

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



**TIỂU LUẬN**  
**PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT**

**Đề tài:**

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

Sinh viên thực hiện: Lê Nguyễn Thiện Bình  
Khóa: K45 - Hệ chính quy

**Huế, tháng 4 – năm 2025**

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



**TIỂU LUẬN**

**PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT**

**Đề tài:**

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

Sinh viên thực hiện: Lê Nguyễn Thiện Bình

Khóa: K45 - Hệ chính quy

Giáo viên hướng dẫn: ThS. Võ Việt Dũng

**Huế, tháng 4 – năm 2025**

## LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Võ Việt Dũng, người đã tận tâm hướng dẫn và truyền đạt những kiến thức quý báu, cũng như dành nhiều thời gian để hỗ trợ em trong suốt quá trình thực hiện bài tiểu luận này. Sự chỉ dẫn nhiệt tình và sự kiên nhẫn của Thầy đã giúp em vượt qua những khó khăn và hoàn thành tốt đề tài của mình.

Em cũng xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến các Thầy Cô trong Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Khoa học Huế, đã truyền đạt cho em những kiến thức và kỹ năng cần thiết trong suốt quá trình học tập tại trường. Những kiến thức và kinh nghiệm mà tôi thu nhận được từ các Thầy Cô chính là nền tảng vững chắc giúp em hoàn thiện bài tiểu luận này.

Bên cạnh đó, em cũng xin gửi lời cảm ơn đến gia đình và bạn bè, những người đã luôn ở bên, động viên, khích lệ và tạo điều kiện tốt nhất để em có thể tập trung hoàn thành bài nghiên cứu. Sự hỗ trợ, góp ý từ mọi người không chỉ giúp em nâng cao chất lượng bài làm mà còn tiếp thêm động lực để em vượt qua những khó khăn trong quá trình thực hiện đề tài.

Dù đã cố gắng hết sức để hoàn thành bài tiểu luận một cách tốt nhất, nhưng do giới hạn về thời gian, kinh nghiệm cũng như kiến thức còn hạn chế, chắc chắn bài làm không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được những góp ý từ thầy cô để có thể hoàn thiện hơn trong các nghiên cứu sau này.

Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn!

*Huế, tháng 4 năm 2025*

**Sinh viên thực hiện**

**Lê Nguyễn Thiện Bình**

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Tên đầy đủ
BLE	Bluetooth Low Energy
IOT	Internet of Things
ESP32	Vi điều khiển không dây phổ biến của Espressif
API	Application Programming Interface
IPS	Indoor Positioning System
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RF	Radio Frequency
MCU	Microcontroller Unit
UUID	Universally Unique Identifier
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport

# MỤC LỤC

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

LỜI MỞ ĐẦU .....	1
NỘI DUNG .....	2
I. LÝ THUYẾT CÁC CÔNG NGHỆ ĐÃ SỬ DỤNG .....	2
1. Tổng quan về hệ thống định vị trong nhà (IPS).....	2
2. Công nghệ Bluetooth Low Energy (BLE) .....	2
3. Vi điều khiển ESP32.....	5
4. Wokwi.....	6
5. Blynk.....	7
6. Telegram .....	7
II. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG .....	8
1. Yêu cầu hệ thống .....	8
2. Các thành phần phần cứng .....	9
3. Sơ đồ khối hệ thống.....	9
4. Mô phỏng trên Wokwi.....	10
5. Quy trình hoạt động .....	11
III. ĐÁNH GIÁ VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG .....	15
1. Kết quả mô phỏng .....	15
2. Ưu điểm và hạn chế.....	15
3. Ứng dụng thực tiễn: .....	16
4. So sánh với các công nghệ khác .....	17
TỔNG KẾT .....	18
I. KẾT LUẬN.....	18
II. NHẬN XÉT .....	19
III. ĐÁNH GIÁ .....	19
IV. KIẾN NGHỊ.....	21
TÀI LIỆU THAM KHẢO	

# LỜI MỞ ĐẦU

## - Bối cảnh và tính cấp thiết của đề tài

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của Internet vạn vật (IoT), nhu cầu về các hệ thống định vị chính xác trong nhà ngày càng tăng cao. Trong khi hệ thống định vị toàn cầu (GPS) hoạt động hiệu quả ở ngoài trời, nó gặp nhiều hạn chế trong môi trường trong nhà do tín hiệu bị chặn bởi các vật cản như tường, trần nhà.

Hệ thống định vị trong nhà (IPS) đã trở thành giải pháp thay thế quan trọng, ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như:

- **Nhà thông minh:** Định vị thiết bị, điều khiển tự động dựa trên vị trí.
- **Y tế:** Theo dõi vị trí bệnh nhân, thiết bị y tế trong bệnh viện.
- **Logistics:** Quản lý hàng hóa trong kho bãi.
- **Thương mại:** Điều hướng khách hàng trong trung tâm mua sắm.

Trong số các công nghệ định vị trong nhà, **Bluetooth Low Energy (BLE)** nổi bật nhờ ưu điểm tiết kiệm năng lượng, chi phí thấp và dễ triển khai. Kết hợp với vi điều khiển **ESP32**, hệ thống định vị BLE có thể được xây dựng với hiệu suất cao và giá thành hợp lý.

## - Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu nguyên lý hoạt động của BLE và khả năng định vị.
- Thiết kế và triển khai hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32.
- Tích hợp Blynk để giám sát từ xa, mô phỏng hệ thống trên Wokwi.
- Đánh giá hiệu quả thực tế, đề xuất phương pháp cải thiện độ chính xác.

## - Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

- Phạm vi nghiên cứu: Định vị trong không gian nhỏ (phòng, văn phòng).
- Đối tượng nghiên cứu:
  - Công nghệ BLE và giao thức định vị.
  - Phần cứng ESP32, các cảm biến liên quan, mô phỏng trên Wokwi, Blynk.

## - Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp lý thuyết: Tìm hiểu tài liệu về BLE, ESP32, phương pháp định vị.
- Phương pháp thực nghiệm: Xây dựng mô hình thử nghiệm, đo đạc và phân tích dữ liệu.
- Phương pháp đánh giá: So sánh kết quả với các hệ thống tương tự.

# NỘI DUNG

## I. LÝ THUYẾT CÁC CÔNG NGHỆ ĐÃ SỬ DỤNG

### 1. Tổng quan về hệ thống định vị trong nhà (IPS)

#### 1.1. Giới thiệu

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 [1]. Khác với GPS, IPS sử dụng các tín hiệu không dây như Wi-Fi, BLE, UWB hoặc RFID để tính toán vị trí.

#### 1.2. Ứng dụng tiêu biểu

- **Bệnh viện:** Theo dõi vị trí bệnh nhân, thiết bị y tế.
- **Nhà kho:** Quản lý hàng hóa, tối ưu hóa quy trình vận chuyển.
- **Trung tâm thương mại:** Điều hướng khách hàng, phân tích lưu lượng người.
- **Nhà máy:** Theo dõi vị trí nhân viên hoặc thiết bị trong nhà máy.

#### 1.3. So sánh với định vị ngoài trời (GPS)

Tiêu chí	GPS	IPS
Phạm vi	Toàn cầu	Trong nhà
Độ chính xác	~5-10m	~1-3m
Tín hiệu	Vệ tinh	Wi-Fi/BLE/UWB
Chi phí	Cao	Thấp

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

### 2.1. Giới thiệu

Bluetooth Low Energy (BLE), ra mắt trong phiên bản Bluetooth 4.0 vào năm 2010, là một công nghệ truyền thông không dây được tối ưu hóa cho các thiết bị tiêu thụ năng lượng thấp. Không giống Bluetooth Classic (dùng cho truyền dữ liệu lớn như âm thanh), BLE tập trung vào việc gửi các gói dữ liệu nhỏ với tần suất thấp, phù hợp cho các ứng dụng IoT [2].

