

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
KHOA KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ I

----✉ ☆----



**ĐỒ ÁN**  
**HỆ THỐNG NHÚNG**

**Đề tài: “HỆ THỐNG GIÁM SÁT VƯỜN RAU SỬ DỤNG  
LORAWAN”**

**Giảng viên hướng dẫn: Th.S CHU VĂN CƯỜNG**

**Sinh viên thực hiện :Nguyễn Bá Bách**

**Nguyễn Trọng Đạt**

**Nguyễn Ngọc Lâm**

**Hoàng Mạnh Quỳnh**

**Lớp : D21DTMT1**

**Khóa : 2021**

**HÀ NỘI - 5/2025**

## NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

**Điểm:** (bằng chữ:.....)

....., ngày ... tháng ... năm 2025

**CÁN BỘ - GIẢNG VIÊN  
HƯỚNG DẪN**

(ký, họ tên)

Chu Văn Cường

## NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN

**Điểm:** (bằng chữ:.....)

....., ngày ... tháng ... năm 2025

**CÁN BỘ - GIẢNG VIÊN PHẢN BIỆN**

(ký, họ tên)

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành tốt đề tài này, ngoài sự nỗ lực của bản thân, nhóm em còn nhận được rất nhiều sự giúp đỡ quý báu từ các thầy cô cùng các bạn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong khoa Kỹ thuật Điện tử 1 - Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã tận tình giảng dạy và truyền đạt kiến thức cho em trong suốt quá trình học tập tại trường. Những kiến thức và kỹ năng em có được là nhờ sự hướng dẫn nhiệt tình của thầy cô, và đó là nền tảng giúp em hoàn thành đồ án tốt nghiệp này.

Chúng em đặc biệt cảm ơn thầy **Chu Văn Cường** đã dành thời gian chỉ bảo, hỗ trợ và đưa ra những góp ý quý báu trong quá trình thực hiện đề tài "Hệ thống giám sát vườn rau sử dụng LoraWAN". Những lời khuyên của thầy đã giúp em có định hướng rõ ràng và khắc phục các khó khăn gặp phải.

Chúng em xin trân trọng cảm ơn tất cả những sự giúp đỡ quý báu đó!

Hà Nội, tháng 5 năm 2025

## TÓM TẮT

Lora là một trong những công nghệ truyền thông tin mới với nhiều ích lợi như phạm vi truyền xa, tiêu thụ điện năng thấp. Những điều này khiến nó rất phù hợp cho các ứng dụng giám sát dữ liệu từ xa. Cùng với sự phát triển của Internet, ta có thể xây dựng một hệ thống nông nghiệp thông minh dựa trên công nghệ LoRa.

Nội dung chính của đồ án là thiết kế một mô hình giám sát môi trường và điều khiển thiết bị dựa trên công nghệ LoRa, với 1 thiết bị trung tâm và các node điều khiển, thiết bị trung tâm hay Gateway là thiết bị đảm nhận vai trò chính trong việc điều hành hoạt động của các thiết bị tại các node cảm biến, nó có thể gửi yêu cầu bật tắt một thiết bị cụ thể tại một từng node, người phụ trách việc điều khiển hệ thống có thể kết nối đến Gateway thông qua trình duyệt web để gửi yêu cầu điều khiển xuống các node trong hệ thống nông nghiệp.

## LỜI CAM ĐOAN

Chúng em xin cam đoan nội dung trình bày trong đồ án “Hệ thống giám sát vườn rau sử dụng LoraWAN” này là quá trình nghiên cứu và tìm hiểu của em dưới sự hướng dẫn của thầy Chu Văn Cường. Những nội dung nghiên cứu và kết quả trong đồ án là hoàn toàn trung thực, có trích dẫn đầy đủ. Nếu như không đúng như đã nêu trên, chúng em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm về đê tài của mình.

Hà Nội, tháng 5 năm 2025

Sinh viên

## MỤC LỤC

<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>2</b>
<b>LỜI CAM ĐOAN.....</b>	<b>3</b>
<b>MỞ ĐẦU.....</b>	<b>10</b>
Tính cấp thiết của đề tài.....	10
Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	10
Đối tượng và phương pháp nghiên cứu.....	10
Nội dung nghiên cứu.....	11
<b>Chương 1: Tổng quan về đồ án.....</b>	<b>12</b>
1.1. Hệ thống nông nghiệp thông minh.....	12
1.1.1. Giới thiệu về nông nghiệp thông minh.....	12
1.1.2. Lợi ích của Nông nghiệp thông minh.....	12
1.2. Hệ thống IOT.....	13
1.2.1. Giới thiệu về hệ thống IOT.....	13
1.2.2. Các đặc điểm của hệ thống IOT.....	13
1.2.3. Ứng dụng của IOT trong nông nghiệp và xu hướng phát triển của Việt Nam.....	15
1.3. Giới thiệu công nghệ LoRa.....	16
1.3.1 Nguyên lý hoạt động và đặc điểm của công nghệ LoRa.....	17
1.3.2. Đặc điểm của công nghệ LoRa.....	17
1.3.3 Ứng dụng công nghệ LoRa.....	18
1.4. LoraWan.....	18
1.4.1. Giới thiệu về mạng lorawan.....	18
1.4.2. Thuật toán điều chế tín hiệu (Physical Layer).....	20
1.5. Các thành phần hệ thống.....	21
1.5.1. Giao tiếp SPI.....	22
1.6. Firebase Realtime Database.....	27
<b>Chương 2: Xây dựng hệ thống.....</b>	<b>28</b>
2.1. Mô tả hệ thống.....	28
2.2. Linh kiện được sử dụng.....	30
2.2.2. Module LoRa SX1278 Ra-02 433MHz.....	32
2.2.3. Một số module khác.....	33
2.3. Phần mềm được sử dụng.....	35
2.4. Thiết kế phần cứng.....	35
2.4.1. Cấu trúc tổng thể.....	36
2.4.2. Sơ đồ kết nối chính.....	36
ESP32 - DHT11.....	36
ESP32 - Soil Moisture Sensor.....	36
2.5. Quá trình thực hiện.....	36
2.5.1 Chuẩn bị linh kiện.....	36

2.5.2 Thiết kế mạch điện:.....	36
2.5.3 Lập trình ESP32 (Node cảm biến):.....	37
2.5.4 Lập trình Gateway ESP32:.....	37
2.5.5 Cấu hình Server:.....	37
2.5.6 Thiết kế giao diện giám sát và điều khiển cho user:.....	37
2.5.7 Tiến hành thử nghiệm hệ thống:.....	37
<b>CHƯƠNG 3: THỬ NGHIỆM.....</b>	<b>38</b>
3.1. Lập trình cho mạng lưới LoRa.....	38
3.1.1. Cấu trúc chương trình của Node.....	38
3.1.2. Cấu trúc chương trình của Gateway.....	40
3.1.3. Quá trình gửi và nhận gói tin LoRa.....	42
3.2. Hoàn thiện mô hình và thử nghiệm.....	42
3.2.1. Gateway và các node.....	43
3.2.2. Giao diện người dùng.....	43
3.2.3. Tiến hành thử nghiệm và kết quả.....	44
<b>Chương 4: Đánh giá, kết luận và hướng phát triển.....</b>	<b>46</b>
Những kết quả chính đã đạt được.....	46
Các yếu tố gây cản trở và cách khắc phục.....	46
Hướng phát triển.....	47
Đánh giá tác động và ý nghĩa nghiên cứu.....	47

## DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Tùy viết tắt	Thuật ngữ tiếng anh	Thuật ngữ tiếng việt
ACK/NACK	Acknowledged / Not Acknowledged	Đã xác nhận / Chưa xác nhận
CSS	Cascading Style Sheets	Bảng kiểu dạng nén
DB	DataBase	
EEPROM	Erasable Programmable ReadOnly Memory	Bộ nhớ chỉ đọc có thể lập trình có thể xóa
EPROM	Electrically ErasableProgrammable Read-OnlyMemory	Bộ nhớ chỉ đọc có thể lập trình được xóa điện tử
GND	Ground	Điểm nối đất
GUI	Graphical User Interface	Giao diện đồ họa người dùng
I2C	Inter Integrated Circuit	Giao tiếp tích hợp nối tiếp
IC	Integrated circuit	Chip
IoT	Internet of Things	Internet kết nối vạn vật
LED	Light-Emitting Diode	Diode phát sáng
LSB	Least Significant Bit	Bit có trọng số thấp nhất
LCD	Liquid Crystal Display	Màn hình tinh thể lỏng
M2M	Machine-To-Machine	Máy đến máy
MISO	Master In Slave Out	Truyền dữ liệu từ slave đến master
MOSI	Master Out - Slave In	
MQTT	Message Queueing TelemetryTransport	Giao thức truyền thông hàng đợi đo lường từ xa
MSB	Most Significant Bit	Bit có trọng số cao nhất
PWM	Pulse Width Modulation	Điều chỉnh Mô-đun độ rộng xung
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
ROM	Read Only Memory	Bộ nhớ chỉ đọc
RSSI	Received Signal Strength Indicator	

## **Đồ án hệ thống nhúng**

RTC	Real Time control	Điều khiển thời gian thực
SNR	Signal-to-Noise Ratio	
SCL	Serial Clock	Tín hiệu xung đồng hồ
SDA	Source Data Automation	
SPI	Serial Peripheral Interface	Giao tiếp ngoại vi nối tiếp
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền vận

## DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1 So sánh ESP32 với ESP8266.Thông tin chi tiết về ESP32	32
Bảng 2.2 Mô tả các chân module LoRa SX1278.	32

## **DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH**

<i>Hình 1.1: Nông nghiệp thông minh là gì</i>	12
<i>Hình 1.2: Hệ thống IOT</i>	13
<i>Hình 2.1: Ý tưởng hệ thống</i>	28
<i>Hình 2.2: Microcontroller ESP32</i>	30
<i>Hình 2.3: Module LoRa SX1278 Ra-02 433MHz</i>	32
<i>Hình 2.4: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11</i>	34
<i>Hình 2.5: Cảm biến ánh sáng BH1750</i>	34
<i>Hình 2.6: Cáp chuyển đổi SMA sang IPX.</i>	34
<i>Hình 2.7 Cảm biến độ ẩm đất</i>	34
<i>Hình 2.8: Arduino IDE</i>	35
<i>Hình 3.1 Lưu đồ của Node LoRa</i>	39
<i>Hình 3.2 Quy trình xử lý gói tin của Gateway</i>	41
<i>Hình 3.3: Gửi gói tin LoRa</i>	42
<i>Hình 3.4: Nhận gói tin LoRa</i>	42
<i>Hình 3.5: Mô hình thử nghiệm</i>	43
<i>Hình 3.6: Giao diện trên máy tính</i>	44
<i>Hình 3.7: Giao diện trên smartphone</i>	44
<i>Hình 3.8: Khoảng cách hoạt động ổn định</i>	45

## MỞ ĐẦU

### Tính cấp thiết của đề tài

Từ thời xa xưa, nông nghiệp đã có một vai trò vô cùng quan trọng. Nó cung cấp lương thực, thực phẩm cho chúng ta, đóng góp một phần không nhỏ vào GDP của nhiều quốc gia và Việt Nam cũng nằm trong số đó.

Nông nghiệp vốn được biết đến với việc phụ thuộc vào kinh nghiệm được truyền lại từ thời xa xưa, từ kinh nghiệm trong canh tác và sản xuất để có được năng suất cao. Nhưng không phải lúc nào cũng chỉ dựa vào những kinh nghiệm ấy để có được năng suất cao và ổn định, đặc biệt là hiện nay biến đổi khí hậu đang làm cho thời tiết thay đổi ngày một phức tạp.

Chính vì lý do đó mà việc ứng dụng khoa học, công nghệ kỹ thuật vào nông nghiệp là việc làm tất yếu. Theo xu hướng của thế giới trong thời đại công nghệ 4.0, việc áp dụng công nghệ vào thực tế là giải pháp tối ưu cho người nông dân có được nhiều vụ mùa với sản lượng cao. Ứng dụng IoT cho nông nghiệp sẽ giúp cho việc sử dụng phân bón cũng như tưới tiêu được thực hiện một cách hiệu quả và chính xác hơn. Qua đó giúp cho người nông dân giảm được tài nguyên cần bỏ ra nhưng vẫn đảm bảo về chất lượng hoặc thậm chí là gia tăng cả về sản lượng và chất lượng. Từ những lý do đó mà việc xây dựng “**Hệ thống giám sát vườn rau sử dụng LoraWAN**” đã được nhóm chúng em lựa chọn.

### Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Đề tài mang ý nghĩa lớn cả về mặt khoa học lẫn thực tiễn. Nó cung cấp nguồn tư liệu cho những ai quan tâm đến công nghệ LoRa và muốn áp dụng mạng lưới LoRa vào các hệ thống IoT. Thông qua việc phát triển ứng dụng theo mô hình gateway và các nodes, đề tài này hướng đến việc tạo ra các giải pháp thực tiễn, sử dụng công nghệ tiên tiến để giải quyết các thách thức hiện nay.

Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể được áp dụng rộng rãi, từ việc xây dựng mô hình thực tế cho các mạng lưới giám sát đến việc thu thập dữ liệu từ cảm biến trên diện rộng. Điều này mở ra cánh cửa cho việc sử dụng trong các lĩnh vực như thành phố thông minh, nông nghiệp thông minh và nhiều ứng dụng khác, giúp tối ưu hóa quản lý tài nguyên và cải thiện chất lượng cuộc sống.

### Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ LoRa, Lập trình nhúng trên board mạch ESP32.

Phương pháp nghiên cứu: Dựa vào kiến thức của bản thân, tham khảo các tài liệu được thầy hướng dẫn, dự án thực tế liên quan đến đề tài đã được triển khai.

