



(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)



1-0053734

(51)^{2020.01} G01S 11/12; H04W 4/00

(13) B

(21) 1-2022-01020

(22) 21/02/2022

(30) 1-2021-08479 30/12/2021 VN

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/04/2022 409A

(73) CÔNG TY CP ÁNH SÁNG SỐ HUEPRESS (VN)

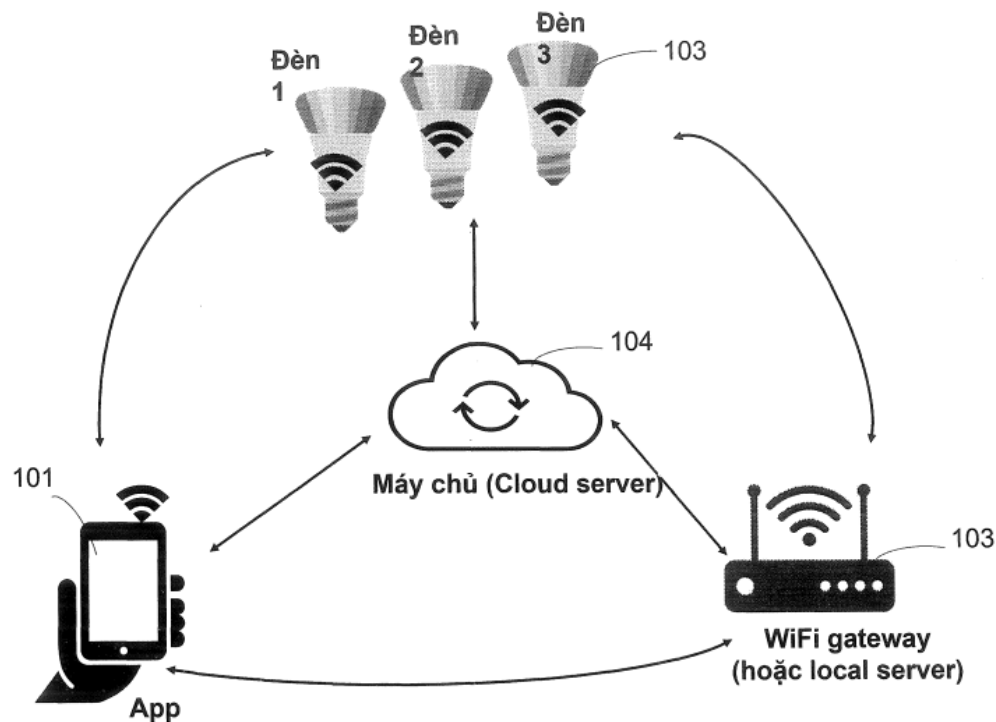
Số 50 ngõ 73 đường Nguyễn Trãi, phường Khương Trung, quận Thanh Xuân, TP Hà Nội, Việt Nam.

(72) Nguyễn Văn Tràng (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐO KHOẢNG CÁCH GIỮA HAI ĐÈN SỬ DỤNG ĐIỆN THOẠI THÔNG MINH CÓ CAMERA VÀ QUY TRÌNH THIẾT LẬP HỆ TỌA ĐỘ CỦA CÁC ĐÈN TRONG HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG ĐỂ CUNG CẤP DỊCH VỤ ĐỊNH VỊ VỊ TRÍ CỦA ĐIỆN THOẠI THÔNG MINH CÓ CAMERA SỬ DỤNG LIFI

(21) 1-2022-01020

(57) Sáng chế đề xuất hai phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng việc sử dụng camera. Hai phương pháp đo này bao gồm: (i) phương pháp đo bằng cách đặt camera nằm song song với mặt phẳng treo đèn, và (ii) phương pháp đo bằng việc di chuyển hướng chụp ảnh của camera tập trung từ đèn này qua đèn khác. Hai phương pháp này đều dựa trên kết quả của một mô hình máy học, trong đó mô hình này chỉ dựa vào một ảnh chụp của các đèn sẽ cho phép ước lượng khoảng cách từ camera tới từng đèn và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn. Sáng chế cũng đề xuất một quy trình thiết lập tọa độ cho hệ thống chiếu sáng cung cấp dịch vụ định vị vị trí của camera nhằm thực tế hóa hệ thống định vị sử dụng LiFi. Quy trình này cũng dựa theo một trong hai phương pháp đo khoảng cách đèn đã đề xuất phía trên, nhằm giảm thời gian tính toán vị trí 3D của từng đèn và thiết lập vị trí của từng đèn có trong hệ thống.



Hình 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp và quy trình thiết lập hệ tọa độ cho các thành phần (cụ thể là các đèn) trong một hệ thống định vị vị trí của điện thoại thông minh (smartphone), hệ thống này sử dụng các đèn thông minh có kết nối WiFi. Nội dung chính của sáng chế đề xuất hai phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng việc sử dụng camera trên thiết bị di động; từ đó, một quy trình đo đạc vị trí và thiết lập vị trí tọa độ của các đèn trong hệ thống một cách bán tự động được đề xuất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, chuẩn ánh sáng không dây IEEE 802.15.7-2018 [1] đã đề xuất các phương pháp truyền phát dữ liệu bằng việc điều chế ánh sáng, trong đó camera được sử dụng để nhận dữ liệu. Tuy nhiên, chuẩn này cũng không đề cập cụ thể đến việc làm sao sử dụng ánh sáng và LiFi cho định vị thiết bị di động (điện thoại). Không những thế, cần có hệ thống để có thể hỗ trợ cho số lượng đèn không giới hạn với nhiều trường hợp khác nhau. Do vậy, một hệ thống định vị sử dụng LiFi có rất nhiều đèn sẽ cần nhiều nghiên cứu sát với thực tế hơn.

Đã có nhiều nghiên cứu quốc tế mới nhất hiện nay đề cập tới việc sử dụng LiFi và camera cho định vị điện thoại [2]. Tương tự, có nhiều phương pháp tính toán vị trí của camera thông qua vị trí của các đèn [2]. Tuy nhiên, do chỉ dừng lại ở nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, nên chưa một nghiên cứu nào đề cập cụ thể tới việc làm thế nào để sử dụng đèn thông minh cho việc định vị này. Trong thực tế, cần có một quy trình thiết lập hệ thống định vị sử dụng bóng đèn thông minh. Quy trình này sẽ phải là quy trình tự động hoặc bán tự động (để tiết kiệm thời gian thi công), bao gồm việc tính toán vị trí của nhiều đèn cùng lúc (hoặc tính toán nhanh nhất có thể), để từ đó thiết lập lên hệ tọa độ vị trí.

Các dòng đèn thông minh của HuePress đã hoàn thiện quy trình sản xuất và được bán trên thị trường. Đơn sáng chế mới nhất của HuePress, đơn sáng chế số 1-2021-08479 [3], đã đề cập tới việc áp dụng trí tuệ nhân tạo (machine learning) để tăng độ chính xác

trong một hệ thống định vị thiết bị di động sử dụng các đèn thông minh mà HuePress đã sản xuất. Tuy nhiên, sáng chế trên chưa đề cập cụ thể đến quy trình thiết lập hệ tọa độ cho hệ thống chiếu sáng thông minh trước khi dịch vụ định vị này đi vào hoạt động (trong giai đoạn thiết kế thi công và lắp đặt hệ thống chiếu sáng). Chính vì đó, quy trình thiết lập hệ tọa độ cho hệ thống chiếu sáng thông minh đang là đề tài để ngỏ.

Do hệ thống chiếu sáng có rất nhiều đèn, việc lắp từng đèn rồi đo đạc vị trí từng đèn để đưa các tham số vị trí lên hệ thống là không khả thi (hoặc rất tốn kém về thời gian và chi phí). Việc thiết lập tham số vị trí/ tọa độ cho toàn hệ thống cần được làm tự động (hoặc bán tự động).

Để tạo ra một quy trình tính toán vị trí và thiết lập hệ tọa độ cho nhiều đèn một cách bán tự động, việc đo khoảng cách giữa các đèn trên mặt phẳng treo đèn sẽ là một trong số các phương pháp tính toán nhanh nhất.

Các tài liệu trích dẫn:

[1] Chuẩn IEEE 802.15.7-2018, “IEEE Standard for Local and metropolitan area networks–Part 15.7: Short-Range Optical Wireless Communications,” xuất bản năm 2018.

