

**ĐẠI HỌC HUẾ**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC**



**TIỂU LUẬN**

**TẠO HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ**  
**VỚI ESP32 VÀ BLE**

**Huế, 2025**

## Mục lục

<b>PHẦN 1: MỞ ĐẦU</b> .....	1
1. Giới thiệu đề tài .....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu .....	1
<b>PHẦN 2: NỘI DUNG</b> .....	2
<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ</b> .....	2
1. Giới thiệu về hệ thống định vị trong nhà (IPS) .....	2
2. Các nhiệm vụ cụ thể của IPS .....	2
<b>CHƯƠNG 2: CÁC THÀNH PHẦN CHÍNH CỦA HỆ THỐNG</b> .....	3
<b>1. Vi điều khiển ESP32</b> .....	3
1.1. ESP32 là gì? .....	3
1.2. Các tính năng của Esp32 .....	4
<b>2. Công nghệ Bluetooth Low Energy (BLE)</b> .....	5
2.1. BLE là gì? .....	5
2.2. BLE hoạt động như thế nào? .....	6
2.3. Ưu điểm và nhược điểm của BLE .....	6
<b>CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ MẠCH</b> .....	7
1. Sơ đồ kết nối ESP32 với HC-SR04 .....	7
2. Mô phỏng mạch bằng Wokwi .....	8
3. Gửi dữ liệu bằng Blynk .....	9
<b>PHẦN 3: KẾT LUẬN</b> .....	10
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	12

# PHẦN 1: MỞ ĐẦU

## 1. Giới thiệu đề tài

Hệ thống định vị trong nhà (Indoor Positioning System - IPS) là một giải pháp quan trọng để xác định vị trí của các thiết bị hoặc con người trong không gian kín. Khác với hệ thống định vị toàn cầu (GPS), IPS hoạt động hiệu quả trong các môi trường như tòa nhà, bệnh viện, trung tâm mua sắm, nhà kho, và sân bay.

Bluetooth Low Energy (BLE) là một công nghệ không dây tiết kiệm năng lượng, phù hợp cho các ứng dụng định vị trong nhà. ESP32, một vi điều khiển mạnh mẽ tích hợp BLE, đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng hệ thống định vị này.

Nhờ vào khả năng ứng dụng rộng rãi, hệ thống định vị trong nhà BLE với ESP32 đang trở thành một trong những giải pháp phổ biến trong các lĩnh vực như giám sát tài sản, hướng dẫn điều hướng trong các khu vực phức tạp, theo dõi bệnh nhân trong bệnh viện và quản lý kho hàng thông minh. Việc nghiên cứu và hiểu rõ cách thức hoạt động của hệ thống này sẽ giúp tối ưu hóa hiệu suất và nâng cao độ chính xác của việc định vị.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu nguyên lý hoạt động của hệ thống định vị trong nhà sử dụng BLE.
- Tìm hiểu các thành phần chính của hệ thống
- Triển khai, thiết kế mạch

## **PHẦN 2: NỘI DUNG**

### **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ**

#### **1. Giới thiệu về hệ thống định vị trong nhà (IPS)**

Hệ thống định vị trong nhà Indoor Positioning System (IPS) là một mạng lưới các thiết bị và công nghệ được sử dụng để xác định vị trí người hoặc vật thể mà GPS hoạt động thiếu chính xác hoặc bị lỗi hoàn toàn như bên trong các tòa nhà nhiều tầng, sân bay, ngõ, nhà để xe và các vị trí dưới lòng đất. IPS chính là công nghệ định vị hỗ trợ cho GPS tại những khu vực nhỏ hơn, phức tạp hơn nhưng đòi hỏi độ chính xác cao hơn.

Có rất nhiều kỹ thuật và thiết bị và công nghệ được sử dụng để cung cấp định vị trong nhà, từ các thiết bị phổ thông có sẵn như điện thoại thông minh với ăng-ten WiFi và Bluetooth, Camera, máy ảnh kỹ thuật số dân dụng cho tới các hệ thống và công nghệ chuyên dụng hơn như cảm biến, la bàn, đèn, sóng vô tuyến, từ trường, tín hiệu âm thanh và phân tích hành vi đều được sử dụng trong mạng IPS.[1]

#### **2. Các nhiệm vụ cụ thể của IPS**

Locating (xác định địa điểm)

IPS có thể dễ dàng xác định vị trí địa điểm hoặc khu vực của đối tượng khi đối chiếu với một dữ liệu địa phương như bản đồ hoặc GPS.

