



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032783

(51)^{2020.01} G01S 5/02; H04W 4/00; G01C 21/10;
G01S 11/06

(13) B

(21) 1-2021-01065

(22) 01/03/2021

(45) 25/08/2022 413

(43) 25/06/2021 399

(76) Đinh Thị Thái Mai (VN)

Phòng 1724, CT 11, Khu Đô Thị Kim Văn, Kim Lũ, Đại Kim, Hoàng Mai, Hà Nội

(54) QUY TRÌNH ĐỊNH VỊ TRONG NHÀ DỰA TRÊN THIẾT BỊ THÔNG MINH

(57) Sáng chế đề xuất quy trình định vị trong nhà trên thiết bị thông minh bao gồm các công đoạn như sau: bước 1: khảo sát môi trường và triển khai phần cứng iBeacon: khảo sát và gắn các iBeacon vào khu vực cần triển khai hệ thống định vị trong nhà trong đó kết quả của công đoạn này là triển khai được các iBeacon vào khu vực cần xác định vị trí người dùng điện thoại thông minh bao gồm số lượng iBeacon, vị trí gắn iBeacon; bước 2: quyết định thuật toán sử dụng (Fingerprinting cho khu vực hẹp kín hay LSE-A cho khu vực rộng và mở.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp định vị trong nhà, sử dụng điện thoại thông minh để xác định vị trí trong các tòa nhà để tăng cường độ chính xác trong việc xác định vị trí.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, ở các thành phố lớn, hoạt động của con người ngày càng có xu hướng chuyển vào môi trường trong nhà. Vì vậy việc xác định vị trí trong môi trường trong nhà cần được đưa vào nghiên cứu. Vị trí của một đối tượng ở môi trường ngoài trời dễ dàng thu được bởi hệ thống định vị toàn cầu (GPS). Tuy nhiên, tín hiệu GPS hoạt động không tốt trong môi trường trong nhà. Hậu quả là, sai số khi sử dụng tín hiệu GPS để xác định vị trí ở môi trường trong nhà là rất lớn. Một số kỹ thuật đã được đưa vào nghiên cứu để tìm ra giải pháp thay thế cho GPS, mục tiêu là xác định vị trí với độ chính xác cao (sai số nhỏ hơn 10m). Các công nghệ đã được đưa vào để phát triển các hệ thống định vị trong nhà có thể kể đến như Wi-Fi hay công nghệ băng siêu rộng (UWB). Song mục đích ban đầu của các công nghệ này không phải để phục vụ định vị trong nhà. Các công nghệ này bị hạn chế trong một vài khía cạnh như tổn năng lượng hoặc chi phí triển khai hay độ chính xác thấp. Công nghệ iBeacon ra đời giúp giải quyết hầu hết các bài toán về phần cứng mà các công nghệ trước không đáp ứng. iBeacon là một giao thức phát triển bởi Apple, chạy trên các thiết bị nhỏ dùng pin sử dụng nền tảng Bluetooth năng lượng thấp. Do đó, chúng là khả thi để phát triển một hệ thống định vị trong nhà trên nền tảng Bluetooth năng lượng thấp. Các kỹ thuật định vị với iBeacon thường được sử dụng là các công nghệ dựa trên

cường độ tín hiệu nhận được (RSSI). Xét về độ phổ biến, có hai kỹ thuật định vị phổ biến dựa trên RSSI là Fingerprinting và Lateration (hay còn biết tới như Lateral hay Multi-lateration). Cả hai phương pháp này đều có những ưu và nhược điểm nhất định. Fingerprinting cho độ chính xác khá tốt nhưng lại đòi hỏi một quá trình thu thập dữ liệu mất nhiều thời gian và công sức cho các điểm tham chiếu. Lateration có ưu điểm là chi phí tính toán thấp và dễ triển khai nhưng độ chính xác không ổn định (phụ thuộc vào mật độ beacon) do sai số từ việc chuyển đổi từ RSSI sang khoảng cách.

Có thể thấy rằng, hiện chưa có sáng chế nào đề cập tới phương pháp định vị trong nhà, sử dụng điện thoại thông minh để xác định vị trí trong các tòa nhà, khác biệt ở chỗ, để tăng cường độ chính xác trong việc xác định vị trí, vị trí người dùng được xác định bởi cường độ tín hiệu thu được trên điện thoại thông minh từ các thiết bị sử dụng giao thức iBeacon (gọi tắt là iBeacon) thông qua 3 kỹ thuật là Pedestrian Dead Reckoning (PDR), Fingerprinting và Least Square Estimation cải tiến (LSE-A).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất quy trình định vị trong nhà dựa trên thiết bị thông minh được mang bởi người dùng bao gồm các công đoạn như sau:

- Bước 1: Khảo sát môi trường và triển khai phần cứng iBeacon: khảo sát và gắn các iBeacon vào khu vực cần triển khai hệ thống định vị trong nhà trong đó kết quả của công đoạn này là triển khai được các iBeacon vào khu vực cần xác định vị trí người dùng điện thoại thông minh bao gồm số lượng iBeacon, vị trí gắn iBeacon;
- Bước 2: Quyết định thuật toán sử dụng (Fingerprinting cho khu vực hẹp kín hay LSE-A cho khu vực rộng và mở.