[2] Do, Trong-Hop, and Myungsik Yoo. 2016. "An in-Depth Survey of Visible Light Communication Based Positioning Systems" *Sensors* 16, no. 5: 678.
<https://doi.org/10.3390/s16050678>

[3] Đơn sáng chế 1-2021-08479, “Hệ thống và phương pháp định vị thiết bị di động sử dụng công nghệ truyền dẫn không dây LiFi và mô hình máy học (machine learning) dựa trên đèn thông minh”.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là tạo ra một quy trình triển khai cho hệ thống định vị sử dụng bóng đèn thông minh (có phương pháp LiFi điều chế ánh sáng trên đèn thông minh).

Sáng chế đề xuất hai phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng việc sử dụng camera. Hai phương pháp đo bao gồm: (i) phương pháp đo bằng cách đặt camera trên mặt phẳng song song với mặt phẳng treo đèn, và (ii) phương pháp đo bằng việc di chuyển hướng chụp ảnh của camera tập trung từ đèn này qua đèn khác. Hai phương pháp này đều dựa trên kết quả của một mô hình máy học, trong đó mô hình này chỉ dựa vào ảnh chụp

của đèn sẽ cho phép ước lượng khoảng cách từ camera tới đèn và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn.

Một quy trình thiết lập tọa độ cho hệ thống chiếu sáng để phục vụ dịch vụ định vị vị trí của camera được đề xuất; điều này nhằm thực tế hóa hệ thống định vị sử dụng LiFi. Quy trình này cũng dựa theo một trong hai phương pháp đo khoảng cách đèn đã đề xuất phía trên, nhằm giảm thời gian tính toán vị trí 3D của từng đèn và thiết lập (số hóa) tọa độ/vị trí của từng đèn có trong hệ thống.

Cụ thể, các phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn và quy trình thiết lập tọa độ cho các đèn được thực hiện được đề xuất như mô tả dưới đây.

Có hai phương pháp khoảng cách giữa hai đèn sử dụng camera được đề xuất, bao gồm:

- (1) Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn khi đặt camera song song với mặt phẳng treo đèn (trần nhà) bao gồm các bước:
- (2) Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng cách di chuyển thiết bị di động có camera theo hướng từ đèn này sang đèn khác bao gồm các bước:

Từ đó, quy trình lắp đặt hệ thống đèn và thiết lập thông số tọa độ cho các đèn bao gồm:

- i) lắp đặt các đèn lên mặt phẳng trần nhà đảm bảo các đèn cùng trên một mặt phẳng;
- ii) đo khoảng cách giữa các đèn bằng camera được điều khiển bởi ứng dụng (app) sử dụng một trong các phương pháp đo khoảng cách ở trên; camera được cố định độ cao so với sàn nhà và di chuyển trên bề mặt sàn nhà trong quá trình đo khoảng cách giữa các đèn;
- iii) chọn một đèn làm hệ quy chiếu, rồi sử dụng khoảng cách giữa các đèn đo được để tính và thiết lập thông số vị trí của các đèn còn lại;

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa cho ảnh chụp của hai đèn khác nhau đang phát tần số qua kênh ánh sáng.

Hình 2 là hình vẽ minh họa thành phần của hệ thống định vị điện thoại sử dụng đèn thông minh, camera, và LiFi.

Hình 3 so sánh hình dáng của đèn ở các ảnh chụp khác nhau tại các khoảng cách và góc nhìn khác nhau.

Hình 4 là hình vẽ minh họa vòng tròn vị trí của camera khi biết khoảng cách tới đèn và góc nhìn.

Hình 5 minh họa phương pháp 1 - đặt camera song song và tính khoảng thông số khoảng cách giữa camera với mặt phẳng treo đèn

Hình 6 minh họa phương pháp 1 - tính khoảng cách giữa hai đèn khi đặt camera song song với mặt phẳng treo đèn (trần nhà).

Hình 7 minh họa phương pháp 2 - tính khoảng cách giữa hai đèn khi di chuyển hướng của camera từ đèn này qua đèn khác.

Hình 8 minh họa phương pháp thực nghiệm để đánh giá mô hình máy học.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước hết, đối với việc định danh đèn qua camera của điện thoại thông minh, để thu được thông tin định danh của đèn, camera chỉ cần chụp một ảnh trong đó có đèn (hoặc các đèn). Khi các đèn đang phát các tần số khác nhau thông qua kênh ánh sáng (mỗi tần số sẽ tương ứng với mã định danh của đèn trong hệ thống nhiều đèn), thì ảnh chụp các đèn sẽ có các vân gợn với các tần số tương ứng; từ đó mà camera có thể phân biệt được các đèn.

Đề cập đến Hình 1, Hình 1 thể hiện hai trường hợp ảnh chụp tương ứng với hai đèn khác nhau đang phát với hai tần số khác nhau qua kênh ánh sáng (LiFi). Trong trường hợp này, các vân tần số của hai đèn sẽ khác nhau (độ thưa của vân trên ảnh tỉ lệ thuận với chu kỳ của tín hiệu đang phát), do đó mà camera có thể phân biệt được hai đèn.

Sau khi phân biệt được các đèn, camera thông qua kênh WiFi sẽ gửi thông tin định danh của đèn (hoặc các đèn) mà nó quan tâm lên cho hệ thống. Sau đó, thông qua kênh WiFi, hệ thống sẽ gửi lại danh sách thông tin về vị trí thực của các đèn trong không gian 3D tới cho camera.

Đề cập đến Hình 2, Hình 2 minh họa thành phần của hệ thống định vị điện thoại sử dụng đèn thông minh, camera, và công nghệ LiFi.

Hệ thống định vị điện thoại sử dụng đèn thông minh và phương pháp truyền dữ liệu ánh sáng theo chuẩn LiFi bao gồm các thành phần sau:

- i) điện thoại thông minh có cài ứng dụng (App) 101 và quyền sử dụng camera và có kết nối WiFi;
- ii) WiFi gateway 102;

iii) các đèn thông minh có kết nối WiFi 103;

iv) máy chủ cục bộ (local server) hoặc máy chủ đám mây (cloud server) 104.

Ở đây, điện thoại thông minh còn được thay thế bởi các thiết bị cảm thay thông minh có gắn camera. Ứng dụng (app) có vai trò điều khiển camera thu nhận ảnh chụp và xử lý ảnh để lấy thông tin từ đèn. Ứng dụng (app) cũng phải có quyền truy xuất thiết bị thu phát WiFi trong điện thoại để thực hiện trao đổi thông tin với đèn, cổng vào (gateway) hoặc máy chủ.

Máy chủ (có thể là máy chủ cục bộ hoặc máy chủ trên đám mây) làm nhiệm vụ cung cấp dịch vụ định vị cho ứng dụng. Bởi vì chỉ có máy chủ mới có quyền kích hoạt cũng như điều khiển đèn phục vụ cho các dịch vụ định vị như vậy.

Lưu ý rằng, hệ thống định vị điện thoại còn có thể sử dụng Bluetooth để bổ sung cho WiFi trong một con chip hai sóng kết hợp WiFi-Bluetooth.

Bluetooth có hai tác dụng thay thế WiFi như sau:

- Bluetooth có thể được dùng thay thế WiFi cho các lệnh tương tác giữa ứng dụng (App) và đèn thông minh.
- Bluetooth cũng giống WiFi, khi mà điện thoại có thể đo độ suy giảm tín hiệu để tính toán xem gateway nào gần điện thoại nhất và báo cho hệ thống. Lúc này, hệ thống sẽ kích hoạt các đèn xung quanh điện thoại thay vì phải kích hoạt toàn bộ đèn trong hệ thống.

Bluetooth có thể được dùng bổ sung cho WiFi trong một con chip hai sóng kết hợp WiFi-Bluetooth, khi đó việc phân luồng tín hiệu được thực hiện như sau:

- i) WiFi được dùng để truyền phát tín hiệu giữa máy chủ tới đèn và ứng dụng (app);
- ii) kênh ánh sáng LiFi được dùng để phát tín hiệu tần số một chiều tới ứng dụng (app) thông qua camera;
- iii) Bluetooth được dùng để truyền thông tin vị trí thực của các đèn tới ứng dụng (App) dưới dạng phát sóng một chiều.

