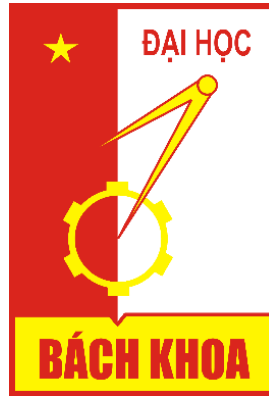


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

----- □ & □ ----



BÁO CÁO ĐỒ ÁN MÔN HỌC
MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

**Đề tài: Mạng cảm biến không dây đo nhiệt độ
trong thiết bị điện**

GVHD: PGS.TS Lê Minh Thùy

Nhóm: 16

STT	Họ và tên	MSSV
1	Trần Văn Lượng	20202446
2	Nguyễn Xuân Mai	20200382

Hà Nội, tháng 12/2023

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU DỰ ÁN.....	7
CHƯƠNG 2: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN CỦA DỰ ÁN.....	14
CHƯƠNG 3: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN VÀ NỘI DUNG THỰC HIỆN CỦA TỪNG THÀNH VIÊN	15
3.1. Nguyễn Xuân Mai.....	15
3.2. Trần Văn Lượng	15
3.3. Tự đánh giá tỷ lệ đóng góp của từng thành viên trong dự án theo kế hoạch (trước khi thực hiện, thực hiện trong khi lên kế hoạch thực hiện dự án).....	16
CHƯƠNG 4. TÌM HIỂU CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY	18
4.1. Tổng quan về công nghệ truyền thông không dây.....	18
4.1.1 Mô hình truyền thông không dây	18
4.1.2 Phân loại mạng không dây	18
4.2. WIFI	20
4.3. BLE.....	20
4.4. Zigbee	20
4.5. Lora	23
4.5.1. Giới thiệu về LoRa.....	23
CHƯƠNG 5. TÌM HIỂU CÁC DỰ ÁN, NGHIÊN CỨU	27
LIÊN QUAN	27
CHƯƠNG 6. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP VÀ LÊN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ	28
6.1. Kiến trúc chung nút cảm biến không dây.....	28
6.2. Tính toán nguồn cho node cảm biến không dây	28
6.3. Thiết kế mạch nguyên lý cho nút cảm biến	30
6.3.1. Khối MCU	31
6.3.2. Khối truyền thông không dây	31
6.3.3. Khối cảm biến.....	32
6.3.4 Khối hiển thị.....	33
6.3.5. Khối nguồn	33
6.4. Thiết kế sơ đồ nguyên lý cho gateway	34
6.4.1 Khối MCU.....	35
6.4.2 Khối Truyền thông không dây.....	35
6.4.3 Khối nguồn	37

6.5. Thiết kế phần mềm	37
6.5.1 Giới thiệu công cụ	37
6.5.1 Thiết kế phần mềm cho node	38
6.6. Kịch bản cho Node cảm biến	41
6.6.1 Thêm hoặc bớt 1 node ra khỏi mạng	41
6.6.2 Tránh xâm lấn bản tin	41
6.6.3 Quy định cấu trúc khung bản tin	41
CHƯƠNG 7. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ	43
7.1. Thiết kế mạch in cho hệ thống	43
7.2. Kết quả thử nghiệm và đánh giá	46
7.2.1 Kết quả kiểm tra nguồn	46
7.2.3 Kết quả kiểm tra node	49
7.2.2 Kết quả kiểm tra Gateway	49
7.2.3 Kết quả kiểm tra đánh giá chất lượng hệ thống	51
CHƯƠNG 8: HOÀN THIỆN SẢN PHẨM.....	53
CHƯƠNG 9: KẾT LUẬN	54
CHƯƠNG 10: TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	55

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1: Giới thiệu thành viên.....	6
Bảng 2: Yêu cầu dự án	7
Bảng 3: So sánh các loại cảm biến	8
Bảng 4: Bảng tính toán công suất của 1 node cảm biến	9
Bảng 5: Bảng so sánh các giao thức web/server	11
Bảng 6: Bảng so sánh các công nghệ truyền tin không dâyBảng 7:.....	11
Bảng 8: Kế hoạch thực hiện chung của dự án	14
Bảng 9: Nội dung thực hiện của từng thành viên	15
Bảng 10: Nội dung thực hiện của từng thành viên	16
Bảng 11: Bảng đánh giá tỷ lệ đóng góp	16
Bảng 12: Bảng so sánh các công nghệ truyền tin không dây	21
Bảng 13: Các chế độ hoạt động của node cảm biến	28
Bảng 14: Bảng tính toán công suất của 1 node cảm biến	29
Bảng 15: Đánh giá tỷ lệ lỗi bản tin	52
Bảng 16: Đánh giá hoạt động của các thành viên.....	54

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1: Mô hình truyền thông không dây	18
Hình 2: Các chuẩn truyền thông không dây	19
Hình 3: Hình dạng tín hiệu	24
Hình 4: Tỷ lệ mã hóa.....	25
Hình 5: Hệ số trải phổ	25
Hình 6: Bảng thông của LoRa	26
Hình 7: Sơ đồ tổng quan của các nghiên cứu trước đây	27
Hình 8: Công suất tính toán của các node trước đây	27
Hình 9: Sơ đồ tổng quan chung của node cảm biến	28
Hình 10: Sơ đồ nguyên lý tổng quan của node	30
Hình 11: Sơ đồ nguyên lý khối MCU của Node	31
Hình 12: Khối truyền thông không dây của Node.....	32
Hình 13: Khối cảm biến của Node.....	32
Hình 14: Khối nguồn của Node.....	33
Hình 15: Sơ đồ tổng quan chung của Gateway	34
Hình 16: Sơ đồ nguyên lý của Gateway.....	34
Hình 17: Khối MCU của Gateway	35
Hình 18: Khối truyền thông không dây của Gateway	36
Hình 19: Khối nguồn của Gateway.....	37
Hình 20: Lưu đồ thuật toán của Node.....	39
Hình 21: Quy trình hoạt động của Node	40
Hình 22: Lưu đồ thuật toán của Gateway	40
Hình 23: Khung bản tin xin gia nhập nút cảm biến.....	41
Hình 24: Khung bản tin phản hồi	42
Hình 25: Hình ảnh 3D của Node cảm biến	43
Hình 26: Mạch in 3D của Gateway	43
Hình 27: Ảnh thực tế của Node	44
Hình 28: Hình ảnh thực tế của Gateway	44
Hình 29: Sơ đồ Setup hệ thống.....	45
Hình 30: Hình ảnh các Node trên giao diện Web.....	45
Hình 31: Điện áp đầu vào của pin.....	46
Hình 32: Điện áp đầu ra IC và độ đập mạch	47
Hình 33: Điện vào chân ADC.....	47
Hình 34: Điện áp và độ đập mạch áp tại Gateway	48
Hình 35: Điện áp đầu vào Lora	48
Hình 36: Quá trình kết nối với Internet.....	50
Hình 37: Quá trình các Node ra vào mạng.....	50

Bảng 1: Giới thiệu thành viên

	<ul style="list-style-type: none">• Họ và tên: Trần Văn Lượng• MSSV: 20202446• Phụ trách công việc:<ul style="list-style-type: none">- Thiết kế phần cứng + phần mềm- Tìm hiểu các đồ án và tài liệu liên quan
	<ul style="list-style-type: none">• Họ và tên: Nguyễn Xuân Mai• MSSV: 20200382• Phụ trách công việc:<ul style="list-style-type: none">- Thiết kế phần cứng + phần mềm- Tìm hiểu các công nghệ truyền tin không dây

Link git WSN: [luongtranpt/WSN \(github.com\)](https://github.com/luongtranpt/WSN)

CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU DỰ ÁN

Bảng 2: Yêu cầu dự án

Yêu cầu	Chức năng, Thông số,..	Mức độ ưu tiên
- Dải đo: 25°C ÷ 150°C - Độ chính xác: 1°C - Độ phân giải hiển thị: 0.1°C	Tìm hiểu các cảm biến đo nhiệt độ	2
Nguồn pin, thời gian hoạt động của thiết bị là 4h (nâng cao: 8h). Pin có thể sạc trực tiếp trên máy hoặc tháo ra ngoài	Tính toán sơ bộ công suất tiêu thụ node cảm biến (sau) Nguồn sử dụng là pin 1 cell lithium 2100mah mạch sạc 1 cell bảo vệ chống quá áp quá dòng	1
- Kích thước (dự kiến): - Trọng lượng (dự kiến):	- Kích thước (dự kiến): 70x50x100 mm (kiểu trụ để dễ lắp vào các thiết bị giám sát) - Trọng lượng (dự kiến): <150g.	3
- Thời gian đo một mẫu : <20s. (nâng cao < 5s)	Tìm hiểu về thời gian các chu kì lệnh thực hiện MCU, thời gian truyền tin trong giao thức mạng không dây sử dụng	2
- Kết nối máy tính: RF Khoảng cách truyền trong phạm vi 20m từ hệ thống đo đến trạm thu RF có nối nguồn và mạng	Sử dụng cổng chuyển đổi TTL to COM giao tiếp với máy tính	3
Quản lý tối thiểu cho 11 thiết bị đo. (nâng cao: phương án mở rộng số thiết bị với khoảng cách từ thiết bị đến trạm tiếp nhận có thể lên tới 100m)	Cấu trúc mạng dự kiến là hình sao Quản lý tối thiểu 10 thiết bị Có thể mở rộng được thêm các thiết bị khác. Đưa ra phương án mở rộng khoảng cách và số lượng thiết bị	2

- Phần mềm máy tính: thu thập giá trị đo từ thiết bị đo, quản lý dữ liệu, xuất báo cáo dạng excel, giao diện theo mẫu thống nhất.	Platform IoT: Thingsboard/Node – Red Hiển thị real – time, có đồ thị history, hỗ trợ xuất dữ liệu	2
Có nút bấm bắt đầu đo; Đèn LED báo ngưỡng nhiệt độ (3 LED); Các ngưỡng nhiệt độ có thể cập nhật từ máy tính	Thiết kế nút bấm, led báo 3 chế độ nhiệt độ khác nhau	4
OTA (nâng cao)	Tìm hiểu về OTA, OTA trong các MCU, Tìm hiểu giao thức mạng để truyền OTA đến VDK	4

Yêu cầu 1	- Dải đo: 25°C ÷ 150°C - Độ chính xác: 1°C - Độ phân giải hiển thị: 0.1°C	2
-----------	---	---

Ưu tiên của nhóm là chọn cảm biến có giá thành rẻ, kích thước nhỏ tuy nhiên vẫn phải đáp ứng được độ chính xác theo yêu cầu

Bảng 3: So sánh các loại cảm biến

Tiêu Chí	Analog		Digital	
	LM35	PT100	DB18B20	AHT20
Dải Đo	-55°C đến 150°C	-200°C -800°C	-55°C đến 125°C	-40°C đến 90°C
Sai Số	±0.5°C tại 25°C	±1°C	±0.5°C	±0.1°C đến ±0.3°C
Phân giải	10mV/°C		9 đến 12 bit	16 bit (0.0078°C)
Điện áp	4V đến 30V	Vcc	3V đến 5V	2V-5.5V
Dòng tiêu thụ	56uA đến 131 uA	-	Tối đa 1.5mA	3.5μA (chu kỳ chuyển đổi 1Hz),
Giá thành	\$1.5-\$2.0	\$2.0-\$3.0	\$2.0-\$3.0	\$1.50

Sau khi tham khảo các loại cảm biến nhiệt độ trên thị trường nhóm em sử dụng cảm biến nhiệt độ LM35. Thông số cảm biến nhiệt độ LM35 được tra trên Datasheet.

- Điện áp hoạt động: 3.8V-30VDC
- Dòng điện tiêu thụ: khoảng 60uA
- Nhiệt độ thay đổi tuyến tính: 10mV/°C
- Khoảng nhiệt độ đo được: -55°C đến 150°C
- Điện áp thay đổi tuyến tính theo nhiệt độ: 10mV/°C

- Độ tự gia nhiệt thấp, 0,08°C trong không khí tĩnh
- Sai số: 0,25°C

Yêu cầu 2	Nguồn pin, thời gian hoạt động của thiết bị là 4h (nâng cao: 8h). Pin có thể sạc trực tiếp trên máy hoặc tháo ra ngoài	1
-----------	--	---

Nhóm em sử dụng nguồn pin Lithium 1 cell có dung lượng 2100mAh

Bảng 4: Bảng tính toán công suất của 1 node cảm biến

Linh kiện	Chế độ	Điện áp hoạt động (V)	Dòng điện tiêu thụ (mA)	Công suất tiêu thụ (mW)
LM35	Active	3.3	0.06	0.198
STM32	Active	3.3	50.0	165.0
	Sleep	3.3	8.0	26.4
SX1278	Standby	3.3	1.6	5.28
	Tx	3.3	120.0	396.0
	Rx	3.3	12.0	39.6
	Sleep	3.3	0.0002	0.0007
LCD_I2C		3.3	12	40

Từ bảng trên, công suất tiêu thụ bởi nút cảm biến không dây ở chế độ Sleep là 26.7 Mw (STM32 và SX1278 sleep, lm35 active), ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Tx là 1617.5 mW, ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Rx là 1261.1 mW.

Nhóm em lên phương án quản lý cho 10 node cảm biến mỗi cảm biến lấy mẫu là 6s Trong 60s mỗi node cảm biến sẽ nghỉ 40s và dậy để lắng nghe (chế độ rx) trong 19.5 còn 0.5s node cảm biến sẽ truyền (chế độ tx)

	Tx	Rx	Sleep
Thời gian	0.5s	19.5s	40s

Ta có công suất tiêu thụ trung bình (xét các linh kiện khác hoạt động chế độ tích cực)

$$P_{avg} = \frac{40 \cdot 0.0007 + 19.5 \cdot 39.6 + 0.5 \cdot 396.0}{60} + 40 + 165 + 0.198 = 221.3 \text{ mWh}$$

$$\Rightarrow \text{Thời gian 1 hoạt động liên tục 1 node là } t = \frac{2100}{P_{avg}/3.3} = 30h$$

Yêu cầu 3	- Kích thước (dự kiến): 70x50x100 mm (kiểu trụ để dễ lắp vào các thiết bị giám sát)	3
-----------	---	---

	- Trọng lượng (dự kiến): <150g.	
--	------------------------------------	--

Sau khi thiết kế layout cho mạch nhóm em dự kiến

- Node cảm biến: kích thước 85x60x50mm, LCD sử dụng gắn và để lên trên bảng mạch, Pin được gắn sau bảng mạch giúp tối ưu về kích thước.
- Gateway: kích thước dự kiến 70x50x50mm.

Yêu cầu 4	Thời gian đo một mẫu : < 10s)	3
-----------	-------------------------------	---

Thời gian vi điều khiển đọc được dữ liệu cảm biến LM35 tùy thuộc vào tốc độ lấy mẫu của ADC bên trong STM32. Với vi điều khiển STM32F103C8T6 em cấu hình chân đọc ADC có thời gian lấy mẫu là 0.08 us

Thời gian để đo 1 mẫu sẽ gồm các quá trình:

- Bắt đầu quá trình giao tiếp giữa vi điều khiển và cảm biến: Được bắt đầu bằng một xung reset được kéo bởi vi điều khiển trong tối thiểu 480μs
- Đợi ADC lấy mẫu giá trị cảm biến: 0.25 us
- Vi xử lý tính toán và thực hiện chuyển đổi: 1s
- Thời gian quá trình gửi yêu cầu và nhận phản hồi qua truyền thông LORA

Thời gian truyền tin (Time on Air) là khoảng thời gian tính từ khi dữ liệu được gửi từ sender đến khi receiver nhận được dữ liệu đó, được tính theo các công thức sau:

- Thời truyền mỗi symbol:

$$T_{sym} = \frac{2^{SF}}{BW}$$

- Thời truyền mỗi preamble symbol:

$$T_{preamble} = (n_{preamble} + 4.25) T_{sym}$$

- Thời gian truyền của payload symbol:

$$T_{payload} = n_{payload} \cdot T_{sym}$$

- Thời gian truyền tin bằng tổng của thời gian truyền preamble symbol và payload symbol

$$T_{ToA} = T_{preamble} + T_{payload}$$

- Độ nhảy là cường độ tín hiệu tối thiểu mà receiver có thể nhận được. Độ nhảy của receiver được tính theo công thức:

$$S = -174 + 10 \cdot \log(BW) + NF + SNR \cdot NF$$

(với NF = 5.5 dB)

Nhóm em đang xem xét theo datasheet để xuất để chọn các hệ số CR, SF, BW với CR = 4/5, SF = 9, BW = 250Khz

Vậy thời gian truyền tin là: $T_{ToA} = 275 \text{ ms}$

Yêu cầu 5	RF Khoảng cách truyền trong phạm vi 20m từ hệ thống đo	2
-----------	--	---

	đến trạm thu RF có nối nguồn và mạng	
--	--------------------------------------	--

- Với công nghệ LoRa được sử dụng, phạm vi hoạt động 20m có thể dễ dàng được đảm bảo giữa các Node với nhau và giữ Gateway tới từng Node.
- Thiết bị Gateway sẽ được đặt cố định và được cấp nguồn từ Adapter và WiFi để có thể đẩy dữ liệu lên mạng Internet.
- Các dữ liệu được hiển thị bao gồm: số lượng Node đang hoạt động; thông tin trạng thái hoạt động của Node như khả năng kết nối, địa chỉ, điện áp pin; các thông số liên quan đến quá trình đo như chu kỳ đo, độ phân giải, chỉnh ngưỡng nhiệt độ báo động,...
- Trong trường hợp có Node tham gia hoặc rời khỏi mạng, thiết bị Gateway sẽ có thể phát hiện được và tự động thay đổi trạng thái được hiển thị trên phần mềm.

