Họ và tên: Nguyễn Huy Hoàng

MSSV: 20191855

Lớp: Tự động hóa 06 – K64

Mục Lục

[1. Mục tiêu đề tài 1](#_Toc132305737)

[2. Tìm hiểu các công nghệ định vị 1](#_Toc132305738)

[3. Tìm hiểu về công nghệ định vị bằng Ultra-WideBand 2](#_Toc132305739)

[3.1. Tổng quan 2](#_Toc132305740)

[3.2 . Phương pháp đo 5](#_Toc132305741)

[*3.2.1* *Phương pháp Time of Arrival(ToA) / Time of Flight (ToF)* 5](#_Toc132305742)

[*3.2.2* *Time Difference of Arrival (TDoA)* 5](#_Toc132305743)

[*3.2.3* *So sánh hai phương pháp đo* 6](#_Toc132305744)

[4. Khảo sát các hệ thống định vị sử dụng UWB trong thực tế 7](#_Toc132305745)

[4.1 Hệ thống RTLS của Dmatek 7](#_Toc132305746)

[4.2 Hệ thống RTLS của Sewio 8](#_Toc132305747)

[5 Xây dựng hệ thống 10](#_Toc132305748)

1. **Mục tiêu đề tài**

Mục tiêu: nghiên cứu và phát triển được hệ thống định vị chính xác trong nhà đáp ứng phạm vi trong khu vực trong nhà khoảng 40-60 trong môi trường có vật cản với độ chính xác < 30cm, theo dõi ít nhất 1 thiết bị cùng lúc (em dự tính theo dõi thiết bị qua server hoặc app trên máy tính)

1. **Tìm hiểu các công nghệ định vị**

Khi thiết kế hệ thống định vị trong nhà, có nhiều công nghệ không dây có thể được cân nhắc như WiFi, Bluetooth, UWB … Mỗi công nghệ truyền sóng sẽ phù hợp với một bài toán khác nhau. Vậy nên cần xem xét kỹ các đặt điểm của mỗi công nghệ.

Bảng 1: So sánh các công nghệ định vị

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ultra Wideband | Bluetooth | Wi-Fi | RFID |
| Độ chính xác | cm – dm | m | m | dm – m |
| Độ tin cậy | Khả năng tránh hiện tượng đa đường và nhiễu cao. | Nhạy cảm với hiện tượng đa đường và nhiễu. | Nhạy cảm với hiện tượng đa đường và nhiễu. | Khả năng tránh hiện tượng đa đường và nhiễu cao. |
| Phạm vi | ~50m | ~20m | ~50m | ~1m |
| Tốc độ truyền tin | Cao, lên đến 27Mbps | Trung bình, lên đến 2Mbps | Rất cao, lên đến 1Gbps | N/A |
| Độ trễ | Thấp | Cao | Cao | Cao |
| Chi phí | Cao | Trung bình | Trung bình | Thấp |
| Ứng dụng | Định vị robot trong nhà máy. | Định vị người trong siêu thị, bệnh viện. | Định vị người trong siêu thị, bệnh viện. | Giám sát nhân viên. |

**Nhận xét:** Công nghệ UWB đáp ứng được các mục tiêu đã đặt ra của đề tài. Như vậy ở Đồ án Thiết kế này em lựa chọn nghiên cứu, ứng dụng công nghệ UWB cho hệ thống định vị trong nhà.

1. **Tìm hiểu về công nghệ định vị bằng Ultra-WideBand**

## **3.1. Tổng quan**

Công nghệ UWB là công nghệ đang nhận được rất nhiều sự chú ý và là một chủ đề “hot” trong những năm gần đây. UWB mang đến quá nhiều tiện ích với những ứng dụng trong việc kết nối không dây tốc độ cao của các thiết bị số trong nhà và văn phòng.

UWB là một công nghệ sử dụng sóng radio cho các ứng dụng truyền thông khoảng cách ngắn, băng thông rộng với khả năng chống nhiễu đa đường, phù hợp cho các ứng dụng ước lượng khoảng cách trong nhà, đinh vị và theo dấu. Một hệ UWB cụ thể có các bộ tạo sóng radio và các bộ nhận để thu các sóng lan truyền và phân tán. Ngược lại với hoạt động của các hệ băng thông hẹp, các sóng UWB chiếm băng thông khá lớn (> 500MHz). Chính xác hơn, các sóng radio phát ra sẽ bị ảnh hưởng bởi UWB nếu băng thông của nó không vượt qua 500MHz hoặc 20 % của tần số sóng mang. Để có thể giảm đi sự ảnh hưởng tới các dịch vụ radio khác, FCC đã hạn chế vùng sử dụng miễn phí (unlicensed) của UWB ở mật độ công suất bức xạ là -41.3 dBm/MHz và giới hạn băng thông tần số xuống 3.1 GHz – 10.6 GHz (6.0 GHz – 8.5 GHz theo ECC). Hình 1.4 thể hiện phổ sóng UWB so với cac chuẩn truyền thông sử dụng sóng radio hiện tại.