## Nội dung nghiên cứu

Xây dựng được hệ thống gồm 1 gateway và 2 nodes cảm biến với chức năng truyền nhận dữ liệu bằng LoRaWAN.

Đề tài sẽ sử dụng ESP32 cho các node để thu thập dữ liệu từ các cảm biến rồi gửi dữ liệu qua sx1278 433mhz Ra-02. Về gateway chúng em lựa chọn ESP32 để tạo một hệ thống p2p nhằm tiết kiệm chi phí. Gateway này có nhiệm vụ nhận dữ liệu được gửi về từ các node thông qua Lora và đưa lên website đồng thời có thể điều khiển các thiết bị tại các node thông qua website này.

Nội dung đồ án được chia làm 4 chương chính:

- Chương 1: Tổng quan về đồ án
- Chương 2: Xây dựng hệ thống
- Chương 3: Thủ nghiệm
- Chương 4: Đánh giá, kết luận và hướng phát triển

Trong quá trình tìm hiểu, mặc dù đã cố gắng rất nhiều, song không tránh khỏi những thiếu sót, các sơ suất về nội dung cũng như các lỗi về in ấn, chúng em rất mong nhận được lời nhận xét, góp ý của quý thầy cô và các bạn để em có thể hoàn thiện đồ án, trau dồi thêm vốn kiến thức của mình.

Sinh viên thực hiện

## Chương 1: Tổng quan về đồ án

Trong chương này em trình bày tổng quan về công nghệ LoRa, hệ thống vi điều khiển và các giao thức truyền thông được sử dụng. Đây là cơ sở lý thuyết quan trọng, giúp định hướng cho việc xây dựng và triển khai hệ thống mạng LoRaWan trong đồ án.

### 1.1. Hệ thống nông nghiệp thông minh

#### 1.1.1. Giới thiệu về nông nghiệp thông minh

Nông nghiệp thông minh là một phương thức canh tác áp dụng công nghệ hiện đại để tối ưu hóa quá trình sản xuất nông nghiệp. Nó kết hợp các công nghệ như Internet vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data), và công nghệ viễn thám để giám sát, quản lý và cải thiện hiệu suất nông nghiệp. Thông qua việc sử dụng cảm biến, thiết bị kết nối và hệ thống tự động hóa, nông nghiệp thông minh giúp nông dân quản lý tài nguyên hiệu quả, tăng năng suất và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

Theo một báo cáo của Tổ chức Nông Lương Liên Hiệp Quốc (FAO) năm 2024, áp dụng công nghệ thông minh trong nông nghiệp có thể tăng năng suất cây trồng lên đến 30% và giảm 20% lượng nước sử dụng.



Hình 1.1: Nông nghiệp thông minh là gì

#### 1.1.2. Lợi ích của Nông nghiệp thông minh

- Tăng Năng Suất và Chất Lượng Nông Sản:** Nhờ vào việc theo dõi và quản lý chặt chẽ các yếu tố canh tác, nông nghiệp thông minh giúp cải thiện năng suất cây trồng và chất lượng nông sản. Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, các trang trại áp dụng công nghệ thông minh ở Việt Nam đã ghi nhận mức tăng năng suất lên tới 25% so với phương pháp truyền thống.

- **Tiết Kiệm Tài Nguyên:** Công nghệ cảm biến và hệ thống tưới tiêu tự động giúp nông dân tiết kiệm nước và phân bón, giảm chi phí sản xuất. Một nghiên cứu của Đại học Cần Thơ cho thấy, việc áp dụng hệ thống tưới tiêu thông minh có thể tiết kiệm đến 30% lượng nước sử dụng trong nông nghiệp.
- **Giảm Thiểu Tác Động Môi Trường:** Nông nghiệp thông minh giúp giảm lượng hóa chất sử dụng trong canh tác, giảm thiểu ô nhiễm đất và nước. Công nghệ này cũng giúp giảm khí thải carbon thông qua việc tối ưu hóa quy trình sản xuất và vận chuyển.
- **Quản Lý Sâu Bệnh Hiệu Quả:** AI và drone giúp phát hiện sớm các dấu hiệu sâu bệnh và dịch bệnh, từ đó đưa ra biện pháp phòng trừ kịp thời, hạn chế thiệt hại cho cây trồng và bảo vệ môi trường.
- **Tăng Tính Bền Vững:** Nông nghiệp thông minh thúc đẩy việc sử dụng tài nguyên một cách bền vững, bảo vệ đất và nguồn nước, đồng thời giảm thiểu tác động tiêu cực đến hệ sinh thái.

## 1.2. Hệ thống IOT

### 1.2.1. Giới thiệu về hệ thống IOT

Hệ thống IoT là một hệ thống bao gồm các thiết bị tính toán, máy móc cơ khí hoặc kỹ thuật số và con người có sự liên quan mật thiết với nhau. Thiết bị, máy móc có khả năng kết nối, truyền dữ liệu qua mạng cho nhau mà không cần đến sự tương tác của con người. IoT đã phát triển từ sự hội tụ của công nghệ không dây, công nghệ vi cơ điện tử và Internet. Nói đơn giản là một tập hợp các thiết bị có khả năng kết nối với nhau, với Internet và với thế giới bên ngoài để thực hiện một công việc nào đó.



*Hình 1.2: Hệ thống IOT*

### 1.2.2. Các đặc điểm của hệ thống IOT

#### Các đặc trưng cơ bản:

- **Khả năng định danh:** bất kỳ đối tượng nào tham gia vào hệ thống IoT bao gồm cả máy móc và con người đều được định danh. Điều này giúp

hệ thống phân loại được nhóm đổi tượng nhờ đó quá trình xử lý thông tin và chia sẻ dữ liệu được tiến hành chính xác, hiệu quả. Có thể kể đến một vài hình thức định danh phổ biến của hệ thống IoT như: mã vạch, QR code, địa chỉ IP,...

- Thông minh: Trí thông minh nhân tạo ngày nay đã được đưa vào hệ thống IoT để tạo ra các thiết bị thông minh với đầy đủ chức năng, có thể thực hiện tốt các nhiệm vụ được giao dựa trên tình huống và điều kiện môi trường thực tế.
- Kết nối liên thông: Trong mạng lưới IoT, tất cả vật dụng, thiết bị, máy móc đều có thể kết nối liên thông với nhau thông qua mạng lưới thông tin.
- Thay đổi linh hoạt: Trạng thái của các tất cả máy móc, thiết bị có thể thay đổi linh hoạt và tự động như: bật/tắt, kết nối/ngắt kết nối, truy xuất vị trí,...
- Quy mô kích thước lớn: Hệ thống IoT sở hữu máy móc, thiết bị với số lượng cực lớn. Tất cả đều được quản lý và giao tiếp với nhau và khối lượng thông tin truyền đi giữa chúng thực tế lớn hơn gấp nhiều lần so với tưởng tượng. Theo Gartner, Inc. (Công ty nghiên cứu và tư vấn công nghệ), trong năm 2020 có khoảng 26 tỷ thiết bị tham gia vào hệ thống IoT và con số này chắc chắn còn tiếp tục tăng trưởng nhanh chóng trong thời đại số hiện nay.

### Lợi ích:

- Nâng cao hiệu quả công việc

Hệ thống IoT giúp đẩy nhanh việc khai thác, trao đổi và sử dụng dữ liệu trong hệ thống điều hành và quy trình làm việc của công ty. Qua đó tạo nên nhiều tích cực trong công tác quản trị, nghiên cứu chế tạo sản phẩm mới, cải thiện chất lượng dịch vụ đáp ứng sự hài lòng của người dùng.

Bên cạnh đó, hệ thống IoT còn giúp nhà máy tự động hóa quy trình sản xuất, giảm chi phí nhân công, tăng nhanh thời gian sản xuất, đảm bảo chất lượng và giảm giá thành sản phẩm.

- Nâng cao chất lượng cuộc sống

Ngoài ứng dụng nhiều trong doanh nghiệp, nhà máy sản xuất, hệ thống IoT còn có mặt ở những lĩnh vực khác như: đồ dùng gia dụng tiện ích, thiết bị chăm sóc sức khỏe thông minh,... trong cuộc sống. Nhờ đó, chất lượng và điều kiện sống của con người ngày càng được cải thiện góp phần hình thành thói quen sống hiện đại ngày nay.

### **Ưu và nhược điểm của hệ thống IoT:**

#### **Ưu điểm**

- Truy cập thông tin mọi lúc, mọi nơi trên mọi thiết bị thông minh có kết nối internet.
- Hệ thống IoT cải thiện khả năng giao tiếp giữa các thiết bị điện tử.
- Chuyển dữ liệu nhanh chóng qua Internet giúp tiết kiệm thời gian và tiền bạc.
- Tự động hóa nhiệm vụ được giao giúp cải thiện chất lượng dịch vụ của doanh nghiệp.

#### **Nhược điểm**

- Thông tin được chia sẻ giữa nhiều thiết bị có thể bị đánh cắp. Do đó, cần có giải pháp ngăn ngừa, phòng chống nguy cơ.
- Khi hệ thống xảy ra lỗi, nếu không có biện pháp khắc phục kịp thời có khả năng gây hư hại nhiều thiết bị.

### **1.2.3. Ứng dụng của IoT trong nông nghiệp và xu hướng phát triển của Việt Nam**

#### ***Ứng dụng IoT trong nông nghiệp Việt Nam:***

-Giám sát môi trường: Các cảm biến IoT được sử dụng để theo dõi các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, pH của đất, và chất lượng nước. Những thông tin này giúp nông dân đưa ra quyết định chính xác về việc tưới tiêu, bón phân, và điều chỉnh điều kiện môi trường để tối ưu hóa năng suất cây trồng.

-Hệ thống tưới thông minh: IoT giúp tự động hóa quá trình tưới tiêu, giảm lãng phí nước và tiết kiệm chi phí. Các hệ thống tưới thông minh có thể điều chỉnh lượng nước dựa trên độ ẩm của đất, giúp bảo vệ nguồn tài nguyên nước.

-Giám sát và điều khiển chăn nuôi: IoT giúp theo dõi tình trạng sức khỏe của gia súc, gia cầm, với các cảm biến theo dõi nhiệt độ cơ thể, số lượng thức ăn tiêu thụ, và các chỉ số sinh lý khác. Điều này giúp phát hiện bệnh sớm và giảm thiểu rủi ro từ dịch bệnh.

## **Đồ án hệ thống nhúng**

---

-Quản lý cây trồng: Các cảm biến IoT được lắp đặt trong các vườn trồng cây, giúp theo dõi tình trạng của cây trồng từ xa và thông báo cho nông dân khi cây cần sự can thiệp như tưới nước hay bón phân.

### *Triển vọng của IoT trong nông nghiệp Việt Nam:*

Triển vọng của IoT trong nông nghiệp Việt Nam rất sáng sủa, với các cơ hội phát triển mạnh mẽ:

-Nông nghiệp công nghệ cao: IoT giúp giám sát và tối ưu hóa các yếu tố môi trường trong nông nghiệp như nhiệt độ, độ ẩm, giúp tăng năng suất.

-Tối ưu chuỗi cung ứng: Giám sát chất lượng sản phẩm từ sản xuất đến tiêu thụ, giảm thiểu thất thoát và hư hỏng.

-Nông nghiệp thông minh: Tự động hóa các quy trình canh tác, từ tưới tiêu đến phòng chống dịch bệnh, giúp tiết kiệm tài nguyên và chi phí.

-Dữ liệu lớn và AI: IoT kết hợp với dữ liệu lớn và AI giúp dự báo chính xác vụ vụ và tình trạng dịch bệnh.

-Hỗ trợ nông dân nhỏ lẻ: Các giải pháp IoT đơn giản, giá cả hợp lý giúp nông dân nhỏ lẻ tăng hiệu quả sản xuất.

-Chính sách hỗ trợ: Chính phủ đang triển khai các chính sách khuyến khích áp dụng công nghệ IoT trong nông nghiệp.

### **1.3. Giới thiệu công nghệ LoRa.**

LoRa là một công nghệ không dây được phát triển để cho phép truyền tốc độ dữ liệu thấp trên một khoảng cách lớn bởi các cảm biến và bộ truyền động cho M2M và IoT cũng như các ứng dụng IoT. LoRa hướng tới các kết nối M2M ở khoảng cách lớn. Nó có thể hỗ trợ liên lạc ở khoảng cách lên tới 15 – 20 km, với hàng triệu node mạng. Nó có thể hoạt động trên băng tần không phải cấp phép, với tốc độ thấp từ 0,3 kbps đến khoảng 30 kbps. Với đặc tính này, mạng LoRa phù hợp với các thiết bị thông minh trao đổi dữ liệu ở mức thấp nhưng duy trì trong một thời gian dài. Thực tế các thiết bị LoRa có thể duy trì kết nối và chia sẻ dữ liệu trong thời gian lên đến 10 năm chỉ với năng lượng pin.

### 1.3.1 Nguyên lý hoạt động và đặc điểm của công nghệ LoRa

Công nghệ Lora ứng dụng Chirp Spread Spectrum – kỹ thuật điều chế và hoạt động theo 2 cơ chế, thứ nhất: Các dữ liệu được băm bằng xung cao tần để tạo thành tín hiệu có tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc (hay còn được gọi là chipped), thứ hai: Các tần số cao tần sẽ được mã hóa tiếp theo chuỗi Chirp Signal trước khi truyền đến anten để phát đi.

Nguyên tắc hoạt động này hỗ trợ thiết bị giảm độ phức tạp và tăng độ chính xác cần thiết cho mạch nhận để có thể giải mã và điều chỉnh lại dữ liệu. LoRa không yêu cầu nhiều công suất phát mà vẫn có thể truyền đi xa, vì tín hiệu LoRa có thể nhận được ở khoảng cách xa ngay cả khi cường độ tín hiệu thấp hơn nhiễu xung quanh.

