



Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.1.121-138>

***Corresponding author:**

Email address:

22115054122134@sv.ute.udn.vn

Received: 07/08/2025

Received in Revised Form:
14/03/2026

Accepted: 15/03/2026

Non-contact single-target heart rate and breath measurement solution using shortwave radar technology

Ngo Thi Minh Huong, Tran Nghieu Luan*, Tran Van Nam

Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Technology and Education – Da Nang University, Thanh Binh Ward, Da Nang City.

Abstract: This paper presents a medical solution using shortwave radar technology that allows the measurement of human heart rate and breath without physical contact, thereby ensuring maximum confidentiality for patients and safety for doctors. Shortwave radar technology with a frequency of 60GHz with the principle of continuous frequency modulation (FCMW) to measure and detect frequency signals from the human body through a scan signal sent from the radar to the chest and collect the receiver signal for processing. Those signals are caused by microscopic movements of the heart and lungs that change the reflex frequency. By processing complex algorithms, the system can analyze subtle changes and calculate heart rate (BPM) and respiratory rate (RPM) parameters. The outstanding advantages are convenience, safety, and non-invasiveness that allow continuous monitoring even if the subject has an extremely serious infectious disease in a medical setting. This technology has extremely large applications in telemedicine and examination, patient consultation, child care.

Keywords: FMCW, BPM, RPM, FFT, IF, ADC.



Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.1.121-138>

Tác giả liên hệ:
Địa chỉ Email:
22115054122134@sv.ute.udn.vn

Ngày nộp bài: 07/08/2025
Ngày nộp bài sửa: 14/03/2026
Ngày chấp nhận: 15/03/2026

Giải pháp đo nhịp tim và hơi thở đơn mục tiêu không tiếp xúc bằng công nghệ radar sóng ngắn

Ngô Thị Minh Hương, Trần Nghiêu Luận*, Trần Văn Nam
Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại Học Đà Nẵng, Phường Thanh Bình, Thành Phố Đà Nẵng.

Tóm tắt: Bài báo này trình bày một giải pháp y tế bằng công nghệ radar sóng ngắn cho phép đo nhịp tim và hơi thở con người mà không cần tiếp xúc vật lý từ đó đảm bảo sự bảo mật tối đa cho người bệnh và sự an toàn cho Bác sĩ. Công nghệ radar sóng ngắn với tần số 60GHz với nguyên lý điều chế tần số liên tục (FCMW) để đo và phát hiện các tín hiệu tần số từ cơ thể con người thông qua tín hiệu quét được gửi đi từ ra-đa tới lồng ngực và thu về tín hiệu thu để xử lý. Các tín hiệu đó do sự chuyển động cực nhỏ của tim và phổi gây ra làm thay đổi tần số phản xạ. Bằng cách xử lý các thuật toán phức tạp, hệ thống có thể phân tích những thay đổi tinh vi và tính toán thông số nhịp tim (BPM) và nhịp thở (RPM). Ưu điểm vượt trội là sự tiện lợi, sự an toàn và không xâm lấn cho phép theo dõi liên tục ngay cả khi đối tượng mắc căn bệnh lây nhiễm cực kỳ nghiêm trọng trong môi trường y tế. Công nghệ này có ứng dụng cực kỳ lớn trong y tế từ xa và khám, hội chẩn bệnh nhân, chăm sóc trẻ em.
Từ khóa: FMCW, BPM, RPM, FFT, IF, ADC.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh y tế hiện đại, việc giám sát các dấu hiệu sinh tồn của bệnh nhân như nhịp tim và nhịp thở một cách liên tục và chính xác là yếu tố cốt lõi trong chẩn đoán và điều trị [1]. Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống đòi hỏi sự tiếp xúc vật lý - gắn điện cực, kẹp cảm biến - không chỉ gây ra sự bất tiện cho bệnh nhân mà còn tiềm ẩn một rủi ro lây nhiễm cực kỳ nghiêm trọng [2]. Đây không phải là một nguy cơ lý thuyết, mà là một thực trạng đáng báo động đã được ghi nhận qua nhiều sự việc đau lòng trên toàn thế giới và tại Việt Nam.

Trên thực tế, nhiễm khuẩn bệnh viện là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây bệnh và tử vong cho người bệnh. Các vi khuẩn khi khám cho người bệnh có bệnh lây nhiễm qua da, đường

hô hấp còn sót lại khi khám cho người bệnh và có thể dễ dàng lây lan qua tay của nhân viên y tế hoặc các thiết bị y tế dùng chung không được khử khuẩn đúng cách [3]. Các ví dụ điển hình bao gồm:

Đại dịch COVID-19: Đã cho thấy rõ sự nguy hiểm của việc lây nhiễm qua tiếp xúc gần trong các cơ sở y tế, nơi hàng ngàn nhân viên y tế đã bị nhiễm bệnh và tử vong khi chăm sóc bệnh nhân.

Các ổ dịch do siêu vi khuẩn: Bệnh viện trên toàn thế giới thường xuyên phải đối mặt với các đợt bùng phát dịch do MRSA, có thể gây nhiễm trùng da, nhiễm trùng huyết và viêm phổi nghiêm trọng, lây lan qua các thiết bị theo dõi tiếp xúc.

Vụ việc tại Bệnh viện Đa khoa tỉnh Bắc Ninh (2017): Một vụ dịch nhiễm khuẩn nghiêm trọng đã khiến 4 trẻ sơ sinh tử vong, cho thấy hậu

quả thảm khốc của nhiễm khuẩn bệnh viện, đặc biệt là với những bệnh nhân có hệ miễn dịch yếu. [3]

Theo các báo cáo y tế tại Việt Nam, nhiễm khuẩn liên quan đến đường hô hấp tại các phòng ICU gây ra gánh nặng tài chính hàng chục triệu USD mỗi năm và làm tăng đáng kể tỷ lệ tử vong. [9]

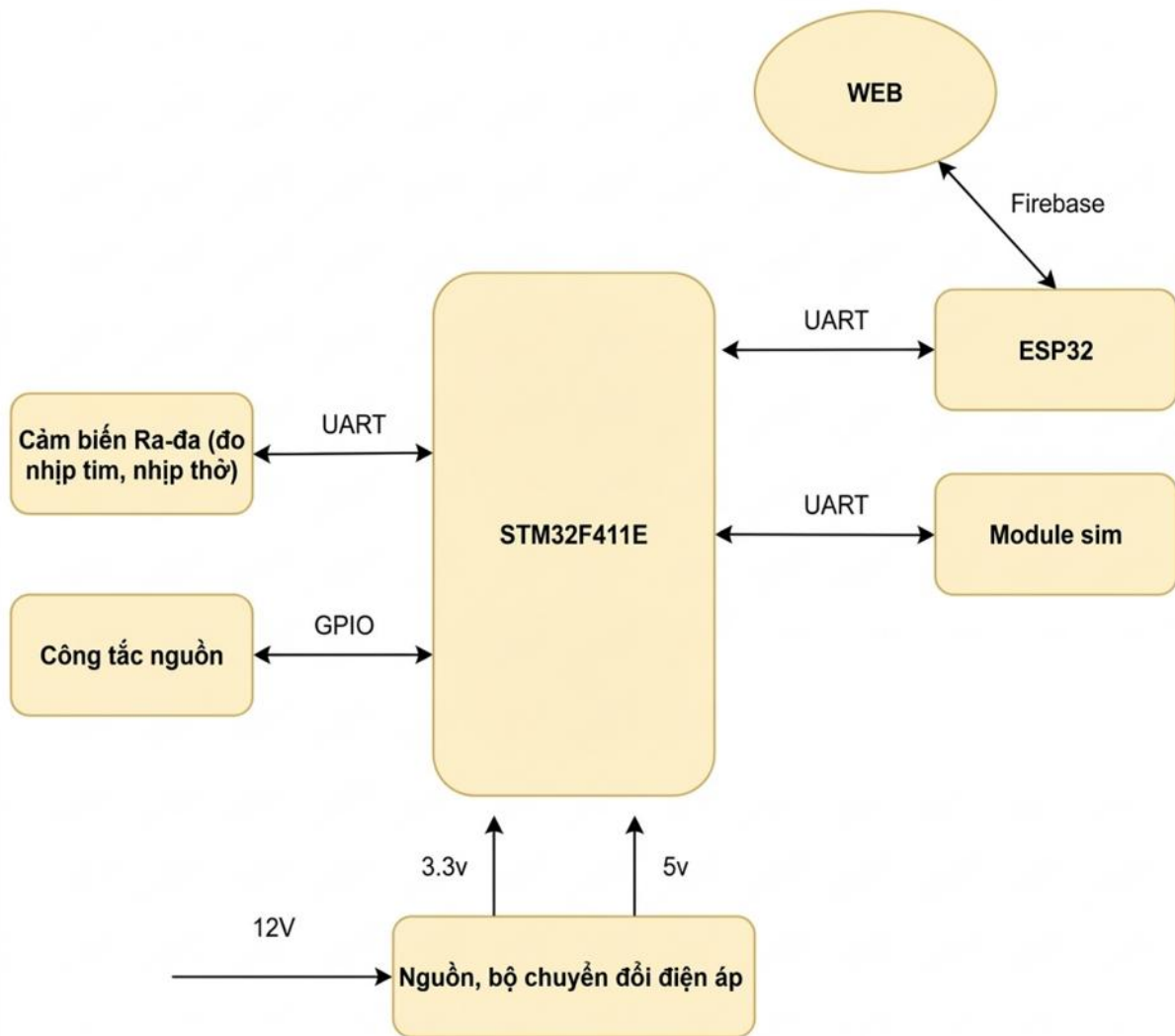
Tại Việt Nam, nhiễm khuẩn chéo từ thiết bị y tế (đặc biệt máy thở ở ICU) gây ra sepsis và bloodstream infection với tỷ lệ tử vong lên đến ~30–40%, có thể dẫn đến biến chứng rối loạn nhịp tim hoặc ngừng tim ở bệnh nhân nặng. [4]

Bên cạnh nguy cơ lây nhiễm, việc giám sát bằng camera tuy giải quyết được vấn đề khoảng cách nhưng lại xâm phạm nghiêm trọng đến quyền riêng tư của người bệnh. Do đó, việc phát triển một

giải pháp công nghệ có khả năng đo lường chính xác các chỉ số sinh tồn từ xa, không cần tiếp xúc, và tôn trọng quyền riêng tư đã trở thành một yêu cầu cấp thiết. [5], [1]

2. Tổng quan hệ thống

Hệ thống sử dụng vi điều khiển STM32 để xác định trạng thái của thu thập dữ liệu từ cảm biến radar nhằm phân tích tần số chuyển động của người bệnh. Các tín hiệu thu được sẽ được xử lý trực tiếp trên STM32 về thông số về nhịp tim và hơi thở của người bệnh. Đồng thời sử dụng ESP32 để gửi dữ liệu lên web theo thời gian thực để đội ngũ y tế có thể giám sát và theo dõi. Vi điều khiển STM32 được cấu hình tối ưu nhằm đảm bảo hoạt động liên tục, đáng tin cậy và tự động cập nhật trạng thái khi phát hiện sự cố của thiết bị.



