

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

====o0o=====



**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**XÂY DỰNG GIẢI PHÁP NHÀ THÔNG MINH
PHỤC VỤ NGƯỜI CAO TUỔI
GIÁM SÁT QUẢN LÝ VÀ LƯU TRỮ DỮ LIỆU TỪ XA
SỬ DỤNG ESP32**

Hà Nội, 5/2026

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

====o0o=====



**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**XÂY DỰNG GIẢI PHÁP NHÀ THÔNG MINH
PHỤC VỤ NGƯỜI CAO TUỔI
GIÁM SÁT QUẢN LÝ VÀ LƯU TRỮ DỮ LIỆU TỪ XA
SỬ DỤNG ESP32**

Trưởng nhóm nghiên cứu: Nguyễn Việt Hoàng Lương Lớp: DCCDTD68A

Thành viên tham gia thực hiện: Nguyễn Hoàng Long Lớp: DCCDTD68B

Nguyễn Hồng Ân Lớp: DCCDTD68A

Vũ Trí Mạnh Sơn Lớp: DCCDTD68A

Người hướng dẫn: PGS.TS Nguyễn Đức Khoát

Hà Nội, 5/2026

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	4
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	5
LỜI CẢM ƠN.....	6
MỞ ĐẦU	7
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	8
1.1. Bối cảnh nghiên cứu.....	8
1.2. Vấn đề thực tế cần giải quyết	8
1.3. Đối tượng sử dụng và bên liên quan.....	9
1.4. Mục tiêu nghiên cứu.....	9
1.5. Phạm vi nghiên cứu	10
1.6. Khó khăn kỹ thuật chính.....	10
1.7. Phương pháp nghiên cứu	10
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU	11
2.1. Phân tích nội dung đề tài	11
2.2. Đặc điểm người cao tuổi và nhu cầu hỗ trợ tại nhà.....	12
2.3. Cơ sở về hệ thống nhà thông minh phục vụ chăm sóc	13
2.4. Cơ sở lý thuyết.....	14
2.4.1. Thu nhận và chuyển đổi tín hiệu	14
2.4.2. Xử lý trạng thái và cảnh báo.....	14
2.4.3. Điều khiển thiết bị trong mô hình nhà thông minh	14
2.4.4. Hiển thị, giám sát và tương tác giọng nói	15
2.4.5. Lưu trữ dữ liệu và truy xuất lịch sử.....	15
2.5. Cơ sở thực tế để lựa chọn hướng triển khai.....	15

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG	17
3.1. Xây dựng ý tưởng hệ thống	17
3.2. Quy trình công nghệ và quy trình hoạt động	17
3.3. Sơ đồ và ngữ cảnh hệ thống	18
3.3.1. Sơ đồ tổng thể hệ thống	18
3.3.2. Ngữ cảnh hệ thống	19
3.3.3. Thành phần hệ thống	20
3.3.4. Thành phần nội bộ Main Gateway	21
3.4. Lựa chọn linh kiện và thông số chính	22
3.4.1. Tiêu chí lựa chọn linh kiện	22
3.4.2. Nhóm vi điều khiển	23
3.4.3. Nhóm cảm biến	25
3.4.4. Nhóm hiển thị, giám sát và tương tác	27
3.4.5. Nhóm điều khiển, cảnh báo và liên lạc khẩn cấp	28
3.4.6. Tổng hợp linh kiện theo trạng thái sử dụng	28
3.5. Thiết kế các lớp giao diện và giám sát	29
3.5.1. Chatbot giọng nói	29
3.5.2. Web giám sát và quản lý từ xa	30
3.5.3. HMI trung tâm tại nhà	31
3.6. Thiết kế phần cứng các module tại nhà	32
3.6.1. Main Gateway ESP32-C6	32
3.6.2. Node điều khiển IR và cảm biến môi trường	32
3.6.3. Node gas, radar và relay	33
3.6.5. Đồng hồ thông minh	33
3.6.6. Module SOS EC25 và nút khẩn cấp	34
3.7. Thiết kế lưu trữ và giám sát dữ liệu	34

3.8. Trạng thái các module đã xây dựng	36
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ	37
4.1. Mục tiêu và phạm vi thử nghiệm.....	37
4.2. Thử nghiệm các nhóm chức năng.....	37
4.3. Kết quả thử nghiệm sơ bộ/mô phỏng	38
4.4. Đánh giá kết quả đạt được	39
4.5. Hạn chế hiện tại	40
4.6. Hướng phát triển.....	40
KẾT LUẬN	41
TÀI LIỆU THAM KHẢO	42

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1. Đối tượng sử dụng và nhu cầu chính	9
Bảng 2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài	9
Bảng 3. Phân tích yêu cầu nghiên cứu của đề tài	11
Bảng 4. Các lớp chức năng cần có trong hệ thống chăm sóc tại nhà	13
Bảng 5. Cơ sở thực tế định hướng các nhóm phần cứng.....	16
Bảng 6. Quy trình hoạt động tổng quát của hệ thống.....	17
Bảng 7. Tiêu chí lựa chọn linh kiện cho hệ thống.....	22
Bảng 8. Lựa chọn vi điều khiển theo vai trò	23
Bảng 9. Thông số tham khảo của nhóm vi điều khiển	24
Bảng 10. Nhu cầu giám sát và cảm biến lựa chọn.....	25
Bảng 11. Thông số tham khảo của nhóm cảm biến.....	26
Bảng 12. Lựa chọn khối hiển thị, giám sát và tương tác.....	27
Bảng 13. Lựa chọn khối điều khiển và cảnh báo	28
Bảng 14. Tổng hợp trạng thái sử dụng linh kiện trong đề tài.....	28
Bảng 15. Vai trò của chatbot giọng nói trong hệ thống	30
Bảng 16. Cấu trúc dữ liệu lưu trên Google Sheets	35
Bảng 17. Ví dụ dòng dữ liệu ghi lên Google Sheets	35
Bảng 18. Trạng thái các module trong hệ thống	36
Bảng 19. Khung thử nghiệm chung cho các nhóm chức năng.....	37
Bảng 20. Kết quả thử nghiệm sơ bộ/mô phỏng các nhóm chính	38
Bảng 21. Đánh giá tổng hợp kết quả đạt được	39

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Minh họa hệ sinh thái thiết bị nhà thông minh.....	8
Hình 2. Sơ đồ tổng thể của hệ thống	18
Hình 3. Ngưỡng cảnh hệ thống nhà thông minh phục vụ người cao tuổi	19
Hình 4. Thành phần hệ thống theo các lớp chức năng	20
Hình 5. Thành phần nội bộ Main Gateway - Trung tâm điều phối tại nhà	21
Hình 6. Ảnh một số vi điều khiển sử dụng.....	23
Hình 7. Ảnh một số cảm biến sử dụng	25
Hình 8. Ảnh mạch Chatbot cầm tay trò chuyện	29
Hình 9. Giao diện web giám sát và quản lý từ xa.....	30
Hình 10. HMI trung tâm hiển thị trạng thái môi trường và cảnh báo	31
Hình 11. HMI trung tâm hiển thị trạng thái điều khiển thiết bị	31
Hình 12. Node điều khiển IR và cảm biến môi trường	32
Hình 13. Node gas, radar và relay điều khiển thiết bị	33
Hình 14. Đồng hồ thông minh hiển thị dữ liệu sức khỏe cơ bản	33
Hình 15. Mạch đồng hồ thông minh.....	34
Hình 16. Module EC25 định hướng cho cảnh báo khẩn cấp.....	34

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện đề tài “Xây dựng mô hình hệ thống nhà thông minh hỗ trợ chăm sóc và giám sát an toàn cho người cao tuổi”, nhóm em đã nhận được sự hướng dẫn của thầy PGS.TS Nguyễn Đức Khoát. Những góp ý về cách xác định bài toán, cách phân tích hệ thống và cách trình bày báo cáo giúp nhóm nhìn đề tài theo hướng nghiên cứu kỹ thuật nghiêm túc hơn, không chỉ dừng lại ở việc lắp ghép các module rời rạc.

Nhóm em xin cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, Bộ môn Tự động hóa Xí nghiệp Mở và Dầu khí, Khoa Cơ - Điện, đã tạo môi trường học tập để nhóm tìm hiểu các nội dung liên quan đến hệ thống nhúng, IoT, truyền thông không dây, giao diện HMI, xử lý ảnh và tự động hóa trong nhà ở. Các kiến thức nền tảng trong quá trình học là cơ sở để nhóm triển khai mô hình Smart Home ở mức mô hình thử nghiệm.

Do thời gian thực hiện còn hạn chế, báo cáo không tránh khỏi thiếu sót. Một số phần như số liệu thử nghiệm dài hạn, ảnh mạch hoàn thiện, log truyền thông và đánh giá độ ổn định được bổ sung trong các giai đoạn tiếp theo. Nhóm em mong nhận được góp ý từ thầy cô để hoàn thiện hệ thống tốt hơn.

MỞ ĐẦU

Đề tài “Xây dựng giải pháp nhà thông minh phục vụ người cao tuổi. Giám sát quản lý và lưu trữ dữ liệu từ xa sử dụng ESP32” được thực hiện với định hướng xây dựng một mô hình nhà thông minh phục vụ người cao tuổi trong môi trường gia đình. Xuất phát từ thực tế người thân không phải lúc nào cũng có mặt để theo dõi trực tiếp, hệ thống hướng tới việc giám sát trạng thái trong nhà, hỗ trợ cảnh báo, điều khiển một số thiết bị và lưu lại dữ liệu để có cơ sở xem xét khi cần.

Điểm chính của đề tài không nằm ở việc điều khiển thật nhiều thiết bị, mà ở việc lựa chọn một số chức năng đại diện cho nhu cầu chăm sóc tại nhà: theo dõi môi trường, phát hiện rủi ro gas, nhận biết hiện diện, hiển thị trạng thái tại nhà, giám sát từ xa, ghi dữ liệu và mở rộng tương tác thông minh. Các thành phần như HMI, web, node cảm biến, camera, đồng hồ thông minh, chatbot giọng nói và SOS được xem như các khối chức năng trong cùng một hệ thống.

Nhóm tiếp cận đề tài theo hướng phân tích nhu cầu sử dụng trước, sau đó xây dựng kiến trúc tổng thể, lựa chọn linh kiện, thiết kế module, thử nghiệm từng phần và đánh giá kết quả đạt được. Phạm vi báo cáo dừng ở mức mô hình nghiên cứu kỹ thuật, chưa khẳng định thay thế thiết bị y tế, thiết bị báo gas công nghiệp hoặc hệ thống an toàn điện dân dụng hoàn chỉnh.

Báo cáo được trình bày theo mạch từ tổng quan vấn đề, cơ sở nghiên cứu, xây dựng và thiết kế hệ thống đến thực nghiệm, đánh giá và hướng phát triển. Qua đó, nhóm làm rõ hệ thống cần giải quyết vấn đề gì, được xây dựng như thế nào, phần nào đã thực hiện được và phần nào cần tiếp tục hoàn thiện.

Quá trình nghiên cứu gồm khảo sát nhu cầu, phân tích tình huống sử dụng, chia module hệ thống, lựa chọn linh kiện, xây dựng mạch thử nghiệm, thiết kế giao diện, thử nghiệm từng khối và đánh giá khả năng tích hợp. Với các nội dung chưa có số liệu thực nghiệm, báo cáo đánh dấu rõ dữ liệu cần bổ sung thay vì tự đưa ra kết luận.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Bối cảnh nghiên cứu

Sự phát triển của các thiết bị có kết nối mạng, cảm biến giá rẻ và phần mềm giám sát giúp việc xây dựng mô hình hỗ trợ chăm sóc tại nhà trở nên khả thi hơn. Trong môi trường gia đình, dữ liệu về nhiệt độ, độ ẩm, gas, hiện diện và trạng thái thiết bị có thể phản ánh một phần tình huống sinh hoạt.

