

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

---



**NGUYỄN HỒNG THỦY**

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KỸ THUẬT  
ĐỊNH VỊ THIẾT BỊ DI ĐỘNG THỂ HỆ THỨ TƯ  
VÀ ỨNG DỤNG CHO CÔNG TÁC AN NINH**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật viễn thông**

Mã số: **9.52.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT VIỄN THÔNG**

**HÀ NỘI 10- 2023**

Công trình được hoàn thành tại:

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TS. Lê Nhật Thăng
2. TS. Hồ Văn Canh

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Học viện họp tại:

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

Vào hồi    giờ    ngày    tháng    năm 2023

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Quốc gia.
2. Thư viện Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

## MỞ ĐẦU

### Tính cấp thiết của đề tài luận án

Định vị điện thoại di động có tầm quan trọng và ý nghĩa to lớn, thiết thực trong phát triển của công nghệ viễn thông, kinh tế - xã hội, quốc phòng - an ninh. Khi thiết lập mạng viễn thông di động, kỹ thuật định vị đã được áp dụng để mạng di động xác định được vị trí của thuê bao và phục vụ. Trong quốc phòng và an ninh, định vị di động đặc biệt cần thiết cho thông tin chỉ huy, điều hành; thông tin khẩn cấp và cứu hộ cứu nạn; giám sát an ninh công cộng, phòng chống tội phạm và nhiều hoạt động khác. Do vậy, kỹ thuật, công nghệ và các ứng dụng của định vị di động là lĩnh vực luôn được quan tâm nghiên cứu, phát triển. Qua nghiên cứu và khảo sát thực tế, luận án nhận thấy rằng, mặc dù đã có một số giải pháp kỹ thuật định vị di động nhưng hiện chưa có giải pháp kỹ thuật nào là hiệu quả đối với yêu cầu định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư (4G) cho công tác an ninh an ninh.

Do vậy, vấn đề cấp thiết hiện nay là nghiên cứu, tìm hiểu một giải pháp kỹ thuật hiệu quả để định vị thiết bị di động 4G và nghiên cứu mô hình hệ thống kỹ thuật ứng dụng cho công tác an ninh. Vì vậy, đề tài luận án tiến sĩ ***“Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư và ứng dụng cho công tác an ninh”*** là thực sự cần thiết.

*(Trong Tóm tắt luận án và Quyển luận án đầy đủ, các khái niệm Thiết bị di động, điện thoại di động, máy di động hoặc thiết bị người dùng; kỹ thuật hoặc công nghệ định vị; định vị thiết bị di động, điện thoại di động hay định vị di động có thể coi là đồng nhất và được sử dụng tùy ngữ cảnh).*

## **Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

\*Mục tiêu của đề tài luận án là nghiên cứu, đề xuất giải pháp kỹ thuật có hiệu quả, từ đó xây dựng được mô hình tổng thể hệ thống kỹ thuật định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư và ứng dụng cho công tác an ninh.

\* Đề tài luận án xác định các đối tượng nghiên cứu và giới hạn phạm vi nghiên cứu vào **4 vấn đề trọng tâm sau**:

(1) Cơ sở khoa học, lý thuyết, các nguyên lý kỹ thuật, công nghệ định vị di động và một số kỹ thuật, công nghệ liên quan, gồm: thu thập, xây dựng cơ sở dữ liệu định vị đa nguồn; cải thiện độ chính xác định vị; phân lớp, xác định đối tượng; bảo mật chuyên giao kết quả định vị và trạm gốc giả lập thu thập tham số IMSI/IMEI.

(2) Đề xuất giải pháp kỹ thuật định vị nhằm nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động.

(3) Đề xuất mô hình tổng thể hệ thống kỹ thuật định vị thiết bị di động thứ tư và ứng dụng cho công tác an ninh.

(4) Thực nghiệm một số kỹ thuật, bao gồm: thu thập, xây dựng cơ sở dữ liệu Cell-ID từ nguồn mở; cải tiến, mở rộng thuật toán định vị TOA, AOA; giả lập trạm gốc thu thập tham số IMSI/IMEI hỗ trợ tìm kiếm, định vị đối tượng

### **Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

- Góp phần phát triển, ứng dụng tiến bộ của khoa học kỹ thuật vào công tác đảm bảo an ninh, trật tự. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng để thiết kế, xây dựng một hệ thống kỹ thuật quan trọng phục vụ công tác. Đồng thời, nội dung luận án cũng có thể làm tài liệu tham khảo, bổ sung giáo trình đào tạo, bồi dưỡng.

- Đề tài luận án vừa mang tính chất khoa học, kỹ thuật chuyên ngành định vị di động, vừa mang tính mới là đề xuất giải pháp kỹ thuật, mô hình hệ thống định vị thiết bị di động nhằm “nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư” và “ứng dụng cho công tác an ninh”, trong điều kiện thực tế hiện nay và có thể mở rộng, phát triển trong tương lai. Đó là các đóng góp chính mà đề tài luận án đặt ra.

### **Bố cục của luận án**

Nội dung luận án được trình bày trong 4 chương, ngoài phần mở đầu và kết luận. Trong đó, Chương 1 trình bày Tổng quan về định vị di động, Chương 2 và Chương 3 là hai đóng góp chính của luận án (giải pháp kỹ thuật, mô hình hệ thống) và Chương 4 trình bày về một số thực nghiệm minh chứng giải pháp kỹ thuật, mô hình tổng thể hệ thống đã đề xuất.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ĐỊNH VỊ DI ĐỘNG**

### **1.1. Khái quát về định vị di động và các ứng dụng**

Theo vết (định vị) điện thoại di động là việc xác định vị trí hoặc địa điểm của một máy điện thoại di động khi nó cố định hoặc di chuyển. Hiện nay, khi mạng di động 4G phổ biến, một thiết bị đầu cuối 4G có thể hoạt động được ở nhiều chế độ khác nhau, và bài toán định vị thiết bị di động đó cũng sẽ khác nhau đối với từng thiết lập hoạt động. Đồng thời, mỗi ứng dụng của việc định vị thiết bị di động 4G cho nhà mạng, nhà cung cấp dịch vụ giá trị gia tăng, doanh nghiệp, các cơ quan quản lý Nhà nước, cứu hộ cứu nạn, an ninh, quốc phòng cũng sẽ khác nhau.

