

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Ứng dụng công nghệ truyền thông không dây LoRa trong hệ thống cảnh báo cháy

ĐỒNG VĂN DUY

duy.dv182461@sis.hust.edu.vn@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật điện tử viễn thông
Chuyên ngành kỹ thuật máy tính

Giảng viên hướng dẫn: TS. Lưu Quang Trung

Chữ ký của GVHD

KHOA: Kỹ thuật truyền thông

HÀ NỘI, 7/2024

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Ứng dụng công nghệ truyền thông không dây LoRa trong hệ thống cảnh báo cháy

ĐỒNG VĂN DUY

duy.dv182461@sis.hust.edu.vn@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật điện tử viễn thông
Chuyên ngành kỹ thuật máy tính

Giảng viên hướng dẫn: TS. Lưu Quang Trung

Chữ ký của GVHD

KHOA: Kỹ thuật truyền thông

HÀ NỘI, 7/2024

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
ĐÁNH GIÁ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
(DÀNH CHO CÁN BỘ HƯỚNG DẪN)

Tên đề tài:.....

Họ tên SV: MSSV:

Cán bộ hướng dẫn:

STT	Tiêu chí (Điểm tối đa)	Hướng dẫn đánh giá tiêu chí	Điểm tiêu chí
1	Thái độ làm việc (2,5 điểm)	Nghiêm túc, tích cực và chủ động trong quá trình làm ĐATN	
		Hoàn thành đầy đủ và đúng tiến độ các nội dung được GVHD giao	
2	Kỹ năng viết quyền ĐATN (2 điểm)	Trình bày đúng mẫu quy định, bố cục các chương logic và hợp lý: Bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến trong đồ án, có căn lề, dấu cách sau dấu chấm, dấu phẩy, có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn, v.v.	
		Kỹ năng diễn đạt, phân tích, giải thích, lập luận: Cấu trúc câu rõ ràng, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, thuật ngữ chuyên ngành phù hợp, v.v.	
3	Nội dung và kết quả đạt được (5 điểm)	Nêu rõ tính cấp thiết, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết, phạm vi ứng dụng của đề tài. Thực hiện đầy đủ quy trình nghiên cứu: Đặt vấn đề, mục tiêu đề ra, phương pháp nghiên cứu/ giải quyết vấn đề, kết quả đạt được, đánh giá và kết luận.	
		Nội dung và kết quả được trình bày một cách logic và hợp lý, được phân tích và đánh giá thỏa đáng. Biện luận phân tích kết quả mô phỏng/ phần mềm/ thực nghiệm, so sánh kết quả đạt được với kết quả trước đó có liên quan.	
		Chỉ rõ phù hợp giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận để đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai. Hàm lượng khoa học/ độ phức tạp cao, có tính mới/tính sáng tạo trong nội dung và kết quả đồ án.	
4	Điểm thành tích (1 điểm)	Có bài báo KH được đăng hoặc chấp nhận đăng/ đạt giải SV NCKH giải 3 cấp Trường trở lên/ Các giải thưởng khoa học trong nước, quốc tế từ giải 3 trở lên/ Có đăng ký bằng phát minh sáng chế. (1 điểm)	
		Được báo cáo tại hội đồng cấp Trường trong hội nghị SV NCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/ Đạt giải khuyến khích trong cuộc thi khoa học trong nước, quốc tế/ Kết quả đồ án là sản phẩm ứng dụng có tính hoàn thiện cao, yêu cầu khối lượng thực hiện lớn. (0,5 điểm)	
Điểm tổng các tiêu chí:			
Điểm hướng dẫn:			

Cán bộ phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

ĐÁNH GIÁ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
(DÀNH CHO CÁN BỘ HƯỚNG DẪN)

Tên đề tài:.....

Họ tên SV: MSSV:

Cán bộ hướng dẫn:

STT	Tiêu chí (Điểm tối đa)	Hướng dẫn đánh giá tiêu chí	Điểm tiêu chí
1	Thái độ làm việc (2,5 điểm)	Nghiêm túc, tích cực và chủ động trong quá trình làm ĐATN	
		Hoàn thành đầy đủ và đúng tiến độ các nội dung được GVHD giao	
2	Kỹ năng viết quyển ĐATN (2 điểm)	Trình bày đúng mẫu quy định, bố cục các chương logic và hợp lý: Bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến trong đồ án, có căn lề, dấu cách sau dấu chấm, dấu phẩy, có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn, v.v.	
		Kỹ năng diễn đạt, phân tích, giải thích, lập luận: Cấu trúc câu rõ ràng, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, thuật ngữ chuyên ngành phù hợp, v.v.	
3	Nội dung và kết quả đạt được (5 điểm)	Nêu rõ tính cấp thiết, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết, phạm vi ứng dụng của đề tài. Thực hiện đầy đủ quy trình nghiên cứu: Đặt vấn đề, mục tiêu đề ra, phương pháp nghiên cứu/ giải quyết vấn đề, kết quả đạt được, đánh giá và kết luận.	
		Nội dung và kết quả được trình bày một cách logic và hợp lý, được phân tích và đánh giá thỏa đáng. Biện luận phân tích kết quả mô phỏng/ phần mềm/ thực nghiệm, so sánh kết quả đạt được với kết quả trước đó có liên quan.	
		Chỉ rõ phù hợp giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận đề đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai. Hàm lượng khoa học/ độ phức tạp cao, có tính mới/tính sáng tạo trong nội dung và kết quả đồ án.	
4	Điểm thành tích (1 điểm)	Có bài báo KH được đăng hoặc chấp nhận đăng/ đạt giải SV NCKH giải 3 cấp Trường trở lên/ Các giải thưởng khoa học trong nước, quốc tế từ giải 3 trở lên/ Có đăng ký bằng phát minh sáng chế. (1 điểm)	
		Được báo cáo tại hội đồng cấp Trường trong hội nghị SV NCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/ Đạt giải khuyến khích trong cuộc thi khoa học trong nước, quốc tế/ Kết quả đồ án là sản phẩm ứng dụng có tính hoàn thiện cao, yêu cầu khối lượng thực hiện lớn. (0,5 điểm)	
Điểm tổng các tiêu chí:			
Điểm hướng dẫn:			

Cán bộ phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

Lời cảm ơn

Để hoàn thành được Đồ án tốt nghiệp này, em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội, đã tạo điều kiện và môi trường thuận lợi cho em học tập và nghiên cứu. Em đặc biệt biết ơn các thầy cô đã tận tình giảng dạy và hướng dẫn em trong suốt những năm học qua.

Em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới thầy TS. Lưu Quang Trung, người đã trực tiếp định hướng và hướng dẫn đề tài của em trong suốt quá trình làm đồ án. Thầy luôn quan tâm đến tiến độ công việc và đưa ra nhiều ý kiến quý báu giúp em tìm ra giải pháp tối ưu nhất.

Tóm tắt nội dung đồ án

Đồ án tốt nghiệp này nhằm mục đích nghiên cứu và thiết kế một hệ thống cảnh báo cháy không dây, giải quyết vấn đề phát hiện và thông báo sớm các nguy cơ hỏa hoạn, đặc biệt trong các khu đô thị đông đúc. Hệ thống cảnh báo cháy không dây được lựa chọn do ưu điểm linh hoạt trong lắp đặt, dễ mở rộng và tiết kiệm chi phí bảo trì so với hệ thống có dây truyền thống.

Phương pháp thực hiện: Sử dụng công nghệ truyền thông không dây LoRa và giao thức truyền tin MQTT để thiết kế hệ thống. Các cảm biến nhiệt độ và khói được sử dụng để thu thập dữ liệu và truyền về Gateway thông qua mạng LoRa. Gateway sẽ xử lý dữ liệu và gửi thông tin cảnh báo đến ứng dụng điện thoại di động qua giao thức MQTT.

Công cụ sử dụng:

- Phần cứng: ESP32, ESP8266, module truyền thông LoRa SX1278 Ra-02, cảm biến nhiệt độ và khói, module giảm áp DC LM2596 và relay.
- Phần mềm: Arduino IDE, Android Studio, MQTT Broker by HiveMQ, Altium.

Kết quả: Hệ thống đã được triển khai và thử nghiệm thành công. Kết quả cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng được các yêu cầu đặt ra về khả năng phát hiện cháy sớm và gửi cảnh báo kịp thời. Khoảng cách truyền dữ liệu qua mạng LoRa đạt yêu cầu, đảm bảo tín hiệu không bị gián đoạn.

Tính thực tế và định hướng phát triển: Hệ thống có tính ứng dụng cao trong việc giám sát và cảnh báo cháy cho các tòa nhà, nhà xưởng và các khu vực dân cư. Định hướng phát triển trong tương lai bao gồm việc tích hợp thêm các cảm biến khác, cải thiện giao diện ứng dụng và mở rộng phạm vi hoạt động của hệ thống.

Kiến thức và kỹ năng đạt được: Qua quá trình thực hiện đồ án, giúp em nắm vững các kiến thức về công nghệ IoT, mạng truyền thông không dây, lập trình ứng dụng di động và kỹ năng phân tích, thiết kế hệ thống. Những kỹ năng này là nền tảng quan trọng cho việc phát triển các giải pháp công nghệ tiên tiến trong tương lai.

Sinh viên thực hiện

(Ký và ghi rõ họ tên)

Lời cam đoan

Tôi là Đồng Văn Duy, mã số sinh viên 20182461, sinh viên lớp Điện tử - 05 khóa 63. Giảng viên hướng dẫn là TS. Lưu Quang Trung. Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung được trình bày trong đồ án “Ứng dụng công nghệ truyền thông LoRa trong hệ thống cảnh báo cháy” là kết quả quá trình tìm hiểu và nghiên cứu của tôi. Các dữ liệu được nêu trong đồ án là hoàn toàn trung thực, phản ánh đúng kết quả đo đạc thực tế. Mọi thông tin trích dẫn đều tuân thủ các quy định về sở hữu trí tuệ, các tài liệu tham khảo được liệt kê rõ ràng. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm với những nội dung được viết trong đồ án này.

Sinh viên thực hiện
(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ LORA VÀ ỨNG DỤNG THIẾT KẾ HỆ THỐNG.....	1
1.1 Tổng quan về công nghệ LoRa [1].....	1
1.2 Quá trình truyền nhận bản tin của LoRa.....	4
1.2.1 Quá trình truyền bản tin của LoRaTM.....	4
1.2.2 Quá trình nhận bản tin của LoRa	5
1.2.3 Quá trình điều chế LoRa	6
1.3 Ứng dụng công nghệ LoRa trong cảnh báo cháy hiện nay	7
1.4 Sơ lược về hệ thống cảnh báo cháy không dây.....	8
1.5 Áp dụng công nghệ LoRa vào hệ thống cảnh báo cháy [2]	8
1.5.1 Yêu cầu hệ thống.....	9
1.6 Kết luận	9
CHƯƠNG 2. CẤU HÌNH HỆ THỐNG	10
2.1 Mô hình hệ thống	10
2.1.1 Gateway.....	10
2.1.2 Nodes cảm biến	13
2.2 Ứng dụng di động quản lý hệ thống.....	16
CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH THIẾT KẾ PHẦN CỨNG.....	18
3.1 Ý tưởng thiết kế.....	18
3.2 Tiến hành thực thi phần cứng.....	18
3.2.1 Thiết kế sơ đồ nguyên lý	18
3.2.2 Thiết kế bố trí mạch in(PCB layout)	24
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM	27
4.1 Thiết kế chức năng của Gateway	27
4.2 Thiết kế chức năng của Node.....	32
4.3 Thiết kế ứng dụng di động	34
4.3.1 Chức năng.....	34
4.3.2 Sơ đồ User Case của hệ thống.....	34
4.3.3 Sơ đồ lớp	35
4.3.4 Sơ đồ hoạt động.....	37
4.3.5 Thiết kế giao diện ứng dụng.....	40
CHƯƠNG 5. GHÉP NỐI VÀ THỬ NGHIỆM.....	42

5.1	Tiến hành lắp đặt.....	42
5.2	Thực nghiệm	43
5.3	Đánh giá	45
5.4	Hướng phát triển trong tương lai	46
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		48

Danh mục ký hiệu và chữ viết tắt

MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
LoRa	Long Range
FIFO	First-In, First-Out
CRC	Cyclic Redundancy Check
TX	Transmit
RX	Receive
FSTx	Frequency Synthesizer Transmitter
FEC	Cyclic Error Correction
CSS	Chirp Spread Spectrum
GMSK	Gaussian Minimum-Shift Keying
MSK	Minimum-Shift Keying
OOK	On-Off Keying
FSK	Frequency-Shift Keying
SPI	Serial Peripheral Interface
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RF	Radio Frequency

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1. Mô hình hệ thống báo cháy	10
Hình 2.2 Module ESP32 Devkit v1	11
Hình 2.3 Module LoRa SX1278 Ra-02	12
Hình 2.4 Module ESP8266	14
Hình 2.5 Module cảm biến nhiệt độ DHT22	15
Hình 2.6 Cảm biến MQ-2.....	16
Hình 3.1 Sơ đồ nguyên lý mạch Node	19
Hình 3.2 Sơ đồ nguyên lý mạch Gateway.....	19
Hình 3.3 Khối nguồn.....	20
Hình 3.4 Khối LoRa	20
Hình 3.5 Khối điều khiển Node	21
Hình 3.6 Khối điều khiển Node	21
Hình 3.7 Khối điều khiển Gateway	22
Hình 3.8 Khối cảm biến	23
Hình 3.9 Khối nút nhấn	23
Hình 3.10 Khối cảnh báo	24
Hình 3.11 PCB layout của Node	24
Hình 3.12 Layout 3D mặt trước và mặt sau của Node.....	25
Hình 3.13 PCB layout của Gateway	25
Hình 3.14 Layout 3D mặt trước và mặt sau của Gateway	26
Hình 4.1 Định dạng bản tin gửi đến MQTT Broker	27
Hình 4.2 Quá trình nhận gói tin từ Node	29
Hình 4.3 Quá trình xử lý gói tin mà Gateway nhận được từ Node.....	30
Hình 4.4 Kiểm tra trạng thái kết nối của node	31
Hình 4.5 Quá trình gửi, nhận bản tin từ Node	33
Hình 4.6 Sơ đồ User case	35
Hình 4.7 Sơ đồ lớp của hệ thống.....	36
Hình 4.8 Sơ đồ hoạt động chính của hệ thống	38
Hình 4.9 Sơ đồ hoạt động thêm Node.....	39
Hình 4.10 Sơ đồ hoạt động xóa Node	40
Hình 4.11 Sơ đồ hoạt động gửi thông báo cảnh báo	40
Hình 4.12 Giao diện của ứng dụng	41
Hình 5.1 Node cảm biến.....	42
Hình 5.2 Gateway.....	42
Hình 5.3 Trạng thái hoạt động khi chưa xảy ra cháy	44
Hình 5.4 Trạng thái hoạt động khi phát hiện cháy	45

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ LORA VÀ ỨNG DỤNG THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Chương này sẽ giới thiệu tổng quan về công nghệ truyền thông không dây LoRa và lý do mà sinh viên lựa chọn đề tài

1.1 Tổng quan về công nghệ LoRa [1]

LoRa (Long Range) là một công nghệ truyền thông không dây tầm xa, tiêu thụ năng lượng thấp, được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng IoT. LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế Chirp Spread Spectrum (CSS) để mã hóa dữ liệu trước khi truyền đi, giúp tăng khả năng chống nhiễu và tăng cường độ tín hiệu, cho phép truyền dữ liệu trên khoảng cách xa hơn

Công nghệ LoRa được phát triển bởi Cycleo (Pháp) và sau đó được Semtech (Mỹ) mua lại vào năm 2012. Semtech đã tiếp tục phát triển và thương mại hóa công nghệ này, đưa LoRa trở thành một trong những công nghệ truyền thông không dây hàng đầu cho các ứng dụng IoT.

LoRa có khả năng kết nối và truyền dữ liệu giữa các thiết bị IoT trên khoảng cách xa với mức tiêu thụ năng lượng thấp, mở ra nhiều ứng dụng đa dạng trong các lĩnh vực khác nhau:

- **Đo đạc và giám sát môi trường:**
 - Giám sát chất lượng không khí, nước.
 - Theo dõi độ ẩm, nhiệt độ, áp suất.
 - Cảnh báo sớm các sự cố môi trường.
- **Nông nghiệp thông minh:**
 - Giám sát và điều khiển hệ thống tưới tiêu tự động.
 - Theo dõi độ ẩm đất, điều kiện thời tiết.
 - Quản lý vật nuôi và cây trồng.
- **Quản lý tài sản:**
 - Theo dõi vị trí và trạng thái của các tài sản như xe cộ, container, hàng hóa.
 - Giám sát tình trạng hoạt động của máy móc, thiết bị.
 - Cảnh báo mất cắp, thất lạc tài sản.
- **Thành phố thông minh:**
 - Quản lý hệ thống chiếu sáng công cộng, điều chỉnh ánh sáng theo nhu cầu.
 - Đỗ xe thông minh, giúp tìm kiếm chỗ đỗ xe nhanh chóng.
 - Giám sát giao thông, điều khiển tín hiệu đèn giao thông.
- **Chăm sóc sức khỏe:**
 - Theo dõi bệnh nhân từ xa, giám sát các chỉ số sức khỏe.
 - Quản lý thiết bị y tế, cảnh báo sự cố.
 - Hỗ trợ người già và người khuyết tật.
- **Các ứng dụng khác:**
 - Quản lý năng lượng, theo dõi và tối ưu hóa mức tiêu thụ điện.
 - Quản lý chất thải, theo dõi và tối ưu hóa quy trình xử lý rác thải.
 - An ninh và giám sát, phát hiện và cảnh báo các sự cố an ninh.

LoRa đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi và có tiềm năng đóng góp lớn vào sự phát triển của Internet of Things, mang lại nhiều lợi ích cho xã hội và cuộc sống con người.

Các tính năng chính:

Modem LoRaTM:

- Cung cấp liên kết tối đa 168 dB.
- Công suất đầu ra RF không đổi +20 dBm.
- Độ nhạy cao (xuống đến -148 dBm).
- Khả năng miễn dịch nhiễu tuyệt vời.

Chế độ FSK/OOK:

- Hỗ trợ các chế độ điều chế FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM và OOK.
- Độ ồn pha(phase noise) vượt trội, khả năng chọn lọc, tuyến tính bộ thu và IIP3.
- Mức tiêu thụ dòng điện thấp hơn đáng kể so với các thiết bị cạnh tranh.