Việc lắp đặt toàn bộ đèn trước, sau đó mới tiến hành cài đặt vị trí cho các đèn sẽ tuân theo một quy trình tự nhiên và tiết kiệm sức của người thi công.

Hơn nữa, người thi công hệ thống định vị cũng không cần đo đạc vị trí của từng đèn cụ thể rồi nạp thông số cho đèn đó, bởi vì việc này sẽ tốn rất nhiều thời gian cho một hệ thống chiếu sáng lớn. Việc đo đạc và thiết lập thông số vị trí cần được tiến hành dựa theo

máy móc, cụ thể là chỉ cần di chuyển camera là có thể đo và thiết lập thông số vị trí cho các đèn.

Như vậy, quy trình lắp đặt hệ thống đèn và thiết lập thông số tọa độ cho các đèn bao gồm các bước sau:

- i) lắp đặt các đèn lên mặt phẳng trần nhà đảm bảo các đèn cùng trên một mặt phẳng;
- ii) đo khoảng cách giữa các đèn bằng camera được điều khiển bởi ứng dụng (app) sử dụng một trong hai phương pháp đo khoảng cách (được mô tả chi tiết ở các phần dưới đây);

camera được đặt ở độ cao cố định so với sàn nhà và di chuyển trên bề mặt sàn nhà trong quá trình đo khoảng cách giữa các đèn;

- iii) chọn một đèn làm hệ quy chiếu, rồi sử dụng khoảng cách giữa các đèn đo được để tính và thiết lập thông số vị trí của các đèn còn lại;

Ở quy trình lắp đặt và thiết lập thông số vị trí cho đèn nêu trên, hệ thống đèn phức tạp sẽ được chia nhỏ thành nhiều mặt phẳng treo đèn khác nhau, và trong mỗi mặt phẳng đèn chỉ cần đo tọa độ của một đèn đại diện và làm quy chiếu cho các đèn còn lại.

Cuối cùng, cần lưu ý rằng tọa độ của đèn được tính theo tọa độ của điểm chính giữa trên bề mặt chiếu sáng của đèn.

Đề cập đến Hình 3, Hình 3 minh họa phương pháp máy học (machine learning) để tính toán vị trí của thiết bị di động (có camera) sử dụng ba đèn thông minh.

Các bước trong phương pháp này bao gồm:

- i) bước thu thập tập dữ liệu cho từng mẫu đèn, trong đó các mẫu dữ liệu là ảnh chụp từng đèn, được chụp ở các khoảng cách (từ đèn tới camera) và các góc nhìn khác nhau;
- ii) bước học/đào tạo dữ liệu sẽ đưa dữ liệu vào mô hình máy học để học, trong đó đầu vào là các mẫu dữ liệu (ảnh chụp của một đèn), và đầu ra là khoảng cách và góc nhìn đã biết;
- iii) ứng dụng (app) tải mô hình máy học kèm theo các hệ số đã học được từ bước học/đào tạo dữ liệu cho mẫu đèn đã chọn;
- iv) bước tính toán khoảng cách và góc nhìn từ thiết bị di động tới một đèn thực tế sẽ dựa trên một ảnh chụp thực tế để đưa vào mô hình máy học đã tải về để tính toán ra khoảng cách và góc nhìn so với mỗi đèn;

v) cuối cùng, ứng dụng (app) dựa trên khoảng cách và góc nhìn tới các đèn (tối thiểu ba đèn, cùng trong một ảnh chụp) để tính ra vị trí thực của thiết bị di động trong không gian ba chiều.

Trong bước thu thập tập dữ liệu cho từng mẫu đèn, mô hình máy học sẽ cần biết chính xác những mẫu đèn nào được học và hỗ trợ.

Ở bước tính toán vị trí 3D của thiết bị, thực tế, ứng dụng có thể chỉ cần dùng khoảng cách tới ba đèn để tìm ra vị trí thực của thiết bị di động.

Ví dụ, để tính vị trí thực của camera có tọa độ (X_c, Y_z, Z_c) khi đã biết tọa độ của ba đèn (X_{Li}, Y_{Li}, Z_{Li}) , với chỉ số $i = \{1, 2, 3\}$ và biết khoảng cách tới ba đèn này lần lượt là d_1, d_2, d_3 , ứng dụng (app) sẽ thực hiện giải hệ ba phương trình ba ẩn sau:

$$(X_c - X_{L1})^2 + (Y_c - Y_{L1})^2 + (Z_c - Z_{L1})^2 = d_1^2$$

$$(X_c - X_{L2})^2 + (Y_c - Y_{L2})^2 + (Z_c - Z_{L2})^2 = d_2^2$$

$$(X_c - X_{L3})^2 + (Y_c - Y_{L3})^2 + (Z_c - Z_{L3})^2 = d_3^2$$

Tuy nhiên, giải hệ phương trình tuyến tính trên có thể phức tạp và có sai số. Do đó, trong phương pháp máy học (machine learning) đề xuất sử dụng kết hợp cả khoảng cách và góc nhìn để tính toán vị trí thực của thiết bị di động.

Khi lấy một đèn làm trung tâm, khoảng cách tới đèn và góc chụp ảnh sẽ quy định một đường tròn vị trí. Thường thì ba đèn sẽ cùng độ cao so với thiết bị di động (ví dụ cùng treo lên trần nhà), do đó mà ba đường tròn vị trí có thể cùng trên mặt phẳng. Do đó mà việc tính toán vị trí thực của camera có tọa độ (X_c, Y_z, Z_c) sẽ quy về bài toán giải hệ hai phương trình hai ẩn (X_c, Y_z) , với độ cao Z_c có thể tính riêng từ trước đó và gần như không đổi trong quá trình di chuyển.

Đề cập đến Hình 4, Hình 4 minh họa vòng tròn vị trí của camera khi biết khoảng cách tới đèn và góc nhìn.

Đối với các góc nhìn khác nhau, độ méo của đèn trong ảnh chụp cũng sẽ khác nhau. Ví dụ, khi camera hướng trực diện so với diện tích cắt ngang của bề mặt đèn, thì ảnh chụp của đèn sẽ hình tròn. Ngược lại, khi chụp ở góc nghiêng, ảnh chụp của đèn sẽ có hình e-líp. Do đó mà dựa vào ảnh chụp ta có thể tính toán ra góc chụp ảnh.

Kích thước của đèn trong ảnh cũng sẽ tỉ lệ thuận với khoảng cách chụp ảnh. Do đó mà dựa vào ảnh chụp, ta có thể tính toán ra khoảng cách từ đèn tới camera.

Tổng kết lại, thì chỉ cần dựa vào một ảnh chụp, ta có thể tính toán ra khoảng cách và góc chụp. Từ đó mà vòng tròn vị trí sẽ được xác định, vòng tròn này là tập hợp tất cả các khả năng của vị trí của camera.

Vòng tròn vị trí của camera còn được định nghĩa bởi hai khoảng cách sau: (i) khoảng cách từ đèn tới camera và (ii) khoảng cách từ camera tới mặt phẳng của đèn (trần nhà) khác nhau;

Từ hai định nghĩa về vòng tròn vị trí của camera, hai phương pháp thu thập dữ liệu cho đào tạo mô hình sẽ được đề xuất:

Phương pháp 1: Tạo dữ liệu cho đào tạo mô hình bằng việc thu thập các ảnh chụp từ các khoảng cách từ camera tới đèn và các góc chụp khác nhau;

Phương pháp 2: Tạo dữ liệu cho đào tạo mô hình bằng việc thu thập các ảnh chụp từ các khoảng cách từ camera tới đèn và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng của đèn (trần nhà) khác nhau.

Có hai phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn sử dụng camera được đề xuất, bao gồm:

Phương pháp 1: Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn khi đặt camera song song với mặt phẳng treo đèn (trần nhà)

Phương pháp 2: Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng cách di chuyển thiết bị di động có camera theo hướng từ đèn này sang đèn khác.

Phương pháp 1

Đề cập đến Hình 5, Hình 5 minh họa phương pháp 1 - đặt camera song song và tính khoảng thông số khoảng cách giữa camera với mặt phẳng treo đèn.

