

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа

Назва теми

КвРТР.2020005.01.05 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група ТР1-20-1

  
Підпис

Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«23» червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

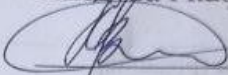
Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня-професійна програма Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні  
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКІТтаР

 Валерій МАРТИНЮК

10.01.2024р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кунділовський Андрій Валерійович

1 Тема роботи: Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа  
керівник роботи Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н, доцент

Затверджено наказом по університету від «15» лютого 2024р. №8.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) завдання на виконання кваліфікаційної  
роботи

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.  
Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних  
рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

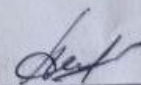
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

7 презентаційних слайдів

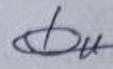
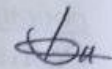


Завдання отримав \_\_\_\_\_



Керівник \_\_\_\_\_



6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

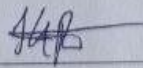
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2024	виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2024	виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2024	виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2024	виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2024	виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2024	виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2024	виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2024	виконано

Студент

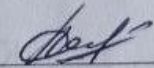


Андрій КУНДЛІОВСЬКИЙ

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Людмила КОРЕЦЬКА

Підпис

Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа».

Автор роботи: Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ.

Керівник роботи: Людмила КОРЕЦЬКА

Пояснювальна записка: 62 с., 23 рис., 9 табл., 4 дод., 47 джерел.


Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА,  
БЕЗПРОВІДНА WI-FI МЕРЕЖА, АЛГОРИТМ.

Метою роботи є розробка інформаційно-телекомунікаційної локальної бездротової мережі.

У проєкті проведено обґрунтування проєкту проектування бездротової мережі Wi - Fi на основі стандарту 802.11 n. У роботі було зроблено аналіз мережі бездротового доступу Wi - Fi . Як вибір обладнання для реалізації проєкту було віддано перевагу на користь фірми D - Link . Обґрунтування вибору обладнання проводив вісь з урахуванням: технічних характеристик, можливості та застосування, вартості тощо . У технічній частині проєкту розглянуто варіант побудови мережі бездротового доступу із встановленням шести точок доступу. Вибір обумовлений умовами технічних властивостей обладнання. У розрахунковій частині проєкту зроблено розрахунки ефективної ізотропної випромінюваної потужності та зона покриття мережі.

Підпис студента



Дата

20.06.2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ Wi-Fi.....	5
1.1 Особливості розвитку технологій бездротового доступу .....	5
1.2 Історія розвитку .....	7
1.3 Основні стандарти .....	7
1.3.1 Стандарт IEEE 802.11g .....	8
1.3.2 Стандарт IEEE 802.11a .....	13
1.3.3 Стандарт IEEE 802.11n .....	17
1.4 Фактори вищої швидкості передачі даних стандарту 802.11n.....	23
1.5 Топології бездротових мереж Wi-Fi .....	26
1.6 Бездротове обладнання, що використовується у Wi-Fi мережах.....	28
1.6.1 Точки доступу Wi-Fi.....	28
1.6.2 Wi-Fi адаптери .....	29
1.7 Висновки до першого розділу.....	31
2 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ БЕЗПРОВІДНОГО ДОСТУПУ .....	32
2.1 Опис та характеристика обраного обладнання .....	32
2.2 Розробка архітектури з описом основних параметрів проектованої WLAN39	
2.3 Висновки до другого розділу .....	45
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	46
3.1 Розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності.....	46
3.2 Розрахунок зони дії сигналу.....	46
3.3 Захист інформації .....	49
3.3.1 WEP та його послідовники.....	49

<b>КвРТР.2020005.01.05 ПЗ</b>								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа  Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Кунділовський А.	<i>[Підпис]</i>	23.06.24		2		
Перевір.		Корещук А.В.	<i>[Підпис]</i>	25.06.24				
Н. Контр.		Корещук Л.О.	<i>[Підпис]</i>	23.06.24				
Затв.		Мартинюк В.В.	<i>[Підпис]</i>	23.06.24				
<b>ХНУ, ТР1-20-1</b>								

3.3.2 Програмне забезпечення .....	52
3.3.3 Інвентаризація бездротової мережі .....	53
3.3.4 Аналіз захищеності бездротових пристроїв.....	54
3.3.5 Виявлення атак на бездротові мережі.....	55
3.4.1 Алгоритм тестування.....	59
3.5 Висновки до третього розділу .....	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТОК А Розміщення точок доступу на другому поверсі та бездротового комутатора на третьому.....	68
ДОДАТОК Б Розміщення точок доступу на четвертому поверсі та бездротового комутатора на третьому.....	69
ДОДАТОК В Код програми «Розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності».....	70
ДОДАТОК Г Загальні характеристики обладнання.....	72
ДОДАТОК Д Презентаційні матеріали.....	81

## ВСТУП

Бездротові мережі, також відомі як мережі Wi-Fi або WLAN (бездротова локальна мережа), мають значні переваги перед традиційними дротовими мережами, головним чином, звичайно:

- легко розгортати;
- гнучкість архітектури мережі для динамічної зміни топології мережі під час підключення, переміщення та відключення мобільного користувача без значних втрат часу;
- швидкість проектування та реалізації має вирішальне значення, коли потрібен час на будівництво мережі;
- крім того, бездротові мережі не потребують прокладання кабелів (які зазвичай вимагають проходження через стіни).

У той же час бездротові мережі не позбавлені серйозних недоліків на стадіях розвитку. По-перше, це менша за сучасними мірками швидкість з'єднання, яка також сильно залежить від наявності перешкод і відстані між приймачем і передавачем.

Одним із способів збільшити діапазон бездротової мережі є створення розподіленої мережі на основі кількох бездротових точок доступу. Коли ви створюєте цей тип мережі, ви можете перетворити весь свій офіс на бездротову зону та збільшити швидкість з'єднання, незалежно від того, скільки стін (перешкод) є в офісі.

Подібним чином вирішується проблема масштабованості мережі. Використання зовнішньої спрямованої антени дозволяє ефективно вирішити проблему перешкод, що обмежують сигнал.

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	4
		№ докум.	Підпис			

# 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ WI-FI

## 1.1 Особливості розвитку технологій бездротового доступу

На початку розвитку радіотехніки термін «бездротовий» (бездротовий) використовувався для позначення радіозв'язку в розумінні терміна, який буквально означав бездротову передачу інформації за будь-яких обставин. Пізніше таке тлумачення фактично вийшло з моди і «бездротовий» став використовуватися як еквівалент терміну «радіо» або «радіочастота» (RF - radio frequency). В даний час ці дві концепції вважаються взаємозамінними, коли мова йде про діапазон частот від 3 кГц до 300 ГГц. Однак термін «радіо» частіше використовується для опису давно існуючих технологій (радіомовлення, супутниковий зв'язок, радар, бездротові телефони тощо). Сьогодні термін «бездротовий зв'язок» використовується для позначення нових технологій радіозв'язку, таких як мікросітьниковий і сітьниковий телефонний зв'язок, пейджинг, доступ користувача тощо.

Існує три типи бездротових мереж (рис. 1.1): WWAN (Wireless Wide Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network) і WPAN (Wireless Personal Area Network).

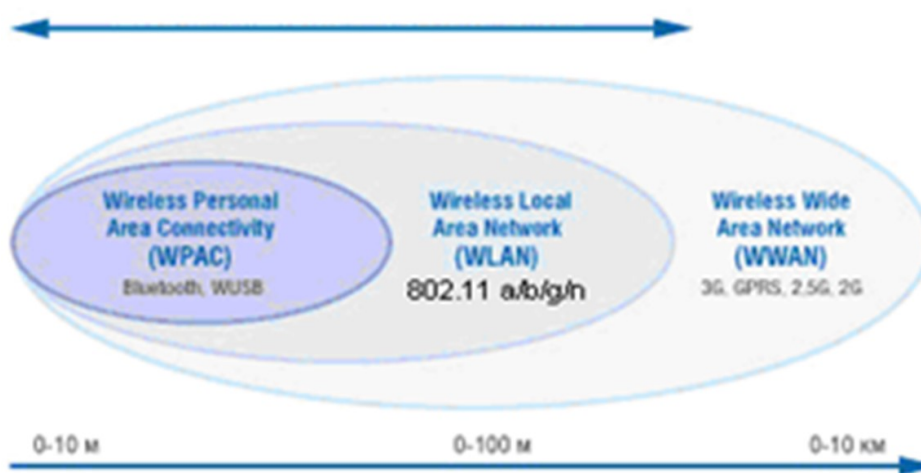


Рисунок 1.1 - Радіус дії персональних, локальних та глобальних бездротових мереж

При побудові мереж WLAN і WPAN, а також систем бездротового широкопasmового доступу (BWA - Broadband Wireless Access) застосовуються подібні технології. Ключова різниця між ними (рис. 1.2) – діапазон робочих частот та характеристики радіоінтерфейсу. Мережі WLAN і WPAN працюють у діапазонах частот 2,4 і 5 ГГц, які не підлягають ліцензуванню, що означає, що для їх розгортання не потрібно частотне планування та координація з іншими бездротовими мережами, що працюють у тому ж діапазоні частот. У мережах BWA (Broadband Wireless Access) використовуються ліцензовані та неліцензовані діапазони частот (від 2 до 66 ГГц).

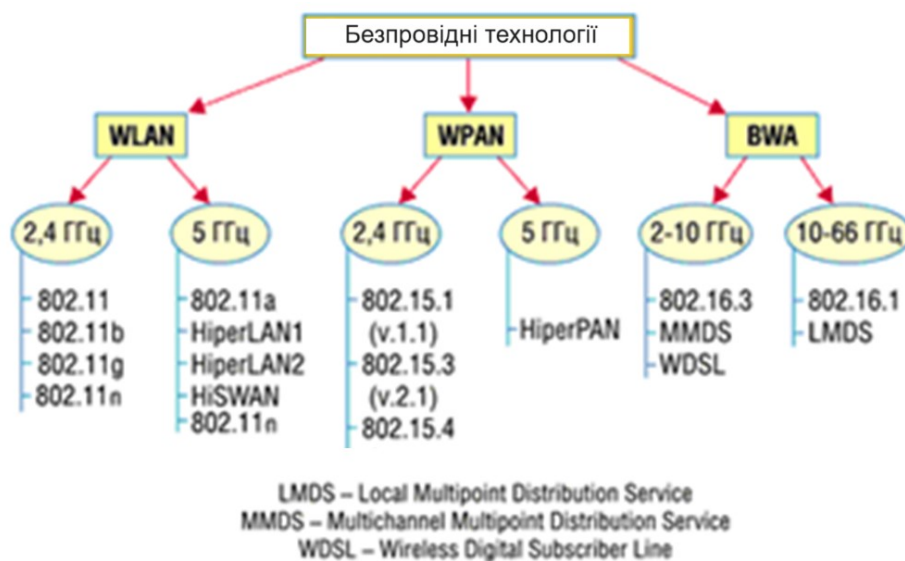


Рисунок 1.2 – Класифікація бездротових технологій

Бездротові локальні мережі WLAN .

Основним призначенням бездротової локальної мережі (WLAN) є організація доступу до інформаційних ресурсів всередині будівлі. Друга за значимістю сфера застосування — організація публічних комерційних точок доступу (хотспотів) у місцях скупчення людей (готелі, аеропорти, кафе) та організація тимчасових мереж під час заходів (виставок, семінарів).

Бездротові локальні мережі створюються на основі сімейства стандартів IEEE 802.11. Ці мережі також відомі як Wi-Fi (Wireless Fidelity), і хоча сам

термін Wi-Fi, очевидно, не вписаний у стандарти, бренд Wi-Fi отримав найширше поширення в усьому світі.

## 1.2 Історія розвитку

Комітет стандартів IEEE 802 (Інститут інженерів з електротехніки та електроніки) у 1990 р створенив робочу групу стандартів бездротової локальної мережі 802.11. Група працює над розробкою єдиних стандартів для радіообладнання та мереж, що працюють на частоті 2,4 ГГц і на швидкостях 1 і 2 Мбіт/с. Робота над стандартом тривала сім років, а перша специфікація 802.11 була затверджена в червні 1997 року.

Стандарт IEEE 802.11 став першим стандартом продукту WLAN від незалежної міжнародної організації. Однак, коли світовий стандарт був випущений, швидкість передачі, включена спочатку, виявилася недостатньою. Це призвело до наступних модифікацій, тому сьогодні можна говорити про набір стандартів.

## 1.3 Основні стандарти

В даний час широко використовуються три стандарти групи IEEE 802.11 (як показано в таблиці 1.1)

Таблиця 1.1 – Основні характеристики 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

### 1.3.1 Стандарт IEEE 802.11g

Стандарт IEEE 802.11g, прийнятий у 2003 році, є логічною еволюцією стандарту 802.11b, що забезпечує передачу даних у тому ж частотному діапазоні, але на вищих швидкостях. Крім того, 802.11g повністю сумісний із 802.11b, що означає, що будь-який пристрій 802.11g має підтримувати пристрій 802.11b. Максимальна швидкість передачі даних у стандарті 802.11g становить 54 Мбіт/с. Надано Texas Instruments. Таким чином, стандарт 802.11g містить компроміс: заснований на технології OFDM і ССК, і опціонально передбачає використання технології РВСС.

Ідея згорткового кодування (Packet Binary Convolutional Coding, РВСС) полягає в наступному. Вхідна послідовність інформаційних бітів перетворюється згортковим кодером таким чином, що кожен вхідний біт відповідає декільком вихідним бітам. Тобто згортковий кодер додає деяку надлишкову інформацію до вихідної послідовності. Наприклад, якщо кожному вхідному біту відповідають два вихідних біта, то ми називаємо це згортковим кодуванням зі швидкістю, що дорівнює  $1/2$ . Якщо кожним двом вхідним бітам відповідають три вихідних, то швидкість згорткового кодування вже становить  $2/3$ .

Будь-який згортковий кодер заснований на кількох комірках пам'яті та логічних елементах XOR, з'єднаних послідовно. Кількість комірок пам'яті визначає кількість можливих станів кодера. Наприклад, якщо в згортковому кодері використовується шість блоків пам'яті, кодер зберігає інформацію про шість попередніх станів сигналу і, враховуючи значення вхідних бітів, ми отримуємо використання семи бітів вхідної послідовності в такому кодуванні в посудину. Цей згортковий кодер називається кодером із семи станів.

Вихідні біти, сформовані в згортковому кодері, визначаються операцією XOR між значенням вхідного біта та біта, що зберігається в пам'яті пристрою, тобто значення кожного сформованого вихідного біта не тільки залежить від вхідного інформаційного біта, але й також кілька попередніх.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	8
		№ докум.	Підпис			

Основною перевагою згорткових кодерів є несприйнятливність послідовностей, які вони утворюють. Справа в тому, що при надлишковості кодування, навіть якщо виникають помилки прийому, вихідну послідовність бітів можна відновити без помилок. Декодер Вітербі використовується для відновлення вихідної послідовності бітів на приймачі.

Подвійний біт, сформований у згортковому кодері, потім використовується як символ передачі, але раніше він був фазово-модульований. Крім того, залежно від швидкості передачі можлива двійкова, квадратурна або навіть восьмибітна фазова модуляція.

На відміну від технології DSSS (код Баркера, послідовність SSK), технологія згорткового кодування не використовує технологію розширення спектру через використання шумоподібних послідовностей, але в цьому випадку також забезпечує розширення спектру до стандартних 22 МГц. Для цього використовуються варіанти можливих сигнальних груп QPSK і BPSK.

Розглянутий метод кодування PBCC додатково використовується в протоколі 802.11b на швидкостях 5,5 і 11 Мбіт/с. Подібно до протоколу 802.11g, цей метод також доступний для швидкості передачі 5,5 і 11 Мбіт/с. Загалом, завдяки сумісності протоколів 802.11b і 802.11g, технології кодування та швидкості, які надає протокол 802.11b, також підтримуються в протоколі 802.11g. У цьому плані 802.11b і 802.11g відповідають один одному на швидкостях до 11 Мбіт/с, просто 802.11g пропонує швидкість, якої немає у 802.11b.

Опціонально в протоколі 802.11g технологія PBCC може використовуватися на швидкості передачі 22 і 33 Мбіт/с.

Для швидкості 22 Мбіт/с передача даних має дві характеристики порівняно зі схемами PBCC, які ми вже розглядали. По-перше, використовується 8-розрядна фазова модуляція (8-PSK), тобто фаза сигналу може приймати вісім різних значень, що дозволяє кодувати три біти в одному символі. Крім того, крім згорткового кодера, в рішення також додається пунктирний кодер (Puncture).

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	9
		№ докум.	Підпис			

Наслідки такого рішення дуже прості: надмірність згорткових кодерів досить висока, дорівнює 2 (для кожного вхідного біта є два виходи), і є надмірною за певних умов у ситуаціях перешкод, тому надмірність може бути зменшена, наприклад, три виходи на кожні два вхідних біта. Ви, звичайно, можете розробити для цього відповідний згортковий кодер, але краще було б додати до схеми спеціальний кодер пунктуації, який би просто знищував зайві біти.

