ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях»

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

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

(підпис) Денис ЦИМБАЛ (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-62
Денис ЦИМБАЛ

Керівник: Андрій ЛЕМЕШКО

Рецензент: Ганна Гринкевич

Київ – 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра	Мобільних та відеоінформаційних технологій
Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма	Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедрою МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Цимбалу Денису Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях»,
керівник кваліфікаційної роботи Андрій ЛЕМЕШКО, PhD,
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 19.10.2023 р. №145.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 25.12.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
   1. Технології внутрішньої локалізації.
   2. Технології зовнішньої локалізації.
   3. Програмно-апаратне забезпечення Arduino UNO.
   4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Стан проблеми геолокації.
   2. Методи позиціонування об'єкта.
   3. Розробка методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.
   4. Результати та тестування системи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	19.10.23	Викон.
2.	Стан проблеми геолокації	31.10.23	Викон.
3.	Методи позиціонування об'єкта	15.11.23	Викон.
4.	Розробка методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі	29.11.23	Викон.
5.	Результати та тестування системи	07.12.23	Викон.
6.	Висновки, вступ, реферат	11.12.23	Викон.
7.	Розробка презентації	18.12.23	Викон.

Здобувач вищої освіти _____ Денис ЦИМБАЛ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Андрій ЛЕМЕШКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Цимбал Д.С. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

на тему: Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Цимбал Денис Сергійович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти технологіями нового покоління, вміло працювати з програмно-апаратними засобами мобільного зв'язку, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу Цимбала Дениса Сергійовича на оцінку «відмінно» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Андрій ЛЕМЕШКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Цимбал Д.С.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
Мобільних та відеоінформаційних технологій _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Цимбала Дениса Сергійовича

на тему: «Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях»

Актуальність:

В даний час існує попит на технології локалізації з різних причин. Стандартизованих технологій зовнішньої навігації недостатньо для навігації в приміщенні. Технології, що вирішують цю проблему не призначені для цього (зокрема Wi-Fi), тому існує потреба в подальшому методів геолокації.

Виходячи з вищесказаного дослідження, проектування та тестування запропонованих рішень, є актуальними і своєчасними.

Позитивні сторони:

Робота дозволяє досить повно оцінити загальну характеристику, сутність та структуру поставленої проблеми. Дається чітке визначення мети, об'єкту та предмету дослідження.

Робота викладена науковою мовою, логічно й послідовно відбиває мету та поставлені в роботі завдання. Пояснювальна записка відповідає стандартам до її оформлення.

Недоліки:

1. В роботі в якості елементу апаратної реалізації розробленого методу мають бути запропоновані промислові зразки, а не лише Arduino UNO.
2. В роботі варто обґрунтувати вплив ультразвуку на звукове сприйняття людини.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «відмінно», а здобувач Цимбал Денис Сергійович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: к.т.н., доцент Г. Гринкевич

(науковий ступінь, вчене звання) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 75 стор., 29 рис., 6 табл., 25 дж.

Мета роботи – розробка методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Об'єкт дослідження - процес геолокації об'єктів у просторі.

Предмет дослідження – методи розробки методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Короткий зміст роботи: Магістерська кваліфікаційна робота присвячена моніторингу людей у закритому просторі. Завданням роботи є дослідження проблем внутрішньої локалізації, а потім створення власного пристрою на базі ультразвуку. Ультразвуковий метод повинен усунути деякі недоліки сучасних технологій. Теоретична частина містить огляд існуючих методів. Прикінцева частина - перевірка ефективності методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГЕОЛОКАЦІЯ, УЛЬТРАЗВУК, ТЕХНОЛОГІЇ ВНУТРІШНЬОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗОВНІШНЬОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ, GPS, BLUETOOTH, WI-FI, ARDUINO UNO

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 75 pages, 29 pictures, 6 table, 25 sources.

The purpose of the work - development of a technique for monitoring the position of objects in a closed space.

Object of research – the process of geolocation of objects in space.

Subject of research – methods of developing methods for monitoring the position of objects in a closed space.

Summary of the work: The Master's thesis is devoted to monitoring people in a closed space. The task of the work is to study the problems of internal localization, and then to create an own device based on ultrasound. The ultrasonic method should eliminate some of the shortcomings of modern technologies. The theoretical part contains an overview of existing methods. The final part is the verification of the effectiveness of the method of monitoring the position of objects in a closed space.

KEYWORDS: GEOLOCATION, ULTRASOUND, INTERNAL LOCALIZATION TECHNOLOGIES, EXTERNAL LOCALIZATION TECHNOLOGIES, GPS, BLUETOOTH, WI-FI, ARDUINO UNO

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 9
ВСТУП 10
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ГЕОЛОКАЦІЇ 12
1.1 Вступ до теми та визначення 12
1.2 Технологія зовнішньої локалізації 15
1.3 Технології внутрішньої локалізації 23
2 МЕТОДИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТА 39
2.1 Принцип Тріангуляції 39
2.2 Трилатерація та багатосторонність 42
2.3 Інші методи позиціонування 43
3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МОНІТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ У ЗАКРИТОМУ ПРОСТОРІ 46
3.1 Вступ до питань вирішення 46
3.2 Основні властивості ультразвуку 47
3.3 Вибір відповідної технології 48
3.4 Запоруки створення системи Around 49
3.5 Розробка власної методики моніторингу положення пацієнтів у закритому просторі 51
4 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ 61
4.1 Результати зробленої роботи 61
4.2 Тестування системи 63
ВИСНОВКИ 68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 70
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ 73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

BTS	Базова станція трансивера
ГНСС	Глобальна навігаційна супутникова система
GPS	Глобальна система позиціонування
GSM	Глобальна система мобільного зв'язку
RTC	Годинник реального часу
RTLS	Система ліцензування в режимі реального часу
SAR	Пошук та порятунок
TDoA	Різниця в часі прибуття
TOF	Час польоту
UWB	Ультраширокосмуговий діапазон
UTC	Узгоджений універсальний час

ВСТУП

Тема магістерської кваліфікаційної роботи висвітлює проблему ідентифікації об'єктів, що перебувають у закритому місці, або розміщення цих об'єктів у будівлі. Робота починається з огляду доступних технологій, пов'язаних з темою, потім продовжується розробкою власного рішення та блок-схемою реалізації. Метою роботи є картографування важливих існуючих технологій, а потім пошук відповідної технології або фізичної природи, яка б усунула недоліки наявних на даний момент технологій. Альтернативно, ця нова технологія забезпечила принаймні деякі переваги.

Локалізація, будь то люди чи предмети, зараз широко використовується в іншому регіоні технічної галузі, на транспорті чи для особистого користування. Методи локалізації можна розділити на внутрішні та зовнішні, тоді як зовнішні методи локалізації не можна використовувати для локалізації всередині будівель. Цей недолік компенсується технологіями внутрішньої локалізації. У деяких випадках методи внутрішньої локалізації можуть застосовуватися у внутрішньому середовищі, але результати та точність можуть бути незадовільними. Зовнішні технології та методи місцезнаходження включають, наприклад, GPS, тоді як внутрішнє розташування включає Bluetooth.

Ця робота орієнтована на можливе використання ультразвуку, який, подібно механічним хвилям, передається через гнучке середовище. Як результат, він має високе загасання при проходженні твердих речовин, таких як бетон, кирпич або будівельні компоненти. Тоді використання ультразвуку виявиться підходящим методом для моніторингу в даному обмеженому просторі без проникнення, наприклад, стін у сусідні кімнати. Ці властивості можуть бути придатними для усунення спотворень сигналу, які можуть виникати, наприклад, шляхом пропускання сигналу через стінки в тріангуляції WiFi тощо. Обґрунтування вибору технології та більш детальні технічні характеристики наведені нижче.

Мета роботи. Розробка методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Об'єктом дослідження є процес геолокації об'єктів у просторі.

Предметом дослідження є методи розробки методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Методи досліджень. Для досягнення поставлених цілей в магістерській роботі використано: методи теорії геолокації та передавання сигналів; методи теорії розповсюдження електромагнітних хвиль; методи комп'ютерного моделювання; математичної статистики.

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ГЕОЛОКАЦІЇ

1.1 Вступ до теми та визначення

Моніторинг і позиціонування людей або об'єктів вирішуються і дуже бажане властивість пропозиції. Історія потреби в локалізації довга і багата. Першими орієнтирами можуть служити знаки в природі, на деревах, в горах, на зірках тощо. Потреба реєструвати позицію та значущі сайти виникає з різних причин, і цей факт також відображається у розробці нових і все більш точних методів. У наш час необхідно знати місце розташування, наприклад, на транспорті, для рекламних цілей, безпеки або простої орієнтації в просторі.

Самі методи локалізації різняться здебільшого за фізичною базою, яка залежить головним чином від місцезнаходження шуканої позиції. Потім фізичний принцип технології визначає інші її властивості, такі як конструкція пристрою, і з цього випливають переваги або недоліки технології для даного застосування. Позицію, з точки зору положення на Землі, можна описати координатою Ніцци, яка представляє розташування об’єкта в космосі відносно визначеної системи відліку. Початок системи (отже, довідкова система) вибирається відповідно до точки зору та потреб користувача. Наприклад, у транспорті може бути таке початкове m положення користувача на планеті Земля, якщо навігація всередині будівель може бути початком певної точки в будівлі чи приміщенні (консьєрж, рецепція тощо). Отже, поняття локалізації можна узагальнити як процес пошуку положення у об’єкта, що шукається, та його орієнтації у вибраній системі відліку. [1, 2].

З точки зору магістерської роботи, термін локалізація означає визначення або оцінку становища об’єктів чи осіб, яких не знаємо.

Однак необхідність пошуку не лише актуальна справа. Він зазнав великого розширення та розвитку в першій половині минулого століття, коли радіохвилі почали застосовуватись і в цій області.

Історично для орієнтації в просторі та визначення положення потрібно було

використовувати лише значні великі точки, пізніше перші прості рішення, такі як компас або астролябія (16 століття), приклад астролябії показаний на рис. 1.1.

Пізніше астролябія замінила секстант, за допомогою якого можна було виміряти кутову відстань тіл, тут принцип триангуляції використовується, мабуть, вперше. Принцип вимірювання викладений на рис. 1.2 [3].



Рис. 1.1. Приклад астролябії

Системи розташування, як правило, можна розділити на дві категорії – системи локалізації всередині та зовні будівель, також можливо перекриття систем.

Більшість обладнання працює за принципом радіохвиль, використовуючи, таким чином, електромагнітні хвилі. Цей принцип широко застосовується з середини минулого століття. Загальний принцип цього методу заснований на вимірюванні часу, коли сигнал проходить по шляху, по якому SILAC - приймач або радіохвилі передають дані в діапазоні передавач - приймач. Умовою розповсюдження радіохвиль є середовище, в якому вони могли б поширюватися без значного ослаблення, наприклад, повітря, вакуум. Час, необхідний для повернення відбитої хвилі на маршрут передавача-приймача, відповідає відстані між ними. Параметр, який дуже важливий, частота хвиль і швидкість їх поширення в навколишньому середовищі. Важливі також орієнтири – природні чи

штучні. Серед призначень визначні пам'ятки включають в себе гори, штучні, наприклад, радіопередавач, коли мова йде про місце на відкритому повітрі. Саме радіопередавач є хорошим орієнтиром, оскільки його положення відомо. Що стосується внутрішнього розташування, контрольні точки вибирає користувач або базуються на даній технології (входи, ліфти, сходи тощо) [1, 9, 24].

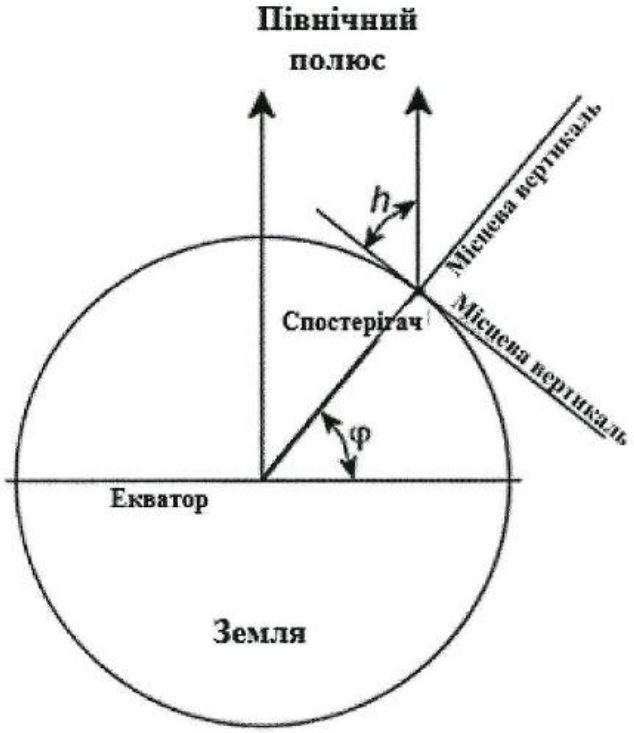


Рис. 1.2. Приклад визначення географічного положення за допомогою старих методів

Технологія зовнішньої геолокації є ключовим елементом сучасних систем навігації та відстеження. Ця технологія дозволяє визначати географічне розташування об'єктів на Землі за допомогою сигналів від супутників або на основі інших технічних засобів. Геолокація відіграє критичну роль у багатьох аспектах повсякденного життя, від навігації в автомобілях до управління логістичними ланцюгами.

Ось декілька ключових аспектів технології зовнішньої геолокації:

• Супутникова навігація: найвідомішим прикладом є Глобальна система визначення місцеположення (GPS), яка використовує сигнали від супутників для

визначення місцеположення. Існують також інші системи, такі як GLONASS, Galileo та BeiDou, які працюють за схожим принципом.

• Мобільна геолокація: смартфони та інші мобільні пристрої можуть використовувати сигнали мобільних мереж для визначення місцеположення, особливо в місцях, де сигнал GPS слабкий або відсутній.

• Wi-Fi та Bluetooth геолокація: визначення місцеположення може бути здійснене за допомогою сигналів Wi-Fi та Bluetooth. Це особливо корисно в середовищі внутрішніх приміщень, де супутникова навігація менш ефективна.

• Геолокація для аварійних послуг: Технології геолокації важливі для оперативного реагування на аварійні ситуації, дозволяючи службам екстреної допомоги швидко знаходити людей у надзвичайних ситуаціях.

• Застосування в логістиці та транспорті: визначення місцезнаходження транспортних засобів, вантажів та персоналу є важливим елементом сучасної логістики.

1.2 Технологія зовнішньої локалізації

Існує незліченна кількість можливостей того, як знаходити предмети або людей, і деякі технології, придатні в першу чергу для зовнішнього використання, також можуть бути використані для локалізації в приміщеннях. У цьому розділі викладається тема зовнішньої локалізації за допомогою систем GNSS та їх використання у зовнішній або внутрішній локалізації. Однак результати використання цих систем для внутрішньої локалізації є умоглядними, часто занадто показовими та недостатніми для інформації. Однак їх існування не можна заперечувати, враховуючи причини цілісності формування. Рис. 1.3 ілюструє твердження про недостатній сигнал пошуку недостатності PRE від сигналу супутників, що базується на позиції користувача. Користувач отримує позиційну інформацію, яка залежить від її появи у приміщенні. Якщо інша кількість супутників, сигнал взаємодіє з навколишнім середовищем, на яке надалі впливає, наприклад, поглинання або відбиття. Коли користувач і пристрій знаходились на нульовій відстані від вікна, кількість активних супутників та отриманих від них

сигналів була значно вищою, ніж на відстані 1 м від нього. На рис. 1.3 порівнюється потужність прийнятого сигналу систем GNSS з лівого боку на нульовій відстані від вікна, а з правого боку – відстань користувача та пристрою, який прийняв сигнал за 1 м від вікна.

Необхідність охоплення більшої території тривимірними координатами призвела до створення супутникових навігаційних систем, що працюють за принципом радіохвиль. Орієнтир – супутник, положення якого не фіксоване, але можна точно визначити його положення відносно Землі в часі. Відстань від невідомої точки до даного супутника вимірюється з використанням широти, довготи та висоти [9].

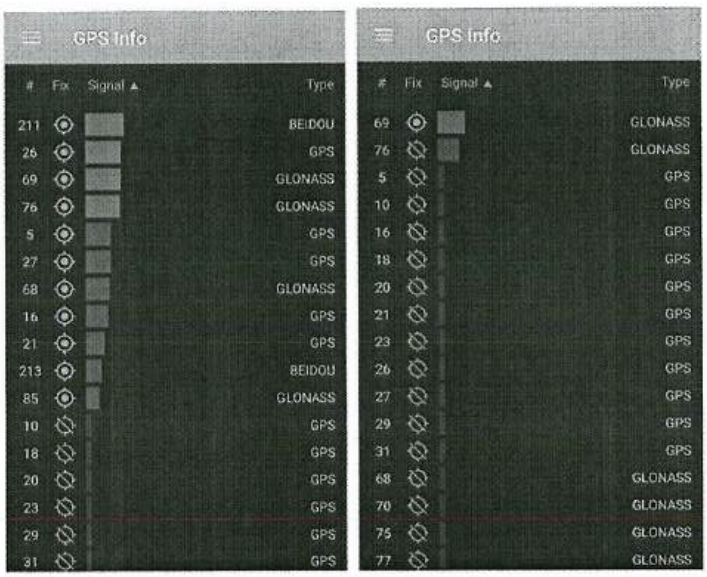


Рис. 1.3. Приклад прийнятих супутників систем позиціонування зовні (ліворуч) та всередині будівлі (праворуч), де для розрахунку положення отримано недостатню кількість супутників

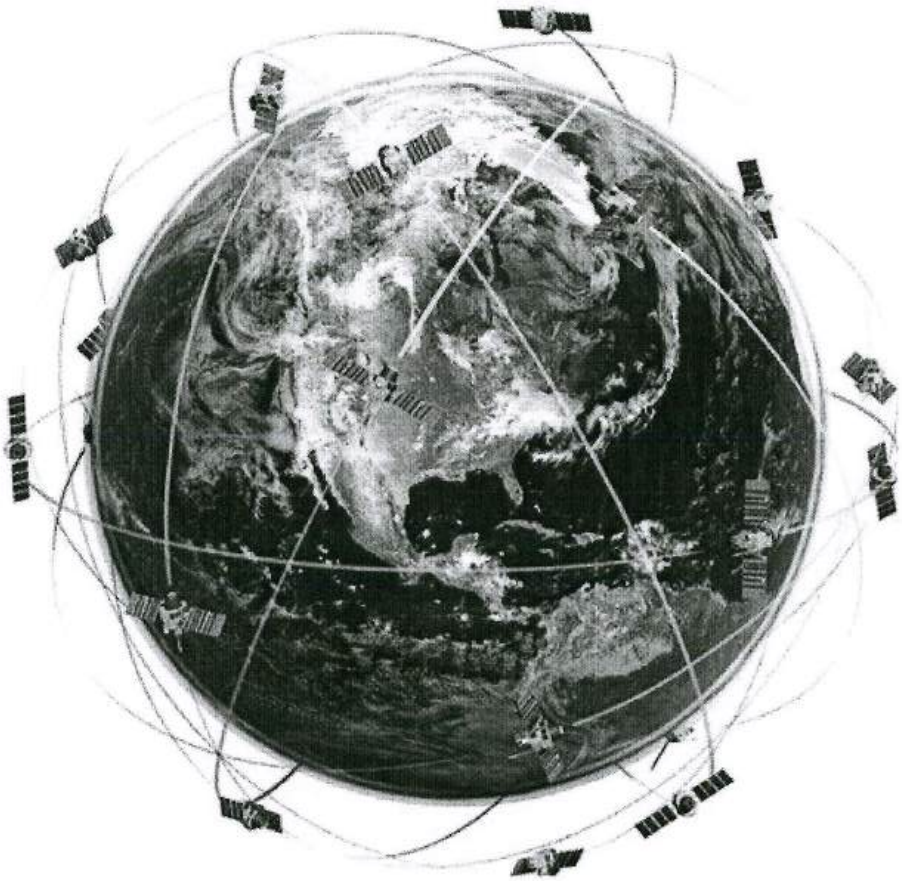


Рис. 1.4. Приклад ілюстративного розміщення супутників навколо планети Земля [12]

ГНСС

GNSS – це Глобальна навігаційна супутникова система, це назва відповідно до глобальної супутникової системи після системи. групування системних супутників, для більш конкретної ідеї (див. рис. 1.4). Ця група забезпечує дані, що включають ідентифікацію та інформацію про місце та час. Приймач GNSS отримує дані та використовує їх для визначення свого положення. Система обертається навколо планети Земля і допомагає з позиціонуванням. До глобальних систем GNSS належать європейський Galileo, американський GPS або китайський BeiDou.

При використанні супутникових систем опорними точками є супутники, відстані до них вимірюються шляхом знаходження перетинів цих сфер: ширини, довжини, висоти або трьох осей x, y, z. Орбіти супутників та їхнє положення охороняються в прийнятних межах з точки зору безпеки руху.

