

THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TIM CẦM TAY HỖ TRỢ CHẨN ĐOÁN BỆNH TỪ XA

PORTABLE ECG DEVICE SUPPORTS PREDICTING DISEASE FROM AFAR

Đặng Quốc Vương, Lê Đức Huy, Ngô Lê Hoàng Long, Bùi Quốc Thắng, Lương Thanh Nhật
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh
Email: thanhnhatlương@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm phát triển một thiết bị đo điện tim cầm tay nhỏ gọn cùng với một ứng dụng di động, cho phép bệnh nhân và bác sĩ kết nối và trao đổi thông tin một cách thuận tiện và hiệu quả hơn. Nghiên cứu này lấy mẫu với tần số 250Hz, đã có 40 người khác nhau tham gia tình nguyện với thời lượng đo 15 phút, tất cả dữ liệu được lưu trên cơ sở dữ liệu đám mây. Sau mỗi lần đo xong, ứng dụng di động tốn khoảng 5 giây để cập nhật tệp dữ liệu lên máy chủ.

Từ khóa: ECG; Điện tâm đồ; Thiết bị cầm tay.

ABSTRACT

This research aims to develop a compact handheld ECG device along with a mobile application, allowing patients and doctors to connect and exchange information more conveniently and efficiently. This study sampled at a frequency of 250Hz, involving 40 different volunteers with a measurement duration of 15 minutes. All data was stored in a cloud-based database. After each measurement session, the mobile application took approximately 5 seconds to update the data file to the server.

Keywords: ECG; Electrocardiogram; Portable device.

1. GIỚI THIỆU

Bệnh tim mạch và các biến chứng liên quan là một trong những nguyên nhân gây tử vong hàng đầu trên toàn thế giới. Theo ước tính, có khoảng 17,9 triệu người tử vong do bệnh tim mạch tương ứng với 32% tổng số ca tử vong trên toàn cầu vào năm 2019. Trong số những ca tử vong này có đến 85% nguyên nhân là do đau tim và đột quy. Có đến hơn 75% tổng số ca tử vong do bệnh tim mạch xảy ra tại các nước có thu nhập thấp và trung bình [1]. Tại

Việt Nam, xu hướng tử vong do bệnh tim mạch đang ngày càng tăng, trong đó tử vong do bệnh mạch máu não chiếm tỷ lệ lớn nhất, với tỷ suất tử vong tăng từ 127,3/100.000 dân (năm 2000) lên 164,9/100.000 dân (năm 2022) [2]. Mặc dù có tỉ lệ tử vong cao, tuy nhiên các triệu chứng của bệnh tim mạch có liên quan trực tiếp đến hành vi, lối sống và đặc biệt có thể theo dõi sớm để ngăn ngừa kịp thời. Do đó, nhu cầu và sự quan tâm đối với các thiết bị cầm tay có thể theo dõi hành động và sức khỏe tim mạch ngày càng tăng [3] bởi tính tiện dụng và linh hoạt của

nó. Một trong những phương pháp giúp theo dõi được sức khỏe của tim mạch hiện nay là sử dụng điện tâm đồ (Electrocardiogram) hay ECG (EKG) là một phương pháp ghi lại hoạt động của tim do Wiillem Einthoven phát minh vào năm 1902 [4]. Điện tâm đồ là một phần

không thể thiếu trong các đánh giá ban đầu đối với các bệnh nhân có nghi ngờ hoặc gặp các vấn đề liên quan đến tim mạch. Hiện nay, trên thị trường đã có một số sản phẩm thương mại hỗ trợ đo điện tim cầm tay.

Bảng 1. Một số thiết bị đo điện tim cầm tay và đặc điểm

Thiết bị đo điện tim	Đặc điểm	Giá thành
Beurer ME90 [5]	- Thời gian đo: 30s - Xuất kết quả để gửi cho chuyên gia đánh giá thông qua email hoặc mang đến cơ sở y tế	- 170\$ (4.800.000 VND)
Omron Complete Wireless Upper Arm Blood Pressure Monitor + EKG [6]	- Tích hợp nhiều tính năng trên thiết bị - Xuất kết quả để gửi cho chuyên gia thông qua email hoặc mang đến cơ sở y tế.	- 150\$ (3.752.000 VND)
FL10 Portable ECG Monitor [7]	- Thời gian đo: 30s - Xuất ra kết quả để gửi cho chuyên gia thông qua email hoặc mang trực tiếp đến cơ sở y tế	- 70\$ (1.765.000 VND)