Hình 1. Tổng quan về hệ thống giám sát

Sơ đồ khối trong Hình 1 minh họa cấu trúc phân tầng của hệ thống giám sát dấu hiệu sinh tồn không tiếp xúc. Trọng tâm của kiến trúc là vi điều khiển STM32F411E, đóng vai trò bộ xử lý trung tâm điều phối luồng dữ liệu thông qua các giao thức truyền thông công nghiệp. Cụ thể, thiết bị thu thập tín hiệu thô từ cảm biến radar 60GHz qua giao tiếp UART để thực hiện các thuật toán phân tích tần số chuyển động vi mô của lồng ngực.

Sơ đồ cũng làm nổi bật tính đa nhiệm của hệ thống khi tích hợp mô-đun ESP32 để đồng bộ hóa dữ liệu lên nền tảng website và mô-đun SIM nhằm đảm bảo khả năng cảnh báo liên tục. Việc sử dụng bộ chuyển đổi điện áp đa mức từ nguồn đầu vào cho thấy sự tối ưu hóa trong thiết kế phần

cứng, đảm bảo tính ổn định vận hành cho các linh kiện có đặc tính điện áp khác nhau.

3. Thiết kế mô hình hệ thống

3.1. Kiến thức chung

3.1.1. Kiến thức về nhịp tim và hơi thở ở người

3.1.1.1. Kiến thức về nhịp tim

Nhịp tim là tần số của nhịp tim được đo bằng số lần co thắt của tim mỗi phút (BPM). Nhịp tim thay đổi tùy theo nhu cầu thể chất của cơ thể, bao gồm cả nhu cầu hấp thụ oxy và bài tiết carbon dioxide. Do sự biến thiên nhịp tim (HRV) mang tính đặc thù ở mỗi cá thể, việc phân tích thống kê là cần thiết để định lượng và giám sát các chỉ số sinh lý này một cách khách quan.

Bảng 1: Nhịp tim trung bình của từng độ tuổi ở Việt Nam

Độ tuổi	Nhịp tim bình thường (BPM)
Dưới 1 tháng tuổi	70 - 190
Từ 1 đến 11 tháng tuổi	80 - 160
Từ 1 đến 2 tuổi	80 - 130
Từ 3 đến 4 tuổi	80 - 120
Từ 5 đến 6 tuổi	75 - 115
Từ 7 đến 9 tuổi	70 - 110
Trên 10 tuổi	60 - 100

Bảng thống kê (Bảng 1) thiết lập các ngưỡng tham chiếu sinh lý về nhịp tim bình thường (BPM) phân theo từng nhóm độ tuổi đặc thù tại Việt Nam. Dữ liệu này đóng vai trò là "bộ lọc quyết định" cốt yếu cho thuật toán hậu xử lý trên STM32, cho phép hệ thống phân loại trạng thái sức khỏe của đối tượng một cách khách quan.

Sự biến thiên nghịch thế giữa độ tuổi và nhịp tim được thể hiện rõ nét: từ mức cao nhất ở

trẻ dưới 1 tháng tuổi (70–190 BPM) giảm dần về ngưỡng ổn định của người trưởng thành (60–100 BPM) [5]. Việc tích hợp các thông số lâm sàng này vào cơ sở dữ liệu hệ thống đảm bảo rằng các kịch bản cảnh báo khẩn cấp (Emergency Alert) được kích hoạt dựa trên sự sai lệch so với tiêu chuẩn sinh lý tương ứng của từng bệnh nhân, từ đó tối ưu hóa độ chính xác trong việc giám sát và giảm thiểu tỷ lệ báo động giả.

Bảng 2: Nhịp tim nghỉ ngơi trung bình ở từng độ tuổi

Dưới 1 tháng tuổi	Từ 1 đến 11 tháng tuổi	Từ 1 đến 2 tuổi	Từ 3 đến 4 tuổi	Từ 5 đến 6 tuổi	Từ 7 đến 9 tuổi	Trên 10 tuổi	Vận động viên người lớn
70 - 190	80 - 160	80 - 130	80 - 120	75 - 115	70 - 110	60 - 100	40 - 60

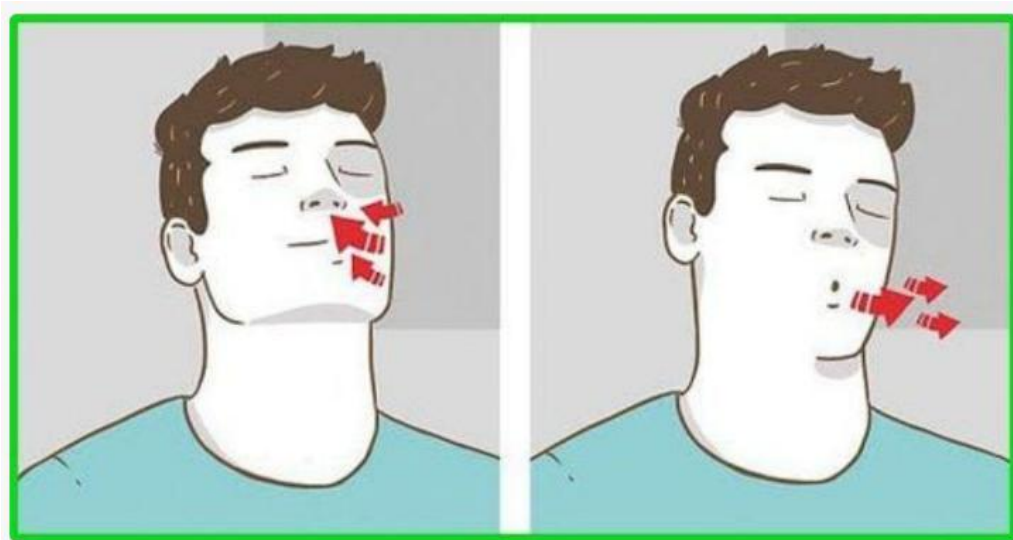
Bảng số liệu (Bảng 3) cung cấp các ngưỡng nhịp tim nghỉ ngơi trung bình theo tiêu chuẩn quốc tế cho nhiều nhóm đối tượng, từ trẻ sơ

sinh đến vận động viên chuyên nghiệp. Việc đưa vào dữ liệu tham chiếu này cho phép hệ thống thực hiện phép đối sánh đa chiều, đảm bảo tính thích

nghi cao khi triển khai trên các phân khúc người dùng khác nhau. [6], [2]

Đáng chú ý, bảng số liệu này bổ sung thêm ngưỡng nhịp tim của nhóm vận động viên (40–60 BPM), một thông số sinh lý đặc thù có thể gây ra hiện tượng báo động sai nếu hệ thống chỉ áp dụng các ngưỡng trung bình thông thường. Bằng cách tích hợp dải dữ liệu từ các nguồn uy tín như Wikipedia, giải pháp nghiên cứu không chỉ đảm bảo độ tin cậy trong môi trường lâm sàng tại Việt Nam mà còn hướng tới khả năng chuẩn hóa quốc tế cho các thiết bị giám sát không tiếp xúc dựa trên công nghệ radar sóng ngắn. [2]

3.1.1.2. Kiến thức về nhịp thở



Hình 2. Mô tả về nhịp thở ở người

Ở hình 2 minh họa trực quan chu kỳ hô hấp của con người, bao gồm hai giai đoạn hít vào và thở ra, làm cơ sở cho việc xác định tần số hô hấp (RPM). Tần số này được định nghĩa là số chu kỳ hô hấp thực hiện trong một phút, chịu sự điều tiết trực tiếp từ trung tâm thần kinh hô hấp.

Về mặt kỹ thuật, hình ảnh này biểu diễn sự chuyển động nâng hạ của lồng ngực đây chính là mục tiêu phản xạ mà radar sóng ngắn 60GHz tập trung phát hiện. Sự biến thiên của nhịp thở sinh lý theo độ tuổi, từ mức 40-60 lần/phút ở trẻ sơ sinh xuống còn khoảng 18-20 lần/phút ở người trưởng thành, đòi hỏi hệ thống phải có khả năng lọc nhiễu và trích xuất pha tín hiệu cực kỳ chính xác để phân tách được các cử động vi mô này khỏi nhiễu môi

Tần số hô hấp (nhịp thở) thể hiện số chu kỳ hô hấp trong một phút, chịu sự chi phối trực tiếp của trung tâm thần kinh hô hấp. Trên lâm sàng, phương pháp đo lường cơ bản nhất là quan sát và đếm số lần nâng hạ của lồng ngực khi bệnh nhân đang ở trạng thái nghỉ ngơi hoàn toàn. Có nhiều yếu tố gây nên sự khác biệt về nhịp thở của từng người như bệnh nền, độ tuổi, tình trạng sức khỏe, môi trường, vì vậy mỗi người sẽ có mỗi nhịp thở khác nhau.

Nhịp thở sinh lý của con người biến thiên mạnh theo độ tuổi, giảm dần từ mức 40-60 lần/phút ở trẻ sơ sinh xuống còn khoảng 18-20 lần/phút ở tuổi trưởng thành.

trường.

3.1.2. Kiến thức về Radar sóng ngắn

Radar sóng ngắn là một công nghệ radar sử dụng sóng tần số vô tuyến (RF) có bước sóng ngắn, điển hình là từ 1mm đến 10mm, tương ứng với dải tần số từ 30GHz đến 300GHz. Trong các ứng dụng công nghiệp, phổ tần thường được phân bổ cho radar loại này là từ 60 đến 64GHz. [2]

3.1.2.1. Đặc điểm và ưu điểm của Radar sóng ngắn

- Kích thước ăng-ten nhỏ và sử dụng công nghệ tiên tiến: Do bước sóng của tín hiệu ở các tần số này ngắn nên kích thước của anten radar có thể được làm nhỏ hơn và được áp dụng công nghệ

tiến cho độ chính xác cao hơn, tránh bị tác động bởi môi trường.

