



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

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

(11)



1-0024766

(51)⁷ G01C 21/10

(13) B

(21) 1-2019-02439

(22) 13/05/2019

(45) 27/07/2020 388

(43) 26/08/2019 377A

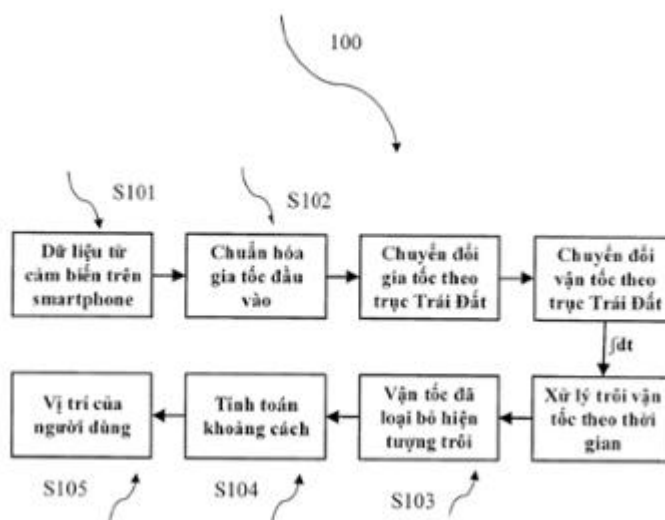
(73) Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (VN)

Số 1, Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) TRẦN QUANG VINH (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ NGƯỜI DÙNG TRONG MÔI TRƯỜNG TRONG NHÀ VÀ PHƯƠNG PHÁP TỰ ĐỘNG HƯỚNG DẪN DU LỊCH SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ NGƯỜI DÙNG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh và phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh. Phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bao gồm: thu dữ liệu đầu vào của người dùng từ các cảm biến trên thiết bị di động thông minh; chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất; tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian; tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian; xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển. Phương pháp định vị này đạt được độ chính xác cỡ đề xi met (dm), phù hợp cho các ứng dụng định vị trong môi trường trong nhà như hệ thống du lịch thông minh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh và phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp định vị phổ biến và rộng rãi nhất hiện nay là hệ thống định vị toàn cầu GPS. Nhưng do tín hiệu vệ tinh dễ bị ảnh hưởng bởi các khối xây dựng hoặc nhiều can thiệp vào các yếu tố khác nhau nên GPS không có khả năng định vị hoặc định vị kém chính xác trong môi trường trong nhà như khi người dùng đi trong một tòa nhà, bệnh viện, bảo tàng hay di chuyển trong hầm mỏ.

Một trong các phương pháp định vị trong nhà là dựa vào cường độ tín hiệu radio thu được (RSS), trong đó, vị trí của người dùng được xác định bằng cách so sánh cường độ tín hiệu từ ít nhất một máy phát nhận được, ví dụ: một thiết bị cầm tay với bản đồ cường độ tín hiệu được xác định trước. Việc tạo ra một bản đồ cường độ tín hiệu rất tốn thời gian và chi phí, vì cường độ tín hiệu và các vị trí mà nó được ghi phải được xác định bằng tay và bao phủ toàn bộ tòa nhà. Hơn nữa, nếu cường độ tín hiệu bị thay đổi, ví dụ: một máy phát bị lỗi hoặc nó bị di chuyển, hoặc ví dụ một cánh cửa đang mở hoặc đóng, bản đồ cường độ tín hiệu được xác định trước phải được hiệu chỉnh lại hoặc nó sẽ dẫn đến các vấn đề về định vị.

Một phương pháp định vị trong nhà khác là phương pháp định vị sử dụng các cảm biến trên các thiết bị di động thông minh, phương pháp này có thể áp dụng cho các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao như hệ thống tự động hướng dẫn du lịch thông minh trong nhà, tự động dẫn đường trong nhà, dẫn hướng trong các trung tâm mua sắm. Do vị trí của người dùng khi di chuyển trong môi trường trong nhà thường bị trôi nên để đạt được độ chính xác cao khi định vị bằng cảm biến, cần giải quyết được một số bài toán như loại bỏ nhiễu, triệt tiêu sai số tích lũy, xử lý trôi vận tốc của người dùng ... và đồng thời thuật toán phải đơn giản, hoạt động ổn định và tiêu tốn ít tài nguyên của thiết bị di động thông minh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh và phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng nhằm khắc phục các nhược điểm nêu trên. Theo một khía cạnh của sáng chế, phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm:

- thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất, trong đó còn bao gồm các bước:
 - khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
 - từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian;
 - cập nhật các góc hướng bằng Quaternion;
 - tính ma trận xoay từ các góc hướng;
 - nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái đất;
- tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân gồm các bước:
 - tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức:

$$a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2} ;$$
 - lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế;
 - nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không;
 - lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc;
 - kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian;
 - xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi;
- tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian;
- xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.

Theo một khía cạnh của sáng chế, trong phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh, bước xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi bao gồm:

- tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f ;
- tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó;

- tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_{\text{drift}} = D \times i$. Sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_{drift} ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm:

- xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bởi thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
- tính khoảng cách (S) giữa vị trí của người dùng và vị trí của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) được lưu trong cơ sở dữ liệu của máy chủ từ xa;
- nếu S nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị xác định trước (R) thì hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- nếu S lớn hơn một giá trị xác định trước (R) thì tên và hình ảnh của đối tượng tham quan bị xóa khỏi màn hình và chỉ hiển thị số bước chân mà người dùng đã bước trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, ở bước hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan trong phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà còn bao gồm:

- gửi thông tin nhận dạng (ID) của đối tượng tham quan lên máy chủ từ xa thông qua mạng truyền thông không dây;
- tải và hiển thị thông tin chi tiết về đối tượng tham quan trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, bước xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bởi thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm:

- thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất, trong đó còn bao gồm các bước:
 - khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
 - từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian;
 - cập nhật các góc hướng bằng Quaternion;
 - tính ma trận xoay từ các góc hướng;
 - nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái Đất;

- tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân gồm các bước:
 - tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức:

$$a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2} ;$$
 - lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế;
 - nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không;
 - lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc;
 - kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian;
 - xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi gồm các bước:
 - + tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f ;
 - + tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó;
 - + tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_drift = D \times i$. Sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_drift ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi;
- tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian;
- xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.

Việc áp dụng được bộ lọc Kalman để loại bỏ nhiễu từ tín hiệu cảm biến, xử lý được hiện tượng trôi vận tốc theo thời gian để làm tăng độ chính xác định vị. Kết quả thử nghiệm cho thấy phương pháp định vị này đạt được độ chính xác cỡ đề xi met (dm), phù hợp cho các ứng dụng định vị trong môi trường trong nhà như hệ thống du lịch thông minh.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa vào các hình vẽ dưới đây:

Hình 1: minh họa sơ đồ tổng quát của phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh;

Hình 2: minh họa sơ đồ thuật toán chuẩn hóa gia tốc;

Hình 3: minh họa sơ đồ thuật toán phát hiện bước chân;

Hình 4: minh họa đồ thị gia tốc khi người dùng di chuyển chưa qua bộ lọc Kalman;

Hình 5: minh họa đồ thị gia tốc trước và sau khi lọc;

Hình 6: minh họa đồ thị vận tốc khi cập nhật về không;

Hình 7: minh họa đồ thị vận tốc khi người dùng di chuyển;

Hình 8: minh họa đồ thị vận tốc trước và sau khi xử lý trôi;

Hình 9: minh họa sơ đồ tổng quát của phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng;

Hình 10: minh họa chức năng tự động phát hiện tiếp cận và hiển thị thông tin hướng dẫn đa phương tiện;

Hình 11: minh họa giao diện khi ứng dụng tải thông tin chi tiết đối tượng;

Hình 12: minh họa giao diện khi người dùng ở gần nhiều đối tượng tham quan;

Hình 13: minh họa một dạng bản đồ khu vực đã được số hóa.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết theo các khía cạnh khác nhau có tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Trong phần mô tả dưới đây, nhằm mục đích giải thích, nhiều định nghĩa, chi tiết cụ thể được nêu để hỗ trợ việc hiểu rõ một hoặc nhiều khía cạnh của sáng chế.