○ Triển khai thuật toán Fingerprinting cho khu vực hẹp, kín (gọi là khu vực có không gian đóng, ví dụ như hành lang). Trong đó, kết quả của công đoạn này là cơ sở dữ liệu về cường độ tín hiệu từ iBeacon tại các điểm tham chiếu nằm trong khu vực. Khi người dùng di chuyển vào khu vực này, điện thoại có thể xác định được vị trí của nó dựa trên việc so sánh cường độ tín hiệu nhận được với cơ sở dữ liệu được thu thập trước đó.

○ Triển khai thuật toán Least Square Estimation cải tiến (LSE-A) cho khu vực không gian mở, rộng (gọi chung là khu vực có không gian mở, ví dụ sảnh chờ lớn). Trong đó, kết quả của công đoạn cho phép điện thoại tùy từng điều kiện mà sử dụng thuật toán LSE hay LSE-A để xác định vị trí của người dùng.

Theo một phương án ưu tiên của sáng chế, giải pháp đề xuất quy trình định vị trong nhà dựa trên thiết bị thông minh được mang bởi người dùng, quy trình bao gồm (i) việc triển khai phần cứng iBeacon nhằm nâng cao độ chính xác trong định vị và thời gian, và sau đó (ii) định vị thiết bị người dùng thông minh, trong đó (i) việc triển khai phần cứng iBeacon bao gồm:

bước 1.02: số iBeacon được quyết định dựa trên chiến lược vị trí đặt phần cứng iBeacon, dựa trên nguyên tắc sau đây: về cơ bản, các toà nhà được chia thành hai loại khu vực, khu vực có không gian mở có diện tích rộng mà ít nhất bao gồm đại sảnh, khu vực sinh hoạt chung và không gian dài và hẹp mà ít nhất bao gồm hành lang, phụ thuộc vào khu vực cần triển khai beacon mà cấu hình beacon được cài đặt khác nhau, được cho bởi bảng sau:

Khu vực	Không gian mở, diện tích rộng	Không gian hẹp, diện tích nhỏ
Công suất	0 – 4 (dBm)	-10 – 0 (dBm)

Mật độ	~ 30 mét vuông / beacon	~ 54 mét vuông/ beacon
Phương pháp định vị	Lateration	Fingerprinting

- các iBeacon được đặt ở các khu vực thông thoáng,
- độ cao đặt các iBeacon là khoảng 1.6 - 2.1 m,
- các iBeacon nên đặt ở khu vực có lưu lượng người qua lại cao, như cửa cầu thang, cửa các phòng,
- khoảng cách giữa các iBeacon ở các khu vực không có phòng là 6-8 m;

bước 1.03: việc gắn mã định danh được quyết định dựa trên đề xuất, ở đây, việc gắn mã định danh phục vụ quản lý, bảo trì thiết bị và triển khai thuật toán dễ dàng hơn, bao gồm:

mã UUID của iBeacon để phân biệt các tòa nhà với nhau trong một tổ hợp các công trình do đơn vị quản lý,
số Major dùng để phân biệt các tầng với nhau trong cùng một toàn nhà và số Major phải giống nhau giữa các tầng ở các tòa nhà khác nhau,
số Minor dùng để phân biệt các iBeacon với nhau trong một tầng tòa nhà, số Minor không phải thỏa mãn bất kì ràng buộc nào;

(ii) việc định vị thiết bị người dùng thông minh bao gồm:

bước 2.04: thực hiện xác định vị trí người dùng với độ chính xác được cải thiện bằng cách sử dụng quy tắc xác định vị trí thô vị trí của người dùng thông qua 3 beacon gần nhất, trong đó thuật toán nâng cao độ chính xác cho hệ thống trong:

bước 2.10: tính toán vị trí người dùng bằng kỹ thuật LSE cải tiến (LSE-A), kỹ thuật này bao gồm những công đoạn sau:

công đoạn 1: ước tính vị trí bằng phương pháp LSE thông thường,

công đoạn 2: xác định iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất trong tổng số iBeacon,

công đoạn 3: di chuyển vị trí do LSE thông thường trả về tới đường tròn có tâm là iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất và bán kính là khoảng cách ước tính được từ iBeacon đó tới thiết bị thông minh, chỉ khi RSS của một beacon lớn hơn giá trị r_{thresh} thì khoảng cách ước tính được từ beacon đó được coi là tin cậy, nếu 1 trong 3 beacon có độ tin cậy cao hơn, tức ước tính khoảng cách chính xác hơn, vị trí thực sự phải thuộc về vòng tròn có tâm là beacon tin cậy nhất với bán kính là khoảng cách ước tính được từ thiết bị thông minh tới beacon đó,

bước 2.11: đưa ra quyết định cuối cùng về vị trí người dùng và lặp lại để các bước để cập nhật vị trí trong các bước tiếp theo.

Bản chất của sáng chế là đề xuất một quy trình xây dựng một hệ thống định vị trong nhà thời gian thực khả thi cho thiết bị thông minh (điện thoại, máy tính bảng,...) sử dụng iBeacon có độ chính xác cao với chi phí nhỏ nhất (chi phí tính toán, chi phí triển khai hệ thống).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 minh họa quy trình khảo sát và triển khai iBeacon (Pha triển khai).

Hình 2 minh họa quy trình thực hiện lựa chọn thuật toán để xác định vị trí (Pha định vị).

Hình 3 minh họa nguyên lý của phương pháp LSE đề xuất (LSE-A).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp định vị trong nhà trên thiết bị thông minh được mang bởi người dùng bao gồm 2 pha như sau:

- Pha 1: Pha triển khai

Các bước trong Pha 1 được tóm tắt trong Hình 1.

