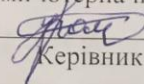


Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «МЕТОД ТА ЗАСОБИ ВІДСТЕЖЕННЯ ANDROID
ПРИСТРОЇВ»

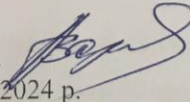
Виконав: студент 2 курсу, групи 2КІ-
23м спеціальності 123 —
Комп'ютерна інженерія

 Громовий Д. О.
Керівник д.т.н., проф.

Азаров О.Д.

Опонент к.т.н. доц. каф.ПЗ
 Хошаба О.М

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О.Д.
«___» _____ 2024 р.



Вінниця 2024

Вінниця 2024

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
обчислювальної техніки
проф., д.т.н. О. Д. Азаров
« 18 » вересня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Громовому Дмитру Олексійовичу

1 Тема роботи «Метод та засоби відстеження Android пристроїв»,
керівник роботи к.т.н., доц.затверджені наказом вищого навчального закладу
від 17.09.2024 року №310.

2 Строк подання студентом роботи 9.12.2024 р.

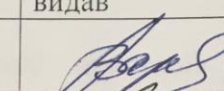
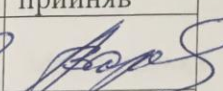
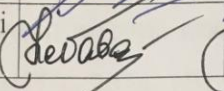
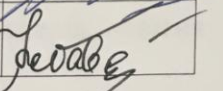
3 Вихідні дані до роботи: матеріали опису існуючих методів
позиціонування, документація по безпроводних мережах, документація на
JavaScript, Node.js, PostgreSQL, опис операційної системи Android.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити): вступ, огляд і аналіз аналогів технології IoT, аналіз
моделей IoT, методи та засоби збору та обробки даних для IoT, тестування
системи, висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень): модель запиту відповіді, типи IP-адрес, можливості збору інформації
через аналітичні інструменти, структура системи.

6 Консультантів розділів роботи представлено в таблиці 1.

Таблиця 1— Консультанти розділів роботи

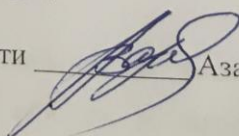
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4	Азаров О.Д., д.т.н., проф. каф. ОТ		
5	Небава М.І., к.е.н., проф. каф. ЕП і ВМ		

7 Дата видачі завдання 18 . вересня . 2024 р.

8 Календарний план наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
	Постановка мети та задач роботи	21.10.24	
2	Огляд і аналіз існуючих рішень	25.10-30.10.24	
3	Методита засоби відстеження мобільних пристроїв	31.10-08.11.24	
4	Реалізація методів та засобів відстеження Android-пристроїв	09.11-15.11.24	
5	Метод відстеження Android пристроїв з використанням Wi-Fi	16.11-.20.1124	
6	Функціонування програмного забезпечення	21.11-25.11.24	
7	Програмна реалізація системи	26.11-31.11.24	
8	Тестування системи	01.12-03.12.24	
9	Розрахунок економічної частини роботи	04.12-07.12.24	
10	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	08.12.24	
11	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки		
12	Перевірка якості виконання магістерської роботи та усунення недоліків		

Студент  Громовий Д.О.Керівник роботи  Азаров О.Д.

АНОТАЦІЯ

УДК 004.42

Громовий Д.О.

Метод та засоби відстеження Android пристроїв. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — комп'ютерна інженерія, освітня програма — комп'ютерна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2024, 107 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 19 назви, рис. 15, табл. 9.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розроблено метод та вибрано засоби для відстеження місцеположення Android-пристроїв за допомогою доступних Wi-Fi точок. Актуальність роботи зумовлена потребою у точному визначенні географічного положення об'єктів у різних сферах: логістиці, транспорті, кур'єрській доставці та дослідницьких роботах, де відсутність GPS-сигналу може призводити до значних збоїв у роботі.

Мета дослідження полягає у створенні програмного забезпечення, що визначає місцеположення Android-пристрою на основі даних про відомі Wi-Fi точки та відстані до них, використовуючи метод триангуляції.

Для досягнення поставленої мети в роботі досліджено:

- силу та частоту сигналу між Android-пристроєм і Wi-Fi точками;
- розрахунок відстані до Wi-Fi точок на основі сили сигналу;
- побудову системи рівнянь кіл для визначення координат пристрою;
- забезпечення стабільного зв'язку між клієнтською та серверною частиною за допомогою сокетів.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методів визначення місцеположення Android-пристроїв на основі сигналів Wi-Fi точок та подальшому розвитку способів розрахунку відстані за допомогою сили й частоти сигналу.

Практичне значення результатів полягає у можливості застосування розробленого методу для моніторингу рухомих об'єктів у логістиці та

транспорті, а також у ситуаціях, коли GPS-сигнал є недоступним або нестабільним.

Ключові слова: триангуляція, Wi-Fi, JavaScript, Node.js, база даних, PostgreSQL, Android.

ANNOTATION

Gromovyi D.O.

Method and Tools for Tracking Android Devices. Master's qualification route in the specialty 123 — computer engineering, educational program computer engineering. Vinnitsa, VTNU, 2024, 107 p.

In the Ukr. leng. Libr. name 19, figure 15, table 9.

This master's thesis is devoted to the development of a method and tools for tracking the location of Android devices using available Wi-Fi access points. The relevance of the work is determined by the need for accurate determination of the geographical position of objects in various fields: logistics, transportation, courier delivery, and research robotics, where the absence of a GPS signal can cause significant operational failures. The aim of the study is to create software that determines the location of an Android device based on data about known Wi-Fi access points and their distances using the triangulation method.

To achieve the research goal, the following tasks were addressed:

- measuring the signal strength and frequency between the Android device and Wi-Fi access points;
- calculating the distance to Wi-Fi access points based on signal strength;
- building a system of circle equations to determine the device's coordinates;
- ensuring stable communication between the client and server using sockets.

The scientific novelty of the work lies in improving methods for determining the location of Android devices based on visible Wi-Fi signals and further advancing techniques for calculating distance using signal strength and frequency.

The practical significance of the results lies in the potential application of the developed method for monitoring moving objects in logistics and transportation, as well as in scenarios where the GPS signal is unavailable or unstable.

Keywords: triangulation, Wi-Fi, JavaScript, Node.js, database, PostgreSQL, Android.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	12
1.1 Технології відстеження та позиціонування.....	15
1.2 GPS навігація.....	15
1.2.1 Сервіс Google maps.....	17
1.2.2 Сервіс Maps me.....	17
1.3 Навігація в приміщенні.....	19
1.3.1 Переваги внутрішньої навігації.....	19
1.3.2 Сфери застосування.....	20
2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВІДСТЕЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	20
2.1 Геолокація за допомогою GPS (Global Positioning System).....	20
2.2 Визначення місцезнаходження за IP-адресою.....	25
2.3 Відстеження за допомогою Wi-Fi.....	28
2.3.1 Методи позиціонування.....	29
2.3 Особливості Wi-Fi маршрутизаторів.....	33
2.3.1 Дослідження архітектури.....	33
2.3.2 Конструктивні особливості.....	36
2.3.3 Діапазон покриття.....	38
2.3.4 Антени та їх роль.....	39
3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ТА ЗАСОБІВ ВІДСТЕЖЕННЯ ANDROID ПРИСТРОЇВ	42
3.1 Метод відстеження Android пристроїв з використанням Wi-Fi.....	42
3.2 Функціонування програмного забезпечення.....	48
3.2.1 Розрахунок відстані до пристрою.....	49
3.2.2 Обрахунок координат на сервері.....	50

08-54.МКР.029.00.000 ПЗ

мн.	№	Г			
Розробив	Громовий Д.О.		Метод та засоби відстеження Android пристроїв		
Керівник	Азаров О.Д.				
Рецензент	Хошаба О.М.				
Н. Контроль	Швець С. І.				
Затверджую	Азаров О. Д.				
			Пояснювальна записка		
			ВНТУ, гр. 2 КІ-23 м		
			112		

3.2.3 Аналіз умов визначення місцезнаходження.....	51
3.2.4 Налаштування зв'язку із сервером.....	53
3.1.5 Реалізація клієнтської частини на Android-пристрої.....	53
3.1.6 Розробка Веб-клієнта.....	54
3.3 Програмна реалізація системи.....	55
3.3.1 Архітектура серверної частини.....	55
3.3.1.1 Інтеграція сервера з базою даних	57
3.3.1.2 Взаємодія клієнта з базою даних.....	57
3.3.1.3 Механізм авторизації користувачів.....	58
3.3.2 Клієнтська програма для Android.....	59
3.3.3 Розробка веб-клієнта.....	59
3.3.4 Структурна організація бази даних.....	61
4 ТЕСТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ	
ВІДСТЕЖЕННЯ ANDROID ПРИСТРОЇВ.....	63
4.1 Методика роботи з програмною системою.....	63
4.1.1 Системні вимоги.....	63
4.1.2 Робота з веб-клієнтом.....	63
4.1.3 Робота з Android-клієнтом.....	67
4.3 Дослідження точності відстеження Android пристроїв.....	68
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	74
5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки	74
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи.....	77
5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	83
ВИСНОВКИ.....	95
Перелік використаних джерел.....	96
ДОДАТОК А Технічне завдання	98
ДОДАТОК Б Модель запиту/відповіді.....	103
ДОДАТОК В Типи IP адрес	104

ДОДАТОК Г, можливості збору інформації через аналітичні інструменти..	105
ДОДАТОК Д Структура системи.....	106
ДОДАТОК Є Протокол перевірки наічальної (кваліфікаційної) роботи	107

					08-54.МКР.029.00.000 ПЗ	
		№ докум.		Г		

ВСТУП

Актуальність роботи обумовлена тим, що відстеження технічних засобів є важливим елементом ефективної роботи, яка залежить від мобільності та логістики. Системи GPS-моніторингу активно використовуються в таких сферах, як служби таксі, доставки, дистрибуція, поштові служби, диспетчеризація громадського транспорту та управління пасажирськими й вантажними перевезеннями.

Сучасний технологічний розвиток відбувається надзвичайно швидко. Щодня зростає кількість користувачів мобільних пристроїв, таких як смартфони та планшети, які завдяки своїм функціям частково замінюють традиційні комп'ютери. Ці пристрої оснащені потужними процесорами, високошвидкісним інтернет-з'єднанням, різними датчиками та іншими корисними технологіями.

На сьогоднішній день значна частка ринку належить смартфонам, що працюють на базі операційної системи Android. Завдяки наявності швидкісного інтернету та чутливих GPS-приймачів такі пристрої можуть використовуватись для моніторингу місцезнаходження об'єктів.

Використання GPS-трекерів у смартфонах дозволяє відстежувати розташування об'єкта в реальному часі, відображаючи дані на карті у додатку смартфона чи комп'ютера. Це дає можливість аналізувати маршрути руху та контролювати переміщення.

Проте в умовах, коли неможливо скористатися GPS (через відсутність сигналу або проблеми з приймачем), альтернативним методом є використання доступних Wi-Fi точок. За допомогою вбудованого Wi-Fi модуля пристрій може ідентифікувати видимі точки доступу та використовувати їх для визначення свого місцеположення.

Сучасні технології бездротових мереж стрімко розвиваються, а кількість пристроїв, що підключаються до таких мереж, неупинно зростає. Сфера їх

застосування охоплює найрізноманітніші галузі – від повсякденного використання мобільних гаджетів звичайними користувачами до складних автоматизованих систем на великих підприємствах, управління «розумними» складами, транспортними засобами та виробничими процесами.

Будь-яка сучасна організація прагне підвищити ефективність своєї діяльності шляхом аналізу поведінки клієнтів, оптимізації роботи персоналу та контролю за ресурсами. У зв'язку з цим технології позиціонування об'єктів на основі бездротових мереж набули широкого застосування. Такі рішення мають великий потенціал як у цивільному, так і у військовому секторах.

З огляду на постійний прогрес техніки, зростає потреба в ефективному контролі, організації та моніторингу об'єктів і процесів. Сьогодні більшість людей не уявляють життя без використання онлайн-карт для навігації, що дозволяють орієнтуватися у просторі в реальному часі. Саме тому дослідження методів та засобів позиціонування і їх удосконалення є вкрай **актуальним** та перспективним напрямком, що має велике значення як для звичайного користувача, так і для великих організацій.

Метою є вдосконалення та дослідження методу визначення координат Android-пристроїв, що базується на використанні інформації про доступні Wi-Fi точки та відстані до них.

Для досягнення мети пропонується вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати існуючі методи відстеження та позиціонування об'єктів, зокрема GPS-навігацію (сервіси Google Maps, Maps Me) та навігацію у закритих приміщеннях;

- дослідити методи позиціонування мобільних пристроїв, включаючи геолокацію за допомогою GPS, IP-адрес та Wi-Fi мереж;

- вивчити архітектуру та особливості Wi-Fi маршрутизаторів, їх діапазон покриття, конструктивні характеристики та роль антен;

- розробити метод відстеження Android-пристроїв з використанням Wi-Fi, включно з розрахунком відстані до пристрою та визначенням його координат;
- реалізувати програмне забезпечення системи, що включає клієнтську частину на Android, веб-клієнт, серверну архітектуру та базу даних;
- перевірити та протестувати систему відстеження, визначивши точність позиціонування Android-пристроїв у різних умовах експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес визначення місцеположення об'єктів за допомогою Wi-Fi мереж.

Предметом дослідження є методи та засоби для визначення місцезнаходження Android-пристроїв за допомогою триангуляції сигналів Wi-Fi.

Практична цінність полягає у:

- вдосконалений метод може бути застосований у дослідницькій діяльності, наприклад, для роботи в умовах, де сигнал GPS недоступний;
- програмне забезпечення, що реалізує цей метод, також має потенційне застосування у транспортній сфері, зокрема для моніторингу логістичних процесів та місцезнаходження транспорту.

Наукова новизна полягає у:

- вдосконаленні удосконалення методів визначення координат Android-пристроїв за допомогою видимих Wi-Fi точок;
- подальший розвиток підходу до обчислення відстані до Wi-Fi точки з використанням сили сигналу та його частоти.

Апробацію результатів проведено на науковій конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН–2025)», доповідь на тему «Метод та засоби відстеження Android пристроїв».

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Технології відстеження та позиціонування

RTLS (системи позиціонування в реальному часі) — це технології, які дозволяють визначати місце розташування об'єктів або людей у заданій зоні та відслідковувати їх переміщення в режимі реального часу. Вони здатні не лише ідентифікувати об'єкт, а й точно вказати його координати, надаючи візуалізацію місцезнаходження на карті. RTLS включає в себе різноманітні методи збору та обробки даних, що дозволяє адаптувати систему до різних умов та вимог. Основною функцією таких систем є збір, обробка та зберігання даних про об'єкти, що дозволяє керувати ними більш ефективно.

Залежно від технічних аспектів і використовуваної інфраструктури, існує кілька варіантів RTLS рішень. Системи можуть використовувати різні технології для визначення місцезнаходження, а також можуть базуватися на різних мережевих інфраструктурах, від яких залежить їх точність, надійність та сферу застосування.

Технології, що використовуються в RTLS: перераховані нижче

Супутникові системи — для вимірювання відстані між супутником і трекером на об'єкті, що дозволяє отримувати абсолютні координати. Найвідомішою супутниковою технологією є GPS, яка активно використовується для навігації та позиціонування на відкритих просторах.

GSM — система, яка визначає місцезнаходження на основі радіусів зчитування сигналів від базових станцій мобільного зв'язку. Ця технологія дозволяє відстеження в районі покриття мережі мобільного оператора.

RFID (радіочастотна ідентифікація) — система, що використовує радіохвилі для ідентифікації та відстеження об'єктів. Існують активні, напівактивні та пасивні RFID мітки, які використовуються для різних типів відстеження та зберігання даних.

Wi-Fi (RSSI і ToA) — технологія позиціонування, яка вимірює координати об'єкта за рівнем сигналу Wi-Fi у різних точках. Завдяки поширеності Wi-Fi мереж вона стала широко використовуваною для внутрішнього позиціонування в приміщеннях.

Інфрачервоне та ультразвукове випромінювання — ці технології використовують час, необхідний для проходження імпульсів від джерела до приймача, для визначення відстані. Вони використовуються для точного позиціонування в обмежених просторах.

BLE (Bluetooth Low Energy) — технологія, яка вимірює відстань між пристроями на основі рівня сигналу. Зазвичай використовується для створення низькоенергетичних систем відстеження в межах невеликих відстаней.

UWB (Ultra-Wide Band) — система надширокосмугових радіочастот, що дозволяє визначати місце розташування об'єкта з високою точністю (до 10 см) за допомогою часу проходження сигналу від передавача до приймача.

Інші технології — зокрема, NB-IoT, CSS, ZigBee, NFER, Thread, Z-Wave та інші, які використовуються для специфічних застосувань в залежності від вимог до енергоспоживання, дальності та точності.

Окрім загальновідомої GPS системи відстеження, також зупинимось на чотирьох найпопулярніших технологіях: RFID, UWB, BLE і Wi-Fi, які знайшли широке застосування в різних сферах.

RFID — спочатку ця технологія була розроблена для швидкої ідентифікації об'єктів на відстані. Зараз вона дозволяє зчитувати мітки на відстані до 10 метрів за допомогою пасивних міток та до 20 метрів при використанні напівактивних міток. Ідеально підходить для відстеження переміщення товарів, об'єктів на складах або масової ідентифікації предметів, що входять у приміщення (наприклад, товарів на складі).

UWB. — надширокосмугові системи працюють у радіочастотному діапазоні, де канал займає до 20% від середньої частоти модуляції. Вони забезпечують високу точність (до 10 см) і стійкість до перешкод. Така точність робить UWB ідеальним для використання в складних середовищах, таких як великі склади або виробничі приміщення. Однак на даний момент законодавчі обмеження не дозволяють їх використовувати в деяких країнах, зокрема в Україні.

Wi-Fi — технологія позиціонування на основі Wi-Fi активно використовується завдяки широкому поширенню Wi-Fi мереж. Ця система дозволяє визначати місцеположення об'єктів на відстані з точністю до 3-5 метрів, за умови щільного розташування точок доступу. Вона є економічно вигідною та проста в реалізації завдяки вже існуючим інфраструктурам Wi-Fi.

BLE — Bluetooth Low Energy забезпечує відстеження на основі зміни рівня сигналу, використовуючи частоту, яка змінюється 1600 разів на секунду. Це дає перевагу в підвищеній безпеці і зменшеному енергоспоживанні. Технологія дозволяє працювати без заміни батарей протягом кількох років, а точність позиціонування може досягати 3 метрів. Особливо популярна BLE в смартфонах, що дозволяє інтегрувати технологію відстеження в різні системи для комерційних застосувань, таких як відстеження місцезнаходження покупців у магазинах або відправка повідомлень при вході в певні зони.

Кожна з цих технологій має свої переваги та обмеження, тому вибір залежить від специфічних вимог до точності, дальності, енергоспоживання та вартості реалізації системи.

Окрім GPS технології, яка себе неодноразово зарекомендувала, наступною найрозповсюдженішою серед найпопулярніших технологій, що використовуються в сучасних RTLS рішеннях, є система Wi-Fi, зокрема Wi-Fi Protected Setup (WPS). Технологія позиціонування на основі Wi-Fi стає все більш популярною через свою універсальність та здатність працювати як на відкритих просторах, так і в

приміщеннях, де GPS сигнали часто блокуються або відбиваються. Wi-Fi забезпечує досить високу точність і дозволяє визначати координати об'єктів і людей навіть у складних умовах, таких як великі будівлі або складні виробничі приміщення. Це робить її ідеальним рішенням для відстеження та оптимізації логістичних процесів, управління складськими приміщеннями, а також для забезпечення безпеки на підприємствах.

Застосування таких технологій дає можливість значно покращити ефективність роботи підприємств, оптимізувати різні процеси, знизити витрати та збільшити прибуток. Системи RTLS активно використовуються в таких галузях, як логістика, медицина, роздрібна торгівля, промисловість, а також в системах безпеки та моніторингу. Технології продовжують вдосконалюватися, що робить їх ще більш точними, надійними та універсальними для різних сфер застосування.

1.2 GPS навігація

Звісно, технології визначення місцеположення для пристроїв на базі Android існують вже тривалий час. Нижче представлено огляд доступних програмних рішень.

1.2.1 Сервіс Google maps

Google Maps — це популярний картографічний сервіс, розроблений компанією Google, що дозволяє визначати місцеположення користувача та надає можливості для навігації, орієнтування та планування маршрутів (див. рис. 1.1).

Для визначення координат сервіс використовує кілька методів: GPS (супутникова навігація), IP-адресу інтернет-провайдера та аналіз сигналів видимих Wi-Fi точок доступу. Завдяки поєднанню цих технологій Google Maps забезпечує високу точність позиціонування, що робить його незамінним для щоденного використання.

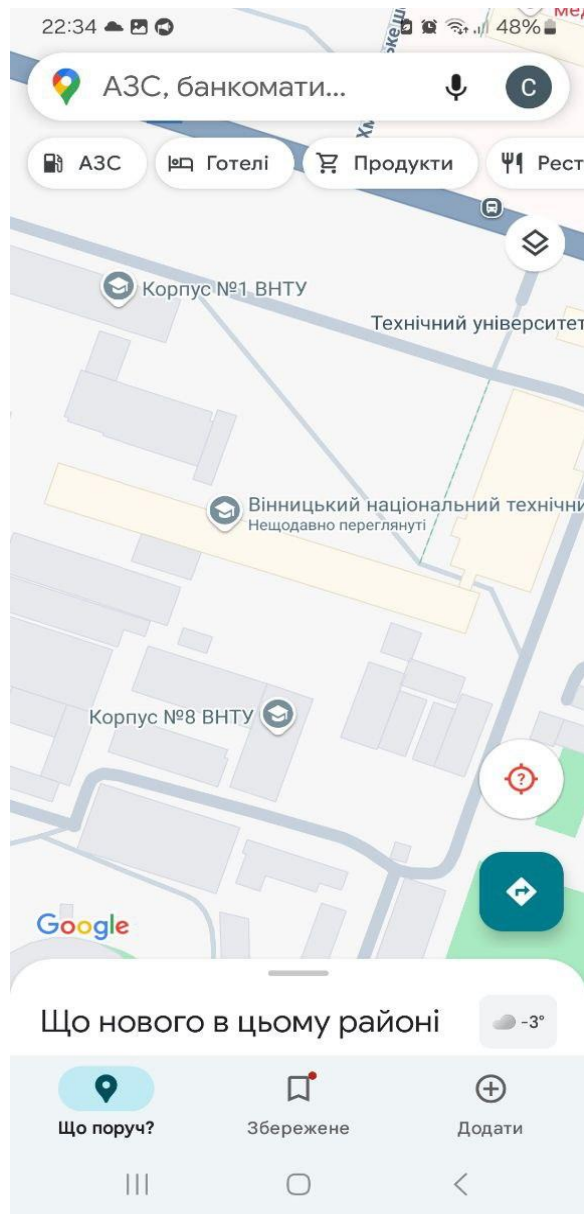


Рисунок 1.1 — Застосунок Google Maps

Окрім навігації у режимі реального часу, Google Maps підтримує інтерактивні функції, такі як побудова маршрутів для автомобілістів, пішоходів, велосипедистів і користувачів громадського транспорту. У випадку завантаження офлайн-карт користувачі можуть користуватися додатком без доступу до інтернету, проте без оновлення даних про дорожню ситуацію. Додатково Google надає API для інтеграції функцій карт у сторонні додатки та сервіси, що дозволяє

розробникам створювати персоналізовані рішення для бізнесу чи користувачів. Однак ця послуга є платною, що може бути недоступним для невеликих проєктів.

Попри свої численні переваги, Google Maps має певні обмеження. Наприклад, у закритих приміщеннях або за відсутності доступу до супутників GPS визначення місцеположення може бути ускладненим або неточним. У випадках, коли пристрій не має доступу до інтернету, можливість визначати місце розташування через IP-адресу стає недоступною. Також сервіс не може надати інформацію про координати пристрою відносно точок, які відсутні в його базі даних.

Таким чином, Google Maps поєднує в собі зручний інтерфейс, точне позиціонування та широкий функціонал, що робить його лідером серед навігаційних рішень. Однак для його ефективного використання необхідний стабільний доступ до інтернету та GPS, а також слід враховувати обмеження, пов'язані з платною інтеграцією API та ресурсомісткістю застосунку для пристрою.