Positioning (xác định vị trí)

Xác định vị trí của đối tượng yêu cầu có độ chi tiết cao hơn như độ cao và hướng của đối tượng.

Tracking (Theo vết)

Các đối tượng khi định vị trong nhà có thể được theo vết theo thời gian thực để củng cố dữ liệu và tăng cường độ chính xác khi định vị.

Identification (Nhận dạng)

Thông qua các thiết bị cố định như vị trí gắn camera giám sát, thẻ từ ra vào cửa, truy cập wifi, cảm biến âm thanh, nhiệt độ... là các hình thức giúp nhận dạng đối tượng trong nhà bổ sung cho IPS.

Segregation (Phân tách)

Khi việc nhận dạng bao gồm sự kết hợp của nhiều hệ thống giống hoặc khác nhau, nhiều đối tượng trong khu vực nhận dạng sẽ cần một sự phân tác đảm bảo để xác định riêng rẽ từng đối tượng. Đây là một yêu cầu cao cấp và phức tạp hơn trong nhiệm vụ của IPS.<sup>[1]</sup>

## **CHƯƠNG 2: CÁC THÀNH PHẦN CHÍNH CỦA HỆ THỐNG**

### **1. Vi điều khiển ESP32**

#### *1.1. ESP32 là gì?*

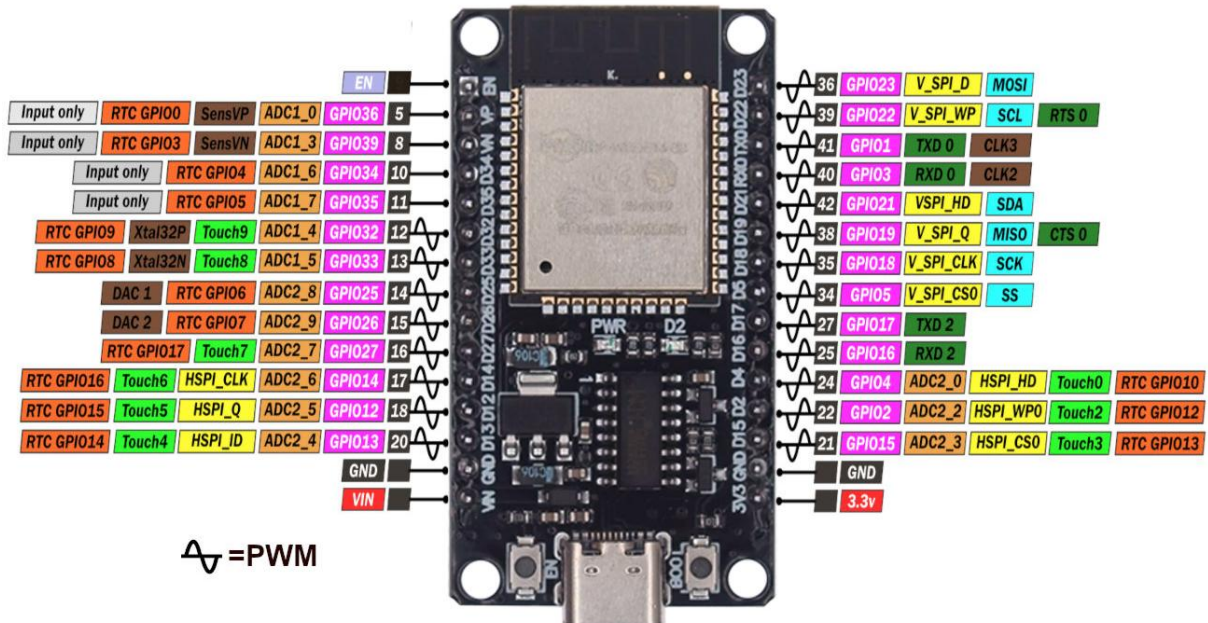
ESP32 là một dòng chip vi điều khiển được phát triển bởi Espressif, với nhiều đặc điểm ưu việt:

- **Giá rẻ:** So với các dòng vi điều khiển khác, ESP32 có giá thành phải chăng hơn rất nhiều, giúp tất cả những ai đam mê công nghệ có thể dễ dàng tiếp cận nó
- **Lượng điện tiêu thụ thấp:** So với các chip điều khiển khác, ESP32 tiêu thụ rất ít năng lượng. Dòng chip này cũng hỗ trợ các trạng thái tiết kiệm năng lượng như Deep Sleep để tiết kiệm điện
- **Có thể kết nối Wi-Fi:** Bạn có thể dễ dàng kết nối ESP32 với mạng Wi-Fi để truy cập vào Internet (chế độ trạm – Station mode) hoặc tạo một mạng WiFi cho riêng nó (chế độ điểm truy cập – Access point) để các thiết bị khác có thể kết nối với nó. Chế độ Access point thường được dùng trong các dự án IoT hoặc tự động hóa trong Smart Home, trong đó bạn có thể cho phép nhiều thiết bị liên lạc và trao đổi thông tin với nhau thông qua WiFi của chúng
- **Hỗ trợ Bluetooth:** ESP32 hỗ trợ cả 2 chế độ: Bluetooth Classic và Bluetooth Low Energy (BLE) – một công cụ rất hữu ích cho những ứng dụng IoT
- **Lỗi kép:** Đa số các dòng chip ESP32 hiện nay đều có lỗi kép, chúng đi kèm với 2 bộ vi xử lý Xtensa 32-bit LX6: lỗi 0 và lỗi 1
- **Đa dạng thiết bị ngoại vi:** ESP32 hỗ trợ nhiều loại thiết bị ngoại vi đầu vào (đọc dữ liệu từ bên ngoài) và đầu ra (gửi lệnh/tín hiệu ra bên ngoài) như cảm ứng điện dung, I2C, DAC, PWM, UART, SPI,... để bạn tự do làm các dự án điện tử mà mình thích

- Tương thích với Arduino và MicroPython: ESP32 có thể được lập trình bằng ngôn ngữ lập trình phổ biến Arduino và MicroPython (phiên bản rút gọn của Python 3, phù hợp cho các bộ vi điều khiển và hệ thống nhúng)<sup>[2]</sup>

### 1.2. Các tính năng của Esp32

- Bộ xử lý:
  - CPU: Bộ vi xử lý Xtensa lõi kép (hoặc lõi đơn) 32-bit LX6, hoạt động ở tần số 240 MHz (160 MHz cho ESP32-S0WD và ESP32-U4WDH) và hoạt động ở tối đa 600 MIPS (200 MIPS với ESP32-S0WD/ESP32-U4WDH)
  - Bộ đồng xử lý (co-processor) công suất cực thấp (Ultra low power, viết tắt: ULP)
- Hệ thống xung nhịp: CPU Clock, RTC Clock và Audio PLL Clock
- Bộ nhớ nội: 448 KB bộ nhớ ROM và 520 KB bộ nhớ SRAM
- Kết nối không dây: Wi-Fi: 802.11 b/g/n và Bluetooth: v4.2 BR/EDR và BLE
- 34 GPIO pad vật lý
- Bảo mật:
  - Hỗ trợ tất cả các tính năng bảo mật chuẩn IEEE 802.11, bao gồm WPA, WPA/WPA2 và WAPI.
  - Secure boot (tạm dịch: khởi động an toàn)
  - Mã hóa flash
  - 1024-bit OTP, lên đến 768-bit cho khách hàng
  - Tăng tốc mã hóa phần cứng: AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography
- Quản lý năng lượng:
  - Bộ ổn áp nội với điện áp rơi thấp (internal low-dropout regulator)
  - Miền nguồn riêng (individual power domain) cho RTC
  - Dòng 5  $\mu$ A cho chế độ deep sleep
  - Trở lại hoạt động từ ngắt GPIO, timer, đo ADC, ngắt với cảm ứng điện dung<sup>[3]</sup>



Hình 1. Vi điều khiển ESP32

## 2. Công nghệ Bluetooth Low Energy (BLE)

### 2.1. BLE là gì?

Bluetooth Low Energy (BLE) là công nghệ giao tiếp không dây công suất thấp có thể được sử dụng trong một khoảng cách ngắn để cho phép các thiết bị thông minh giao tiếp với nhau. Một số thiết bị bạn tương tác hàng ngày như điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh, thiết bị theo dõi thể dục, tai nghe không dây và máy tính đang sử dụng BLE để tạo ra trải nghiệm liền mạch.

