

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

BÁO CÁO TÓM TẮT

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

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

Sinh viên thực hiện:

Phan Ngọc Anh MSSV: 20139060

Nguyễn Trí Ban MSSV: 20139062

Hướng dẫn:

Ph.D Trương Ngọc Sơn

TP. HCM, Tháng 06 Năm 2024

MỤC LỤC	
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN	4
1.1 GIỚI THIỆU	4
1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI	4
1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI	5
1.4 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	5
1.5 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	5
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT	6
2.1 ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ BẰNG SÓNG BLE	6
2.1.1 Một số công nghệ thường dùng để định vị trong nhà	6
2.1.2 Định vị trong nhà bằng công nghệ BLE	6
2.2 THUẬT TOÁN TÍNH VỊ TRÍ TRILATERATION	7
2.2.1 Thuật toán tính vị trí Trilateration	7
2.2.2 Ưu và nhược điểm của thuật toán Trilateration	9
2.3 KỸ THUẬT TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG DEEPSLEEP Ở ESP32	10
CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ KHO BẰNG SÓNG BLE	12
3.1 YÊU CẦU HỆ THỐNG	12
3.1.1 Yêu cầu đối với phần cứng	12
3.1.2 Yêu cầu đối với phần mềm	12
3.2 ĐẶC TẢ HỆ THỐNG	12
3.2.1 Chức năng hệ thống	12
3.2.2 Mô hình tổng quát hệ thống	13
3.2.3 Sơ đồ khối hệ thống	13
3.3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN CỨNG	14
3.3.1 Linh kiện và sơ đồ khối của BLE ibeacon	14
3.3.2 Linh kiện và sơ đồ nguyên lý BLE beacon tag	15
3.3.3 Linh kiện và sơ đồ khối BLE gateway	18

3.4 THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN MỀM.....	18
3.4.1 Lưu đồ giải thuật cho phần cứng.....	18
3.4.2 Lưu đồ giải đồ giải thuật cho phần mềm website.....	23
CHƯƠNG 4 KẾT QUẢ.....	24
4.1 KẾT QUẢ MÔ HÌNH HỆ THỐNG	24
4.1.1 Kết quả mô hình phần cứng	24
4.1.2 Kết quả phần mềm website	24
4.2 ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG.....	25
4.2.1 Đánh giá hoạt động phần cứng.....	25
4.2.1 Đánh giá hoạt động phần mềm website	28
4.2.3 Đánh giá hoạt động của cả hệ thống.	28
CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	31
5.1 KẾT LUẬN	31
5.2 HƯỚNG PHÁT TRIỂN	31
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	32

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.

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 kỳ trong lĩnh vực áp dụng là không gian nhà kho bằng công nghệ BLE.

1.2 MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

- 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 lên 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,...

1.3 GIỚI HẠN ĐỀ TÀI

- Phần cứng được xây dựng dựa trên một hình đã có sẵn bao gồm 4 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 được mô phỏng là 9x15m.
- 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.
- Hiện thị vị trí trên bản đồ nhà kho trên website với tỉ lệ chính xác là tương đối.

1.4 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

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 deep sleep.
- Ngôn ngữ xây dựng phần mềm website.

Phạm vi nghiên cứu:

- Nghiên cứu 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 trên phần cứng của thuật toán.
- Nghiên cứu khả năng tương thích, mở rộng và triển khai của mô hình kiến trúc hệ thống 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.

1.5 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để tiến hành nghiên cứu và thực hiện đề tài, nhóm bắt đầu bằng việc phân tích mô hình khả thi, thiết kế sơ đồ tối ưu năng lượng, phân tích và lựa chọn thuật toán, đánh giá hệ thống với các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng, xây dựng giao diện trực quan, và cuối cùng phân tích, đánh giá hoạt động thực nghiệm để tối ưu hóa hệ thống.

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 định vị trong nhà

Về lĩnh vực định vị trong nhà (IPS- Indoor positioning system) người ta có thể sử dụng nhiều loại công nghệ khác nhau như: BLE, WIFI, UWB, RFID,... Mỗi công nghệ sẽ có những cách triển khai và đặc điểm khác nhau.

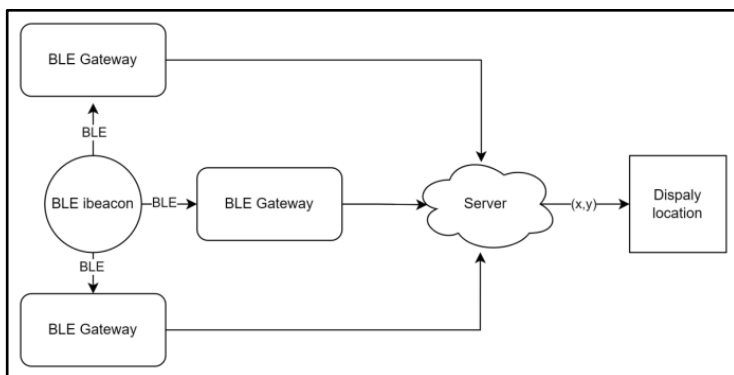
Bảng 2.1 Đặc điểm của một số công nghệ định vị trong nhà

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

Xét về độ chính xác và tiết kiệm năng lượng và chi phí xây dựng hệ thống thì công nghệ BLE tương đối khả thi cho các ứng dụng vị trí trong nhà.

