енергії дозволяє використовувати цю технологію в бездротових мережах датчиків (Wireless Sensor Network) та різних побутових пристроях в рамках концепції цифрового будинку (Digital Home), в комп'ютерних пристроях бездротових персональних мереж WPAN, не пред'являють високих вимог до швидкості каналів зв'язку (пульти управління, джойстики, миші і т. д.). Низька пропускна здатність (до 250 кбіт/с) обмежує застосування ZigBee для передачі великих обсягів даних і мультимедіа-трафіку [8].

Бездротовими локальними мережами WLAN традиційно називають технологію Wi-Fi, побудовану на основі сімейства стандартів IEEE 802.11. Використання 802.11 не обмежується тільки локальними мережами. Ці технології успішно застосовуються як в персональних мережах для з'єднання пристроїв в рамках особистого простору користувача, так і для з'єднання мереж великої протяжності.

Питання використання коміркової топології в бездротових глобальних (WWAN) і міських (WMAN) мережах також активно вивчаються. Наприклад, в рамках робочої групи IEEE 802.16, яка займається стандартизацією технології

Wi-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), ведуться дослідження впровадження mesh-технологій.

2.3 Коміркова топологія в бездротових локальних мережах

Коміркова топологія в WLAN використовується для групування та впорядкування точок доступу в бездротову систему розподілу інформації (Wireless Distribution System - WDS) [15]. WDS призначена для заміни дротових каналів взаємодії пристроїв доступу до мережі на бездротові.

Бездротові коміркові мережі мають певні особливості, пов'язані із застосуванням як бездротового середовища передачі, так і комірчастої топології.

Використання бездротової системи розподілу збільшує трафік, що передається по каналах, а це в свою чергу підвищує вимоги до фізичного рівня. Одним із шляхів вирішення даної проблеми для існуючих протоколів радіопередачі є розподіл взаємодії точок доступу між собою (5 ГГц IEEE 802.11a/n) і точок доступу з клієнтами (2,4 МГц IEEE 802.11g/b/n), що частіше за все реалізовано. Альтернативний підхід заключається у використанні одного й того ж частотного діапазону для всіх комунікацій, але він вимагає від розробників протоколів фізичного рівня вдосконалення та оптимізації технологій модуляції, кодування і передачі (Multiple Input Multiple Output - МІМО, багатоканальні та антенні системи і т.д.) (рис. 2.2.)

Класичний протокол 802.11 MAC також має обмеження при роботі у mesh-мережі. Він орієнтований тільки на одне з'єднання, а Mesh-мережі можуть мати безліч одночасних з'єднань з сусідніми вузлами. Також 802.11 MAC описує передачу даних тільки між двома вузлами (onehop), і транзитна доставка стороннім вузлам (multi-hop) виходить за рамки його застосування [5].

Вирішення останнього завдання (схожою з маршрутизацією в звичайних мережах) можливо як на мережевому, так і на каналному рівнях. Однак протокол транзитної доставки повинен вміти використовувати безліч можливих маршрутів та обирати кращий на основі інтелектуального механізму вибору; мати високу надійність та відмовостійкість. Але в той же час необхідно бути масштабованим і сумісним з різними технологіями радіопередачі.

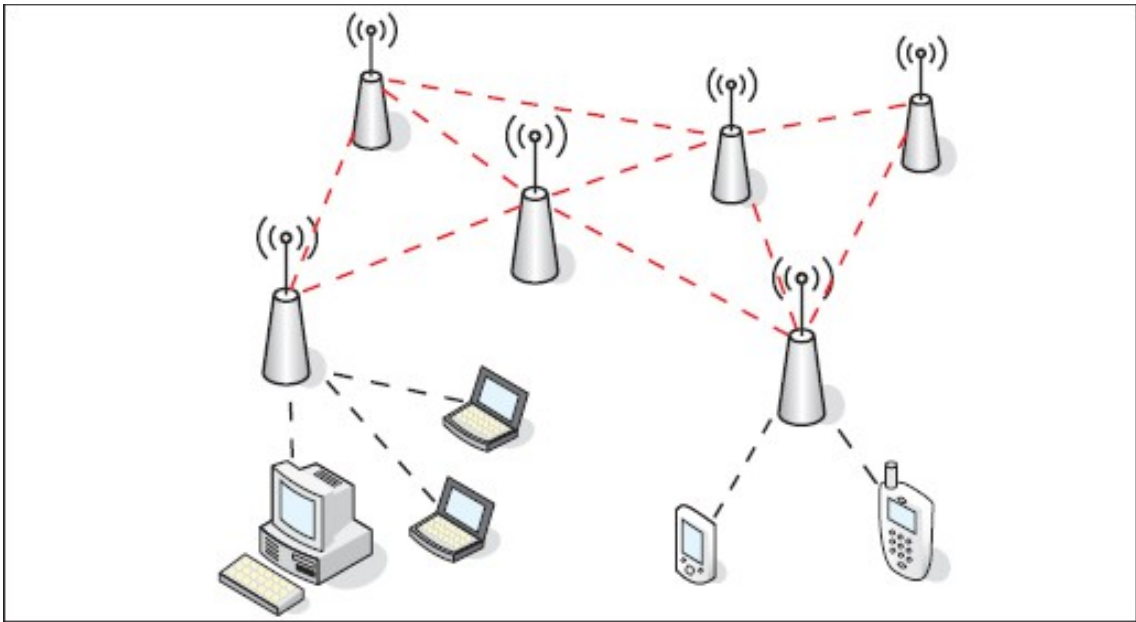


Рисунок 2.2 – Інфраструктурна mesh-мережа

Маршрутизація на мережевому рівні володіє високою сумісністю і розширюваністю в силу незалежності від нижчих протоколів. На мережевому рівні працює протокол PWRP (Predictive Wireless Routing Protocol). Він багато в чому аналогічний протоколу маршрутизації для дротових мереж OSPF (Open Shortest Path First). Іншими протоколами маршрутизації для mesh-мереж є TBRPF (Topology Broadcast Reverse Path Forwarding) компанії Firetide Networks, LQSR (Link Quality Source Routing) від Microsoft, AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) та інші [4].

Однак максимальна ефективність досягається при тісній взаємодії з використовуваними технологіями радіопередачі, що можливо на каналному рівні. Прикладом може служити AWPP (Adaptive Wireless Path Protocol) компанії Cisco Systems.

В даний час обладнання для mesh-мереж від різних виробників частіше за все несумісні один з одним. Однак роботи по стандартизації ведуться в рамках робочої групи IEEE 802.11s (ESS Mesh Networking Task Group). Областю дослідження цієї групи є розробка розширеного набору служб (Extended Service Set - ESS) для mesh-топології в бездротовій системі розподілу повідомлень на базі протоколів IEEE 802.11 для фізичного і каналного рівнів.

Очевидно, що функціональність, пов'язана з реалізацією коміркової топології, породить нові уразливості і можливості для атак. Тому захищеність протоколів транзитної доставки пакетів є актуальною темою для досліджень.

У той же час для централізовано керованих, корпоративних mesh-мережі регулюють концепції надійно захищеної мережі (Robust Security Network - RSN), описувані в стандарті IEEE 802.11i. Концепція RSN заснована на існуванні тільки надійно захищених мережевих з'єднань (RSN Association - RSNA) між усіма учасниками мережевих взаємодій в бездротовій середовищі на рівні доступу до мережі.

2.4 Маршрутизація та алгоритми маршрутизації в Mesh-мережах

Технологія mesh-мереж в поки що знаходиться в стадії сертифікації, тому поки що в ній не визначено певних методів і алгоритмів маршрутизації для застосування. При розробці нових та модернізації вже наявних протоколів маршрутизації необхідно проводити оцінку параметрів їх продуктивності. Особливу увагу при розробці протоколів маршрутизації приділяють алгоритмам визначення оптимальних маршрутів. Принцип роботи таких алгоритмів заснований на адаптації відомих протоколів і методів статичної та динамічної маршрутизації централізованих бездротових, електричних і оптоволоконних мереж.

Протоколи маршрутизації - мережеві протоколи, що відповідають за пошук шляху, по якому буде передаватися інформація. Протоколи маршрутизації можна розділити на два великі класи: проактивні і реактивні [18].

Проактивні протоколи при змінах у мережі ініціюють широкомовну розсилку повідомлень про ці зміни таким чином маршрути зберігаються в таблиці маршрутизації кожного вузла. У аткому випадку вузол може будувати найкоротші маршрути, наприклад, за алгоритмом Дейкстри. До проактивних протоколів відносяться - TBRPF (Topology dissemination base on reverse-path forwarding), FSR (Fisheye State Routing) та OLSR (Link State Routing Protocol) [16].