Khi đối tượng phục vụ là người cao tuổi, bài toán không chỉ là tiện nghi. Hệ thống phải quan tâm đến thao tác đơn giản, cảnh báo dễ nhận biết, phản hồi tại chỗ và khả năng theo dõi từ xa của người thân.



Hình 1. Minh họa hệ sinh thái thiết bị nhà thông minh

1.2. Vấn đề thực tế cần giải quyết

Người cao tuổi có thể gặp các tình huống như quên tắt thiết bị điện, rò rỉ gas, đi lại ban đêm, không kịp gọi trợ giúp hoặc cần người thân kiểm tra tình trạng trong nhà. Những tình huống này không xảy ra liên tục nhưng khi xảy ra cần được phát hiện sớm.

Nếu chỉ dùng camera, hệ thống có thể gây lo ngại về quyền riêng tư. Nếu chỉ dùng một cảm biến đơn lẻ, dữ liệu lại thiếu ngữ cảnh. Vì vậy đề tài cần một hệ thống nhiều thành phần nhưng vẫn đủ gọn để triển khai theo mô hình nghiên cứu.

1.3. Đối tượng sử dụng và bên liên quan

Bảng 1. Đối tượng sử dụng và nhu cầu chính

Đối tượng	Nhu cầu	Yêu cầu thiết kế
Người cao tuổi	Thao tác đơn giản, nhận cảnh báo rõ ràng, có thể gọi trợ giúp.	HMI dễ nhìn, nút khẩn cấp, cảnh báo tại chỗ.
Người thân	Theo dõi từ xa, xem lịch sử dữ liệu và nhận cảnh báo.	Web dashboard, lưu dữ liệu, trạng thái thiết bị dễ hiểu.
Người chăm sóc/quản trị	Cấu hình thiết bị, kiểm tra kết nối và bảo trì.	Module hóa rõ, trạng thái thiết bị có thể kiểm tra.
Nhóm phát triển	Mở rộng thêm cảm biến, camera, chatbot và cơ sở dữ liệu.	Kiến trúc đủ tách lớp, tránh phụ thuộc cứng giữa module.

1.4. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của chương trình nghiên cứu là chứng minh được cách một hệ thống nhà thông minh có thể hỗ trợ người cao tuổi thông qua ba nhóm năng lực: thu thập dữ liệu tại nhà, xử lý/cảnh báo tại chỗ và giám sát/lưu trữ từ xa.

Cụ thể, đề tài tập trung vào các mục tiêu sau:

Bảng 2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

Nhóm mục tiêu	Nội dung thực hiện	Kết quả cần đạt
Giám sát	Theo dõi nhiệt độ, độ ẩm, khí gas, hiện diện và trạng thái thiết bị.	Người dùng xem được trạng thái cơ bản trên HMI/web.
Cảnh báo	Phát hiện tình huống gas, hiện diện bất thường, SOS và trạng thái nguy hiểm.	Có cảnh báo tại chỗ và ghi nhận sự kiện.
Điều khiển	Điều khiển IR, relay/MOSFET và một số thiết bị thử nghiệm.	Lệnh điều khiển có phản hồi trạng thái.
Lưu trữ	Ghi dữ liệu qua Google Apps Script lên Google Sheets.	Có lịch sử dữ liệu gồm thời gian, cảm biến và trạng thái thiết bị.
Mở rộng thông minh	Tích hợp chatbot giọng nói, camera nhận diện người, đồng hồ thông minh và SOS EC25.	Chứng minh hướng phát triển của hệ thống.

1.5. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi gồm web giám sát, HMI trung tâm, gateway, node IR và cảm biến môi trường, node gas/radar/relay, camera nhận diện người, đồng hồ thông minh, chatbot giọng nói và module SOS. Các nội dung như chứng nhận an toàn điện, chứng nhận y tế, kiểm thử dài hạn hoặc triển khai đại trà chưa thuộc phạm vi kết luận của báo cáo.

1.6. Khó khăn kỹ thuật chính

Khó khăn đầu tiên là dữ liệu đến từ nhiều module khác nhau nên cần tổ chức thống nhất. Khó khăn thứ hai là cảnh báo không được phụ thuộc hoàn toàn vào mạng bên ngoài; các tình huống quan trọng như gas hoặc SOS cần ưu tiên phản hồi tại nhà. Khó khăn thứ ba là phải trình bày trung thực: phần nào đã làm, phần nào đang tích hợp, phần nào mới là hướng phát triển.

Khó khăn thứ hai là các cảnh báo liên quan đến an toàn không được phụ thuộc hoàn toàn vào mạng. Ví dụ cảnh báo gas phải có còi tại chỗ, nút khẩn cấp cần hướng xử lý riêng, gateway cần có khả năng phản ứng ở mức cơ bản ngay cả khi kết nối Internet chưa ổn định.

Khó khăn thứ ba là đánh giá thực nghiệm. Một số module đã chạy được ở mức cơ bản nhưng chưa có đủ số liệu lặp lại nhiều lần. Vì vậy, báo cáo chỉ ghi nhận đúng mức hiện tại và đánh dấu các dữ liệu cần bổ sung.

1.7. Phương pháp nghiên cứu

Từ các khó khăn trên, nhóm triển khai theo hướng đi từ tổng thể đến từng module. Trước hết xác định người dùng và tình huống sử dụng, sau đó thiết kế kiến trúc tổng quan, lựa chọn linh kiện, xây dựng từng module, cuối cùng là thử nghiệm theo kịch bản và đánh giá kết quả.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU

2.1. Phân tích nội dung đề tài

Tên đề tài đặt ra ba lớp vấn đề. Lớp thứ nhất là xây dựng giải pháp nhà thông minh, tức là hệ thống không chỉ điều khiển thiết bị mà còn phải thu nhận trạng thái trong nhà, xử lý và phản hồi khi có tình huống bất thường. Lớp thứ hai là phục vụ người cao tuổi, nên toàn bộ thiết kế phải ưu tiên thao tác đơn giản, trạng thái dễ hiểu, cảnh báo rõ ràng và hạn chế phụ thuộc vào thao tác phức tạp. Lớp thứ ba là giám sát, quản lý và lưu trữ dữ liệu từ xa, nghĩa là dữ liệu không dừng ở màn hình tại nhà mà cần có lịch sử để người thân hoặc nhóm vận hành xem lại.

Từ nội dung đề tài, hệ thống cần trả lời được bốn câu hỏi chính: trong nhà đang có trạng thái gì, trạng thái đó có an toàn hay không, người dùng có thể xem hoặc điều khiển bằng cách nào, và dữ liệu sau khi phát sinh được lưu lại ở đâu. Đây là cơ sở để nhóm xác định các khối chức năng thay vì chọn linh kiện theo cảm tính.

Bảng 3. Phân tích yêu cầu nghiên cứu của đề tài

Nội dung trong đề tài	Vấn đề cần giải quyết	Khối chức năng cần hình thành
Nhà thông minh	Theo dõi môi trường, thiết bị và trạng thái sinh hoạt trong nhà.	Cảm biến, điều khiển, hiển thị, cảnh báo.
Phục vụ người cao tuổi	Giảm thao tác, tăng khả năng nhận biết rủi ro và gọi hỗ trợ.	HMI rõ ràng, chatbot giọng nói, đồng hồ, SOS.
Giám sát và quản lý	Người thân cần quan sát trạng thái từ xa và nắm được lịch sử.	Web dashboard, trạng thái thiết bị, nhật ký dữ liệu.
Lưu trữ dữ liệu từ xa	Dữ liệu cần có thời gian, giá trị đo và trạng thái để truy xuất.	Google Apps Script/Sheets ở bản hiện tại, database ở hướng mở rộng.

2.2. Đặc điểm người cao tuổi và nhu cầu hỗ trợ tại nhà

Người cao tuổi có thể gặp khó khăn khi thao tác với thiết bị có nhiều nút bấm, chữ nhỏ hoặc nhiều tầng menu. Khi thiết kế hệ thống hỗ trợ, giao diện cần trực quan, trạng thái cần được biểu diễn bằng chữ lớn, màu sắc rõ và số bước thao tác ít. Những cảnh báo quan trọng như gas, nhiệt độ bất thường, có người trong vùng giám sát hoặc yêu cầu SOS cần được đưa lên trước các thông tin phụ.

Trong bối cảnh gia đình hiện nay, người thân không phải lúc nào cũng ở cùng người cao tuổi. Nhu cầu thực tế không chỉ là bật tắt thiết bị từ xa mà còn là biết trong nhà có sự kiện bất thường hay không, dữ liệu môi trường có thay đổi không, thiết bị đang bật hay tắt và khi cần hỗ trợ thì tín hiệu khẩn cấp được gửi đi như thế nào.

Đối với đề tài này, dữ liệu sức khỏe trên đồng hồ thông minh chỉ được xem là dữ liệu tham khảo hỗ trợ cảnh báo, chưa thay thế thiết bị y tế. Trọng tâm nghiên cứu vẫn là mô hình nhà thông minh phục vụ chăm sóc gia đình: giám sát môi trường, an toàn, hiện diện, tương tác, lưu trữ và cảnh báo.

2.3. Cơ sở về hệ thống nhà thông minh phục vụ chăm sóc

Một hệ thống nhà thông minh phục vụ chăm sóc cần được nhìn theo các lớp chức năng. Lớp đầu vào thu nhận dữ liệu từ cảm biến, nút bấm, giao diện, camera hoặc thiết bị đeo. Lớp xử lý xác định trạng thái bình thường, cảnh báo hoặc yêu cầu điều khiển. Lớp tương tác giúp người dùng xem và thao tác tại nhà hoặc từ xa. Lớp lưu trữ ghi lại dữ liệu để xem lịch sử và phục vụ đánh giá sau này.

Bảng 4. Các lớp chức năng cần có trong hệ thống chăm sóc tại nhà

Lớp chức năng	Nhiệm vụ	Yêu cầu trong đề tài
Thu nhận dữ liệu	Đọc môi trường, khí gas, hiện diện, thao tác người dùng và tín hiệu từ thiết bị đeo.	Dữ liệu phải đủ để phản ánh trạng thái nhà ở.
Xử lý tại nhà	Lọc trạng thái, so sánh ngưỡng, xác định cảnh báo và điều khiển thiết bị.	Cảnh báo quan trọng cần phản hồi tại chỗ.
Hiển thị và tương tác	Cho người dùng xem, điều khiển và hỏi trạng thái.	HMI dễ nhìn, web từ xa, chatbot giọng nói.
Lưu trữ	Ghi thời gian, giá trị đo, trạng thái thiết bị và sự kiện.	Có lịch sử để người thân hoặc nhóm nghiên cứu xem lại.
Cảnh báo khẩn cấp	Tạo kênh báo động khi có rủi ro hoặc người dùng cần trợ giúp.	Có hướng phát triển SOS qua mạng di động.

2.4. Cơ sở lý thuyết

2.4.1. Thu nhận và chuyển đổi tín hiệu

Cảm biến chuyển đổi đại lượng vật lý thành tín hiệu điện hoặc dữ liệu số. Nhiệt độ, độ ẩm, khí gas, chuyển động, hiện diện và nhịp tim đều là các đại lượng khác nhau nên không thể dùng một loại cảm biến duy nhất. Khi đưa cảm biến vào hệ thống, cần quan tâm tới dải đo, độ nhạy, sai số, thời gian phản hồi, cách giao tiếp và điều kiện môi trường.

