

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ

Група КІ-22-2

Шищак Олександр

2026

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Шищак Олександр Ростиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.738.5:004.42

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

*Розробка комп'ютерної системи моніторингу якості сигналів безпроводної мережі
Wi-Fi у приміщеннях засобами C#*

(назва роботи)

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

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

Здобувач освітнього ступеня _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник _____

Заячук Ярослав Іванович, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КСМ

(посада)

С. І. Мельничук

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерних систем та мереж

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітній рівень бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою КСМ

С. І. Мельничук

“ ” 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Шищаку Олександру Ростиславовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дипломної роботи “Розробка комп'ютерної система моніторингу якості сигналів безпроводної мережі Wi-Fi у приміщеннях засобами C#”

Керівник роботи Заячук Ярослав Іванович

затверджена наказом по університету від “21.04.2026” № 180/7

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 11.06.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали та результати, отримані під час проходження переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література

4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Аналіз існуючих рішень та технологій

Розроблення структури системи

Реалізація проектних рішень

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

6. Консультанти по дипломній роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теми дипломної роботи	02.02.26 – 10.02.26	Виконано
2	Збір інформації. Дослідження предметної області	11.02.26 – 28.02.26	Виконано
3	Формування першого розділу пояснювальної записки	01.03.26 – 31.03.26	Виконано
4	Формування другого розділу пояснювальної записки	01.04.26 – 30.04.26	Виконано
5	Формування третього розділу пояснювальної записки	01.05.26 – 31.05.26	Виконано
6	Оформлення роботи	01.06.26 – 10.06.26	Виконано

Студент

(підпис)

Шищак О. Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Заячук Я. І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Метою роботи є розробка інтелектуальної системи для контролю параметрів сигналів бездротових мереж у приміщеннях зі складною геометрією з метою виявлення проблем і підвищення якості зв'язку. Актуальність дослідження зумовлена впровадженням сучасних стандартів Wi-Fi 6/6E/7 та зростанням кількості IoT-пристроїв.

У роботі застосовано методи цифрової обробки сигналів, аналізу даних і машинного навчання для оцінювання характеристик радіосигналів. Передбачено створення алгоритмів обробки інформації, розробку програмного забезпечення для моніторингу й візуалізації, а також експериментальну перевірку системи в реальних умовах.

Результати можуть бути використані для проєктування та оптимізації бездротових мереж у будівлях складної структури, зокрема в офісах, торгових центрах і транспортних вузлах.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, WIFI, БЕЗДРОТОВА МЕРЕЖА,
МОНІТОРИНГ

ABSTRACT

The aim of the work is to develop an intelligent system for monitoring the parameters of wireless signals in indoor environments with complex geometry in order to detect issues and improve communication quality. The relevance of the study is driven by the adoption of modern Wi-Fi 6/6E/7 standards and the growing number of IoT devices.

The study employs methods of digital signal processing, data analysis, and machine learning to evaluate the characteristics of radio signals. It предусматриває the development of information processing algorithms, the creation of software for monitoring and visualization, as well as experimental validation of the system under real-world conditions.

The results can be used for the design and optimization of wireless networks in buildings with complex structures, including offices, shopping centers, and transport hubs.

COMPUTER SYSTEM, WI-FI, WIRELESS NETWORK, MONITORING

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ.....	7
1.1 Аналіз технології Wi-Fi та її особливостей	7
1.2 Аналіз систем моніторингу характеристик сигналів Wi-Fi	10
1.3 Постановка завдання.....	18
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ.....	20
2.1 Структура системи моніторингу характеристик сигналів бездротових мереж.....	20
2.2 Алгоритм системи моніторингу сигналів бездротових мереж.....	24
2.3 UML-діаграми системи.....	27
2.4 Програмне забезпечення системи.....	31
2.5 Вимоги до апаратного забезпечення системи	35
2.6 Висновки до розділу	36
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	37
3.1 Інтерфейс користувача.....	37
3.2 Налаштування програмного забезпечення	39
3.3 Тестування системи	44
3.4 Висновки до розділу	50
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	52
ДОДАТКИ	

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Шлищак О. Р.			Розробка комп'ютерної система моніторингу якості сигналів безпроводної мережі Wi-Fi у приміщеннях засобами C#				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Заячук Я.І.									3	53	
Реценз.									ІФНТУНГ, КІ-22-2				
Н. Контр.		Лазарів А.М.											
Затверд.		Мельничук С.І.											

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

GUI – Graphical User Interface

IoT – Internet of Things

RSSI – Received Signal Strength Indicator

SSID – Service Set Identifier

Wi-Fi – Wireless Fidelity

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

У нинішніх умовах безкабельні технології передачі даних стали базовим елементом телекомунікаційної інфраструктури. Такі рішення активно впроваджуються в офісах, на промислових об'єктах, у торговельно-розважальних центрах, громадських просторах і житлових будівлях. Водночас зі збільшенням площ і ускладненням геометрії внутрішніх просторів постає проблема якісного контролю параметрів радіосигналу, що безпосередньо впливає на стабільність роботи мереж.

Актуальність теми дослідження. Важливим чинником безперебійного функціонування бездротових систем є постійне відстеження їхніх показників. Такий підхід дає змогу оперативно виявляти збої, зокрема вплив завад, падіння пропускної здатності або нестабільність підключення, і своєчасно реагувати на них. Аналіз параметрів радіопокриття в приміщеннях зі складною конфігурацією є непростим завданням, адже потребує високоточного збору даних у великій кількості точок і подальшої обробки отриманої інформації. До того ж традиційні інструменти, створені для типових планувань, часто демонструють обмежену ефективність у будівлях із нетиповою архітектурою, багаторівневими зонами та щільними перешкодами. Тому, розробка комп'ютерної системи моніторингу якості сигналів безпроводної мережі Wi-Fi у приміщеннях є важливим і актуальним завданням.

Метою дипломного проектування є розробка програмно-апаратного комплексу для контролю параметрів бездротового зв'язку в об'єктах зі складною внутрішньою структурою.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз завдання та обґрунтування можливих рішень;
- розробити структуру та описати функції системи;
- проектування блок-схем алгоритму програмного забезпечення системи;
- розробити програмне забезпечення для проектованої системи.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

Запропоноване рішення покликане спростити процес збору та аналізу інформації, а також надати інструмент для ефективного керування мережею. Система повинна забезпечувати інтерактивний доступ до показників сигналу в різних зонах, відображати їх у реальному часі, підтримувати аналітику змін і виявлення відхилень від норми.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування бездротових мереж Wi-Fi у приміщеннях.

Предметом дослідження є методи та засоби моніторингу характеристик сигналу Wi-Fi з метою оцінювання ефективності покриття та оптимізації розміщення точок доступу.

Методи дослідження. У ході дослідження планується застосування сучасних підходів із галузей радіозв'язку, IoT (Інтернету речей), інтелектуальної обробки сигналів, а також хмарних і периферійних обчислень (edge computing), що є актуальними станом на 2026 рік. Окрім цього, можливе використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування якості покриття та автоматичного виявлення проблемних ділянок.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути впроваджені в практичні проєкти для підвищення стабільності, швидкодії та енергоефективності бездротових мереж у складних просторових умовах. Після реалізації розробленого рішення очікується, що воно стане зручним інструментом для інженерів і адміністраторів, дозволяючи здійснювати повноцінний контроль, оптимізацію та розвиток мережевої інфраструктури відповідно до сучасних вимог.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Аналіз технології Wi-Fi та її особливостей

Бездротовий стандарт Wi-Fi є розвитком мережевих рішень на базі Ethernet і дає змогу формувати локальні комп'ютерні мережі без використання кабелів. Під терміном Wi-Fi (Wireless Fidelity) зазвичай розуміють групу специфікацій, що відповідають сімейству IEEE 802.11. Ця технологія застосовується для з'єднання двох і більше пристроїв з різною метою, зокрема для передавання інформації, доступу до мережевих ресурсів і взаємодії між обладнанням.

Розвиток бездротових мереж бере початок у середині 1990-х років, коли передавання даних через радіоканал лише починало активно впроваджуватися. Спочатку такі рішення використовувалися переважно у корпоративному середовищі великих компаній, особливо в регіонах із високою концентрацією технологічних підприємств, як-от Silicon Valley. Для організації доступу мобільних користувачів застосовувалися точки доступу, підключені до дротової інфраструктури. Вони забезпечували зв'язок для працівників із портативними комп'ютерами, оснащеними бездротовими адаптерами. Радіус дії таких пристроїв був обмежений десятками метрів, а кількість одночасних підключень – відносно невеликою (до 20 абонентів) [2].

У 2000-х роках технологія почала швидко поширюватися серед корпоративних і домашніх користувачів. З'явилися масові пристрої, що підтримували бездротовий доступ до мережі, включаючи ноутбуки, маршрутизатори та інше обладнання. Надалі Wi-Fi став стандартним компонентом майже будь-якого електронного пристрою.

Однією з ключових переваг бездротових мереж стала можливість відмови від складної кабельної інфраструктури. У традиційних системах потрібно було проектувати топологію та прокладати значні обсяги кабелю, що ускладнювало розгортання, особливо в складних умовах. Натомість Wi-Fi передбачає встановлення точок доступу, які підключаються до мережі або серверів, після

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

чого користувачі можуть під'єднуватися без фізичних обмежень. Це забезпечує мобільність, гнучкість і значно спрощує масштабування мережі.

Серед основних переваг сучасних Wi-Fi-з'єднань варто виділити такі:

- бездротовий доступ до Інтернету, що дає змогу підключатися без використання кабелів і працювати в межах зони покриття;
- мобільність користувачів, оскільки підключення доступне для смартфонів, ноутбуків, планшетів та інших пристроїв;
- простота розгортання та модернізації, адже відсутня потреба у великій кількості кабельних з'єднань;
- широке покриття, яке може охоплювати квартири, офіси, кампуси та громадські простори;
- можливість одночасної роботи великої кількості пристроїв у одній мережі.

Загалом, Wi-Fi сьогодні є універсальним способом доступу до мережі Інтернет і використовується як у побуті, так і в бізнесі, освіті та промисловості.

Основні характеристики стандартів сімейства IEEE 802.11 наведено в табл. 1.1 [1,3].

Таблиця 1.1 – Характеристики специфікацій стандарту IEEE 802.11

Покоління	Стандарт IEEE	Рік прийняття	Максимальна швидкість з'єднання (Мбіт/с)	Смуги радіочастот (ГГц)
Wi-Fi 8	802.11bn	(2028)	100000	2.4 / 5 / 6 / 7 / 42.5 / 71
Wi-Fi 7	802.11be	2025	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	2009	600	2.4 / 5
Wi-Fi 3	802.11g	2003	54	2.4
Wi-Fi 2	802.11a	1999	54	5
Wi-Fi 1	802.11b	1999	11	2.4
Wi-Fi 0	802.11	1997	2	2.4

Станом на 2026 рік найбільш поширеними є кілька специфікацій [1]:

- Wi-Fi 4 (802.11n). Цей стандарт став покращенням попередніх версій і забезпечив використання технологій множинних антен для підвищення швидкості передачі (до 300 Мбіт/с) і стабільності сигналу;

– Wi-Fi 5 (802.11ac). Запроваджений у середині 2010-х років, він працює в діапазоні 5 ГГц і підтримує гігабітні швидкості завдяки технології MIMO [4];

– Wi-Fi 6 / Wi-Fi 6E (802.11ax). Цей стандарт забезпечує значно кращу ефективність роботи в умовах великої кількості підключених пристроїв. Використовує такі технології, як MU-MIMO та OFDMA, що підвищують продуктивність і зменшують затримки [5];

– Wi-Fi 7 (802.11be). Стандарт, який активно впроваджується у 2025-2026 роках. Він забезпечує ще вищі швидкості (до десятків Гбіт/с), менші затримки та покращену роботу в перевантажених мережах завдяки багатоканальній передачі та розширеному спектру частот;

Wi-Fi 8 (802.11bn) – наступне покоління стандарту IEEE 802.11, пріоритетом якого є надвисока надійність Wi-Fi – Ultra High Reliability (UHR) [6]. Очікується, що технологія UHR також підтримуватиме несучі частоти в діапазонах міліметрових хвиль (42,5 і 71 ГГц), а теоретичний максимум сукупної швидкості сягатиме 100 Гбіт/с. Станом на квітень 2026 року розробка 802.11bn триває, остаточний варіант очікується навесні 2028 року.

На якість роботи бездротової мережі впливає низка факторів:

– відстань між пристроями та фізичні перешкоди (стіни, меблі, перекриття), які можуть послаблювати сигнал (рис.1.1);



Рисунок 1.1 – Вплив перешкод та відстані на сигнал Wi-Fi

– інтерференція від інших пристроїв, зокрема побутової техніки або інших бездротових мереж (рис. 1.2);



Рисунок 1.2 – Вплив інтерференції сигналів

– перевантаження частотного діапазону через велику кількість одночасно активних пристроїв;

– високе навантаження на мережу, коли багато користувачів передають дані одночасно, що знижує швидкість і стабільність з’єднання.

Сучасні Wi-Fi-технології постійно вдосконалюються, забезпечуючи вищу швидкість, стабільність і ефективність роботи в умовах зростаючих вимог до бездротового зв’язку.

1.2 Аналіз систем моніторингу характеристик сигналів Wi-Fi

Сканування бездротових мережевих пристроїв дає змогу отримати важливу інформацію про бездротову мережу та пристрої, що допомагає виявляти несправності й оптимізувати загальну продуктивність Wi-Fi. Збираючи такі дані, як рівень сигналу, зона покриття, тенденції пропускної здатності тощо, сканер бездротової мережі дозволяє відстежувати й розуміти активність у Wi-Fi мережах. Сканери та аналізатори Wi-Fi створені для відображення активності мережі за допомогою:

- топологічних карт;
- показників продуктивності;
- кореляції даних;
- інших можливостей аналізу Wi-Fi.