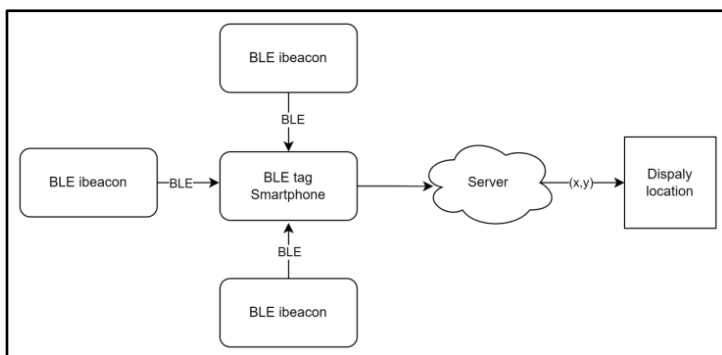
2.1.2 Định vị trong nhà bằng công nghệ BLE

Hai mô hình hệ thống cơ bản dành cho định vị trong nhà bằng công nghệ BLE hiện nay:



Hình 2.1 Mô hình xác định vị trí trong nhà bằng BLE với không gian nhỏ

- BLE Gateway : nhận BLE để tính vị trí hoặc gửi thông tin nhận được cho server.
- Server, display location : hiển thị vị trí hoặc tính toán vị trí rồi hiển thị.



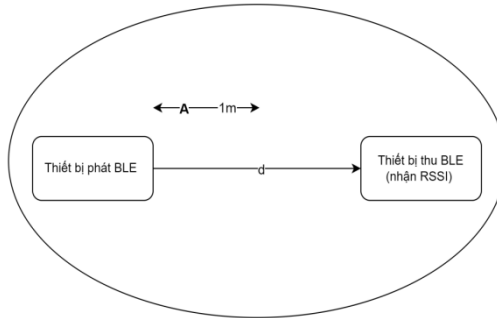
Hình 2.2 Mô hình xác định vị trí trong nhà bằng BLE với không gian lớn

- BLE ibeacon: thiết bị phát BLE.
- BLE beacon tag: nhận thông tin BLE để tính vị trí hoặc gửi trực tiếp cho server.
- Server, display location: hiển thị vị trí hoặc tính vị trí rồi hiển thị.

2.2 THUẬT TOÁN TÍNH VỊ TRÍ TRILATERATION

2.2.1 Thuật toán tính vị trí Trilateration

Tính khoảng cách giữa thiết bị thu và thiết bị phát BLE từ cường độ tín hiệu nhận được RSSI(Received Signal Strength Indicator).



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

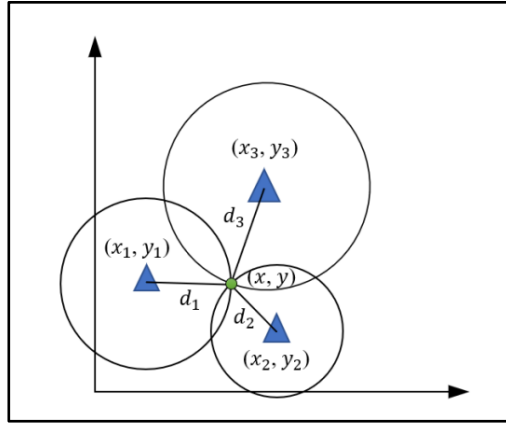
$$RSSI = -10n \log_{10}(d) + A + x_{\sigma} \text{ (dBm)} \quad (2.1)$$

n là hằng số truyền tín hiệu tùy 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 Gaussian 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.

Từ công thức trên, suy ra được công thức tính khoảng cách d khi biết giá trị RSSI.

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

Thuật toán Trilateration hay còn gọi là thuật toán 3 điểm. Thuật toán sẽ cho phép tính được vị trí của một điểm bất kì 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.



Hình 2.4 Điều kiện áp dụng thuật toán Trilateration

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

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

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) .

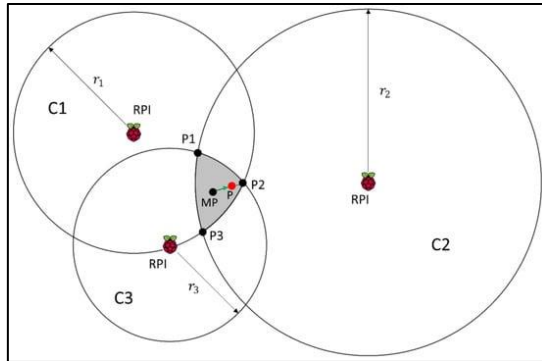
2.2.2 Ưu và nhược điểm của thuật toán Trilateration

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:

- Độ chính xác phụ thuộc vào độ chính xác của khoảng cách.
- Đa nghĩa vị trí: Khi ba đường tròn không giao nhau tại một điểm thì khoảng cách sẽ không chính xác.