Припустимо, кодер пунктуації видаляє один біт з кожних чотирьох вхідних бітів. Тоді кожні чотири вхідні біти відповідатимуть трьом вихідним бітам. Швидкість цього кодера становить  $4/3$ . Якщо такий кодер поєднується зі згортковим кодером зі швидкістю  $1/2$ , загальна швидкість кодування становитиме  $2/3$ , або три вихідних біта на кожні два вхідних біта.

Технологія PBCC не є обов'язковою для стандарту IEEE 802.11g, тоді як технологія OFDM є обов'язковою. Щоб зрозуміти природу технології OFDM, давайте ближче розглянемо багатопроменеву інтерференцію, яка виникає, коли сигнали поширюються у відкритому середовищі.

Ефект багатопроменевої інтерференції сигналу полягає в тому, що один і той самий сигнал може досягати приймача різними шляхами через багаторазове відбиття від природних перешкод. Однак різні шляхи розповсюдження мають різну довжину, тому ослаблення сигналу також буде різним. Тому в точці прийому результуючий сигнал являє собою інтерференцію багатьох сигналів з різними амплітудами і зміщенням у часі відносно один одного, еквівалентну підсумовуванню сигналів різних фаз.

Результатом багатопроменевої інтерференції є спотворення прийнятого сигналу. Багатопроменеві перешкоди характерні для будь-якого типу сигналу, але особливо негативно впливають на широкосмугові сигнали, оскільки під час використання широкосмугових сигналів певні частоти стають у фазі через перешкоди, що призводить до збільшення потужності сигналу. Сигнали, навпаки, є дещо зміщеними по фазі, що спричиняє послаблення сигналу на заданій частоті.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	10
		№ докум.	Підпис			

Коли справа доходить до багатопроменевої інтерференції, яка виникає під час передачі сигналу, є два крайні випадки, про які слід знати. У першій схемі максимальна затримка між сигналами не перевищує тривалості одного символу, і перешкоди виникають в межах одного переданого символу. По-друге, максимальна затримка між сигналами перевищує тривалість одного символу, тому результатом інтерференції є додавання сигналів, що представляють різні символи, що призводить до так званої міжсимвольної інтерференції (ISI).

Найбільший негативний вплив на спотворення сигналу має міжсимвольна інтерференція. Оскільки символ - це дискретний стан сигналу, що характеризується значеннями несучої частоти, амплітуди і фази, амплітуда і фаза сигналу змінюються для різних символів, тому відновити вихідний сигнал дуже складно.

Тому при високих швидкостях передачі даних використовується метод кодування даних, який називається мультиплексуванням з ортогональним частотним поділом (OFDM). Його суть полягає в тому, щоб розподілити переданий потік даних по безлічі частотних підканалів і передавати його паралельно по всіх цих підканалах. При цьому високі швидкості передачі досягаються за рахунок одночасної передачі даних по всіх каналах, тоді як швидкості передачі в окремих підканалах можуть бути не такими високими.

Оскільки швидкість передачі даних у кожному частотному підканалі не може бути занадто високою, це створює передумови для ефективного придушення міжсимвольних перешкод.

При розділенні каналів окремі канали мають бути достатньо вузькими, щоб мінімізувати спотворення сигналу, але достатньо широкими, щоб забезпечити необхідну швидкість передачі. Крім того, щоб економічно використовувати всю смугу пропускання каналу, розділену на підканали, частотні підканали потрібно розташовувати якомога ближче, але в той же час уникати міжканальних перешкод, щоб забезпечити повну незалежність. Канали, які відповідають вищевказаним вимогам, називаються ортогональними. Несучі

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	11
		№ докум.	Підпис			

сигнали всіх частотних підканалів ортогональні один одному. Важливо, що ортогональність несучих сигналів гарантує частотну незалежність каналів один від одного і, таким чином, гарантує міжканальні перешкоди.

Розглянутий метод поділу широкосмугового каналу на ортогональні частотні підканали називається мультиплексуванням з ортогональним частотним поділом (OFDM). Для його реалізації в обладнанні передачі використовується зворотне швидке перетворення Фур'є (IFFT), яке перетворює попередньо мультиплексований  $n$ -канальний сигнал із представлення часу в представлення частоти.

Однією з головних переваг методу OFDM є поєднання високих швидкостей передачі з ефективним опором багатопроменевому поширенню. Звичайно, сама технологія OFDM не може придушити багатошляхове поширення, але вона створює передумови для усунення впливу міжкодових перешкод. Насправді невід'ємною частиною технології OFDM є захисний інтервал (GI) - циклічне повторення в кінці символу, скориговане до початку символу.

Захисний інтервал створює паузу між окремими символами, і якщо його тривалість перевищує максимальний час затримки сигналу через багатошляхове поширення, міжсимвольні перешкоди не виникатимуть.

При використанні технології OFDM тривалість захисного інтервалу становить одну чверть тривалості символу. У той же час тривалість символу становить 3,2 мкс, а захисний інтервал становить 0,8 мкс. Тому тривалість символу разом із захисним інтервалом становить 4 мкс.

У протоколі 802.11g двійкова та квадратурна фазова модуляція BPSK і QPSK використовуються на низьких швидкостях передачі. Коли використовується модуляція BPSK, лише 1 інформаційний біт кодується в 1 символі, тоді як коли використовується модуляція QPSK, кодуються 2 інформаційні біти. Модуляція BPSK використовується для передачі даних на швидкостях 6 і 9 Мбіт/с, а модуляція QPSK — на швидкостях 12 і 18 Мбіт/с.

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	12
		№ докум.	Підпис			

Для передачі на більших швидкостях використовується QAM (квадратурна амплітудна модуляція), коли інформація кодується шляхом зміни фази та амплітуди сигналу. Протокол 802.11g використовує модуляцію 16-QAM і 64-QAM. Перша модуляція включає 16 різних станів сигналу, що дозволяє кодувати 4 біти в одному символі; друга - 64 можливих стану сигналу, що дає можливість кодувати 6-бітну послідовність в один символ. Модуляція 16-QAM використовується для 24 і 36 Мбіт/с, а модуляція 64-QAM використовується для 48 і 54 Мбіт/с.

### 1.3.2 Стандарт IEEE 802.11a

Стандарт IEEE 802.11 забезпечує швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с. На відміну від базового стандарту, специфікація 802.11a визначає роботу в новому діапазоні частот 5 ГГц. Як метод модуляції сигналу обрано ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), що забезпечує високу стабільність зв'язку в умовах багатопроменевого поширення сигналу.

Згідно з правилами FCC діапазон частот UNII розділений на три піддіапазони по 100 МГц, які мають різні обмеження максимальної потужності випромінювання. Нижній діапазон (5,15–5,25 ГГц) забезпечує лише 50 мВт, середній діапазон (5,25–5,35 ГГц) становить 250 мВт, а верхній діапазон (5,725–5,825 ГГц) становить 1 Вт. Стандарт IEEE 802.11a використовує три піддіапазони із загальною шириною 300 МГц, що робить його найширшим стандартом у серії стандартів 802.11 і дозволяє розділити весь діапазон частот на 12 каналів, кожен із шириною 20 МГц, де вісім каналів розташовані на частотах 200-, від 15 до 5,35 ГГц, а решта чотири канали розташовані в діапазоні 100 МГц від 5,725 до 5,825 ГГц (рис. 1.3). Між тим, верхні чотири канали забезпечують найвищу потужність передачі та в основному використовуються для передачі сигналів за межі приміщення.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	13
		№ докум.	Підпис			

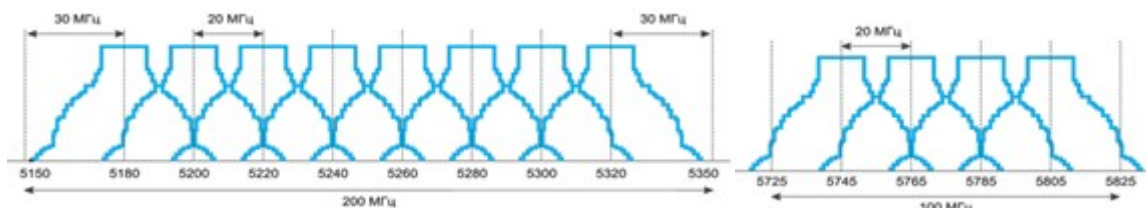


Рисунок 1.3 - Поділ діапазону UNII на 12 частотних піддіапазонів

Стандарт IEEE 802.11a базується на технології мультиплексування з ортогональним частотним поділом (OFDM). Канали були розділені за допомогою зворотного перетворення Фур'є з вікном із 64 частотних підканалів. Оскільки всі 12 каналів, визначених у стандарті 802.11a, мають ширину 20 МГц, кожен ортогональний частотний підканал (несуча) має ширину 312,5 кГц. Однак використовуються тільки 52 з 64 ортогональних підканалів, 48 з яких використовуються для передачі даних (тони даних), а решта для передачі службової інформації (пілот-тони).

З точки зору технології модуляції, протокол 802.11a не сильно відрізняється від 802.11g. На низьких швидкостях передачі для модуляції несучої частоти використовуються двійкові та квадратурні фазові модуляції BPSK і QPSK. При використанні модуляції BPSK лише один інформаційний біт кодується в символі. Тому, коли використовується модуляція QPSK, тобто коли фаза сигналу може приймати чотири різні значення, два інформаційні біти кодуються в одному символі. Модуляція BPSK використовується для передачі даних зі швидкістю 6 і 9 Мбіт/с, а модуляція QPSK — для передачі даних зі швидкістю 12 і 18 Мбіт/с.

Для передачі на вищих швидкостях стандарту IEEE 802.11a використовується квадратурна амплітудна модуляція 16-QAM і 64-QAM. У першому випадку існує 16 різних станів сигналу, що дозволяє кодувати 4 біти в одному символі, тоді як у другому випадку існує вже 64 можливих стани сигналу, які дозволяють кодувати 6 бітів в одній символній послідовності. Модуляція 16-QAM використовується для 24 і 36 Мбіт/с, а модуляція 64-QAM використовується для 48 і 54 Мбіт/с.

Інформаційна ємність символів OFDM визначається типом модуляції та кількістю піднесучих. Оскільки для передачі даних використовується 48 піднесучих, ємність символу OFDM становить  $48 \times N_b$ , де  $N_b$  є двійковим логарифмом кількості позицій модуляції, або, простіше кажучи, кількістю бітів, закодованих у підканалі символу. Таким чином, ємність одного символу OFDM становить від 48 до 288 біт.

Послідовність обробки вхідних даних (біт) у стандарті IEEE 802.11 наступна. Спочатку вхідний потік даних проходить стандартну операцію скремблювання. Після цього потік даних надсилається на згортковий кодер. Швидкість згорткового кодування (у поєднанні з точковим кодуванням) може становити  $1/2$ ,  $2/3$  або  $3/4$ . Оскільки швидкість згорткового кодування може бути різною, швидкість передачі даних буде різною при використанні одного типу модуляції. Наприклад, розглянемо модуляцію BPSK, коли швидкість передачі становить 6 або 9 Мбіт/с. Тривалість символу плюс захисний інтервал дорівнює 4 мкс, тому частота проходження імпульсу становитиме 250 кГц. Враховуючи, що кожен підканал кодує один біт, а всього таких підканалів 48, ми отримуємо, що загальна швидкість передачі даних становитиме  $250 \text{ кГц} \times 48 \text{ каналів} = 12 \text{ МГц}$ . Якщо швидкість одночасного згорткового кодування дорівнює  $1/2$  (кожен інформаційний біт додає один службовий біт), швидкість інформації становитиме половину повної швидкості, тобто 6 Мбіт/с. При швидкості згорткового кодування один службовий біт додається на кожні три інформаційних біта. У цьому випадку корисна (інформаційна) швидкість становить  $3/4$  повної швидкості, тобто 9 Мбіт/с. Подібним чином кожен тип модуляції відповідає двом різним швидкостям передачі (таблиця 1.2).

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	15
		№ докум.	Підпис			

Таблиця 1.2 - Співвідношення між швидкостями передачі та типом модуляції у стандарті 802.11a

Швидкість передачі, Мбіт/с	Тип модуляції	Швидкість згорткового кодування	Кількість біт в одному символі в одному підканалі	Загальна кількість біт у символі (48 підканалю)	Кількість інформаційних біт у символі
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

Після згорткового кодування бітовий потік чергується або чергується. Його суть полягає в зміні порядку переданих бітів у символі OFDM. Для цього вхідна послідовність бітів розбивається на блоки, довжина яких дорівнює одному біту в символі OFDM (NCBPS). Далі біти в кожному блоці замінюються на двох рівнях за певним алгоритмом. На першому етапі біти переставляються так, що сусідні біти під час передачі символу OFDM передаються на несуміжних піднесучих. Алгоритм заміни біта на цьому етапі еквівалентний наступному процесу. Спочатку бітові блоки довжиною NCBPS записуються рядок за рядком у матрицю, що містить 16 рядків і NCBPS/16 рядків. Далі зчитуємо біти з цієї матриці, але по рядках (або як написано, але з транспонованої матриці). В результаті такої операції перший сусідній біт буде перенесений в несусідний біт.

За цим слідує другий етап перестановки бітів, метою якого є забезпечення того, щоб сусідні біти не з'являлися одночасно під меншими номерами в групі, яка визначає символи модуляції в сузір'ї сигналу. Тобто після перестановки другого етапу сусідні біти виявляються по черзі у старших і молодших бітах групи. Це робиться для підвищення несприйнятливості переданого сигналу.

Після чергування бітова послідовність групується відповідно до кількості позицій вибраного типу модуляції та формує символ OFDM.

Сформовані символи OFDM піддаються швидкому перетворенню Фур'є для формування вихідних синфазних і квадратурних сигналів, а потім піддаються стандартній обробці - модуляції.

### 1.3.3 Стандарт IEEE 802.11n

Цей стандарт був затверджений 11 вересня 2009 року. 802.11n можна порівняти з провідними стандартами щодо швидкості передачі. Максимальна швидкість передачі стандарту 802.11n приблизно в 5 разів перевищує продуктивність класичного Wi-Fi.

Стандарт 802.11n пропонує такі ключові переваги:

- висока швидкість передачі (приблизно 300 Мбіт/с);
- рівномірне, стабільне, надійне та якісне покриття в зоні станції, без відкритих зон;
- сумісність з попередніми версіями стандартів Wi-Fi.

Недоліки:

- високе енергоспоживання;
- два робочих діапазони (обладнання можна замінити);
- обладнання складне і велике.

Збільшення швидкості передачі в стандарті IEEE 802.11n відбувається, по-перше, за рахунок подвоєння ширини каналу з 20 МГц до 40 МГц, по-друге, за рахунок впровадження технології MIMO.

Технологія MIMO (Multiple Input Multiple Output) передбачає використання кількох передавальних і приймальних антен. За аналогією традиційна система з однією передавальною та однією приймальною антеною називається SISO (один вхід і один вихід).

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	17
		№ докум.	Підпис			

Стандарт IEEE 802.11n базується на технології OFDM-MIMO. Багато реалізованих технічних деталей запозичено зі стандарту 802.11a, але стандарт IEEE 802.11n розроблено для використання як діапазону частот, прийнятого стандартом IEEE 802.11a, так і діапазону частот, прийнятого стандартом IEEE 802.11b/g. Іншими словами, пристрої, які підтримують стандарт IEEE 802.11n, можуть працювати в діапазоні частот 5 або 2,4 ГГц.

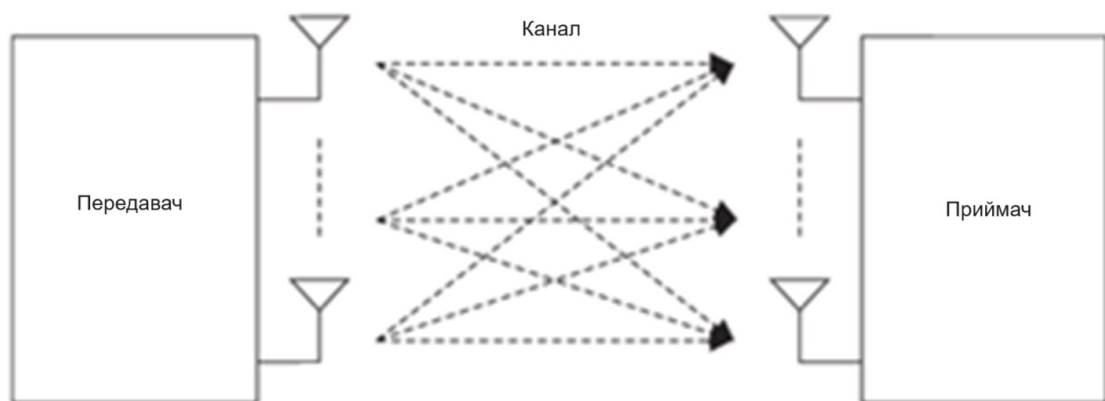


Рисунок 1.4 – Принцип реалізації технології MIMO

– Передана послідовність розбивається на паралельні потоки, включаючи вихідний сигнал, відновлений на приймальному кінці. Тут є певні труднощі - кожна антена приймає суперпозицію сигналів, які повинні бути відокремлені один від одного. Для цього на приймальному кінці використовується спеціально розроблений алгоритм детектування просторового сигналу. Алгоритм заснований на виборі піднесеного, і виявляється, що чим більше число піднесеного, тим більша складність. Єдиним недоліком використання MIMO є те, що система є складною та великою, а тому споживає більше енергії. Для забезпечення сумісності між сайтами MIMO та традиційними сайтами передбачено три режими роботи:

- традиційний режим;
- режим змішування (Blending Mode);
- режим Гренландії.

