

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи і засоби оцінювання ефективності роботи WIFI мережі.

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СІмз-61

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ярмусь О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач
кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього
ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ярмусю Олександрю Сергійовичу.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи і засоби оцінювання ефективності роботи WIFI мережі..

Керівник роботи Лецишин Юрій Зіновійович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» 11 2023 року № 4/7 – 1120

2. Термін подання студентом завершеної роботи 29.12.2023

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз завдання, Аналіз можливих рішень, Вибір програмних компонентів, Створення алгоритму роботи, Реалізація проектних рішень, Аналіз результатів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Схема обробки пакетів wlanWaveformGenerator. Блок-схема алгоритму конфігурації сигналу. Блок-схема алгоритму конфігурації каналу. Блок-схема алгоритму вибору параметрів моделювання. Графік оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi. Графік . генерації сигналу IEEE 802.11n/ac. Рівень Wi-Fi сигналу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Осухівська Г.М., зав. каф. КС</i>		
	<i>Стадник І.Я., проф. каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання 20.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз бездротових технологій</i>	<i>20.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Вибір методів та засобів для математичного моделювання роботи мережі Wi-Fi</i>	<i>25.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Моделювання роботи Wi-Fi мережі та оцінювання швидкості передачі даних</i>	<i>01.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>11.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	<i>16.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>19.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>29.12.2023</i>	

Студент

(підпис)*Ярмусь О.С.*_____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Лецишин Ю.З.*_____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи і засоби оцінювання ефективності роботи WIFI мережі.//
Кваліфікаційна робота магістра // Ярмусь Олександр Сергійович // ТНТУ,
Комп'ютерна інженерія, група СІмз-61 // Тернопіль, 2023 // с. –61, рис. – 32 ,
табл. – 2 , додат. – 1 , бібліогр. – 20.

Ключові слова: швидкість, система, Wi-Fi, мережа, моделювання.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено дослідженню методів і засобів оцінювання ефективності роботи WIFI мережі. Проведено аналіз методів та засобів для підвищення ефективності роботи Wi-Fi мережі та швидкості передачі даних. За допомогою обраних методів були створенні математичні моделі роботи Wi-Fi мережі та проведено оцінювання швидкості передачі даних.

ABSTRACT

Methods and tools to assess of modeling the efficiency of Wi-Fi network operation
// Master's qualification thesis // Yarmus Oleksandr Serhiyovych // TNTU, Computer
Engineering, group SImz-61 // Ternopil, 2023 // p. –61, fig. – 32, tab. – 2, add. – 2,
bibliography. - 20.

Keywords: speed, system, Wi-Fi, network, simulation.

The master's qualification work is devoted to the study of methods and means of evaluating the effectiveness of the WIFI network. An analysis of methods and means for increasing the efficiency of the Wi-Fi network and data transfer speed has been carried out. With the help of the selected methods, mathematical models of Wi-Fi network operation were created and data transfer speed was evaluated.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

Wi-Fi – Wireless Fidelity

IoT – Internet of Things

WLAN – Wireless Local Area Network

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

CSMA-CA – Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance

OFDM – Orthogonal frequency-division multiplexing

BPSK – Binary Phase Shift Key

QPSK – Quadrature Phase-Shift Keying

QAM – Quadrature Amplitude Modulation

WEP – Wired Equivalent Privacy

WPA – Wi-Fi Protected Access

RTS/CTS – Request To Send / Clear To Send

MAC – Media Access Control

MATLAB – Matrix Laboratory

MCS – Multi-Channel Systems

RCA – Residual Component Analysis

SNR – Signal-to-noise ratio

AWGN – Additive White Gaussian Noise

VHT – Very High Throughput

PHY – Physical layer

NLOS – Non-Line-of-Sight

BER – Bit Error Rate

RSSI – Received Signal Strength Indicator

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	10
1.1. Характеристики та принципи роботи бездротових технологій.....	10
1.2. Принцип побудови та функціонування мереж IEEE 802.11.....	12
1.3. Аналіз стандартів бездротового доступу до мережі Wi-Fi.....	15
1.4. Методи та інструменти моделювання мережі Wi-Fi.....	18
1.5. Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕРЕЖІ WI-FI.....	22
2.1. Вибір інструментів для моделювання роботи мережі Wi-Fi.....	22
2.2. Застосування методів для математичного моделювання мережі Wi-Fi.....	28
2.3. Висновки до розділу 2.....	33
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ WI-FI МЕРЕЖІ ТА ОЦІНЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ.....	35
3.1. Отримання тестового WI-FI сигналу засобами MATLAB.....	35
3.2. Оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi засобами MATLAB.....	40
3.3. Оцінювання швидкості передачі даних Wi-Fi мережі у моделі забудови.....	48
3.4. Висновки до розділу 3.....	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..	53
4.1 Охорона праці	53
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	56
4.2.1. Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території.....	56
4.2.2. Фактори, що впливають на функціональний стан користувачів комп'ютерів ..	57
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі, де доступ до бездротової мережі має вирішальне значення для ефективності та мобільності, швидкість мережі Wi-Fi стає однією з ключових характеристик, що визначають якість обслуговування. Підтримка широкого спектру додатків, від потокового відео до інтерактивних віртуальних середовищ, вимагає постійного вдосконалення та оптимізації швидкості передачі даних бездротової мережі.

Інженери мережі та дослідники стикаються з проблемою ефективного планування та керування ресурсами мережі Wi-Fi для забезпечення оптимальної продуктивності. У цьому контексті для розробки ефективних стратегій оптимізації необхідні остаточне дослідження та моделювання параметрів, що впливають на швидкість передачі даних у мережах Wi-Fi.

Дана тема залишається актуальною в плані стрімкого розвитку бездротових технологій і зростання вимог до високошвидкісного і надійного бездротового зв'язку. Ось деякі аспекти, які починають актуальність цієї теми:

- зростання вимог до пропускної здатності – постійне збільшення обсягу передачі даних та використання широкосмугових послуг, таких як відеострімінг, вимагає постійного вдосконалення пропускної здатності мережі Wi-Fi;
- розвиток нових технологій Wi-Fi – впровадження нових стандартів Wi-Fi (наприклад, Wi-Fi 6 та майбутні стандарти) вимагає нових методів та інструментів моделювання для оцінки їх ефективності та можливостей оптимізації;
- інтернет речей (IoT) – зростання деяких пристроїв IoT, які використовують бездротові з'єднання, підкреслює ефективний ресурс керування та оптимізацію швидкості мережі;
- вплив різних факторів на швидкість – розуміння впливу різних чинників, таких як технічні характеристики антен, та розташування точки доступу, може допомогти оптимізувати мережу для максимальної швидкості передачі даних.

Мета роботи полягає у дослідженні методів і засобів оцінювання ефективності роботи Wi-Fi мережі.

Перед початком роботи було поставлено ряд **завдань**:

- проаналізувати сучасні стандарти Wi-Fi та їх вплив на швидкість передачі даних;
- розробити математичні моделі, що враховують вплив різних параметрів на швидкість Wi-Fi мережі;
- здійснити експериментальні вимірювання швидкості мережі Wi-Fi в різних умовах, різних частотні компоненти або в різні часові періоди.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання ефективності роботи Wi-Fi мережі.

Предметом дослідження є методи і засоби оцінювання ефективності роботи Wi-Fi мережі.

Методи досліджень базуються на використанні методів моделювання роботи Wi-Fi мережі та методів оброблення та генерації сигналів для аналізу та підвищення ефективності роботи Wi-Fi мережі.

Наукова новизна: Поширено застосування методів комп'ютерного та імітаційного моделювання роботи Wi-Fi мережі, шляхом поєднання та порівняння результатів від різних програмних засобів, що уможливило оцінку швидкості передачі даних стандарту IEEE 802.11n/ac включаючи сліпі зони, що виникають у приміщеннях при поширенні радіохвиль.

Запропоновано нове використання методів генерування Wi-Fi сигналів стандарту IEEE 802.11n/ac, шляхом їх впровадження як базових у програмних засобах моделювання Wi-Fi мереж, що уможливило застосування різних програмних засобів до оцінювання швидкості передачі даних.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи магістра полягає у тому, що запропоновані та реалізовані програмні засоби дозволяють провести аналіз Wi-Fi мережі та швидкості передачі даних в ній, а також усунути проблеми, що впливають на роботу Wi-Fi мережі.

Публікації. За результатами виконаних в кваліфікаційній роботі магістра досліджень опубліковано 2 тези (Додаток А) наукової конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», проведеної в ТНТУ 13-14 грудня 2023.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНДАРТІВ WI-FI ТА ЇХ ВПЛИВ НА ШВИДКІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

1.1. Характеристики та принципи роботи WI-FI

Бездротові технології мають безліч застосувань і приносять значні переваги в різних галузях життя. Бездротові технології надають користувачам можливість переміщатися без обмежень фізичних кабелів. Це особливо важливо для портативних пристроїв, таких як смартфони, планшети та ноутбуки. Вони дозволяють з'єднувати пристрої без потреби в кабелях, що спрощує процес налаштування та використання техніки. Бездротові технології, такі як Wi-Fi, дозволяють легко підключати пристрої до локальних мереж і Інтернету. Бездротові технології є ключовим компонентом для розвитку Інтернету речей (IoT). Вони дозволяють підключати та взаємодіяти з різними пристроями та сенсорами для збору та обміну даними. Бездротові технології, такі як супутниковий зв'язок, дозволяють забезпечити зв'язок у віддалених або важкодоступних областях, де будівництво кабельних інфраструктур є витратним або складним. Бездротові технології забезпечують швидкий та легкий доступ до інтернету та інших мереж у різних місцях, що покращує комунікації та обмін інформацією. Деякі бездротові технології, такі як Wi-Fi та Bluetooth, легко масштабуються для включення більшої кількості пристроїв у мережу [1].

Загалом, бездротові технології відіграють важливу роль у полегшенні повсякденного життя, покращенні ефективності та забезпеченні більшого зручності в користуванні технологією.

Існує безліч типів бездротових технологій, які використовуються у різних галузях технологій та комунікацій. Далше наведено найпоширеніші типи бездротових технологій.

Основним та найпоширенішим типом топології на даний момент є Wi-Fi (802.11) – це бездротовий стандарт для локальної мережі, який дозволяє підключати пристрої до інтернету та інших пристроїв в межах певної області покриття.

На сьогоднішній день було розроблено численні версії стандарту IEEE 802.11, позначені літерними індексами від a до w. Проте лише чотири з них, а саме a, b, g і n, набули широкого поширення та популярності серед виробників обладнання. Решта стандартів представляють собою вдосконалення, доповнення або коригування вже існуючих специфікацій. Крім того, існують новіші стандарти, такі як 802.11ac/ax, які зазвичай забезпечують вищу швидкість передачі даних та ефективніше використання каналів [3].

Технічні характеристики основних стандартів Wi-Fi можна знайти в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Ключові характеристики основних стандартів IEEE 802.11.

Стандарт	IEEE 802.11.a	IEEE 802.11.b	IEEE 802.11.g	IEEE 802.11.n
Рік ратифікації Wi-Fi альянсом	1999	1999	2003	2009
Частотний діапазон, ГГц	5.15 – 5.24 5.67 – 5.85	2.4 – 2.48	2.4 – 2.48	2.4 – 2.48 5.14 – 5.25 5.67 – 5.85
Доступ до радіоканалу	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA
Кількість абонентів на один канал	64	64	64	64
Максимальна швидкість обміну даними	54 Мбіт/с	11 Мбіт/с	54 Мбіт/с	600 Мбіт/с
Звичайна швидкість передачі даних	23 Мбіт/с	4 Мбіт/с	20 Мбіт/с	120 Мбіт/с
Ширина каналу	20 МГц	22 МГц	20 МГц	40 МГц
Метод модуляції	OFDM	BPSK, CCK	OFDM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Дальність дії в приміщенні	10-20	20-100	20-50	10-20

Також важливо відзначити, що планується наступне вдосконалення стандарту IEEE 802.11, яке буде працювати в діапазонах радіочастот 2.4, 5 і 6 ГГц.

Прогнозується, що теоретичний максимум швидкості досягатиме 30 Гбіт/с. Станом на березень 2023 року розробка 802.11be продовжується, і фінальний варіант очікується навесні 2024 року.

Включаючи стандарти IEEE 802.11 до основних характеристик також входить:

- частотні діапазони. Wi-Fi працює на двох основних частотних діапазонах: 2.4 ГГц і 5 ГГц. Новіший стандарт 802.11ax також включає частоти вище 5 ГГц для забезпечення додаткового діапазону.

- Швидкість передачі даних. Швидкість Wi-Fi може варіюватися від декількох мегабіт на секунду (Mbps) для старих стандартів до кількох гігабіт на секунду (Gbps) для новіших стандартів.

- Мережева інфраструктура. Мережа Wi-Fi може працювати в режимі точка-точка або у режимі інфраструктури, де є точка доступу (AP), яка координує підключені пристрої.

- Множинний доступ. Технологія Wi-Fi використовує методи множинного доступу (наприклад, CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) для ефективного використання каналу зв'язку.

- Мобільність. Wi-Fi дозволяє підключати пристрої до бездротової мережі в межах покриття точки доступу, що забезпечує велику мобільність для користувачів.

- Інтернет речей (IoT). Wi-Fi є однією з технологій, що застосовується в мережі Інтернету речей (IoT), де багато пристроїв можуть бути підключені до мережі для обміну даними.

1.2. Принцип побудови та функціонування мереж IEEE 802.11.

В цьому розділі буде проведено аналіз стандарту IEEE 802.11. Так, як і для всіх стандартів IEEE 802, в документі IEEE 802.11 враховано два рівні моделі об'єднання відкритих систем (OSI): каналний (Data Link Layer) та фізичний. Канальний рівень поділений на два підрівні, з яких верхній, Logical Link Control (LLC), описаний в стандарті IEEE 802.2.

Стандарт IEEE 802.11 визначає лише нижній підрівень Medium Access Control (MAC), що відповідає за управління доступом до каналу. Іншими словами, на фізичному рівні стандарт визначає способи взаємодії з середовищем передавання, методи та швидкість модуляції. На рівні MAC стандарт визначає, як пристрої використовують загальний канал, принципи підключення пристроїв до мережі, автентифікацію, та операції захисту даних [2].

Оскільки стандарт IEEE 802.11 розроблявся як "бездротовий Ethernet", він використовує 48-бітну пакетну передачу з адресами пакетів, аналогічну до мережі Ethernet. Комітет IEEE 802 вдавав увагу до сумісності всіх своїх стандартів, і тому бездротові та проводові мережі IEEE 802 можуть легко взаємодіяти між собою.

Стандарт визначає два основних способи організації локальної мережі: безпосереднє взаємопов'язання (Ad-hoc мережа, див. рис. 1.1, а) та структурована мережа (див. рис. 1.1, б).

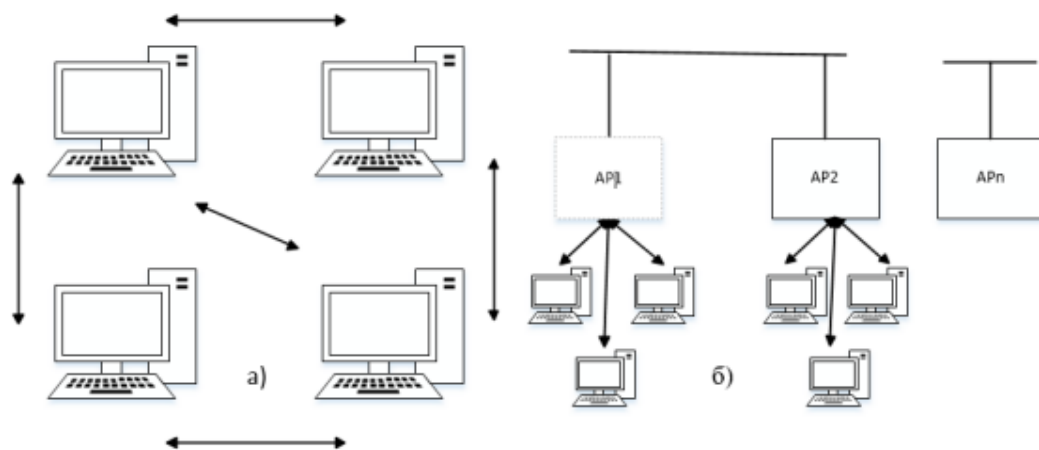


Рис.1.1. Архітектура мережі 802.11: а) ad-нос-мережа;
б) структуровані мережі

У першому випадку встановлення зв'язку між двома станціями відбувається без участі будь-якого адміністративного контролю. У разі структурованих мереж (які, як виявилось на практиці, є основним методом побудови мереж IEEE 802.11), введено додатковий пристрій - точку доступу (AP - Access Point), яка зазвичай є стаціонарною та діє на фіксованому каналі.