Tùy theo khu vực trên thế giới, băng tần của Lora sẽ hoạt động khác nhau:

- Châu Âu: 866MHz4
- Châu Á: 433MHz
- Bắc Mỹ: 915MHz

Tín hiệu chirp sẽ cho phép các tín hiệu LoRa hoạt động trong cùng một khu vực mà không gây nhiễu lẫn nhau. Cho phép nhiều thiết bị trao đổi dữ liệu trên nhiều kênh đồng thời.



Hình 1.1 LoRa

### 1.3.2. Đặc điểm của công nghệ LoRa.

Công nghệ LoRa nổi bật với khả năng truyền dữ liệu ở khoảng cách xa, lên đến 10-15 km trong môi trường thoáng và 2-5 km trong môi trường đô thị. Đây là một giải

pháp tiết kiệm năng lượng, được tối ưu hóa để tiêu thụ ít năng lượng, từ đó kéo dài tuổi thọ pin của các thiết bị IoT trong nhiều năm. Nhờ sử dụng kỹ thuật Chirp Spread Spectrum (CSS), LoRa có khả năng xuyên nhiễu tốt, đảm bảo hoạt động ổn định ngay cả trong môi trường nhiều tín hiệu nhiễu. Tuy nhiên, công nghệ này chỉ hỗ trợ tốc độ truyền dữ liệu thấp, khoảng từ 0.3 kbps đến 50 kbps, phù hợp với các ứng dụng như cảm biến và các thiết bị yêu cầu truyền tải dữ liệu nhỏ.

### **1.3.3 Ứng dụng công nghệ LoRa.**

Công nghệ LoRa được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là các hệ thống IoT, nhờ khả năng truyền dữ liệu khoảng cách xa và tiêu thụ năng lượng thấp. Trong quản lý đô thị thông minh, LoRa hỗ trợ các hệ thống đèn đường thông minh, giám sát bãi đỗ xe, đo chất lượng không khí và thu gom rác thải tự động, giúp tối ưu hóa tài nguyên và giảm chi phí vận hành. Trong nông nghiệp thông minh, công nghệ này được sử dụng để giám sát độ ẩm đất, nhiệt độ và điều kiện thời tiết, từ đó cải thiện hiệu quả tưới tiêu và nâng cao năng suất cây trồng. Trong ngành công nghiệp, LoRa giúp giám sát từ xa tình trạng máy móc, đo mức nhiên liệu và quản lý tài sản trong nhà máy hoặc kho bãi, giúp giảm thiểu thời gian chết và tăng hiệu quả hoạt động.

Ngoài ra, trong lĩnh vực y tế, LoRa được ứng dụng vào các thiết bị theo dõi sức khỏe từ xa như đo nhịp tim, huyết áp, hoặc cảnh báo khẩn cấp, đặc biệt hữu ích đối với bệnh nhân ở vùng sâu, vùng xa. Trong quản lý năng lượng, công nghệ này được triển khai để phát triển các hệ thống đo đạc thông minh (smart metering) cho điện, nước và gas, giúp giám sát sử dụng năng lượng và giảm thất thoát. Hơn nữa, LoRa còn được ứng dụng trong các hệ thống giám sát môi trường như đo chất lượng nước, phát hiện cháy rừng hoặc theo dõi động vật hoang dã nhằm hỗ trợ bảo tồn sinh thái. Trong logistics và vận tải, công nghệ này được sử dụng để theo dõi vị trí và điều kiện hàng hóa trong chuỗi cung ứng, cũng như quản lý đội xe vận tải hiệu quả hơn. Với các ưu điểm vượt trội về chi phí, năng lượng và khả năng hoạt động ổn định, LoRa đã trở thành một công nghệ quan trọng trong việc kết nối các thiết bị IoT trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

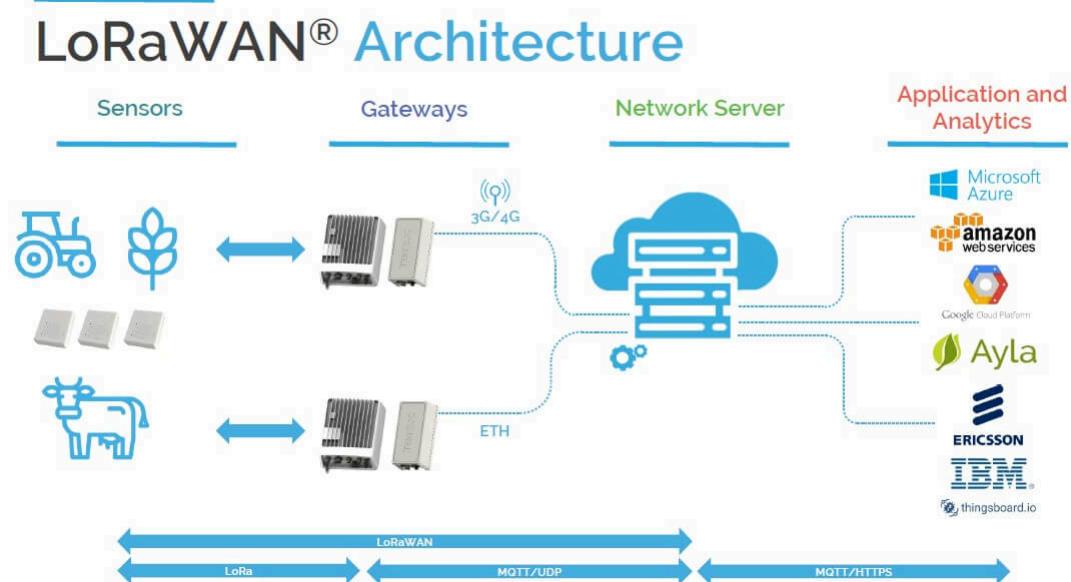
## **1.4. LoraWan.**

### **1.4.1. Giới thiệu về mạng lorawan**

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) là một giao thức mạng không dây được xây dựng dựa trên công nghệ LoRa. Nó được thiết kế để cho phép các thiết

## Đồ án hệ thống nhúng

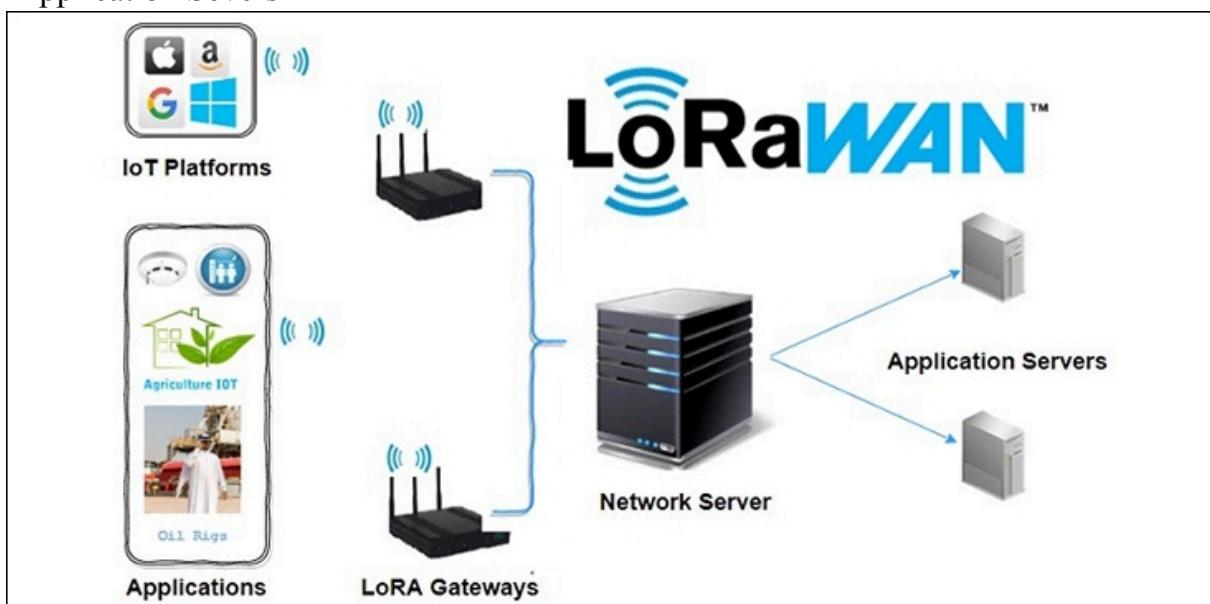
bị tiêu thụ năng lượng thấp truyền dữ liệu ở khoảng cách xa (từ vài km tới hơn 10 km) mà không cần dùng nhiều năng lượng như các công nghệ mạng khác (WiFi, 4G).



Hình 1.2 Mạng LoraWan

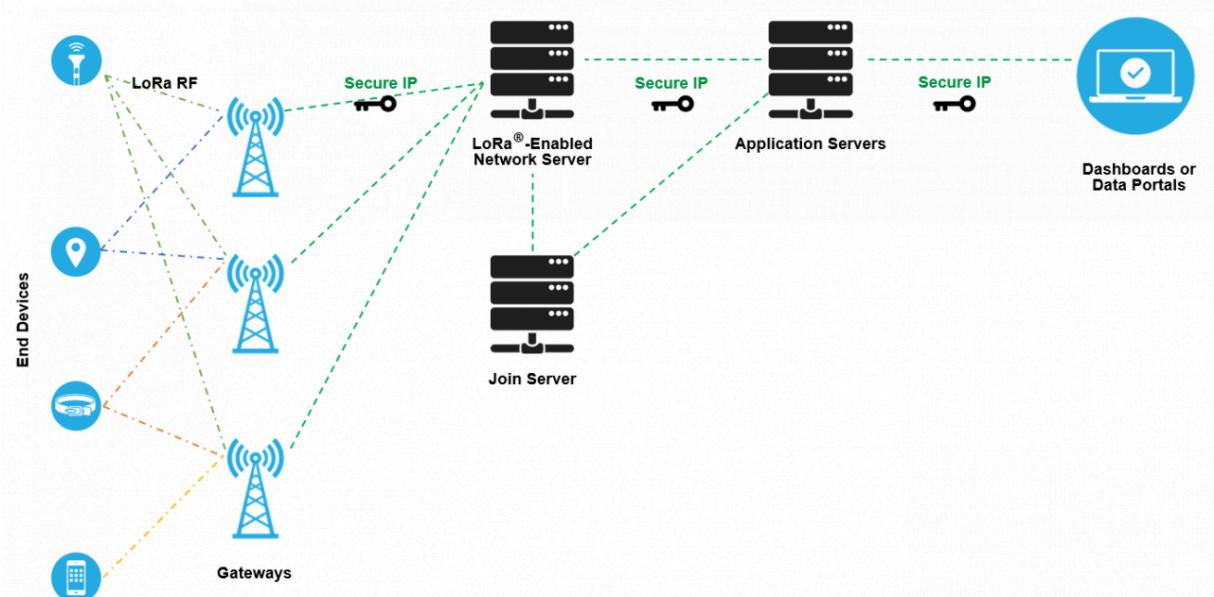
Kiến trúc của hệ thống LoRaWAN được triển khai theo cấu trúc liên kết hình sao bao gồm:

- Nodes
- Gateways
- Network Sever
- Application Servers



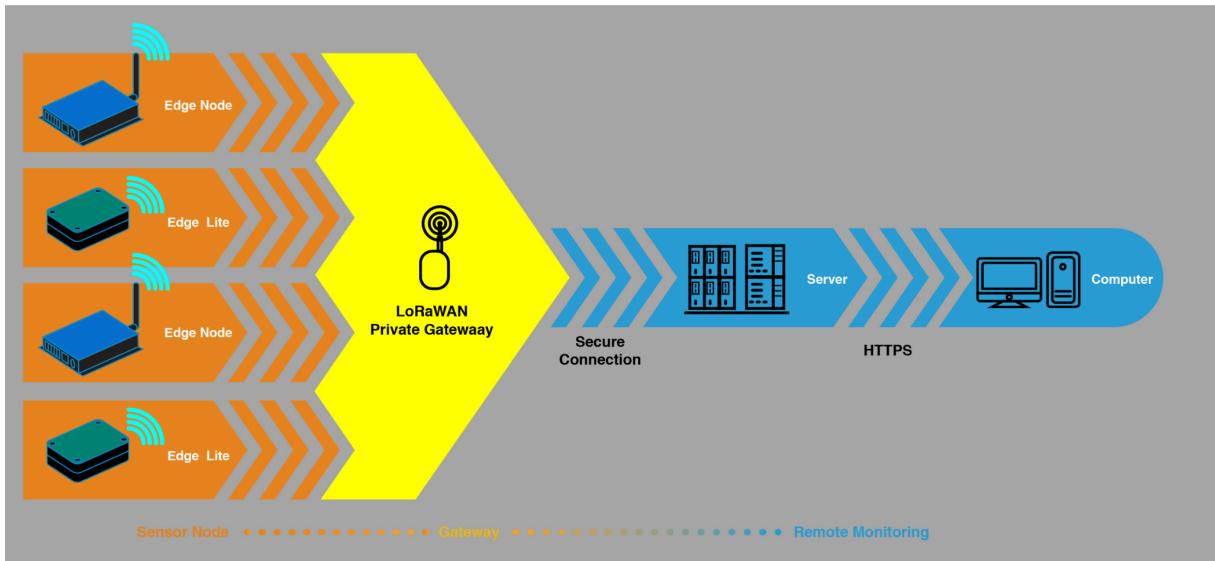
Hình 1.3 Mô tả kiến trúc của Lorawan

### 1.4.2. Thuật toán điều chế tín hiệu (Physical Layer).



Hình 1.4 Mô tả kỹ thuật điều chế tín hiệu

- LoRa sử dụng Chirp Spread Spectrum (CSS).
- Ý tưởng: Truyền tín hiệu bằng cách thay đổi tần số theo thời gian (giống tiếng chim hót – "chirp") để chống nhiễu và truyền xa.
- CSS cho phép:
  - ◆ Khoảng cách truyền rất xa (nhiều km).
  - ◆ Chịu được nhiễu tốt.
  - ◆ Có thể truyền nhiều tín hiệu chồng lên nhau (đa truy cập).



