

**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐIỆN - ĐIỆN TỬ**

\*\*\*



**BÁO CÁO ĐỒ ÁN I**

**Đề tài**

**XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ DỰA VÀO  
BLUETOOTH LOW ENERGY**

**Giảng viên hướng dẫn:** TS Hán Trọng Thanh

**Sinh viên thực hiện:** Nguyễn Đình Phúc - 2020350  
Nguyễn Đức Toàn - 20203609  
Nguyễn Long Vũ - 20203787  
Phạm Xuân Dũng - 20203384

**Hà Nội, 8/2023**

## Mục lục

Lời mở đầu .....	3
Chương 1. Giới thiệu về Bluetooth và kỹ thuật định vị bằng Bluetooth.....	4
1.1. Giới thiệu về Bluetooth .....	4
1.1.1. Định nghĩa về Bluetooth.....	4
1.1.2. Các chuẩn Bluetooth thông dụng .....	4
1.1.3. Các ứng dụng của Bluetooth .....	6
1.2. Chỉ số RSSI và ứng dụng.....	7
1.3. Các kỹ thuật định vị hiện nay.....	8
1.3.1. Kỹ thuật định vị .....	8
1.3.2. Công nghệ Bluetooth trong kỹ thuật định vị.....	10
Chương 2: Triển khai hệ thống định vị sử dụng Bluetooth Beacons và Module ESP32C3.....	12
2.1. Cơ sở lý thuyết .....	12
2.1.1. Beacons .....	12
2.1.2. Module ESP32C3 .....	12
2.2. Đề xuất phương pháp thực hiện.....	13
2.3. Thực hiện đề tài.....	13
2.4. Kết quả thực nghiệm .....	15
2.5. Đánh giá kết quả .....	17
KẾT LUẬN .....	18

## **Lời mở đầu**

Ngày nay, thế giới thông tin ngày càng phát triển một cách đa dạng và phong phú. Nhu cầu về thông tin liên lạc trong cuộc sống càng tăng cả về số lượng và chất lượng, đòi hỏi các dịch vụ của ngành viễn thông cần mở rộng. Trong những năm gần đây thông tin vệ tinh trên thế giới đã có những bước tiến vượt bậc đáp ứng nhu cầu đời sống, đưa con người nhanh chóng tiếp cận với các tiến bộ khoa học kỹ thuật. Sự ra đời của nhiều loại phương tiện tiên tiến như máy bay, tàu vũ trụ đòi hỏi một kỹ thuật mà các hệ thống cũ không thể đáp ứng được đó là định vị trong không gian 3 chiều và như vậy hệ thống định vị toàn cầu - GPS (Global Positioning System) ra đời. Đi đôi với nhu cầu định vị ở một phạm vi lớn như sử dụng định vị cho máy bay hay giao thông đường bộ, đường thủy, thì nhu cầu định vị trong một phạm vi nhỏ hơn nhiều vật cản hoặc ở những nơi che khuất cũng rất lớn. Việc ứng dụng công nghệ GPS trong các bài toán phạm vi không gian lớn và ít vật cản là thực sự phù hợp. Tuy nhiên, khi ở trong phạm vi không gian nhỏ, bị che khuất hoặc có nhiều vật cản, thì hệ thống GPS thực sự không mang lại nhiều hiệu quả cũng như độ chính xác của nó.

Vì vậy, công nghệ định vị trong nhà ra đời (Indoor Positioning System - IPS). Ý tưởng của công nghệ định vị trong nhà dựa trên tín hiệu vô tuyến không có gì mới. Trên thế giới đã có nhiều phương pháp nghiên cứu mới được đưa ra. Trong đó có giải pháp sử dụng Bluetooth để xác định vị trí đã được nghiên cứu và triển khai trên thực tế.

Mục tiêu của đề tài này là nhằm tạo ra một hệ thống có thể định vị một cách chính xác các vật trong không gian hẹp, với nhiều vật cản và nhiều nhằm thay thế và giảm thiểu sự sai sót của định vị GPS. Trong đề tài này chúng em sử dụng Bluetooth Beacon làm nhiệm vụ phát sóng BLE, modul có chức năng thu dữ liệu từ beacon và gửi dữ liệu về sever hệ thống để xử lý.

Nội dung trình bày trong báo cáo gồm có 2 chương:

Chương 1: Giới thiệu về Bluetooth và kỹ thuật định vị bằng Bluetooth.

Chương 2: Triển khai xây dựng hệ thống định vị bằng Beacon và module ESP32

Đề tài “Xây dựng hệ thống định vị ứng dụng công nghệ Bluetooth Beacons” tập trung phát triển hệ thống định vị trong nhà, nơi có nhiều vật cản. Đây là đề tài được nghiên cứu và thử nghiệm trong môi trường các điều kiện chủ quan nên kết quả thử nghiệm thu được có thể sẽ không còn đúng khi thực hiện thử nghiệm trong một điều kiện môi trường khác.

# **Chương 1. Giới thiệu về Bluetooth và kỹ thuật định vị bằng Bluetooth**

## **1.1. Giới thiệu về Bluetooth**

### **1.1.1. Định nghĩa về Bluetooth**

Bluetooth là một chuẩn truyền thông không dây, được dùng để trao đổi dữ liệu tầm ngắn giữa các thiết bị điện tử có trang bị chuẩn kết nối này. Bluetooth là một kỹ thuật truyền thông vô tuyến, sử dụng dải tần số từ 2.4GHz đến 2.485GHz. So với các kỹ thuật truyền thông khác, Bluetooth có ưu điểm là dễ dàng sử dụng, việc kết nối đơn giản, công suất tiêu thụ điện năng thấp và chi phí rẻ và bán kính phủ sóng trong phạm vi từ 10 – 100m. Cũng như công suất phát đa dạng tùy thuộc vào các phiên bản Bluetooth được phát triển và mỗi phiên bản lại phục vụ cho các công việc, mục đích khác nhau.

Ngày nay, Bluetooth là một chuẩn kết nối mà hầu như bất kỳ một thiết bị điện tử nào cũng đều được trang bị, từ thiết bị di động, các thiết bị giải trí đa phương tiện, cho đến việc phục vụ việc trao đổi dữ liệu trong công nghiệp.

Một trong những ứng dụng mới gần đây nhất của Bluetooth là dùng để phát hiện, nhận dạng các thiết bị xung quanh và xác định khoảng cách và định vị vị trí gần, bên trong các toàn nhà, hay những vùng bị che phủ. Nơi mà các vệ tinh không thể trông thấy được.

