

PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH VỊ DỰA TRÊN KẾT QUẢ ĐỊNH HƯỚNG VÀ THÔNG TIN TIỀN NGHIỆM ĐỊA HÌNH

THE POSITIONING METHOD BASED ON THE DIRECTION OF ARRIVAL MEASURED AND APRIORI TOPOGRAPHIC INFORMATION

Nguyễn Tuấn Minh^{1,*},
Lê Thanh Hải¹, Nguyễn Trọng Lưu²

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một phương pháp định vị nguồn bức xạ vô tuyến trong điều kiện địa hình không có tín hiệu LOS (Line Of Sight) khi xét đến hiện tượng phản xạ tín hiệu. Sự phản xạ xảy ra tại bề mặt phẳng, được tính toán theo công thức Fresnel với góc phản xạ và góc tới có giá trị bằng nhau. Sử dụng mô hình phản xạ này, giải pháp định vị được thực hiện dựa trên việc xác định các góc phương vị theo đường vô tuyến từ nguồn bức xạ tới mặt phản xạ, từ mặt phản xạ tới máy thu và góc phương vị của pháp tuyến mặt phản xạ. Vị trí mặt phản xạ được xem xét theo các mô hình khác nhau trong hệ tọa độ xoy. Các kết quả lý thuyết được kiểm chứng thông qua mô phỏng trên phần mềm Matlab.

Từ khóa: Góc phương vị, pháp tuyến mặt phản xạ, nguồn bức xạ vô tuyến, máy thu.

ABSTRACT

The paper proposes a method for locating a radio radiation source in the absence of Line Of Sight (LOS) signal reception considering the reflection phenomena. This reflection occur at the flat surface, which is calculated according to the Fresnel formulas, with incident and reflected angles being equal to each other. Using this reflection model, the localization solution is done based on the azimuths measured in radio links from the radio radiation source to the reflector, from the reflector to the receiver and the azimuth of the normal of reflector. The position of reflector is considered according to the different modes in xoy coordinate. The theoretical results are verified through simulation on Matlab software.

Keywords: Azimuth, Normal Of Reflector, Radio Radiation Source, Receiver.

¹Viện Điện tử, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

²Phòng Đào tạo, Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: ntminh.telecom@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/2/2019

Ngày nhận bài sửa: 08/4/2019

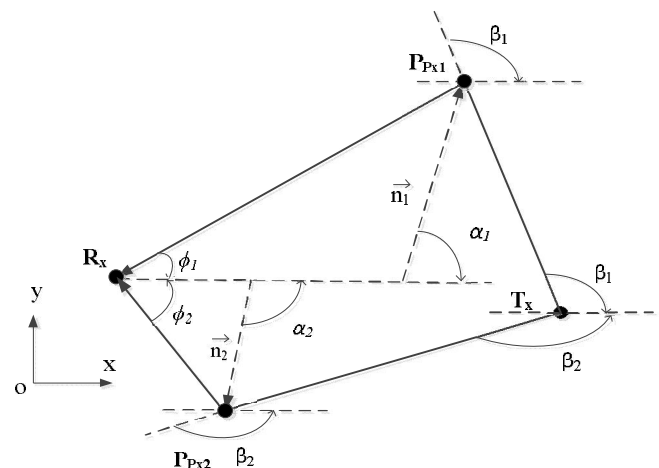
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2019

1. GIỚI THIỆU

Trong các bài toán định vị, hai môi trường truyền sóng vô tuyến cần được xét đến là có tín hiệu LOS hoặc NLOS (None Line Of Sight). Các phương pháp, thuật toán sử dụng tín hiệu LOS đã được nghiên cứu nhiều như: RSSI (Received Signal

