

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH HỆ THỐNG NHÚNG VÀ IOT

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ
TRONG NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE
(BLUETOOTH LOW ENERGY)

SVTH: PHAN NGỌC ANH
MSSV: 20139060
NGUYỄN TRÍ BAN
MSSV: 20139062

TP. HỒ CHÍ MINH – 06/2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH HỆ THỐNG NHÚNG VÀ IOT

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG
NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE
(BLUETOOTH LOW ENERGY)

SVTH: PHAN NGỌC ANH
MSSV: 20139060

NGUYỄN TRÍ BAN
MSSV: 20139062

GVHD: Ph.D. TRƯƠNG NGỌC SƠN

TP. HỒ CHÍ MINH – 06/2024

TRANG THÔNG TIN LUẬN VĂN

1. Thông tin sinh viên

Họ và tên sinh viên: PHAN NGOC ANH

MSSV: 20139060

Email: 20139060@student.hcmute.edu.vn

Điện thoại: 0364888321

Họ và tên sinh viên : NGUYỄN TRÍ BAN

MSSV: 20139062

Email: 20139062@student.hcmute.edu.vn

Điện thoại: 0387632935

Ngành: Công nghệ kỹ thuật máy tính

Lớp: 201390B

2. Thông tin đề tài

- Tên đề tài: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE(BLUETOOTH LOW ENERGY)

- Đơn vị quản lý: Bộ môn Kỹ thuật Máy tính – Viễn thông, Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

- Thời gian thực hiện: từ ngày -/-/2024 đến ngày -/-/2024.

- Thời gian bảo vệ: Ngày -/-/2024.

3. Lời cam đoan của sinh viên

Đồ án tốt nghiệp này là công trình nghiên cứu nhóm thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học của thầy PhD. Trương Ngọc Sơn. Các số liệu, những nội dung nghiên cứu được trình bày trong luận văn này hoàn toàn trung thực dựa trên sự nghiên cứu của nhóm, không sao chép kết quả của công trình khác. Các nội dung tham khảo đã được trích dẫn đầy đủ.

TP.HCM, ngày tháng năm 2024

SV thực hiện đồ án

(Ký và ghi rõ họ tên)

Giảng viên hướng dẫn xác nhận quyền báo cáo đã được chỉnh sửa theo đề nghị ghi trong biên bản của Hội đồng đánh giá Khóa luận tốt nghiệp.

.....
.

TRƯỞNG NGÀNH

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

Họ và tên Sinh viên: PHAN NGOC ANH

MSSV: 20139060

NGUYỄN TRÍ BAN

MSSV: 20139062

Ngành: Hệ thống nhúng và IOT

Tên đề tài: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE (BLUETOOTH LOW ENERGY)

Họ và tên Giáo viên hướng dẫn: PhD. TRƯƠNG NGỌC SƠN

NHẬN XÉT

1. Về nội dung đề tài & khối lượng thực hiện:

.....
.....

2. Ưu điểm:

.....
.....
.....

3. Khuyết điểm:

.....
.....
.....

4. Đề nghị cho bảo vệ hay không?

.....

5. Đánh giá xếp loại:

.....
.....
.....

TP.HCM, ngày tháng năm 2024

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, nhóm thực hiện đề tài gửi lời cảm ơn đến trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật thành phố Hồ Chí Minh và khoa Điện – Điện tử đã tạo những điều kiện vô cùng cần thiết để nhóm thực hiện có thể hoàn thành đề tài lần này một cách tốt đẹp.

Nhóm thực hiện xin chân thành cảm ơn đến PhD. Trương Ngọc Sơn là người trực tiếp hướng dẫn đề tài lần này. Trong thời gian thực hiện đồ án, từ những ngày bắt đầu chọn đề tài cũng như lúc hoàn thành đồ án, nhóm thực hiện luôn nhận được sự quan tâm, hướng dẫn, góp ý tận tâm của thầy. Qua đó, làm cho quá trình thực hiện đề tài được thuận lợi và hoàn thành đúng tiến độ như mong muốn.

Xin chân thành cảm ơn sâu sắc đến tất cả các quý thầy cô trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật thành phố Hồ Chí Minh đã trang bị những kiến thức cần thiết, là nền tảng vững chắc để nhóm thực hiện vận dụng vào việc nghiên cứu và thực hiện đề tài lần này.

Cuối cùng nhóm thực hiện xin cảm ơn đến Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM đã cung cấp cơ sở vật chất, tạo điều kiện thuận lợi để nhóm có thể nghiên cứu và thực hiện đề tài tốt nghiệp đúng thời hạn để đủ điều kiện cho nhóm hoàn thành chương trình học ở bậc đại học .

Với thời gian cũng như kinh nghiệm nghiên cứu còn hạn chế, đồ án này sẽ có những thiếu sót. Nhóm thực hiện mong muốn nhận được sự góp ý của quý thầy cô để hoàn thiện, mở rộng và phát triển đề tài này trong tương lai.

Trân trọng!

Tp.HCM, ngày 03 tháng 06 năm 2023

Sinh viên thực hiện

(Ký và ghi rõ họ tên)

Phan Ngọc Anh

Nguyễn Trí Ban

TÓM TẮT

Đề tài “Thiết kế hệ thống định vị trong nhà kho bằng sóng BLE (bluetooth low energy)” tập trung vào việc nghiên cứu và xây dựng một hệ thống có khả năng xác định được vị trí của một số vật thể trong nhà kho và cho phép người dùng có khả năng giám sát và quản lý các vị trí đó.

Để đảm bảo được yêu cầu của đề tài nhóm thực hiện đã nghiên cứu và tìm ra được một kiến trúc hệ thống có khả năng thích hợp với sóng bluetooth low energy trong việc xác định vị trí vật thể trong nhà kho. Cùng với đó là việc nghiên cứu vận dụng thuật toán Trilateration để áp dụng vào việc tính toán vị trí vật thể bằng sóng bluetooth low energy.

Phần quan trọng của đề tài là việc giao tiếp giữa và đồng bộ giữa các bộ phát và bộ thu BLE vào mô hình kiến trúc của hệ thống, từ đó có thể ứng dụng thuật toán trilateration để tính toán vị trí của các vật thể trong nhà kho. Cùng với đó là việc xây dựng được một giao diện website có khả năng trực quan hóa vị trí của vật thể để giúp ích cho người dùng giám sát và quản lý các thông tin vị trí của vật thể trong hệ thống một cách dễ dàng.

Kết quả nghiên cứu và phát triển của nhóm thực hiện là xây dựng được hệ thống phần cứng đáp ứng được mô hình kiến trúc đã đề ra có khả năng tính toán được vị trí của vật thể trong nhà kho với một độ chính xác nhất định và có thể mở rộng với một quy mô nhất định. Cùng với đó là giao diện website có khả năng cho người dùng giám sát và quản lý các thông tin về vị trí của các vật thể trong nhà kho. Đề tài có thể cung cấp được một mô hình kiến trúc cơ bản, có khả năng đáp ứng được một số tiêu chí của việc định vị trong nhà kho nói riêng và định vị trong nhà (IPS) nói chung bằng sóng BLE.

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH.....	X
DANH MỤC BẢNG.....	XII
CÁC TỪ VIẾT TẮT	XIII
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN	1
1.1 GIỚI THIỆU.....	1
1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI	2
1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI	2
1.4 PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN CỨU.....	3
1.5 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	3
1.5.1 Đối tượng nghiên cứu	3
1.5.2 Phạm vi nghiên cứu.....	3
1.6 BỐ CỤC BÁO CÁO.....	4
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	5
2.1 ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ BẰNG SÓNG BLE	5
2.1.1 Một số công nghệ thường dùng để xác định vị trí trong nhà	5
2.1.2 Định vị trong nhà bằng công nghệ BLE	6
2.2 THUẬT TOÁN TÍNH VỊ TRÍ TRILATERATION	8
2.2.1 Thuật toán Trilateration	8
2.2.1.1 Chỉ số cường độ tín hiệu nhận được (RSSI).....	8
2.2.1.2 Công thức thuật toán Trilateration	9
2.2.2 Ưu và nhược điểm của thuật toán	10
2.3 KỸ THUẬT TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG DEEP SLEEP Ở ESP32	12
2.4 TRUYỀN DỮ LIỆU TRONG BLE.....	15
2.4.1 Bluetooth Low Energy và Bluetooth classic.....	15
2.4.2 Generic Attributes trong BLE	16
CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO	
BẰNG BLE 18	

3.1	YÊU CẦU HỆ THỐNG	18
3.1.1	Yêu cầu đối với phần cứng	18
3.1.2	Yêu cầu đối với phần mềm website	19
3.2	ĐẶC TẢ HỆ THỐNG	19
3.2.1	Chức năng của hệ thống.....	19
3.2.1.1	Chức năng phần cứng	19
3.2.1.2	Chức năng của phần mềm website	20
3.2.2	Mô hình tổng quát hệ thống	20
3.2.3	Sơ đồ khối hệ thống	21
3.3	THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN CỨNG	22
3.3.1	Linh kiện phần cứng.....	22
3.3.1.1	Linh kiện để thiết kế BLE ibeacon	22
3.3.1.2	Linh kiện để thiết kế beacon tag.....	24
3.3.1.3	Linh kiện để thiết kế BLE gateway	27
3.3.2	Sơ đồ nguyên lý phần cứng.....	27
3.3.2.1	Sơ đồ kết nối BLE ibeacon.....	27
3.3.2.2	Sơ đồ nguyên lý BLE beacon tag	28
3.3.2.3	Sơ đồ kết nối BLE gateway	33
3.3.3	Thiết kế hộp chứa phần cứng	34
3.4	THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN MỀM	36
3.4.1	Lưu đồ giải thuật cho phần cứng.....	36
3.4.1.1	Lưu đồ giải thuật BLE ibeacon	36
3.4.1.2	Lưu đồ giải thuật BLE beacon tag.....	36
3.4.1.3	Lưu đồ giải thuật BLE gateway.....	37
3.4.2	Lưu đồ giải thuật cho website	39
3.4.2.1	Thiết kế bản đồ nhà kho	39
3.4.2.2	Lưu đồ giải thuật cho website	41
CHƯƠNG 4 KẾT QUẢ		45
4.1	KẾT QUẢ MÔ HÌNH HỆ THỐNG	45
4.1.1	Kết quả mô hình phần cứng	45

4.1.1.1	Kết quả mô hình BLE ibeacon	45
4.1.1.2	Kết quả mô hình BLE beacon tag.....	45
4.1.1.3	Kết quả mô hình BLE gateway	46
4.1.2	Kết quả phần mềm website	46
4.2	ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG	51
4.2.1	Đánh giá hoạt động phần cứng.....	51
4.2.1.1	Đánh giá hoạt động của BLE ibeacon	51
4.2.1.2	Đánh giá hoạt động của BLE beacon tag	54
4.2.1.3	Đánh giá hoạt động của BLE gateway	60
4.2.2	Đánh giá hoạt động phần mềm website	63
4.2.3	Đánh giá hoạt động chung của cả hệ thống	64
CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN		68
5.1	KẾT LUẬN	68
5.2	HƯỚNG PHÁT TRIỂN	68
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		70

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Một trong những mô hình về định vị trong nhà bằng BLE	7
Hình 2.2: Một trong những mô hình định vị trong nhà bằng BLE.....	8
Hình 2.3: Tính khoảng cách d từ cường độ tín hiệu thu được RSSI	9
Hình 2.4: Điều kiện áp dụng thuật toán Trilateration.....	10
Hình 2.5: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí	11
Hình 2.6: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí	11
Hình 2.7: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí	12
Hình 2.8: Cấu trúc GATT khi truyền nhận dữ liệu trong BLE	16
Hình 3.1: Mô hình tổng quát hệ thống định vị trong nhà kho bằng BLE.....	20
Hình 3.2: Sơ đồ khối định vị trong nhà kho bằng BLE.....	21
Hình 3.3: Module BLE NRF51822	23
Hình 3.4: Pin Cr2477 1000 mAh.....	24
Hình 3.5: Vi điều khiển ESP32 Wroom 32 U	25
Hình 3.6: Anten 2.4GHz 3dBi IPEX	26
Hình 3.7: Sơ đồ chân module BLE NRF51822.....	28
Hình 3.8: Sơ đồ nguyên lý của BLE beacon tag	29
Hình 3.9: Mạch lựa chọn sạc hay không sạc cho BLE beacon tag	30
Hình 3.10: Mạch nguồn 5V xuống 3.3V không sạc cho BLE beacon tag ...	30
Hình 3.11: Mạch nguyên lý hạ áp và sạc cho pin lipo của BLE beacon tag	31
Hình 3.12: Mạch đánh thức khỏi chế độ deep sleep cho BLE beacon tag ...	33
Hình 3.13: Hình vẽ thiết kế hộp BLE ibeacon trên phần mềm blender	34
Hình 3.14: Hình vẽ thiết kế hộp BLE beacon tag trên phần mềm blender ..	34
Hình 3.15: Hình vẽ thiết kế hộp BLE gateway trên phần mềm blender	35
Hình 3.16: Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE ibeacon	36
Hình 3.17: Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE beacon tag	37
Hình 3.18: Lưu đồ giải thuật chức năng cho ESP thứ nhất	38
Hình 3.19: Lưu đồ giải thuật chức năng cho ESP thứ hai	39
Hình 3.20: Bản đồ nhà kho được thiết kế bởi công cụ Draw.io	40
Hình 3.21: Lưu đồ chương trình chính của Website	42

Hình 4.1: Mô hình kết quả BLE ibeacon.....	45
Hình 4.2: Mô hình kết quả BLE beacon tag	45
Hình 4.3: Mô hình kết quả BLE gateway	46
Hình 4.4 : Giao diện website thể hiện bản đồ nhà kho.....	47
Hình 4.5: Thanh công cụ DashBoard của trang website	48
Hình 4.6: Tạo điểm ibeacon cho bản đồ trên website	48
Hình 4.7: Tạo điểm ibeacon từ 1 ibeacon có trước trên bản đồ website	49
Hình 4.8: Tạo beacon tag trên bản đồ website	49
Hình 4.9: Xóa dữ liệu ibeacon hoặc beacon tag trên bản đồ website.....	50
Hình 4.10: Tìm đường cho beacon tag trên bản đồ website.....	50
Hình 4.11: Khả năng phát BLE của BLE ibeacon.....	51
Hình 4.12: Khảo sát sự ổn định của BLE ibeacon	52
Hình 4.13: Dòng điện tiêu thụ của NRF51822 khi hoạt động bình thường .	53
Hình 4.14: Khả năng quét RSSI của BLE beacon tag trên arduino IDE.....	54
Hình 4.15: Khả năng quét BLE xa nhất của BLE beacon tag	54
Hình 4.16: Độ dao động khi quét RSSI của BLE beacon tag	55
Hình 4.17: BLE beacon tag quét BLE từ 4 BLE ibeacon	55
Hình 4.18: BLE beacon tag quét BLE từ 4 BLE ibeacon	56
Hình 4.19: Khả năng phát BLE của BLE beacon tag.....	57
Hình 4.20: Dòng tiêu thụ của BLE beacon tag khi hoạt động bình thường .	58
Hình 4.21: Dòng tiêu thụ của BLE beacon tag khi ở chế độ deep sleep	59
Hình 4.22: Độ chính xác vị trí của beacon tag1 từ bản đồ không lưới.....	64
Hình 4.23: Hình ảnh về bản đồ được mô phỏng có kích thước 9x15m	65
Hình 4.24: Hình ảnh về giá trị thực tế được xét cố định là (2,9).....	66
Hình 4.25: Đánh giá sự dao động của vị trí tính toán được.....	66
Hình 4.26: Sai số khoảng cách trung bình giữa thực nghiệm và thực tế.....	66

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1 Một số công nghệ định vị trong nhà	5
Bảng 2.2 Các chế độ năng lượng ở ESP32	13
Bảng 2.3 Mức năng lượng tiêu thụ ở các chế độ hoạt động ESP32	14
Bảng 2.4 So sánh Bluetooth LE và Bluetooth classic	15
Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật của NRF51822	23
Bảng 3.2 Thông số kỹ thuật của vi điều khiển ESP32 Wroom 32U	25
Bảng 3.3 Bảng thông số của pin Lipo	26
Bảng 3.4 Sơ đồ kết nối chân NRF51822 với pin CR2477	28
Bảng 3.5 Bảng thông số IC ổn áp AMS1117 3.3V	31
Bảng 3.6 Bảng thông số linh kiện LTC4054ES5 4.2V	31
Bảng 3.7 Thông số kỹ thuật của RT9013	32
Bảng 3.8 Sơ đồ kết nối chân của BLE gateway	33
Bảng 4.1 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE ibeacon	53
Bảng 4.2 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE beacon tag.....	59
Bảng 4.3 Thời gian tính vị trí của BLE gateway từ phần mềm Arduino	60
Bảng 4.4 Kết nối với nhiều BLE beacond tag trong khoảng thời gian ngắn.	61
Bảng 4.5 Thời gian trễ giữa hai lần tính toán vị trí	61
Bảng 4.6 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE gateway	62

CÁC TỪ VIẾT TẮT

Viết tắt	Mô tả
AI	Artificial Intelligence
BLE	Bluetooth Low Energy
CSS	Cascading Style Sheets
DPI	Dots Per Inch
IPS	Indoor Positioning System
GATT	Generic Attribute Profile
GPIO	General Purpose Input/Output
HTML	Hypertext Markup Language
MAC	Media Access Control
RFID	Radio Frequency Identification
RF	Radio Frequency
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTC	Real Time Clock
ToF	Time of-flight
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
ULP	Ultra Low Power
UWB	Ultra Wideband
UUID	Universally Unique Identifier

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN

1.1 GIỚI THIỆU

Cùng với sự phát triển vượt bậc của các lĩnh vực khoa học công nghệ thì các ứng dụng định vị vật thể ngày càng phát triển. Mặc dù hiện nay chúng ta đã có sẵn công nghệ định vị GPS, tuy nhiên GPS lại không đáp ứng đầy đủ nhu cầu trong việc định vị trong một số môi trường có không gian kín như trong nhà hay dưới tầng hầm. Bởi vì kiến trúc kín đã làm cho sự suy hao và ngăn chặn sự lan truyền của tín hiệu GPS. Hiện nay, trong lĩnh vực định vị trong nhà đã có rất nhiều công nghệ được sử dụng như: Bluetooth, WiFi, UWB (Ultra-Wide Band), RFID (Radio Frequency Identification), ZigBee,... Nhìn chung tất cả kỹ thuật trên đều có thể mang lại một độ chính xác, giá thành, khả năng tiết kiệm năng lượng riêng và được áp dụng tùy thuộc vào yêu cầu của hệ thống. Tuy nhiên nếu để chọn ra một công nghệ có khả năng đáp ứng gần như là cân bằng về các yếu tố như khoảng cách, độ chính xác, khả năng tiết kiệm năng lượng, giá thành hệ thống thì công nghệ định vị bằng sóng BLE lại là một sự lựa chọn tương đối tuyệt vời đối với các hệ thống định vị trong nhà.

Về việc sử dụng công nghệ BLE vào các ứng dụng định vị trong nhà hiện nay trở nên vô cùng phổ biến. Chẳng hạn như các ứng dụng trong việc điều hướng trong nhà là vô cùng cần thiết, trong các ứng dụng về giám sát tài sản cá nhân hay là giám sát và định hướng cho các phương tiện ở các bãi đỗ xe ở dưới tầng hầm. Chính vì thế mà nhóm thực hiện đề tài muốn ứng dụng khả năng xác định vị trí của các vật thể ở không gian nhà kho. Bởi vì nhà kho vừa là nơi có không gian tương đối kín với sự cần thiết khi cần giám sát và quản lý nhiều vật thể cùng lúc với số lượng lớn như: hàng hóa, nhân công và cả các thiết bị hoạt động thường xuyên như các xe nâng. Khi áp dụng công nghệ BLE vào việc xác định vị trí trong nhà kho sẽ có khả năng giải quyết nhiều vấn đề về vị trí, tìm kiếm vật thể và giám sát được quá trình hoạt động của nhân công.

Trong đề tài này nhóm thực hiện sẽ xây dựng và thi công một hệ thống bao gồm cả phần cứng và phần mềm. Hệ thống phần cứng sẽ được xây dựng với một mô hình đã có sẵn và thực hiện tính toán vị trí của một vật thể bất kì trong lĩnh vực nhà kho bằng công nghệ BLE. Bước tiếp theo khi có được vị trí là xây dựng một giao diện website cho phép hiển thị vị trí trên một bản đồ đã được vẽ lại từ thực tế với một tỉ lệ được biết trước. Sau đó, hệ thống sẽ mở rộng chức năng từ việc đã có vị trí trước đó để xây dựng thêm một số chức năng như tìm kiếm vật thể, theo dõi lịch trình của nhân công.

1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu của đề tài là thực hiện xây dựng một hệ thống bao gồm cả phần cứng có khả năng tính toán được vị trí vật thể và phần mềm cho phép giám sát được vị trí được gửi lên từ phần cứng.

Cụ thể, mục tiêu bao gồm:

- Xây dựng phần cứng bao gồm các bộ phát BLE (BLE ibeacon), bộ thu BLE (BLE beacon tag) và BLE gateway. Phần cứng sẽ giao tiếp với nhau và áp dụng thuật toán Trilateration để tính toán vị trí vật thể và gửi chúng giao diện website người dùng.
- Xây dựng giao diện website với bản đồ của nhà kho và cho phép hiển thị được vị trí các vật thể lên bản đồ.
- Thực hiện đánh giá độ chính xác về khả năng tính toán vị trí, khả năng tiết kiệm năng lượng, khả năng mở rộng và khả năng ổn định trong các môi trường có độ nhiễu khác nhau của phần cứng.
- Thực hiện đánh giá về độ hoạt động ổn định và khả năng quản lý các vật thể cần xác định vị trí của website.

1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI

Đề tài được thiết kế gồm hai phần bao gồm phần cứng và phần mềm kết hợp với nhau và mỗi phần đều có những giới hạn riêng:

- Phần cứng được xây dựng dựa trên một mô hình đã có sẵn bao gồm 6 bộ phát BLE (BLE ibeacon), 2 thiết bị thu BLE (BLE beacon tag) và 1

gateway thực hiện tính toán vị trí trong khoảng không gian tối đa là 20x40m.

