



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN  
KHOA VẬT LÝ – VẬT LÝ KỸ THUẬT



KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

**Đề tài:**

**XÂY DỰNG HỆ THỐNG IOT QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG DỰA  
TRÊN MẠNG ĐIỆN RỘNG CÔNG SUẤT THẤP**

SVTH:      Lưu Quốc Minh

CBHD:      ThS. Trần Hoàng Nhựt

TS. Nguyễn Chí Nhân

# Nội dung trình bày

1. Mục tiêu đề tài
2. Thiết kế hệ thống
3. Kết quả phân tích và đánh giá
4. Kết luận và hướng phát triển

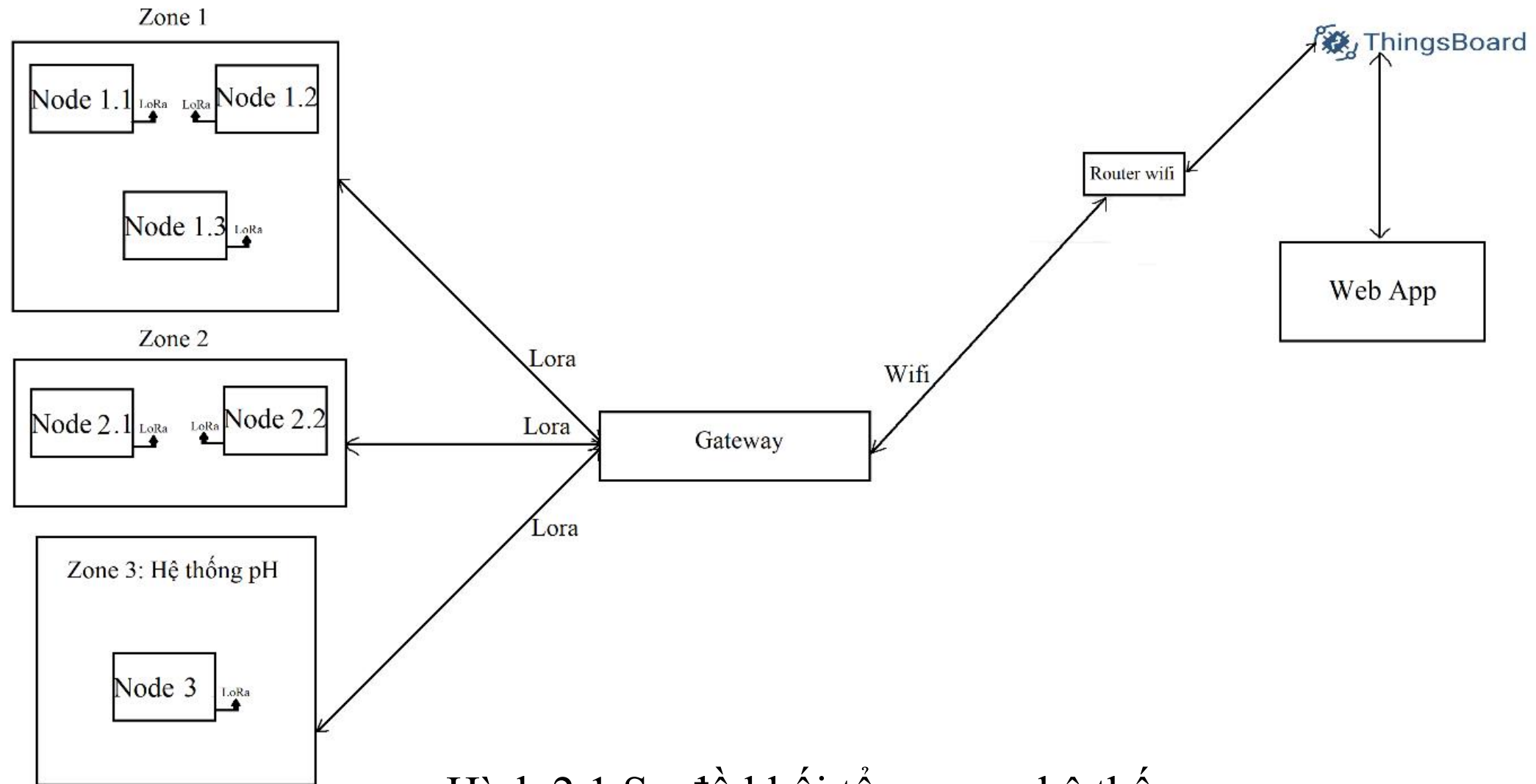
# 1. Mục tiêu đề tài

Thiết kế và xây dựng hệ thống IoT quan trắc môi trường dựa trên mạng diện rộng công suất thấp. Hệ thống gồm:

- Zone 1: 3 node thu thập dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm không khí.
- Zone 2: 2 node thu thập dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm không khí.
- Zone 3: 1 node thu thập dữ liệu môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, áp suất), chỉ số pH, chỉ số chất lượng nước TDS, nhiệt độ nước trong 3 mẫu nước khác nhau.
- Các node được thiết kế hoạt động ở chế độ ngủ deep-sleep nhằm tiết kiệm công suất tiêu thụ. Bên cạnh đó còn được kết nối thành hệ thống mạng diện rộng công suất thấp LoRa.
- Gateway đóng vai trò gửi yêu cầu dữ liệu đến các node, nhận dữ liệu thu được từ các node và đóng vai trò xử lý máy học AI xác định chất lượng từng mẫu nước ở zone 3. Gateway có tính linh động, có thể di chuyển trong phạm vi nhận của các node. Dữ liệu thu thập được truyền lên nền tảng IoT Thingsboard nhằm trực quan hóa dữ liệu, ngoài ra còn có thể cài đặt các chế độ hoạt động và thời gian auto khác nhau đối với các zone.

## 2. Thiết kế hệ thống

### 2.1 Sơ đồ khối hệ thống



Hình 2.1 Sơ đồ khối tổng quan hệ thống

## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.1 Chức năng của node

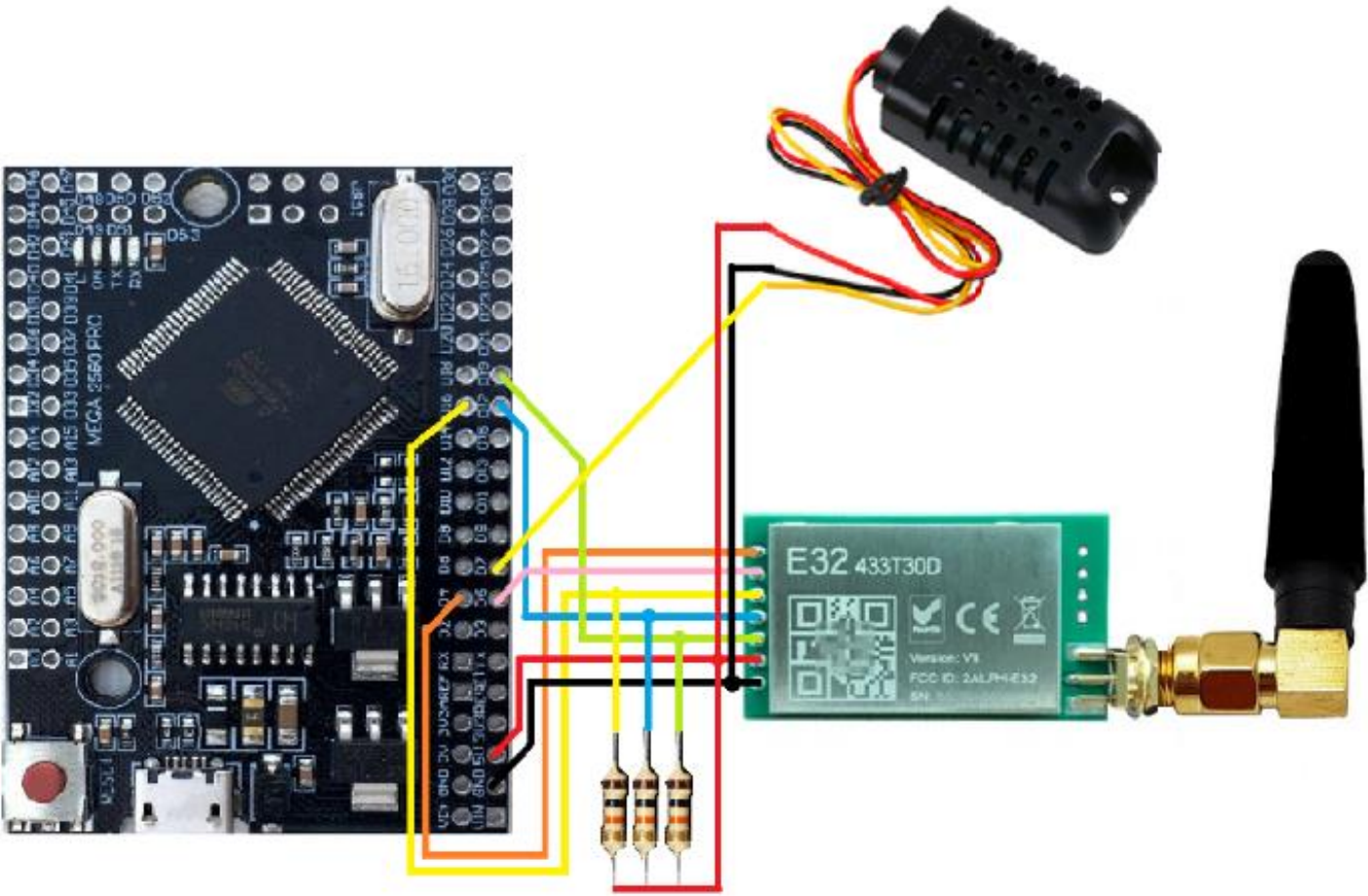
- Các node ở zone 1 và zone 2 có chức năng thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí (cảm biến DHT21).
- Dữ liệu thu thập được gửi đến gateway qua LoRa.
- Trong đó hệ thống hiện tại zone 1 gồm có 3 node, zone 2 gồm 2 node.
- Các node được sử dụng nguồn 7,6V gồm 2 viên pin 18650 nối tiếp nhau.

# 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

## 2.2.2 Sơ đồ nguyên lý

Bảng 2.1 Bảng hiển thị nối dây các node zone 1,2

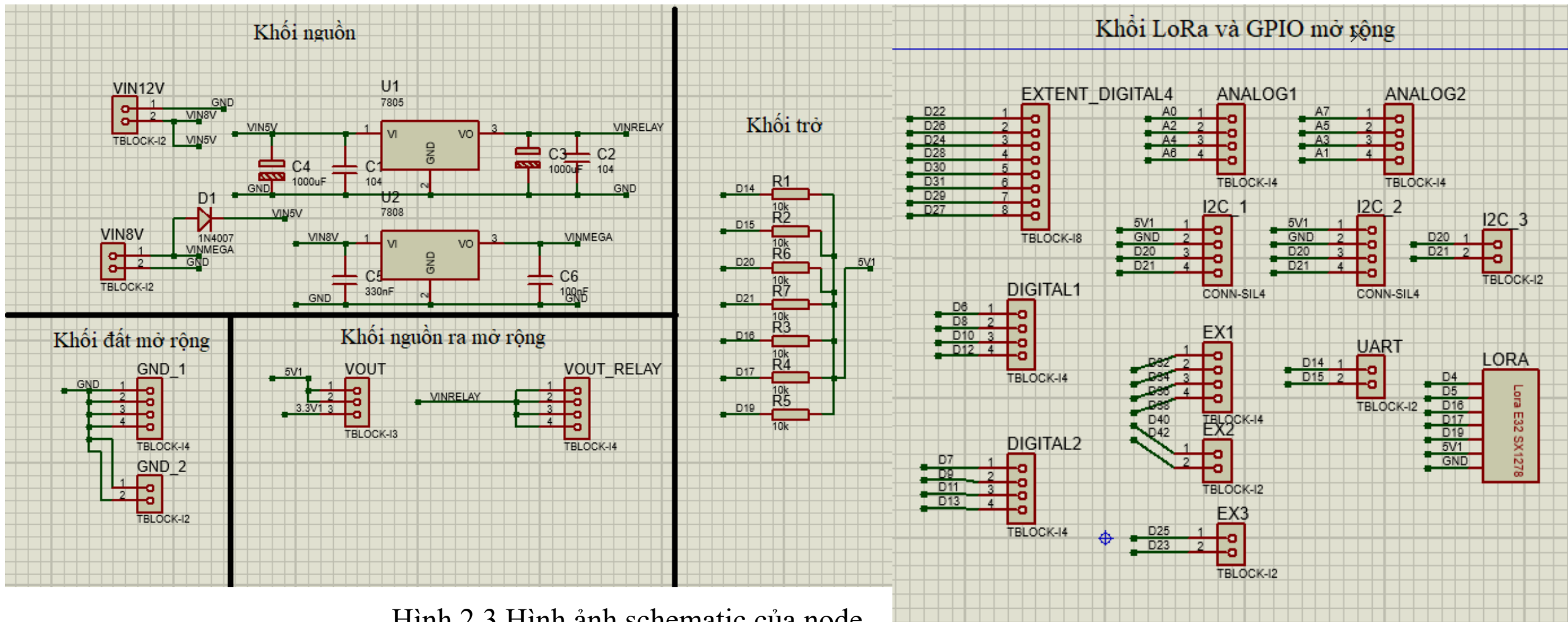
Mega 2560 Pro	Module LoRa E32	DHT21	Các linh kiện khác
D4	M0		
D5	M1		
D7		DATA	
D16(RX)	TX		Điện trở 10k kéo lên
D17(RX)	RX		Điện trở 10k kéo lên
D19	AUX		Điện trở 10k kéo lên
5V	VCC	VCC	
GND	GND	GND	



