

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ЗГОРТАННЯ КРОВІ

Маслов А. М.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

e-mail: setrock09@gmail.com

Машиєвська М. В.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

e-mail: marta.v.mashevsk@lpnu.ua

Анотація

Ця стаття розкриває проблематику створення системи комунікації між мобільним та різними медичними пристроями, також тут проаналізовано різні підходи до передачі даних між пристроями, а саме: введення даних вручну, сканування екрану за допомогою системи розпізнавання семисегментного дисплею та енергоефективний блютуз. В практичній частині створено комунікацію за допомогою блютуз технології. Також передбачена і автоматична комунікація між пристроями без втручання користувача.

Ключові слова

Медичний пристрій, Bluetooth з низьким енергоспоживанням, MVP-архітектура

1. Вступ

Реалізація швидкого та зручного спілкування між різними периферійними пристроями є надзвичайно важливою при розробці програми. Ось чому необхідно максимально автоматизувати цей процес.

2. Проблематика дослідження

Зараз існує багато способів налагодити зв'язок між периферійними пристроями, які корисні в різних ситуаціях. Найпопулярніші з них:

1. Сканування екрану – часто використовується, коли між пристроями потрібна коротка та проста комунікація. Деякі месенджери використовують це як спосіб швидкого доступу до інших пристроїв або під час сканування QR-коду. Що стосується медичних пристроїв, – його зазвичай використовують для зчитування результатів тестів з екрану та запису даних до смартфонів. Основна перевага такого методу полягає в тому, що він працює, навіть якщо медичний пристрій відносно старий і не має Bluetooth, Wi-Fi або інших технологій зв'язку. Основним недоліком є те, що розпізнавання тексту немає 100% точності, а іноді сканування екрану може бути незручним через такі пристрої, як планшети, що є трохи громіздкими.
2. Bluetooth з низьким енергоспоживанням (Bluetooth low energy, BLE) – одна з найсучасніших технологій (рис.1). За допомогою декількох дотиків користувач може передавати будь-які дані між пристроями. Єдине питання полягає в тому, що не всі медичні пристрої мають підтримку Bluetooth. В іншому випадку, у нього практично немає недоліків під час роботи з медичними приладами. Сотні записів передаються за мить, і обробляти цей процес з боку розробника стало набагато простіше за останні роки.

