

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка аналізатору Wi-Fi мережі

Виконав: студент II курсу, групи 2.1711
спеціальності 171 «Електроніка»
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Електроніка
(код і назва освітньої програми)

Шматій Олени Валеріївни
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н. проф. Крижова Т.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент дот. фізико-мат. наук Шершов С.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 «Електроніка»
(код і назва)

Освітня програма Електроніка
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Критська Т.В.

“ 06 ” 09 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Шмалій Олегі Валеріївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Розробка аналізатору Wi-Fi мережі

керівник роботи з.т.н. проф. Кришська Т.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “02” червня 2022 року № 597-с

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи мережа Wi-Fi стандартів a/b/g/n
частота: 2,4 ГГц, стартова платформа: мікроконтролер
напрямок живлення 3.3В.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналізатори Wi-Fi мереж, 2 Дослідження
методик навігації всередині приміщень, 3 Розробка
старшої частоти, 4 Дослідження питань візуалі-
зації карт, 5 Техніко-економічне обґрунтування,
6. Охорона праці та техногенна безпека

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

1 Пояснювальна збірка, 2 Методика навігації всередині приміщення, 3 Розуміння вимірностей плану, 4 Структура мікроконтролера, 5 Перелік МВІТ дресерів, 6 Теплова карта, 7 Схеми мікроконтролера, 8 Охорона праці

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>
2	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>
3	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>
4	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>
5	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>
6	проф. каф. ЕСІПЗ Кримська Т.В.	<i>Т.В.</i>	<i>Шманій</i>

7 Дата видачі завдання 2 грудня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд для підготовки першого розділу	17.10 - 1.11	
2	Проведення досліджень методики навігації всередині приміщення та реалізація стор. кодів	1.11 - 14.11	
3	Додатковий планок візуалізації карт	14.11 - 20.11	
4	Проведення експериментальних розрахунків	24.11 - 28.11	
5	Фіналізація розділу з охороною праці	28.11 - 1.12	
6	Формування звітних та графічних частин	2.12 - 6.12.22	

Студент *Шманій* О.В. Шманій
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) *Т.В.* Т.В. Кримська
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Туршев* К.О. Туршев
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 76 стор., 22 рис., 34 джерел літератури.

Wi-Fi АНАЛІЗАТОР, РІВЕНЬ СИГНАЛУ, МІКРОКОНТРОЛЕР,
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ, ТЕПЛОВА КАРТА.

Об'єкт дослідження: програмно-апаратні засоби вимірювання Wi-Fi сигналів.

Предмет дослідження: параметри сигналів, методики та схемотехнічні рішення для отримання теплової карти приміщень, які обстежуються.

Мета роботи: дослідження схемотехнічних рішень та параметрів обробки сигналів для отримання теплових карт приміщень, які будуть відображати рівень сигналу Wi-Fi.

При проведенні дослідження розглянуті Wi-Fi аналізатори, які сканують радіоефір, виявляючи всі доступні бездротові мережі, точки доступу, а потім видають за ними докладну інформацію, включаючи дані про рівні сигналу у вигляді теплових карт. Розглянуті апаратні особливості модулів на сучасній елементній базі, які можуть використовуватись для таких цілей.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналізатори Wi-Fi мереж	8
1.1 Основні поняття та технології	8
1.2 Аналіз існуючих програмно-апаратних рішень	8
1.2.1 Acrylic WiFi Home	9
1.2.2 AirScout Live	11
1.2.3 Ekahau HeatMapper	14
1.2.4 NetSpot	16
1.3 Чип ESP8266EX	13
2 Дослідження методик навігації всередині приміщень	19
2.1 Існуючі рішення від популярних картографічних сервісів	20
2.2 Комерційні рішення	22
2.3 Технології та алгоритми	23
2.3.1 Використання бездротових технологій	23
2.3.2 Використання камер	23
2.3.3 Інфрачервоне випромінювання та ультразвук	23
2.3.4 Wi-Fi	23
2.3.5 Bluetooth	24
2.3.6 RFID и NFC	25
2.3.7 GNSS (GPS)	26
2.3.8 Інерційна навігація (ІНС)	26
2.3.9. Магнітометрія	27
2.4 Визначення відстані за допомогою RSSI	27
2.5 Трилатерація	28
2.6 Алгоритми згладжування та фільтрації даних	29
2.7 Тестове визначення координат	31

3 Розробка апаратної частини	40
3.1 Опис чипу ESP8266EX	40
4 Дослідження питань візуалізації карт	43
4.1 Публічні хмарні сервери для IoT пристроїв	43
4.1.1 MQTT брокери	43
4.2 Сервіс ThingSpeak	51
4.3 Сервіс open-monitoring.online	52
4.4 Сервіс beebotte	54
5 Техніко-економічне обґрунтування	55
5.1 Визначення стадій розробки	55
5.2 Розрахунок заробітної плати	57
5.3 Розрахунок кошторису витрат	58
6 Охорона праці та техногенна безпека	60
6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	60
6.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів	63
6.3 Виробнича санітарія	66
6.4 Електробезпека	67
6.5 Пожежна та техногенна безпека	69
Висновки	71
Список використаних джерел	72
Додаток А	75
Додаток Б	76

ВСТУП

На теперішній час бурхливо розвиваються технології Інтернету. Кількість підключених пристроїв до глобальної мережі з кожним роком зростає. За розрахунками консалтингового підрозділу Cisco IBSG у проміжку між 2008 та 2009 роками кількість підключених до інтернету предметів перевищила кількість людей, до 2015 року кількість підключених пристроїв досягла 25 мільярдів, а до 2020 – 50 мільярдів. Таким чином, відбувся перехід від Інтернету людей до Інтернету речей, IoT (Internet of Things).

За останні п'ять років, як пристрій зв'язку, лідирують смартфони, які допомагають вирішувати повсякденні завдання. Далі йдуть планшети, з мобільною операційною системою та сенсорним інтерфейсом. Як тільки Інтернет-речей стане звичайним, легко уявити цілі категорії споживчих додатків та бізнес-додатків, задіяних у цій новій системі, яку можна описати поняттям "підключене життя". Це включає будівельну та побутову автоматизацію, системи опалення та кондиціонування повітря, управління дорожнім рухом (наприклад, розумний світлофор), організацію турботи про людей похилого віку, системи безпеки, а також підключені до інтернету автомобілі та зовнішню рекламу.

Найбільш популярним способом доступу до інтернету пристроїв IoT та користувачів є бездротовий спосіб. На вулиці люди користуються мобільним інтернетом, а вдома частіше вдаються до використання Wi-Fi технологій, поширених за допомогою маршрутизаторів, підключених до головного кабелю провайдера. Часто людям необхідно належним чином налаштувати свою мережу, оптимізувати її або дізнатися про неї щось нове. У такому випадку на допомогу приходять спеціальні програми або апаратні рішення для сканування бездротової мережі. Стандартні засоби більшості операційних систем і роутери не дають належної інформації та можливостей тонкої настройки, тому люди

звертаються до стороннього програмного забезпечення. Програмні продукти, які призначені для роботи зі сканування доступних мереж і сигналів, величезна кількість. Відмінності між ними не кардинальні. У будь-яких рішеннях якісно пророблений інтерфейс, а в яких-то він стандартний. В одній програмі є якась корисна функція, а в іншій її немає, але є своя особливість. Результати ж роботи, як правило, у всіх одні і ті ж — це таблиці з висновками мереж та їх аналізом.

У цій роботі буде розроблено нове рішення, здатне істотно полегшити роботу з Wi-Fi мережами.

1 АНАЛІЗАТОРИ WI-FI МЕРЕЖ

1.1 Основні поняття та технології

Аналізатори Wi-Fi мереж – це прилади, програмне забезпечення або стаціонарні програмно-апаратні комплекси, які використовуються для аналізу та усунення несправностей, що виникають у роботі бездротових Wi-Fi мереж стандартів 802.11 a/b/g/n/ac.

Аналізатор WiFi сканує радіоефір, виявляючи всі доступні бездротові мережі, точки доступу, Wi-Fi клієнтів і видає за ними докладну інформацію, включаючи: назву мереж, типи шифрування, дані про рівні сигналу, рівні перешкод у каналах, визначення несанкціонованих підключень та іншу корисну інформацію.

Застосування аналізатора WiFi на етапі розгортання бездротової мережі дозволить швидко оцінити рівень радіоперешкод та вибрати оптимальне розташування точок доступу для забезпечення найкращої зони покриття. При появі збоїв у роботі Wi-Fi мережі аналізатор радіочастотного спектру допоможе швидко виявити та локалізувати джерела перешкод [1].

1.2 Аналіз існуючих програмно-апаратних рішень

Для роботи з великими бездротовими мережами представлено на ринку достатньо хороших багатофункціональних програмних рішень, що дозволяють здійснювати всебічне тестування Wi-Fi-мереж. Однак, найчастіше, вартість таких рішень сягає сотні тисяч гривень (наприклад, Ekahau Connect Pack - Аналізатор Wi-Fi сети с тестером SideKick - 319 998,90 грн) [2-3]. Тому у випадках коли треба отримати теплову карту більш простим рішенням може стати безкоштовний інструментарій або розробка цільового пристрою. Проведемо огляд безкоштовних програм для діагностики WiFi-мереж.

У рамках аналізу розглянемо безкоштовні програмні інструменти — більшість з них працюють на базі операційних систем Windows, інші — під macOS або Android, — які нададуть базову інформацію про існуючі WiFi-сигнали в зоні дії: ідентифікатори SSID, рівень сигналів, використовуваних каналах, MAC-адресах та типах захисту тієї чи іншої мережі. Деякі з них можуть виявляти приховані SSID, визначати рівні шуму або надавати статистику про успішно і невдало надіслані та отримані пакети бездротового з'єднання. Зазначимо також, що більшість із описаних нижче інструментів є безкоштовними версіями комерційних рішень, які поширюються тим самим постачальником, але з урізаними функціональними можливостями.

1.2.1 Acrylic WiFi Home

Першим рішенням є сканер бездротових локальних мереж Acrylic WiFi Home є урізаною версією комерційного рішення Tarlogic Security. Версія 3.1, розглянута в рамках цієї оглядової статті, привертає до себе увагу, насамперед за рахунок деталізації бездротового оточення та просунутих графічних можливостей відображення зібраної інформації. Функціональність цього рішення включає: огляд знайдених мереж WiFi з підтримкою стандартів 802.11 a/b/g/n/ac; виявлення несанкціонованих точок доступу та відображення підключених клієнтів; сканування та аналіз використовуваних бездротовими мережами каналів WiFi на частотах 2,4 ГГц та 5 ГГц; побудова графіків рівня сигналу та його потужності для точок доступу WiFi [1].

WiFi-сканер для Windows Acrylic WiFi Home дозволить вам в режимі реального часу сканувати і переглядати доступні бездротові мережі, надати інформацію про виявлені WiFi-мережі (SSID і BSSID), їх тип захисту та про бездротові пристрої, підключені до мережі в даний момент, а також дозволить отримати список WiFi паролів (встановлених за замовчуванням виробниками) завдяки вбудованій системі плагінів.

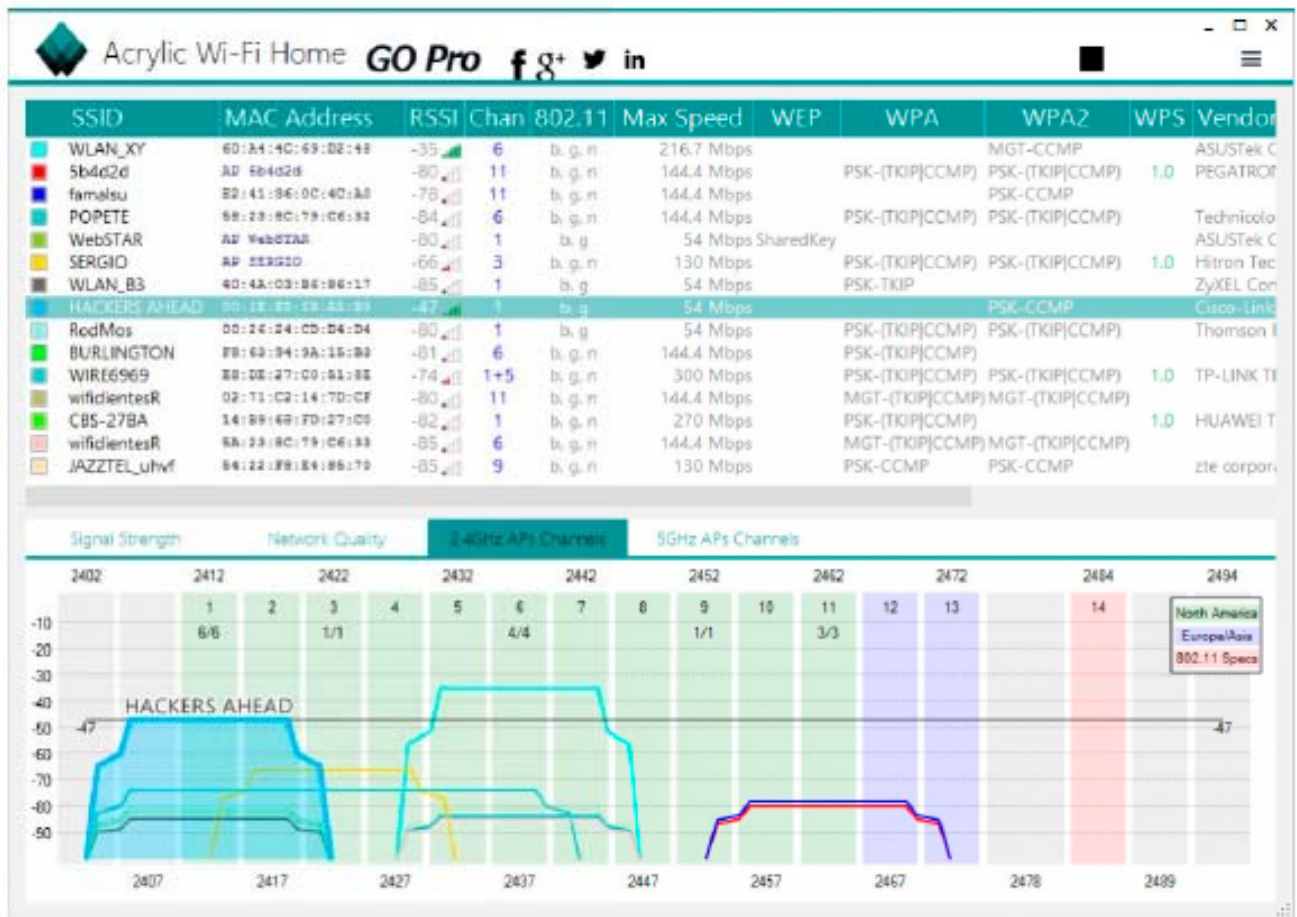


Рисунок 1.1 - Acrylic WiFi Home

Як безкоштовний продукт, Acrylic WiFi Home 3.1 має простий, але привабливий графічний інтерфейс. Детальний список SSID розташований у верхній частині програми. Тут, зокрема, ви зможете знайти: негативні значення в дБм для показника рівня сигналу (Received Signal Strength Indicator, RSSI), що підтримується точками доступу або WiFi-маршрутизаторами стандарт 802.11 (включаючи 802.11ac), ім'я виробника, модель і MAC-адреса мережевих пристроїв. Рішення розпізнає ширину смуги пропускання, що використовується, і відображає всі задіяні для цього канали. Воно не шукає приховані SSID, але може показати їх, якщо виявить мережеві дані, які говорять про наявність прихованих мереж. Також додаток має функціональність для інвентаризації роботи WiFi-мереж, дозволяючи призначати та зберігати імена виявлених SSID та/або

клієнтів (для безкоштовної версії ця можливість має кількісні обмеження щодо використання).

На нижній частині екрана програми за замовчуванням демонструється наочна рейтингова інформація за характеристиками мережі обраної SSID. Також тут розташований графік рівня сигналу та потужності всіх виявлених точок доступу. При переході в розширений режим відображення стану бездротових мереж ви отримуєте два додаткових графіка— для смуги 2,4 ГГц і 5 ГГц, — де одночасно відображається, як інформація про канали, у тому числі й об'єднані в один «широкий» канал, так і дані про рівень сигналу.

Виробляти експорт або збереження захоплених даних вкрай незручно, оскільки компанія-розробник програмного забезпечення вирішив надмірно урізати цю функціональність у безкоштовному рішенні: ви можете скопіювати не більше одного рядка даних у буфер обміну, а потім вставити текст у текстовий документ або електронну таблицю. Також є функція публікації скріншоту у Twitter.

В цілому, Acrylic WiFi Home є гарним програмним сканером WLAN, особливо, враховуючи те, що він нічого не вартий. Він збирає всю базову інформацію про ваш бездротовий простір і наочно демонструє отримані дані, як у текстовому, так і графічному вигляді, що чудово підходить для простих задач діагностики WiFi-мереж. Основним недоліком даного рішення можна вважати великі проблеми з експортом даних, вірніше, фактична відсутність такої можливості через урізаний самим виробником функціоналу у безоплатному рішенні.

1.2.2 AirScout Live

Додаток AirScout Live від компанії Greenlee перетворить ваш Android-смартфон на зручний та портативний аналізатор WiFi мережі. AirScout Live має сім режимів роботи, чотири з яких можна використовувати абсолютно безкоштовно без будь-яких обмежень для пристроїв Android. Комерційна версія, на

відміну від безкоштовної, сумісна з більшістю настільних комп'ютерів (Windows) та мобільних пристроїв (Android та iOS). За допомогою базового функціоналу ви зможете швидко, мобільно і, що важливо, безкоштовно вирішувати проблеми, пов'язані з недостатнім рівнем сигналу WiFi в деяких місцях вашого офісу чи будинку.