Кадри, які регулюють доступ до середовища, можуть включати в себе три категорії: кадри з даними, контрольні кадри (ACK, RTS, CTS) і кадри управління (наприклад, Beacon). Вони мають ідентичну структуру (див. рис. 1.6). Кожен кадр на рівні регулювання доступу до середовища включає в себе заголовок управління доступом до середовища (MAC), поле даних (Frame Body) і контрольну суму CRC. У заголовку передається повна інформація про версію протоколу стандарту групи IEEE 802.11, тип кадру, системи захисту (поле Frame Control); тривалість процедури передачі пакету (Duration/ID), адреси одержувача/відправника (Address L-4; чотири адресні поля необхідні, якщо пакети передаються з однієї підмережі точки доступу в іншу) і інформація про послідовність пов'язаних пакетів (Sequence Control). Поле даних може мати різну довжину або взагалі відсутнє (у контрольних кадрах).

Швидкість досягнення 54 Мбіт/с була вперше впроваджена в стандарті 802.11a (розробка почалася раніше, ніж у стандарті 802.11, але остаточна версія була випущена пізніше). Основне поліпшення швидкості досягалось завдяки збільшенню глибини модуляції до 64 рівнів на один символ. Передача даних відбувалася в діапазоні 5 ГГц, і ширина каналу становила 20 МГц.

У відміню від стандартів 802.11 і 802.11b, навіть часткове перекриття цього діапазону може викликати помилки передачі. Щасливою властивістю є те, що в діапазоні 5 ГГц відстань між каналами також становить 20 МГц.

Стандарт 802.11g не приніс значного прориву в швидкості передачі даних. Фактично цей стандарт є комбінацією стандартів 802.11a і 802.11b в діапазоні 2,4 ГГц, підтримуючи при цьому швидкості обох стандартів.

1.3. Аналіз стандартів бездротового доступу до мережі Wi-Fi

Стандарти Wi-Fi регулюють бездротові мережі та додаткові параметри, які впливають на швидкість передачі даних. Стандарти IEEE 802.11 постійно розвиваються. У таблиці 1.2. показано покоління Wi-Fi.

Таблиця 1.2

Покоління Wi-Fi.

Назва покоління	Стандарт IEEE	Прийнятий	Максимальна швидкість з'єднання (Мбіт/с)	Смуги радіочастот (ГГц)
Wi-Fi 7	802.11be	(2024)	≤ 46120	2.4 / 5 / 6
Wi-Fi 6E	802.11ax	2020	≤ 9608	6
Wi-Fi 6		2019		2.4 / 5
Wi-Fi 5	802.11ac	2014	≤ 6933	5
Wi-Fi 4	802.11n	2008	≤ 600	2.4 / 5
(Wi-Fi 3)	802.11g	2003	≤ 54	2.4
(Wi-Fi 2)	802.11a	1999	≤ 11	5
(Wi-Fi 1)	802.11b			2.4
(Wi-Fi 0)	802.11	1997	≤ 2	

Дальше розглянуто деякі сучасні стандарти Wi-Fi та їх вплив на швидкість передачі даних.

Стандарт 802.11n може досягати швидкості до 600 Мбіт/с, що є значним покращенням порівняно з попередніми стандартами. 802.11n використовує технологію MIMO, що дозволяє використовувати більше однієї антени як для передачі, так і для отримання сигналу. Це покращує пропускну здатність та стабільність з'єднання. Підтримка каналів 20 МГц та 40 МГц. Використання широких каналів (40 МГц) дозволяє підвищити пропускну здатність, але може викликати проблеми в умовах зайнятості радіочастотного спектру. Посилення сигналу: використання технології посилення сигналу для покращення дальності передачі та забезпечення кращого з'єднання на великих відстанях. Зворотна сумісність із попередніми стандартами (802.11a/b/g), що дозволяє пристроям різних поколінь працювати в одній мережі. Захист і безпека: підтримка різноманітних протоколів шифрування, таких як WPA і WPA2, для забезпечення безпеки мережі.

802.11ac також відомий як Wi-Fi 5, представлений у 2013 році, є одним із поточних бездротових стандартів Wi-Fi. Швидкість передачі даних може досягати швидкості до 1,3 Гбіт/с (Хвиля 1) і навіть більше (Хвиля 2). Це є суттєвим покращенням відповідно до попередніх стандартів, таких як 802.11n. Підтримка

МІМО з більшою кількістю антен (зазвичай 3 або більше), що підвищує ефективність передачі даних та забезпечує кращу продуктивність в умовах завод. Використання широких каналів до 80 або 160 МГц для забезпечення великої пропускну здатності. Використання ширших каналів дозволяє підвищити швидкість передачі даних. Підтримка технології Beamforming, що дозволяє забезпечити направлення передачі сигналу до конкретних пристроїв, покращуючи зону покриття та стабільність з'єднання. Підтримка Wave 2 802.11ac включає MU-MIMO, що дозволяє одночасно взаємодіяти з кількома пристроями, підвищуючи продуктивність мережі в умовах великої кількості підключених пристроїв. Зворотна сумісність із попередніми стандартами 802.11a/b/g/n, що дозволяє пристроям різних мереж працювати в одній мережі. Підтримка різноманітних протоколів шифрування для забезпечення безпеки мережі, таких як WPA2.

802.11ax (Wi-Fi 6) відомий також як Wi-Fi 6, є останнім стандартом бездротового зв'язку Wi-Fi, прийнятим у 2019 році. Цей стандарт має на меті покращити продуктивність та ефективність мережі, особливо в умовах більшої кількості підключених пристроїв та високого обсягу трафіку. Основні характеристики стандарту 802.11ax: 802.11ax забезпечує теоретичну максимальну швидкість передачі даних понад 9 Гбіт/с. Він досягає цього завдяки ряду технологічних покращень. OFDMA дозволяє розділити канал на менші частини, які можуть бути використані безперервними пристроями одночасно. Це покращує ефективність мережі в умовах високої щільності підключених пристроїв. Високопродуктивний MU-MIMO здатен обслуговувати більше пристроїв одночасно, що дозволяє ефективніше використовувати доступний радіочастотний спектр. Технологія BSS Coloring дозволяє розділити фізичний канал на віртуальні канали, зменшуючи взаємовплив між бездротовими мережами. TWT дозволяє пристроям регулювати свій час активності та після цього входити в спільний режим для економії енергії. Збільшено кількість амплітудно-фазових модуляційних символів для кращої ефективності передачі даних. Зворотна сумісність з попередніми стандартами Wi-Fi (802.11a/b/g/n/ac), що дозволяє новим пристроям працювати в старших мережах.

802.11ay є доповненням до родинних стандартів Wi-Fi і розроблений для роботи в міліметровій області частоти (60 ГГц). Цей стандарт, представлений у 2020 році, спрямований на покращення пропускну здатності та інших характеристик, специфічних для високочастотних мереж.

802.11ay має показову максимальну швидкість передачі даних до 20 Гбіт/с, що робить його одним із найвищих стандартів Wi-Fi. Робота в міліметровому діапазоні частоти (60 ГГц) дозволяє використовувати широкі канали та забезпечує велику пропускну здатність.

Стандарт 802.11ay розроблений для високочастотних бездротових мереж, які можуть бути корисними в різних сценаріях, таких як бездротові відеосистеми, великі конференц-зали, мережі на великих площах тощо. Однак важливо виконати, що міліметрові хвилі мають меншу здатність проникнення через перешкоди, тому ефективність залежить від умов експлуатації.

Вплив стандартів на швидкість передачі даних залежить від конкретних умов мережі, кількості підключених пристроїв, обсягу трафіку та інших факторів. У багатьох випадках реальна швидкість може бути нижчою, ніж теоретично заявлене значення, особливо з цими переповненими мережами або в присутності завад.

Завдяки постійному розвитку інформаційно-комунікаційних технологій випускаються нові стандарти Wi-Fi для підвищення швидкості передачі даних, ефективності та забезпечення більшої стабільності мережі.

1.4. Методи та інструменти моделювання мережі Wi-Fi

Моделювання мережі Wi-Fi – це процес створення віртуальної моделі реальної бездротової мережі для вивчення її характеристик та оптимізації роботи. Цей процес може включати в себе різні методи та інструменти для аналізу та вдосконалення роботи Wi-Fi-мережі.

Існує кілька програм для моделювання мережі Wi-Fi, які дозволяють інженерам та дослідникам вивчати та оптимізувати роботу бездротових мереж [4].

OPNET Modeler (Riverbed Modeler) – OPNET Modeler, який тепер також відомий як Riverbed Modeler, є потужним інструментом для моделювання та симуляції мереж. Цей продукт дозволяє досліджувати різні аспекти мережі Wi-Fi, включаючи пропускну здатність, затримки та інші характеристики.

QualNet – це програмне забезпечення для симуляції мереж, яке включає в себе підтримку Wi-Fi-мереж. QualNet дозволяє моделювати різні стандарти бездротового зв'язку та проводити дослідження щодо продуктивності та оптимізації.

Cisco Packet Tracer – це інструмент від Cisco, який дозволяє моделювати мережеві сценарії, включаючи бездротові мережі Wi-Fi. Він часто використовується для навчання та навчальних цілей.

MATLAB із Simulink [6] – можуть бути використані для моделювання та симуляції мережі, включаючи Wi-Fi. Це може бути особливо корисно для дослідження різних алгоритмів та протоколів.

Для аналізу та вимірювання мереж Wi-Fi різні інструменти, які дозволяють моніторити та оцінювати різні характеристики мереж.

Wireshark є відкритим програмним забезпеченням для аналізу мережевих пакетів. Він може бути використаний для перехоплення та аналізу трафіку Wi-Fi, включаючи деталі протоколів та виявлення проблем у мережі.

EkaHau Site Survey – це комерційне програмне забезпечення для професійного аналізу та вимірювання мережі Wi-Fi. Дозволяє створювати детальні карти покриття та виконувати аналіз ефективності мережі.

AirMagnet WiFi Analyzer – це професійний інструмент для аналізу мережі Wi-Fi, який надає розширені можливості для вимірювання якості підключення, перевірки перешкод та аналізу трафіку.

Acrylic Wi-Fi дозволяє аналізувати мережі Wi-Fi, включаючи сигнали, шум і канали. Також є можливість перехоплення та аналізу пакетів.

Для вимірювання радіочастотного середовища (РЧ) і виявлення виявлених перешкод та проблем у бездротових мережах існує кілька інструментів і пристроїв. Ось кілька популярних інструментів для цих цілей:

Аналізатори Wi-Fi (наприклад, MetaGeek Chanalyzer або Ekahau Spectrum Analyzer) – ці інструменти не дозволяють оцінювати сигнали Wi-Fi на різних частотах та визначати рівень інтерференції в радіочастотному спектрі.

AirMagnet Spectrum XT – інструмент пошуку та аналізу сигналів у радіочастотному спектрі, допомагаючи ідентифікувати джерела перешкод та визначити їх вплив на мережу.

Keysight (раніше Agilent) X-Series Signal Analyzers – це високоточні спектральні аналізатори, які можуть вимірювати широку частоту.

Правивши аналіз засобів та інструментів для вимірювання швидкості та моделювання роботи Wi-Fi мережі в подальшому для проведення дослідження було обрано інструмент для математичного моделювання та генерації сигналів в мережі Wi-Fi – MATLAB та інструмент для аналізу Wi-Fi мережі – WiFi Analyzer.

1.5. Висновки до розділу.

У першому розділі була розглянута класифікація технологій передачі інформації у бездротових мережах (БМПП). Виявлено, що найбільш популярним є тип мережі для бездротових локальних мереж (WLAN - wireless local area network), і було розглянуто основні параметри та принципи функціонування мережі Wi-Fi. Головне призначення таких систем полягає в розгортанні бездротових мереж всередині приміщень, але також існують випадки їх використання на відкритих майданчиках.

Було вивчено стандарти бездротових локальних мереж Wi-Fi, а також проведений аналіз нових стандартів у сімействі IEEE 802.11. Детально розглянуто протокол Wi-Fi, який представляє новину у сімействі стандартів IEEE 802.11.

Було проведено аналіз програм та інструментів за допомогою, яких можна проводити математичний аналіз мереж Wi-Fi. Було обрано інструмент для математичного моделювання MATLAB та аналізатор бездротової мережі – WiFi Analyzer.

Розглянуто основний механізм та рівні доступу до мережі. Отримана інформація допоможе осмислити основні принципи функціонування цих мереж і визначити належний підхід для подальшого розгляду цієї теми.

РОЗДІЛ 2.

ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕРЕЖІ WI-FI.

2.1. Вибір інструментів для моделювання роботи мережі Wi-Fi

Проаналізувавши програмне забезпечення та інструменти для аналізу Wi-Fi мережі та математичного моделювання в розділі 1, для аналізу швидкості роботи Wi-Fi мережі було обрано програмне забезпечення – NetSpot, та інструмент для математичного моделювання Wi-Fi мережі – MATLAB.

В цьому розділі розглянуто функціонал обраних програм та їх основні прикладні інструменти, які в основному задіяні для вирішення поставлених задач.

Програма NetSpot – це професійна програма для дослідження бездротових мереж, аналізу Wi-Fi, поліпшення мережі для Windows [5]. Це аналізатор Wi-Fi. Працює на будь-якому ноутбучі (Windows 7/8/10/11) з мережним адаптером стандарту 802.11a/b/g/n/ac. Підтримує частотний діапазон 2.4 ГГц та 5 ГГц на каналах 20/40/80/160 МГц.

NetSpot збирає всю інформацію про навколишні мережі Wi-Fi і показує її в інтерактивній таблиці, як це показано на рисунку 2.1. Це дозволяє проводити зручну діагностику мереж та покращувати їх покриття, пропускну здатність, продуктивність, конфігурацію точок доступу, рівні сигналу, перешкод та шуму.

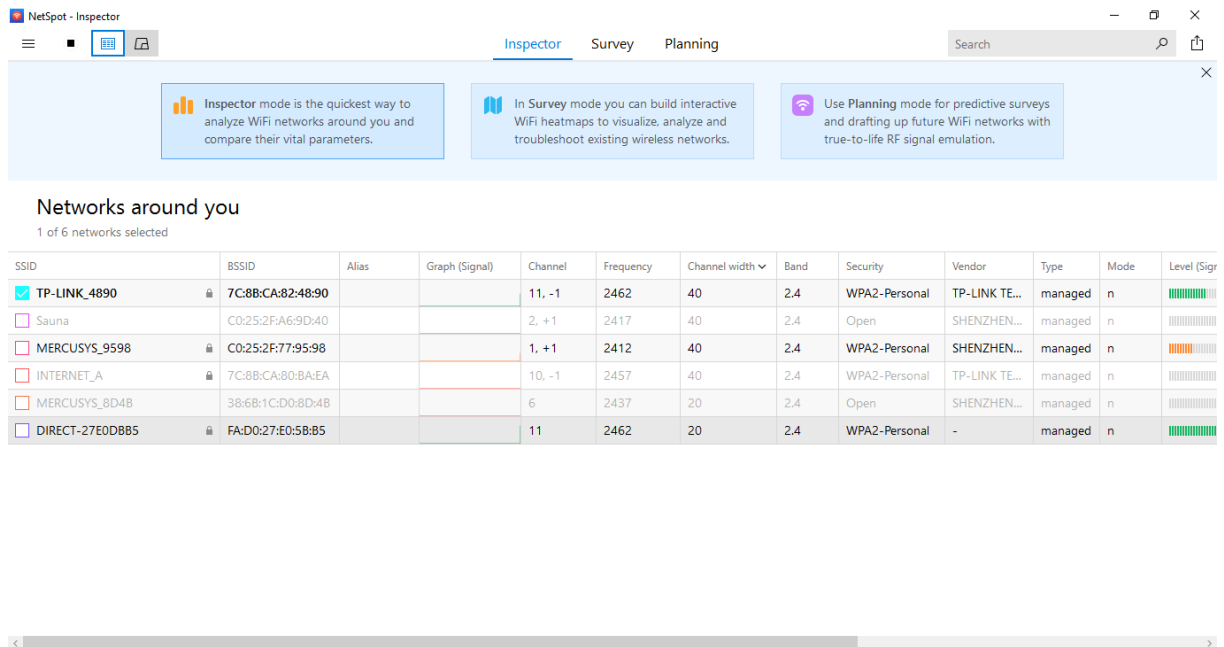


Рис.2.1. Вікно програми NetSpot

Дане вікно програми (рис. 2.1.) використовується для визначення та вибору бездротових точок доступу у мережі.