Користувач системи має електронний приймач радіо хвиль, який може на основі сигналів, що надходять просто від супутників, обчислити місцезнаходження користувача після великою точністю. Це десятки до одиниць метрів (для GPS близько 2 метрів). Недоліком такої системи є індивідуальний державний нагляд, тому незрозуміло, наскільки система буде функціональною та стабільною, наприклад у випадку міждержавного конфлікту. Інші недолік системи (наприклад, GPS проти Galileo). Крім того, існує вплив на набутий сигнал атмосферою під час проходження на планету та цілісність. Наприклад, не отримати цілісність EcNo означає неможливість передачі інформації про нормальне функціонування супутників – може стати глухим місцем або неправильним поданням інформації. Безперечно, перевагами є наявність сигналу в гарантованих безпроблемних міждержавних умовах, поширення у всьому світі та охоплення методу.

GNSS оцінюється за чотирма критеріями: точність, цілісність, безперервність як здатність Nost до безперебійної роботи та доступність, що цим супроводжується. Продуктивність системи супутникової ще може підтримувати виступаючу регіонального STEM для підвищення точності інформації. Глобальні системи також більш докладно обговорюються нижче. Місцеві системи існують в Японії та Індії. [9, 14, 19]

GPS

Система глобального позиціонування (GPS) – супутникова навігаційна система позиціонування, що експлуатується Сполученими Штатами Америки. Завдання визначення місця розташування пристрою за допомогою супутників. Ці супутники обертаються навколо планети Земля, їх місце обчислюється, і з цього відомого положення сигнал приймача / передавача невідомого об'єкта вимірюється з відносно високою точністю. Супутники безперервно надсилають інформацію, яка містить, наприклад, дані про час передачі – часову позначку, тобто абсолютний час відправлення дейтаграми, координати поточного активного супутника, який передає, або оточуючих і тому подібне. Об'єкт, який отримує інформацію (тобто ту, яка шукається), виявляє різницю між часом надсилання та

отримання інформації. Використовуючи отримані тоді дані отримується інформація про відстань між супутником і приймачем, завдяки знанню швидкості поширення сигналу. Даних з одного супутника недостатньо, необхідно мати сигнал принаймні з 4 супутників, коли можливості появи об'єкта, що шукається, стають більш точними. Також використовується трилатерація, завдяки якій шукана позиція оцінюється з певною точністю. Коректність даних визначається на супутнику, але це не може бути реалізовано в приймальному пристрої. Таким чином, існує потреба в способах корекції додаткового часу, або синхронізації часу супутника. [12, 19]

Однак також необхідно враховувати відхилення, на які найбільше впливають артефакти, такі як тропосферна затримка, затримка іоносфери, помилка супутникового годинника, метеорологічні явища тощо. Рис. 1.5 і рис. 1.6 демонструє принципову різницю між достатньою кількістю інформації від достатньої кількості супутників та відсутністю інформації з недосконалої дотичної супутників – очевидно, що реальної інформації лише чотирьох супутників недостатньо, оскільки не можна розраховувати на залучення сто процентів всіх супутників, бачити можливі відхилення – фундаментальне спотворення інформації. Тільки для уточнення слід зазначити, що охоплення супутників за принципом поширення сигналу не є круговим у просторі, як спрощено на рис. 1.6. Загалом використовуються чотири основні орбіти, на яких розташовані супутники систем GNSS [12, 19].

Система GPS широко використовується у всьому світі, будь то в мобільних пристроях чи інших специфічних пристроях – різні типи навігації – човен, автомобіль або потрібне відстеження. Початок роботи системи GPS поширюється з кінця 50-х - початку 60-х років XX століття. Початок використання систем позиціонування у військово-морських силах Сполучених Штатів для спостереження за озброєними підводними човнами США, коли при використанні супутників, що обертаються навколо полюсів Землі, за лічені хвилини вдалося визначити положення бажаного об'єкта. Ця система називалася TRANSIT, але не дозволяла постійно 24 локалізації.



Рис. 1.5. Приклад маршруту між супутником і поверхнею Землі

Система GPS була повністю доступна для громадськості в 2000 році. За даними джерела [18], система має загалом 31 супутник, які вона активно використовує. З них 24 супутники є основним сегментом, мінімальною кількістю для належної роботи. Інші сім покращують точність вимірювання за допомогою додаткової інформації. Орбіти мають систему центричного вигляду до Землі, розташовану на висоті близько 20 200 км. [3] Для звичайного користувача, наприклад, мобільний телефон, який використовує систему GPS лише пасивно – тобто. супутникові дані приймаються лише. GPS складається з трьох частин – співпраця управляє, контроль і користувач. Частина управління складається з наземної станції управління, моніторингу та передачі, користувацька частина складається з широкого діапазону приймачів, космічна частина – супутники на орбіті, що показано на рис. 1.4 [12, 10, 19].

Окрім американської навігаційної системи GPS, існує також європейська навігаційна система Galileo, китайська система BeiDou або японська та індійська системи.

ГАЛІЛЕЙ

Оператором, автономним до супутникової навігаційної системи, що фінансується Європейським Союзом, є агентство GSA, що базується в Празі, - цивільна система з цивільним контролем. Його метою є надання незалежних навігаційних послуг, інформації про місце і час, а також, безумовно, також покращення рівня служб позиції.

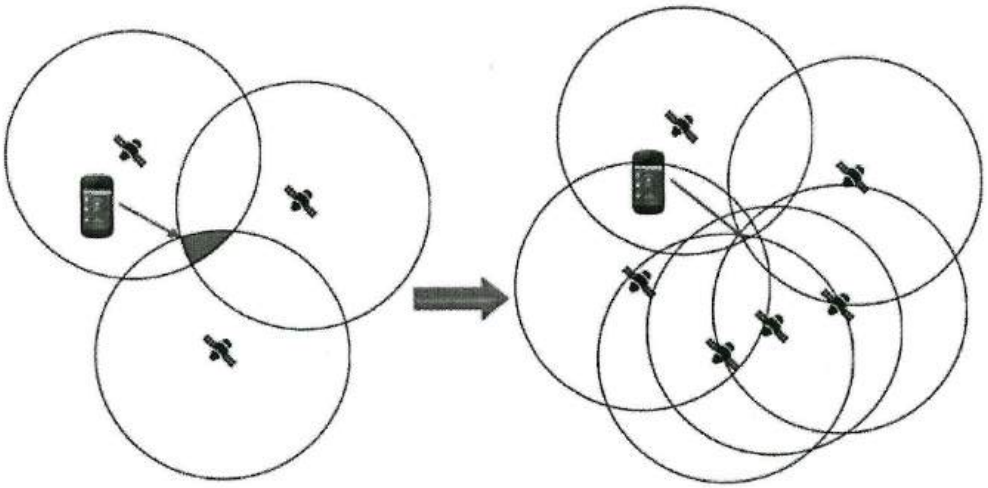


Рис. 1.6. Демонстрація точності локалізації з різною кількістю супутників

Системи ГНСС. Послуги, що надаються системою в повному обсязі – дуже точна позиція TIO, джерело даних часу, SAR – пошук і порятунок, засоби безпеки. Перша угода про розробку системи походить з 1999 року, перша тестова супутникова система була поставлена до його кар'єри в 2005 році, повністю функціональні супутники тоді були в 2011 році. Супутники, запущені в подальшому, продовжували, однак, використовувати її повноцінну робочу здатність. Система NESS Згідно з наявною інформацією, загальна кількість супутників планується відповідно до джерела [3] на 24 оперативні, 6 додаткових – запасні. Головною перевагою цієї системи є незалежність від інших об'єктів інших держав, тим самим збільшуючи об'єктивність інформації [14, 15, 17, 16, 19].

Galileo також може бути використаний для пошуку та порятунку (SAR),

розташування об'єкта відбуватиметься через десять хвилин з точністю близько 2 км [15].

BeiDou

Beidou навігаційна система (назва ознак англійською мовою для ясності) - це проект глобального супутникового позиціонування SYS теми якого охоплення ділиться на три етапи. Мета – незалежність від інших супутникових навігаційних систем. Назва є еквівалентом сузір'я в чеському видавництві, яка відома як Велику Ведмедицю. Перший супутник системи з'явився на орбіті у 2000 році, хоча початок її розвитку сягає 1983 року, за даними джерела [38]. Система вже демонструвала хороші значення точності в режимі розробки, якщо це не гірська місцевість. Ще одним недоліком є і була висока закупівельна ціна супутників. Потрібно менше супутників порівняно з існуючими системами місця розташування супутників, ніж існуючі системи, що порушує інші проблеми, ніж існуючі системи. Наявна ZDR Чо - Ойю з 2019 була в повному обсязі тільки в Східній Азії, глобальне охоплення і операція, як очікується, в 2021 році. [19]

Таблиця 1.1.

Оглядова таблиця глобальних систем GNSS

	BeiDou	GPS	Galileo
Кількість супутників:	27	31 (24 активних)	24 (+6)
Кількість орбіт:	2 (3) різні	6	3
Висота орбіти:		20 200 км	23 222 км
Час обертання:	12 год. 53 хв.	11 год. 58 хв.	14 год. 07 хв.

У таблиці 1.1 порівнюються параметри найбільш відомих систем GNSS. Орбітальний час у таблиці означає орбітальний час одного супутника навколо планети Земля. Дані про кількість супутників у різних системах розходяться, що стосується втручання насамперед стосовно джерела певної дати, і це впливає на невідповідність інформації.

GSM

GSM – це технологія, що використовується для зв'язку мобільних телефонів, де станції, які є базовими, вимірюють величину продуктивності мобільних терміналів. BTS - базова приймально передавальна станція, де кожен з передавачів має свій унікальний ідентифікатор. Якщо пристрій здійснює зв'язок, вона знаходиться в межах кругового діапазону передавача , положення може бути додатково визначено за участю інших передавачів. Завдяки цим даним, таким чином, можна приблизно оцінити відстань між базою та мобільним телефонним пристроєм. Тут також можна використовувати трилатерацію.

GSM – це назва, що означає Глобальна система мобільного зв'язку. Gloverbal System for Mobile Communications – це найбільш широко використовувана у світі мобільна мережа передачі даних, що використовується переважно для голосових послуг. GSM не дуже підходить для передачі даних, з'єднання повільне. Недоліком цієї мережі є велике споживання при передачі даних, високі ціни і високі експлуатаційні витрати, що явно не відповідає вимогам до датчиків. Перша версія стандарту була запропонована спеціальною мобільною робочою групою Groupe. Стандарт GSM використовував майже 90% населення, що володіє цими пристроями. Це стільникова мережа, де кінцеві пристрої підключаються до мережі найближчої комірки (бази). Мережа працює на декількох радіочастотах різного розміру комірок. Ці клітини змінюються залежно від зони покриття. Відповідний розмір та продуктивність комірки залежить від місця в просторі.

Покриття в приміщенні також підтримує GSM, всередині передається радіосигнал із зовнішньої рекламної системи Siho, але має свої обмеження. [18, 3]

1.3 Технології внутрішньої локалізації

Технології внутрішнього розташування, або технології внутрішньої локації, призначені для визначення розташування об'єктів або людей усередині будівель, де супутникові системи GPS часто є неефективними. Ці технології стають все більш важливими у багатьох областях, включаючи роздрібну торгівлю,

управління закладами охорони здоров'я, промисловість, та безпеку. Ось кілька ключових технологій внутрішнього розташування:

1. Wi-Fi: Використовує сигнали Wi-Fi для визначення місцезнаходження за допомогою аналізу сили сигналу від різних точок доступу. Це широко використовується у торгових центрах та офісних будівлях.

2. Bluetooth Low Energy (BLE) і Beacons: BLE-бікони відправляють сигнали, які може приймати смартфон або інший приймач для визначення свого розташування. Ця технологія часто використовується в роздрібній торгівлі для надання інформації про продукти та персоналізовані пропозиції.

3. Ультразвукові системи: Використовують звукові хвилі для визначення розташування, схоже на радар чи сонар. Вони можуть бути дуже точними, але їх діапазон є обмеженим.

4. Інфрачервоні системи: Використовують інфрачервоне випромінювання для визначення розташування, часто використовуються у системах контролю доступу та безпеки.

5. Системи на основі RFID: Використовують радіочастотну ідентифікацію для визначення місцезнаходження предметів або людей. Часто застосовуються у логістиці, управлінні складськими запасами.

6. Магнітні системи: Визначають розташування об'єкта за допомогою аналізу магнітного поля Землі. Це відносно нова технологія, яка може виявити місцезнаходження всередині будівель.

Технології внутрішнього розташування дозволяють здійснювати моніторинг у закритому просторі. Через погану передачу супутникового сигналу метод локалізації супутника не може ефективно використовуватися всередині будівель. Нижче наведено деякі варіанти використання потужності інших технологій для локалізації в приміщенні. [4]

Bluetooth

Bluetooth є стандартом для бездротового зв'язку за допомогою радіо середовища. Він бездротово передає сигнал на короткі відстані (WPNA – бездротова персональна мережа). Він пропонує можливість підключення до

смартфонів або для однієї і тієї ж процедури. Технологія також здатна підключити два або більше пристроїв. Для зв'язку між пристроями необхідно їх з'єднати в пару, що створює пікомережу. Pico - чистий тип бездротових локальних мереж. Асортимент пристрою ділиться на кілька класів згідно з таблицею 1.2.

Bluetooth є система, відома з 1994 року, названа в честь датського короля Харальда Bluetooth з десятого століття.

Bluetooth використовує смугу частот 2,4 ГГц. Смуга частот розділена на різні секції через можливі взаємні перешкоди технологій, що працюють за однаковим фізичним принципом в одному діапазоні частот. Це мікрофон, де джерелом перешкод може бути мікрохвильова піч або Wi-Fi. [2, 7]

Bluetooth

Трилатерація Bluetooth багато в чому схожа на трилатерацію WiFi, вони також рухаються в одному діапазоні. Старіші версії локалізації за допомогою Bluetooth працювали за принципом зв'язку головного вузла та вторинних вузлів, проте це був відносно тривалий процес.

Таблиця 1.2.

Оглядова таблиця класів Bluetooth – діапазон

Клас БТ	Потужність (мВт)	Дальність (м)
Клас 1	100	100
Клас 2	2.5	50
Клас 3	1	10

Локалізація в приміщенні через Bluetooth дозволяє бездротово відстежувати положення та переміщення всередині будівлі. Мова обмежена на середній та великій відстанях. Технологія призначена для зв'язку на дуже коротких відстанях, діапазон в межах десяти метрів з прямим оглядом між землею. При використанні технології в приміщенні асортимент обмежується факторами навколишнього середовища. Значними перевагами є мінімізація несумісності інтерфейсів різних

типів пристроїв, а також зручність використання технології. Стандарт був розроблений, щоб дозволити спілкування практично будь-якого пристрою між собою. Bluetooth не може бути реалізований на будь-якому пристрої з фінансових та інших причин, тому існують так звані профілі. Завдяки профілям, задані технічні характеристики та деталі для конкретних послуг поєднуються, тому, якщо пристрій з'єднаний у пару, пристрій обмінюватиметься, серед іншого, інформацією, яку підтримують профілі. Ще однією важливою інформацією є ядро Bluetooth Існує кілька версій Bluetooth, де в кожній новій версії спостерігається вдосконалення, наприклад, швидкість передачі або спосіб зв'язку. Крім того, Bluetooth зарекомендував себе у безперервній передачі даних. [7, 8]

Принцип Bluetooth

Радіостанції з модулем Bluetooth, де сфера інтересів обладнана фіксованими передачами, радіостанції підключаються до точок, а потім їх положення відображається на карті або плані. Його можна використовувати, наприклад, для орієнтації у великих будівлях, таких як торговий центр або аеропорт.

BLE - Bluetooth з низьким енергоспоживанням

Bluetooth Low Energy - це назва стандарту зв'язку, який може використовуватися на пристроях, де потрібне дуже низьке споживання енергії, бездротова передача інформації та підключення до смартфонів чи інших пристроїв, і не відповідає класичному стандарту Bluetooth. Мінімальне споживання енергії досягається за рахунок більшості режимів сну, тому вимагає передачі невеликої кількості даних через рівні проміжки часу, а поза цими проміжками існує режим сну, який економить енергію. Для навігації потрібен невеликий обсяг даних, тому підходящим вибором є Bluetooth-версія псевдонім BLE. Ще однією перевагою BLE, безсумнівно, є можливість створення сітчастої мережі (див. рис. 1.7), де вони можуть спілкуватися між собою, навіть якщо вони не пов'язані безпосередньо. Активація пристрою обмежена лише необхідним часом активного спілкування, спілкування відбувається протягом декількох мілісекунд. Поточне споживання залежить від частоти запиту - тобто часу, протягом якого пристрій повинен бути активним, тому він не підходить для

передачі більших даних, але, отже, підходить для датчиків. Активне спілкування триває дуже короткий проміжок часу близько декількох мілісекунд, тоді споживання струму залежить від частоти запиту на зв'язок. Теоретичним недоліком BLE є зміна невеликої передачі даних. Тому він особливо підходить для датчиків. [3, 7]

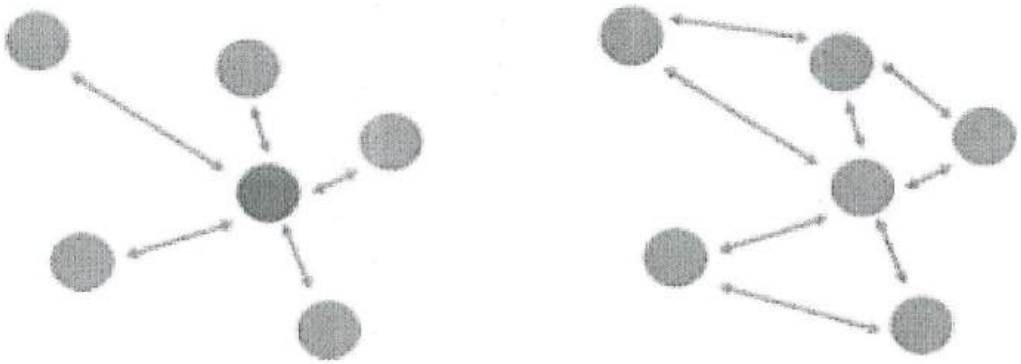


Рис. 1.7. Відмінності між вихідною топологією Bluetooth та BLE [39]

Порівняння класичного Bluetooth та BLE

Bluetooth - це стандарт зв'язку, придатний для передачі безперервного потоку даних або голосових послуг, допомагаючи зменшити кабельні з'єднання. BLE підходить для областей, де класичного Bluetooth вже недостатньо або дана ситуація не підходить. Він був створений спеціально для простих датчиків та пристроїв, що живляться від батареї для смартфонів, пультів дистанційного керування або розумних годинників. BLE з попередніх класичних версій Bluetooth не є сумісним із зворотним зв'язком.

В обох випадках спілкування відбувається бездротовим шляхом, а також за принципом оцінки відстані пристрою від мовлення - відповідно до сфери сигналу. Відмінності із загальноприйнятим стандартом Bluetooth вже полягають у самій передачі даних. Загальний стандарт Bluetooth передає інформацію безперервно, тоді BLE підходить у сферах використання, де не потрібна безперервна передача даних. Це датчики, що живляться від невеликої батареї, шлюзи зв'язку тощо. І

Bluetooth, і BLE використовують одну топологію пристрою та ряд різних пристроїв, але топологія мережі відрізняється. Це обмежено використовуваною реалізацією та об'ємом пам'яті накопичувача. Взаємна сумісність обох стандартів не очевидна через різницю в експлуатації. [3]

Приклад конкретної системи - BLE - Bluetooth Low Energy

BLE використовується, наприклад, в охороні здоров'я, будівельних технологіях або промисловості. Що стосується охорони здоров'я, то це запис даних пацієнта, таких як концентратор ліжка пацієнта. Однак класичний стандарт Bluetooth більше підходить для великого обсягу даних . Крім того, датчики для підтримки правильної температури при зберіганні крові для переливання. Що стосується галузі, то це знову ж таки, зокрема, датчики для збору даних.

