**CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN**

**5.1. Kết quả đạt được**

Qua quá trình thực hiện và các kết quả đạt được của thiết bị, chúng ta có thể rút ra những nhận định quan trọng về hiệu quả và tính ứng dụng của hệ thống thu thập dữ liệu tín hiệu PPG.

Đầu tiên, nghiên cứu đã thành công trong việc thực hiện thu thập dữ liệu thô về tín hiệu PPG từ cảm biến AFE4420. Điều này cho phép ta hiểu rõ hơn về nguyên tắc hoạt động và tính năng của cảm biến, và áp dụng chúng vào thiết bị để thu thập dữ liệu PPG. Điều này khẳng định tính khả thi và đáng tin cậy của hệ thống thu thập dữ liệ PPG trong môi trường thực tế.

Thứ hai là thành công trong việc xây dựng kết nối không dây thông qua giao thức Bluetooth Low Energy (BLE). Điều này cho phép thiết bị kết nối và truyền tải dữ liệu PPG đến các thiết bị di động khác một cách hiệu quả và ổn định. Sự kết hợp giữa hệ thống thu thập dữ liệu PPG và kết nối BLE đã tạo ra một giải pháp linh hoạt và thuận tiện để truyền tải dữ liệu PPG đến ứng dụng di động.

Một kết quả quan trọng khác là xây dựng thành công một ứng dụng di động đơn giản để trực quan hóa dữ liệu PPG. Điều này cho phép người dùng theo dõi và xem các biểu đồ và đồ thị của tín hiệu PPG một cách trực quan và dễ hiểu. Ứng dụng này tạo ra một giao diện người dùng thuận tiện và thân thiện, giúp người dùng nắm bắt và theo dõi thông tin về sức khỏe của họ một cách dễ dàng.

**5.2. Phạm vi ứng dụng**

Như đã đề cập trong chương 1, ban đầu thiết bị được thực hiện để phục vụ cho mục đích y tế liên quan đến các bệnh nhân sau phẫu thuật cần theo dõi tình trạng vết mổ thường xuyên để đảm bảo sức khoẻ, thu thập dữ liệu PPG là một bước quan trọng để có thể sử dụng sau này trong việc phân tích đánh giá tình trạng vết thương nơi vị trí phẫu thuật.

Tuy nhiên, phạm vi ứng dụng của hệ thống thu thập tín hiệu PPG và truyền tải đến ứng dụng di động qua Bluetooth Low Energy (BLE) không chỉ có dừng lại ở đó, nó có thể được mở rộng sang nhiều lĩnh vực đa dạng khác nhau. Dưới đây là một số phạm vi ứng dụng tiềm năng của đề tài:

* Chăm sóc sức khỏe cá nhân: Hệ thống có thể được sử dụng để theo dõi và đánh giá sức khỏe cá nhân. Tín hiệu PPG sau khi được xử lý, phân tích nó có thể cho ta biết về nhịp tim và các thông số sức khỏe khác, như nhịp tim tối đa, nhịp tim trung bình và chỉ số SpO2, người dùng có thể giám sát sức khỏe của mình và nhận biết các tín hiệu cảnh báo sớm về các vấn đề liên quan đến tim mạch và sức khỏe tổng quát.
* Theo dõi hoạt động thể chất: đối với lĩnh vực về thể thao, bằng cách theo dõi biến đổi của tín hiệu PPG trong quá trình vận động, người dùng có thể đo lường mức độ cường độ hoạt động, lượng calo tiêu thụ và tình trạng cơ bắp. Điều này giúp người dùng tối ưu hóa chế độ tập luyện, đánh giá hiệu suất và đạt được mục tiêu về thể chất.
* Quản lý căng thẳng và tâm lý: tín hiệu PPG có thể phản ánh sự biến đổi của nhịp tim và cung cấp thông tin về tần số và biên độ của nó. Điều này hỗ trợ trong việc đo lường và quản lý căng thẳng, giúp người dùng nhận ra những tình trạng tâm lý không ổn định và thực hiện các biện pháp cần thiết để cải thiện trạng thái tâm lý.
* Nghiên cứu và phân tích dữ liệu: Dữ liệu thu thập từ hệ thống PPG có thể được sử dụng cho mục đích nghiên cứu và phân tích trong lĩnh vực y tế và khoa học. Các nhà nghiên cứu có thể sử dụng dữ liệu PPG để khám phá mối liên hệ giữa nhịp tim và các yếu tố khác, như giấc ngủ, stress và hoạt động thể chất. Điều này có thể giúp cải thiện hiểu biết về sức khỏe con người và phát triển phương pháp chẩn đoán và điều trị hiệu quả hơn.