Hình 2.5 Một trong các trường hợp đa nghĩa vị trí

- Yêu cầu số lượng điểm đã biết đủ: Thuật toán trilateration yêu cầu ít nhất ba điểm đã biết để tính toán vị trí.

2.3 KỸ THUẬT TIẾT KIỂM NĂNG LƯỢNG DEEPSLEEP Ở ESP32

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,...

Bảng 1.2 Các chế độ năng lượng ở ESP32

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 uA
	The ULP sensor-monitored pattern	100 uA @ 1% duty
	RTC timer + RTC memory	10 uA
Hibernation	RTC timer only	5 uA
Power off	CHIP_PU is set to low level, the chip is power off	0.1 uA

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.

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

3.1 YÊU CẦU HỆ THỐNG

3.1.1 Yêu cầu đối với phần cứng

- Hệ thống phần cứng bao gồm các thiết bị phát, thu BLE và BLE gateway yêu cầu các thành phần này cần phải giao tiếp được với nhau để phục vụ việc tính vị trí của vật thể.
- Yêu cầu phần cứng phải được lựa chọn kĩ về tài nguyên để có khả năng đáp ứng được thuật toán Trilateration.
- Yêu cầu về độ chính xác về vị trí vật thể .
- Yêu cầu hệ thống phần cứng phải có khả năng cung cấp vị trí với độ trễ thấp nhất, có thể từ 15s trở xuống.
- Hệ thống phần cứng phải có khả năng tiết kiệm năng lượng ở một mức đáng kể để hệ thống có khả năng hoạt động lâu dài.

3.1.2 Yêu cầu đối với phần mềm

- Yêu cầu bản đồ phải chính xác và có một tỉ lệ đồng 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 cần thiết khác để quản lý nhà kho.
- 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.

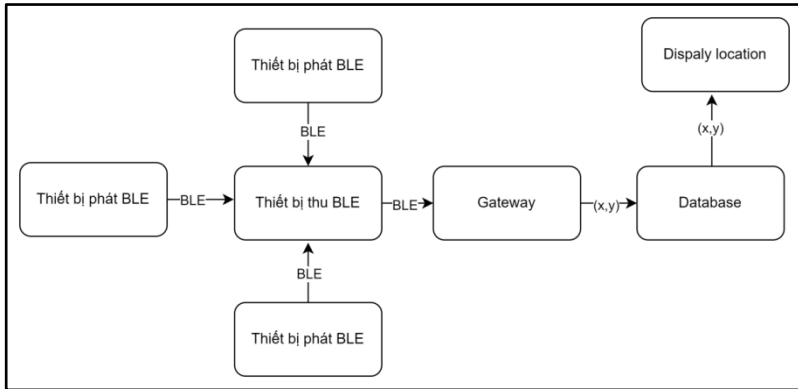
3.2 ĐẶC TẢ HỆ THỐNG

3.2.1 Chức năng hệ thống

- Chức năng phần cứng: Phần cứng được xây dựng bao gồm các thiết bị thu và phát BLE giao tiếp với nhau để thu tập các thông tin RSSI để tính khoảng cách và từ đó thực hiện tính vị trí vật thể.
- Chức năng phần mềm: Thực hiện hiển thị vị trí lên bản đồ được tạo với tỉ lệ cố định so với thực tế. Cho phép thực hiện một số chức năng cần thiết khác để quản lý nhà kho.

3.2.2 Mô hình tổng quát hệ thống

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

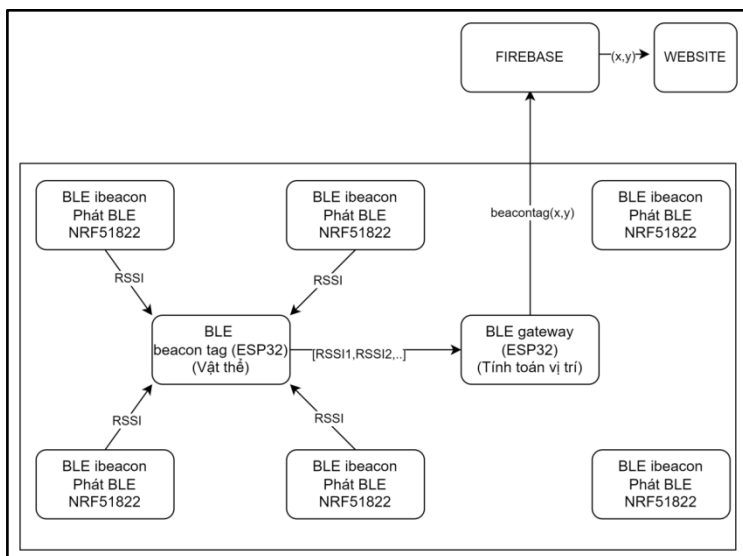


Hình 3.1 Mô hình tổng quát hệ thống định vị trong nhà kho bằng BLE

Hệ thống được thiết kế với nhiều thiết bị phát BLE gắn cố định trong không gian và các thiết bị thu BLE được gắn vào vật thể cần xác định vị trí. Sau đó dữ liệu sẽ được gửi về Gateway để tính vị trí và gửi lên database để hiển thị trực quan người dùng.

