

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Xây dựng hệ thống định vị trong tòa nhà sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng Ultra Wide Band

Ngành KT Điều khiển & Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: Ths. Lê Minh Hoàng

Họ và tên	MSSV
Nguyễn Bá Cường	20181372
Hà Tuấn Anh	20181317
Khoa	Tự động hóa
Trường	Điện – Điện Tử

Chữ ký của GVHD

HÀ NỘI, 3/2023

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

1. Tên đề tài

Tìm hiểu công nghệ băng thông siêu rộng UWB và ứng dụng trong hệ thống định vị trong nhà

2. Nội dung đề tài

Thiết kế hệ thống định vị bao gồm: các mô đun giao tiếp băng thông rộng, chương trình định vị trên máy tính và tích hợp hệ thống. Xây dựng thuật toán định vị phù hợp cho môi trường trong nhà. Thử nghiệm hoạt động của hệ thống.

Yêu cầu tối thiểu là xây dựng được thuật toán định vị để định vị được vị trí của đối tượng trong nhà và phải thử nghiệm được hệ thống cho kết quả định vị được đối tượng với độ chính xác định vị là $2m$ trở xuống.

3. Thời gian giao đề tài: 24/10/2022

4. Thời gian hoàn thành: 28/02/2023

SINH VIÊN THỰC HIỆN

(Ký, ghi rõ họ tên)



Nguyễn Bá Cường

Ngày tháng năm 2023

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

(Ký, ghi rõ họ tên)

Lời cảm ơn

Quá trình đại học là một hành trình dài. Tại đây em đã có những người bạn, môi trường học tập Bách Khoa mang lại và đặc biệt là rất nhiều thầy cô đã tận tình hướng dẫn em. Đầu tiên, em xin được cảm ơn ThS.Lê Minh Hoàng đã hướng dẫn và chỉ bảo em rất tận tình về cách tìm hiểu, tiếp cận cũng như phương pháp thực hiện đề tài, luôn đồng hành và giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập và thực hiện đồ án này.

Trong quá trình học tập tại Bách Khoa, em xin cảm ơn những người bạn đã luôn đồng hành, giúp đỡ và động viên em trong quá trình nghiên cứu và làm việc tại trường. Trong đồ án tốt nghiệp lần này hoàn thành cũng là công sức của tất cả thầy cô trong trường đặc giảng dạy và giúp đỡ em. Em xin được cảm ơn tất cả thầy cô tại trường và các thầy cô trong bộ môn kỹ thuật đo và tin học đã luôn tận tình giảng dạy cho em những kiến thức quý báu để dẫn bước chúng em và cũng là nền tảng rất vững chắc để em tự tin và là hành trang quý báu để em hoàn thành đồ án tốt nghiệp. Là người con của Bách Khoa, em rất tự hào vì đã là một phần của trường, là học trò của các thầy cô. Em cũng rất chân thành cảm ơn cô Hường, thầy Hoàng đã dìu dắt định hướng em để hoàn thành thật tốt đồ án tốt nghiệp lần này. Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Điện và Bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp đã tạo điều kiện thuận lợi giúp em hoàn thành đồ án này. Em xin kính chúc quý Thầy, Cô dồi dào sức khỏe và nhiều may mắn trên con đường sự nghiệp giáo viên cao quý.


Xin chân thành cảm ơn!

Tóm tắt nội dung đồ án

Trong thời đại công nghệ khoa học phát triển, nhu cầu con người ngày càng gia tăng, một trong số những vấn đề mà con người quan tâm là định vị vị trí của người sử dụng. Trên thực tế, các ứng dụng di động sử dụng GPS đã rất được phổ biến và thành công để xác định vị trí ngoài trời. Tuy nhiên, hệ thống đó chưa định vị được vị trí con người trong tòa nhà, một số nghiên cứu trên thế giới đã được thực hiện nhưng kết quả đem lại chưa ứng dụng được. Vì vậy, em đã quyết định chọn đề tài “Xây dựng hệ thống định vị trong tòa nhà sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng Ultra Wide Band” làm đồ án tốt nghiệp với mong muốn có thể phát triển đề tài và giải quyết vấn đề mà xã hội đang gặp. Trong đồ án lần này, chúng em đã xây dựng được hệ thống định vị trong nhà với hai bộ lọc là Particle Filter và Extended Kalman Filter và sai số trung bình chỉ là 0.063 m đối với bộ lọc Particle và 0.067m với bộ lọc Extended Kalman. Nhận thấy sai số của kết quả có thể chấp nhận được để ứng dụng thực tế và sử dụng bộ lọc Particle là tối ưu hơn là những điều mà đồ án lần này em thực hiện được. Cuối cùng, em mong rằng đề tài của em sẽ đóng góp được phần nào vào trong đời sống thực tế giúp cho xã hội ngày càng được cải thiện.

Sinh viên thực hiện

Ký và ghi rõ họ tên



Nguyễn Bá Cường

Phân chia công việc thực hiện

Do khối lượng công việc cần thực hiện lớn và thời gian có hạn nên đồ án này được thực hiện với sự tham gia của hai thành viên bao gồm: Hà Tuấn Anh và Nguyễn Bá Cường. Công việc của mỗi thành viên chi tiết như sau:

	Các công việc đã thực hiện
Hà Tuấn Anh	<ul style="list-style-type: none">- Tìm hiểu tổng quan về công nghệ UWB- Tìm hiểu các thuật toán xử lý dữ liệu trong định vị- Đề xuất lựa chọn thuật toán định vị.- Xây dựng phần mềm và bộ lọc Extended Kalman Filter- Thử nghiệm
Nguyễn Bá Cường	<ul style="list-style-type: none">- Tìm hiểu các lĩnh vực và hệ thống định vị hiện nay- Đề xuất một hệ thống,- Tìm hiểu các phương pháp đo lường khoảng cách- Thiết kế phần cứng và bộ lọc Particle Filter- Thử nghiệm

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ UWB VÀ CÁC GIẢI PHÁP ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ	1
1.1 Tổng quan về công nghệ UWB.....	1
1.1.1 Lịch sử của UWB.....	1
1.1.2 Giới thiệu chung về UWB:	2
1.1.3 Ưu điểm của hệ thống UWB.....	2
1.1.4 Các thách thức đối với UWB	3
1.2 Lĩnh vực định vị trên thế giới hiện nay	4
1.2.1 Các công nghệ truyền thông không dây trong định vị trong nhà: 5	
a. Công nghệ WLAN	5
b. Công nghệ Bluetooth	6
c. Công nghệ sóng hồng ngoại (Infrared-IR)	7
d. Công nghệ băng thông siêu rộng (UWB)	8
1.2.2 Các hệ thống định vị hiện nay.....	9
1.3 Đề xuất một hệ thống định vị trong nhà sử dụng UWB:	16
CHƯƠNG 2. Thuật toán và phương pháp áp dụng cho kỹ thuật định vị 18	
2.1 Một số phương pháp đo lường	18
2.1.1 Angle Based Triangulation	18
2.1.2 Time of Arrival (ToA)/Time of Flight (ToF)	20
2.1.3 Time Difference of Arrival (TDoA).....	21
2.1.4 Received Signal Strength (RSS).....	22
2.2 Thuật toán xử lý dữ liệu	24
2.2.1 Proximity positioning.	24
2.2.2 Trilateration và Triangulation positioning.....	25
2.2.3 Fingerprinting positioning	27
2.2.4 Vision Analysis Technique.....	28
2.2.5 So sánh các phương pháp	29
2.3 Đề xuất, lựa chọn phương pháp đo và thuật toán định vị	29
2.3.1 Phương pháp thu thập dữ liệu từ cảm biến.....	29
2.3.2 Thuật toán định vị.....	31

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM CỦA HỆ THỐNG 34

3.1 Xây dựng phần cứng	34
3.1.1 Module DWM1000.....	34
3.1.2 Khối vi xử lý	39
3.1.3 Khối nguồn	40
3.1.4 Thiết kế mạch in	41
3.2 Xây dựng phần mềm	43
3.2.1 Cấu hình mô-đun	43
3.2.2 Định hướng module	43
3.2.3 Giao tiếp giữa các module	43
3.2.4 Thuật toán, lập trình.....	43
3.2.5 Xử lý dữ liệu	45

CHƯƠNG 4. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ..... 51

4.1 Thử nghiệm đo khoảng cách giữa hai module	51
4.1.1 Đo không có vật cản	51
4.1.2 Đo hai đối tượng khi bị chắn bởi một vật thể.....	55
4.1.3 Đo trong khi di chuyển:	59
4.1.4 Đánh giá kết quả	61
4.2 Thực hiện đo với 3 module:	61
4.2.1 Xác định vị trí tĩnh.....	61
4.2.2 Xác định vị trí động	63

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN..... 65

5.1 Kết luận	65
5.2 Hướng phát triển đề tài.....	65

TÀI LIỆU THAM KHẢO 66

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Các công nghệ định vị trong nhà hiện nay	5
Hình 1.2 Phổ UWB được điều chỉnh	9
Hình 1.3 Hệ thống định vị Bluetooth/UWB của Infsoft	10
Hình 1.4 Công nghệ tiết kiệm năng lượng của Bluetooth.....	10
Hình 1.5 Một sản phẩm của Thingoo.....	12
Hình 1.6 Thiết lập địa điểm của người dùng.....	13
Hình 1.7 Thử nghiệm định vị trong nhà với điện thoại di động và ánh sáng nhìn thấy	14
Hình 1.8 Ứng dụng của Learn Loc.....	15
Hình 1.9 Sơ đồ khối hệ thống đề xuất.....	16
Hình 2.1 Triangulation	19
Hình 2.2 Angulation.....	19
Hình 2.3 Tọa độ tính toán cho AoA.....	21
Hình 2.4 Biểu diễn hình học của hệ thống TOA.....	22
Hình 2.5 Mutilation sử dụng TDoA.....	22
Hình 2.6 Vùng theo dõi của một nút.....	26
Hình 2.7 Xác định vị trí với Lateration.....	26
Hình 2.8 Angulation với hai Điểm tham chiếu	27
Hình 2.9 Cấu trúc một mô hình Fingerpringting	27
Hình 2.10 Single Side Two Way Ranging	30
Hình 2.11 Double-side Two Way Ranging.....	31
Hình 2.12 Phương pháp Trilateration	32
Hình 2.13 Mô hình hóa việc thực hiện.....	33
Hình 3.1 Sơ đồ hệ thống.....	34
Hình 3.2 Cảm biến Decawave DWM1000: Sơ đồ khối.....	35
Hình 3.3 DWM1000 Pinout và ảnh thực tế.....	36
Hình 3.4 Vị trí đặt antenna trên bo mạch.....	36
Hình 3.5 Ảnh hưởng của hướng lên khả năng thu phát sóng.....	37
Hình 3.6 Hình ảnh thực tế Arduino pro mini	40
Hình 3.7 Sơ đồ nguyên lý thiết kế mạch hạ áp sử dụng LDO	41
Hình 3.8 Mạch PCB	42
Hình 3.9 Sơ đồ nguyên lý.....	42
Hình 3.10 Cấu trúc chung của một khung bản tin	43
Hình 3.11 Lưu đồ thuật toán	44
Hình 3.12 Làm mịn một hình Sin với đường trung bình động (đường cong màu đỏ)	45

Hình 3.13 Các bước của thuật toán Particle Filter	47
Hình 4.1 Bố trí thí nghiệm đo khoảng cách	51
Hình 4.2 Kết quả đo ở 1m với 200 mẫu.....	52
Hình 4.3 Kết quả đo từ 0.5-5m	52
Hình 4.4 Kết quả 5m sau khi qua EMA.....	54
Hình 4.5 Bố trí thí nghiệm có vật cản	55
Hình 4.6 Kết quả thử nghiệm với các vật cản trong nhà.....	56
Hình 4.7 So sánh kết quả đo không có vật cản và với vật cản là tấm kim loại....	57
Hình 4.8 Kết quả đo với vật chắn là tấm kim loại sau khi qua EMA	58
Hình 4.9 Bố trí thí nghiệm đo trong khi di chuyển.....	59
Hình 4.10 So sánh với giá trị đo.....	60
Hình 4.11 So sánh với giá trị thực tế.....	60
Hình 4.12 Bố trí thí nghiệm định vị tĩnh.....	62
Hình 4.13 So sánh với giá trị thực tế.....	62
Hình 4.14 Kết quả định vị với ba nút khi di chuyển.....	63

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Các mức của Bluetooth.....	7
Bảng 1.2 So sánh giữa các hệ thống thực tế	16
Bảng 2.1 So sánh giữa các phương pháp thu thập dữ liệu từ bài báo	23
Bảng 2.2 So sánh giữa các thuật toán định vị	29
Bảng 3.1 Bảng tần số trung tâm và dải băng thông của thiết bị	37
Bảng 4.1 Xử lý số liệu đo thử nghiệm 1 (1).....	53
Bảng 4.2 Xử lý số liệu thí nghiệm 1(2).....	54
Bảng 4.3 Phân tích số liệu thí nghiệm 2 (1).....	57
Bảng 4.4 Phân tích số liệu thí nghiệm 2 (2).....	58
Bảng 4.5 Tính toán sai số thí nghiệm 3 (1).....	59
Bảng 4.6 Phân tích số liệu thí nghiệm 3(2).....	61
Bảng 4.7 Phân tích kết quả thí nghiệm 4	62
Bảng 4.8 Phân tích kết quả thí nghiệm 5	64

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

STT	Ký hiệu chữ viết tắt	Chữ viết đầy đủ
1	GPS	Global Positioning System
2	WLAN	Wireless Local Area Network
3	RFID	Radio Frequency Identification
4	ToA	Time of Arrival
5	TDoA	Time of Different Arrival
6	AoA	Angle of Arrival
7	BLE	Bluetooth Low Energy
8	RSS	Received Signal Strength
9	LED	Light Emitter Diode
10	VLP	Visible Light Positioning
11	IR	Infra Red
12	UWB	Ultra-Wide Band
13	FCC	Federal Communications Commission
14	LNA	Low Noise Amplifier
15	K-NN	K-Nearest neighbor
16	ToF	Time of Flight
17	TWR	Two Way Ranging
18	GSM	Global System for Mobile
19	RTOS	Real Time Operation System
20	MA	Moving Average
21	SMA	Simple Moving Average
22	EMA	Exponential Moving Average
23	KF	Kalman Filter
24	EKF	Extended Kalman Filter

25	PF	Particle Filter
26	ADC	Analog Digital Converter
27	RTOF	Reflectron Time Of Flight
28	RP	Reference Point
29	MAC	Media Access Control
30	RF	Radio Frequency
31	SPI	Serial Peripheral Interface
32	IC	Integrated Circuit
33	LDO	Low Dropout Linear Regulator
34	PCB	Printed Circuit Board
35	USB	Universal Serial Bus
36	SFD	Start of Frame Delimiter
37	EKF	Extended Kalman Filter
38	LOS	Light of Sight
39	NLOS	Non-Light of Sight

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ UWB VÀ CÁC GIÁP PHÁP ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ

1.1 Tổng quan về công nghệ UWB

1.1.1 Lịch sử của UWB

Công nghệ Ultra Wideband - UWB (hay băng thông siêu rộng) đã tồn tại hơn 100 năm. Đây là công nghệ cho phép truyền dữ liệu không dây tầm ngắn với băng thông cao trên một phạm vi tần số rất rộng, sử dụng ít năng lượng. Theo Ủy ban Truyền thông Liên bang Hoa Kỳ (FCC), UWB hoạt động trong dải tần số từ 3,1 đến 10,6 GHz [9], cao hơn đáng kể so với các dải tần được sử dụng trong hầu hết các loại hình truyền thông không dây khác. UWB cũng hoạt động rất khác so với công nghệ sóng vô tuyến truyền thống vì nó sử dụng xung năng lượng cực ngắn chứ không phải sóng liên tục.

Năm 1893, Heinrich Hertz sử dụng một bộ phát xung để tạo sóng điện từ cho thí nghiệm của ông. Vào năm 1901, UWB lần đầu tiên được sử dụng bởi nhà chế tạo người Ý Guglielmo Marconi để truyền âm nhạc từ một đài phát thanh đến các con tàu trên biển. Từ đó cho đến giữa thế kỷ 20, dù công nghệ này đã có những bước phát triển đáng kể nhưng công nghệ truyền thông vô tuyến dựa vào các sóng dạng sin vẫn chiếm ưu thế. Chỉ đến những năm 1960, các lĩnh vực của UWB mới được khởi động lại một cách nghiêm túc, tập trung chủ yếu vào các lĩnh vực radar và truyền thông. Năm 1973, có bằng sáng chế đầu tiên cho UWB. Tuy nhiên, việc phát triển UWB lại bị hạn chế trong các ứng dụng quân sự từ những năm 1960 đến 1990 và chỉ hoạt động dưới danh nghĩa các chương trình bí mật. Sau thời điểm đó, khi các hoạt động nghiên cứu không còn là điều bí mật, UWB có được sự phát triển vượt bậc kể từ năm 1998. Và phải đến năm 2002, FCC cuối cùng đã cho phép sử dụng công nghệ này mà không cần đăng ký trong các ứng dụng về radar, an toàn cộng đồng và truyền thông dữ liệu, tạo điều kiện thương mại hóa các hệ thống và thiết bị UWB. Các công ty cũng được thành lập để nghiên cứu và phát triển các sản phẩm ứng dụng công nghệ UWB như Time Domain, XtremeSpectrum, Mặc dù vậy, UWB cho đến nay vẫn bị FCC đặt dưới một số yêu cầu, quy định nghiêm ngặt về tần số và giới hạn công suất cho phép.

Dù đi sau so với các công nghệ truyền thông không dây khác như Bluetooth, Zigbee hay Wifi [2] các ứng dụng của UWB ngày càng được quan tâm nhiều hơn vì những ưu điểm nổi bật của nó. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, tiềm năng phát triển của UWB là rất hứa hẹn. Các tín hiệu UWB có thể mang nhiều dữ liệu hơn, khiến nó trở thành một giải pháp để truyền các loại dữ liệu lớn. Tần số của UWB rất cao, có nghĩa là nó không có tầm xa nhưng với khả năng gửi một lượng lớn thông tin nhanh chóng khiến nó trở nên tuyệt vời đối với những khoảng cách ngắn. Không những vậy, tín hiệu UWB cũng có thể đi xuyên qua các chướng ngại vật như tường, đồ nội thất... khiến cho nó trở thành một trong những lựa chọn tốt nhất để sử dụng trong nhà. Đối với các ứng dụng gia đình, kỹ thuật số như phát trực tuyến video, camera... điều này thực sự tuyệt vời. Ngoài ra, công nghệ này

còn được ứng dụng ở rất nhiều lĩnh vực khác như radar lòng đất, đo mực nước, các hệ thống định vị, điều khiển giao thông, ...

Như vậy, sự hình thành và phát triển của UWB đã có từ rất lâu, nhưng do các hạn chế về khoa học kỹ thuật cùng các yếu tố khác, UWB mới thực sự xuất hiện phổ biến và phát triển mạnh trong thời gian gần đây.

1.1.2 Giới thiệu chung về UWB:

FCC định nghĩa UWB hay băng thông siêu rộng mô tả các hệ thống truyền thông có phổ siêu rộng, lên tới 500MHz hoặc có tỉ số băng tần η lớn hơn 20% so với tần số trung tâm:

$$\eta = \frac{f_H - f_L}{f_c} \geq 0.2 \quad PT 1.1$$

Trong đó $B = f_H - f_L$ chỉ băng tần 10dB của hệ thống, và tần số trung tâm UWB của hệ thống là $f_c = (f_H + f_L)/2$, trong đó f_H và f_L lần lượt là tần số cao và tần số thấp, với công suất thấp hơn 10 dB so với tần số có công suất cực đại. [33]

1.1.3 Ưu điểm của hệ thống UWB

Phương thức truyền thông sử dụng xung ra đời từ rất sớm nhưng vì nhiều lí do mà nó không nhận được nhiều sự quan tâm và phát triển tương xứng với tiềm năng trong một khoảng thời gian dài. Cho đến thời gian gần đây, phương pháp này mới thực sự được quan tâm nhờ những ưu điểm của nó. Chính vì vậy, UWB còn rất nhiều tiềm năng để phát triển và ứng dụng vào các thiết bị thực tế. Một số ưu điểm nổi bật của UWB có thể kể đến như sau:

a. Tốc độ cao

Tốc độ cao là khía cạnh hấp dẫn nhất của truyền thông sử dụng UWB. Tốc độ 100 Mb/s đã đạt được và có khả năng vượt qua tốc độ trên ở khoảng cách ngắn.

Định lý Shannon:

$$C = B \log \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad PT 1.2$$

Trong đó C là dung lượng tối đa của kênh, có đơn vị là [b/s]; B là băng tần kênh, đơn vị là [Hz]; S là công suất tín hiệu [W] và N là công suất tạp âm [W].

Nhìn vào biểu thức trên có thể thấy có ba cách tăng dung lượng tối đa của một kênh: tăng băng tần, tăng công suất tín hiệu hoặc giảm công suất tạp âm. Dung lượng C tăng theo hàm logarit đối với công suất và tuyến tính với băng tần B . Tuy nhiên, việc tăng dung lượng đó có giới hạn vì băng tần đã được sử dụng bởi một số tín hiệu khác [36]. Nhưng vì UWB sử dụng băng tần rất lớn nên có thể tăng băng tần B để bù đắp cho việc giảm công suất tín hiệu và nhiễu đến từ các nguồn vô tuyến khác. Nhờ vậy, UWB có thể tiêu thụ ít công suất hơn để truyền một tốc độ bit như nhau với một xác suất lỗi không đổi. [9]

b. Xác suất bị ngăn chặn thấp

UWB với băng thông rộng (tần số xung hẹp) và mã PN phức tạp (giúp truy cập dữ liệu), khó bị ngăn chặn từ bên ngoài. Quy tắc đơn giản cho thấy độ phức tạp và

thời gian cần thiết để nghe lén tín hiệu sẽ tăng theo bình phương công suất của băng thông và độ dài mã. Điều này giải thích tại sao việc ngăn chặn tín hiệu UWB là khó khăn khi không biết cấu trúc của nó.

c. Khả năng chống đa đường

Hiện tượng đa đường rất hay xuất hiện trong lĩnh vực truyền thông không dây. Đây là hiện tượng xảy ra khi có nhiều tiếng vọng của một tín hiệu đến một bộ thu với nhiều độ trễ khác nhau. Nguyên nhân của hiện tượng này là do phản xạ, hấp thụ, tán xạ và nhiễu năng lượng điện từ bởi các vật thể giữa cũng như xung quanh bộ thu và bộ phát. Hiện tượng này sẽ dẫn tới suy giảm cường độ và xoay pha tín hiệu (*fading*) không giống nhau tại các thời điểm và tại các tần số khác nhau.[49]

Các hệ thống UWB thường có đặc điểm chống đa đường. Khoảng thời gian tách biệt cần thiết giữa các đường để tránh hiện tượng chống lẫn sẽ giảm khi độ rộng xung giảm đi. Đây là lý do độ rộng xung càng nhỏ thì càng tốt hơn, đặc biệt là các môi trường như trong nhà. Do bề rộng xung cực nhỏ, các xung UWB có thể đủ hẹp sao cho hai tiếng vọng liên tiếp không xung đột và có thể xử lý được trong miền thời gian. [50]

d. Khả năng đi xuyên qua chướng ngại vật

Ngoài ra, mức tần số thấp của các xung UWB cho phép tín hiệu có thể đi qua các chướng ngại vật một cách hiệu quả như tường, đồ vật,... và cải thiện được độ chính xác. Trên thực tế, UWB cung cấp tỷ lệ chính xác cao có thể giảm thiểu lỗi đến mức dưới centimet. Do đó, UWB được coi là một trong những lựa chọn phù hợp nhất cho các ứng dụng quan trọng và các ứng dụng định vị yêu cầu kết quả chính xác cao. Công nghệ UWB không giống như các công nghệ định vị khác như cảm biến hồng ngoại và siêu âm không bị ảnh hưởng bởi sự tồn tại của các thiết bị liên lạc khác hoặc nhiễu bên ngoài, do nó sở hữu băng thông cao [51]

e. Mật độ phổ công suất phát thấp

Theo *PT 1.2*, dung lượng C tuyến tính với băng tần B . Mặt khác, UWB có độ rộng băng tần lớn hơn rất nhiều so với các phương pháp truyền thông vô tuyến truyền thống khác nên có thể hi sinh (tăng lên) độ rộng băng để làm giảm công suất phát. Khi đó với công suất tín hiệu thấp UWB vẫn có thể duy trì tốc độ truyền dữ liệu ở mức cao. Đặc điểm này khiến cho UWB là một giải pháp tuyệt vời cho các mô hình mạng PAN [36] [52].

1.1.4 Các thách thức đối với UWB

Với những ưu điểm kể trên, UWB hứa hẹn rất nhiều tiềm năng hấp dẫn cho lĩnh vực truyền thông vô tuyến cũng như các ứng dụng trong tương lai. Tuy vậy, công nghệ này vẫn tồn tại các thách thức cần phải được nghiên cứu và vượt qua để trở nên phổ biến hơn.

Các hệ thống vô tuyến có những điều lệ cần tuân thủ để hạn chế nhiễu từ các nguồn khác nhau trên một dải tần. Và với tính chất của UWB đã nêu ở phần trên là việc chiếm một băng tần lớn, có nhiều người dùng có băng tần nằm trong dải này thì nhiều là vấn đề không thể tránh khỏi. Vấn đề này đặc biệt ảnh hưởng nếu trong

trường hợp những người dùng được quyền sử dụng độc quyền dải tần của họ. Không những vậy, khi triển khai cũng cần quan tâm đến vấn đề UWB có thể gây ảnh hưởng đến các hệ thống truyền thông vô tuyến đã tồn tại. Giải quyết được vấn đề phổ tần là đặc biệt quan trọng cho sự phát triển của các hệ thống sử dụng UWB. Những thách thức khác còn tồn tại là việc có nhiều tiêu chuẩn khác nhau cùng tồn tại và các nhà sản xuất sẽ sử dụng các tiêu chuẩn không giống nhau. Chính vì chưa có sự thống nhất rõ ràng này, có những xung đột xảy ra giữa các thiết bị của các hãng khác nhau.

Còn cần giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật khác để nâng cao hiệu quả sử dụng khi sử dụng hệ thống UWB. Một số vấn đề cần cải thiện bao gồm khả năng tương thích với các hệ thống truyền thông cũ, tạo ra tín hiệu UWB với độ rộng xung hẹp, thu tín hiệu đa đường và nhiễu giao thoa đặc biệt trong môi trường không có tầm nhìn trực tiếp (Non- Line-Of-Sight), ...

Giá thành của thiết bị cũng là một thách thức. Nhờ sự phát triển của khoa học kỹ thuật trong thời gian gần đây, giá thành của các thiết bị sử dụng UWB đã được giảm đi đáng kể nhưng do sự phức tạp để loại bỏ nhiễu và các vấn đề liên quan đến công suất cũng đã đẩy giá của các thiết bị này lên cao.

1.2 Lĩnh vực định vị trên thế giới hiện nay

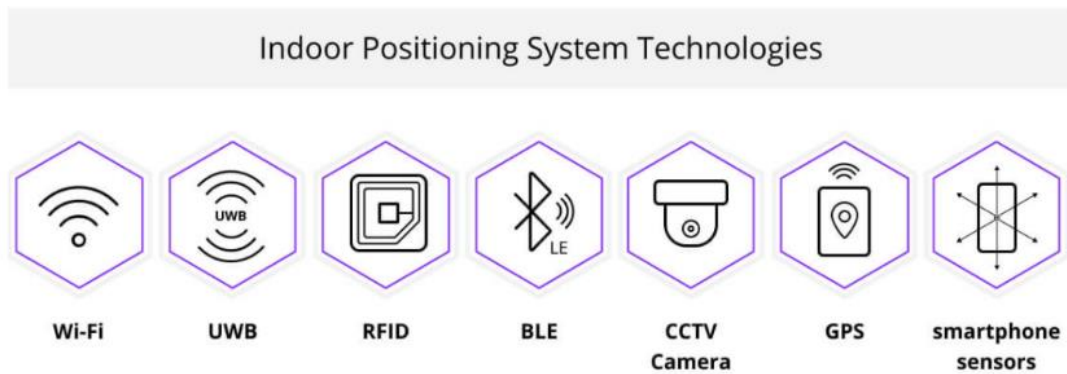
Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin, và hệ thống vệ tinh định vị. Hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) rất phát triển và đã được ứng dụng trong rất nhiều phần mềm và thiết bị. Các thiết bị không dây như điện thoại thông minh đã được cài đặt sẵn tính năng định vị toàn cầu GPS như một phần không thể thiếu.

Độ chính xác của GPS khi sử dụng ở môi trường ngoài trời (outdoor) là rất cao, tuy nhiên, hệ thống định vị toàn cầu GPS không thể cho một kết quả chính xác khi thiết bị ở trong môi trường trong nhà (indoor). Đặc biệt là các môi trường trong các tòa nhà lớn như cao ốc, viện bảo tàng, trung tâm thương mại.

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.

Bất kỳ công nghệ không dây nào cũng có thể được sử dụng để định vị. Nhiều hệ thống khác nhau tận dụng cơ sở hạ tầng không dây hiện có để định vị trong nhà. Có ba tùy chọn cấu trúc liên kết hệ thống chính cho cấu hình phần cứng và phần mềm, dựa trên mạng, dựa trên thiết bị đầu cuối và hỗ trợ thiết bị đầu cuối. Độ chính xác của vị trí có thể được tăng lên với chi phí lắp đặt và thiết bị cơ sở hạ tầng không dây.