Bảng 5: Bảng so sánh các giao thức web/server

Tiêu Chí	MQTT	HTTP	CoAP	AMQP
Cơ chế	Publish/Subscribe	Request/Response	Request/Response	Message Queuing
Băng thông	Rất thấp, thường dưới 10 kB/s cho các tin nhắn nhỏ và đơn giản	Cao, có thể từ 10 kB/s đến vài MB/s tùy thuộc vào payload và header	Thấp, tương tự MQTT	Cao hơn MQTT và CoAP, do nó cung cấp nhiều tính năng hơn và một mô hình tin nhắn phức tạp hơn
Độ trễ	Thấp, thường vài ms	Cao hơn MQTT, do HTTP cần thiết lập kết nối mới cho mỗi yêu cầu	Thấp	Trung bình, phụ thuộc vào cách triển khai và tải mạng.
Bảo mật	Hỗ trợ TLS/SSL	Hỗ trợ TLS/SSL	Hỗ trợ DTLS	Hỗ trợ TLS/SSL
Độ tin cậy	Cao (QoS levels)	Trung Bình	Cao (cơ chế xác nhận)	Cao (bảo đảm giao hàng)
Độ phức tạp	Thấp	Cao	Trung bình	Cao

*Bảng 6: Bảng so sánh các công nghệ truyền tin không dây**Bảng 7:*

Công nghệ truyền tin	BLE	Wifi	LTE-M	Lora	Sig-fox	Zigbee
Khoảng cách	10m-100m	15m-100m	1km - 5km	2km-20km	3km - 50km	30m - 100m
Tốc độ	125kps – 2Mbps	54Mbps-1.3Gbps	Lên đến 1Mbps	10kbps-50kbps	Tối đa 100bps	20kbps-250kbps
Năng lượng	Tx/Rx: ~0.01-0.5 W	Tx: 0.5-2 W, Rx: 0.1-1 W	Tx/Rx: ~0.1-0.5 W	Tx: 0.5-2 W, Rx: 0.1-1 W	Tx/Rx: ~0.1-0.5 W	Tx: 0.03-0.06 W, Rx: < 0.01 W
Topology	Star,mesh, P2P	Star,mesh	Star	Star	Star	Mesh
Số lượng thiết bị	Hơn 10 thiết bị	32 device mỗi AP	Hàng nghìn	Hàng nghìn	–	Hơn 65000 thiết bị

Attribute	Bluetooth® Low Energy Technology	Wi-Fi	Z-Wave	IEEE 802.15.4 (Zigbee, Thread)	LTE-M	NB-IoT	Sigfox	LoRaWAN
Range	10 m – 1.5 km	15 m – 100 m	30 m – 50 m	30 m – 100 m	1 km – 10 km	1 km – 10 km	3 km – 50 km	2 km – 20 km
Throughput	125 kbps – 2 Mbps	54 Mbps – 1.3 Gbps	10 kbps – 100 kbps	20 kbps – 250 kbps	Up to 1 Mbps	Up to 200 kbps	Up to 100 bps	10 kbps – 50 kbps
Power Consumption	Low	Medium	Low	Low	Medium	Low	Low	Low
Ongoing Cost	One-time	One-time	One-time	One-time	Recurring	Recurring	Recurring	One-time
Module Cost	Under \$5	Under \$10	Under \$10	\$8-\$15	\$8-\$20	\$8-\$20	Under \$5	\$8-\$15
Topology	P2P, Star, Mesh, Broadcast	Star, Mesh	Mesh	Mesh	Star	Star	Star	Star
Shipments in 2019 (millions)	~3,600	~3,200	~120	~420	~7	~16	~10	~45

Với tiêu chí của node cảm biến là tiết kiệm năng lượng và có khả năng kết nối xa nhóm em chọn công nghệ truyền tin LORA

Yêu cầu 6	Quản lý tối thiểu cho 11 thiết bị đo. (nâng cao: phương án mở rộng số thiết bị với khoảng cách từ thiết bị đến trạm tiếp nhận có thể lên tới 100m)	2
-----------	--	---

Do sử dụng truyền thông không dây LoRa để truyền nhận dữ liệu giữa Gateway và Sensor Node, nhóm em sẽ sử dụng cấu trúc mạng hình sao, số lượng các Sensor Node cần quản lý tối thiểu là 10.

Các Sensor Node sẽ thực hiện giao tiếp trực tiếp với Gateway. Các Sensor Node sẽ được cấp phát cho một địa chỉ, Gateway được cho biết tất cả các địa chỉ đã được cấp phát và căn cứ vào đó để tiến hành gửi bản tin yêu cầu đến từng địa chỉ, trong bản tin yêu cầu đó chứa địa chỉ của Sensor Node đích. Sensor Node có địa chỉ giống với địa chỉ ở bản tin yêu cầu nhận được sẽ tiến hành đọc nhiệt độ và gửi bản tin phản hồi lại cho Gateway. Gateway sẽ tiếp tục gửi bản tin yêu cầu đến Sensor Node tiếp theo chỉ khi nhận được bản tin phản hồi từ Sensor Node đã yêu cầu hoặc thời gian đợi bản tin yêu cầu vượt quá một giá trị timeout.

Yêu cầu 7	Phần mềm máy tính: thu thập giá trị đo từ thiết bị đo, quản lý dữ liệu, xuất báo cáo dạng excel, giao diện theo mẫu thống nhất.	2
-----------	---	---

- Kết nối giữa gateway và máy tính có thể thông qua cổng usb 5 - COM của máy tính.
- Nhóm em sử dụng phần mềm máy tính sử dụng ngôn ngữ C# để thiết lập giao diện kết nối máy tính.
- Các dữ liệu được hiển thị bao gồm: số lượng Node đang hoạt động; thông tin trạng thái hoạt động của Node như khả năng kết nối, địa chỉ, điện áp pin; các thông số liên quan đến quá trình đo như chu kỳ đo, độ phân giải, chỉnh ngưỡng nhiệt độ báo động,...

Yêu cầu 8	Có nút bấm bắt đầu đo; Đèn LED báo ngưỡng nhiệt độ (3 LED); Các ngưỡng nhiệt độ có thể cập nhật từ máy tính	4
-----------	---	---

- Trên Sensor Node có 2 nút nhấn dùng để bắt đầu/dừng đo
- Trên Gateway có 3 nút nhấn dùng để cấu hình WiFi, chỉnh chu kỳ đo, thay đổi ngưỡng và 1 màn hình LCD để hiển thị. Các ngưỡng nhiệt độ cũng có thể cập nhật bằng MQTT và giao diện trên máy tính. Như vậy yêu cầu 8 đã được đáp ứng.

Yêu cầu 9	OTA	4
-----------	-----	---

Xem xét thực hiện.

CHƯƠNG 2: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN CỦA DỰ ÁN

Bảng 8: Kế hoạch thực hiện chung của dự án

Nội dung	Kết quả cần đạt	Thời gian (tuần)	Ghi chú
- Tìm hiểu về các bài toán liên quan	Báo cáo tổng quan, đánh giá Tìm hiểu về các công nghệ truyền tin không dây	T1 – T5	Đã hoàn thành
- Lên phương án sơ bộ	Phân tích yêu cầu của dự án Lên phương án thiết kế chức năng , sơ đồ tổng quan Lựa chọn các linh kiện phần cứng	T5 – T7	Đã hoàn thành
- Thiết kế phần cứng	Lên phương án thiết kế sơ đồ nguyên lý của hệ thống Thiết kế mạch in PCB	T8 –T12	Đã hoàn thành
- Thiết kế phần mềm	Lập trình firmware cho thiết bị Tìm hiểu về giao diện, kết nối trên máy tính	T13-T17	Đã hoàn thành
Thử nghiệm sản phẩm và phần mềm	Kiểm tra chức năng sản phẩm và thử nghiệm Hoàn thiện Slide, báo cáo và video	T18- T20	Đang Triển Khai

CHƯƠNG 3: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN VÀ NỘI DUNG THỰC HIỆN CỦA TỪNG THÀNH VIÊN

3.1. Nguyễn Xuân Mai

Bảng 9: Nội dung thực hiện của từng thành viên

Nội dung	Mô tả (tính năng, thông số,...)	Kết quả cần đạt	Thời gian thực hiện (theo tuần)	Ghi chú
Tìm hiểu và phân tích	Tìm hiểu về các công nghệ truyền tin không dây. Tìm hiểu về các dự án có liên quan Đưa ra sơ đồ khối cấu trúc chung hệ thống		T2-T7	Đã hoàn thành
Thiết kế sơ đồ nguyên lý cho node	Thiết kế mạch in PCB đảm bảo yêu cầu Hàn lắp linh kiện		T9-T13	Đã hoàn thành
Hoàn thiện các node cảm biến	Lắp ráp hoàn thiện, kiểm tra tính năng mạch phần cứng		T14	Đã hoàn thành
Thiết kế Firmware cho node cảm biến	Thiết kế firmware cho các node Thiết kế giao diện ứng dụng trên máy tính		T15-T17	Đã hoàn thành
Quy định cấu trúc khung bản tin	Quy định cấu trúc khung bản tin cho cả bên truyền và bên nhận.		T15-T17	Đã hoàn thành
Hộp chung	Thử nghiệm hệ thống		T18-T20	Đang tiến hành

3.2. Trần Văn Lượng

Bảng 10: Nội dung thực hiện của từng thành viên

Nội dung	Mô tả (tính năng, thông số,...)	Kết quả cần đạt	Thời gian thực hiện (theo tuần)	Ghi chú
Tìm hiểu và phân tích	Tìm hiểu về các công nghệ truyền tin không dây. Tìm hiểu về các dự án có liên quan Đưa ra sơ đồ khối cấu trúc chung hệ thống		T2-T7	Đã hoàn thành
Thiết kế sơ đồ nguyên lý cho GATEWAY	Thiết kế mạch in PCB đảm bảo yêu cầu Hàn lắp linh kiện		T9-T13	Đã hoàn thành
Hoàn thiện Gateway	Lắp ráp hoàn thiện, kiểm tra tính năng mạch phần cứng		T14	Đang tiến hành hàn lắp linh kiện lên mạch
Thiết kế firmware cho Gateway	Thiết kế firmware cho GATEWAY Thiết kế giao diện ứng dụng trên máy tính		T15-T18	Đã hoàn thành
Lên phương án cho kịch bản xảy ra trong mạng	Khi có thêm nút mới hay loại bỏ một node ra khỏi hệ thống Tránh xung đột khung bản tin		T15-T17	Đã hoàn thành
Hộp chung	Thử nghiệm hệ thống		T19 – T20	Đang tiến hành

3.3. Tự đánh giá tỷ lệ đóng góp của từng thành viên trong dự án theo kế hoạch (trước khi thực hiện, thực hiện trong khi lên kế hoạch thực hiện dự án)

Bảng 11: Bảng đánh giá tỷ lệ đóng góp

Người thực hiện	Tỷ lệ	Giải quyết được những vấn đề gì của dự án (cần ghi rõ để có cơ sở đánh giá tỷ lệ)
Trần Văn Lượng	50%	<ul style="list-style-type: none"> - Tìm hiểu về các công nghệ truyền tin không dây - Thiết kế schematic cho mạch gateway - Hàn linh kiện trên mạch gateway và node

		<ul style="list-style-type: none"> - Thiết kế phần mềm cho gateway, lên phương án vào ra cho mạng cảm biến - Thiết kế và đẩy dữ liệu lên web server
Nguyễn Xuân Mai	50%	<ul style="list-style-type: none"> - Tìm hiểu về các bài toán liên quan - Thiết kế mạch schematic cho node cảm biến - Hàn linh kiện trên mạch node - Thiết kế phần mềm cho node cảm biến - Thiết kế các chế độ hoạt động cho node để tiết kiệm năng lượng

CHƯƠNG 4. TÌM HIỂU CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

Mạng truyền thông được phân loại như sau:

- Dựa vào dạng tín hiệu thông tin (Information Signals): Digital, Analog
- Dựa vào phạm vi (Scale): LAN, WAN, MAN, Internet
- Dựa vào công nghệ truyền dẫn (Transmission Technology): Broadcast, Point – to – Point
- Dựa vào phương tiện truyền dẫn (Transmission Medium): Wired, Wireless

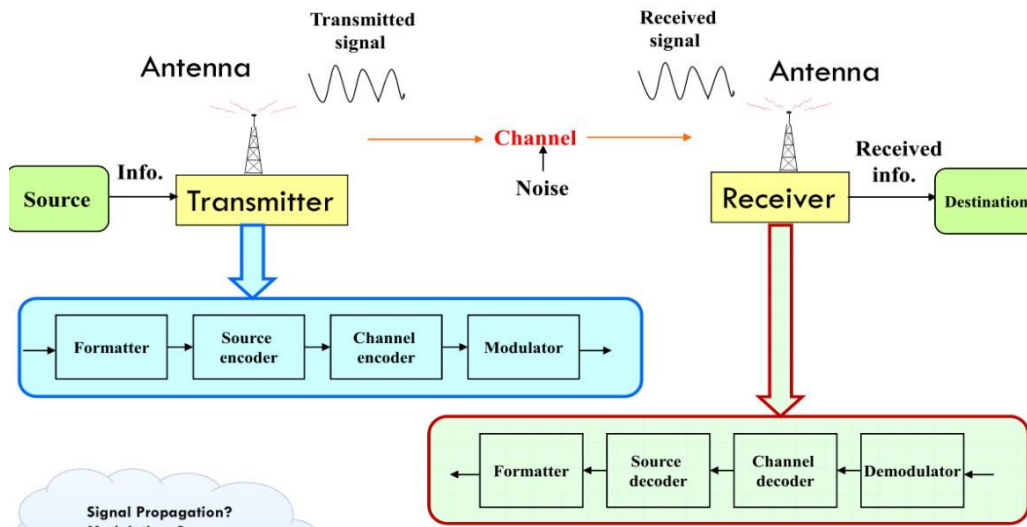
...

4.1. Tổng quan về công nghệ truyền thông không dây

Wireless: vô tuyến, không dùng dây dẫn

Truyền thông không dây là việc truyền tải thông tin qua một khoảng cách mà không cần dây dẫn làm môi trường truyền.

4.1.1 Mô hình truyền thông không dây



Hình 1: Mô hình truyền thông không dây

4.1.2 Phân loại mạng không dây

Mạng không dây được phân loại dựa theo:

(1) Dựa vào kiến trúc (Infrastructure)

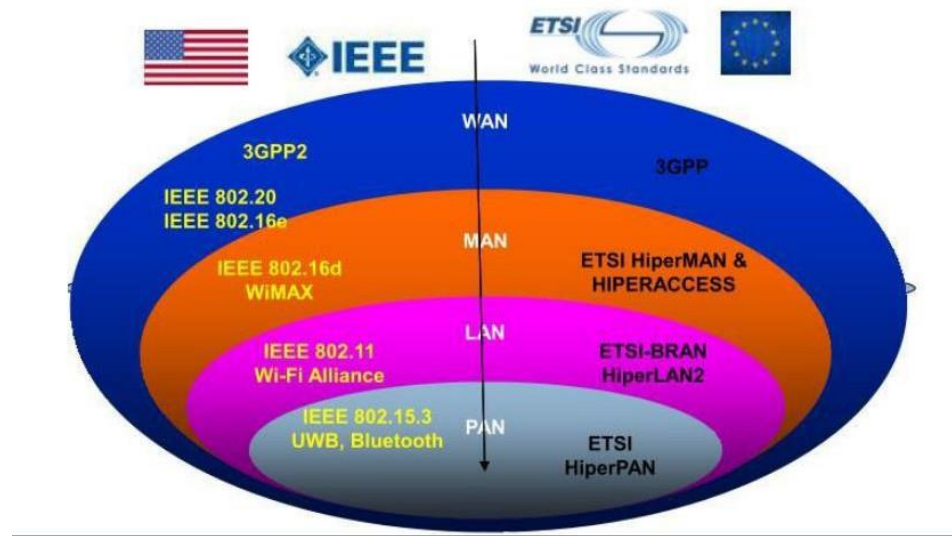
- Mạng có kiến trúc:
 - Sử dụng các node và gateway có dây và không dây
 - Mỗi node chính được định nghĩa trước vai trò trong mạng

Mạng có kiến trúc: Mạng tế bào, WLAN dùng access point,

- Mạng không có kiến trúc (Ad – hoc network)
 - Không có sự sắp xếp trước
 - Tập hợp ngẫu nhiên các node lại với nhau tạo thành một mạng

(2) Dựa vào chuẩn (Standardizations)

- 3GPP: WCDMA, HSDPA, 4G LTE
- 3GPP2: CDMA2000, EV – DO, UMB
- IEEE: IEEE802.11, IEEE802.16



Hình 2: Các chuẩn truyền thông không dây

(3) Dựa vào phạm vi (Scale)

- Body Area Networks: như cảm biến được gắn vào người
- Personal Area Networks: Home networking, Bluetooth và ZigBee
- Local Area Networks: Wireless LAN, WiFi
- Metropolitan Area Networks (Mạng đô thị): WiMAX
- Wide Area Networks: Cellula và Satellite networks

(4) Dựa vào sự di động (Mobility)

- Mạng không dây cố định: người dùng đã kết nối được xem như ở yên một chỗ
- Mạng không dây di động: một phần trong các thiết bị không dây là di động
 - Việc thay đổi điểm kết nối vào mạng có thể được thực hiện khi thiết bị vẫn online.
 - VD: Cellula network, mobile ad hoc network (MANET)

(5) Dựa vào dạng tín hiệu (Signal)

(6) Dựa vào băng thông (Bandwidth)

- Narrowband Wireless Network: Mạng băng hẹp.

- Broadband Wireless Network: Mạng băng rộng (UWB, WiMax, LTE,...) Các tần số tiêu biểu: Bluetooth ~ 2.4 GHz hay WiFi ~ 2.4 GHz

4.2. WIFI

WiFi (Wireless Fidelity) là một trong những công nghệ không dây được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay trong các văn phòng kinh doanh và gia đình. WiFi sử dụng băng tần ISM 2,4 GHz và 5 GHz. Do WiFi rất phổ biến, nên nó có thể dễ dàng tận dụng các mạng hiện có để sử dụng cảm biến không dây. Tuy nhiên, tín hiệu WiFi gặp khó khăn khi xuyên tường, đây là một bất lợi cho các ứng dụng tầm xa. Ngoài ra, mạng WiFi được quản lý bởi các bộ định tuyến cục bộ có thể không phải lúc nào cũng có giao diện người dùng trực tiếp để cập nhật các phím cảm biến.

Một số điểm quan trọng về Wi-Fi:

- (1) Nó yêu cầu bộ điều hợp không dây (Wireless Adapter) trên tất cả các thiết bị và bộ định tuyến không dây (Wireless Router) để kết nối với nó.
- (2) Tiêu thụ năng lượng lớn
- (3) Cung cấp bảo mật tốt
- (4) Hỗ trợ lượng lớn người dùng
- (5) Phạm vi tín hiệu ~ 100m
- (6) Yêu cầu băng thông cao

4.3. BLE

BLE là một giao thức năng lượng thấp khác với công nghệ Bluetooth truyền thống. BLE sử dụng băng tần 2.4GHz để truyền một lượng nhỏ thông tin. Tiêu chuẩn không dây ít tốn kém hơn so với WiFi; tuy nhiên, vấn đề tương tự tồn tại khi gửi dữ liệu qua các bức tường hoặc trên một khoảng cách dài. Ngoài ra, BLE dễ bị nhiễu tín hiệu vì nhiều thiết bị và tiêu chuẩn khác sử dụng dải tần 2.4GHz.

4.4. Zigbee

Zigbee giống như UWB (Băng tần siêu rộng). dải tần được hỗ trợ trong Zigbee hầu hết là 2,4 GHz trên toàn thế giới, có nghĩa là 2,4 GHz không được hỗ trợ mọi lúc. Nó bao gồm nhiều khoảng cách hơn so với Bluetooth. Có 16 kênh RF trong Zigbee.