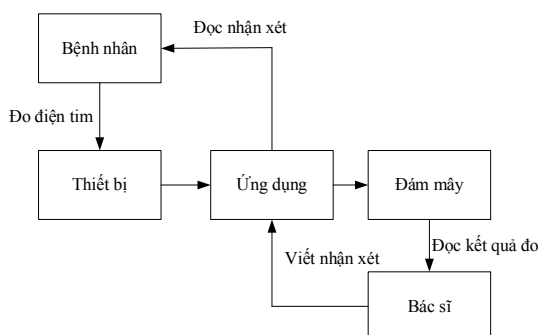
Từ các thiết bị đã khảo sát ở Bảng 1, có thể thấy quy trình đo bằng các thiết bị cầm tay trên còn một số nhược điểm như thời gian lấy mẫu còn quá ngắn: 30s so với tiêu chuẩn [8], cùng với đó là khi thực hiện đo nhanh chưa phân ra các hình thái vận động khác nhau, bao gồm thực hiện đo khi nằm nghỉ từ 5-10 phút, đo khi vận động thể thao cường độ cao từ 15-30 phút và đo lưu động với chu kỳ ít nhất là 24 giờ, từ đó dễ dẫn đến sai lệch kết quả trong quá trình đánh giá. Ngoài ra, một nhược điểm khác của các thiết bị cầm tay sẵn có chính là hầu hết người sử dụng đều không có khả năng đọc kết quả trực tiếp từ thiết bị mà phải mang kết quả đến gặp bác sĩ hoặc gửi kết quả thông qua email. Điều này đặc biệt khó khăn đối với những người lớn tuổi, sức khỏe không đảm bảo trong việc di chuyển và đặc biệt khi chờ đợi

đọc kết quả tại bệnh viện cũng sẽ mất rất nhiều thời gian. Ngoài ra, chức năng gửi email cũng không khả thi khi kiến thức về công nghệ của người cao tuổi vẫn còn nhiều hạn chế.

Từ những hạn chế của các thiết bị đã có trên thị trường, nghiên cứu này sẽ tập trung vào việc tăng tính tiện lợi cho cả bệnh nhân và bác sĩ trong quy trình tầm soát từ xa các bệnh tim mạch. Nhóm nghiên cứu sẽ thiết kế một thiết bị đo điện tim thông minh sử dụng công nghệ IoT với giá thành thấp, dữ liệu sẽ được lưu trên điện toán đám mây và có thể truy cập từ xa. Sơ đồ quy trình hoạt động của hệ thống đo điện tim tích hợp IoT được thể hiện ở Hình 1 bên dưới. Bệnh nhân sẽ truy cập vào phần mềm để thực hiện đo điện tim, kết quả đo sẽ được lưu vào đám mây. Bác sĩ sẽ có quyền truy cập vào dữ



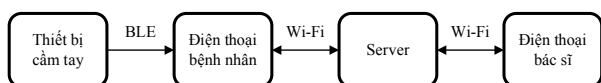
liệu của bệnh nhân mà mình quản lý và nhận xét trực tiếp thông qua ứng dụng của thiết bị cho bệnh nhân. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sẽ thực hiện một số phương pháp lọc tín hiệu trên dữ liệu điện tim để tăng tính tin cậy của phép đo.



Hình 1. Sơ đồ quy trình hoạt động của hệ thống đo điện tim tích hợp IoT

2. PHƯƠNG PHÁP

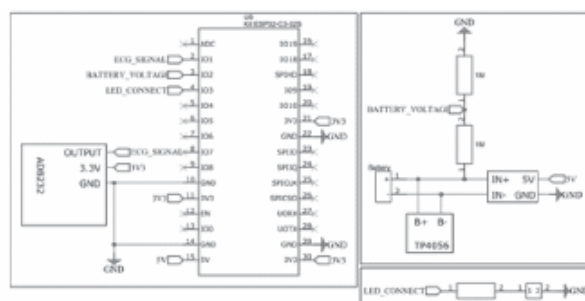
Sơ đồ ở Hình 2 thể hiện các luồng truyền nhận dữ liệu của hệ thống. Hệ thống truyền nhận dữ liệu sẽ bao gồm tín hiệu từ thiết bị đo điện tim cầm tay được gửi về ứng dụng điện thoại của bệnh nhân thông qua giao thức Bluetooth Low Energy (BLE). Sau khi đo xong, người bệnh có thể gửi tệp dữ liệu điện tâm đồ lên máy chủ đám mây bằng giao tiếp Internet. Lúc này, phần mềm bên phía bác sĩ sẽ nhận được thông báo và bác sĩ có thể đưa ra nhận xét về tình trạng bệnh lý của bệnh nhân dựa trên những gì đã đo và phía giao diện của người bệnh sẽ hiện lên chẩn đoán của bác sĩ.