### **1.1.2. Các chuẩn Bluetooth thông dụng**

Đặc tả Bluetooth được phát triển đầu tiên bởi Ericsson (hiện nay là Sony Ericsson và Ericsson Mobile Platforms) và sau đó được chuẩn hoá bởi Bluetooth

Special Interest Group (SIG). Chuẩn được công bố vào ngày 20 tháng 5 năm 1999. Ngày nay được công nhận bởi hơn 1800 công ty trên toàn thế giới. Được thành lập đầu tiên bởi Sony Ericsson, IBM, Intel, Toshiba và Nokia, sau đó cùng có sự tham gia của nhiều công ty khác với tư cách cộng tác hay hỗ trợ. Bluetooth có chuẩn là IEEE 802.15.1.

Theo Bluetooth SIG, hiện có hơn 90% điện thoại smartphone có tính năng Bluetooth, bao gồm các hệ điều hành IOS, Android và Windows.

Qua quá trình phát triển, cho đến nay kỹ thuật này cũng đã trải qua rất nhiều lần cải tiến và hoàn thiện với các phiên bản được phát hành bao gồm :

- **Phiên bản Bluetooth 1.0 và 1.0B:** Đây là 2 phiên bản đầu tiên của Bluetooth. Phiên bản này gặp nhiều vấn đề bao gồm việc phải gắn thêm địa chỉ phần cứng khi các thiết bị muốn giao tiếp với nhau.
- **Phiên bản Bluetooth 1.1:** Phiên bản này cập nhật và sửa nhiều lỗi ở các phiên bản trước và có thêm 1 số chức năng khác như việc có thêm khả năng truyền thông tin với kênh public và các thêm chức năng nhận và xử lý thông số cường độ tín hiệu RSSI. Chuẩn này được công nhận là chuẩn IEEE 802.15.
- **Phiên bản Bluetooth 1.2:** Phiên bản này được cải tiến đáng kể các chức năng bao gồm:
  - + Cải thiện tốc độ phát hiện và kết nối nhanh hơn.

+ Cải thiện khả năng chống nhiễu cũng như việc thu hẹp được khoảng cách các kênh truyền, làm tăng số lượng kênh truyền.

+ Cải thiện tốc độ truyền thông tin lên đến hơn 700Kbit/s

+ Từ đó cho khả năng stream dữ liệu, cho phép truyền dữ liệu âm thanh đồng bộ thời gian thực.

+ Cho phép truyền dữ liệu điều khiển theo chuẩn UART

+ Nó được lấy tên cho chuẩn IEEE Standard 802.15.1

- **Phiên bản Bluetooth 2.0:** Phiên bản này đặc trưng với việc được cải thiện khả năng truyền dữ liệu tốt hơn. Với phiên bản này, tốc độ truyền dữ liệu thông qua Bluetooth có thể lên tới 3Mbit/s. Đồng thời mức độ tiêu thụ năng lượng cũng thấp hơn so với phiên bản trước nhờ vào việc kết hợp với các phương pháp điều chế số mới trong việc truyền tải dữ liệu là GFSK, PSK, DQPSK, DPSK.
- **Phiên bản Bluetooth 2.1:** Phiên bản này có sự cải tiến thêm về việc giảm mức độ tiêu thụ năng lượng, cung cấp khả năng kết nối đơn giản hơn, đồng thời cũng tăng khả năng bảo mật khi cho phép các thiết bị chọn lọc kết nối với các thiết bị khác.
- **Phiên bản Bluetooth 3.0:** Phiên bản này được nâng cao tốc độ truyền dữ liệu lên đến 24Mbit/s thông qua việc cho phép tùy chọn kết nối thông qua kênh truyền chuẩn 802.11 của chuẩn wifi khi có thể. Khả năng này còn tùy thuộc vào việc tích hợp tính năng hỗ trợ kênh truyền chuẩn 802.1 của wifi.
- **Phiên bản Bluetooth 4.0:** Phiên bản này được phát triển và đưa vào sử dụng từ cuối tháng 6/2010. Phiên bản này có sự đổi mới bằng việc được tích hợp 3 chuẩn giao thức bluetooth bao gồm: Classic Bluetooth, Bluetooth High speed và Bluetooth Low Energy. Trong đó Classic Bluetooth là chuẩn bluetooth đã xuất hiện trên các phiên bản trước đó. Bluetooth High speed được phát triển trên nền tảng kỹ thuật truyền thông bằng wifi. Bluetooth low energy (hay BLE) trước đây được biết đến như công nghệ Wibree và là 1 phần trong kế hoạch phát triển Bluetooth 4.0. Chuẩn bluetooth này mang những tính năng mới bao gồm cho phép kết nối và truyền tải dữ liệu một cách đơn giản hơn, tiêu thụ năng lượng ở mức thấp nhất so với các chuẩn bluetooth từ trước tới nay, trong khi vẫn duy trì được khoảng cách cũng như khả năng kết nối ổn định. BLE hoạt động với hai chế độ bao gồm chế độ hoạt động đơn và chế độ hoạt động kép. Trong chế độ đơn, chỉ có giao thức BLE được hoạt động, chế độ này được sử dụng nhằm duy trì sự kết nối ổn định giữa các thiết bị Bluetooth và không xảy ra việc truyền dữ liệu hoặc truyền dữ liệu ở mức băng thông thấp. Chế độ hoạt động kép khi hoạt động sẽ kích hoạt giao thức classic Bluetooth đi kèm chức năng Bluetooth smart nhằm cho phép truyền tải dữ liệu dung lượng lớn như các phiên bản cũ, nhưng sử dụng quản lý kết nối sẽ tốt hơn, cùng với việc tiêu thụ năng lượng thấp hơn
- **Phiên bản Bluetooth 4.1:** Được đề xuất vào tháng 12/2013. Đây là bản cập nhật phần mềm cho phiên bản 4.0 với việc thêm các tính năng mới cho phiên bản 4.0 mới ra mắt bao gồm các tính năng:
  - + Phát hiện dịch vụ di động không dây.

