Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп’ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Комп’ютерна система автоматичного контролю локалізації клієнтів оздоровчих та відпочивальних закладів
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи КСМм-20-1

Глушко Д.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність

123 «Комп’ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Комп’ютерні системи та мережі
(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. Завизіступ Ю.Ю.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ _____ Коваленко А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп’ютерної інженерії та управління

Кафедра електронних обчислювальних машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 123 «Комп’ютерна інженерія»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп’ютерні системи та мережі
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
“____” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Глушку Денису Валентиновичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Комп’ютерна система автоматичного контролю локалізації клієнтів оздоровчих та відпочивальних закладів

затверджена наказом по університету від “ 05 ” листопада 2021 р. № 1656 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 13 грудня 2021 р.

3. Вхідні дані до роботи 1) мережні топології: “точка-точка”,”точка-багатоточка”,”mesh”; 2) розрахунок сили сигналу від точки доступу до переносного пристрою; 3) побудова переносного пристрою

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі
1) огляд та вибір систем бездротових мереж, які здатні покрити велику площу;
2) розрахунок необхідної кількості точок доступу, їх розташування вартості мережі;
3) огляд та вибір видів wifi-позиціонування;
4) розрахунок сили сигналу від точки доступу до переносного пристрою;
5) огляд способів розробки переносного пристрою;
6) програмна реалізація комп’ютерної системи локалізації клієнтів;
7) висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайд-презентація – 17 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	09.11.21-10.11.21	
2	Аналіз джерел з проблемної галузі	11.11.21-12.11.21	
3	Вивчення актуального стану та проблем	13.11.21-14.11.21	
	предметної області		
4	Розробка алгоритму пошуку координат	15.11.21-17.11.21	
	клієнтів бездротової мережі		
5	Розробка комп'ютерної системи	18.11.21-25.11.21	
6	Аналіз отриманих результатів	26.11.21-28.11.21	
7	Оформлення пояснювальної записки	29.11.21-02.12.21	
8	Перевірка виконаної роботи керівником	03.12.21-06.12.21	
9	Подання кваліфікаційної роботи на рецензу-	07.12.21-08.12.21	
	вання		

Дата видачі завдання 08 листопада 2021 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Завизіступ Ю.Ю.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 95 с., 18 рис., 2 дод., 18 джерел.

БЕЗДРОТОВА МЕРЕЖА, MESH-МЕРЕЖА, WIFI-ПОЗИЦІОНУВАННЯ, ТРИАНГУЛЯЦІЯ, ПОРТАТИВНИЙ ПРИСТРІЙ, C#, WINDOWS FORMS.

У даній роботі представлені види бездротових мереж, які здатні покрити WiFi-мережею різні заклади з велику площею території, що дозволяє використовувати інтернет на кожні її ділянці. Продемонстровані сучасні технології для розгортання MESH-мережі, здатної покрити площу в 25 гектарів.

Продемонстровані методи локалізації на основі WiFi-систем, які дозволяють достатньо точно визначити точку місцезнаходження клієнта стабільної WiFi-мережі навіть за таких умов, де GPS втрачає свою точність. Докладно описані методи триангуляції та локалізації на основі карт рівнів сили сигналів.

На прикладі представлений спосіб розробки портативного пристрою, за допомогою якого можна швидко відправити сигнал до диспетчера комп’ютерною системи.

З використанням мови програмування C# розроблена десктопна програма, яка знаходить місцезнаходження пристрою, з якого прийшов сигнал про допомогу та відображає його на карті закладу.

ABSTRACT

Master’s thesis: 95 pages, 18 figures, 2 appendices, 18 sources.

WIRELESS NETWORK, MESH NETWORK, WIFI POSITIONING, TRIANGULATION, PORTABLE DEVICE, C #, WINDOWS FORMS.

This paper presents the types of wireless networks that are able to cover the WiFi network of various institutions with a large area, which allows you to use the Internet in each of its sections. Modern technologies for the deployment of a MESH network capable of covering an area of 25 hectares have been demonstrated.

Demonstration methods of localization based on WiFi systems are demonstrated, which allow to determine the exact location of the client of a stable WiFi network, even in conditions where GPS loses its accuracy. Methods of triangulation and localization based on maps of signal strength levels are described in detail.

The example shows how to develop a portable device that can quickly send a signal to the computer system manager.

Using the C # programming language, a desktop program has been developed that locates the device from which the help signal came and displays it on a map of the institution.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БД – база даних

БМ – бездротова мережа

МП – мова програмування

ПК – персональний комп’ютер

ПП – портативний пристрій

СУБД – система управління базами даних

AP – точка доступу (англ., Access Point)

CLI – специфікація загальномовної інфраструктури (англ., Common Language Infrastructure)

CLR – загальномовне виконуюче середовище (англ., Common Language Runtime)

IPS – центральна внутрішня система позиціонування

PC – рівень сигналу

P2MP – мережа “точка-багатоточка” (англ., Point to multipoint)

P2P – мережа “точка-точка” (англ., Point to point)

RSSI – індикатора сили сигналу

RTLS – система позиціонування в реальному часі

WDS – бездротову систему розподілу повідомлень (англ., Wireless Distribution System)

WLAN – бездротова локальна мережа (англ., Wireless Local Area Network)

WMN – бездротова сітчаста мережа (англ., Wireless Mesh Network)

WPS – система визначення місцезнаходження WiFi

ВСТУП

У епоху технологій, в якій живе сучасна людина, за допомогою інтернету, а саме: різних мобільних і комп'ютерних додатків і веб-сайтів стає все легше і набагато швидше отримувати інформацію і вирішувати всілякі проблеми.

З початку XX століття активний розвиток отримали технології бездротових мереж. Бездротові комп'ютерні мережі – це технологія, яка дозволяє створювати обчислювальні мережі, які повністю відповідають стандартам для звичайних провідних мереж, без використання кабельного проводу. Зараз вони використовуються повсюдно, як для домашнього користування, так і у всіляких закладах.

В останні ж роки активний розвиток та популярність отримали технології бездротових мереж, які покривають площу у кілька гектарів. На сьогоднішній день дані технології постійно використовуються різними підприємствами, площа яких складає від одного до кількох десятків гектарів. Оскільки за допомогою подібної бездротової мережі реалізується зручна та проста для кієнтів можливість отримати доступ до інтернету, без чого сьогодні неможливо уявити звичайне життя. Підприємство ж завдяки такій мережі створює єдину систему, в якій воно може надати будь-яку необхідну інформацію всім клієнтам одночасно. Такими підприємствами можуть виступати навчальні заклади: школи, академії, технікуми та університети; зони відпочинку та спорту: комплекси відпочинку, табори, турбази, пляжі, стадіони, спортивні майданчики та фітнес клуби; торгові центри, місця будівництва, індивідуальні підприємства, фірми, медичні установи: лікарні, реабілітаційні центри, пологові будинки; оздоровчі заклади: оздоровчі курорти та санаторії.

Оскільки характер підприємств, які використовують бездротові мережі, що покривають велику площу, настільки великий, не можна не звернути

увагу на необхідність клієнта звернутися за якоюсь допомогою до адміністратора системи. Тому виникає потреба в системі, яка дозволяла б приймати та обробляти подібну інформацію. Крім цього, наприклад, у спортивних комплексах чи місцях будівництва великий ризик отримати травму, а у лікувально-оздоровчих закладах стан пацієнта може різко погіршитися. У такому разі, потерпілий повинен мати можливість у найкоротший термін і максимально простим способом передати сигнал про допомогу без зайвої інформації, щоб час реагування для надання медичної допомоги звівся до мінімуму. Саме тому виникає потреба в системі, яка дозволяла б не тільки приймати сигнали, а й розраховувати місце розташування даного клієнта на території підприємства. У таких умовах найбільш підходящою технологією для виконання розрахунку місцезнаходження клієнта є WiFi-позиционування.

Щоб у клієнта була можливість передати сигнал сос, у нього має бути будь-який переносний пристрій, здатний підключитися до бездротової мережі, наприклад, мобільний телефон. Але мобільний телефон не є ідеальним рішенням, оскільки потерпілому довелося б зробити серію дій перш, ніж передати сигнал: розблокувати телефон, знайти і відкрити потрібну програму або ж перейти на сайт і тільки потім відправити сигнал, цей процесс займає деякий час та потребує певних зусиль. Найбільш підходящим пристроєм у цьому випадку буде простий пристрій, оснащений WiFi модулем та кнопкою, запрограмованою для передавання сигналу. У такому випадку час для відправлення сигналу значно нижчий, а прикладених зусиль менше.

Мета – розробка комп’ютерної система автоматичного контролю локалізації клієнтів, яка за допомогою простого та зрозумілого інтерфейсу дозволить оперативно реагувати на сигнал про допомогу та контролювати розташування людей в подібних закладах. А технологія WiFi-позиціонування дозволить швидко визначити точне місце їх знаходження.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Постановка задачі

Існує оздоровчий заклад, у якому перебувають люди, які мають серцеві захворювання. Площа цієї установи складає двадцять п’ять гектарів лісової місцевості, а кількість пацієнтів досягає чотирьохсот чоловік і вони можуть вільно пересуватися по всій території. Оскільки серйозність захворювання пацієнтів може бути високою, то стан будь-якого пацієнта може різко погіршитися. У такому разі йому негайно має бути надана медична допомога. Звідси виникає потреба у створенні комп’ютерної системи, яка б надала пацієнтові можливість подати сигнал про допомогу і розрахувала б місце його розташування в межах території установи.

Метою роботи є дослідження технологій, які дозволять:

- спроектувати бездротову мережу, охоплюючу площу в декілька десятків гектарів;
- розрахувати координати клієнта закладу на основі WiFi-позиціонування;
- розробити комп’ютерну систему для оперативного контролю розташування клієнтів.

На меті мається розглянути варіанти реалізації:

- бездротових мереж, охоплюючих велику площу: з’єднання точка-мультиточка, мережа MESH та провести їх порівняння;
- технологій WiFi-позиціонування: метод розпізнавання шаблону, за точкою доступу, до якої приєднано клієнта, тріангуляція, ангуляція чи позиціонування з визначенням кута вхідного сигналу;
- технологій, які дозволять спроектувати переносний пристрій з WiFi-модулем та кнопкою для передачі сигналу.

1.2 Актуальність теми

Комп’ютерна система автоматичного контролю локалізації клієнтів бездротової мережі лікувально-оздоровчого закладу – це перспективна система, здатна значно полегшити процес повідомлення інформації про необхідну допомогу хворим, процес реагування адміністратором на подібне повідомлення і, що найголовніше, процес визначення максимально точного місцезнаходження людини, яка подала сигнал. Також у цих умовах WiFi-позиціонування має велику перевагу над GPS, оскільки GPS-сигнал може втрачати точність через стіни будинку, густу крону дерев або погодні умови, а WiFi-позиціонування в стабільній мережі практично повністю збереже свою точність.

Подібні комп’ютерні системи з менш продуманим алгоритмом пошуку місцезнаходження джерела сигналу активно використовуються у кафе, на кожному столі якого є кнопка виклику офіціанта. Після натискання на цю кнопку офіціант отримує сигнал з номером столика, до якого клієнти просять його підійти. Також такі системи використовуються на деяких місцях будівництва. У зв’язку з високою травмонебезпечністю роботи, будівельники мають спеціальний додаток з кнопкою “sos”. У разі натискання на яку, комп’ютерна система розраховує координати мобільного пристрою і на допомогу постраждалому надсилається бригада для надання першої медичної допомоги.

2 АНАЛІЗ ТИПІВ РОЗРОБКИ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ ОЗДОРОВЧОГО ЗАКЛАДУ

Комп’ютерна мережа – це об’єднання комп’ютерів, ноутбуків та інших абонентських пристроїв в одну групу обмінюватись інформацією, файлами, спілкування, спільного використання наявних ресурсів тощо. Для організації таких груп можуть використовуватися два типи з’єднань: провідне та бездротове.

Бездротові комп’ютерні мережі – це технологія, яка дозволяє створювати комп’ютерні мережі, які повністю відповідають стандартам для звичайних дротових мереж, без необхідності прокладки кабелів. Wi-Fi є стандартом обладнання бездротової локальної мережі.

Структуру мережі WiFi можна відобразити наступним чином:

- якщо точка доступу (по суті, звичайний хаб/коммутатор, але з використанням радіоканалу) є ядром системи, в тому числі відповідає за організацію доступу в Інтернет, наприклад, через канал ADSL (рисунок 2.1);
- якщо точка доступу є продовженням локальної мережі (рисунок 2.2).

Рисунок 2.1 – Схема підключення мікроконтролера

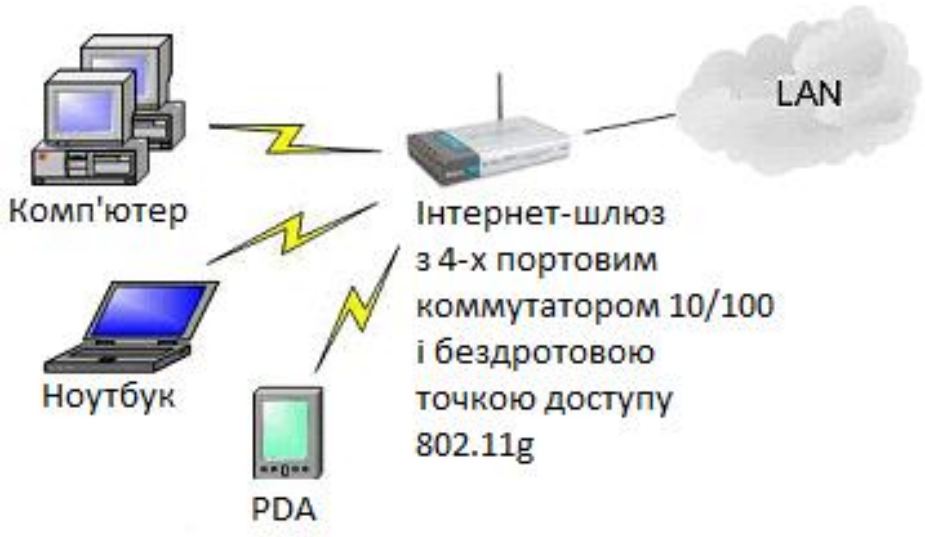

Рисунок 2.2 – Схема Wi-Fi мережі до LAN

2.1 Огляд стандартів сучасних бездротових мереж

Існує кілька типів WLAN, які відрізняються схемою організації сигналу, швидкістю передачі даних, радіусом покриття мережі, а також характеристиками радіопередавачів і приймачів. Найбільш поширені бездротові мережі IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac та інші.

Специфікації 802.11a і 802.11b були першими, затвердженими в 1999 році, однак найбільш поширеними є пристрої, виготовлені за стандартом 802.11b.

Стандарт 802.11b заснований на методі прямого поширення послідовності (DSSS). Весь робочий діапазон розділений на 14 каналів, розташованих на частоті 25 МГц, щоб уникнути взаємних перешкод. Дані передаються по одному з цих каналів без перемикання на інші. Одночасно можна використовувати лише 3 канали. Швидкість передачі даних може змінюватися автоматично залежно від рівня перешкод і відстані між передавачем і приймачем.

Стандарт IEEE 802.11b реалізує максимальну теоретичну швидкість

передачі 11 Мбіт/с, що можна порівняти з кабельною мережею 10 BaseT Ethernet. Майте на увазі, що така швидкість можлива при передачі даних за допомогою одного пристрою WLAN. Якщо в середовищі одночасно працює більше однієї абонентської станції, пропускна здатність розподіляється між усіма, і швидкість передачі даних на одного користувача зменшується.

Стандарт 802.11a був прийнятий у 1999 році, однак він почав діяти лише з 2001 року. Цей стандарт використовується в основному в США та Японії. У Росії та Європі він не набув поширення.

У стандарті 802.11a використовується схема модуляції сигналу – мультиплексування з ортогональним частотним розділенням (OFDM). Основний потік даних розбивається на кілька паралельних підпотоків з відносно низькою швидкістю передачі, а потім для їх модуляції використовується відповідна кількість несучих. Стандарт визначає три обов'язкові швидкості передачі даних (6, 12 і 24 Мбіт/с) і п'ять додаткових (9, 18, 24, 48 і 54 Мбіт/с). Також є можливість використовувати два канали одночасно, що збільшує швидкість передачі даних в 2 рази.

Стандарт 802.11g був остаточно затверджений в червні 2003 року. Він є подальшим удосконаленням специфікації IEEE 802.11b і реалізує передачу даних в тому ж діапазоні частот. Головною перевагою цього стандарту є збільшена пропускна здатність – швидкість передачі даних в радіоканалі досягає 54 Мбіт/с порівняно з 11 Мбіт/с в 802.11b. Як і IEEE 802.11b, нова специфікація працює в діапазоні 2,4 ГГц, але використовує ту ж схему модуляції сигналу для збільшення швидкості, що й мультиплексування з ортогональним частотним поділом 802.11a (OFDM).

Стандарт 802.11g сумісний із 802.11b. Так, адаптери 802.11b можуть працювати в мережах 802.11g (але не швидше 11 Мбіт/с), а адаптери 802.11g можуть знизити швидкість передачі даних до 11 Мбіт/с для роботи в старих мережах 802.11b.