Hình 2. Sơ đồ truyền nhận dữ liệu

Để có thể truyền nhận tín hiệu bằng Bluetooth, thiết bị đo điện tim cầm tay, một số phương án được đề xuất như: CC1312R7 [9], Raspberry Pi Pico W [10] và ESP32 [11]. Trong đó ESP32 là một phương án phù hợp

cả về giá thành và tính năng, sẽ cần phải dùng ESP32. Mạch vi điều khiển ESP32 sản xuất bởi công ty Espressif có khả năng kết nối Wi-Fi và Bluetooth, cho phép gửi dữ liệu đến các thiết bị thông minh khác như điện thoại thông minh một cách tiện lợi và ít tốn kém thời gian. Ngoài ra, ESP32 có kích thước nhỏ và tiêu thụ điện năng tương đối thấp, lý tưởng cho một thiết bị cầm tay nhỏ gọn và tuổi thọ pin lâu. Sơ đồ mạch điện trong Hình 3 cho thấy vi điều khiển ESP32 kết nối với module đo điện tim AD8232. Bên cạnh đó, thiết bị còn được tích hợp mạch sạc pin lithium cho phép người dùng sạc lại thiết bị. Điện áp của pin lithium có giá trị từ 3.7V đến 4.2V, nhưng bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang kỹ thuật số của ESP32 chỉ nhận điện thế từ 3.3V trở xuống, thế nên cần kết hợp với hai điện trở mắc nối tiếp để tạo thành mạch chia áp làm giảm tín hiệu pin về khoảng từ 1.85V đến 2.1V tương đương 0% đến 100% dung lượng pin. Ngoài ra, mạch còn có đèn báo hiệu cho biết thiết bị đã kết nối với ứng dụng di động.



Hình 3. Sơ đồ điện của thiết bị đo điện tim cầm tay

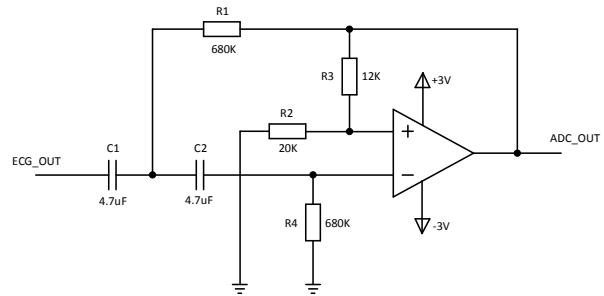
Máy chủ dùng cho nghiên cứu này chính là Firebase do công ty Google cung cấp. Dịch vụ này bao gồm cơ sở dữ liệu thời gian thực, lưu trữ tệp đám mây và xác thực người dùng giúp xây dựng và quản lý ứng dụng một cách hiệu quả. Một trong những điểm mạnh của Firebase là khả năng tích hợp dễ dàng với các dịch vụ khác của Google và bên thứ ba, giúp tối ưu hóa trải nghiệm người dùng và tăng

cường tính năng của ứng dụng. Không những vậy, Firebase cho phép nhà phát triển sử dụng miễn phí dịch vụ ở quy mô nhỏ. Cơ sở dữ liệu sẽ được thiết kế với cấu trúc như trong Hình 4. Mỗi lần bệnh nhân đo xong, tệp dữ liệu sẽ được gửi đến kho lưu trữ đám mây của Firebase và thông tin sẽ được cập nhật ở cơ sở dữ liệu thời gian thực bao gồm thời gian đo, thời gian bình luận và nội dung bình luận về tình trạng bệnh lý của người bệnh dựa trên tệp dữ liệu điện tâm đồ được bác sĩ xem và đánh giá.