Реактивні протоколи маршрутизації маршрути працюють тільки у разі необхідності, тобто коли за допомогою них починається передача даних. При необхідності передати вузол відправник починає широкомовну розсилку повідомлення - зонда. Отримуючи це повідомлення, проміжні вузли додають новий маршрут до вузла джерела (зворотній маршрут), і продовжують його трансляцію далі. Коли повідомлення-зонд отримує вузол отримувач, він формує

повідомлення-підтвердження у відповідь і передає його по вже сформованому зворотньому маршруту. До реактивних маршрутів належать - AODV (Ad-hoc On demand Distance Vector Routing), DSR (Dynamic Source Routing), LMR (Lightweight Mobile Routing), TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithms) [16].

Гібридні протоколи комбінують у собі певні механізми проактивних і реактивних протоколів. Як правило, вони розбивають мережу на підмережі, всередині яких функціонує проактивний протокол, а взаємодія між підмережами здійснюється реактивними методами. Для великих мереж це дозволяє скоротити розміри таблиць маршрутизації для вузлів, так як необхідно знати точні маршрути лише для вузлів їхньої підмережі. Скорочується обсяг пакетів службової інформації, адже основна їх частина поширюється лише в межах підмереж. Один з найвідоміших гібридних протоколів носить назву HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol).

Таким чином, існує безліч стандартів і протоколів реалізації бездротових Mesh мереж. Серед них найвідоміші це OLSR і HWMP, проте і вони володіють значними недоліками. OLSR показує хороші результати у великих і складних мережах, маленьку затримку при з'єднаннях, але неефективно витрачає енергію неактивних пристроїв. HWMP незважаючи на гнучкість і простоту розгортання використовує не найефективніші шляхи передачі трафіку в топології мережі.

Технологія бездротових mesh-мереж в даний час доопрацьовується і модернізується, деякі провідні фірми світу пропонують свої розробки, але, на жаль, вони використовують запатентовані закриті протоколи, що унеможливорює процедуру їх стандартизації.

Фірма Cisco Systems розробила мережеву платформу Cisco Aironet 1520. На мережевому обладнанні фірми використовується запатентований протокол маршрутизації AWPP (Cisco's Adaptive Wireless Path Protocol). Алгоритми і принципи протоколу приховані, проте за деякими даними він заснований на проактивній версії HWMP. Функцію кореневого вузла виконує спеціальний контролер бездротової мережі - Cisco Wireless LAN Controller [18].

У свою чергу Microsoft розробила протокол LQSR (Link Quality Source Routing), заснований на алгоритмі DSR (Dynamic Source Routing), схожий на Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV), але в якому використовується маршрутна таблиця джерела, а не проміжних вузлів.

Порівняння протоколів маршрутизації mesh-мереж.

В роботі проведено порівняльний аналіз реактивного і проактивного способу, в залежності від кількості вузлів, і їх мобільності. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що для невеликих мереж (до 16 вузлів) хороші результати показують HWMP, AODV, OLSR. При побудові великих мереж ефективним протоколом є HWMP. Протоколи AODV, OLSR в мережах з кількістю вузлів більше 16, вимагають більше часу (приблизно на 0,2 секунди) для побудови маршруту. Можна зробити висновок, що в мережах з великою кількістю абонентів, які потребують трафіку реального часу (поточної передачі відео і аудіо) найбільш прийнятний гібридний протокол HWMP.

Встановлено, що використання тільки проактивного способу, як і використання тільки реактивного способу, ефективно лише в певних сценаріях: в нерухомих мережах з високою щільністю станцій проактивний спосіб розсилки показує високий результат, в мобільних мережах з низькою щільністю станцій реактивний спосіб ефективніше; при високій завантаженості мережі для користувача трафіком має сенс використання проактивного способу, при низькій - реактивного. Все це говорить про те, що необхідно використовувати гібридний спосіб розсилки мережевої інформації, який би об'єднував в собі реактивний і проактивний способи. Методика дослідження заснована на критерії якості передачі мультимедійної інформації.

3 ПЛАНУВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ ТОРГІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Загальні відомості

Торговий комплекс "Акварель" є зоною сімейного відпочинку і розділений на основні зони: шопінгу, розваги та культурно-соціального життя (рис. 3.1.).



Рисунок 3.1 - Ситуаційний план

Зона шопінгу насичена орендарями. Зона розваг крім багатозального кінотеатру, боулінгу, фудкорту на 750 посадочних місць і дитячого центру Хеппілон, включає вертикальний атриум на 500 посадочних місць. Це відкритий майданчик для основних культурних подій міста: концерти, театральні проекти, художні уявлення, модні покази дизайнерів, трансляція спортивних змагань, підтримка міських благодійних акцій і студентських фестивалів. Доступність для всіх категорій відвідувачів роблять вертикальну зону розваг активним

громадським простором і, одночасно, ідеальним місцем для проведення промоакцій.

Виходячи з вищевикладеного, даний комплекс потребує організації покриття рекреаційної зони мережею Wi-Fi для надання відвідувачам широкосмугового мобільного доступу в інтернет. Дана послуга позитивно позначиться на зацікавленості відвідувачів торгового майданчика, так як підвищить їх інформованість про комплекс, дозволить швидко отримати інформацію з Інтернету про товари і послуги, а також допоможе урізноманітнити дозвілля або зайняти час очікування.

Загальні вимоги до побудови мережі

Бездротова ЛВС повинна ґрунтуватися на стандартах IEEE 802.11 і будується на основі наступних компонентів:

- Wi-Fi точки доступу;
- Контролери бездротової мережі;

Вимоги до Wi-Fi точок доступу

Wi-Fi точки доступу є одним з основних компонентів побудови бездротової мережі і забезпечують підключення клієнтських пристроїв до бездротової ЛВС. Wi-Fi точки доступу повинні відповідати таким загальним вимогам:

- повинні використовуватися пристрої стельового / настінного монтажу;
- бути сумісними зі стандартами IEEE 802.11 a/b/g/n;
- з урахуванням даних аналізу радіоефіру від Wi-Fi точок доступу має забезпечуватися автоматична зміна параметрів частотно-територіального плану, випромінюваної потужності для мінімізації негативного впливу на бездротову мережу з боку небажаних пристроїв в ефірі;
- повинні підтримувати методи аутентифікації EAP-FAST, EAP-LEAP, EAP-TLS, PEAP-GTC, PEAP-MSCHAPv2;
- забезпечення однією точкою доступу пропускної здатності до 150 Мбіт/с;
- обов'язковою є підтримка стандарту подачі живлення по кручений парі IEEE 802.3af, бажаною є підтримка стандарту IEEE 802.3at;
- повинні мати живлення від джерела постійного струму;
- повинні мати можливість автоматичної скоординованої зміни робочих частот декількома точками доступу для уникнення негативного впливу перешкод;

- повинні мати можливість автоматичної скоординованої настройки потужності радіопередавачів кількома точками доступу для оптимізації зони покриття і продуктивності бездротової мережі. Функція повинна підтримуватися в нормальному режимі роботи мережі;

- повинні мати можливість автоматичної скоординованої настройки потужності радіопередавачів кількома точками доступу для усунення "дірок" в покритті, що виникли в результаті виходу з ладу частини обладнання;

Вимоги щодо забезпечення безпеки

Для забезпечення безпеки бездротової мережі точки Wi-Fi точки доступу повинні відповідати таким загальним вимогам:

- підтримувати механізм забезпечення цілісності і аутентифікації для захисту службових блоків даних, призначених для управління з'єднаннями в бездротових ЛВС;

- підтримувати інтеграцію комплексної системи виявлення вторгнень з базою даних виявлених атак;

- підтримувати функції, передбачені в стандарті IEEE 802.11w;

- підтримувати протоколи захисту даних бездротових ЛВС IEEE 802.11i, WPA і WPA2 на апаратному рівні;

- підтримувати захист даних на основі стандарту WPA2 на максимально можливій швидкості передачі на фізичному рівні;

- підтримувати аутентифікацію по протоколам EAP-TLS, EAP-LEAP і EAP-FAST в режимі роботи відомого радіомосту;

Вимоги до контролерів бездротової мережі

Кожен контролер бездротової мережі повинен підтримувати одночасну роботу з Wi-Fi точками доступу, призначеними для внутрішнього застосування. Для уніфікації повинна бути реалізована можливість використання бездротового контролера в одному конструктиві з маршрутизатором, фаєрволом, голосовим шлюзом і системою виявлення вторгнень.

Контролери повинні мати:

- таблицю MAC-адрес розміром не менше 16000;

- портів 10/100/1000 або SFP: не менше 2;

- інтерфейсів VLAN: не менше 128;

- число підтримуваних точок доступу не менше 12 з можливістю подальшого розширення.