3.2.3 Sơ đồ khối hệ thống

Hệ thống sẽ được thiết kế để 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.



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

- 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 và sơ đồ khối của BLE ibeacon

A) Linh kiện:

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

Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật của NRF51822

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

Để cấp nguồn cho NRF51822 hoạt động được lâu dài nhóm đã lựa chọn dùng pin cr2477 1000mAh.

B) Sơ đồ kết nối chân:

Bảng 3.1 Sơ đồ kết nối chân NRF51822 với pin CR2477

NRF51822	CR2477
VCC	V+
GND	V-

3.3.2 Linh kiện và sơ đồ nguyên lý BLE beacon tag

A) Linh kiện:

Vi điều khiển chính cho BLE tag là ESP32 wroom 32U

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

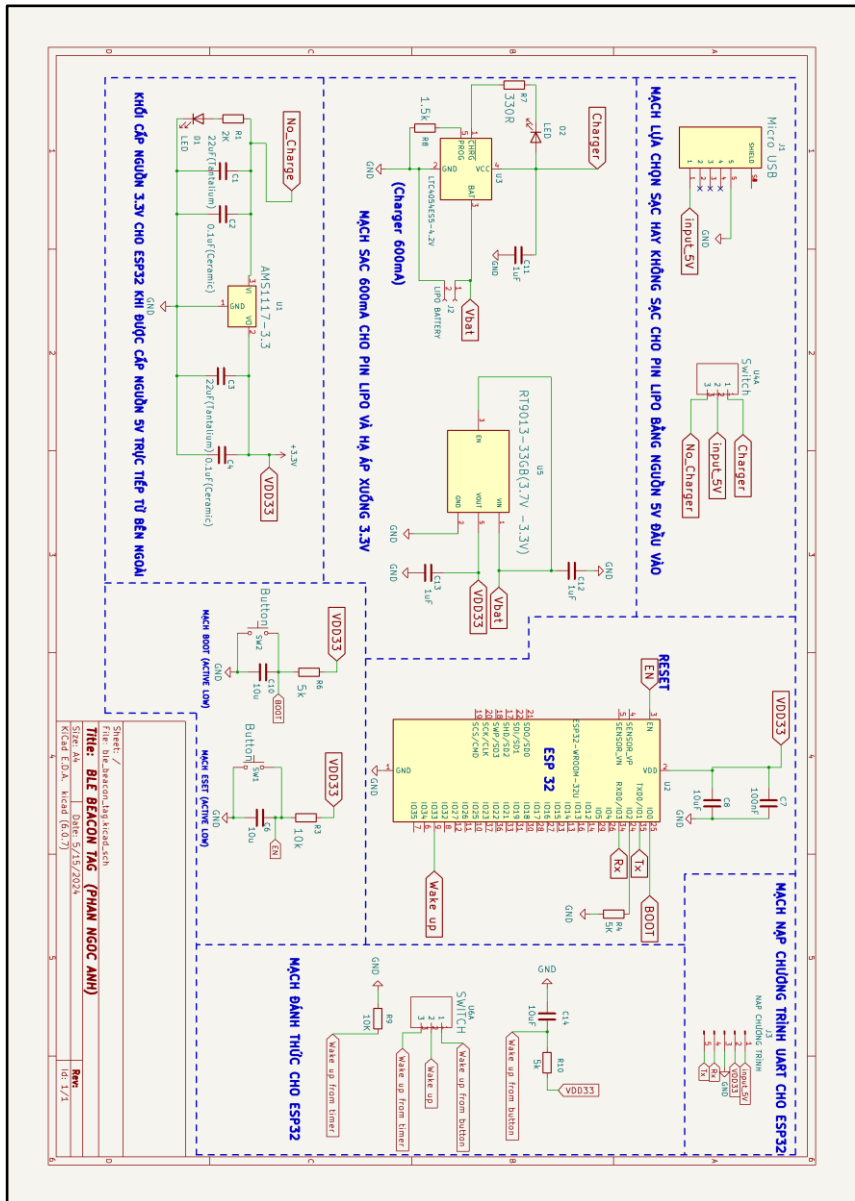
Đặc điểm	Thông số
Điện áp hoạt động	3.0v ~ 3.6V
Dòng điện hoạt động trung bình	80mA

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 được lựa chọn không sử dụng anten trên board và sử dụng anten bên ngoài, điều này có khả năng làm tăng khả năng truyền nhận và giảm nhiễu hơn nhiều so với anten trên board.

Nhóm còn sử dụng pin lipo 2000mAh để cấp nguồn cho board bên cạnh nguồn trực tiếp.