Hình 4. Cấu trúc cơ sở dữ liệu thời gian thực

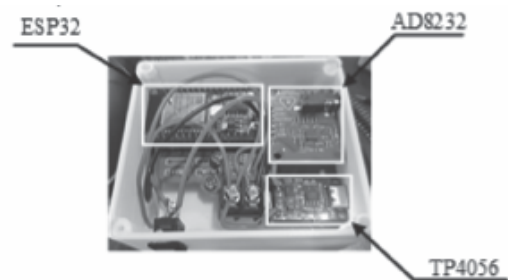
Trong quá trình đo điện tim, đôi khi bệnh nhân sẽ có những chuyển động nhỏ đến từ việc hít thở hoặc cử động cơ thể, điều này sẽ gây ảnh hưởng đến đường cơ sở của biểu đồ điện tim. Do đó cần tích hợp bộ lọc đường cơ sở dùng để loại bỏ tín hiệu nhiễu dạng gai có tần số từ 0.5Hz trở xuống [12] như trong Hình 5. Hai đoạn mạch RC bao gồm R1-C1 và R4-C2 có công dụng lọc thông cao, giúp loại bỏ tín hiệu tần số 0.5Hz. Giá trị của điện trở R1 và R4 phải lớn hơn 250kΩ để tạo cách ly giữa bệnh nhân với mạch điện. R2 là điện trở kéo xuống để tránh hiện tượng nổi ở ngõ vào thuận của op-amp, đồng thời giúp điều khiển mức khuếch đại tín hiệu điện của mạch khi kết hợp với R3. Tần số lấy mẫu được chọn là 250Hz [13] vì đây là tần số tối thiểu để dữ liệu có thể được phân tích trong miền tần số.



Hình 5. Bộ lọc đường cơ sở

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Sản phẩm trong Hình 6 bao gồm vỏ hộp nhựa và các mạch module ESP32, AD8232, mạch sạc pin TP4056, mạch ổn áp 5V được tích hợp vào mạch in PCB. Bên cạnh đó, pin lithium được đặt ở một ngăn riêng biệt nhằm hạn chế sự nhiễu đến từ nguồn điện. Vỏ hộp được in 3D có các lỗ cho phép người dùng cắm dây điện tim và dây sạc pin. Nắp hộp được cố định với thân bằng 4 vít nhện.



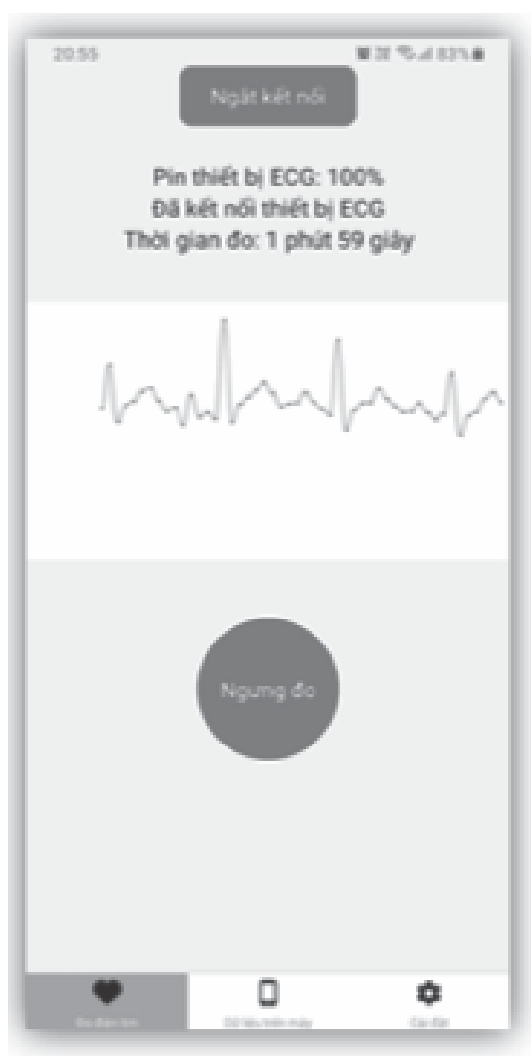
Hình 6. Thiết bị đo điện tim cầm tay

Sau khi thực nghiệm đo bằng mạch AD8232 kết hợp với mạch lọc đường cơ sở, dữ liệu được lấy bằng cách cho vi điều khiển ESP32 gửi tín hiệu ADC đo được về máy tính thông qua giao tiếp Serial.



Hình 7. Điện tâm đồ đo được của thiết bị

Giao diện người dùng của ứng dụng di động được thiết kế bằng React Native cho phép phần mềm có thể chạy ở cả hệ điều hành Android và iOS. Trước khi có thể dùng chức năng đo điện tim như trong Hình 8, người dùng sẽ cần phải kết nối ứng dụng với thiết bị đo điện tim cầm tay chỉ với một nút bấm trên màn hình. Sau khi đo xong với khoảng thời gian đã thiết lập trước trong phần cài đặt, phần mềm sẽ tự động ngưng đo và lưu dữ liệu thu được thành một tệp csv. Bệnh nhân có thể đăng nhập và gửi tệp này lên máy chủ đám mây để bác sĩ chẩn đoán bệnh và đưa ra nhận xét.



