

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

(повне найменування інституту)

Кафедра обчислювальної техніки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до бакалаврської дипломної роботи

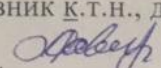
бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки»

Виконав: студент 4 курсу, групи
2 СП-206
спеціальності 123 — Комп'ютерна
інженерія

 Півнюк М.П.
Керівник к.т.н., доц. каф. ОТ

"  " Савицька Л.А..
2024р.

Рецензент к.т.н., зав. каф. МБІС

"  " Карпінець В.В. .
2024р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О.Д.

"  " 06 2024р.

ВНТУ – 2024 року

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

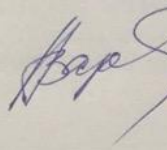
Кафедра обчислювальної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки 123 – «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
обчислювальної техніки
проф., д.т.н. О. Д. Азаров
«6» лютого 2024 р.



ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Півнюку Миколі Павловичу

1 Тема роботи «Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки»

Керівник проекту Савмцька Л.А., к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» березня 2024 р. №80

2 Строк подання студентом проекту 07.06.20.24 р.

3 Вихідні дані до проекту: технічні параметри бездротової мережі служби технічної підтримки.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, принцип роботи бездротової мережі, обґрунтування та вибір обладнання для організації мережі стандарту IEEE 802.11, моделювання комп'ютерної мережі стандарту IEEE 802.11 служби підтримки., висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план приміщення офісу, перенесений план приміщення у WiFi Planer Pro, поширення сигналу в безпроводна мережа, схема мережі, створена у Cisco Packet Tracer

6 Консультанти розділів роботи приведені в таблиці 1

Таблиця 6.1 — Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	завдання прийняв
1–3	Савицька Л.А., к.т.н., доцент кафедри ОТ	<i>Л.А. Савицька</i>	<i>Л.А. Савицька</i>

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів виконання бакалаврського проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задач проекту	27.02.24	<i>Вик.</i>
2	Огляд інформаційних джерел	06.03–20.03.24	<i>Вик.</i>
3	Принцип роботи бездротової мережі	27.03–7.04.24	<i>Вик.</i>
4	Обґрунтування та вибір обладнання для організації мережі стандарту IEEE 802.11	10.04–21.04.24	<i>Вик.</i>
5	Моделювання комп'ютерної мережі стандарту IEEE 802.11 служби підтримки	24.04–12.05.24	<i>Вик.</i>
6	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	15.05–26.05.24	<i>Вик.</i>
7	Аналіз виконання проекту. Висновки. Додатки	29.05–09.06.24	<i>Вик.</i>
8	Перевірка якості виконання бакалаврського проекту та усунення недоліків	06.06.24	<i>Вик.</i>

Студент *Півнюк М.П.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи *Л.А. Савицька*
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 004.9

Півнюк М.П.

Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 123 — комп'ютерна інженерія, освітня програма — системне програмування. Вінниця: ВНТУ, 2024, 72 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 16 назв, рис. 25, табл.4.

У бакалаврській дипломній роботі реалізовано розробку бездротової мережі служби технічної підтримки.

У першому розділі проведено огляд та порівняльна характеристика бездротових технологій:

- визначені їхні переваги і недоліки, також виділені сфери діяльності, в яких вони найбільш ефективні;

- досліджено основні принципи побудови та відмінні риси функціонування мереж IEEE 802.11, що дозволило обґрунтувати необхідність вдосконалення бездротової мережі і її каналів, які повинні максимально враховувати умови середовища передачі.

У другому розділі обґрунтовано вибір оптимальної точки доступу для проектування локальної бездротової мережі, це було потрібно робити виходячи від основних характеристик точок доступу:

- типу WAN порту,
- кількості LAN-портів і їх швидкість,
- частоти роботи Wi-Fi мережі і її швидкість,
- наявності USB-роз'ємів, і різних додаткових функцій.

В третьому розділі описано програмне забезпечення для проведення моделювання мережі та промодельовано безпроводну мережу у середовищі WiFiPlannerPro та просимульовано її роботу.

Ключові слова: бездротова мережа, порт, канал передачі, середовище передачі .

ANNOTATION

Pivniuk M.P.

Implementation of a wireless network of the technical support service. Bachelor thesis in the specialty 123 — computer engineering, educational program system programming. Vinnitsa, VTNU, 2024, 72p.

In the Ukr.leng.Lib.name 16, figures, 4 tables, 25 sources of literature.

The development of a wireless network of the technical support service was implemented in the bachelor thesis.

The first chapter provides an overview and comparative characteristics of wireless technologies:

- their advantages and disadvantages are determined, as well as the areas of activity in which they are most effective;

- the basic principles of construction and distinguishing features of IEEE 802.11 networks were investigated, which made it possible to substantiate the need for improving wireless networks and their channels, which should take into account the conditions of the transmission environment as much as possible.

In the second section, the choice of the optimal access point for the design of a local wireless network is substantiated, it was necessary to do this based on the main characteristics of the access points:

- type of WAN port,
- the number of LAN ports and their speed,
- frequencies of Wi-Fi network operation and its speed,
- availability of USB connectors and various additional functions.

In the third section, software for network modeling is described and a wireless network is modeled in the WiFi Planer Pro environment and its operation is simulated.

Keywords: wirelessnetwork, port, transmissionchannel,
transmissionenvironment

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ПРИНЦИП РОБОТИ БЕЗДРОТОВІ МЕРЕЖІ	10
1.1 Базові стандарти бездротових технологій.....	10
1.2 Класифікація мереж стандарту IEEE 802.11.....	11
1.3 Особливості технології IEEE 802.11.....	15
1.4 Бездротова мережа та швидкість діапазону.....	16
1.5 Перешкоди для безпроводних мереж.....	17
1.6 Безпека даних у бездротових мережах.....	17
1.7 Стандарти Wi-Fi 6, Wi-Fi 5 та Wi-Fi 4.....	18
1.8 Технології розширення спектру, що використовуються в стандартах IEEE 802.11.....	23
1.8.1 Технологія розширення спектру DSSS.....	23
1.8.2 Ортогональне частотне розділення каналів.....	25
1.9 Безпека мереж Wi-Fi.....	26
1.9.1 Конфіденційність та цілісність.....	26
1.9.2 Аутентифікація	28
1.9.3 IEEE 802.1X.....	30
1.10 Недоліки технології Wi-Fi.....	30
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11	31
2.1 Критерії вибору точки доступу для проектування бездротової мережі.....	31
2.2 Розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності.....	39
2.3 Розрахунок зони дії сигналу.....	39
2.4 Розрахунок втрат у вільному просторі.....	40
2.5 Порівняльний розрахунок вартості організації бездротової мережі.....	42

					08-23.БДР.025.00.000 ПЗ			
		№ докум.	Пі					
Розроб.	Півнюк М.П.					Л	А	Акруші
Перевір.	Савицька Л.А.						6	64
Реценз.						ВНТУ, зр. 2ПІ-206		
Н. Контр.	Швець С.І.							
Затверд.	Азаров О.Д.							

3 МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11	
СЛУЖБИ ПІДТРИМКИ.....	45
3.1 Опис програмного забезпечення для проведення моделювання мережі.....	45
3.2 Моделювання безпроводної мережі у WiFiPlanerPro.....	48
3.3 Підбір оптимальних точок доступу для офісу.....	56
3.4 Симуляція роботи безпроводної мережі в середовищі CiscoPacketTracer...	59
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК А.....	66
ДОДАТОК Б План приміщенняофісу.....	68
ДОДАТОК В Перенесений план приміщення у WiFiPlanerPro.....	69
ДОДАТОК Г Поширення сигналу в безпроводна мережа.....	70
ДОДАТОК Д Схема мережі, створена у CiscoPacketTracer.....	71
ДОДАТОК Е Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	72

					08-25.БДР.025.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Популярність бездротових локальних мереж пояснюється насамперед їх зручністю, економічністю та простотою інтеграції з іншими мережами та мережевими компонентами. Більшість комп'ютерів, які сьогодні продаються споживачам, оснащені всіма необхідними технологіями бездротової локальної мережі. Бездротова природа таких мереж дозволяє користувачам отримувати доступ до мережесих ресурсів практично з будь-якого зручного місця в межах основного мережевого середовища (вдома чи в офісі). Зі збільшенням кількості ноутбуків це особливо важливо.

З появою загальнодоступних бездротових мереж користувачі можуть отримати доступ до Інтернету навіть за межами звичайного робочого середовища. Наприклад, більшість мережесих кав'ярень пропонують клієнтам бездротовий доступ до Інтернету за невелику плату або безкоштовно.

Користувачі, підключені до бездротової мережі, можуть підтримувати майже безперервне з'єднання з потрібною мережею, подорожуючи з місця на місце. Для підприємств це означає, що працівник може бути більш продуктивним, оскільки його роботу можна виконувати з будь-якого зручного місця.

Для початкового налаштування бездротової мережі на основі інфраструктури потрібна лише одна точка доступу. З іншого боку, кабельні мережі мають більшу вартість і складність прокладення фактичних фізичних кабелів, що проходять через кілька місць (і можуть бути неможливими для прокладення у важкодоступних місцях у будівлі).

Бездротові мережі можуть обслуговувати велику кількість клієнтів за допомогою наявного обладнання, навіть, якщо вони потребують додаткового керування доступом і конфігурації до дротової мережі.

Метою дослідження є створення бездротової мережі служби технічної підтримки.

Для реалізації мети поставлені наступні задачі:

— аналіз принципів роботи різних стандартів WiFi-мереж ;

- розрахунок параметрів для мережі;
- моделювання мережі;
- симулювання роботи безпроводної мережі в середовищі

CiscoPacketTracer

Об’єкт дослідження — методи та засоби, які застосовуються при створенні бездротових мереж.

Предмет дослідження — процес проектування і створення бездротових мереж.

1 ПРИНЦИП РОБОТИ БЕЗДРОВОЇ МЕРЕЖІ

Бездротова мережа або бездротова локальна мережа (WLAN) виконує ті ж цілі, що і дротові з'єднання групи комп'ютерів. Оскільки «бездротовий зв'язок» не вимагає дорогої електропроводки, головна перевага полягає в тому, що налаштувати його, як правило, простіше, швидше і дешевше.

Для порівняння, створення мережі за допомогою протягування проводів по стінах та стелях офісу може бути трудомістким і, таким чином, дорогим. Але навіть якщо у вас вже є провідна мережа, бездротова мережа може бути рентабельним способом просто розширення її діапазону або і збільшення. Насправді, немає такого поняття, як суто бездротова мережа, оскільки більшість з них в певний момент повертається до дротової мережі.

1.1 Базові стандарти бездротових технологій

У світі бездротового зв'язку термін Wi-Fi в цілому є синонімом бездротового доступу. Бездротові мережі працюють за допомогою радіочастотної (RF) технології, частоти в електромагнітному спектрі, пов'язаної з поширенням радіохвиль. Коли на антену подається радіочастотний струм, створюється електромагнітне поле, яке потім здатне поширюватися по простору.

Наріжний камінь бездротової мережі — це пристрій, відомий як точка доступу (AP). Основне завдання точки доступу — це трансляція бездротового сигналу, який комп'ютери можуть виявляти та «налаштовувати». Оскільки бездротові мережі зазвичай підключені до дротових, то точка доступу також часто служить посиланням на ресурси, доступні в дротовій мережі, наприклад, підключення до Інтернету.

Для підключення до точки доступу та приєднання до бездротової мережі комп'ютери повинні бути обладнані адаптерами бездротової мережі. Вони часто вбудовуються прямо в комп'ютер, але якщо ні, то майже будь-який комп'ютер або ноутбук можна зробити бездротовим через використання додаткового адаптера, підключеного до порожнього слота розширення, USB-порту або у випадку ноутбуків, слот для ПК.

Wi-Fi підтримується багатьма програмами та пристроями, включаючи консолі відеоігор, домашні мережі, КПК, мобільні телефони, основні операційні системи та інші види побутової електроніки. Будь-які товари, які протестовані та затверджені як "Wi-Fi Certified" (zareєстрована торгова марка) від Wi-Fi Alliance, сертифіковані як сумісні між собою, навіть якщо вони є від різних виробників. Наприклад, користувач із сертифікованим Wi-Fi продуктом може використовувати будь-яку марку точки доступу з будь-якою іншою маркою клієнтського обладнання, яка також є "Сертифікованою Wi-Fi".

Продукти, які проходять цю сертифікацію, повинні містити на своїй упаковці ідентифікаційну печатку, яка зазначає "Сертифікований Wi-Fi" та вказує на використовуваний радіочастотний діапазон (2,5 ГГц для 802.11b, 802.11g або 802.11n та 5 ГГц для 802.11a) .

У світі бездротового зв'язку термін Wi-Fi в цілому є синонімом бездротового доступу, незважаючи на те, що це специфічна торгова марка, що належить Альянсу Wi-Fi — групі, присвяченій сертифікації того, що продукти Wi-Fi відповідають набору бездротових стандартів IEEE 802.11.

Альянс Wi-Fi це організація, яка спеціально визначає Wi-Fi як будь-які продукти "бездротової локальної мережі (WLAN), що базуються на стандартах Інституту інженерів електротехніки та електроніки" (IEEE) 802.11.

1.2 Класифікація мереж стандарту IEEE 802.11

Існує підкатегорія Wi-Fi 6 під назвою Wi-Fi 6E, яка була записана в специфікацію 802.11ax для розміщення додаткового спектру, який може бути доданий у процесі. Це сталося у квітні 2020 року, значно розширивши потенційну потужність точок доступу Wi-Fi 6E порівняно з оригінальними додатками Wi-Fi 6 AP.

Тим часом важливо знати, що Wi-Fi Alliance не склав більш простих назв для всіх стандартів 802.11, тому важливо ознайомитися з традиційними позначеннями. Також IEEE, який продовжує працювати над новішими версіями 802.11, не прийняв ці нові імена, тому спроба відстежити деталі про них за допомогою нових імен ускладнить завдання.

Бездротові мережі залежно від розміру зони обслуговування поділяються:

- бездротові персональні мережі (PAN);
- бездротові локальні мережі (LAN);
- бездротові місцеві мережі (MAN);
- бездротові глобальні мережі (WWAN).

Персональні мережі підходять для створення мережі в невеликих приміщеннях. Швидкість передачі в таких мережах до 2 Мбіт/с. Часто вони замінюють кабельні підключення. Такі мережі є легкими в установці і дають можливість переміщати пристрої в різні місця.

Працюють в діапазоні 2,4 ГГц зі швидкістю до 2 Мбіт/с на відстані до 17 м. Для передачі інформації в таких мережах використовується інфрачервоне випромінювання (IrDA)[3]. Це дає можливість передавати інформацію до 1 м зі швидкістю 4 Мбіт/с. Внаслідок цього наявна велика захищеність від радіоперешкод, але. Обов'язково повина бути забезпечена пряма видимість між пристроями (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 — Бездротові персональні мережі

На сьогодні використання бездротових локальних мереж є дуже популярним рішенням. Вони забезпечують швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с, а за умови використання найновіших стандартів — можна досягати і 6 Гбіт/с (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 — Зображення локальної комп'ютерної мережі

Це дає можливість передавати інформацію великого об'єму. Бездротова локальна мережа подібна до мережі Ethernet за своїми властивостями і характеристиками.

Проблемою цих мереж є взаємодія різних пристроїв між собою. З'єднання можливе тільки тоді, коли пристрої підтримують однакові стандарти. Для вирішення даних проблем було створено стандарт Wireless Fidelity (Wi-Fi) організацією «Альянс Wi-Fi».

За допомогою цього стандарту, користувачі однієї бездротової локальної мережі можуть працювати разом, при відповідності стандарту Wi-Fi [3].

Бездротові мережі міста можуть охоплювати територію покриття в межах одного міста (або декількох сусідніх міст). Завдяки цьому, можливе забезпечення передачі даних між головним та віддаленим офісом (рисунок 1.3).

Ефективність таких регіональних мереж виявляється тоді, коли відсутня можливість прокладки кабельної мережі або її прокладання є дорогим для створення.

За допомогою ІЧ-технологій можна досягнути швидкість передачі інформації більш ніж 100 Гбіт/с, а при використанні радіоканалу — до 100 кбіт/с, при відстані приблизно більше 30 км [3]. При таких дистанціях для передачі інформації використовується стандарт 802.16 зі швидкістю передачі до 5 Мбіт/с.

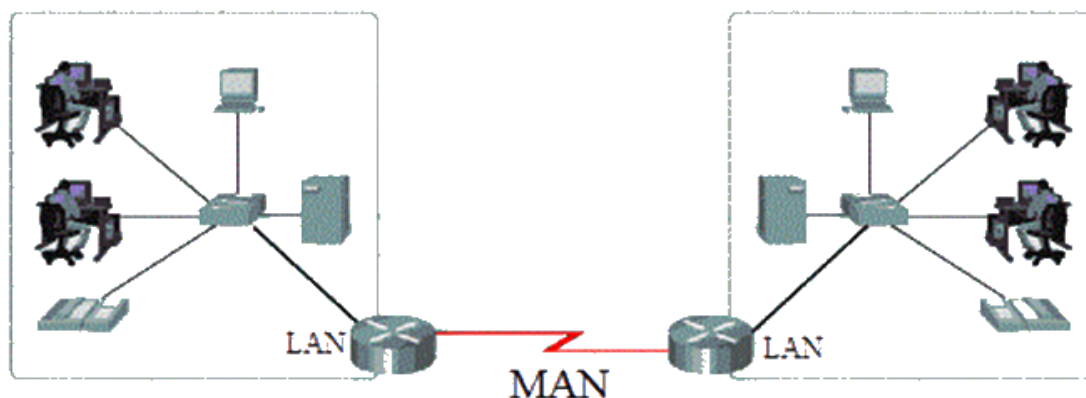


Рисунок 1.3 — Бездротові регіональні мережі

Спочатку Wi-Fi використовувався лише за стандарту 2,4 ГГц 802.11b, проте альянс Wi-Fi розширив загальне використання терміна Wi-Fi, щоб включити будь-який тип мережі або продукт WLAN на основі будь-якого з 802.11 стандартів, включаючи 802.11b, 802.11a, дводіапазонний і так далі, намагаючись зупинити плутанину щодо сумісності бездротової локальної мережі.

Ці стандарти з такими назвами, як 802.11b та 802.11a, містять сімейство специфікацій, які почалися в 1990-х і продовжують зростати і сьогодні. Стандарти 802.11 кодифікують вдосконалення, що покращують пропускну здатність та діапазон бездротового зв'язку, а також використання нових частот, коли вони стають доступними. Вони також стосуються нових технологій, що знижують енергоспоживання.

Оскільки існує безліч технологічних стандартів для бездротових мереж, перед придбанням будь-якого обладнання вигідно провести своє невелике дослідження. Найпоширеніші стандарти бездротових технологій включають нижчеперераховані.

802.11b: перша широко застосовувана технологія бездротових мереж, відома як 802.11b (частіше називається Wi-Fi), вперше дебютувала майже двадцять років тому, але все ще використовується.

802.11g: у 2003 році з'явилася наступна версія під назвою 802.11g, яка пропонує більш високу продуктивність (тобто швидкість і дальність дії) і залишається найбільш поширеною сьогодні технологією бездротових мереж.