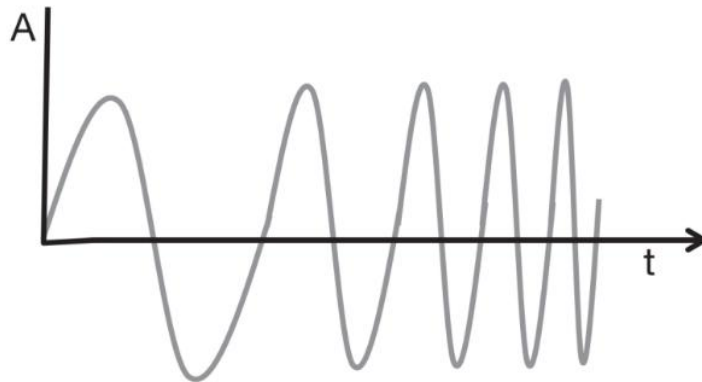
- Ứng dụng rộng rãi: Kích thước nhỏ và khả năng tích hợp cao được mọi người chọn lựa và tin dùng cho thiết bị của họ.

- Độ chính xác: Một trong những ưu điểm nổi bật của radar sóng ngắn là độ chính xác cao. Radar hoạt động ở tần số 60GHz hoặc 77GHz (với bước sóng tương ứng khoảng 4mm) có khả năng

phát hiện các chuyển động cực nhỏ, chỉ bằng một phần milimet. [5]

3.1.2.2. Hoạt động điều chế tần số (FMCW) của Radar sóng ngắn

Nghiên cứu sử dụng nguyên lý FMCW truyền thống, trong đó tần số trung gian (IF) thu được từ việc trộn tín hiệu phát (Chirp) và tín hiệu phản xạ mang theo thông tin về độ dời vi mô của lòng ngực. [7]



Hình 3. Tín hiệu quét theo miền thời gian

Ở hình số 3, chúng tôi mô tả dạng sóng của tín hiệu quét theo miền thời gian, một thành phần cốt lõi trong nguyên lý điều chế tần số liên. Đồ thị cho thấy biên độ tín hiệu (A) biến thiên theo thời gian (t), trong đó tần số của sóng tăng dần một cách tuyến tính qua từng chu kỳ quét.

Việc sử dụng các tín hiệu quét này cho phép hệ thống radar xác định khoảng cách và vận tốc của mục tiêu thông qua việc phân tích sự chênh lệch tần số giữa tín hiệu phát (TX) và tín hiệu phản xạ (RX). Trong ngữ cảnh giám sát y tế, những biến đổi tần số cực nhỏ thu được từ tín hiệu này chính là dữ liệu thô phản ánh các chuyển động vi mô của lòng ngực, từ đó làm tiền đề để trích xuất các thông số nhịp tim và nhịp thở một cách chính xác.

Nguyên lý đo khoảng cách và vận tốc:

- Khi tín hiệu phản xạ (RX) trở về anten thu, nó sẽ được trộn với một phần của tín hiệu đang được phát (TX). Do có sự trễ thời gian (thời gian sóng truyền đi và về), tần số của tín hiệu phản xạ sẽ khác với tần số của tín hiệu đang phát tại thời điểm đó.

- Sự chênh lệch tần số này, gọi là tần số phách (beat frequency) hay tần số trung gian (IF -

Intermediate Frequency), tỷ lệ thuận với khoảng cách đến vật thể.

- Nếu có nhiều vật thể ở các khoảng cách khác nhau, sẽ có nhiều tín hiệu quét phản xạ, mỗi tín hiệu có độ trễ và tạo ra một tín hiệu IF tương ứng.

- Hiệu ứng Doppler (sự thay đổi tần số do chuyển động tương đối của mục tiêu) cũng được tích hợp vào tín hiệu IF, cho phép xác định vận tốc của mục tiêu. [2]

3.1.2.3. Sơ đồ khối của Radar

- Bộ tổng hợp tần số (Synth - Synthesizer): Tạo ra tín hiệu quét có tần số thay đổi tuyến tính.

- Anten phát (TX ant.): Phát tín hiệu quét ra môi trường.

- Bộ trộn (Mixer): Trộn tín hiệu từ anten phát (TX) và anten thu (RX) để tạo ra tín hiệu IF. Đầu ra của bộ trộn thường chứa cả tín hiệu tổng và hiệu tần số.

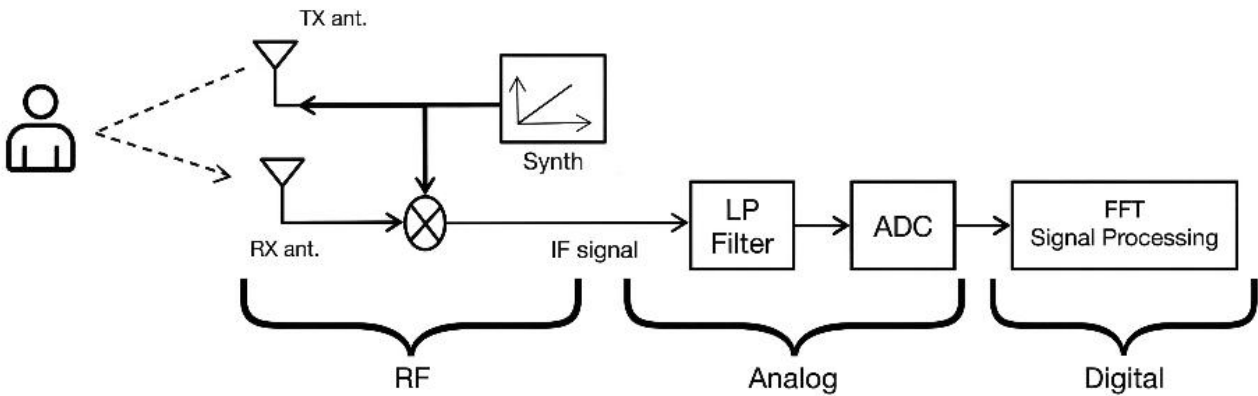
- Bộ lọc thông thấp (LP Filter): Loại bỏ các thành phần tần số cao (ví dụ: tổng tần số), chỉ giữ lại tín hiệu hiệu tần số (tín hiệu IF).

- Bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC -

Analog-to-Digital Converter): Chuyển đổi tín hiệu IF tương tự sang dạng số để xử lý.

- Bộ xử lý tín hiệu (FFT Signal Processing): Thường sử dụng biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform - FFT) để phân tích phổ tần số

của tín hiệu IF, từ đó xác định các tần số khác nhau, tương ứng với khoảng cách đến các mục tiêu khác nhau. Các xử lý tiếp theo có thể được thực hiện để xác định vận tốc (Doppler) và góc tới. [2]



Hình 4. Sơ đồ khối Radar

Sơ đồ khối trong Hình 4 minh họa quy trình chuyển đổi tín hiệu radar từ tầng vô tuyến (RF) sang miền kỹ thuật số (Digital). Bộ tổng hợp (Synth) tạo tín hiệu quét tuyến tính, phát qua anten TX và thu nhận bởi anten RX sau khi phản xạ từ mục tiêu. Tại bộ trộn (Mixer), sự giao thoa tạo ra tín hiệu trung tần (IF) mang dữ liệu về chuyển động vi mô của lồng ngực. Sau khi được làm sạch bởi bộ lọc thông thấp (LP Filter) và số hóa qua ADC, tín hiệu được phân tích bằng thuật toán FFT nhằm trích xuất phổ tần số của nhịp tim và hơi thở.

3.1.3. Kiến thức về Radar HLK_LD6002

Radar HLK-LD6002 là một loại radar sóng mili(sóng milimet) sử dụng công nghệ FMCW để phát hiện nhịp thở và nhịp tim không tiếp xúc, được thiết kế bởi công ty Hilink (Shenzhen Hi-Link Electronic Co., Ltd.). Nó rất nhỏ gọn, chính xác, và phù hợp với các ứng dụng chăm sóc sức khỏe thông minh. Và là một module radar cảm biến sinh trắc học không tiếp xúc, có khả năng phát hiện và đo lường nhịp thở (respiration) và nhịp tim (heartbeat) của con người, trong thời gian thực và không cần gắn thiết bị lên người. [8]

3.1.3.1. Ưu điểm của Radar

- Đo nhịp thở và nhịp tim không tiếp xúc: Sử dụng radar sóng ngắn (60GHz) để phát hiện chuyển động cực nhỏ của lồng ngực mà không cần

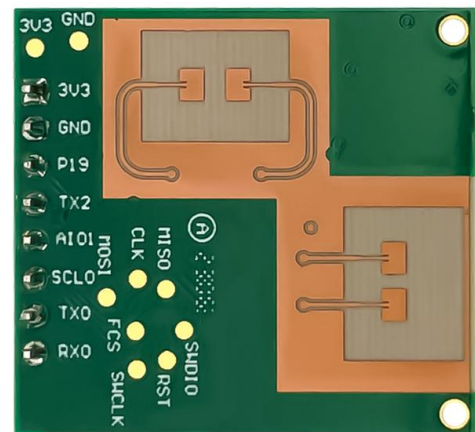
chạm vào cơ thể.

- Hoạt động ổn định trong nhiều điều kiện môi trường: Không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng, tiếng ồn, nhiệt độ, độ ẩm, gió hoặc bụi [8]

- Độ chính xác cao: Phù hợp cho các ứng dụng y tế và theo dõi sức khỏe liên tục [8]

- Kích thước nhỏ gọn, dễ tích hợp: 25mm x 31.5mm, có thể tích hợp ở mọi nơi. [8]

- So với việc lắp đặt cảm biến truyền thống có nguy cơ lây nhiễm chéo trong bệnh viện, tăng cường chất lượng nghỉ ngơi cho người bệnh. Đây là phương pháp khả thi nhất ở một số tình huống đặc biệt mà phương pháp truyền thống không thể sử dụng được.