- Hệ thống sẽ được hoạt động thực nghiệm để đánh giá độ chính xác trong môi trường ít bị ảnh hưởng bởi các tín hiệu sóng radio khác.
- Việc tính toán vị trí sẽ được thực hiện bởi thuật toán 3 điểm trilateration.
- Dữ liệu sẽ được lưu trữ trên database là Firebase và phần mềm giao diện website sẽ thực hiện hiển thị vị trí trên bản đồ nhà kho với tỉ lệ chính xác là tương đối.

1.4 PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN CỨU

Để tiến hành nghiên cứu và thực hiện đề tài, nhóm thực hiện bắt đầu từ việc áp dụng các phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết từ các nguồn khác nhau để xây dựng mô hình khả thi cho đề tài, thi công thiết kế các sơ đồ nguyên lý để tối ưu hóa năng lượng hệ thống, phân tích và lựa chọn thuật toán xác định vị trí tối ưu cho đề tài, đánh giá và so sánh hệ thống khi áp dụng một số kỹ thuật tiết kiệm năng lượng so với khi bình thường. Đồng thời tổng hợp một số kiến thức về phần mềm để xây dựng giao diện trực quan cho người dùng. Phân tích, đánh giá hoạt động thực nghiệm của hệ thống để có thể tối ưu hóa và nâng cấp hệ thống.

1.5 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU NGHIÊN CỨU

1.5.1 Đối tượng nghiên cứu

- Vi điều khiển ESP32 có tích hợp truyền nhận Bluetooth low energy
- Thuật toán tính vị trí có thể được áp dụng cho sóng BLE.
- Kiến trúc hệ thống được triển khai cho phần cứng trong đề tài.
- Kỹ thuật tối ưu năng lượng phần cứng deepsleep.
- Ngôn ngữ xây dựng phần mềm website.

1.5.2 Phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu khả năng về khoảng cách, độ ổn định, công suất truyền nhận BLE của ESP32.

- Nghiên cứu độ chính xác của thuật toán tính vị trí được sử dụng trong đề tài, khả năng lập trình của thuật toán.
- Nghiên cứu khả năng tương thích, mở rộng và triển khai của mô hình kiến trúc được áp dụng trong đề tài.
- Nguyên cứu năng lượng tiêu thụ, khả năng tiết kiệm năng lượng của toàn bộ hệ thống khi áp dụng phương pháp tiết kiệm năng lượng.

1.6 BỐ CỤC BÁO CÁO

Toàn bộ đồ án được trình bày chi tiết trong 5 chương:

- **Chương 1 Tổng quan:** Giới thiệu về lý do chọn đề tài. Chỉ rõ được mục tiêu, giới hạn đề tài đối tượng và phương nghiên cứu của đề tài đang thực hiện. Từ đó, định hướng phát triển các chương tiếp theo.
- **Chương 2 Cơ sở lý thuyết:** Trình bày về các cơ sở lý thuyết đã được thực hiện nghiên cứu và tổng hợp từ trước đó để xây dựng đề tài.
- **Chương 3 Thiết kế hệ thống:** Thực hiện xây dựng phần cứng và phần mềm để hoàn thiện hệ thống, xây dựng sơ đồ khối, sơ đồ chức năng, sơ đồ nguyên lý, hoàn thiện chức năng cho hệ thống.
- **Chương 4 Kết quả:** Thực hiện kiểm tra đánh giá các chức năng đã được yêu cầu của hệ thống về phần cứng và phần mềm.
- **Chương 5 Kết luận và hướng phát triển:** Kết luận về đề tài với những thành quả đã làm và đạt được so với yêu cầu hệ thống đã đề ra trước đó, bên cạnh đó sẽ nêu lên hướng phát triển mở rộng cho đề tài trong tương lai.

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ BẰNG SÓNG BLE

2.1.1 Một số công nghệ thường dùng để xác định vị trí trong nhà

WiFi: Sử dụng các trạm gốc phát hay thu tín hiệu Wifi được đặt trong khu vực cần xác định vị trí vật thể. Từ đó phụ thuộc vào từng mô hình xây dựng trước mà dựa trên cường độ tín hiệu wifi nhận được được thiết bị phát và thiết bị thu để tính toán vị trí của vật thể [1].

UWB: Cũng giống như các công nghệ khác thì UWB cũng xây dựng mô hình gồm các bộ phát hay bộ thu để thu thập tín hiệu giữa các điểm nút và vật xác định vị trí để tính toán vị trí. Điểm khác biệt là UWB hoạt động ở tần số tương đối cao hơn so với các công nghệ khác dẫn tới khả năng chống nhiễu của sóng này tương đối cao. Trong việc xác định vị trí bằng công nghệ UWB có một số phương pháp tạo nên sự chính xác cao của công nghệ này là Time of Flight (ToF) xác định vị trí bằng cách tính dựa trên thời gian bay của tín hiệu [2].

RFID: Sử dụng nguyên lý cảm ứng điện từ của các thẻ tag và các bộ đọc RFID để xác định vị trí của vật thể. Khoảng cách nhận dạng tần số vô tuyến dao động từ vài cm đến hơn mười mét. So với các công nghệ khác thì công nghệ này tương đối tiêu tốn nhiều chi phí để xây dựng hệ thống [3].

BLE: Có phần giống hơn so với công nghệ xác định vị trí bằng wifi khi sử dụng cường độ tín hiệu nhận được RSSI từ các bộ phát và bộ thu BLE để tính toán vị trí của vật thể cần xác định [4].

Bảng 2.1 Một số công nghệ định vị trong nhà [5] [6]

Technology	BLE	WIFI	UWB	RFID
Location accuracy	1-5m	3-8m	10cm	1-5m
Anti interference	Medium	Medium	Strong	Medium

Power consumption	Very low	High	High	Medium
Security	Secure	Secure	Secure	Insecure
Deployment complexity	Simply	Complex	Medium	Simply
Cost	Low	Medium	Medium	Low

Bluetooth Low Energy (BLE) là công nghệ không dây được thiết kế cho những ứng dụng yêu cầu năng lượng hoạt động thấp, phổ biến và dễ tiếp cận. Bluetooth low energy có khả năng hỗ trợ các kết nối có tốc độ tương đối cao có thể ngang với bluetooth bình thường. Ưu điểm của BLE là nó có thể hỗ trợ nhiều mô hình kết nối hơn so với bluetooth bình thường, điều này giúp nó có lợi thế trong các ứng dụng trong các mô hình mạng lưới nhiều nút kết nối với nhau.

Hơn thế nữa, nếu như nhìn vào bảng so sánh các công nghệ định vị không dây ở trên. Nếu như xét về độ chính xác hay khả năng chống nhiễu thì BLE chỉ hạn chế phần nhỏ hơn so với UWB. Tuy nhiên, BLE lại có ưu điểm vượt trội về năng lượng tiêu thụ thấp và chi phí xây dựng hệ thống thấp hơn nhiều so với các công nghệ xác định vị trí khác. Bởi vì một số tính chất trên mà BLE trở thành công nghệ tương đối phù hợp trong các ứng dụng xác định vị trí vật thể trong nhà.

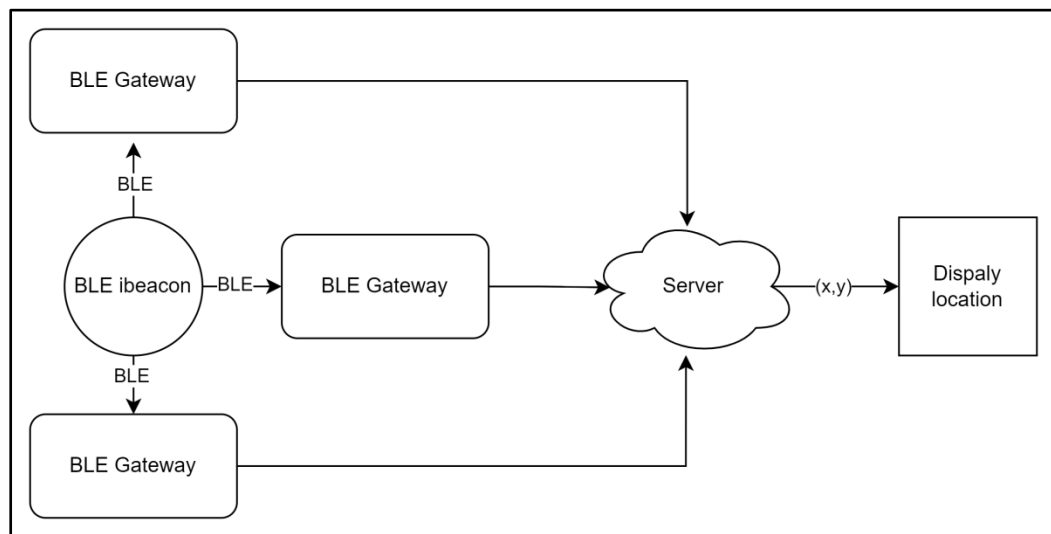
2.1.2 Định vị trong nhà bằng công nghệ BLE

Theo dõi hay định vị vị trí của các vật thể trong công nghệ BLE được thực hiện từ việc áp dụng các thuật toán để tính vị trí vào tín hiệu tương tác giữa các bộ phát và thu BLE trong hệ thống. Các bộ phát hay bộ thu BLE này sẽ được xây dựng và lắp đặt tùy vào từng mô hình hệ thống phù hợp với yêu cầu của từng ứng dụng định vị trong nhà.

Có hai mô hình hệ thống thường được sử dụng trong công nghệ định vị bằng BLE:

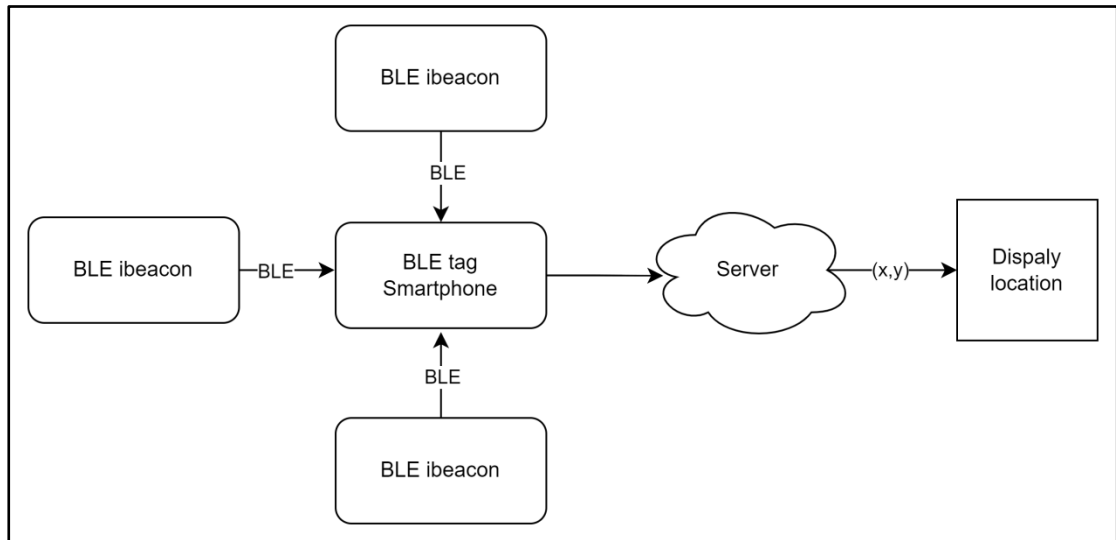
- Theo dõi vị trí trong nhà ở một số nơi có diện tích không gian nhỏ [4].

- + Hệ thống sẽ xây dựng các thiết bị thu BLE được đặt cố định trong không gian là BLE gateway. Còn lại, các thiết bị cần xác định vị trí là các BLE ibeacon(phát BLE).
- + Các thiết bị BLE ibeacon phát BLE ra môi trường xung quanh và các thiết bị BLE gateway nhận tín hiệu BLE. Tín hiệu BLE nhận được sẽ được thực hiện phân tích và tính toán vị trí. Sau cùng, vị trí sẽ được gửi lên giao diện người dùng trên Server.



Hình 2.1: Một trong những mô hình về định vị trong nhà bằng BLE

- Theo dõi vị trí trong nhà ở một số nơi có diện tích không gian lớn [4].
 - + Hệ thống sẽ xây dựng các thiết bị phát BLE được đặt cố định trong không gian là BLE ibeacon. Còn lại các thiết bị cần xác định vị trí là các thiết bị thu BLE như smartphone hay các BLE tag.
 - + Các thiết bị BLE ibeacon phát BLE ra môi trường xung quanh và các thiết bị BLE tag hay smartphone nhận tín hiệu BLE. Tín hiệu BLE nhận được sẽ được thực hiện phân tích và tính toán vị trí. Sau cùng vị trí sẽ được gửi lên giao diện người dùng trên Server.



Hình 2.2: Một trong những mô hình định vị trong nhà bằng BLE

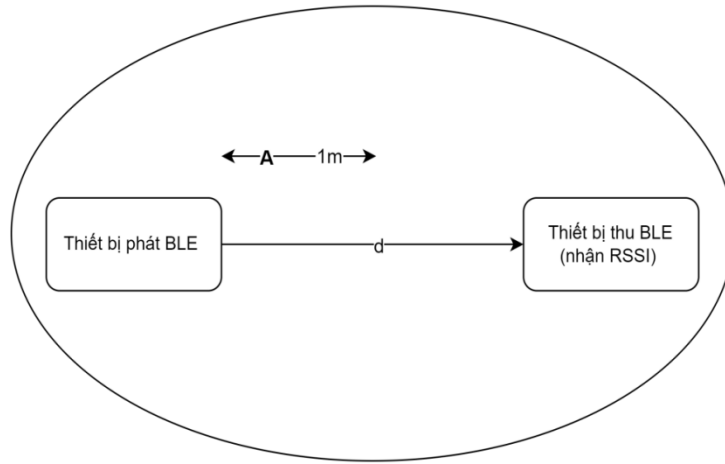
2.2 THUẬT TOÁN TÍNH VỊ TRÍ TRILATERATION

2.2.1 Thuật toán Trilateration

2.2.1.1 Chỉ số cường độ tín hiệu nhận được (RSSI)

RSSI(chỉ số cường độ tín hiệu nhận được) đây chính thông số đặc trưng cho cường độ tín hiệu nhận được khi thiết bị thu nhận tín hiệu BLE từ thiết bị phát [7] [8] [9]. Khi một thiết bị nhận được tín hiệu BLE, nó sẽ có sự khác biệt bởi mỗi thiết bị phát BLE sẽ có địa chỉ MAC riêng và thông số RSSI sẽ được phân tách cho từng đối tượng một cách dễ dàng.

RSSI thường được đo bằng dBm(decibel-milliwatts) hoặc mW, độ mạnh yếu của tín hiệu này còn phụ thuộc vào công suất phát của thiết bị phát BLE (tx power). RSSI có vai trò vô cùng quan trọng trong hệ thống định vị bằng BLE khi đây chính là thông số để tính khoảng cách giữa bộ phát và bộ thu BLE.



Hình 2.3: Tính khoảng cách d từ cường độ tín hiệu thu được RSSI

$$RSSI = -10n \log_{10}(d) + A \text{ (dBm)} \quad (2.1)$$

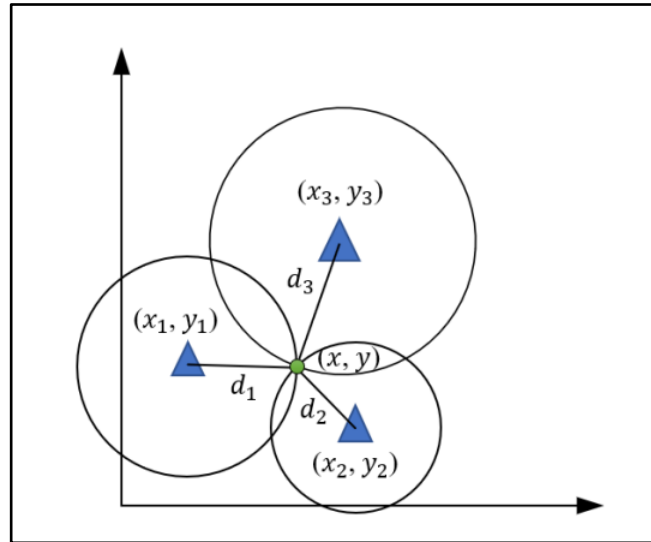
Trong đó n là hằng số truyền tín hiệu và giá trị của nó nằm trong khoảng từ 2 đến 4 tùy thuộc vào môi trường; d là khoảng cách giữa thiết bị phát và thiết bị thu BLE. A là giá trị tín hiệu cường độ nhận được ở khoảng cách 1 mét tính từ bộ phát tín hiệu BLE. X_σ là biến ngẫu nhiên có phân phối ngẫu nhiên với giá trị trung bình 0 và phương sai σ bình phương. Để thuận tiện cho việc tính toán X_σ sẽ có giá trị bằng 0 [7].

Từ công thức tổng quát ta có thể suy ra cách tính khoảng cách từ bộ phát và bộ thu BLE khi nhận được chỉ số cường độ tín hiệu nhận được (RSSI) giữa chúng.

$$d = 10^{\frac{A-RSSI}{10n}} \text{ (m)} \quad (2.2)$$

2.2.1.2 Công thức thuật toán Trilateration

Thuật toán Trilateration hay còn gọi là thuật toán 3 điểm. Thuật toán sẽ cho phép tính được vị trí của một điểm bất kỳ với điều kiện là 3 điểm đó phải được biết trước vị trí và các khoảng cách từ điểm cần tính tới 3 điểm đó [8]. Chính vì thế, khi áp dụng thuật toán Trilateration để tính vị trí của một thiết bị thu tín hiệu RSSI BLE chúng ta cần phải biết trước được khoảng cách giữa thiết bị thu đến 3 thiết bị phát và tọa độ cố định của 3 thiết bị phát.



Hình 2.4: Điều kiện áp dụng thuật toán Trilateration [8] [9]

Thuật toán xây dựng nên một hệ phương trình gồm 3 phương trình con từ những dữ liệu đã được biết trước từ những kiến thức về toán học hình học [8].

$$\left\{ \begin{array}{l} d_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \\ d_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \\ d_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \end{array} \right\} (m) \quad (2.3)$$

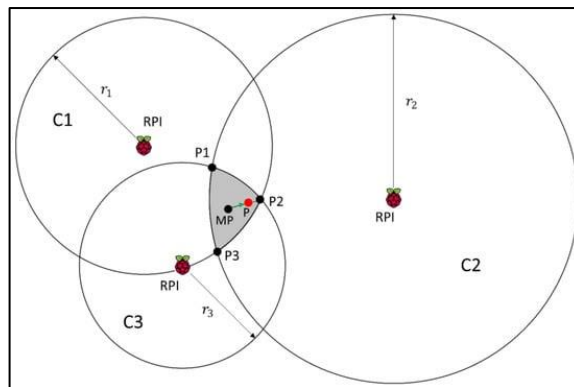
Sau khi có được hệ phương trình gồm có 3 phương trình con và hai ẩn x,y. Áp dụng kiến thức đại số để giải và tìm ra tọa độ điểm cần tính (x,y).

2.2.2 Ưu và nhược điểm của thuật toán

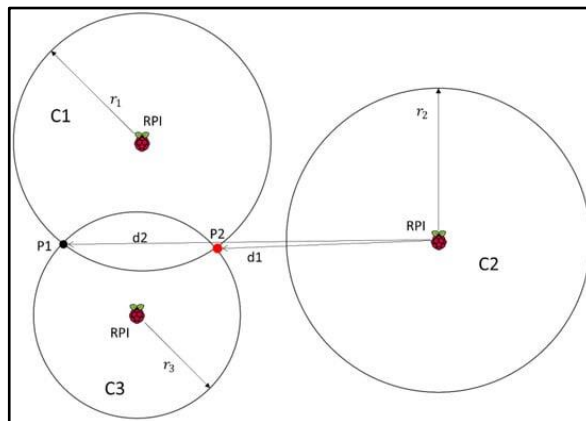
- Ưu điểm
 - + Thuật toán phù hợp với mô hình hệ thống khi hệ thống đã xây dựng nhiều thiết bị phát và thiết bị thu.
 - + Thuật toán có khả năng mang lại độ chính xác vừa phải, trong khi không yêu cầu quá cao về tài nguyên phần cứng.
 - + Thuật toán tương đối đơn giản để lập trình trên phần cứng.
- Nhược điểm của thuật toán trilateration bao gồm:
 - + Độ chính xác phụ thuộc vào độ chính xác của khoảng cách: Thuật toán trilateration dựa trên ước tính khoảng cách từ điểm cần tìm đến

các điểm đã biết. Nếu có sai số trong quá trình đo lường khoảng cách hoặc nhiều, điều này có thể dẫn đến sai số trong kết quả ước tính vị trí.

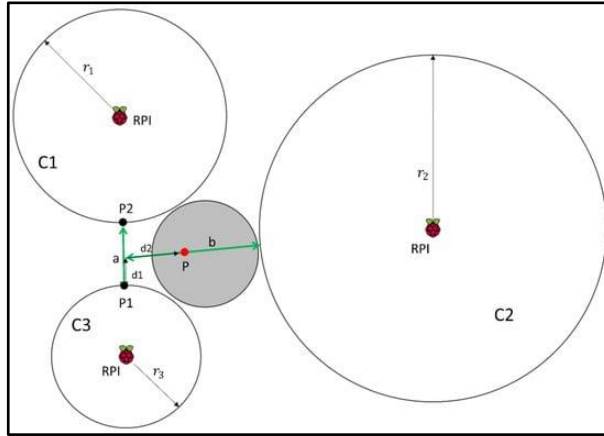
- + Đa nghĩa vị trí: Khi ba đường tròn giao nhau hoặc giữa chúng không cùng nhau tạo ra điểm chung,... thì thuật toán trilateration không thể xác định chính xác vị trí duy nhất của điểm cần tìm. Thay vào đó, nó chỉ cung cấp một vùng chứa các vị trí có thể. Việc xác định vị trí chính xác trong vùng này đòi hỏi sự hỗ trợ từ các thuật toán hoặc thông tin bổ sung[10].