Кожному режиму роботи відповідає власна структура преамбули - службове поле пакета, яке вказує на початок передачі і використовується для синхронізації приймача і передавача. Преамбула містить інформацію про довжину пакета та його тип, включаючи тип модуляції, обраний метод кодування та всі параметри кодування. Щоб уникнути конфліктів між станціями МІМО та застарілими (з однією антеною) під час обміну між станціями МІМО, до пакетів даних додається спеціальна преамбула та заголовок. Після отримання такої інформації станції, що працюють у традиційному режимі, відкладають передачу до завершення сесії між станціями МІМО. Крім того, структура преамбули визначає деякі з основних завдань приймача, такі як оцінка потужності отриманого сигналу для систем автоматичного регулювання підсилення, виявлення початку пакету, часовий і частотний зсув.

#### Режими роботи станцій МІМО.

Успадкований режим. Цей режим призначений для забезпечення перемикавання між двома станціями через одну антену. Передача інформації здійснюється за протоколом 802.11a. Якщо передавач є сайтом МІМО, а приймач — звичайним сайтом, система передачі використовує лише одну антену, а процес передачі такий самий, як і в попередніх версіях стандарту Wi-Fi. Якщо напрямок передачі зворотний, тобто від звичайного сайту до кількох антен, сайт МІМО використовує багато приймальних антен, але швидкість передачі не є максимальною. Структура преамбули в цьому режимі така ж, як і у версії 802.11a.

Змішаний режим. У цьому режимі відбувається перемикавання між системами МІМО та між застарілими сайтами. У зв'язку з цим системи МІМО генерують два типи пакетів залежно від типу приймача. Звичайні сайти повільніші, оскільки вони не підтримують високошвидкісну роботу, тоді як МІМО набагато швидше між ними, але швидкість передачі нижча, ніж у режимі Greenfield. Преамбула в пакетах від звичайних станцій така ж, як і в стандарті 802.11a, але трохи змінена в пакетах МІМО. Якщо передавач є системою МІМО,

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	19
		№ докум.	Підпис			

замість того, щоб надсилати всю преамбулу, кожна антена надсилає циклічно зміщену преамбулу. В результаті енергоспоживання сайту знижується, а канал використовується більш ефективно. Однак не всі застарілі сайти можуть працювати в цьому режимі. Справа в тому, що якщо алгоритм синхронізації пристрою заснований на взаємній кореляції, відбудеться втрата синхронізації.

Режим зеленого поля. Цей режим використовує переваги систем MIMO. Передача можлива лише між багатоантенними станціями із застарілими приймачами. Коли система MIMO передає, застарілі станції чекають звільнення каналу, щоб уникнути конфліктів. У режимі greenfield можна приймати сигнали від систем, що працюють за першими двома схемами, але не посилати їм сигнали. Це робиться для того, щоб виключити перемикання одноантенних станцій, тим самим збільшивши швидкість роботи. Пакети супроводжуються преамбулою, яка підтримується лише станціями MIMO. Усі ці заходи дозволяють максимально розширити можливості системи MIMO-OFDM. У всіх режимах роботи повинен бути забезпечений захист від впливу роботи сусідніх станцій, щоб запобігти спотворенню сигналу. Фізично модель OSI використовує для цієї мети спеціальні поля в структурі преамбули, інформуючи станцію про те, що передача триває і вимагає певного часу очікування. Деякі методи захисту також прийнятні на рівні каналу. Залежно від смуги пропускання, що використовується, режими роботи класифікуються наступним чином:

1. Режим імітації. Цей режим потрібен для сумісності з попередніми версіями Wi-Fi. Він дуже схожий на 802.11a/g з точки зору апаратного забезпечення та пропускну здатності, обидва мають 20 МГц.

2. Режим подвійного успадкування. Ці пристрої використовують діапазон 40 МГц і передають однакові дані по верхньому і нижньому каналах (кожен шириною 20 МГц), але зміщені по фазі на  $90^\circ$ . Структура пакета є спрямованою, тому приймач є стандартною станцією. Дублювання сигналу зменшує спотворення, тим самим збільшуючи швидкість передачі.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	20
		№ докум.	Підпис			

3. Режим високої пропускнуої здатності. Пристрій підтримує дві частотні лінії - 20 і 40 МГц. У цьому режимі станції обмінюються лише пакетами МІМО. Швидкість мережі максимальна.

4. Режим верхнього каналу. Цей режим використовує лише верхню половину діапазону 40 МГц. Станції можуть обмінюватися будь-якими пакетами.

5. Режим нижнього каналу. У цьому режимі використовується лише нижня половина діапазону 40 МГц. Станції також можуть обмінюватись будь-якими пакетами.

Методи підвищення швидкодії.

Швидкість передачі залежить від багатьох факторів (табл. 1.3) і пропускнуої здатності. Чим ширший діапазон, тим вищий курс обміну. Другим фактором є кількість паралельних ниток. У стандарті 802.11n максимальна кількість каналів становить 4. Тип модуляції та метод кодування також дуже важливі. Коди захисту від перешкод, які зазвичай використовуються в мережах, включають введення деякої надлишковості. Якщо бітів захисту забагато, швидкість передачі корисної інформації буде знижена. У стандарті 802.11n максимальна відносна швидкість кодування становить 5/6, тобто на кожні 5 біт даних припадає 1 зайвий біт. Таблиця 1.3 показує швидкості перемикання для квадратурної модуляції QAM і BPSK. Можна побачити, що QAM-модуляція забезпечує вищі робочі швидкості при незмінних інших параметрах.

Таблиця 1.3 - Швидкість передачі при різних типах модуляції

Модуляція	Відносна швидкість кодування	Смуга пропускання, МГц	Кількість піднесучих	Число каналів	Швидкість передачі даних при CP=800нс	Швидкість передачі даних при CP=400нс
BPSK	1/2	20	52	1	6,5	7,2
64-QAM	5/6				65	72,2
BPSK	1/2			2	13	14,4
64-QAM	5/6				130	144
BPSK	1/2			3	19,5	21,7
64-QAM	5/6				195	216,7
BPSK	1/2			4	26	28,9
64-QAM	5/6				260	288,9
BPSK	1/2	40	108	1	13,5	15
64-QAM	5/6				135	150
BPSK	1/2			2	27	30
64-QAM	5/6				270	300
BPSK	1/2			3	40,5	45
64-QAM	5/6				405	450
BPSK	1/2			4	54	60
64-QAM	5/6				540	600

#### Передавачі та приймачі 802.11n

Стандарт IEEE 802.11n дозволяє використовувати до чотирьох антен поблизу точок доступу та бездротових адаптерів. Примусовий режим означає підтримку двох антен поблизу точки доступу, а також однієї антени та одного бездротового адаптера. Стандарт IEEE 802.11n забезпечує стандартні канали зв'язку шириною 20 МГц, а також канали подвійної ширини. Загальна структурна схема передавача показана на рисунку 1.5. Дані передаються через скремблер, який вставляє в код додаткові нулі або одиниці (так звані псевдовипадкові маскування шуму), щоб уникнути довгих послідовностей однакових символів. Далі дані розбиваються на N потоків і подаються на кодер прямого виправлення помилок (FEC). N = 1 для систем з однією або двома антенами, N = 2, якщо використовуються три або чотири канали передачі.





Другим фактором є збільшення доступної смуги пропускання. Теоретично досяжна пропускна здатність каналу зв'язку безпосередньо залежить від смуги частот, яку він займає. У новому стандарті сусідні канали можна об'єднувати на 20 МГц, тим самим збільшуючи пропускну здатність майже в два рази. За аналогією з шосе можна припустити, що кількість доступних для руху смуг подвоїться.

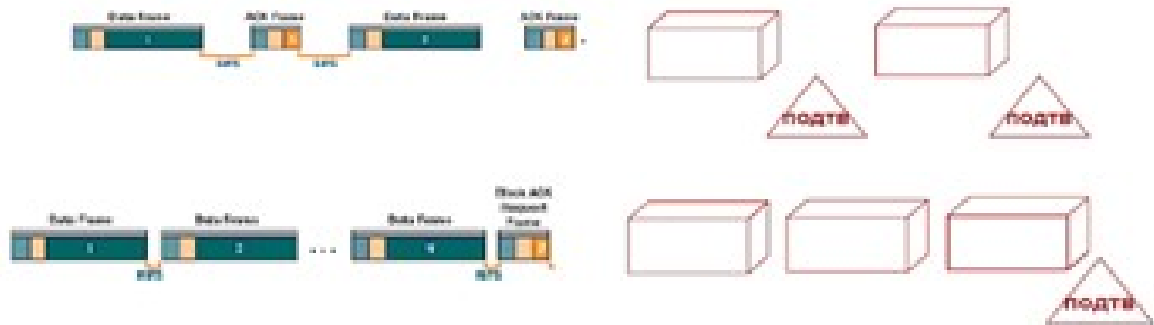


Рисунок 1.9 - Третій чинник збільшення швидкості передачі

Перші два фактори належать до фізичних каналів. Третім важливим фактором підвищення продуктивності є оптимізація транспортних протоколів на рівні доступу до середовища. У попередніх версіях прийом кожного переданого кадру (частини даних) мав бути підтверджений одержувачем. У новій версії введена можливість підтвердження блоків. Приймач повідомлень надсилає підтвердження відразу кільком успішно отриманим кадрам, що зменшує навантаження службових повідомлень на загальну пропускну здатність каналу. Крім того, зменшується часовий інтервал між кадрами, що також збільшує доступну пропускну здатність. Щоб провести аналогію з повсякденним життям, ви можете порівняти лінзу з транспортним контейнером для доставки товарів. Нові правила 802.11n можуть скоротити відстань між контейнерами та дозволити диспетчерам більше підтверджувати не кожне завантаження окремо, а партію завантажень за раз.

## 1.5 Топології бездротових мереж Wi-Fi

Мережа стандарту 802.11 може бути побудована відповідно до будь-якої з наступних топологій:

- незалежні базові зони обслуговування (Independent Basic Service Sets, IBSS);
- базові набори послуг (BSS);
- розширена зона обслуговування (Extended Service Set, ESS).

### Незалежна базова зона обслуговування (IBSS)

IBSS — це група сайтів, які працюють за стандартом 802.11 і спілкуються один з одним напряму. На малюнку 1.10 показано, як станції, оснащені платами інтерфейсу бездротової мережі (NIC) стандарту 802.11, утворюють IBSS і безпосередньо спілкуються одна з одною.

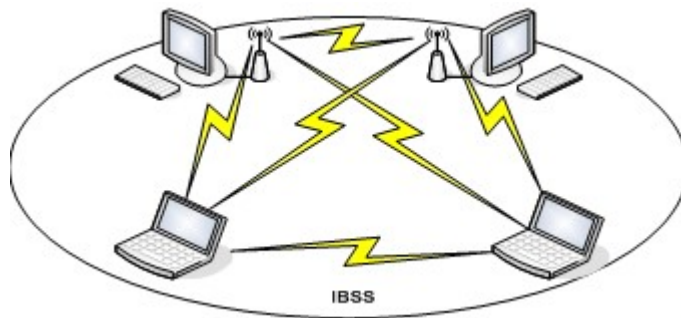


Рисунок 1.10 - Ad-Нос мережа (IBSS)

Спеціальна мережа або незалежна базова зона обслуговування (IBSS) виникає, коли окремі клієнтські пристрої утворюють самопідтримувану мережу без використання окремої точки доступу (AP - точка доступу). Коли такі мережі створюються, вони не мають жодної карти та попереднього планування того, де вони будуть розгорнуті, тому вони зазвичай невеликі та обмежені за довжиною, достатніми для передачі даних для загального використання, якщо це необхідно.

Оскільки в IBSS немає точок доступу, синхронізація децентралізована. Клієнти, які починають передачу в IBSS, встановлюють інтервал сигналу (маяка)

(інтервал маяка), щоб створити набір цільового часу передачі маяка (TVTT). Після завершення TVTT кожен клієнт IBSS виконує такі операції:

Спеціальна мережа або незалежна базова зона обслуговування (IBSS) виникає, коли окремі клієнтські пристрої утворюють самопідтримувану мережу без використання окремої точки доступу (AP - точка доступу). Коли такі мережі створюються, вони не мають жодної карти та попереднього планування того, де вони будуть розгорнуті, тому вони зазвичай невеликі та обмежені за довжиною, достатніми для передачі даних для загального використання, якщо це необхідно.

Оскільки в IBSS немає точок доступу, синхронізація децентралізована. Клієнти, які починають передачу в IBSS, встановлюють інтервал сигналу (маяка) (інтервал маяка), щоб створити набір цільового часу передачі маяка (TVTT). Після завершення TVTT кожен клієнт IBSS виконує такі операції:

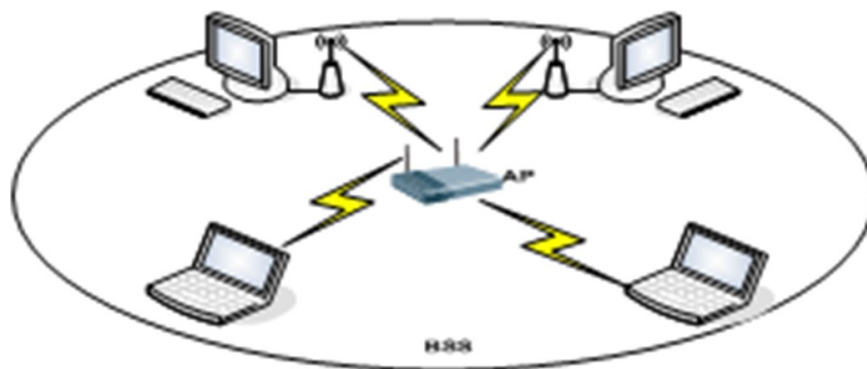


Рисунок 1.11 – Інфраструктура локальної бездротової мережі BSS

#### Розширені зони обслуговування (ESS)

Кілька інфраструктур BSS можна підключити через їхні інтерфейси висхідної лінії зв'язку. З чинним стандартом 802.11 інтерфейс висхідної лінії зв'язує BBS із системою розподілу (DS). Кілька BBS з'єднані між собою через розподілену систему, щоб утворити розширену зону обслуговування (ESS). Східний доступ до розподільчої системи не обов'язково повинен бути дротовим. На рисунку 1.12 наведено приклад практичної реалізації ESS. Специфікації стандарту 802.11 залишають відкритою можливість реалізації цього

бездротового каналу. Але найчастіше вихідним каналом системи розподілу є канал дротової технології Ethernet.

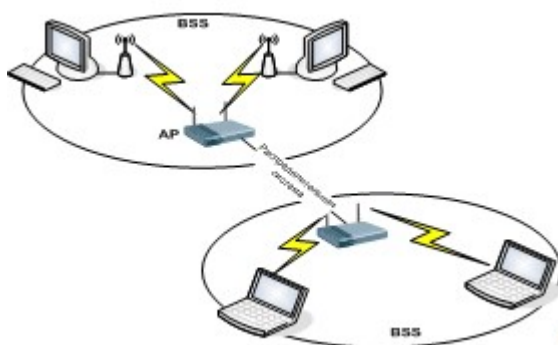


Рисунок 1.12 – Розширена зона обслуговування ESS бездротової мережі

## 1.6 Бездротове обладнання, що використовується у Wi-Fi мережах

Сьогодні бездротові мережі можуть забезпечити підключення користувачів у місцях, де дротове підключення є складним або де потрібна повна мобільність. Бездротові мережі без проблем взаємодіють із дротовими.

### 1.6.1 Точки доступу Wi-Fi

Всі точки доступу можна розділити за способом підключення USB-порт і Ethernet-порт - RJ45. Останні мали найбільший успіх, оскільки їх найпростіше налаштувати та керувати, а також вони мають вищу швидкість передачі даних у локальній мережі. Точки доступу можуть бути внутрішніми (indoor) і погодозахищеними (outdoor). Для створення бездротової мережі в приміщенні необхідна кімнатна версія пристрою. Він коштує дешевше і зазвичай має приємний зовнішній вигляд. Цей тип точки доступу працює в одній або кількох кімнатах. На відкритій місцевості (пряма видимість) робота можлива на відстані до 300 метрів за допомогою стандартної всенаправленої антени. Всепогодні

точки доступу призначені для створення радіомереж між будівлями. Залежно від типу антени такі пристрої здатні організувати канали зв'язку на відстані приблизно 3-5 кілометрів. Максимальна дальність бездротового каналу зв'язку значно збільшується при використанні підсилювачів. Протяжність радіоканалів тут досягає 8-10 кілометрів. Пристрій типу точки доступу показано на малюнку 1.13.

Комбіновані пристрої.

Великий інтерес представляють бездротові точки доступу, які поєднують можливості інших пристроїв, наприклад високошвидкісні бездротові широкосмугові маршрутизатори з вбудованими комутаторами Fast Ethernet. Цей маршрутизатор дозволяє швидко й легко налаштувати спільний доступ до Інтернету для дротових або бездротових мереж або організувати спільний доступ до широкосмугових з'єднань і кабельних/DSL-модемів вдома чи в офісі.