Các công nghệ sử dụng trong việc ước tính vị trí đã hoạt động thành công bằng cách sử dụng các công nghệ như Local Area Networks (WLAN) như Wifi, hay Bluetooth, Ultra-wideband (UWB), Ultrasound, nhận dạng vô tuyến (Radio Frequency Identification RFID), Hybrid technologies và phương pháp quét mã (Quick Response scanning method).



Hình 1.1 Các công nghệ định vị trong nhà hiện nay [12]

1.2.1 Các công nghệ truyền thông không dây trong định vị trong nhà:

a. Công nghệ WLAN

WLAN hay còn được gọi là mạng cục bộ không dây, sử dụng tiêu chuẩn IEEE 802.11. WLAN bao phủ phạm vi từ 50 m đến 100 m, vượt xa so với Bluetooth hoặc RFID. Sử dụng Wi-Fi trong các hệ thống định vị và điều hướng trong nhà đang được quan tâm trong những năm gần đây.

Phạm vi định vị Wi-Fi có thể khác nhau tùy thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Wi-Fi hoạt động ở 2,4 GHz thường hoạt động ở phạm vi lên tới 100 mét (với các điều kiện và cách triển khai tối ưu) và thậm chí có thể được sử dụng trong môi trường ngoài trời nơi có cơ sở hạ tầng đầy đủ. Tuy nhiên, Wi-Fi hoạt động ở tần số 5 GHz sẽ giảm phạm vi bao phủ. Ngoài ra, ở tần số 5 GHz, độ suy giảm tín hiệu sẽ cao hơn nếu tín hiệu gặp phải các chướng ngại vật trong môi trường truyền như cửa ra vào, tường hoặc cửa sổ kim loại [2].

Định vị mạng WLAN đề cập đến quá trình định vị các thiết bị mạng di động, chẳng hạn như máy tính xách tay hoặc các thiết bị điện tử cá nhân như điện thoại hay đồng hồ thông minh và sử dụng cơ sở hạ tầng WLAN có sẵn. Định vị được thực hiện bằng cách khai thác các đặc điểm của tín hiệu được truyền giữa thiết bị di động (MD) và một tập hợp các điểm truy cập mạng (AP). Những đặc điểm này thường là Thời gian đến (ToA), Chênh lệch thời gian đến (TDoA), Góc đến (AoA) hoặc Cường độ tín hiệu nhận được (RSS). RSS là tính năng thường được lựa chọn trong các hệ thống định vị sử dụng mạng WLAN vì nó có thể được lấy trực tiếp từ Thẻ giao diện mạng (NIC) có sẵn trên hầu hết các thiết bị điện tử kết nối Wi-Fi [3]. Phương pháp định vị này còn được gọi là lấy dấu vân tay kỹ thuật (Fingerprinting). Nó chỉ hoạt động với các thiết bị sử dụng hệ điều hành Android do một số hạn chế kỹ thuật.

Tùy thuộc vào việc thiết bị có được kết nối với mạng Wi-Fi hay không, việc định vị có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau. Ngoài ra, do địa chỉ MAC được tạo ngẫu nhiên, số lượng thiết bị thực tế trong một khu vực có thể không được xác định rõ ràng. Độ chính xác của vị trí sẽ không bị ảnh hưởng bởi kết nối với điểm truy cập [4].

Wi-Fi, giống như các tiêu chuẩn RF khác, cung cấp các đặc điểm và lợi thế độc đáo có thể khiến nó trở thành một lựa chọn phù hợp, tùy thuộc vào nhu cầu cá nhân, ngân sách, cơ sở và các trường hợp sử dụng dựa trên vị trí cụ thể. Sự khác

biệt quan trọng nhất giữa Wi-Fi và các công nghệ khác là khả năng tận dụng cơ sở hạ tầng Wi-Fi hiện có và tính linh hoạt để sử dụng trong nhiều ứng dụng nhận biết vị trí. Wi-Fi hiện diện trong các thiết bị ở khắp các không gian trong nhà, được nhiều hệ thống theo dõi vị trí tận dụng và có thể được mở rộng để định vị trong nhà trên toàn bộ các ngành và trường hợp sử dụng [2]. Đối với các ứng dụng yêu cầu định vị với độ chính xác cao, sử dụng WLAN sẽ không phù hợp. Khi đó, việc thu thập và phát triển hệ thống sẽ tiêu tốn rất nhiều nguồn lực.

b. Công nghệ Bluetooth

Thiết bị Bluetooth phát hiện các thiết bị khác bằng cách thực hiện giao thức điều tra. Các thiết bị trong phạm vi của nó được đặt thành "có thể phát hiện" sẽ phản hồi bằng cách nhận dạng chính chúng. Đây là một quy trình khá chậm, có thể mất tới 10,25 giây để hoàn thành và việc hủy bỏ quy trình sớm dẫn đến nguy cơ không phát hiện được tất cả các thiết bị. Các tác giả trong [5] đã tiến hành một thử nghiệm trong đó họ điều tra tác động của việc thay đổi khoảng thời gian truy vấn và thu được kết quả tốt với giá trị thấp tới 3,84 giây. Hầu hết các hệ thống đều dựa vào giao thức truy vấn để định vị, chẳng hạn như [6] sử dụng tốc độ phản hồi truy vấn để bản địa hóa thiết bị. Hay và Harle đề xuất một giải pháp thay thế trong [], nơi họ khám phá việc theo dõi dựa trên kết nối. Phương pháp này dựa trên việc máy chủ kết nối trực tiếp với thiết bị di động thay vì sử dụng quy trình truy vấn chậm. Ưu điểm là người ta có thể nhanh chóng kết nối với bất kỳ thiết bị nào. Họ sử dụng kết nối Liên kết không kết nối không đồng bộ (ACL) cấp thấp, đủ cho mục đích theo dõi và không yêu cầu ủy quyền. Để định vị một thiết bị, các máy chủ sẽ đồng thời cố gắng kết nối với thiết bị đó. Như các tác giả đã chỉ ra, điều này không mở rộng quy mô và họ đề xuất theo dõi chuyển động của người dùng và sử dụng thông tin này để giới hạn tìm kiếm chỉ ở những máy chủ nằm trong tầm với của người dùng. Mặc dù phương pháp này có ưu điểm là thời gian kết nối thấp (tối đa 1,28 giây) nhưng nhược điểm là phải biết trước các thiết bị được theo dõi. Các tác giả kết luận rằng phương pháp này có tiềm năng mặc dù nó có những nhược điểm khiến nó không phải là giải pháp hoàn hảo để theo dõi.

Bluetooth là công nghệ cho phép các thiết bị điện tử giao tiếp mà không cần dây. Nó được thiết kế để tiêu thụ điện năng thấp và dựa trên các vi mạch thu phát chi phí thấp. Bluetooth giao tiếp bằng sóng vô tuyến có tần số từ 2,402 GHz đến 2,480 GHz, nằm trong dải tần 2,4 GHz ISM, dải tần được dành riêng cho các thiết bị công nghiệp, khoa học và y tế theo thỏa thuận quốc tế. Thông số kỹ thuật Bluetooth được hình thành vào năm 1994 và hiện được quản lý bởi Bluetooth Special Interest Group (SIG). Bluetooth được chia thành ba loại, mỗi loại có một phạm vi khác nhau, như trong bảng 1.1. Phạm vi này có khả năng bị ảnh hưởng bởi môi trường xung quanh, vì các tín hiệu dễ bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng lan truyền. Điều này đặc biệt đúng trong môi trường trong nhà [8].

Bảng 1.1: Các mức của Bluetooth

Class	Range
Class 1	100m
Class 2	10m
Class 3	5m

Mặc dù thiết bị loại 3 sẽ lý tưởng cho mục đích định vị trong nhà vì phạm vi nhỏ, nhưng những thiết bị như vậy rất hiếm và phần lớn các thiết bị có sẵn là loại 2. Để tránh nhiễu giữa các thiết bị, Bluetooth sử dụng kỹ thuật nhảy tần trải phổ, trong đó thiết bị sẽ truyền trên một trong 79 tần số được chọn ngẫu nhiên, thay đổi từ tần số này sang tần số khác 1600 lần mỗi giây. Điều này khiến cho hai thiết bị khó có thể truyền trên cùng một tần số và do đó giảm thiểu nguy cơ nhiễu sóng. Trước khi thiết lập mạng, một thiết bị phải thực hiện một yêu cầu để khám phá các thiết bị khác trong phạm vi của nó, một quá trình khá dài có thể kéo dài tới 10,24 giây. Sau đó, bất kỳ thiết bị nào ở chế độ có thể phát hiện sẽ trả lời bằng cách gửi lại thông tin về chính nó, chẳng hạn như tên và địa chỉ của nó. Sau đó, hai thiết bị có thể ghép nối với nhau, một quy trình trong đó chúng tạo khóa liên kết chung được lưu trữ trên mỗi thiết bị. Điều này được yêu cầu bởi nhiều dịch vụ để tăng cường bảo mật [8].

BLE đem lại một số lợi thế: bộ phát có thể di động, chạy bằng pin, nhỏ, nhẹ, dễ triển khai, có mức tiêu thụ năng lượng thấp và cường độ tín hiệu RSS tương đối dễ thu thập, tạo ra kết quả định vị với độ chính xác cao. Hoạt động ở dải băng tần 2.4 GHz, tốc độ tối đa có thể đạt tới là 24 Mbps bao trùm một khoảng 70-100 m. Tuy nhiên, độ chính xác chỉ vào khoảng 2-5 m với không gian nhỏ như trong nhà và có thể lên tới 20 m đối với các khu vực rộng lớn [9]. Càng nhiều node cảm biến, độ chính xác càng được cải thiện. Tuy vậy, việc này sẽ làm tăng đáng kể chi phí của hệ thống.

c. Công nghệ sóng hồng ngoại (Infrared-IR)

Có hai loại công nghệ hồng ngoại: loại phát hiện bức xạ hồng ngoại và loại gửi thông tin qua bức xạ hồng ngoại (được gọi là công nghệ hồng ngoại không dây). Công nghệ hồng ngoại phát hiện tia hồng ngoại thường liên quan đến các cảm biến biến bức xạ hồng ngoại được phát hiện thành thông tin có thể sử dụng được.

Hãy lấy một trong những ví dụ phổ biến nhất về công nghệ hồng ngoại: chụp ảnh nhiệt. Vì tia hồng ngoại là bức xạ phát ra từ nhiệt nên việc phát hiện bức xạ hồng ngoại có thể cung cấp thông tin về các nguồn nhiệt khác nhau. Camera chụp ảnh nhiệt sử dụng các cảm biến lấy thông tin về các nhiệt độ khác nhau (ví dụ: các mức bức xạ hồng ngoại khác nhau) và biến thông tin đó thành hình ảnh mà mắt thường không thể phát hiện được. Máy ảnh chụp ảnh nhiệt có công dụng chạy trong nhiều ngành công nghiệp và mục đích, cả trong lĩnh vực quân sự và dân sự. Ví dụ, các nhà thiên văn học đã phát triển các công cụ phát hiện bức xạ hồng ngoại trong không gian vì tia hồng ngoại có thể xuyên qua các vùng bụi và mây dày mà ánh sáng nhìn thấy không thể, cho phép họ tìm hiểu về các khía cạnh không nhìn thấy được của vũ trụ. Thay vì phát hiện bức xạ hồng ngoại, các công nghệ hồng ngoại không dây sử dụng bức xạ hồng ngoại để truyền và chuyển dữ liệu cũng như lệnh. Có lẽ một trong những ví dụ phổ biến nhất của công nghệ hồng ngoại không dây là điều khiển TV. Các cảm biến trong điều khiển từ xa truyền tia laser hồng ngoại tới một cảm biến trong TV, cảm biến này sẽ truyền một lệnh cụ thể tới TV (bật, tăng âm lượng, v.v)

Nhìn chung có hai loại công nghệ hồng ngoại không dây: định hướng và khuếch tán. Các công nghệ định hướng sử dụng tia laser hồng ngoại để truyền thông tin, nhưng phải có một đường ngắm không bị cản trở giữa nguồn ánh sáng hồng ngoại và máy thu. Một số công nghệ tận dụng lợi thế này. Ví dụ: một số hệ thống an ninh

nhất định dựa vào sự gián đoạn của chùm ánh sáng hồng ngoại để phát hiện xem ai đó đã vượt qua một ngưỡng cụ thể hay chưa. Công nghệ hồng ngoại khuếch tán phân tán chùm tia, khiến nó khó bị chặn hơn một chút. Điều khiển từ xa TV là một ví dụ về công nghệ không dây hồng ngoại khuếch tán: miễn là bạn ở trong cùng một phòng, nó sẽ hoạt động.

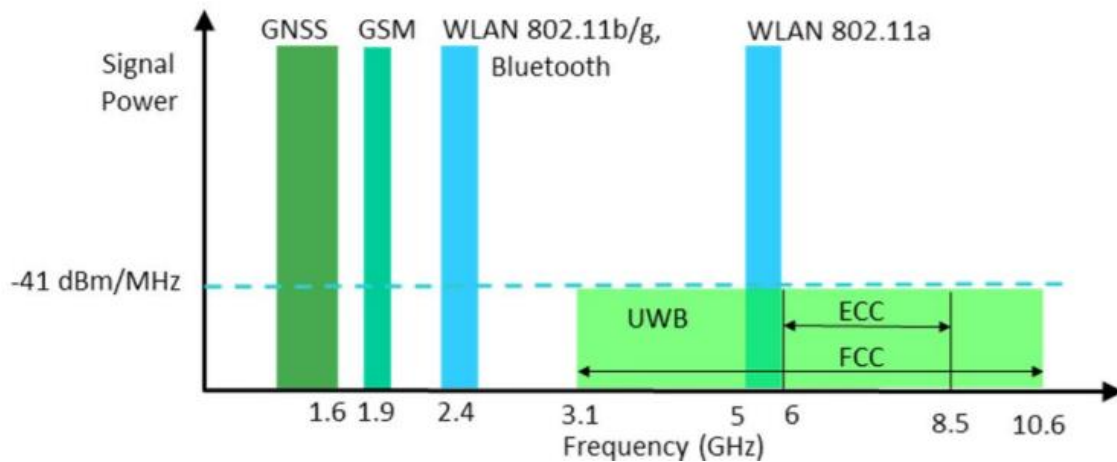
Khi công nghệ đi-ốt phát quang (LED) trở thành tiêu chuẩn mới trong chiếu sáng xung quanh, có rất nhiều khả năng để khai thác các đặc tính của nó, chẳng hạn như Giao tiếp ánh sáng nhìn thấy được (VLC) và Định vị ánh sáng nhìn thấy được (VLP). Nguyên tắc cơ bản của hoạt động VLP là mỗi nguồn sáng đóng vai trò là đèn hiệu có bức xạ được điều biến có thể được cảm biến ánh sáng, thường là máy ảnh mặt trước của điện thoại thông minh, chụp lại. Bức xạ từ mỗi nguồn sáng được điều chế (ví dụ: theo tần số cố định hoặc bằng cách truyền dữ liệu được mã hóa Manchester) và có thể được nhận dạng duy nhất bởi một nút di động. Việc xác định nhiều nguồn sáng trong một hình ảnh cho phép định vị điện thoại thông minh bằng AoA. Có rất nhiều ví dụ về hệ thống VLC và VLP cả trong nghiên cứu và phát triển và trong giai đoạn thương mại. Kuo et al. [10] giới thiệu hệ thống Luxapose, trong môi trường phòng thí nghiệm, đạt được độ chính xác định vị ở cấp độ decimeter bằng cách sử dụng camera điện thoại thông minh 33 MP có độ phân giải cao và 5 đèn hiệu LED. Mặt khác, Qiu et al. [11] đang sử dụng cảm biến ánh sáng bên ngoài đơn giản và rẻ tiền trong môi trường trong nhà có kích thước $4,7\text{ m} \times 8,6\text{ m}$ với 12 đèn LED được điều biến, đạt được độ chính xác dưới mét. Cách tiếp cận của họ yêu cầu giai đoạn thu thập dữ liệu tương tự như phương pháp lấy dấu vân tay WiFi. Nhược điểm điển hình của các hệ thống VLP là yêu cầu tính toán đáng kể để xử lý hình ảnh thời gian thực và ước tính vị trí và nhu cầu năng lượng cao, cũng như chi phí cài đặt ban đầu cao.

Trong IPS, công nghệ hồng ngoại thường được sử dụng để đánh giá vị trí của ai đó hoặc thứ gì đó trong một căn phòng cụ thể. Các cảm biến gửi và nhận tín hiệu được lắp đặt trong phòng và có thể liên tục chuyển tiếp thông tin định vị. Mặc dù có một số lợi ích khi sử dụng hồng ngoại, nhưng cuối cùng cũng có một số hạn chế làm cho hồng ngoại trở thành lựa chọn ít phổ biến hơn trong IPS. Vấn đề lớn nhất với công nghệ hồng ngoại là phạm vi sử dụng của nó. Bạn có thể nhận thấy điều này với TV của mình. Nếu bạn ở quá xa, điều khiển từ xa sẽ không hoạt động. Đó là bởi vì chùm tia hồng ngoại không thể xuyên qua các vật thể rắn, điều này hạn chế đáng kể khoảng cách mà chúng có thể di chuyển và do đó, phạm vi thông tin mà chúng có thể truyền tải. Do đó, các công nghệ hồng ngoại không dây về cơ bản bị giới hạn trong các giao tiếp trong phòng. Ví dụ, mặc dù có thể truyền thông tin hồng ngoại giữa các ngôi nhà nếu chúng có cửa sổ đối diện với nhau, nhưng các tòa nhà có thể không phải lúc nào cũng được thiết lập như vậy. Và mặc dù tia hồng ngoại có thể rất chính xác về những gì nó phát hiện được trong một không gian nhất định, nhưng mọi phòng trong tòa nhà vẫn cần được lắp đặt các cảm biến để giúp phát hiện tia laser hồng ngoại. Điều này có thể yêu cầu trang bị thêm các tòa nhà cũ, vốn rất tốn kém [12].

d. Công nghệ băng thông siêu rộng (UWB)

Vị trí phổ của công nghệ UWB có nhiều ưu điểm so với các hệ thống thông thường. UWB truyền tín hiệu trên một dải tần rộng (từ 3,1 đến 10,6 GHz), không giống như các hệ thống thông thường hoạt động trên các dải đơn của phổ vô tuyến. Tốc độ truyền của tín hiệu UWB nhanh hơn rất nhiều so với RFID thông thường, có

thể đạt được hàng trăm Mbps. Ngoài ra, mức năng lượng tiêu thụ của thiết bị sử dụng UWB ít hơn so với các thiết bị RF thông thường. UWB có khả năng đi qua các vật chắn như tường, xốp... nhưng sẽ gặp phải nhiễu từ vật liệu kim loại và chất lỏng. Với đặc điểm có dạng xung ngắn nên UWB có thể được sử dụng để xác định chính xác thời gian tới (là thời gian truyền từ thiết bị phát đến thiết bị thu). Nhờ những ưu điểm trên, công nghệ này phù hợp cho các ứng dụng định vị 2D và 3D với độ chính xác cao [13]. Tuy nhiên, nhược điểm của công nghệ này là chi phí cao khi triển khai do còn khá mới và chưa phổ biến trên thị trường.



Hình 1.2 Phổ UWB được điều chỉnh [13]

Với những ưu điểm của mình, UWB tuy không thể là giải pháp hiệu quả cho việc định vị ngoài trời nhưng lại chính là một giải pháp hữu hiệu để giải quyết việc định vị trong khoảng cách ngắn. Việc sử dụng UWB để xác định khoảng cách giữa hai trạm thu phát được đặt trong nhà đã được kiểm chứng là đem lại kết quả rất tốt. Điều này có thể mang đến những tiềm năng về các ứng dụng như: tìm người bị thương trong cứu hộ cứu nạn, điều hướng trong nhà cho người khiếm thị, trinh sát quân sự, theo dõi người hoặc thiết bị, ...

1.2.2 Các hệ thống định vị hiện nay

1.2.2.1 Các hệ thống đã được thương mại hóa

a. Infsoft

Infsoft là một công ty công nghệ định vị địa điểm của Đức. Infsoft cung cấp các giải pháp định vị dành cho các ngành công nghiệp khác nhau như giao thông vận tải, y tế, bảo vệ và an ninh, thương mại điện tử, sự kiện và du lịch, và nhiều hơn nữa. Các sản phẩm và dịch vụ của Infsoft bao gồm hệ thống định vị thời gian thực, phân tích dữ liệu định vị, ứng dụng di động, phần mềm quản lý, và các công nghệ liên quan đến định vị và IoT. Với Infsoft, các công ty có thể tận dụng các công nghệ định vị để cải thiện quy trình hoạt động và tăng cường trải nghiệm khách hàng.[14]

Các công nghệ được sử dụng trong hệ thống của Infsoft có thể kể đến:

- *Bluetooth Low Energy (BLE)* được cài đặt trong toàn bộ tòa nhà. Các thiết bị BLE phát ra tín hiệu mà điện thoại thông minh của người dùng có thể nhận được. Dựa trên các tín hiệu đó, vị trí của đối tượng được xác định trực tiếp trên ứng dụng. Người dùng có thể chọn địa điểm và làm theo hướng dẫn chỉ đường đến điểm đến của họ [15].

infsoft Wayfinding in a Hospital

AT A GLANCE

- 2D/3D building map
- Overview of relevant destinations
- Indoor navigation



Hình 1.3 Hệ thống định vị Bluetooth/UWB của Infsoft [15]

- Bluetooth tiết kiệm năng lượng:

Thiết bị iBeacon là một bộ phát tín hiệu Bluetooth low energy (BLE) nhỏ gọn, có thể được gắn lên tường hoặc đặt trên các vật thể. Khi điện thoại thông minh hoặc thiết bị định vị khác đi qua phạm vi của iBeacon, nó sẽ gửi tín hiệu và cho phép hệ thống định vị Infsoft xác định vị trí của người dùng.

client-based indoor positioning using BLE



Hình 1.4 Công nghệ tiết kiệm năng lượng của Bluetooth [15]

Nếu dữ liệu định vị được hiển thị trực tiếp trên thiết bị di động (điện thoại thông minh), thiết bị sẽ nhận tín hiệu Bluetooth từ đèn hiệu được lắp đặt trong tòa nhà và sử dụng phép đo cường độ tín hiệu để định vị. Thiết bị cũng có thể chuyển dữ liệu sang nền tảng infsoft LocAware, nơi dữ liệu được xử lý. Độ chính xác của quy trình là 1-3 mét, phạm vi lên hoạt động lên tới 30 mét [16].

- Công nghệ định vị Wi-fi:

Định vị Wi-Fi có thể được áp dụng cho điều hướng trong nhà (giải pháp dựa trên máy khách) cũng như cho giải pháp theo dõi (phương pháp dựa trên máy chủ). Độ chính xác của Wi-Fi để định vị trong nhà thường là 5-15 mét vì các điểm truy cập thường được sử dụng có vị trí đã được tối ưu hóa cho giao tiếp dữ liệu. Độ chính xác này phụ thuộc vào việc che chắn qua tường, trần nhà và con người, cũng như số lượng điểm tiếp cận. Việc sử dụng cảm biến điện thoại thông minh có thể cải thiện kết quả và việc xác định mức sàn cũng có thể thực hiện được.

Ưu điểm của công nghệ này là cơ sở hạ tầng hiện có có thể được sử dụng trong một số trường hợp và Wi-Fi được bật là đủ khi thiết bị được định vị, không cần đăng nhập. Điểm yếu là độ chính xác định vị thấp hơn so với Bluetooth Low Energy và thực tế là các thiết bị iOS bị loại khỏi định vị dựa trên máy khách. Hơn nữa, Thẻ Wi-Fi đắt hơn và ít tiết kiệm năng lượng hơn so với đèn hiệu [17].

- *Định vị trong nhà với Ultra – Wideband (UWB):*

Theo dõi trong nhà trong môi trường công nghiệp thường yêu cầu nội địa hóa rất chính xác. Với mục đích này, chúng tôi cung cấp các giải pháp dựa trên công nghệ vô tuyến tầm ngắn Ultra-wideband (UWB). Nó không hoạt động với các tiêu chuẩn tiêu dùng như Wi-Fi và Bluetooth Low Energy, nhưng cung cấp độ chính xác cao hơn 30 cm. Định vị trong nhà với Ultra-wideband có một số ưu điểm đáng kể: Độ chính xác là 10-30 cm, tốt hơn đáng kể so với khi làm việc với Đèn hiệu (1-3 mét) hoặc Wi-Fi (5-15 mét). Thời gian trễ rất thấp (yêu cầu vị trí lên tới 100 lần/giây). Sự khác biệt về chiều cao có thể được đo chính xác

Ultra-wideband là một công nghệ vô tuyến tầm ngắn có thể được sử dụng để định vị trong nhà. Trái ngược với Bluetooth Low Energy và Wi-Fi, việc định vị được thực hiện bằng phương pháp thời gian chuyển tiếp (Thời gian bay, ToF) thay vì đo cường độ tín hiệu (Chỉ báo cường độ tín hiệu nhận, RSSI). Phương pháp này đo thời gian chạy của ánh sáng giữa một đối tượng và một số máy thu. Để định vị chính xác một đối tượng, cần ít nhất 3 máy thu (trilateration). Ngoài ra, phải có đường truyền trực tiếp giữa máy thu và máy phát [18].

- *Công nghệ định vị RFID:*

RFID (nhận dạng tần số vô tuyến), sử dụng sóng vô tuyến để truyền nhận dạng không dây (ví dụ: số sê-ri) và các đặc điểm khác của đối tượng, là một công nghệ định vị mới nổi cho phép theo dõi di chuyển của đối tượng hoặc người. Vì nó cung cấp một phạm vi hạn chế dưới một mét, nên RFID không phù hợp để định vị toàn diện mà phù hợp để nhận dạng đối tượng có chọn lọc. Nó tiết kiệm chi phí, dễ bảo trì và cung cấp cả nhận dạng và vị trí. Điều này làm cho nội địa hóa thông qua RFID đặc biệt phù hợp với các giải pháp theo dõi trong môi trường công nghiệp (ví dụ: quản lý tài sản) [19].

- *Tìm đường của Infsoft:*

Trong những tòa nhà lớn hay những khu khuôn viên rộng, có rất nhiều điểm đến mà du khách và nhân viên muốn hướng tới. Infsoft Wayfinding giúp người dùng đến vị trí mong muốn một cách nhanh chóng và dễ dàng. Sản phẩm có thể được sử dụng trong các tòa nhà như bệnh viện, sân bay và khu phức hợp văn phòng ở các khu vực trong nhà và ngoài trời. Giải pháp bao gồm một bản đồ vị trí cung cấp cái nhìn tổng quan về cơ sở. Hơn nữa, các điểm ưa thích (POI) có thể được tìm thấy trực tiếp trên bản đồ cũng như thông qua thanh tìm kiếm và con đường ngắn nhất có thể được hiển thị. Trên thiết bị di động, ứng dụng cũng có thể cung cấp điều hướng theo từng ngã rẽ theo thời gian thực và hỗ trợ thêm cho người dùng.

b. Thingoo

Thingoo, một nhãn hiệu của Minew, tập trung vào công nghệ BLE để theo dõi vị trí chi phí thấp vào một ứng dụng hiện có. Được thành lập vào năm 2007, Minew chuyên về lĩnh vực IoT trong hơn một thập kỷ và luôn đáp ứng nhu cầu của khách hàng. Bằng cách cung cấp các thiết bị thông minh và giải pháp IoT, công ty phục vụ để tối ưu hóa cuộc sống, công việc và doanh nghiệp của mọi người để giúp cuộc sống trở nên dễ dàng hơn. Công ty đã phục vụ khách hàng từ hơn 100 quốc gia và

khu vực với 12 triệu doanh số đã bán cho đến nay. Ngày nay, công ty đã hợp tác với rất nhiều tập đoàn hàng đầu bao gồm ARM, Ericsson, Google, Huawei [20].