C) Sơ đồ nguyên lý:



Hình 3.3 Sơ đồ nguyên lý của BLE beacon tag

Trong sơ đồ nguyên lý của BLE beacon tag sẽ có các thành phần mạch: mạch cấp nguồn, hạ nguồn cho ESP32, mạch sạc cho pin lipo, mạch đánh thức khỏi chế độ deep sleep cho ESP32.

3.3.3 Linh kiện và sơ đồ khối BLE gateway

A) Linh kiện:

BLE gateway với chức năng chính là nhận bộ tín hiệu RSSI của BLE beacon tag sau đó tính vị trí và gửi lên database. Chính vì thế mà vi điều khiển ESP32 wroom 32U cũng được dùng làm linh kiện chính cho thiết bị.

B) Sơ đồ kết nối :

Ở BLE gateway nhóm sử dụng 2 module ESP32 dev kit 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 liên quan đến việc tính toán vị trí và gửi tọa độ cho Firebase.

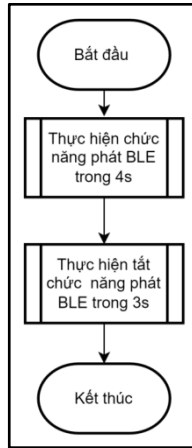
Bảng 3.3 Sơ đồ kết nối chân của BLE gateway

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

3.4 THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHẦN MỀM

3.4.1 Lưu đồ giải thuật cho phần cứng

A) Lưu đồ giải thuật cho BLE ibeacon:

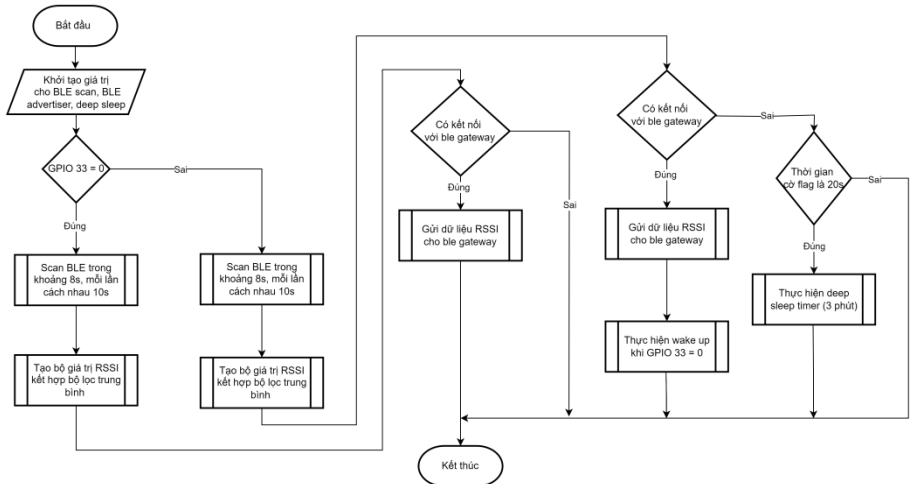


Hình 3.4 Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE iBeacon

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.

B) Lưu đồ giải thuật cho 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 3.5 Lưu đồ giải thuật chức năng cho BLE beacon tag

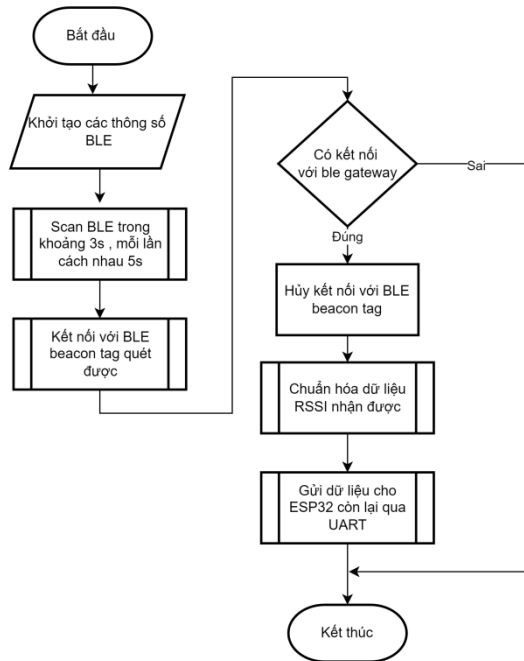
Trước khi thực hiện quét BLE của các ibeacon hoặc phát quảng bá cần phải khởi tạo các giá trị hệ thống cho các thuộc tính BLE cho thiết bị. Trong lưu đồ của nhóm có hai nhánh nhỏ riêng là khi GPIO 33 = 0 và GPIO =1.

- Khi GPIO = 0 , beacon tag sẽ hoạt động với chế độ bình thường: beacon tag bắt đầu quét 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 quét BLE, rồi gửi cho gateway nếu trạng thái được kết nối. Sau 20s nó sẽ đi vào trạng thái ngủ sâu 3 phút. Ở chế độ này nhóm đã đặt thêm chế độ “wake up” cho beacon tag là ngắt ngoài nếu GPIO = 0 để nếu có tín hiệu thay đổi của chân GPIO thì BLE beacon tag có thể chuyển sang chế độ hoạt động bình thường.