802.11n: інший вдосконалений стандарт, його завершення було заплановано на 2009 рік. Хоча IEEE розпочав роботу над 802.11n у 2004 році, прогрес ратифікації цього стандарту зустрів протидію з боку конкуруючих груп постачальників. Проект 1 стандарту був випущений у 2006 році, а обладнання "N-N" невдовзі стало доступним. Проект 2 був затверджений в 2007 р., але можливість купувати продукти на основі проектного стандарту 802.11n все одно була задовго до цього, навіть незважаючи на те, що 802.11n ще не був допрацьований. Це обладнання можна було пізніше оновити до остаточного стандарту, і пізніше це так зване «доп» обладнання продемонструвало швидкість передачі даних до 540 Мбіт / с із типовою швидкістю між 100 і 200 Мбіт / с.

Усі варіанти Wi-Fi (продукти 802.11b, g і n) використовують однакові радіочастоти 2,4 ГГц, і в результаті розроблені таким чином, щоб вони були сумісні між собою, тому зазвичай можна використовувати пристрої, засновані на різних стандартах у межах тієї ж бездротової мережі. Проблема полягає в тому, що для цього часто потрібна спеціальна конфігурація для розміщення більш ранніх пристроїв, що, в свою чергу, може знизити загальну продуктивність мережі. В ідеальному сценарії вкрай бажано, щоб усі бездротові пристрої, точка доступу та всі бездротові комп'ютери використовували один і той же технологічний стандарт і були можливо від того самого постачальника — коли це можливо.

1.3 Особливості технології IEEE 802.11

Бездротові мережі працюють за допомогою радіочастотної (RF) технології, частоти в електромагнітному спектрі, пов'язаної з поширенням радіохвиль. Коли на антену подається радіочастотний струм, створюється електромагнітне поле, яке потім здатне поширюватися по простору.

Основа бездротової мережі — це пристрій, відомий як точка доступу (AP). Основне завдання точки доступу — це трансляція бездротового сигналу, який комп'ютери можуть виявляти та «налаштовувати». Оскільки бездротові мережі зазвичай підключені до дротових, то точка доступу також часто служить поси-

ланням на ресурси, доступні в дротовій мережі, наприклад, підключення до Інтернету.

Для підключення до точки доступу та приєднання до бездротової мережі комп'ютери повинні бути обладнані адаптерами бездротової мережі. Вони часто вбудовуються прямо в комп'ютер, але якщо ні, то майже будь-який комп'ютер або ноутбук можна зробити бездротовим завдяки використанню додаткового адаптера, підключеного до порожнього слота розширення, USB-порту або у випадку ноутбуків, слот для ПК.

Wi-Fi підтримується багатьма програмами та пристроями, включаючи консолі відеоігор, домашні мережі, КПК, мобільні телефони, основні операційні системи та інші види побутової електроніки. Будь-які товари, які протестовані та затверджені як "Wi-Fi Certified" (zareєстрована торгова марка) від Wi-Fi Alliance, сертифіковані як сумісні між собою, навіть якщо вони є від різних виробників. Наприклад, користувач із сертифікованим Wi-Fi продуктом може використовувати будь-яку марку точки доступу з будь-якою іншою маркою клієнтського обладнання, яка також є "Сертифікованою Wi-Fi".

Продукти, які проходять цю сертифікацію, повинні містити на своїй упаковці ідентифікаційну печатку, яка зазначає "Сертифікований Wi-Fi" та вказує на використовуваний радіочастотний діапазон (2,5 ГГц для 802.11b, 802.11g або 802.11n та 5 ГГц для 802.11a).

1.4 Бездротова мережа та швидкість діапазону

Купуючи обладнання бездротової мережі, можна часто наткнутись на цитати показників продуктивності (тобто, як швидко можуть передаватися дані) залежно від типу стандарту бездротової мережі який використовує обладнання, а також будь-яких додаткових технологічних удосконалень. По правді кажучи, ці показники ефективності майже завжди бувають оптимістичними.

У той час як офіційні швидкості мереж 802.11b, 802.11g і 802.11n становлять 11, 54 і 270 мегабіт в секунду (Мбіт / с) відповідно, ці показники являють собою сценарій, який в реальному світі просто недосяжний. Як правило, потрібно

вважати, що в найкращому випадку отримаєте приблизно третину рекламованої продуктивності.

Варто також зазначити, що бездротова мережа за визначенням є спільною мережею, тому чим більше комп'ютерів ви підключили до точки бездротового доступу, тим менше даних зможе надсилати та отримувати кожен. Так само, як швидкість бездротової мережі може сильно відрізнятись, так і діапазон може бути різним. Наприклад, 802.11b і g офіційно працюють на відстані до 100 метрів у приміщенні або 400 метрів на відкритому повітрі, але ключовим терміном є "до". Швидше за все, результатом не буде нічого навіть близького до цих номерів.

Як можна очікувати, чим ближче ви знаходитесь до точки доступу, тим сильніший сигнал і більша швидкість з'єднання. Діапазон і швидкість кінцевої бездротової мережа також буде залежати від того, в якому середовищі вона працює. І це підводить до предмету втручання у якість сигналу.

1.5 Перешкоди для безпроводних мереж

Перешкода — це проблема будь-якої форми радіозв'язку, і бездротова мережа не є винятком. Потенціал перешкод особливо великий у приміщенні, де різні типи будівельних матеріалів (бетон, дерево, гіпсокартон, метал, скло тощо) можуть поглинати або відбивати радіохвилі, впливаючи на міцність і послідовність сигналу бездротової мережі. Аналогічно, такі пристрої, як мікрохвильові печі та деякі бездротові телефони, можуть спричинити перешкоди, оскільки вони працюють в тому ж діапазоні 2,4 частоти, що і мережі 802.11b / g / n. Не можна повністю уникнути втручання, але в більшості випадків воно недостатньо суттєве, аби вплинути на зручність використання мережі. Коли таке все ж стається, зазвичай можна мінімізувати перешкоди, перемістивши апаратне забезпечення бездротової мережі або використовуючи спеціалізовані антени.

1.6 Безпека даних у бездротових мережах

Так само, як для того щоб спіймати локальну радіостанцію потрібно лише радіо, всім, кому потрібно виявити бездротову мережу поблизу, потрібен лише

комп'ютерз підтримкою бездротових мереж. Немає можливості вибірково приховувати присутність мережі від сторонніх людей, але можна запобігти підключенню до неї сторонніх людей, а також захистити дані, що подорожують по мережі, від сторонніх очей. Увімкнувши функцію шифрування бездротової мережі, можна зашифрувати дані та контролювати доступ до мережі.

Апаратне забезпечення бездротової мережі підтримує декілька стандартних схем шифрування, але найпоширенішими є конфіденційність провідного еквівалента (WEP), захищений доступ Wi-Fi (WPA) та захищений доступ Wi-Fi 2 (WPA2). WEP — найстаріший і найменш безпечний метод, якого слід уникати. WPA і WPA2 — хороший вибір, але забезпечують кращий захист при використанні довгих і складніших паролів (усі пристрої в бездротовій мережі повинні використовувати один і той же вид шифрування і налаштовуватися з тим же паролем).

Якщо немає наміру надавати доступ громадськості до своєї бездротової мережі — і бажання наражати на небезпеку бізнес-дані чи власні персональні дані, — шифрування повинно вважатися обов'язковим.

Wi-Fi — назва технології бездротових мереж, яка використовує радіохвилі для забезпечення бездротового високошвидкісного Інтернету та мережевих з'єднань. Поширене помилкове уявлення про те, що термін Wi-Fi є скороченням "бездротової вірності", однак це не так. Wi-Fi — це просто торгова марка, яка означає IEEE 802.11<x>.

1.7 Стандарти Wi-Fi 6, Wi-Fi 5 та Wi-Fi 4

До схеми іменування IEEE для стандарту 802.11 трохи важко звикнути, і намагаючись полегшити розуміння, альянс Wi-Fi придумав кілька простіших імен.

Відповідно до конвенції про іменування, альянс називає 802.11ax Wi-Fi 6. 802.11ac зараз є Wi-Fi 5, а 802.11n — Wi-Fi 4. Ідея, згідно з Wi-Fi Alliance, полягає в тому, щоб зробити кінцеву точку відповідності та можливості маршрутизатора більш простим питанням для рядового користувача Wi-Fi технології.

Існує підкатегорія Wi-Fi 6 під назвою Wi-Fi 6E, яка була записана в специфікацію 802.11ax для розміщення додаткового спектру, який може бути доданий у процесі. Це сталося у квітні 2020 року, значно розширивши потенційну потужність точок доступу Wi-Fi 6E порівняно з оригінальними додатками Wi-Fi 6 AP.

Тим часом важливо знати, що Wi-Fi Alliance не склав більш простих назв для всіх стандартів 802.11, тому важливо ознайомитися з традиційними позначеннями. Також IEEE, який продовжує працювати над новішими версіями 802.11, не прийняв ці нові імена, тому спроба відстежити деталі про них за допомогою нових імен ускладнить завдання.

Традиційні назви цих стандартів створюють досить страшний лабіринт однакових слів, який стає все більш заплутаним від того, що вони не розташовані в алфавітному порядку. Щоб роз'яснити ситуацію, далі наведені ці стандарти фізичного рівня в межах 802.11, перелічені у зворотному хронологічному порядку, з найновішими стандартами вгорі та найстарішими внизу. Після цього — опис стандартів, над якими ще працюють.

802.11ah, також відомий як Wi-Fi HaLow, 802.11ah визначає функціонування ліцензійних мереж у частотних діапазонах нижче 1 ГГц (як правило, діапазон 900 МГц), виключаючи смуги білого простору телевізора. У США це включає 908-928 МГц, з різними частотами в інших країнах. Мета 802.11ah — створити мережі Wi-Fi з розширеним діапазоном, які виходять за межі типових мереж в просторі 2,4 ГГц і 5 ГГц (пам'ятайте, нижча частота означає більший діапазон) зі швидкістю передачі даних до 347 Мбіт / с. Крім того, стандарт має на меті знизити споживання енергії, корисне для пристроїв Інтернету речей, щоб спілкуватися на великій відстані, не використовуючи багато енергії. Але він також міг би конкурувати з технологіями Bluetooth у будинку через менші потреби в енергії. Протокол був затверджений у вересні 2016 року та опублікований у травні 2017 року.

802.11ad, затверджений у грудні 2012 року 802.11ad дуже швидкий — він може забезпечити швидкість передачі даних до 6,7 Гбіт / с на частоті 60 ГГц, але не досягає великої відстані — цієї швидкості можна досягнути лише в тому випа-

дку, якщо клієнтський пристрій розташований в межах 3,3 метра від точки доступу.

802.11ac (Wi-Fi 5)— поточні домашні бездротові маршрутизатори, ймовірно, сумісні з 802.11ac і працюють в частотному просторі 5 ГГц. Завдяки multiple-input and multiple-output (MIMO) — декілька антен на пристроях для надсилання та прийому для зменшення помилок та швидкості підвищення — цей стандарт підтримує швидкість передачі даних до 3,46 Гбіт / с. Деякі постачальники маршрутизаторів включають технології, що підтримують частоту 2,4 ГГц через 802.11n, забезпечуючи підтримку старих клієнтських пристроїв, які можуть мати радіо 802.11b / g / n, а також надають додаткову пропускну здатність для покращення швидкості передачі даних.

802.11n (Wi-Fi 4)— перший стандарт із зазначенням MIMO, 802.11n був затверджений в жовтні 2009 року і дозволяє використовувати його на двох частотах — 2,4 ГГц і 5 ГГц, зі швидкістю до 600 Мбіт / с. Коли ви чуєте, що виробники бездротових локальних мереж використовують термін "дводіапазонний", це стосується можливості передачі даних на цих двох частотах.

802.11g (Wi-Fi 3), затверджений у червні 2003 року, 802.11g став наступником 802.11b, здатним досягти швидкості до 54 Мбіт / с у діапазоні 2,4 ГГц, що відповідає швидкості 802.11a, але в нижньому діапазоні частот.

802.11a (Wi-Fi 2)—Перший "лист" після затвердження у червні 1997 року стандарту 802.11, цей стандарт передбачав роботу на частоті 5 ГГц, зі швидкістю передачі даних до 54 Мбіт / с. На противагу, 802.11a вийшов пізніше 802.11b, що спричинило певну плутанину на ринку, тому що люди очікували, що стандарт із "b" в кінці буде зворотною сумісним із тим, що має "a" в кінці.

802.11b (Wi-Fi 1), випущений у вересні 1999 року, найімовірніше, стандарт першого домашнього маршрутизатора для середнього користувача, 802.11b працює на частоті 2,4 ГГц і забезпечує швидкість передачі даних до 11 Мбіт / с. Цікаво, що продукція 802.11a потрапила на ринок раніше самого стандарту 802.11a, який був затверджений в той же час, але на ринок потрапив пізніше.

802.11—1997— перший стандарт, що забезпечує швидкість передачі даних до 2 Мбіт / с на частоті 2,4 ГГц. Це забезпечило діапазон колосальних 20 метрів у приміщенні (100 метрів на вулиці), тож якщо ви володіли одним із цих маршрутизаторів, ви, ймовірно, використовували його лише в одній кімнаті.

Заплановані стандарти Wi-Fi

802.11aj, також відомий як Китайська міліметрова хвиля, це визначає модифікації фізичного рівня 802.11ad та шару MAC для того, щоб забезпечити роботу в китайському діапазоні частот 59-64 ГГц. Метою є підтримка сумісності з 802.11ad (60GHz), коли вона працює в цьому діапазоні 59-64GHz, і робота в діапазоні 45GHz Китаю, зберігаючи при цьому 802.11 — досвід користувача. Остаточне затвердження очікувалося в листопаді 2017 року.

802.11ak використовується у приміщеннях для домашніх розваг та промислового контролю є деякі продукти, які мають бездротовий зв'язок 802.11 та функцію 802.3 Ethernet. Мета цього стандарту — допомогти медіа 802.11 забезпечити внутрішнє з'єднання в якості транзитного зв'язку в мостових мережах 802.1q, особливо в області швидкості передачі даних, стандартизованої безпеки та покращення якості обслуговування. Він досяг статусу проекту у листопаді 2017 року.

802.11ax (Wi-Fi 6), відомий як WLAN з високою ефективністю, 802.11ax має на меті покращити ефективність розгортання WLAN у складних сценаріях, таких як спортивні стадіони та аеропорти, працюючи при цьому в спектрах 2,4 ГГц і 5 ГГц. Група орієнтується щонайменше на 4-кратне покращення пропускної здатності порівняно з 802.11n та 802.11ac. Затвердження оцінюється на липень 2019 року.

802.11au, також відомий як 60GHz наступного покоління, метою цього стандарту є підтримка максимальної пропускної здатності принаймні 20Gbps в межах частоти 60GHz (802.11ad в даний час досягає 7Gbps), а також збільшення діапазону та надійності. Очікується, що стандарт буде затверджений у період з вересня по листопад 2019 року.

802.11az, у січні 2015 року було створено дослідницьку групу з назвою позиціонування наступного покоління (NGP) для задоволення потреб "Станції для

визначення її абсолютного та відносного положення до іншої станції або станцій, з якими вона пов'язана або не асоціюється". Цілями групи є визначення модифікацій шарів MAC та PHY, які дозволять "визначити абсолютне та відносне положення з кращою точністю щодо протоколу вимірювання точного вимірювання часу (MTM), що виконується на тому самому типі PHY, зменшуючи існуючі використання бездротового середовища та енергоспоживання, і це масштабується до щільних розгортань." Поточна оцінка затвердження цього стандарту — березень 2021 року.

802.11ba, інакше відомий як "Ранкове радіо" (WUR), це нова технологія, спрямована на продовження часу автономної роботи пристроїв та датчиків у мережі Інтернету речей. Мета WUR — «значно зменшити потребу в частій перезарядці та заміні акумуляторів при збереженні оптимальної продуктивності пристрою». Наразі очікується, що це буде затверджено в липні 2020 року.

Таблиця 1.1 — Порівняння основних стандартів

Стандарт	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
1	2	3	4	5	6
Діапазон частот, ГГц	5.15-5.25 5.67-5.85	2.4- 2.483	2.4- 2.483	2.4-2.483 5.15-5.25 5.67-5.85	5-6
Максимальна швидкість обміну даними	54 Мбіт/с	11 Мбіт/с	65 Мбіт/с	600 Мбіт/с	1300 Мбіт/с
Кількість абонентів на один канал	50	10	50	більше 100	більше 200
Метод модуляції	OFDM	DSSS, FHSS	OFDM	BPSK, QPSK	QAM256, QFDM
Дальність дії в приміщенні, м	10-20	20-30	20-50	10-100	100
Доступ до радіоканалу	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA

1.8 Технології розширення спектру, що використовуються в стандартах IEEE 802.11

1.10.1 Технологія розширення спектру DSSS

DSSS (direct-sequence spread spectrum, або спектр поширення прямої послідовності) — це метод модуляції з розширеним спектром, який в основному використовується для зменшення загальної перешкоди сигналу. Модуляція прямої послідовності робить переданий сигнал ширшим по пропускній здатності, ніж пропускна здатність інформації. Після знецінення або усунення модуляції прямої послідовності в приймачі пропускна здатність інформації відновлюється, в той час як ненавмисне та навмисне втручання істотно зменшується.

З DSSS біти повідомлення модулюються псевдовипадковою бітовою послідовністю, відомою як послідовність поширення. Кожен біт послідовності поширення, названий чіпом, має набагато меншу тривалість (більшу смуга пропускання), ніж вихідні біти повідомлення. Модуляція бітів повідомлення шифрує і поширює фрагменти даних, і тим самим призводить до того, що розмір пропускну здатності майже ідентичний розміру послідовності поширення. Чим менша тривалість чіпу, тим більша смуга пропускання отриманого сигналу DSSS; більша пропускна здатність, мультиплексована до сигналу повідомлення, призводить до кращого опору проти перешкод.

DSSS модуляція використовується в оригінальному стандарті 802.11, і також у 802.11b.

При передачі прямокутного імпульсу з часом T , спектр сигналу описується функцією, що наведена на рисунку 1.4:

$$T * \left| \frac{\sin(\pi * f * T)}{\pi * f * T} \right|,$$

де f — частота спектральної складової.

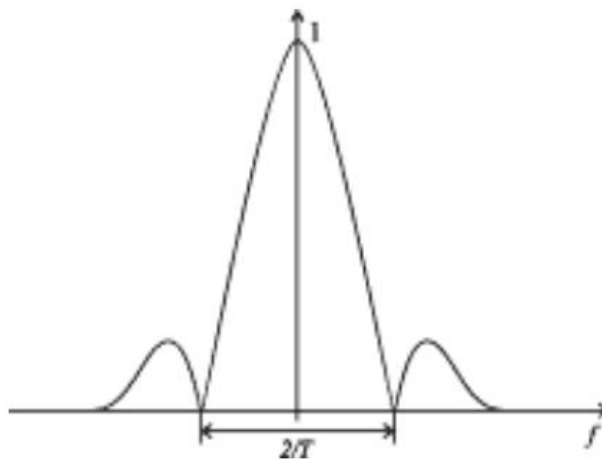


Рисунок 1.4 — Спектр прямокутного імпульсу з часом T

При меншій тривалості імпульсу, збільшується спектральний діапазон, який займатиме такий сигнал. За рахунок методу переходу до широко смугового сигналу, щоб підвищити завадостійкість сигналу, який передається на стороні прийому в умовах перешкод, потрібно додати надмірність в початковий сигнал в кожний біт інформації, що має передаватись, додають певний код (рисунок 1.5).