BLE là một tiêu chuẩn Bluetooth tương đối mới được "định danh" bởi SIG (Bluetooth Special Interest Group) với trọng tâm cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng khi truyền dữ liệu. BLE có nhiều khả năng và được triển khai trong một loạt các lĩnh vực như sức khỏe, thể dục, bảo mật, tự động hóa gia đình, giải trí gia đình, công nghiệp thông minh và IoT (Internet of Things). Nó cũng được ứng dụng trên các thiết bị quen thuộc hàng ngày như điện thoại thông minh và máy tính xách tay mà bạn đang sử dụng.<sup>[4]</sup>

## 2.2. BLE hoạt động như thế nào?

BLE sử dụng cấu trúc dữ liệu phân cấp để xác định cấu trúc trao đổi thông tin. Một thiết bị BLE hoạt động như một thiết bị ngoại vi sẽ quảng cáo các dịch vụ và đặc điểm của nó để có thể được sử dụng trong việc giao tiếp với thiết bị khác. Các thuộc tính này được xác định bằng cách sử dụng cấu trúc GATT (Generic Attributes: thuộc tính chung). Các đặc điểm này thể hiện các giá trị dưới dạng gói thông tin nhỏ có thể thay đổi theo thời gian.

Các đặc tính có thể được xác định để chứa các giá trị theo kiểu đọc hoặc ghi. Các thiết bị ngoại vi cung cấp các đặc tính kiểu đọc sẽ thường công bố thông tin cho trung tâm để gửi dữ liệu đi. Các thiết bị ngoại vi cung cấp đặc điểm kiểu ghi thường có giao diện để nhận dữ liệu từ một trung tâm.

Giả sử chúng ta có một thiết bị ngoại vi triển khai BLE để cung cấp kết quả đọc nhiệt độ từ cảm biến. Thiết bị ngoại vi này sẽ có đặc tính nhiệt độ kiểu đọc với giá trị nhiệt độ hiện tại được đặt trên đặc tính. Khi nhiệt độ thay đổi, thiết bị ngoại vi sẽ cập nhật giá trị đặc tính. Sau đó, một thiết bị trung tâm được kết nối như máy tính hoặc điện thoại thông minh sẽ đăng ký các thay đổi trên đặc tính ngoại vi đó để cung cấp cập nhật thời gian thực của các kết quả đọc nhiệt độ qua BLE từ thiết bị ngoại vi.

Dữ liệu BLE được gửi và nhận dưới dạng các gói dữ liệu nhỏ. Trong BLE 4.0 và 4.1, kích thước dữ liệu tối đa là 27 byte. Gói dữ liệu cũng chứa một tiêu đề 4 byte khiến cho tổng kích thước gói sẽ là 31 byte.<sup>[4]</sup>

## 2.3. Ưu điểm và nhược điểm của BLE

### Ưu điểm

- Khả năng tiêu thụ năng lượng đến mức tối thiểu. Năng lượng được tối ưu hóa chỉ bật khi dữ liệu đến/đi cho phép thiết bị hoạt động vài năm chỉ với một viên pin nhỏ.
- Chi phí giá thành thấp do công nghệ sản xuất không quá phức tạp.
- BLE hoạt động ở tần số 2.4 Ghz ISM band tránh nhiễu sóng giữa các thiết bị WiFi và Bluetooth.
- Tốc độ thiết lập kết nối rất nhanh (khoảng 3 ms).



- BLE được tích hợp trên hầu hết điện thoại thông minh hiện nay là một ưu thế lớn.

#### Nhược điểm

- Băng thông nhỏ: theo lý thuyết tần số của sóng BLE trong không gian là 1Mbps và có thể nhỏ hơn trong thực tế do nhiều yếu tố.
- Khoảng cách bị giới hạn: BLE có khả năng truyền dữ liệu với khoảng cách tối đa 100m theo lý thuyết, trên thực tế là 30m và đạt hiệu quả cao nhất ở khoảng cách 2 – 5m.<sup>[4]</sup>