Наступним елементом програми є інструмент «Planning» (рис. 2.2.), яке дозволяє розробити реальний план будинку та встановити відповідно точки доступу до мережі Wi-Fi.

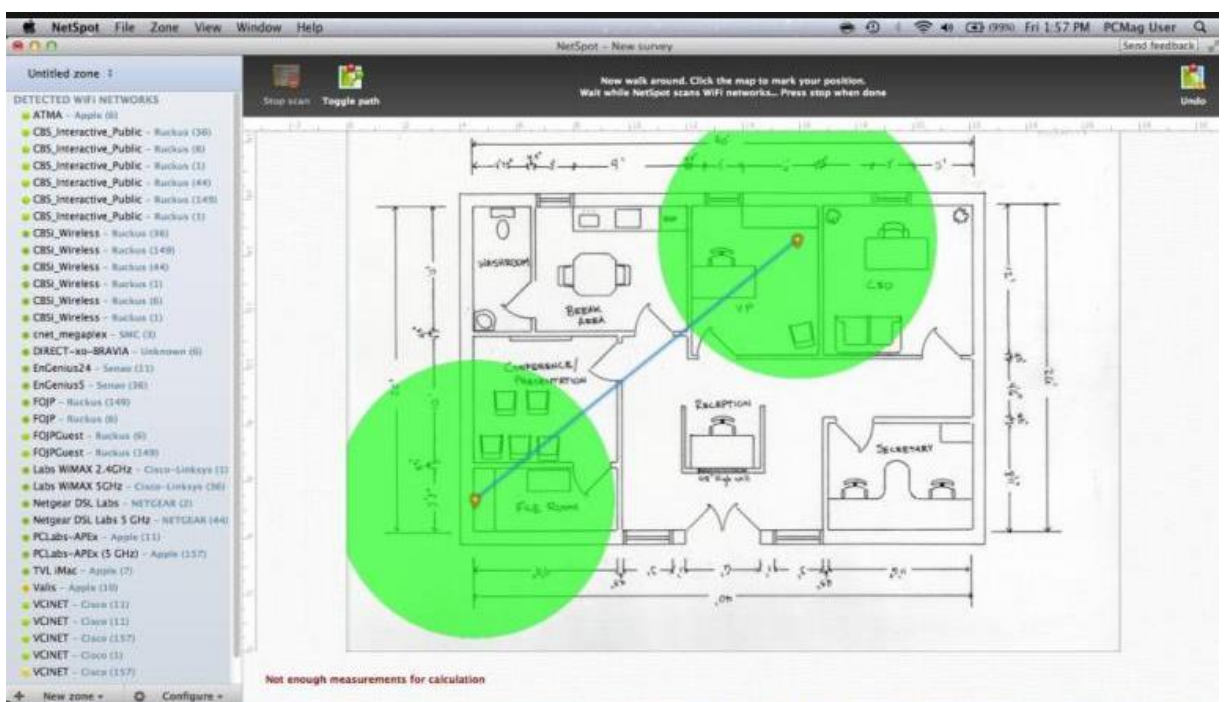


Рис.2.2. Вікно «Planning» програми NetSpot

Даний застосунок дозволяє виміряти швидкість Wi-Fi мережі на площині, враховуючи перешкоди, тим самим виявляючи сліпі зони.

Наступним елементом в програмі NetSpot для дослідження даної тематики є «Signal level» (рис. 2.3), який відповідає за рівень сигналу та побудову графіка відносно сигналу.



Рис.2.3. Вікно програми «Signal level»

Наступним елементом для даного дослідження методів моделювання роботи мережі Wi-Fi є інструмент MATLAB. Даний програмний продукт містить більш великий функціонал, ніж програма NetSpot.

У MATLAB на панелі інструментів меню "Apps" (рис. 2.10.) було існує ряд генераторів та toolboxes для генерації та дослідження різноманітних сигналів та їх характеристик.

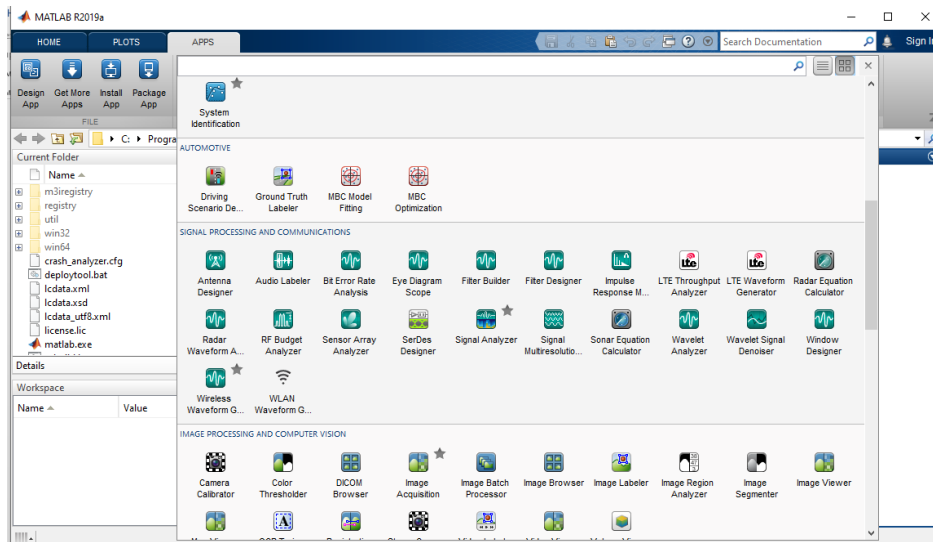


Рис.2.10. Додатки MATLAB

У MATLAB toolboxes поділяються на групи: обрані; для машинного навчання та поглибленого навчання; математика, статистика та оптимізація; проектування та аналіз систем управління; автомобільні, обробка сигналів та зв'язок; обробка зображень та комп'ютерний зір; випробовування та вимірювання; обчислювання, фінанси; комп'ютерна біологія; генератор коду; перевірка коду; розгортання програм; підключення до бази даних та звітність; імітаційна графіка та звітність.

Для дослідження даної теми серед додатків MATLAB було обрано два toolboxes – Wireless Waveform Generator (рис. 2.11.) та WLAN Waveform Generator (рис. 2.12.) для генерації Wi-Fi сигналу, які належать групі обробка сигналів та зв'язок.

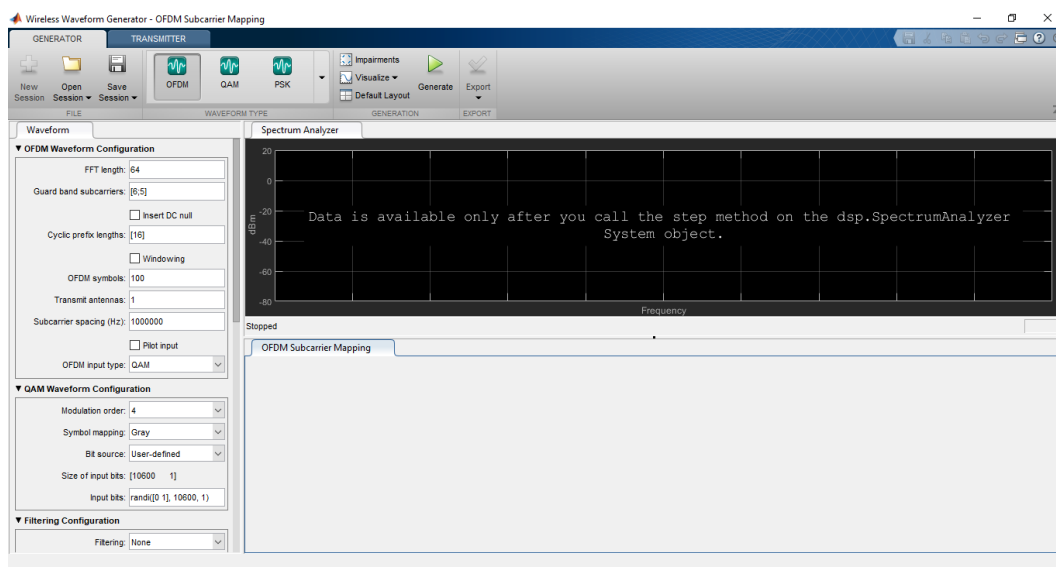


Рис.2.11. Wireless Waveform Generator

Програма Wireless Waveform Generator дозволяє створювати, погіршувати, візуалізувати та експортувати модульовані сигнали. За допомогою цієї програми можна генерувати модульовані сигнали WLAN (802.11). Для цієї функції потрібен WLAN Toolbox.

WLAN Toolbox надає функції, сумісні зі стандартами, для проектування, моделювання, аналізу, і тестування систем зв'язку бездротової локальної мережі. Він включає настроюваний фізичний рівень сигнали для сімейства стандартів IEEE 802.11. Він також забезпечує моделювання передавача, каналу, і операції приймача, включаючи кодування каналів, модуляцію, відображення просторового потоку та Приймачі MIMO.

Набір інструментів містить еталонні проекти, які допоможуть вам виконувати моделювання на рівні зв'язку основної смуги і багатовузлове моделювання на рівні системи. Ви можете генерувати сигнали та налаштовувати тест стенди, програмно або інтерактивно, за допомогою Wireless Waveform Generator додаток Ви можете генерувати та аналізувати загальні кадри MAC. Ви також можете виконувати вимірювання сигналу наприклад, потужність каналу, спектральна маска та зайнята смуга пропускання, а також створити тестові стенди для наскрізне моделювання каналів зв'язку WLAN.

Ви можете вивчати вплив радіочастотних конструкцій і перешкод на продуктивність системи. Використання WLAN Toolbox з РЧ-інструментами або пакетами підтримки обладнання, ви можете підключити свій моделі передавача та приймача на радіопристрої та перевіряйте свої проекти по повітряю передача та прийом.

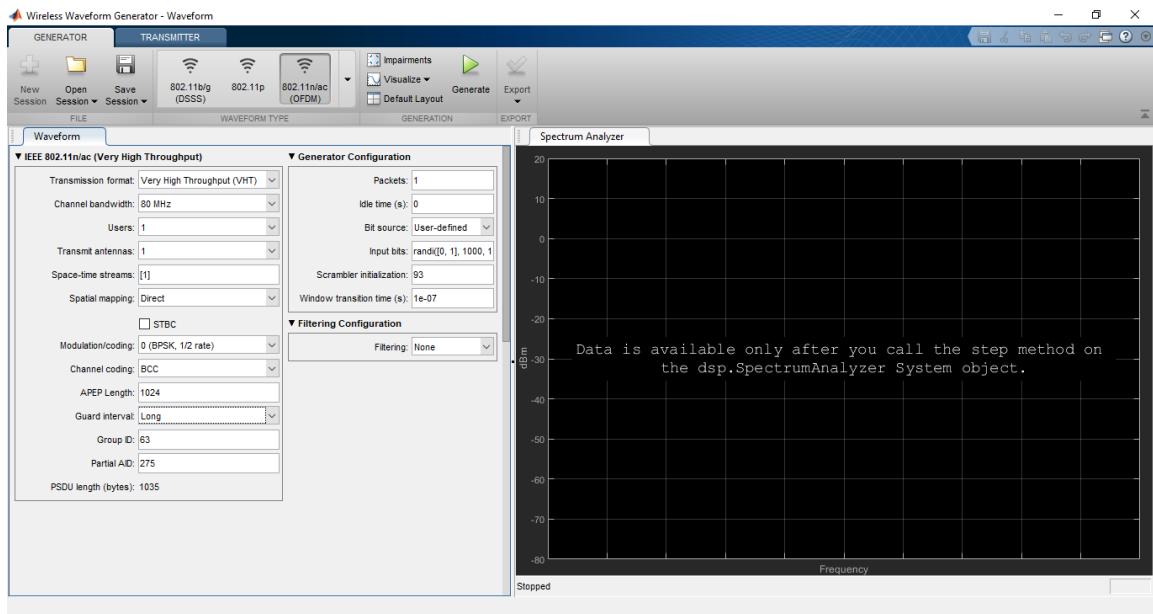


Рис.2.12. WLAN Waveform Generator

Програма WLAN Waveform Generator дозволяє створювати, погіршувати, візуалізувати та експортувати IEEE® Сигнали 802.1.

Програма надає ці можливості за допомогою Wireless Waveform Програма Generator налаштована для сигналу WLAN покоління. За допомогою програми можна:

- створювати IEEE Форми сигналів 802.11ax, 802.11ac, 802.11ad, 802.11n, 802.11ah, 802.11p, 802.11a, 802.11g, 802.11j і 802.11b;
- експортувати WLAN генерації сигналу параметри для сценарію MATLAB або блоку Simulink;
- візуалізувати сигнал WLAN у часі обсяг, аналізатор спектру, діаграма сузір'я та додаткові графіки інтегральної функції розподілу (CCDF).
- візуалізувати одиницю ресурсу (RU) і призначення піднесучої в IEEE Форма сигналу 802.11ax;
- створювати сигнал WLAN , додавши Порушення радіочастот, такі як AWGN, зміщення фази, зміщення частоти, зміщення постійного струму, IQ дисбаланс і кубічна нелінійність без пам'яті;
- створювати сигнал WLAN, який можна передавати за допомогою підключеного генератор сигналу, радіопередавач або SDR.

2.2. Застосування методів для математичного моделювання мережі Wi-Fi.

В ході дослідження даної тематики було обрано методи для математичного моделювання швидкості роботи Wi-Fi мережі.

Швидкість роботи Wi-Fi мережі буде змодельовано за її основними характеристиками: пропускна здатність, частота та SNR.

У цій магістерській роботі буде досліджуватися моделювання динамічного контролю швидкості шляхом зміни схеми модуляції та кодування (MCS) послідовних пакетів, що передаються по частотно-селективному каналу з багатопроменевим завмиранням. Після чого буде проведено генерацію сигналів Wi-Fi мережі.

Стандарт IEEE 802.11 підтримує динамічний контроль швидкості шляхом налаштування значення MCS кожного переданого пакета на основі основного каналу розповсюдження радіозв'язку. Максимізація пропускної здатності каналу розповсюдження, який змінюється в часі через завмирання багатопроменевого поширення або рух навколишніх об'єктів, вимагає динамічної зміни MCS. Стандарт IEEE 802.11 не визначає жодного стандартизованого алгоритму керування швидкістю (RCA) для динамічної зміни швидкості модуляції. Впровадження RCA залишається відкритим для виробників пристроїв WLAN. У цьому дослідженні використовується схема керування швидкістю із замкнутим контуром. Рекомендований MCS для передачі пакету розраховується в приймачі та доступний у передавача без будь-якої затримки зворотного зв'язку. У реальній системі ця інформація буде передана через обмін кадрами керування. MCS регулюється для кожного наступного пакету у відповідь на зміну умов каналу з потужністю шуму, що змінюється з часом.