- + Thử nghiệm tính năng quét tín hiệu xen kẽ tổng vùng phủ sóng
- + Chế độ hoạt động DualMode và Topology
- + LE Link Layer Topology
- + 802.11n PAL
- + Tăng cường khả năng stream và chất lượng âm thanh thông qua Bluetooth
- + Dữ liệu quảng bá được truyền tải nhanh hơn
- + Giới hạn lại thời gian Discover
- **Phiên bản Bluetooth 4.2:** Phiên bản này được ra mắt với những tính năng dành cho Internet of thing bao gồm:
  - + Duy trì kết nối an toàn ở mức năng lượng thấp với phần mở rộng của gói dữ liệu
  - + Bảo mật liên kết với tính năng quét chọn lọc
  - + Hỗ trợ giao thức Internet để sử dụng cho những việc kết nối các thiết bị trong nhà thông minh
- **Phiên bản Bluetooth 5.0:** Được ra mắt vào tháng 5/2016, phiên bản này chủ yếu tập trung phát triển các tính năng dành cho lĩnh vực Internet of thing cùng với việc cải tiến các tính năng khác của các phiên bản cũ bao gồm
  - + Tốc độ truyền dữ liệu(đạt tới 2Mbps/s cho chế độ BLE)
  - + Bán kính hoạt động xa và ổn định hơn
  - + Hạn chế kết nối với quảng bá có tần số kết nối lớn.
  - + Mở rộng khả năng quảng bá ở chế độ BLE
  - + Thêm thuật toán chọn lọc kênh cho BLE

### ***1.1.3. Các ứng dụng của Bluetooth***

Với khả năng cho phép kết nối và trao đổi thông tin giữa các thiết bị như điện thoại di động, điện thoại cố định, máy tính xách tay, PC, máy in, thiết bị định vị dùng GPS, máy ảnh số, và video game console,...Bluetooth mang lại rất nhiều ứng dụng cho con người. Một số ứng dụng nổi bật của Bluetooth như:

- Điều khiển và giao tiếp không dây giữa một điện thoại di động và tai nghe không dây.
- Mạng không dây giữa các máy tính cá nhân trong một không gian hẹp đòi hỏi ít băng thông.
- Giao tiếp không dây với các thiết bị vào ra của máy tính chẳng hạn như chuột, bàn phím và máy in.
- Truyền dữ liệu giữa các thiết bị dùng giao thức OBEX.
- Thay thế các giao tiếp nối tiếp dùng dây truyền thống giữa các thiết bị đo, thiết bị định vị dùng GPS, thiết bị y tế, máy quét mã vạch và các thiết bị điều khiển giao thông.
- Thay thế các điều khiển dùng tia hồng ngoại.

- Gửi các mẫu quảng cáo nhỏ từ các pa-nô quảng cáo tới các thiết bị dùng Bluetooth khác.
- Điều khiển từ xa cho các thiết bị trò chơi điện tử như Wii - Máy chơi trò chơi điện tử thế hệ 7 của Nintendo và PlayStation 3 của Sony.
- Kết nối Internet cho PC hoặc PDA bằng cách dùng điện thoại di động thay modem.

## 1.2. Chỉ số RSSI và ứng dụng

RSSI là viết tắt của từ Received Signal Strength Indicator bản chất của nó là chỉ số cường độ tín hiệu thu hay là chỉ số để đo độ mạnh của tín hiệu tại thiết bị thu (ví dụ anten, sóng wifi ...) và nó được định nghĩa trong chuẩn IEEE 802.11.

Trong một hệ thống IEEE 802.11, RSSI là cường độ tín hiệu nhận được tương đối trong một môi trường không dây, trong các đơn vị tùy ý. RSSI là chỉ báo về mức công suất nhận được bởi sóng thu sau ăng-ten và mất cáp có thể. Do đó, số RSSI càng cao thì tín hiệu càng mạnh. Do đó, khi một giá trị RSSI được biểu diễn dưới dạng âm (ví dụ -100), giá trị càng gần bằng 0 thì tín hiệu nhận được càng mạnh.

RSSI có thể được sử dụng trong nội bộ trong một card mạng không dây để xác định khi nào lượng năng lượng vô tuyến trong kênh dưới một ngưỡng nhất định tại thời điểm đó card mạng rõ ràng để gửi (CTS). Sau khi thẻ được gửi đi, một gói thông tin có thể được gửi đi. Người dùng cuối có thể sẽ quan sát giá trị RSSI khi đo cường độ tín hiệu của mạng không dây thông qua việc sử dụng công cụ giám sát mạng không dây như Wireshark, Kismet hoặc Inssider . Ví dụ, thẻ Cisco Systems có giá trị tối đa RSSI là 100 và sẽ báo cáo 101 mức công suất khác nhau, trong đó giá trị RSSI là 0 đến 100. Một giá trị phổ biến khác Chipset Wi-Fi được thực hiện bởi Atheros. Thẻ dựa trên Atheros sẽ trả về giá trị RSSI từ 0 đến 127 (0x7f) với 128 (0x80) cho biết giá trị không hợp lệ.

Giá trị RSSI càng lớn thì độ mạnh của tín hiệu càng lớn. Chỉ số RSSI không sử dụng đơn vị đo và miền giá trị cụ thể, IEEE 802.11 cũng không định nghĩa việc chuyển đổi giữa chỉ số RSSI với các đơn vị tính công suất khác như mW hoặc dBm.

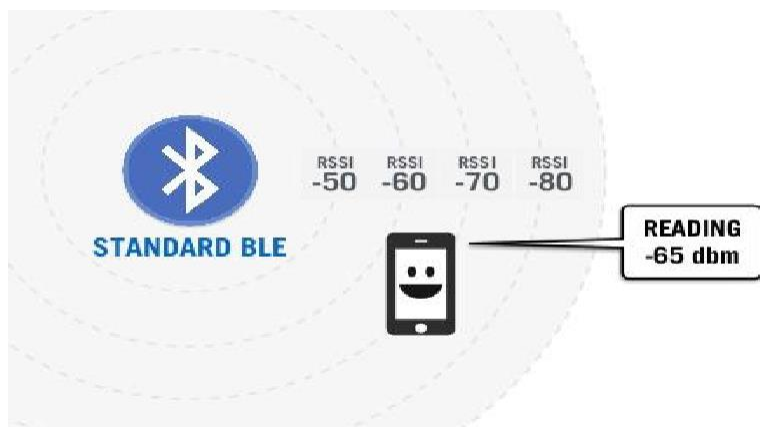
Chỉ số RSSI được tính theo công thức sau:

***Công thức tính công suất thu = Công suất phát (của Modem) – Tổng suy hao (Suy hao về vật liệu và suy hao do khoảng cách)***

