**3.4. Truyền dữ liệu PPG đến ứng dụng di động thông qua kết nối BLE**

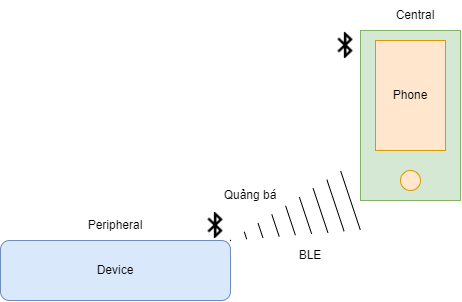
Hệ thống được xây dựng để giao tiếp với thiết bị khác cụ thể là ứng dụng trên điện thoại di động thông qua kết nối bluetooth low energy để thực hiện các hành vi khác nhau, bao gồm:

* Yêu cầu bắt đầu thực hiện thu thập dữ liệu.
* Yêu cầu dừng hoạt động thu thập dữ liệu.
* Nhận dữ liệu được gửi lên từ thiết bị.

Trong quá trình xây dựng một hệ thống để kết nối thiết bị với ứng dụng trên điện thoại, chúng ta cần xác định một mô hình hoạt động. Trong mô hình này, thiết bị sẽ đóng vai trò là một peripheral và sẽ thực hiện việc quảng bá tín hiệu để thông báo sự hiện diện của nó cho các thiết bị khác trong phạm vi quét. Đồng thời, nó sẽ cho phép các thiết bị khác có thể kết nối đến nó và thực hiện yêu cầu giao tiếp.

Trên điện thoại, ứng dụng sẽ đóng vai trò là một central và sẽ thực hiện quá trình quét và tìm kiếm các thiết bị peripheral đang quảng bá xung quanh. Khi ứng dụng tìm thấy một thiết bị, nó có thể thực hiện yêu cầu kết nối đến thiết bị đó để thiết lập một kênh giao tiếp.

Thông qua việc áp dụng mô hình này, thiết bị peripheral sẽ thông báo về sự tồn tại và sẵn sàng kết nối, trong khi ứng dụng central trên điện thoại sẽ tìm kiếm và xác định các thiết bị đó. Việc kết nối giữa thiết bị và ứng dụng sẽ tạo ra một kết nối hai chiều, cho phép trao đổi dữ liệu và thực hiện các lệnh điều khiển thiết bị.



Sau khi thiết bị này kết nối với điện thoại thông qua một ứng dụng, nó có khả năng tiếp nhận các yêu cầu từ ứng dụng thông qua các dịch vụ - service và các thuộc tính – characteristics đã được định nghĩa trước. Ngoài ra, thiết bị cũng thực hiện chức năng thông báo, gửi thông tin thu thập được về dữ liệu cho điện thoại. Điều này cho phép ứng dụng có thể thực hiện các hành động dựa trên dữ liệu thu thập được.

**3.4.1. Khởi tạo cấu hình BLE trên thiết bị**

Trên thiết bị, quá trình thu thập dữ liệu bắt đầu bằng việc thực hiện các cấu hình ban đầu để khởi tạo kết nối BLE (Bluetooth Low Energy). Điều này bao gồm việc thiết lập các thông tin quảng bá của thiết bị và cấu hình các dịch vụ (services) và thuộc tính (characteristics) liên quan.

* Dữ liệu quảng bá: Thông qua quá trình khởi tạo, thiết bị xác định dữ liệu quảng bá mà nó sẽ gửi ra môi trường xung quanh. Điều này cho phép các thiết bị khác có thể nhận biết sự hiện diện và tính năng của thiết bị đó. Thông tin quảng bá có thể bao gồm tên thiết bị, mã định danh, hoặc các thông tin khác để xác định và phân biệt thiết bị từ các thiết bị khác trong phạm vi kết nối.
* Xác định các dịch vụ và thuộc tính liên quan: các dịch vụ đại diện cho các chức năng hoặc khả năng của thiết bị, trong khi các thuộc tính định nghĩa các đặc điểm chi tiết và thông tin cụ thể về mỗi dịch vụ. Việc cấu hình này giúp ứng dụng trên điện thoại có thể hiểu và tương tác với thiết bị một cách chính xác.

Về dữ liệu quảng bá, thiết bị sẽ khởi tạo dữ liệu quảng bá bao gồm:

* Tên của thiết bị: được đặt là DevicePPG-XXXX, trong đó XXXX là bốn kí tự cuối của địa chỉ MAC của thiết bị.
* Thông tin quảng bá sẽ được thiết lập hỗ trợ cho việc kết nối chung và không hỗ trợ cho kết nối BREDR (Basic Rate/Enhanced Data Rate - một loại kết nối Bluetooth truyền thống).