Стандарт 802.11n був ратифікований 11 вересня 2009 р. Він збільшує швидкість передачі даних майже в 4 рази порівняно з пристроями 802.11g

(максимальна швидкість 54 Мбіт/с), за умови, що 802.11n використовується з іншими пристроями 802.11n. Максимальна теоретична швидкість передачі даних становить 600 Мбіт/с, використовуючи передачу даних одночасно на чотирьох антенах. Одна антена – до 150 Мбіт / с.

Пристрої 802.11n працюють в діапазонах частот 2,4 - 2,5 або 5,0 ГГц.

Стандарт IEEE 802.11n заснований на технології OFDM-MIMO. Більша частина функціональних можливостей запозичена зі стандарту 802.11a, проте в стандарті IEEE 802.11n можна використовувати як діапазон частот, прийнятий для стандарту IEEE 802.11a, так і діапазон частот, прийнятий для стандартів IEEE 802.11b / g. Таким чином, пристрої, які підтримують стандарт IEEE 802.11n, можуть працювати в діапазоні частот 5 або 2,4 ГГц, а конкретна реалізація залежить від країни. Для Росії пристрої IEEE 802.11n підтримуватимуть діапазон частот 2,4 ГГц.

Збільшення швидкості передачі в стандарті IEEE 802.11n досягається за рахунок: подвоєння ширини каналу з 20 до 40 МГц, а також за рахунок реалізації технології MIMO.

Стандарт 802.11ac є подальшим розвитком технологій, запроваджених у стандарті 802.11n. У специфікаціях пристрої 802.11ac класифікуються як VHT (Very High Throughput) – з дуже високою пропускною здатністю. Мережі 802.11ac працюють виключно в діапазоні 5 ГГц. Пропускна здатність радіосигналу може становити 20, 40, 80 і 160 МГц [1].

2.2 Аналіз компонентів сучасних бездротових мереж

Бездротові локальні мережі складаються з тих же компонентів, що й традиційні локальні дротові мережі Ethernet, а їх протоколи схожі на протоколи Ethernet. Відмінність між ними в тому, що бездротові локальні мережі не потребують для свого розгортання у проводах.

Користувачі бездротових локальних мереж працюють з багатьма пристроями. ПК, ноутбуки, PDA. Застосування бездротових локальних мереж

для з’єднанняня між собою ПК ефективно тому, що позбавляє необхідності прокладки кабелів. Ноутбуки та PDA підключаються до бездротової локальної мережі просто в силу своєї “портативної природи”. Користувальницькі пристрої можуть також мати специфічне апаратне забезпечення.

Основний компонент бездротової локальної мережі радіоплата інтерфейсу, що найчастіше реалізується на основі стандарту 802.11. Ці радіоплати зазвичай роботають на одному фізичному рівні 802.11a або 802.11b/g. Як наслідок, радіоплата повинна реалізовувати версію стандарту, сумісного з бездротовою локальною мережею. Радіоплати бездротових локальних мереж, що реалізують відразу кілька версій цього стандарту і забезпечують тому більш високу здатність до взаємодії стають все більш поширеними.

Радіоплати бувають різних форм-факторів: ISA, PCI, PC card, mini-PCI і CF. Комп’ютери зазвичай використовують плати ISA і PCI, PDA і ноутбуки – PC card, mini-PCI та CF адаптери.

Точка доступу складається з радіоплати, що забезпечує зв’язок із окремими користувальницькими пристроями бездротової локальної мережі та проводною платою інтерфейсної мережі, забезпечуючи взаємодію з розподільною системою (системою розподілу), такою як Ethernet. Системне програмне забезпечення точки доступу забезпечує взаємодію частин бездротової локальної мережі та розподільної системи точки доступу. Це програмне забезпечення диференціює точки доступу за ступенями забезпечення керованості, установок та функцій безпеки.

2.3 Дослідження видів існуючих WiFi-мереж

За дальністю дії:

- бездротові персональні мережі (англ. Wireless personal area network, WPAN) – застосовується для зв’язку різних пристроїв, таких як комп’ютерна

та побутова техніка між собою, а також з мережами вищого рівня. WPAN розгортається із застосуванням мережевих технологій Bluetooth, infrared або Wi-Fi та має невеликий радіус дії від десятків сантиметрів до кількох метрів;

- бездротова локальна мережа (WLAN) - об’єднання бездротових пристроїв у мережу відбувається без використання кабелів, передачі даних здійснюється через радіоефір. Найбільш поширеною мережевою технологією для побудови бездротових локальних мереж є Wi-Fi. Дана технологія забезпечує необхідне покриття приміщень для роботи кінцевих користувачів, наприклад, додаванням додаткових точок доступу в мережу. WLAN мережа може бути трансльована по всій площі як невеликих офісів, так і цілих міст. Найчастіше точка доступу WLAN надає доступ в радіусі до 20-200 м;

- бездротові мережі масштабу міста (WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks). Приклади технологій – WiMAX. Реалізується широкосмуговий доступ до мережі через радіоканал із можливістю передачі звуку та відео. WMAN використовується для з’єднання територіально розподілених об’єктів (до 50 км.) за допомогою технології WiMAX;

- бездротові глобальні мережі (WWAN – Wireless Wide Area Network). Приклади технологій – GPRS, EDGE. Головною відмінністю від локальних бездротових мереж WLAN є використання бездротових технологій стільникового зв’язку передачі даних (таких як UMTS, GPRS, CDMA, GSM, CDPD, Mobitex, HSDPA, 3G та інших.). Технології WWAN дають можливість користувачам отримувати доступ до Інтернету, електронної пошти та підключатися до приватних віртуальних мереж з будь-якої точки в межах зони дії оператора бездротового зв’язку.

По галузі застосування:

- корпоративні бездротові мережі — створювані компаніями для потреб;

- операторські бездротові мережі — створені операторами зв’язку для надання послуг.

За топологією:

- з’єднання “точка-точка” (P2P) використовується для бездротового з’єднання двох маршрутизаторів, коли потрібно підключити дві локальні мережі або два ПК;

- зв’язок “точка-багатоточка” (P2MP) використовує один потужний передавач, який передає сигнал Wi-Fi кільком користувачам;

- мережа MESH – це концептуально новий підхід до Wi-Fi. По суті, це схема багатоточкового з’єднання [2].

2.4 Вибір оптимального типу БМ для розгортання на території закладу

Розглянемо основні характеристики бездротових мереж за топологією.

2.4.1 Аналіз мережі “точка-точка”

Одним із видів топології мережі є точка-точка, від англійського “point-to-point”. Цей тип архітектури мережі передбачає пряме з’єднання між двома вузлами. Пакети безпосередньо передаються від одного вузла до іншого, однак фізично дана ділянка мережі може складатися з великої кількості проміжного обладнання.

Правила передачі даних - протокол доступу - визначаються логічною структурою і не прив’язані до обладнання. Такий тип організації обміну інформацією дає змогу спростити маршрутизацію та ідентифікацію пакетів у структурах з багатьма фізичними вузлами зв’язку.

Мережа P2P може використовуватися як у випадках кабельного з’єднання різних типів обладнання, так і для бездротового з’єднання двох ПК, двох маршрутизаторів, двох локальних мереж. Вона також використовується для організації віртуальних каналів на основі різноманітних наборів мережевого обладнання, що забезпечує як бездротовий, так і кабельний зв’язок практично на будь-якій відстані.

Рисунок 2.3 – Схема бездротової мережі “точка-точка”

Пряме фізичне підключення двох пристроїв доступне на відстані до 100 м за допомогою стандартного побутового обладнання. Професійні маршрутизатори можуть збільшити відстань передачі сигналу до 500 метрів. Також можна використовувати спеціальні антени:

- секторні;
- параболічний;
- панельні.

Їх використання збільшує дальність обміну даними між точками зв’язку до 20 кілометрів. Основні види обладнання, яке використовується для організації мереж “точка-точка”:

- точки доступу;
- адаптери;
- маршрутизатори;
- модеми.

Набір пристроїв, що складається у вигляді ланцюга передавально-приймального обладнання, здатний передавати інформацію на великі відстані. Незалежність каналу “точка-точка” від типів і кількості обладнання,

з якого фізично складається мережа, дозволяє не тільки значно збільшити дальність, але й забезпечити високу швидкість передачі даних.

Прикладом застосування топології “точка-точка” в ретрансляційних мережах є мережа Napo, розташована у складних, для реалізації Wi-Fi-з’єднання, гірських умовах Південної Америки. Мережа забезпечує зв’язок між 15 медичними закладами, розташованими в сільській місцевості, і має протяжність близько 445 кілометрів.

Для організації каналу зв’язку “точка-точка” не потрібна висока кваліфікація або глибокі знання. Налаштувати це підключення можна, просто уважно вивчивши відповідну інструкцію, зокрема, деякі виробники мережевого обладнання додають до пристроїв, які продають, покрокові інструкції. Також легко здійснити процес підтримки функціональності створеного з’єднання. Простота налаштування вважається однією з головних переваг мережі “точка-точка”

Ще один плюс – якість з’єднання. Як створені самостійно, так і придбані у постачальника послуг зв’язку віртуальні канали з реалізацією принципу передачі сигналу “точка-точка” мають високу пропускну здатність, що мінімізує затримки в обміні інформацією, а також зменшує ефект перешкод. Канали надійні, безперервно готові до передачі даних, завжди мають вільні ресурси для негайної реакції на запит про термінову відправку сигналу.

До недоліків такого типу зв’язку можна віднести відносно високу вартість, якщо таким чином необхідно підключити кілька різних вузлів зв’язку. Чималу роль відіграє і вартість обладнання. Для створення стабільного безперешкодного з’єднання необхідна покупка і розміщення якісного потужного обладнання, здатного забезпечити безперебійну роботу системи за будь-яких зовнішніх умов.

Низька гнучкість мережі: пропускна здатність суворо обмежена, і при необхідності будь-які зміни параметрів каналу потребують заміни всього обладнання.

Неповне використання ресурсів системи. Пропускна здатність фіксована, розрахована на максимально можливий обсяг передачі даних, а також для вирішення аварійних ситуацій. У повсякденному використанні всі функції системи використовуються рідко.

2.4.2 Аналіз мережі “точка-багатоточка”

При організації мереж передачі даних часто доводиться вирішувати проблему підключення кількох абонентів до однієї точки доступу, за допомогою якої здійснюється обмін інформацією з будь-якою локальною мережею, підключення до корпоративних мереж, зв’язок з оператором зв’язку, доступ до глобальної глобальної мережі Інтернет. можна надати. У таких випадках затребуваним є використання типу зв’язку “точка-багатоточка”- також використовується варіант назви “точка-мультиточка”.

Цей тип організації передачі даних широко використовується для забезпечення бездротового зв’язку. З’єднання P2MP - необхідно там, де важко або невигідно прокладати кабельні траси, приймальні пристрої розкидані на великій території, а також зручно використовувати цю систему для обміну інформацією з абонентами мобільного зв’язку.

Топологія з єдиним комунікаційним центром, до якого підключені окремі абоненти, називається точка-багатоточка. У кабельних мережах подібна топологія називається топологією «зірка». Вони широко використовуються при побудові розподілених систем зв’язку. Вони добре підходять для створення мереж на підприємствах, впровадження диспетчерських комунікацій, організації комплексів відеоспостереження та охорони.

Використовується для з’єднання систем обміну інформацією з територіально віддаленими виробничими ділянками та відділами. Підходить для організації зон покриття Wi-Fi для муніципальних міських і сільських мереж, організації бездротового зв’язку на дачних ділянках.

Рисунок 2.4 – Схема бездротової мережі “точка-багатоточка”

Також на основі систем “точка-багатоточка” можна будувати захищені приватні мережі з обмеженим доступом. Це особливо важливо для великих виробничих і проектних установ, де між різними підрозділами відбувається обмін конфіденційною інформацією. У цьому випадку безпека зв’язку є ключовим елементом локальної мережі організації.

Для створення бездротової мережі “точка-багатоточка” використовуються базові станції, оснащені кількома антенами. Дане обладнання встановлюється за межами будівель і споруд, тому використовуються всепогодні пристрої. Зовнішні антени підсилюють сигнал, збільшуючи як відстань передачі, так і якість і швидкість зв’язку.

Приймальні пристрої – це точки доступу для подальшого підключення до мережі користувацького обладнання, а також подібні за функціональністю маршрутизатори та інші пристрої, здатні приймати і передавати сигнал Wi-Fi.

Як правило, обладнання розраховане на роботу в двох діапазонах: 2,4 ГГц і 5 ГГц. Частота 2,4 ГГц часто перенасичена сигналами, які заважають і спотворюють сигнал, що впливає як на швидкість, так і на відстань передачі. У деяких випадках набагато ефективніше буде використовувати частоту 5

ГГц. Але не всі пристрої для прийому користувачів, такі як смартфони, ноутбуки, здатні працювати на цій частоті. Тому рекомендується прийняти рішення про перехід на інше, попередньо ознайомившись з параметрами обладнання. Багато виробників випускають пристрої, здатні працювати на інших частотах.

Якщо необхідно з'єднати в єдину мережу кілька об'єктів, розташованих на значній відстані один від одного, найефективнішим способом є створення мережі з топологією "точка-багатоточка" – ця система гнучка: ви можете додавати і видаляти передплатників, а також змінювати ширину каналу доступу, виділеного кожному з них.

Простота зміни конфігурації мережі – все, що вам потрібно зробити, це додати абонента, накласти обмеження на підключення нових абонентів і заборонити деяким пристроям доступ до мережевих ресурсів. Всі перераховані вище налаштування виконуються програмно при роботі з прошивкою обладнання. Ще однією перевагою є наявність великої кількості настроюваних опцій, що дозволяє максимально використовувати ресурси обладнання.

Великою перевагою є широкий асортимент приладів, які пропонують виробники. Практично для кожного завдання можна підібрати те обладнання, яке найкраще впорається з її вирішенням.

Правильний підбір передавальних пристроїв дозволяє забезпечити необхідну зону покриття. Професійні моделі дозволяють значно збільшити дальність передачі сигналу, а якщо спеціальні параметри мережі не потрібні, то можна істотно заощадити, придбавши менш дороге обладнання.

До недоліків системи можна віднести труднощі, пов'язані з використанням деяких алгоритмів зв'язку між базовою станцією та абонентами. Але на більшості сучасних станцій використовуються сучасні версії програмного забезпечення, в яких враховані та виправлені вказані недоліки [3].

2.4.3 Аналіз мережі MESH

Бездротова сітчаста мережа WMN формується з багатьох з’єднань точка-точка вузлів, які знаходяться в зоні радіопокриття один одного (mesh peerpeer, multi-hop). Ключова властивість самоорганізуючих сітчастих мереж полягає в тому, що, по-перше, зв’язки між вузлами встановлюються автоматично; по-друге, будь-який вузол може виконувати функції транзиту (маршрутизації) пакетів для інших учасників мережі.

Мережа характеризується високою надійністю, високою пропускною здатністю та зниженим споживанням електроенергії. Висока надійність забезпечується резервуванням вузлів (якщо один вузол виходить з ладу, дані можуть обійти іншим шляхом). Використання кількох альтернативних маршрутів збільшує пропускну здатність мережі. Зменшення енергоспоживання досягається за рахунок зменшення потужності сигналу за рахунок передачі даних через більшу кількість вузлів, розділених меншими відстанями.

Однорангові сітчасті мережі можуть спонтанно виникати в місцях, де необхідна взаємодія між користувачами, і зникати, коли ця потреба зникає. Такі мережі можна будувати на базі лише клієнтського бездротового обладнання. Проте більшість існуючих сітчастих технологій у бездротових мережах використовуються на рівні пристроїв доступу до мережі (інфраструктурних мереж) [4].

MESH-топологія для економічно ефективних низькошвидкісних мереж була успішно реалізована в технології ZigBee. Низьке енергоспоживання дозволяє використовувати цю технологію в бездротових сенсорних мережах (Wireless Sensor Network) і різних побутових пристроях в рамках концепції цифрового будинку (Digital Home), в комп’ютерних пристроях бездротових персональних мереж WPAN, які не пред’являють високих вимог до швидкість каналів зв’язку (панелі управління, джойстики, миші тощо). Низька

пропускна здатність (до 250 кбіт/с) обмежує використання ZigBee для передачі великих обсягів даних і мультимедійного трафіку.