Рисунок 1.13 - Види точок доступу: а, б – внутрішні; в, г – зовнішні

### 1.6.2 Wi-Fi адаптери

Для підключення до бездротової мережі Wi-Fi потрібен лише ноутбук або кишеньковий персональний комп'ютер (КПП) з підключеним адаптером Wi-Fi.

Будь-який бездротовий Wi-Fi адаптер повинен відповідати декільком вимогам:

1. Потреба бути сумісною зі стандартами;

2. Діапазон робочих частот 2,4 ГГц - 2,435 ГГц (або 5 ГГц);
3. Підтримка WEP, бажано протокол WPA;
4. Підтримує два способи підключення: «точка-точка» і «комп'ютер-сервер»;
5. Підтримка функції роумінгу.

Існує три основних типи адаптерів Wi-Fi, які відрізняються типом підключення:

Вони підключаються до USB-порту комп'ютера. Цей тип адаптера компактний, легко налаштовується, а USB-інтерфейс забезпечує можливість «гарячої» заміни;

Вони підключаються через слот PCMCIA (CardBus) комп'ютера. Даний тип пристрою розташовується всередині комп'ютера (ноутбука) і підтримує будь-який стандарт, що дозволяє передавати інформацію на швидкості до 108 Мбіт/с;

Пристрій, вбудований безпосередньо в материнську плату комп'ютера. Найперспективніший варіант. Цей тип адаптера встановлюється на ноутбуки серії Intel Centrino. Більш того, зараз вони використовуються на переважній більшості мобільних комп'ютерів. Усі типи бездротових адаптерів показані на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 - Бездротові адаптери:

а – з USB портом, б – формату PCMCIA, в – вбудований у материнську плату

## 1.7 Висновки до першого розділу

У першому розділі проведено огляд технології безпроводного доступу Wi-Fi. Встановлено особливості розвитку технологій бездротового доступу. Описана історія розвитку, основні стандарти: стандарт IEEE 802.11g, стандарт IEEE 802.11a та стандарт IEEE 802.11n.

Визначено фактори вищої швидкості передачі даних стандарту 802.11n. Описано топології бездротових мереж Wi-Fi. Встановлено бездротове обладнання, що використовується у Wi-Fi мережах: точки доступу Wi-Fi та Wi-Fi адаптери.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	31
		№ докум.	Підпис			

## 2 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ БЕЗПРОВІДНОГО ДОСТУПУ

### 2.1 Опис та характеристика обраного обладнання

#### Точка доступу

D-Link DWL-8600AP – уніфікована бездротова точка доступу наступного покоління, що відповідає стандарту IEEE 802.11n. Гнучка в керуванні та потужна, ця точка доступу призначена для розгортання мереж у режимі автономної бездротової точки доступу або в режимі керованої точки доступу, керування якої здійснюється при підключенні до бездротового комутатора. Підприємства можуть розпочати роботу з організації мережі за допомогою однієї інтелектуальної точки доступу DWL-8600AP, що надає ряд розширених функцій LAN, а потім у будь-який час перейти до централізованої системи керування після підключення аналогічної точки доступу DWL-8600AP до уніфікованого дротового/бездротового комутатора D-Link .

Стандарт 802.11n збільшує пропускну здатність у 6 разів більше у порівнянні з мережами стандарту 802.11a/g. Точка доступу DWL-8600AP є сумісною з пристроями стандарту 802.11a/b/g і дозволяє налаштування 2x2:2\* в обох напрямках Tx/Rx. Технологія Multiple In Multiple Out (MIMO) та канали зі збільшеною пропускну здатністю збільшують фізичну швидкість передачі даних при використанні стандарту 802.11n. MIMO забезпечує одночасну передачу кількох сигналів за допомогою кількох антен замість однієї. Використання DWL-8600AP на підприємстві готує платформу для майбутнього покоління бездротових пристроїв та мобільних програм.

DWL-8600AP підтримує функцію APSD (Автоматичний перехід у режим збереження енергії) за розкладом та поза розкладом. Функція APSD (U-APSD), що виконується поза розкладом, є більш ефективним методом управління живленням у порівнянні з функцією Power Save Polling 802.11. Основною перевагою функції U-APSD є можливість синхронізації передачі та отримання

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	32
		№ докум.	Підпис			

голосових кадрів з точкою доступу, таким чином пристрій може переходити в режим збереження енергії у разі, коли не виконується відправка або прийом пакетів. DWL-8600AP є повністю сумісною із пристроями стандарту 802.3af навіть у режимі максимально споживаної потужності. На відміну від точки доступу стандарту 802.11n інших виробників, які потребують PoE або 802.3at при роботі обох частот, DWL-8600AP забезпечує безперервну підтримку енергозберігаючої технології D-Link Green. Вид DWL-8600AP представлений рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – бездротова точка доступу DWL-8600AP

Комутатори DWS-4026 автоматично налаштовують кожну підключену точку доступу DWL-8600AP, таким чином, під час встановлення не потрібне налаштування. При заміні DWL-8600AP виконується автоматичне налаштування точки доступу з тими самими параметрами, що й у попереднього пристрою, що значно спрощує процес заміни.

DWL-8600AP підтримує набір вбудованих функцій, що дозволяє адміністраторам організувати захищену мережу та підключитися до будь-якого комутатора та маршрутизатора, сумісного з пристроями Ethernet. Розширені функції бездротової мережі, що підтримуються точкою доступу, включають: WEP-шифрування даних, безпека WPA/WPA2, фільтрація MAC-адрес, балансування навантаження між точками доступу, QoS/WMM (Wireless Media) та виявлення несанкціонованих точок доступу. DWL-8600AP підтримує можливість локального зберігання налаштувань безпеки. Можна розширити бездротове підключення шляхом додавання кількох точок доступу DWL-8600AP

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	33
		№ докум.	Підпис			

до інших точок доступу з підтримкою стандарту 802.11a/g/n. Завдяки функції AP Clustering можна об'єднати до 8 точок доступу для зручності керування та налаштування всіх точок доступу. Підприємства, які не потребують складної інфраструктури мережі, можуть використовувати DWL-8600AP для встановлення бездротової мережі без додаткового апаратного забезпечення.

Як альтернативний варіант DWL-8600AP може працювати спільно з уніфікованим дротяним/бездротовим комутатором. У цьому режимі кілька точок доступу DWL-8600AP можуть бути підключені безпосередньо або опосередковано до одного з цих комутаторів для забезпечення високого рівня безпеки та бездротової мобільності. При підключенні до цих комутаторів кожна точка доступу DWL-8600AP автоматично налаштовується на оптимальний радіочастотний канал і вихідну потужність передавача, забезпечуючи бездротових клієнтів найкращою якістю сигналу як у смузі 2,4ГГц, так і в смузі 5ГГц, надаючи безперервне бездротове з'єднання.

DWL-8600AP забезпечує максимальну швидкість бездротового з'єднання для кожного діапазону. Працюючи на обох діапазонах одночасно, ви створюєте дві мережі, які використовують повну пропускну здатність бездротового каналу, що покращує загальну продуктивність бездротової мережі. Крім того, DWL-8600AP залишається повністю сумісним із пристроями 802.11b, що працюють на частоті 2,4 ГГц.

Більшість існуючих контролерів мережі LAN здійснює централізовану обробку трафіку, що іноді викликає його невиправдану затримку. Точка доступу DWL-8600AP – при підключенні до комутатора DWS-4026 – надає адміністраторам низку додаткових функцій. Залежно від бездротової програми, бездротовий трафік може прямувати назад до комутатора з метою забезпечення спільної безпеки або локально перенаправлятися до точки доступу для оптимальної продуктивності. Точка доступу даної серії надає адміністраторам максимальну гнучкість управління завдяки опціям перенаправлення гостьового трафіку до комутатора для централізованого управління безпекою та

перенаправлення VoIP-трафіку безпосередньо до точки доступу для оптимальної продуктивності. Більш того, DWL-8600AP підтримує функції AP Clustering та Wireless Distribution System (WDS). Функція WDS дозволяє точці доступу працювати в режимі бездротового моста, поєднуючи дві різні мережі без необхідності підключення кабелю.

DWL-8600AP безперервно сканує обидва діапазони частот і пов'язані з ними канали для виявлення несанкціонованих підключень, забезпечуючи при цьому з'єднання мобільних клієнтів. Якщо виявлено несанкціоноване підключення, точка доступу надсилає звіт комутатору DWS-4026, який управляє. Використовуючи керуючу консоль, адміністратор може визначити несанкціоновану точку доступу та вжити відповідних дій. DWL-8600AP підтримує такі функції як 64/128/152-бітове WEP-шифрування даних, WPA/WPA2 та Multiple SSID для кожного радіочастотного каналу. При підключенні до комутатора DWS-4026 ці функції поряд з фільтрацією MAC-адрес та заборонаю широкомовлення SSID можуть використовуватися для налаштування параметрів безпеки та обмеження доступу у внутрішню мережу ззовні. DWL-8600AP підтримує 802.1Q VLAN Tagging та WMM (Wi-Fi Multimedia) для передачі даних таких програм як VoIP та потокове аудіо/відео із заданим пріоритетом. Загальні показники представлені у таблиці Г.1 додатку Г.

#### Бездротовий комутатор

Серія комутаторів DWS-4026 включає уніфіковані дротяні/бездротові комутатори Gigabit Ethernet наступного покоління, що підтримують ряд розширених функцій та стандарт 802.11n. Завдяки можливості управління до 64 бездротових точок доступу DWL-8600AP та до 256 точок доступу DWL-8600AP у кластері комутаторів, DWS-4026 є повнофункціональним та економічним рішенням для середнього та великого бізнесу та провайдерів послуг. Комутатор DWS-4026 підтримує гнучкі функції управління і, залежно від вимог клієнта, використовується як бездротовий контролер у базовій/бездротовій мережі або

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	35
		№ докум.	Підпис			

гігабітний комутатор рівня 2+ з підтримкою PoE для кінцевих користувачів. За допомогою налаштування централізованого керування WLAN та функцій керування, DWS-4026 дозволяє мережевим адміністраторам підтримувати керування, безпеку, резервування та відмовостійкість, необхідні для простого та ефективного масштабування та керування мережами. Вид DWS-4026 представлений рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Бездротовий комутатор DWS-4026

Більшість існуючих контролерів локальної мережі централізують трафік, що іноді викликає невиправдані затримки. Комутатор DWS-4026 надає користувачам додаткові функції. Залежно від бездротової програми бездротовий трафік може бути направлений назад до комутатора для більшої безпеки або локально до точки доступу для оптимальної продуктивності. Ця серія комутаторів забезпечує адміністраторам максимальну гнучкість, маючи можливість направляти клієнтський трафік на комутатор для централізованого керування безпекою та перенаправляти трафік безпосередньо з точки доступу для оптимальної продуктивності. DWS-4026 підтримує новітні можливості системи виявлення бездротових вторгнень (WIDS), призначені для виявлення неавторизованих точок доступу та неавторизованих клієнтів, а також різноманітних загроз безпеці бездротового зв'язку. Завдяки функції WIDS адміністратори можуть виявляти різні загрози та перевіряти бездротову мережу за допомогою сканування радіочастотних каналів, щоб запобігти будь-яким потенційним загрозам безпеці. Інші функції безпеки включають WPA/WPA2 Enterprise, 802.11i, адаптивний портал і автентифікацію на основі MAC. Для дротових клієнтів DWS-4026 використовує Dynamic ARP Inspection (DAI) і DHCP Snooping для забезпечення максимальної безпеки. Поєднання динамічної

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	36
		№ докум.	Підпис			



Крім цього, DWS-4026 підтримує функцію формування трафіку, яка допомагає впорядкувати пакети трафіку з часом, таким чином, швидкість трафіку, що передається, обмежена. Іншими розширеними функціями QoS є: управління смугою пропускання на основі потоку, мінімальна гарантія смуги пропускання і CoS 802.1p. Усі ці функції допомагають зберегти мережевий трафік відповідним чином.

DWS-4026 підтримує функцію «відновлення» мережі, тим самим покращуючи здатність відновлення після збою бездротової мережі. Щоб заповнити прогалину в охопленні, спричинену збоєм точки доступу (наприклад, відключенням електроенергії), комутатор автоматично збільшує вихідну потужність передавача сусідніх точок доступу, щоб розширити зону покриття. Щоб забезпечити безперебійне підключення для існуючих клієнтів, комутатор виконує балансування навантаження між точками доступу, коли мережевий трафік досягає певних порогів. У той же час комутатор відмовляє новим клієнтам підключатися до точки доступу, щоб уникнути перевантаження пропускної здатності. Завдяки функції «відновлення» мережі та балансуванню навантаження між точками доступу, комутатор DWS-4026 може ефективно керувати смугою пропускання, оптимізувати трафік WLAN та забезпечити зону максимального покриття.

Крім функціонування в якості керуючого пристрою бездротової комутації, DWS-4026 може також використовуватися як стандартний дротовий комутатор рівня 2+ з розширеним функціоналом, включаючи підтримку динамічної маршрутизації пакетів (RIPv1/v2), функції безпеки ACL, багаторівневої якості обслуговування (QoS), VLAN, IGMP/MLD Snooping. Крім цього, комутатори підтримують оптичні порти 10-Gigabit. Все це дозволяє підприємству об'єднувати бездротову мережу із провідною мережевою інфраструктурою. При заміні існуючої інфраструктури 10/100 Мбіт/с для підключення настільних комп'ютерів на гігабітне підключення можна використовувати комутатор DWS-4026 як пристрій керування бездротовою мережею, комутатор LAN або

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	38
		№ докум.	Підпис			

універсальний пристрій, що виконує функції дротового комутатора та контролера бездротової мережі.

Декілька комутаторів DWS-4026 можуть об'єднуватися в кластер, дозволяючи адміністраторам налаштування та керування всіх комутаторів за допомогою одного комутатора «Майстра». Крім цього, в кластері можна керувати інформацією про всі точки доступу, а також клієнтів, пов'язаних з ними. Це значно спрощує керування та дозволяє знизити зусилля, що витрачаються на обслуговування під час масштабування мережі.

Загальні показники представлені у таблиці Г.2 додатку Г.

## 2.2 Розробка архітектури з описом основних параметрів проектованої WLAN

### Кабельний локальний сервер

Можливі кілька варіантів побудови бездротової мережі. У найпростішому випадку вона може бути побудована на бездротових мережевих адаптерах з використанням точки доступу як базова станція, що забезпечує мінімальну вартість, але при цьому обмежений радіус дії та залежність швидкості з'єднання від кількості клієнтів та їх віддаленості від точки доступу. Інший варіант це розгортання розподіленої бездротової мережі на базі двох або більше точок доступу. Цей варіант забезпечується так званий безшовний роумінг, коли абонент, залишаючи зону дії однієї точки доступу, автоматично підключається до зони дії іншої. При додаванні до структури мережі бездротових комутаторів або маршрутизаторів, отримуємо мережу на основі централізованої архітектури, але це вносить додаткові витрати на придбання мережного обладнання, зате дозволяє досягти максимальної продуктивності та більшої ефективності. Такі пристрої можуть використовуватися як створення каналів "точка-точка", так розгортання масштабних мереж складної топології з можливістю багаторазової ретрансляції сигналів. Однак дана реалізація в умовах проекту є недоцільною,

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	39
		№ докум.	Підпис			



може вести передачу даних. Як наслідок, масштабування таких мереж обмежене. Єдиний спосіб точно визначити втрати на трасі за конкретних умов експлуатації – це провести картування місця розгортання мережі. Однак все одно корисно знати механізми, що впливають на характеристики системи, і те, як можна визначити коефіцієнт посилення вашої системи та порівняти його з аналогічним параметром інших систем.

Дальність відстані визначається характеристиками приміщень, де розгортається бездротова мережу. Так, виробники вказують максимальне значення швидкості за умови прямої видимості між точкою доступу та клієнтом. Одна з особливостей обміну даними бездротових мережах полягає в тому, що при погіршенні якості зв'язку швидкість передачі автоматично падає, але падає не плавно, а до наступного фіксованого значення, тобто дискретно. У загальному випадку швидкісний ряд 802.11 г виглядає наступним чином: 1, 2, 5.5, 11, 22, 54 Мбіт/с. При поліпшенні якості зв'язку швидкість знову піднімається до оптимального значення.

Підключення та налаштування безпроводових точок доступу не є простою процедурою. Однак, тільки грамотне розташування точки доступу визначає оптимальну діапазон передавального пристрою.

Для забезпечення впевненого прийому сигналу точки доступу повинні знаходитися на оптимальному рівні, що забезпечує рівномірне покриття зони поверху, а також повинні знаходитися один від одного на значній відстані, щоб не бути підданими взаємному впливу.

Для реалізації спільної роботи точок доступу слід вибрати принцип об'єднання їх у єдину архітектуру. Існує 2 варіант об'єднання, розглянуті у таблиці 2.4.









### 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності

Ефективна ізотропна потужність випромінювання розраховується формулою:

$$EIRP = P_{\text{ПРД}} - W_{\text{АФТПРД}} + G_{\text{ПРД}}, \quad (3.1)$$

де  $P_{\text{ПРД}}$  – вихідна потужність передавача, дБм;

$W_{\text{АФТПРД}}$  - втрати сигналу в АФТ передавача, дБ;

$G_{\text{ПРД}}$  – посилення антени передавача, дБі.