Ưu điểm:

- Phạm vi truyền xa: LoRa có khả năng truyền dữ liệu trên khoảng cách rất xa, vượt trội so với các công nghệ không dây khác như Wi-Fi hay Bluetooth.
- Tiêu thụ năng lượng thấp: Các thiết bị LoRa có thể hoạt động trong thời gian dài với pin nhỏ, giảm thiểu chi phí bảo trì và thay thế.
- Khả năng xuyên tường tốt: LoRa có thể truyền tín hiệu qua các vật cản như tường và các tòa nhà, đảm bảo kết nối ổn định trong môi trường phức tạp.
- Chi phí thấp: Các thiết bị và mô-đun LoRa có giá thành hợp lý, giúp giảm chi phí triển khai hệ thống IoT.
- Bảo mật: LoRa sử dụng các thuật toán mã hóa tiên tiến để bảo vệ dữ liệu truyền đi.

Nguyên lý hoạt động:

Nguyên lý hoạt động của công nghệ LoRa dựa trên hai kỹ thuật chính: điều chế trải phổ chirp (Chirp Spread Spectrum - CSS) và mã sửa lỗi chu kỳ (Cyclic Error Correction - FEC).

1. Điều chế trải phổ chirp (CSS):

- Mỗi ký hiệu thông tin được biểu diễn bằng một xung chirp, là một tín hiệu có tần số tăng hoặc giảm tuyến tính theo thời gian.
- Mỗi bit thông tin được mã hóa thành một chuỗi các xung chirp, với số lượng xung chirp trên mỗi bit được gọi là hệ số trải phổ (Spreading Factor - SF).
- Việc sử dụng nhiều xung chirp để biểu diễn một bit thông tin giúp tăng khả năng chống nhiễu và mở rộng phạm vi liên kết.

2. Mã sửa lỗi chu kỳ (FEC):

- FEC được sử dụng để phát hiện và sửa các lỗi trong quá trình truyền dữ liệu.
- Mã FEC thêm một lượng dữ liệu dư thừa vào gói tin, cho phép bộ thu phát hiện và sửa một số lỗi bit nhất định.
- Điều này giúp cải thiện độ tin cậy của liên kết, đặc biệt là trong môi trường nhiễu cao.

Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất của LoRa:

- Băng thông (BW): Băng thông của tín hiệu LoRa ảnh hưởng đến tốc độ truyền dữ liệu và độ nhạy thu. Băng thông càng rộng thì tốc độ dữ liệu càng cao, nhưng độ nhạy thu sẽ giảm.
- Hệ số trải phổ (SF): SF càng cao thì khả năng chống nhiễu và phạm vi liên kết càng tốt, nhưng tốc độ dữ liệu sẽ giảm.
- Tốc độ mã hóa lỗi (CR): CR càng cao thì khả năng sửa lỗi càng tốt, nhưng lượng dữ liệu dư thừa sẽ tăng lên, làm giảm tốc độ dữ liệu thực tế.

Các bước trong quá trình truyền nhận LoRa:

1. Chuẩn bị dữ liệu: Dữ liệu cần truyền được đưa vào bộ đệm FIFO.
2. Thêm phần mở đầu (Preamble): Một chuỗi các ký hiệu được thêm vào đầu gói tin để giúp bộ thu đồng bộ hóa với tín hiệu.
3. Thêm từ đồng bộ (Sync Word): Một từ đồng bộ được thêm vào để giúp bộ thu xác định điểm bắt đầu của gói tin.
4. Mã hóa FEC: Dữ liệu được mã hóa FEC để tăng cường khả năng chống lỗi.
5. Điều chế trải phổ Chirp: Dữ liệu được điều chế thành các xung chirp theo hệ số trải phổ đã chọn.
6. Truyền tín hiệu: Tín hiệu được khuếch đại và truyền đi thông qua anten.
7. Nhận tín hiệu: Bộ thu nhận tín hiệu, khuếch đại và giải điều chế để lấy lại dữ liệu gốc.
8. Giải mã FEC: Dữ liệu được giải mã FEC để phát hiện và sửa lỗi.
9. Xử lý dữ liệu: Dữ liệu đã được giải mã được chuyển đến ứng dụng để xử lý và sử dụng.

Cấu trúc mạng LoRa:

Một mạng LoRa điển hình bao gồm các thành phần sau:

- Thiết bị đầu cuối (End-device): Đây là các cảm biến, bộ truyền động hoặc thiết bị IoT khác cần truyền dữ liệu.
- Cổng LoRa (Gateway): Cổng LoRa đóng vai trò trung gian, nhận dữ liệu từ các thiết bị đầu cuối và chuyển tiếp đến máy chủ mạng.
- Máy chủ mạng (Network Server): Máy chủ mạng quản lý các thiết bị đầu cuối, cổng LoRa và xử lý dữ liệu.
- Ứng dụng (Application): Ứng dụng sử dụng dữ liệu từ các thiết bị đầu cuối để cung cấp các dịch vụ IoT khác nhau.

LoRaWAN:

LoRaWAN là một giao thức mạng lớp MAC (Media Access Control) được xây dựng trên nền tảng công nghệ LoRa. Nó định nghĩa các lớp mạng (network layer) và lớp ứng dụng (application layer) cho mạng LoRa, cung cấp các tính năng sau:

- Kích hoạt thiết bị (Activation): Quá trình thiết bị đầu cuối tham gia vào mạng LoRaWAN, bao gồm xác thực và thiết lập các tham số bảo mật.
- Truyền dữ liệu hai chiều: Hỗ trợ cả truyền dữ liệu từ thiết bị đầu cuối lên (uplink) và truyền dữ liệu từ máy chủ mạng xuống (downlink).
- Bảo mật: Sử dụng các thuật toán mã hóa AES-128 để bảo vệ dữ liệu truyền đi.
- Tối ưu hóa năng lượng: Các cơ chế điều khiển công suất và quản lý thời gian giúp tiết kiệm năng lượng cho thiết bị đầu cuối.
- Nhảy tần thích ứng (Adaptive Data Rate - ADR): Tự động điều chỉnh tốc độ dữ liệu và công suất truyền của thiết bị đầu cuối để tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm năng lượng.

- Xác nhận (Acknowledgement): Cơ chế xác nhận giúp đảm bảo rằng dữ liệu đã được truyền thành công.
- Chuyển vùng (Roaming): Cho phép thiết bị đầu cuối kết nối với nhiều cổng LoRa khác nhau trong vùng phủ sóng.
- Lớp ứng dụng: Định nghĩa các định dạng dữ liệu và giao thức ứng dụng cho các ứng dụng IoT khác nhau.

LoRaWAN được thiết kế để hỗ trợ các ứng dụng IoT yêu cầu phạm vi phủ sóng rộng, tiêu thụ điện năng thấp và chi phí triển khai thấp. Nó đã trở thành một trong những giao thức mạng phổ biến nhất cho các mạng LoRa, được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như nông nghiệp thông minh, đo đạc thông minh, theo dõi tài sản và thành phố thông minh.

Một số thông tin quan trọng về LoRaWAN:

- LoRaWAN hoạt động trên dải tần số ISM (Công nghiệp, Khoa học và Y tế) không cần cấp phép.
- LoRaWAN hỗ trợ ba lớp thiết bị đầu cuối: Class A (hai chiều với các khe lên lịch), Class B (hai chiều với các khe lên lịch và các cửa sổ nhận được lên lịch) và Class C (hai chiều liên tục).
- LoRaWAN sử dụng hai loại khóa bảo mật: Khóa ứng dụng (AppKey) và Khóa mạng (NwkKey).

LoRa và LoRaWAN là hai công nghệ khác nhau nhưng bổ sung cho nhau. LoRa là công nghệ điều chế vật lý, trong khi LoRaWAN là giao thức mạng được xây dựng trên nền tảng LoRa. LoRaWAN tận dụng các lợi ích của LoRa để cung cấp một giải pháp mạng hoàn chỉnh cho các ứng dụng IoT.

1.2 Quá trình truyền nhận bản tin của LoRa

1.2.1 Quá trình truyền bản tin của LoRaTM

Chế độ truyền của LoRaTM (Long Range Transmission Mode) là một chế độ hoạt động quan trọng của các bộ thu phát SX1276/77/78/79, được thiết kế để truyền dữ liệu ở khoảng cách xa và tiêu thụ điện năng thấp.

Các bước chính trong quá trình truyền LoRaTM:

1. Cấu hình: Trước khi bắt đầu truyền, cần cấu hình các tham số liên quan đến chế độ LoRaTM, bao gồm băng thông (BW), hệ số trải phổ (SF), tốc độ mã hóa lỗi (CR) và các tham số khác.
2. Ghi dữ liệu vào FIFO: Dữ liệu cần truyền được ghi vào bộ đệm FIFO (First-In, First-Out) khi thiết bị ở chế độ Standby.
3. Bắt đầu truyền: Thiết bị chuyển sang chế độ FSTx (Frequency Synthesizer TX) để tổng hợp tần số và sau đó chuyển sang chế độ TX để bắt đầu truyền.
4. Truyền preamble và Sync Word: Bộ xử lý gói tin sẽ tự động thêm preamble và Sync Word vào đầu gói tin. Preamble giúp bộ thu đồng bộ với tín hiệu, trong khi Sync Word giúp bộ thu xác định điểm bắt đầu của gói tin.
5. Truyền dữ liệu: Dữ liệu trong FIFO được truyền đi theo thứ tự cho đến khi hết dữ liệu.
6. Kết thúc truyền: Sau khi truyền xong, thiết bị sẽ tạo ra ngắt TxDone và tự động chuyển về chế độ Standby để tiết kiệm năng lượng.

Cấu hình chế độ truyền:

- RegOpMode (0x01): Thanh ghi này được sử dụng để chọn chế độ hoạt động của thiết bị. Để kích hoạt chế độ truyền LoRaTM, cần đặt các bit sau:
 - LongRangeMode = 1 (Chế độ LoRa)
 - Mode = 011 (Chế độ truyền Tx)
- RegFifoTxBaseAddr (0x0E): Thanh ghi này xác định địa chỉ bắt đầu của bộ đệm FIFO dành cho truyền.
- RegPayloadLength (0x22): Thanh ghi này xác định độ dài của dữ liệu cần truyền (payload).
- RegPaConfig (0x09): Thanh ghi này được sử dụng để cấu hình bộ khuếch đại công suất (PA), bao gồm cả việc lựa chọn chân PA và mức công suất đầu ra.
- RegPaRamp (0x0A): Thanh ghi này điều khiển thời gian tăng/giảm công suất của PA.

Các chế độ truyền:

- Chế độ truyền liên tục (TxContinuousMode): Trong chế độ này, thiết bị sẽ liên tục gửi các gói tin từ FIFO cho đến khi FIFO trống hoặc có yêu cầu chuyển sang chế độ khác.
- Chế độ truyền gói tin (TxSingleMode): Trong chế độ này, thiết bị chỉ gửi một gói tin duy nhất từ FIFO.

Điều kiện bắt đầu truyền:

Điều kiện để bắt đầu truyền gói tin được xác định bởi bit TxStartCondition trong thanh ghi RegFifoThresh.

- Nếu TxStartCondition = 0: Việc truyền gói tin sẽ bắt đầu khi số lượng byte trong FIFO đạt đến ngưỡng FifoThreshold + 1.
- Nếu TxStartCondition = 1: Việc truyền gói tin sẽ bắt đầu ngay khi có ít nhất một byte trong FIFO.

1.2.2 Quá trình nhận bản tin của LoRa

Chế độ nhận của LoRa trong chip SX1276/77/78/79 được chia thành hai chế độ chính là Rx Single (nhận đơn) và Rx Continuous (nhận liên tục).

1. Chế độ Rx Single:

Trong chế độ này, modem sẽ tìm kiếm một preamble (đoạn mở đầu) trong một khoảng thời gian định trước. Nếu không tìm thấy preamble, chip sẽ tạo ra một ngắt RxTimeout và trở về chế độ Standby. Thời gian chờ này được tính bằng số lượng ký hiệu (symbol) và được cấu hình thông qua thanh ghi RegSymbTimeout. Khi nhận được một gói tin hợp lệ, chip sẽ tạo ra ngắt RxDone. Nếu CRC (Cyclic Redundancy Check) của gói tin không hợp lệ, ngắt PayloadCrcError cũng sẽ được tạo ra. Tuy nhiên, ngay cả khi CRC không hợp lệ, dữ liệu vẫn được ghi vào bộ đệm FIFO để xử lý sau. Sau khi nhận gói tin, chip sẽ tự động trở về chế độ Standby để tiết kiệm năng lượng.

2. Chế độ Rx Continuous:

Trong chế độ này, modem liên tục quét kênh để tìm kiếm preamble. Mỗi khi phát hiện preamble, modem sẽ theo dõi và nhận gói tin cho đến khi kết thúc. Sau đó, modem tiếp tục quét kênh để tìm kiếm gói tin tiếp theo mà không cần sự can thiệp của vi điều khiển.

Không giống như chế độ Rx Single, chế độ Rx Continuous không có thời gian chờ. Chip sẽ không tạo ra ngắt RxTimeout và sẽ luôn ở trong chế độ nhận cho đến khi được chuyển sang chế độ khác.

Cấu hình chế độ nhận LoRa:

- RegOpMode (0x01):
 - Bit 7 (LongRangeMode) = 1 (chế độ LoRa)
 - Bit 2-0 (Mode) = 101 (chế độ nhận Rx) hoặc 110 (chế độ nhận liên tục RxContinuous)
- RegFifoRxBaseAddr (0x0F): Xác định địa chỉ bắt đầu của bộ đệm FIFO cho dữ liệu nhận được.
- RegRxBnBytes (0x13): Cho biết số lượng byte đã nhận được.
- RegFifoRxCurrentAddr (0x10): Cho biết địa chỉ bắt đầu của gói tin cuối cùng được nhận trong FIFO.

Các ngắt và cờ trạng thái:

- RxTimeout: Được tạo ra khi quá trình nhận gói tin ở chế độ Rx Single vượt quá thời gian chờ.
- RxDone: Được tạo ra khi nhận được một gói tin hoàn chỉnh.
- PayloadCrcError: Được tạo ra khi CRC của gói tin không hợp lệ.
- ValidHeader: Được tạo ra khi nhận được một tiêu đề hợp lệ (chỉ trong chế độ Explicit Header).

Trích xuất dữ liệu từ FIFO:

Sau khi nhận được gói tin, dữ liệu sẽ được lưu trữ trong FIFO. Để đọc dữ liệu, bạn có thể sử dụng các thanh ghi sau:

- RegRxBnBytes: Cho biết số lượng byte đã nhận được.
- RegFifoRxCurrentAddr: Cho biết địa chỉ bắt đầu của gói tin cuối cùng được nhận trong FIFO.
- RegFifoAddrPtr: Con trỏ địa chỉ để đọc dữ liệu từ FIFO.

1.2.3 Quá trình điều chế LoRa

Điều chế LoRa được thực hiện ở bước chuẩn bị gói tin trước khi truyền đi, sau đây là quá trình hoạt động chi tiết của điều chế LoRa.

Điều chế LoRa là một kỹ thuật điều chế trải phổ độ rộng, kết hợp giữa điều chế trải phổ chirp (Chirp Spread Spectrum - CSS) và mã sửa lỗi chu kỳ (Cyclic Error Correction - FEC).

1. Điều chế trải phổ Chirp (CSS):

- Trong CSS, mỗi ký hiệu (symbol) thông tin được biểu diễn bằng một xung chirp, là một tín hiệu có tần số tăng hoặc giảm tuyến tính theo thời gian.
- Mỗi bit thông tin được mã hóa thành một chuỗi các xung chirp, với số lượng xung chirp trên mỗi bit được gọi là hệ số trải phổ (Spreading Factor - SF).
- Việc sử dụng nhiều xung chirp để biểu diễn một bit thông tin giúp tăng khả năng chống nhiễu và mở rộng phạm vi liên kết.

2. Mã sửa lỗi chu kỳ (FEC):

- FEC được sử dụng để phát hiện và sửa các lỗi trong quá trình truyền dữ liệu.
- Mã FEC thêm một lượng dữ liệu dư thừa vào gói tin, cho phép bộ thu phát hiện và sửa một số lỗi bit nhất định.
- Điều này giúp cải thiện độ tin cậy của liên kết, đặc biệt là trong môi trường nhiễu cao.

3. Ưu điểm của điều chế LoRa:

- Phạm vi xa: Nhờ kỹ thuật trải phổ, tín hiệu LoRa có khả năng chống lại sự suy giảm đường truyền và nhiễu, cho phép truyền dữ liệu trên khoảng cách rất xa.
- Độ nhạy cao: Bộ thu LoRa có thể giải mã tín hiệu ngay cả khi mức tín hiệu nằm dưới sàn nhiễu, giúp tăng cường độ nhạy thu và mở rộng phạm vi liên kết.
- Khả năng chống nhiễu tốt: Điều chế trải phổ và FEC giúp tín hiệu LoRa có khả năng chống nhiễu tốt hơn so với các kỹ thuật điều chế truyền thống.
- Tiêu thụ năng lượng thấp: Do sử dụng công suất truyền thấp và có thể hoạt động ở chế độ ngủ (sleep mode), các thiết bị LoRa có thể hoạt động trong thời gian dài với nguồn pin nhỏ.

4. Thiết lập tham số điều chế:

Trong SX1276/77/78/79, các tham số điều chế LoRa được cấu hình thông qua các thanh ghi cụ thể:

- Băng thông (BW): RegModemConfig1 (0x1D)
- Hệ số trải phổ (SF): RegModemConfig2 (0x1E)
- Tốc độ mã hóa lỗi (CR): RegModemConfig1 (0x1D)
- Tối ưu hóa tốc độ dữ liệu thấp (LowDataRateOptimize): RegModemConfig3 (0x26)

5. Quá trình điều chế:

1. Chuẩn bị dữ liệu: Dữ liệu được đưa vào bộ đệm FIFO.
2. Thêm phần mở đầu (Preamble): Một chuỗi các ký hiệu được thêm vào đầu gói tin để giúp bộ thu đồng bộ hóa với tín hiệu.
3. Thêm từ đồng bộ (Sync Word): Một từ đồng bộ được thêm vào để giúp bộ thu xác định điểm bắt đầu của gói tin.
4. Mã hóa FEC: Dữ liệu được mã hóa FEC để tăng cường khả năng chống lỗi.
5. Điều chế trải phổ Chirp: Dữ liệu được điều chế thành các xung chirp theo hệ số trải phổ đã chọn.
6. Truyền tín hiệu: Tín hiệu được khuếch đại và truyền đi thông qua anten.