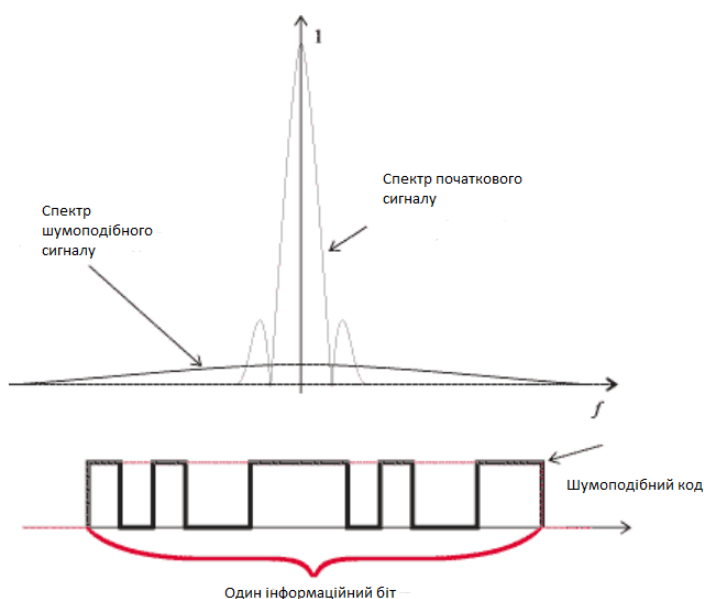


Рисунок 1.5 — Зміна спектра сигналу при додаванні шумоподібного коду

Даний інформаційний біт розбивається на певну послідовність більш малих імпульсів сигналу. В цьому випадку спектр сигналу сильно розширюється і стає меншою спектральна щільність, що поширюється по усьому спектру. Сигнал, що

створюється в результаті є подібним до шуму і його майже не можливо відрізнити від звичайного шуму. Послідовність коду володіє унікальними властивостями автокореляції. Ступінь відповідності сигналу в певні моменти часу і називається автокореляція [8].

1.10.2 Ортогональне частотне розділення каналів

При передачі радіосигналів у просторі, велике значення має багатопроменева інтерференція. Певний один сигнал при передачі здатний багато раз потрапити на прийом у вигляді багаторазових відображень. В кінці на прийомі отримується багато сигналів з деякими амплітудами і початковими фазами. Багатопроменева інтерференція використовується при спотворенні приймального сигналу. Часто негативно відображається на широкосмугових сигналах. В кінці цього одні частоти складаються синхронно по фазі, коли призводять до збільшення сигналу, а інші — протилежно, тобто навпаки.

Присутні випадки при багатопроменевих перешкодах, коли сигнал передається. В одному випадку інтерференція з'являється коли один сигнал передається і затримка між різноманітними сигналами не перевищує час проходження одного символу. При другому випадку можлива максимальна затримка між різноманітними сигналами перевищує тривалість одного символу і при цих перешкодах додаються сигнали, які представляють собою різні символи, тому присутня перешкода між символами (ISI, InterSymbolInterference).

Дана міжсимвольна інтерференція найбільше впливає на перекручення сигналу. Так як символом є дискретний сигнал, що властивий несучою частотою, амплітудою та фазовим значенням, фазою й амплітудою зміни сигналу при різних символах, тому важливо відновити сигнал на виході. Для часткової компенсації ефект багатопроменевої передачі, використовується частотний еквалайзер, проте швидкість передачі зростає, при ускладненні схеми кодування або збільшенні швидкості символу, ефективність цього застосування зменшується. При швидкості передачі в 11 або 22 Мбіт /с, використання кодів ССК, компенсація перешкод між системою успішно справляється зі задачею, що задається, проте під час висо-

ких швидкостей такий підхід не є актуальним. Для того, щоб отримати більш високу швидкість передачі даних у стандарті 802.11g, застосовується інший спосіб кодування даних, що сильно відрізняється і його суть полягає в тому, що передача даних розподіляється за багатьма частотних каналів і передача виконується паралельно на всіх каналах. І до того ж висока швидкість передачі отримується завдяки одночасній передачі даних за допомогою всіх каналів, а швидкість передачі в кожному каналі може бути нижчою. Так як в кожному з частотних каналів швидкість передачі може малою, це створює умови для більш ефективного зменшення інтерсимвольних перешкод.

При розподілі каналів за частою необхідно, щоб ширина кожного з каналів, була досить вузькою для того, щоб зменшити спотворення сигналу в його межах, а також має бути достатньо широким, щоб забезпечити потрібну швидкість передачі. А також, для більш економного використання всієї смуги каналу, поділеного на підканали, потрібно організувати частотні підканали більш щільно, але при цьому уникати міжканальних перешкод для можливості повної незалежності каналів від кожного іншого. Сигнали-носії усіх підканалів частот є ортогональними один до одного. Ортогональність даних сигналів носія дозволяє забезпечити частоту незалежності підканалів один від одного і тому сильне зменшення міжканальних перешкод [9].

1.11 Безпека мереж Wi-Fi

Присутні декілька цілей для забезпечення безпеки. Зазвичай, технології для забезпечення безпеки для мобільних пристроїв у бездротових мережах включають конфіденційність, цілісність та аутентифікацію.

1.11.1 Конфіденційність та цілісність

Конфіденційність дозволяє гарантувати, що неавторизована особа не буде мати доступ до зв'язку між мобільним пристроєм і мережею Wi-Fi. Цілісність означає усі навмисні або ненавмисні зміни в даних, що трапляється під час транзиту даних. Загроза для мобільних пристроїв користуватися бездротовою мережею з

боку ненадійної третьої сторони, при шляхові атаки, викрадення, копіювання або зміни даних та інформації. Кіберзлочинці зазвичай намагаються знайти шлях для доступу до мобільного пристрою. Бездротовий зв'язок з передачею даних, збільшив рівень вразливості, якщо зрівнювати з дротовими. Дані, передані у відкритих мережах Wi-Fi, легко викрадаються чи втрачаються невідомою стороною. Хакери можуть отримати приватну інформацію, записи обліку, реквізити електронної пошти тощо.

Мета цієї технології конфіденційності є потрібним для приховування інформації при передачі даних по мережі Wi-Fi і забезпечити для того, щоб сторони, які не авторизувались, не могли прочитати збережені та передані дані. Дана технологія для безпеки бездротових мережі включає три способи: захищений доступ Wi-Fi (WPA), захищений еквівалент конфіденційності (WEP), Wi-Fi Protected Access II (WPA2).

WEP — сертифікований Альянсом Wi-Fi, як частина стандарту IEEE 802.11, що був створений в 1999 році для захисту даних в бездротовій мережі. WEP використовує технологію RC4 для шифрування та передачі даних через мережу. RC4 просить паролівну фразу, що складається з двох частин. Перша — це попередньо розділений ключ (PSK), що має бути введений у налаштуваннях конфігурації (зазвичай 5-10 символів) вузла перед підключенням до мережі Wi-Fi. Друга частина — це значення вектора ініціалізації з трьох символів (IV), який використовується для кожного пакета з іншим ключем при шифруванні. Дане значення вектора відправляється раніше ніж пакет, у форматі простого тексту, який приймач смуги відкидає і використовує для дешифрування даних.

Після того, як було створено пароль з використанням однієї зі змінних, відкритий текст IV статично витік PSK, тому хакери можуть дізнатися та використати пасивне шифрування зашифрованих пакетів.

WEP — це найбільш слабкий метод шифрування у порівнянні з двома іншими технологіями конфіденційності. Але WEP широко використовувався на протязі довго проміжку часу, тому що він доступний для всіх бездротових стандартів 802.11.

WPA створений як проект стандарту IEEE 802.11, зазвичай має декілька варіантів технології WPA. WPA розглядається як перехідна міра захисту в очікуванні більш складного та безпечного WPA2. WPA успадкував основні ідеї WEP і виправив деякі недоліки WEP. WPA використовує протокол цілісності тимчасового ключа (TKIP) для створення ключа шифрування, який є динамічним, що не підтримується WEP і RC4 для шифрування. Завдяки цьому, якщо злоумисник збере багато пакетів, майже неможливо визначити загальний ключ. WPA також створює додаткові речі, щоб запобігти зловживанню та аутентифікації даних. Тобто, WPA — це більш надійний метод шифрування, ніж WEP.

Wi-Fi Alliance використав стандарт WPA2 в 2004 році. WPA2 має обов'язкову підтримку CCMP на основі шифрування AES (Advanced Encryption Standard) зі забезпеченням захисту. Сертифікація WPA2 є обов'язковою для всіх пристроїв, що мають товарний знак Wi-Fi. WPA2 включає в себе шифрування, аутентифікацію та цілісність даних, що є повним списком речей для безпеки. Різні версії WPA та способи захисту можуть бути виділені на основі певної версії WPA кінцевого користувача та протоколу шифрування, який використовується. Режим WPA-Personal, який ще називається режимом WPA-PSK. Режим призначений для домашніх та малих офісних мереж і не вимагає сервера для аутентифікації. Кожний бездротовий мережевий пристрій проходить аутентифікацію з точкою доступу, застосовуючи 256-бітний ключ, який створений за допомогою паролю або паролльної фрази.

Організації використовують як призначений для корпоративних безпроводних мереж протокол шифрування WPA-Enterprise. WPA-Enterprise вимагає сервер аутентифікації RADIUS (802.1X), складне налаштування для додаткової безпеки.

1.11.2 Аутентифікація

Окрім технології конфіденційності, технологія аутентифікації являється важливим забезпеченням захисту, яке гарантує, що доступ до мережі Wi-Fi здійснюється тільки авторизованим користувачам мобільних пристроїв.

Сьогодні використовується три основні способи аутентифікації у локальних мережах Wi-Fi: WPA і WPA2 зі застосуванням аутентифікації з попередньо розподіленими ключами захисту, WPA і WPA2 з аутентифікацією Enterprise, аутентифікація OpenSystem і SharedKey.

Обидва способи аутентифікації OpenSystem і SharedKey застосовується сумісно з шифруванням WEP. Аутентифікація системи є більш простим способом, що дозволяє кожному користувачеві аутентифікувати їх до точки доступу, якщо пристрій знає SSID — ідентифікатор сервісного набору цієї мережі. Хоч і SSID, надсилається як трансляція, можливо легко розібрати з технологією пасивного захоплення. Аутентифікація єдиного ключа використовується в бездротових домашніх мережах або малих офісів. Даний ключ використовує загальний ключ, що надається обома сторонами під'єднання. Коли вони співпадають з бездротовою мережею, до мережі допускається пристрій. Аутентифікація ShareKey може застосовується тільки з WEP шифруванням, тому вважається мало безпечним способом доступу до мережі.

WPA (PSK) і WPA2 (PSK) методи захисту доступу до Wi-Fi використовують попередньо розподілені ключі для аутентифікації. Аутентифікація PSK для WPA та WPA2 є значно безпечнішим, ніж авторизація WEP CommonKey. Мережеві пристрої можуть налаштувати попередньо розподілений ключ лише на WPA, WPA2 або WPA/WPA2. Дані методи дозволяють користувачам, що знають цей ключ, та надавати доступ до цієї роботи. Методи аутентифікації на підприємствах WPA та WPA2 використовують стандарт IEEE 802.1 X, що є безпечнішим, ніж WPA та WPA2 з попередньо розподіленими ключами та використанням аутентифікації. Дані методи використовують структуру EAP (Extensible Authentication Protocol), для увімкнення аутентифікації користувача на зовнішньому сервері аутентифікації RADIUS, щоб користувачі аутентифікувати пристрій з можливістю збереження даних облікового запису замість спільного ключа. Аналогічно до аутентифікації попередньо розподілених ключів, пристрої, що знаходяться в мережі, можуть бути налаштовані на застосування аутентифікації

підприємства WPA, аутентифікації підприємств WPA2 або аутентифікації підприємств WPA / WPA2.

1.11.3 IEEE 802.1X

IEEE 802.1X (також відомий як Dot1x) — стандарт IEEE для керування доступом до мережі на основі PNAC і велика кількість мережевих стандартів IEEE 802.1. Він дозволяє провести аутентифікацію для мобільних пристроїв, підключених до мережі Wi-Fi. Аутентифікація 802.1X має три сторони: той, хто просить запит (мобільний пристрій), аутентифікатор (корпоративна мережа Wi-Fi) та сервер аутентифікації (підтримує протоколи EAP і RADIUS). Перед тим, як той, хто просить запит зможе отримати доступ до корпоративної мережі, аутентифікатор працюватиме в якості охоронця для перевірки даних облікового запису користувача або цифрового сертифіката. Якщо верифікація дійсна, той хто просить запит може отримати доступ до мережі.

1.12 Недоліки технології Wi-Fi

Сьогодні мережа Wi-Fi не є ідеальною. Існує багато недоліків в плані безпеки, стабільності та роумінг-перемикача. Сучасні стандарти Wi-Fi не мають цієї проблеми. Так як процес передачі сигналу в бездротовій мережі повністю піддається впливу повітря, являється більш вразливим, ніж мережа дротова. Якщо відсутні відповідні стратегії безпеки, в мережі будуть присутні з більшим ризиком. Разом з цим явища «стирання мережею» сильно поширені в повсякденному житті. Це суттєво впливає на швидкість і відмовостійкість бездротової мережі. При побудові бездротової локальної мережі, багато AP розгортається, щоб забезпечити охоплення великомасштабних сигналів.

Коли пристрій переміщується в локальну мережу, термінали повинні переходити між цими AP. Такий варіант комутації, яку використовує бездротова мережа, коли відбувається процес переходу, робочий пристрій, скорочує дану AP, а потім починає стандартний процес перемикавання. Це може призвести до великої затримки (>300 мс), що впливає на ефективність мобільних додатків.

Через відкритість бездротового каналу в бездротовій мережі може легко порушитись іншими сигналами навколо даного пристрою. Це призводить до нестабільності сигналів Wi-Fi, які впливають на якість надання послуг.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11

Існує безліч видів маршрутизаторів, точок доступу від різних виробників, які використовуються по всьому світі. Вибір правильного обладнання дає змогу покращити показники якості сигналу, швидкості Інтернету та інших характеристик.

При використанні точок доступу виробника D-Link, надається можливість створення локальних бездротових мереж та дротяних мереж за допомогою повного спектру обладнання та проектування широкосмугового доступу та IP-телефонії.

Створення високопродуктивних пристроїв з використанням новітніх стандартів є особливістю, яка застосовує інноваційні методики та враховує високі вимоги до якості [10].

2.6 Критерії вибору точки доступу для проектування бездротової мережі

Вибір оптимальної точки доступу для проектування локальної бездротової має важливий характер, оскільки правильний вибір дозволяє покращити роботу мережі Wi-Fi. Отже, вибір потрібно робити виходячи від основних характеристик точок доступу.

Заплановані технічні характеристики:

- тип WAN порту,
- кількість LAN-портів і їх швидкість,
- частота роботи Wi-Fi мережі і її швидкість,
- наявність USB-роз'ємів, і різних додаткових функцій.

Якщо присутні персональні комп'ютери, то для підключення до мережі можна використовувати спеціальні Wi-Fi адаптери, щоб не прокладати кабельне з'єднання.

Основним при виборі точки доступу є площа зони покриття та яка кількість пристроїв що будуть приєднуватись до роутера.

Спосіб підключення точки доступу до провайдера за типом WAN роз'єму:

- Ethernet — основний тип підключення на сьогоднішній день. Майже усі роутери, які продаються на ринку мають WAN-порт. А підключення відбувається через звичайний дротяний мережевий кабель Інтернет-провайдера;
- ADSL модеми з Wi-Fi — зазвичай це прості роутери, тільки інший роз'єм RJ-11, який використовується для з'єднання телефонного кабелю;
- 3G / 4G Wi-Fi роутери — якщо доступ до інтернету відбувається через з'єднання USB-модему.

Частоти роботи Wi-Fi мережі (5 ГГц і 2.4 ГГц). На сучасному етапі розвитку Wi-Fi мережі, дуже широко використовуються частоти 2,4 ГГц, можна сказати, що вони повністю уже навантажені, на відміну від частотного діапазону 5 ГГц, але при цій частоті радіус зони покриття сигналу набагато менший.

Щодо наявності стандартів, обов'язково має бути підтримка стандарту 802.11n та високошвидкісного 802.11ac. Потужність інтернет провайдера, точки доступу, наявність перешкод, в залежності кількості підключених користувачів чи абонентів, все це впливає на швидкість передачі даних.

Щодо радіусу дії Wi-Fi, то завдяки завадам та перешкодам, зона покриття мережі стає меншою, ніж при їх відсутності. Це все пояснюється тим, що деякі перешкоди мають різний ступінь завад. Правильне розташування точки доступу в локальній мережі та велика потужність точки доступу надають змогу збільшити радіус дії сигналу.

Згідно цих критеріїв, проаналізувавши основні характеристики, в результаті було вибрано відповідні точки доступу для організації локальної мережі. Головним критерієм для проектування мережі, було наявність нового стандарту 802.11ac [11].

Для проектування бездротової мережі проведено аналіз трьох точок доступу з різними характеристиками, які наведені нижче.

Точка доступу DAP-2230 надає змогу працювати зі стандартом 802.11n. За допомогою цієї точки можна спроектувати локальну бездротову мережу на частоті 2,4 ГГц. Бездротова точка доступу DAP-2230 Wireless N розроблена для підт-

римки середовищ малого та середнього бізнесу або підприємств, надаючи мережевим адміністраторам безпечні та керовані параметри дводіапазонної бездротової локальної мережі. Кілька режимів роботи, засоби керування мережею та функції безпеки дають мережевим адміністраторам широкий вибір для розгортання пристрою, дозволяючи додавати пристрої з підтримкою бездротової мережі.

Параметри точки доступу наведені нижче:

Система:

- бездротовий інтерфейс 802.11 b/g/n;
- інтерфейс LAN: 10/100 FastEthernet;
- антена: 2 внутрішні антени;
- коефіцієнт посилення антени: 3 dBi.

Стандарти, які підтримуються:

- IEEE 802.11n;
- IEEE 802.11g;
- IEEE802.3b;
- IEEE 802.3u;
- IEEE 802.3af.

Керування:

- Telnet;
- SSH;
- HTTP;
- HTTPS;
- контроль трафіку;
- SNMP;
- D-Link Central WiFiManager;
- AP Array.

Протоколи безпеки:

- WPA-Personal;
- WPA-Enterprise;
- WPA2-Personal;

- WPA2-Enterprise;
- WEP 64/128-bit encryption;
- ширококомовне відключення SSID;
- керування доступом через MACадреси;
- Network Access Protection (NAP).

Діапазони частот бездротових мереж: від 2.4 ГГц до 2.4835 ГГц.