Các cảm biến số thường trả dữ liệu qua giao tiếp như I2C hoặc UART, giúp giảm nhiều khi truyền trong mạch ngắn và dễ đọc bằng vi điều khiển. Các cảm biến dạng analog cần đọc qua ADC và cần hiệu chỉnh ngưỡng. Với cảm biến khí, giá trị đo dễ chịu ảnh hưởng bởi môi trường và thời gian làm nóng, nên trong mô hình nghiên cứu chỉ dùng để đánh giá cảnh báo ở mức thử nghiệm.

2.4.2. Xử lý trạng thái và cảnh báo

Dữ liệu cảm biến cần được chuyển thành trạng thái có ý nghĩa: bình thường, cảnh báo, mất kết nối hoặc cần kiểm tra. Nếu chỉ hiển thị giá trị thô, người dùng khó hiểu hệ thống đang an toàn hay không. Vì vậy phần xử lý cần có ngưỡng, bộ lọc đơn giản, thời gian giữ trạng thái và cơ chế tránh báo nhầm do nhiễu tức thời.

Cảnh báo trong nhà cần có thứ tự ưu tiên. Các sự kiện như gas, SOS hoặc thiết bị điện có nguy cơ cao phải được xử lý tại chỗ trước, sau đó mới đồng bộ lên web hoặc lưu dữ liệu. Cách tổ chức này giúp hệ thống không phụ thuộc hoàn toàn vào mạng ngoài khi xảy ra tình huống khẩn cấp.

2.4.3. Điều khiển thiết bị trong mô hình nhà thông minh

Điều khiển thiết bị có thể thực hiện theo hai hướng. Hướng thứ nhất là điều khiển tín hiệu, ví dụ phát lệnh hồng ngoại cho thiết bị vốn có remote. Hướng thứ hai là điều khiển đóng cắt tải bằng relay hoặc MOSFET trong mô hình thử nghiệm. Khi liên quan đến điện lưới, thiết kế phải có cách ly, bảo vệ và kiểm tra tải rõ ràng.

2.4.4. Hiện thị, giám sát và tương tác giọng nói

HMI tại nhà phù hợp với người dùng cần xem nhanh trạng thái. Web phù hợp với người thân hoặc quản trị viên khi không có mặt trực tiếp. Chatbot giọng nói tạo thêm kênh tương tác bằng lời nói, giảm thao tác tay và phù hợp với các câu hỏi ngắn như hỏi trạng thái môi trường, trạng thái thiết bị hoặc yêu cầu trợ giúp.

Tương tác giọng nói cần được giới hạn theo ngữ cảnh hệ thống. Các lệnh điều khiển có rủi ro nên có xác nhận trước khi thực hiện. Các câu trả lời của chatbot cần bám vào dữ liệu hệ thống thay vì trả lời lan man ngoài phạm vi chăm sóc tại nhà.

2.4.5. Lưu trữ dữ liệu và truy xuất lịch sử

Lưu trữ dữ liệu giúp hệ thống có khả năng xem lại lịch sử thay vì chỉ quan sát tức thời. Một bản ghi tối thiểu cần có số thứ tự, ngày, giờ, nguồn dữ liệu, giá trị cảm biến, trạng thái thiết bị và sự kiện cảnh báo nếu có. Khi dữ liệu tăng lên, cần chuyển từ bảng tính thử nghiệm sang cơ sở dữ liệu có cấu trúc để quản lý người dùng, thiết bị, phân quyền và lịch sử cảnh báo.

2.5. Cơ sở thực tế để lựa chọn hướng triển khai

Giải pháp được định hướng theo mô hình module vì nhà ở có nhiều khu vực và mỗi khu vực cần chức năng khác nhau. Cách chia module giúp nhóm thử nghiệm từng phần, thay thế linh kiện dễ hơn và mở rộng hệ thống theo từng giai đoạn. Các module cần nhỏ gọn, dễ cấp nguồn, dễ lập trình, có cộng đồng sử dụng rộng và chi phí phù hợp với mô hình nghiên cứu.

Bảng 5. Cơ sở thực tế định hướng các nhóm phần cứng

Nhu cầu thực tế	Nhóm phần cứng cần có	Yêu cầu lựa chọn
Theo dõi môi trường phòng	Cảm biến nhiệt độ/độ ẩm.	Dễ đọc dữ liệu, sai số phù hợp mô hình.
Cảnh báo rủi ro bếp	Cảm biến khí và còi/đèn cảnh báo.	Có ngưỡng cảnh báo và phản hồi tại chỗ.
Nhận biết có người	Cảm biến hiện diện hoặc camera.	Hạn chế báo nhầm, có thể thử trong phòng.
Điều khiển thiết bị	IR, relay hoặc MOSFET.	Phù hợp thiết bị thử nghiệm, có bảo vệ khi đóng cắt tải.
Người dùng xem tại nhà	Màn hình HMI cảm ứng.	Chữ rõ, trạng thái dễ hiểu, thao tác ít bước.
Người thân xem từ xa	Web và lưu trữ từ xa.	Có lịch sử, dễ truy xuất, dễ mở rộng.
Tương tác thông minh	Chatbot giọng nói.	Hỏi đáp trạng thái, hỗ trợ lệnh đơn giản.
Gọi hỗ trợ khẩn cấp	Nút SOS và module mạng di động.	Có kênh cảnh báo độc lập hơn với mạng nội bộ.

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

3.1. Xây dựng ý tưởng hệ thống

Ý tưởng của hệ thống là đặt người cao tuổi ở trung tâm. Các thiết bị trong nhà thu thập dữ liệu và cảnh báo tại chỗ; HMI giúp xem và thao tác nhanh; web giúp người thân theo dõi từ xa; dữ liệu được ghi lại để xem lịch sử; chatbot, camera, đồng hồ và SOS là các phần mở rộng để tăng tính thông minh và an toàn.

3.2. Quy trình công nghệ và quy trình hoạt động

Quy trình công nghệ của hệ thống gồm bốn bước. Bước một là thu thập tín hiệu từ cảm biến, giao diện hoặc thiết bị tương tác. Bước hai là xử lý tại nhà để xác định trạng thái bình thường hay cảnh báo. Bước ba là hiển thị và điều khiển qua HMI/web. Bước bốn là lưu dữ liệu từ xa để người thân hoặc nhóm phát triển xem lại.

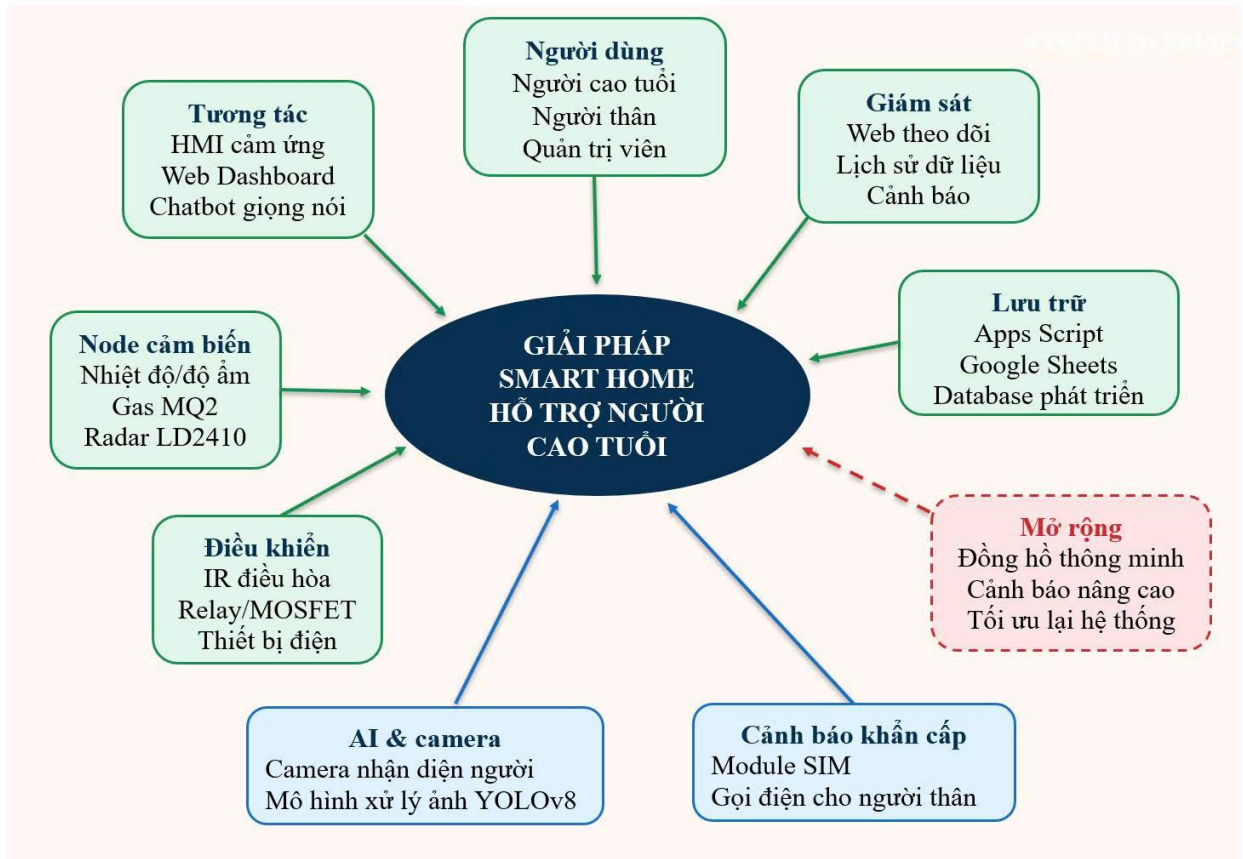
Bảng 6. Quy trình hoạt động tổng quát của hệ thống

Bước	Nội dung	Kết quả
1	Cảm biến, HMI, camera, đồng hồ hoặc chatbot tạo dữ liệu đầu vào.	Có tín hiệu/trạng thái ban đầu.
2	Gateway/HMI hoặc module tại nhà xử lý trạng thái và cảnh báo.	Có quyết định hiển thị, điều khiển hoặc cảnh báo.
3	Web/HMI cập nhật dữ liệu và nhận lệnh người dùng.	Người dùng quan sát và thao tác được.
4	Google Apps Script ghi dữ liệu lên Google Sheets.	Có lịch sử dữ liệu từ xa.
5	Người thân hoặc quản trị viên xem lại trạng thái và sự kiện.	Có cơ sở theo dõi và cải tiến hệ thống.