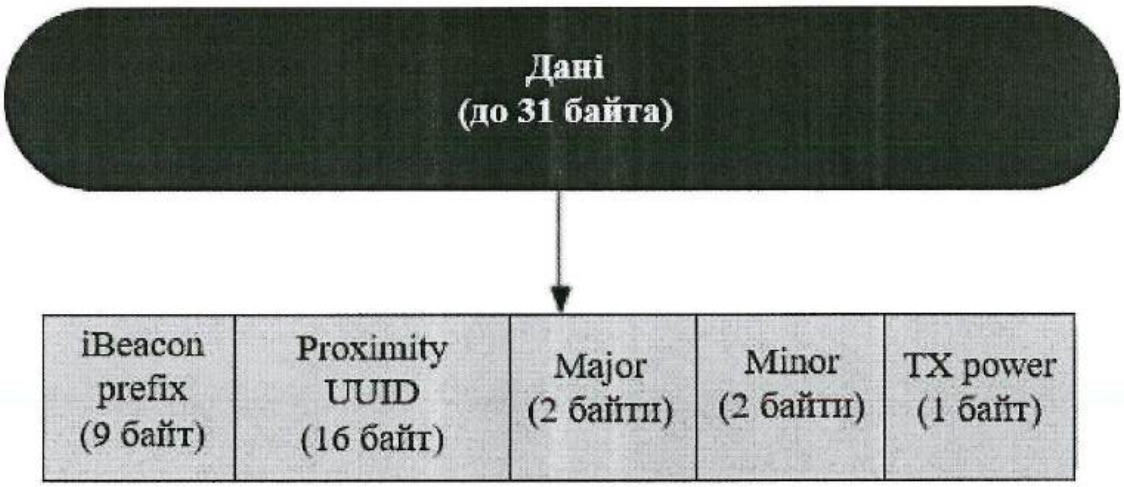


Рис. 1.8. Структурне представлення стандарту iBeacon

Інтелектуальні маяки BLE - iBeacon

Apple максимально використала локалізацію Bluetooth із запуском iBeacon у 2013 році. Це інформаційна технологія, орієнтована на внутрішнє середовище. Як місто використання центр придбання вважається покупкою. Ця технологія дає можливість звертатися до потенційних клієнтів, орієнтуватися в торговому центрі тощо.

Маяк - це "маяк", який транслює інформацію через мобільний пристрій - насправді це датчик, що живиться від батареї кнопки, що передає веб-сигнал.

Крім того, ці маяки мають можливість відправляти регулярні короткі повідомлення - широкомовні повідомлення, які можуть підхопити будь-який пристрій Bluetooth без необхідності попереднього сполучення. Розмір цих повідомлень обмежений 31 байтом, подальша інформація потім призначається програмному забезпеченню шляхом зчитування сигналу. Структура стандарту iBeacon, який використовується лише для опису структури даних, видно на рис. 1.8. Пояснення мають низьке споживання та тривалість життя від місяця до декількох років. Навантаження надсилає сигнал через короткий проміжок часу, який обробляється під час мобільного дзвінка і, залежно від обраної функції, може використовуватися, наприклад, для навігації в приміщенні. [1, 2, 6].

Таблиця 1.3.

Оглядова таблиця, що порівнює Blueooth і BLE

	Bluetooth	BLE
Діапазон	10 м	50 м
Споживання	відповідно до програми	Від 1 до 50% споживання
Фактична швидкість передачі даних	0,7-2,1 Мбіт / с	Від 0,27 Мбіт / с
Передача голосу	так	Ні

Недолік полягає саме у використанні сигнальної сфери для оцінки відстані, що є неточним; Пристрій надає лише інформацію про доступність та складність, а не точне уточнення положення об'єкта. Для деяких компаній це питання є відносно успішним у подоланні цього питання, але воно не вирішене повністю. Помилка може статися набагато простіше - наприклад, якщо на шляху є архітектурний елемент, через нього може падати сигнал. Цю проблему можна усунути, використовуючи спочатку змінну сигналу с з різних місць, відстань на відстань навколо цілого об'єкта, тому ми отримуємо базу даних виміряних даних, за допомогою якої ми можемо оцінити поточний результат і з'ясувати, де виміряні дані в базі даних знайдено та чи спотворено. Тоді давайте оцінимо

найкращий збіг, коли ми повинні отримати поточну позицію. Ситуація може бути успішно вирішена попереднім картографуванням простору, що знову є недоліком саме через необхідність вирішити картографування заздалегідь.

Оцінка

BLE - це придатний стандарт зв'язку для використання, коли вимога полягає у дуже низькому споживанні енергії, одночасному підключенні до іншого чи іншого фону та короткому активному часу. Прикладом такого пристрою є датчик. [3]

Переваги Серед переваг BLE - це, мабуть, низька вартість, невеликий розмір, але, наприклад, простий в обробці. Крім того, простота впровадження, низька продуктивність, безпека та економія енергії. Перевагою використання діапазону 2,4 ГГц є хороша сирена в звичайних умовах [7]

Різниця між класичним Bluetooth та BLE полягає у меншій економії енергії, вона працює по-різному в одному діапазоні частот, додатково розмір переданих даних див. рис. 1.3.

Недоліки Серед недоліків класичного Bluetooth, перешкоди в його смузі пропускання, ймовірно, пов'язані з ним. Занцерн також може негативно впливати на обертання в межах поширення хвилі. Крім того, це багатопроменевий ефект, який є явищем, коли сигнал досягає прийому не тільки безпосередньо, але і відбиттями, які можуть вплинути на результуючий ефект. Другі недоліки включають залежність від потужності сигналу, попереднього простору відображення. Недоліком робочого діапазону є перекриття або взаємозв'язок з іншими смугами передачі, наприклад з боку WiFi або мікрохвильової печі. [7]

Інші радіочастотні методи, які в деяких випадках можуть бути використані для локалізації, включають ZigBee або NFC. [7]

Розташування WiFi

Технологія бездротового зв'язку, яка використовує для зв'язку неліцензійний діапазон частот, нормально працює в діапазоні 2,4 ГГц (можливі й інші діапазони.) Технологія забезпечує бездротову передачу Інтернету через точки доступу. Цей стандарт, як і будь-який інший, працює на своєму частотному

діапазоні, який далі розділений на канали (у випадку 2,4 ГГц їх 13). Деякі можуть бути передані, інші працюють, інші працюють. Для якісного сигналу найкраще використовувати канали, які не перекриваються, що призводить до можливих недоліків передачі WiFi, де взаємне перекриття може спричинити перешкоди.

Wi-Fi - одна з найпоширеніших технологій внутрішньої локалізації сьогодні, до появи iBeacon, використовувалася лише ця технологія. У Bluetooth є подібність у вимірюванні сфери сигналу, смуги частот та наслідків, що виникають. Локалізація за допомогою WiFi зараз є загальним інструментом, деякі компанії, такі як Google, мають базу даних MAC-адрес окремих точок доступу та їх географічні координати. Система працює просто: якщо пристрій має доступ до Wi-Fi, запит може бути надісланий через MAC-адресу мережі, яка знаходиться в межах діапазону через Інтернет, і положення можна вказати, вимірюючи сферу сигналу. Перед вимірюванням сигнальної сфери в будівлі необхідно створити карту будівлі з точками доступу, включаючи їх положення. Добре брати до уваги стіни, великі подряпини, підйоми тощо, оскільки вони можуть спотворити або перешкодити сигналу. Наступним кроком є саме розташування та розрахунок введеної позиції. Це можна використовувати з точки зору WiFi та інших методів, ніж просто вимірювання сфери сигналу. Потужність сигналу, що надходить від окремих попередньо вибраних точок доступу, варіюється. Потужність сигналу зменшується із відстанню, тому його можна використовувати для вимірювання відстані від точок доступу. Відстань обчислюється за рахунок трилатерації або тріангуляції точок доступу, де певна міра може впливати на рівень помилок у даній області. Однак найкращою є така точність у ряді кімнат, яку теоретично можна визначити, збільшивши кількість точок доступу, але це фінансове та енергетичне навантаження. [4, 20]

Сигнал WiFi має властиву структуру і вузьку смугу. Проблема точної локалізації поставлена внаслідок вимірювання точної амплітуди сигналу під час перешкод, оскільки перешкоди в поєднанні з коливанням сигналу впливають на небажаний спосіб спотворення між даними часу та амплітуди. [9]

Оцінка f

Доступність, розповсюдження та неліцензійне використання є і будуть найбільшою перевагою.

Переваги Цю технологію можна поєднувати з BLE, ще одним позитивним фактором є велике поширення в громадських будівлях чи домашніх господарствах. Простота технології також є однією з позитивних сторін.

Недоліки У діапазоні близько 2,4 ГГц існує широкий спектр зручності для використання в домашніх господарствах, оскільки цей діапазон включає всі мережі WiFi поблизу, пристрої, що працюють на цій частоті, бездротові мікрофони, динаміки або, наприклад, пристрій, що працює або використовує технологію Bluetooth, яка може обмежити необхідну передачу WiFi, оскільки це спричинить перешкоди. Вимірювання сигнальної сфери може спотворюватися архітектурними елементами з різних матеріалів різними способами, це так званий багатопроменевий ефект. Таким чином, сигнал грипу впливає на навколишнє середовище в негативному сенсі, що впливає на точність методу. [10]

UWB

UWB (Ultra Wide Band) - це назва стандарту, який характеризується великим діапазоном діапазонів. Це бездротова технологія, яка підходить для передачі великих даних на невеликі відстані. Зв'язок з використанням технології UWB базується на коротких імпульсах, а не на гармонійному сигналі, коли ці імпульси самі по собі не придатні для передачі інформації, необхідно створити їх послідовність і модулювати її сигналом, придатним для передачі. Існує декілька методів модуляції, такі як модуляція амплітуди імпульсу, ортогональна модуляція, увімкнення-вимкнення тощо. Через передачу імпульсу та низький рівень потужності виявлення сигналу UWB є важким, що може бути перевагою, якщо потрібна конфіденційність.

Оскільки імпульс займає великий діапазон смуг частот, його висхідна частина дуже крута, що дозволяє приймачу дуже точно виміряти проходження сигналу, імпульси все ще дуже вузькі і тривають дуже короткий час, як правило, не більше двох наносекунд. Пропускна здатність може здатися проблематичним аспектом у деяких випадках порівняно з іншими технологіями, але ситуація може

бути вирішена належним чином - наприклад, обмеженням зони UWB, де працюють мобільні системи та GPS, або використання іншої частоти - щоб пропустити зайняту зону.

UWB - це стандарт для передачі короткосмугових широкосмугових сигналів, який є вимірюванням відстані між двома пристроями. Технологія бездротова, працює в короткому діапазоні, використовуючи значну частину частотного спектру. Попереднє використання особливо корисно при отриманні радіолокаційних зображень, тепер збір даних із цільових датчиків, зручності розташування та відстеження. Передача виконується з діапазоном частот, що перевищує 500 МГц. Система може працювати як з низькою, так і з високою частотою імпульсів, кожна з яких підходить для різного використання. Основна відмінність від вищезазначених технологій полягає в тому, що це вже не вимірювання сфери сигналу.

Переваги UWB:

- Висока точність локації: UWB забезпечує високу точність визначення місцеположення, часто з точністю до кількох сантиметрів, що робить її ідеальною для застосувань, таких як внутрішня навігація, слідкування за активами та інтерактивні системи.
- Мале споживання енергії: UWB використовує дуже короткі імпульси, що забезпечує низьке споживання енергії порівняно з іншими технологіями бездротового зв'язку.
- Висока пропускна здатність: UWB може підтримувати високі швидкості передачі даних, що корисно для передачі великих обсягів даних або високоякісного відео.
- Низька ймовірність взаємних перешкод: Через широкий спектр частот, які використовує UWB, вона менш схильна до перешкод від інших пристроїв, що використовують радіочастоти.
- Безпека: Висока проникаюча здатність сигналу UWB і короткі імпульси роблять її складною для перехоплення та аналізу ззовні.

Недоліки UWB:

- Обмеження дальності: UWB має відносно низьку дальність передачі сигналу порівняно з іншими стандартами бездротового зв'язку.
- Складність впровадження: Встановлення інфраструктури UWB може бути складнішим і дорожчим, ніж традиційні системи бездротового зв'язку.
- Обмеження у використанні частот: У деяких країнах існують суворі регуляції щодо використання UWB, через що можуть виникати проблеми з міжнародною сумісністю.
- Інтеграція з іншими технологіями: UWB може вимагати спеціального апаратного забезпечення для інтеграції з існуючими мережами та пристроями.
- Чутливість до перешкод: Хоча UWB менш схильна до взаємних перешкод, вона може бути чутливою до перешкод від певних матеріалів або перепон на шляху сигналу.

Локалізація UWB – приклад конкретного використання

Sewio пропонує можливість локалізації радіочастот. Компанія пропонує систему локалізації в режимі реального часу з використанням надширокосмугової радіотехнології. Технологія заснована на вимірюванні відстані між двома об'єктами, де один об'єкт розміщений статично, а інший об'єкт розміщений на об'єкті, що цікавить. Переваги: стабільність, точність до сорока сантиметрів (кожна одиниця повинна знаходитися на відстані максимум 40 см, статичний блок не повинен розміщуватися), на пристрій не впливають світлові умови, температура або погода. Технологія в джерелі називається RTLS [23]. Технологія UWB є бездротовою, що є ще однією перевагою, але також попередньою, згаданою як WiFi і Bluetooth, тому бездротова - це перевага, спільна для всіх трьох технологій.

Sewio Indoor Tracking RTLS

Sewio Networks s.r.o. є виробником системи локалізації в реальному часі Indoor tracking RTLS2, що дозволяє відстежувати переміщення в приміщеннях в

режимі реального часу. Він використовується для переміщення всередині виробничих цехів, компаній, інтралогістики, торгівлі, промисловості та за її межами. Мета компанії - надати компаніям, які роблять покупки, досягти більшої ефективності, прибутку, безпеки та комфорту, надаючи знання на основі даних про місцезнаходження.

Технологія, заснована на широкосмуговій технології UWB. Точність технології, запропонованої фільтром Sewio, дається на відстані 40 - 30 см. На додаток до технології RTLS, компанія також пропонує спеціальне програмне забезпечення TDoA, яке дозволяє продовжити термін служби батареї та розширити проект. Він пропонує технологію локалізації UWB в режимі реального часу для відстеження приміщень. Компанія та її продукція на практиці є прикладом локалізації приміщень. Ця технологія використовується низкою відомих світових компаній, таких як Volkswagen, Budvar, Bosch тощо. Теги UWB для локалізації - ці теги розміщуються на об'єкті, що контролюється. Студійне програмне забезпечення RTLS забезпечує швидке використання, бездротову конфігурацію, моніторинг, а також інструмент, який може забезпечити аналіз інформації про місцезнаходження. Ціна набору становить близько 2850 євро. [23]

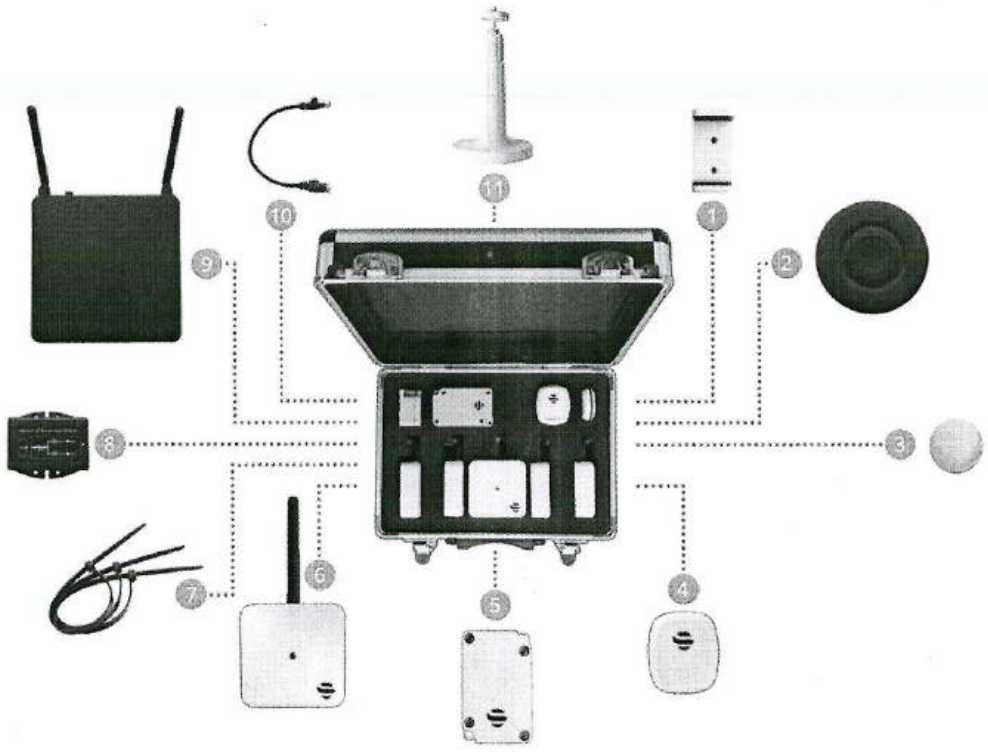


Рис. 1.9. Зразок набору Sewio RTLS: 1. 5x анкерний тримач; 2. 1x бездротова

зарядка; 3. 2х зарядки BAT-CR2477 / 1000 мАг; 4. 2х тег Леонардо IMU 5. 2х тег Леонардо Асет 6. 5- кратний Wi-Fi Anchor Vista OmniLight 7. 5х кабельна стяжка 8. 5х USB в PoE конвертер 9. 1 х точка доступу Wi-Fi 10. 5х UTP 5E 0,25 м Чорний 11. 5-кратний настінний кронштейн для анкерів

Оцінка обстеження технологій внутрішньої локалізації

Оцінка опитування технологій показала, що жодній з технологій не можна надавати пріоритет у всьому світі, завжди потрібно враховувати мету використання, яка, таким чином, найбільше впливатиме на вибір технології. Вподобання щодо обладнання та технології будуть змінюватися від випадку до випадку.

В кінці розділу для швидкого огляду в таблиці 1.4 наведено коротке порівняння технологій внутрішньої локалізації, деякі їх переваги, недоліки та коротке словесне порівняння.

Таблиця 1.4.

Оглядове порівняння технологій локалізації приміщень

Метод	Переваги	Недоліки	Оцінка
Супутникові системи GNNS	не потрібно встановлювати нове обладнання	недостатня точність; сигналізують про відсутність усередині будівель	не підходить для приміщень, локалізація
GSM трилатерація	обладнання вже існує	недостатня точність	недостатньо точний вибір для приміщення. локалізація

WiFi трилатерація	хороша доступність	спотворення інформації внаслідок багатопроменевого ефекту	вимагає більшої кількості точок доступу для підвищення точності, яка була б енергетичною та витратною
BLE	мала енергія споживання; низький ціна покупки; простота, простота в обігу; сітчаста сітка	передача лише невеликої кількості даних; коливання сигналу; багатопроменевий ефект	відповідний метод для навігаційних цілей

Продовження таблиці 1.4.

Оглядове порівняння технологій локалізації приміщень

Метод	Переваги	Недоліки	Оцінка
UWB	пропускна здатність; це не вимірювання потужності сигналу; мінливість; точність; інтерференційний імунітет	передавальна та приймальна антени можуть спотворювати форму імпульсу	Технологія, як правило, дуже придатна для використання, залежить від причини використання

Bluetooth	легка доступність	низька швидкість передачі даних; перешкоди в смузі передачі; Перешкоди спричиняють зменшення сили сигналу та можуть спотворити його	у межах відповідного використання, наприклад Для маркетингових цілей це може бути гарним вибором, залежно від того, як воно використовується

2 МЕТОДИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТА

2.1 Принцип Тріангуляції

Загальний принцип тріангуляції

Як знайти положення невідомого об'єкта. Для триангуляції необхідно знати принаймні три кути між опорними точками, положення яких відомо. За цей тип локалізації використовується геометрія, властивості та співвідношення трикутника. Отже, принцип базується на тригонометрії. Передавачі часто стають опорними точками, оскільки їх позиція як опорна точка добре відома. Крім опорних точок, необхідно знати відстані між ними. Кути вимірюються між опорними точками та пошуковим положенням об'єкта – кутами, які встановлюють зв'язки з точкою інтересу та зв'язками точок, які відомі. Завдяки наведеній процедурі створюється трикутник. Наступним кроком є проведення лінії, перпендикулярної лінії між відомими точками, а потім до шуканої точки. Спосіб не надто практичний для використання в будівлях, оскільки вимірювання кута в будівельному комплексі, а також для кількості відстані сигналу не можуть запропонувати. Наприклад, у технології WiFi, де використовується цей принцип, сигнал може проходити крізь стіни або різні матеріали та їх властивості можуть відображати або поглинати сигнал. [3, 5, 7, 13]

Абсолютні за рахунок активних маяків триангуляції великі, застосування не в локалізації мобільних роботів, де j потрібна точність і надійність, але необхідно враховувати місце використання та складність простору – мобільні роботи у виробництві їх відповідність цим умовам. Тріангуляція за допомогою активних маяків пропонує наступні переваги: надійність, гнучкість, точність. Існує кілька типів алгоритмів для цього типу локалізації, зокрема: геометрична тріангуляція, ітеративний пошук, Ньютон, ітеративний пошук Рафсона, перетин геометричного кола, тріангуляція з використанням перетину трьох кіл тощо. [13] Кожен із цих алгоритмів знаходить застосування в різних ситуаціях і вибирається відповідно до потреб користувача. Джерело [13] вказує на те, що всі згадані алгоритми в

порівнянні з абсолютною триангуляцією з використанням активних маяків не задовільні з точки зору точності, безпека навігації на великій відстані або часовий період, які підтримують, наприклад, джерело [8], яке, однак, не може покладатися на поточну актуальність даних через датування джерела.