AirScout live покаже всі характеристики виявлених у радіусі дії точок доступу: від рівня сигналу та протоколів безпеки до можливостей обладнання. Дозволить визначити найменш завантажений канал, виміряти потужність сигналу в кожній точці WiFi-мережі та виявити місця з недостатнім рівнем сигналу. Допоможе визначити джерела перешкод шляхом аналізу параметрів використання каналів у смузі 2,4 ГГц та 5 ГГц. Використовуючи програму, можна вибрати оптимальне місце для розташування точок доступу, щоб забезпечити якісне покриття приміщень WiFi-мережею та налаштувати її на максимальну продуктивність, не купуючи додаткового обладнання. Крім того, програма AirScout дозволяє робити знімки мережі WiFi і зберігати локально або завантажувати їх у хмару.

AirScout Live — це дуже проста у використанні програма, яка не потребує додаткового навчання. Інтерфейс користувача виглядає привабливо і інтуїтивно зрозумілий. Перші два пункти меню - "Графік ТД" і "Таблиця ТД" - нададуть вам наочну та вичерпну інформацію про всі характеристики точок доступу, що знаходяться в зоні видимості. Графіки покриття точок доступу візуально вам продемонструє залежність рівня сигналу кожної з них та завантаженість каналів у смузі 2,4 ГГц та 5 ГГц. Розширена інформація в табличному вигляді про кожну точку доступу (SSID, Mac-адресу, постачальник обладнання, канал, ширина каналу, рівень сигналу в дБм і налаштування безпеки) доступні в другому по порядку пункті меню.

Пункт «Графік часу» дозволить побачити всі точки доступу, які виявило ваш Android-пристрій в місці, що спостерігається, і їх графік зміни рівня сигналу в дБм з прив'язкою до часу. Так, наприклад, якщо ви досліджуєте мережу,

яка складається з кількох точок доступу, дана інформація допоможе вам зрозуміти, який рівень сигналу кожної з них буде в даному місці, і як клієнтський пристрій перемикатиметься між ними. Крім того, вибір конкретної точки доступу підсвічує рівень сигналу, що допомагає візуальному сприйняттю інформації.

Пункт «Потужність сигналу» дозволить наочно протестувати рівень сигналу кожної точки доступу протягом часу. Ви можете вибрати конкретний SSID та побачити поточний, а також мінімальний та максимальний рівень сигналу, зафіксований пристроєм для цієї точки доступу. Оригінальна інтерпретація отриманих результатів у вигляді червоно-жовто-зеленого спідометра дозволить наочно переконатися, чи працюватиме та чи інша функція в даному конкретному місці чи ні. Наприклад, стабільне знаходження рівня сигналу у зеленій зоні вам скаже, що тут у вас не виникне проблем із такими ресурсомісткими технологіями, як передача голосу через IP або передача потокового відео у форматі Full HD. Знаходження у жовтій зоні скаже про доступність лише веб-серфінгу. Ну а червона зона означатиме великі проблеми із прийомом сигналу від цієї точки доступу в даному місці.

Для використання додаткових функцій, які не доступні у безкоштовній версії програмного забезпечення без додаткового обладнання (виявлення найбільш поширених проблем: субоптимальне покриття сигналу або неправильний вибір каналу, визначення джерел перешкод, у тому числі і від "не-WiFi" пристроїв; оптимізація конфігурацій WiFi-мереж, сусідніх з мережами стандарту 802.15.4, налаштування продуктивності WiFi шляхом порівняння параметрів інтенсивності сигналу та його використання, тест швидкості Ookla та багато іншого) вам знадобиться контролер AirScout або комплект, що включає контролер та віддалені клієнти.

AirScout Live — це чудова програма, яка, перш за все, приваблює своєю мобільністю. Погодьтеся, мати інструмент, який завжди буде під рукою, дорогого вартує. У безкоштовній версії продукту вам доступна вся необхідна

інформація, яка може знадобитися для швидкого аналізу стану невеликих офісних або домашніх мереж WiFi та виявлення базових проблем з їх продуктивністю. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та грамотне графічне оформлення отриманих результатів виміру не тільки залишають гарне враження, а й сприяють прискоренню роботи з додатком.

1.2.3 EkaHau HeatMapper

EkaHau HeatMapper – це картографічний програмний інструмент для розгортання невеликих бездротових мереж рівня будинку та визначення оптимального розташування установки точки доступу. Це спрощена безкоштовна версія професійних рішень компанії EkaHau. Цей програмний продукт надає таку ж мережну інформацію, як і WiFi-сканер бездротових мереж, але при цьому ще й генерує теплову WiFi-карту, щоб ви могли візуалізувати рівні сигналів. У рамках даного огляду йтиметься про версію 1.1.4.

Програмне забезпечення пропонує можливість створення плану або макета об'єкта, що досліджується, а також проектування топології бездротової мережі координатною сіткою для приблизного орієнтування.

На лівій стороні основного екрана інтерфейсу користувача відображається список бездротових мереж та їх дані, які сортуються за сигналом, каналом, SSID, MAC-адресою і типом захисту. Цей список включає основну інформацію, але не містить значень рівня сигналу в дБм і відсотковому співвідношенні. Крім того, програма не розпізнає мережі з підтримкою стандарту 802.11ac, визначаючи їх як 802.11n.

Використовуючи EkaHau HeatMapper, як і при роботі з іншими картографічними інструментами, ви позначаєте своє поточне місце знаходження на карті, поки ви обходите будівлю, щоб згенерувати теплову карту покриття WiFi. EkaHau HeatMapper автоматично обчислить розташування точок доступу та розмістить їх на карті. Після того, як всі дані буде зібрано, сформується

інтерактивна теплова карта покриття WiFi. Так, наприклад, при наведенні курсору на іконку точки доступу окремо підсвічуватиметься її покриття, а при наведенні курсору на область теплової карти з'явиться спливаюче вікно підказки для показника рівня сигналу з негативним значенням дБм для цієї точки.

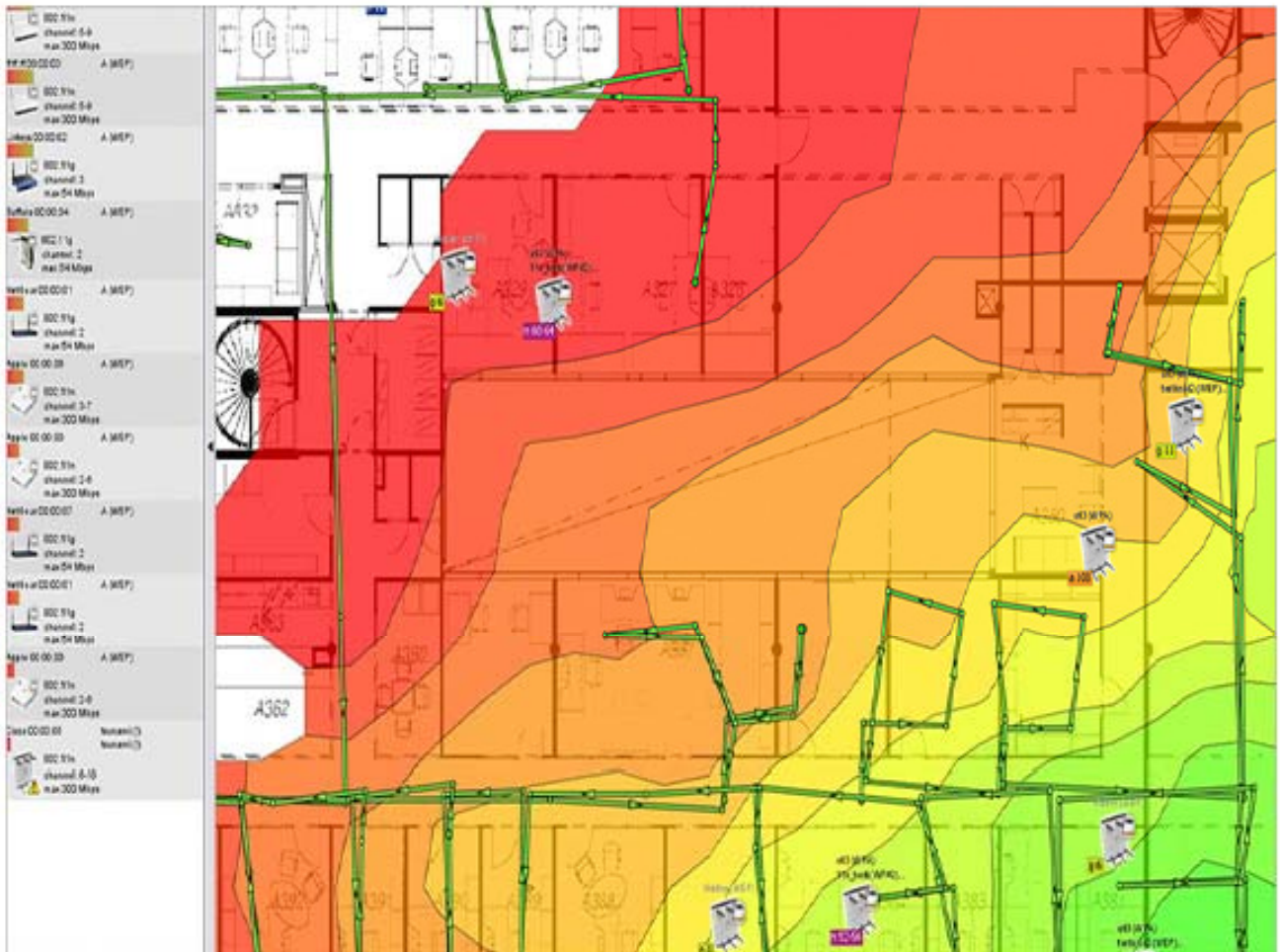


Рисунок 1.2 - Програмне рішення EkaHau HeatMapper

За відгукками програмне рішення EkaHau HeatMapper є надто спрощеним картографічним WiFi-сканером: з безкоштовної версії виробники прибрали майже весь додатковий функціонал, зробивши це рішення справді домашньою версією. Крім того, єдина доступна можливість для експорту або збереження – це просто зробити скріншот карти.

Тим не менш, рішення Ekahau HeatMapper можна використовувати для невеликих мереж або для отримання базового уявлення про те, як працюють професійні інструменти на основі карт [1].

1.2.4 NetSpot

Програма NetSpot (Windows та macOS) — це програмне рішення для дослідження, аналізу та покращення WiFi-мереж. Комерційна версія використовує картографічний інструментарій для теплової візуалізації зон покриття, однак у безкоштовній версії для домашнього використання він недоступний. Тим не менш, це рішення пропонується, як для операційних мереж Windows, і macOS. У рамках цієї оглядової статті ми розглянемо NetSpot Free версії 2.8 - безкоштовну значно урізану версію платних продуктів компанії для домашнього та корпоративного використання.

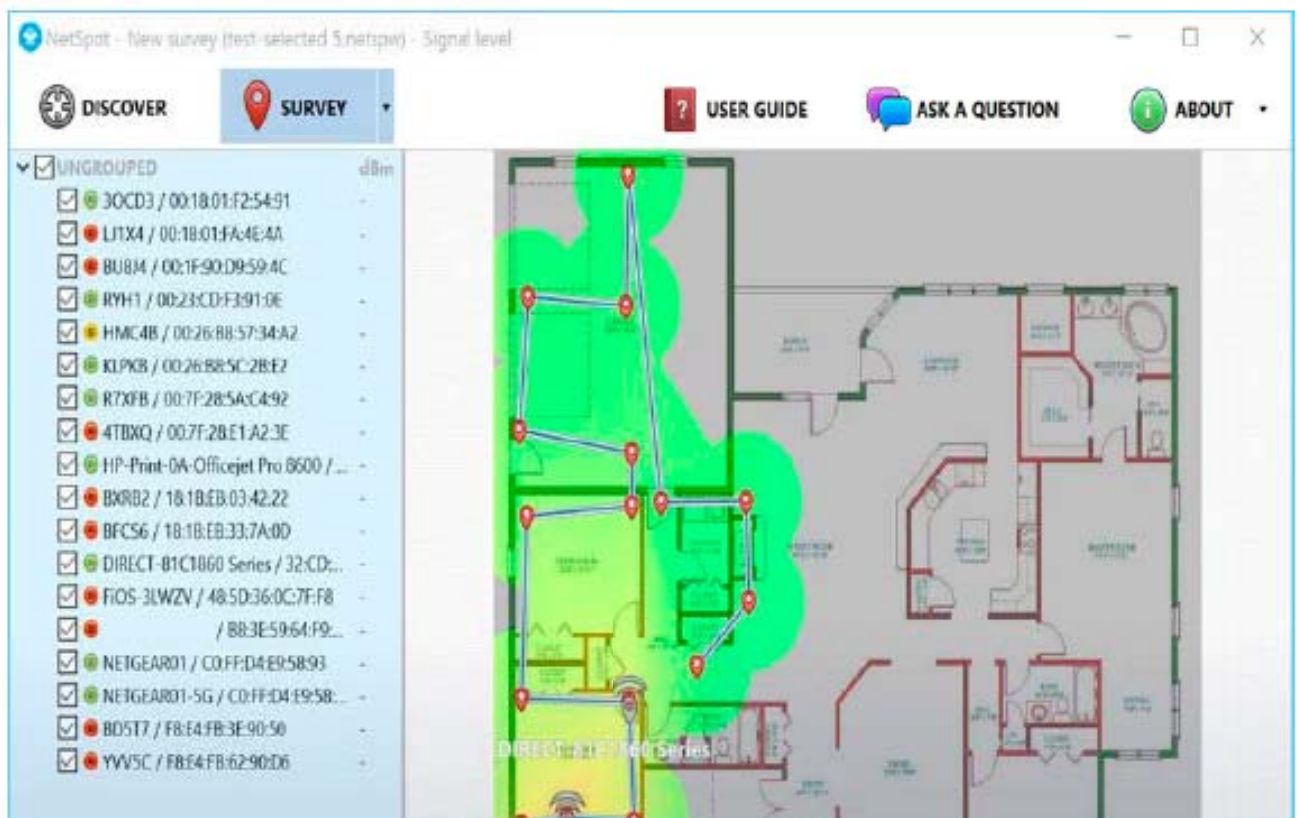


Рисунок 1.3 - Програма NetSpot

Вкладка "NetSpot Discover" - це WiFi-сканер. Незважаючи на простий графічний інтерфейс, він має сучасний зовнішній вигляд, а мережеві деталі кожної SSID виводяться жирним шрифтом та чітко видно. Рівні сигналів показані у негативних значеннях дБм (поточні, мінімальні та максимальні), а також у відсотках. Приховані мережі безкоштовної версії не відображаються, як і не підтримується можливість експорту даних (хоча така кнопка є, але вона не активна).

При натисканні на кнопку «Деталі» в нижній частині вікна програми демонструється комбіновані графіки сигналів і каналів для кожного WiFi-діапазону, сформовані для вибраних зі списку мереж SSID. Крім того, у табличному вигляді відображається інформація про сигнали кожного SSID, щоб бачити точні значення, отримані програмою при проведенні кожного сканування.

В цілому, безкоштовна версія NetSpot добре справляється із завданнями виявлення Wi-Fi-мереж (хоч і не підтримує роботу із прихованими мережами). І все ж таки, безкоштовне рішення має дуже обмежену функціональність, про що нам красномовно говорять непрацюючі посилання на велику кількість додаткових можливостей— це і недоступність візуалізацій, і неможливість використовувати теплову картку, відсутність експорту.

Таким чином, аналізуючи інформацію можна зробити висновок, що в більшості випадків проводиться лише приблизний розрахунок потужності поля за обмеженою кількістю точок. Проводиться прогноз на основі математичного обчислення, але в карту не вноситься матеріал стіни, ступінь його поглинання випромінювання Wi-Fi, що знову ж таки призводить до приблизних математичних розрахунків без вимірювання реального рівня сигналу. Враховуючи, що стіни бувають бетонні та цегляні, каркасні та монолітні, результати можуть значно відрізнятись від реальної картини розповсюдження сигналу. Також деякі програми платні та не завжди під усі системи. Більшість під iPad iPhone, стаціонарні під MacOS. Тобто, мова не йде про масове, доступне рішення для систем на ОС андроїд або універсальний підхід з використанням хмарних техно-

логій. Та останнє, візуалізація у 2D тільки площина без можливості вимірювання та обробки у 3D.

Тому враховуючи всі недоліки безкоштовних рішень розглянемо альтернативні шляхи вирішення питання отримання теплових карт.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИК НАВІГАЦІЇ ВСЕРЕДИНІ ПРИМІЩЕНЬ

Для більшості організацій проблема створення системи для навігації всередині приміщень дуже гостро стоїть. Найчастіше такі організації розміщуються у кількох будинках, мають дуже складну і заплутану структуру. Для відвідувачів та персоналу використання навігаційного сервісу може значно полегшити процес пошуку та побудови маршруту до потрібної точки на карті, а для поставленого завдання дипломної роботи будуть вирішуватись питання побудови теплових карток розподілу Wi-Fi сигналу [4].