Tiếp tục với Hình 5, phương pháp 1 này bao gồm các bước:

(i) hướng bề mặt của camera 501 song song với mặt phẳng treo đèn 502 khi chụp ảnh;

Tức là, trong trường hợp hai đèn treo trên trần nhà, thì đặt thiết bị di động nằm ngang và hướng camera lên trên trần nhà.

(ii) Từ ảnh chụp, xác định hai vector, vector v_1 (là vector từ trung tâm của ảnh tới đèn số 1, 503-1) và vector v_2 (là vector từ trung tâm của ảnh tới đèn số 2, 503-2);

Lưu ý:

Cần xác định tâm điểm của đèn trong ảnh chụp trước, rồi kẻ vector từ trung tâm của ảnh ra tới tâm điểm của đèn.

Trung tâm (X,Y) của một vật thể trong ảnh chụp được định nghĩa là trọng tâm của nó, và được tính như sau:

$$X = \sum_{i=1}^M x_i / M ; Y = \sum_{j=1}^N y_j / N$$

trong đó, (X,Y) là tọa độ của điểm trọng tâm, (x_i, y_j) là tọa độ của các điểm ảnh nằm bên trong vật thể, và (M,N) là kích thước của vật thể.

(iii) Sử dụng ảnh chụp và mô hình máy học để tính khoảng cách từ camera tới từng đèn (khoảng cách d_1 , 505-1, và d_2 , 505-2) và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn (khoảng cách h , 506);

từ đó xác định được hai vòng tròn chứa vị trí của hai đèn là hai vòng tròn đồng tâm (tâm là hình chiếu của camera xuống mặt phẳng treo đèn) với các bán kính lần lượt là $r_1 = \sqrt{d_1^2 - h^2}$, $r_2 = \sqrt{d_2^2 - h^2}$ (gọi lần lượt là hai vòng tròn vị trí C1 504-1 và C2 504-2);

Lưu ý:

- Mô hình máy học đã được mô tả ở đơn sáng chế số 1-2021-08479, chi tiết sẽ được nêu tóm tắt ở đây.
- Mô hình máy học này sẽ dựa theo các ảnh mẫu (với khoảng cách từ camera tới đèn d và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn h là đã biết) để tính toán ra hai giá trị cần tìm (d_i và h_i) của một bức ảnh chụp bất kỳ lần thứ i^{th} .

Công cụ trí tuệ nhân tạo, lưu trữ một mô hình máy học (machine learning) để học dữ liệu, với đầu vào của mô hình là ảnh chụp từng đèn và đầu ra là khoảng cách (d) và góc chụp (α) từ máy ảnh hoặc thiết bị di động tới đèn thông minh. Theo một phương án ưu tiên thực hiện của sáng chế, kiến trúc của mô hình máy học được cải tiến từ mô hình máy học (LetNet 5), được thể hiện trong Bảng 1. Tuy nhiên, cần hiểu rằng, mô hình máy học có thể sử dụng các dạng biến thể tương đương hoặc sử dụng nhiều mô hình khác nhau, chẳng hạn như K-NN, SVM, LetNet 1, LetNet 4, để thực hiện tính toán khoảng cách (d) và góc chụp (α) từ máy ảnh đến đèn thông minh.

Bảng 1. Minh họa mô hình máy học được đề xuất theo một phương án của sáng chế

	Mô hình máy học (LeNet 5)	Mô hình máy học được đề xuất (Hue-model)
Kiến trúc	Input -> Conv2D -> AveragePooling2D -> Conv2D -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Flatten -> Dense -> Dense -> Output	Input -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Dropout -> Flatten -> Dense -> Output
Hàm kích hoạt	Tanh	Relu
Ưu điểm	Nhẹ, thích hợp triển khai trên các ứng dụng chạy iOS hoặc Android.	Nhẹ, thích hợp triển khai trên các ứng dụng chạy iOS hoặc Android.
Nhược điểm	Không chuẩn hóa dữ liệu sau mỗi layer, không có cơ chế tránh overfitting.	Có chuẩn hóa dữ liệu sau mỗi layer, kết hợp với kỹ thuật bỏ học (Dropout) giúp tránh học tủ (overfitting).

Theo một phương án, mô hình máy học có sử dụng một hàm chuẩn hóa dữ liệu (Batchnorm) sau mỗi lớp Conv2D để làm cho mô hình máy học nhanh hơn và ổn định hơn thông qua việc chuẩn hóa đầu vào dữ liệu của các lớp bằng cách căn giữa và chia tỷ lệ lại. Một kỹ thuật bỏ học (Dropout), bỏ qua các đơn vị (tức là 1 nút mạng) trong quá trình đào tạo một cách ngẫu nhiên, nhằm mục đích “tránh học tủ (overfitting)”.

Trung tâm dữ liệu, lưu trữ các thông tin vị trí của mỗi đèn thông minh trên bản đồ, lưu trữ các thông tin định danh của mỗi đèn thông minh.

Trong hệ 3D, từ một điểm X (là vị trí của camera) có thể xác định được một mặt phẳng duy nhất về một hướng của điểm X (là hướng nhìn của camera) và cách điểm này một khoảng cách h . Từ mặt phẳng này, có thể vẽ đường tròn vị trí có chứa các vị

trí của đèn sao cho khoảng cách từ camera tới đèn là d đã biết. Như vậy, các đường tròn vị trí **C1** và **C2** là xác định và duy nhất.

(iv) Tính khoảng cách giữa hai đèn dựa vào hình chiếu của chúng trên một mặt phẳng song song bất kỳ. Phương pháp tính khoảng cách này được giải thích như phần dưới đây.

Đề cập đến Hình 6, Hình 6 minh họa phương pháp 1 - tính khoảng cách giữa hai đèn khi đặt camera song song với mặt phẳng treo đèn (trần nhà).

Trên mặt phẳng bất kỳ song song với mặt phẳng chứa đèn 601, vẽ hai vòng tròn đồng tâm **C'1** và **C'2**, rồi từ tâm của hai vòng tròn kẻ hai vector song song với hai vector v_1 603-1 và v_2 603-2, gọi là hai vector v'_1 604-1 và v'_2 604-2; hai vector này lần lượt cắt hai vòng tròn vị trí **C'1** và **C'2** tại hai điểm (L'_1 và L'_2);

Bước này mục đích là tạo lập lại mặt phẳng chứa đèn (từ một mặt phẳng song song với nó), các đường tròn vị trí **C1** và **C2**, và các vector song song với hai vector v_1 và v_2 đã biết, để tìm ra hai hình chiếu của hai đèn lên mặt phẳng tạo lập đang quan sát. Lưu ý, khoảng cách giữa hai điểm hình chiếu này sẽ bằng với khoảng cách thực tế giữa hai đèn.

(v) Khoảng cách giữa hai đèn cần tìm chính là khoảng cách hai điểm vị trí vừa tìm được (tức là khoảng cách giữa L'_1 và L'_2);

Tiếp tục với Hình 5 và Hình 6, lưu ý trong Phương pháp 1, trong đó mô hình máy học để tính khoảng cách từ camera tới từng đèn được áp dụng cho từng loại đèn cụ thể mà mô hình đã được học từ trước đó.

Lưu ý:

- Mô hình máy học đã được mô tả ở đơn sáng chế số 1-2021-08479, chi tiết sẽ chỉ được nêu tóm tắt ở trên.
- Mô hình máy học này sẽ dựa theo các ảnh mẫu (với khoảng cách từ camera tới đèn d và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn h là đã biết) để tính toán ra hai giá trị cần tìm (d_i và h_i) của một bức ảnh chụp bất kỳ lần thứ i^{th} .

Tiếp tục với Hình 5 và Hình 6, lưu ý trong Phương pháp 1, trong đó bước (iv)-tìm hình chiếu của hai đèn lên một mặt phẳng song song, và bước (v)-xác định khoảng cách, còn được thực hiện trên một mặt phẳng bất kỳ theo quy tắc sau:

- (v) Trên mặt phẳng bất kỳ, chọn một điểm bất kỳ làm tâm của hai đường tròn rồi vẽ hai vòng tròn đồng tâm **C1** và **C2** với các bán kính r_1 và r_2 đã biết;

- (ii) Di chuyển toàn bộ ảnh chụp có chứa hai vector $\mathbf{v}_1$ và $\mathbf{v}_2$ về vị trí song song với mặt phẳng đã vẽ hai vòng tròn đồng tâm ở trên;
- (iii) Từ tâm của hai vòng tròn kẻ hai vector song song với hai vector $\mathbf{v}_1$ và $\mathbf{v}_2$; hai vector này lần lượt cắt hai vòng tròn vị trí $C1$ và $C2$ tại hai điểm;
- (iv) Khoảng cách giữa hai đèn cần tìm chính là khoảng cách hai điểm vị trí vừa tìm được;

Bản chất của lưu ý này là việc chọn một mặt phẳng để tính khoảng cách. Thay vì sử dụng mặt phẳng song song với tính chất là, khoảng cách giữa hai điểm hình chiếu sẽ bằng với khoảng cách thật của nó; thì với một mặt phẳng bất kỳ, chúng ta sử dụng thêm quy tắc: khoảng cách sẽ vẫn được giữ nguyên khi quay mặt phẳng.