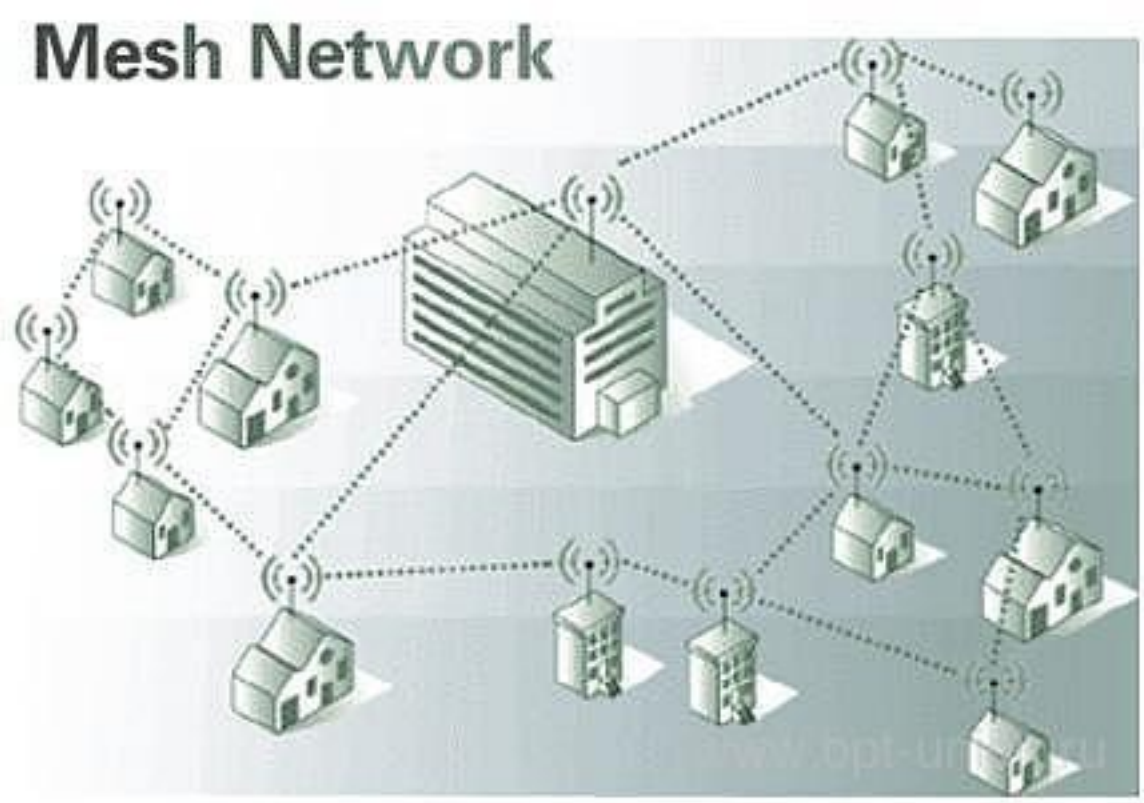

Рисунок 2.5 – Схема бездротової мережі MESH

Бездротові локальні мережі (WLAN) традиційно асоціюються з технологією Wi-Fi, побудованою на основі сімейства стандартів IEEE 802.11. В даний час ця технологія має стандартизовану пропускну здатність 54 Мбіт/с (IEEE 802.11a/g), що є прийнятним для вирішення багатьох завдань, які не вимагають надшвидкісних каналів зв’язку. Використання 802.11 не обмежується лише локальними мережами. Технології сімейства IEEE 802.11 успішно використовуються як в персональних мережах для підключення пристроїв в особистому просторі користувача, так і для з’єднання мереж, відокремлених багатокілометровими відстанями. Меш-топологія реалізована в дослідницьких проектах з організації мереж MANET (Mobile Ad Hoc Network), використовуючи режим ad hoc IEEE 802.11b.

Використання сітчастої топології в бездротових глобальних (WWAN) і міських (WMAN) мережах також активно досліджується. Наприклад, у рамках робочої групи IEEE 802.16, яка займається стандартизацією технології WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), досліджуються сітчасті технології.

Комірчаста топологія WLAN використовується для об’єднання точок доступу в бездротову систему розподілу повідомлень. WDS призначена для заміни дротових каналів взаємодії пристроїв доступу до мережі бездротовими.

Очевидно, що для представленої організації мережі необхідні зміни у протоколах фізичного, канального рівнів та маршрутизації. Бездротові ніздрюваті мережі мають певні особливості, пов’язані із застосуванням бездротового середовища передачі, так і комірчастої топології.

Використання бездротової системи розподілу збільшує трафік, що передається каналами, що підвищує вимоги до фізичного рівня. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми для існуючих протоколів радіопередачі є поділ взаємодії точок доступу між собою (5 ГГц IEEE 802.11a) та точок доступу з клієнтами (2,4 МГц IEEE 802.11g/b), що і зроблено в більшості реалізацій. Альтернативний підхід полягає у використанні одного частотного діапазону для всіх комунікацій, що вимагає від розробників протоколів фізичного рівня вдосконалення та оптимізації технологій модуляції, кодування та передачі (Multiple Input Multiple Output – MIMO, багатоканальні та багатоантенні системи тощо).

Класичний протокол 802.11 MAC також має обмеження для застосування у mesh-мережі. По-перше, даний протокол орієнтований одне з’єднання, а пориста топологія передбачає безліч одночасних з’єднань із сусідніми вузлами. По-друге, 802.11 MAC описує лише передачу даних між двома вузлами (onehope), і транзитна доставка стороннім вузлам (multi-hop) виходить за рамки його застосування.

Вирішення останньої задачі (схожої з маршрутизацією у звичайних мережах) можливе як на мережевому, так і на канальному рівнях. При цьому протокол транзитної доставки повинен ефективно використовувати безліч можливих маршрутів, мати інтелектуальний механізм вибору оптимального шляху, бути надійним і стійким до відмови, в той же час бути масштабованим і сумісним з різними технологіями радіопередачі [5].

Маршрутизація на мережному рівні має високу сумісність і розширюваність через незалежність від нижчележачих протоколів. На мережному рівні працює протокол PWRP (Predictive Wireless Routing Protocol), розроблений компанією Tropos Networks. PWRP багато в чому аналогічний відомому протоколу маршрутизації для провідних мереж OSPF (Open Shortest Path First).

Однак максимальна ефективність досяжна при тісній взаємодії з технологіями радіопередачі, що використовується, що можливо на канальному рівні. Прикладом може бути AWPP (Adaptive Wireless Path Protocol) компанії Cisco Systems.

Нині рішення різних виробників несумісні один з одним. Проте роботи зі стандартизації ведуться у рамках робочої групи IEEE 802.11s (ESS Mesh Networking Task Group). Областью дослідження цієї групи є розробка розширеного набору служб (Extended Service Set – ESS) для mesh-топології в бездротовій системі розподілу повідомлень на базі протоколів IEEE 802.11 для фізичного та канального рівнів [6].

2.5 Висновок

Проаналізувавши вищезазначені технології кращою в умовах поставленого завдання була обрана система MESH, оскільки мережа характеризується високою надійністю, високою пропускною здатністю та зниженим споживанням електроенергії. Крім того вона є найпростішою у розгортанні, тому що зв’язки між AP встановлюються автоматично.

3 ПОБУДОВА БМ НА ТЕРИТОРІЇ ОЗДОРОВЧОГО ЗАКЛАДУ НА ОСНОВІ MESH

Виходячи з усього перерахованого вище, для побудови бездротової мережі в оздоровчому центрі була обрана топологія MESH. Головною перевагою даної топології є те, що вона не вимагає наявності додаткових фізичних ліній зв’язку, їм потрібна менша кількість комутаторів та шлюзів. Окрім того мережа MESH є новою та перспективною технологією, яка активно розвивається у наш час, тому вона не втратить своєї актуальності ще багато років. Для розробки такої мережі не потрібно ніякого додаткового обладнання, досить мати необхідну кількість точок доступу, що робить її економічною і легкою в розгортанні. Крім того, завдяки зручним та зрозумілим програмним продуктам, подібну мережу легко зможе налаштувати будь-яка людина.

3.1 Вибір обладнання для реалізації БМ

Точками доступу були обрані маршрутизатори від фірми Ubiquiti, а саме: Ubiquiti UniFi AP AC Mesh Pro (UAP-AC-M-PRO) та Ubiquiti UniFi AP AC Mesh (UAP-AC-M). Оскільки ця фірма є однією з найпопулярніших та найпередовіших представників даного сегменту, а представлені вище маршрутизатори були створені спеціально для побудови MESH мереж. UniFi AP AC Mesh Pro та UniFi AP AC Mesh ідеально підходять для виконання поставленого завдання, тому що вони мають досить великий радіус покриття, відмінну швидкість передачі даних, здатні одночасно обслуговувати велику кількість клієнтів і є невибагливими до погодних умов, що дозволяє розміщувати їх поза приміщеннями.

Ubiquiti UniFi AC Mesh Pro (модель UAP-AC-M-PRO) – це дводіапазонна всеспрямована WiFi точка доступу з підтримкою

високошвидкісного стандарту 802.11 ac. Три вбудовані антени з посиленням 8 дБі забезпечують покриття у радіусі до 183 метрів без перешкод.

Пристрій відрізняється високою пропускною здатністю: 450 Мбіт/с на частоті 2.4 ГГц та 1300 Мбіт/с на частоті 5 ГГц. Знизу корпусу розташовані два гігабітні Ethernet порти.

Бездротова точка призначена для побудови безшовних WiFi мереж на вулиці. У таких мережах можна переміщатися з однієї WiFi точки до іншої без обриву з’єднання.

Рисунок 3.1 – Точка доступу UniFi AC Mesh Pro

Ubiquiti UniFi AC Mesh (модель UAP-AC-M) – це дводіапазонна WiFi точка доступу з гігабітним Ethernet портом. Вона працює на частотах 2,4 та 5 ГГц і підтримує високошвидкісний стандарт 802.11 ac. Дві антени забезпечують WiFi покриття у радіусі до 183 метрів без перешкод. Вологозахищений корпус дозволяє встановлювати пристрій у приміщенні та на вулиці.

Бездротову точку використовують для побудови безшовних Wi-Fi мереж, де можна переходити від однієї WiFi точки до іншої без обриву з’єднання. Вона витримує навантаження 50 підключень, тому її часто встановлюють на базах відпочинку, у парках та на літніх майданчиках ресторанів та кафе з великою кількістю відвідувачів.

Рисунок 3.2 – Точка доступу UniFi AC Mesh

3.2 Розгортання MESH-мережі на території закладу на основі Ubiquiti обладнання

Перед розгортанням Mesh-мережі потрібно активувати дві опції в налаштуваннях контролера:

- connectivity Uplink Monitor & Wireless Uplink;
- enable автоматичний uplink failover.

Перша опція дозволяє використовувати бездротові аплінки, друга опція дозволяє системі самостійно перебудовувати мережу у разі відмови окремих AP.

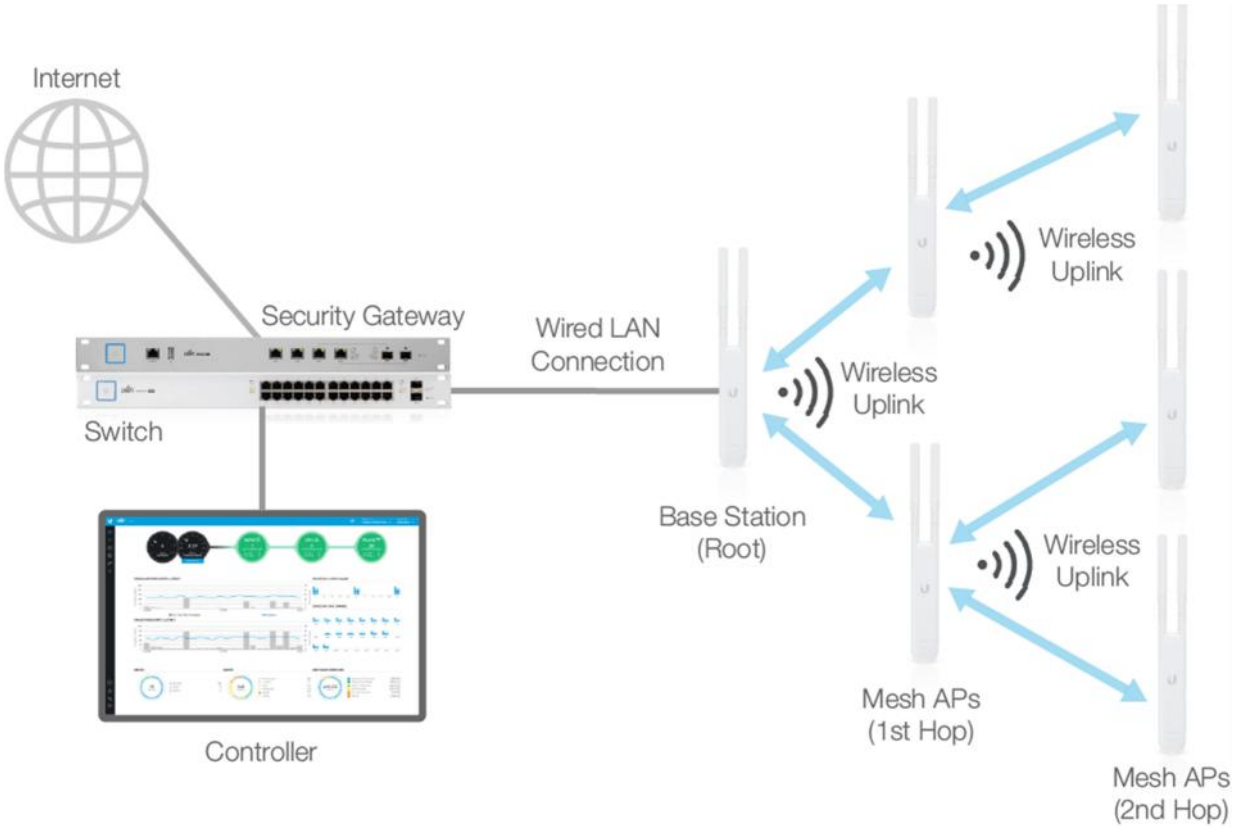

Рисунок 3.3 – Схема мережі MESH на основі обладнання Ubiquiti

Інтеграцію до вже існуючої мережі слід розпочати з точки доступу UniFi AP-AC-Mesh-Pro. Для того, щоб уникнути необхідності використання адаптерів живлення, підключення здійснюється за допомогою комутатора UniFi Switch 8 POE-60W, до одного з портів 5-8.

UniFi Switch 8 POE-60W – це керований комутатор малого форм-фактора з лінійки UniFi оснащений 8 гігабітними портами Ethernet. Вінпризначений для забезпечення інтелектуальної комутації під час побудови та розширення корпоративних мереж. Потужності пристрою дозволяють здійснювати одночасну обробку трафіку з усіх портів на канальній швидкості без втрати пакетів.

Рисунок 3.4 – Комутатор UniFi Switch 8 POE-60W

Далі необхідно встановити точки доступу UniFi AP-AC-Mesh на свої місця і подати на них живлення. Це можна зробити за допомогою звичайного кабелю живлення або вбудувати модуль сонячних батарей. Оскільки точки доступу UAP-AC-M підтримують так званий “wireless adoption”, немає необхідності підключати їх кабелем до мережі з контролером [7].

3.3 Розрахунок вартості обладнання та його розташування на території закладу

Площа оздоровчої установи становить 25 га. Припустимо, що вона має прямокутну форму зі сторонами рівними 720 та 360 метрам. Відомо, що точки доступу мають радіус покриття до 183 метрів, однак радіусом дії, що рекомендується, в якому сигнал буде досить хорошим незважаючи на перешкоди і погодні умови є приблизно 80 метрів. Пропонується використувовута саме такий радіус бо при стійкому сильному сигналі метод тріангуляції може видавати місцеположення клієнта з похибкою до 7 метрів. Отже, щоб забезпечити стійкий сигнал між AP1 і AP3 (рисунок 2.10),

відстань між AP1 та AP2, AP2 та AP3 повинна складати 120 метрів, а відстань між AP1 та AP3 – 170 [8].

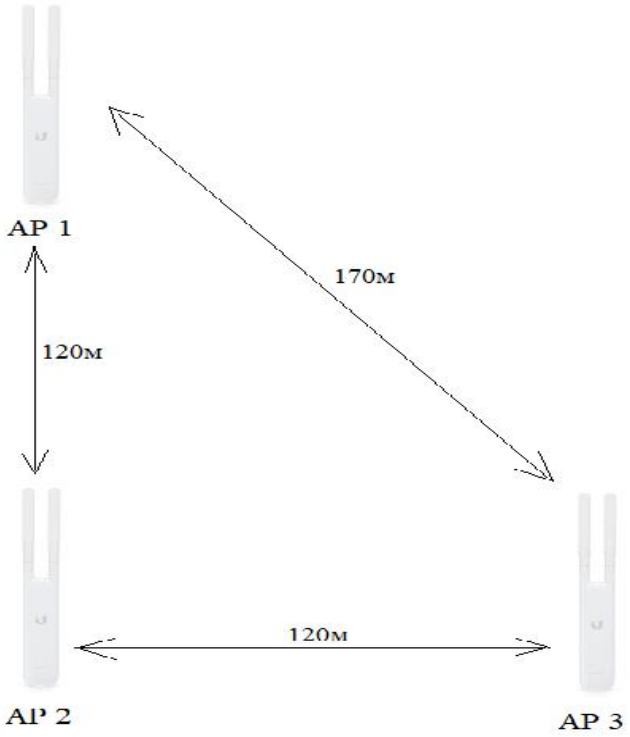

Рисунок 3.5 – Схема відстані між точками доступу

Таким чином, щоб покрити всю територію комплексу необхідно встановити 18 точок доступу: одну UniFi AC Mesh Pro та 17 UniFi AC Mesh.

Вартість обладнання:

- UniFi AC Mesh Pro коштує 5920 грн.;
- UniFi AC Mesh коштує 3260 грн.;
- Ubiquiti UniFi Switch 8-60W коштує 4200 грн.