Hình 2.2 Hình ảnh sơ đồ nguyên lý các node ở zone 1 và zone 2

## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.3 Bản thiết kế schematic

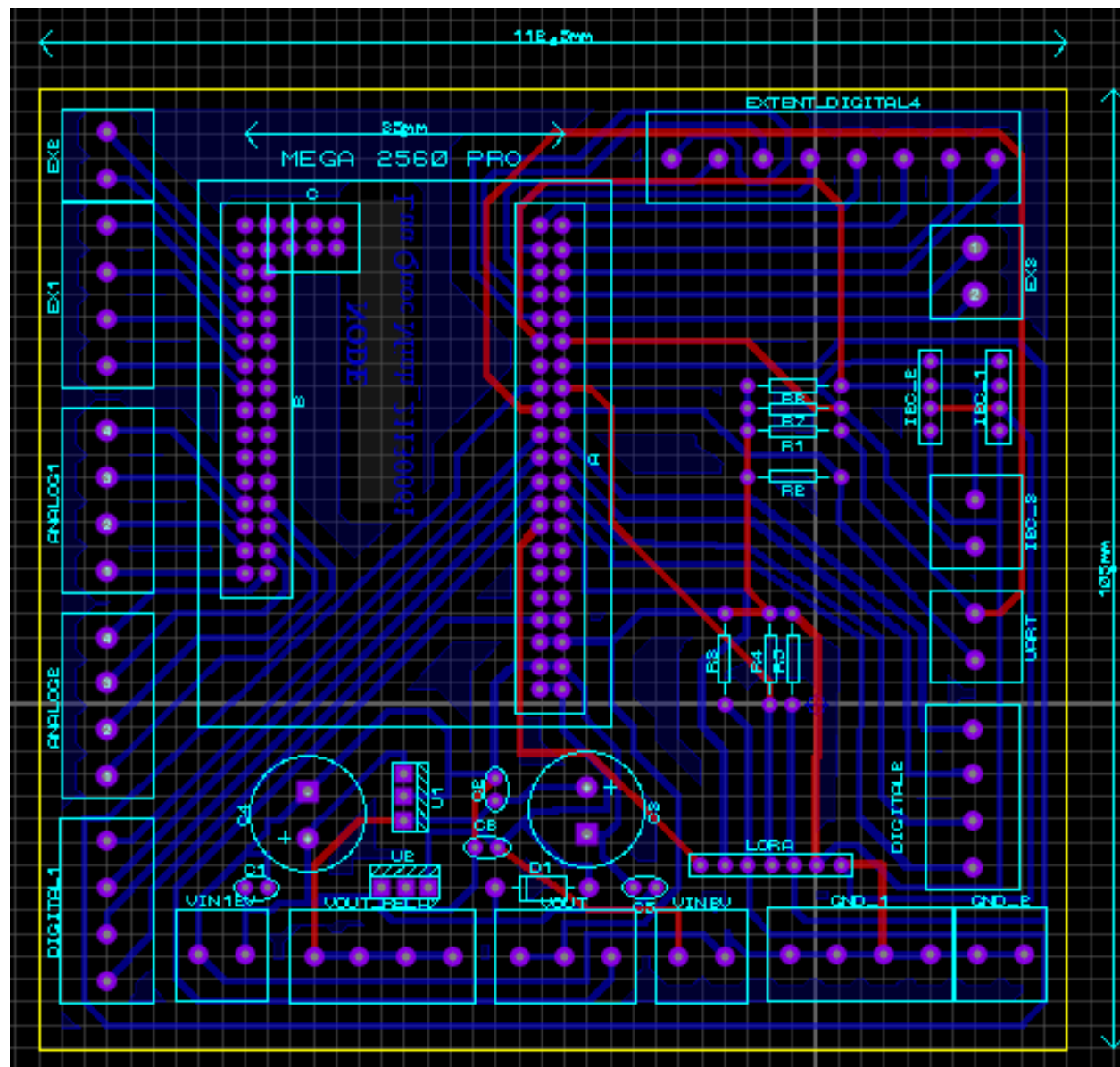


Hình 2.3 Hình ảnh schematic của node

## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.4 Bản layout PCB

PCB ở các node có kích thước 11,65 cm x 10,5 cm, in 2 lớp được tích hợp các cổng giao tiếp từ Arduino Mega 2560 Pro ra các domino để khi người dung sử dụng các cổng giao tiếp dễ dàng.



Hình 2.4 Hình ảnh PCB 2D của node

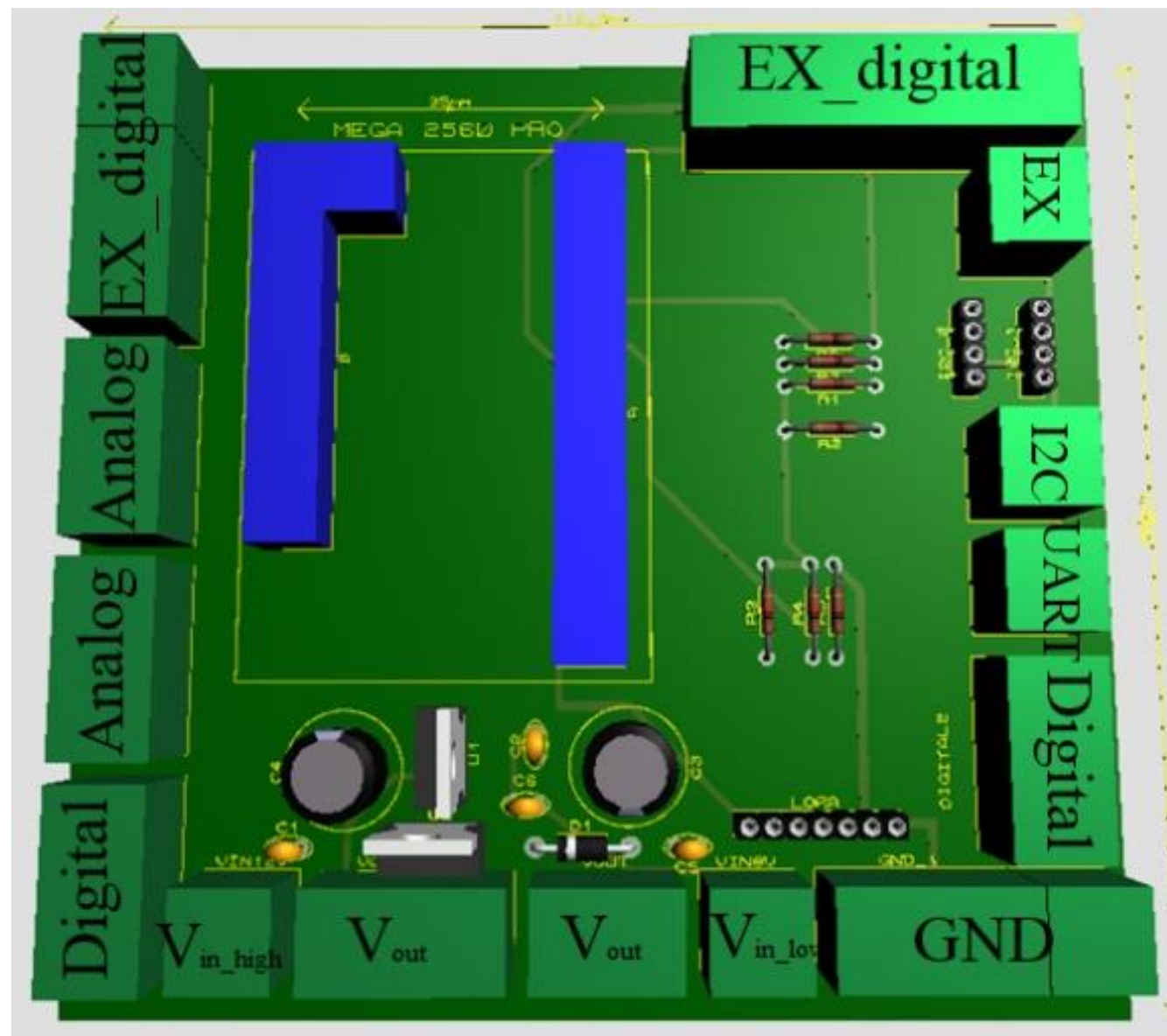


## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.4 Bản layout PCB

PCB ở các node được tích hợp:

- + 16 cổng digital mở rộng
- + 8 cổng analog
- + 8 cổng digital
- + 1 cổng UART và 3 cổng I2C
- + Có thể cấp nguồn 10-15V hoặc 7-10V tùy theo nhu cầu người sử dụng
- + Có tích hợp 6 cổng 5V, 1 cổng 3.3V và 6 đầu để cấp cho cảm biến.

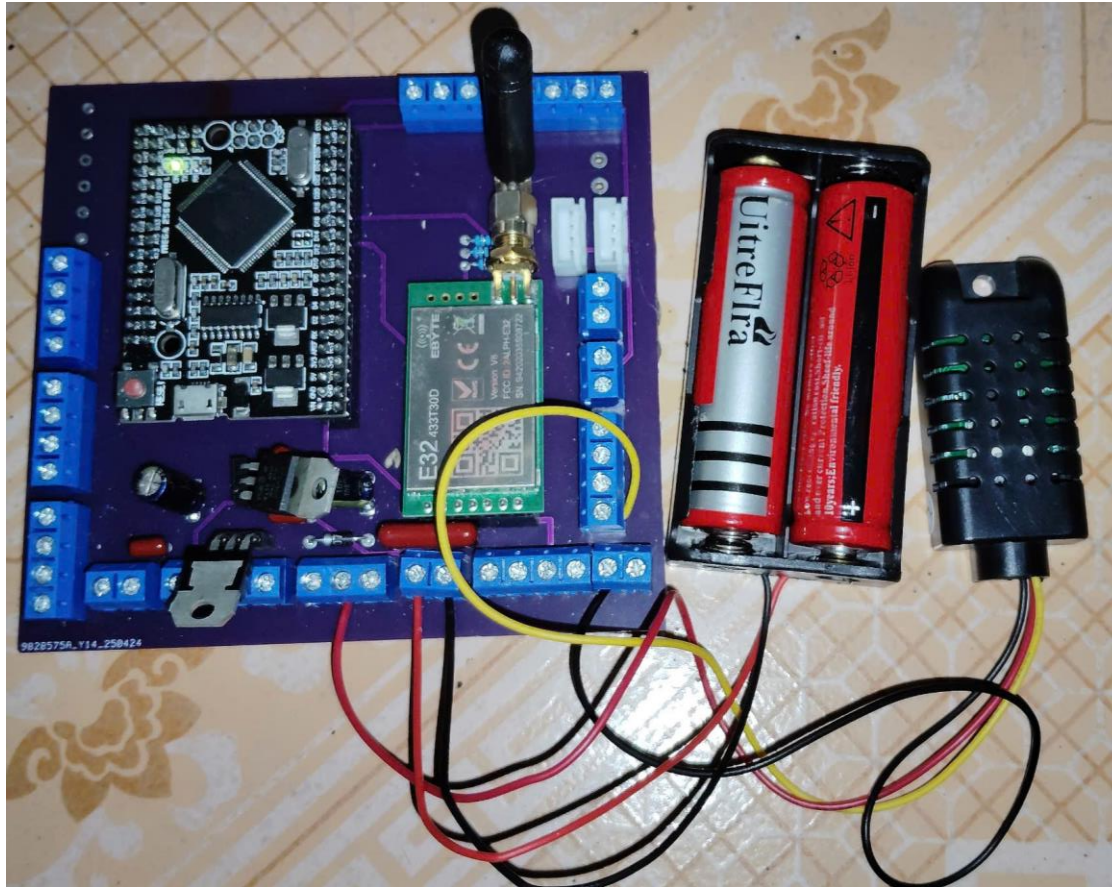


Hình 2.5 Hình ảnh PCB 3D của node

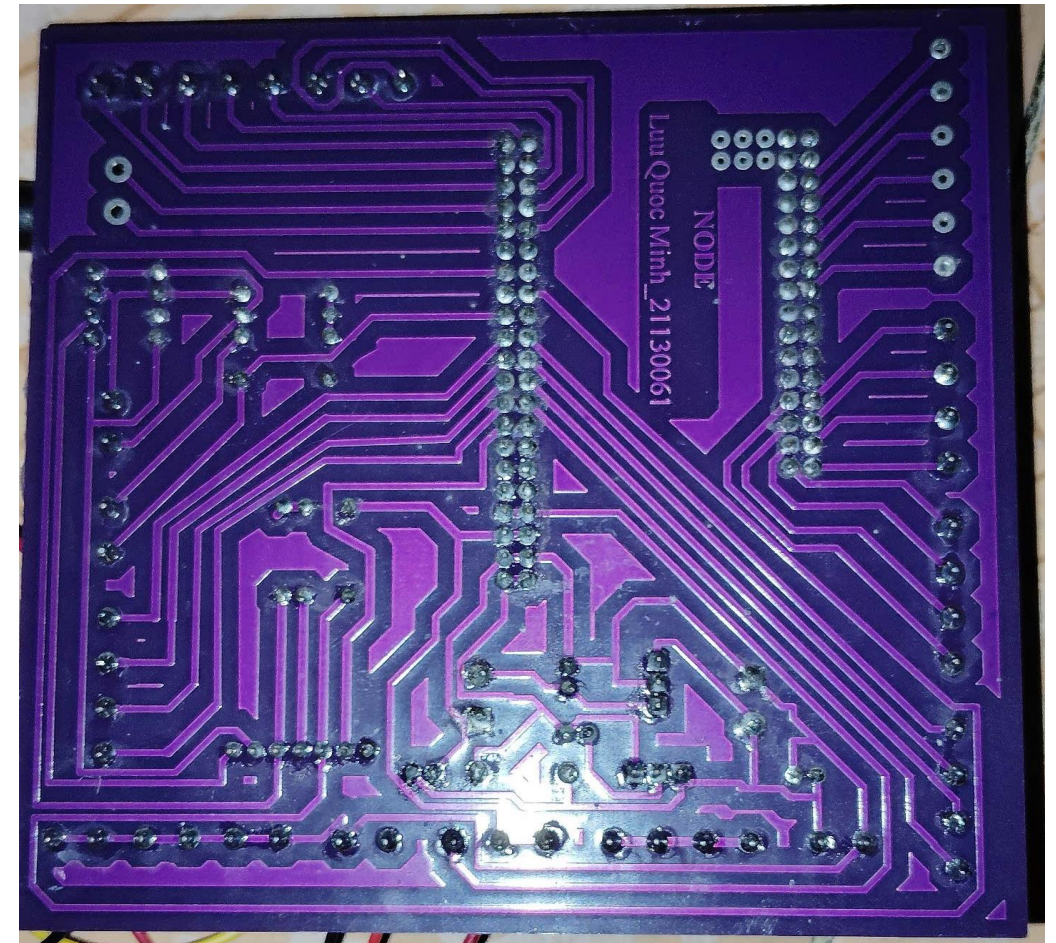


## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.5 Mạch thực tế



Hình 2.6 Hình ảnh PCB thực tế mặt trước zone 1 và zone 2



Hình 2.7 Hình ảnh PCB thực tế mặt sau zone 1 và zone 2

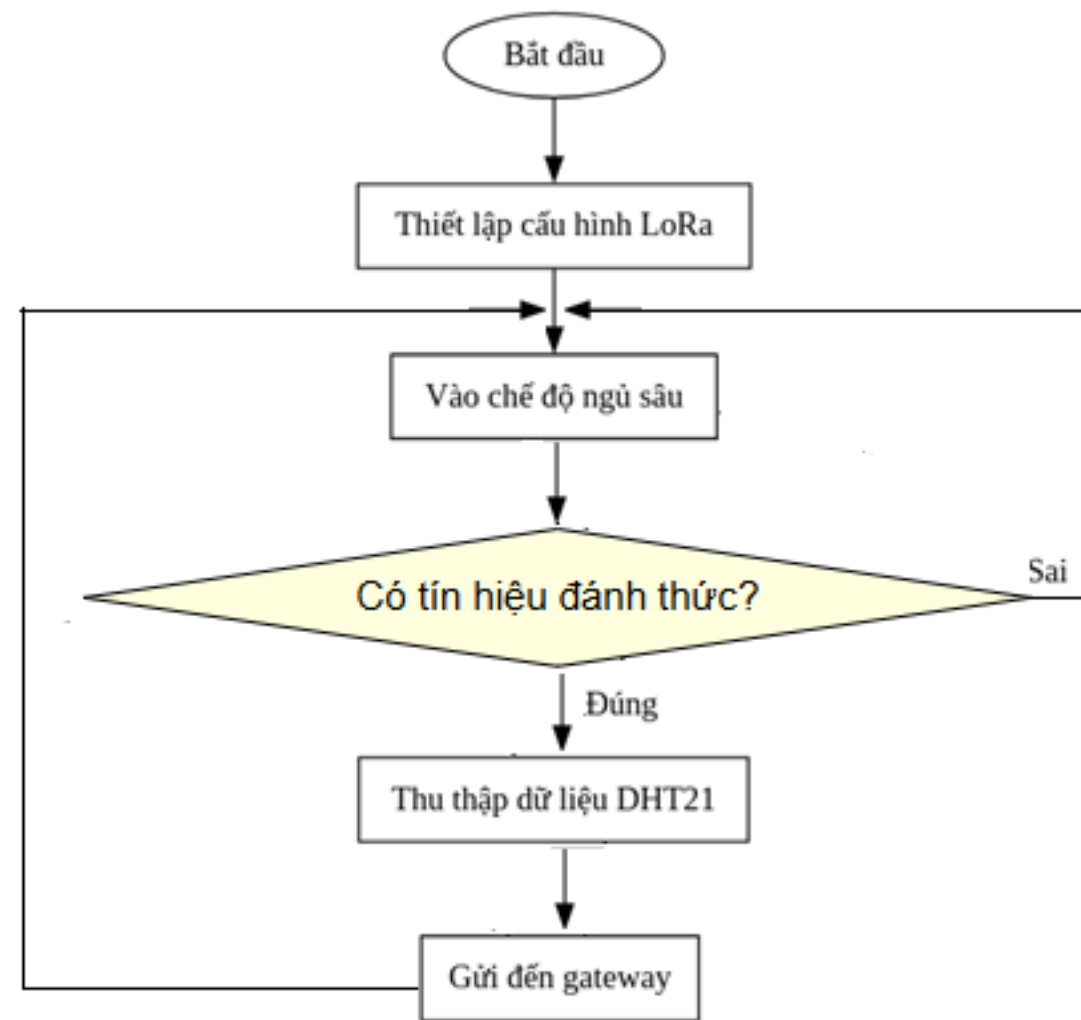
## 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