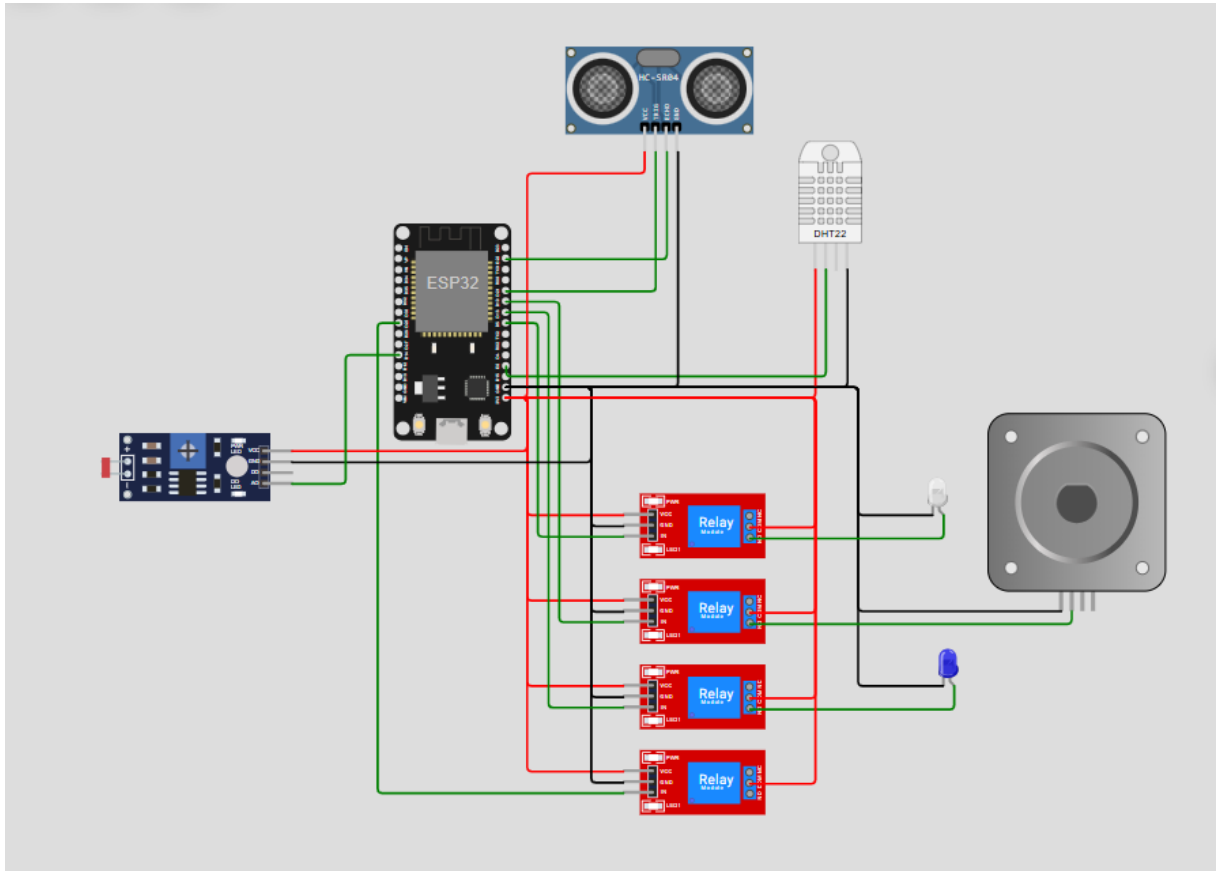
## CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ MẠCH

### 1. Sơ đồ kết nối ESP32 với HC-SR04

- ESP32 Dev Board
  - Vi điều khiển chính, hỗ trợ WiFi và Bluetooth.
  - Cung cấp nguồn điện và xử lý tín hiệu từ các cảm biến.
- Cảm biến siêu âm HC-SR04
  - Dùng để đo khoảng cách bằng cách phát và nhận sóng siêu âm.
  - Chân kết nối:
    - VCC (5V) → 5V trên ESP32 (Dây đỏ).
    - GND → GND trên ESP32 (Dây đen).
    - Trig → GPIO của ESP32 (Dây xanh, có thể là GPIO5).
    - Echo → GPIO của ESP32 (Dây xanh, có thể là GPIO18).
- Màn hình OLED 0.96 inch (I2C - SSD1306)
  - Hiển thị dữ liệu đo từ cảm biến siêu âm.
  - Chân kết nối:
    - GND → GND trên ESP32 (Dây đen).
    - VCC → 3.3V trên ESP32 (Dây đỏ).
    - SCL → GPIO22 trên ESP32 (Dây xanh).