1.3 Ứng dụng công nghệ LoRa trong cảnh báo cháy hiện nay

Trong thời đại công nghệ hiện đại, việc đảm bảo an toàn phòng cháy chữa cháy là một yêu cầu cấp thiết đối với mọi cơ sở hạ tầng, từ các tòa nhà dân dụng, công trình công cộng đến các khu công nghiệp. Hệ thống cảnh báo cháy đóng vai trò quan trọng trong việc phát hiện sớm và ngăn chặn các nguy cơ hỏa hoạn, từ đó bảo vệ tính mạng con người và tài sản. Trong bối cảnh đó, ứng dụng công nghệ LoRa trong cảnh báo cháy hiện nay đang ngày càng phổ biến và mang lại nhiều lợi ích thiết thực. Nhờ vào những ưu điểm vượt trội như tầm phủ sóng rộng, khả năng xuyên tường tốt và tiêu thụ năng lượng thấp, LoRa đã trở thành một giải pháp hiệu quả cho việc phát hiện và cảnh báo cháy sớm, giúp giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản. Hệ thống cảnh báo cháy không dây sử dụng các thiết bị cảm biến và các công nghệ truyền thông không dây để phát hiện và truyền tải tín hiệu cảnh báo một cách nhanh chóng và chính xác. Sự linh hoạt trong việc lắp đặt, khả năng mở rộng dễ dàng, và khả năng giảm thiểu chi phí bảo trì là những điểm mạnh nổi bật của hệ thống này.

1.4 Sơ lược về hệ thống cảnh báo cháy không dây

Hệ thống cảnh báo cháy không dây là hệ thống phòng cháy chữa cháy được thiết kế giúp phát hiện và cảnh báo cháy sớm trong một khu vực cụ thể bằng sóng vô tuyến mà không kết nối bằng dây hoặc các đường tín hiệu.

Hệ thống báo cháy không dây thường được cấu tạo bởi các thiết bị cơ bản: tủ trung tâm, cảm biến nhiệt, cảm biến khói, bộ giao tiếp không dây, còi và đèn báo động...

Khi phát hiện dấu hiệu bất thường, hệ thống cảm biến (nhiệt hoặc khói) sẽ gửi tín hiệu đến tủ trung tâm thông qua sóng vô tuyến. Từ đó, tủ trung tâm nhanh chóng kích hoạt, gửi thông tin đến thiết bị báo động, phát cảnh báo bằng còi và đèn. Với ưu điểm thiết kế không dây, hệ thống này thường được sử dụng trong các tòa nhà, nhà máy, nhà xưởng... những khu vực khó đi dây dẫn tín hiệu.

Các ứng dụng của LoRa trong cảnh báo cháy:

1. Hệ thống cảnh báo cháy không dây:

- Sử dụng các cảm biến nhiệt độ, khói và khí gas được tích hợp module LoRa để phát hiện các dấu hiệu cháy.
- Khi có cháy, các cảm biến sẽ gửi tín hiệu cảnh báo qua mạng LoRa đến trung tâm điều khiển hoặc điện thoại người dùng.
- Ưu điểm của hệ thống này là không cần đi dây phức tạp, dễ dàng lắp đặt và bảo trì.

2. Giám sát rừng và cảnh báo cháy rừng:

- Các cảm biến được lắp đặt trên các cây hoặc tháp canh để theo dõi nhiệt độ, độ ẩm và các yếu tố môi trường khác.
- Khi phát hiện nguy cơ cháy rừng, hệ thống sẽ gửi cảnh báo đến các cơ quan chức năng để có biện pháp ứng phó kịp thời.
- LoRa giúp giám sát rừng trên diện rộng với chi phí thấp và hiệu quả cao.

3. Cảnh báo cháy trong các tòa nhà, nhà máy:

- Các cảm biến LoRa được lắp đặt trong các khu vực có nguy cơ cháy cao như nhà kho, khu vực sản xuất.
- Hệ thống có thể kết hợp với các thiết bị báo cháy truyền thống để tăng cường khả năng phát hiện và cảnh báo cháy.
- LoRa giúp giảm thiểu chi phí lắp đặt và bảo trì hệ thống báo cháy trong các tòa nhà lớn.

4. Cảnh báo cháy trong các khu vực nông thôn, vùng sâu vùng xa:

- LoRa giúp khắc phục khó khăn trong việc triển khai hệ thống báo cháy ở những nơi không có hạ tầng mạng lưới điện và internet ổn định.
- Các thiết bị LoRa chạy bằng pin năng lượng mặt trời có thể hoạt động độc lập trong thời gian dài.

1.5 Áp dụng công nghệ LoRa vào hệ thống cảnh báo cháy [2]

Với đề án tốt nghiệp này, sinh viên quyết định chọn công nghệ truyền thông không dây LoRa vào hệ thống cảnh báo cháy vì những đặc điểm nổi bật dưới đây:

- Tần số thấp: LoRa hoạt động ở các dải tần số thấp (ví dụ: 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz), có bước sóng dài hơn so với các công nghệ không dây khác như Wi-Fi (2.4 GHz, 5 GHz). Sóng có bước sóng dài có khả năng nhiễu xạ và đi xuyên qua các vật cản tốt hơn.

- Điều chế Chirp Spread Spectrum (CSS): Kỹ thuật điều chế CSS của LoRa giúp tăng cường độ tín hiệu và khả năng chống nhiễu, cho phép tín hiệu vượt qua các vật cản dễ dàng hơn.
- Năng lượng tiêu thụ thấp: LoRa sử dụng các kỹ thuật điều chế và truyền thông tiên tiến giảm thiểu năng lượng tiêu thụ trong quá trình truyền và nhận dữ liệu
- Chi phí sử dụng và bảo trì thấp: LoRa hoạt động trên các dải tần không cần giấy phép giúp giảm chi phí triển khai và vận hành mạng lưới

1.5.1 Yêu cầu hệ thống

Đề tài “ Ứng dụng công nghệ truyền thông không dây LoRa vào hệ thống cảnh báo cháy” bao gồm những yêu cầu sau:

- Thu thập, hiển thị dữ liệu(nhiệt độ, độ ẩm,...) đo được từ các cảm biến trên server và ứng dụng điện thoại...
- Thiết kế thuật toán cảnh báo khi phát hiện khu vực có cháy hoặc khu vực có nguy cơ cháy nổ cao
- Thời gian cập nhật dữ liệu từ cảm biến nhanh để khi xảy ra cháy sẽ kịp thời không chế đám cháy.

1.5.1.1. Yêu cầu chức năng

Chức năng của hệ thống bao gồm:

- Có khả năng thu thập được các chỉ số nhiệt độ, khói và các khí gây nguy cơ cháy nổ cao ở môi trường xung quanh.
- Gửi liên tục các bản tin về chỉ số của nhiệt độ, không khí về trung tâm giám sát.
- Có khả năng xử lý được các dữ liệu thu nhập từ môi trường, khi phát hiện bất thường sẽ kích hoạt cảnh báo và gửi bản tin thông báo đến trung tâm giám sát.

1.5.1.2. Yêu cầu phi chức năng

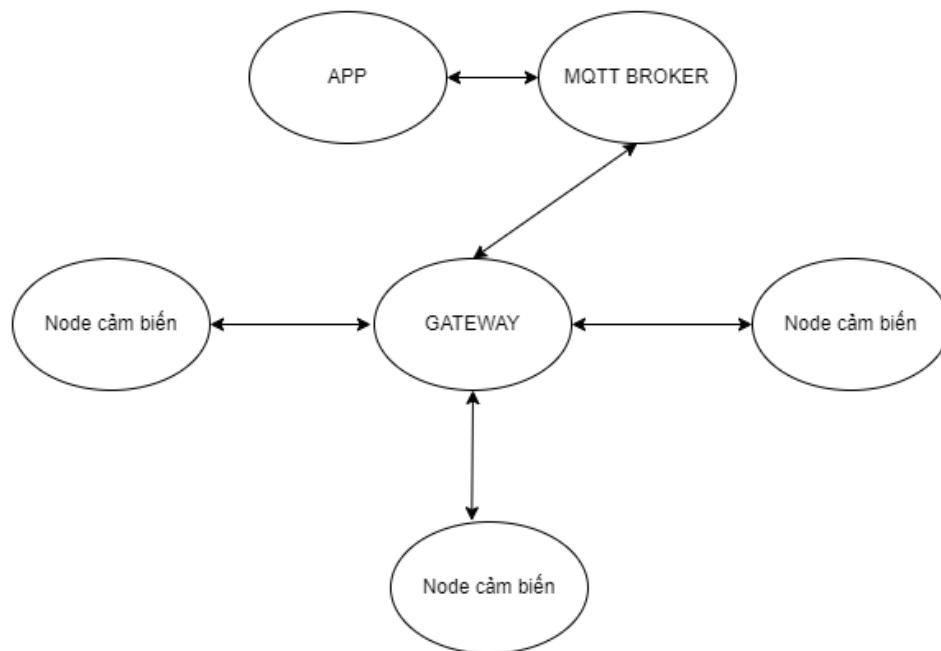
- Độ bền và độ chính xác cao, đảm bảo chịu được nhiệt độ cao khi xảy ra hỏa hoạn
- Dễ lắp đặt, bảo trì, khả năng kết nối mở rộng các tính năng mới. tuân thủ theo quy định về an toàn phòng tránh cháy nổ.

1.6 Kết luận

Chương 1 đã giới thiệu về công nghệ truyền thông không dây LoRa, ứng dụng công nghệ vào hệ thống cảnh báo cháy từ đó đưa ra các yêu cầu kỹ thuật cơ bản và phương hướng phát triển của hệ thống.

CHƯƠNG 2. CẤU HÌNH HỆ THỐNG

2.1 Mô hình hệ thống



Hình 2.1. Mô hình hệ thống báo cháy

Hệ thống gồm 3 khối chính: [3] [4]

- Node cảm biến: bao gồm các cảm biến(cảm biến nhiệt độ, cảm biến khói) để thu thập dữ liệu, ngoài ra còn có các thiết bị thư còi, đèn để phát cảnh báo khi phát hiện cháy.
- Gateway: là nơi nhận dữ liệu từ các node cảm biến và xử lý những dữ liệu đó để gửi lên server thông qua giao thức MQTT
- APP: ứng dụng điện thoại sẽ lấy dữ liệu từ MQTT Broker, cho phép người dùng quản lý các node cảm biến ví dụ như thêm, xóa node và thông báo cho người dùng khi xảy ra cháy nổ.

2.1.1 Gateway

Yêu cầu:

- Nhận dữ liệu từ các node cảm biến đo được từ môi trường
- Xử lý dữ liệu nhận từ các node cảm biến thành một bản tin định dạng .json sau đó gửi lên MQTT Broker.
- Nếu phát hiện bất thường, bật còi và đèn cảnh báo
- Hoạt động ở chế độ thời gian thực với độ trễ thấp

Lựa chọn linh kiện cho thiết bị:

- Module ESP32 DEVKIT V1
- Module LoRa SX1278 433MHz Ra-02

- Module giảm áp LM2596
- Nguồn adapter 12V-2A

2.1.1.1. Module ESP32 DEVKIT V1

ESP32 DevKit V1 là một module phát triển dựa trên vi điều khiển ESP32 của Espressif. Nó được sử dụng rộng rãi trong các dự án IoT (Internet of Things) nhờ vào các tính năng mạnh mẽ và khả năng kết nối mạng linh hoạt. Dưới đây là các chi tiết chính về ESP32 DevKit V1:



Hình 2.2 Module ESP32 Devkit v1

Thông số kỹ thuật

- Bộ vi xử lý (CPU): ESP32 bao gồm hai lõi (dual-core) Xtensa LX6 với xung nhịp lên đến 240 MHz.
- Kích thước: 28.2mm x 51.5 mm
- RAM: 520 KB SRAM.
- Flash: Thường là 4MB.
- Kết nối không dây: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR và BLE.
- GPIO: 21 chân GPIO đa năng có thể cấu hình cho các chức năng khác nhau như UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC.
- ADC: 18 kênh ADC 12-bit.
- DAC: 2 kênh DAC 8-bit.
- Giao tiếp: UART, SPI, I2C, CAN, I2S.
- Các tính năng khác: Touch sensor, temperature sensor, và tích hợp cảm biến Hall.

Tính năng nổi bật

- Kết nối linh hoạt: Hỗ trợ Wi-Fi và Bluetooth, cho phép kết nối mạng và giao tiếp không dây.
- Hiệu suất cao: Với vi xử lý dual-core và tốc độ xung nhịp cao, ESP32 có thể xử lý các tác vụ phức tạp.
- Tiết kiệm năng lượng: Có nhiều chế độ tiết kiệm năng lượng, phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu tuổi thọ pin dài.
- Khả năng mở rộng: Hỗ trợ nhiều giao thức giao tiếp, giúp dễ dàng kết nối với các module và cảm biến khác.

2.1.1.2. Module LoRa SX1278 433MHz Ra-02

Module RF SPI Lora SX1278 433MHz Ra-02 Ai-Thinker được sản xuất bởi Ai-Thinker sử dụng chip SX1278 của nhà sản xuất SEMTECH chuẩn giao tiếp LORA (Long Range).

Module RF SPI Lora SX1278 433MHz Ra-02 có thiết kế nhỏ gọn dạng module giúp dễ dàng tích hợp trong các thiết kế mạch.



Hình 2.3 Module LoRa SX1278 Ra-02

Tính năng và đặc điểm:

- Công suất phát: 20dBm - 100mW. Ổn áp RF ổn định khi điện áp đầu vào thay đổi
- Giao tiếp SPI half-duplex
- Tốc độ bit lập trình có thể đạt đến 300kbps
- Hỗ trợ chế độ FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM và OOK Modulation
- Dải sóng RSSI 127dB.
- Tự động phát hiện tín hiệu RF, chế độ CAD và tốc độ siêu cao AFC
- Với công cụ dữ liệu CRC 256 byte

Thông số kỹ thuật:

- Kích thước: 21mm x 36mm
- IC chính: SX1278

- Tốc độ bit lập trình lên đến 300Kbps
- Giao tiếp: SPI/GPIO
- Dải tần số: 420 – 450 MHz
- Chuẩn không dây: 433MHz
- Điện áp hoạt động: 1.8 – 3.7V, mặc định 3.3V
- Độ nhạy cao: xuống đến -148 dBm
- Công suất RF không đổi +20dBm – 100mW
- Chế độ nghỉ: 0.2uA
- Chế độ nhận: ≤ 10.8 mA
- Nhiệt độ làm việc: -40 đến +85 độ
- Số chân: 16
- Hỗ trợ các hệ thống như WMBus và IEEE802.15.4g

2.1.1.3. Module giảm áp LM2596

Mạch Giảm Áp LM2596 là module giảm áp có khả năng điều chỉnh được dòng ra đến 3A. LM2596 là IC nguồn tích hợp đầy đủ bên trong

Thông số kỹ thuật:

- Module nguồn không sử dụng cách ly
- Nguồn đầu vào từ 4V - 35V.
- Nguồn đầu ra: 1V - 30V.
- Dòng ra Max: 3A
- Kích thước mạch: 53mm x 26mm
- Đầu vào: INPUT +, INPUT-
- Đầu ra: OUTPUT+, OUTPUT-

2.1.2 Nodes cảm biến

Yêu cầu:

- Thu nhập dữ liệu nhiệt độ, không khí từ môi trường bằng các cảm biến
- Gửi dữ liệu thu thập được đến gateway thông qua truyền thông LoRa
- Nếu dữ liệu thu nhập được vượt ngưỡng cho phép sẽ bật đèn và còi báo động cảnh báo

Lựa chọn linh kiện cho thiết bị:

- Module ESP8266-12F
- Module LoRa SX1278 Ra-02
- Module cảm biến nhiệt độ DHT22
- Module cảm biến khói MQ-2
- Module giảm áp LM2596
- Nguồn adapter 12V-2^a

Thông tin chi tiết về LoRa SX1278 Ra-02 và module giảm áp LM2596 đã được trình bày ở mục 2.1.1.2 và 2.1.1.3

2.1.2.4. Module ESP8266-12F [5]



[5]

Hình 2.4 Module ESP8266

ESP8266 là một vi điều khiển được tích hợp sẵn khả năng kết nối Wi-Fi, có hỗ trợ bộ giao thức TCP/IP

ESP8266-12F là phiên bản mới hiệu suất cao 2.4GHz WiFi dựa trên ESP12E và CH340G, được sử dụng rộng rãi trong các dự án IoT (Internet of Things)

Thông số kỹ thuật:

- Hỗ trợ Wi-Fi:
Chuẩn 802.11 b/g/n
Hỗ trợ WPA/WPA2
- Bộ xử lý: Tensilica L106 32-bit RISC processor, tốc độ 80MHz hoặc 160MHz.
- Bộ nhớ:
64 KB RAM lệnh
96 KB RAM dữ liệu
4MB (32Mbit) bộ nhớ flash
- Chân GPIO: 11 chân GPIO (General Purpose Input/Output)
- Giao thức truyền thông:
SPI (Serial Peripheral Interface)
UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
I2S (Integrated Inter-IC Sound).
- ADC: Một bộ chuyển đổi Analog sang Digital 10-bit
- PWM: Điều chế độ rộng xung có sẵn trên tất cả các chân GPIO
- Điện áp hoạt động: 3.0 – 3.6V
- Tiêu thụ điện năng: Chế độ ngủ tiêu thụ điện năng thấp (<10uA)

2.1.2.5. Cảm biến nhiệt độ DHT22

DHT22 là một module cảm biến nhiệt độ và độ ẩm phổ biến, thường được sử dụng trong các dự án IOT và hệ thống nhúng. Sau đây là một số chi tiết về cảm biến DHT22.



Hình 2.5 Module cảm biến nhiệt độ DHT22

Thông số kỹ thuật

- Cảm biến nhiệt độ:
 - Dải đo: -40 đến 80°C.
 - Độ chính xác: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
 - Độ phân giải: 0.1°C.
- Cảm biến độ ẩm:
 - Dải đo: 0 đến 100% RH.
 - Độ chính xác: $\pm 2\text{--}5\%$ RH.
 - Độ phân giải: 0.1% RH.
- Thông số điện:
 - Điện áp hoạt động: 3.3V đến 6V.
 - Dòng điện tiêu thụ: 2.5mA tối đa khi đo.
- Giao tiếp:
 - Giao thức: Digital single-bus.
 - Tần số lấy mẫu: 0.5 Hz (cập nhật dữ liệu mỗi 2 giây).
- Kích thước: 15.1 mm x 25 mm x 7.7 mm.

Module DHT22 có 3 chân kết nối: VCC cấp nguồn từ 3.3V đến 6V, OUT là chân dữ liệu, giao tiếp với vi điều khiển, GND chân nối đất

2.1.2.6. Module cảm biến MQ-2

Cảm biến khói MQ-2 là một loại cảm biến khí gas được sử dụng rộng rãi để phát hiện các loại khí dễ cháy và khói. Nó hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi độ dẫn điện của chất bán dẫn SnO₂ khi tiếp xúc với khí gas hoặc khói.



