

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC  
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

\*\*\*\*\*



**ĐỀ TÀI**

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

Ghi chú: Dùng Bluetooth Low Energy (BLE) trên ESP32 để xác định vị trí của thiết bị trong không gian nhỏ

**TÊN LỚP HỌC PHẦN – MÃ HỌC PHẦN**

**PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT – NHÓM 4 – 2024-2025.2.TIN4024.004**

**Giáo viên hướng dẫn : ThS.Võ Việt Dũng**

Huế, Tháng 04 Năm 2025

# MỤC LỤC

<b>I. Giới thiệu chung:</b>	2
1. Đặt vấn đề:	2
2. Tầm quan trọng của hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32 và BLE:	2
3. Mục tiêu nghiên cứu:	2
4. Lý do chọn ESP32 và BLE:	3
5. So sánh với các công nghệ khác:	3
<b>II. Cơ sở lý thuyết:</b>	4
1. Bluetooth Low Energy (BLE):	4
2. ESP32 và BLE:	5
3. Phương pháp xác định vị trí dựa trên BLE:	5
<b>III. Thiết kế hệ thống:</b>	7
1. Kiến trúc hệ thống:	7
2. Phần cứng:	7
3. Phần mềm:	7
<b>IV. Mô phỏng hệ thống trên Wokwi:</b>	8
1. Thiết kế mô phỏng:	8
2. Sơ đồ mô phỏng:	9
<b>V. Truyền dữ liệu và giám sát từ xa:</b>	9
<b>VI. Kết quả và đánh giá:</b>	10
1. Độ chính xác của hệ thống	10
2. Ảnh hưởng của môi trường:	10
3. Hiệu suất truyền dữ liệu:	10
<b>VII. Thách Thức và Giải Pháp:</b>	11
1. Thách thức về độ chính xác:	11
2. Thách thức về hiệu suất truyền dữ liệu:	11
3. Thách thức về chi phí triển khai:	11
4. Thách thức về bảo mật và quyền riêng tư:	11
5. Thách thức về tương thích phần cứng:	11
<b>VIII. Kết luận và hướng phát triển:</b>	12
1. Kết luận:	12
2. Hướng phát triển:	12
<b>IX. Ứng Dụng của Hệ Thống Định Vị trong Nhà:</b>	13
1. Điều hướng trong môi trường trong nhà:	13
2. Quản lý tài sản và theo dõi thiết bị:	13
3. Tiếp thị dựa trên vị trí:	14
4. Quản lý năng lượng thông minh:	14
<b>Tài Liệu Tham Khảo:</b>	15

# I. Giới thiệu chung:

## 1. Đặt vấn đề:

Trong kỷ nguyên bùng nổ của Internet of Things (IoT), việc xác định vị trí chính xác trong không gian khép kín đã trở thành một nhu cầu cấp thiết, không chỉ trong các ứng dụng thương mại như trung tâm mua sắm, bệnh viện mà còn trong các hệ thống quản lý thông minh như nhà kho tự động hay nhà ở thông minh. Không giống như định vị ngoài trời, nơi GPS thống trị với độ chính xác cao, định vị trong nhà gặp nhiều thách thức do tín hiệu vệ tinh bị suy yếu bởi các vật cản như tường, trần nhà và đồ nội thất. Hệ thống định vị trong nhà (Indoor Positioning System - IPS) ra đời để giải quyết vấn đề này, mang lại khả năng theo dõi vị trí của con người, thiết bị hoặc tài sản trong không gian khép kín với độ chính xác đủ để phục vụ các ứng dụng thực tế.

Trong số các công nghệ hỗ trợ IPS, Bluetooth Low Energy (BLE) nổi lên như một giải pháp tối ưu nhờ đặc tính tiêu thụ năng lượng thấp, khả năng triển khai linh hoạt và chi phí hợp lý. Khi kết hợp với ESP32 – một vi điều khiển mạnh mẽ tích hợp cả Wi-Fi và BLE – hệ thống định vị trong nhà không chỉ trở nên hiệu quả mà còn dễ dàng mở rộng để đáp ứng các nhu cầu đa dạng. Nghiên cứu này tập trung vào việc tận dụng BLE trên ESP32 để xác định vị trí của thiết bị trong không gian nhỏ (khoảng 5-10 mét), một phạm vi lý tưởng cho các ứng dụng như giám sát thiết bị trong phòng, định vị robot trong nhà hoặc theo dõi tài sản trong kho nhỏ.

## 2. Tầm quan trọng của hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32 và BLE:

Hệ thống định vị trong nhà đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả quản lý và cải thiện trải nghiệm người dùng trong nhiều lĩnh vực:

- **Quản lý tài sản:** Theo dõi vị trí của thiết bị y tế trong bệnh viện hoặc hàng hóa trong kho, giảm thiểu thời gian tìm kiếm và nguy cơ thất lạc.
- **Giám sát an ninh:** Phát hiện sự di chuyển bất thường của đối tượng trong không gian khép kín, hỗ trợ bảo vệ tài sản.
- **Trải nghiệm người dùng:** Hỗ trợ điều hướng trong các tòa nhà lớn như trung tâm thương mại hoặc sân bay, cung cấp thông tin theo thời gian thực dựa trên vị trí.

Sự kết hợp giữa ESP32 và BLE mang lại nhiều lợi ích vượt trội:

- **Tiết kiệm năng lượng:** BLE được thiết kế để hoạt động với mức tiêu thụ điện năng tối thiểu, phù hợp cho các thiết bị chạy pin trong thời gian dài.
- **Chi phí thấp:** So với các công nghệ như Ultra Wideband (UWB) hay Wi-Fi, ESP32 và BLE có giá thành phải chăng, dễ tiếp cận cho cả cá nhân và doanh nghiệp nhỏ.
- **Tính linh hoạt:** Hệ thống có thể mở rộng bằng cách thêm các beacon ESP32 mà không cần cơ sở hạ tầng phức tạp, phù hợp với không gian nhỏ lẫn lớn.