Hình 2.5: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí [10]



Hình 2.6: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí [10]



Hình 2.7: Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí [10]

Như các hình ở trên trong bị nhận đo được khoảng cách giữa điểm MP tới ba điểm PRI1, PRI2, PRI3 là r_1 , r_2 , r_3 . Có thể do nhiễu hay một vài lý do khác mà ba điểm này không giao nhau tại một điểm dẫn tới chúng có tạo nên ba đường tròn cắt nhau tại ba điểm, hai điểm, một điểm và thậm chí là không cắt nhau ở điểm nào. Khi đó tọa độ điểm thực tế có thể sẽ nằm trong vùng giao nhau của ba đường tròn hoặc nằm ngoài vùng giao nhau và thuật toán trilateration sẽ không cho ra kết quả hay kết quả không chính xác.

- + Yêu cầu số lượng điểm đã biết đủ: Thuật toán trilateration yêu cầu ít nhất ba điểm đã biết để tính toán vị trí. Nếu không có đủ số lượng điểm đã biết, thuật toán trilateration không thể được áp dụng và không thể đưa ra kết quả chính xác.

2.3 KỸ THUẬT TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG DEEP SLEEP Ở ESP32

ESP32 là dòng vi điều khiển có tích hợp nhiều chức năng với khả năng xử lý mạnh mẽ được bán chạy trên thị trường. Trong phần này nhóm sẽ không tập trung vào việc đi sâu giới thiệu ESP32 mà sẽ tập trung vào hiệu quả của kỹ thuật deep sleep đối với việc tiết kiệm năng lượng cho vi điều khiển.

Kỹ thuật tiết kiệm năng lượng “deepsleep” ở vi điều khiển ESP32 (cũng được gọi là “deep sleep mode” hoặc “ultra-low power sleep mode”) là một kỹ thuật được sử dụng để giảm tiêu thụ năng lượng khi thiết bị không hoạt động hoặc ở trạng thái chờ[11].

Trong chế độ deepsleep, vi điều khiển được đưa vào trạng thái hoạt động ở mức năng lượng rất thấp, tiêu thụ năng lượng cực kỳ ít. Trong trạng thái này, các thành phần không cần thiết hoặc không hoạt động của hệ thống có thể được tắt trong khi đó thành phần RTC (Real time clock) trong ESP32 sẽ không bị ngắt trong quá trình deepsleep để thực hiện đánh thức cho ESP32 khi cần thiết. Các tác nhân có thể đánh thức thiết bị khỏi chế độ deepsleep bao gồm: bộ đếm timer, tác động điện dung, ngắt ngoài[11],...

Bảng 2.2 Các chế độ năng lượng ở ESP32 [11]

Power mode	Active	Modem sleep	Light- sleep	Deep sleep	Hibernation
Sleep pattern	Association sleep parttern			ULP sensor	-
CPU	ON	ON	PAUSE	OFF	OFF
Wifi/BT	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
RTC memory and RTC peripheral	ON	ON	ON	ON	OFF
ULP co processor	ON	ON	ON	ON/OFF	OFF

So với các chế độ khác thì deepsleep mang lại sự tiết kiệm năng lượng đáng kể. Trong hệ thống xác định vị trí bằng BLE mà các vật thể cần sự di chuyển liên tục và nhiều thì vấn đề tiết kiệm năng lượng là vô cùng cần thiết và quan trọng để hệ thống vẫn có thể hoạt động tốt và đáp ứng được độ chính xác của vật thể.

Bảng 2.3 Mức năng lượng tiêu thụ ở các chế độ hoạt động ESP32 [11]

Power mode	Description	Power consumption
RF	WiFi Tx packet 14dBm ~ 19.5 dBm	95 -240 mA
	WiFi/BT Tx packet 0 dBm	
	WiFi/BT R & listening	
Modem sleep	The CPU is powered on	Max speed 240 Mhz: 30mA-50mA
		Normal speed 80 Mhz: 20mA-25mA
		Slow speed 2 Mhz: 2mA- 4mA
Light sleep	-	0.8 mA
Deep sleep	The ULP co-processor is powered on	150 μ A
	The ULP sensor-monitored pattern	100 μ A @ 1% duty
	RTC timer + RTC memory	10 μ A
Hibernation	RTC timer only	5 μ A
Power off	CHIP_PU is set to low level, the chip is power off	0.1 μ A

Khi vi điều khiển bước vào chế độ deep sleep thì công suất tiêu thụ được giảm xuống một mức vô cùng đáng kể. Tuy nhiên, cần áp dụng chế độ deep sleep vào hệ thống một cách phù hợp. Bởi vì, khi bước vào chế độ này các dữ liệu chương trình sẽ bị mất nếu quản lý và lưu trữ không đúng cách. Không những thế, cần phải

có yếu tố tác động để hệ thống được đánh thức để không gây rối loạn hệ thống trong quá trình hoạt động.

2.4 TRUYỀN DỮ LIỆU TRONG BLE

2.4.1 Bluetooth Low Energy và Bluetooth classic

Bluetooth low energy là chuẩn truyền thông tiết kiệm năng lượng. BLE có nhiều điểm khác so với chuẩn bluetooth bình thường tạo nên sự phù hợp của nó đối với một số ứng dụng cụ thể.

Bảng 2.4 So sánh Bluetooth LE và Bluetooth classic [12]

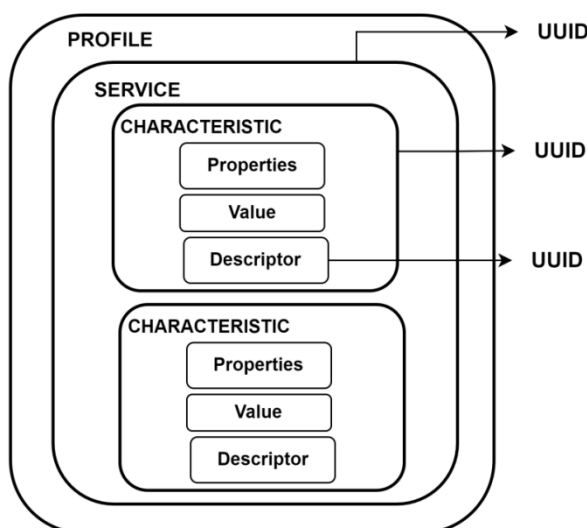
	Bluetooth Low Energy (LE)	Bluetooth Classic
Channels	3 advertising channels/37 data channels	79 channels with 1 MHz spacing
Data Rate	125 Kb/s -2 Mb/s	1 Mb/s- 3 Mb/s
Rx Sensitivity max	-82 dBm	-70 dBm
Communication Topologies	Point-to-point ,broadcast mesh	Point-to-point
Power consumption	~0.1x to 0.5x reference value	1 reference value

Dựa vào bảng trên, ta cũng có thể thấy được đặc điểm nổi bật của BLE là khả năng tiết kiệm được năng lượng từ 0.1 lần cho đến 0.5 lần so với bluetooth thông thường. Nhưng độ nhạy của tín hiệu thu được lại ở mức thấp hơn là -82 dBm trong khi bluetooth thường chỉ tới -70 dBm. Không những thế, ở BLE lại có nhiều cấu trúc kết nối hơn so với bluetooth thường giúp cho nó có khả năng thích hợp hơn trong các mô hình truyền nhận dữ liệu cần có sự tham gia của nhiều nút mạng.

2.4.2 Generic Attributes trong BLE

GATT hay Generic Attributes profile là một phần quan trọng trong giao thức BLE. Nó cung cấp những thông tin về tính chất cấu trúc dữ liệu khi các phần cứng BLE giao tiếp truyền nhận với nhau [12]. Khi hai đối tượng giao tiếp với nhau bằng BLE thì một trong số chúng sẽ là BLE server và BLE client.

Cấu trúc của GATT trong BLE có dạng:



Hình 2.8: Cấu trúc GATT khi truyền nhận dữ liệu trong BLE

Như ảnh trên ta thấy một GATT được quy định bởi một thông số là UUID, đây là một chuỗi kí tự có quy chuẩn với độ dài 128 bit dùng để định danh cho thiết bị BLE trong quá trình kết nối trao đổi dữ liệu. Mỗi BLE GATT sẽ có các trường thông tin là BLE service và BLE Characteristics.

BLE service được hiểu đơn giản như là đăng kí một nhóm thuộc tính cho BLE characteristic (ví dụ như: thông số về nhịp tim, độ ẩm, nhiệt độ,.. mà các thiết bị BLE muốn giao tiếp với nhau).

BLE characteristic là các trường thông tin sẽ được gửi và lưu giá trị nhận được trong quá trình giao tiếp BLE. GATT sẽ giúp quá trình lưu trữ các thông tin trong quá trình giao tiếp của các đối tượng BLE trở nên dễ kiểm soát và truy vấn hơn.

Trong BLE characteristic sẽ có nhiều thuộc tính quy định cho quá trình truyền nhận giữ liệu giữa hai đối tượng BLE.

- Broadcast: Phát hiện được dữ liệu cần nhận khi đối tượng BLE phát quảng bá gói tin BLE ra môi trường.
- Read: Có thể đọc được giá trị khi hai đối tượng BLE kết nối với nhau.
- Write: Khi hai thiết bị BLE kết nối với nhau, chúng có thể ghi dữ liệu vào đối tượng còn lại một cách nhanh chóng.
- Notify: Cập nhật giá trị khi nhận thấy có sự thay đổi.
- Indicate: Giống như Notify, nhưng yêu cầu thiết bị nhận phản hồi về việc nhận được dữ liệu hay không.

CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO BẰNG BLE

3.1 YÊU CẦU HỆ THỐNG

Đề tài được nghiên cứu là “Thiết kế hệ thống định vị trong nhà kho bằng sóng BLE (Bluetooth low energy)” nên vì thế, yêu cầu trước hết được đặt ra là bước đầu tạo được một hệ thống có khả năng xác định vị trí của các vật thể trong nhà kho và hiển thị để người dùng quan sát. Tuy nhiên, khi đi sâu vào thiết kế từng phần thì mỗi phần lại có những yêu cầu riêng.

3.1.1 Yêu cầu đối với phần cứng

- Hệ thống phần cứng bao gồm: thiết bị phát, thu BLE và BLE gateway. Chính vì thế, yêu cầu các thành phần này cần phải giao tiếp được với nhau để cung cấp thông tin về tín hiệu RSSI phục vụ việc tính vị trí của vật thể.
- Hệ thống phần cứng đảm nhiệm chức năng tính toán vị trí vật thể dựa vào thuật toán Triangulation. Chính vì thế, yêu cầu phần cứng phải được lựa chọn kỹ về tài nguyên để có khả năng đáp ứng được thuật toán.
- Yêu cầu về độ chính xác của vị trí vật thể để phần mềm website có khả năng hiển thị một cách chính xác nhất.
- Hệ thống có khả năng theo dõi vị trí khi vật thể chuyển động nên hệ thống phần cứng phải có khả năng cung cấp vị trí với độ trễ thấp nhất, có thể từ 15s trở xuống.
- Tọa độ sẽ được gửi lên database của Firebase hiển thị lên website đòi hỏi gateway phải có khả năng gửi dữ liệu lên database một cách chính xác nhất.
- Đối với các thiết bị gắn vào vật thể chuyển động thì vấn đề cấp nguồn cho thiết bị phải được xử lý một cách hợp lý để giúp vật thể có thể di chuyển bất kì đâu trong nhà kho.

- Hệ thống phần cứng phải có khả năng tiết kiệm năng lượng ở một mức đáng kể để hệ thống có thể hoạt động một cách lâu dài.

3.1.2 Yêu cầu đối với phần mềm website

- Phần mềm website thực hiện hiển thị vị trí vật thể lên một bản đồ được thiết kế sẵn, yêu cầu bản đồ phải chính xác và có một tỉ lệ thống nhất với bản đồ nhà kho thực tế.
- Cần xây dựng một giao diện website có tính thẩm mỹ, trực quan và thêm một số chức năng khác để người dùng có thể quản lý vị trí vật thể một cách dễ dàng.
- Để đáp ứng cho việc thân thiện và sử dụng website dễ dàng thì yêu cầu website được quản lý trên nền tảng đám mây.

3.2 ĐẶC TẢ HỆ THỐNG

3.2.1 Chức năng của hệ thống

3.2.1.1 Chức năng phần cứng

- Dựa vào những yêu cầu của hệ thống và mục tiêu nghiên cứu đề tài, nhóm thực hiện xây dựng một mô hình phần cứng gồm các thiết bị phát, thu BLE và BLE gateway để có khả năng tính toán được vị trí các vật thể trong nhà kho.
- Thiết bị phát và thu BLE có nhiệm vụ phối hợp để phát hiện, thu thập các giá trị RSSI tương tác với vị trí vật thể một cách chính xác nhất.
- Sau đó thực hiện gửi bộ dữ liệu RSSI đó về cho BLE gateway. BLE gateway có khả năng giao tiếp được với nhiều thiết bị phát và thu BLE để nhận RSSI sau đó tính được vị trí vật thể bằng cách áp dụng thuật toán Trilateration.
- Sau khi tính được giá trị tọa độ thì BLE gateway sẽ gửi dữ liệu lên database. Từ đó lấy dữ liệu từ database sử dụng trong mục đích thiết kế website.

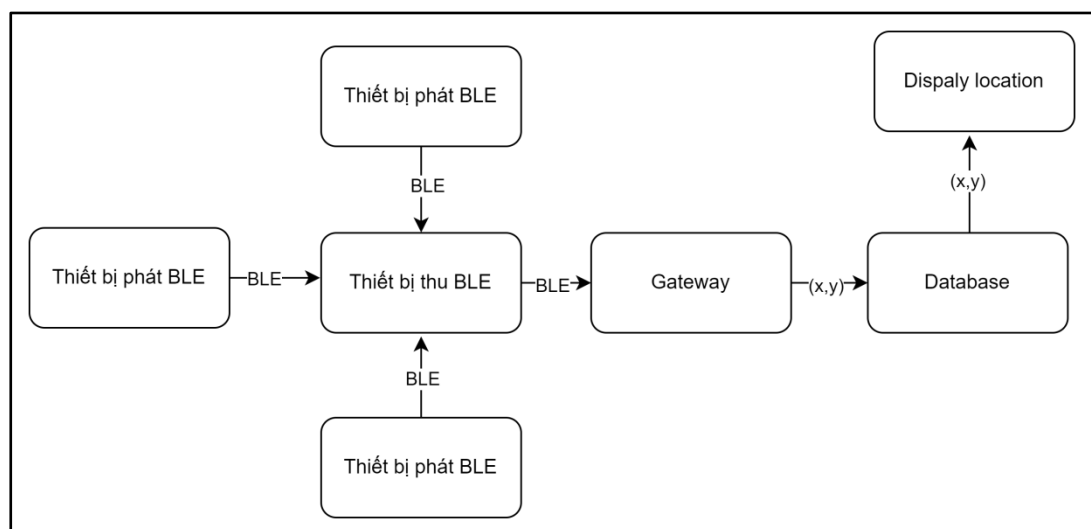
- Các thiết bị phát, thu BLE tạo thành một mạng lưới BLE giao tiếp với nhau để giúp thu thập dữ liệu một cách nhanh chóng. Từ đó, đáp ứng nhu cầu theo dõi vị trí gần như là theo thời gian thực.

3.2.1.2 Chức năng của phần mềm website

- Sau khi phần cứng gửi dữ liệu vị trí vật thể lên database thì phần mềm website sẽ thực hiện nhiệm vụ hiển thị vị trí đó trên một bản đồ đã được tạo trước đó với một tỉ lệ cố định so với kích thước nhà kho thực tế.
- Giao diện website sẽ hiển thị sự chuyển động của vật thể với một khoảng thời gian cập nhật ngắn để đáp ứng sự chuyển động của vật thể một cách kịp thời.
- Bên cạnh đó, website còn hỗ trợ một số chức năng quản lý hệ thống như: thêm, xóa, thay đổi vị trí các thiết bị phát BLE. Cho phép tìm kiếm vị trí khác từ vị trí hiện tại của người dùng.
- Lưu trữ các giá trị thông tin về vị trí của các thiết bị thu, phát BLE trên hệ thống.

3.2.2 Mô hình tổng quát hệ thống

Dựa vào chức năng và yêu cầu của đề tài nghiên cứu nhóm thực hiện đã lựa chọn thiết kế mô hình tổng quát cho hệ thống như sau:



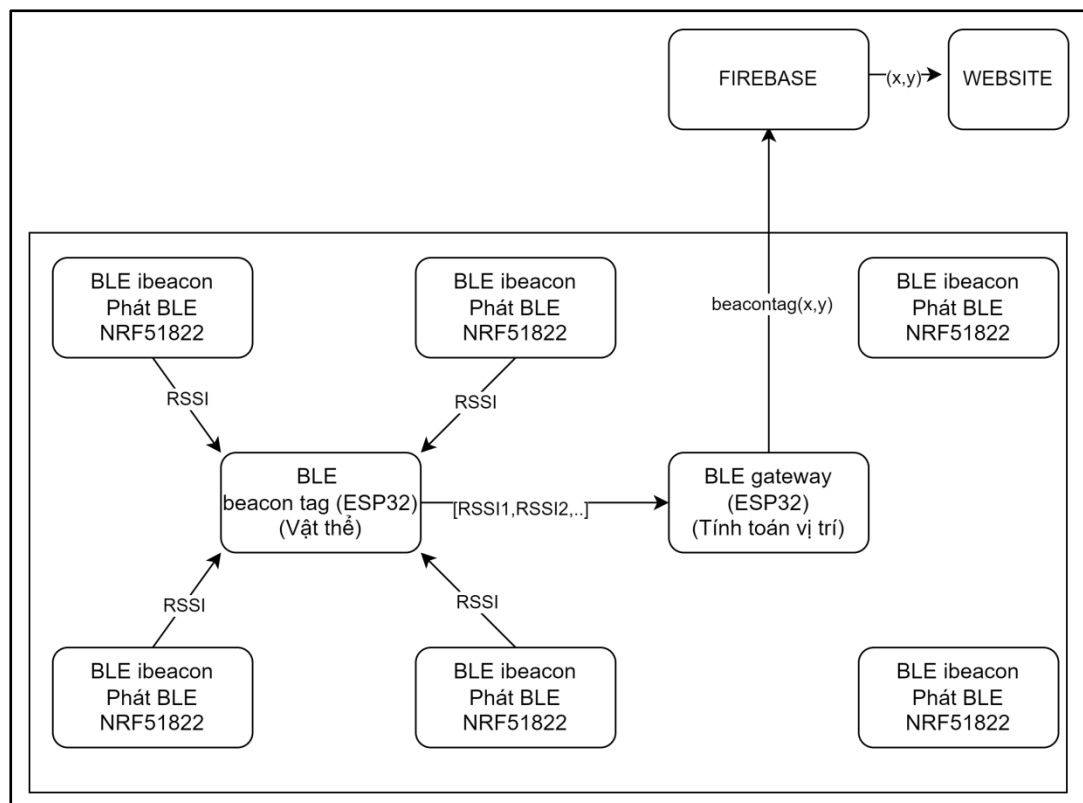
Hình 3.1: Mô hình tổng quát hệ thống định vị trong nhà kho bằng BLE

Dựa theo mô hình tổng quát trên, hệ thống sẽ gồm hai phần:

- Phần cứng: gồm các thiết bị phát, thu BLE và BLE gateway. Các thành phần này giao tiếp với nhau bằng sóng BLE, đầu ra của phần cứng là tọa độ (x,y) của vật thể cần xác định vị trí trong nhà kho.
- Phần mềm của hệ thống sẽ là database thực hiện lưu trữ thông tin vị trí từ phần cứng gửi lên. Giao diện hiển thị sẽ thực hiện chức năng hiển thị vị trí chính xác của vật thể bằng cách lấy thông tin vị trí được lưu trữ trong database.

3.2.3 Sơ đồ khối hệ thống

Sau khi chọn được sơ đồ tổng quát mô hình hệ thống nhóm thực hiện đã thực hiện nghiên cứu và thiết kế xây dựng sơ đồ khối hệ thống như bên dưới.



Hình 3.2: Sơ đồ khối định vị trong nhà kho bằng BLE

Nhóm thực hiện dựa theo sơ đồ hệ thống tổng quát để xây dựng sơ đồ khối cho hệ thống. Hệ thống sẽ được thiết kế đầu ra của phần cứng là tọa độ (x,y) của vật

thể trong nhà kho, sau đó phần mềm website sẽ thực hiện việc hiển thị cho người dùng.

- Các thiết bị phát là BLE ibeacon NRF51822(thiết bị phát BLE) được gắn ở các vị trí cố định trong nhà kho. Thiết bị này sẽ BLE theo chu kì cố định để tạo môi trường phủ sóng BLE trong nhà kho.
- Các thiết bị BLE beacon tag(thiết bị thu và phát BLE) được gắn vào vật thể cần xác định vị trí. Các thẻ này sẽ thực hiện chức năng scan BLE và gửi tín hiệu RSSI nhận được từ các ibeacon và gửi về cho BLE gateway thông qua sóng BLE.
- BLE gateway sau khi nhận bộ dữ liệu RSSI của các thẻ beacon tag nó sẽ tính toán vị trí tag dựa trên thuật toán trilateration và gửi lên cho database Firebase.
- Website sẽ thực hiện đọc dữ liệu từ Firebase database và trực quan hóa để người dùng theo dõi vị trí vật thể.