Hình 2.6 Cảm biến MQ-2

Tính năng:

- Phát hiện đa khí: LPG, i-butane, propane, methane, rượu, hydrogen, khói
- Độ nhạy cao: Có thể phát hiện nồng độ khí trong khoảng từ 200 đến 10000 ppm (phần triệu)
- Thời gian phản hồi nhanh: Phản hồi với thay đổi nồng độ khí trong vài giây
- Sử dụng đơn giản: Chỉ cần cấp nguồn và đọc giá trị analog từ cảm biến

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5V DC
- Điện trở tải: Có thể điều chỉnh, thường từ 10 k Ω đến 47 k Ω
- Đầu ra: Tín hiệu analog và tín hiệu số (DO)
- Thời gian làm nóng: Khoảng 20 giây
- Nhiệt độ hoạt động: -10 đến 50°C
- Độ ẩm hoạt động: Dưới 95% RH

2.2 Ứng dụng di động quản lý hệ thống

Sinh viên đã chọn môi trường phát triển Android studio để xây dựng ứng dụng android vì những tiện ích sau:

1. Môi trường phát triển tích hợp(IDE) mạnh mẽ:

- Giao diện trực quan: Android Studio cung cấp giao diện thân thiện, dễ sử dụng, thiết kế giao diện người dùng (UI) một cách trực quan với các công cụ kéo thả.
- Trình soạn thảo code thông minh: IDE hỗ trợ tự động hoàn thành code, gợi ý cú pháp, viết code nhanh hơn và ít lỗi hơn.

- Trình gỡ lỗi tích hợp: Cho phép tìm và sửa lỗi trong ứng dụng một cách dễ dàng.
- Trình giả lập và quản lý thiết bị: Có thể kiểm tra ứng dụng trên nhiều loại thiết bị ảo hoặc thiết bị thật ngay trong Android Studio.

2. Ngôn ngữ lập trình quen thuộc:

- Java và Kotlin: Android Studio hỗ trợ hai ngôn ngữ lập trình phổ biến là Java và Kotlin, dễ dàng tiếp cận và phát triển ứng dụng nếu đã có kiến thức về một trong hai ngôn ngữ này.

3. Thư viện và công cụ hỗ trợ MQTT:

- Paho MQTT Client: Android Studio tích hợp sẵn thư viện Paho MQTT Client, một thư viện phổ biến và đáng tin cậy để kết nối MQTT.
- Eclipse Mosquitto: Có thể dễ dàng cài đặt và sử dụng Mosquitto, một MQTT Broker mã nguồn mở, để thử nghiệm ứng dụng.

4. Cộng đồng lớn và tài liệu phong phú:

- Hỗ trợ từ cộng đồng: Android Studio có cộng đồng nhà phát triển đông đảo, sẵn sàng hỗ trợ giải quyết các vấn đề gặp phải.
- Tài liệu chi tiết: Google cung cấp tài liệu hướng dẫn chi tiết về Android Studio và các công cụ liên quan, giúp học hỏi và phát triển ứng dụng dễ dàng hơn.

5. Khả năng tùy biến cao:

- Giao diện người dùng: Có thể thiết kế giao diện tùy chỉnh phù hợp với nhu cầu của ứng dụng.
- Tính năng: Có thể thêm các tính năng đặc thù cho việc quản lý dữ liệu MQTT như hiển thị biểu đồ, lịch sử dữ liệu, cảnh báo...

6. Phân phối dễ dàng:

- Google Play Store: Sau khi hoàn thành, có thể dễ dàng đăng tải ứng dụng lên Google Play Store để phân phối tới người dùng.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

Dựa trên những yêu cầu và mô hình hệ thống đã được trình bày chi tiết ở chương trước, chương này sẽ đi sâu vào quá trình xây dựng và triển khai các thiết bị phần cứng chủ chốt, tạo nên nền tảng vững chắc cho toàn bộ hệ thống.

3.1 Ý tưởng thiết kế

Sử dụng một board mạch duy nhất để tích hợp các module của gateway và node.

Thành phần của board mạch bao gồm các khối sau:

- Khối nguồn
- Khối MCU
- Khối LoRa
- Khối cảm biến(Đối với Node)
- Khối cảnh báo
- Khối nút nhấn

3.2 Tiến hành thực thi phần cứng

Sinh viên sẽ sử dụng phần mềm Altium Designer 21 để thiết kế sơ đồ mạch nguyên lý cho hệ thống này.

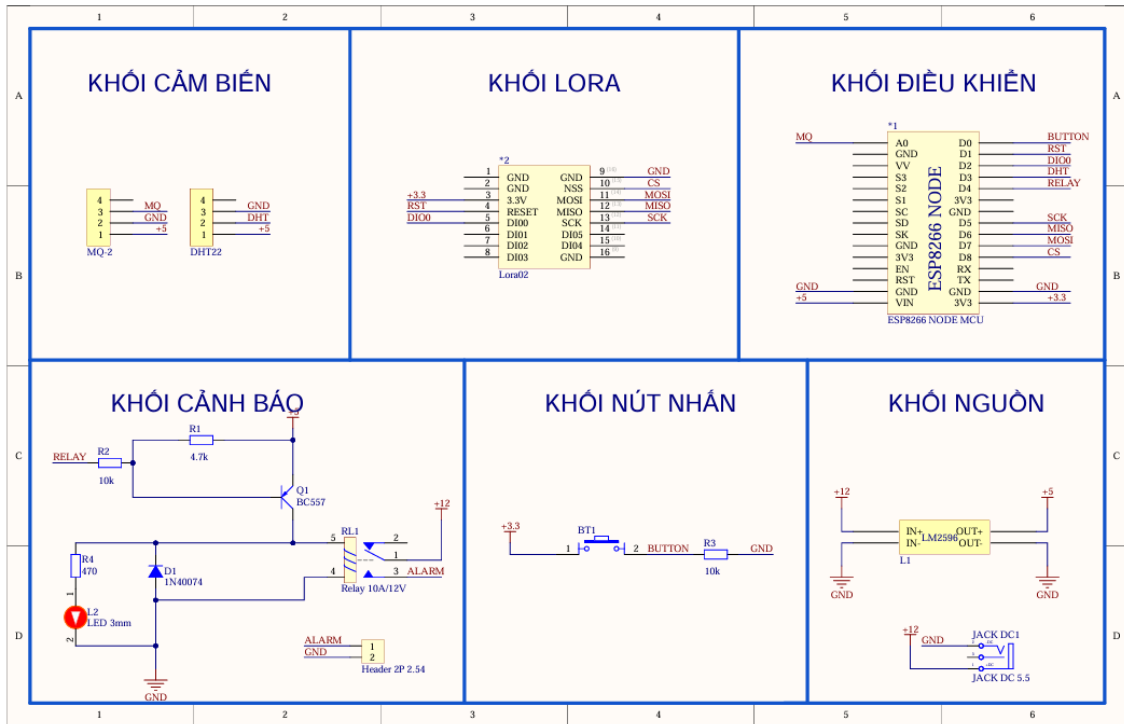
Altium Designer là một phần mềm thiết kế mạch in (PCB) chuyên nghiệp, được phát triển bởi công ty Altium Limited. Đây là một trong những công cụ phổ biến và mạnh mẽ nhất trong lĩnh vực thiết kế điện tử, được sử dụng rộng rãi bởi các kỹ sư và nhà thiết kế điện tử trên toàn thế giới. Altium Designer cung cấp một giải pháp toàn diện cho việc thiết kế, mô phỏng và sản xuất các bảng mạch in phức tạp.

Altium Designer 21 là một giải pháp toàn diện cho việc thiết kế mạch in, từ việc tạo ra sơ đồ nguyên lý, bố trí mạch in, đến mô phỏng và sản xuất. Phần mềm này kết hợp các công cụ mạnh mẽ trong một giao diện trực quan, giúp các kỹ sư điện tử dễ dàng tạo ra các thiết kế PCB phức tạp và chất lượng cao.

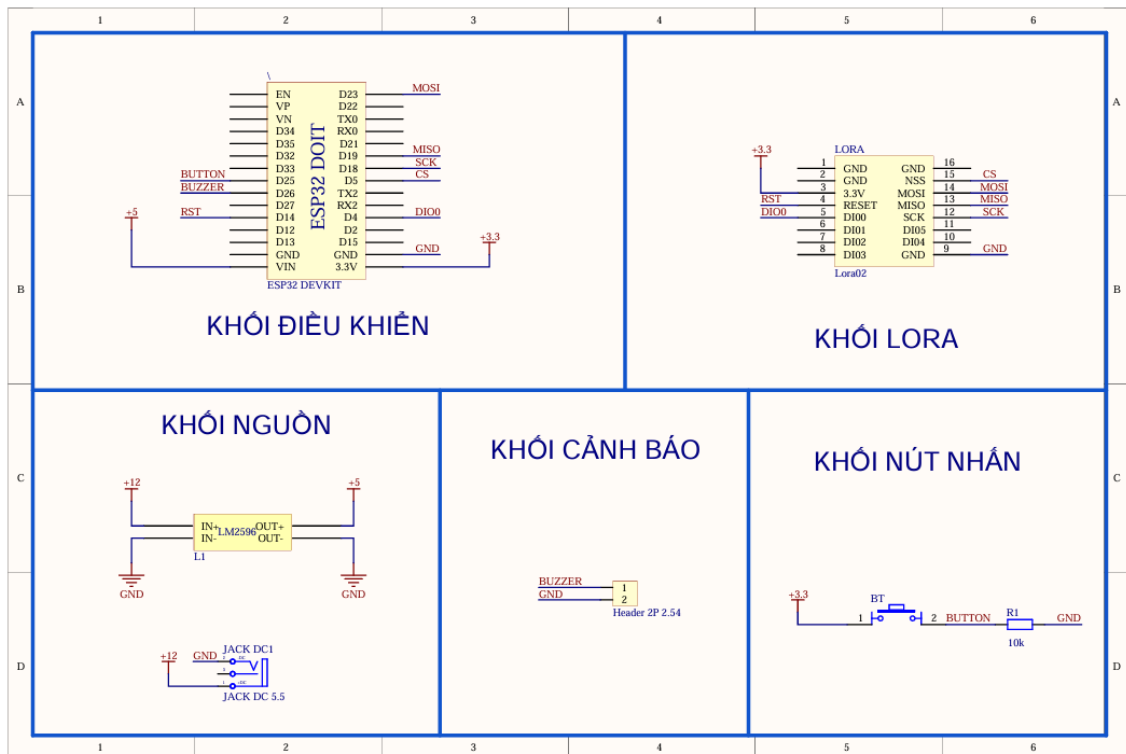
3.2.1 Thiết kế sơ đồ nguyên lý

Dựa trên những yêu cầu chức năng và phi chức năng đã được phân tích kỹ lưỡng, kết hợp với việc lựa chọn cẩn thận các linh kiện phù hợp, sinh viên đã xây dựng thành công sơ đồ mạch nguyên lý chi tiết cho cả Gateway và Node.

Sơ đồ này không chỉ thể hiện rõ ràng mối liên kết giữa các thành phần phần cứng mà còn là cơ sở quan trọng để sinh viên tiến hành thiết kế mạch in và lắp ráp thực tế hệ thống.



Hình 3.1 Sơ đồ nguyên lý mạch Node



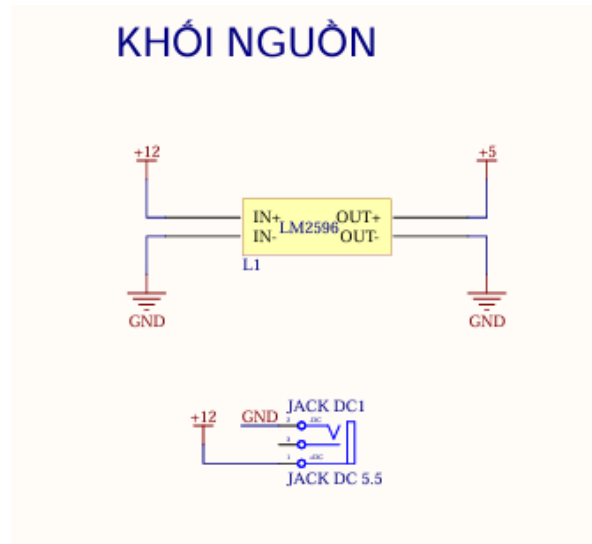
Hình 3.2 Sơ đồ nguyên lý mạch Gateway

3.2.1.1. Khối nguồn trong Gateway và Node

Khối nguồn là một thành phần thiết yếu trong mọi mạch điện tử, chịu trách nhiệm cung cấp năng lượng ổn định và điện áp phù hợp cho hoạt động của các

thành phần khác. Nhiệm vụ chính của nó là biến đổi nguồn điện đầu vào, thường có điện áp không ổn định, thành các mức điện áp và dòng điện cần thiết cho từng bộ phận trong mạch.

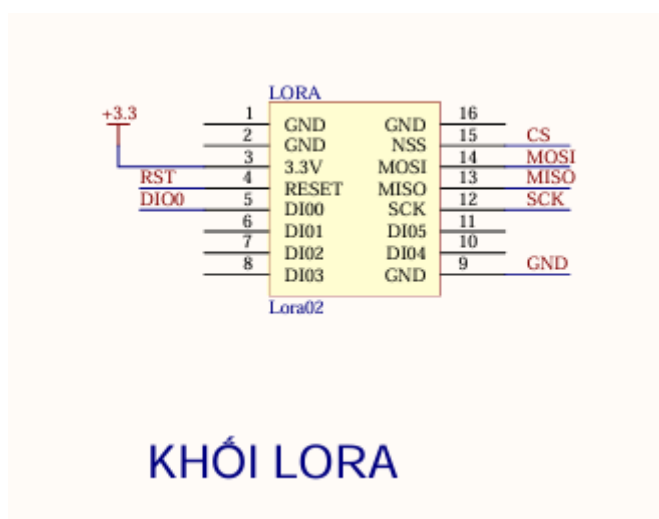
Trong mạch điện từ này, khối nguồn nhận điện áp đầu vào dao động từ 9 – 20 volt. Điện áp này được đưa vào module LM2596, một bộ chuyển đổi điện áp, để giảm xuống mức 5 volt. Mức điện áp 5 volt này sau đó được sử dụng để cung cấp cho các khối chức năng khác trong hệ thống, đảm bảo chúng hoạt động ổn định và đáng tin cậy.



Hình 3.3 Khối nguồn

3.2.1.2. Khối LoRa trong Gateway và Node

Module LoRa SX1278 Ra-02 thực hiện chức năng truyền và nhận dữ liệu qua sóng radio LoRa. Mô-đun này tích hợp sẵn các thuật toán và cấu hình cần thiết để truyền và nhận dữ liệu theo đúng chuẩn giao thức. Module LoRa kết nối với khối trung tâm bằng giao thức SPI.



Hình 3.4 Khối LoRa

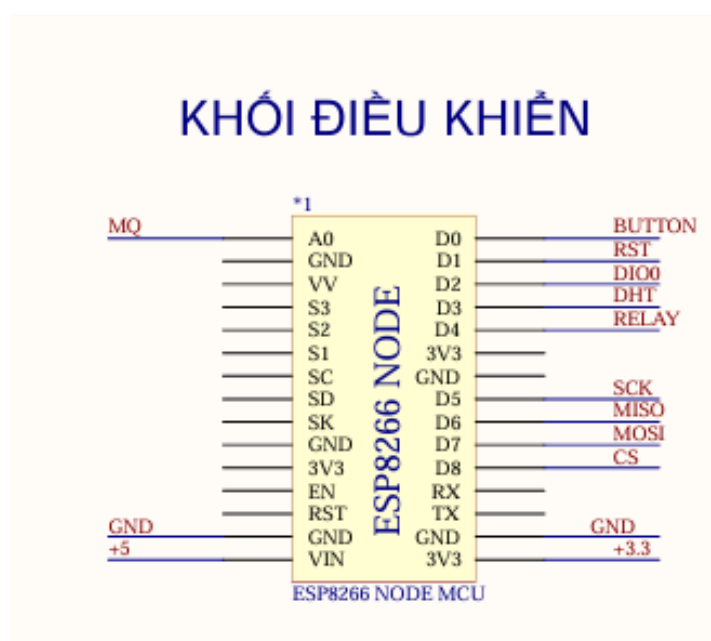
3.2.1.3. Khối điều khiển Node

ESP8266-12F đóng vai trò như một trung tâm xử lý thông tin và điều phối hoạt động của các khối khác. Nó đảm nhận nhiệm vụ giao tiếp và đồng bộ hóa giữa các thành phần khác nhau trong mạch, từ cảm biến đến thiết bị đầu ra.

Thông qua các giao tiếp và ngõ vào, khối điều khiển nhận tín hiệu từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm khối LoRa, khối cảm biến và khối nút nhấn. Dựa trên các tín hiệu này, nó tiến hành phân tích thông tin, thực hiện các thuật toán và đưa ra quyết định để điều khiển các khối khác.

Các chức năng chính của khối điều khiển bao gồm:

- Thu thập dữ liệu: Đọc và xử lý dữ liệu từ các cảm biến.
- Giám sát trạng thái: Theo dõi và xác định trạng thái hoạt động của mạch.
- Xử lý thông tin: Thực hiện các tính toán và phân tích dữ liệu.
- Điều phối hoạt động: Quản lý và điều khiển nguồn điện, cũng như gửi tín hiệu điều khiển đến các khối khác trong mạch.



Hình 3.5 Khối điều khiển Node

3.2.1.4. Khối điều khiển Gateway

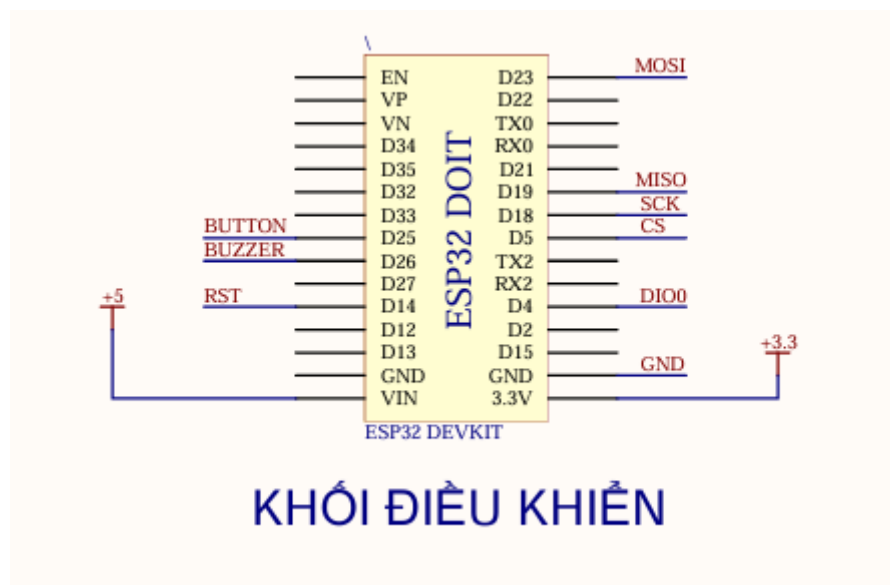
ESP32 DevKit V1 đảm nhiệm vai trò khối điều khiển trung vai trò cầu nối giữa các thành phần khác nhau, từ cảm biến đến thiết bị đầu ra, tạo sự tương tác và đồng bộ hóa chặt chẽ. tâm, chịu trách nhiệm quản lý và điều phối hoạt động của các khối khác trong mạch. Nó đóng

Khối điều khiển này có khả năng tiếp nhận tín hiệu từ khối LoRa và khối nút nhấn thông qua các giao tiếp và ngõ vào được thiết kế riêng. Dựa trên các tín hiệu đầu vào, ESP32 DevKit V1 sẽ tiến hành xử lý thông tin, áp dụng các thuật toán đã được

lập trình sẵn, và đưa ra quyết định để điều khiển hoạt động của các khối khác trong mạch.