## 3. Mục tiêu nghiên cứu:

Nghiên cứu này nhằm đạt được các mục tiêu sau:

- **Nghiên cứu lý thuyết:**
  - Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của BLE trong hệ thống định vị.
  - So sánh BLE với các công nghệ định vị trong nhà khác như Wi-Fi, UWB, RFID.

- **Xây dựng và mô phỏng hệ thống:**
  - Thiết kế hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32 và BLE. Mô phỏng hệ thống trên PlatformIO.
- **Triển khai và đánh giá:**
  - Gửi dữ liệu lên nền tảng giám sát vào Telegram.
  - Đánh giá độ chính xác và hiệu suất của hệ thống trong môi trường giả lập.

#### 4. Lý do chọn ESP32 và BLE:

ESP32 và BLE là sự lựa chọn lý tưởng cho hệ thống định vị trong nhà nhờ vào khả năng kết nối mạnh mẽ, tiết kiệm năng lượng và chi phí hợp lý:

**ESP32** là một vi điều khiển mạnh mẽ với kiến trúc **Xtensa LX6**, trang bị **hai lõi xử lý đa nhiệm và hỗ trợ cả WiFi và Bluetooth Low Energy (BLE)**. Với khả năng kết nối ổn định và **tiết kiệm năng lượng**, ESP32 là lựa chọn lý tưởng cho các ứng dụng **IoT**, đặc biệt là trong các **hệ thống định vị trong nhà**. BLE, là phiên bản **tiết kiệm năng lượng của Bluetooth**, cho phép truyền tải dữ liệu hiệu quả với mức tiêu thụ điện năng thấp, rất phù hợp cho các thiết bị cần hoạt động lâu dài mà không cần thay pin thường xuyên.

Một trong những **ưu điểm lớn nhất** của ESP32 là **chi phí hợp lý** trong khi vẫn cung cấp **hiệu suất cao**. So với các vi điều khiển cùng tính năng, ESP32 giúp các dự án IoT tiết kiệm chi phí, đồng thời **cộng đồng phát triển mạnh mẽ** cung cấp nhiều tài nguyên hỗ trợ kỹ thuật. Điều này giúp **giảm thời gian phát triển** và mang lại **hiệu quả cao** trong việc triển khai sản phẩm.

**BLE** hoạt động thông qua việc phát sóng **tín hiệu quảng bá**, với **thiết bị thu sóng** nhận tín hiệu và xác định **khoảng cách** dựa trên **cường độ tín hiệu (RSSI)**. Khi có tín hiệu từ ít nhất **ba thiết bị phát**, phương pháp **trilateration** sẽ được sử dụng để xác định **vị trí** của thiết bị với **độ chính xác cao**. Đây là một phương pháp rất **phù hợp** cho các hệ thống định vị trong **không gian nhỏ**, như **trong nhà hay kho bãi**.

Sự kết hợp giữa **ESP32 và BLE** mang đến một hệ thống **định vị chính xác và tiết kiệm năng lượng**, lý tưởng cho các ứng dụng trong **tòa nhà thông minh, giám sát kho hàng, bệnh viện** và các ứng dụng IoT khác. Với lợi thế về **chi phí thấp, hiệu suất cao** và khả năng **mở rộng**, giải pháp này giúp các **doanh nghiệp và cá nhân** dễ dàng triển khai các hệ thống **theo dõi vị trí hiệu quả**.

#### 5. So sánh với các công nghệ khác:

- **WiFi:** WiFi có thể được sử dụng cho định vị trong nhà nhưng tiêu thụ năng lượng cao hơn và độ chính xác thường thấp hơn so với BLE.
- **UWB (Ultra Wideband):** UWB cung cấp độ chính xác cao hơn BLE nhưng yêu cầu phần cứng đắt đỏ và tiêu thụ năng lượng cao hơn, làm hạn chế khả năng triển khai rộng rãi.
- **RFID:** RFID phù hợp cho việc theo dõi đối tượng nhưng thường yêu cầu cơ sở hạ tầng phức tạp và không cung cấp độ chính xác cao trong việc xác định vị trí trong không gian rộng.

Công nghệ	Độ chính xác	Tiêu thụ năng lượng	Chi phí triển khai	Ứng dụng phổ biến
BLE	Trung bình (1-3m)	Thấp	Thấp	Định vị trong nhà, IoT
Wi-Fi	Thấp (>5m)	Cao	Trung bình	Định vị sơ bộ trong văn phòng
UWB	Cao (<30cm)	Cao	Đắt đỏ	Định vị chính xác cao (kho hàng, bệnh viện)
RFID	Trung bình (1-5m)	Thấp	Cao	Theo dõi hàng hóa, quản lý kho

## II. Cơ sở lý thuyết:

### 1. Bluetooth Low Energy (BLE):

Bluetooth Low Energy (BLE) là một công nghệ truyền thông không dây được thiết kế để tiết kiệm năng lượng, thích hợp cho các ứng dụng IoT (Internet of Things) và các thiết bị sử dụng pin với thời gian hoạt động lâu dài. BLE hoạt động trong dải tần **2.4 GHz**, giống như Bluetooth Classic và Wi-Fi, nhưng cách thức truyền tải dữ liệu của BLE giúp giảm đáng kể mức năng lượng tiêu thụ.