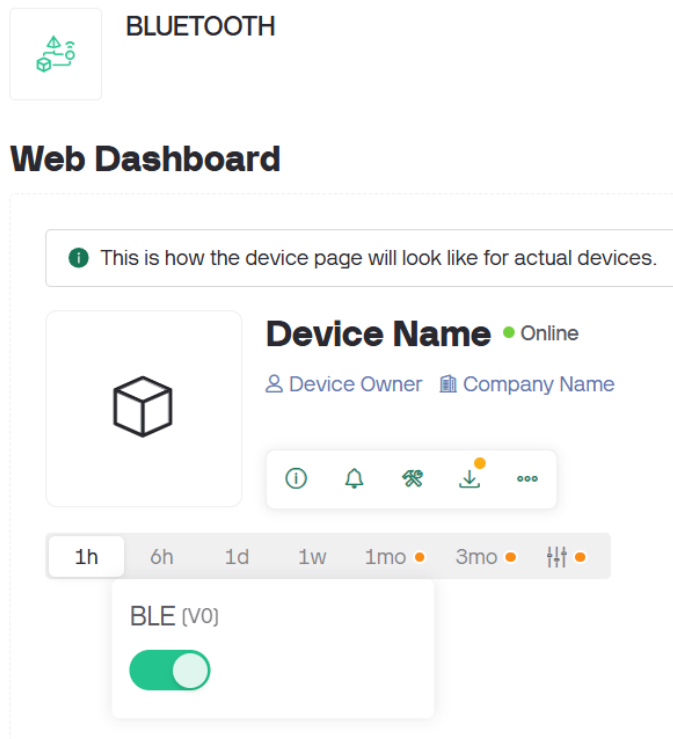
- SDA → GPIO21 trên ESP32 (Dây xanh).

## 2. Mô phỏng mạch bằng Wokwi



Hình 2. Mô phỏng bằng mạch Wokwi

### 3. Gửi dữ liệu bằng Blynk



Hình 3. Gửi dữ liệu bằng Blynk

### PHẦN 3: KẾT LUẬN

Hệ thống định vị trong nhà (Indoor Positioning System - IPS) sử dụng ESP32 và Bluetooth Low Energy (BLE) là một giải pháp tiềm năng nhờ chi phí thấp, dễ triển khai và tiêu thụ năng lượng ít. BLE có khả năng truyền tín hiệu ổn định trong môi trường khép kín, giúp hệ thống hoạt động hiệu quả trong các ứng dụng như theo dõi tài sản, dẫn đường trong tòa nhà, giám sát bệnh nhân và quản lý kho bãi.

Ưu điểm nổi bật của hệ thống bao gồm:

- Chi phí thấp: sử dụng phần cứng phổ biến, giá thành rẻ như ESP32.
- Dễ triển khai: kiến trúc hệ thống đơn giản, dễ tích hợp vào các ứng dụng IoT hiện có.
- Tiêu thụ năng lượng thấp: BLE được thiết kế để hoạt động hiệu quả với nguồn pin nhỏ.
- Khả năng ứng dụng linh hoạt: từ các tòa nhà lớn, bệnh viện cho đến kho hàng hoặc trung tâm thương mại.

Tuy nhiên, hệ thống cũng tồn tại một số nhược điểm cần khắc phục:

- Độ chính xác chưa cao, đặc biệt trong môi trường nhiều vật cản hoặc có nhiều thiết bị gây nhiễu.
- Giới hạn phạm vi hoạt động của tín hiệu BLE, ảnh hưởng đến khả năng định vị ở khoảng cách xa.
- Tốc độ xử lý và phản hồi còn phụ thuộc vào thuật toán và phần cứng sử dụng.
- Khả năng chống nhiễu tín hiệu còn hạn chế trong môi trường có nhiều thiết bị không dây.

Để cải thiện hiệu suất, các phương pháp như kết hợp với Wi-Fi, cảm biến quán tính (IMU), ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và tối ưu phần cứng có thể được áp dụng nhằm nâng cao độ chính xác và độ tin cậy của hệ thống.

Tổng thể, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ IoT và truyền thông không dây, việc nghiên cứu và tối ưu hóa hệ thống định vị BLE sử dụng ESP32 không chỉ giúp

nâng cao hiệu quả các giải pháp định vị trong nhà, mà còn mở ra nhiều tiềm năng ứng dụng thực tiễn trong tương lai.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tìm hiểu công nghệ và các hệ thống định vị trong nhà (IPS)

<https://onetech.vn/blog/he-thong-dinh-vi-trong-nha-ips-15503>

[2] Giới thiệu ESP32 là gì?

<https://www.iotzone.vn/esp32/esp32-co-ban/gioi-thieu-esp32-la-gi/>

[3] ESP32 - Giới thiệu module, Thông số kỹ thuật

<https://www.thegioiic.com/tin-tuc/esp32-gioi-thieu-module-thong-so-ky-thuat>

[4] BLE là gì? Cách hoạt động, ứng dụng và ưu nhược điểm của BLE trong cuộc sống

<https://homeq.vn/chia-se/kien-thuc/ble-la-gi-cach-hoat-dong-ung-dung-va-uu-nhuoc-diem-cua-ble-trong-cuoc-song>