## **1.2. Các nghiên cứu, lý giải trước đây về định vị di động**

### **1.2.1. Các nguyên lý kỹ thuật định vị di động**

Nguyên lý kỹ thuật để xác định vị trí một điện thoại di động có thể dựa trên các nền tảng sau đây: trên cơ sở mạng; trên cơ sở máy cầm tay; trên nền tảng của SIM di động; theo vị trí của điểm cung cấp Wifi; và trên cơ sở kỹ thuật định vị lai ghép. Đối với mỗi thể hệ mạng di động và tính chất của thiết bị di động, về nguyên lý, sẽ sử dụng kỹ thuật định vị tương ứng hoặc lai ghép các kỹ thuật trên với nhau.

### **1.2.2. So sánh các kỹ thuật định vị di động**

Kết quả so sánh hai kỹ thuật định vị di động cơ bản (trên cơ sở mạng và trên cơ sở máy cầm tay) với các tiêu chí: độ chính xác, độ trễ, độ tin cậy, độ khả dụng và khả năng áp dụng chỉ ra rằng không có nguyên lý nào hiệu quả cho mọi trường hợp áp dụng và cần tìm ra giải pháp kỹ thuật mới, có hiệu quả.

## **1.3. Các yêu cầu định vị di động của công tác an ninh**

Yêu cầu định vị di động của công tác an ninh là rất quan trọng và đa dạng, bao gồm yêu cầu xác định vị trí, truy vết đường đi và tìm các mối liên quan. Yêu cầu xác định vị trí hẹp dần phạm vi từ mức quốc gia, vùng lãnh thổ, khu vực rộng, phạm vi hẹp đến tầm gần.

## **1.4. Tình hình nghiên cứu liên quan, những tồn tại, một số vấn đề cần nghiên cứu và hướng giải quyết**

Qua khảo sát các công trình nghiên cứu khoa học trong và ngoài nước, NCS nhận thấy:

- Chưa tìm thấy tài liệu nào công bố về công trình nghiên cứu tổng quát hoặc cụ thể giải pháp kỹ thuật định vị thiết bị di động 4G ứng dụng cho an ninh.

- Các nghiên cứu khoa học hiện có chỉ giải quyết được các vấn đề kỹ thuật chung về định vị di động, trong đó có định vị di động 4G/LTE; một số nghiên cứu về một trong những phương pháp giải bài toán cụ thể về định vị 4G/LTE.

Do vậy, NCS xác định luận án cần tập trung giải quyết:

-Nghiên cứu về các nguyên lý kỹ thuật định vị di động để tìm ra giải pháp có hiệu quả định vị thiết bị di động 4G trong điều kiện thực tế.

-Nghiên cứu đề xuất mô hình hệ thống kỹ thuật tổng thể để định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư và ứng dụng cho công tác an ninh.

-Nghiên cứu cách thức để phân loại, xác định một đối tượng để áp dụng đúng nguyên lý kỹ thuật, thuật toán định vị.

- Nghiên cứu giải pháp thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, tích lũy dữ liệu để nâng cao hiệu quả định vị; thực nghiệm thu thập dữ liệu Cell-ID từ nguồn mở.

- Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật và thực nghiệm cải thiện độ chính xác của một số kỹ thuật định vị.

- Nghiên cứu cách thức bảo mật để chuyển giao, khai thác kết quả định vị cho các mục đích khác nhau.

- Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật và thực nghiệm thu thập tham số IMSI/IMEI, hỗ trợ tìm kiếm, định vị chính xác đối tượng.

## **1.5. Kết luận chương 1**

Chương 1 của luận án đã nêu các luận giải tổng quan, cơ bản về các vấn đề nghiên cứu, trong đó đã xác định được mục tiêu và phạm vi của đề tài luận án; những định nghĩa, khái niệm, các thông tin, tầm quan trọng và ý nghĩa của vấn đề nghiên cứu mà đề tài luận án đặt ra; nghiên cứu tổng quan và so sánh các nguyên lý kỹ thuật định vị. Các kết quả nghiên cứu của Chương 1 là cơ sở cho đề xuất giải pháp kỹ thuật ở Chương 2; đề xuất mô hình hệ thống kỹ thuật và ứng dụng cho công tác an ninh ở Chương 3; thực nghiệm minh chứng giải pháp, mô hình hệ thống ở Chương 4.

## **CHƯƠNG 2. GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ ĐỊNH VỊ THIẾT BỊ DI ĐỘNG**

### **2.1. Xác định các yêu cầu cụ thể của bài toán định vị**

Phần mở đầu của Chương 2 lập các yêu cầu cụ thể của bài toán định vị thiết bị di động thể hệ thứ tư phục vụ công tác an ninh, gồm các yêu cầu về tính năng, các loại đầu vào dữ liệu định vị và dữ liệu tham chiếu cần thiết, các đầu ra dữ liệu định vị và định dạng của nó.

### **2.2. Giải pháp kỹ thuật tổng thể**

Trên cơ sở các yêu cầu cụ thể của bài toán đã đặt ra, luận án đề xuất giải pháp kỹ thuật định vị trên cơ sở kết hợp xử lý đa dạng nguồn dữ liệu nhằm nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động. Giải pháp kỹ thuật tổng thể bao gồm:

#### **2.2.1. Giải pháp nguyên lý kỹ thuật định vị lỗi**

Giải pháp kỹ thuật “**Hệ thống định vị lai ghép tiên tiến**” để định vị thiết bị di động ứng dụng cho công tác an ninh bằng cách



tiếp cận vị trí từ không chỉ lai ghép hai kỹ thuật định vị dựa trên mạng và định vị dựa trên máy cầm tay với các mạng GSM, 4G-LTE mà còn sử dụng cả định vị dựa trên SIM, trên Wifi, Wimax, trong đó thu thập và phân tích cả các dữ liệu IP Address và dữ liệu môi trường mạng mà nó truy cập, liên lạc.