3.3. Sơ đồ và ngữ cảnh hệ thống

3.3.1. Sơ đồ tổng thể hệ thống

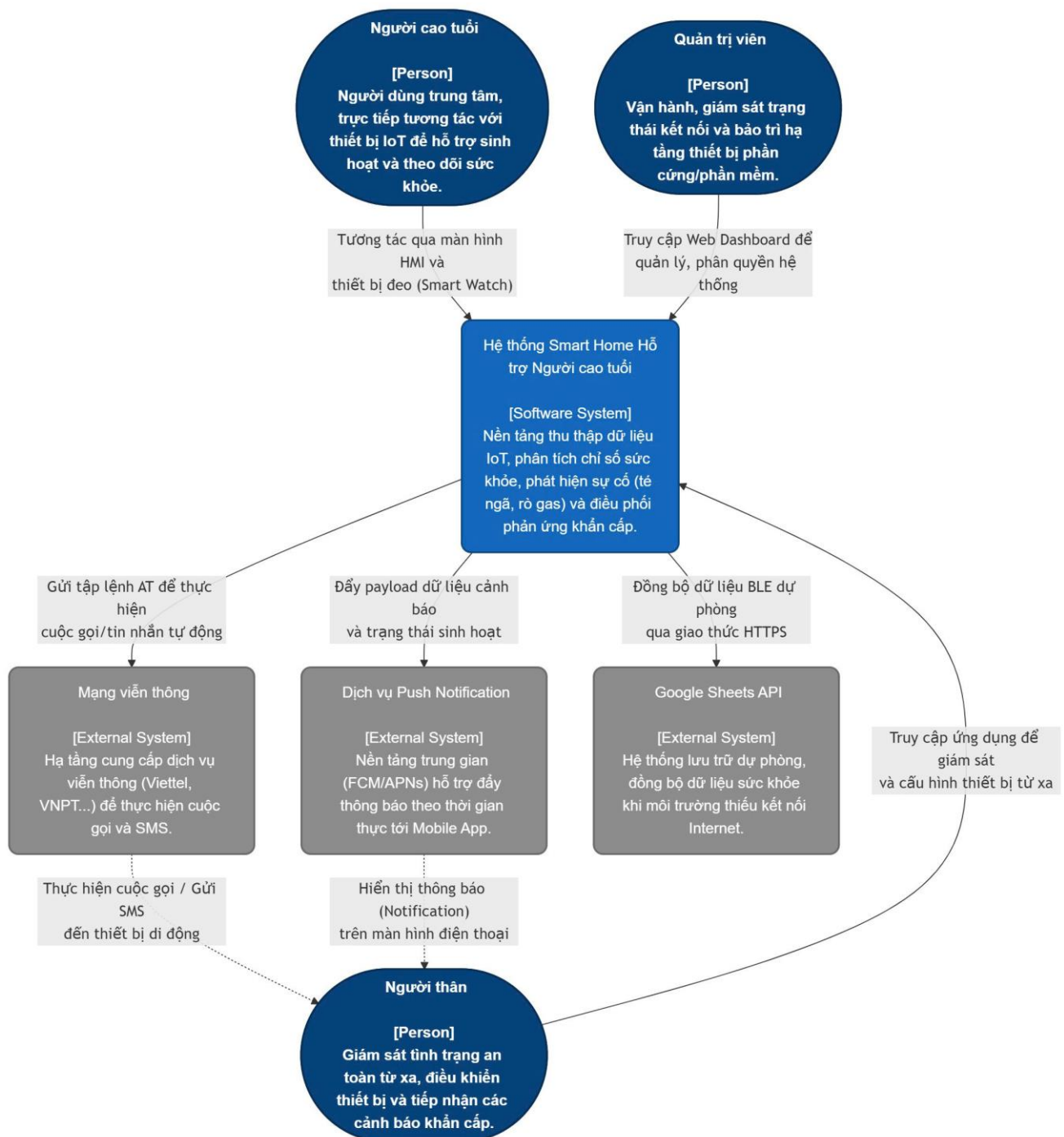
Sơ đồ tổng thể thể hiện các nhóm module của đề tài, trạng thái đã làm, đang tích hợp và hướng phát triển. Sơ đồ tập trung vào cấu trúc tổng quan của dự án, không đi sâu vào mô tả chi tiết từng giao thức truyền dữ liệu.



Hình 2. Sơ đồ tổng thể của hệ thống

3.3.2. Ngữ cảnh hệ thống

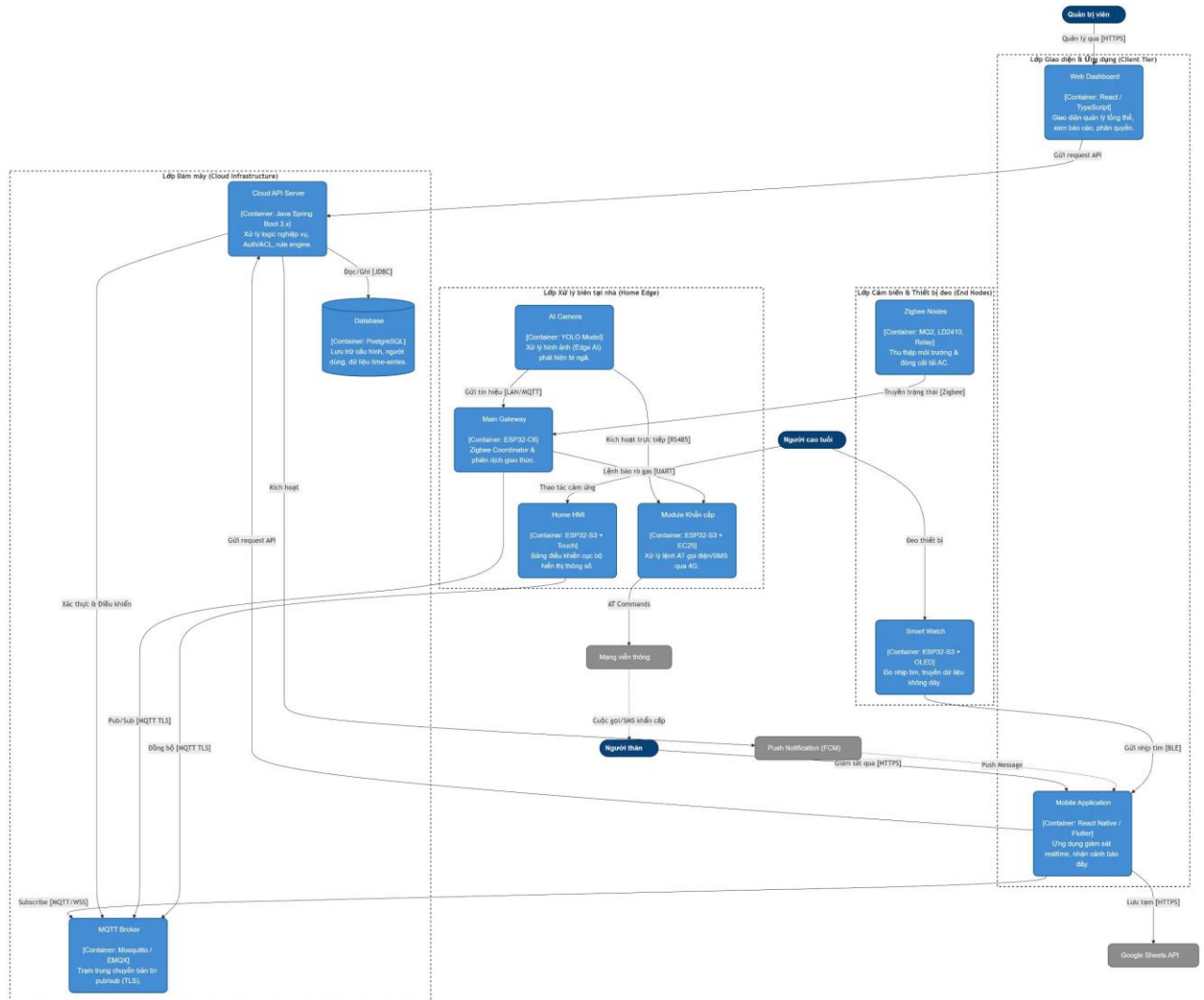
Ngữ cảnh hệ thống cho thấy người cao tuổi tương tác với HMI, đồng hồ hoặc nút khẩn cấp tại nhà; người thân theo dõi qua web hoặc thiết bị di động; quản trị viên cấu hình và bảo trì khi cần.



Hình 3. Ngữ cảnh hệ thống nhà thông minh phục vụ người cao tuổi

3.3.3. Thành phần hệ thống

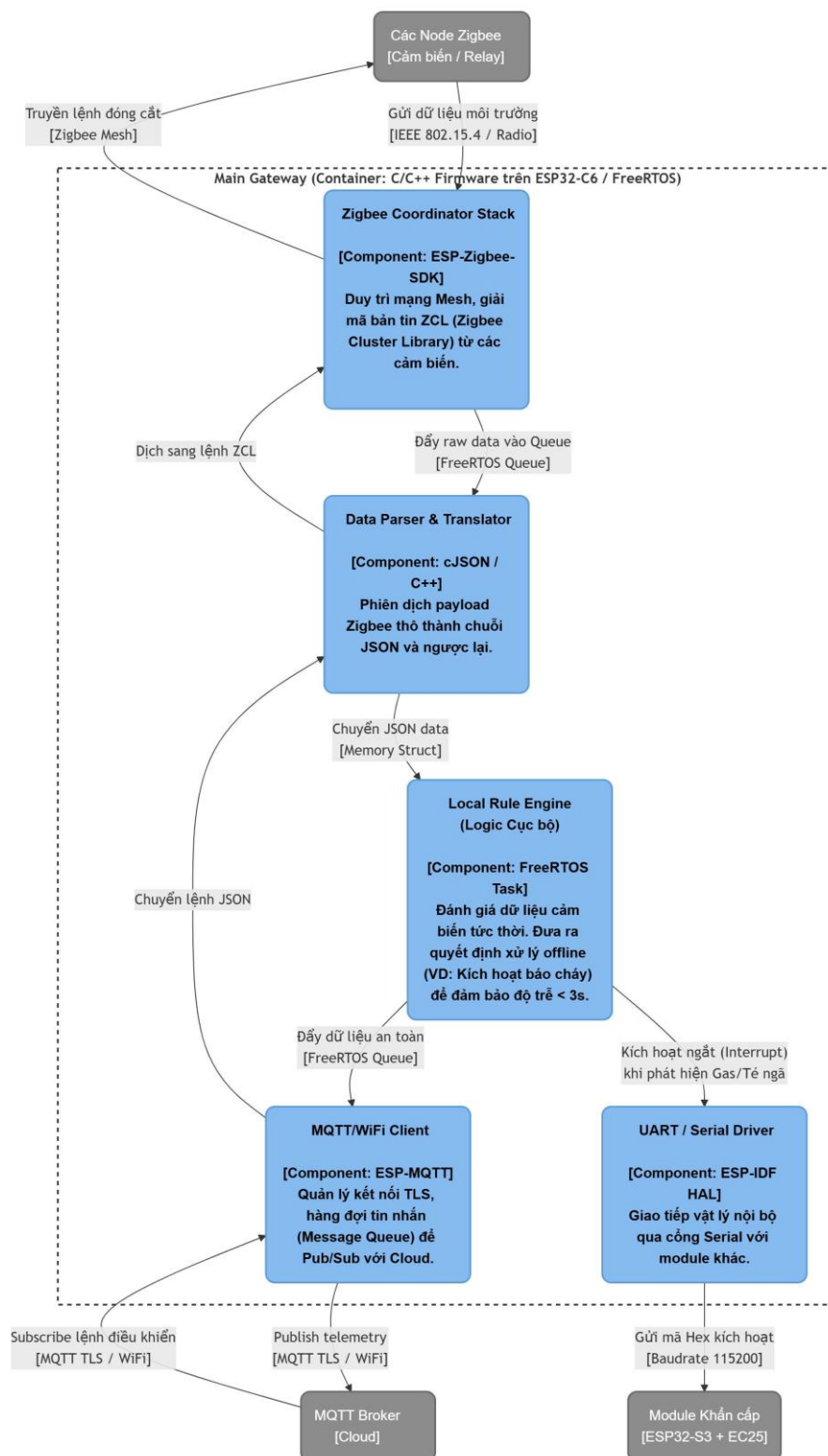
Từ ngữ cảnh sử dụng, hệ thống được chia thành các lớp: ứng dụng giám sát, lưu trữ dữ liệu, HMI tại nhà, gateway, node cảm biến/chấp hành, camera, thiết bị đeo và cảnh báo khẩn cấp.



Hình 4. Thành phần hệ thống theo các lớp chức năng

3.3.4. Thành phần nội bộ Main Gateway

Main Gateway là trung tâm điều phối tại nhà. Gateway nhận dữ liệu từ node, chuẩn hóa trạng thái, chuyển tiếp dữ liệu lên hệ thống giám sát và gửi lệnh điều khiển xuống thiết bị.