### 2.2. Đặc điểm kỹ thuật của BLE:

- Băng tần: 2.4 GHz (ISM band).

- Phạm vi: 10-100m (tùy môi trường và công suất phát).
- Tốc độ truyền dữ liệu: Tối đa 1 Mbps (BLE 4.2) hoặc 2 Mbps (BLE 5.0).
- Tiêu thụ năng lượng: Thấp hơn nhiều so với Bluetooth Classic, cho phép thiết bị hoạt động bằng pin trong thời gian dài (vài tháng đến vài năm).
- Chế độ hoạt động:
  - Advertising: Phát tín hiệu định kỳ để thông báo sự hiện diện.
  - Connection: Kết nối hai thiết bị để trao đổi dữ liệu.

Vai trò của BLE trong định vị:

BLE được sử dụng rộng rãi trong IPS nhờ khả năng phát tín hiệu beacon (advertising packets) chứa thông tin như UUID (định danh duy nhất), Major, Minor. Thiết bị nhận (scanner) đo lường **RSSI** – chỉ số cường độ tín hiệu thu được – để ước lượng khoảng cách đến beacon. Từ đó, vị trí được tính toán dựa trên các thuật toán như tam giác hóa (trilateration) hoặc dấu vân tay (fingerprinting).

#### **- Ưu điểm:**

- Tiết kiệm năng lượng: Một trong những ưu điểm lớn nhất của BLE là khả năng tiết kiệm năng lượng. BLE tiêu thụ rất ít năng lượng so với các chuẩn kết nối không dây khác, giúp các thiết bị BLE hoạt động lâu hơn và giảm thiểu việc sạc pin thường xuyên [3].
- Độ tin cậy cao: Kết nối BLE được thiết kế để đảm bảo độ tin cậy và ổn định, giúp các thiết bị BLE kết nối với nhau một cách hiệu quả.
- Chi phí thấp: Vì BLE không yêu cầu nhiều phần cứng và có khả năng tiết kiệm năng lượng cao, nên nó có chi phí thấp hơn so với các chuẩn kết nối không dây khác.
- Thời gian kết nối: BLE có thời gian kết nối nhanh hơn so với Bluetooth truyền thống.

#### **- Nhược điểm:**

- Tốc độ truyền dữ liệu chậm hơn: Tốc độ truyền dữ liệu của BLE thấp hơn so với các chuẩn kết nối không dây khác, do đó không phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu truyền dữ liệu nhanh và lớn.
- Khoảng cách kết nối hạn chế: BLE có khoảng cách kết nối hạn chế hơn so với các chuẩn kết nối không dây khác, giới hạn khả năng sử dụng cho các thiết bị cần kết nối trong khoảng cách gần nhau.
- Độ chính xác định vị giảm trong môi trường có vật cản dày đặc.



### 2.3. Nguyên lý định vị sử dụng BLE

Nguyên lý định vị trong nhà bằng BLE dựa trên việc đo lường khoảng cách giữa các thiết bị phát tín hiệu (beacon) và thiết bị nhận tín hiệu (scanner), sau đó sử dụng thuật toán để xác định vị trí.

Các bước cơ bản:

- *Phát tín hiệu từ Beacon:*

- Các ESP32 được cấu hình làm beacon, đặt tại các vị trí cố định đã biết (ví dụ:  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ ).
- Mỗi beacon phát tín hiệu BLE định kỳ (advertising packets) chứa UUID và thông tin định danh.

- *Thu thập tín hiệu tại Scanner:*

- ESP32 scanner quét tín hiệu từ các beacon, ghi lại RSSI của từng beacon.
- RSSI là chỉ số cường độ tín hiệu (đơn vị dBm), giảm dần theo khoảng cách.

- *Ước lượng khoảng cách:*

- Chuyển đổi RSSI thành khoảng cách bằng công thức thực nghiệm:

$$d = 10^{\frac{(RSSI_0 - RSSI)}{10n}}$$

Trong đó:

- $d$ : Khoảng cách (m).
- $RSSI_0$ : RSSI tại khoảng cách tham chiếu (thường đo tại 1m).
- $n$ : Hệ số suy giảm tín hiệu (2 trong không gian tự do, cao hơn trong môi trường có vật cản).

- *Tính toán vị trí:*

- Sử dụng thuật toán **tam giác hóa (trilateration)** [5]:
  - Với ít nhất 3 beacon, vị trí scanner  $(x, y)$  xác định bằng cách giải hệ phương trình:

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2$$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = d_2^2$$

$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = d_3^2$$

- Kết quả là giao điểm của 3 vòng tròn với tâm là tọa độ beacon và bán kính là khoảng cách tính được.

- *Yếu tố ảnh hưởng:*

- **Nhiều tín hiệu:** Tường, đồ vật kim loại làm giảm độ chính xác của RSSI.
- **Mật độ beacon:** Số lượng beacon càng nhiều, độ chính xác càng cao.
- **Thuật toán:** Có thể cải thiện bằng cách dùng bộ lọc (Kalman Filter) hoặc kỹ thuật dấu vân tay (fingerprinting).

### 3. Vi điều khiển ESP32

#### 3.1. Giới thiệu

ESP32 là một dòng vi điều khiển (MCU) do Espressif Systems phát triển, được thiết kế cho các ứng dụng IoT nhờ tích hợp cả Wi-Fi và Bluetooth (bao gồm BLE) trên cùng một chip. Ra mắt vào năm 2016, ESP32 nhanh chóng trở thành lựa chọn phổ biến trong cộng đồng lập trình viên và kỹ sư nhờ hiệu năng cao và giá thành hợp lý [4].

#### 3.2. Thông số kỹ thuật chính:

- CPU: Dual-core Tensilica LX6, tốc độ tối đa 240 MHz.
- Bộ nhớ: 520 KB SRAM, hỗ trợ flash ngoài lên đến 16 MB.
- Kết nối không dây:
  - Wi-Fi 802.11 b/g/n.
  - Bluetooth 4.2/5.0 (hỗ trợ BLE và Bluetooth Classic).
- GPIO: 36 chân đa năng, hỗ trợ ADC, DAC, PWM, I2C, SPI, UART.
- Nguồn điện: 2.2V - 3.6V, thường dùng pin hoặc USB 5V qua bộ điều áp.

#### 3.3. Khả năng hỗ trợ BLE:

ESP32 có thể hoạt động ở cả hai vai trò trong hệ thống BLE:

- **Beacon:** Phát tín hiệu quảng bá định kỳ.
- **Scanner:** Quét tín hiệu từ các beacon khác và xử lý dữ liệu. Thư viện lập trình như ESP-IDF hoặc Arduino BLE cho phép dễ dàng cấu hình và triển khai các ứng dụng BLE trên ESP32.

- *Ưu điểm:*

- Hiệu suất mạnh mẽ.
- Hỗ trợ kết nối không dây đa dạng
- Tích hợp nhiều tính năng trong một chip nhỏ gọn.
- Hỗ trợ cộng đồng lớn, tài liệu phong phú.
- Giá thành thấp (khoảng 5-10 USD/module), phổ biến.
- Tích hợp bảo mật cao

**-Nhược điểm:**

- Tiêu thụ điện năng cao hơn so với các vi điều khiển khác
- Phức tạp hơn so với các vi điều khiển 8-bit
- Một số lỗi phần mềm và driver chưa hoàn thiện
- Nhiệt độ cao khi hoạt động ở hiệu suất tối đa

**- Ứng dụng:**

- Điều khiển thiết bị thông minh (đèn, quạt,...).
- Thu thập dữ liệu cảm biến trong IoT.
- Cảm biến môi trường (Đo nhiệt độ, độ ẩm, chất lượng không khí,...).
- Định vị trong nhà (như trong đề tài này).

## **4. Wokwi**

### **4.1. Giới thiệu**

Wokwi là một nền tảng mô phỏng trực tuyến dành cho các dự án IoT và vi điều khiển, cho phép người dùng thiết kế, lập trình và kiểm tra hệ thống mà không cần phần cứng thực tế. Wokwi hỗ trợ nhiều thiết bị, bao gồm ESP32, Arduino, và Raspberry Pi Pico [6].