3.3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN CỨNG

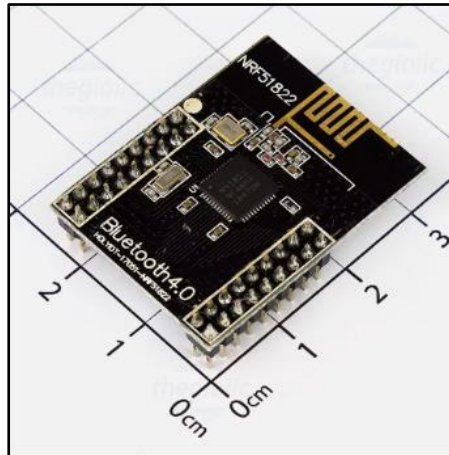
3.3.1 Linh kiện phần cứng

3.3.1.1 Linh kiện để thiết kế BLE ibeacon

Thiết bị BLE ibeacon là thiết bị có khả năng phát ra BLE để tạo môi trường phủ sóng BLE. Nó được được cố định tại các vị trí trong nhà kho, thiết bị này được sử dụng để cho các BLE beacon tag thu thập bộ thông tin RSSI từ môi trường và từ đó tính toán vị trí của nó.

Yêu cầu của các thiết bị ibeacon này là có khả năng tạo ra một vùng phát BLE đủ lớn để tăng không gian định vị trong nhà kho. Có kích thước nhỏ gọn, khả năng tiết kiệm năng lượng để có thể linh hoạt trong việc cấp nguồn bằng pin và nâng cao tuổi thọ hoạt động của thiết bị. Có giá thành phù hợp với hệ thống để tăng khả năng mở rộng quy mô cho hệ thống.

Từ những yêu cầu được xem xét, nhóm thực hiện lựa chọn linh kiện NRF51822 để làm thiết bị phát BLE ibeacon.



Hình 3.3: Module BLE NRF51822

Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật của NRF51822 [13]

Đặc điểm	Thông số
Dung lượng Flash	128 kB
Dung lượng SRAM	20 kB
Công suất phát RF	+4 dBm
Độ nhạy thu RF	-96 dBm
Điện áp hoạt động	1.8V đến 3.8V
Dòng tiêu thụ ở chế độ truyền (+4dBm)	8.4 mA
Dòng tiêu thụ ở chế độ thu	7.4 mA
Dòng tiêu thụ ở chế độ tắt	200 nA
Khoảng cách truyền lớn hơn	30m
Kích thước	25 x 4.6 mm
Dòng tiêu thụ khi thực hiện quảng bá BLE	100uA

Từ bảng thông số, có thể thấy dòng điện tiêu thụ của NRF51822 khi thực hiện chế độ phát BLE quảng bá là 1.6mA. Đối với dòng tiêu thụ nhỏ, hệ thống có khả năng hoạt động lâu dài khi dùng pin để cấp nguồn cho thiết bị phát BLE này.

Dựa vào bảng trên, dòng tiêu thụ của NRF51822 khi thực hiện chế độ phát BLE(chế độ quảng bá BLE) thì nhóm thực hiện lựa chọn pin Li-MnO₂ RUIZHI

CR2477 3.0V 1000mAh có khả năng cung cấp nguồn ổn định cho module NRF51822 hoạt động trong thời gian dài.

Thời gian hoạt động của một linh kiện dùng pin được tính theo công thức:

$$Tuổi thọ pin = \frac{Dung lượng pin}{Dòng hiện tại} (h) \quad (3.1)$$

Trong đó, Tuổi thọ pin là thời gian hoạt động liên tục của thiết bị được cung cấp bởi pin. Dung lượng pin là dung lượng điện của pin và Dòng hiện tại là dòng điện tiêu thụ trung bình của thiết bị.



Hình 3.4: Pin Cr2477 1000 mAh

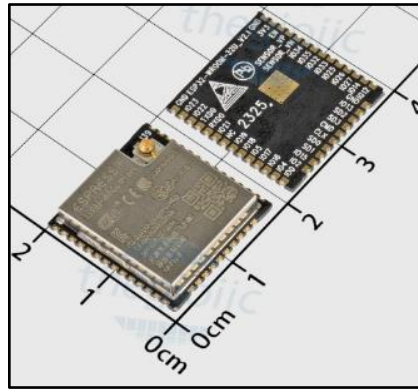
Với dung lượng pin Cr2477 là 1000mAh, dòng tiêu thụ trung bình của NRF51822 dựa theo lý thuyết là 100uA, thời gian hoạt động theo lý thuyết là:
 $T = 1000mAh/100uA$ bằng 10000(h) hoạt động xấp xỉ với 417 ngày hoạt động liên tục.

3.3.1.2 Linh kiện để thiết kế beacon tag

BLE beacon tag được gắn với vật thể để xác định vị trí của vật thể trong nhà kho.

BLE beacon tag cần phải lấy được thông tin RSSI mà nó nhận được từ các ibeacon xung quanh, quá trình này gọi là scan BLE. Sau khi scan xong, để tính toán được giá trị tọa độ của vật thể thì BLE beacon tag phải gửi dữ liệu BLE gateway tính toán.

Nhóm thực hiện quyết định chọn vi điều khiển ESP 32 WROOM 32U để làm linh kiện chính cho BLE beacon tag.



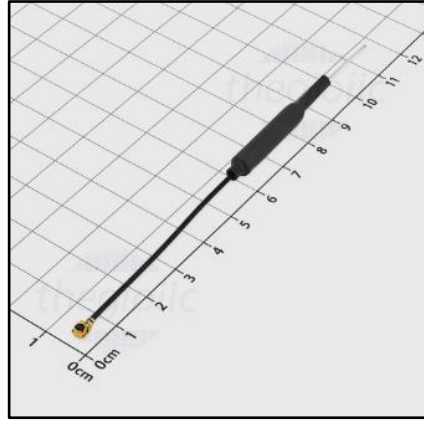
Hình 3.5: Vi điều khiển ESP32 Wroom 32 U

Bảng 3.2 Thông số kỹ thuật của vi điều khiển ESP32 Wroom 32U [14]

Đặc điểm	Thông số
Điện áp hoạt động	3.0v ~ 3.6V
Dòng điện hoạt động trung bình	80mA
Dòng cung cấp tối thiểu của điện áp đầu vào	500mA
Công suất tối đa BLE	+9dBm
Nhiệt độ hoạt động	-40°C - 85°C
Độ nhạy cường độ tín hiệu RF	-97dBm
Bluetooth radio	Công suất truyền: Class 1, class 2 và class 3

ESP32 wroom 32U có khả năng xử lý mạnh mẽ, ngoài ra nó còn hỗ trợ giao thức BLE 4.2 với độ nhạy tín hiệu được thể hiện trong bảng trên đến -97dBm và công suất tín hiệu phát BLE tối đa là +9dBm. Những thông số trên đã chứng tỏ ESP32 wroom 32U có khả năng thực hiện tốt chức năng tốt của BLE beacon tag trong hệ thống.

ESP32 wroom 32U không sử dụng anten trên board, nhóm sử dụng anten bên ngoài để làm tăng khả năng truyền nhận và giảm nhiễu so với anten trên board.



Hình 3.6: Anten 2.4GHz 3dBi IPEX

Anten 2.4GHz 3dBi IPEX chiều dài 12cm có khả năng tương thích cao với ESP32. Khi dùng anten bên ngoài thì việc truyền hoặc thu dữ liệu BLE trở nên đáng tin cậy và tăng độ chính xác của hệ thống.

Đối với một số vật thể yêu cầu hoạt động không liên tục thì việc cấp nguồn bằng pin được quan tâm đến. Nhóm đã thực hiện nghiên cứu và quyết định dùng pin có thể sạc lại được là Lipo 2000mAh 3.7V.

Bảng 3.3 Bảng thông số của pin Lipo [15]

Đặc điểm	Thông số
Điện áp ngõ ra lớn nhất	3.7 VDC
Dung lượng	2000mAh
Dòng sạc tối đa	1C
Dòng xả tối đa	1C
Dạc với dòng 1C	4.2V
Số lần sạc tối đa	500 lần
Kích thước	50 x 34 x 10mm

Pin Lipo có dung lượng tương đối lớn, có khả năng cung cấp năng lượng cho BLE beacon tag hoạt động trong một khoảng thời gian lớn. Pin Lipo có thể sạc lại được giúp cho hệ thống có thể hoạt động một cách dễ dàng và lâu dài.

3.3.1.3 Linh kiện để thiết kế BLE gateway

BLE gateway được yêu cầu có thể giao tiếp được với tất cả các BLE beacon tag trong hệ thống nếu nằm trong vùng quảng bá của gateway. Sau khi kết nối được với BLE beacon tag, nó sẽ được nhận giá trị về bộ RSSI liên quan đến BLE beacon tag. Sau đó, gateway sẽ áp dụng thuật toán Trilateration để tính vị trí và gửi tọa độ lên Firebase.

Để thực hiện được các chức năng trên, yêu cầu thiết bị gateway phải được hỗ trợ BLE và có tài nguyên hệ thống đủ để xử lý thuật toán Trilateration. Các công việc phải được thực hiện một cách tối ưu bởi vì, yêu cầu tiết kiệm năng lượng và kịp thời đáp ứng việc theo dõi sự chuyển động của vật thể cần được xác định vị trí.

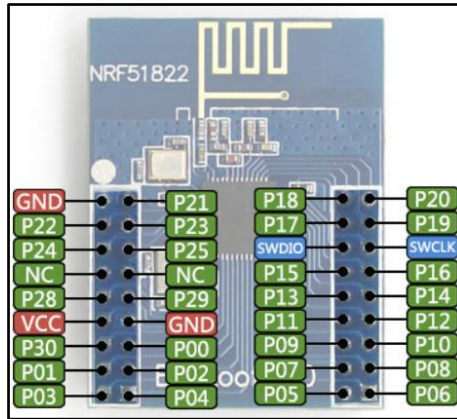
Sau khi xem xét các yêu cầu và chức năng, nhóm thực hiện quyết định chọn ESP32 wroom 32U để làm BLE gateway. ESP32 có thiết kế dual core, 448KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB in RTC, hỗ trợ wifi 802.11n (2.4 GHz) có tốc độ lên tới 150 Mbps. ESP32 với lượng tài nguyên để nó có khả năng thực hiện các công việc một cách nhanh chóng [14].

3.3.2 Sơ đồ nguyên lý phần cứng

Trong các thiết bị BLE ibeacon, BLE beacon tag và BLE gateway, nhóm đã thực hiện thiết một sơ đồ nguyên lý chi tiết cho BLE beacon tag. Còn BLE ibeacon và BLE gateway nhóm thực hiện kết nối các module được mua sẵn ngoài thị trường.

3.3.2.1 Sơ đồ kết nối BLE ibeacon

BLE beacon có linh kiện chính là NRF51822 để phát BLE. Để module có thể hoạt động lâu dài thì nhóm thực hiện kết nối với pin Cr2477 1000mAh để cấp nguồn cho BLE ibeacon.



Hình 3.7: Sơ đồ chân module BLE NRF51822

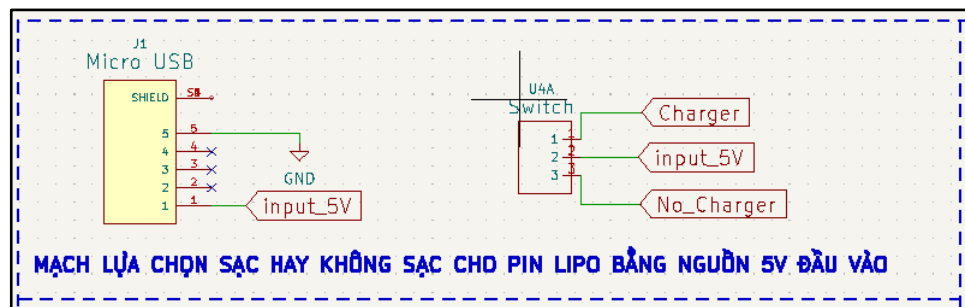
Bảng 3.4 Sơ đồ kết nối chân NRF51822 với pin CR2477

NRF51822	CR2477
VCC	V+
GND	V-

3.3.2.2 Sơ đồ nguyên lý BLE beacon tag

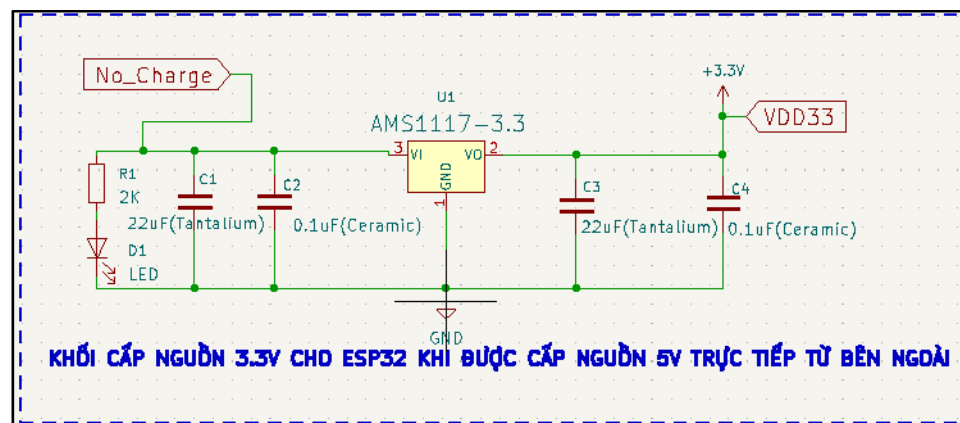
Trong BLE beacon tag thì vi điều khiển thực hiện chức năng chính là ESP32 wroom 32U, pin lipo có thể sạc. Ngoài ra còn có mạch sạc cho pin, mạch hạ áp cho ESP32 và sơ đồ đánh thức cho ESP32 khỏi chế độ deep sleep.

BLE beacon tag có điện áp hoạt động ổn định nhất là 3.3V. Chính vì thế cần phải có mạch hạ áp từ nguồn đầu vào xuống 3.3V để cung cấp cho ESP32. BLE beacon tag còn có khả năng sử dụng pin trong trường hợp vật thể cần di chuyển nhiều nên nhóm thực hiện đã thiết kế một mạch chuyển đổi để lựa chọn khi nào dùng nguồn trực tiếp và khi nào dùng pin. Mạch dùng pin để cấp nguồn còn có khả năng sạc cho pin lipo nên được phân ra là charger và no charger.



Hình 3.9: Mạch lựa chọn sạc hay không sạc cho BLE beacon tag

Đối với trường hợp khi sử dụng nguồn trực tiếp 5V để cấp cho ESP32 thì cần phải có mạch hạ áp từ 5V xuống 3.3V. Để thực hiện chức năng này nhóm đã sử dụng mạch hạ áp bằng ic AMS1117 3.3 V 1A SOT-223.



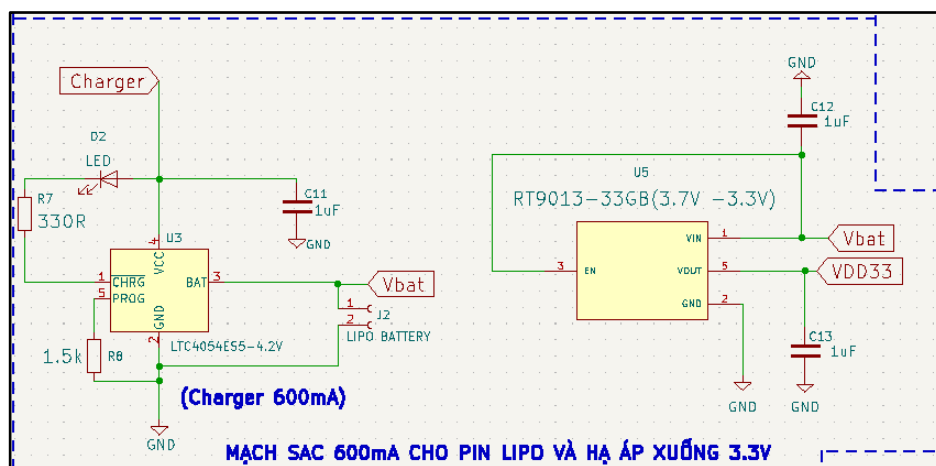
Hình 3.10: Mạch nguồn 5V xuống 3.3V không sạc cho BLE beacon tag

Bảng 3.5 Bảng thông số IC ổn áp AMS1117 3.3V [16]

Đặc điểm	Thông số
Điện áp đầu vào $>4.75V$	Đầu ra 3.3 V
Dòng điện ngõ ra lớn nhất	1A
Điện áp chênh lệch ngõ ra và ngõ vào	Khi $I = 0.8 A$ $V_{in} - V_{out} \geq 1.1 V$

AMS1117 3.3V là ic ổn áp hữu dụng trong các mạch hạ áp xuống 3.3V với dòng điện ngõ ra là 1A và điện áp ngõ vào lớn nhất là 15V.

Trong trường hợp dùng nguồn 5V để sạc cho pin lipo thì nhóm đã nghiên cứu sử dụng ic sạc LTC4054ES5 4.2V.



Hình 3.11: Mạch nguyên lý hạ áp và sạc cho pin lipo của BLE beacon tag

Bảng 3.6 Bảng thông số linh kiện LTC4054ES5 4.2V [17]

Đặc điểm	Thông số
Điện áp ngõ vào	Từ 4.25V đến 6.5V
Điện áp ngõ ra lớn nhất	4.2V
Dòng điện sạc ngõ ra lớn nhất	800mA
Nhiệt độ hoạt động	$-40^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$

Ic LTC4054ES5 4.2V với điện áp ngõ vào 5V cung cấp điện áp ngõ ra 4.2V để sạc cho pin lipo với dòng sạc max là 800mA. Dòng sạc ngõ ra sẽ phụ thuộc theo công thức:

$$I_{BAT} = \left(\frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \right) * 1000 (A) \quad (3.2)$$

Với V_{prog} là 1V, trong trường hợp trên khi $R_{prog}=1.5K$ thì giá trị dòng sạc khoảng 660mA.

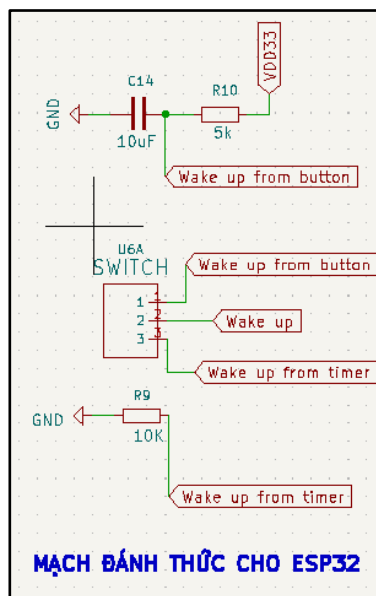
Nếu trong trường hợp sử dụng pin lipo 3.7V để cấp cho ESP32. Nhóm thực hiện đã nghiên cứu và nhận thấy rằng Dropout voltage ($V_{in}-V_{out}$) của AMS1117 3.3V trung bình là 1.1V. Chính vì vậy mà dùng AMS1117 để hạ áp từ 3.7V xuống 3.3V là điều rất khó xảy ra. Chính vì vậy mà nhóm đã nghiên cứu và chọn ic ổn áp RT9013 33GB.

Bảng 3.7 Thông số kỹ thuật của RT9013 [18]

Đặc điểm RT9013	Thông số
Dropout voltage	Max 0.32V ($2.2V \leq V_{IN} < 2.7V$) Max 0.4V ($2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$)
Điện áp ngõ vào	Max 5.5V
Dòng điện ngõ ra	400mA ($2.2V \leq V_{IN} < 2.7V$) 500mA ($2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$)

Khi dùng ic RT9013 thì điện áp 3.7V của pin lipo sẽ được hạ xuống được 3.3V để cấp cho ESP32 với dòng là 500mA đáp ứng được hoạt động của ESP32.

Để thực hiện tiết kiệm năng lượng deep sleep thì nhóm thực hiện tạo yếu tố đánh thức cho ESP32 bằng ngắt ngoài với chân GPIO 33. Khi công tắc chuyển sang giá trị mức cao thì ESP32 sẽ được đánh thức bằng ngắt ngoài ở GPIO33 và ngược lại nó sẽ được đánh thức bằng timer.



Hình 3.12: Mạch đánh thức khỏi chế độ deep sleep cho BLE beacon tag

3.3.2.3 Sơ đồ kết nối BLE gateway

Ở BLE gateway nhóm sử dụng 2 module ESP32 kết nối với nhau bằng giao thức truyền thông UART. Một ESP32 sẽ thực hiện chức năng liên quan đến BLE, một ESP32 sẽ thực hiện chức năng tính toán vị trí và gửi tọa độ cho Firebase.

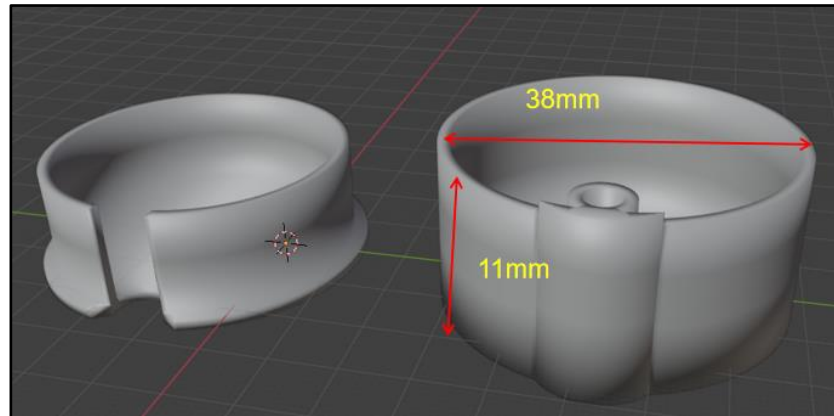
Bảng 3.8 Sơ đồ kết nối chân của BLE gateway

ESP32 (Thực hiện chức năng thu nhận tín hiệu RSSI)	ESP32 (Thực hiện chức năng tính toán và gửi dữ, nhận dữ liệu từ Firebase)
GPIO 16	GPIO 17
GPIO 17	GPIO 16
GND	GND

Chính vì cả BLE và wifi trên ESP32 đều sử dụng một antenna 2.4Ghz nên việc sử dụng 2 ESP32 có khả năng tối ưu được khả năng kết nối BLE cũng như thực hiện tính toán một cách nhanh hơn, chính xác hơn.

