



(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)



1-0043033

(51)^{2019.01} B25J 9/10

(13) B

(21) 1-2020-00537

(22) 30/01/2020

(30) 16/258,740 28/01/2019 US

(45) 25/02/2025 443

(43) 25/08/2020 389

(73) Cognex Corporation (US)

One Vision Drive, Natick, MA 01760, United States of America

(72) Bernhard Drixler (DE); Yingchuan Hu (CN).

(74) CÔNG TY LUẬT TNHH IP MAX (IPMAX LAW FIRM)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP CHO SỰ HIỆU CHỈNH TAY-MẮT TỰ ĐỘNG
CỦA HỆ THỐNG THỊ GIÁC CHO SỰ CHUYỂN ĐỘNG RÔ-BỐT

(57) Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp mà quyết định tự động các thông số chuyển động của sự hiệu chỉnh tay-mắt, và tiến hành các quy trình hiệu chỉnh mà có ít sự can thiệp của con người nhất. Nó tính toán tự động các thông số chuyển động hiệu chỉnh tay-mắt và các vị trí không gian trong quá trình tiền hiệu chỉnh, nhờ đó mẫu hiệu chỉnh có thể luôn nằm bên trong, và bao gồm, toàn bộ trường nhìn FOV của camera hệ thống thị giác, cung cấp quy trình xử lý hiệu chỉnh tay-mắt tự động hoàn toàn. Hệ thống và phương pháp này hoạt động một cách có lợi trong môi trường hiệu chỉnh tay-mắt dựa trên rô-bốt và có thể bù hiệu ứng giá chia giữa mục tiêu hiệu chỉnh và FOV. Quá trình hiệu chỉnh tay-mắt tính toán sự biến đổi từ không gian tọa độ rô-bốt sang không gian tọa độ camera. Điều này thường tránh được yêu cầu di chuyển bằng tay rô-bốt thông qua tập hợp các vị trí không gian mà trong đó camera sau đó thu nhận các ảnh và định vị các đặc điểm hiệu chỉnh trên đối tượng tại mỗi vị trí để thiết lập mối quan hệ giữa rô-bốt và camera.