Тріангуляція WiFi

Система, яка дозволяє знаходити користувачів WiFi-мережі поблизу від точки доступу WiFi - порівнянна з локалізацією BTS, яка була описана в іншому розділі. Мобільний пристрій збирає дані про користувачів WiFi, які потім надсилаються на розміщені сервери, такі як Google - якщо користувач дозволяє завантажувати свою службу локації - ці сервери додатково обробляють інформацію. Перевагою, безперечно, є більш точний результат, особливо це стосується густонаселених районів з великою кількістю користувачів мобільних пристроїв з доступом до Wi-Fi. Ця технологія була однією з головних внутрішніх локаторів до появи iBeacon. В даний час він широко використовується і може поєднуватися з низькоенергетичним методом Bluetooth (BLE). [15, 22]

Тріангуляція WiFi — це метод визначення місцезнаходження об'єкта в просторі за допомогою вимірювання відстані від об'єкта до трьох або більше відомих точок. У контексті WiFi, ці точки зазвичай є бездротовими точками доступу (access points, AP).

Принципи та застосування тріангуляції WiFi:

- Принципи тріангуляції: Тріангуляція WiFi заснована на вимірюванні сили сигналу (RSSI - Received Signal Strength Indicator) від різних точок доступу. Знаючи точне розташування цих точок доступу та виміряну силу сигналу від них, система може визначити приблизне розташування користувача або пристрою.
- Вимірювання сили сигналу: Сила сигналу зазвичай зменшується з відстанню від точки доступу. Вимірюючи силу сигналів з різних точок доступу, можна розрахувати відстань до кожної точки доступу.
- Обчислення положення: На основі виміряних відстаней до різних точок доступу система використовує алгоритми тріангуляції для обчислення місцезнаходження користувача або пристрою. Чим більше точок доступу

використовується, тим точнішим буде визначення положення.

- Застосування: Тріангуляція WiFi може бути використана у багатьох сценаріях, включаючи внутрішню навігацію в торгових центрах, аеропортах, лікарнях; для визначення місцезнаходження співробітників у великих офісах; або для відстеження руху товарів на складах.
- Обмеження: Точність тріангуляції WiFi може бути обмежена факторами, такими як перешкоди (стіни, меблі тощо), варіативність сили сигналу та кількість доступних точок доступу.
- Інтеграція з іншими технологіями: Для підвищення точності, тріангуляція WiFi часто використовується разом з іншими технологіями, такими як Bluetooth, ультразвукові датчики, або навіть з супутниковою навігацією (GPS) для зовнішньої локації.

Перевагою є широке розповсюдження та сигнал Wi-Fi як у громадських місцях, так і вдома. Разом для технології, що використовує Bluetooth і WiFi, триангуляція полягає в тому, що ми зменшуємо сферу сигналу, тому будуть недоліки подібного калібру - сигнал може часто і легко спотворюватися, наприклад, навколишнім середовищем - проходження, поглинання, відображення. Це просто формулюється, час надходження сигналу погіршується, а відмінний сигнал погіршується - дані не пошкоджуються, а надходять пізно, тому відбувається спотворення.

Недоліки системи засновані на характеристиках технології: сигнал властивий, внутрішньо зв'язаний і має вузький діапазон - тому важко виміряти точну амплітуду сигналу через синусоїдальні перешкоди та перешкоди, відхилення викликані зовнішніми перешкодами.

Тріангуляція мобільних передавачів

Тріангуляція найближчої BTS - базової приймально-передавальної станції - тобто тріангуляція мобільних передавачів, які покривають сигналами сигналу, що використовуються для телефонного зв'язку. Існує ще один «метод» пошуку. Журнал, який підключений до мережі, знає ідентифікацію станцій, до яких підключений журнал. Це знайде ідентифікатор, який потім надсилається через

Інтернет для локалізації. Дані про місцезнаходження доступні в базі даних локалізації, а потім інформація надсилається назад. Іншим фактом, на який потрібно звернути увагу, є щільність навколишніх випромінювачів. Очікується, що він буде великим у містах; Перевагою BTS перед GPS є менші вимоги до витрат енергії, теоретично система використовується в будинках, де GPS-сигнал часто непридатний для використання або повністю недоступний, що неможливо перевірити. [4, 6]

Метод тріангуляції та трилатерації пов'язаний тим, що обидва методи засновані на протяжності, перетині «площі» від декількох супутників та математичному остаточному розрахунку відстані. Відповідно до певного значення в даних, оцінюється відстань передавача / передавача (датчик проти невідомого об'єкта), потім положення обчислюється з використанням положення відомих точок. Тому можна констатувати прямий загальний недолік, який полягає у потребі в будь-якому локалізованому середовищі або необхідності хоча б приблизно знати зв'язок між RSS та відстанню. Кожне середовище має інші фактори, які можуть або не можуть вплинути на конверсію / оцінку. [4]

2.2 Трилатерація та багатосторонність

Метод позиціонування, заснований на вимірюванні, аналогія тріангуляції. Різниця в розрахунку відстані - це місце від кута довжин. Необхідність наявності принаймні трьох опорних точок, кожна з яких у просторі на позиції, параметри та дані про позицію якої відомі. Трилатерацію можна додатково розділити на 2D та 3D за потребою як у 2D, так і в 3D просторі, що при розташуванні в реальному просторі чітко дається в 3D. Пошук координат об'єкта, якого ви не знаєте, полягає у підрахунку / оцінці довжини знання координат найближчих точок, як показано на рис. 2.1. [4, 5]

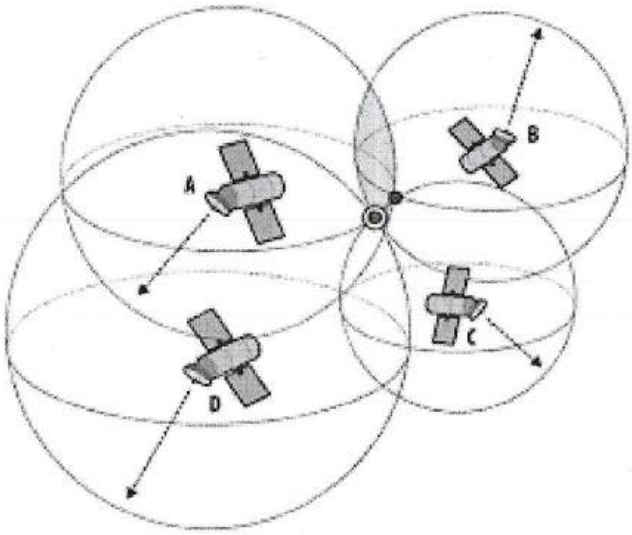


Рис. 2.1. Позиціонування за допомогою трилатерації за допомогою супутників

Ще можна використовувати багатосторонність, яка є більш точною і застосовується переважно у військових умовах, однак існуюча інформація щодо триангуляції та трилатерації здається достатньою для потреб роботи, тому багатосторонність не конкретизується. [4]

2.3 Інші методи позиціонування

Метод найближчого сусіда

Крім того, його можна знайти за допомогою методу класифікації найближчого сусіда - класифікації за найближчим сусідом. Перевагою, безумовно, є простота, найбільш підходящий кандидат обирається відповідно до відстані. Недоліком є нереальність в реальних умовах, метод розрахований, наприклад, при проходженні людей до стіни тощо. [22]

Dead Reckoning

Це математична процедура відносного методу локалізації. Назва, отримана з англійського виведеного рахунку, може бути інтерпретована подібно до локалізації завдяки розрахунку. Відносний метод обумовлений обчисленням поточної позиції з попередньої позиції, тому при обчисленні може статися помилка, яка буде накопичуватися далі. Тому з попередньої інформації ясно, що

це ітераційний метод. Метод не підходить для більш тривалого часового блоку, коли припущення про появу помилки та її подальше накопичення постійно зростаюче спотворення зростає.

Суть полягає у вимірюванні відхилення від заданого місця – попереднього положення, яке визначає положення об'єкта шляхом обчислення маршруту з використанням відомого курсу, швидкості та часу.

Незважаючи на те, що Dead Reckoning здається доречною технологією для мобільних користувачів, оскільки телефон має ряд датчиків, у яких телефони не містять корпусу, оскільки метод має обробку проблеми, наприклад, прямі кути і придатний для відображення в просторі з неускладненим маршрутом. З датчиків, що використовуються в методі, можна згадати барометр (сигналізація положення висоти будь- якої величини), гіроскоп та акселерометр. Ці дані від всіх цих датчиків можуть бути використані для отримання інформації про стан. - зміна обертання, швидкість, положення, прискорення, вся ця інформація може брати участь в обчисленні необхідної траєкторії [7, 22]

Розширена реальність

У цій роботі термін доповнена реальність розуміється як елемент, що дозволяє розширювати системи віртуальним шаром та інтерактивні елементи, які він дозволяє.

Одночасна локалізація та картографування – це принцип, який дозволяє виявляти після зарядів та орієнтувати вигляд віртуальної інформації на реальність під час огляду оточення. Окремі алгоритми варіюються залежно від цілей – маркетингу, потреби розпізнавання об'єктів у навколишньому середовищі. [20, 25]

Одним із варіантів є використання доповненої реальності разом із GPS на мобільному телефоні користувача. Мобільний пристрій спочатку визначає напрямок обертання за допомогою мобільного телефону GPS, подальше порівняння інформації з GPS-інформації в базі даних, що є попередньо завантаженими об'єктами, в результаті чого на екрані з'являється реальне зображення, що супроводжується необхідною інформацією з бази даних. Його

також можна використовувати безпосередньо на автомобільному склі за допомогою прозорого дисплея. [3]

Другий варіант – локалізація в приміщенні DS із використанням браслетів для людей, які рухаються в будівлях. Положення браслета, який носить користувач, визначається сигналом, що оцінює точку доступу. Точка доступу працює за технологією BLE.

Дані про розташування браслетів також відображаються на робочому місці контролю або моніторингу завдяки додаткам. [11]

Google Indoor Maps

Намір компанії полягає в спрощенні орієнтації користувача в будівлі, такі як торговий центр або аеропорт, стадіон, станція громадського транспорту. Користувач повинен мати можливість пересуватись практично між поверхами, збільшувати або зменшувати різні деталі орієнтації.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МОНІТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ У ЗАКРИТОМУ ПРОСТОРІ

3.1 Вступ до питань вирішення

Вступ до проблеми

В даний час існує потреба та попит на технології локалізації з різних причин. Стандартизованих технологій зовнішньої навігації недостатньо для навігації в приміщенні, що вирішує інші технології, які все ще не є ідеальними, тому існує потреба в подальшому дослідженні інших придатних технологій та розвитку. Кожен із методів, згаданих у попередніх розділах, має різні позитивні та негативні сторони, кожен з яких може бути використаний більш підходящим для певних цілей розташування та типу простору. Тут, як об'єкт, що цікавить, використовується технологія внутрішньої локалізації лікарняних закладів. Пристрій не вважається контрольним пристроєм, що порушує конфіденційність пацієнта, це більше стосується безпеки пацієнта.

Поняття та припущення для пристрою

Обладнання повинно бути практичним, з низькими експлуатаційними та монтажними витратами, і мало бути за розміром з мінімальними енерговитратами. Юзабіліті та практичність повинні полягати в чіткості, простоті управління та простоті системи. Значні пристрої не повинні перешкоджати роботі або функціонуванню пацієнта, персоналу або управління пристроями.

Пристрій, про який йде мова, в першу чергу призначений для пацієнтів у педіатричних відділеннях, психіатричних закладах або для осіб з дегенеративними станами людей похилого віку, або у випадку зараження пацієнта, коли він не повинен загрожувати навколишньому середовищу. Крім того, для осіб, які були поміщені до медичного закладу за рішенням суду з необхідністю контролювати особу або пацієнта, який страждає, наприклад, хворобою Альцгеймера або іншими розладами пам'яті чи когнітивних функцій. Діапазон пристрою вважається кількістю кімнат, а не сантиметрами, для

отримання більш детальної інформації про приблизну кількість випадків в адміністративних районах лікарні. Навіть за межами закритої палати медичному персоналу може знадобитися визначити стан пацієнта, наприклад, у разі відсутності пацієнта для обстеження чи втручання, пристрій потім передає інформацію про свою появу - він уже вийшов із лікарні, лише дезорієнтований у будівлі тощо. сприяння виявленню пацієнта.

Звичайно, є й інші приклади пацієнтів чи соціальних установ, де цей пристрій буде використовуватися. Таким чином, можна також перевірити, наприклад, що ліжко зберігається спокійно, що може бути джерелом корисної інформації.

3.2 Основні властивості ультразвуку

Ультразвук (УЗВ) – це механічна хвиля, що поширюється в гнучкому (тканинному) середовищі. Ультразвук відноситься до звукових хвиль, частота яких вища за верхню межу людського слуху, зазвичай вище 20 кілогерц (кГц). Однак у деяких тварин це все ще можна виявити на слух, наприклад, собака має ультразвук приблизно до 45 кГц, коли навчальні засоби працюють до цієї частоти.

Хоча ультразвукові хвилі невловимі для людського вуха, вони мають ряд унікальних властивостей, які роблять їх корисними у різноманітних застосуваннях, від медичної діагностики до промислового неруйнівного контролю. Ось деякі з основних властивостей ультразвуку:

- Висока частота і коротка довжина хвилі: Ультразвукові хвилі мають значно коротшу довжину хвилі порівняно зі звуковими хвилями, що сприймаються людиною. Це дозволяє їм виявляти дуже малі об'єкти та деталі на мікроскопічному рівні.

- Проникаюча здатність: Ультразвук здатний проникати у різні матеріали, такі як тканини організму, вода, метали, пластмаси тощо. Це робить ультразвук корисним для внутрішньої візуалізації та діагностики.

- Відображення (рефлексія) від меж: Ультразвукові хвилі відображаються від меж, де змінюється щільність матеріалу (наприклад, від поверхні органів у тілі

людини). Це властивість використовується в ультразвуковій діагностиці (ультразвуковому скануванні).

- Концентрація енергії: Ультразвукові хвилі можуть бути сфокусовані на дуже малій площі. Це використовується в медичних та промислових застосуваннях, наприклад, для руйнування каменів у нирках або для точного виявлення дефектів у матеріалах.

Ультразвук поширюється через гнучке середовище завдяки силам зв'язування частинок. На швидкість його поширення впливає середовище, в якому він поширюється. Швидкість поширення на сухому повітрі при 20° С становить 343 мс $^{-1}$.

Для цілей проектування приладів передбачається частотне терапевтичне або діабетичне ультразвукове дослідження (наприклад, також через можливу взаємодію з приладом), але вище порогу чутності ультразвукового дослідження, яке може обробляти стандартний мікрофон.

3.3 Вибір відповідної технології

Ідея впровадження полягала у використанні ультразвуку для системного зв'язку. У природі дуже часто зустрічається форма ультразвукової локалізації, це так звана ехолокація тварин. Виникає наприклад при спілкуванні китоподібних у морі або кажана. У китоподібних ультразвук проводиться в рідкому середовищі, тоді як кажани передаються в газовому середовищі. З точки зору мети роботи, технологія буде використовуватися в середовищі, яке є повітряним.

Використання ультразвуку використовується для вимірювання відстані, коли принцип полягає в оцінці часу між часом надсилання сигналу та його прийомом, цей час називається TOF (Time Of Flight). Швидкість звукового сигналу в повітрі впливає на точність мемферу, короткий період ультразвук призводить до пошкодження середовища кафе, але слід враховувати, що ультразвук в повітрі послаблюється або відбивається від об'єкта в просторі. Затухання зростає із збільшенням частоти ультразвук. У передачах ультразвук

використовується магнітострикція або п'єзоелектричний ефект. Перше згадане стало можливим завдяки довжині феромагнітних речовин, придатних для цього використання. Завдяки струму, що протікає через них, вони знову стискаються і розширюються, що генерує ультразвукові хвилі. П'єзоелектричні перетворювачі використовують деформацію кристала кварцу або кераміки. [25]

3.4 Запоруки створення системи Around

Найбільшим натхненням для всього дизайну стала система відеоконференцій Around, яка знаходилась на етапі розробки та налагодження до 2023 року. Це платформа для багатосторонніх відеоконференцій. Може здатися, що ця система не має нічого спільного з локалізацією, коли йдеться про відеоконференції, а навпаки, вона є її частиною, що послужило натхненням для цієї роботи. У своїй роботі система Around використовує комбінацію двох носіїв - ультразвуку для ідентифікації об'єктів та передачі даних (мобільні дані, Інтернет) для самої аудіовізуальної передачі.

Коли розпочинається відеоконференція, особистий запис учасника підключається до ідентифікатора відеоконференції. Персональні дані тут означають ноутбук, мобільний телефон, планшет тощо. Пристрій встановлює зв'язок за допомогою інтегрованих звукових карт, які в цій програмі працюють у сфері високих частот (ультразвук). Ілюстрацію системи можна побачити на рисунку 3.1. Крім того, присутність у закритому просторі обмінюється ідентифікаторами та системою конференції повідомляється, яке закриття (тобто учасники) знаходиться у фізичній близькості в даний момент, тобто в одному закритому просторі. Таким чином, під час налаштування відеоконференції система конференцій працює з інформацією про групи учасників, які перебувають у різних віртуальних кімнатах. Таким чином, він записує звукову карту та розпізнає поточного абонента. Потім окремі віртуальні кімнати використовують Інтернет для передачі даних. [5, 6]

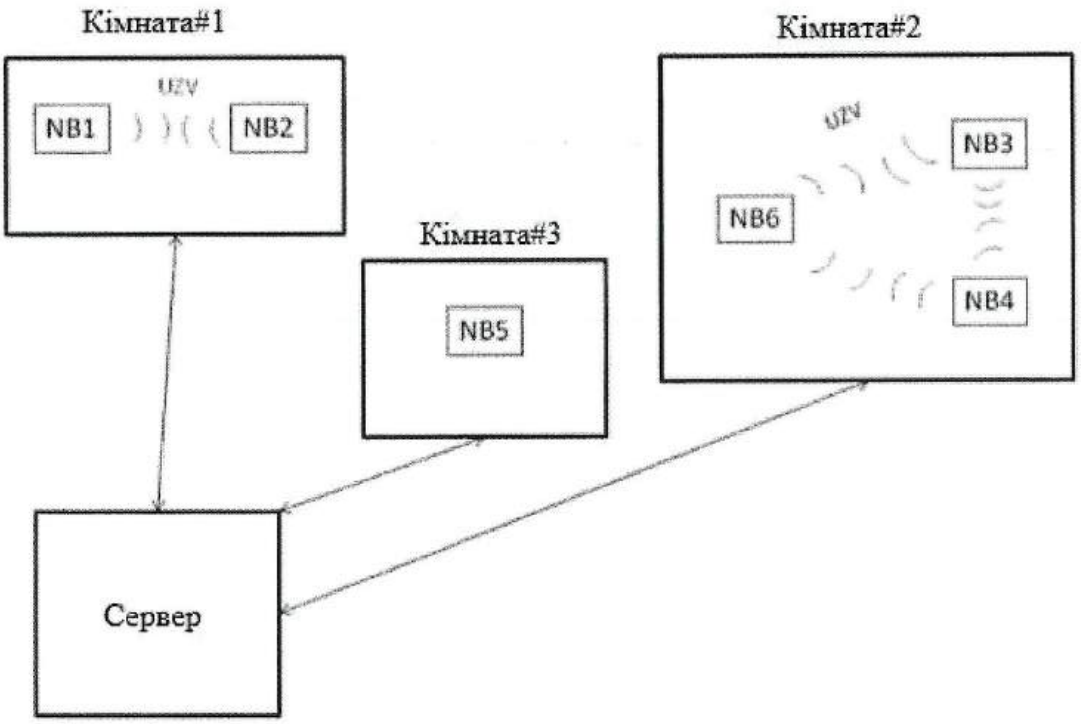


Рис. 3.1. Принцип спілкування при налаштуванні конференц-дзвінка в системі Around

Навколо є стартап з чеським та словацьким корінням, який працює в Америці. Переваги обмежені простором навколо обличчя, штучним інтелектом та зменшенням шуму. Це пов'язано з тим, що програмне забезпечення придушує навколишній шум і надає пріоритет колонкам, тому система здатна затримати навколишній шум, такий як діти, діти або небажані вуличні звуки. Він також може вимкнути звук навіть того, хто говорить, у кімнаті навколо абонента. Він повинен мати можливість розмістити до п'ятнадцяти інших ораторів в одній кімнаті, видаляючи відлуння. Усунення шуму, так званий EchoTerminator, за допомогою ультразвукових хвиль гасить зворотний зв'язок, і голос, таким чином, не отримує відлуння, як з іншими подібними службами чи програмами. [6]

Мета Around - створити нову модель принципу спілкування, щоб полегшити невербальний контакт на відстані.

3.5 Розробка власної методики моніторингу положення пацієнтів у закритому просторі

Система ультразвуку працюватиме в режимі передавача-приймача. Передавач несе пацієнт разом у вигляді браслета, тоді як приймальний пристрій нерухомий, що знаходиться біля входу та виходу в кімнату та з неї.