Hình 8. Ứng dụng di động

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một thiết bị đo điện tim cầm tay tiêu thụ điện năng thấp đã được thiết kế với chi phí thấp hơn nhiều so với các thiết bị hiện có trên thị trường. Thiết bị này không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn đảm bảo độ chính xác cao trong việc đo lường các tín hiệu điện tim với tần số lấy mẫu 250Hz. Để cải thiện dữ liệu đo, mạch lọc đường cơ sở đã được áp dụng nhằm loại bỏ tần số nhiễu 0.5Hz do chuyển động cơ thể gây ra. Dữ liệu được hiển thị trực tiếp trên màn hình của ứng dụng di động, với thời lượng đo có thể điều chỉnh tùy vào tình huống đo khác với các sản phẩm trên thị trường chỉ cho phép một số thời gian đo cố định. Hơn nữa, dữ liệu này có thể được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu đám mây, tạo điều kiện thuận lợi cho các bác sĩ trong việc chẩn đoán và theo dõi tình trạng sức khỏe của bệnh nhân từ xa. Nghiên cứu này đã thu thập 40 mẫu dữ liệu, mỗi mẫu có dung lượng 15 phút, tất cả được lưu trên cơ sở dữ liệu đám mây. Sau mỗi lần đo xong, ứng dụng di động tốn khoảng 5 giây để cập nhật tệp dữ liệu lên máy chủ.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài NCKH cấp Trường trong khuôn khổ đề tài mã số T-CK-2023-01. Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ phương tiện và cơ sở vật chất cho đề tài này.❖

Ngày nhận bài: 02/4/2025

Ngày phản biện: 15/4/2025

Tài liệu tham khảo

- [1]. W. H. Organization, “Cardiovascular diseases (CVDs)”. World Health Organization (WHO) Fact sheets, 2021.
- [2]. B. Y. Tế, “Cổng thông tin điện tử Bộ Y Tế (MOH),” Bộ Y Tế, 16 12 2022. [Trực tuyến]. Available: https://moh.gov.vn/tin-tong-hop/-/asset_publisher/k206Q9qkZOqn/content/xu-huong-tu-vong-do-benh-tim-mach-ang-ngay-cang-tang-tai-viet-nam. [Đã truy cập 20 11 2023].
- [3]. Atsushi Mizuno, Sujatha Changolkar and Mitech S. Patel, “Wearable Devices to Monitor and Reduce the Risk of Cardiovascular Disease: Evidennce and Opportunities”. Annual Reviews, pp. 459-471, 2021.
- [4]. Yasar Sattar and Lovely Chhabra, “Eelectrocardiogram”. Trong StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL), StatPearls, 2023.
- [5]. Beurer, “Beurer ME 90 Mobile ECG Device Instruction Manual”. 4 December 2022. [Trực tuyến]. Available: <https://manuals.plus/beurer/me-90-mobile-ecg-device-manual>.
- [6]. Omcron, “Omcron Healthcare - Complete™ Wireless Upper Arm Blood Pressure Monitor + EKG” [Trực tuyến]. Available: <https://omronhealthcare.com/products/complete-wireless-upper-arm-blood-pressure-monitor-ekg-bp7900/downloads>.
- [7]. Facelake, “Facelake-FL10 Portable ECG Monitor with Bluetooth, APP and PC software” [Trực tuyến]. Available: <https://facelake.com/products/fl10-portable-ecg-monitor>.
- [8]. “Better Health Channel” [Trực tuyến]. Available: <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/conditionsandtreatments/ecg-test>. [Đã truy cập 25 11 2023].
- [9]. T. Intruments, “Texas Intruments”, November 2021 [Trực tuyến].
- [10]. R. Pi, “Raspberry Pi - Pico-series Microcontrollers”, 30 December 2022. [Trực tuyến]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-datasheet.pdf#page=27&zoom=100,153,181>.
- [11]. “espressif” [Trực tuyến]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- [12]. W. J. Winney Y DU, “Design of an ECG Sensor Circuitry for Cardiovascular Disease Diagnosis”. International Journal of Biosensors & Bioelectronics, tập 2, số 4, pp. 120-125, 2017.
- [13]. O. Kwon, “Electrocardiogram Sampling Frequency Range Acceptable for Heart Rate Variability Analysis”. Healthcare Informatics Research, tập 24, số 3, pp. 198-206, 2018.