В такому разі, загальна вартість обладнання складатиме 65540 грн.

Якщо ж точність в 7 метрів є надлишковою, пропронується розташувати AP на відстані в 180 метрів, тоді похибка тріангуляції складатиме приблизно 30-40 метрів,а загальна вартість – 32940 грн.

Рисунок 3.6 – Схема розташування точок доступу

3.4 Висновок

UniFi AC Mesh Pro та UniFi AC Mesh є повністю відповідним в умовах завдання обладнанням, оскільки підтримують технологію MESH, забезпечують великий радіус покриття, завдяки чому скорочують кількість необхідного обладнання, мають високу пропускну здатність, витримують достатню кількість одночасних підключень і вологостійкий корпус, що дозволяє розміщувати їх поза приміщеннями. Також вони мають досить низьку вартість порівняно з конкурентами.

4 АНАЛІЗ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ WIFI-ПОЗИЦІОНУВАННЯ У СИСТЕМІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ

Система визначення місцезнаходження WiFi (WPS, також скорочено WiPS або WFPS) – це геолокаційна система, яка використовує характеристики прилеглих точок доступу WiFi та інших бездротових точок доступу для визначення розташування пристрою.

Рішення для визначення позиціонування Wi-Fi використовують наявні точки доступу Wi-Fi або датчики з підтримкою Wi-Fi, щоб виявляти та знаходити пристрої Wi-Fi, що передають, такі як смартфони та теги відстеження в приміщеннях. Дані про місцезнаходження, зібрані датчиками або точками доступу, або надіслані з точок доступу на клієнтські пристрої, поглинаються різними програмами визначення місцезнаходження та перетворюються на статистичні дані, які дають змогу використовувати різні варіанти використання з урахуванням місцезнаходження. Системи позиціонування на основі Wi-Fi можуть використовувати різні методи для визначення розташування пристроїв. Більшість покладаються на методику на основі індикатора сили сигналу (RSSI). Однак деякі програми можуть використовувати більш просунуті методи позиціонування Wi-Fi.

Позиціонування Wi-Fi за допомогою точок доступу залежить від наявної інфраструктури Wi-Fi, встановленої у всіх приміщеннях для визначення місцезнаходження пристроїв. Це дозволяє організаціям використовувати свою існуючу інфраструктуру, щоб увімкнути додатки з визначенням місцезнаходження, не потребуючи додаткового обладнання. Будівля AP може виявляти передачу з навколишніх пристроїв Wi-Fi, як у мережі, так і поза нею. Ці дані про місцезнаходження потім надсилаються на сервер і центральний IPS і використовуються для розрахунку положення пристрою.

Позиціонування Wi-Fi за допомогою датчиків використовує датчики з підтримкою Wi-Fi, які розгортаються у фіксованих положеннях у всьому приміщенні. Ці датчики пасивно виявляють і локалізують передачу зі смартфонів, теги відстеження активів, маяки, значки персоналу, носії та інші пристрої Wi-Fi. Дані про місцезнаходження, зібрані датчиком, потім відправляються на сервер і вживаються центральною внутрішньою системою позиціонування (IPS) або системою визначення місцезнаходження в реальному часі (RTLS). Механізм локації аналізує дані, щоб визначити місцезнаходження передавального пристрою. Ці координати можна використовувати для візуалізації місцезнаходження пристрою або активу на карті внутрішнього простору або використовувати для інших цілей залежно від конкретного додатка з визначенням місцезнаходження [9].

4.1 Огляд методів позиціонування

Найчастіше використовувані методи позиціонування Wi-Fi визначають місце розташування за допомогою показника, що називається індикатором потужності прийнятого сигналу (RSSI), в першу чергу для обчислень мультилатерації пристроїв або зняття відбитків пальців. Ці підходи, засновані на силі сигналу, прості у реалізації та економічні, але не забезпечують високого ступеня точності, оскільки на потужність сигналу може впливати довкілля. Рішення RSSI також схильні до помилок, викликаних рухом об’єктів у навколишньому середовищі, особливо людей. Додавання інших менш поширених, передових методів може призвести до більш точних результатів позиціонування Wi-Fi, включаючи Angle of Arrival (AoA) та Time of Flight (ToF).

У програмах на основі RSSI кілька існуючих точок доступу Wi-Fi або датчиків з підтримкою Wi-Fi, розгорнутих у фіксованому положенні, будуть виявляти передавальні пристрої Wi-Fi і рівень сигналу, що приймається від пристрою. Ці дані про місцезнаходження, зібрані точками доступу або

датчиками, відправляються в центральну внутрішню систему позиціонування (IPS) або систему позиціонування в реальному часі (RTLS). Механізм позиціонування аналізує дані та використовує алгоритми мультилатерації для оцінки розташування передавальних пристроїв. В якості альтернативи рівень сигналу найближчих точок доступу щодо бездротового пристрою може використовуватися для визначення розташування пристрою.

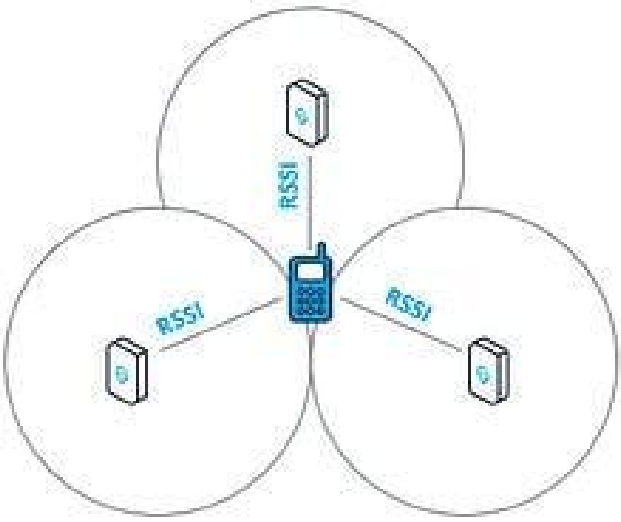

Рисунок 4.1 – Схема RSSI мультилатерації

Використання методу на основі RSSI з мультилатерацією є найлегше активованим і недорогим варіантом визначення місцезнаходження Wi-Fi. Однак він не забезпечує високий ступінь точності позиціонування, оскільки схильний до згасання, поглинання, відображення і перешкод сигналу.

Зняття відбитків пальців є також методом на основі RSSI. Позиціонування Wi-Fi за допомогою зняття відбитків пальців включає використання бази даних, яка записує місцезнаходження та потужність сигналу навколишніх точок доступу, а також координати пристрою Wi-Fi, наприклад смартфона або тега відстеження, у неактивній фазі. Для створення бази даних відбитків пальців потрібний трудомісткий процес калібрування,

який, можливо, доведеться виконувати повторно. У разі активного відстеження пристрою значення RSSI порівнюються з цими відбитками пальців у базі даних для оцінки розташування раніше навченого пристрою.

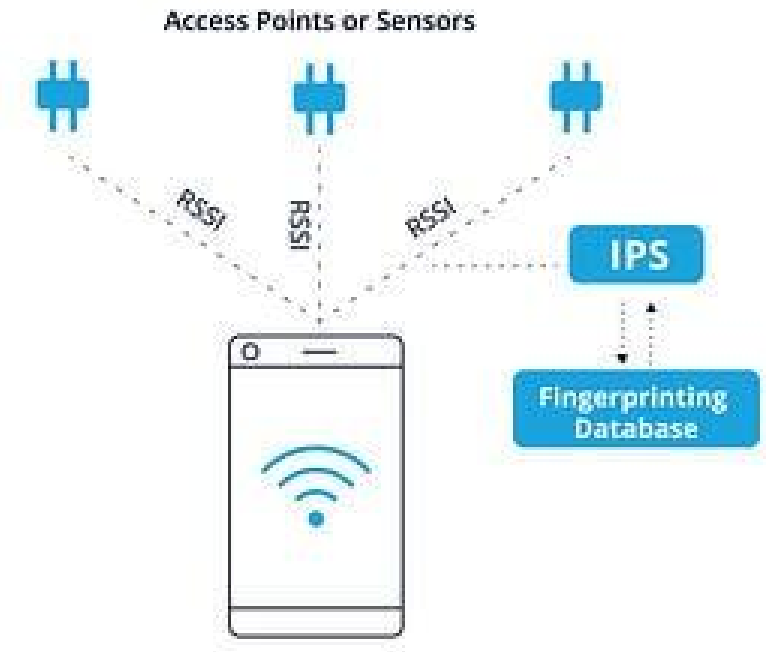

Рисунок 4.2 – Схема RSSI відбитків пальців

Подібно до визначення розташування за силою сигналу та мультилатерації, зняття відбитків пальців не забезпечує високого ступеня точності позиціонування, якщо система не калібрується постійно для відображення змін навколишнього середовища. Це недорогий метод визначення розташування Wi-Fi, але він вимагає постійного оновлення навчених RF-шаблонів у базі даних. На методи зняття відбитків пальців також впливають ослаблення сигналу (найбільший вплив), поглинання, відображення та перешкоди.

ToF – це високоточний метод позиціонування у приміщенні, який використовується такими прецизійними технологіями, як UWB. Цей метод дозволяє точно вимірювати відстань між пристроями Wi-Fi, обчислюючи час, необхідний для проходження сигналу між пристроями.

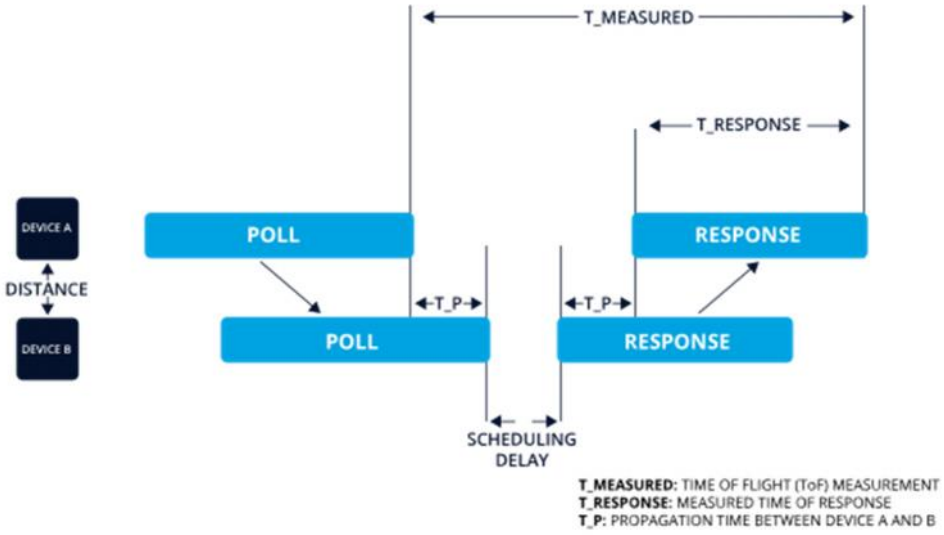

Рисунок 4.3 – Схема Time-of-Flight

ToF можна використовувати для визначення точного розташування пристрою Wi-Fi за допомогою кількох датчиків або точок доступу. Це вимагає щільного розгортання точок доступу або датчиків для виявлення пристрою Wi-Fi, наприклад, смартфона або мітки відстеження. Для правильної роботи датчики або точки доступу повинні бути точно синхронізовані з одним і тим же головним годинником. Сигнали пристрою Wi-Fi прийматимуться точками доступу або датчиками в діапазоні зв’язку і матимуть позначку часу. Потім усі дані з відмітками часу відправляються до центральної IPS або RTLS. Механізм позиціонування буде аналізувати дані кожної прив’язки та різницю в часі прибуття до кожної прив’язки та використовувати мультилатерацію для точного розрахунку координат тега.

Хоча ToF забезпечує більш точне позиціонування Wi-Fi, розгортання цього підходу пов’язане з більшим рівнем складності і може виявитися нерентабельним у сценаріях, коли не потрібна висока точність. Wi-Fi Round-Trip Time (Wi-Fi RTT) – це новий метод визначення розташування пристроїв Wi-Fi, які використовують ToF. Визначений у стандарті IEEE 802.11-2016, Wi-Fi RTT дозволяє пристроям вимірювати відстань між пристроями з

урахуванням часу проходження сигналу туди та назад, яка потрібна для проходження сигналу між пристроями.

Цей розрахунок заснований на шляху, пройденому сигналом, та визначається з використанням швидкості передачі електромагнітної хвилі та швидкості світла. Це можна використовувати для перемикання між двома пристроями або позиціонування в приміщенні з використанням декількох точок доступу або датчиків з мультилатерацією.

AoA – це сучасний метод, який може забезпечити позиціонування Wi-Fi з підвищеною точністю в порівнянні з більш традиційними методами, такими як зняття відбитків пальців та RSSI. Це можливо завдяки інтерфейсам Wi-Fi з кількома входами та виходами (MIMO). Щоб мати можливість визначати напрямок, мобільний об’єкт, такий як мітка або маяк, з однією антеною передає сигнал на фіксований датчик Wi-Fi з безліччю антен. Фазовий зсув безлічі антен в результаті прийому сигналу вимірюється і обчислюється для визначення кута мобільного пристрою, що передає, і створення області впевненості в місцеположенні об’єкта.

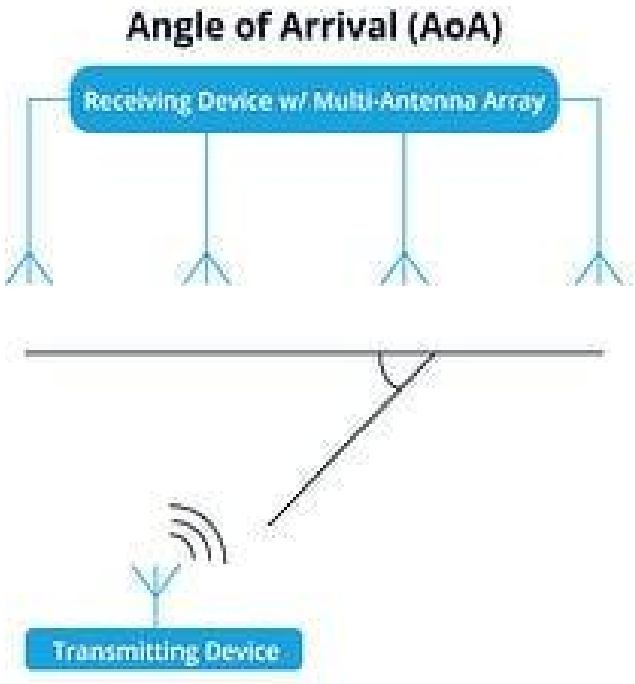

Рисунок 4.4 – Схема Angle of Arrival

Однією з переваг підходу AoA є те, що він зменшує кількість необхідних контрольних точок. Замість щонайменше трьох датчиків, необхідних для будь-якого підходу до мультилатерації, вам потрібно лише два, щоб однозначно визначити положення. Додаткові орієнтири підвищують точність і надійність положень, що розраховуються. Хоча внутрішнє позиціонування за допомогою AoA є більш точним, ніж підходи до рівня сигналу, рішення, що використовують цей метод, лише виходять на ринок [10].

Позиціонування в бездротових мережах можна реалізувати кількома способами:

- метод розпізнавання шаблону. Даний метод виходить із того, що в кожній точці пристрій бачить унікальну картину радіо. Пристрій сканує радіо обстановку – точки доступу та рівень їх сигналів, звіряє отриману схему радіосигналів зі списком шаблонів та знаходить координату пристрою. Для налаштування всієї мережі необхідно провести тривалий процес сканування ефіру всього приміщення, практично кілька разів, і навіть проводити регулярну калібрування даних, т.к. насправді у приміщеннях постійно відбуваються зміни. Метод має перевагу низьких витрат на обладнання, але при цьому вартість володіння таким рішенням буде високою, а точність низької позиціонування;

- за точкою доступу, до якої приєднано клієнта. Даний метод має перевагу простоти, але точно страждає. Дійсно, зона дії бездротової мережі може бути досить великою, діаметр плями засвічення може бути 50м і більше. Т.о. цей метод – краще, ніж нічого, проте він навряд чи дозволить нам зібрати аналітику, яка є цінністю для розуміння наших клієнтів. Метод скоріше дозволяє визначити присутність клієнта, ніж позиціонувати його;

- тріангуляція. Цей метод вже кілька років використовується компанією Cisco і полягає в тому, щоб визначити силу сигналу від клієнта до 3-4х точкок доступу WiFi і в зоні перетину можливого розташування клієнта щодо кожної точки спозиціонувати пристрій. Цей метод є досить

інформативним. При правильному розташуванні точок доступу він дозволяє з високою ймовірністю визначити координату клієнта з точністю 5-7м. Хороший сценарій – це точки доступу по периметру приміщення та в центрі таким чином, щоб кожна точка у просторі «чулася» 3-4 точками доступу Wi-Fi. Перешкоди по дорозі радіосигналу заважатимуть точності визначення координати. Статичні перешкоди необхідно змоделювати, а рухомі неминуче будуть негативно впливати на точність;

- ангуляція або позиціонування з визначенням кута вхідного сигналу. Метод є революційною розробкою Cisco, що дозволяє досягти метрової точності позиціонування Wi-Fi клієнта. Зовнішній модуль точного позиціонування, підключений до модульної точки доступу Cisco Aironet, зі спеціальною антеною дозволяє додатково визначити кут, під яким прийшов сигнал та звузити сегмент можливого знаходження Wi-Fi клієнта до променя. Застосовуючи метод тріангуляції до такої інформації від 3-4х точок доступу, ми отримуємо координату, яка з високою ймовірністю дає точність до 1м [11].