Strength Indication) [1], AOA (Angle of Arrival) [2], TOA (Time of Arrival) [3], TDOA (Time Difference of Arrival) [4], RSSI-DOA (Received Signal Strength Indication - Direction Of Arrival) [5]. Theo đó, môi trường truyền tín hiệu phải đáp ứng điều kiện không có vật cản giữa nguồn bức xạ và máy thu hoặc sự ảnh hưởng của vật cản lên tín hiệu vô tuyến là không đáng kể. Trong trường hợp NLOS, kết quả định vị không đảm bảo độ chính xác do ảnh hưởng của vật cản đến cường độ tín hiệu là rất lớn. Đã có một số các công trình nghiên cứu nhằm giải bài toán định vị trong địa hình có cả tín hiệu LOS và NLOS [6-7]. Với địa hình chỉ có tín hiệu NLOS, phần lớn các tín hiệu thu được tại máy thu là do hiện tượng phản xạ và tán xạ [8]. Phương pháp định vị sử dụng tín hiệu tán xạ và phản xạ đã được đề cập trong nghiên cứu [9], trong đó sử dụng mô hình truyền tín hiệu kết hợp với kỹ thuật đo chỉ số cường độ tín hiệu (RSSI) theo độ suy hao tín hiệu (Pathloss). Trong thực tế, thông tin tiên nghiệm về công suất phát, tần số hoạt động, dạng điều chế tín hiệu... của nguồn bức xạ có thể không biết trước nên việc định vị dựa vào các tham số này vẫn là một khó khăn lớn. Với bối cảnh đó, bài báo sẽ trình bày phương pháp định vị đề xuất trong điều kiện chỉ có tín hiệu NLOS dựa trên kết quả định hướng và thông tin tiên nghiệm địa hình.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT



Hình 1. Mô hình địa hình trong trường hợp có hai tín hiệu NLOS

Hình 1 biểu diễn mô hình truyền tín hiệu bị che khuất hoàn toàn bởi yếu tố địa hình trong hệ tọa độ xOy với véc tơ Ox là đường phương vị chuẩn (có góc phương vị bằng không) chung đối với tất cả các góc. Xét một nguồn bức xạ đặt tại vị trí cố định T_x có tọa độ (x_{Tx}, y_{Tx}) phát tín hiệu tới hai bề mặt phản xạ tương ứng với hai góc phương vị là β_1 và β_2 . Giả thiết các bề mặt phản xạ là phẳng có kích thước đủ lớn để thỏa mãn điều kiện phản xạ và các tín hiệu tới máy thu chỉ đến từ một nguồn bức xạ duy nhất. Ngoài ra, trong phạm vi nghiên cứu chỉ xét đến trường hợp một lần phản xạ tín hiệu. Gọi α_1 và α_2 lần lượt là các góc phương vị của véc tơ pháp tuyến \vec{n}_1 và \vec{n}_2 . Giả sử máy thu tại vị trí R_x có tọa độ (x_{Rx}, y_{Rx}) thu nhận được tối thiểu hai tín hiệu đến từ hai bề mặt phản xạ với các góc phương vị tương ứng là ϕ_1 và ϕ_2 .

Gọi P_{Px1} và P_{Px2} là hai điểm phản xạ có tọa độ là (x_{Px1}, y_{Px1}) và (x_{Px2}, y_{Px2}) . Khi đó:

$$\frac{y_{Tx} - y_{Px1}}{x_{Tx} - x_{Px1}} = \tan(\beta_1) \tag{1}$$

$$\frac{y_{Tx} - y_{Px2}}{x_{Tx} - x_{Px2}} = \tan(\beta_2) \tag{2}$$

Hệ phương trình (1) và (2) gồm hai tham số β_1 và β_2 chưa biết nên không thể tìm được nghiệm duy nhất. Tuy nhiên, với thông tin tiên nghiệm địa hình đã biết thì hoàn toàn có thể xác định được các tham số α_1 và α_2 . Theo cách tiếp cận này, nghiên cứu thực hiện tính toán khi xem xét tất cả các trường hợp địa hình và thu được kết quả như sau:

$$\beta_1 = 2\alpha_1 - \phi_1 \tag{3}$$

$$\beta_2 = 2\alpha_2 - \phi_2 \tag{4}$$

Do đó:

$$\frac{y_{Tx} - y_{Px1}}{x_{Tx} - x_{Px1}} = \tan(2\alpha_1 - \phi_1) \tag{5}$$

$$\frac{y_{Tx} - y_{Px2}}{x_{Tx} - x_{Px2}} = \tan(2\alpha_2 - \phi_2) \tag{6}$$

Thực hiện biến đổi phương trình (5) và (6) thu được:

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{B} \tag{7}$$

Trong đó:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_{Px1} \\ x_{Px2} \end{bmatrix} \tag{8}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \tan(2\alpha_1 - \phi_1) & -1 \\ \tan(2\alpha_2 - \phi_2) & -1 \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \tan(2\alpha_1 - \phi_1)x_{Px1} - y_{Px1} \\ \tan(2\alpha_2 - \phi_2)x_{Px2} - y_{Px2} \end{bmatrix} \tag{10}$$

Với:

$$y_{Px1} = y_{Rx} + \tan(\phi_1)(x_{Px1} - x_{Rx}) \tag{11}$$

$$y_{Px2} = y_{Rx} + \tan(\phi_2)(x_{Px2} - x_{Rx}) \tag{12}$$

Nhận thấy rằng, tọa độ nguồn bức xạ phụ thuộc vào bộ tham số $(\phi_1, \phi_2, \alpha_1, \alpha_2, x_{Rx}, y_{Rx}, x_{Px1}, x_{Px2})$.