На даний момент на ринку навігаційних сервісів вже існує безліч компаній, що пропонують свої послуги зі створення та розгортання подібних систем, проте досі не існує жодного найкращого підходу для визначення координат користувача всередині приміщень. Періодично з'являються рішення, які застосовують підходи, що не використовуються раніше. Прикладом може стати компанія IndoorAtlas [5], яка впроваджує технології, засновані на виявленні магнітних аномалій, для вирішення задачі навігації всередині приміщень. Таким чином, ставиться завдання досліджувати доступні технології та рішення для побудови карток розподілу Wi-Fi сигналу.

Літературний огляд можна представити у вигляді таких результатів: у [4] описані результати дослідження ринку навігаційних сервісів та актуальність проблеми indoor-навігації, рішення деяких популярних компаній представлені у [5], [8-11], у [6] – компанія, зацікавлена у вирішенні проблеми навігації всередині приміщень, специфікації різних протоколів для роботи з BLE-маяками представлені в [11] і [12], у статті [13] виводиться залежність показника рівня сигналу, що приймається, від відстані між приймачем і випромінювачем, в [14] розповідається про застосування алгоритму трилатерації до задачі навігації, а також наводяться деякі способи вирішення проблеми трилатерації у просторі. Стаття [15] є оригінальною статтею Рудольфа Калмана, де описується

популярний фільтр Калмана. У [17] міститься вся необхідна інформація про використовуваний SDK від компанії Accent Systems. Інформацію про саму компанію можна знайти у [16]. У [18] можна ознайомитися зі статистикою android пристроїв за різними критеріями, а [19] є репозиторій, що містить всю необхідну інформацію про бібліотеку trilateration. У роботі [20] описується застосування алгоритму Левенберга-Марквардта на вирішення системи рівнянь методом найменших квадратів.

У цьому розділі будуть розглянуті найпопулярніші рішення навігаційних послуг від різних організацій, а також описані їхні переваги та недоліки.

2.1 Існуючі рішення від популярних картографічних сервісів

У 2011 році компанія Google запустила сервіс "Схеми будівель" (рис. 2.1), який разом зі звичними технологіями місцезнаходження використовує інформацію про мережі Wi-Fi для навігації користувачів. На даний момент сервіс доступний лише в деяких великих об'єктах, таких як торгові центри та аеропорти, у 25 країнах світу [4].

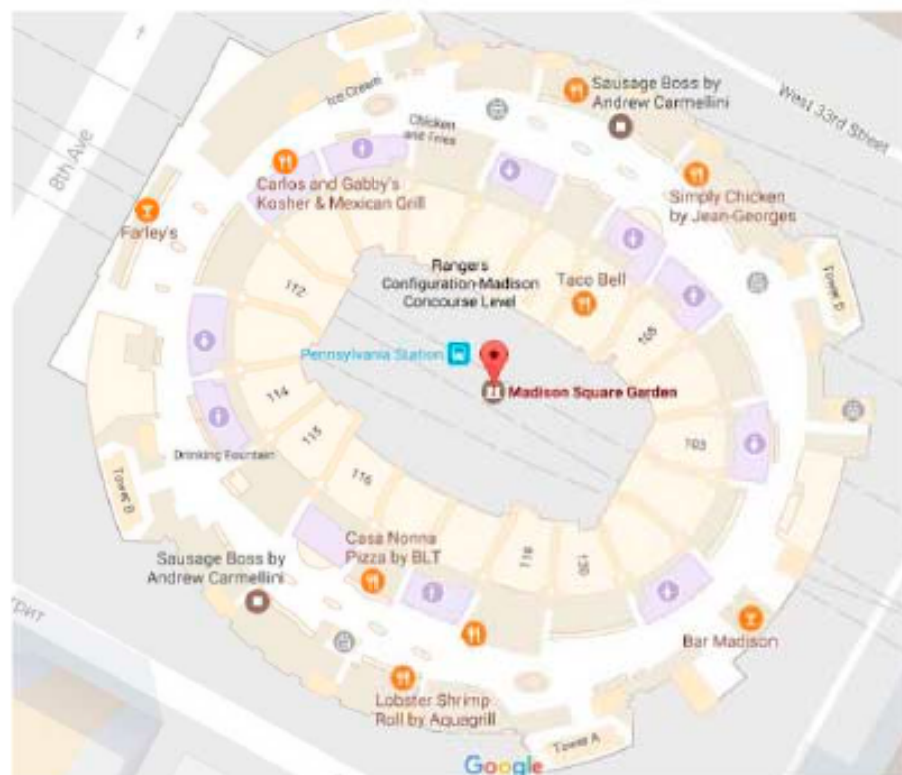


Рисунок 2.1 - "Схеми будівель" від Google

Для додавання нових планів будівель необхідно завантажити зображення, поєднати його з будинком на карті та дочекатися перевірки. У результаті план приміщення буде доданий як новий шар на Google Maps, що означає доступ до цих планів для будь-якої людини. Це призводить до низки правил та обмежень, з якими можна ознайомитись на довідковому форумі Google [8].

Аналогічний сервіс у 2014 році був запущений компанією 2GIS за назвою 2GIS Поверхи (рис. 2.2) [9].



Рисунок 2.2 - “Поверхи” от 2GIS

На відміну від Google, 2GIS самостійно займаються створенням поверхових планів для будівель, а отже, власникам деяких організацій може знадобитися багато часу, щоб дочекатися моменту, коли карта приміщення буде доступна для використання.

OpenStreetMap, що є opensource проектом, дозволяє створити власну карту формату .osm і використовувати її у додатку без узгодження та додавання до загального доступу. Завдяки цьому можна використовувати API OpenStreetMap для відображення інформації на екрані (рис. 2.3), проте на даний момент відсутня достатня кількість інструментів для створення навігаційного сервісу, що залишає необхідність вирішення задачі [10].



Рисунок 2.3 - OpenStreetMap Indoors

2.2. Комерційні рішення

На даний момент на ринку навігаційних послуг вже існує кілька компаній та стартапів, які пропонують свої рішення в галузі indoor-навігації. Всі вони використовують різні підходи до вирішення проблеми, застосовуючи величезний спектр технологій від GPS, Wi-Fi та Bluetooth до магнітометрії, використання камер мобільних пристроїв та побудови повноцінних ІНС на базі інерційних датчиків. Деякі компанії також є виробниками обладнання, яке застосовується у їх рішеннях.

Як правило, використання сервісів від таких компаній супроводжується великою вартістю послуг, а також проблемами при інтеграції зі сторонніми технологіями. Це може виявитися великою проблемою для організацій, які потребують створення та розгортання системи визначення координат усередині приміщень.

2.3 Технології та алгоритми

Для вирішення поставленого завдання треба розглянути можливості використання різних технологій та алгоритмів, їх сильні та слабкі сторони у застосуванні.

2.3.1 Використання бездротових технологій

Для визначення координат усередині приміщень можна застосовувати різні технології. Кожен підхід має свої переваги та недоліки перед іншими та більше підходить для вирішення певного кола завдань.

2.3.2 Використання камер

З розвитком технологій комп'ютерного зору стає можливим використання камери мобільного пристрою для місцезнаходження. Для цього додатково можна використовувати систему міток, що розташовані всередині приміщення. Виглядає така технологія перспективно, проте для цього рішення можуть знадобитися досить великі обчислювальні потужності та величезна витрата батареї. На даний момент подібний підхід застосовується в робототехніці.

2.3.3 Інфрачервоне випромінювання та ультразвук

На даний момент використовується для навігації у робототехніці. Основна проблема використання подібних технологій спільно з мобільними пристроями полягає у необхідності використання спеціальних приймачів сигналу.

2.3.4 Wi-Fi

Використання точок доступу Wi-Fi є, мабуть, найбільш популярним рішенням у цій галузі. Для визначення координат користувача використовується показник рівня сигналу (RSSI - Received Signal Strength Indicator). RSSI - повна потужність сигналу, що приймається приймачем, що вимірюється за логарифмі-

чною шкалою в дБм. RSSI є єдиним показником за допомогою якого можна виміряти відстань від приймача сигналу до ресивера. За допомогою трилатерації, знаючи відстані до кількох найближчих передавачів та їх координати, стає можливим обчислити координати користувача. Іншим способом є створення карти відбитків (fingerprints) RSSI. У разі використання останнього необхідно проводити попереднє сканування та запис векторів значень RSSI від передавачів сигналу до деякого набору точок у приміщенні. Після навчання система вибирає найбільш підходящу точку на основі одержуваних RSSI.

Використання Wi-Fi для навігації всередині приміщень дуже зручне тим, що можна використовувати існуючу інфраструктуру точок доступу. Однак, для отримання результатів достатньої точності може бути необхідним збільшення їх числа, що може стати великою проблемою через залежність від точки підключення до мережі живлення.

2.3.5 Bluetooth

Використання технології bluetooth для визначення розташування користувача повністю повторює досвід використання точок доступу Wi-Fi, але вирішує деякі проблеми. Технологія Bluetooth Low Energy дозволяє використовувати невеликі bluetooth маяки, здатні працювати кілька років на одній батареї. Завдяки цьому стає набагато простіше змінювати їхнє місце розташування і додавати нові пристрої до вже існуючої інфраструктури маяків.

Найбільш популярними протоколами, що забезпечують передачу даних між маяками і пристроями користувача є iBeacon [11], розроблений Apple, і трохи більш відкритий Eddystone [12] від Google.

iBeacon – протокол, розроблений компанією Apple, для передачі даних між маяками та пристроями, що підтримують технологію Bluetooth Low Energy.

У пакеті передається наступна інформація:

1. UUID – 128-біт. Є унікальний ідентифікатор групи маяків, що дозволяє визначати їх тип чи приналежність однієї організації.

2. Major – 16-біт. Є беззнакове значення, за допомогою якого можуть бути згруповані маяки з однаковим UUID.

3. Minor – 16-біт. Є беззнакове значення, що дозволяє групувати маяки з однаковим UUID і Major.

Eddystone – це відкритий формат, розроблений Google з упором на прозорість та надійність. Eddystone підтримується пристроями на базі Android, так і iOS. Протокол підтримує кілька різних типів корисного навантаження:

1 . Eddystone-UID: 16-байтовий статичний унікальний ідентифікатор, що складається з 10-байтового Namespace та 6-байтового Instance.

2 . Eddystone-TLM: призначений для передачі інформації про маяк. Може містити дані як рівень заряду батареї, температуру, кількість переданих пакетів з моменту останнього перезапуску пристрою.

3 . Eddystone-URL: Транслює URL-адресу, яка може бути використана пристроями при отриманні

4 . Eddystone-EID: Передає ідентифікатор, що періодично змінюється. Є захищеною версією UID, що дозволяє захиститися від різноманітних загроз, які використовують маяки передачі хибної інформації.

2.3.6 RFID и NFC

RFID (Radio Frequency IDentification) – спосіб ідентифікації, заснований на використанні радіочастотного електромагнітного випромінювання.

NFC (Near Field Communication) – технологія бездротової передачі даних, що дозволяє обмінюватися даними між пристроями на коротких відстанях.

На даний момент багато смартфонів оснащені NFC чіпами, проте застосування цієї технології ускладнене невеликим (до 20 см) радіусом дії.

Використання RFID дозволяє приймати сигнали від міток на значно більших відстанях. Такий підхід може використовуватися в складських приміщеннях, де покриття для підлоги покривають мітками, а навантажувачі оснащені зчитувачами, що дозволяє їм приймати інформацію і визначати своє місце-

знаходження. На жаль, неможливо або принаймні недоцільно видавати кожному користувачеві спеціальний приймач сигналу. Все це призводить до того, що ці технології в поставлених умовах не можуть бути використані для отримання координат користувача.

2.3.7 GNSS (GPS)

Супутникові системи навігації вже багато років використовують для отримання географічних координат об'єктів, що означає необхідність попередньої прив'язки карти приміщення до географічних координат. Але як говорилося раніше в деяких умовах рівень прийому сигналу від супутників може бути недостатнім для визначення розташування користувача. Існують приклади використання ретрансляторів сигналу, встановлених усередині приміщень, але вартість такого рішення велика, а ретранслятори самі знижують точність визначення координат.

Супутникові системи навігації можуть бути використані для вирішення поставленої задачі при прийнятному рівні сигналу як додаткова технологія. Це допоможе заощадити кошти під час створення власної інфраструктури маяків або знижуючи похибку при використанні ІНС.

2.3.8 Інерційна навігація (ІНС)

Інерційні навігаційні системи використовують внутрішні датчики пристрою (акселерометр, гіроскоп, компас) для отримання інформації про прискорення та кутові швидкості об'єкта. На основі цих даних відбувається обчислення зміни координат тіла. Однак, для успішного застосування необхідно знати початкову координату, а також періодично звіряти місцезнаходження, отримане з інших джерел. Це потрібно зменшення похибки, яка значно зростає з кожним новим кроком обчислення.

Таким чином, ІНС можуть бути використані спільно з іншим рішенням, як додаткова технологія, що дозволяє збільшити точність обчислення розташування користувача.

2.3.9 Магнітометрія

Використовує інформацію про магнітне поле землі. Навігація здійснюється за допомогою компаса, який зараз присутній у переважній більшості мобільних пристроїв.

Основний недолік такого підходу полягає в тому, що показання компаса сильно схильні до впливу від металевих споруд або електромагнітного випромінювання. Якщо джерела перешкод незмінні, то зменшення похибки можна застосувати попереднє калібрування системи, проте джерела електромагнітного випромінювання, зазвичай, непостійні і є практично повсюдно, отже калібрування для такого випадку провести неможливо.

2.4 Визначення відстані за допомогою RSSI

Єдиним показником, за допомогою якого можна визначити відстань до пристрою, що посилає радіосигнал, є RSSI.

Рівняння залежності RSSI від відстані виводиться з формули передачі Фрііса (Friis) і має такий вигляд [10]:

$$P_d = P_0 - 10 - n \cdot \lg(d / d_0) \quad (1)$$

де:

P_d - RSSI (dBm),

P_0 - потужність сигналу, виміряна з відривом d_0 ,

n - коефіцієнт втрат потужності сигналу від 2 до 4 для повітря (залежно від наявності перешкод),

\lg - десятковий логарифм,

d - відстань до передавача,

d_0 - калібрувальна відстань, на якій проводилося вимірювання потужності P_0 (наприклад, 1м).

Таким чином, рівняння для розрахунку відстані виглядає так:

$$d = d_0 \cdot 10^{(P_0 - P_d) / 10 \cdot n} \quad (2)$$

2.5 Трилатерація

Трилатерація - це метод, що дозволяє визначити координати точки за допомогою побудови суміжних трикутників, у яких вимірюються довжини сторін [14]. Розв'язання задачі трилатерації для навігації у тривимірному просторі зводиться до вирішення задачі пошуку точки перетину трьох або більше сфер (рис. 2.4). Як координати центрів виступають відомі за умовою координати маяків, а радіусами є відстані від шуканої точки до відповідних маяків.

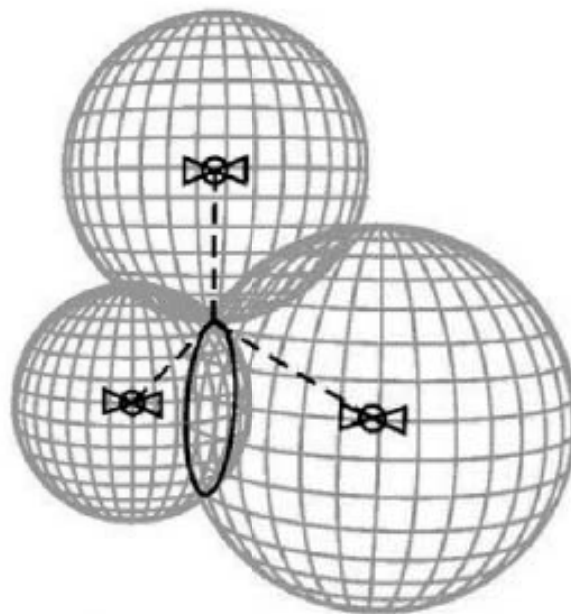


Рисунок 2.4 Трилатерація

У разі трьох сфер завдання може бути спрощене за допомогою приведення координат до наступного виду:

- Усі точки лежать у площині $Z=0$
- Координата однієї з точок збігається з початком координат
- Друга точка лежить на осі x .

Далі, розв'язуючи систему рівнянь, знаходяться координати точки, що шукається.

Однак, відстані можуть бути обчислені неточно, як рішення може виступати не єдина точка або рішень може не бути зовсім. Все це може спричинити невизначеність.

Іншим способом визначення координат за допомогою трилатерації в тривимірному просторі є розв'язання системи лінійних рівнянь, що може бути перевизначена, тобто. кількість рівнянь може перевищувати кількість невідомих. Для цього можна використовувати, наприклад, метод найменших квадратів.

2.6 Алгоритми згладжування та фільтрації даних

На жаль, при використанні технологій, що використовують радіосигнали для передачі даних, деякі показники (наприклад, RSSI) можуть бути неточними. Для вирішення цієї проблеми можуть застосовуватись різні алгоритми згладжування та фільтрації.

2.6.1 Згладжування методом ковзного середнього

Ковзна середня або ковзна середня - це назва для сімейства функцій, значення яких обчислюються як середнє деякого періоду останніх значень вихідної функції. У загальному випадку ковзні середні обчислюються за такою формулою:

$$A_k = \sum_{i=1}^{n-1} w_{k-i} \cdot p_{k-i}$$

де: A_k - значення обчислюваного середнього ковзного в точці до, n - кількість значень вихідної функції, що використовуються для обчислення ковзного середнього,

w_{k-i} - нормований ваговий коефіцієнт значення P_{k-i} . Нормований означає, що сума всіх коефіцієнтів дорівнює 1.

p_{k-i} - значення вихідної функції у точці $k - i$.