Hình 1.5 Một sản phẩm của Thingoo [20]

Thiết bị định vị của Thingoo sử dụng nền tảng iBeacon để hoạt động. iBeacon là một giao thức được phát triển bởi Apple và được giới thiệu vào năm 2013. Nhiều nhà cung cấp đã sản xuất các bộ phát phần cứng tương thích với iBeacon, còn được gọi là beacons. Đây là một loại thiết bị Bluetooth Low Energy (BLE) phát ra mã nhận dạng của chúng đến các thiết bị điện tử cầm tay gần đó. Công nghệ này cho phép điện thoại thông minh, máy tính bảng và các thiết bị khác thực hiện các hành động khi ở gần iBeacon. iBeacon sử dụng cảm biến vùng lân cận năng lượng thấp của Bluetooth để truyền một số nhận dạng duy nhất được chọn bởi một ứng dụng hoặc hệ điều hành tương thích. Số nhận dạng và một số byte được gửi cùng có thể được sử dụng để xác định vị trí thực của thiết bị, theo dõi khách hàng hoặc kích hoạt hành động dựa trên vị trí trên thiết bị, chẳng hạn như đăng ký trên mạng xã hội hoặc thông báo đẩy. iBeacon cũng có thể được sử dụng để định vị trong nhà, giúp điện thoại thông minh xác định vị trí hoặc ngữ cảnh gần đúng của chúng. Với sự hỗ trợ của iBeacon, phần mềm của điện thoại thông minh gần như có thể tìm thấy vị trí tương đối của nó với iBeacon trong cửa hàng [21]. Thiết bị của Thingoo có tiêu thụ năng lượng thấp, giá thành rẻ, kích thước nhỏ gọn và độ phủ sóng khá rộng (~100 m). Tuy nhiên, thiết bị không thể định vị chính xác người dùng mà chỉ có thể phát hiện được người dùng ở một vài khoảng cách nhất định. Nói cách khác, chỉ có thể phân biệt được giữa thiết bị đang ở “Rất gần” (0-10 cm), “Gần” (10 cm - 3 m), “Xa” (>3 m).[20]

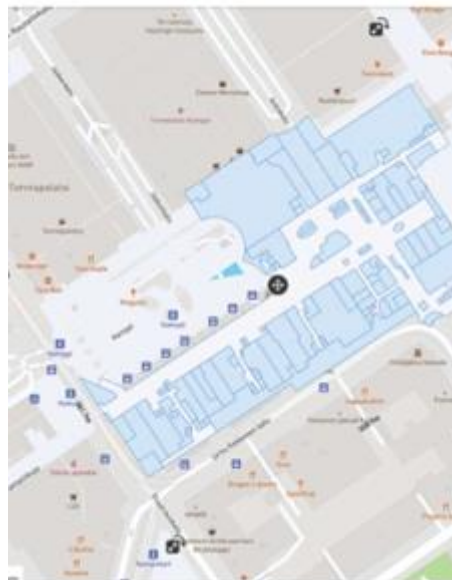
c. IndoorAtlas

Năm 2012 IndoorAtlas được thành lập tại Đại học Oulu, Phần Lan. Đến năm 2013 công ty đã phát hành nền tảng định vị trong nhà hợp nhất địa từ đầu tiên trên thế giới. [22]. Công ty đã tạo ra giải pháp nền tảng vị trí trong nhà có sẵn trong doanh nghiệp. Công nghệ được cung cấp bởi lõi hợp nhất cảm biến 6 lớp. Có thể triển

khai IndoorAtlas độc lập hoặc cắm nó lên trên thiết bị Wi-fi sẽ nâng cao đáng kể hiệu suất khi định vị[23].

IndoorAtlas có thể sử dụng để thiết lập không gian trong nhà của người sử dụng bằng cách tạo một bản đồ. Người dùng sử dụng công cụ trên web IndoorAtlas để căn chỉnh hình ảnh sơ đồ bố trí. Các hình ảnh này sẽ được sử dụng để tham chiếu cho dữ liệu cảm biến được thu thập bằng điện thoại thông minh trong giai đoạn lập bản đồ[23].

Trong giai đoạn lập bản đồ, người sử dụng sẽ thu thập dữ liệu cảm biến bằng điện thoại thông minh của mình bằng cách đi bộ xung quanh địa điểm. Điều này yêu cầu khách hàng cài đặt ứng dụng IndoorAtlas MapCreator cho điện thoại thông minh sử dụng hệ điều hành Android. Dữ liệu được thu thập trong giai đoạn lập bản đồ được tải lên cloud của IndoorAtlas. Bản đồ cuối cùng được xây dựng tại đó và cho phép định vị trong chính ngôi nhà của người sử dụng [23].



Hình 1.6 Thiết lập địa điểm của người dùng [23]

Ưu điểm của ứng dụng định vị IndoorAtlas hoàn toàn miễn phí. Không những vậy nó có thể tạo bản đồ của một tòa nhà hoặc một không gian riêng biệt. Mặc dù vậy, nhược điểm của hệ thống này là rất khó để có được vị trí nhanh, phải cập nhật thường xuyên cho bản đồ độ chính xác đạt được không tốt. Để có độ chính xác tốt hơn cần có sự tích hợp hệ thống với BLE và điểm truy cập Wi-Fi vào cơ sở hạ tầng.

1.2.2.2 Một số hệ thống đang được nghiên cứu, phát triển

a. Luxapose

Luxapose đã giải quyết vấn đề định vị trong nhà bằng cách sử dụng smartphone và phương pháp đo góc tới (Angle of Arrival) được thu thập thông qua ảnh của điện thoại Nokia Lumia 1020 để tìm điểm neo. Các điểm neo là các nguồn sáng LED được phân tán khắp phòng, sử dụng khóa bật-tắt để truyền vị trí của chúng đến

điện thoại. Từ một bức ảnh, Luxapose có thể đọc được chuỗi ánh sáng do hiệu ứng màn chụp cuộn và xác định vị trí bằng cách so sánh khoảng cách và góc trên hình chiếu với khoảng cách giữa các điểm neo trong hệ tọa độ thực. Một smartphone trang bị máy ảnh, chỉ cần chụp một khung ảnh duy nhất, có thể phát hiện các bộ đèn trong ảnh, giải mã số nhận dạng và vị trí được truyền của chúng, đồng thời xác định vị trí và hướng của smartphone so với các bộ đèn. Tính năng chụp và xử lý ảnh liên tục cho phép cập nhật vị trí liên tục. [10]



Hình 1.7 Thử nghiệm định vị trong nhà với điện thoại di động và ánh sáng nhìn thấy [10]

Một nghiên cứu cho thấy độ chính xác của hệ thống Luxapose vào khoảng 10-50 cm. Độ chính xác khác nhau tùy thuộc vào số lượng điểm neo trong tầm nhìn. Nếu sử dụng năm neo được đặt hợp lý thì sai số trung bình sẽ giảm xuống dưới 10 cm. Khi sử dụng ba neo được đặt sai vị trí, sai số trung bình sẽ là khoảng 50 cm. Tuy nhiên, hệ thống có thể định vị điện thoại thông minh một cách đáng tin cậy chỉ khi các neo có thể tạo ra một hình tam giác. Độ chính xác định hướng được kiểm tra là khoảng 3° cho một số vị trí với năm điểm neo. Trong nghiên cứu của Luxapose vẫn còn một số nhược điểm là quyền riêng tư, tính linh hoạt của vật cố định, cần có cơ sở hạ tầng, cần có ít nhất ba neo hướng tầm nhìn để định vị và người dùng cần một camera hoạt động quay mặt lên trần nhà. Tuy nhiên, họ đang xem xét một giải pháp sử dụng một đèn chiếu sáng lớn hơn hoạt động như bốn mỏ neo giúp tích hợp vào cơ sở hạ tầng dễ dàng hơn.

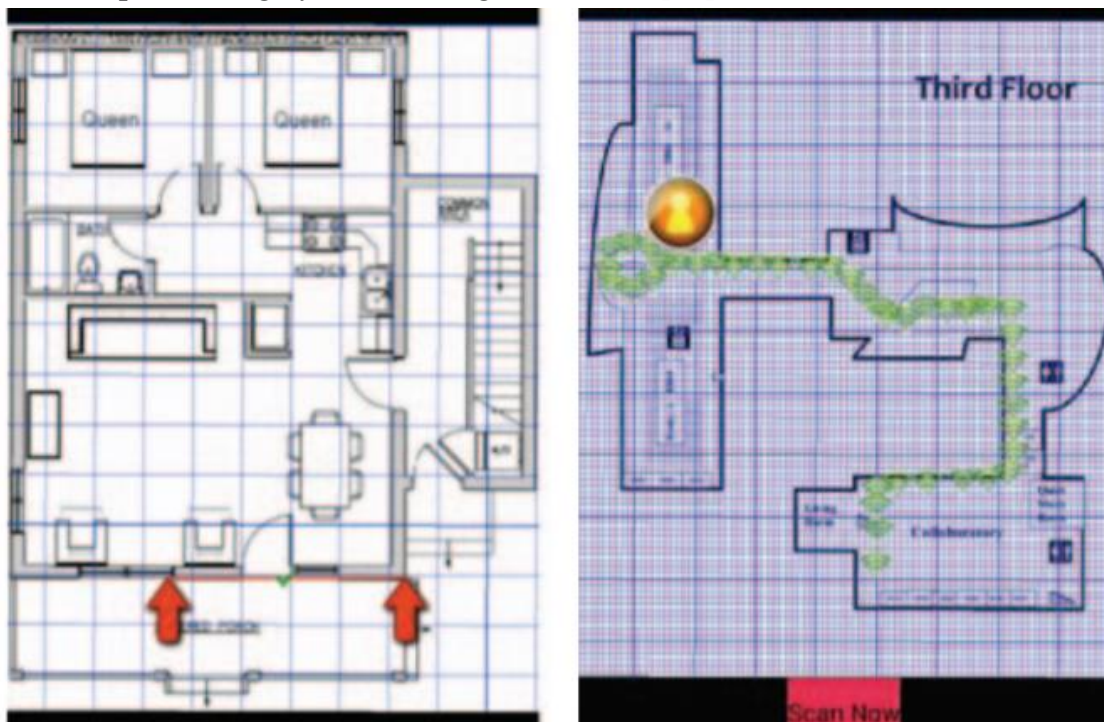
b. LearnLoc

Đã có sự quan tâm ngày càng tăng đối với các dịch vụ xác định vị trí trong nhà. Mặc dù một số kỹ thuật định vị trong nhà dựa trên điện thoại thông minh đã được đề xuất, những kỹ thuật này có nhiều thiếu sót liên quan đến độ chính xác và tính nhất quán. Những nỗ lực trước đây cũng bỏ qua phân tích mức tiêu thụ năng lượng, đây là thước đo chất lượng quan trọng trong điện thoại thông minh bị hạn chế về tài nguyên. Trong nghiên cứu lần này của LearnLoc đã đề xuất các kỹ thuật mới dựa trên thuật toán học máy và quản lý cảm biến thông minh để định vị trong nhà theo thời gian thực bằng điện thoại thông minh. LearnLoc triển khai các kỹ thuật được đề xuất cũng như các kỹ thuật tiên tiến nhất trên điện thoại thông minh thực

và đánh giá hiệu quả theo dõi cũng như chi phí năng lượng của chúng trên một số môi trường trong nhà trong thế giới thực khác nhau [25].

Phần mềm phát triển của Learnloc đã được xuất hiện trên ứng dụng di động. Sử dụng các phép đo WiFi bằng RSS từ điện thoại thông minh để định vị thiết bị. Trong ứng dụng điều khiển thuật toán bằng phương pháp Fingerprinting. Các vị trí bản đồ đi lại trong nhà được tạo bằng một thuật toán học máy dẫn đến linh động hơn trong nhiều môi trường khác nhau thay vì bằng cách thủ công. Phần mềm thu thập dữ liệu và gửi đến trung tâm để xử lý bằng một thuật toán huấn luyện có giám sát. Thuật toán đó có nghĩa là thuật toán huấn luyện từ các tập hợp đầu vào và đầu ra được thu thập tương quan với nhau. Sau khi thu thập được hết dữ liệu cần thiết sẽ đến một giai đoạn để xác định được vị trí. Vị trí được tính toán bằng điện thoại thông minh và sử dụng thuật toán K-NN cũng có thể là mô hình hồi quy để ước lượng và dự đoán được vị trí của người sử dụng lúc đó [25].

Sau khi nghiên cứu, kết quả đạt được cho thấy sai số trung bình cho thử nghiệm là 1,138m. Phần năng lượng đã được cải thiện so với dự án trước nhưng vẫn cần cải thiện do wifi quét thường xuyên dẫn đến tiêu hao năng lượng. Độ chính xác khá tốt khi sử dụng K-NN với tần số quét mỗi lần một giây. Với tần số quét mỗi lần mỗi một phần tám giây, sai số trung bình là 4m [25].



Hình 1.8 Ứng dụng của Learn Loc [25]

Nhìn hình 1.9 thấy được ứng dụng của LearnLoc trên điện thoại di động. Đối với hình a là chỉ định tỷ lệ bản đồ trong nhà cho người dùng chọn(đường màu đỏ hiển thị chỉ định khoảng cách 10m trên bản đồ trong nhà). Còn hình b chính là thực hiện quét Wifi cho người dùng đang di chuyển trong giao đoạn lấy dấu vân tay (các dấu chấm màu xanh lá cây biểu thị một lần quét Wi-Fi được thực hiện 3-4 mét một lần, dọc theo đường đi trong nhà mà người dùng đi qua).

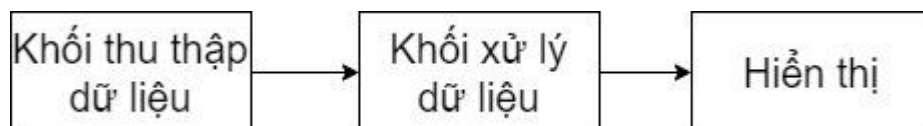
1.2.2.3 So sánh các công nghệ

Bảng 1.2 So sánh giữa các hệ thống thực tế

Hệ thống	Độ chính xác	Công nghệ sử dụng	Phương pháp định vị	Giá cả	Đánh giá chung
Infsoft	1 – 10 m tùy thuộc công nghệ	WiFi, Bluetooth, UWB	Định vị bằng ba điểm tham chiếu	Tương đối cao	Dễ lắp đặt sử dụng nhưng giá thành cao
Thingoo	-	BLE	Xác định vùng lân cận	Thấp	Giá thành thấp, nhiều ứng dụng đa dạng
IndoorAtlas	1-3m	BLE, WiFi và Từ trường	Xác định dấu vân tay kỹ thuật	Thấp	Bao phủ một khoảng rộng nhưng cần hiệu chỉnh nhiều.
Luxapose	10-15cm	Ánh sáng khả kiến	Định vị bằng ba điểm tham chiếu	Trung bình	Yêu cầu cơ sở hạ tầng
LearnLoc	1-3m	WiFi	Xác định dấu vân tay kỹ thuật	Thấp	Cần hiệu chỉnh

Từ bảng so sánh trên nhận thấy được những ưu nhược điểm. Các công nghệ định vị như Wifi, Bluetooth... có độ chính xác chưa cao. Để cải thiện hệ thống, tăng độ chính xác, cần sử dụng nhiều công nghệ một lúc như Cricket hoặc IndoorAtlas. Điều này sẽ gây khó khăn khi triển khai cũng như làm tăng giá thành của hệ thống.

1.3 Đề xuất một hệ thống định vị trong nhà sử dụng UWB:



Hình 1.9 Sơ đồ khối hệ thống đề xuất

Để có thể định vị được trong nhà, ta cần có thông tin về khoảng cách giữa đối tượng theo dõi và những điểm tham chiếu. Những thiết bị để thu thập dữ liệu sử dụng công nghệ UWB sẽ thu thập các thông tin phù hợp với hệ thống như năng lượng truyền, góc truyền hoặc thời gian truyền tín hiệu... Từ đó khoảng cách sẽ được tính toán dựa vào các phương pháp khác nhau. Sau khi có dữ liệu về khoảng cách, những dữ liệu này sẽ được xử lý theo các thuật toán định vị và xác định được

vị trí của đối tượng. Vị trí này sẽ được sử dụng cho các ứng dụng mà ở đồ án này là hiển thị lên màn hình.

Dựa vào các yêu cầu thiết kế, đề xuất về hệ thống cơ bản sẽ bao gồm 3 khối chính: Khối thu thập dữ liệu, Khối xử lý và Khối hiển thị.

Nhiệm vụ, chức năng cơ bản của từng khối:

- Khối thu thập dữ liệu sẽ đo lường, xác định các thông số cần thiết.
- Khối xử lý sẽ sử dụng các dữ liệu đã đo lường được từ bước trước và các thuật toán được đề xuất để tính ra vị trí của đối tượng.
- Kết quả sau khi được xử lý sẽ lưu trữ và hiển thị ra màn hình khi cần.

CHƯƠNG 2. Thuật toán và phương pháp áp dụng cho kỹ thuật định vị

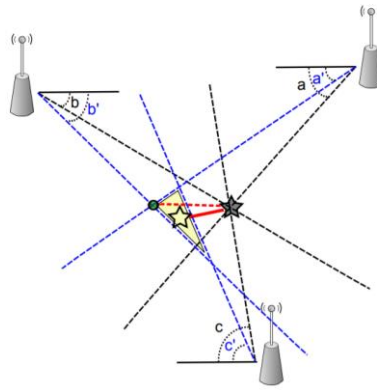
Với module DWM1000 thì việc xác định khoảng cách giữa hai vật thể là khá đơn giản. Tuy nhiên để xác định được vị trí vật thể trong nhà là một môi trường ba chiều. Nhưng đối với bài toán này chúng em chỉ sử dụng xác định vị trí trong không gian hai chiều với điểm nhìn là hình chiếu bằng. Để làm được việc này, cần có các công cụ toán học cũng như các phép đo thích hợp. Trong đồ án lần này, chúng em sẽ dùng các công cụ tính toán học để xác định được tọa độ vị trí các điểm từ khoảng cách đo được giữa các module.

2.1 Một số phương pháp đo lường

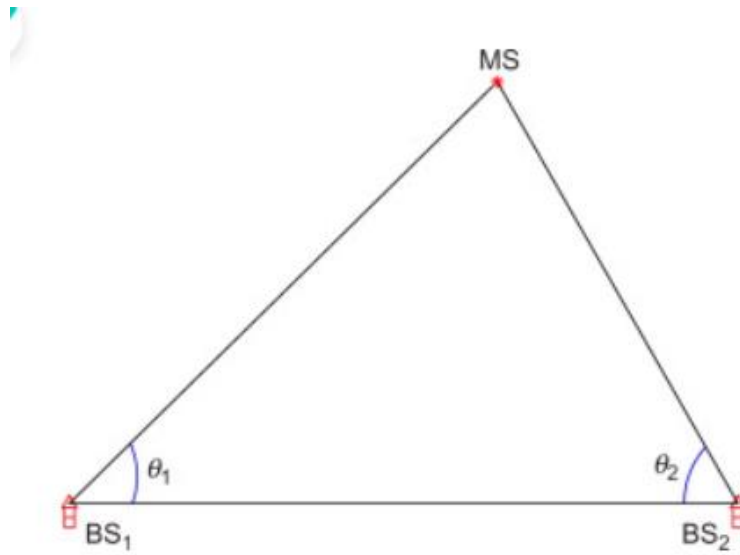
2.1.1 Angle Based Triangulation

Một tên gọi khác của phương pháp là Angle of Arrival (AoA). Phương pháp này sử dụng góc tới của tín hiệu từ Tag đến Anchor (trong khi đó vị trí của các Anchor đã xác định được ban đầu). Đối với phương pháp này được xác định trong mặt phẳng hai chiều nên cần ít nhất hai nguồn tín hiệu nhưng để cải thiện độ chính xác của tín hiệu thì cần ít nhất ba tín hiệu để ước tính vị trí (tam giác). Để tìm hướng, nó đòi hỏi Anten định hướng cao. Trong hình 2.1, sử dụng tính chất hình học xác định được vị trí tương đối của điểm tham chiếu là giao điểm của các trạm phát đến tín hiệu. Đầu tiên phương pháp tạo góc dựa trên các phép đo góc. Sử dụng tham số AOA, vị trí của MS được tìm thấy bằng giao điểm của các đường nối giữa MS chưa biết và BS, như trong hình 2.2. Để chống lại sự không chính xác, có thể sử dụng nhiều hơn hai BS và ăng-ten định hướng cao để ước tính AOA (hình 2.1). Điều đáng chú ý là việc trích xuất thông tin AOA yêu cầu sử dụng một mảng ăng ten tại mỗi MS được cục bộ hóa, điều này thường không thực tế vì lý do chi phí và kích thước. Do đó, các phương pháp dựa trên AOA ít hấp dẫn hơn trong hầu hết các trường hợp, khi chi phí và quy mô là những hạn chế thúc đẩy.

Đối với phương pháp AoA để xác định khoảng cách trong mặt phẳng chỉ cần hai nguồn tín hiệu. Nhưng để có độ chính xác cao, ba nguồn tín hiệu trở lên được sử dụng. Để tìm hướng cần đòi hỏi Anten có định hướng cao. Tuy nhiên kỹ thuật này vẫn còn những hạn chế nhất định khi yêu cầu anten bổ sung có khả năng đo các góc làm tăng chi phí hệ thống AoA. Trong môi trường trong nhà, tín hiệu truyền sẽ bị ảnh hưởng nhiều của hiệu ứng đa đường khi gặp vật cản. Tín hiệu dựa trên phương pháp AoA thường sẽ bị ảnh hưởng mà phản xạ lại từ các bức tường và vật chắn. Vì vậy phương pháp này không phải là tối ưu nhất cho định vị trong nhà [47].



Hình Error! No text of specified style in document..1 Triangulation [46]



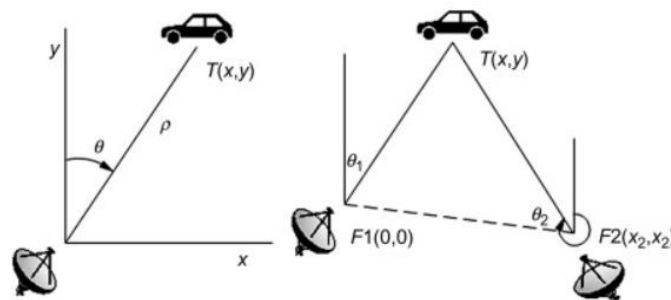
Hình 2.2 Angulation [46]

Tính toán một cách đơn giản:

Với pha tới athena 1 là θ_1 , tới athena 2 là θ_2 , ta có thể tính được:

$$\Delta\phi = -2\pi \frac{d \sin \theta}{\lambda} \quad PT 2.1$$

$$\theta = \arcsin \left(\frac{\Delta\phi \cdot \lambda}{-2\pi d} \right) \quad PT 2.2$$



Hình Error! No text of specified style in document..3 Tọa độ tính toán cho AoA [46]

Khi đã tính được góc tới công việc còn lại khá đơn giản:

Nếu chỉ có một điểm tham chiếu:

$$x = \rho \cdot \sin(\theta) \quad PT 2.3$$

$$y = \rho \cdot \cos(\theta)$$

Khi có hai điểm tham chiếu:

$$y = \frac{y_2 \cdot \tan(\theta_2) - x_2}{\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1)} \quad PT 2.4$$

$$x = y \cdot \tan(\theta_1)$$

Phương pháp này đòi hỏi phải thiết kế athena thật sự chính xác với chất lượng cao để có thể phân tích độ trễ của các sóng tới. Ngoài ra, bộ xử lý tín hiệu đi kèm cũng cần được lựa chọn cẩn thận vì chỉ cần sai lệch nhỏ cũng có thể ảnh hưởng tới kết quả đầu ra [46].

2.1.2 Time of Arrival (ToA)/Time of Flight (ToF)

Đối với phương pháp này xác định khoảng cách lan truyền của một tín hiệu giữa Tag và Anchor được xác định dựa trên thời gian. Để xác định được thì Tag và Anchor(Máy thu và nguồn) đều phải được đồng bộ hóa chính xác, nhưng nếu tín hiệu đo là hai chiều hoặc khứ hồi thì việc đồng bộ hóa là không cần thiết. Khoảng cách giữa nút truyền và nút nhận được suy ra từ thời gian truyền trễ và tốc độ tín hiệu tương ứng như sau:

$$R = Time \times Speed \quad PT 2.5$$

Trong đó:

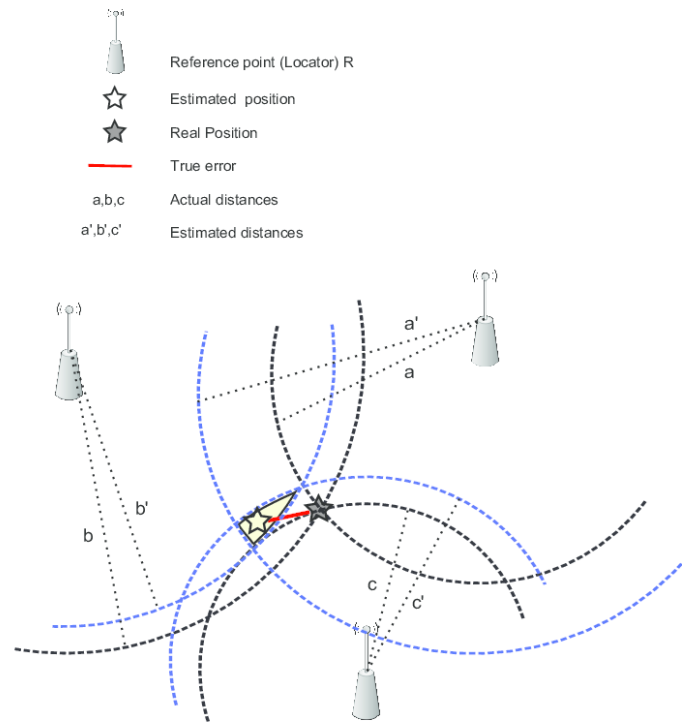
Speed: biểu thị tốc độ truyền tín hiệu

Time : thời gian mà tín hiệu truyền từ khi truyền đến nút nhận

R : khoảng cách giữa nút truyền và nhận nút.

Tốc độ được coi là hằng số đã biết nên R có thể tính được bằng thời gian phát của tín hiệu đến trạm thu. Thiết bị nguồn (Tag) phát tín hiệu time stamped đến máy thu (Anchor). Nhận được tín hiệu thì khoảng cách giữa hai trạm được tính toán từ độ trễ trong thời gian truyền và tốc độ tương ứng. Khoảng cách đo được có thể dựng thành một vòng tròn với tâm của nó tại máy thu và nguồn phải nằm trên chu vi trong không gian hai chiều (2D) [33]

Ba hoặc nhiều vòng tròn như vậy thu được từ ToA, nếu không có nhiều, sẽ giao nhau tại một điểm. Nếu số lượng cảm biến ít hơn ba thì có khả năng không có bất kỳ điểm giao nhau nào và do đó không phải là giải pháp khả thi. Do đó, cần tối thiểu ba cảm biến để có được giao điểm và chúng có thể được biểu diễn dưới dạng một tập hợp các phương trình đường tròn, dựa trên tiêu chí tối ưu hóa mà vị trí nguồn có thể được ước tính với kiến thức đã biết hình học để xác định vị trí.



Hình 2.4 Biểu diễn hình học của hệ thống TOA [33]

Kiến thức về thời gian truyền là quan trọng để thực hiện phương pháp ToA. Vì vậy giữa hai thiết bị nhận và thu cần được đồng nhất về thời gian. Kỹ thuật này là kỹ thuật chính xác nhất được sử dụng trong môi trường mà tại đó xuất hiện các vật cản. Tại đây ứng dụng ToA sẽ loại bỏ các nhiễu gây nên bởi vật cản rất tốt. Tuy nhiên vẫn có một số nhược điểm mà phương pháp ToA này xảy ra ví dụ như: cần yêu cầu đồng bộ thời gian chính xác giữa các thiết bị. Mà việc đồng bộ thời gian tất cả các thiết bị sẽ gây nên một phát sinh làm tăng chi phí của hệ thống. Sai số có thể rất lớn nếu như sự đồng bộ bị sai số [33].

2.1.3 Time Difference of Arrival (TDoA)

Để khắc phục những nhược điểm của ToA, chúng ta có kỹ thuật TDoA (Time Difference of Arrival). Kỹ thuật này được sử dụng dựa trên đo thời gian đến giữa nhiều cặp điểm tham chiếu với các vị trí đã biết. Tại mỗi nút phát và thu sẽ đo được thời gian tương đối chênh lệch truyền giữa hai thiết bị và khắc phục được phải cần thời gian tuyệt đối của ToA. Sau khi xác định được thời gian tương đối chênh lệch giữa hai tín hiệu thì việc tính toán sẽ được dựa trên:

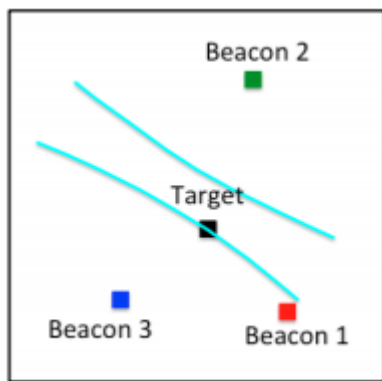
$$d = v(t_R - t_E) \quad PT 2.6$$

Các phương pháp dựa trên thời gian dựa trên sự lan truyền sóng điện từ di chuyển ở tốc độ V gần với tốc độ ánh sáng, $C \approx 3 \times 10^8$ m/s (trong chân không). Trong bầu khí quyển của Trái đất $V = C/N$, N là hệ số khúc xạ của khí quyển ($n = 1.000292$ đến không khí khô ở điều kiện 0°C và 1 atm. Giá trị chính xác là $v = 299,704,944$ m/s). Mô hình vật lý chịu trách nhiệm tính toán khoảng cách xuyên tâm d giữa bộ

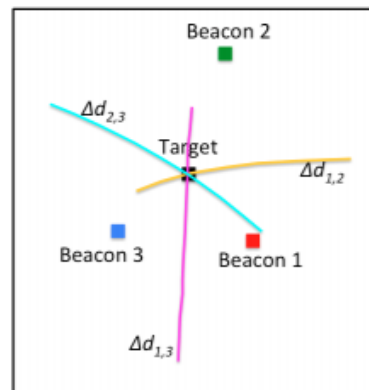
phát và máy thu chỉ phụ thuộc vào tE tức thì khi bộ phát gửi tín hiệu và tR ngay lập tức khi máy thu nhận được [49].

Mô hình trên chỉ có thể được áp dụng trong trường hợp bộ phát và máy thu được đồng bộ hóa thời gian. Đảm bảo đồng bộ hóa này không phải lúc nào cũng là một nhiệm vụ đơn giản. Phải xem xét rằng V là một đại lượng thiên văn và độ lệch nhỏ của độ chính xác trong $(TR - TE)$ dẫn đến các lỗi lớn [49].