Визначаючи всі пристрої у мережі та збираючи інформацію про них, інструмент сканування Wi-Fi допомагає виявляти проблемні пристрої та інші неполадки бездротової мережі. Наприклад, це корисно для усунення проблем повільної мережі. Велика кількість підключених пристроїв може негативно впливати на роботу Wi-Fi – коли сканується мережа за допомогою аналізатора або сканера, можна побачити, скільки пристроїв підключено і які саме це пристрої. Це допомагає визначити, які з них варто залишити, а які відключити, щоб покращити швидкість і надійність Wi-Fi.

Окрім виявлення та усунення проблем із низькою швидкістю мережі, аналізатор або сканер Wi-Fi також допомагає захистити мережу. Зловмисники можуть зламувати шифрування, а пристрої в захищених будівлях можуть бути скомпрометовані через витік сигналу. Велика кількість підключених пристроїв також може створювати ризики для окремих пристроїв. Знаючи, де поширюється сигнал, які пристрої підключені та які сусідні мережі існують, можна відстежувати авторизованих і неавторизованих користувачів і пристрої, щоб підвищити безпеку мережі.

Використання програмного забезпечення для аналізу Wi-Fi є чудовим інструментом для оптимізації як корпоративної, так і домашньої мережі. Таке програмне забезпечення зазвичай просте у використанні та забезпечує значні переваги з точки зору стабільності з'єднання, рівня сигналу та швидкості завантаження [7].

SolarWinds Network Performance Monitor із функціями аналізу Wi-Fi є одним із найповніших інструментів на ринку (рис. 1.3). Попри широкий набір можливостей, він залишається простим і інтуїтивно зрозумілим.

NPM пропонує корисні функції аналізу Wi-Fi, сканування та управління мережею.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

Wireless Summary View					
Show: Access Points		SEARCH			
Group by:	Access Point	IP Address	Type	SSIDs	Channels
Location					
[Unknown] (1)	OMSEAAP102	10.199.17.89	Thin		6, 44
Cairo (6)	OMSEAAP502	10.199.17.88	Thin		6, 44
Indianapolis, IN (12)	zf7363 - 06C4017	10.199.17.90	Thin		1, 132
L 30 (1)	zf7363 - 06C4017	10.199.17.91	Thin		10, 132
Seattle - 201 5th (14)					
Sydney (8)	Client Name	SSID	IP Address	MAC Address	R
Texas (8)	vprice	lab	10.199.17.184	C4017C057620	a
Tokyo (11)	mprice	lab	10.199.17.19	001B207F5216	a
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.92	Thin		6, 161
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.93	Thin		4, 48
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.94	Thin		3, 56
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.95	Thin		9, 44
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.96	Thin		2, 104
	zf7363 - 06C4017	10.199.17.97	Thin		4, 153
	zf7363 - 06C4106	10.199.17.98	Thin		11, 64
	zf7363 - 06C4106	10.199.17.99	Thin		4, 56
	zf7363 - 06C4106	10.199.17.100	Thin		3, 44
	zf7363 - 06C4106	10.199.17.101	Thin	lab	44

Рисунок 1.3 – SolarWinds Network Performance Monitor

Наприклад, його фірмовий інструмент NetPath дозволяє виявляти й відображати мережеві маршрути за допомогою візуального traceroute. Це дає змогу легко визначати, де виникають затримки або проблеми, адже ви бачите продуктивність і дані між окремими вузлами. Крім того, функція PerfStack дозволяє порівнювати продуктивність різних показників поруч, що допомагає співвідносити різні типи даних на спільній часовій шкалі.

Загалом SolarWinds NPM має вражаючий набір інструментів із чіткими та привабливими візуалізаціями.

NetSpot має зручний інтерфейс, який підходить як для новачків, так і для досвідчених адміністраторів мережі (рис. 1.4). Він використовує два режими: режим виявлення (discovery mode) та режим обстеження (survey mode). Перший показує загальний огляд Wi-Fi мереж поблизу, тоді як другий надає детальні теплові карти рівня сигналу.

NetSpot легко встановлюється та пропонує різні візуальні представлення бездротового спектра і зібраних даних. Існує чотири версії: безкоштовна, домашня, комерційна та корпоративна. Вони відрізняються кількістю зон для аналізу, точок доступу для сканування та кількістю зібраних даних.

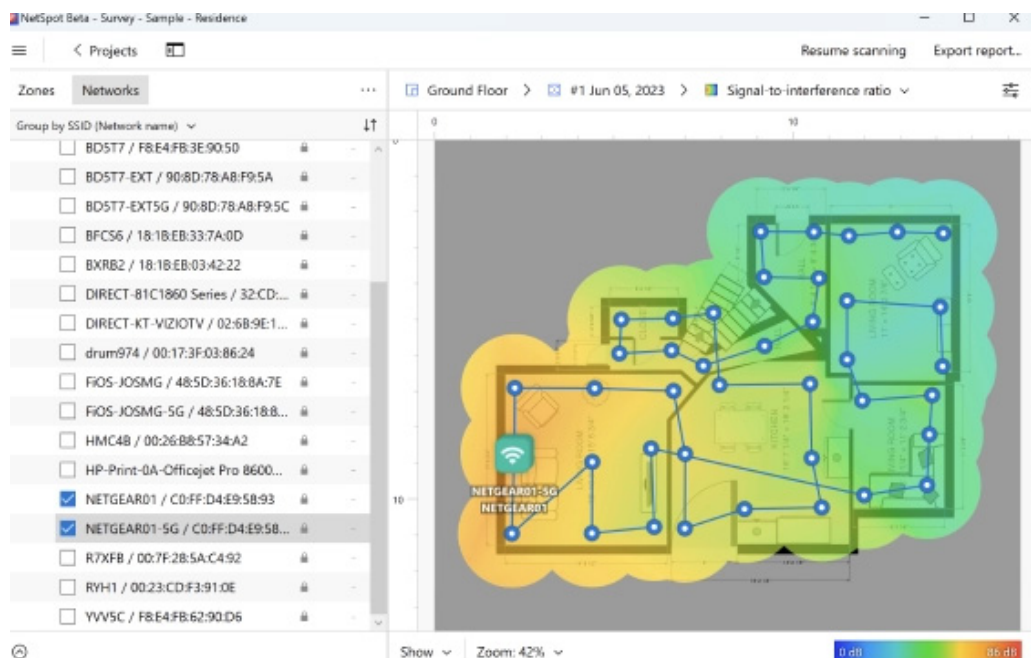


Рисунок 1.4 – NetSpot Pro

Ще один продукт – InSSIDer. Це надійний аналізатор Wi-Fi для Windows, орієнтований переважно на корпоративне використання, але при цьому досить простий у використанні (рис. 1.5).

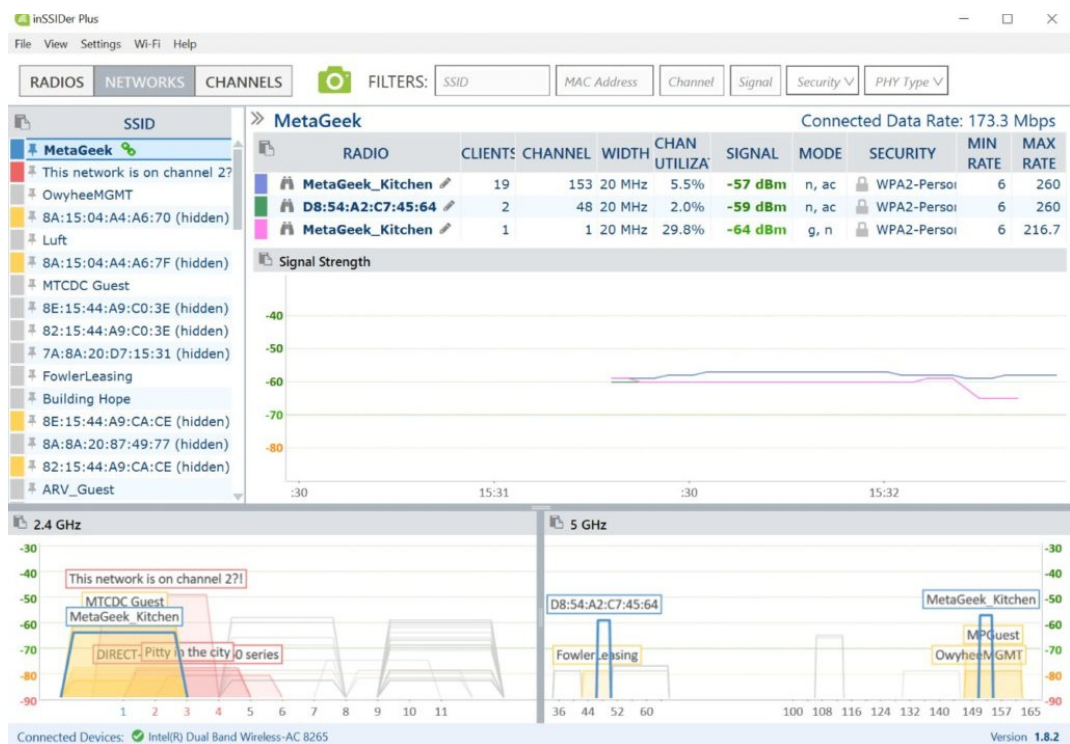


Рисунок 1.5 – InSSIDer

Він збирає стандартні дані: канал, рівень сигналу, MAC-адреси та тип шифрування для кожної точки доступу. Також InSSIDer надає «оцінку з'єднання»

(link score): чим вона вища, тим краще. Програма проста в установці та має детальні інструкції і навіть безкоштовні вебінари.

NetCut – ще один варіант для професійного або корпоративного використання. Спочатку він створювався як серверне рішення, але його можна використовувати для аналізу та налагодження мережі (рис. 1.6).

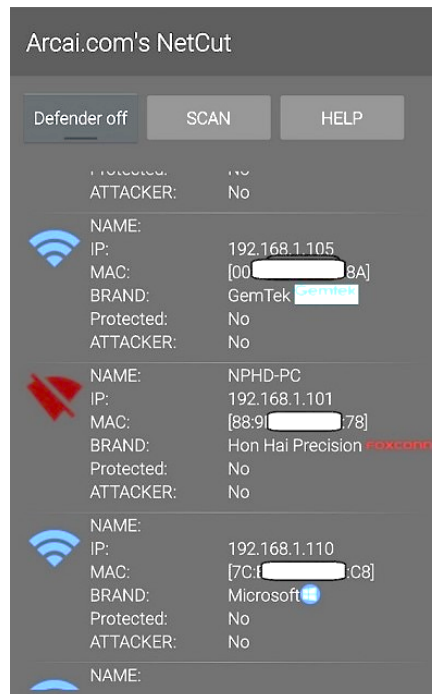


Рисунок 1.6 – NetCut

NetCut дозволяє відстежувати активність у локальній мережі (LAN) і показує всі IP- та MAC-адреси пристроїв, які підключені або коли-небудь підключалися до мережі.

За допомогою NetCut можна відключати користувачів від мережі або відновлювати їм доступ. Основний недолік для новачків – складні інструкції (часто машинного перекладу) та дещо складніший інтерфейс.

На відміну від NetSpot і NetCut, WiFi Analyzer призначений переважно для домашнього або тимчасового використання (рис. 1.7). Це додаток для Windows, доступний у Microsoft Store, у базовій та Pro версіях. Базова версія містить усе необхідне для аналізу Wi-Fi мережі. Програма перетворює дані на зрозумілі візуалізації та підказує, який канал краще використовувати для зменшення перевантаження.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

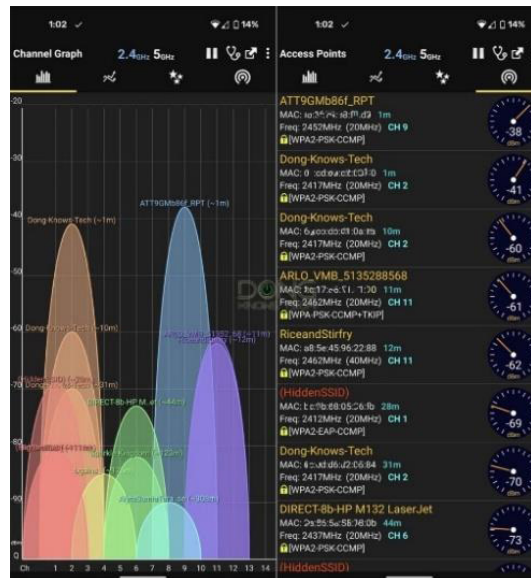


Рисунок 1.7 – WiFi Analyzer

Для новачків це може бути хорошим вибором, але для великих або корпоративних мереж його можливостей може бути недостатньо.

Як і більшість інших аналізаторів, Vistumbler сканує мережі поблизу, знаходить точки доступу та відображає карту покриття і рівень сигналу, надаючи детальну інформацію про кожну мережу: статус, MAC-адресу, SSID, рівень сигналу, канал і тип мережі (рис. 1.8).