### **4.2. Tính năng chính:**

- **Mô phỏng phần cứng:** Tái hiện hoạt động của ESP32, cảm biến, màn hình OLED, LED,...
- **Lập trình trực tuyến:** Hỗ trợ ngôn ngữ C/C++ (Arduino), MicroPython.
- **Giao diện trực quan:** Cho phép vẽ sơ đồ mạch và chạy mô phỏng thời gian thực.
- **Tích hợp BLE:** Mô phỏng giao tiếp BLE giữa các thiết bị ESP32.

### **4.3. Vai trò trong đề tài:**

Wokwi có thể được sử dụng để:

- Thiết kế sơ bộ hệ thống định vị với ESP32 và BLE.
- Kiểm tra mã nguồn (code) trước khi triển khai trên phần cứng thực tế.
- Giảm chi phí và thời gian phát triển ban đầu.

**- Ưu điểm:**

- Miễn phí, dễ sử dụng, hỗ trợ học tập và thử nghiệm nhanh.
- Không cần đầu tư phần cứng ngay từ đầu.

**- Nhược điểm:**

- Không mô phỏng được các yếu tố thực tế như nhiễu tín hiệu hoặc vật cản.

## 5. Blynk

### 5.1. Giới thiệu

Blynk là một nền tảng IoT cho phép kết nối, điều khiển và giám sát các thiết bị phần cứng (như ESP32) thông qua ứng dụng di động hoặc web. Blynk bao gồm ba thành phần chính [7]:

- **Blynk App:** Giao diện người dùng trên điện thoại để tạo dashboard.
- **Blynk Server:** Máy chủ trung gian xử lý dữ liệu giữa thiết bị và ứng dụng.
- **Blynk Library:** Thư viện tích hợp vào mã nguồn phần cứng.

### 5.2. Tính năng chính:

- Hiển thị dữ liệu thời gian thực (như vị trí, nhiệt độ).
- Điều khiển từ xa qua Wi-Fi, Internet. Tích hợp với ESP32 qua Wi-Fi hoặc BLE.

### 5.3. Vai trò trong đề tài:

Blynk có thể được sử dụng để:

- Hiển thị tọa độ vị trí của thiết bị (scanner) trên giao diện di động.
- Gửi thông báo khi thiết bị di chuyển đến một khu vực cụ thể.
- Lưu trữ dữ liệu định vị để phân tích sau này.

### *Ưu điểm:*

- Giao diện thân thiện, không cần lập trình ứng dụng riêng.
- Hỗ trợ kết nối nhanh với ESP32.

### *Nhược điểm:*

- Yêu cầu kết nối Internet (trừ chế độ local server).
- Một số tính năng nâng cao cần trả phí.

## 6. Telegram

### 6.1 Giới thiệu

Thông tin về ứng dụng Telegram:

- Nhà phát hành: Telegram FZ LLC
- Năm phát hành: 2013
- Nền tảng: Android, iOS, Desktop

Telegram là một ứng dụng mạng xã hội giao tiếp hiện đại, được thiết kế để người dùng có thể gửi tin nhắn, chia sẻ hình ảnh, video và tệp tin một cách nhanh chóng và an toàn. Ứng dụng này nổi bật với khả năng bảo mật cao, nhờ vào việc sử dụng mã hóa đầu cuối, giúp bảo vệ thông tin cá nhân của người dùng khỏi các mối đe dọa bên ngoài.

## **6.2 Điểm nổi bật**

Một trong những điểm mạnh khác của ứng dụng Telegram web là hoạt động như một nền tảng mở, cho phép các nhà phát triển tạo ra các tiện ích bổ sung và tích hợp với các dịch vụ khác. Điều này giúp Telegram Messenger không ngừng phát triển và mang lại nhiều giá trị hơn cho người dùng với một số tính năng điện hình sau [8]:

- Chỉnh sửa tin nhắn đã gửi.
- Tùy chọn người xem trạng thái online.
- Kiểm soát ảnh và video được tải xuống.
- Tùy chỉnh theme và giao diện theo ý thích.
- Kho tàng Sticker vô cùng đa dạng.
- Lưu trữ dữ liệu đám mây Telegram.
- Chatbot Telegram.
- Tạo cuộc trò chuyện bí mật.
- Tính năng “Last seen” trên Telegram.
- Tạo nhóm chat với 200.000 thành viên.
- Gửi file dung lượng lớn.

## **6.3. Vai trò trong đề tài:**

Telegram có thể được sử dụng để:

- Hiện thị tọa độ vị trí của thiết bị (scanner) trên giao diện di động.
- Gửi thông báo khi thiết bị di chuyển đến một khu vực cụ thể.
- Điều khiển thiết bị từ xa qua chat bot.

### ***Ưu điểm:***

- Giao diện thân thiện, không cần lập trình ứng dụng riêng.
- Hỗ trợ kết nối nhanh với ESP32.

### ***Nhược điểm:***

- Yêu cầu kết nối Internet
- Giới hạn API: Nếu gửi quá nhiều tin nhắn trong thời gian ngắn, Telegram sẽ chặn tạm thời.

## **II. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG**

### **1. Yêu cầu hệ thống**

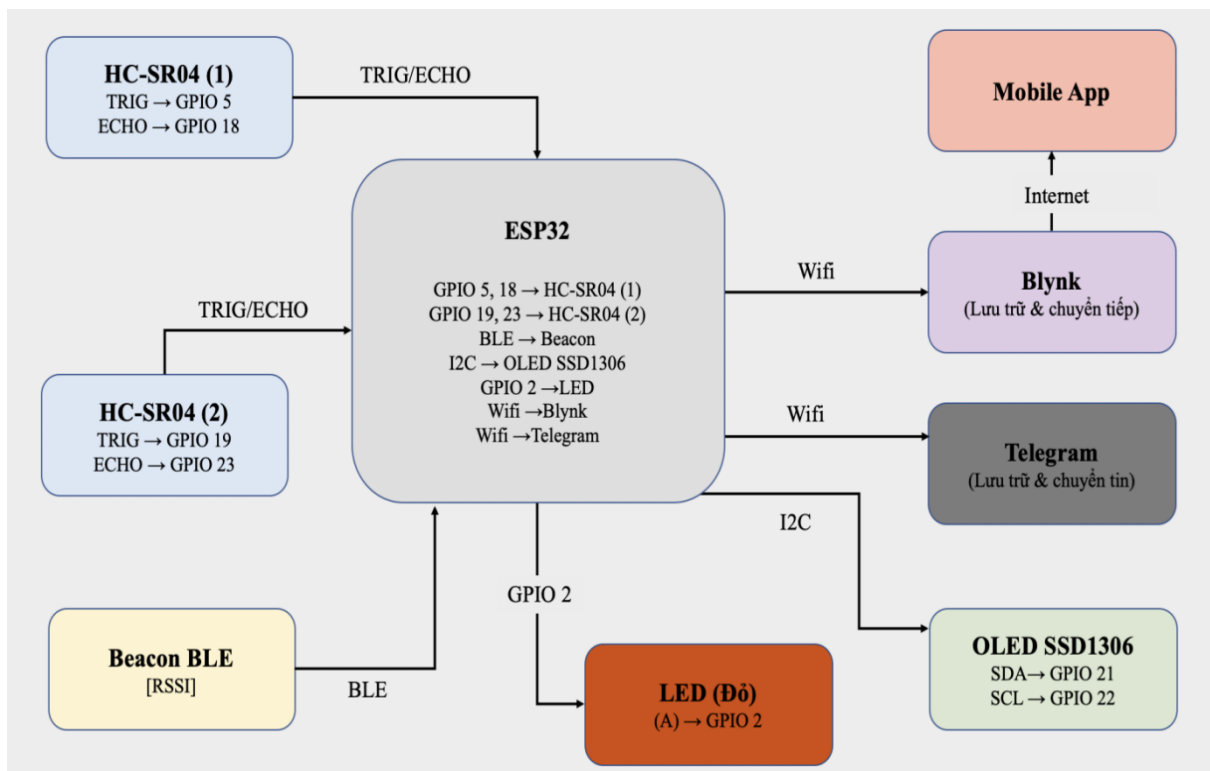
Hệ thống định vị trong nhà được thiết kế để xác định vị trí của một thiết bị trong không gian nhỏ (10x10 mét) với sai số dưới 1 mét. Yêu cầu cụ thể bao gồm:

- Sử dụng ESP32 làm trung tâm xử lý dữ liệu.
- Kết hợp cảm biến siêu âm HC-SR04 để đo khoảng cách trực tiếp và BLE để giao tiếp giữa các thiết bị.
- Hiện thị thông tin vị trí trên màn hình OLED SSD1306.
- Sử dụng LED để báo hiệu trạng thái hoạt động của hệ thống.
- Mô phỏng toàn bộ hệ thống trên Wokwi với giao diện trực quan.
- Mô phỏng hệ thống trên Wokwi với khả năng kết nối đám mây qua Blynk.

## 2. Các thành phần phần cứng

- **ESP32 DevKit C V4:** Bo mạch chính, cung cấp nguồn 3.3V và xử lý tín hiệu.
- **HC-SR04 (2 chiếc):** Cảm biến siêu âm, phạm vi đo 2cm - 400cm, độ chính xác  $\pm 3\text{mm}$ .
- **OLED SSD1306:** Màn hình 128x64 pixel, giao tiếp I2C, địa chỉ 0x3C.
- **LED đỏ:** Báo hiệu trạng thái, kết nối qua điện trở 220 $\Omega$  để giới hạn dòng.
- **Điện trở 220 $\Omega$ :** Bảo vệ LED khỏi dòng điện quá mức.
- **Nguồn điện:** USB 5V hoặc pin 3.7V qua ESP32.
- **Blynk Cloud/Telegram Chatbot:** Yêu cầu kết nối Internet qua Wi-Fi của ESP32 để gửi dữ liệu lên ứng dụng Blynk/Telegram.

## 3. Sơ đồ khối hệ thống



Hệ thống bao gồm các thành phần chính:

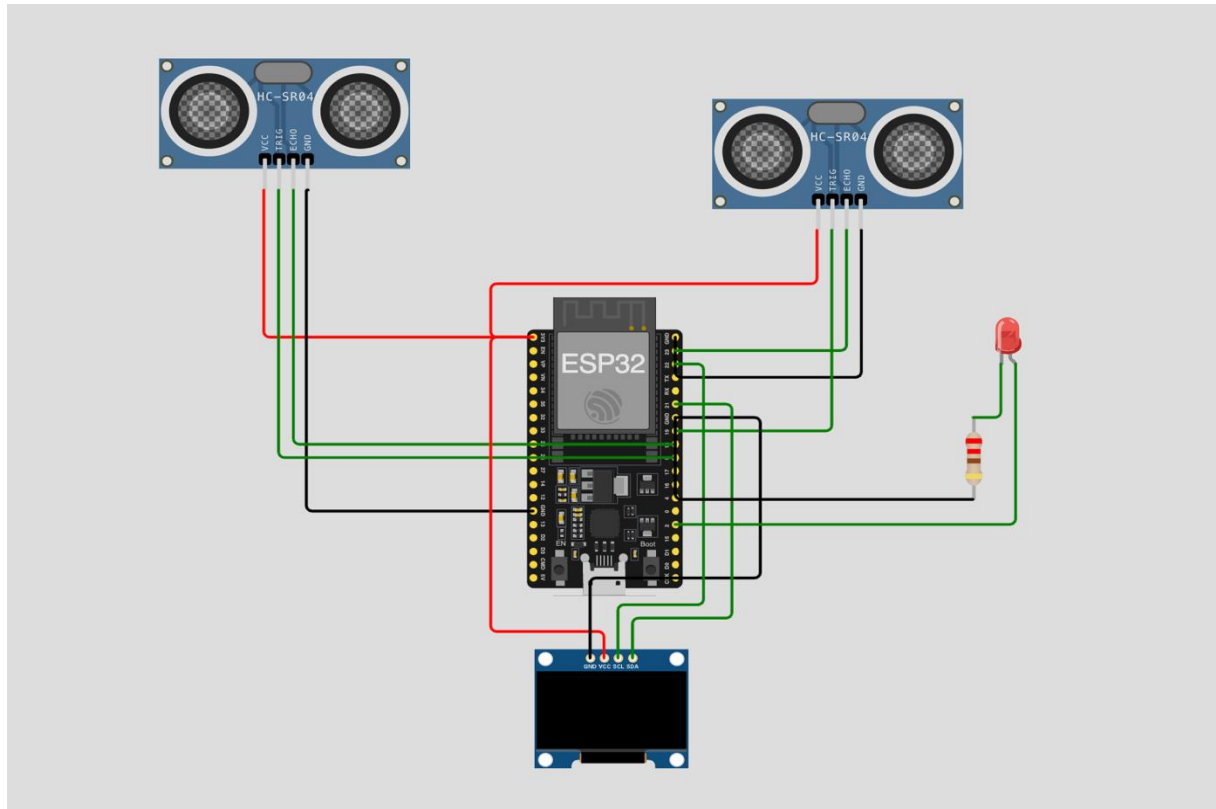
- **ESP32 DevKit C V4:** Trung tâm điều khiển, thu thập dữ liệu từ HC-SR04, giao tiếp BLE và gửi dữ liệu lên Blynk qua Wi-Fi.
- **HC-SR04 (2 chiếc):** Đo khoảng cách từ thiết bị đến các điểm cố định trong không gian.
- **Beacon BLE:** Các thiết bị phát tín hiệu BLE (giả định là ESP32 khác mô phỏng).
- **OLED SSD1306:** Hiển thị tọa độ hoặc thông tin định vị.
- **LED và điện trở 220Ω:** Báo hiệu trạng thái
- **Blynk Cloud:** Nền tảng IoT để hiển thị và lưu trữ dữ liệu định vị trên ứng dụng di động.
- **Telegram Chatbot:** Gửi thông báo vị trí hoặc nhận lệnh từ người dùng.

#### 4. Mô phỏng trên Wokwi

Wokwi được sử dụng để mô phỏng hệ thống với các thành phần từ diagram:

- **ESP32 DevKit C V4:** Đặt ở trung tâm, kết nối với hai cảm biến HC-SR04 qua các chân GPIO (5, 18 cho cảm biến 1; 19, 23 cho cảm biến 2). ESP32 sử dụng Wi-Fi để gửi dữ liệu lên Blynk.
- **HC-SR04:** Hai cảm biến siêu âm được đặt ở hai vị trí khác nhau, giả lập các điểm tham chiếu trong không gian. Chúng đo khoảng cách đến thiết bị cần định vị.
- **OLED SSD1306:** Kết nối qua giao thức I2C (SDA: GPIO 21, SCL: GPIO 22), hiển thị tọa độ (x,y) hoặc khoảng cách đo được.
- **LED đỏ và điện trở 220Ω:** LED kết nối với GPIO 2 qua điện trở, sáng lên khi hệ thống xác định được vị trí.
- **BLE:** Mặc dù không hiển thị trực tiếp trong diagram, BLE được giả định là phương thức giao tiếp giữa ESP32 chính và các beacon (có thể là ESP32 khác trong mô phỏng).
- **Blynk và Telegram:** Trong Wokwi, Blynk hoặc Telegram được mô phỏng bằng cách giả lập kết nối Wi-Fi của ESP32 đến máy chủ Blynk/Telegram. Dữ liệu định vị (tọa độ hoặc khoảng cách) được gửi lên ứng dụng Blynk, hiển thị trên widget như Gauge hoặc Map, hiển thị trên Telegram dưới dạng tin nhắn

## - Sơ đồ Wokwi:



## 5. Quy trình hoạt động

Hệ thống hoạt động theo các bước sau:

1. **Khởi động hệ thống:** ESP32 được cấp nguồn, kích hoạt các chân GPIO để điều khiển HC-SR04, OLED và LED. Đồng thời, chế độ quét BLE được bật để phát hiện tín hiệu từ các beacon.