Форма хвилі пропускається через канал TGac і додається шум. Пакет синхронізується та декодується для відновлення PSDU. SNR оцінюється та порівнюється з пороговими значеннями, щоб визначити, який MCS підходить для передачі наступного пакету. На рисунку 2.13. показано обробку кожного пакета .wlanWaveformGenerator

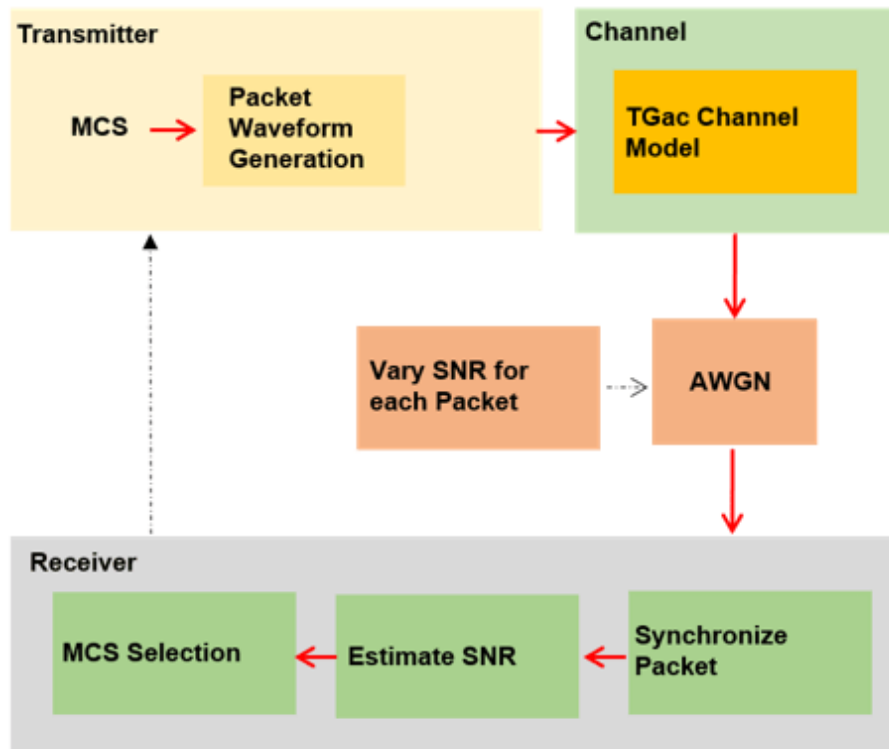


Рис.2.13. Обробка пакетів `.wlanWaveformGenerator`

Для кожного пакета виконуються такі етапи обробки:

- PSDU створюється та кодується для створення сигналу одного пакета;
- між послідовними пакетами додається фіксований час простою;
- форма хвилі передається через канал TGac, що розвивається;
- AWGN додається до переданої форми сигналу для створення бажаного середнього SNR на активну піднесучу після демодуляції OFDM;
- ця локальна функція `processPacket` пропускає переданий сигнал через канал TGac, виконує обробку приймача та оцінює SNR;
- VHT-LTF витягується з отриманої форми сигналу. VHT-LTF демодулюється OFDM і виконується оцінка каналу;
- поле даних VHT витягується з синхронізованого отриманого сигналу;
- оцінка шуму виконується з використанням пілот-сигналів поля демодульованих даних і оцінки однопоточкового каналу;
- оцінка SNR для кожного пакету порівнюється з порогом, порівняння використовується для коригування MCS для наступного пакету;

- PSDU відновлюється за допомогою вилученого поля VHT-Data.

Наступним етапом дослідження є генерація сигналу IEEE 802.11.

В подальшому у дослідженні буде показано, як генерувати сигнали IEEE 802.11 за допомогою програми WLAN Waveform Generator.

Генерація WLAN сигналів в даному дослідженні використовується для отримання і перетворення сигналів з певними характеристиками, що були виміряні в результаті дослідження. До основних параметрів генерації сигналу входить частота та канали, модуляція та кодування.

Моделювання швидкості бездротової мережі 802.11 можна поділити на кілька етапів:

- Конфігурація сигналу, принцип роботи описаний алгоритмом на рисунку 2.14. Конфігурація Wi-Fi сигналу включає в себе налаштування параметрів бездротової мережі для максимізації продуктивності, забезпечення безпеки та оптимізації з'єднання.



Рис.2.14. Алгоритм конфігурації сигналу

- Конфігурація каналу – принцип роботи показаний у алгоритмі на рисунку 2.15. Конфігурація каналу в мережі Wi-Fi визначає той радіочастотний канал, який використовується для передачі бездротових сигналів між вашим маршрутизатором (або точкою доступу) і підключеними пристроями.

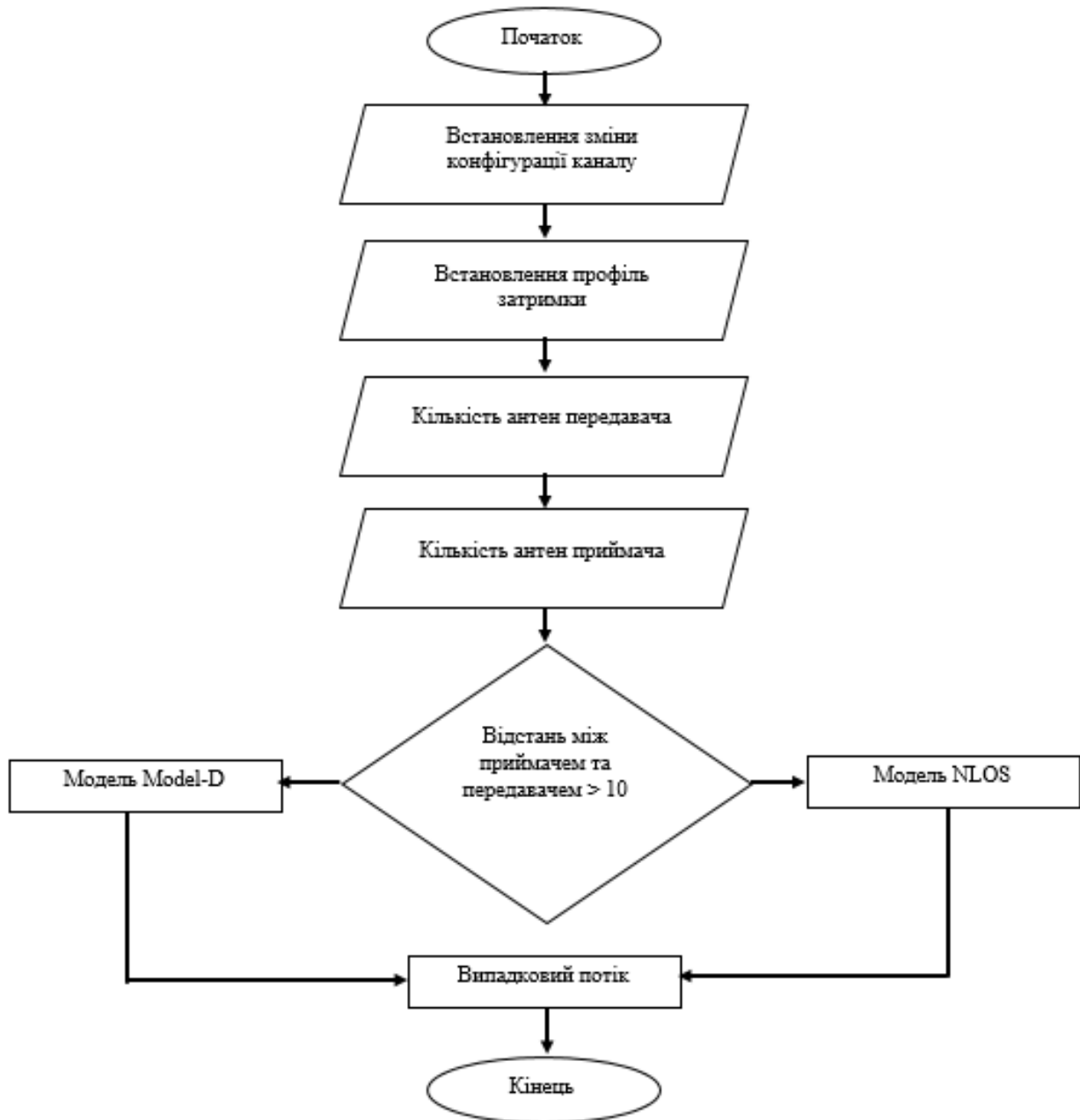


Рис.2.15. Алгоритм конфігурації каналу

- встановлення параметрів керування швидкістю. Алгоритм роботи показаний на рисунку 2.16;

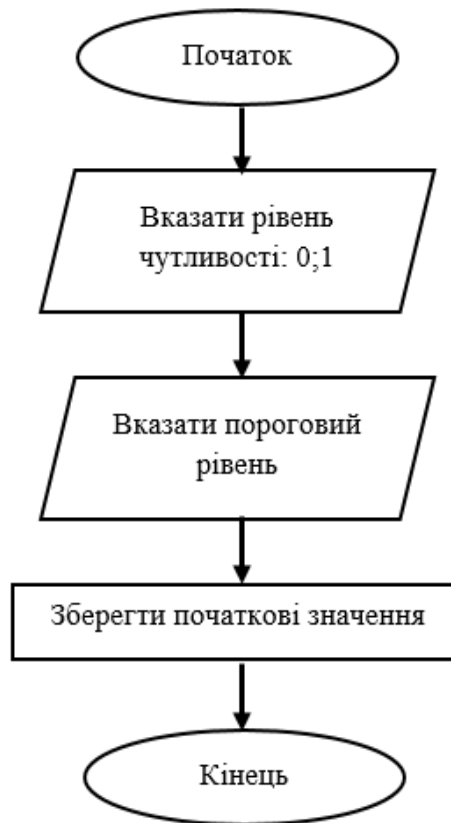


Рис.2.16. Алгоритм встановлення параметрів керування швидкістю

- Алгоритм вибору параметрів моделювання показаний на рисунку 2.17. Параметри моделювання Wi-Fi мережі визначають специфікації та характеристики мережі, які можуть бути використані для оптимізації її продуктивності, безпеки та ефективності в конкретному середовищі



Рис.2.17. Алгоритм вибору параметрів моделювання

Відповідно цих кроків будуть побудовані моделі швидкості роботи мережі.

Також за допомогою Wi-Fi аналізатора NetSpot виміряти швидкість Wi-Fi мережі у різних позиціях.

2.3. Висновки до розділу 2

Вибір методів та засобів для математичного моделювання роботи мережі Wi-Fi є ключовим етапом у розробці та оптимізації бездротових мереж.

За даними розділу 2, визначено основне програмне забезпечення для проведення дослідження, а саме: Wi-Fi аналізатора NetSpot, дозволяє виміряти та змоделювати сигнал Wi-Fi мережі, а також виміряти швидкість роботи мережі на площині, враховуючи перешкоди, що впливають на сигнали IEEE 802.11;

програмний інструмент для математичного моделювання MATLAB, що включає в себе програмні застосунки для опрацювання WLAN сигналів, такими програмами є WLAN Waveform Generator та Wireless Waveform Generator.

Для дослідження швидкості роботи мережі Wi-Fi було обрано декілька експериментів, а саме: генерація сигналу WLAN та моделювання динамічного контролю швидкості 802.11. Для побудови вибрано кілька кроків та сформовано алгоритм для подальшої розробки програми для моделювання швидкості роботи мережі Wi-Fi.

Для точного відображення роботи мережі Wi-Fi враховуються реальні умови та характеристики бездротового зв'язку, такі як шум, інтерференція, затримки та втрати пакетів. За допомогою обраних засобів та методів буде створено реалістичні математичні моделі, що дозволятимуть краще розуміти та покращувати продуктивність Wi-Fi мережі.

Узагальнюючи другий розділ, правильний вибір методів та засобів для математичного моделювання роботи мережі Wi-Fi є важливою передумовою для ефективного проектування, вдосконалення та управління бездротовими мережами.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ WI-FI МЕРЕЖІ ТА ОЦІНЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

3.1. Отримання тестового WI-FI сигналу засобами MATLAB

У цьому підрозділі проведено генерування сигналу IEEE 802.11 за допомогою програми WLAN Waveform Generator. Генерація сигналу дозволяє визначити ефективність мережі під час передачі даних на велику відстань. Це допомагає в оцінці пропускної здатності та швидкодії мережі в реальних умовах.

На вкладці програми панелі інструментів MATLAB потрібно вибрати Генератор сигналу WLAN, налаштовану для генерації сигналів WLAN так як показано на рисунку 3.1.

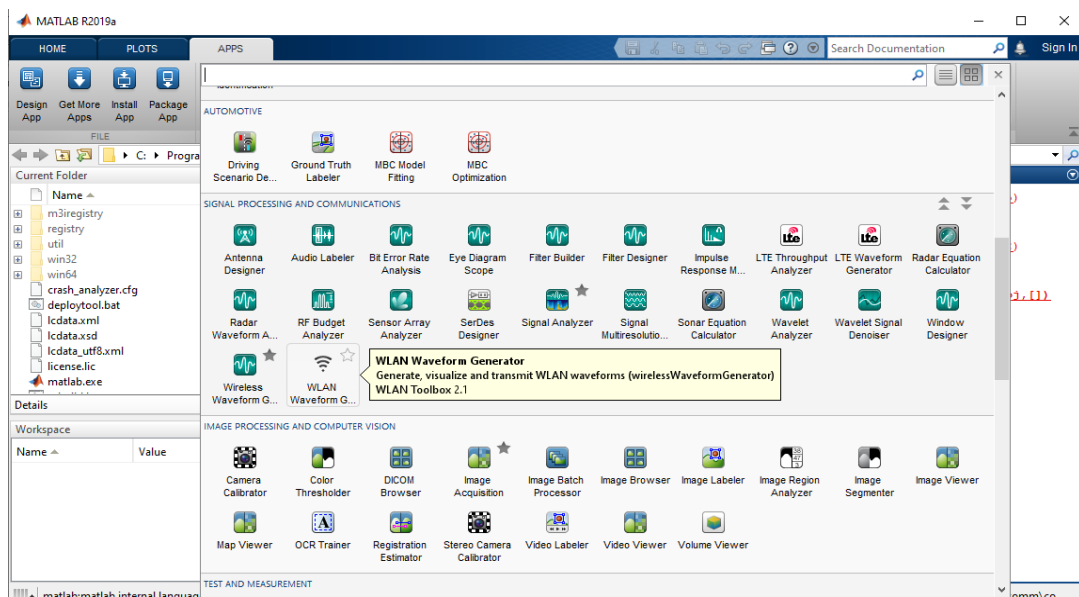


Рис.3.1. Вибір програми WLAN Waveform Generator

Після натискання на значок програми WLAN Waveform Generator відкривається стартове вікно самої програми, яке складається з:

- поля спектрального аналізу (рис. 3.2.);

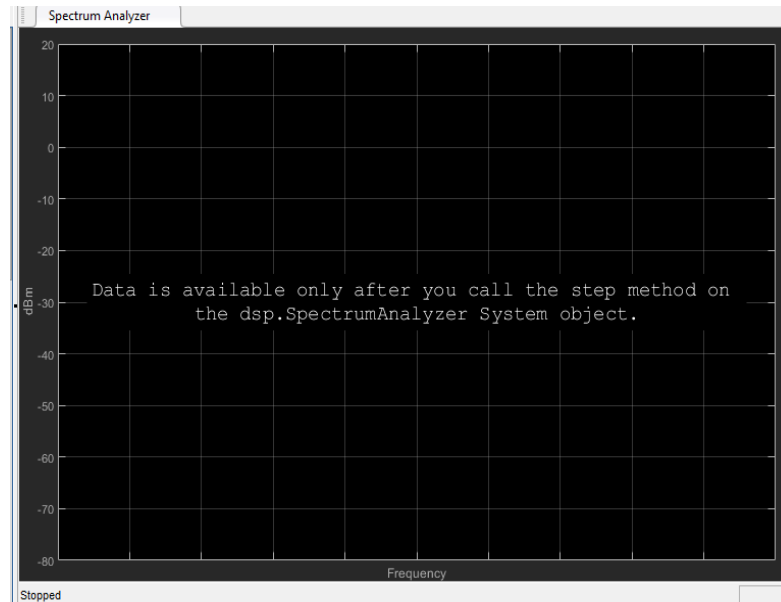


Рис.3.2. Поле спектрального аналізу

- конфігурація фільтрів (рис. 3.3.);

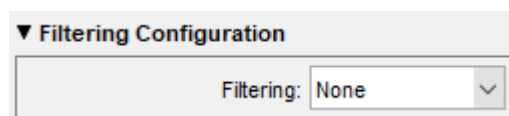


Рис.3.3. Конфігурація фільтрів

- генератор конфігурацій (рис. 3.4.), містить значення про кількість пакетів, час простою, джерело бітів, вхідні біти, ініціалізація склемблера та час переходу вікна;

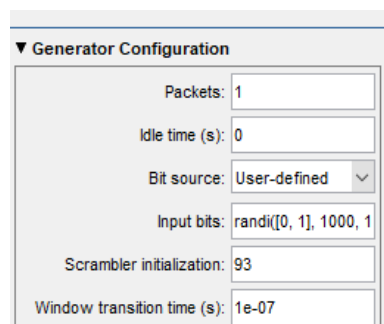


Рис.3.4. Генератор конфігурацій

- поле для введення характеристики сигналу IEEE 802.11 (рис. 3.5.), яке включає в себе: формат передачі, пропускну здатність, кількість користувачів, передавальні антени, просторово часові потоки, просторове відображення, модуляція/кодування, каналне кодування, довжину APEP, охоронний інтервал, ID групи, часткова допомога, довжина PSDU.

