

МОБІЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Ю. С. Клушин

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин
E-mail: Yurii.S.Klushyn@lpnu.ua

© Клушин Ю. С., 2022

На основі аналізу існуючих систем для допомоги незрячим людям орієнтуватися у просторі виникло розуміння щодо створення нової системи, яка мала б зовсім інший підхід до взаємодії незрячого користувача з існуючим світом. Така система, маючи функцію голосового повідомлення, надає незрячій людині інформацію, і цим допомагає їй орієнтуватися у просторі. Існуючі підходи акцентують увагу на подачі звукових сигналів, які дають можливість лише перенаправляти людину у певному напрямку, забороняти чи дозволяти рух. Тому виникла потреба у розробці такої мобільної системи, яка б допомогла людям з вадами зору орієнтуватися в приміщенні на основі отриманої ними інформації у вигляді голосового повідомлення. Об'єктом дослідження є методи та засоби допомоги в орієнтації незрячих людей у приміщеннях за допомогою показника рівня прийнятого сигналу RSSI (Received Signal Strength Indication). Для пристроїв, що працюють за стандартами Wi-Fi та Bluetooth 4.0, RSSI є єдиним параметром, що дозволяє виміряти відстань від пристрою до базової станції або маяка.

Розроблена мобільна система поєднує такі компоненти, як вебклієнт, серверний додаток, бази даних та мобільний додаток для роботи модуля Bluetooth ESP32. На основі цих компонентів у нашій статті наведено методику побудови мобільної системи, описано середовище розробки з її функціями та можливостями, дано докладний опис запуску та налаштування програм з поясненнями ключових моментів у роботі системи.

Ключові слова: інтернет, пристрій, додаток, користувач, незрячі користувачі, Bluetooth ESP-32, алгоритм, віддалений контроль, функціональні блоки.

Вступ

Задля покращення життя людям з вадами зору у сучасному світі створюють різні технічні засоби. Одним із найкращих засобів для визначення перешкоди вважається “біла тростина”, яка стала символом незрячих людей. Вже досить довгий проміжок часу шифр Брайля використовують для того, щоб незрячі користувачі могли читати тексти. Але з розвитком нових технологій пропонуються нові концепції, нові методи та нові технічні рішення, які набагато краще допомагають незрячим орієнтуватися у просторі.

Сьогодні великі корпорації, такі як Google, займаються розробкою пристроїв для людей з вадами зору. Вони намагаються поєднати сучасні технології і простий та гнучкий дизайн. Зацікавленість великих промислових гігантів у розробці пристроїв для просторової орієнтації людей з вадами зору підтверджує актуальність цієї теми.

Зараз відомо не так багато систем чи пристроїв, які б допомагали незрячим людям орієнтуватися у просторі, пересуватися маршрутом тощо.

Наявні аналоги таких систем мають низку переваг і недоліків. Зокрема, деякі системи радіомаяків мають автономне джерело живлення і не вимагають зовнішнього втручання, але їх

придбання та встановлення є дуже дорогим. Тому виникає потреба у створенні окремого та більш локалізованого для певної категорії користувачів давача, який працюватиме непомітно та безшумно для зрячих, але передаватиме інформацію незрячим. Одним із прикладів є проєкт “Відкритий світ”, який активно розвивається в Україні. Давач Bluetooth [1] відтворює звук при наближенні до нього незрячої людини, але при цьому не передає ніякої іншої корисної інформації. Робота давача обмежена лише звуковими сигналами, які поширюються навколо, а не тільки на незрячу людину.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Одним із прикладів мобільної системи для орієнтації людей з вадами зору є проєкт OpenWorld, який активно розвивається в Україні. OpenWorld – це соціальний проєкт, покликаний допомогти людям із вадами зору шляхом оптимізації та покращення інфраструктури міста, в якому вони живуть.

Розробники створили спеціальні маячки, які встановлюються на громадському транспорті, світлофорах та в інших важливих місцях. Кожен користувач зможе встановити такий маячок на дверях власного будинку, кафе та в будь-якому місці, де маячок може бути корисним для незрячої людини.

Для отримання детальнішої інформації про місце знаходження маячка необхідно підключитися до цього маячка.

Наприклад, якщо незряча людина вибирає аптеку зі списку доступних маяків, мобільний додаток OpenWorld дозволяє їй отримати інформацію про години роботи, адресу та інше. Якщо транспортний засіб обладнаний маяками OpenWorld, то можна дізнатися номер маршруту та його напрямок.