Kỹ thuật TDoA đã khắc phục vấn đề cần đồng bộ hóa của ToA dẫn đến kỹ thuật này được áp dụng. Hệ thống TDoA còn có thể cho độ chính xác cao hơn cả hệ thống định vị dựa trên tín hiệu nhận được RSS trong trường hợp với lượng băng thông đủ lớn. Kỹ thuật này không cần thời gian bắt đầu chính xác mà dựa trên sự chênh lệch thời gian giữa hai lần tại các trạm thu. Từ đó ta có thể tính được vị trí của điểm truyền tín hiệu. Mỗi sự khác biệt về thời điểm nhận tạo ra một đường cong hyperbol trong không gian [33][49].



(a) Tham chiếu từ một điểm



(b) Tham chiếu từ ba điểm

Hình 2.5 Multilateration sử dụng TDoA [49]

2.1.4 Received Signal Strength (RSS).

Thuật toán RSS (Cường độ tín hiệu nhận được) được sử dụng để ước tính vị trí khoảng cách dựa trên cường độ tín hiệu nhận được. Phương pháp thường được áp dụng để ước tính một vị trí đơn giản. Ưu điểm của phương pháp này là có thể xây dựng việc ước tính vị trí mà không cần bất kỳ phần cứng nào bổ sung [33].

Các tham số của RSS bao gồm: dải động, độ chính xác, độ tuyến tính cad khoảng thời gian trung bình. Đối với kỹ thuật RSS cần xác định được tín hiệu nhận được tối thiểu và tối đa là gì. Đó chính là dải rộng với đơn vị là dB. Phép đo RSS là một phép đo khó giả mạo, và nó có tương quan cao với tín hiệu nguồn.

Kỹ thuật này xác định khoảng cách từ hai nguồn bằng các đo các tín hiệu tính toán được sự suy hao tín hiệu sau khi tín hiệu phát ra. Phương pháp này chỉ có thể thực hiện được với tín hiệu radio. Phương pháp này có thể sử dụng cho mô hình lan truyền hoặc vân tay (Fingerprint). Dưới đây là phương trình thuật toán PMA (mô hình lan truyền) thiết lập giữa RSS và khoảng cách để tính khoảng cách truyền tín hiệu:

$$p(R) = p(R_0) - 10n \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right) - \begin{cases} nW \cdot WAF & (nW < C) \\ C \cdot WAF & (nW \geq C) \end{cases} \quad PT 2.7$$

R : Khoảng cách giữa máy phát và thu

R_0 : Khoảng cách tham chiếu

$p(R)$: Cường độ tín hiệu nhận được tại R

$p(R_0)$: Cường độ tín hiệu nhận được tại R_0

nW : Số các chướng ngại vật giữa máy phát và máy thu

n : Hệ số suy giảm định tuyến có thể xác định bằng các tính toán thực nghiệm

WAF : Hệ số suy hao do tường

C : Số lượng chướng ngại vật tối đa giữa máy phát và thu

Thuận toán lấy dấu vân tay hay được sử dụng trong kỹ thuật RSS. Ngoài ra, thuật toán Trilateration cũng có thể áp dụng với phương pháp này.

So sánh các phương pháp

Bảng Error! No text of specified style in document..1 So sánh giữa các phương pháp thu thập dữ liệu từ bài báo

Phương pháp	AoA	ToF/ToA	TDoA	RSS
Tính toán dựa trên	Ước tính dựa trên chênh lệch góc của tín hiệu tới	Ước tính dựa trên thời gian truyền tín hiệu trong không gian	Ước tính dựa trên chênh lệch thời gian nhận được tín hiệu giữa các thiết bị	Ước tính dựa trên mức năng lượng của tín hiệu thu được
Độ chính xác	Khá cao	Trung bình	Trung bình thấp	Thấp
Định vị 2D, 3D	Tối thiểu 2 thiết bị cho định vị 2D, 3 cho 3D	Tối thiểu 3 thiết bị cho định vị 2D, 3 cho 3D	Tối thiểu 3 thiết bị cho định vị 2D, 3 cho 3D	Tối thiểu 3 thiết bị cho định vị 2D, 3 cho 3D
Yêu cầu đồng bộ hóa thời gian	Không yêu cầu	Đồng bộ giữa tất cả các thiết bị	Đồng bộ giữa các thiết bị phát	Không yêu cầu

Nhận xét:

Một số hạn chế của các phương pháp:

- Phương pháp AoA: Phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng của antenna. Chỉ một sai lệch nhỏ trong góc tới có thể dẫn tới sai số rất lớn về khoảng cách. Giá thành sản xuất khá cao.

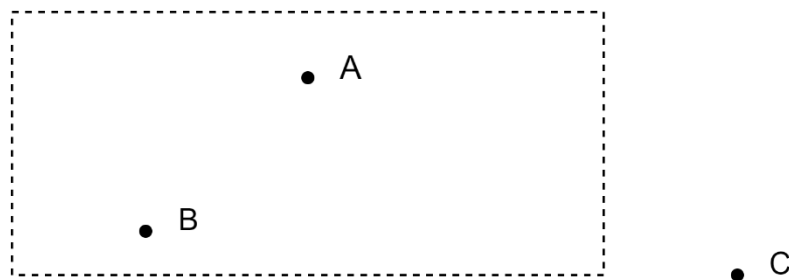
- Phương pháp ToF/ToA: Yêu cầu phải đồng bộ thời gian giữa cả thiết bị phát và thu. Gây khó khăn trong việc triển khai. Tuy nhiên, việc đồng bộ có thể được loại bỏ bằng việc sử dụng phương pháp Two way Ranging.
- Phương pháp TDoA: Ít chính xác hơn ToA trong cùng một hệ thống.
- Phương pháp RSS: Tương đối nhạy cảm với nhiễu. Yêu cầu một khoảng cách nhất định giữa các thiết bị.

Trong đồ án lần này chúng em chọn phương pháp ToA vì những lý do sau: AoA yêu cầu rất lớn về thiết kế anten, RSS rất nhạy cảm với nhiễu trong môi trường. Còn đối với phương pháp ToA lại không yêu cầu phần cứng, đồng bộ thời gian các module có thể nhờ thuật toán TWR đem lại được độ chính xác cao. Vì vậy phương pháp ToA là được em lựa chọn đặc biệt và ước tính khoảng cách

Các dữ liệu đo đạc, tính toán thường được thu thập dưới dạng bảng biểu; tuy nhiên bảng biểu chỉ thích hợp khi trình bày các số lượng nhỏ các số liệu, đồng thời không cung cấp các đánh giá trực quan về xu hướng của dữ liệu thu được.

2.2 Thuật toán xử lý dữ liệu

2.2.1 Proximity positioning.



Hình 2.6 Vùng theo dõi của một nút [37]

Kỹ thuật Proximity positioning sẽ kiểm tra vị trí của một đối tượng là mục tiêu cần xác định đối với một điểm hoặc một khu vực đã biết trước. Đây được coi là một phương pháp đơn giản để định vị. Kỹ thuật này cần cố định một số lượng máy dò tại các vị trí đã biết và sử dụng các hiện tượng vật lý để phát hiện sự hiện diện của đối tượng trong phạm vi giới hạn. Khi một máy dò xác định được một đối tượng hiện diện bên trong khu vực lân cận của nó, đối tượng sẽ được máy dò đó đánh dấu [37]

Có một số phương pháp tiếp cận chung để xác định sự hiện diện của đối tượng trong phạm vi của máy dò. Đầu tiên và cơ bản nhất là sử dụng cảm biến tiệm cận phát hiện tiếp xúc vật lý với đối tượng. Các cảm biến có thể sử dụng bao gồm cảm biến áp suất, cảm biến chạm hoặc máy dò trường điện dung. Phương pháp tiếp theo là theo dõi các hệ thống ID tự động như thiết bị đầu cuối của các địa điểm sử dụng thẻ tín dụng, lịch sử đăng nhập máy tính, hồ sơ điện thoại cố định,... và từ đó vị trí của đối tượng di động có thể được suy ra.

Như thể hiện trong Hình 2.6, B và C là các đối tượng được theo dõi. A là một máy dò và khu vực lân cận của nó được giới hạn bằng hình chữ nhật. Máy dò sẽ

kiểm tra xem B và C có hiện diện trong khu vực lân cận của nó hay không. Nhìn vào hình có thể thấy đối tượng B đang nằm trong khu vực lân cận của A và đối tượng C nằm bên ngoài. Từ ví dụ trên có thể thấy rằng kỹ thuật cảm biến vị trí tiệm cận chỉ cho biết vị trí lân cận của đối tượng trong một khu vực. Đối với các ứng dụng yêu cầu thông tin vị trí tuyệt đối hoặc tương đối, đây thường không phải là giải pháp. Hầu hết các hệ thống di động GSM sử dụng phương pháp này để xác định vị trí. Độ chính xác của phương pháp này dao động từ 50-200m, tương ứng với kích thước của các ô trong hệ thống GSM[37]. Khoảng cách này không phù hợp để sử dụng trong ứng dụng định vị trong nhà. Do đó phương pháp này sẽ không được đề cập trong đồ án này nữa.

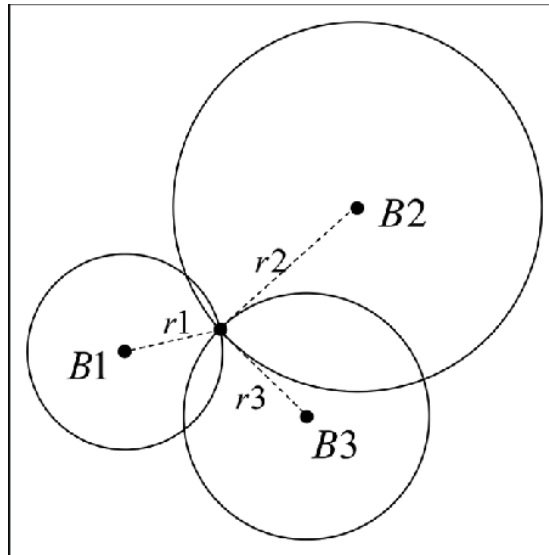
2.2.2 Trilateration và Triangulation positioning

Việc ước tính vị trí có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các tính chất hình học đơn giản. Đây là phương pháp được biết đến rộng rãi và cũng đã được sử dụng trong hệ thống định vị toàn cầu của GPS. Phương pháp sử dụng hình học có thể chia ra làm 2 loại là Lateration và Angulation.

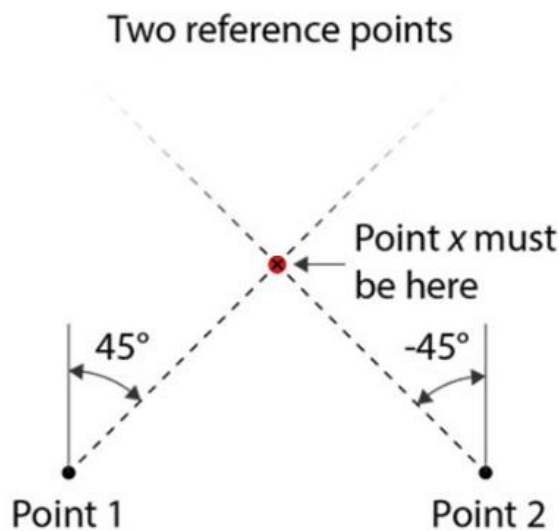
Đầu tiên, Lateration là phương pháp xác định vị trí đối tượng cần định vị dựa trên khoảng cách từ đối tượng đến vị trí của các điểm tham chiếu. Khoảng cách có thể được đo bằng nhiều phương pháp khác nhau, bao gồm cường độ tín hiệu nhận được (Received Signal Strength-RSS), thời gian đến (Time of Arrival-ToA) hoặc chênh lệch thời gian đến (Difference of Arrival-TDoA). Thêm vào đó, thời gian khứ hồi của tín hiệu (RTOF) hoặc phương pháp pha tín hiệu nhận được cũng được sử dụng để ước tính khoảng cách trong phương pháp này. [38]

Trong trilateration, “tri” ở đây nói rằng cần ít nhất ba điểm cố định cần thiết để xác định vị trí 2D. Đối với việc ước tính vị trí 3D cần tối thiểu bốn điểm tham chiếu. Phép đo ba cạnh thực chất là việc tính khoảng cách giữa đối tượng với ba điểm tham chiếu đã biết. Sau khi tính toán được các khoảng cách này, việc xác định vị trí của đối tượng trở về bài toán tìm giao điểm của ba đường tròn với tâm và bán kính đã biết. Nếu chỉ có một hoặc hai điểm tham chiếu, sẽ có nhiều hơn một điểm được xác định (với một điểm tham chiếu là cả chu vi đường tròn, với hai điểm tham chiếu là hai giao điểm của hai đường tròn) và không thể biết vị trí chính xác của đối tượng cần định vị. Thuật ngữ Multilateration cũng thường được sử dụng cho phương pháp này khi sử dụng từ bốn điểm tham chiếu trở lên. [38]

Ưu điểm của phương pháp này miễn là có từ ba điểm tham chiếu trở lên, vị trí của đối tượng có thể được xác định trong mặt phẳng 2D nên rất dễ để triển khai. Tuy nhiên, độ chính xác của thuật toán định vị này phụ thuộc rất lớn vào tín hiệu nhận được và các điều kiện môi trường. Nếu trong môi trường có nhiều yếu tố gây nhiễu và làm suy giảm tín hiệu, thuật toán này có thể đưa ra kết quả rất thiếu chính xác và không xác định được giao điểm.



Hình 2.7 Xác định vị trí với Lateration [40]



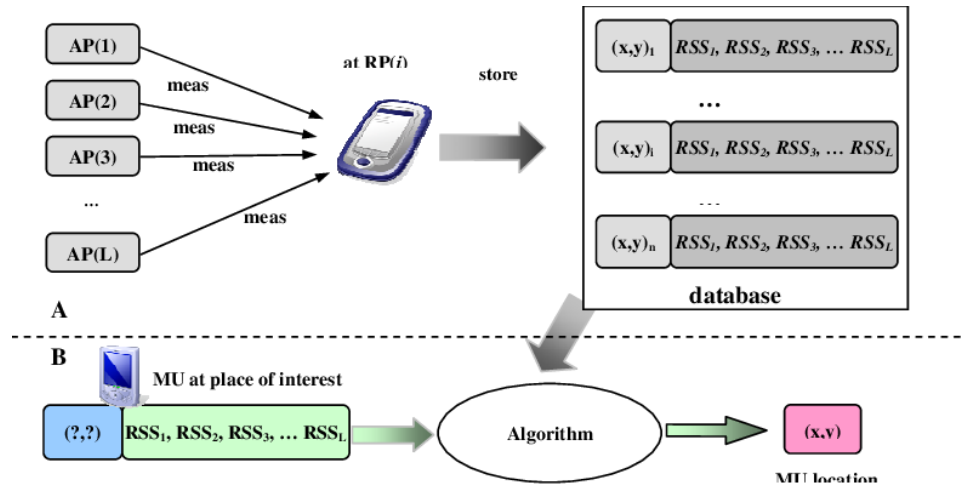
Hình 2.8 Angulation với hai Điểm tham chiếu [40]

Phương pháp tiếp theo sử dụng tính chất của hình học là Angulation. Thay vì sử dụng khoảng cách, góc từ mục tiêu tới các điểm tham chiếu đã biết được sử dụng để xác định vị trí hiện tại của mục tiêu cần định vị. Chính vì vậy, phương pháp này hoàn toàn có thể thực hiện được với chỉ từ hai điểm tham chiếu trở lên. Trong Hình 2.7, nếu chúng ta biết rằng điểm X nằm ở góc 45 độ so với Điểm tham chiếu 1 và -45 độ so với Điểm tham chiếu 2, ta có thể xác định được đường thẳng từ các Điểm tham chiếu đến X. Giao điểm của 2 đường thẳng đó chính là vị trí của điểm X. Tuy nhiên, trong thực tế, để giảm sai số khi đo đạc, người ta thường sử dụng từ ba Điểm tham chiếu trở lên, do đó phương pháp này được gọi là phương pháp Triangulation [40].

Cũng như phương pháp Trilateration, ưu điểm của Triangulation là dễ triển khai vì cần số lượng ít điểm tham chiếu và không yêu cầu tính toán phức tạp. Nhược

điểm của phương pháp này nằm ở việc thu sóng và từ đó xác định được góc tới yêu cầu phần cứng (đặc biệt là antenna) của các thiết bị phải có thiết kế với độ chính xác cao. Vì lý do này, Triangulation thường có độ tin cậy không cao hoặc sẽ có giá thành triển khai lớn khi cần sử dụng cho các ứng dụng yêu cầu về độ chính xác.

2.2.3 Fingerprinting positioning



Hình 2.9 Cấu trúc một mô hình Fingerprinting [53]

Kỹ thuật này là một công nghệ định vị phổ biến trong nhà để xác định vị trí của người dùng, dựa trên dữ liệu cường độ tín hiệu (RSS). Mỗi một vị trí sẽ có một bộ tín hiệu mô tả khác nhau tùy thuộc vào hệ tham chiếu, còn gọi là dấu vân tay của vị trí đó. Với một mạng lưới được tạo bởi cơ sở dữ liệu về các cường độ tín hiệu ở các địa điểm khác nhau ta có thể xác định được vị trí trong tòa nhà.

Phương pháp thu thập dấu vân tay với mục đích xác định vị trí bao gồm hai giai đoạn chính: giai đoạn đào tạo ngoại tuyến và giai đoạn ước tính vị trí trực tuyến. Trong giai đoạn đào tạo ngoại tuyến, Cường độ tín hiệu (RSS) được thu thập tại các vị trí khác nhau được xác định trước gọi là Điểm tham chiếu (RP). Thông tin của các Điểm tham chiếu bao gồm tọa độ và Cường độ tín hiệu sẽ được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu để tạo thành một bộ dữ liệu đặc trưng cho mỗi vị trí cụ thể liên quan đến từng Điểm tham chiếu. Trong giai đoạn tiếp theo, cơ sở dữ liệu này được sử dụng và kết hợp với các kỹ thuật như nội suy hoặc học máy để xác định vị trí của đối tượng di động. Các giá trị RSS của nó với các điểm tham chiếu khác nhau sẽ được đo đạc và so sánh với các giá trị lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. [53]

Lấy dấu vân tay là kỹ thuật được sử dụng phổ biến nhất được sử dụng ngày nay. Các công ty như Apple và Google sử dụng dấu vân tay kết hợp với công nghệ Wi-Fi để cung cấp vị trí trong nhà với độ chính xác 15-20 mét. Ưu điểm chính của hệ thống lấy dấu vân tay là nó tương đối đơn giản về mặt kỹ thuật và không có thuật toán phức tạp.[53]

Những nhược điểm chính bao gồm:

- Lấy dấu vân tay không phù hợp với các địa điểm thường xuyên thay đổi bố cục vì để sử dụng phương pháp này cần phải thu thập các điểm tham chiếu trên thực

tế. Giả sử với một địa điểm yêu cầu thay đổi bố cục thường xuyên ví dụ như: nơi làm việc kết hợp, bệnh viện, khu vực mua sắm, sân bay,... thì sẽ cần thực hiện quy trình ghi và hiệu chỉnh lại hệ thống liên tục để đảm bảo độ chính xác, khiến việc lấy dấu vân tay vị trí trở nên khó khăn, phức tạp hơn rất nhiều.

- Kỹ thuật này chỉ hoạt động trực tuyến, các dữ liệu được lưu trên máy chủ. Điều này có nghĩa là nếu không có tín hiệu ở vị trí của người dùng, hệ thống sẽ phải đợi cho đến khi họ trực tuyến trở lại để cung cấp vị trí của họ. Đây là hạn chế với các khu vực không có internet hay tín hiệu.

- Khó khăn trong cài đặt và thiết lập lấy dấu vân tay vị trí. Phương pháp này yêu cầu đi từng bước để định dấu vân tay vị trí và nếu có bất kỳ sai sót nào trong quá trình hiệu chuẩn, toàn bộ quá trình cần được thực hiện lại.

- Thiếu độ chính xác và ổn định. Hiệu suất của các phương pháp này trên dấu vân tay phụ thuộc vào số lượng APs và RPs được cài đặt để đưa ra các chỉ số RSS chính xác. Vì độ chính xác phụ thuộc vào việc đo cường độ tín hiệu, nên một số yếu tố có thể ảnh hưởng như: nhiễu sóng vô tuyến do vật liệu xây dựng gây ra, bố cục hoặc tính di động của vật thể (bao gồm cả con người), hướng thiết bị, ...

2.2.4 Vision Analysis Technique

Phương pháp phân tích tầm nhìn này ước tính một vị trí từ các hình ảnh nhận được tại một hoặc nhiều điểm. Thông thường, một hoặc nhiều camera (hoặc cảm biến hồng ngoại thụ động PIR) được cố định trong khu vực theo dõi sẽ bao phủ toàn bộ địa điểm xung quanh và thu thập ảnh theo thời gian thực. Các hình ảnh quan sát được của các mục tiêu sẽ được đo lường và tra cứu trong cơ sở dữ liệu để thực hiện các ước tính vị trí.

Ưu điểm của phương pháp này người dùng không cần phải mang theo bất kỳ thiết bị định vị nào và hệ thống chỉ cần một máy ảnh giá thấp có thể che phủ được một khu vực rộng lớn. Không những vậy, phương pháp này còn có thể cung cấp bối cảnh xung quanh vị trí cho các dịch vụ dựa vào các hình ảnh được chụp [39].

Tuy nhiên, các hệ thống sử dụng phương pháp này vẫn có một số nhược điểm. Thứ nhất, quyền riêng tư của người sử dụng sẽ không được đảm bảo khi sử dụng camera để theo dõi. Thứ hai, hệ thống không đáng tin cậy trong một môi trường thay đổi liên tục. Vì các ước tính vị trí được dựa trên thông tin tầm nhìn đã lưu trong cơ sở dữ liệu, cần được cập nhật liên tục do sự thay đổi trong môi trường như thay đổi vị trí của các đồ vật xung quanh phòng. Không những vậy, định vị dựa trên tầm nhìn bị ảnh hưởng bởi nhiều nguồn gây nhiễu chẳng hạn như thời tiết, ánh sáng, ... và làm giảm độ chính xác của việc theo dõi. Ngoài ra, theo dõi nhiều người di chuyển xung quanh tại một thời điểm vẫn là một thách thức, cần khả năng tính toán cao hơn của hệ thống.

2.2.5 So sánh các phương pháp

Bảng 2.3: So sánh giữa các thuật toán định vị

	Proximity positioning	Trilateration Triangulation	Fingerprinting positioning	Vision Analysis Technique
Công nghệ sử dụng	RSS	AoA, ToA, TDoA	RSS	Camera, Iffrared
Ưu điểm	Đơn giản, dễ tính toán	Độ chính xác khá cao trong điều kiện trong nhà. Hệ thống thiết kế khá đơn giản	Độ chính xác cao. Không yêu cầu phần cứng phụ trợ	Độ chính xác rất cao
Nhược điểm	Độ chính xác không cao	Ảnh hưởng bởi nhiễu đa luồng	Tốn rất nhiều nguồn lực để thu thập và xử lý dữ liệu, phụ thuộc vào môi trường	Ảnh hưởng đến vấn đề riêng tư, yêu cầu khả năng tính toán của hệ thống

Nhận xét:

Ở đồ án lần này, em lựa chọn sử dụng phương pháp Trilateration vì tính chất đơn giản, dễ dàng tính toán, phù hợp với nguồn lực còn hạn chế. Phương pháp này cũng có độ chính xác có thể chấp nhận được đối với môi trường trong nhà và thích hợp được với hệ thống ToA.

2.3 Đề xuất, lựa chọn phương pháp đo và thuật toán định vị

2.3.1 Phương pháp thu thập dữ liệu từ cảm biến

Trong chương trước, ta đã biết có nhiều phương pháp dùng để tính khoảng cách dựa trên các đặc điểm của tín hiệu như thời gian đến (ToA), chênh lệch thời gian đến (TDoA) hoặc cường độ tín hiệu nhận được (RSS),... Với mỗi phương pháp sẽ yêu cầu thiết kế phần cứng và thuật toán tương ứng. Đối với công nghệ UWB sẽ cho phép xác định chính xác thời gian đến và phương pháp này cũng phù hợp với phần cứng đã lựa chọn là module DWM1000. Chính vì vậy, trong đồ án lần này, chúng em sẽ lựa chọn sử dụng thuật toán tính khoảng cách của hai module dựa trên cơ sở của ToA là Two Way Ranging (TWR).

ToA hoạt động dựa trên việc tính toán thời gian truyền của tín hiệu trong môi trường thông qua việc xác định độ trễ trong các lần thu và phát tín hiệu. Vấn đề của phương pháp này nằm ở việc có thể đồng bộ thời gian giữa bên thu và bên nhận vì luôn tồn tại sự sai khác giữa phần cứng của hai bên. Để giải quyết vấn đề này thuật toán TWR sẽ phát tín hiệu hai lần. Mỗi thiết bị sẽ thu và phát một lần, các khoảng thời gian cũng được xác định độc lập đối với mỗi thiết bị mà không yêu cầu đồng bộ giữa hai bên. Để có thể hiểu rõ hơn về thuật toán này, chúng ta sẽ xem xét cách thức hoạt động cụ thể của nó.

Hai thiết bị A và B có thiết kế phần cứng tương tự nhau và được bố trí đặt cách nhau một khoảng (Hình 2.9). Yêu cầu đặt ra đối với thuật toán TWR là tính toán khoảng cách giữa chúng.[42]

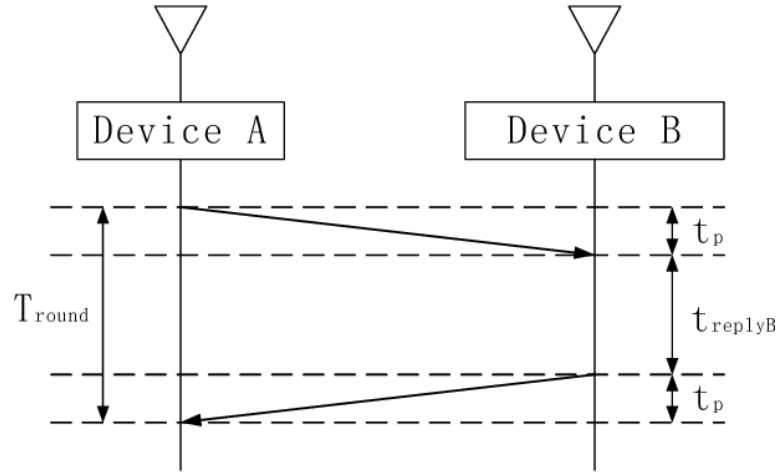


Fig 1 Two-way ranging

Hình 2.10 Single Side Two Way Ranging [27]

Đầu tiên, thiết bị A sẽ tiến hành gửi đi một tín hiệu nhận biết cho thiết bị B, đồng thời đánh dấu lại thời điểm này. Thiết bị B khi nhận biết được tín hiệu đến sẽ tiến hành giải mã, thực hiện các yêu cầu cần thiết và gửi trả lại cho thiết bị A một tín hiệu khác. Thời điểm thiết bị B nhận được tín hiệu và gửi trả lại sẽ được đánh dấu, tính toán. Khoảng thời gian này được gọi là T_{reply} . Đối với thiết bị A, sau khi nhận lại được tín hiệu về từ B, nó cũng bắt đầu tính toán khoảng thời gian từ lúc gửi đến lúc nhận, gọi là T_{round} . Hai khoảng thời gian này hoàn toàn độc lập với nhau và được tính toán riêng biệt trên mỗi thiết bị. [27] Khi đó, khoảng thời gian tín hiệu truyền trong môi trường sẽ được tính theo công thức:

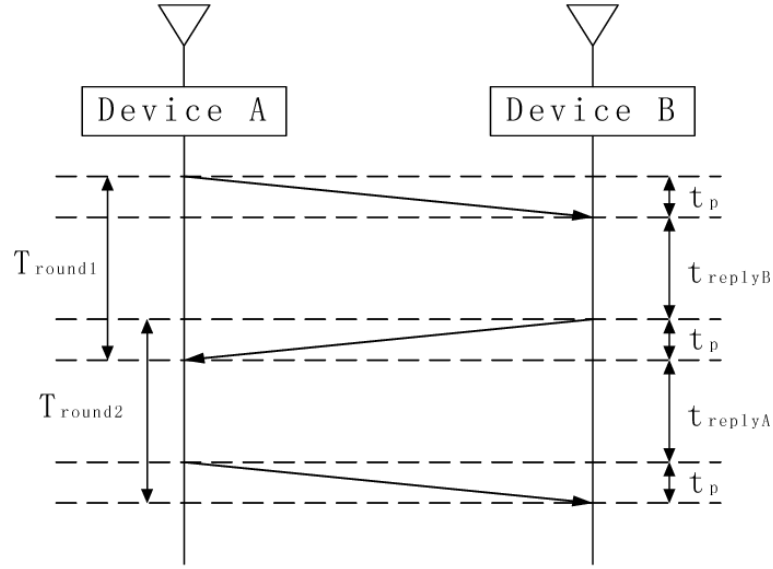
$$T_{prop} = \frac{1}{2} (T_{round} - T_{reply}) \quad PT 2.8$$

Như vậy, thời gian truyền của tín hiệu trong không gian được tính toán mà không phụ thuộc vào sự đồng bộ về mặt thời gian của hai thiết bị A và B.