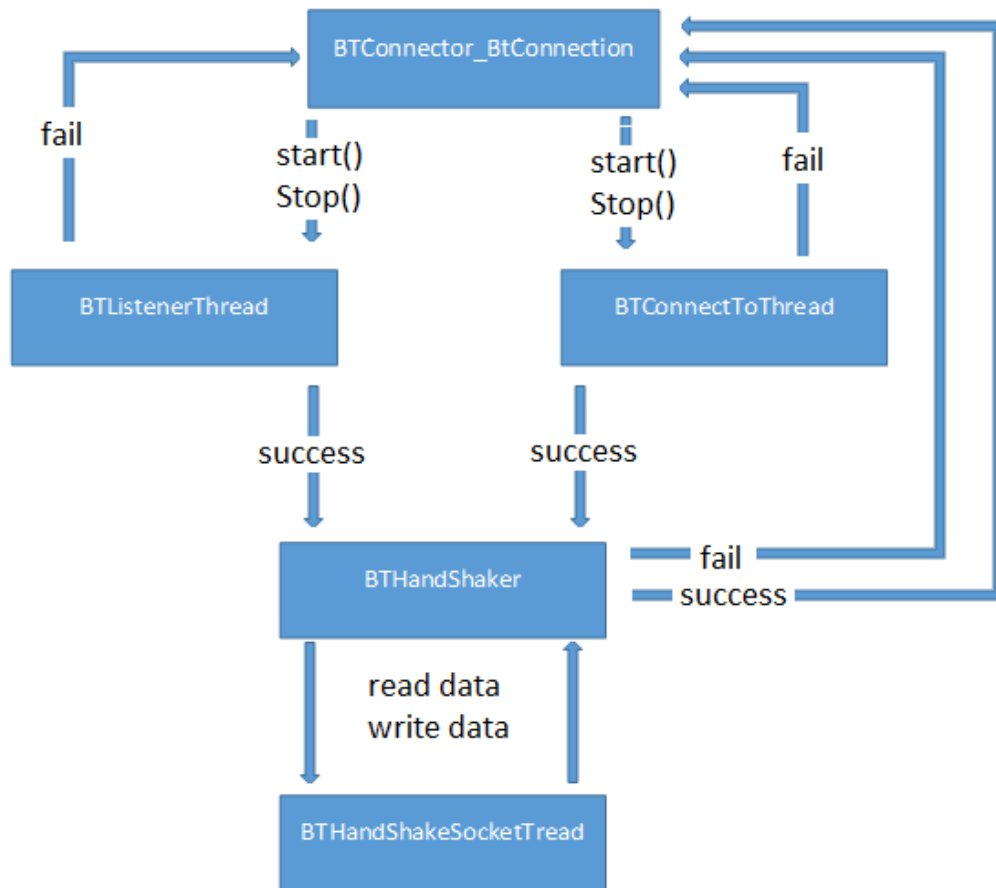


Рис.1 BLE структура

3. Введення даних вручну – іноді нам доводиться мати справу зі справді старими пристроями, які не підтримують Bluetooth, розпізнавання екрану може не завжди працювати. Тому ми мусимо передбачити такі випадки і застосовувати простий підхід введення даних вручну. Ідея проста – користувач сам заповнює всі необхідні дані і в базу даних додається відповідний запис даних. Такий підхід у кращому випадку є планом В, оскільки процес спілкування повинен бути максимально автоматизованим.

Кожна технологія має свої переваги та обмеження і BLE не є винятком. Важливо знати ці плюси і мінуси, щоб можна було визначити, чи BLE підходить для вашої конкретної програми та випадку використання чи ні.

Переваги BLE

- Як видно з назви, BLE має порівняно низьке енергоспоживання, порівняно з іншими технологіями малої потужності. Досягає оптимізованого та низького енергоспоживання, максимально утримуючи радіо та надсилаючи невелику кількість даних при низькій швидкості передачі.
- Відсутність витрат на отримання офіційних специфікаційних документів. Щоб використовувати більшість інших бездротових протоколів та технологій доведеться бути членом офіційної групи або консорціуму з цієї технології, щоб отримати доступ до специфікації.
- Зниження вартості модулів і наборів чіпів, навіть у порівнянні з іншими подібними технологіями.
- Найголовніше – його наявність у більшості смартфонів на ринку.

Обмеження BLE

- **Дозволи:** однією з проблем як для розробника, так і для користувача є те, що BLE вимагає декількох дозволів – Bluetooth_ADMIN та ACCESS_FINE_LOCATION.
- **Пропускна здатність даних:** Пропускна здатність даних BLE обмежена швидкістю передачі даних фізичного рівня (PHY), що є швидкістю, з якою радіо передає дані. Ця швидкість залежить від поточної версії Bluetooth. Для Bluetooth 4.2 та новіших версій швидкість фіксується на рівні 1 Мбіт/с. Однак для Bluetooth 5 та новіших версій швидкість змінюється залежно від режиму та PHY, що використовується. Швидкість може бути 1 Мбіт/с, як і попередні версії, або 2 Мбіт/с при використанні високошвидкісної функції.
- **Діапазон:** низька енергія Bluetooth була розроблена для застосувань короткого діапазону, а отже, і діапазон її роботи обмежений. Є кілька факторів, які обмежують діапазон BLE:
 - BLE працює в ISM-спектрі 2,4 ГГц, на який сильно впливають перешкоди, що існують навколо нас, такі як металеві предмети, стіни та вода (особливо людські тіла).
 - Продуктивність та дизайн антени пристрою BLE.
 - Фізичний корпус пристрою.
 - Орієнтація пристрою.
- **Вимога до шлюзу для підключення до Інтернету:** для передачі даних з BLE-пристрою в Інтернет потрібен інший пристрій BLE, який має IP-з'єднання для отримання цих даних, а потім, в свою чергу, передати їх на інший IP-пристрій (або в Інтернет).

3. Постановка задачі

Мета цієї роботи – розробити підхід, який дозволяє користувачам комфортно використовувати та передавати дані між медичними пристроями та андроїд-додатками.