Một số điểm quan trọng về Zigbee:

- (1) Phát triển theo chuẩn IEEE 802.15.4
- (2) Dải tần hỗ trợ ~ 2,4 GHz
- (3) Kỹ thuật điều chế BPSK và QPSK như UWB
- (4) Hơn 65.000 node trong Zigbee
- (5) 16 kênh RF

- (6) Zigbee cũng yêu cầu băng thông thấp nhưng cao hơn băng thông của Bluetooth.
 (7) Phạm vi tín hiệu ~ 10 – 100m

Bảng 12: Bảng so sánh các công nghệ truyền tin không dây

		Bluetooth	WiFi	Zigbee
Lớp vật lý	Dải tần hỗ trợ	2,4GHz – 2,483GHz	2,4GHz và 5GHz	Chủ yếu là 2,4GHz trên toàn thế giới
	Số kênh RF	79 kênh RF		16 kênh RF
	Công nghệ điều chế (Modulation Technique)	GFSK	OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) và QAM(Quadrature Amplitude Modulation)	BPSK và QPSK (giống như UWB)
	Chuẩn	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4.	IEEE 802.15.4.
Định tuyến mạng		Mạng mesh, mạng mắt lưới, mạng cây	Router vừa có thể kết nối wifi với điện thoại, máy tính bảng vừa kết nối mạng có dây với máy tính bàn, laptop, tivi. Các loại Router:	Nhiều dạng cấu trúc liên kết chung như hình sao, lưới, mesh, hình cây, định tuyến theo phương pháp OVDA
			Wired router Wireless router Virtual router Core router và Edge-router	

		Băng thông thấp	Băng thông cao	Băng thông thấp nhưng cao hơn Bluetooth
--	--	-----------------	----------------	---

		Mạng khu vực cá nhân không dây (WPAN)	Mạng cục bộ không dây (WLAN)	WPAN
	Tốc độ bit	1Mbps	11Mbps và 55Mbps	250kbps
Phạm vi hoạt động	Khoảng cách truyền	<p>Các yếu tố ảnh hưởng đến khoảng cách truyền thông như môi trường hoạt động, thiết kế anten, vật cản, hướng thiết bị,...</p> <p>BLE tập trung vào các ứng dụng truyền thông trong phạm vi gần.</p> <p>Với BLE ta có:</p> <p>Khoảng cách lý thuyết: 100m (điều kiện tốt).</p> <p>Khoảng cách khả thi: 30m.</p> <p>Khoảng cách thường được sử dụng: 2-5m.</p>	Trong môi trường không có vật cản, hấp thụ và nhiễu sóng: tối đa là 100m	Zigbee có phạm vi kết nối ngắn hơn trong khoảng 10-20 mét vì nó sử dụng ít năng lượng hơn. Điều này làm tăng đáng kể tuổi thọ pin cho các thiết bị sử dụng giao thức Zigbee.
		Công suất tiêu thụ thấp	Công suất tiêu thụ cao (Một bộ phát	Nhờ chức năng điều khiển từ xa

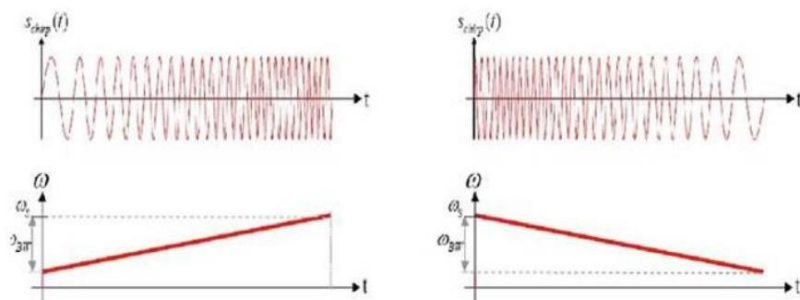
Công suất tiêu thụ		Bluetooth Low Energy đạt tối đa chỉ 1Mbps trong khi chỉ tiêu thụ 0,01 đến 0,5 watt.	sóng Wifi tiêu tốn từ 2W-20W)	không dây, truyền dữ liệu ổn định, tiêu thụ năng lượng cực thấp, công nghệ mở đã giúp công nghệ ZigBee trở nên hấp dẫn sử dụng cho các ứng dụng, đặc biệt là ứng dụng trong nhà thông minh hiện nay.
Ứng dụng		Communication, Cars, Multimedia, Industrial, Medical, Education	Wireless Internet, PC, PDA.	Mainly suitable for automatic control and remote control, you can embed various devices.

4.5. Lora

4.5.1. Giới thiệu về LoRa

LoRa (Long Range Radio) là một nền tảng công nghệ không dây có công suất thấp và phạm vi xa, sử dụng dải tần miễn phí. Mục đích của tạo ra công nghệ LoRa là nhằm loại bỏ repeater, giảm giá thành thiết bị. Nó là một lớp vật lý, được sử dụng cho giao tiếp với khoảng cách lớn. LoRa là một kỹ thuật điều chế dựa trên kỹ thuật trải phổ Spread-Spectrum và biến thể của Chirp Spread Spectrum (CSS), được nghiên cứu và phát triển bởi Cycleo và được mua lại bởi công ty Semtech vào năm 2012. Thay vì sử dụng công suất lớn và băng thông hẹp thì tín hiệu được trải ra băng thông rộng hơn với mức công suất nhỏ hơn (tổng mức công suất không đổi) mà bên thu có bộ giải mã thích hợp vẫn có thể nhận được chính xác dữ liệu. Nhờ áp dụng kỹ thuật trải phổ mà tín hiệu truyền đi ít bị suy hao và chống nhiễu tốt hơn, do đó có thể truyền tín hiệu đi xa trong khi truyền với mức công suất thấp.

Dữ liệu truyền đi được mã hóa thành các “Chirp” là tín hiệu hình sin có tần số thay đổi tuyến tính theo thời gian, có hai loại tín hiệu Chirp: Up – Chirp (Tần số tín hiệu tăng dần theo thời gian) và Down – Chirp (Tần số tín hiệu giảm dần theo thời gian).



Hình 3: Hình dạng tín hiệu

Trên một dải băng thông cố định cho phép truyền nhận dữ liệu nhờ sử dụng hệ số trải phổ trực giao khác nhau. Điều này làm tăng tính linh hoạt trong thiết kế hệ thống khi các thiết bị có thể tối ưu về khoảng cách, tốc độ đường truyền hay là về tiết kiệm năng lượng. Để tăng độ nhạy tín hiệu cho thiết bị, mỗi gói tin LoRa truyền đi đều có phần mở đầu (Preamble). Phần mở đầu là một chuỗi các chu kỳ phát tín hiệu. Trong mỗi chu kỳ, tín hiệu được truyền đi có tần số tăng tuyến tính bắt đầu từ tần số thấp nhất đến tần số cao nhất. Hết một chu kỳ tương ứng với việc tạo ra một tín hiệu “chirp”. Kết thúc của phần mở đầu (Preamble) được phát hiện khi bộ lọc nhận được một tín hiệu “Down chirp”, tức là tần số tín hiệu giảm dần. Hơn nữa khả năng chống nhiễu và bảo mật thông tin cũng được cải thiện vì một gói tin chỉ được xử lý khi đã xác nhận đúng phần mở đầu.

Các tham số đặc trưng cho điều chế LoRa:

1. Tỷ lệ mã hóa
2. Hệ số trải phổ
3. Băng thông

Tỷ lệ mã hóa (Coding Rate)

Kỹ thuật FEC (Forward error correction) được sử dụng trong LoRa để tăng khả năng xử lý dữ liệu bên phía thiết bị nhận. FEC là một kỹ thuật mã hóa kênh dùng để phát hiện và sửa lỗi gói tin truyền đi bằng cách thêm vào sau gói tin một đoạn mã được tính toán từ dữ liệu bên trong rồi được gửi đi cùng với kiểu FEC.

Vì vậy độ lớn của gói tin phụ thuộc vào hệ số CR (coding rate). Nhà sản xuất LoRa đã đặt giá trị mã CR trong khoảng từ 0 đến 4, ở đây $CR = 0$ nghĩa là không có FEC. LoRa sử dụng tỷ lệ mã code là $4/5$, $4/6$, $4/7$, $4/8$. Hình dưới tương ứng với tỉ số giữa độ lớn mã FEC so với gói tin.

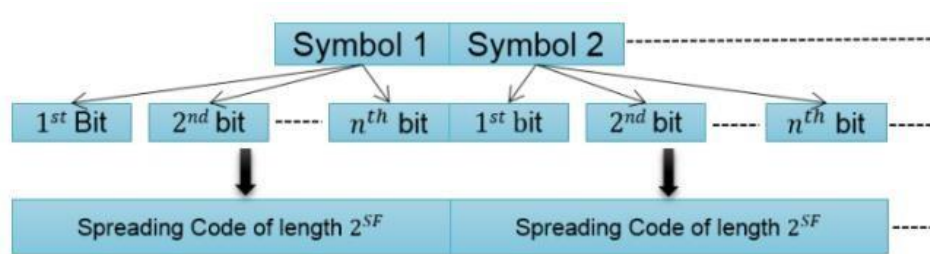
CodingRate (RegTxCfg1)	Cyclic Coding Rate	Overhead Ratio
1	4/5	1.25
2	4/6	1.5
3	4/7	1.75
4	4/8	2

Hình 4: Tỷ lệ mã hóa

Nếu $CR = 4/8$ thì cứ mỗi 4bit data nó sẽ được mã hóa bởi 8bit, tức là chipset LoRa phải gửi gấp đôi dữ liệu cần truyền. Do đó chúng ta có thể sử dụng CR thấp để tăng throughput nhưng độ nhạy sẽ kém đi do khả năng tự phục hồi dữ liệu của chipset LoRa sẽ thấp hơn.

Hệ số trải phổ (Spread Factor)

SF xác định số lượng chip khi mã hóa tín hiệu đã được điều chế tần số, biểu diễn số lượng bit thông tin tối đa mà một symbol có thể mang theo, có giá trị từ 7 – 12.



Hình 5: Hệ số trải phổ

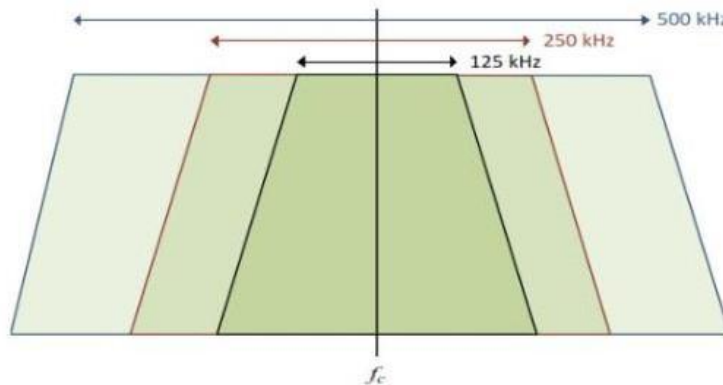
Mỗi *Symbol* mang thông tin trong LoRa sẽ được mã hóa thành 2^{SF} “chip”. Việc tăng hệ số trải phổ lên một sẽ làm tăng số lượng “chip” mã hóa một *symbol* làm cho tốc độ truyền nhận dữ liệu giảm đi.

LoRa thường sử dụng các hệ số trải phổ trực giao từ 7 đến 12 (riêng với chip “SX1277” là từ 6 đến 9), cho phép các thiết bị có thể sử dụng nhiều hệ số khác nhau trong một hệ thống mà không gây nhiễu sang nhau. Hệ số trải phổ ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ truyền dữ liệu cũng như khoảng cách truyền. Ngoài ra khả năng kháng nhiễu cũng được tăng lên khi sử dụng hệ số trải phổ cao hơn.

Băng thông

Băng thông là thông số quan trọng nhất của điều chế LoRa. Một *Symbol* bao gồm 2^{SF} chip được truyền đi trong toàn dải băng thông. Loại tín hiệu sử dụng là “Up – chirp”. Tần số tín hiệu tăng dần đến khi đạt đến tần số tối đa của dải băng thông thì sẽ quay ngược lại tần số nhỏ nhất và lại tiếp tục tăng, cứ như vậy trong suốt khoảng thời gian truyền một *Symbol*. Trong kỹ thuật LoRa thì tốc độ chirp

phụ thuộc vào độ rộng băng thông, dải băng thông sử dụng càng rộng thì thời gian một chirp được truyền đi trong không khí càng lớn hay tốc độ đường truyền càng giảm. LoRa thường sử dụng 3 mức băng thông phổ biến là: 125kHz, 250kHz và 500kHz.



Hình 6: Băng thông của LoRa

Có thể nói SF, BW và CR là 3 thông số cơ bản và quan trọng của chipset LoRa. Trong đó, SF và BW sẽ ảnh hưởng thời gian và khoảng cách truyền dữ liệu; CR thì chỉ ảnh hưởng thời gian truyền dữ liệu. Tùy yêu cầu của ứng dụng cụ thể về khoảng cách, tốc độ gửi dữ liệu, v.v... chúng ta có thể chọn giá trị hợp lý để tối ưu quá trình truyền nhận qua LoRa.

Hiện nay các chirp LoRa do Semtech sản xuất có tần số thuộc dải băng tần ISM (dải băng tần miễn phí cho các ứng dụng không dây) từ 137MHz đến 1020MHz tùy thuộc vào từng khu vực khác nhau trên thế giới:

- 430MHz: Châu Á
- 780MHz: Trung Quốc
- 433MHz hoặc 868MHz: Châu Âu
- 915MHz: Mỹ

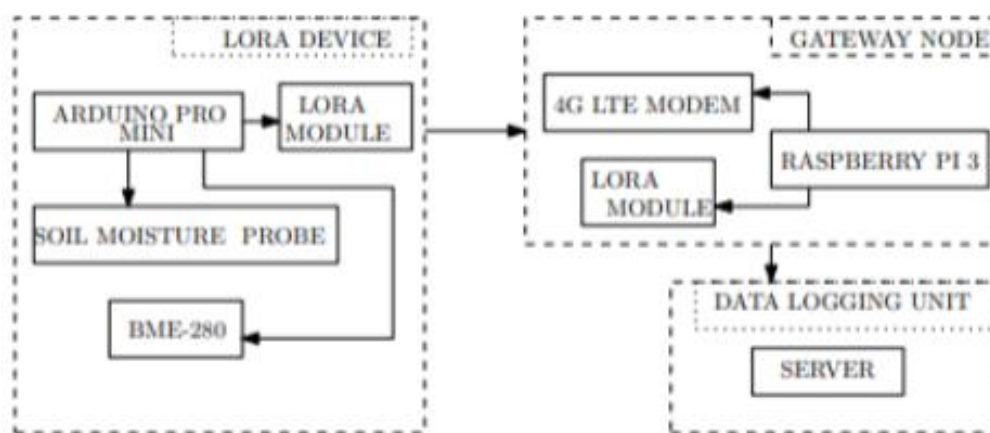
CHƯƠNG 5. TÌM HIỂU CÁC DỰ ÁN, NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Tên đề tài: Cloud based Low-Power Long-Range IoT Network for Soil Moisture monitoring in Agriculture

a, Cảm biến: Sử dụng cảm biến độ ẩm dựa trên nguyên lý điện dung

b, Công nghệ truyền tin không dây: Sử dụng Lora làm giao thức truyền thông, sử dụng băng tần ISM 868MHz để truyền tín hiệu, đặt 2 node trong một khu vực

Sơ đồ tổng quan:



Hình 7: Sơ đồ tổng quan của các nghiên cứu trước đây

c, Kết quả đạt được:

Node công suất thấp: 120mA khi hoạt động và 716.7uA khi ở trạng thái ngủ => 8.2h cho pin 1000mAh.

Giá thành tính toán:

Components Used	Cost(\$)
Dorji DRF1276 LoRa IC	8.485
Arduino Pro mini Board	2.404
PCB	2.825
Soil Moisture Sensor	2.404
BME - 280	6.647
3.7V Battery	4.596
Total	27.361

TABLE I
COST ANALYSIS OF THE PROPOSED IoT NETWORK

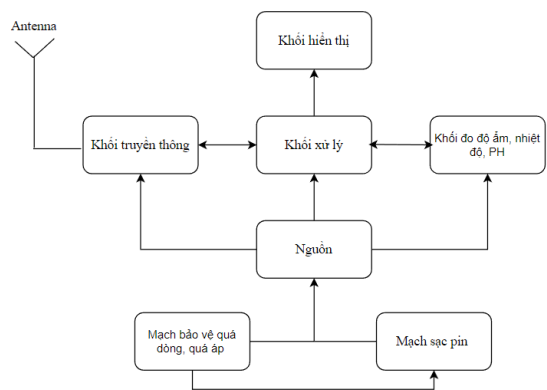
Hình 8: Công suất tính toán của các node trước đây

RSSI được quan sát cao hơn nhiều so với mức nhiễu được xác định-127dBm so với mức nhiễu dc xác định theo datasheet của SX1276, Khoảng cách giao tiếp <1.8 Km

CHƯƠNG 6. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP VÀ LÊN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ

6.1. Kiến trúc chung nút cảm biến không dây

Sơ đồ tổng quan chung cho node cảm biến



Hình 9: Sơ đồ tổng quan chung của node cảm biến

Một nút cảm biến không dây: bản chất là một thiết bị đo mang tính nhỏ gọn, tiêu thụ năng lượng thấp, dễ di chuyển và lắp đặt, sử dụng công nghệ truyền tin không dây.

Một nút cảm biến không dây bao gồm các khối:

- 1. Khối nguồn cung cấp
- 2. Khối đầu đo cảm biến/cơ cấu chấp hành
- 3. Khối điều khiển
- 4. Bộ nhớ
- 5. Khối truyền thông không dây

6.2. Tính toán nguồn cho node cảm biến không dây

Nhóm em dự định chia 3 chế độ cho node cảm biến hoạt động

Bảng 13: Các chế độ hoạt động của node cảm biến

Chế độ hoạt động tích cực (Active Mode)	Nút cảm biến thực hiện các nhiệm vụ như đo nhiệt độ, truyền thông tin đi hay nhận thông tin về với khối Gateway
	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn luôn hoạt động và gần như tất cả các khối còn lại cũng đều hoạt động.

Chế độ ngủ (Sleep Mode)	Nút cảm biến chưa phải thực hiện một nhiệm vụ cảm biến hay truyền thông nào, tuy nhiên nút cảm biến vẫn tham gia hoạt động trong mạng. Sau một khoảng thời gian nghỉ t, nút sẽ hoạt động trở lại
Chế độ ngủ (Sleep Mode)	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn ở trạng thái ngủ.
Chế độ nghỉ (Idle Mode)	Nút cảm biến chưa phải thực hiện một nhiệm vụ cảm biến hay truyền thông nào và không tham gia hoạt động trong mạng.
Chế độ nghỉ (Idle Mode)	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn ở trạng thái ngủ. Các khối khác cũng ở chế độ ngủ.