Ковзне середнє називають стандартним, якщо всі вагові коефіцієнти рівні між собою:

$$A_k = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_{k-i}$$

Лінійно зваженим ковзним середнім називають ковзне середнє, вагові коефіцієнти якого дорівнюють відповідному числу арифметичної прогресії:

$$A_k = \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (n-i) \cdot p_{k-i}$$

Експоненційно зваженим ковзним середнім називають ковзне середнє, вагові коефіцієнти якого експоненційно зменшуються і не дорівнюють нулю:

$$A_k = \alpha \cdot p_k + (1 - \alpha) \cdot A_{k-1}$$

де α - константа, що згладжує, що приймає значення від 0 до 1.

2.6.2 Фільтр Калмана

Фільтр Калмана є ітераційним рекурсивним фільтром, що дозволяє оцінювати стан динамічної системи на підставі оцінки стану системи на попередньому етапі та неповних та/або зашумлених вимірів, отриманих на поточній ітерації. На кожній ітерації алгоритм ділиться на дві фази: фаза екстраполяції чи прогнозування та фаза корекції.

- Фаза екстраполяції

Під час екстраполяції фільтр отримує попередню оцінку стану системи на поточний крок за підсумковою оцінкою стану попереднього кроку. Цю

попередню оцінку також називають апіорною оцінкою стану, тому що для її отримання не використовуються спостереження відповідного кроку.

- Фаза корекції

У фазі корекції апіорна екстраполяція доповнюється відповідними поточними вимірами корекції оцінки. Скоригована оцінка також називається апостеріорною оцінкою стану, або просто оцінкою вектора стану.

Як правило, йде чергування цих фаз. Тобто екстраполяція провадиться за результатами корекції попереднього кроку, а корекція на підставі результатів екстраполяції при отриманні нових даних на поточному кроці [15].

2.7 Тестове визначення координат

Для тестового зразка було використано BLE-пристрої, як основну технологію для тестового визначення координат користувача [21]. Вибір обумовлений тим, що останнім часом виробники мобільних пристроїв сильно обмежують можливості використання Wi-Fi для захисту своїх користувачів від реклами. Інші ж системи мають ряд істотних недоліків, що не дозволяє використовувати їх як основну.

Для створення прототипу було використано п'ять пристроїв моделі "iBKS105" від компанії Accent Systems [16]. Дані пристрої мають можливість одночасної передачі даних по шести каналах: 2 для протоколу iBeacon, 4 для Eddystone.

Для роботи з ними використовується відкритий SDK від виробника [17]. Це дозволяє спростити процедури сканування, читання, запису, а також надає інші зручні інструменти для роботи з маяками. Використання SDK доступне лише для додатків, що розробляються для версії, android не нижче 5.0, що не є суттєвим обмеженням, тому що цьому критерію задовольняють більше 70% android пристроїв [18].

Як формат для передачі даних був вибраний Eddystone, який є більш відкритим та функціональним у порівнянні з iBeacon. Однак надалі, завдяки мож-

ливості одночасної передачі пристроями даних за кількома протоколами, iBeacon також може бути використаний поряд з Eddystone.

Для визначення координат у просторі використовуватиметься метод трилатерації. Цей вибір обумовлений тим, що побудова картки відбитків є тривалим і трудомістким процесом, що вимагає великої кількості вимірювань, а також попереднього навчання системи. Все це значно ускладнює процес тестування програми, оскільки вимагає набагато більше часу для внесення змін порівняно з трилатерацією, де потрібна лише інформація про місцезнаходження маяків.

Для трилатерації використовується відкрита бібліотека *trilateration* версії 1.0.2 від *lemmingarex*, яка була розроблена спеціально для вирішення подібних завдань і на даний момент продовжує активно розвиватися та покращуватись [19].

Розрахунок відстані провадиться за формулою (2). Єдиною змінною є значення RSSI, одержуване пристроєм при скануванні BLE-пристроїв. Однак перед початком обчислення необхідно визначити значення калібрувального RSSI (рівня сигналу, виміряного на відстані від калібрувань) і коефіцієнта втрати потужності сигналу.

Зважаючи на те, що показник рівня сигналу, що приймається, є не стабільним навіть на невеликих відстанях, в якості калібрувального значення RSSI було прийнято усереднене значення за результатами, отриманими за 45 секунд (рис. 2.5). При встановленій частоті передачі 450 мс за 45 секунд передається близько 100 пакетів. Середнє значення, отримане виходячи з цих даних, дорівнювало -49.3. Цей параметр може бути виміряний для кожного маяка окремо, якщо в різних частинах будівлі зовнішні джерела впливають якість сигналу з різною силою. Так як Eddystone дозволяє передавати калібрувальне значення разом з іншими даними, використання різних показників для пристроїв не вимагатиме додаткової структури для зберігання цієї інформації.

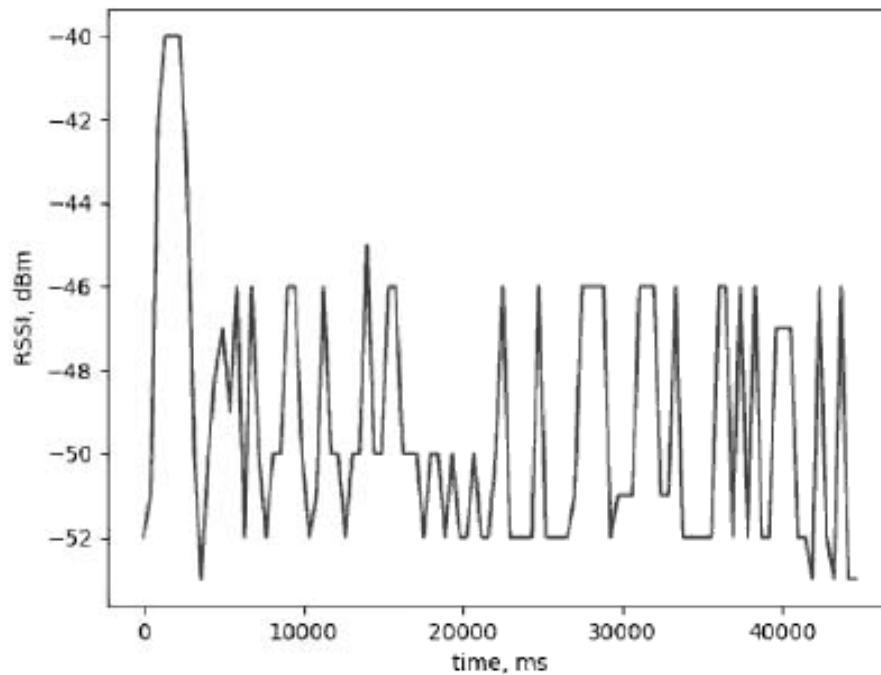


Рисунок 2.5 RSSI на відстані 1м

У зв'язку з тим, що значення калібрувального RSSI, що передається маяком, не може бути дрібним, округлим його до -49 .

Коефіцієнт втрати потужності сигналу залежить від наявності шумів і перешкод (у тому числі і людина) між маяком і приймачем сигналу, а отже для різних приміщень він може змінюватися. На даному етапі роботи коефіцієнт був обчислений на підставі вимірів RSSI на відстані 3 (рис. 2.6) та 5 (рис. 2.7) метрів від маяка. Виділивши з формули (1) шуканий коефіцієнт виходить формула наступного виду:

$$n = \frac{P_0 - P_d}{10 \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right)}$$

Підставляючи всі відомі значення обчислюється коефіцієнт. Як показник рівня сигналу було взято середнє за отриманими даними, як у випадку з калібрувальним RSSI. Обчислені таким чином коефіцієнти вишли рівними 2.44 для

3 метрів та 2.56 для 5 метрів. З урахуванням нестабільності даних значення коефіцієнта було прийнято 2.5.

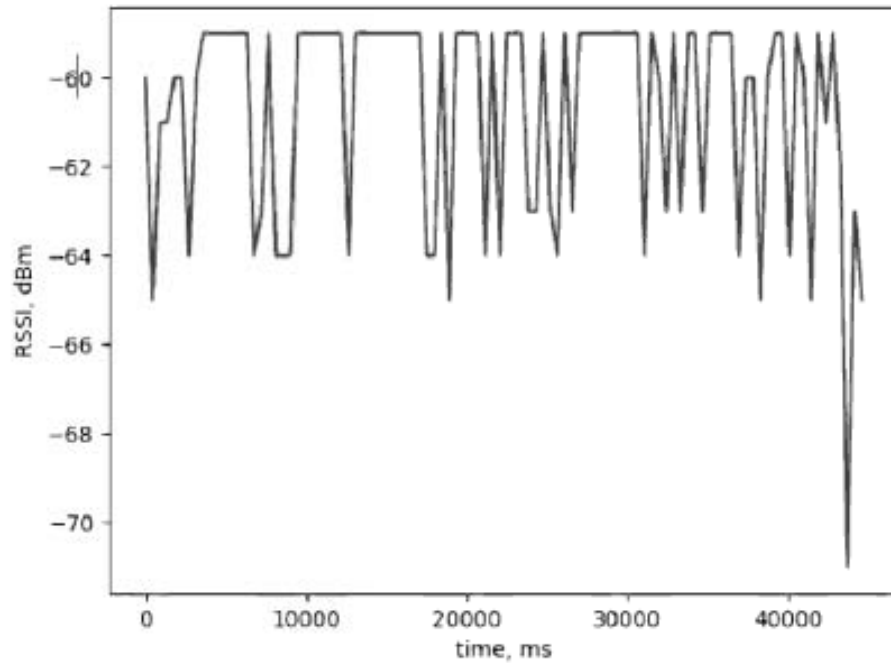


Рисунок 2.6 - RSSI на відстані 3м

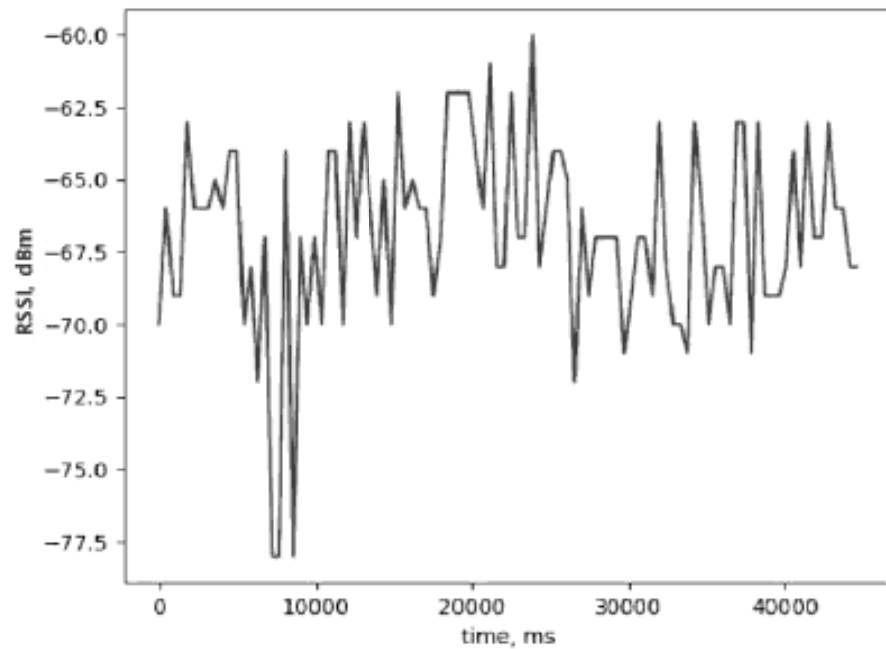


Рисунок 2.7 - RSSI на відстані 5м

Як і у випадку з калібрувальним RSSI, коефіцієнт втрати потужності си-

гналу може бути обчислений окремо для різних частин приміщення, проте це вимагатиме створення додаткової структури, на кшталт картки відбитків, для зберігання інформації.

Рівень сигналу може бути обчислений окремо для різних частин приміщення, проте це вимагатиме створення додаткової структури, на кшталт карти відбитків, для зберігання інформації.

Для ідентифікації маяка на етапі реалізації прототипу було вирішено використати передачу даних протоколу Eddystone-UID. Вибір Eddystone-UID замість Eddystone-EID обумовлений відсутністю шифрування, що робить простіше процеси налагодження та тестування. Як Namespace виступає хеш, отриманий з назви фірми за допомогою SHA-1, а Instance буде використовуватися для ідентифікації конкретного маяка в приміщенні. Залежно від потреб, Instance може бути логічно розділений на кілька частин для позначення групи маяків, що знаходяться в одній частині комплексу будівель та/або на одному поверсі.

Активність із заданою періодичністю надсилає службі запит на обчислення координат. Обчислення провадиться з використанням бібліотеки trilateration, яка використовує алгоритм Левенберга-Марквардта [20] для вирішення системи рівнянь за допомогою нелінійного методу найменших квадратів.

На основі отриманих від служби даних про місцезнаходження активність перемальовує точку на екрані.

Можна помітити, що через нестабільність показника рівня сигналу, що приймається координати пристрою, обчислені навіть в одній і тій же точці простору, але в різний час можуть відрізнятись (рис. 2.8). Червоними точками позначені точки з координатами, отриманими при обчисленні розташування нерухомого пристрою.

Для демонстрації на рис. 2.9 показані значення відстані, обчислені при періодичному переміщенні пристрою по прямій на відрізьку від 1 до 4 метрів між маяком та мобільним пристроєм з періодом 26 секунд.

IBKStest



Рисунок 2.8 - Нестабільність при обчисленні

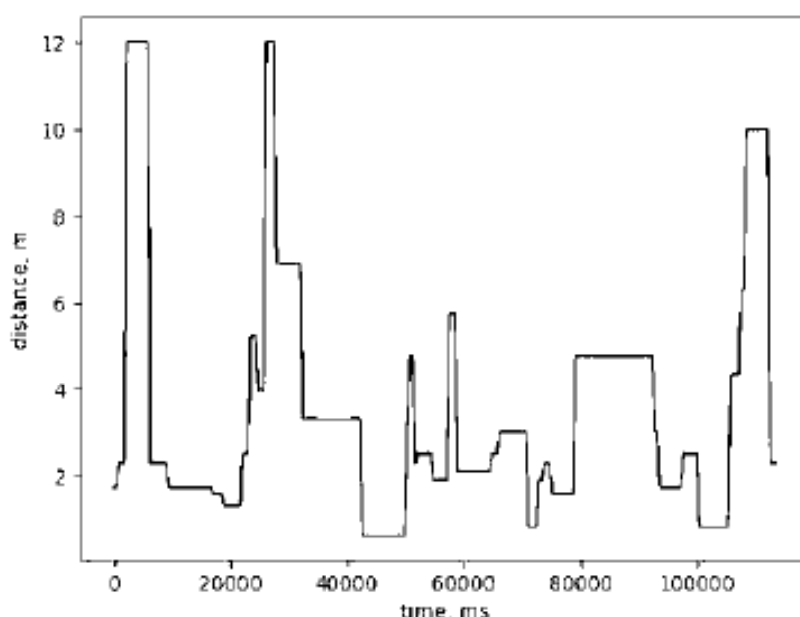


Рисунок 2.9 - Обчислення відстаней до маяка

Для вирішення цієї проблеми можуть бути застосовані різні алгоритми згладжування та фільтрації даних.

За рисунками 2.5 - 2.7 можна помітити, що показання рівня сигналу, що приймається мобільним пристроєм, сильно коливаються навіть при незмінному його положенні. Для згладжування даних можна використовувати метод ковзного середнього на основі даних, отриманих за деякий проміжок часу, наприклад, 1 секунда, або на основі деякої постійної кількості останніх результатів. При конфігурації маяків варто враховувати, що передача даних з більшою

частотою збільшить точність при згладжуванні, проте може скоротити термін роботи батареї. Як "золотої середини" значення інтервалу передачі пакетів було прийнято рівним 450 мс. З таким інтервалом за одну секунду мобільним пристроєм буде прийнято близько трьох пакетів.

На рисунках 2.10 - 2.12 показані результати згладжування (синім кольором) різними видами ковзних середніх показників RSSI (червоним кольором), отриманих при переміщенні мобільного пристрою аналогічно до того, як проводилися вимірювання на рис. 2.9.