Кожен контролер бездротової мережі повинен відповідати таким вимогам щодо забезпечення безпеки бездротової мережі:

- підтримка централізованої аутентифікації і авторизації користувачів і мережевих пристроїв за участю вбудованого RADIUS-сервера (далі - узагальнено користувачів) при підключенні до Wi-Fi точок доступу до бездротової мережі за допомогою IEEE 802.1x;

- вбудований в контролер RADIUS сервер повинен підтримувати аутентифікацію по протоколам EAP-FAST, EAP-LEAP, EAP-TLS і EAP-MD5 без використання зовнішніх програмних або апаратних компонентів;

- вбудований в контролер бездротової мережі RADIUS сервер повинен підтримувати інтеграцію з зовнішніми базами даних облікових записів користувачів по протоколу LDAP;

- вбудований в контролер бездротової мережі RADIUS сервер повинен підтримувати зберігання облікових записів користувачів у вбудованій в контролер бази даних;

- бездротовий контролер повинен підтримувати централізовану аутентифікацію і авторизацію користувачів з використанням зовнішнього RADIUS-сервера;

- аутентифікація Wi-Fi точок доступу по цифрових сертифікатах при їх підключенні до контролера;

3.2 Основні рішення по організації мережі в торговому комплексі

Метою проектування даної системи є створення сучасної, масштабованої, відмовостійкої БЛВС з традиційними принципами мережевого дизайну: ієрархічність і модульність з урахуванням запасу для можливості розширення, як функціональних можливостей, так і кількісних характеристик (пропускна здатність, портова ємність).

Проектом передбачено:

- будівництво бездротової мережі передачі даних з базовою функціональністю локальної обчислювальної мережі;

- установка джерел безперебійного живлення.

Бездротову локальну обчислювальну мережу пропонується побудувати на обладнанні Alcatel-Lucent. Для забезпечення високошвидкісної передачі

пропонується використовувати між рівнями ядра і доступу дубльовані канали по 10 Гбіт/с.

У складі БЛВС пропонується використовувати:

- Як ядро мережі: два комутатора Alcatel-Lucent Omni Switch 6900 з запасом по ємності для установки додаткових інтерфейсних модулів;
- На рівні доступу використовувати поверхові комутатори Alcatel-Lucent Omni Switch 6450E, в тому числі із забезпеченням можливості харчування абонентських пристроїв по PoE (802.3af).

3.3 Вибір обладнання

Комутатор ядра

OmniSwitch 6900 це компактний комутатор з високою щільністю портів 10 GE і портами 40 GE для мереж с підвищеними вимогами до пропускної здатності (рис. 3.2.). Платформа OS 6900 ідеально підходить для створення віртуалізованих центрів обробки даних. Можливість установки додаткових інтерфейсних модулів дозволяє настроїти необхідну кількість портів з мінімальним коефіцієнтом перепідписання для доставки трафіку, що генерується додатками. Крім високої продуктивності та мінімальної затримки доставки пакетів платформа OmniSwitch 6900 забезпечує поліпшену якість обслуговування, комутацію і маршрутизацію, а також високу надійність роботи мережі в цілому. Комутатор 6900 може використовуватися в якості агрегуючого комутатора Top of the Rack в центрах обробки даних, а також в якості комутаторів ядра і агрегації в конвергентних мережах [11].

Комутатори OmniSwitch 6900 відрізняються високою щільністю портів на 1U, що дозволить їх ефективно використовувати в системах наступного покоління. Висока продуктивність комутації і маршрутизації на швидкостях 40G, 10G і 1G. Загальна продуктивність на швидкості портів до 1,28 Тбіт/с, затримка менше однієї мікросекунди при підключенні до високопродуктивних серверів і магістральних мереж [11].

Висока відмовостійкість забезпечує максимальний час безперервної роботи. Мінімальне споживання електроенергії на кожен порт 10 GE в своєму класі. Ефективне управління електроживленням дозволяє зменшити експлуатаційні витрати і знизити сукупну вартість володіння завдяки зниженому енергоспоживанню.

Застосовані функції інтеграції з Alcatel-Lucent OmniVista™ 2500 Virtual Machine Manager (диспетчером віртуальних машин) (VMM) і віртуальними профілями мережі (vNP). Комутатори повністю підтримують технології віртуалізації, що застосовуються в центрах обробки даних.

Масштабна архітектура віртуалізації мережі, що забезпечує гарантоване надання послуг з рівнем згідно SLA по стандартних каналах Ethernet: EVB, SPB і динамічні віртуальні профілі мережі (vNP). Інноваційна архітектура платформи OS 6900 розроблена для автоматизації розгортання мережевої інфраструктури, центрів обробки даних і хмарних послуг з одночасним запобіганням можливих проблем в мережі; має вбудовану підтримку надання послуг відповідно до SLA; працює на основі перевірених стандартів при невеликих експлуатаційних витратах.

Інноваційні можливості, вбудовані в операційну систему:

- гарантовану якість надання послуг (QoS);
- списки контролю доступу (ACLs);
- L2 / L3;
- стекування VLAN;
- підтримка IPv6;
- архітектура апаратного забезпечення з резервуванням;
- джерела живлення і вентилятори з можливістю гарячої заміни;
- поздовжнє охолодження спереду назад або від задньої стінки до передньої;



Рисунок 3.2 - Комутатор ядра OmniSwitch 6900

Таблиця 3.1 - Характеристики комутатора ядра OmniSwitch 6900

Характеристики	Величина
Кількість портів (SFP+)	20
Кількість слотів	1
Кількість виділених портів Ethernet для управління	1
Кількість портів USB	1
Кількість консольних портів	1
Кількість слотів основного блоку живлення	1
Кількість слотів резервного блоку живлення	1
Flash-пам'ять	2 GB
SIMM (DRAM) оперативна пам'ять	2 GB
Максимальна продуктивність	640 Gb/s
Пропускна спроможність	480 Mp/s
Споживана потужність при повному завантаженні трафіком рівня 2, модулі розширення відсутні	181 Ватт
Ширина	48,2 см
Глибина	55,9 см
Висота	4,4 см
Маса (повна комплектація***)	10,21 кг
Робоча температура	От 0°C до 45°C

Комутатори ядра OmniSwitch 6900 з'єднані між собою двома каналами по 10 Гбіт / с, забезпечуючи відмовостійке з'єднання.

З'єднання кожного поверхового комутатора з комутаторами ядра здійснюється по двох каналах по 10 Гбіт / с.

На кожному поверховому рівні розміщено по одному комутатора з PoE на всіх портах (OS6450-P10). PoE використовується для живлення точок доступу Wi-Fi. Електроживлення всього обладнання ЛВС резервується джерелами безперебійного живлення.

Для поверхових комутаторів передбачений запас по портовій ємності на кожному поверсі.

Для активного обладнання ЛВС передбачений ЗІП в кількості 1 позиції для кожного з двох застосовуваних типів комутаторів доступу, і в кількості 4 позицій для оптичних модулів.

Таблиця 3.2 - Характеристики додаткових модулів

Характеристики	Величина
Додатковий модуль OS-XNI-U12	
Кількість портів 40 Гб (QSFP+)	0
Кількість портів 10 Гб (SFP+)	12
Швидкість комутації 240	240 Gb/s
Можливість гарячої заміни	Так
Енергоспоживання	44 Ватт
Розсіювання тепла	150,13 BTU/час
Додатковий модуль OS-XNI-U4	
Кількість портів 40 Гб (QSFP+)	0
Кількість портів 10 Гб (SFP+)	4
Швидкість комутації 240	80 Gb/s
Можливість гарячої заміни	Так
Енергоспоживання	19 Ватт
Розсіювання тепла	64,83 BTU/час
Додатковий модуль OS-HNI-u6	
Кількість портів 40 Гб (QSFP+)	2
Кількість портів 10 Гб (SFP+)	4
Швидкість комутації 240	240 Gb/s
Можливість гарячої заміни	Так
Енергоспоживання	37 Ватт
Розсіювання тепла	126,25 BTU/час
Додатковий модуль OS-QNI-u3	
Кількість портів 40 Гб (QSFP+)	3
Кількість портів 10 Гб (SFP+)	4
Швидкість комутації 240	240 Gb/s
Можливість гарячої заміни	Так
Енергоспоживання	34 Ватт
Розсіювання тепла	116 BTU/час
Модульний резервний блок живлення OS6900-**.*	
Потужність	450 Вт
Маса	1,2 кг
Ширина	50,5 см
Глибина	30 см
Висота	4,2 см
Приймопередавачі GE	
Трансивер SFP-GIG-T	1000Base-T 1000 Mb/s.

Комутатори доступу

Alcatel-Lucent OmniSwitch 6450-P10 новий стекируемые гігабітний комутатор був спеціально розроблений для оптимальної модернізації мережі, що дозволяє в міру необхідності нарощувати пропускну здатність і отримувати такі можливості як: стекирование 10 Gigabit, 10 Gigabit Ethernet uplinks і підтримують сучасну технологію електроживлення зовнішніх пристроїв по мережі передачі даних PoE на всіх портах (рис. 3.3.).