Nhóm em sử dụng nguồn pin Lithium 1 cell có dung lượng 2100mAh

Bảng 14: Bảng tính toán công suất của 1 node cảm biến

Linh kiện	Chế độ	Điện áp hoạt động (V)	Dòng điện tiêu thụ (mA)	Công suất tiêu thụ (mW)
LM35	Active	3.3	0.06	0.198
STM32	Active	3.3	50.0	165.0
	Sleep	3.3	8.0	26.4
SX1278	Standby	3.3	1.6	5.28
	Tx	3.3	120.0	396.0
	Rx	3.3	12.0	39.6
	Sleep	3.3	0.0002	0.0007
LCD_I2C		3.3	12	40

Từ bảng trên, công suất tiêu thụ bởi nút cảm biến không dây ở chế độ Sleep là 26.7 mW(STM32 và SX1278 sleep,lm35 active) , ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Tx là 1617.5 mW, ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Rx là 1261.1 mW.

Nhóm em lên phương án quản lý cho 10 node cảm biến mỗi cảm biến lấy mẫu là 6s Trong 60s mỗi node cảm biến sẽ nghỉ 40s và dậy để lắng nghe (chế độ rx) trong 19.5 còn 0.5s node cảm biến sẽ truyền (chế độ tx)

	Tx	Rx	Sleep
Thời gian	0.5s	19.5s	40s

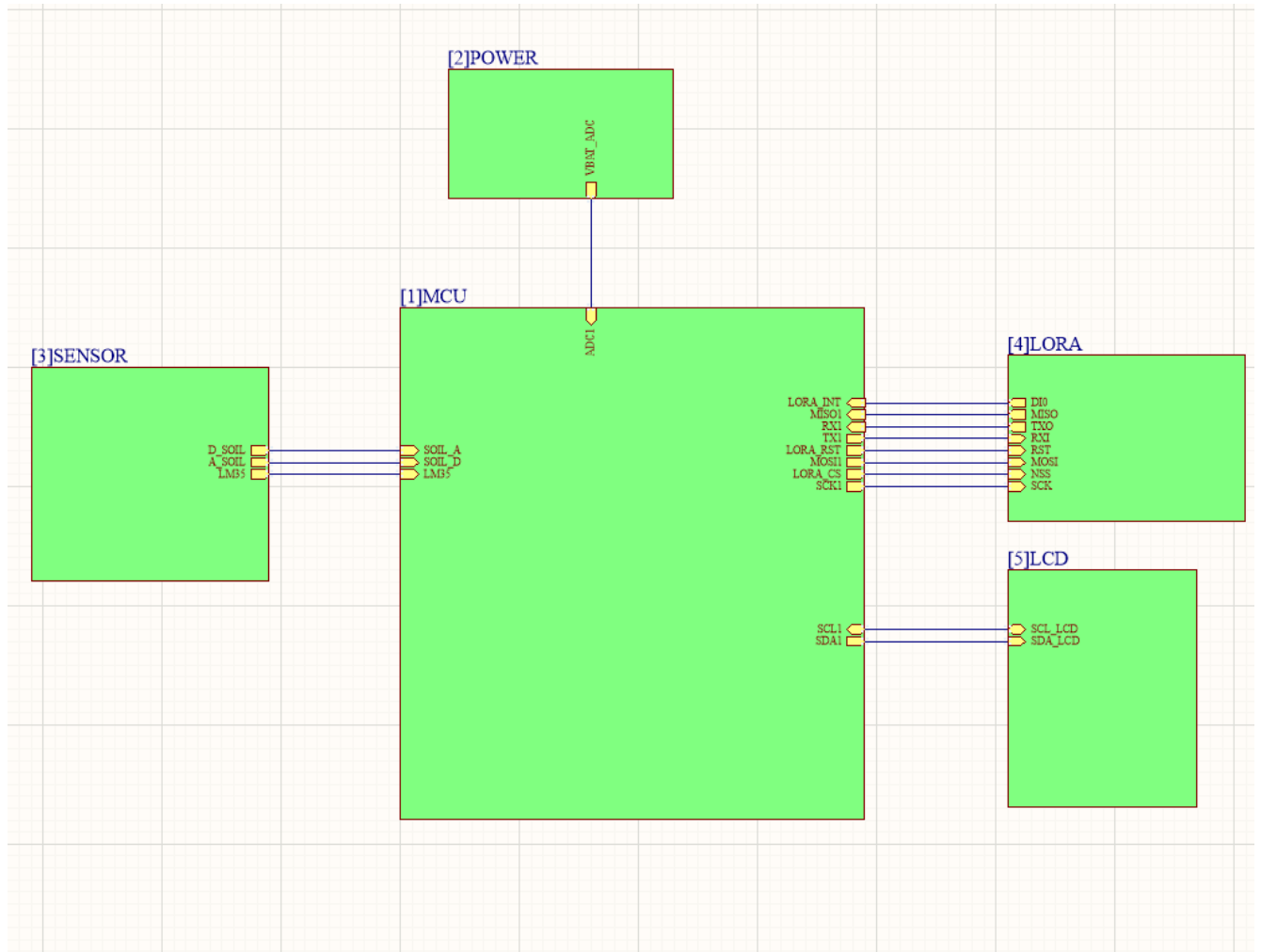
Ta có công suất tiêu thụ trung bình (xét các linh kiện khác hoạt động chế độ tích cực)

$$P_{avg} = \frac{40 * 0.0007 + 19.5 * 39.6 + 0.5 * 390.6}{60} + 40 + 165 + 0.198$$

$$= 221.3 \text{ mWh}$$

Thời gian 1 hoạt động liên tục 1 node là $t = \frac{2100}{P_{avg}/3.3} = 30h$

6.3. Thiết kế mạch nguyên lý cho nút cảm biến

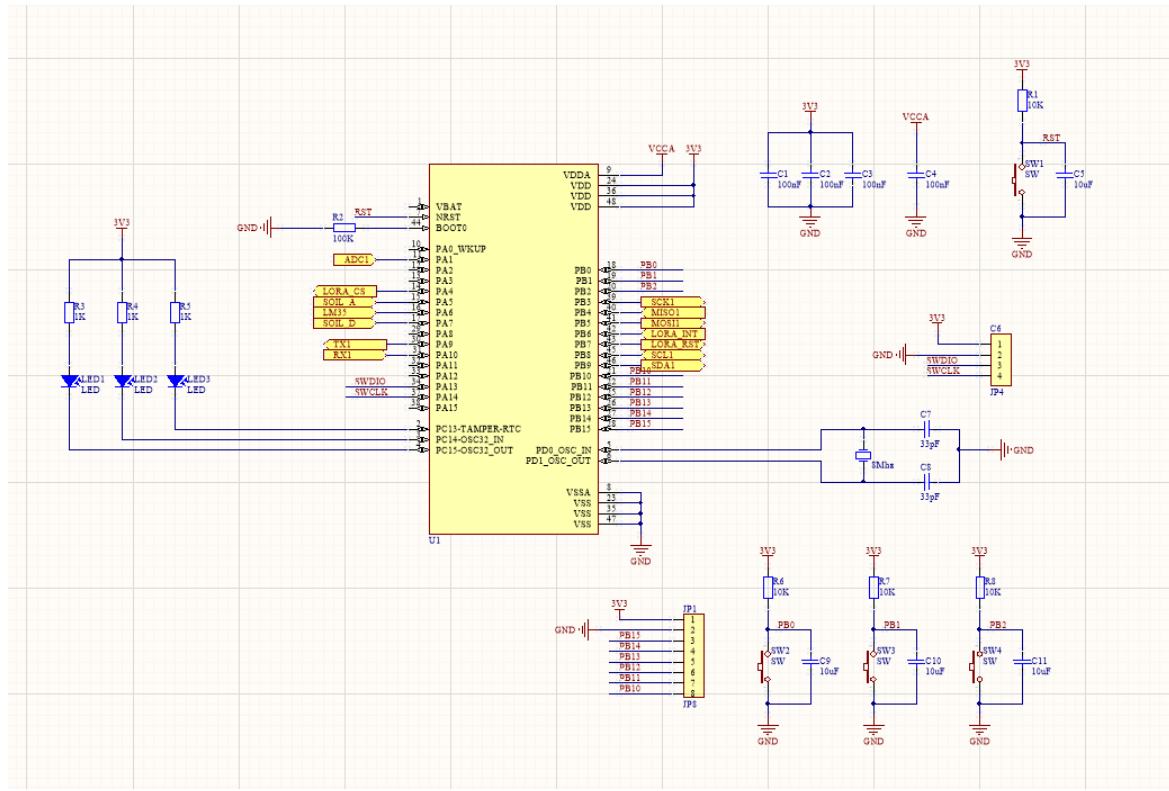


Hình 10: Sơ đồ nguyên lý tổng quan của node

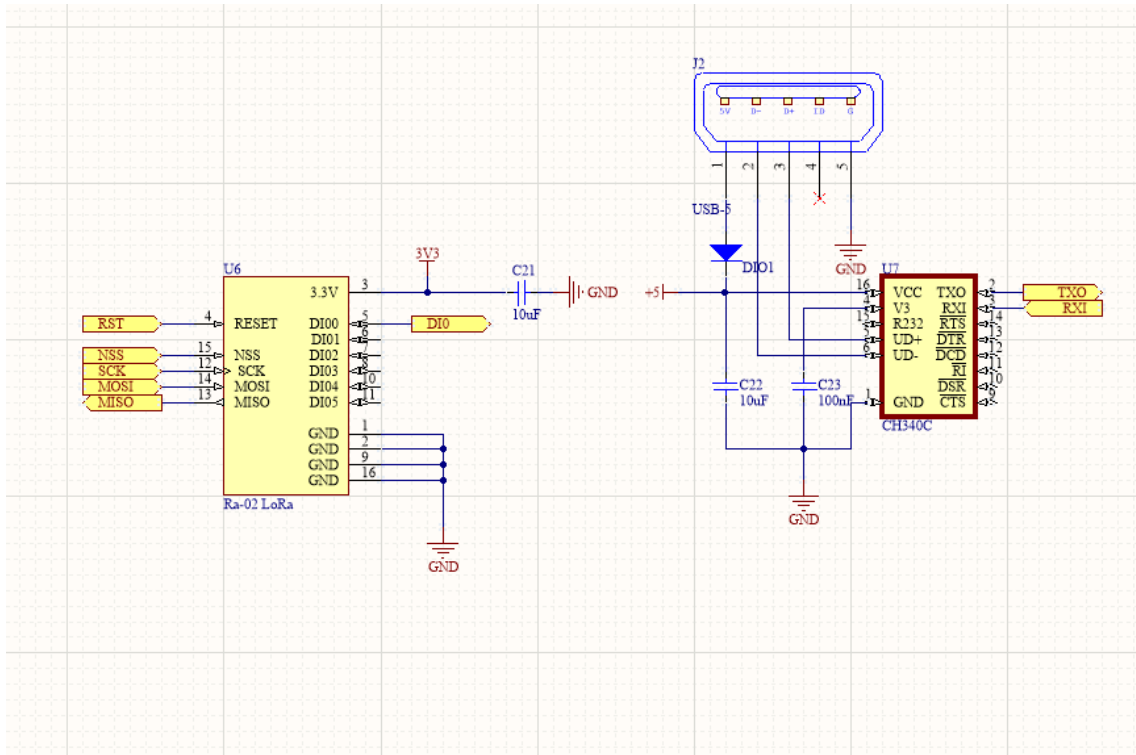
Đối với node cảm biến gồm 5 khối chính:

- Khối MCU: Tính toán để quy ra giá trị độ ẩm và nhiệt độ của môi trường. Quản lý chế độ vào ra mạng của node cảm biến.
- Khối truyền thông không dây: Sử dụng công nghệ truyền tin không dây LORA để truyền tin. Các bản tin này sẽ được truyền về VDK xử lý hoặc từ Vi điều khiển gửi đi các bản tin cho gateway. Giao thức truyền tin giữa vi điều khiển và LORA sẽ là giao thức SPI
- Khối Sensors: Bao gồm cảm biến độ ẩm đất và cảm biến nhiệt độ LM35

- ### 6.3.1. Khối MCU



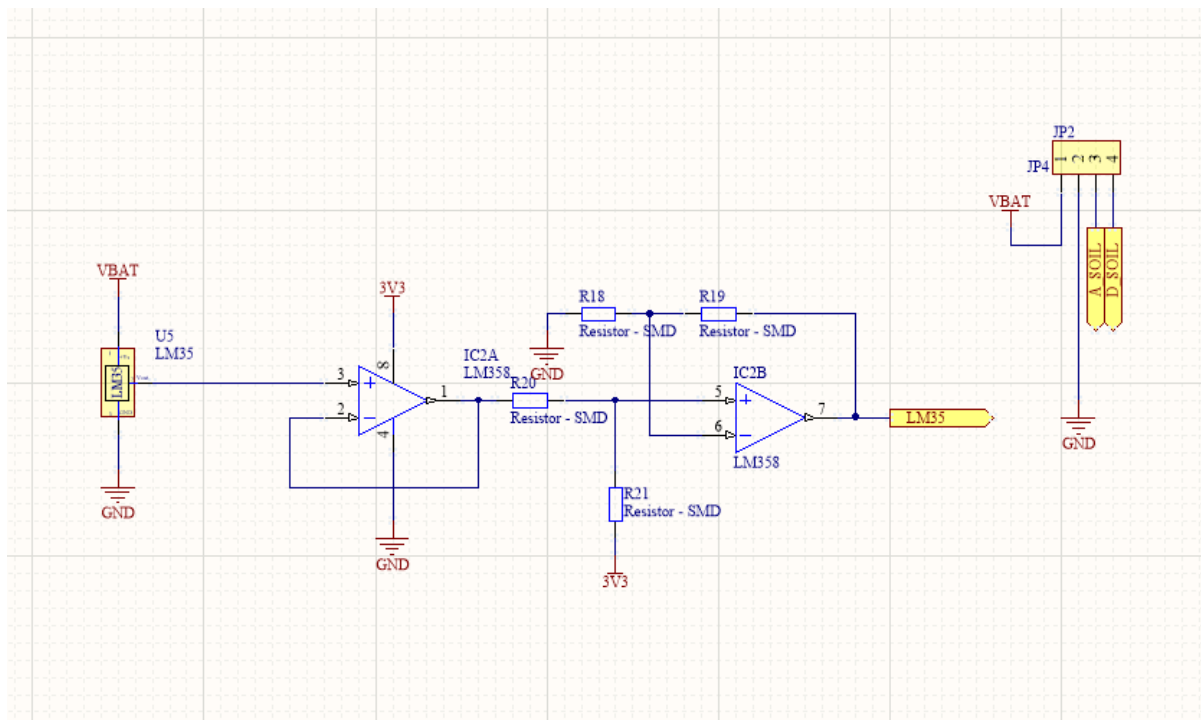
6.3.2. Khối truyền thông không dây



Hình 12: Khối truyền thông không dây của Node

- Sử dụng IC SX1278 là IC cung cấp thu phát I2C-LORA ở tần số 433MHZ
- Sử dụng thêm USB5 chuyển đổi TTL sang UART để debug đọc các bản tin từ SX1278

6.3.3. Khối cảm biến



Hình 13: Khối cảm biến của Node

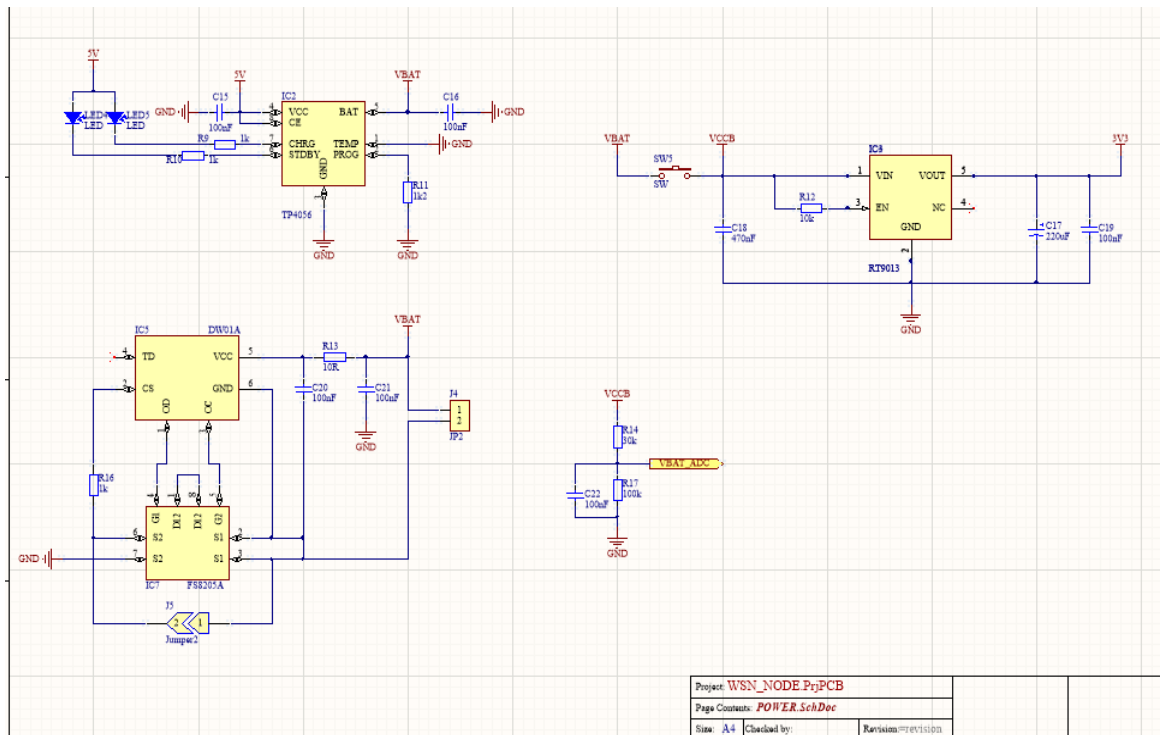
Sử dụng Cảm biến độ ẩm đất theo nguyên lý điện trở độ ẩm với 2 đầu ra là analog và digital.

Cảm biến nhiệt độ LM35 kết hợp với mạch khuếch đại không đảo bù điện áp.