Một mặt phẳng bất kỳ sẽ được dựng bằng cách di chuyển (tịnh tiến, và quay mặt phẳng) một mặt phẳng khác.

Đề cập đến Hình 7, Hình 7 minh họa phương pháp 2 – tính khoảng cách giữa hai đèn khi di chuyển hướng của camera từ đèn này qua đèn khác.

Do phương pháp 1 yêu cầu phải có ít nhất 2 đèn trong cùng một ảnh chụp, nên khi ảnh chụp chỉ có một đèn thì không áp dụng được. Phương pháp 2 này sẽ giải quyết được bài toán tính khoảng cách giữa hai đèn khi chỉ có một đèn trong ảnh chụp, bằng cách chụp 2 lần ảnh.

Phương pháp 2

Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng cách di chuyển thiết bị di động có camera theo hướng từ đèn này sang đèn khác bao gồm các bước:

- (v) Chọn vị trí chụp ảnh sao cho một đèn (đèn số 1) nằm ở trung tâm của ảnh 701, sau đó sử dụng mô hình máy học tính toán khoảng cách từ camera tới đèn này (ký hiệu là d_1 703-1);
- (ii) Chọn vị trí chụp ảnh sao cho đèn còn lại (đèn số 2) nằm ở trung tâm của ảnh 702, sau đó sử dụng mô hình máy học tính toán khoảng cách từ camera tới đèn (ký hiệu là d_2 703-2);

Lưu ý 1:

- Vị trí chụp ảnh sao cho đèn nằm ở trung tâm của ảnh thì sẽ phức tạp; tuy nhiên, có thể chụp ngẫu nhiên đèn số 1 với vị trí nào đó trong ảnh; và mục tiêu cho ảnh chụp thứ 2 là làm sao để đèn số 2 phải lọt vào vị trí này.

- Trong phần mềm ứng dụng (app), lúc này app chỉ cần ghi nhận vị trí của đèn 1 tại ảnh thứ nhất và hướng dẫn người dùng chụp ảnh số 2 sao cho đèn 2 lọt vào vị trí này. Như vậy việc chụp ảnh sẽ đơn giản hơn.

Lưu ý 2:

- Mô hình máy học đã được mô tả ở đơn sáng chế số 1-2021-08479, chi tiết sẽ chỉ được nêu tóm tắt ở trên .
- Mô hình máy học này sẽ dựa theo các ảnh mẫu (với khoảng cách từ camera tới đèn d và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn h là đã biết) để tính toán ra hai giá trị cần tìm (d_i và h_i) của một bức ảnh chụp bất kỳ lần thứ i^{th} .

(iii) Dựa theo các cảm biến vị trí của thiết bị di động, tính góc quay 704 (ký hiệu là α) của thiết bị di động;

Điều kiện ở đây là camera giữ nguyên vị trí, chỉ đổi góc/hướng chụp ảnh, và góc quay là góc hợp bởi hai hướng chụp ảnh tại hai lần chụp.

Ở đây, để xác định góc quay của thiết bị di động trong quá trình di chuyển, các cảm biến vị trí của thiết bị di động có thể được thay bằng các cảm biến chuyển động của thiết bị di động, hoặc bất cứ cảm biến nào trên thiết bị cho phép việc xác định góc quay di chuyển.

Ngoài ra, việc tính góc quay của thiết bị di động có thể được thực hiện bởi một thiết bị phụ trợ, ví dụ ví dụ máy đo khoảng cách và góc dùng laser Bosch GLM 80.

(v) Khoảng cách giữa hai đèn cần tìm 705, ký hiệu là r , được tính bằng công thức $r = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos\alpha}$;

Đây là công thức quen thuộc để tính góc còn lại của một tam giác khi biết hai cạnh và góc hợp bởi hai cạnh này.

Đề cập tới Hình 8. Hình 8 minh họa phương pháp thực nghiệm đánh giá mô hình máy học. Trong đó, để đánh giá mô hình máy học, người đo đã tạo 2 tập dữ liệu khác nhau theo quy tắc sau:

- Tập đánh giá 1: là những dữ liệu thu được ở góc $\theta = -45^\circ$ với tất cả các khoảng cách H khác nhau từ 100cm đến 350cm.
- Tập đánh giá 2: là những dữ liệu thu được ở các góc θ là 0° , -30° , -60° và -90° , với các khoảng cách H từ 300cm đến 350cm

Hai tập đánh giá trên được thiết kế với các mục đích khác nhau, tập đánh giá 1 nhằm mục đích đánh giá mô hình khi dự đoán cho các dữ liệu ở các góc θ khác nhau, tập đánh

giá 2 nhằm mục đích đánh giá mô hình khi dự đoán cho các dữ liệu khi thiết bị di động di chuyển ra xa đèn.

Kết quả thực nghiệm cho thấy, trong dải khoảng cách được học, mô hình đề xuất đem lại độ chính xác cao, với $<10\text{cm}$ sai số. Tuy nhiên, thực nghiệm cũng xem xét đánh giá một cách khắt khe sai số dự đoán cho các mẫu H ở xa, điều này sẽ cho phép đánh giá hiệu quả của mô hình khi đưa vào ứng dụng thực tế. Kết quả cho thấy rằng, càng ở ngoài dải khoảng cách được học, mô hình đem lại độ chính xác thấp hơn (tới $> 20\text{cm}$).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn khi đặt camera song song với mặt phẳng treo đèn (trần nhà) bao gồm các bước:

- (i) người đo hướng bề mặt của camera song song với mặt phẳng treo đèn khi chụp ảnh;
- (ii) từ ảnh chụp, ứng dụng (App) xác định hai vector từ trung tâm của ảnh tới hai đèn (bao gồm vector v_1 là vector từ trung tâm của ảnh tới đèn số 1 và vector v_2 là vector từ trung tâm của ảnh tới đèn số 2);
- (iii) ứng dụng (App) sử dụng ảnh chụp và mô hình máy học để tính khoảng cách từ camera tới từng đèn (khoảng cách tới hai đèn lần lượt là d_1 và d_2) và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng treo đèn (khoảng cách h);
- từ đó ứng dụng (App) xác định được hai vòng tròn chứa các khả năng vị trí của hai đèn là hai vòng tròn đồng tâm (tâm là hình chiếu của camera xuống mặt phẳng treo đèn) với các bán kính lần lượt là $r_1 = \sqrt{d_1^2 - h^2}$, $r_2 = \sqrt{d_2^2 - h^2}$ (gọi lần lượt là hai vòng tròn vị trí C1 và C2);
- (iv) trên mặt phẳng bất kỳ song song với mặt phẳng chứa đèn, ứng dụng (App) vẽ hai vòng tròn đồng tâm với các bán kính lần lượt là r_1 và r_2 (gọi là vòng tròn C1' và C2'), rồi từ tâm của hai vòng tròn kẻ hai vector song song với hai vector v_1 và v_2 ; hai vector này lần lượt cắt hai vòng tròn vị trí C1' và C2' tại hai điểm;
- (v) khoảng cách giữa hai đèn cần tìm chính là khoảng cách hai điểm vị trí vừa tìm được;

trong đó:

mô hình máy học nêu trên được áp dụng cho từng loại đèn cụ thể mà mô hình đã được học từ trước đó;

mô hình máy học sử dụng tập dữ liệu cho đào tạo mô hình từ việc thu thập các ảnh chụp từ các khoảng cách từ camera tới đèn và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng của đèn (trần nhà) khác nhau, hoặc là khoảng cách từ camera tới đèn và góc chụp ảnh hướng tới đèn là khác nhau; trong đó, mô hình máy học bao gồm các lớp sau:

một đầu vào, để đào tạo mô hình là các ảnh chụp được chụp tại các khoảng cách và các góc chụp khác nhau;

một mạng lưới kết nối nơ-ron bao gồm các lớp: Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Dropout -> Flatten -> Dense;

các hàm kích hoạt relu;

một kỹ thuật bỏ học (dropout) cho từng lớp kết nối (nhằm bỏ qua một vài đơn vị trong suốt quá trình đào tạo trong mô hình);

một đầu ra là kết quả dự đoán về khoảng cách từ đèn tới camera (d) và góc chụp (α), hoặc đầu ra là khoảng cách từ đèn tới camera (d) và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng chứa đèn (h).

2. Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn ở điểm 1, trong đó bước (iv) và (v) còn được thực hiện trên một mặt phẳng bất kỳ theo quy tắc sau:

- (i) trên mặt phẳng bất kỳ, chọn một điểm bất kỳ làm tâm của hai đường tròn rồi vẽ hai vòng tròn đồng tâm $C1'$ và $C2'$ với các bán kính r_1 và r_2 đã biết;
- (ii) di chuyển toàn bộ ảnh chụp có chứa hai vector v_1 và v_2 về vị trí song song với mặt phẳng đã vẽ hai vòng tròn đồng tâm ở trên;
- (iii) từ tâm của hai vòng tròn kẻ hai vector song song với hai vector v_1 và v_2 ; hai vector này lần lượt cắt hai vòng tròn vị trí $C1'$ và $C2'$ tại hai điểm;
- (iv) khoảng cách giữa hai đèn cần tìm chính là khoảng cách hai điểm vị trí vừa tìm được.

3. Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn bằng cách di chuyển thiết bị di động có camera theo hướng từ đèn này sang đèn khác bao gồm các bước:

- (i) người đo chọn vị trí chụp ảnh sao cho một đèn (đèn số 1) nằm ở trung tâm của ảnh, sau đó sử dụng mô hình máy học tính toán khoảng cách từ camera tới đèn này (ký hiệu là d_1);
- (iii) người đo di chuyển camera tới vị trí chụp ảnh tiếp theo sao cho đèn còn lại (đèn số 2) nằm ở trung tâm của ảnh, sau đó sử dụng mô hình máy học tính toán khoảng cách từ camera tới đèn (ký hiệu là d_2);
- (iv) ứng dụng (App) dựa theo các cảm biến vị trí của thiết bị di động, tính góc quay của thiết bị di động (ký hiệu là α);

(v) ứng dụng (App) khoảng cách giữa hai đèn cần tìm được tính bằng công thức $x = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos\alpha}$,

trong đó:

mô hình máy học nêu trên được áp dụng cho từng loại đèn cụ thể mà mô hình đã được học từ trước đó;

mô hình máy học sử dụng tập dữ liệu cho đào tạo mô hình từ việc thu thập các ảnh chụp từ các khoảng cách từ camera tới đèn và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng của đèn (trần nhà) khác nhau, hoặc là khoảng cách từ camera tới đèn và góc chụp ảnh hướng tới đèn là khác nhau; trong đó, mô hình máy học bao gồm các lớp sau:

một đầu vào, để đào tạo mô hình là các ảnh chụp được chụp tại các khoảng cách và các góc chụp khác nhau;

một mạng lưới kết nối nơ-ron bao gồm các lớp: Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Conv2D -> Batchnorm -> AveragePooling2D -> Dropout -> Flatten -> Dense;

các hàm kích hoạt relu;

một kỹ thuật bỏ học (dropout) cho từng lớp kết nối (nhằm bỏ qua một vài đơn vị trong suốt quá trình đào tạo trong mô hình);

một đầu ra là kết quả dự đoán về khoảng cách từ đèn tới camera (d) và góc chụp (α), hoặc đầu ra là khoảng cách từ đèn tới camera (d) và khoảng cách từ camera tới mặt phẳng chứa đèn (h) .

4. Phương pháp đo khoảng cách giữa hai đèn ở điểm 3, trong đó để xác định góc quay của thiết bị di động trong quá trình di chuyển, các cảm biến vị trí của thiết bị di động có thể được thay bằng các cảm biến chuyển động của thiết bị di động, hoặc bất cứ cảm biến nào trên thiết bị cho phép việc xác định góc quay di chuyển.

5. Quy trình thiết lập hệ tọa độ của các đèn trong hệ thống chiếu sáng để cung cấp dịch vụ định vị vị trí của điện thoại thông minh có camera sử dụng LiFi, trong đó hệ thống này sử dụng đèn thông minh và truyền dữ liệu ánh sáng theo chuẩn LiFi, hệ thống này bao gồm các thành phần sau:

điện thoại thông minh có cài ứng dụng (App) (101) và quyền sử dụng camera và có kết nối WiFi,

cổng nối (gateway) WiFi (102),

các đèn thông minh và truyền dữ liệu ánh sáng theo chuẩn LiFi có kết nối WiFi (103),

máy chủ cục bộ (local server) hoặc máy chủ đám mây (cloud server) (104);

quy trình này bao gồm:

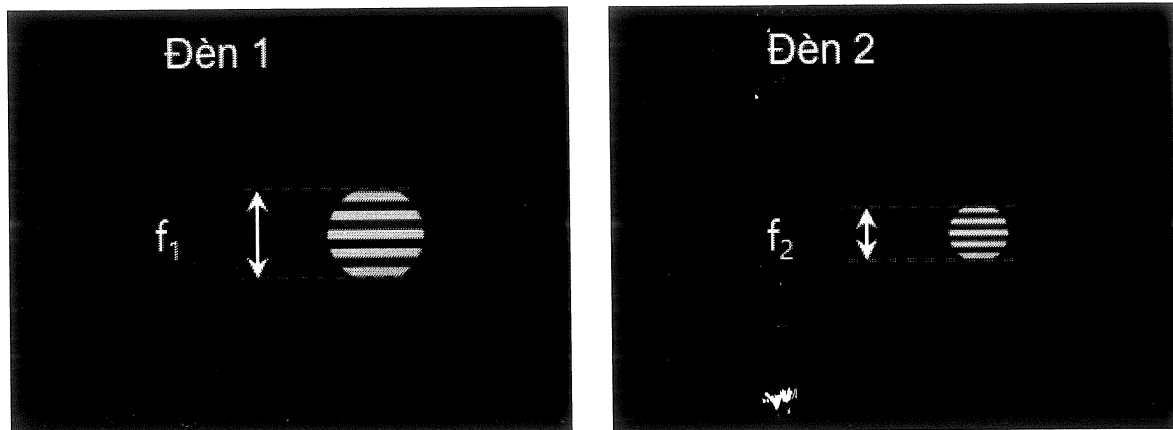
i) lắp đặt các đèn lên mặt phẳng trần nhà đảm bảo các đèn cùng trên một mặt phẳng;

ii) đo khoảng cách giữa các đèn bằng camera được điều khiển bởi ứng dụng (app) sử dụng phương pháp đo khoảng cách theo một trong số các điểm 1 - 4; trong đó camera được cố định vị trí nằm ngang (camera hướng góc nhìn lên đèn), và có độ cao không đổi với sàn nhà và di chuyển trên bề mặt sàn nhà trong quá trình đo khoảng cách giữa các đèn;