Комутатори OmniSwitch 6450 мають 10, 24 і 48 портів 10/100/1000, в варіантах PoE і non-PoE і 24-х портова оптична модель поставляється з двома портами SFP +, що працюють на швидкості 1Gb/s за замовчуванням і з можливістю збільшення пропускну здатності до 10Gb/s шляхом придбання відповідної ліцензії Performance License.6450 мають розширені можливості комутації (L2 +) з базовими можливостями маршрутизації як для IPv4 так і для IPv6, працюють на базі операційної системи AOS, забезпечують безпечну і безперебійну роботу додатків в мережі і надають зручні механізми управління і настройки. Мають можливість гнучкого налаштування аутентифікації пристроїв і користувачів за допомогою Alcatel-Lucent Access Guardian (IEEE 802.1x / MAC / captive portal) з перевіркою цілісності ПО (HIC) [15].

Комутатори використовують джерела живлення постійного або змінного струму. Мають високу надійність завдяки можливості стекирования, резервування блоків живлення і повного резервування комутатора в віртуальному шасі. Всі моделі відрізняються зниженим споживанням електроенергії, а версії з 10 і 24 портами не мають вбудованого вентилятора [15].



Рисунок 3.3 - Комутатор доступу OmniSwitch 6450-P10

Таблиця 3.3 - Характеристики комутатора доступу OmniSwitch 6450-P10

Характеристики	Величина
Комутатор OS6450-P10 на 8 PoE портів RJ-45 10/100/1000 802.3.af.	
Кількість портів PoE 10/100/1000BaseT, RJ-45	8
Кількість портів які підтримують 802.3af	8
Кількість портів SFP+	2
Кількість стекових портів	2
Кількість COMBO портів	2
Максимальна швидкість uplink/SFP-портів	10 Gbit/s
Розмір таблиці MAC адресов	До 16000
Flash-пам'ять	128 Mb
SIMM (DRAM) оперативна пам'ять	512 Mb
Середній час безвідмовної роботи	499, 729 год.
Споживана потужність при повному завантаженні трафіком рівня 2, модулі розширення відсутні	23,5 Ватт
Максимальна потужність, що передається по PoE	115 Ватт
Розсіювання тепла	78 BTU/h
Розсіювання тепла при максимальному завантаженні PoE	409 BTU/h
Робоча температура	0°C to +45°C
Температура зберігання	-40°C to +75°C
Вологість при експлуатації і зберіганні	5% - 95%
Ширина	29,21 см
Глибина	21,5 см

Контролер бездротової мережі Wi-Fi

При розгортанні бездротової локальної мережі необхідно вирішити ряд завдань, пов'язаних з безпекою мережі, мобільністю користувачів і керованістю мережею і її ресурсами.

Користувачам Wi-Fi мережі важливо, щоб зв'язок і параметри безпеки зберігалися при переміщенні між точками доступу і підмережами (L2/L3 роумінг). Ефективно використовувати бездротову мережу неможливо без управління точками доступу, радіопокриттям, QoS, користувачами, безпекою. Як правило, контролер відокремлює бездротову мережу від провідної інфраструктури, забезпечуючи контроль і управління WLAN, а також обробку трафіку даних від бездротових користувачів і передачу його в дротову мережу для підтримки різних послуг бездротової мережі: гостьовий доступ, безшовний роумінг та ін. [17].

Вирішення цих завдань в мережі торгового комплексу Акварель буде виконано з використанням технології Instant™ - віртуальним контролером мобільного доступу в точках доступу (AP) стандарту 802.11n, що володіє можливістю створення повнофункціональної бездротової LAN (WLAN) корпоративного класу, яка забезпечує цінову доступність і простоту настройки мережі Wi-Fi мінімальної конфігурації.

Високий ступінь масштабованості рішення Instant дозволяє використовувати точки доступу, як в централізованій, так і в територіально-розподіленій мережевій інфраструктурі. Одна точка доступу (AP), призначена віртуальним контролером, може керувати групою з 16 точок доступу Instant. Система управління AirWave™ забезпечує централізоване управління декількома мережами віртуальних контролерів.

Технологія віртуального контролера дозволяє реалізувати в точці доступу Instant різні можливості корпоративного рівня. Серед них:

- автоматична підтримка якості обслуговування (QoS);
- управління радіопокриттям, виявлення і запобігання вторгнень;
- аутентифікація за стандартом 802.1X;
- застосування політик на базі ролей і пристроїв;
- обмеження впливу шкідливих точок доступу;
- використання модуля Adaptive Radio Management™ (ARM™), який оптимізує логіку роботи клієнтів Wi-Fi, забезпечуючи відсутність перешкод для точок доступу;

Точка доступу Wi-Fi

Бездротова точка доступу Alcatel-Lucent InstantOmniAccess 135 (далі IAP135) стандарту 802.11n для використання всередині приміщень забезпечує максимальну продуктивність для мобільних пристроїв в умови середовища з високою щільністю Wi-Fi радіосигналів (рис. 3.4.).

Дана багатофункціональна точка доступу має здатність передавати по радіоканалу дані зі швидкістю 450 Мбіт/с використовуючи стандарт 802.11n. IAP135 задіють три просторових потоку для доставки на 50% більше інформація в одиницю часу, ніж стандарти попереднього покоління Wi-Fi [12].

Бездротова точка доступу IAP135 використовує 3x3 MIMO дводіапазонні антени 2.4-GHz / 5-GHz. IAP135 розроблені для тривалого терміну безаварійної роботи, забезпечує надійні високошвидкісні мережеві послуги бездротового

доступу, підтримує технології спектрального аналізу і адаптивного управління радіоприроями (ARM). Це знижує рівень радіоперешкод і підвищує ефективність роботи користувачів [12].

Точка доступу IAP135 підтримує стандарти 802.3af і 802.3at живлення по Ethernet (PoE). Вторинний Ethernet-інтерфейс (активний тільки при підключенні PoE або електроживлення постійного струму до точки доступу) забезпечує безпечний авторизований транспорт до мережевих пристроїв з проводим підключенням [12].

У режимі віддалених точок доступу (Remote AP (RAP)), обладнання дозволяє організувати безпечний мережевий доступ до корпоративних ресурсів підприємства для віддалених користувачів.

Точка доступу підтримує розподілений і централізований режими передачі даних, в той же час, надаючи найкраще в своєму класі управління радіо-частотним ресурсом за допомогою технології Adaptive Radio Management (ARM). ARM дозволяє автоматизувати управління радіоканалами, захист від радіоперешкод і гарантувати високу продуктивність додатків Wi-Fi клієнтів з трафіком вимогливим до надійності, з голосовими і відео даними [12].

Бездротова точка доступу IAP135 для внутрішнього розміщення призначена для підтримки максимальної продуктивності в умовах максимальної щільності користувачів з максимальною гнучкістю розгортання і безпекою.



Рисунок 3.4 - Бездротова точка доступу OAW-IAP135

Таблиця 3.4 - Характеристики бездротової точки доступу OAW-IAP135

Характеристики	Величина
Бездротова точка доступу OAW-IAP135	
Відповідність промисловим стандартам	IEEE 802.11a/b/g/n
Швидкість передачі даних (макс)	450 Мбіт/с
Модуляція	DSSS, OFDM
Сертифікація	FCC
Підтримка Quality of Service (QoS)	Так
Підтримка VLAN	Так
Консольний порт	1, RJ-45
Тип антени	3x3 MIMO, 2.4 + 5GHz
Зв'язка кабелю	10/100/1000Base-T
Тип інтерфейсу	MDI/MDX
Гніздо входу постійного струму (DC)	Так
Кількість портів Ethernet LAN (RJ-45)	2
Діапазон робочих температур	0°C - 50°C
Слот кабельного блокування	Kensington
Габарити (Ш, В, Д)	170мм, 45мм, 170мм
Тип кріплення	Настінний
Висота	1U
Енергоспоживання	16 Вт (PoE)

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок ефективності ізотропної випромінюваної потужності

Ефективна ізотропна випромінювана потужність визначається за формулою [23]:

$$EIRP = P_{\text{ПРД}} - W_{\text{АФТпрд}} + G_{\text{ПРД}}, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{ПРД}}$ - вихідна потужність передавача, дБм [6];

$W_{\text{АФТпрд}}$ - втрати сигналу в АФТ передавача, дБ [6];

$G_{\text{ПРД}}$ - посилення антени передавача, дБм [6].

Результати розрахунку представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри даних

Позначення	Найменування	Од. вимір.	Значення
$P_{\text{ПРД}}$	вихідна потужність передавача	дБм	18
$G_{\text{ПРД}}$	коефіцієнт посилення антени	дБм	24
$W_{\text{АФТпрд}}$	втрати сигналу передавача	дБ	6

За формулою (4.1) ефективна ізотропна випромінювана потужність складе:

$$EIRP = 18 - 6 + 24 = 36 \text{ дБм.}$$

4.2 Розрахунок зони дії сигналу

Даний розрахунок дозволить визначити теоретичну дальність роботи радіоканалу для обраного обладнання фірми Alcatel-Lucent. Слід зазначити, що отримана відстань буде теоретичним максимумом. Тому на практиці при врахуванні заважаючих факторів такі відстані будуть недосяжні.