Bước 1.01. Khảo sát khu vực triển khai: Xác định số tòa nhà, số tầng, vị trí đặt iBeacon.

Bước 1.02. Xác định số iBeacon cần thiết dựa vào Bước 1.01, số iBeacon được quyết định dựa trên chiến lược vị trí đặt phân cứng iBeacon, dựa trên nguyên tắc sau đây: về cơ bản, các tòa nhà được chia thành hai loại khu vực, khu vực có không gian mở có diện tích rộng mà ít nhất bao gồm đại sảnh, khu vực sinh hoạt chung và không gian dài và hẹp mà ít nhất bao gồm hành lang, phụ thuộc vào khu vực cần triển khai beacon mà cấu hình beacon được cài đặt khác nhau, được cho bởi bảng sau:

Khu vực	Không gian mở, diện tích rộng	Không gian hẹp, diện tích nhỏ
Công suất	0 – 4 (dBm)	-10 – 0 (dBm)
Mật độ	~ 30 mét vuông / beacon	~ 54 mét vuông/ beacon
Phương pháp định vị	Lateration	Fingerprinting

- Các iBeacon nên đặt ở các khu vực thông thoáng, không bị che chắn bởi tường hay vật cản.
- Độ cao đặt các iBeacon từ khoảng 1.6 đến 2.2 m
- Các iBeacon nên đặt ở khu vực có lưu lượng người qua lại cao, như cửa cầu thang, cửa các phòng.
- Khoảng cách giữa các iBeacon ở các khu vực không có phòng là từ 8-10 m.

Bước 1.03. Cài đặt mã định danh cho các iBeacon theo chiến lược:

- Mã UUID của iBeacon để phân biệt các tòa nhà với nhau trong một tổ hợp các công trình do đơn vị quản lý.
- Số Major dùng để phân biệt các tầng với nhau trong cùng một toàn nhà.
- Số Minor dùng để phân biệt các iBeacon với nhau trong một tầng tòa nhà.
- Để tiết kiệm tài nguyên, số Major đánh cho các tầng giữa các tòa nhà phải giống nhau, trong khi đó số Minor không bắt buộc. Hơn nữa, việc lựa chọn đồng nhất số Major cho các tầng giữa các tòa nhà cho phép thực hiện định vị trong không gian 2 chiều nhưng vẫn có được vị trí trong không gian 3 chiều nhờ việc ánh xạ từ số Major sang số thứ tự tầng.

Các Bước 1.01, 1.02, 1.03 là quan trọng bởi vì bởi vì chúng có ảnh hưởng lớn trong việc quản lý, bảo trì thiết bị iBeacon, độ chính xác và giá thành mà một hệ thống phải trả.

Bước 1.04. Gắn các phân cứng iBeacon lên khu vực đã xác định trước.

Bước 1.05. Chọn gốc tọa độ cho từng tòa nhà và xác định tọa độ cho từng iBeacon.

Bước 1.06. Lưu tọa độ của các iBeacon vào cơ sở dữ liệu.

- Pha 2: Pha định vị

Bước 2.01: Điện thoại thu thập dữ liệu về cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển, từ kế và quét tín hiệu của các iBeacon xung quanh.

Bước 2.02. So sánh gia tốc tổng hợp trên ba trục x, y, z của thiết bị thông minh (∂_{sum}) với gia tốc ngưỡng (∂_{th}),

- nếu $\partial_{\text{sum}} \geq \partial_{\text{th}} \Rightarrow$ Xác định người dùng đang di chuyển và chuyển qua Bước 2.03
- nếu $\partial_{\text{sum}} < \partial_{\text{th}} \Rightarrow$ Xác định người dùng đang đứng yên và chuyển qua Bước 2.04

Bước 2.03. Tính toán vị trí của người dùng thiết bị thông minh bằng kỹ thuật PDR.

Bước 2.04: Quan sát Major của 3 iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất để xác định xem thiết bị thông minh đang ở môi trường đóng và hẹp hay mở và rộng, số lượng iBeacon có Major được gán cho khu vực nào chiếm tối đa thì xác định người dùng ở khu vực đó,

- nếu ít nhất 2/3 iBeacon phát hiện được là thuộc khu vực rộng và mở, chuyển qua Bước 2.06
- nếu không, chuyển qua Bước 2.05

Bước 2.05. (Fingerprinting) So sánh vector tín hiệu nhận được với cơ sở dữ liệu đã có trước đó để xác định vị trí người dùng.

Bước 2.06. Lọc giá trị RSS bằng bộ lọc thông thấp cho các iBeacon quan sát được.

Bước 2.07. Ước tính khoảng cách cho mỗi iBeacon sử dụng mô hình chuyển đổi RSS sang khoảng cách dựa trên thực nghiệm.

Bước 2.08. So sánh RSS của 3 iBeacon gần nhất với tham số pthresh (pthresh là RSS đặt trước và được tìm ra thông qua thực nghiệm, pthresh thường nằm trong khoảng từ -72 dBm đến -68 dBm),

- nếu ít nhất 1 iBeacon có $RSS \geq pthresh$, chuyển qua Bước 2.10.
- nếu không, chuyển qua Bước 2.09.

Bước 2.09. Tính toán vị trí người dùng bằng kỹ thuật bình phương nhỏ nhất thông thường (LSE).