6.3.4 Khối hiện thị

Sử dụng màn hình HMI để hiện thị giá trị nhiệt độ và độ ẩm cùng với điện áp của pin

6.3.5. Khối nguồn



Hình 14: Khối nguồn của Node

Mạch nguồn gồm 3 khối:

- + Khối hạ áp xuống 3V3
- + Khối bảo vệ điện áp pin
- + Khối sạc pin

1. Khối Hạ áp 3V3

Sử dụng pin Lithium 2 cell cung cấp 7.6 – 8.4V thông qua IC hạ áp tuyến tính hạ xuống 3V3 cung cấp cho toàn bộ hệ thống

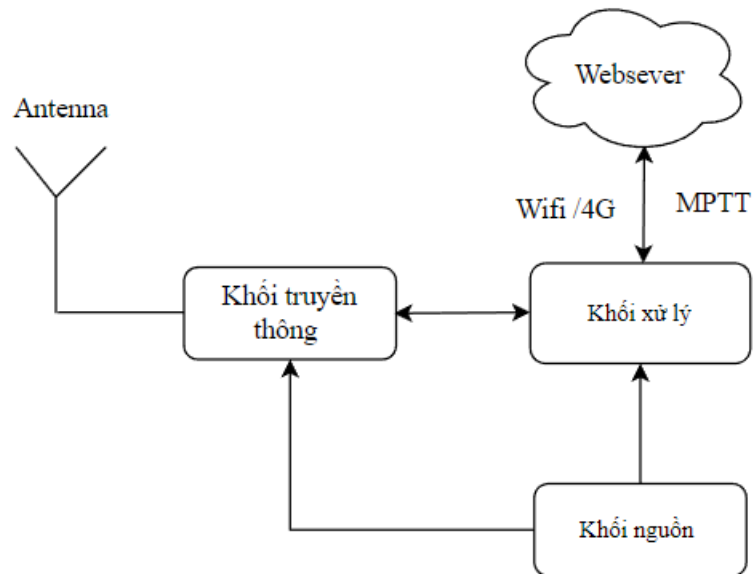
2. Khối bảo vệ cell pin

Sử dụng IC DW01A và 2 mosfet để bảo vệ pin ngắt pin khỏi hệ thống khi điện áp sụt dưới ngưỡng cho phép 3.8V

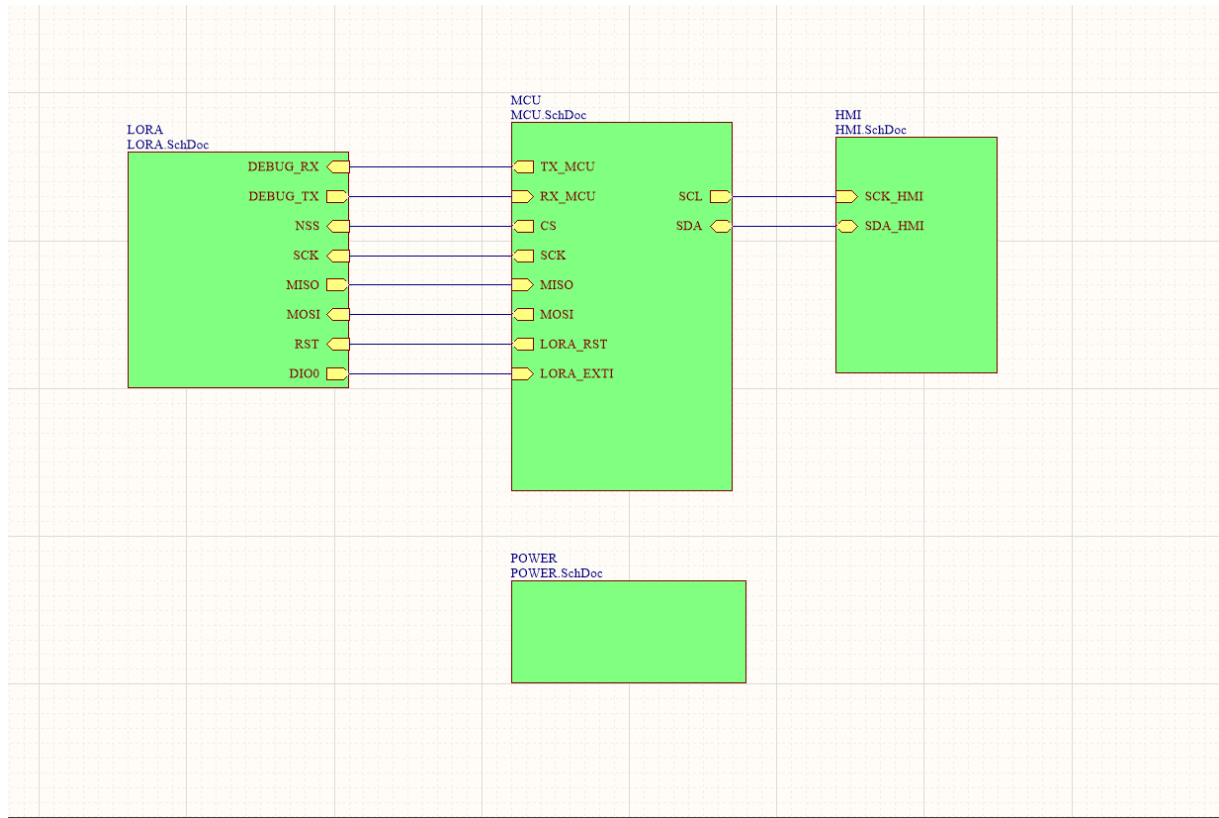
3. Khối sạc pin

Sử dụng IC TP4056 để sạc cho cell pin sử dụng nguồn điện 5V được cấp từ USB 5 của máy tính để sạc cho cell pin

6.4. Thiết kế sơ đồ nguyên lý cho gateway



Hình 15: Sơ đồ tổng quan chung của Gateway

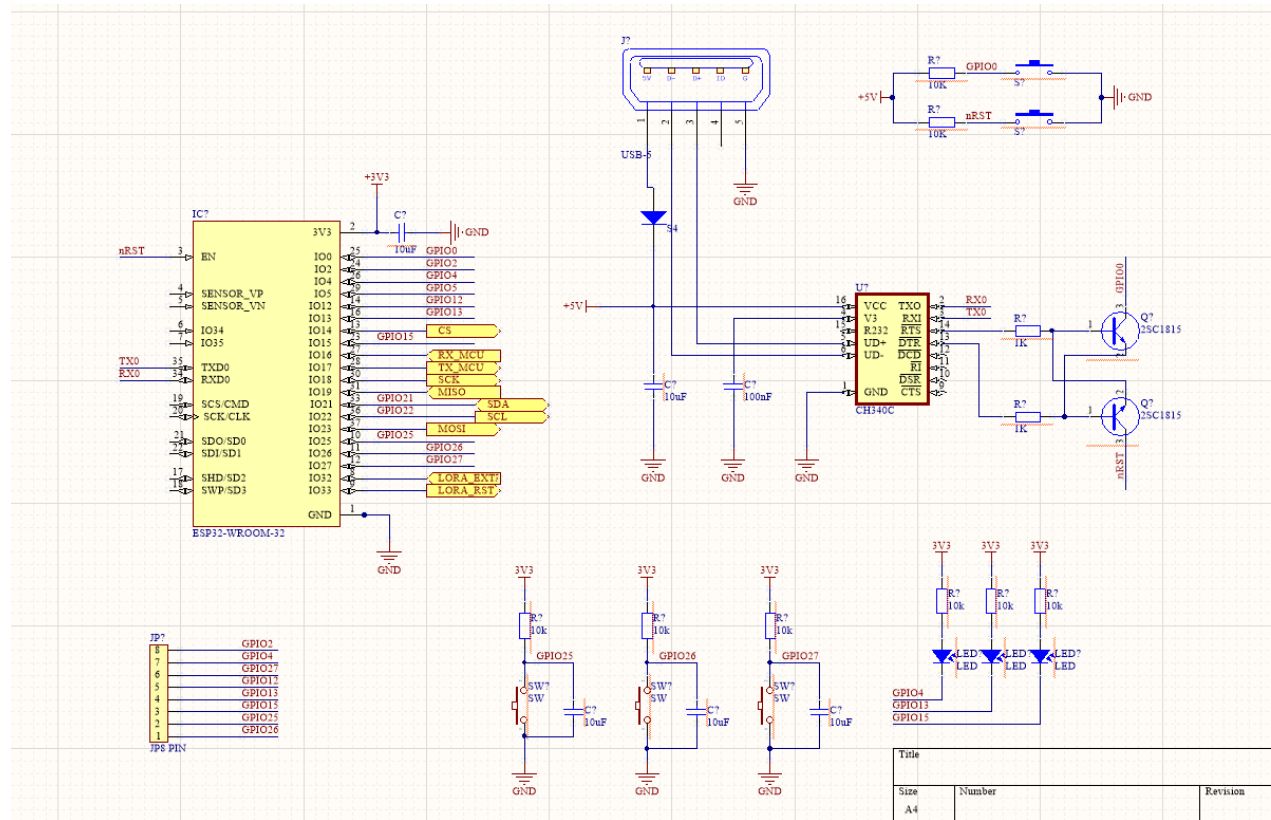


Hình 16: Sơ đồ nguyên lý của Gateway

Đối với gateway gồm 4 khối chính:

- Khối MCU: Quản lý việc truy nhập vào ra của mạng cảm biến, truyền tải dữ liệu lên web, sever thông qua công nghệ wifi và giao thức mqtt
- Khối Nguồn: Cung cấp nguồn 3V3 cho toàn bộ hệ thống từ adapter 5V hoặc USB qua máy tính
- Khối Truyền thông không dây: Sử dụng công nghệ truyền tin không dây LORA.
- Khối HMI: Hiện thị thông tin về pin cùng với độ ẩm tại các node

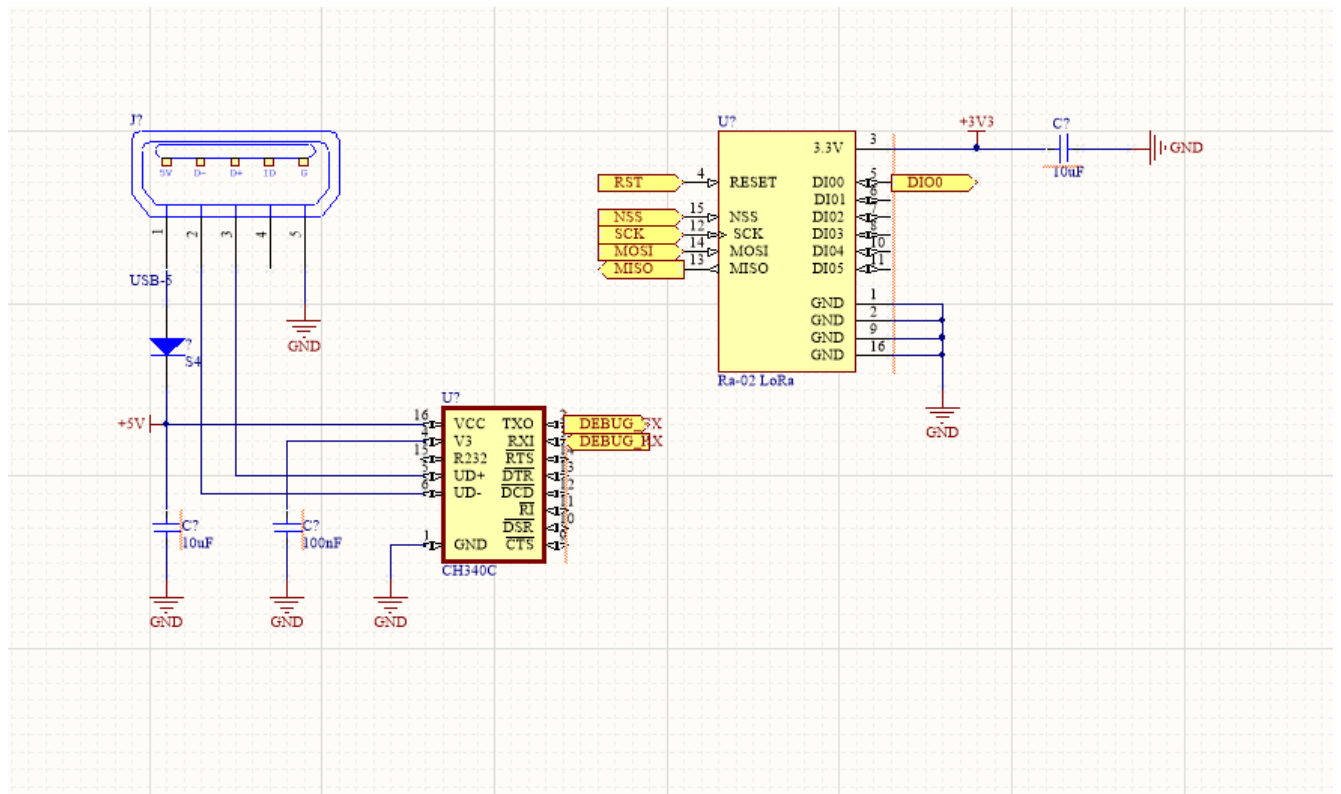
6.4.1 Khối MCU



Hình 17: Khối MCU của Gateway

- Sử dụng MCU ESP32WROOM có tích hợp wifi on chip cho phép kết nối mạng.
- MCU ESP32 có bộ nhớ 16 MB cho phép chia bộ nhớ để OTA
- Sử dụng ngôn ngữ lập trình ESP-IDF với tập API do nhà sản xuất phát triển
- Kết hợp mạch nạp qua chuẩn UART để nạp code (sử dụng qua IC chuyển đổi CH340).

6.4.2 Khối Truyền thông không dây



Hình 18: Khởi truyền thông không dây của Gateway

- Sử dụng IC SX1278 là IC cung cấp thu phát I2C-LORA ở tần số 433MHZ
- Sử dụng thêm USB5 chuyển đổi TTL sang UART để debug đọc các bản tin từ SX1278
- Các chế độ của SX1278:

+ Sleep: Chỉ SPI và thanh ghi có thể truy cập, FIFO không thể truy cập.

+ Standby: FIFO có thể truy cập

+ TX: Kích hoạt tất cả các khối để gửi, gửi packet rồi về Standby.

+ RX: gồm 2 loại RXContinuous và RXSingle

RXContinuous: Kích hoạt tất cả các khối để nhận, xử lý tất cả các packet nhận được đến khi user chuyển mode.

RXSingle: Kích hoạt tất cả các khối để nhận, duy trì đến khi nhận được packet (hoặc đến khi timeout) rồi về Standby.

Đối với Buffer: FIFO buffer location có thể được đọc và ghi qua SPI bằng thanh ghi RegFifoAddrPtr. Khi đọc hoặc ghi vào FIFO buffer (RegFifo), RegFifoAddrPtr sẽ tự động tăng.

Các mode cho chế độ thiết lập data (Data Reception Sequence):

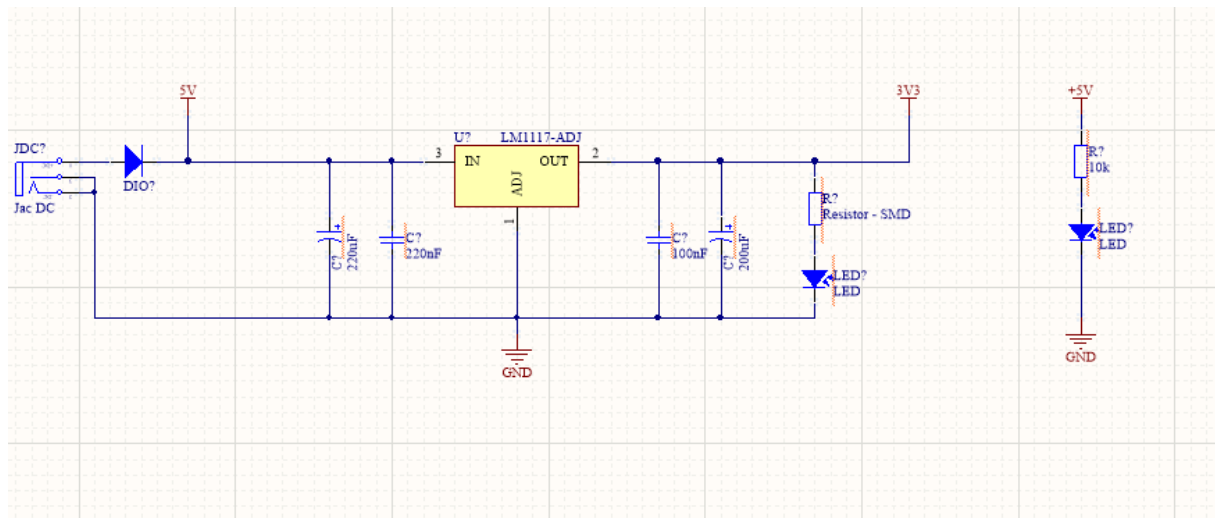
- Single Reception Operation Mode: Ở mode này, device tìm preamble trong chu kỳ thời gian cho trước. Nếu không tìm được preamble thì device tạo ngắt RxTimeout và quay lại Standby. Độ dài của reception window (in symbols) được xác định bởi RegSymb Timeout và nên nằm trong phạm vi từ 4-1023.

Ở cuối payload, ngắt RxDone được tạo cùng với ngắt PayloadCrcError nếu payload CRC invalid. Tuy nhiên kể cả khi CRC invalid, data vẫn được viết vào FIFO. Theo sau ngắt RxDone thì sẽ chuyển sang Standby.

Mode Single Rx sẽ tự động chuyển sang Standby khi có ngắt RxDone. Vì thế mode này chỉ được sử dụng khi biết trước được khung thời gian packet đến.

Continuous Reception Operating Mode: Ở mode này, device scan liên tục để tìm preamble. Một khi tìm được preamble, device theo nó cho đến khi packet được nhận và sau đó tiếp tục đợi preamble tiếp theo. Nếu độ dài preamble vượt quá giá trị dự kiến được set ở thanh ghi RegPreambleMsb và RegPreambleLsb ... Ở chế độ Rx Continuous, ngắt RxTimeout sẽ không được xảy ra và thiết bị sẽ không bao giờ tự động sang Standby.

6.4.3 Khối nguồn



Hình 19: Khối nguồn của Gateway

Sử dụng nguồn từ Adapter 5V hoặc USB5 để cấp nguồn 5V qua IC LM1117 hạ áp xuống 3V3 cung cấp nguồn cho Khối xử lý, khối truyền thông không dây và khối hiển thị.

6.5. Thiết kế phần mềm

6.5.1 Giới thiệu công cụ

- STM32CubeMX: Phần mềm STM32CubeMX là một phần mềm hỗ trợ việc cấu hình, cài đặt thông số, tạo project các dòng vi điều khiển STM32 thông qua giao diện đồ họa và tạo ra code từ các cấu hình đó. Tất cả các thao tác cấu hình, cài đặt, nâng cấp...đều được thực hiện thông qua công cụ này với giao diện đồ họa đơn giản dễ sử dụng, giúp cho việc lập trình trên STM32 trở nên dễ dàng hơn, tiết kiệm được rất nhiều thời gian nghiên cứu và phát triển.