Для визначення дальності зв'язку необхідно розрахувати сумарне посилення тракту і за графіком визначити відповідну цьому значенню дальність. Посилення тракту в дБ визначається за формулою [19]:

$$Y_{\text{дБ}} = P_{t,\text{дБ}} + G_{t,\text{дБ}} + G_{r,\text{дБ}} - P_{\text{min},\text{дБ}}, \quad (4.2)$$

где $P_{t,\text{дБ}}$ – потужність передавача [6];

$G_{t,\text{дБ}}$ – коефіцієнт посилення передавальної антени [6];

$G_{r,\text{дБ}}$ – коефіцієнт посилення приймальної антени [6];

$P_{\text{min},\text{дБ}}$ – реальна чутливість приймача [6];

За графіком, наведеним на рис. 4.1, знаходимо необхідну дальність роботи бездротового каналу зв'язку.

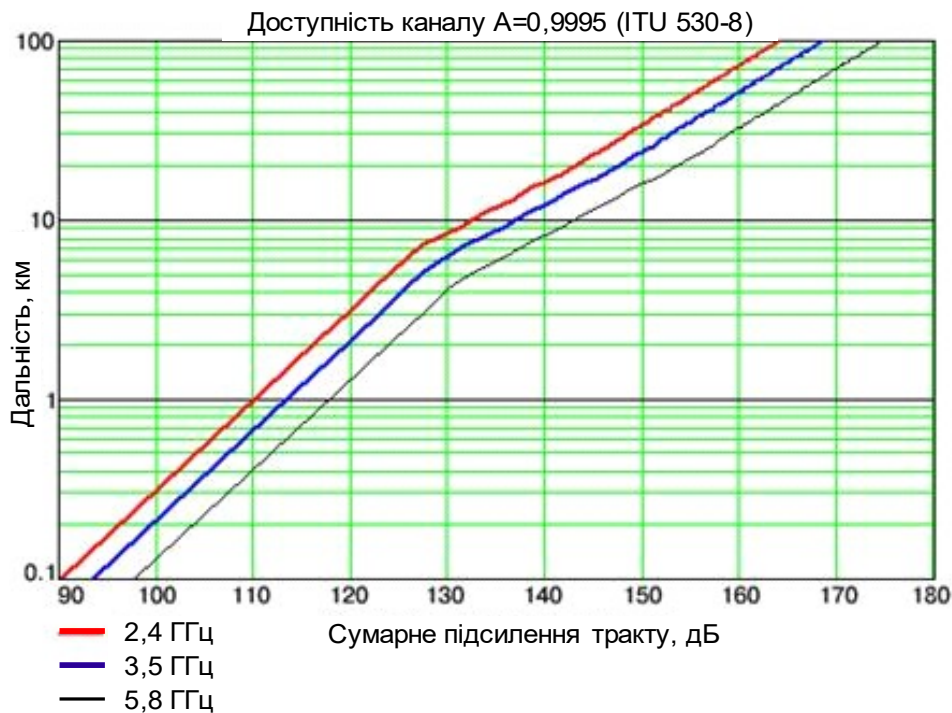


Рисунок 4.1 - Графік для визначення дальності роботи бездротового каналу зв'язку

За графіком (передача ведеться у діапазоні 2.4 GHz) визначаємо відповідну цьому значенню дальність. Отримуємо дальність рівну приблизно 300 метрам.

Наведемо стандартну формулу для розрахунку дальності дії передавача. Вона береться з інженерної формули розрахунку втрат у вільному просторі [23]:

$$FSL = 33 + 20(\lg F + \lg D), \quad (4.3)$$

де FSL (free space loss) – втрати у вільному просторі (дБ);

F – центральна частота каналу на якому працює система зв'язку (МГц);

D – відстань між двома точками (км).

FSL визначається сумарним підсиленням системи. Воно вважається таким чином:

Сумарне підсилення = Потужність передавача (дБмВт) + | Чутливість приймача (-дБмВт) (по модулю) | + Коеф. підсилення антени передавача + Коеф. посилення антени приймача - загасання в антенно-фідерном тракті передавача - загасання в антенно-фідерном тракті приймача - SOM.

Для кожної швидкості приймач має певну чутливість. Для невеликих швидкостей (наприклад, 1-2 мегабіта) чутливість найвища: від -90 дБмВт до -94 дБмВт. Для високих швидкостей, чутливість набагато менше.

Залежно від марки радіо-модулів максимальна чутливість може варіюватися. Ясно, що для різних швидкостей максимальна дальність буде різною.

SOM (System Operating Margin) - запас в енергетиці радіозв'язку (дБ). Враховує можливі фактори негативного впливу на дальність зв'язку, такі як:

- температурний дрейф чутливості приймача і вихідної потужності передавача;
- всілякі погодні аномалії: туман, сніг, дощ;
- неузгодженість антени, приймача, передавача з антенно-фідерних трактом.

Параметр SOM береться рівним 15 дБ. Вважається, що 15-ти децибельний запас щодо підсилення достатній для інженерного розрахунку.

В результаті отримуємо формулу дальності зв'язку:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL - 33}{20} - \lg F\right)}.$$

$$D = 0.25 \text{ km} = 250 \text{ м.}$$

4.3 Складання карти зон покриття

Використовуючи програмний комплекс AirMagnet Survey і ґрунтуючись на технічних характеристиках обраного устаткування Alcatel-Lucent були складені карти зон покриття на поверхах торгового центру, що в подальшому дозволило визначити оптимальну кількість та місця розташування точок доступу на поверхах торгового комплексу. Для складання зони покриття в AirMagnet Survey був завантажений план 1 поверху торгового комплексу Акварель (рис. 4.2). Далі на зображення були нанесені інженерні конструкції - бетонні стіни, "легкі" стіни з гіпсокартону і стіни-вітрини зі скла (рис. 4.3). Програма має задані параметри величини згасання різних типів перегородок, що дозволяє найбільш точно відобразити проекцію радіосигналу в приміщенні. Для оптимального автоматичного розташування точок доступу в приміщенні, необхідно на план поверху нанести відповідно до технічного завдання необхідні зони покриття мережі (рис. 4.4).



Рисунок 4.2 - План 1 поверху торгового комплексу Акварель



Рисунок 4.3 - Інженерні конструкції - бетонні стіни, "легкі" стіни з гіпсокартону і стіни-вітрини зі скла

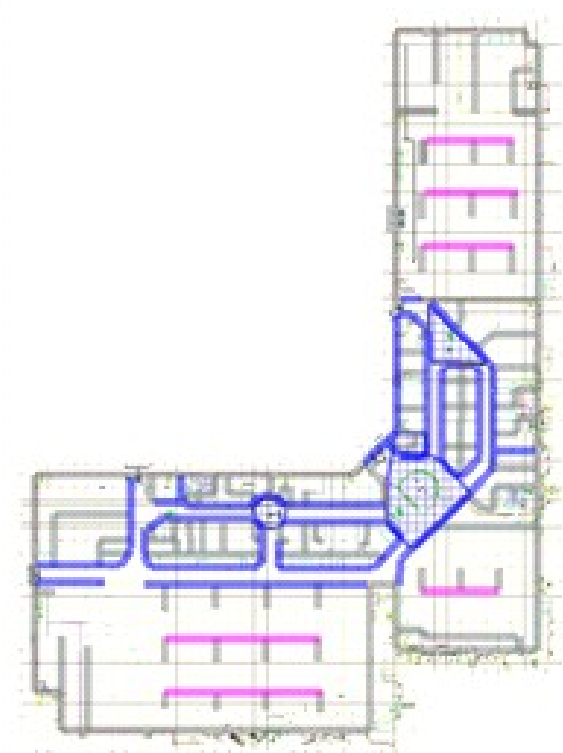


Рисунок 4.4 - Необхідні зони покриття мережі

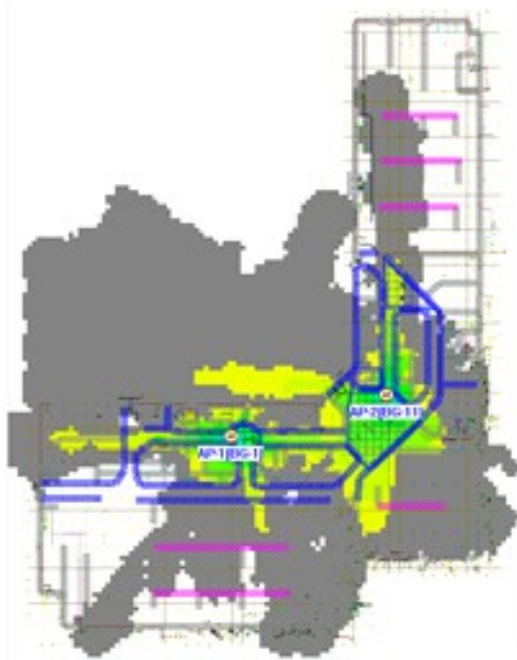


Рисунок 4.5 - Розташування точок доступу за функцією Planner advisor

Після нанесення на зображення плану поверху всіх об'єктів і необхідних зон покриття можна провести автоматичний розрахунок оптимального розташування точок доступу. В меню автоматичного розрахунку був вказаний мінімально допустимий рівень сигналу для коректної і комфортної роботи -75 дБм, але в додаткових настройках при створенні проекту було вказано тип будівлі - торговий центр, що дозволило програмі AirMagnet Survey максимально точно розрахувати положення і кількість точок доступу, використовуючи типові характеристики даного типу будівель. Таким чином були мінімізовані витрати на придбання обладнання, звівши його кількість до оптимального [18].