Точне місце розташування об’єкта в інфраструктурі міста незряча людина може дізнатися, натиснувши клавішу “Виклик”, одразу після чого лунає звуковий сигнал. Для людей з вадами зору звук є орієнтиром у просторі, і за ним вони визначають напрямок руху. Додатковою функцією мобільного додатка OpenWorld є можливість зв’язку незрячої людини з адміністратором закладу за номером телефону, вказаним при реєстрації маячка. Важливою особливістю системи є опція пошуку маяків, зареєстрованих у базі даних OpenWorld, а також отримання маршруту на картах Google Maps.

Функціонал сайту OpenWorld дозволяє додавати нові маяки, а вся інформація синхронізується з мобільним додатком.

Система OpenWorld складається з таких основних компонентів:

- bluetooth-маяки, які оснащені динаміком і кріпляться до громадського транспорту та міської інфраструктури;

- спеціально розроблений мобільний додаток, за допомогою якого незряча людина може знаходити маячки навколо себе. Додаток постійно шукає найближчі маяки.

Отже, підводячи підсумок, можна виділити такі основні переваги:

- можливість прокладання маршруту;
- додаткова інформація про розташування маячка;
- можливість зателефонувати адміністратору закладу, в якому знаходиться маячок;
- можливість викликати маячок одним натисканням кнопки.

Недоліками цієї системи є:

- звукове сповіщення від маячка, яке можуть почути люди без порушення зору;
- надмірна кількість дій по роботі з маячками;
- висока вартість запуску системи. Проєкт не зібрав необхідної суми для повноцінного запуску.

Ще одна мобільна система має назву OrCam MyEye. Розробники стверджують, що це найсучасніший, ручний, допоміжний пристрій для сліпих і слабкозорих, який читає текст, розпізнає обличчя, ідентифікує продукти. Для роботи пристрою не потрібен смартфон чи WiFi. MyEye активується за допомогою інтуїтивно зрозумілого, простого вказівного жесту, або за допомогою стеження за поглядом власника.

До переваг пристрою зараховують:

- компактність пристрою;
- можливість самостійного запуску людиною з вадами зору;
- розпізнавання обличчя, товарів, сканування штрих-кодів;
- відсутність обов'язкового підключення до інтернету.

Недоліки пристрою:

- велика ціна пристрою;
- несумісність з операційною системою Android (заявлено розробниками);
- невеликий час роботи пристрою;
- неможливість розпізнавання об'єктів в умовах поганої освітленості.

Ще одним із прикладів може слугувати пристрій під назвою eSight. Він являє собою розумні окуляри, розроблені для людей із втратами центрального зору. У eSight розроблені комп'ютерні та VR-технології для відновлення очищення та яскравої картини зовнішнього світу перед очима користувача без плям та сліпих зон. Розумні окуляри можна використовувати не тільки для читання книг, перегляду телебачення, малювання – перебуваючи в статичному положенні, але і при переміщенні на вулиці, роботі, в школі, а також носити їх поверх лінз або окулярів.

До переваг цієї системи належать:

- потужне програмне забезпечення;
- підтримка багатьох інтерфейсів;
- тривалий термін роботи, як для такого функціоналу;

Недоліки цієї системи:

- висока вартість пристрою;
- обмежений функціонал для абсолютно незрячих, доступне тільки озвучування тексту;
- доволі великі габарити.

Постановка задачі

Одним зі способів вирішення проблеми орієнтації незрячих людей у приміщенні є розміщення Bluetooth-давачів у кімнаті або на дверях. Порівняно з RFID-мітками [2], давачі Bluetooth можуть працювати на більшій відстані та підтримуються всіма сучасними смартфонами. Також давачі дозволяють визначати відстань до них за рівнем потужності сигналу [3] (RSSI).

Давачі Bluetooth повинні швидко взаємодіяти зі смартфоном і озвучувати текст до того, як користувач покине зону дії давача; в іншому випадку інформація буде недійсною, а в гіршому випадку – помилковою. Також давачі, якщо можливо, варто налаштовувати в обмеженій зоні, щоб уникнути перекриття сигналів між поверхами приміщення, оскільки це знижує точність і правильність розпізнавання найближчого давача.

Мобільна система повинна мати вебклієнт для керування давач, тому що незрячі люди, ймовірно, не зможуть налаштувати його самостійно. Крім того, в такій системі має бути забезпечена гнучкість шляхом створення відкритого API для можливості створення сторонніх додатків для інших платформ.

Сервіс та база даних, які необхідні для роботи системи повинні бути в постійному доступі, тому вони розміщуються в хмарі.

Для простоти використання вебклієнт повинен бути гнучким і адаптуватися до дій будь-якого користувача, якщо користувач додає новий давач або переглядає існуючий з мобільного телефону чи планшета.