### 2.2.6 Lưu đồ thuật toán và firmware

Bảng 2.2 Cấu hình thông số chung zone 1 và 2

Baudrate	Parity	Speed	Polling time
9600	8N1	2.4Kbps	250ms

Output Power	Transmit Mode	Channel
20dBm	Target	23



Hình 2.8 Lưu đồ thuật toán xử lý tại các node zone 1 và zone 2

# 2.2 Thiết kế node zone 1 và zone 2

## 2.2.6 Lưu đồ thuật toán và firmware

Bảng 2.3 Cấu hình thông số riêng từng node có trong zone 1 và 2

Zone	Node	Address	ID
1	1.1	4	1
	1.2	5	2
	1.3	6	3
2	2.1	7	4
	2.2	8	6

Bảng 2.4 Giao thức giữa node đến gateway ở zone 1 và 2

Nhãn	i	t	h
Giá trị	ID	Data temperature ( °C)	Data humidity (%)

**VD :** Khi node 1.1 đã thu thập từ cảm biến, node sẽ tổng hợp thành một chuỗi json và gửi đi là: {“i”:“1”,”t”:”28.82”,”h”:”50.21”}

## 2.3 Thiết kế node zone 3

### 2.3.1 Chức năng của node

Zone 3 là node đặc biệt với nhiệm vụ thu thập dữ liệu chất lượng nước và đưa ra dự đoán về chất lượng nước bằng thuật toán máy học. Node này được tích hợp các cảm biến:

- Cảm biến nhiệt độ nước (PT100)
- Cảm biến TDS
- Cảm biến pH
- Cảm biến BME280 (đo nhiệt độ, độ ẩm, áp suất môi trường)

Dữ liệu từ các cảm biến này sẽ được gửi đến gateway Jetson Nano để xử lý và đưa ra dự đoán mẫu nước là “đạt” hoặc “không đạt” dựa trên mô hình học máy được huấn luyện từ trước.

## 2.3 Thiết kế node zone 3

### 2.3.1 Chức năng của node

- Điều khiển tự động (Auto):
  - + Hệ thống sẽ thu thập dữ liệu cảm biến môi trường và các dữ liệu pH, TDS, nhiệt độ nước của 3 mẫu nước khi có yêu cầu từ gateway gửi xuống.
  - + Dữ liệu được truyền về Jetson Nano để xử lý và hiển thị cho người dùng.
  - + Bơm dung dịch bảo quản đầu dò cảm biến.
- Điều khiển thủ công (Manual):
  - + Có các chức năng thu thập dữ liệu cho từng mẫu nước.
  - + Dữ liệu được truyền về Jetson Nano để xử lý và hiển thị cho người dùng

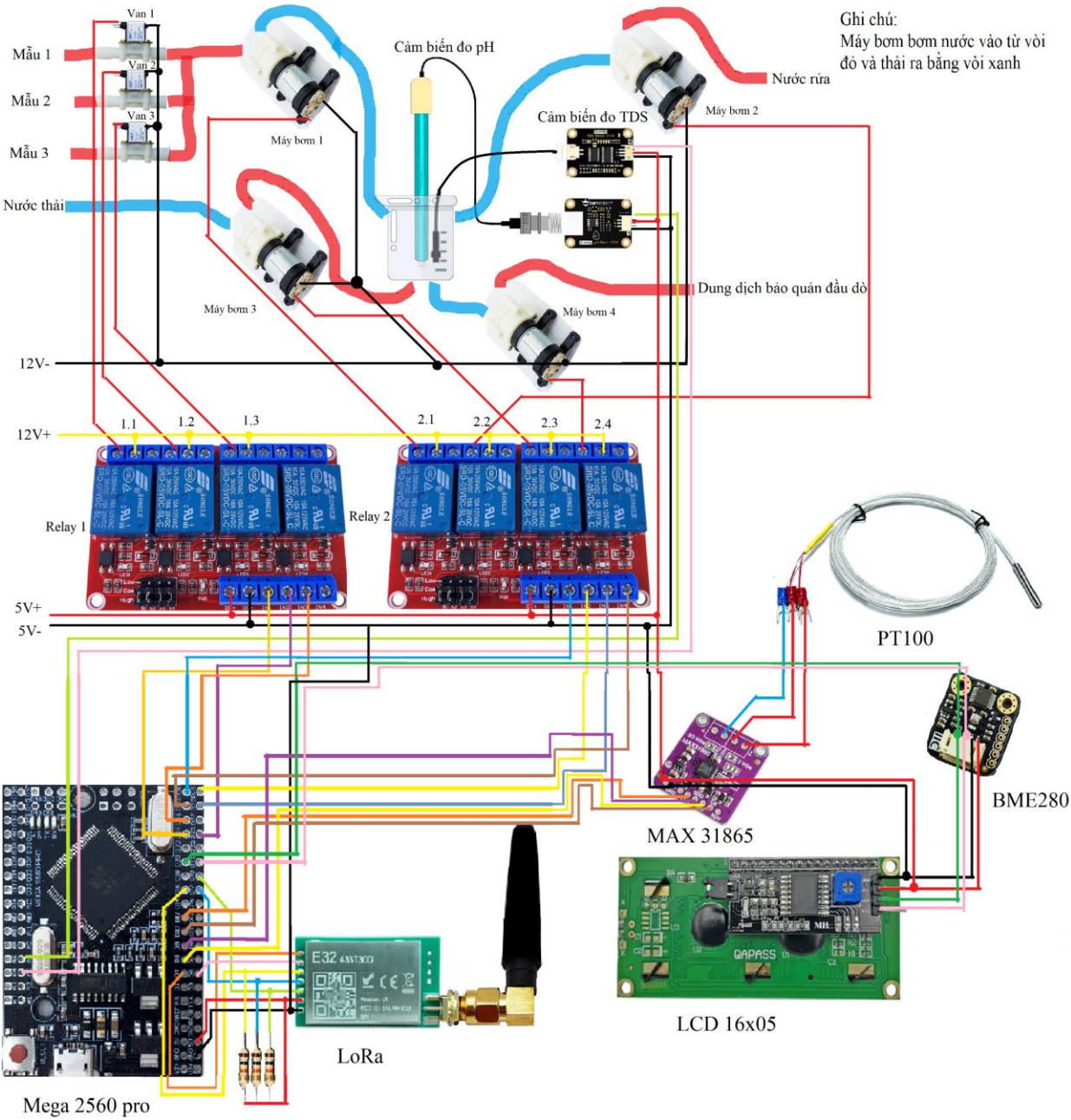


# 2.3 Thiết kế node zone 3

## 2.3.1 Sơ đồ nguyên lý

Bảng 2.5 Bảng các thiết bị được relay điều khiển

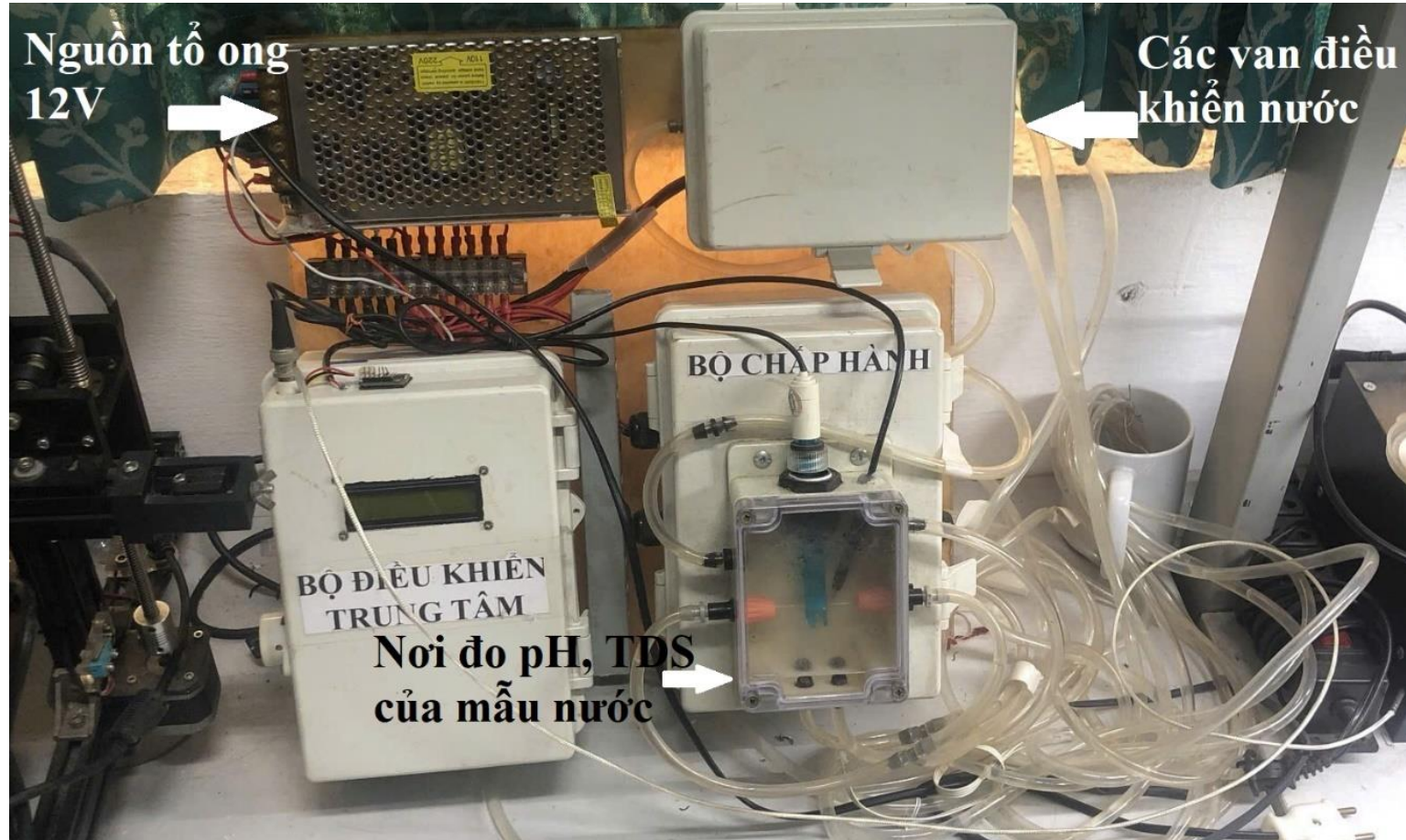
Relay	Điều khiển thiết bị
Relay 1.1	Van 1
Relay 1.2	Van 2
Relay 1.3	Van 3
Relay 2.1	Máy bơm 1
Relay 2.2	Máy bơm 2
Relay 2.3	Máy bơm 3
Relay 2.4	Máy bơm 4