Обрахунок ефективної ізотропної потужності випромінювання одної точки доступу (дані представлені у таблиці 3.1)

Таблиця 3.1 – Параметри даних

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

За формулою (3.1) ефективна ізотропна випромінювана потужність становить:

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

#### 3.2 Розрахунок зони дії сигналу

Ця технологія дозволяє визначити теоретичну дальність роботи бездротового каналу зв'язку, побудованого на пристроях D-LINK. Слід

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	46
		№ докум.	Підпис			

значити, що відстань між антенами, отримана за цією формулою, є максимальною відстанню, якої можна досягти теоретично, і оскільки на бездротовий зв'язок впливає багато факторів, на жаль, майже неможливо отримати такий робочий діапазон, особливо в межах міста. .

Щоб визначити дальність зв'язку, обчисліть загальне посилення шляху та за допомогою діаграми визначте дальність, якій відповідає це значення. Підсилення шляху в дБ визначається:

$$Y_{\text{дБ}} = P_{t,\text{дБ}} + G_{t,\text{дБ}} + G_{r,\text{дБ}} - P_{\text{min},\text{дБ}} \quad (3.2)$$

де  $P_{t,\text{дБ}}$  - потужність передавача;  $G_{t,\text{дБ}}$  - коефіцієнт посилення передавальної антени;  $G_{r,\text{дБ}}$  - коефіцієнт посилення приймальної антени;  $P_{\text{min},\text{дБ}}$  - реальна чутливість приймача.

За графіком, наведеним рисунку 3.1, знаходимо необхідну дальність роботи бездротового каналу зв'язку.

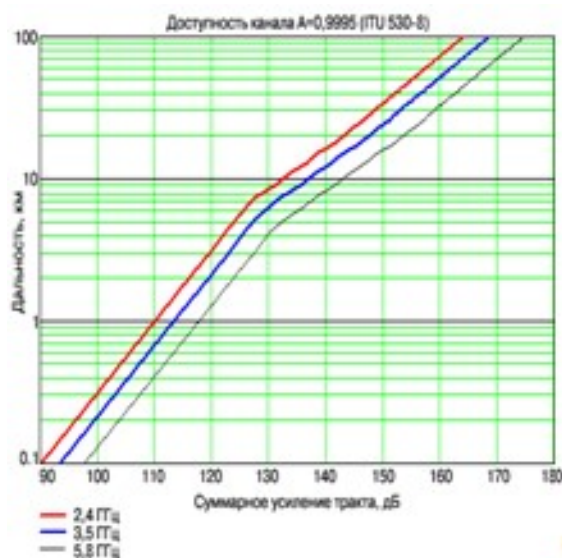


Рисунок 3.1 – Графік визначення дальності роботи бездротового каналу зв'язку

На основі графіка (крива 2,4 ГГц) ми визначили діапазон, що відповідає цьому значенню. Ми отримали радіус дії близько 300 метрів.

Не роблячи висновків, наведемо формулу розрахунку асортименту. Він узятий з інженерної формули для розрахунку втрат вільного простору:

$$FSL = 33 + 20(\lg F + \lg D) \quad (3.3)$$

де FSL (free space loss) - втрати вільного простору (дБ); F—центральна частота робочого каналу системи зв'язку (МГц); D — відстань між двома точками в кілометрах.

FSL визначається загальним посиленням системи. Міркування такі:

Загальне посилення = Потужність передавача (дБмВт) + |Чутливість приймача (-дБмВт) (за модулем) | Коеф. Коефіцієнт посилення антени передавача + коефіцієнт посилення антени приймача - Загасання в тракці антени передавача - Загасання в тракці антени приймача - SOM

Для кожної швидкості приймач має певну чутливість. Для низьких швидкостей (наприклад, 1-2 Мбіт) максимальна чутливість становить від -90 дБмВт до -94 дБмВт. Для високих швидкостей чутливість значно нижча.

Залежно від марки радіомодуля максимальна чутливість може дещо відрізнятись. Очевидно, що максимальний радіус дії буде різним на різних швидкостях.

SOM (System Operating Margin) - запас енергії радіозв'язку (дБ). Розгляньте можливі фактори, які можуть негативно вплинути на діапазон зв'язку, наприклад:

- температурний дрейф чутливості приймача та вихідний потужності передавача;
- різні погодні аномалії: туман, сніг, дощ;
- неузгодженість антени, приймача, передавача з антенно-фідерним трактом.

Параметр SOM становить 15 дБ. Вважається, що 15-ти децибельний запас посилення достатній для інженерного розрахунку.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	48
		№ докум.	Підпис			

У результаті отримуємо формулу дальність зв'язку:

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

$$D = 0.25 \text{ km} = 250\text{м}$$

### 3.3 Захист інформації

Оскільки кількість продавців і виробників, які віддають перевагу бездротовим технологіям, зростає, бездротова технологія все частіше розглядається як засіб порятунку сучасного комп'ютерного світу від клубка проводів.

Розробники бездротового доступу не помітили підводних коралових рифів у власних водах, і перша спроба бездротової технології підкорити світ провалилася. Однією з перешкод на шляху поширення бездротових технологій, самим «рифом», стала проблема недостатнього рівня безпеки.

#### 3.3.1 WEP та його послідовники

Оскільки системи бездротового зв'язку, побудовані на основі ключів шифрування WEP, статично розподілених між усіма користувачами, і аутентифікації за MAC-адресами не забезпечують належного захисту, багато виробників почали вдосконалювати власні методи захисту. Першою спробою було збільшити довжину ключа шифрування - з 40 біт до 128 біт і навіть до 256 біт. D-Link, US Robotics та багато інших компаній пішли цим шляхом. Однак використання цього розширення під назвою WEP2 призводить до несумісності з існуючими пристроями інших виробників. Крім того, використання довгих ключів лише збільшує робоче навантаження зловмисника, не більше того.

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	49
		№ докум.	Підпис			





розподіляються між клієнтами, дозволяючи збільшувати їх довжину - з 40 до 128 біт. У той же час RC4, як і раніше, залишається алгоритмом шифрування.

Багато виробників покладаються на більш складний алгоритм AES (довжина ключа шифрування 128, 192 або 256 біт), який став національним стандартом шифрування США. Однак його реалізація вимагатиме впровадження в пристрій нових мікросхем, що в свою чергу вплине на його ціну та вартість переходу на нову версію.

Нові алгоритми та протоколи значно підвищили безпеку бездротової технології та сприяли її більш широкому поширенню, але вони погано інтегровані один з одним, і пристрої, які їх використовують, роблять це лише після великих зусиль для встановлення з'єднання. Стандарт WPA (Wi-Fi Protected Access), оголошений 31 жовтня 2002 року Wi-Fi Alliance (раніше WECA), може усунути ці недоліки. Цей стандарт спрямований на уніфікацію всіх технологій безпеки для бездротових мереж 802.11. В даний час стандарт включає:

- автентифікація користувачів за допомогою 802.1x та EAP;
- шифрування за допомогою TKIP;
- динамічний розподіл ключів за допомогою 802.1x;
- контроль цілісності за допомогою MIC (він Michael).

Цього року стандарт WPA повинен перетворитися на більш нову та розширену специфікацію 802.11i (або WPA2). Саме у WPA2 алгоритм шифрування WEP буде замінено на AES.

### 3.3.2 Програмне забезпечення

Різні виробники захисту бездротової мережі пропонують рішення. Це програмне забезпечення дозволяє досягти трьох цілей:

- «знайти незнайомих», який передбачає проведення інвентаризації бездротової мережі для виявлення будь-яких несанкціонованих точок доступу та

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	52
		№ докум.	Підпис			

бездротових клієнтів, які можуть стежити за трафіком і перешкоджати взаємодії користувачів;

– перевірити свій, тобто перевірте якість налаштування та порекомендуйте способи усунення вразливостей в авторизовано встановлених бездротових пристроях;

Захистити себе, тобто запобігти несанкціонованому доступу та атакам на вузли сегмента бездротової мережі (рис. 3.1).

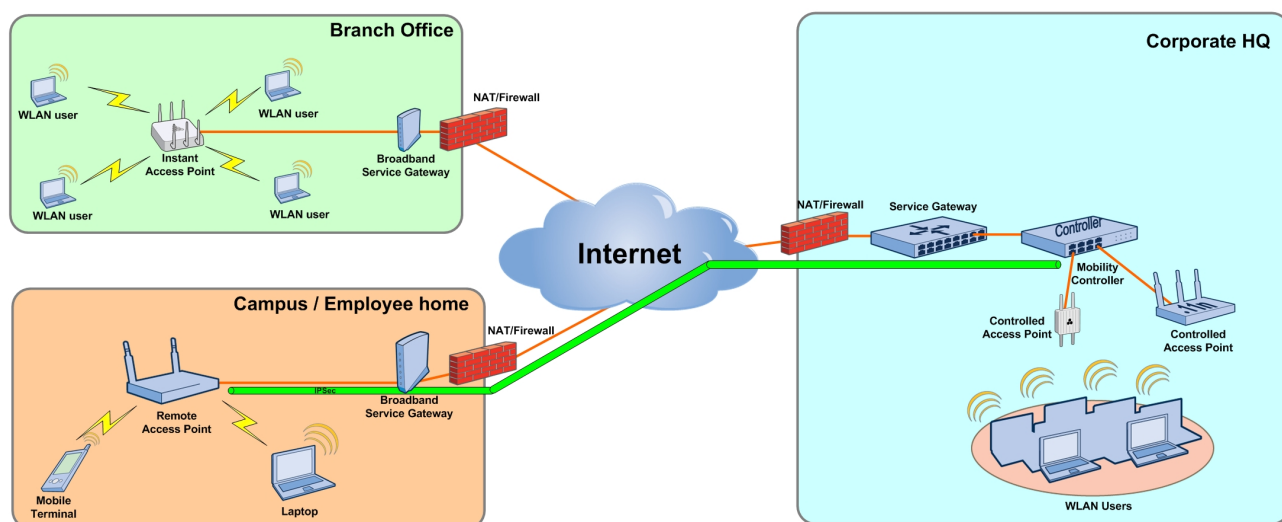


Рисунок 3.1 – Бездротова мережа

### 3.3.3 Інвентаризація бездротової мережі

Перше і найпоширеніше завдання можна вирішити за допомогою багатьох інструментів - NetStumbler, Wellenreiter, WifiScanner і т. д., а також за допомогою сканерів безпеки бездротових мереж і деяких систем виявлення атак.

NetStumbler, піонер серед інструментів інвентаризації бездротових пристроїв, працює під керуванням Windows 9x/2000/XP і не тільки дуже швидко знаходить усі незахищені точки бездротового доступу, але також може проникати в імовірно захищені WEP мережі. WifiScanner, PrismStumbler і багато інших вільно розповсюджуваних продуктів можуть вирішити подібні завдання.

У цьому плані цікава система Wellenreiter, яка також шукає бездротових клієнтів та точки доступу. Однак якщо підключити до неї GPS-приймач, система набуває справді безмежних можливостей: ви зможете не тільки визначити всі несанкціоновано встановлені бездротові пристрої, але й дізнатися про їх місцезнаходження з точністю до метра. Ще однією відмінністю цієї системи є її здатність працювати під управлінням кишенькового комп'ютера.

У наочному вигляді представляє результати своєї роботи система Red-Vision від компанії red-M, яка не тільки виявляє всі точки доступу, а й візуально розміщує їх на схемі вашої компанії. У рекламних проспектах red-M користувачам обіцяють: "Ми відкриємо вам очі на бездротові технології!"

### 3.3.4 Аналіз захищеності бездротових пристроїв

Пошук дірок у бездротових пристроях здійснюють багато утиліти та інструменти, але, як правило, пошук дірок обмежується спробою злому ключів шифрування WEP, і не більше. За таким принципом, наприклад, діють AirSnort та WEPCrack.

Найцікавіший спеціалізований інструментарій, що забезпечує всебічний аудит бездротових пристроїв. Таких продуктів сьогодні небагато. Якщо бути точним, то лише один - Wireless Scanner від компанії Internet Security Systems, вид інтерфейсу системи Wireless Scanner представлений на рисунку 3.2

Система заснована на загальновізаному першому в світі сканері безпеки мережі Internet Scanner, який виконує інвентаризацію мережі та виявляє всі авторизовані та неавторизовані бездротові точки доступу та клієнтів. Після цього кожен пристрій повністю аналізується, щоб виявити будь-які слабкі місця в системі захисту - недоліки конфігурації або помилки програмування. База даних сигнатур уразливостей бездротового сканера містить численні записи про вразливості в рішеннях від провідних постачальників на цьому ринку (Cisco, Avaya, 3Com, Lucent, Cabletron тощо). Меншою мірою Wireless Security Auditor

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	54
		№ докум.	Підпис			



Числова матрична балонна система. Він відстежує MAC-адресу всіх пакетів, що передаються в бездротовому сегменті, і посилає про це сигнал у разі виявлення зовнішньої адреси, а також дозволяє визначити IP-адресу вузла, з'єднання з яким не авторизоване. Пакет включає в себе цікавий модуль AirHorn, який дозволяє надіслати зловмиснику повідомлення про те, що він вторгся на чужу власність і повинен піти якомога швидше, якщо він не хоче додаткових проблем.

Лідером на ринку бездротової безпеки можна назвати систему Airdefense однойменної компанії, яка дозволяє:

- автоматичне визначення всіх бездротових пристроїв, підключених до мережі;
- побудувати карту мережі для вказівки розташування бездротових пристроїв;
- відстежувати зміни в складі бездротового пристрою (відключено, вкрадено, вимкнено тощо);
- відстежувати мережевий трафік, що передається сегментом бездротової мережі, і виявляти різні аномалії;
- збирати інформацію для дослідження інформації, пов'язаної з несанкціонованою діяльністю;
- виявляти різноманітні атаки та спроби сканування;
- контролювати безпеку та бездротові пристрої на наявність відхилень.

### 3.4 Тестування мережі

Отже, після того, як бездротова мережа налаштована і її працездатність перевірена, можна приступати до тестування її продуктивності. Під продуктивністю розуміється швидкість передачі трафіку між LAN та WLAN.

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	56
		№ докум.	Підпис			

При тестуванні ноутбуки з бездротовим адаптером розташовувався в безпосередній близькості до точки доступу, якою виступала TEW-610APB .

Як генератор мережного трафіку використано програмний пакет NetIQ Chariot.

NetIQ Chariot — це комплексний тест, по суті, це програмний генератор мережевого трафіку, який дозволяє вимірювати практично всі необхідні параметри. З його допомогою можна визначити абсолютну пропускну здатність мережевого адаптера в режимі передачі і прийому. Крім того, вимірюється швидкість передачі/приймання пакетів, кількість операцій введення/виведення, завантаження процесора тощо. Важливо відзначити, що програмний пакет NetIQ Chariot дозволяє не тільки вимірювати зазначені параметри, але й емулювати необхідну модель доступу до мережі. Налаштування підлягають такі параметри, як розмір запиту приймання/передачі, відсоткове співвідношення між випадковим та послідовним розподілом запитів, відсоткове співвідношення між розподілом операцій приймання/передачі.

Для тестів використовуються три скрипти, що генерують різні типи трафіку:

- пакети максимального розміру;
- пакети розміру 512 байт;
- пакети розміру 64 байти;
- наявність тестів на пакетах невеликого та середнього розмірів здатна

виявити помилки реалізації деяких алгоритмів роботи пристрою, що тестується.

За допомогою програми генерувався TCP-трафік (з пакетами переважно максимального розміру) та моделювались усі можливі ситуації.

Передача трафіку (LAN -> WLAN);

Передача трафіку (WLAN -> LAN);

У разі вимірювання пропускнуої спроможності в режимі прийому даних на кожному з комп'ютерів-клієнтів з операційною системою Windows XP Professional запускалася програма генератора, що емулює мережевий трафік.

Ще одне важливе питання, яке потрібно з'ясувати на першому етапі тестування, полягає в тому, наскільки насправді сумісні адаптери від різних виробників ноутбуків, які підтримують той самий стандарт IEEE 802.11g. Виявилося, що всі розглянуті нами адаптери дійсно сумісні один з одним. Важливу характеристику бездротових адаптерів, «легкість» встановлення з'єднання, я суб'єктивно оцінюю на основі середньої кількості переналаштувань (повторних сканувань), необхідних для встановлення з'єднання. Суб'єктивно оцінювалися і такі характеристики, як стабільність встановлених з'єднань.