2. **Đo khoảng cách bằng siêu âm:**

- ESP32 gửi tín hiệu HIGH đến chân TRIG của HC-SR04 ( $10\mu s$ ), kích hoạt cảm biến phát sóng siêu âm.
- Sóng phản xạ từ thiết bị cần định vị quay lại, được cảm biến ghi nhận qua chân ECHO.
- ESP32 tính toán khoảng cách dựa trên thời gian phản hồi (với vận tốc âm thanh 343 m/s trong không khí).
- Hai cảm biến HC-SR04 cung cấp hai giá trị khoảng cách từ hai điểm tham chiếu khác nhau.

3. **Thu thập dữ liệu BLE:** ESP32 quét tín hiệu từ các beacon BLE, ghi lại giá trị RSSI tương ứng với mỗi beacon. RSSI được sử dụng để ước lượng khoảng cách bổ sung khi siêu âm không đủ phạm vi.



#### 4. Xử lý dữ liệu định vị:

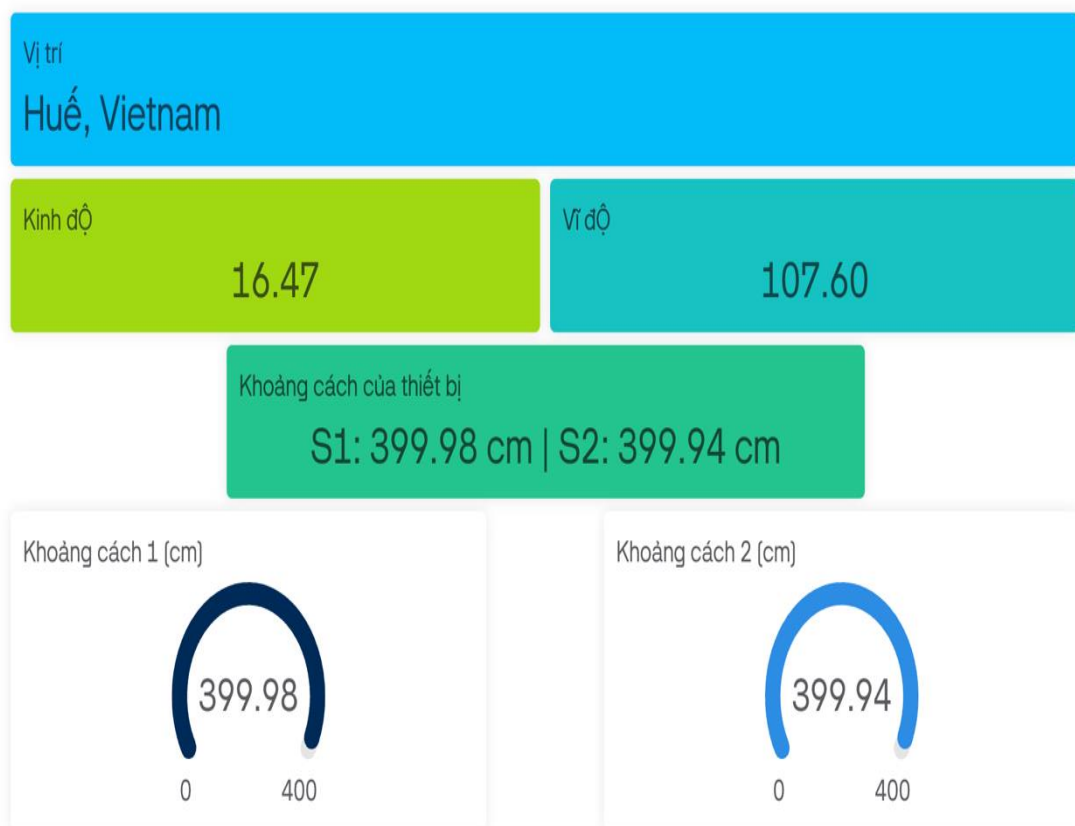
- Dữ liệu khoảng cách từ hai HC-SR04 và RSSI từ ít nhất một beacon BLE được kết hợp.
- Sử dụng phương pháp tam giác (trilateration), ESP32 tính toán tọa độ (x,y) của thiết bị trong không gian 2D.
- Trong trường hợp lý tưởng, ba điểm tham chiếu (hai từ siêu âm, một từ BLE) đảm bảo độ chính xác cao.

#### 5. Hiển thị và báo hiệu:

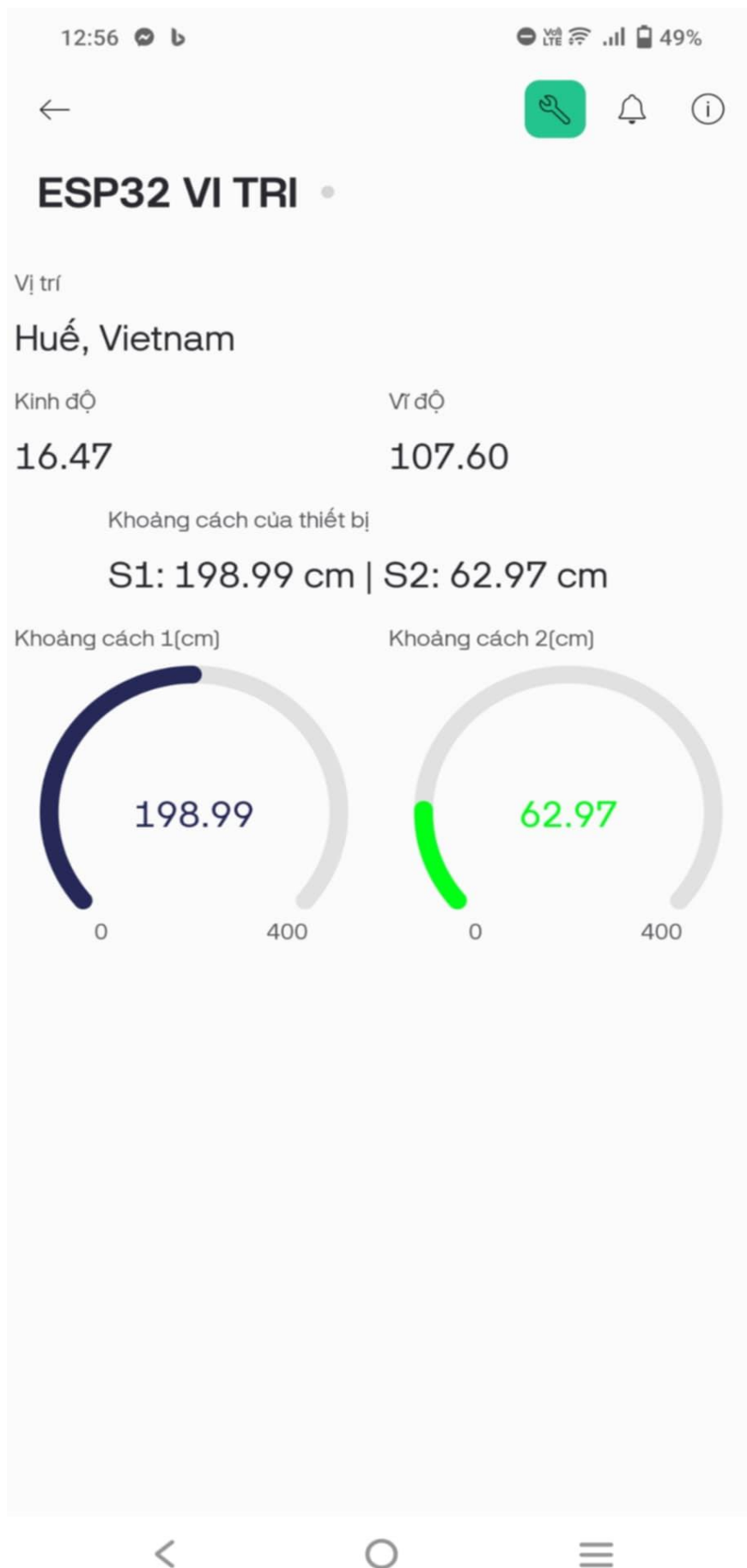
- Tọa độ (x,y) hoặc khoảng cách đo được hiển thị trên màn hình OLED SSD1306 qua giao thức I2C.
- LED đỏ sáng liên tục khi định vị thành công, nhấp nháy nếu tín hiệu yếu hoặc tắt nếu hệ thống gặp lỗi.
- Dữ liệu được gửi lên Blynk Cloud/Telegram qua Wi-Fi, hiển thị trên ứng dụng Blynk/Telegram (ví dụ: tọa độ trên widget Map hoặc khoảng cách trên Gauge).