### **2.2.2. Giải pháp xây dựng cơ sở dữ liệu định vị đa nguồn.**

Xây dựng cơ sở dữ liệu lớn, đa nguồn bằng “nền tảng dữ liệu mở” để phục vụ bài toán định vị. Nền tảng dữ liệu mở cho phép hệ thống định vị thu thập, kết hợp xử lý đa dạng nguồn dữ liệu định vị và dữ liệu tham chiếu; có cấu trúc hoặc không có cấu trúc; trực tuyến và không trực tuyến; xử lý khối lượng lớn dữ liệu; làm giàu dữ liệu; áp dụng các công nghệ tiên tiến như học máy, trí tuệ nhân tạo để xử lý, định vị ngày càng có hiệu quả hơn; cung cấp cho nhiều mục đích của bài toán định vị.

Trên cơ sở tham khảo các tài liệu, căn cứ vào yêu cầu thực tế, giải pháp đã tổng hợp và thống kê các cơ sở dữ liệu định vị đa nguồn cụ thể, khả dụng cần thu thập và xử lý.

### **2.2.3. Giải pháp cải thiện độ chính xác định vị**

Cải tiến, mở rộng các thuật toán của nguyên lý kỹ thuật định vị ToA, AoA để cải thiện độ chính xác định vị. Đồng thời, áp dụng kỹ thuật định vị UTDaA để nâng cao độ khả dụng và độ chính xác định vị.

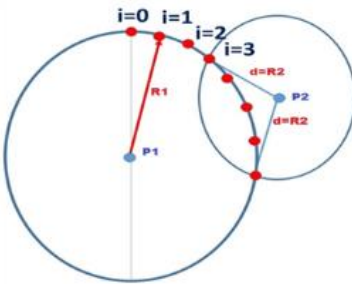
*(Do hạn chế độ dài tóm tắt luận án, sau đây NCS xin trình bày cụ thể một giải pháp kỹ thuật).*

### 2.2.3.1. Cải thiện độ chính xác định vị trong kỹ thuật ToA, AoA:

#### a. Cải tiến thuật toán

NCS đã nghiên cứu cải tiến một số thuật toán định vị ToA, AoA có sẵn để có thể lập trình được các API tính toán vị trí ngày càng chính xác hơn.

Thuật toán cải tiến được mô tả như hình sau:



Hình 2.1. Mô tả thuật toán xác định tọa độ điểm cắt nhau của hai vòng tròn trong hệ tọa độ địa lý

Trong hệ tọa độ địa lý, cho 2 vòng tròn có tâm tại  $P_1$  và  $P_2$  và bán kính lần lượt là  $R_1$ ,  $R_2$ . Giả sử 2 vòng tròn cắt nhau tại 2 điểm, ta cần xác định tọa độ của 2 điểm cắt nhau này. Tại tâm của 1 trong 2 vòng tròn, giả sử tại  $P_1$ , ta có một vector và độ dài vector bằng bán kính  $R_1$ , ta sẽ cho vector quay quanh tâm  $P_1$ , với mỗi bước nhảy  $\epsilon$  dương, đủ nhỏ, ở đây ta chọn  $\epsilon=0.1$ , như thế, sau mỗi bước nhảy, sẽ có một điểm trên vòng tròn là điểm dừng của vector, đó chính là các điểm  $i=0, i=1, i=2 \dots v.v.$

Tại mỗi điểm dừng thứ  $i$ , ta hãy kiểm tra khoảng cách từ tọa độ của điểm  $i$  đến tâm của vòng tròn còn lại, đó chính là  $P_2$ , giả sử khoảng cách đó là  $d$  và bằng  $R_2$ , khi đó, tọa độ của  $i$  chính là tọa độ của điểm cắt nhau thứ nhất. Trên hình minh họa, tại điểm  $i=3$ , ta có  $d=R_2$ , do đó, tọa độ tại  $i=3$  chính là tọa độ của điểm cắt nhau thứ nhất. Sau đó, vector tiếp tục quay và quá trình kiểm

tra  $d=R2$  lại tiếp tục. Đến  $i=7$ , ta lại có  $d=R2$ , khi đó tọa độ  $i=7$  chính là tọa độ của điểm cắt nhau thứ 2.

Sau đây là code giả mã để minh họa thuật toán nói trên:

```

i=0;
alpha=0;(alpha là góc quay)
ε=0.1
While (alpha<360)
{
Pi= coordinate(R1,alpha);
d= distance(Pi,P2)
if(d=R2)
{
Intersection =Pi
if (getIntersectionPoint(1) == null)
getIntersectionPoint(1) =Pi
else
getIntersectionPoint(2) =Pi
}
else
{
i =i + 1;
alpha=i*ε;
}
}

```

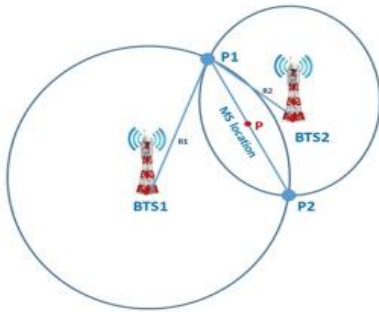
Việc cải tiến thuật toán đã giúp tính toán chính xác vị trí thiết bị di động trên hệ tọa độ địa lý.