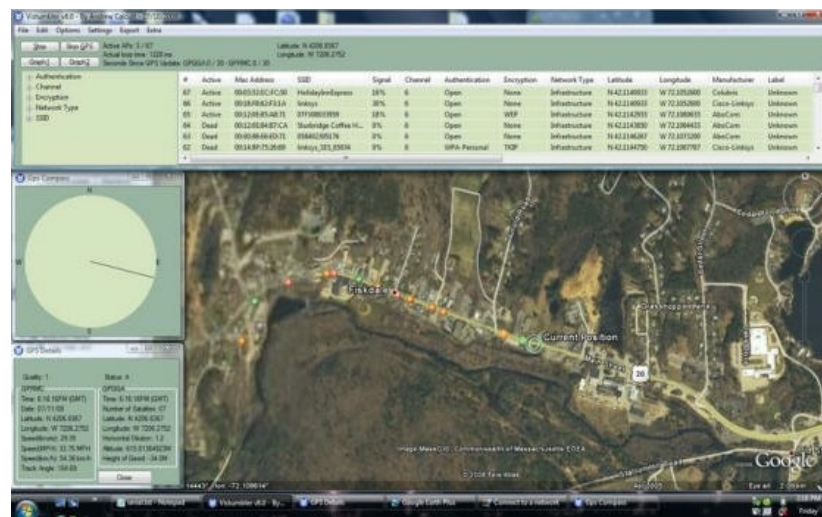


Рисунок 1.8 – Vistumbler

Особливістю Vistumbler є підтримка GPS і інтеграція з Google Earth, що дозволяє відображати мережі на карті. Це корисно для тих, хто шукає Wi-Fi під час пересування (пішки, на велосипеді чи автомобілі). Проте це не повноцінне корпоративне рішення.

WiFi Commander вирізняється сучасним дизайном і зручним інтерфейсом (рис. 1.9). Він дозволяє сканувати та фільтрувати мережі, а також будувати 3D-графіки. Якщо ваш пристрій має сенсорний екран, можна взаємодіяти з графіками дотиком.



Рисунок 1.9 – WiFi Commander

Додаток показує рівень сигналу Wi-Fi у реальному часі, що допомагає підключатися до найстабільнішої мережі.

Wireshark – це потужний інструмент для аналізу мережевих протоколів, який також підтримує Wi-Fi (рис. 1.10).

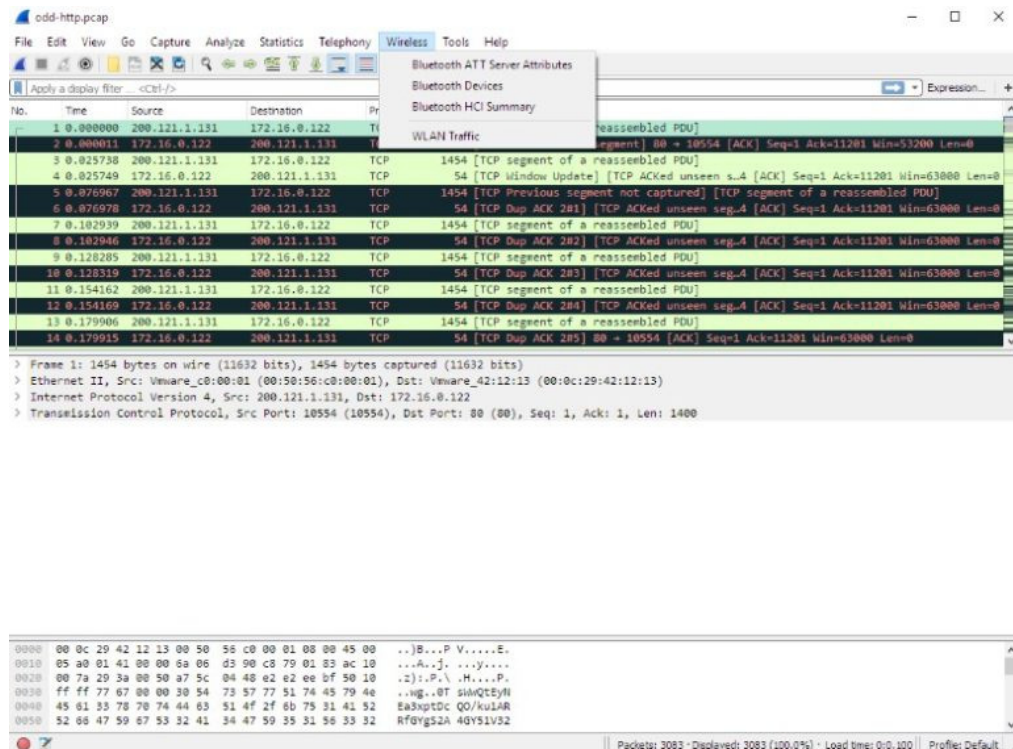


Рисунок 1.10 – Wireshark

Проте він досить складний у використанні й зазвичай застосовується професіоналами. Крім того, відкриті інструменти можуть мати обмеження для бізнесу.

Переваги та недоліки розглянутих аналізаторів мережі Wi-Fi представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння аналізаторів Wi-Fi

Інструмент	Переваги	Недоліки
SolarWinds Network Performance Monitor (NPM)	Дуже потужний функціонал; глибока аналітика мережі; візуалізація (карти, heatmap); кореляція даних; автоматичні сповіщення	Дорогий; надлишковий для домашнього використання; потребує налаштування
NetSpot	Простий у використанні; режими discovery і survey; теплові карти; підходить для новачків і профі	Обмеження у безкоштовній версії; деякі функції лише в платних планах
InSSIDer	Надійний; детальна інформація (канали, MAC, сигнал); оцінка з'єднання	Більше орієнтований на бізнес; менше візуалізації порівняно з конкурентами
NetCut	Контроль мережі (відключення пристроїв); моніторинг LAN; підходить для адміністрування	Складний інтерфейс; слабка документація; не для новачків
WiFi Analyzer (Windows)	Простий і зрозумілий; гарні візуалізації; рекомендації каналів; безкоштовна базова версія	Обмежений функціонал; не підходить для великих мереж
Vistumbler	Відкритий код; безкоштовний; підтримка GPS і експорту даних; глибокий доступ до даних	Застарілий інтерфейс; слабкі візуалізації; тільки Windows
WiFi Commander	Сучасний інтерфейс; 3D-візуалізація; робота в реальному часі	Менш потужний функціонал; більше орієнтований на домашніх користувачів
Wireshark	Дуже потужний (професійний рівень); аналіз мережевих протоколів; відкритий код	Дуже складний; потребує навчання; не спеціалізований лише на Wi-Fi

Загалом існує багато інструментів для моніторингу й управління Wi-Fi мережами – як для звичайних користувачів, так і для професіоналів. Завдяки таким можливостям, як теплові карти, візуалізації та графіки продуктивності, найкращі аналізатори Wi-Fi можуть суттєво покращити якість з'єднання.

1.3 Постановка завдання

Система спостереження за параметрами сигналів у бездротових мережах повинна відповідати низці ключових критеріїв:

- забезпечувати визначення рівня прийнятого сигналу;
- підтримувати оцінювання частки втрачених пакетів;
- виконувати обробку та інтерполяцію зібраних значень у відсотках;
- надавати результати у вигляді наочних графічних представлень;
- здійснювати запис і подальше збереження отриманих даних.

Така система є інструментом збору та аналізу набору характеристик, на основі яких розраховується інтегральний показник якості бездротового з'єднання. У сучасних умовах подібні рішення можуть враховувати додаткові параметри, зокрема затримку (latency), варіацію затримки (jitter) та співвідношення сигнал/шум (SNR), що дозволяє точніше оцінити стабільність мережі.

Одним із базових показників стабільної роботи мережі є рівень сигналу Wi-Fi. Для його оцінювання використовується індикатор RSSI (received signal strength indicator), який відображає сумарну потужність прийнятого сигналу. Це значення визначається приймальним обладнанням і подається у децибелах відносно 1 мВт - дБм (dBm) [8]. Типовий діапазон RSSI коливається приблизно від 0 до -100 дБм: значення, ближчі до нуля, свідчать про сильніший сигнал, тоді як наближення до -100 означає значне ослаблення. На практиці стабільним вважається рівень не нижчий за -65 дБм, хоча для сучасних стандартів, таких як Wi-Fi 6 та Wi-Fi 6E, бажано підтримувати ще кращі показники для досягнення максимальної швидкості передачі даних.

Втім, оцінка лише одного параметра не дає повної картини. На якість з'єднання впливають також інші фактори, серед яких електромагнітні перешкоди та перевантаженість радіоефіру [9]. Навіть при високому рівні RSSI передача інформації може залишатися нестабільною через зашумленість каналу або конкуренцію між пристроями [10]. У сучасних умовах це особливо актуально через зростання кількості IoT-пристроїв та використання діапазонів 2.4, 5 і 6 ГГц.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

З метою отримання більш об'єктивної оцінки якості сигналу в даній роботі будуть використовуватися два основні індикатори. Перший – це RSSI, який зчитується безпосередньо з мережевого адаптера. Другий – відсоткове співвідношення успішно доставлених і втрачених пакетів між передавальною та приймальною сторонами.

У цифрових мережах передача інформації здійснюється у вигляді пакетів – невеликих структурованих блоків даних, що передаються через мережеву інфраструктуру. Будь-яка діяльність в Інтернеті, включаючи відкриття веб-ресурсів, завантаження контенту чи обмін повідомленнями, базується саме на передачі таких одиниць. Під час руху пакети проходять через різні вузли мережі, зокрема маршрутизатори та точки доступу. При успішному досягненні пункту призначення вони фіксуються із зазначенням часу доставки.

У процесі передавання можуть виникати ситуації, коли окремі пакети не доходять до отримувача. Причинами можуть бути втрати, затримки або пошкодження під час проходження мережевими каналами. У випадку затримки дані можуть бути повторно відправлені, однак якщо повторна передача не відбулася, користувач отримує неповну або спотворену інформацію. Хоча більшість сучасних протоколів забезпечують повторну доставку, це призводить до збільшення часу передачі та зниження загальної ефективності мережі.

Для системи контролю якості Wi-Fi-з'єднання показник втрат пакетів між передавачем і приймачем дає змогу визначити такі проблеми:

- вплив фізичних перешкод: стіни, меблі, металеві елементи конструкцій та інші об'єкти можуть суттєво послаблювати сигнал, особливо на значних відстанях або в складних за плануванням приміщеннях;
- перевантаження ефіру: велика кількість сусідніх бездротових мереж спричиняє взаємні завади та знижує якість зв'язку;
- обмежену пропускну здатність: надмірна кількість підключених пристроїв або недостатня продуктивність обладнання можуть викликати втрати пакетів і зменшення швидкості передачі даних [11].

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ

2.1 Структура системи моніторингу характеристик сигналів бездротових мереж

Відповідно до сформульованого завдання, програмний модуль для моніторингу повинен забезпечувати виконання таких функціональних можливостей:

- функціонування у середовищі операційних систем Microsoft Windows сучасних версій (Windows 11 та актуальних збірок 2025–2026 років, а також сумісних корпоративних редакцій);
- визначення факту підключення мережевого адаптера, встановленого на комп'ютері користувача, включно з перевіркою його активного стану;
- отримання параметрів поточного бездротового з'єднання між мережевим інтерфейсом пристрою та Wi-Fi маршрутизатором (зокрема рівня сигналу, швидкості з'єднання та стабільності каналу);
- формування та надсилення ICMP Echo-запитів (ping-пакетів) із подальшим прийманням відповідей для оцінювання затримок і втрат пакетів у мережі;
- візуалізація отриманих результатів вимірювань у графічному інтерфейсі користувача з можливістю відображення статистики в реальному часі.

На основі зазначених вимог була сформована структурна схема комп'ютеризованої системи моніторингу параметрів сигналів бездротових мереж, яка відображає логіку роботи програмного комплексу (рис. 2.1). Дана схема враховує актуальні підходи до побудови мережевих моніторингових рішень, що зазвичай реалізуються з використанням сучасних API Windows, бібліотек .NET, а також механізмів потокової обробки даних.

Структурна організація системи включає послідовність основних етапів функціонування програмного продукту:

- ініціювання запуску програмного забезпечення;

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

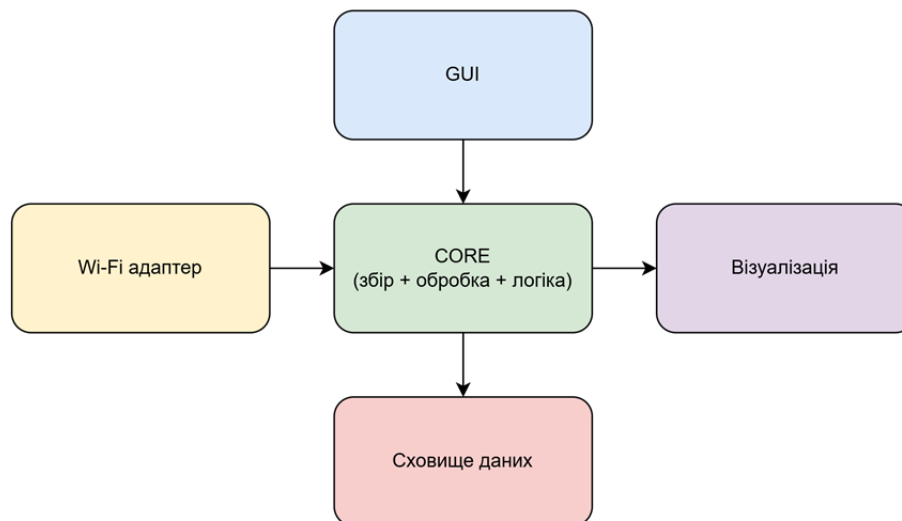


Рисунок 2.1 – Структура системи

- виконання первинного налаштування та підготовки компонентів;
- реагування на введення та команди користувача через інтерфейс;
- збір телеметричних даних із мережевих інтерфейсів;
- виконання обробки та аналізу отриманої інформації (розрахунок затримок, втрат, якості сигналу);
- відображення результатів у графічній формі з можливістю оновлення в режимі реального часу;
- коректне завершення роботи системи із звільненням ресурсів операційної системи.

Структурна схема системи моніторингу якості Wi-Fi з'єднання відображає логічну організацію програмного забезпечення та взаємодію основних функціональних модулів (рис. 2.1). Система побудована за модульним принципом, де центральну роль виконує ядро системи (CORE), яке забезпечує збір, обробку та управління потоками даних. На схемі виділено такі основні компоненти.

