



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BĂNG THÔNG SIÊU RỘNG (UWB) ĐỊNH VỊ THỜI GIAN THỰC TRONG MỎ HẦM LÒ

Nguyễn Tiến Sỹ, Hà Thị Chúc, Tống Ngọc Anh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Trịnh Biên Thuý
Trường Cao đẳng Việt-Hàn, Quảng Ninh
E-mail: nguyentiamsi@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống định vị thời gian thực (Real Time Locating System - RTLS) sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng (UWB), được sử dụng rộng rãi để quản lý, giám sát hàng hoá, thiết bị và con người hỗ trợ công tác bảo trì sửa chữa thiết bị và cứu hộ, cứu nạn. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về công nghệ UWB và xây dựng mô hình hệ thống RTLS trong phòng thí nghiệm có khả năng áp dụng trong mỏ hầm lò.

Từ khóa: hệ thống định vị thời gian thực (RTLS), công nghệ băng thông siêu rộng (UWB)

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống định vị rất phổ biến hiện nay là hệ thống GPS. Khi sử dụng ở ngoài trời, hệ thống GPS đạt độ chính xác định vị rất cao. Tuy nhiên, nhược điểm của hệ thống này là không cho kết quả chính xác khi thiết bị cần định vị ở môi trường trong nhà hoặc các khu vực không thu được tín hiệu vệ tinh, đặc biệt là trong các tòa nhà lớn hoặc các công trình ngầm.

Hệ thống định vị thời gian thực (Real Time Locating System - RTLS) đã khắc phục được các nhược điểm của hệ thống GPS. RTLS tự động định vị và theo dõi đối tượng theo thời gian thực với độ chính xác cao mà không cần sử dụng vệ tinh. Do vậy có thể áp dụng mô hình RTLS cho các ứng dụng định vị tài sản, thiết bị, máy trong các nhà máy, kho bãi; ứng dụng định vị người làm việc trong các công trình ngầm. Từ đó giúp người quản lý giám sát vị trí của nhân viên, kiểm soát giờ làm việc và truy cập, sơ tán và phát hiện người gặp tai nạn. Vì vậy nghiên cứu áp dụng RTLS rất cần thiết.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Các công nghệ sử dụng trong hệ thống RTLS

Hiện nay có khá nhiều công nghệ được nghiên cứu, sử dụng trong hệ thống RTLS, mỗi công nghệ đều có những ưu và nhược điểm riêng. (Bảng 1)

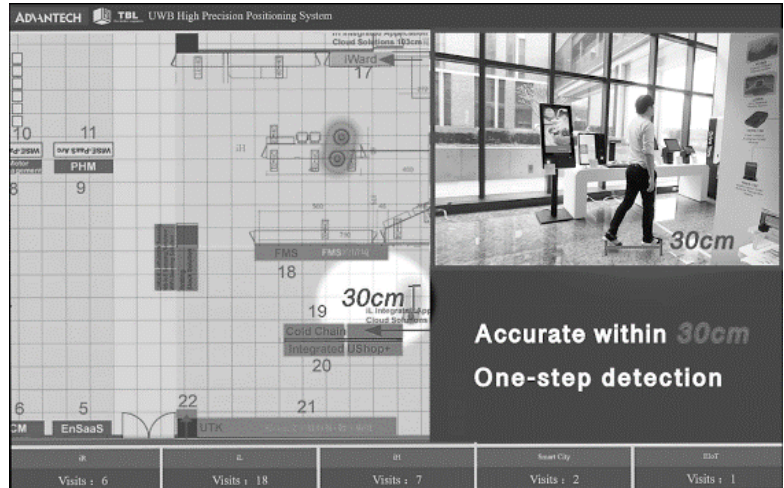
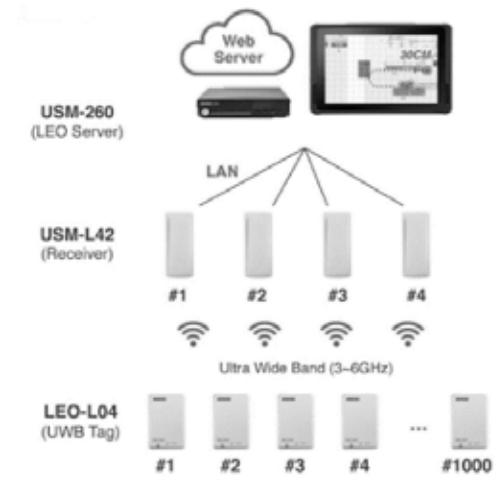
Bảng 1. Các công nghệ sử dụng trong hệ thống RTLS