Наприклад, користувач вирішив розмістити давачі в будівлі університету. Він входить у вебклієнт і вводить необхідні дані, що зберігаються в базі даних. Припустимо, незрячий студент/викладач заходить до університету або підходить до його входу. Смартфон, перебуваючи в стані пошуку пристроїв навколо себе, знаходить поруч Bluetooth-давач, заздалегідь встановлений

користувачем. Отримавши MAC-адресу давача, смартфон створює запит на сервер і отримує текст для озвучення, наприклад: “Ви біля входу в 5-й корпус Національного університету “Львівська політехніка””, навпроти входу вісім сходинок і вхід, що складається з дводверних секцій”. Коли користувач заходить на певний поверх, телефон розпізнає кілька давачів навколо. Смартфон, визначивши силу сигналу кожного, з’єднується з тим, чий сигнал найбільший, і озвучує текст. Базова система дубляжу тексту може озвучувати текст англійською мовою одночасно з українською.

Давач відстані, який знаходиться в окулярах користувача, обмінюється зі смартфоном даними по протоколу UDP. Коли користувач знаходиться в радіусі дії системи, озвучується не тільки відстань до об’єкта, а й те, що це за об’єкт.

Архітектура та базовий функціонал

Як автономний пристрій, смартфон демонструє високу і швидко зростаючу продуктивність обробки порівняно зі своєю ціною. Крім того, він включає в себе різноманітний набір вбудованих інструментів і давачів, таких як камери, модулі GNSS, акселерометри, гіроскопи, зчитувачі NFC. Крім того, зв’язок на близькій відстані через Wi-Fi ще більше розширює попередній спектр використання, наприклад, за допомогою зовнішніх давачів для виявлення перешкод, високоточних модулів RTK-GNSS тощо.

З іншого боку, мобільні мережі продовжують вдосконалюватись з кожним новим випуском, що призводить до використання віддалених ресурсів. Відповідно до цього послуги хмарних обчислень сьогодні комерціалізуються на різних рівнях абстракції, таких як інфраструктури, платформи або програмне забезпечення.

Розроблена мобільна система складається з мобільного Android-додатка та вебдодатка, з яким працює сервер, розміщений у хмарному сховищі. Всі дані про давачі, їх власників і місце розташування давачів знаходяться в базі даних, з якою взаємодіє сервер. База даних також розміщена в хмарному сховищі.

Схема взаємодії елементів системи наведена на рис. 1– 3.

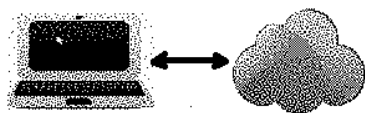


Рис. 1. Додавання нового давача

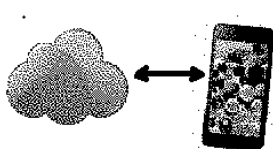


Рис. 2. Обмін MAC на текст

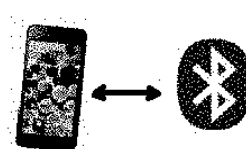


Рис. 3. Отримання MAC

Android-додаток призначений для взаємодії з Bluetooth-давачем, який знаходиться у приміщенні [4] та озвучування незрячому користувачеві отриманих з давача даних. Мобільний додаток взаємодіє з давачами, які знаходяться навколо смартфона, та оцінює розмір сигналу кожного. Серед давачів вибирається той, потужність сигналу (RSSI) [5], [6] якого є найбільша, і він вважається найближчим до смартфона, тому його адреса використовується для обміну даними. Озвучення даних здійснюється за допомогою вбудованого в смартфон додатка синтезу мови. Смартфон може подавати звукове повідомлення користувачеві, якщо Bluetooth вимкнено, оскільки програма може працювати у фоновому режимі.

Вебдодаток призначений для додавання нового Bluetooth-давача на карту та інформації про давач [7], [8]. Отже, при додаванні нового давача користувачеві необхідно вказати ім’я, e-mail, номер телефону, за бажанням інформацію про майбутнє розташування давача, а саме країну, місто, місцезнаходження. У майбутньому дані давачів можна буде зберігати локально для міста або країни, в якій знаходиться користувач, щоб зменшити витрати на трафік і скоротити час, який витрачається на отримання тексту. Розташування давача можна встановити на карті, тоді повна адреса і координати давача будуть збережені автоматично. Далі вам потрібно додати інформацію

про сам давач, його місцезнаходження, щоб інші користувачі могли отримати інформацію про сам давач, наприклад, де він розташований, та інші описи.

Залишається встановити текст для давача, який буде озвучуватися для незрячої людини, коли вона буде знаходитися біля нього. Останнім кроком є встановлення MAC-адреси давача, щоб закріпити введені раніше дані на конкретний давач, після чого можна зберегти зміни. Дані будуть збережені в базі даних. Залишається тільки розмістити давач в описаному місці.