**5.3. Hạn chế**

Mặc dù hệ thống thu thập tín hiệu PPG và truyền tải đến ứng dụng di động qua Bluetooth Low Energy (BLE) mang lại nhiều lợi ích và tiềm năng, tuy nhiên, cũng tồn tại một số hạn chế cần được lưu ý. Dưới đây là những hạn chế quan trọng của đề tài này:

* Một trong những hạn chế quan trọng là thiết bị hiện tại vẫn đang thu thập và truyền tải dữ liệu thô về tín hiệu PPG. Điều này có nghĩa là dữ liệu thu được chưa được lọc và xử lý, không có sự chọn lọc để loại bỏ nhiễu và đảm bảo độ chính xác của tín hiệu. Để nâng cao hiệu suất và chính xác của hệ thống, cần thiết phải phát triển thuật toán hoặc các thành phần khác để lọc và làm tối ưu dữ liệu PPG.
* Nhiễu từ ảnh hưởng của môi trường là điều khó tránh khỏi, do đó cần thiết kế thiết bị có thiết kế tốt để tránh ảnh hưởng nhiễu từ nhiều nguồn sáng khác nhau đến từ môi trường xung quanh.
* Ngoài ra, hạn chế khác cần được đề cập là tầm xa giới hạn của kết nối Bluetooth Low Energy (BLE). Kết nối BLE có tầm xa giới hạn và có thể bị ảnh hưởng bởi vật cản và môi trường xung quanh. Điều này có thể làm gián đoạn hoặc mất kết nối trong quá trình truyền tải dữ liệu PPG. Để cải thiện hiệu suất, cần tiếp tục nghiên cứu và thử nghiệm các giải pháp để tăng cường tầm xa và độ ổn định của kết nối BLE.
* Bảo mật và riêng tư: Vì dữ liệu sức khỏe cá nhân được thu thập và truyền tải, vấn đề bảo mật và riêng tư là một hạn chế quan trọng. Cần đảm bảo rằng các biện pháp bảo mật và quyền riêng tư được triển khai một cách chặt chẽ để bảo vệ thông tin cá nhân của người dùng và ngăn chặn việc truy cập trái phép hoặc lạm dụng dữ liệu.
* Năng lượng cũng là một vấn đề, mặc dù đã dùng kết nối BLE để tiết kiệm năng lượng, tuy nhiên, thiết bị hiện tại chỉ có thể thu thập dữ liệu khi cần thiết không thể liên tục thu thập theo dõi người dùng để đảm bảo về mặt năng lượng do đó không thể liên tục thực hiện quá trình đo đạc tín hiệu.
* Ngoài ra, có thể thấy rằng hệ thống chỉ dừng lại ở mức thu thập dữ liệu thô, đối với các ứng dụng thực tế thì dữ liệu này cần được xử lý để có thể cho biết về các thông tin như nhịp tim, SpO2, huyết áp,… Do đó cần thực hiện các bước thuật toán để xử lý dữ liệu thu thập được thành thông tin có ý nghĩa cho người dùng.

**5.4. Hướng phát triển**

Có nhiều hướng phát triển tiềm năng cho đề tài này, nhằm nâng cao hiệu suất và khả năng ứng dụng của hệ thống thu thập tín hiệu PPG và truyền tải đến ứng dụng di động. Dưới đây là một số hướng phát triển quan trọng có thể được xem xét:

* Nâng cao thuật toán xử lý tín hiệu: Để cải thiện độ chính xác và tin cậy của dữ liệu PPG, cần tiếp tục nghiên cứu và phát triển các thuật toán xử lý tín hiệu tiên tiến. Các thuật toán này có thể bao gồm lọc nhiễu, phân tích tín hiệu, và các phương pháp trích xuất đặc trưng. Sự cải tiến trong thuật toán sẽ đảm bảo rằng dữ liệu thu thập được chính xác và đáng tin cậy hơn, đồng thời cung cấp thông tin quan trọng về nhịp tim và sức khỏe cho người dùng.
* Hơn nữa, hợp tác với các nhà sản xuất thiết bị y tế và chuyên gia y tế là một hướng phát triển quan trọng. Sự kết hợp giữa công nghệ và y tế sẽ mang lại những cơ hội mới trong việc áp dụng hệ thống thu thập tín hiệu PPG và truyền tín hiệu đến ứng dụng di động vào việc chẩn đoán, điều trị và quản lý bệnh. Các chuyên gia y tế có thể sử dụng dữ liệu PPG để đưa ra các quyết định và khuyến nghị chính xác hơn về sức khỏe và chăm sóc cho bệnh nhân.
* Từ phạm vi ứng dụng kể trên ta có thể mở rộng khả năng ứng dụng: Nó có thể được sử dụng trong giám sát sức khỏe cá nhân, theo dõi tình trạng tim mạch, giảng dạy và nghiên cứu y học, và nhiều ứng dụng khác. Việc nghiên cứu và phát triển các ứng dụng mới sẽ mở ra cơ hội để áp dụng công nghệ PPG vào các lĩnh vực mới và mang lại lợi ích cho người dùng và cộng đồng.