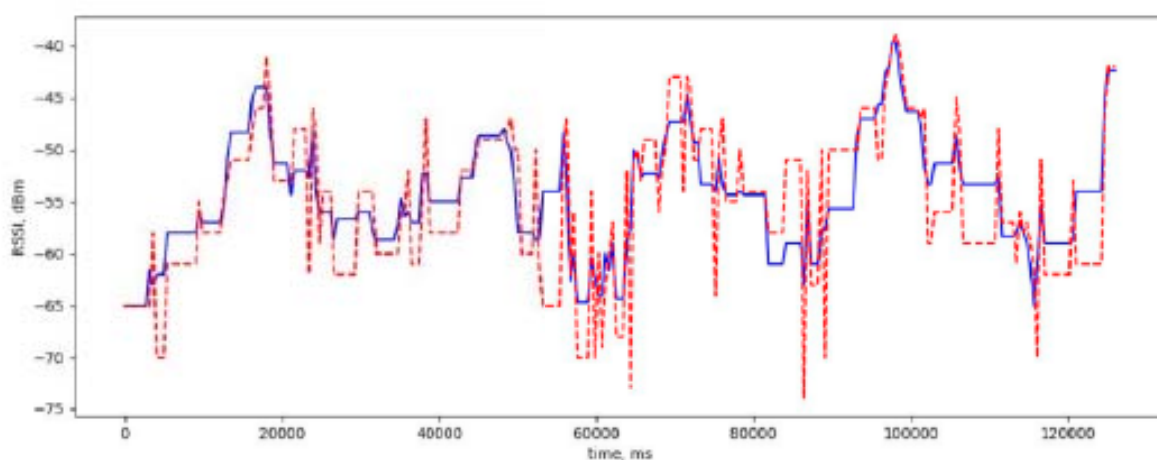


Рисунок 2.10 - Просте ковзне середнє

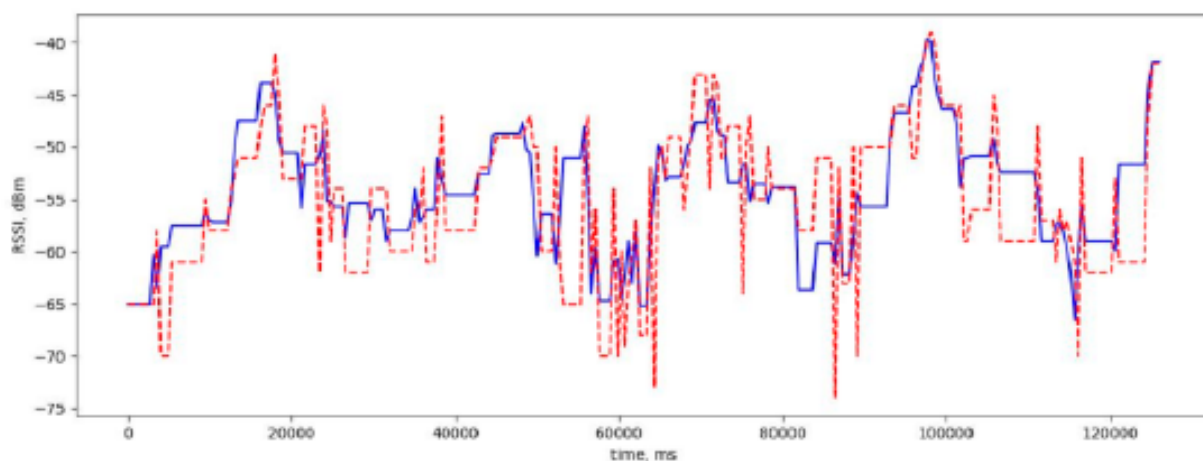


Рисунок 2.11 - Лінійно зважене ковзне середнє

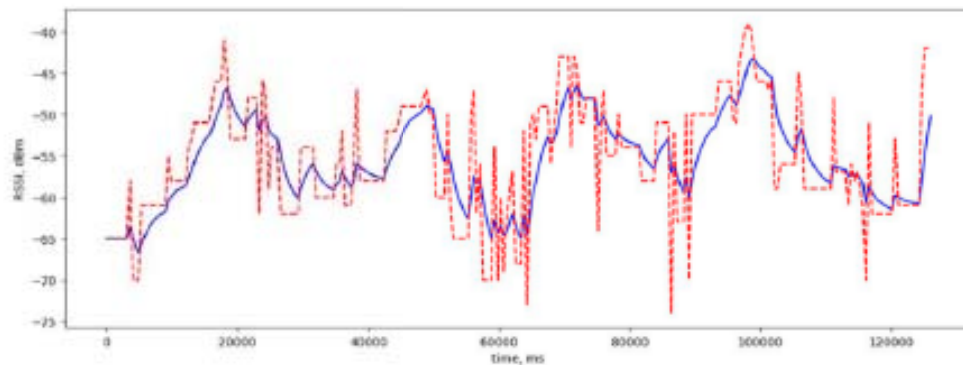


Рисунок 2.12 - Експоненційно зважене ковзне середнє

Можна помітити, що експоненційне згладжування дає найкращий у порівнянні з рештою результат.

Ще одним способом покращити результати є застосування фільтра Калмана на етапі обчислення координат. Для його використання потрібна інформація про фізику руху, яка може бути отримана від інерційних датчиків, таких як акселерометр, гіроскоп та магнітометр, встановлених усередині мобільного пристрою. На жаль, розробка повноцінної ІНС для мобільних пристроїв є великою і трудомісткою задачею і не буде представлена в цій роботі. Без інформації про фізику руху фільтр Калмана стає дуже схожим зі згладжуванням експоненційно зваженою ковзною середньою і взагалі використаний бути не може, тому що це порушує саму ідею Калмана.

Насправді, користуючись пристроєм, людина, зазвичай, тримає їх у деякому невеликому інтервалі висот над рівнем статі чи землі. У середньому ця величина становить близько 120 см. Це значення було отримано на підставі вимірювань висоти смартфона над рівнем землі при використанні людей різного зросту.

Для демонстрації роботи програми на рис. 2.14 використовується порівняння дійсної зміни координат під час переміщення всередині кімнати та координат, що обчислюються додатком. Габарити кімнати: 7*7 метрів, для демонстрації використовувалися 4 маяки, встановлені у кутах на висоті 2.3 метри.

Чорні точки – маяки, червоні точки – розраховані координати пристрою, біла лінія – зразкове переміщення.

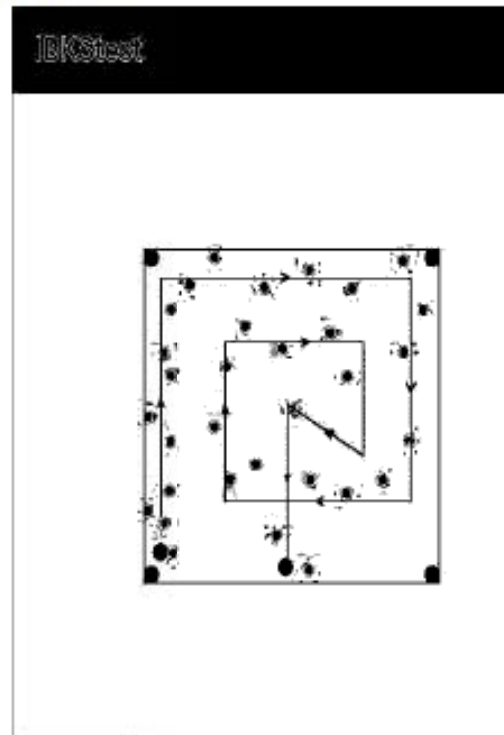


Рисунок 2.14 - Результат праці програми

Таким чином, програма дозволяла визначати розташування користувача з похибкою, яка не перевищує 2 метри [21].

Після аналізу результатів можна зробити висновок о потребі в розробці власної системи навігації всередині приміщень. Оскільки похибка яка може бути отримана при використанні описаної технології сягає до 2 метрів, це може дорівнювати довжині робочого столу користувача, що призведе до невірному розташування та падіння швидкості з'єднання.

В подальшому буде розроблено прототип пристрою на основі мікропроцесора ESP8622, що дозволяє користувачеві визначати своє місце розташування всередині приміщення у ручному режимі. Як основну технологію візуалізації пропонується використання хмарних технологій.

3 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

Для побудови пристрою будемо використовувати чип ESP8266.

3.1 Опис чипу ESP8266EX

Чип ESP8266EX компанії Espressif - високо-інтегроване Wi-Fi SoC рішення, що задовольняє запити індустрії Інтернету речей у низькому енергоспоживанні, компактності та надійності з режимами 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r.

Маючи повноцінний Wi-Fi та мережевий стек, чип ESP8266EX може як виконувати програми самостійно, так і працювати під керуванням зовнішнього мікроконтролера. Працюючи самостійно, ESP8266EX виконує програму, завантажуючи її із зовнішньої флеш-пам'яті. Вбудований високошвидкісний кеш підвищує продуктивність системи та дозволяє ефективно використовувати оперативну пам'ять. Працюючи під керуванням зовнішнього мікроконтролера, ESP8266EX може виступати у ролі Wi-Fi адаптера, передаючи дані через SPI, SDIO, I2C чи UART інтерфейси.

ESP8266EX містить антенний перемикач, узгоджувач трансформатор, підсилювач потужності, малошумливий підсилювач, фільтри, модулі керування живленням. Компактна конструкція та високий ступінь інтеграції дозволяють мінімізувати розмір друкованої плати та кількість зовнішніх компонентів.

ESP8266EX містить розширену версію 32-бітного процесора Lx106 фірми Tensilica серії Diamond та вбудовану оперативну пам'ять (SRAM). Він може бути з'єднаний із зовнішніми датчиками та іншими пристроями через інтерфейси введення/виведення загального призначення (GPIO). Пакет програм для розробки програм (SDK) містить зразки програм для різноманітних застосувань.

Smart Connectivity Platform (ESCP) компанії Espressif Systems забезпечує складні функції, включаючи швидкий перехід між режимом сну та режимом пробудження для цілей енергоефективності, адаптивне підстроювання радіо

тракту для роботи з низьким енергоспоживанням, удосконалену обробку сигналу, придушення паразитних сигналів та механізм радіопередачі для стільникового зв'язку, Bluetooth, DDR, LVDS, пом'якшення LCD перешкод.

Існує безліч модифікацій плат, які називаються зазвичай від ESP-01 до ESP-12. Сьогодні вже з'явилися ще інші назви плат від сторонніх розробників. Відмінності в платах полягає в основному в портах вводу-виводу, кількості флеш-пам'яті, виду конекторів і т.п. Процесор - той самий, отже з погляду програмування немає значення яку плату програмувати.

Специфікація ESP8266:

- Напруга живлення: 3,3 В
- Енергоспоживання: 10 мкА ... 170 мА
- Флеш-пам'ять: до 16 мб максимум (зазвичай 512 кб)
- Процесор: Tensilica L106, 32 біта
- Швидкість процесора: 80...160 МГц
- ОЗП: 32 кб + 80 кб
- Порти введення-виведення загального призначення: 17 (мультиплексовані з іншими функціями)
- Максимальна кількість підключень TCP: 5

На рис. 3.1 представлена функціональна схема ESP8266EX.

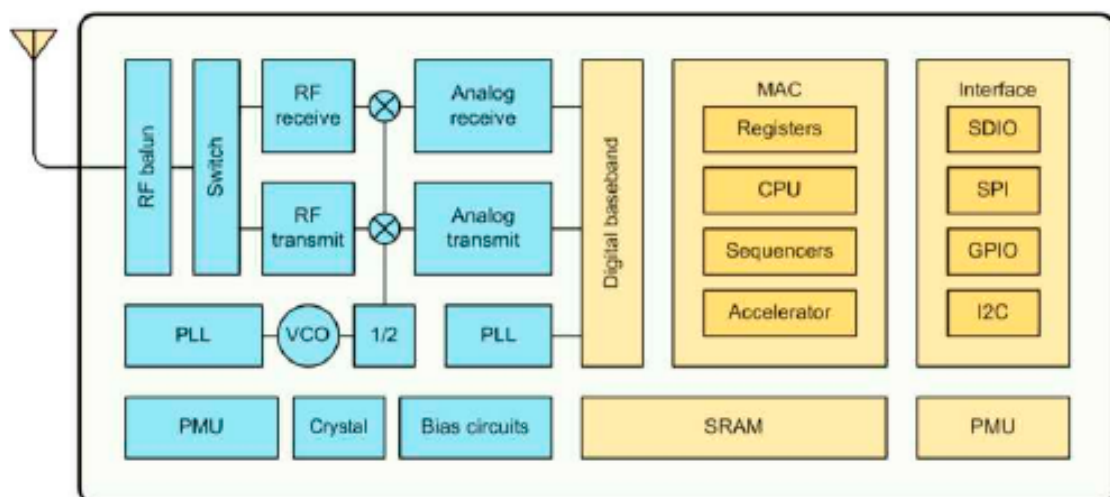


Рисунок 3.1 - Функціональна схема ESP8266EX

ESP8266EX має 17 виводів GPIO, які можуть бути призначені для різних функцій шляхом програмування відповідних регістрів [22].

Кожен GPIO є двоспрямованим та неінвертованим, має внутрішні підтяжки на напругу живлення або на землю, і може бути переведений у стан з високим імпедансом. Коли GPIO налаштовано як вхід, вхідні значення можуть бути прочитані з регістрів. Вхід також може бути використаний як джерело переривань за рівнем або перепадом напруги.

Ці виводи можуть бути поєднані з іншими функціями, такими як I2C, I2S, UART, PWM, IR тощо.

Для роботи в режимі енергозбереження виводи GPIO можуть підтримувати стан. Наприклад, коли чіп вимкнено, всі виходи можуть бути вимкнені.

Додаткова функція утримання за потреби може бути вбудована у IO. Коли IO не управляється внутрішньою або зовнішньою схемою, функція утримання може бути використана для збереження останнього використаного стану. Функція утримання дає деяку позитивну зворотний зв'язок контактний майданчик. У зв'язку з цим, зовнішня схема управляюча контактом, повинна подавати струм більший, ніж струм зворотного зв'язку. Необхідна сила струму невелика - близько 5 мкА.

Таким чином, модуль є закінченим функціональним пристроєм, який здатний використовуючи технології хмарних обчислень, (наприклад, thingspeak.com) побудувати теплову карту розподілу поля Wi-Fi мереж.

Для отримання координат в процесі вимірювання на етапі тестуванні пропонується ручний режим за допомогою кнопок.

Надалі планується робота щодо поліпшення пристрою, збільшення точності обчислень та значне розширення функціоналу. Для зменшення похибки планується розробити рішення на основі використання сучасних датчиків.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ КАРТ

4.1 Публічні хмарні сервери для IoT пристроїв

ESP8266 досить потужний процесор, має багато пам'яті, вбудований контролер WiFi. Але він не може самостійно візуалізувати теплову карту, яка нам потрібна для оцінювання рівня сигналу. Для вирішення цього питання будемо використовувати якийсь сервер - посередник, який прийматиме повідомлення від пристрою і передаватиме їх користувачу, і навпаки. Крім того, на сервер також лягає завдання відображати теплову карту. Звичайно, є варіанти і прямого зв'язку, але вони не розглядаються через складність реалізації.

Проведемо аналіз і структуруємо можливості тих чи інших безкоштовних сервісів, які допоможуть вирішити поставлене завдання.

4.1.1 MQTT брокери

Протокол MQTT - це мабуть найперше, на що натикаєшся в пошукових системах, коли шукаєш спосіб віддаленого управління різними "розумними пристроями". Для даного протоколу існує багато готових бібліотек для Arduino IDE. Мобільних програм - достатньо, щоб вибрати і для смартфона, і для контрольної панелі, зробленої з стародавнього планшета. Тож це, напевно, найпопулярніший варіант для реалізації віддаленого керування. Хмарних серверів також досить багато, називаються вони MQTT брокерами. Короткі відомості наведені в таблиці 4.1, детальніше кожен брокер буде описано нижче [23].

Таблиця 4.1 — Перелік MQTT брокерів.

Сервіс	Версія протоколу порти	Гип авт*	Web	API	Префікс топіків	Найбільш бюджетний тарифний план (за місяць)		Особливості
						Ціна	Обмеження	
cloudmqtt.com	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	✓	✗		5 \$	25 підключень; 20 Kbit/s	Немає безкоштовних тарифів
mqtt.by	TCP	L+P	✗	✗	/user/xx/	FREE	без обмежень	Потрібен певний префікс для топіків

flespi.io	MQTT TCP, TLS	5 TOK	✓	✓		FREE	100 підключень; 1 млн повідомлень за хвилину; 100MB retained пові- домлень	Складний інтерфейс та керування до- ступом. Платні послуги на запит.
shiftr.io	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	✓	✓		FREE	100 підключень; 5000 повідомлень за секунду; 6 годин роботи на добу	Цікавий інтерфейс моніторингу роботи сервера
HiveMQ Public Broker	MQTT 3.1.1 TCP, WS	×	×	×		FREE	без обмежень	Публічний сервер, без авторизації
HiveMQ Cloud Cluster	MQTT 3.1.1 TLS only	L+P	×	×		FREE	100 підключень; 10 GB щомісяця; термін зберігання до 3 днів	Невеликий час зберігання retained пові- домлень, при перевищенні ліміту basic по- годинна ставка
mosquitto.org	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS, WS+TLS	×	×	×		FREE	без обмежень	Публічний сервер без авторизації. Ідеальний для тестування TLS
IBM Cloud (Bluemix)	TCP, TLS	?	✓	✓	топик в строго опр. форматі	FREE	500 підключень; 200 MB на метрику	IoT платформи. Дуже складний варіант. Топи- ки у строго ви- значеному форматі
mqtt.dioty.co	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	×	×	/e@mail/	FREE	без огр. по клієнтам; 50000 повідомлень на місяць (~70 на годину)	Потрібний певний префікс для топиків. Обмеження приблизно 70 повідомлень на годину
Solace.Cloud (PubSub+)	TCP, TLS	?	✓	✓		FREE	50 підключень; 1 GB даних на місяць; 4 GB збережених даних	IoT плат- форми. Дуже складний варіант.
myqthub.com	MQTT 3.1.1 TCP, TLS	L+P	✓	✓		FREE	50 під- клю- чень; 10000 пові- домлен ь на день; 10 MB retained	Складна си- стема обме- жень

Примітка: у стовпці "Тип авт." вказано тип авторизації:

- **×** – без авторизації (публічний брокер)
- **L+P** – авторизація за логіном та паролем
- **TOK** – авторизація за токеном, що генерується сервісом

- **SRT** – авторизація за сертифікатом користувача

Сервіс `cloudmqtt.com` досить зручний та простий, все інтуїтивно зрозуміло. У 2018 році сервіс допускав на безкоштовному тарифному плані підключення до 10 пристроїв, що цілком влаштувало мене. Однак до кінця 2018 року власники сервісу переглянули свою політику і на безкоштовному тарифному плані “Cute Cat” стало доступно лише 5 підключень. З липня 2020 року і цю нагоду заблокували. Тепер `CloutMQTT.com` став повністю платним. Найдешевший платний тарифний план `Humble Hedgehog` коштує на момент написання статті 5 \$ на місяць. Ні, мене одне досить відоме земноводне душисть платити такі гроші щомісяця. Та й можливостей при цьому не так і шикарно – 25 підключень. Тож довелося шукати інші варіанти.