#### Đặc điểm nổi bật của BLE:

- **Tiết kiệm năng lượng:** BLE chỉ truyền dữ liệu khi cần thiết và có thể hoạt động trong chế độ chờ một thời gian dài, do đó giảm tiêu thụ năng lượng so với Bluetooth Classic.
- **Phát tín hiệu với beacon:** BLE sử dụng các thiết bị nhỏ gọi là **beacon**, phát tín hiệu không ngừng để các thiết bị khác có thể nhận và xử lý.
- **Điều chế GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying):** BLE sử dụng phương pháp điều chế tần số để truyền tín hiệu, giúp giảm thiểu nhiễu và nâng cao khả năng truyền dữ liệu ổn định.
- **Chia thành 40 kênh:** Trong tổng số 40 kênh này, có **3 kênh quảng bá** (Advertising Channels) để phát tín hiệu và **37 kênh dữ liệu** (Data Channels) để truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị.

=> **Ưu điểm của BLE trong ứng dụng IoT:** Với các đặc tính này, BLE đặc biệt phù hợp cho các thiết bị có nguồn pin hạn chế, như đồng hồ thông minh, cảm biến nhiệt độ, thiết bị y tế, v.v. Ngoài ra, BLE còn có thể sử dụng các **thông số như RSSI (Received Signal Strength Indicator)** để ước lượng khoảng cách giữa các thiết bị.

## 2. ESP32 và BLE:

ESP32 là một **vi điều khiển mạnh mẽ** được phát triển bởi **Espressif Systems**, với khả năng tích hợp cả **Wi-Fi và Bluetooth**. Đây là một vi điều khiển lý tưởng cho các dự án IoT, đặc biệt là các hệ thống định vị trong nhà. ESP32 không chỉ hỗ trợ **Bluetooth Classic** mà còn hỗ trợ **Bluetooth Low Energy (BLE)**, cho phép kết nối với các thiết bị sử dụng BLE và triển khai các ứng dụng định vị.

### Các vai trò của ESP32 trong hệ thống định vị BLE:

- **Beacon:** ESP32 có thể phát tín hiệu BLE liên tục để các thiết bị khác có thể nhận diện và tính toán khoảng cách (thông qua RSSI).
- **Scanner:** ESP32 có thể nhận tín hiệu từ các beacon khác và ước lượng khoảng cách từ tín hiệu nhận được.
- **GATT Server/Client:** ESP32 hỗ trợ giao thức **GATT** (Generic Attributes), cho phép các thiết bị BLE truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị ESP32 và các ứng dụng di động hoặc hệ thống máy tính.

**Lập trình ESP32 với BLE:** ESP32 hỗ trợ các thư viện lập trình như **ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework)** và **Arduino BLE**, giúp các lập trình viên dễ dàng phát triển ứng dụng BLE. Thông qua các thư viện này, việc lập trình ESP32 để triển khai hệ thống định vị trong nhà trở nên dễ dàng và linh hoạt.

## 3. Phương pháp xác định vị trí dựa trên BLE:

Trong các hệ thống định vị trong nhà sử dụng BLE, có nhiều phương pháp để xác định vị trí của thiết bị. Dưới đây là các phương pháp phổ biến:

**a. RSSI (Received Signal Strength Indicator):** Phương pháp này đo cường độ tín hiệu BLE nhận được để ước tính khoảng cách giữa thiết bị và beacon. Mặc dù phương pháp này rất dễ triển khai và không yêu cầu phần cứng phức tạp, nhưng độ chính xác thấp do tín hiệu BLE có thể bị suy giảm bởi vật cản và nhiễu.

- **Ưu điểm:** Dễ triển khai, chi phí thấp.
- **Nhược điểm:** Độ chính xác thấp, ảnh hưởng bởi môi trường và vật cản.

**b. Triangulation (Định vị tam giác):** Phương pháp này sử dụng tín hiệu từ **nhiều beacon** để xác định vị trí của thiết bị. Bằng cách đo cường độ tín hiệu từ các beacon khác nhau, ta có thể tính toán được vị trí thông qua phương pháp hình học. Triangulation giúp cải thiện độ chính xác so với phương pháp RSSI đơn thuần.

- **Ưu điểm:** Cải thiện độ chính xác, dễ triển khai.
- **Nhược điểm:** Cần nhiều beacon ở vị trí cố định và chi phí lắp đặt có thể cao hơn.

**c. Fingerprinting (Dấu vân tay tín hiệu):** Phương pháp này liên quan đến việc **ghi nhận các tín hiệu BLE** từ các beacon tại các vị trí khác nhau trong môi trường và lưu lại dữ liệu đó vào cơ sở dữ liệu. Sau khi thu thập đủ dữ liệu, hệ thống có thể so sánh tín hiệu hiện tại với dữ liệu đã thu thập để xác định vị trí.

- **Ưu điểm:** Độ chính xác cao, không cần phần cứng phức tạp.
- **Nhược điểm:** Cần thu thập dữ liệu trước và có thể mất thời gian huấn luyện hệ thống.

**d. Angle of Arrival (AoA) và Angle of Departure (AoD):** Các phương pháp này sử dụng **nhiều anten** để đo góc đến và góc đi của tín hiệu BLE. Điều này giúp cải thiện độ chính xác của hệ thống định vị, đặc biệt là khi cần xác định vị trí với sai số nhỏ, có thể đạt được sai số chỉ vài cm.

- **Ưu điểm:** Độ chính xác cao, phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu chính xác tuyệt đối.
- **Nhược điểm:** Cần phần cứng chuyên dụng, chi phí cao.

#### 4. Tổng quan tài liệu và dự án liên quan đã tham khảo:

Để thực hiện các dự án liên quan đến hệ thống định vị trong nhà sử dụng BLE và ESP32, nhiều tài liệu và dự án mã nguồn mở đã được phát triển và công bố. Một số tài liệu và dự án tiêu biểu bao gồm:

**a. ESP32 Bluetooth Low Energy Indoor Positioning System (Random Nerd Tutorials):** Đây là một tài liệu hướng dẫn chi tiết cách sử dụng ESP32 và BLE để triển khai hệ thống định vị trong nhà, bao gồm cách lập trình và cấu hình thiết bị.