Hình 5. Thành phần nội bộ Main Gateway - Trung tâm điều phối tại nhà

3.4. Lựa chọn linh kiện và thông số chính

Sau khi xác định các nhóm chức năng của hệ thống, nhóm lựa chọn linh kiện theo từng vai trò: khối xử lý, khối cảm biến, khối hiển thị/trương tác, khối điều khiển thiết bị và khối cảnh báo. Mỗi linh kiện được chọn để giải quyết một yêu cầu cụ thể của đề tài, đồng thời phải phù hợp với điều kiện thử nghiệm trong mô hình.

3.4.1. Tiêu chí lựa chọn linh kiện

Các linh kiện trong hệ thống cần đáp ứng đồng thời yêu cầu kỹ thuật và yêu cầu triển khai. Về kỹ thuật, linh kiện phải có giao tiếp phù hợp với vi điều khiển, mức điện áp rõ ràng, đủ độ ổn định cho thử nghiệm và có khả năng mở rộng. Về triển khai, linh kiện cần dễ mua, dễ thay thế, có tài liệu tham khảo và phù hợp với chi phí của đề tài nghiên cứu.

Bảng 7. Tiêu chí lựa chọn linh kiện cho hệ thống

Tiêu chí	Ý nghĩa trong đề tài	Ảnh hưởng tới thiết kế
Phù hợp chức năng	Linh kiện phải trực tiếp giải quyết một yêu cầu của hệ thống.	Tránh lắp nhiều phần cứng nhưng không có vai trò rõ.
Kết nối và giao tiếp	Cần tương thích với vi điều khiển và kiến trúc nhiều module.	Ưu tiên I2C, UART, GPIO, PWM hoặc analog khi cần.
Nguồn và mức logic	Các module phải cấp nguồn ổn định, tránh sai mức điện áp tín hiệu.	Ưu tiên logic 3.3 V; module tải cần nguồn riêng nếu cần.
Tài nguyên xử lý	Giao diện, âm thanh hoặc xử lý ảnh cần tài nguyên lớn hơn node cảm biến.	Tách ESP32-C6 cho gateway/node và ESP32-S3 cho phần cần tài nguyên cao hơn.
Khả năng thử nghiệm	Nhóm cần đo, quan sát và sửa lỗi được trong quá trình làm.	Ưu tiên module có chân ra rõ, tài liệu và ví dụ sử dụng.
An toàn và mở rộng	Các phần điều khiển tải, gas, SOS cần có biên an toàn.	Tách cảnh báo tại chỗ, lưu log và ghi rõ phần đang phát triển.

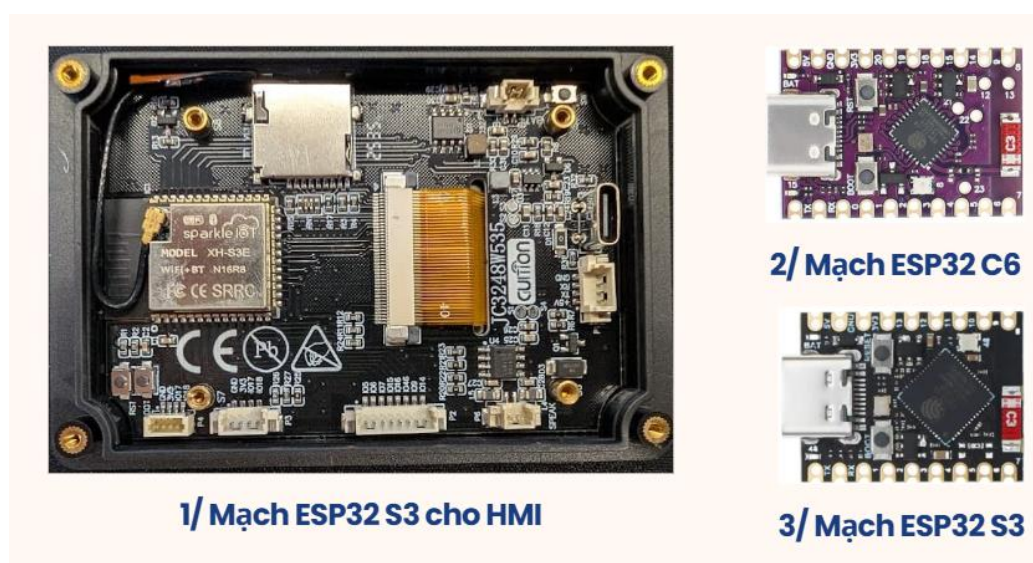
3.4.2. Nhóm vi điều khiển

Khối xử lý là nền của hệ thống vì mọi dữ liệu từ cảm biến, giao diện và lệnh điều khiển đều cần đi qua vi điều khiển hoặc máy chủ giám sát. Với mô hình này, nhóm cần hai kiểu vi điều khiển: loại nhỏ gọn cho gateway/node và loại có tài nguyên tốt hơn cho giao diện, âm thanh hoặc thiết bị đeo.

ESP32-C6 được dùng cho gateway hoặc node vì có Wi-Fi, Bluetooth LE và hỗ trợ lớp truyền thông IEEE 802.15.4, phù hợp với hướng xây dựng nhiều node trong nhà. ESP32-S3 được dùng cho HMI, đồng hồ hoặc chatbot vì có tài nguyên xử lý tốt hơn, phù hợp với giao diện, âm thanh và ngoại vi phức tạp hơn.

Bảng 8. Lựa chọn vi điều khiển theo vai trò

Vi điều khiển	Vai trò dự kiến	Lý do sử dụng
ESP32-C6 Super Mini	Main Gateway hoặc node cảm biến/chấp hành.	Nhỏ gọn, có Wi-Fi/Bluetooth LE, phù hợp mô hình nhiều node và điều phối dữ liệu.
ESP32-S3	HMI trung tâm, đồng hồ thông minh, chatbot giọng nói.	Tài nguyên xử lý tốt hơn, phù hợp giao diện, âm thanh, màn hình và ngoại vi.
ESP32-S3 HMI board	Màn hình cảm ứng tại nhà.	Tích hợp vi điều khiển và màn hình, thuận tiện thử nghiệm giao diện tại nhà.



Hình 6. Ảnh một số vi điều khiển sử dụng

Bảng 9. Thông số tham khảo của nhóm vi điều khiển

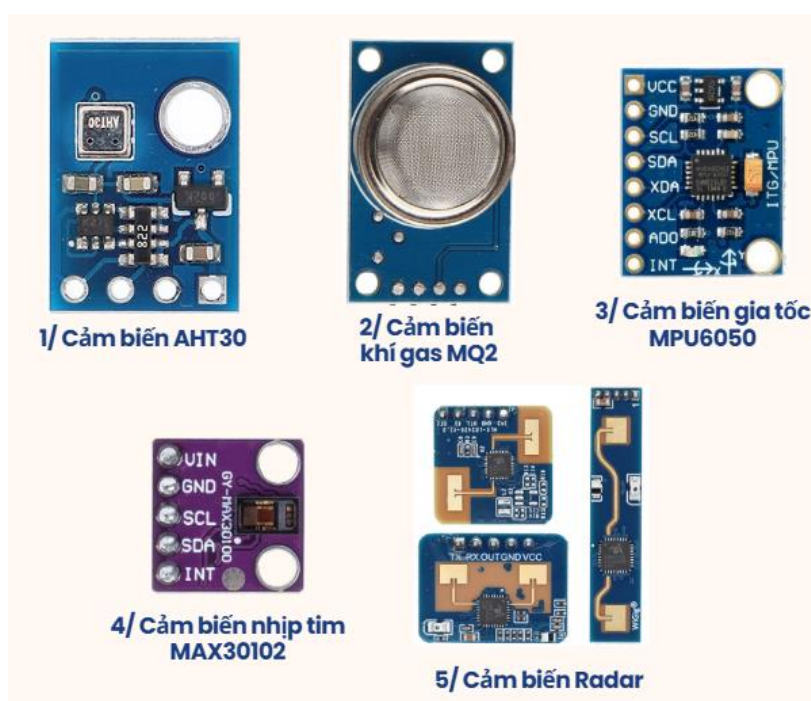
Thông số	ESP32-C6	ESP32-S3	Ý nghĩa trong hệ thống
CPU	RISC-V 32-bit, tối đa khoảng 160 MHz.	Xtensa LX7 hai nhân, tối đa khoảng 240 MHz.	ESP32-S3 phù hợp hơn cho giao diện/âm thanh; ESP32-C6 đủ cho gateway/node.
Bộ nhớ trong	Khoảng 512 KB SRAM, 320 KB ROM và 16 KB SRAM tiêu thụ thấp.	Khoảng 512 KB SRAM và 384 KB ROM; flash/PSRAM phụ thuộc module.	Ảnh hưởng tới giao diện, buffer dữ liệu và tác vụ truyền thông.
Kết nối không dây	Wi-Fi 2.4 GHz, Bluetooth LE, IEEE 802.15.4.	Wi-Fi 2.4 GHz, Bluetooth LE.	ESP32-C6 phù hợp vai trò kết nối node; ESP32-S3 phù hợp giao diện và thiết bị tương tác.
Số chân GPIO	Tối đa 30 GPIO với bản QFN40 hoặc 22 GPIO với bản QFN32; bo Super Mini đưa ra số chân theo thiết kế bo.	Tối đa khoảng 45 GPIO trên chip; số chân sử dụng thực tế phụ thuộc module/bo mạch.	Đủ cho cảm biến, relay, IR, màn hình và các ngoại vi thử nghiệm.
Ngoại vi thường dùng	GPIO, UART, I2C, SPI, PWM, ADC.	GPIO, UART, I2C, SPI, PWM, ADC, USB OTG tùy module.	Đủ kết nối cảm biến, màn hình, relay, IR và module mở rộng.
Nguồn và mức logic	Logic 3.3 V; board có thể cấp qua USB/5 V tùy phiên bản.	Logic 3.3 V; board có thể cấp qua USB/5 V tùy phiên bản.	Cần tránh đưa tín hiệu 5 V trực tiếp vào chân logic 3.3 V.

3.4.3. Nhóm cảm biến

Nhóm cảm biến được chọn từ các trạng thái cần giám sát trong đề tài. Môi trường phòng cần nhiệt độ và độ ẩm; khu vực bếp nhận biết khí dễ cháy ở mức mô hình; không gian sinh hoạt cần phát hiện có người; đồng hồ thông minh cần cảm biến nhịp tim tham khảo và cảm biến chuyển động để hỗ trợ đếm bước, phát hiện bất thường.

Bảng 10. Nhu cầu giám sát và cảm biến lựa chọn

Nhu cầu	Cảm biến/module	Vai trò trong đề tài
Nhiệt độ và độ ẩm phòng	AHT30	Theo dõi môi trường sống, hiển thị trên HMI/web và lưu lịch sử.
Khí dễ cháy ở mức mô hình	MQ2	Tạo kịch bản cảnh báo gas, kích hoạt trạng thái cảnh báo.
Hiện diện trong phòng	LD2410	Nhận biết có người/không có người để hỗ trợ giám sát sinh hoạt.
Nhịp tim tham khảo	MAX30102	Hiển thị thông tin sức khỏe cơ bản trên đồng hồ thông minh.
Chuyển động, bước chân	MPU6050	Hỗ trợ đếm bước, nhận biết chuyển động và hướng phát triển cảnh báo ngã.