4.2 Аналіз локалізації за рівнем сили сигналу RSSI

Радіочастотний метод визначення відстані між об’єктами за силою сигналу використовується в багатьох системах як універсальний алгоритм процесу позиціонування. У відкритому просторі потужність радіочастотного сигналу може бути розрахована за допомогою формули Фріса

$$P_r = \frac{P_t}{(4\pi/\lambda)^2}, \quad (4.1)$$

де P_r – потужність отриманого сигналу; P_t – потужність перелачу під час відправки сигналу; $\lambda = c/\beta_f$; c – швидкість світла; β_f – частота радіоканалу.

Відповідно, знаючи потужність отриманогорадіосигналу, що обчислюється з показника рівнясили сигналу, можна обчислити відстань d між об’єктами:

$$d = \frac{\lambda}{4\pi}\sqrt{P_t / P_r}\ , \tag{4.2}$$

З формули 3.1 видно, що потужність отриманого сигналу P_r , зменшується зі збільшенням дальності d в квадратичній залежності. Це основний зв’язок між RSSI та відстанню. При поп’тці локалізації об’єктів у середовищі багатопроменевого поширення можна зіткнутися з конструктивною та деструктивною інтерференцією, що в даному випадку призведе до того, що позиція об’єкта не співпадатиме з відповідною потужністю сигналу. Цей ефект також залежить від частоти, тому за різних несучих частот може з’явитися невідповідність отриманого результату істинному. Так як помилка при підрахунку відстані зазвичай пропорційна самому відстані, то на більш маленьких відстанях між вузлами похибки можуть бути в межах метра.

Більшість радіопередавачів дозволяють працювати з індикатором сили отриманого сигналу B351 і ця величина доступна користувачеві без вимоги додаткових апаратних засобів чи витрат електроенергії, що пояснює популярність цього технічного прийому [12].

4.3 Вибір найбільш підходящого в умовах завдання методу WiFi-позиціонування

Найпопулярнішими методами позиціонування на основі сили сигналу точки доступу є: тріангуляція та карти рівня сигналів. Обидва методи надають можливість достатньо точно визначити місцезнаходження шуканого пристрою і не потребують ніякого додаткового обладнання, окрім наявності мінімум трьох точок доступу. Далі кожен метод буде розглянуто докладніше.

4.3.1 Дослідження методу локалізації за картами рівня сигналів

Алгоритми цього типу використовують так звані карти рівня сигналів. У цих методах завдання визначення місця розташування зводиться до завдання класифікації. У теорії навігації даний тип алгоритмів відноситься до оглядово-порівняльних методів визначення розташування об’єктів.

Особливістю методу є використання двоетапного алгоритму. На першому етапі (фаза офлайн) для кожної точки доступу формуються карти рівня сигналів, що являють собою якийсь шаблон чутності.

Для цього простір можливого розташування об’єкта спершу стає дискретним і розбивається на кінцеву множину зон, в кожній з яких може бути мобільний об’єкт. Потім у всіх зонах для кожної точки доступу визначається і ставиться у відповідність деяка характеристика рівня сигналу, зазвичай його усереднене значення. На другому етапі, що проходить під час експлуатації системи визначення розташування (фаза онлайн), датчики мобільного об’єкта збирають інформацію про сигнал з усіх точок доступу. Далі по спеціальному алгоритму визначається найімовірніша позиція мобільного об’єкта шляхом зіставлення зібраних вимірів з даними із карт рівня сигналів.

Особливістю методу є досить трудомісткого попереднього етапу, який часто необхідно виконувати людині, обходячи з вимірювальним пристроєм всі зони приміщення. Недоліком цього методу є і те, що через зміни конфігурації приміщення (відчинення або закривання дверей, пересування меблів і т.д.) можуть змінюватись характеристики сигналів від точок доступу в зонах приміщення. Крім того, різні пристрої користувачів, що використовуються на другому етапі, можуть по-різному збирати дані про рівень сигналу від точок доступу.

Таким чином, актуальним є розвиток методів, що включають калібрування приладів, складання та коригування карток рівня сигналів у процесі експлуатації системи (у фазі онлайн), методи оцінки помилки

позиціонування та відстеження історії визначень розташування об’єктів. Крім того, важливими факторами, що впливають на точність позиціонування, є число та місця розташування точок доступу системи позиціонування.

Розглянемо чотири методи позиціонування, заснованих на застосуванні карт рівня сигналів: метод максимальної правдоподібності, метод найближчого сусіда, нейронні мережі, метод опорних векторів.

Метод максимальної правдоподібності (highest probability). На першому етапі простір розбивається на N зон можливого розташування мобільного об’єкта. Потім кожної точки доступу і кожної зони $j = 1, \dots, N$ задаються розподіл випадкових величин s_i - рівнів сигналів від точок доступу у зонах. Ці випадкові величини є дискретними, так як радіопередача здійснюється в цифровій формі, і вхідний сигнал реєструється, наприклад, з використанням аналого-цифрових перетворювачів або керованих автоматичних регуляторів посилення.

На другому етапі завдання полягає в тому, щоб для заданого вектора рівня сигналу $\bar{s} = (s_1, \dots, s_M)$ від точок доступу, виміряних приймачем мобільного об’єкта знайти зону j з максимальною умовною ймовірністю $p(j|\bar{s})$:

$$j^* = a \max_j \{p(j|\bar{s})\}. \quad (4.3)$$

Запис $p(j|\bar{s})$ позначає апостеріорну можливість перебувати у зоні j, за умови, що було зафіксовано вектор рівня сигналу $\bar{s}$.

Якщо від точки доступу і сигнал не зафіксований, то рахуватимемо $s_i = 0$.

Використовуючи формулу Байєса, отримуємо:

$$p(j|\bar{s}) = \frac{p(\bar{s}|j)p(j)}{p(\bar{s})}. \quad (4.4)$$

Якщо припустити, що всі можливості $p(j)$ знаходження об'єкта у кожній зоні однакові, то для даного вектора $\bar{s}$

$$\frac{p(j)}{p(\bar{s})} \equiv c \quad . \tag{4.5}$$

Таким чином,

$$a \quad \max_j\{p(j|\bar{s})\} = a \quad \max_j\{p(\bar{s}|j)\}. \tag{4.6}$$

Загальноприйнятим є припущення, що для кожної зони $j = 1, \dots, N$ компоненти вектора $\bar{s}$ є спільно незалежними випадковими величинами. Тому

$$p(\bar{s}|j) = p\big((s_1, \dots, s_M) \mid j\big) = \prod_{i=1}^{M} p(s_1|j). \tag{4.7}$$

На практиці при розрахунках твір слід брати за тими індексами i, для яких $s_i > 0$:

$$p(\bar{s}|j) = \prod_{i:\, s_i>0}^{M} p(s_1|j). \tag{4.8}$$

Це мотивовано тим, що ситуація, коли $s_i = 0$ може виникнути при технічному збої точки доступу і та її показання у такому разі брати до уваги не слід.

Для роботи алгоритму першому етапі необхідно оцінити ймовірності $p(s_1|j)$. Оцінки цих можливостей можна визначити на основі попередніх випробувань. Як відомо, рівень сигналу в кожній такій зоні коливатиметься під впливом багатьох слабо залежних факторів і тому, ґрунтуючись на центральній граничній теоремі, можна вважати, що величина s_i має нормальний розподіл. Отже, для повного опису карт рівня сигналів системи

позиціонування достатньо знати величини a_i і σ_i - відповідно, математичне очікування та дисперсію дискретної випадкової величини s_i .

Нехай ω - індексна безліч отриманих в ході випробувань векторів сил сигналів для всіх зон, $\omega(j)$ - індексна безліч векторів рівня сигналів для зони $j = 1, \dots, N$. Таким чином

$$\omega = \cup_{j=1}^{N} \omega(j). \tag{4.9}$$

Для кожного $k \in \omega(j)$ позначимо $s = (\dot{s}_{k1}, \dots, \dot{s}_k)$ – зафіксований під час j-го випробування вектор рівнів сигналів від точок доступу.

Позначимо для кожної точки доступу і середнє арифметичне позитивних значень $\dot{s}_{k1}$(тобто нульові значення не враховуємо):

$$a_i(j) = \frac{\sum_{k \in \omega(j)} \dot{s}_{k1}}{|\{k : k \in \omega(j), \dot{s}_{k1} > 0\}|}. \tag{4.10}$$

Вважатимемо $a_i(j) = 0$ якщо для зони j і точки доступу і відсутні результати вимірів.

Далі дискретну випадкову величину s_i для зони j апроксимуємо за допомогою нормального розподілу $N(a_i(j), \sigma)$. Середньоквадратичне відхилення σ підбирається експериментально.

Таким чином, оцінки ймовірностей для s_i можна оцінити, наприклад, таким чином:

$$P(s_i = y|j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{y-\frac{1}{2}}^{y+\frac{1}{2}} e^{-\frac{(z-a_i(j))^2}{2\sigma^2}} d \ . \tag{4.11}$$

Спосіб найближчого сусіда. У цьому методі на етапі онлайн виміряного мобільним об’єктом вектора рівня сигналів шукається k найближчих векторів у карті, складеній на етапі офлайн для всього приміщення. Число k є

параметром методу. Розташування об’єкта визначається шляхом виваженого усереднення знайдених позицій.

Як приклад можна навести алгоритм RADAR, який вимагає попередніх даних у вигляді відомих рівнів сигналів від кожної точки доступу для набору точок приміщення (x, y). Як результат при визначенні розташування вибирається така точка, набір рівнів сигналів для якої найбільш схожий на зареєстрований набір мобільного об’єкта.

Метод Gridded RADAR є заснованим на інтерполяції розширенням алгоритму RADAR. Простір розбивається на безліч зон, для кожної зони наперед відомий рівень сигналу від кожної точки доступу (у центрі зони). Принципова відмінність полягає в тому, що рівні сигналу інтерполюються для кожної точки простору. Далі шукаються точки із найбільш схожими на зареєстрований мобільним об’єктом рівень сигналу. Таким чином, збільшується область можливого розташування об’єкта.

Нейронні мережі. На вхід мережі надходить вектор рівня сигналів, зареєстрованих мобільним об’єктом, на виході координати точки, що відповідає розташування об’єкта. На етапі офлайн шляхом обходу всього приміщення відбувається навчання нейронної мережі. На етапі онлайн відбувається визначення невідомого розташування мобільного об’єкта.

Метод опорних векторів застосовується для завдань класифікації та регресійного аналізу. Будучи інструментом статистичного аналізу та машинного навчання, метод добре виявив себе при прикладних, наукових, медичних та інженерних завдань. Метод опорних векторів може бути використаний і для вирішення задачі визначення розташування мобільних об’єктів усередині приміщень.

4.3.2 Дослідження методу тріангуляції

Існує два види тріангуляції: трилатерація та ангуляція. Метод трилатерації визначає місцезнаходження об’єкта, вимірюючи відстань від

нього до кількох точок доступу. При оцінці відстані до точки доступу використовуються різні методи, наприклад, на основі вимірювання сили або часу отриманого сигналу. Проходження сигналу, або різницю в часах прийому сигналу. Для оцінки використовується будь-яка функціональна залежність відстані від РС, або час проходження сигналу множиться на його швидкість. При кутовому методі місце розташування об’єкта визначається шляхом обчислення кутів прямих сигналів від кількох точок доступу.

Алгоритми трилатерації засновані на вимірюванні відстаней та у явній формі моделюють ефект загасання сигналу з відстанню.

Розглянемо оцінювання відстані залежно від часу проходження сигналу (time of arrival, TOA).

У цьому випадку передбачається, що відстань від мобільного пристрою до точки доступу прямо пропорційна часу проходження сигналу. У двовимірному просторі для позиціонування об’єкта достатньо трьох точок доступу, а в тривимірному чотирьох точек доступу. При оцінюванні відстані між передавачем сигналу і приймачем визначається час проходження сигналу між ними, потім отриманий час множиться на швидкість сигналу. Для застосування методу необхідно, щоб час у всіх передавачах та приймачах сигналу було синхронізовано. Щоб сигнали відрізнялися між собою мітки часу мають бути пронумеровані у порядку. Стандартний підхід визначення точки розташування об’єкта такий полягає у застосуванні методу найменших квадратів. Нехай мобільний об’єкт знаходиться в точці з координатами $(\hat{x}, \hat{y})$, які необхідно знайти, і передає сигнал в момент часу t0. Далі N точок доступу, розташованих у точках з координатами (x_j, y_j) приймають сигнал у моменти часу $t_j, , j = 1, \dots, N$ (або точки доступу передають сигнал, а датчик мобільного об’єкта приймає). Для оцінювання значень $(\hat{x}, \hat{y})$, знаходиться мінімум цільової функції

$$(\hat{x}, \hat{y}) = a \quad \min_{x,y} \sum_{j=1}^{N} \left(\sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} - c(t_j - t_0)\right)^2, \qquad (4.12)$$

де c швидкість поширення сигналу, Це завдання можна вирішувати, використовуючи методи безумовної оптимізації.

Іноді для оцінювання розташування об’єкта застосовують метод найближчого сусіда. У цьому випадку позиція об’єкта визначається як розташування точки доступу, сигнал до якої пройшов швидше за інших. Це застосовно у ситуації відсутності прямої видимості та наявності великих перешкод. Метод, заснований на вимірюванні часів проходження електромагнітною хвилею відстані між точкою доступу та мобільним пристроєм (time of ight, ToF), працює аналогічно, тільки він не вимагає синхронізації годинника точки доступу та мобільного пристрою.

Розглянемо оцінювання відстані залежно від різниці моментів часу приходу сигналів (time dierence of arrival, TDOA). У цьому методі розташування об’єкта визначається шляхом обчислення різниці відстаней між об’єктом і декількома точками доступу з відомим розташуванням. Для кожної різниці моментів часу приходу сигналів об’єкт знаходиться на гіперболі (у двовимірному просторі) або на гіперболоїді (у тривимірному просторі) на певній відстані від точок доступу. Нехай мобільний об’єкт знаходиться в точці з невідомими координатами $(\hat{x}, \hat{y})$ і передає сигнал. Точки доступу i та j, що мають координати (x_i, y_i) та (x_j, y_j) приймають сигнал із затримкою за часом Δt. Тоді різниця відстаней між об’єктом та точками доступу дорівнює

$$\Delta R_i\ (\hat{x}, \hat{y}) = \sqrt{(x_i - \hat{x})^2 + (y_i - \hat{y})^2} - \sqrt{(x_j - \hat{x})^2 + (y_j - \hat{y})^2}. \qquad (4.13)$$

Для оцінювання координат об’єкта (x, y) необхідно вирішити систему, складену з рівнянь виду

$$\Delta R_i\ (x, y) = c\Delta t, \qquad (4.14)$$

для кількох пар i та j, де c - швидкість поширення сигналу.

На практиці замість точного рішення часто використовують лінеаризацію функції $\Delta R_i\ (x, y)$ і подальше застосування схожого ітеративного алгоритму. Слід зазначити, що у двовимірному випадку можна обійтися системою із двох рівнянь.

Далі розглянемо оцінювання відстані залежно від рівня прийнятого сигналу (received signal strength, RSS). Два попередні методу мають обмеження до застосування практично. У закритих просторах майже ніколи не буває прямої видимості між передавачем та приймачем сигналу. Проходженню сигналу заважають різні перешкоди, наслідком є перетворення сигналу, що збільшє час його поширення. Все це знижує точність визначення розташування об’єкта. Натомість пропонується оцінювати відстань до мобільного об’єкта залежно від рівня прийнятого ним сигналу від точки доступу. Є численні взірці, які описують функціональну залежність між рівнем сигналу та відстанню від передавача до приймача.

Розрахунок координат (x, y) знаходження мобільного об’єкта може розглядатися як завдання оптимізації, де розташування точок доступу (x_i, y_i) відомі, і оцінки відстані d_i між об’єктом і точками доступу знаходяться за допомогою функціональної залежності рівня сигналу та пройденого сигналом відстані. Тоді завдання зводиться до знаходженню таких $(\hat{x}, \hat{y})$, що сума квадратів буде мінімальна, формула 4.12.

Тим не менш, слід зазначити, що модель поширення радіосигналу в приміщенні досить складна через велику кількість можливих шляхів проходження сигналу, як правило, відсутності прямої видимості, наявності перешкод, перегородок, перекриттів поверхів, людей, що рухаються, інших поверхонь, що відбивають. Невідома ідеальна модель визначення характеристик поширення радіосигналу всередині приміщень.