Các định nghĩa

Cảm biến gia tốc (Accelerometer Sensor) là cảm biến đo gia tốc của thiết bị di động thông minh (smartphone) và cung cấp giá trị đầu ra là gia tốc theo ba trục x, y, z tương ứng với ba chiều không gian. Sử dụng cảm biến gia tốc có thể đo được chuyển động của vật thể theo các trục tương ứng. Cảm biến gia tốc cảm nhận phương của thiết bị di động và xoay màn hình tương ứng về chế độ ngang (landscape) hoặc dọc (portrait).

Cảm biến con quay hồi chuyển (gyroscope sensor) hay cảm biến góc nghiêng là cảm biến đo tốc độ quay của thiết bị quanh một trục dựa trên nguyên tắc của xung lượng góc. Con quay hồi chuyển được sử dụng trong thiết bị di động thông minh để tìm kiếm vị trí và định hướng của thiết bị. Tương tự như cảm biến gia tốc, giá trị đo được của cảm biến con quay hồi chuyển lấy theo ba trục x, y, z. Kết hợp con quay hồi chuyển với cảm biến gia tốc cho phép thiết bị cảm nhận chuyển động trên 6 trục: trái, phải, lên, xuống, về phía trước và phía sau, cũng như quay dốc (pitch), cuộn (roll), và chữ ch (yaw) cho khả năng cảm nhận chuyển động chính xác hơn.

Cảm biến từ trường (magnetic sensor) hay la bàn được sử dụng để xác định hướng dựa vào các cực của Trái Đất bằng cách dùng nam châm. Do ảnh hưởng của nhiễu, các thiết bị di động thông minh không sử dụng loại la bàn nam châm thường thấy mà ứng dụng một công nghệ tiên tiến khác để xác định hướng cho người dùng. Cụ thể, thiết bị di động thông minh sẽ đo các tín hiệu có tần số cực thấp đến từ một hướng nhất định (Nam hoặc Bắc) và với sự trợ giúp của cảm biến gia tốc trên thiết bị di động thông minh, có thể đưa ra định hướng chính xác cho người dùng. Nguyên lý hoạt động của la bàn trên thiết bị di động thông minh dựa vào "Hiệu ứng Hall" (Hall

effect) do Edwin Hall phát hiện vào năm 1879. Dựa trên nhiều cảm biến được đặt trên các hướng khác nhau của điện thoại và sử dụng bộ tập trung tín hiệu từ (chế tạo bằng vật liệu có độ thấm từ cao) nhằm bẻ cong các đường song song với từ trường của mặt đất.

Bộ lọc Kalman là một tập hợp các phương trình toán học nhằm cung cấp một phương pháp tính toán đệ quy (recursively) hiệu quả để ước lượng trạng thái của một quá trình, theo cách tối thiểu hóa giá trị trung bình của bình phương lỗi hay phương sai (mean squared error). Bộ lọc Kalman ước lượng một quá trình bằng cách sử dụng một dạng của điều khiển phản hồi (feedback control). Theo đó bộ lọc ước lượng trạng thái của quá trình tại một thời điểm sau khi có được phản hồi từ các đo đạc (có nhiễu). Như vậy, các phương trình của bộ lọc Kalman được chia thành hai nhóm: cập nhật theo thời gian (time update) và cập nhật theo giá trị đo lường (measurement update). Các phương trình cập nhật theo thời gian dùng để dự đoán (projecting forward) trạng thái hiện tại và vectơ hiệp phương sai lỗi nhằm ước lượng trạng thái tiên nghiệm cho bước tiếp theo. Các phương trình cập nhật theo giá trị đo lường dùng để cung cấp phản hồi, ví dụ như kết hợp một giá trị đo lường mới với ước lượng tiên nghiệm để có được ước lượng trạng thái hậu nghiệm. Chúng ta có coi các phương trình cập nhật theo thời gian là các phương trình dự đoán (predictor equations), trong khi đó các phương trình cập nhật theo giá trị đo lường là các phương trình sửa sai (corrector equations). Như vậy, thuật toán ước lượng cuối cùng tương tự như một thuật toán dự đoán – sửa sai để giải quyết các vấn đề số học. Mô hình của đối tượng tuyến tính rời rạc được biểu diễn thông qua hệ thống trạng thái sau:

$$\mathbf{X}_k = \mathbf{A}\mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}\mathbf{u}_{k-1} + \mathbf{w}_{k-1}$$

$$\mathbf{Z}_k = \mathbf{H}\mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k$$

Trong đó $\mathbf{x}$ là biến trạng thái, $\mathbf{u}$ là biến đầu vào, $\mathbf{z}$ là trạng thái đầu ra (đo lường được), $\mathbf{w}$ và $\mathbf{v}$ là nhiễu quá trình và nhiễu đo lường, $\mathbf{H}$ là ma trận đo lường, $\mathbf{A}$ là ma trận xác định trạng thái hiện tại từ trạng thái quá khứ, $\mathbf{B}$ là ma trận điều khiển của hệ thống. Giả sử các nhiễu quá trình $\mathbf{w}(t)$ và nhiễu đo lường $\mathbf{v}(t)$ là nhiễu trắng, có phương sai tương ứng là $\mathbf{Q}$ và $\mathbf{R}$, ta có $\mathbf{P}(\mathbf{w}) \sim \mathbf{N}(0, \mathbf{Q})$ và $\mathbf{P}(\mathbf{v}) \sim \mathbf{N}(0, \mathbf{Q})$.

Quaternion được định nghĩa lần đầu tiên bởi nhà toán học người Ai-len Sir William Rowan Hamilton vào năm 1843 và được ứng dụng để phân tích chuyển động quay trong không gian 3 chiều. Một quaternion đơn vị có thể được định nghĩa như sau:

$$q = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k = q_0 + q^\omega$$

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1$$

$$ij = -ji = k$$

$$jk = -kj = i$$

$$ki = -ik = j$$

Theo định lý Quaternion 1 ta có: với mỗi Quaternion đơn vị:

$$q = q_0 + q = \cos \frac{\theta}{2} + v \sin \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

và với mọi vector v trong không gian R^3 toán tử:

$$L_q(v) = qvq^* = (q_0^2 - \|q\|^2)v + 2(q.v)q + 2q_0(q \times v) \quad (2)$$

L_q tác động lên vector v tương đương với phép quay vector v quanh trục u một góc θ . Gọi p và q lần lượt là 2 đơn vị quaternion. Thực hiện phép quay L_p lên vector u được vector v . Tiếp tục thực hiện phép quay L_q lên vector v được vector w . Ta có biểu thức sau:

$$\begin{aligned} w = L_q(v) &= q.v.q^* = q.(p.u.p^*).q^* \\ &= (q.p).u.(q.p)^* = L_{qp}(u) \end{aligned} \quad (3)$$

Ma trận xoay là ma trận biểu diễn phép xoay trong không gian. Khi xoay tọa độ một góc θ ngược chiều kim đồng hồ quanh điểm gốc, dạng hàm của nó là:

$$x' = x\cos\theta - y\sin\theta$$

$$y' = x\sin\theta + y\cos\theta$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Trong không gian 3 chiều, khi xoay một góc θ , dạng ma trận xoay:

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ví dụ, quay vector $(1,0,0)$ quanh trục z một góc 90° có thể được biểu diễn bằng ma trận:

$$R_z(90^\circ) \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ & 0 \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Biểu diễn một phép xoay trong không gian 3 chiều với các góc α, β, γ tương ứng với các trục x, y, z dạng ma trận xoay:

$$R = R_x(\alpha)R_y(\beta)R_z(\gamma)$$

Tham chiếu đến hình 1, theo một khía cạnh của sáng chế, phương pháp 100 xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà, ví dụ: trong các tòa nhà, siêu thị, bảo tàng ... Phương pháp 100 sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm bước S101: thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người

dùng, các thiết bị di động thông minh có thể là điện thoại di động thông minh, máy tính bảng, ví dụ, các điện thoại chạy trên nền tảng Android, IOS, ... các thiết bị này hầu hết có sẵn các cảm biến như: cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường.