Hình 5. Radar sóng ngắn HLK_LD6002 Phần cứng của mô-đun radar sóng milimet

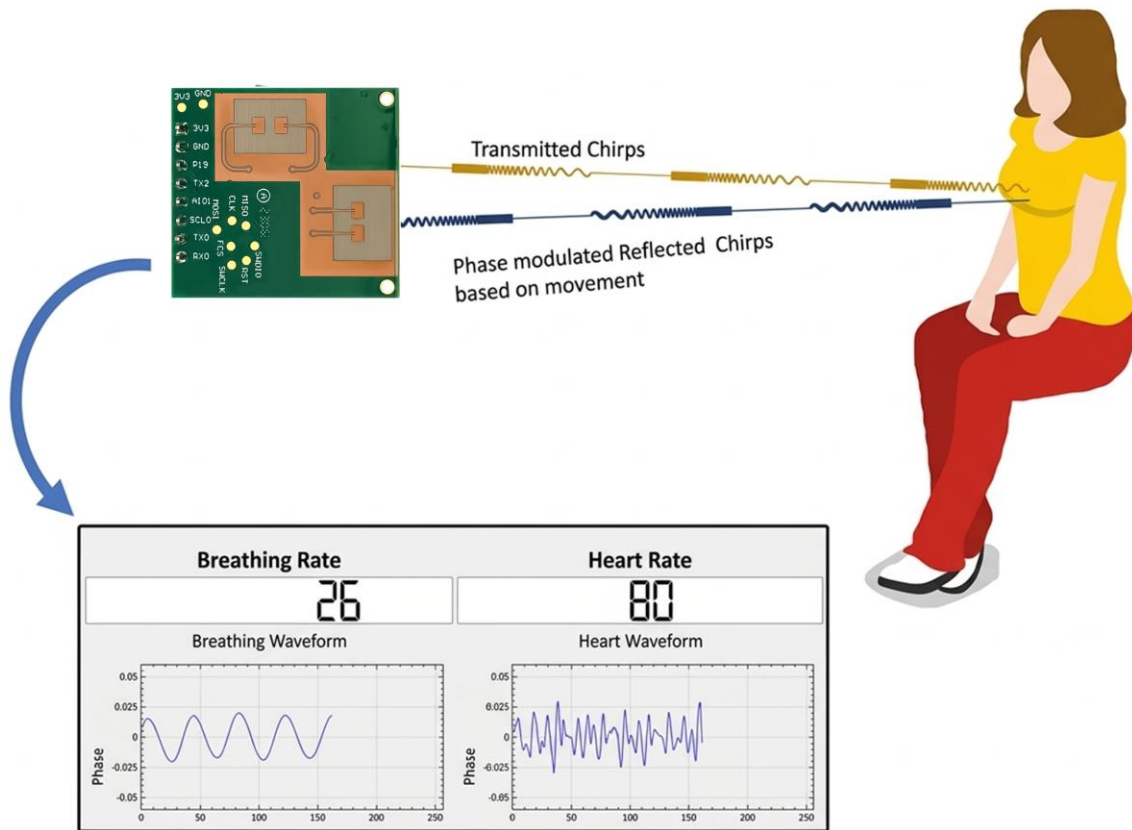
HLK-LD6002. Thiết bị vận hành trên dải tần 60GHz dựa trên nguyên lý FMCW để thực hiện quan trắc nhịp sinh học hoàn toàn không tiếp xúc. Với kích thước vật lý tối ưu (25mx31.5mm), mô-đun này cho phép tích hợp linh hoạt vào các hệ thống giám sát y tế thông minh.

Cấu trúc PCB hiển thị rõ hệ thống ăng-ten mảng hiệu suất cao, hỗ trợ phát hiện các chuyển động vi mô của lồng ngực với độ nhạy tối đa, đảm bảo tính ổn định trong nhiều điều kiện môi trường như ánh sáng yếu hoặc tiếng ồn được thể hiện ở hình 5.

3.1.3.2. Phát hiện nhịp tim và hơi thở

Nguyên lý phát hiện:

- Radar sóng ngắn phát chùm tia quét về phía vùng ngực của đối tượng
- Những chuyển động nhỏ của thành ngực do nhịp tim và nhịp thở gây ra sự thay đổi nhỏ trong đường đi của sóng radar. Sự thay đổi này dẫn đến sự điều chế pha (phasemodulation) trên tín hiệu radar phản xạ. [1], [2]. Tín hiệu quét được truyền đi (Transmitted Chirps) và tín hiệu phản xạ bị điều chế pha dựa trên chuyển động của cơ thể (Phase modulated Reflected Chirps based on movement). Màn hình hiển thị kết quả đo nhịp thở (Breathing Rate) và nhịp tim (Heart Rate) cùng với dạng sóng tương ứng.



Hình 6. Mô hình dự đoán nhịp tim và hơi thở

Ở hình số 6, nguyên lý quan trắc sinh hiệu được làm rõ thông qua sự tương tác giữa chùm tia radar 60GHz và vùng ngực đối tượng. Sự biến thiên pha trong tín hiệu phản xạ, phát sinh từ các chuyển động vi mô của tim và phổi, đóng vai trò là dữ liệu nguồn để trích xuất chính xác chỉ số BPM và RPM. Các dạng sóng sinh lý tương ứng được hiển thị trực quan, khẳng định năng lực giám sát

thời gian thực của giải pháp.

Tín hiệu quét được truyền đi (Transmitted Chirps) và tín hiệu phản xạ bị điều chế pha dựa trên chuyển động của cơ thể (Phase modulated Reflected Chirps based on movement). Màn hình hiển thị kết quả đo nhịp thở (Breathing Rate) và nhịp tim (Heart Rate) cùng với dạng sóng tương ứng.

3.1.3.3. Thuật toán xử lý hình ảnh

Range FFT (Biến đổi Fourier theo cự ly): Hệ thống định vị bin cự ly lồng ngược bằng xử lý Range FFT để tối ưu hóa việc trích xuất pha. [5] Chuỗi pha này được giải bọc (unwrapped) và lọc thông dải khắt khe theo các mốc sinh lý tiêu chuẩn (0,1–0,5 Hz cho hô hấp; 0,8–2 Hz cho nhịp tim) để loại bỏ hoàn toàn biến dạng tín hiệu không mong muốn. [4]

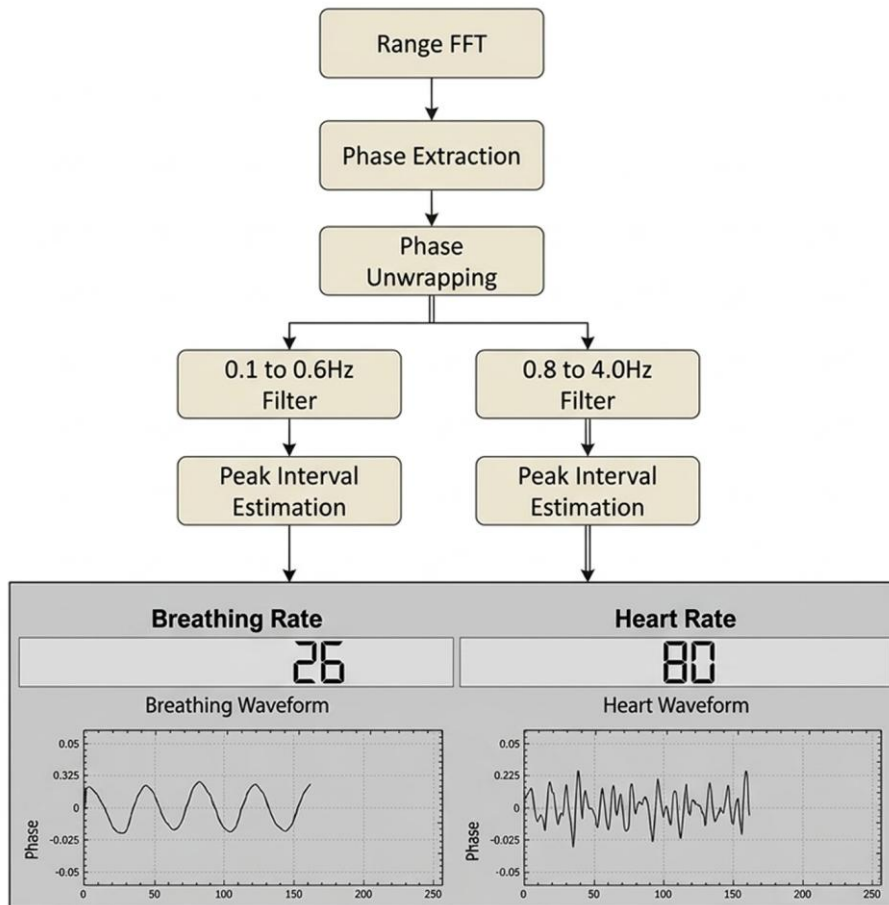
Phase Extraction (Trích xuất pha): Tại bin cự ly đã chọn, pha của tín hiệu được ghi lại cho mỗi lần quét. [5]

Phase Unwrapping (Mở gói pha): Xử lý để loại bỏ sự không liên tục trong dữ liệu pha (do pha thường được giới hạn trong khoảng 0 đến 2π hoặc $-\pi$ đến π). [4]

Filtering (Lọc băng thông): Đây là bước quan trọng nhất để tách biệt dấu hiệu sinh tồn khỏi các nhiễu động vĩ mô (như cử động tay chân hoặc xoay người). Tín hiệu pha sau khi mở gói được đưa qua các bộ lọc thông dải để giữ lại các tần số hợp sinh lý [1]:

- Dải tần số được hệ thống xử lý dành riêng cho nhịp thở là 0.1 đến 0.5Hz
- Dải tần số được gán cho việc xử lý nhịp tim là 0.8 đến 2Hz

Peak Interval Estimation (Ước tính khoảng thời gian giữa các đỉnh): Trong mỗi dải tần số đã lọc, thuật toán sẽ phát hiện các đỉnh của dạng sóng theo thời gian. Số lượng đỉnh trong một khoảng thời gian nhất định (ví dụ, một phút) sẽ cho ra giá trị nhịp thở và nhịp tim [2].



Hình 7. Hình ảnh thuật toán xử lý nhịp tim và hơi thở

Quy trình xử lý tín hiệu số được cụ thể hóa qua sơ đồ thuật toán trong Hình 7. Sau khi giải bọc pha để loại bỏ sự không liên tục, dữ liệu được phân tách qua các bộ lọc thông dải tương ứng với nhịp

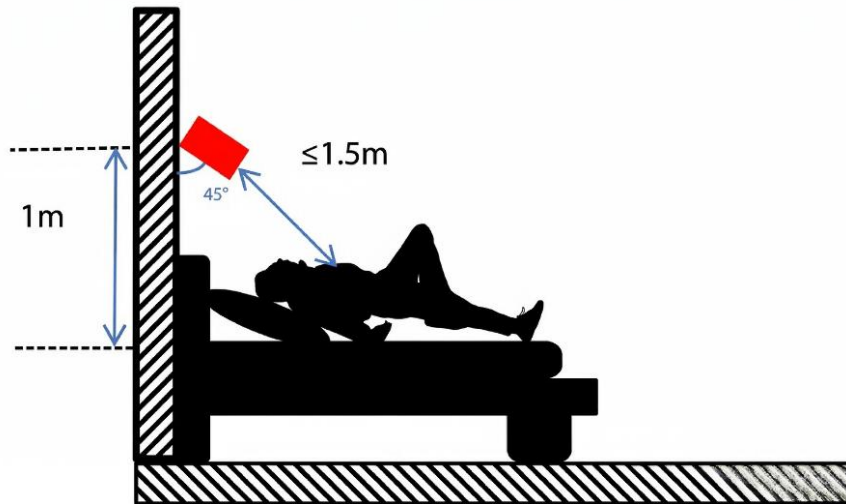
thở từ 0.1 Hz đến 0.6 Hz và nhịp tim từ 0.8 Hz đến 4.0 Hz. Thuật toán ước tính khoảng cách đỉnh cuối cùng cho phép hệ thống trích xuất chính xác các chỉ số sinh tồn từ những dạng sóng sinh lý tương

ứng.