Передаюча частина

Активна частина пристрою - браслет пацієнта. Браслет був обраний з практичних міркувань, де інформацію про позицію можна пов'язати з іншою інформацією про пацієнта. Таке рішення виглядає позитивним у багатьох аспектах, включаючи практичність, розмір, вартість або ясність, отже навантаження на пацієнта відповідає передбачуваній передумові. Основна блок-схема представлена на рис. 3.2. Браслет прив'язується по одному до кожного пацієнта, якого контролюють.

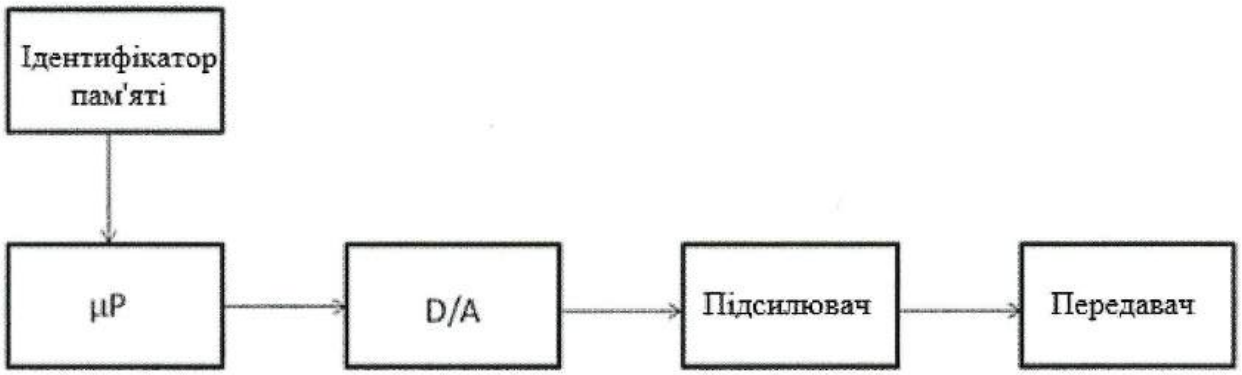


Рис. 3.2. Блок-схема передавача даної системи

Пам'ять ID є частиною блоку управління, де кожен браслет матиме свій власний унікальний ID. Мікропроцесорний блок може складатися з мікропроцесора з сімейства Attina, оскільки його єдиним завданням є перетворення двійкового ідентифікатора у відповідні синусоїди. Взаємозв'язок між частотою та значенням бінарма показано на рис. 3.3, де різні довжини періоду T1, T2 та відповідного часу t1, t2 нульового перетину визначатимуть двійкові значення 0 або 1. Він додає заголовки та записує в ідентифікатор і перетворює їх

на цифровий вихід. Форму синусоїди можна генерувати за допомогою синтезу простого коду. Потім завдання ЦАП перетворює двійкове слово в аналоговий сигнал для вихідного підсилювача. Вихідний блок сформує високочастотний динамік.

Оскільки це буде односторонній зв'язок, неможливо перевірити, чи отримувач отримав повідомлення даних. З цієї причини передавач буде повторювати послідовність даних із заданим інтервалом, який можна встановити відповідно до потреб користувача.

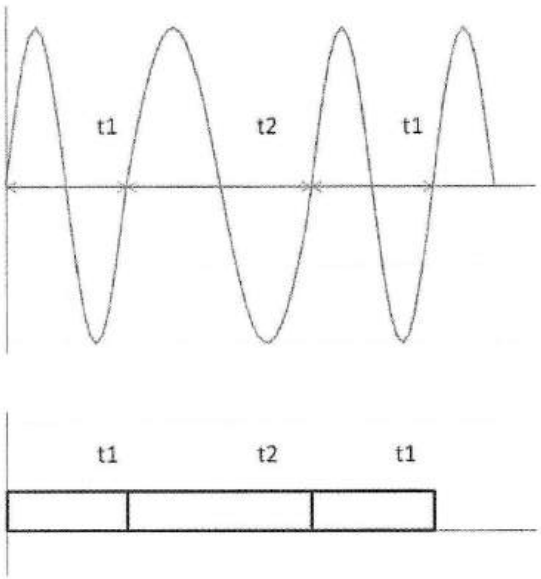


Рис. 3.3. Період сигналу зв'язку для двох різних частот, що відповідають двійковому h

Приймаюча частина

Пасивною частиною пристрою є приймач у приміщенні, який отримує код, надісланий зап'ястям, і продає його для обробки, наприклад, серверу або системі баз даних. Структурна схема приймальної системи показана на рисунку 3.4. Приймачі пов'язані загалом від двох до одного входу / виходу з кімнати, кожен з яких в одному напрямку, як показано на рис. 3.5. Структурна схема пропонованого приймача показана на рис. 3.2.

Вхідна частина створює мікрофон, який спочатку приймає звуковий сигнал,

який буде посилюватися в блоці підсилювача. Далі йде модифікація сигналу за допомогою смугового пропускання, яке може бути частиною підсилювача - активного смугового пропускання. Завданням пропускної здатності є придушення небажаних частот, щоб допомогти ідентифікувати надісланий ідентифікатор. Налаштований смуговий сигнал буде оцифрований в AD-блоці перетворювача та оброблений в мікропроцесорі (pP-блок). Мікропроцесор приймає оцифрований сигнал і визначає нульові переходи, з яких легко зчитує t1 і t2 для декодування значення бінарму. Отриманому ідентифікатору звіту присвоюється власний ідентифікатор кімнати, який визначає його місцезнаходження в будівлі. Блок RTC заповнюється позначкою часу. Як відмітку часу можна було б використовувати, наприклад, систему UTC1, яка двійково кодує секунди, що минули з дати 1 січня 1970 року та часу 0:00:00, з часовою роздільною здатністю 1 с. В якості альтернативи вона може прийняти час за допомогою NTP. Вихідні дані означають запис у базу даних або надсилання ідентифікатора через Інтернет тощо. Час, протягом якого інформація буде зберігатися в базі даних, буде встановлено відповідно до потреб користувача.

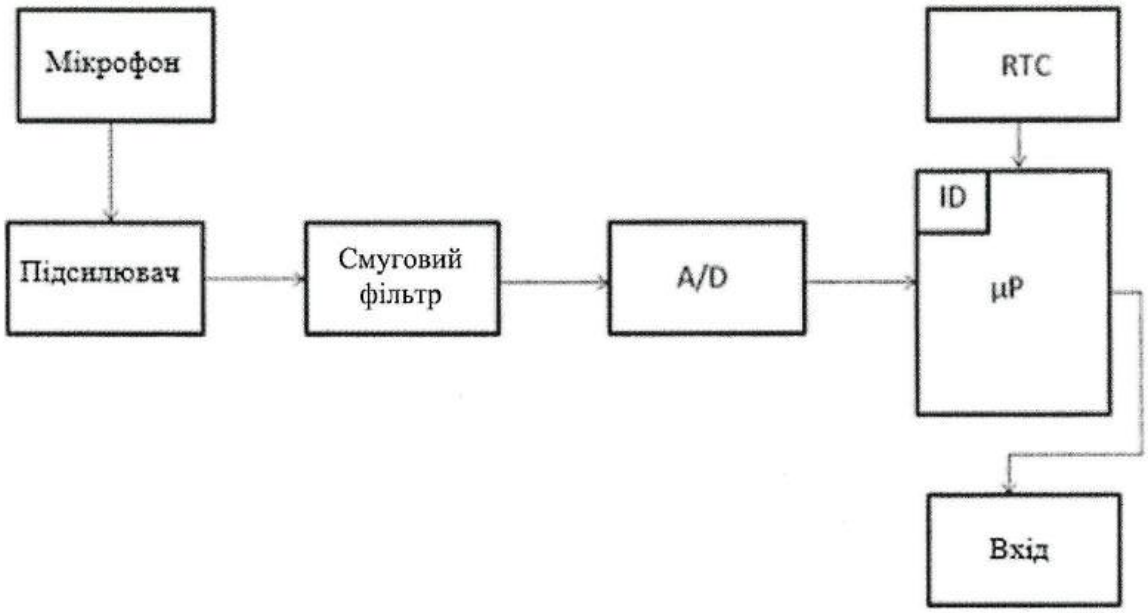


Рис. 3.4. Структурна схема приймача розглянутої системи

Сукупність підприймачів утворюватиме локаційну мережу у визначеному просторі. Приклад макета показаний на рис. 3.5.

Протокол передачі

На рис. 3.6 показано проект протоколу передачі. Кожен кадр пацієнта буде забезпечений унікальним ідентифікатором (ID), який браслет надіслав у вигляді двійкового коду, представленого на двох різних частотах. Через "бездротову" передачу протокол повинен надсилати початкову послідовність [H] та кінцеву послідовність [F] (на зеленому зображенні). Ідея точності цих частот показана на рис. 3.6. Якби протокол мав, наприклад, 16 бітів і 4 біти використовувались би як заголовок [H], а два біти як кінцеву послідовність [F], для ідентифікаторів залишилося б 10 бітів, тож можна було б ідентифікувати загалом 210 = 1024 унікальних ідентифікаторів.

Набір для розробки системи «Крикет»

На основі проекту для перевірки було обрано систему «Крикет». 3 Набір «Крикет» (рис. 3.7) наразі містить блок живлення, перетворювач RS232 в USB, компакт-диск із драйверами та програмним забезпеченням для комп'ютера та плату NIBcf MIB510ca, 6 радіочастотних модулів zigbee (рис. 3.7 - 3.9), 8 шт. Блоків ультразвуку / RF (рис. 3.8) та одна плата. Режим одиниці (прослуховувач або маяк) можна вибрати програмним забезпеченням.

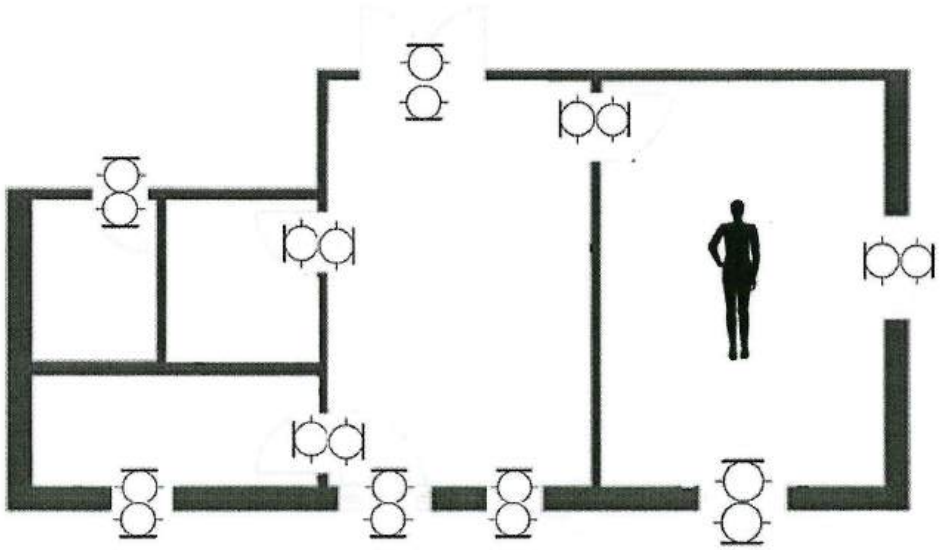


Рис. 3.5. Приклад розміщення приймачів для виявлення сигналу браслета пацієнта, розташування мікрофонів завжди знаходиться над входом у кімнату, забезпечуючи таким чином виявлення людини при проходженні між двома

кімнатами

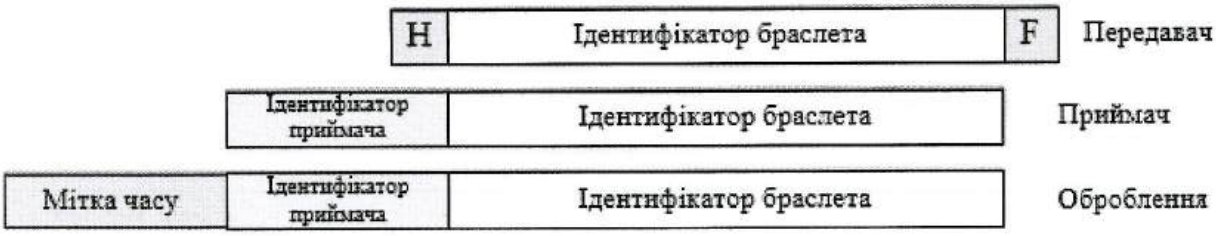


Рис. 3.6. Пропонований протокол передачі

Крикет - це внутрішня система локалізації, що базується на датчиках, ультразвукових та радіочастотних імпульсах. Приклад розташування маяка в кімнаті можна побачити на рис. 3.10. Крикет забезпечує дві форми інформації - космічні ідентифікатори та координати позицій. Ця інформація залежить від програми на ноутбуках, комп'ютерах і вузлах датчиків - вона залежить від користувача. Ідентифікатори простору визначаються користувачем або додатком, називаючи кімнату, частину кімнати і т. д. Інформація про місцезнаходження кодується за трьома осями x, y, z. В одиниці є вбудоване програмне забезпечення, про що написано в програмній платформі TinyOs. Відповідно до інструкцій, можна вносити зміни в програмне забезпечення програмного забезпечення пристроєм та за допомогою TinyOs або інших рекомендованих програмних засобів.

Система датується 2004 роком і існує у двох версіях, що відрізняються, наприклад, енергоефективністю або точністю. Версія 2, одна в даному випадку, була розповсюджена за технологією Crossbow і вбудована прошивка. [18]

Технологія Crossbow була каліфорнійською компанією з двома видами продукції. У першому випадку це були вироби, засновані на поєднанні датчика, оптичних волокон та гіроскопа, у другому випадку, датчики, орієнтовані на місце розташування, GPS тощо. Компанія була заснована в 1990-х роках і була придбана Moog Inc. у червні 2011 року [48].

Принцип використання системи залежить від її розподілу в просторі. Прикладами використання можуть бути навігація людини або робота, чітке

розташування в лікарні чи медичних закладах та інші зони, де системи позиціонування на вулиці не працюють. Пристрій розроблений для роботи з низькою потужністю, його можна використовувати як вузол для підключення інших датчиків. Крикет використовує поєднання ультразвукової та радіочастотної (далі - РЧ) технологій. Набір маяків, який можна розмістити на стелі або стіні (див. рис. 3.10). Радіочастотна трансляція паралельна імпульсу УЛЬТРАЗВУК, тому приймач, підключений до системи, спочатку приймає радіочастотний сигнал, а після передачі перших бітів відповідний імпульс УЛЬТРАЗВУК. Як тільки цей імпульс надходить до приймача, приймач отримує оцінку відстані від відповідного маяка. РЧ імпульс із частотою, що відрізняється від ультразвук - швидкість світла проти швидкості звуку. Крикет також містить компас і, отже, має можливість внутрішньої орієнтації, але незрозуміло, чи містить його і цей пристрій, оскільки документація до системи розроблена "з поглядом у майбутнє", а також містить ті функції, які будуть. Приймач і маяк ідентичні з апаратної сторони, за винятком запрограмованого програмного забезпечення. Блок, що працює в режимі маяка, активний, блок, що працює в режимі приймача, є пасивним блоком. [48]

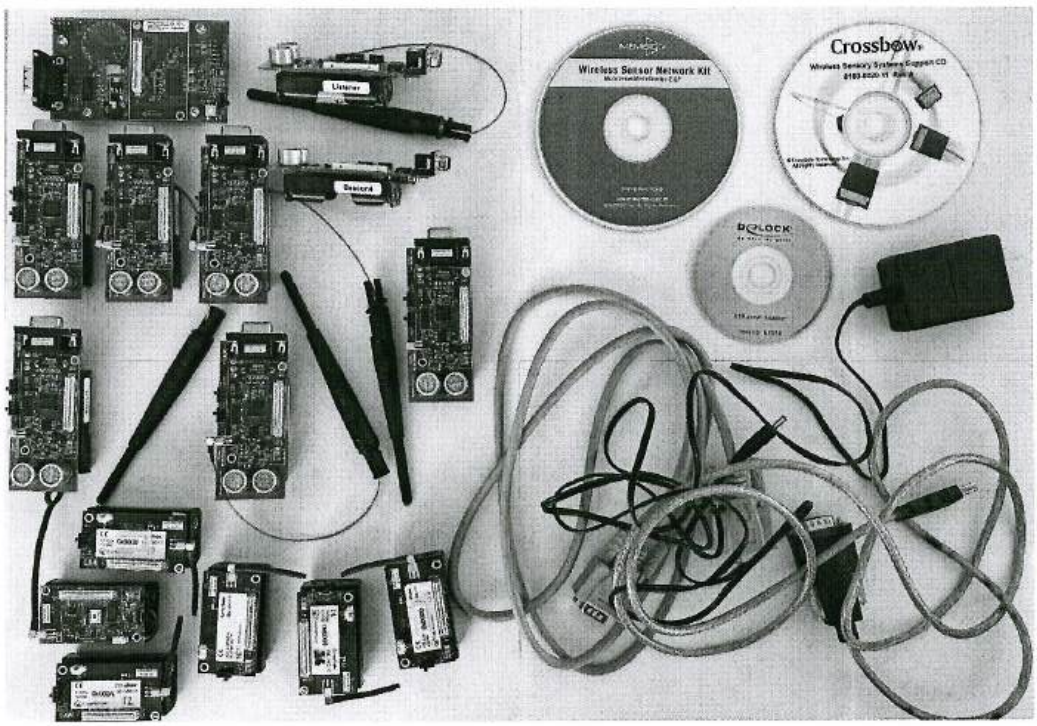


Рис. 3.7. Конкретний зміст запозиченого набору для крикету

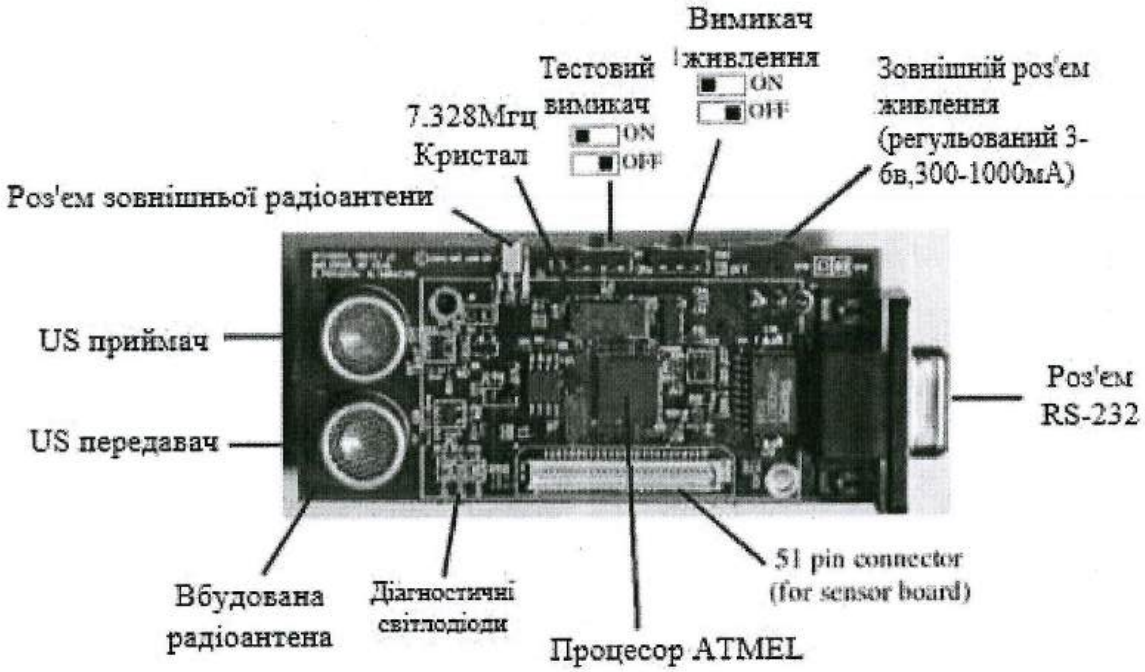


Рис. 3.8. Приймач / передавач апаратного блоку

На жаль, систему не вдалося повністю ввести в експлуатацію, оскільки вона має пошкоджену плату, і датчики не можуть бути перепрограмовані для інших цілей. Це було зроблено принаймні шляхом перевірки принципу за допомогою вже запрограмованих "маяків".