Виклад основного матеріалу

Оскільки ми розглядаємо технологію BLE як найоптимальніший спосіб комунікації, тут є короткий виклад основних термінів та понять BLE (рис. 2):

- **Загальний профіль атрибутів (GATT)** – профіль GATT є загальною специфікацією для надсилання та отримання коротких фрагментів даних, відомих як "атрибути" за BLE посиланнями. Усі поточні профілі застосування низьких енергій базуються на GATT.
 - Bluetooth SIG визначає множину профілів для пристроїв низької енергії. Профіль – це специфікація того, як працює пристрій у певній програмі. Зауважте, що пристрій може реалізувати більше одного профілю. Наприклад, пристрій може містити монітор серцевого ритму та детектор рівня акумулятора.
- **Протокол атрибутів (ATT)** – GATT побудований поверх протоколу атрибутів (ATT). Це також називається GATT/ATT. ATT оптимізовано для роботи на BLE-пристроях. Для цього він використовує якомога менше байтів. Кожен атрибут унікально ідентифікується універсальним унікальним ідентифікатором (UUID), який є стандартизованим 128-бітовим форматом для ідентифікатора рядка, який використовується для однозначної ідентифікації інформації. Атрибути, що передаються ATT, форматуються як характеристики та послуги.
- **Характеристика** – характеристика містить єдине значення та 0-n дескриптори, які описують значення характеристики. Характеристику можна розглядати як тип, аналогічний класу.
- **Дескриптори** – це визначені атрибути, що описують характерне значення. Наприклад, дескриптор може вказати зрозумілий для людини опис, прийнятний діапазон для значення характеристики або одиницю виміру, специфічну для значення характеристики.
- **Сервіс** – це сукупність характеристик. Наприклад, може бути послуга під назвою "Монітор серцевих скорочень", яка включає такі характеристики, як "вимірювання серцевого ритму".

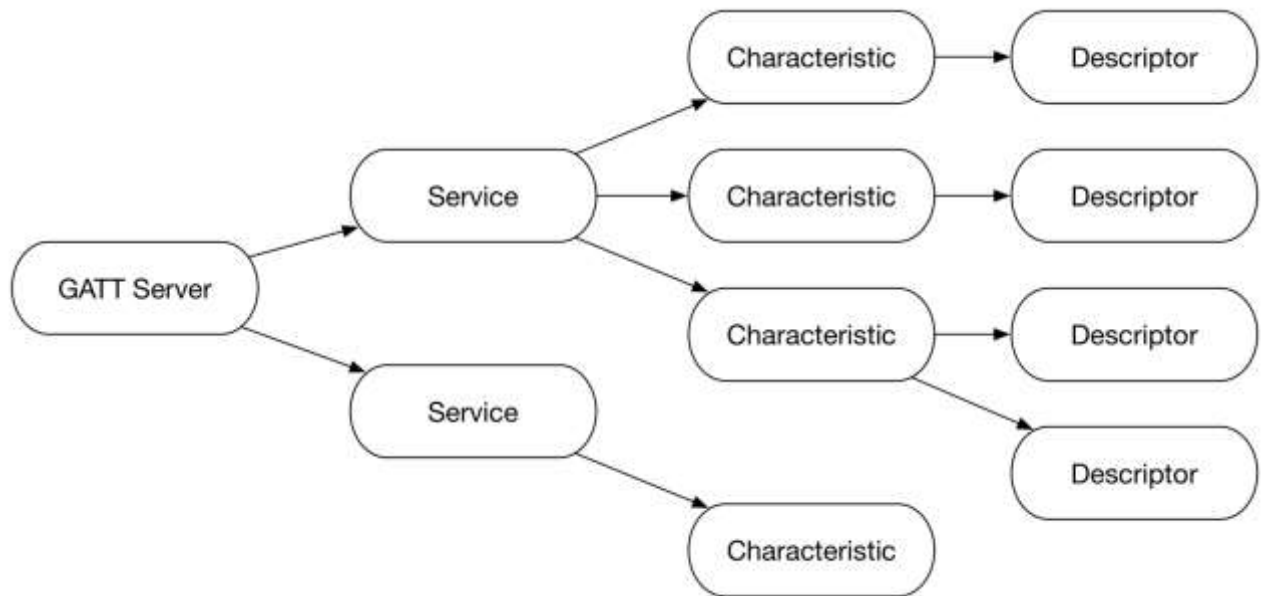


Рис.2 Процес BLE комунікації

З боку розробника є деякі речі, які потребують розуміння, але в цілому базова структура BLE була спрощена порівняно з попередніми підходами. Ось основні внутрішні шари (рис. 3, 4):