Phương pháp 100 còn bao gồm bước S102: chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục Trái Đất. Gia tốc nhận được là gia tốc theo các trục Ox, Oy, Oz của điện thoại, do đó cần phải chuẩn hóa về trục của Trái Đất theo các bước như thể hiện trên hình 2, trong đó còn gồm các bước: khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh; từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian; cập nhật các góc hướng bằng Quaternion; tính ma trận xoay từ các góc hướng; nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái Đất.

Bước S103: tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian. Tín hiệu gia tốc luôn không ổn định do nhiều yếu tố gây nhiễu dẫn đến vận tốc luôn trôi theo thời gian. Đồng thời, vận tốc được tính qua tích phân gia tốc nên sai số này là khá lớn. Hệ quả là chỉ trong thời gian ngắn vị trí của một đối tượng bị thay đổi đáng kể cho dù đối tượng đang đứng yên. Vì vậy, để áp dụng vào các hệ thống định vị trong nhà bằng phương pháp này thì chúng ta phải xử lý được hiện tượng trôi vận tốc nêu trên, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân như được minh họa trên hình 3, gồm các bước: tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức:

$a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2}$; lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế; nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không; lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc; kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian; xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi;

Để xây dựng được bộ lọc Kalman cho cảm biến ta cần xác định các thông số trong các phương trình của bộ lọc. Với bài toán này, hệ thống không tác động vào tín hiệu cảm biến nên ma trận điều khiển của hệ thống **B** và biến đầu vào của các hệ thống điều khiển **u** bằng không. Ta dự đoán tín hiệu hiện tại bằng với tín hiệu tại thời điểm trước đó nên ma trận xác định trạng thái hiện tại từ trạng thái quá khứ **A** = 1. Thực tế ma trận **H** cũng thay đổi nhưng trong bài toán này là đơn tín hiệu đầu vào và để đơn giản ta chọn **H** = 1. Ta có các phương trình của bộ lọc Kalman:

Time Update:

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{x}_{k-1};$$

$$\mathbf{P}_k = \mathbf{P}_{k-1} + \mathbf{Q}$$

Measurement Update:

$$\mathbf{K} = \mathbf{P}_k / (\mathbf{P}_k + \mathbf{R})$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{x}_k + \mathbf{K}(\mathbf{z}_k - \mathbf{x}_k)$$

$$\mathbf{P}_k = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k)\mathbf{P}_k$$

Với bài toán lọc nhiễu cho các tín hiệu cảm biến trên thiết bị di động thông minh, việc chọn giá trị phương sai nhiễu quá trình $\mathbf{Q}$ không hề đơn giản. Cần phải qua nhiều lần thực nghiệm và sử dụng phương pháp thống kê để thu được tín hiệu sau lọc đúng như mong muốn. Sau nhiều lần thực nghiệm thì giá trị $\mathbf{Q}$ được chọn là 0.001. Với nhiều đo lường việc chọn giá trị phương sai $\mathbf{R}$ ảnh hưởng đến tốc độ ước lượng của hệ thống. Từ phương trình tính hệ số Kalman $\mathbf{K}$, ta thấy $\mathbf{K}$ tỉ lệ nghịch với $\mathbf{R}$, giá trị $\mathbf{R}$ lớn thì tốc độ ước lượng chậm hơn và giá trị ước lượng có vẻ như ít tin tưởng hơn vào giá trị đo được, và đương nhiên kết quả ước lượng sẽ phẳng. Ngược lại, giá trị $\mathbf{R}$ nhỏ thì tốc độ ước lượng nhanh hơn, bộ lọc tin tưởng hơn vào giá trị đo được và đương nhiên kết quả ước lượng ít phẳng hơn. Như vậy việc chọn tham số $\mathbf{R}$ khá quan trọng, có thể chọn $\mathbf{R}$ cứng bằng một giá trị cố định, hoặc là giá trị mềm có thể thay đổi. Trong nội dung nghiên cứu này, qua thực nghiệm chúng tôi chọn $\mathbf{R}$ khoảng 1% giá trị đo được ($\mathbf{R} = 0.01$).

Hình 4 biểu diễn dạng đồ thị của trung bình gia tốc khi bước đi. Đường Norm là tín hiệu trung bình gia tốc. Đường thẳng là ngưỡng của gia tốc ($a_{th} = 0.5$, được xác định bằng thực nghiệm). Khi người dùng đứng yên hoặc chân đặt xuống đất (trong khi bước đi) thì giá trị trung bình của gia tốc nhỏ hơn ngưỡng. Trong một số bước đi, mặc dù không phải thời điểm vận tốc bằng không nhưng trung bình gia tốc bị xuống thấp hơn ngưỡng (điểm khoanh tròn). Điều này dẫn đến cập nhật sai vận tốc về không, dẫn đến tính toán sai bước chân. Để giải quyết vấn đề này cần cho tín hiệu gia tốc trung bình qua bộ lọc Kalman. Hình 5 biểu diễn kết quả thuật toán phát hiện bước chân sau khi sử dụng bộ lọc Kalman. Đồ thị màu xanh là tín hiệu gia tốc trung bình trước khi lọc. Đồ thị màu đỏ là tín hiệu gia tốc trung bình đã được lọc, nhiễu (các điểm khoanh tròn) đã được loại bỏ. Sau khi qua bộ lọc, với những khoảng thời gian giá trị trung bình gia tốc nhỏ hơn ngưỡng thì cập nhật vận tốc về không. Hình 6 là kết quả thuật toán phát hiện bước chân sau khi cập nhật vận tốc về không. Sau khi cập nhật vận tốc về không chúng ta đã xử lý được hiện tượng trôi vận tốc ở trạng thái dừng. Nhưng khi quan sát đồ thị hình 6 nhận thấy một vấn đề gặp phải là trong lúc di chuyển, vận tốc vẫn bị trôi theo thời gian (các trường hợp được khoanh tròn trên hình). Để xử lý vấn đề này cần kết hợp thêm một bước xử lý trôi.

Theo một khía cạnh của sáng chế, trong phương pháp 100, bước S103 còn bao gồm bước xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi bao gồm: tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f được minh họa trong hình 7; tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó; tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_drift = D \times i$. Sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_drift ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi. Hình 9 minh họa kết quả vận tốc người dùng thu được trước và sau khi xử lý hiện tượng trôi.