### ***b. Mở rộng thuật toán:***

Theo nguyên lý kỹ thuật định vị, điểm cắt nhau của 3 vòng tròn chính là tọa độ của thiết bị di động. Đây là một trường hợp đặc biệt, khi mà thiết bị di động ở đúng vị trí của 3 vòng tròn cắt nhau. Trong thực tế, do sai số của phép đo mà các vòng tròn thường cắt nhau tại nhiều điểm. Do đó, để xác định tọa độ của thiết bị di động ta cần xác định tọa độ của tất cả các điểm cắt nhau, sau đó, vị trí của thiết bị di động sẽ được xác định nằm trong vùng tạo bởi các điểm cắt nhau.

Có 2 trường hợp:

(1). Trường hợp chỉ có 2 trạm gốc và 2 vòng tròn cắt nhau tại 2 điểm:



Hình 2.2. Mô tả trường hợp chỉ có 2 trạm gốc và 2 vòng tròn cắt nhau tại 2 điểm

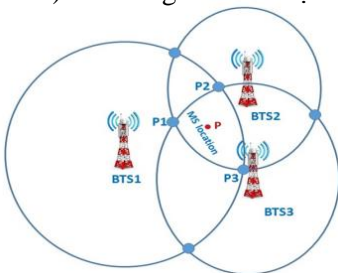
Trong trường hợp này, tọa độ của thiết bị di động nhiều khả năng ở tại điểm P là trung điểm của đoạn thẳng P1P2. Ta cần nghiên cứu tính tọa độ điểm P (trong hệ tọa độ địa lý).

Sau đây là thuật toán mở rộng theo các bước tính toán sau:

- Tính góc b (bearing) giữa hai tọa độ địa lý P1 và P2.
- Tính khoảng cách d là khoảng cách trung bình giữa 2 tọa độ P1 và P2.
- Sau khi tính được góc b và d tính tọa độ điểm P cho bởi tọa độ P1 và các giá trị b và d.

Tọa độ điểm P nhận được chính là tọa độ thiết bị di động.

(2). Trường hợp có nhiều trạm gốc hơn (có nhiều hơn 2 vòng tròn) và chúng cắt nhau tại nhiều điểm:



Hình 2.3. Mô tả trường hợp 3 vòng tròn cắt nhau tại nhiều điểm

Trong trường hợp này, cần tính tọa độ của tất cả các điểm cắt nhau và xác định vùng giao nhau của 3 vòng tròn, ở đây là vùng

tạo bởi 3 điểm P1, P2, P3 và tọa độ của thiết bị di động sẽ nằm ở giữa vùng giao này (điểm P).

Trên cơ sở nghiên cứu và tìm ra thuật toán đúng đắn dựa trên một nguyên lý kỹ thuật định vị, NCS đã cải thiện được độ chính xác định vị trong các trường hợp khác nhau. Việc tính được vị trí và cải thiện được độ chính xác của nó chính là mục tiêu của quá trình định vị thiết bị di động.

### **2.2.3.2. Giải pháp kỹ thuật U-TDoA để nâng cao độ khả dụng và độ chính xác định vị**

Trong nguyên lý kỹ thuật định vị ToA, một trong những kỹ thuật thường được sử dụng để nâng cao tính khả dụng và độ chính xác định vị là U-TDOA (Uplink Time Difference of Arrival). U-TDOA sử dụng nguyên lý tính toán chênh lệch thời gian đường lên bởi nhiều trạm gốc (BTS/eNB) để xác định vị trí của thiết bị di động (MS/UE). Các máy thu độ nhạy cao của các trạm gốc sẽ thu nhận tín hiệu đường lên từ thiết bị di động đến trạm gốc. Phép tính toán sẽ lấy sự chênh lệch thời gian đường lên của tín hiệu từ nhiều trạm gốc khác nhau để tính toán. Do vị trí của trạm gốc là cố định nên phép tính toán này sẽ ước tính được vị trí của thiết bị di động.

Kỹ thuật U-TDoA được ứng dụng rộng rãi trong các tình huống khẩn cấp, tìm kiếm cứu hộ cứu nạn, giám sát an ninh công cộng bởi các đặc điểm vượt trội về độ khả dụng và độ chính xác của nó

## **2.3. Nhận xét, đánh giá về giải pháp kỹ thuật được đề xuất**

Kết quả nghiên cứu đã xác định được giải pháp kỹ thuật “Hệ thống định vị lai ghép tiên tiến” trên cơ sở kết hợp đa dạng nguồn

dữ liệu, cải thiện độ chính xác, nâng cao độ khả dụng để nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động. Hiệu quả của giải pháp kỹ thuật sẽ thể hiện ở 4 đặc tính: <sup>(1)</sup>Tăng độ khả dụng, hữu ích; <sup>(2)</sup>Nâng cao độ chính xác; <sup>(3)</sup>Đáp ứng yêu cầu thực tiễn của cơ quan an ninh, trong thực trạng mạng di động hiện nay; <sup>(4)</sup>Nền tảng cho áp dụng công nghệ mới và sẵn sàng nâng cấp, mở rộng trong tương lai.

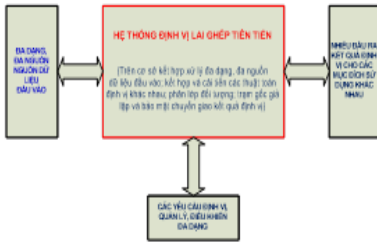
#### **2.4. Kết luận Chương 2**

Chương 2 đã nghiên cứu và đề xuất giải pháp kỹ thuật định vị (tổng thể) trên cơ sở kết hợp xử lý đa dạng nguồn dữ liệu, cải thiện độ chính xác trong kỹ thuật định vị ToA, AoA; ứng dụng kỹ thuật định vị UTD<sub>o</sub>A để nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động thể hệ thứ tư phục vụ công tác an ninh.