**Hình 1.5 LoRa Wan**

Tuy nhiên với mô hình này thì rất dễ xảy ra việc dữ liệu bị chồng chéo lên nhau (overload), nhất là đối với các module lora chỉ có 1 kênh để truyền nhận, do đó phải có các cơ chế để các node không gửi dữ liệu đi một cách đồng thời.

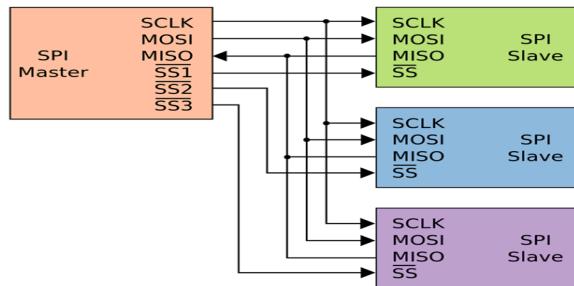
### 1.5. Các thành phần hệ thống.

Hệ thống được thiết kế dựa trên sự tích hợp của nhiều thành phần cứng và phần mềm để thực hiện chức năng điều khiển và giám sát thiết bị từ xa. Ví điều khiển ESP32 đóng vai trò trung tâm, đảm nhiệm việc xử lý dữ liệu và giao tiếp với các thiết bị khác trong hệ thống. Để truyền dữ liệu không dây, hệ thống sử dụng module LoRa, một công nghệ truyền thông với khả năng liên lạc khoảng cách xa, phù hợp cho các ứng dụng IoT. Các giao thức giao tiếp như SPI và I2C cũng được sử dụng để kết nối và truyền dữ liệu giữa các thành phần phần cứng, đảm bảo tốc độ truyền tải và độ chính xác cao. Ngoài ra, giao diện người dùng được xây dựng trên nền tảng Node-RED, nơi người dùng có thể gửi lệnh điều khiển và theo dõi trạng thái thiết bị thông qua giao thức MQTT, một giao thức trao đổi dữ liệu nhẹ, tối ưu cho hệ thống IoT. Các thành phần phần cứng hỗ trợ, như nguồn cấp, module ổn áp, đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và đáp ứng các yêu cầu thực tiễn. Sự kết hợp giữa các thành phần này tạo nên một hệ thống hoàn chỉnh, hoạt động hiệu quả trong môi trường IoT.

### 1.5.1. Giao tiếp SPI

SPI – Serial Peripheral Interface – hay còn gọi là giao diện ngoại vi nối tiếp, được phát triển bởi hãng Motorola. Chuẩn đồng bộ nối truyền dữ liệu ở chế độ full - duplex (hay gọi là "song công toàn phần"). Nghĩa là tại 1 thời điểm có thể xảy ra đồng thời quá trình truyền và nhận. Là giao tiếp đồng bộ, bất cứ quá trình nào cũng đều được đồng bộ với xung clock sinh ra bởi thiết bị Master. Không cần phải lo lắng về tốc độ

truyền dữ liệu. SPI thường được sử dụng giao tiếp với bộ nhớ EEPROM, RTC (Đồng hồ thời gian thực), IC âm thanh, các loại cảm biến như nhiệt độ và áp suất, thẻ nhớ như MMC hoặc thẻ SD hoặc thậm chí các bộ vi điều khiển khác.

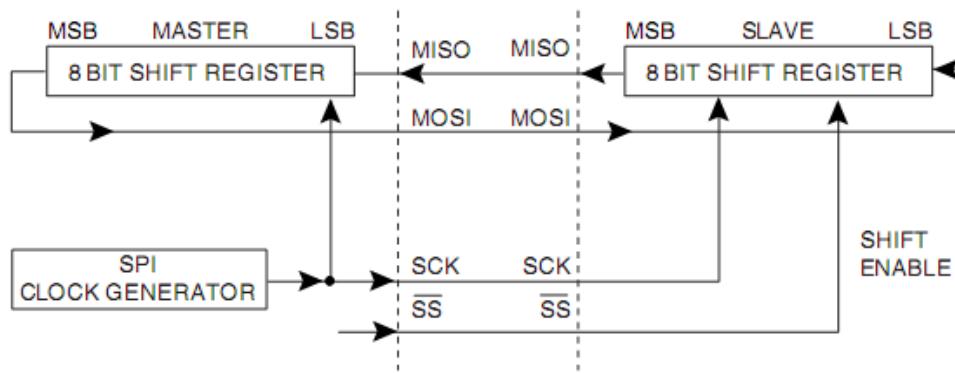


Hình 1.6 Giao tiếp SPI

#### 1. Cấu tạo:

Giao thức SPI Sử dụng 4 đường giao tiếp nên đôi khi được gọi là chuẩn truyền thông “4 dây”. 4 đường đó là:

- SCK (Serial Clock): Thiết bị Master tạo xung tín hiệu SCK và cung cấp cho Slave. Xung này có chức năng giữ nhịp cho giao tiếp SPI. Mỗi nhịp trên chân SCK báo 1-bit dữ liệu đến hoặc đi → Quá trình ít bị lỗi và tốc độ truyền cao.
- MISO (Master Input Slave Output): Tín hiệu tạo bởi thiết bị Slave và nhận bởi thiết bị Master. Đường MISO phải được kết nối giữa thiết bị Master và Slave.
- MOSI (Master Output Slave Input): Tín hiệu tạo bởi thiết bị Master và nhận bởi thiết bị Slave. Đường MOSI phải được kết nối giữa thiết bị Master và Slave.
- SS (Slave Select): Chọn thiết bị Slave cụ thể để giao tiếp. Để chọn Slave giao tiếp thiết bị Master chủ động kéo đường SS xuống mức 0 (Low). Chân này đôi khi còn được gọi là CS (Chip Select). Chân SS của vi điều khiển (Master) có thể được người dùng tạo bằng cách cấu hình 1 chân GPIO bất kỳ chế độ Output.



Hình 1.7 Sơ đồ hoạt động của giao tiếp SPI

### 2. Khung truyền SPI:

Khung truyền SPI hoạt động dựa trên việc truyền và nhận dữ liệu đồng thời giữa Master và Slave thông qua các thanh ghi dữ liệu 8-bit. Quá trình này diễn ra sau 8 chu kỳ xung nhịp, khi đó một byte dữ liệu được truyền theo cả hai hướng. Để bắt đầu trao đổi dữ liệu, Master tạo một xung clock từ bộ tạo xung nhịp (Clock Generator) và kéo đường SS của Slave cần giao tiếp xuống mức Low. Mỗi xung clock sẽ cho phép Master gửi một bit từ thanh ghi dịch (Shift Register) của nó qua đường MOSI đến thanh ghi dịch của Slave, đồng thời Slave gửi một bit ngược lại cho Master qua đường MISO. Sau 8 chu kỳ clock, việc truyền và nhận một byte dữ liệu được hoàn tất. Nhờ đó, dữ liệu giữa hai thanh ghi được trao đổi một cách nhanh chóng và hiệu quả. Trong giao tiếp SPI, chỉ có thể có một Master nhưng có thể kết nối với một hoặc nhiều Slave cùng lúc. Khi không hoạt động, các chân SS của các Slave ở trạng thái mức cao. Khi muốn giao tiếp với một Slave cụ thể, chân SS của Slave đó sẽ được kéo xuống mức thấp.

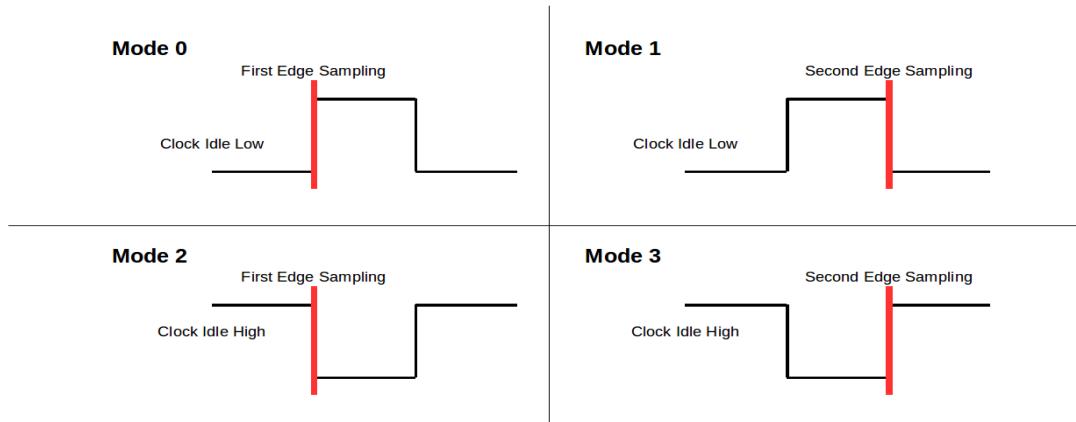
### 3. Chế độ hoạt động:

SPI có 4 chế độ hoạt động, được xác định bởi hai thông số là cực của xung giữ (Clock Polarity – CPOL) và pha (Phase – CPHA). Thông số CPOL biểu thị trạng thái nghỉ của chân SCK: nếu CPOL = 0, chân SCK ở mức thấp; nếu CPOL = 1, chân SCK ở mức cao. Trong khi đó, CPHA quy định cách dữ liệu được lấy mẫu theo xung clock: dữ liệu sẽ được lấy ở cạnh lên của xung SCK nếu CPHA = 0, hoặc ở cạnh xuống nếu CPHA = 1.

Chế độ mặc định, hay Mode 0, sử dụng xung nhịp đồng hồ ở mức thấp (CPOL = 0) và lấy mẫu dữ liệu ở cạnh lên của SCK (CPHA = 0). Trong Mode 1, xung nhịp đồng hồ vẫn ở mức thấp (CPOL = 0), nhưng dữ liệu được lấy mẫu ở cạnh xuống của

## Đồ án hệ thống nhúng

SCK (CPHA = 1). Với Mode 2, xung nhịp đồng hồ ở mức cao (CPOL = 1) và dữ liệu được lấy mẫu ở cạnh xuống của SCK (CPHA = 0). Cuối cùng, Mode 3 có xung nhịp đồng hồ ở mức cao (CPOL = 1) và dữ liệu được lấy mẫu ở cạnh lên của SCK (CPHA = 1). Nhờ sự linh hoạt trong việc lựa chọn chế độ, SPI có thể dễ dàng thích nghi với các yêu cầu giao tiếp khác nhau giữa các thiết bị.



Hình 1.8 Các chế độ hoạt động của SPI

### 4. Ứng dụng của SPI

SPI được dùng để điều khiển chip ngoại vi và nó cũng là một giao thức hỗ trợ bởi tất cả các MMC hoặc thẻ nhớ SD. Một số PC còn sử dụng SPI flash cho BIOS code.



Hình 1.9 Một số ứng dụng của SPI

### 1.5.2 Giao tiếp I2C.

#### 1. Cấu tạo:

I2C (Inter – Integrated Circuit) là một giao thức giao tiếp nối tiếp đồng bộ được phát triển bởi Philips Semiconductors, sử dụng để truyền nhận dữ liệu giữa các IC với nhau chỉ sử dụng hai đường truyền tín hiệu.

### **Hình 1.10 Giao tiếp I2C**

Các bit dữ liệu sẽ được truyền từng bit một theo các khoảng thời gian đều đặn được thiết lập bởi 1 tín hiệu đồng hồ. Bus I2C thường được sử dụng để giao tiếp ngoại vi cho rất nhiều loại IC khác nhau như các loại vi điều khiển, cảm biến, EEPROM.

Từ hình 1.10 cho ta thấy cấu tạo của giao tiếp I2C, sử dụng 2 đường truyền tín hiệu:

- SCL - Serial Clock Line: Tạo xung nhịp đồng hồ do master phát đi.
- SDA - Serial Data Line: Đường truyền nhận dữ liệu.

Giao tiếp I2C bao gồm quá trình truyền nhận dữ liệu giữa các thiết bị chủ tớ, hay Master - Slave. Thiết bị master là một vi điều khiển, nó có nhiệm vụ điều khiển đường tín hiệu SCL và gửi nhận dữ liệu hay lệnh thông qua đường SDA đến các thiết bị khác. Các thiết bị nhận các dữ liệu lệnh và tín hiệu từ thiết bị Master được gọi là các thiết bị Slave. Các thiết bị Slave thường là các IC, hoặc thậm chí là vi điều khiển. Master và Slave được kết nối với nhau như hình trên. Hai đường bus SCL và SDA đều hoạt động ở chế độ Open Drain, nghĩa là bất cứ thiết bị nào kết nối với mạng I2C này cũng chỉ có thể kéo 2 đường bus này xuống mức thấp (LOW), nhưng lại không thể kéo được lên mức cao. Vì để tránh trường hợp bus vừa bị 1 thiết bị kéo lên mức cao vừa bị 1 thiết bị khác kéo xuống mức thấp gây hiện tượng ngắn mạch. Do đó cần có 1 điện trở (từ 1 – 4,7 kΩ) để giữ mặc định ở mức cao.