C) Lưu đồ giải thuật cho BLE gateway

Trong BLE gateway của nhóm sử dụng hai ESP32 dev kit có chứa vi xử lý ESP 32 WROOM 32U thực hiện các chức năng khác nhau.

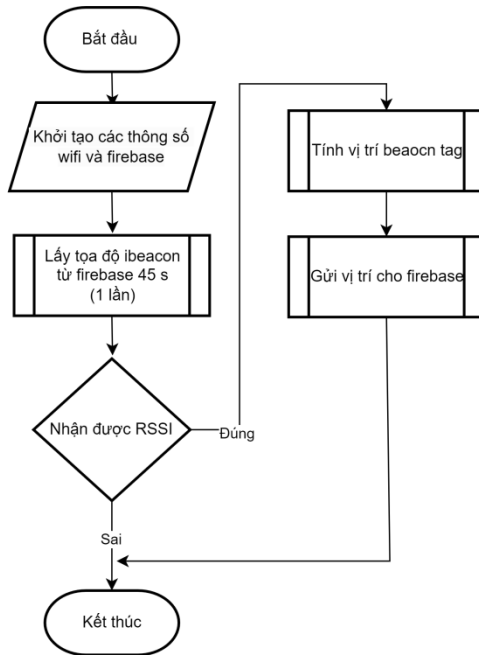
Lưu đồ thực hiện chức cho ESP32 thứ nhất.



Hình 3.6 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 thông qua giao thức UART.

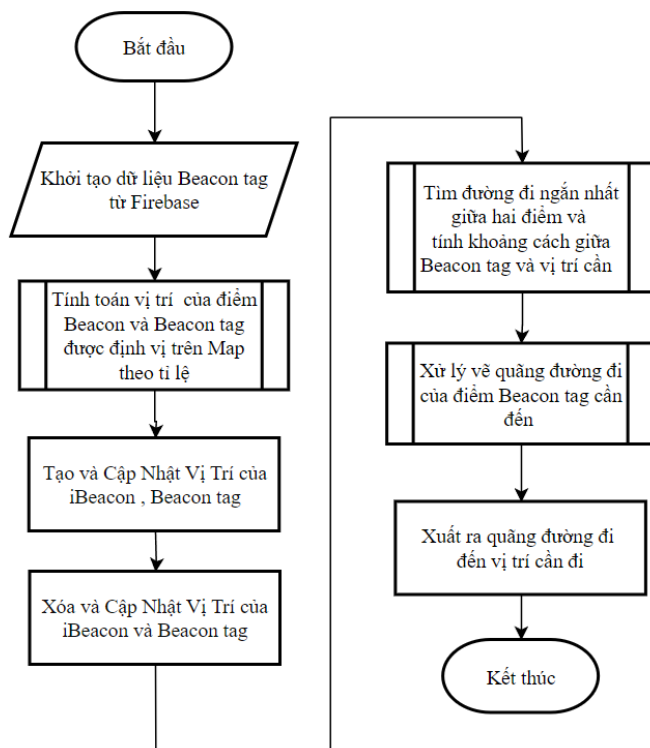
ESP32 thứ hai sẽ thực hiện tính toán theo thuật toán Trilateration và gửi dữ liệu cho Firebase.



Hình 3.7 Lưu đồ giải thuật chức năng cho ESP thứ hai

Lưu đồ của BLE gateway có hàm thực hiện chức năng lấy tọa độ ibeacon từ Firebase với thời gian là 45s một lần để có số liệu cho việc tính vị trí dựa theo sự thay đổi của người dùng. Việc tính vị trí ngay lập tức ngay sau khi nhận được dữ liệu RSSI và thực hiện gửi lên Firebase ngay sau khi vị trí được tính toán xong.

3.4.2 Lưu đồ giải đồ giải thuật cho phần mềm website



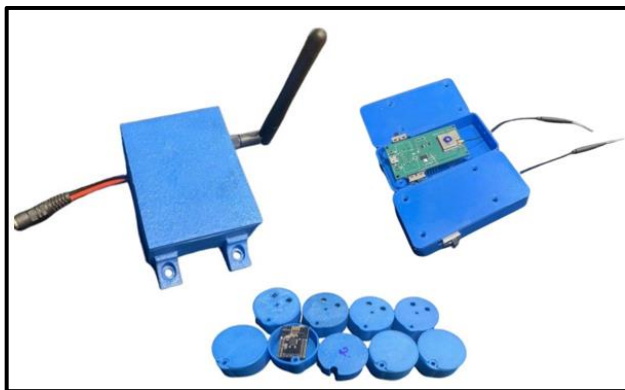
Hình 3.8 Lưu đồ chương trình chính của Website

Website sẽ lắng nghe sự kiện thay đổi của database Firebase để thực hiện tính toán và xử lý định vị các thẻ BLE beacon tag trên bản đồ. Bên cạnh việc thực hiện bằng sự kiện lắng nghe Firebase thì nhóm đã thực hiện tác vụ nhập để tạo các BLE ibeacon cố định và BLE beacon tag theo mục đích quản lý trong nhà kho. Ngoài ra, còn cho phép thực hiện xóa dữ liệu các BLE ibeacon cũng như BLE beacon tag và cho phép người dùng tìm kiếm đường đi giữa hai BLE beacon tag.