**b. Dự án mã nguồn mở trên GitHub: ESP32 Indoor Positioning (GitHub Repository):** Đây là một dự án mã nguồn mở trên GitHub, cung cấp các đoạn mã mẫu và hướng dẫn triển khai hệ thống định vị BLE sử dụng ESP32. Dự án này rất hữu ích cho những ai muốn học hỏi và áp dụng BLE trong các ứng dụng thực tế.

**c. So sánh các công nghệ định vị trong nhà (Indoor Navigation Technologies):** Nghiên cứu này phân tích và so sánh sự khác biệt giữa các công nghệ định vị trong nhà như BLE, Wi-Fi, UWB và RFID, giúp hiểu rõ hơn về ưu nhược điểm của mỗi công nghệ trong các ứng dụng định vị.

**d. Tài liệu chính thức về ESP32 và BLE (Espressif ESP-IDF Bluetooth API):** Tài liệu này cung cấp thông tin chi tiết về kiến trúc Bluetooth của ESP32, giúp lập trình viên hiểu rõ cách thức BLE hoạt động và cách lập trình các ứng dụng BLE trên ESP32.

=> Bluetooth Low Energy (BLE) là một công nghệ không thể thiếu trong các ứng dụng IoT, đặc biệt là trong các hệ thống định vị trong nhà. ESP32, với khả năng hỗ trợ cả Wi-Fi và BLE, trở thành nền tảng lý tưởng cho việc triển khai các dự án IoT. Các phương pháp xác định vị trí như RSSI, triangulation, fingerprinting và AoA/AoD đều có ưu nhược điểm riêng và có thể được áp dụng tùy vào yêu cầu và đặc điểm của hệ thống. Các tài liệu và dự án mã nguồn mở sẽ giúp lập trình viên dễ dàng tiếp cận và triển khai các giải pháp định vị BLE hiệu quả.

### III. Thiết kế hệ thống:

#### 1. Kiến trúc hệ thống:

Hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32 và BLE bao gồm các thành phần chính sau:

- **Các ESP32 beacon:** Đóng vai trò phát tín hiệu BLE định kỳ, có thể đặt tại các vị trí cố định trong khu vực cần định vị.
- **ESP32 receiver (Bộ thu):** Nhận tín hiệu BLE từ các beacon và đo cường độ tín hiệu (RSSI) để xác định vị trí tương đối.
- **Máy chủ xử lý dữ liệu:** Thu thập dữ liệu từ ESP32 receiver, phân tích và hiển thị vị trí thông qua nền tảng giám sát.
- **Các cảm biến bổ sung:** DHT22 (đo nhiệt độ, độ ẩm), LDR (đo ánh sáng), HC-SR04 (đo khoảng cách) để thu thập thông tin môi trường.
- **Nền tảng giám sát từ xa:** Sử dụng Telegram để theo dõi vị trí theo thời gian thực.
- **Mô phỏng hệ thống trên Wokwi:** Giúp kiểm tra hoạt động trước khi triển khai thực tế.

#### 2. Phần cứng:

Hệ thống sử dụng các thành phần phần cứng sau:

- **ESP32:** Đóng vai trò là beacon và receiver. Một số model phổ biến là ESP32-WROOM-32 và ESP32-WROVER.
- **Cảm biến môi trường:**
- **DHT22:** Đo nhiệt độ và độ ẩm, giúp đánh giá điều kiện môi trường ảnh hưởng đến tín hiệu BLE.
- **LDR (Light Dependent Resistor):** Cảm biến ánh sáng, có thể ảnh hưởng đến chất lượng truyền tín hiệu BLE.
- **HC-SR04:** Cảm biến siêu âm đo khoảng cách, giúp xác minh vị trí thực tế của thiết bị.
- **Máy tính hoặc máy chủ:** Xử lý dữ liệu thu được từ ESP32 và hiển thị kết quả.
- **Kết nối WiFi:** Để truyền dữ liệu vị trí lên nền tảng giám sát Telegram.

#### 3. Phần mềm:

Hệ thống sử dụng các công cụ và nền tảng phần mềm sau để thực hiện chức năng giám sát từ xa qua Telegram:

- **Lập trình ESP32 bằng PlatformIO:** Việc lập trình cho ESP32 sẽ được thực hiện thông qua môi trường phát triển Arduino IDE hoặc PlatformIO. Mã nguồn sẽ được viết để cấu hình ESP32 hoạt động như một beacon (phát tín hiệu BLE) hoặc receiver (nhận tín hiệu từ các beacon khác) tùy theo yêu cầu của hệ thống.
- **Mô phỏng trên Wokwi:** Trước khi triển khai hệ thống trên phần cứng thực tế, chúng ta sẽ sử dụng nền tảng mô phỏng **Wokwi**. Wokwi giúp mô phỏng hoạt động của



ESP32 cùng các cảm biến liên quan để kiểm tra mã nguồn và đảm bảo mọi thành phần hoạt động đúng trước khi chạy trên thiết bị thực tế.

- **Giao tiếp dữ liệu:**

- **Telegram Bot:** Để giám sát từ xa, chúng ta sử dụng Telegram Bot để gửi thông báo về vị trí và các thay đổi từ hệ thống. Khi có sự thay đổi đột ngột về vị trí hoặc cảm biến, Telegram Bot sẽ gửi cảnh báo đến người dùng.

- **WiFi:** ESP32 sẽ kết nối đến mạng WiFi để truyền tải thông tin qua Internet. Khi có thay đổi về vị trí hoặc các dữ liệu cảm biến khác, thông tin sẽ được gửi từ ESP32 đến Telegram Bot qua Internet.

- **Xử lý và hiển thị dữ liệu:**

- **Telegram Bot:** Với Telegram Bot, chúng ta không cần phải sử dụng các nền tảng giám sát khác như ThingSpeak hay Blynk. Bot sẽ gửi thông báo cảnh báo trực tiếp đến người dùng qua Telegram khi có sự thay đổi về vị trí hoặc điều kiện môi trường. Người dùng có thể nhận thông báo này trên điện thoại hoặc máy tính và theo dõi các thay đổi của hệ thống định vị.