Hình 7. Ảnh một số cảm biến sử dụng

Bảng 11. Thông số tham khảo của nhóm cảm biến

Cảm biến	Đại lượng đo	Giao tiếp/nguồn tham khảo	Lưu ý khi dùng trong đề tài
AHT30	Nhiệt độ, độ ẩm.	I2C; module thường dùng mức 3.3 V hoặc 5 V tùy board.	Cần so sánh với thiết bị tham chiếu để đánh giá sai số.
MQ2	Khí dễ cháy/khói ở mức mô hình.	Analog/digital; phần gia nhiệt thường dùng 5 V.	Cần thời gian làm nóng, hiệu chuẩn ngưỡng; không dùng như thiết bị an toàn công nghiệp.
LD2410	Hiện diện/chuyển động người.	UART; module thường cấp 5 V.	Cần đặt vị trí hợp lý và lọc trạng thái để giảm báo nhầm.
MAX30102	Nhịp tim, SpO2 tham khảo.	I2C; module thường dùng 3.3 V.	Dữ liệu chỉ dùng tham khảo, chưa thay thế thiết bị y tế.
MPU6050	Gia tốc, góc quay.	I2C; module thường dùng 3.3 V hoặc 5 V tùy board.	Cần lọc nhiễu chuyển động nếu phát triển cảnh báo ngã.

3.4.4. Nhóm hiển thị, giám sát và tương tác

Nhóm hiển thị và tương tác được chọn theo ba tình huống sử dụng. Người cao tuổi hoặc người chăm sóc tại nhà cần HMI cảm ứng để xem nhanh trạng thái. Người thân ở xa cần web để giám sát, xem lịch sử và kiểm tra thiết bị. Chatbot giọng nói giúp hỏi đáp trạng thái hoặc tương tác bằng lời nói, phù hợp với mục tiêu giảm thao tác tay.

Bảng 12. Lựa chọn khối hiển thị, giám sát và tương tác

Khối chức năng	Thành phần sử dụng	Lý do lựa chọn
Hiển thị tại nhà	HMI cảm ứng dùng ESP32-S3.	Có thể hiển thị trạng thái lớn, thao tác trực tiếp, phù hợp đặt trong nhà.
Giám sát từ xa	Web dashboard.	Người thân xem được trạng thái, lịch sử và cảnh báo khi không ở cùng người cao tuổi.
Tương tác giọng nói	Chatbot giọng nói theo hướng Xiaozi ESP32.	Hỗ trợ hỏi đáp, giám thao tác tay, có thể tích hợp dữ liệu trạng thái của hệ thống.
Lưu tạm thời và kiểm tra dữ liệu	Google Apps Script và Google Sheets.	Phù hợp giai đoạn mô hình, dễ xem log và dễ chỉnh sửa trong quá trình thử nghiệm.

3.4.5. Nhóm điều khiển, cảnh báo và liên lạc khẩn cấp

Nhóm điều khiển và cảnh báo được chia theo mức tác động. IR dùng cho thiết bị có remote, phù hợp điều khiển điều hòa hoặc thiết bị gia dụng có mã lệnh hồng ngoại. Relay/MOSFET dùng cho tải thử nghiệm hoặc còi cảnh báo. EC25 và nút khẩn cấp phục vụ hướng cảnh báo SOS qua cuộc gọi hoặc SMS.

Bảng 13. Lựa chọn khối điều khiển và cảnh báo

Thành phần	Vai trò	Yêu cầu kỹ thuật cần chú ý
IR phát/thu	Gửi hoặc học lệnh điều khiển thiết bị dùng remote.	Cần kiểm tra khoảng cách, góc phát và mã lệnh tương thích.
Relay	Đóng cắt tải thử nghiệm hoặc thiết bị điện công suất nhỏ.	Cần cách ly, nguồn phù hợp và kiểm tra an toàn khi dùng với điện lưới.
MOSFET	Điều khiển tải DC hoặc còi/đèn cảnh báo.	Cần chọn đúng dòng tải, tản nhiệt và diode bảo vệ nếu tải cảm.
Còi/nút cảnh báo	Cảnh báo tại chỗ và tạo sự kiện khẩn cấp.	Cần ưu tiên xử lý cục bộ, không phụ thuộc hoàn toàn vào web.
Quectel EC25	Gọi điện hoặc gửi SMS trong hướng phát triển SOS.	Cần nguồn ổn định, anten, SIM và log thử nghiệm gọi/SMS thật.

3.4.6. Tổng hợp linh kiện theo trạng thái sử dụng

Bảng 14. Tổng hợp trạng thái sử dụng linh kiện trong đề tài

Nhóm	Linh kiện/module	Trạng thái trong đề tài
Vi điều khiển	ESP32-C6, ESP32-S3	Đã dùng trong các module gateway/node/HMI/đồng hồ theo vai trò khác nhau.
Cảm biến	AHT30, MQ2, LD2410, MAX30102, MPU6050	Đã có trong module thử nghiệm hoặc hướng thiết bị đeo.
Hiển thị	HMI cảm ứng, OLED đồng hồ	Đã có giao diện hiển thị cơ bản.
Giám sát	Web dashboard, Google Apps Script/Sheets	Đã dùng để giám sát và lưu dữ liệu ở mức mô hình.
Điều khiển	IR, relay, MOSFET	Đã có module thử nghiệm điều khiển/cảnh báo.
Cảnh báo khẩn cấp	EC25, nút SOS	Đang hoàn thiện

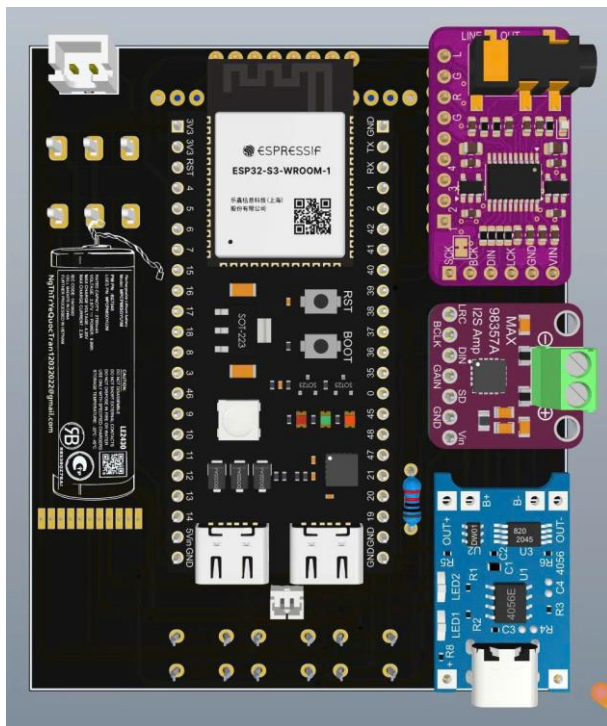
3.5. Thiết kế các lớp giao diện và giám sát

3.5.1. Chatbot giọng nói

Chatbot giọng nói là một phần quan trọng trong đề tài vì giúp hệ thống có thêm kênh tương tác tự nhiên hơn so với chỉ bấm nút trên HMI hoặc web. Với người cao tuổi, tương tác bằng lời nói có ý nghĩa thực tế vì giảm thao tác tay, giảm số bước điều khiển và phù hợp với các câu hỏi ngắn như hỏi nhiệt độ, hỏi trạng thái thiết bị hoặc yêu cầu trợ giúp.

Nền tảng chatbot hiện tại được nhóm triển khai theo hướng Xiaozhi ESP32. Thiết bị có nhiệm vụ thu âm giọng nói, gửi dữ liệu âm thanh tới dịch vụ xử lý, nhận nội dung phản hồi và phát lại bằng loa. Ở mức hệ thống, chatbot không hoạt động tách rời mà được định hướng kết nối với dữ liệu của nhà thông minh để trả lời theo trạng thái thực tế.

Các nhóm câu lệnh dự kiến gồm: hỏi trạng thái môi trường, hỏi trạng thái thiết bị, hỏi cảnh báo gần nhất và yêu cầu hỗ trợ. Ví dụ người dùng có thể hỏi “nhiệt độ trong phòng bao nhiêu”, “khí gas có an toàn không”, “đèn phòng ngủ đang bật hay tắt” hoặc “gọi hỗ trợ”. Với các lệnh có rủi ro như điều khiển thiết bị hoặc kích hoạt SOS, hệ thống cần có bước xác nhận để tránh thao tác nhầm.



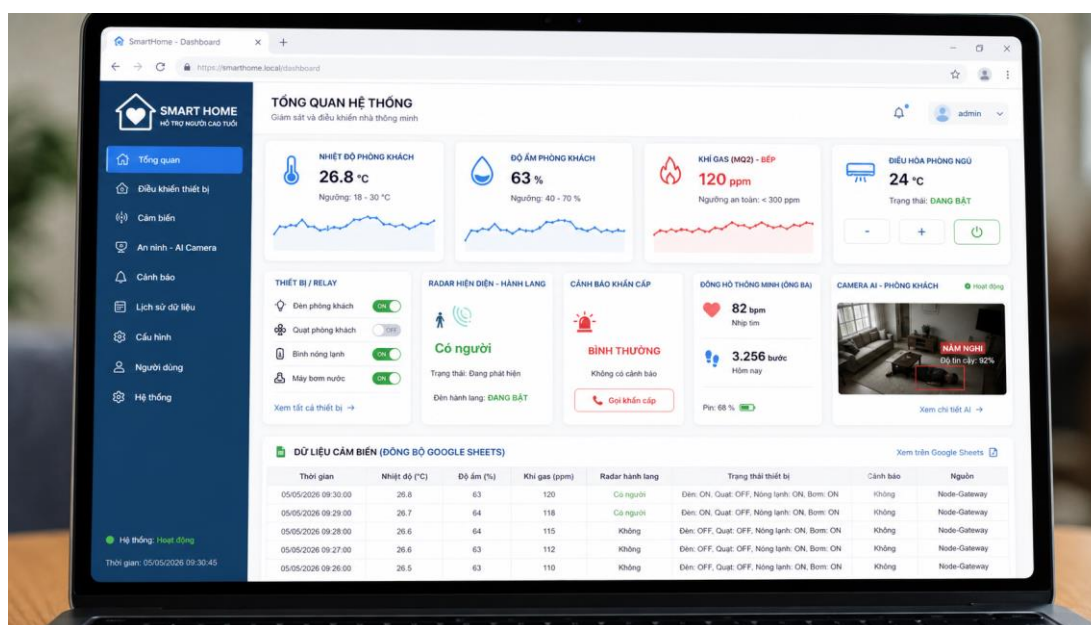
Hình 8. Ảnh mạch Chatbot cảm tay trò chuyện

Bảng 15. Vai trò của chatbot giọng nói trong hệ thống

Nhóm chức năng	Nội dung thực hiện	Trạng thái hiện tại
Hỏi trạng thái	Trả lời thông tin môi trường, gas, radar và trạng thái thiết bị.	Đang tích hợp với dữ liệu thật của hệ thống.
Hỗ trợ thao tác	Giảm thao tác tay khi người dùng muốn xem nhanh trạng thái.	Đã có nền tảng chatbot, cần chuẩn hóa câu lệnh.
Cảnh báo	Đọc hoặc nhắc lại trạng thái cảnh báo khi có sự kiện bất thường.	Cần kết nối với luồng cảnh báo của HMI/web.
SOS bằng giọng nói	Hướng tới gọi trợ giúp bằng câu lệnh hoặc xác nhận bằng giọng nói.	Chưa kết luận hoàn thiện, cần kiểm thử an toàn.