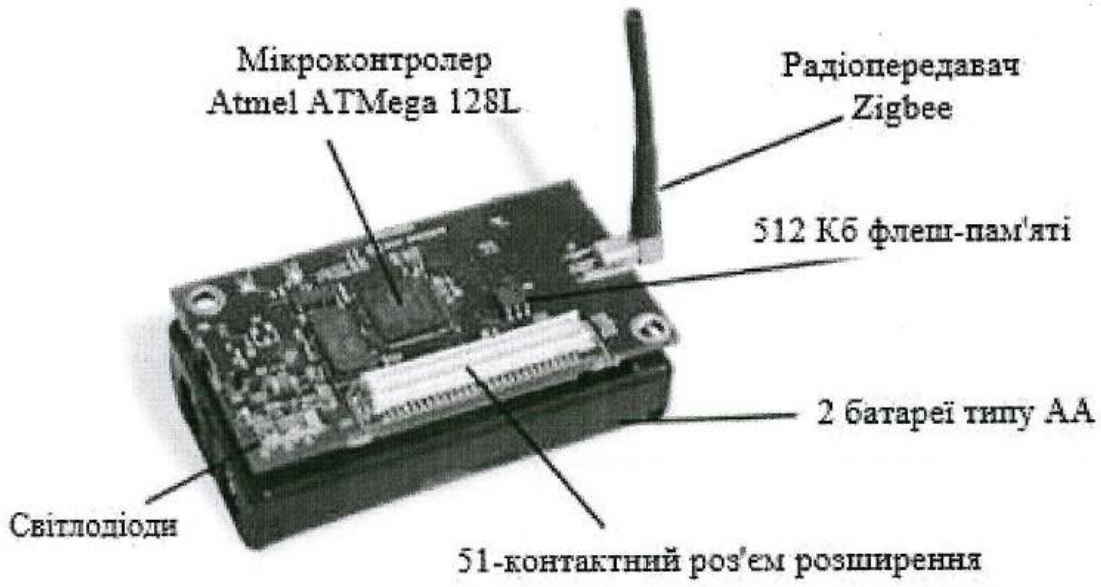


Рис. 3.9 MICAz

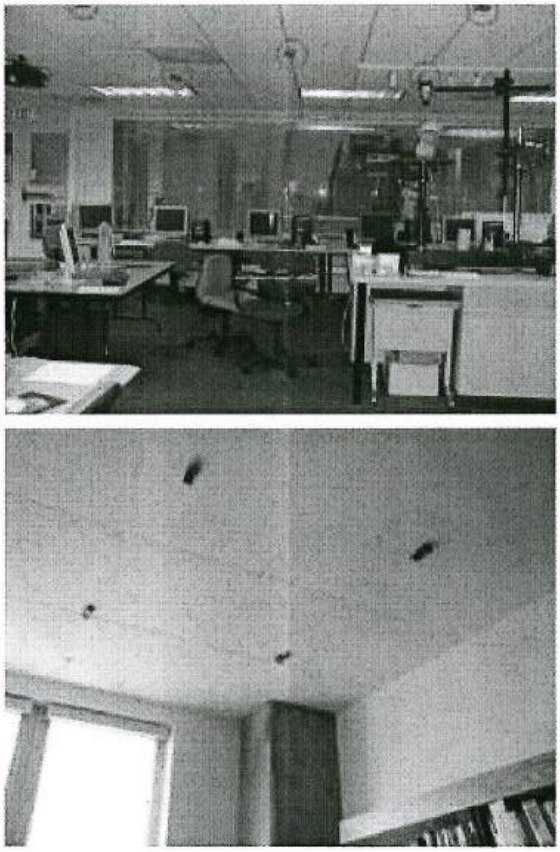


Рис. 3.10. Приклад розміщення радіомаяків в просторі

Система «Крикет» не була б ідеальною в якості самостійного пристрою ультразвук для розробки запропонованого пристрою, оскільки саме ультразвукове сканування (без використання РЧ-датчика) є сильно спрямованим і не призводить до необхідних результатів. Нахил на кілька градусів між передавачем і приймачем призвів до втрати ультразвукового сигналу. У оригінальній програмі система "Крикет" використовує ультразвук як додатковий сигнал до переданого РЧ-сигналу, і лише для перевірки власної присутності в одному закритому просторі (принцип, порівнянний з Around).

Експериментальна перевірка

Перевірку зв'язку за допомогою ультразвуку проводили за допомогою модуля електретного мікрофона з попереднім підсилювачем, підключеним до блоку Arduino UNO (рис. 3.11) . Загасання являли собою синусоїду на частоті 22 кГц. Вимірювання загасання проводили під різними кутами нахилу (табл. 3.1) та

на різних відстанях t (табл. 3.2). Крім того, був проведений експеримент, щоб охопити шлях між передавачем та приймачем, використовуючи загальну речовину, що імітує покриття браслета пацієнта, затухання становило 5,8 дБ.

Вибір компонентів був обраний завдяки сумісності та попередньому хорошому досвіду з продуктами Arduino. Крім того, існування відповідного сумісного програмного забезпечення. Вибрано блок Arduino UNO та електретний, дуже чутливий мікрофонний модуль, що зафіксовано на рис. 3.12. Випробувано декілька методів підключення та перевірки функціональності та чутливості мікрофона.

Таблиця 3.1.

Послаблення сигналу залежно від кута мікрофона від джерела (відстань передавача і приймача при вимірюванні 0,5 м).

кут [°]	затухання [дБ]
0	0
30	0,21
45	1.44
60	6.55
90	8.22

Таблиця 3.2

Послаблення сигналу залежно від відстані мікрофона від джерела (під кутом між передавачем і приймачем 0 °).

відстань [м]	затухання [дБ]
0,5	0,83
1.0	4.70
1.5	6.51
2.0	19.24

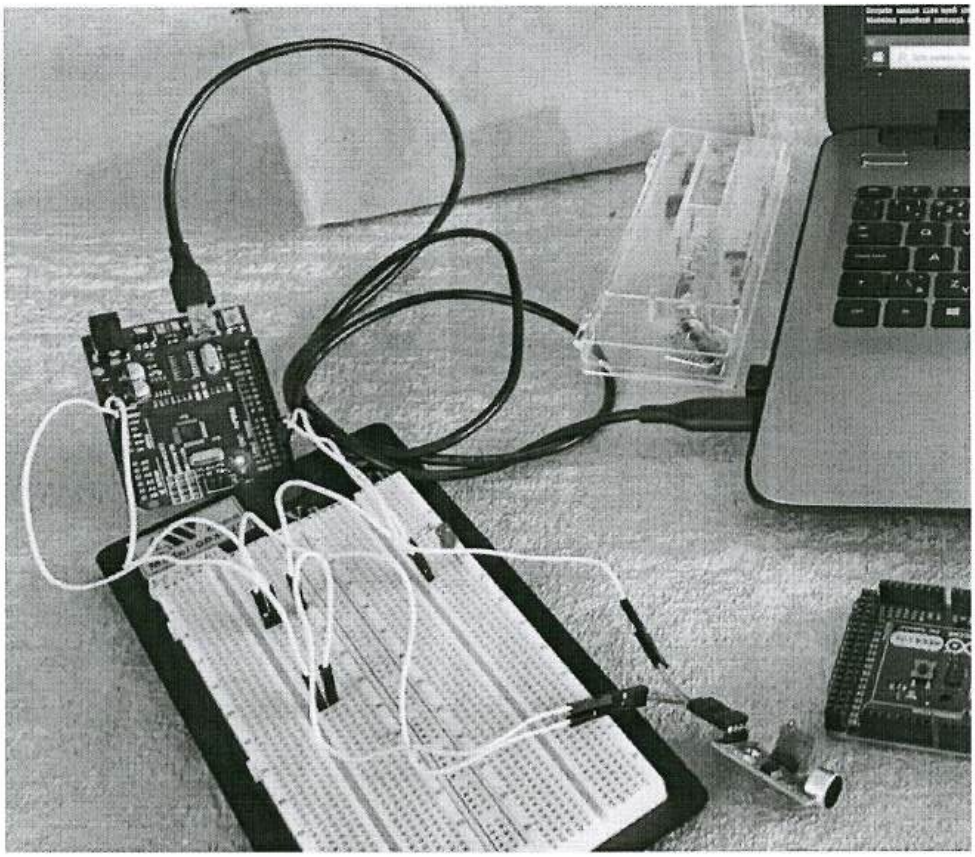


Рис. 3.11. Підключення та тестування версії мікрофона.

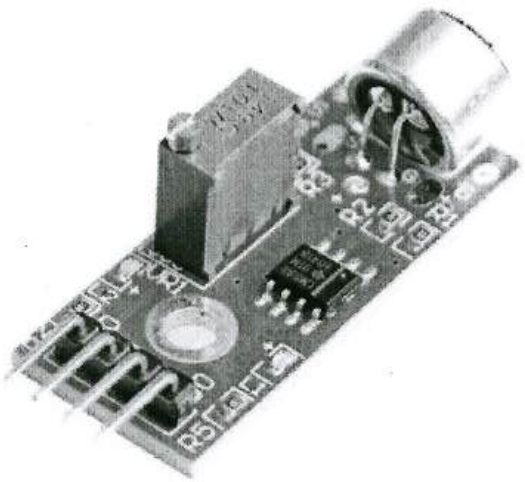


Рис. 3.12. Обраний модуль мікрофона.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

4.1 Результати зробленої роботи

У першій частині роботи представлені системи GNSS, де викладено принцип роботи цих систем та їх ефект при використанні в локалізації в приміщенні, що найкраще проілюстровано на рис. 1.3, де очевидно, що користувач отримує інформацію в певному місці, але цього недостатньо.

Якщо б одну з технологій GNSS оцінювали як найбільш придатну, GPS було б обрано через найтриваліший досвід у цій галузі та роки експлуатації. Проведена верифікація в п. 1.2 показує, що супутники GPS найбільше сприяли проведеній верифікації. Інший цікавий вибір локалізації - чи бути системою GSM, завдяки гарному одночасному оснащенню населення мобільними телефонами та пов'язаному з цим покриттю мобільних передавачів - тобто апаратного обладнання. Однак метод недостатньо точний для локалізації в приміщенні.

У розділі, присвяченому технологіям, безпосередньо призначеним для локалізації приміщень, дуже цікавою знахідкою є придатність використання технології BLE та UWB для локалізації в будівлях. Кожна з технологій пропонує інші переваги, згідно з якими можна вибрати в залежності від застосування тут більш вигідні. Для BLE це, наприклад, енергозбереження, для UWB це широкий діапазон.

Короткий зміст першої частини роботи подано в таблиці 1.4, де чітко перераховані переваги, недоліки та загальна оцінка технології та стандартів, перелічених у цій частині роботи. Усі методи локалізації в приміщенні мають свої позитивні і негативні сторони. Тому жодному з них не може бути надано пріоритет, необхідно враховувати мету, місце та обставини використання.

Обрана змістова структура роботи намагається встановити принципи системи, і якщо друга частина роботи може здатися суперечливою - трилатерація та триангуляція для розділів про системи GNSS та GMS, які використовують ці принципи - це було оцінено як найбільш чітке. Метою було розглянути принципи

у спеціальному розділі.

У практичній частині описується конструкція мовних і приймаючих частин системи, блок-схеми, методи розміщення тощо. Він також представив систему Around та систему крикету. Цікава знахідка сталася, коли блок «Крикет» відхилився на кілька градусів від стабільного положення. Спостерігалася спрямованість, ослаблення та відбиття ультразвукового сигналу від оточуючих предметів (так званий ефект багатопроменевості), що спотворювало, послаблювало і принципово впливало на сигнал на прийомі. Перевірка самого рішення описана та задокументована в главі 4, коли вона проводилася за допомогою вимірювального електретного мікрофона, підключеного до блоку Arduino UNO. Вибір компонентів був обраний завдяки сумісності та попередньому хорошому досвіду з продуктами Arduino. Крім того, існування відповідного програмного забезпечення. Синусоїдальна форма хвилі передавалась з частотою 22 кГц, а затухання вимірювали під різними кутами повороту, різними відстанями та бар'єром між передавачем та приймачем. Перешкодою тут була тканина, яка мала імітувати покриття браслета пацієнта одягом. Результати вимірювань наведені в таблицях 3.1 та 3.2.

Ці результати підтвердили аналогічну знахідку для підрозділу "Крикет".

Ультразвук можна ефективно використовувати в поєднанні з іншим методом, будь то з RF, як із системою крикету, або передача даних, як із системою Around. Сам ультразвук, мабуть, не буде ідеальним рішенням у галузі локалізації приміщень, однак ідею можна розвивати далі. Одна з можливостей полягає в тому, чи слід локалізувати медичне обладнання, де ультразвуковий датчик може живитись разом із пристроєм, який буде розміщений, що також вирішить питання живлення модуля.

Можна очікувати, що робота на інформаційній стороні може стати стимулом для подальшого розвитку ідеї, оскільки питання локалізації приміщень залишається складною справою, найбільш відкритими просторами, такими як виробничі зали, тощо залишаються найбільш ефективно вирішуваними.

4.2 Тестування системи

Спочатку система була введена відповідно до інструкцій і розпочато встановлення, де виникли проблеми з програмним забезпеченням. Вдалося завантажити топологічну сітку та статистику, яка повинна відображати 4.1, коли система повністю функціонує.

На рис. 4.1 показано сітку датчиків та статистичні дані програмного забезпечення, коли активний режим роботи, та 4.2, коли всі компоненти системи повністю функціонують. На рис. 4.3 видно справжню проблему з топологічними датчиками сітчастого вигляду, яка, ймовірно, мала місце в DU через неправильну роботу програми MoteView2.0F, яка в цей час впала і не могла тривати протягом тривалого періоду у функціональному режимі.

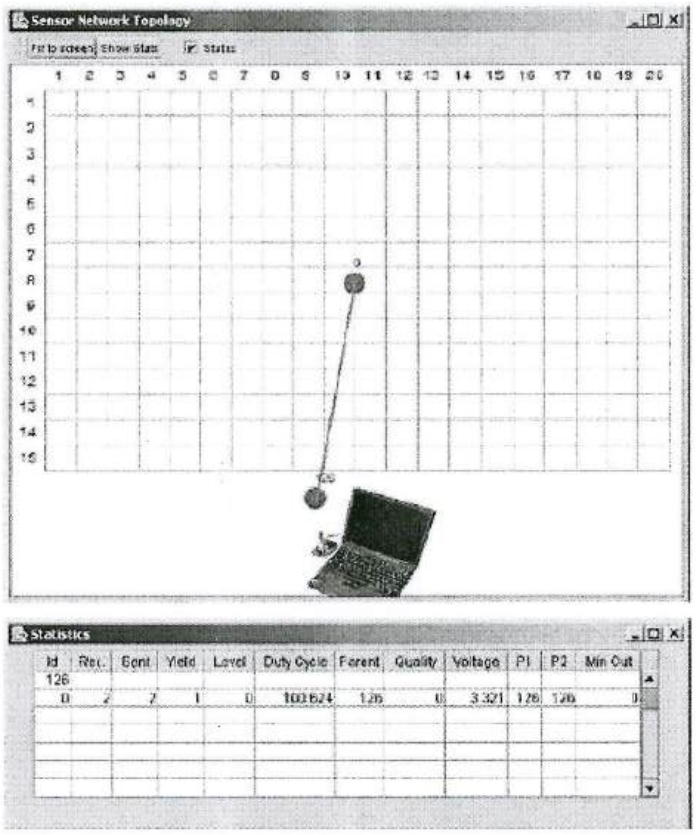
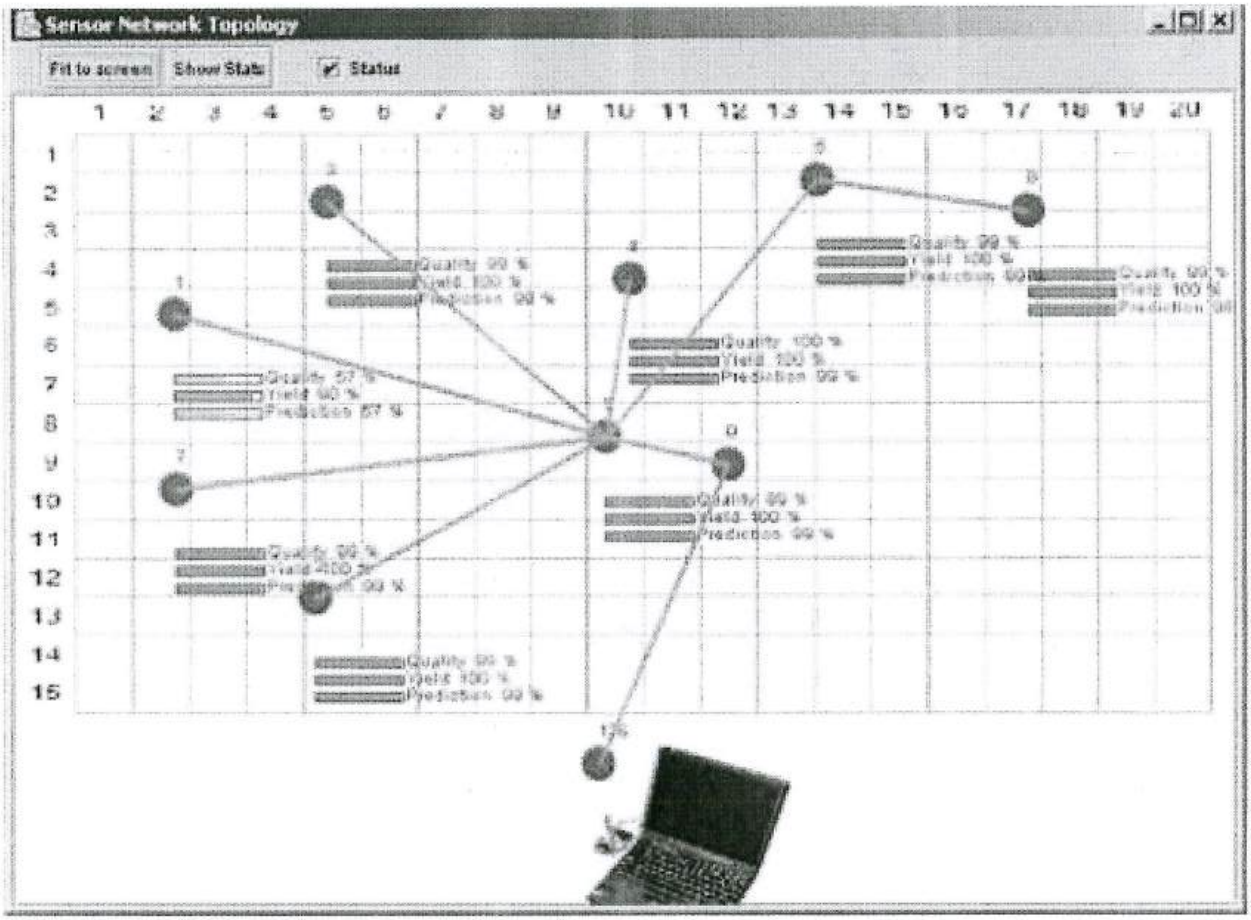


Рис. 4.1. Сітка датчика конкретного датчика (вгорі) та його статистика



Statistics

Id	Rec.	Sent	Yield	Level	Duty ..	Parent	Qualit	Volta..	P1	P2	Min ..
126											
9	335	323	1.037	1.009	1.081	0	0.949	3.165	0	2	5.835
8	310	318	0.975	2.026	2.934	6	0.996	3.045	2	6	5.337
7	337	318	1.06	1.214	1.747	0	0.82	3.089	0	9	5.686
6	531	322	1.649	1.066	1.309	0	0.98	3.119	0	2	5.827
5	314	320	0.981	1.987	1.161	6	0.969	3.157	2	6	5.867
4	332	322	1.031	0.976	1.249	0	0.961	2.967	0	9	5.263
3	304	320	0.95	1.924	1.45	6	0.996	3.089	9	0	5.659
2	323	321	1.006	1.006	1.448	0	0.502	3.089	0	4	5.82
1	329	319	1.031	1.964	1.192	4	0.996	3.134	2	4	4.984
0	329	329	1	0	100 ..	126	0	3.313	126	126	0

Рис. 4.2. Заповнена сітка датчиків (зверху) та відповідна статистика датчиків

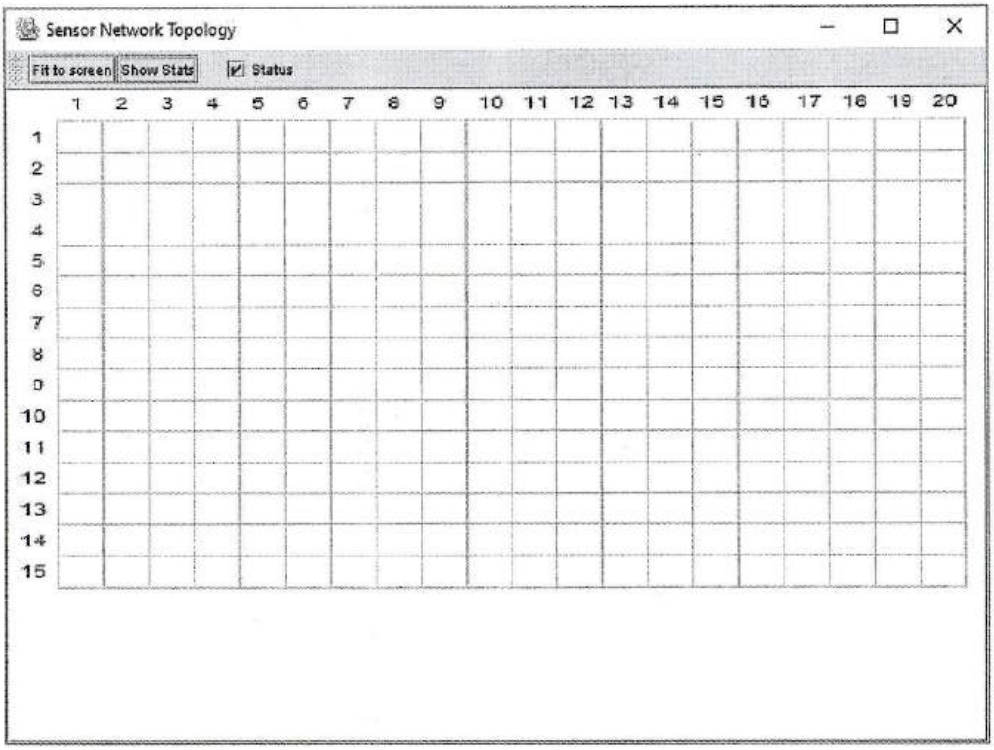


Рис. 4.3. Сітка датчика на платі управління; сітка не заповнена через поганий зв'язок плати управління, яка не може придбати часткові датчики

Зв'язок з платою управління

На рис. 4.5 показані команди, введені під час запуску. Далі, що було встановлено як дані для рис. 4.4.