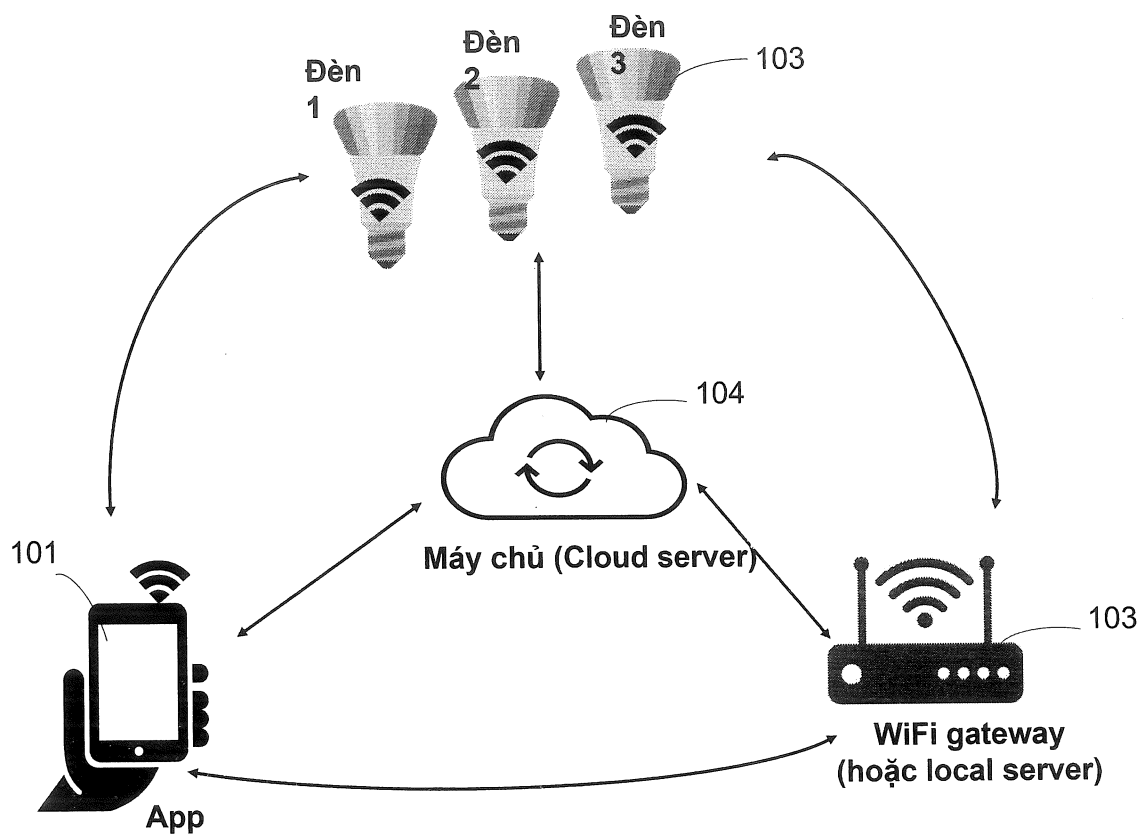
iii) chọn một đèn làm hệ quy chiếu, rồi sử dụng khoảng cách giữa các đèn đo được để tính và thiết lập thông số vị trí của các đèn còn lại.

6. Quy trình theo điểm 5, trong đó hệ thống đèn phức tạp sẽ được chia nhỏ thành nhiều mặt phẳng treo đèn khác nhau, và trong mỗi mặt phẳng đèn chỉ cần đo tọa độ của một đèn đại diện và làm quy chiếu cho các đèn còn lại.

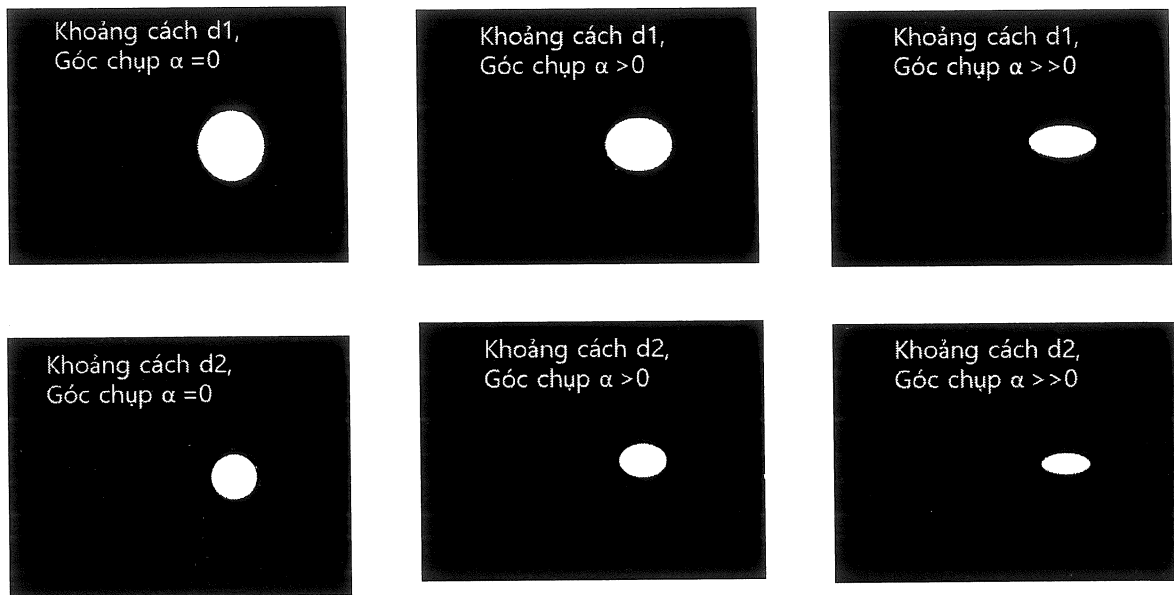
7. Quy trình theo điểm 6, trong đó tọa độ của đèn được tính theo tọa độ của điểm chính giữa trên bề mặt chiếu sáng của đèn.