1.2.2 Сервіс Maps me

Maps.me — це безкоштовний додаток для визначення місцеположення, що доступний на платформах Android та iOS (див. рис. 1.2).

Головною особливістю сервісу є можливість працювати без підключення до інтернету, що робить його надзвичайно корисним у подорожах або в умовах обмеженого доступу до мережі. Після завантаження необхідних карт користувач отримує змогу визначати своє місцеположення та прокладати маршрути без звернення до серверів, що особливо актуально для поїздок у віддалені регіони або за кордон.

Maps.me підтримує офлайн-навігацію та надає детальні карти з відображенням об'єктів інфраструктури, таких як кафе, готелі, магазини та пам'ятки. Маршрути прокладаються як для автомобілістів, так і для пішоходів, що

значно розширює функціонал програми. Також користувачі можуть створювати закладки, позначати потрібні точки на карті та обмінюватися ними з іншими людьми.

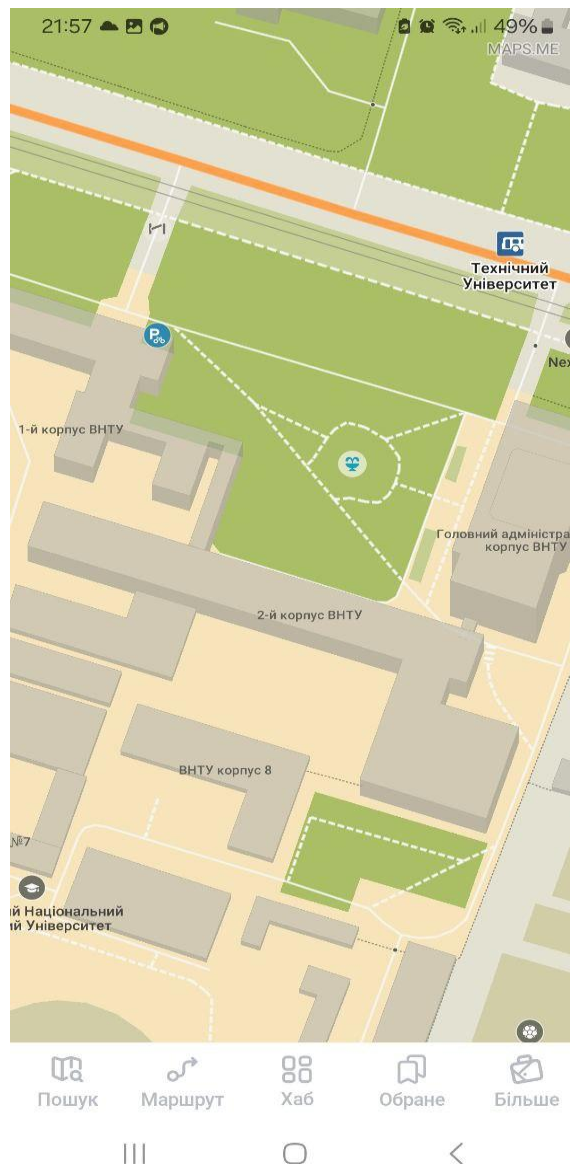


Рисунок 1.2 — Застосунок Maps.me

Однак додаток має певні обмеження. При відсутності інтернет-з'єднання для визначення місцеположення Maps.me використовує GPS-супутники, а у випадках, коли сигнал від супутників слабкий або взагалі відсутній (наприклад, у будівлях чи тунелях), можливість точної геолокації втрачається. Це створює труднощі для

навігації у закритих приміщеннях або густонаселених містах з високими будівлями.

Крім того, на відміну від деяких онлайн-сервісів, Maps.me не підтримує визначення місцеположення за сигналами Wi-Fi або стільникових веж у режимі офлайн. Програмне рішення, що розробляється, залежить від активного з'єднання із сервером для точного позиціонування. При цьому Maps.me дозволяє задавати точки інтересу, відносно яких користувач може орієнтуватися для побудови маршруту або виконання геолокації.

Завдяки своїй зручності, універсальності та можливості роботи без інтернету, Maps.me є одним із найбільш популярних рішень для офлайн-навігації. Незважаючи на певні технічні обмеження, додаток забезпечує точність навігації та зручний інтерфейс для користувачів у різних умовах.

1.3 Навігація в приміщенні

1.3.1 Переваги внутрішньої навігації

WPS (Wi-Fi Positioning System) працює на основі визначення координат за допомогою Wi-Fi точок доступу, які передають певні дані. Використовуючи RSSI (індикатор рівня прийнятого сигналу) і MAC-адресу (контроль доступу до середовища), система може точно розраховувати поточне місцеположення користувача. Точність визначення місця залежить від кількості доступних точок підключення до Wi-Fi.

На точність локалізації впливає кілька факторів, зокрема, підключення пристрою до мережі Wi-Fi. У разі відсутності з'єднання, процес може бути ускладнений через використання випадково згенерованих MAC-адрес (рандомізація MAC), що робить важким однозначне визначення пристроїв у межах досяжності. Крім того, коли Wi-Fi не підключений, затримка може досягати 5 хвилин через нерегулярне відправлення "пробних запитів" (сканування доступних

точок доступу), яке регулюється мобільною операційною системою. Водночас, коли смартфон підключений до мережі, час затримки зменшується.

Технологія позиціонування на основі Wi-Fi стає все більш популярною на фоні розвитку мобільних додатків для моніторингу та персонального відстеження на підприємствах.

Переваги використання WPS включають:

- застосування широкого спектру типів точок доступу Wi-Fi;
- можливість масштабування без значних зусиль на ручне налаштування;
- висока дальність сигналу, що дозволяє покривати сотні метрів;
- відсутність потреби у додатковому обладнанні або обслуговуванні інфраструктури;
- можливість інтеграції з іншими технологіями позиціонування для підвищення точності та гнучкості системи.

1.3.2 Сфери застосування

Використання Wi-Fi для внутрішнього відстеження місця розташування охоплює широкий спектр сфер — від транспорту та логістики до промислових підприємств, офісів, музеїв і виставок.

Транспортна сфера: технологія Wi-Fi значно спрощує процеси навігації у транспортних вузлах, таких як аеропорти та залізничні вокзали. Пасажири можуть швидко орієнтуватися всередині будівель завдяки інтерактивним картам та навігаційним підказкам. Системи дозволяють відстежувати людські потоки, оптимізувати маршрути персоналу та підвищувати загальну ефективність обслуговування. Моніторинг пасажирських перевезень допомагає оперативно реагувати на зміни в умовах роботи та покращувати рівень сервісу.

Промисловість: у промисловому секторі технологія Wi-Fi сприяє:

- підвищенню безпеки робітників;

- зменшенню витрат через простої техніки;
- оперативному коригуванню маршрутів спеціалізованої техніки;
- зниженню кількості позаштатних випадків;
- фіксації історії пересувань працівників;
- аналітиці для прийняття оптимальних управлінських рішень.

Логістика та склади: логістичні компанії та склади активно використовують Wi-Fi для моніторингу транспорту, вантажів і робочого персоналу. Система забезпечує точне визначення місцеперебування активів, що дозволяє автоматизувати ключові складські процеси. Постійна навігація працівників складу допомагає в реальному часі коригувати робочі завдання, підвищувати продуктивність і швидко реагувати на непередбачувані ситуації.

Офіси: у великих адміністративних будівлях технологія WPS дозволяє ефективно позиціонувати працівників і відвідувачів всередині приміщень. Система будує маршрути до потрібних кабінетів, надсилає сповіщення та підказки відповідно до розташування користувача. Керівництво підприємства отримує інструменти для контролю переміщень співробітників, делегування завдань і оптимізації робочих процесів. Завдяки аналітиці зібраної інформації можна підвищити продуктивність та ефективність використання офісного простору.

Музеї та виставки: Wi-Fi технологія дозволяє створювати інтерактивні мобільні додатки та гіді, які значно покращують відвідування виставок і музеїв. За допомогою внутрішньої навігації можна будувати детальні карти залів, пропонувати зручні маршрути до ключових експонатів та надавати додаткову інформацію про них. Організатори отримують можливість аналізувати відвідуваність і поведінку гостей для оптимізації майбутніх експозицій.

Доповнена та віртуальна реальність (AR, VR): сучасні мобільні технології відкривають нові горизонти у створенні навігаційних систем. Поєднання даних з GPS та локальних зміщень пристрою дозволяє розробляти алгоритми для

високоточних систем позиціонування. Це особливо актуально для інтеграції з технологіями доповненої та віртуальної реальності, які знаходять застосування у навігаційних рішеннях та інтерактивних додатках.

2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВІДСТЕЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

2.1 Геолокація за допомогою GPS (Global Positioning System)

Геолокація — це процес визначення поточного місцеположення об'єкта, а також відстеження його переміщень.

GPS (Глобальна система позиціонування) складається з кількох основних частин:

- космічний сегмент;
- керуючий сегмент;
- користувацький сегмент.

Супутники GPS передають сигнали із космосу, які приймачі використовують для розрахунку свого місцеположення у тривимірному просторі в реальному часі [1].

Космічний сегмент включає 32 супутники, що обертаються на середній орбіті Землі (рисунок 2.1).

Станом на 1 червня 2024 року з них тільки 24 супутників функціонують у системі. Решта супутників перебувають у резерві або на технічному обслуговуванні. Це дозволяє забезпечити точне визначення місцеположення в реальному часі по всьому світу. У 2027 році планується запуск ще 12 супутників.

Керуючий сегмент складається з головної станції управління, кількох додаткових станцій та наземних антен, де частина обладнання може використовуватися для інших проектів.

Користувацький сегмент — це GPS-приймачі, які застосовуються як державними установами, так і приватними особами в їхніх пристроях.

Система GPS дозволяє визначити координати кожного супутника з високою точністю завдяки орбітам, що обчислюються з величезною точністю. Це дозволяє завжди знати місцеположення супутників у будь-який момент часу.

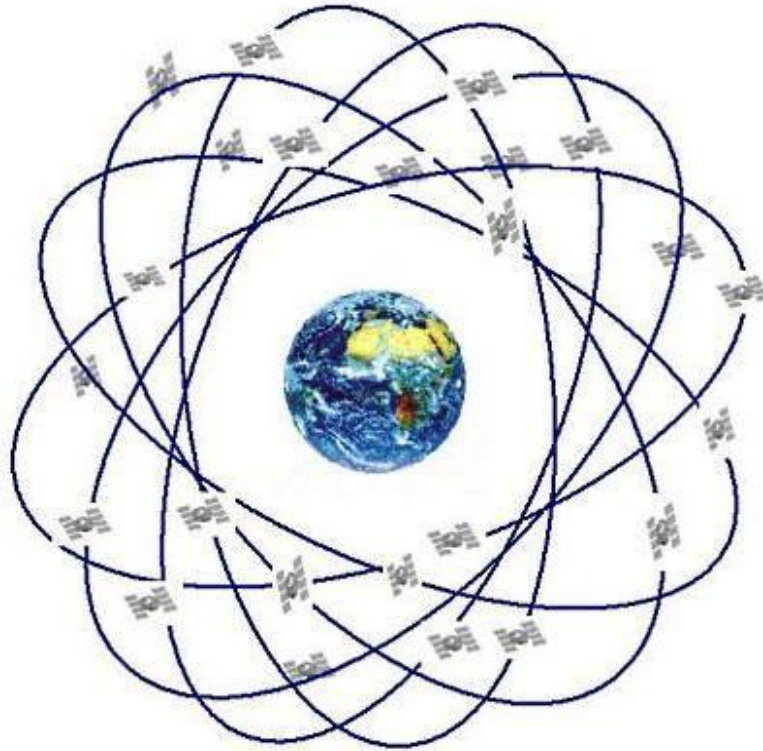


Рисунок 2.1 — Орбіталі супутників Землі

Супутникові радіопередавачі постійно посиляють сигнали на Землю. Ці сигнали приймаються GPS-приймачем, розташованим на певній точці поверхні, координати якої потрібно визначити. В приймачі вимірюється час, що проходить сигналом від супутників, що дозволяє розрахувати відстань між супутником і приймачем. Для точного визначення місцезнаходження необхідно виміряти відстані до трьох супутників. Важливо, щоб час на супутниках і приймачах був синхронізований, для чого використовуються високоточні еталонні годинники. Щоб визначити координати, приймач повинен одночасно бачити щонайменше чотири супутники.

Для точних навігаційних розрахунків необхідно, щоб GPS-приймач мав видимість щонайменше чотирьох супутників. Після повного розгортання сузір'я супутників, в будь-якій точці Землі може бути видно від 5 до 12 супутників одночасно. Сучасні приймачі підтримують від 5 до 12 каналів для одночасного прийому сигналів. Надмірні вимірювання підвищують точність координат і

дозволяють забезпечити безперервне вирішення навігаційних задач. GPS супутники є основними геодезичними опорними точками, координати яких мають бути відомі в будь-який момент часу.

Географічні координати об'єкта можна визначити методом лінійних зарубок, використовуючи дані, отримані від приладів на супутниках і на поверхні Землі. Обчислені параметри визначають місце розташування об'єкта в точці перетину відповідних ліній [2]. У сучасних системах геопозиціонування відстані до супутників та швидкість їх зміни розраховуються з урахуванням руху супутників відносно користувача. Виміряні відстані відповідають сферичним поверхням, а швидкості – конічним. У геодезії зазвичай використовують відстані для побудови просторових лінійних зарубок (див. рис. 2.2).

Отже, якщо з точки M прокласти відрізки R_1 , R_2 , R до трьох точок 1, 2 і 3, а з цих точок побудувати сфери, то вони перетнуться у шуканій точці M . Водночас сфери перетинаються ще в одній точці M' , але точки M і M' розташовані по різні боки площини, утвореної трьома точками. Координати M визначаються, якщо відомі координати супутників. Відстані обчислюють, вимірюючи час проходження радіосигналу від супутника до приймача, де синхронізовані часові шкали для точних розрахунків [3].

Оскільки час на супутнику і приймачі зазвичай не синхронізований, відстані обчислюються з похибкою, яку називають «псевдовідстані». Ці значення відрізняються від реальних на величину, пропорційну часовій розбіжності між сигналами передавача і приймача. Якщо сигнали на всіх каналах приймача генеруються одночасно, різниця псевдовідстаней до супутників залишається сталою. Для усунення такої похибки вводиться додаткова змінна в рівняння місцеположення.

Для точного розрахунку необхідно використовувати сигнали від чотирьох або більше супутників.

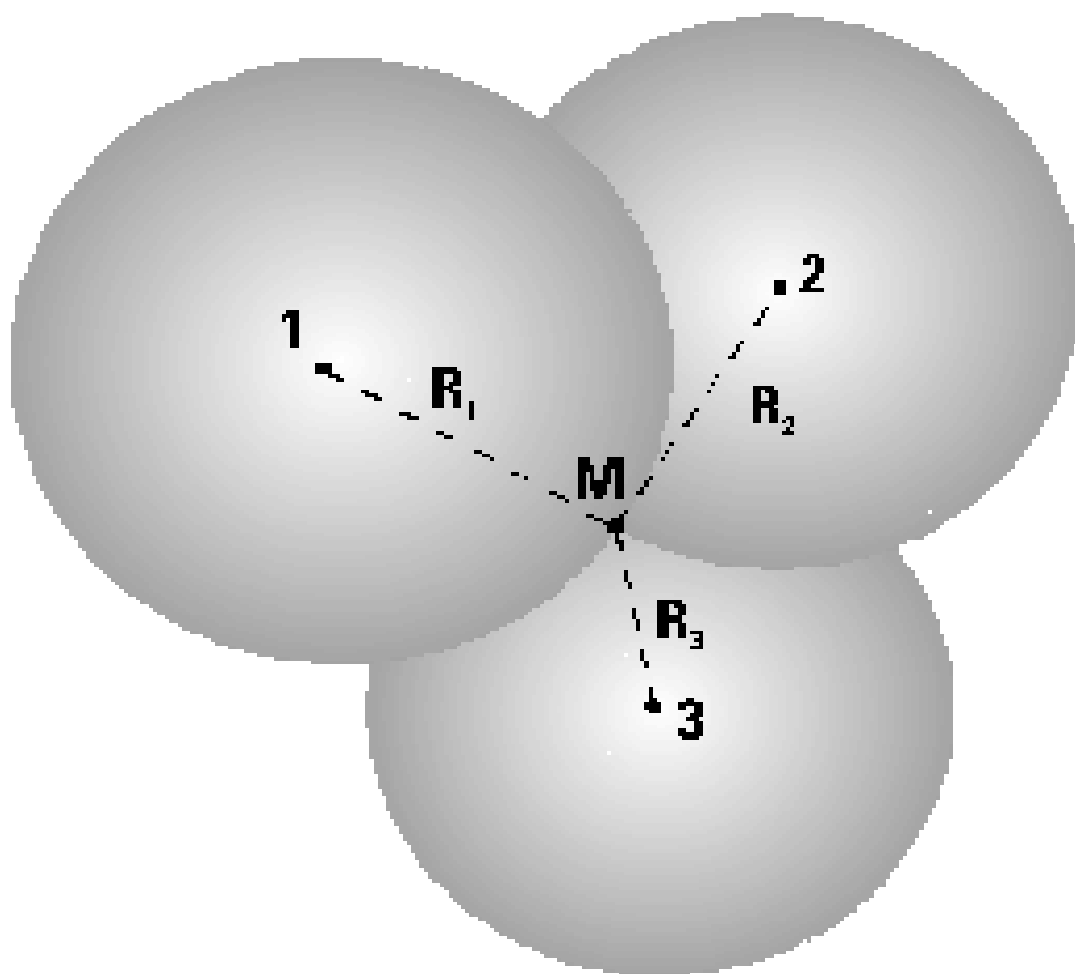


Рисунок 2.2 — Принцип побудови просторових лінійних зарубок

Переваги та особливості методу:

- висока точність на відкритій місцевості (7-9 метрів);
- значне енергоспоживання пристрою;
- тривалий час на пошук супутників.

Доповненням до методу може бути використання алгоритмів корекції часу та додаткових технологій для покращення швидкості обчислень і зменшення похибок, особливо в умовах перешкод або щільної забудови.

2.2 Визначення місцезнаходження за IP-адресою

Розташування стаціонарного комп'ютера або пристрою можна встановити завдяки аналізу його IP-адреси. IP-адреса є унікальним ідентифікатором кожного вузла у комп'ютерній мережі. Вона поділяється на два основних типи (рис. 2.3):

- IPv4 – 32-бітна адреса, що складається з чотирьох чисел, розділених крапками (наприклад, 192.168.1.1).

- IPv6 – новіша 128-бітна адреса, що дозволяє уникнути нестачі адрес у глобальному масштабі.

IP-адреса містить інформацію про номер мережі та номер вузла в межах цієї мережі. Завдяки базам даних геолокації, такими як GeoIP, можна визначити:

- країну;
- регіон;
- місто;
- провайдера інтернет-послуг (ISP);
- навіть приблизні координати пристрою.

Метод роботи:

- при підключенні до інтернету пристрій отримує IP-адресу від провайдера;

- сервіси геолокації співставляють IP-адресу з інформацією в базах даних, яка зберігає відомості про регіони та мережі, до яких належать адреси;

- на основі цієї інформації виводиться місцезнаходження пристрою.

Точність визначення:

- для мобільних пристроїв точність може бути нижчою через динамічне призначення IP-адрес;

- для стаціонарних комп'ютерів, підключених через фіксовані мережі, місцеположення визначається точніше (до конкретного міста чи району).

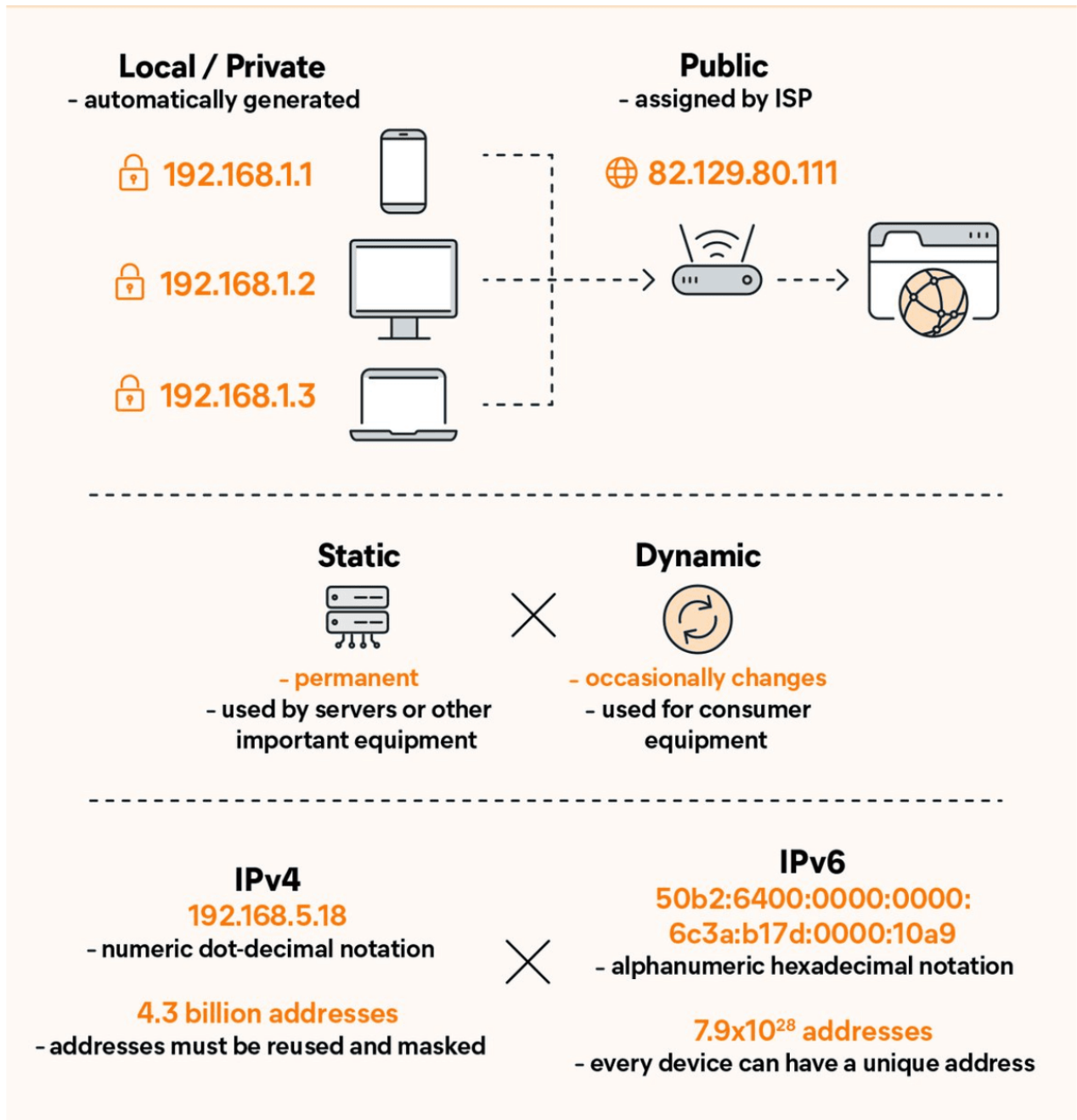


Рисунок 2.3 — Типи IP адрес

Обмеження методу

- VPN або проксі-сервери приховують реальну IP-адресу користувача;
- динамічні IP-адреси можуть змінюватися при кожному підключенні до мережі;
- точність даних залежить від актуальності баз геолокації.

Сфери застосування:

- пошук місцеположення користувача для надання локалізованого контенту;
- блокування доступу до сайтів на основі регіональних обмежень; виявлення шахрайських дій та забезпечення безпеки онлайн-сервісів.

2.3 Відстеження за допомогою Wi-Fi

Більшість користувачів активно застосовують навігаційні системи на смартфонах, планшетах та спеціалізованих пристроях. Однак технологія GPS має обмеження: її сигнали не проникають крізь стіни й перекриття будівель, що робить її непридатною для використання всередині приміщень. Це створює потребу в альтернативних рішеннях, які забезпечують точне позиціонування в закритих просторах.