Phương pháp 100 còn bao gồm: bước S104: tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian sau khi loại bỏ hiện tượng trôi; bước S105: xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp 900 tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng thông qua

các cảm biến trên thiết bị di động thông minh. Phương pháp 900 như được minh họa trên hình 9, bao gồm:

- bước S901: xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bởi thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
- bước S902: tính khoảng cách (S) giữa vị trí của người dùng và vị trí của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) được lưu trong cơ sở dữ liệu của máy chủ từ xa;
- bước S903: nếu S nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị xác định trước (R) thì hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- bước S904: nếu S lớn hơn một giá trị xác định trước (R) thì tên và hình ảnh của đối tượng tham quan bị xóa khỏi màn hình và chỉ hiển thị số bước chân mà người dùng đã bước trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, ở bước hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan trong phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà còn bao gồm:

- gửi thông tin nhận dạng (ID) của đối tượng tham quan lên máy chủ từ xa thông qua mạng truyền thông không dây, ví dụ: mạng Wi-Fi, mạng 3G, 4G, 5G ...
- tải và hiển thị thông tin chi tiết về đối tượng tham quan trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, trong phương pháp 900, bước 901 bao gồm:

- thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất, trong đó còn bao gồm các bước: khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh; từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian; cập nhật các góc hướng bằng Quaternion; tính ma trận xoay từ các góc hướng; nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái Đất;
- tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân gồm các bước: tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức: $a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2}$; lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế; nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không; lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc; kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian; xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện

tượng trôi gồm các bước: tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f ; tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó; tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_drift = D \times i$. Sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_drift ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi; tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian; xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.

Ứng dụng tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà có thể chạy trên các thiết bị di động thông minh có thể là điện thoại di động thông minh, máy tính bảng, ví dụ, các điện thoại chạy trên nền tảng Android, IOS, ... trong đó bản đồ về các điểm du lịch trong nhà được số hóa và lưu trong cơ sở dữ liệu. Khi sử dụng ứng dụng tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà, người dùng di chuyển bắt đầu từ một vị trí định sẵn, ứng dụng sẽ xác định được vị trí của người dùng tại thời điểm hiện tại khi người dùng di chuyển. Vị trí của tất cả các đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) như một bức tranh, cổ vật... đã được lưu trong cơ sở dữ liệu của hệ thống. Ứng dụng sẽ tự động phát hiện các đối tượng tham quan nằm gần vị trí đã xác định của người dùng, sau đó tự động hiển thị trên màn hình điện thoại các thông tin hướng dẫn, giới thiệu về đối tượng đó. Khi người dùng đang di chuyển bình thường, không gần đối tượng tham quan nào, màn hình sẽ hiển thị số bước mà người dùng đã bước như hình 10a. Khi người dùng đến gần đối tượng tham quan, ví dụ “Bức tranh nàng Mona Lisa”, ListView (cửa sổ hiển thị) sẽ hiển thị lên đối tượng tương ứng như hình 10b.

Nếu người dùng muốn xem chi tiết đối tượng, người dùng có thể bấm vào đối tượng trên ListView để xem chi tiết. Khi đó điện thoại sẽ gửi Id đối tượng “bức tranh nàng Mona Lisa” lên máy chủ từ xa thông qua mạng truyền thông không dây để lấy về thông tin đối tượng và tải về điện thoại như thể hiện trên hình 11.

Trong khi người dùng vừa xem thông tin đối tượng vừa di chuyển, hệ thống vẫn xác định vị trí của người dùng thay đổi liên tục, do ta sử dụng một Thread (luồng) để hiển thị thông tin và một Thread khác để xác định vị trí của người dùng. Khi người dùng quay lại màn hình chính, di chuyển tiếp và có một đối tượng là “Bức tranh thiếu nữ bên hoa huệ” cũng ở ngay gần đó như thể hiện trên hình 12, ListView sẽ hiển thị cả đối tượng này. Nếu người dùng đi cách xa đối tượng một khoảng cách xác định trước, ví dụ trên 4m, ListView sẽ xóa đối tượng khỏi danh sách và hiển thị lại màn hình.

Ví dụ thực hiện của sáng chế

Kịch bản 1: Người dùng đi theo đường thẳng.

Trong kịch bản này, người dùng đi thẳng rồi quay lại vị trí ban đầu. Tọa độ của người dùng khi xuất phát là $x, y = (0.0, 0.0)$. Sau khi di chuyển rồi quay lại vị trí cũ thì tọa độ của người dùng là $x, y = (0.06, 0.3)$ đơn vị mét. Sai số đối với trục x , tọa độ của người dùng bị lệch 6 cm. Đối với trục y , tọa độ của người dùng lệch 30 cm (do sai bước chân cuối cùng).

Kịch bản 2: Người dùng di chuyển vòng.

Kịch bản tiếp theo được thực hiện với số lượng bước chân nhiều hơn cũng như cách di chuyển của người dùng phức tạp hơn, môi trường thử nghiệm chịu nhiều tác động về nhiễu hơn (đặc biệt là ảnh hưởng bởi từ trường). Giống như ở kịch bản 1, người dùng bắt đầu tại điểm có tọa độ là $x, y = (0.0, 0.0)$. Sau khi di chuyển một vòng, vị trí hiện tại của người dùng lúc này là $x, y = (0.06, -0.13)$ đơn vị mét. Ở kịch bản 2 ta có thể dễ dàng nhận thấy độ chính xác cao hơn hẳn so với kịch bản 1. Đối với trục x , vị trí của người dùng chỉ lệch 6 cm, với trục y lệch 13 cm so với lúc xuất phát. Kịch bản 2 mặc dù đi nhiều bước chân hơn, thay đổi các góc khi di chuyển phức tạp hơn nhưng lại có độ chính xác cao hơn bởi vì lần đặt bước chân cuối cùng được xác định chính xác.

Kịch bản 3: Người dùng di chuyển tự do.

Thí nghiệm tiếp theo được thực hiện trong phòng lab618 thư viện Tạ Quang Bửu. Đường đi thực tế được thể hiện là đường đỏ nét liền trên hình 13. Kết quả thu được khi thực hiện đi 3 lần cho thấy đường đi (chấm đen) khá tương đồng trong 3 lần thử và tương đồng với đường đi thực tế, điểm đích đến khi di chuyển là rất chính xác trong cả 3 lần thử.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà sử dụng các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm:

- thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất, trong đó còn bao gồm các bước:
 - khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
 - từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian;
 - cập nhật các góc hướng bằng Quaternion;
 - tính ma trận xoay từ các góc hướng;
 - nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái Đất;
- tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân gồm các bước:
 - tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức:

$$a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2} ;$$

- lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế;
 - nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không;
 - lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc;
 - kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian;
 - xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi;
 - tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian;
 - xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.
2. Phương pháp xác định vị trí người dùng theo điểm 1, trong đó, xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi bao gồm:
- tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f ;

- tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó;
- tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_drift = D \times i$. Sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_drift ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi.