Модуль Wi-Fi адаптера. Даний компонент є джерелом первинних даних для системи. Він забезпечує отримання параметрів бездротового з'єднання, зокрема рівня сигналу (RSSI) та інформації про втрату пакетів. Фактично цей модуль представляє зовнішнє середовище, з яким взаємодіє система.

Ядро системи (CORE) є центральним елементом архітектури та виконує основні функції:

- збір даних від мережевого адаптера;
- обробка даних, включаючи нормалізацію рівня сигналу у відсотковий діапазон 0-100%;
- обчислення втрат пакетів у відсотках;
- керування логікою роботи системи моніторингу.

Таким чином, CORE реалізує основну бізнес-логіку системи та забезпечує узгоджену роботу всіх модулів.

Модуль GUI відповідає за взаємодію користувача із системою. Через нього здійснюється запуск моніторингу, перегляд результатів та керування параметрами роботи програми. GUI передає команди до ядра системи, але не виконує обробки даних.

Модуль зберігання даних (Storage) призначений для збереження історії вимірювань. У системі реалізовано зберігання останніх 10 значень параметрів якості з'єднання, що дозволяє відстежувати динаміку змін стану мережі.

Модуль візуалізації відповідає за представлення результатів у зручному для користувача вигляді. Отримані після обробки дані відображаються у вигляді стовпчастих діаграм, що демонструють рівень якості сигналу та втрати пакетів у відсотковому форматі.

Архітектура системи передбачає наступний потік даних. Дані надходять від Wi-Fi адаптера до ядра системи.

CORE виконує їх обробку та нормалізацію. Оброблені дані передаються до модуля зберігання та модуля візуалізації.

GUI ініціює процеси моніторингу та отримує результати для відображення. Запропонована структурна схема відображає багаторівневу архітектуру системи моніторингу Wi-Fi з'єднання. Розподіл на модулі забезпечує:

- чітке розділення відповідальності;
- спрощення супроводу та масштабування системи;
- можливість незалежного розвитку окремих компонентів.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

Централізація логіки в модулі CORE дозволяє ефективно керувати процесами збору та обробки даних, а виділення модулів зберігання та візуалізації забезпечує зручність аналізу результатів.

Функціональна схема системи відображає логіку виконання процесів та рух даних у межах системи моніторингу Wi-Fi з'єднання (рис. 2.2).

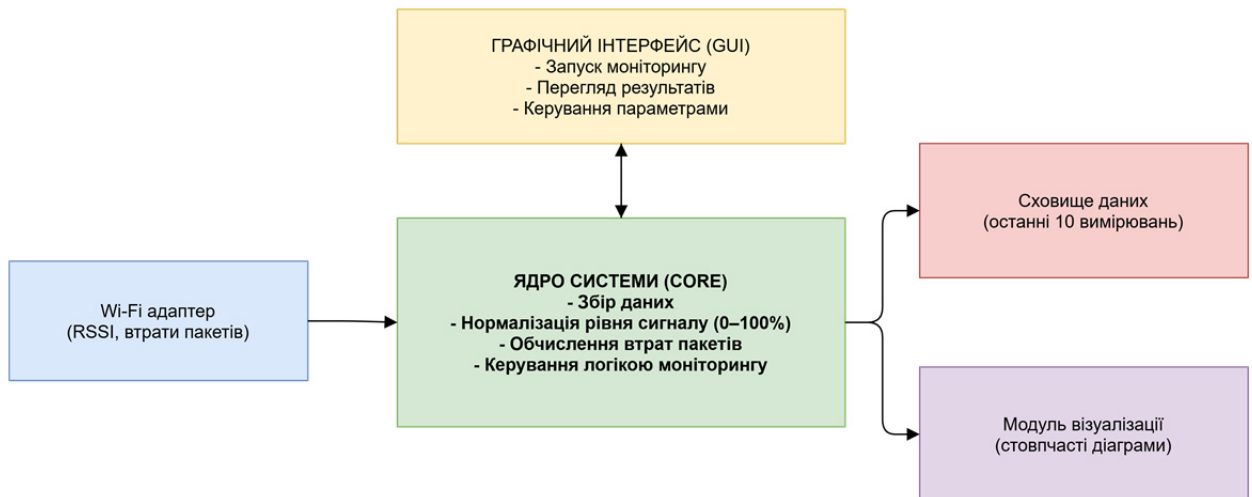


Рисунок 2.2 – Функціональна схема системи

Основний робочий процес ініціюється через графічний інтерфейс користувача (GUI), який передає команди керування до центрального модуля обробки. Після запуску моніторингу система переходить у режим безперервного збору даних, де джерелом первинної інформації виступає Wi-Fi адаптер, що формує потік параметрів якості з'єднання (рівень сигналу та втрати пакетів).

Отримані дані надходять до ядра системи (CORE), де виконується їх первинна обробка: нормалізація числових значень до уніфікованого діапазону та обчислення відсоткових показників втрат пакетів. Після цього результати проходять етап маршрутизації, на якому одночасно формуються два паралельні потоки: один спрямовується до модуля зберігання для накопичення історії вимірювань, інший – до модуля візуалізації для побудови графічного представлення стану мережі.

GUI при цьому виконує роль інтерфейсу відображення та контролю, отримуючи вже оброблені результати для інформування користувача, але не бере участі в обчислювальних операціях.

Таким чином, функціональна схема підкреслює послідовність обробки даних у режимі реального часу: від збору первинних параметрів до їх аналітичного представлення та збереження для подальшого аналізу динаміки мережевого з'єднання.

2.2 Алгоритм системи моніторингу сигналів бездротових мереж

Згідно структурної та функціональної схем системи контролю якості бездротового Wi-Fi з'єднання було розроблено алгоритм її функціонування. Блок-схема алгоритму представлена на рисунку 2.3. Алгоритм містить такі етапи.

1 Запуск та первинна ініціалізація. На старті програмний модуль відкриває графічну оболонку користувача (інтерфейс типу GUI), сумісну з сучасними операційними середовищами (Windows 10/11). Паралельно виконується автоматичне визначення доступних мережевих адаптерів, перевіряється їх працездатність, драйвери та підтримка бездротового зв'язку Wi-Fi, включно з роботою в діапазонах 2.4 та 5 ГГц.

2 Керування взаємодією з користувачем. Після завантаження інтерфейсу система переходить у режим постійного очікування дій оператора. Завершення роботи не виконується автоматично – вихід можливий лише через окрему команду користувача. Через форми введення користувач задає параметри тестування, обирає тип перевірки (наприклад, аналіз рівня сигналу, вимір затримок, перевірка пропускну здатності, оцінка втрат пакетів або стабільності каналу) та запускає або зупиняє процедуру вимірювань.

3 Збір даних. На цьому етапі програмний модуль отримує технічні показники бездротового з'єднання в режимі реального часу. До переліку параметрів входять: назва активної Wi-Fi мережі SSID; швидкість з'єднання між мережевим адаптером та маршрутизатором (Мбіт/с); шлюз (IP-адреса маршрутизатора); сила сигналу (RSSI); відсоток втрачених пакетів; дата та час перевірки.

					<i>БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

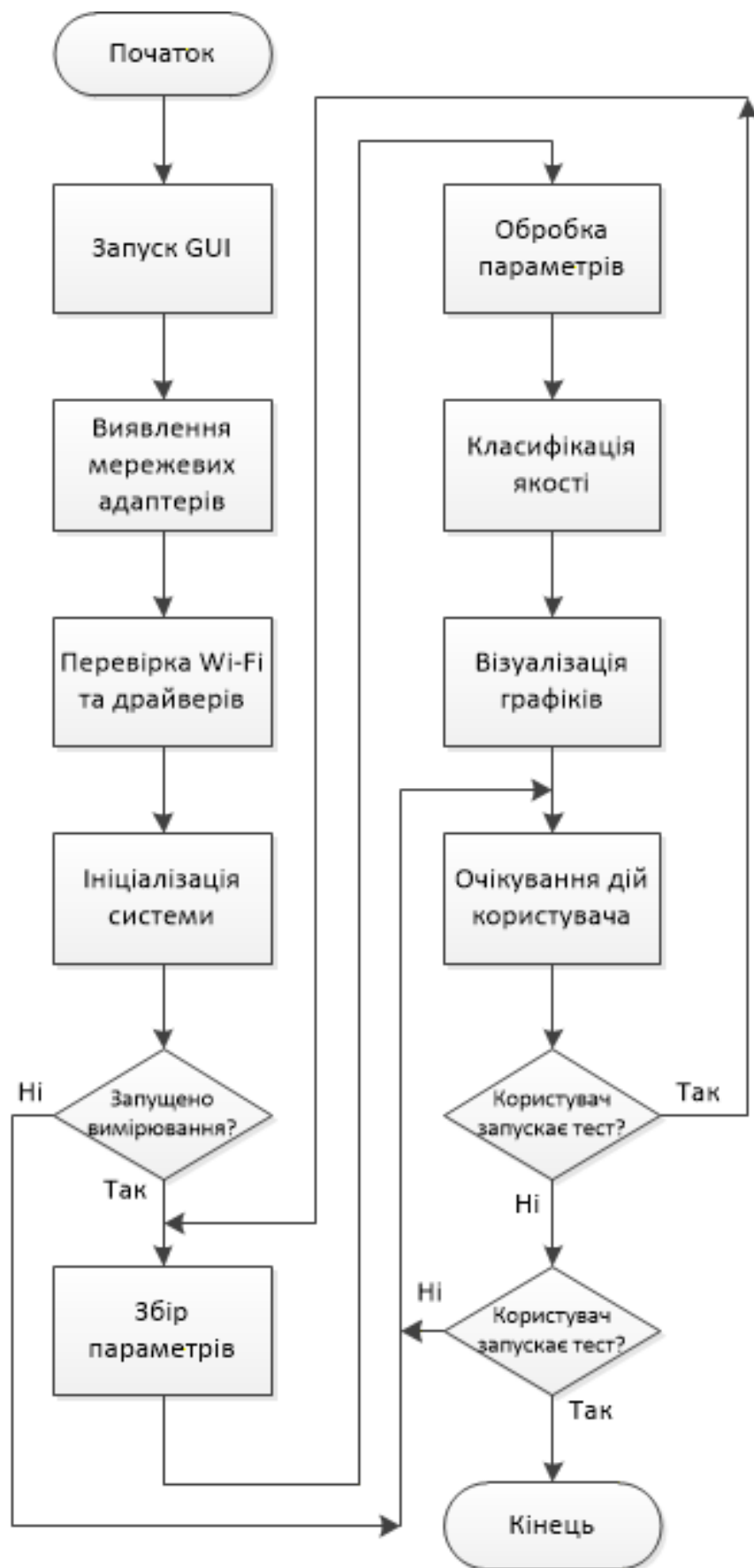


Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритму

4 Обробка та нормалізація показників. Задля зручного сприйняття користувачем усі отримані значення проходять етап математичної обробки. Рівень сигналу, який первинно вимірюється у dBm, трансформується у нормалізовану шкалу від 0 до 100%, де 0 відповідає критично слабкому сигналу, а 100 – максимально якісному з'єднанню (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Діапазони рівня якості сигналу

Назва	Рівень сигналу, дБм	%
Відмінний	0 – -50	100 – 80
Хороший	-50 – -65	80 – 60
Задовільний	-65 – -75	60 – 40
Поганий	-75 – -85	40 – 20
Неприйнятний	-85 – -100	20 – 0

Додатково застосовується згладжування для зменшення коливань показників. Втрати пакетів також переводяться у відсоткову форму, що дозволяє уніфікувати оцінку стабільності каналу (табл. 2.2). Система може автоматично класифікувати якість зв'язку (низька, середня, висока, відмінна).

Таблиця 2.2 – Діапазони рівня втрати пакетів

Назва	Втрачені пакети, %
Відмінний	0 – 1
Хороший	1 – 2
Задовільний	2 – 3
Поганий	3 – 4
Неприйнятний	більше 4

5 Візуалізація результатів. Отримані та оброблені дані відображаються у зручному для аналізу вигляді на екрані користувача. Основним способом подачі інформації виступає інтерактивна стовпчаста діаграма. У графічному представленні зберігаються та демонструються останні десять циклів вимірювань, що дозволяє відстежувати динаміку зміни якості з'єднання в часі. У сучасних реалізаціях такі графіки часто оновлюються в режимі реального часу з підтримкою масштабування та фільтрації показників для більш детального аналізу мережевої стабільності.

2.3 UML-діаграми системи

Діаграма послідовності відображає порядок взаємодії між користувачем, програмною системою та мережевими компонентами під час виконання процесу контролю якості бездротового Wi-Fi з'єднання (2.4). Вона демонструє часову послідовність обміну повідомленнями між основними учасниками системи та дозволяє простежити повний цикл роботи від ініціалізації до завершення вимірювань.

У моделі взаємодії виділено такі основні об'єкти:

- користувач – ініціює роботу системи, задає параметри тестування та керує процесом вимірювань;
- графічний інтерфейс (GUI) – забезпечує взаємодію користувача з програмною системою;
- система контролю якості Wi-Fi – центральний програмний модуль, що координує всі процеси;
- мережевий адаптер – джерело реальних мережових даних;
- модуль збору телеметрії – отримує параметри бездротового з'єднання;
- модуль обробки даних – виконує аналіз отриманих показників;
- модуль візуалізації – відображає результати у вигляді графіків.

Робота системи починається з ініціалізації графічного інтерфейсу та виявлення доступних мережових адаптерів. Система виконує перевірку їх працездатності, а також підтримки стандартів бездротового зв'язку, включаючи Wi-Fi.

Після завершення ініціалізації система переходить у режим очікування команд користувача. Користувач через графічний інтерфейс задає параметри тестування та запускає процес вимірювань.