3.1.3.4. Khoảng cách đo dấu hiệu sinh tồn

Hệ thống radar được lắp đặt ở độ cao xấp xỉ 1 m so với giường bệnh nhân, nghiêng 45° hướng tới vùng ngực của bệnh nhân nằm trên giường.

Khoảng cách từ radar đến ngực duy trì $\leq 1,5$ m nhằm đảm bảo biên độ tín hiệu phản xạ đủ lớn, hạn chế suy hao và nhiễu nền. Bên cạnh đó, cần đặt trong không gian phòng đơn để đảm bảo độ chính xác cho từng bệnh nhân [8].



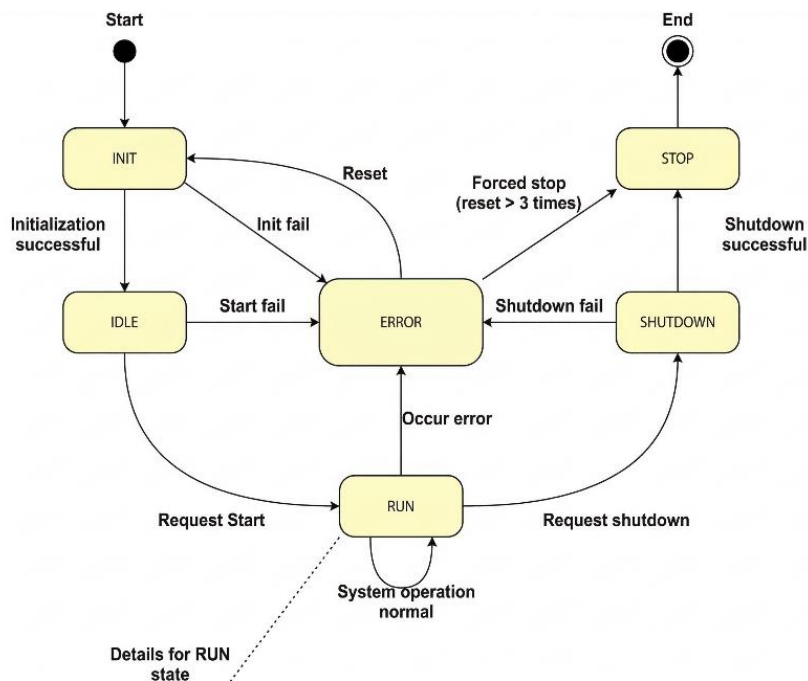
Hình 8. Minh họa góc đo và vị trí lắp đặt thiết bị

Phác thảo kỹ thuật tại Hình 8 làm rõ phương thức triển khai thiết bị nhằm tối ưu hóa cường độ tín hiệu phản xạ. Cảm biến được bố trí tại vị trí cao 1 m, định hướng nghiêng 45 độ về phía trung khu hô hấp với cự ly đo đạt dưới 1,5 m [6]. Cách thiết lập này giúp duy trì biên độ sóng ổn định, triệt tiêu nhiễu nền và nâng cao độ chính xác khi trích xuất

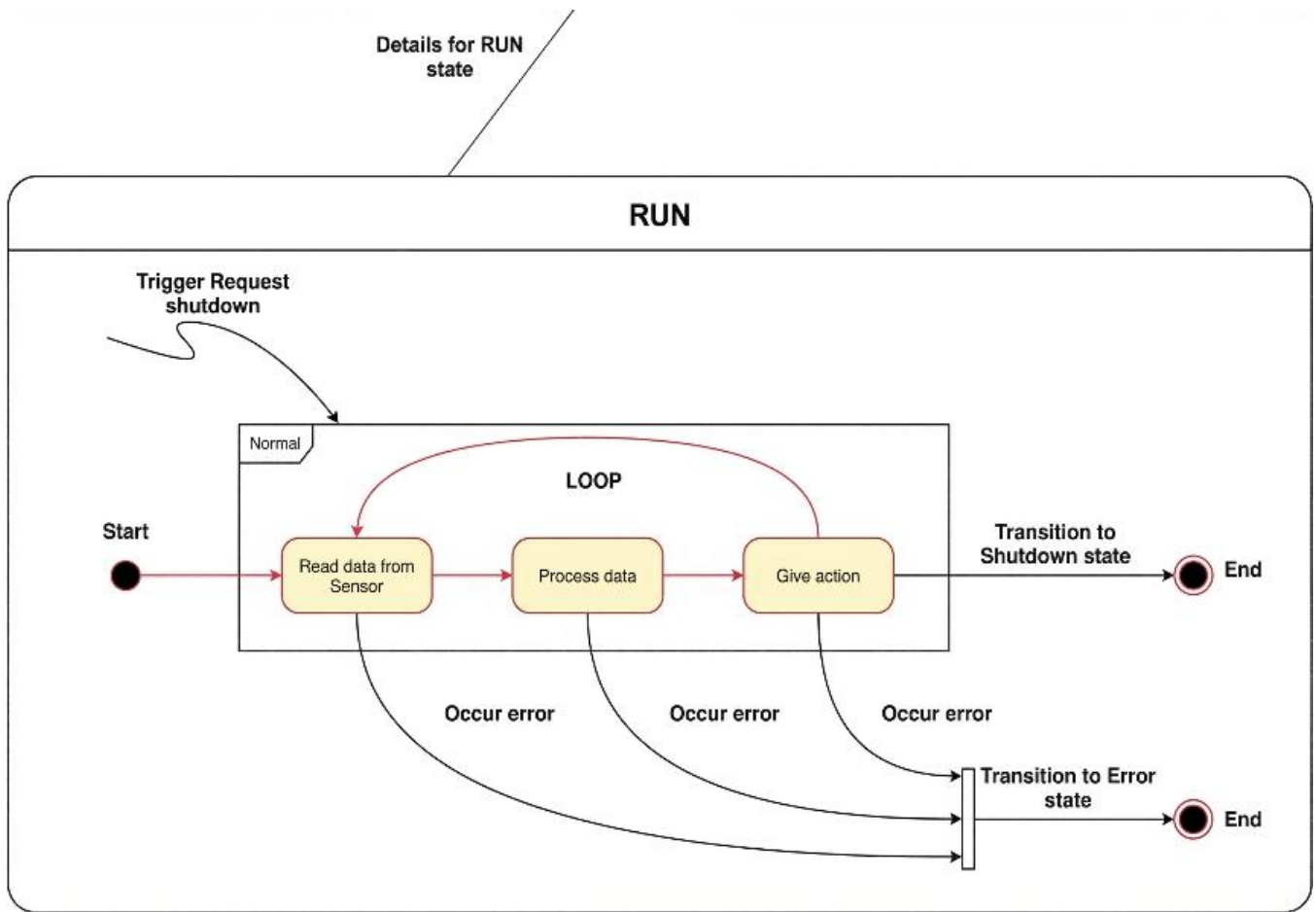
dữ liệu sinh tồn.

3.1.4. Thiết kế hệ thống

Hệ thống được thiết kế nhằm theo dõi dấu hiệu sinh tồn của người bệnh mà không cần tiếp xúc vật lý. Các bước thành phần cụ thể trong quá trình này được mô tả dưới hình 9 và hình 10 sau đây



Hình 9. Sơ đồ trạng thái máy hữu hạn của mô hình



Hình 2. Hoạt động chính trong mô hình

3.1.4.1. Xác định trạng thái có người bệnh và khởi động hệ thống đo nhịp tim

Hệ thống bắt đầu bằng bước xác thực trạng thái có người ở trong vùng cần xác định. Sau khi xác thực, hệ thống sẽ chủ động kết nối với radar cung cấp thông tin về trạng thái và thông số dấu hiệu sinh tồn về màn hình LCD và ESP32 để truyền lên màn hình.

Cơ chế loại bỏ nhiễu chuyển động mạnh: Để ngăn ngừa hiện tượng đánh giá sai khi đối tượng có cử động mạnh, hệ thống thực hiện giám sát biên độ và độ dốc của tín hiệu pha đã mở gói. Nếu năng lượng ngoài dải sinh lý tăng đột biến vượt quá ngưỡng cho phép, cửa sổ dữ liệu đó sẽ được đánh dấu là không tin cậy và giá trị BPM/RPM sẽ không được tính toán trong khoảng thời gian này nhằm triệt tiêu nguy cơ sai số tức thời

3.1.4.2. Kiểm tra trạng thái của các cảm biến bên trong hệ thống

Hệ thống được thiết kế để liên tục giám sát trạng thái các cảm biến bên trong, đảm bảo độ tin cậy và an toàn vận hành. Quy trình kiểm tra và phát hiện lỗi như mất kết nối hoặc dữ liệu không hợp lệ. Khi phát hiện sự cố, hệ thống tự động khởi động lại cảm biến tối đa 3 lần, kiểm tra trạng thái của hệ thống sau mỗi lần tự khởi động. Nếu cảm biến vẫn không hoạt động, hệ thống sẽ tắt để bảo vệ thiết bị và ghi lại thông báo lỗi hỗ trợ bảo trì. Cơ chế này tăng độ tin cậy, ngăn ngừa rủi ro từ dữ liệu sai lệch gây ra ảnh hưởng xấu khi không kiểm tra.