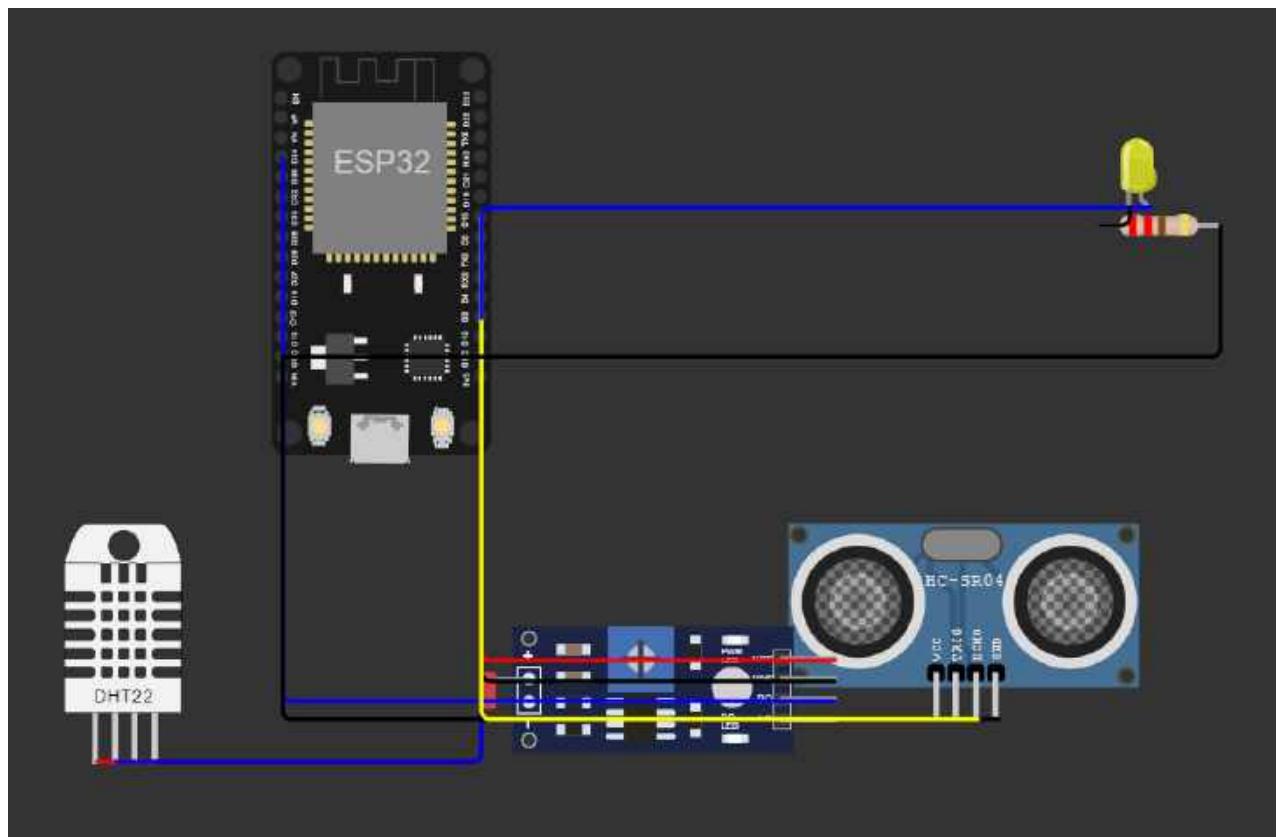
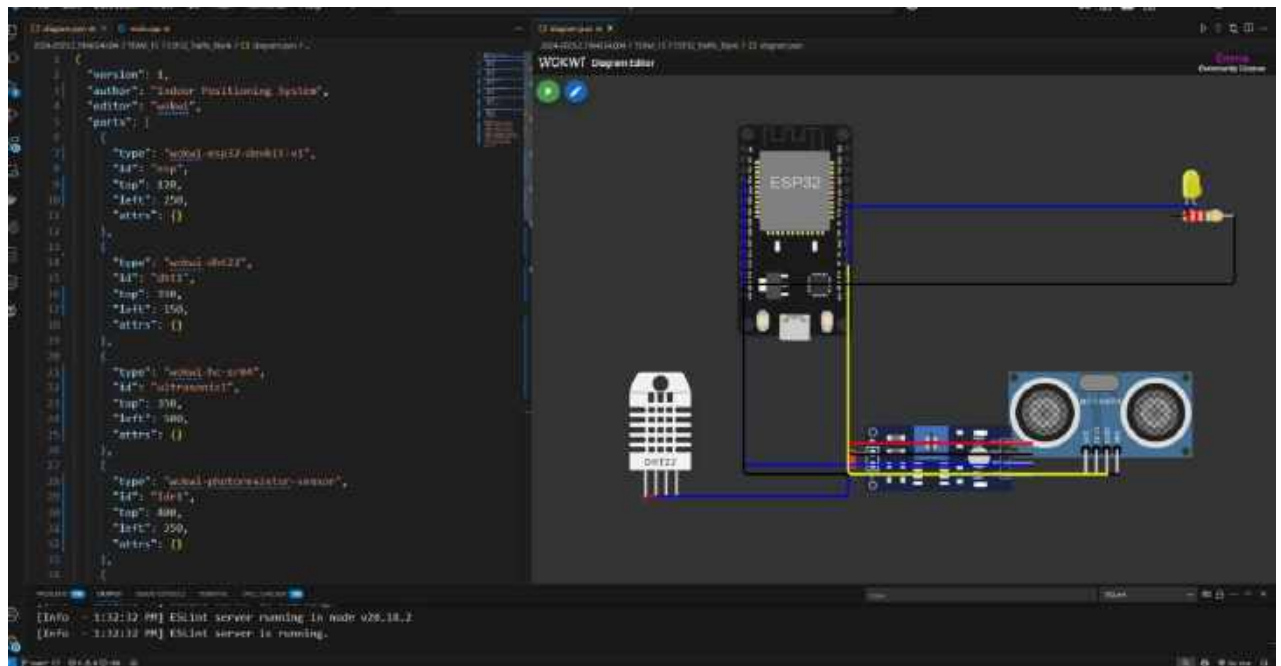
Với các công cụ phần mềm này, hệ thống có thể dễ dàng giám sát từ xa và cung cấp cảnh báo kịp thời thông qua Telegram khi có sự thay đổi về vị trí hoặc các chỉ số cảm biến. Wokwi là một nền tảng mô phỏng phần cứng cho các dự án IoT, giúp thử nghiệm mã nguồn và kiểm tra hoạt động của thiết bị mà không cần phần cứng thực tế.