Chart

Description automatically generated

*Phổ sóng UWB so với các chuẩn truyền thông sử dụng sóng radio hiện nay*

Các hạn chế về công suất phát của các ủy ban truyền thông đã làm giảm tầm hoạt động của xuống còn dưới 100m. Mặt khác, mật độ phổ năng lượng thấp cũng sẽ làm giảm đi các yếu tố gây hại tới cơ thể con người và hạn chế lại sự ảnh hưởng của UWB tới các bộ nhận băng thông hẹp khác. Với phần UWB được cấp phép sẽ hoạt động trong dải sóng của sóng điện từ, ở đó các phần tử tần số thấp trong phổ tín hiệu của UWB có khả năng xâm nhập các vật liệu xây dựng như bê tông, kính và gỗ. Đây là một đặc tính phù hợp cho bài toán định vị trong nhà, bởi nó cho phép tầm hoạt động dưới điều kiện không tầm nhìn (nLoS) và giúp cho việc định vị giữa các phòng trở nên dễ dàng hơn.

***Nguyên lý hoạt động của UWB***

Bộ phát UWB hoạt động bằng cách gửi hàng tỷ xung (Ultra Wideband trước đây được gọi là "vô tuyến xung") trên tần số phổ rộng; một máy thu tương ứng sau đó chuyển các xung thành dữ liệu bằng cách nghe một chuỗi xung quen thuộc do máy phát gửi. Các xung được gửi đi khoảng một hai nano giây, giúp UWB đạt được độ chính xác theo thời gian thực. Công nghệ UWB có công suất cực thấp, nhưng băng thông cao (500MHz) rất lý tưởng để chuyển tiếp nhiều dữ liệu từ thiết bị chủ đến các thiết bị khác cách xa khoảng 9 mét. Tuy nhiên, không giống như Wi-Fi, UWB truyền qua tường, vật cản không tốt.

Diagram

Description automatically generated

*Mô hình hoạt động của UWB*

Để tăng phạm vi tiếp nhận và độ tin cậy của Ultra Wideband, hệ thống ăng ten phân tán MIMO (nhiều đầu vào và nhiều đầu ra) đã được thêm vào tiêu chuẩn cho phép các mạng tầm ngắn. Ăng-ten có thể được nhúng vào điện thoại thông minh hoặc các thiết bị khác như dây đeo tay hoặc chìa khóa thông minh. Khi một thiết bị có UWB đến gần một thiết bị UWB khác, cả hai sẽ bắt đầu đo khoảng cách chính xác của chúng. Phạm vi được thực hiện thông qua các phép đo "Thời gian bay" (ToF) giữa các thiết bị; chúng được sử dụng để tính toán thời gian khứ hồi của các gói hỏi đáp / phản hồi. Dựa trên tiêu chuẩn IEEE 802.15.4a, Ultra Wideband có thể xác định vị trí tương đối của các thiết bị ngang hàng với đường ngắm lên đến 200 mét. Tùy thuộc vào hình thức sử dụng, chẳng hạn như theo dõi tài sản hoặc nội địa hóa thiết bị, thiết bị UWB sẽ tính toán vị trí chính xác của một đối tượng hỗ trợ UWB khác - chẳng hạn như chìa khóa ô tô hoặc điều khiển từ xa của tivi. (Nếu thiết bị đang chạy dịch vụ điều hướng trong nhà, thiết bị hỗ trợ UWB phải biết vị trí tương đối của nó với anchor cố định của UWB và tính toán vị trí của nó trên bản đồ khu vực.).

* 1. **. Phương pháp đo**
     1. *Phương pháp Time of Arrival(ToA) / Time of Flight (ToF)*

Nguyên lý của ToA dựa trên việc đo thời gian mà tín hiệu đi từ bộ truyền tới bộ nhận. Khoảng cách Euclide giữa 2 thiết bị bằng tích của thời gian tín hiệu truyền và vận tốc sóng. Bởi vì vận tốc sóng dựa trên các tính chất của môi trường lan truyền, nên cần phải chú ý đến đặc tính của vật liệu tín hiệu đi qua. Đối với các vật liệu xây dựng, tốc độ truyền phụ thuộc vào (trong đó k là hằng số điện môi).