CHƯƠNG 4 KẾT QUẢ

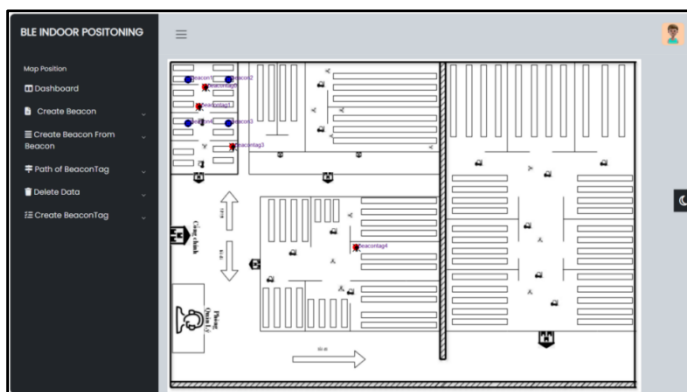
4.1 KẾT QUẢ MÔ HÌNH HỆ THỐNG

4.1.1 Kết quả mô hình phần cứng



Hình 4.1 Mô hình kết quả gồm BLE iBeacon, BLE beacon tag, BLE gateway

4.1.2 Kết quả phần mềm website



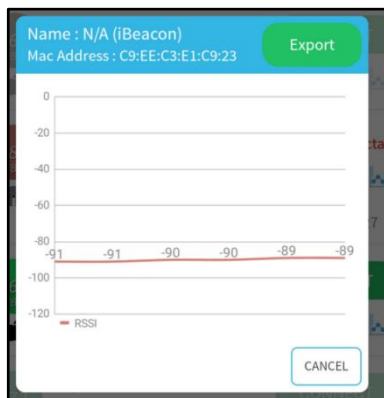
Hình 4.2 Giao diện website hiển thị bản đồ trong nhà kho

4.2 ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG

4.2.1 Đánh giá hoạt động phần cứng

A) Đánh giá hoạt động của BLE ibeacon

Thực nghiệm về độ ổn định phát BLE của BLE ibeacon khi phát BLE ra môi trường xung quanh.



Hình 4.3 Khảo sát sự ổn định của BLE ibeacon

Hình trên là kết quả của việc dùng phần mềm BLE scanner trên điện thoại quét được tín hiệu BLE do nrf51822 phát ra ở khoảng cách không đổi là 30m. Hình trên có thể cho thấy khả năng phát BLE của BLE ibeacon khá là ổn định khi đặt tại một vị trí cố định, sai số chênh lệch là ± 2 dBm.

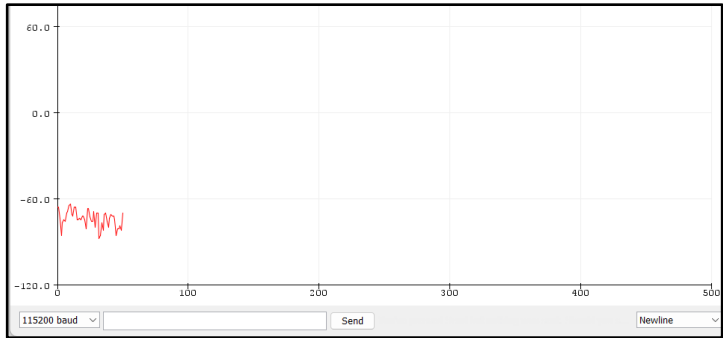
Sau khi thực nghiệm về nhiều yếu tố thì nhóm thực hiện rút ra được bảng đánh giá các thông số cho BLE ibeacon.

Bảng 0.1 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 ± 2 dBm
Thời gian hoạt động	Khoảng 378 ngày

B) Đánh giá hoạt động của BLE beacon tag

Thực nghiệm về độ ổn định khi quét BLE của BLE beacon tag ở cùng một vị trí.



Hình 4.4 Độ dao động khi quét RSSI của BLE beacon tag

Hình trên cho thấy khả năng quét BLE của BLE beacon tag không quá ổn định ngay cả khi khoảng cách so với BLE ibeacon là không đổi. Cụ thể trong hình có thể thấy giá trị RSSI giao động từ -60dBm đến -80dBm.

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

Bảng 0.3 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	Sai lệch khoảng $\pm 20dBm$
Khoảng cách phát quang bá BLE tối đa	50m
Thời gian hoạt động ở chế độ bình thường	8 giờ
Thời gian hoạt động ở chế độ tiết kiệm năng lượng	40 ngày

C) Đánh giá hoạt động của BLE gateway

Thực nghiệm về thời gian trễ giữa hai lần tính vị trí của BLE gateway.