Tuy nhiên, vẫn cần phải xem xét đến yếu tố trễ trong quá trình tính toán của mỗi thiết bị. Gọi e là trễ phản hồi của hai bộ định thời trong thiết bị A và B, khi đó ta sẽ có khoảng thời gian sai lệch là:

$$error = \frac{1}{2} \cdot (e_B - e_A) \cdot T_{reply} \quad PT 2.9$$

Nhìn vào PT 2.9 có thể nhận thấy rằng sai lệch phụ thuộc vào T_{reply} và sẽ tăng khi chênh lệch thời gian trễ của hai thiết bị tăng lên. Vì sóng RF di chuyển với vận tốc rất lớn nên chỉ cần sai lệch một nano giây cũng có thể gây ra sai lệch về khoảng cách tương đối lớn ($\sim 30cm$). Để giải quyết vấn đề này, ta sẽ thực hiện thêm một lần thu phát tín hiệu nữa. Như vậy, phương pháp này sẽ mở rộng hơn so với trước một lần thu phát tín hiệu và còn được gọi là Double-side Two Way Ranging. Hình 2.10 sẽ mô tả chi tiết hơn:



Hình 2.11 Double-side Two Way Ranging [27]

Dựa vào PT 2.8, thời gian tín hiệu truyền trong môi trường được tính bằng:

$$T_{prop} = \frac{T_{Round1} \cdot T_{Round2} - T_{Reply1} \cdot T_{Reply2}}{T_{Round1} + T_{Round2} + T_{Reply1} + T_{Reply2}} [42]$$

Độ trễ phản hồi:

$$error = \left(1 - \frac{k_B + k_A}{2}\right) \cdot T_{prop} [43] \quad PT 2.10$$

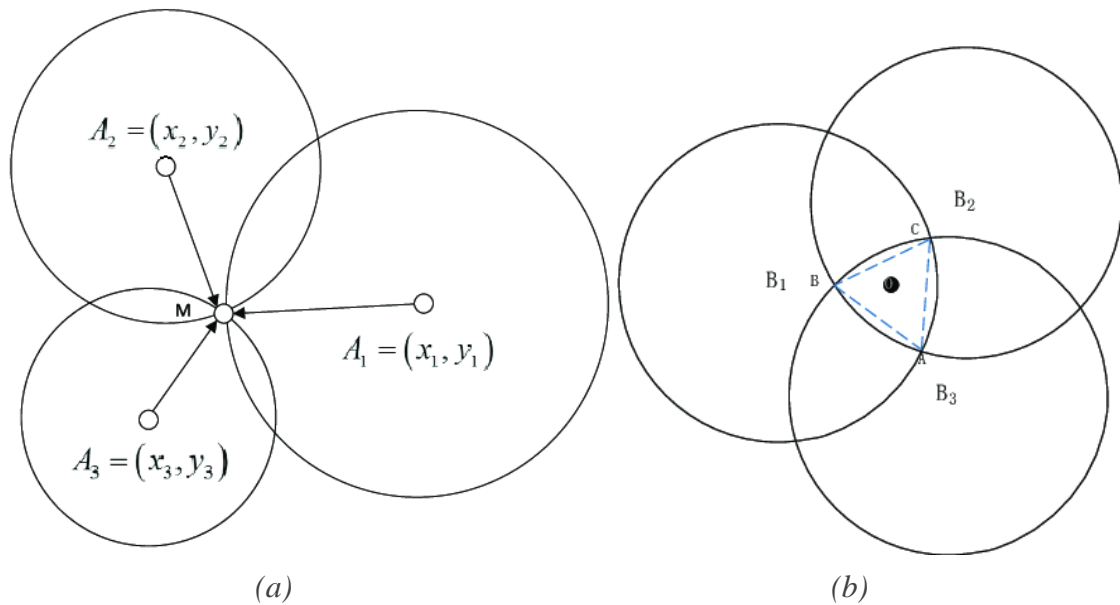
Có thể thấy giá trị k_A , k_B gần 1 nên sai số khi sử dụng phương pháp này được giảm thiểu đi rất nhiều [42]. Nếu xét đến trường hợp xấu nhất có thể phát sinh, khi giá trị của độ trễ lớn, giá trị của k cũng chỉ có thể 0,99998 và 1,00002. Khi đó, với phạm vi truyền 100m, thời gian truyền xấp xỉ 333 nano giây thì sai số về khoảng cách đo cũng chỉ là 2,2mm. Đối với phạm vi của đề tài hướng đến là định vị với không gian trong nhà, sai số này là rất nhỏ. Chính vì vậy, việc sử dụng thuật toán TWR sẽ mang lại hiệu quả trong việc xác định khoảng cách giữa hai module và đây cũng là thuật toán được chúng em lựa chọn để sử dụng trong đồ án lần này.[43]

2.3.2 Thuật toán định vị

Tiếp theo, khi đã đo được khoảng cách giữa các module, việc xác định vị trí của đối tượng có thể được thực hiện. Các thuật toán định vị mà cụ thể được lựa chọn trong đồ án này là Trilateration sẽ sử dụng các dữ liệu về khoảng cách thu được để tính toán vị trí. Ba module (gọi là Anchor) được bố trí ở các địa điểm đã xác định trước trong không gian, trong khi đối tượng cần định vị sẽ mang theo một module còn lại (gọi là Tag). Với mỗi Anchor, dựng một đường tròn với bán kính là khoảng cách tới Tag đã được đo lường trước đó. Như vậy, với 3 đường tròn có được, chúng sẽ giao nhau tại một điểm và đây chính là vị trí Tag cần xác định.

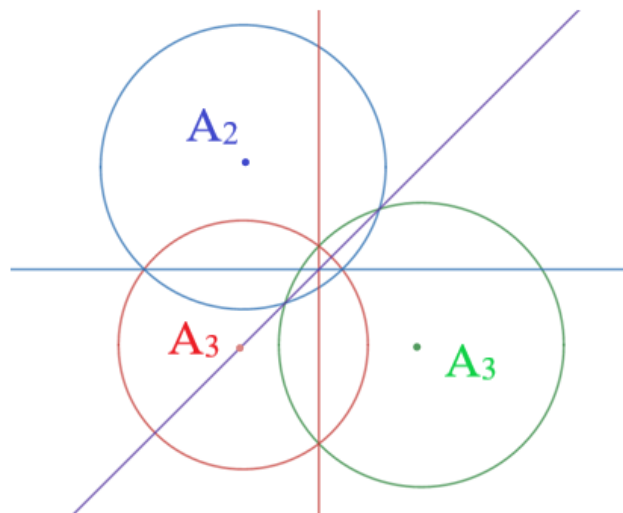
Tuy nhiên, như đã đề cập trong chương trước, có rất nhiều yếu tố có thể gây nhiễu và ảnh hưởng tới kết quả đo thu được. Do vậy, khoảng cách giữa Tag và Anchor có sai số và các đường tròn được dựng lên không chính xác. Trong thực tế đã chứng minh, ba đường tròn sẽ không giao nhau tại một điểm như trong trường hợp lý

tường. Chúng sẽ cắt nhau từng đôi một và tạo ra một vùng ở giữa (Hình 2.12), vị trí của Tag sẽ nằm trong đó. Để tổng quan nhất, ta lựa chọn một điểm trong vùng không gian đó đại diện cho vị trí của đối tượng bằng cách lấy giao điểm của 3 đường thẳng được tạo bởi các cặp giao điểm đôi một của 3 đường tròn



Hình 2.12 Phương pháp Trilateration [45]

(a) Tọa độ chính xác ; (b) Vùng sai lệch



Hình 2.13 Mô hình hóa việc thực hiện [45]

Ta xây dựng các công thức để tính vị trí của Tag. Trong hình 2.12, 3 điểm $S_1(x_1, y_1)$, $S_2(x_2, y_2)$, $S_3(x_3, y_3)$ là các Anchor được đặt tại các vị trí đã biết trước và khoảng cách giữa chúng tới Tag lần lượt là r_1 , r_2 , r_3

Từ đó, ta thu được hệ phương PT 2.11:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = r_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = r_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = r_3^2 \end{cases} \quad PT 2.11$$

Khai triển hệ phương trình PT 2.11, thu được:

$$\begin{cases} x^2 - 2x_1x + x_1^2 + y^2 - 2y_1y + y_1^2 = r_1^2 \\ x^2 - 2x_2x + x_2^2 + y^2 - 2y_2y + y_2^2 = r_2^2 \\ x^2 - 2x_3x + x_3^2 + y^2 - 2y_3y + y_3^2 = r_3^2 \end{cases} \quad PT 2.12$$

Phương trình đường thẳng thu được từ giao điểm của các đường tròn:

$$\begin{cases} 2x(x_1 - x_2) + 2y(y_1 - y_2) = r_2^2 - r_1^2 - x_2^2 + x_1^2 - y_2^2 + y_1^2 \\ 2x(x_1 - x_3) + 2y(y_1 - y_3) = r_3^2 - r_1^2 - x_3^2 + x_1^2 - y_3^2 + y_1^2 \end{cases} \quad PT 2.13$$

Giải hệ phương trình trên ta có:

$$\begin{cases} Ax + By = C \\ Dx + Ey = F \end{cases} \quad PT 2.14$$

Sử dụng phương pháp Cramer:

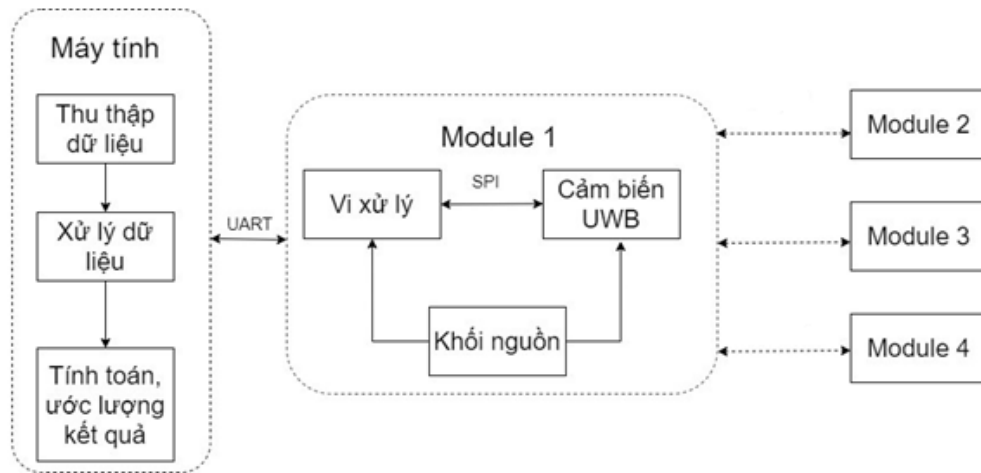
$$\begin{cases} x = \frac{CE - FB}{EA - BD} \\ y = \frac{CD - AF}{BD - AE} \end{cases} \quad PT 2.15$$

Điểm (x, y) chính là vị trí cần tìm của Tag. [45]

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM CỦA HỆ THỐNG

Hệ thống bao gồm 4 module UWB, mỗi module sẽ được điều khiển bởi 1 vi điều khiển. Có một thiết bị UWB sẽ thu và truyền dữ liệu lên máy tính để xử lý các kết quả đo, ước lượng vị trí và hiển thị. Các module sẽ giao tiếp với nhau qua chuẩn IEEE 802.15.4, tiêu chuẩn giao tiếp của các thiết bị sử dụng UWB. Ngoài ra, cần xây dựng một bộ lọc sau khi tính toán để giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu có thể gây ra trong quá trình đo.

Các khối chức năng chính của hệ thống được thể hiện trong Hình 3.1:



Hình 3.1 Sơ đồ hệ thống

Mỗi module UWB sẽ bao gồm:

- Khối cảm biến
- Khối vi xử lý
- Khối nguồn

3.1 Xây dựng phần cứng

Hiện nay nghe tên công nghệ UWB thì khá là mới mẻ trên thế giới. Nhưng thực công nghệ này đã phát triển từ trước nhưng do một số hạn chế nhất định nên không được ứng dụng rộng rãi như Wifi hay Bluetooth. Qua tìm hiểu thì trên thế giới về cung cấp thiết bị UWB nổi bật nhất là các thiết bị của hãng DecaWave khi họ cung cấp đa dạng về chủng loại cũng như ứng dụng đầy đủ trong cùng môi trường của nhà DecaWave. Điều đó hỗ trợ đầy đủ cho khách hàng sử dụng trong cùng một môi trường của nhà DecaWave. Trong đồ án lần này, để phục vụ chúng em chọn sử dụng module Dwm1000 của hãng DecaWave. Module này là module thu phát xác định khoảng cách với công suất thấp dựa trên tiêu chuẩn truyền thông IEEE 802.15.4 – 2011 cho công nghệ UWB.

3.1.1 Module DWM1000

Trong đồ án này, chúng em lựa chọn module DWM1000 để làm thiết bị thu phát UWB. Theo những tài liệu từ nhà sản xuất đưa ra [27], độ chính xác của module

nằm trong khoảng 10cm đối với môi trường trong nhà và phạm vi truyền thông rộng (~300 m), phù hợp với các yêu cầu của hệ thống.

a) Tổng quan về module DWM1000

- DWM1000 là module thu phát không dây dựa trên IC DW1000 của hãng Decawave. Module này xác định và theo dõi vị trí của các đối tượng trong hệ thống định vị thời gian thực (RTLS) với độ chính xác 10cm trong nhà. Các kỹ thuật máy thu kết hợp cung cấp truyền thông tốc độ dữ liệu cao lên tới 6,8 Mbps và phạm vi truyền thông lên tới 300

- DWM1000 là một IC thu phát CMOS RF đơn chip, công suất thấp được tích hợp đầy đủ tuân thủ tiêu chuẩn UWB IEEE 802.14.4-2011.

- Mô-đun DWM1000 không yêu cầu thiết kế RF vì ăng-ten và các thành phần tương tự và RF liên quan nằm trên module.

- Mô-đun này chứa tinh thể tham chiếu 38,4 MHz trên bo mạch.

- DWM1000 được tối ưu hóa cho các ứng dụng trong hệ thống định vị thời gian thực và mạng cảm biến không dây trên nhiều lĩnh vực khác nhau bao gồm nông nghiệp, chăm sóc sức khỏe, an ninh và nhiều lĩnh vực khác.

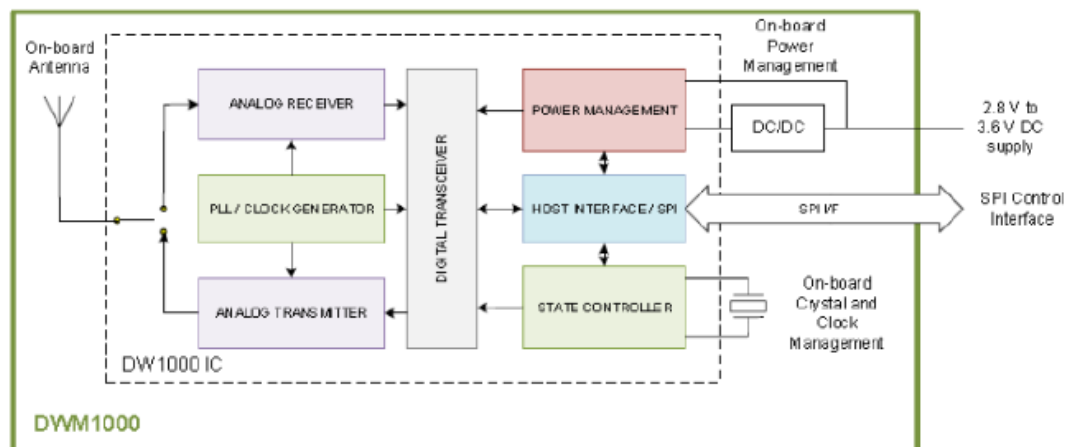
Ưu điểm :

- Tích hợp IC DW1000, antenna, tích hợp bộ đếm thời gian.

- Có khả năng xác định vị chính xác mang lại lợi ích cho doanh nghiệp và giảm thiểu chi phí.

- LOS và NLOS phạm vi dài giúp giảm lượng cơ sở hạ tầng cần thiết để triển khai hệ thống.

- Tiêu thụ điện năng thấp làm giảm thiểu việc thay pin duy trì, hệ thống hoạt động ổn định trong thời gian dài.



High Level Block Diagram

Hình 3.2 Cảm biến Decawave DWM1000: Sơ đồ khối [28]

Các thông số kỹ thuật của module DWM1000:

- Chip DW1000 của hãng DecaWave
- Giao thức: IR-UWB

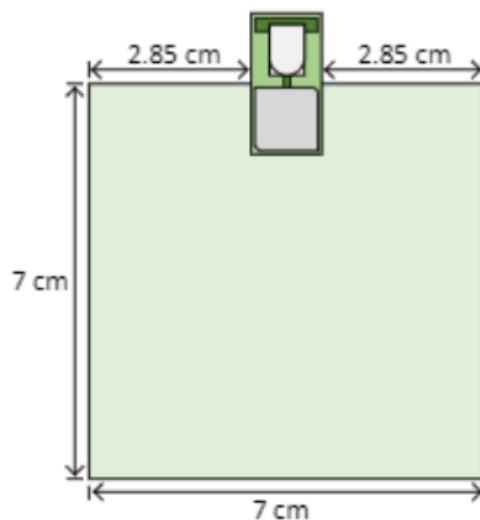
- Hỗ trợ: 110 Kbps, 850 Kbps & amp; 6.8 Mbps data rate
- 6 dải tần số: từ 3.4 Ghz đến 6.5 Ghz
- Ăng ten được tích hợp trên module
- Năng lượng truyền tải có thể thiết lập từ -35 dBm/MHz đến -62 dBm/MHz
- Hỗ trợ dung lượng gói tin lên tới 1023 byte
- Nguồn hoạt động: 2.8V - 3.6V
- Nhiệt độ hoạt động: -40C đến 85C



Hình 3.3 DWM1000 Pinout và ảnh thực tế [28]

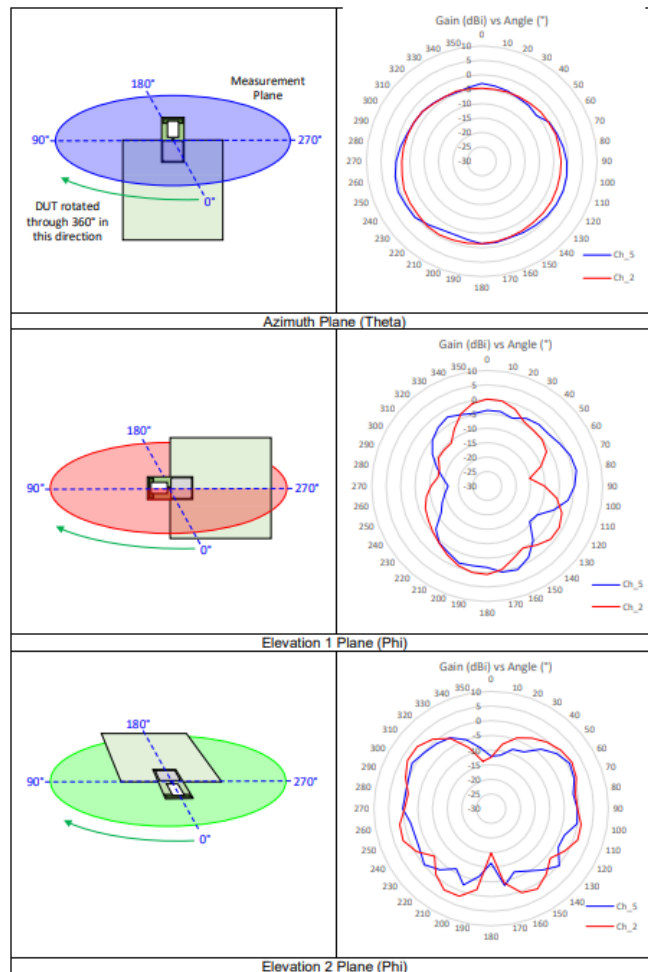
b) Đặc điểm của antenna của module

Với việc sử dụng tín hiệu vô tuyến, cường độ tín hiệu nhận được có thể khác nhau tùy thuộc vào việc chế tạo module cũng như nhiễu ngẫu nhiên. Chất lượng bảng mạch của module anten cũng làm ảnh hưởng đến các sóng vô tuyến truyền trong các module. Trong sơ đồ hình 3.4, ăng ten tích hợp trên module cần có khoảng trống phía sau để giúp giảm đi nhiễu trong quá trình truyền nhận giữa các module với nhau



Hình 3.4 Vị trí đặt antenna trên bo mạch [28]

Trong việc làm bảng mạch cho module ăng ten, ngoài chú ý đến chất lượng đường truyền cũng cần chú ý đến rất nhiều đến cách đi dây để công suất truyền không bị ảnh hưởng. Hình 3.5 biểu thị sự khác biệt các mẫu bức xạ ăng ten trên 3 mặt phẳng khác nhau [28]. Trên mỗi hình, các phép đo biểu thị đồ thị bức xạ ăng ten đo được với các băng thông khác nhau để sai số do nhiễu được giảm.



Hình 3.5 Ảnh hưởng của hướng lên khả năng thu phát sóng

c) Đặc điểm của phổ tần

Module DWM1000 có tất cả kênh truyền được ghi trong bảng 3.1. Mỗi kênh truyền đều có tần số truyền và dải băng thông khác nhau, Tần số trung tâm đơn vị là Mhz là trung bình cộng giữa giới hạn tần số trên và dưới của kênh. Phương trình dưới là cách tính giới hạn trên và dưới của mỗi kênh truyền:

$$boundaryFrequency = centerFrequency \pm bandwidth / 2 \quad PT 3.1$$

Bảng 3.1 Bảng tần số trung tâm và dải băng thông của thiết bị

Kênh	Tần số trung tâm (Mhz)	Dải băng thông (Mhz)
2	3494.4	499.2
3	3993.6	499.2
4	4492.8	499.2
5	3993.6	1331.2
6	6489.6	499.2
7	6489.6	1081.6

Module DWM1000 có thể hoạt động trong khoảng từ 3Ghz đến 7,5 Ghz. Mỗi lần truyền đều chọn trước kênh từ 2 đến 7 và một dải tần xác định sẽ nhận tín hiệu. Các module cần có cùng một kênh truyền mới có thể giao tiếp được với nhau. Việc sử dụng nhiều tần số trung tâm và dải băng thông tạo ra một hệ thống có các ứng dụng linh hoạt trong nhiều trường hợp và khắc phục hạn chế do nhiều tần số gây ra. Dưới đây bảng 3.1 cho chúng ta thấy thông số các kênh truyền.

d) Giao tiếp giữa các module

Module sử dụng giao thức SPI cho các kết nối ngoại vi ở chế độ Slave-only. Các module muốn giao tiếp đọc và ghi dữ liệu được đều phải có kết nối đến SPI.

Truyền và nhận dữ liệu sử dụng SPI hỗ trợ đọc/ghi một byte và nhiều byte. Tất cả các byte được chuyển MSB trước và LSB sau cùng. Ban đầu quá trình được thực hiện bằng cách kéo SPICSn xuống mức thấp và kết thúc khi SPICSn được xác nhận ở mức cao.

Chế độ hoạt động của SPI được xác định khi chức năng điều khiển số của DW1000 được khởi tạo do thiết bị khởi động lại hoặc khi thiết bị được đánh thức từ trạng thái ngủ. Trong module, các GPIO 5 và 6 được lấy mẫu và các giá trị của chúng dùng để chọn chế độ SPI. Có thể đặt chế độ SPI trong cấu hình khả trình của DW1000 để tránh thành phần bên ngoài để tự do để sử dụng GPIO. Đây là hoạt động diễn ra một lần và không thể đảo ngược nên cần phải cẩn thận để đảm bảo rằng đặt được chế độ SPI mong muốn

e) Các yếu tố ảnh hưởng đến sai số trong module DWM1000

Trong thực tế module DWM1000 bị ảnh hưởng từ nhiều rất nhiều đến kết quả đo đạc, dẫn đến sai số trong các giá trị đo lường mang lại. Thường sẽ có hai loại sai số là sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống. Dưới đây em sẽ trình bày về sai số do nhiều ảnh hưởng đến module.

Sai số hệ thống:

Sai số hệ thống là do module gây ra bao gồm sai số hằng, sai số liên tục và không liên tục. Sai số hằng biểu thị một sai lệch không đổi so với giá trị đúng. Sai số liên tục có thể được mô hình hóa thông qua sự kết hợp của các yếu tố không đổi với các giá trị vật lý. Và trong loại sai số này đều tính toán được và điều chỉnh được. Khó phát hiện và điều chỉnh hơn sẽ là sai số không liên tục. Phải phân tích từng trường hợp để xác định cụ thể các lỗi vì không phải lúc nào cũng có thể tìm thấy mối quan hệ giữa giá trị đo được với giá trị thực.

Trong thực tế, việc module DWM1000 bị sai lệch do nhà máy được người sử dụng đề cập đến. Chúng có thể do hiệu chuẩn sai cảm biến, linh kiện điện tử hoặc bộ định thời hoạt động không chính xác. Điều này dẫn đến sự sai lệch thời gian truyền và nhận của tín hiệu. Module DWM1000 được sử dụng trong đồ án có sai số của bộ định thời lớn nhất là 20 phần triệu. Để hiệu chỉnh lại lỗi phát sinh từ bộ định thời, chúng em có sử dụng một thuật toán thích hợp làm giảm thiểu lỗi xảy ra.

Sai số ngẫu nhiên:

Đối với sai số ngẫu nhiên sẽ luôn xảy ra trong các phép đo. Chúng bị gây ra bởi những tình huống không thể đoán trước trong phép đo. Nguyên nhân chủ yếu là do ảnh hưởng của môi trường lên mỗi phép đo. Sai số ngẫu nhiên thể hiện ở mỗi lần đo khác nhau cho cùng một trường hợp đo. Tính toán được sai số ngẫu nhiên thường cần phải đo nhiều lần và so sánh các phép đo từ đó hiệu chỉnh bằng cách

lấy trung bình các phép đo đó. Sai số này là loại sai số ngẫu nhiên không liên tục. Chúng hay bị ảnh hưởng bởi những tác nhân do môi trường gây ra nên khó xác định. Một số trường hợp ảnh hưởng dẫn đến sai số ngẫu nhiên như hiệu ứng đa đường, nhiễu tần số, nhiệt độ module cũng như đơn giản do sự thay đổi hướng và tốc độ di chuyển của module.

Sai số do hiệu ứng đa đường (Multipath)

Sai số do hiệu ứng đa đường thường xảy ra trong môi trường có quá nhiều vật cản. Tín hiệu truyền khó xuyên qua các vật liệu kim loại và bị chậm hơn dẫn đến sai số đáng kể so với môi trường không khí. Nếu hai đối tượng được đặt ở các vị trí vật cản lớn không nhìn thấy nhau thì sóng vô tuyến sẽ không thể truyền trực tiếp được. Vì vậy, một đường truyền tín hiệu được mở ra bằng phản xạ hoặc khúc xạ sóng vô tuyến. Điều này dẫn đến thời gian lan truyền kéo dài hơn truyền trực tiếp và do đó dẫn đến sự sai lệch của kết quả đo. Trong phần chương 4 chúng em đã trình bày các trường hợp sai số do hiệu ứng đa đường gây ra

Nhiều tần số

Module DWM1000 có thể truyền tín hiệu vô tuyến ở tần số 3.1 GHz đến 7,5 GHz. Các tín hiệu vô tuyến khác trong dải băng thông này có thể ảnh hưởng đến kết quả của phép đo. Đặc biệt băng thông WIFI 5.0 được nằm trong dải tần số này. Sử dụng kênh WIFI này đồng thời với module DWM có thể ảnh hưởng đến kết quả thu được.

Đo vật thể chuyển động

Trong thực tế cần xác định vị trí di chuyển của người sử dụng nên việc chuyển động qua lại luôn xảy ra. Các module được gắn vào vật thể cũng bị ít nhiều ảnh hưởng bởi nhiều khi di chuyển. Khi di chuyển liên tục dẫn đến các kết quả đo cũng sẽ phải thay đổi liên tục. Việc này gây ra sai số do thay đổi hướng và tốc độ đã đề cập ở trước. Trong chương 4, chúng em đã thực nghiệm đưa ra đánh giá về sai số cũng như thuật toán làm giảm sai số trong trường hợp các vật di chuyển.

Ảnh hưởng của nhiệt độ

Trong khi hoạt động sẽ dẫn đến nóng lên. Mỗi lần tăng 1oC, công suất phát sẽ tăng 0,05 dB gây tiêu hao năng lượng. Các phép đo cũng sẽ không chính xác do điện trở tăng lên vì nhiệt, Các thí nghiệm tại chương 4 được thực hiện mà chưa xác định sai số khi nhiệt độ tăng lên. Bởi trong thực tế vấn đề này ít xảy ra do module được sử dụng trong nhà.

Trong khi sử dụng các module sẽ nóng lên sau khoảng thời gian dài sử dụng. Để giảm thiểu sai số do nhiệt độ gây ra phần cứng sẽ thiết kế một cánh quạt tạo luồng gió sẽ góp phần làm mát module. Trường hợp đặc biệt, nếu mô-đun được đặt trong hộp và không có luồng khí nào có thể làm mát mô-đun, lúc này ảnh hưởng của nhiệt độ có thể khá đáng kể.

3.1.2 Khối vi xử lý

Khối vi xử lý có nhiệm vụ giao tiếp với module DWM1000 thông qua giao thức SPI cũng như để thu thập dữ liệu. Arduino Pro mini là một sản phẩm thuộc dòng arduino.

Với kích thước nhỏ gọn và giá thành rẻ nhất, phù hợp với những ứng dụng điều khiển có không gian nhỏ, và những ứng dụng cần nhiều mạch arduino, nếu sử dụng arduino uno, arduino mega 2560 thì rất tốn kém.