Trong đó:

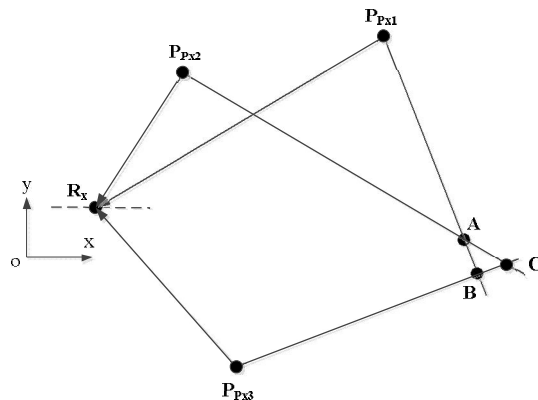
ϕ_1 và ϕ_2 xác định được nhờ sử dụng máy thu định hướng.

x_{Rx} và y_{Rx} xác định được nhờ sử dụng thiết bị định vị.

$\alpha_1, \alpha_2, x_{Px1}, x_{Px2}$ xác định được dựa trên mô hình địa hình cụ thể.

Trong trường hợp có nhiều hơn hai tín hiệu phản xạ tới máy thu như miêu tả trong hình 2 thì tọa độ điểm bức xạ vô tuyến có thể là ba điểm A, B hoặc C. Để khắc phục hiện tượng đa trị này có thể sử dụng một số các biện pháp như sau:

- Sử dụng thông tin nghiệm về vị trí nguồn bức xạ.
- Sử dụng phương pháp dự đoán để loại trừ các tọa độ không phù hợp trên mô hình địa hình.
- Sử dụng phương pháp lấy trọng tâm giữa các điểm để xác định tọa độ gần đúng.



Hình 2. Mô hình địa hình trong trường hợp có ba tín hiệu NLOS

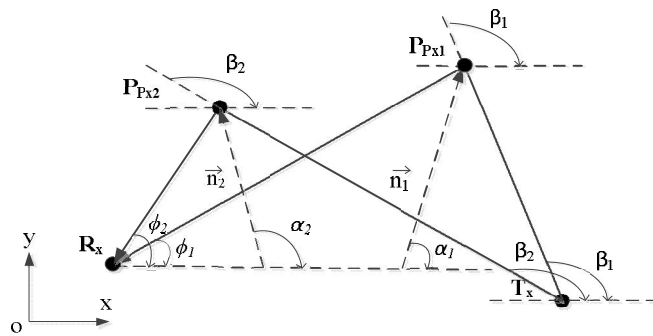
3. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Nhằm kiểm chứng các kết quả lý thuyết, bài báo thực hiện mô phỏng với một số các mô hình địa hình như sau:

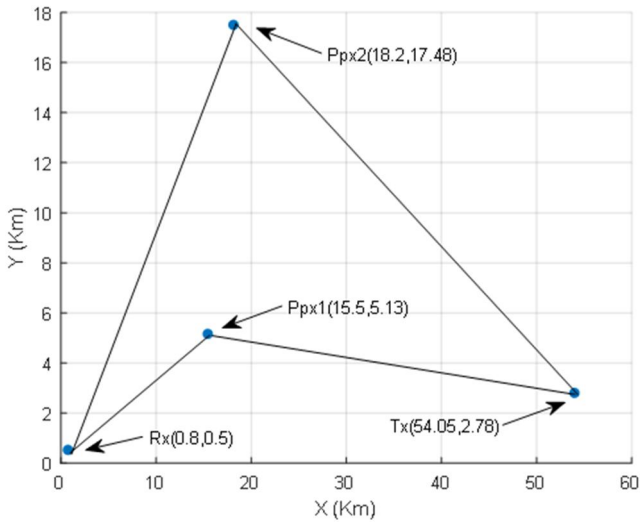
Địa hình 1: Hai điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ nhất của hệ tọa độ xOy như trong hình 3. Các tham số đầu vào tương ứng với địa hình này được trình bày trong bảng 1. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trong hình 4.