▼ IEEE 802.11n/ac (Very High Throughput)

Transmission format:	Very High Throughput (VHT) ▼
Channel bandwidth:	80 MHz ▼
Users:	1 ▼
Transmit antennas:	1 ▼
Space-time streams:	[1]
Spatial mapping:	Direct ▼
<input type="checkbox"/> STBC	
Modulation/coding:	0 (BPSK, 1/2 rate) ▼
Channel coding:	BCC ▼
APEP Length:	1024
Guard interval:	Long ▼
Group ID:	63
Partial AID:	275
PSDU length (bytes):	1035

Рис.3.5. Поле для введення характеристики сигналу IEEE 802.11

- панель інструментів (рис. 3.6.) містить вибір типу сигналів IEEE 802.11: ah, ah, ad, n/ac, p, b/g, a/g/j.

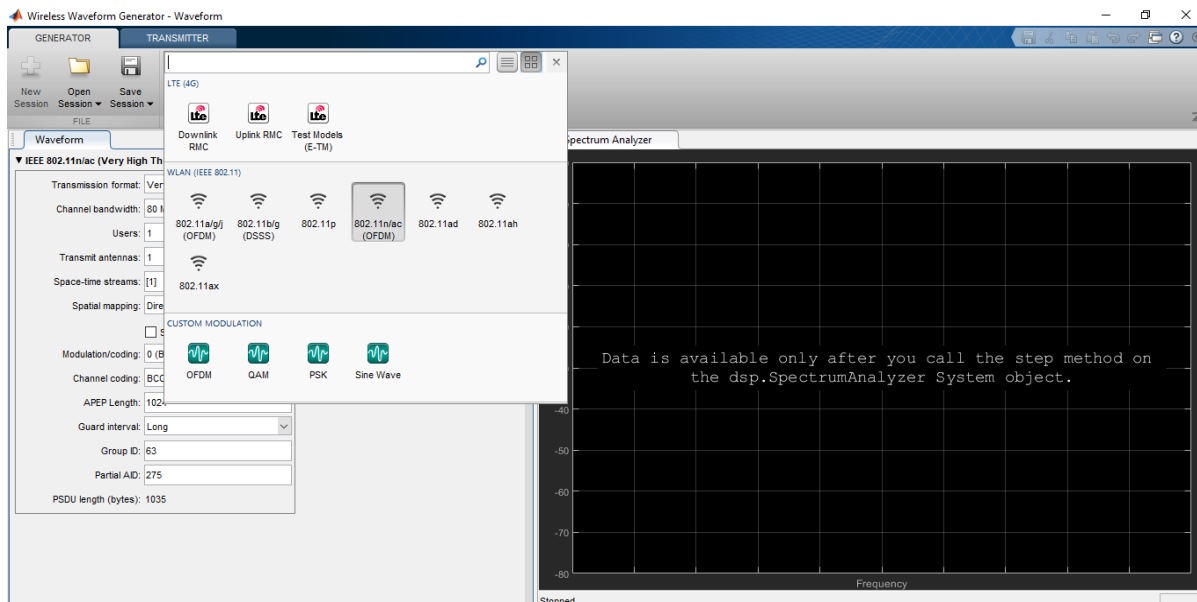


Рис.3.6. Вибір типу сигналу

Також на панелі інструментів програми можна додати ще два вікна для моделювання характеристик сигналу. У розділі «Візуалізація» ставимо прапорці для вибору діаграм, тоді на робочій панелі з'явиться ще два віконечка: «Time Scope» та «Constellation diagram». Тоді програма набуде такого вигляду, як показано на рисунку 3.7.

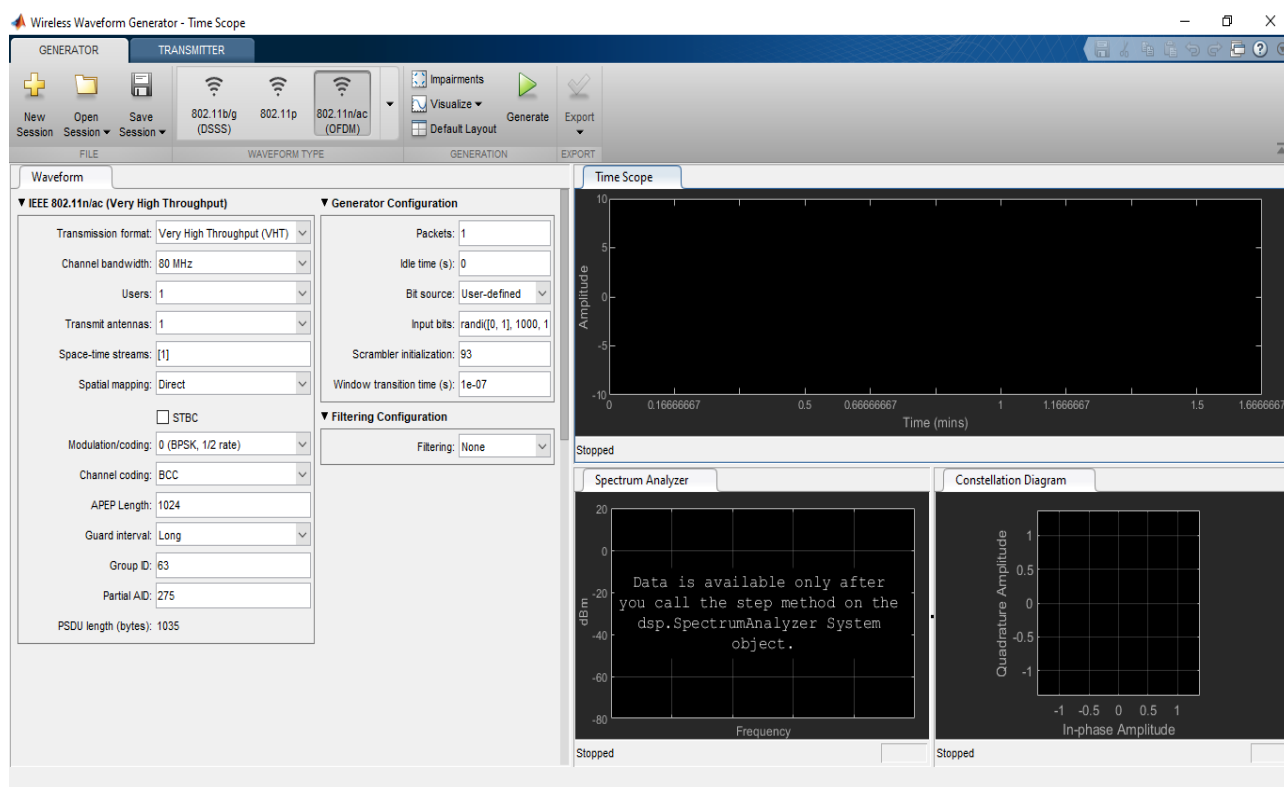


Рис.3.7. Робоче вікно програми WLAN Waveform Generator

Перед початком генерації необхідно обрати з яким типом сигналу IEEE 802.11 буде проводитися дослідження.

На панелі інструментів програми вибираємо PHY-формат сигналу типу IEEE 802.11n/ac, який буде згенеровано.

Наступним кроком є дослідження параметрів передачі та конфігурації, вказавши параметри на вкладці Форма сигналу на лівій панелі програми, додаючи порушення та інструменти візуалізації, вказавши параметри в розділі Generation панелі інструментів програми.

Вказуємо формат передачі сигналу – високий (High Throughput (VHT)), смуга пропускної здатності – 40 Mhz, передавальні антени – 2, просторово часові потоки – 1, потоки розширення – 0, просторове відображення – Фур'є, модуляція кодування – 0 (BPSK, 1/2 rate, 1 spatial stream), охоронний інтервал – Long, кодування каналу – VBC, довжина PSDU (байтах) – 1024.

Наступним кроком вибираємо конфігурацію генератора: кількість пакетів – 10, час простою – 0, вхідні біти – PN9, ініціалізація скламблера – 100, час переходу вікна (секунд) – 1e-06.

Щоб візуалізувати форму сигналу, потрібно на панелі інструментів натиснути кнопку Generate. Після чого програма почне обробляти сигнал. Генерацію сигналу IEEE 802.11n/ac показано на рисунку 3.8.

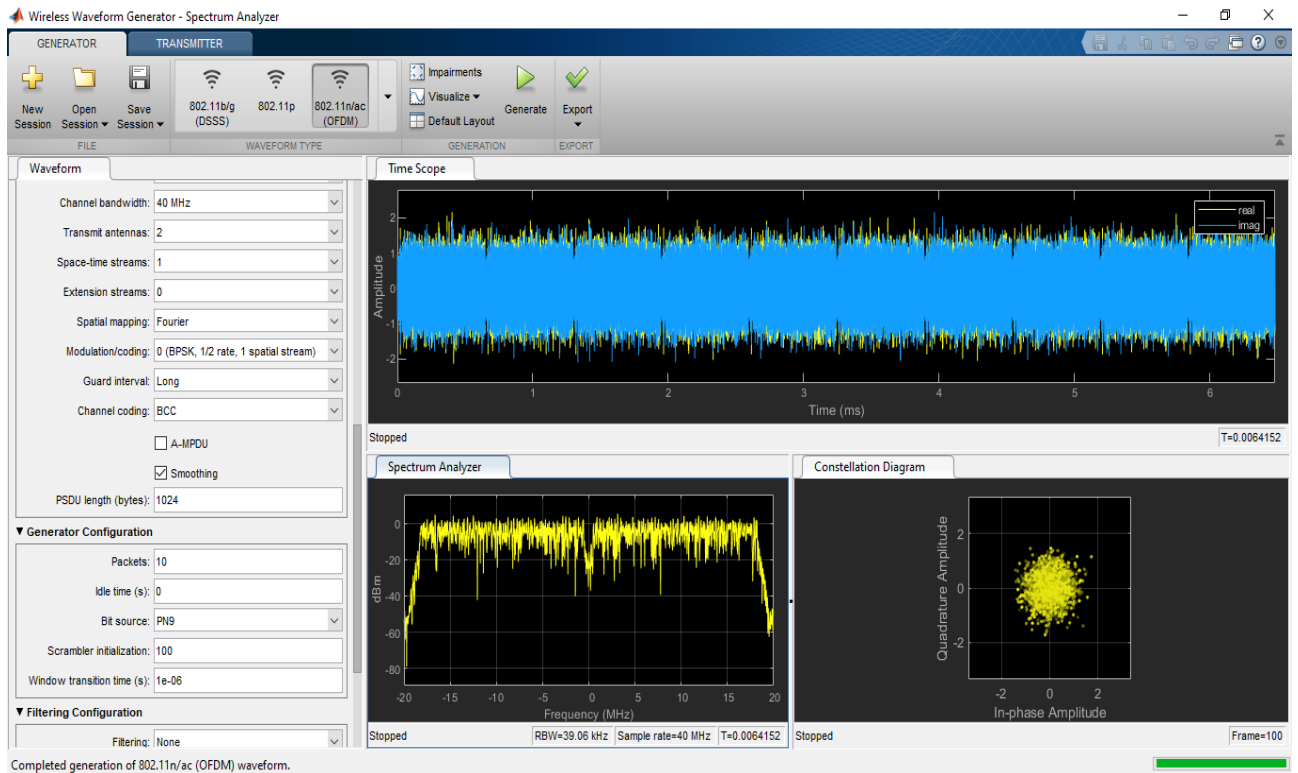


Рис.3.8. Генерація сигналу IEEE 802.11n/ac

На першому графіку зображено часовий діапазон сигналу за 0,0006 секунд.

На графіку «Spectrum Analyzer» відображено відношення потужності сигналу (dBm) до його частоти (MHz)

На графіку «Constellation diagram» показано відношення квадратурної амплітуди до синфазної. Даний графік змінюється в залежності від кількості антен передавача та кількості користувачів.

3.2. Оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi засобами MATLAB

Першим кроком для оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi є моделювання передачі VHT Wi-Fi сигналу (рис.3.9.). Властивості сигналу VHT вказуються в об'єкті конфігурації wlanVHTConfig. У цьому прикладі об'єкт спочатку налаштовано на смугу пропускання каналу 40 МГц, одну передавальну антену та швидкість QPSK-1/2 (MCS 1). MCS для наступних пакетів змінюється алгоритмом протягом симуляції.


```

cfgVHT = wlanVHTConfig;
cfgVHT.ChannelBandwidth = 'CBW40'; % пропускна здатність каналу 40 МГц
cfgVHT.MCS = 1; % швидкість QPSK-1/2
cfgVHT.APERLength = 4096; % довжини АРЕР у байтах
% Встановити випадковий потік для повторюваності результатів
s = rng(21);

```

Рис.3.9. Лістинг програми для конфігурації сигналу

Наступним кроком є конфігурація каналу Лістинг програми показано на рисунку 3.10. У цьому дослідженні модель каналу TGac N-LOS використовується з профілем затримки Model-D. Для моделі D, коли відстань між передавачем і приймачем більше або дорівнює 10 метрам, це модель NLOS.

```

tgacChannel = wlanTGacChannel;
tgacChannel.DelayProfile = 'Model-D';
tgacChannel.ChannelBandwidth = cfgVHT.ChannelBandwidth;
tgacChannel.NumTransmitAntennas = 1;
tgacChannel.NumReceiveAntennas = 1;
tgacChannel.TransmitReceiveDistance = 20; % Відстань у метрах для NLOS
tgacChannel.RandomStream = 'mt19937ar із початковим кодом';
tgacChannel.Seed = 0;
tgacChannel.NormalizeChannelOutputs = false;
% Установить частоту дискретизації для каналу
sr = wlanSampleRate(cfgVHT);
tgacChannel.SampleRate = sr;

```

Рис.3.10. Лістинг програми конфігурації каналу

Для дослідження потрібно виконати наступний крок – вказати параметри алгоритму керування швидкістю.

Зазвичай RCA використовують показники якості каналу або продуктивності зв'язку, наприклад SNR або частоту помилок пакетів, для вибору швидкості. RCA, представлений у цьому прикладі, оцінює SNR отриманого пакету. Під час прийому оцінене SNR порівнюється із заздалегідь визначеним порогом. Якщо SNR перевищує попередньо визначений поріг, тоді для передачі наступного пакету вибирається новий MCS. rcaAttack і rcaRelease контролюють плавні зміни ставок, щоб уникнути передчасних змін ставок. SNR має перевищувати значення $\text{threshold} + \text{rcaAttack}$ для підвищення MCS і бути нижче $\text{threshold} - \text{rcaRelease}$ значення для

зменшення MCS. У цьому моделюванні rcaAttack та rcaRelease налаштовані на консервативне збільшення MCS та агресивне його зменшення. Для значень threshold, вибраних для сценарію, змодельованого в цьому дослідженні, очікується невелика кількість помилок пакетів. Ці налаштування можуть не підходити для інших сценаріїв. Код програми для визначення параметрів алгоритму керування швидкістю показано на рисунку 3.11.

```
rcaAttack = 1; % Контроль чутливості, коли MCS зростає
rcaRelease = 0; % Контроль чутливості, коли MCS зменшується
popir = [11 14 19 20 25 28 30 31 35];
snrUp = [popir inf]+rcaAttack;
snrDown = [-inf popir]-rcaRelease;
snrInd = cfgVHT.MCS; % Зберігати початкове значення MCS
```

Рис.3.11. Лістинг програми для визначення параметрів алгоритму керування швидкістю

В наступній дії потрібно вказати параметри моделювання (рис.3.12).