Các chức năng chính của khối điều khiển bao gồm:

- Giám sát: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến và phân tích để xác định trạng thái hiện tại của hệ thống.
- Ra quyết định: Dựa trên thông tin đã xử lý, đưa ra quyết định điều khiển các thành phần khác trong mạch.
- Điều khiển: Tạo ra các tín hiệu điều khiển để tác động lên các khối khác, như bật/tắt thiết bị, điều chỉnh mức độ hoạt động, hoặc thực hiện các hành động cụ thể khác.
- Quản lý: Giám sát và điều chỉnh nguồn điện cung cấp cho các khối khác trong mạch.



Hình 3.7 Khối điều khiển Gateway

3.2.1.5. Khối cảm biến(Đối với Node)

Khối cảm biến là một phần không thể thiếu trong hệ thống, bao gồm hai module cảm biến DHT22 và MQ-02. Nó có nhiệm vụ thu thập dữ liệu quan trọng về môi trường xung quanh, bao gồm nhiệt độ, độ ẩm và các chất khí. Dữ liệu này được chuyển đổi thành tín hiệu điện tử để khối điều khiển có thể xử lý và đưa ra quyết định.

Vai trò của khối cảm biến là cung cấp cho hệ thống khả năng "nhận biết" và phản ứng với những thay đổi trong môi trường. Nhờ đó, hệ thống có thể thực hiện các chức năng giám sát, điều khiển và cảnh báo một cách tự động và hiệu quả

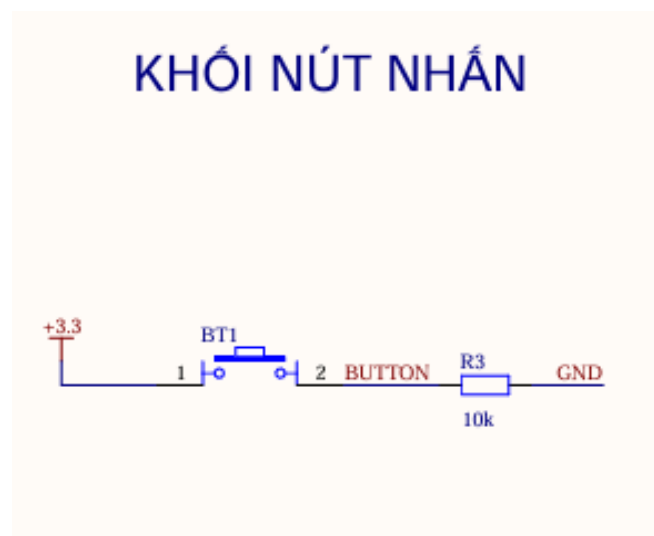
KHỐI CẢM BIẾN



Hình 3.8 Khối cảm biến

3.2.1.6. Khối nút nhấn

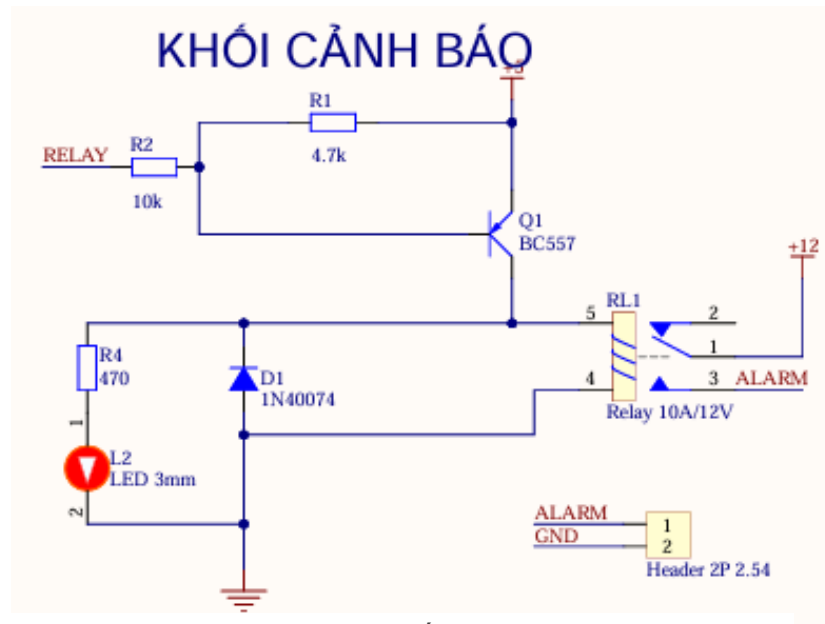
Khối nút nhấn được thiết kế với một nút nhấn bốn chân và một điện trở 10K ohm. Điện trở này được kết nối với khối nguồn và đóng vai trò như một điện trở kéo xuống, đảm bảo rằng nút nhấn sẽ luôn ở trạng thái mức thấp khi không có tác động.



Hình 3.9 Khối nút nhấn

3.2.1.7. Khối cảnh báo(Đối với Node)

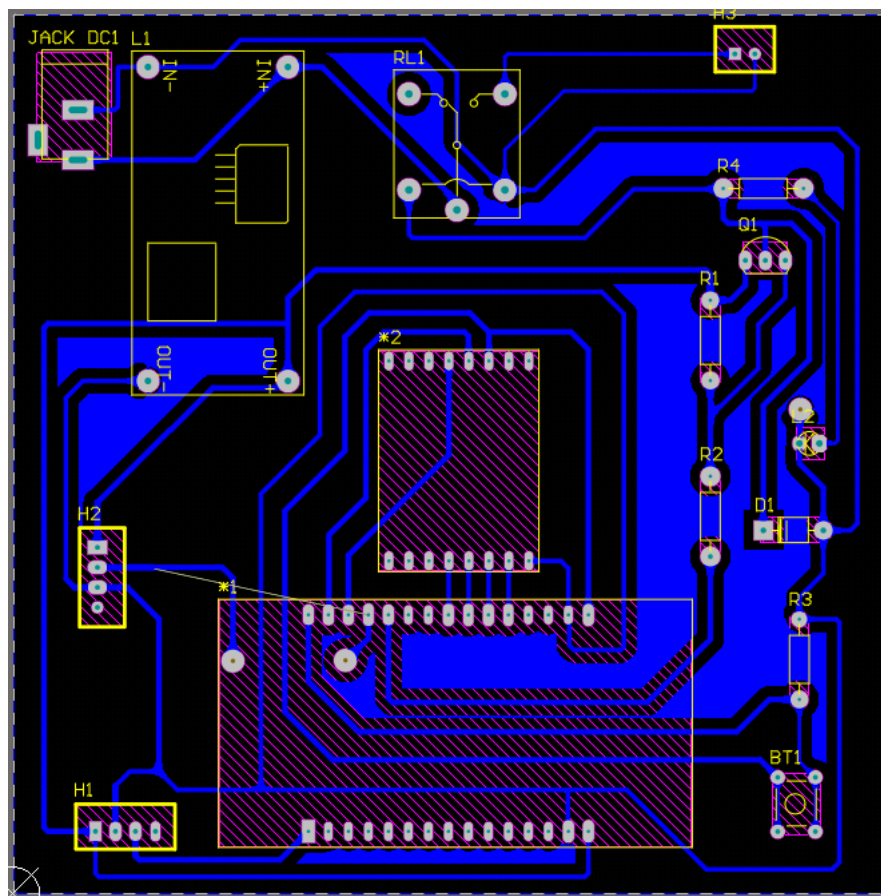
Khối relay sử dụng relay SRA-05VDC-CL, là một thành phần quan trọng trong việc điều khiển dòng điện. Với khả năng đóng/ngắt dòng điện có cường độ lớn bằng một dòng điều khiển nhỏ, relay này đóng vai trò như một công tắc điện tử thông minh. Trong mạch điện này, relay được sử dụng để cung cấp dòng điện cần thiết cho còi báo động hoạt động, đảm bảo khả năng cảnh báo mạnh mẽ và hiệu quả khi cần thiết.



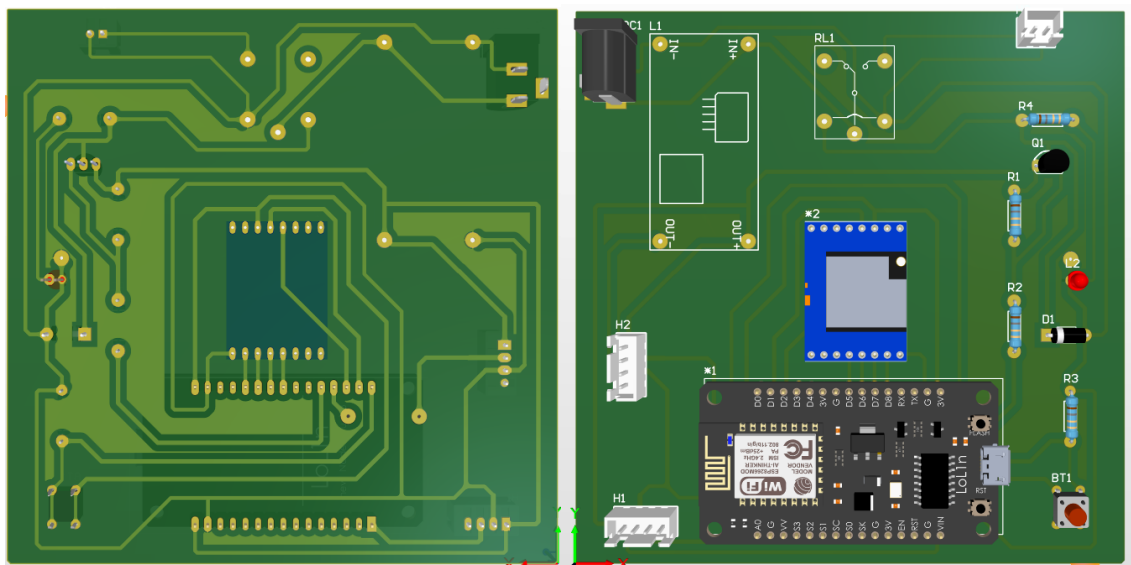
Hình 3.10 Khối cảnh báo

3.2.2 Thiết kế bố trí mạch in(PCB layout)

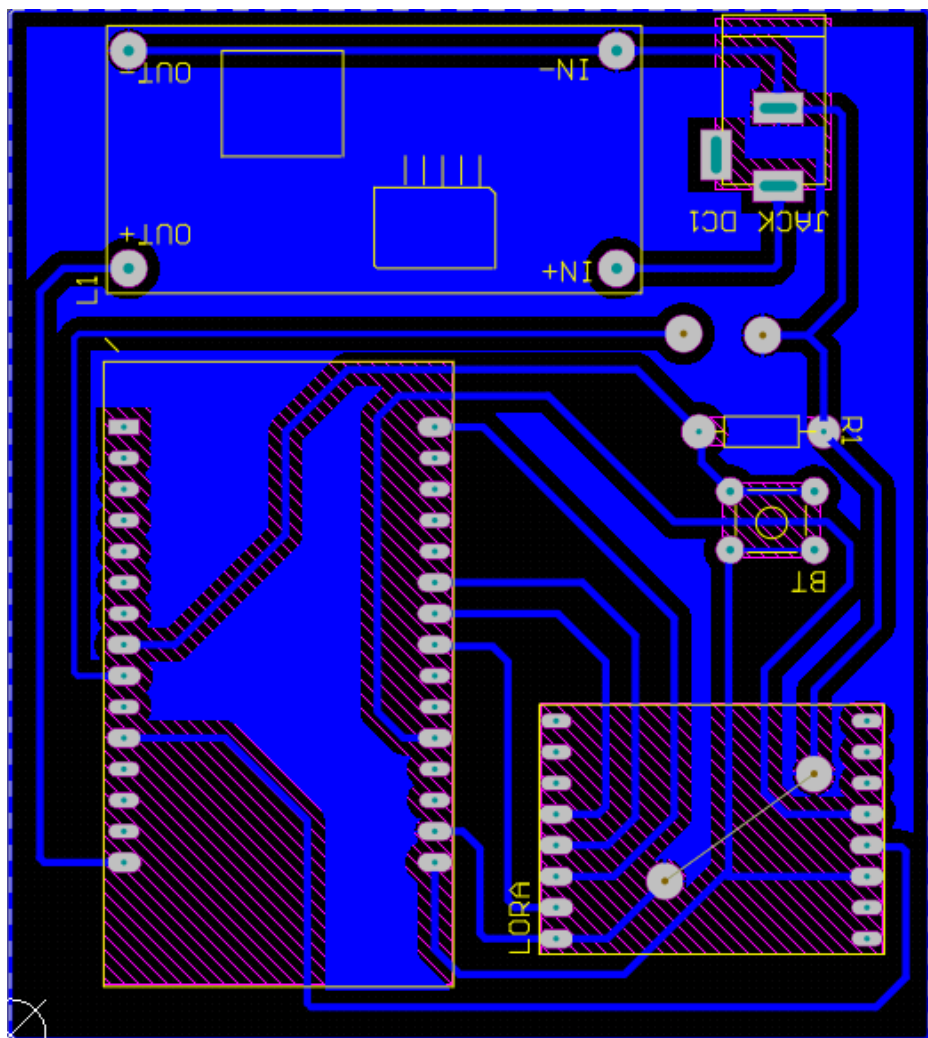
Sau khi thiết kế sơ đồ nguyên lý xong, bước tiếp theo trong quá trình thiết kế mạch in là tạo ra bản thiết kế bố trí mạch in(PCB layout). Dưới đây là hình ảnh của mạch sau khi hoàn thành .



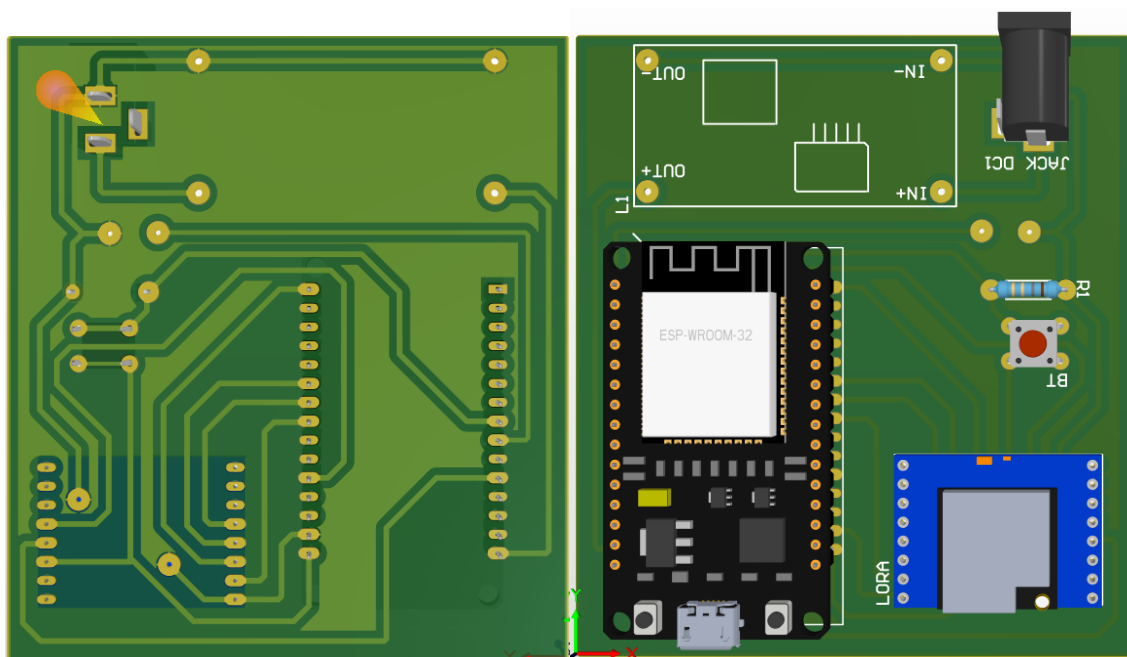
Hình 3.11 PCB layout của Node



Hình 3.12 Layout 3D mặt trước và mặt sau của Node



Hình 3.13 PCB layout của Gateway



Hình 3.14 Layout 3D mặt trước và mặt sau của Gateway

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Dựa vào các yêu cầu chức năng và module phần cứng đã xây dựng ở chương trước, sinh viên sẽ đưa những giải thuật phù hợp với hệ thống và xây dựng một ứng dụng di động để dễ dàng thao tác quản lý hoạt động của hệ thống

4.1 Thiết kế chức năng của Gateway

Gateway có nhiệm vụ nhận và xử lý các bản tin được gửi từ phía node. Sau đó sẽ xử lý, phân tích dữ liệu để kết luận và gửi dữ liệu đến MQTT Broker.

Để gateway có thể nhận được và xử lý chính xác các bản tin gửi về từ nhiều node khác nhau sinh viên đã đưa ra định nghĩa của bản tin gửi như sau:

Bản tin gửi đi sẽ bao gồm 24 bit dữ liệu trong đó:

- 8 bit đầu tiên chứa ID của node giúp xác định nguồn gốc của bản tin. Trong mạng lưới các node. Việc biết được dữ liệu từ node nào giúp hệ thống quản lý và xử lý dữ liệu một cách hiệu quả tránh sai sót
- 7 bit tiếp theo lưu trữ giá trị nhiệt độ: Nhiệt độ được lưu trữ trong 7 bit giúp tối ưu hóa dung lượng, cho phép biểu diễn giá trị từ 0 đến 127. Điều này phù hợp với ứng dụng cảm biến nhiệt độ, giúp tiết kiệm băng thông.
- Bit cuối cùng của 8 bit giữa lưu trữ trạng thái không khí: Sử dụng 1 bit để lưu trạng thái không khí (0 hoặc 1) giúp đơn giản hóa dữ liệu và tiết kiệm dung lượng, đủ để biểu thị các trạng thái có khói hoặc không có khói.
- 8 bit cuối cùng dùng để kiểm tra độ chính xác: Việc kiểm tra lỗi là rất quan trọng trong quá trình truyền dữ liệu. Sử dụng một phần của bản tin để thực hiện phương pháp kiểm tra lỗi giúp đảm bảo rằng dữ liệu không bị lỗi khi truyền đi, đảm bảo độ tin cậy và tính toàn vẹn của thông tin.