#### 2. Khung truyền I2C:

Khung truyền của I2C bao gồm 7 khối, mỗi khối thực hiện một chức năng riêng biệt như sau:

Bắt đầu	7 bit địa chỉ	Bit Read/Write	Bit ACK/NACK	8 bit dữ liệu	Bit ACK/NACK	Kết thúc
---------	---------------	----------------	--------------	---------------	--------------	----------

### **Hình 1.11 Khung truyền I2C**

- Khối bit địa chỉ: Thông thường quá trình truyền nhận sẽ diễn ra với rất nhiều thiết bị, IC với nhau. Do đó để phân biệt các thiết bị này, chúng sẽ được gắn 1 địa chỉ vật lý 7-bit cố định.

- Bit Read/Write: Bit này dùng để xác định quá trình là truyền hay nhận dữ liệu từ thiết bị Master. Nếu Master gửi dữ liệu đi thì ứng với bit này bằng '0', và ngược lại, nhận dữ liệu khi bit này bằng '1'.
- Bit ACK/NACK: Viết tắt của Acknowledged / Not Acknowledged. Dùng để so sánh bit địa chỉ vật lý của thiết bị so với địa chỉ được gửi tới. Nếu trùng thì Slave sẽ được đặt bằng '0' và ngược lại, nếu không thì mặc định bằng '1'.
- Khối bit dữ liệu: Gồm 8-bit và được thiết lập bởi thiết bị gửi truyền đến thiết bị nhận. Sau khi các bit này được gửi đi, lập tức 1-bit ACK/NACK được gửi ngay theo sau để xác nhận rằng thiết bị nhận đã nhận được dữ liệu thành công hay chưa. Nếu nhận thành công thì bit ACK/NACK được set bằng '0' và ngược lại.

### 3. Quá trình truyền nhận dữ liệu:

Quá trình giao tiếp I2C bắt đầu khi thiết bị Master gửi một xung Start bằng cách lần lượt kéo các đường SDA và SCL từ mức cao xuống mức thấp. Sau đó, Master tiếp tục gửi 7-bit địa chỉ của thiết bị Slave mà nó muốn giao tiếp, kèm theo một bit xác định chế độ Read/Write. Khi nhận được địa chỉ, Slave sẽ so sánh với địa chỉ vật lý của mình; nếu trùng khớp, Slave xác nhận bằng cách kéo đường SDA xuống mức thấp và set bit ACK/NACK thành '0'. Nếu địa chỉ không khớp, đường SDA và bit ACK/NACK sẽ giữ ở mức cao.

Tiếp theo, Master sẽ truyền hoặc nhận khung dữ liệu. Nếu Master gửi dữ liệu đến Slave, bit Read/Write sẽ ở mức '0'; nếu Master nhận dữ liệu từ Slave, bit này sẽ ở mức '1'. Khi một khung dữ liệu được truyền thành công, bit ACK/NACK sẽ được set ở mức '0' để báo hiệu cho Master tiếp tục. Cuối cùng, khi toàn bộ dữ liệu đã được truyền đi, Master phát tín hiệu Stop để báo hiệu quá trình truyền kết thúc, bằng cách lần lượt chuyển SCL và SDA từ mức thấp lên mức cao.

### 4. Các cơ chế hoạt động của I2C:

Chế độ chuẩn (standard mode) với tốc độ 100 kBit/s và chế độ tốc độ thấp (low speed mode) với tốc độ 10 kBit/s.

Ngoài ra, khác với giao tiếp SPI chỉ có thể có 1 Master, giao tiếp I2C cho phép chế độ truyền nhận dữ liệu giữa nhiều thiết bị Master khác nhau với thiết bị Slave. Tuy nhiên quá trình này có hơi phức tạp vì thiết bị Slave có thể nhận một lúc nhiều khung

dữ liệu từ các thiết bị Master khác nhau, điều đó đôi khi dẫn đến xung đột hoặc sai sót dữ liệu nhận được. Để tránh điều đó, khi làm việc ở chế độ này, mỗi thiết bị Master cần phát hiện xem đường SDA đang ở trạng thái nào. Nếu SDA ở mức 0, nghĩa là đang có 1 thiết bị Master khác đang có quyền điều khiển và phải chờ đến khi truyền xong. Ngược lại nếu SDA ở mức 1, nghĩa là đường truyền SDA đã an toàn và có sử dụng.

### **1.6. Firebase Realtime Database**

Firebase Realtime Database là một cơ sở dữ liệu được lưu trữ trên đám mây. Dữ liệu được lưu trữ dưới dạng JSON và được đồng bộ hoá theo thời gian thực với mọi ứng dụng được kết nối. Khi tạo bản dựng đa nền tảng với các nền tảng của Apple, Android và SDK JavaScript, tất cả ứng dụng khách chia sẻ một phiên bản Realtime Database và tự động nhận thông tin cập nhật với dữ liệu mới nhất.

#### **Khả năng chính:**

- Realtime:

Firebase Realtime Database sử dụng đồng bộ dữ liệu mỗi khi dữ liệu có thay đổi, mọi thiết bị được kết nối sẽ nhận được thay đổi trong vài mili giây.

- Offline:

Khi người dùng ngoại tuyến, dữ liệu sẽ được lưu trên bộ nhớ cache của thiết bị và tự động đồng bộ khi bạn trực tuyến. Tất cả là tự động

- Accessible from Client Devices

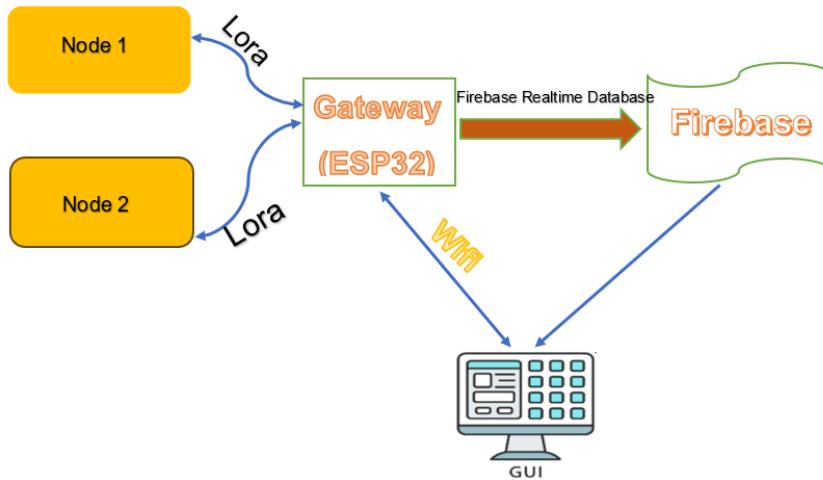
Firebase Realtime Database có thể truy cập từ một thiết bị mobile hoặc trình duyệt web. Nó không cần một ứng dụng server nào cả. Bảo mật và xác thực dữ liệu có thể thông qua các Rule bảo mật của Firebase Realtime Database, các rule được thực thi khi dữ liệu được đọc hoặc ghi.

## Chương 2: Xây dựng hệ thống

Sau khi nghiên cứu và tìm hiểu tổng quan về cơ sở lý thuyết cũng như các kiến thức căn bản ở CHƯƠNG 1. Chương này sẽ chủ yếu tìm hiểu về thiết kế, xây dựng hệ thống phần cứng và hệ thống phần mềm, các thành phần sử dụng để thực hiện đề tài.

### 2.1. Mô tả hệ thống

Với yêu cầu đề tài đặt ra, em lên ý tưởng sẽ thiết kế một hệ thống gồm 3 thành phần chính là: Gateway, Application và các node.



Hình 2.1: Ý tưởng hệ thống

*Node* là các thiết bị chịu trách nhiệm điều khiển trực tiếp các thiết bị phần cứng (đèn đường). Mỗi node được trang bị một module LoRa để nhận lệnh điều khiển từ gateway và thực hiện các tác vụ tương ứng như bật/tắt. Ngoài ra, các node còn đảm nhiệm vai trò chuyển tiếp dữ liệu trong mạng LoRa Mesh, đảm bảo khả năng giao tiếp ổn định giữa các node và gateway ngay cả khi một số node nằm ngoài phạm vi phủ sóng trực tiếp của gateway. Nhờ đó, hệ thống có thể mở rộng quy mô linh hoạt mà không cần phụ thuộc vào khoảng cách giữa các thành phần.

*Gateway* đóng vai trò là trung tâm điều khiển của toàn bộ hệ thống. Đây là thành phần quan trọng nhất, chịu trách nhiệm nhận dữ liệu cài đặt từ người dùng thông qua giao diện điều khiển, sau đó truyền thông tin đến các node được chỉ định để thực thi. Gateway có nhiệm vụ chính trong hệ thống là giao tiếp giữa người dùng và node.Thêm vào đó, gateway còn có nhiệm vụ duy trì kết nối với ứng dụng điều khiển (application), từ đó cung cấp một giao diện trực quan và thuận tiện để người dùng có thể quản lý toàn bộ hệ thống từ xa.

*Application* (ứng dụng điều khiển) là phần mềm được thiết kế để cung cấp giao diện người dùng, cho phép thực hiện các thao tác điều khiển các node trong mạng. Ứng dụng này có thể hoạt động trên các nền tảng như điện thoại di động hoặc máy tính và giao tiếp với gateway thông qua giao thức MQTT. Người dùng có thể sử dụng application để cấu hình trạng thái của đèn, giám sát tình trạng tín hiệu của từng node trong hệ thống.

Ba thành phần này phối hợp chặt chẽ với nhau để tạo nên một hệ thống đèn đường thông minh, đảm bảo khả năng hoạt động ổn định, hiệu quả, đồng thời đáp ứng nhu cầu quản lý từ xa trong các ứng dụng thực tế. Mô hình LoRa Mesh được lựa chọn nhờ khả năng truyền dữ liệu ở khoảng cách xa, tiêu thụ năng lượng thấp và hỗ trợ kết nối nhiều node, là giải pháp lý tưởng cho các hệ thống IoT hiện đại.

Đi sâu vào chi tiết phần cứng của node và gateway ta sẽ có cái nhìn tổng quát về những thành phần, module được sử dụng để tạo nên node cũng như gateway.

Node trong hệ thống đèn đường thông minh LoRaWAN được thiết kế với các thành phần phần cứng chính, đảm bảo thực hiện đầy đủ các chức năng điều khiển và giao tiếp trong mạng lưới. Đầu tiên, vi điều khiển đóng vai trò trung tâm xử lý của node, chịu trách nhiệm điều khiển hoạt động của đèn cũng như xử lý các gói tin gửi và nhận trong mạng. Trong đồ án này, vi điều khiển được sử dụng là ESP32, một dòng vi điều khiển mạnh mẽ, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, đồng thời có khả năng giao tiếp tốt với module LoRa.

Module LoRa là thành phần không thể thiếu trong mỗi node, thực hiện chức năng truyền nhận dữ liệu giữa các node với nhau cũng như giữa node và gateway. Nhờ công nghệ LoRa (Long Range), hệ thống có thể truyền dữ liệu với khoảng cách xa, tiêu thụ năng lượng thấp, rất phù hợp cho các ứng dụng IoT đòi hỏi tính ổn định và bền vững.

Thành phần thứ ba là đèn led, có vai trò đại diện cho các thiết bị như máy bơm, đèn chiếu sáng trong hệ thống vườn thông minh. Đèn được điều khiển trực tiếp từ vi điều khiển, cho phép bật/tắt theo lệnh nhận được từ gateway.

Gateway cũng được xây dựng với các thành phần phần cứng chuyên biệt để thực hiện vai trò điều phối và quản lý toàn bộ mạng lưới. Phần cứng trung tâm của gateway là ESP32, đóng vai trò vi điều khiển và xử lý dữ liệu từ các node trong mạng.

ESP32 trong gateway không chỉ đảm nhiệm việc xử lý gói tin mà còn thực hiện giao tiếp với cơ sở dữ liệu và giao diện người dùng, thông qua các giao thức MQTT.

Module LoRa trong gateway đảm bảo việc truyền nhận dữ liệu với các node trong mạng. Với thiết kế LoRa, gateway có khả năng giao tiếp với một số lượng lớn node trên một phạm vi rộng, đồng thời đảm bảo độ trễ thấp và tín hiệu ổn định, ngay cả trong các môi trường nhiều nhiễu.

Nhìn chung, việc thiết kế phần cứng cho Node và Gateway không có gì khác biệt, ở các Node chỉ có thêm các cảm biến và đèn led

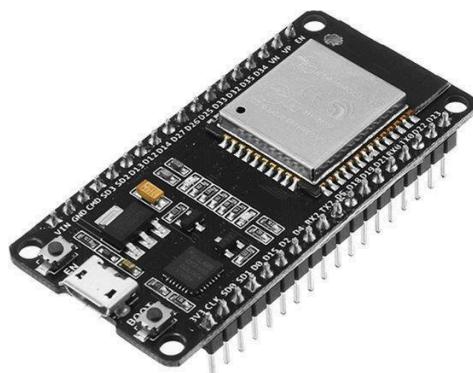
Sự phối hợp giữa các thành phần trong cả node và gateway tạo nên một hệ thống thông minh, đáng tin cậy, với khả năng quản lý từ xa và đảm bảo hiệu suất hoạt động cao. Các thành phần phần cứng được lựa chọn trong đồ án này đều hướng tới tiêu chí bền bỉ, ổn định và dễ dàng mở rộng trong tương lai.

## **2.2. Linh kiện được sử dụng.**

### **2.2.1. ESP32**

ESP32 là một series các vi điều khiển trên một vi mạch giá rẻ, năng lượng thấp có tích hợp WiFi và dual-mode Bluetooth. Dòng ESP32 sử dụng bộ vi xử lý Tensilica Xtensa LX6 có hai biến thể lõi kép và lõi đơn, và bao gồm các công tắc antenna tích hợp, RF balun, bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại thu nhiễu thấp, bộ lọc và module quản lý năng lượng.