Vì ToA phụ thuộc vào thời gian truyền của tín hiệu, nên đồng bộ thời gian giữa bộ truyền và nhận cần rất chính xác, chỉ cần sai lệch 1 nano giây, khoảng cách có thể sai số thêm 30 cm nếu sử dụng các sóng radio.

Timeline

Description automatically generated

Phương pháp đo ToA/ToF

* + 1. *Time Difference of Arrival (TDoA)*

TDoA là phương pháp định vị cho các nguồn sử dụng sóng RF. Phương pháp này yêu cầu cần có ít nhất ba bộ nhận tín hiệu. Mỗi bộ nhận cần được đồng bộ về thời gian một cách chính xác. Khi tín hiệu gửi từ một nguồn chưa rõ vị trí đến cả ba bộ nhận, khoảng cách sẽ được tính dựa trên sự khác nhau về thời gian nhận được tín hiệu của ba bộ và vị trí cố định của ba bộ đã được đặt từ trước. Với mỗi khoảng cách từ điểm phát đến điểm thu, sẽ tạo thành một hình hypebol. Giao điểm của hình hypebol đó chính là vị trí của điểm phát tín hiệu.

Map

Description automatically generated

Phương pháp TDoA

Để có thể sử dụng TDoA, cần hiểu rõ loại tín tín hiệu được sử dụng, sự phụ thuộc của kết quả đo dựa vào vị trí của phép đo thế nào, các nguồn gây nhiễu và cách để xử lý chúng. Phương pháp TDoA sẽ có thể tối ưu vấn đề về năng lượng so với các phương pháp khác bởi quá trình tính toán sẽ nằm ở các thiết bị cố định đã biết trước vị trí, sử dụng nguồn điện lưới, khi đó các thiết bị mà cần biết vị trí sẽ không cần hoạt động quá nhiều, phù hợp cho các ứng dụng sử dụng pin.

* + 1. *So sánh hai phương pháp đo*

Two Way Ranging (TWR) và Time Difference of Arrival đều (TDoA) đều là hai phương pháp phổ biến được sử dụng để xác định vị trí trong các hệ thống định vị.

So với phương pháp TDoA thì phương pháp TWR dễ dàng thực hiện hơn bởi không yêu cầu phải đồng bộ chính xác cao giữa các Anchor, không yêu cầu nhiều thiết bị để tính toán khoảng cách giữa hai điểm. Tuy nhiên phương pháp TWR phải thực hiện nhiều lần truyền nhận dữ liệu giữa 2 thiết bị để xác định khoảng cách nên sẽ có quy mô, hiệu năng thấp hơn so với TDoA.

Ngoài ra còn có các phương pháp đo khác như AoA và RSS thì em thấy AoA yêu cầu rất lớn về thiết kế antenna còn RSS rất nhạy cảm với nhiễu trong môi trường.

Với giới hạn về thời gian và kinh tế của đồ án sinh viên, em lựa chọn sử dụng phương pháp TWR cho hệ thống định vị.

1. **Khảo sát các hệ thống định vị sử dụng UWB trong thực tế**
   1. **Hệ thống RTLS của Dmatek**

Dmatek là công ty chuyên phát triển công nghệ phần mềm và phần cứng cho các hệ thống định vị trong nhà và các hệ thống IoT. Hệ thống định vị trong nhà của Dmatek là một hệ thống định vị chính xác theo thời gian thực các đối tượng như hàng hóa, phương tiện, nhân viên. Hệ thống này có thể giám sát cùng lúc hàng trăm đối tượng, phù hợp trong các môi trường rộng lớn như:

* Quản lý logistic, kho bãi, giám sát công nhân, hàng hóa nhằm tăng hiệu quả và giảm thời gian lãng phí.
* Ứng dụng đánh giá độ chính xác của máy bay không người lái, robot và kho bãi tự động.
* Hạn chế quyền truy cập vào các khu vực có tính bảo mật cao.

A picture containing LEGO, toy

Description automatically generated

Hệ thống định vị của Dmatek sẽ được chia ra làm 4 phần:

* Các Tag được gắn ở các đối tượng cần định vị, giám sát trên hiện trường.
* Các Anchor được đặt ở các vị trí xác định và phân bố đều trên hiện trường.
* Gateway đặt ở vị trí có kết nối mạng để chuyển tiếp dữ liệu.
* Các phần mềm hỗ trợ cho việc cấu hình, giám sát, tương tác trực tiếp với người dùng.