- ESP-IDF: Là thư viện lập trình (SDK) chính hãng của Espressif, được Espressif hỗ trợ để tiếp cận, lập trình và triển khai các project với ESP32. Điểm mạnh của ESP-IDF là sự tối ưu, được các nhà phát triển sử dụng trong các sản phẩm thương mại với tài liệu đầy đủ, chính xác. ESP-TOUCH:

ESP Touch là protocol được dùng trong Smart Config để người dùng có thể kết nối tới các phiên bản

module ESP32 thông qua cấu hình đơn giản trên Smartphone. Ban đầu ESP320 không thể kết nối với Wifi, nhưng thông qua giao thức ESP Touch thì Smartphone sẽ gửi gói

tin UDP tới Access Point (AP) ở đây là ESP32, mã hóa SSID và password thành trường Length trong gói UDP, để ESP32 có thể hiểu và giải mã được thông tin. [16]

Visual Studio Code (VS Code): Một trình soạn thảo Code với mã nguồn mở cho phép biên tập, soạn thảo các đoạn code một cách nhanh chóng. VS Code được phát triển bởi Microsoft, có thể vận hành trên nhiều nền tảng như Windows, macOS, Linux.

- VS Code hỗ trợ đa dạng các chức năng Debug, đi kèm với Git, có Syntax Highlighting. Đa dạng các ngôn ngữ lập trình như CSS, C ++, C #, HTML, F#... Ngoài ra VS Code còn có các tính năng hữu ích như hỗ trợ viết code, hỗ trợ thiết bị đầu cuối, hỗ trợ Git, kho tiện ích mở rộng, lưu trữ dữ liệu dạng phân cấp, màn hình đa nhiệm,

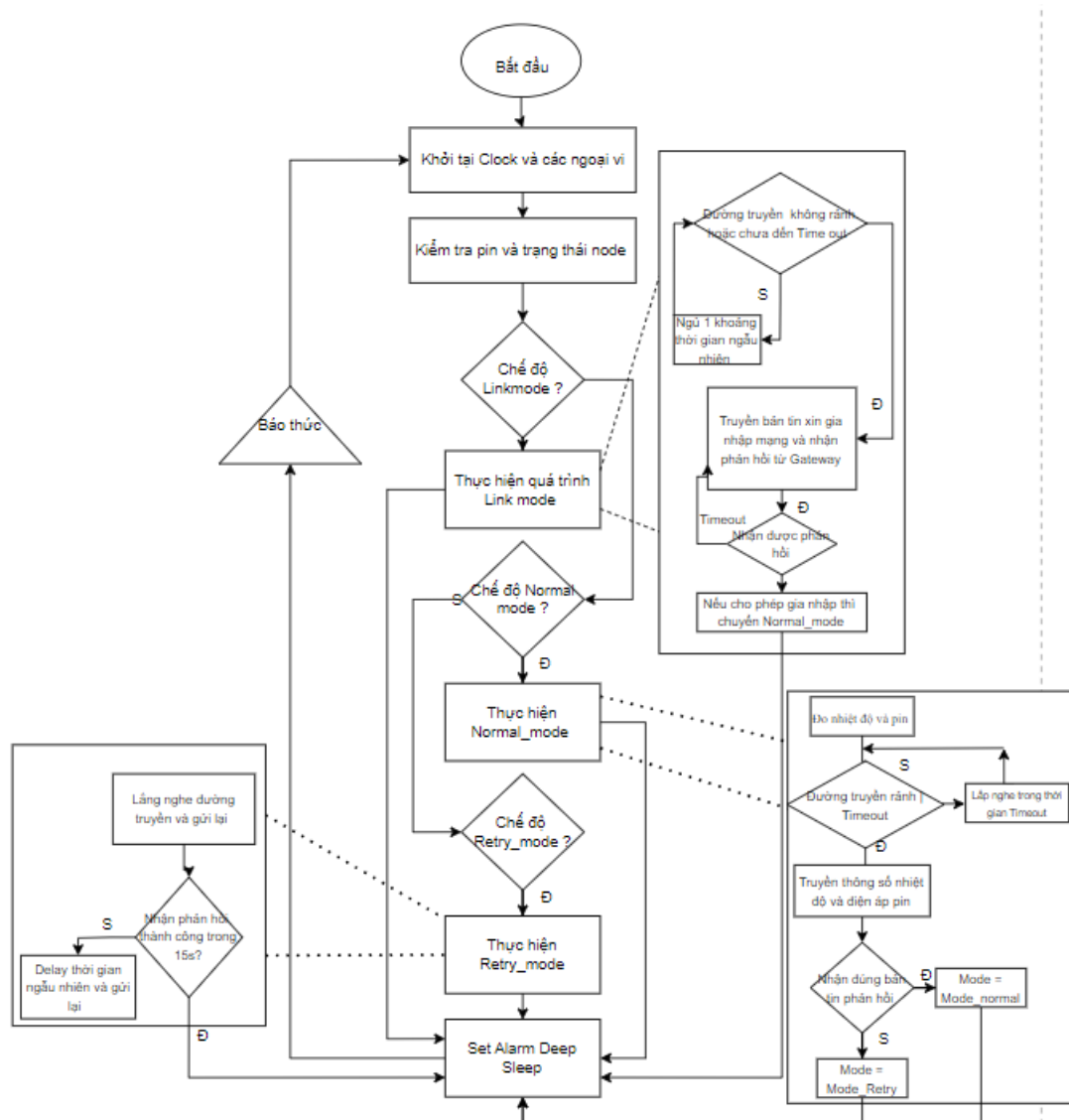
Intellisense,

- MQTTX: MQTTX là một mã nguồn mở, được phát triển bởi EMQ, có thể chạy trên nhiều nền tảng như macOS, Linux và Windows. Nó cho phép người dùng thiết lập nhiều kết nối MQTT, qua đó tạo điều kiện thử nghiệm nhanh chóng các kết nối MQTT/MQTTS. Nó cung cấp giao diện thân thiện với người dùng dựa trên trò chuyện, đơn giản hóa logic hoạt động để quản lý các kết nối MQTT, đăng ký các chủ đề, xuất bản tin nhắn và khám phá giao thức MQTT. Với MQTTX, có thể kiểm tra MQTT / TCP, MQTT / TLS và MQTT qua các kết nối WebSockets, làm cho nó phù hợp với nhiều trường hợp sử dụng (MQTT: Message Queue Telemetry

Transport: Giao thức truyền thông điệp theo mô hình publish/subscribe được thiết kế để liên lạc nhẹ giữa các thiết bị và hệ thống máy tính)

- FreeRTOS: FreeRTOS là hệ điều hành mã nguồn mở, hoạt động trên mọi đám mây theo thời gian thực dành cho hệ thống nhúng.

6.5.1 Thiết kế phần mềm cho node

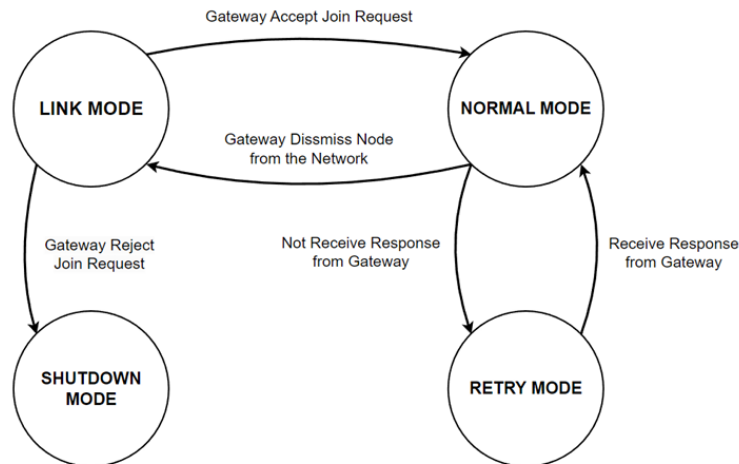


Hình 20: Lưu đồ thuật toán của Node

Quá trình hoạt động của các mode:

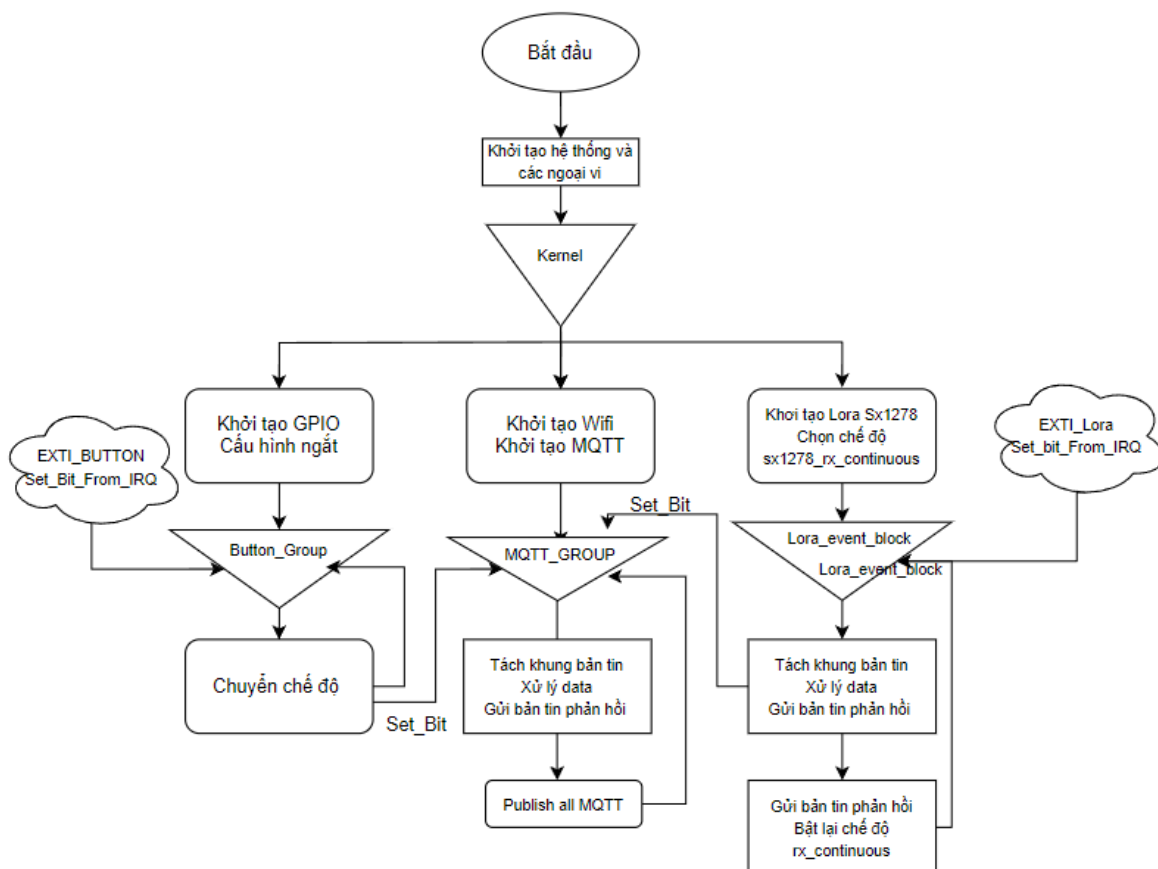
Khi thiết bị thức dậy, nó sẽ tiến hành kiểm tra, khởi tạo các bộ phận hoạt động của bản thân, lấy trạng thái hoạt động từ bộ nhớ và xử lý theo chế độ hoạt động hiện tại. Sau khi đã xác nhận khởi tạo các ngoại vi và chế độ hiện tại, thiết bị sẽ đi cấp nguồn cho khối cảm biến để cảm biến có thể tiến hành các phép đo trong vòng 5 giây (quá trình này chỉ xảy ra ở chế độ gửi dữ liệu Normal Mode, các Mode hoạt động còn lại sẽ nhảy qua quá trình này để tiết kiệm năng lượng). Sau khi đã lấy được dữ liệu từ các cảm biến, vi điều khiển đóng các van cung cấp điện cho khối này và tập trung xử lý, chuẩn bị khối truyền nhận, tạo nên bản tin, lắng nghe môi trường truyền phát và thực hiện giao tiếp không dây có chờ phản hồi trong thời gian tối đa là 5 giây. Chế độ hoạt động tiếp theo của thiết bị sẽ được xác định dựa trên phản hồi của Gateway (có phản hồi hay không? ACK hay NACK? ...). Sau cùng, Node tắt toàn bộ các bộ phận tiêu thụ điện năng và quay trở về chế độ ngủ sâu trước khi bắt đầu chu kỳ tiếp theo. Các chế độ hoạt

động của thiết bị Node có sự liên hệ chuyển đổi qua lại với nhau qua các điều kiện hoạt động nhất định.



Hình 21: Quy trình hoạt động của Node

2. Thiết kế phần mềm cho gateway



Hình 22: Lưu đồ thuật toán của Gateway

Gateway gồm có 3 task xử lý:

- Task xử lý mạng MQTT
- Task xử lý Lora
- Task xử lý nút bấm

Nhóm em lên phương án quản lý cho 10 node cảm biến mỗi cảm biến lấy mẫu là 6s
Trong 60s mỗi node cảm biến sẽ nghỉ 40s và dậy để lắng nghe (chế độ rx) trong 19.5
còn 0.5s node cảm biến sẽ truyền (chế độ tx)

	Tx	Rx	Sleep
Thời gian	0.5s	19.5s	40s

6.6. Kịch bản cho Node cảm biến

6.6.1 Thêm hoặc bớt 1 node ra khỏi mạng

Khi một thiết bị Node mới được bật nguồn lên, nó sẽ cần phải đi vào trạng thái broadcasting bản tin yêu cầu gia nhập với chu kỳ 60 giây một lần. Mục đích của việc này là để thông báo sự tồn tại của Node cho bất kỳ thiết bị Gateway đang kiểm soát mạng lưới nào. Bản tin yêu cầu gia nhập sẽ cần phải được phản hồi trong một khoảng thời gian nhất định lớn hơn khoảng thời gian ToA đã tính toán ở bên trên. Nếu sau khoảng thời gian này, Node không nhận được phản hồi (chấp nhận hoặc từ chối) từ Gateway, Node sẽ phải quay lại chế độ ngủ và lặp lại chu kỳ trên. Chế độ này được gọi là Linking Mode.

6.6.2 Tránh xâm lấn bản tin

Trước khi truyền bản tin đi thì node cảm biến sẽ luôn kiểm tra đường truyền qua chế độ CAD của SX1278 cho phép kiểm tra đường truyền có rảnh không trước khi truyền. Điều này sẽ giúp làm giảm tình trạng xâm lấn khung bản tin.

6.6.3 Quy định cấu trúc khung bản tin

Khung bản tin gia nhập của node cảm biến:

Link Packet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Packet ID	Node ID		Node Status		Node Batt		Node Period		
0xAAAA	-		-		-		-		
Packet ID	Link Struct								

Hình 23: Khung bản tin xin gia nhập nút cảm biến

Khung bản tin phản hồi

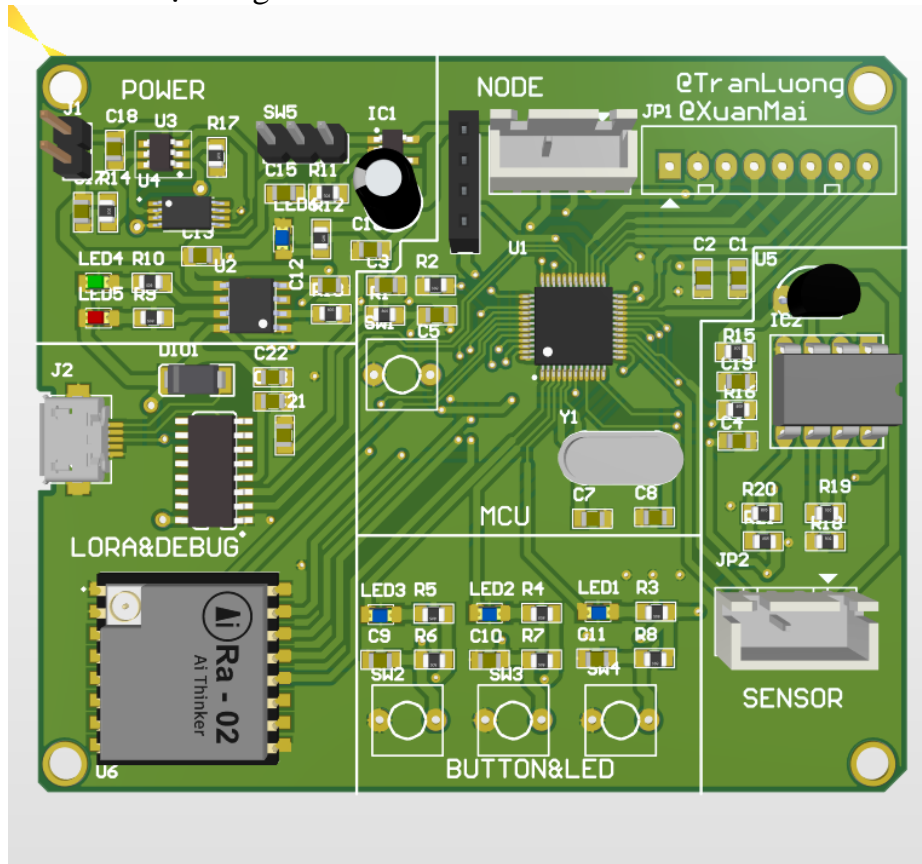
Response Packet									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Packet ID		Target Node ID		Target Node Status		Target Node Period		Target Node Response	
0x5555		-		-		-		-	
Packet ID		Response Struct							

Hình 24: Khung bản tin phản hồi

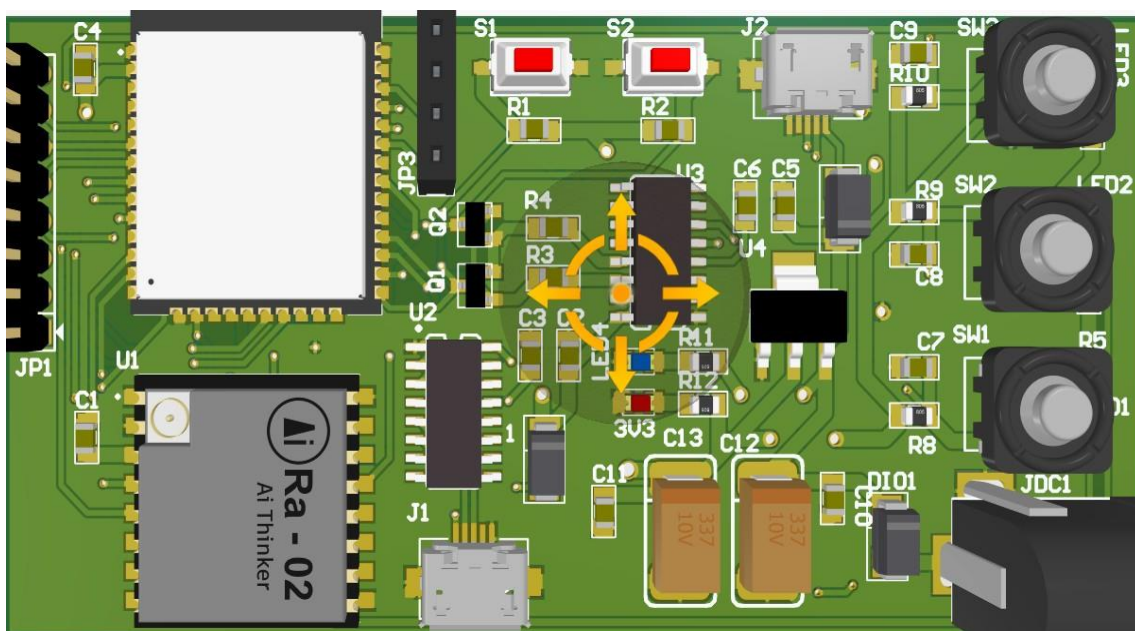
CHƯƠNG 7. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