### **CHƯƠNG 3. MÔ HÌNH HỆ THỐNG KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ THIẾT BỊ DI ĐỘNG VÀ ỨNG DỤNG CHO CÔNG TÁC AN NINH**

#### **3.1. Mô hình kiến trúc tổng thể hệ thống định vị thiết bị di động**

Với yêu cầu ứng dụng giải pháp kỹ thuật “Hệ thống định vị lai ghép tiên tiến” trên cơ sở kết hợp đa dạng nguồn dữ liệu nhằm nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động và cung cấp đa dạng dữ liệu cho các đầu ra khác nhau, luận án đề xuất xây dựng hệ thống định vị thiết bị di động sử dụng phân lớp định vị, bảo mật và trạm gốc giả lập ứng dụng cho công tác an ninh với mô hình kiến trúc tổng thể như hình sau đây:



Hình 3.1. Sơ đồ kiến trúc tổng thể hệ thống định vị

### 3.2. Cấu trúc, chức năng hệ thống định vị thiết bị di động

Hệ thống định vị thiết bị di động theo mô hình kiến trúc tổng thể được đề xuất ở trên bao gồm các khối chức năng: các khối đầu vào dữ liệu định vị; các khối đầu vào yêu cầu định vị, quản lý và điều khiển hệ thống; trung tâm định vị và các khối đầu ra kết quả định vị. Sơ đồ cấu trúc chức năng hệ thống và hoạt động của nó được mô tả cụ thể trong luận án.

### 3.3. Hệ thống phân lớp xác định đối tượng

#### 3.3.1. Yêu cầu phân lớp, xác định đối tượng định vị

Theo logic lý thuyết toán học thông thường, nếu cần tìm một đối tượng trong hàng loạt đối tượng thì trước tiên phải phân loại các đối tượng thành các lớp, và tiếp tục tìm kiếm trong lớp đó đối tượng đáng ngờ có đặc trưng gần nhất và sau đó là tìm kiếm mối liên quan của các đặc trưng đó với nhau và với các đối tượng khác thì sẽ xác định được ngày càng chính xác đối tượng đó. Điều này là phù hợp với việc tìm kiếm, xác định một đối tượng định vị hoạt động trên môi trường di động 4G với khái niệm mới là “Thực thể”.

#### 3.3.2. Bài toán lý thuyết phân lớp

Để phân lớp (phân hoạch), trước hết ta phải xây dựng độ đo giữa các đối tượng và độ đo giữa một phần tử với một lớp các

đối tượng đối với số lớp  $k$  đã biết và số  $k$  chưa biết. Một cách tổng quát bài toán được đặt ra như sau:

Cho  $X$  là một tập hợp hữu hạn khác rỗng tùy ý. Hãy phân hoạch  $X$  thành  $k$  tập hợp con  $A_1, A_2, \dots, A_k$  khác rỗng sao cho thỏa mãn các tiên đề sau đây:

Tiên đề 1.  $A_i \cap A_j = \emptyset, i, j = 1, 2, \dots, k$

Tiên đề 2.  $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k = X$  và sao cho xác suất sai sót trong phân hoạch là bé nhất có thể.

Luận án đã đưa ra một thuật toán phân lớp không có giám sát sao cho sai số của phân lớp là nhỏ nhất mà không phụ thuộc vào việc điều khiển chuyển vùng. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, để giải bài toán phân lớp không có giám sát, tìm ra MS/UE thuộc Cell (trạm phát nào) đang phục vụ thì phải tính toán các véc tơ đặc trưng của nó thông qua tính khoảng cách Hamming. Trên cơ sở dữ liệu đã được phân lớp, thuật toán định vị đối tượng liên quan đến việc điều khiển chuyển vùng được áp dụng để định vị MS/UE đó, tức đối tượng đó.

(Đồng thời, mục này của quyển luận án cũng đã trình bày về một phương pháp định vị đối tượng dựa trên cơ sở lý thuyết phân lớp có giám sát. Hạn chế độ dài của Tóm tắt nên NCS đề xuất không trình bày cụ thể ở đây).

### **3.3.3. Lựa chọn kỹ thuật phân lớp xác định đối tượng định vị**

Căn cứ vào kết quả các nghiên cứu về phân lớp có giám sát và phân lớp không có giám sát, Luận án đề xuất giải pháp kỹ thuật “phân lớp hỗn hợp” để xác định một đối tượng định vị là:

- Sử dụng thuật toán phân lớp có giám sát để phân loại đối tượng.



- Sau đó sử dụng thuật toán phân lớp không có giám sát liên quan tới điều khiển chuyển vùng để xác định chính xác tập dữ liệu đặc trưng của đối tượng (trong đó có dữ liệu vùng Cell phục vụ), cung cấp dữ liệu đầu vào của bài toán (nguyên lý kỹ thuật) định vị sẽ được ứng dụng.

Luận án đã đề xuất mô hình ứng dụng hệ thống xác định đối tượng định vị 4G của CQAN bằng giải pháp kỹ thuật phân lớp hỗn hợp như sau:

Các thuật toán phân lớp đã được nghiên cứu sẽ được lập trình thành 2 giao diện lập trình ứng dụng API để chạy trên nền tảng Trung tâm định vị 4G/LTE. Thuật toán API phân lớp có giám sát sẽ lấy dữ liệu từ nguồn cơ sở dữ liệu mở có sẵn trong trung tâm cùng với dữ liệu cập nhật từ các nguồn tham chiếu của hệ thống. API này sẽ tính toán phân lớp đối tượng ra thuộc lớp nào. Sau đó, lớp đối tượng sẽ được cung cấp cho API phân lớp không có giám sát liên quan đến điều khiển chuyển vùng di động, cùng với dữ liệu điều khiển chuyển vùng lấy từ nhà mạng, API sẽ tính toán và xác định được đối tượng với tập dữ liệu đặc trưng của nó liên quan đến bài toán định vị và cung cấp cho các API xử lý định vị. Các dữ liệu đặc trưng của đối tượng là cơ sở để hệ thống xác định được nguyên lý kỹ thuật, thuật toán tối ưu sẽ được sử dụng để tính toán vị trí thiết bị di động.