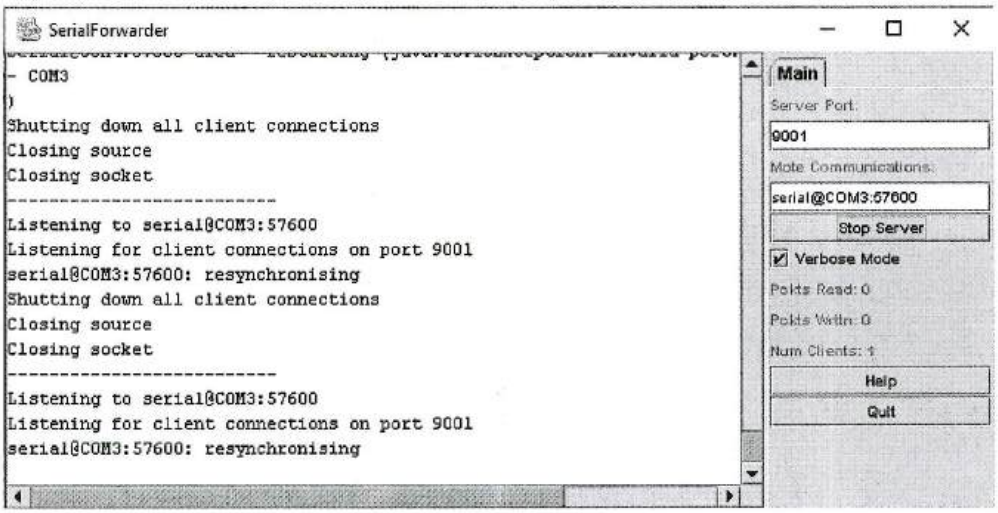


Рис. 4.4 Приклад послідовного зв'язку

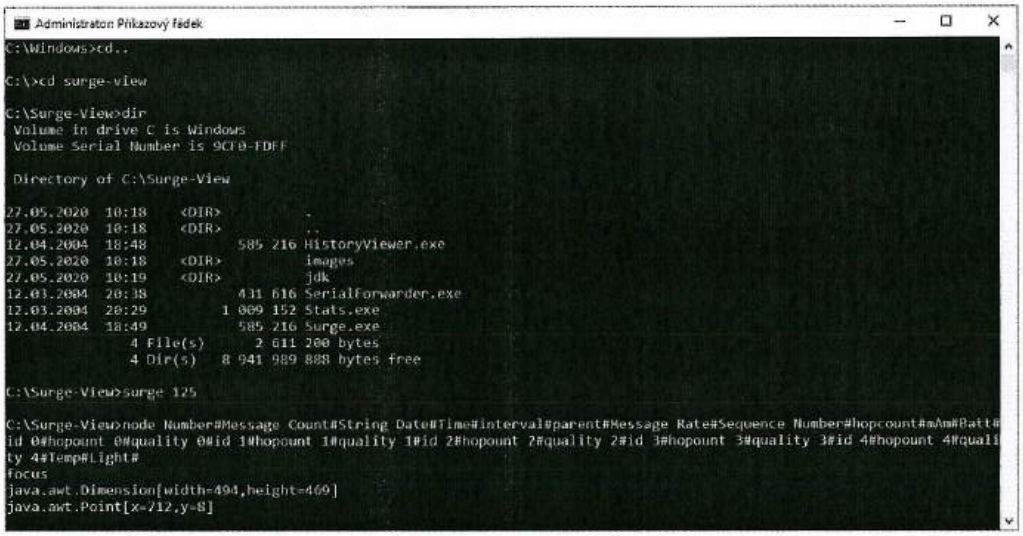


Рис. 4.5. Приклад налаштувань командного рядка

Інші варіанти підключення власного рішення

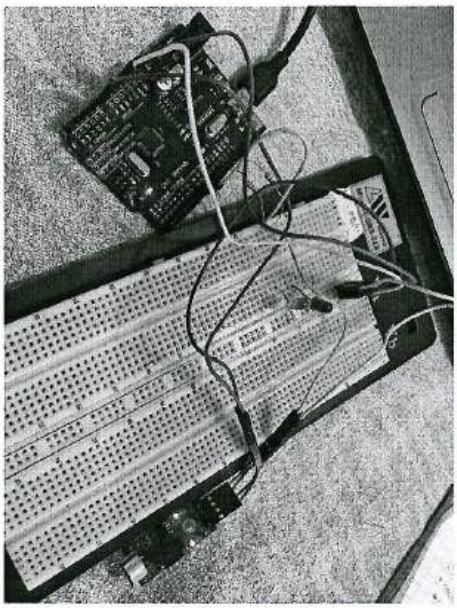


Рис. 4.6. Один із перевірених способів участі у впровадженні власного рішення

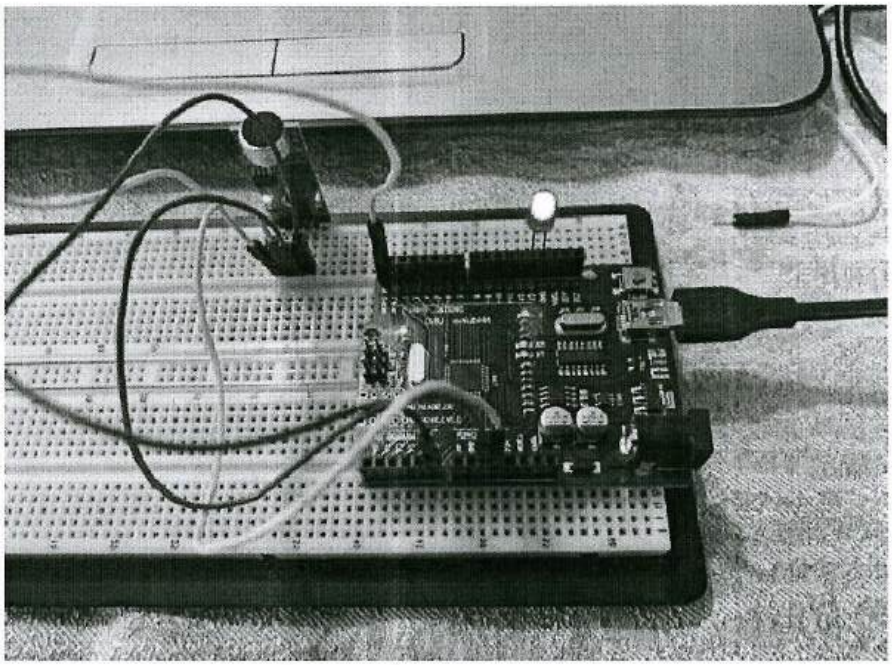


Рис. 4.7. Ще один із перевірених способів залучення до реалізації власного рішення

ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота стосується впровадження інформації із галузі технологій локалізації, яка безпосередньо призначена для внутрішнього типу локалізації або може бути використана для неї. Частиною теоретичної частини роботи є розділ, присвячений системам внутрішньої локалізації, а також розділ, присвячений конкретним прикладам із реального використання. У цій частині роботи також проводиться приблизне порівняння систем.

Практична частина роботи спочатку представляє пропозицію щодо власного рішення обладнання для локалізації з використанням ультразвуку - блок-схеми передавача та приймача, що і було метою роботи. Далі виникла друга частина практичної частини - фаза обстеження та тестування пристрою «Крикет», тому були перевірені реальні можливості ультразвуку в локалізації, а також перевірка самого рішення в главі, де наводиться результат. Додаткова інформація про пристрій для крикету наведена в додатку. Під час тестування викристалізувався висновок про спрямованість ультразвуку в локалізації, що більш ніж висвітлило поєднання ультразвук з радіочастотною технологією в пристрої Cricket або ультразвук у поєднанні з передачею даних в системі Around. Крім того, у самому рішенні було виявлено, що так званий багатопроменевий ефект є дійсно значним, що він залежить від відстані між передавачем і приймачем, обертання пристрою або перешкоди на шляху сигналу.

З результатів досліджень та випробувань можна зробити висновок, що кожен метод локалізації придатний для інших цілей, і в усьому світі жоден з них не може бути всебічно кращим, а також те, що ультразвук придатний для поєднання з іншими технологіями з точки зору використання для цілей локалізації завдяки спрямованості та багатопроменевому ефекту.

З точки зору використовуваних методів, найбільш придатним для подібного застосування є стандарт UWB, сигнал якого має багато переваг, серед яких можна коротко підсумувати стійкість до перешкод, точність та енергоспоживання, включаючи недоліки тимчасового досвіду технологій та інші підводні камені.

Необхідність розміщення тут була, є і буде, на розвиток подібних технологій, безумовно, можна очікувати. На закінчення видається доречним сказати, що поступове зменшення своєчасності передачі даних, наприклад, кількості супутників у першій частині роботи, можна очікувати завдяки все швидшому розвитку технологій та прогресу. Тема локалізації загалом обширна і вигідна, вона, безумовно, заслуговує на увагу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Aislelabs: The Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report by Aislelabs [Електронний ресурс] // – Режим доступу: http://www.aislelabs.com /reports/ibeaconbattery-phones/ (дата звернення: 05.11.23)

2. Астролябія [Електронний ресурс] Wikipedia // – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Астролябія (дата звернення: 05.11.2023)

3. Introduction to Global Positioning Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.equipcoservices.com/support/tutorials/introduction-to-global-positioning-systems/ (дата звернення: 05.11.2023)

4. GPS [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/GPS (дата звернення: 05.11.2023)

5. Система глобального позиціонування (GPS), призначення, принцип дії та застосування [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://kadastrpdatu.at.ua/publ/novini/sistema_globalnogo_pozicionuvannja_gps_priznachennja_princip_diji_ta_zastosuvannja/2-1-0-46 (дата звернення: 05.11.2023)

6. Characterization of the Transmit Power and Antenna Pattern of the GPS Constellation for the CYGNSS Mission Tianlin Wang; Christopher Ruf; Bruce Block; Darren McKague IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium.

7. Pasetti, A. Experimental results on three multipath com pensation techniques for GPS-based attitude determination [Text] / A. Pasetti, L. Glulicchi // American Astronautical Society (AAS 99-013), 3-7 February 2018 – P. 138-142.

8. Tretyak, K. Estimation of influence of GPS-signal mul tipath on the accuracy of positioning determination [Text] / K. Tretyak, V. Glotov, L. Babiy // Reports on Geo - desy WUT. – Warsawa, 2020. – № 4.– P. 221-225. Інтернет-джерела

9. Patrick, C. The Theory and Performance of NovAtel Inc.'s Vision Correlator [Електронний ресурс] / C. Patrick Fenton, Jones Jason // ION GNSS 2005 Long Beach, CA [Режим доступу: http://www.novatel.com/Docu - ments/Papers/ION_Vision_Corrlator.pdf]

10. Trimble 5800 Limited GPS Survey System Available Globally [Електронний ресурс] // - [Режим доступу: http://investor.trimble.com/ releasedetail.cfm?ReleaseID =190857]

11. Abinader, F.M. Enabling the coexistence of LTE and WiFi in unlicensed bands," IEEE Communications Magazine, 2019, Vol. 52, pp. 54-61.

12. Rafael C. D. Paiva, Panayiotis Papadimitriou and Sayantan Choudhury, "A Physical Layer Framework for Interference Analysis of LTE and WiFi Operating in the same Band," Signals, Systems and Computers, 2017, pp. 1204-1209.

13. Fabiano S. Chaves, et al., "LTE UL Power Control for the Improvement of LTE/WiFi Coexistence," IEEE Vehicular Technology Conference, 2018, pp. 1-6.

14. M. Bennis, M. Simsek, A. Czylwik, W. Saad, S. Valentin and M. Debbah, "When cellular meets WiFi in wireless small cell networks," IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 4450, 2018.

15. S. Dimatteo, H. Pan, B. Han and V.O.K. Li, "Cellular tra_c o_oading through WiFi networks," in IEEE 8th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS), pp.192-201, Oct. 2011.

16. Kyunghan Lee, Joohyun Lee, Yung Yi, Injong Rhee and Song Chong, "Mobile Data O_oading: How Much Can WiFi Deliver?," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 21 , pp. 536 - 550, 2018

17. X. Zhuo, W. Gao, G. Cao, and Y. Dai, "Win-coupon: An incentive framework for 3g trafic oroading," IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP), Oct, 2019

18. National Instruments PXI platform [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ni.com/pxi/. (дата звернення: 12.11.2023)

19. WARP v3 kit [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://mangocomm.com/products/kits/warp-v3-kit. (дата звернення: 12.11.2023)

20. V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker and L. Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LANs," ACM SIGCOMM, Sep 2018.

21. Vivek Shrivastava, Nabeel Ahmed, Shravan Rayanchu, Suman Banerjee, Srinivasan Keshav, Konstantina Papagiannaki and Arunesh Mishra, "CENTAUR: realizing the full potential of centralized wlans through a hybrid data path," ACM Mobicom, 2019.

22. Chao-Fang Shih, Yubing Jian, and Raghupathy Sivakumar, "Look Who's Talking: A Practical Approach for Achieving Scheduled WiFi in a Single Collision Domain," ACM International Conference on emerging Networking EXperiments and Technologies (CoNEXT), Dec 2021

23. Giuseppe Bianchi, "IEEE 802.11-saturation throughput analysis," IEEE Communications Letters, Dec 2021

24. NS-3. Network Simulator [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.nsnam.org/ (дата звернення: 12.05.2023)

25. Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html (дата звернення: 14.11.2023)

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Презентація по магістерській роботі на тему:

Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях

Студента
Цимбала Дениса Сергійовича

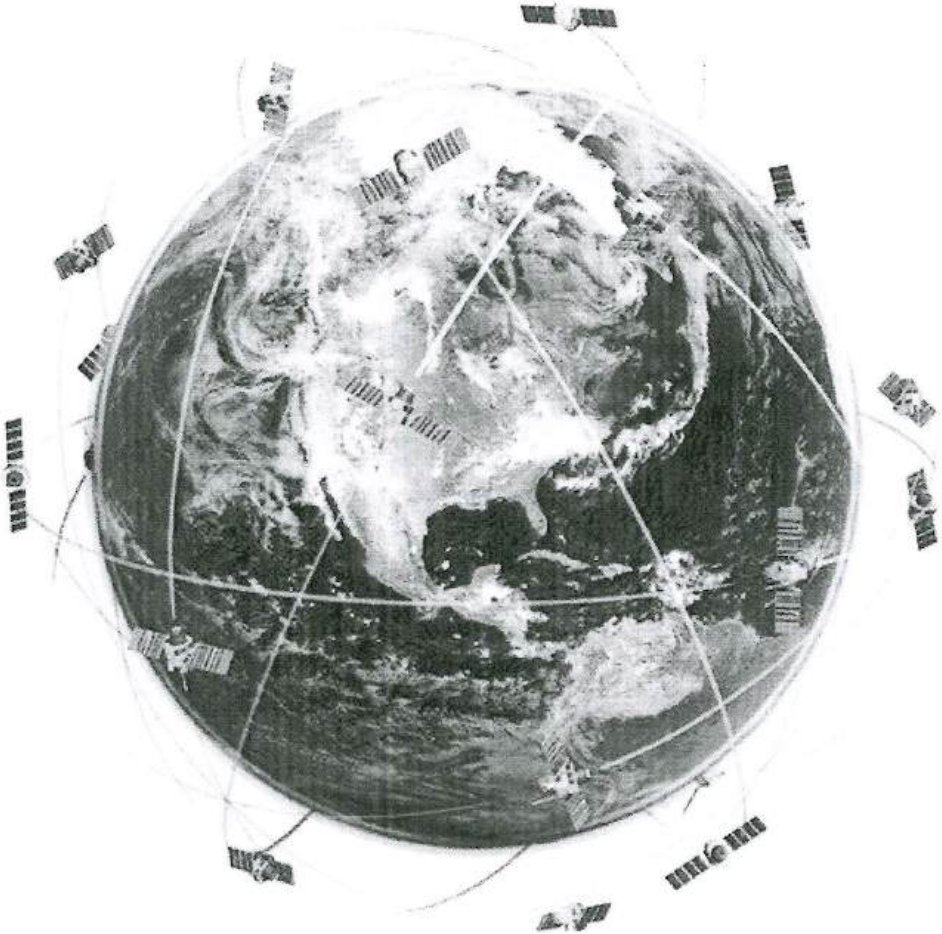
МЕТА РОБОТИ

Об'єктом дослідження є процес геолокації об'єктів у просторі.

Предметом дослідження є методи моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Мета роботи. Розробка методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Розміщення супутників навколо планети Земля

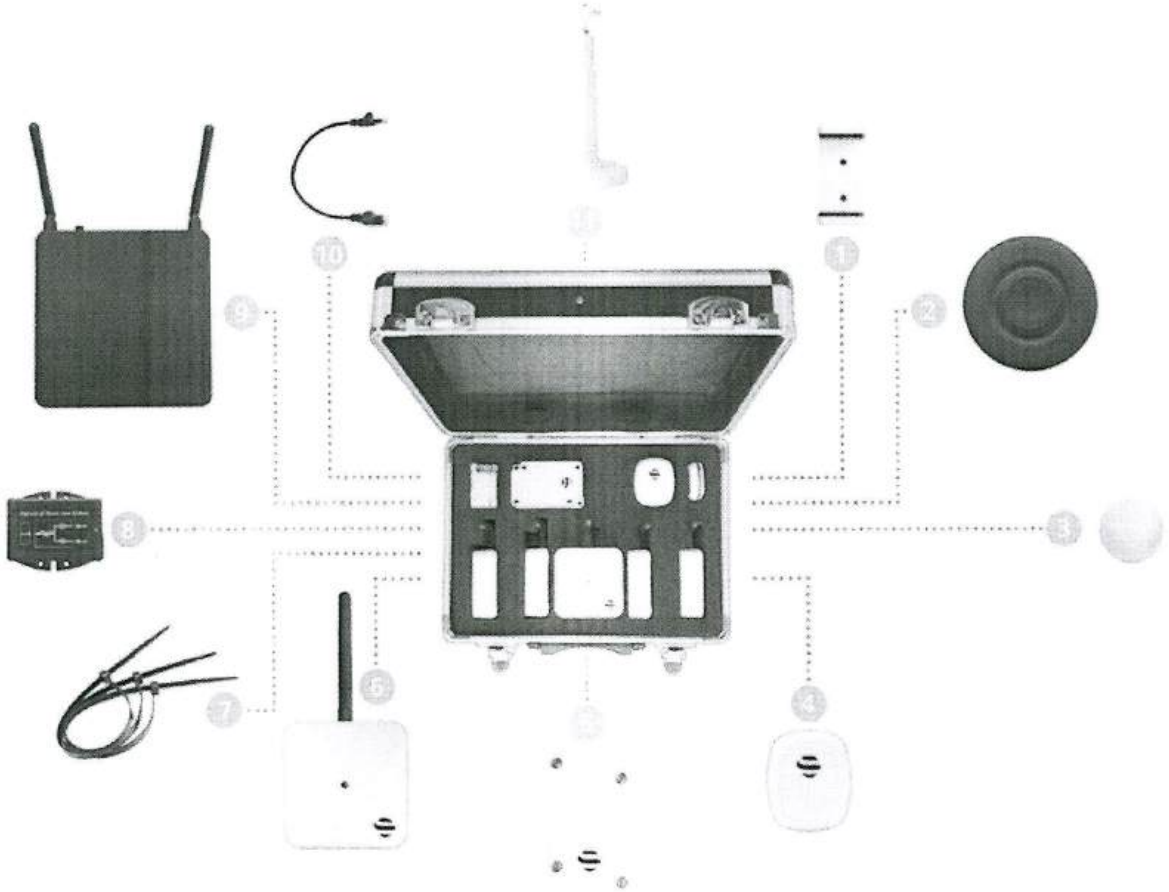


	GPS	Galileo	ГЛОНАСС	BeiDou
Кількість супутників:	32	26	28	40
Кількість орбіт:	6	3	3	2 (3) різні
Висота орбіти:	20 200 км.	23 222 км	19 100 км.	21 500 км.
Час обертання:	11 год. 58 хв.	14 год. 07 хв.	11 год. 15 хв.	12 год. 53 хв.