Hình 2.9 Hình ảnh sơ đồ nguyên lý node ở zone 3

## 2.3 Thiết kế node zone 3

### 2.3.2 Mạch thực tế

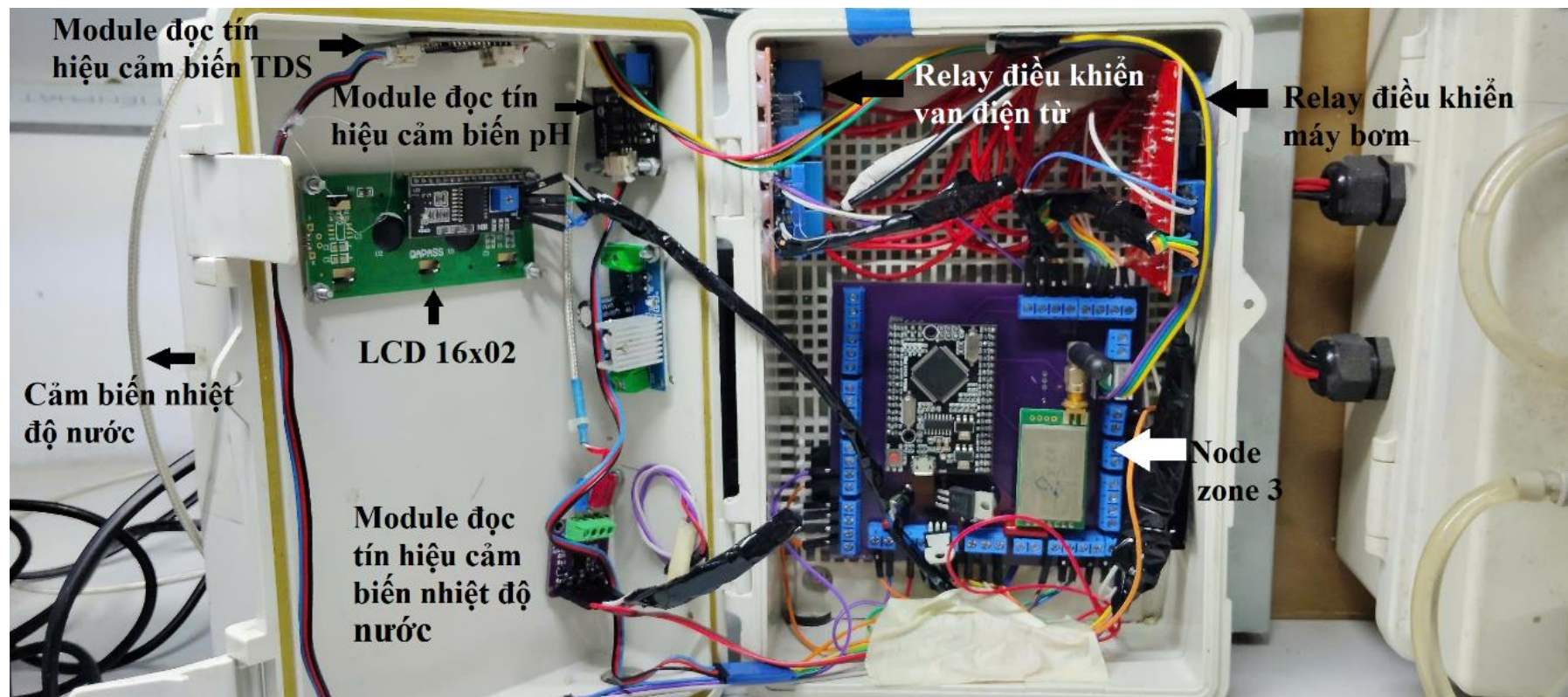


Hình 2.10 Mô hình node ở zone 3



## 2.3 Thiết kế node zone 3

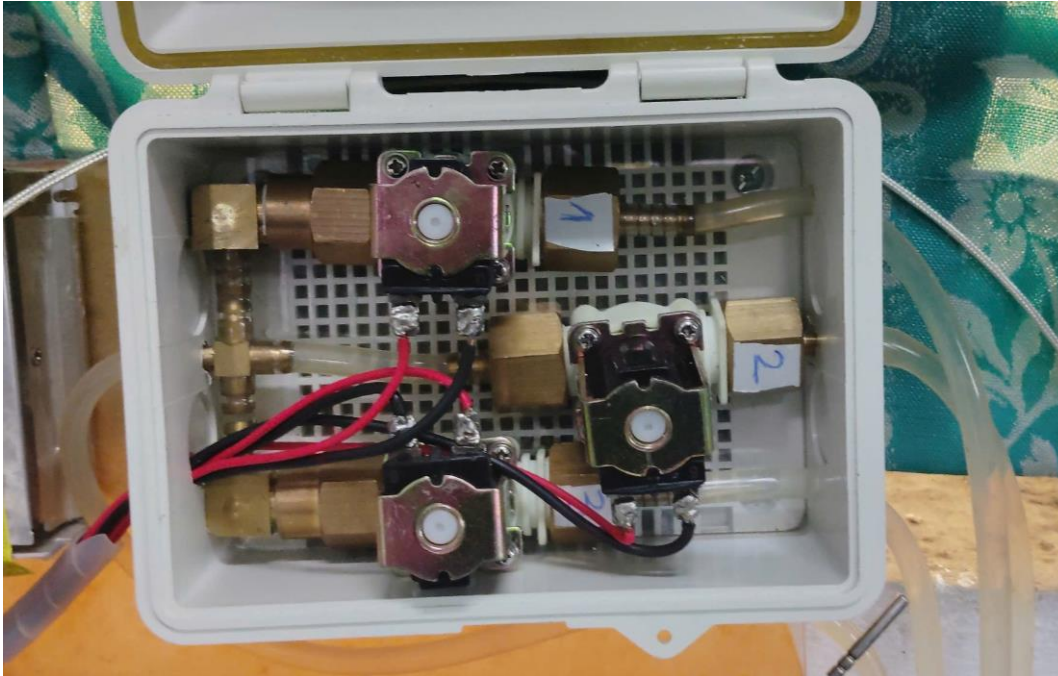
### 2.3.2 Mạch thực tế



Hình 2.11 Bên trong bộ điều khiển trung tâm ở node 3

## 2.3 Thiết kế node zone 3

### 2.3.2 Mạch thực tế



Hình 2.12 Các van điều khiển dòng nước



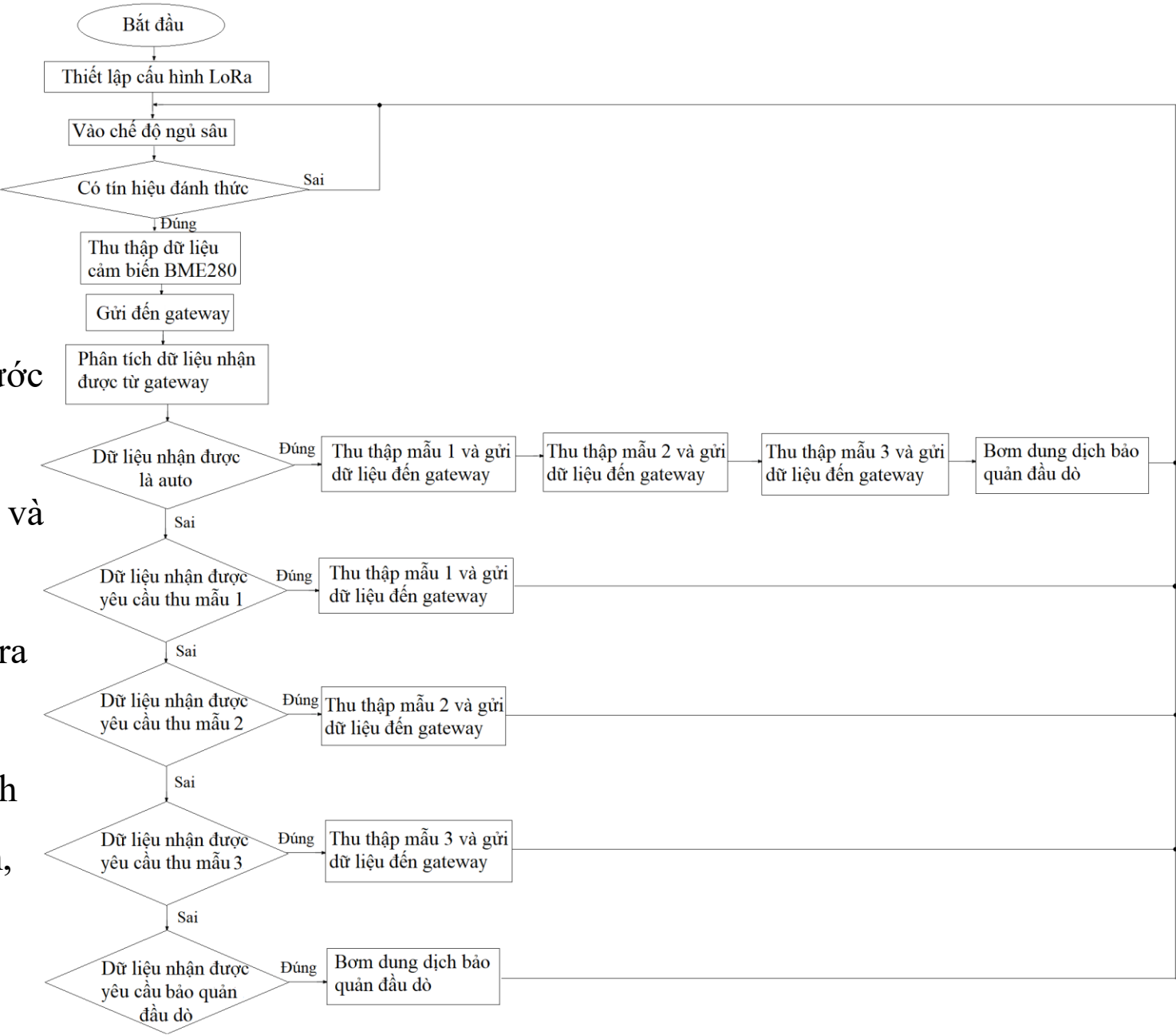
Hình 2.13 Các máy bơm điều khiển dòng nước

# 2.3 Thiết kế node zone 3

## 2.3.3 Lưu đồ thuật toán

Các bước để thu thập dữ liệu một mẫu nước:

- Bước 1: Xả nước hiện có trong hệ đo.
- Bước 2: Mở van hồ nước cần đo, sau đó bơm mẫu nước từ hồ vào hệ đo.
- Bước 3: Tiến hành đo giá trị pH, TDS, nhiệt độ nước và gửi kết quả về gateway (thiết bị Jetson Nano).
- Bước 4: Sau khi đo xong, kích hoạt bơm để xả nước ra khỏi hệ thống.
- Bước 5: Tiến hành vệ sinh đầu dò cảm biến bằng cách bật máy bơm để phun nước từ hai béc phun màu cam, đồng thời tiếp tục xả nước..



Hình 2.14 Lưu đồ xử lý tại node zone 3

# 2.3 Thiết kế node zone 3

## 2.3.4 Firmware

Bảng 2.6 Cấu hình thông số cho LoRa ở node

Baud	Parity	Speed	Polling time	Output Power	Transmit Mode	Chan	Add	ID
9600	8N1	2.4Kbps	250ms	20dBm	Target	23	2	5

Bảng 2.7 Giao thức node zone 3 khi đo môi trường

Nhãn	i	t	h	e	a
Giá trị	5	Temperature ( °C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)	Altimeter (m)

Vd: Khi node zone 3 thu thập dữ liệu môi trường, node sẽ tổng hợp thành một chuỗi json và gửi đi là:

{“i”:5,”t”:27.95,”h”:46.48,”e”:100618,”a”:75.07}

Bảng 2.8 Giao thức giữa node zone 3 đến gateway khi đo mẫu nước

Nhãn	i	m	p	tds	w
Giá trị	5	Mẫu nước cần đo	Độ pH nước	Chỉ số TDS (ppm)	Nhiệt độ nước ( °C)

Vd: Khi node zone 3 thu thập dữ liệu từ mẫu nước 3, node sẽ tổng hợp thành một chuỗi json và gửi đi là:

{“i”:5,”m”:3,”p”:”6.99”,”tds”:”59”,”w”:29.29}



## 2.4 Thiết kế gateway

### 2.4.1 Chức năng của gateway

- Switch nguồn phần cứng (ưu tiên cao nhất):
  - + Khi bật, trạng thái các công tắc auto (Zone 1/2/3) được xác định bởi công tắc vật lý, bỏ qua thiết lập trên ThingsBoard.
- Chế độ phần mềm (khi switch nguồn phần cứng không bật):
  - + Gateway đọc chế độ auto/manual từ ThingsBoard.
  - + Nếu auto được bật, người dùng có thể chọn 1 trong 2 chế độ phụ:
    - Auto theo chu kỳ: gửi yêu cầu định kỳ mỗi X phút.
    - Auto theo giờ cụ thể: gửi yêu cầu tại các mốc thời gian như 08:00, 12:00, 16:00,...
  - + Ngoài ra, người dùng có thể gửi yêu cầu thủ công qua nút lệnh “Lấy dữ liệu ngay”.

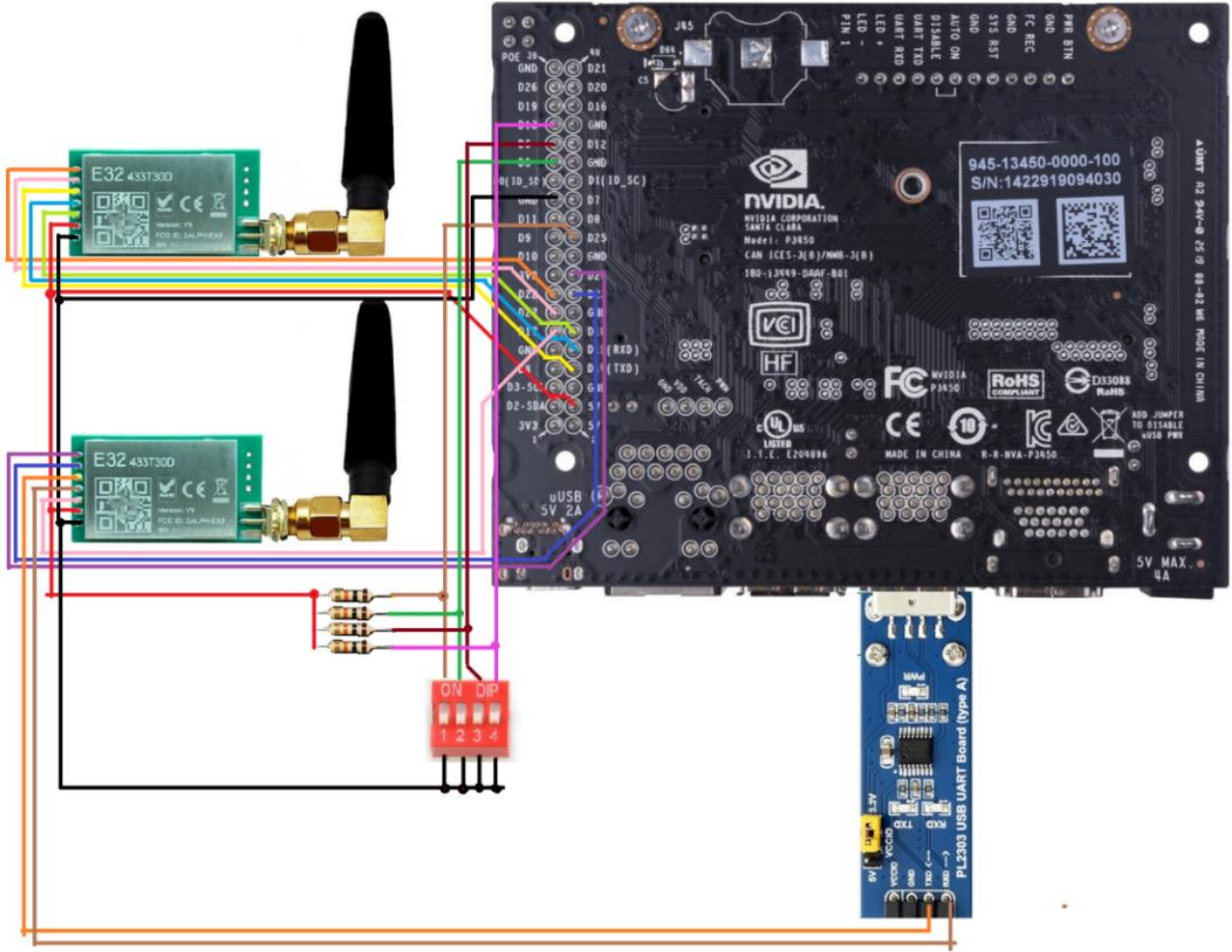
Bên cạnh đó, gateway còn có chức năng nhận dữ liệu zone 3 từ ThingsBoard, dự đoán mẫu nước và hiển thị kết quả ngược lại lên Thingsboard

# 2.4 Thiết kế gateway

## 2.4.2 Sơ đồ nguyên lý

Bảng 2.9 Bảng hiển thị nối dây trong gateway

Jetson nano	LoRa 1 (Send)	LoRa 2 (Receive)	Deep Switch	USB UART	Trở kéo lên
D5			2		Có
D6			3		Có
D13`			4		Có
D14	RX				
D15	TX				
D17		AUX			
D18	AUX				
D22	M0				
D23		M1			
D24		M0			
D25			1		Có
D27	M1				
		RX		TX	
		TX		RX	