Thời điểm đo công suất tín hiệu RSSI là giai đoạn ngay trước khi tín hiệu được đưa vào bộ khuếch đại công suất (để nâng công suất tín hiệu lên) nhằm thu được chỉ số RSSI chính xác nhất. Thông thường để thu được một tín hiệu vô tuyến, công suất tín hiệu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như môi trường truyền dẫn, công suất tín hiệu đầu phát, fading, nhiễu, vật cản, độ nhạy của máy thu... Vì thế chỉ số RSSI cũng sẽ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố nêu trên. Cùng một khoảng cách thu phát tín hiệu, chỉ số RSSI có thể khác nhau do các yếu tố tác động lên nó là khác nhau. Chính vì vậy để đo được một thông số RSSI chính xác, ta cần thu thập được đầy đủ các yếu tố gây ảnh hưởng đến chỉ số RSSI và sử dụng thuật toán hợp lý để tính ra giá trị của nó. Trên thực tế, các thuật toán xử lý hầu như không chính xác hoàn toàn, vì vậy giá trị trả về

của chỉ số RSSI cũng dừng lại ở mức gần đúng.

Chỉ số RSSI ngày nay được sử dụng với nhiều mục đích khác nhau, như việc dùng để xác định mức công suất thu phát, để tính toán khoảng cách truyền tín hiệu. Trong phạm vi của nghiên cứu này, chỉ số RSSI được sử dụng để tính toán khoảng cách truyền tín hiệu giữa máy phát và máy thu.



Hình 2.1. Ứng dụng chỉ số RSSI trong đo khoảng cách

### 1.3. Các kỹ thuật định vị hiện nay

#### 1.3.1. Kỹ thuật định vị

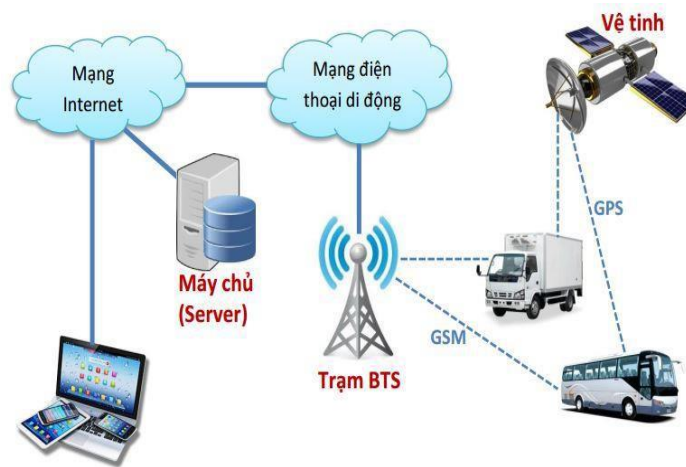
Định vị là xác định vị trí hay xác định khoảng cách. Có thể nói, định vị là việc xác định một đối tượng nào đó trong một ngữ cảnh cụ thể, với các điều kiện cụ thể. Về mặt không gian, ta có định vị vị trí, xác định khoảng cách...

Nhu cầu sử dụng định vị trong cuộc sống hằng ngày sẽ rất quan trọng trong việc giúp cho con người có thể xác định được vị trí, hướng đi, khoảng cách của mình đối với nơi cần đến. Xác định vị trí mục tiêu, đặc biệt kỹ thuật định vị được ứng dụng rất nhiều trong lĩnh vực quân sự, giám sát. Từ xa xưa, cũng có nhiều cách định vị được phát minh bởi con người, phục vụ cho nhu cầu của đời sống. Các phương pháp như dùng bản đồ dò tìm vị trí, cùng với sử dụng la bàn để tìm hướng đi, hay căn theo mặt trời và các vì sao để xác định hướng cần đi, xác định thời gian tương đối.

Ngày nay cùng với sự phát triển của công nghệ, lĩnh vực định vị cũng phát triển theo với các phương pháp, thiết bị mới được phát minh nhằm mục đích phục vụ nhu cầu của con người tốt hơn, như việc định vị nhanh hơn, chính xác hơn, phạm vi hoạt động rộng hơn, dễ sử dụng và tối ưu hóa với người dùng. Một trong những hệ thống định vị lớn nhất hiện nay đó là việc sử dụng hệ thống vệ tinh để định vị vị trí của đối tượng trên mặt đất cũng như tổng không gian. Hầu như tất cả các thiết bị điện tử hiện nay đều tích hợp máy thu Global

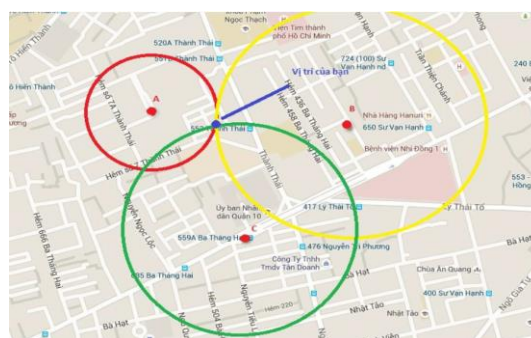


Positioning System GPS hoặc sử dụng GPS thông qua các trạm BTS để thu thập, xác định vị trí của mình.



Hình 3.1. Định vị qua GPS

**Về cơ chế hoạt động:** Các vệ tinh GPS bay hai vòng trong một ngày theo một quỹ đạo đã được tính toán chính xác và liên tục phát các tín hiệu có thông tin xuống Trái Đất. Các máy thu GPS nhận các tín hiệu này và giải mã bằng các phép tính lượng giác, qua đó sẽ tính toán và hiển thị được vị trí của người dùng. Mỗi vệ tinh sẽ cho biết khoảng cách chính xác từ vị trí của bạn đến vệ tinh đó hoặc một điểm nào đó trên Trái Đất. Ta có thể giả sử: trên bản đồ có 3 điểm cố định A, B, C. Dữ liệu GPS cho bạn biết khoảng cách lần lượt từ điểm A, B, C đến nơi bạn đứng là 1km, 3km và 2km. Sau đó bạn vẽ 3 vòng tròn có tâm là A, B, C với bán kính lần lượt là 1km, 3km và 2km. Vị trí giao nhau của 3 vòng tròn chính là vị trí hiện tại của mục tiêu.



Hình 2.6. Cơ chế định vị bằng GPS

Đây của là nguyên tắc chung của kỹ thuật định vị sử dụng vệ tinh. Kỹ thuật này phổ biến và có nhiều ứng dụng tuy nhiên vẫn còn những hạn chế nhất định.