Оглядове порівняння технологій геолокації в приміщенні

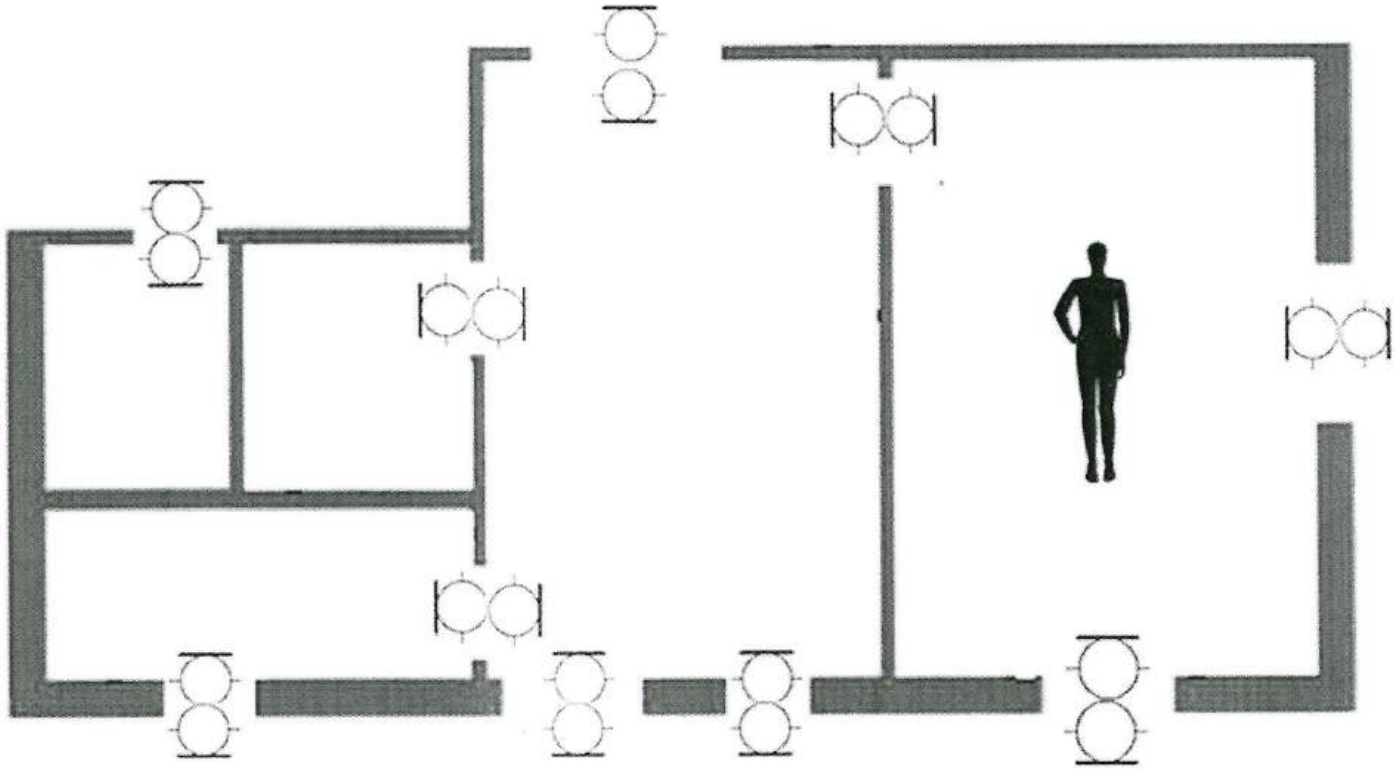
Метод	Переваги	Недоліки	Оцінка
Супутникові системи, 1.2 - 1.5 ГГц	не потрібно встановлювати нове обладнання	недостатня точність; недоступність сигналу усередині будівель	не підходить локалізації всередині приміщень
GSM, 1800, 2100 МГц	обладнання вже існує	недостатня точність	не є досить точним для локалізації в приміщенні
Wi-Fi, 2.4, 5 ГГц	хороша доступність	спотворення інформації внаслідок багатопроменевого ефекту	вимагає більшої кількості точок доступу для підвищення точності, що є витратно
Bluetooth Low Energy, 2.4 ГГц	малий рівень енергоспоживання; низька ціна покупки; простота в обігу; самоорганізація	передача лише невеликої кількості даних; перешкоди в смузі передачі від Wi-Fi; перешкоди спричиняють зменшення сили сигналу та можуть спотворити його	відповідний метод для навігаційних цілей
UWB (Ультра-широкосмуговий діапазон), 3 - 10 ГГц	висока пропускна здатність; адаптивність; точність; висока завадостійкість	передавальна та приймальна антени можуть спотворювати форму імпульсу так як локалізація вимагає велику кількість пристроїв для точності	технологія, як правило, дуже придатна для використання
Bluetooth, 2.4 ГГц	легка доступність	низька швидкість передачі даних; перешкоди в смузі передачі від Wi-Fi; перешкоди спричиняють зменшення сили сигналу та можуть спотворити його	відповідний метод для навігаційних цілей

СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ INDOOR TRACKING RTLS2

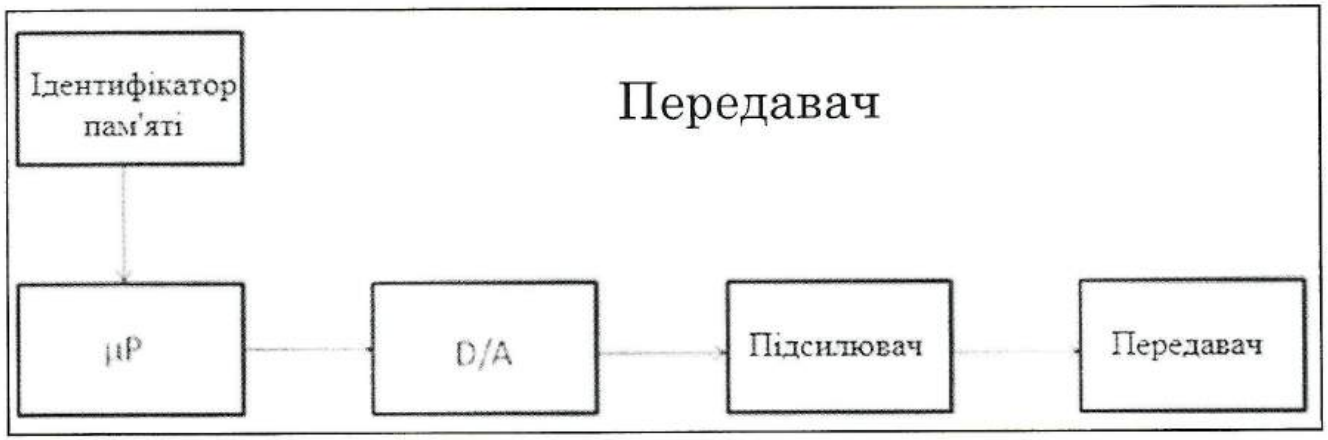


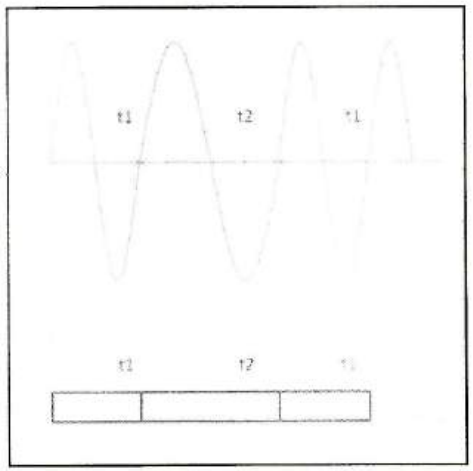
Зразок набору Sewio RTLS: 1. 5x анкерний тримач; 2. 1x бездротова зарядка; 3. 2x зарядки BAT-CR2477 / 1000 мАг; 4. 2x тег Леонардо IMU 5. 2x тег Леонардо Асет 6. 5- кратний Wi-Fi Anchor Vista OmniLight 7. 5x кабельна стяжка
8. 5x USB в PoE конвертер 9. 1 x точка доступу Wi-Fi 10. 5x UTP 5E 0,25 м Чорний 11. 5-кратний настінний кронштейн для анкерів

Розробка методики моніторингу положення пацієнтів у закритому просторі на основі ультразвуку

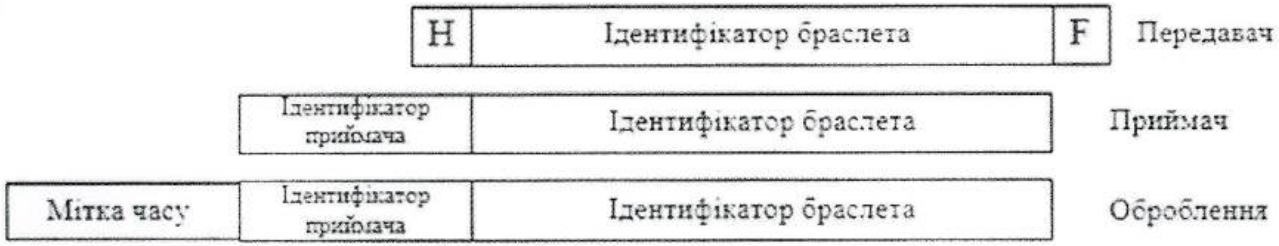


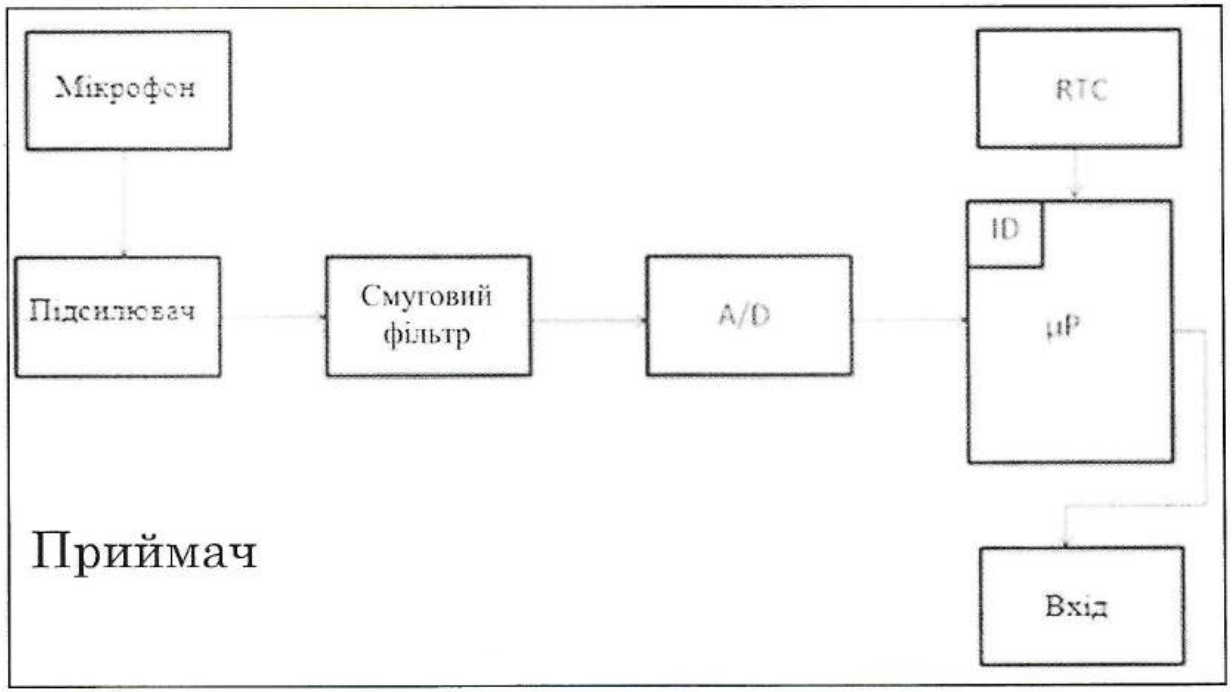
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МОНІТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ ПАЦІЄНТІВ У ЗАКРИТОМУ ПРОСТОРІ





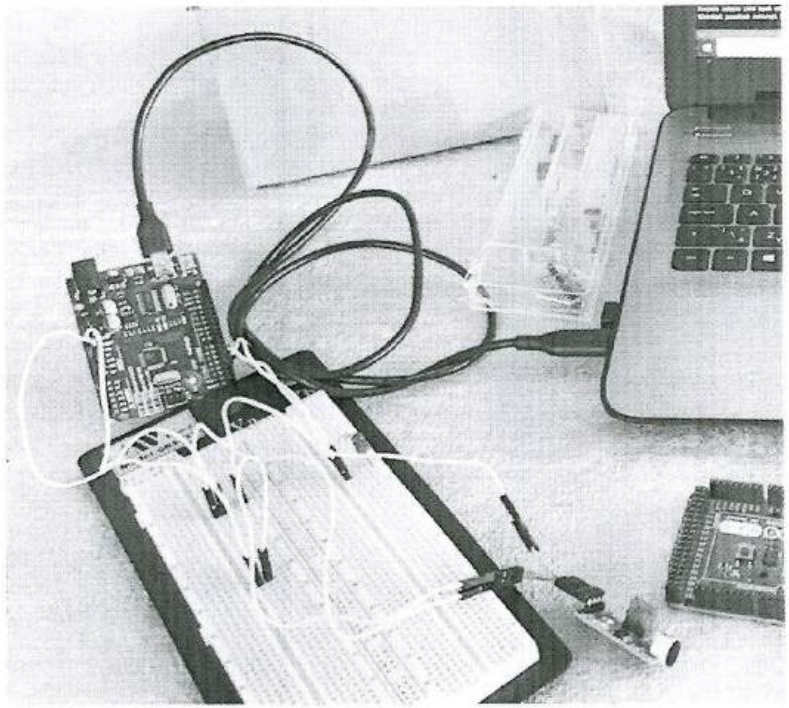
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МОНІТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ ПАЦІЄНТІВ У ЗАКРИТОМУ ПРОСТОРІ

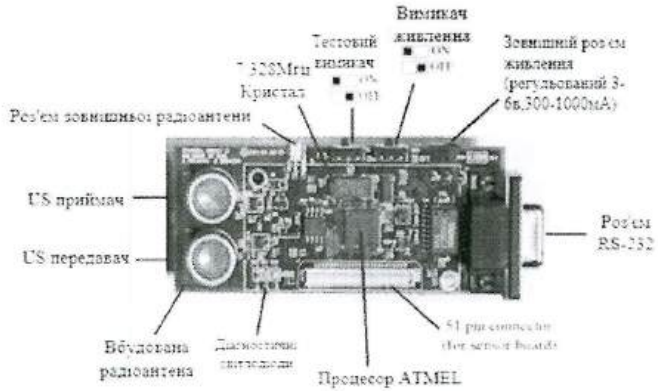




Практична реалізація системи

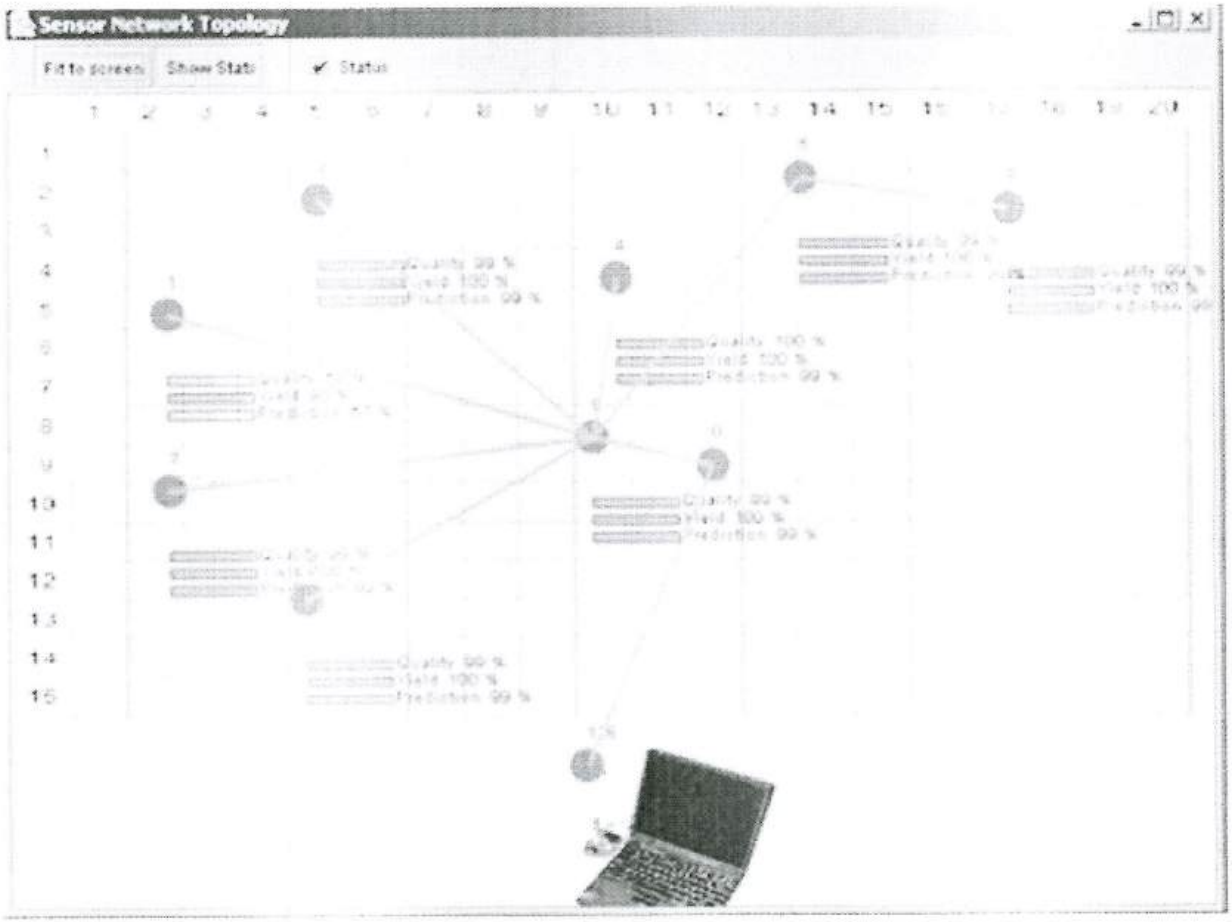








Тестування системи



Statistics

Id	Rec	Sent	Yield	Level	Duty...	Parent	Quality	Volta...	P1	P2	Min
126											
9	334	323	1.037	1.009	1.081	0	0.949	3.165	0	2	5.835
8	316	318	0.975	2.026	2.934	6	0.998	3.045	2	6	5.337
7	337	319	1.06	1.214	1.747	0	0.82	3.089	0	9	5.686
6	531	322	1.649	1.066	1.309	0	0.98	3.119	0	2	5.827
5	314	320	0.981	1.587	1.161	6	0.969	3.157	2	6	5.867
4	332	322	1.031	0.576	1.249	0	0.961	2.967	0	9	5.263
3	305	320	0.95	1.924	1.45	6	0.998	3.089	9	0	5.659
2	321	321	1.006	1.606	1.449	0	0.501	3.089	0	4	5.83
1	329	319	1.031	1.964	1.193	4	0.998	3.134	2	4	4.984
0	320	320	1	0	0.109	126	0	3.113	126	126	0

Висновки

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена моніторингу людей у закритому просторі. Завданням роботи є дослідження проблем внутрішньої локалізації, а потім створення власного пристрою на базі ультразвуку. Ультразвуковий метод повинен усунути деякі недоліки сучасних технологій. Теоретична частина містить огляд існуючих методів. Прикінцева частина - перевірка ефективності методики моніторингу положення об'єктів у закритому просторі.

Апробація результатів магістерської роботи

Основні результати магістерської роботи доповідалися на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Telecommunication: problems and innovation», Київ: ДУІКТ, 20 грудня 2023 р.

Основні наукові результати магістерської роботи опубліковано в науковому журналі "Наукові записки ДУІКТ, – 2023, – №2".

12

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Денис ЦИМБАЛ

Назва: Розробка методу геоінформаційного позиціонування людей в приміщеннях

Координатор: Андрій ЛЕМЕШКО

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1 :5.9

Коефіцієнт подібності 2 :1.5

Тривога: 8

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☑ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

....

Дата *Підпис Наукового керівника*