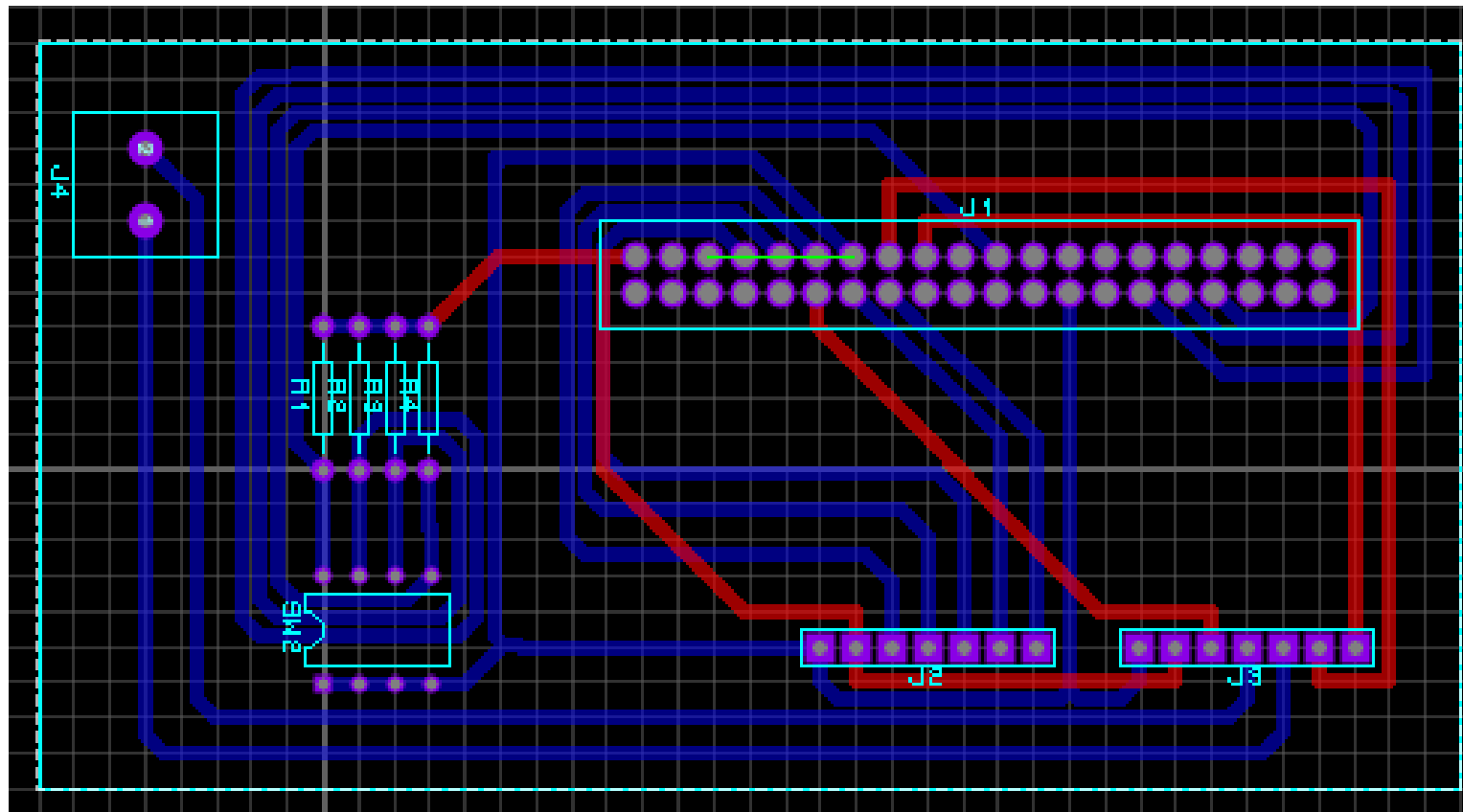


Hình 2.15 Hình ảnh sơ đồ nguyên lý gateway

## 2.4 Thiết kế gateway

### 2.4.2 Bản layout PCB

Các dây điện nối trong PCB 2D chỉ là mô tả các nối dây, còn mạch thực tế sử dụng PCB lỗ toàn bộ đi dây đường trên.



Hình 2.16 Hình ảnh PCB 2D của gateway

## 2.4 Thiết kế gateway

### 2.4.3 Mạch thực tế

PCB được tích hợp deep switch gat (Gạt xuống là tắt, gạt lên là bật) có chức năng từ trái sang phải lần lượt:

Switch 1: Dùng để bật/tắt phần cứng

Switch 2: Dùng để bật auto zone 1

Switch 3: Dùng để bật auto zone 2

Switch 4: Dùng để bật auto zone 3



Hình 2.17 Hình ảnh PCB thực tế của gateway

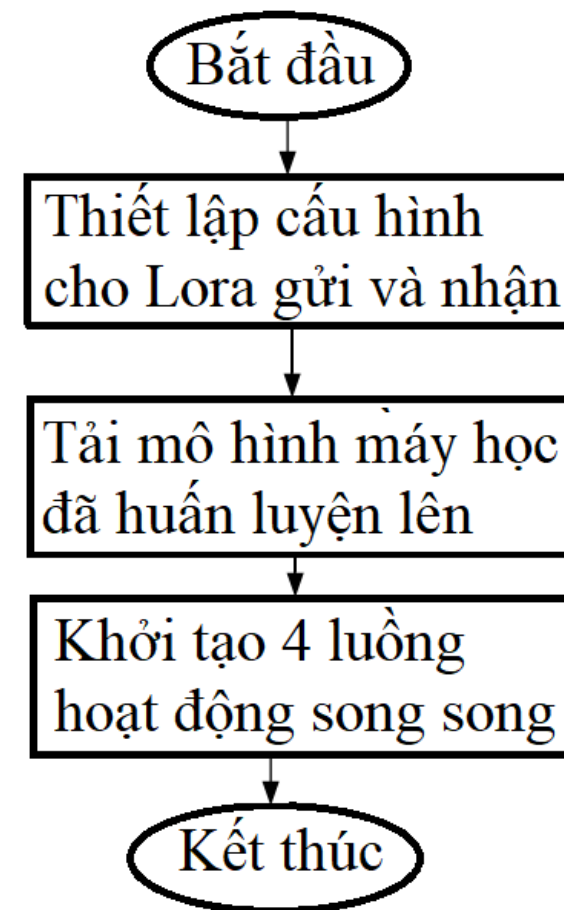


## 2.4 Thiết kế gateway

### 2.4.4 Lưu đồ thuật toán

Bảng 2.10 Cấu hình thông số cho LoRa ở gateway

Baud	Parity	Speed	Polling time	Output Power	Transmit Mode	Chan	Address Send	Address Receive
9600	8N1	2.4Kbps	250ms	20dBm	Target	23	1	3



Hình 2.18 Lưu đồ thuật toán tại gateway

# 2.4 Thiết kế gateway

## 2.4.4 Lưu đồ thuật toán

Bảng 2.11 Giao thức giữa gateway đến node

Node	ID	Dữ liệu gửi
1.1	1	Data
1.2	2	
1.3	3	
2.1	4	
2.2	6	

VD: Khi yêu cầu dữ liệu từ node 1.1, gateway sẽ gửi đến node 1.1 một chuỗi json là:  
{ 'id': '1','d':'Data'}

Bảng 2.12 Bảng yêu cầu dữ liệu tương ứng với dữ liệu được gửi đến zone 3

ID	Dữ liệu gửi	Dữ liệu yêu cầu
5	Manual1	Lấy dữ liệu từ mẫu 1
	Manual2	Lấy dữ liệu từ mẫu 2
	Manual3	Lấy dữ liệu từ mẫu 3
	Manual4	Bơm dung dịch bảo quản
	Auto	Lấy cả 3 mẫu và bơm dung dịch bảo quản

VD: Khi yêu cầu dữ liệu lấy cả 3 mẫu và bơm dung dịch bảo quản trong chế độ auto, gateway sẽ gửi đến node zone 3 một chuỗi json là:  
{ 'id': '5','d':'Auto'}

## 2.4 Thiết kế gateway

### 2.4.4 Lưu đồ thuật toán

Chức năng các luồng hoạt động:

1. Gửi yêu cầu dữ liệu đến các node
2. Nhận data mà node gửi đến, sau đó lưu vào một biến chế độ FIFO.
3. Nhận dữ liệu từ biến của luồng 2, sau đó sẽ phân tích dữ liệu thu được là từ node nào và hiển thị lên giao diện Thingsboard dưới dạng biểu đồ thời gian thực.
4. Đọc dữ liệu mới nhất được gửi lên Thingsboard của zone 3. Sau đó đưa vào dữ liệu máy học dự đoán là mẫu nước là đạt hoặc không đạt và hiển thị lại lên Thingsboard.

# 2.5 Huấn luyện mô hình máy học

## 2.5.1 Tiền xử lý dữ liệu

- Dữ liệu thô có 503707 mẫu, dữ liệu được gán nhãn:
  - + 0 (đạt) nếu độ pH từ 6.5 đến 8.5, TDS < 500, nhiệt độ nước từ 24 – 27 °C.
  - + 1 (không đạt). Các mẫu còn lại.

id	created_date	water_pH	TDS	water_temp	Result
181740	1/26/2023 10:38	7.94	329	23.69	1
181741	1/26/2023 10:38	7.79	329	23.69	1
181747	1/26/2023 10:39	5.98	233	23.75	1
181748	1/26/2023 10:39	7.32	233	23.75	1
181754	1/26/2023 10:39	7.9	233	23.75	1
181755	1/26/2023 10:39	5.93	233	23.75	1
181756	1/26/2023 10:40	7.43	233	23.75	1
181760	1/26/2023 10:40	7.52	231	23.75	1
181764	1/26/2023 10:40	7.6	234	23.75	1
181765	1/26/2023 10:40	7.6	234	23.75	1
181768	1/26/2023 10:40	7.6	233	23.75	1
181769	1/26/2023 10:40	5.75	234	23.75	1
181770	1/26/2023 10:40	7.6	233	23.75	1
181775	1/26/2023 11:24	7.6	250	24	0
181777	1/26/2023 11:33	7.6	247	24.06	0
181778	1/26/2023 12:02	7.6	249	24.19	0
181780	1/26/2023 12:05	6.92	247	24.19	0
181782	1/26/2023 12:10	7.3	245	24.25	0
181783	1/26/2023 12:11	6.96	247	24.25	0
181784	1/26/2023 12:11	7.6	247	24.25	0
181786	1/26/2023 12:12	5.85	245	24.25	1
181788	1/26/2023 12:12	6.88	247	24.25	0

Hình 2.19 Mô hình dùng để train test

## 2.5 Huấn luyện mô hình máy học

### 2.5.2 Huấn luyện mô hình máy học

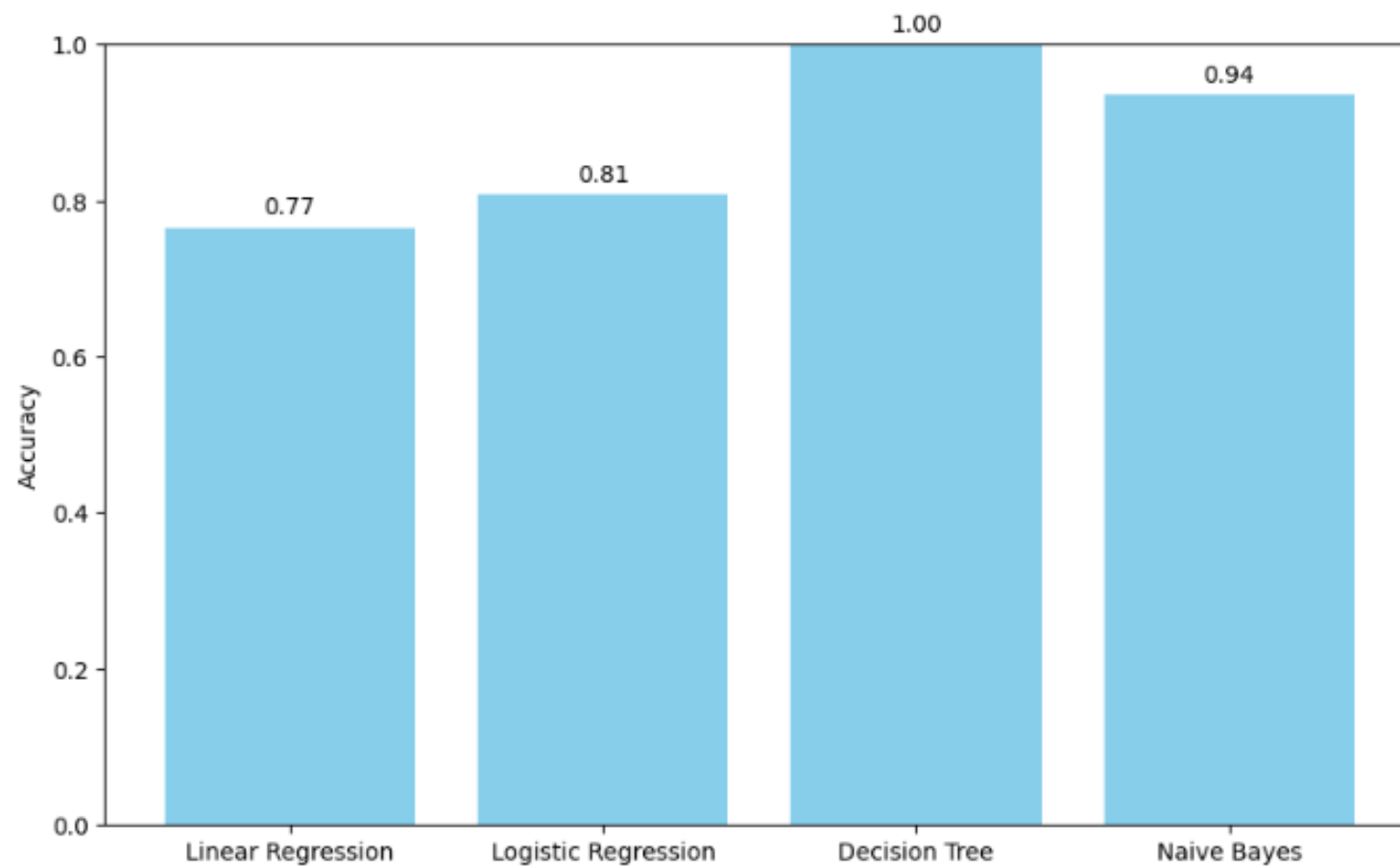
Dữ liệu được chia thành hai tập: tập huấn luyện chiếm 80% và tập kiểm tra chiếm 20%. Việc chia dữ liệu được thực hiện với tham số `random_state` nhằm đảm bảo tính tái lập của kết quả.