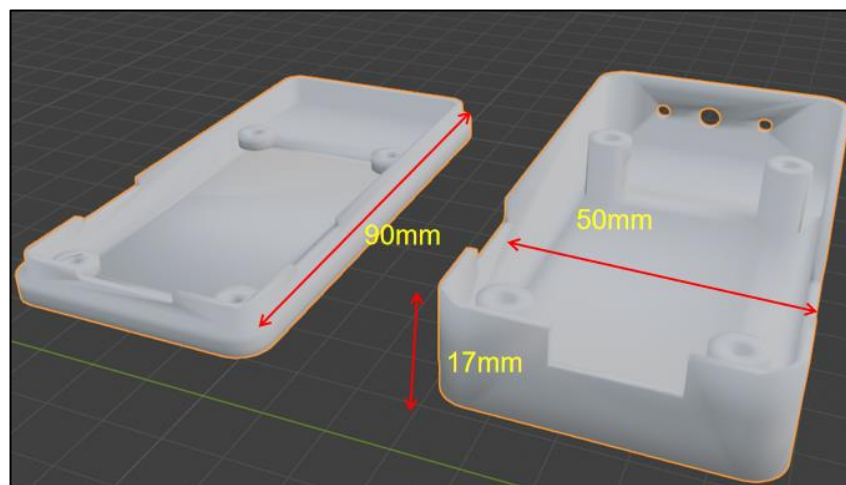
3.3.3 Thiết kế hộp chứa phần cứng

Để thiết kế hộp chứa cho phần cứng nhóm đã sử dụng phần mềm Blender để xây dựng hộp chứa đơn giản.



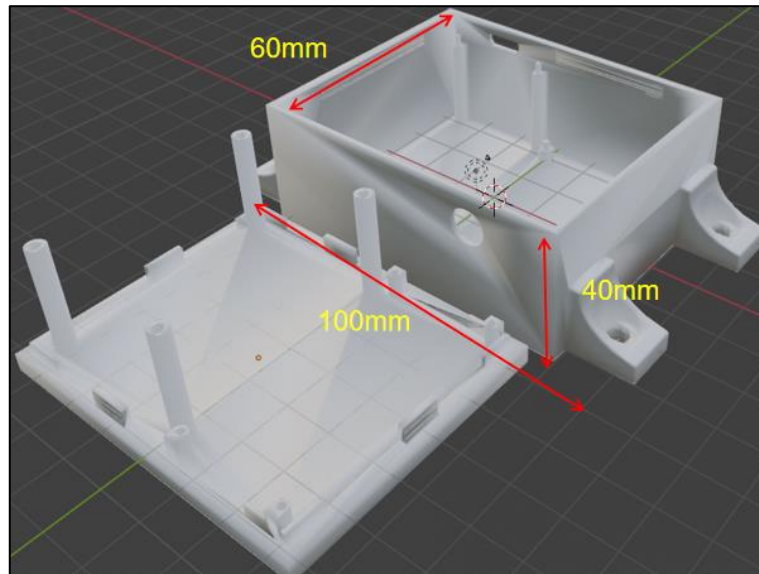
Hình 3.13: Hình vẽ thiết kế hộp BLE iBeacon trên phần mềm blender

Nhóm thực hiện thiết kế hộp BLE iBeacon với đường kính 38mm, chiều cao 11mm và độ dày là 2mm.



Hình 3.14: Hình vẽ thiết kế hộp BLE beacon tag trên phần mềm blender

Nhóm thực hiện thiết kế hộp đựng cho BLE beacon tag với các kích thước: chiều dài 90mm, chiều rộng 50mm, chiều cao 17mm và độ dày in là 2mm.



Hình 3.15: Hình vẽ thiết kế hộp BLE gateway trên phần mềm blender

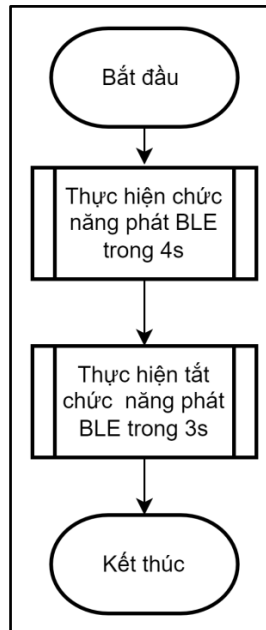
Nhóm thực hiện thiết kế BLE gateway với các kích thước: chiều dài 100mm, chiều rộng 60mm, chiều cao 40mm.

3.4 THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN MỀM

3.4.1 Lưu đồ giải thuật cho phần cứng

3.4.1.1 Lưu đồ giải thuật BLE ibeacon

Chương trình chức năng chính của BLE ibeacon là phát quảng bá BLE để cho BLE beacon tag có khả năng quét được.

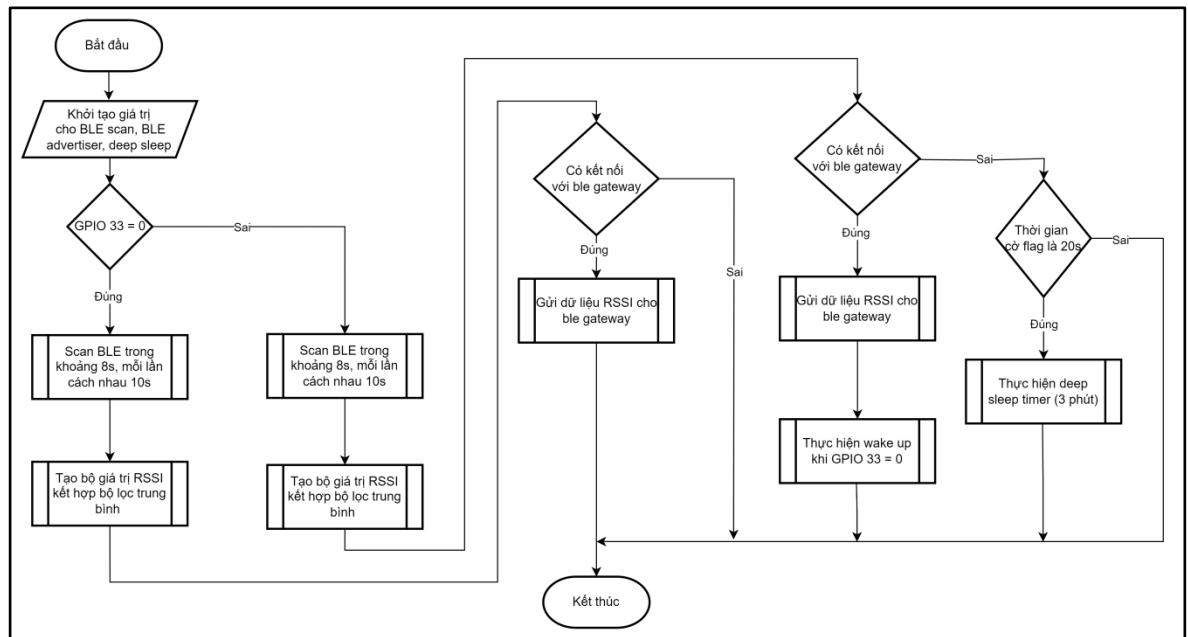


Hình 3.16: Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE ibeacon

Trong chương trình nhóm thực hiện phát BLE trong vòng 4s sau đó thực hiện tắt BLE trong vòng 3s để giúp NRF51822 có thể tiết kiệm được năng lượng hơn so với việc phát BLE một cách thường xuyên.

3.4.1.2 Lưu đồ giải thuật BLE beacon tag

BLE beacon tag thực hiện hai chức năng chính là quét thông số RSSI của các BLE ibeacon và gửi thông tin đó cho BLE Gateway.



Hình 3.17: Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE beacon tag

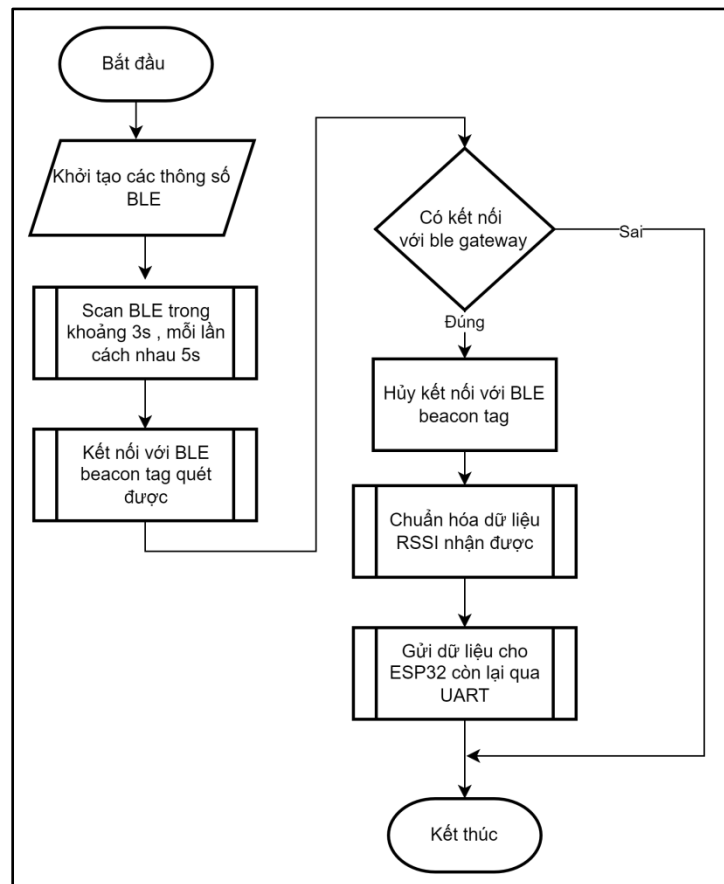
Trước khi thực hiện scan BLE của các ibeacon hay phát quảng bá, cần phải khởi tạo các giá trị hệ thống cho các thuộc tính BLE này. Trong lưu đồ của nhóm có hai nhánh nhỏ riêng là khi GPIO 33 = 0 và GPIO = 1.

- Khi GPIO = 0, beacon tag sẽ hoạt động với chế độ bình thường: beacon tag bắt đầu scan BLE với khoảng thời gian 8s 1 lần, mỗi lần quét cách nhau 10s để có thể áp dụng bộ lọc trung bình giúp lọc nhiễu. Sau đó, tổng hợp giá trị RSSI và kiểm tra có kết nối với BLE gateway thì gửi cho Gateway.
- Khi GPIO 33 = 1, beacon tag sẽ đi vào chế độ tiết kiệm năng lượng: Cũng giống như chế độ bình thường là thực hiện bước đầu là scan, rồi gửi cho gateway nếu được kết nối. Sau 20s nó sẽ đi vào trạng thái ngủ 3 phút. Ở chế độ này, nhóm đã đặt thêm chế độ “wake up” cho beacon tag là ngắt ngoài nếu GPIO = 0 để có thể chuyển sang chế độ hoạt động bình thường.

3.4.1.3 Lưu đồ giải thuật BLE gateway

BLE gateway với chức năng chính là nhận dữ liệu RSSI của beacon tag để tính vị trí theo thuật toán Trilateration. Sau khi có tọa độ sẽ thực hiện gửi dữ liệu cho Firebase.

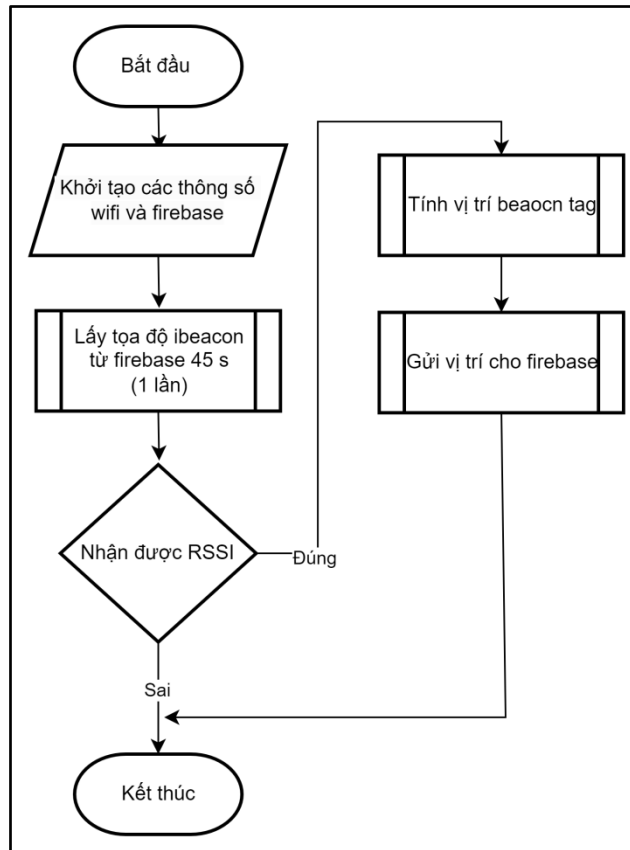
Trong BLE gateway của nhóm sử dụng hai ESP32 thực hiện các chức năng khác nhau.



Hình 3.18: Lưu đồ giải thuật chức năng cho ESP thứ nhất

ESP32 thứ nhất thực hiện scan BLE beacon tag, sau đó kết nối với các BLE beacon tag để nhận được giá trị RSSI và gửi nó cho ESP32 thứ hai.

ESP32 thứ hai sẽ thực hiện tính toán theo thuật toán Trilateration và gửi dữ liệu cho Firebase.



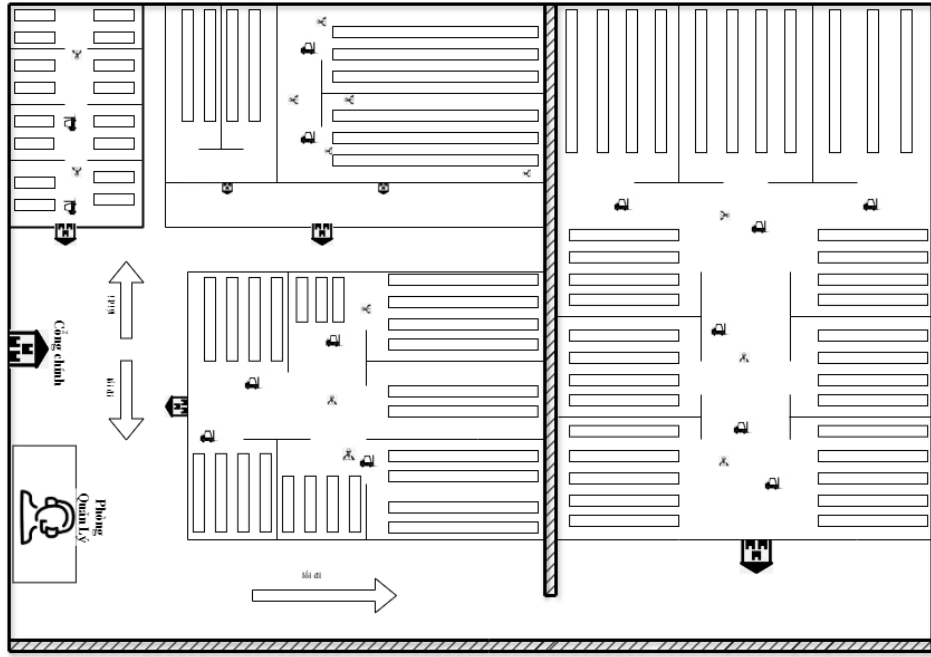
Hình 3.19: Lưu đồ giải thuật chức năng cho ESP thứ hai

Để tính được vị trí một cách chính xác thì dữ liệu về tọa độ ibeacon sẽ được người dùng tạo trên giao diện website. Lưu đồ của BLE gateway có hàm thực hiện chức năng lấy tọa độ ibeacon từ Firebase với thời gian là 45s một lần.

3.4.2 Lưu đồ giải thuật cho website

3.4.2.1 Thiết kế bản đồ nhà kho

Xử lý số liệu từ ảnh bản đồ và định nghĩa trước khi bắt đầu vào việc tính toán vị trí thực tế lên ảnh bản đồ sao cho tỉ lệ chính xác nhất có thể. Công cụ hỗ trợ cho việc thiết kế đó là một phần mềm hỗ trợ vẽ Draw.io với nhiều chức năng tùy chọn phục vụ cho việc thiết kế bản đồ nhà kho. Và dưới là bản đồ thiết kế bởi nhóm được thể hiện trong hình dưới đây.



Hình 3.20: Bản đồ nhà kho được thiết kế bởi công cụ Draw.io

Kích thước ảnh gần tương đương với một khổ giấy A5 nằm ngang, với chiều ngang là 210 mi-li-mét và chiều cao là 148 mi-li-mét. Khi xuất ra file ảnh bản đồ thì sẽ có kích thước ảnh là 844x595 (pixel) và tương đương có DPI (Dots Per Inch) là độ phân giải hình ảnh sấp xỉ 102. DPI càng cao thì ảnh càng sắc nét và rõ ràng hơn [19]. Bản đồ được thiết kế theo tỉ lệ chiều dài và chiều rộng 1:400 so với tỉ lệ thực tế. Chiều dài là 84m và chiều rộng là 59,2m là chiều dài thực tế của nhà kho. Thực hiện thiết kế mô phỏng, tỉ lệ với thực tế để thực hiện được tính toán tỉ lệ để có thể định chính xác nhất có thể, sai số thấp nhất. Để thực hiện tính toán xác định vị trí lên bản đồ, nhóm đã có các chuyển đổi thông số cũng như tính toán như sau:

Tỉ lệ kích thước bản đồ thiết kế so với thực tế:

$$\frac{L_R}{L_V} = 400 \quad (3.3)$$

$$\frac{W_R}{W_V} = 400 \quad (3.4)$$

Trong đó: L_R :Chiều dài thực tế của nhà kho

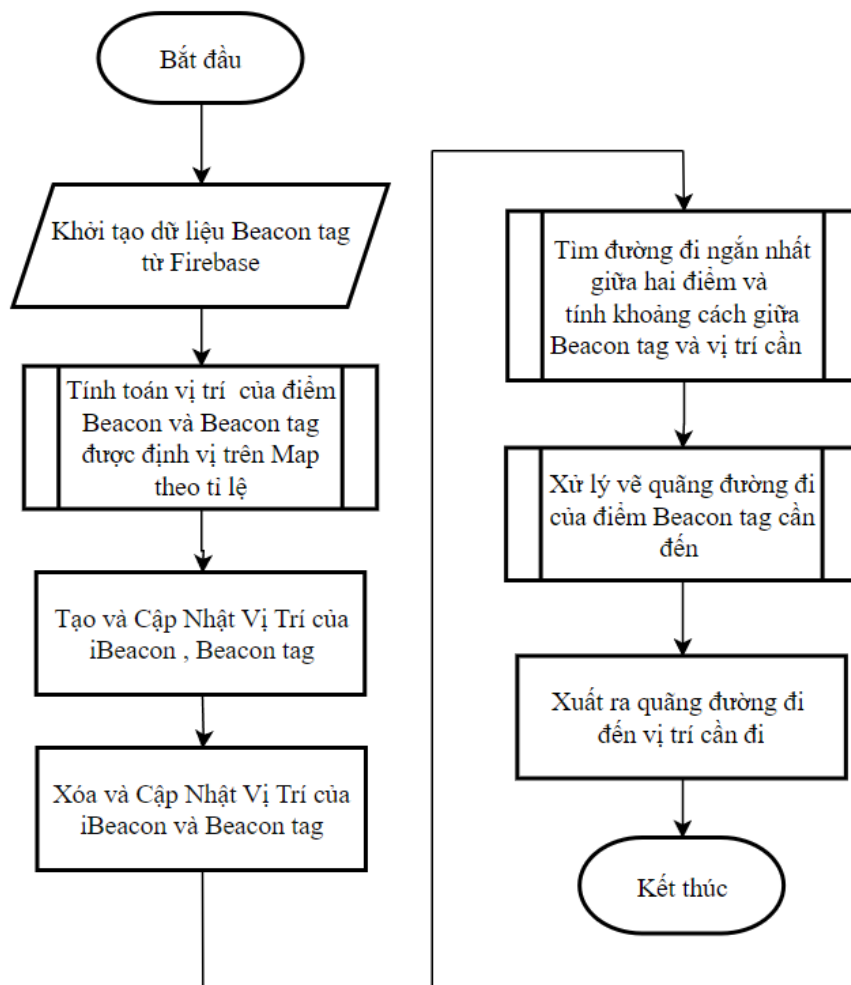
L_V :Chiều dài bản đồ thiết kế của nhà kho

W_R :Chiều rộng thực tế của nhà kho

W_V :Chiều rộng bản đồ thiết kế của nhà kho

3.4.2.2 Lưu đồ giải thuật cho website

Website của nhóm có chức năng quản lý ibeacon, beacon tag và tìm đường trên bản đồ trong ứng dụng dựa trên Firebase được thiết kế để đảm bảo sự tương tác mượt mà và cập nhật liên tục giữa người dùng và cơ sở dữ liệu. Bắt đầu với việc khởi tạo Firebase, hệ thống kết nối và thiết lập các thông số cần thiết để tương tác với cơ sở dữ liệu thời gian thực. Người dùng có thể thêm hoặc cập nhật vị trí của các ibeacon và beacon tag thông qua các form nhập liệu, đảm bảo tính chính xác và hợp lệ của dữ liệu trước khi lưu trữ vào Firebase. Hệ thống lắng nghe các sự kiện thay đổi từ Firebase để tự động cập nhật và hiển thị vị trí của các beacon trên bản đồ. Chức năng tìm đường ngắn nhất giữa hai beacon tag, giúp người dùng dễ dàng xác định lộ trình tối ưu. Mỗi khi có sự thay đổi trong dữ liệu beacon tag, hệ thống tự động cập nhật và vẽ lại đường đi trên bản đồ, đảm bảo thông tin luôn chính xác và kịp thời. Lưu đồ này không chỉ minh họa rõ ràng quy trình xử lý và hiển thị thông tin mà còn thể hiện sự tích hợp mạnh mẽ giữa các thành phần trong hệ thống, từ giao diện người dùng đến cơ sở dữ liệu và các thuật toán xử lý. Dưới đây là lưu đồ chương trình chính của website được thể hiện trong lưu đồ hình bên dưới.