Bước 2.10 : Tính toán vị trí người dùng bằng kỹ thuật LSE cải tiến (LSE-A). Kỹ thuật này bao gồm những công đoạn sau:

Công đoạn 1: Ước tính vị trí bằng phương pháp LSE thông thường.

Công đoạn 2: Xác định iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất trong tổng số iBeacon.

Công đoạn 3: Di chuyển vị trí do LSE thông thường trả về tới đường tròn có tâm là iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất và bán kính là khoảng cách ước tính được từ iBeacon đó tới thiết bị thông minh. Đây là công đoạn quan trọng nhất, có tác dụng nhằm nâng cao độ chính xác cho LSE thông thường. Nguyên nhân là do RSS của các beacon không ổn định, do đó việc chuyển đổi từ RSS sang khoảng cách không phải lúc nào cũng đáng tin cậy. Chúng tôi xác định rằng chỉ khi nào RSS của một beacon lớn hơn giá trị pthresh thì khoảng cách ước tính được từ beacon đó mới tin cậy. Mặt khác, vị trí của LSE phụ thuộc vào việc ước tính khoảng cách của 3 beacon, nếu 1 trong 3 beacon có độ tin cậy cao hơn, tức ước tính khoảng cách chính xác hơn, vị trí thực sự phải thuộc về vòng tròn có tâm là beacon tin cậy nhất với bán kính là khoảng cách ước tính được từ thiết bị thông minh tới beacon đó.

Bước 2.11. Đưa ra quyết định cuối cùng về vị trí người dùng và lặp lại để các bước để cập nhật vị trí trong các bước tiếp theo.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Pha 1. Pha triển khai

Bước 1.01. Khảo sát khu vực triển khai:

Số tòa nhà: 2, gồm CT1 và CT2. CT1 có 2 tầng, CT2 có 3 tầng.

Bước 1.02. Mỗi tầng cần 3 iBeacon => Số iBeacon cần thiết cho 2 tòa nhà là 15 iBeacon.

Bước 1.03. Chiến lược triển khai số UUID, Major và Minor được cho bởi Bảng 1:

		CT1	CT2
Tầng 1	iBeacon 1	UUID = ffffffff-1234-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 10	UUID = ffffffff-5678-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 10
	iBeacon 2	UUID = ffffffff-1234-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 20	UUID = ffffffff-5678-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 20
	iBeacon 3	UUID = ffffffff-1234-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 30	UUID = ffffffff-5678-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 10; Minor = 30
Tầng 2	iBeacon 1	UUID = ffffffff-1234-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 10	UUID = ffffffff-5678-aaaa-1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 10

	iBeacon 2	UUID = ffffffff-1234-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 20	UUID = ffffffff-5678-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 20
	iBeacon 3	UUID = ffffffff-1234-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 30	UUID = ffffffff-5678-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 20; Minor = 30
Tầng 3	iBeacon 1	None	UUID = ffffffff-5678-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 30; Minor = 10
	iBeacon 2	None	UUID = ffffffff-5678-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 30; Minor = 20
	iBeacon 3	None	UUID = ffffffff-5678-aaaa- 1a2b-a1b2c3d4e5f6 Major = 30; Minor = 30

Bảng 1. Ví dụ cho chiến lược triển khai mã định danh cho phần cứng iBeacon

Bước 1.04.

Đối với khu vực mở: đặt iBeacon lên tường, trụ nhà

Đối với khu vực kín và không gian hẹp: đặt iBeacon lên khu vực phía trên, trước cửa phòng và tường.

Bước 1.05. Chọn gốc tọa độ là 1 góc dưới cùng của tòa nhà, các tọa độ cho từng iBeacon là tọa độ trong không gian 3 chiều (Oxyz) với giá trị theo Ox, Oy, Oz là khoảng cách thực đến các trục đó.

Bước 1.06. Lưu tọa độ của các iBeacon vào cơ sở dữ liệu.

Pha 2. Pha định vị

Bước 2.01: Ví dụ với hệ điều hành iOS, điện thoại sử dụng khung tham chiếu có sẵn là CoreMotion để đọc gia tốc và tốc độ góc trên ba trục x,y,z. Gọi các thông số này là A_x , A_y , A_z và α , β , γ . Sử dụng khung tham chiếu CoreLocation để đọc được tín hiệu BLE từ iBeacon (điện thoại được yêu cầu bật Bluetooth trong khi sử dụng ứng dụng).

Bước 2.02. Tính toán gia tốc tổng hợp trên ba trục của điện thoại (∂_{sum}), với $\partial_{\text{sum}} = f(A_x, A_y, A_z, \alpha, \beta, \gamma)$. So sánh gia tốc tổng hợp trên ba trục x, y, z của thiết bị thông minh (∂_{sum}) với gia tốc ngưỡng ($\partial_{\text{th}} = 0.05$).

Bước 2.03. Một khi các thông tin về độ dài bước chân và hướng di chuyển được biết, vị trí của người được cập nhật theo công thức:

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \end{bmatrix} + L_k \begin{bmatrix} \cos\theta_k \\ \sin\theta_k \end{bmatrix} \quad (1)$$

trong đó, $\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix}$ và $\begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \end{bmatrix}$ lần lượt là vị trí của người dùng ở hai thời điểm liên tiếp là k và k-1. L_k là độ dài bước chân tại thời điểm k, thông thường L_k thường được để cố định bằng 0.67 m đối với nữ và 0.75 m đối với nam. θ_k là hướng di chuyển của người dùng tại thời điểm k và được đo trực tiếp bằng từ kế.