Bốn thuật toán máy học đã được lựa chọn để huấn luyện và so sánh, bao gồm:

- Linear Regression
- Logistic Regression
- Decision Tree
- Naive Bayes

## 2.5 Huấn luyện mô hình máy học

### 2.5.3 Đánh giá mô hình máy học



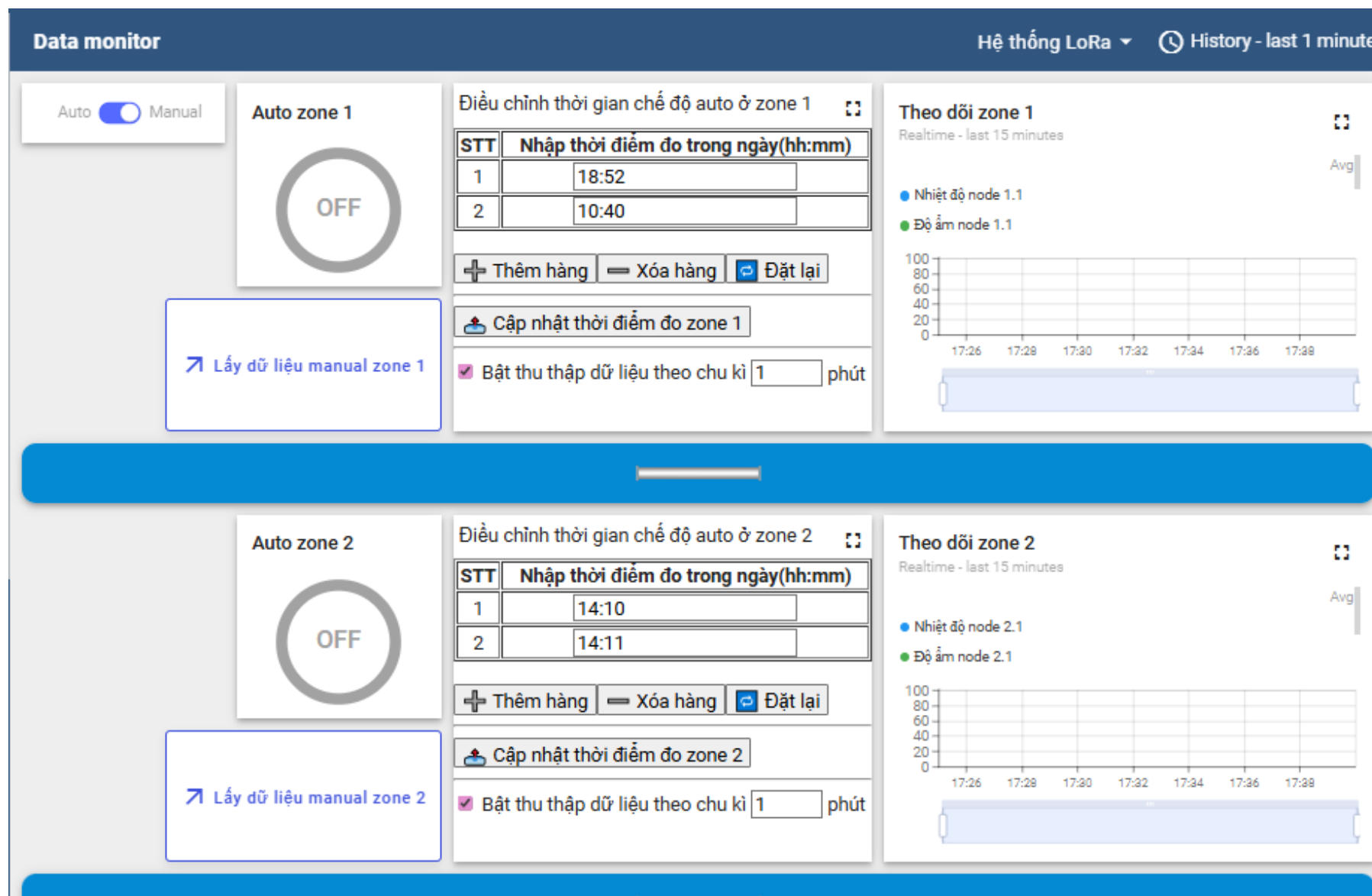
Hình 2.20 Hình ảnh đánh giá độ chính xác của các mô hình được train

## 2.5 Huấn luyện mô hình máy học

### 2.5.4 Triển khai mô hình trên Jetson nano

- Mô hình được huấn luyện và lưu dưới dạng .pkl bằng joblib.
- Viết code python để triển khai mô hình trên Jetson nano.
- Khi người dùng nhấn nút dự đoán trên ThingsBoard, Jetson Nano lấy dữ liệu 3 mẫu nước mới nhất từ zone 3.
- Dự đoán trả về nhãn “0” (không đạt) hoặc “1” (đạt), kết quả được gửi lên ThingsBoard.
- Button dự đoán chuyển về OFF sau khi dự đoán hoàn tất.

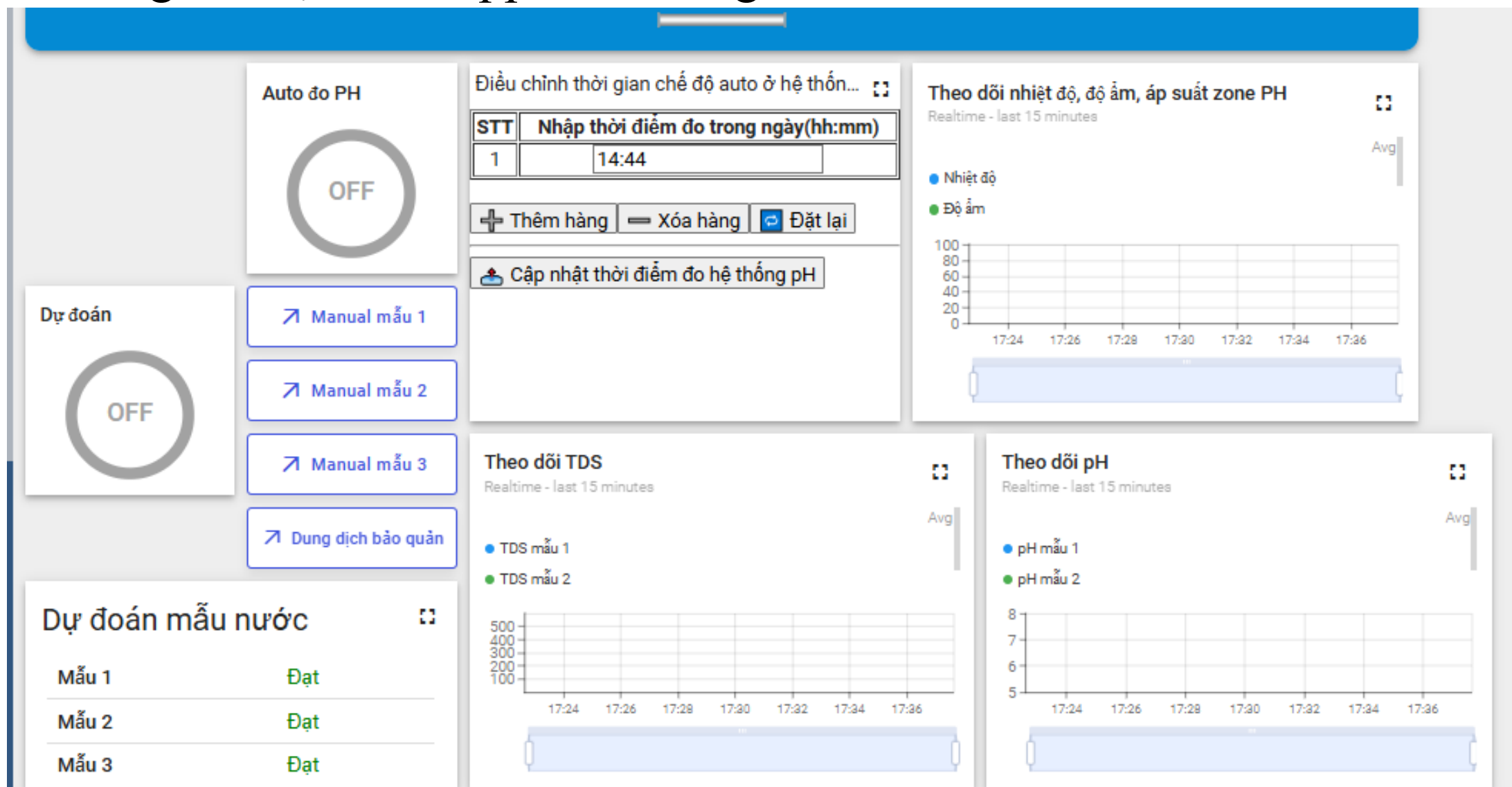
## 2.5 Thiết kế giao diện web-app trên Thingsboard



Hình 2.21 Giao diện dashboard của hệ thống LoRa zone 1 và 2 trên Thingsboard



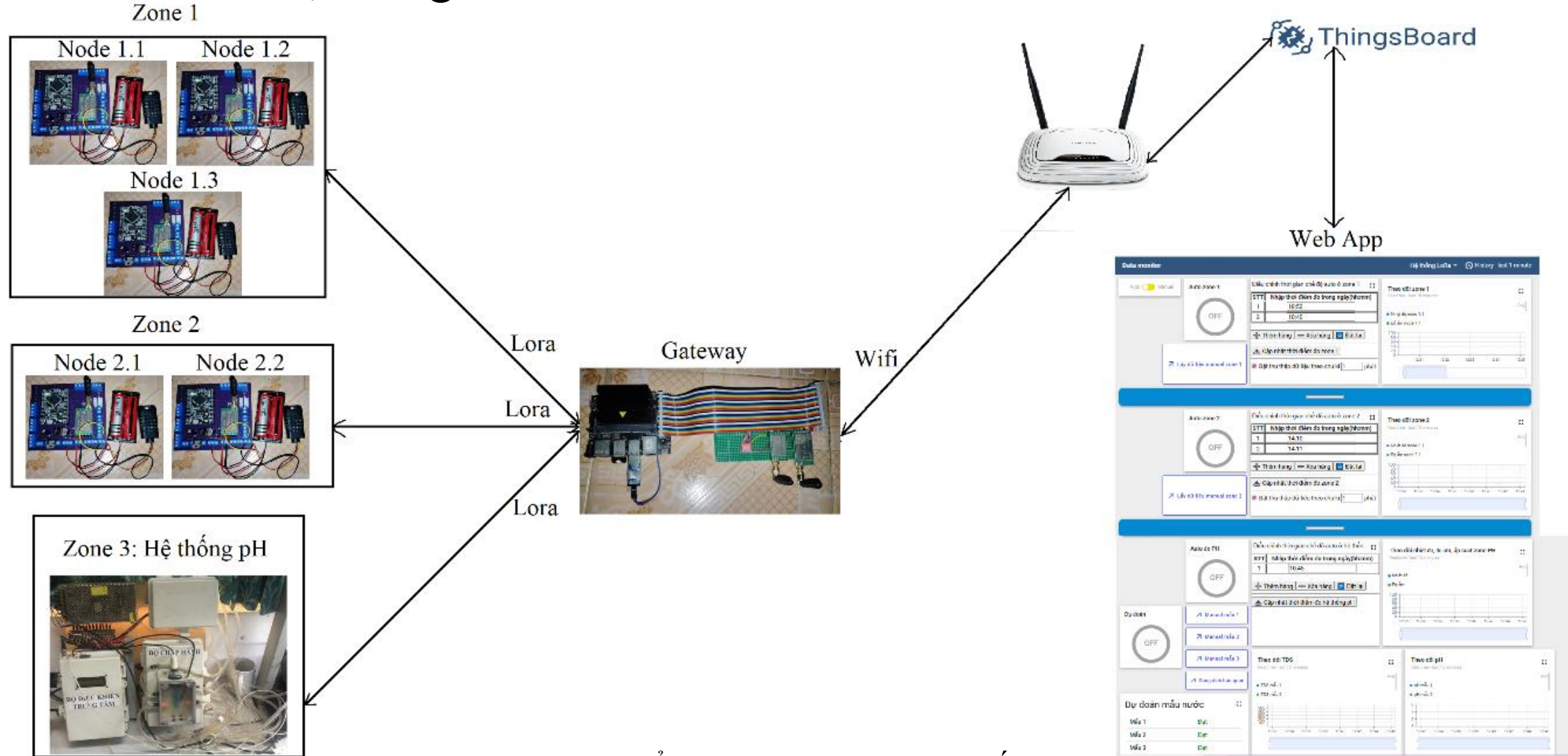
## 2.5 Thiết kế giao diện web-app trên Thingsboard



Hình 2.22 Giao diện dashboard của hệ thống LoRa zone 3 trên Thingsboard

### 3. Kết quả phân tích và đánh giá

#### 3.1 Kết nối hệ thống



Hình 3.1 Mô tả tổng quan chức năng hệ thống

### 3.2 Kiểm thử chế độ auto với zone 1 và 2

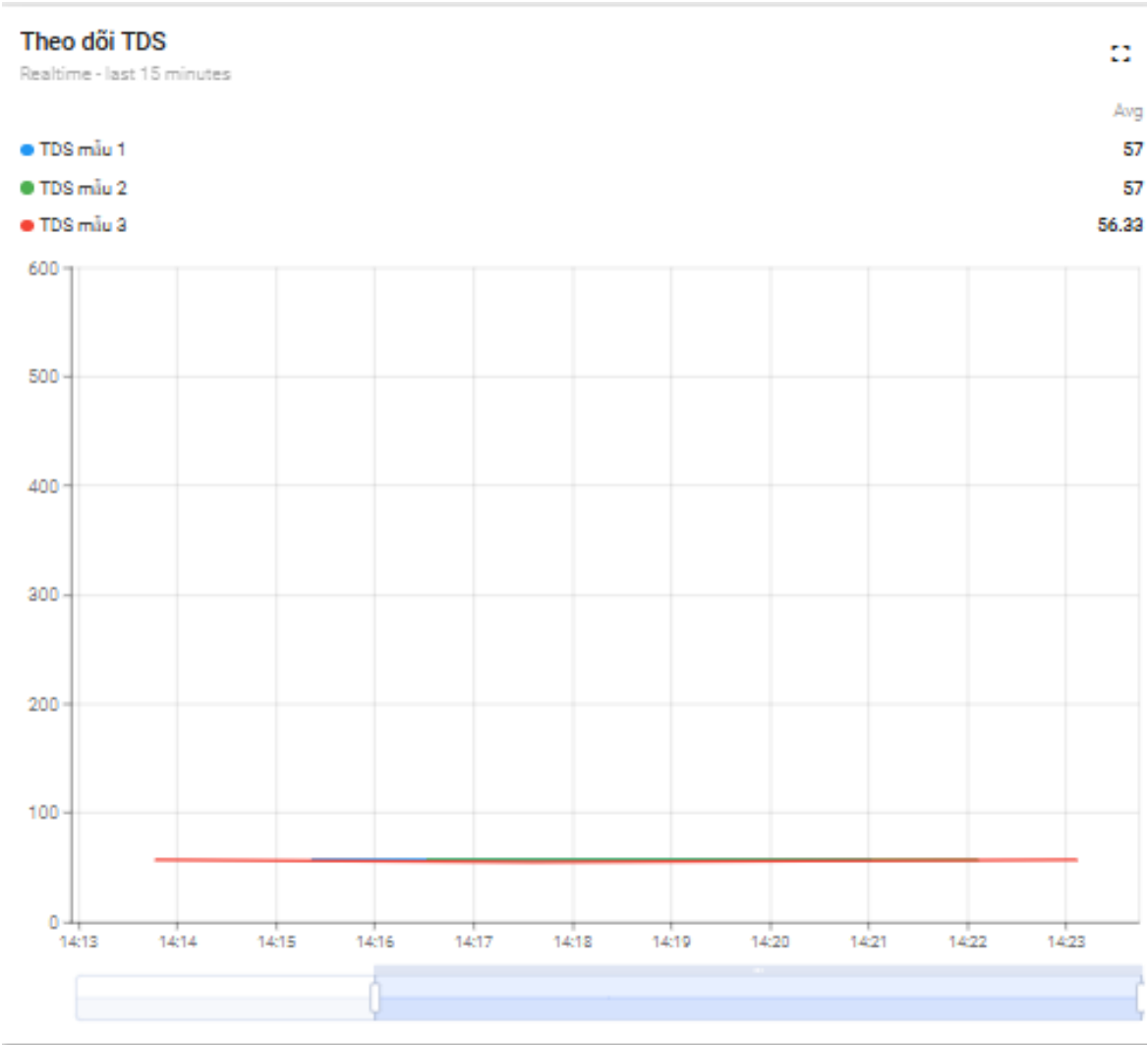
```
14:39
{"1": "14:39"}
Send 1.1
{"i":1,"t":"28.60","h":"54.30"}
Send 1.2
{"i":2,"t":"28.20","h":"58.90"}
Send 1.3
{"i":3,"t":"28.80","h":"48.50"}
```