3. Phương pháp tự động hướng dẫn du lịch trong môi trường trong nhà (indoor) sử dụng phương pháp xác định vị trí người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh bao gồm:

xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bởi thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh (S901);

tính khoảng cách (S) giữa vị trí của người dùng và vị trí của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) được lưu trong cơ sở dữ liệu của máy chủ từ xa (S902);

nếu S nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị xác định trước thì hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan (PoI - Point of Interests) trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng (S903);

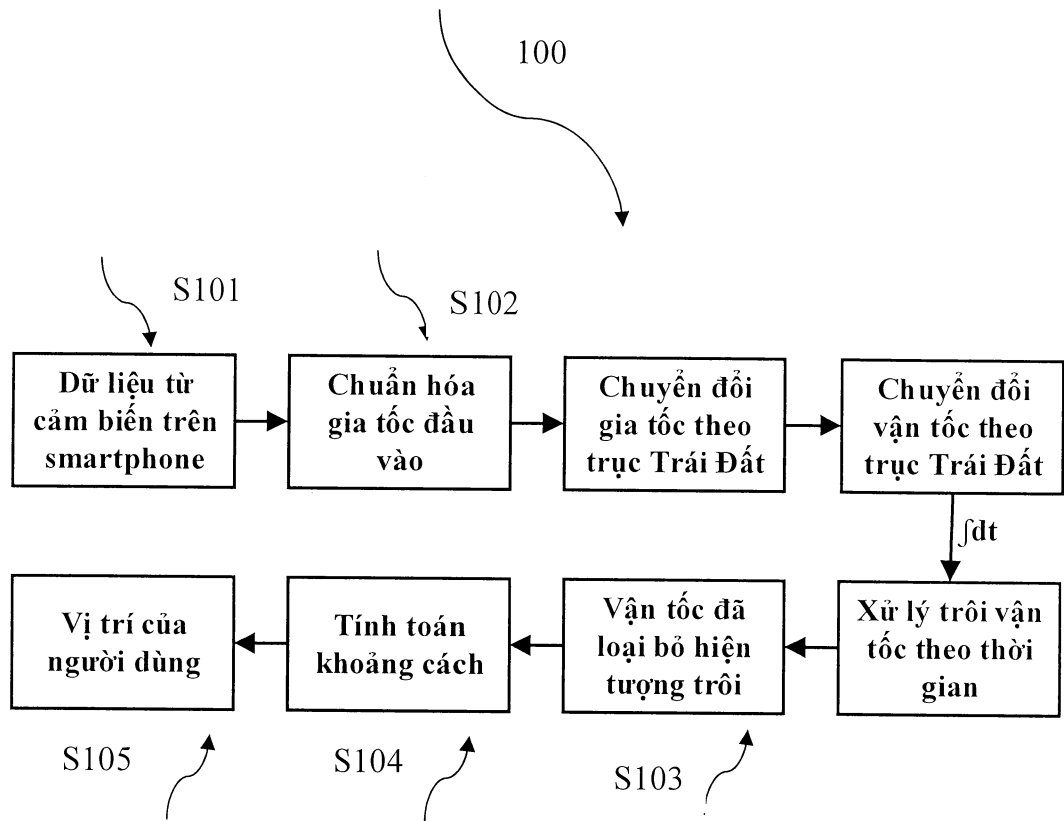
nếu S lớn hơn một giá trị xác định thì tên và hình ảnh của đối tượng tham quan bị xóa khỏi màn hình và chỉ hiển thị số bước chân mà người dùng đã bước trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng (S904);

trong đó, khác biệt ở chỗ, bước xác định vị trí người dùng trong môi trường trong nhà bởi thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng thông qua các cảm biến trên thiết bị di động thông minh (901) bao gồm:

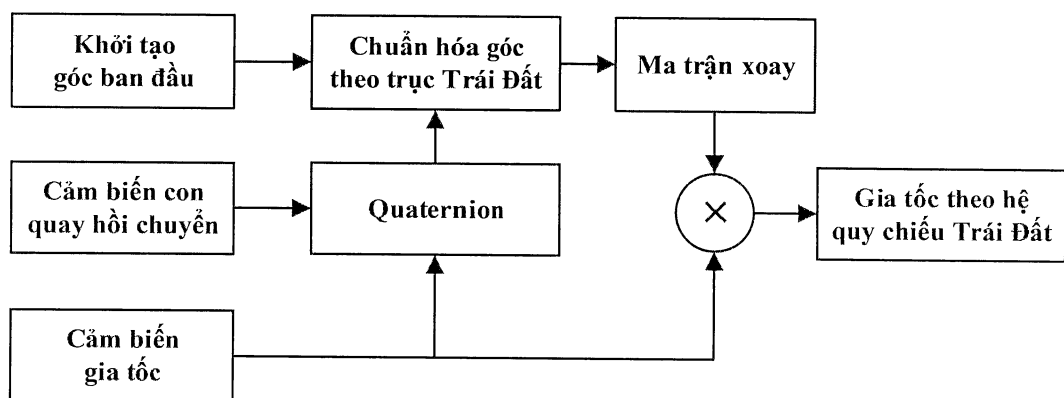
- thu dữ liệu đầu vào của người dùng gồm: thông tin gia tốc hiện tại, thông tin tốc độ quay, thông tin hướng ... từ các cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển và cảm biến từ trường trên thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng;
- chuẩn hóa gia tốc đầu vào dựa trên dữ liệu đầu vào đã thu theo gia tốc trục trái đất, trong đó còn bao gồm các bước:
 - khởi tạo góc sử dụng cảm biến trên thiết bị di động thông minh;
 - từ cảm biến con quay hồi chuyển và cảm biến gia tốc tính được số phức Quaternion thể hiện được chuyển động quay trong không gian;
 - cập nhật các góc hướng bằng Quaternion;
 - tính ma trận xoay từ các góc hướng;
 - nhân ma trận xoay với gia tốc sẽ thu được gia tốc theo trục của Trái Đất;
- tính vận tốc di chuyển của người dùng thông qua phép tích phân gia tốc sau khi được chuẩn hóa và xử lý trôi vận tốc theo thời gian, trong đó việc xử lý trôi vận tốc theo thời gian sử dụng thuật toán phát hiện bước chân gồm các bước:
 - tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa theo công thức:

$$a = \sqrt{(ax)^2 + (ay)^2 + (az)^2};$$

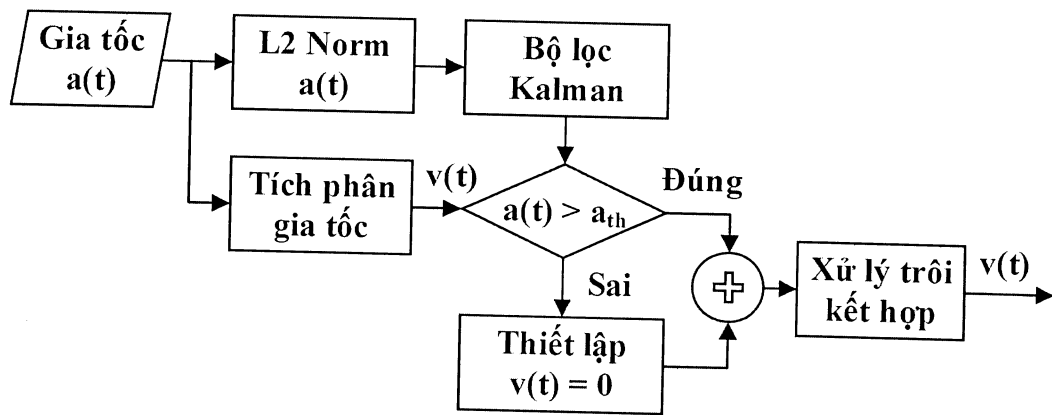
- lọc nhiễu của tín hiệu gia tốc trung bình bằng bộ lọc Kalman đã thiết kế;
 - nếu gia tốc trung bình nhỏ hơn giá trị ngưỡng gia tốc thực nghiệm thì cập nhật vận tốc về không;
 - lặp lại từ bước tính giá trị trung bình của gia tốc từ các giá trị gia tốc đã chuẩn hóa cho tất cả các giá trị gia tốc;
 - kết hợp giá trị vận tốc được cập nhật về không và những giá trị không được cập nhật để có tín hiệu vận tốc theo thời gian;
 - xử lý trôi vận tốc để thu được vận tốc đã loại bỏ hiện tượng trôi gồm các bước:
 - + tại mỗi bước chân, phát hiện thời điểm khi người dùng đặt chân xuống đất, xác định vận tốc tại thời điểm này là v_f ;
 - + tính tỉ lệ trôi tại mỗi bước chân bằng cách chia v_f cho tổng số chu kỳ lấy mẫu N của bước chân đó;
 - + tại mỗi chu kỳ lấy mẫu của bước chân, tính giá trị trôi vận tốc bằng cách nhân tỉ lệ trôi D với chỉ số i của chu kỳ: $V_drift = D \times i$, sau đó lấy vận tốc tức thời v_f trừ đi giá trị V_drift ta thu được vận tốc đã được loại bỏ trôi;
 - tính khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng bằng cách tích phân vận tốc theo thời gian;
 - xác định vị trí người dùng dựa vào khoảng cách người dùng đã di chuyển theo các trục tọa độ tương ứng và hướng di chuyển.
4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó ở bước hiển thị tên và hình ảnh của đối tượng tham quan còn bao gồm:
- gửi thông tin nhận dạng (ID) của đối tượng tham quan lên máy chủ từ xa thông qua mạng truyền thông không dây;
 - tải và hiển thị thông tin chi tiết về đối tượng tham quan trên màn hình của thiết bị di động thông minh được mang bởi người dùng.