Далі ініціюється цикл збору телеметричних даних. Мережевий адаптер передає такі параметри, як: рівень сигналу RSSI; співвідношення сигнал/шум (SNR); затримка (latency); пропускна здатність (throughput); втрати пакетів; завантаженість каналу.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

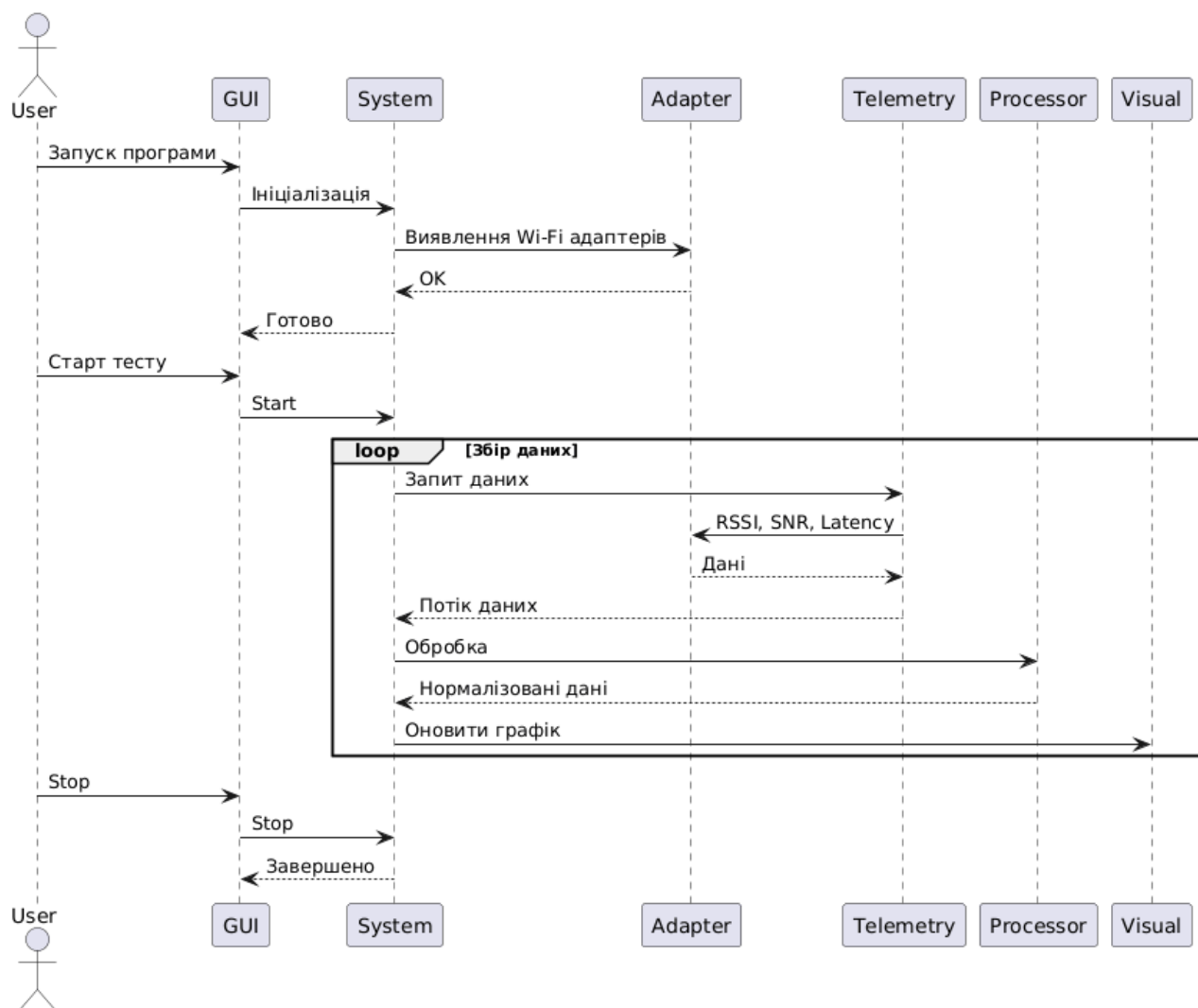


Рисунок 2.4 – Діаграма послідовностей

Отримані дані передаються до модуля обробки, де виконується їх нормалізація. Зокрема, значення RSSI переводяться у відсоткову шкалу, застосовується згладжування для зменшення шуму вимірювань, а також виконується класифікація якості з'єднання (низька, середня, висока, відмінна).

Після обробки дані надходять до модуля візуалізації, де відображаються у вигляді інтерактивних графіків. Графіки оновлюються в реальному часі та містять останні вимірювання, що дозволяє користувачу аналізувати динаміку зміни якості бездротового з'єднання.

Цикл збору та обробки даних повторюється до моменту отримання команди зупинки від користувача. Після цього система припиняє вимірювання та переходить у режим очікування або завершує роботу за відповідною командою.

Діаграма послідовності наочно демонструє багаторівневу архітектуру системи та чітке розділення відповідальності між її компонентами. Вона підкреслює потоковий характер обробки телеметричних даних у режимі реального часу та взаємодію між користувацьким інтерфейсом, аналітичними модулями та мережевим обладнанням.

Діаграма прецедентів (Use Case Diagram) відображає функціональні можливості програмної системи контролю якості бездротового Wi-Fi з'єднання та взаємодію користувачів із системою (рис. 2.5). Вона дозволяє визначити основні сценарії використання системи, а також ролі зовнішніх акторів, які беруть участь у її роботі.

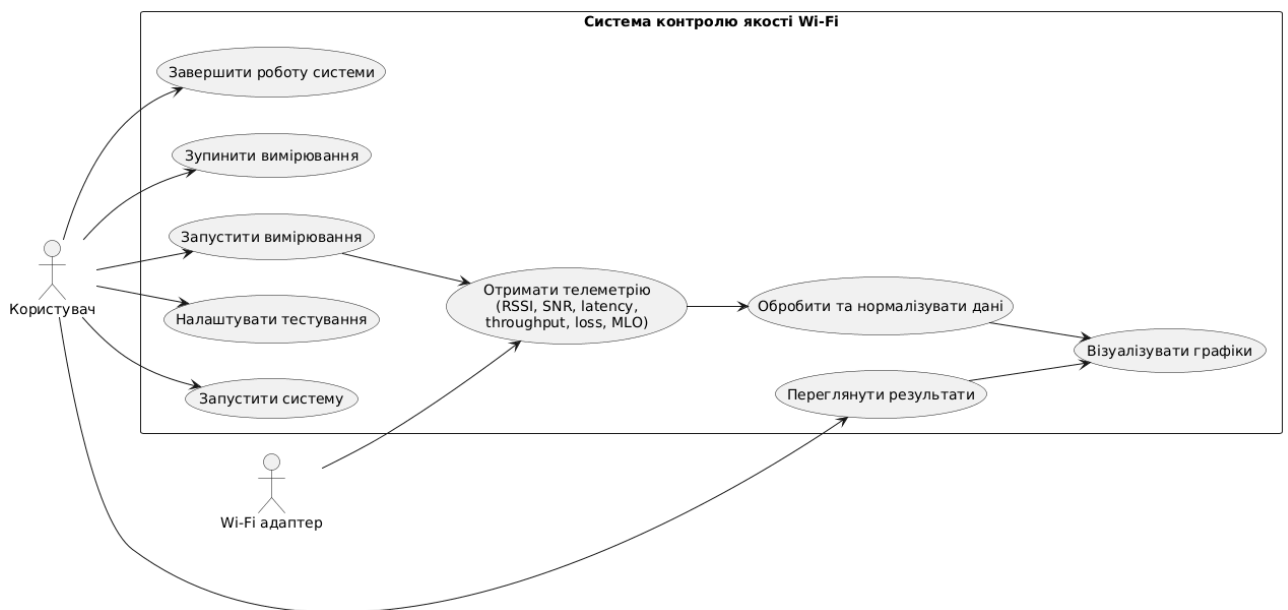


Рисунок 2.5 – Діаграма прецедентів

У моделі виділено два основні актори. Користувач – основний оператор системи, який ініціює та контролює процес тестування Wi-Fi з'єднання. Він взаємодіє з графічним інтерфейсом, задає параметри вимірювань, запускає та зупиняє тестування, а також переглядає результати аналізу.

Мережевий адаптер – апаратний компонент, що забезпечує доступ до бездротового каналу зв'язку та є джерелом телеметричних даних (RSSI, SNR, затримка, пропускна здатність, втрати пакетів).

Діаграма включає наступні ключові прецеденти.

Запуск системи – ініціалізація програмного середовища та підготовка до роботи.

Налаштування тестування – вибір типу вимірювань та конфігурація параметрів аналізу мережі.

Запуск вимірювань – ініціація процесу збору телеметричних даних.

Зупинка вимірювань – припинення активного процесу тестування.

Перегляд результатів – відображення оброблених даних у вигляді графіків та статистичних показників.

Отримання телеметрії – збір первинних мережевих параметрів від адаптера.

Обробка та нормалізація даних – математична обробка отриманих значень, включаючи масштабування RSSI, згладжування та класифікацію якості з'єднання.

Візуалізація результатів – побудова графічних відображень змін якості з'єднання в часі.

Завершення роботи системи – коректне завершення всіх процесів та вихід із програми.

У діаграмі простежується, що більшість прецедентів ініціюється користувачем через графічний інтерфейс, тоді як мережевий адаптер виступає пасивним постачальником даних. Прецедент збору телеметрії безпосередньо залежить від роботи апаратного забезпечення та є основою для подальших етапів обробки та візуалізації.

Між прецедентами встановлено логічні залежності: зокрема, обробка даних та їх візуалізація можливі лише після успішного отримання телеметрії. Це відображає послідовний характер роботи системи та її орієнтацію на обробку поточкових даних у реальному часі.

Діаграма прецедентів дозволяє формалізувати функціональні вимоги до системи контролю якості Wi-Fi та чітко визначає межі її взаємодії з користувачем і апаратними компонентами. Вона підкреслює модульність архітектури системи та її орієнтацію на інтерактивний аналіз мережевих параметрів у режимі реального часу.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.4 Програмне забезпечення системи

Для реалізації програмного рішення було обрано мову C#, оскільки вона добре підходить для побудови багатопотокових застосунків і дозволяє організувати паралельну роботу процесів. У межах такої архітектури можна одночасно виконувати як разові діагностичні перевірки, так і безперервний моніторинг у режимі реального часу, що підвищує оперативність системи.

У сучасних проєктах для цієї платформи доступна велика кількість сторонніх бібліотек, які забезпечують доступ до параметрів бездротових мереж і дозволяють отримувати телеметричні дані для подальшої аналітики. Однією з таких є обгортка Managed Native WiFi, яка дає змогу працювати з вбудованим API Native Wi-Fi у середовищі .NET.

Технологія Native Wi-Fi є частиною операційної системи Windows (і не належить до macOS, як іноді помилково зазначають у застарілих джерелах). Вона надає стандартизований програмний інтерфейс для взаємодії з бездротовими адаптерами без необхідності встановлення додаткових драйверів або стороннього ПЗ. Через набір системних API розробники можуть напряму керувати Wi-Fi з'єднаннями на рівні ОС.

Архітектура цієї підсистеми включає кілька ключових елементів: драйвер бездротового адаптера, системну службу WLAN, а також модуль керування бездротовими підключеннями. У сукупності ці компоненти забезпечують виявлення доступних мереж, встановлення з'єднань, роботу з профілями підключень і налаштування параметрів безпеки. У сучасних версіях Windows ці механізми додатково інтегровані з системними засобами діагностики мережі та розширеною телеметрією.

Завдяки Native Wi-Fi програмне забезпечення отримує можливість безпосередньої взаємодії з Wi-Fi-середовищем: виконувати сканування точок доступу, перемикає підключення та керувати збереженими мережевими профілями. Це значно спрощує розробку інструментів моніторингу бездротових мереж.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Окремо варто зазначити підтримку Wi-Fi Direct, яка дозволяє пристроям встановлювати пряме з'єднання без участі маршрутизатора. У сучасних сценаріях це використовується для швидкого обміну файлами, периферійного підключення та peer-to-peer взаємодії.

Для отримання детальної інформації про стан з'єднання застосовується функція WlanQueryInterface, яка повертає параметри конкретного мережевого інтерфейсу. Результатом її роботи є структура, що містить характеристики поточного підключення, зокрема:

- dot11Ssid – SSID мережі (ідентифікатор бездротової точки доступу), який зберігається у структурі DOT11_SSID;
- dot11BssType – тип мережі (інфраструктурна, ad-hoc або mesh), що визначається через DOT11_BSS_TYPE;
- dot11Bssid – BSSID, тобто MAC-адреса точки доступу;
- dot11PhyType – значення DOT11_PHY_TYPE, тобто тип фізичного каналу зв'язку відповідно до стандартів IEEE 802.11;
- uDot11PhyIndex – позиція значення DOT11_PHY_TYPE (індекс фізичного інтерфейсу, що відображає активний радіомодуль);
- wlanSignalQuality (відповідає WLAN_SIGNAL_QUALITY) – рівень сигналу у відсотках, який корелює з RSSI (від слабкого до стабільного сигналу). WLAN_SIGNAL_QUALITY має тип ULONG. Цей елемент містить значення 0-100;
- ulRxRate – частота зв'язку;
- ulTxRate – швидкість прийому та передачі даних у поточному з'єднанні.