На сьогодні існує кілька технологій для позиціонування всередині приміщень. Компанія Cisco активно розвиває рішення на основі Wi-Fi, використовуючи його широке поширення. Wi-Fi-мережі є майже в кожному приміщенні, а пристрої з підтримкою цієї технології доступні практично кожній людині. Завдяки цьому Wi-Fi є перспективною основою для систем визначення місця розташування в закритих просторах, де технологія GPS неефективна.

Перші кроки в цьому напрямку почалися у 2007 році, коли Cisco придбала компанію Cognio. Технологія спектрального аналізу Cognio була інтегрована в точки доступу Wi-Fi Cisco Aironet, що дозволило ефективно виявляти перешкоди в ефірі та аналізувати їхній вплив на продуктивність мережі. Це суттєво підвищило надійність і швидкість бездротового зв'язку. Водночас з'явилися нові завдання — визначення місця розташування джерел перешкод, особливо у випадках, коли вони навмисно створюються злоумисниками, що ускладнює їх пошук.

3 2015 року компанія Cisco суттєво вдосконалила свої алгоритми позиціонування, досягнувши точності визначення координат по Wi-Fi до 1 метра.

У 2018 році на конференції HUAWEI CONNECT компанія Huawei представила рішення для точного позиціонування на комерційному рівні з метровою точністю, що є корисним для супермаркетів, аеропортів та інших об'єктів. Для промислових середовищ Huawei розробила рішення з сантиметровою точністю, які дозволяють контролювати персонал, транспорт та інші об'єкти, підвищуючи ефективність і продуктивність завдяки візуалізованому аналізу та оптимізації процесів.

Найкращим варіантом для комерційних підприємств є використання одного WLAN-рішення, яке забезпечує як бездротове мережеве покриття, так і надання сервісів геопозиціонування з різним рівнем точності. Це дозволяє ефективно інтегрувати як мережеві, так і навігаційні функції в єдину систему, що оптимізує витрати та покращує управління підприємством.

2.3.1 Методи позиціонування

Метод розпізнавання шаблону ґрунтується на унікальності радіо-сигналів, які кожен пристрій може спостерігати у певній точці. Пристрій сканує середовище, порівнює отримані дані з шаблонами і визначає координати. Для налаштування мережі необхідно провести ретельне сканування і калібрування, оскільки умови в приміщеннях змінюються. Метод вигідний через низькі витрати на обладнання, але має обмежену точність та високу вартість обслуговування.

Метод позиціонування за точкою доступу, до якої підключений клієнт є простим, але менш точним. Зона покриття Wi-Fi може бути досить великою (до 50 м і більше), що робить цей метод менш ефективним для точного збору аналітики. Він дозволяє швидко визначити наявність клієнта, але не надає високої точності для детального аналізу поведінки або точного розташування користувача.

Триангуляція — це метод позиціонування, який використовує силу сигналу від клієнта на 3–4 точках доступу Wi-Fi для визначення його координат. При правильному розташуванні точок доступу (наприклад, по периметру і в центрі приміщення) точність визначення може досягати 5–7 метрів. Однак перешкоди на шляху радіосигналу можуть вплинути на точність. Статичні перешкоди можна моделювати, а рухомі зазвичай погіршують точність визначення місцеположення.

Для підвищення точності позиціонування в Wi-Fi мережі, точки доступу слід розташовувати частіше. Це пов'язано з експоненційною залежністю рівня сигналу від відстані: на близьких відстанях сигнал знижується значно швидше, ніж на більших відстанях. Тому при великих відстанях між пристроєм і точкою доступу визначення координат стає складнішим через менші зміни рівня сигналу на одиницю відстані.

Мережа Wi-Fi з підтримкою позиціонування включає не тільки точки доступу та контролери, а й додатковий компонент — Mobility Services Engine (MSE). Цей елемент відповідає за обчислення координат і збирання даних для аналітики. Сучасні MSE можуть обробляти дані з 100 000 пристроїв протягом 2-8 років, залежно від типу та частоти переміщення пристроїв. У майбутніх версіях MSE отримає розподілену архітектуру для збору даних з мільйонів пристроїв та передавання їх до аналітичних систем у реальному часі.

Метод триангуляції або позиціонування з визначенням кута вхідного сигналу ґрунтується на вимірюванні кутів прийому сигналу. З використанням технології AoA (Angle of Arrival) та спеціальних антен, що підключаються до точок доступу, цей метод дозволяє точніше визначити місцезнаходження Wi-Fi клієнта. За допомогою триангуляції з даних, отриманих від трьох або більше точок доступу, можна досягти точності позиціонування до 1 метра.

Пристрій для точного позиціонування є точкою доступу, оснащеною спеціальною антеною, яка складається з масиву з 32 антен, що дозволяють визначити кут, під яким прийшов сигнал. Для позиціонування також популярні

радіомаячки на основі Bluetooth Low Energy (BLE). Вони можуть періодично подавати сигнали і визначати наближення пристроїв, що використовують BLE. Хоча такі маячки мають низьку вартість, експлуатація включає в себе постійний моніторинг їх місця розташування та заряду батарей.

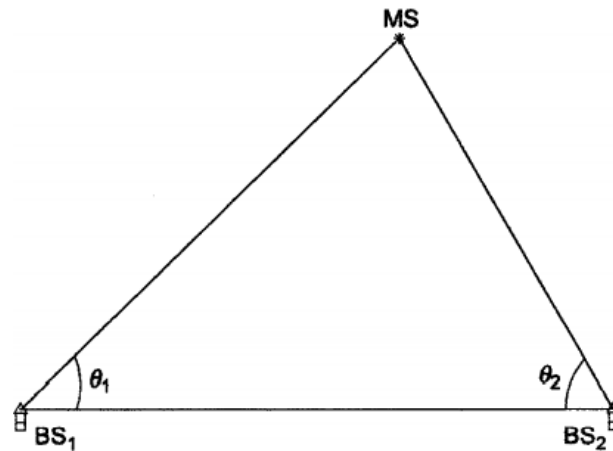


Рисунок 2.3 — Метод триангуляції або позиціонування з визначенням кута вхідного сигналу

Інтеграція двох технологій позиціонування — Wi-Fi та Bluetooth Low Energy (BLE) — може привести до ефективного та економічного рішення. Wi-Fi надає загальну картину розташування, а BLE точніше визначає координати, що особливо важливо в межах 1 метра. Така інтеграція дозволяє знизити витрати на обслуговування, а також дає змогу відстежувати місце знаходження радіомаячка через Mobility Services Engine (MSE). У майбутньому ця система також включатиме моніторинг заряду батарей та об'єднання даних Wi-Fi і BLE для більш точної аналітики та позиціонування.

Частота оновлення координат при позиціонуванні через Wi-Fi є важливим фактором для багатьох застосувань. Вона необхідна для:

- ідентифікації активів за допомогою Wi-Fi міток;
- підключення до мережі Wi-Fi в залежності від місцезнаходження;

- навігації в межах приміщень;
- надсилання пропозицій, орієнтуючись на місцезнаходження користувача;
- збору даних про поведінку клієнтів.

Частота оновлення координат може змінюватися залежно від вимог до точності та швидкості, що безпосередньо впливає на ефективність цих систем.

Для застосувань 3-5 крім позиційної точності, важлива частота, з якою визначається ця координата.

Коли клієнтський пристрій не підключено до мережі Wi-Fi, координати, можна визначити за діагностичними запитами, які періодично надсилає пристрій. Пристрій не підключено до мережі Wi-Fi, але ми вже отримуємо інформацію про його активність. Зразки надсилаються трансляцією, тобто на всіх частотних каналах — їх чують усі точки доступу, і тріангуляція із семплами працює ідеально.

Зразки незначних проблем надсилаються пристроєм кожні 15-30-60 секунд залежно від алгоритму, визначеного виробником пристрою. Виробники портативного обладнання також прагнуть мінімізувати кількість надісланих зразків, оскільки це підвищує енергоефективність обладнання. Збираючи дані таким чином, ми знаємо, що клієнт був у точці А та через 30 секунд після, наприклад, у точці Б, але ми не маємо інформації про те, що він робив між А та Б. Такі часові інтервали також занадто довгі для внутрішньої навігації та збору аналітичних даних щодо поведінки клієнтів.

Для збільшення частоти визначення координат було застосовано метод позиціонування пристрою за допомогою трафіку даних, що дало змогу підвищити частоту збору даних до 10 разів на хвилину — FastLocate. Модуль WSM здійснюватиме сканування ефіру та збір інформації для обчислення координат пристроїв приблизно кожні 8 секунд.

Другий спосіб застосування FastLocate підходить для будь-яких точок доступу та не потребує додаткових модулів. Точка доступу на короткий час виходить з режиму обслуговування клієнтів і переходить в режим сканування ефіру (Enhanced Local Mode - ELM). У цьому режимі точка, як і в попередньому випадку, збирає дані для обчислення координат пристроїв і повертається до режиму обслуговування клієнтів. Однак цей метод може призвести до зниження продуктивності Wi-Fi мережі на приблизно 15%, оскільки точки доступу не можуть постійно обслуговувати клієнтів.

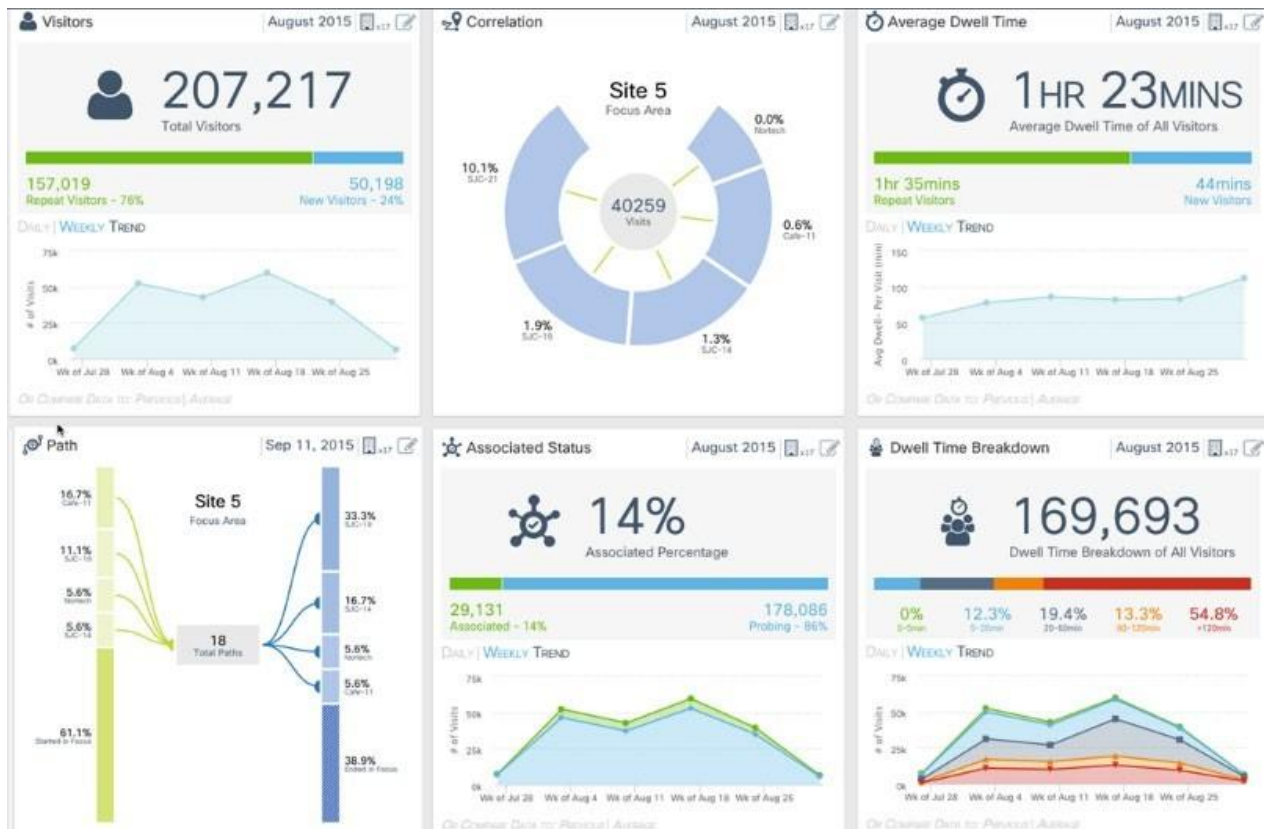


Рисунок 2.4 — Можливості збору інформації через аналітичні інструменти

Клієнтський пристрій повинен бути підключений до Wi-Fi мережі, тому власнику приміщення вигідно запропонувати клієнтам безкоштовне Wi-Fi підключення, акцентуючи увагу на корисності додатку та спеціальних пропозиціях. Якщо значна кількість клієнтів скористається підключенням,

адміністратор отримає можливість збирати корисну інформацію через аналітичні інструменти, що дозволить йому краще розуміти потреби користувачів (див. рис. 2.4).

2.3 Особливості Wi-Fi маршрутизаторів

2.3.1 Дослідження архітектури

Типовий маршрутизатор складається з таких основних компонентів:

- друкована плата є основа, на якій розміщуються всі інші елементи пристрою;
- оперативна пам'ять м зберігає тимчасові дані, зокрема пакети, які готуються до відправки;
- флеш-пам'ять м постійна пам'ять маршрутизатора, де зберігаються таблиці маршрутизації, прошивка, налаштування та інші важливі дані;
- блок живлення — забезпечує електричну енергію для роботи всіх компонентів маршрутизатора, він може бути окремо винесений за межі корпусу;
- процесор комутатора м відповідає за коректний розподіл вхідних пакетів даних;
- процесор точки доступу Wi-Fi м управляє роботою антени та іншими компонентами, які задіяні в бездротовій передачі даних;
- блоки посилення сигналу — підсилюють сигнал перед його трансляцією антеною або передачею по кабелю;
- антена — передає дані бездротовим способом до кінцевих пристроїв, може бути кілька антен, як вбудованих, так і зовнішніх;
- блок портів — містить слоти для підключення USB, LAN та Ethernet кабелів, зазвичай розташовані на задній панелі пристрою.

Wi-Fi чіп повинен відповідати наступним вимогам:

- підтримка взаємодії з мікроконтролером Atmega328 через інтерфейс SPI, що є оптимальним для програмування;
- сумісність зі стандартом бездротових мереж IEEE 802.11, що дозволяє здійснювати взаємодію з системою через звичайний ноутбук або Wi-Fi роутер без необхідності додаткового трансивера;
- підтримка передачі даних на відповідних швидкостях;
- раціональне енергоспоживання для забезпечення тривалого часу роботи системи;
- вартість повинна бути пропорційною якості чіпа.

На сьогодні найбільш поширеними Wi-Fi чіпами для мікроконтролерів є вироби компаній ZigBee та Microchip. Чіпи ZigBee використовують стандарт IEEE 802.15. Для забезпечення взаємодії за стандартом Wi-Fi IEEE 802.11 необхідно реалізувати систему управління відповідно до схеми, що наведена на рисунку 2.5.

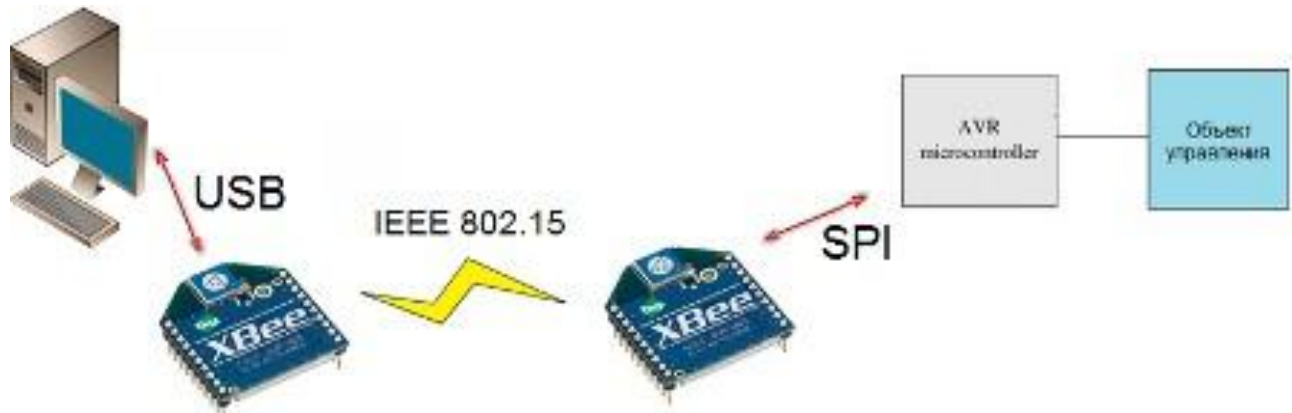


Рисунок 2.5 — Система управління Wi-Fi з використанням чіпа компанії ZigBee

Цей варіант є непрактичним, оскільки вимагає використання додаткового трансмітера, що ускладнює конструкцію та збільшує вартість розроблюваної системи.

Іншим способом організації бездротового віддаленого управління системою є використання чіпа від компанії Microchip. Оптимальним варіантом є чіп

MRF24WB0MA, технічні характеристики якого наведено в таблиці 2.2. Блок-схема та електрична принципова схема показані на рисунках 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.4 — Технічні характеристики чіпа MRF24WB0MA

Виробник	MICROCHIP TECHNOLOGY
Тип модуля зв'язку	WiFi
Інтерфейс	4-wire SPI
Властивості модулів зв'язку	антена
Чутливість приймача	-91дБм
Потужність передавача	10дБм
Частоти	2,4 та5 ГГц
Шифрування	AES, WEP, WPA-PSK
Корпус	36/Module
Споживана потужність TX/RX	154/85мА

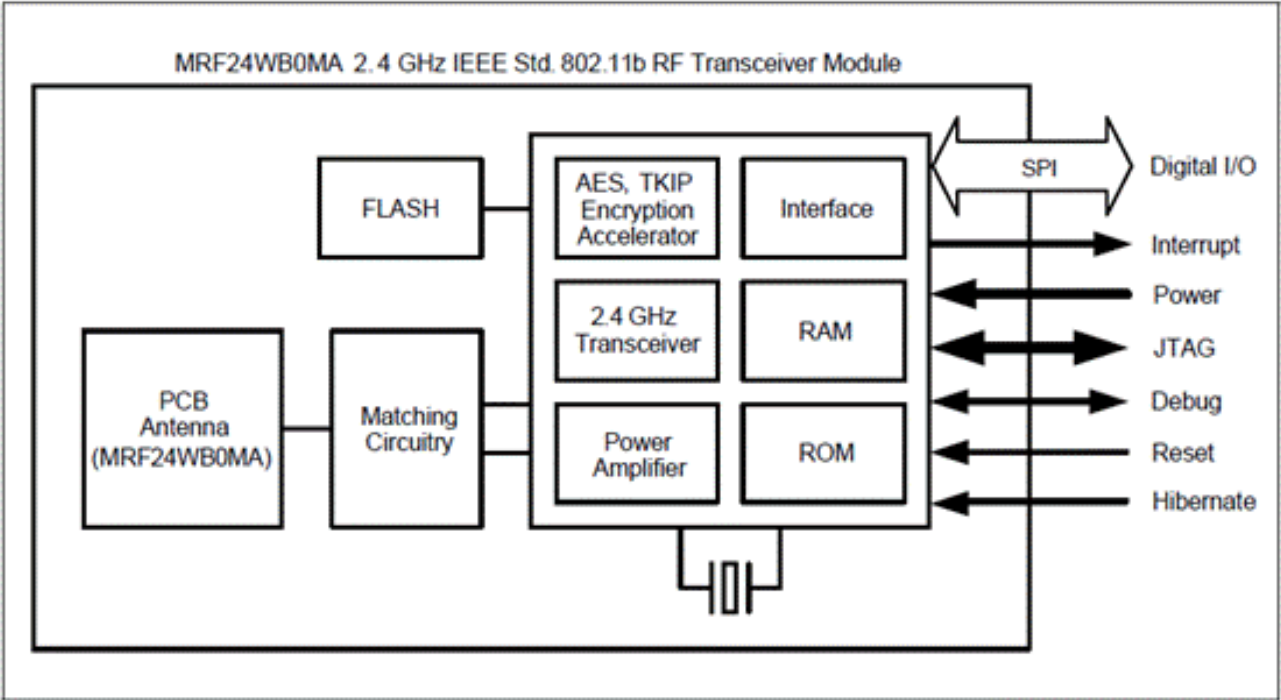


Рисунок 2.6 — Блок-схема чіпа MRF24WB0MA

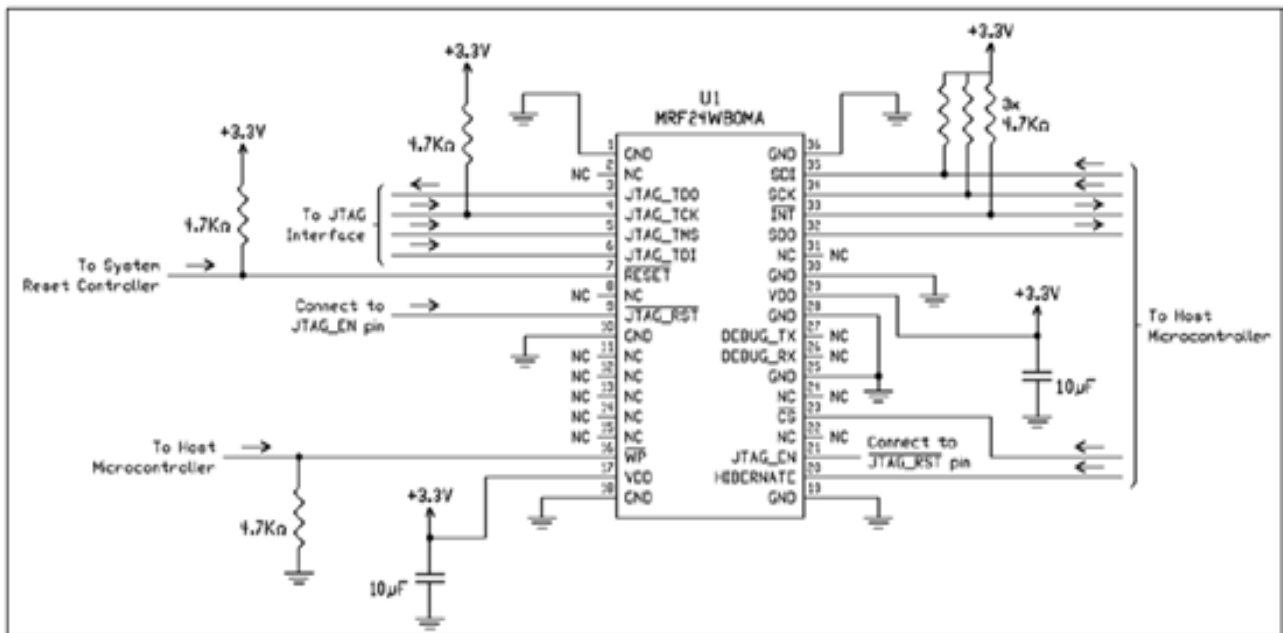


Рисунок 2.7 — Електрична принципова схема вмикання чіпа MRF24WB0MA

2.3.2 Конструктивні особливості

Для створення паралельного інформаційного потоку кожен канал потребує одного приймача та одного передавача. Для Wi-Fi хвиль визначено два частотні діапазони: 2.4 та 5 ГГц, які використовуються в різних версіях протоколу. Зовнішній вигляд роутерів може значно відрізнятися, але всі вони працюють за одним принципом: отримавши пакет інформації, чи то з Інтернету, чи з локальної мережі, роутер аналізує його та відправляє до комп'ютера, для якого ця інформація була призначена.

Локальна комп'ютерна мережа описується таким чином: якщо до маршрутизатора підключено більше ніж два комп'ютери через проводове з'єднання, ситуація є стандартною. У випадку з бездротовим Wi-Fi зв'язком все дещо інше: інформацію отримують усі пристрої в межах зони покриття Wi-Fi мережі, однак лише призначений одержувач обробляє її. У проводових мережах

комп'ютери підключаються до LAN портів маршрутизатора, які зазвичай розміщені на його задній панелі.

Порти маршрутизатора; внутрішня частина роутера включає міні-комп'ютер, до складу якого входять центральний процесор, оперативна і постійна пам'ять, контролери для дротових і бездротових з'єднань, а також інші електронні компоненти.