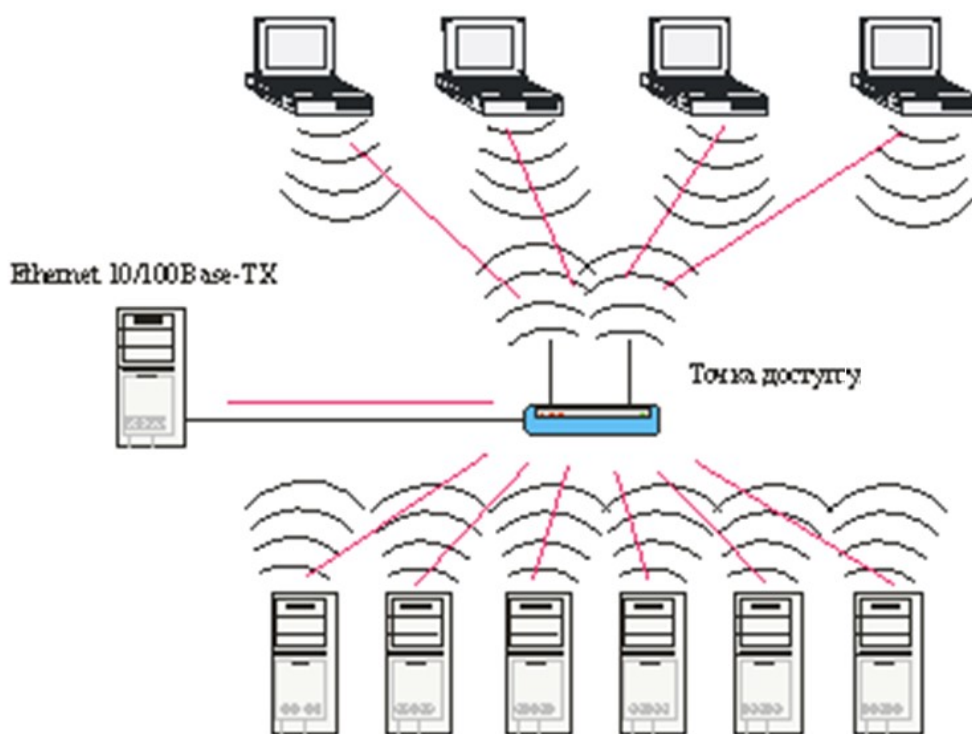


Рисунок 3.3 - Схема тестування бездротової мережі

На етапі тестування (рис. 3.3) розглядається режим взаємодії інфраструктури, і всі вузли бездротової мережі взаємодіють з точкою доступу. Сама точка доступу діє як міст між бездротовою мережею та зовнішньою мережею Ethernet і підключається до сегмента зовнішньої дротової мережі. Зовнішня мережа складається тільки з одного комп'ютера, який виконує роль сервера. Розглянуто взаємодію вузлів бездротової мережі з цим сервером. Як і в попередньому випадку, виміряйте пропускну здатність точки доступу в режимі

отримання даних і режимі надсилання даних. У першому випадку кожен клієнтський комп'ютер бездротової мережі запускає програму-генератор, яка імітує мережевий трафік до комп'ютера в сегменті Ethernet, і навпаки, програма-генератор на клієнті імітує трафік до мережевого трафіку комп'ютерів у сегменті Ethernet сегмент мережі. Зовнішня мережа.

В інфраструктурному режимі створіть умови для досягнення максимально можливого мережевого трафіку, тобто розмір запиту встановлено на 64 КБ, усі запити є 100% послідовними, а час затримки між запитами встановлено на нуль. Вимірюваним параметром є мережевий трафік, що проходить через точку доступу.

Для дослідження залежності мережевого трафіку через точку доступу від кількості вузлів у мережі кількість взаємодіючих вузлів поступово збільшували від двох до десяти (рис. 2.20). Крім того, зазначимо, що вся бездротова мережа складається з десяти вузлів і однієї точки доступу з радіусом не більше 7 м, що дозволяє говорити про ідеальні умови зв'язку.

### 3.4.1 Алгоритм тестування

Крім того, під час тестування точки доступу оцінювали такі характеристики, як стабільність з'єднання. Оцінка цього параметра суб'єктивна. Для цього відсуньте один з ноутбуків з бездротовим адаптером на 40-45 метрів від точки доступу так, щоб між ними було кілька стін. Тест вважається невдалим, якщо при цьому перервано з'єднання з точкою доступу.

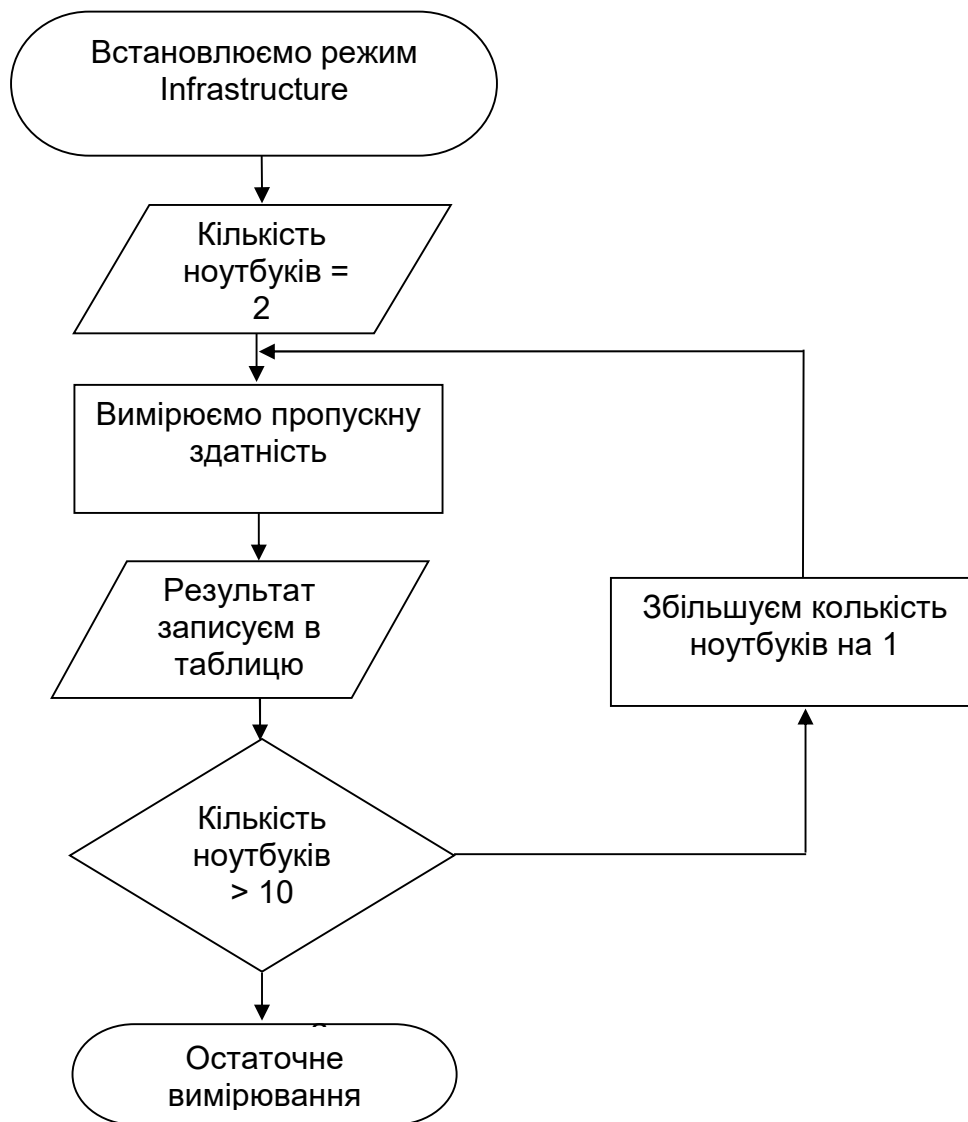
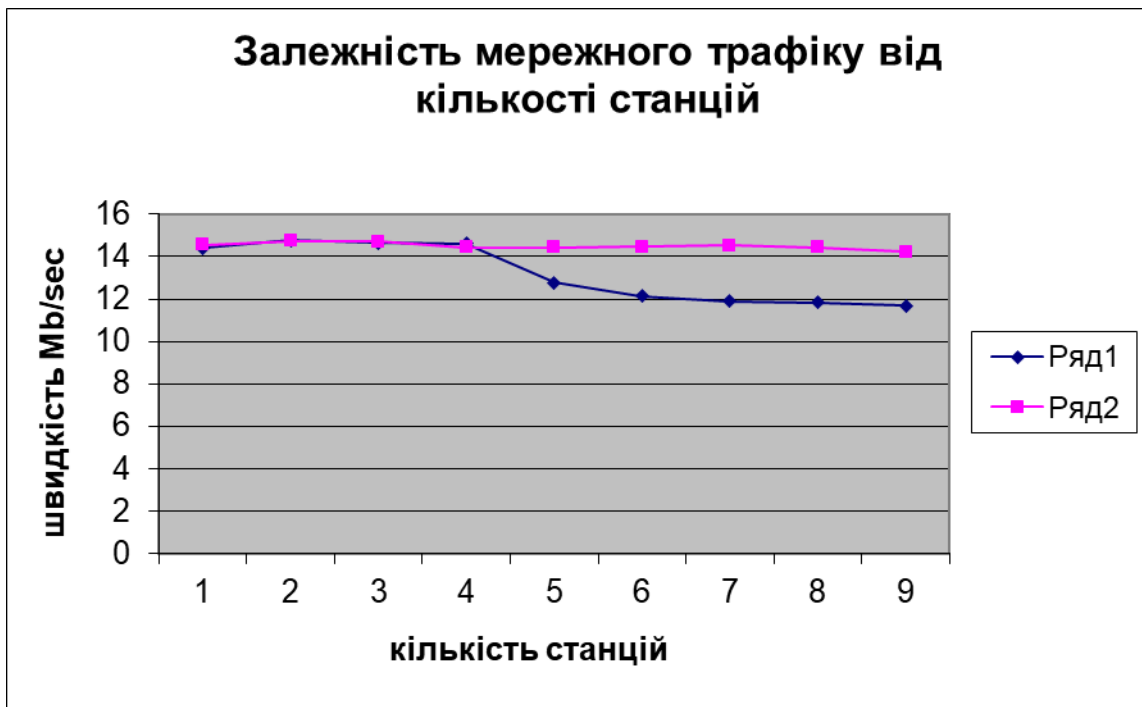


Рисунок 3.4 - Алгоритм тестування продуктивності бездротової мережі

Таблиця 3.2 - Залежність мережного трафіку від кількості клієнтів для точок доступу у режимі взаємодії Infrastructure

Точки доступу	Кількість станцій у мережі																	
	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
TRENDnet TEW-610APB	14,41	14,56	14,77	14,73	14,65	14,69	14,62	14,43	12,78	14,43	12,14	14,47	11,9	14,52	11,84	14,43	11,69	14,21



Однак, у будь-якому випадку, ті переваги, які дозволяє отримати бездротову мережу, з лишком компенсують і незначне зниження швидкості передачі.

### 3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі приведена розрахункова частина. Показано розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності. Наведено розрахунок зони дії сигналу. Розглянуто питання захисту інформації.

Обрано програмне забезпечення для реалізації бездротової мережі. Визначені кроки по інвентаризації бездротової мережі. Зроблено аналіз захищеності бездротових пристроїв. Розглянуті кроки по виявленню атак на бездротові мережі. Запропоновано алгоритм тестування системи бездротового зв'язку.

## ВИСНОВКИ

У проекті проведено проектування бездротової мережі Wi-Fi за стандартом 802.11n в гуртожитку. Під час роботи було проведено аналіз мережі бездротового доступу Wi-Fi. У якості вибору обладнання для реалізації проекту перевага була віддана компанії D-Link. Раціональність вибору обладнання враховує: технічні характеристики, можливості та застосування, витрати та ін. У технічній частині проекту розглядався варіант побудови бездротової мережі доступу шляхом встановлення шести точок доступу. Вибір визначається виходячи з технічних характеристик обладнання. У розрахунковій частині проекту розраховано ефективну ізотропну випромінювану потужність і зону покриття мережі.

					КвРТР.2020005.01.05 ПЗ	62
		№ докум.	Підпис			

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Siemens Hipath 4000. User manual [Електронний ресурс] // Siemens. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.manua.ls/siemens/hipath-4000/manual?p=1>.
2. Опис станцій сімейства HiPath та послуг, що додатково надаються. [Електронний ресурс] // Siemens. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.hipath.com/>.
3. "Cisco System". Каталог обладнання [Електронний ресурс] // Cisco Systems. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cisco.com/>.
4. Системи відеоконференцзв'язку. Продукти та рішення [Електронний ресурс] // DEPS. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://deps.ua/ua/katalog/video-conferencing-systems.html>.
5. Продукти та рішення щодо забезпечення безперервного живлення фірми «APC». [Електронний ресурс] // APC. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.apc.com/>.
6. «Logitech». Каталог товарів [Електронний ресурс] // Logitech. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.logitech.com/>.
7. VoIP Media Gateways [Tmedia] [Електронний ресурс] // TelcoBridges. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://telcobridges.com/>.
8. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.
9. Кучук Г. А. Моделювання трафіка мультисервісної розподіленої телекомунікаційної мережі. / Г. А. Кучук — Київ : Системи озброєння і військ. техніка, 2006. – 178с.
10. Кучук Г. А. Розрахунок навантаження мультисервісної мережі. / Г. А. Кучук — Київ : Системи озброєння і військ. техніка, 2006. – 152с.
11. Ложковський А. Г. Теорія масового обслуговування в телекомунікаціях : підруч. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	63
		№ докум.	Підпис			

напрямом "Телекомунікації". / А. Г. Ложковський— Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 192с.

12. Лунтовський А. О. Мультисервісні мобільні платформи : монографія. / А. О. Лунтовський — Київ: Задруга, 2014. – 284с.

13. Семенко А. І. Сучасний стан створення безпроводних телекомунікаційних систем / А. І. Семенко. // Вісник Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – 2009. – №645. – С. 56–67.

14. Chapre P. Seneviratne Received signal strength indicator and its analysis in a typical WLAN system / P. Chapre, S. Mohapatra, A. Jha. // IEEE 38th Conference on Local Computer Networks (LCN). – 2013. – №38. – С. 304–307.

15. Jekabsons G. An Analysis of Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy / G. Jekabsons, V. Kairish, V. Zuravlyov. // Scientific Journal of Riga Technical University. – 2011. – №47. – С. 131–137.

16. Овдій Д.О. Методи оптимізації обміну даними в мережах wi-fi./ Д.О. Овдій, Я.О. Осадчий // Наукові записки УНДІЗ. - 2019. - №2(54). - С. 64-69.

17. Рассомахін С.Г. Компоненти бібліотеки еталонних моделей сигналів в телекомунікаційних протоколах фізичного рівня./ С.Г. Рассомахін, С.Г. Веклич // Системи обробки інформації. - 2016, - В. 7 (144). - С. 148-151.

18. Інъ Ч. Аналіз результатів досліджень реальної пропускної здатності безпроводових мереж стандарту IEEE 802.11. / Ч. Інъ, В.С. Лазебний // Проблеми інформатизації та управління. - 2019. - №1(61). - С. 30-39.

19. Лазебний В.С. Оцінювання інформаційної пропускної здатності безпроводового каналу телекомунікаційної мережі стандарту 802.11./ В.С. Лазебний // Вісник ДУІКТ. - 2012. - Т.10, - №4. - С. 72-78.

20. Лазебний В.С. Оцінювання якісних показників бездротової мережі стандарту 802.11 з конкурентним доступом до каналу. / В.С. Лазебний, Ч. Інъ //Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». - 2018. - №1(31). - С. 78-88.

					КВРТР.2020005.01.05 ПЗ	64
		№ докум.	Підпис			



31. Greenspan D. Introduction to Numerical Analysis and Applications / D. Greenspan. – Markham : Chicago, 1971. – 176 p.
32. Image Processing Toolbox For Use with Matlab, User's Guide. Version 3. – The Math Works Inc., - 2004. – 775 p.
33. Кvyetnyy R. Basics of Modelling and Computational Methods / R. Kvyetnyy. – Вінниця : ВДТУ, - 2007. – 147 с.
34. Дубовой В. М. Основы застосування ЕОМ у інженерній діяльності / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний. – К. : ІСДО України, - 1994. – 285 с.
35. Коржик М. В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Коржик. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2016. – 174 с.
36. Жученко А.І. Математичні моделі цифрових систем керування: Навч. посібник / А.І. Жученко. – К.: ІЗМН, 1997. – 240 с.
37. Краснопрошина А.А. Сучасний аналіз систем управління із застосуванням MatLab, Simulink, Control System : Навчальний посібник / А.А. Краснопрошина, Н.Б. Репнікова, О.А. Ільченко. – К. : "Корнійчук", 1999. – 144 с.
38. Simulink. Dynamic System Simulation for MatLab : Using Simulink[Electron resource]. – Natick, MA : The MathWorks, Inc, 1999. – 605 p
39. Акопов, А. С. Імітаційне моделювання: підручник і практикум для академічного бакалаврату / А. С. Акопов. - К. : "Корнійчук", 2017. – 136с.
40. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.
41. Fedevych O., Droniuk I., Nazarkevych M., Monitoring and analysis of measured and modeled traffic of TCP/IP Networks. Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 608. Springer Int. Publishing Switzerland. P. 32-41.
42. Дронюк І.М., Федевич О.Ю. Прогнозування трафіку комп'ютерних мереж для підвищення ефективності використання мережевого обладнання. Наук. вісн. НЛТУ України. 2015. Вип. 25.5. С.301-307.

43. Cui Y., Xiao S., Liao C., Stojmenovic I., Li M. Data Centers as Software Defined Networks: Traffic Redundancy Elimination with Wireless Cards at Routers. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. December 2013. Vol. 31, № 12. P.1-15.