Việc phân chia bản tin thành các thành phần cố định(ID node, giá trị cảm biến, trạng thái khói, kiểm tra lỗi) giúp hệ thống dễ dàng giải mã và xử lý dữ liệu một cách nhanh chóng và hiệu quả. Các định dạng này giúp dễ dàng mở rộng và bảo trì hệ thống. Nếu cần thêm các loại cảm biến hoặc thêm thông tin khác, các bit bổ sung hoặc cấu trúc mới có thể được thêm vào một cách có tổ chức mà không làm ảnh hưởng đến cấu trúc hiện tại.

Khi nhận và xử lý bản tin từ các node xong, gateway sẽ gửi bản tin đến MQTT Broker. Để việc truyền và nhận dữ liệu một cách dễ dàng và có thể được phân tích một cách hiệu quả trong hệ thống xử lý, sinh viên sẽ định dạng bản tin dưới dạng json. JSON (JavaScript Object Notation) là một định dạng trao đổi dữ liệu nhẹ, dễ đọc và ghi cho con người cũng như dễ phân tích và tạo cho máy tính. JSON là một phần quan trọng của các hệ thống giao tiếp dữ liệu hiện đại, đặc biệt là trong các ứng dụng web và API.

```
{"ID": , "Temperature": , "Smoke": , "Action": }
```

Hình 4.1 Định dạng bản tin gửi đến MQTT Broker

ID: Mã định danh của node

Temperature: Nhiệt độ cảm biến thu nhập được từ môi trường

Smoke: Trạng thái khói từ cảm biến thu được từ môi trường

Active: Trạng thái kết nối của node đến gateway

Sinh viên chọn HiveMQ làm MQTT broker cho hệ thống. HiveMQ là một nền tảng đám mây cung cấp dịch vụ truyền nhận dữ liệu dựa trên giao thức MQTT, nổi bật với tốc độ cao, hiệu suất tốt và độ tin cậy trong việc truyền dữ liệu hai chiều giữa các thiết bị IoT. Do HiveMQ là dịch vụ miễn phí và không giới hạn vị trí địa lý, nó phù hợp với yêu cầu của hệ thống.

Để kết nối với HiveMQ MQTT Broker, cần sử dụng các thông tin sau:

- MQTT HOST: broker.mqttdashboard.com
- TCP Port: 1883
- Websocket Port: 8000
- TLS TCP Port: 8883
- TLS Websocket Port: 8884

Hệ thống sử dụng ba topic chính để giao tiếp giữa các thành phần:

- duy/node: Gateway sử dụng topic này để chuyển tiếp dữ liệu từ các Node, bao gồm thông tin về nhiệt độ, khói và trạng thái hoạt động
- duy/add: Ứng dụng di động gửi bản tin đến topic này khi muốn thêm một Node mới vào hệ thống.
- duy/del: Tương tự, ứng dụng di động gửi bản tin đến topic này khi muốn xóa một Node khỏi hệ thống

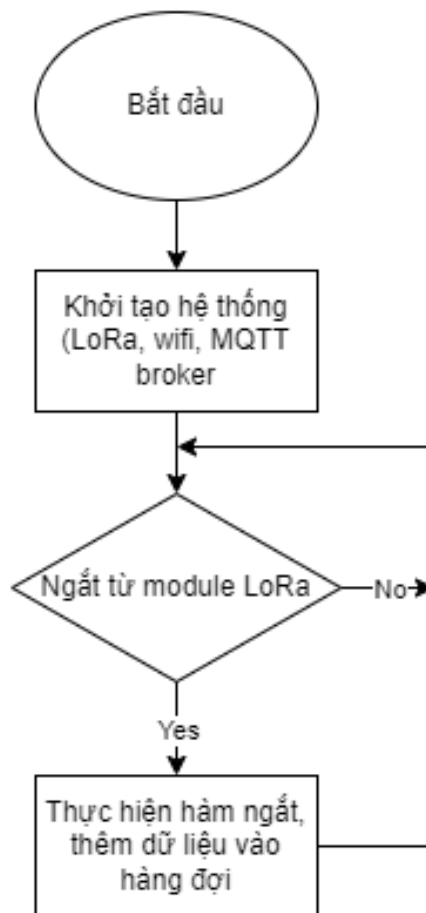
Thuật toán truyền nhận dữ liệu của Gateway

Vi điều khiển kết nối với module LoRa bằng giao thức SPI. Sau đó Gateway khởi tạo các giá trị cho module LoRa, tần số hoạt động của LoRa là 433MHz. Cài đặt chương trình chờ sự kiện ngắt từ module LoRa, thông báo đã nhận được bản tin từ một node trong hệ thống.

Sau khi khởi tạo hoàn tất, vi điều khiển sẽ tiến hành kết nối với wifi. Khi kết nối wifi thành công, gateway sẽ tiếp tục kết nối với MQTT Broker bằng các thiết lập đã được định nghĩa sẵn.

4.1.1.1. Quá trình nhận dữ liệu từ các node gửi đến

Gateway liên tục kiểm tra xem có tín hiệu ngắt từ module LoRa hay không. Nếu có tín hiệu ngắt, Gateway sẽ thực hiện hàm ngắt, nhận dữ liệu từ module LoRa và thêm dữ liệu này vào hàng đợi. Hàng đợi dữ liệu hoạt động theo cơ chế FIFO (First In First Out) có chức năng lưu trữ các gói tin đến nhằm tránh tình trạng khi có quá nhiều node gửi đến cùng thời điểm mà Gateway không kịp xử lý gây ra mất dữ liệu



Hình 4.2 Quá trình nhận gói tin từ Node

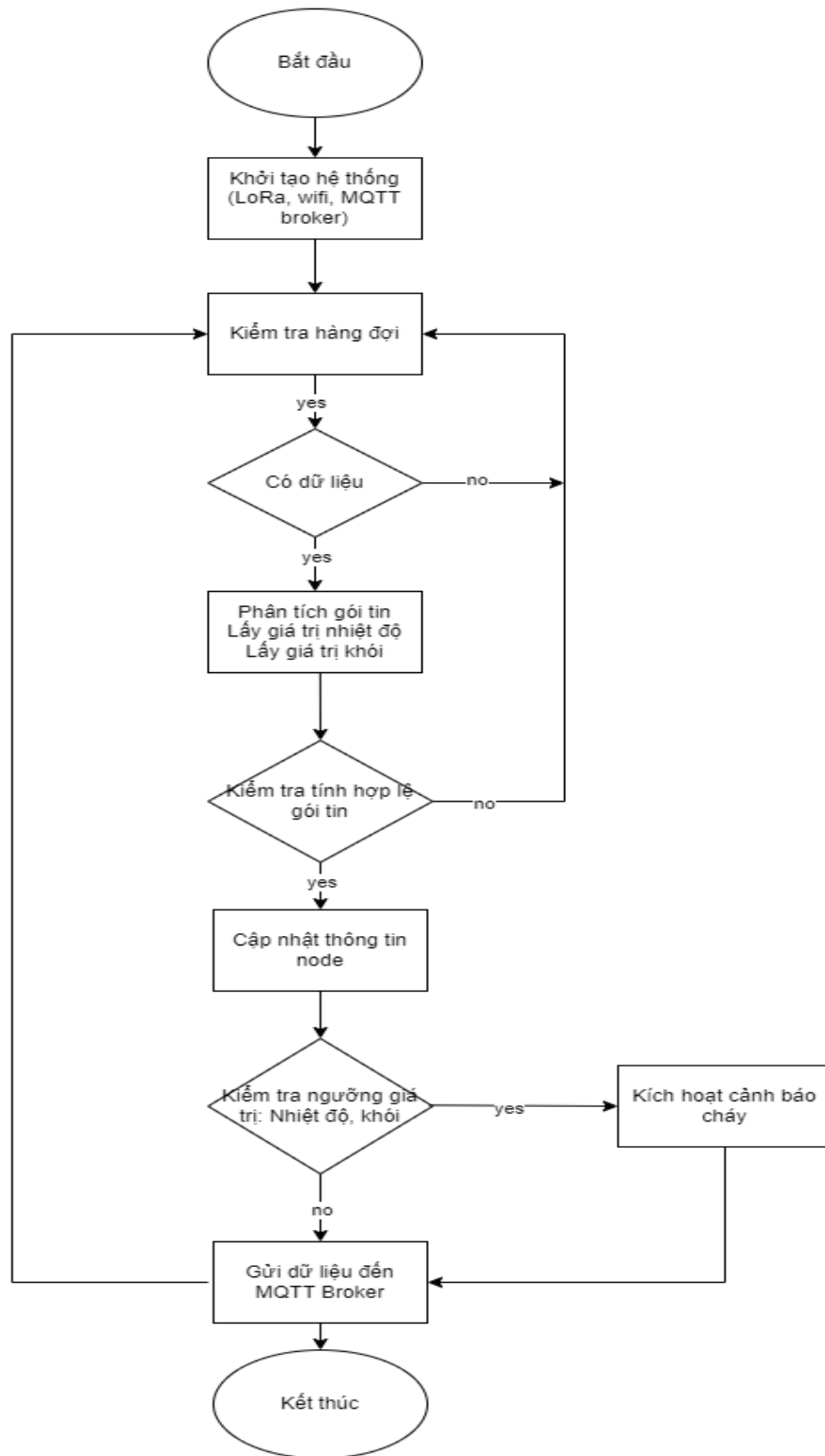
4.1.1.2. Quá trình xử lý gói tin nhận được

Lặp qua các phần tử trong hàng đợi để xử lý từng gói tin một, sau đó lấy ra một tin nhắn từ hàng đợi. Tách các thông tin từ gói tin như ID node, giá trị nhiệt độ, giá trị khối và giá trị để kiểm tra node

Kiểm tra tính hợp lệ của gói tin, nếu gói tin hợp lệ sẽ tiếp tục xử lý và cập nhật thời gian nhận tin của node tương ứng, ngược lại sẽ quay lại vòng lặp để lấy gói tin mới trong hàng đợi.

Nếu giá trị nhiệt độ vượt quá ngưỡng cho phép hoặc có giá trị khối, hệ thống sẽ kích hoạt cảnh báo, sau đó đóng gói tin nhắn dưới dạng json để gửi đến MQTT broker.

Dưới đây là sơ đồ mô tả quá trình xử lý gói tin mà Gateway nhận được từ node:



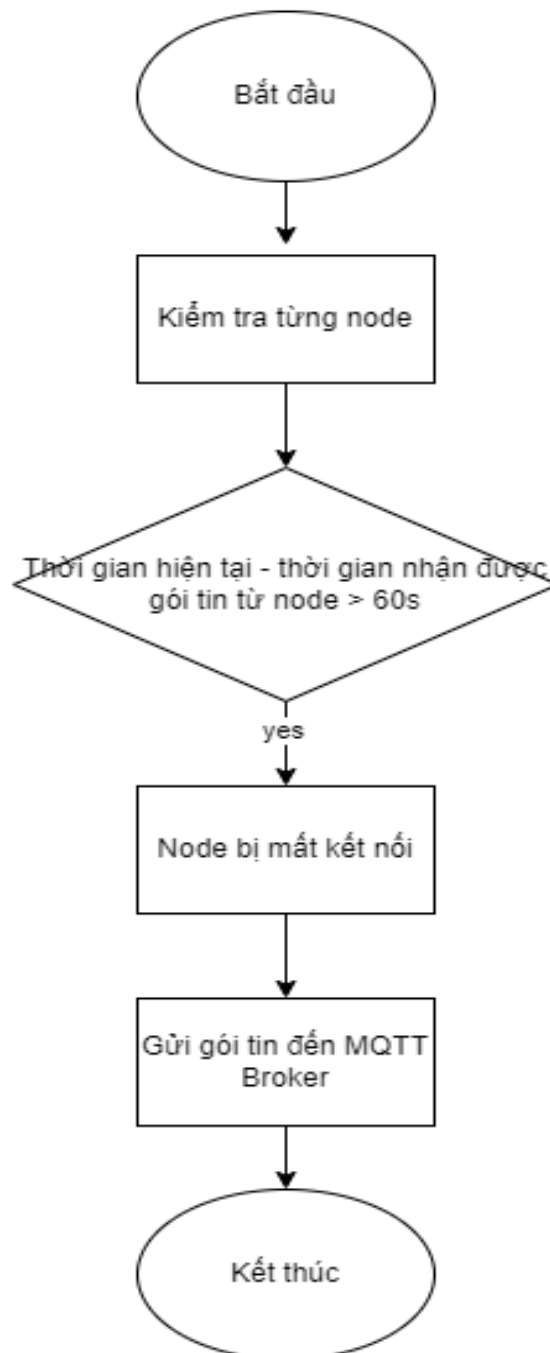
Hình 4.3 Quá trình xử lý gói tin mà Gateway nhận được từ Node

4.1.1.3. Quá trình kiểm tra trạng thái kết nối của node

- Duyệt qua danh sách các node để kiểm tra từng node.
- Đối với mỗi node, kiểm tra thời gian tại thời điểm hiện tại mà Gateway nhận được gói tin từ node đó. Sau đó so sánh với thời gian hiện tại, nếu khoảng

thời gian này vượt ngưỡng thời gian đã cài đặt thì xác định node đã mất kết nối và đánh dấu node này là mất kết nối

- Gửi thông báo đến MQTT broker: Tạo một tin nhắn chứa thông tin và trạng thái mất kết nối, gửi tin nhắn này đến MQTT broker để thông báo trạng thái của node.



Hình 4.4 Kiểm tra trạng thái kết nối của node

4.2 Thiết kế chức năng của Node

Chức năng của Node bao gồm:

- Thu thập dữ liệu: Node liên tục thu thập thông tin về nhiệt độ và khói từ môi trường xung quanh.
- Truyền dữ liệu: Dữ liệu thu thập được sẽ được truyền đến Gateway thông qua công nghệ LoRa, đảm bảo khả năng truyền tín hiệu xa và ổn định.
- Điều khiển relay: Node có khả năng tự động điều khiển relay để kích hoạt cảnh báo (ví dụ: còi báo động) khi phát hiện sự cố cháy nổ dựa trên dữ liệu cảm biến.
- Định dạng bản tin: Cấu trúc và nội dung của bản tin được gửi đi từ Node đã được trình bày chi tiết trong mục

Thuật toán truyền nhận dữ liệu của Node

Vi điều khiển thiết lập kết nối với module LoRa thông qua giao thức SPI, Các chân được định nghĩa rõ ràng để đảm bảo truyền nhận dữ liệu chính xác. Việc khởi tạo module LoRa được thực hiện bằng các tín hiệu và lệnh cụ thể qua giao thức SPI.

Sau khi hoàn tất quá trình khởi tạo, các thông số của module LoRa được cấu hình, bao gồm cả việc thiết lập tần số hoạt động là 433MHz. Mỗi node trong hệ thống được gán một giá trị định danh duy nhất để đảm bảo không có sự trùng lặp trong quá trình giao tiếp.

Chương trình được thiết lập để chờ các sự kiện ngắt từ module LoRa. Node hoạt động luân phiên giữa hai chế độ: truyền và nhận

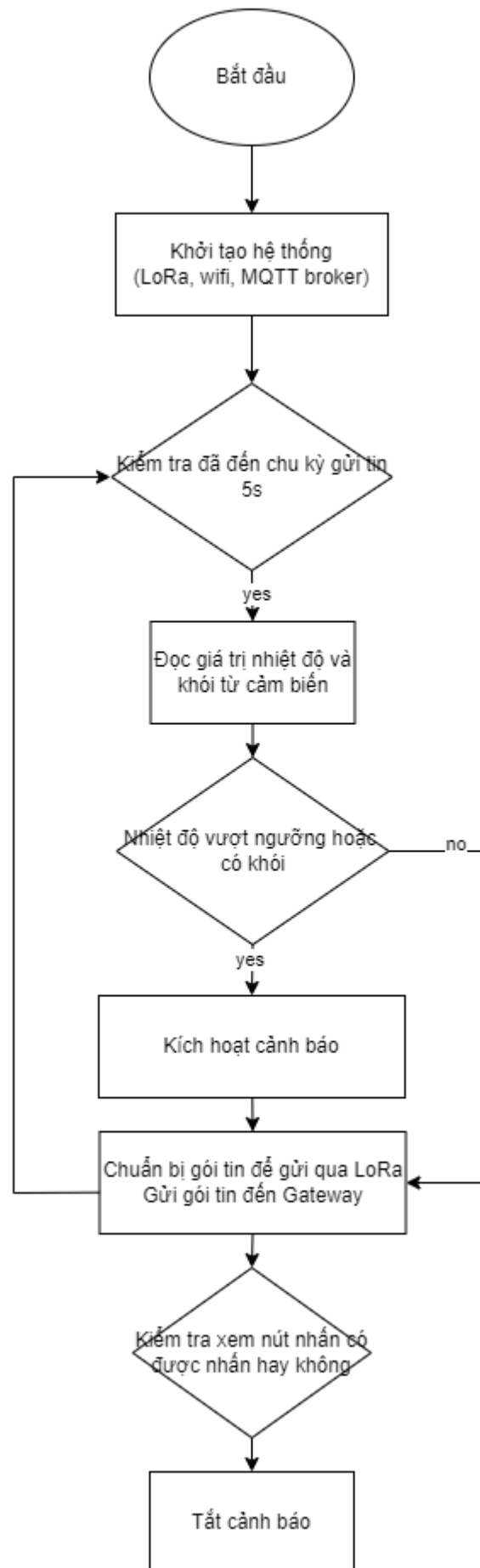
Chế độ truyền

- Định kỳ 5 giây, node sẽ đọc dữ liệu từ các cảm biến.
- Dữ liệu cảm biến được đóng gói và gửi đến Gateway qua LoRa.
- Sau khi gửi xong, node chuyển sang chế độ nhận và chờ tín hiệu từ Gateway.
- Trong quá trình xử lý dữ liệu, nếu phát hiện dấu hiệu bất thường (khói hoặc nhiệt độ cao), node sẽ kích hoạt chế độ báo động.
- Chế độ báo động có thể được tắt bằng nút nhấn khi các giá trị cảm biến trở lại ổn định.

Chế độ nhận:

- Node lắng nghe tín hiệu từ Gateway để tắt cảnh báo khi sự cố được giải quyết.
- Quá trình này lặp lại liên tục, đảm bảo việc giám sát và phản ứng kịp thời với các sự kiện môi trường.

Quá trình được mô tả bằng sơ đồ sau:



Hình 4.5 Quá trình gửi, nhận bản tin từ Node

4.3 Thiết kế ứng dụng di động

4.3.1 Chức năng

Ứng dụng di động có nhiệm vụ nhận dữ liệu từ Gateway thông qua giao thức MQTT, hiển thị các thông tin từ các Node gửi đến Gateway một cách trực quan cho người dùng và hiển thị thông báo khi phát hiện sự cố cháy nổ xung quanh môi trường đặt Node. Ứng dụng cho phép thêm hoặc xóa bỏ Node ra khỏi hệ thống. Giao diện ứng dụng cần hiển thị nhanh, rõ ràng và chính xác các thông tin cần thiết. Ứng dụng sử dụng thư viện Paho MQTT để nhận dữ liệu qua giao thức MQTT mang lại nhiều chức năng quan trọng và hữu ích.