- Фізичний рівень відноситься до фізичної радіопередачі, що використовується для зв'язку та модуляції/демодуляції даних. Він працює в діапазоні ISM (спектр 2,4 ГГц).
- Рівень зв'язку – це шар, який взаємодіє з фізичним рівнем (радіо) і забезпечує вищі рівні абстракції та спосіб взаємодії з радіопередачею (через посередницький рівень, який називається шаром HCI. Він відповідає за керування станом радіопередачі, а також вимогами до часу для дотримання специфікації Bluetooth з низьким енергоспоживанням.
- Прямий тестовий режим: мета цього режиму – перевірити роботу радіопередачі на фізичному рівні (наприклад, потужність передачі, чутливість приймача тощо).
- Рівень інтерфейсу хостингового контролера (HCI) – це стандартний протокол, визначений специфікацією Bluetooth, який дозволяє хосту спілкуватися з контролером. Ці рівні можуть існувати на окремих мікросхемах або вони можуть існувати на одній мікросхемі.
- Рівень протоколу управління логічним зв'язком та протокол адаптації (L2CAP) виконує функції мультиплексування протоколу. Він бере декілька протоколів з верхніх шарів і розміщує їх у стандартних пакетах BLE, які передаються до нижчих шарів під ним.

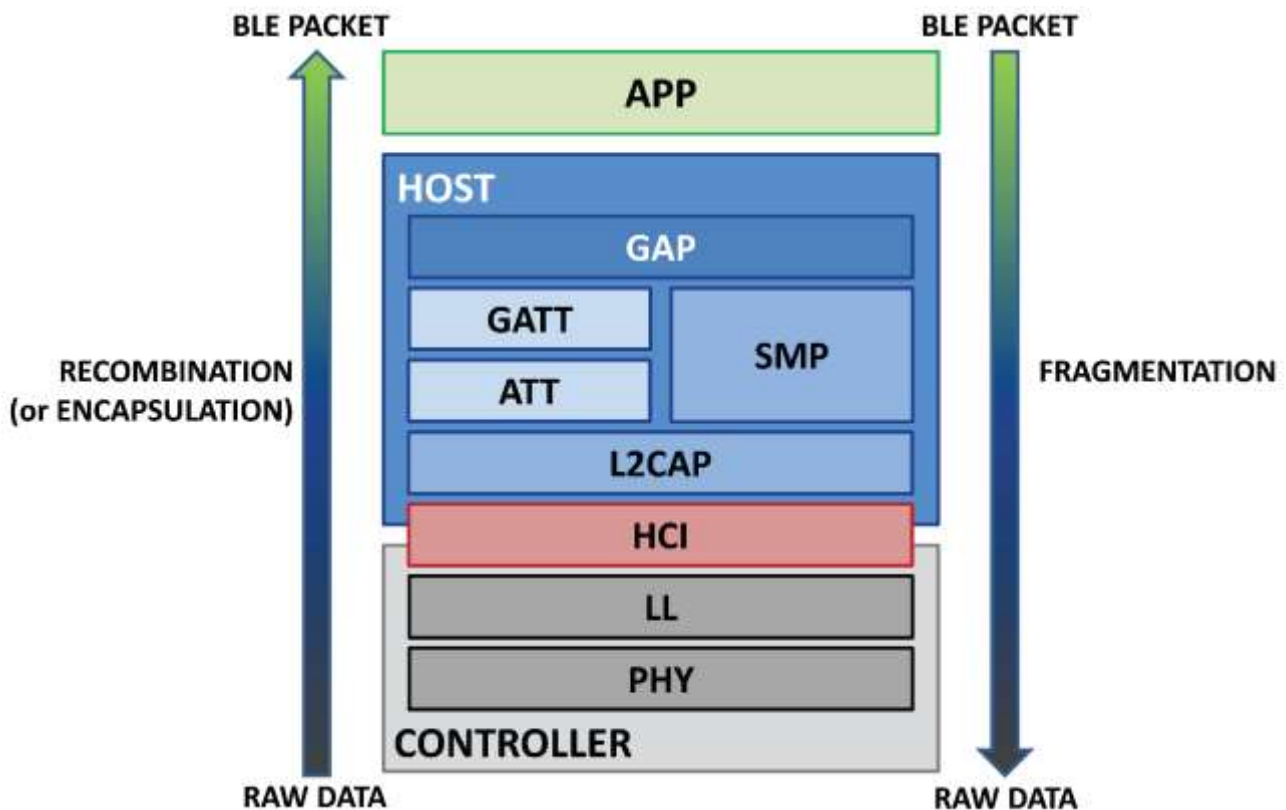


Рис.4 Основна BLE архітектура

Всього є 3 поширених операції BLE:

- **Читання:** клієнт (додаток) зчитує значення характеристики або дескриптора на сервері (BLE пристрій) та інтерпретує його на основі попередньо встановленого протоколу. Медичний пристрій може мати характеристику, значення якої представляє поточну величину згортання крові.
- **Запис:** клієнт записує деякі байти в характеристику або дескриптор на сервері (BLE пристрій). Прошивка сервера обробляє запис і виконує у відповідь на нього деяку операцію на стороні сервера. Наприклад, медичний пристрій може мати характеристику, яка змінює поля бази даних, коли вони записуються.
- **Повідомлення/вказівка:** клієнт підписується на характеристику для сповіщень і повідомляється сервером, коли значення характеристики змінюється. Медичний пристрій може мати характеристику, яка повідомляє про необхідність проведення тесту, якщо клієнт на неї підписаний.