Bước 2.04. Để thực hiện được bước này, số Major của các iBeacon được chia thành hai tập và lưu vào cơ sở dữ liệu, đó là, tập không gian mở (quy ước là 1) và không gian đóng (quy ước là 0). Việc xác định điện thoại đang ở không gian mở hay hẹp

dựa trên số Major của 3 beacon gần nhất nhận được, quy tắc quyết định loại không gian dựa trên đa số, quy tắc được cho bởi Bảng 2.

BC1	0	0	0	0	1	1	1	1
BC2	0	0	1	1	0	0	1	1
BC3	0	1	0	1	0	1	0	1
Loại không gian	Đóng	Đóng	Đóng	Mở	Đóng	Mở	Mở	Mở

Bảng 2. Quy tắc quyết định loại không gian mà người dùng đang thuộc về.

Bước 2.05. Tại bước này, hệ thống sử dụng kỹ thuật Fingerprinting để xác định vị trí người dùng. Về cơ bản kỹ thuật Fingerprinting gồm 2 công đoạn là Online và Offline.

Fingerprinting Offline: Đầu tiên, thu thập dữ liệu về cường độ tín hiệu của các beacon tại điểm tham chiếu rồi lưu vào cơ sở dữ liệu, gọi là dữ liệu offline.

Fingerprinting Online : Khi người dùng đi vào khu vực đã khảo sát trước đó, điện thoại nhận được tín hiệu và đo được cường độ của các beacon xung quanh, gọi là dữ liệu online. Dữ liệu online sau đó được so sánh với dữ liệu offline trong cơ sở dữ liệu để đưa ra vị trí cuối cùng dựa vào thuật toán khớp (matching algorithm). Thuật toán khớp thường là các thuật toán dựa trên khoảng cách như kNN và các phiên bản của nó hoặc dựa trên xác suất.

Bước 2.06. Lọc tín RSS bằng bộ lọc thông thấp cho các iBeacon quan sát được theo công thức:

$$RSS_{i,t} = aRSS_{i,t-1} + bRSS_{i,t} \quad (2)$$

trong đó, $RSS_{i,t}$ và $RSS_{i,t-1}$ là cường độ tín hiệu của iBeacon thứ i tại thời điểm hai thời điểm t và $t-1$. Các giá trị a và b thỏa mãn hai điều kiện: $a + b = 1$ và $a \in (0,0.3]$ và $b \in [0.3,1)$.

Bước 2.07. Ước tính khoảng cách cho các iBeacon quan sát được thông qua mô hình chuyển đổi từ RSS sang khoảng cách. Về cơ bản, quan hệ giữa cường độ tín hiệu (RSS) và khoảng cách (d) được biểu diễn bởi:

$$RSS = f(d) \quad (3)$$

Để đạt được độ chính xác cao nhất, thay vì sử dụng mô hình log-distance path loss (LDPL) chúng tôi sử dụng mô hình suy hao dựa trên thực nghiệm. Dựa trên thực nghiệm, chúng tôi tìm ra quy tắc tính khoảng cách với đầu vào là RSS theo Bảng sau:

Dải giá trị RSS (dBm)	Mô hình chuyển đổi từ RSS sang khoảng cách (d)
-67.13 đến -60	$RSS = -5.11d - 58.814$
-72.42 đến -67.13	$RSS = -2.182d - 63.58$
-80 đến -72.42	$RSS = -0.8d - 69.177$

Bảng 3: Quy tắc chuyển đổi cường độ tín hiệu sang khoảng cách

Bước 2.08. So sánh RSS của 3 iBeacon gần nhất với giá trị -70 dBm (-70 chính là giá trị p_{thresh})

Bước 2.09. Về cơ bản, kỹ thuật LSE thông thường (gọi tắt là LSE) sử dụng thông tin cường độ tín hiệu của ít nhất 3 beacon để xác định vị trí người dùng di động. Giả sử tọa độ của người dùng và 3 beacon có cường độ tín hiệu lớn nhất lần lượt là (x,y) và

(x_i, y_i) ($i = \{1,2,3\}$). Khoảng cách tính được từ người dùng đến 3 beacon là d_i . Khi đó, tọa độ của người dùng sẽ được tính bởi:

$$\varepsilon = (A^T A)^{-1} A^T b \quad (4)$$

Trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ và } b = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_2^2 + y_2^2 - d_2^2 - \{x_1^2 + y_1^2 - d_1^2\} \\ x_3^2 + y_3^2 - d_3^2 - \{x_1^2 + y_1^2 - d_1^2\} \end{bmatrix}$$

Khoảng cách d_i được tính toán bởi quy tắc cho bởi Bảng 3.