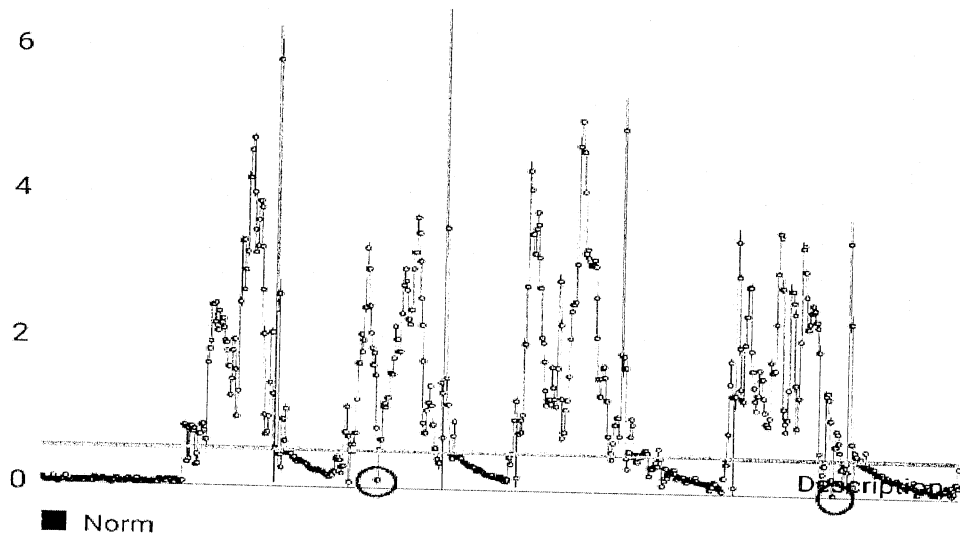
Hình 1



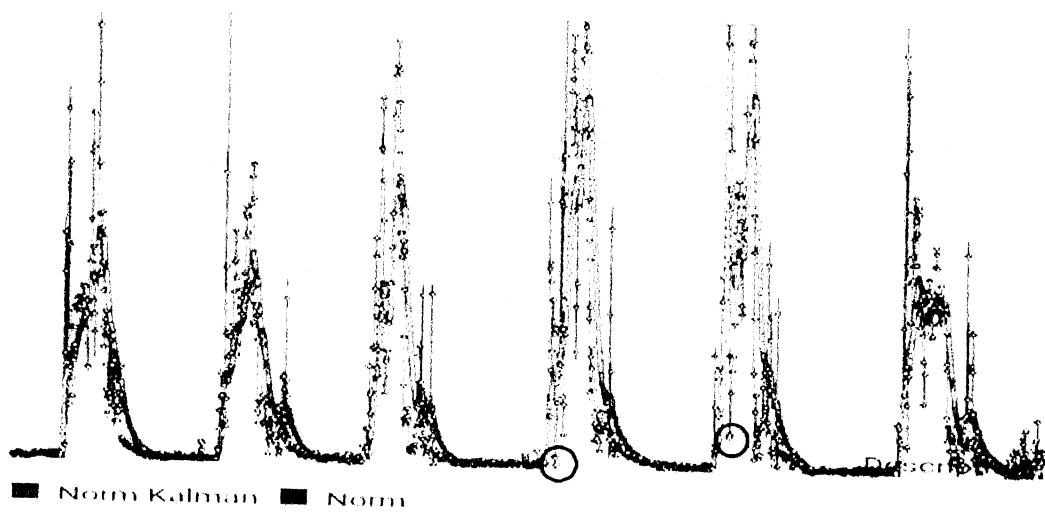
Hình 2



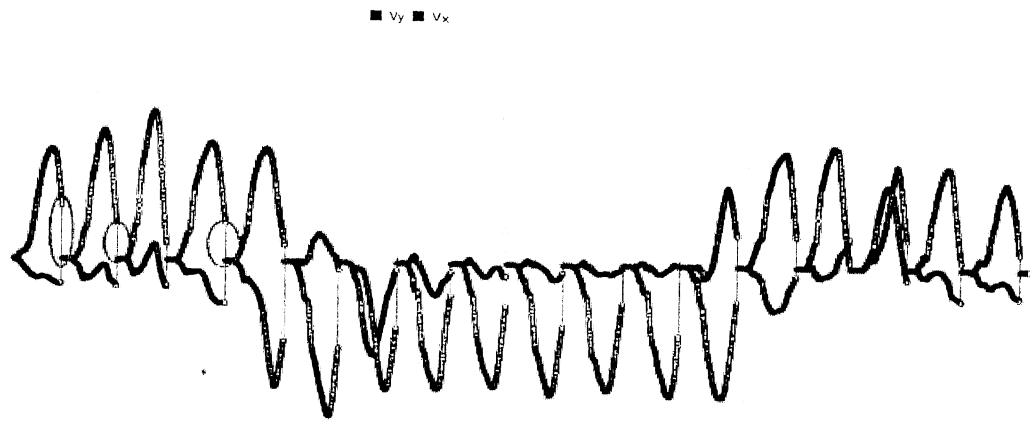
Hình 3



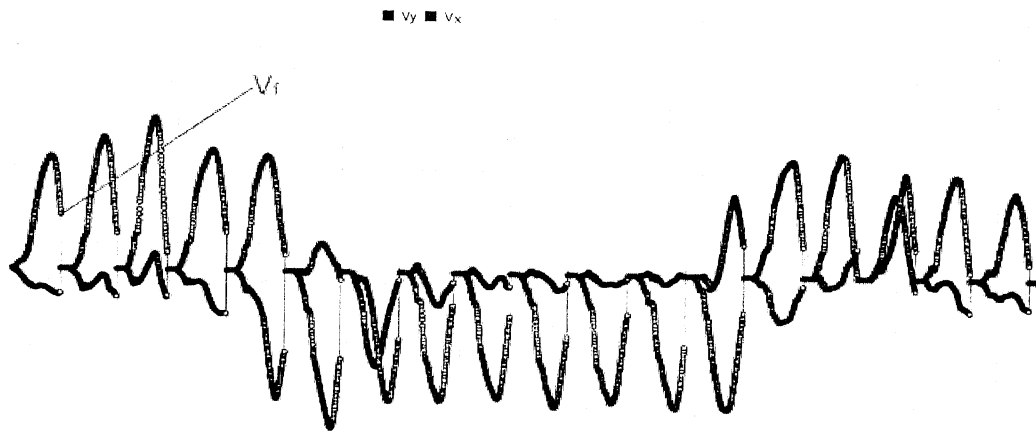