3.1.4.3. Đọc thông số radar về nhịp tim và nhịp thở

Radar được triển khai trên STM32 để liên tục theo dõi và ghi nhận các truy vấn về nhịp tim và hơi thở thông qua cổng giao tiếp UART tại chân 67. Các bit dữ liệu được ghi nhận, sau đó được xử lý và lưu trữ để phục vụ cho việc phân tích chuyên sâu.

```

A2 39 01 43 93 00 BC 0A 15 38 C5 24 03 C0 C1 F6 25 48 BD 68 C7 3D 26 01 43 54 00 00 0A 16 3D 01 00 00 00 AA 78 51 42 30 01 43 95 00
A2 C6 65 AC 32 28 16 81 16 33 04 81 42 86 08 00 0A 16 36 06 00 00 00 14 78 56 43 28 01 42 07 00 0C 0A 12 36 02 43 46 C8 AA 00 21 00
45 98 08 08 04 16 16 01 00 00 0A 78 51 42 39 01 43 99 99 9C 0A 13 31 48 54 BB C0 EA 84 1F 48 3D 33 B4 DD ED 01 43 00 00 00 0A 16
78 51 42 39 01 43 39 80 6C 6A 13 33 5B 42 81 C0 AC A9 1C 40 78 91 15 BE 4C 01 43 5C 00 08 0A 14 35 01 00 00 00 AA 78 51 42 39 01 43
50 D5 04 C0 BC 48 14 48 52 F8 48 BE C0 81 43 9E 00 04 0A 16 37 01 00 00 00 A4 78 51 42 39 01 43 9F 00 04 0A 15 38 00 00 96 42 2B 81
08 B3 F0 B6 C0 C2 0F 17 40 31 F7 74 BE 81 01 43 A1 00 00 0A 16 00 01 00 00 00 AA 78 51 42 39 01 43 A2 00 0C 0A 13 0A 03 61 BB C0 2E
BE 04 01 43 A3 00 00 0A 16 0A 01 0B 00 00 A4 78 51 42 39 01 43 AA 00 BC 0A 13 0C 39 8B BB C0 05 BF 13 4B BB 03 95 BE 0D 01 43 A5 00
08 08 14 38 61 42 39 01 42 46 08 0C 0A 13 46 08 38 88 C9 78 66 1A 00 78 43 06 06 76 01 42 42 08 06 0A 16 06 01 00 00 00 AA 78 51 42
BA 14 0F 00 00 08 41 56 61 43 A9 00 0C 0A 15 01 11 8F B7 CB AB D2 00 40 70 8F 90 BE C1 01 45 AA 00 08 0A 16 03 01 00 00 00 AA 78 51
BC 0A 13 03 63 45 C1 C0 73 36 08 40 5D 79 9C BE 6C 6E 43 4C 00 00 0A 16 05 01 00 00 00 AA 78 51 42 39 01 43 AD 00 0C 0A 13 06 58 FB
BC C7 98 BE 77 01 43 AE 00 00 0A 16 07 01 00 00 00 AA 78 51 42 39 01 43 AF 00 BC 0A 13 07 58 10 C7 C0 D4 05 40 E1 3F 03 BC 12 81
19 01 00 08 08 44 78 51 42 33 01 A3 01 08 0C 0A 13 13 53 35 C0 C0 06 0A 03 48 A8 8A 0C 0E 58 01 43 87 00 0A 04 16 10 01 00 00 00 AA
03 00 0C 0A 13 18 BB BC CF C0 00 20 00 40 D6 36 05 0E 44 41 43 04 00 00 0A 16 10 00 00 00 00 00 A4 78 51 42 39 01 43 05 00 0C 0A 13 30
FA 3F EB 30 7B BE 47 01 43 85 00 00 0A 16 1F 01 00 00 00 44 70 51 42 39 01 43 67 00 0C 0A 13 1F 73 1F 09 C0 00 57 FA 3F A3 44 6C BE
0A 16 11 01 00 00 AA 78 51 42 39 01 43 00 00 0C 0A 13 11 00 00 DB C8 36 00 FE 1F C0 03 50 8E 79 01 43 0A 00 00 0A 16 13 01 00 00
01 43 88 00 6C BA 13 13 C3 AA C8 C0 14 8C E7 7F 01 0A 4F 8E 26 41 4C BC 00 BB 0A 15 15 01 00 00 00 AA 78 51 42 39 43 43 00 0C 0A
64 E3 E0 3F 2A 05 3F BC 13 01 43 0C 00 00 0A 16 17 01 00 48 08 44 78 51 42 39 81 43 0F 00 0C 0A 13 17 88 EF 04 C0 70 14 0A 3F 3C 46
00 00 0A 16 69 81 00 00 0A 79 51 42 39 81 43 C1 00 0C BA 13 69 44 FC C0 C0 39 2C D3 3F 36 67 12 8E 6A 01 43 C2 00 00 0A 16 60 81
42 39 81 43 C3 00 8C 0A 13 60 54 02 0F C0 D6 3E CC 3F 89 C3 E0 00 3A 01 43 CA 00 00 0A 16 60 01 00 00 0A 79 51 42 39 81 43 C5 00
EB C8 88 5F C5 3F 4C 1A 85 8D 40 01 43 C0 00 0B 0A 16 0F 81 00 00 0A 78 51 42 39 81 43 C7 00 0C 0A 13 0F 6C 7D EB C0 8F 99 8E 3F
43 C0 00 00 0A 16 61 01 00 00 0A 79 51 42 39 01 43 C9 00 BC 0A 13 61 00 60 C8 C0 FC EE 07 3F D0 39 8A 30 0F 01 43 CA 00 00 0A 16
79 51 42 39 81 43 CB 00 6C 0A 13 63 88 F4 C7 C0 33 55 81 3F 5C 82 1D 3E 91 81 43 CC 00 08 0A 16 85 81 00 00 0A 79 51 42 39 81 43
D9 58 C9 C0 63 C3 AA 3F E7 59 7E 3E 8F 01 43 CE 00 00 0A 16 67 01 00 00 00 A4 79 51 42 39 01 43 CF 00 8C AA 13 67 63 58 CA C0 7A 36
E6 81 43 00 00 next event: EVENT_SHUTDOWN_SUCCESS
next_State = STATE_STOP
    
```

Hình 11. Dữ liệu gói tin bắt được

Quan sát cấu trúc gói tin tại Hình 11, ta có thể nhận diện các khung dữ liệu thô được truyền qua giao thức UART. Hệ thống thực hiện phân tích định dạng hex để trích xuất các mã loại (TYPE) đặc thù như 0x0A14 (hồ hấp) và 0x0A15 (nhịp tim). Việc nhận dạng mã SOF (0x01) cùng quy trình chuyển đổi little-endian là bước then chốt giúp STM32 xử lý chính xác các thông số sinh học từ radar.

Hệ thống của chúng ta sẽ bắt được gói tin như gói tin này bao gồm những thông tin sau:

- Xác định các khung dữ liệu (HEADER): Mỗi khung bắt đầu bằng 0x01 (SOF - Start of Frame,

tức là "Bắt đầu khung").

- Tìm loại tin nhắn (TYPE): Trong mỗi khung, tìm trường TYPE có 4 byte. Trong đó có 0x0A14 là nhịp thở, 0x0A15 là nhịp tim, 0x0A16 là khoảng cách.

- Trích xuất dữ liệu (DATA): Nếu loại tin nhắn phù hợp, lấy 4 byte ngay sau trường TYPE và HEAD CKSUM (tổng kiểm tra phần đầu) làm dữ liệu.

- Chuyển đổi dữ liệu: Chuyển đổi 4 byte dữ liệu hex sang giá trị float (số thực dấu phẩy động), theo thứ tự little-endian (byte có trọng số nhỏ nhất đứng trước).

HEADER	TYPE	LENGTH	DATA	CKSUM
--------	------	--------	------	-------

Hình 12. Cấu trúc dữ liệu của Radar

Cấu trúc khung dữ liệu được minh họa trong Hình 12 đóng vai trò là giao thức chuẩn hóa cho việc trích xuất các thông số sinh trắc học thời gian thực.

Luồng thông tin được khởi tạo bởi trường HEADER mang mã định danh 0x01 (SOF) nhằm thiết lập tính đồng bộ cho toàn bộ gói tin. Tiếp nối là trường TYPE (4 byte) thực hiện chức năng phân loại dữ liệu đặc thù, cụ thể là nhịp thở (0 x 0A14), nhịp tim (0 x 0A15) và khoảng cách mục tiêu (0x16). Các phân đoạn LENGTH và DATA cho phép tối ưu hóa quản lý bộ đệm hệ thống và đóng gói 4 byte dữ liệu thô để chuyển đổi sang định dạng

float theo quy tắc little-endian. Cuối cùng, trường CKSUM thực thi cơ chế kiểm tra lỗi truyền dẫn, đảm bảo tính toàn vẹn tuyệt đối của các chỉ số sinh tồn trước khi tiến hành xử lý thuật toán chuyên sâu.

[9]

3.1.4.4. Gửi dữ liệu cho đội ngũ y tế

Khi phát hiện các thông số về nhịp tim và hơi thở hệ thống sẽ gửi cảnh báo đến đội ngũ y tế và những dấu hiệu bất thường cũng sẽ được cảnh báo đến đội ngũ, từ đó ngăn chặn nguy cơ tử vong và hậu quả đáng tiếc xảy ra. Dữ liệu được cập nhật liên tục để tránh những sai sót xảy ra đối với bệnh nhân.

The screenshot shows a web interface for entering patient information. The main title is "HỆ THỐNG GIÁM SÁT BỆNH NHÂN - UTE". The central form is titled "Nhập thông tin bệnh nhân" and includes the following fields:

- Họ và tên: Text input field.
- Mã bệnh nhân: Text input field.
- Ngày sinh: Date picker with dropdowns for Ngày, Tháng, and Năm.
- Tỉnh/Thành phố: Dropdown menu with "-- Chọn Tỉnh/Thành --".
- Chọn Khu / Tầng: Two dropdown menus for Khu and Tầng.
- Buồng & Mã thiết bị (tự động): Text input field with a note "Chọn Khu và Tầng để gắn phòng".
- Họ tên người nhà: Text input field.
- SĐT người nhà: Text input field.
- Ghi chú: Text area with a small icon for adding notes.

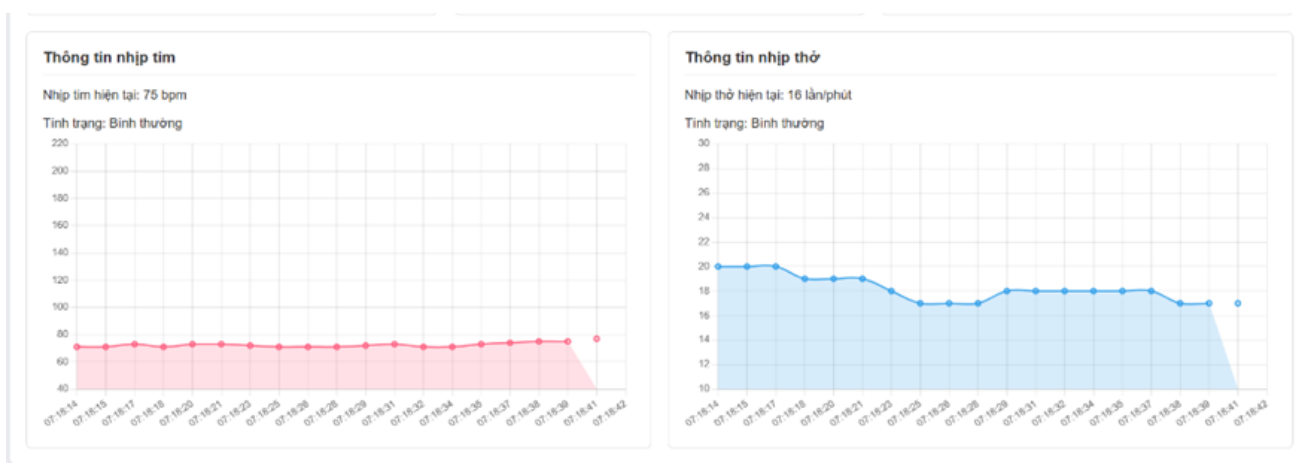
 At the bottom of the form are "Lưu" (Save) and "Hủy" (Cancel) buttons. To the right, there is a section for "Tình trạng tiếp nhận" with a status of "Chưa có cơ sở nào được tiếp nhận".