Bước 2.10. Công đoạn 3. Phương pháp đề xuất di chuyển điểm ước tính bởi LSE (gọi là T) về đường tròn được tạo ra bởi beacon gần nhất (gọi là P) (Hình 3). P là giao điểm của đường thẳng BT và vòng tròn được tạo ra bởi iBeacon gần nhất, kí hiệu là (B, d_B) , với B là tâm đường tròn và d_B là bán kính của nó. P phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\begin{cases} P = BT \cap (B, d_B) \\ PT \text{ là nhỏ nhất} \end{cases} \quad (5)$$

Bản thân điểm P và điểm trả về bởi PDR đều chứa sự không chắc chắn, vì vậy, một quá trình hợp nhất giữa hai điểm trên cần được thực hiện để tạo ra điểm có độ không chắc chắn thấp hơn. Gọi $z_a = [z_a^x, z_a^y]^T$, $z_b = [z_b^x, z_b^y]^T$ và $u = [u^x, u^y]^T$ lần lượt là vị trí trả về bởi PDR, P và điểm hợp nhất giữa PDR và P. Theo luật Bayes, vị trí u phải thỏa mãn:

$$\hat{u} = \operatorname{argmax}_u P(u|z_a, z_b) \quad (6)$$

Gọi σ_a^2 , σ_b^2 và σ^2 lần lượt là độ không chắc chắn của z_a , z_b và u . Giải pháp tối ưu nhất cho (6) là $\hat{u} = (z_a \sigma_b^2 + z_b \sigma_a^2)(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)^{-1}$ và $\widehat{\sigma^2} = (\sigma_a^2 \sigma_b^2)(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)^{-1}$. Điều này

có thể được thực hiện bởi bộ lọc Kalman. Với σ_a được khởi tạo bằng 4 và σ_b được tính thông qua công thức: $\sigma_i = 0.1752|\text{RSS}_i| - 10.067$, với các số 0.1752 và -10.067 được tìm ra dựa trên dữ liệu thực nghiệm.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

- Quy trình xây dựng một hệ thống định vị trong nhà thời gian thực cho thiết bị thông minh sử dụng công nghệ iBeacon nhằm tối ưu được chi phí triển khai, thời gian triển khai, vấn đề quản lý, bảo trì thiết bị và độ chính xác trong định vị.
- Quy trình này gồm hai công đoạn: Khảo sát và triển khai phần cứng thiết bị iBeacon và triển khai thuật toán giúp hệ thống đạt được độ chính xác cao hơn.

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình định vị trong nhà dựa trên thiết bị thông minh, quy trình bao gồm (i) việc triển khai phần cứng iBeacon nhằm nâng cao độ chính xác trong định vị và thời gian, và sau đó (ii) định vị thiết bị thông minh được mang bởi người dùng, trong đó (i) việc triển khai phần cứng iBeacon bao gồm:

bước (1.02): số iBeacon được quyết định dựa trên chiến lược vị trí đặt phần cứng iBeacon, dựa trên nguyên tắc sau đây: về cơ bản, các toà nhà được chia thành hai loại khu vực, khu vực có không gian mở có diện tích rộng mà ít nhất bao gồm đại sảnh, khu vực sinh hoạt chung và không gian dài và hẹp mà ít nhất bao gồm hành lang, phụ thuộc vào khu vực cần triển khai beacon mà cấu hình beacon được cài đặt khác nhau, được cho bởi bảng sau:

Khu vực	Không gian mở, diện tích rộng	Không gian hẹp, diện tích nhỏ
Công suất	0 – 4 (dBm)	-10 – 0 (dBm)
Mật độ	~ 30 mét vuông / beacon	~ 54 mét vuông/ beacon

bước (1.03): gán mã định danh được quyết định dựa trên đề xuất, ở đây, việc gán mã định danh phục vụ quản lý, bảo trì thiết bị và triển khai thuật toán dễ dàng hơn, bao gồm:

mã UUID của iBeacon để phân biệt các tòa nhà với nhau trong một tổ hợp các công trình do đơn vị quản lý,
số Major dùng để phân biệt các tầng với nhau trong cùng một toà nhà và số Major phải giống nhau giữa các tầng ở các tòa nhà khác nhau,
số Minor dùng để phân biệt các iBeacon với nhau trong một tầng tòa nhà, số Minor không phải thỏa mãn bất kì ràng buộc nào;

(ii) định vị thiết bị thông minh được mang bởi người dùng bao gồm:

bước (2.03): xác định vị trí thứ nhất của người dùng sử dụng phương pháp dẫn đường dự đoán (pedestrian dead reckoning - PDR) thông qua các cảm biến gia tốc, cảm biến con quay hồi chuyển và từ kế trong thiết bị thông minh được mang bởi người dùng;

bước (2.04): quét tín hiệu của các iBeacon xung quanh vị trí thứ nhất nêu trên và xác định ba iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất để xác định xem vị trí của thiết bị thông minh đang ở môi trường đóng và hẹp hay mở và rộng, số lượng iBeacon có Major được gán cho khu vực nào chiếm tối đa thì xác định người dùng ở khu vực đó,

- nếu ít nhất 2/3 iBeacon phát hiện được là thuộc khu vực rộng và mở, chuyển qua bước (2.06);
- nếu không, chuyển qua bước (2.05);

bước (2.05): so sánh vector tín hiệu nhận được với cơ sở dữ liệu đã có trước đó để xác định vị trí người dùng;

bước (2.06): lọc giá trị RSS bằng bộ lọc thông thấp cho các iBeacon quan sát được;

bước (2.07): ước tính khoảng cách cho mỗi iBeacon sử dụng mô hình chuyển đổi RSS sang khoảng cách dựa trên thực nghiệm;

bước (2.08): so sánh RSS của 3 iBeacon gần nhất với tham số pthresh (pthresh là ngưỡng RSS đặt trước),