Для перевірки доступності вузлів у мережі використовується клас System.Net.Ping із платформи .NET. Він дозволяє надсилати ICMP-запити типу Echo Request і отримувати відповідь Echo Reply. Такий механізм дає змогу оцінювати мережеву доступність, фіксувати втрати пакетів і аналізувати стабільність з'єднання. У сучасних мережевих системах акцент частіше робиться саме на аналізі втрат пакетів, оскільки затримка в локальній мережі Wi-Fi зазвичай є мінімальною і менш інформативною.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Серед основних методів цього класу можна виділити кілька варіантів надсилання запитів: за IP-адресою або доменним ім'ям, з налаштуванням тайм-ауту, із передачею буфера даних та додаткових параметрів маршрутизації. Результат повертається у вигляді об'єкта відповіді, що містить час відгуку, статус доставки та статистику втрат.

Додаткові параметри задаються через структуру `PingOptions`, яка визначає TTL (час життя пакета), режим фрагментації та корисне навантаження запиту. Отримані дані дозволяють будувати висновки щодо стабільності мережевого каналу та можливих перевантажень проміжного обладнання.

Для організації паралельного виконання задач використовується клас `System.Threading.Thread`, який відповідає за створення окремих потоків виконання. У сучасній версії .NET (включаючи .NET 8/9) клас `Thread` застосовується переважно для низькорівневого контролю, тоді як у більшості випадків рекомендується використовувати асинхронні підходи (`Task Parallel Library` та `async/await`). Проте для системного моніторингу він все ще може бути корисним.

Багатопоточність у даній системі використовується для розділення логіки: один потік відповідає за інтерфейс користувача, а інший – за виконання перевірок, збір та обробку даних. Це дозволяє уникнути блокування UI та забезпечує безперервність моніторингу.

Основні можливості класу `Thread` включають запуск і зупинку потоків, очікування завершення виконання, тимчасове призупинення роботи та керування пріоритетами. Також доступні властивості для перевірки стану потоку, його іменування та визначення, чи він активний.

У типовій архітектурі системи моніторингу мінімально достатньо двох потоків (рис. 2.6). Головний відповідає за взаємодію з користувачем, а фоновий виконує всі обчислювальні та діагностичні операції.

При цьому другий потік зазвичай працює у фоновому режимі (`IsBackground=true`), щоб автоматично завершуватися разом із закриттям основного застосунку та не створювати зайвого навантаження на мережу.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

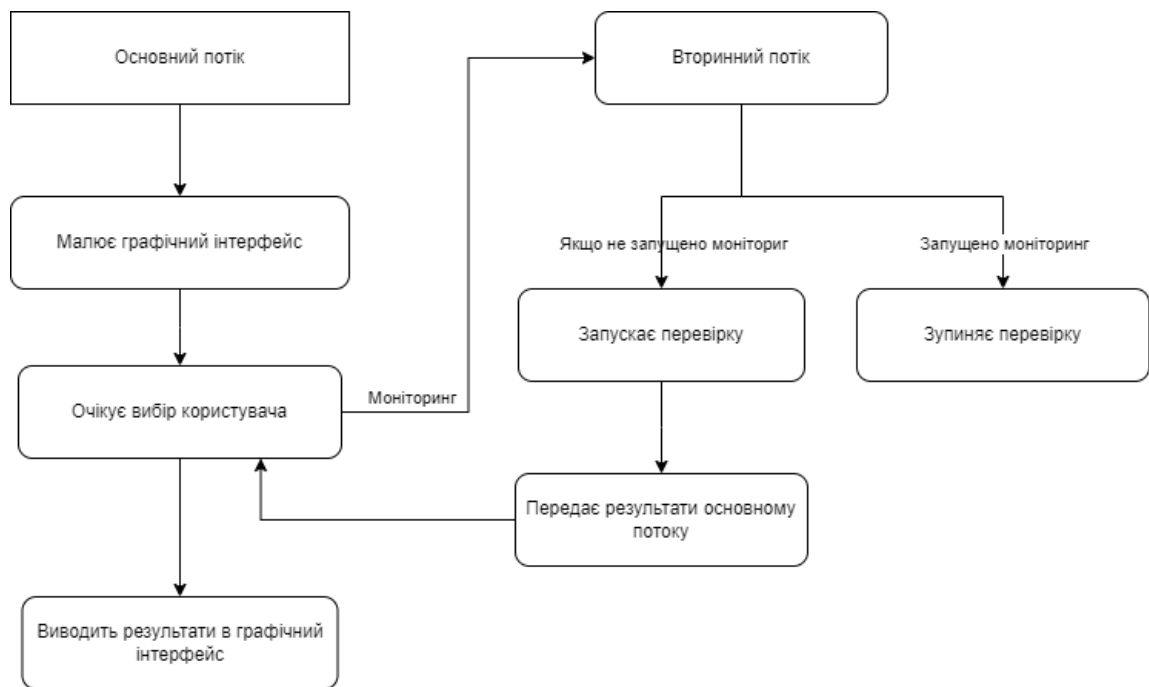


Рисунок 2.6 – Багатопоточна системи моніторингу якості сигналів Wi-Fi

Для візуалізації результатів у Windows-додатках використовується компонент Windows Forms Chart із простору імен System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting. Він дозволяє будувати різні типи графіків для відображення мережевих показників: лінійні діаграми для сигналу, стовпчикові для порівнянь, кругові для розподілу станів тощо.

У сучасних версіях .NET застосування цього компонента поступово зменшується, і все частіше використовуються альтернативи на кшталт ScottPlot або LiveCharts2, які забезпечують кращу продуктивність і підтримку сучасного UI.

Основні елементи графічної підсистеми включають області побудови графіків, серії даних, осі координат і легенди. Дані можуть підключатися динамічно, що дозволяє відображати зміну параметрів у реальному часі. Серії визначають вигляд і поведінку кривих, а осі відповідають за масштабування, інтервали та форматування підписів.

Таким чином, поєднання C#, Native Wi-Fi API, засобів мережевої діагностики та багатопотокової обробки даних формує основу для створення сучасної системи моніторингу бездротових мереж, здатної працювати в актуальних умовах 2026 року.

2.5 Вимоги до апаратного забезпечення системи

Під час проєктування програмного комплексу для відстеження параметрів радіомереж необхідно обов'язково враховувати базові апаратні вимоги, які визначають можливість коректного запуску та подальшої роботи програмного забезпечення. Такі параметри є критичними, оскільки вони безпосередньо впливають на швидкодію, стабільність і сумісність рішення з сучасними обчислювальними платформами.

Дотримання необхідних характеристик системи має важливі наслідки.

Стабільність функціонування та продуктивність. Базові технічні вимоги визначають найменший рівень обчислювальних ресурсів (центральний процесор, обсяг оперативної пам'яті, простір на накопичувачі), потрібний для запуску та роботи застосунку. Якщо пристрій користувача не досягає такого рівня, можливі зависання, затримки обробки даних, а також некоректне виконання модулів аналізу сигналів.

Сумісність із сучасними платформами та ПЗ. Більшість програмних рішень орієнтується на оновлені операційні середовища (передусім актуальні збірки Windows 11). Через це застарілі конфігурації обладнання можуть не підтримувати встановлення нових версій програм або обмежувати доступ до сучасних бібліотек і драйверів, необхідних для роботи з бездротовими інтерфейсами.

Підтримка виробників і оновлення безпеки. Розробники програмного забезпечення поступово припиняють підтримку застарілих апаратних і програмних платформ. У результаті користувачі, чиї системи не відповідають актуальним вимогам, можуть втратити можливість отримувати оновлення безпеки, оптимізації та технічну підтримку, що підвищує ризики експлуатації.

Використання мови програмування C# у сучасному середовищі .NET (версії .NET 8/9, актуальні для 2026 року) дозволяє створювати ефективні та оптимізовані застосунки, які не потребують надмірно потужного обладнання, але залежать від наявності відповідного runtime-середовища.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

Платформа .NET Runtime реалізована як частина сучасної екосистеми .NET і забезпечує виконання програмного коду, написаного на C# та інших мовах платформи. Вона відповідає за управління пам'яттю, автоматичне збирання сміття, обробку винятків, безпечне виконання потоків і взаємодію з системними ресурсами. Без встановленого runtime запуск застосунку є неможливим, тому ключовим програмним обмеженням стає мінімально підтримувана версія операційної системи. Мінімальні системні вимоги:

- процесор: від 2 ядер, ~2.0 ГГц або вище, з підтримкою 64-bit архітектури;
- оперативна пам'ять: від 4 ГБ;
- операційна система: Windows 10/11 (64-bit);
- вільний простір на накопичувачі: від 2 ГБ.

Апаратні засоби, необхідні для роботи системи:

- маршрутизатор або точка доступу з підтримкою сучасних стандартів Wi-Fi (Wi-Fi 5 / Wi-Fi 6 або новіших, що актуальні у 2026 році);
- портативний комп'ютер/ноутбук, що відповідає мінімальним вимогам;
- мережевий Wi-Fi адаптер із підтримкою протоколів бездротового зв'язку, сумісних із точкою доступу та сучасними стандартами шифрування.

У сукупності такі вимоги забезпечують стабільну роботу системи аналізу сигналів, коректне відображення параметрів мережі та можливість подальшого масштабування програмного рішення відповідно до розвитку бездротових технологій. швидкого створення прототипів керуючих і моніторингових рішень із використанням макетних плат і периферійних пристроїв.

2.6 Висновки до розділу

У результаті виконаного проєктування сформовано структурну та функціональну схеми системи. Детально описано взаємодії її складових. Спроектовано алгоритм роботи системи контролю якості Wi-Fi та побудовано блок-схему цього алгоритму.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 Інтерфейс користувача

Для того щоб зробити роботу з системою контролю параметрів радіосигналу у бездротових мережах більш простою та інтуїтивною, було розроблено графічний інтерфейс користувача. Він реалізований як візуальна форма, що об'єднує набір елементів керування та засобів відображення даних, орієнтованих на сучасні стандарти моніторингу Wi-Fi і актуальні підходи до аналізу якості з'єднання в реальному часі.

Інтерфейс включає такі складові (рис. 3.1).

Рисунок 3.1 – Стартова сторінка інтерфейсу користувача

Поле введення, яке використовується для задання назви контрольної точки вимірювання (наприклад, конкретного приміщення або локації тестування).

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Три основні елементи керування у вигляді кнопок:

- запуск разової перевірки параметрів мережі, що виконує одноразове вимірювання показників;
- активація безперервного режиму спостереження, у якому дані оновлюються у режимі реального часу з можливістю потокової обробки;
- експорт результатів, який відкриває системне вікно вибору директорії для збереження даних.

Окреме поле відображення, призначене для виводу ідентифікатора бездротової мережі (SSID або її логічної назви).

Інформаційний рядок для показу поточної швидкості обміну даними між маршрутизуючим пристроєм і мережевим адаптером, що може вимірюватися в реальному часі в Mbps або Gbps залежно від апаратного забезпечення.

Графічний модуль відображення рівня сигналу. По горизонтальній осі відкладається час проведення вимірювань, а також (за наявності введення користувача) назва обраної контрольної точки. Вертикальна шкала відображає інтенсивність сигналу у відсотковому вираженні, що дозволяє оцінювати стабільність підключення протягом часу.

Таблиця 3.1 – Розподіл кольорів та діапазонів

Діапазон сили сигналу, %	Діапазон втрачених пакетів, %	Колір
0-20	> 4	Червоний
20-40	3-4	Фіолетовий
40-60	2-3	Синій
60-80	1-2	Жовтий
80-100	0-1	Зелений

Додатковий графік, який демонструє відсотковий рівень втрат пакетів. Вісь часу також використовується як базова шкала, а значення по вертикалі показують частку втрат у мережевому потоці, що є важливим показником якості з'єднання у сучасних бездротових системах.

На етапі старту програмного модуля моніторингу всі поля інтерфейсу залишаються порожніми, включно з назвами локацій, даними про мережу, швидкістю передачі та графічними відображеннями (рис. 3.1). Початкове

наповнення інформацією відбувається лише після ініціювання першого вимірювання користувачем.

Відображення даних на графіках виконується з використанням різних кольорових індикаторів. Колірна індикація змінюється відповідно до визначених діапазонів відсоткових значень сигналу та втрат, що дозволяє швидко інтерпретувати якість з'єднання без додаткового аналізу числових даних (шкала градацій задається у відповідності до таблиці 3.1).

3.2 Налаштування програмного забезпечення

Під час початкового запуску програмного забезпечення, яке базується на використанні бібліотеки Native Wifi, виконується перевірка наявності бездротового мережевого адаптера Wi-Fi, а також здійснюється зчитування його основних конфігураційних параметрів:

```
if (firstrun)
{
wifiInterface = new WlanClient()?.Interfaces.FirstOrDefault();
if (wifiInterface == null)
{
MessageBox.Show("Wi-Fi адаптер не знайдено");
return;
}
firstrun = false;
}
```

Далі ініціюється робота головного функціонального модуля. Залежно від того, який режим обрав користувач – разову діагностику або безперервний моніторинговий режим у реальному часі – метод «test» викликається із відповідним аргументом 1 або 0. Значення 1 означає виконання одиничного циклу перевірки. Значення 0 передбачає роботу у нескінченному циклі, який триває до моменту завершення програми або ручного припинення з боку користувача. Для можливості керованого завершення циклічного процесу використовується перемикач стану «onoff», що приймає логічні значення true або false, які відображають активність або зупинку виконання:

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

```

if (!onoff)
{
onoff = true;
button2.Text = "Зупинити моніторинг";
MyThread1 = new Thread(() => test(0));
MyThread1.IsBackground = true;
MyThread1.Start();
}
else
{
button2.Text = "Зупинка...";
onoff = false;
}

```

У випадку роботи в режимі постійного моніторингу функціональність перевірки переноситься до окремого потоку «MyThread1». Для цього потоку встановлюється властивість «IsBackground» зі значенням «True», що забезпечує автоматичне завершення вторинного потоку при закритті основного процесу. У межах цього потоку запускається метод «test» з параметром 0, завдяки чому цикл не завершується після першої ітерації.