Sau khi khởi tạo thông tin quảng bá BLE, ta có thể tiếp tục tạo một profile để chứa các dịch vụ (services) và thuộc tính (characteristics) trong hệ thống. Profile này sẽ hỗ trợ việc trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị trong mạng BLE. Trong việc tạo profile, ta cần định nghĩa các dịch vụ và thuộc tính mà thiết bị sẽ cung cấp. Mỗi dịch vụ đại diện cho một chức năng hoặc khả năng cụ thể của thiết bị. Và mỗi thuộc tính định nghĩa các đặc điểm chi tiết và thông tin cần thiết cho mỗi dịch vụ.

Ta xây dựng một service để dễ dàng quản lý và thực hiện trao đổi dữ liệu giữa thiết bị và ứng dụng di động. Service này có tên là DevicePPG Service và có UUID đặc trưng cho nó.

|  |  |
| --- | --- |
| **Tên dịch vụ** | **UUID** |
| DevicePPG Service | 6218e200-aa57-4302-9785-9d3727b0bde9 |

Sau khi tạo một dịch vụ trong hệ thống, ta tiếp tục tạo các thuộc tính bên trong dịch vụ đó. Trong trường hợp này, ta cần tạo hai thuộc tính cần thiết là "Request characteristic" và "Notify characteristic".

* Request characteristic: Đây là một thuộc tính được sử dụng để gửi yêu cầu từ ứng dụng trên điện thoại đến thiết bị. Yêu cầu này có thể bao gồm các tác vụ như thu thập dữ liệu từ hoặc yêu cầu dừng thu thập dữ liệu.
* Notify characteristic: Đây là một thuộc tính được sử dụng để gửi dữ liệu từ thiết bị đến ứng dụng trên điện thoại. Dữ liệu này là dữ liệu đã được thu thập bởi thiết bị.

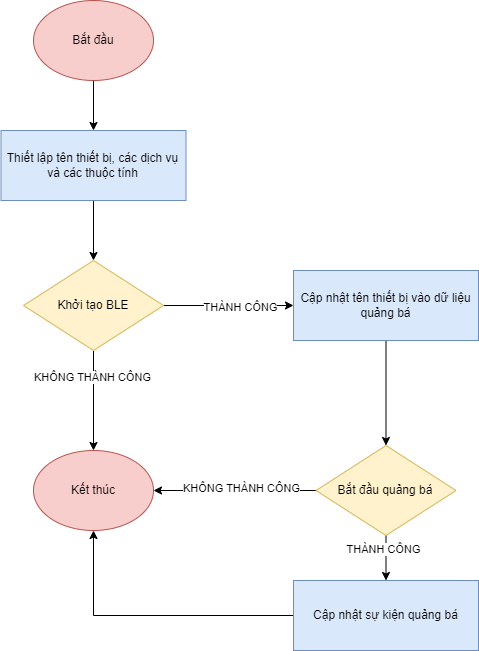
Bảng dưới đây mô tả về “Request characteristic”.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Mô tả |
| Characteristic Name | Request |
| Characteristic UUID | 6218e201-aa57-4302-9785-9d3727b0bde9 |
| Characteristic Properties | Write/Read |
| Characteristic Data Length | 247 bytes |

Bảng dưới đây mô tả về “Notify characteristic”.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Mô tả |
| Characteristic Name | Notification |
| Characteristic UUID | 6218e205-aa57-4302-9785-9d3727b0bde9 |
| Characteristic Properties | Read/Notify |
| Characteristic Data Length | 247 bytes |

Sau khi đã hoàn thành các cấu hình kết nối BLE cho thiết bị, ta cần tiến hành khởi tạo việc quảng bá (advertising) thiết bị. Quảng bá cho phép thiết bị được phát hiện và kết nối với các thiết bị khác trong kết nối BLE.



Sau khi đã thiết lập các dịch vụ và thuộc tính bên trong, quá trình khởi tạo Bluetooth Low Energy (BLE) sẽ được thực hiện bởi cấu trúc ngăn xếp (stack) BLE có sẵn trong chip nRF5340. Khi quá trình khởi tạo thành công, thông tin quảng bá sẽ được cập nhật, bao gồm cả tên thiết bị, và quá trình quảng bá sẽ bắt đầu.

Quá trình quảng bá là quá trình mà thiết bị BLE phát đi các gói tin quảng bá để thông báo về sự hiện diện của nó đến các thiết bị khác trong phạm vi. Mỗi sự kiện quảng bá sẽ diễn ra theo một khoảng thời gian nhất định. Trong thời gian này, thiết bị BLE sẽ gửi các gói tin quảng bá chứa thông tin về dịch vụ và thuộc tính mà nó hỗ trợ, bao gồm cả tên thiết bị để các thiết bị khác có thể phát hiện và kết nối với nó.