Bảng 4.4 Thời gian trễ giữa hai lần tính toán vị trí của BLE gateway

```
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
```

Bảng trên được trích xuất từ phần mềm arduino IDE với thời gian đầu tiên mà BLE gateway nhận được dữ liệu từ BLE beacon tag là 17:06:59.568(tương ứng với thời gian là 17 giờ 6 phút 59 giây) đến khi nhận được dữ liệu lần thứ 2 là 17:07:10.587, độ trễ có thể thấy ở đây là khoảng 11s.

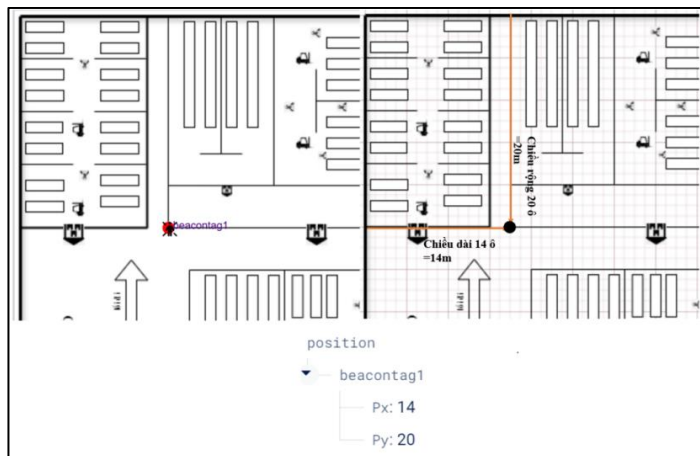
Sau khi thực nghiệm về nhiều yếu tố thì nhóm thực hiện rút ra được bảng đánh giá các thông số BLE gateway.

Bảng 0.5 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

4.2.1 Đánh giá hoạt động phần mềm website

Đối với phần mềm website, yếu tố quan trọng nhất để định vị chính xác khi vị trí bên dưới chính xác là phải xác định được tỉ lệ bản đồ trên website so với thực tế.



Hình 4.5 Độ chính xác vị trí của beacon tag1 từ bản đồ

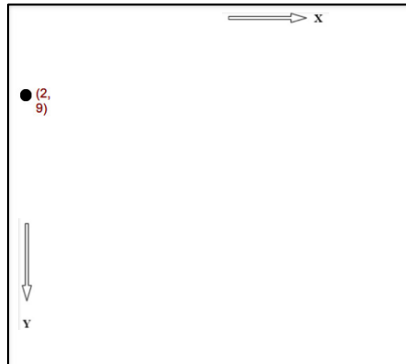
Bản đồ trên map được thiết kế có tỉ lệ với tỉ lệ so với thực tế là một hằng số cố định về cả chiều rộng và chiều dài, giúp cho việc hiển thị vị trí sẽ tương đối chính xác nếu vị trí được tính toán bởi phần cứng là chính xác.

4.2.3 Đánh giá hoạt động của cả hệ thống.

Thực hiện mô phỏng để đánh giá toàn bộ hệ thống nhóm thực hiện đã thực hiện một mô phỏng với các BLE ibeacon được đặt tại 4 góc của một căn phòng

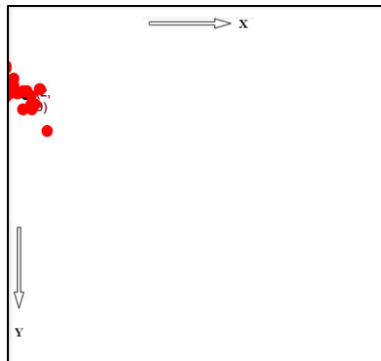
có kích thước 9m x15m. Với vị trí của BLE ibeacon 1 tới 4 lần lượt là 1(0,0) , 2(9,0), 3(9,15), 4(0,15).

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

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



Hình 4.7 Đánh giá sự dao động của vị trí tính toán được so với 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 như bảng bên dưới.

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

Hình 4.8 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 10 lần tính toán với khoảng cách giữa hai lần xấp xỉ 11s tương đương gần 2 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 BẢNG SỐNG 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 phần cứng sau đó gửi lên giao diện website 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 kĩ 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 kĩ thuật tính toán vị trí Trilateration để tính toán 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 nhiều 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 toán khoảng cách tiên tiến vào phần mềm để giúp xác định khoảng đường đi ngắn nhất giữa các vật thể trong nhà kho từ đó 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/Partic le_Battery_LP103450_2000mAh_3.7V_20151103.pdf.
- [16] "Ams1117-3.3 Datasheet," Systems, Advanced Monolithic, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/205691/ADMOS/AMS1117-3.3.html>.
- [17] "Ltc4054es5-4.2 datasheet," Linear Technology, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/226101/L INER/LTC4054ES5-4.2.html>.
- [18] "Rt9013 datasheet," Richtek Technology Corporation, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/207895/R ICHTEK/RT9013.html>.
- [19] W. B.Green, Introduction to Electronic Document Management Systems, IEEE, 1993, p. 30.