Công nghệ	Ưu điểm	Nhược điểm
GPS	Có độ chính xác cao khi hoạt động ngoài trời	Tín hiệu yếu hoặc mất tín hiệu với môi trường trong nhà hoặc các công trình ngầm
WLAN	Chi phí lắp đặt thấp, vùng phủ trung bình	Tín hiệu thay đổi nhiều do môi trường phức tạp, độ chính xác định vị không cao
BLE	Tiết kiệm năng lượng, chi phí thấp	Vùng phủ hẹp, cần nhiều thiết bị phát
RFID	Không yêu cầu LoS, có thể xuyên qua vật rắn không phải là kim loại	Vùng phủ hẹp, anten ảnh hưởng nhiều đến tín hiệu RF
Hồng ngoại	Phù hợp với mô hình truyền sóng trong nhà, độ chính xác cao	Vùng phủ hẹp, bị ảnh hưởng nhiều bởi ánh sáng nhìn thấy
Ánh sáng, từ trường	Độ chính xác trung bình	Chưa phổ biến, thiết bị lắp đặt có chi phí cao
UWB	Độ chính xác cao cỡ cm, băng thông rộng, tần số hoạt động cỡ GHz, vùng phủ rộng cỡ vài chục mét. Hiện nay công nghệ UWB đang dần được tích hợp trong các chip di động	Chi phí thực hiện trung bình

Tại Việt Nam hiện nay hầu như rất ít các nghiên cứu về RTLS sử dụng công nghệ UWB. Lý do một phần vì chip hỗ trợ công nghệ UWB có giá thành cao. Trong vài năm gần đây, các hãng sản xuất chip



H.1. Hệ thống thiết bị định vị người trong mỏ hầm lò của RealTrac™



H.2. Hệ thống thiết bị định vị thời gian thực LEO-L UWB của Advantech Việt Nam

nổi tiếng đã quan tâm đến công nghệ UWB và sản xuất chip hỗ trợ công nghệ này với số lượng lớn, dẫn tới giá thành hạ, tăng tính khả thi khi áp dụng vào thực tế. Đồng thời, với sự phát triển mạnh của công nghệ IoT và dữ liệu lớn, nhu cầu về thu thập dữ liệu người dùng (bao gồm cả dữ liệu vị trí) để đánh giá hành vi người dùng, đưa ra các dự đoán, cảnh báo chính xác ngày càng tăng. Trong [1], tác giả đã phát triển hệ thống định vị trong nhà dựa trên các cảm biến điện thoại thông minh, cụ thể là định vị dựa trên cường độ tín hiệu từ trường và cảm biến từ trường ở điện thoại thông minh. Kết quả đạt được cho sai số định vị khoảng 1m. Nhược điểm là hệ thống phụ thuộc vào cảm biến từ trường trong các thiết bị di động, mỗi khi khu vực có sự thay đổi đáng kể, cần phải tiến hành xây dựng lại bản đồ từ trường khu vực; vị trí định vị được xác định trên Google map nên không xác định được tọa độ khi thiết bị không có kết nối Internet. Trong [2], tác giả

đã phát triển hệ thống định vị và dẫn đường trong nhà cho robot sử dụng camera laser để lập bản đồ số. Nhược điểm của phương pháp là chi phí cao, chỉ phù hợp với các ứng dụng dẫn đường.

Các nghiên cứu về RTLS sử dụng công nghệ UWB khá phổ biến ở nước ngoài và đã được thương mại hoá bởi các hãng như SATO, Sewio, Woxu, ChangYing... Một số sản phẩm RTLS đã có mặt tại Việt Nam. Điển hình là hệ thống RealTrac™ (Hình H.1) định vị người trong mỏ hầm lò với sai số định vị dưới 35cm.