Hình 4



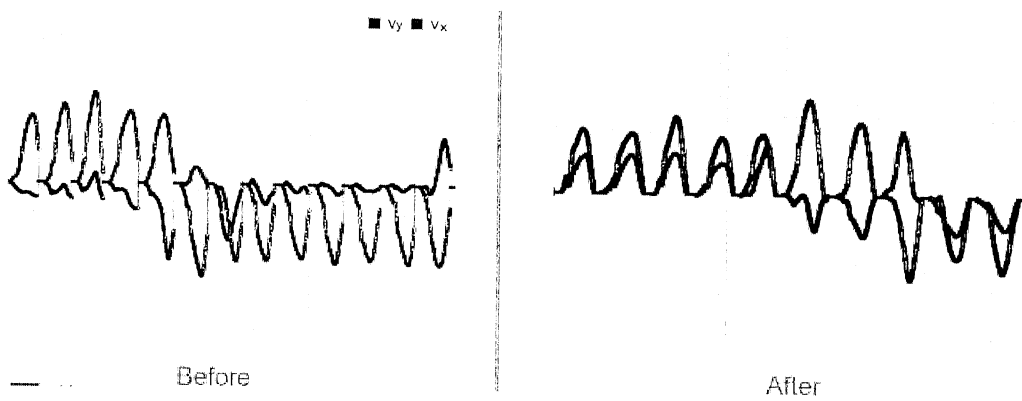
Hình 5



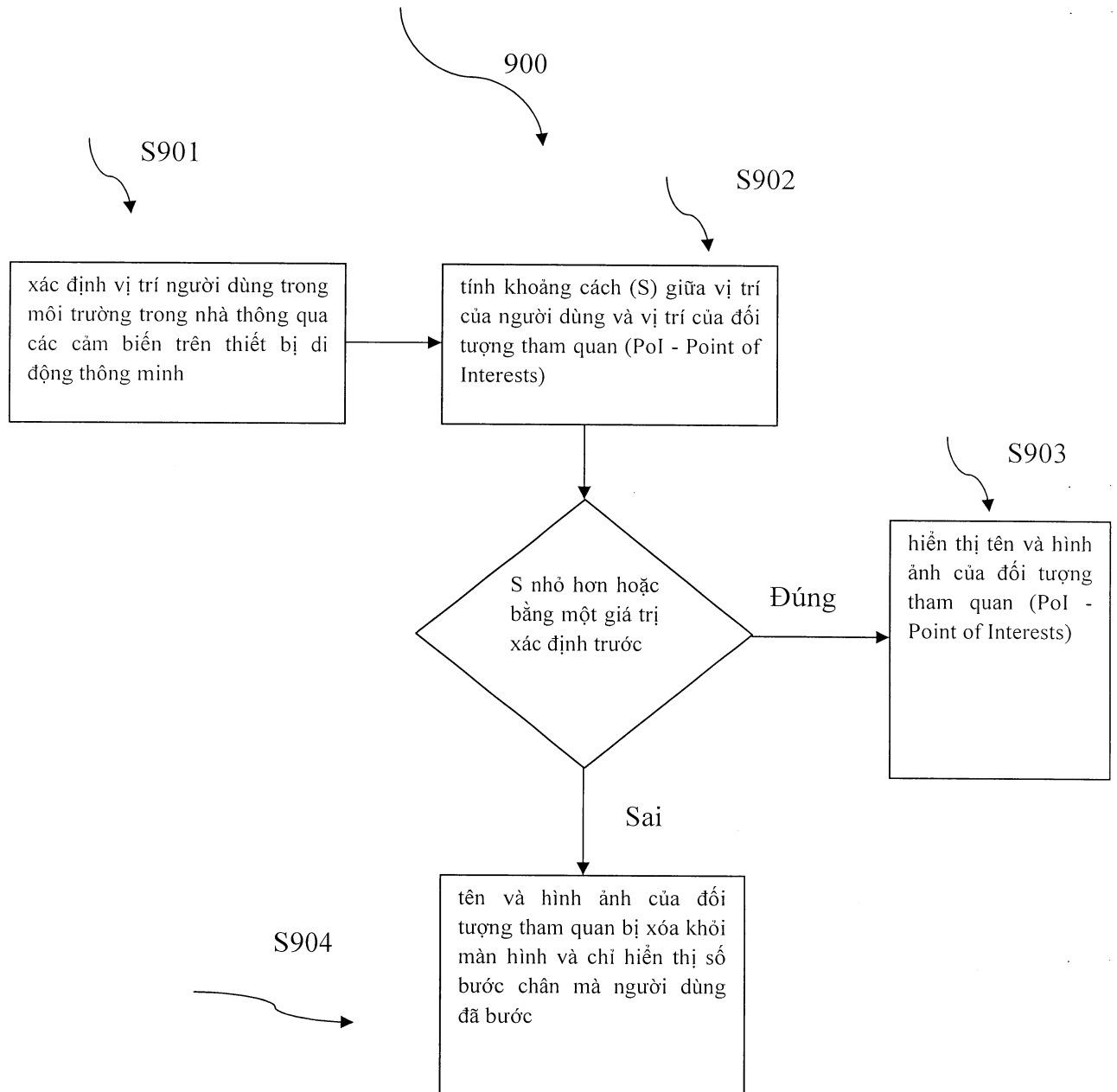
Hình 6



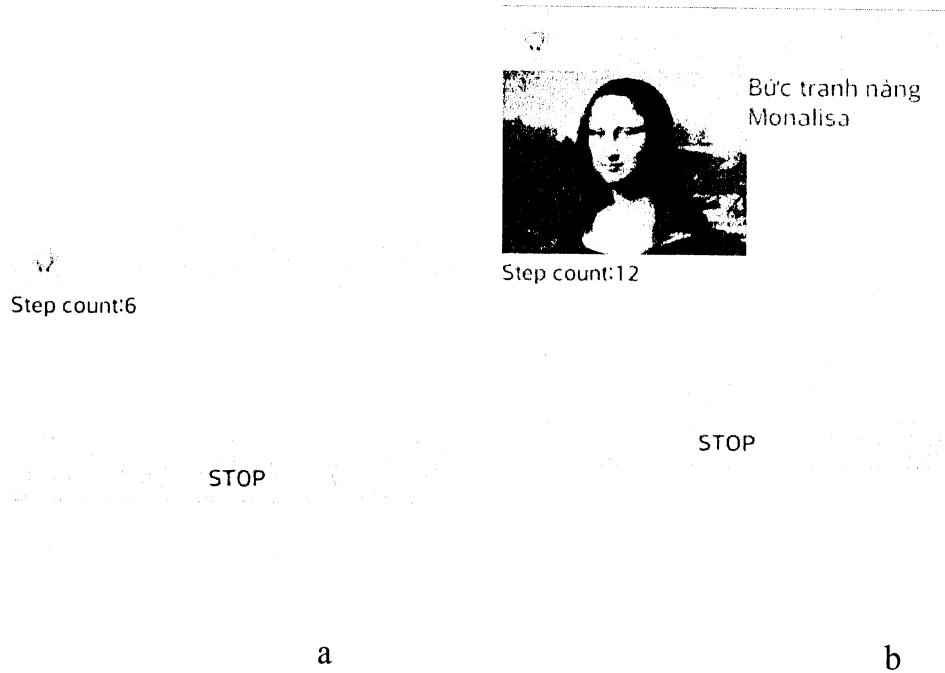
Hình 7