Максимальна потужність споживання: 5,76 Вт.

Робоча напруга: 12V/ 1A.

Робочі температури: від 0 до 40 °C.

DAP-2695— уніфікована точка доступу 802.11n Wi-Fi, розроблена для розгортання мереж бізнес-класу. Одночасна дводіапазонна точка доступу DAP-2695 AirPremier AC1750 розроблена для підтримки середовищ малого та середнього бізнесу або підприємств, надаючи мережевим адміністраторам безпечні та керовані параметри дводіапазонної бездротової локальної мережі та використовуючи найсучаснішу швидкість бездротової мережі змінного струму.

Гнучка в управлінні і підтримуюча передачу даних на високій швидкості, дана точка доступу забезпечує легку інтеграцію в існуючу мережеву інфраструктуру, яка в подальшому може бути розширена. Параметри цієї точки доступу наведені нижче:

Система:

- бездротовий інтерфейс: 802.11a/b/g/n/ac;
- інтерфейс LAN: 2 порти 10/100/1000 GigabitEthernet;
- консольний порт: RJ-45;
- антена: 3 внутрішніх антени;
- коефіцієнт посилення антени: 4dBi (2,4 ГГц), 6 dBi (5 ГГц).

Стандарти, які підтримуються:

- IEEE 802.11ac;
- IEEE 802.11n;
- IEEE 802.11g;
- IEEE 802.3b;

- IEEE 802.3u;
- IEEE 802.3ab;
- IEEE 802.3af.

Керування:

- Telnet;
- SSH;
- HTTP;
- HTTPS;
- контроль трафіку;
- SNMP;
- D-View module - private MIB;
- AP Manager II;
- AP Array.

Протоколи безпеки:

- WPA-Personal;
- WPA-Enterprise;
- WPA2-Personal;
- WPA2-Enterprise;
- WEP 64/128-bit encryption;
- широкомовне відключення SSID;
- керування доступом через MACадреси;
- Network Access Protection (NAP);
- Інтегрований RADIUS server.

Діапазони частот бездротових мереж: від 2.4 ГГц до 2.4835 ГГц, від 5,15 до 5,35 ГГц та від 5,47 до 5,85 ГГц.

Максимальна потужність споживання: 18,03 Вт.

Робоча напруга: 48 VDC.

Робочі температури: від 0 до 40 °C.

Бездротова точка доступу DAP-2680 AC1750 Wave 2 Dual-Band PoE призначена для підтримки середовищ малого та середнього бізнесу або підприємств, на-

даючи мережевим адміністраторам безпечні та керовані параметри дводіапазонної бездротової локальної мережі та використовуючи найсучаснішу швидкість бездротової мережі змінного струму. Доступна технологія QoS, яка дозволяє DAP-2680 автоматично пріоритезувати мережевий трафік відповідно до рівня інтерактивного потокового передавання, наприклад HD-фільмів або VoIP.

Основні параметри:

Система:

- бездротовий інтерфейс: 802.11a/b/g/n/ac;
- інтерфейс LAN: 1 порт 10/100/1000 GigabitEthernet;
- консольний порт: RJ-45;
- антена: 3 внутрішніх антени;
- коефіцієнт посилення антени: 3,6 dBi (2,4 ГГц), 4,2 dBi (5 ГГц).

Стандарти, які підтримуються:

- IEEE 802.11ac;
- IEEE 802.11n;
- IEEE 802.11g;
- IEEE 802.3b;
- IEEE 802.3u;
- IEEE 802.3ab;
- IEEE 802.i.

Керування:

- Telnet;
- SSH;
- HTTP;
- SSL;
- контроль трафіку;
- SNMPv1/v2c/v3;
- D-Link Central Wi-Fi Manager;
- AP Array.

Протоколи безпеки:

- WPA-Personal;
- WPA-Enterprise;
- WPA2-Personal;
- WPA2-Enterprise;
- WEP 64/128-bit encryption;
- широкомовне відключення SSID;
- керування доступом через MACадреси;
- Network Access Protection (NAP);
- інтегрований RADIUS server.

Діапазони частот бездротових мереж: від 2.4 ГГц до 2.4835 ГГц, від 5,15 до 5,35 ГГц та від 5,47 до 5,85 ГГц.

Максимальна потужність споживання: 17,53 Вт.

Робоча напруга: 12V/2A

Робочі температури: від 0 до 40 °C.

Максимальна споживана потужність: 5,6 Вт.

2.7 Розрахунок ефективної ізотропної випромінюваної потужності

Кожна точка доступу має свої характеристики за допомогою яких можна розрахувати основні параметри для організації локальної мережі. В даному випадку розрахунок проводитиметься для трьох точок доступу з різними характеристиками.

Ефективна ізотропна випромінювана потужність визначається за формулою[12]:

$$EIRP = P_{\text{ПРД}} - W_{\text{АФТПРД}} + G_{\text{ПРД}}, \quad (2.1)$$

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

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

$G_{\text{ПРД}}$ — підсилення антени передавача, дБі.

Наведемо параметри точку доступу

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DAP-2230:

$$P_{\text{ПРД}}=24\text{дБм};$$

$$G_{\text{ПРД}}=3\text{дБі};$$

$$W_{\text{АФТпрд}}=6\text{ дБі}.$$

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DWL-2695:

$$P_{\text{ПРД}}=25\text{дБм};$$

$$G_{\text{ПРД}}=4\text{дБі}(2,4\text{ ГГц});$$

$$W_{\text{АФТпрд}}=6\text{ дБі}.$$

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DAP-2680:

$$P_{\text{ПРД}}=26,5\text{дБм};$$

$$G_{\text{ПРД}}=3,6\text{дБі};$$

$$W_{\text{АФТпрд}}=6\text{ дБі}.$$

За формулою (2.1) ефективна ізотропна випромінювана потужність складає:

$$EIRP_{\text{DAP-2230}} = 24 - 6 + 3 = 21\text{ дБм}$$

$$EIRP_{\text{DAP-2695}} = 25 - 6 + 4 = 23\text{ дБм}$$

$$EIRP_{\text{DAP-2680}} = 26,5 - 6 + 3,6 = 24,1\text{ дБм}$$

Виходячи з результатів розрахунку найбільшу випромінювану потужність має точка доступу DAP-2580 що дорівнює 24,1дБм.

2.8 Розрахунок зони дії сигналу

Зона дії сигналу є одним із основних параметрів при проектуванні бездротової мережі. Чим більша зона дії сигналу, тим меншу кількість точок можна буде використовувати.

Для визначення дальності зв'язку необхідно розрахувати сумарне підсилення тракту і за графіком визначити відповідну цьому значенню дальність. Підсилення тракту в дБ визначається за формулою [12]:

$$Y_{\text{дБ}} = P_{\text{т,дБ}} + G_{\text{т,дБ}} + G_{\text{р,дБ}} - P_{\text{мін,дБ}} - L_{\text{т,дБ}} - L_{\text{р,дБ}} \quad (2.2)$$

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DAP-2230(2,4ГГц) :

$P_{t,\partial B} = 24$ дБмВт; —потужність передавача;

$G_{t,\partial B} = 3$ дБі; —коефіцієнт підсилення передавальної антени;

$G_{r,\partial B} = 3$ дБі; —коефіцієнт підсилення приймальні антени;

$P_{\min,\partial B} = -70$ дБмВт; — реальна чутливість приймача;

$L_{t,\partial B} = 2$ дБ; — втрати сигналу в роз'ємах передавального тракту;

$L_{r,\partial B} = 8$ дБ; —втрати сигналу в роз'ємах приймального тракту.

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DAP-2695(2,4ГГц)

$P_{t,\partial B} = 25$ дБмВт; —потужність передавача;

$G_{t,\partial B} = 4$ дБі — коефіцієнт підсилення передавальної антени;

$G_{r,\partial B} = 4$ дБі; —коефіцієнт підсилення приймальні антени;

$P_{\min,\partial B} = -75$ дБмВт; — реальна чутливість приймача;

$L_{t,\partial B} = 2$ дБ; — втрати сигналу в роз'ємах передавального тракту;

$L_{r,\partial B} = 8$ дБ; —втрати сигналу в роз'ємах приймального тракту.

Данні для розрахунку параметрів точки доступу DAP-2680(2,4ГГц)

$P_{t,\partial B} = 26,5$ дБмВт; —потужність передавача;

$G_{t,\partial B} = 3,6$ дБі — коефіцієнт підсилення передавальної антени;

$G_{r,\partial B} = 3,6$ дБі; —коефіцієнт підсилення приймальні антени;

$P_{\min,\partial B} = -72$ дБмВт; — реальна чутливість приймача;

$L_{t,\partial B} = 2$ дБ; — втрати сигналу в роз'ємах передавального тракту;

$L_{r,\partial B} = 8$ дБ; —втрати сигналу в роз'ємах приймального тракту.

Отримуємо

$$Y_{\text{дб DAP-2230}} = 23 + 3 + 3 - (-70) - 2 - 8 = 89 \text{ дб}$$

$$Y_{\text{дб DAP-2695}} = 25 + 4 + 4 - (-75) - 2 - 8 = 95 \text{ дб}$$

$$Y_{\text{дб DAP-2680}} = 26,5 + 3,6 + 3,6 - (-72) - 2 - 8 = 95,7 \text{ дб}$$

За графіком, наведеним на рисунку 2.1, знаходимо необхідну дальність роботи бездротового каналу зв'язку.

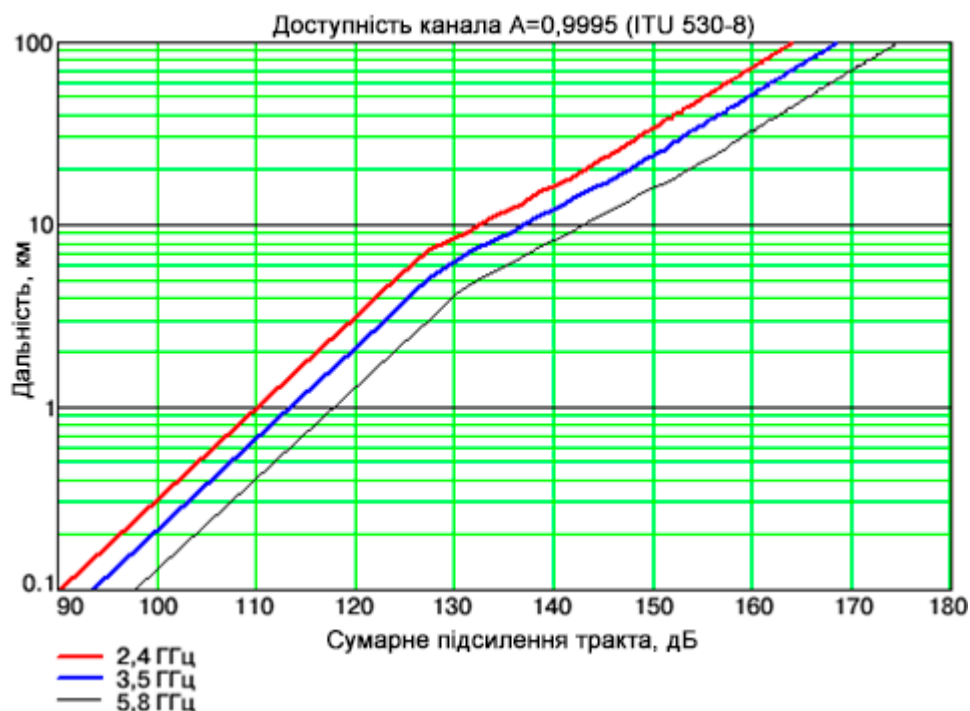


Рисунок 2.1— Графік для визначення дальності роботи технології бездротового з'єднання

Для DAP-2230 (2,4 ГГц) —отримуємо дальність близько 95 м.

Для DAP-2695 (2,4ГГц) —отримуємо дальність близько 120 м.

Для DAP-2680 (2,4 ГГц) —отримуємо дальність близько 125 м.

Згідно отриманих результатів визначено, що найбільшу теоретичну дальність сигналу має точка доступу DAP-2680 на частоті 2,4 ГГц.

2.9 Розрахунок втрат у вільному просторі

Передача інформації в бездротовій локальній мережі відбувається по радіо-каналам. В таких випадках при передачі даних відбуваються втрати у вільному просторі. Тому розрахуємо втрати у вільному просторі для уже вибраних точок доступу.

Розрахунок втрат у вільному просторі береться з інженерної формули [12]:

$$FSL = 33 + 20(\lg F + \lg D) \quad (2.3)$$

де:

FSL (freespaceloss) — втрати у вільному просторі (дБ);

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

D — відстань зв'язку (км).

FSL визначається сумарним підсиленням системи. Воно вважається таким чином:

$$FSL = P_{t, \text{дБ}} - P_{\text{min}, \text{дБ}} + G_{t, \text{дБ}} + G_{r, \text{дБ}} - L_{t, \text{дБ}} - L_{r, \text{дБ}} - SOM \quad (2.4)$$

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

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

SOM (SystemOperatingMargin) — запас в енергетиці радіозв'язку (дБ). Враховує можливі фактори негативно впливають на дальність зв'язку, такі як:

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

Параметр SOM береться рівним 15 дБ. Вважається, що 15-ти децибельний запас щодо підсилення достатній для інженерного розрахунку. Тому за формулою (3.4) розрахуємо :

$$FSL_{DAP-2310} = 24 + 3 + 3 - (-78) - 2 - 8 - 15 = 83 \text{ дБ}$$

$$FSL_{DWL-3600} = 25 + 4 + 4 - (-75) - 2 - 8 - 15 = 83 \text{ дБ}$$

$$FSL_{DAP-3320} = 26,5 + 3,6 + 3,6 - (-72) - 2 - 8 - 15 = 80,7 \text{ дБ}$$

Центральна частота каналу F повинна визначатися в залежності від каналу.

Для частоти 2,4 ГГц:

від 2401 до 2423 МГц (доступні 5 каналів);

від 2426 до 2443 МГц (доступно 3 канали);

від 2451 до 2473 МГц (доступно 4 канали);

від 2473 до 2483 МГц (доступно 2 канали).

Підставимо вибрані частоти у формулу для розрахунку дальності зв'язку[12].

З формули (2.3) отримуємо визначення дальності зв'язку $D: 2,389$

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

Для DAP-2230:

$$D_{DAP-2310} = 10^{\left(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \log 2451\right)} = 0,111 \text{ км} = 111 \text{ м}$$

Для DAP-2695:

$$D_{DWL-3600} = 10^{\left(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \log 2452\right)} = 0,110 \text{ км} = 110 \text{ м}$$

Для DAP-2680(2,4 ГГц):

$$D_{DAP-3320} = 10^{\left(\frac{80,7}{20} - \frac{33}{20} - \log 2451\right)} = 0,092 \text{ км} = 92 \text{ м}$$

Згідно отриманих даних, найбільше втрат у вільному просторі має точка доступу DAP-2230 на частоті 2,4 ГГц і також вона має найбільшу дальність зв'язку до 111 м.

2.10 Порівняльний розрахунок вартості організації бездротової мережі

Розрахунок вартості прокладання бездротової мережі має важливий характер під час її проектування. Проведемо розрахунок вартості прокладання Wi-Фімережі на 1 кв.м, з використанням обраних точок доступу.

Дані для розрахунку точки доступу DAP-2230:

— ціна точки доступу = 1500 грн.;

- сумарна вартість 2-ох точок $1500*2=3000$ грн;
- ціна комутатора 250 грн;
- ціна прокладання 1м кабелю виті пари =10грн;
- загальна площа приміщень = 100кв.м.;
- довжина прокладання кабелю = 84м;
- ціна 1 конектораRJ-45 = 2 грн.

Загальна вартість прокладання для точки DAP-2230 буде:
 $3000+250+84*10+2*4=4098$ грн.

Ціна прокладання на 1кв.м буде: $4098/100=40,98$ грн.

Дані для розрахунку точки доступу DAP-2695:

- ціна точки доступу = 9000 грн.;
- сумарна сума 2-ох точок — $9000*2=18000$ грн;
- ціна комутатора 250 грн;
- ціна прокладання 1м кабелю виті пари =10грн;
- загальна площа приміщень = 100кв.м;
- довжина прокладання кабелю = 84м;
- ціна 1 конектораRJ-45 = 2 грн.

Загальна сума прокладання для точки DWL-6600 буде:
 $18000+250+84*10+2*4=13166$ грн.

Ціна прокладання на 1кв.м буде: $19098/100=190,98$ грн.

Дані для розрахунку точки доступу DAP-2680:

- ціна точки доступу = 7000 грн.;
- сумарна сума 2-ох точок — $7000*2=14000$ грн;
- ціна комутатора 250 грн;
- ціна прокладання 1м кабелю виті пари =10грн;
- загальна площа приміщень = 100кв.м;
- довжина прокладання кабелю = 84м;
- ціна 1 конектораRJ-45 = 2 грн.

Загальна сума прокладання для точки DAP-3320буде:
 $14000+250+84*10+2*4=15166$ грн.

Ціна прокладання на 1 кв.м буде: $15098/100=150,95$ грн.

В результаті порівняння розрахунків вартості прокладання бездротової мережі, отримуємо, що найдешевшим варіантом є використання точки доступу DAP-2230.

4 МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11 СЛУЖБИ ПІДТРИМКИ

У даному розділі аналізується процес створення моделі мережі стандарту IEEE 802.11, вибір критеріїв для визначення маршрутизаторів, що можуть виконувати роль точок доступу, а також проводиться моделювання зон покриття за різних варіантів розташування.

IEEE 802.11 — це стандарт бездротових мереж, який визначає протоколи фізичного та канального рівнів для бездротового зв'язку у локальних мережах (LAN). Його більш поширена побудова назва — Wi-Fi. Стандарт визначає способи передачі даних через радіохвилі на коротких відстанях, що дозволяє пристроям спілкуватися між собою без кабельного підключення.

4.1 Опис програмного забезпечення для проведення моделювання мережі

У приміщеннях середньої або великої площі, недостатньо встановити лише одну точку доступу, тому що сигнал Wi-Fi на відстані послаблюється, в наслідок чого швидкість передачі даних також знижується. Також на рівень сигналу впливають перешкоди, які теж потрібно враховувати при планування, зокрема стіни, двері, вікна, їх товщина та матеріали виготовлення. Навіть незначні перешкоди здатні послаблювати сигнал, а якщо на його шляху їх буде декілька — послаблення може бути критичним.

Для врахування усіх факторів, які впливають на Wi-Fi мережі при проектування мережі офісів, потрібний великий людський ресурс обчислення всього переліченого раніше, а також враховувати вимоги до стандарту IEEE 802.11 b/g/n

Для покращення та спрощення розрахунків, краще використовувати програмні засоби проектування. Існує декілька програм моделювання Wi-Fi сигналу в приміщенні. Для роботи було обрано ПЗ D-Link WiFiPlannerPro, який дозволяє виконувати усі задачі по моделюванню безпроводної мережі в межах однієї програми, дає можливість в автоматичному або ручному режимі підібрати оптимальне розміщення точок доступу для покриття необхідної зони приміщень.