Giải pháp định vị LEO-L UWB của Advantech Việt Nam (Hình H.2) cho phép theo dõi chính xác các phương tiện, nhân sự và thiết bị với sai số định vị dưới 30cm.

2.2. Cấu trúc hệ thống RTLS

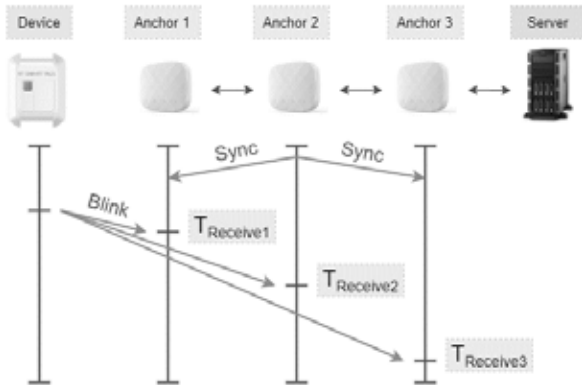
Một hệ thống RTLS (Hình H.3) bao gồm các thành phần:

- Thẻ cá nhân (Tags hoặc Device): Được phân

phối cho đối tượng cần định vị;

- Trạm neo (Anchor): Được đặt cố định tại các điểm cố định của khu vực, mỗi điểm truy cập có diện tích phủ sóng nhất định (từ vài chục m đến vài trăm m);

- Máy chủ (Server): Kết nối với thẻ cá nhân hoặc trạm neo để thu thập dữ liệu về tọa độ, khoảng cách giữa thẻ với trạm neo hoặc giữa các trạm neo với nhau.



H.3. Cấu trúc của hệ thống RTLS

Các nghiên cứu hiện nay tập trung vào các phương pháp định vị như: phương pháp định vị khoảng cách hai chiều (TWR - Two way Ranging) [3], phương pháp chênh lệch thời gian đến TDoA (Time Difference of Arrival) [4] [5]. Trong [6], tác giả thiết kế hệ thống định vị trong nhà sử dụng công nghệ UWB để dẫn đường cho UAV trong môi trường không có tín hiệu GNSS. Trong [7], tác giả đã khảo sát và thống kê về các công nghệ sử dụng trong bài toán định vị trong nhà với thời gian thực. Có thể thấy công nghệ UWB là tối ưu về độ chính xác và phù hợp hơn cả cho ứng dụng định vị thời gian thực trong mỏ hầm lò.

Khi sử dụng thuật toán đơn giản định vị hiệu quả ba điểm không thẳng hàng trên cùng mặt phẳng, phương trình mô tả những tọa độ neo:

$$A_1(0;0;0); A_2(x_2;0;0); A_3(x_3;y_3;0) \tag{1}$$

Do đó, các bán kính r_1, r_2, r_3 có thể được viết như sau:

$$\begin{aligned} r_1^2 &= x^2 + y^2 + z^2 \\ r_2^2 &= (x - x_2)^2 + y^2 + z^2 \\ r_3^2 &= (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + z^2 \end{aligned} \tag{2}$$

Đơn giản hoá phương trình thu được tọa độ của đối tượng di chuyển cần định vị $T(x,y,z)$

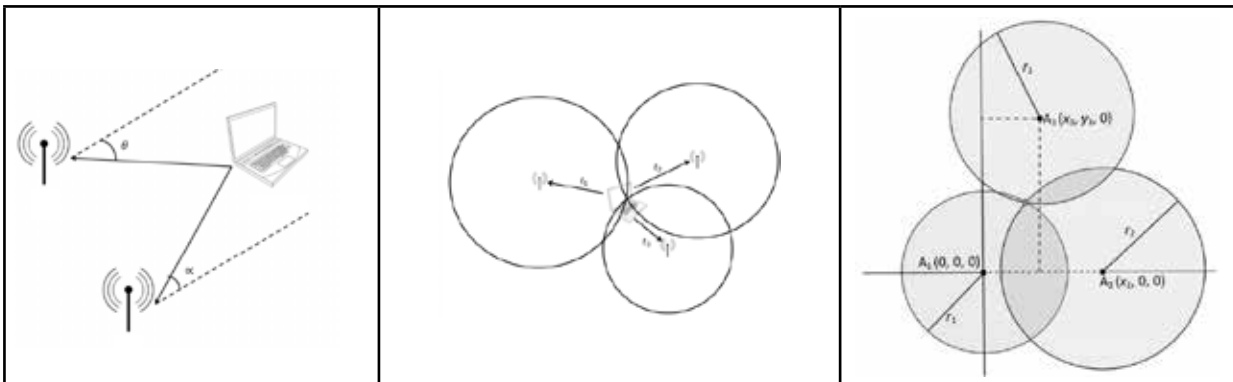
$$\begin{aligned} x &= \frac{r_1^2 - r_2^2 + x_2^2}{2x_2} \\ y &= \frac{r_1^2 - r_3^2 + x_3^2 + y_3^2 - (2x_3x)}{2y_3} \\ z &= \sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2} \end{aligned} \tag{3}$$