Hình 3.21: Lưu đồ chương trình chính của Website

Chương trình được viết bằng ngôn ngữ HTML, CSS và JAVASCRIPT và sử dụng 1 framework front-end Bootstrap để thực hiện một trang website hoàn chỉnh về mặt chức năng định vị và vẽ đường đi trong bản đồ nhà kho. Nhóm đã thiết kế bản đồ nhà kho bằng mô hình thu nhỏ minh họa bằng công cụ Draw.io theo tỉ lệ mong muốn được đề ra trước đó của nhóm để thi công mô hình bản đồ 2d trong nhà kho. Để thực hiện vẽ, nhóm đã thực hiện tính toán tỉ lệ thực tế của bản đồ nhà kho ở ngoài đời để biết được chiều dài, chiều rộng và diện tích của nhà kho ở ngoài thực tế. Khảo sát được địa hình trong nhà kho để có thể thực hiện mô phỏng bản đồ thiết kế. Thực hiện việc tính toán vị trí của các trạm iBeacon và beacon tag được thực hiện theo trình tự.

Tỉ lệ kích thước ảnh bản đồ nhà kho (đơn vị pixel) so với bản đồ nhà kho thực tế, ở đây nhóm đã thực hiện tỉ lệ từ ảnh xuất từ việc thiết kế bản đồ nhà kho so với

kích thước thật của nhà kho thực tế, không tỉ lệ về đơn vị kích thước nên nhóm chỉ cho tỉ lệ sao cho hiển thị vị trí các ibeacon và beacon tag sao cho ở vị trí gần chính xác ở bản đồ nhất:

Tỉ lệ giữa ảnh bản đồ thiết kế so với bản đồ thực tế (không tỉ lệ về đơn vị đo):

$$\frac{L_{img}}{L_R} = 10 \left(\frac{\text{pixel}}{\text{m}} \right) \quad (3.5)$$

$$\frac{W_{img}}{W_R} = 10 \left(\frac{\text{pixel}}{\text{m}} \right) \quad (3.6)$$

Trong đó: L_{img} : Chiều dài của ảnh bản đồ được thiết kế

W_{img} : Chiều rộng của ảnh bản đồ được thiết kế

L_R : Chiều dài thực tế của nhà kho

W_R : Chiều rộng thực tế của nhà kho

Công thức tính vị trí trong thực tế lên ảnh bản đồ được thiết kế từ hai công thức trên:

$$X = \frac{Px \cdot 10}{L_{img}} * 100 \text{ (m)} \quad (3.7)$$

$$Y = \frac{Py \cdot 10}{W_{img}} * 100 \text{ (m)} \quad (3.8)$$

Trong đó : X: Tọa độ trục theo chiều ngang của điểm trên ảnh bản đồ thiết kế

Y: Tọa độ trục theo chiều dọc của điểm trên ảnh bản đồ thiết kế

Px : Tọa độ trục theo chiều ngang của điểm trong thực tế

Py : Tọa độ trục theo chiều dọc của điểm trong thực tế

Thực hiện tính toán vị trí của các vật thể cũng như trạm ibeacon trong bản đồ nhà kho được tính theo tỉ lệ sao cho có thể sai số thấp nhất có thể. Sau đó có thể thực hiện việc định vị tạo các trạm ibeacon và các beacon tag một cách tự động bằng cách lấy dữ liệu từ Database từ Firebase. Có thể dùng việc tạo ibeacon hay beacon tag bằng việc nhập tọa độ Px, Py tương ứng. Ngoài việc tạo bằng cách nhập tọa độ thô sơ, nhóm đã thực hiện tạo 1 ibeacon bằng 1 ibeacon cố định từ trước. Việc này đòi hỏi phải biết khoảng cách của 2 ibeacon và có thể tùy chọn theo trục

hoành Ox hoặc là trục tung Oy. Và dưới đây là công thức tính được tọa độ ibeacon cần tạo:

Ta có công thức khoảng cách:

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \text{ (m)} \quad (3.9)$$

Trong đó : Distance: Khoảng cách của 2 ibeacon

x_2, x_1 : Tọa độ x lần lượt của ibeacon đầu và ibeacon cần tìm

y_2, y_1 : Tọa độ y lần lượt của ibeacon đầu và ibeacon cần tìm

Nếu theo trục hoành thì $y_2 = y_1 \Rightarrow$ tọa độ ibeacon cần tìm là:

$((x_2 + \text{Distance}), y_1)$

Đi đôi với việc định vị thì cũng có tạo và xóa dữ liệu khi cần thay đổi hay thêm dữ liệu mới vào bản đồ. Muốn có thể thực hiện được việc chỉ đường đi ngắn nhất cho beacon tag đi đến vị trí được định vị trên bản đồ. Sử dụng hàm Calculate Distance để tính khoảng cách Euclidean giữa hai điểm theo công thức (3.9). Sau khi tính toán, đường đi ngắn nhất sẽ được xây dựng và hiển thị dưới dạng đồ họa SVG trên giao diện người dùng.

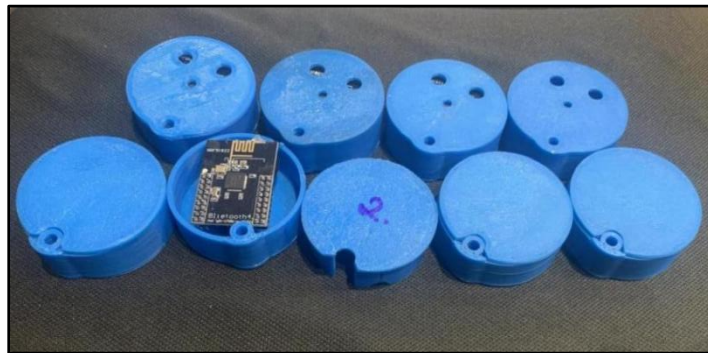
CHƯƠNG 4 KẾT QUẢ

4.1 KẾT QUẢ MÔ HÌNH HỆ THỐNG

4.1.1 Kết quả mô hình phần cứng

4.1.1.1 Kết quả mô hình BLE ibeacon

Kết quả mô hình phần cứng BLE ibeacon gồm mạch điện và hộp đựng:



Hình 4.1: Mô hình kết quả BLE ibeacon

Mô hình BLE ibeacon sẽ bao gồm nrf51822 kết nối với pin cr2477 100mAh.

4.1.1.2 Kết quả mô hình BLE beacon tag

Kết quả mô hình phần cứng BLE beacon tag gồm mạch điện và hộp đựng:

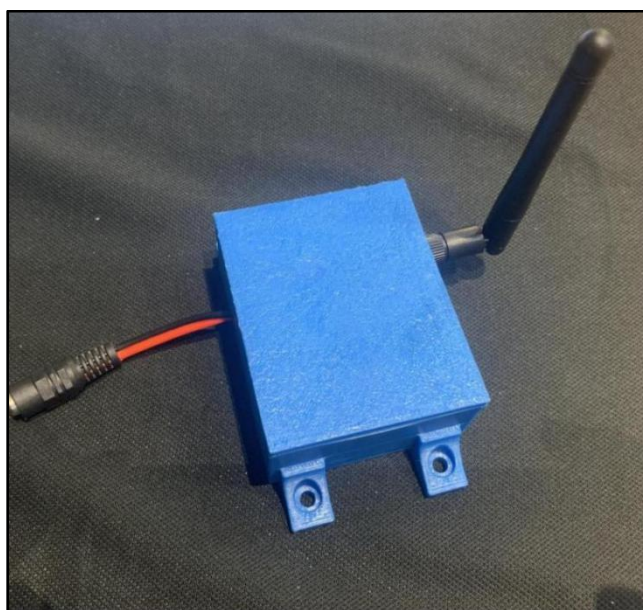


Hình 4.2: Mô hình kết quả BLE beacon tag

Mạch BLE beacon tag sẽ có board và pin lipo 2000mAh. Trên board sẽ có hai nút nhấn. Nút nhấn bên phải sẽ cho hai chế độ là sạc và không sạc cho pin Lipo. Nút nhấn bên trái với hai chế độ tiết kiệm năng lượng và hoạt động bình thường.

4.1.1.3 Kết quả mô hình BLE gateway

Kết quả mô hình phần cứng BLE gateway gồm mạch điện và hộp đựng:

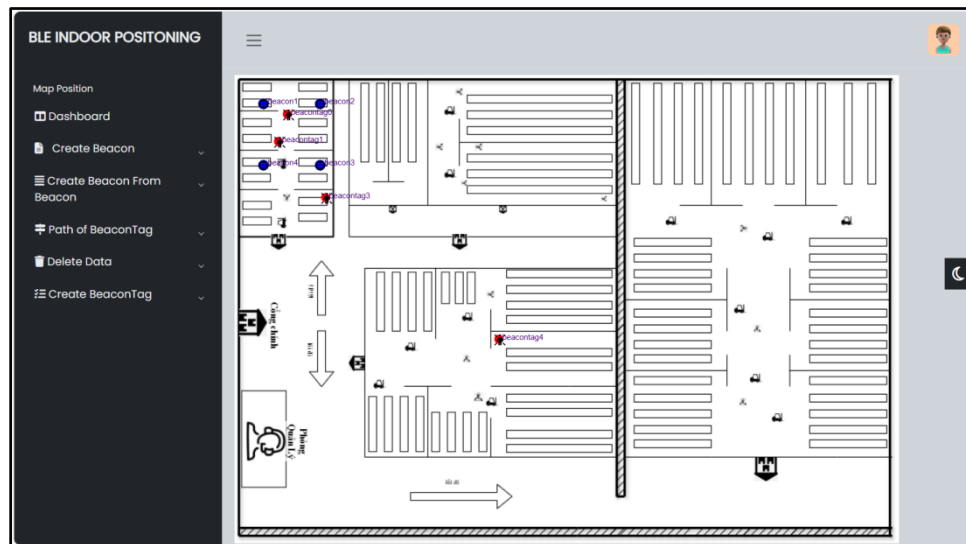


Hình 4.3: Mô hình kết quả BLE gateway

BLE gateway sẽ được cấp nguồn bên ngoài bằng adapter 5V 3A thông qua jack nguồn 5.5x2.1 mm. Anten 2.4GHz 3dBi đầu SMA cái kèm cáp RF Ipex 15cm sẽ được đưa ra ngoài để thu tín hiệu BLE từ beacon tag.

4.1.2 Kết quả phần mềm website

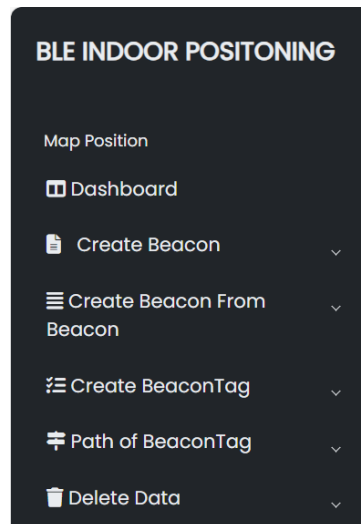
Giao diện website định vị các trạm ibeacon, beacon tag và thực hiện các chức năng tạo, xóa và tìm đường đi trên bản đồ thiết kế được thực hiện bằng giao diện được minh họa hình dưới đây. Giao diện có khả năng trực quan hóa dữ liệu trong nhà kho thông qua bản đồ, có khả năng thời gian thực dữ liệu Firebase và website. Website được deploy hosting trên Firebase để có thể dễ dàng mở và thực hiện chức năng như một website app bình thường. Giao diện website được thể hiện trong hình bên dưới.



Hình 4.4 : Giao diện website thể hiện bản đồ nhà kho

Giao diện website với mục đích chính là hiển thị vị trí vật thể lên trên bản đồ bản đồ được tạo trước. Các chấm tròn màu đỏ là beacon tag đại diện cho vật thể cần xác định vị trí. Các chấm tròn màu xanh là ibeacon được đặt tại vị trí cố định để phát BLE.

Thanh công cụ DashBoard thực hiện các tác vụ như “Create BeaconTag”, “Create Beacon”, “Create Beacon from Beacon”, “Path of BeaconTag”, “Delete Data”. Thực hiện việc tạo trạm ibeacon và beacon Tag bằng việc xác định được tọa độ trong bản đồ. Bên cạnh đó còn có chức năng tạo ibeacon từ ibeacon có sẵn, xóa dữ liệu không cần thiết trong nhà kho và việc quan trọng đó là tìm đường đi cho beacon tag. Dưới đây chính là thanh công cụ của giao diện bản đồ nhà kho được thể hiện ở hình bên dưới.



Hình 4.5: Thanh công cụ DashBoard của trang website

Để thực hiện việc tạo các trạm ibeacon lên bản đồ để phủ sóng BLE thì cần nhập vào form “Create Beacon” để thực hiện nhập tọa độ x, y lần lượt của trạm ibeacon và click nút “Create” để tạo điểm ibeacon lên bản đồ. Nếu tọa độ x,y không chuẩn có nghĩa là giá trị x được giới hạn trong khoảng $[0,83]$ và y nằm trong khoảng $[0,58.5]$. Mặc dù thiết kế bản đồ có chiều dài và chiều rộng lần lượt là 84m và 59,2m nhưng phải trừ đi kích thước tường bao quanh nên sẽ giảm xuống để cho phù hợp với kích thước bản đồ thực tế.

Hình 4.6: Tạo điểm ibeacon cho bản đồ trên website

Tiếp theo, nếu gặp trường hợp có 1 điểm ibeacon từ trước thì có thể dựa vào đó tạo ra 1 điểm ibeacon bằng cách dựa vào tọa độ điểm đầu, khoảng cách từ điểm ibeacon có trước đến điểm ibeacon muốn tạo và trục tọa độ mà người dùng muốn giống theo trục hoành Ox hoặc trục tung Oy. Từ những thông số trên ta có thể tạo ra 1 điểm ibeacon theo mong muốn.

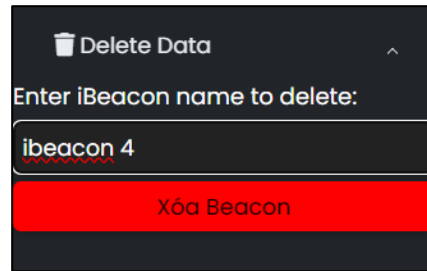
Hình 4.7: Tạo điểm ibeacon từ 1 ibeacon có trước trên bản đồ website

Kết quả việc tạo trên được tạo ra từ vị trí điểm BLE ibeacon5 có tọa độ là (23,23), khoảng cách đến điểm BLE ibeacon muốn tạo là 10 và giống theo trục Ox thì kết quả được tạo ra BLE ibeacon6 với tọa độ (33,23). Ở đây, kết quả tọa độ được tính ra như vậy là do khi giống sang trục Ox thì tọa độ điểm y của điểm ibeacon6 sẽ bằng với tọa độ y của BLE ibeacon5. Và khi giống sang trục Ox và khoảng cách bằng 10 thì tọa độ điểm x của BLE ibeacon6 sẽ bằng tọa độ x của BLE ibeacon5 thêm 10 sẽ là 33.

Tạo thêm vật thể cần theo dõi vị trí BLE ibeacon tag cũng được thực hiện một cách dễ dàng.

Hình 4.8: Tạo beacon tag trên bản đồ website

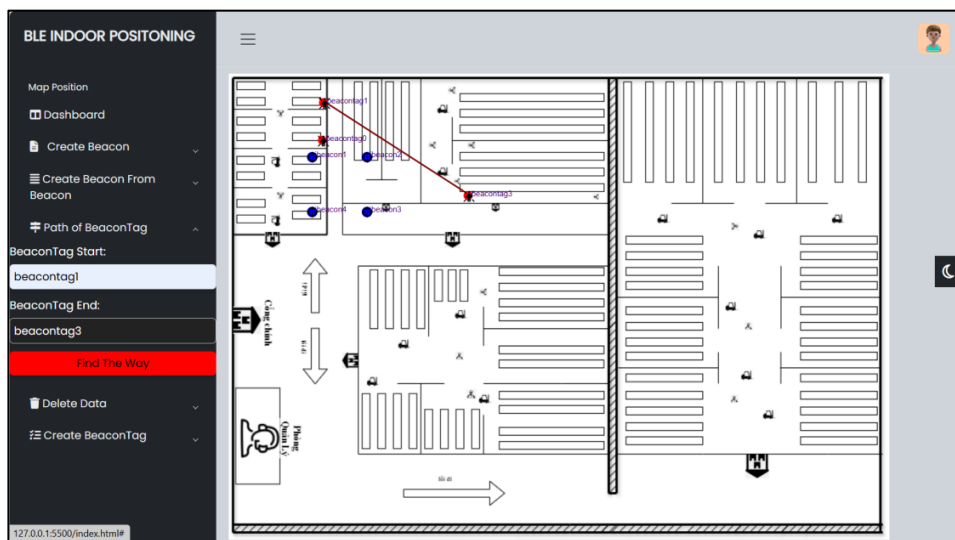
Bên cạnh đó việc xóa dữ liệu không cần thiết trên bản đồ cũng là kết quả cần đạt được trên trang website. Cho phép xóa dữ liệu BLE ibeacon và BLE beacon tag bằng cách nhập đúng tên của BLE ibeacon hoặc beacon tag cần muốn xóa.



Hình 4.9: Xóa dữ liệu ibeacon hoặc beacon tag trên bản đồ website

Khi nhập vào xóa beacon tag hoặc ibeacon, bản đồ sẽ xóa điểm đó trên bản đồ và cả dữ liệu lưu trữ trên Firebase.

Nhóm còn thực hiện chức năng tìm đường đi cho các BLE beacon tag bằng cách nhập bằng tên BLE beacon tag muốn đến vị trí BLE beacon tag nào trên bản đồ, từ đó có thể tiết kiệm thời gian đi lại trong bản đồ và được minh họa trong hình dưới đây.



Hình 4.10: Tìm đường cho beacon tag trên bản đồ website

Nếu khi nhập vào điểm bắt đầu là beacon tag 1 và điểm đích là beacon tag 3, thì bản đồ sẽ vẽ một đường thẳng nối hai điểm và thực hiện theo thời gian thực nếu beacon tag 1 hoặc beacon tag 3 di chuyển hoặc thay đổi vị trí.

4.2 ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG

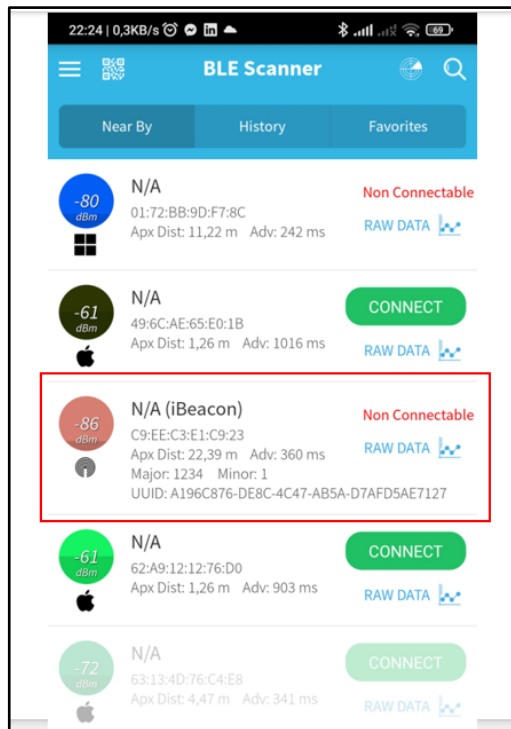
4.2.1 Đánh giá hoạt động phần cứng

4.2.1.1 Đánh giá hoạt động của BLE ibeacon

Sau khi xem xét hoạt động của BLE ibeacon so với các yêu cầu đã được đặt ra trước đó. Các BLE ibeacon đã đạt được phần lớn chức năng được yêu cầu.

Các BLE ibeacon có khả năng phát BLE theo chu kỳ 4s và ngắt phát trong vòng 3s với công suất là +4dBm để nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng.

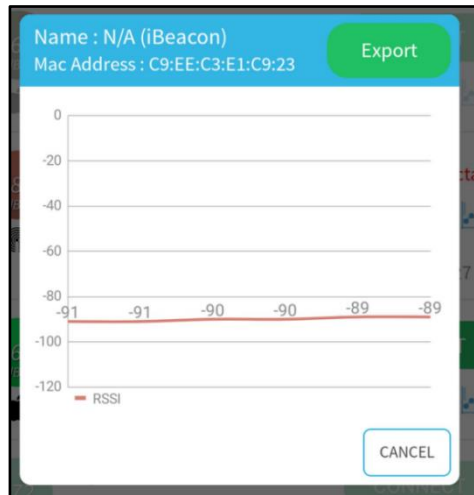
Tiến hành kiểm tra khoảng cách xa nhất mà BLE ibeacon có khả năng phát BLE ra môi trường xung quanh.



Hình 4.11: Khả năng phát BLE của BLE ibeacon

Dùng phần mềm BLE scanner trên điện thoại có thể quét được tín hiệu BLE do nrf51822. Như hình trên thì giá trị RSSI mà điện thoại quét được của BLE ibeacon là -86dBm khi BLE ibeacon đang được đặt cách điện thoại một khoảng là 23m.

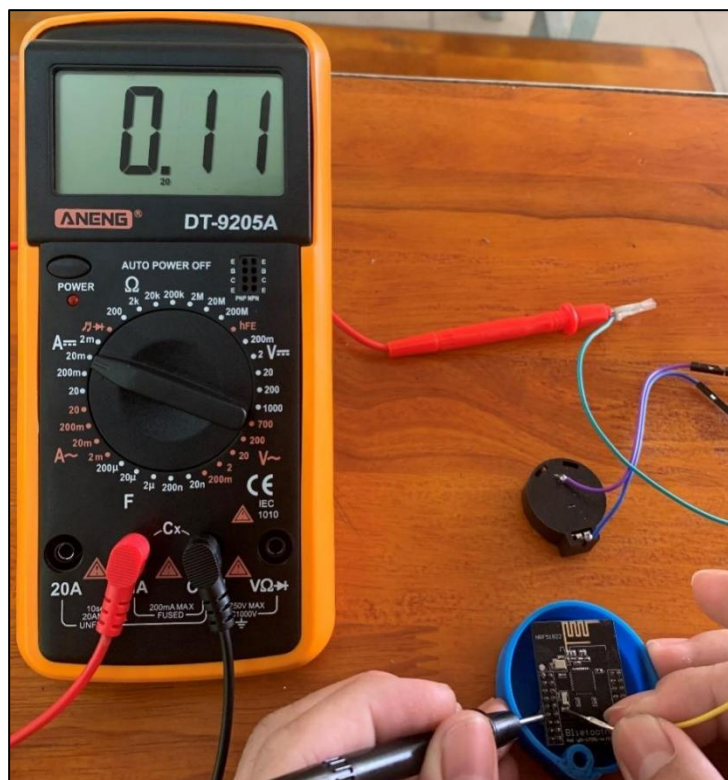
Tiến hành kiểm tra độ ổn định trong quá trình phát BLE của nrf51822.