ESP32 được chế tạo và phát triển bởi Espressif Systems, một công ty Trung Quốc có trụ sở tại Thượng Hải, và được sản xuất bởi TSMC bằng cách sử dụng công nghệ 40 nm. ESP32 là sản phẩm kế thừa từ vi điều khiển ESP8266.



*Hình 2.2: Microcontroller ESP32*

So với một dòng vi điều khiển khác cũng khá phổ biến đó là ESP8266 thì ESP32 có nhiều ưu điểm vượt trội hơn như Tần số xung clock, các loại cảm biến số

lượng chân,... Tất cả các thông số trên được liệt kê dưới bảng 2.1.

So sánh ESP32 và ESP8266:

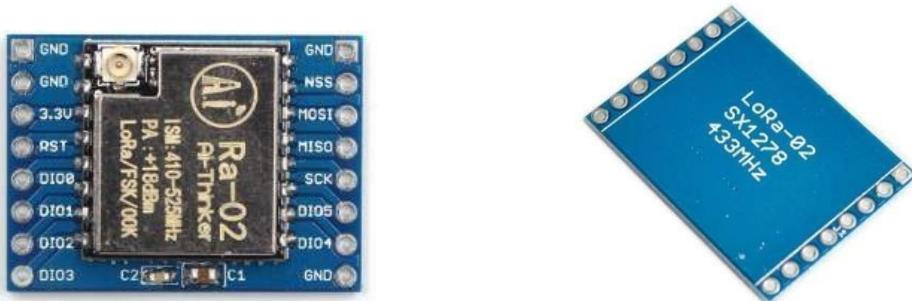
So sánh	ESP32	ESP8266
Tần số đồng hồ	160 hoặc 240 Hz	80Hz
Bluetooth	BLE	Không
Cảm biến Hall	Có	Không
Giao diện camera	Không	Không
Cảm biến nhiệt độ	Có	Không
Cảm biến cảm ứng	10	Không
Bảo mật	Mã hóa flash khởi động bảo mật. OTP 1024-bit	Không
Tiêu thụ công suất thấp	10uA	20uA
Nhiệt độ	Có	Không
Đồng xử lý	ULP	Không
Tổng GPIO	39	17
Mã hoá	RSA, RNG, ECC, SHA-2, AES	Không
SPI	4	2
USB OTG	Không	Không
Ví điều khiển	LX6 Xtensa 32-bit lõi đơn hoặc lõi kép	L106 Xtensa lõi đơn 32- bit
ROM	448KB	Không

CAN	2	Không
Ethernet	10/100 Mbps	Không
SPIRAM bên ngoài	Lên tới 16MB	Lên tới 16MB

*Bảng 2.1 So sánh ESP32 với ESP8266. Thông tin chi tiết về ESP32*

### 2.2.2. Module LoRa SX1278 Ra-02 433MHz

Bộ thu phát SX128 có modem tầm xa LoRa cung cấp khả năng liên lạc trải rộng dài và khả năng chống nhiễu cao trong khi giảm thiểu mức tiêu thụ. Sử dụng kỹ thuật điều chế LoRa đã được cấp bằng sáng chế của Semtech, SX1278 có thể đạt được độ nhạy trên -148dBm bằng cách sử dụng tinh thể chí phí thấp và giá trị vật liệu. Độ nhạy cao kết hợp với bộ khuếch đại công suất +20dBm tích hợp mang lại hiệu suất hàng đầu khiến nó trở nên tối ưu cho bất kỳ ứng dụng nào yêu cầu phạm vi hoặc độ mạnh. LoRa cũng mang lại những lợi thế đáng kể trong cả việc chặn và chọn lọc so với các kỹ thuật điều chế thông thường, giải quyết sự thỏa hiệp trong thiết kế truyền thông giữa phạm vi, khả năng chống nhiễu và mức tiêu thụ năng lượng.



*Hình 2.3: Module LoRa SX1278 Ra-02 433MHz*

LoRa SX1278 là một mô-đun SPI. Mô-đun này có 16 chân để giao tiếp với vi điều khiển và chân cho ăng-ten. Thông tin mô tả được thể hiện dưới bảng 2.2.

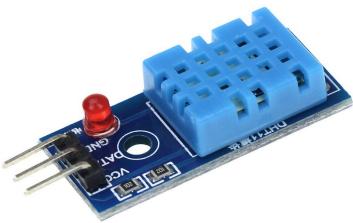
*Bảng 2.2 Mô tả các chân module LoRa SX1278.*

Số chân	Tên chân	Mô tả
1	GND	Ground(0 V)
2	GND	Ground(0 V)

3	3.3V	Power 3.3V
4	RST	Chân Reset
5	D100	Chân I/O
6	D101	Chân I/O
7	D102	Chân I/O
8	D103	Chân I/O
9	GND	Ground(0 V)
10	NSS	SPI Chip Select
11	MOSI	SPI Data Output
12	MISO	SPI Data Input
13	SCK	SPI Clock
14	D105	Chân I/O
15	D104	Chân I/O
16	GND	Ground(0 V)

### **2.2.3. Một số module khác**

Trong hệ thống vườn thông minh sử dụng công nghệ Lorawan, một số linh kiện phần cứng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chức năng, hiệu suất và tính ổn định của toàn hệ thống. Dưới đây là công dụng của các linh kiện chính được sử dụng:



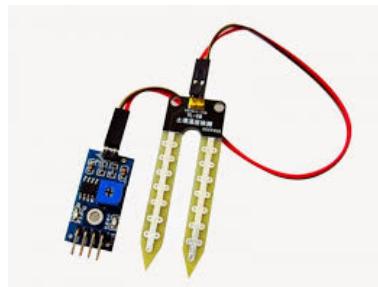
Hình 2.4: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11



Hình 2.5: Cảm biến ánh sáng BH1750



Hình 2.6: Cáp chuyển đổi SMA sang IPX.



Hình 2.7 Cảm biến độ ẩm đất

DHT11: Với giá thành rẻ và tính phổ biến trên thị trường thì cảm biến nhiệt độ độ ẩm DHT11 được sử dụng rộng rãi và với chi phí rẻ, hơn thế lấy dữ liệu dễ dàng thông qua giao tiếp one-wire (giao tiếp digital one-wire truyền dữ liệu duy nhất). Do đó chúng tôi chọn cảm biến nhiệt độ độ ẩm DHT11 để sử dụng trong đề tài này

Ăng-ten 3dBi là linh kiện hỗ trợ cho module LoRa, đóng vai trò tăng cường khả năng truyền và nhận tín hiệu. Với độ lợi 3dBi, ăng-ten này cung cấp phạm vi phủ sóng tốt, đảm bảo các node trong mạng lưới có thể giao tiếp hiệu quả với nhau cũng như với gateway. Đây là yếu tố quan trọng trong việc duy trì sự ổn định của mạng LoRa Mesh, đặc biệt trong các khu vực có địa hình phức tạp hoặc môi trường nhiều nhiễu sóng.

Cảm biến ánh sáng BH1750 Digital Light Sensor được sử dụng để đo cường độ ánh sáng theo đơn vị lux, cảm biến có ADC nội và bộ tiền xử lý nên giá trị được trả ra là giá trị trực tiếp cường độ ánh sáng lux mà không phải qua bất kỳ xử lý hay tính toán nào thông qua giao tiếp I2C

Cảm biến độ ẩm đất Soil Moisture Sensor thường được sử dụng trong các mô hình tưới nước tự động, vườn thông minh,..., cảm biến giúp xác định độ ẩm của đất

qua đầu dò và trả về giá trị Analog, Digital qua 2 chân tương ứng để giao tiếp với Vi điều khiển để thực hiện vô số các ứng dụng khác nhau

### **2.3. Phần mềm được sử dụng**



*Hình 2.8: Arduino IDE*

Arduino IDE là một phần mềm mã nguồn mở chủ yếu được sử dụng để viết và biên dịch mã vào module Arduino.

Đây là một phần mềm Arduino chính thức, giúp cho việc biên dịch mã trở nên dễ dàng mà ngay cả một người bình thường không có kiến thức kỹ thuật cũng có thể làm được. Nó có các phiên bản cho các hệ điều hành như MAC, Windows, Linux và chạy trên nền tảng Java đi kèm với các chức năng và lệnh có sẵn đóng vai trò quan trọng để gỡ lỗi, chỉnh sửa và biên dịch mã trong môi trường.

Có rất nhiều các module Arduino như Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro và nhiều module khác. Mỗi module chứa một bộ vi điều khiển trên bo mạch được lập trình và chấp nhận thông tin dưới dạng mã. Mã chính, còn được gọi là sketch, được tạo trên nền tảng IDE sẽ tạo ra một file Hex, sau đó được chuyển và tải lên trong bộ điều khiển trên bo.

Mỗi trường IDE chủ yếu chứa hai phần cơ bản: Trình chỉnh sửa và Trình biên dịch, phần đầu sử dụng để viết mã được yêu cầu và phần sau được sử dụng để biên dịch và tải mã lên module Arduino.

Mỗi trường này hỗ trợ cả ngôn ngữ C và C++.

### **2.4. Thiết kế phần cứng**

Hệ thống gồm các node cảm biến sử dụng ESP32 kết hợp với module LoRa SX1278 để thu thập dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất và cường độ ánh sáng từ các cảm biến DHT11, Soil Moisture Sensor và BH1750. Dữ liệu được truyền không dây qua LoRa về Gateway (cũng dùng ESP32 và SX1278), sau đó Gateway sử dụng WiFi để gửi dữ liệu lên server. Các node và Gateway được cấp nguồn ngoài thông qua adapter ổn định 5V

### 2.4.1. Cấu trúc tổng thể

- **Node cảm biến:** ESP32 + LoRa SX1278 + DHT11 + Cảm biến độ ẩm đất + BH1750 + đèn led
- **Node gateway:** ESP32 + LoRa SX1278

### 2.4.2. Sơ đồ kết nối chính

#### ESP32 - SX1278 (LoRa)

- SCK → GPIO18
- MISO → GPIO19
- MOSI → GPIO23
- NSS → GPIO5
- DIO0 → GPIO26
- VCC 3.3V, GND

#### ESP32 - DHT11

- Data → GPIO4
- VCC → 3.3V/5V
- GND → GND

#### ESP32 - Soil Moisture Sensor

- Analog Output → GPIO34 (ADC)
- VCC → 3.3V/5V
- GND → GND

#### ESP32 - BH1750 (cảm biến ánh sáng)

- SDA → GPIO21
- SCL → GPIO22
- VCC → 3.3V
- GND → GND

### 2.5. Quá trình thực hiện

#### 2.5.1 Chuẩn bị linh kiện:

- Lựa chọn và thu thập các linh kiện cần thiết như ESP32, module LoRa SX1278, các cảm biến DHT11, Soil Moisture Sensor và BH1750.
- Cung cấp nguồn ổn định 5V cho các node cảm biến và Gateway.

#### 2.5.2 Thiết kế mạch điện:

- Vẽ sơ đồ kết nối giữa ESP32, các cảm biến, và module LoRa SX1278.

- Xác định các chân GPIO của ESP32 để kết nối với các cảm biến và module LoRa.

### **2.5.3 Lập trình ESP32 (Node cảm biến):**

- Viết code để điều khiển các cảm biến và đọc dữ liệu từ DHT11, Soil Moisture Sensor và BH1750.
- Tích hợp mã LoRa để truyền tải dữ liệu từ Node cảm biến lên Gateway.

### **2.5.4 Lập trình Gateway ESP32:**

- Viết chương trình để nhận dữ liệu từ các node cảm biến qua LoRa.
- Sử dụng WiFi để kết nối Gateway với server và gửi dữ liệu lên server.

### **2.5.5 Cấu hình Server:**

- Cài đặt và cấu hình server nhận dữ liệu từ Gateway.
- Xử lý và lưu trữ dữ liệu vào cơ sở dữ liệu, đồng thời hiển thị trên giao diện người dùng nếu cần.

### **2.5.6 Thiết kế giao diện giám sát và điều khiển cho user:**

- Xây dựng giao diện web hoặc ứng dụng di động để người dùng có thể theo dõi tình trạng các cảm biến và điều khiển thiết bị từ xa.
- Giao diện hiển thị dữ liệu cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất, ánh sáng) và cho phép người dùng điều khiển các thiết bị (như bật/tắt hệ thống tưới tự động) từ giao diện.

### **2.5.7 Tiến hành thử nghiệm hệ thống:**

- Kiểm tra hoạt động của hệ thống với nhiều node cảm biến và kiểm tra việc truyền tải dữ liệu từ các node lên Gateway và từ Gateway lên server.
- Đảm bảo giao diện người dùng hoạt động ổn định và dữ liệu được cập nhật chính xác.

## CHƯƠNG 3: THỬ NGHIỆM

Sau khi hoàn thiện ý tưởng và thiết kế ban đầu ở chương 2, chương này sẽ tập trung vào việc xây dựng, thử nghiệm hệ thống. Cụ thể, em sẽ triển khai mạng lưới LoRa giữa các node và gateway, thiết lập kết nối không dây và kiểm tra tính ổn định của hệ thống trong môi trường thực tế.