7.1. Thiết kế mạch in cho hệ thống

a) Hình ảnh 3D của hệ thống

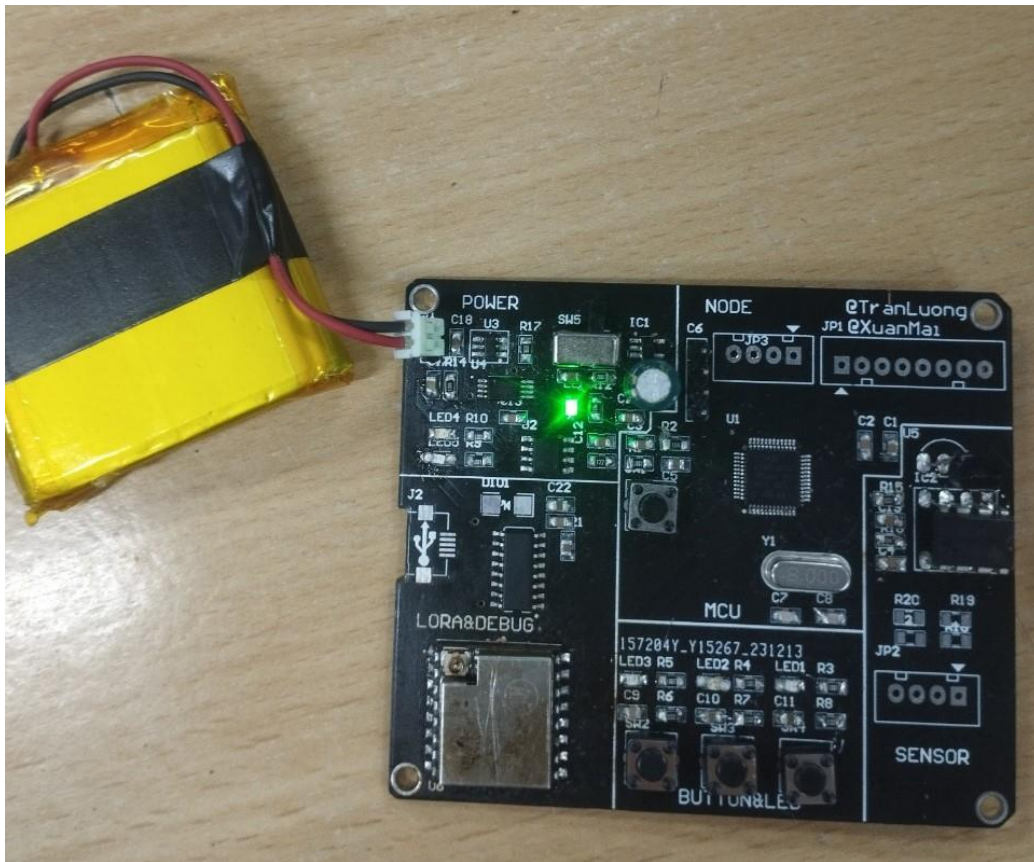


Hình 25: Hình ảnh 3D của Node cảm biến

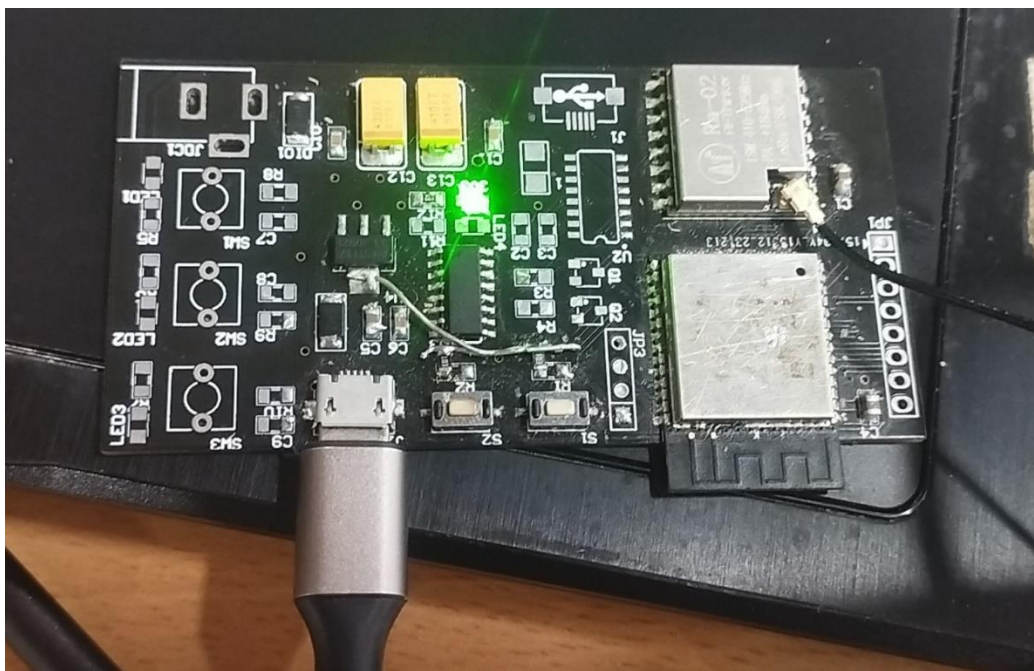


Hình 26: Mạch in 3D của Gateway

b) Kết quả phần cứng

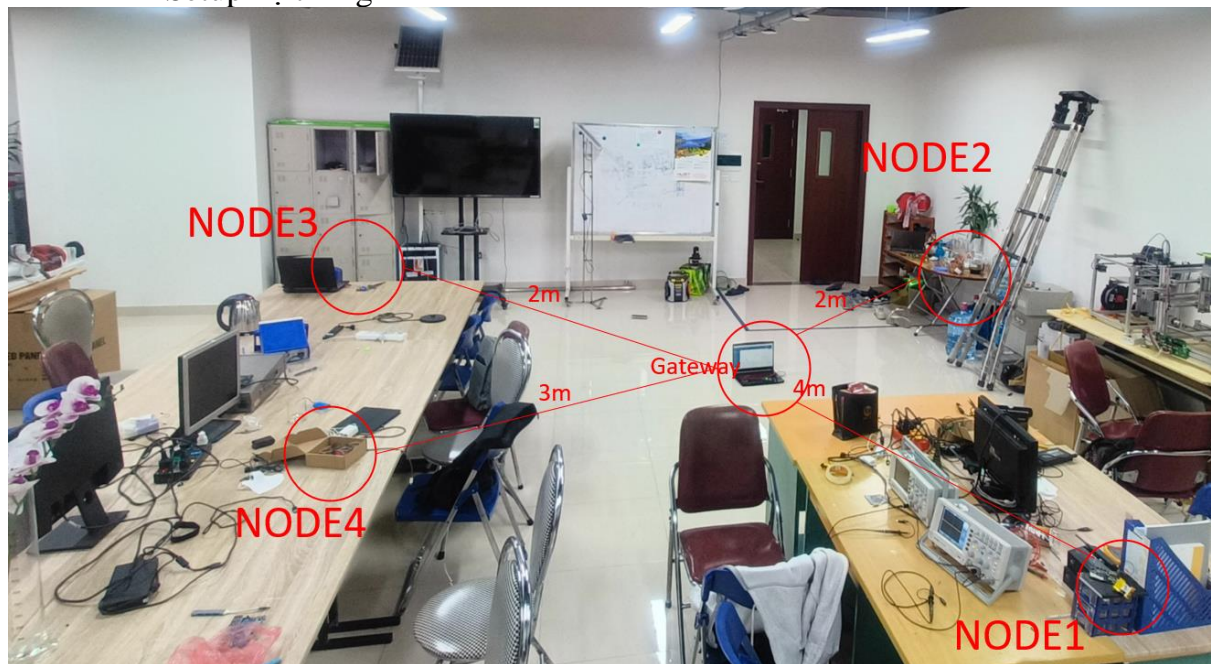


Hình 27: Ảnh thực tế của Node



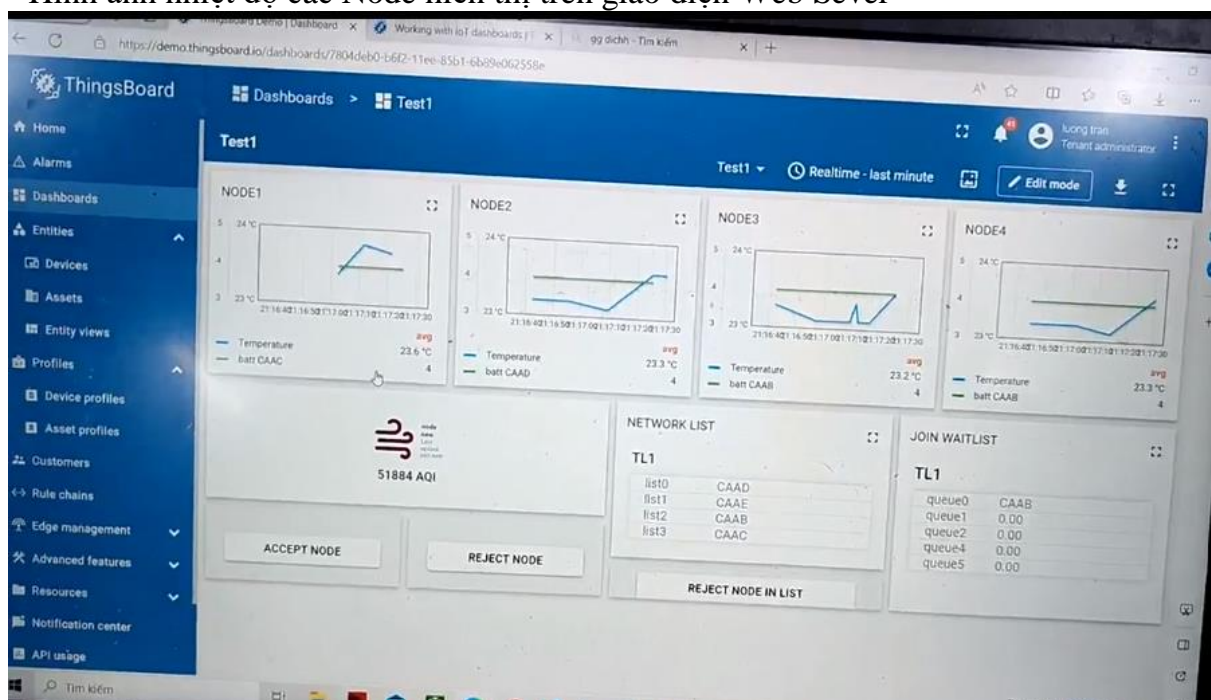
Hình 28: Hình ảnh thực tế của Gateway

c) Sơ đồ lắp đặt thử nghiệm hệ thống
- Hình ảnh Setup hệ thống



Hình 29: Sơ đồ Setup hệ thống

- Hình ảnh nhiệt độ các Node hiển thị trên giao diện Web Sever



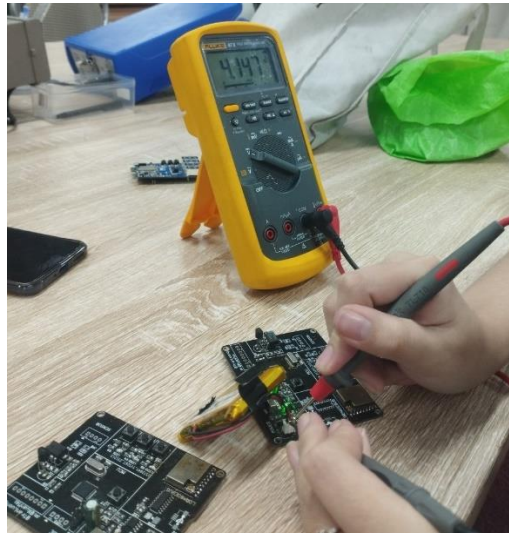
Hình 30: Hình ảnh các Node trên giao diện Web

7.2. Kết quả thử nghiệm và đánh giá

7.2.1 Kết quả kiểm tra nguồn

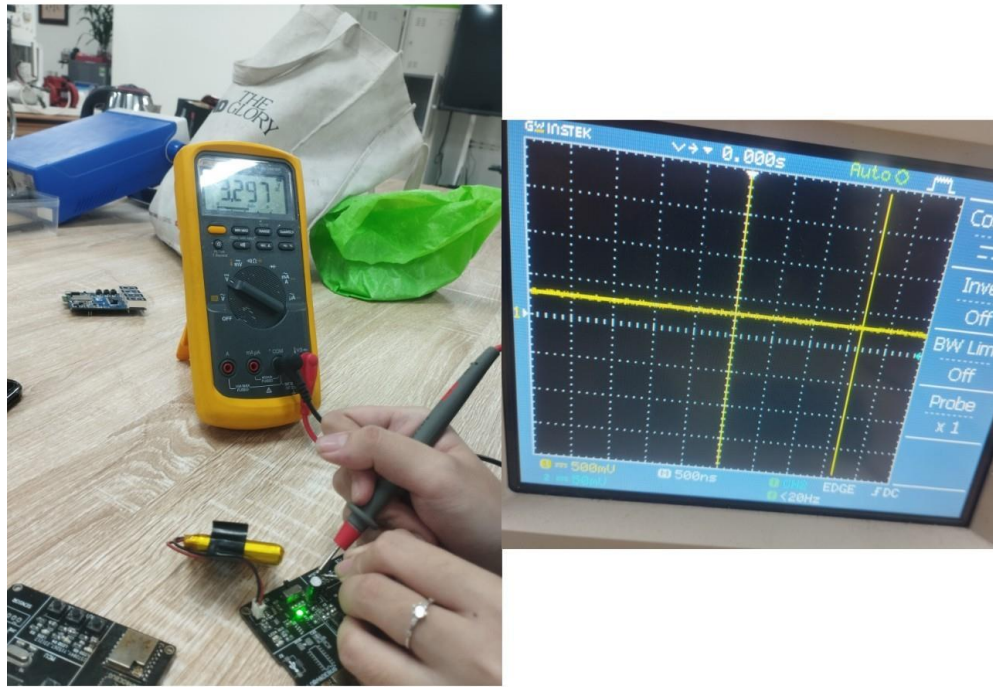
Để đảm bảo an toàn, hoạt động chính xác và lâu dài của thiết bị, cần phải có sự kiểm tra và đánh giá nguồn điện của thiết kế. Việc đánh giá sẽ bao gồm việc đo đặc điện áp của các thành phần sau:

- Đối với Node
 - Đo điện áp đầu vào của pin.



Hình 31: Điện áp đầu vào của pin

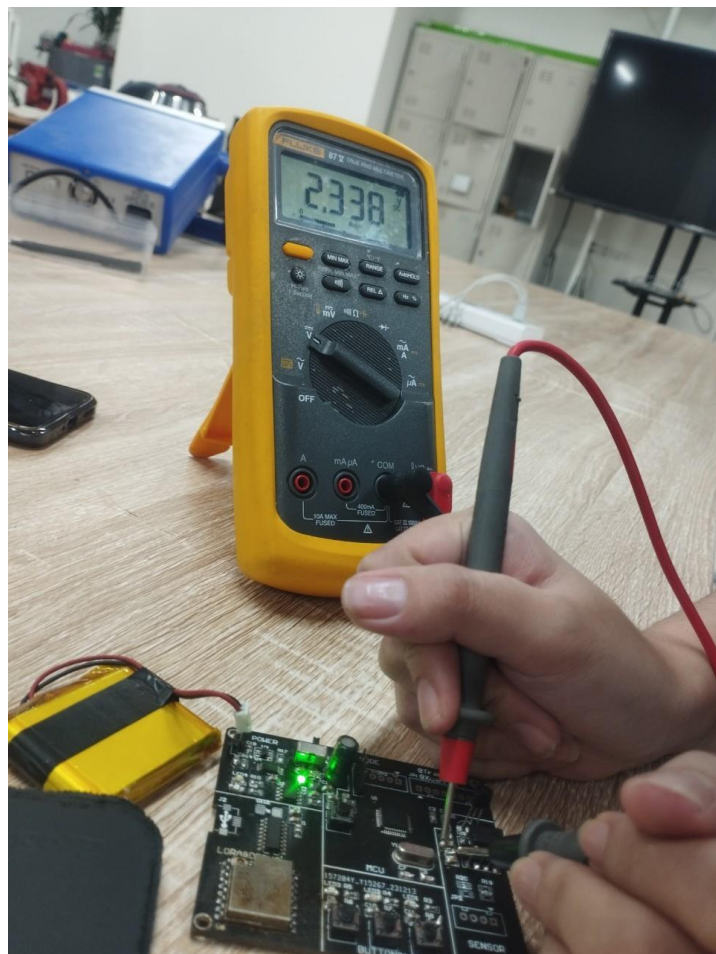
- Đo đầu ra của IC nguồn RT9013:
 - + Điện áp đầu ra IC nguồn hạ áp xuống 3.3V để cung cấp cho STM32 và module LoRa được chúng em đo được là 3.297V với độ đập mạch điện áp là 0.01V.



j

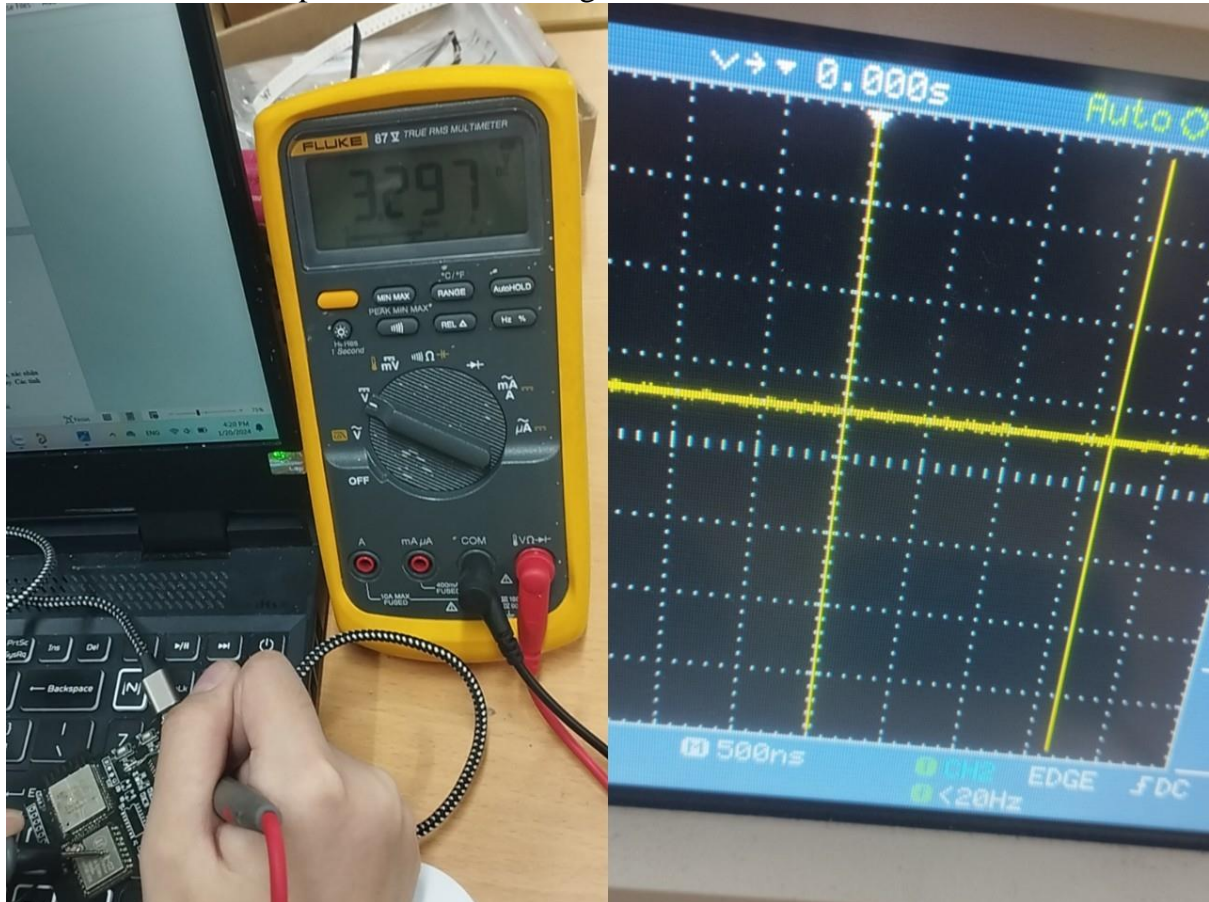
Hình 32: Điện áp đầu ra IC và độ đập mạch

- Đo điện áp đầu vào chân ADC của Vi điều khiển.