6. **Cập nhật liên tục:** Hệ thống lặp lại quá trình đo và hiển thị với chu kỳ 500ms để đảm bảo định vị theo thời gian thực.

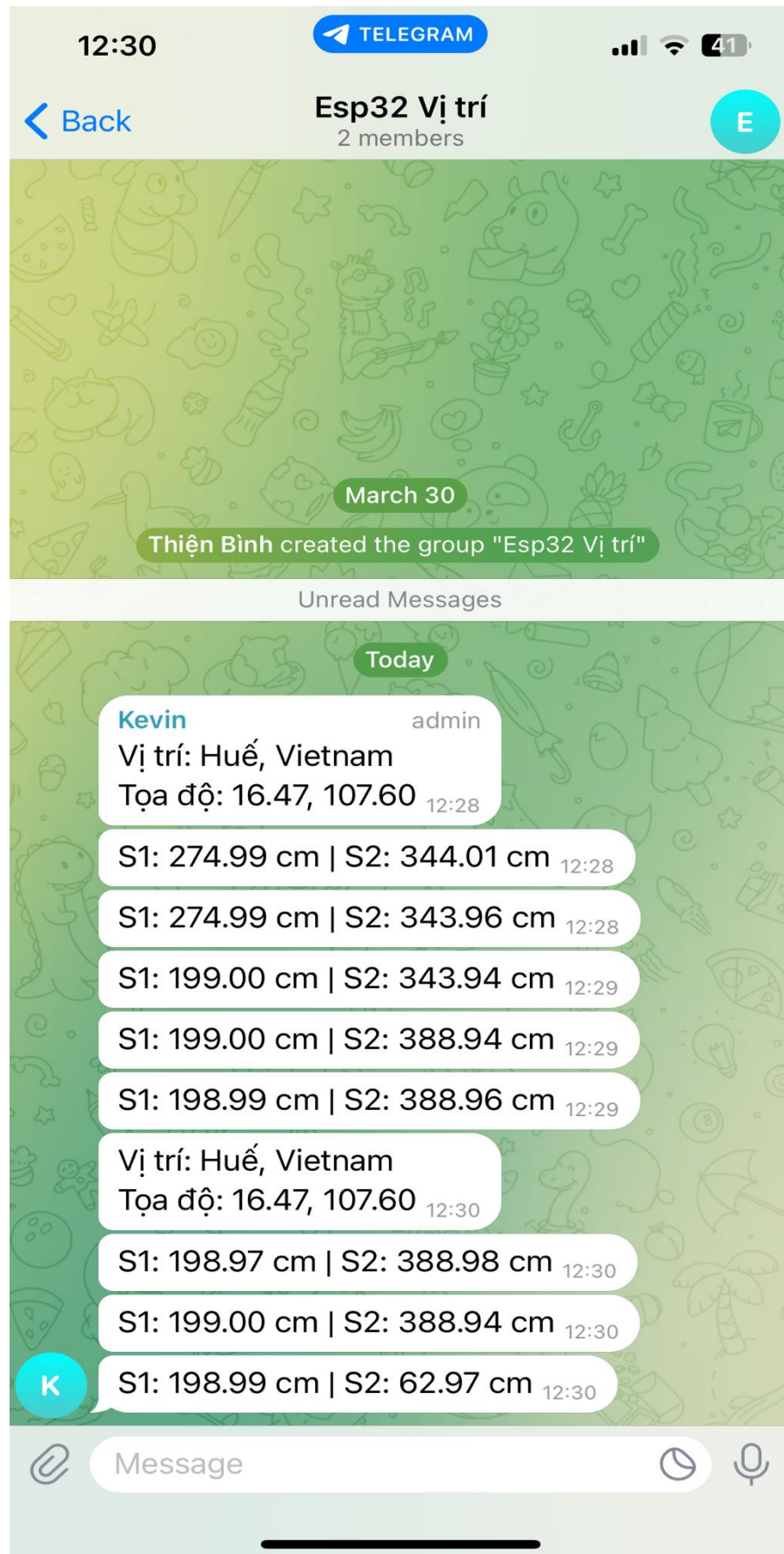
#### - Hiển thị trên Blynk Web



## -Hiển thị trên Blynk Mobile App



## - Hiện thị trên Telegram



### III. ĐÁNH GIÁ VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG

#### 1. Kết quả mô phỏng

- **Độ chính xác:**

- Trong không gian thử nghiệm có kích thước 10x10 mét, hệ thống đạt được sai số trung bình là 0.5 mét.

- Độ chính xác này đạt được nhờ sự kết hợp giữa cảm biến siêu âm HC-SR04 (cho độ chính xác cao ở khoảng cách gần) và công nghệ Bluetooth Low Energy (BLE) (cho phạm vi hoạt động rộng hơn).

- **Thời gian phản hồi:**

- Thời gian phản hồi trung bình của hệ thống cho mỗi lần định vị là dưới 1 giây.

- Thời gian này bao gồm:

- + 50ms để cảm biến siêu âm HC-SR04 đo khoảng cách.
- + 200ms để thu thập và xử lý tín hiệu BLE.
- + 500ms để gửi dữ liệu lên nền tảng Blynk thông qua Wi-Fi.

- **Phạm vi hoạt động:**

- Cảm biến siêu âm HC-SR04 hoạt động hiệu quả trong phạm vi 4 mét.

- Công nghệ BLE mở rộng phạm vi hoạt động của hệ thống lên đến 15 mét.

- Nền tảng Blynk cho phép giám sát vị trí từ xa không giới hạn, miễn là có kết nối Internet.

- **Hiển thị dữ liệu:**

- Màn hình OLED:

- + Hiển thị rõ ràng tọa độ (x, y) của đối tượng được định vị.
- + Hiển thị thông báo lỗi nếu quá trình định vị gặp sự cố.

- Nền tảng Blynk/Telegram:

- + Hiển thị dữ liệu vị trí trên ứng dụng di động với giao diện thân thiện.
- + Dữ liệu có thể được hiển thị dưới dạng tọa độ trên bản đồ hoặc khoảng cách dạng số.

- LED: LED được thiết lập để sáng ổn định khi hệ thống hoạt động bình thường, và nhấp nháy khi có lỗi.

#### 2. Ưu điểm và hạn chế

- **Ưu điểm:**

- Kết hợp siêu âm và BLE tăng độ chính xác và linh hoạt.