Для реалізації механізму контролю втрати пакетів, побудованого на основі класу Ping, було створено метод «GetNetworkStats». При його використанні необхідно передати два вхідні параметри. Перший – рядковий аргумент «host», який містить домен або IP-адресу цільового вузла для надсилання запитів. Другий – цілочисельна змінна «packetLoss», яка слугує для відображення результатів обчислення втрат пакетів. Такий підхід до повернення значення обрано з метою подальшого масштабування функціоналу, зокрема можливого додавання додаткових метрик, таких як затримка відповіді.

Розмір одного тестового пакета встановлено на рівні 32 байти. Для формування такого обсягу даних використано рядок із 32 символів «0», який після цього було закодовано у форматі ASCII. У цій системі кодування кожен символ представлений 8 бітами, тобто еквівалентно одному байту.

Сформовані пакети надсилаються десять разів за допомогою методу .Send. Параметри передачі залишаються стандартними, тобто фрагментація пакетів не застосовується, а значення TTL (time to live) встановлено на рівні 128.

У разі, якщо значення поля «Status» у відповіді не дорівнює «Success», така передача вважається невдалою, і пакет класифікується як втрачений. Відповідний

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

підрахунок здійснюється через змінну «failedPings», яка накопичує кількість невдалих спроб.

Після завершення надсилання десяти пакетів виконується розрахунок відсотка втрат, що визначається як відношення кількості втрачених пакетів до загальної кількості відправлених:

```
public void GetNetworkStats(string host, out int packetLoss)
{
    Ping pingSender = new Ping();
    PingOptions options = new PingOptions();
    string data = "0000000000000000000000000000000000";
    byte[] buffer = Encoding.ASCII.GetBytes(data);
    int failedPings = 0;
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        try
        {
            PingReply reply = pingSender.Send(host, 1000, buffer, options);
            if (reply == null || reply.Status != IPStatus.Success)
                failedPings++;
        }
        catch
        {
            failedPings++;
        }
    }
    packetLoss = (int)((failedPings / 10.0) * 100);
}
```

Алгоритм моніторингу реалізовано у вигляді нескінченного циклу «while» з умовою «true». У межах кожної ітерації система отримує та обробляє такі дані:

- поточні дата та час, що синхронізовані з системним годинником пристрою користувача;
- ідентифікатор бездротової мережі (SSID);
- показники швидкості завантаження даних;
- показники швидкості відвантаження даних;
- адресу шлюзу поточного мережевого з'єднання;
- рівень потужності сигналу, поданий у відсотковому діапазоні від 0 до 100;
- ініціацію процедури пінгування через функцію GetNetworkStats із передачею шлюзу як параметра «host»;
- перевірку кількості вже сформованих точок на графічному відображенні;
- відображення отриманих результатів на графіку.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

Усі операції взаємодії з елементами графічного інтерфейсу реалізовані через механізм BeginInvoke, що забезпечує асинхронне виконання змін інтерфейсу з боку основного потоку, навіть якщо обробка даних здійснюється у вторинному:

```
public void test(int once)
{
    while (true)
    {
        if (wifiInterface == null)
        {
            Invoke(new Action(() =>
            MessageBox.Show("Wi-Fi адаптер не знайдено або вимкнений")));
            return;
        }
        try
        {
            string datetime = DateTime.Now.ToString();
            string SSID = Encoding.UTF8.GetString(
            wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.dot11Ssid.
            SSID);
            uint download =
            wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.rxRate /
            1000;
            uint upload =
            wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.txRate /
            1000;
            uint signal =
            wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.wlanSignal
            Quality;
            var ipstat = wifiInterface.NetworkInterface.GetIPProperties();
            var gatewayObj = ipstat.GatewayAddresses.FirstOrDefault();
            if (gatewayObj == null)
            return;
            string gateway = gatewayObj.Address.ToString();
            int loss;
            GetNetworkStats(gateway, out loss);
            // ОНОВЛЕННЯ UI ОДНИМ ВИКЛИКОМ
            BeginInvoke(new Action(() =>
            {
                label3.Text = SSID;
                label6.Text = $"{download}/{upload} Мбіт/с";
                if (chart1.Series["Сила сигналу"].Points.Count > 9)
                {
                    chart1.Series["Сила сигналу"].Points.RemoveAt(0);
                    chart1.Series["Втрати"].Points.RemoveAt(0);
                }
                var pointSignal = chart1.Series["Сила сигналу"]
                .Points.AddXY(datetime + "\n" + textBox1.Text, signal);
                var pointLoss = chart1.Series["Втрати"]
                .Points.AddXY(datetime + "\n" + textBox1.Text, loss);
            }
            ));
        }
        catch { }
    }
}
```

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

Після додавання кожної нової точки на графік їй присвоюється колір, який визначається на основі результатів вимірювання, що дозволяє візуально диференціювати стани з'єднання:

```
// КОЛІР СИГНАЛУ
var lastSignalPoint = chart1.Series["Сила сигналу"]
.Points.Last();
if (signal >= 80) lastSignalPoint.Color = Color.Green;
else if (signal >= 60) lastSignalPoint.Color = Color.Yellow;
else if (signal >= 40) lastSignalPoint.Color = Color.Blue;
else if (signal >= 20) lastSignalPoint.Color = Color.Violet;
else lastSignalPoint.Color = Color.Red;
// КОЛІР ВТРАТ
var lastLossPoint = chart1.Series["Втрати"]
.Points.Last();
if (loss < 1) lastLossPoint.Color = Color.Green;
else if (loss < 2) lastLossPoint.Color = Color.Yellow;
else if (loss < 3) lastLossPoint.Color = Color.Blue;
else if (loss < 4) lastLossPoint.Color = Color.Violet;
else lastLossPoint.Color = Color.Red;
}});
}
```

Наприкінці кожного циклу перевіряється значення тригера «onoff». Це необхідно для можливості керованого завершення роботи алгоритму. Якщо функцію було запущено з параметром 0 або значення тригера встановлено у false, виконання циклу завершується оператором «break». У режимі безперервного моніторингу інтервал між перевірками регулюється методом «Sleep()», який призупиняє виконання потоку на задану кількість мілісекунд.

Збереження результатів вимірювань реалізовано шляхом отримання бітової маски графічного інтерфейсу та подальшого її експорту у файл формату PNG:

```
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Bitmap bmp = new Bitmap(this.Width, this.Height);
    this.DrawToBitmap(bmp, new Rectangle(0, 0, this.Width,
    this.Height));
    SaveFileDialog dialog = new SaveFileDialog
    {
        Filter = "PNG Image|*.png",
        Title = "Зберегти результат",
        FileName = "result.png",
        RestoreDirectory = true
    };
    if (dialog.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        try
        {

```

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

```

bmp.Save(dialog.FileName, ImageFormat.Png);
}
catch
{
MessageBox.Show("Помилка збереження файлу");
}
}
}
}

```

Для користувача передбачено можливість самостійного вибору директорії збереження кожного окремого файлу. Після натискання відповідної кнопки відкривається стандартне діалогове вікно вибору шляху з можливістю задання імені файлу. У разі коректного вибору система створює графічний файл із результатами. Якщо шлях або ім'я не вказані, користувач отримує повідомлення про помилку збереження.

3.3 Тестування системи

З метою виконання перевірок комп'ютеризованої системи відстеження сигналів бездротових мереж було вибрано житло з двома кімнатами, кухонною зоною, лоджією, окремими санвузлом і ванною. Така конфігурація приміщення була обрана через те, що подібне планування є характерним для сучасних житлових комплексів. Через значну кількість перепон, зокрема цегляних стін і перегородок, у подібних умовах складно визначити спрямованість сигналу та виділити області з якісним покриттям.

У помешканні наявні предмети інтер'єру, що можуть створювати додаткові завади для поширення сигналу: три телевізійні пристрої, мікрохвильова піч, портативний комп'ютер, стаціонарний ПК із Wi-Fi адаптером, а також дві шафи-купе з дзеркальними поверхнями (рис. 3.2).

Для виконання експериментів використовувалося таке технічне оснащення:

- маршрутизатори Mercusys MR50G (2 одиниці);
- ноутбук Lenovo Legion 5 15IMH6 (82NL00B9RA) (1 одиниця).

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

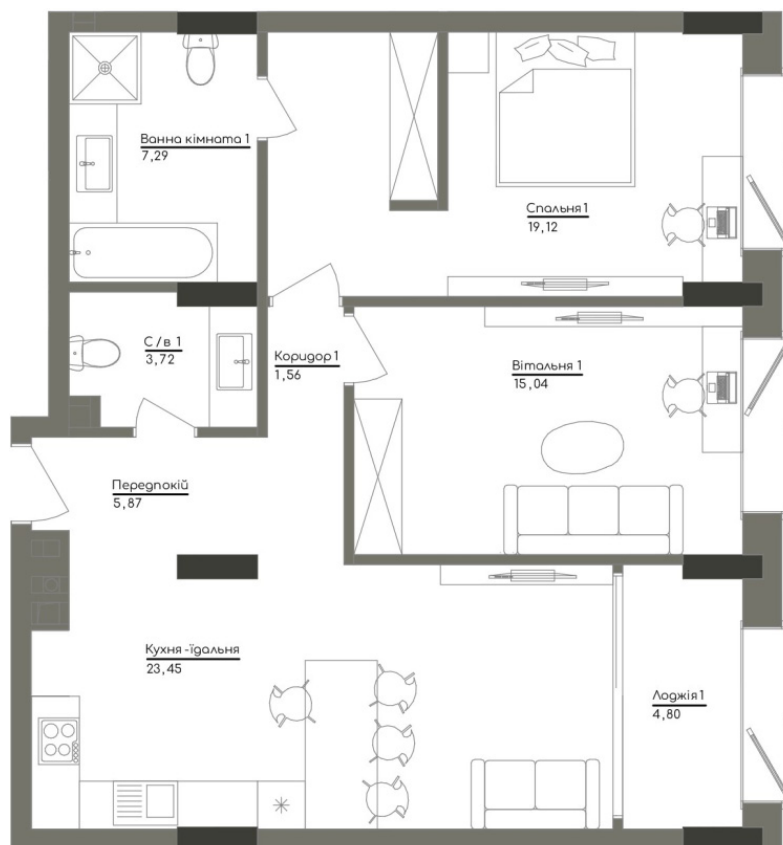


Рисунок 3.2 – План приміщення для тестування

Гігабітний маршрутизатор Mercusys MR50G було обрано з огляду на його поширеність і доступність, адже це недорогий пристрій із підтримкою стандарту Wi-Fi 6. Серед його основних параметрів:

- гранична швидкість передачі інформації до 1900 Мбіт/с (до 1300 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц та до 600 Мбіт/с у смузі 2,4 ГГц);
- розширене покриття завдяки шести антенам із підсиленням та технологією Beamforming;
- наявність гігабітних портів;
- покращена продуктивність мережі завдяки MU-MIMO, що забезпечує одночасну взаємодію з кількома пристроями та підвищує сумарну пропускну здатність.

Для досягнення максимально точних результатів було використано ноутбук із мережевим модулем, що підтримує стандарти Wi-Fi 6 і MU-MIMO (2x2). Модель Lenovo Legion 5 15IMH6 (82NL00B9RA) оснащена адаптером Intel Wi-Fi 6E AX210 M.2, характеристики якого включають:

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

- швидкість передачі до 3000 Мбіт/с (у сумі для діапазонів 2,4/5/6 ГГц);
- підтримку стандартів Wi-Fi 6 та 6E;
- технологію OFDMA;
- режим MU-MIMO 2×2.

Для виконання дослідження було визначено десять контрольних позицій у межах квартири. Усі вимірювання проводилися протягом одного дня за стабільних зовнішніх умов, що могли впливати на результати. До мережевого пристрою підключався лише один клієнт, із якого здійснювалися заміри. Після завершення тестування в одній точці ноутбук переміщували до наступної без розриву з’єднання. Усі дані збиралися у режимі одиничних вимірювань із фіксацією назв контрольних позицій для подальшого аналізу.

Під час першого етапу маршрутизатор було розміщено у кімнаті «Спальня 1» (рис. 3.3), у результаті отримано десять контрольних показників (табл. 3.2).



Рисунок 3.3 – Експеримент вимірювань №1

Найнижчі показники якості сигналу та найбільші втрати пакетів спостерігалися в зонах «Лоджія 1», «Кухня 2», «Кухня 1» і «Передпокій». Ці ділянки розташовані на значній відстані від джерела сигналу та мають найбільшу кількість перешкод на шляху його поширення (рис. 3.4).