У цій симуляції numPackets пакети передаються через канал TGas, розділені фіксованим часом простою. Стан каналу зберігається протягом моделювання, тому канал повільно розвивається з часом. Ця еволюція повільно змінює кінцевий SNR, вимірний на приймачі. Оскільки канал TGas змінюється дуже повільно з часом, зміну SNR на приймачі, видиму під час короткої симуляції, можна примусово сформувати за допомогою параметра walkSNR для зміни потужності шуму:

- встановлення walkSNR значення true генерує змінний SNR шляхом випадкового встановлення потужності шуму на пакет під час передачі, SNR коливається в межах 14-33 дБ (з використанням змінних amplitude і meanSNR);
- встановлення walkSNR значення false виправляє потужність шуму, застосовану до отриманої форми сигналу, тому варіації каналів є основним джерелом змін SNR у приймачі.

```

numPackets = 100; % кількість пакетів, переданих під час симуляції
walkSNR = істина;
% Вибір SNR для симуляції
if walkSNR
meanSNR = 22; % середнього SNR
amplitude = 14; % Відхилення SNR навколо середнього середнього
значення SNR
% Генерування різних значень SNR для кожного переданого пакета
baseSNR = sin(linspace(1,10,numPackets))*amplitude+meanSNR;
snrWalk = baseSNR(1); % Установити початкове значення SNR
% MaxJump контролює максимальну різницю SNR між одним пакетом і
наступним
maxJump = 0,5;
else
% Фіксоване середнє значення SNR для кожного переданого пакета. Уся
мінливість у SNR походить від змінного в часі радіоканалу
snrWalk = 22; %#ok<UNRCH>
end
% Щоб побудувати вирівняне сузір'я для кожного просторового потоку,
потрібно установити для параметра displayConstellation значення true
displayConstellation = false;
if displayConstellation
ConstellationDiagram = comm.ConstellationDiagram; %#ok<UNRCH>
ConstellationDiagram.ShowGrid = true;
ConstellationDiagram.Name = 'Зрівняні символи даних';
end
% Визначити змінні моделювання
snrMeasured = нулі(1,numPackets);
MCS = нулі(1,кількість пакетів);
ber = нулі(1,кількість пакетів);
packetLength = нулі(1,numPackets);

```

Рис.3.12. Лістинг програми для визначення параметрів моделювання

Для кожного пакета виконуються такі етапи обробки:

- PSDU створюється та кодується для створення сигналу одного пакета;
- між послідовними пакетами додається фіксований час простою;
- форма хвилі передається через канал TGas, що розвивається;
- AWGN додається до переданої форми сигналу для створення бажаного середнього SNR на активну піднесучу після демодуляції OFDM;
- ця локальна функція processPacket пропускає переданий сигнал через канал TGas, виконує обробку приймача та оцінює SNR;
- VHT-LTF витягується з отриманої форми сигналу. VHT-LTF демодулюється OFDM і виконується оцінка каналу;
- поле даних VHT витягується з синхронізованого отриманого сигналу;

- оцінка шуму виконується з використанням пілот-сигналів поля демодульованих даних і оцінки однопотокowego каналу на піднесучих пілот-сигналу;

- оцінене SNR для кожного пакету порівнюється з порогом, порівняння використовується для коригування MCS для наступного пакету.

- PSDU відновлюється за допомогою вилученого поля VHT-Data.

Для простоти цей приклад передбачає:

- фіксована пропускна здатність і конфігурація антени для кожного переданого пакета;

- немає явного пакету зворотного зв'язку, щоб повідомити передавач про запропоноване налаштування MCS для наступного пакету. У прикладі припускається, що ця інформація відома передавача перед передачею наступного пакету;

- виправлено час простою 0,5 мілісекунди між пакетами.

Код пакетної обробки показано на рисунку 3.13.

```

for numPkt = 1:numPackets
if walkSNR
% Генерувати значення SNR на пакет за допомогою алгоритму випадкового
блукання зі зміщенням до середнього SNR
snrWalk = 0.9*snrWalk+0.1*baseSNR(numPkt)+rand(1)*maxJump*2-maxJump;
end
% Генерувати сигнал одного пакета< /span>
txPSDU = randi([0,1],8*cfgVHT.PSDULength,1,'int8');
txWave = wlanWaveformGenerator(txPSDU,cfgVHT,'IdleTime',5e-4);
% Зберегти поточне значення MCS
y = processPacket(txWave,snrWalk,tgacChannel,cfgVHT);
% Побудуйте зрівняні символи піднесучих даних
if displayConstellation && ~isempty(y.EstimatedSNR)
release(ConstellationDiagram);
ConstellationDiagram.ReferenceConstellation =
wlanReferenceSymbols(cfgVHT);
ConstellationDiagram.Title = ['Packet ' int2str(numPkt)];
ConstellationDiagram(y.EqDataSym());
drawnow
end
% Зберігає приблизне значення SNR для кожного пакета
if isempty(y.EstimatedSNR)
snrMeasured(1,numPkt) = NaN;
else
snrMeasured(1,numPkt) = y.EstimatedSNR;
end
% Визначити довжину пакета в секундах, включаючи час простою
packetLength(numPkt) = y.RxWaveformLength/sr;
% Розрахувати частоту помилок пакетів (PER)
if isempty(y.RxPSDU)
% Встановить PER невиявленого пакета на NaN
ber(numPkt) = NaN;
else
[~,ber(numPkt)] = biterr(y.RxPSDU,txPSDU);
end
% Порівняння оцінене SNR з порогом і відрегулюйте значення MCS
використовується для наступного пакету
MCS(numPkt) = cfgVHT.MCS;
% Store current MCS value
increaseMCS = (mean(y.EstimatedSNR) > snrUp((snrInd==0)+snrInd));
decreaseMCS = (mean(y.EstimatedSNR) <= snrDown((snrInd==0)+snrInd));
snrInd = snrInd+increaseMCS-decreaseMCS;
cfgVHT.MCS = snrInd-1;
end

```

Рис.3.13. Код пакетної обробки

Завершаючим етапом моделювання динамічного контролю швидкості 802.11 є відображення та побудова результатів моделювання.

У цьому випадку показано зміну MCS, SNR, BER і пропускної здатності даних протягом тривалості моделювання.

Будується графік MCS, який використовується для передачі кожного пакету. У порівнянні з оціненим SNR можна побачити, що вибір MCS залежить від оціненого SNR.

Частота бітових помилок на пакет залежить від умов каналу, SNR і MCS, що використовуються для передачі.

Пропускна здатність максимізується зміною MCS відповідно до умов каналу. Пропускна здатність розраховується за допомогою ковзного вікна з трьох пакетів. Для кожної нанесеної точки пропускна здатність є кількістю бітів даних, успішно відновлених протягом трьох пакетів. Довжину розсувного вікна можна збільшити, щоб ще більше згладити пропускну здатність. Ви можете побачити падіння пропускної здатності або коли MCS зменшується, або коли виникає помилка пакета.

Код програми відображення та виведення результатів моделювання зображено на рисунку 3.14.

```
% Відображення та виведення результатів моделювання
disp(['Overall data rate: ' num2str(8*cfgVHT.APEPLength*(numPackets-
numel(find(ber)))/sum(packetLength)/1e6) ' Mbps']);
disp(['Overall packet error rate: '
num2str(numel(find(ber))/numPackets)]);
plotResults(ber, packetLength, snrMeasured, MCS, cfgVHT);
% Відновити потік за замовчуванням
rng(s);
```

Рис.3.14. Лістинг програми відображення та виведення результатів моделювання

На рисунку 3.15. показано результати моделювання.

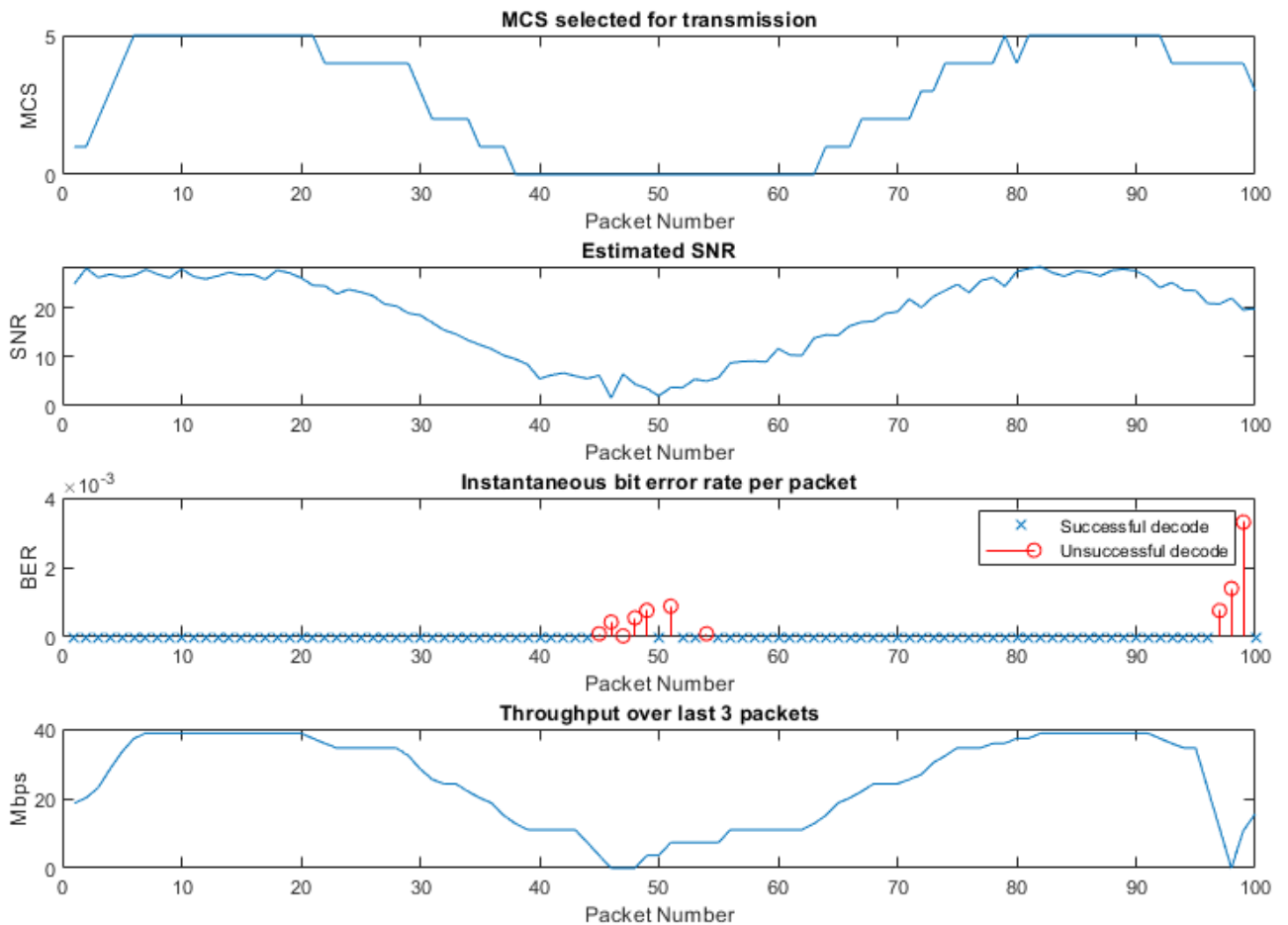


Рис.3.15. Оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi

У цьому експерименті використовується схема керування швидкістю із замкнутим контуром, де передбачається, що передавачу доступні знання про MCS, що використовується для подальшої передачі пакетів.

Зміна MCS у часі через отримане SNR контролюється `threshold`, `rcaAttack` та `rcaRelease` параметри. `rcaAttack` і `rcaRelease` використовуються як елементи керування для згладжування змін швидкості, щоб уникнути передчасної зміни швидкості. При спробі змінити елемент керування `rcaRelease` на два, зниження MCS повільніше реагує, коли умови каналу погані, що призводить до вищого BER.

Встановлюючи для параметра `displayConstellation` значення `true`, щоб побудувати вирівняні символи для кожного отриманого пакета можна побачити, як схема модуляції змінюється з часом. Також встановлюючи для `walkSNR` значення `false`, щоб візуалізувати зміну MCS для кожного пакета, мінливість SNR спричинена лише радіоканалом, а не комбінацією каналу та випадкового блукання.

3.3. Оцінювання швидкості передачі даних Wi-Fi мережі у моделі забудови

Для вимірювання швидкості Wi-Fi мережі у просторі враховуючи всі перешкоди, які впливають на швидкість роботи Wi-Fi мережі було використано програмне забезпечення NetSpot.

NetSpot – це програмне забезпечення для аналізу та оптимізації Wi-Fi мережі. Воно дозволяє користувачам вимірювати сигнал Wi-Fi, визначати місце з належністю до зони покриття, ідентифікувати потенційні джерела перешкод та багато іншого. Основні функції NetSpot включають у себе:

- карта покриття Wi-Fi – програма створює карту покриття Wi-Fi, в якій відображається сила сигналу на різних ділянках;
- вимірювання сили сигналу – NetSpot сканує навколишні мережі Wi-Fi і вимірює силу їх сигналів, це допомагає визначити оптимальне місце для розташування маршрутизатора або точок доступу;
- визначення зон покриття – програма дозволяє визначити, де саме в будинку або офісі є слабкий або відсутній сигнал Wi-Fi;
- виявлення перешкод – NetSpot аналізує можливі джерела перешкод, такі як інші електронні пристрої або стіни, що можуть впливати на якість сигналу.
- планування мережі – можна створювати плани будинку або офісу, додавати маршрутизатори та точки доступу, та оптимізувати розташування для покращення зони покриття.
- історія змін – NetSpot зберігає історію змін у вашій мережі, що дозволяє вам відстежувати якість сигналу та зміни в часі.

Програма працює на основі власних вимірювань сигналу, які вона здійснює на вашому пристрої під час сканування. Важливо зауважити, що NetSpot доступний для різних операційних систем, включаючи Windows та macOS.

Для початку переглядаємо список доступних Wi-Fi мереж та вибираємо потрібні за допомогою NetSpot. На рисунку 3.16. показані списки доступних мереж, та їх характеристики.

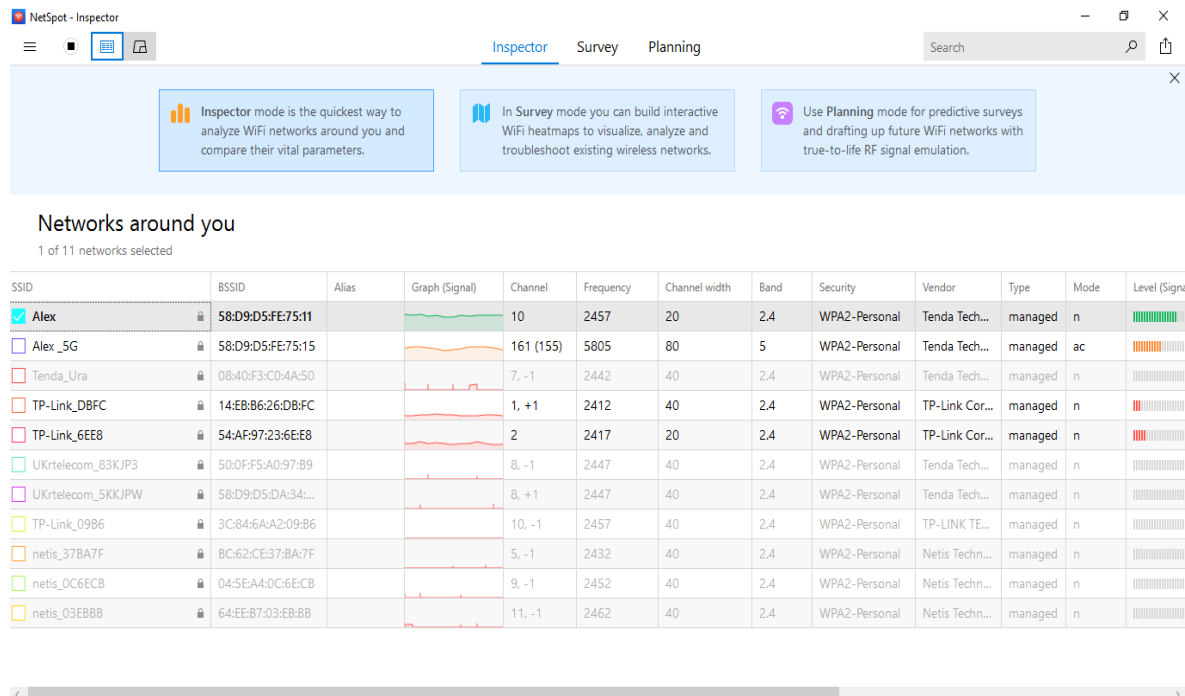


Рис.3.16. Список доступних мереж

Серед списку вибираємо Wi-Fi мережу з найкращим сигналом – Alex. Характеристики обраної мережі показані на рисунку 3.16.