### **3.4. Bảo mật chuyển giao kết quả định vị**

Kết quả định vị là một loại số liệu, dữ liệu quan trọng mà trung tâm cần chuyển giao đến các địa chỉ khác nhau, cho các mục đích sử dụng khác nhau. Vì tính chất của nó cùng với thực

tiền khả năng bảo mật của các đường truyền dữ liệu, luận án lựa chọn phương pháp bảo mật chuyển giao kết quả định vị, gồm:

- Chuyển giao kết quả định vị đến một nhóm người dùng cần sử dụng chung, duy nhất một kết quả định vị bằng cách phương pháp chia sẻ mảnh bí mật qua ảnh của chính các người dùng trong nhóm. Chỉ khi mỗi người dùng trong nhóm nắm được khóa mã mới ghép được các mảnh bí mật với nhau trở thành kết quả rõ.

-Chuyển giao kết quả định vị đến một người dùng bằng áp dụng phương pháp giấu tin qua ảnh. Chỉ khi người dùng có khóa mã mới có được kết quả rõ.

- Phương pháp đánh giá độ an toàn thông tin được bảo mật khi chuyển giao kết quả.

### **3.5. Giải pháp kỹ thuật giả lập trạm gốc thu thập tham số IMSI/ IMEI**

#### **3.5.1. Yêu cầu**

Yêu cầu tìm kiếm, phát hiện và định vị chính xác một thiết bị di động phục vụ công tác an ninh và cứu hộ, cứu nạn ngày càng cao. Các đối tượng hoặc người, mục tiêu cần cứu hộ, cứu nạn thường mang theo điện thoại di động (hay một thiết bị di động). Tuy nhiên, vì nhiều lý do khác nhau mà CQAN không biết họ, tức thiết bị di động đó có xuất hiện tại khu vực nghi ngờ hay không và vị trí chính xác của nó. Trong nội dung này, luận án đề xuất giải pháp kỹ thuật nhằm phát hiện một thuê bao di động có xuất hiện tại khu vực nghi ngờ hay không để hỗ trợ tìm kiếm, xác định vị trí tầm gần của nó.

### 3.5.2. Đề xuất giải pháp kỹ thuật

Do đặc điểm và tính duy nhất của tham số IMEI/IMSI, nên bằng cách nào có thể thu được tham số này, sẽ biết rằng có sự xuất hiện của thuê bao di động tại khu vực.

Trên cơ sở đó, luận án đề xuất giải pháp phát hiện sự xuất hiện của thuê bao di động cần tìm bằng cách thu thập tham số IMSI/IMEI của điện thoại di động với một trạm gốc giả lập. Khoảng cách và khu vực thu thập tham số IMEI/IMSI hiệu quả có thể thay đổi thông qua thay đổi công suất và độ định hướng của ăng ten trạm gốc giả lập, cho phép khoanh vùng hẹp khu vực hoạt động của thuê bao mục tiêu.

Do tính chất bảo mật của mạng di động, để thu được tham số IMSI/IMEI, cần có một thiết bị thu phát sóng trung gian đứng giữa, sao cho thiết bị này hoạt động như một trạm gốc di động thật và thuê bao di động cần tìm sẽ tự động đăng ký và hoạt động trên mạng cục bộ do thiết bị trung gian đó tạo ra. Khi đó, thiết bị trung gian được gọi là trạm gốc giả lập. Phương thức này được gọi là MITM (Man in The Middle – Người đứng giữa) và thiết bị đó gọi là Trạm gốc giả lập (Clone BTS/eNB) hay Bộ chặn bắt tham số (IMSI Catcher). Để có thể tham gia vào quá trình xác thực và thu thập được tham số IMSI/IMEI, trạm gốc giả lập sẽ được thiết lập cấu hình, tính năng như trạm gốc thật của nhà mạng. Từ đó, máy di động sẽ bị buộc đăng ký vào mạng qua trạm giả lập, thực hiện các giao dịch qua trạm giả đó và trạm giả sẽ thu nhận được danh tính IMSI/IMEI của nó.

Nguyên lý kỹ thuật và các bước tiến hành giả lập trạm gốc để thu chặn tham số IMSI/IMEI đối với mạng 2G, mạng hỗn hợp 2G, 3G, 4G được trình bày cụ thể trong quyền luận án.

### **3.5.3. Sơ đồ cấu trúc trạm gốc giả lập**

Trên cơ sở giải pháp kỹ thuật nêu trên, căn cứ vào số liệu tần số của mạng Việt Nam, luận án đã đề xuất sơ đồ cấu trúc một trạm gốc giả lập 3 băng tần 2G/3G/4G điển hình (cho mạng Vinaphone). Cấu trúc của trạm giả lập cho mạng Vinaphone gồm có 3 modul trạm giả 2G (băng tần 900 Mhz), 3G (băng tần 1800 Mhz) và 4G (băng tần 2100 Mhz).

Sau khi thu được tham số IMSI/IMEI, trạm gốc giả lập xác định được sự xuất hiện và vùng tương đối của thiết bị di động và sẽ áp dụng nguyên lý kỹ thuật tìm hướng (Direction Finding – DF) để dò tìm định vị tầm gần đối tượng. Trạm gốc giả lập sẽ thiết lập một mạng cục bộ, mà điện thoại mục tiêu sẽ đăng ký qua mạng cục bộ đó. Trạm gốc giả lập sử dụng một kỹ thuật riêng, yêu cầu thiết bị di động mục tiêu liên tục phát một tín hiệu trên một kênh tần số cụ thể.

Khi đó, điện thoại mục tiêu sẽ như một “đèn dẫn đường”. Sử dụng máy thu độ nhạy cao của trạm gốc giả lập hoặc một máy định hướng cầm tay bên ngoài thu, đo cường độ tín hiệu dẫn đường, di chuyển theo hướng và về phía có cường độ tín hiệu ngày càng cao tức là càng gần vị trí máy điện thoại mục tiêu cần định vị.