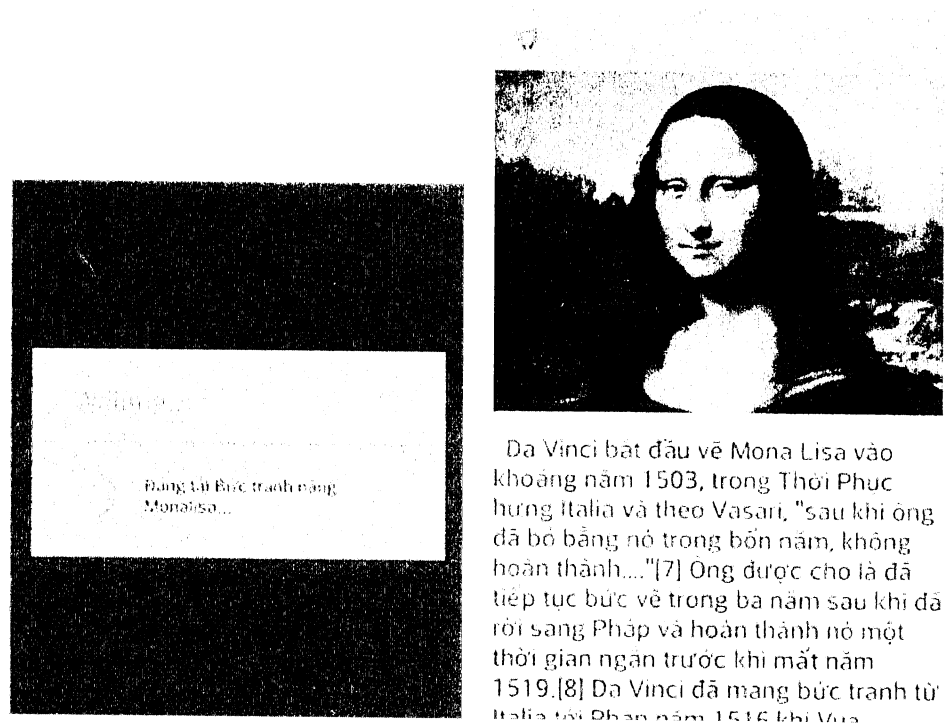
Hình 8



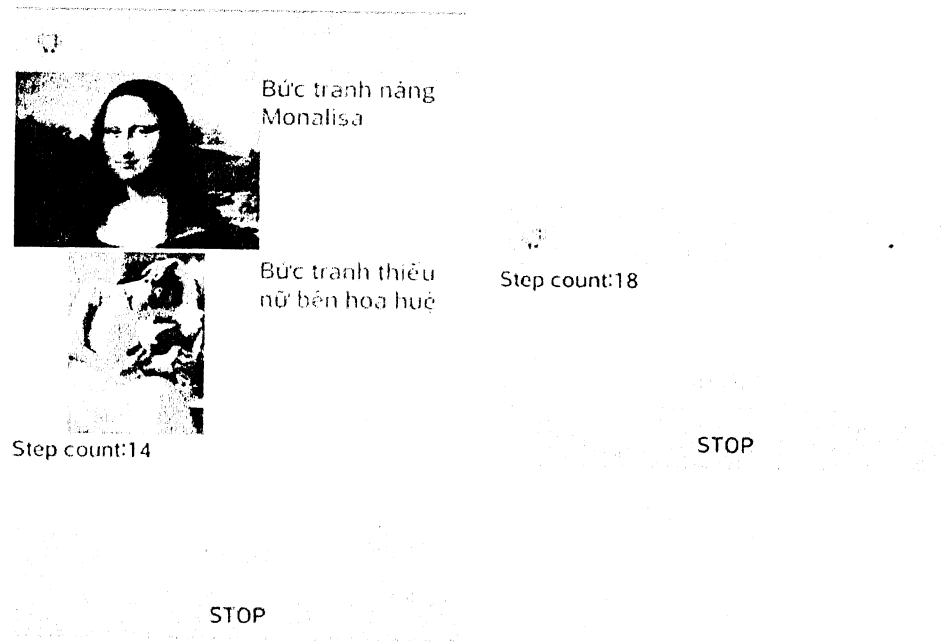
Hình 9



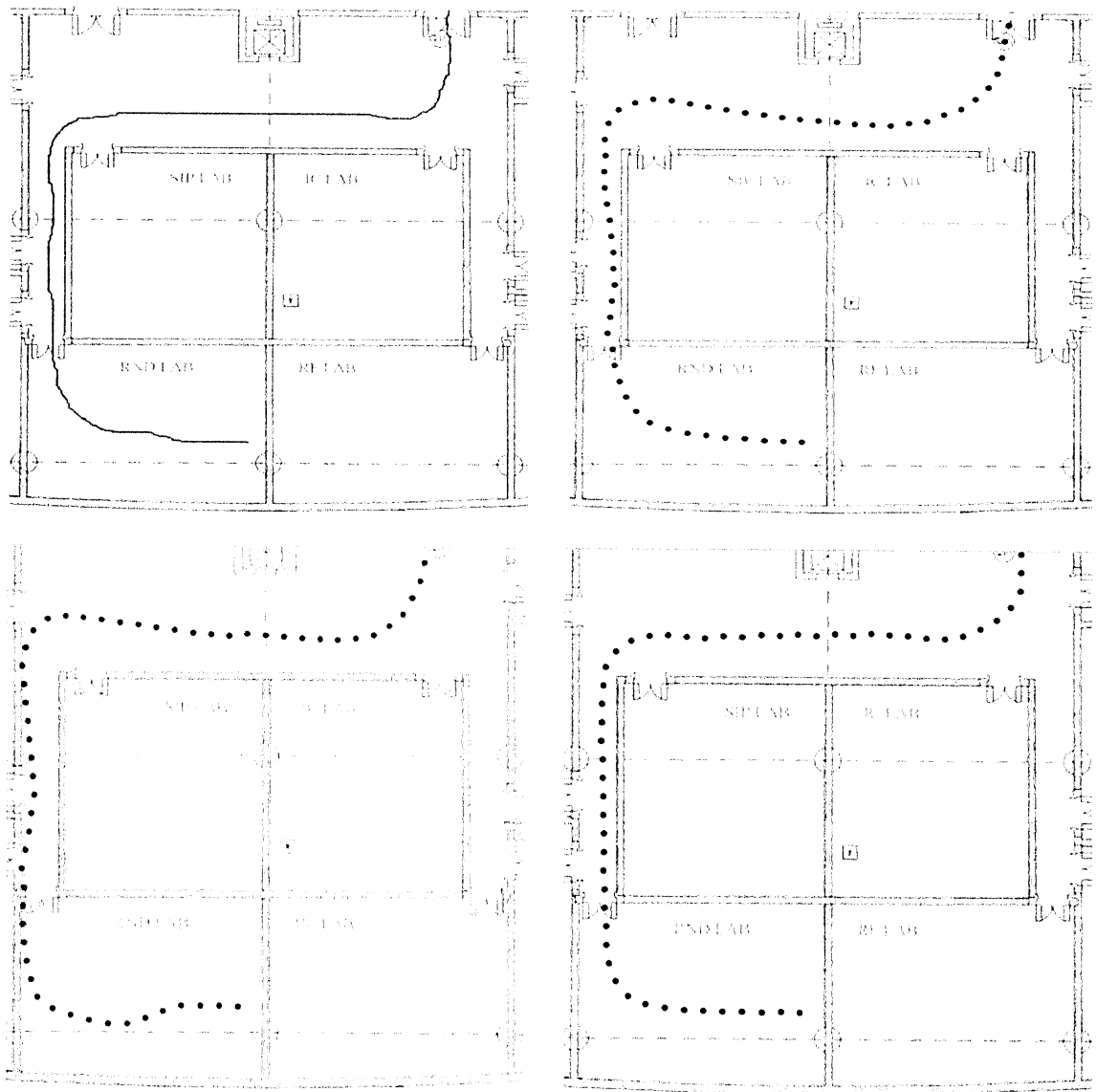
Hình 10



Hình 11



Hình 12



Hình 13