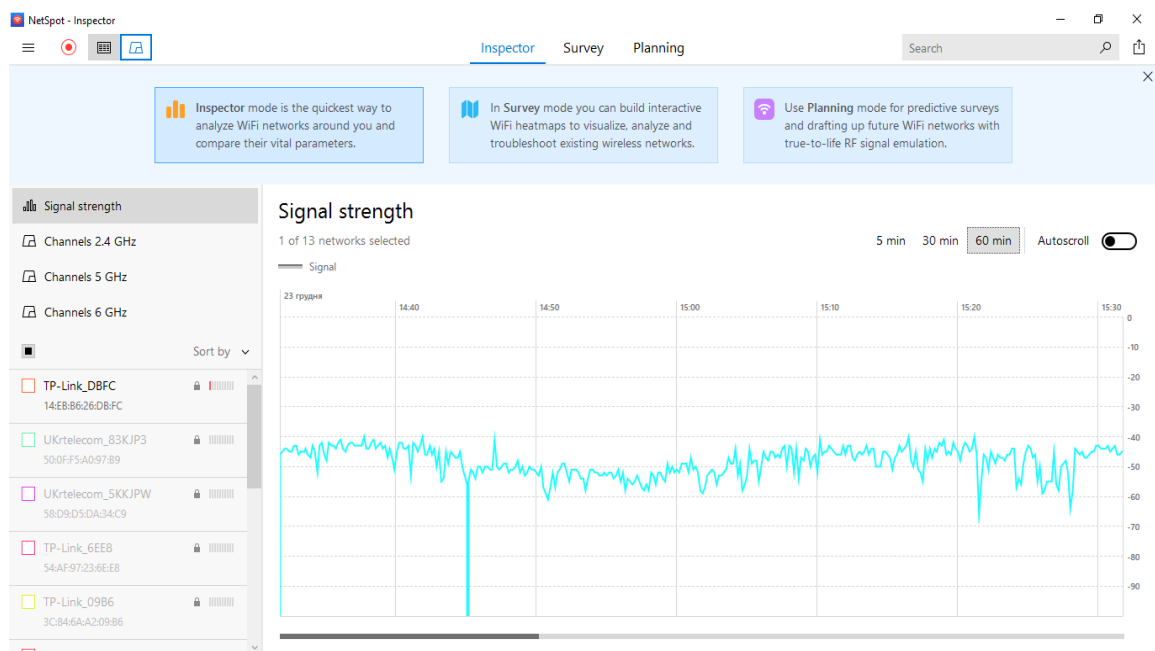


Рис.3.17. Графік швидкості Wi-Fi сигналу

На рисунку 3.17. показано графік швидкості роботи Wi-Fi сигналу в мережі Alex протягом години. Обрана мережа працює на частоті 2.4. ГГц. На лівій панелі

вікна програми можна обрати частоту сигналу та переглянути на яких каналах працює мережа та з якою швидкістю, це показано на рисунку 3.18.

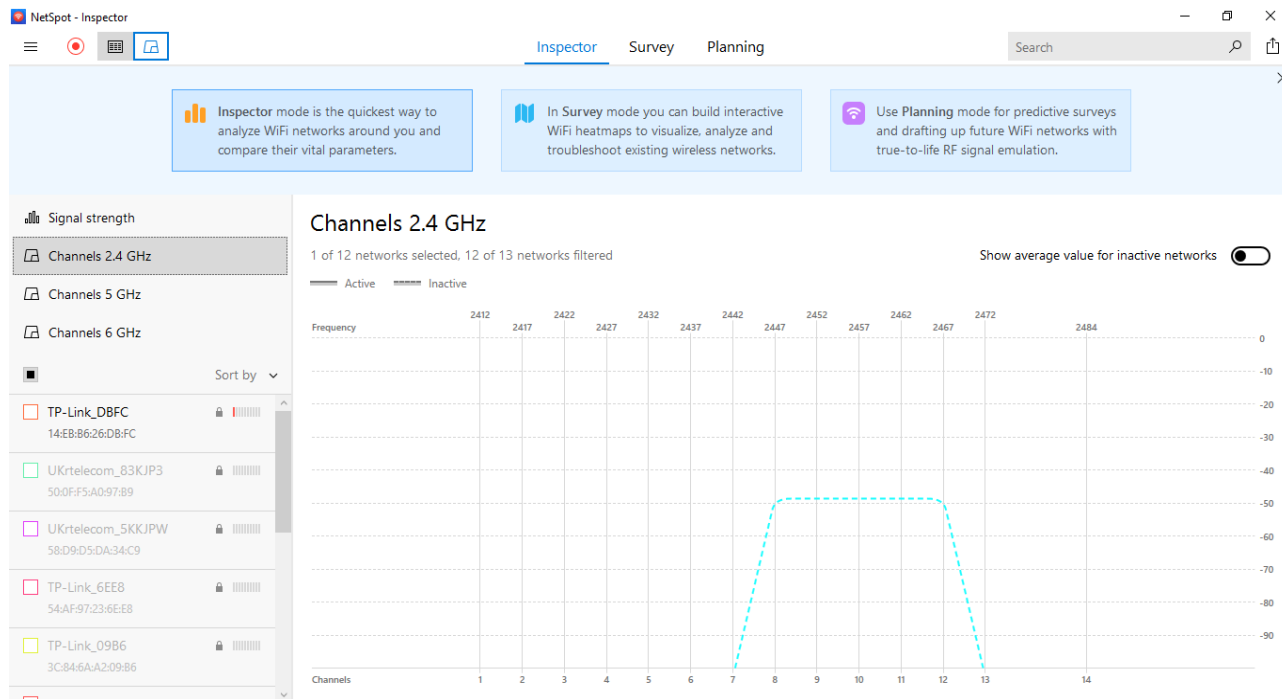


Рис.3.18. Графік проходження сигналу по каналах

Наступним експериментом в даного дослідження в цій програмі є вимірювання швидкості роботи Wi-Fi сигналу в мережі Alex у просторі, враховуючи перешкоди які впливають на Wi-Fi сигнал. Для цього в програмі NetSpot потрібно перейти у вкладку Planning та створити новий проект. Після створення моделі будинку додаємо безпроводну точку доступу Wi-Fi. Після чого відкриваємо створений проект, програма розрахує зони де Wi-Fi сигнал є найбільшим, а де найслабшим, також покаже сліпі зони. Роботу програми показано на рисунку 3.19.

Для вимірювання сили сигналу Wi-Fi використовується RSSI (повна потужність сигналу, що отримується індикатором сили прийнятого сигналу) визначає рівень сили сигналу, який приймається приймачем і вимірюється в децибелах щодо одного міліватта (dBm).

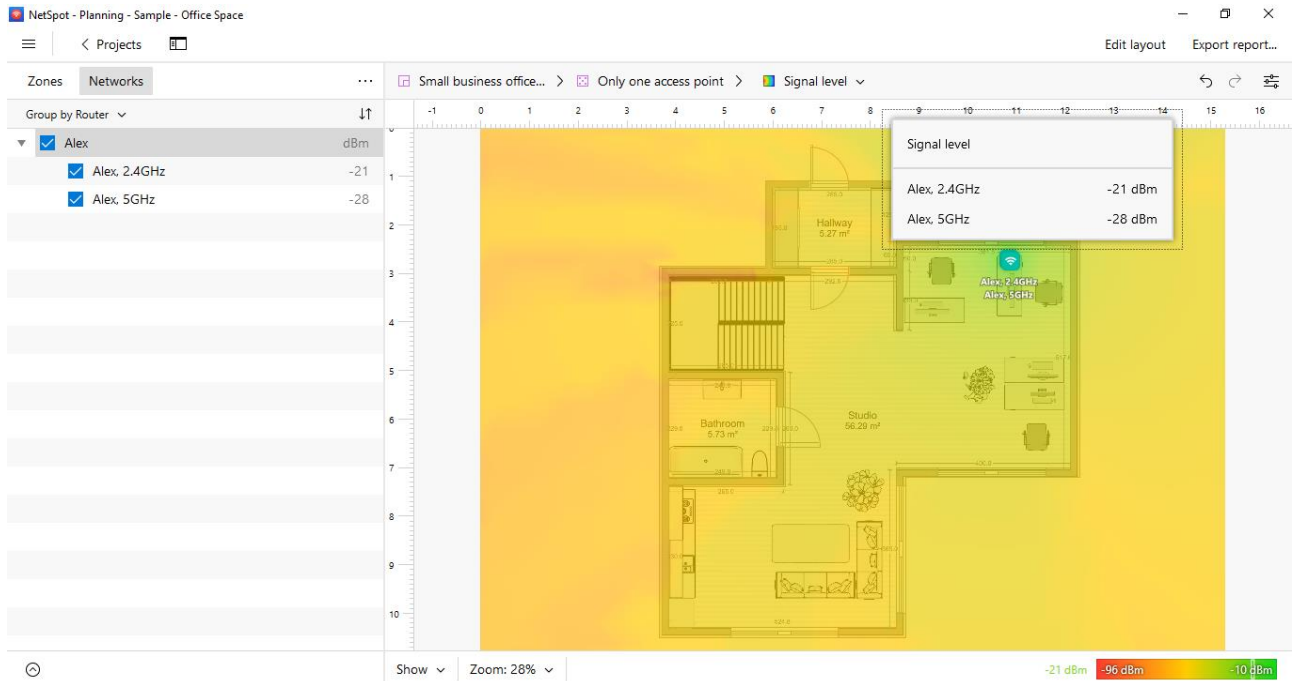


Рис.3.19. Рівень Wi-Fi сигналу

RSSI приймає значення від 0 до -100 дБм, де вище значення (ближче до 0) вказує на кращий (сильніший) сигнал, а значення, близьке до -100, вказує на гірший (слабший) сигнал. Сигнал Wi-Fi вважається якісним, якщо його значення не менше -65 дБм. При меншій потужності можливі втрати швидкості підключення, втрата пакетів і повторна передача даних (ретрансмісія).

Ось зразкові значення відповідності сили сигналу Wi-Fi та його якості:

Відмінні показники: від -35 до -50 дБм

Хороші показники: від -50 до -65 дБм

Задовільні показники: від -65 до -75 дБм

Погані показники: від -75 до -85 дБм

Неприйнятні значення: від -85 до -100 дБм.

3.4. Висновки до розділу 3.

Згенеровано Wi-Fi сигнал за допомогою програми WLAN Waveform Generator. Генерація сигналу дозволяє вам визначити ефективність мережі під час передачі

даних на велику відстань. Це допомагає в оцінці пропускної здатності та швидкодії мережі в реальних умовах.

Також проведено оцінку контролю швидкості Wi-Fi мережі за тих же умов, що і генерація Wi-Fi сигналу в першому підрозділі. Для чого це потрібно? В першому підрозділі показано модель сигналу Wi-Fi мережі, в який момент часу сигнал сильніший чи слабший, також показано яка може бути швидкість того ж сигналу за таких же умов.

За допомогою програмного забезпечення NetSpot проведено моделювання сигналу реальної Wi-Fi мережі за тими ж характеристиками, а також вимірювання потужності Wi-Fi сигналу в різних точках у просторі, враховуючи інтерференцію та інші перешкоди які впливають на Wi-Fi сигнал.

Провівши даний експеримент, за допомогою побудованих математичних моделей можна побачити, як працює Wi-Fi мережа.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Темою кваліфікаційної роботи є: «Методи і засоби оцінювання ефективності роботи WIFI мережі». В цій роботі досліджуються аспекти математичного підходу до моделювання функцій та параметрів мережі Wi-Fi для підвищення їх ефективності. Для забезпечення ефективності та безпеки роботи з WiFi мережею важливо провести детальний аналіз та моделювання навантаження мережі. Використовуючи спеціальні програмні засоби, буде проведено статистичні аналізи, що дозволять визначити оптимальну швидкість роботи мережі та уникнути перевантажень. Для забезпечення безпеки користувачів та персоналу, важливо дотримуватися вимог виробників щодо безпечної конфігурації мережевого обладнання.

При роботі з Wi-Fi мережею потрібно дотримуватися ряду правил безпеки, які можуть впливати на стан людини, зокрема на фізичне та психологічне здоров'я:

- забезпечення організації робочого місця (комфортний стіл, стілець, правильна висота монітора) позитивно впливає на фізичне самопочуття користувача, запобігти втомі та розладам опорно-рухового апарату;
- вплив на фізичне та психологічне здоров'я – запровадження регулярних перерв для відпочинку очей та фізичних вправ може зменшити стрес, втому та негативний вплив на зорову систему;
- зменшення експозиції до електромагнітного випромінювання може мінімізувати можливі ризики для здоров'я та сприяти психологічному комфорту користувача;
- використання фільтрів світла на екрані може зменшити вплив шкідливого синього світла, зменшити втому очей та поліпшити якість сну;

- забезпечення адекватного режиму роботи, визначення часу для відпочинку та самопізнання може допомогти уникнути цифрового стресу та підтримувати психологічне здоров'я.

Для забезпечення безпеки користувачів та ефективного використання мережі потрібно провести систематичне навчання персоналу. Для підтримання здоров'я та комфорту користувачів, організація робочого простору включатиме в себе встановлення ергономічного меблів та обладнання. Також враховуються вимоги до вентиляції та освітлення робочого простору.

Організація робочого процесу та безпеки користувачів буде відповідати вимогам законодавства України "Про охорону праці". Забезпечення безпеки праці, регулярні перевірки та відповідність нормам та стандартам є невід'ємною частиною діяльності. Відповідно до законодавства, встановлено та контролюватися робочий час, а також обов'язкові перерви для забезпечення фізичного та психологічного здоров'я працівників.

Приміщення, в якому встановлено робоче місце з комп'ютером, відповідає проектній документації будинку, погодженій з уповноваженими державними органами. В Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин та безпроводних мереж ДСанПІН 3.3.2.007-98, затверджених Постановою Головного державного санітарного лікаря України №7 від 10 грудня 1998 року. Правила поширюються на умови й організацію праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) усіх типів вітчизняного та зарубіжного виробництва на основі електронно-променевих трубок (ЕПТ), що використовуються в електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) колективного використання та персональних ЕОМ (ПЕОМ).

На підприємстві згідно з ДСанПІН 3.3.2.007-98 кожній кімнаті, де обладнані робочі місця співробітників, що працюють на комп'ютері, наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах встановлено легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в приміщенні. Комп'ютери в кімнаті розміщено таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу. З метою досягнення

максимального рівня безпеки і охорони праці при роботі з комп'ютером, виробничі приміщення обладнано аптечками першої медичної допомоги, системами автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками.

Згідно з ДБН "П.1.2-2:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва" в приміщенні де працює адміністратор забезпечені евакуаційні шляхи, тобто забезпечені належної ширини евакуаційних шляхів та дверей, які відповідають вимогам до протипожежної безпеки. Інженерні комунікації встановлені так, щоб запобігати поширенню вогню через них. Система пожежогасіння встановлена та повністю справна. Також наявна система димовідведення, що забезпечує безпечну евакуацію. Будівля поділена на зони, розділені пожежостійкими перегородками, що зашкоджує поширенню пожежі.