Використання програмного забезпечення WiFiPlannerPro дає можливість розрахувати безпроводну мережу з максимальною ефективністю та дозволяє зменшити витрати за рахунок підбору оптимального обладнання при збереженні чи покращенні якості роботи мережі для користувачів.

Програма є безкоштовною та являє собою онлайн-ресурс, для роботи з яким не потрібно завантажувати додаткове ПЗ на комп'ютер. Перед користуванням програмою, потрібно створити обліковий запис на офіційному сайті компанії. WiFiPlannerPro передбачається використовувати для моделювання роботи підприємств, тому при реєстрації на сайті, є рекомендація вводити робочу пошту, проте при використанні приватної пошти реєстрацію було дозволено теж.

Програмне забезпечення працює, базуючись на вхідних даних, зокрема розміри будівлі, його креслення з деталізацією типу стін, дверей, вікон та інших загороджень. Також для моделювання бездротової мережі можна врахувати кількість користувачів, тип службових приміщень, через які може проходити сигнал та інші фактори.

Базуючись на цих даних, програма розраховує оптимальне кількість пристроїв та місце їх розміщення. Під час моделювання можна використовувати автоматичний та ручний режим розміщення точок доступу з додатковими умовами роботи пристроїв, як наприклад зменшення потужності пристрою чи гранична межа частоти роботи пристрою. Це все дозволяє розробити WiFi мережу, яка покриватиме достатнім рівнем сигналу на всій потрібній площі приміщення та зберігатиме можливість постійного доступу користувачів до Інтернету.

У D-LinkWiFiPlanner доступні такі інструменти моделювання роботи безпроводної мережі:

- моделювання впливу перешкод, у програмі є можливість встановлення різноманітних перешкод для перевірки того, наскільки добре сигнал проходить через них;

- моделювання швидкості передачі даних, є можливість налаштовувати швидкість передачі даних, максимальну пропускну здатність точок доступу та їх робочу частоту для симуляції різних умов роботи пристроїв.

Основними перевагами застосування WiFiPlanerProє:

- точність та швидкість проектування—програма дає можливість швидко спроектувати мережу, економлячи час загальної розробки;
- ефективність— ПЗ дозволяє забезпечити максимально потрібне покриття WiFiмережі та зберегти максимальну швидкість передачі даних;
- гнучкість —є можливість детально пропрацювати план будівлі з врахуванням усіх потрібних вхідних даних для підбору оптимального обладнання;
- сумісність з реальним обладнанням D-Link—після моделювання мережі, є можливість застосувати те ж саме обладнання, що було в розрахунках.

D-Link WiFiPlanner— інструмент проектування мережі Wi-Fi, що гарантує точність та ефективність. Він допомагає максимізувати зону покриття та забезпечити максимальну швидкість передачі даних, що суттєво спрощує проектування великої WiFi мережі.

Перед початком роботи з WiFiPlannerPro, необхідно створити план приміщення, для якого розробляється безпроводна мережа. Є велика кількість програмних рішень, за допомогою яких можна розробити план приміщень, зокрема це MicrosoftVisio, SmartDraw, Planoplan, Roomtodo, SketchUp, Planer 5D та інші.

Для створення плану приміщення обрано програму Roomtodo. Вона є безкоштовною та являє собою онлайн-ресурс, що дозволяє працювати з нею без встановлення додаткового ПЗ та з будь-якого доступного пристрою з підключенням до мережі Інтернет.

Причинами для того, щоб обрати саме Roomtodoe:

- загальний доступ, тобто можливість безкоштовно, після реєстрації відразу працювати;
- простота проектування, інструментарій інтуїтивно зрозумілий, та не потребує довгого навчання для роботи з програмою;
- наявність різноманітних конструктивних елементів, наприклад вікна, двері, сходи;
- можливість малювати план поверх креслень.

Особливістю програми є можливість малювати стіни нестандартного виду. Можна створювати стіни, товщина яких буде змінюватись. Також можна створювати вирізи в стінах відповідно до реальних приміщень, де є більш складні форми. Це можливо, тому що стіни в даній програмі мають зовнішній та внутрішній контури і деформація одного не впливає на інший.

На рисунку 3.1 наведено робочу область програми з інтерфейсом та побудованим планом приміщення офісу.

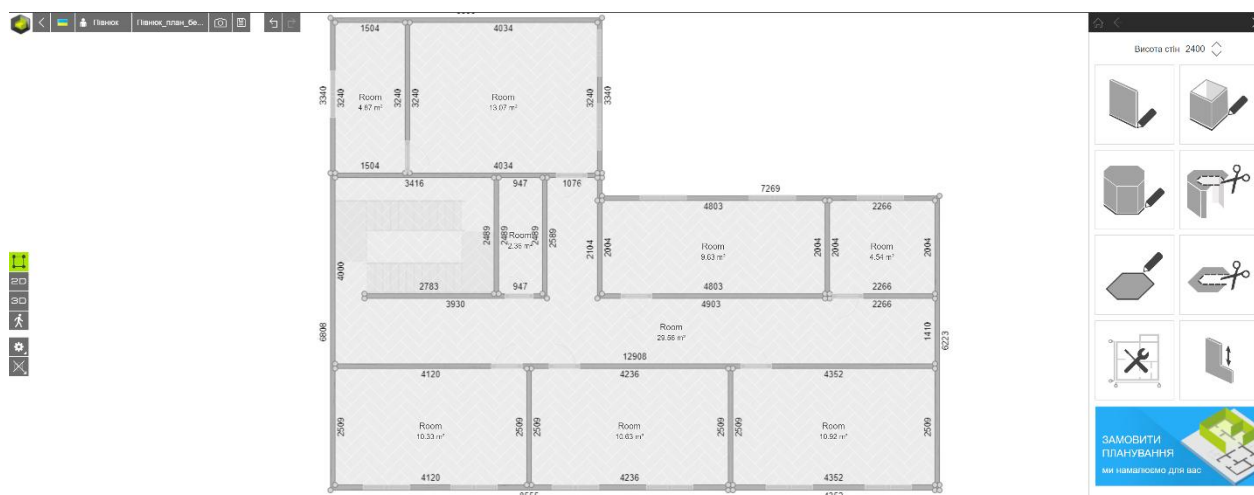


Рисунок 3.1 — Інтерфейс ПЗ Roomtodo з планом приміщення

4.2 Моделювання безпроводної мережі у WiFiPlannerPro

На початку планування, необхідно створити проект, джати йому назву та вибрати країну чи регіон проектування. Вказування регіону потрібне для того, щоб визначати за якими регулюючими обмеженнями розраховуватиметься мережа. Вибір даних налаштувань наведено на рисунку 3.2.

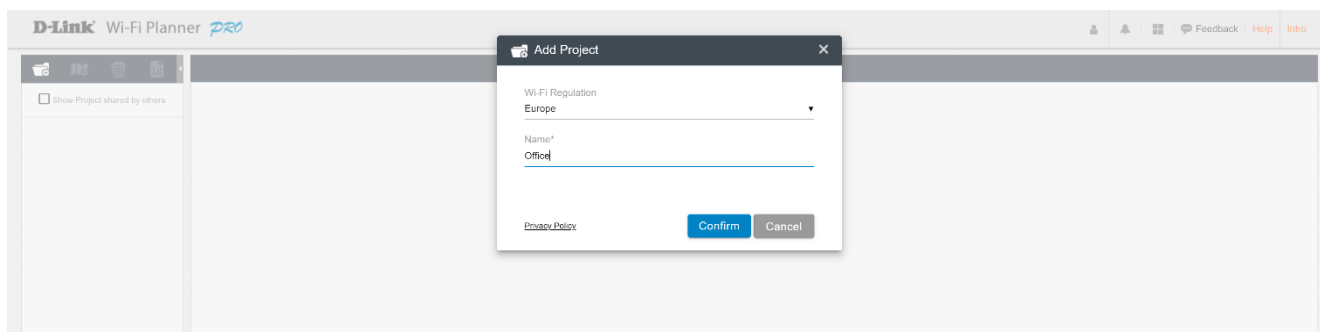


Рисунок 3.2 — Вікно початку створення проекту

Після підтвердження введених даних, спливе інше вікно, що наведене на рисунку 3.3 з вказанням деталей та обмежень програмного забезпечення, які потрібно враховувати при моделюванні,

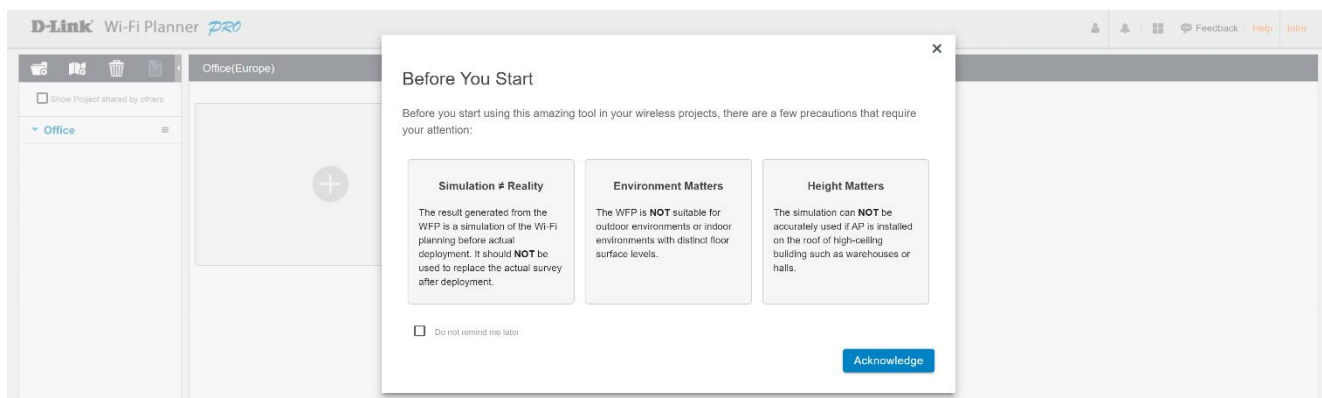


Рисунок 3.3 — Вікно попереджень про обмеження програми

Далі наведено переклад інформації, наведеної у вікні з обмеженнями, перш ніж почати використовувати цей інструмент у своїх бездротових системах, є кілька запобіжних заходів, які потребують вашої уваги:

- симуляція не дорівнює реальності, результат, отриманий WFP, є симуляцією планування Wi-Fi мережі перед фактичним розгортанням, його не слід використовувати для заміни фактичних параметрів мережі після розгортання;

- навколишнє середовище. WFP НЕ підходить для зовнішнього середовища або внутрішнього середовища з різними рівнями поверхні підлоги;

- висота має значення—моделювання не може бути точно використане, якщо точку доступу встановлено на даху будівлі з високими стелями, як-от склади чи цехи.

Після ознайомлення з обмеженнями, та їх підтвердженням, потрібно створити окремий лист для моделювання. Для точності моделювання, потрібно додати раніше спроектований у ПЗ Roomtodo план приміщення. Є можливість завантажити зображення різних форматів з обмеженням розміру в 10 Мб.

На рисунку 3.4 зображений загальний інтерфейс програмного забезпечення зі завантаженим планом приміщення на листі.

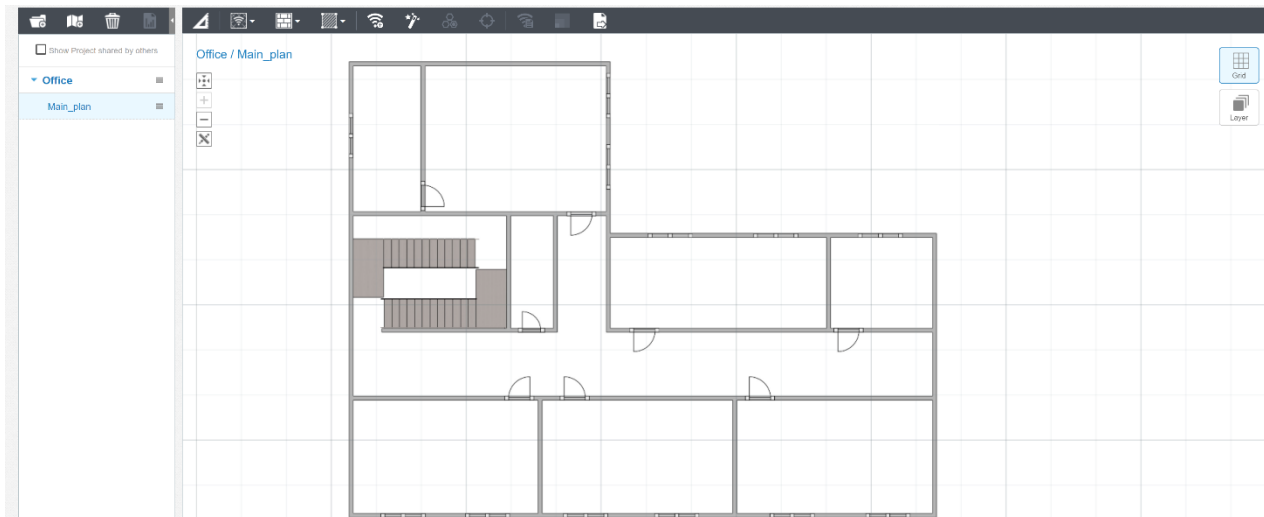


Рисунок 3.4 — План офісу, завантаженого у WiFiPlanerPro

Після додавання, потрібно вказати масштаб плану, щоб відстані коректно враховувались. Для цього за допомогою інструменту «Scalefloorplan» потрібно намалювати пряму, яка точно повторюватиме одну зі стін та вказати довжину відрізка, яка дорівнюватиме довжині цієї стіни. Далі потрібно визначити зони покриття сигналу та зони, де в яких не потрібний WiFісигнал. Для цього використовується інструмент «Zone». Синя зона — це зона покриття сигналу, в якій потрібно проводити моделювання, а червона— зона виключення, куди не потрібно враховувати поширення сигналу. План з виділеними зонами, зображено на рисунку 3.5.

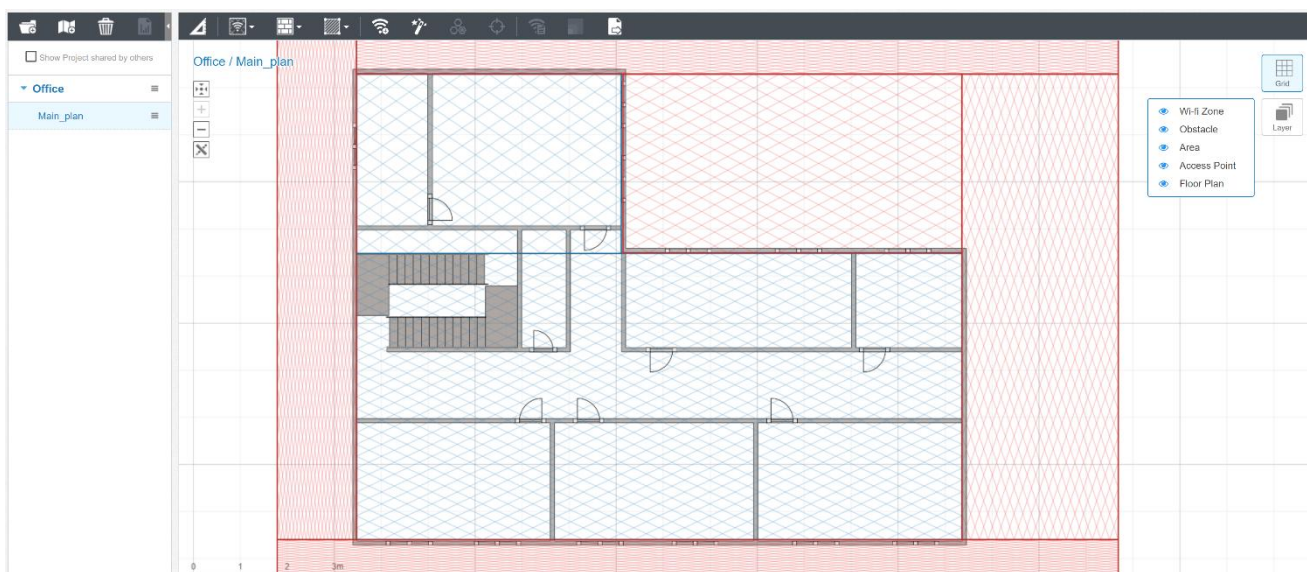


Рисунок 3.5 —План приміщення з визначеними зонами покриття сигналу

Для максимальної точності відтворення реальної будівлі, у WiFiPlannerPro доступно перелік різноманітних перешкод, використовуючи які можна відтворити стіни, двері та вікна різного типу. Найбільш поширені варіанти перешкод доступні у програмі відразу та наведені на рисунку 3.6. Також є можливість створювати власні перешкоди, які не вказані за замовчуванням.

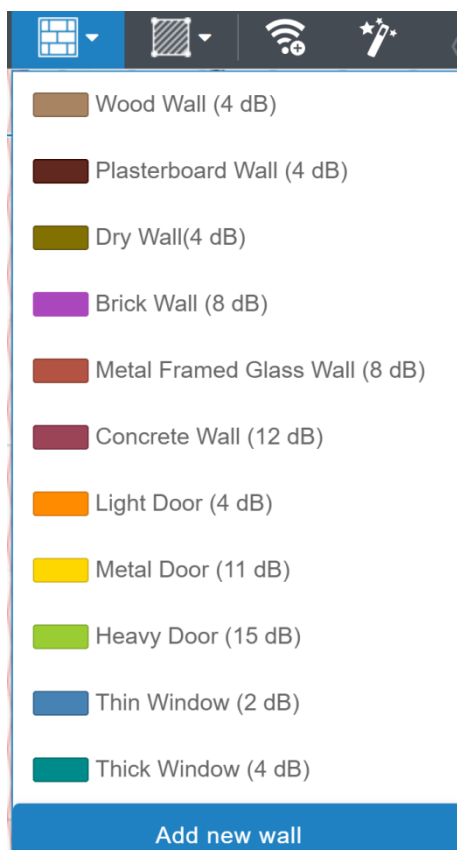


Рисунок 3.6 — Перелік стандартних перешкод у програмі

Також у програмі доступні для створення зони перешкод. Це певна частина приміщення, яка має додаткові перешкоди. В стандартному наборі доступні такі зони, як ліфтова шахта, складське приміщення, офісні кабінки, закрита офісна зона та інші. Повний перелік зон наведений на рисунку 3.7.