Diagram

Description automatically generated

Ở hệ thống của Dmatek, các Anchor và Tag đều hỗ trợ định vị bằng phương pháp TWR và TDoA, có độ chính xác 30cm. Tùy vào từng yêu cầu bài toán mà phương pháp nào sẽ được chọn để sử dụng.

* 1. **Hệ thống RTLS của Sewio**

Hệ thống RTLS của Sewio được xây dựng dựa trên công nghệ UWB bao gồm cả phần cứng và phần mềm tạo thành một nền tảng được ứng dụng trong nhiều bài toán liên quan đến định vi trong công nghiệp từ theo dõi tài sản hay vật liệu đến theo dõi vị trí của nhân viên cho các lý do an toàn.

Graphical user interface

Description automatically generated

Các khối chức năng chính của hệ thống được xác định bởi các nền tảng tương ứng. Ở tầng Hardware, dữ liệu được truyền tải bằng công nghệ UWB. Dữ liệu ở tầng Hardware sẽ được xử lý ở Localization Layer, nơi vị trí được tính toán và lọc. Data Layer chịu trách nhiệm lưu trữ vị trí và biểu diễn nó để có thể được hiển thị và phân tích. Ở Service Layer, hệ thống cung cấp các công cụ để kiểm soát và tối ưu hóa hiệu suất hệ thống. Dữ liệu vị trí và dữ liệu phân tích thời gian thực được cung cấp ở Visualization Layer. API của hệ thống được sử dụng bởi nhiều ứng dụng được bởi các đối tác của Sewio. Layer trên cùng cung cấp các công cụ phần mềm cho các dự án định vị.

Các thiết bị phần cứng hệ thống RTLS của Sewio về cơ bản vẫn sẽ bao gồm Tag và Anchor đều hỗ trợ sử dụng cả 2 phương pháp TWR và TDoA với độ chính xác lên đến 30cm. Tag và Anchor thực hiện giao tiếp qua 3 bước:

* Bước 1: Tag gửi dữ liệu bằng UWB tới các anchor để định vị cho nó.
* Bước 2: Các Anchor sử dụng UWB để đồng bộ hóa với nhau.
* Bước 3: Dữ liệu được thu thập bởi các Anchor được gửi đến RTLS Server để tính toán vị trí chính xác của Tag. Ở hầu hết các dự án, dữ liệu được gửi qua cổng Ethernet hoặc Wi-Fi.

Diagram

Description automatically generated

Hiện nay hệ thống RTLS của Sewio đã được ứng dụng vào các bài toán thực tế trong công nghiệp như:

* Tăng cường an toàn và bảo mật với hệ thống theo dõi vị trí nhân viên.
* Hệ thống giám sát và theo dõi xe nâng.
* Theo dõi tài sản và phân tích dòng nguyên vật liệu trong thời gian thực.
* Giảm thời gian sản xuất theo đơn đặt hàng.

1. **Xây dựng hệ thống**

Để đáp ứng được mục tiêu đặt ra em sẽ tiến hành xây dựng hệ thống như sau:

* Hệ thống có 3 Anchor đặt tại vị trí bao quát không gian căn phòng, 1 – 2 Tag sẽ giao tiếp với 3 Anchor để xác định vị trí của Tag.
* Phương pháp đo là sử dụng phương pháp ToA(Time of Arival) để xác định thời gian bay tức là thời gian mà tín hiệu truyền từ thiết bị này đến thiết bị khác để từ đó xác định được khoảng cách giữa 2 thiết bị.
* Thuật toán xử lí dữ liệu sử dụng là thuật toán Trilateration TWR với loại Double Side TWR để có thể triệt tiêu được việc đồng bộ thời gian giữa các anchor. Khi có được 3 khoảng cách từ 3 anchor thì tag sẽ tiến hành tính toán ra tọa độ của mình dựa vào tọa độ của anchor.
* Bộ lọc cho khoảng cách thì em sử dụng bộ lọc Kalman Filter để lọc nhiễu từ các phép đo khoảng cách.

Em dự tính sẽ thêm 2 phương án nữa đó là:

* Em sẽ thiết kế Tag có thêm 1 module truyền thông bằng wifi như ESP để khi có tọa độ thì sẽ truyền lên Server để giám sát.
* Em sẽ thiết kế thêm 1 Server hoặc App để hiển thị tọa độ của Tag gửi lên cho việc tracking tag.