## IV. Mô phỏng hệ thống trên Wokwi:

### 1. Thiết kế mô phỏng:

- **ESP32 được lập trình để phát tín hiệu BLE và thu tín hiệu từ các beacon khác.** Điều này giúp mô phỏng cách thiết bị nhận và xử lý dữ liệu vị trí.
- **Cảm biến DHT22 mô phỏng dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm.** Điều này giúp bổ sung thông tin môi trường vào hệ thống định vị.
- **Cảm biến LDR đo ánh sáng môi trường xung quanh.** Đây là một yếu tố quan trọng có thể ảnh hưởng đến hiệu suất truyền tín hiệu BLE.
- **Nếu Wokwi không hỗ trợ cảm biến cụ thể, dữ liệu sẽ được tạo ngẫu nhiên để** đảm bảo mô phỏng hoạt động đúng.
- **Dữ liệu được gửi lên nền tảng giám sát để hiển thị và phân tích:** Sử dụng Telegram để theo dõi từ xa.

## 2. Sơ đồ mô phỏng:



## V. Truyền dữ liệu và giám sát từ xa:

Code minh họa:

[https://drive.google.com/file/d/1QI4ZeHJq9QQMNnmdc6iiPR-ZS\\_ZUxYtW/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1QI4ZeHJq9QQMNnmdc6iiPR-ZS_ZUxYtW/view?usp=drive_link)

## VI. Kết quả và đánh giá:

### 1. Độ chính xác của hệ thống

Việc sử dụng ESP32 để thu thập dữ liệu từ các cảm biến và gửi thông tin lên Telegram giúp cung cấp cập nhật nhanh chóng theo thời gian thực. Tuy nhiên, độ chính xác của hệ thống phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- **Tốc độ truyền dữ liệu:** Thời gian phản hồi từ ESP32 đến máy chủ Telegram thường dao động trong khoảng 1-3 giây, phụ thuộc vào tốc độ mạng Wi-Fi và độ trễ của Telegram Bot API.
- **Độ tin cậy của dữ liệu cảm biến:** Cảm biến BLE có thể bị ảnh hưởng bởi môi trường xung quanh, khiến dữ liệu vị trí có sai số từ 1-3 mét.
- **Xử lý dữ liệu trên Telegram:** Các thông báo gửi về Telegram có thể được cấu hình để chỉ hiển thị thông tin quan trọng, giúp giảm tải dữ liệu không cần thiết.

### 2. Ảnh hưởng của môi trường:

Việc truyền dữ liệu từ ESP32 lên Telegram có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường:

- **Nhiều sóng Wi-Fi:** Nếu hệ thống hoạt động trong môi trường có nhiều thiết bị sử dụng băng tần 2.4GHz, dữ liệu có thể bị trễ hoặc mất gói tin.
- **Vật cản vật lý:** Nếu ESP32 ở trong khu vực có nhiều vật cản (tường dày, kim loại), tín hiệu có thể bị suy giảm, làm giảm hiệu suất truyền dữ liệu.
- **Điều kiện thời tiết:** Nếu sử dụng hệ thống ở môi trường có độ ẩm cao hoặc nhiệt độ thay đổi đột ngột, cảm biến có thể hoạt động không ổn định, ảnh hưởng đến độ chính xác của dữ liệu gửi đi.

### 3. Hiệu suất truyền dữ liệu:

- **Tần suất gửi dữ liệu:** Để tránh tình trạng quá tải hoặc bị giới hạn bởi Telegram API, hệ thống có thể được thiết lập để gửi dữ liệu theo chu kỳ tối ưu (ví dụ: 5-10 giây/lần).
- **Phản hồi thời gian thực:** Telegram Bot hỗ trợ cập nhật nhanh, giúp người dùng theo dõi thông tin mà không cần truy cập vào giao diện phức tạp.
- **Bảo mật và quyền riêng tư:** Vì dữ liệu được gửi thông qua Telegram, cần đảm bảo rằng bot chỉ gửi thông tin đến người dùng được ủy quyền, tránh rò rỉ thông tin.

=> Việc sử dụng Telegram để giám sát dữ liệu cảm biến từ ESP32 mang lại nhiều lợi ích như cập nhật thời gian thực, tính linh hoạt cao và dễ dàng triển khai. Tuy nhiên, để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và chính xác, cần tối ưu hóa tần suất gửi dữ liệu, lựa chọn cảm biến phù hợp và kiểm soát điều kiện môi trường.

## VII. Thách Thức và Giải Pháp:

### 1. Thách thức về độ chính xác:

- **Mô tả:** Độ chính xác của hệ thống có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như nhiễu tín hiệu, khoảng cách giữa các beacon, hoặc các vật cản trong môi trường như tường, cửa sổ.
- **Giải pháp:** Áp dụng thuật toán xử lý tín hiệu nâng cao, sử dụng nhiều beacon và cải thiện chiến lược định vị dựa trên tín hiệu RSSI (Received Signal Strength Indicator) để giảm thiểu sai số.