Принцип роботи давача Bluetooth зі смартфоном

Деталі взаємодії та застосування компонентів системи можна описати у вигляді схеми на рис. 4. Смартфон на базі операційної системи Android буде зв'язуватися з усіма пристроями навколо. Пристрій Bluetooth із найбільшим сигналом RSSI [9], [10] буде метою з'єднання. Він надає смартфону унікальний ключ, який, у свою чергу, буде використовуватися для подальших операцій.

За допомогою ключа від давача ми можемо підключитися до сервера та отримати з нього текстові дані для озвучування користувачеві.

Сервер повинен отримати доступ до бази даних, перш ніж повертати будь-який результат користувачеві.

Клієнт може також додавати дані в базу даних за допомогою сервера. Залишається лише встановити відповідний ключ на давач і розмістити його в приміщенні, решту зробить смартфон. Робота з сенсором дуже спрощується, оскільки до сенсора можна прикріпити текст за допомогою MAC-адреси.

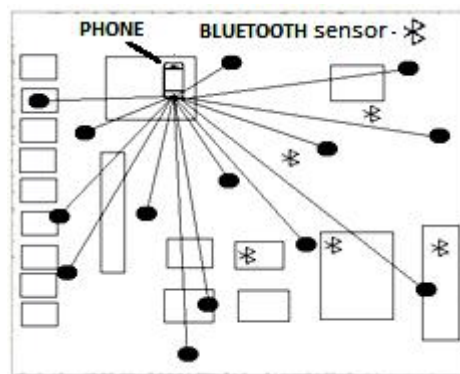


Рис. 4. Схема взаємодії смартфона з сенсорами

Робота сервера та мобільної системи

Обмін даними між сервером і мобільною системою відбувається за протоколом HTTP і запитами в мережі.

Сервер працює за такими типами запитів: GET і POST.

GET запитує вміст зазначеного ресурсу. Запитуваний ресурс може набувати параметрів (наприклад, пошукова система може приймати необхідний рядок як параметр). Ці параметри передаються в URI. За стандартом HTTP запити типу GET вважаються ідемпотентними – багаторазове повторення одного і того ж GET-запиту повинно привести до однакових результатів (за умови, що сам ресурс не змінився за час між запитами). Це дозволяє кешувати відповіді на запити GET. Якщо ім'я ресурсу не вказано (в URI доступні лише схема та доменне ім'я), вебсервер повертає індекс каталогу вебсервера.

POST передає дані користувача (наприклад, з форми HTML) на певний ресурс. Наприклад, у мобільній системі такий запит додає інформацію про новий давач. Передані дані включаються в тіло запиту. На відміну від методу GET, метод POST не вважається ідемпотентним, тобто, за багаторазового повтору тих самих запитів POST може повертати різні результати.

Клієнт смартфона при надсиланні запитів отримує відповідь про статус запиту – успіх або невдачу. Відповідно до статусу виробляється певна логіка.

Наприклад, при надсиланні запиту на сервер, якщо запит успішно відправлений і отримана відповідь, інформація відтворюється; якщо сталася помилка, відтворюється відповідне повідомлення.

Інтерфейс із запитом до сервера:

```
public interface ManagerApi {
    @GET("api/getSensorByKey")
    Call<Sensor> getSensorByKey(@Query("sensorKey") String sensorKey);}

```

Проектування архітектури мобільної системи

Оскільки система мобільна, основний обмін даними відбуватиметься між мобільними пристроями та сервером. Тому основними компонентами будуть сервер і мобільний додаток. Компоненти системи включатимуть вебінтерфейс, давач і базу даних.

Сервер мобільної системи слугуватиме логічним центром. Він отримуватиме дані від нових давачів, повертатиме наявні дані давачів і фільтруватиме дані, а також оброблятиме відгуки користувачів.

Вебінтерфейс дозволить зрячим користувачам додавати нові давачі та відгуки про систему для подальшого вдосконалення. Користувачі зможуть бачити вже розміщені давачі на карті, використовувати відкритий API для створення власних систем.

База даних міститиме всі дані з вебінтерфейсу та дані з мобільного пристрою, наприклад, дані журналу або дані про збої.

Давач буде містити унікальний ключ, який дає можливість завантажувати інформацію для звукового сповіщення незрячих користувачів.

Мобільний додаток слугуватиме засобом завантаження даних і озвучення їх користувачеві. Для реалізації функціональності системи розроблена гнучка ієрархія класів. Це дозволяє легко модифікувати систему, додаючи нові функції та модулі.

Основним класом системи є класи ValuesController і HomeController. Цей клас дозволяє обробляти всі запити, отримані зі смартфона або вебінтерфейсу.

Файл конфігурації WebApiConfig, в якому формат json вибрано як основний формат передачі даних між клієнтом і сервером.