Bảng 1. Bảng tham số dạng địa hình 1

Tham số	Giá trị	Ý nghĩa
ϕ_1	17,5	Góc phương vị 1 tại máy thu (độ)
ϕ_2	44,3	Góc phương vị 2 tại máy thu (độ)
α_1	7	Góc phương vị của pháp tuyến \vec{n}_1 (độ)
α_2	11	Góc phương vị của pháp tuyến \vec{n}_2 (độ)
x_{Px1}	15,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 1 (km)
x_{Px2}	18,2	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 2 (km)
(x_{Rx}, y_{Rx})	(0,8; 0,5)	Tọa độ máy thu (km)



Hình 3. Mô hình địa hình lý thuyết dạng địa hình 1

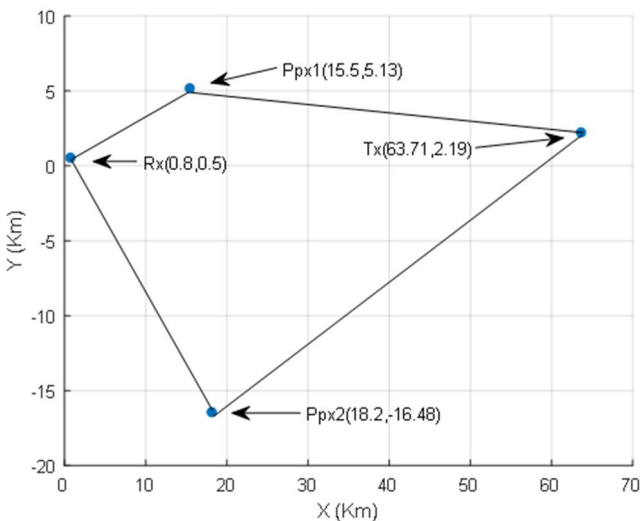


Hình 4. Kết quả định vị tương ứng với dạng địa hình 1

Địa hình 2: Một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ nhất và một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ hai của hệ tọa độ xOy như trong hình 1. Các tham số tương ứng với dạng địa hình này được trình bày trong bảng 2. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trong hình 5.

Bảng 2. Bảng tham số dạng địa hình 2

Tham số	Giá trị	Ý nghĩa
ϕ_1	17,5	Góc phương vị 1 tại máy thu (độ)
ϕ_2	-44,3	Góc phương vị 2 tại máy thu (độ)
α_1	7	Góc phương vị của pháp tuyến n_1 (độ)
α_2	-11	Góc phương vị của pháp tuyến n_2 (độ)
x_{px1}	15,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 1 (km)
x_{px2}	18,2	Tọa độ theo phương x phản xạ 2 (km)
(x_{Rx}, y_{Rx})	(0,8; 0,5)	Tọa độ máy thu (km)



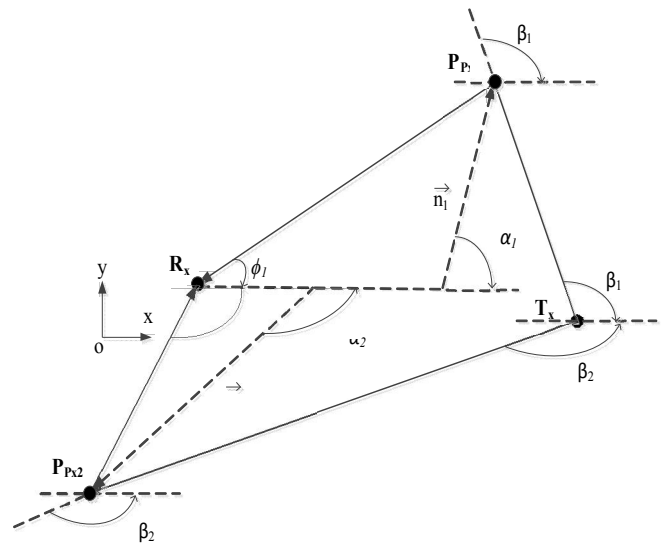
Hình 5. Kết quả định vị tương ứng với dạng địa hình 2

Địa hình 3: Một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ nhất và một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ ba của hệ tọa độ xOy như trong hình 6. Các tham số đối với