### 3.6. Kết luận Chương 3

Trong Chương 3, luận án đã đề xuất mô hình kiến trúc tổng thể hệ thống định vị thiết bị di động trên cơ sở sử dụng phân lớp, xác định đối tượng định vị; bảo mật chuyển giao kết quả định vị; trạm gốc giả lập thu thập tham số IMSI/IMEI, hỗ trợ tìm hướng, định vị đối tượng, mục tiêu. Mô hình hệ thống kỹ thuật đã nêu trên đáp ứng yêu cầu của bài toán định vị thiết bị di động 4G phục vụ công tác an ninh, trong tình hình thực tế hiện nay.

Với giải pháp kỹ thuật được đề xuất ở Chương 2 cùng với mô hình hệ thống định vị thiết bị di động được đề xuất ở Chương 3, CQAN có thể ứng dụng để xây dựng một hệ thống kỹ thuật tổng thể, hiệu quả, khả thi cho yêu cầu định vị thiết bị di động thể hệ thứ tư phục vụ công tác.

## CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM

Chương 4 của luận án trình bày một số thực nghiệm để minh chứng giải pháp kỹ thuật và mô hình hệ thống định vị được nghiên cứu, đề xuất, bao gồm:

- (1) Thu thập dữ liệu Cell-ID từ nguồn mở.
- (2) Cải thiện độ chính xác kỹ thuật định vị ToA, AoA.
- (3) Giả lập trạm gốc thu thập tham số IMSI/IMEI, xác định vị trí tương đối (hẹp) của đối tượng; đánh giá sự thay đổi công suất trạm giả lập với cự ly, khoảng cách thu được tham số IMSI/IMEI.
- (4) Tìm hướng, định vị (tầm gần) đối tượng bằng trạm gốc giả lập.

Nội dung thực nghiệm được trình bày gồm: kịch bản, các bước thực hiện và kết quả, nhận xét và đánh giá. Trong đó, các thực nghiệm số 1 và 2 được thực hiện bằng phần mềm do luận án phát triển; các thực nghiệm số 3, 4 được thực hiện bằng

một trạm gốc giả lập 3 băng tần điển hình cho mạng di động hỗn hợp 2G, 3G, 4G Việt Nam (được thiết kế, chế tạo từ một nghiên cứu kỹ thuật, công nghệ song song của tác giả luận án).

Kết quả của thực nghiệm số 1 minh chứng khả năng thu thập dữ liệu Cell-ID từ nguồn mở để phục vụ bài toán xây dựng cơ sở dữ liệu định vị đa nguồn. Kết quả thực nghiệm số 2 minh chứng giải pháp cải thiện độ chính xác một số kỹ thuật định vị. Kết quả các thực nghiệm số 3 và 4 minh chứng giải pháp kỹ thuật thu thập dữ liệu IMSI/IMEI thiết bị di động bằng trạm gốc giả lập, hỗ trợ tìm kiếm, định vị tầm gần thiết bị di động.

Do giới hạn về độ dài của Tóm tắt luận án, đề xuất chỉ trình bày tóm tắt thực nghiệm số 3 như sau:

#### **4.1. Thực nghiệm giả lập trạm gốc thu thập tham số IMSI/IMEI**

##### **4.1.1. Kịch bản thực nghiệm**

Thiết lập trạm gốc giả lập 3 băng tần 2G, 3G, 4G với các thông số kỹ thuật giống với trạm gốc thật của nhà mạng Vinaphone tại một khu vực cụ thể. Trong phạm vi mà cường độ phát sóng của trạm giả lập đủ mạnh, thuê bao điện thoại mục tiêu sẽ đăng ký qua trạm giả. Bằng các thuật toán lợi dụng lỗ hổng bảo mật của mạng di động, trạm giả sẽ thu thập được tham số IMSI/IMEI và xác định được mục tiêu xuất hiện tại một khu vực tương đối (hẹp).

##### **4.1.2. Các bước thực hiện và kết quả**

Bằng các bước tiến hành (8 bước) như mô tả trong mục 4.3.2. của quyền luận án, kết quả thực nghiệm thể hiện rằng đã thiết lập thành công trạm giả 2G và 4G, thực hiện phát sóng băng tần 3G

và đã thu được tham số của điện thoại di động 4G Vinaphone. Kết quả được thể hiện trên màn hình logfile của trạm gốc giả lập với tham số IMSI là **452 02 1111578159**. (MCC542 là mã di động Việt Nam; MNC 02 là mã mạng Vinaphone, dãy số còn lại là MSIN của thuê bao).

Kết quả thực nghiệm cũng thể hiện đã thu thập được tham số TMSI (0x5041eaa6), IMEI (3556360483790401) của điện thoại mục tiêu.

Kết quả thực nghiệm cũng đánh giá được sự thay đổi khoảng cách (cự ly) thu thập được tham số IMSI/IMEI của điện thoại mục tiêu so với sự thay đổi công suất phát của trạm giả. Công suất phát của trạm giả càng lớn thì khoảng cách thu được càng xa. Đồng thời, qua thực nghiệm cho thấy, với mạng di động thực tế và yêu cầu thu thập tham số ứng dụng cho công tác an ninh, công suất phát khả dụng của trạm giả thường lớn nhất là 10W. Theo logic đó, nếu giảm công suất phát của trạm giả mà vẫn thu thập được tham số IMSI/IMEI của điện thoại mục tiêu thì khu vực mà điện thoại đó xuất hiện càng hẹp (tức khoanh vùng định vị được một khu vực càng hẹp).

#### **4.1.3. Nhận xét, đánh giá**

Bằng việc sử dụng một trạm gốc giả lập 3 băng tần với các bước tiến hành như trên, NCS đã tiến hành thực nghiệm thu thập được tham số IMSI/IMEI của một thuê bao (thiết bị) di động 4G. Từ đó, xác định rằng thiết bị di động, hay đối tượng, người cần tìm xuất hiện tại khu vực. Khu vực tương đối xác định được sự xuất hiện của điện thoại chính là phạm vi mà trạm gốc giả lập có thể thu chặn được tham số IMSI/IMEI của điện thoại. Khi đã xác

định được khu vực tương đối, việc tìm kiếm vị trí tầm gần của đối tượng hay người mang theo thiết bị di động đó sẽ là khả thi.