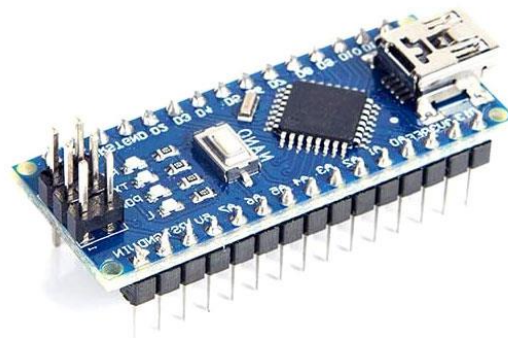
Thiết kế arduino pro mini được tách phần nạp chương trình USB to UART ra khỏi mạch.

Khi chúng ta cần nạp code: cần sử dụng thiết bị USB to serial UART để nạp cho bo mạch Arduino Pro Mini và sau khi nạp xong chúng ta có thể rút thiết bị nạp ra và cấp nguồn cho mạch arduino tự hoạt động độc lập.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5V-3.3V
- Điện áp đầu vào: 5-16V
- Chân I/O số: 14 chân (D0-D13)
- Chân I/O tương tự: 8 chân (A0-A7)
- Tần số xung thạch anh: 16MHz
- Hỗ trợ giao tiếp: UART, SPI, I2C
- Dòng DC sử dụng chân I/O: 40mA
- Bộ nhớ Flash: 32kB
- SRAM: 2kB
- EEPROM: 1Kb

Ngoài ra, để kết nối với máy tính, vi điều khiển được nối thêm với USB to UART PL2303.



Hình 3.6 Hình ảnh arduino pro mini

3.1.3 Khối nguồn

Từ thông tin của nhà sản xuất, module DWM1000 hoạt động dưới điện áp 3.3 VDC [27] mà vi xử lý lại hoạt động ở mức điện áp 5 VDC. Để đảm bảo module hoạt động ổn định, cần thiết kế một mạch hạ áp 5-3.3 V.

Em lựa chọn mạch hạ áp sử dụng Low Dropout Linear Regulator (thường được viết tắt là LDO). LDO là các bộ nguồn đơn giản, cho phép tạo một điện áp đầu ra thấp hơn điện áp đầu vào. So với các loại nguồn khác (ví dụ như nguồn xung), nguồn tuyến tính khá dễ thiết kế và sử dụng.

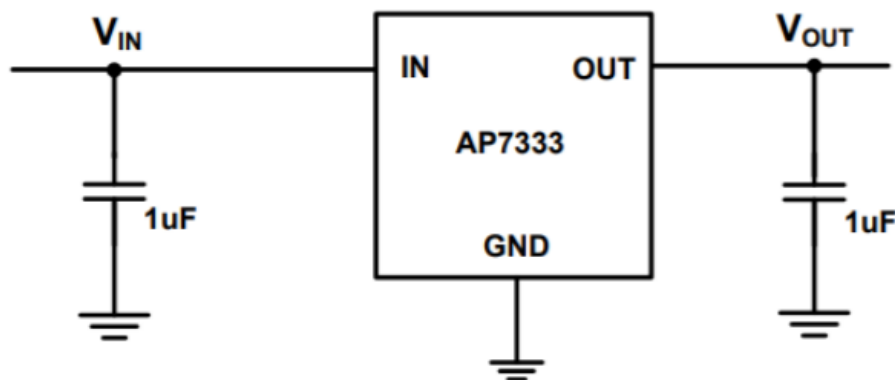
Ưu điểm của nguồn LDO

- Phù hợp với chuyển đổi DC-DC với chênh lệch IN-OUT nhỏ
- Kích thước nhỏ gọn
- Tín hiệu đầu ra sạch, không có tín hiệu nhiễu do không có băm xung
- Mạch LDO thường đơn giản

Với ứng dụng định vị của đồ án, LDO là lựa chọn cực kỳ phù hợp với rất nhiều ưu điểm kể trên.

Ở đồ án này, em sử dụng Diode Low Dropout Linear Regulator họ AP7333 [51] để hạ áp. Thông số kỹ thuật cơ bản của LDO như sau:

- Dòng tĩnh rất thấp khi có tải: $I_Q = 65\mu A$
- Dải điện áp đầu vào rộng: 2V đến 6V
- Điện áp đầu ra cố định trong khoảng: 1.0V đến 3.3V
- Phạm vi nhiệt độ hoạt động: $-40^{\circ}C$ đến $85^{\circ}C$
- Tích hợp chân SOT23 và SOT23R
- Hợp chất không Br, Sb



Hình 3.7 Sơ đồ nguyên lý thiết kế mạch hạ áp sử dụng LDO [29]

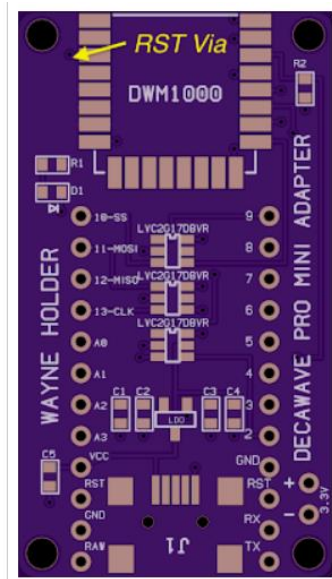
Vì vi xử lý hoạt động ở điện áp 5 VDC mà module DWM1000 hoạt động ở mức điện áp 3.3 VDC nên cần lựa chọn một IC chuyển mức tín hiệu để hai thiết bị có thể giao tiếp hiệu quả với nhau. Em lựa chọn sử dụng bộ đệm Schmitt kép SN74LVC2G17DBVR làm cơ sở của mạch chuyển mức, vì chúng có thể lấy điện áp cung cấp từ 1,6 đến 5,5 V, phù hợp với yêu cầu và có thể chịu được đầu vào khi quá áp. Một số thông tin cơ bản của IC chuyển mức như sau:

- Hỗ trợ chuyển mức 3.3-5 V
- Đầu vào tối đa 5.5 V
- Tiêu thụ điện năng thấp (khoảng 10 μA)
- Thời gian tpd tối đa là 5.4 ns ở điện áp 3.3 V
- Điện áp rơi ở 25 $^{\circ}C < 0.8 V$

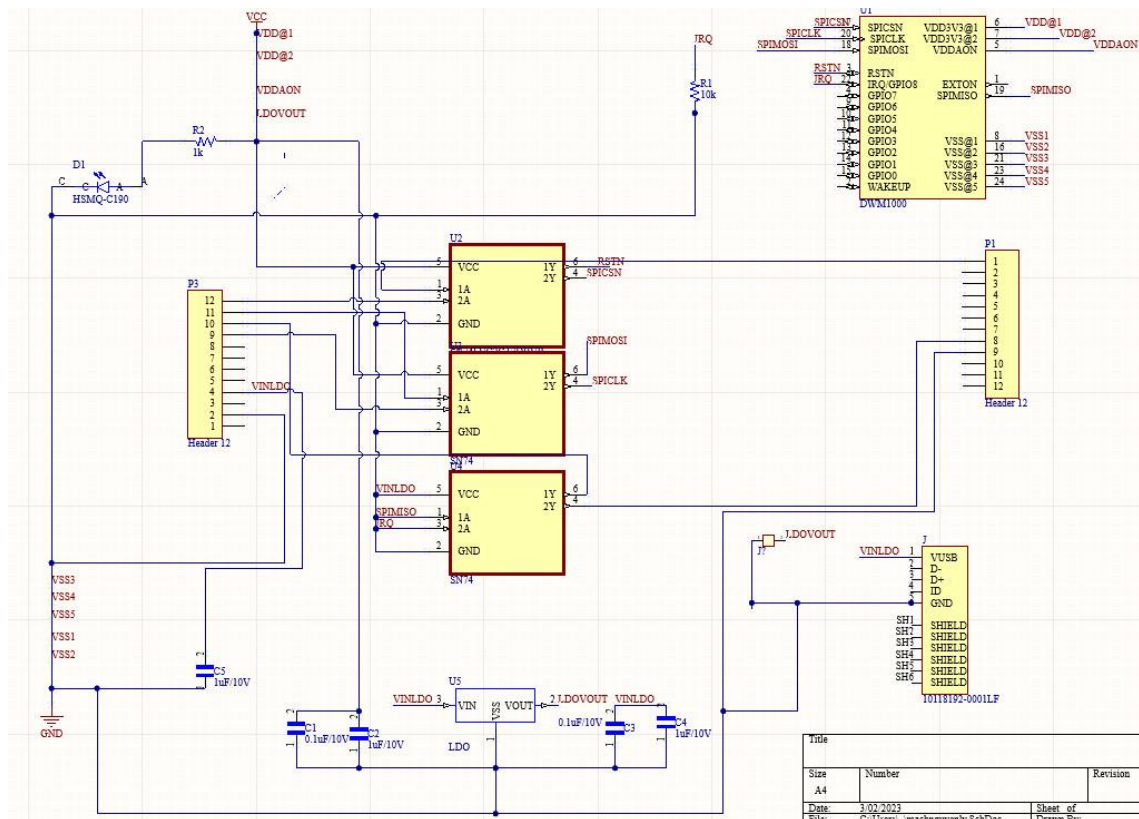
Module DWM1000 sẽ giao tiếp với vi xử lý thông qua chuẩn SPI, vì thế, các chân như RST, CS, MOSI và CLK từ vi xử lý sẽ giảm mức logic 5-3.3V và các chân MISO, IRQ sẽ được nâng mức logic 3.3-5 V thông qua IC chuyển mức này.

3.1.4 Thiết kế mạch in

Dưới đây em có sơ đồ mạch nguyên lý của thiết bị



Hình 3.8 Bảng mạch PCB



Hình 3.9 Sơ đồ nguyên lý

Thực hiện xác định dòng điện qua LDO, nhận xét mạch:

- Bảng mạch được cấp nguồn từ Arduino Pro Mini – 5V nên cần qua chuyển đổi LDO để xác định dòng điện cấp vào module DWM1000 (3.3V)
- Dòng điện khi chưa qua LDO: 5.08V
- Dòng điện khi qua LDO cấp nguồn cho module DWM1000: 3.28V

Mạch được cấp nguồn chuẩn dạng nên hoạt động bình thường, tiến hành xây dựng chương trình, thuật toán định vị và sẽ được trình bày ở mục 3.2

3.2 Xây dựng phần mềm

Phần mềm được em xây dựng dựa trên phương pháp thu thập dữ liệu, tính toán khoảng cách và thuật toán định vị đã được trình bày ở trên, kết hợp với lý thuyết và tài liệu về DWM1000 để cấu hình module phù hợp.

3.2.1 Cấu hình mô-đun

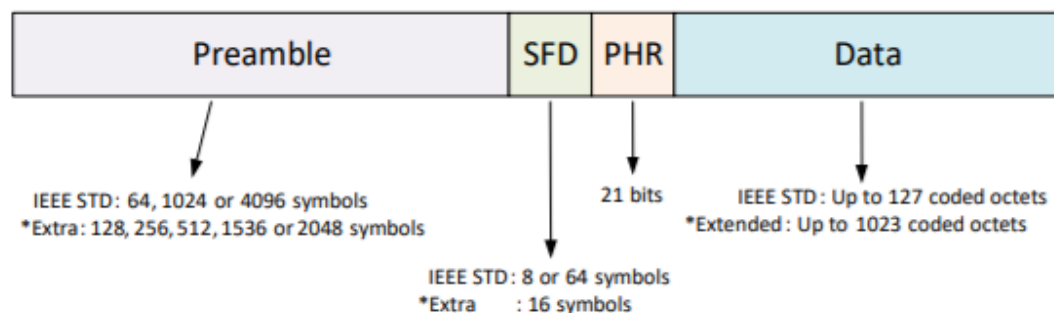
Các module DWM1000 sẽ được điều chỉnh các thông số ban đầu phù hợp với yêu cầu bài toán. Với phạm vi của ứng dụng là định vị trong nhà, khoảng cách giữa các module không quá xa và yêu cầu truyền lượng dữ liệu lớn, em sẽ cấu hình tốc độ dữ liệu là 110 kbps. Với tần số xung của module sẽ được đặt là 64MHz và độ dài phân mở đầu là 2048 giá trị.

3.2.2 Định hướng module

Phần này đã được đề cập đến trong mục 3.1. Hướng của ăng-ten là một trong những yếu tố quan trọng quyết định độ chính xác của kết quả thu được. Để có giá trị đo chính xác nhất, tín hiệu cần được truyền theo hướng truyền của sóng. Thông thường, các module được thiết kế để hoạt động trong mặt phẳng phương vị, trừ khi có nghiên cứu đặc biệt yêu cầu thay đổi hướng của module. Tuy nhiên, góc giữa các module không ảnh hưởng đến kết quả đo lường.

3.2.3 Giao tiếp giữa các module

Các module giao tiếp dựa vào việc truyền nhận các bản tin. Công nghệ UWB tuân theo tiêu chuẩn IEEE 802.15.4-2011 cho việc định dạng các khung bản tin. IEEE 802.15 không sử dụng 802.1D hoặc 802.1Q, nghĩa là nó không sử dụng khung Ethernet tiêu chuẩn. Cấu trúc định dạng khung vật lý của tiêu chuẩn IEEE802.15.4-2011 được thể hiện như hình 3.12. [27]



Hình 3.10 Cấu trúc chung của một khung bản tin [27]

3.2.4 Thuật toán, lập trình

Thuật toán để tính toán khoảng cách giữa hai module Tag và Anchor đã được chọn và trình bày ở phần 2.3.1 là TWR. Từ đó ta sẽ xây dựng lưu đồ thuật toán thực hiện thuật toán này như hình dưới đây:

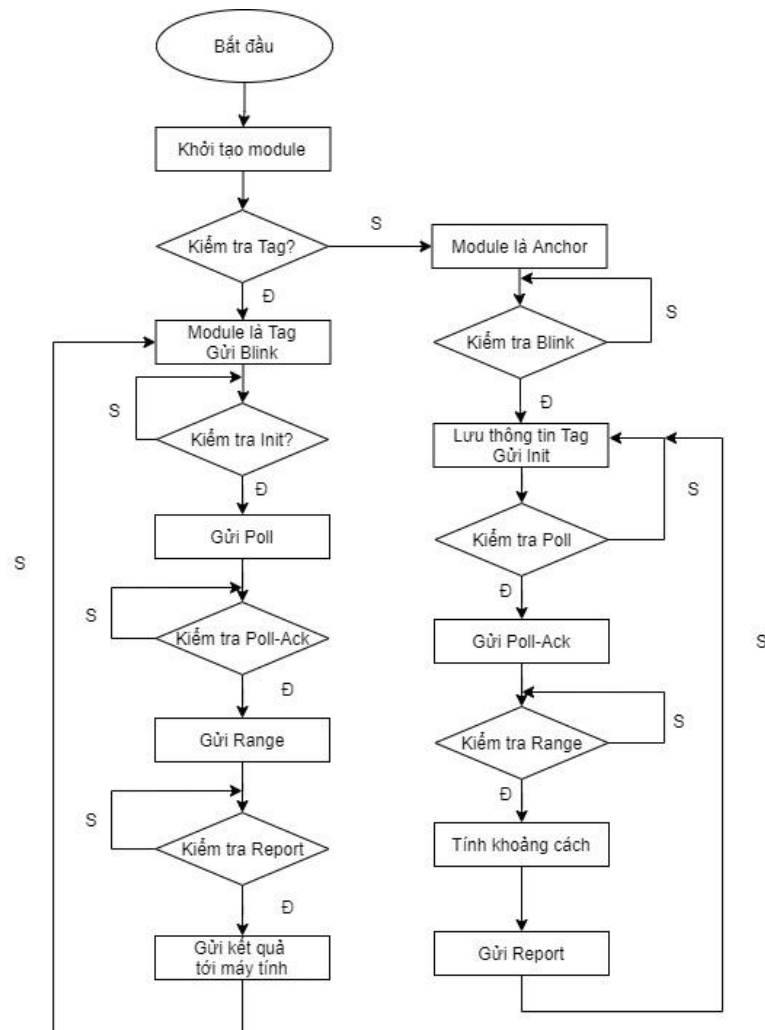
Lưu đồ của thuật toán này sẽ được chia ra thành hai phần cho Anchor và Tag, mỗi phần sẽ bao gồm 4 bước sau đây:

Bước 1: Khởi tạo module sẽ thiết lập các thông số như tốc độ truyền, kênh truyền, tần số truyền (đã trình bày ở phần trên) và xác định module là Tag hay Anchor. Đây là bước giống nhau giữa hai phần Tag và Anchor.

Bước 2: Sau bước khởi tạo, Tag sẽ liên tục gửi đi một tín hiệu gọi là Blink và chờ phản hồi. Tín hiệu này sẽ bao gồm các thông số của Tag. Các Anchor cũng sẽ liên tục kiểm tra tín hiệu nhận được có phải là Blink hay không. Nếu đúng là tín hiệu Blink từ Tag, nó sẽ gửi lại một tín hiệu Init chứa các thông tin của Anchor. Và khi Tag nhận được tín hiệu đó nó sẽ thiết lập liên kết giữa hai module.

Bước 3: Sau khi thiết lập liên kết, thuật toán TWR sẽ bắt đầu tính khoảng cách giữa hai module. Tag gửi đi một tín hiệu Poll tới Anchor. Khi Anchor nhận được, nó tiến hành giải mã và gửi trả lại tín hiệu Poll-Ack tới Tag. Tiếp đó, sau khi Tag nhận được Poll-Ack, nó sẽ tiến hành gửi Range tới Anchor. Các mốc thời gian truyền và nhận của mỗi module được đánh dấu và ghi lại. Những kết quả đó sẽ được sử dụng để tính toán xác định khoảng cách giữa Tag và Anchor như đã trình bày ở mục 2.3.1. Kết quả cuối cùng được gửi tới Tag qua Report.

Bước 4: Tag nhận các kết quả tính toán từ các Anchor sẽ tiến hành đóng gói và gửi kết quả tới máy tính để tiếp tục xử lý hoặc hiển thị. Sau khi kết thúc các module sẽ thực hiện vòng lặp, quay lại bước 3 tiếp tục thực hiện việc tính toán khoảng cách.



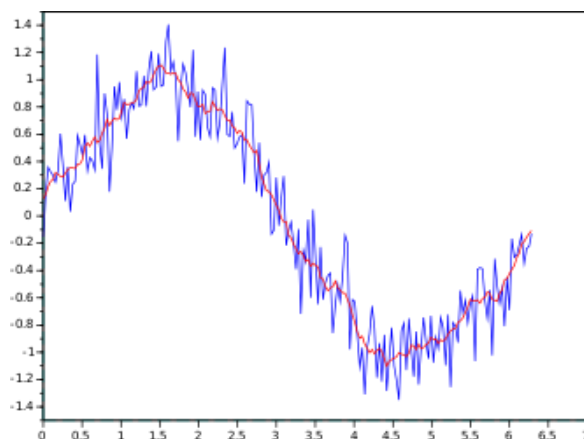
Hình 3.11 Lưu đồ thuật toán

3.2.5 Xử lý dữ liệu

Sau quá trình thu thập dữ liệu và tính toán khoảng cách giữa các module, bước tiếp theo sẽ xử lý những dữ liệu này.

a) Xử lý dữ liệu từ một module: thuật toán trung bình trượt theo hàm mũ

Thông tin về khoảng cách đo có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau, do đó cần thực hiện việc hiệu chỉnh để đảm bảo độ chính xác. Trong phần này, ta cần phát triển một thuật toán để làm mịn các giá trị đo. Trung bình động (Moving Average) là một thuật toán phổ biến trong thống kê được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như kỹ thuật số, tài chính, y tế, khoa học dữ liệu và công nghiệp sản xuất để xử lý dữ liệu và giảm độ nhiễu. Thuật toán giúp phân tích các điểm dữ liệu bằng cách tính toán giá trị trung bình dựa trên một số lượng giá trị liên tiếp của dữ liệu. Số lượng giá trị này được gọi là cửa sổ trượt (sliding window) và có thể có kích thước khác nhau tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể. Thuật toán này còn có tên gọi khác như trung bình chạy (Running Average) hay trung bình lăn (Rolling Average), và là một bộ lọc đáp ứng xung hữu hạn. Đường trung bình động thường được sử dụng cho dữ liệu thời gian để giảm thiểu độ biến động ngắn hạn không liên quan đến thời gian và tăng cường xu hướng và chu kỳ dài hạn của dữ liệu. Các biến thể của thuật toán bao gồm: dạng đơn giản, tích lũy hoặc có trọng số. [54]



Hình 3.12 Làm mịn một hình Sin với đường trung bình động (đường cong màu đỏ) [54]

Có hai dạng phổ biến của thuật toán này là Simple Moving Average (SMA) và Exponential Moving Average (EMA). Với SMA, dạng đơn giản nhất của đường trung bình động, giá trị trung bình không có trọng số thường được lấy từ một số lượng dữ liệu bằng nhau ở hai bên của giá trị trung tâm. Điều này đảm bảo rằng các biến động của giá trị trung bình được căn chỉnh với các biến động trong dữ liệu thay vì bị thay đổi theo thời gian. SMA cũng mang đến kết quả mịn hơn và ít bị biến động lên xuống phản ứng với sự dao động của kết quả.

Một hạn chế lớn của SMA là việc phản ứng chậm hơn với các giá trị thay đổi nhanh và các thay đổi lớn trong một khoảng thời gian. Nếu được áp dụng trong bài toán định vị, trong đó vị trí của đối tượng có thể thay đổi đột ngột và chịu ảnh hưởng nhiều của nhiễu, SMA không sẽ không hiệu quả. Ngược lại, EMA giúp giảm thiểu vấn đề này bằng cách tính toán giá trị trung bình có trọng số với những thay đổi

gần đây nhất, giúp phản ứng nhanh hơn với thay đổi so với SMA và vẫn đảm bảo độ mịn đáng kể của kết quả thu được [31].

Từ những lý do kể trên, em chọn thuật toán trung bình động EMA để xử lý dữ liệu trong phần này.

EMA hay đường trung bình động có trọng số hàm mũ, là một bộ lọc đáp ứng xung vô hạn cấp một, áp dụng các hệ số trọng số giảm theo hàm mũ. Các trọng số được gán cho mỗi dữ liệu giảm theo cấp số nhân và không bao giờ đạt đến 0, tạo nên một đường trung bình có độ mịn đáng kể và khả năng phản ứng nhanh hơn với thay đổi so với SMA.

EMA được tính toán theo công thức PT 3.2:

$$S_t = \begin{cases} Y_1, & t = 1 \\ \alpha Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, & t > 1 \end{cases} \quad PT\ 3.2$$

Trong đó:

- Hệ số α đại diện cho mức độ suy giảm của trọng số. α càng lớn càng làm giảm giá trị cũ nhanh hơn. α được tính bằng $\frac{2}{N+1}$ với N là bước của quá trình trượt. Mức độ làm mịn kết quả sẽ tùy thuộc vào giá trị của α .
- Y_t là giá trị tại khoảng thời gian t .
- S_t là giá trị của EMA tại khoảng thời gian t nào đó.

b) Xử lý dữ liệu từ ba module :

Trong thực tế có rất nhiều nhiễu làm ảnh hưởng đến kết quả đo cũng như gây ra sai số em đã trình bày ở phần trước. Vậy nên cần một bộ lọc để loại bỏ đi những ảnh hưởng do nhiễu gây ra. Trong đồ án lần này, em có sử dụng hai bộ lọc chính là bộ lọc Kalman mở rộng và bộ lọc Particle. Với các kết quả đo sẽ thực nghiệm ở chương 4 em đã so sánh được sự tối ưu mà hai bộ lọc này khi được sử dụng.

Bộ lọc hạt (Particle Filter)

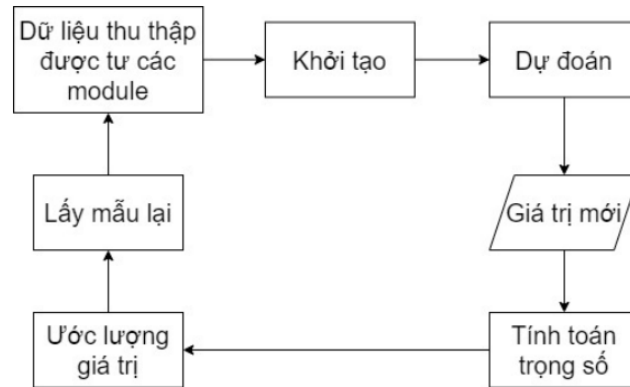
Particle Filter (Bộ lọc hạt):

Lọc Particle hiện đang được áp dụng trong rất nhiều lĩnh vực như mô hình hóa tài chính, kinh tế lượng (Econometrics), theo dõi đối tượng, dẫn đường cho tên lửa (Missile Guidance), di chuyển dựa vào địa hình (Terrain Navigation), thị giác máy tính, mạng neuron, máy học, robot...

Bộ lọc hạt là một tập hợp các thuật toán Monte Carlo được sử dụng để giải quyết các vấn đề lọc phát sinh trong xử lý tín hiệu và suy luận thống kê Bayes. Không giống như các phương pháp dựa vào giải tích, trong đó mỗi phương pháp luôn cố gắng tìm kiếm một lời giải cho các phương trình trên thông qua một hoặc nhiều phương trình khác, các phương pháp Monte Carlo dựa vào sự mô phỏng và xấp xỉ các hàm phân phối và các tích phân trên bằng một tập các mẫu dữ liệu được sinh ra bởi chính các hàm phân phối trong các tích phân này. Đây là lý do chính giúp cho các thuật toán lọc dựa vào phương pháp Monte Carlo, cụ thể là lọc Particle, có thể giải quyết được vấn đề phi tuyến và phi Gauss một cách triệt để và rất hiệu quả.

Hiểu cách đơn giản là bộ lọc Particle sẽ tính toán xác suất làm sao xác suất đúng với giá trị thực tế nhiều nhất sẽ giữ lại từ đó loại được các kết quả sai và giữ kết quả đúng.

Một cách tóm tắt, thuật toán Particle Filter có thể được xây dựng như sơ đồ ở Hình 3.15.



Hình 3.13 Các bước của thuật toán Particle Filter

Khởi tạo:

Bắt đầu bằng bước khởi tạo các hạt để làm đầu vào bộ lọc. Mỗi hạt đề bao gồm một vectơ chứa tọa độ x, y, tốc độ và hướng. Các hạt được sắp xếp đều ngẫu nhiên trong bản đồ để xác định đường đi tiếp theo của module. Ban đầu chưa xác định được vị trí và tốc độ module nên các hạt được khởi tạo và phân bố đều. Mỗi hạt mang một giá trị khả dĩ (weight) tương ứng với khả năng hạt đó có vectơ như nào đại diện cho vị trí thực. Các weight được khởi tạo bằng $1/N$

N : số hạt trong bộ lọc

Trong dự án này chúng em chọn N bằng 500 giúp cân bằng tốt giữa thời gian tính toán và độ chính xác ước tính.

Dự đoán:

Sau khi khởi tạo các hạt ngẫu nhiên trong bản đồ, tiếp theo chúng em dự đoán vị trí tiếp theo của module dựa trên vị trí trước đó. Vị trí trước của module mang đủ các giá trị bao gồm tọa độ x, y, chiều hướng và vận tốc. Dựa vào đó đoán được đường đi tiếp theo nhờ tuân theo luật phân phối chuẩn về hướng và tốc độ. Sau đó sử dụng định luật Newton về chuyển động cùng thời gian kể từ lần trước đó để dự đoán vị trí mới. Kết thúc quá trình với N lần đoán về vị trí thực của module sẽ ở đâu.

Tính toán xác suất:

Sau khi phép đo được thực hiện, các giá trị weight được thay đổi tùy thuộc vào khoảng cách đến tọa độ của các module cố định. Điều này được thực hiện bằng cách xác định một đường cong Gaussian với giá trị trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn σ , $f(x) \sim N(0, \sigma)$. Phương trình dưới thể hiện sự thay đổi của weight.

$$\tilde{w}_n = w_n \cdot f(d_n) \quad PT 3.3$$

\tilde{w}_n : Giá trị weight mới của hạt thứ n

w_n : Giá trị cũ của hạt n

d_n : Khoảng cách từ vị trí thực tế đến hạt n

Nhận thấy giá trị weight của các hạt đối với gần vị trí thực tế sẽ tăng và ngược lại sẽ giảm đối với việc ở xa hơn. Bước cuối là chuẩn hóa giá trị weight với tổng giá trị là 1.

Ước lượng:

Ở đây vị trí sau lọc được tính toán từ các hạt và chỉ số weight của chúng. Điều này được thực hiện bằng cách lấy trọng số trung bình vị trí của các hạt như trong phương trình dưới

$$\mu = \sum_{n=0}^N w_n \cdot x_n \quad PT\ 3.4$$

μ : vị trí trung bình ước tính.

w_n : là giá trị weight của hạt.

x_n : vị trí của hạt thứ n .

N : tổng số hạt.

Lấy mẫu lại:

Cuối cùng để ngăn chặn sự suy biến, ta cần lấy mẫu lại các giá trị. Trong quá trình sẽ dẫn đến sự suy biến hạt do quá trình cập nhật chỉ số weight. Một vài hạt có weight rất cao trong khi nhiều hạt về không. Nếu bộ lọc tiếp tục với những hạt mà weight lớn thì về cơ bản chỉ sử dụng một vài hạt có weight lớn. Vấn đề này sẽ được giải quyết khi lấy mẫu lại thực hiện bằng cách lấy lại mẫu đa thức. Thuật toán này lấy mẫu các hạt với xác suất tương ứng với trọng lượng của chúng. Khi một hạt được lấy mẫu, một bản sao của hạt đó được tạo ra. Quá trình này được lặp lại cho đến khi N hạt được lấy mẫu. Bằng cách này chúng ta đã lấy lại N mẫu hạt và được chuẩn hóa lại trước khi đi lại chi trình dự đoán.