2.2. Thiết kế phần cứng và phần mềm hệ thống RTLS

2.2.1. Sơ đồ khối hệ thống RTLS sử dụng công nghệ UWB

Hệ thống RTLS được xây dựng trong phòng thí nghiệm gồm 03 trạm neo: Trạm neo 1 (A0), trạm neo 2 (A1), trạm neo 3 (A2)) được xem như ba góc tọa độ, cố định ở ba góc của khu vực cần định vị, 01 thẻ cá nhân (T0) được gắn trên đối tượng được theo dõi trong khu vực đã được cố định 03 trạm neo. Mỗi trạm neo và thẻ cá nhân bao gồm các khối:

- Khối nguồn một chiều 5VDC từ pin 18650 kèm bộ sạc;
- Khối module thu phát UWB DWM1000 của Decawave bao gồm cả anten băng rộng tần số từ

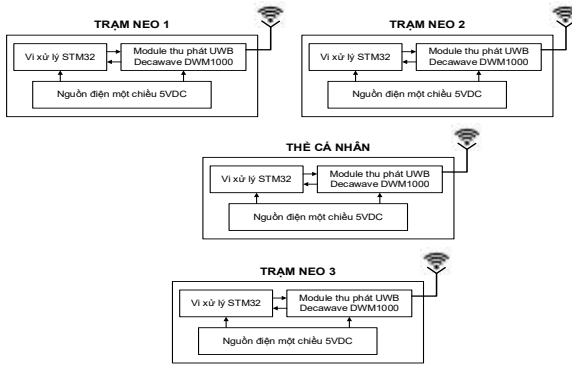


H.4. Phương pháp định vị sử dụng góc tín hiệu đến và sử dụng thời gian nhận tín hiệu

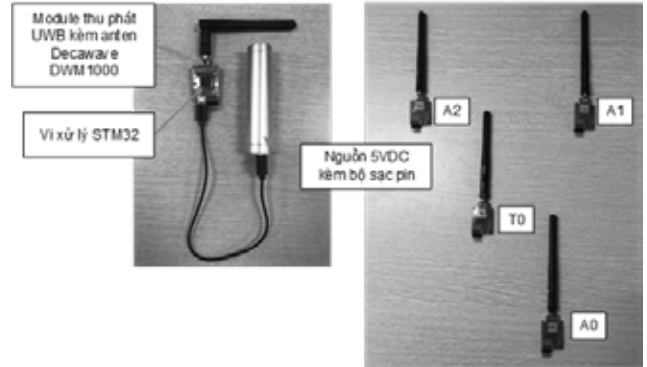
3.1GHz ÷ 6GHz loại đẳng hướng;

- Khối vi xử lý STM32 lập trình được, nhận và xử lý thông tin, giao tiếp với module thu phát UWB qua chuẩn truyền thông UART.

nguồn hạ áp kiểu đóng cắt với IC TPS73601. Điện áp vào của mạch là nguồn 5V lấy từ pin, điện áp ra 3.3VDC được tính theo công thức (4), cấp nguồn cho vi xử lý STM32 và DWM1000 làm việc.