Hình 13. Nhập thông tin bệnh nhân để giám sát

The screenshot displays a patient's profile page. At the top, it says "HỆ THỐNG GIÁM SÁT BỆNH NHÂN - UTE" and includes navigation buttons like "Trở về danh sách", "Chỉ mới nhìn", "Xem bệnh nhân", "In file", "BS. Trần Minh Tuấn (03-11-2016)", "Xem lịch sử", and "Đăng xuất". The main content is divided into three columns:

- Cập nhật thông tin:** Fields for Mã thiết bị, Mã bệnh nhân, Họ và tên, Ngày sinh, Buồng, Tỉnh/Thành phố, Họ tên người nhà, and SĐT người nhà.
- Thông tin bệnh nhân:** A summary of the patient's data: Mã thiết bị: DEV201, Mã bệnh nhân: BN0412, Họ và tên: Trần Văn Nam, Ngày sinh: 04/02/2004, Buồng: Dãy 8, Tầng 2, Phòng 01, Tỉnh/Thành: Lai Châu, Họ tên người nhà: Tg Văn Hiến, SĐT người nhà: 0386278882, Ghi chú: Không có.
- Trạng thái bệnh án:** A section for medical records status, currently empty.

Hình 14. Màn hình hiển thị thông tin cá nhân người bệnh



Hình 15. Màn hình hiển thị thông số nhịp tim và hơi thở qua thời gian thực

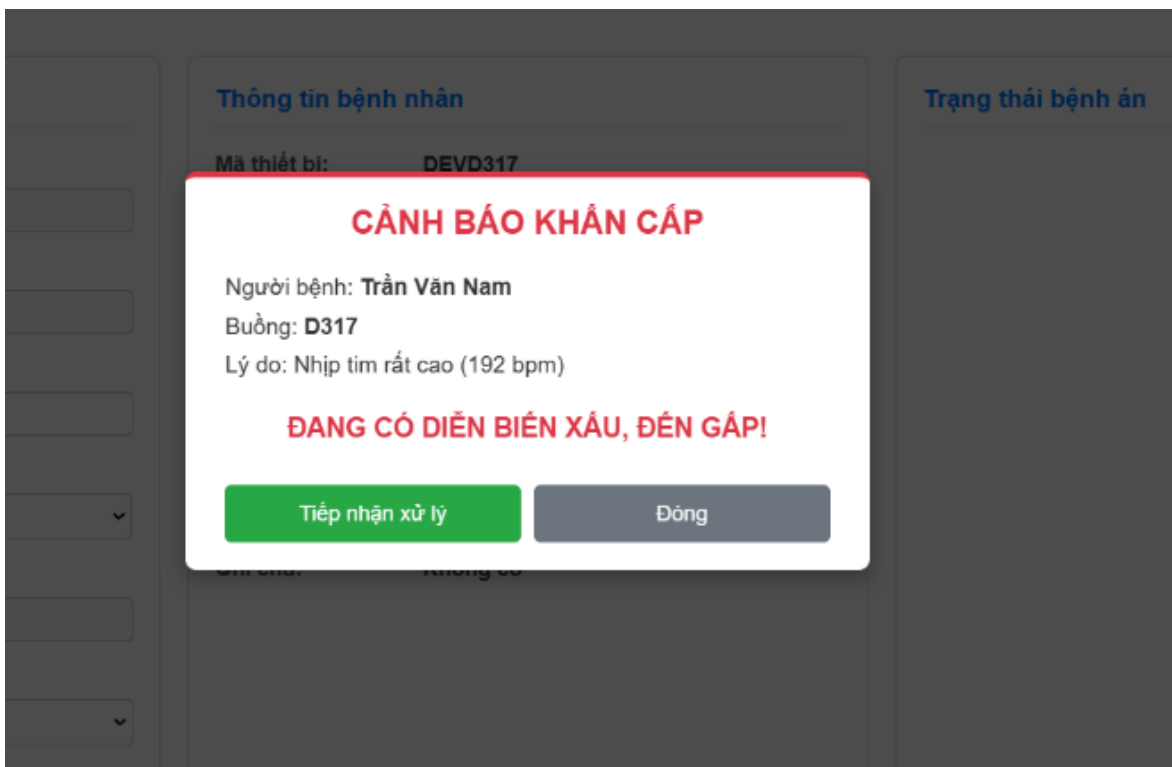
Thông qua kết quả thực nghiệm tại các hình 13, 14 và 15, năng lực vận hành của hệ thống trên giao diện quản lý được khẳng định rõ rệt. Nền tảng website cho phép đội ngũ y tế nhập liệu và quản lý hồ sơ bệnh án một cách đồng bộ. Việc biểu thị sinh hiệu qua đồ thị thời gian thực giúp tối ưu hóa công tác giám sát không tiếp xúc

3.1.4.5. Cập nhật và cảnh báo tình huống khẩn cấp của bệnh nhân

Hệ thống tự động cập nhật trạng thái khi bệnh nhân đã được cứu hoặc có nhịp tim/ hơi thở thay đổi về mức an toàn. Các thay đổi này được thông báo theo thời gian thực đến người dùng

thông qua màn hình LCD (website về thời gian phát hiện, và mức độ nguy hiểm, giúp người nhà và đội ngũ y tế kịp thời cứu chữa và giám sát bệnh nhân.

Giao diện minh họa tại Hình 16 biểu thị cơ chế kích hoạt cảnh báo tức thời khi hệ thống phát hiện các chỉ số sinh tồn vượt ngưỡng an toàn. Thông báo khẩn được tự động chuyển đến đội ngũ y tế với đầy đủ thông tin định danh và lý do lâm sàng khi nhịp tim đối tượng chạm ngưỡng 192 BPM, hiển thị đầy đủ các thông tin của người bệnh. Chức năng này đóng vai trò then chốt trong việc rút ngắn thời gian phản ứng, hỗ trợ can thiệp y khoa kịp thời trong các tình huống nguy cấp.



Hình 16. Minh họa gửi cảnh báo khẩn cấp đến đội ngũ y tế

4. Kết quả nghiên cứu và một số hạn chế

4.1. Kết quả đạt được

Mô hình đã đọc được phân loại được trạng thái người bệnh ở mức bình thường hay khẩn cấp để đội ngũ y tế tham gia giám sát và theo dõi tình hình bệnh nhân.

Có thể thấy rằng thiết bị giám sát đã đưa ra các thông số và dự đoán gần như chính xác để giảm thiểu mức thiệt hại về người đồng thời tránh sai sót đáng tiếc xảy ra, nhằm đảm bảo an toàn và tính mạng cho người bệnh khi có trường hợp khẩn

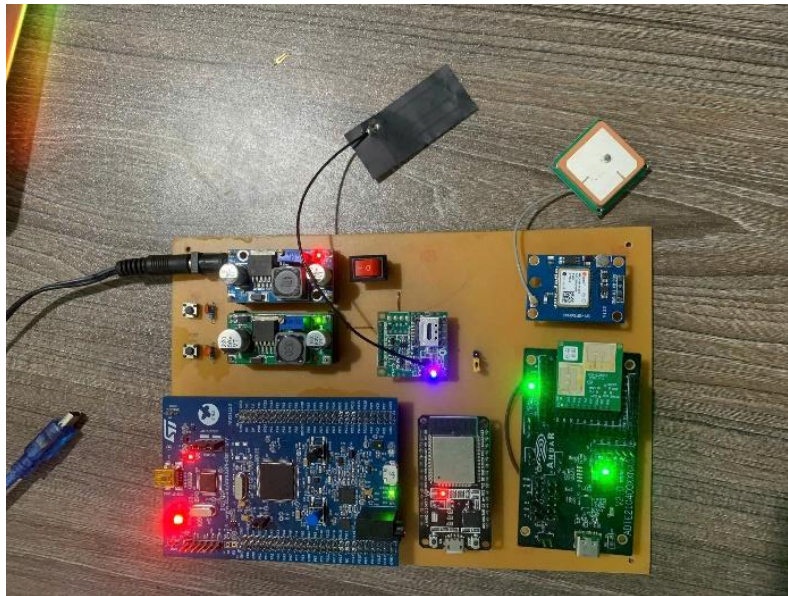
cấp. Sau khi mô hình thực hiện xử lý dữ liệu hệ thống sẽ được cập nhật lên màn hình LCD và website để người dùng theo dõi thông tin.

Mô hình đã giúp đội ngũ y tế tiết kiệm được thời gian đến buồng bệnh và có thể theo dõi bệnh nhân từ phòng làm việc và ngăn ngừa bệnh lây nhiễm trong bệnh viện.