Таблиця 3.2 – Результати вимірювань експерименту №1

Місце розташування ноутбука	Сила сигналу %	Втрачені пакети %
Спальня	100	0
Ванна кімната	83	0
Санвузол (С/В)	76	0
Коридор 1	79	0
Вітальня	84	0
Передпокій	64	1
Коридор 2	75	0
Кухня 1	60	1
Кухня 2	43	2
Лоджія	19	3

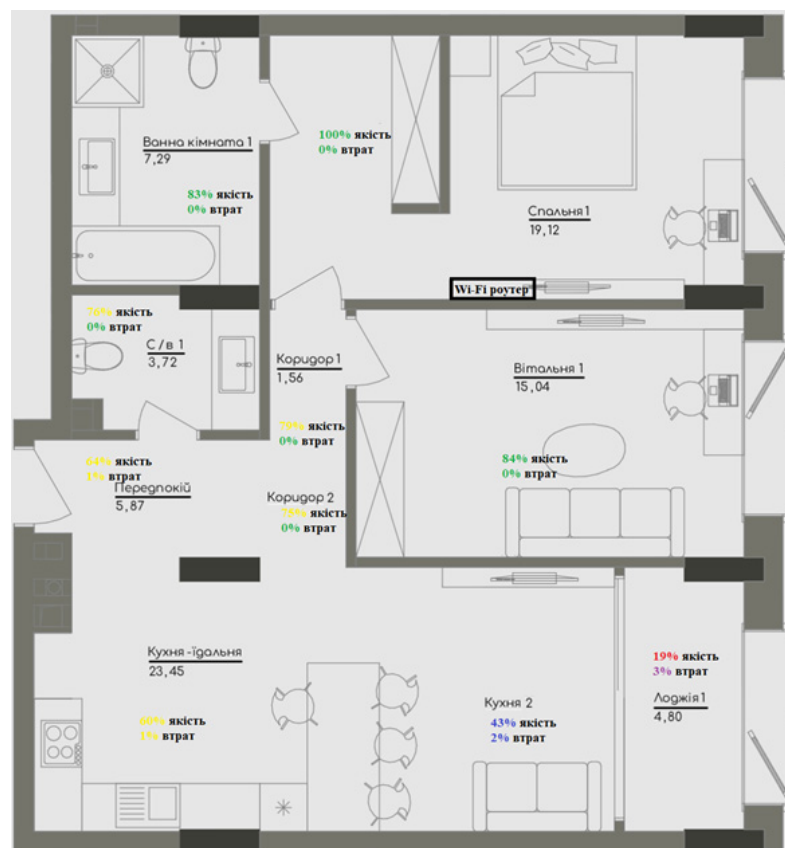


Рисунок 3.4 – Рівень сигналу у приміщенні

З метою пошуку шляхів покращення покриття по всій площі було виконано повторні вимірювання, при цьому маршрутизатор перемістили до кімнати «Вітальня», щоб зменшити максимальну дистанцію між пристроями у різних

частинах житла. Отримані результати (табл. 3.3) засвідчили покращення показників, проте одного маршрутизатора все ще недостатньо для повного охоплення (рис. 3.5).

Таблиця 3.3 – Результати вимірювань експерименту №2

Місце розташування ноутбука	Сила сигналу %	Втрачені пакети %
Спальня	76	0
Ванна кімната	65	0
Санвузол (С/В)	58	1
Коридор 1	98	0
Вітальня	100	0
Передпокій	81	1
Коридор 2	95	0
Кухня 1	72	1
Кухня 2	76	0
Лоджія	68	1



Рисунок 3.5 – Експеримент вимірювань №2

Для досягнення оптимальної якості сигналу на всій території квартири було вирішено використати додатковий маршрутизатор Mercusys MR50G: перший розмістили у точці «Коридор 1», а другий – у зоні «Кухня 2» (рис. 3.6-3.7).



Рисунок 3.6 – Експеримент вимірювань №3



Рисунок 3.7 – Експеримент вимірювань №4

Під час проведення тестів мережі працювали окремо та не були об'єднані в Mesh-систему, кожна мала власну назву.

3.4 Висновки до розділу

Реалізовано програмний продукт разом із графічним інтерфейсом для користувача. Виконано експериментальні дослідження в об'єкті зі складними конструктивними особливостями. Проведено обробку та інтерпретацію отриманих експериментальних даних.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі розв'язано важливу задачу, що стосується створення системи для відстеження параметрів сигналів бездротового зв'язку в будівлях зі складною геометрією.

Запропонований комплекс спостереження виступає важливим засобом для забезпечення стабільної та результативної роботи бездротових мереж. Його застосування сприяє підвищенню ефективності функціонування, гарантує належний рівень якості передавання даних, а також забезпечує відповідність встановленим нормам і вимогам регулювання. Проектування і впровадження подібного рішення є суттєвим кроком у напрямі вдосконалення новітніх бездротових технологій та задоволення запитів користувачів у приміщеннях зі складною конфігурацією.

Під час виконання дипломного проєкту було досягнуто таких результатів:

- здійснено аналіз сучасних рішень для спостереження за станом мереж, що дозволило визначити ключові показники оцінювання якості з'єднання;
- спроектовано й детально пояснено принцип функціонування програмного алгоритму;
- реалізовано програмний продукт разом із графічним інтерфейсом для користувача;
- виконано експериментальні дослідження в об'єкті зі складними конструктивними особливостями;
- проведено обробку та інтерпретацію отриманих експериментальних даних.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Міщук Н. Д. Комп'ютеризована система моніторингу характеристик сигналів бездротових мереж у приміщеннях складної форми : кваліфікаційна робота бакалавра : 123 Комп'ютерна інженерія / Міщук Н. Д. – Тернопіль, 2023. – 78 с.

2 Горбатий І. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи / І. Горбатий. – Львів: Львівська політехніка, 2016. – 336 с.

3 Kastrenakes J. Wi-Fi now has version numbers [Електронний ресурс] / Jacob Kastrenakes//Theverge.–2018. URL: <https://www.theverge.com/2018/10/3/17926212/wifi-6-version-numbers-announced> (дата звернення 04.04.2026).

4 Phillips G. The Most Common Wi-Fi Standards and Types, Explained [Електронний ресурс] / Gavin Phillips // Makeuseof 2022 URL: <https://www.makeuseof.com/tag/understanding-common-wifi-standards-technology-explained/> (дата звернення 12.04.2026).

5 Нові назви Wi-Fi стандартів (Wi-Fi 4, Wi-Fi 5, Wi-Fi 6) [Електронний ресурс]//Keenetic–2021.URL: <https://help.keenetic.com/hc/uk/articles/360010184459-%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8-Wi-Fi-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%96%D0%B2-Wi-Fi-4-Wi-Fi-5-Wi-Fi-6-.> (дата звернення: 16.04.2026).

6 Giordano, Lorenzo; Geraci, Giovanni; Carrascosa, Marc; Bellalta, Boris. What Will Wi-Fi 8 Be? A Primer on IEEE 802.11bn Ultra High Reliability. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.10442>. (дата звернення: 16.04.2026).

7 Best Wi-Fi Analyzer Tools – Free and Paid. URL: <https://www.dnsstuff.com/wifi-analyzer-software> (дата звернення 14.04.2026).

8 What is Wi-Fi Strength and RSSI? [Електронний ресурс] // Simplisafe. – 2022 URL: <https://support.simplisafe.com/articles/wifi-troubleshooting/what-is-wifi-strength-and-rssi/634478878e3e4c348d43ebdb> (дата звернення 26.04.2026).

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

9 Безпроводові локальні мережі Wlan (Wi-Fi) [Електронний ресурс]. – 2021. URL: <http://ukrbukva.net/page,2,68947-Besprovodnye-lokalnye-seti-Wlan-Wi-Fi.html> (дата звернення 23.04.2023).

10 Що впливає на роботу бездротових мереж Wi-Fi? Що може бути джерелом завад і які їхні можливі причини? [Електронний ресурс] // Keenetic. – 2022. URL: <https://help.keenetic.com/hc/uk/articles/213968709>.

11 Павлиш В. Основи інформаційних технологій і систем / В. Павлиш, Л. Гліненко, Н. Шаховська. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 476 с.

12 Monitor the status of wi-fi adapters and gather information about nearby access points and hotspots in real-time with WirelessMon. [Електронний ресурс].– 2020. – URL: <http://www.wirelessmon.com/> (дата звернення 08.05.2026).

13 Бедрій І. Я. Безпека життєдіяльності / І. Я. Бедрій, В. Я. Нечай. – Львів: Манголія, 2007. – 499 с.

14 Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний. – Київ: Каравела, 2004. – 328 с.

15 Зеркалов Д. В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник / Д. В. Зеркалов. – Київ: Основа, 2011. – 526 с.

16 Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп'ютерні системи та мережі» / О.М. Березький, Л.О. Дубчак, Р.Б. Трембая, Г.М. Мельник, М. Батько, С.В. Івасьєв / Під ред. О.М. Березького. - Тернопіль: ТНЕУ, 2016.-60 с.

17 Толок А. О. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник. / А. О. Толок, О. А. Крюковська. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський державний технічний університету, 2011. – 215 с.

					БР.КІ-57.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

ДОДАТКИ

**КОД ПРОГРАМИ МОНІТОРИНГУ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛУ
БЕЗДРОВОЇ МЕРЕЖІ WI-FI**

```
using System;
using System.Linq;
using System.Net.NetworkInformation;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;
using System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting;
using NativeWifi;
using System.Drawing;
using System.Drawing.Imaging;
namespace WinFormsApp1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        static WlanInterface wifiInterface;
        public volatile bool onoff = false;
        public bool firstrun = true;
        public Thread MyThread1;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        public void GetNetworkStats(string host, out int
packetLoss)
        {
            Ping pingSender = new Ping();
            PingOptions options = new PingOptions();
            string data = "0000000000000000000000000000000000";
            byte[] buffer = Encoding.ASCII.GetBytes(data);

            int failedPings = 0;

            for (int i = 0; i < 10; i++)
            {
                try
                {
                    PingReply reply = pingSender.Send(host, 1000,
buffer, options);
                    if (reply == null || reply.Status !=
IPStatus.Success)
                        failedPings++;
                }
                catch
                {
                    failedPings++;
                }
            }
        }
    }
}
```

```

packetLoss = (int)((failedPings / 10.0) * 100);
    }
    public void test(int once)
    {
        while (true)
        {
            if (wifiInterface == null)
            {
                Invoke(new Action(() =>
                    MessageBox.Show("Wi-Fi адаптер не знайдено
або вимкнений")));
                return;
            }
            try
            {
                string datetime = DateTime.Now.ToString();
                string SSID = Encoding.UTF8.GetString(
wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.dot11Ssid
.SSID);

                uint download =
wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.rxRate /
1000;

                uint upload =
wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.txRate /
1000;

                uint signal =
wifiInterface.CurrentConnection.wlanAssociationAttributes.wlanSignalQuality;

                var ipstat =
wifiInterface.NetworkInterface.GetIPProperties();
                var gatewayObj =
ipstat.GatewayAddresses.FirstOrDefault();
                if (gatewayObj == null)
                    return;
                string gateway = gatewayObj.Address.ToString();
                int loss;
                GetNetworkStats(gateway, out loss);
                // ОНОВЛЕННЯ UI ОДНИМ ВИКЛИКОМ
                BeginInvoke(new Action(() =>
                {
                    label3.Text = SSID;
                    label6.Text = $"{download}/{upload}
Мбіт/с";

                    if (chart1.Series["Сила
сигналу"].Points.Count > 9)
                    {
                        chart1.Series["Сила
сигналу"].Points.RemoveAt(0);

                        chart1.Series["Втрати"].Points.RemoveAt(0);
                    }
                }

```

```

        var pointSignal = chart1.Series["Сила
сигналу"]
        .Points.AddXY(datetime + "\n" +
textBox1.Text, signal);
        var pointLoss = chart1.Series["Втрати"]
        .Points.AddXY(datetime + "\n" +
textBox1.Text, loss);
// КОЛІР СИГНАЛУ
    var lastSignalPoint = chart1.Series["Сила сигналу"]
        .Points.Last();
        if (signal >= 80) lastSignalPoint.Color =
Color.Green;
        else if (signal >= 60)
lastSignalPoint.Color = Color.Yellow;
        else if (signal >= 40)
lastSignalPoint.Color = Color.Blue;
        else if (signal >= 20)
lastSignalPoint.Color = Color.Violet;
        else lastSignalPoint.Color = Color.Red;
// КОЛІР ВТРАТ
    var lastLossPoint = chart1.Series["Втрати"]
        .Points.Last();
    if (loss < 1) lastLossPoint.Color = Color.Green;
    else if (loss < 2) lastLossPoint.Color = Color.Yellow;
    else if (loss < 3) lastLossPoint.Color = Color.Blue;
    else if (loss < 4) lastLossPoint.Color = Color.Violet;
    else lastLossPoint.Color = Color.Red;
        }));
    }
    catch
    {
        // щоб потік не падав
    }
    if (!onoff)
    {
        BeginInvoke(new Action(() =>
            button2.Text = "Моніторинг сигналу в
реальному часі"));
        break;
    }
    if (once == 1)
        break;
    Thread.Sleep(5000);
}
}
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (firststrun)
    {
        wifiInterface = new
WlanClient()?.Interfaces.FirstOrDefault();

```

```
        if (wifiInterface == null)
        {
            MessageBox.Show("Wi-Fi адаптер не знайдено");
            return;
        }
        firstrun = false;
    }
    test(1);
}
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (firstrun)
    {
        wifiInterface = new
WlanClient()?.Interfaces.FirstOrDefault();
        if (wifiInterface == null)
        {
            MessageBox.Show("Wi-Fi адаптер не знайдено");
            return;
        }
        firstrun = false;
    }
    if (!onoff)
    {
        onoff = true;
        button2.Text = "Зупинити моніторинг";
        MyThread1 = new Thread(() => test(0));
        MyThread1.IsBackground = true;
        MyThread1.Start();
    }
    else
    {
        button2.Text = "Зупинка...";
        onoff = false;
    }
}
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Bitmap bmp = new Bitmap(this.Width, this.Height);
    this.DrawToBitmap(bmp, new Rectangle(0, 0,
this.Width, this.Height));
    SaveFileDialog dialog = new SaveFileDialog
    {
        Filter = "PNG Image|*.png",
        Title = "Зберегти результат",
        FileName = "result.png",
        RestoreDirectory = true
    };
    if (dialog.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {

```

```
try
{
    bmp.Save(dialog.FileName, ImageFormat.Png);
}
catch
{
    MessageBox.Show("Помилка збереження файлу");
}
}
}
}
```

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема дипломної роботи: "Розробка комп'ютерної система моніторингу якості сигналів безпроводної мережі Wi-Fi у приміщеннях засобами C#"

Обсяг пояснювальної записки 53 аркушів.

23 рисунки;

7 таблиць;

1 додатки.

Дата завершення роботи: *11 червня 2026 р.*

Підпис студента-дипломника _____ *Шищак О. Р.*