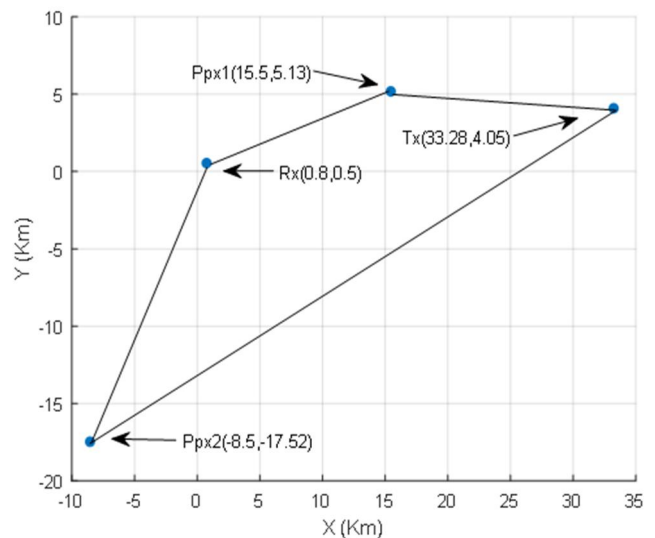
dạng địa hình này được trình bày trong bảng 3. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trong hình 7.

Bảng 3. Bảng tham số dạng địa hình 3

Tham số	Giá trị	Ý nghĩa
ϕ_1	17,5	Góc phương vị 1 tại máy thu (độ)
ϕ_2	-117,3	Góc phương vị 2 tại máy thu (độ)
α_1	7	Góc phương vị của pháp tuyến n_1 (độ)
α_2	-135	Góc phương vị của pháp tuyến n_2 (độ)
x_{px1}	15,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 1 (km)
x_{px2}	-8,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 2 (km)
(x_{Rx}, y_{Rx})	(0,8; 0,5)	Tọa độ máy thu (km)



Hình 6. Mô hình địa hình lý thuyết với dạng địa hình 3

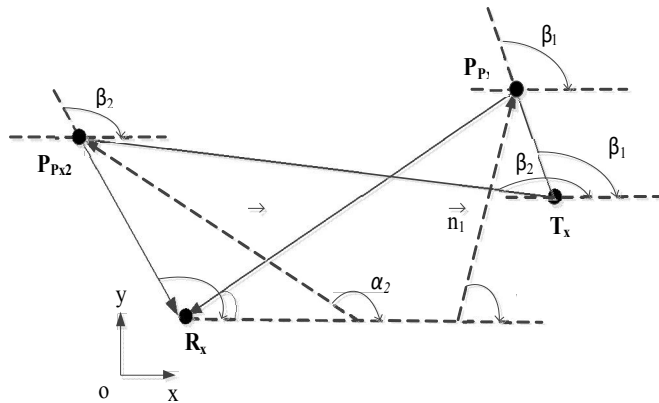


Hình 7. Kết quả mô phỏng với địa hình 3

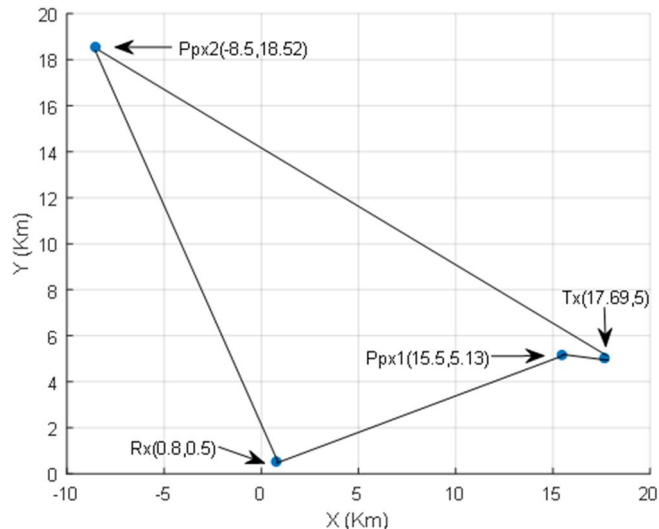
Địa hình 4: Một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ nhất và một điểm phản xạ nằm trong góc phần tư thứ tư của hệ tọa độ xOy như biểu diễn ở hình 8. Các tham số tương ứng với dạng địa hình này được trình bày trong bảng 4. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trong hình 9.