Thư viện Paho MQTT là một phần của dự án Eclipse Paho, cung cấp các thư viện và công cụ hỗ trợ cho việc phát triển các ứng dụng sử dụng giao thức MQTT. Thư viện Paho MQTT hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau như Java, Python, C, C++.

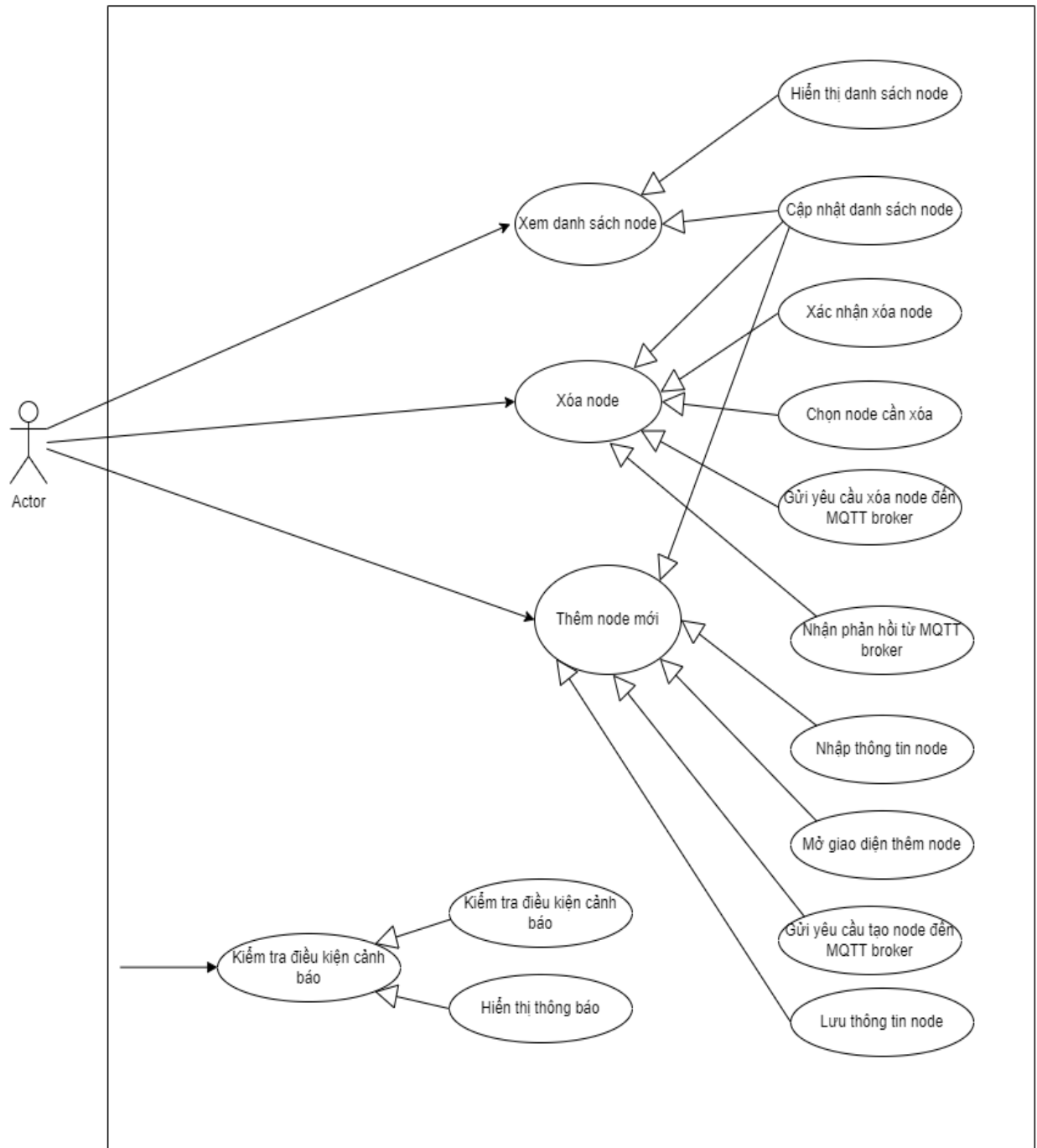
Một số điểm nổi bật về thư viện Paho MQTT:

- Client: Thư viện Paho MQTT cung cấp các client để kết nối với một MQTT broker. Client có thể thực hiện các thao tác như kết nối, ngắt kết nối, đăng ký (subscribe) và xuất bản (publish) các tin nhắn trên các topic khác nhau.
- Broker: Mặc dù Paho chủ yếu tập trung vào client, nhưng cũng cần có một MQTT broker để thử nghiệm và phát triển, chẳng hạn như Eclipse Mosquitto.
- Quality of Service (QoS): Hỗ trợ các mức độ dịch vụ khác nhau của MQTT như QoS 0, QoS 1 và QoS 2 để đảm bảo độ tin cậy của tin nhắn.
- Kết nối và Đăng ký: Bạn có thể dễ dàng kết nối đến broker và đăng ký các topic mà bạn quan tâm.
- Xuất bản và Nhận tin nhắn: Thư viện cung cấp các phương thức để xuất bản tin nhắn lên một topic và xử lý các tin nhắn nhận được.

4.3.2 Sơ đồ User Case của hệ thống

Sơ đồ Use Case (Use Case Diagram) là một loại sơ đồ trong Ngôn ngữ Mô hình Hóa Thống nhất (UML) được sử dụng để mô tả các tương tác giữa người dùng (actor) và hệ thống phần mềm. Nó tập trung vào việc mô tả các chức năng mà hệ thống cung cấp cho người dùng và cách người dùng sử dụng các chức năng đó để đạt được mục tiêu của họ.

Sơ đồ User Case mô tả các tương tác giữa người dùng và hệ thống trong ứng dụng được trình bày bằng sơ đồ sau:

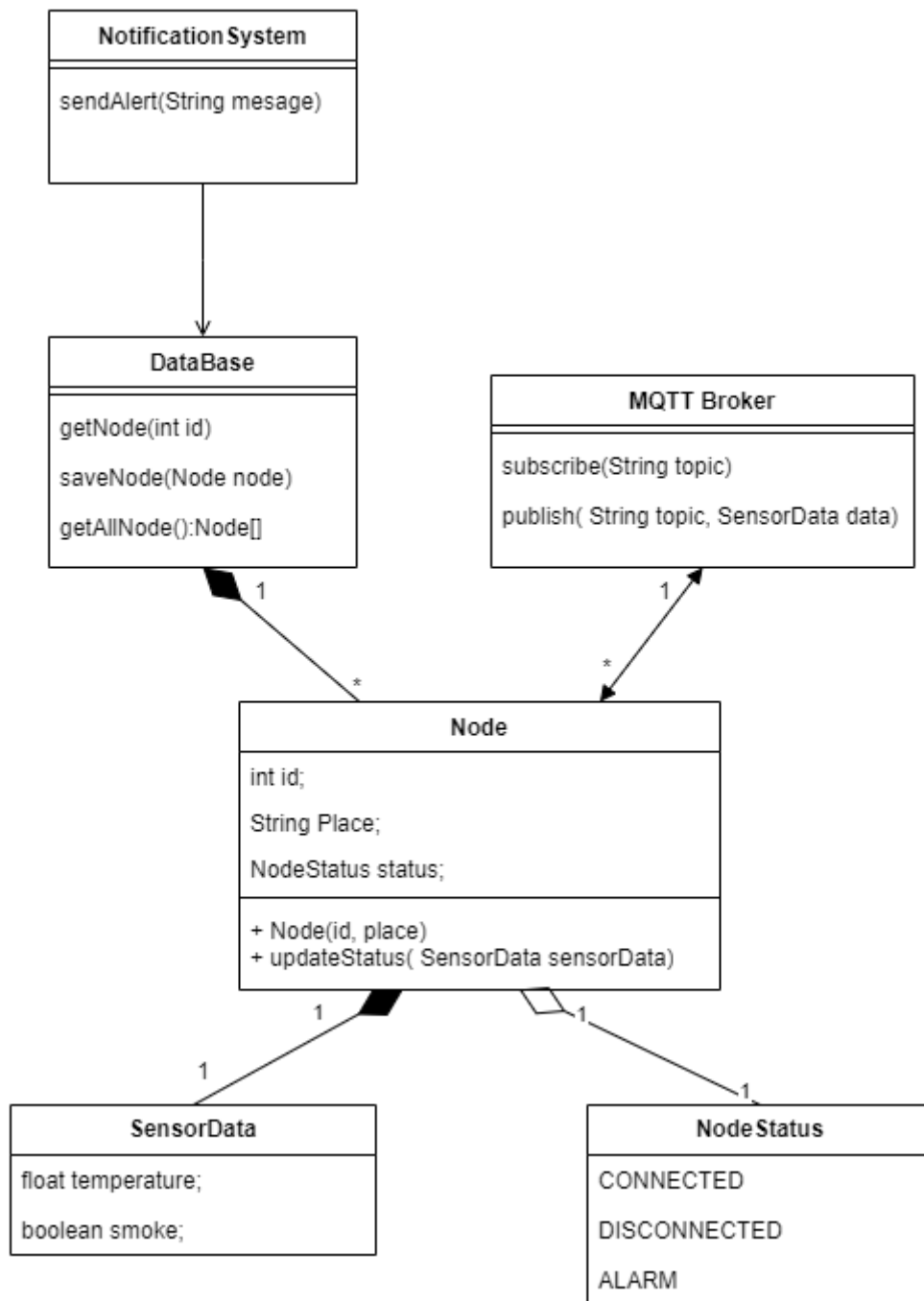


Hình 4.6 Sơ đồ User case

4.3.3 Sơ đồ lớp

Sơ đồ lớp (Class Diagram) là một loại sơ đồ trong UML (Unified Modeling Language) được sử dụng để mô tả cấu trúc tĩnh của một hệ thống bằng cách hiển thị các lớp của hệ thống, các thuộc tính, phương thức và các mối quan hệ giữa các lớp

Sơ đồ lớp này cung cấp một cái nhìn tổng quan về các thành phần chính và mối quan hệ của chúng trong hệ thống.



Hình 4.7 Sơ đồ lớp của hệ thống

- **Node:** Đại diện cho một nút cảm biến trong hệ thống.
 - id: Định danh duy nhất của nút.
 - place: Vị trí của nút.
 - status: Trạng thái hiện tại của nút (CONNECTED, DISCONNECTED, ALARM).
 - updateStatus(sensorData): Phương thức cập nhật trạng thái của nút dựa trên dữ liệu cảm biến nhận được.
- **SensorData:** Chứa dữ liệu cảm biến từ một nút.
 - temperature: Giá trị nhiệt độ.
 - smokeDetected: Cho biết có phát hiện khói hay không.
- **NodeStatus:** Enum biểu diễn các trạng thái có thể có của một nút.

- NotificationSystem: Chịu trách nhiệm gửi thông báo (ví dụ: qua email, tin nhắn,...) khi có sự kiện báo cháy.
- Database: Quản lý việc lưu trữ và truy xuất thông tin về các nút.
- MQTTBroker: Đại diện cho MQTT broker trung gian, nơi các nút gửi dữ liệu cảm biến và ứng dụng nhận dữ liệu.

Mối quan hệ giữa các lớp:

- Node - NodeStatus: Một Node có một trạng thái duy nhất tại một thời điểm.
- Node - SensorData: Một Node tạo ra nhiều dữ liệu cảm biến theo thời gian.
- NotificationSystem - Database: Hệ thống thông báo truy xuất thông tin về các nút từ cơ sở dữ liệu để xác định nơi cần gửi thông báo.
- Database - Node: Cơ sở dữ liệu lưu trữ thông tin về nhiều Node.
- MQTTBroker - Node: MQTT broker giao tiếp hai chiều với nhiều Node để nhận và gửi dữ liệu.

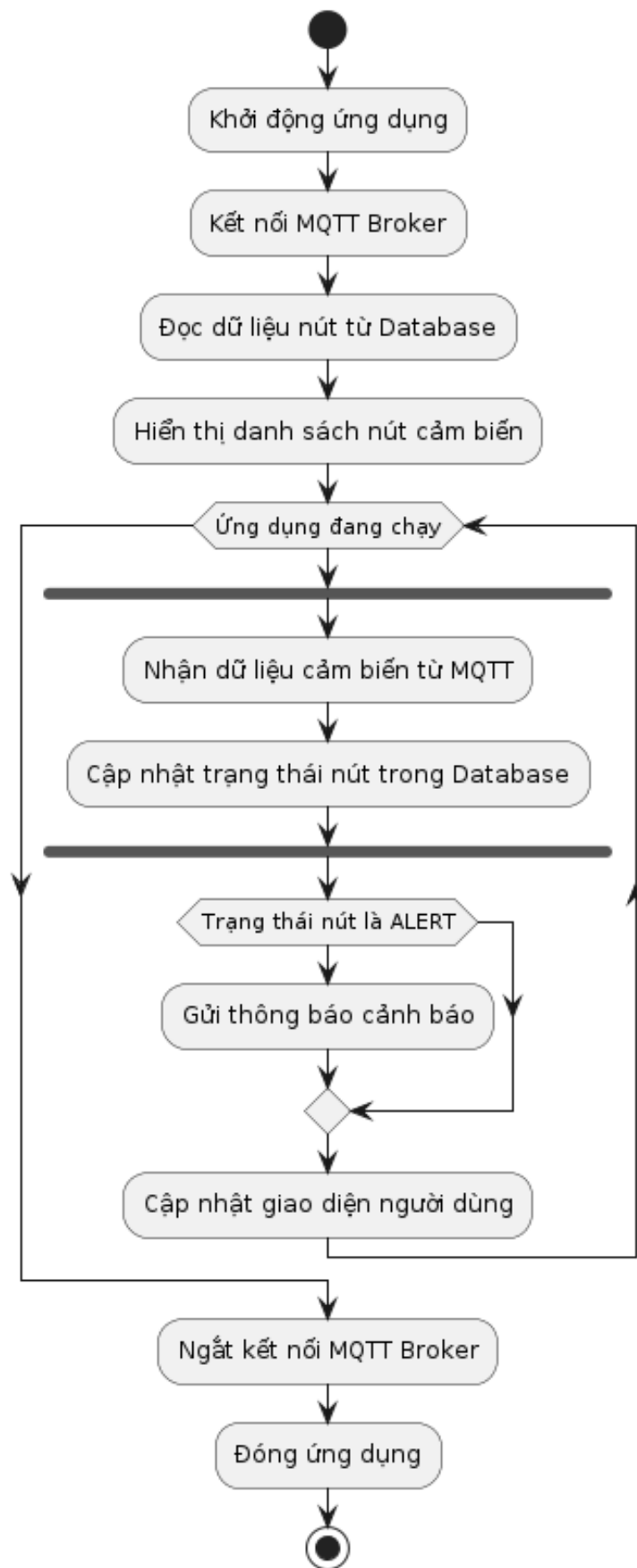
4.3.4 Sơ đồ hoạt động

Sơ đồ hoạt động(Activity Diagram) trong UML được sử dụng để mô tả các tương tác giữa các đối tượng trong hệ thống theo thời gian. Giúp hiểu rõ thứ tự thực hiện của các hành động và cách các đối tượng trao đổi thông tin với nhau hữu ích cho việc thiết kế các giao thức giao tiếp và các luồng xử lý phức tạp.

4.3.4.1. Sơ đồ hoạt động chính của hệ thống

Sau đây là mô tả chi tiết về sơ đồ hoạt động của hệ thống:

- Khởi tạo ứng dụng: Ứng dụng được khởi động và các thành phần cần thiết được khởi tạo.
- Kết nối MQTT Broker: Ứng dụng thiết lập kết nối với MQTT Broker để nhận dữ liệu từ các nút cảm biến.
- Vòng lặp chính:
 - Ứng dụng liên tục lắng nghe dữ liệu cảm biến từ MQTT Broker.
 - Khi nhận được dữ liệu, trạng thái của nút tương ứng được cập nhật trong DataStore (cơ sở dữ liệu).
 - Giao diện người dùng được cập nhật để hiển thị trạng thái mới của nút.
 - Nếu trạng thái của nút là ALERT (báo cháy), hệ thống sẽ gửi cảnh báo qua các kênh đã định cấu hình (email, tin nhắn, v.v.).
- Ngắt kết nối MQTT Broker: Khi ứng dụng kết thúc, kết nối với MQTT Broker được ngắt.
- Đóng ứng dụng: Ứng dụng được đóng và giải phóng tài nguyên



Hình 4.8 Sơ đồ hoạt động chính của hệ thống

4.3.4.2. Sơ đồ hoạt động thêm Node

Hoạt động thêm Node được thể hiện bằng sơ đồ sau:



Hình 4.9 Sơ đồ hoạt động thêm Node

4.3.4.3. Sơ đồ hoạt động xóa Node

Hoạt động xóa Node được thể hiện bằng sơ đồ sau:



Hình 4.10 Sơ đồ hoạt động xóa Node

4.3.4.4. Sơ đồ hoạt động gửi thông báo cảnh báo



Hình 4.11 Sơ đồ hoạt động gửi thông báo cảnh báo

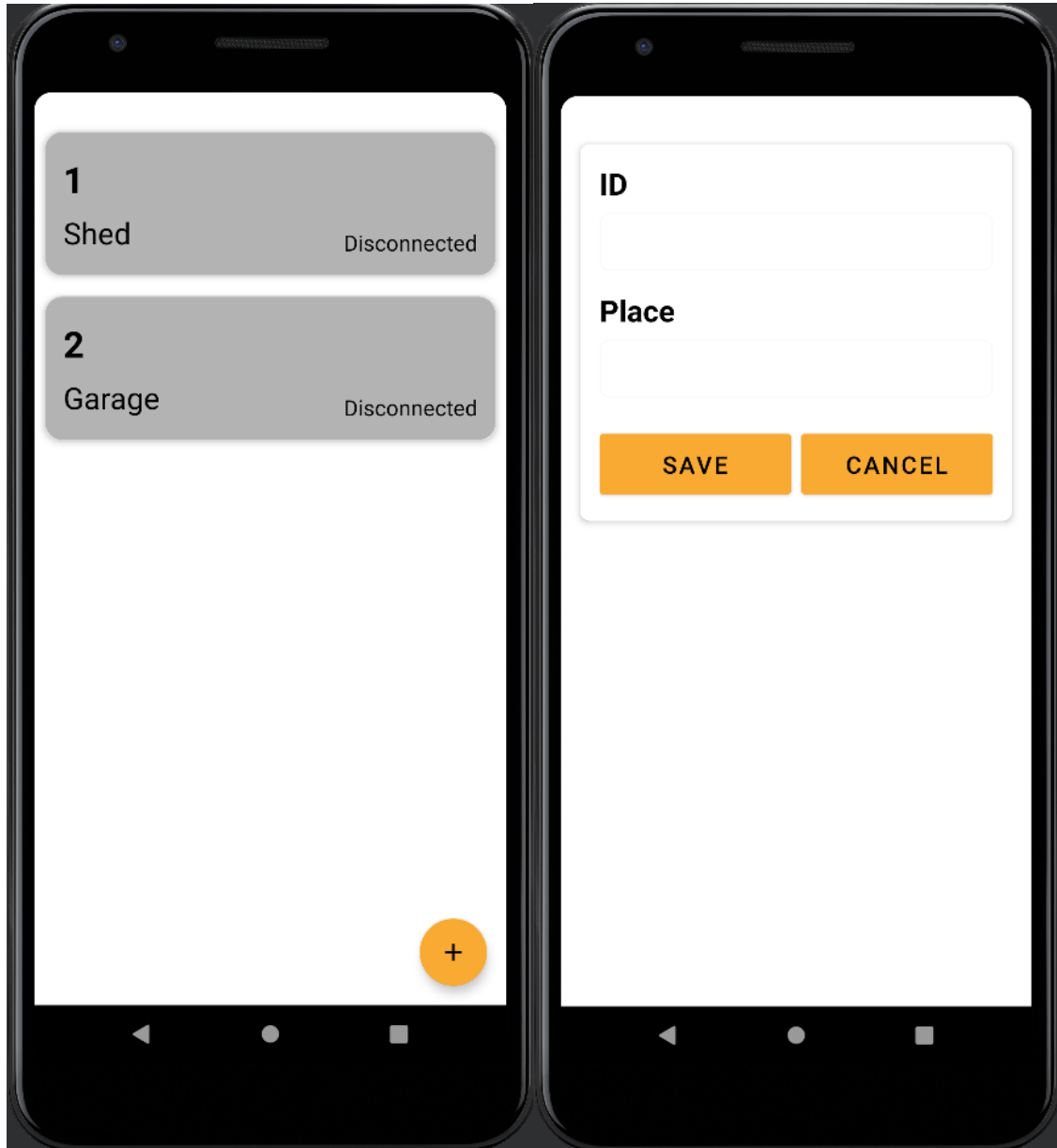
4.3.5 Thiết kế giao diện ứng dụng

Giao diện thiết kế của ứng dụng bao gồm một danh sách các CardView được hiển thị trong một RecyclerView. Mỗi CardView đại diện cho một Node trong hệ thống giám sát hiển thị thông tin chi tiết về nhiệt độ, trạng thái khói và trạng thái kết nối của Node.