**Về ưu điểm:** Các phương pháp định vị hiện nay như việc định vị sử dụng vệ tinh, sử dụng là bàn... được sử dụng phổ biến trên thế giới, chúng có ưu điểm là sử dụng đơn giản, nhanh và cho phép sử dụng ở bất cứ đâu trên thế giới mà vệ tinh có thể nhìn thấy được máy thu (hay máy thu có thể thu được tín hiệu). Mỗi cá nhân khi có trong tay một thiết bị điện tử có gắn thiết bị thu GPS, đều có thể sử dụng nó.

**Về nhược điểm:** Nhược điểm của các giải pháp trên đó là về độ chính xác không cao và khả năng định vị những nơi bị che khuất là không cao, thậm chí là không thể định vị được.

Về độ chính xác, định vị sử dụng GPS cho ta độ chính xác cao nhất tới khoảng 10m. Với độ chính xác này, khi sử dụng ở một không gian lớn và mục tiêu định vị không yêu cầu độ chính xác cao thì sử dụng GPS là phù hợp.

Tuy nhiên, đối mục đích cần sử dụng định vị với độ chính xác cao hoặc ở những nơi bị che khuất thì khi đó tín hiệu GPS sẽ không thể tới được máy thu hoặc tín hiệu GPS từ vệ tinh khi đến mặt đất rất yếu và rất dễ bị nhiễu và fading quá nhiều. Về độ chính xác, do sử dụng độ chênh lệch thời gian để tính được khoảng cách giữa máy thu và vệ tinh, với công nghệ ngày nay trên máy thu GPS để tính được thời gian chênh lệch với độ chính xác cao là không thể, sai số khoảng cách khi tính được vẫn khoảng 10m hoặc lớn hơn nhiều. Vì thế việc sử dụng GPS là không khả thi trong các trường hợp này.

Để khắc phục những nhược điểm trong kỹ thuật định vị bằng GPS có nhiều giải pháp đã được đưa ra. Một trong số đó là kỹ thuật định vị sử dụng công nghệ Bluetooth.

### ***1.3.2. Công nghệ Bluetooth trong kỹ thuật định vị***

Beacon là thiết bị điện tử nhỏ phát ra tín hiệu bluetooth năng lượng thấp Bluetooth Low Energy (BLE). Bất kỳ thiết bị nào có công nghệ BLE đều có thể bắt được tín hiệu này, chẳng hạn điện thoại thông minh và máy tính bảng hay như trong báo cáo này thì là Modul ESP32C3. Công nghệ mới này tạo ra cuộc cách mạng hóa cho quyết định của các công ty về phương thức tùy chỉnh sản phẩm và dịch vụ của mình hướng đến khách hàng.

Các thiết bị beacons hoạt động như 1 điểm phát sóng bluetooth có thể tự động kết nối với thiết bị có công nghệ BLE bằng kết nối bluetooth và gửi RSSI cho thiết bị đó. Thiết bị BLE sẽ lắng nghe dữ liệu mà thiết bị Beacon gửi đến.

Các thiết bị Bluetooth các khả năng làm việc với hai chế độ là Advertising (chỉ truyền một chiều) và Connecting (trao đổi hai chiều), nhưng thiết bị Beacons hiện tại chỉ có thể giao tiếp ở chế độ Advertising, Beacons sẽ đóng vai trò là một server và chỉ phát đi thông tin quảng bá và các thiết bị có thể kết nối sẽ hoạt động như 1 client nhận và xử lý thông tin quảng bá đó.

❖ **Đặc điểm của Beacons:**

- Chu kỳ phát tín hiệu có dải từ 20ms ->10s. Chu kỳ phát càng lớn thì pin sử dụng sẽ càng lâu.
- Bán kính vùng phủ: 50m
- Tần số phát: 2.4 GHz

❖ **Điều kiện để thiết bị có thể kết nối với beacons:**

- Thiết bị phải có giao tiếp Bluetooth chuẩn 4.0 (công nghệ Bluetooth BLE)
- Với hệ điều hành android tối thiểu thiết bị phải sử dụng Hệ điều hành Android từ 4.3 (API level 18) trở lên, và chỉ hoạt động tốt từ Android 5.0 (API 21) trở lên.
- Trên nền tảng IOS (iOS 7 trở lên), Apple đã phát triển giao thức iBeacon về BLE để hỗ trợ cho beacons nhưng giao thức này lại không hỗ trợ các thiết bị android.
- Google đã phát triển giao thức Eddystone có thể hoạt động trên nền tảng Android và còn hỗ trợ nhiều gói tin hơn so với iBeacon của Apple.

## Chương 2: Triển khai hệ thống định vị sử dụng Bluetooth Beacons và Module ESP32C3

### 2.1. Cơ sở lý thuyết

#### 2.1.1. Beacons

Beacons về bản chất vẫn là một thiết bị Bluetooth phiên bản 4.0 trở lên, tích hợp thêm tính năng BLE cho phép sử dụng quảng bá, cũng như sự ổn định kênh truyền và tiết kiệm năng lượng. Với một thiết bị phát ra sóng vô tuyến (cụ thể ở đây là Bluetooth) sẽ có 2 cách cơ bản để xác định khoảng cách:

- Thứ nhất, có thể dùng phương thức đo khoảng cách sử dụng độ chênh lệch thời gian như các hệ thống định vị toàn sử dụng. Phương pháp này cần điều kiện chính xác về chênh lệch thời gian là rất cao, vì với tốc độ truyền  $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$  của sóng vô tuyến, thời gian chỉ lệch độ vài  $\mu\text{s}$  thì khoảng cách đã thay đổi rất lớn. Với công thiết bị Bluetooth hiện tại, chưa cho phép có thể đo thời gian đến mức  $\mu\text{s}$  được.
- Thứ hai, có thể dùng chỉ số RSSI để đo khoảng cách. Có nghĩa là sử dụng sự suy giảm công suất để đo khoảng cách. Phương pháp này dễ thực hiện, nhưng nhiều môi trường cũng sẽ ảnh hưởng lớn đến độ chính xác khi đo. Với phương pháp này, công thức sử dụng để tính toán khoảng cách sẽ là:

$$D = 10^{\frac{P-RSSI}{10n}}$$

Trong đó:

D: khoảng cách truyền nhận giữa thiết bị phát tín hiệu Bluetooth và thiết bị thu tín hiệu.