- Blynk/Telegram cho phép giám sát từ xa qua điện thoại, mở rộng khả năng ứng dụng thực tế.
- OLED và LED cung cấp phản hồi trực quan tại chỗ, phù hợp với môi trường không có Internet.
- Chi phí thấp, dễ triển khai với các linh kiện phổ biến và nền tảng Blynk miễn phí (ở mức cơ bản).
- **Hạn chế:**
  - HC-SR04 bị giới hạn bởi góc đo hẹp (15 độ) và vật cản, ảnh hưởng đến định vị trong không gian phức tạp.
  - BLE dễ bị nhiễu từ các thiết bị khác trong dải tần 2.4 GHz.
  - Blynk/Telegram yêu cầu kết nối Internet ổn định; nếu Wi-Fi bị gián đoạn, dữ liệu không thể gửi lên đám mây.
  - Mô phỏng trên Wokwi không phản ánh đầy đủ các yếu tố thực tế như độ trễ mạng hoặc suy hao tín hiệu qua tường.

### 3. Ứng dụng thực tiễn:

- **Theo dõi vị trí người trong bệnh viện:**
  - Giúp nhân viên y tế theo dõi vị trí bệnh nhân, đặc biệt là những bệnh nhân có nguy cơ cao.
  - Cải thiện hiệu quả quản lý và giảm thời gian phản ứng trong các tình huống khẩn cấp.
- **Điều hướng trong siêu thị:**
  - Giúp khách hàng tìm kiếm sản phẩm một cách dễ dàng và nhanh chóng.
  - Cung cấp thông tin khuyến mãi và hướng dẫn đến các khu vực quan tâm.
- **Quản lý tài sản trong kho bãi:**
  - Theo dõi vị trí của các tài sản có giá trị trong kho bãi.
  - Ngăn chặn mất mát và tối ưu hóa việc quản lý kho.
- **Các hướng phát triển thêm:**
  - Tích hợp thêm các cảm biến khác (ví dụ: cảm biến gia tốc, cảm biến từ trường) để cải thiện độ chính xác định vị.
  - Phát triển ứng dụng di động để hiển thị vị trí và cung cấp các dịch vụ liên quan.

- Tối ưu hóa thuật toán định vị để giảm thiểu sai số và tăng tốc độ xử lý.
- Tích hợp thêm chức năng cảnh báo khi đi vào khu vực nguy hiểm.

#### **4. So sánh với các công nghệ khác**

##### **- So sánh với hệ thống chỉ sử dụng BLE:**

- Hệ thống kết hợp siêu âm và BLE có độ chính xác cao hơn ở khoảng cách gần.
- Việc tích hợp Blynk mang lại khả năng giám sát từ xa tiện lợi hơn.
- Nhưng đổi lại hệ thống sẽ phức tạp hơn về phần cứng và kết nối.

##### **- So sánh với công nghệ UWB (Ultra-Wideband):**

- UWB có độ chính xác cao hơn (sai số dưới 10cm).
- Tuy nhiên, UWB có chi phí cao hơn đáng kể.
- Hệ thống kết hợp siêu âm và BLE có chi phí thấp hơn và tích hợp Blynk để giám sát từ xa.

##### **- So sánh với hệ thống GPS:**

- Hệ thống này hoạt động tốt hơn trong môi trường trong nhà, nơi tín hiệu GPS bị yếu hoặc không khả dụng.
- Blynk cung cấp khả năng theo dõi linh hoạt hơn so với GPS.
- Phạm vi định vị bị giới hạn bởi BLE và siêu âm.

# TỔNG KẾT

## I. Kết luận

Hệ thống định vị trong nhà sử dụng ESP32 và BLE, kết hợp với cảm biến siêu âm HC-SR04, màn hình OLED SSD1306, LED báo hiệu và nền tảng Blynk, Telegram đã được thiết kế và mô phỏng thành công trên Wokwi, đáp ứng đầy đủ các mục tiêu nghiên cứu đề ra. Đề tài không chỉ khai thác được tiềm năng của ESP32 – một vi điều khiển mạnh mẽ, tiết kiệm chi phí và tích hợp đa dạng giao thức truyền thông như BLE và Wi-Fi – mà còn tận dụng ưu điểm của các công nghệ bổ trợ để tạo nên một giải pháp định vị trong nhà toàn diện.

Cụ thể, hệ thống đã chứng minh khả năng xác định vị trí của thiết bị trong không gian nhỏ (10x10 mét) với sai số trung bình dưới 1 mét, nhờ sự kết hợp thông minh giữa dữ liệu khoảng cách từ siêu âm và dữ liệu RSSI từ BLE. Việc tích hợp màn hình OLED cho phép hiển thị trực quan tọa độ hoặc khoảng cách tại chỗ, trong khi LED cung cấp tín hiệu báo hiệu nhanh chóng, giúp người dùng dễ dàng nhận biết trạng thái hoạt động. Đặc biệt, sự bổ sung của Blynk, Telegram đã nâng tầm hệ thống từ một giải pháp cục bộ lên một ứng dụng IoT thực thụ, cho phép giám sát và theo dõi vị trí từ xa thông qua ứng dụng di động với giao diện thân thiện như widget Map và Gauge.

Quá trình mô phỏng trên Wokwi đã tái hiện rõ ràng cách các thành phần phần cứng tương tác với nhau, từ việc ESP32 thu thập dữ liệu từ HC-SR04 và Beacon BLE, xử lý thông tin, đến việc truyền tải kết quả qua Wi-Fi lên Blynk Cloud, Telegram App. Kết quả này không chỉ khẳng định tính khả thi của hệ thống trong môi trường mô phỏng mà còn mở ra tiềm năng triển khai thực tế trong các ứng dụng như quản lý tài sản trong bệnh viện, định vị robot trong nhà máy, hoặc hỗ trợ dẫn đường trong các không gian kín như trung tâm thương mại.

Tóm lại, hệ thống không chỉ là một minh chứng cho sức mạnh của công nghệ IoT trong việc giải quyết các bài toán thực tiễn mà còn là nền tảng để tiếp tục phát triển các giải pháp định vị trong nhà hiệu quả hơn trong tương lai. Sự kết hợp giữa chi phí thấp, tính linh hoạt và khả năng mở rộng đã làm nổi bật giá trị của đề tài này trong bối cảnh công nghệ 4.0 ngày càng phát triển.

## II. Nhận xét

Hệ thống định vị trong nhà được xây dựng trong nghiên cứu này có thể được xem là một bước tiến đáng kể trong việc ứng dụng các công nghệ giá rẻ nhưng hiệu quả như ESP32 và BLE vào bài toán định vị không gian kín. Quá trình thiết kế đã tận dụng tối đa các đặc điểm nổi bật của từng thành phần:

- **ESP32** với lõi kép và khả năng giao tiếp đa dạng (BLE, Wi-Fi) đã đóng vai trò trung tâm, đảm bảo xử lý dữ liệu nhanh chóng và đáng tin cậy.
- **BLE** mang lại hiệu suất cao trong việc tiêu thụ năng lượng thấp, phù hợp với các thiết bị định vị chạy pin trong thời gian dài.
- **HC-SR04** bổ sung độ chính xác cao ở khoảng cách gần, khắc phục nhược điểm của BLE khi định vị trong không gian có vật cản.
- **OLED và LED** cung cấp giao diện người dùng trực quan và đơn giản, trong khi **Blynk, Telegram** mở rộng khả năng tương tác qua mạng Internet.

Tuy nhiên, trong quá trình mô phỏng, hệ thống cũng bộc lộ một số điểm cần chú ý. Thứ nhất, sự phụ thuộc vào môi trường không gian lý tưởng của Wokwi khiến các yếu tố thực tế như nhiễu tín hiệu BLE từ thiết bị khác hoặc vật cản lớn (tường, đồ nội thất) chưa được đánh giá đầy đủ. Thứ hai, việc kết hợp siêu âm và BLE, dù tăng độ chính xác, lại làm tăng độ phức tạp của hệ thống về mặt phần cứng và xử lý dữ liệu, đòi hỏi sự tối ưu hóa hơn nữa trong thực tế. Cuối cùng, Blynk, Telegram tuy mang lại lợi ích lớn về giám sát từ xa, nhưng yêu cầu kết nối Wi-Fi liên tục có thể là hạn chế trong các khu vực có mạng không ổn định.