Апаратна частина маршрутизатора: апаратна частина маршрутизатора складається з багатошарових друкованих плат, на яких розміщені всі необхідні компоненти, що забезпечують роботу пристрою.

Програмне забезпечення маршрутизатора: творення маршрутизатора — це лише частина роботи; ще потрібно налаштувати програмне забезпечення, яке керуватиме всіма процесорами та чіпами. Це забезпечує спеціальний програмний код, відомий як прошивка або мікропрограма. Якість прошивки безпосередньо впливає на стабільність роботи маршрутизатора. На ринку є моделі з потужними апаратними компонентами, але з недосконалими прошивками, які можуть викликати розриви зв'язку, зависання та інші проблеми. Тому розробники регулярно оновлюють прошивки, не лише усуваючи помилки, але й додаючи нові функції для покращення роботи пристрою.

2.3.3 Діапазон покриття

Дальність Wi-Fi роутера стандарту 802.11n з штатною антеною (підсиленням близько 5 дБ) в умовах відкритої місцевості може досягати приблизно 150 метрів, а в приміщенні — до 50 метрів. Однак на дальність впливають різні перешкоди, наприклад, цегляні стіни та металеві елементи, що можуть зменшити радіус дії на більше ніж 25%. Стандарти 802.11a/ac працюють на більш високих частотах, що робить їх більш чутливими до перешкод. Окрім того, Wi-Fi мережі стандартів 802.11b та 802.11g схильні до сильного впливу перешкод від мікрохвильових печей. Листя дерев також є значною перешкодою через вміст води, яка поглинає

мікрохвильове випромінювання. Наприклад, дощ може ослабити сигнал у діапазоні 2.4 ГГц на 0.05 дБ/км, густий туман — на 0.02 дБ/км, а ліс — до 0.5 дБ/м.

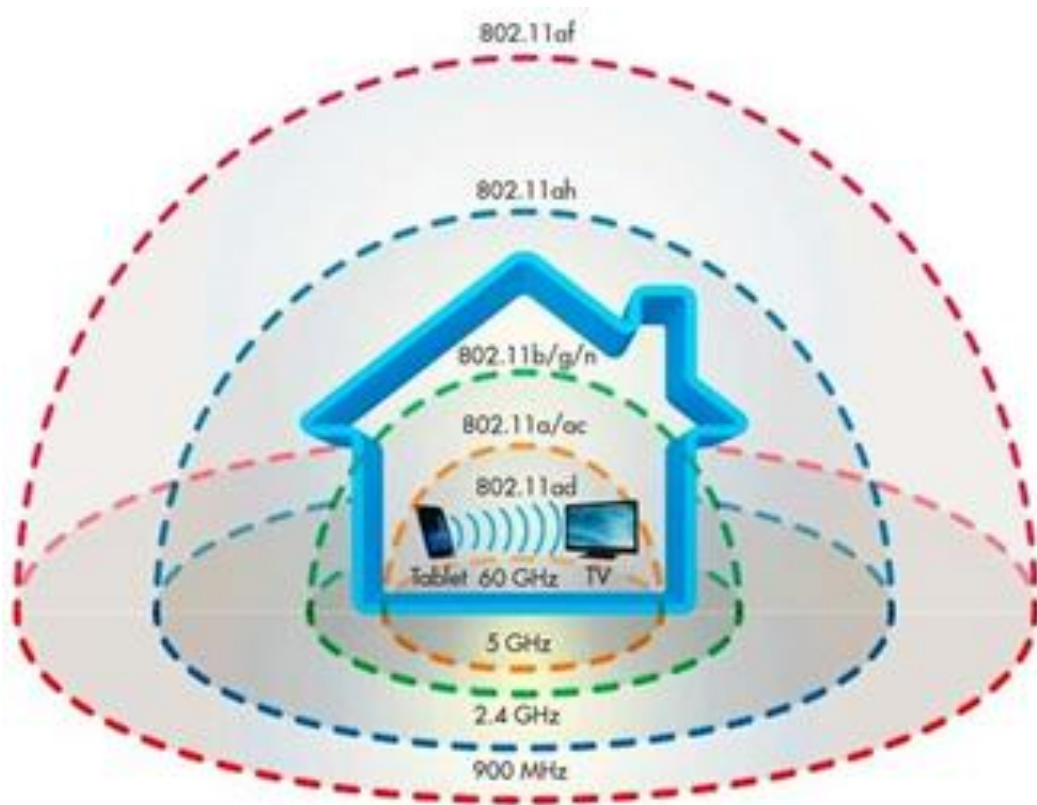


Рисунок 2.8 — Зони дії різних стандартів

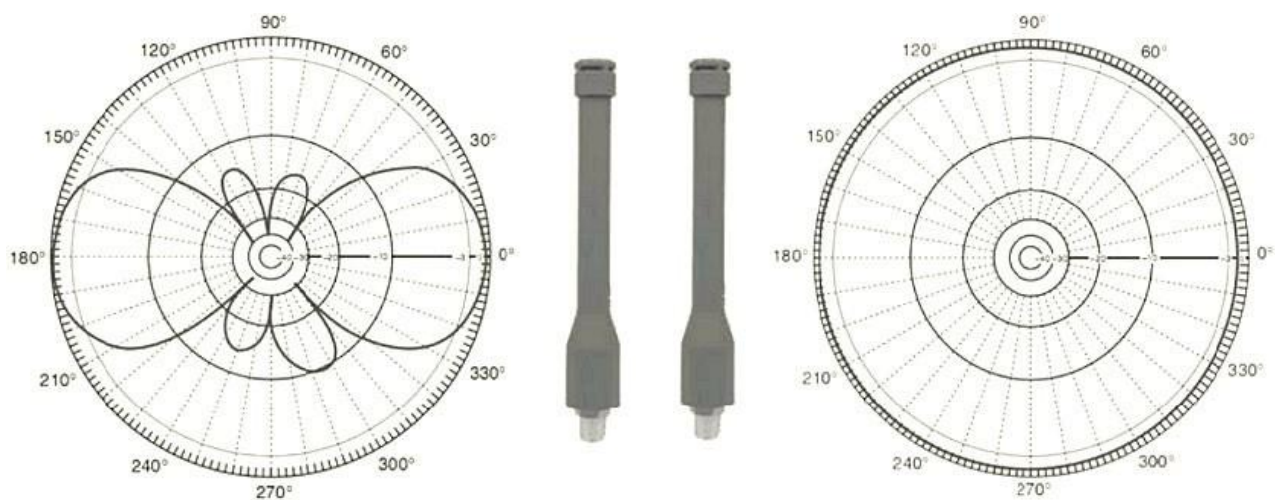
При створенні радіомосту між двома мережами необхідно враховувати, що простір навколо прямої лінії між передавачем і приймачем має бути вільним від поглинаючих та відбиваючих перешкод на відстані, що дорівнює 0.6 радіусу першої зони Френеля.

У реальних умовах рівень сигналу на різних відстанях від передавального пристрою можна вимірювати за допомогою спеціального пристрою — Wi-Fi детектора. Для збільшення дальності Wi-Fi роутера можна об'єднати кілька роутерів або бездротових точок доступу в ланцюг, або ж замінити штатні антени на більш потужні.

2.3.4 Антени та їх роль

Роутери зазвичай оснащуються зовнішніми штатними штитовими антенами Wi-Fi, які можуть бути як знімними, так і стаціонарними. Зазвичай ці антени є всеспрямованими.

Всеспрямована антена — це антена, яка має покриття 360 градусів в горизонтальній площині, тобто забезпечує розповсюдження сигналу у всіх напрямках по горизонталі.



а) вертикальна діаграма
спрямованості

б) горизонтальна діаграма
спрямованості

Рисунок 2.9 — Діаграми спрямованості

Ці антени не є спрямованими, тобто вони не створюють вузький пучок сигналу в одному напрямку, як це роблять інші типи антен. Тому немає необхідності направляти антену роутера на інший пристрій бездротової мережі, що є однією з поширених помилок користувачів.

У горизонтальній площині (перпендикулярній осі антени) вона випромінює сигнал рівномірно в усі боки. Вертикальне розташування антен на роутері

дозволяє передавати сигнал на більшу відстань по горизонталі з максимальною потужністю.

При кріпленні роутера до стіни рекомендується розміщувати антени вертикально, оскільки в цьому випадку не має значення, чи будуть антенами спрямовані вниз чи вгору.

Кругові антени забезпечують рівномірний розподіл сигналу, що робить їх ідеальними для забезпечення покриття Wi-Fi в усіх напрямках. Якщо необхідно забезпечити доступ до мережі з усіх сторін, така антена є найкращим вибором. Вона підходить для більшості ситуацій, наприклад, в офісах або будинках, де люди знаходяться з усіх боків роутера і потребують стабільного з'єднання.

Якщо пристрої, які будуть підключатися до мережі, розташовані з одного боку від роутера, то доцільніше використовувати спрямовану антену. Така антена передаватиме сигнал тільки в одному напрямку, але забезпечить значно сильніше з'єднання в цій області. При виборі антени важливо враховувати, що будь-які перешкоди на шляху сигналу знижують його якість. Нижче наведено таблицю, яка показує ступінь ослаблення радіосигналу в залежності від матеріалу перегородки.

Таблиця 2.2 — Типи перешкод та їх вплив на якість сигналу

Тип перешкоди	Втрати якість сигналу, %
Вікна	3 0
Дерев'яне покриття	7 0
Бетонні стіни	8 0
Несучі бетонні стіни	9 0

Варто сказати, що існує три основні типи поляризації: вертикальна, горизонтальна та кругова. Антена поширює хвилі, які можуть коливатися у вертикальній або горизонтальній площині. У випадку кругової поляризації хвилі закручуються по спіралі.

У сучасному середовищі існує велика кількість користувачів Інтернету, які налаштовують свої Wi-Fi точки доступу. Роутери сусідів можуть створювати завади в ефірі. Уявіть ситуацію, коли мінімум у трьох сусідніх квартирах встановлені роутери з потужними передавачами, що працюють на одному або близьких каналах у діапазоні 2,4 ГГц. Це досить поширена проблема. Навіть якщо сигнал від вашого роутера стабільний і сильний, у таких умовах не можна гарантувати стабільну швидкість підключення до мережі.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ТА ЗАСОБІВ ВІДСТЕЖЕННЯ ANDROID ПРІСТРОІВ

3.1 Метод відстеження Android пристроїв з використанням Wi-Fi

Для визначення місця розташування користувача достатньо обчислити його відстань від точки доступу (ТД) та кут, під яким на неї потрапляє Wi-Fi сигнал від мобільного пристрою. У відкритому просторі це можна зробити легко, але в приміщенні задача стає значно складнішою. Розглянемо основні фізичні принципи, на яких базуються методи локалізації, їхні обмеження, а також нововведення, запропоновані HP Labs у їхній технології CUPID (Capturing User Positioning Including Direct Path). Суть цієї технології полягає у використанні так званого "прямого шляху" (Direct Path).

Радіосигнал від клієнта до точки доступу потрапляє під різними кутами. Якщо вдалося визначити кут прямого шляху (Angle of the Direct Path, ANDP), то разом з відстанню це дозволяє точно локалізувати користувача. Оцінка кута прийому (Angle of Arrival, AoA) здійснюється за допомогою спрямованих антен, наприклад, адаптованих фазованих антенних решіток з кількох елементів. Цей метод передбачає вимірювання різниці фаз між сигналами, що потрапляють на різні елементи антени, і перетворення цієї різниці в значення кута прийому. Ідею показано на рисунку 3.1.

Для визначення кутової складової сигналу існуючі алгоритми оцінки кута приходу (Angle-of-Arrival, AoA) використовують аналіз сигналів, які надходять на кілька антен, розташованих на певній відстані одна від одної. Основна ідея цього методу полягає в аналізі фази сигналу, яка змінюється лінійно з коефіцієнтом 2π за кожен довжину хвилі (λ).

Для спрощеного пояснення можна розглянути приклад, коли сигнал надходить на дві антени точки доступу, розташовані на відстані $\lambda/2$ одна від одної (рис. 3.3, а). Фаза прийнятого сигналу на кожній антені буде відрізнятися на певну

величину, що дозволяє визначити кут, під яким сигнал потрапляє на антени. Цей метод дозволяє точно оцінити напрямок надходження сигналу, що є основою для реалізації технологій локалізації користувачів.

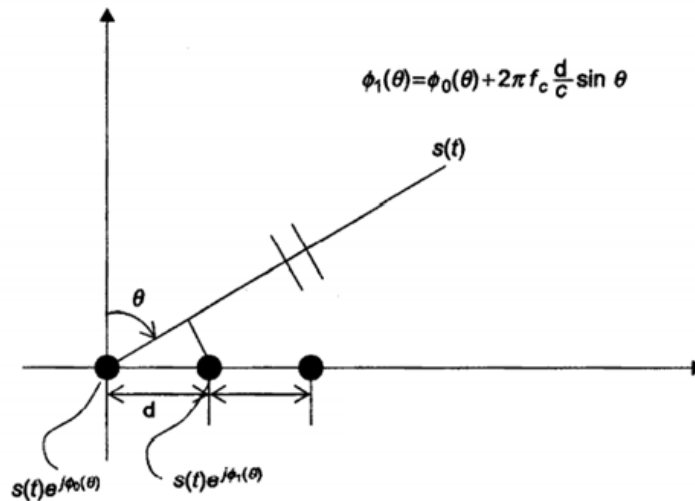
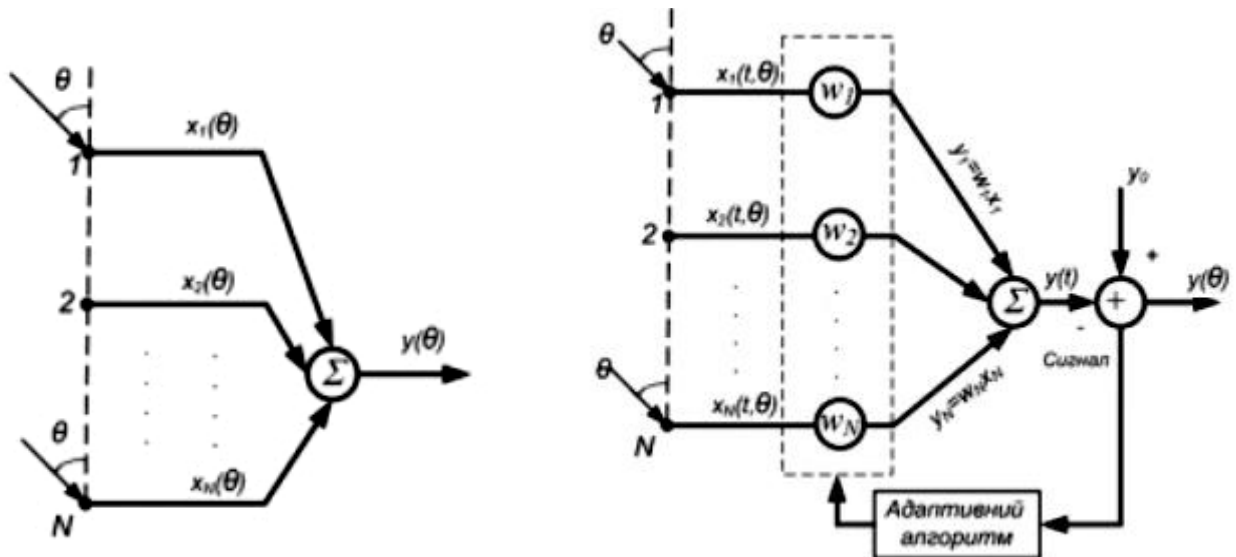


Рисунок 3.1 — Концепція методу вимірювання різниці фаз між сигналами



а) Звичайна решітка

б) Адаптивна решітка

Рисунок 3.2 — Типи решіток

Виходячи з рівнянь для визначення кута приходу сигналу, можна сказати, що промінь, що приходить під кутом θ , спричиняє різницю в проходженні сигналу до двох антен. Згідно з рівнянням:

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} \sin \theta$$

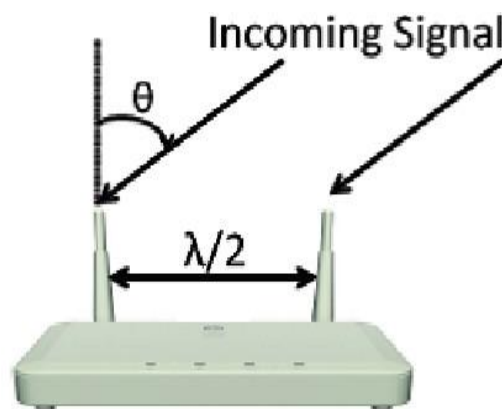
Це означає, що сигнал до другої антени повинен пройти більшу відстань Δd , що спричиняє затримку фази на величину:

$$\Delta \phi = \frac{2\pi \Delta d}{\lambda}$$

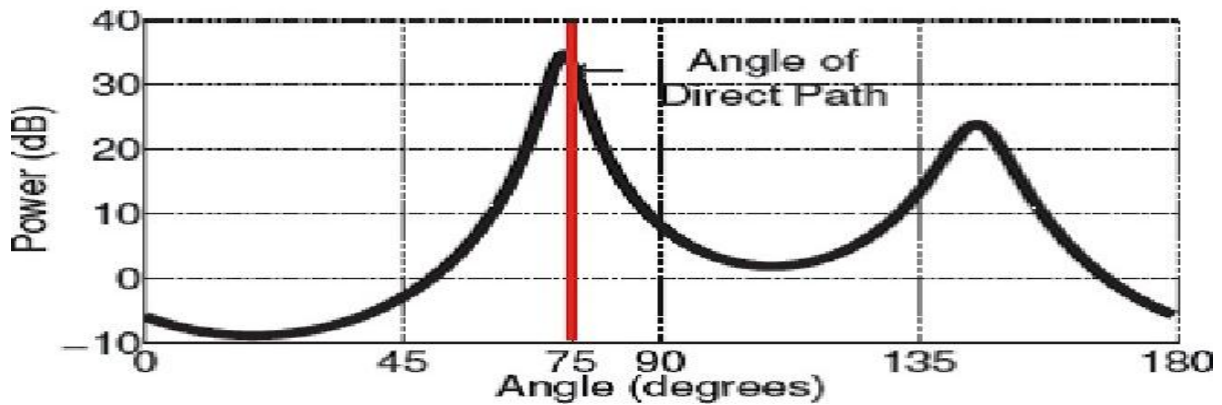
Після підстановки виразу для Δd у рівняння для $\Delta \phi$, отримуємо:

$$\theta = \arcsin \frac{\Delta \phi}{\pi}$$

Це рівняння дозволяє визначити кут θ , під яким сигнал потрапляє на антену, виходячи з різниці фаз між сигналами, що приймаються різними антенами.



а) Сигнал надходить на антену



б) Результат алгоритма MUSIC

Рисунок 3.2 — Робота з сигналом

Розглянуте раніше припущення, що сигнал має лише одну кутову складову, не зовсім точне. Насправді бездротові сигнали розповсюджуються по безлічі шляхів. Алгоритм оцінки кута приходу (AoA) здатний визначати напрямки кількох сигналів, використовуючи декілька антен. Один з таких алгоритмів, відомий як MUSIC (Multiple Signal Classification), заснований на складних математичних розрахунках.

Результатом роботи алгоритму MUSIC є псевдоспектр, який відображає рівень сигналу на різних кутах. Кожен пік у цьому спектрі відповідає певному оціненому куту приходу. Багато піків можуть виникнути через сигнали, що надходять з різних напрямків, включаючи прямі та відбиті промені.

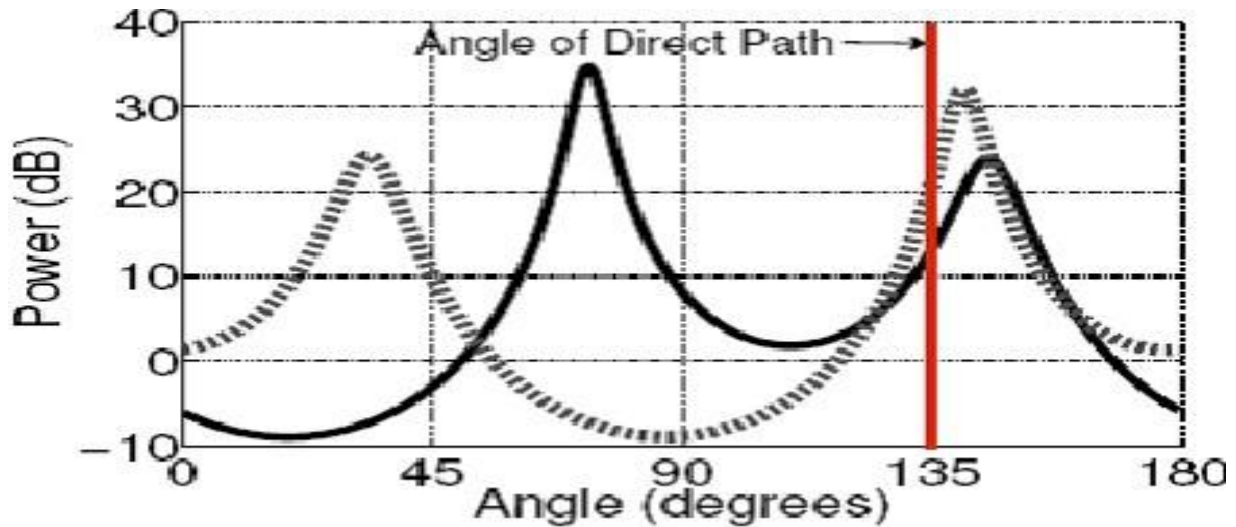
Однак виникає питання: як виявити пік, що відповідає прямому шляху? Зазвичай висота піку пропорційна енергії, що потрапляє на приймач під певним кутом. При прямому видимості між передавачем і приймачем сигнал по прямому шляху часто має найвищу енергію. Проте всередині приміщення таке спостереження трапляється рідко. Більш того, сигнал, що відбився, може приходити з випадкового напрямку, не пов'язаного з прямим шляхом.

Для точної локалізації в технології CUPID (Capturing User Positioning Including Direct Path) використовуються лише сигнали прямого шляху (ANDP). Ця технологія поєднує переміщення клієнта з оцінкою AoA, виконуваною за допомогою алгоритму MUSIC, щоб точніше визначити місцезнаходження користувача.

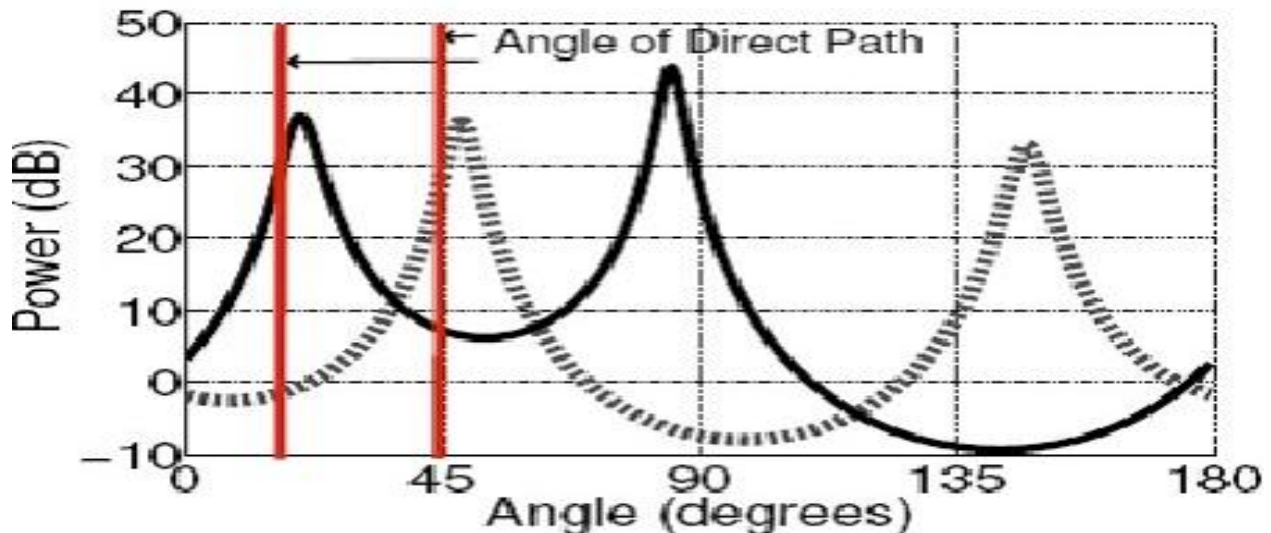
Як уже згадувалося раніше, для точного визначення місця розташування користувача важливо не лише відстань, а й кут приходу сигналу. Існуючі методи, такі як MUSIC, можуть оцінити кути, під якими надходить сигнал, але не здатні точно визначити, який з цих кутів відповідає прямому шляху сигналу (ANDP). Як зазначалося, вибір кута за найбільшим піком у псевдоспектрі може призвести до помилки, особливо в ситуаціях, коли прямий шлях заблокований.