На рисунках відображено зону покриття радіосигналу сірий колір показує зону, де сигнал не досягає мінімально допустимого рівня -75 дБм, а градація від жовтого до зеленого кольору показує зону задовольняє вимогам технічного завдання проекту.

Функція Planner advisor по введеним даним визначила кількість (2 шт.) і розташування точок доступу (рис. 4.5). Але при аналізі даної карти зони покриття радіосигналу видно, що зона відпочинку недостатньо охоплена. Було прийнято рішення збільшити кількість точок доступу і змінити їх розташування відповідно до конфігурації приміщення, а саме (рис.4.6):

- додати точку доступу AP-3 в зоні відпочинку біля входу "1" в північному корпусі;

- перемістити точку доступу AP-2 ближче до тераси кафе, розташованого біля входу "2"/

Також, було прийнято рішення (рис. 4.7), розташувати четверту точку доступу AP-4 на протилежній стороні атриуму від уже доданої, зважаючи на прогнозоване велике число відвідувачів комплексу, які входять через головний вхід "2".

Згідно проведених досліджень 1 поверху торгового комплексу Акварель в програмному комплексі AirMagnet Survey, було визначено оптимальну кількість точок доступу, для забезпечення необхідного рівня сигналу який охоплює території. 4 бездротових Wi-Fi точки доступу Alcatel-Lucent OAW-IAP135 потрібно для будівництва БЛВС на першому поверсі комплексу.

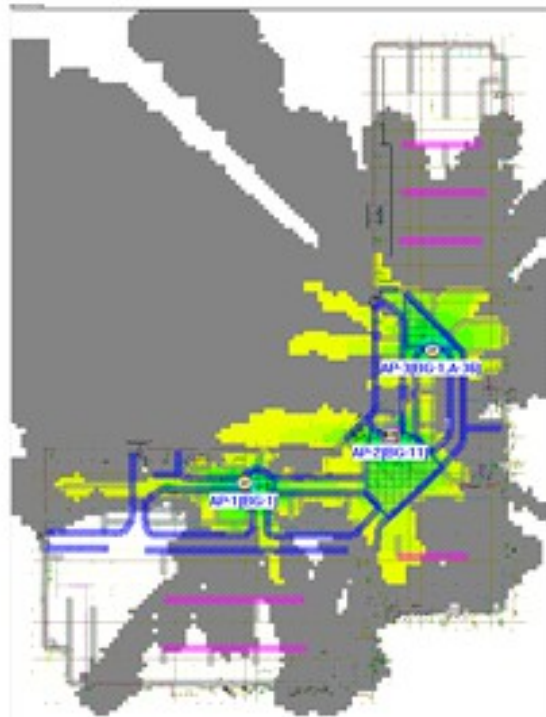


Рисунок 4.6 - Збільшення кількості точок доступу і зміна їх розташування відповідно до конфігурації приміщення

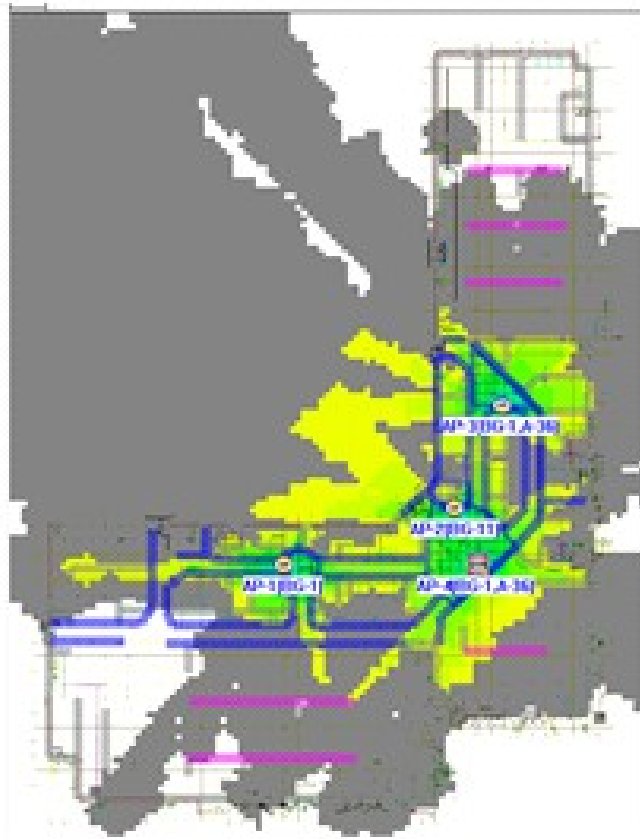


Рисунок 4.7 - Розташування четвертої точки доступу AP-4

Аналогічно було проведено модулювання зон покриття і визначення кількості точок доступу на поверхах 2-4.

На другому поверсі було потрібно збільшити розраховане програмою кількість точок доступу (рис. 4.8 – 4.11), очікуючи велику відвідуваність атриуму і великого кафе, розташованого на цьому поверсі. Додавання четвертої точки доступу дозволило поліпшити прогнозовану якість прийому радіосигналу в зоні відпочинку галереї південного корпусу будівлі та забезпечити всю необхідну зону покриттям Wi-Fi.