Hình 33: Điện vào chân ADC

- Đối với Gateway
 - Đo điện áp tại đầu ra của IC nguồn LM117



Hình 34: Điện áp và độ đập mạch áp tại Gateway

- Đo điện áp đầu vào Lora.



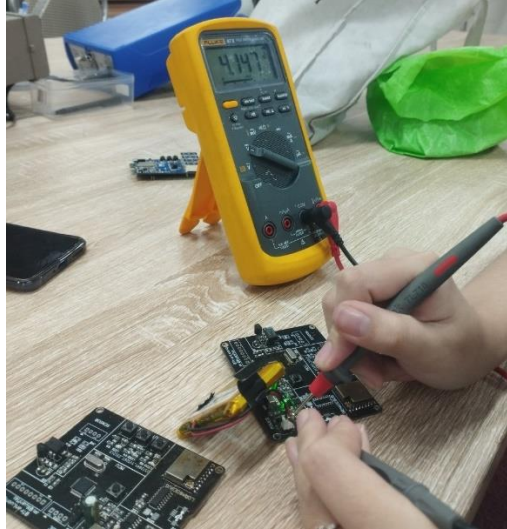
Hình 35: Điện áp đầu vào Lora

7.2.3 Kết quả kiểm tra node

Đối với node thì các thử nghiệm bao gồm hai thành phần chính là:

- Chu trình hoạt động của node.
- Công suất của node và thời gian hoạt động của một node.

Bằng thực nghiệm đo dung lượng pin trong vòng 1 giờ thì dung lượng pin em giảm từ 4.147V xuống 4.143V



⇒ Thời gian sống thực tế 1 node chúng em là 175h tương đương gần 8 ngày.

7.2.2 Kết quả kiểm tra Gateway

Quá trình thử nghiệm hoạt động của Gateway bao gồm việc kiểm tra, xác nhận hoạt động của từng tính năng theo yêu cầu bài toán đối với thiết bị Gateway. Các tính năng của Gateway bao gồm:

- Quá trình kết nối với Internet (qua Wifi) có chế độ Smart Config tự động kết nối Wifi bằng ESP Touch

```

I (733) phy_init: phy_version 4070,719f9f0,Feb 18 2021,17:07:07
I (838) wifi:mode : sta (30:c6:f7:20:28:68)
I (840) wifi:enable tsf
I (841) MQTT: MQTT init
I (842) WIFI STATION: WiFi start connect to AP
I (847) MQTT: Other event id:7
I (848) gpio: GPIO[32] InputEn: 1| OutputEn: 0| OpenDrain: 0| Pullup: 0| Pulldown: 0| Intr:1
I (852) wifi:new:<11,0>, old:<1,0>, ap:<255,255>, sta:<11,0>, prof:1
E (851) esp-tls: couldn't get hostname for :demo.thingsboard.io: getaddrinfo() returns 202, addrinfo=0x0
I (863) wifi:E (872) TRANSPORT_BASE: Failed to open a new connection: 32769
state: init -> auth (b0)E (879) MQTT_CLIENT: Error transport connect

I (887) MQTT: MQTT event error
I (879) SX1278_GATEWAY: SX1278 version: 0x12
I (891) MQTT: MQTT event disconnected
I (897) SX1278_GATEWAY: LoRa payload:
I (907) wifi:state: auth -> assoc (0)
I (1908) wifi:state: assoc -> init (400)
I (1909) wifi:new:<11,0>, old:<11,0>, ap:<255,255>, sta:<11,0>, prof:1
I (1910) WIFI STATION: WiFi disconnected
I (4323) WIFI STATION: WiFi disconnected
I (4331) wifi:new:<11,0>, old:<11,0>, ap:<255,255>, sta:<11,0>, prof:1
I (4332) wifi:state: init -> auth (b0)
I (4352) wifi:state: auth -> assoc (0)
I (4361) wifi:state: assoc -> run (10)
I (4393) wifi:connected with TL, aid = 3, channel 11, BW20, bssid = 6a:3f:22:49:a5:46
I (4394) wifi:security: WPA2-PSK, phy: bgn, rssi: -46
I (4400) wifi:pm start, type: 1

I (4401) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 2
I (4408) WIFI STATION: WiFi connected
W (4430) wifi:<ba-add>idx:0 (ifx:0, 6a:3f:22:49:a5:46), tid:0, ssn:4, winSize:64
I (5112) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.187.157, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.187.56
I (5114) WIFI STATION: got ip:192.168.187.157
I (5117) MQTT_CLIENT: Client force reconnect requested

```

Hình 36: Quá trình kết nối với Internet

- Quá trình các node ra vào mạng và Gateway gửi bản tin phản hồi.

```

I (4401) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 2
I (4408) WIFI STATION: WiFi connected
W (4430) wifi:<ba-add>idx:0 (ifx:0, 6a:3f:22:49:a5:46), tid:0, ssn:4, winSize:64
I (5112) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.187.157, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.187.56
I (5114) WIFI STATION: got ip:192.168.187.157
I (5117) MQTT_CLIENT: Client force reconnect requested
I (5123) MQTT: Other event id:7
E (11611) esp-tls: couldn't get hostname for :demo.thingsboard.io: getaddrinfo() returns 202, addrinfo=0x0
E (11612) TRANSPORT_BASE: Failed to open a new connection: 32769
E (11617) MQTT_CLIENT: Error transport connect
I (11623) MQTT: MQTT event error
I (11627) MQTT: MQTT event disconnected
I (21631) MQTT: Other event id:7
I (26427) MQTT: MQTT event connected
W (26832) wifi:<ba-add>idx:1 (ifx:0, 6a:3f:22:49:a5:46), tid:7, ssn:4, winSize:64
I (26835) MQTT: MQTT event subscribed, msg_id=59467
I (27242) MQTT: MQTT event subscribed, msg_id=39049

```

Hình 37: Quá trình các Node ra vào mạng

- Quá trình kết nối với MQTT và đóng gửi bản tin lên Server.

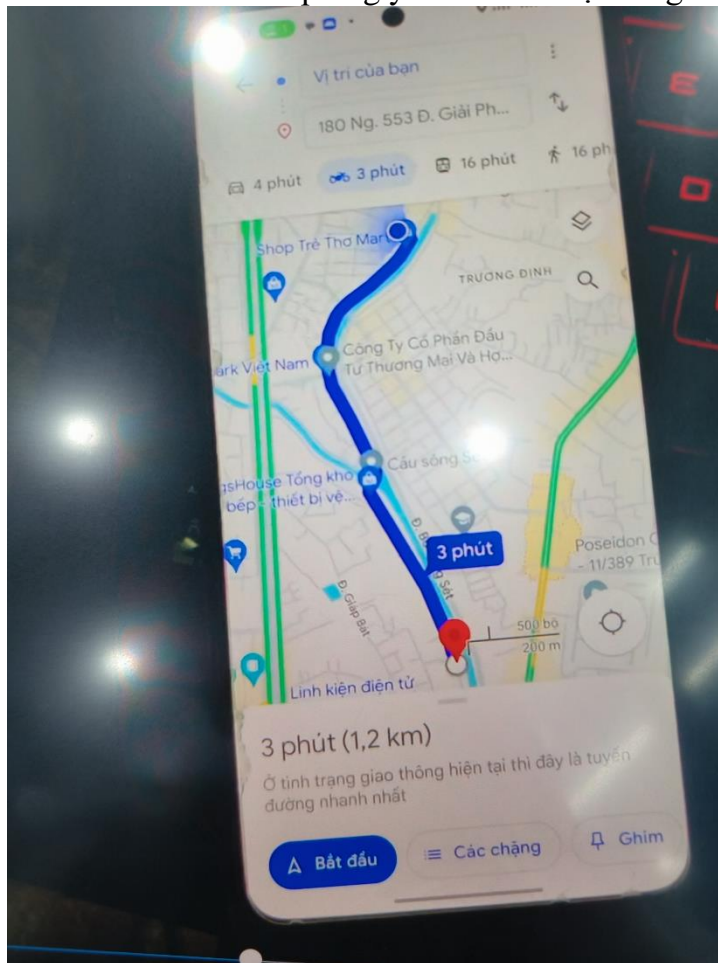
```

(4401) wifi:AP's beacon interval = 102400 us, DTIM period = 2
(4408) WIFI_STATION: WiFi connected
(4430) wifi:<ba-add>idx:0 (ifx:0, 6a:3f:22:49:a5:46), tid:0, ssn:4, winSize:64
(5112) esp_netif_handlers: sta ip: 192.168.187.157, mask: 255.255.255.0, gw: 192.168.187.56
(5114) WIFI_STATION: got ip:192.168.187.157
(5117) MQTT_CLIENT: Client force reconnect requested
(5123) MQTT: Other event id:7
(11611) esp-tls: couldn't get hostname for :demo.thingsboard.io: getaddrinfo() returns 202, addrinfo=0x0
(11612) TRANSPORT_BASE: Failed to open a new connection: 32769
(11617) MQTT_CLIENT: Error transport connect
(11623) MQTT: MQTT event error
(11627) MQTT: MQTT event disconnected
(21631) MQTT: Other event id:7
(26427) MQTT: MQTT event connected
(26832) wifi:<ba-add>idx:1 (ifx:0, 6a:3f:22:49:a5:46), tid:7, ssn:4, winSize:64
(26835) MQTT: MQTT event subscribed, msg_id=59467
(27242) MQTT: MQTT event subscribed, msg_id=39049

```

7.2.3 Kết quả kiểm tra đánh giá chất lượng hệ thống

- Khoảng cách kết nối của các node đáp ứng yêu cầu của hệ thống là'



- Độ nhảy thu và snr của hệ thống

```

(402) SX1278_GATEWAY: LoRa payload:
(8997) SX1278_GATEWAY: LoRa Received 10 byte(s)      rssi: -94      snr: 10.8
(8998) SX1278_GATEWAY: This is Link Pack
(8999) SX1278_GATEWAY: Node ID :51884
(9003) hello: size: 0
(9007) hello: fail
(9009) MQTT_CLIENT: Client was not initialized
(19576) SX1278_GATEWAY: LoRa Received 10 byte(s)      rssi: -90      snr: 12.0
(19576) SX1278_GATEWAY: This is Link Pack
(19577) SX1278_GATEWAY: Node ID :51884

```

- Đánh giá tỷ lệ lỗi bản tin

Bảng 15: Đánh giá tỷ lệ lỗi bản tin

Khoảng cách	Số lần gửi bản tin request	Số lần nhận đúng bản tin response	RSSI trung bình	SNR trung bình	Tỷ lệ lỗi
2m	2100	2099	-17.7	9.7	0.3%
4m	2115	2099	-28.9	9.3	0.5%
15m	2140	2097	-68.2	9.0	2%

CHƯƠNG 8: HOÀN THIỆN SẢN PHẨM

Hệ thống đã chạy được ổn định tuy nhiên sản phẩm của nhóm em cũng không tránh khỏi những sai sót và hạn chế:

- Hạn chế về số lượng thiết bị điều khiển demo trong hệ thống
- Vấn đề bảo mật trong hệ thống.

Hướng phát triển của nhóm em đối với hệ thống này gồm:

- Nghiên cứu giải pháp mở rộng quy mô điều khiển nhiều thiết bị hơn.
- Khắc phục, cải thiện vấn đề bảo mật trong mạng cảm biến (chứng chỉ bảo mật TLS)

Đặc biệt, chúng em cảm ơn sự hướng dẫn nhiệt tình, tận tâm của cô Lê Minh Thùy và hi vọng sẽ được cô chỉ ra những sai sót, hạn chế của sản phẩm để nhóm có thể tiếp tục phát triển, nghiên cứu sản phẩm thành những thiết bị thông minh hơn.

CHƯƠNG 9: KẾT LUẬN

Sau dự án này, nhóm em cũng đã nghiên cứu và tích lũy được thêm nhiều hiểu biết, kiến thức mới như:

- Hiểu biết sâu hơn về ngoại vi và giao tiếp của vi điều khiển STM32 cũng như giao tiếp giữa STM32 với cảm biến nhiệt độ, giao tiếp với máy tính.
- Hiểu biết sâu hơn về ngoại vi và giao tiếp của vi điều khiển ESP32 cũng như giao tiếp giữa ESP32 với máy tính.
- Có kiến thức về thiết kế phần cứng sử dụng phần mềm Altium.
- Có kiến thức về giao thức MQTT, công nghệ truyền thông không dây LoRa, kiến thức về Cloud Server, thiết kế giao diện web server.
- Cải thiện khả năng làm việc nhóm, kỹ năng xử lý và giải quyết vấn đề, kỹ năng đọc hiểu và nghiên cứu tài liệu tiếng Anh.
-

Đánh giá các thành viên trong nhóm:

Bảng 16: Đánh giá hoạt động của các thành viên

Họ và tên	MSSV	Vai trò	Trạng thái
Nguyễn Xuân Mai	20200382	<ul style="list-style-type: none">• Lập trình các chức năng trên Node.• Quy định, lập trình chế độ ngủ và hoạt động ngủ/thức của thiết bị Node.• Tìm hiểu và lập trình cho mạng sử dụng công nghệ LoRa.	Hoàn thành
Trần Văn Lượng	20202446	<ul style="list-style-type: none">• Lập trình các chức năng trên Gateway.• Lập trình giao tiếp cảm biến nhiệt độ.• Thiết kế giao diện hiển thị trên Web.• Tìm hiểu và lập trình cho mạng sử dụng công nghệ LoRa.	Hoàn thành

CHƯƠNG 10: TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.A.Godse A.P.Godse, Microprocessors & Microcontroller Systems Technical Publications, 2008.
- [2] Lê Minh Thùy (2022), “Bài giảng Mạng cảm biến không dây”, Đại Học Bách Khoa Hà Nội, trường Điện – Điện tử.
- [3] Maxim Integrated, "DS18B20 Programmable Resolution 1 – Wire Digital Thermometer" 2022.
- [4] STMicroelectronics (2021), “RM0008 Reference manual”
- [5] Espressif (2022), “ESP32 Technical Reference Manual” Version 4.7.
- [6] Semtech (2015), “SX1276/77/78/79 – 137MHz to 1020MHz Low Power Long Range Transceiver”.
- [7] SparkFun Electronics, “USB to Serial chip CH340,” 2022.
- [8] LoRa NetWork Guide (2022), từ <https://development.libelium.com/lora_networking_guide/transmission-modes>,
- [9] RF Wireless World (2022), “LoRaWAN Airtime calculator, LoRa Packet duration calculation”, từ <<https://www.rfwireless-world.com/calculators/LoRaWAN-Airtime-calculator.html>>,
- [10] ElectronicWings (2022), “AVR ATmega Controllers”, từ <<https://www.electronicwings.com/avr-atmega>>
- [11] <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-bluetooth-and-zigbee/?ref=lbp>
- [12] <https://rangdong.com.vn/faq/so-sanh-dac-diem-cua-3-cong-nghe-khong-day-wifi-zigbee-bluetooth.html>
- [13] <https://congnghepcongnghecao.com.vn/tin-tuc/t22516/mang-khong-day-lora-cho-ung-dung-iot-tam-xa.html>
- [14] <https://www.daihockhonggiay.com/blogs/post/cong-nghe-mang-khong-day#:~:text=M%E1%BA%A1ng%20kh%C3%B4ng%20d%C3%A2y%20l%C3%A0%20m%E1%BA%A1ng,b%E1%BB%8B%20truy%E1%BB%81n%20th%C3%B4ng%20v%E1%BB%9B%20nhau.>
- [15] http://elearning.vnua.edu.vn/uploads/images/USERS_1341112/Nguyen%20l%C3%A0%20th%C3%B4ng%20kh%C3%B4ng%20d%C3%A2y%20l%C3%A0%20m%E1%BA%A1ng%20kh%C3%B4ng%20d%C3%A2y%20l%C3%A0%20m%E1%BA%A1ng,b%E1%BB%8B%20truy%E1%BB%81n%20th%C3%B4ng%20v%E1%BB%9B%20nhau.pdf
- [16] <https://www.linkedin.com/pulse/difference-between-wifi-bluetooth-zigbee-ct-rf-antennas-inc>