Електробезпеку робочого місця регламентують Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, які затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 N 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10.02.98 за N 93/2533 (НПАОП 40.1-1.21-98). Використовувана електромережа відповідає правилам :

- живлення електромережі проєктовано, як окрему групову трьох провідну мережу з використанням фази, робочого «нуля» та захисного «нуля»;
- захисний «нуль» застосовано для реалізації заземлення електропристроїв;
- усі електричні та електронні пристрої мають захист від короткого замикання та непередбачуваних аварійних ситуацій;
- монтаж та експлуатація електромережі задовольняють вимогам щодо унеможливлення виникнення джерела загоряння через коротке замикання та перевантаження;
- усі лінії електроживлення виконанні не з легкозаймистого матеріалу або з негорючою ізоляцією;
- електричне устаткування підключено до мережі лише за допомогою справних штепсельних з'єднань і розеток заводського виготовлення;
- у розетках і штепселях передбачено контакти заземлення.

Розділ охорони праці в магістерській роботі із моделювання швидкості роботи WiFi мережі враховує технічні аспекти, правила безпеки праці та законодавчі норми в Україні. Його впровадження сприятиме не лише оптимізації роботи мережі, але і забезпечить безпеку та здоров'я працівників, що є важливою складовою успішного функціонування інформаційних систем.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території

Створення і функціонування системи моніторингу довкілля є важливим завданням для забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Інтеграція екологічних інформаційних систем на певних територіях може значно покращити здатність спостерігати за змінами в довкіллі та ефективно реагувати на проблеми екології. Нижче подано кроки та принципи для створення і функціонування такої системи.

Крок 1. Визначення цілі системи моніторингу і конкретних об'єктів, які будуть вивчатися. Це може включати повітря, воду, ґрунт, рослинність, та інші компоненти довкілля.

Крок 2. Вибір відповідного сенсорного обладнання для вимірювань параметрів довкілля. Це може бути датчики для вимірювання рівнів забруднення повітря, води, температури, вологості та інших факторів.

Крок 3. Створення мережі сенсорів та забезпечення їх підключення до центральної системи. Використання бездротових технологій, IoT (Internet of Things) для забезпечення ефективного збору даних.

Крок 4. Створення центральної системи для збору, аналізу та візуалізації даних. Вона повинна мати інтуїтивний інтерфейс для користувачів та можливість вивчення зібраних даних в реальному часі.

Крок 5. Розробка аналітичних модулів для автоматизованого аналізу даних та виявлення аномалій. Вони можуть використовувати алгоритми машинного навчання для передбачення змін у довкіллі.

Крок 6. Впровадження системи моніторингу – проведення випробування системи перед її впровадженням. Необхідно забезпечити надійність та ефективність всіх компонентів.

Крок 7. Забезпечення сумісності і інтеграції з існуючими екологічними інформаційними системами, що використовуються на рівні регіону або країни.

Крок 8. Розробка системи сповіщення та автоматичного реагування на виявлені проблеми. Це може включати відправлення сповіщень органам влади або автоматичне включення заходів для зменшення негативного впливу.

Крок 9. Забезпечення навчання та підтримку користувачів системи, регулярно оновлюючи програмне забезпечення та розширюючи функціонал з урахуванням потреб користувачів.

Крок 10. Здійснення постійного моніторингу роботи системи та оптимізація її для покращення продуктивності та відповідності поставленим завданням.

Створення і функціонування системи моніторингу довкілля є складним завданням, яке вимагає співпраці між екологами, інженерами, програмістами та представниками владних органів. Така система може значно покращити ефективність управління природними ресурсами та вчасну реакцію на екологічні проблеми.

4.2.2. Фактори, що впливають на функціональний стан користувачів комп'ютерів

Функціональний стан користувачів комп'ютерів може бути зумовлений різними факторами. Ось кілька основних чинників, які можуть впливати на функціональний стан користувачів комп'ютерів:

- технічні характеристики комп'ютера;
- програмне забезпечення;

- інтерфейс та периферійні пристрої;
- мережеве з'єднання – для користувачів, які працюють в мережі, низька швидкість інтернету чи його нестабільність можуть суттєво впливати на продуктивність;
- організація робочого місця, яка враховує ергономічні принципи, може впливати на здоров'я та зручність роботи;
- правильне освітлення та відсутність непотрібного шуму можуть поліпшити концентрацію та комфорт користувача;
- рівень технічних знань та навичок – досвід та знання користувача можуть впливати на його здатність ефективно використовувати комп'ютер та вирішувати технічні проблеми;
- фізичне та емоційне здоров'я користувача може впливати на його працездатність та спроможність використовувати комп'ютер;
- впровадження правил безпеки та дотримання конфіденційності може впливати на відчуття користувача щодо захищеності його даних та інформації.

Кожен з цих факторів може взаємодіяти між собою, і їхній комплексний вплив визначає функціональний стан користувачів комп'ютерів. Важливо розглядати ці аспекти як частину комплексного підходу до створення комфортних та ефективних умов роботи з комп'ютером.

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній роботі магістра досліджено методи і засоби оцінювання ефективності роботи Wi-Fi мережі

Проведено аналіз сучасних стандартів Wi-Fi та їх вплив на швидкість передачі даних. Вивчено стандарти бездротових локальних мереж Wi-Fi, а також проведений аналіз найновіших стандартів у сімействі IEEE 802.11. Детально розглянуто протокол Wi-Fi, що представляє інновацію у сімействі стандартів IEEE 802.11.

Проведено аналіз програм та інструментів за допомогою, яких можна проводити математичний аналіз мереж Wi-Fi. Було обрано інструмент для математичного моделювання MATLAB та аналізатор бездротової мережі – Wi-Fi Analyzer NetSpot.

Для відображення роботи мережі Wi-Fi враховувалися реальні умови та характеристики бездротового зв'язку, такі як шум, інтерференція, затримки та втрати пакетів. За допомогою обраних засобів та методів було створено реалістичні математичні моделі, що дозволяють краще розуміти та покращувати продуктивність Wi-Fi мережі.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра було проведено аналіз методів та засобів оцінювання ефективності роботи Wi-Fi мережі та швидкості передачі даних, створення моделі тестового WI-FI сигналу та оцінювання швидкості передачі даних мережі Wi-Fi засобами MATLAB, також оцінювання швидкості передачі даних Wi-Fi мережі у моделі забудови за допомогою програмного забезпечення NetSpot.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Характеристики та принцип роботи Wi-Fi. URL: <https://www.briz.ua/help/princip-raboty-wi-fi> (Дата звернення 09.12.2023).
2. IEEE 802.11 URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 (Дата звернення 10.12.2023).
3. Стандарти бездротового доступу до мережі Wi-Fi. URL: <https://triolan.net/wiki/knowledgebase.php?article=35> (Дата звернення 09.12.2023).
4. Засоби моделювання Wi-Fi мережі. URL: <https://uk.clccomputers.com/8-best-wifi-analyzer> (Дата звернення 12.12.2023).
5. NetSpot. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.etwok.netspotapp&hl=uk&gl=US> (Дата звернення 13.12.2023).
6. Документація MATLAB. URL: https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html?s_tid=CRUX_lftnav (Дата звернення 14.12.2023).
7. Лещишин Ю. З., Романишин Н.Р., Наконечний В. В., Паламарчук А.О. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елементу роботизованих систем. Зб. тез доповідей XXI Всеукр. наук.-пр. конф. Житомир, 2016. С. 102.
8. Марків В.А., Осухівська Г.М., Лещишин Ю.З., Луцків А.М. Комп'ютерна система аутентифікації осіб. Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. 2017. С. 90–91.
9. Leschyshyn Y., Scherbak L., Nazarevych O., Gotovych V., Tymkiv P., Shymchuk G. Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point. IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). 2019. P. 110–113.
10. Tymkiv P., Leshchyshyn Y. Algorithm Reliability of Kalman Filter Coefficients Determination for Low-Intensity Electroretinosignal. IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). 2019. P.1-5.

11. Leschyshyn Y., Semchyshyn O. Periodically correlated heart rate variability detection by Neyman - Pearson criterion. 9th International Conference - The Experience of Designing and Applications of CAD Systems in Microelectronics. 2007. P. 139–140.
12. Tanenbaum A., D. Wetherall Комп'ютерні мережі. – Новий Джерсі, Пірсон, 2012. 959 с.
13. Лупенко С.А., Луцик Н.С., Луцків А.М. Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра. Тернопіль 2021. 34.с.
14. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації ЕОМ». Наказ Держгірпромнагляду від 26.03.2010 № 6
15. Атаманчук П.С. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: "Думка". 2010. 152 с.
16. Стрельников, А. Ю., С. А. Страмоусова. Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi. Молодий вчений. - 2016.- №9-4 (113). - С. 67-69.
17. Чистяков, Б. Є. Миктибаєв, А. Б. Жанбеков. Аналіз технологій бездротової передачі даних. Журнал наукових і прикладних досліджень. - 2016. - №1. - С. 166-169.
18. Verenkoff B. Understanding and Optimizing 802.11n. Brian Verenkoff // Buffalo Technology – URL: https://www.lmi.net/wp-content/uploads/Optimizing_802.11n.pdf (Дата звернення 16.12.2023).
19. Беделл, П. "Мережі. Бездротові технології "/ П. Беделл // М .: НТ Пресс, 2018. - 448с.
20. А.А. Максимова, В.М. Кострова, А.А. Андросов. Оптимізація бездротових мереж зв'язку на основі методів штучного інтелекту. Моделювання, оптимізація та інформаційні технології.2016. №2. С.185-190.

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

XI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



13-14 грудня 2023 року

ТЕРНОПІЛЬ
2023

УДК 004.7

О. Ярмусь; Ю. Лещечушин, к.т.н.; А. Варавін, к.ф.-м. н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ WIFI МЕРЕЖІ

O. Yarmus; Yu. Leshchyshyn, Ph.D.; A. Varavin, Ph.D.

METHODS AND TOOLS OF SIMULATION OF WIFI NETWORK SPEED

Математичне моделювання роботи мережі WiFi - це процес використання математичних концепцій та методів для аналізу та оптимізації роботи бездротової мережі Wi-Fi. Математичне моделювання є ключовим інструментом у розробці та оптимізації роботи мережі Wi-Fi. В цій роботі досліджуються аспекти математичного підходу до моделювання функцій та параметрів мережі Wi-Fi для підвищення їх ефективності. Математичне моделювання дозволяє знайти оптимальне розташування та параметри точок доступу для максимізації покриття та якості сигналу в мережах Wi-Fi. Аналіз та моделювання шляху поширення сигналу в мережі не дозволяє ефективно використовувати оптимальне розташування точки доступу, мінімізувати зони тіньового покриття та підвищити загальну якість зв'язку. Такий аналіз включає в себе розгляд різних аспектів, таких як пропускна здатність, забезпечення передачі даних, стабільність з'єднання, опис топології мережі, моделі мережевого трафіку, стабільність мережі.

При математичному моделюванні роботи мережі Wi-Fi можуть виникати проблеми, які впливають на точність та надійність моделі. Бездротове середовище може бути складним через наявність інших мереж, пристроїв і систем, які випромінюють електромагнітні сигнали. Сигнал може згаснути внаслідок втрати енергії при передачі через повітря та перешкоди, такі як стіни та перешкоди. Реальні мережі можуть мати нерівномірний трафік розподілу за часом та обсягом.

При вирішенні цих проблем потрібно врахувати силу сигналу, шум та фактори, які впливають на якість сигналу, підібрати способи для оптимізації використання частотного спектру. При нерівномірному розподілу трафіку слід розробити модель для аналізу та прогнозування піксельних завантажень у різні періоди часу, при цьому, враховуючи, керування ресурсами та потоками, проаналізувати навантаження на мережу Wi-Fi.

При створенні моделі для проведення математичного моделювання мережі Wi-Fi, необхідно розробити алгоритми, що регулюють потужність передачі сигналу в залежності від умов оточення. Для цього використовується інструмент Matlab, який дозволяє вносити вхідні дані, будувати графіки функцій і даних, реалізовувати алгоритми.

У результаті даного дослідження було виявлено та висвітлено проблеми, пов'язані з функціонуванням мережі Wi-Fi, а також можливості їх математичного моделювання. Застосування математичних методів дозволило створити ефективну математичну модель мережі Wi-Fi, яка враховує основні параметри та характеристики, що впливають на її продуктивність. Точність побудованої моделі роботи мережі WiFi залежить від рівня деталізації та складності врахування різних факторів, які впливають на роботу мережі WiFi. Отримана математична модель дозволяє аналізувати та прогнозувати роботу мережі Wi-Fi.

Застосування даної математичної моделі в реальних умовах може сприяти розробці та вдосконаленню технологій бездротового зв'язку, а також допомогти в розробці нових стратегій управління та оптимізації мережі Wi-Fi. Такий підхід до дослідження мережі Wi-Fi відкриває шлях до подальших досліджень і розвитку цієї технологічної галузі.

Література

1. Tanenbaum A. Комп'ютерні мережі / A. Tanenbaum, D. Wetherall. – Ню-Йорк, Джерсі, Пірсон, 2012. – 959 с. – (5те видання).

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ WIFI МЕРЕЖІ**O. Yarmus; Yu. Leshchishyn, Ph.D.; A. Varavin, Ph.D.****METHODS AND TOOLS OF SIMULATION OF WIFI NETWORK SPEED**

У сучасному світі де бездротовий доступ до мережі є необхідним для забезпечення ефективності та мобільності, швидкість мережі Wi-Fi стає єдиною з ключовими характеристиками, які визначають якість обслуговування. Підтримка широкого спектру додатків, від стрімінгу відео до інтерактивних віртуальних середовищ, вимагає постійного вдосконалення та оптимізації швидкості передачі даних у бездротових мережах. Відбувається постійне збільшення обсягу передачі даних та використання широкосмугових послуг, що вимагає постійного вдосконалення пропускнуої здатності мережі Wi-Fi. Для оцінювання роботи Wi-Fi мережі, для оцінки її ефективності та можливостей оптимізації та для врахування усіх недоліків та їх усунення, будують модель роботи Wi-Fi мережі [1], що враховує різноманітні фактори поширення радіо хвиль та фізичні властивості середовища.

Модель роботи Wi-Fi мережі будується для відображення та оцінювання характеристик мережі в залежності від поширення радіо хвиль та фізичних властивостей середовища. Для моделювання використовується програмне забезпечення Matlab. За допомогою якого, можна проводити обрахунки швидкості передачі даних в мережі Wi-Fi та інші характеристики.

При моделюванні роботи мережі Wi-Fi потрібно враховувати перешкоди, які впливають на стан сигналу Wi-Fi мережі. До основних факторів що впливають на стан сигналу Wi-Fi – це матеріали стін, дверей, вікон та інші будівельні елементи можуть впливати на проникнення сигналу Wi-Fi, також, електричні прилади, мікрохвильові печі, Bluetooth-пристрої та інші джерела можуть спричинити завади сигналу та знижувати якість приймання пакетів. Враховуючи ці всі фактори виникає проблема сліпих зон. Сліпі зони в мережі Wi-Fi вказують на ті області, де сигнал мережі Wi-Fi є слабким або зовсім відсутнім, що зменшує продуктивність мережі.

Вирішення проблем сліпих зон у мережі Wi-Fi – комплексний процес, що включає ряд задач які треба вирішити для оптимізації покриття та покращення якості сигналу. Загалом необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати покриття, використовуючи спеціалізовані програми або обладнання для створення карт покриття Wi-Fi в області; визначити сліпі зони, та змістити точки доступу так, щоб забезпечити оптимальне покриття в усіх приміщеннях та налаштувати антени точок доступу так, щоб максимально збільшити покриття в потрібних напрямках; якщо є зони куди не дотягується покриття Wi-Fi мережі, то необхідно встановити Wi-Fi репітери.

Вирішення зазначених вище задач, використовуючи методи та засоби моделювання роботи мережі Wi-Fi, дозволяє створити оптимальне та надійне покриття Wi-Fi, забезпечуючи доступність сигналу в усіх зонах та уникнення сліпих зон. В подальшому буде практично реалізовано модель роботи мережі Wi-Fi за допомогою якої можна буде оцінити параметри швидкості мережі в різних точках, що забезпечить підвищення ефективності роботи мережі.

Література

1. Tanenbaum A. Комп'ютерні мережі / A. Tanenbaum, D. Wetherall. – Новий Джерсі, Пірсон, 2012. – 959 с. – (5те видання).