Hình 4.12: Khảo sát sự ổn định của BLE iBeacon

Hình trên có thể thấy được khả năng truyền BLE của nrf51822 khá ổn định với các giá trị là -91, -90, -89 với khoảng cách cố định giữa nrf51822 và điện thoại là 40m. Điện thoại có khả năng quét BLE của BLE iBeacon khá là ổn định điều này có thể giúp việc định vị dùng điện thoại có thể rất tối ưu và cho ra vị trí chính xác.

Hệ thống xác định vị trí trong nhà kho bằng BLE cần phải đảm bảo hoạt động liên tục trong một thời gian dài. Chính vì thế, vấn đề năng lượng tiêu thụ là một điều vô cùng cần thiết cần phải xem xét một cách kỹ lưỡng để đảm bảo hệ thống có thể hoạt động được lâu dài. Tiếp theo, nhóm sẽ đi vào đo đạc và kiểm nghiệm thông số về năng lượng của BLE iBeacon để từ đó tính toán khoảng thời gian hoạt động của BLE iBeacon khi được cung cấp bởi pin CR244 1000mAh.



Hình 4.13: Dòng điện tiêu thụ của NRF51822 khi hoạt động bình thường

Trong hình ảnh trên, đồng hồ vạn năng đang ở thang đo là 20mA và giá trị trên mặt của đồng hồ là 0.11mA. Trong hệ thống BLE ibeacon được cấp nguồn bởi pin Cr2477 1000mAh. Tính toán thời gian hoạt động của BLE ibeacon như công thức số (3.1):

$$\begin{aligned} \text{Thời gian hoạt động} &= \text{Dung lượng pin} / \text{dòng hoạt động} \\ &= 1000\text{mAh} / 0.11\text{mA} \approx 9090\text{h} \approx 378 \text{ ngày.} \end{aligned}$$

Dựa theo tính toán số liệu đo được, thời gian hoạt động BLE ibeacon với pin Cr2477 1000mAh là khoảng gần 378 ngày. Một khoảng thời gian quá phù hợp cho một hệ thống yêu cầu tiết kiệm năng lượng và hoạt động lâu dài.

Sau khi thực nghiệm về nhiều yếu tố, nhóm thực hiện rút ra được bảng đánh giá các thông số cho BLE ibeacon.

Bảng 4.1 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE ibeacon

Đặc điểm	Thông số
Khoảng cách phát BLE tối đa	40m
Độ ổn định phát BLE	Sai lệch khoảng $\pm 2\text{dBm}$
Thời gian hoạt động	Khoảng 378 ngày

4.2.1.2 Đánh giá hoạt động của BLE beacon tag

Chức năng chính của BLE beacon tag là quét BLE của các ibeacon xung quanh, sau đó gửi giá trị bộ giá trị RSSI về cho BLE gateway. Sau khi tiến hành thực nghiệm, nhìn chung BLE beacon tag có khả năng thực hiện được tất cả các yêu cầu được đề ra trước đó nhưng có sự hạn chế.

Thực nghiệm về hoạt động quét BLE của các BLE ibeacon xung quanh

```
23:25:13.363 -> Devices found: 80
23:25:13.363 -> Scan done!
23:25:13.363 -> creation
23:25:13.363 -> =====
23:25:13.363 -> {"ble":1,"2":-40,"1":-52,"3":-46,"4":-38}
23:25:14.959 -> Advertised Device: Name: , Address: c9:ee:c3:e1:c9:2
23:25:14.959 -> MAC Address: c9:ee:c3:e1:c9:23
```

Hình 4.14: Khả năng quét RSSI của BLE beacon tag trên arduino IDE

Khi thực hiện quét BLE của các BLE ibeacon phát ra thì BLE beacon tag của hệ thống có thể quét được 4 BLE ibeacon với các chỉ số RSSI như trong hình được lấy từ monitor của phần mềm biên dịch Arduino IDE. Trong hình tại vị trí mốc thời gian là 23 giờ 25 phút 13 giây thì giá trị BLE mà BLE beacon tag quét được là {"ble":1, "2":-40, "1":-52, "3":-46, "4":-38}, trong đó ble : 1 là tên của thiết bị BLE beacon tag và 1,2,3,4 là tên của 4 BLE ibeacon xung quanh.

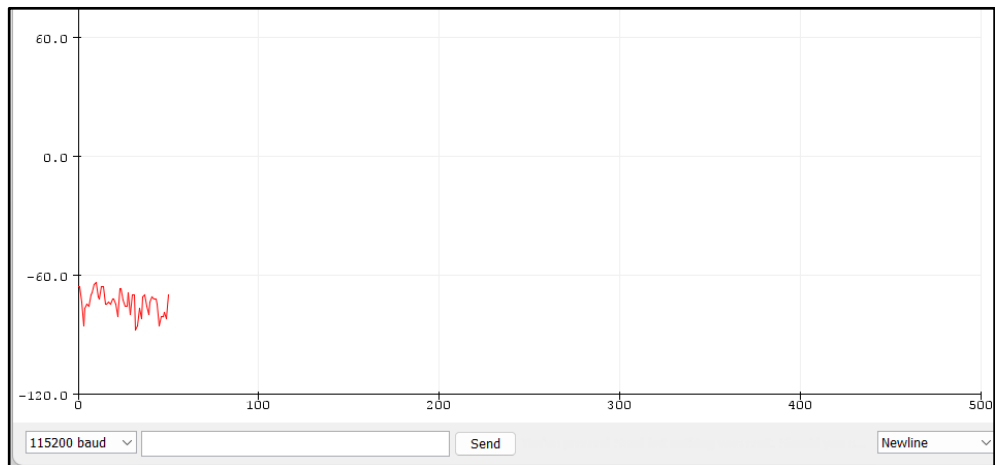
Thực nghiệm về khoảng cách mà BLE beacon tag có thể quét BLE của BLE ibeacon.

```
16:26:50.623 -> -----
16:26:51.541 -> Devices found: 22
16:26:51.541 -> Scan done!
16:26:51.643 -> Advertised Device: Name: , Address: c9:ee:c3:e1:c9:23, ma
16:26:51.643 -> MAC Address: c9:ee:c3:e1:c9:23
16:26:51.643 -> RSSI: -101
16:26:51.643 -> Major: 1234
16:26:51.643 -> Minor: 1
16:26:51.643 -> -----
```

Hình 4.15: Khả năng quét BLE xa nhất của BLE beacon tag

Hình bên trên thể hiện BLE beacon tag đang quét được thông tin của một BLE ibeacon, cụ thể tên của BLE ibeacon là Minor:1, loại ibeacon được đặt tương ứng với trường Major là 1234. Ngoài ra còn có địa chỉ MAC của thiết bị kèm theo trong lúc quét BLE. Như trong hình thì BLE beacon tag đang quét được RSSI của BLE ibeacon với chỉ số RSSI từ -90dBm đến lớn hơn -101dBm khi ở khoảng cách tối đa là 25m. Tuy nhiên, đối với khoảng cách xa như vậy thì khả năng nhận được giá trị RSSI nhiều rất cao.

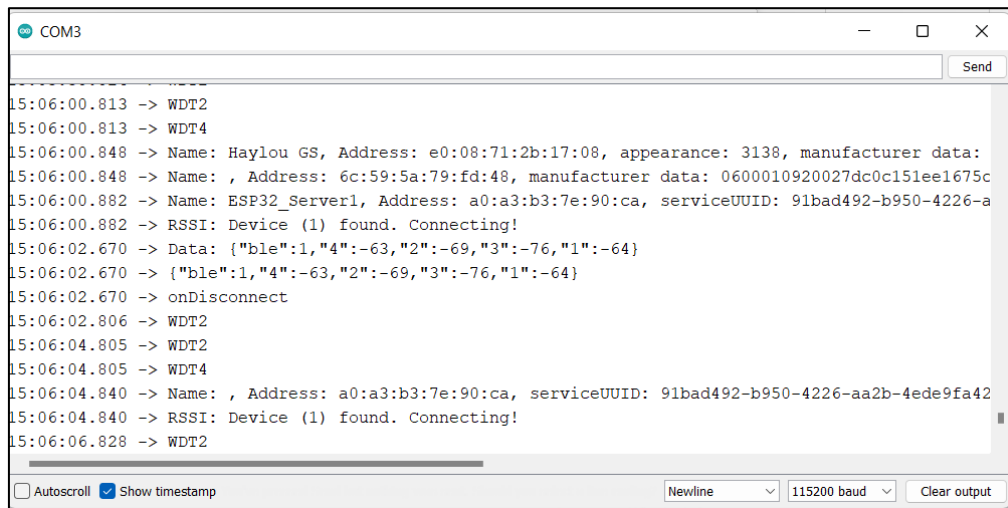
Thực nghiệm về độ ổn định quét BLE ở cùng một vị trí.



Hình 4.16: Độ dao động khi quét RSSI của BLE beacon tag

```
COM3
15:05:42.372 -> WDT4
15:05:42.406 -> Name: , Address: c7:93:2b:80:ad:e6, manufacturer data: 4c000215a196c876de8c4c47ab5
15:05:42.406 -> Name: ESP32_Server0, Address: 80:64:6f:1a:57:d6, serviceUUID: 91bad492-b950-4226-a
15:05:42.441 -> RSSI: Device (0) found. Connecting!
15:05:44.379 -> WDT2
15:05:45.358 -> Data: {"ble":0,"3":-75,"4":-63,"1":-61,"2":-66}
15:05:45.358 -> {"ble":0,"3":-75,"4":-63,"1":-61,"2":-66}
15:05:45.358 -> onDisconnect
15:05:46.381 -> WDT2
15:05:46.381 -> WDT4
15:05:46.416 -> Name: , Address: e3:af:9b:7d:de:21, manufacturer data: 4c000215a196c876de8c4c47ab5
15:05:46.416 -> Name: , Address: 80:64:6f:1a:57:d6, serviceUUID: 91bad492-b950-4226-aa2b-4ede9fa42
15:05:46.416 -> RSSI: Device (0) found. Connecting!
15:05:46.519 -> lld_pdu_get_tx_flush_nb HCI packet count mismatch (0, 1)
```

Hình 4.17: BLE beacon tag quét BLE từ 4 BLE ibeacon

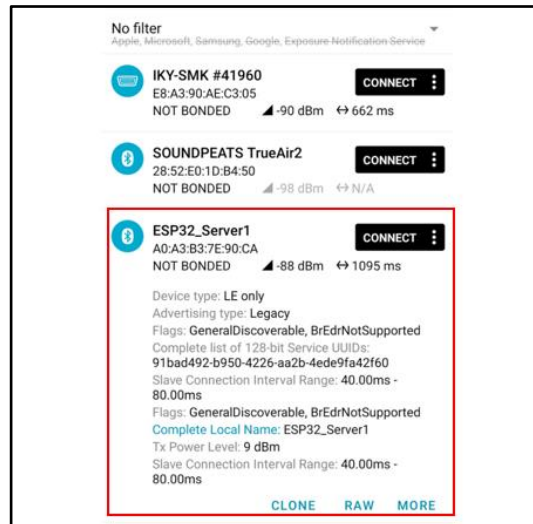


```
COM3
15:06:00.813 -> WDT2
15:06:00.813 -> WDT4
15:06:00.848 -> Name: Haylou GS, Address: e0:08:71:2b:17:08, appearance: 3138, manufacturer data:
15:06:00.848 -> Name: , Address: 6c:59:5a:79:fd:48, manufacturer data: 0600010920027dc0c151ee1675c
15:06:00.882 -> Name: ESP32_Server1, Address: a0:a3:b3:7e:90:ca, serviceUUID: 91bad492-b950-4226-a
15:06:00.882 -> RSSI: Device (1) found. Connecting!
15:06:02.670 -> Data: {"ble":1,"4":-63,"2":-69,"3":-76,"1":-64}
15:06:02.670 -> {"ble":1,"4":-63,"2":-69,"3":-76,"1":-64}
15:06:02.670 -> onDisconnect
15:06:02.806 -> WDT2
15:06:04.805 -> WDT2
15:06:04.805 -> WDT4
15:06:04.840 -> Name: , Address: a0:a3:b3:7e:90:ca, serviceUUID: 91bad492-b950-4226-aa2b-4ede9fa42
15:06:04.840 -> RSSI: Device (1) found. Connecting!
15:06:06.828 -> WDT2
```

Hình 4.18: BLE beacon tag quét BLE từ 4 BLE ibeacon

Ba hình trên đã thể hiện khả năng scan BLE của ESP32 không quá ổn định khi BLE ibeacon được đặt tại một vị trí cố định. Trong hình thứ nhất, khi thực hiện quét 1 BLE ibeacon tại một vị trí cách BLE beacon tag là 10m thì giá trị quét được dao động từ -70dBm đến -80dBm. Còn trong hai hình bên dưới ở mốc thời gian 15.05.45.358(tương ứng với thời gian đang là 15 giờ 5 phút 45 giây 358 khắc), dữ liệu mà BLE beacon tag 1 quét được là: {"ble":1, "3":-75, "4":-63, "1":-61, "2":-66} với 1,2,3,4 là tên của các BLE ibeacon phát BLE. Còn ở mốc thời gian 15:06:02:607 là {"ble":1, "4":-63, "2":-69, "3":-76, "1":-64}. Vì vậy, tuy các BLE ibeacon vẫn đứng yên nhưng ESP32 lại quét được các giá trị RSSI dao động với độ lệch giao động có thể thấy trên hình trên là -10dBm đến -20dBm.

Thực nghiệm về khả năng phát BLE của BLE beacon tag ra môi trường xung quanh.

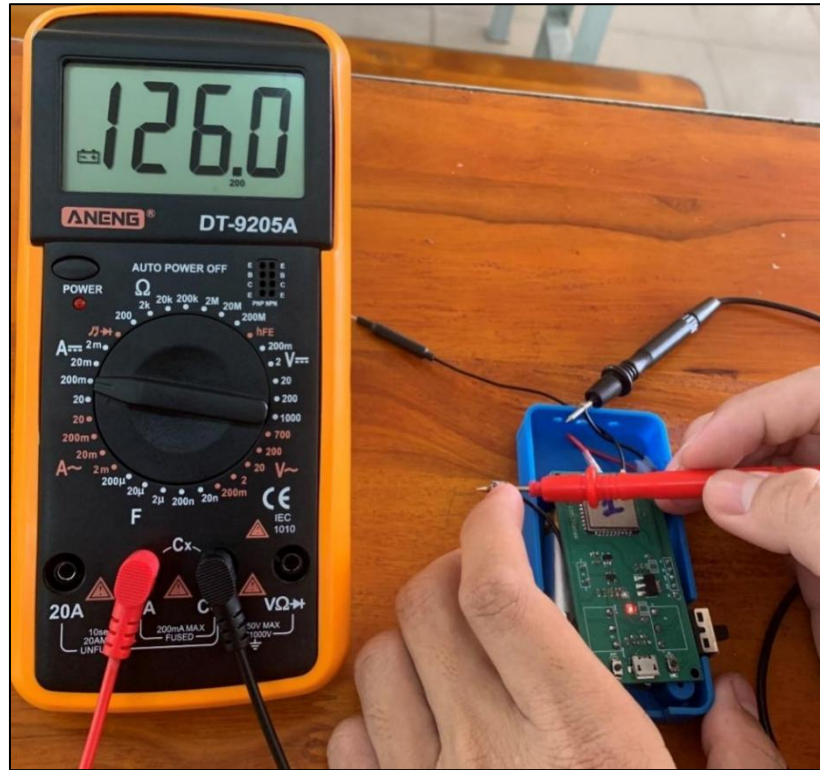


Hình 4.19: Khả năng phát BLE của BLE beacon tag

Như hình trên, khi dùng điện thoại với phần mềm nRF connect trên điện thoại thì giá trị công suất phát (Tx power level) của ESP32 khi phát BLE là +9dBm. Vì thế, điện thoại có khả năng quét được BLE ESP32 beacon tag ở khoảng cách tương đối xa cụ thể thì trong trường hợp này nhóm thực hiện đang thu được là 50m.

Nhiệm vụ của BLE beacon tag dùng để xác định vị trí của vật thể. Do đó, nó có thể được đặt cố định hay gắn vào vật thể đang chuyển động. Nếu như đặt cố định, trong trường hợp này có thể cấp nguồn trực tiếp bằng adapter cho BLE beacon tag. Nếu như gắn vào vật thể chuyển động, khả năng cấp nguồn bằng adapter sẽ không quá hợp lý hơn việc cấp nguồn bằng pin. Vì vậy, việc xem xét vấn đề năng lượng tiêu thụ cho BLE beacon tag cũng thật sự rất quan trọng. Tiếp theo, nhóm sẽ đi vào thực hiện đo đạc để kiểm tra khả năng tiết kiệm năng lượng của BLE beacon tag khi hoạt động bình thường và khi bước vào chế độ deep mode.

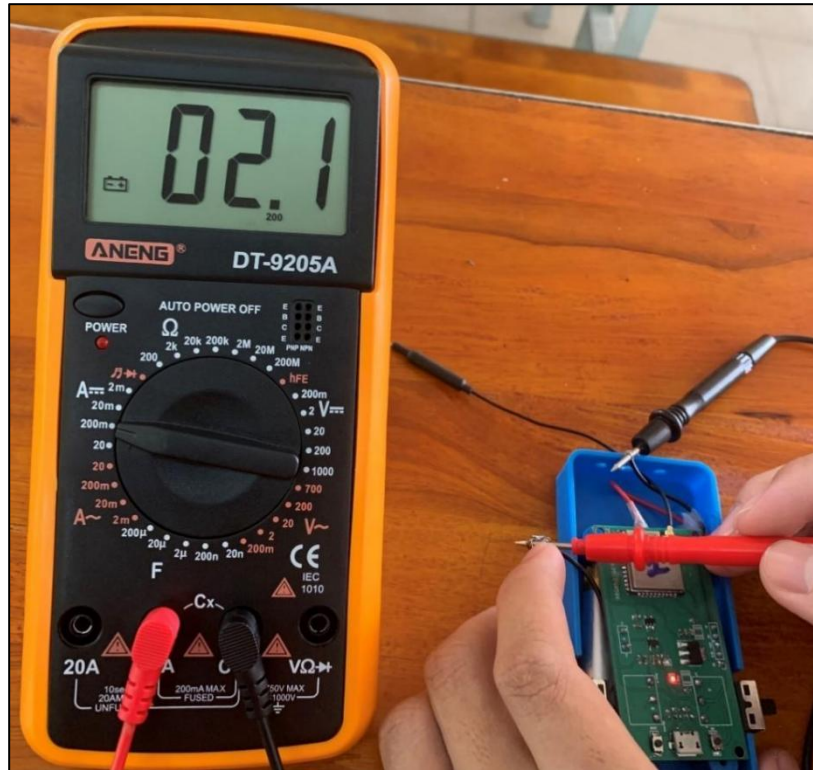
Khi BLE beacon tag hoạt động ở điều kiện bình thường, có thể cấp nguồn trực tiếp bằng adapter hoặc dùng pin.



Hình 4.20: Dòng tiêu thụ của BLE beacon tag khi hoạt động bình thường

Như hình trên, đồng hồ vạn năng đang ở chế độ đo dòng điện tiêu thụ, thang đo là 200mA và giá trị trên mặt đồng hồ là 126mA. Với dòng tiêu thụ như trên khi dùng pin lipo 2000mAh cung cấp cho BLE beacon tag thì thời gian hoạt động được tính theo công thức (3.1) sẽ gần bằng 16 giờ. Pin lipo có thể sạc lại được nên khoảng thời gian này cũng được xem là khá hợp lý cho hệ thống định vị trong nhà kho.

Ở chế độ deep sleep, BLE beacon tag sẽ hoạt động với chu kì khoảng 20s như bình thường và 3 phút ở chế độ deep sleep timer.



Hình 4.21: Dòng tiêu thụ của BLE beacon tag khi ở chế độ deep sleep

Như hình trên, đồng hồ vạn năng đang ở chế độ đo dòng điện tiêu thụ, thang đo là 200mA và giá trị trên mặt đồng hồ là 2.1mA. Với dòng tiêu thụ như trên, khi dùng pin lipo 2000mAh cung cấp cho BLE beacon tag thì thời gian hoạt động được tính theo công thức (3.1) sẽ gần bằng 40 ngày nếu chỉ tính trong trạng thái deep sleep.

Sau khi thực nghiệm về nhiều yếu tố, nhóm thực hiện rút ra được bảng đánh giá các thông số cho BLE beacon tag.

Bảng 4.2 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE beacon tag.

Đặc điểm	Thông số
Khoảng cách quét BLE tối đa	25m
Độ ổn định quét BLE tối đa	Sai lệch khoảng $\pm 10\text{dBm}$
Khoảng cách phát quảng bá BLE tối đa	50m
Thời gian hoạt động ở chế độ bình thường	16 giờ

Thời gian hoạt động ở chế độ tiết kiệm năng lượng	40 ngày
---	---------

4.2.1.3 Đánh giá hoạt động của BLE gateway

Sau khi tiến hành thực nghiệm, BLE gateway có thể đáp ứng đầy đủ chức năng mà hệ thống yêu cầu trước đó. Nó có khả năng kết nối với nhiều BLE beacon tag và nhận dữ liệu RSSI từ chúng. Sau khi nhận được dữ liệu RSSI, BLE gateway có khả năng tính toán giá trị vị trí của BLE beacon tag trong khoảng thời gian nhanh chóng.