Зовнішні та основні стіни офісу побудовані з цегли, кімнати двері є легкими пустотілими. Частина стін між кімнатами є сухими або зробленими з гіпсокартону, а вікна є тонкими. Для створення стін, дверей та вікон використовується інструмент «Obstacle», в якому з переліку обирається необхідна перешкода з параметром затухання сигналу

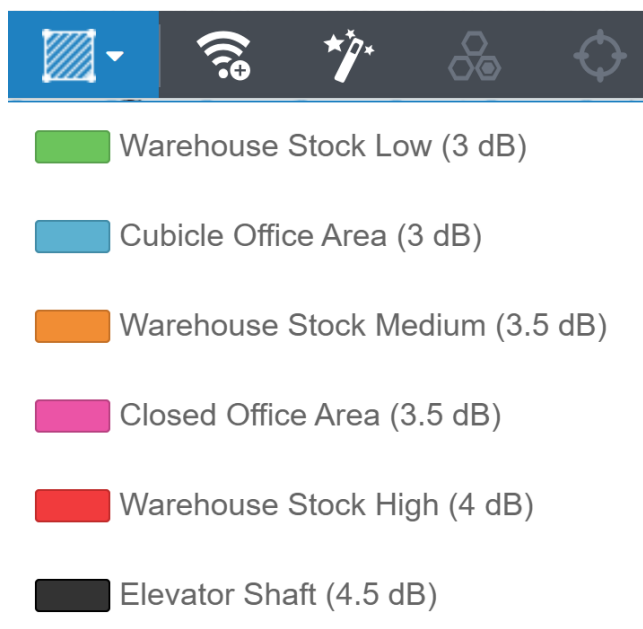


Рисунок 3.7 — Стандартні зони моделювання перешкод

У приміщенні є зони додаткових перешкод, таких як офісні кабінки та закриті офісні кабінки та мале складське приміщення. Для їх розміщення використовується інструмент «Area». Після відтворення усіх перешкод, отримується план, наведений на рисунку 3.8.

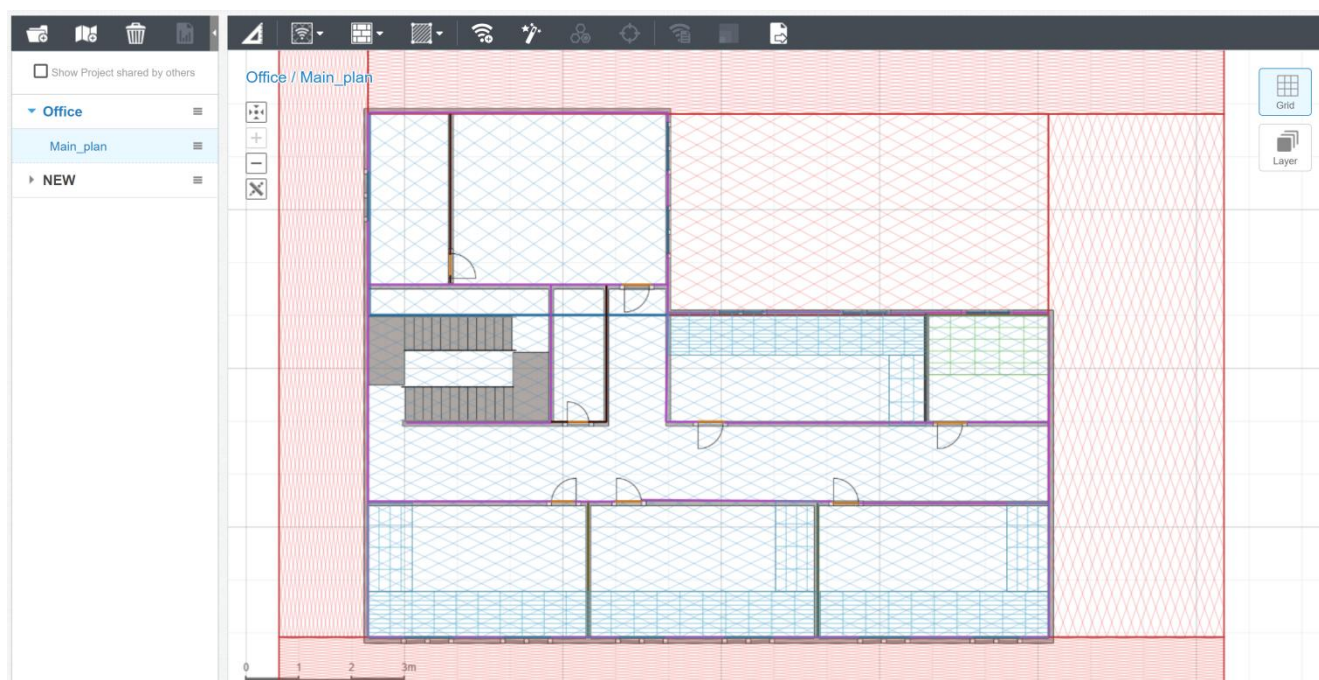


Рисунок 3.8 — План приміщення з усіма перешкодами

Після закінчення планування усіх перешкод, перейдемо до моделювання поширення сигналу. Для попереднього перегляду поширення сигналу, можна використати майстер розташування, автоматично встановлює точки доступу, на основі декількох параметрів, які можна встановити відповідно до задач:

- точка доступу для розрахунку (можна встановити конкретну точку доступу, або дати можливість майстру обрати автоматично);
- смуга трансляції (2.4 або 5G);
- мінімально допустиме значення сигналу (у -dBm);
- потужність сигналу (dBm, від максимальної);
- відсоток покриття мережею заданої площі.

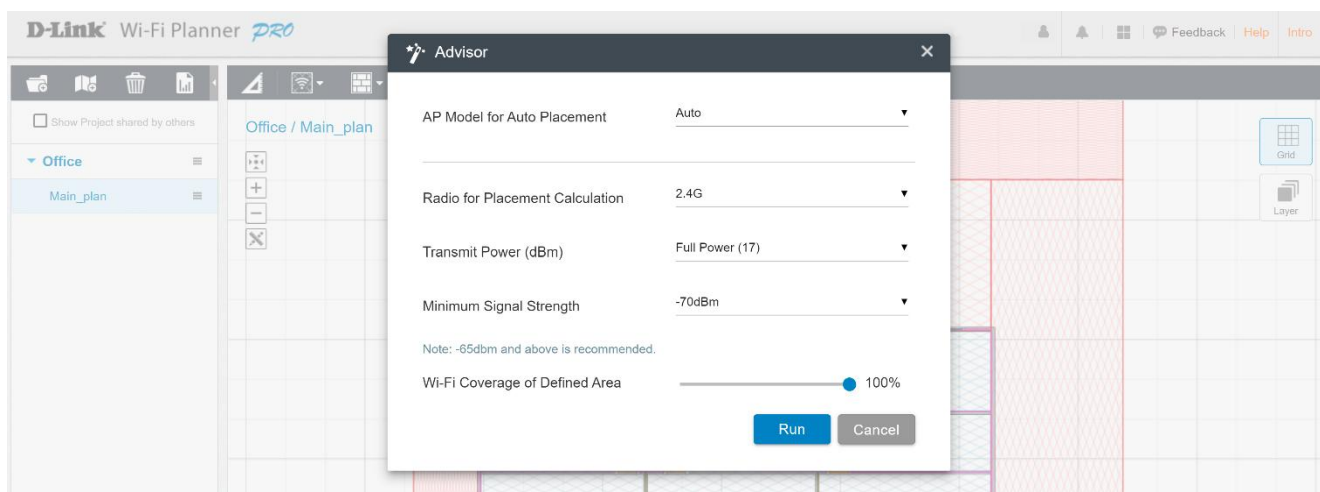


Рисунок 3.9 — Майстер автоматичного розміщення точок доступу

Після того, як план приміщення був перенесений у WiFiPlannerPro, останнім, проте важливим завданням, є підбір та розміщення точок доступу. При автоматичному розміщенні було обрано дві точки доступу DWL-6600AP. Поширення їх сигналу наведене на рисунку 3.10.

Проте їх розміщення є не оптимальним і в одній з кімнат та частині іншої є незначне зменшення сигналу, а в ще одній рівень сигналу падає більше ніж на 50 децибел.

Через це, далі потрібно виконувати ручне розміщення та налаштування параметрів точок доступу для оптимального рівня сигналу в усіх приміщеннях.

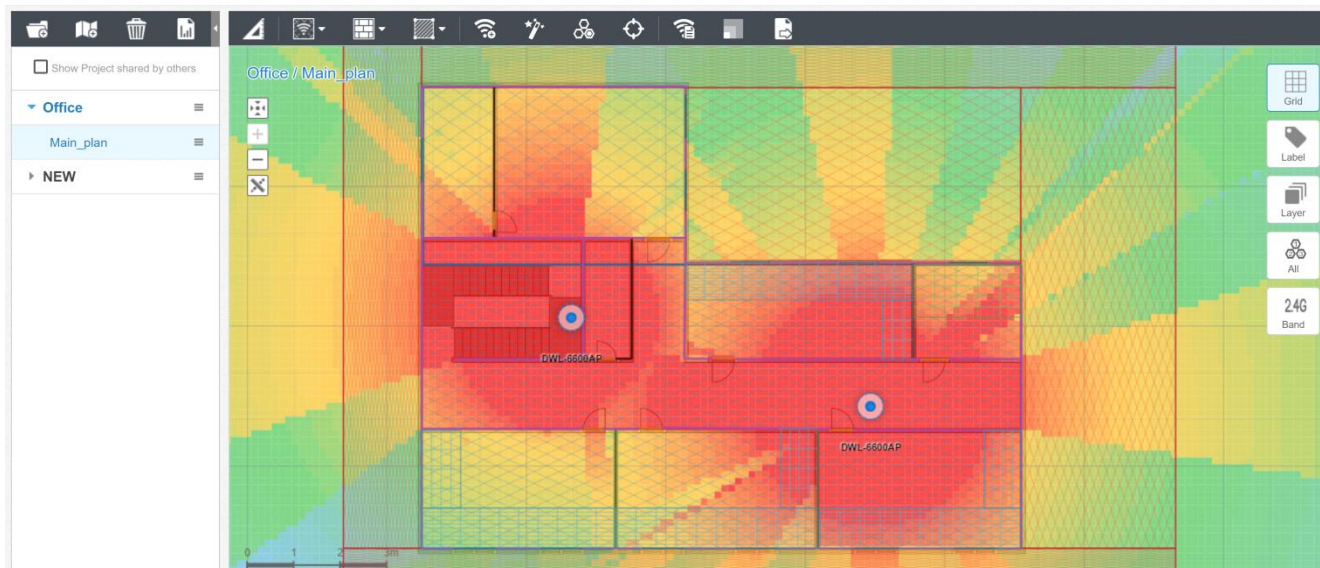


Рисунок 3.10 — Розміщення точок доступу з використанням автоматичного майстра

У WiFiPlannerPro доступно 15 точок доступу, з яких 9 призначені для використання в будівлі, а 6 — на вулиці. У вікні вибору точки доступу доступна основна інформація про них, а саме: версія стандарту IEEE 802.11; частота, на якій працює пристрій; повна потужність; максимальна площа покриття.

На рисунку 3.11 показано вікно вибору точок доступу з вище описаними параметрами.

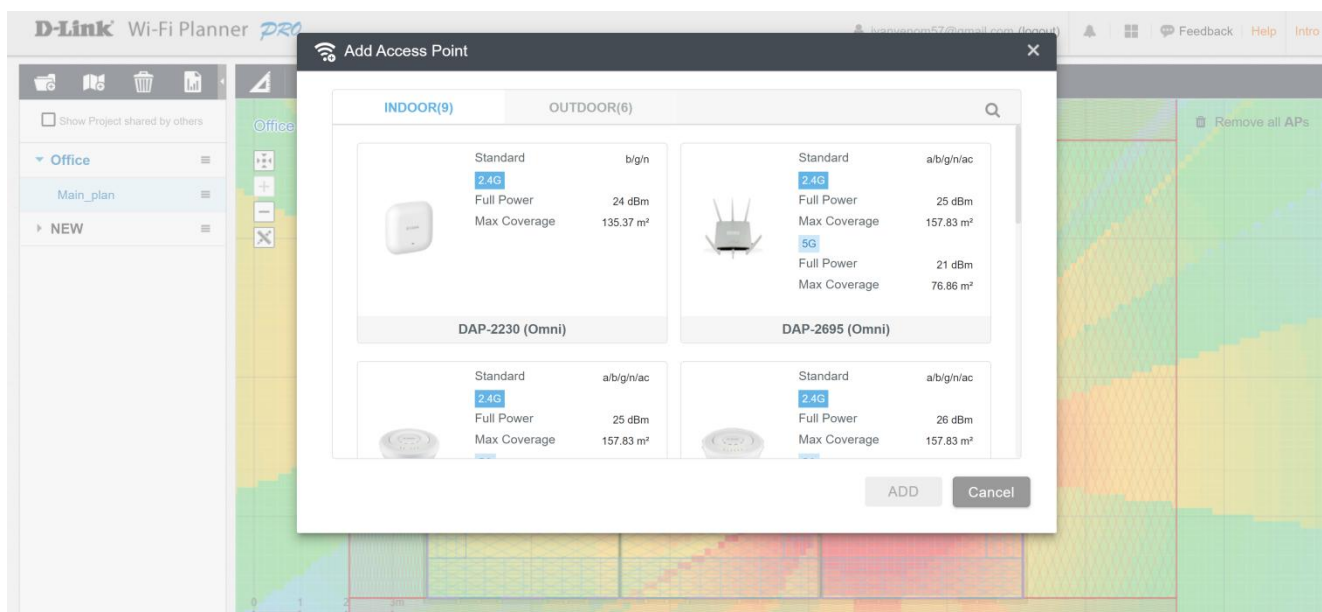


Рисунок 3.11 — Вікно вибору точок доступу

Для підбору найкращих варіантів точки доступу, можна використати інше ПЗ від компанії D-Link, а саме ProductSelectorPro. Вона є доступною на офіційному сайті компанії, та для доступу до неї використовується той же обліковий запис, що для WiFiPlanerPro.

В даному ПЗ доступні фільтри для підбору оптимальних точок доступу. При підборі точок доступу для офісу, потрібно відкинути пристрої, призначені для роботи на вулиці та відібрати пристрої відповідного стандарту IEEE 802.11. Перелік доступних варіантів після фільтрування є 8, які наведені на рисунку 3.12.

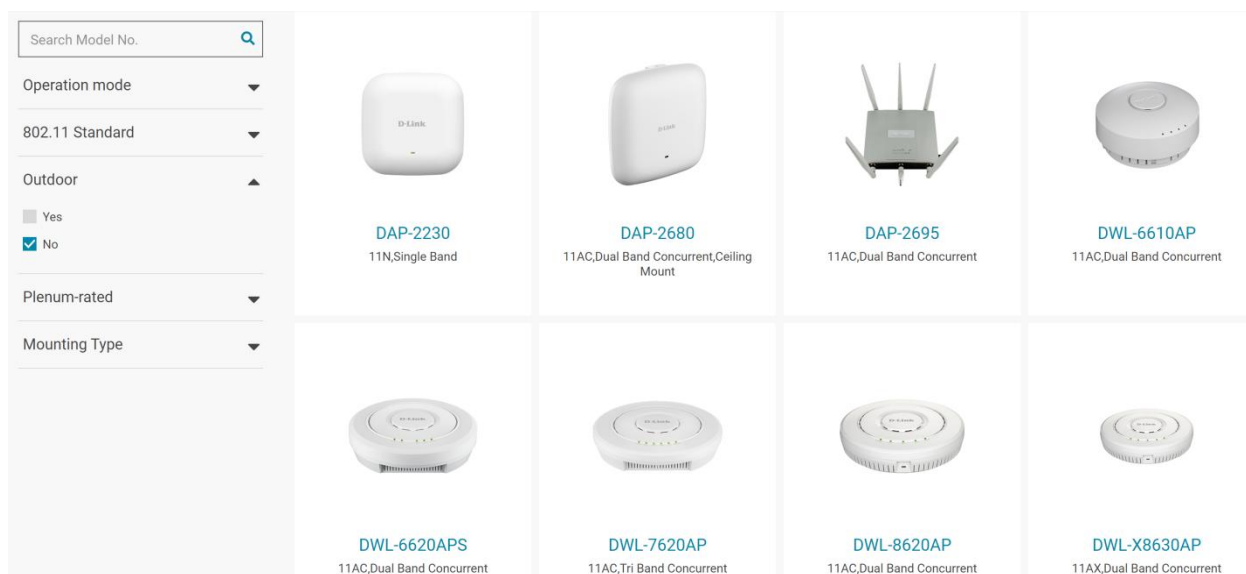


Рисунок 3.12 — Відфільтровані точки доступу відповідно до задачі

У ProductSelectorPro можна порівняти декілька точок доступу між собою для підбору пристрою за оптимальними характеристиками, а також отримати datasheet потрібних пристроїв.

Серед наявних точок доступу, одна є стандарту 11n, 7 стандарту 11а та одна 11ах. 11а та 11ах є більш сучасними стандартами та вартість цих пристроїв буде вище, проте їх може виявитись, що їх потрібна менша кількість в порівнянні з дешевшим пристроєм стандарту 11n.

Тому для вибору оптимальних точок доступу потрібно зрівняти пристрої на основі базових параметрів, в тому числі ціни, та провести симуляцію сигналу. На основі інформації майстра автоматичного розміщення точок, потрібно підібрати

пристрої так, щоб мінімальна сила сигналу не падала нижче -53 та 80% покриттям сигналу відповідної офісної зони.

4.3 Підбір оптимальних точок доступу для офісу

Точка доступу DAP-2230 має наступні заявлені параметри: смуга трансляції 2.4G, повна потужність 24 dBm, максимальна площа покриття $135,37 \text{ м}^2$, відсутні зовнішні антени, вартість близько 1500 грн. Змодельована мережа з використанням даних точок доступу наведена на рисунку 3.13.

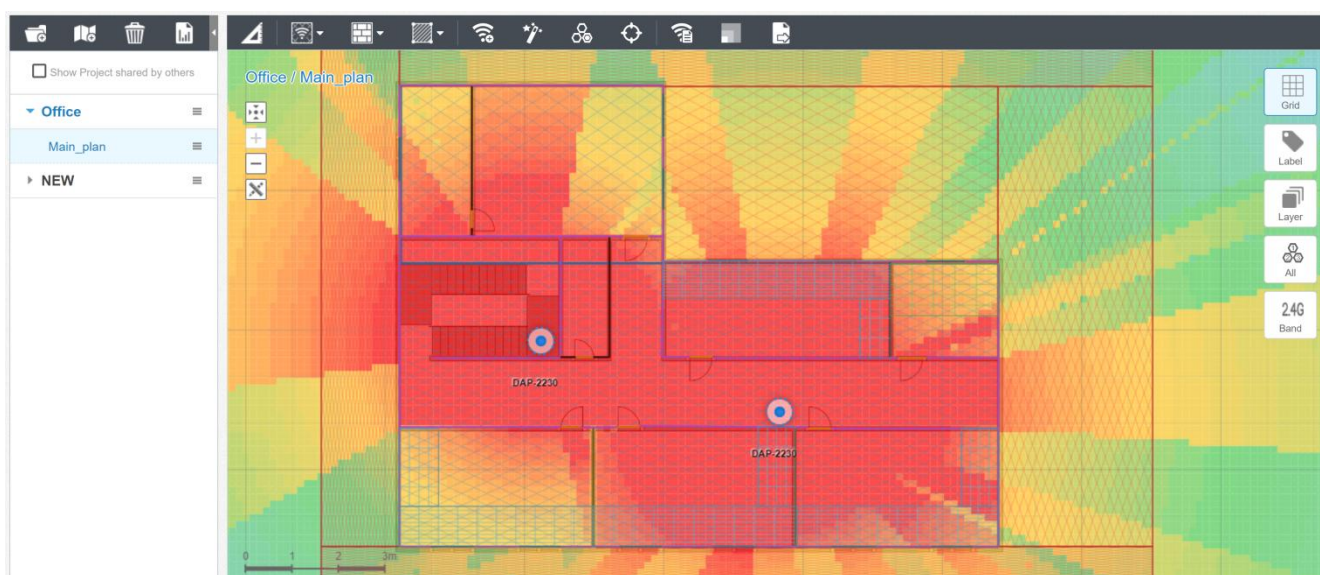


Рисунок 3.13 — Безпроводна мережа на основі DAP-2230

Точка доступу DAP-2695 має наступні заявлені параметри: смуга трансляції 2.4G та 5G, повна потужність 25 dBm, максимальна площа покриття $157,83 \text{ м}^2$, встановлено 5 зовнішніх антени, вартість близько 9000 грн. Змодельована мережа з використанням даних точок доступу наведена на рисунку 3.14.