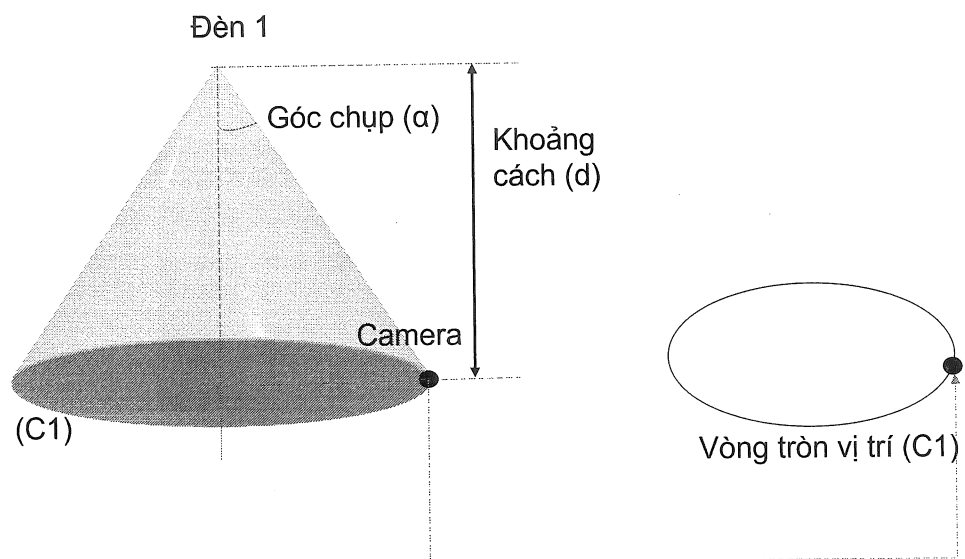
Hình 1



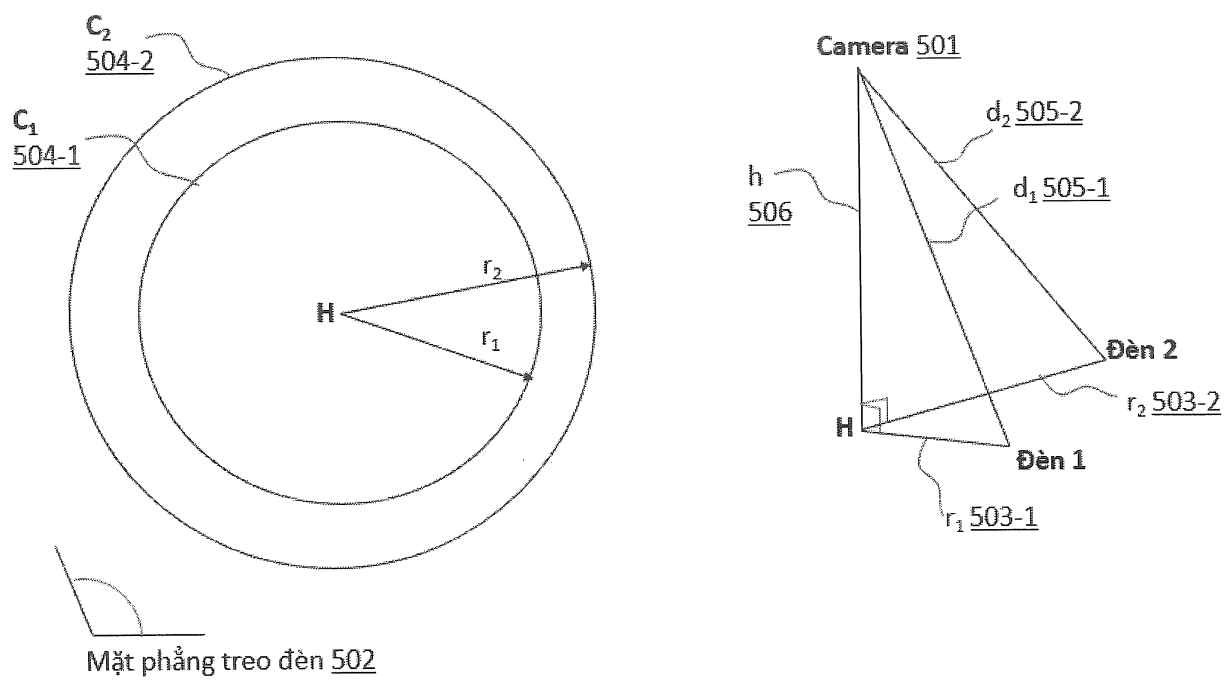
Hình 2



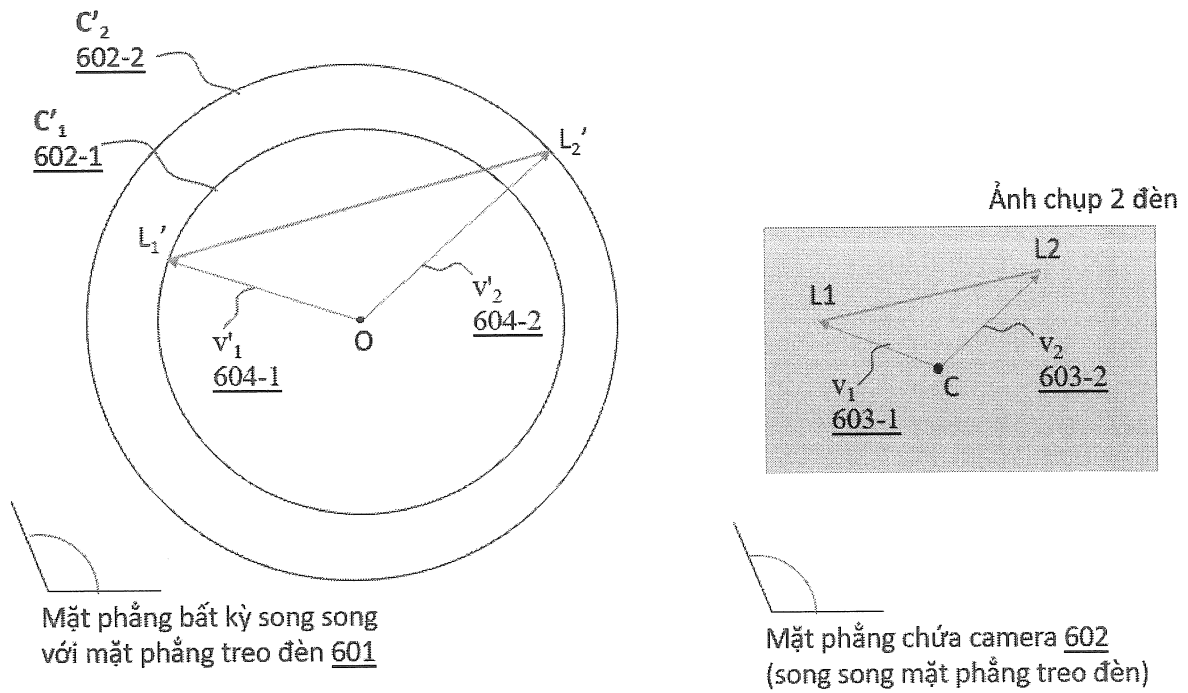
Hình 3



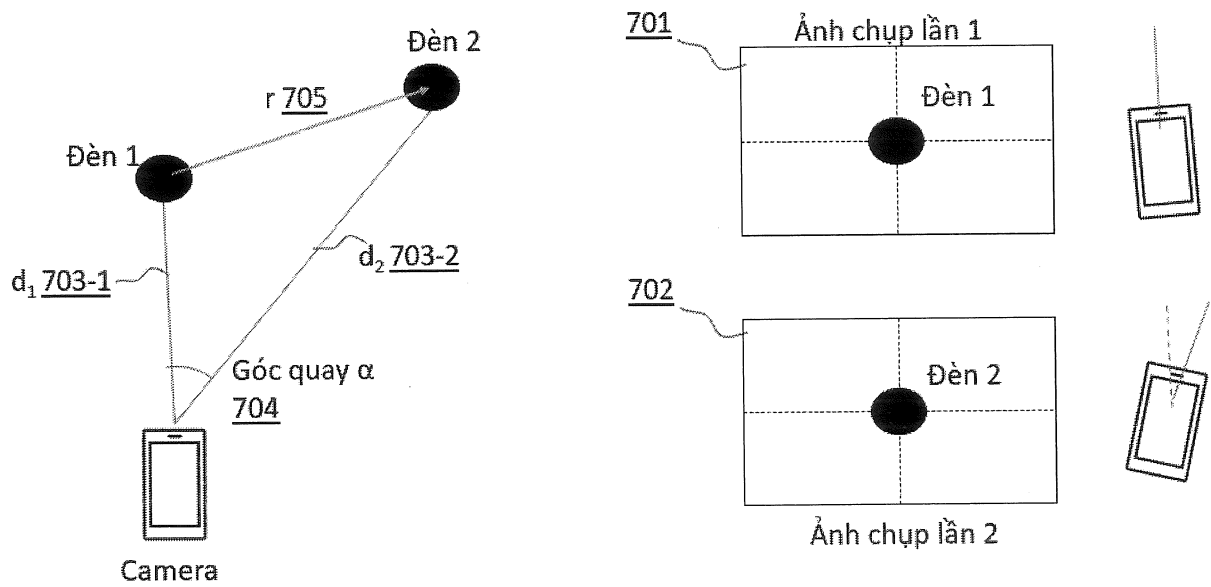
Hình 4



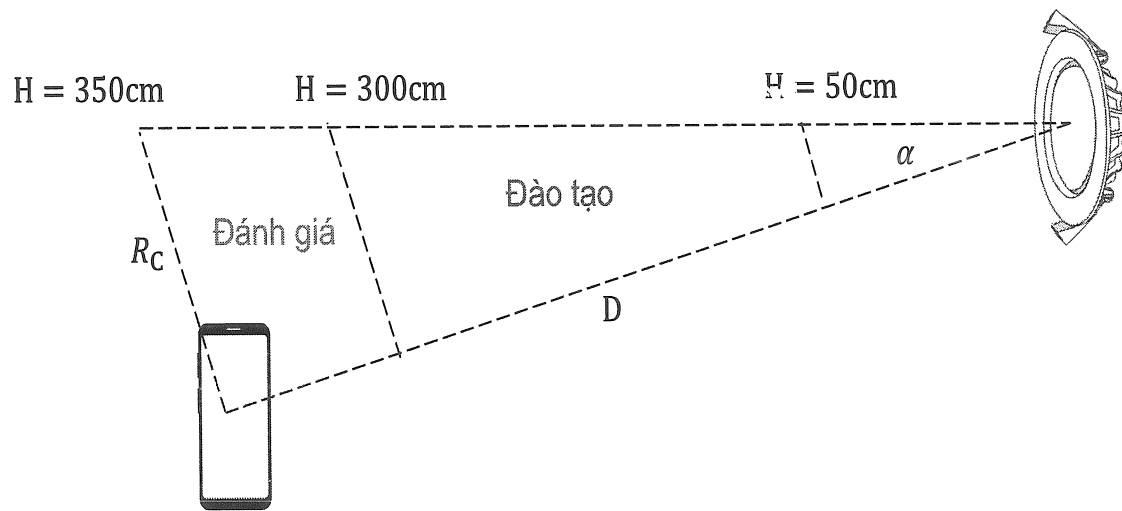
Hình 5



Hình 6



Hình 7



Hình 8