Cách tương tác với giao diện:

Vuốt để xóa: Người dùng có thể vuốt sang trái hoặc sang phải trên một cardview để xóa Node tương ứng

Nhấn vào nút “Thêm Node”: Chương trình có một nút FloatingActionButton ở góc dưới bên phải màn hình. Khi nhấn vào nút này, người dùng sẽ được chuyển đến màn hình “Thêm Node” để thêm một Node mới vào hệ thống



Hình 4.12 Giao diện của ứng dụng

CHƯƠNG 5. GHEP NOI VA THU NGHIEM

5.1 Tiến hành lắp đặt

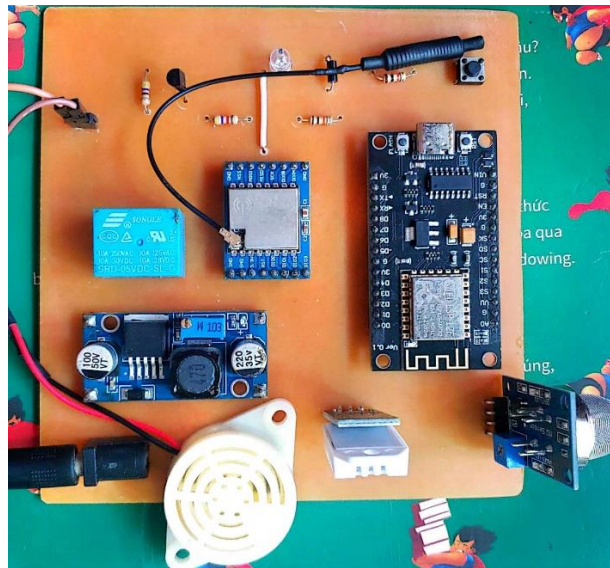
Để tiến hành lắp đặt hệ thống, cần thực hiện theo các bước sau đây:

Bước 1: Nạp firmware

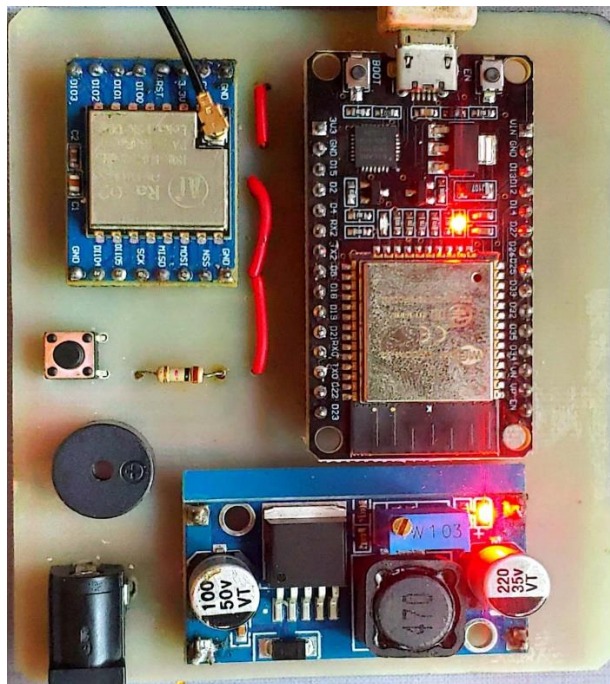
- Sử dụng Arduino IDE, tiến hành nạp firmware đã được phát triển riêng cho hệ thống vào các thiết bị phần cứng Gateway và Node.

Bước 2: Cấp nguồn và lắp đặt

- Sau khi nạp firmware thành công, cấp nguồn cho Gateway và các Node. Lắp đặt các Node tại các vị trí chiến lược trong khu vực cần giám sát để đảm bảo độ phủ sóng và hiệu quả phát hiện cháy. Đảm bảo kết nối Gateway với mạng để truyền dữ liệu từ các Node về trung tâm điều khiển.



Hình 5.1 Node cảm biến



Hình 5.2 Gateway

5.2 Thực nghiệm

Sau khi đã hoàn thành việc triển khai hệ thống, bước tiếp theo là tiến hành thực nghiệm để kiểm tra tính hiệu quả và độ chính xác của hệ thống trong việc phát hiện cháy.

Để đánh giá hiệu suất của hệ thống trong các tình huống thực tế, sinh viên sẽ tiến hành hai kịch bản thử nghiệm sau:

Kịch bản 1: Kết nối trong không gian kín

Gateway và Node sẽ được bố trí tại hai phòng riêng biệt trên cùng một mặt phẳng. Kịch bản này nhằm kiểm chứng khả năng xuyên tường và duy trì kết nối ổn định của hệ thống trong môi trường có vật cản. Các chỉ số về cường độ tín hiệu và tính ổn định của kết nối sẽ được ghi nhận và phân tích kỹ lưỡng.

Khoảng cách giữa Gateway tới Node(m)	RSSI (dBm)
50	-28
100	-67
300	-115

Kịch bản 2: Kết nối xuyên tầng

Trong kịch bản này, Gateway sẽ được đặt tại tầng 3 của ngôi nhà, trong khi Node được đặt ở các vị trí xung quanh. Mục tiêu là đánh giá khả năng truyền tín hiệu và duy trì kết nối của hệ thống khi có sự khác biệt về độ cao và vật cản giữa các thiết bị. Tương tự như kịch bản 1, các thông số về cường độ tín hiệu và tính ổn định sẽ được ghi nhận và phân tích chi tiết.

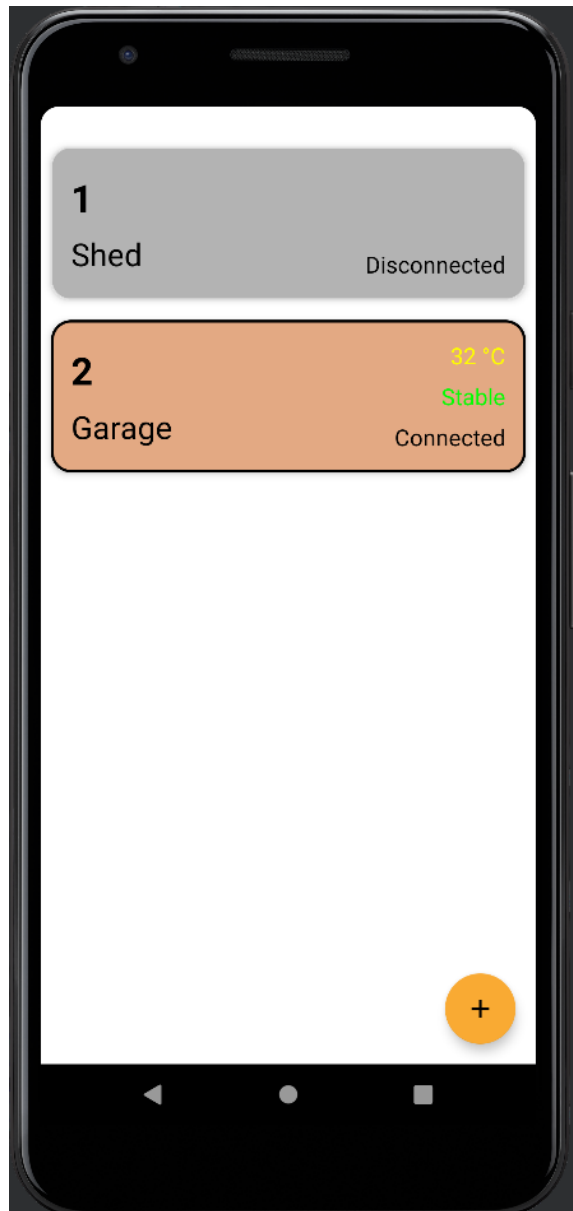
Khoảng cách giữa Gateway tới Node(m)	RSSI (dBm)
50	-72
100	-101
300	-124

Giá trị RSSI (Received Signal Strength Indicator - Chỉ số cường độ tín hiệu nhận được) được sử dụng để đo cường độ của tín hiệu tại đầu thu. Trong trường hợp này, giá trị RSSI được đo bằng dBm (decibel-milliwatts), một đơn vị logarit để biểu thị công suất tín hiệu.

Dựa trên bảng dữ liệu, ta thấy rằng giá trị RSSI giảm khi khoảng cách giữa Gateway và Node tăng lên. Điều này hoàn toàn phù hợp với nguyên lý truyền sóng vô tuyến, khi khoảng cách tăng và có nhiều vật cản tín hiệu sẽ bị suy hao dần.

Trong cả hai kịch bản, sinh viên chủ động tạo ra tình huống giả lập đám cháy để kiểm tra độ nhạy và phản ứng của hệ thống cảm biến, cũng như cơ chế cảnh báo khi có sự cố.

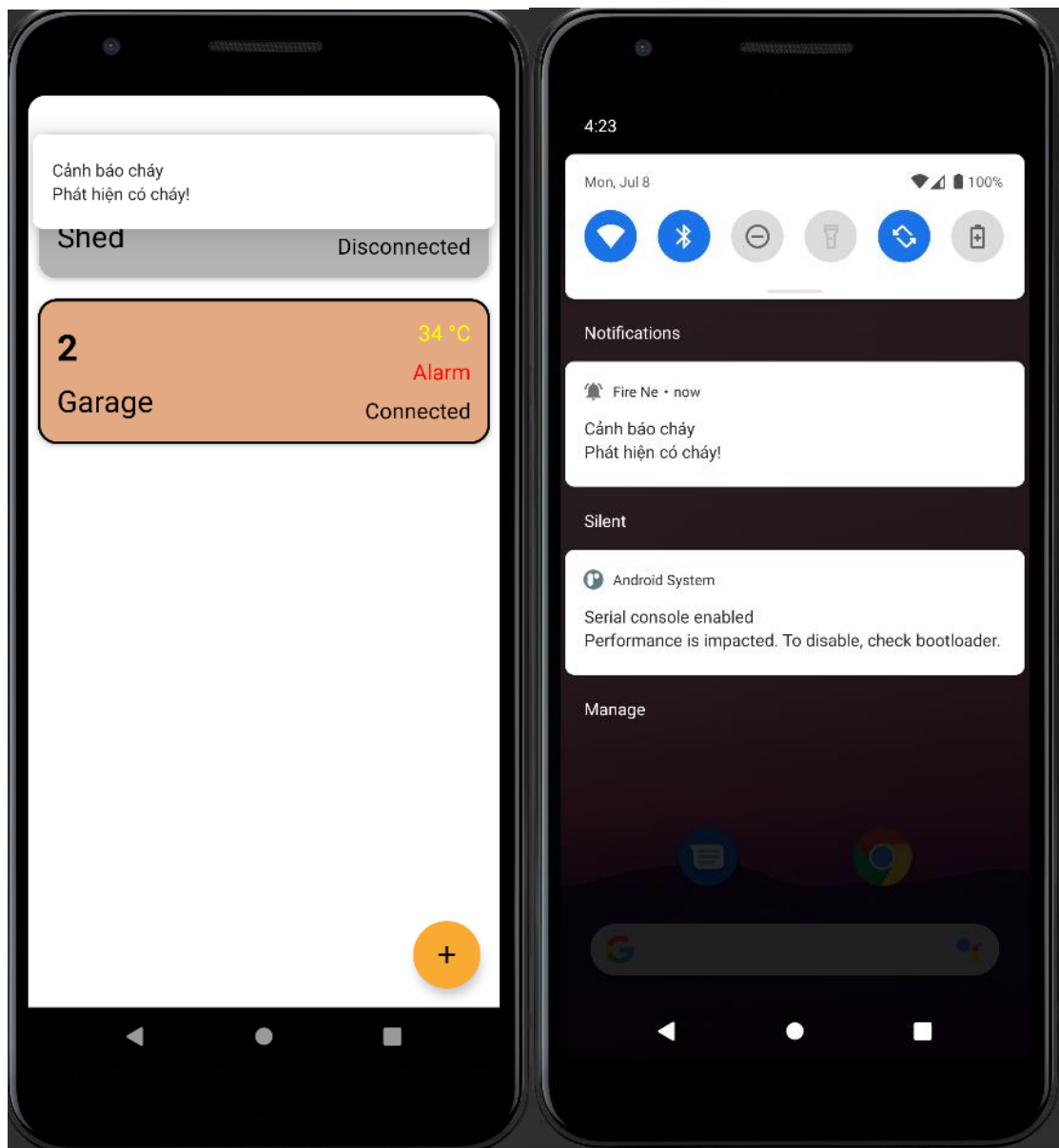
Hệ thống đang ở trạng thái hoạt động khi chưa có đám cháy, các chỉ số về nhiệt độ, khói và trạng thái kết nối của Node được ứng dụng hiển thị như hình.



Hình 5.3 Trạng thái hoạt động khi chưa xảy ra cháy

Tiếp theo, đặt một ngọn lửa hoặc cồn ở gần Node, khi cảm biến đo được nhiệt độ trên 50 độ C chỉ số không khí vượt quá ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ kích hoạt cảnh báo trên Node và Gateway sau đó thông báo cảnh báo cháy sẽ được gửi đến ứng dụng di động.

Thông báo cảnh báo cháy sẽ được gửi đến người dùng ngay lập tức, không phụ thuộc vào việc ứng dụng có đang mở hay không, đảm bảo người dùng nhận được cảnh báo kịp thời trong mọi tình huống.



Hình 5.4 Trạng thái hoạt động khi phát hiện cháy

5.3 Đánh giá

- Hệ thống hoạt động ổn định, hiệu quả và đáng tin cậy trong thời gian dài, đáp ứng tốt yêu cầu của một hệ thống cảnh báo cháy.
- Dữ liệu thu thập từ cảm biến được truyền tải chính xác và hiển thị đầy đủ trên ứng dụng, phản ánh đúng tình trạng môi trường thực tế.
- Với độ trễ thấp, hệ thống đảm bảo khả năng cảnh báo kịp thời khi phát hiện cháy.
- Phạm vi hoạt động rộng và khả năng xuyên qua vật cản tốt cho phép hệ thống hoạt động hiệu quả trong các tòa nhà lớn.
- Giao diện quản lý và giám sát được thiết kế trực quan, thân thiện với người dùng, giúp dễ dàng vận hành và kiểm soát hệ thống.

5.4 Hướng phát triển trong tương lai

Nâng cấp hệ thống bằng cách tích hợp mô hình học máy và camera để giám sát môi trường toàn diện, phân tích và loại bỏ các cảnh báo cháy giả, đồng thời chủ động phát hiện sớm các nguy cơ tiềm ẩn gây cháy nổ.

Mở rộng quy mô hệ thống bằng cách tăng số lượng node cảm biến, cho phép giám sát nhiều khu vực hơn, đảm bảo an toàn trên diện rộng.

Xây dựng ứng dụng đa nền tảng giúp người dùng dễ dàng giám sát và quản lý hệ thống từ xa, nâng cao trải nghiệm người dùng và tính linh hoạt

KẾT LUẬN

Sau quá trình nghiên cứu và thực hiện đồ án, sinh viên đã đạt được những kết quả quan trọng và có giá trị. Sinh viên đã phân tích và hiểu rõ vấn đề cần giải quyết, từ đó đề xuất và triển khai các giải pháp phù hợp với hệ thống. Các mục tiêu ban đầu đề ra đã được thực hiện một cách toàn diện và chính xác.

Trong quá trình thực hiện đồ án đã mở ra cơ hội quý báu để sinh viên vận dụng những kiến thức đã tích lũy trong suốt những năm học tại trường áp dụng vào thực tiễn để giải quyết vấn đề, đồng thời rèn giũa tư duy sáng tạo và kỹ năng giải quyết vấn đề.

Tuy đã đạt được những kết quả nhất định, nhưng do kiến thức có hạn nên không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của thầy, cô cùng các bạn đọc để đồ án được hoàn thiện hơn

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] SEMTECH, "Datasheet SX1276/77/78/79".
- [2] Đ. X. Hiệp, "Công nghệ LoRa cho các ứng dụng IOT," 2018.
- [3] Đ. X. Tú, "pccc.vn," 11 02 2022. [Online]. Available: <https://feji.us/v48bfr>. [Accessed 04 2024].
- [4] A. saida, "LORA Based Forest Fire Monitoring System," 2023.
- [5] Ai-Thinker, 2018. [Online]. Available: https://docs.ai-thinker.com/_media/esp8266/docs/esp-12f_product_specification_en.pdf.