Точка доступу DWL-6620APS має наступні заявлені параметри: смуга трансляції 2.4G та 5G, повна потужність 25 dBm, максимальна площа покриття $157,83 \text{ м}^2$, є можливість додати 2 зовнішні антени, вартість близько 20000 грн. Змодельована мережа з використанням даних точок доступу наведена на рисунку 3.15.

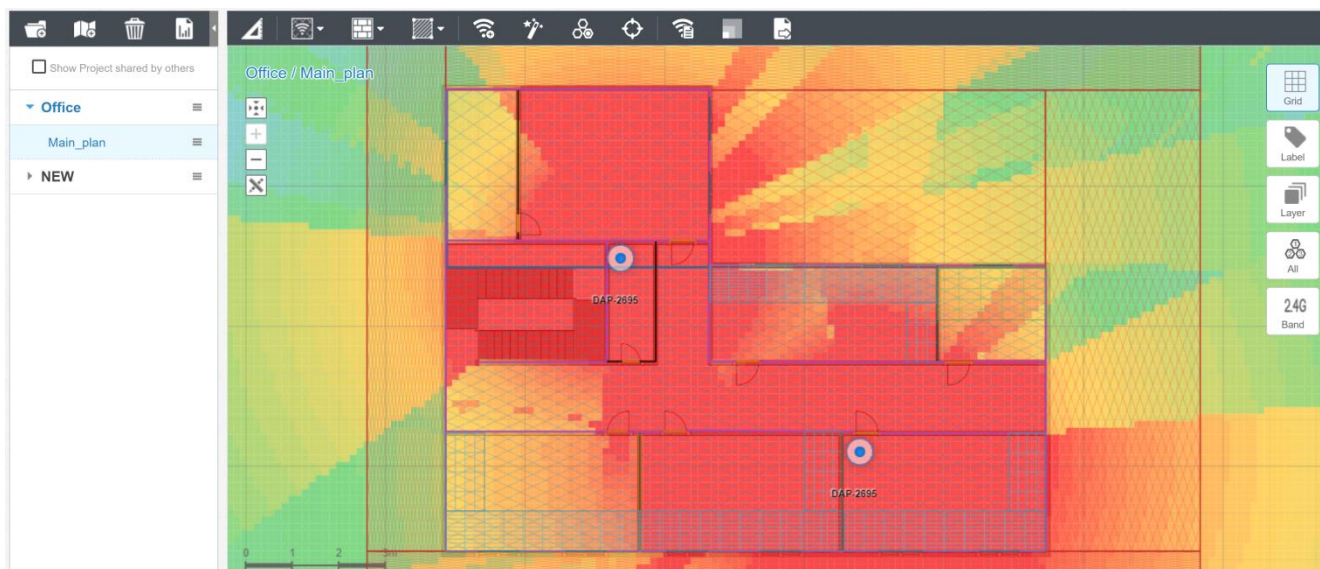


Рисунок 3.14 — Безпроводна мережа на основі DAP-2695

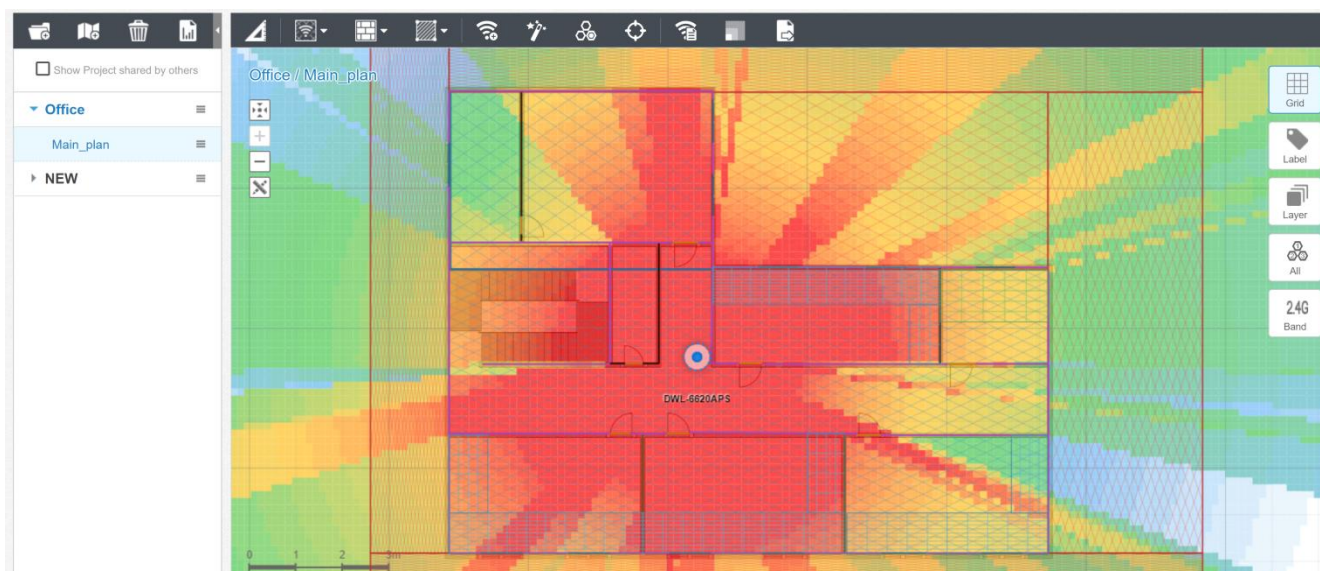


Рисунок 3.15 — Безпроводна мережа на основі DWL-6620APS

Точка доступу DAP-2680 має наступні заявлені параметри: смуга трансляції 2.4G та 5G, повна потужність 26,5 dBm, максимальна площа покриття 171,74 м², без зовнішніх антен, вартість близько 7000 грн. Змодельована мережа з використанням даних точок доступу наведена на рисунку 3.16.

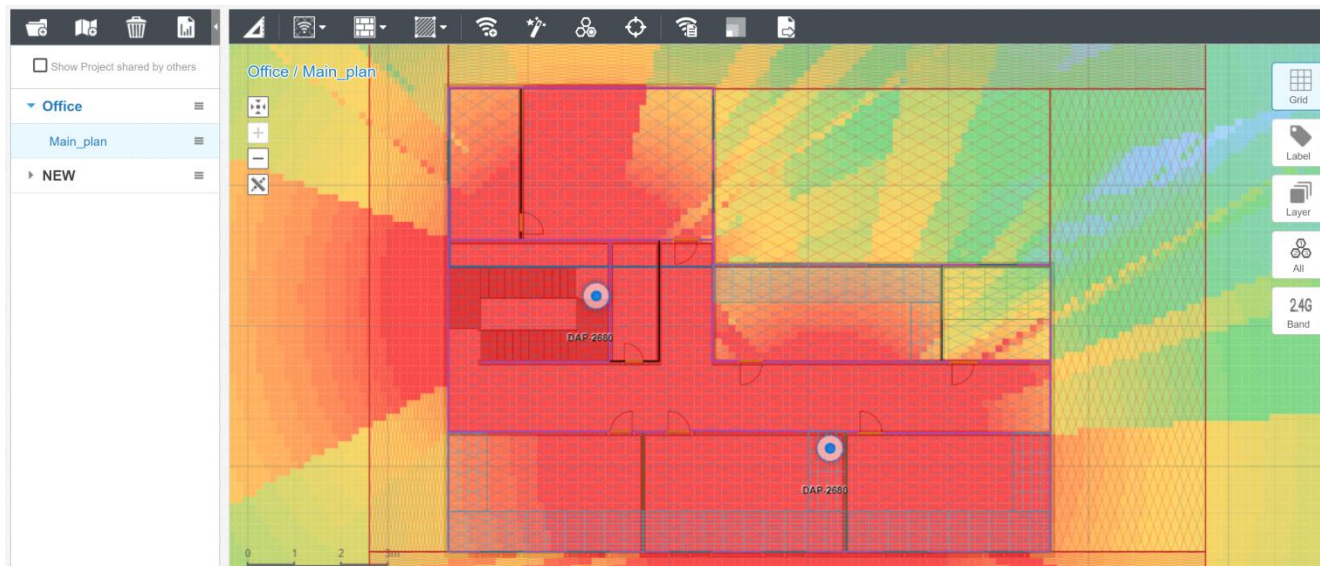


Рисунок 3.16 — Безпроводна мережа на основі DAP-2680

Точка доступу DWL-6610AP має наступні заявлені параметри: смуга трансляції 2.4G та 5G, повна потужність 18dBm, максимальна площа покриття 88,75 м², є можливість додати 2 зовнішніх антен, вартість близько 6000 грн. Змодельована мережа з використанням даних точок доступу наведена на рисунку 3.17.

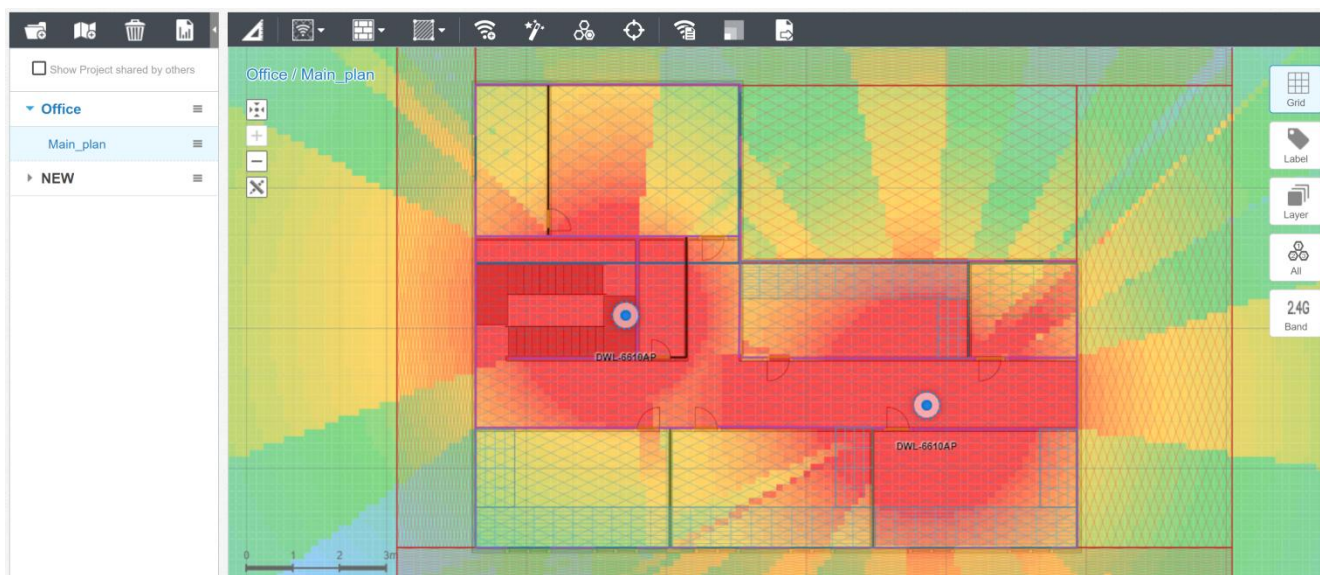


Рисунок 3.17 — Безпроводна мережа на основі DWL-6610AP

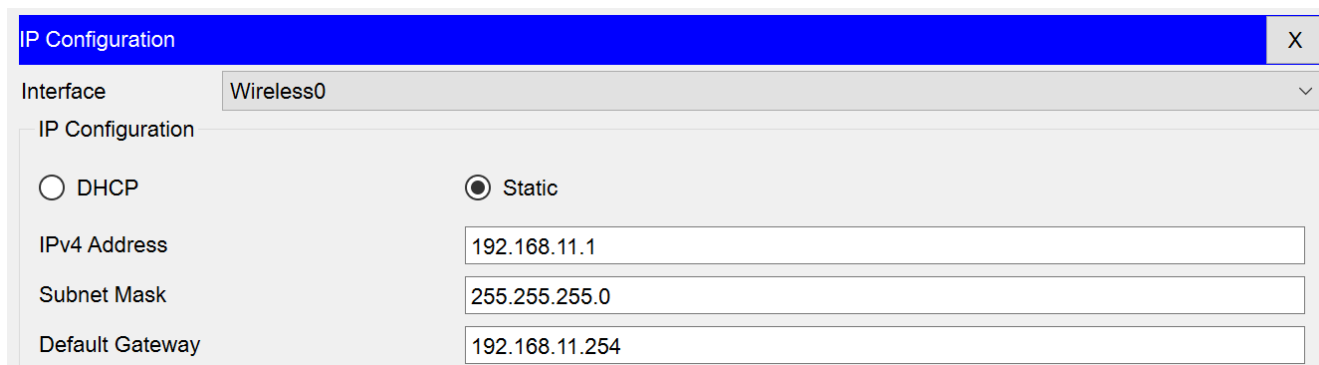
Проаналізувавши поширення сигналу різних точок доступу, можна визначити, що створення Wi-Fi мережі офісу найкраще за допомогою двох пристроїв DAP-2230, остаточний розподіл якої наведено у додатку В.

Точка доступу D-LinkDAP-2230 є найдешевшим варіантом з доступних, при цьому забезпечує усі поставлені задачі. Пристрій поступається іншим у стандарті IEEE 802.11 та наявності однієї смуги трансляції, проте ці функції не є вимогою проектування мережі.

При створенні мережі на основі точок доступу DAP-2230, на них буде витрачено близько 3000 грн, що більш ніж в двічі дешевше у порівнянні з іншими маршрутизаторами. На основі цієї інформації точка доступу D-Link DAP-2230 впевнено є найкращим варіантом.

4.4 Симуляція роботи безпроводної мережі в середовищі CiscoPacketTracer

Для перевірки роботи мережі, потрібно з моделювати та налаштувати схему в ПЗ CiscoPacketTracer. Для цього потрібно на схемі розмістити усі необхідні робочі станції, два точки доступу, відповідно до обраного плану їх розміщення. Для зв'язку точок доступу з маршрутизатором, потрібно додати комутатор. Для всіх кінцевих пристроїв та маршрутизатора, потрібно призначити IP-адресу та маску мережі. Загальна адреса мережі: 192.168.11.0 з маскою мережі 255.255.255.0. Приклад налаштування IP-адреси наведено на рисунку 3.18.



IP Configuration	
Interface	Wireless0
IP Configuration	
☐ DHCP	☒ Static
IPv4 Address	192.168.11.1
Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	192.168.11.254

Рисунок 3.18 — Налаштування параметрів комп'ютера

Конкретизація IP-адрес кожного комп'ютера наведені на схемі поруч з ним. Загальна схема мережі, яка створена в CiscopacketTracer, наведена на рисунку 3.19.

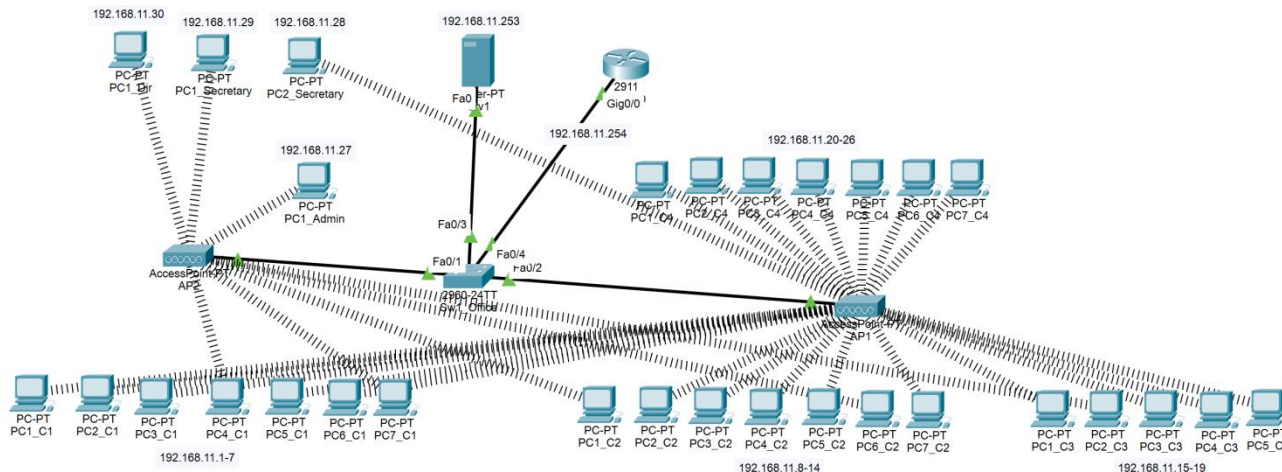


Рисунок 3.19 — Схема мережі

Для перевірки роботи відправки повідомлень між кінцевими пристроями, необхідно використати команду ping. На рисунку 3.20 відображено результат виконання команди ping з PC1_C1 на PC1_Secretary та PC1_C3.

```
C:\>ping 192.168.11.29

Pinging 192.168.11.29 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.11.29: bytes=32 time=290ms TTL=128
Reply from 192.168.11.29: bytes=32 time=22ms TTL=128
Reply from 192.168.11.29: bytes=32 time=14ms TTL=128
Reply from 192.168.11.29: bytes=32 time=16ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.11.29:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 14ms, Maximum = 290ms, Average = 85ms

C:\>ping 192.168.11.15

Pinging 192.168.11.15 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.11.15: bytes=32 time=162ms TTL=128
Reply from 192.168.11.15: bytes=32 time=10ms TTL=128
Reply from 192.168.11.15: bytes=32 time=12ms TTL=128
Reply from 192.168.11.15: bytes=32 time=16ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.11.15:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 10ms, Maximum = 162ms, Average = 50ms
```

Рисунок 3.20 — Результат виконання команди ping

У даному розділі було проведено моделювання мережі стандарту IEEE 802.11 для офісу служби технічної підтримки, проведено аналіз зон покриття при розташування різних точок доступу в різних частинах приміщення. Змодельоване

проходження сигналу через різні типи перешкод. Завдяки проведенню моделювання обраний оптимальний варіант точок доступу з врахуванням їх параметрів та ціни, підібраний найкращий варіант їх розміщення в офісі.

Для перевірки моделювання, створено схему комп'ютерної мережі в програмному середовищі CiscoPacketTracer. Схема довела працездатність розробленої мережі.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська дипломна робота присвячена реалізації бездротової мережі служби технічної підтримки.