Для вирішення цієї проблеми HP Labs розробила унікальну схему оцінки ANDP, поєднану з алгоритмом MUSIC. Її основа полягає на спостереженні за змінами значень AoA, коли користувач переміщається між двома точками. Цей підхід дозволяє визначити, який з кутів є прямим шляхом. Процес оцінки кута приходу здійснюється на точці доступу, що використовує MUSIC і CSI (Channel State Information) отриманих пакетів від мобільних пристроїв користувача. Аналізуючи значення AoA в різних точках, можна виявити два можливих сценарії. У першому випадку відбиті сигнали можуть бути сильнішими, але їх кути падіння різні, в той час як прямі сигнали, хоча й слабші, мають стабільніший кут. Цей стабільний кут і буде апроксимуватися як ANDP, яке можна визначити з псевдоспектра MUSIC (рис. 3.4).

У другому сценарії, коли в псевдоспектрі немає чітко визначених пік для відбитих чи прямих променів з двох різних точок, система CUPID використовує метод навігаційного числення для визначення кута прямого шляху (ANDP). Основна ідея цього підходу ілюструється на рисунку 4.5, де показано, як через оцінку зміщень сигналів та їхніх фаз у двох точках можна отримати стійке значення ANDP.



а) Стабільний спектр сигналу



б) Різний спектр сигналу

Рисунок 3.4 — Спектри сигналу

Цей метод ґрунтується на використанні математичних моделей, що дозволяють обчислювати й аналізувати зміщення сигналів у різних точках. Такий підхід дає змогу точно локалізувати клієнта, навіть коли прямий сигнал не може бути чітко відокремлений від відбитих.

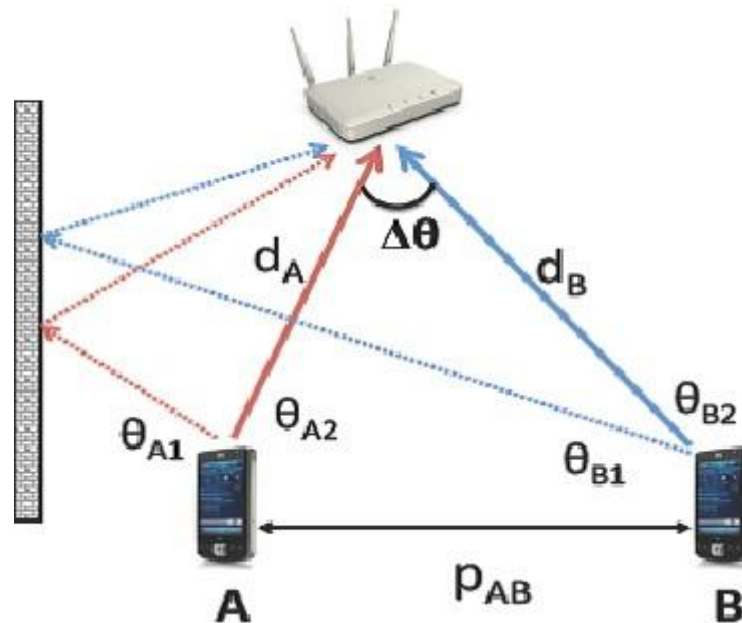


Рисунок 3.5 — Опис ANDP за допомогою переміщення клієнта

Уявімо, що сигнал надходить під двома різними кутами: одна компонента – по прямій траєкторії, а інша – відбита. Для користувача, який знаходиться в точці А, це будуть кути θ_{A2} та θ_{A1} , відповідно. Для точки В – кути θ_{B2} та θ_{B1} . Для пояснення припустимо, що компонента сигналу, яка приходить під кутом θ_{A1} в точці А, відбивається під кутом θ_{B1} в точці В, і аналогічно для інших компонент, що приходять під кутами θ_{A2} та θ_{B2} . Відстані від точок А та В до ТД, визначені на основі EDP, позначаються як d_A та d_B . Коли користувач переміщається з точки А до точки В, відстань між ними p_{AB} можна обчислити за допомогою акселерометра і гіроскопа смартфона, використовуючи метод, званий навігаційним численням. Тоді зміна кута ANDP ($\Delta\theta$) визначається за формулою:

$$\Delta\theta = \arccos((d_A^2 + d_B^2 - p_{AB}^2) / (2 * d_A * d_B))$$

Це застосування формули для сторін трикутника, що лежить навпроти кута θ . Тепер можна визначити AOA (θ_{Bk}) як кут, який зазнав такої ж зміни $\Delta\theta$.

Для оцінки ANDP ТД відстежує виміряні значення AoA в початковій точці та у всіх наступних точках, через які проходить користувач. Дослідження показали, що псевдоспектри для двох сусідніх точок (на відстані 2-3 м) мають схожі значення AoA. Таким чином, можна парно з'єднувати виміряний AoA в точці з найближчим значенням рогу, виміряним у наступних точках. Коли користувач рухається, ця відповідність дозволяє відстежувати кожен AoA в псевдоспектрі. AoA, який змінюється так само, як кут прямих променів, буде використовуватися як оцінка CUPID для ANDP. Для більш точної оцінки ANDP алгоритм активується лише коли зміна кута $\Delta\Theta$ перевищує 20° . Важливо зазначити, що для першого виміру ANDP використовують переміщення клієнта, в подальшому ж ANDP лише відстежується.

3.2 Функціонування програмного забезпечення

Програмне забезпечення має бути повноцінно функціональним в системі, яка складається з клієнта, сервера та доступних wi-fi точок. Повну схему цієї системи представлено на рис. 3.6.

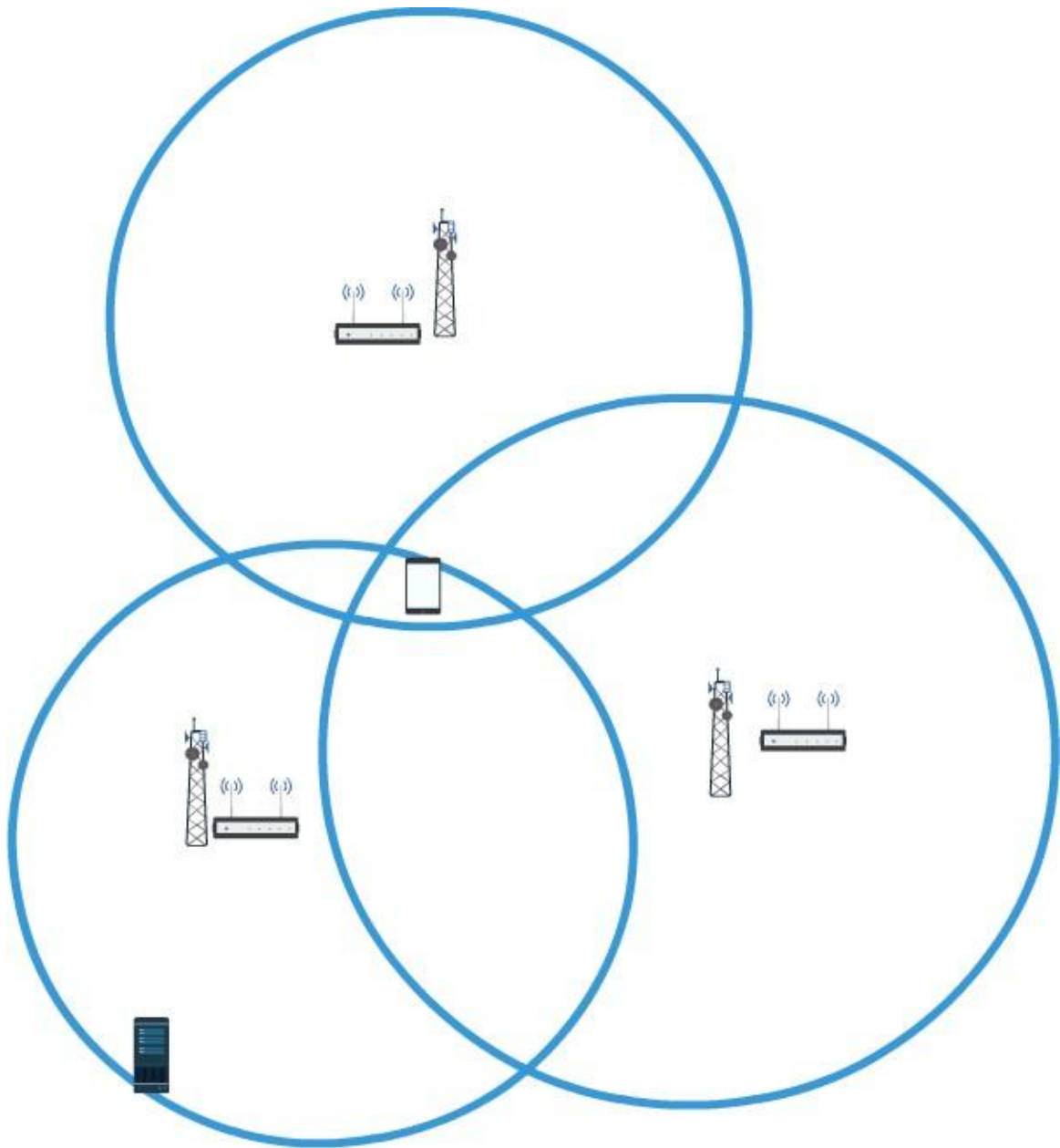


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення робочої системи

Для обчислення місцезнаходження пристрою в цій схемі використовуються wi-fi точки (1, 2 та 3), координати яких вже відомі. Під час роботи клієнтського додатку пристрій збирає інформацію про видимі об'єкти, зокрема про силу сигналу та частоту, і передає ці дані на сервер, який знаходиться в локальній мережі[4].

3.2.1 Розрахунок відстані до пристрою

Для розрахунку відстані до пристрою використовується інформація про силу сигналу та його частоту. У цьому випадку застосовують формулу FSPL (Free Space Path Loss), яка визначає втрати сигналу (3.1) [5].

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K, \quad 4.1$$

де: d — відстань до wi-fi точки (в метрах);

f — частота (в дБ);

K — коефіцієнт (32.44, якщо відстань вимірюється в кілометрах, або — 27.55, якщо в метрах).

Цю формулу можна переписати у такому вигляді:

$$d = (10 * (27.55 - 20 * \log_{10}(f) + \text{FSPL}) / 20), \quad 4.2$$

де: FSPL — сила сигналу.

Пристрій передає на сервер дані про частоту та силу сигналу, з яких за вищезгаданою формулою обчислюється відстань до точки wi-fi. Ця інформація використовується для визначення місцеположення пристрою [6].

3.2.2 Обрахунок координат на сервері

Для визначення місцезнаходження пристрою використовується відстань до точок доступу. Якщо навколо цих точок провести кола, то відстань до кожної з них буде радіусом відповідного кола. Таким чином, точка перетину цих кіл і буде розташовуватися в місці, де знаходиться шуканий пристрій (рис. 3.6).

Для обчислення координат точки перетину трьох кіл використовують систему з трьох рівнянь, кожне з яких є рівнянням кола:

$$r = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (4.3),$$

де:

r — радіус кола, що відповідає відстані до точки;

x та y — координати точки на колі;

x_1 та y_1 — координати центру кола.

Таким чином, координати центру кола відповідають місцеположенню відомої точки $wi-fi$, а радіус — це відстань до цієї точки [7].

Для обчислення місцезнаходження пристрою можна використовувати таку систему рівнянь:

$$r_1 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2;$$

$$r_2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2;$$

$$r_3 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2.$$

3.2.3 Аналіз умов визначення місцезнаходження

Для досягнення точної оцінки місцезнаходження пристрою необхідно дослідити умови, які забезпечують таку можливість [8].

Чим більше видимих точок доступу, тим точніше буде визначення місцезнаходження пристрою. Залежність області похибки від кількості точок продемонстрована на рис. 3.7.

Як видно на рис. 3.7, мінімальна кількість видимих точок повинна становити три, оскільки з двома або лише однією точкою визначити місцезнаходження неможливо.

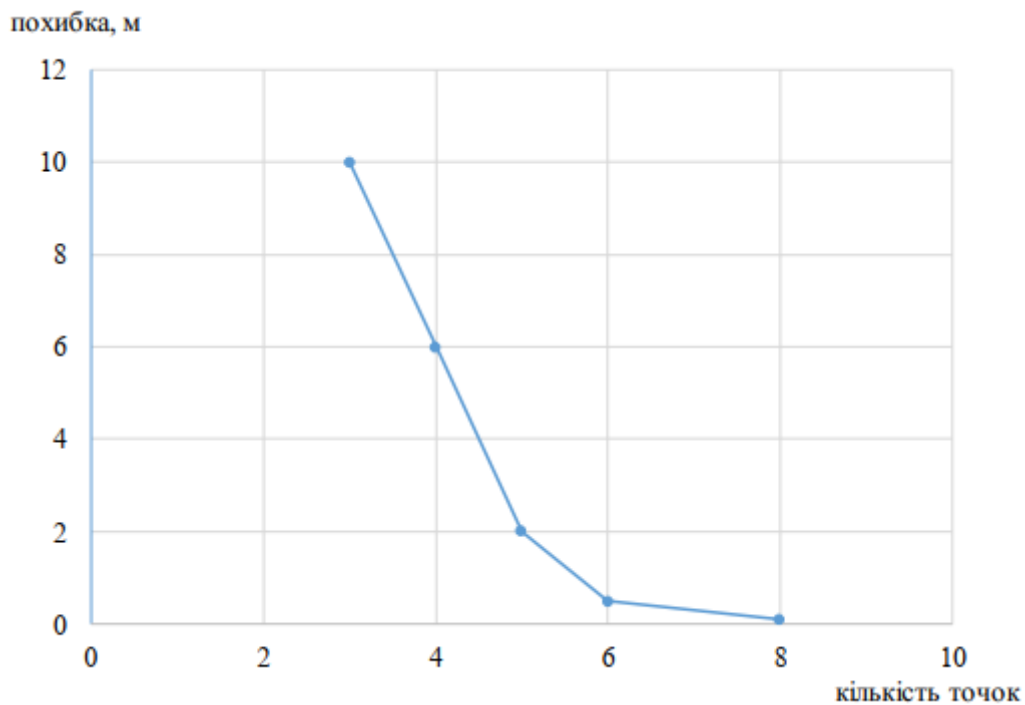


Рисунок 3.7 — Графік залежності точності від числа Wi-Fi точок

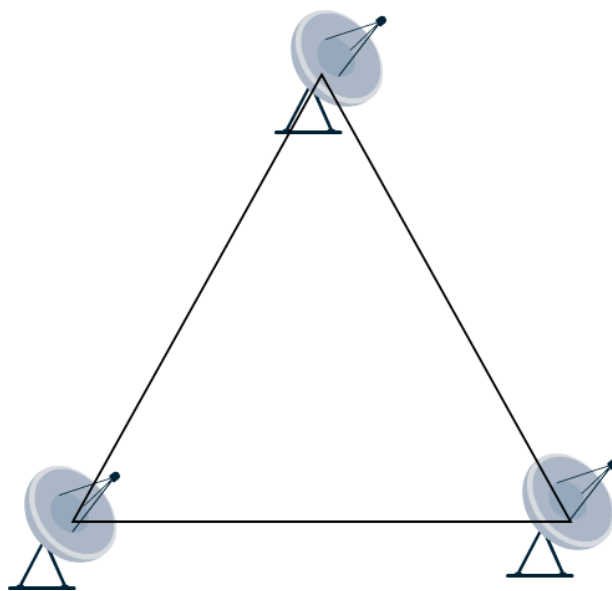


Рисунок 3.8 — Трикутноподібне розміщення точок

Для досягнення оптимальної точності визначення місцезнаходження необхідно використовувати 6-7 точок. Це дозволяє забезпечити найбільшу

точність, а збільшення кількості точок не дає значного покращення результатів під час роботи програми [9].

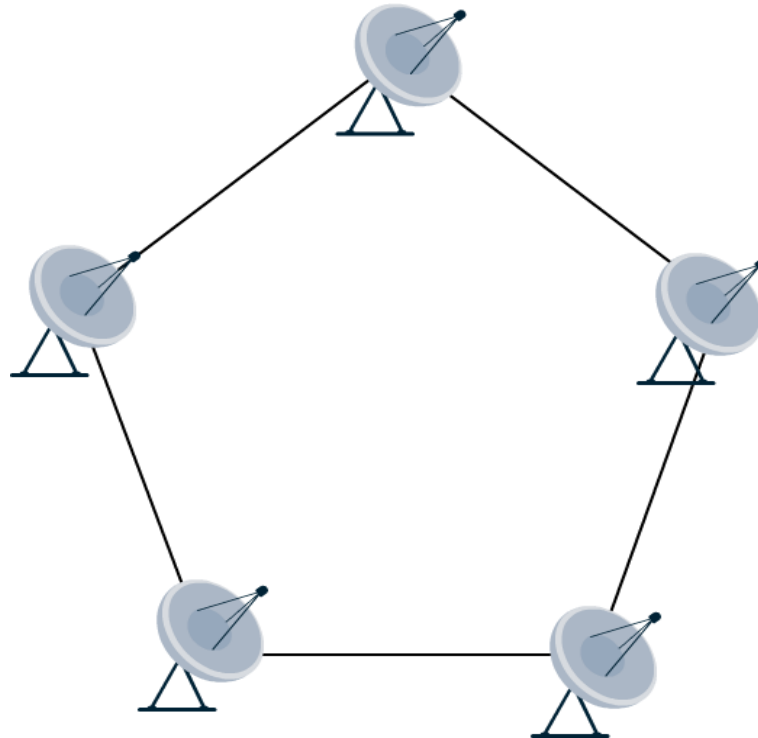


Рисунок 3.9 — Пентаподібне розміщення точок

Не менш важливим фактором є розташування точок відносно одна одної. Наприклад, якщо розмістити точки в одну лінію, точність визначення місцезнаходження буде мінімальною. Як приклад можна взяти три точки (рис. 3.3), що формують рівнобедрений трикутник, який гарантує рівновіддаленість точок одна від одної.

Ідеальним є кут між точками в 60 градусів, оскільки це забезпечує рівновіддаленість точок одна від одної. Якщо розглядати розташування п'ятикутника (рис. 3.9), найкращим буде кут 108 градусів між точками.

Отже, оптимальним кутом між точками в одній зоні є $20 \cdot n - 22 \cdot n$ градусів, де n – кількість точок.

3.2.4 Налагодження зв'язку із сервером

Зв'язок між пристроєм і сервером здійснюється через радіомережу wi-fi[10]. Сервер розташований у мережі однієї з крайніх точок, а для забезпечення безперервного покриття на всій території, де розміщені wi-fi точки, використовуються репітери (повторювачі).

Репітер — це пристрій, який повторює сигнал і значно збільшує радіус дії wi-fi мережі, дозволяючи досягати більших відстаней при збереженні стабільного сигналу.

Наприклад, розташувавши репітери поблизу ключових точок доступу, можна ефективно транслявати wi-fi сигнал на всю зону дослідження або територію, що покривається мережею. Це дає змогу забезпечити стабільний і безперервний зв'язок між сервером і клієнтами, незважаючи на фізичні перешкоди чи відстані. Такий підхід дозволяє створити більш надійну і масштабовану систему для обробки та передачі даних у реальному часі.

3.2.5 Реалізація клієнтської частини на Android-пристрої

Основною метою клієнтської частини програмного продукту є збір, обробка та передача даних для подальшого використання на сервері. Ці дані включають інформацію про wi-fi мережі та радіоточки, які є видимими для пристрою на певний момент часу[11].

Процес роботи клієнтської частини полягає в тому, що пристрій сканує доступні wi-fi мережі та збирає такі параметри, як сила сигналу, частота, ідентифікатори точок доступу (SSID) та інші важливі характеристики. Ці дані потім передаються на сервер через бездротову мережу. На сервері здійснюється їх обробка, і на основі отриманих відомостей визначається місцеположення пристрою в реальному часі.

Таким чином, клієнтська частина виконує функцію збору та підготовки даних, які є необхідними для точного визначення місцезнаходження пристрою, що забезпечує інтеграцію з серверною частиною і створює основу для подальших розрахунків та відображення результатів.

3.2.6 Розробка Веб-клієнта

Клієнтська web частина надає користувачу зручний інтерфейс для перегляду поточного місцезнаходження пристрою. Через веб-інтерфейс користувач має змогу відслідковувати місце розташування в реальному часі, що дозволяє ефективно моніторити переміщення пристрою та отримувати актуальну інформацію про його місцеположення.

Окрім цього, web частина служить для введення та редагування відомих wi-fi точок. Користувач може додавати нові точки доступу, редагувати існуючі або переглядати детальну інформацію про вже наявні точки, такі як їх ідентифікатори, розташування та інші параметри, що мають значення для визначення місцезнаходження пристрою.

Інтерфейс web частини забезпечує доступ до даних, що збираються з клієнтської частини, і дозволяє користувачеві оперативно взаємодіяти з системою, коригувати налаштування або отримувати результати визначення місцезнаходження у зручному вигляді. Це також дозволяє налаштувати систему для подальшого збору даних або виведення звітів про ефективність роботи wi-fi точок у визначеній зоні.

3.3 Програмна реалізація системи

Програмний продукт побудований на основі клієнт-серверної архітектури з інтеграцією бази даних [12]. Основні складові частини системи включають:

- сервер;
- веб-клієнт;

- Android-клієнт;
- база даних.

Основною різницею між клієнтами є те, що веб-клієнт використовується для перегляду локації пристрою та визначення місцезнаходження «відомих» точок доступу, в той час як Android-клієнт відповідає за збір даних про видимі wi-fi точки. Для зберігання даних про відомі wi-fi точки застосовано систему керування базами даних PostgreSQL[13].

Структуру програмного продукту можна побачити на рис. 3.10, що ілюструє взаємодію всіх складових системи.

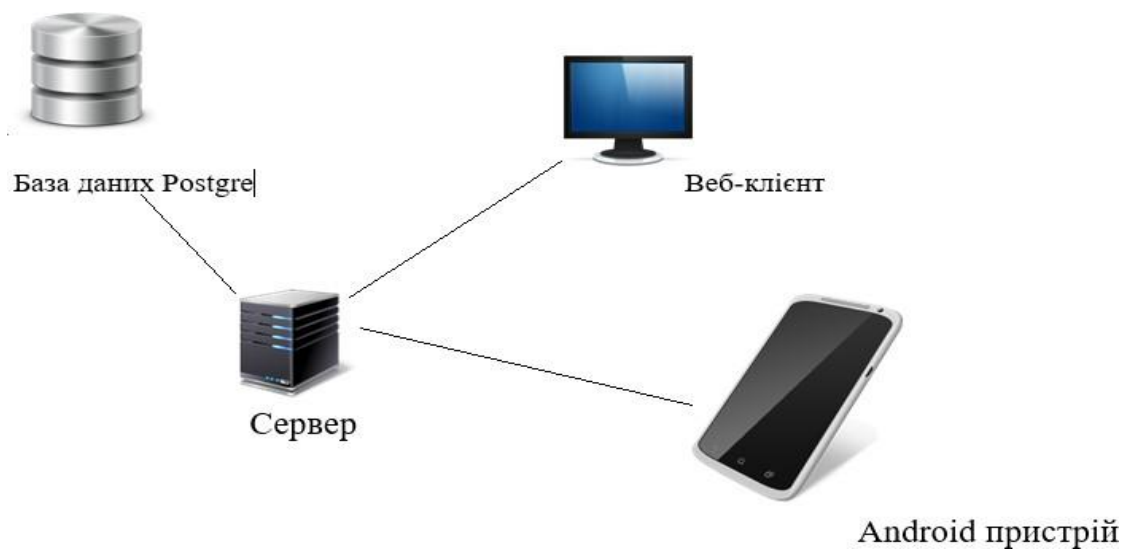


Рисунок 3.10 – Структура системи

3.3.1 Архітектура серверної частини

Сервер було створено на основі платформи Node.js [14], що дозволяє розробляти REST API сервіси, використовуючи мову програмування JavaScript. Нижче наводиться приклад коду для ініціалізації сервера:

```
const app = require('express')();  
const http = require('http');
```

```
app.set('port', process.env.PORT || process.argv[2] || 3002);
http.createServer(app).listen(app.get('port'), function() {});
```

Ось що робить кожна частина коду:

— `const app = require('express')()` — цей рядок імпортує бібліотеку Express і одразу створює її екземпляр. Express — це популярний фреймворк для Node.js, який дозволяє швидко налаштовувати сервери і працювати з HTTP-запитами;

— `const http = require('http')` — цей рядок імпортує стандартний модуль http з Node.js, який забезпечує функціональність для роботи з HTTP-сервером.