Hình 3.2 Kết quả gửi dữ liệu theo thời gian với zone 1

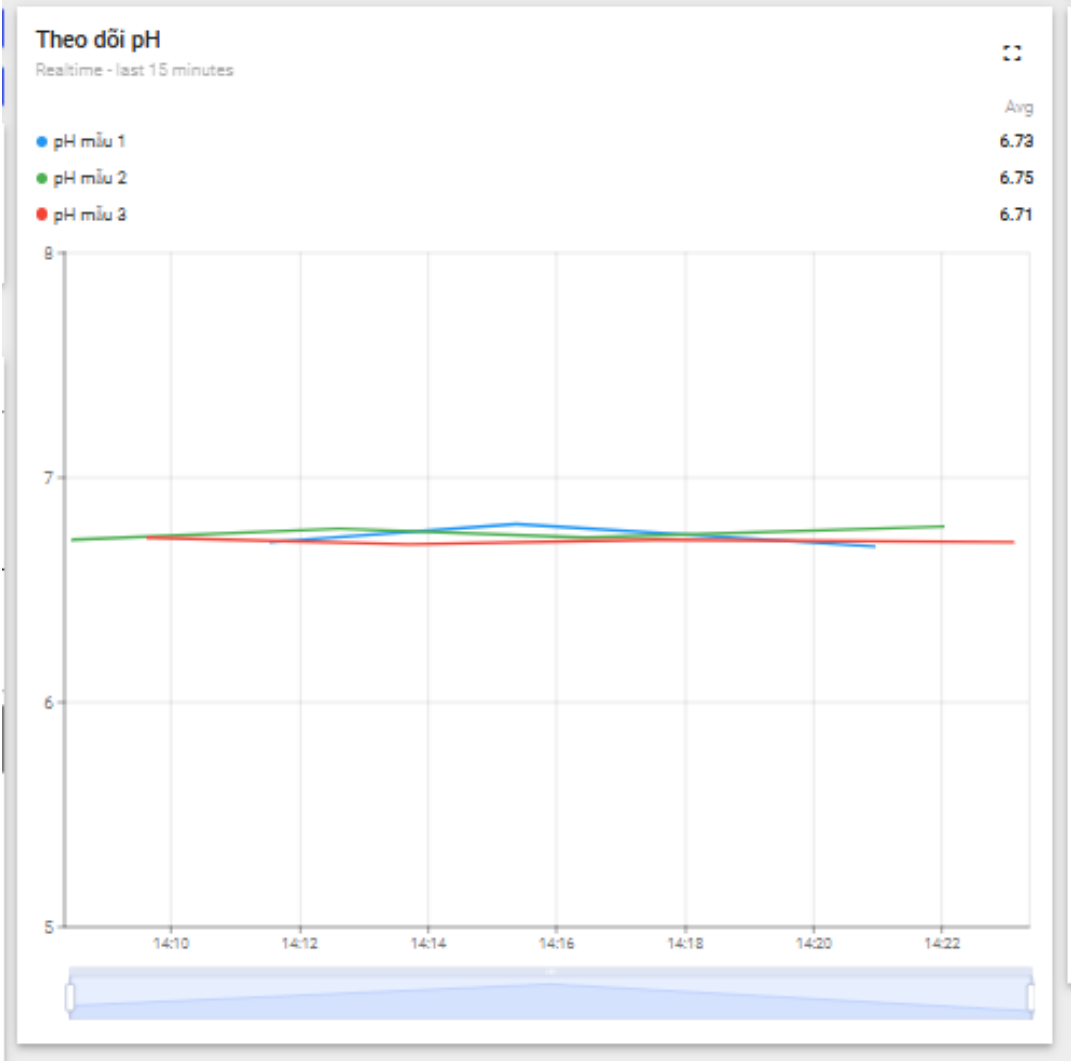
```
Thu data 3 mau
{"i":5,"t":27.77,"h":47.85742,"e":100618,"a":75.07229}
{"i":5,"m":1,"p":"7.32","tds":" 79","w":30.27}
{"i":5,"m":2,"p":"7.20","tds":" 60","w":29.86}
{"i":5,"m":3,"p":"7.13","tds":" 64","w":29.7}
```

Hình 3.3 Dữ liệu thu thập 3 mẫu nước từ node

### 3.3 Kiểm thử giao tiếp giữa gateway và node ở zone 3



Hình 4.4 Dữ liệu cảm biến TDS của 3 mẫu nước thu thập từ zone 3



Hình 4.5 Dữ liệu cảm biến pH của 3 mẫu nước thu thập từ zone 3

### 3.4 Kết quả triển khai mô hình máy học trên gateway

```
● minh@Minh:~/Downloads$ /usr/bin/python3.8 /home/minh/Downloads/mayhoc.py  
✓ Đã lưu mô hình vào decision_tree_model.pkl
```

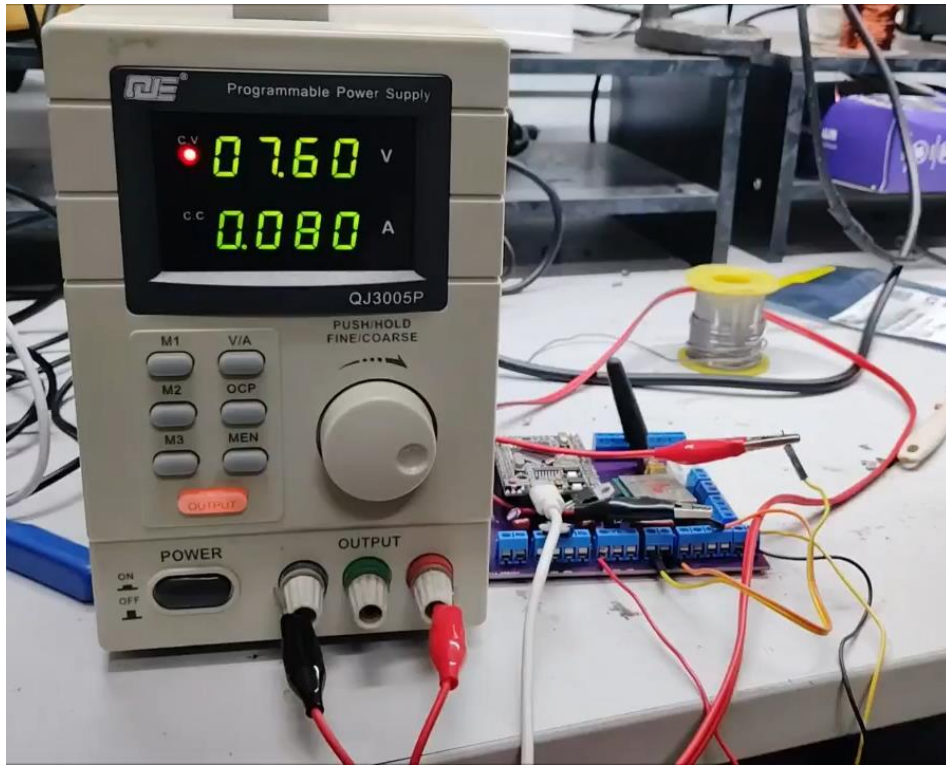
Hình 4.6 Hình ảnh kết quả huấn luyện và tạo ra một mô hình Decision Tree

```
minh@Minh:~/Downloads$ /usr/bin/python3.8 /home/minh/Downloads/trienkhai.py  
Mô hình đã sẵn sàng!  
Nhập thông số để dự đoán:  
Nhiệt độ nước (°C): 25  
Giá trị pH: 7  
Giá trị TDS (ppm): 200  
Dự đoán Status: Tốt (0)  
minh@Minh:~/Downloads$ /usr/bin/python3.8 /home/minh/Downloads/trienkhai.py  
Mô hình đã sẵn sàng!  
Nhập thông số để dự đoán:  
Nhiệt độ nước (°C): 25  
Giá trị pH: 8  
Giá trị TDS (ppm): 200  
Dự đoán Status: Tốt (0)  
minh@Minh:~/Downloads$ /usr/bin/python3.8 /home/minh/Downloads/trienkhai.py  
Mô hình đã sẵn sàng!  
Nhập thông số để dự đoán:  
Nhiệt độ nước (°C): 25  
Giá trị pH: 7  
Giá trị TDS (ppm): 501  
Dự đoán Status: Không đạt (1)
```

Hình 4.7 Hình ảnh kết quả triển khai mô hình decision tree

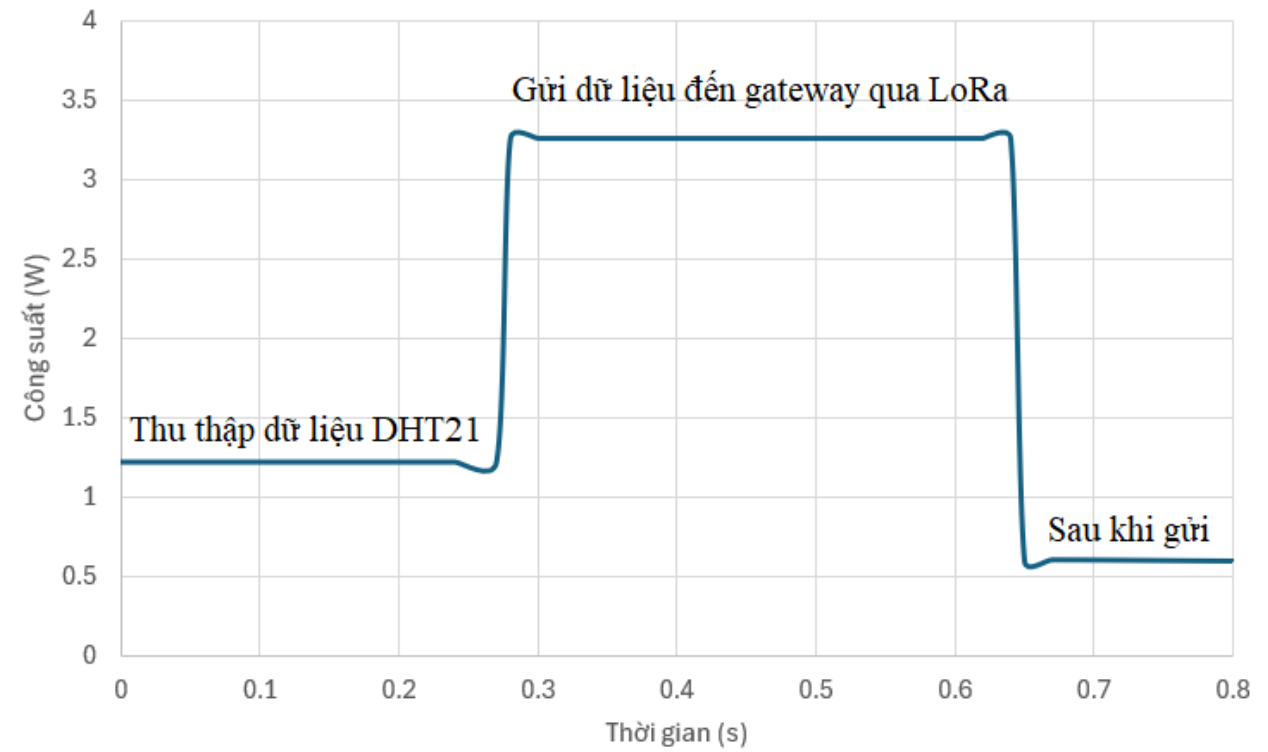
## 3.5 Phân tích công suất tiêu thụ của node

### 3.5.1 Khi node ở chế độ hoạt động bình thường



Video phân tích chu kì gửi dữ liệu đến gateway  
khi node ở chế độ hoạt động bình thường

Công suất tiêu thụ khi không làm việc: 0.6W  
Năng lượng tiêu thụ cho 1 chu kỳ gửi dữ liệu: 1.37J