Нарешті розглянемо метод оцінки часу кругової затримки сигналу чи час прийому-передачі (round-trip delay time, RTD; roundtrip time, RTT). У цьому вся підході вимірюється час кругового звернення сигналу від передавача до приймача і назад. У цьому випадку не потрібно жорсткої

синхронізації часу на точках доступу та мобільному об’єкті. Для оцінювання розташування об’єкта використовуються методи, описані для методу TOA. По суті, мобільний об’єкт виступає як радар. Об’єкт повертає надісланий йому сигнал від точок доступу, і час на повне звернення сигналу від них дає можливість обчислити розташування об’єкта. Як недолік можна відзначити, що на точність методу впливає невідомий час обробки сигналу мобільним об’єктом при прийомі та подальшій його передачі. У системах далекої чи середньої дії ця затримка не така суттєва, проте для систем ближньої дії вона суттєво впливає на результат.

У методах ангуляції розташування об’єкта визначається як перетин прямих, кожна з яких спрямована під певним кутом від відповідної точки доступу до мобільного об’єкта. У цьому методі достатньо двох точок доступу для визначення розташування об’єкта на площині і трьох точок доступу для тривимірного простору. Ангуляції найчастіше використовується в радіопеленгації. На жаль, цей метод вимагає використання складної апаратури, крім того точність позиціонування погіршується при видаленні мобільного об’єкта від точок доступу. Вимірювання кутів має бути досить точним і численні перешкоди по дорозі сигналу негативно впливають на одержуване рішення [13].

4.4 Висновок

В умовах поставленого завдання обидва методи повність задовольняють потребам: вони здатні з великою визначити місцезнаходження шуканого пристрою і не потребують ніякого додаткового обладнання. Однак значною перевагою тріангуляції є те, що вона не потребує трудомісткого першого етапу підготовки, який повинен буду в методі з використанням карт рівня сигналів. Саме тому найкращим методом пошуку місцезнаходження клієнтського пристрою є тріангуляція.

5 РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО WIFI-ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДПРАВЛЕННЯ СИГНАЛУ ПРО ДОПОМОГУ ДИСПЕТЧЕРУ

Головне завдання пристрою, який може передати сигнал – підтримувати безперебійний зв’язок пацієнта та диспетчера системи. Якщо кнопка з будь-якої причини була натиснута, сигнал надсилається диспетчеру. Останній спрямовує допомогу, попутно дізнавшись про місце розташування об’єкта. Група повинна в максимально короткий термін з’явитися до пацієнта, у якого сталася надзвичайна ситуація, щоб надати негайну медичну допомогу [4].

WiFi-кнопка ж має суттєву перевагу над стаціонарними пристроями, бо завжди знаходиться під рукою, отже потребує прикласти значно менше зусиль для передачі сигналу. На даний момент подібна кнопка – це найбільш доступний та дешевий спосіб швидко та легко повідомити про необхідну допомогу. До того ж, її ефективність немає рівних порівнюючи з іншими методами оповіщення. Тому подібна кнопка і є найбільш слушним рішенням поставленого завдання. Переваги такого пристрою є:

- низька вартість та висока швидкість монтажу;
- невисока вартість обслуговування;
- легкість в подачі сигналу про необхідну допомогу.

5.1 Аналіз існуючих типів портативних WiFi-пристроїв

Стаціонарні. Щоб розмістити стаціонарну кнопку підбирається місце, максимально доступне для пацієнтів. Якщо виникає небезпека, у пацієнтів має бути можливість у короткий термін повідомити диспетчера про подію.

Бездротові. Дані моделі передачі сигналу використовують радіочастоти. Вони є непомітними брелоками або можуть бути налаштовані

через мобільний телефон. Мобільні пристрої поділяються на радіоканальні та працюють через GSM-покриття.

Для GSM-кнопок використовуються частоти мобільних операторів. Їх просто налаштувати, вони мають велику область покриття, і, якщо потрібно, можна посилити їх сигнал. Проте вони мають суттєвий недолік – не можуть працювати, коли у мережі виникають збої.

Для радіоканальних варіантів передбачено свої частоти. Вони працюватимуть незалежно від мобільного покриття. До недоліків таких моделей відносять те, що потрібно зареєструвати пристій у центрі радіочастот, сигнал неможливо підсилити до рівня доступного для GSM-моделей. Також прийом знижується, якщо система встановлена у щільно забудованих районах.

Окремою категорією мобільних кнопок є рішення, що працюють у зоні безпроводового покриття Wi-Fi. Устаткування буде працювати надійно, якщо правильно встановити точки доступу, маршрутизатори та інші пристрої підтримки мережі. Звичайно, у них має бути обов’язково доступ до глобальної мережі. Переваги є швидке з’єднання, немає перешкод і вони досить надійні [14].

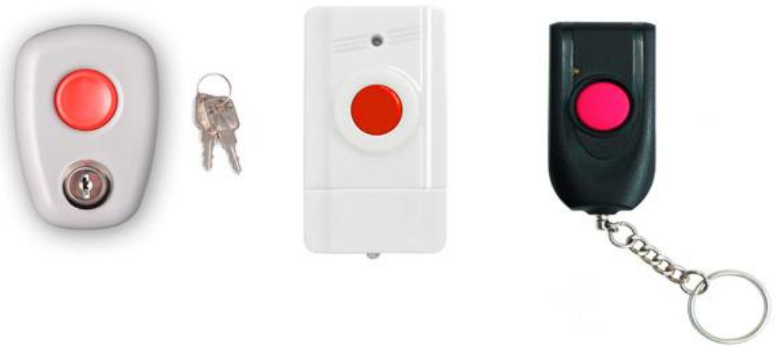

Рисунок 5.1 – Види WiFi-пристроїв для передачі сигналу

5.2 Проектування портативного WiFi-пристрою для відправлення сигналу про допомогу диспетчеру

Розглянемо варіант розробки WiFi-кнопки за допомогою мікроконтролеру ESP8266 та WiFi-модулю ESP-01 - пристрій, при натисканні на кнопку якого буде переданий сигнал про необхідну допомогу в комп'ютерну систему, яка, у свою чергу, запускатиме алгоритм пошуку розташування цього пристрою.

Необхідне обладнання:

а) ESP-01 – 1шт.;

б) кнопка – 1шт.;

в) резистор на 10 ком - 1шт.;

г) літій-іонна або літій-полімерна батарейка - 1шт.;

ґ) стабілізатор напруги:

1) MCP1700-3302E - 1шт.;

2) керамічний конденсатор на 100 нФ – 1шт.;

3) електролітичний конденсатор на 1000 мкФ – 1шт.;

д) пластиковий корпус – 1шт.

Для програмування подібних портативних WiFi пристроїв існує безліч різних рішень. Найпростішим є безкоштовний онлайн-ресурс під назвою IFTTT. Цей сервіс використовується для онлайн-автоматизації найрізноманітніших завдань. У нашому випадку треба, щоб WiFi-кнопка при натисканні надсилала сигнал розробленому додатку. Для цього необхідно зайти на сайт ifttt.com та пройти нескладну форму реєстрації нового пристрою. Найголовнішим є сервіс Webhooks, до якого потрібно додати унікальний API-ключ пристрою. далі автоматично запускається послідовна комунікація, функція initWifi(), що встановлює WiFi-з'єднання між ESP8266 та роутером, функція makeIFTTTRequest(), що виконує запит до сервісу IFTTT, після чого IFTTT відправляє сигнал у додаток.

Також важливим є метод deepSleep(), який використовується, щоб ESP8266 перейшов майже вимкнений стан і споживав мінімум електроенергії. Завдяки якому, пристрій буде працювати таким чином: при натисканні на кнопку ESP8266 буде прокидатися, виконувати дію та повертатися в режим глибокого сну з метою економії електроенергії. Тому, незважаючи на те, що ESP8266 у цьому прикладі живиться від батарейки, цей проект може пропрацювати тижні або навіть місяці [15].

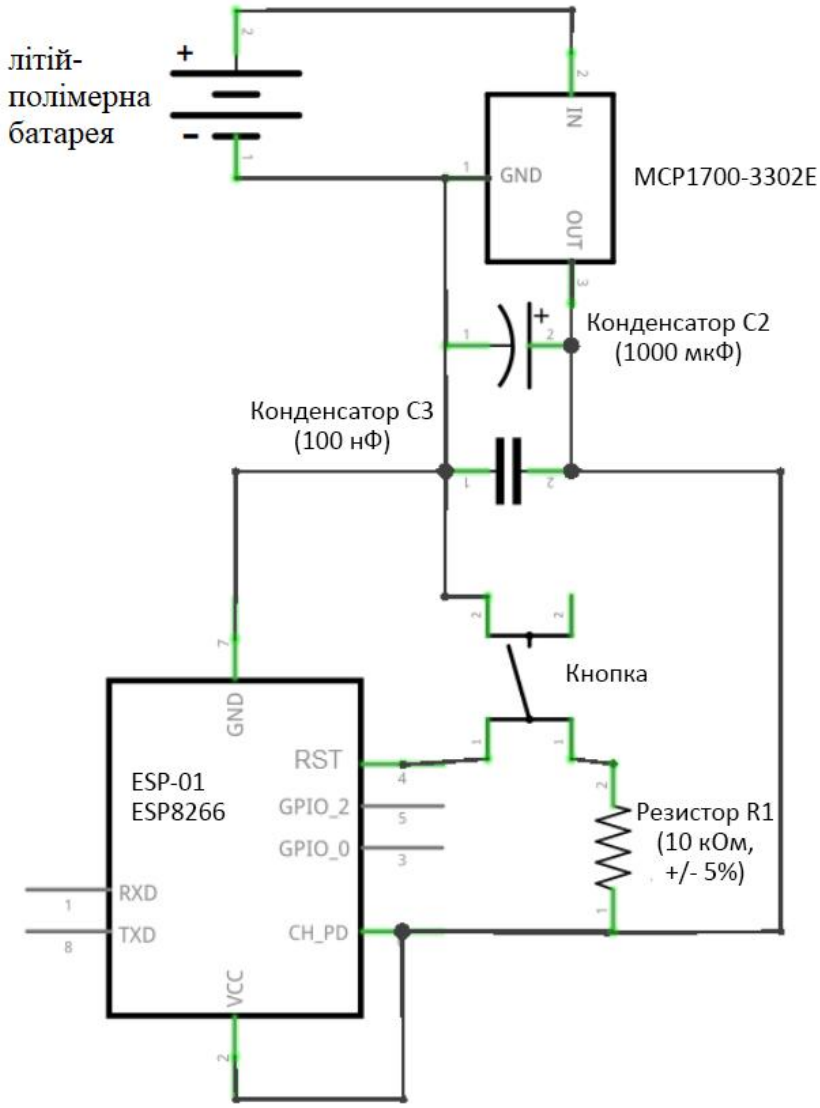

Рисунок 5.2 – Схема підключення компонентів пристрою

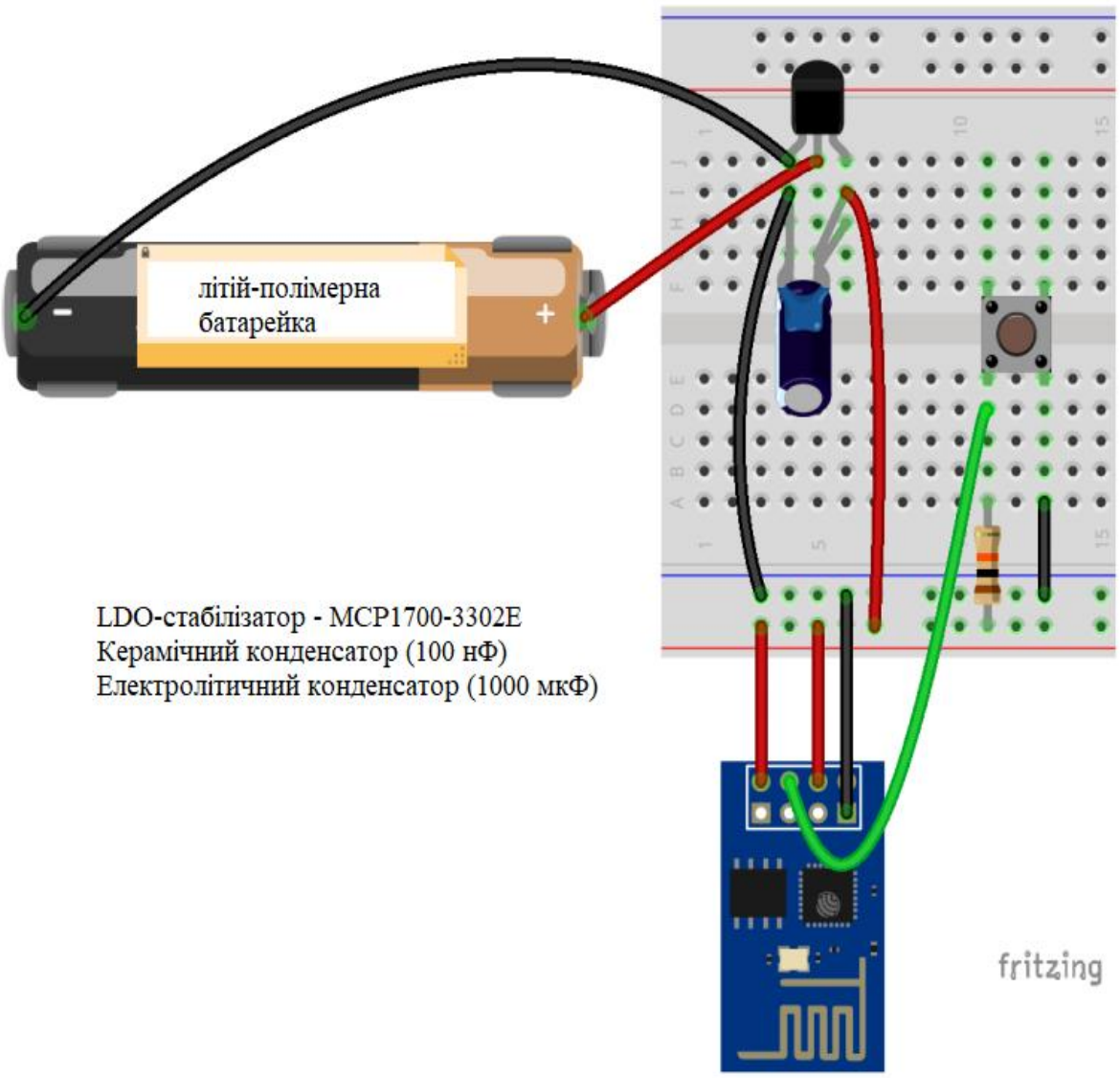

Рисунок 5.3 – Fritzing-схема підключення компонентів пристрою

5.3 Майбутні шляхи вдосконалення системи

Недоліком даного варіанту розробки пристрою є те, що система може реагувати лише на натискання кнопки, тобто інформація про місцезнаходження пристрою може бути отримана диспетчером лише після натискання на кнопку пацієнтом. Корисною ж була б можливість отримувати дані про місцерозтушування клієнтів постійно just in time та відображати

кожного на карті, а тих хто відправив сигнал про необхідну допомогу виділяти серед інших. За допомогою такого підходу диспетчер би бачив можливе скуплення пацієнтів в певний зоні та міг би коректно оцінити ризики і, заздалегідь відправивши в потенційно небезпечну зону санітарів, ще більше скоротити час або взагалі прибрати необхідність в використанні системи в таких випадках, щоб надати необхідну допомогу. Для реалізації такого підходу потрібно використовувати технології пасивного відстеження сигналу, наприклад подібні до технології радіомаячків-BLE.

5.3 Висновок

Виходячи з усього перерахованого вище можна дійти висновку, що запропонований варіант реалізації портативного wifi-пристрою для відправлення сигналу про необхідну допомогу диспетчеру є відмінним рішенням в умовах поставленого завдання, оскільки собівартість необхідних компонентів дуже низька, процес складання пристрою і, за допомогою онлайн-ресурсу IFTTT, програмування пристрою є дуже простими. Окрім цього, завдяки функції глибокого сну прилад практично не споживає електроенергію та може працювати протягом місяців без живлення.

6 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ ОЗДОРОВЧОГО ЗАКЛАДУ

Оскільки для реалізації комп’ютерної системи контролю та локалізації клієнтів необхідна наявність десктопної програми, яка дозволила б відобразити диспетчуру карту оздоровчої установи, на якій повинні відображатися покажчики розташування пацієнта, що відправив сигнал про необхідну допомогу, мовою програмування для створення описаного вище прогрммного продукту був обраний мову програмування C # та технологія Windows Forms. Тому що на даний момент ця мова програмування є однією з найпопулярніших мов у світі, а технологія Windows Forms вже давно зарекомендувала себе, як одна з найнадійніших у сфері десктопної розробки.

6.1 Реалізація програмних сервісів мовою програмування C#

C# – сучасна об’єктно-орієнтована і типобезпечна МП. C# дозволяє розробникам створювати різні типи безпечних та надійних програм, що виконуються в .NET. C# відноситься до широко відомого сімейства мов C, і здасться добре знайомим будь-кому, хто працював з C, C++, Java або JavaScript. Тут представлений огляд основних компонентів мови C# 8 та ранніх версій. Якщо ви хочете вивчити мову за допомогою інтерактивних прикладів, рекомендуємо попрацювати з вступними посібниками C#.