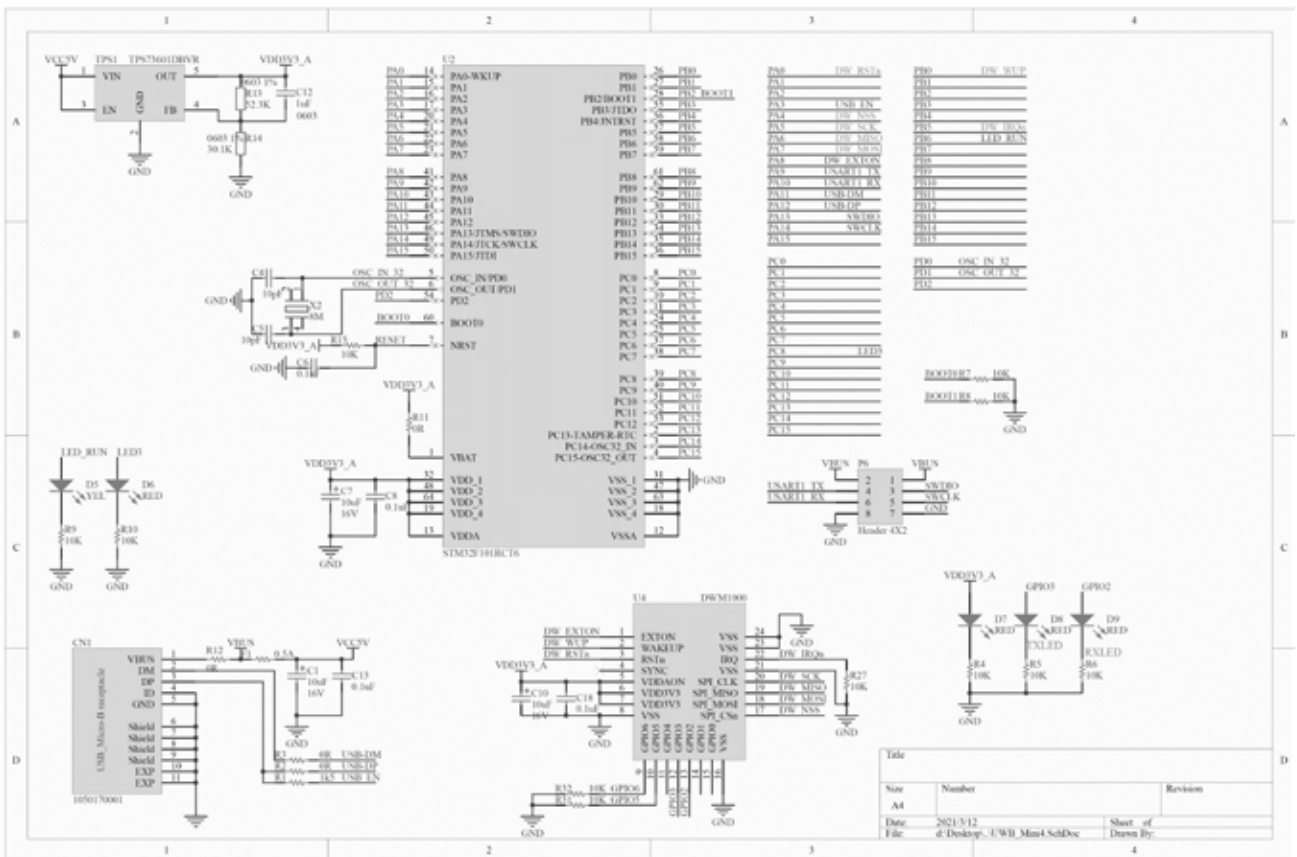
$$V_{ra} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_2} \cdot 1.204 = \frac{(52.3 + 30.1)}{30.1} \cdot 1.204 = 3.3V \quad (4)$$



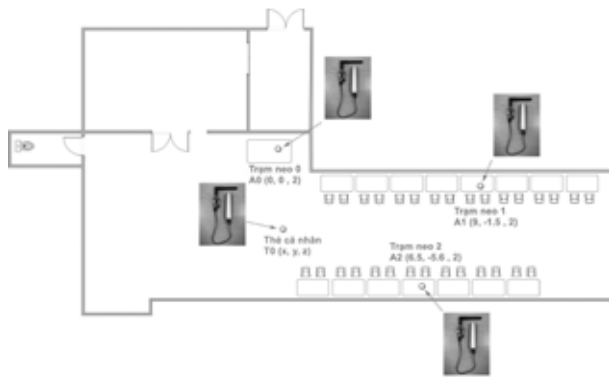
H.5. Sơ đồ khối hệ thống RTLS sử dụng công nghệ UWB