Для роботи було обрано ПЗ D-Link WiFiPlannerPro, який дозволяє виконувати усі задачі по моделюванню безпроводної мережі в межах однієї програми, дає можливість в автоматичному або ручному режимі підібрати оптимальне розміщення точок доступу для покриття необхідної зони приміщень.

Для створення плану приміщення обрано програму Roomtodo.

Після чого проведено моделювання мережі стандарту IEEE 802.11 для офісу служби технічної підтримки, проведено аналіз зон покриття при розташування різних точок доступу в різних частинах приміщення. Змодельоване проходження сигналу через різні типи перешкод. Завдяки проведенню моделювання обраний оптимальний варіант точок доступу з врахуванням їх параметрів та ціни, підібраний найкращий варіант їх розміщення в офісі.

Для перевірки моделювання, створено схему комп'ютерної мережі в програмному середовищі CiscoPacketTracer.

Отримані результати довели працездатність розробленої мережі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Чистяков, В. А. Аналіз технологій бездротової передачі даних / В. А. Чистяков, Б. Є. Миктибаєв, А. Б. Жанбеков // Журнал наукових і прикладних досліджень. - 2016. - №1. - С. 166-169.
2. Джим, Г. Бездротові мережі. Перший крок (Cisco) / ДжимГейер // М .: Вільямс, 2005. - 192 с.
3. Беделл, П. "Мережі. Бездротові технології" / П. Беделл // М .: НТ Пресс, 2008. - 448с.
5. Вишневський, В.М. Широкосмугові бездротові мережі передачі інформації / В.М. Вишневський, А.І. Ляхов, С.І. Кравець, І.В. Шахновіч // М .: Техносфера, 2005. - 591с.
6. Challoo, R. AnoverviewandassessmentofwirelesstechnologiesandcoexistenceofZigBee, Bluetoothand Wi-Fi devices / R. Challoo, A. Oladeinde, N. Yilmazer, S. Ozcelik, L. Challoo // ProcediaComputerScience. - 2012. - T. 12. - C.386- 391.
7. Lee, JS "A comparativestudyofwirelessprotocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi" / JS Lee, YW Su, CCA Shen // IndustrialElectronicsSociety, 2007. IECON 2007. 33rd AnnualConferenceofthe IEEE. - IEEE, 2007. - C.46-51.
8. Нікольський, В.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль / В.В. Нікольський, Т.І. Нікольська // М .: Наука, 1989. - 543 с.
9. Gerla, M. Multicluster, mobile, multimediaradionetwork / MarioGerla, Jack Tzu-Chieh Tsai // Wirelesnetworks. 1995. №1. - p. 255-265. 108
10. Gerla, M. LandmarkRoutingforLargeAdHocWirelessNetworks / M. Gerla, X. Hong, and G. Pei // Proc. IEEE GLOBECOM. 2000. -№11.
11. Gupta, P. Capacityofwirelessnetworks. / P. Guptaand PR Kumar // IEEE TransactionsonInformationTheory. 2000. - Volume 46, Issue 2.
12. На́міот, Д. Є. Розумні міста 2016 /Д.Е. На́міот // InternationalJournalofOpenInformation Technologies. - 2016. - Т.4. - №.1. С. 1-3.
13. Li, J. Capacityofadhocwirelessnetworks / JinyangLi, CharlesBlake, Douglas SJ DeCouto, HuImLee, RobertMorris // Proceedingsofthe 7th

annualInternationalconferenceonMobilecomputingand networking.- ACM, Rome. 2001.
- С. 61-69.

14. Trends in Telecommunication Reform 2016:
Regulatory Incentives to Achieve Digital Opportunities URL:
<http://www.itu.int/en/publications/ITUUD/Pages/default.aspx> Sorensen, L. "Use scenarios
2020 року - a world wide wireless future.
Visions and research directions for the Wireless World. " Outlook / L. Sorensen, KE Skouby
// Wireless World Research Forum. № 4. July 2009.

15. Osseiran, A. The foundation of the mobile and wireless communication system for
2020 and beyond: Challenges, enablers and technology solutions / A. Osseiran, V. Braun,
H. Taoka, P. Marsch, H. Schotten, H. Tullberg, MAUusitalo, M. Schellman //
Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2013 IEEE 77th. - IEEE, 2013. - С. 1-
5.

16. Гольдштейн, Б.С. Мережі зв'язку: Підручник для вузів. СПб. / Б.С.
Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновський // БХВ-Петербург, 2010. - 400 с.

ДОДАТОК А

ДОДАТОК А

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ ВНТУ

д.т.н., проф.

_____ О. Д. Азаров

“06” травня 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврського дипломного проекту
«Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки»
08-54.БДР.025.00.000 ТЗ

Науковий керівник к.т.н., доц. каф. ОТ

_____ Савицька Л.А.

Студент групи 1ПІ-206

_____ Півнюк М.П.

Вінниця 2024

1 Найменування та область застосування

Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки

2 Основи для розробки

Необхідність реалізації системи бездротової мережі служби технічної підтримки

3 Мета та призначення розробки

Метою є створення бездротової мережі служби технічної підтримки.

4. Етапи БДП та очікувані результати

Робота виконується в вісім етапів, що наведені в таблиці 4.1.

Таблиця А.1 – Етапи виконання роботи

№ з/п	Назва етапів виконання бакалаврського проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задач проекту	27.02.24	
2	Огляд інформаційних джерел	06.03–20.03.24	
3	Принцип роботи бездротової мережі	27.03–7.04.24	
4	Обґрунтування та вибір обладнання для організації мережі стандарту IEEE 802.11	10.04–21.04.24	
5	Моделювання комп'ютерної мережі стандарту IEEE 802.11 служби підтримки	24.04–12.05.24	
6	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	15.05–26.05.24	
7	Аналіз виконання проекту. Висновки. Додатки	29.05–09.06.24	
8	Перевірка якості виконання бакалаврського проекту та усунення недоліків	06.06.24	

5 Матеріали, що подаються до захисту БДП

Пояснювальна записка БДР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БДР на кафедрі, відзив наукового керівника, рецензія опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до БДР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення БДР діючим вимогам.

6 Порядок контролю виконання та захисту БДР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист БДР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

7. Вимоги до оформлення БДР

При оформлюванні КБДР використовуються:

- ДСТУ 3008 : 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;
- ДСТУ 8302 : 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;
- ГОСТ 2.104-2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»;
- документами на які посилаються у вище вказаних.

ДОДАТОК Б

План приміщення офісу

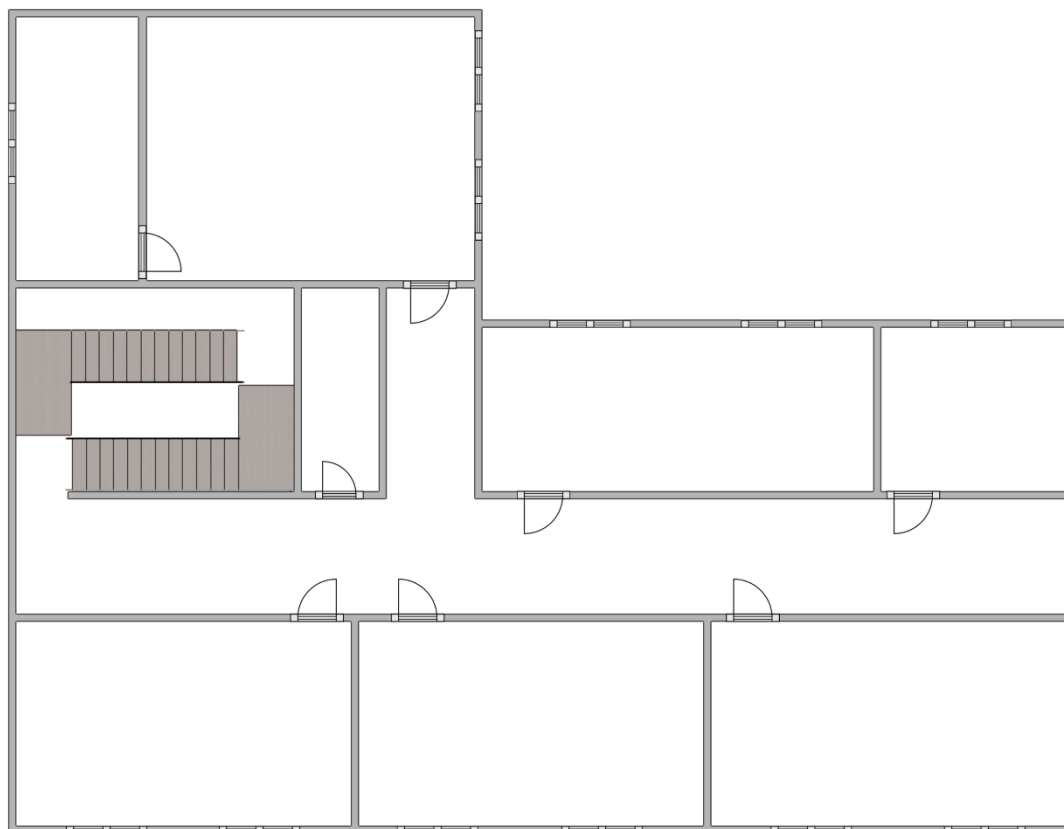


Рисунок Б.1 — план приміщення офісу, розроблений у ПЗ Roomtodo

ДОДАТОК В

Перенесений план приміщення у WiFiPlanerPro

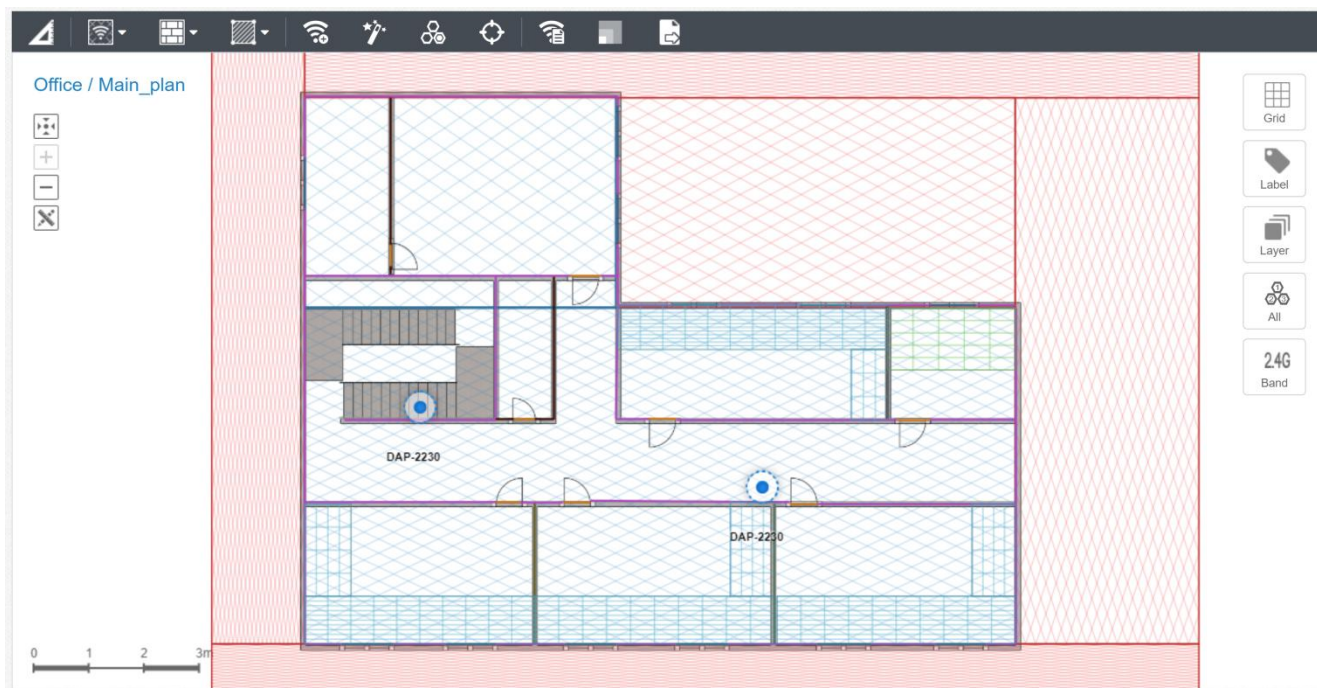


Рисунок В.1 — Перенесений план приміщення у WiFiPlanerPro з виділенням робочих зон, перешкод та зон додаткових перешкод

ДОДАТОК Г

Поширення сигналу в безпроводна мережа

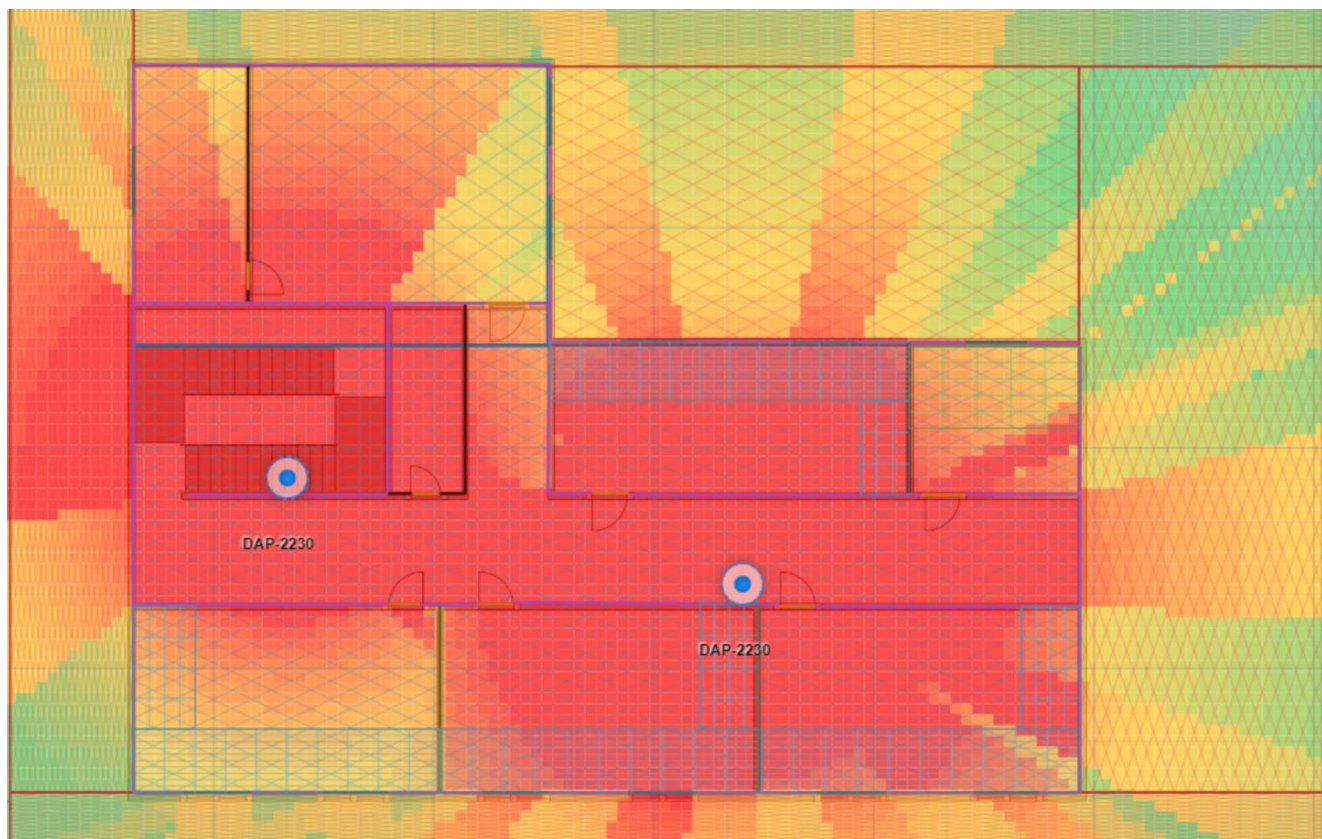


Рисунок Г.1 — поширення сигналу в безпроводній мережі з використанням точок доступу DAP-2230

ДОДАТОК Д

Схема мережі, створена у CiscoPacketTracer

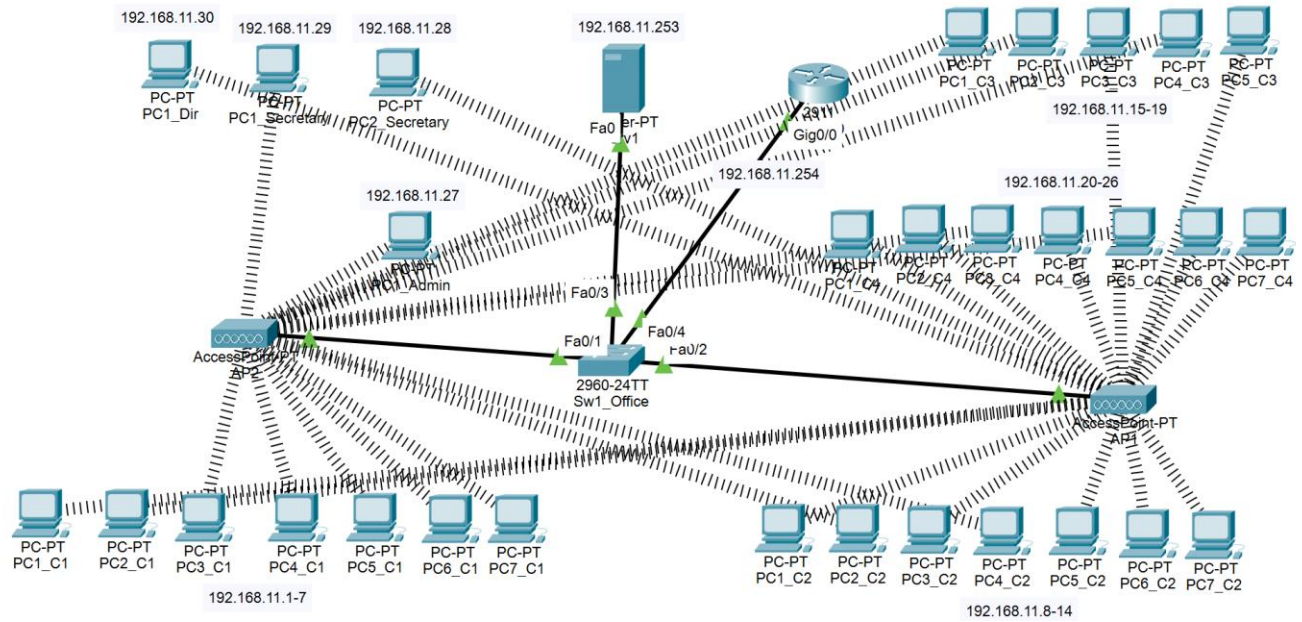


Рисунок Д.1 — Схема мережі, створена для симуляції роботи мережі у CiscoPacketTracer

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Реалізація бездротової мережі служби технічної підтримки

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота

(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра обчислювальної техніки

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 97% Схожість 3%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спробу приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Захарченко С.М.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був сгенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис)

Півнюк М.П.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Савицька Л.А.
(прізвище, ініціали)