Extended Kalman Filter (Bộ lọc Kalman mở rộng)

Bộ lọc Kalman, được Rudolf (Rudy) E. Kálmán công bố năm 1960, là thuật toán sử dụng chuỗi các giá trị đo lường, bị ảnh hưởng bởi nhiễu hoặc sai số, để ước đoán biến số nhằm tăng độ chính xác so với việc sử dụng duy nhất một giá trị đo lường. Bộ lọc Kalman thực hiện phương pháp truy hồi đối với chuỗi các giá trị đầu vào bị nhiễu, nhằm tối ưu hóa giá trị ước đoán trạng thái của hệ thống. Bộ lọc Kalman được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật, phổ biến trong các ứng dụng định hướng, định vị và điều khiển các phương tiện di chuyển. Ngoài ra, bộ lọc Kalman còn được ứng dụng để phân tích dữ liệu trong các lĩnh vực xử lý tín hiệu và kinh tế. Ngày nay, Kalman Filter được sử dụng trong theo dõi mục tiêu (Radar), hệ thống định vị, hệ thống điều khiển, đồ họa máy tính và nhiều hơn nữa. [57]

Việc sử dụng một bộ lọc Kalman với thuật toán đơn giản có thể giúp cải thiện đáng kể sai số do nhiễu gây ra trong quá trình đo lường. Mặc dù vậy, bộ lọc Kalman hướng tới việc giải quyết các sai số trong ứng dụng có kết quả đo thu được là hàm tuyến tính. Đối với mục tiêu của đề án này là xác định vị trí của đối tượng, sai số sẽ là phi tuyến và non-Gaussian. Chính vì vậy việc sử dụng bộ lọc Kalman ở đây là không phù hợp. Tuy nhiên, có một biến thể của bộ lọc Kalman có khả năng giải quyết sai số của các bài toán phi tuyến là bộ lọc Kalman mở rộng (Extended Kalman Filter - EKF). Chính vì vậy, chúng em sẽ xem xét xây dựng bộ lọc cho hệ thống dựa trên việc sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng này.

Bộ lọc Kalman mở rộng là phiên bản phi tuyến tính của bộ lọc Kalman, được biết đến với độ phức tạp thấp, hiệu suất và tính ổn định trong phạm vi cho phép cho một thuật toán theo dõi [55].

EKF sẽ tuyến tính hóa một mô hình phi tuyến theo thời gian rời rạc. Nếu mô hình hệ thống không được biết rõ hoặc không chính xác, thì các phương pháp Monte Carlo sẽ được sử dụng để ước tính. Các kỹ thuật Monte Carlo ra đời trước EKF nhưng phức tạp hơn về mặt tính toán đối với bất kỳ kích thước không gian trạng thái nào. Trong trường hợp các mô hình chuyển đổi được xác định rõ ràng, EKF được coi là tiêu chuẩn thực tế trong lý thuyết ước tính trạng thái phi tuyến, các hệ thống định vị và GPS. [56]

Nhược điểm của bộ lọc này là không giống như bộ lọc Kalman tuyến tính thông thường, bộ lọc Kalman mở rộng không phải là một công cụ ước tính tối ưu. Điều này chỉ có thể có được nếu như các phép đo và mô hình chuyển đổi trạng thái là tuyến tính. Trong trường hợp này, nó sẽ trở về là bộ lọc Kalman thông thường. Ngoài ra, nếu ước tính ban đầu của trạng thái là sai hoặc việc mô hình hóa không chính xác, kết quả thu được sẽ sai lệch. [58] Tuy nhiên, bộ lọc này vẫn có thể cho hiệu suất hợp lý và phù hợp để sử dụng trong đề án này.

Trạng thái của một quá trình động và mối quan hệ với phép đo lường của nó trong trường hợp phi tuyến được thể hiện qua các phương trình sau:

$$x_t = f(x_{t-1}, u_{t-1}, w_{t-1}) \quad PT\ 3.5$$

Với phép đo lường z :

$$z_t = h(x_t, e_t) \quad PT\ 3.6$$

Trong đó, f và h tương ứng là các hàm phi tuyến của trạng thái và mô hình đo lường.

Hàm phi tuyến f trong PT 3.5 liên hệ trạng thái tại bước thời gian ngay trước ($t - 1$) với trạng thái tại thời điểm hiện tại (t) và bao gồm hàm lái u_{t-1} và nhiễu hệ thống w_{t-1} . Hàm phi tuyến h trong PT 3.5 liên hệ trạng thái x_t với phép đo lường z_t và nhiễu đo lường e_t .

Nhiễu hệ thống và nhiễu đo lường là độc lập, cả hai đều được giả định là các nhiễu Gaussian với giá trị trung bình bằng 0 và hiệp phương sai Q và R tương ứng, có phân bố xác suất $p(w) \in N(0, Q)$ và $p(e) \in N(0, R)$.

Thuật toán của bộ lọc Kalman mở rộng sẽ bao gồm hai giai đoạn chính là: Dự đoán (Prediction) và Cập nhật (Update), sẽ được lặp đi lặp lại k lần cho mỗi quan sát xảy ra tại một thời điểm thời gian nhất định. Các phương trình cập nhật trạng thái và ước tính hiệp phương sai từ bước thời gian trước đó $t - 1$ đến bước thời gian hiện tại t . Các phương trình cập nhật đo lường chính xác ước lượng trạng thái và hiệp phương sai với phép đo z_t . Bởi vì các hàm f và h không thể được áp dụng trực tiếp cho hiệp phương sai, ta sẽ cần tính toán ma trận của đạo hàm riêng (Jacobian).

Để triển khai thuật toán của bộ lọc Kalman mở rộng cho mục đích định vị, vector trạng thái x bao gồm các biến quá trình là vị trí của đối tượng theo dõi p_t và tốc

độ v_t . Vectơ đo lường z chứa các phép đo giữa các module, cụ thể là khoảng cách ước tính giữa tag và các anchor.

Các phương trình của bộ lọc Kalman mở rộng sẽ được xây dựng như sau:

Dự đoán

$$\begin{aligned}\hat{x}_t^- &= f(\hat{x}_{t-1}, u_{t-1}, 0) \\ P_t^- &= F_{t-1}P_{t-1}F_{t-1}^T + Q_{t-1}\end{aligned}\quad PT\ 3.7$$

Cập nhật

$$\begin{aligned}K_t &= P_t^- H_t^T (H_t P_t^- H_t^T + R_t)^{-1} \\ \hat{x}_t^- &= \hat{x}_t^- K_t (z_t - h(\hat{x}_t^-, 0)) \\ P_t &= (I - K_t H_t) P_t^-\end{aligned}\quad PT\ 3.8$$

Trong đó P_t^- và P_t là ước lượng ngay trước và tại thời điểm t của ma trận hiệp phương sai lỗi, K là ma trận Kalman gain, F và H lần lượt là Jacobian của các hàm f và h . [57]

CHƯƠNG 4. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Chương này sẽ khảo sát hoạt động của module và thuật toán đã thiết kế ở trên. Các thử nghiệm được thực hiện để đo khoảng cách giữa hai module và tính toán vị trí của đối tượng khi sử dụng nhiều module. Từ các kết quả thu được có thể đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến độ chính xác của các phép đo như hiện tượng đa đường hoặc chuyển động của đối tượng cần xác định vị trí. Các thí nghiệm sẽ được thiết kế đối với môi trường trong nhà và sẽ xem xét riêng lẻ từng yếu tố, tránh ảnh hưởng của các yếu tố khác một cách tối đa.

Để kết quả thu được là khách quan và chính xác nhất, số lượng mẫu thu thập phải đủ lớn. Trong chương này, ở mỗi thử nghiệm chúng em sẽ thực hiện 200-400 lần, từ đó thống kê và đánh giá kết quả thu được. Đây sẽ là tiền đề để chúng ta nghiên cứu và nhìn nhận rõ hơn về ảnh hưởng của các loại nhiễu cũng như các yếu tố gây nhiễu tới kết quả đo của module, từ đó có những hiệu chỉnh phù hợp.

4.1 Thử nghiệm đo khoảng cách giữa hai module

Việc thử nghiệm đo khoảng cách giữa hai module sẽ xem xét độ chính xác của phép đo trong không gian một chiều. Kết quả thu được sẽ giúp nhận biết được ảnh hưởng của nhiễu ngẫu nhiên, các sai số trong quá trình đo đạc và có những hiệu chỉnh.

4.1.1 Đo không có vật cản

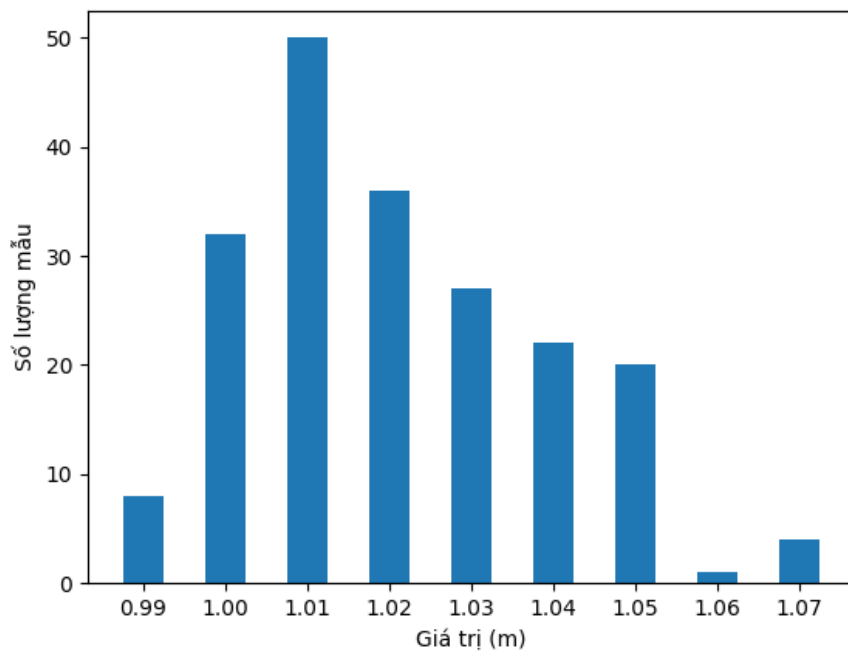
Thí nghiệm đầu tiên sẽ xem xét ảnh hưởng của khoảng cách tới kết quả đo giữa hai module.

Bố trí thí nghiệm: hai module được đặt trên cùng một mặt phẳng song song với mặt đất, hướng truyền thẳng tới nhau và không có bất kỳ vật chắn nào ở giữa như Hình 4.1:



Hình Error! No text of specified style in document..2 Bố trí thí nghiệm đo khoảng cách

Ở thí nghiệm này, chúng em thực hiện lấy 200 mẫu với khoảng cách đo là 1m và thống kê các kết quả thu được ở Hình 4.2:

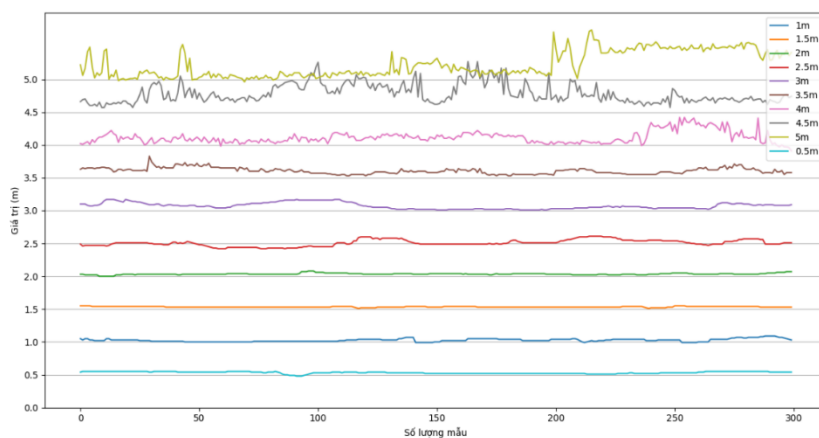


Hình Error! No text of specified style in document..3 Kết quả đo ở 1m với 200 mẫu

Nhận xét:

Đối với phép đo 1m trong môi trường không có vật chắn, kết quả thu được tương đối chính xác. Số lượng mẫu nhiều nhất thu được là 1.01m, rất sát với khoảng cách thực tế giữa hai module. Sai số của các mẫu cũng nằm trong khoảng dưới 10cm, phù hợp với giá trị sai lệch tối thiểu mà nhà sản xuất đưa ra.

Tiếp theo, thí nghiệm sẽ được tiến hành với các khoảng cách khác nhau để xem ảnh hưởng của khoảng cách đến sai lệch của kết quả đo. Với các khoảng cách từ 0,5 – 5m, mỗi giá trị cách nhau 0,5m ta sẽ thu thập 300 mẫu. Kết quả thu được sẽ hiển thị trên Hình 4.3 và Hình 4.4:



Hình Error! No text of specified style in document..4 Kết quả đo từ 0.5-5m

Nhận xét:

Nhìn vào hình 4.3 có thể thấy các giá trị đo tương đối chính xác và bám sát với giá trị thực tế. Với các khoảng cách từ 3m trở xuống, kết quả đo được không chênh lệch quá nhiều với khoảng cách thực, đồ thị cũng tương đối “mịn”, ít có sự biến động mạnh. Các giá trị nhiễu xuất hiện không nhiều và không làm sai lệch quá lớn. Số lượng mẫu đo không ảnh hưởng tới kết quả đo.

Đối với các khoảng đo lớn hơn 3m, các giá trị nhiễu bắt đầu xuất hiện nhiều và đồ thị cũng xuất hiện những đoạn biến động mạnh, với các giá trị sai lệch lớn so với giá trị thực tế, không còn “mịn” như các khoảng đo nhỏ hơn trước đó.

Thực hiện phân tích số liệu, thu được kết quả sau:

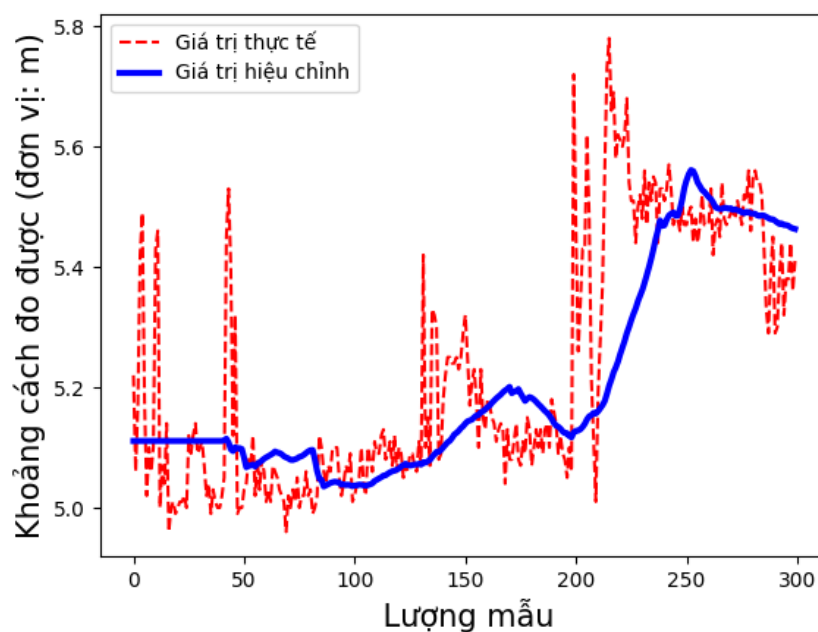
Bảng Error! No text of specified style in document..2 Xử lý số liệu đo thử nghiệm 1(1)

Khoảng cách thực (m)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Giá trị trung bình (m)	0,52	1,03	1,53	2,03	2,54	3,07	3,61	4,11	4,78	5,23
Giá trị lớn nhất (m)	0,57	1,09	1,59	2,11	2,61	3,17	3,83	4,42	5,27	5,79
Giá trị nhỏ nhất (m)	0,46	0,99	1,51	2,00	2,42	3,01	3,53	3,91	4,57	4,98
Sai số trung bình (m)	0,02	0,03	0,10	0,10	0,16	0,07	0,11	0,12	0,28	0,23
Sai số lớn nhất (m)	0,07	0,09	0,18	0,18	0,23	0,23	0,61	0,42	0,77	0,79
Độ lệch chuẩn	0,016	0,018	0,007	0,012	0,046	0,047	0,050	0,091	0,146	0,205

Với các mẫu đo lớn hơn 3m, sự sai lệch trong giá trị đo bắt đầu trở nên rõ rệt, tuy nhiên, kết quả vẫn phân bố gần với giá trị thực. Sai số trung bình ở đây bắt đầu lớn hơn 10cm. Các giá trị đo với sai số lớn xuất hiện nhiều hơn, với sự dao động mạnh và đồ thị cũng không còn “mịn” nữa. Đối với các khoảng cách 4,5m và 5m, sai số trung bình khá lớn (>20cm) và có những giá trị sai lệch tới gần 80cm.

Nguyên nhân dẫn đến sự sai lệch này là do khi truyền với khoảng cách lớn, xuất hiện nhiều yếu tố gây nhiễu giữa hai module, gây ra hiện tượng đa đường, làm ảnh hưởng tới kết quả đo như đã trình bày ở mục 3.2.1.

Với giá trị thu được ở mốc 5m bị dao động rất mạnh nên ta áp dụng thuật toán EMA đã trình bày ở mục 3.2.5 để làm “mịn” đồ thị:



Hình 4.4 Kết quả 5m sau khi qua EMA

Quan sát kết quả ở Hình 4.6 dễ dàng nhận ra được đồ thị đã được làm “mịn” và ổn định hơn so với khi không chạy qua EMA. Các khoảng dao động xảy ra ít hơn và cũng không dao động quá lớn. Mặc dù vậy, đối với các mẫu có độ lệch lớn so với giá trị thực, việc chạy qua EMA cũng không thể thay đổi quá nhiều. Số liệu được phân tích cụ thể ở Bảng 4.2:

Bảng Error! No text of specified style in document..3 Xử lý số liệu thí nghiệm 1(2)

Các thông số	Giá trị thực tế đo được	Giá trị sau khi sử dụng EMA
Giá trị trung bình (m)	5,23	5,20
Giá trị lớn nhất (m)	5,79	5,51
Giá trị nhỏ nhất (m)	4,98	5,06
Sai lệch trung bình (m)	0,18	0,10

Nhận xét:

Giá trị trung bình của phép đo và sai lệch trung bình sau khi sử dụng thuật toán EMA không thay đổi quá nhiều so với khi không sử dụng (chỉ giảm lần lượt 3cm và 8cm). Tuy nhiên, như đã nhận xét ở trên, các kết quả thu được sau khi hiệu chỉnh ít bị dao động mạnh, không có những giá trị chênh lệch quá nhiều với khoảng

cách thực. Khoảng giá trị giao động đối với kết quả sau có sử dụng EMA (5,06-5,51m) sẽ hẹp hơn nhiều so với khi không sử dụng (4,98-5,79m).

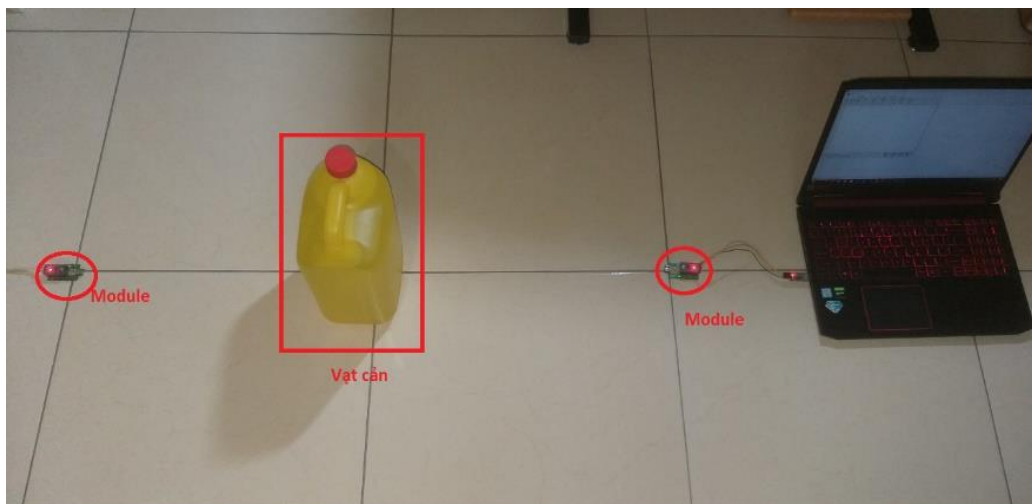
4.1.2 Đo hai đối tượng khi bị chắn bởi một vật thể

Thí nghiệm sẽ xem xét ảnh hưởng của các vật chắn đối với sự chính xác của kết quả đo. Các vật cản hay xuất hiện trong phòng như cửa gỗ, chông sách,... sẽ được lựa chọn để thực hiện.

Bố trí 2 module có khoảng cách 1m và lần lượt thay thế các vật cản nằm chính giữa chúng bao gồm: chông sách, tấm kim loại, cửa gỗ và can nước như hình dưới đây:



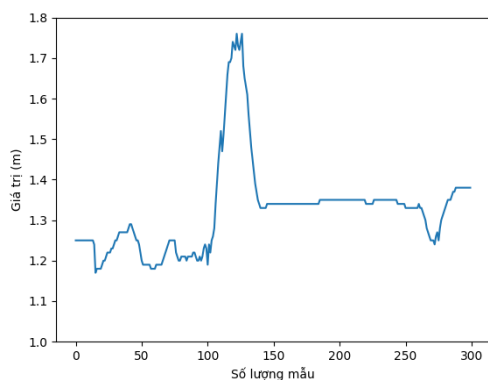
(a)



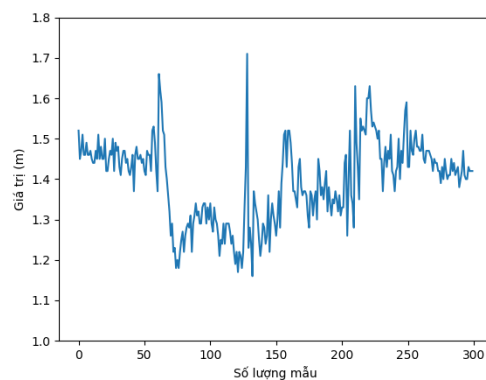
(b)

Hình 4.5 Bố trí thí nghiệm có vật cản

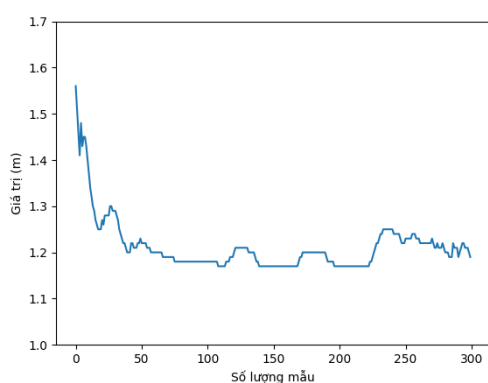
Thu thập đối với mỗi loại vật cản 300 mẫu, kết quả thu được thể hiện trong các hình bên dưới:



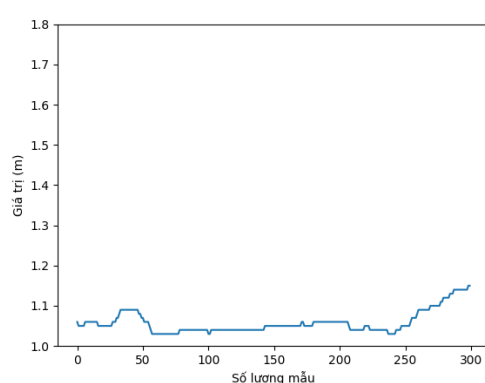
(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 4.6 Kết quả thử nghiệm với các vật cản trong nhà

(a) Chồng sách dày khoảng 15cm

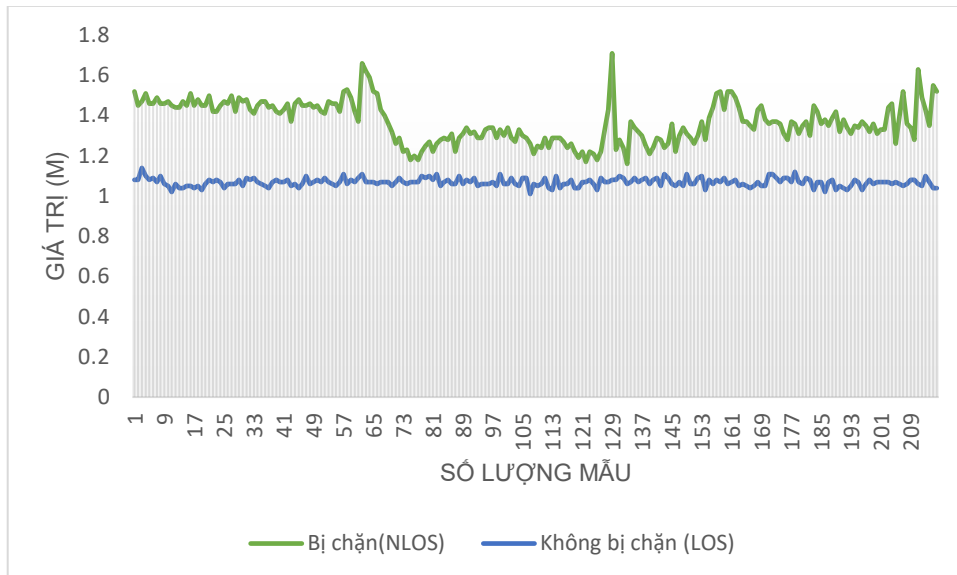
(b) Tấm kim loại

(c) Can đựng nước

(d) Cửa gỗ dày khoảng 5cm

Nhận xét:

Theo các tài liệu của nhà sản xuất thì các module ít bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng đa đường[21][22], nhưng thực tế thí nghiệm cho thấy các vật cản ảnh hưởng không nhỏ đến sự chính xác của kết quả đo. Nhìn vào hình có thể nhận thấy đối với các đồ vật mỏng như cửa gỗ, sai lệch là không đáng kể khi dao động trong khoảng 10cm. Đối với các đồ vật có kết cấu đặc và độ dày lớn như chồng sách (độ dày 15 cm), độ sai lệch thường lớn và đồ thị có sự biến động mạnh, xuất hiện những giá trị sai số trên 75cm. Đặc biệt với các vật chắn được làm kim loại, sai lệch là rất lớn. Ta sẽ xem xét một trường hợp cụ thể của vật chắn là tấm kim loại so với khi đo không có vật chắn ở hình dưới đây:



Hình 4.7 So sánh kết quả đo không có vật cản và với vật cản là tấm kim loại (1)

Nhận xét:

Dựa vào kết quả của biểu đồ sẽ thấy được một sự sai lệch rõ ràng khi truyền thẳng và truyền có vật cản là tấm kim loại. Trong kết quả thu được thì trường hợp vật có vật cản tạo ra sai số giao động rất lớn và cả sai lệch kết quả đo trung bình (Hình 4.8). Biểu đồ kết quả đo giữa hai trường hợp không có điểm giao nhau cho thấy sai số khá lớn khi bị vật cản. Đối với giá trị trung bình khi không có vật cản là 1.07m còn đối với khi bị chặn là 1.37m lệch khá lớn so với khoảng cách thực tế là 1m. Bảng 4.3 dưới đây phân tích được sai số của từng trường hợp.

Bảng *Error! No text of specified style in document..4 Phân tích số liệu thí nghiệm 2(1)*

	Không bị chặn	Bị chặn
Giá trị trung bình (m)	1,07	1,37
Giá trị lớn nhất (m)	1,14	1,71
Giá trị nhỏ nhất (m)	1,01	1,16
Sai số trung bình (m)	0,02	0,10

Khi phân tích các đặc điểm của UWB có thể thấy được rằng nó ít bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng đa đường. Nhưng tại thử nghiệm này có thể thấy ảnh hưởng đáng kể của hiệu ứng đa đường, đặc biệt khi có các vật cản làm bằng kim loại. Khi đó thì kết quả đo thường giao động xung quanh 1.4m với sai số trung bình lấy khoảng 250 mẫu là 0.1m, trong khi trường hợp không có vật cản kết quả là 0.02m.

Sự ảnh hưởng của vật chắn đến sự lan truyền của sóng được dễ dàng nhận thấy. Khi sóng vô tuyến bị phản xạ hoặc nhiễu xạ xảy ra quanh vật thể, thời gian truyền sẽ bị kéo dài. Trong trường hợp không có vật chắn, sai số trong việc đo khoảng cách trung bình chỉ khoảng 7cm, trong khi đối với trường hợp có vật chắn, con số này tăng lên đến khoảng 37cm. Kích thước và độ dày của vật chắn càng lớn thì

đường đi của sóng sẽ bị ảnh hưởng nhiều hơn, dẫn đến sai số lớn hơn giá trị khoảng cách được đo. Vì vậy, khi có nhiều vật chắn, sai số sẽ rất nhiều. Do đó, để xác định chính xác vị trí, bước đầu tiên là cần bố trí các thiết bị thu phát sao cho hợp lý nhất có thể, tránh hướng vào các vật chắn.