Sơ đồ nguyên lý chi tiết của trạm neo và thẻ cá nhân tương tự nhau. Khối nguồn sử dụng mạch

H.6. Thẻ cá nhân và trạm neo được thiết kế chế tạo thực tế



H.7. Sơ đồ nguyên lý trạm neo và thẻ cá nhân



H.8. Kịch bản thử nghiệm hệ thống RTLS trong phòng thí nghiệm



A0 (0, 0, 2)



A1 (9, -1.5, 2)



A2 (6.5, -5.6, 2)



T0 (x, y, z)

H.9. Tọa độ các trạm neo và thẻ cá nhân trong phòng thí nghiệm

2.3. Thử nghiệm mô hình

2.3.1. Kịch bản thử nghiệm

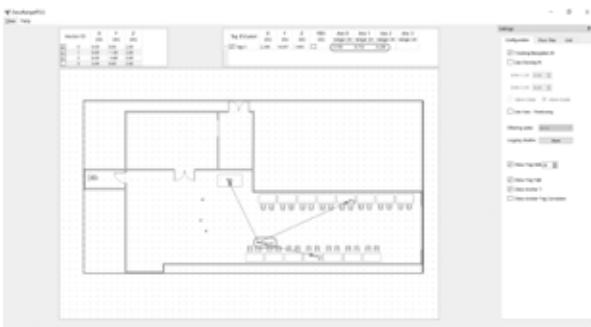
Mô hình RTLS được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm với diện tích khoảng hơn 100m². Bản đồ số và các trạm neo cố định được thể hiện trên hình H.8. Trạm neo A0 sẽ kết nối với máy tính chạy phần mềm giám sát tọa độ và vị trí di chuyển của người dùng cầm thẻ cá nhân.

- Tần số: 3.1 ÷ 6 GHz
- Số lượng nút: 03 trạm neo (A0, A1, A2) và 01 thẻ cá nhân (T0)
- Vùng phủ sóng: 100m²
- Địa điểm thử nghiệm: Phòng thí nghiệm Điện - Điện tử, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

2.3.2. Các kết quả thực nghiệm

Giao diện giám sát vị trí của thẻ cá nhân được thiết kế trên phần mềm Qt Creator, đây là phần mềm mã nguồn mở với đầy đủ các thư viện giúp thiết kế giao diện người dùng GUI. Thuật toán định vị được nhúng trên vi xử lý STM32 với thư viện hỗ trợ DWM1000. Giao diện người dùng có khả năng theo dõi thẻ cá nhân di chuyển, vật được gắn thẻ cá nhân hiển thị vết di chuyển trên màn hình máy tính.

Mô hình thực nghiệm gồm 3 trạm neo cố định A0, A1, A2 theo dõi 1 thẻ cá nhân T0 di chuyển trong phòng thí nghiệm. Khi người dùng cầm thẻ T0 di chuyển trong phòng thí nghiệm thì trên màn hình hiển thị ngay lập tức vị trí tọa độ của thẻ T0, khoảng



(a) Đo lần 1



(b) Đo lần 2

H.10.. Tọa độ thẻ cá nhân trên phần mềm

cách giữa T0 với A0, A1, A2 một cách nhanh chóng và chính xác.

Trên cơ sở đo đạc khoảng cách thực tế bằng phép đo thủ công bằng thước mét và khoảng cách đo trên phần mềm hệ thống RTLS giữa thẻ cá nhân và các trạm neo, có thể thấy sai số không quá 50cm. Bảng 2 thống kê khoảng cách đo giữa T0 và A0, A1, A2 cho thấy phương pháp định vị thời gian thực sử dụng công nghệ UWB cho kết quả rất chính xác.