C# – це об’єктно-і компонентно-орієнтована мова програмування. C# надає мовні конструкції безпосередньої підтримки такої концепції роботи. Завдяки цьому C# підходить для створення та застосування програмних компонентів. З моменту створення мова C# збагатилася функціями для підтримки нових робочих навантажень та сучасними рекомендаціями щодо розробки програмного забезпечення. C# – це об’єктно-орієнтована мова. Ви визначаєте типи та їх поведінку.

Ось лише кілька функцій мови C#, які дозволяють створювати надійні та стійкі програми. Складання сміття автоматично звільняє пам’ять, зайняту недоступними об’єктами, що не використовуються. Типи, що допускають значення null, забезпечують захист від змінних, які посилаються на виділені об’єкти. Обробка винятків надає структурований та розширюваний підхід до виявлення помилок та відновлення після них. Лямбда-вираження підтримують прийоми функціонального програмування. Синтаксис LINQ створює спільний шаблон для роботи з даними будь-якого джерела. Підтримка мов для асинхронних операцій забезпечує синтаксис для створення розподілених систем. У C# діє єдина система типів. Всі типи C#, включаючи типи-примітиви, такі як int та double, успадковують від одного кореневого типу object. Всі типи використовують загальний набір операцій, а значення будь-якого типу можна зберігати, передавати та обробляти подібним чином. Більше того, C# підтримує як визначені користувачами типи посилань, так і типи значень. C# дозволяє динамічно виділяти об’єкти та зберігати спрощені структури у стеку. C# підтримує універсальні методи та типи, що забезпечують підвищену безпеку типів та продуктивність. C# надає ітератори, які дозволяють розробникам класів колекцій визначати варіанти поведінки для клієнтського коду.

У C# особлива увага приділяється керуванню версіями для забезпечення сумісності програм та бібліотек у разі їх зміни. Питання управління версіями істотно вплинули такі аспекти розробки C#, як роздільні модифікатори virtual і override, правила дозволу навантаження методів і підтримка явного оголошення членів інтерфейсу.

Програми C# виконуються в .NET, віртуальній системі виконання, що викликає загальномовне середовище виконання (CLR) та набір бібліотек класів. Середовище CLR – це реалізація загальномовної інфраструктури мови (CLI), що є міжнародним стандартом від корпорації Майкрософт. CLI є основою для створення середовищ виконання та розробки, у яких мови та бібліотеки прозоро працюють одна з одною.

Вихідний код, написаний мовою C#, компілюється в проміжну мову (IL), який відповідає специфікаціям CLI. Код мовою IL та ресурси, у тому числі растрові зображення та рядки, зберігаються у збірці, зазвичай з розширенням .dll. Складання містить маніфест з інформацією про типи, версії, мову та регіональні параметри для цієї збірки.

Під час виконання програми C# збірка завантажується у середовище CLR. Середовище CLR виконує JIT-компіляцію з коду мовою IL в інструкції машинної мови. Середовище CLR також виконує інші операції, наприклад, автоматичне складання сміття, обробку виключень та управління ресурсами. Код, виконуваний серед CLR, іноді називається керованим кодом. “Некерований код” перетворюється на машинну мову, призначену для конкретної платформи.

Забезпечення взаємодії між мовами є основною особливістю .NET. Код IL, створений компілятором C# відповідає специфікації загальних типів (CTS). Код IL, створений з коду C#, може взаємодіяти з кодом, створеним з версій .NET для мов F#, Visual Basic, C++. Існує більше 20 інших мов, сумісних із CTS. Одна збірка може містити кілька модулів, написаних різними мовами .NET, і всі типи можуть посилатися один на одного, якби вони були написані однією мовою.

Крім служб часу виконання .NET також включає розширені бібліотеки. Ці бібліотеки підтримують багато різних робочих навантажень. Вони впорядковані за просторами імен, які надають різні корисні можливості: від операцій файлового введення та виведення до керування рядками та синтаксичного аналізу XML, від платформ веб-додатків до елементів керування Windows Forms. Зазвичай програму C# активно використовують бібліотеку класів .NET для вирішення типових завдань.

Коли говорять C#, часто мають на увазі технології платформи .NET (Windows Forms, WPF, ASP.NET, Xamarin). І навпаки, коли говорять .NET, нерідко мають на увазі C#. Проте, хоча ці поняття пов’язані, ототожнювати їх

не так. Мова C# була створена спеціально для роботи з фреймворком .NET, проте саме поняття .NET дещо ширше.

Фреймворк .NET є потужною платформою для створення додатків. Можна виділити такі основні риси:

- підтримка кількох мов. Основою платформи є загальномовне середовище виконання Common Language Runtime (CLR), завдяки чому .NET підтримує кілька мов: поряд з C# це також VB.NET, C++, F#, а також різні діалекти інших мов, прив’язані до .NET, наприклад, Delphi. NET. При компіляції код будь-якою з цих мов компілюється у складання загальною мовою CIL (Common Intermediate Language) – свого роду асемблер платформи .NET. Тому за певних умов ми можемо зробити окремі модулі однієї програми окремими мовами;

- кросплатформність. .NET є платформою, що переноситься (з деякими обмеженнями). Наприклад, остання версія платформи на даний момент – .NET 6 підтримується на більшості сучасних ОС Windows, MacOS, Linux. Використовуючи різні технології на платформі .NET, можна розробляти програми на мові C# для різних платформ - Windows, MacOS, Linux, Android, iOS, Tizen;

- потужна бібліотека класів. .NET представляє єдину всім підтримуваних мов бібліотеку класів. І яку б програму ми не збиралися писати на C# - текстовий редактор, чат або складний веб-сайт - так чи інакше ми використовуємо бібліотеку класів .NET;

- різноманітність технологій. Загальномовне середовище виконання CLR та базова бібліотека класів є основою цілого стеку технологій, які розробники можуть задіяти при побудові тих чи інших додатків. Наприклад, для роботи з базами даних у цьому стеку технологій призначено технологію ADO.NET та Entity Framework Core. Для побудови графічних програм з багатим насиченим інтерфейсом - технологія WPF і WinUI, для створення більш простих графічних програм – Windows Forms. Для розробки кросплатформових мобільних та десктопних програм - Xamarin/MAUI. Для

створення веб-сайтів та веб-додатків – ASP.NET і т.д. До цього варто додати активний Blazor – фреймворк, що розвивається і набирає популяність, який працює поверх .NET і який дозволяє створювати веб-додатки як на стороні сервера, так і на стороні клієнта. А в майбутньому підтримуватиме створення мобільних додатків і, можливо, десктоп-додатків;

- продуктивність. Відповідно до ряду тестів веб-програми на .NET 6 у ряді категорій сильно випереджають веб-програми, побудовані за допомогою інших технологій. Програми на .NET 6 у принципі відрізняються високою продуктивністю.

Також слід відзначити таку особливість мови C# і фреймворку .NET, як автоматичне складання сміття. А це означає, що нам здебільшого не доведеться, на відміну від C++, дбати про звільнення пам’яті. Вищезазначене загальномовне середовище CLR сама викличе збирач сміття та очистить пам’ять [16].

6.2 Реалізація інтерфейсу програми за допомогою технології Windows Forms

Windows Forms дозволяє розробляти інтелектуальні клієнти. Інтелектуальний клієнт – це програма з повнофункціональним графічним інтерфейсом, проста в розгортанні та оновленні, здатна працювати за наявності або відсутності підключення до Інтернету та використовує безпечніший доступ до ресурсів на локальному комп’ютері в порівнянні з традиційними програмами Windows.

Windows Forms – це технологія інтелектуальних клієнтів для NET Framework. Вона являє собою набір керованих бібліотек, що спрощують виконання стандартних завдань, таких як читання з файлової системи та запис до неї. За допомогою такого середовища розробки, як Visual Studio, можна створювати інтелектуальні клієнтські програми Windows Forms, які

відображають інформацію, вимагають введення від користувачів та обмінюються даними з віддаленими комп’ютерами по мережі.

Windows Forms форма – це візуальна поверхня, на якій відображається інформація для користувача. Зазвичай програма Windows Forms будується шляхом розміщення елементів керування на форму та написання коду для реагування на дії користувача, такі як клацання миші або натискання клавіш. Елемент управління – це окремий елемент інтерфейсу користувача, призначений для відображення або введення даних.

Усередині .NET Framework Windows Forms реалізується у межах простору імен System.Windows.Forms.

При виконанні користувачем будь-якої дії з формою або одним з елементів управління створюється подія. Програма реагує на ці події за допомогою коду та обробляє події при їх виникненні. Докладніше див. у розділі Створення обробників подій у Windows Forms.

Windows Forms включає широкий набір елементів керування, які можна додавати на форми: текстові поля, кнопки, списки, перемикачі і навіть веб-сторінки. Список всіх елементів керування, які можна використовувати у формі, наведено в розділі Елементи керування для використання у формах Windows Forms. Якщо існуючий елемент керування не відповідає потребам, у Windows Forms можна створити елементи керування за допомогою класу UserControl.

До складу Windows Forms входять багатофункціональні елементи інтерфейсу користувача, що дозволяють відтворювати можливості таких складних програм, як Microsoft Office. Використовуючи елементи керування ToolStrip та MenuStrip, можна створювати панелі інструментів та меню, що містять текст та малюнки, підменю та інші елементи керування, такі як текстові поля та поля зі списками.

За допомогою перетягування конструктор Windows Forms у Visual Studio можна легко створювати програми Windows Forms. Достатньо виділити елемент управління курсором і помістити його у потрібне місце на

формі. Для подолання труднощів, пов’язаних із вирівнюванням елементів керування, конструктор надає такі засоби, як лінії сітки та лінії прив’язки. а також при використанні Visual Studio або компіляції в командному рядку можна використовувати FlowLayoutPanel TableLayoutPanel SplitContainer елементи керування та створення розширених макетів форм за менший час.

Нарешті, якщо потрібно створити свої власні елементи інтерфейсу користувача, простір імен System.Drawing містить широкий набір класів, необхідних для малювання ліній, кіл та інших фігур безпосередньо на формі.

У багатьох програмах потрібно відображати дані з бази даних, файлу XML, веб-служби XML або іншого джерела даних. Windows Forms надає гнучкий елемент керування з ім’ям DataGridView для відображення таких табличних даних у традиційному форматі рядків і стовпців так, що кожен фрагмент даних займає свій власний осередок. За допомогою DataGridView можна також налаштувати зовнішній вигляд окремих осередків, зафіксувати рядки і стовпці на своєму місці, а також забезпечити відображення складних елементів управління всередині осередків.

У разі використання інтелектуальних клієнтів Windows Forms можна легко підключатися до джерел даних через мережу. Компонент BindingSource представляє підключення до джерела даних та містить методи для прив’язки даних до елементів керування, переходу до попереднього або наступного запису, редагування записів та збереження змін у вихідному джерелі. Елемент управління BindingNavigator надає простий інтерфейс на основі компонента BindingSource для переходу між записами.

Ви можете легко створювати елементи керування з прив’язкою до даних за допомогою вікна “Джерела даних”. У ньому наводяться наявні у проекті джерела даних, такі як бази даних, веб-служби та об’єкти. Створювати елементи управління з прив’язкою до даних можна шляхом перетягування об’єктів цього вікна у форми проекту. Також можна зв’язувати існуючі елементи керування з даними, перетягуючи об’єкти з вікна “Джерела даних” до існуючих елементів керування.

Інший тип прив’язки до даних у формах Windows Forms це параметри. Більшість інтелектуальних клієнтських програм повинні зберігати деякі відомості про свій стан під час виконання, такі як останні відомі розміри форм, а також зберігати переваги, наприклад місце збереження файлів за замовчуванням. Параметри програми відповідають цим вимогам, надаючи простий спосіб зберігання обох типів відомостей на клієнтському комп’ютері. Після того, як ви визначите ці параметри за допомогою Visual Studio або редактора коду, вони зберігаються в файлі XML і автоматично зчитуються назад в пам’ять під час виконання.

Після створення програми необхідно надіслати його користувачам, щоб вони могли встановити та запустити його на своїх клієнтських комп’ютерах. при використанні технології ClickOnce можна розгортати програми з Visual Studio, використовуючи всього кілька клацань мишею, і надати користувачам URL-адресу, яка вказує на вашу програму в інтернеті. ClickOnce керує всіма елементами та залежностями у програмі та забезпечує правильне встановлення програми на клієнтському комп’ютері.

Програми ClickOnce можна настроїти так, щоб вони працювали лише при підключенні до мережі або як у мережному, так і в автономному режимі. при вказівці того, що програма повинна підтримувати автономну роботу, ClickOnce додає посилання на програму в меню “пуск” користувача. Користувач може відкрити програму без використання URL-адреси.

Коли ви оновлюєте програму, на веб-сервері публікується новий маніфест розгортання та нова копія програми. ClickOnce виявить, що доступне оновлення, та оновіть інсталяцію користувача; для оновлення старих збірок не потрібне програмування користувача.

У Windows Forms є безліч інших можливостей, які спрощують та прискорюють реалізацію спільних завдань, таких як створення діалогових вікон, друк, додавання довідки та документації, а також локалізація програм різними мовами. Крім того, Windows Forms покладається на надійну систему безпеки платформи .NET Framework. Завдяки ній можна створювати більш надійні програми [17].

6.3 Розробка бази даних з використанням технології SQL Server

База даних – набір відомостей, які зберігаються деяким упорядкованим способом. Можна порівняти базу даних з шафою, де зберігаються документи. Іншими словами, база даних – це сховище даних. Самі собою бази даних не представляли б інтересу, якби не було систем управління базами даних (СУБД).

Система управління базами даних – це сукупність мовних та програмних засобів, яка здійснює доступ до даних, дозволяє їх створювати, змінювати та видаляти, забезпечує безпеку даних тощо. Загалом СУБД – це система, що дозволяє створювати бази даних та маніпулювати відомостями з них. А здійснює цей доступ до даних СУБД за допомогою спеціальної мови – SQL.

SQL – мова структурованих запитів, основним завданням якої є надання простого способу зчитування та запису інформації до бази даних.

Рисунок 6.1 – Схема роботи з базою даних

За характером використання СУБД ділять на однокористувацькі (призначені для створення та використання БД на персональному комп’ютері) і розраховані на багато користувачів (призначені для роботи з єдиною БД декількох комп’ютерів, об’єднаних у локальні мережі).

Нереляційна база даних – це база даних, у якій на відміну більшості традиційних систем баз даних не використовується таблична схема рядків і

стовпців. У цих базах даних застосовується модель зберігання, оптимізована під конкретні вимоги типу даних, що зберігаються. Наприклад, дані можуть зберігатися як прості пари “ключ – значення”, документи JSON або граф, що складається з ребер та вершин.

Усі ці сховища даних не використовують реляційну модель. Крім того, вони зазвичай підтримують певні типи даних. Процес запиту даних також специфічний. Наприклад, сховища даних часових рядів розраховані на запити до послідовностей даних, упорядкованих за часом, а сховища даних графів – на аналіз завислих зв’язків між сутностями. Жоден із форматів не підходить повною мірою під час виконання завдань управління даними про транзакції.

Термін NoSQL застосовується до сховищ даних, які не використовують мову запитів SQL, а запитують дані за допомогою інших мов та конструкцій. На практиці NoSQL означає “нереляційна база даних”, навіть незважаючи на те, що багато з цих баз даних підтримують запити, сумісні з SQL. Однак базова стратегія виконання запитів SQL зазвичай значно відрізняється від реляційної бази даних, що застосовується в системі управління (реляційна СУБД).

Реляційна база даних – це набір даних з зумовленими зв’язками між ними. Ці дані організовані у вигляді набору таблиць, що складаються із стовпців і рядків. У таблицях зберігається інформація про об’єкти, представлених в базі даних. У кожному стовпчику таблиці зберігається певний тип даних, в кожному осередку – значення атрибута. Кожен рядок таблиці являє собою набір пов’язаних значень, що відносяться до одного об’єкту або сутності. Кожен рядок в таблиці може бути позначений унікальним ідентифікатором, званим первинним ключем, а рядки з декількох таблиць можуть бути пов’язані з допомогою зовнішніх ключів. До цих даних можна отримати доступ багатьма способами, і при цьому реорганізовувати таблиці БД не потрібно.

Реляційна база даних – це тип бази даних. Він використовує структуру, яка дозволяє нам ідентифікувати та отримати доступ до даних стосовно іншого фрагмента даних у базі даних. Часто дані в реляційній базі даних організовуються в таблиці.

Таблиці можуть мати сотні, тисячі, іноді навіть мільйони рядків даних. Ці рядки часто називають записами.

У таблицях також може бути багато стовпців даних. Стовпці позначені описовою назвою (скажімо, віком, наприклад) та мають певний тип даних.

Наприклад, стовпець під назвою age може мати тип INTEGER (позначає тип даних, який він повинен містити).

SQL – основний інтерфейс роботи з реляційними базами даних. SQL став стандартом Національного інституту стандартів США (ANSI) в 1986 році. Стандарт ANSI SQL підтримується всіма популярними ядрами реляційних БД. Деякі з ядер також включають розширення стандарту ANSI SQL, що підтримують специфічний для цих ядер функціонал. SQL використовується для додавання, оновлення та видалення рядків даних, вилучення наборів даних для обробки транзакцій і аналітичних програм, а також для управління всіма аспектами роботи бази даних.