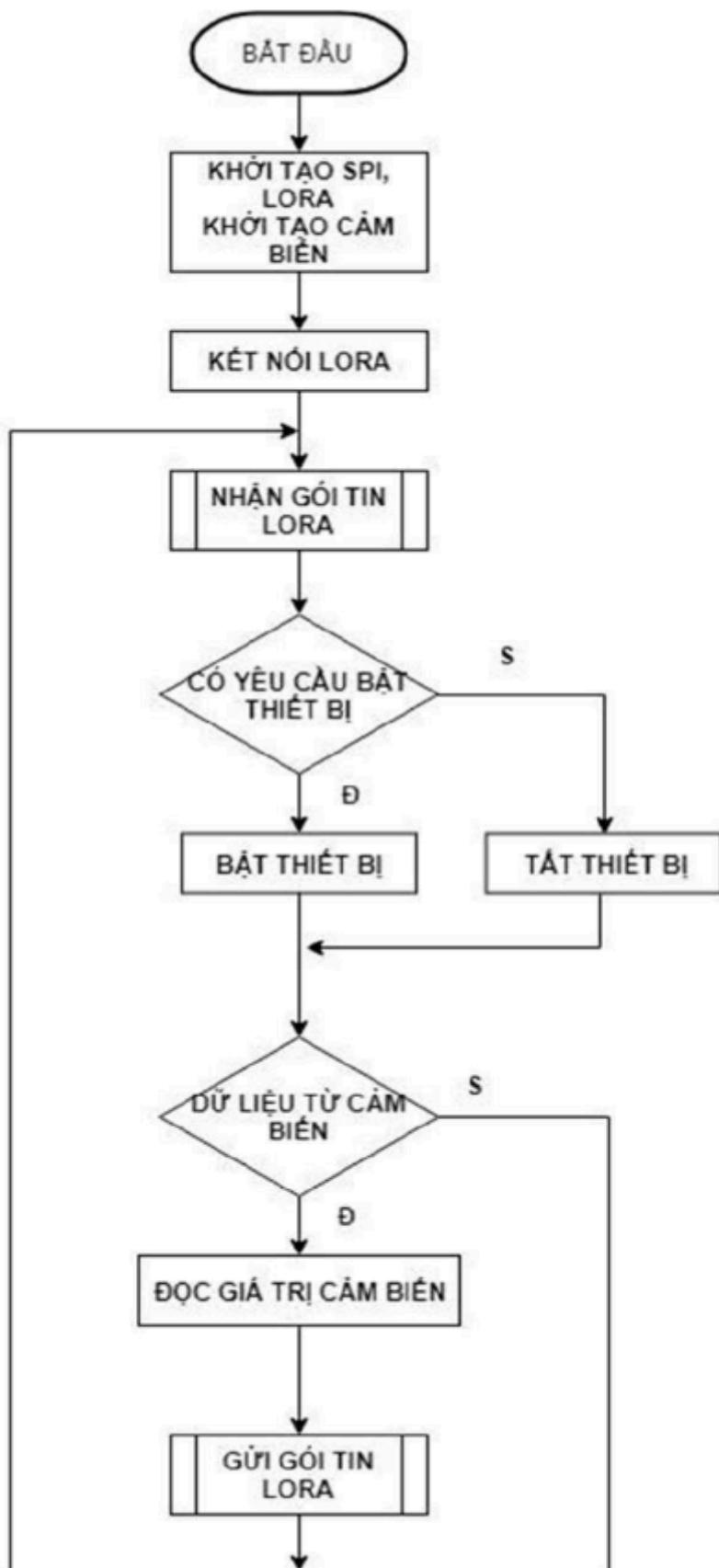
### 3.1. Lập trình cho mạng lưới LoRa.

Mạng lưới LoRa được xây dựng với mục tiêu truyền dữ liệu hiệu quả, ổn định giữa các node trong môi trường không dây, với khoảng cách truyền xa và mức tiêu thụ năng lượng thấp. Việc lập trình mạng lưới LoRa yêu cầu đảm bảo các tiêu chí quan trọng như quản lý truyền nhận dữ liệu, giảm thiểu xung đột tín hiệu, đảm bảo độ tin cậy và tối ưu hóa tài nguyên của các vi điều khiển được sử dụng.

Việc lập trình mạng lưới LoRa trong đồ án này được thực hiện trên phần mềm Arduino IDE. Đây là một môi trường phát triển đơn giản và dễ sử dụng, hỗ trợ tốt cho các module vi điều khiển như ESP32 hay Arduino. Arduino IDE cung cấp sẵn các thư viện tiện ích, trong đó quan trọng nhất là LoRa.h – một thư viện được thiết kế để giao tiếp với các module LoRa qua giao thức SPI. Ngoài ra còn có đa dạng các thư viện hỗ trợ. Nhờ vậy, hệ thống không chỉ hoạt động ổn định mà còn dễ dàng mở rộng khi cần tích hợp thêm các chức năng khác.

Các bước triển khai lập trình mạng lưới LoRa sẽ được làm rõ hơn trong phần tiếp theo.

#### 3.1.1. Cấu trúc chương trình của Node.

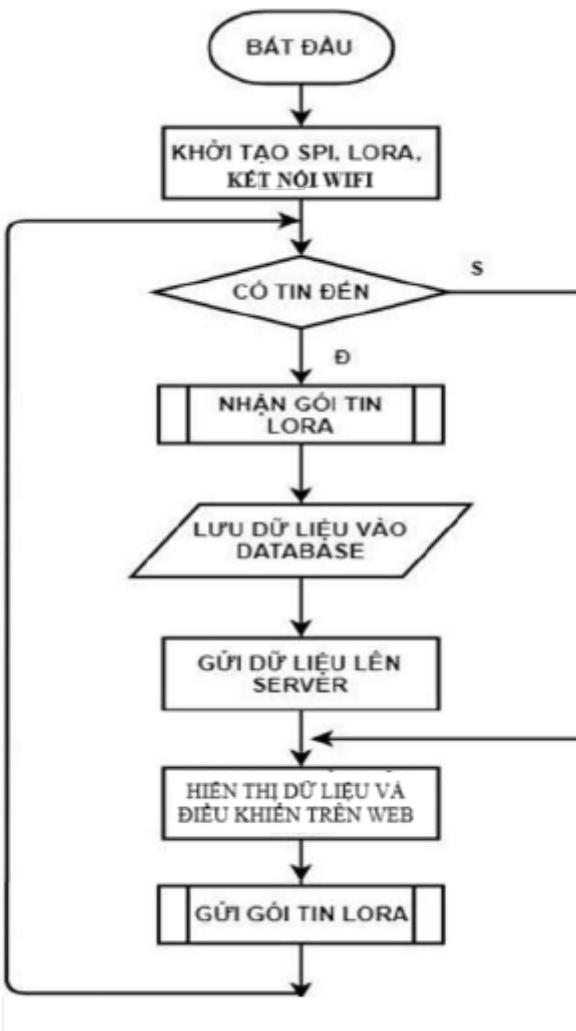


Hình 3.1 Lưu đồ của Node LoRa

Quá trình xử lý gói tin mã bắt đầu bằng việc node nhận được một gói tin gửi đến, khi nhận được gói tin, hệ thống thực hiện kiểm tra tính hợp lệ của gói tin bằng cách kiểm tra địa chỉ gửi đến xem có đúng là từ gateway hay không. Nếu địa chỉ không khớp với địa chỉ gateway được định sẵn, hệ thống sẽ bỏ qua gói tin và dừng việc xử lý. Tiếp theo, hệ thống thực hiện kiểm tra tính toàn vẹn của dữ liệu bằng cách tính toán và so sánh giá trị CRC của gói tin với giá trị CRC được gửi kèm. Nếu CRC không hợp lệ, gói tin sẽ bị loại bỏ và không được xử lý. Khi tất cả thông tin đều hợp lệ, hệ thống tiến hành xử lý gói tin.

### **3.1.2. Cấu trúc chương trình của Gateway.**

Khi đã hiểu rõ về cấu trúc chương trình của node, dễ dàng có thể hiểu về cấu trúc chương trình của gateway. Về phía gateway cơ bản là khá giống với node, tuy nhiên có một số điểm khác biệt, đó là gateway sẽ đảm nhiệm việc xử lý và lưu dữ liệu vào cơ sở dữ liệu đồng thời hiển thị chúng lên trang web để người dùng có thể dễ dàng truy cập và thao tác bằng các thiết bị có kết nối wifi được cấu hình.

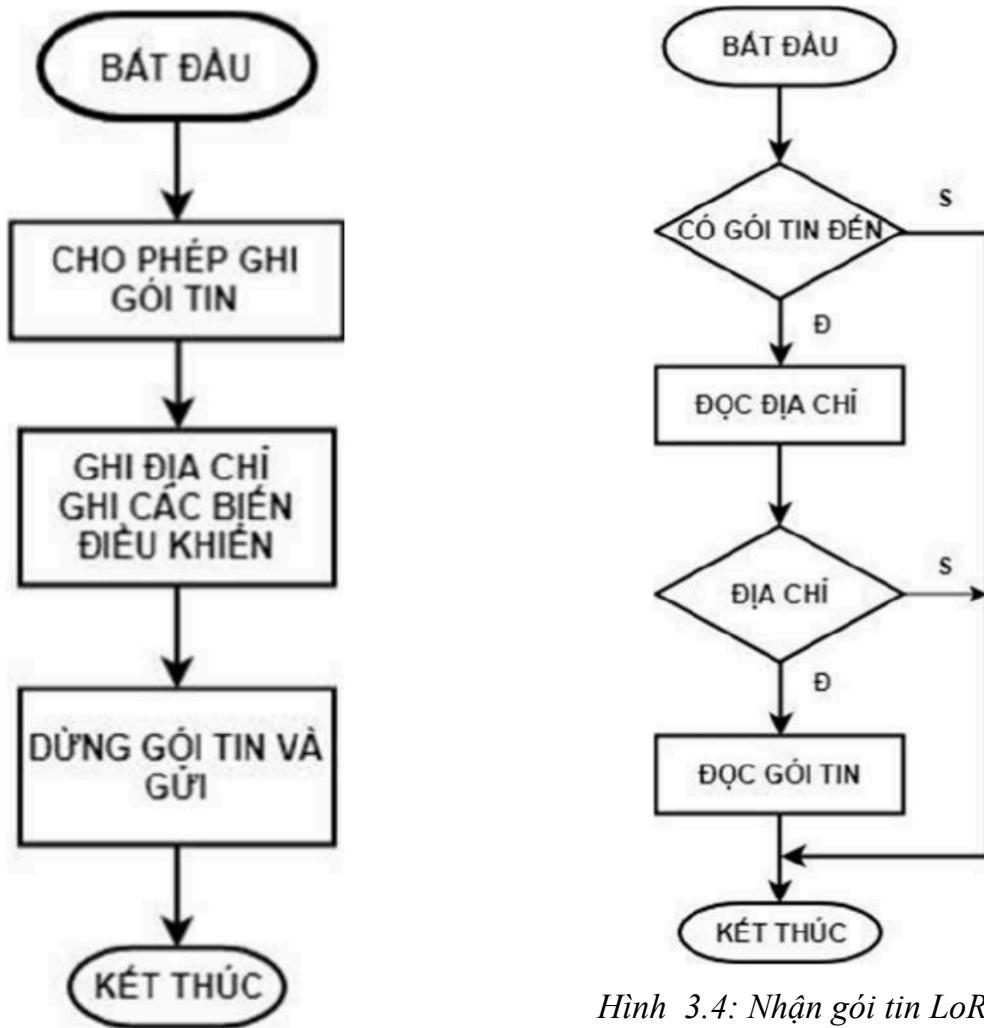


Hình 3.2 Quy trình xử lý gói tin của Gateway

Gateway hoạt động bằng việc gửi các yêu cầu đến các node để nhận dữ liệu và điều khiển các thiết bị hiện trường tại các node. Khi các node đã nhận được yêu cầu từ gateway, chúng sẽ gửi lại gói tin chứa dữ liệu đo được về thông số môi trường thông qua các cảm biến cùng với trạng thái hiện thời của các thiết bị hiện trường

Quá trình xử lý gói tin của gateway bao gồm xác thực gói tin, cập nhật bộ nhớ đệm, điều khiển LED, ghi nhận thông số tín hiệu, và hiển thị kết quả lên màn hình LCD.