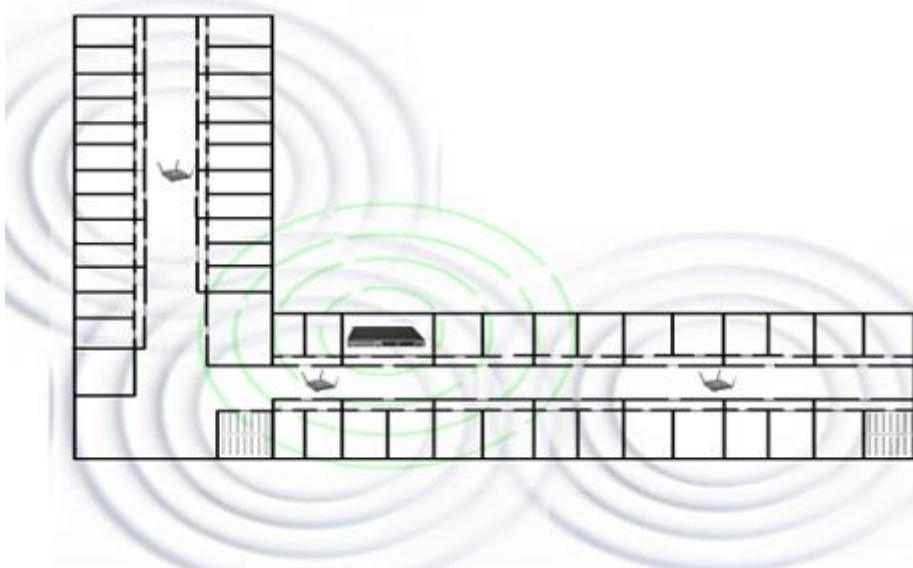
44. Бортник Г. Г. , Кичак В. М. Основи теорії передачі інформації. Навчальний посібник. МО і науки України. Вінниця: ВДТУ. 2002. 128 с.

45. IEEE Draft 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 Enhancements for High Efficiency WLAN. in IEEE P802.11ax/D4.0, IEEE. 2019. 746 p,

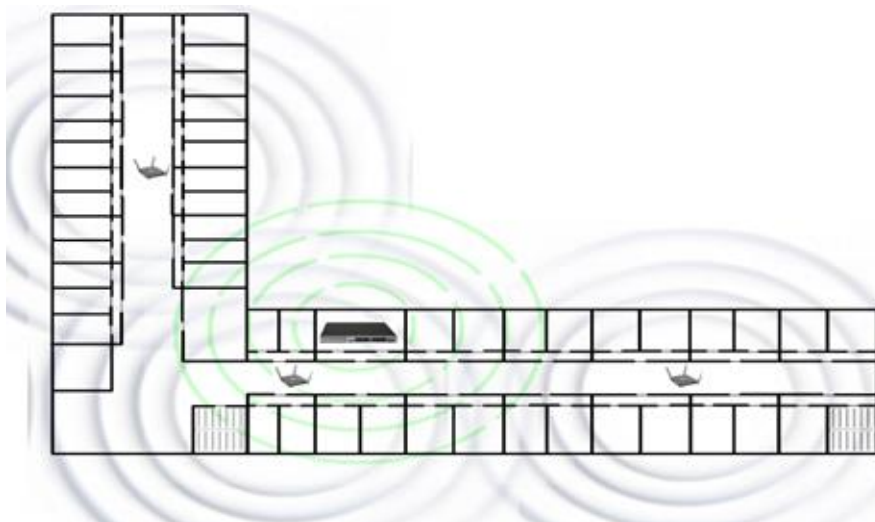
46. Bononi L., Conti M., Gregori E. Design and Performance Evaluation of an Asymptotically Optimal Backoff Algorithm for IEEE 802.11 Wireless LANs. Proc. Hawaii Int'l Conf. System Sciences. 2002. P. 1-10.

47. Сахно Є.Ю., Дорош М.С., Ребенок А.В. Менеджмент сервісу: теорія та практика: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури. 2010. 328 с. ISBN 978-966364-948-1.

**ДОДАТОК А**  
**РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК ДОСТУПУ НА ДРУГОМУ ПОВЕРСІ ТА**  
**БЕЗДРОВОГО КОМУТАТОРА НА ТРЕТЬОМУ**



**ДОДАТОК Б**  
**РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК ДОСТУПУ НА ЧЕТВЕРТОМУ ПОВЕРСІ ТА**  
**БЕЗДРОВОГО КОМУТАТОРА НА ТРЕТЬОМУ**



**ДОДАТОК В**  
**КОД ПРОГРАМИ «РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОЇ ІЗОТРОПНОЇ**  
**ВИПРОМІНЮВАНОЇ ПОТУЖНОСТІ»**

```
unit Unit1;
interface
uses
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, XPMan;
type
TForm1 = class(TForm)
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Button1: TButton;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Edit4: TEdit;
Button2: TButton;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
XPManifest1: TXPManifest;
Image1: TImage;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
private
{Private declarations}
```

```
public
{Public declarations}
end;
var
Form1: TForm1;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
Edit4.Text:=FloatToStr(StrToFloat(trim(Edit1.Text))
StrToFloat(trim(Edit2.Text)) +
StrToFloat(trim(Edit3.Text))) + ' дБм ';
end; end.
```

## ДОДАТОК Г

### ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАДНАННЯ

Таблиця Г.1 - Загальні характеристики обладнання DWL-8600AP

Модель	DWL-8600AP				
Виробник	D-Link				
Стандарти	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n Wireless LAN</li> <li>• IEEE 802.3, 802.3u Ethernet</li> <li>• IEEE 802.11d Regulatory Domain Selection</li> <li>• IEEE 802.11h</li> <li>• Управління потоком IEEE 802.3x</li> <li>• IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE)</li> </ul>				
Швидкість передачі даних	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для 802.11a/g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 та 6 Мбіт/с</li> <li>• Для 802.11b: 11, 5.5, 2 та 1 Мбіт/с</li> <li>• Для 802.11n:</li> </ul>				
	GI3 = 800нс			GI=400нс	
	Індекс MCS2	20МГц (Мбіт/с)	40МГц (Мбіт/с)	20МГц (Мбіт/с)	40МГц (Мбіт/с)
	0	6,5	13,5	7,2	15
	1	13	27	14,4	30
	2	19,5	40,5	21,7	45
	3	26	54	28,9	60
	4	39	81	43,3	90
	5	52	108	57,8	120
	6	58,5	121,5	65	135
	7	65	135	72,2	150
	8	13	27	14,4	30
	9	26	54	28,9	60
	10	39	81	43,3	90
	11	52	108	57,8	120
	12	78	162	86,7	180
13	104	216	115,6	240	
14	117	243	130	270	
15	130	270	144,4	300	
Діапазон частот	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a: від 5,15 ГГц до 5,35 ГГц та від 5,725 ГГц до 5,825 ГГц</li> <li>• 802.11b/g: від 2,4 ГГц до 2,4835 ГГц</li> <li>• 802.11n: від 2,4 ГГц до 2,497 ГГц та від 4,9 ГГц до 5,85 ГГц</li> </ul>				
Технології модуляції	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для 802.11b (DSSS): DBPSK @ 1 Мбіт/с, DQPSK @ 2 Мбіт/с, CCK @ 5,5 та 11 Мбіт/с</li> <li>• Для 802.11a/g (OFDM): BPSK @ 6 і 9 Мбіт/с, QPSK @ 12 і 18 Мбіт/с, 16QAM @ 24 та 36 Мбіт/с, 64QAM @ 48, 54 Мбіт/с</li> <li>• Для 802.11a/g (DSSS): DBPSK @ 1 Мбіт/с, DQPSK @ 2 Мбіт/с, CCK @ 5,5 та 11 Мбіт/с</li> <li>• Для 802.11n: PSK/CCK, DQPSK, DBPSK, OFDM</li> </ul>				

Радіочастотні канали	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5ГГц: 12 каналів, що не перекриваються для США і Канади, 8 каналів для Японії, що не перекриваються, 19 каналів для країн Європейського союзу, 5 каналів, що не перекриваються, для Китаю</li> <li>• 2,4ГГц: 11 каналів для США, 13 каналів для країн Європейського Союзу, 13 каналів для Японії</li> </ul>																																							
Вихідна потужність передавача <sup>4</sup> (Типова для кожної швидкості з'єднання)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a: 17dBm при 6/9/12/18 Мбіт/с 15dBm при 24/36 Мбіт/с 14dBm при 48 Мбіт/с 13dBm при 54 Мбіт/с</li> <li>• 802.11b: 17dBm при 1/2/5.5/11 Мбіт/с</li> <li>• 802.11g: 17dBm при 6/9/12/18 Мбіт/с 16dBm при 24/36 Мбіт/с 15dBm при 48 Мбіт/с 14dBm при 54 Мбіт/с</li> <li>• 802.11n:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="544 884 1463 1579"> <thead> <tr> <th>5GHz Band/HT-20</th> <th>5GHz Band/HT-40</th> <th>2.4GHz Band/HT-20</th> <th>2.4GHz Band/HT-40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17dBm при MCS0/8</td> <td>16 dBm при MCS0/8</td> <td>17 dBm при MCS0/8</td> <td>16 dBm при MCS0/8</td> </tr> <tr> <td>17 dBm при MCS1/9</td> <td>16 dBm при MCS1/9</td> <td>17 dBm при MCS1/9</td> <td>16 dBm при MCS1/9</td> </tr> <tr> <td>17 dBm при MCS2/10</td> <td>16 dBm при MCS2/10</td> <td>17 dBm при MCS2/10</td> <td>16 dBm при MCS2/10</td> </tr> <tr> <td>15 dBm при MCS3/11</td> <td>14 dBm при MCS3/11</td> <td>16 dBm при MCS3/11</td> <td>15 dBm при MCS3/11</td> </tr> <tr> <td>15 dBm при MCS4/12</td> <td>14 dBm при MCS4/12</td> <td>16 dBm при MCS4/12</td> <td>15 dBm при MCS4/12</td> </tr> <tr> <td>14 dBm при MCS5/13</td> <td>13 dBm при MCS5/13</td> <td>15 dBm при MCS5/13</td> <td>14 dBm при MCS5/13</td> </tr> <tr> <td>13 dBm при MCS6/14</td> <td>12 dBm при MCS6/14</td> <td>14 dBm при MCS6/14</td> <td>13 dBm при MCS6/14</td> </tr> <tr> <td>12 dBm при MCS7/15</td> <td>11 dBm при MCS7/15</td> <td>13 dBm при MCS7/15</td> <td>12 dBm при MCS7/15</td> </tr> </tbody> </table>				5GHz Band/HT-20	5GHz Band/HT-40	2.4GHz Band/HT-20	2.4GHz Band/HT-40	17dBm при MCS0/8	16 dBm при MCS0/8	17 dBm при MCS0/8	16 dBm при MCS0/8	17 dBm при MCS1/9	16 dBm при MCS1/9	17 dBm при MCS1/9	16 dBm при MCS1/9	17 dBm при MCS2/10	16 dBm при MCS2/10	17 dBm при MCS2/10	16 dBm при MCS2/10	15 dBm при MCS3/11	14 dBm при MCS3/11	16 dBm при MCS3/11	15 dBm при MCS3/11	15 dBm при MCS4/12	14 dBm при MCS4/12	16 dBm при MCS4/12	15 dBm при MCS4/12	14 dBm при MCS5/13	13 dBm при MCS5/13	15 dBm при MCS5/13	14 dBm при MCS5/13	13 dBm при MCS6/14	12 dBm при MCS6/14	14 dBm при MCS6/14	13 dBm при MCS6/14	12 dBm при MCS7/15	11 dBm при MCS7/15	13 dBm при MCS7/15	12 dBm при MCS7/15
5GHz Band/HT-20	5GHz Band/HT-40	2.4GHz Band/HT-20	2.4GHz Band/HT-40																																					
17dBm при MCS0/8	16 dBm при MCS0/8	17 dBm при MCS0/8	16 dBm при MCS0/8																																					
17 dBm при MCS1/9	16 dBm при MCS1/9	17 dBm при MCS1/9	16 dBm при MCS1/9																																					
17 dBm при MCS2/10	16 dBm при MCS2/10	17 dBm при MCS2/10	16 dBm при MCS2/10																																					
15 dBm при MCS3/11	14 dBm при MCS3/11	16 dBm при MCS3/11	15 dBm при MCS3/11																																					
15 dBm при MCS4/12	14 dBm при MCS4/12	16 dBm при MCS4/12	15 dBm при MCS4/12																																					
14 dBm при MCS5/13	13 dBm при MCS5/13	15 dBm при MCS5/13	14 dBm при MCS5/13																																					
13 dBm при MCS6/14	12 dBm при MCS6/14	14 dBm при MCS6/14	13 dBm при MCS6/14																																					
12 dBm при MCS7/15	11 dBm при MCS7/15	13 dBm при MCS7/15	12 dBm при MCS7/15																																					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a: -87dBm при 6 Мбіт/с -86dBm при 9 Мбіт/с -84dBm при 12 Мбіт/с -81dBm при 18 Мбіт/с -77dBm при 24 Мбіт/с -75dBm при 36 Мбіт/с -68dBm при 48 Мбіт/с -67dBm при 54 Мбіт/с</li> <li>• 802.11b:</li> </ul>																																							

Чутливість приймача	-92dBm при 1 Мбіт/с -90dBm при 2 Мбіт/с -88dBm при 5.5 Мбіт/с -84dBm при 11 Мбіт/с • 802.11g: -87dBm при 6 Мбіт/с -87dBm при 9 Мбіт/с -85dBm при 12 Мбіт/с -82dBm при 18 Мбіт/с -79dBm при 24 Мбіт/с -76dBm при 36 Мбіт/с -71dBm при 48 Мбіт/с -70dBm при 64 Мбіт/с 802.11n:			
	5GHz Band/HT-20	5GHz Band/HT-40	2.4GHz Band/HT-20	2.4GHz Band/HT-40
	-82dBm при MCS0/8 -79 dBm at MCS1/9 -77 dBm при MCS2/10 -74 dBm при MCS3/11 -70 dBm при MCS4/12 -66 dBm при MCS5/13 -65 dBm при MCS6/14 -64 dBm	-79 dBm при MCS0/8 -76 dBm at MCS1/9 -74 dBm at MCS2/10 -71 dBm at MCS3/11 -67 dBm at MCS4/12 -63 dBm at MCS5/13 -62 dBm at MCS6/14 -61 dBm	-85 dBm при MCS 0/8 -82 dBm при MCS 1/9 -80 dBm при MCS 2/10 -77 dBm при MCS 3/11 -74 dBm при MCS 4/12 -69 dBm при MCS 5/13 -68 dBm при MCS6/14 -67 dBm	-82 dBm при MCS0/8 -79 dBm при MCS1/9 -77 dBm при MCS2/10 -74 dBm при MCS3/11 -71 dBm при MCS4/12 -66 dBm при MCS5/13 -65 dBm при MCS6/14 -63 dBm
Анени	• 4 дипольні знімні всеспрямовані антени з реверсним роз'ємом SMA • Коефіцієнт посилення: 6dBi для 5ГГц, 4dBi для 2,4 ГГц			
Інтерфейс Ethernet	Порт 10/100/1000BASE-T з 802.3af PoE			
Настроюваний режим роботи	• Тільки «Точка доступу» • "Точка доступу" з Wireless Distribution System (WDS) • Wireless Distribution System (WDS)			
	• 64/128/152-бітове WEP-шифрування даних • Фільтрування MAC-адрес: через RADIUS або локальну базу даних • WPA / WPA 2 EAP • TKIP/AES • 802.11i/WPA2: Підтримка попередньої аутентифікації та кешування ключів для WPA2 Enterprise • Увімкнення/заборона ширококомовлення 802.1Q SSID • 16 SSID для кожного частотного діапазону			

Безпека	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RADIUS (RFC 2865, 3580): Підтримка автентифікації з сервером RADIUS, до 4 зовнішніх серверів RADIUS</li> <li>• Ізольована безпека для кожного SSID (різні параметри безпеки для кожного SSID)</li> <li>• Ізоляція станції</li> </ul>		
Підтримувані протоколи/методи управління	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використовуються протоколи, що підтримуються уніфікованими комутаторами DWS-4026</li> <li>• HTTP/HTTPS</li> <li>• SSH</li> <li>• SNMP</li> <li>• Системний журнал</li> <li>• Telnet</li> </ul>		
	Можливості	Автономний режим	Керований режим (DWS-4026)
	Централізоване управління	-	+
	Централізований розподіл програмного забезпечення	-	+
	Візуальні інструменти керування точкою доступу	-	+
	Автоматичне налаштування потужності	-	+
	Динамічний вибір каналу	-	+
	Швидкий роумінг L2	-	+
	Швидкий роумінг L3	-	+
	Адаптивний портал	-	+
	Протоколи безпеки WEP/WPA/WPA2	+	+
	Виявлення несанкціонованих точок доступу	+	+
		Мінімізація несанкціонованих точок доступу	-
WIDS		-	+
Ізоляція станції		+	+
Фільтрування MAC-адрес		+	+
Балансування навантаження між точками доступу		+	+
WDS		+	-
Функція AP Clustering		+	-
QoS/WMM		+	+