Bảng 4. Bảng tham số dạng địa hình 4

Tham số	Giá trị	Ý nghĩa
ϕ_1	17,5	Góc phương vị 1 tại máy thu (độ)
ϕ_2	117,3	Góc phương vị 2 tại máy thu (độ)
a_1	7	Góc phương vị của pháp tuyến n_1 (độ)
a_2	135	Góc phương vị của pháp tuyến n_2 (độ)
x_{Px1}	15,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 1 (km)
x_{Px2}	-8,5	Tọa độ theo phương x điểm phản xạ 2 (km)
(x_{Rx}, y_{Rx})	(0,8; 0,5)	Tọa độ máy thu (km)



Hình 8. Mô hình địa hình lý thuyết với địa hình 4



Hình 9. Kết quả định vị tương ứng với dạng địa hình 4

Nhận thấy rằng, kết quả mô phỏng phù hợp với kết quả lý thuyết trong cả bốn dạng địa hình khác nhau. Điều này chứng tỏ rằng phương pháp đề xuất đã xác định thành công tọa độ nguồn bức xạ trong điều kiện địa hình chỉ có tín hiệu NLOS. Trong trường hợp này, một máy thu cần đáp ứng một số yêu cầu cơ bản sau:

- Sử dụng thiết bị định hướng và định vị tọa độ máy thu có độ chính xác cao.
- Có khả năng lưu trữ bộ dữ liệu tham số địa hình.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một phương pháp định vị mới dựa trên việc xác định các góc phương vị trong trường hợp địa hình chỉ có tín hiệu NLOS. Phương pháp này đã cung cấp một giải pháp để giải bài toán định vị với điều kiện gần như bất định thông tin tiên nghiệm nguồn bức xạ vô tuyến. Điểm nổi bật của phương pháp đề xuất là sử dụng thông tin tiên nghiệm địa hình để tính toán góc phương vị của pháp tuyến bề mặt phản xạ, từ đó xác định góc phương vị của tín hiệu tới bề mặt phản xạ. Các kết quả phân tích lý thuyết và mô phỏng cho thấy phương pháp đề xuất có khả năng định vị tốt trong điều kiện sử dụng các thuật toán định hướng có chất lượng cao và xây dựng bộ tham số địa hình chính xác. Đề xuất này phù hợp với các ứng dụng định vị nói chung và trình sát thụ động các mục tiêu bức xạ vô tuyến nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. L. Konrad and W. Matt, 2007. *A Robust, decentralized approach to RF-Based Location Tracking*. Personal and Ubiquitous Computing, vol. 11, no. 6, pp. 489-503.
- [2]. L. Girod, M. Lukac, V. Trifa and D. Estrin, 2006. *The Design and Implementation of a Self-Calibrating Distributed Acoustic Sensing Platform*. Proc. Fourth Int'l Conf. Embedded Networked Sensor Systems, pp. 71-84.
- [3]. P. Goud, A. Sesay and M. Fattouche, 1991. *A Spread Spectrum Radiolocation Technique and Its Application to Cellular Radio*. Proc. IEEE Pacific Rim Conf. Comm., Computers and Signal Processing, vol. 2, pp. 661-664.
- [4]. B. Jin, X. Xu and T. Zhang, 2018. *Robust Time-Difference-of-Arrival (TDOA) Localization Using Weighted Least Squares with Cone Tangent Plane Constraint*. Sensors, 18, 778.
- [5]. F. Dai, Y. Liu and L. Chen, 2012. *A Hybrid Localization Algorithm for Improving Accuracy Based on RSSI/AOA in Wireless Network*. International Conference on Computer Science & Service System (CSSS).
- [6]. S. Venkatraman and J. Caffery, 2002. *Location using LOS range estimation in NLOS environments*. Vehicular Technology Conference, IEEE 55th, vol. 2, pp. 856 – 860.
- [7]. J. Schroeder, S. Galler, K. Kyamakya and K. Jobmann, 2007. *NLOS detection algorithms for ultra-wideband localization*. 4th Workshop on Positioning, Navigation and Communication, pp. 159 – 166.
- [8]. S. Wielandt and L. Strycker, 2017. *Indoor Multipath Assisted Angle of Arrival Localization*. Sensors 2017, 17, 2522.
- [9]. S. M. M. Dehghan, S. Haidari and H. Mordi, 2015. *Toward aerial simultaneous target localization and obstacle estimation using RSSI observations*. 3rd RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (ICROM), Tehran, pp. 517 – 522.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Tuan Minh¹, Le Thanh Hai¹, Nguyen Trong Luu²

¹Institute of Electronics/Military Institute of Technology and Science, Vietnam

²Department of Training, Le Quy Don Technical University