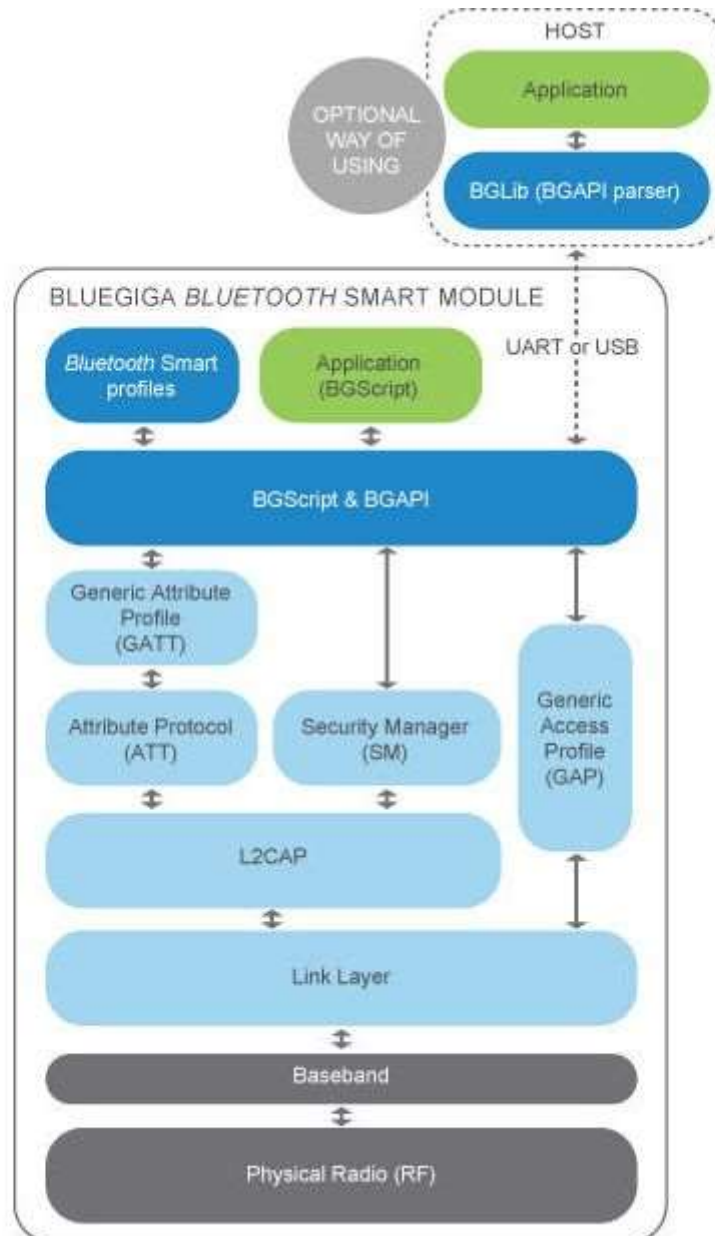


Рис.5 Повний стек BLE

Для розробки такої системи, Android Studio було обрано як середовище кодування, оскільки саме там створено більшість додатків для Android, і це найзручніший і найнадійніший інструмент, враховуючи кількість документації, написаної для розробників. Android Studio – це безкоштовне середовище з надзвичайно великою кількістю користувачів, що спрощує вирішення багатьох проблем, пов'язаних із створенням програм та налаштуванням самого середовища.

Мова розробки додатків – Java. Java вже понад 20 років є лідером на цьому ринку і є дуже зручна у користуванні в поєднанні з вищезгаданим середовищем розробки.

Імплементація на практиці

Реалізація BLE чудово вписується в архітектуру додатків MVP (Model View Presenter), яка дозволяє розробникам вносити будь-які зміни в комунікаційний потік, не впливаючи на інші компоненти додатків. Крім того, щоб зменшити споживання енергії як на смартфоні, так і на медичному пристрої, з'єднання скасовується відразу після передачі всіх записів даних. Після цього смартфон перевіряє, чи є необхідність почати шукати нові результати, і кожен раз, коли медичний пристрій має нові тести для передачі, андроїд-пристрій автоматично підключається та зчитує всі необхідні дані.



Fig.5 Appearance of the connected devices

Висновки

Були розглянуті різні методи зв'язку між периферійними пристроями. Як висновок варто вказати, що технології розвиваються досить швидко, і всі ми хочемо йти в ногу з часом та використовувати новітні та зручні технології. У цьому випадку BLE суттєво перевершує усіх інших в плані зручності, швидкості, простоти як для розробника так і для клієнтів і, головне, надійності. Сканування