3.5.2. Web giám sát và quản lý từ xa

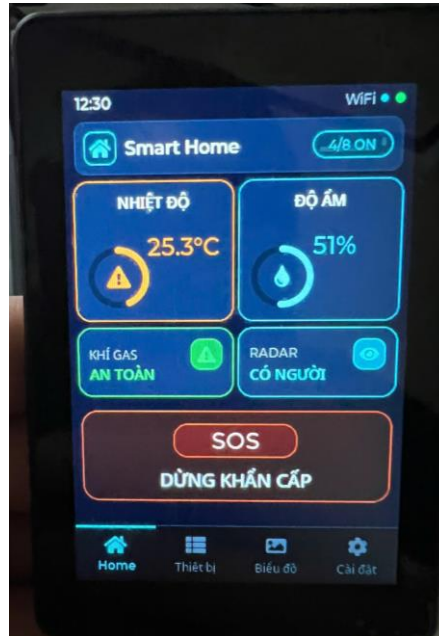
Web giám sát dành cho người thân hoặc quản trị viên. Giao diện cần hiển thị trạng thái cảm biến, trạng thái thiết bị, cảnh báo và lịch sử dữ liệu. Web không thay thế phản hồi tại nhà nhưng giúp người thân theo dõi khi không có mặt trực tiếp.



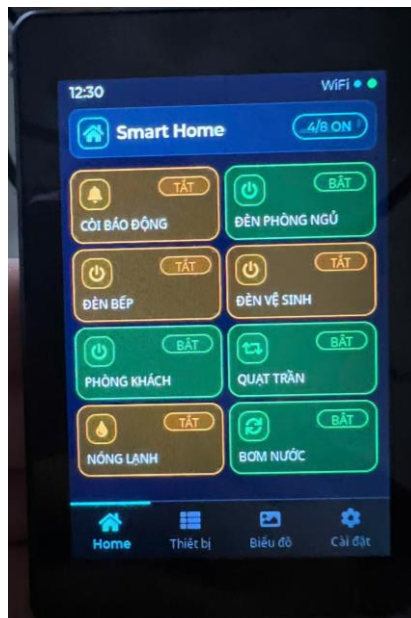
Hình 9. Giao diện web giám sát và quản lý từ xa

3.5.3. HMI trung tâm tại nhà

HMI trung tâm là màn hình đặt trong nhà, giúp người cao tuổi hoặc người chăm sóc xem nhanh trạng thái. HMI cần ưu tiên chữ lớn, khối chức năng rõ, màu cảnh báo dễ nhận biết và thao tác ít bước.



Hình 10. HMI trung tâm hiển thị trạng thái môi trường và cảnh báo



Hình 11. HMI trung tâm hiển thị trạng thái điều khiển thiết bị

3.6. Thiết kế phần cứng các module tại nhà

3.6.1. Main Gateway ESP32-C6

Main Gateway ESP32-C6 đóng vai trò trung tâm điều phối tại nhà. Gateway cần nhận dữ liệu từ các node, chuẩn hóa dữ liệu, gửi trạng thái lên lớp giám sát và chuyển lệnh điều khiển xuống thiết bị. Firmware gateway cần tránh chờ vô hạn, có timeout và có trạng thái rõ ràng khi mất kết nối.

3.6.2. Node điều khiển IR và cảm biến môi trường

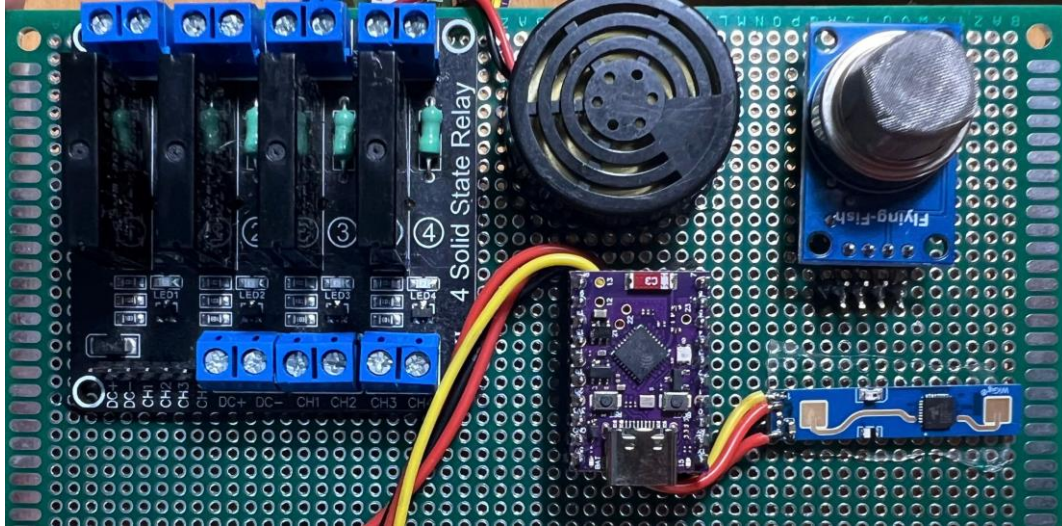
Node IR và cảm biến môi trường gồm phần đo nhiệt độ/độ ẩm và phần phát lệnh hồng ngoại. Module này phù hợp với nhu cầu điều khiển điều hòa hoặc thiết bị dùng remote, đồng thời theo dõi điều kiện môi trường trong phòng.



Hình 12. Node điều khiển IR và cảm biến môi trường

3.6.3. Node gas, radar và relay

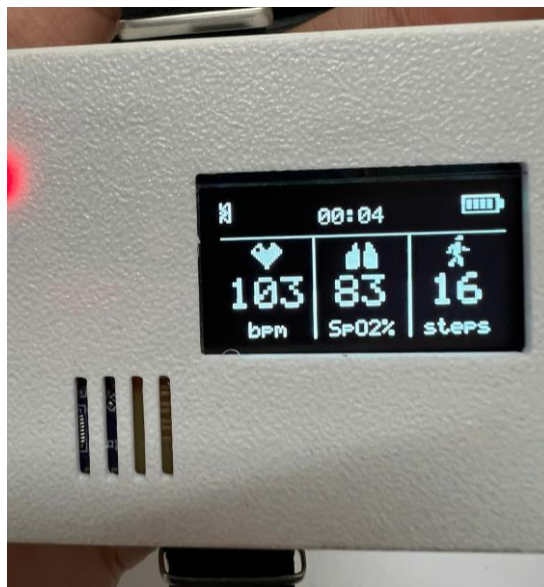
Node gas, radar và relay là nhóm module liên quan trực tiếp đến an toàn trong nhà. MQ2 phát hiện thay đổi khí dễ cháy ở mức mô hình; radar LD2410 phát hiện hiện diện; relay/MOSFET đóng cắt tải thử nghiệm hoặc kích hoạt cảnh báo.



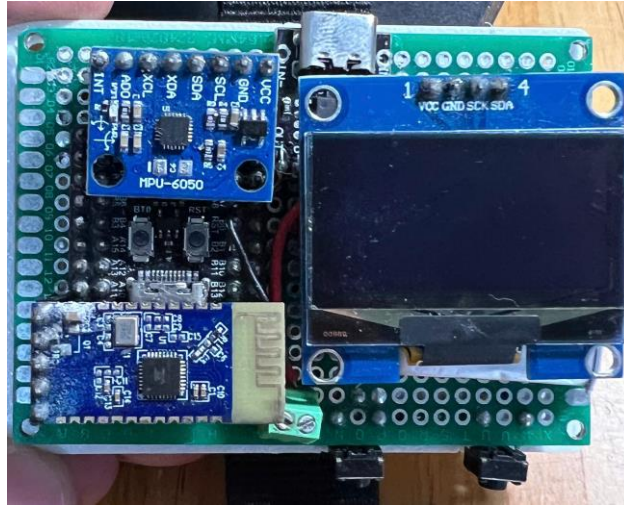
Hình 13. Node gas, radar và relay điều khiển thiết bị

3.6.5. Đồng hồ thông minh

Đồng hồ thông minh đã có phần cứng và màn hình hiển thị dữ liệu cơ bản như nhịp tim, SpO2 tham khảo và bước chân. Trong đề tài, đồng hồ là hướng hỗ trợ người cao tuổi theo dạng thiết bị đeo, có thể mở rộng nút nhấn giữ để gửi tín hiệu SOS hoặc phát hiện chuyển động bất thường.



Hình 14. Đồng hồ thông minh hiển thị dữ liệu sức khỏe cơ bản



Hình 15. Mạch đồng hồ thông minh

3.6.6. Module SOS EC25 và nút khẩn cấp

Module SOS EC25 được định hướng để thực hiện gọi điện hoặc gửi SMS khi có sự kiện khẩn cấp. Đây là phần quan trọng vì cảnh báo khẩn cấp không nên phụ thuộc hoàn toàn vào web hoặc mạng nội bộ. Trạng thái hiện tại được ghi nhận là đang hoàn thiện, cần bổ sung log gọi/SMS thật trong giai đoạn thử nghiệm sau.



Hình 16. Module EC25 định hướng cho cảnh báo khẩn cấp

3.7. Thiết kế lưu trữ và giám sát dữ liệu

Trong bản hiện tại, dữ liệu được lưu lên Google Sheets thông qua Google Apps Script. Apps Script đóng vai trò nhận request ghi dữ liệu, xử lý các trường dữ liệu và thêm một dòng mới vào bảng tính. Google Sheets giúp nhóm kiểm tra nhanh lịch sử và thuận tiện khi trình bày mô hình nghiên cứu.

Bảng 16. Cấu trúc dữ liệu lưu trên Google Sheets

Trường dữ liệu	Ý nghĩa	Ví dụ
STT	Số thứ tự bản ghi.	001
Ngày tháng năm	Ngày ghi dữ liệu.	14/05/2026
Giờ phút giây	Thời điểm cập nhật.	10:25:33
Thiết bị	Tên module hoặc khu vực.	Node gas/radar
Trạng thái bật/tắt	Trạng thái thiết bị điều khiển.	Đèn phòng ngủ: Bật
Nhiệt độ	Giá trị đo môi trường.	26.8 °C
Độ ẩm	Giá trị đo độ ẩm.	63 %
Khí gas	Giá trị hoặc trạng thái gas.	An toàn / 120 ppm
Radar	Có người hoặc không có người.	Có người

Bảng 17. Ví dụ dòng dữ liệu ghi lên Google Sheets

STT	Ngày	Giờ	Thiết bị	Trạng thái	Nhiệt độ	Độ ẩm	Gas	Radar
1	14/05/2026	10:25:33	HMI	4/8 ON	26.8	63	120 ppm	Có người
2	14/05/2026	10:26:05	Node IR	Điều hòa: Tắt	26.9	62	-	-
3	14/05/2026	10:26:40	Node gas	Còi: Tắt	-	-	An toàn	Có người

Các dòng dữ liệu trên là ví dụ cấu trúc ghi dữ liệu. Khi có log thử nghiệm chính thức, nhóm sẽ thay bằng dữ liệu đo thực tế kèm điều kiện thử.

3.8. Trạng thái các module đã xây dựng

Bảng 18. Trạng thái các module trong hệ thống

Module	Trạng thái hiện tại	Ghi chú
HMI trung tâm	Đã xây dựng giao diện cơ bản	Hiển thị trạng thái môi trường, cảnh báo và điều khiển.
Web giám sát	Đã xây dựng chức năng theo dõi cơ bản	Cần hoàn thiện phân quyền và lịch sử chi tiết.
Google Apps Script/Sheets	Đã dùng để lưu dữ liệu	Phù hợp mô hình, sẽ thay bằng database khi mở rộng.
Chatbot giọng nói	Có nền tảng và đang tích hợp	Cần nối dữ liệu thật của hệ thống vào hội thoại.
Gateway ESP32-C6	Đang hoàn thiện vai trò điều phối	Cần kiểm tra độ ổn định truyền trạng thái.
Node IR/môi trường	Đã có phần cứng thử nghiệm	Cần bổ sung log đo dài hơn.
Node gas/radar/relay	Đã có phần cứng thử nghiệm	Cần kiểm tra ngưỡng và độ an toàn điện.
Camera nhận diện người	Đang tích hợp	Sử dụng mô hình xử lý ảnh YOLOv8.
Đồng hồ thông minh	Có phần cứng và hiển thị cơ bản	Mở rộng SOS và nhận biết chuyển động.
SOS EC25	Đang phát triển	Cần log gọi/SMS thật.

CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

4.1. Mục tiêu và phạm vi thử nghiệm

Mục tiêu thử nghiệm là kiểm tra từng nhóm chức năng ở mức mô hình: giao diện, lưu trữ, cảm biến, điều khiển, cảnh báo, camera, đồng hồ, SOS và chatbot. Các số liệu dưới đây là số liệu thử nghiệm sơ bộ/mô phỏng để hoàn thiện khung đánh giá; khi có log đo thật, nhóm sẽ thay bằng số liệu chính thức.

4.2. Thử nghiệm các nhóm chức năng

Bảng 19. Khung thử nghiệm chung cho các nhóm chức năng

Nhóm thử nghiệm	Cách thử	Dữ liệu cần ghi
HMI/web/lưu trữ	Thao tác xem trạng thái, điều khiển, gửi dữ liệu mẫu lên Google Sheets.	Ảnh giao diện, thời điểm cập nhật, dòng dữ liệu ghi.
IR/môi trường	Đo nhiệt độ/độ ẩm và phát lệnh IR ở nhiều khoảng cách.	Sai số, khoảng cách, góc phát, tỷ lệ thành công.
Gas/radar/relay	Thử nguồn khí an toàn, kiểm tra hiện diện, đóng cắt tải thử.	Thời gian phản hồi, trạng thái còi, số lần thành công.
Camera/đồng hồ/SOS/chatbot	Thử kịch bản chức năng chính.	Ảnh/log nhận diện, dữ liệu đồng hồ, log gọi/SMS, câu lệnh.

4.3. Kết quả thử nghiệm sơ bộ/mô phỏng

Bảng 20. Kết quả thử nghiệm sơ bộ/mô phỏng các nhóm chính

Nhóm	Kết quả sơ bộ/mô phỏng	Nhận xét
HMI/web	Hiển thị trạng thái cơ bản, cập nhật trong khoảng 1-2 s ở mô hình thử.	Đạt chức năng giám sát cơ bản.
Google Sheets	Ghi 30/30 dòng dữ liệu mẫu, không thiếu cột.	Phù hợp giai đoạn mô hình.
IR/môi trường	Sai lệch nhiệt độ 0.3-0.7 °C; IR 1 m đạt 10/10, 3 m đạt 8/10, 5 m đạt 5/10.	Cần bố trí LED IR và hiệu chuẩn cảm biến.
Gas MQ2	Nguồn khí thử 2 cm phản hồi 1-2 s; 3 cm phản hồi 2-4 s; 5 cm phản hồi 5-8 s.	Chỉ là mô hình, không kết luận an toàn gas thực tế.
Radar LD2410	Đi qua 1-3 m phát hiện 10/10; ngồi yên 1.5 m phát hiện 8/10.	Cần lọc trạng thái theo thời gian.
Relay/MOSFET	Tải thử DC và còi cảnh báo đạt 30/30 lần; tải AC nhỏ đạt 20/20 lần.	Cần thiết kế an toàn điện nếu triển khai thật.
Camera	Đủ sáng nhận diện người 9/10; ánh sáng yếu 6/10.	Chưa kết luận phát hiện té ngã.
Đồng hồ	Hiển thị OLED và dữ liệu tham khảo cơ bản.	Cần so sánh với thiết bị tham chiếu.
SOS EC25	Kịch bản nhận nút dưới 1 s, chưa có log gọi/SMS thật.	Đang phát triển.
Chatbot	Có thể hỏi trạng thái theo dữ liệu mẫu.	Cần nối dữ liệu thật của hệ thống.

4.4. Đánh giá kết quả đạt được

Kết quả đạt được của đề tài là đã hình thành được mô hình hệ thống nhà thông minh có đủ các khối đại diện: giao diện tại nhà, giám sát từ xa, lưu trữ dữ liệu, node cảm biến, node điều khiển, camera, đồng hồ, chatbot và hướng cảnh báo SOS.

Bảng 21. Đánh giá tổng hợp kết quả đạt được

Nhóm chức năng	Kết quả hiện tại	Mức độ hoàn thiện
HMI/web	Có giao diện giám sát và điều khiển cơ bản.	Đạt mô hình.
Lưu trữ	Ghi dữ liệu qua Google Apps Script lên Google Sheets.	Đạt mô hình, cần database khi mở rộng.
Node cảm biến/điều khiển	Có node IR, môi trường, gas, radar, relay.	Đạt phần cứng thử nghiệm.
Gateway	Đã xác định vai trò điều phối.	Đang hoàn thiện tích hợp.
Camera	Có hướng nhận diện người bằng mô hình xử lý ảnh YOLOv8.	Đang tích hợp.
Đồng hồ	Có phần cứng và hiển thị cơ bản.	Hướng phát triển.
SOS EC25	Đã xác định kiến trúc và phần cứng.	Đang phát triển.
Chatbot	Có nền tảng và hướng tích hợp rõ.	Đang tích hợp vào ngữ cảnh hệ thống.

4.5. Hạn chế hiện tại

Hạn chế lớn nhất là số liệu thử nghiệm định lượng chưa đủ dài. Một số bảng trong báo cáo dùng số liệu sơ bộ/mô phỏng để mô tả phương pháp đánh giá, vì vậy chưa thể dùng để kết luận độ ổn định dài hạn.

Hạn chế thứ hai là các phần liên quan đến an toàn cần được kiểm tra nghiêm túc hơn: MQ2 cần hiệu chuẩn, relay/MOSFET cần thiết kế an toàn điện, EC25 cần kiểm thử nguồn và mạng di động, camera cần dữ liệu để đánh giá nhận diện trong nhiều điều kiện.

4.6. Hướng phát triển

Hướng phát triển toàn hệ thống là hoàn thiện vai trò điều phối của gateway, chuẩn hóa dữ liệu giữa các module, bổ sung log thử nghiệm thật và xây dựng database thay cho Google Sheets khi số lượng thiết bị tăng.

Với web và lưu trữ, cần thiết kế database có bảng người dùng, thiết bị, dữ liệu cảm biến, trạng thái thiết bị, cảnh báo và phân quyền. Với HMI/gateway, cần tối ưu trạng thái kết nối, timeout và watchdog. Với các node, cần kiểm thử độ ổn định theo thời gian. Với camera, đồng hồ và SOS, cần bổ sung dữ liệu thực nghiệm trước khi kết luận chức năng an toàn.

Với chatbot giọng nói, hướng phát triển là kết nối chatbot với dữ liệu thật của hệ thống, giới hạn câu trả lời trong phạm vi chăm sóc tại nhà và thiết kế cơ chế xác nhận trước khi thực hiện lệnh điều khiển có rủi ro.

KẾT LUẬN

1. Kết luận

Đề tài “Xây dựng giải pháp nhà thông minh phục vụ người cao tuổi. Giám sát quản lý và lưu trữ dữ liệu từ xa sử dụng ESP32” đã đề xuất một kiến trúc hệ thống có khả năng kết hợp thiết bị IoT tại nhà, gateway/edge controller, backend, database và web dashboard nhằm hỗ trợ chăm sóc người cao tuổi trong môi trường gia đình.

Trên cơ sở, báo cáo đã xác định các vấn đề chính cần giải quyết: gọi trợ giúp khẩn cấp, cảnh báo rò rỉ gas/nhiệt độ bất thường, cảnh báo quên tắt thiết bị, giám sát hiện diện, lưu trữ dữ liệu từ xa, quản lý thiết bị và hỗ trợ tương tác giọng nói ở mức cơ bản. Các vấn đề này được phân tích theo hướng hệ thống thay vì chỉ lắp ghép module phần cứng rời rạc.

Giải pháp kỹ thuật trọng tâm là sử dụng ESP32-S3/ESP32-C6 cho HMI, gateway và các node cảm biến/chấp hành. Hệ thống ưu tiên xử lý cảnh báo tại edge, dùng state machine và timeout trong firmware, lưu dữ liệu có cấu trúc vào database và cung cấp dashboard để người chăm sóc theo dõi từ xa. Đây là hướng phù hợp với mục tiêu vừa đảm bảo phản ứng cục bộ, vừa có dữ liệu phục vụ quản lý và đánh giá.

Báo cáo cũng chỉ rõ các giới hạn cần tôn trọng. MQ2 không phải cảm biến gas công nghiệp đã chứng nhận; MAX30102/MPU6050 trong wearable không biến thiết bị thành thiết bị y tế; camera AI chưa thể được khẳng định phát hiện té ngã chính xác nếu chưa có dữ liệu đánh giá; chatbot không được đưa ra chẩn đoán sức khỏe. Việc nêu rõ giới hạn giúp đề tài trung thực và có nền tảng phát triển tiếp.

Các phần đã có phần cứng và test cơ bản gồm các node trong nhà, web theo dõi/điều khiển, node điều hòa IR, node gas, radar, node tải AC, đồng hồ thông minh và camera demo nhận diện người/nằm. Những phần đang phát triển như module SIM EC25, phân loại tư thế bằng YOLOv8 và AI assistant cần tiếp tục hoàn thiện.

2. Kiến nghị

Kiến nghị trong giai đoạn tiếp theo là bổ sung đầy đủ ảnh mạch, ảnh giao diện, sơ đồ hệ thống, bảng log thử nghiệm và kết quả đo định lượng. Riêng các phần liên quan đến an toàn điện, cảnh báo gas, cảnh báo khẩn cấp và dữ liệu sức khỏe cần kiểm tra nghiêm túc hơn trước khi áp dụng ngoài mô hình nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] [Espressif ESP32-C6 Documentation](#). Tài liệu về vi điều khiển ESP32-C6.
- [2] [Espressif ESP32-S3 Documentation](#). Tài liệu về vi điều khiển ESP32-S3.
- [3] [LVGL Documentation](#). Tài liệu thư viện giao diện dùng cho hệ thống nhúng.
- [4] [MQTT Documentation](#). Tài liệu tổng quan về giao thức MQTT.
- [5] [Zigbee Overview](#). Tài liệu tổng quan về Zigbee.
- [6] [Modbus Specifications](#). Tài liệu đặc tả Modbus.
- [7] [Quectel EC25 LTE Module](#). Thông tin module Quectel EC25.
- [8] [Ultralytics YOLO Documentation](#). Tài liệu mô hình xử lý ảnh YOLO.
- [9] [Xiaozhi ESP32 Documentation](#). Tài liệu về trợ lý giọng nói Xiaozhi trên ESP32.
- [10] [Xiaozhi ESP32 GitHub](#). Mã nguồn tham khảo cho trợ lý giọng nói ESP32.
- [11] [AHT30 Temperature and Humidity Sensor](#). Tài liệu tham khảo cảm biến nhiệt độ và độ ẩm AHT30.
- [12] [Hi-Link LD2410 Radar Sensor](#). Tài liệu tham khảo cảm biến radar LD2410.
- [13] [MAX30102 Datasheet](#). Datasheet cảm biến nhịp tim và SpO2 MAX30102.
- [14] [MPU-6000 and MPU-6050 Register Map](#). Tài liệu thanh ghi MPU6050.
- [15] [MQ-2 Gas Sensor Technical Data](#). Tài liệu tham khảo cảm biến khí MQ2.