— `app.set('port', process.env.PORT || process.argv[2] || 3002)` — тут задається порт для серверу, він може бути:

— `process.env.PORT` — використовується порт, який заданий у середовищі (наприклад, через змінні середовища на сервері або в хмарі);

— `process.argv[2]` — якщо порт не вказано через змінну середовища, намагається взяти його з аргументів командного рядка.

Якщо жоден із варіантів не підходить, використовується порт 3002 за замовчуванням.

Сервер виконує такі основні функції:

- збір та збереження даних про доступні Wi-Fi точки;
- обчислення відстані між пристроєм та видимими Wi-Fi точками;
- визначення місцезнаходження пристрою на основі даних про Wi-Fi точки.

Це дозволяє серверу ефективно взаємодіяти з клієнтами, обробляти запити та надавати дані про локацію в реальному часі.

3.3.1.1 Інтеграція сервера з базою даних

З'єднання з базою даних здійснюється за допомогою модуля `pg-pool`. Для його використання необхідно спочатку встановити пакет `pg` [7] і створити екземпляр пулу з'єднань.

```
app.pg = require('pg');  
const pool = new pg.Pool(config)
```

Після цього можна підключитись до бази даних та виконати SQL запит:

```
pool.connect(function(err, client, done) {  
  client.query(_query, function (err, result) {  
    return callback(err, result.rows)  
  })  
});
```

Цей код створює пул з'єднань за допомогою `pg.Pool(config)`, а потім встановлює з'єднання з базою даних. Виконання SQL запиту відбувається через `client.query()`, і результати запиту передаються через колбек.

3.3.1.2 Взаємодія клієнта з базою даних

З'єднання клієнта з базою даних здійснюється через маршрутизатор API, який обробляє запити типу POST та GET.

GET-запит є найбільш поширеним типом HTTP-запиту [15]. Він дозволяє браузеру отримувати файли з веб-сервера. GET-запит складається лише з HTTP-заголовків, і не має тіла запиту. З його допомогою можна передавати параметри, наприклад, для авторизації користувачів, де ім'я користувача та пароль можуть передаватися як частина URL.

POST-запит використовується для передачі великого обсягу даних, таких як текстові повідомлення або файли. У порівнянні з GET, POST-запит дозволяє передавати дані в тілі запиту.

Ось приклад обробки GET-запиту:

```
app.get('/test/: count', function(req, res) {
  if (req.user == undefined)|
    res.status (500).end("Unauthorised")
  const count = req.params.count || 0;
  var user = (req.user? req.user.id: 0)
  app.dbQuery(req, res, `select count(*)<= ${count} as test from
  coords where session=${user}', function (err, result) {
    if (err) { res.end(err.toString()) }
    res.end(result[0].test.toString())
  })

  }),
```

У цьому коді реалізовано перевірку наявності нових даних за допомогою запиту до бази даних. Якщо користувач не авторизований, сервер повертає помилку з кодом 500. Параметр count передається як частина URL, і використовуються його значення для виконання SQL-запиту, щоб перевірити кількість записів у таблиці coords для конкретного користувача.

3.3.1.3 Механізм авторизації користувачів

У сучасному світі, коли інформаційні технології стрімко розвиваються [16], питання захисту даних від несанкціонованого доступу набуває все більшої актуальності. Одним із основних інструментів для забезпечення безпеки є авторизація.

Авторизація — це процес надання особі або групі осіб прав на виконання певних дій, а також перевірка (підтвердження) цих прав при спробі виконання цих дій. Коли говорять, що певна особа «авторизована» для виконання конкретної операції, мається на увазі, що вона має відповідні права для її виконання.

Для забезпечення авторизації в системі було використано PassportJS [17], який є проміжним програмним забезпеченням для реалізації авторизації в Node.js. PassportJS підтримує інтеграцію з численними сторонніми сервісами авторизації. Список підтримуваних сервісів можна переглянути на офіційному сайті. Особливо корисним є PassportJS для реалізації авторизації через логін та пароль, що є найбільш поширеним способом аутентифікації користувачів.

PassportJS обробляє процес авторизації, зокрема перевірку введених даних (логіна та пароля), порівнюючи їх із збереженими даними у базі, і надає доступ до ресурсів тільки авторизованим користувачам.

3.3.2 Клієнтська програма для Android

Важливим елементом системи є Android-додаток, розроблений на мові Java [18]. На відміну від десктопних програм, які використовують форми, в Android використовуються активності [19]. Активність, що запускається першою, вважається основною, і з неї можна викликати інші активності, як в межах одного додатка, так і в рамках інших програм. Користувач може не помітити цього, оскільки всі запущені активності будуть сприйматися як частини єдиного додатку, хоча вони можуть належати до різних програм і працювати в окремих процесах.

В цьому додатку була використана лише одна активність [20], на якій відображається карта, що працює в двох режимах: для передачі координат і для їх зчитування. Програма періодично сканує доступні Wi-Fi точки через модуль пристрою, а зібрані дані надсилаються на сервер.

Для роботи з Wi-Fi та радіомодулем пристрою в додатку використовуються наступні дозволи:

```

<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_LOCATION_EXTRA_COMMAN
DS" />
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_WIFI_STATE"
/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" />
<uses-permission
android:name="android.permission.CHANGE_NETWORK_STATE"
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_UPDATES"
<uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE" />
<uses-feature android:name="android.hardware.location.gps" />

```

Після збору даних, вони передаються на сервер. Якщо програма залишається активною (не вимкнена), цей процес повторюється безперервно, що забезпечує постійну передачу даних і оновлення інформації про місцезнаходження пристрою (рис. 3.11).

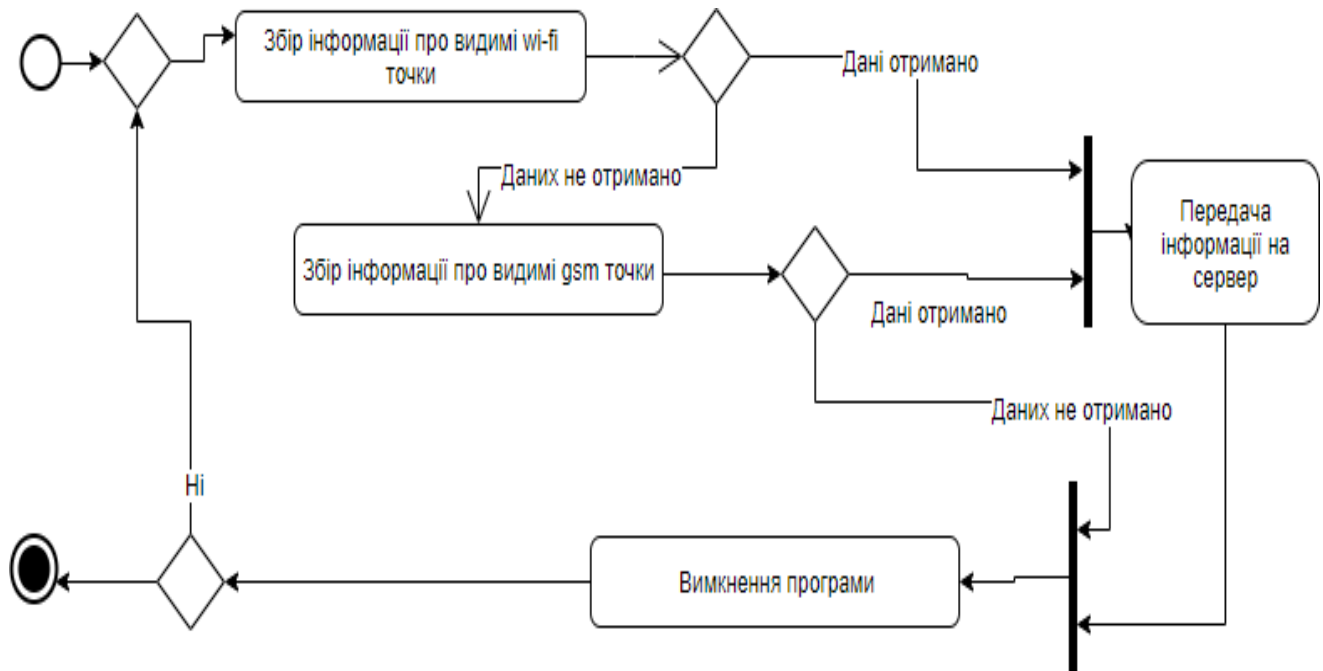


Рисунок 3.11 — Діаграма активності Android-пристроїв

3.3.3 Розробка веб-клієнта

Для зручності роботи з даними був розроблений веб-клієнт, що дозволяє вирішити проблему кросплатформності та забезпечує можливість запуску програми на будь-якому пристрої з доступом до Інтернету [21].

Карта в веб-клієнті була створена за допомогою бібліотеки Leaflet [22], яка є легкою альтернативою більш важким системам, таким як Google Maps. Leaflet має перевагу в тому, що вона менше навантажує клієнтські пристрої, що робить її ідеальним вибором для мобільних та слабших пристроїв.

Інтерфейс користувача було розроблено з використанням бібліотеки стилів Bootstrap, яка значно спрощує процес створення адаптивного дизайну та забезпечує зручність у налаштуванні елементів інтерфейсу для різних розмірів екранів. Завдяки Bootstrap інтерфейс виглядає сучасно, зручний у використанні та добре оптимізований для різних пристроїв.

Усі взаємодії на карті, такі як зміна позиції або відображення нових даних, відбуваються без оновлення сторінки завдяки технології AJAX [23]. Це дозволяє

значно покращити взаємодію з користувачем, зменшуючи час затримки при завантаженні нової інформації.

Для забезпечення відображення місцеположення пристрою в реальному часі було інтегровано використання WebSocket. Цей протокол дозволяє здійснювати двосторонній зв'язок між сервером та клієнтом, що дає змогу миттєво оновлювати дані на карті та забезпечувати актуальність інформації без необхідності постійного оновлення сторінки.

3.3.4 Структурна організація бази даних

База даних створена на основі Системи керування базами даних PostgreSQL [24] з використанням розширення PostGIS для обробки геопросторових даних. У базі даних міститься три таблиці (див. рисунок 3.13):

- Sessions — таблиця, що зберігає дані про користувачів. Вона містить такі поля, як id, login, password, salt, та date.
- Points — ця таблиця містить інформацію про точки, зокрема id, час, ідентифікатор користувача, який додав точку, координати та дату створення запису.
- Objects — таблиця, що зберігає дані про зареєстровані Wi-Fi точки. Вона включає координати, тип, назву та ідентифікатор кожної точки [25].

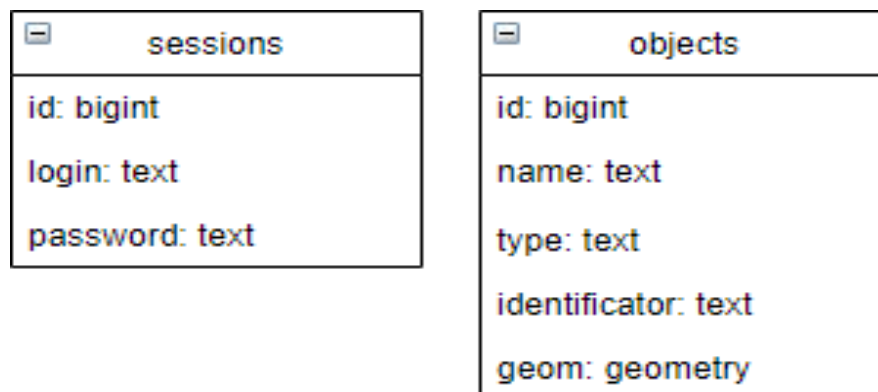


Рисунок 3.12 — Структура баз даних

Для забезпечення безпеки збереження даних про користувача, застосовано технологію хешування за допомогою алгоритму MD5 [26]. Пароль користувача зберігається у вигляді хеш-коду, що забезпечує його захист від несанкціонованого доступу. Процес хешування виглядає наступним чином:

```
new.salt-md5(now()::text);
if(new.salt="") then
new.salt-gen_salt('md5'); end
if;
iterations = 10;
hash="";
loop
if iterations=0 thenexit;
end if;
hash=md5(new.password|hash||new.salt);
iterations iterations-1;
endloop;
new.password=crypt(hash.new.salt);
```

4 ТЕСТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ANDROID ПРИСТРОЇВ

4.1 Методика роботи з програмною системою

4.1.1 Системні вимоги

Для забезпечення функціонування серверної частини програми необхідне наступне програмне забезпечення:

- операційна система: Windows, OS X або Linux;
- встановлена платформа Node.js;
- сервер бази даних: PostgreSQL версії не нижче 9.4.

Для запуску клієнтської частини необхідні такі технічні вимоги:

- процесор: Intel Pentium III 1 GHz;
- оперативна пам'ять: 1024 MB RAM;
- жорсткий диск: 25 GB HDD.

Для роботи клієнтської частини на Android-пристрої потрібні такі вимоги:

- операційна система: Android 4.4 або новіша версія;
- наявність Google Play Services;
- наявність Wi-Fi модуля.

Мінімальні характеристики для Android клієнта:

- процесор: Arm/x86 1.2 GHz;
- оперативна пам'ять: 1024 MB;
- жорсткий диск: 150 MB.

4.1.2 Робота з веб-клієнтом

Для відображення інформації про місцезнаходження пристрою був створений веб-клієнт. За його допомогою користувач може отримати дані про поточне місцезнаходження пристрою та інформацію щодо видимих Wi-Fi точок.

Після запуску веб-клієнта користувачеві відображається інтерактивна карта, на якій позначено місцезположення відомих Wi-Fi точок (рис. 4.1).

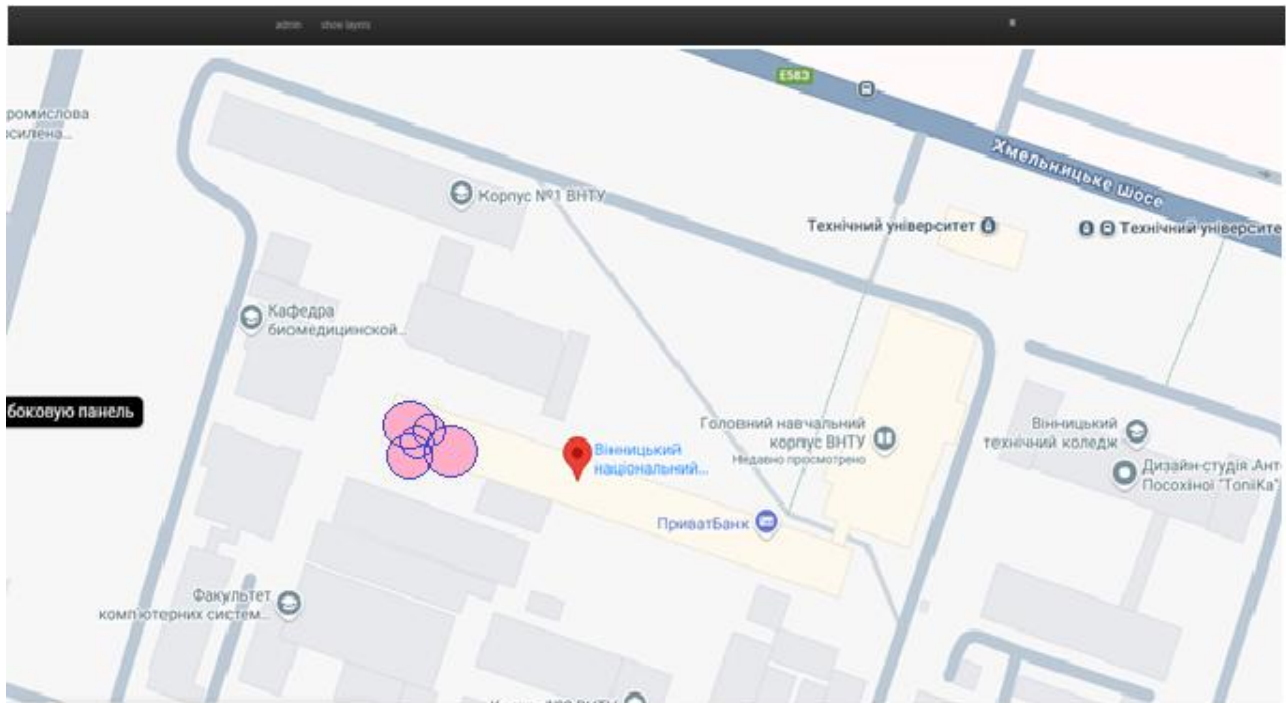


Рисунок 4.1 — Інтерфейс Користувача

Кожна точка доступу на карті відображається у вигляді кола. Для зручного перегляду карти з місцезположенням пристрою була додана функціональна кнопка, яка дозволяє приховувати об'єкти, що можуть заважати огляду інформації.

Під час роботи сервер передає дані веб-клієнту через сокет-з'єднання, що забезпечує можливість відстежувати місцезнаходження пристрою в режимі реального часу.

Крім того, користувач може отримати детальну інформацію про кожну точку доступу. Для цього достатньо клікнути на відповідне коло, після чого з'явиться спливаюче вікно (попап) з характеристиками точки. У вікні відображається (рис. 4.2):

- ім'я точки доступу;
- MAC-адреса Wi-Fi точки.

У цьому програмному забезпеченні передбачена можливість налаштування Wi-Fi точок. Для цього існує спеціальний режим адміністратора.

Користувач має можливість авторизуватися як адміністратор, після чого у нього з'являється додаткова вкладка для переходу до режиму адміністратора.

У цьому режимі користувач отримує доступ до списку всіх відомих Wi-Fi точок (рис. 4.3), де він може переглядати, редагувати або налаштовувати їх параметри.

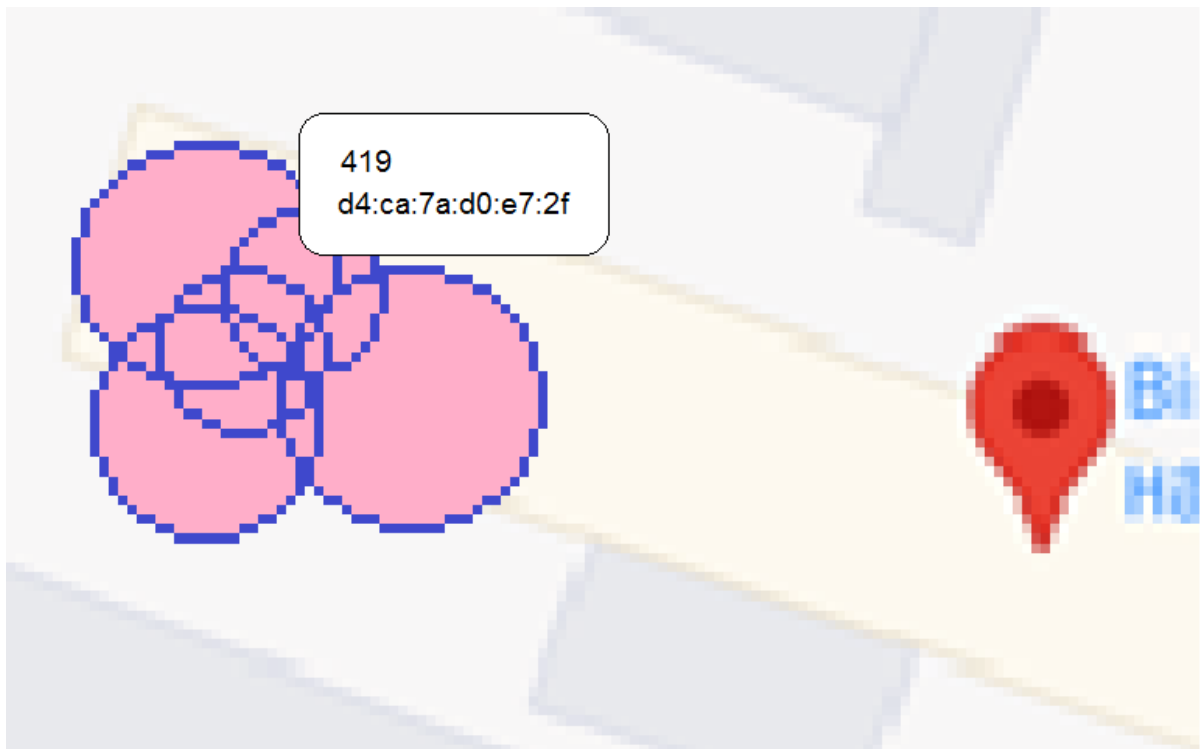


Рисунок 4.2 — Опис Wi-Fi вузла

Кожна Wi-Fi точка має кнопки для виконання дій: редагування та видалення.

При натисканні на кнопку видалення точка буде видалена зі списку. Якщо натиснути на кнопку редагування (позначену іконкою «олівець»), відкриється модальне вікно, яке дозволяє користувачу налаштувати параметри Wi-Fi точки (рис.4.4).

#	Name	Type	Actions
596	testt	test	 
598	aa	wifi	 
597	dd	wifi	 
595	points 1	wifi	 
625	419	wifi	 

Рисунок 4.3 — Вікно адміністратора

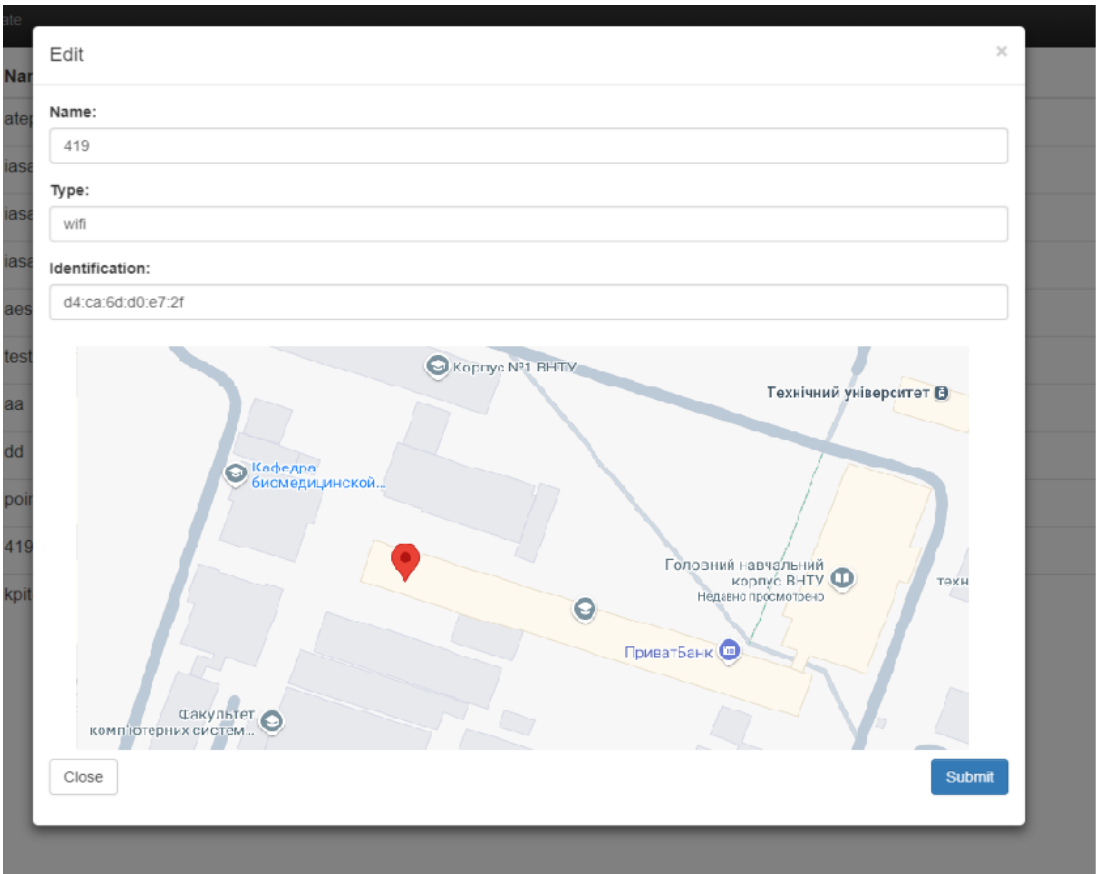


Рисунок 4.4 — Інтерфейс налаштування Wi-Fi вузла

У режимі редагування користувачу надається доступ до інтерактивної карти, де можна обрати місце розташування Wi-Fi роутера, що буде використовуватися для визначення координат. Крім цього, є можливість налаштувати такі параметри:

- назву точки доступу;
- MAC-адресу пристрою;
- тип точки доступу.