### 2. Thách thức về hiệu suất truyền dữ liệu:

- **Mô tả:** BLE có giới hạn về băng thông, điều này có thể ảnh hưởng đến việc truyền tải dữ liệu liên tục, đặc biệt trong các môi trường có nhiều thiết bị kết nối đồng thời.
- **Giải pháp:** Tối ưu hóa giao thức truyền dữ liệu bằng cách sử dụng các kỹ thuật như phân chia dữ liệu theo khối (chunking), tối ưu hóa thời gian truyền tín hiệu, và giảm thiểu tải cho mạng.

### 3. Thách thức về chi phí triển khai:

- **Mô tả:** Mặc dù ESP32 và BLE có chi phí thấp, nhưng việc triển khai một hệ thống có độ phủ sóng rộng và độ chính xác cao có thể yêu cầu nhiều beacon và cơ sở hạ tầng bổ sung.
- **Giải pháp:** Xây dựng kế hoạch triển khai hợp lý, kết hợp giữa việc sử dụng số lượng beacon vừa đủ và việc phát triển các phương án tiết kiệm chi phí cho các ứng dụng trong không gian lớn.

### 4. Thách thức về bảo mật và quyền riêng tư:

- **Mô tả:** Vì BLE liên quan đến việc trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị, bảo mật và quyền riêng tư trở thành vấn đề quan trọng, đặc biệt trong môi trường có nhiều người sử dụng.
- **Giải pháp:** Sử dụng các biện pháp bảo mật BLE như mã hóa dữ liệu, xác thực thiết bị, và tuân thủ các quy chuẩn bảo mật như GDPR (General Data Protection Regulation).

### 5. Thách thức về tương thích phần cứng:

- **Mô tả:** Các thiết bị BLE không đồng nhất về cấu hình phần cứng có thể dẫn đến sự không tương thích trong hệ thống.
- **Giải pháp:** Đảm bảo rằng hệ thống phần mềm hỗ trợ nhiều loại thiết bị BLE khác nhau, đồng thời thực hiện kiểm tra và tối ưu hóa phần cứng trước khi triển khai thực tế.

## VIII. Kết luận và hướng phát triển:

### 1. Kết luận:

Hệ thống định vị trong nhà sử dụng **ESP32 và BLE** đã chứng minh tiềm năng ứng dụng cao trong nhiều lĩnh vực như **giám sát đối tượng, quản lý kho hàng, theo dõi bệnh nhân, và hỗ trợ nhà thông minh**. Nhờ vào khả năng thu thập dữ liệu từ các cảm biến như **DHT22 (nhiệt độ, độ ẩm), LDR (ánh sáng), HC-SR04 (khoảng cách)** và truyền thông tin lên **Telegram**, hệ thống có thể cung cấp các thông tin quan trọng trong thời gian thực.

Tuy nhiên, việc xác định vị trí bằng **BLE** vẫn gặp một số hạn chế, đặc biệt là **sai số trong định vị do tín hiệu bị nhiễu hoặc suy hao**. Việc cải tiến thuật toán xử lý tín hiệu, kết hợp với các công nghệ hiện đại như **AI, dữ liệu lớn (Big Data)**, và các nền tảng giám sát nâng cao có thể giúp tối ưu hóa hiệu suất hệ thống trong tương lai.

### 2. Hướng phát triển:

Để hệ thống đạt được độ chính xác cao hơn và có thể ứng dụng thực tế trong nhiều lĩnh vực, cần tập trung vào các hướng phát triển sau:

#### a. Cải thiện thuật toán xử lý tín hiệu BLE để nâng cao độ chính xác

- **Triangulation cải tiến:** Áp dụng thuật toán **triangulation** kết hợp với bộ lọc **Kalman** hoặc **Particle Filter** để giảm thiểu nhiễu và tối ưu hóa vị trí xác định.
- **Học sâu (Deep Learning) để hiệu chỉnh sai số:** Thu thập dữ liệu **RSSI** theo thời gian và huấn luyện mô hình **Machine Learning** để dự đoán vị trí chính xác hơn.
- **Cân bằng giữa tốc độ cập nhật và độ chính xác:** Điều chỉnh **tần suất gửi tín hiệu BLE** để phù hợp với từng ứng dụng (ví dụ: cập nhật nhanh cho robot tự hành, cập nhật chậm hơn cho giám sát tài sản).

#### b. Thử nghiệm và tích hợp thêm nhiều loại cảm biến để bổ sung dữ liệu

Hiện tại, hệ thống chỉ sử dụng các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng. Trong tương lai, có thể mở rộng bằng cách tích hợp thêm:

- **Cảm biến IMU (Gia tốc, con quay hồi chuyển):** Hỗ trợ nhận diện chuyển động của đối tượng để cải thiện khả năng xác định vị trí.
- **Cảm biến CO2, khí gas:** Ứng dụng trong nhà thông minh để cảnh báo về chất lượng không khí.
- **Cảm biến RFID/NFC:** Kết hợp với BLE để hỗ trợ nhận diện chính xác vị trí của đối tượng cố định (ví dụ: theo dõi hàng hóa trong kho).

#### c. Tối ưu hóa giao thức truyền dữ liệu và nền tảng giám sát

- **Sử dụng MQTT thay vì HTTP:** MQTT tối ưu hóa việc gửi dữ liệu theo thời gian thực và giảm tải cho ESP32 so với giao thức HTTP.
- **Phát triển giao diện giám sát chuyên biệt:** Hiện tại, hệ thống sử dụng Telegram, nhưng trong tương lai có thể xây dựng **dashboard tùy chỉnh trên web hoặc ứng dụng di động** để hiển thị dữ liệu vị trí chi tiết hơn.