#### **4.2. Kết luận Chương 4**

Chương 4 đã trình bày kịch bản, kết quả và đánh giá 4 thực nghiệm. Các kết quả thực nghiệm và đánh giá ở trên góp phần minh chứng giải pháp kỹ thuật có hiệu quả và mô hình tổng thể hệ thống định vị thiết bị di động ứng dụng được cho công tác an ninh được trình bày trong Chương 2 và Chương 3.

### **KẾT LUẬN**

Trong phạm vi nghiên cứu, luận án đã đề xuất giải pháp kỹ thuật có hiệu quả và mô hình tổng thể hệ thống định vị thiết bị di động. Đồng thời, luận án đã tiến hành một số thực nghiệm minh chứng các giải pháp kỹ thuật và mô hình hệ thống được đề xuất. Các giải pháp kỹ thuật được nghiên cứu, lựa chọn và mô hình hệ thống kỹ thuật được đề xuất đáp ứng yêu cầu định vị thiết bị di động thể hệ thứ tư ứng dụng cho công tác an ninh.

*Những đóng góp khoa học, tính mới của luận án như sau:*

**- Một là, đề xuất giải pháp kỹ thuật định vị trên cơ sở kết hợp đa dạng nguồn dữ liệu, cải tiến một số thuật toán định vị nhằm nâng cao hiệu quả định vị thiết bị di động.**

Đây là giải pháp kỹ thuật có tính đặc thù để giải quyết các tồn tại, hạn chế và thách thức của bài toán định vị thiết bị di động thể hệ thứ tư, hoạt động được trên nền mạng 4G nói chung và mạng 4G Việt Nam nói riêng.



**- Hai là, đề xuất mô hình hệ thống định vị thiết bị di động trên cơ sở sử dụng phân lớp định vị, bảo mật và trạm gốc giả lập ứng dụng cho công tác an ninh.**

Đây là một mô hình tổng hợp trên cơ sở kỹ thuật định vị lai ghép tiên tiến đã chọn, có đa dạng đầu vào dữ liệu, sử dụng phân lớp định vị, bảo mật và trạm gốc giả lập để thực hiện các chức năng. Hệ thống có tính mở và tính mới để giải quyết các yêu cầu phức tạp định vị thiết bị di động thế hệ thứ tư phục vụ cho công tác an ninh.

Cả hai đề xuất này cũng đã được tiến hành thử nghiệm thực tế trong môi trường mạng thông tin di động của Việt Nam, minh chứng giải pháp kỹ thuật và mô hình hệ thống định vị đã đề xuất, thể hiện khả năng ứng dụng thực tiễn cao của giải pháp cho công tác an ninh.

## **HƯỚNG PHÁT TRIỂN TRONG THỜI GIAN TỚI**

Để có thể ứng dụng được kết quả của đề tài luận án vào công tác nghiên cứu khoa học, kỹ thuật định vị di động mới nói chung và công tác an ninh nói riêng, luận án đề xuất hướng nghiên cứu, phát triển tiếp theo là:

- Nghiên cứu sâu hơn một số giải pháp kỹ thuật: khoa học dữ liệu, giải pháp nền tảng dữ liệu mở; ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI), học máy (ML) cho bài toán xử lý dữ liệu định vị.

- Nghiên cứu mở rộng giải pháp kỹ thuật và mô hình hệ thống cho định vị thiết bị di động 5G trên môi trường mạng thực tế sẽ được triển khai trong thời gian tới.

## **DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ**

- [C1] Ho Van Canh, Le Danh Cuong, Le Hai Trieu, Nguyen Hong Thuy, Tran Huu Binh, Tran Dinh Tuan, Nguyen Huy Hung, “Criteria for Assessing the Safety of Secured Information”, Proceedings of the Second Vietnam International Applied Mathematics Conference (VIAMC 2017), TP Hồ Chí Minh.
- [C2] Nguyễn Hồng Thủy, Hồ Văn Canh, Lê Danh Cường, Lê Nhật Thăng, "Giải bài toán phân lớp không có giám sát liên quan tới điều khiển chuyên vùng", Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ XXI về Điện tử, Truyền thông và Công nghệ thông tin (REV - ECIT 2018), Hà Nội.
- [C3] Nguyễn Hồng Thủy, Hồ Văn Canh, Lê Nhật Thăng, Nguyễn Quốc Thắng, Trần Đình Tuấn, “Một phương pháp giải bài toán chia sẻ bí mật”, Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ XXII về Điện tử, Truyền thông và Công nghệ thông tin (REV - ECIT 2019), Hà Nội.
- [C4] Nguyễn Văn Chung, Nguyễn Hồng Thủy, “Đề xuất một thuật toán giấu tin mật”, Hội thảo Quốc gia “Ứng dụng Công nghệ cao vào thực tiễn - 60 năm phát triển Viện Khoa học và Công nghệ quân sự”, Hà Nội, 2020.
- [J1] Nguyễn Hồng Thủy, Hồ Văn Canh, Lê Nhật Thăng, "Một phương pháp định vị đối tượng dựa trên phân lớp có giám sát", Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự, Hà Nội, 2018.
- [J2] Nguyễn Hồng Thủy, Trần Cao Hiên, “Nghiên cứu cải thiện độ chính xác trong kỹ thuật định vị TOA và AOA”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Số 4 (CS.01), Hà Nội, 2022.
- [J3] Nguyễn Hồng Thủy, Lê Duy Trường, “Giải pháp kỹ thuật giả lập trạm gốc thu thập tham số IMSI/IMEI, hỗ trợ phát hiện, định vị thiết bị di động” đã được Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật - Hậu cần, Bộ Công an, Số 33/2023.