Таким чином, інтерфейс дозволяє користувачу гнучко редагувати ключові параметри Wi-Fi точки для її коректної роботи.

4.1.3 Робота з Android-клієнтом

Після запуску Android-додатка користувачу одразу відображається інтерактивна карта, яка є основним інтерфейсом програми (рис. 4. 5).

Під час роботи застосунку, при активному підключенні до сервера, користувач має змогу бачити своє поточне місцеположення у реальному часі. Карта автоматично оновлюється відповідно до даних, які отримуються від сервера через Wi-Fi-з'єднання.

Координати місцеположення визначаються на основі сканування доступних Wi-Fi точок і подальшого обчислення позиції пристрою. Цей процес відбувається безперервно, що дозволяє користувачу стежити за своїм рухом або статичним положенням у режимі реального часу.

Окрім відображення власного місцеположення, додаток може показувати розташування відомих Wi-Fi точок, що були попередньо внесені у систему. Це забезпечує додаткову зручність для навігації у межах досліджуваної території.

Таким чином, Android-додаток функціонує як клієнтська частина системи, що забезпечує візуалізацію поточних даних і зворотний зв'язок із сервером для підтримки актуальності місцеположення пристрою

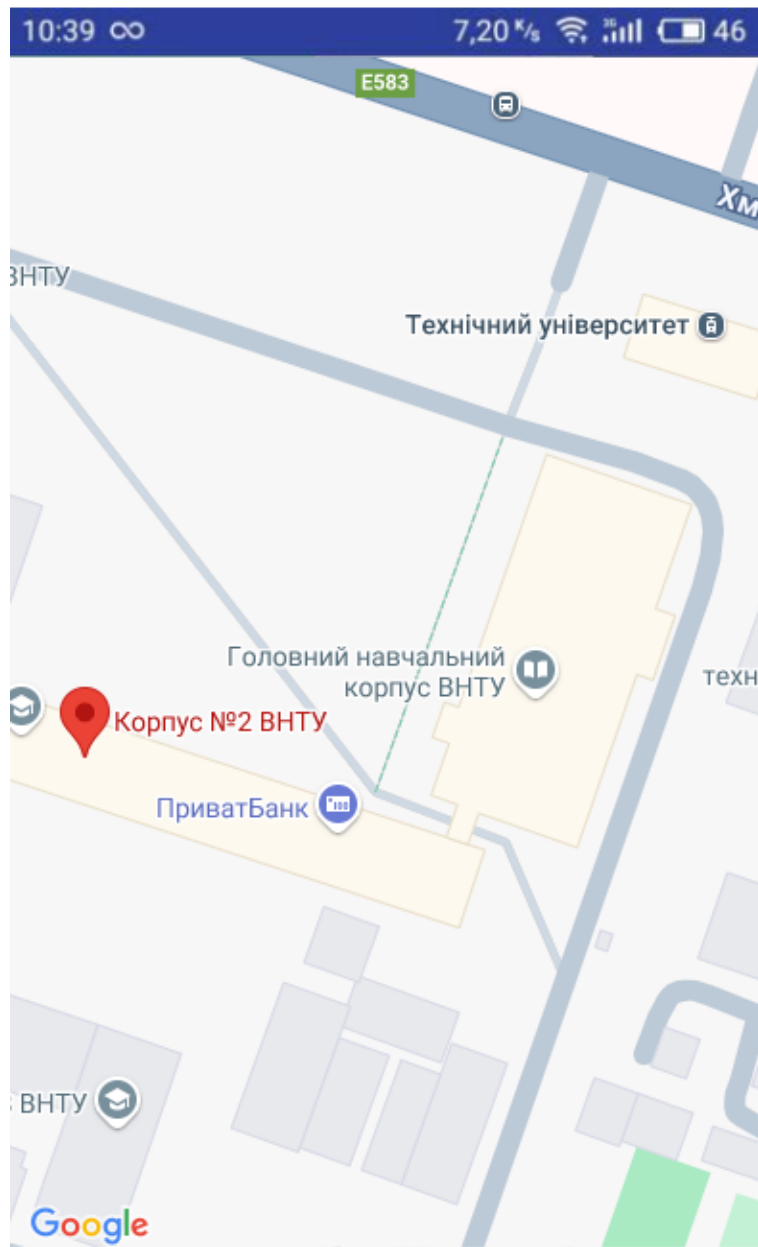


Рисунок 5.5 — Інтерфейс клієнта для Android користувача

4.2 Дослідження точності відстеження Android пристроїв

Систему визначення місцеположення об'єкта за допомогою кутових вимірювань відносно Wi-Fi роутерів можна трактувати як систему, що складається з двох пеленгаторів, розташованих у просторі на певній відстані один від одного. Кутові координати об'єкта визначаються безпосередньо шляхом вимірювання

кутів. У процесі обробки отриманої радіолокаційної інформації проводиться трансформація координат цілі зі сферичної системи координат у декартову систему. Саме тому важливим завданням є розрахунок точнісних характеристик такої системи, що базується на двох пеленгаторах, у прямокутній системі координат.

На рисунку 4.6 представлено просторове розташування пеленгаторів та цілі у декартовій системі координат, яка прив'язана до приймального пристрою O_1 .

Відстань між першим приймачем та ціллю обчислюється на основі вимірюваних кутів φ_1 та φ_2 . Для цього використовується теорема синусів, яка дозволяє знайти необхідні параметри геометричного розташування точок у просторі.

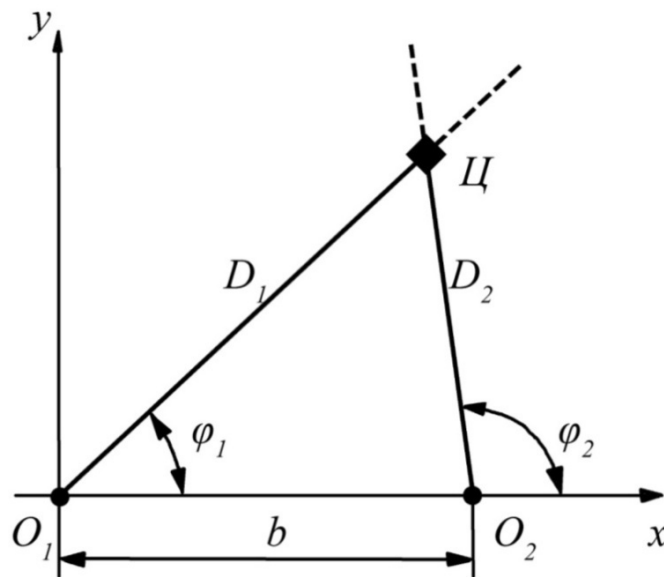


Рисунок 4.6 — Діаграма пеленгаторів

Відстань від першого приймача до об'єкта визначається на основі вимірювання кутів φ_1 та φ_2 . Для розрахунку використовується теорема синусів:

$$D_1^B = \frac{b \sin(180 - \varphi_2^B)}{\sin(\varphi_2^B - \varphi_1^B)},$$

де b – це база системи, тобто відстань між двома пеленгаторами.

Направлення визначається з обох приймачів прямим методом. Формули для обчислення кутів мають такий вигляд:

$$\varphi_1^И = \varphi_1 + \Delta\varphi_1;$$

$$\varphi_2^И = \varphi_2 + \Delta\varphi_2,$$

де $\varphi_1^И, \varphi_2^И$ — виміряні значення кутів;

φ_1, φ_2 — істинні кути;

$\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2$ — похибки при вимірюванні.

Підставивши в попередній вираз та виконавши перетворення, отримаємо:

$$\begin{aligned} \sin(\varphi_2^И - \varphi_1^И) &= \sin(\varphi_2 - \varphi_1 + \Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1) \approx \\ &\approx \sin(\varphi_2 - \varphi_1) + (\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1) \cos(\varphi_2 - \varphi_1); \\ \sin(180 - \varphi_2^И) &\approx \sin(180 - \varphi_2) - \Delta\varphi_2 \cos(180 - \varphi_2); \\ D_1 &= \frac{b \sin(180 - \varphi_2) - \Delta\varphi_2 \cos(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1) + (\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1) \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \approx \left| \frac{1}{1+x} \approx 1-x \right| \approx \\ &\approx \frac{b \sin(180 - \varphi_2) - \Delta\varphi_2 \cos(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \left[1 - (\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1) \frac{\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \right] = \\ &= \frac{b \sin(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} - \Delta\varphi_2 \frac{b \cos(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} - \\ &- \frac{b \sin(180 - \varphi_2) \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{(\sin(\varphi_2 - \varphi_1))^2} (\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2). \end{aligned}$$

Отже, похибка вимірювання відстані становить:

$$\begin{aligned}
\Delta D_1 &= -\Delta\varphi_2 \frac{b \cos(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} - \frac{b \sin(180 - \varphi_2) \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{(\sin(\varphi_2 - \varphi_1))^2} (\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2) \\
&= \\
&= \left(-\frac{b \sin(180 - \varphi_2) \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{(\sin(\varphi_2 - \varphi_1))^2} \right) \Delta\varphi_1 - \\
&\quad - \frac{b}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \left(\cos(180 - \varphi_2) - \frac{\sin(180 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \right) \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \Delta\varphi_2;
\end{aligned}$$

Координати об'єкта у декартовій системі визначаються наступним чином:

$$y = D_1 \cos \varphi_1;$$

$$x = D_1 \sin \varphi_1;$$

З урахуванням похибок вимірювання, координата запишеться як:

$$x^6 = (D + \Delta D) \cos(\varphi_1 + \Delta\varphi_1);$$

Тоді похибка координати по x:

$$\Delta x = \alpha_1 \Delta\varphi_1 + \alpha_2 \Delta\varphi_2;$$

А похибка координати по y:

$$\Delta y = \beta_1 \Delta\varphi_1 + \beta_2 \Delta\varphi_2.$$

Аналіз точнісних характеристик системи визначення місцезнаходження об'єкта за допомогою кутових вимірювань Wi-Fi роутерів у площині XOY проведено методом статистичного моделювання на комп'ютері. Перший Wi-Fi датчик розташований у точці з координатами (0,0) м, тобто в початку координат системи XOY. Другий датчик знаходиться на осі OX у точці з координатами (0,25) м. Відстань між датчиками, яка визначає базу кутової системи, становить 25 м. Об'єкт переміщується по траєкторії кола радіусом 100 м (див. рис. 4.7). Стандартне відхилення для вимірювань кутових координат прийнято однаковим і дорівнює 0,1 град.

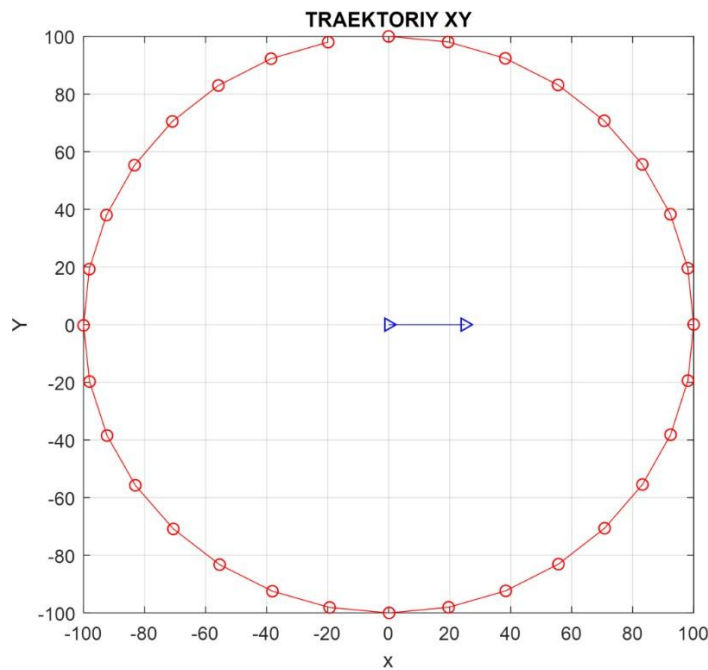


Рисунок 4.7 — Діаграма для моделювання

На рисунку 4.8, а показані графіки залежності стандартного квадратичного відхилення (СКВ) похибок визначення відстані до об'єкта (крива 1) розраховані за вищенаведеними формулами, а також фактичні математичні очікування (крива 2) та СКВ (крива 3) цієї похибки, отримані за допомогою статистичного моделювання в залежності від кута у прямокутній системі координат. Теоретичні та фактичні значення СКВ похибок визначення відстані до об'єкта близькі, що підтверджує правильність роботи алгоритму.

На рисунках 4.8, б та в зображені залежності СКВ (крива 1) похибок визначення координат об'єкта, розраховані за вищенаведеними формулами, а також фактичні математичні очікування (криві 2) та СКВ (криві 3) цих похибок в залежності від кута у прямокутній системі координат, отримані методом статистичного моделювання. Теоретичні та фактичні значення СКВ похибок координат об'єкта також близькі, що свідчить про правильне функціонування алгоритму.

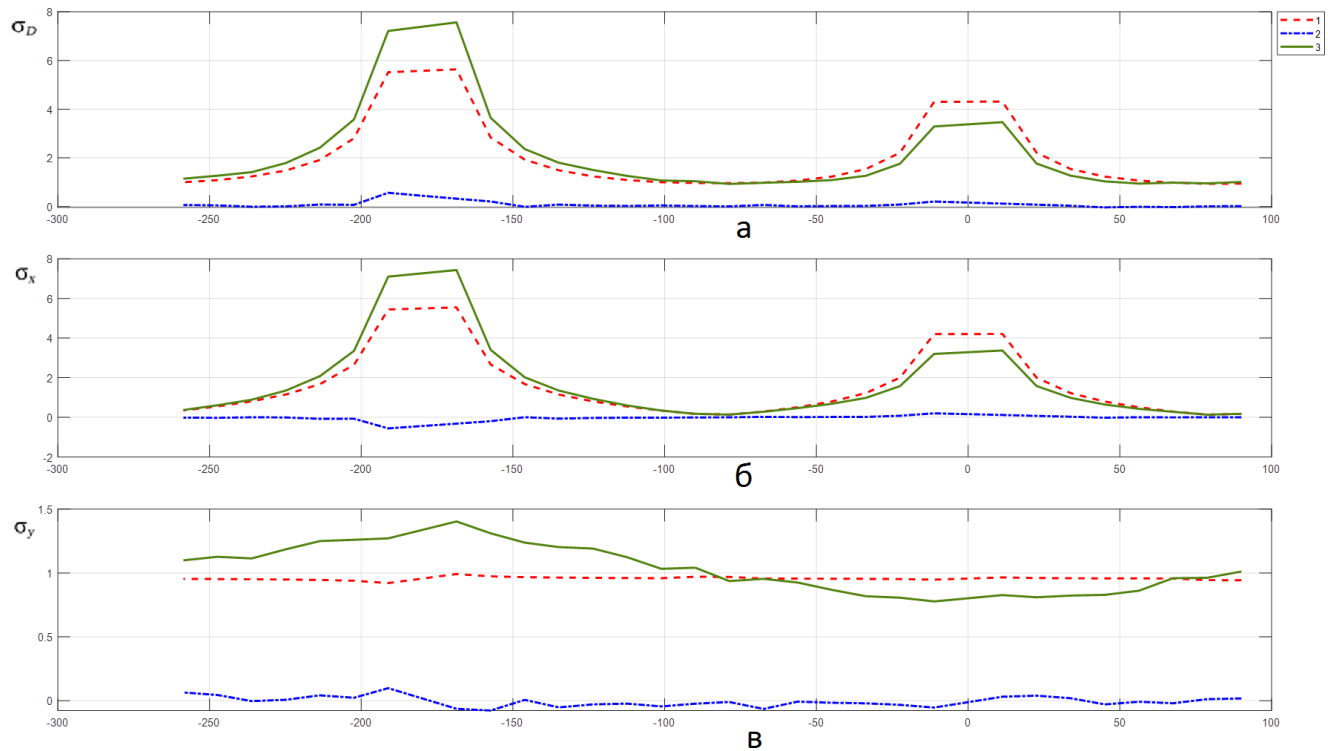


Рисунок 4.8 — Результати моделювання

Як видно з рисунка 4.8, коли об'єкт знаходиться на лінії бази, стандартне квадратичне відхилення (СКВ) похибок визначення його місцеположення зростає до нескінченності. У цьому випадку триангуляційний метод визначення місцеположення стає непридатним, оскільки точність вимірювань в такій ситуації значно знижується, що призводить до неможливості коректно визначити координати об'єкта.

Отже, з отриманих результатів видно, що стандартне квадратичне відхилення (СКВ) похибок при визначенні координат об'єкта (σ_x) та відстані до об'єкта (σ_D) залежить від кута приходу сигналу. Похибки збільшуються, коли кут φ_1 наближається до 0° або 180° . Похибка в координаті σ_y залишається майже сталою для різних значень кута φ_1 .

Зі збільшенням відстані до об'єкта СКВ похибок при визначенні координат об'єкта (σ_x , σ_y) зростають.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки

Метою даного розділу є проведення технологічного аудиту, в даному випадку програмного засобу для визначення місцезнаходження Android-пристроїв за допомогою триангуляції сигналів Wi-Fi.

Особливістю розробки є метод визначення координат Android-пристроїв, що базується на використанні інформації про доступні Wi-Fi точки та відстані до них.

Розроблене програмне забезпечення має переваги над існуючими конкурентами та є конкурентноздатним на ринку тим, що надає користувачеві можливість визначити місцезнаходження пристрою без використання GPS модуля.

Аналогом можуть бути:

- Ekahau Pro – 3000 \$ / 120000грн. на рік;
- Cisco DNA Spaces - 1500 \$ / 60000грн. на рік;
- Aruba Meridian – 1000 \$ / 40000грн.,
- WiFi-Location SDK від Combain – від 6000 \$ / 480000 грн. на рік.

Google maps та Maps me — безкоштовні, але аналогами в повному розумінні вони бути не можуть, так як потребують обов'язкове використання GPS модуля.

Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучають не менше 3-х незалежних експертів.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, у відповідності із табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
Ринкові переваги					
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					

Продовження табл. 5.1

	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
0	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
1	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
2	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Усі дані по кожному параметру занесено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 — Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії оцінювання	ПІБ експертів		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали		
Технічна здійсненність концепції	4	4	4
Наявність аналогів на ринку	4	4	3
Цінова політика	4	4	4
Технічні та споживчі властивості виробу	4	3	4
Експлуатаційні витрати	3	4	3
Ринок збуту	4	3	4
Конкурентоспроможність	3	4	3

де M — місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p — число робочих днів за місяць, 20 днів;

t — число днів роботи розробника (дослідника).

Результати розрахунків зведемо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 — Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	36000	1800,00	35	63000,000
Програміст	33000	1650,00	35	57750,000
Всього				120750,00

Так як в даному випадку розробляється програмний продукт, то розробник виступає одночасно і основним робітником, і тестувальником розроблюваного програмного продукту.

5.2.2 Додаткова заробітна плата розробників, які брати участь в розробці обладнання/програмного продукту.

Додаткову заробітну плату прийнято розраховувати як 15 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 15 \% / 100 \% \quad (5.2)$$

$$Z_d = (120750,00 \cdot 15 \% / 100 \%) = 18112,50 \text{ (грн.)}$$

5.2.3 Нарахування на заробітну плату розробників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 \% / 100\% \quad (5.3)$$

$$H_3 = (120750,00 + 18112,50) \cdot 22 \% / 100 \% = 30549,75 \text{ (грн.)}$$

5.2.4. Оскільки для розроблювального пристрою не потрібно витратити матеріали та комплектуючі, то витрати на матеріали і комплектуючі дорівнюють нулю.

5.2.5 Амортизація обладнання, яке використовувалось для проведення розробки.

Амортизація обладнання, що використовувалось для розробки в спрощеному вигляді розраховується за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{\text{в}} \cdot 12} \cdot t_{\text{вик}} \text{ [грн.]} \quad (5.4)$$

де Ц — балансова вартість обладнання, грн.;

T — термін корисного використання обладнання згідно податкового законодавства, років

$t_{\text{вик}}$ — термін використання під час розробки, місяців

Розрахуємо, для прикладу, амортизаційні витрати на комп'ютер балансова вартість якого становить 24000 грн., термін його корисного використання згідно податкового законодавства – 2 роки, а термін його фактичного використання — 1,75 міс.

$$A_{обл} = \frac{24000}{2} \times \frac{1,75}{12} = 1750 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаємо амортизаційні витрати на інше обладнання та приміщення. Розрахунки заносимо до таблиці 5.5. Так як вартість ліцензійної ОС та спеціалізованих ліцензійних нематеріальних ресурсів менше 20000 грн, то даний нематеріальний актив не амортизується, а його вартість включається у вартість розробки повністю, ОС Windows 11 PRO = 7300 грн. Крім того, в процесі розробки використовувалась підписка для таких хмарних сервісів як WebStorm - \$59/рік, PostgreSQL Pro Standard \$1,500–\$3,000 на рік, Google Play Developer Account -\$25 (одноразовий платіж), Atlassian Jira \$7.75/користувача на місяць і безкоштовні Visual Studio Code, Node.js, PM2, Android Studio. Розрахуємо витрати на весь період розробки:

$$\text{Впід.} = 59 \cdot 40 \cdot 1,75 / 12 + 2000 \cdot 40 \cdot 1,75 / 12 + 7,75 \cdot 40 \cdot 1,75 + 25 \cdot 40 = 344,17 + 11666,67 + 542,5 + 1000 = 13553,34 \text{ грн.}$$

Тобто, загальні витрати складають $B_{нем.ак.} = 21454$ грн.

Таблиця 5.5 — Амортизаційні відрахування на матеріальні та нематеріальні ресурси для розробників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Комп'ютер та комп'ютерна периферія	24000	2	1,75	1750,000
Офісне обладнання (меблі)	28000	4	1,75	1020,833
Приміщення	1200000	20	1,75	8750,000
Всього				11520,83

5.2.6 Тарифи на електроенергію для непобутових споживачів (промислових підприємств) відрізняються від тарифів на електроенергію для населення. При цьому тарифи на розподіл електроенергії у різних постачальників (енергорозподільних компаній), будуть різними. Крім того, розмір тарифу залежить від класу напруги (1-й або 2-й клас). Тарифи на розподіл електроенергії для всіх енергорозподільних компаній встановлює Національна комісія з регулювання енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП). Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.5)$$

де B — вартість 1 кВт-години електроенергії для 1 класу підприємства з ПДВ в 2024 році для Вінницької області за даними Енера-Вінниця, $B = 10,42$ грн./кВт;

P — встановлена потужність обладнання, кВт. $P = 0,3$ кВт;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

K_{Π} — коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} = 0,9$.

$$B_e = 0,9 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 35 \cdot 10,42 = 787,752 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Інші витрати та загальновиробничі витрати.

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками. Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$I_e = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{ib}}{100\%}, \quad (5.6)$$

де H_{ie} — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_e = 120750,00 * 60\% / 100\% = 72450 \text{ (грн.)}$$

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін. Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$H_{нзв} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.7)$$

де $H_{нзв}$ — норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$H_{нзв} = 120750,00 * 120\% / 100\% = 144900 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B_{заг} = 120750,00 + 18112,50 + 30549,75 + 11520,83 + 21454 + 787,75 + 72450 + \\ + 144900 = 420524,84 \text{ грн.}$$

5.2.11 Розрахунок загальних витрат на науково-дослідну (науково-технічну) роботу та оформлення її результатів.