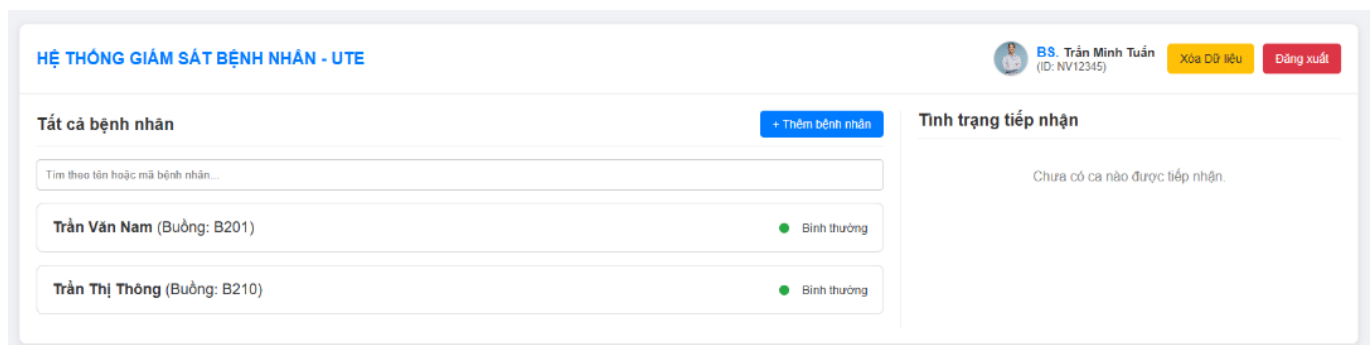
Cấu hình phần cứng thực tế của hệ thống giám sát được mô hình hóa tại Hình 17. Thiết kế này thể hiện sự tích hợp chặt chẽ giữa bộ xử lý trung tâm STM32, các mô-đun truyền thông không

dây (ESP32 và SIM) cùng hệ thống quản lý nguồn đa mức. Việc hiện thực hóa mô hình thực nghiệm không chỉ khẳng định tính khả thi trong lắp đặt mà

còn minh chứng cho khả năng vận hành ổn định của giải pháp đo lường sinh hiệu không tiếp xúc trong thực tiễn.



Hình 17. Mô hình thực tế



Hình 18. Giao diện trang theo dõi thông tin người bệnh

Bản thiết kế bảng điều khiển được giới thiệu cụ thể thông qua Hình 18. Giao diện này hỗ trợ nhân viên y tế giám sát đồng bộ nhiều bệnh nhân theo thời gian thực. Việc tự động hóa phân loại chỉ số giúp nhận diện nhanh các ca bệnh ổn định. Cách tiếp cận này nâng cao hiệu quả lâm sàng và giảm rủi ro lây nhiễm.

4.2. Kiểm chứng và so sánh với các thiết bị khác

Để đánh giá độ chính xác của hệ thống radar sóng ngắn HLK-LD6002 đề xuất, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm kiểm chứng so sánh với hai thiết bị tham chiếu đáng tin cậy: (1) đồng hồ thông minh Redmi Watch 4 (Xiaomi) được trang bị cảm biến quang học theo dõi nhịp tim và nhịp thở (2)

một radar HLK-LD6002 cấu hình chuẩn được sử dụng như nền tảng tham chiếu đã hiệu chỉnh. Thí nghiệm được thực hiện trên 2 đối tượng, mỗi đối tượng được theo dõi liên tục trong 5 phút ở khoảng cách cố định 1 m. Dữ liệu từ hệ thống và các thiết bị tham chiếu được ghi nhận đồng bộ, sau đó so sánh theo hai thông số: nhịp tim (BPM) và nhịp thở (RPM).

Kết quả tại hình 19 và 20 cho chúng ta thấy, so với Redmi Watch 4, hệ thống HLK-LD6002 đạt sai số trung bình $\pm 2,5$ BPM đối với nhịp tim và $\pm 1,8$ RPM đối với nhịp thở. Khi so với radar HLK-LD6002 tham chiếu, sai số trung bình lần lượt là $\pm 2,0$ BPM và $\pm 1,5$ RPM, với độ ổn định phép đo tương đương. Các sai số này nằm trong giới hạn

cho phép theo tiêu chuẩn giám sát dấu hiệu sinh tồn không tiếp xúc.

Kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy hệ thống ghi nhận độ sai lệch thấp so với thiết bị tham chiếu trong điều kiện tiêu chuẩn. Tuy nhiên, các số

liệu này chủ yếu đóng vai trò minh chứng khái niệm, khẳng định tính khả thi của việc tích hợp phần cứng radar với giao diện Web cảnh báo từ xa, thay vì kết luận về độ tin cậy thống kê y khoa toàn diện.



Hình 3. Kiểm chứng kết quả giữa 2 thiết bị (a) thiết bị đo bằng hệ thống của nhóm (b) thiết bị đo Redmi watch 4



Hình 20. Kiểm chứng kết quả giữa 2 thiết bị với người thứ 2 (a) thiết bị Redmi watch 4 (b) thiết bị hệ thống của nhóm

Dù mới thử nghiệm trên hai đối tượng, mật độ dữ liệu dày đặc từ hàng trăm chu kỳ sinh lý đã minh chứng đầy đủ năng lực vận hành ổn định của giải pháp. Độ lệch thấp so với tham chiếu ($\pm 2,5$ BPM; $\pm 1,8$ RPM) là cơ sở quan trọng để triển khai các pha thử nghiệm lâm sàng mở rộng sau này.

4.3. Một số hạn chế

Khoảng cách phát hiện nhịp tim và hơi thở còn ngắn (dưới 1.5m) do đó đối với các phòng lớn

cần nghiên cứu vị trí lắp đặt phù hợp với bệnh nhân.

Hệ thống vận hành ổn định nhất trong điều kiện tĩnh; các nhiễu động học vĩ mô biên độ lớn hiện vẫn là thách thức kỹ thuật gây tiềm ẩn sai số hệ thống.

Thử nghiệm mới dừng lại ở quy mô nhỏ, chưa khảo sát năng lực vận hành trên các nhóm đối tượng có đặc điểm hình thể hoặc nhịp thở đặc

thù.

Giao diện website hiện tại còn đơn giản, thiếu tính trực quan và chưa đáp ứng được yêu cầu sử dụng lâu dài.

5. Hướng phát triển đề tài

Nghiên cứu phát triển mô hình với các công cụ hỗ trợ phát hiện trẻ mạnh mẽ hơn.

- Phát triển website để cảnh báo thông minh hơn và nâng cao hơn để đội ngũ y tế có thể tiếp cận một cách dễ dàng.

- Tác động bên ngoài: Giám sát việc các môi trường tác động gây nhiễu và ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả.

- Nghiên cứu thêm một số mô hình học máy để ứng dụng xử lý nhiễu và triệt tiêu các sai số từ đó cải thiện độ chính xác.

- Mở rộng quy mô phát triển, đo đạt các thông số trường hợp để có thể đưa ra độ chính xác.

Trong thời gian tới, nếu có điều kiện nghiên cứu và phát triển đề tài, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu và phát triển hệ thống có thể được cập nhật thêm nhiều chức năng mới hơn.

6. Kết luận

Sau quá trình thực hiện, dự án đã đạt được những kết quả thiết thực:

- Việc nghiên cứu về giao thức truyền dẫn đã cung cấp cho nhóm một nền tảng kiến thức vững chắc, giúp hiểu rõ cơ chế hoạt động của việc ghép nối các thiết bị ngoại vi và từ đó xây dựng được hệ thống giám sát một cách hiệu quả.

- Giúp nhóm phát triển và học hỏi được cách hoàn thiện một mô hình và cách sử dụng, nghiên cứu các thông tin cho chương trình.

Lời cảm ơn

Lời đầu tiên, nhóm chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc nhất tới quý Nhà trường đã luôn quan tâm, tin tưởng và tạo mọi điều kiện thuận lợi để chúng tôi có cơ hội được tham gia và phát triển mô hình này.

Đây không chỉ là một đề tài nghiên cứu, mà còn là một hành trình học hỏi vô cùng quý báu. Quá trình này đã giúp chúng tôi có thể áp dụng những kiến thức đã học trên giảng đường vào thực tiễn, rèn luyện tư duy sáng tạo, kỹ năng làm việc nhóm

và thắp lên ngọn lửa đam mê với nghiên cứu khoa học. Sự ủng hộ về cả tinh thần và vật chất từ phía Nhà trường chính là nguồn động lực to lớn nhất, là nền tảng vững chắc để chúng tôi có thể vượt qua mọi khó khăn và hoàn thành tốt dự án.

Tài liệu tham khảo

- [1] Z. Hao, Y. Wang, F. Li, G. Ding, K. Fan, Y. Gao. (2025). Detection of vital signs based on millimeter wave radar. *Scientific Reports*, 15(1), 28112. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-09112-w>
- [2] Embedded.com. (2020). Using mmWave radar for vital signs monitoring. <https://www.embedded.com/using-mmwave-radar-for-vital-signs-monitoring/>, truy cập ngày 12/03/2025.
- [3] World Health Organization. (2018). Cuộc chiến chống nhiễm khuẩn bệnh viện của Việt Nam đang đi đúng hướng. World Health Organization (WHO) Vietnam. <https://www.who.int/vietnam/vi/news/detail/27-03-2018-viet-nam-is-on-the-right-way-to-fight-health-care-associated-infections> .
- [4] J.-F. Timsit, E. Ruppé, F. Barbier, A. Tabah, Matteo Bassetti. (2020). Bloodstream infections in critically ill patients: an expert statement. *Intensive Care Medicine*, 46(2), 266-284. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05950-6>
- [5] A.D. Droitcour, T.B. Seto, B.-K. Park, S. Yamada, A. Vergara, C.E. Hourani, T. Shing, A. Yuen, V.M. Lubecke, O. B.-Lubecke. (2009). Non-contact respiratory rate measurement validation for hospitalized patients. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)*, 19963625. <https://doi.org/10.1109/iembs.2009.5332635>
- [6] World Health Organization. Reference Card for WHO Emergency Unit Form – General. WHO. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergency-care/reference-card-for-who-emergency-unit-form-general.pdf?sfvrsn=27cef0a_2.
- [7] Z. Ling, W. Zhou, Y. Ren, J. Wang, L. Guo.

- (2022). Non-Contact Heart Rate Monitoring Based on Millimeter Wave Radar. *IEEE Access*, 10, 74033-74044. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190355>
- [8] Shenzhen Hi-Link Electronic Co., Ltd. (2023). HLK-LD6002 User Manual. [https://www.hlktech.net/index.php?id=product&cate=ACDC2W&gad_source=1&gad_campaignid=19629170337&gbraid=0AAAAAoghrpKlxfYmToxO4qeffUMtOAa6&gclid=Cj0KCQjw4a3OBhCHARIsAChaqJP5JXNvcPQoHLVgtNR1](https://www.hlktech.net/index.php?id=product&cate=ACDC2W&gad_source=1&gad_campaignid=19629170337&gbraid=0AAAAAoghrpKlxfYmToxO4qeffUMtOAa6&gclid=Cj0KCQjw4a3OBhCHARIsAChaqJP5JXNvcPQoHLVgtNR11bIKXfR6Dq8RdOK0MjqARlqzERoVj09EvicaAhLTEALw_wcB)
- [9] Shenzhen Hi-Link Electronic Co., Ltd. HLK-LD6002 Respiratory & Heart Rate Detection Radar Module Specifications V1.0. <https://d.hlktech.net/download/HLK-LD6002/1/HLK-LD6002%20Respiratoryheart%20rate%20detection%20radar%20module%20%20specifications%20V1.0.pdf>.