P: công suất phát tín hiệu từ thiết bị phát tín hiệu Bluetooth.

RSSI: chỉ số công suất thu được từ thiết bị thu.

n: Chỉ số chiết suất môi trường, dao động từ 2 đến 4. Giá trị n thường sử dụng nhất là từ 2 đến 2.5 đối với sóng Bluetooth.

Từ công thức trên có thể thấy, giá trị khoảng cách sẽ phụ thuộc vào công suất phát, chỉ số RSSI thu được, và chỉ số chiết suất môi trường. Việc đo khoảng cách sẽ phải thực hiện tại thiết bị thu. Thiết bị thu sẽ thu tín hiệu với gói tin chứa dữ liệu về công suất phát của máy thu, hoặc sẽ phải có dữ liệu thu thập về công suất của thiết bị phát, chiết suất môi trường. Chỉ số RSSI sẽ được đo khi thiết bị thu tín hiệu, nó phụ thuộc nhiều vào môi trường và độ nhạy của độ nhạy của thiết bị thu.

#### 2.1.2. Module ESP32C3

Kit RF thu phát Wifi BLE RISC-V ESP32-C3 NodeMCU-C3-32S Ai-Thinker được phát triển với Vi điều khiển trung tâm là ESP32-C3 SoC với công nghệ Wifi, Bluetooth 5 kết hợp với kiến trúc RISC-V mới nhất hiện nay, kit có thiết kế phần cứng, firmware và cách sử dụng tương tự Kit NodeMCU ESP8266, với ưu điểm là cách sử dụng dễ dàng, ra chân

đầy đủ, tích hợp mạch nạp và giao tiếp UART CH340, thích hợp với các nghiên cứu, ứng dụng về RISC-V, Wifi, Bluetooth 5, IoT và điều khiển, thu thập dữ liệu qua mạng

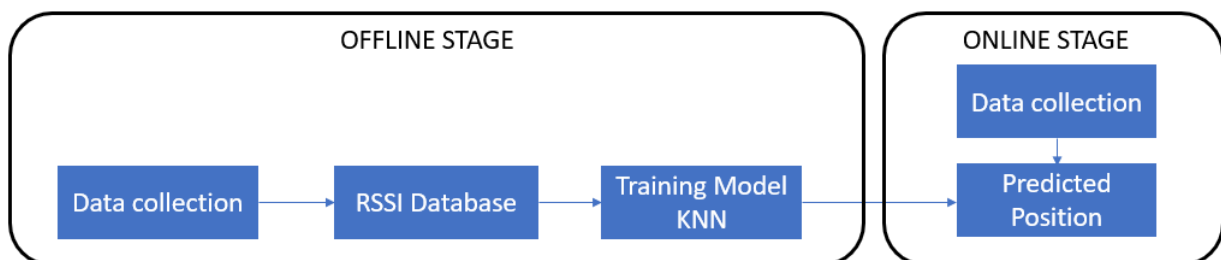
## 2.2. Đề xuất phương pháp thực hiện

Như đã trình bày bên trên chúng ta có thể thu tín hiệu RSSI của beacons, sử dụng công thức tính toán để thu được khoảng cách cần định vị. Tuy nhiên, trong quá trình thực hiện nhận thấy module ESP32C3 thu phát không đẳng hướng, nhiễu từ môi trường nhiều dẫn đến chỉ số RSSI không còn tuân theo công thức có sẵn. Do đó việc sử dụng cách tính bằng công thức không còn tính chính xác. Trong đề tài này chúng em thay thế phương pháp sử dụng công thức bằng cách đo nhiều mẫu RSSI tương ứng với các giá trị khoảng cách khác nhau từ đó tạo cơ sở dữ liệu cho sever. Khi module nhận giá trị RSSI từ beacons, module này gửi thông số về sever và từ cơ sở dữ liệu có sẵn chúng ta sẽ thu được khoảng cách đến vật cần định vị.

Ở đây, chúng em sử dụng 3 beacons và 1 Module ESP32C3. Với 3 Beacons được đặt ở các địa điểm cho trước với tọa độ đã biết, thiết bị cần định vị sẽ được gắn Module ESP32C3, khi nhận tín hiệu từ Beacons, ESP32C3 sẽ gửi tín hiệu vừa thu được về sever, sever sẽ được lập trình tính toán dựa trên cơ sở dữ liệu và đưa ra vị trí trên màn hình.

## 2.3. Thực hiện đề tài

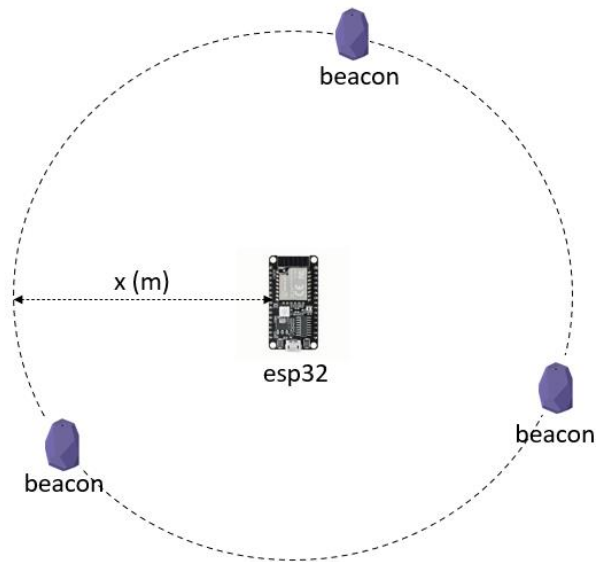
Quá trình thực hiện được chia thành hai giai đoạn:



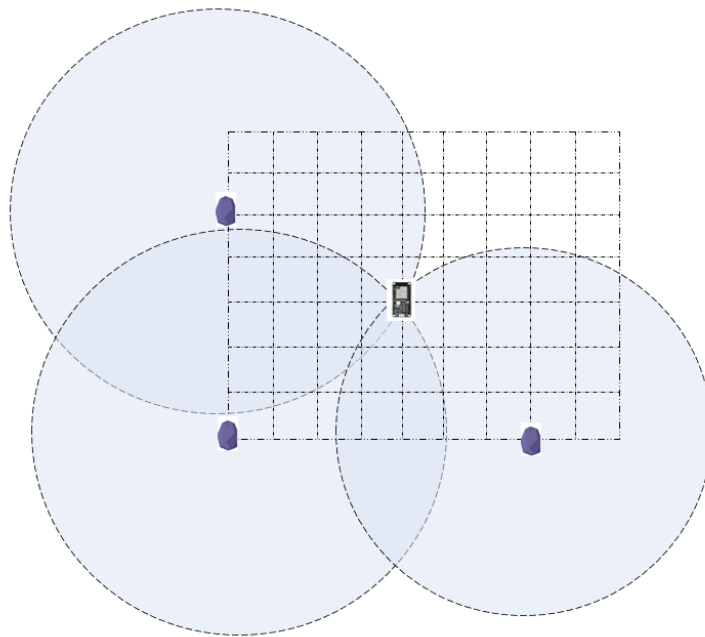
### Offline Stage:

Cách thu thập dữ liệu được bố trí như hình bên dưới. ESP32 được đặt ở tâm của đường tròn bán kính  $x$  (m), các beacon được đặt ở các vị trí ngẫu nhiên khác nhau trên đường tròn. Bằng cách thay đổi bán kính của đường tròn và vị trí của các beacon để tạo ra bộ cơ sở dữ liệu thô đồng thời giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu đa đường hay không đẳng hướng thiết bị.

Bộ cơ sở dữ liệu thô được lọc nhiễu bằng bộ lọc Kalman sau đó lấy giá trị trung bình tại từng khoảng cách tham chiếu ( $x$  (mét)) để tạo thành bộ cơ sở dữ liệu mới có vai trò như một thư viện. Thuật toán k-Nearest Neighbors là một thuật toán đơn giản được sử dụng để dự đoán khoảng cách từ tín hiệu RSSI thu được.



### Online Stage:

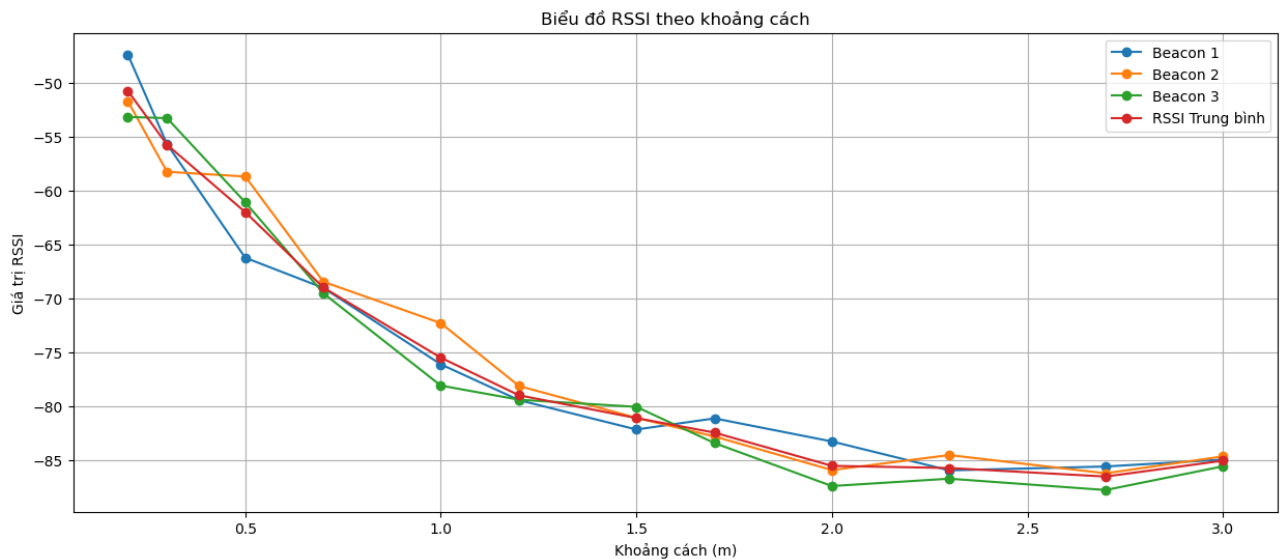


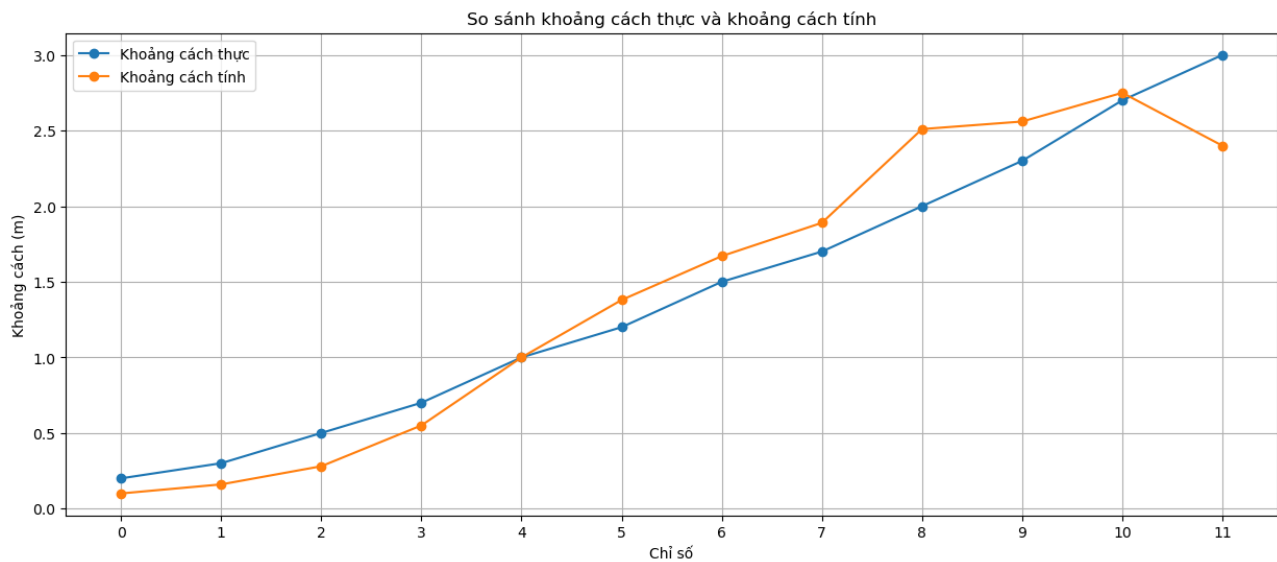
Hệ thống định vị được thiết lập như hình dưới. Các beacon được gắn ở các tọa độ cố định trong khi đó ESP32 đóng vai trò là thiết bị di động. ESP32 thu giá trị RSSI gửi về từ các beacon sau đó đẩy lên sever. Sever có nhiệm vụ dự đoán khoảng cách từ ESP32 đến từng beacon bằng cách dựa vào bộ cơ sở dữ liệu đã thiết lập từ trước, sau đó tính toán tọa độ của beacon dựa vào công thức Trilateration.