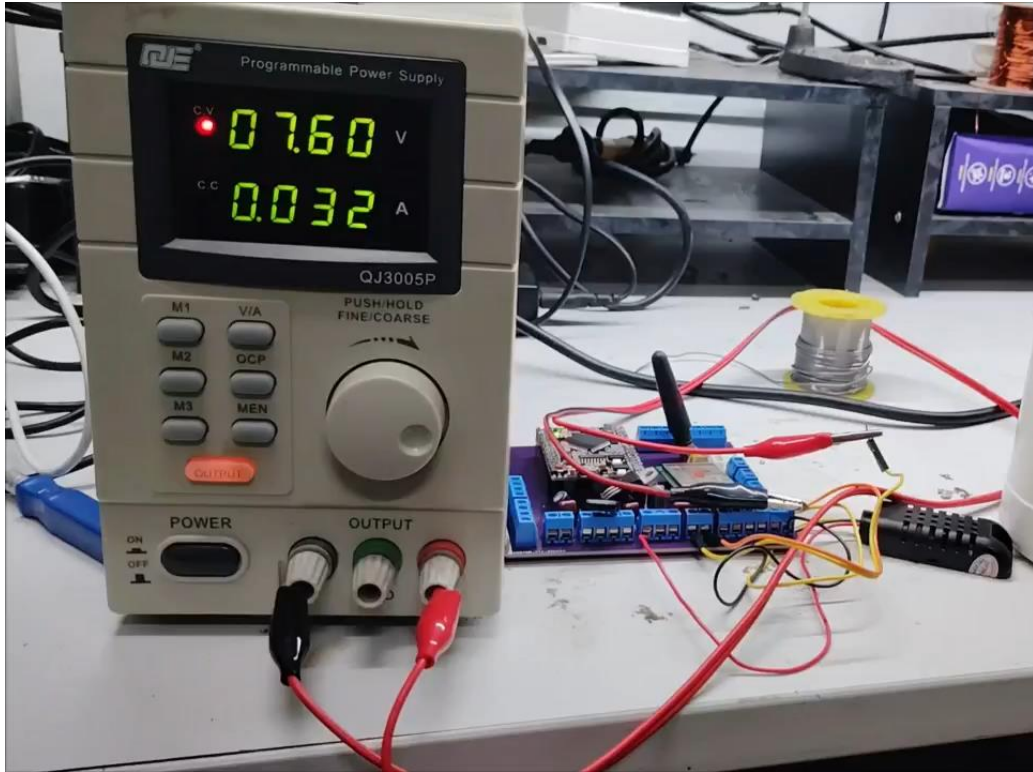


Hình 4.9 Chu kỳ gửi dữ liệu đến gateway khi node ở chế độ hoạt động bình thường



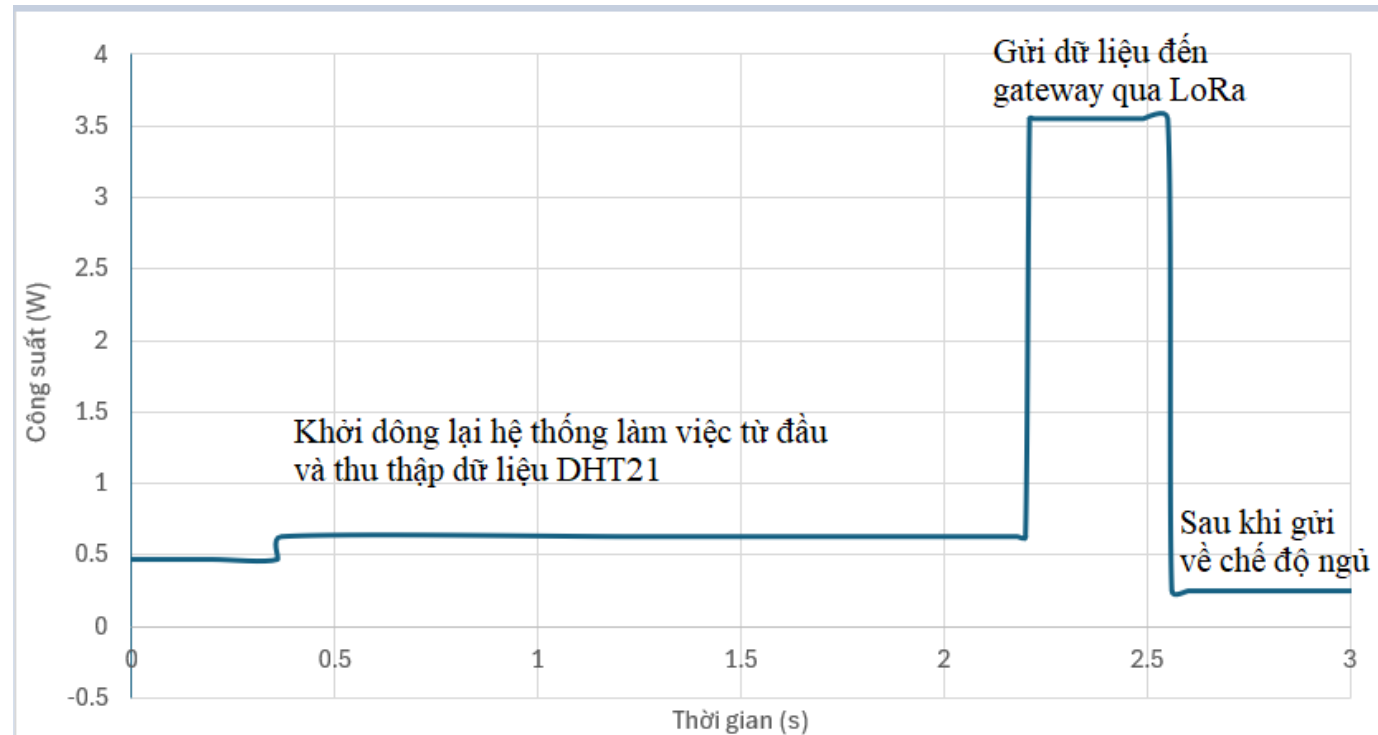
## 3.5 Phân tích công suất tiêu thụ của node

### 3.5.2 Khi node ở chế độ ngủ sâu



Video phân tích chu kỳ gửi dữ liệu đến gateway  
khi node ở chế độ ngủ sâu

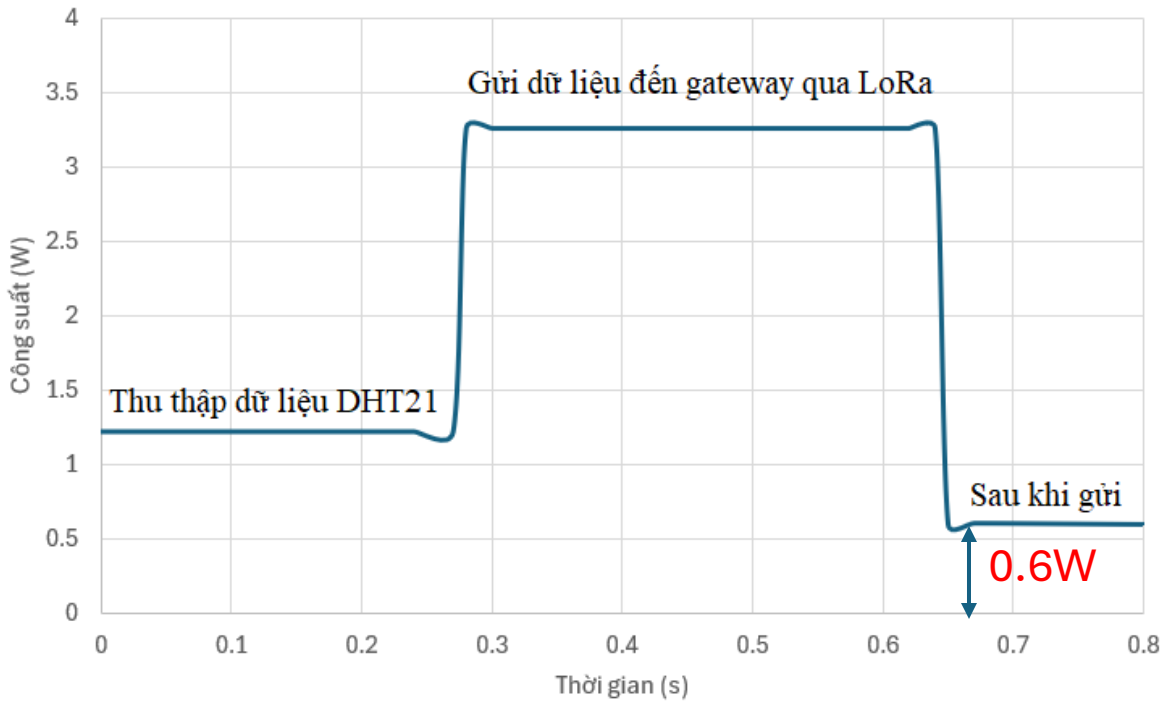
Công suất tiêu thụ khi không làm việc: 0.243W  
Năng lượng tiêu thụ cho 1 chu kỳ gửi dữ liệu: 2.54 J



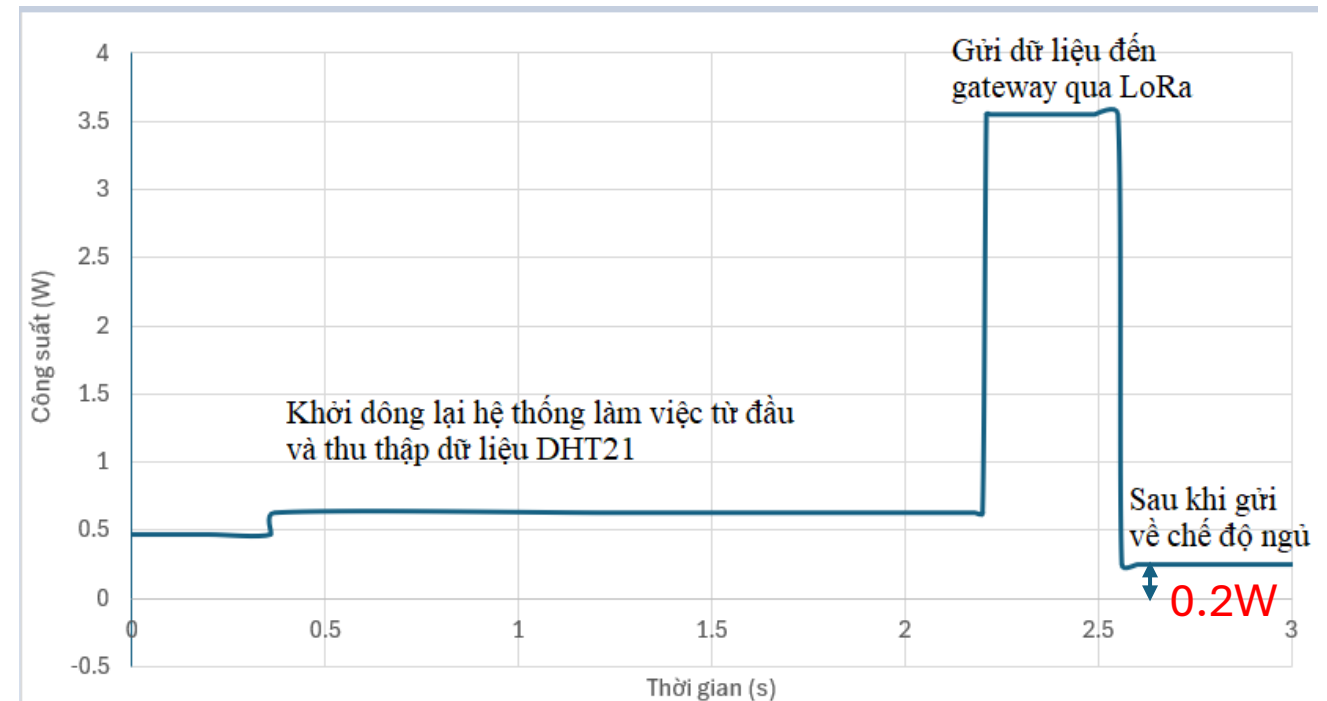
Hình 4.10 Chu kỳ gửi dữ liệu đến gateway khi node ở chế độ ngủ sâu

## 3.5 Phân tích công suất tiêu thụ của node

### 3.5.3 Phân tích tổng quan 2 chế độ hoạt động



Hình 4.9 Chu kỳ gửi dữ liệu đến gateway khi node ở chế độ hoạt động bình thường



Hình 4.10 Chu kỳ gửi dữ liệu đến gateway khi node ở chế độ ngủ sâu



### 3.5 Phân tích công suất tiêu thụ của node

**Công thức tính dung lượng pin:**

$$BL = \frac{CB}{CA * (1 - DS)}$$

$$CA = \frac{\text{Dòng Active} * T_{on} + \text{Dòng Sleep} * T_{off}}{T_{on} + T_{off}}$$

BL: battery life là thời lượng pin tính bằng đơn vị (giờ)

CB: capacity là dung lượng pin đơn vị là (mAh)

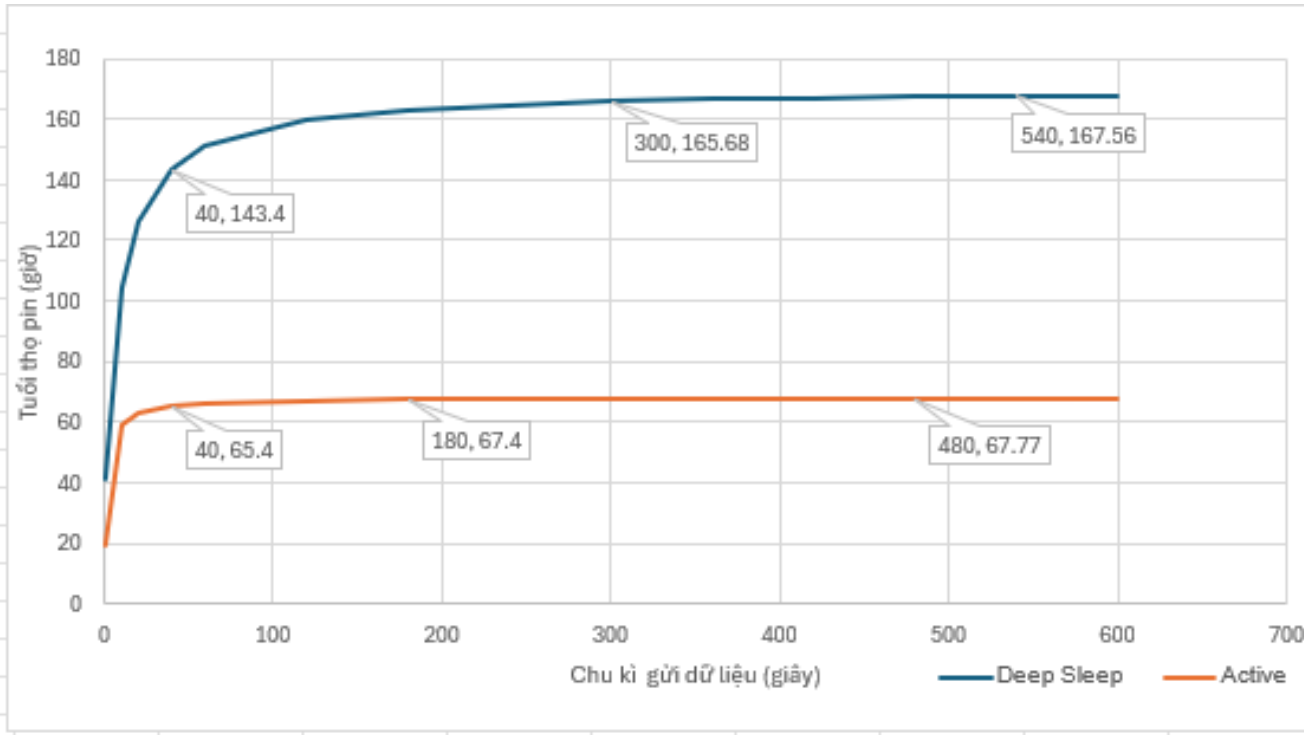
CA: current average là dòng tiêu thụ trung bình đơn vị là (mA)

DS: discharge safety là tỷ lệ phần trăm dung lượng pin không bao giờ được sử dụng để bảo vệ pin xả quá mức, giá trị mặc định là 20%

### 3.5 Phân tích công suất tiêu thụ của node

Bảng 4.1 Thời lượng pin dự tính của IoT

Time Duration Toff (minute)	Active mode (hours)	Deep-sleep (hours)
5	67.64	165.68
10	67.82	167.8
20	67.91	168.9
35	67.95	169.36



Hình 4.11 Đồ thị thời lượng pin của IoT node

# KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

## Kết luận

Đề tài đã hoàn thành đầy đủ các mục tiêu nghiên cứu đề ra. Hệ thống IoT kết hợp AI được xây dựng thành công, gồm 6 node cảm biến chia làm 3 zone và 1 gateway trung tâm. Toàn bộ hệ thống đã được kiểm thử qua nhiều kịch bản thực tế với kết quả ổn định. Dữ liệu thu thập từ các cảm biến được xử lý bằng mô hình học máy trên Jetson Nano để dự đoán chất lượng nước. Hệ thống hỗ trợ điều khiển tự động và thủ công, hoạt động hiệu quả, tiết kiệm năng lượng và dễ mở rộng trong ứng dụng thực tế.

## Hướng phát triển

- Tích hợp thêm kết nối 4G để đặt gateway ở nơi không có mạng hoặc mạng không ổn định.
- Tích hợp các cảm biến bổ sung như cảm biến độ đục, clo, hoặc cảm biến mực nước để phân tích mẫu nước toàn diện hơn.
- Tích hợp pin năng lượng mặt trời và hệ thống sạc thông minh để vận hành hoàn toàn độc lập trong môi trường không có điện lưới.

**CÁM ƠN THẦY CÔ ĐÃ LẮNG NGHE**