Загальні витрати на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta} \text{ (грн)}, \quad (5.8)$$

де η — коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи.

Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-дослідних робіт, то $\eta=0,1$; технічного проектування, то $\eta=0,2$; розробки конструкторської документації, то $\eta=0,3$; розробки технологій, то $\eta=0,4$; розробки дослідного зразка, то $\eta=0,5$; розробки промислового зразка, то $\eta=0,7$; впровадження, то $\eta=0,9$. Оберемо $\eta = 0,5$, так як розробка, на даний момент, знаходиться на стадії дослідного зразка:

$$ЗВ = 420524,84 / 0,5 = 841050 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнювальним позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку. Саме зростання чистого прибутку забезпечить потенційному інвестору надходження додаткових коштів, дозволить покращити фінансові результати його діяльності, підвищить конкурентоспроможність та

може позитивно вплинути на ухвалення рішення щодо комерціалізації цієї розробки.

Для того, щоб розрахувати можливе зростання чистого прибутку у потенційного інвестора від можливого впровадження науково-технічної розробки необхідно:

- вказати, з якого часу можуть бути впроваджені результати науково-технічної розробки;
- зазначити, протягом скількох років після впровадження цієї науково-технічної розробки очікуються основні позитивні результати для потенційного інвестора (наприклад, протягом 3-х років після її впровадження);
- кількісно оцінити величину існуючого та майбутнього попиту на цю або аналогічні чи подібні науково-технічні розробки та назвати основних суб'єктів (зацікавлених осіб) цього попиту;
- визначити ціну реалізації на ринку науково-технічних розробок з аналогічними чи подібними функціями.

При розрахунку економічної ефективності потрібно обов'язково враховувати зміну вартості грошей у часі, оскільки від вкладення інвестицій до отримання прибутку минає чимало часу. При оцінюванні ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників:

- абсолютного економічного ефекту (чистого дисконтованого доходу);
- внутрішньої економічної дохідності (внутрішньої норми дохідності);
- терміну окупності (дисконтованого терміну окупності).

Аналізуючи напрямки проведення науково-технічних розробок, розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором можна об'єднати, враховуючи визначені ситуації з відповідними умовами.

4.3.1 Розробка чи суттєве вдосконалення програмного засобу (програмного забезпечення, програмного продукту) для використання масовим споживачем.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (5.9)$$

де $\pm\Delta\Pi_o$ — зміна вартості програмного продукту (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу;

N — кількість споживачів які використовували аналогічний продукт у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

Π_o — основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки, $\Pi_o = \Pi_o \pm \Delta\Pi_o$;

Π_b — вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки;

ΔN — збільшення кількості споживачів продукту, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик;

λ — коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ — коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту;

ϑ — ставка податку на прибуток, у 2024 році $\vartheta = 18\%$.

Припустимо, що при прогнозованій ціні 1500 грн./рік, термін збільшення прибутку складе 3 роки. Після завершення розробки і її вдосконалення, можна буде підняти її ціну на 100 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 15000 шт., протягом другого року – на

13000 шт., протягом третього року на 10000 шт. До моменту впровадження результатів наукової розробки реалізації продукту не було:

$$\Delta\Pi_1 = (0 \cdot 100 + (1500 + 100) \cdot 15000) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18) = 4612499,816 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Pi_2 = (0 \cdot 100 + (1500 + 100) \cdot (15000 + 13000)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18) = 9183999,633 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Pi_3 = (0 \cdot 100 + (1500 + 100) \cdot (15000 + 13000 + 10000)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18) = 12463999,501 \text{ грн.}$$

Отже, комерційний ефект від реалізації результатів розробки за три роки складе 26260498,95 грн.

5.3.2 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Розраховуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.10)$$

де $\Delta\Pi_i$ — збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, грн;

T — період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, роки;

τ — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,05 \dots 0,15$;

t — період часу (в роках).

Збільшення прибутку ми отримаємо, починаючи з першого року:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= (4612499,816/(1+0,1)^1) + (9183999,633/(1+0,1)^2) + (12463999,501/ \\ &/ (1+0,1)^3) = 4193181,65 + 7590082,341 + 9364387,304 = 21147651,3 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{inv} * ZB, \quad (5.11)$$

де k_{inv} — коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай $k_{inv}=2...5$, але може бути і більшим;

ZB — загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2 * 841050 = 1682099,34 \text{ грн.}$$

Тоді абсолютний економічний ефект E_{abc} або чистий приведений дохід (NPV , *Net Present Value*) для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = \text{ПП} - PV, \quad (5.12)$$

$$E_{abc} = 21147651,3 - 1682099,34 = 19465551,95 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної (науково-технічної) роботи може бути доцільним.

Для остаточного прийняття рішення з цього питання необхідно розрахувати внутрішню економічну дохідність або показник внутрішньої норми дохідності (*IRR, Internal Rate of Return*) вкладених інвестицій та порівняти її з так званою бар'єрною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну внутрішню економічну дохідність, нижче якої інвестиції в будь-яку науково-технічну розробку вкладати буде економічно недоцільно.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього використаємо формулу:

$$E_e = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.13)$$

$T_{ж}$ — життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[3]{(1 + 19465551,95/1682099,34) - 1} = 1,325$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.14)$$

де d — середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,09...0,14)$;

f — показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,5)$.

$$\tau_{\min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Так як $E_b > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = 1 / 1,325 = 0,75 \text{ р.}$$

Оскільки $T_{ок} < 3$ -х років, а саме термін окупності рівний 0,75 роки, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

Висновки до розділу: економічна частина даної роботи містить розрахунок витрат на розробку нового програмного продукту, сума яких складає 841050 гривень. Було спрогнозовано орієнтовану величину витрат по кожній з статей витрат. Також розраховано чистий прибуток, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, розраховано період окупності витрат для інвестора та економічний ефект при використанні даної розробки. В результаті аналізу розрахунків можна зробити висновок, що розроблений програмний продукт за ціною дешевший за аналог і є висококонкурентоспроможним. Період окупності складе близько 0,75 роки.

ВИСНОВКИ

У рамках роботи було розроблено програмне забезпечення для відслідковування місцеположення Android-пристроїв за допомогою Wi-Fi точок. Створений мобільний додаток працює на будь-яких Android пристроях, а для взаємодії між пристроєм та користувачем розроблено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Для обробки та зберігання даних використовувався сервер на базі Node.js, що взаємодіє з базою даних PostgreSQL, яка зберігає інформацію про користувачів, Wi-Fi точки та координати на карті.

Також було розроблено веб-застосунок для перегляду місцеположення пристроїв у реальному часі. У майбутньому система може бути вдосконалена шляхом додавання підтримки Bluetooth маячків та GSM точок для покращення точності позиціонування. Окрім цього, є можливість подальшого розвитку карти та методів дослідження місцеположення пристроїв.

Вирішення проблеми позиціонування за допомогою Wi-Fi роутерів залишається актуальним, зокрема через розвиток алгоритмів і баз даних для цієї мети. Важливими факторами є вплив перешкод на сигнал та розташування роутера. Застосування методу триангуляції виявилось практичним для визначення місцеположення. Одним з важливих аспектів є точність визначення кута прийому сигналу, що було досліджено за допомогою алгоритму MUSIC.

Зі збільшенням відстані до об'єкта, СКВ похибок для визначення координат та відстані зростають, що вказує на необхідність збільшення бази системи для зменшення похибок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Misra, P., Enge, P. (2011). Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance. Ganga-Jamuna Press.
2. Zhang, X., Li, M., & Li, X. (2014). GPS: Applications and Developments. Springer.
3. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. (2001). Global Positioning System: Theory and Practice. Springer.
4. International GNSS Service (IGS) Catalog.
5. Wright, J., & Stevens, C. (2008). TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols. Addison-Wesley.
6. Krebs, J. (2013). Learning Node.js. O'Reilly Media.
7. Node.js official documentation: [Link](https://nodejs.org/en/docs/)
8. Elmasri, R., & Navathe, S.B. (2015). Fundamentals of Database Systems. 7th edition. Pearson.
9. Kroenke, D. M. (2015). Database Processing: Fundamentals, Design, and Implementation. 12th edition. Pearson.
10. Google Maps API v3 Documentation. [Link](https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/)
11. Leaflet: Interactive Maps. [Link](https://leafletjs.com/reference.html)
12. Geodesic Distance Calculation. [Link](https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula)
13. Practical Cartography and GIS [Link](https://www.esri.com/en-us/industries/city-planning/overview)
14. Google Android API documentation. [Link](https://developer.android.com/guide/)
15. Fielding, R. T. (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Doctoral Dissertation. University of California, Irvine.

16. Jon Duckett, HTML & CSS: Design and Build Websites, Wiley, 2011.
17. Chesley, M. (2015). Professional Android. 4th edition. Wrox Press.
18. Goodman, D., & Morrison, M. (2006). JavaScript Bible. Wiley.
19. JavaScript ES6 Features. [Link](https://www.w3schools.com/js/js_es6.asp)

ДОДАТОК А**Технічне завдання**

Міністерство освіти та науки України

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ ВНТУ

_____д.т.н., проф. О. Д. Азаров

«__» _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Метод та засоби відстеження Android пристроїв»

08-54. МКР.029.00.000 ПЗ

Науковий керівник

д.т.н., ст. проф.

_____Азаров О.Д.

Виконав:

Магістрант 2 курсу

_____Громовий Д.О.

Вінниця 2024

1 Підстава виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи від 17.09.2024 р. №310.

2 Мета і призначення КМКР

Метою є вдосконалення та дослідження методу визначення координат Android-пристроїв, що базується на використанні інформації про доступні Wi-Fi точки та відстані до них.

Призначення розробки — виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3 Вихідні дані для виконання МКР

Вихідні дані: матеріали опису існуючих методів позиціонування, документація по безпроводних мережах, документація на JavaScript, Node.js, PostgreSQL, опис операційної системи Android.

4 Вимоги до виконання МКР

МКР повинна задовільняти такі вимоги:

- проаналізувати існуючі методи відстеження та позиціонування об'єктів, зокрема GPS-навігацію (сервіси Google Maps, Maps Me) та навігацію у закритих приміщеннях;

- дослідити методи позиціонування мобільних пристроїв, включаючи геолокацію за допомогою GPS, IP-адрес та Wi-Fi мереж;

- вивчити архітектуру та особливості Wi-Fi маршрутизаторів, їх діапазон покриття, конструктивні характеристики та роль антен;

- розробити метод відстеження Android-пристроїв з використанням Wi-Fi, включно з розрахунком відстані до пристрою та визначенням його координат;

- реалізувати програмне забезпечення системи, що включає клієнтську частину на Android, веб-клієнт, серверну архітектуру та базу даних;
- перевірити та протестувати систему відстеження, визначивши точність позиціонування Android-пристроїв у різних умовах експлуатації..

5 Етапи КМКР та очікувані результати наведені в табл.. А.1

Таблиця А.1 — Етапи МКР

№з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Постановка мети та задач роботи	21.10.24	
2	Огляд і аналіз існуючих рішень	25.10-30.10.24	
3	Методита засоби відстеження мобільних пристроїв	31.10-08.11.24	
4	Реалізація методів та засобів відстеження Android-пристроїв	09.11-15.11.24	
5	Метод відстеження Android пристроїв з використанням Wi-Fi	16.11-.20.1124	
6	Функціонування програмного забезпечення	21.11-25.11.24	
7	Програмна реалізація системи	26.11-31.11.24	
8	Тестування системи	01.12-03.12.24	
9	Розрахунок економічної частини роботи	04.12-07.12.24	
10	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	08.12.24	
11	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки		
12	Перевірка якості виконання магістерської роботи та усунення недоліків		

6 Матеріали, що подаються до захисту КМКР

До захисту МКР подаються: пояснювальна записка МКР, ілюстративні та графічні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7 Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

8 Вимоги до оформлення МКР

При оформленні КМКР використовується:

- ДСТУ3008:2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення»;
- ДСТУ8302:2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;
- Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія». Кафедра обчислювальної техніки ВНТУ 2022.

Порядок виконання МКР викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ–03.02.02 П.001.01:21

ДОДАТОК Б

Застосунок Google Maps

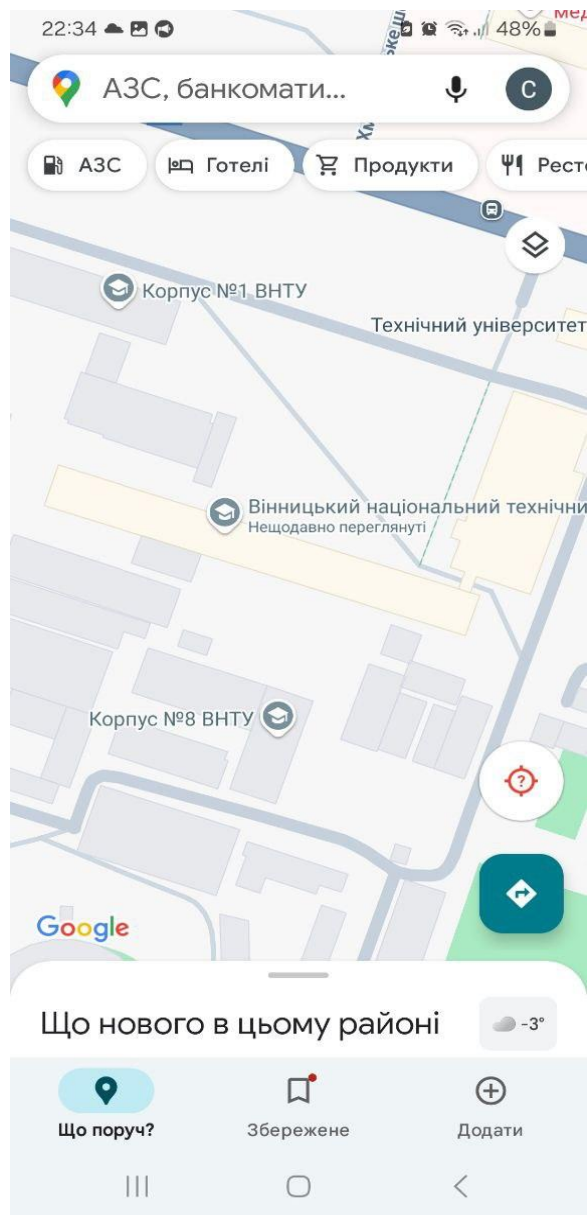


Рисунок Б.1 — Застосунок Google Maps

ДОДАТОК В

Типи IP адрес

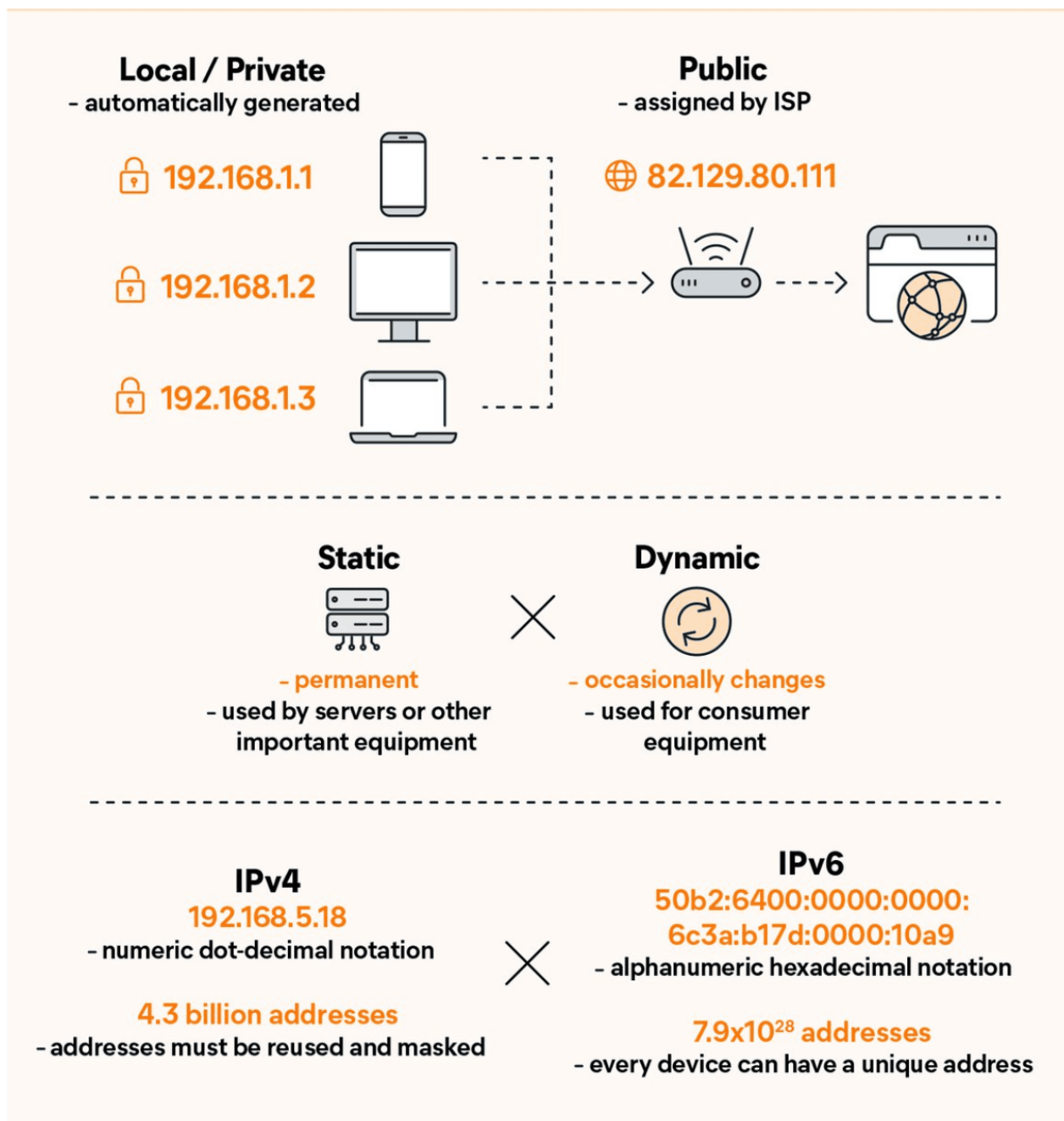


Рисунок В1 — Типи IP адрес

ДОДАТОК Г

Можливості збору інформації через аналітичні інструменти

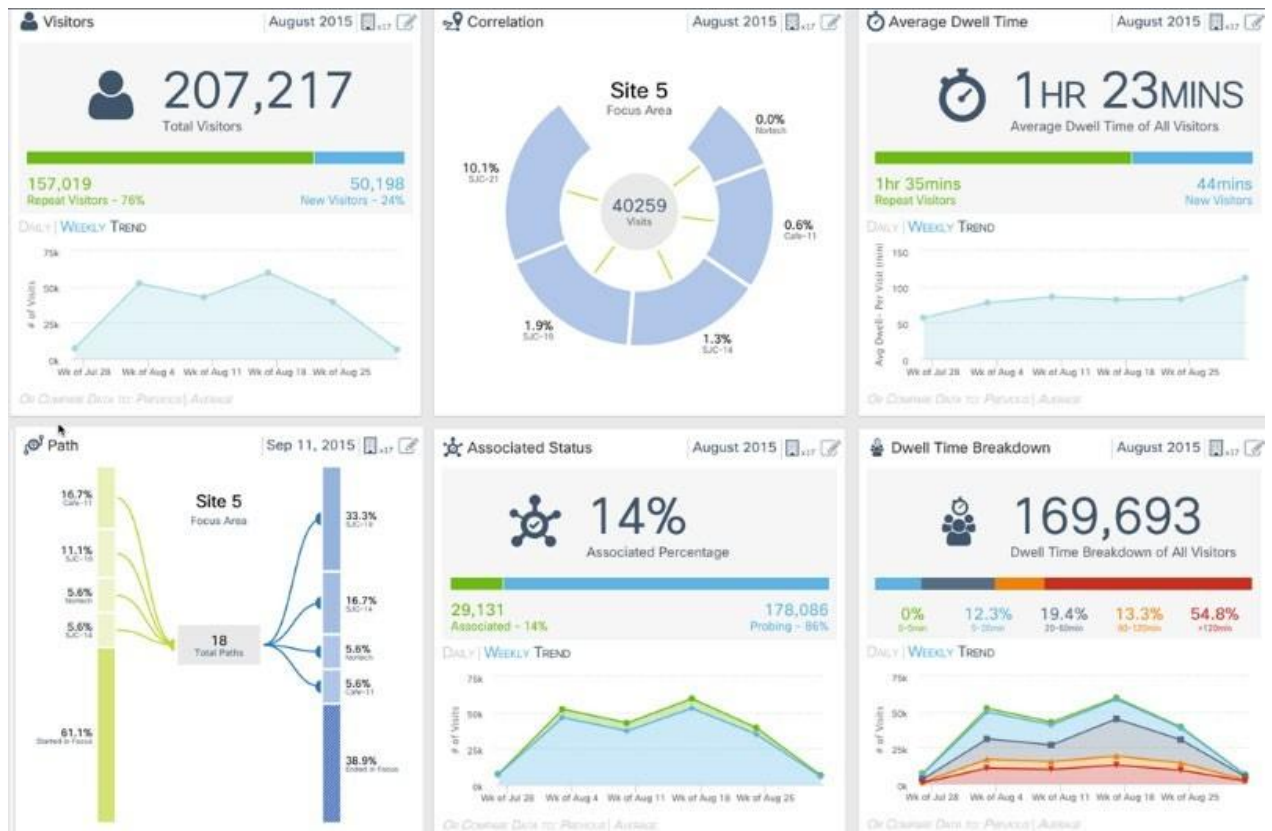


Рисунок Г1 — Можливості збору інформації через аналітичні інструменти

ДОДАТОК Д

Структура системи

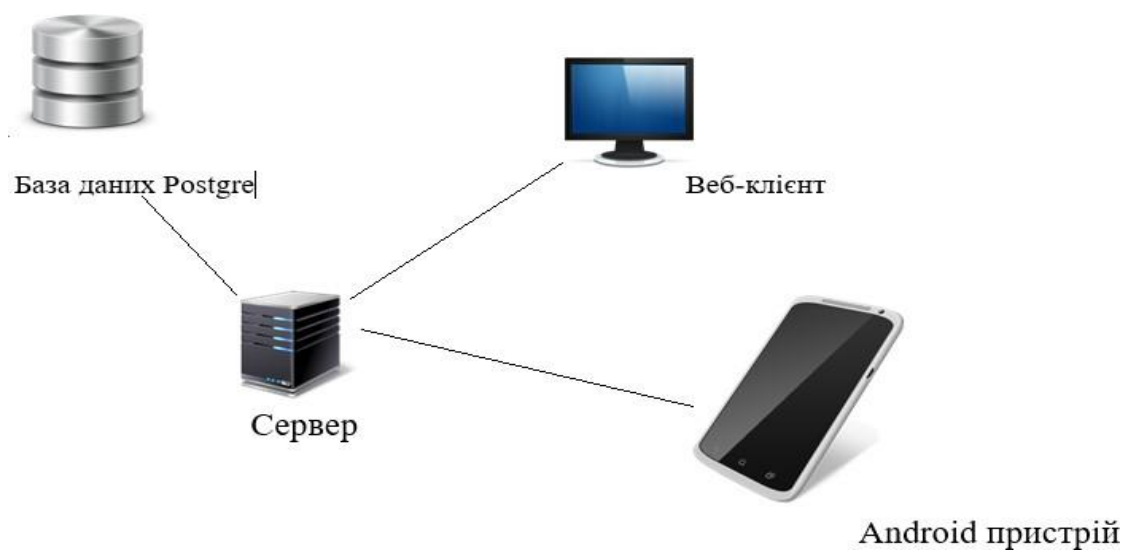


Рисунок Д1 — Структура системи

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: _____ Метод та засоби відстеження Android пристроїв

Тип роботи: _____ Магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ _____ кафедра обчислювальної техніки

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник _____ Азаров О.Д., проф. каф. ОТ

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	70%
Загальна схожість	30%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____ Громовий Д.О.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку _____ Захарченко С.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)