Плюси: багато прикладів на різних сайтах.

Мінуси: немає безкоштовних тарифів, все лише за гроші.

Простий у використанні білоруський брокер `mqtt.by`. Про обмеження не сказано нічого. Підтримує авторизацію, але є можливість зробити деякі топіки публічними, тобто відкрити для решти користувачів сервісу. Але немає підтримки безпечного з'єднання (TLS), це може бути критично для деяких програм. Кожен публікований топік повинен починатися з префіксу `"/user/ім'я_користувача"`, що дещо ускладнює налаштування мобільних mqtt клієнтів, але не суттєво. З плюсів – на сервері є загальнодоступні топіки з датою та часом, що дуже зручно для контрольної панелі на основі планшета, яка працює 24 години на добу – заразом і годинники ще одні. Загалом, цілком собі нормальний брокер, аби лише працював стабільно.

Плюси: без будь-яких обмежень, є публічні топіки, можна опублікувати свої топіки.

Мінуси: потрібний певний префікс для топіків, немає SSL/TLS шифрування підключень.

Сервіс `mqtt.flespi.io` допускає аж 100 конкуруючих підключень одночасно і величезні обсяги повідомлень, що передаються і зберігаються. Однак сервіс не такий зручний, як `CloudMQTT`. Контрольна панель не дуже зручна (хоча й удосконалюється), налаштування прав доступу не зрозуміле на перший погляд. Авторизація і пристроїв, і смартфонів виконується як у всіх, а по генерованим токенам з обмеженим терміном дії. Деяких потрібних мені функцій немає, або я не знайшов, як користуватися. Наприклад, як видалити збережені повідомлення з бази – я так і не знайшов. Строго кажучи, це далеко не тільки MQTT брокер, так що, можливо, я просто не зрозумів всіх його можливостей. І начебто все добре і чудово, але щось не так... Іноді на різних смартфонах перестає оновлюватися інформація в деяких топах. Кілька разів сервіс повністю блокував обліковий запис на кілька годин, я навіть у панель увійти не міг. На якийсь період ввели обмеження в 10 сесій (замість 100), потім мабуть одумалися і повернули 100. Зрештою, я просто плюнув і пішов з цього чудового сервера. Після цього виявилася ще одна цікава особливість – якщо не входити до свого облікового запису протягом якогось часу, то обліковий запис буде видалено (хоча при цьому пристрій, який поки що працює через цей обліковий запис, продовжує працювати до закінчення часу токена).

Плюси: до 100 підключень.

Мінуси: не дуже зручний, складний у налаштуванні спочатку, доступ по токенам з обмеженим терміном дії.

Сервіс `shiftr.io` - досить цікавий брокер, посилання на який надіслав. Сервіс підтримує MQTT протокол версії 3.1.1, підключення можливе через TCP, SSL/TLS та WebSocket з'єднання. Крім того, можлива взаємодія з брокером по HTTP-протоколу, наприклад, це може бути корисно для отримання даних на будь-який сайт або додаток. Сервіс надає вже готовий Desktop-додаток для роботи з брокером. Головною ж особливістю брокера є досить цікавий інтерфейс управління, на якому в динамічному режимі відображаю-

ться у вигляді схеми підключені пристрої, генеровані ними топики, підписки на них, і дані, що передаються у вигляді кульок, що літають.

На безкоштовному тарифі можливе підключення до 100 пристроїв одночасно та до 5000 повідомлень за секунду. Крім того, можна створити кілька екземплярів брокера та працювати з ними паралельно. Для особистого застосування цілком прийнятні умови. Але, на превеликий жаль, є ще одне обмеження: безкоштовні екземпляри не можуть працювати більше 6 годин на добу, після чого вони переводяться в сплячий режим.

Проблеми із підключенням до `shiftr.io`: на тестовому пристрої проявляється як періодичні обриви зв'язку клієнтів (ESP32 та смартфона) від брокера, панель управління у цей час видає "Instance Unreachable".

З інших особливостей варто відзначити відсутність префікса перед топиками (тобто немає необхідності ставити ім'я користувача або слеш (/) перед ім'ям топика: замість `"/device/lamp0"` слід писати `device/lamp0`), тобто цей брокер цілком підходить для роботи з IoT Manager. Довжина топика обмежена 128 символами, а розмір повідомлення, що публікується, не може бути більше 64 кілобайт. Кількість підписок на кожне активне підключення не повинна перевищувати 100. Є можливість перевести створений Вами приватний екземпляр у публічний доступ, тобто надати доступ до нього всім бажаючим (наприклад, для демо-версії Вашого проекту).

Плюси: до 100 підключень; немає необхідності в префіксі топиків (підходить для IoT Manager).

Мінуси: сервер працює лише 6 годин на добу; досить часті обриви зв'язку з брокером (Instance Unreachable).

Повністю безкоштовний публічний брокер `HiveMQ Public Broker` без жодних обмежень. Принаймні, на головній сторінці брокера про них не написано. Але є велике "АЛЕ" - цей брокер не має жодної авторизації, тобто взагалі ніякої. Тобто всі повідомлення, що пересилаються між пристроєм і користувачем, може прочитати будь-хто. У цьому не було б великої трагедії, якщо це тільки якісь показники температури і вологості, секрету вони не

представляють. Але коли справа стосується віддаленого управління "розумним будинком", то такий брокер вже в принципі не підходить.

Плюси: безкоштовний, без обмежень щодо підключень.

Мінуси: підходить тільки для тестування та метеостанцій без віддаленого керування.

Комерційний брокер HiveMQ Cloud Cluster з авторизацією. HiveMQ Cloud підтримує всю специфікацію MQTT, включаючи QoS 1 та 2, збережені повідомлення, загальні передплати, властивості користувачів та негативні підтвердження. На безкоштовному тарифному плані Basic допускається 100 конкурентних підключень, 10 гігабайт трафіку щомісяця, максимальний розмір повідомлення 5 мегабайт, при цьому термін зберігання повідомлень не більше трьох днів. На платних тарифах (при перевищенні ліміту) ціни погодинні та можуть сягати майже 8\$.

Ім'я сервера та порт підключення можна дізнатися на вкладці Overview після реєстрації у сервісі. Сервер дозволяє налаштовувати облікові записи для кожного пристрою окремо, а також має вбудовані інструменти для початку роботи з брокером. З опису не зовсім ясно, чи підтримуються TLS-з'єднання чи ні.

Плюси: 100 конкурентних підключень на базовому тарифі.

Мінуси: невеликий час зберігання retained повідомлень, при перевищенні ліміту basic погодинна ставка.

Ще один публічний брокер без авторизації - mosquitto.org. Можна не повторюватися, все те саме, що й у HiveMQ Public Broker. Зверніть увагу на те, що всі ці сервери підтримують шифрування TLS аж ніяк не означає, що дані користувача захищені. Захищений канал передачі між пристроєм і сервером, але дані знаходяться у відкритому доступі.

Особливістю даного сервера і те, що у ньому реалізовані порти з різними варіантами підключення по SSL:

- 1883: MQTT, незашифрований

- 8883: MQTT, зашифрований
- 8884: Зашифрований MQTT потрібен сертифікат клієнта
- 8887: Зашифрований MQTT, термін дії сертифіката сервера навмисно

закінчився

- 8080: MQTT через WebSockets, незашифрований
- 8081: MQTT через WebSockets, зашифрований

Це дозволяє тестувати процес підключення до MQTT у різних ситуаціях.

Плюси: відмінно підходить для налагодження підключення; безкоштовний, без обмежень щодо підключень.

Мінуси: підходить тільки для тестування та метеостанцій без віддаленого керування.

IBM Cloud (Bluemix) -це не mqtt брокер, це ціла платформа "Internet of Things Platform". Але в її складі є і mqtt брокер. На безкоштовному тарифному плані "Lite" допускається аж до 500 зареєстрованих пристроїв та по 200 МБ інформації на кожну метрику. Цілком шикарно не тільки для дому, а й для комерційних пристроїв. По-перше, із цією платформою дуже складно розібратися. Документація є, але її дуже багато. По-друге, платформа дозволяє публікувати топики строго у певному форматі: "iot-2/evt/event_id/fmt/format_string". Так само з командами: "iot-2/cmd/command_id/fmt/format_string". І все – жодних вольностей – тобто тільки номер повідомлення і саме повідомлення. А ось форматів повідомлень, що передаються, вже більше – "json", "xml", "txt", та "csv". Можливо, комусь такий підхід здасться дуже правильним і зручним.

Плюси: дуже великі ліміти щодо підключень.

Мінуси: дуже складний для новачка, обмеження по топіках.

Вже повністю безкоштовний брокер - mqtt.dioty.co. На сторінці параметрів підключення написано наступне: "Цей брокер MQTT в даний час працює в бета-версії. На цьому етапі бета-тестування ми не стягуватимемо плату, якщо ви перевищите ліміт у 50000 повідомлень на місяць. Однак ми

залишаємо за собою право тимчасово призупинити дію вашого облікового запису, якщо ви впливаєте на обслуговування інших користувачів. У цьому випадку ми завжди будемо зв'язуватися з вами електронною поштою, щоб спробувати зрозуміти ваші конкретні потреби і те, як ми можемо їх задовольнити.”. 50000 повідомлень на місяць – це приблизно 70 повідомлень на годину, що не так вже й багато, якщо врахувати, що один пристрій може публікувати за сеанс відправки даних з датчиків до 50 повідомлень. Брокер підтримує авторизацію та TLS-підключення. Реєстрація прив'язана до облікового запису Google. Є невелике обмеження – усі топіки користувача повинні починатися з адреси електронної пошти, через яку ви зареєструвалися у сервісі, наприклад: `“/user12@i.ua/.../.../...”`. Але ця проблема більш-менш істотна тільки при налаштуванні MQTT клієнтів на смартфоні (більше тексту набирати), та й то не завжди.

Плюси: повністю безкоштовний.

Мінуси: потрібен певний префікс для топіків, обмеження приблизно 70 повідомлень на годину.

Solace.Cloud (PubSub+) - це не так MQTT брокер, як ціла IoT платформа. На безкоштовному тарифному плані допускається до 50 підключень, до 1 GB даних, що передаються в місяць, до 4 GB збережених даних (retained повідомлень). Але навіть у free версії дуже багато налаштувань – у ньому складно розібратися.

Плюси: до 50 підключень.

Мінуси: досить складний в освоєнні.

На безкоштовному тарифному плані myqthub.com припускає: до 100 користувачів, але до 50 підключень; 10MB даних, що зберігаються; до 50 підписок на підключення, максимум 250 підписок (причому не ясно, чи підписка `“home/#”` – це одна підписка чи багато?); 300 повідомлень за хвилину, але не більше 800 на годину і не більше 10000 на день. Якщо виходити з регулярних (кожних п'ять хвилин) публікацій, виходить не більше 34 повідомлень за раз.

Є й ще обмеження – докладніше дивіться на головній сторінці сервісу. Обмеження, втім, виглядають цілком реальними домашнього використання.

Плюси: до 50 підключень.

Мінуси: обмеження щодо кількості повідомлень.

Таким чином, можна зробити висновок, що MQTT простий та зручний спосіб запису даних та подальшої обробки на стаціонарній техніці, але в розглянутих сервісах не має функцій оборки графічної інформації. Для перегляду графіків є інші послуги, налагодити роботи з якими також не становить особливих труднощів. Деякі з них представлені нижче.

4.2 Сервіс ThingSpeak

Відкрита IoT-платформа із MATLAB-аналітикою. Сервіс компанії Math Works, створений для Інтернету речей, тісно пов'язаний із продуктами Math Works (MATLAB). ThingSpeak - це служба аналітичної платформи IoT, яка дозволяє збирати, візуалізувати та аналізувати потоки даних у реальному часі у хмарі. Ви можете надсилати дані до ThingSpeak зі своїх пристроїв, створювати миттєві візуалізації даних у реальному часі та надсилати оповіщення за допомогою веб-сервісів, таких як Twitter та Twilio. Завдяки аналітиці MATLAB усередині ThingSpeak ви можете писати та виконувати код MATLAB для виконання попередньої обробки, візуалізації та аналізу. ThingSpeak доступний як безкоштовний сервіс для некомерційних невеликих проектів (<3 мільйони повідомлень на рік або ~ 8200 повідомлень на день). Сервіс дозволяє накопичувати дані в своїх сховищах, після чого їх можна зручно переглядати у вигляді графіків [25].

З особливостей сервісу він має інтеграцію з MatLab Analytics з підтримкою скриптів MatLab. У безкоштовному обліковому записі сервіс дозволяє створювати до чотирьох каналів, у кожному з каналів можна зберігати до 8 полів з різними даними. Ще в безкоштовному акаунті існує ще одне обмеження - не можна публікувати дані частіше одного разу на 15 секунд

(рекомендується пауза в 20 секунд), це як би "захист" від перевищення ліміту 8200 повідомлень на день.

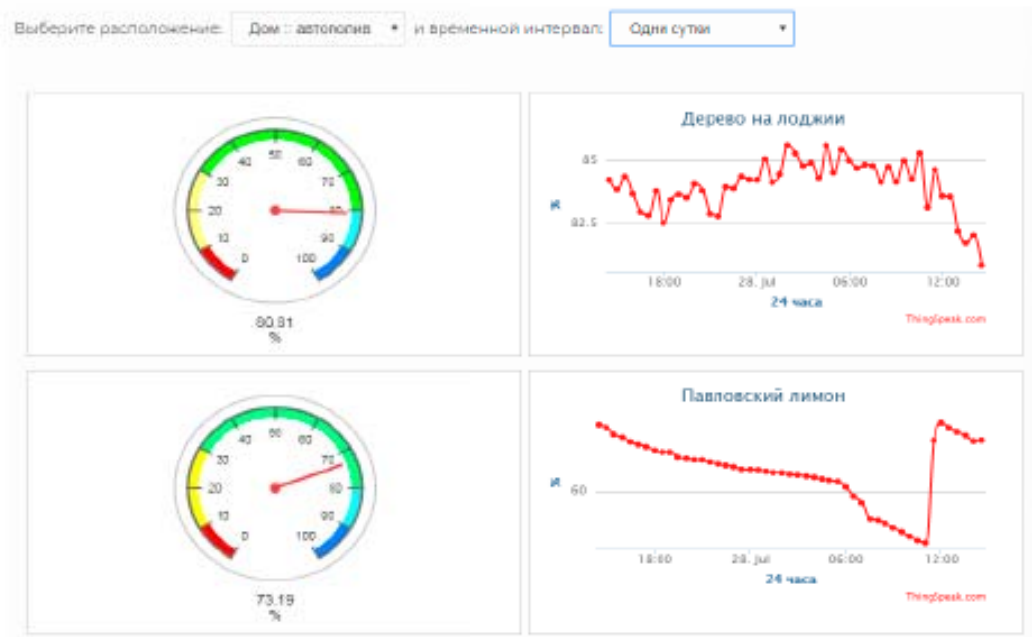


Рисунок 4.1 - Сервіс ThingSpeak

У принципі, пристроям легко вписатися в цей ліміт для даного завдання. Є кілька програм – клієнтів для Android, але набагато менше, ніж для MQTT.

Плюси: просте використання на ESP, зручний сайт.

Мінуси: багато обмежень на безкоштовному обліковому записі.

4.3 Сервіс open-monitoring.online

Цей сервіс у чомусь аналогічний ThingSpeak – на нього можна точно також надсилати дані та потім переглядати у вигляді таблиць, графіків та гістограм. Інтерфейс простіший, ніж у ThingSpeak, але й налаштувати його набагато простіше. Крім того, графіки тут виглядають набагато "симпатичнішими", ніж на ThingSpeak, і керувати ними простіше - немає необхідності налаштувати функції при зміні інтервалу вибірки, сервіс робить це автоматично. Дуже зручно. І найголовніше - сервіс з деяких пір вмiє відправляти повідомлення про вихід параметрів за допустимі межі або вимкнення пристрою.



Рисунок 4.2 - Сервіс open-monitoring.online

Спочатку цей сервіс був створений, для моніторингу параметрів персональних сонячних електростанцій, але цілком підходить і для інших цілей. Сервіс доступний усім і безкоштовно, без суттєвих обмежень на даний момент. Єдине обмеження - відправка на сервер групи значень для одного контролера не може бути частіше одного разу на хвилину. На даний момент у кожному контролері можна зберігати до 30 значень (крім обчислюваних "на льоту"), на кількість контролерів обмежень як би немає. Надсилання даних на сервер здійснюється простим get-запитом, реалізація на ArduinoIDE займає не більше години. На відміну від ThingSpeak, збережені дані можна переглядати на одному графіку (з накладенням), а також налаштовувати якийсь dashboard для виведення останніх значень. Також можна переглядати збережені значення у вигляді простої таблиці. Бібліотека для надсилання даних для ESP32 + ESP-IDF знаходиться на GitHub.