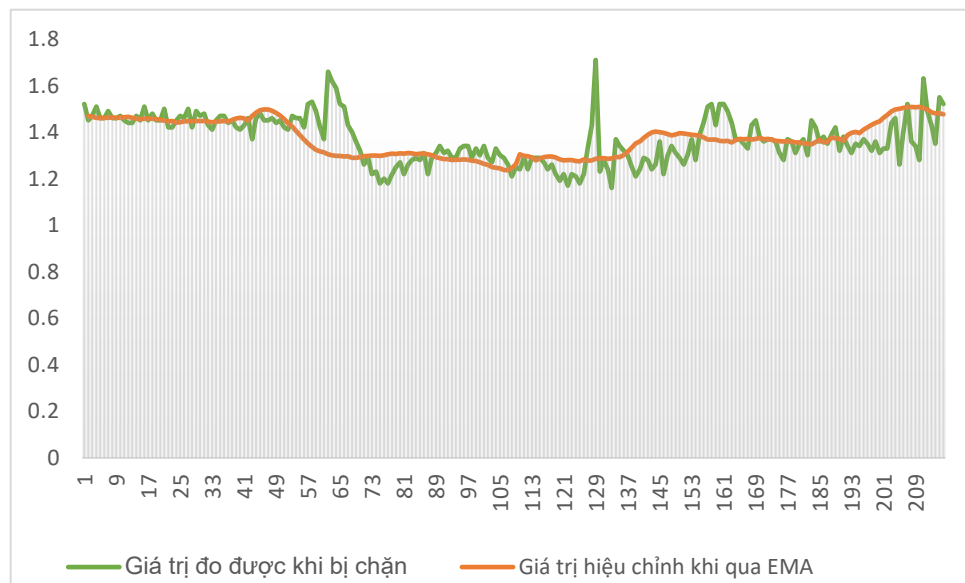
Ta áp dụng thuật toán EMA để làm mịn giá trị nhận được, thu được kết quả như ở Hình 4.9:

Ở thử nghiệm này, thuật toán EMA tiếp tục tỏ ra hiệu quả trong việc giảm độ dao động của giá trị đo. Giá trị sau khi qua thuật toán ổn định hơn so với giá trị thực tế đo được, đồ thị thu được cũng "mịn" hơn nhiều và khoảng dao động cũng bị thu hẹp đi.

Kết quả cụ thể hơn được hiển thị ở Bảng 4.4 :

Bảng Error! No text of specified style in document..5 Phân tích số liệu thí nghiệm 2(2)

Các thông số	Giá trị đo	Giá trị sau hiệu chỉnh
Giá trị trung bình (m)	1,37	1,35
Giá trị lớn nhất (m)	1,71	1,51
Giá trị nhỏ nhất (m)	1,16	1,24



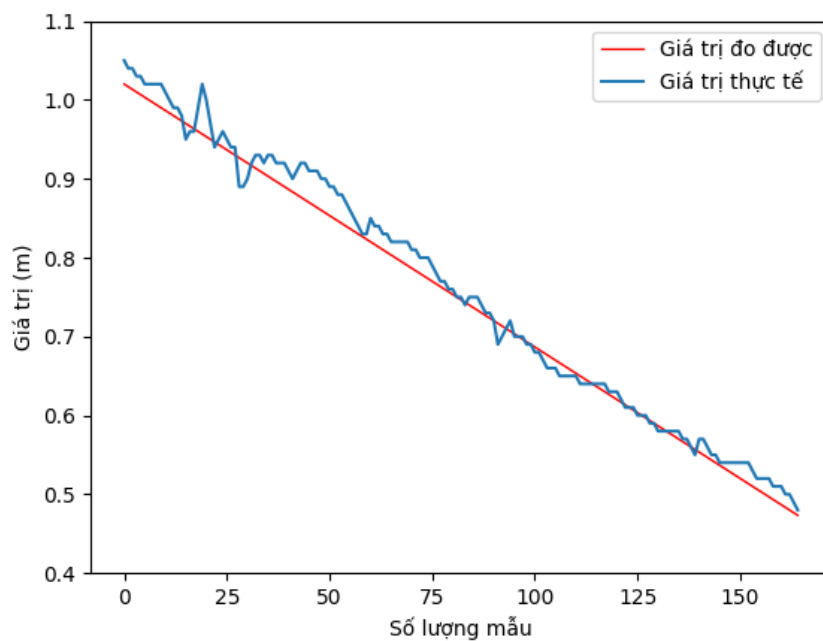
Hình 4.8 Kết quả đo với vật chắn là tấm kim loại sau khi qua EMA

Nhìn vào bảng phân tích có thể thấy giá trị trung bình và sai số trung bình không có sự thay đổi đáng kể, tuy nhiên mức độ dao động đã giảm. Trước khi hiệu chỉnh, giá trị dao động trong khoảng 1.16-1.71m, khoảng dao động lên tới 0.55m. Tuy nhiên, sau khi hiệu chỉnh đã giảm xuống còn 0.27m, giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất cũng sát với giá trị thực tế hơn.

4.1.3 Đo trong khi di chuyển:

Đối với việc xác định vị trí, các đối tượng sẽ có sự di chuyển. Thí nghiệm tiếp theo sẽ xác định ảnh hưởng của việc di chuyển trong phép đo lường khoảng cách của hai module.

Bố trí 2 module cách nhau $1m$, truyền thẳng và không có vật chắn ở giữa như hình 4.10. Một module là Anchor được đặt tại vị trí cố định. Module còn lại là Tag sẽ di chuyển trên đường thẳng nối 2 module với vận tốc cố định, hướng về phía Anchor. Kết quả sẽ được thu thập đến khi khoảng cách giữa 2 module là $0.5m$ và tổng hợp lại ở hình 4.11.



Hình 4.9 Bố trí thí nghiệm đo trong khi di chuyển

Nhận xét:

Nhìn vào hình có thể thấy sai số khi di chuyển là không quá lớn, giá trị đo được bám sát với giá trị thực tế và không sao động quá nhiều so với khi đo khoảng cách 2 module đứng yên. Kết quả chi tiết được thể hiện trong bảng dưới:

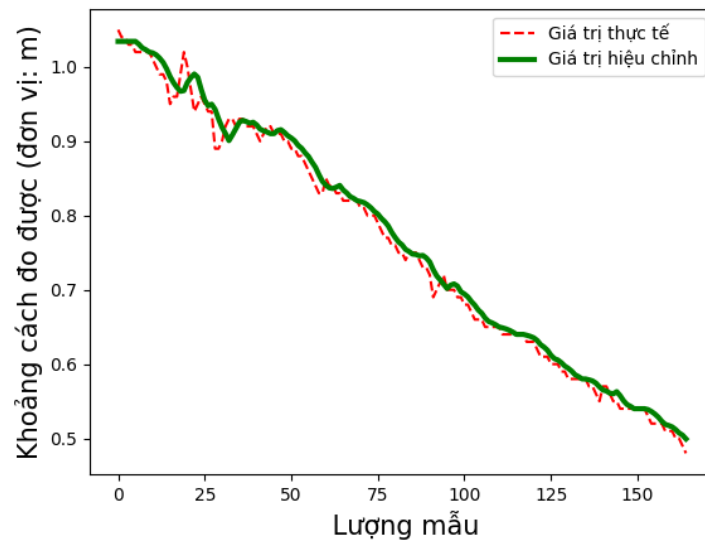
Bảng 4.5 Phân tích số liệu thí nghiệm 3(1)

Thông số	Giá trị đo so với thực tế
Sai số trung bình (m)	0,0204
Sai số lớn nhất (m)	0,0633
Độ lệch chuẩn (m)	0,0315

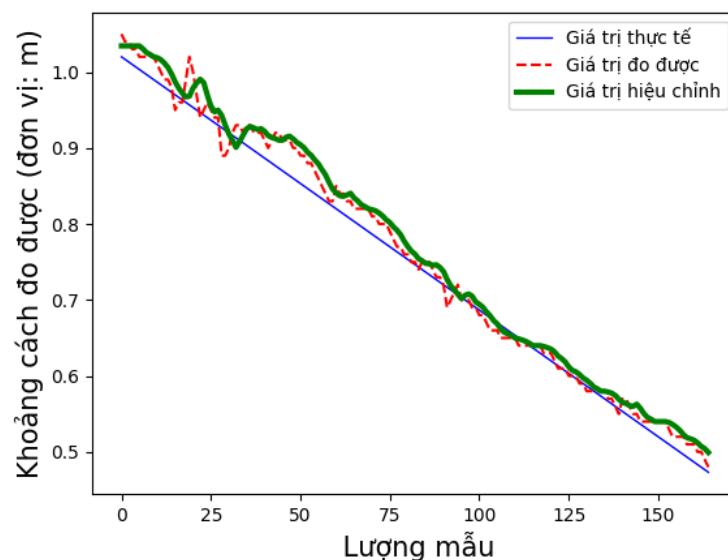
Sai số trung bình trong khi di chuyển trong thí nghiệm này chỉ là $1,7cm$ và kết quả có sai số lớn nhất cũng chỉ chênh lệch so với thực tế là $6cm$, tương đối nhỏ nếu so với phạm vi di chuyển trong khoảng từ $0,5-1m$. Sai số này cũng phù hợp với khi

đo đối tượng tĩnh trong khoảng cách tương đương. Từ đó có thể thấy khi di chuyển trong khoảng cách nhỏ và không có vật cản xuất hiện trên đường truyền, phép đo vẫn cho ra kết quả tương đối chính xác.

Ta tiếp tục áp dụng thuật toán EMA ở thí nghiệm này và thu được kết quả ở hình 4.12:



Hình 4.10 So sánh với giá trị đo



Hình 4.11 So sánh với giá trị thực tế

Có thể thấy đối với trường hợp các module cho ra kết quả không sai số quá nhiều so với giá trị thực tế và đồ thị không bị dao động mạnh thì thuật toán EMA không làm thay đổi quá nhiều đến kết quả thu được. Sau khi hiệu chỉnh, đồ thị “mịn” hơn, dao động ít hơn và sai số cũng giảm đi nhưng không đáng kể.

Kết quả cụ thể sau khi hiệu chỉnh được đề cập trong bảng bên dưới:

Bảng 4.6 Phân tích kết quả thí nghiệm 3(2)

Thông số	Giá trị đo so với thực tế
Sai số trung bình (m)	0,0169
Sai số lớn nhất (m)	0,0522
Độ lệch chuẩn (m)	0,0242

4.1.4 Đánh giá kết quả

Đối với thử nghiệm đo khoảng cách của 2 module, trong khoảng cách từ 3m trở xuống và môi trường không có vật cản hay các vật gây nhiễu thì kết quả thu được tương đối chính xác. Tuy nhiên, khi khoảng cách lớn và xuất hiện các vật cản trên đường truyền, đặc biệt là các vật kim loại, sai số lại khá lớn. Việc sử dụng EMA sẽ khắc phục được một phần khi thuật toán tỏ ra hiệu quả đối với các kết quả với sai số lớn và đồ thị dao động mạnh. Đối với thử nghiệm đo trong khi di chuyển, các module vẫn đưa ra được kết quả khá tốt, bám với giá trị thực tế và không bị ảnh hưởng quá nhiều so với kết quả đo khi đứng yên.

4.2 Thực hiện đo với 3 module:

4.2.1 Xác định vị trí tĩnh

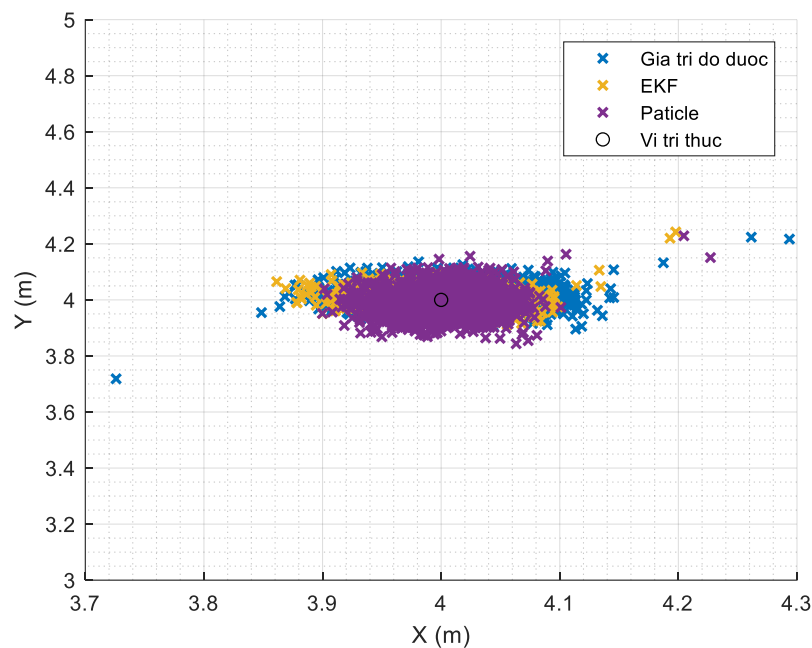
Với thí nghiệm này ta sẽ xem xét việc định vị sử dụng 3 module đối với đối tượng đứng yên trong phòng.

Tiến hành bố trí thí nghiệm với 3 module là Anchor được đặt tại các vị trí cố định trong phòng và các phép đo khoảng cách sẽ được gửi về máy tính để tính toán ra vị trí của module với vai trò là Tag.

Thí nghiệm được tiến hành trong không gian có phạm vi kích thước 5m x 5m, phù hợp với kích thước trung bình của một căn phòng bình thường. Các module Anchor được đặt cố định tại các điểm có tọa độ (0, 0), (5, 0), (0, 5) và module Tag được đặt tại vị trí cố định là (4, 4). Với thí nghiệm này, chúng em sẽ thu thập 400 mẫu kết quả và so sánh như Hình 4.15:



Hình 4.12 Bố trí thí nghiệm định vị tĩnh



Hình 4.13 Kết quả định vị với ba nút tĩnh

Có thể nhận thấy các kết quả thu được bao gồm cả việc sử dụng bộ lọc hoặc không sử dụng đều dao động xung quanh vị trí thực tế và sai lệch không quá 20cm.

Bảng 4.7 Phân tích số liệu thí nghiệm 4

Các thông số	Giá trị đo được	Sử dụng PF	Sử dụng EKF
Kết quả trung bình (x;y) (m)	(4,020; 3,918)	(4,007; 3,989)	(4,027; 4,037)
Sai lệch trung bình (m)	0,1092	0,0881	0,0951
Sai lệch lớn nhất (m)	0,4578	0,2352	0,2142
Sai lệch nhỏ nhất (m)	0,0256	0,0031	0,0051

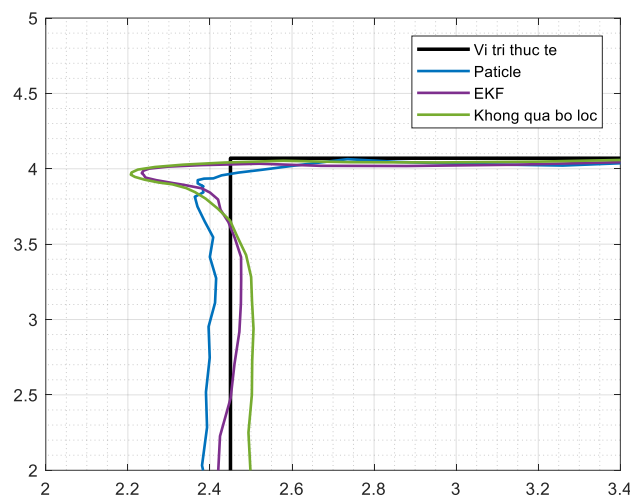
Nhận xét:

Kết quả đo thu được có chênh lệch khoảng 10cm so với vị trí thực tế và giá trị này là khá tốt đối với không gian có kích thước như trong thí nghiệm này (5x5m). Cả 2 bộ lọc đều cho ra kết quả tốt hơn so với việc không sử dụng bộ lọc khi giá trị các lần đo sát với kết quả thực tế hơn, sai lệch lớn nhất nhận được cũng nhỏ hơn. Còn so sánh riêng 2 bộ lọc, PF cho ra kết quả tốt hơn khi có sai lệch trung bình là 8.8 cm nhỏ hơn so với 9.5 cm khi sử dụng EKF, tuy nhiên sai lệch lớn nhất khi sử dụng PF lại lớn hơn so với khi sử dụng EKF.

4.2.2 Xác định vị trí động

Thử nghiệm định vị các module khi đối tượng di chuyển. Các module Anchor vẫn được bố trí như trong thử nghiệm trên. Thực hiện di chuyển theo cạnh góc vuông xuất phát từ vị trí (3.4; 4.05). Kết quả thu được như Hình 4.16:

Kết quả thu được bám sát theo quỹ đạo đã di chuyển trong thực tế, sai số là không quá lớn. Đối với quỹ đạo nằm ngang, giá trị đo được gần như chuẩn với giá trị thực. Nhưng đối với góc và quỹ đạo thẳng đứng, sai số là lớn hơn.



Hình 4.14 Kết quả định vị với ba nút khi di chuyển

Áp dụng công thức PT 4.1, ta sẽ tính toán sai số cho thử nghiệm này:

$$d(P_i, P_{i+1}, (x_0; y_0)) = \frac{|(x_2 - x_1) \cdot (y_1 - y_0) - (x_1 - x_0) \cdot (y_2 - y_1)|}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} [47] \quad PT 4.1$$

Trong đó P_i, P_{i+1} là các đỉnh của hình chữ nhật tạo bởi góc vuông đó, $(x_0; y_0)$ là tọa độ của điểm cần tính khoảng cách. Kết quả thu được như ở Bảng 4.8:

Bảng 4.8 Phân tích kết quả thí nghiệm 5

	Sai số trung bình	Sai số lớn nhất	Phương sai
Không qua bộ lọc	0,0706	0,2492	0,0643
Qua PF	0,0638	0,0886	0,0519
Qua EKF	0,0674	0,2202	0,0535

Nhận xét:

Dựa vào bảng 4.7 có thể thấy kết quả thu được trong thí nghiệm này sát với vị trí đã di chuyển trong thực tế. Sai số trung bình khi không qua bộ lọc vào khoảng $0.07m$, và với không gian $5m \times 5m$ thì đây là kết quả khá chính xác. Ở góc và đường thẳng đứng của quãng đường di chuyển, sai số là lớn hơn do có sự chuyển hướng của module. Khi sử dụng bộ lọc PF và EKF, các sai số được giảm bao gồm sai số trung bình và sai số lớn nhất. Nếu chỉ xét riêng hai bộ lọc, PF vẫn mang lại kết quả tốt, khi sai số trung bình $0,004m$ và sai số lớn nhất giảm $0,13m$ so với EKF. Tốc độ di chuyển của đối tượng cũng có thể là một yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thu được.

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN

5.1 Kết luận

Sau khi hoàn thành đề tài đồ án Xây dựng hệ thống định vị trong tòa nhà sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng Ultra Wide Band, chúng em đã đạt được một số kết quả như sau:

- Tìm hiểu, so sánh các công nghệ truyền thông không dây đã và đang phát triển trên thế giới như: WLAN, Bluetooth,...
- Tìm hiểu lịch sử phát triển, cách thức hoạt động, các tiêu chuẩn của UWB; hiểu được các ưu nhược điểm khi sử dụng và ứng dụng trong các lĩnh vực.
- Tìm hiểu các phương pháp đo lường và các thuật toán định vị phổ biến.
- Thiết kế và xây dựng hệ thống sử dụng node cảm biến UWB để đo khoảng cách và xác định vị trí của đối tượng trong nhà.
- Thiết kế thuật toán và bộ lọc để xử lý các kết quả thu được.

Do đề tài của sinh viên, kiến thức và điều kiện còn hạn chế nên không thể tránh khỏi những khuyết điểm:

- Kết quả thử nghiệm cho sai số tương đối lớn ($\sim 30cm$) so khi khoảng cách vượt trên $5m$.
- Hệ thống chưa chạy được thời gian thực.
- Module DWM1000 mua được chất lượng không thực sự tốt, phân cứng bị hỏng hóc trong quá trình vận chuyển nên ảnh hưởng rất lớn đến kết quả thu được.

5.2 Hướng phát triển đề tài

Chúng em xin được đề xuất một số hướng phát triển đề tài trong tương lai:

- Phần cứng được thiết kế và hoàn thiện hơn để tăng độ chính xác khi đo đạc.
- Xây dựng một hệ thống thời gian thực.
- Thiết kế giao diện, giao tiếp tốt hơn với người dùng.
- Thông tin được lưu trữ trên cơ sở dữ liệu, có thể truy cập một cách dễ dàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Habilitation Thesis and Dr.Rainer Mautz “Indoor Positioning Technologies”, February 2012.
- [2] Wi-fi location Tracking & positioning [Trực tuyến] Available: <https://www.inpixon.com/technology/standards/wifi>
- [3] A. Kushki, K.N. Plataniotis & A.N. Venetsanopoulos “ Indoor Positioning with Wireless Local Area Networks (WLAN)”, 2008
- [4] Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Wi-Fi[Trực tuyến]: <https://www.infsoft.com/basics/positioning-technologies/wi-fi/>
- [5] A.K.M. Hossain and Wee-Seng Soh “A comprehensive study of bluetooth signal parameters for localization. In Personal, Indoor and Mobile Radio Communications”, *IEEE 18th International Symposium* pages 1 –5, sept. 2007.
- [6] Mortaza S. Bargh and Robert de Groote “Indoor localization based on response rate of bluetooth inquiries”, *Proceedings of the first ACM international workshop on Mobile entity localization and tracking in GPS-less environments*, MELT '08, pages 49–54, New York, NY, USA, 2008.
- [7] Simon Hay and Robert Harle “Bluetooth tracking without discoverability” *Lecture Notes in Computer Science*, pages 120–137. Springer Berlin / Heidelberg, 2009.
- [8] Anja Bakkeliën, Michel Deriaz, Marchand-Maillet “Bluetooth Indoor Positioning” *Master of Computer Science*, March 2012.
- [9] A. F. Molisch, “Ultra-wideband communications: An overview,” *URSI Radio Science Bulletin*, Volume: 2009, Issue: 329, June 2009.
- [10] Kuo, Y.-S.; Pannuto, P.; Hsiao, K.-J.; Dutta, P. Luxapose. “In Proceedings of the 20th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking-MobiCom”, pp. 447–458. New York, NY, USA, 2014.
- [11] Qiu, K.; Zhang, F.; Liu, M. Visible “Light Communication-based indoor localization using Gaussian Process” *The 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Hamburg, Germany, 2015.
- [12] Infrared Technology: Useful for Indoor Positioning Services (IPS)[Trực tuyến]: <https://mapsted.com/blog/infrared-technology-explained/>
- [13] Moving average [Trực tuyến]: https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average#Exponential_moving_average
- [14] About us Insoft [Trực tuyến]: <https://www.infsoft.com/company/about-us/>.

- [15] Insoft Wayfinding [Trực tuyến]: <https://www.insoft.com/products/insoft-wayfinding/>
- [16] Using Beacons for Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation [Trực tuyến]: <https://www.insoft.com/basics/positioning-technologies/bluetooth-low-energy-beacons/>
- [17] Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Wi-Fi [Trực tuyến]: <https://www.insoft.com/basics/positioning-technologies/wi-fi/>
- [18] Indoor Positioning With Ultra-Wideband [Trực tuyến]: <https://www.insoft.com/basics/positioning-technologies/ultra-wideband/>
- [19] Indoor Localization with RFID [Trực tuyến]: <https://www.insoft.com/basics/positioning-technologies/rfid/>
- [20] [Trực tuyến]: https://www.alibaba.com/product-detail/indoor-positioning-contact-tracing-security-wristband_1600301428945.html
- [21] iBeacon [Trực tuyến]: <https://en.wikipedia.org/wiki/IBeacon>
- [22] About us IndoorAtlas [Trực tuyến]: <https://www.indooratlas.com/about/>
- [23] [Trực tuyến]: <https://www.indooratlas.com/positioning-technology/>.
- [24] N. B. Priyantha, “The Cricket Indoor Location System,” 2005
- [25] Sudeep Pasricha, Viney Ugave, Charles W. Andersson, Qi Han, “LearnLoc: A Framework for Smart Indoor Localization with Embedded Mobile Devices,” ISBN 978-1-4673-8321-9/15, 2015.
- [26] About us Decawave [Trực tuyến]: <https://www.decawave.com/>
- [27] Decawave company, “DW1000 User Manual,” [Trực tuyến]. Available: <https://www.decawave.com/dw1000/usermanual/>
- [28] Konstantinos Tserpes, Maria Pateraki & Iraklis Varlamis, “Strand: scalable trilateration with Node.js,” *Journal of Cloud Computing volume 8, Article number: 16* , 2016.
- [29] DecaWay company, “DWM1000 datasheet,” [Trực tuyến]. Available: <https://www.decawave.com/dwm1000/datasheet/>
- [30] “Wikipedia,” [Trực tuyến]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average#Exponential_moving_average
- [31] Hansun, S. “A new approach of moving average method in time series analysis”. 2013 Conference on New Media Studies (CoNMedia)
- [32] Walter Hir, “Ultra-wideband radio technology: overview and future research,” *Computer Communications*, tập 26, pp. 46-52, 2003.

- [33] Abdulrahman Alarifi, AbdulMalik Al-Salman, Mansour Alsaleh, Ahmad Alnafessah, Suheer Al-Hadhrani, Mai A Al-Ammar, Hend S Al-Khalifa, “Ultra Wideband Indoor Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances,” *IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management, Volume 01*, 2013.
- [34] Arias-de Reyna, E.; Mengali “A maximum likelihood UWB localization algorithm exploiting knowledge of the service area layout”, *IEEE International Conference on Ultra-Wideband, ICUWB 2007*, Singapore, 24–26 September 2007; pp. 77–82.
- [35] Hans R. Kunsch., “Particle filters,” *Bernoulli* 19(4), p. 1391–1403, 2013.
- [36] Vũ Thanh Tùng, “Đồ án tốt nghiệp đại học,” 2015
- [37] Ahmed Azeez Khudhair, Saba Qasim Jabbar, Mohammed Qasim Sulttan, Desheng Wang, “Wireless Indoor Localization Systems and Techniques: Survey and Comparative Study,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, No. 2, p. 392 ~ 409, August 2016,
- [38] Industry Articles, “OXTS,” [Trực tuyến]. Available: <https://www.oxts.com/trilateration>
- [39] Xia, S., Liu, Y., Yuan, G., Zhu, M., & Wang, Z, “Indoor Fingerprint Positioning Based on Wi-Fi: An Overview,” *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017.
- [40] Alakhras, M., Hussein, M., & Oussalah, M, “Location Fixing and Fingerprint Matching Fingerprint Map Construction for Indoor Localization,” *Journal of Sensors*, pp. 1-14, 2020.
- [41] <https://sci-hub.se/https://ieeexplore.ieee.org/document/4796924>
- [42] Lian Sang, C., Adams, M., Hörmann, T., Hesse, M., Pormann, M., & Rückert, U, “Numerical and Experimental Evaluation of Error Estimation for Two-Way Ranging Methods,” *Sensors*, 19(3), 616, 2019.
- [43] Markus Hempel, “Programming and Evaluation of an UltraWideband Distance Measurement System for Mobile Robots,” *Otto-von-Guericke Universität Intelligent Cooperative Systems Computational Intelligence Magdeburg*, 2019.
- [44] Trần Văn Hoàn, “Nguồn tuyến tính, Hardware Design Blog,” 16 . [Trực tuyến].
- [45] Trần Văn Hoàn, “Hardware Design Blog,” *Nguồn tuyến tính*, 2019 4 16
- [46] Angle-of-Arrival [Trực tuyến]: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/angle-of-arrival>

- [47] Martin Schüssel, “Angle of Arrival Estimation using WiFi and Smartphones,” 2016 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), pp. 4-7, October 2016.
- [48] Brian O’Keef, “Finding Location with Time of Arrival and Time Difference of Arrival Techniques,” ECE Senior Capstone Project 2017 Tech Notes
- [49] Trần Văn Hoàn, “Nguồn tuyến tính, Hardware Design Blog,” 16 . [Trực tuyến].
- [50] Harish Kalla, Dereje Tekilu, Tadesse Hailu, “Bluetooth based Anti-Theft device for smartphones,” *JETIR February 2019, Volume 6, Issue 2*.
- [51] Using Ultra-Wideband Technology in Short-Range Wireless Communications [Trực tuyến]: <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2022-using-ultra-wideband-technology-in-short-range-wireless-communications>
- [52] Ultra-wideband - A future leader [Trực tuyến]: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/ultra-wideband-a-future-leader>
- [53] Al-Ammar, M. A., Alhadhrami, S., Al-Salman, A., Alarifi, A., Al-Khalifa, H. S., Alnafessah, A., & Alsaleh, M., “Comparative Survey of Indoor Positioning Technologies, Techniques, and Algorithms,” *International Conference on Cyberworlds*, 2017.
- [54] J.B. Maverick, “How Is the Exponential Moving Average (EMA) Formula Calculated?” *Investopia, Technical Analysis*, 2020.
- [55] Cholz, J., Hernandez-Solana, A., & Valdovinos, A. (2011). *Evaluation of algorithms for UWB indoor tracking*. 2011 8th Workshop on Positioning, Navigation and Communication.
- [56] Extended Kalman filter [Trực tuyến]: https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_Kalman_filter
- [57] Kalman filter [Trực tuyến]: https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter
- [58] Huang, Guoquan P; Mourikis, Anastasios I; Roumeliotis, Stergios I (2008). "Analysis and improvement of the consistency of extended Kalman filter based SLAM". *Robotics and Automation*, 2008. *ICRA 2008. IEEE International Conference on*. pp. 473–479.