- **Mở rộng tính năng điều khiển từ xa:** Thay vì chỉ nhận dữ liệu, Telegram có thể được lập trình để cho phép người dùng gửi lệnh từ xa, ví dụ: **bật/tắt hệ thống cảnh báo, thay đổi tần suất cập nhật dữ liệu, hoặc điều khiển thiết bị thông minh dựa trên vị trí.**

#### d. Ứng dụng AI để tối ưu hóa vị trí và dự đoán di chuyển

- **Dự đoán quỹ đạo di chuyển:** Sử dụng **học máy (Machine Learning)** để dự đoán đường đi của đối tượng trong không gian dựa trên dữ liệu thu thập trước đó.
- **Hệ thống tự học và thích nghi:** Cho phép hệ thống tự động hiệu chỉnh thuật toán định vị theo môi trường cụ thể, giảm thiểu sai số do vật cản hoặc nhiễu tín hiệu.
- **Nhận diện hành vi người dùng:** Phân tích dữ liệu di chuyển để phát hiện các bất thường (ví dụ: bệnh nhân rời khỏi khu vực an toàn, tài sản bị di chuyển bất thường trong kho).

#### e. Ứng dụng thực tế trong các lĩnh vực khác nhau

Hệ thống có thể mở rộng để áp dụng vào nhiều lĩnh vực quan trọng như:

- **Nhà thông minh:** Kết hợp hệ thống định vị với **công tắc thông minh, cảm biến cửa, camera an ninh** để tự động điều chỉnh môi trường (bật đèn khi có người vào phòng, gửi cảnh báo nếu phát hiện người lạ).
- **Chăm sóc sức khỏe:** Ứng dụng trong bệnh viện để **theo dõi bệnh nhân lớn tuổi hoặc người mắc bệnh mất trí nhớ**, cảnh báo khi họ đi vào khu vực nguy hiểm.
- **Quản lý kho hàng:** Sử dụng BLE để **theo dõi vị trí chính xác của hàng hóa**, giảm thiểu thời gian tìm kiếm và tăng hiệu suất vận hành.
- **An ninh và giám sát:** Hệ thống có thể tích hợp với **cảnh báo xâm nhập, phát hiện hành vi bất thường** để bảo vệ tài sản.

=> Việc định vị trong nhà bằng **ESP32 và BLE** là một công nghệ đầy triển vọng, nhưng để tối ưu hóa hiệu suất, cần **cải thiện thuật toán, tích hợp thêm cảm biến, tối ưu giao thức truyền dữ liệu, ứng dụng AI, và triển khai vào thực tế.** Nếu được phát triển đúng hướng, hệ thống này có thể trở thành một giải pháp quan trọng trong lĩnh vực **IoT, nhà thông minh, y tế, an ninh, và quản lý tài sản.**

## IX. Ứng Dụng của Hệ Thống Định Vị trong Nhà:

### 1. Điều hướng trong môi trường trong nhà:

Hệ thống IPS có thể giúp người dùng điều hướng trong các không gian phức tạp như trung tâm thương mại, bệnh viện, và sân bay. Thiết bị di động có thể nhận tín hiệu BLE từ các beacon và cung cấp chỉ đường chính xác đến điểm cần đến.

### 2. Quản lý tài sản và theo dõi thiết bị:

Trong môi trường như kho bãi hoặc bệnh viện, IPS có thể giúp theo dõi và xác định vị trí của các tài sản hoặc thiết bị. Điều này giúp giảm thiểu mất mát và tăng cường hiệu quả quản lý.

### **3. Tiếp thị dựa trên vị trí:**

IPS có thể cung cấp thông tin về vị trí người dùng trong thời gian thực và cho phép các nhà quảng cáo gửi thông điệp tiếp thị phù hợp đến người dùng khi họ ở gần các beacon cụ thể.

### **4. Quản lý năng lượng thông minh:**

IPS có thể được sử dụng trong các tòa nhà thông minh để theo dõi vị trí của người dùng và điều chỉnh các hệ thống chiếu sáng hoặc điều hòa không khí cho phù hợp, tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ.

## Tài Liệu Tham Khảo:

### Tiếng Việt:

[1] Chợ Trời HN. ESP32: Vi điều khiển đa năng cho dự án IoT. Truy cập từ

<https://chotroi.vn/esp32-vi-dieu-khien-da-nang-cho-du-an-iot>

[2] MatterVN. Thiết kế nhà thông minh bằng Arduino. Truy cập từ

<https://mattervn.com/thiet-ke-nha-thong-minh-bang-arduino>

[3] Linh Kiện X. Top 5 module WiFi và Bluetooth mạnh nhất cho dự án IoT. Truy cập từ

<https://linhkienx.com/vi/tin-tuc/top-5-module-wifi-va-bluetooth-manh-nhat-cho-du-an-iot>

### Tiếng Anh:

[3] Random Nerd Tutorials. ESP32 and BLE. Truy cập từ

<https://randomnerdtutorials.com/?s=+ESP32+and+BLE>

[4] Arduino Project Hub (2025). Simple BLE Indoor Positioning with ESP32

<https://create.arduino.cc/projecthub/>.

[5] Last Minute Engineers (2025). ESP32 BLE Tutorial

<https://lastminuteengineers.com/esp32-ble-tutorial/>.

[6] Random Nerd Tutorials (2025). Getting Started with ESP32 BLE.

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-ble-server-client/>.

[7] Kolban, N. (2023). ESP32 BLE Arduino Library.

[https://github.com/nkolban/ESP32\\_BLE\\_Arduino](https://github.com/nkolban/ESP32_BLE_Arduino).

[8] Random Nerd Tutorials (2023). ESP32 Bluetooth Low Energy (BLE) on Arduino IDE. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-bluetooth-low-energy-ble-arduino-ide/>.

[9] Wokwi Team (2023). Wokwi Documentation: ESP32 Simulation Guide. <https://docs.wokwi.com/>.