Система також створює AccountController для полегшення подальшої реалізації авторизації та автентифікації користувачів, якщо виникне така потреба. Ці контролери потрібно викликати лише зі сторінок, призначених для реєстрації та авторизації користувачів мобільної системи.

Архітектура бази даних та дизайн серверної частини мобільної системи

База даних мобільної системи є основним репозиторієм, і розміщена на Microsoft Azure. Структура бази даних примітивно проста, оскільки не містить даних про користувачів, паролів та інших персональних даних.

Основна інформація, яку потрібно зберігати в першу чергу – це дані про сам давач. Його MAC-адресу використовують як унікальний ключ для давача. MAC-адреса – унікальний ідентифікатор, який порівнюється з різними типами обладнання комп'ютерних мереж. Структура MAC-адреси така:

- перший біт MAC-адреси одержувача називається бітом I/G (індивідуальний/груповий). У вихідній адресі він називається Source Route Indicator;
- другий біт визначає спосіб призначення адреси;
- три найвищі байти адреси називаються записаною адресою (BIA) або організаційно-унікальним ідентифікатором (OUI);
- за унікальність молодших трьох байтів адреси відповідає виробник.

Наступним кроком буде додавання інформації про місце та автора. Автор не може надавати інформацію про себе, а саме пошту, ім'я та номер телефону, оскільки система не шифрує та не захищає ці дані. У цьому випадку користувач не отримає зворотного дзвінка або зворотного зв'язку з інструкціями.

Схема бази даних представлена на рис. 5.

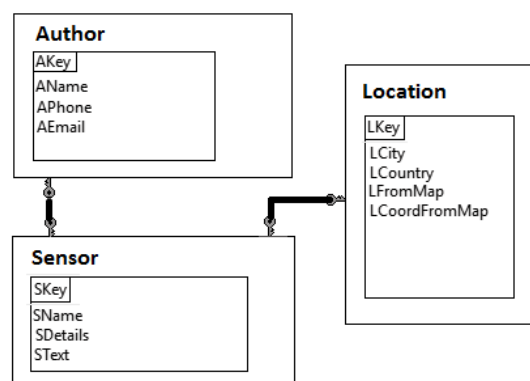


Рис. 5. Схема бази даних мобільної системирами

Таблиця, що містить дані про місцезнаходження давача Bluetooth (таблиця Location), містить дані про місто, країну, повну адресу та координати з карти (поля LCity, LCountry, LFromMap та LCoordFromMap відповідно). Таблиця, що містить дані про давачі (таблиця Sensor), зберігає в собі назву давача, деталі про нього, наприклад, дані про розміщення і інформацію, яка буде відтворюватися при взаємодії з давачем (поля SName, SDetails і SText).

При отриманні даних про новий давач дані додаються в такому порядку:

- 1) інформація про давач;
- 2) його розташування;
- 3) інформація про автора.

Варто зазначити, що операції виконуються транзакцією; якщо під час збереження цілісність порушується або виникає збій, додавання давача не відбудеться. Користувач отримає відповідне повідомлення.

Самі таблиці генеруються за допомогою скрипта. Враховуючи, що таблиць всього три, сценарій виконання має невеликі обсяги і виглядає так:

```
CREATE TABLE Author(
[AKey] [nvarchar](50) NOT NULL,
[AName] [nvarchar](60) NOT NULL,
[APhone] [nvarchar](20) NULL,
[AEmail] [nvarchar](30) NOT NULL,
CONSTRAINT [PK_Author] PRIMARY KEY CLUSTERED ([AKey] ASC)
CREATE TABLE Location(q
[LKey] [nvarchar](50) NOT NULL,
[LCity] [nvarchar](50) NOT NULL,
[LCountry] [nvarchar](50) NOT NULL,
[LFromMap] [nvarchar](150) NOT NULL,
[LCoordFromMap] [nvarchar](150) NOT NULL,
CONSTRAINT [PK_Location] PRIMARY KEY CLUSTERED ([LKey] ASC) CREATE TABLE
```

```
Sensor(
[SKey] [nvarchar](50) NOT NULL,
[SName] [nvarchar](150) NOT NULL,
[SDetails] [nvarchar](max) NOT NULL,
[SText] [nvarchar](max) NOT NULL,
[SCreateDate] [datetime] NULL,
[SLastChangeDate] [datetime] NULL,q
CONSTRAINT [PK_Sensor] PRIMARY KEY CLUSTERED ([SKey] ASC) q
```

Серверна частина мобільної системи розроблена на C# в Microsoft Visual Studio. Сервер розроблений, як проєкт ASP.NET MVC Web API.

Серед безлічі файлів проєкту варто звернути увагу на такі папки, як App_Data. Вона містить файл a.xml для відображення документації з методами, які підтримуються сервером. App_Start, папка з файлами конфігурації сервера, фільтрами, конфігураціями форматів даних тощо. Основна логіка, яка відповідальна за створення, збереження та відтворення відкритої документації API для користувача, міститься в папці Ageas.