	Локальне зберігання конфігураційного файлу	+	-
Індикатори діагностики	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Power</li> <li>• LAN</li> <li>• 2.4GHz</li> <li>• 5.0GHz</li> </ul>		
живлення	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Робоча напруга: 48В постійного струму</li> <li>•/- 10% для PoE</li> <li>• Джерело живлення: через зовнішній адаптер живлення 48В постійного струму, 0,4А</li> <li>• Потужність: Макс.11 Вт без PoE, Макс. 12 Вт з PoE</li> </ul>		
Розміри	190,5 x 198,8 x 36,8 мм		
Вага	1,02 кг		
Робоча температура	Від 0° до 40°C		
Температура при зберіганні	Від -20 ° до 65 ° C		
Робоча вологість	Від 10% до 90% (без утворення конденсату)		
Вологість при зберіганні	Від 5% до 95% (без утворення конденсату)		
MTBF	523,721 год		
Сертифікати	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FCC Class B</li> <li>• CE</li> <li>• C-Tick</li> <li>• VCCI</li> <li>• TELEC</li> <li>• Wi-Fi</li> <li>• ICES-003</li> <li>• EN60601-1-2</li> <li>• NCC</li> <li>• CSA International</li> </ul>		

Таблиця Г.2 – Загальні характеристики обладнання DWS-4026

Функції керування WLAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ До 64 точок доступу, підключених до комутатора</li> <li>+ До 256 точок доступу в кластері</li> <li>+ До 2048 бездротових клієнтів (1024 користувачів при використанні тунелювання, 2048 користувачів, якщо тунелювання не використовується)</li> </ul>
Роумінг	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Швидкий роумінг</li> <li>+ Роумінг між комутаторами та точками доступу, підключеними до одного комутатора</li> <li>+ Усередині – та Міжмережевий роумінг</li> <li>+ Тунелювання між точками доступу</li> </ul>
Управління доступом та смугою пропускання	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ До 32 SSID на точку доступу (16 SSID на радіочастотний діапазон)</li> <li>+ Балансування завантаження між точками доступу на основі кількості користувачів або використання точки доступу</li> </ul>
Керовані точки доступу	DWL-8600AP

Управління точками доступу	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Автоматичне виявлення точок доступу</li> <li>+ Віддалене перезавантаження точок доступу</li> <li>+ Моніторинг точок доступу: список керованих точок доступу, несанкціонованих і не пройшли аутентифікацію точок доступу</li> <li>+ Моніторинг клієнтів: список клієнтів асоційованих з кожною керованою точкою доступу</li> <li>+ Моніторинг клієнтів Ad-hoc</li> <li>+ Аутентифікація точок доступу за допомогою локальної бази даних або зовнішнього сервера RADIUS</li> <li>+ Централізоване управління каналами/політиками безпеки</li> <li>+ Візуальні інструменти керування точками доступу (Підтримка до 16 jpg-файлів)</li> <li>+ Підтримка уніфікованої точки доступу (DWL-8600AP): Керований/Автономний режим</li> </ul>
Функції безпеки WLAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Wireless Intrusion Detection &amp; Prevention System (WIDS)</li> <li>+ Мінімізація несанкціонованих точок доступу</li> <li>+ Класифікація несанкціонованих та дійсних точок доступу на основі MAC-адреси</li> <li>+ WPA Personal/Enterprise</li> <li>+ WPA2 Personal/Enterprise</li> <li>+ 64/128/152-бітове WEP-шифрування даних</li> <li>+ Класифікація бездротових станцій та точок доступу на основі каналу, MAC-адреси, SSID, часу</li> <li>+ Підтримка типу шифрування: WEP, WPA, Dynamic WEP, TKIP, AES-CCMP, EAP-FAST, EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-MD5, PEAP-GTC, PEAP-MS-CHAPv2, PEAP-TLS</li> <li>+ Аутентифікація на основі MAC-адрес</li> <li>+ Ізоляція станції</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Розмір таблиці MAC-адрес: 8К записів</li> <li>+ IGMP Snooping: 1К багатоадресних груп</li> </ul>

Функції рівня 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 802.1D Spanning Tree</li> <li>+ 802.1w Rapid Spanning Tree</li> <li>+ 802.1s Multiple Spanning Tree</li> <li>+ Link Aggregation 802.3ad: до 32 груп , до 8 портів в групі</li> <li>+ 802.1ab LLDP</li> <li>+ LLDP-MED</li> <li>+ One-to-One Port Mirroring</li> <li>+ Many-to-One Port Mirroring</li> <li>+ Розмір Jumbo- фреймів : до 9 Кб</li> </ul> <p>VLAN</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ 802.1Q VLAN Tagging</li> <li>+ 802.1V</li> <li>+ Групи VLAN: до 3965 записів</li> <li>+ VLAN на основі підмереж</li> <li>+ VLAN на основі MAC-адреси</li> <li>+ GVRP</li> <li>+ Double VLAN</li> <li>+ Voice VLAN</li> </ul>
Функції рівня 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Статична маршрутизація IPv4</li> <li>+ Розмір таблиці маршрутизації: до 128 статичних маршрутів</li> <li>+ Плаваючі статичні маршрути</li> <li>+ VRRP</li> <li>+ Proxy ARP</li> <li>+ RIPv1/v2</li> </ul>
Quality of Service ( Якість обслуговування )	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Черги пріоритетів 802.1 p (до 8 черг на порт)</li> <li>+ CoS на основі: порту комутатора, VLAN , DSCP , порту TCP / UDP , TOS , MAC -адреси джерела, IP -адреси джерела</li> <li>+ Auto - VoIP</li> <li>+ Мінімальна гарантія по смузі пропускання на чергу</li> <li>+ Формування трафіку на порт</li> <li>+ Управління смугою пропускання на основі потоку</li> </ul>
ACL (Список керування доступом)	<p>ACL на основі: порту комутатора, MAC -адреси, черг пріоритетів 802.1 p , VLAN , Ethertype , DSCP , IP -адреси, типу протоколу, номери порту TCP / UDP</p>
Функції безпеки LAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Аутентифікація RADIUS при адміністративному доступі</li> <li>+ Аутентифікація TACACS + за адміністративного доступу</li> <li>+ Функція Port Security : 20 MAC -адрес на порт, повідомлення у разі спрацювання функції</li> <li>+ Фільтрування MAC -адрес</li> <li>+ Управління доступом 802.1 x на основі портів та Guest</li> <li>+ Захист від атак DoS</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Dynamic ARP Inspection (DAI)</li> <li>+ DHCP Snooping</li> <li>+ Управління широкомовним штормом: крок 1% від швидкості каналу</li> <li>+ Захищений порт</li> <li>+ DHCP-фільтрація</li> </ul>
Методи управління	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Web -інтерфейс</li> <li>+ Кластеризація комутаторів</li> <li>+ Обліковий запис RADIUS</li> <li>+ CLI</li> <li>+ Сервер Telnet : до 5 сесій</li> <li>+ Клієнт Telnet</li> <li>+ Клієнт TFTP</li> <li>+ SNMP v 1, v 2 c , v 3</li> <li>+ sFlow</li> <li>+ Кілька файлів конфігурації</li> <li>+ Підтримка двох копій ПЗ ( Dual Images )</li> <li>+ RMON v 1: 4 групи ( Statistics (Статистика), History (Історія), Alarms (Сповідження), Events (Події))</li> <li>+ Клієнт BOOTP / DHCP</li> <li>+ Сервер DHCP</li> <li>+ DHCP Relay</li> <li>+ SYSLOG</li> <li>+ Опис портів</li> </ul>
Інтерфейси пристрою	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 24 порти 10/100/1000 BASE - T з підтримкою PoE 802.3 af</li> <li>+ 4 комбо-порти SFP</li> <li>+ Консольний порт RS -232</li> <li>+ 2 відкриті слоти для встановлення додаткових модулів з портами 10 Gigabit</li> </ul>
Резервне джерело живлення	Конектор для підключення джерела живлення DPS -600
Power over Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Стандарт: 802.3 af</li> <li>+ Вихідна потужність на кожному порту: 15,4Вт</li> <li>+ Загальна вихідна потужність: 370 Вт</li> <li>+ Автовідключення порту при значенні струму вище 350mA</li> </ul>
Продуктивність	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Комутаційна матриця: 88 Гбіт/с</li> <li>+ Макс. швидкість передачі пакетів: 65,47 Mpps</li> <li>+ Метод комутації: Store and Forward</li> <li>+ Розмір буфера пакетів: 750 КБ</li> </ul>
Управління потоком	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Управління потоком 802.3 x в режимі повного дуплексу</li> <li>+ Метод «зворотного тиску» у напівдуплексному режимі</li> <li>+ Запобігання блокуванню HOL</li> </ul>
Додаткові uplink -модулі з портами 10 GE	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ DEM-410X Модуль з 1 слотом 10GE XFP (Для підключення до оптоволоконної магістралі мережі)</li> <li>+ DEM-410CX Модуль з 1 портом 10GE CX4 (Для стекування комутаторів)</li> </ul>

Додаткові трансівери XFP 10GE	+ DEM-421XT Трансівер XFP 10GBASE-SR, MMF, макс. відстань до 300 м, 3,3/5В + DEM-422XT Трансівер XFP 10GBASE-LR, SMF, макс. відстань до 10 км, 3,3/5В + DEM-423XT Трансівер XFP 10GBASE-ER, SMF, макс. відстань до 40 км, 3,3/5В
Індикатори діагностики	+ На пристрій : Power, Console, RPS + Для порту 10/100/1000BASE-T: Link/Activity/Speed, PoE + Для слота SFP: Link/Activity + Для слота 10 Gigabit: Link/Activity
живлення	+ Живлення: внутрішній універсальний джерело живлення від 100 до 240 В змінного струму, 50/60 Гц + Потужність: 525 Вт (макс., при функціонуванні всіх портів PoE)
MTBF	185,540 годин
Розміри	+ 440 (Ш) x 389 (Г) x 44 (В) мм + Установка в 19" стійку, висота 1U
Вага	6кг
Температура	+ Робоча температура: від 0 ° до 40 ° С + Температура зберігання: від -10 ° до 70 ° С
Вологість	+ Робоча вологість: від 10% до 90% без утворення конденсату + Вологість зберігання: від 5% до 90% без утворення конденсату
Електромагнітна сумісність	FCC Class A, ICES-003, VCCI, CE, C-Tick, EN 60601-1-2
Безпека	UL/cUL, CB

**ДОДАТОК Д**  
**ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

**Інформаційно-телекомунікаційна  
локальна бездротова мережа, керівник**

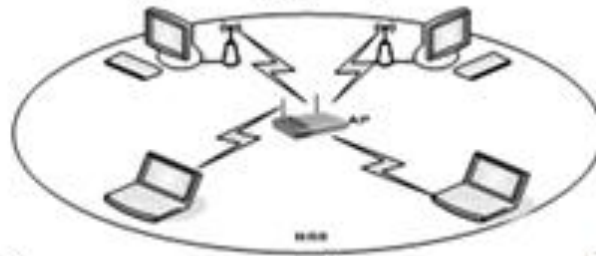
Студент: Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ  
Керівник: Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н, доц.

**Класифікація бездротових технологій**

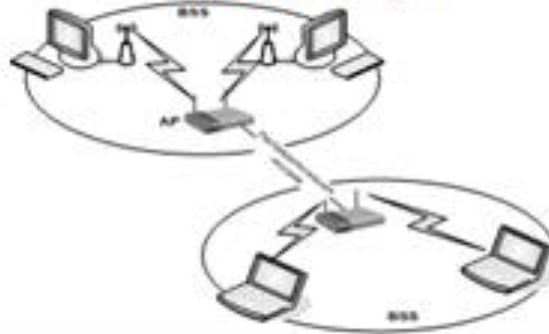


LMDS – Local Multipoint Distribution Service  
MMDS – Multichannel Multipoint Distribution Service  
WDSL – Wireless Digital Subscriber Line

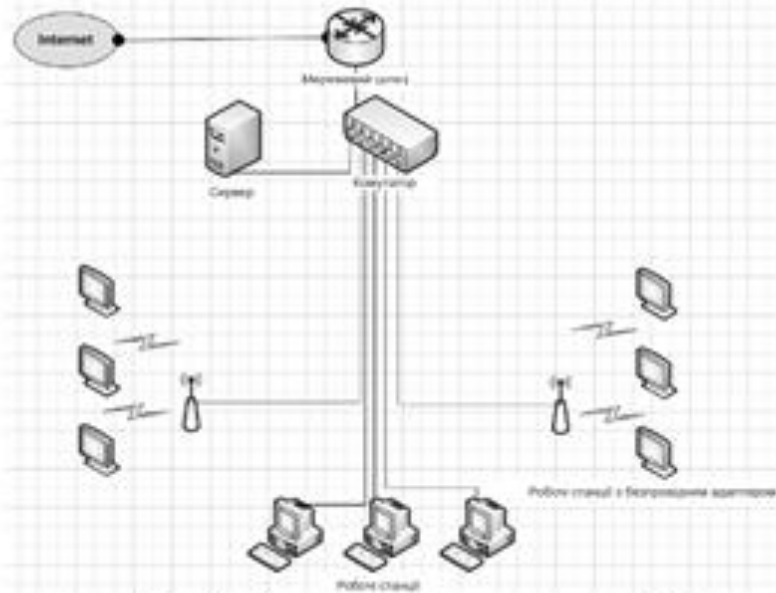
### Інтерфейс передачі даних RS -485



### Розширена зона обслуговування ESS бездротової мережі



### СТРУКТУРНА СХЕМА МЕРЕЖІ



### Реалізація бездротового сегмента в межах LAN



## ВИСНОВКИ

У проекті проведено обґрунтування проекту проектування бездротової мережі Wi - Fi на основі стандарту 802.11 n в гуртожитку. У роботі було зроблено аналіз мережі бездротового доступу Wi - Fi. Як вибір обладнання для реалізації проекту було віддано перевагу на користь фірми D - Link. Обґрунтування вибору обладнання проводив вісь з урахуванням: технічних характеристик, можливості та застосування, вартості тощо. У технічній частині проекту розглянуто варіант побудови мережі бездротового доступу із встановленням шести точок доступу. Вибір обумовлений умовами технічних властивостей обладнання. У розрахунковій частині проекту зроблено розрахунки ефективної ізотропної випромінюваної потужності та зона покриття мережі.

Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТіТК

ID перевірки:  
1016383408

Дата перевірки:  
23.06.2024 12:53:45 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
23.06.2024 13:12:16 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Кунділовський\_антиплагіат1

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 12378 Кількість символів: 96392 Розмір файлу: 3.08 MB ID файлу: 1016193746

1328 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 13.1% Схожість

Найбільша схожість: 6.24% з Інтернет-джерелом ([http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/11042/1/MR\\_Latyshev.pdf](http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/11042/1/MR_Latyshev.pdf))

12.8% Джерела з Інтернету 140 ..... Сторінка 69

1.11% Джерела з Бібліотеки 16 ..... Сторінка 70

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0.05% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.04% Вилучення з Інтернету 30 ..... Сторінка 71

0.05% Вилученого тексту з Бібліотеки 27 ..... Сторінка 71

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 6

Підозріле форматування 12 сторінок

Sun Jun 23 11:53:46 EEST 2024, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 34.0%**

 Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилко в документах: 13%**

ID: 132256 Назва: БКР Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа Додано в БД: 2024-06-23 Автора: Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ Керівники: Людмила КОРЕЦЬКА Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	81748	742	28602 (35%)	289 (39%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми
131646	Назва: БКР Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа Додано в БД: 2024-06-20 Автора: Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ Керівники: Людмила КОРЕЦЬКА Консультанти: Опоненти:	27984 (34.0%)	279 (38.0%)

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Кунділовський Андрій Валерійович

Тема: Інформаційно-телекомунікаційна локальна бездротова мережа

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість презентаційних слайдів 7 Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено інформаційно-телекомунікаційну локальну бездротову мережу

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У роботі проведено обґрунтування проекту проектування бездротової мережі Wi - Fi на основі стандарту 802.11 n. У роботі було зроблено аналіз мережі бездротового доступу Wi - Fi . Як вибір обладнання для реалізації проекту було віддано перевагу на користь фірми D - Link . Обґрунтування вибору обладнання проводив вісь з урахуванням: технічних характеристик, можливості та застосування, вартості тощо . У технічній частині проекту розглянуто варіант побудови мережі бездротового доступу із встановленням шести точок доступу. Вибір обумовлений умовами технічних властивостей обладнання. У розрахунковій частині проекту зроблено розрахунки ефективної ізотропної випромінюваної потужності та зона покриття мережі.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

---

---

---

5. Негативні сторони роботи: у роботі наявні незначні граматичні та стилістичні помилки

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (3,75/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи): \_\_\_\_\_

Радельчук Галина Іванівна, к.т.н., доцент кафедри ІПЗ, ХНУ

“ 20 ” червня 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР  
д-ру техн. наук, проф. Мартиноку В.В.

Кунділовський А.В.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи ТР1-20-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

01.06.2024

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система моніторингу радіологічного відділення

Автор: Андрій КУНДІЛОВСЬКИЙ

Спеціальність: 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології»

Науковий керівник: к.т.н., доц. Людмила КОРЕЦЬКА

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 13,1% і адресується до 140 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри  
Гарант освітньої програми  
Керівник кваліфікаційної роботи

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  


Валерій МАРТИНЮК  
Денис МАКАРИШКІН  
Людмила КОРЕЦЬКА