- nếu ít nhất một iBeacon có $RSS \geq pthresh$, chuyển qua bước (2.10);
- nếu không, chuyển qua bước (2.09);

bước (2.09): xác định vị trí thứ hai của người dùng bằng kỹ thuật bình phương nhỏ nhất thông thường (LSE) sử dụng thông tin cường độ tín hiệu của ít nhất 3 beacon để xác định vị trí người dùng di động;

bước (2.10): tính toán vị trí người dùng bằng kỹ thuật LSE cải tiến (LSE-A), kỹ thuật này bao gồm những công đoạn sau:

xác định iBeacon có cường độ tín hiệu lớn nhất trong số iBeacon có $RSS \geq p_{thresh}$,

tối ưu hóa vị trí thứ hai của người dùng (gọi là vị trí thứ hai cải tiến) mà được xác định bằng kỹ thuật bình phương nhỏ nhất thông thường (LSE) nêu trên bằng cách xác định vị trí thứ hai cải tiến nếu thỏa mãn điều kiện sau:

+ vị trí thứ hai cải tiến nằm trên đường tròn có tâm là iBeacon có cường độ tín hiệu (RSS) lớn nhất và bán kính là khoảng cách ước tính được từ iBeacon đó tới thiết bị thông minh;

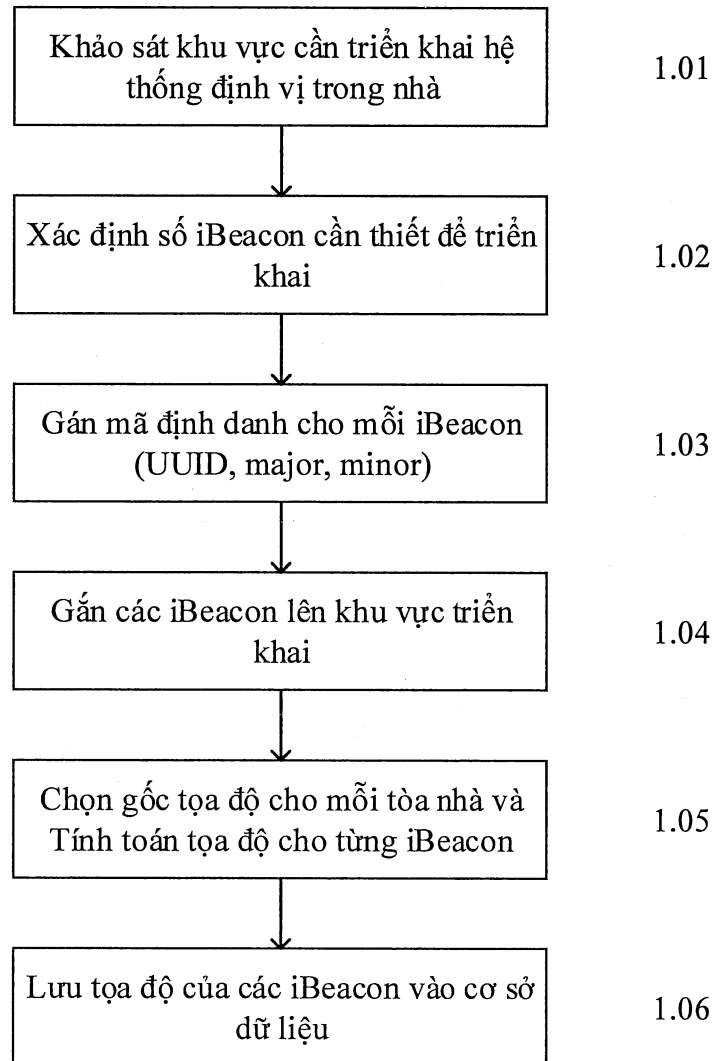
+ khoảng cách giữa vị trí thứ hai cải tiến và vị trí thứ hai là nhỏ nhất;

bước (2.11): xác định vị trí cuối cùng của người dùng bằng cách hợp nhất dữ liệu giữa vị trí thứ nhất và vị trí thứ hai cải tiến, trong đó việc hợp nhất dữ liệu thực hiện như sau:

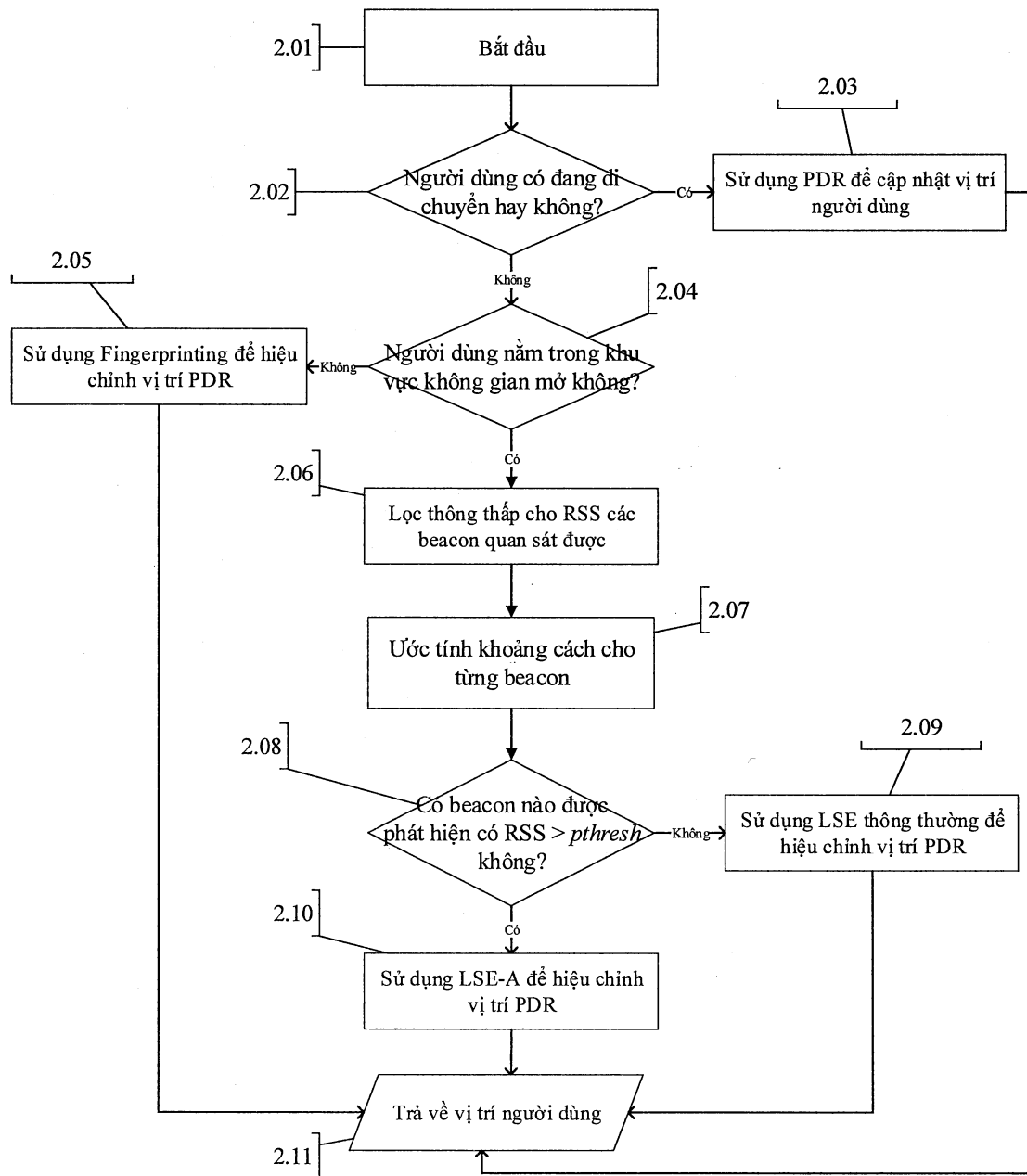
gọi $z_a = [z_a^x, z_a^y]^T$, $z_b = [z_b^x, z_b^y]^T$ và $u = [u^x, u^y]^T$ lần lượt là vị trí thứ nhất, vị trí thứ hai cải tiến và điểm hợp nhất giữa vị trí thứ nhất và vị trí thứ hai cải tiến, theo luật Bayes, vị trí u phải thỏa mãn:

$$\hat{u} = \operatorname{argmax}_u P(u|z_a, z_b)$$

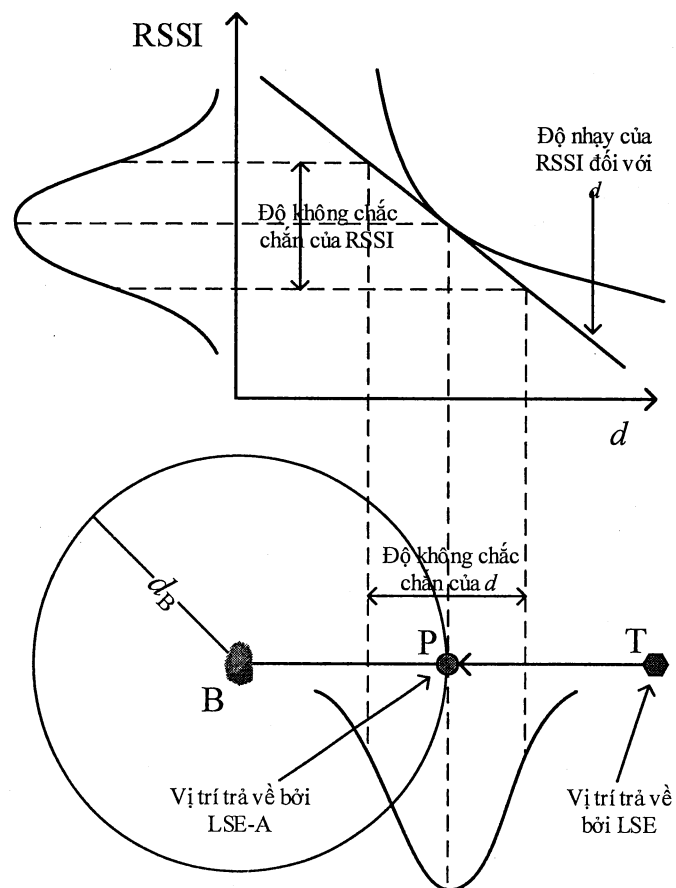
gọi σ_a^2 , σ_b^2 và σ^2 lần lượt là độ không chắc chắn của z_a , z_b và u , sử dụng bộ lọc Kalman xác định được $\hat{u} = (z_a \sigma_b^2 + z_b \sigma_a^2)(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)^{-1}$ và $\hat{\sigma}^2 = (\sigma_a^2 \sigma_b^2)(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)^{-1}$.



Hình 1



Hình 2



Hình 3