Логіка, яка відповідає на запити клієнта смартфона, вебклієнта та сторонніх платформ, обробляється контролерами в папці Controllers. Якщо в майбутньому вам знадобиться додати методи безпеки, авторизації та автентифікації, тоді треба використовувати AccountController. Це дозволяє користувачам реєструватися, входити в обліковий запис, змінювати пароль і так далі. Моделі, що передаються між сервером і клієнтами, а також між сервером і базою даних, містяться в папці Models.

Вебклієнт має дві кнопки з перемиканням мови інтерфейсу. Ресурси для цієї функції знаходяться в папці Resources. Кількість підтримуваних мов відповідає кількості файлів у цій папці. Кожна нова мова отримує назву відповідно до шаблону ресурсу: <language>.resx.

Усі сторінки вікна/вебклієнта поділено на папки в головній папці під назвою Views. Імена файлів відповідають заголовкам сторінок і розбиті на категорії за папками. Останній вартий уваги файл – packages.json, який містить інформацію про пакети, що використовуються в проєкті, та їхні версії.

Приклад:

- `<package id = "Antlr" version = "3.4.1.9004" targetFramework = "net46" />q`
- `<package id = "bootstrap" version = "3.0.0" targetFramework = "net46" />q`
- `<package id = "EntityFramework" version = "6.1" targetFramework = "net46" />q`
- `<package id = "jQuery" version = "1.10.2" targetFramework = "net46" />q`

Реалізація взаємодії Bluetooth сенсора зі смартфоном

Щоб забезпечити взаємодію між Bluetooth-давачем і смартфоном незрячого користувача, необхідно спочатку увімкнути Bluetooth на смартфоні і на самому давачі. Давач Bluetooth увімкнеться автоматично, щойно до нього буде подано живлення. Після увімкнення Bluetooth і запуску програми Android-смартфон мобільний телефон почне шукати навколо себе Bluetooth-пристрої. Разом з даними давача буде отримано рівень потужності його сигналу. Під час пошуку пристроїв до списку додаватимуться ті, що належать до мобільної системи. Після завершення пошуку з списку знайдених пристроїв визначається давач з максимальною потужністю сигналу. Наступним кроком є отримання від давача з найбільшим рівнем сигналу, тобто найближчого, MAC-адреси, яка передається відразу при розпізнаванні пристрою. За цією адресою текст для озвучення надходить шляхом відправки на HTTP-сервер запити з MAC-адресою давача.

Отриманий текст озвучується незрячому користувачеві, і програма знову повторює описані кроки. Описані кроки можна представити у вигляді діаграми послідовності, яка показана на рис. 6 і 7.

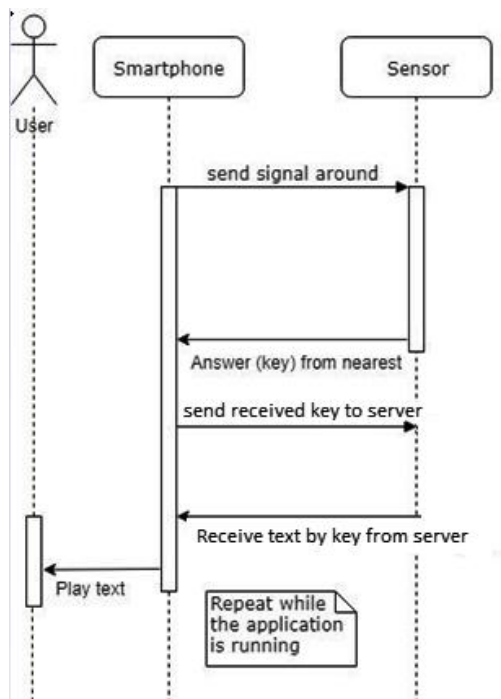


Рис. 6. Діаграма послідовності взаємодії користувача та сенсора смартфона

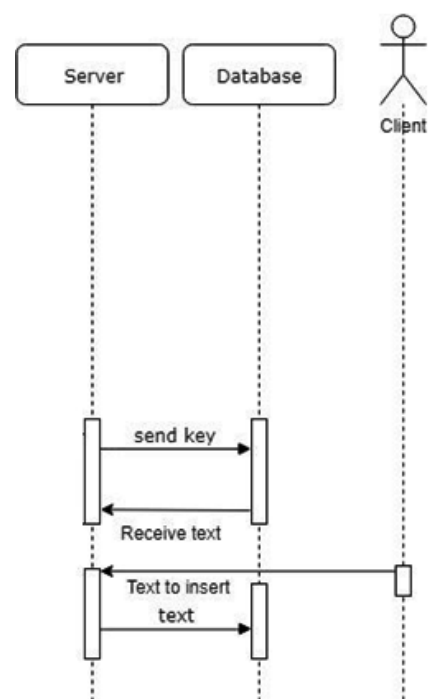


Рис. 7. Діаграма послідовності взаємодії сервера, бази даних і клієнта

Цей підхід має низку переваг і недоліків. Наприклад, до переваг належить швидкість обміну даними. До недоліків – смартфон напряму не спілкується з давачем і не обмінюється з ним даними.