Bảng 4.3 Thời gian tính vị trí của BLE gateway từ phần mềm Arduino IDE

00:59:09.003 -> Received from ESP32_BLE_gateway_1: {"BLE":1,"3":-55,"4":-53,"1":-49,"2":-40}
00:59:09.036 -> d1: 0.18
00:59:09.036 -> d2: 0.79
00:59:09.036 -> d3: 0.50
00:59:09.036 -> d4: 0.18
00:59:09.036 -> x: 13.52
00:59:09.036 -> y: 13.47

Như bản trên, thời gian BLE gateway nhận được tín dữ liệu RSSI từ BLE beacon tag đến khi tính được vị trí là vô cùng nhanh chóng từ 00:59:09.003 đến 00:59:09.036.

Thực nghiệm về khả năng kết nối với nhiều BLE beacon tag trong cùng một khoảng thời gian ngắn.

Bảng 4.4 Kết nối với nhiều BLE beacon tag trong khoảng thời gian ngắn

```
16:42:51.043 -> Name: ESP32_Server0, Address: 80:64:6f:1a:57:d6,
serviceUUID: 91bad492-b950-4226-aa2b-4ede9fa42f59, txPower: 9
16:42:51.043 -> RSSI: Device (0) found. Connecting!
16:42:51.627 -> WDT2
16:42:52.351 -> WDT4
16:42:52.453 -> Name: , Address: 2a:e6:20:89:f1:f1, manufacturer data:
06000109210a8145e73115cc4d5349
16:42:54.395 -> Name: , Address: 5b:c0:7e:36:61:c3, manufacturer data:
060001092002a8e38f2572599eaea3ba57f09bd153367457e30d196863
16:42:54.395 -> Name: ESP32_Server1, Address: a0:a3:b3:7e:90:ca,
serviceUUID: 91bad492-b950-4226-aa2b-4ede9fa42f60, txPower: 9
16:42:54.430 -> RSSI: Device (1) found. Connecting!
```

Như bảng trên, BLE gateway có khả năng kết nối được với nhiều BLE beacon tag, cụ thể là hai BLE beacon tag trong một khoảng thời gian là 4s (từ 16:42:51.043 đến 16:42:54.430) với khoảng cách tối đa giữ BLE gateway và BLE beacon tag là khoảng 15m.

Bảng 4.5 Thời gian trễ giữa hai lần tính toán vị trí

```
17:06:59.568 -> Received from ESP32_ble_gateway_1: {"ble":0,"2":-53,"3":-49,"4":-55,"1":-48}
17:06:59.603 -> ibeacon: 5
17:06:59.603 -> -53
17:06:59.603 -> -49
17:06:59.603 -> -57
17:06:59.603 -> -52
17:06:59.603 -> -0.08
17:06:59.603 -> d1: 0.83
17:06:59.603 -> d2: 0.58
```

```

17:06:59.603 -> d3: 1.20
17:06:59.603 -> d4: 0.76
17:06:59.603 -> _DuLieuBeacontag:
17:07:10.587 -> Received from ESP32_ble_gateway_1: {"ble":0,"4":-57,"2":-53,"1":-48,"3":-49}
17:07:10.587 -> ibeacon: 5
17:07:10.587 -> -59
17:07:10.587 -> -53
17:07:10.587 -> -52
17:07:10.587 -> -49
17:07:10.587 -> 0.16
17:07:10.587 -> d1: 1.45
17:07:10.587 -> d2: 0.83
17:07:10.587 -> d3: 0.76
17:07:10.587 -> d4: 0.58

```

Như bảng trên, thời gian nhận được bộ thông số RSSI để tính các khoảng cách là 17:06:59.568 (tương ứng lúc 17 giờ 06 phút 59 giây 568 khắc) đến khi nhận được tín hiệu bộ RSSI để tính lần tiếp theo là 17:07:10.587. Vì thế, khoảng thời gian giữa hai lần vị trí của một BLE beacon tag được tính xấp xỉ là 11s.

Sau khi thực nghiệm về nhiều yếu tố, nhóm thực hiện rút ra được bảng đánh giá các thông số cho BLE gateway.

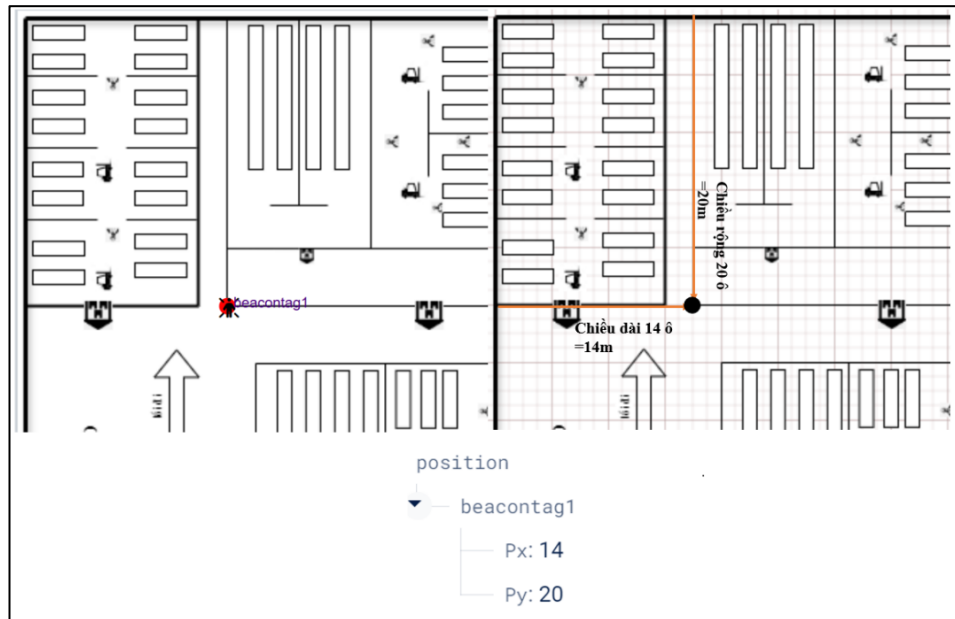
Bảng 4.6 Tổng kết nhận xét về hoạt động của BLE gateway

Đặc điểm	Thông số
Khoảng cách quét BLE tối đa	15m
Thời gian tính toán vị trí	1s
Khoảng thời gian giữa hai lần cập nhật vị trí	11s

4.2.2 Đánh giá hoạt động phần mềm website

Trang website hoạt động ổn định trên nền tảng hosting Firebase. Thân thiện và dễ sử dụng cho tất cả người dùng. Website thực hiện được chức năng chính là định vị được các ibeacon cũng như beacon tag một cách trực quan, dễ nhìn và thao tác linh hoạt trên website. Ngoài ra, trang website thực hiện các tính năng như là hiển thị, bằng cách thiết kế một bản đồ minh họa trong nhà kho và tạo ra những icon thể hiện được vị trí của ibeacon và beacon tag làm cho trang website dễ định hướng hoặc nhận dạng được vị trí từng loại, từng khu trong nhà kho. Bên cạnh bản đồ chính thì không thể thiếu phần thanh công cụ thực hiện các tác vụ như tạo, xóa các ibeacon và beacon tag. Thực hiện tìm đường đi đến giữa hai beacon tag. Việc tạo vị trí của ibeacon và beacon tag thực hiện gần như ngay lập tức cũng như việc cập nhập lên Firebase với thời gian trễ không quá là đáng kể. Đồng bộ thời gian thực cho các hoạt động như định vị, sửa vị trí cũng như việc cập nhập dữ liệu Firebase lên bản đồ website có độ trễ gần như bằng không. Khả năng định vị sai số không quá 1m trong bản đồ nhà kho thực tế.

Khả năng định vị sai số không quá 1m trong bản đồ nhà kho thực tế. Điều này làm thêm tính tin cậy để xác định vị trí các ibeacon hay beacontag được chính xác nhất có thể. Điều này được thực nghiệm qua hình ảnh so sánh tỉ lệ vị trí giữa hai bản đồ như nhau nhưng khi xuất ra tỉ lệ lệch đi tỉ lệ kích thước bản đồ cũng đã có thể dẫn đến sai số về vị trí nhưng không đáng kể. Kết quả vị trí từ Firebase đưa lên website bản đồ với khả năng chính xác cao. Với tỉ lệ bản đồ cho trước là 1:400 so với thực tế, ảnh dưới đây minh họa độ chính xác vị trí được đưa lên website.



Hình 4.22: Độ chính xác vị trí của beacon tag1 từ bản đồ không lưới và có lưới

Nhìn vào ảnh trên, nhóm xác định được tỉ lệ bản đồ thì khi đó ứng với 1 ô nhỏ trong bản đồ bên phải có chiều dài và rộng bằng 1m thì khi đó vị trí của beacontag1 có tọa độ x, y lần lượt là 14, 20 nghĩa là chiều dài ứng 14 ô nhỏ và chiều rộng ứng với 20 ô nhỏ và sẽ định vị vị trí chính xác nhất có thể.

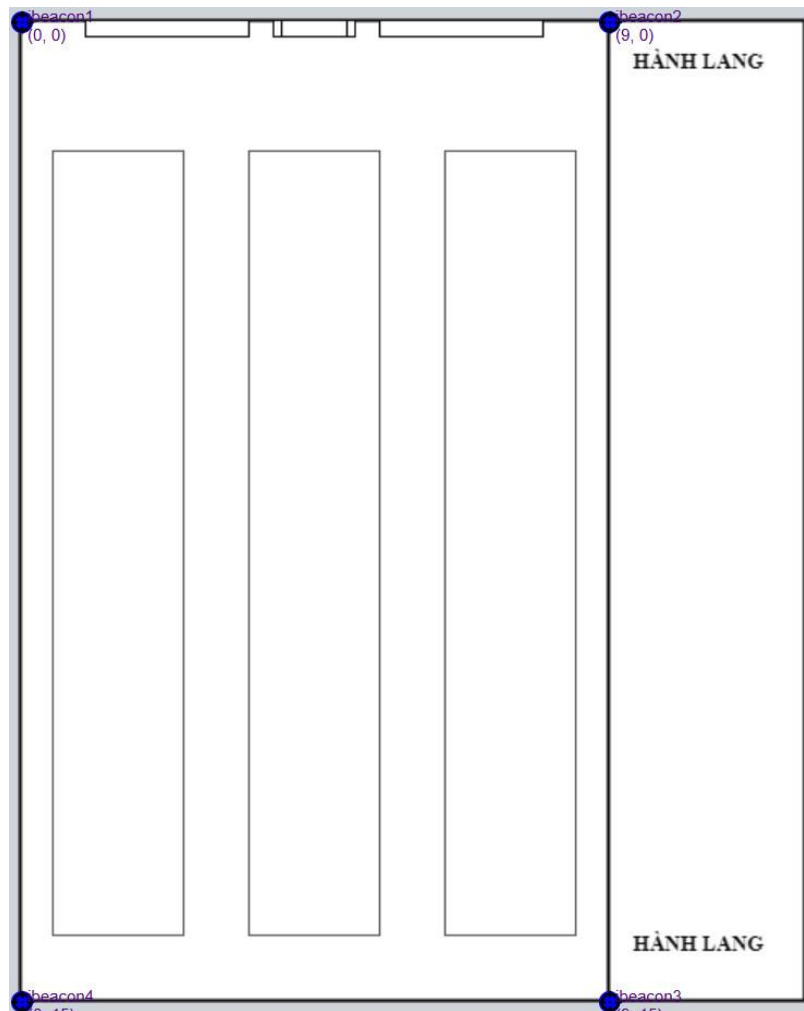
Bên cạnh đó, có những hạn chế như trang website phải hoạt động khi có dữ liệu di động hoặc là wifi tốc độ cao để có thể tải dữ liệu một cách nhanh và tốt nhất. Trang website được lưu trữ trên Hosting của Firebase, chỉ mở được định dạng trang website thích ứng và không lỗi định dạng của trang website khi trên laptop, máy tính bàn nhưng khi mở bằng điện thoại sẽ gây ra tình trạng lỗi định dạng và có thể kích thước bị biến dạng. Từ đó, website không được tính nhất quán trên các thiết bị mở. Nhưng chức năng định vị cũng như thanh công cụ thực hiện các tác vụ vẫn mang lại chính xác như trên laptop hoặc máy tính bàn.

4.2.3 Đánh giá hoạt động chung của cả hệ thống

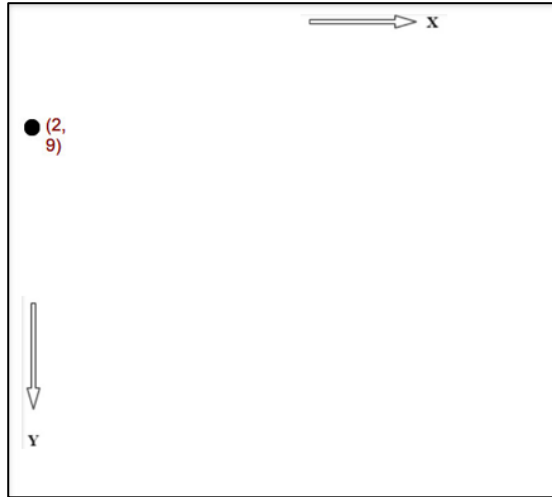
Qua nhiều lần thực nghiệm hoạt động của cả hệ thống phần cứng và phần mềm, nhóm thực hiện đã nhận thấy hệ thống đã đáp ứng được một vài chức năng mà ban đầu đặt ra. Vị trí vật thể trong nhà kho được xác định và hiển thị lên bản đồ website một cách nhanh chóng khoảng 1s để tính toán và khoảng thời gian giữa hai lần cập

nhật vị trí là 11s. Phần mềm website có khả năng cung cấp thêm nhiều chức năng để người dùng quản lý hệ thống như: thêm, sửa, xóa các BLE ibeacon và BLE beacon tag. Có khả năng định hướng được hướng di chuyển khi trong chế độ tìm vị trí. Tuy nhiên vẫn còn nhiều hạn chế về khả năng quét RSSI của BLE beacon tag, khoảng cách kết nối của các BLE beacon tag và BLE gateway và đặc biệt về tính chính xác về vị trí vật thể trong nhà kho.

Thực nghiệm về độ chính xác về vị trí, nhóm thực hiện đã thực hiện một mô phỏng với các BLE ibeacon được đặt tại 4 góc của một căn phòng có kích thước 9 m x15 m. Với vị trí của BLE ibeacon 1 tới 4 lần lượt là 1(0,0) , 2(9,0), 3(9,15), 4(0,15).

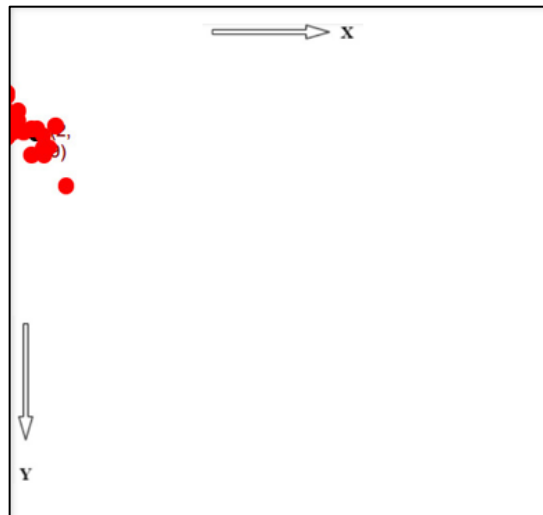


Hình 4.23: Hình ảnh về bản đồ được mô phỏng có kích thước 9x15m
Vị trí thực tế của BLE beacon tag được tính toán trước là (2,9)m có màu đen trên bản đồ thiết lập đánh giá.



Hình 4.24: Hình ảnh về giá trị thực tế được xét cố định là (2,9)

Tiến hành thực nhiệm về độ sai số khoảng cách giữa giá trị vị trí thực tế và giá trị tính được.



Hình 4.25: Đánh giá sự dao động của vị trí tính toán được và giá trị thực tế

Sau khi thực hiện thực nghiệm vị trí khoảng 20 lần tính toán thì nhóm thực hiện tính được khoảng cách từ điểm thực nghiệm tới điểm thực tế có giá trị trung bình là.

Beacon Tag	Average Px	Average Py	Average Distance
beacontag0	1.25	8.75	1.90

Hình 4.26: Sai số khoảng cách trung bình giữa thực nghiệm và thực tế

Như hình trên, mặc dù khoảng cách sai số giữa thực nghiệm và thực tế là 1.9m nhưng hệ thống cần một khoảng thời gian rất lớn để vị trí vật thể được ổn định cụ

thể thì 20 lần tính toán với khoảng cách giữa hai lần xấp xỉ 10s tương đương gần 4 phút để hệ thống có thể cho ra kết quả tương đối về vị trí.

CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1 KẾT LUẬN

Sau khi đi vào nghiên cứu đề tài “**THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE(BLUETOOTH LOW ENERGY)**” nhóm đã thiết kế được một hệ thống bao gồm các BLE ibeacon, BLE beacon tag và BLE gateway để thực hiện tính toán vị trí vật thể bên dưới phân cứng sau đó gửi lên giao diện người dùng. Hệ thống có khả năng tính được vị trí vật thể ở một mức độ sai số nhất định.

Nhóm đã thực hiện lựa chọn kỹ thuật deep sleep để tiết kiệm năng lượng cho hệ thống đảm bảo hệ thống có khả năng hoạt động một cách lâu dài nhất. Lựa chọn mô hình hệ thống đã có và sử dụng kỹ thuật tính toán vị trí Trilateration để tính vị trí vật thể.

Nhóm thực hiện xây dựng một giao diện website có khả năng trực quan hóa vị trí của vật thể ở một độ chính xác nhất định và cho phép người dùng thực hiện thêm một số công việc liên quan đến quản lý hệ thống nhà kho.

5.2 HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Sau khi thực hiện thiết kế và đánh giá mô hình hệ thống, nhóm thực hiện đã nhận thấy được hệ thống còn có hiệu định hướng để phát triển hơn nữa trong tương lai.

Hệ thống có thể mang lại độ chính xác về vị trí cao hơn nếu như áp dụng một số thuật toán liên quan đến AI để tính toán vị trí của vật thể.

Cần có sự tối ưu hóa phần cứng để tăng khả năng tiết kiệm năng lượng, độ chính xác trong quá trình thu lập bộ tín hiệu vị trí và tăng không gian xác định vị trí cho vật thể.

Xây dựng app tăng khả năng thân thiện cho người dùng và linh hoạt trong việc quản lý nhà kho hơn so với giao diện website.

Áp dụng một số thuật toán tính khoảng cách tiên tiến vào phần mềm để giúp xác định khoảng đường đi ngắn nhất giữa các vật thể trong nhà kho để phục vụ một số chức năng định hướng và tìm kiếm trong nhà kho.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Fen Liu, Jing Liu, Yuqing Yin, Wenhan Wang, Donghai Hu, Pengpeng Chen and Qiang Niu, "Survey on WiFi-based indoor positioning techniques," 1 June 2020.
- [2] JingYi Yang and Ming Yan, "Implementation of UWB indoor location and distance measurement based on TOF algorithm," *International Conference on Smart Materials, Intelligent Manufacturing and Automation (SMIMA 2018)*, vol. 173, no. MATEC Web Conf, p. 5, 15 June 2018.
- [3] Masoumeh Hasani, Elena-Simona Lohan, Lauri Sydänheimo, Leena Ukkonen, "Path-Loss Model of Embroidered Passive RFID Tag on Human Body for Indoor Positioning Applications," 23 October 2014.
- [4] C. K. M. Lee; C. M. Ip; Taezoon Park; S.Y. Chung, "A Bluetooth Location-based Indoor Positioning System for Asset Tracking in Warehouse," 03 February 2020.
- [5] Fahim Ahmed, Mark Phillips, Stephen Phillips, Kyoung-Yun Kim, "Comparative Study of Seamless Asset Location and Tracking Technologies," vol. 51, no. Procedia Manufacturing, pp. 1138-1145, 19 November 2020.
- [6] Luka Batistić, Mladen Tomic, "Overview of indoor positioning system technologies," 02 July 2018.
- [7] Guoquan Li, Enxu Geng, Zhouyang Ye, Yongjun Xu, Jinzhao Lin and Yu Pang, "Indoor Positioning Algorithm Based on the Improved RSSI Distance Model," 27 August 2018.
- [8] Noppapadon Pakanon, Monchai Chamchoy, Pichaya Supanakoon, "Study on Accuracy of Trilateration Method for Indoor Positioning with BLE Beacons," 12 August 2020.

- [9] T. F. d. C. Soares, "Vehicle Tracking in Warehouses via Bluetooth Beacon Angle-of-Arrival," 2021.
- [10] Vicente Cantón Paterna, Anna Calveras Augé, ORCID, Josep Paradells Aspas, and María Alejandra Pérez Bullones, "A Bluetooth Low Energy Indoor Positioning System with Channel Diversity, Weighted Trilateration and Kalman Filtering," no. Sensors and Sensing in Indoor Localization, Tracking, Navigation and Activity Monitoring, 16 December 2017.
- [11] "Espressif," Espressif Systems, [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- [12] N. Gupta, Inside Bluetooth Low Energy, Second ed., London: ARTECH HOUSE, 2016.
- [13] "nrf51822," Nordic SEMICONDUCTOR, [Online]. Available: https://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF51822_PS_v3.1.pdf.
- [14] "esp32 wroom 32U & 32D," Espressif, [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf.
- [15] "Li-Polymer Battery Technology Specification," 11 03 2015. [Online]. Available: https://www.mouser.com/catalog/additional/Particle_Battery_LP103450_2000mAh_3.7V_20151103.pdf.
- [16] "Ams1117-3.3 Datasheet," Systems, Advanced Monolithic, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/205691/AMD/MOS/AMS1117-3.3.html>.
- [17] "Ltc4054es5-4.2 datasheet," Linear Technology, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/226101/LINER/LTC4054ES5-4.2.html>.

- [18] "Rt9013 datasheet," Richtek Technology Corporation, [Online]. Available:<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/207895/RICHTEK/RT9013.html>.
- [19] W. B.Green, Introduction to Electronic Document Management Systems, IEEE, 1993, p. 30.