Плюси: просте використання на ESP, зручний інтерфейс, майже немає обмежень.

Мінуси: немає можливості вивести графіки на сторонні сайти (на відміну від ThingSpeak).

4.4 Сервіс beebotte

На головній сторінці цього сервісу написано наступне: “підключення всього в режимі реального часу з використанням багатого API, що підтримує REST, WebSockets та MQTT”. У безкоштовному режимі кількість каналів та ресурсів не обмежена, але обмежена кількість повідомлень: 0.05 Million per day 1.5 Million per month. Для повідомлень, що зберігаються, ліміти ще менше: 5 000 per day 150 000 per month. Крім того, повідомлення зберігаються лише максимум три місяці, після чого видаляються. Про мобільний клієнт для смартфона мені поки що нічого не відомо.

Таким чином, робимо висновок о використанні сервісу ThingSpeak для обробки отриманих даних та подальшого отримання теплових карт розповсюдження сигналу.

Отримана тепла карта після проведення виміру приведена на рис. 4.3, програмний код який використовувався приведено у додатку А.

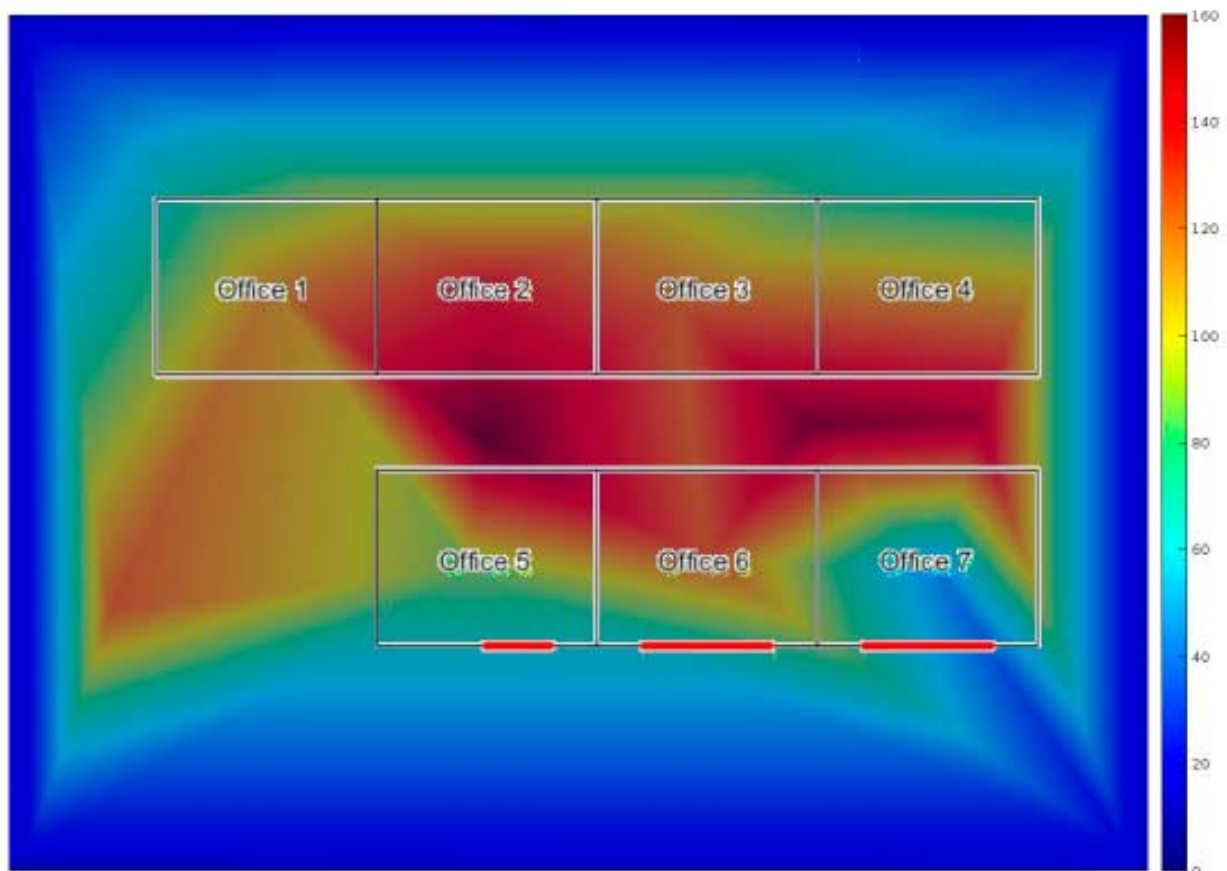


Рисунок 4.3 — Теплова карта радіосигналу Wi-Fi мережі.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень.

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій [26].

5.1 Визначення стадій розробки

Стадії роботи, які необхідні для розробки блоку вимірювання рівня сигналу, а також зміст робіт на кожній стадії зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Стадії розробки блоку вимірювання рівня сигналу

№ з/п	Стадії розробки	Вміст робіт	Тривалість етапу, днів	Примітка
А	Постановка завдання	Узгодження технічного завдання із замовником	3	1 інженер
Б	Вивчення об'єкту	Аналіз існуючих схемних рішень	10	1 інженер
В	Розробка проекту	Проектування схеми та конструкції	3	1 інженер
Г	Проведення дослідження та розробки	Розробка технічної документації	20	1 інженери
Д	Узгодження із замовником	Демонстрація. Виправлення помилок.	2	2 інженери
Е	Передача замовнику	Передача результатів замовнику, підписання акту здачі робіт	5	1 інженер

Для визначення терміну виконання етапів розробки блоку вимірювання рівня сигналу, а також витрат, будується лінійний графік, який відображує в наочному вигляді терміни виконання кожного етапу як окремо, так і в цілому. На рис. 5.1 зображений лінійний графік стадій вказаних в таблиці 5.1.

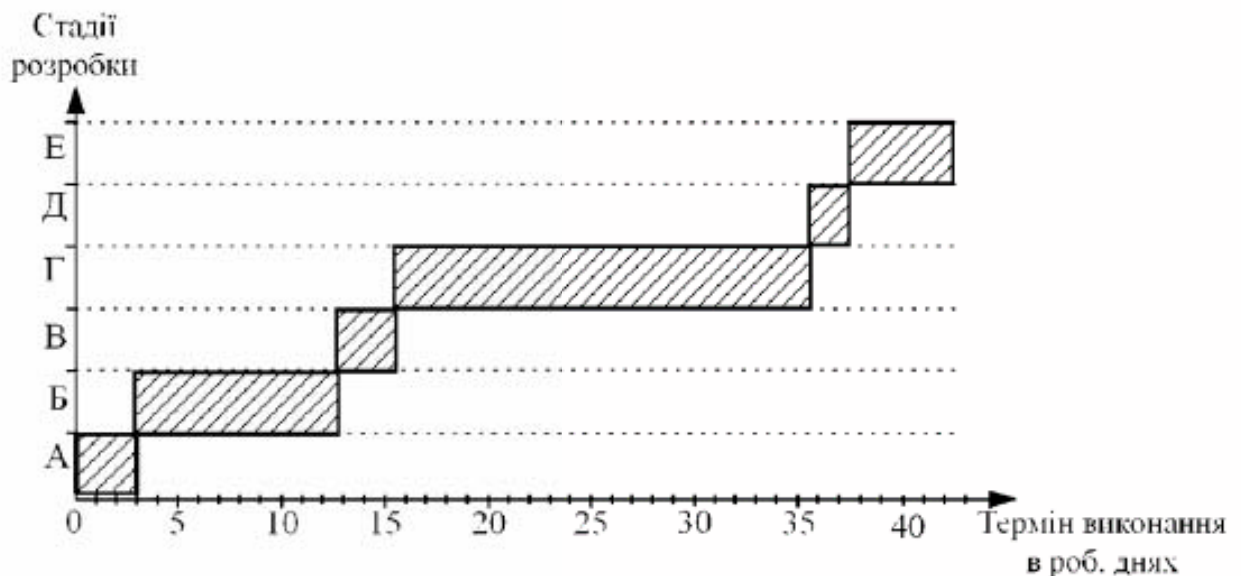


Рисунок 5.1 – Лінійний графік розробки блоку вимірювання рівня сигналу

Відповідно до рис. 5.1 на види роботи А-Е, потрібно 43 восьмигодинних робочих днів.

Для виконання робіт по етапу А необхідно 1 людину – інженера технічного забезпечення проекту.

Для виконання робіт по кожному з етапів Б-Г необхідно 1 людину – інженера інженер електронної техніки.

Для виконання робіт по етапу Д необхідно 2 людини – 1 інженера технічного забезпечення, 1 інженер електронної техніки.

Для виконання робіт по етапу Е необхідно 1 людину – 1 інженер технічного забезпечення.

У зв'язку з наведеним вище списком працівників для виду робіт, в таблицю 5.2 зводяться всі необхідні співробітники з кількістю робочих днів участі в проекті.

Таблиця 5.2– Співробітники проекту

Найменування	Кількість співробітників людей	Кількість робочих днів участі в роботі, роб. дні	К-ть часу, витраченого на участь в проекті, ч
Інженер технічного забезпечення проекту	1	10	80
Інженер електронної техніки	1	35	280

5.2 Розрахунок заробітної плати

Заробітна плата кожного співробітника нараховується виходячи з годинної тарифної ставки. Вони представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Тарифні ставки співробітників

Найменування співробітника	Тариф Тсер, грн./год.
інженер технічного забезпечення проекту	55
інженер електронної техніки	60

Заробітна плата кожного співробітника визначається по формулі [26]

$$ЗП = N_{\text{роб}} \cdot T_{\text{сер}} \cdot B \quad (5.1)$$

де ЗП – заробітна плата, грн.;

$T_{\text{сер}}$ – ставка кожного співробітника, грн./год;

$N_{\text{роб}}$ – кількість працівників, людей;

B – кількість годин, витрачених на роботу над проектом, год.

Заробітну плату інженера технічного забезпечення збільшуємо на 15%, у зв'язку з необхідністю витрати робочого часу на коректування документів.

Результати розрахунків представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Заробітна плата

Найменування	Заробітна плата, грн.
інженер технічного забезпечення проекту	5060
інженер електронної техніки	16800
РАЗОМ	21860

5.3 Розрахунок кошторису витрат

Кошторис витрат складається виходячи з таких показників: основні засоби (комп'ютер з програмним забезпеченням), заробітна плата, відрахування до єдиного фонду – 37%; накладні витрати (60...150% від фонду заробітної плати), які включають різні господарські та адміністративні витрати.

Далі наводиться вартість устаткування і програмного забезпечення, представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Вартість устаткування і програмного забезпечення

Найменування	Ед.вим.	К-ть	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Комп'ютер	шт	1	15000,00	15000,00
Програмне забезпечення для моделювання та проектування	шт	1	20000	20000
Осцилограф	шт	1	5000,00	5000,00
Мультиметр	шт	1	350,00	350,00
Джерело живлення на 5А	шт	1	3780	3780
РАЗОМ				44130,00

Амортизація основних засобів (комп'ютер, осцилограф, мультиметр) [26]:

$$S_{ам} = \sum \frac{a_{ам}}{100} \cdot \text{вартість} \cdot \frac{T_{вик}}{T_{можл.вик.}} \quad (5.2)$$

$$S_{аморт} = 0,15 \times 20350 \times (34,5 \times 8 / 2100) = 401,2 \text{ грн.}$$

Електроенергія, що витрачається при роботі інженера електронної техніки:

$$S_e = \text{тариф} \times \text{потужність} \times N \times T_{\text{вик}} \quad (5.3)$$

де N – кількість комп'ютерів, осцилографів, мультиметрів

$$S_e = 1,68 \times 0,5 \times 2 \times 240 = 403,2 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на розробку блоку вимірювання рівня сигналу представлений в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат

№ з/п	Найменування	Разом:
1	Вартість програмного забезпечення	20000,00
2	Основні засоби	20350,00
3	Амортизаційні відрахування	401,2
4	Витрати на електроенергію (машинний час)	403,2
5	Заробітна плата	21860
	Всього	63014,4

Економічні розрахунки на момент проведення дослідження підтвердили доцільність розробки блоку вимірювання рівня сигналу для використання в умовах серійного виробництва.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

До небезпечних чинників в лабораторії при розробці блоку вимірювання рівня сигналу відносяться:

- небезпека ураження електричним струмом;
- температура при роботі з паяльними станціями;
- підвищений рівень шуму на робочому, що виникає від установки штучної вентиляції, паяльної станції та роботи персонального комп'ютеру (ПК);
- недостатня освітленість робочої зони;
- пил, що з'являється під час механічної обробки друкованої плати;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин (пари свинцю і його окислів), які утворюються під час пайки [27].

Кожне з чотирьох робочих місць складається зі спеціально обладнаного робочого столу та полиць на яких розміщено обладнання для налагодження пристрою та контрольно-вимірювальних приладів, а саме:

- двох паяльників та двох паяльних станцій;
- двох персональних комп'ютерів;
- місцевого освітлення.

Серед потенційно небезпечних та шкідливих факторів в лабораторії можна виділити наступні:

- підвищена температура при роботі з паяльниками та паяльними станціями;
- небезпека ураження електричним струмом як при наладці та і при розробці на ПК;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин (пари свинцю та інш.), які утворюються під час пайки;

– пари етилового спирту, які виникає в повітрі під час промивання друкованої плати;

– фактори впливу монітору ПК (інфрачервоне випромінювання, радіація і т.п.).

Одним з найнебезпечніших чинників в лабораторії є електричний струм. Струм ПК може сягати 2А при напрузі 220В, паяльні станції в режимі фену можуть досягти значення струму до десяти ампер. Таким чином, вимірювальні пристрої, струмоведучі провідники, корпус обладнання та ПК несуть велику потенційну небезпеку, оскільки в процесі експлуатації або проведення профілактичних робіт чоловік може торкнутися частин, що знаходяться під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останньої через тіло людини.

У таблиці 6.1 приведені фактори в лабораторії та дана оцінка трудового процесу.

Таблиця 6.1 – Карта умов праці робочого місця розробника в лабораторії

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	Характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1	2	3	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :						10...90
	– пари спирту	0,1	0,2				
	– свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	0,005				
2	Неіонізуюче випромінювання:						100
	– радіочастотний діапазон, В/м	25	20				
	– діапазон промислової частоти, кВ/м	2,5	1,0–1,5				
3	Мікроклімату примі-						

	щени: – швидкість руху повітря, м/с – температура повітря, 0С – відносна вологість, %	0,1 20–24 40–60	0,1–0,3 21–25 45–60				100 100
4	Напруженість праці увага %	90	80	>75			80-100
5	Напруженість аналізаторних функцій			точн а			80
	Шум, дБА	60	70	10			90

В якості припою використовується олов'яно-свинцевий припій, а як флюс використовується безкислотний флюс. Для видалення залишків флюсу застосовується етиловий спирт.

Шум від вентилятора припливно-витяжної вентиляції та ПК може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси в організмі людини. Він не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 1—15%, але нерідко призводить до професійних захворювань. Інтенсивний щоденний, він повільно й незворотно впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку нейросенсорної приглухуватості.

Робота за комп'ютером, супроводжується підвищенням напруженням зору, інтенсивністю і монотонністю праці, збільшенням статичних навантажень, нервово-психічним напруженням, впливом різного виду випромінювань та ін. Внаслідок цього трапляються такі професійні захворювання, як передчасна стомлюваність, погіршення зору, м'язові і головні болі, психічні й нервові розлади, хвороби серцево-судинної системи, онкологічні захворювання та ін.

При перевищення допустимої концентрації парів свинцю під час проведення паяльних робіт на організм людини приводить до зміни репродуктивної, нервової, серцево-судинної, імунної та ендокринної систем. Сполуки свинцю можуть викликати легке отруєння, отруєння середньої важкості та важке отруєння. При тривалому впливі виникає отруєння свинцем.

Для легкого отруєння характерними є розвиток анемії, для середньої важкості – токсичний гепатит, свинцева коліка, астеновегетативний синдром, для важкого – енцефалопатія, порушення координації рухів, розлади мови, периферичні нейропатії. Характерними симптомами свинцевої інтоксикації є свинцева кайма по краю ясен, а також «свинцевий колорит» - землісто-сіре забарвлення шкіри. Виникає енцефалопатія, яка характеризується головними болями, розладами сну, епілептичними паралічами, коматозними станами, депресією. Рухові розлади характеризуються поліневритом з переважним ураженням розгиначів кисті та стопи. Розвивається тремор витягнутих рук, посмикування очних яблук, болі в руках і ногах, болючість при пальпації по ходу нервів, погіршення зору. При свинцевій інтоксикації виникає свинцева коліка з тріадою симптомів: різкі переймоподібні болі в животі, закрепи, підвищення артеріального тиску. Хворих турбують також гарячка, тошнота, блювота, зміни зі сторони серцево-судинної системи – болі в ділянці серця, аритмія, тахікардія, глухі тони, систолічний шум. Для жінок свинець представляє особливу небезпеку, тому що цей елемент має здатність проникати через плаценту і накопичуватися в грудному молоці.

Також небезпечним є електричний струм від обладнання в процесі наладки. Оскільки проходячи через організм, електричний струм надає термічне (опіки, нагрів кровоносних судин, електрометалізація), електролітичне (розкладання крові), біологічне (судоми, порушення діяльності органів дихання і кровообігу) дії.