Це є недоліком, оскільки смартфон отримує дані з Інтернету за адресою давача, і не обмінюється даними безпосередньо з давачем.

Результати розробки мобільної системи орієнтації сліпих людей у приміщеннях

Після опису всіх компонентів мобільної системи її можна об'єднати в одне ціле і продемонструвати реалізований функціонал.

Починаючи з мобільної системи, користувач спочатку додає інформацію про давач Bluetooth і його MAC-адресу. Після додавання та збереження інформації про давач вебклієнт дозволяє користувачеві переглядати карту з розміщеними давачами, включаючи давач, який він щойно додав. Для цього потрібно оновити сторінку після додавання інформації про давач Bluetooth.

Новий давач Bluetooth потрібно ввімкнути та розмістити в місці, описаному у вебклієнті. Щоб уникнути зайвих дій із встановленням середовища для давача та його програмуванням, залишаємо його існуючу назву "ESP32".

Всю іншу роботу зробить додаток для смартфона, запущений незрячим користувачем. Інтерфейс простий і зрозумілий, а сам додаток можна закрити після запуску; фоновий сервіс продовжить працювати. Щоб закрити його, ви повинні запустити програму та натиснути кнопку зупинки або завершити процес у диспетчері програм операційної системи.

Вся взаємодія відбувається з сервером, який, у свою чергу, взаємодіє з базою даних. І сервер, і база даних описані вище. Інструкції щодо розміщення сервера в хмарі Azure та розміщення бази даних доступні в Інтернеті у вигляді відеоуроків та іншої документації.

Щоб вільно користуватися картами в мобільній системі, необхідно зареєструватися на сервісах Google і згенерувати відповідний токен для доступу.

Microsoft Visual Studio використовувався для створення ASP.NET MVC Web API. Репозиторій Azure використовувався для розміщення сервера та вебдодатка в хмарі. Те саме сховище використовувалося для розміщення бази даних SQL. База даних розроблена в середовищі SQL Management Studio.

Для написання вебклієнта для обміну даними з сервером використовувалися HTML, JavaScript і мова розмітки Ajax, а для створення стилів на стороні клієнта використовувався CSS. Бібліотека Bootstrap використовується для правильного відображення вебклієнта на різних платформах і розширеннях.

Після тестування компонентів мобільної системи можна зробити висновок, що виконання запиту відбувається швидко і не займає більше 300 мс. Тривалий час виконання першого запиту до сервера можна виправдати його економією ресурсів, тому після отримання першого запиту сервер переходить в активний режим і обробляє наступні запити набагато швидше. У середньому запит даних становив 529 мс і 294 мс для двох розширень відповідно. Середній час надсилання даних на сервер становить 121 мс.

Довжина запиту буде збільшуватися залежно від кількості даних.

Не варто чекати швидкої відповіді від сервера зі слабким сигналом мережі. Цей запит може тривати більше часу.

В результаті дослідження роботи Bluetooth давача були отримані показники його роботи. Чітко доведено, що описаний спосіб взаємодії з Bluetooth-давачами можна використовувати в більшості сучасних приміщень. Мобільна система показала стабільну роботу за наявності різного типу перешкод (наприклад невелика і короткочасна імпульсна перешкода) і за різних відстаней до давачів, тому цей результат достатній для того, щоб ця система мала шанс на існування і розвиток.

При розміщенні давачів в приміщенні потрібно враховувати дані про існуючі в цьому приміщенні перешкоди та їхні типи. З проведених досліджень можна зробити висновок, що давачі краще розташовувати в таких місцях, де буде безпосередній контакт зі смартфоном, тобто в одній кімнаті з користувачами.

Висновки

Архітектура бази даних мобільної системи виявилася досить гнучкою та ефективною. Структури бази даних достатньо, щоб надавати користувачеві дані про давачі Bluetooth і успішно зберігати їх у хмарі.

Сервер ефективно обробляє, зберігає отриману інформацію і результат повертає клієнту. За необхідності можна підключити сервіс, який буде автоматично оновлювати проєкт у хмарі при появі нової версії компонента мобільної системи. У цьому випадку вся система збиратиметься заново.