Để khởi động quá trình thu thập dữ liệu từ AFE4420 thông qua kết nối BLE của thiết bị với ứng dụng di động, chúng ta cần ghi một lệnh yêu cầu vào thuộc tính "request characteristic". Lệnh này sẽ thông báo cho thiết bị rằng chúng ta muốn bắt đầu thu thập dữ liệu.

Tương tự, để yêu cầu dừng hoạt động của quá trình thu thập dữ liệu, chúng ta cần ghi một lệnh yêu cầu dừng vào "request characteristic" và gửi đi. Thiết bị sẽ nhận lệnh này và ngừng thu thập dữ liệu theo yêu cầu.

Các lệnh yêu cầu được ghi dưới dạng mã hex đã được định nghĩa trong chương trình để phân biệt và xử lý các yêu cầu khác nhau một cách chính xác trên thiết bị.

Bảng dưới đây mô tả các yêu cầu trên request characteristic.

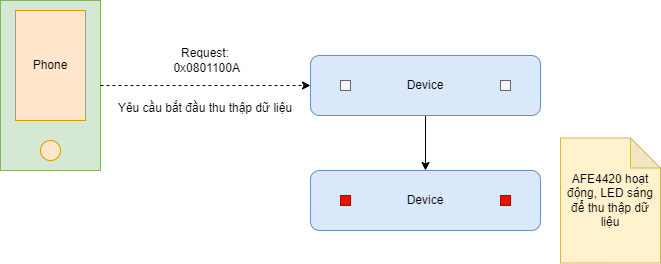
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lệnh** | **Mã HEX** | **Mô tả** |
| Bắt đầu thu thập dữ liệu | 0x0801100A | Lệnh này sẽ bắt đầu quá trình thu thập dữ liệu trên thiết bị với chế độ mặc định (chế độ thu thập liên tục nếu không thiết lập các chế độ khác trước đó). |
| Dừng thu thập dữ liệu | 0x0801100B | Lệnh này sẽ dừng quá trình thu thập dữ liệu trên thiết bị. |

Khi thiết bị nhận được một yêu cầu có mã hex là 0x0801100A, đó là yêu cầu để bắt đầu quá trình thu thập dữ liệu. Khi đó, hệ thống sẽ chuyển sang chế độ thu thập dữ liệu, cụ thể là chế độ thu thập liên tục mỗi năm phút một lần cho đến khi nhận được lệnh yêu cầu dừng thu thập.

Trong chế độ này, AFE4420 sẽ hoạt động và tiến hành thu thập dữ liệu. Các luồng công việc liên quan đến hoạt động thu thập dữ liệu sẽ thực hiện các chức năng của mình để đọc và truyền dữ liệu đến ứng dụng thông qua kết nối BLE.

Trong quá trình thu thập dữ liệu, AFE4420 sẽ lặp lại quá trình thu thập mỗi năm phút một lần, cho phép thu thập dữ liệu liên tục theo khoảng thời gian đã định. Khi nhận được lệnh yêu cầu dừng thu thập dữ liệu, hệ thống sẽ kết thúc quá trình thu thập và chuyển về trạng thái chờ lệnh tiếp theo.

Thông qua kết nối BLE, dữ liệu thu thập được sẽ được truyền từ thiết bị đến ứng dụng để thực hiện các xử lý và hiển thị tương ứng trên ứng dụng di động.



Khi thiết bị nhận được một yêu cầu có mã hex là 0x0801100B, đó là yêu cầu để dừng hoạt động thu thập dữ liệu trên thiết bị. Khi nhận được yêu cầu này, thiết bị sẽ thoát khỏi chế độ thu thập liên tục.

Trong quá trình thu thập dữ liệu, các hoạt động liên quan đến thu thập dữ liệu sẽ bị dừng lại. AFE4420 chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu, cũng sẽ ngừng hoạt động và thiết bị không gửi dữ liệu thu thập được lên ứng dụng nữa. Thiết bị sẽ trở về trạng thái chờ bình thường, sẵn sàng tiếp nhận các yêu cầu khác.

Việc dừng hoạt động thu thập dữ liệu sẽ đảm bảo rằng không có dữ liệu mới được gửi lên thiết bị sau yêu cầu dừng. Thiết bị sẽ chỉ chờ đợi và sẵn sàng thực hiện các yêu cầu khác khi được gửi đến nó.