Bảng 2. Sai số đo trong hệ thống RTLS sử dụng công nghệ UWB

Phép đo	Khoảng cách	Khoảng cách (m) Đo bằng thước mét	Khoảng cách (m) RTLS công nghệ UWB	Sai số (cm)
Đo lần 1	T0 - A0	5.600	5.700	-10
	T0 - A1	9.800	9.730	7
	T0 - A2	4.300	4.299	0.1
Đo lần 2	T0 - A0	14.100	14.065	3.5
	T0 - A1	4.500	4.514	-1.4
	T0 - A2	7.300	7.288	1.2

Hạn chế của phương pháp này là tín hiệu đo bị ảnh hưởng khá nhiều bởi vật cản. Thực tế khi người dùng gắn thẻ cá nhân di chuyển sang khu vực ngoài phòng thí nghiệm thì không còn thu được tín hiệu T0. Vấn đề này có thể khắc phục bằng việc

tăng công suất phát của module DWM1000 hoặc thay thế anten trên module thu phát bằng loại anten có độ tăng ích lớn hơn, từ đó tăng khoảng cách phủ sóng của các trạm neo và thẻ cá nhân lên tới hàng trăm mét.

3. KẾT LUẬN

➤Việc nghiên cứu bài toán định vị sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng luôn là chủ đề nóng được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm. Khả năng ứng dụng của công nghệ này ngày càng được mở rộng trong nhiều lĩnh vực như y tế, bán lẻ, công nghiệp, thương mại, logistic, ... Việc làm chủ công nghệ mới mẻ này, đồng thời xây dựng được mô hình thực nghiệm với giá thành hạ sẽ tạo tiền đề cho việc triển khai, áp dụng thực tế mô hình này đến các nhà máy, xí nghiệp, trong đó có các mỏ hầm lò;

➤ Đã xây dựng thành công mô hình hệ thống định vị RTLS sử dụng công nghệ UWB có khả năng định vị đối tượng di chuyển với độ chính xác 0,5m trong không gian không có tín hiệu vệ tinh (quy mô phòng thí nghiệm). Mô hình này có thể áp dụng tại các công trình ngầm, mỏ hầm lò để định vị, giám sát, quản lý nhân viên, công nhân, thiết bị máy móc trong nhà xưởng□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Việt Dũng (2020), Nghiên cứu phát triển hệ thống định vị trong nhà dựa trên cảm biến điện thoại thông minh, Luận văn thạc sĩ hệ thống thông tin, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.
2. Phan Hoàng Anh (2020), Nghiên cứu phát triển hệ thống định vị và dẫn đường cho Robot hoạt động ở môi trường trong nhà, Phan Hoàng Anh, Luận văn thạc sĩ công nghệ kỹ thuật điện tử, truyền thông, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.
3. Marcel Wagner, Maximilan von Tschirschnitz (2016), Trusted Positioning with Two-way Ranging, 2016 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Alcalá de Henares, Spain.
4. Sebastian Dadeby Joakim Hesselgren (2017), A system for indoor positioning using ultra-wideband technology, School of Engineering and Advanced Technology, Massey University, Palmerston North, New Zealand Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology of Gothenburg.
5. Marcus Utter (2015), Indoor Positioning using Ultra-wideband Technology, Uppsala University
6. Janis Tiemann, Florian Schweikowski and Christian Wietfeld (2015), Design of an UWB Indoor-Positioning System for UAV Navigation in GNSS-Denied Environments, 2015 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2015, pp. 1-7, doi: 10.1109/IPIN.2015.7346960.
7. Hui Liu, Houshang Darabi (2007), Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), vol. 37, no. 6, pp. 1067-1080, Nov. 2007, doi: 10.1109/TSMCC.2007.905750.



RESEARCH AND APPLICATION OF ULTRA-WIDE BAND (UWB) TECHNOLOGY FOR REAL-TIME LOCATION IN UNDERGROUND MINES

Nguyen Tien Sy, Ha Thi Chuc, Tong Ngoc Anh, Trinh Bien Thuy

ABSTRACT

Real Time Locating System (RTLS) using ultra-wideband technology (UWB) is widely used to manage and monitor the operation of machines, equipment and people, serving the maintenance and repair of equipment and emergency rescue for people when an accident occurs. The paper presents research results on UWB technology and successfully builds in the laboratory a model of RTLS system that can be applied in underground mines.

Keywords: *Real Time Locating System (RTLS), ultra-wideband technology (UWB)*

Ngày nhận bài: 6/6/2022;

Ngày gửi phản biện: 10/6/2022;

Ngày nhận phản biện: 5/7/2022;

Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2022.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*