Цілісність даних – це повнота, точність і однаковість даних. Для підтримки цілісності даних в реляційних БД використовується ряд інструментів. В їх число входять первинні ключі, зовнішні ключі, обмеження “Not NULL”, “Unique”, “Default” і “Check”. Ці обмеження цілісності дозволяють застосовувати практичні правила до даних в таблицях і гарантувати точність і надійність даних. Більшість ядер БД також підтримує інтеграцію призначеного для користувача коду, який виконується у відповідь на певні операції в БД.

Транзакція в базі даних – це один або кілька операторів SQL, виконаних у вигляді послідовності операцій, що представляють собою єдину логічну задачу. Транзакція являє собою неподільну дію, тобто вона повинна бути виконана як єдине ціле або повинна бути записана в базу даних цілком,

або не повинен бути записаний жоден з її компонентів. У термінології реляційних баз даних транзакція завершується або дією COMMIT, або ROLLBACK. Кожна транзакція розглядається як внутрішньо зв'язний, надійний і незалежний від інших транзакцій елемент.

Для дотримання цілісності даних всі транзакції в БД повинні відповідати вимогам ACID, тобто бути атомарними, однаковими, ізольованими і надійними.

Атомарність – це умова, при якій або транзакція успішно виконується цілком, або, якщо будь-яка з її частин не виконується, вся транзакція скасовується. Одноманітність – це умова, при якій дані, що записуються в базу даних в рамках транзакції, повинні відповідати всім правилам і обмеженням, включаючи обмеження цілісності, каскади і тригери. Ізольованість необхідна для контролю над узгодженістю і гарантує базову незалежність кожної транзакції. Надійність має на увазі, що всі внесені в базу даних зміни на момент успішного завершення транзакції вважаються постійними.

MySQL – найпопулярніша база даних SQL з відкритим кодом. Зазвичай він використовується для розробки веб-додатків і часто доступ до нього за допомогою PHP.

Основними перевагами MySQL є те, що він простий у використанні, недорогий, надійний (існує вже з 1995 року) та має велике співтовариство розробників, які можуть допомогти відповісти на питання.

Деякі з недоліків полягають у тому, що, як відомо, страждає від низької продуктивності при масштабуванні, розробка відкритого коду відстала від моменту, коли Oracle взяв під контроль MySQL, і він не включає деякі передові функції, якими розробники можуть користуватися.

PostgreSQL – це база даних SQL з відкритим кодом, яка не контролюється жодною корпорацією. Зазвичай використовується для розробки веб-додатків.

PostgreSQL має багато однакових переваг MySQL. Він простий у використанні, недорогий, надійний і має велику спільноту розробників. Він також надає деякі додаткові функції, такі як підтримка зовнішнього ключа, не вимагаючи складної конфігурації.

Основним недоліком PostgreSQL є те, що він більш повільний у роботі, ніж інші бази даних, такі як MySQL. Він також менш популярний, ніж MySQL, що ускладнює пошук хостів або постачальників послуг, які пропонують керовані екземпляри PostgreSQL.

Корпорація Oracle володіє базою даних Oracle, і код не відкритий.

Oracle DB призначений для великих застосувань, особливо в банківській галузі. Більшість найкращих банків світу працюють із програмами Oracle, оскільки Oracle пропонує потужне поєднання технологій та всебічних, попередньо інтегрованих бізнес-додатків, включаючи необхідні функціональні можливості, побудовані спеціально для банків.

Основним недоліком використання Oracle є те, що він не вільний для використання, як його конкуренти з відкритим кодом, і може бути досить дорогим.

Microsoft належить SQL Server. Як і в Oracle DB, код є близьким джерелом. Великі корпоративні програми в основному використовують SQL Server.

SQL Server характеризується такими особливостями як:

- продуктивність. SQL Server працює дуже швидко.
- падійність та безпека. SQL Server надає шифрування даних.
- простота. З цієї СУБД щодо легко працювати та вести адміністрування.

Оскільки для створення програми для локалізації клієнтів необхідна база даних не вимагає великої кількості таблиць, а типи даних і зв’язки між таблицями є стандартними – була обрана реляційна база даних – SqlServer [18].

6.4 Інструкція користувача

В даному розділі мова піде про інструкцію користувача. А саме, тут буде надана інформація для комфортного користування десктопною програмою. Буде детально описаний кожен крок диспетчера від отримання та відреагування на сигнал про необхідну допомогу до налаштування програми.

Рисунок 6.2 – Головне вікно

На рисунку 6.2 зображено стартове та головне вікно програми. На ньому диспетчер ситема може побачити карту оздоровчього закладу, на якій будуть з’являтися мітки місцезнаходження пацієнту, який відправив сигнал про необхідну допомогу.

Рисунок 6.3 – Головне вікно з прийнятим сигналом

На рисунку 6.3 зображено головне вікно програми з прийнятим сигналом. Після того, як пацієнт натиснув на кнопку, програма приймає сигнал про необхідну допомогу та відображає кнопку “Потрібна допомога” для якнайшвидшого реагування та мітку місцезнаходження пацієнту.

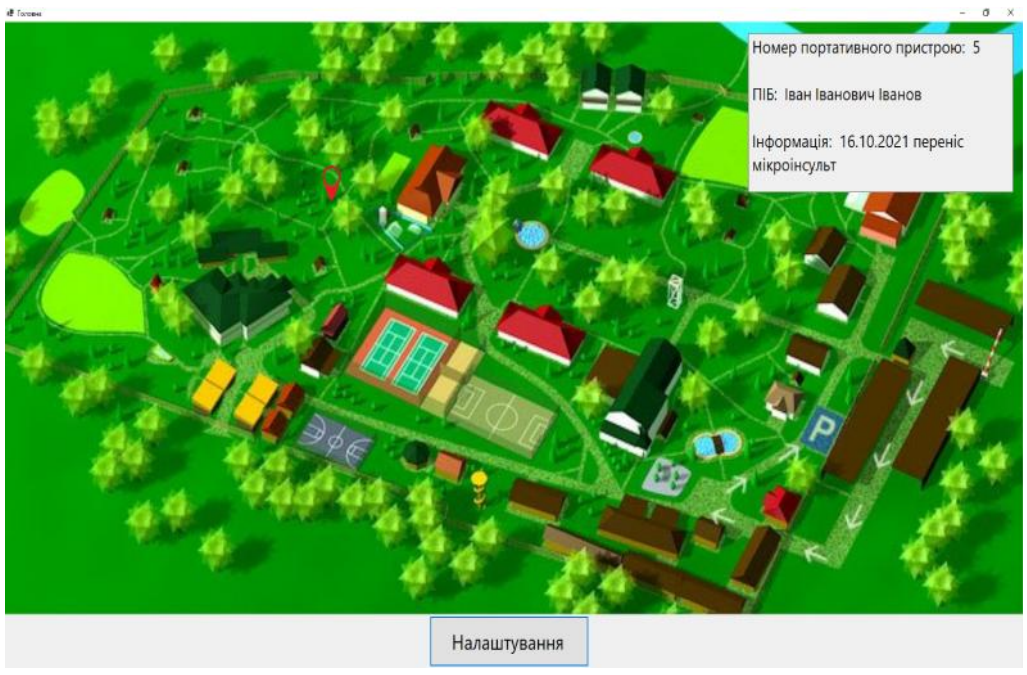

Рисунок 6.4 – Вікно з інформацією про пацієнта, який подав сигнал

На рисунку 6.4 зображено підвікно програми з такою інформацією про пацієнта, який відправив сигнал про необхідну допомогу:

- номер портативного пристрою, який виданий персонально пацієнту;
- ПІБ пацієнта;
- додаткова інформація, щодо захворювання пацієнта.

Описане вікно відчиняється при натисканні на метку місцезнаходження пацієнту на карті.

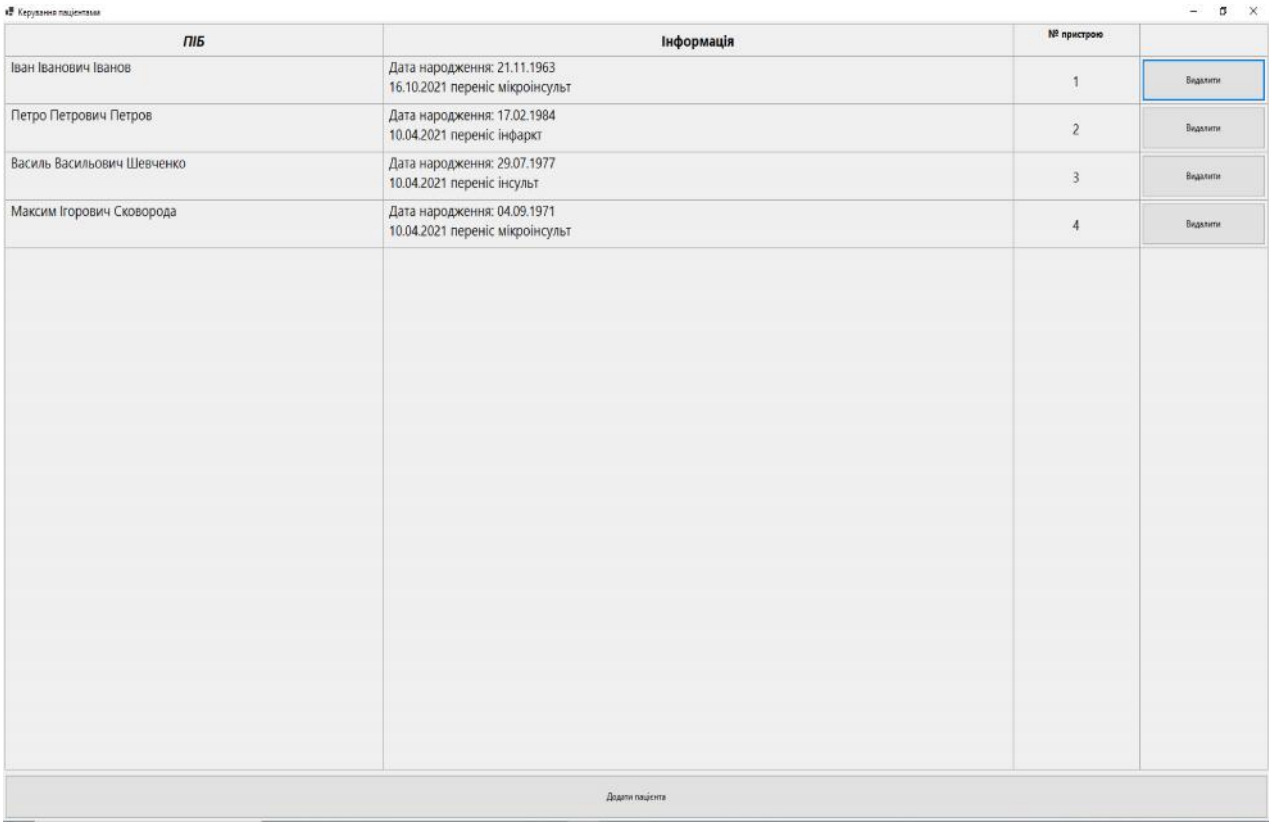

Рисунок 6.5 – Вікно з інформацією про усіх пацієнтів

На рисунку 6.5 зображено вікно програми з інформацією про усіх пацієнтів оздоровчого закладу, який відправив сигнал про необхідну допомогу. Інформацію про пацієнта необхідно видалити, коли термін лікування закінчується і він залишає установу, для цього навпроти кожного пацієнта створена кнопка видалення.

Рисунок 6.6 – Вікно з формою для додавання нового пацієнта

На рисунку 6.6 зображено вікно програми з формою для додавання інформації про нового пацієнта. Номер пристрою вибирається з випадаючого меню, в якому відображаються лише вільні пристрою.

6.5 Висновок

В процесі розробки програми були використані такі технології: мова програмування C#, Windows Forms API та база даних Sql Server. В результаті була створена десктопна програма, яка прослуховує виділену URL-адресу на надходження сигналів про необхідну допомогу від пацієнтів та на основі методу тріангуляції, а саме – методу трилатерації з розрахунком відстані за рівнем сили сигналу, з точністю до 7-10 метрів розраховує місце розташування даного пацієнта та відображає його на карті.

ВИСНОВКИ

На мою думку, для вирішення завдання, з яким кожного року стикаються тисячі хворих – подача сигналу про допомогу при різкому погіршенні самопочуття, прикладаючи при цьому мінімум зусиль, повинен існувати окремий сервіс, що автоматизує процес отримання сигналу та розрахунку місцезнаходження потерпілого. Розробка та впровадження такого сервісу дозволяє хворому відправити сигнал про допомогу практично навіть у самому критичному стані, оскільки значно зменшує необхідні зусилля, скорочує обсяг часу на реагування на подібний сигнал та пошук потерпілого, зменшує кількість людей, які мають контролювати цей процес, дозволяє уникнути помилок через людський фактор.

В даній кваліфікаційній роботі було проведено дослідження існуючих технологій розробки бездротових мереж, здатних покрити мережею WiFi територію площею в 25 гектарів, локалізації клієнтів за допомогою WiFi-сигналів, розробки простих портативних пристроїв для передачі сигналу по мережі WiFi.

В результаті виконання даної роботи запропоновано оптимальну для поставленого завдання топологію WiFi-мереж – MESH, яка значного спрощую процес розгортання мережі на велику площу та забезпечує більшу відмовостійкість та менше енергоспоживання системи; оптимальний алгоритм локалізації на основі трилатерація з пошуком сили сигналу, оскільки він не вимагає ніякого додаткового обладнання і надає достатньо точний результат; простий, дешевий та водночас повністю задовольняючий вимоги варіант розробки портативного пристрою на основі мікроконтролеру ESP8266 та онлайн-сервісу IFTTT.

Була розроблена десктопна програма, за допомогою якої диспетчер може швидко реагувати на отриманий сигнал про необхідну допомогу та бачити безпосередньо мітку місцезнаходження пацієнта на карті.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лунтовський, А. О. Комп’ютерні мережі та телекомунікація [Текст] / А. О. Лунтовський, І. В. Мельник, 2007. – С. 31–54.

2. Пролетарский, А. В. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi [Текст] / А. В. Пролетарский, 2017. – С. 13-67.

3. Zhang Y. Wireless Mesh Networking: Architectures, Protocols and Standards / Yan Zhang, Jijun Luo, Honglin Hu, 2007. – P. 112-128.

4. Глушко, Д. В. Комп’ютерна система автоматичного контролю локалізації клієнтів оздоровчих та відпочивальних закладів / Д. В. Глушко, Ю. Ю. Завизіступ. // Міжнародна НТК “Проблеми інформації”, 19 листопатда 2021. – Т. 3. – Харків – 85 с.

5. Wi-Fi Mesh системы – что это и почему будущее за Mesh сетями? [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://help-wifi.com/poleznoe-i-interesnoe/wi-fi-mesh-sistemy-chto-eto-i-pochemu-budushhee-za-mesh-setyami/ – загл. с экрана.

6. Methley S. Essentials of Wireless Mesh Networking / Steve Methley, 2009. – 16 p., 28 p.

7. Ubiquiti unifi ac mesh pro настройка [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://dudom.ru/kompjutery/ubiquiti-unifi-ac-mesh-pro-nastrojka/ – загл. с экрана.

8. Воронов, Р. В. О подходах к задаче расстановки базовых станций для внутренней системы позиционирования [Текст] / Р. В. Воронов, О. В. Лукашенко, 2016. – С.181-184.

9. Москаленко, Т. А. Методы позиционирования робототехнических систем внутри помещения на базе телекоммуникационных технологий [Текст] / Т. А. Москаленко, Р. В. Киричек, 2016. – С. 38-43.

10. Wi-Fi Location-Based Services - Design and Deployment Considerations // Book Wi-Fi Location-Based Services - Design and Deployment

Considerations / EditorCisco Systems, Inc., 2006.

11. Рева, И. Л. Применение точек доступа WiFi для регистрации движения на объекте [Текст] / И. Л. Рева, А. А. Богданов, Е. А. Малахова, 2017. – 106 с.

12. Позиционирование в сетях Wi-Fi с высокой точностью [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/ru /company/cisco/blog/270779/ – загл. с экрана.

13. Радайкина, С. А. Изучение алгоритмов локального позиционирования в пространстве, используя Wi-Fi и LBS данные сотовых операторов [Текст] / С. А. Радайкина // Журн. молодой ученый. – 2016. – С. 89-91.

14. ESP8266:Примеры [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://wikihandbk.com/wiki/ESP8266:%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC% D0%B5%D1%80%D1%8B /WiFi-%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B0 – загл. с экрана.

15. Batrinu C., ESP8266 Home Automation Projects: Leverage the power of this tiny WiFi chip to build exciting smart home projects / Catalin Batrinu, 2017. – P. 89-103.

16. Язык C# и платформа .NET [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://metanit.com/sharp/tutorial/1.1.php – загл. с экрана.

17. Windows Forms [Электронний ресурс]. – Режим доступа : https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/74841 – загл. с экрана.

18. Что такое база данных [Электронний ресурс]. – Режим доступа : http://salikovo.chuvash.org/sites/puterov/page-2-2-9.html – загл. с экрана.