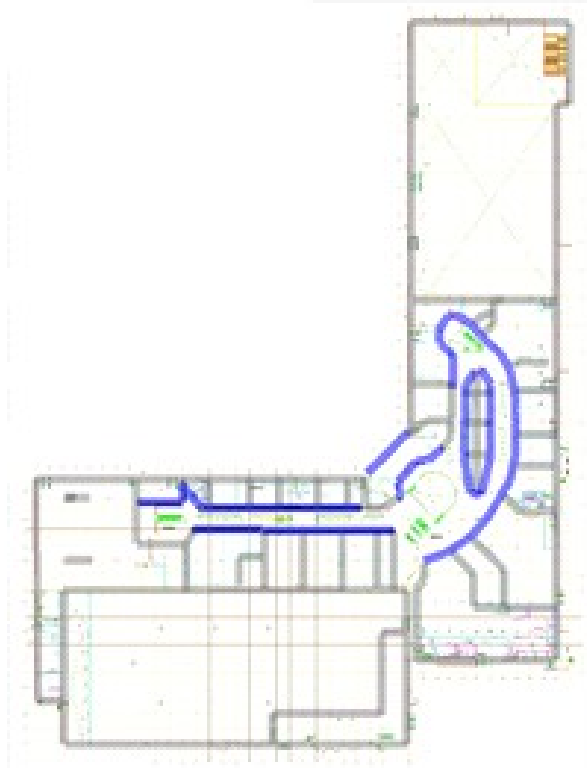


Рисунок 4.8 - План приміщень 2 поверху. Стіни та перекриття 2 поверху

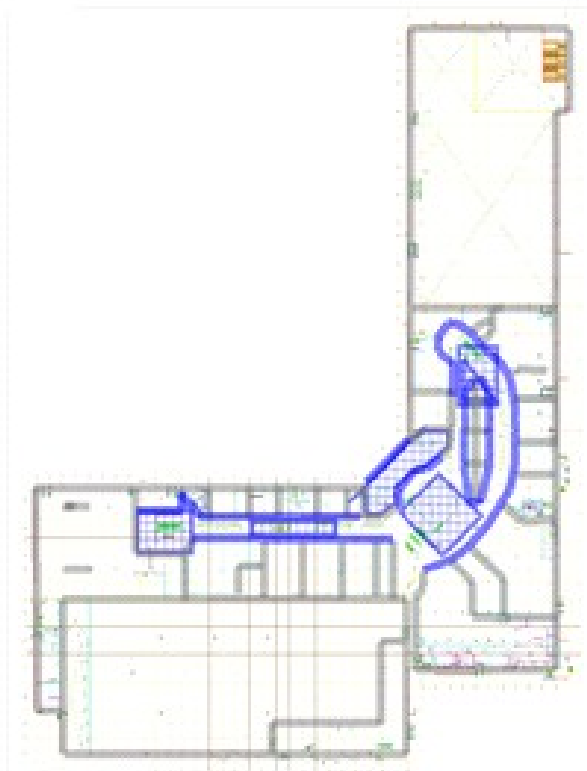


Рисунок 4.9 – Зони покриття мережі 2 поверху

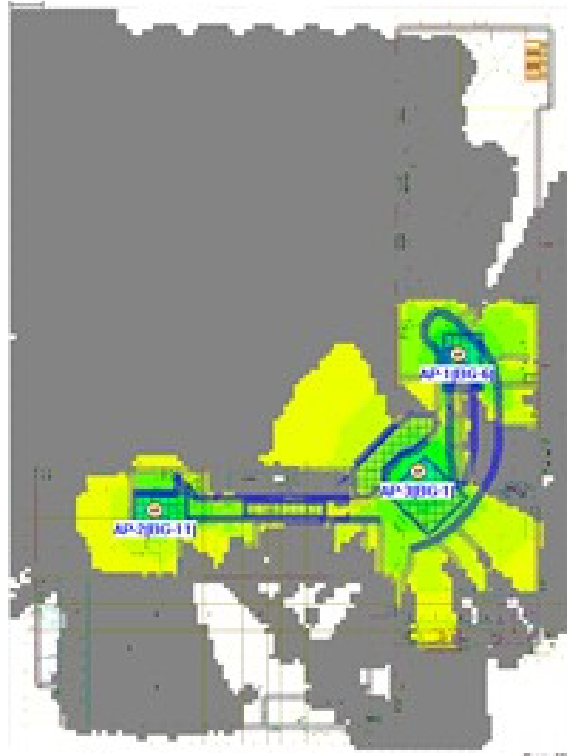


Рисунок 4.10 – Розташування точок доступу за функцією Planner advisor

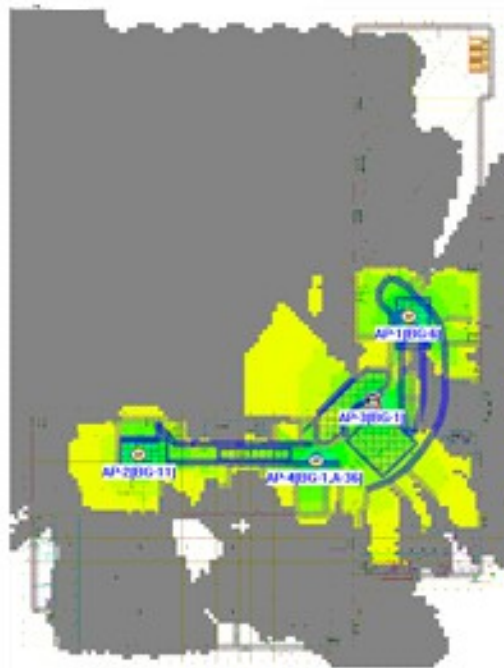


Рисунок 4.11 – Додавання четвертої точки доступу

Автоматичне визначення розташування точок доступу Planner advisor склало карту зони покриття радіосигналу третього поверху яке задовольняє

вимогам технічного завдання повністю і не вимагає коректування. Простота планування фудкорту, його розміри відкритого простору дозволили обмежитися 1 точкою доступу Wi-Fi для організації мережі на 3 поверсі торгового комплексу (рис. 4.12 – 4.14)



Рисунок 4.12 - План приміщень 3 поверху. Стіни та перекриття 3 поверху

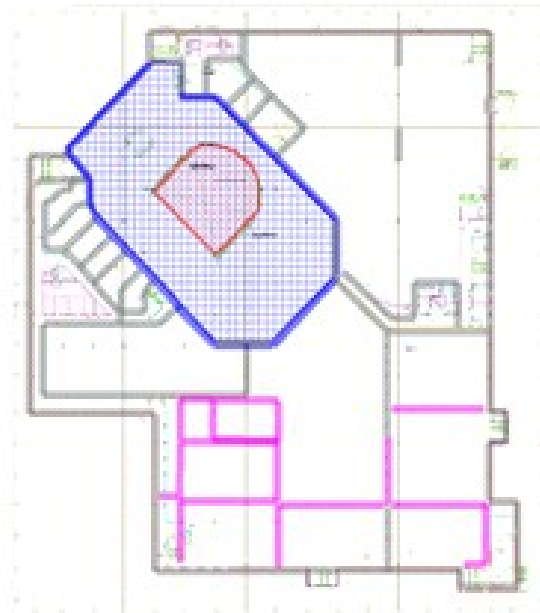


Рисунок 4.13 - Зони покриття мережі 3 поверху

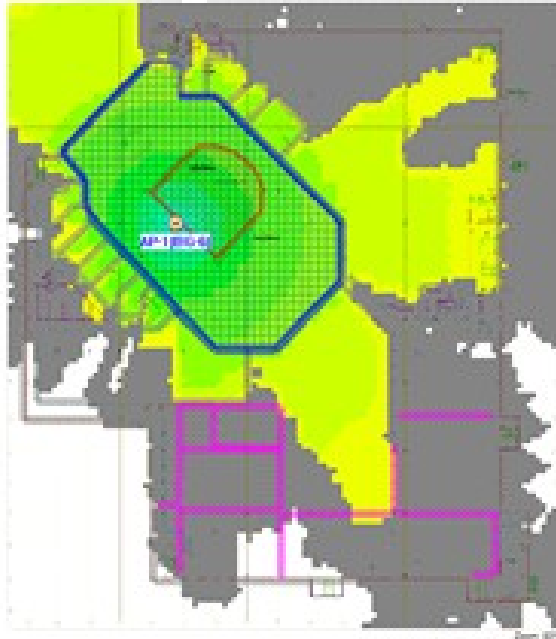


Рисунок 4.14 - Розташування точок доступу за функцією Planner advisor

При розташуванні точок доступу на 4 поверсі торгового комплексу знадобилося перемістити автоматично розміщену точку доступу AP-2 в середину приміщення, за скляні стіни, з огляду на те, що технічні характеристики обладнання допускають установку тільки у внутрішніх приміщеннях. Для забезпечення необхідної зони покриття четвертого поверху потрібно встановити 2 бездротових Wi-Fi точки доступу (рис.4.15 - 4.18). Згідно з результатами проектування зон покриття радіосигналу в торговому комплексі Акварель визначено таку кількість точок доступу на поверхах:

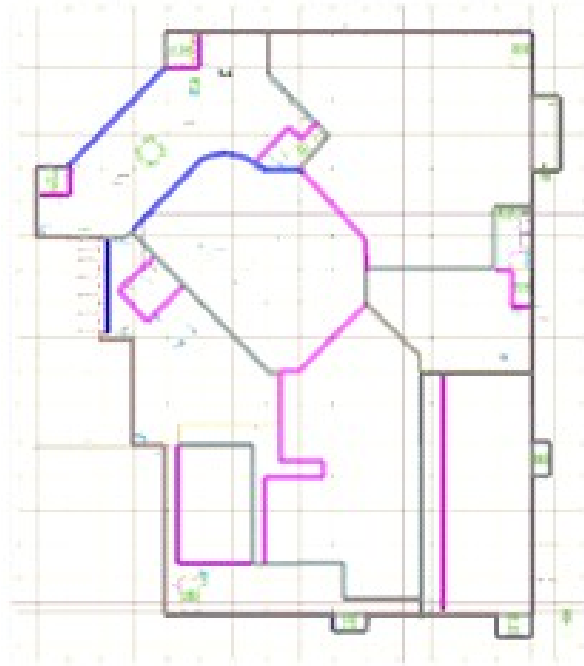


Рисунок 4.15 - План приміщень 4 поверху. Стіни та перекриття 4 поверху

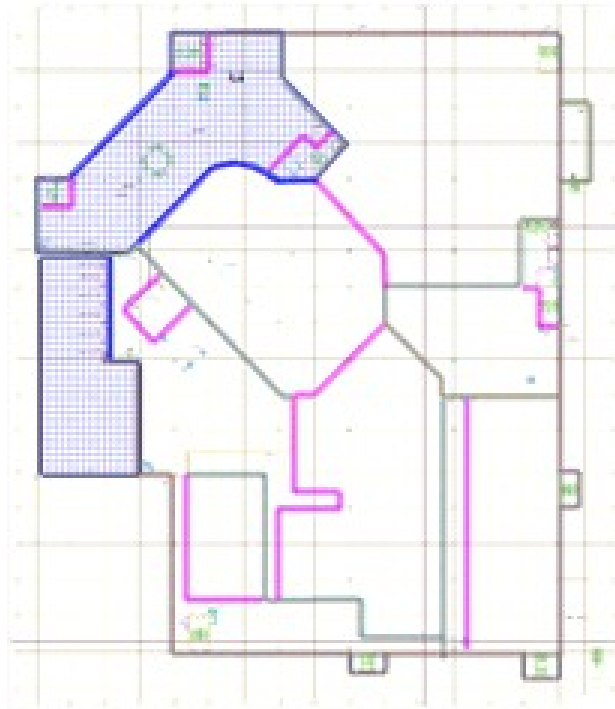


Рисунок 4.16 - Зони покриття мережі 4 поверху

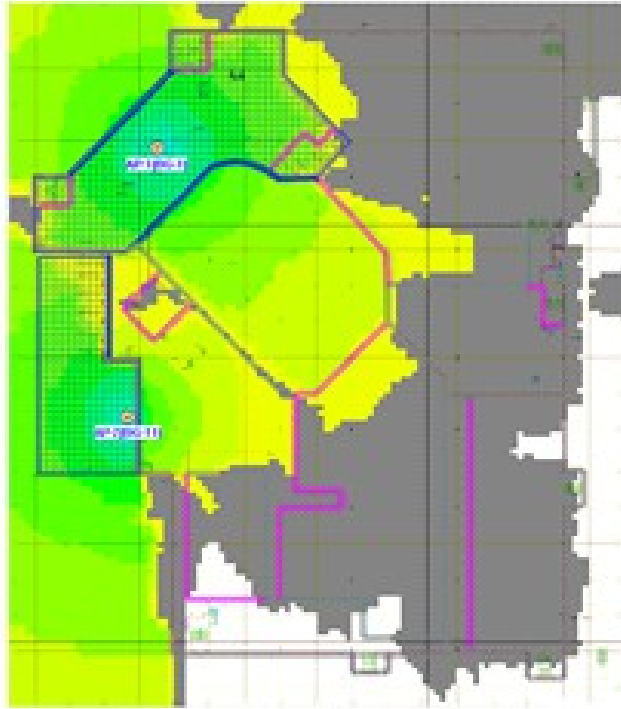


Рисунок 4.17 - Розташування точок доступу за функцією Planner advisor

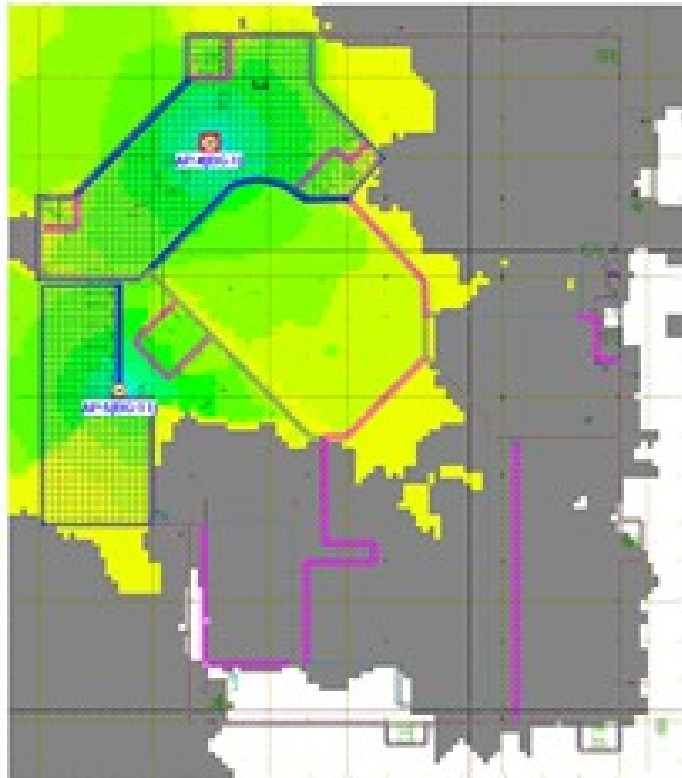


Рисунок 4.18 – Ручне корегування розміщення точок доступу

Таблиця 4.2 - Кількість бездротових точок доступу

Поверх	Кількість точок доступу OAW-IAP135, шт.
1	4
2	4
3	1
4	2
Резерв ЗПІ	1

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі виконано аналіз основ побудови і розробки бездротових мереж за технологією AD-HOC Wi-Fi.

Проаналізовано технічні можливості апаратури, особливості поширення сигналу в обраному діапазоні, методи організації доступу в бездротовій мережі.

Розраховані ефективна ізотропна випромінювана потужність і зони дії сигналу для конкретних умов розміщення у торговому комплексі.

На основі аналізу умов розміщення перешкод, з урахуванням їх впливу на сигнал бездротових точок доступу, було запропоновано найбільш раціональне розташування технічних засобів.

Вивчено організаційні і технічні методи забезпечення інформаційної безпеки в бездротовій мережі.

Запропоновано схему розміщення та з'єднання обладнання, розраховані зони дії точок доступу, змодельовано зону покриття для бездротової мережі з урахуванням конкретних умов поширення сигналу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Рошан, П. Основы построения беспроводных локальных сетей [Текст] / П. Рошан, Д. Лиэри. – М.: Диалектика-Вильямс, - 2004. - 315 с.
2. WLAN: практическое руководство для администраторов и профессиональных пользователей [Текст] / Томас Мауфер. – М.: КУДИЦ-Образ, 2005.
3. Гейер, Джим Беспроводные сети [Текст]: пер. с англ. – М.: Издательство: Вильямс, 2005. - 482 с.
4. Пахомов, Сергей Анатомия беспроводных сетей [Текст] / Сергей Пахомов / Компьютер-Пресс.- 2002.- №7. - С. 48-55.
5. Маккалоу, Джек Секреты беспроводных технологий [Текст]: пер. с англ. – М.: ИТ-Пресс, 2005. - 404 с.
6. Кузнецов, М.А. Современные технологии и стандарты подвижной связи [Текст] / М.А. Кузнецов, А.Е. Рыжков. – СПб.: Линк, 2006. - 193 с.
7. Секреты беспроводных технологий [Текст] / Джек Маккалоу. – М.: ИТ-Пресс, 2005.
8. Мауфер Томас WLAN: практическое руководство для администраторов и профессиональных пользователей [Текст] / Томас Мауфер. – М.: КУДИЦ-Образ, 2005.
9. Маккалоу Джек Секреты беспроводных технологий [Текст] / Джек Маккалоу. – М.: ИТ-Пресс, 2005.
10. Сергеев А.П. Офисные локальные сети. Самоучитель [Текст] / А.П. Сергеев. - М.: Вильямс, 2003. – 323 с.
11. Архитектура и проектирование беспроводных сетей [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: http://antihackers.ru/index.php?option=com_content&view=category&id=4&Itemid=5
12. Архитектура построения сетей Cisco Unified Wireless Network [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: http://www.cisco.com/web/RU/netsol/ns340/ns394/ns348/ns337/networking_solutions_package.html.
13. Настраиваем безопасность беспроводной сети Wi-Fi [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.hwp.ru/Network/Wlan.security/index.html>.

14. IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>.

15. WEP (wired equivalent privacy) // Networkworld [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.networkworld.com/details/715.html>.

16. Дорошко Р.С. Методика оцінювання електромагнітної сумісності бездротових локальних мереж [Текст] // Р.С. Дорошко, О.Ю. Перевало, Н.А. Харченко // тези доповідей восьмої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації» 26-27 листопада 2020 року., Харків, Т1 секції 1-3, С. 62.

17. D. Dugaev, S. Zinov, E. Siemens A Survey of Multi-Hop Routing Schemes in Wireless Networks applied for the Smartlighting Scenario [Текст] // V international scienceconference — Technologies and equipment for information measurement, Tomsk, Russia. May 2014.

18. FireChat-https [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/FireChat>.

19. Serval Project [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Serval_Project.

20. S. Yousefi, M. S. Mousavi, and M. Fathy, "Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives," [Текст] // in 6th International Conference on ITSTelecommunications (ITST 2006), Chengdu, China, June 21-23, 2006, pp. 761-766.

21. T. Clausen and P. Jacquet. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Текст] // RFC3626 (Experimental), October 2003.

22. R. Sanchez-Iborra et al., Performance evaluation of BATMAN routing protocol for VoIP services: a QoE perspective [Текст] // IEEE Transactions Wireless Communication, vol.13, no.9, pp. 4947–4958, 2014.

23. Freifunk [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://freifunk.net>.

24. IEEE 802.11s. IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and Information Exchange Between Systems-Local and Metropolitan Area Networks–Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium

Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications-Amendment 10: Mesh Networking, IEEE Std., 2011.

25.D. Dugaev, S. Zinov, E. Siemens, and V. Shuvalov, A survey and performance evaluation of ad-hoc multi-hop routing protocols for static outdoor networks [Текст] // in 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2015, pp. 1–11.