Мобільний додаток взаємодіє з сервером і озвучує текст для користувача. Необхідно встановити текст однією мовою, оскільки відтворення двома мовами не завжди коректне. Важливо зберігати дані локально, щоб заощадити трафік. Також можна використовувати місцезнаходження користувача для автоматичного завантаження даних давачів і доступу до них без підключення до Інтернету.

Вебклієнт показує користувачеві доступні давачі з описом у вигляді карти і містить форму зворотного зв'язку для ефективного вдосконалення систем на основі відгуків користувачів. Сторінки вебклієнта є гнучкими, дозволяють працювати з додаванням давачів і не потребують комп'ютера.

Розроблена мобільна система допоможе орієнтувати незрячих людей у приміщенні. Система озвучення тексту індивідуальна для кожного користувача; вона озвучує дані тільки для нього, і не буде відволікати інших сторонніми сигналами або повідомленнями. Система реалізована у вигляді веб- та мобільного клієнта з використанням сучасних засобів і технологій розробки програмного забезпечення, та забезпечує можливість подальшого оновлення. Перевагами такої системи є відкритість для сторонніх розробників, можливість взаємодії з власноруч створеними вебклієнтами, мобільними клієнтами або іншими додатками/платформами, які можуть працювати за протоколом HTTP. Ще однією перевагою є те, що вартість давача невелика, і коливається в межах 2,5–5 \$.

Список літератури

1. Heinecke T. (2016). *The Role of Bluetooth Low Energy For Indoor Positioning Applications – Computer Science Department Bozeman*. Pp. 8–11. DOI: 10.1007/978-3-319-96803-2_2.
2. Savochkin D., Gimpilevich Y. (2015). *Optimization of antenna placement for spatial two-dimensional RFID-localization systems*. Pp. 12–13. DOI: 10.15588/1607-3274-2015-2-1.
3. Ambili Thottam Parameswaran (2012). *Is RSSI a Reliable Parameter in Sensor Localization Algorithms*. Department of Computer Science and Engineering State University of New York, 2012. Pp. 2–4.
4. Srinivasan K. (2006). *RSSI is Under Appreciated*. Department of Electrical Engineering and Department of Computer Science, 2006. Pp. 2–3.
5. Wang Y., Yang X., Zhao Y. (2013). *Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods*, pp 4–7. DOI: 10.1109/CCNC.2013.6488558.
6. Almaula V. (2010). *Bluetooth Triangulator*. Department of Computer Science and Engineering University of California. Pp. 2–6.
7. Hyunwook P., Jaewon N., Sunghyun C. (2017). *Three-dimensional positioning system using Bluetooth low-energy beacons*. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. Pp. 1–11. DOI:10.1177/1550147716671720.
8. Larsson J. (2015). *Distance estimation and positioning based on Bluetooth low energy technology*. Master of Science Thesis. Pp. 12–22. URN: urn:nbn:se:kth:diva-174857.
9. Raghavan A., Ananthapadmanaban H., Sivamurugan M., Ravindran B. (2010). *Accurate mobile robot localization in indoor environments using bluetooth*, in: *Robotics and Automation (ICRA), 2010 IEEE International Conference on*. Pp. 4391–4396. DOI:10.1109/ROBOT.2010.5509232.
10. Yapeng W. (2013). *Bluetooth positioning using triangulation methods*. *Conference Paper January*. Pp. 141–149. DOI: 10.1109/CCNC.2013.6488558.

**MOBILE SYSTEM FOR SPATIAL ORIENTATION
OF PEOPLE WITH VISION DISORDERS**

Y. Klushyn

Lviv Polytechnic National University,
Computer Engineering Department
E-mail: Yurii.S.Klushyn@lpnu.ua

© Klushyn Y., 2022

Based on the analysis of existing systems for helping blind people to navigate in space, an understanding arose in the creation of a new system that would have a completely different approach to the interaction of a blind user with the existing world. Such a system, having the function of a voice message, provides a blind person with information and thus helps him orientate in space. Existing approaches focus on providing sound signals, which only make it possible to redirect a person in a certain direction, prohibit or allow movement. Therefore, there was a need to develop such a mobile system that would help people with visual impairments to navigate in the room based on the information they received in the form of a voice message. The object of the research is methods and means of helping blind people in the orientation of the premises using the received signal level indicator RSSI (Received Signal Strength Indication). For Wi-Fi and Bluetooth 4.0 devices, RSSI is the only parameter that allows you to measure the distance from the device to a base station or beacon.

The developed mobile system combines components such as web client, server application, databases and mobile application to operate the Bluetooth ESP32 module. Based on these components, this article provides a methodology for building a mobile system, describes the development environment with its functions and capabilities, provides a detailed description of launching and configuring programs with explanations of key points in the system's operation.

Keywords: Internet, device, application, user, blind users, Bluetooth ESP-32, algorithm, remote control, functional blocks.