### 3.1.3. Quá trình gửi và nhận gói tin LoRa

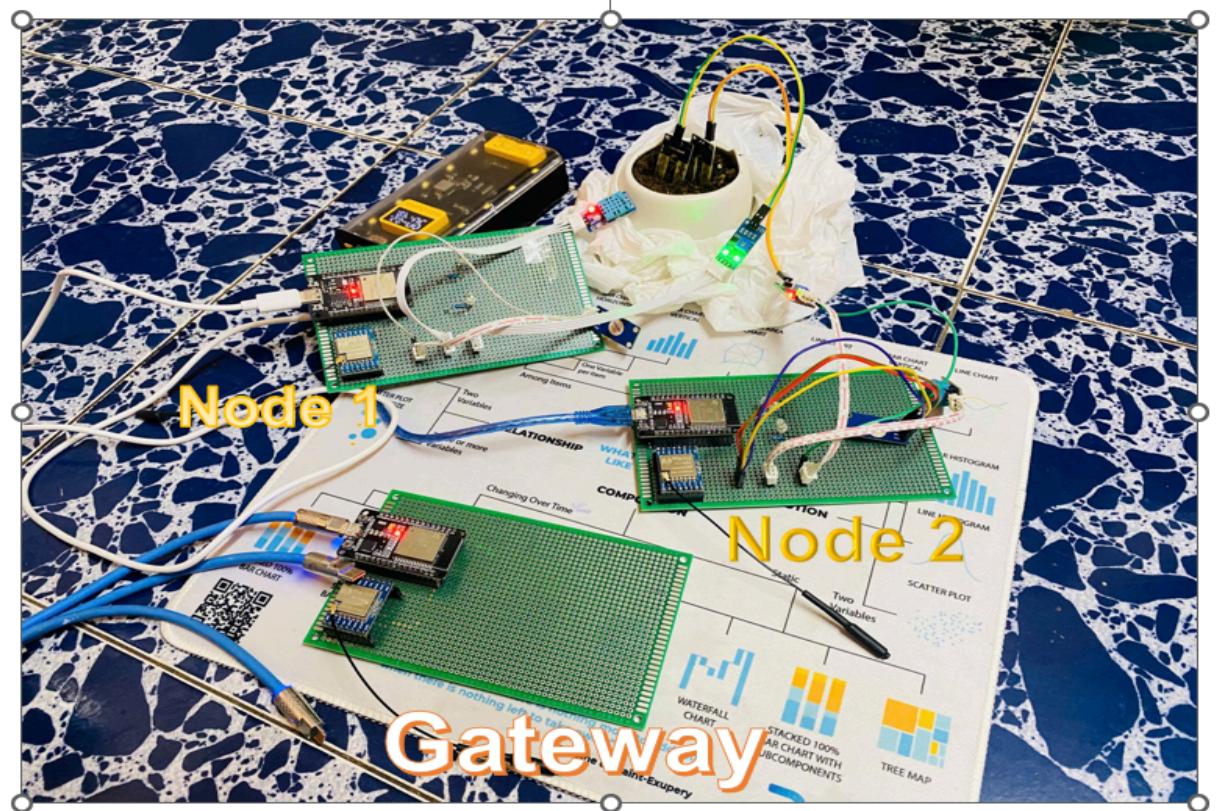


Hình 3.4: Nhận gói tin LoRa

Hình 3.3: Gửi gói tin LoRa

### 3.2. Hoàn thiện mô hình và thử nghiệm

### 3.2.1. Gateway và các node



Hình 3.5: Mô hình thử nghiệm

Mô hình thử nghiệm bao gồm 1 gateway và 2 node cảm biến:

- Gateway:
  - ESP32
  - Module Lora SX1278
  - Led mô phỏng thiết bị hiện trường
- 2 Nodes:
  - ESP32
  - Module Lora SX1278
  - DHT11
  - BH1750
  - Cảm biến đất

### 3.2.2. Giao diện người dùng

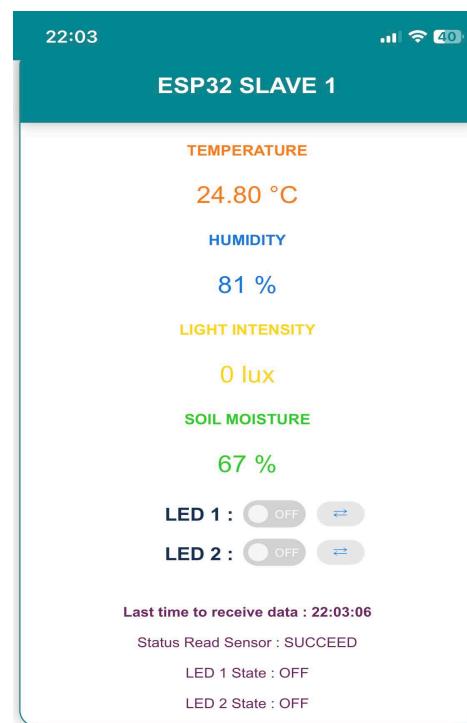
Giao diện trên máy tính:

## Đồ án hệ thống nhúng



Hình 3.6: Giao diện trên máy tính

Giao diện trên smartphone:



Hình 3.7: Giao diện trên smartphone

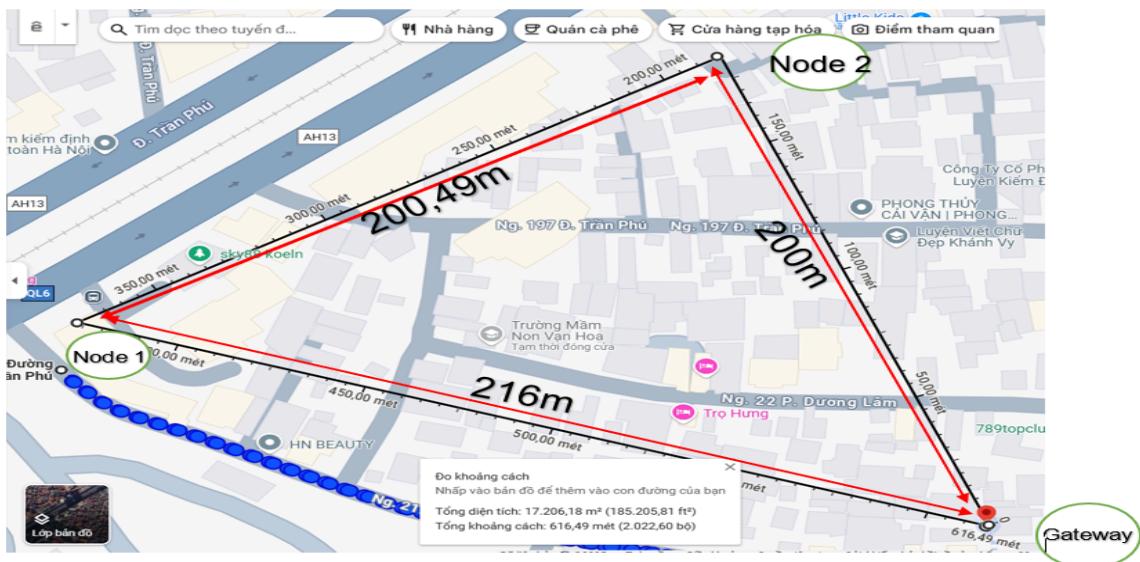
Giao diện có thể truy cập thông qua các thiết bị có kết nối WIFI giống với địa chỉ WIFI đã thiết lập ở gateway bằng cách truy cập địa chỉ IP do ESP32 cấp phát.

Qua giao diện này, ta có thể theo dõi các thông số môi trường tại vị trí đặt các node và trạng thái hoạt động của các thiết bị hiện trường. Ngoài ra ta có thể điều khiển trạng thái của các thiết bị hiện trường thông qua giao diện này.

### 3.2.3. Tiến hành thử nghiệm và kết quả

- Khả năng hoạt động ở khoảng cách xa

Nhóm em tiến hành thử nghiệm hệ thống bằng việc đặt gateway tại tầng 2 ,tầng 3 với độ cao từ 400-500m so với mặt đất để tối ưu hóa khả năng truyền sóng vật lí của module Lora sx1278 + với anten đi kèm. Sau đó, di chuyển các node ra xa với từng khoảng cách khác nhau để test:



*Hình 3.8: Khoảng cách hoạt động ổn định*

Với thử nghiệm này, gateway được đặt cách các node1 và node 2 khoảng 200m, kết quả cho thấy: gateway vẫn nhận được dữ liệu từ các node , chứng tỏ lora có khả năng phủ sóng rộng trong không gian , tuy nhiên nếu gặp vật cản như nhà cửa nhiều, bê tông dày thì khả năng truyền nhận thông tin sẽ bị yếu đi khá nhiều.

b. **Khả năng hoạt động liên tục**

Sau khoảng thời gian hoạt động liên tục (2 tuần) thì hệ thống vẫn có thể hoạt động ổn định. Khi có lỗi hệ thống bất ngờ, có hiện tượng treo thì hệ thống tự đồng reset thông qua WatchDog đã được cấu hình.

## Chương 4: Đánh giá, kết luận và hướng phát triển

Với mục tiêu “XÂY DỰNG HỆ GIÁM SÁT VƯỜN RAU SỬ DỤNG LORAWAN” nhóm đã tiến hành nghiên cứu tổng quan về công nghệ LoRa, cơ sở lý thuyết, và phương pháp triển khai mạng lưới LoRa. Đồng thời, nhóm cũng thử nghiệm khả năng truyền nhận dữ liệu trong mạng lưới LoRa để đánh giá hiệu suất và phạm vi phủ sóng của hệ thống. Các kết quả đạt được từ đề tài này sẽ là nền tảng quan trọng để phát triển và ứng dụng mạng lưới LoRa vào các hệ thống IoT diện rộng trong thực tế.

### Những kết quả chính đã đạt được

- Khái quát lý thuyết công nghệ LoRa và mạng lưới LoRa: Đề tài cung cấp cái nhìn tổng quan về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của mạng lưới LoRa, giúp hiểu rõ về cách thức hoạt động của công nghệ này trong các ứng dụng mạng không dây tầm xa.
- Xây dựng các node và gateway ứng dụng trong mạng lưới LoRa: Tạo dựng các thiết bị phần cứng và phần mềm phục vụ cho mạng LoRa, bao gồm việc thiết kế giao diện điều khiển, nhận và hiển thị dữ liệu môi trường và thiết bị theo thời gian thực.
- Thử nghiệm và đánh giá khả năng truyền nhận: Thực hiện các thử nghiệm thực tế trong môi trường mạng LoRa để kiểm tra khả năng kết nối và truyền nhận dữ liệu trên diện rộng, giúp đánh giá độ ổn định và phạm vi phủ sóng của mạng.
- Thiết kế và triển khai thành công trang web để hiển thị dữ liệu cảm biến và trạng thái thiết bị tại các node đồng thời điều khiển thiết bị. Có thể truy cập trang web thông qua điện thoại thông minh hoặc máy tính có kết nối wifi cùng với wifi được thiết kế với gateway.

### Các yếu tố gây cản trở và cách khắc phục

Trong quá trình thực nghiệm, một số yếu tố đã ảnh hưởng đến khả năng truyền nhận tín hiệu của hệ thống. Các yếu tố chính bao gồm vật cản vật lý như tường bê tông, cây cối và các lớp che chắn khác. Điều này đã khiến khoảng cách truyền tín hiệu giữa các node bị giảm sút, làm giảm hiệu quả của mạng.

Khắc phục:

- Nâng cao vị trí lắp đặt các node và gateway: Để giảm thiểu ảnh hưởng của vật cản, một giải pháp đơn giản là đặt các node và gateway ở vị trí cao hơn, giúp tránh các vật cản như tường và cây cối.
- Sử dụng anten có độ lợi cao hơn: Việc sử dụng anten có độ lợi cao hơn có thể cải thiện đáng kể phạm vi và chất lượng tín hiệu, giúp truyền nhận dữ liệu ở khoảng cách xa hơn.

## **Hướng phát triển**

Mặc dù đã đạt được những kết quả khả quan, đề tài này vẫn còn một số hạn chế và có thể tiếp tục phát triển thêm trong tương lai. Cụ thể:

- Cải thiện gateway: Hiện tại hệ thống được thiết kế dựa trên mô hình P2P do hạn chế về tài chính. Có thể thay đổi ESP32 bằng vi điều khiển khác mạnh mẽ hơn để có thể trở thành một gateway đúng nghĩa với đầy đủ các tính năng cho một gateway trong mạng Lora.
- Cải thiện nguồn pin: Tích hợp thêm các nguồn pin năng lượng mặt trời hoặc năng lượng gió để có thể đáp ứng năng lượng liên tục cho các node và gateway một cách ổn định đồng thời thân thiện với môi trường.
- Cải thiện giao diện: Hiện tại, sản phẩm còn có một số hạn chế, như giao diện hiển thị dữ liệu còn hạn chế có thể tự viết một phần mềm điều khiển và giám sát riêng để cải thiện giao diện.
- Mở rộng khả năng điều khiển và thu thập dữ liệu: Phát triển thêm các tính năng khác, tích hợp cảm biến để có thể thu thập dữ liệu môi trường và hiển thị chúng trên giao diện người dùng dưới dạng biểu đồ hoặc số liệu. Kết hợp thêm camera giám sát để có thể kiểm soát một cách trực quan hơn.
- Thêm tính năng Add device và Remove device: Tạo điều kiện để người dùng có thể chủ động thêm hoặc xóa node khỏi mạng LoRa, giúp việc quản lý mạng lưới trở nên linh hoạt và dễ dàng hơn.
- Cải thiện và mở rộng ứng dụng: Nâng cao tốc độ truyền nhận gói tin và cải thiện tính ổn định của mạng, nhằm ứng dụng rộng rãi hơn trong các lĩnh vực như thành phố thông minh, nông nghiệp thông minh và các hệ thống IoT điện rộng khác.

## **Đánh giá tác động và ý nghĩa nghiên cứu**

Đề tài này không chỉ đóng góp vào việc hiểu rõ hơn về công nghệ LoRa và các ứng dụng của nó mà còn giúp xây dựng một hệ thống thực tiễn có thể được triển khai trong các đô thị và các hệ thống IoT lớn. Những kết quả đạt được từ các thử nghiệm trong đề tài cho thấy LoraWan là một giải pháp tiềm năng cho các ứng dụng trong môi trường không dây, đặc biệt trong việc kết nối các thiết bị ở khoảng cách xa và trong điều kiện môi trường phức tạp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Lịch, Lê Hồng Nam, “Mạng không dây LoRa cho ứng dụng IoT tầm xa”, *Tạp chí Điện tử, Khoa học và Công nghệ*, 2020, tr. 1.
- [2] Tiancheng Li, Yating Zhang, và Yantao Huang, *LoRa Localization: System Design and Performance Analysis*, Springer, 2023, pp. 12-20.
- [3] Peter Telep, *The Easy Guide to Meshtastic and LoRa: How You Can Set Up Off-Grid Communications*, 2023, pp. 23-45.
- [4] Université Savoie Mont Blanc, *LoRaWAN Free Book: Understanding LoRaWAN Networks*, 2023, pp. 8-16.
- [5] Aloÿs Augustin, Jiazi Yi, Thomas Clausen, and William Mark Townsley, *A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things*, 2016, pp. 4-7.