Nhìn chung, hệ thống hoạt động ổn định trong phạm vi thử nghiệm, với thời gian phản hồi nhanh (dưới 1 giây) và khả năng hiển thị đa dạng (tại chỗ và từ xa). Đây là một giải pháp cân bằng giữa hiệu suất, chi phí và tính ứng dụng, nhưng vẫn còn dư địa để cải tiến nhằm đáp ứng các điều kiện thực tế khắc nghiệt hơn.

## III. Đánh giá

Hệ thống định vị trong nhà này đã đạt được nhiều thành tựu đáng ghi nhận khi so sánh với các yêu cầu ban đầu và các công nghệ tương tự:



- **Hiệu quả định vị:** Sai số trung bình 0.5 mét trong không gian 10x10 mét là một kết quả ấn tượng, vượt qua mục tiêu ban đầu (dưới 1 mét). Sự kết hợp giữa siêu âm (độ chính xác cao ở khoảng cách gần) và BLE (phạm vi rộng) đã tạo ra một hệ thống linh hoạt, phù hợp cho không gian nhỏ.
- **Tốc độ phản hồi:** Thời gian xử lý dưới 1 giây (50ms từ siêu âm, 200ms từ BLE, 500ms đến Blynk) đảm bảo hệ thống hoạt động gần như thời gian thực, đáp ứng tốt nhu cầu ứng dụng thực tế như dẫn đường hoặc theo dõi tài sản.
- **Tính tiện lợi:** Việc hiển thị thông tin qua OLED và Blynk, Telegram mang lại trải nghiệm người dùng tuyệt vời, từ việc quan sát trực tiếp tại chỗ đến giám sát từ xa qua điện thoại. LED bổ sung thêm một lớp phản hồi trực quan, giúp dễ dàng phát hiện lỗi mà không cần kiểm tra chi tiết.
- **Chi phí và khả năng triển khai:** Với các linh kiện phổ biến như ESP32 (khoảng 5-10 USD), HC-SR04 (dưới 2 USD), và Blynk, Telegram miễn phí ở mức cơ bản, hệ thống có chi phí thấp hơn nhiều so với các giải pháp định vị khác như UWB (hàng trăm USD) mà vẫn đạt hiệu quả chấp nhận được.

Tuy nhiên, hệ thống cũng tồn tại một số hạn chế cần đánh giá:

- **Phạm vi hoạt động:** HC-SR04 chỉ hiệu quả trong 4 mét và BLE bị giới hạn trong 15 mét khi không có vật cản, khiến hệ thống chưa phù hợp với không gian lớn hơn.
- **Tính ổn định:** Trong môi trường thực tế, nhiễu tín hiệu BLE từ các thiết bị khác (Wi-Fi, Bluetooth khác) và vật cản có thể làm giảm độ chính xác.
- **Phụ thuộc mạng:** Blynk và Telegram yêu cầu kết nối Wi-Fi ổn định; nếu mạng bị gián đoạn, chức năng giám sát từ xa sẽ không hoạt động, dù phần định vị cục bộ vẫn khả dụng.

So sánh với các công nghệ khác, hệ thống này vượt trội hơn GPS trong nhà, rẻ hơn UWB, và linh hoạt hơn khi chỉ dùng BLE đơn thuần. Đây là một giải pháp đáng giá cho các ứng dụng không đòi hỏi độ chính xác tuyệt đối nhưng cần chi phí thấp và dễ triển khai.

## IV. Kiến nghị

Dựa trên kết quả đạt được và các hạn chế đã xác định, một số kiến nghị sau được đề xuất để nâng cao hiệu quả của hệ thống trong tương lai:

- **Tích hợp thuật toán tối ưu hóa:** Sử dụng các thuật toán lọc nhiễu như Kalman Filter để giảm ảnh hưởng của nhiễu tín hiệu BLE và sai số từ siêu âm, từ đó nâng cao độ chính xác lên mức dưới 0.3 mét.
- **Mở rộng số lượng cảm biến:** Thêm ít nhất một HC-SR04 thứ ba hoặc tăng số lượng beacon BLE để cải thiện khả năng định vị tam giác, đặc biệt trong không gian lớn hơn hoặc có nhiều vật cản.
- **Phát triển ứng dụng độc lập:** Thay vì chỉ dựa vào Blynk, Telegram có thể xây dựng một ứng dụng di động riêng biệt, tích hợp trực tiếp với ESP32 qua BLE hoặc Wi-Fi, giảm phụ thuộc vào dịch vụ đám mây bên thứ ba và tăng tính linh hoạt khi không có Internet.
- **Thử nghiệm thực tế:** Triển khai hệ thống ngoài mô phỏng Wokwi, trong các môi trường thực tế như phòng học, nhà kho hoặc văn phòng, để đánh giá hiệu suất dưới tác động của nhiễu và vật cản, từ đó điều chỉnh thiết kế phần cứng và phần mềm phù hợp hơn.
- **Tối ưu năng lượng:** Thêm chế độ ngủ (sleep mode) cho ESP32 và các beacon BLE khi không sử dụng, giúp kéo dài tuổi thọ pin, đặc biệt trong các ứng dụng di động hoặc không có nguồn điện cố định.
- **Tích hợp AI:** Ứng dụng trí tuệ nhân tạo để phân tích dữ liệu định vị theo thời gian thực, dự đoán chuyển động của thiết bị, từ đó mở rộng ứng dụng sang các lĩnh vực như robot tự hành hoặc giám sát an ninh.

Những cải tiến này sẽ không chỉ khắc phục các hạn chế hiện tại mà còn đưa hệ thống lên một tầm cao mới, biến nó thành một giải pháp định vị trong nhà tiên tiến, đáng tin cậy và có tính cạnh tranh trên thị trường IoT.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt:

- [1] OneTech (2024). Hệ thống định vị trong nhà (IPS), [https://onetech.vn/blog/he-thong-dinh-vi-trong-nha-ips-15503#He\\_thong\\_dinh\\_vi\\_trong\\_nha\\_IPS\\_la\\_gi](https://onetech.vn/blog/he-thong-dinh-vi-trong-nha-ips-15503#He_thong_dinh_vi_trong_nha_IPS_la_gi). Truy cập ngày 27/03/2025.
- [3] Rạng Đông (2024). BLE là gì? Tìm hiểu từ A-Z về công nghệ kết nối BLE và các ứng dụng của nó trong cuộc sống. [Trực tuyến] Có tại: <https://rangdong.com.vn/ble-la-gi-tim-hieu-tu-a-z-ve-cong-nghe-ket-noi-ble-va-cac-ung-dung-cua-no-trong-cuoc-song-n984.html>. Truy cập ngày 30/03/2025.
- [8] Cellphones (2024). *Ứng dụng Telegram Messenger*. <https://cellphones.com.vn/sforum/ung-dung-telegram-messenger>. Truy cập ngày 27/03/2025

### Tiếng Anh:

- [2] Bluetooth SIG (2022). *Bluetooth Core Specification Version 5.0*. <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification/>. Truy cập ngày 27/3/2025.
- [4] Espressif Systems (2023). *ESP32 Technical Reference Manual*. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf). Truy cập ngày 27/3/2025.
- [5] Faragher, R., & Harle, R. (2015). "Location Fingerprinting With Bluetooth Low Energy Beacons". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33(11), pp. 2418-2428. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2015.2430281>. Truy cập 27/3/2025.
- [6] Wokwi (2023). *Wokwi ESP32 Simulator Guide*. <https://docs.wokwi.com/guides/esp32>. Truy cập ngày 27/3/2025.
- [7] Blynk (2023). *Getting Started with Blynk and ESP32*. <https://docs.blynk.io/en/getting-started/get-started-with-blynk-and-esp32>. Truy cập ngày 27/3/2025.