### 2.4. Kết quả thực nghiệm

Giá trị RSSI trung bình tại các khoảng cách tham chiếu:

Khoảng cách (m)	Beacon 1	Beacon 2	Beacon 3	RSSI trung bình	Khoảng cách theo CT (m)	Sai số (m)
0.2	-47.43	-51.75	-53.20	-50.79	0.10	0.1
0.3	-55.72	-58.28	-53.31	-55.77	0.16	0.14
0.5	-66.25	-58.72	-61.11	-62.02	0.28	0.22
0.7	-69.05	-68.48	-69.55	-69.02	0.55	0.15
1	-76.13	-72.31	-78.10	-75.51	1	0
1.2	-79.45	-78.14	-79.41	-79	1.38	0.18
1.5	-82.17	-81.09	-80.07	-81.11	1.67	0.17
1.7	-81.14	-82.82	-83.43	-82.46	1.89	0.19
2	-83.28	-85.93	-87.41	-85.54	2.51	0.51
2.3	-85.96	-84.54	-86.73	-85.74	2.56	0.26
2.7	-85.60	-86.23	-87.78	-86.53	2.75	0.05
3	-84.96	-84.66	-85.58	-85.06	2.40	0.6
				Sai số trung bình:	0.21	





### Kết quả đo thực nghiệm

Lần đo	Tọa độ beacon 1	Tọa độ beacon 2	Tọa độ beacon 3	Tọa độ chính xác	Tọa độ theo tính toán	Sai số (m)
1	(1,0)	(0,1)	(0,0)	(1,1.5)	(0.75,0.93)	0.61
2	(1,0)	(0,1)	(0,0)	(1.5,1)	(1,0.9)	0.51
3	(1,0)	(0,1)	(0,0)	(1.5,2)	(1.37,1.1)	0.88
4	(1,0)	(0,0.5)	(0,0)	(1.5,2)	(1.18,2.36)	0.47
5	(1,0)	(0,0.5)	(0,0)	(0.5,1.5)	(0.55,0.71)	0.78
6	(1,0)	(0,0)	(0,1.5)	(1,1)	(0.39,0.68)	0.83
7	(1,0)	(0,0)	(0,1.5)	(2,2)	(2.9,2.06)	0.98
8	(1,0)	(0,0)	(0,1.5)	(1.5,1.5)	(0.64,0.73)	1.15
9	(1,0)	(0,0)	(0,1.5)	(0.5,0.5)	(0.28,0.43)	0.23
10	(0,0)	(1.5,0)	(0,1.5)	(0.5,0.5)	(0.375,0.375)	0.18
11	(0,0)	(1.5,0)	(0,1.5)	(1,1)	(0.62,0.75)	0.45
12	(0,0)	(1.5,0)	(0,1.5)	(0,1)	(0.53,0.87)	0.55
13	(0,0)	(1.5,0)	(0,1.5)	(1.5,0)	(0.79,0.13)	0.77
14	(0,0)	(0.5,0)	(0,0.5)	(1,1)	(0.25,0.25)	1
15	(0,0)	(0.5,0)	(0,0.5(1)	(0.5,0.5)	(0.5,0.42)	0.07
Sai số trung bình						0.63



## **2.5. Đánh giá kết quả**

Từ kết quả thực nghiệm thu được trình bày ở mục trên, ta có cái nhìn chính xác và trực quan hơn về phương pháp định vị sử dụng Bluetooth. Dưới đây là các đánh giá về kết quả thực nghiệm phương pháp định vị sử dụng Bluetooth.

### ***Kết quả đạt được:***

1. Kết quả lấy mẫu thu được khá khả quan khi giá trị khoảng cách đo được chênh lệch không nhiều, độ chính xác khá cao khi sử dụng phương pháp lấy trung bình kết quả đo.
2. Về phạm vi đo đạc, trong điều kiện môi trường đo đạc, kết quả bị sai lệch do môi trường đo không lý tưởng, và các tham số trong công thức tính khoảng cách chưa được chính xác hoàn toàn

### ***Nhận xét:***

Kết quả trên là điều không tránh khỏi, bởi phương pháp đo này, về bản chất là sử dụng đến mức công suất thu được sóng vô tuyến. Với hình dạng của búp sóng Bluetooth Beacon, ở khoảng cách gần, công suất phát tốt hơn, nên việc bị nhiễu và suy giảm tín hiệu sẽ không bị ảnh hưởng nhiều. Nhưng khi càng ra xa, công suất tín hiệu bị suy hao, càng yếu dần, dẫn đến việc bị cản nhiễu càng nhiều hơn. Bên cạnh đó nhiễu đa đường, các tín hiệu xung quanh, điều kiện đo... cũng ảnh hưởng rất nhiều đến kết quả đo

## KẾT LUẬN

Sau hơn 4 tháng thực hiện xây dựng và thử nghiệm hệ thống định vị sử dụng Bluetooth. Đề tài cũng đã thu được những kết quả nhất định. Do thời gian thực hiện đề tài ngắn, với việc phải thực hiện khối lượng công việc khá lớn, nên khi kết thúc đề tài, sẽ không tránh khỏi những sai sót. Kết quả thu được từ quá trình thực hiện đề tài, đã xây dựng và thử nghiệm được mô hình định vị gần sử dụng nền tảng Bluetooth BLE. Kết quả thu được trong quá trình thử nghiệm rất khả thi.

Tuy nhiên, do thời gian thực hiện ngắn, vẫn trong giai đoạn nghiên cứu và phát triển, nên xây dựng hệ thống vẫn còn sơ bộ, chưa được ổn định, nếu có cơ hội, sẽ thực hiện và phát triển nâng cấp hệ thống hoàn chỉnh và ổn định hơn.

Kết thúc đề tài, tuy chưa thu được kết quả như mong muốn (độ chính xác và độ ổn định chưa tốt, bán kính định vị đo được chưa xa như mong muốn), nhưng kết quả đề tài để lại là sẽ là nền tảng để phát triển những đề tài khác liên quan đến định vị và Bluetooth.