екрану не гарантує точного результату так само, як введення даних вручну, окрім того, обидва ці підходи вимагають більше дій з боку користувача, яких слід уникати. І все ж реалізація декількох методів рекомендована, щоб покрити різні випадки, зокрема, старі пристрої без підтримки Bluetooth тощо.

Посилання

- [1] Bluetooth Low Energy (BLE) [Online]. Available: <https://www.novelbits.io/basics-Bluetooth-low-energy/#:~:text=Benefits%20of%20BLE,access%20the%20official%20specification%20documents.>
- [2] Android BLE official documentation [Online]. Available: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/Bluetooth-le>
- [3] Smart software stack [Online]. Available: <https://www.silabs.com/products/development-tools/software/bluegiga-Bluetooth-smart-software-stack>
- [4] BLE intensive introduction [Online]. Available: <https://atadiat.com/en/e-Bluetooth-low-energy-ble-101-tutorial-intensive-introduction/>
- [5] K. Townsend, C. Cuff, Akiba, R. Davidson, "Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking", O'Reilly Media; 1st Edition, 2014, 282 p.
- [6] Bluetooth vs. Bluetooth Low Energy [Online]. Available: <https://www.link-labs.com/blog/Bluetooth-vs-Bluetooth-low-energy>
- [7] BLE intensive introduction [Online]. Available: <https://blog.beaconstac.com/2018/08/ble-made-simple-a-complete-guide-to-ble-Bluetooth-beacons/>
- [8] BLE 101 [Online]. Available: <https://www.ostusa.com/blog/introduction-basics-of-Bluetooth-low-energy-ble/>
- [9] Mohammad Afaneh, "The state of Bluetooth industry", Belmont, CA: Wadsworth, 2016, pp. 67-71.
- [10] Mike Julian "Practical Monitoring: Effective Strategies for the Real World", O'Reilly Media; 1st Edition, 2017, 170 p.