Небезпека дотику людини до струмоведучих частин пристрою визначається величиною струму, що протікає через тіло людини, порогове значення якого складає 0,5 – 1,5 мА.

6.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Забезпечення безпечної експлуатації вимірювальних приладів для налагодження блоку вимірювання рівня сигналу досягається шляхом

обов'язкового виконання правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. При проведенні робіт з пристроями, повинні виконуватися організаційні і технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться:

- . допуск до роботи;
- . нагляд під час роботи;
- . оформлення перерви під час роботи;
- . оформлення роботи по наряді-допуску.

До технічних заходів при виконанні робіт із зняттям напруги на струмоведучих частинах обладнання в лабораторії відносяться:

перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах;

вивішування попереджувальних плакатів та огорожа струмоведучих частин, які залишилися під напругою.

Технічним засобом безпечної експлуатації обладнання є захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею металевих неструмоведучих частин (радіаторів, корпусів та інш.), які можуть опинитися під напругою унаслідок замикання на корпус і по інших причинах.

До роботи в лабораторії по налагодженню блоку вимірювання рівня сигналу допускаються розробники, які ознайомлені з обслуговуванням, управлінням і наладкою пристрою, з вивченням правил техніки безпеки і виробничої санітарії, з подальшою перевіркою знань.

До ізолюючих електрозахисних засобів в лабораторії, призначених для ізоляції людини від частин обладнання, які можуть виявитись під напругою, відносяться: ізольовані електровимірювальні кліщі та покажчики напруги; ізольовані ручки інструменту; діелектричні рукавиці, гумові килимки.

Раціональне планування лабораторії, розміщення устаткування є важливим чинником, що дозволяє понизити шум, оскільки буде змінено шляхи надходження звукових хвиль.

Таким чином, для зниження шуму, що створюється на робочому місці внутрішніми джерелами, а також шуму, проникаючого ззовні слідує:

- використовувати архітектурно-планувальні і технологічні вирішення ізоляцій джерел шуму (зонування, перегородки).

Для захисту розробників від шкідливої дії шуму під час виробництва пристрою застосовуються засоби індивідуального захисту (антифони, за-глушки і ін.). Ефективність засобів індивідуального захисту може бути забезпечена їх правильним підбором залежно від рівнів і спектру шуму, а також контролем за умовами їх експлуатації.

В ПК вентилятори за необхідністю треба замінити на малошумні, паяльні станції треба вибирати з більш якісними вентиляторами.

Організаційно-технічні засоби захисту від шуму пов'язані з вивченням процесів шумоутворення технологічного і інженерного устаткування, а також з розробкою досконаліших малошумних конструкторських рішень, норм гранично допустимих рівнів шуму на робочому місці інженера.

В цілях профілактики несприятливої дії вібрації яка може виникнути при виробництві блоку вимірювання рівня сигналу, повинні використовувати засоби індивідуального захисту: рукавиці або рукавички, спецвзуття.

Зниженню надходження в повітря робочої зони пилу сприяє хороша герметизація устаткування, своєчасний і якісний ремонт вентиляції, наявність дистанційного керування.

До санітарно-технічних заходів щодо усунення шкідливого впливу пилу відноситься: устаткування робочих місць місцевою витяжною вентиляцією марки DELI-100-15H, укриття устаткування суцільними пиленепроникними кожухами з ефективною аспірацією повітря і ін. Нормами лабораторії встановлено також щоденне вологе прибирання приміщення.

У комплексі профілактичних заходів важливе місце займають періодичні і попередні медичні огляди, дотримання правил особистої гігієни.

6.3 Виробнича санітарія

Робота в лабораторії відноситься до категорій Іб [32]. Це категорія робіт, які виконуються сидячи, стоячи або таких, що зв'язані з ходьбою та деяким фізичним напруженням (енерговитрати 121-150 ккал/годину, тобто 140-174 Вт).

Для створення комфортних метеоумов доцільно установка ефективної системи вентиляції серії ВЕНТС ВУЭ та кондиціонування, забезпечення відповідних площі і об'єму робочого приміщення. Лабораторія обладнана системами центрального опалення, припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням. Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонером марки SAMSUNG спліт AQV09PSD, який має низький рівень шумів та добру холодопродуктивність.

Освітленість робочої поверхні, створена світильниками з 4 лампами по 36Вт з дзеркальним відбивачем загального освітлення, повинна складати не менше 10% нормованої для комбінованого освітлення при таких джерелах світла, які застосовуються для місцевого освітлення [29].

Освітленість даної лабораторії сягає 500 лк, коли мінімальне допустиме значення – 300 лк [29].

У таблиці 6.2 вказані допустимі та оптимальні значення мікроклімату для робочої групи Іб згідно з [27].

Таблиця 6.2 - Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні лабораторії

Період року	Категорія робіт	оптимальна	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
			допустима				оптимальна	Допустима на робочих місцях, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях, не більше
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Пост.	Непост.	Пост.	Непост.							
Холодний	Легка - Іб	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0.1	Не більше 0.2

Темпий	Легка - Іб	22-24	28	30	21	17	40-60	60 (27°C)	0.2	0.1 – 0.3
--------	---------------	-------	----	----	----	----	-------	-----------	-----	-----------

6.4 Електробезпека

При однофазному дотику чоловік зазвичай торкається однією рукою однієї фази, іншою рукою – обладнання. Струм проходить шляхом рука-рука. Ця петля струму вельми небезпечна, оскільки його значна частина проходить через грудну клітку і серце. Небезпека однофазного дотику полягає також в тому, що до тіла людини прикладається найбільша в даній мережі напруга. Але цей вплив може бути зменшено, оскільки струм, що проходить через робочого, обмежується впливом багатьох чинників (опір ізоляції, підлоги, взуття і так далі).

Як розрахунок визначимо величину струму, що проходить через інженера при однофазному дотику в лабораторії.

Струм, що проходить через людину при однофазному дотику, визначається по формулі:

$$I_{np} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + r_{із}}, \quad (6.1)$$

де U_{ϕ} - лінійна напруга ($U_{\phi} = 220 \text{ В}$);

$R_{л}$ – опір тіла людини (приймаємо $R_{л} = 1000 \text{ Ом}$) [31];

$r_{із}$ – опір ізоляції (мінімальний опір для лабораторії $r_1 = r_2 = 60 \text{ кОм}$)

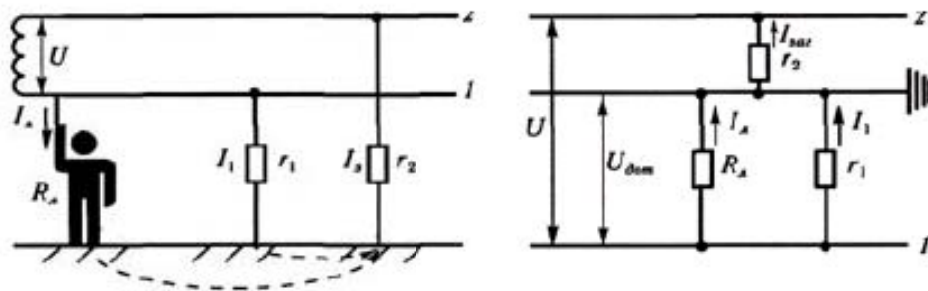


Рисунок 6.1 - Однополюсний дотик людини до електричної мережі

Отже

$$I_{np1} = \frac{220}{1000 + 120 \cdot 10^3} \approx 1,8 \text{ мА}$$

Порівняємо розрахункові значення струмів дотику зі встановленими: безпечний струм – 10 мА, пороговий невідпускаючий струм – 15 мА, смертельнонебезпечне значення струму (фібриляційний) – 100 мА [31].

Таким чином, струм $I_{np1} = 2,5 \text{ мА}$ при опорі ізоляції 60 кОм є безпечним для розробника.

З виконаних розрахунків слід зробити вивід: мінімальний опір ізоляції обладнання (вимірювальних пристроїв), повинний бути рівний або більший за 60 кОм.

Замір опору ізоляції включає візуальний огляд електричної проводки, проводів, кабельних ліній. Потім обстежують місця приєднань живлення до обладнання, місця з'єднання в розподільних і розподільчих коробках. Перед проведенням вимірів опору ізоляції особливу увагу звертають на дроти і кабелі, жили яких приєднуються до апарату захисту. Кінці ізоляції електропроводки не повинні бути оплавлені, так як це говорить про сильному нагріванні кабелю або проводу під час роботи. Кабель ВВГ 3х2,5 може нагріватися внаслідок неналежного приєднання жил до затискачів, несправності автоматичного вимикача або завищення номіналу апаратів захисту.

6.5 Пожежна та техногенна безпека

Згідно з [34] будинок, де знаходиться лабораторія відноситься до категорії Д, тобто приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Основними джерелами виникнення пожежі у лабораторії є недотримання умов протипожежної безпеки з паяльними станціями, неполадки пристроїв та коротке замикання проводки.

У зв'язку із цим, необхідно передбачити наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- дотримуватися заходів з протипожежної безпеки на робочому місці;
- періодичний огляд і перевірка ізоляції струмоведучих провідників на робочих місцях;
- паспортизація горючих речовин, матеріалів, технологічних процесів і будівель з пожежної безпеки;
- розробка та реалізація правил та інструкцій з пожежної безпеки;

Джерелами спалаху в лабораторії можуть бути пристрої електроживлення вимірювальних пристроїв, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи від паяльної станції, електричні іскри при комутації контактів, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

По класу пожежі лабораторія відноситься до класу Е - пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Для швидкої ліквідації вогнищ спалаху використовуються вогнегасники типу ОУ-5А (углекислотний вогнегасник), призначений для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, твердих речовин, електроустановок, що знаходяться під напругою, цінних речей і матеріалів.

Для запобігання виникненню пожежі в лабораторії передбачена електрична пожежна сигналізація, що складається із сповіщаючих датчиків типу ИП-212-50М2 та основного блоку, що розміщується в коридорі.

В лабораторії евакуація відбувається по плану (рис. 6.2) на випадок виникнення пожежі. Інструкція про заходи пожежної безпеки (план евакуації людей), включає в себе загальну інструкцію для будинку та інструкція для окремої лабораторії, згідно з [34].

ВИСНОВКИ

Застосування аналізатора WiFi на етапі розгортання бездротової мережі дозволяє швидко оцінити рівень радіоперешкод та вибрати оптимальне розташування точок доступу для забезпечення найкращої зони покриття та швидкості з'єднання. При появі збоїв у роботі Wi-Fi мережі аналізатор радіочастотного спектру допоможе швидко виявити та локалізувати джерела перешкод.

В рамках дипломної роботи було проведено аналіз безкоштовних програмних інструментів — більшість з них працюють на базі операційних систем Windows, інші — під macOS або Android. Аналізуючи зібрану інформацію можна зробити висновок, що в більшості випадків проводиться лише приблизний розрахунок потужності поля за обмеженою кількістю точок. Проводиться прогноз на основі математичного обчислення, але в карту не вноситься матеріал стіни, ступінь його поглинання випромінювання Wi-Fi, що знову ж таки призводить до приблизних математичних розрахунків без вимірювання реального рівня сигналу. Враховуючи, що стіни бувають бетонні та цегляні, каркасні та монолітні, результати можуть значно відрізнятись від реальної картини розповсюдження сигналу. Також деякі програми платні, ціна яких сягає 300 тис. грн та пристрої не завжди підтримуються усіма операційними системами. Та останнє, візуалізація у 2D тільки площина без можливості вимірювання та обробки у 3D. А нам відомо, що розповсюдженість у об'ємному просторі радіохвиль може мати складні залежності.

В роботі було розроблено прототип пристрою на основі мікропроцесора ESP8622. Як основна технологія візуалізації пропонується використання хмарних технологій. Після проведеного дослідження сервісів було обрано найкращий варіант — це сервіс Thingspeak. Він дозволяє використовувати макроси MatLab, що дозволяє проводити візуалізацію теплових карт Wi-Fi сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Використання сканеру Wi-Fi для збирання інформації про бездротові мережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sukachoff.ru/uk/programmy/ispolzovanie-skanera-wi-fi-dlya-sbora-informacii-o-besprovodnyh-setyah>
2. EkaHau Survey [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ekahau.com/products/ekahau-connect/survey/>
3. Аналізатор Wi-Fi сети с тестером SideKick [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://networkdiscount.com.ua/p1145844755-ekahau-connect-pack.html>
4. Дослідження компанії Berg Inside [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-lpt5-ps.pdf>
5. Компанія IndoorAtlas [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.indooratlas.com/>
6. Компанія Vista [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vistamed.com>
7. Google “Схеми будівель” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/maps/about/partners/indoormaps/>
8. Правила використання сервісу “Схеми будівель” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://support.google.com/maps/answer/2803784?p=gmm_guidelines&visit_id=1-636308877238996756-3255448617&rd=1
9. 2GIS “Поверхи” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://floors-widget.2gis.ru/>
10. OpenStreetMap Indoors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Indoor_Mapping
11. iBeacon [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.apple.com/ibeacon/>

- 12 Eddystone [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developers.google.com/beacons/eddystone>
- 13 Park, J.J. and Yang, L.T. and Lee, C. Future Information Technology: 6th International Conference on Future Information Technology, FutureTech 2011, Crete, Greece, June 28-30, 2011. Proceedings. — Springer, 2011. — P. 89-90. — 526 p.
- 14 Trilateration: The Mathematics Behind a Local Positioning System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://github.com/lemmingapex/trilateration/blob/master/TurgutOzal-11-Tri lateration.pdf](https://github.com/lemmingapex/trilateration/blob/master/TurgutOzal-11-Tri%20lateration.pdf)
- 15 Kalman R. E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Transactions of the ASME-Journal of Basic Engineering, 82 (Series D): 35-45. Copyright © 1960 by ASME
- 16 Компанія Accent Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://accent-systems.com/>
- 17 Accent Systems Android SDK [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/AccentSystems/iBKS-SDK-Android>
- 18 Android Dashboards [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- 19 Бібліотека Lemmingapex Trilateration [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/lemmingapex/trilateration>
- 20 The Levenberg-Marquardt method for nonlinear least squares curve-fitting problems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://people.duke.edu/~hpgavin/ce281/lm.pdf>
- 21 А.А. Паскевич. Визначення координат та навігація всередині приміщень. 2017, 38 с.
- 22 Модуль ESP8266 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.euromobile.ru/upload/iblock/38e/38edea9ed541014c941ac8a47619db65.pdf>

- 23 Публічні хмарні сервери для IoT пристроїв [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://iot.com/cloud_services/
- 24 ThingSpeak for IoT Projects [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thingspeak.com/>
- 25 Попова В.Д. Методичні вказівки до виконання економічної й організаційної частини дипломної роботи – Запоріжжя, 2005,-36с.
- 27 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
- 28 Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец (утв. 20 марта 1972 г. N 952-72).
- 29 СНиП II -4 79. Естественное и искусственное освещение.
- 30 СНиП 2.04.05-92. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
- 31 Сахарно Р. В., Степанов А. Г., Слонченко А. В. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник. – К.: Техника, 1985. – 288 с.
- 32 НАПБ Б.03.002-2007 Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 33 СНИП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение.
- 34 СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.

Файлу форматі MathLab для отримання теплової карти Wi-Fi мережі

```
% Enter data by hand if data from a ThingSpeak channel is not available.
%strength = [-10 -50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
strength = [-90 -90 -90 -90 -40 -20 -22.4 -45 -35 -41 -44 -55 -40 -75 -26]';
% Read data from a ThingSpeak channel.
% Uncomment the next line to read from ThingSpeak.
% strength = thingSpeakRead(CHANNEL_ID,
'ReadKey',READ_API_KEY,'numPoints',15,'fields',FIELD_NUMBER');
X = [10 500 550 10 50 234 393 129 237 328 448 225 344 457 477]';
Y = [10 10 410 410 293 210 202 132 130 142 141 272 268 274 200]';
%X = [10 100 550 10 50 234 393 129 237 328 448 225 344 457 477]';
%Y = [10 100 410 410 293 210 202 132 130 142 141 272 268 274 200]';
strengthPercent = 1.5*(strength+100);
picture = imread('f:\CreateHeatmapOverlayImageTSEexample_02.png');
[height,width,depth] = size(picture);

OverlayImage=[];
F = scatteredInterpolant(Y, X, strengthPercent,'linear');
for i = 1:height-1
    for j = 1:width-1
        OverlayImage(i,j) = F(i,j);
    end
end
alpha = (~isnan(OverlayImage))*0.9;

imshow(picture);
hold on
OverlayImage = imshow( OverlayImage );
caxis auto
colormap( OverlayImage.Parent, jet );
colorbar( OverlayImage.Parent );
set( OverlayImage, 'AlphaData', alpha );
```

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д1	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Постановка завдання		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д2	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Методики навігації всередині приміщень		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д3	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Результати вимірювання сигналу		
A4			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д4	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Структура мікроконтролера		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д5	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Перелік MQTT брокерів		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д6	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Теплова карта		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д7	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Економічні показники		
A1			ЕІСПЗ.Д2.21368.00.00.00.00 Д8	Розробка аналізатору Wi-Fi мережі Охорона праці		

ЕІСПЗ Д2.21368.00.00.00.00						
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Шмалій		<i>[Signature]</i>	6.12.22		1
Проб.	Критська		<i>[Signature]</i>	06.12.22		
И.контр.	Турішев		<i>[Signature]</i>	1.12.22		
Утв.	Критська		<i>[Signature]</i>	06.12.22		
Розробка аналізатору Wi-Fi мережі					ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ	
					8.1711	