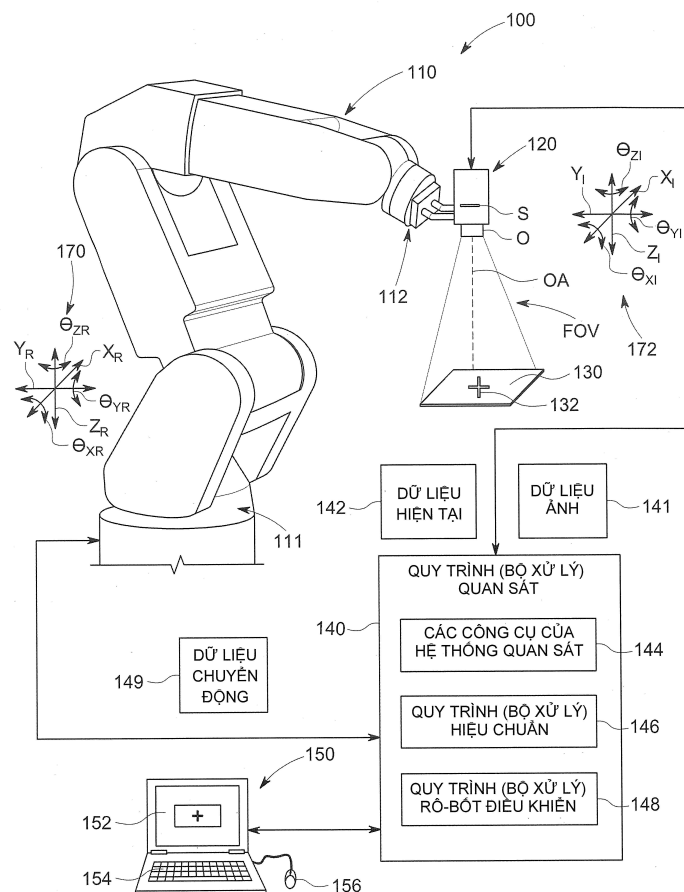


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến các hệ thống thị giác máy, và cụ thể hơn là, sáng chế đề cập đến các hệ thống và các phương pháp dùng để hiệu chỉnh các hệ thống này kết hợp với tay máy rô-bốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các hệ thống thị giác máy (trong bản mô tả này cũng được gọi là “các hệ thống thị giác”), một hoặc nhiều camera được sử dụng để thực hiện quy trình xử lý hệ thống thị giác trên đối tượng hoặc bề mặt nằm trong cảnh được chụp. Các quy trình xử lý này có thể bao gồm kiểm tra, giải mã sự diễn đạt tương tượng, căn chỉnh và các nhiệm vụ tự động hóa khác nhau, chẳng hạn như điều khiển chuyển động của cánh tay rô-bốt hoặc bộ chuyển động mà được sử dụng để thao tác và đối tượng liên quan đến một hoặc nhiều mức độ tự do và/hoặc các kích thước. Cụ thể hơn là, hệ thống thị giác có thể được sử dụng để kiểm tra miếng kết cấu phẳng mà được thao tác nằm trong cảnh được chụp. Cảnh được chụp một cách đặc trưng bởi một hoặc nhiều camera hệ thống thị giác mà có thể bao gồm các bộ xử lý hệ thống thị giác bên trong hoặc bên ngoài mà thao tác các quy trình xử lý hệ thống thị giác được kết hợp để tạo ra các kết quả chẳng hạn, sự căn chỉnh một phần. Thường được mong muốn hiệu chỉnh một hoặc nhiều camera để cho phép nó/chúng thực hiện (các) nhiệm vụ thị giác có đủ độ chính xác và độ tin cậy. Đối tượng hiệu chỉnh có thể được sử dụng để hiệu chỉnh (các) camera.

Đối tượng hiệu chỉnh (thường được tạo kết cấu theo dạng phẳng, “tấm”) có thể được tạo ra như một đối tượng phẳng có các mẫu để phân biệt (thường được khảm) được làm cho nhìn thấy được trên bề mặt của nó. Mẫu để phân biệt thường được thiết kế cẩn thận và chính xác, sao cho người dùng có thể nhận biết dễ dàng mỗi đặc điểm nhìn thấy được trong ảnh của tấm được thu nhận bởi camera. Một số mẫu lấy làm ví dụ bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các lưới

điểm, các lưới đường thẳng, các dấu chữ thập, hoặc có thể hình dung được là mẫu dạng tổ ong, các hình tam giác sắp xếp thành dạng bàn cờ, v.v.. Điểm hình là, các đặc điểm của mỗi đặc điểm nhìn thấy được được biết từ thiết kế của tấm, chẳng hạn như vị trí và/hoặc sự định hướng tương ứng với vị trí tham chiếu và/hoặc hệ tọa độ được xác định hoàn toàn trong thiết kế.

Các đối tượng hiệu chỉnh được sử dụng theo nhiều cách khác nhau để thu được các thông số hiệu chỉnh mong muốn liên quan đến hệ thống thị giác. Bằng cách lấy ví dụ không giới hạn, các đối tượng hiệu chỉnh có thể được lắp đối với tay máy (hoặc bộ phận chấp hành cuối) của rô-bốt. Rô-bốt di chuyển đối tượng hiệu chỉnh tới nhiều vị trí riêng rẽ để tạo ra các thông số hiệu chỉnh mong muốn cho không gian tọa độ của rô-bốt tương ứng với không gian tọa độ của hệ thống thị giác. Tuy nhiên, chuyển động của tay máy có thể đôi lúc định vị tất cả hoặc một phần của đối tượng hiệu chỉnh bên ngoài trường nhìn của hệ thống thị giác, một phần là do cái được gọi là hiệu ứng giá chia. Điều này có thể giới hạn tốc độ, độ chính xác và/hoặc độ tin cậy của quy trình xử lý hiệu chỉnh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế này khắc phục được các nhược điểm của giải pháp kỹ thuật đã biết bằng cách tạo ra hệ thống và phương pháp mà quyết định tự động các thông số chuyển động của sự hiệu chỉnh tay-mắt, và tiến hành các quy trình hiệu chỉnh mà có ít sự can thiệp của con người nhất. Cụ thể hơn là, hệ thống và phương pháp tính toán tự động các thông số chuyển động hiệu chỉnh tay-mắt và các vị trí không gian trong quá trình hiệu chỉnh, nhờ đó mẫu hiệu chỉnh có thể (luôn) duy trì/được duy trì liên tục bên trong, và bao gồm, toàn bộ trường nhìn FOV của camera hệ thống thị giác, tạo ra quy trình xử lý hiệu chỉnh tay-mắt tự động hoàn toàn. Hệ thống và phương pháp này hoạt động một cách có lợi trong môi trường hiệu chỉnh tay-mắt dựa trên rô-bốt và có thể bù hiệu ứng giá chia giữa mục tiêu hiệu chỉnh và FOV. Sự hiệu chỉnh tay-mắt tính toán sự biến đổi từ không gian tọa độ rô-bốt sang không gian tọa độ camera. Điều này thường tránh được yêu cầu di chuyển bằng tay (bởi người dùng) rô-bốt thông qua tập hợp các vị trí không gian trong đó camera sau đó thu nhận các ảnh và định vị các đặc

điểm hiệu chỉnh trên đối tượng tại mỗi vị trí để thiết lập mối quan hệ (sự biến đổi theo không gian) giữa rô-bốt và camera.

Theo phương án minh họa, hệ thống và phương pháp thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt của hệ thống thị giác hoạt động kết hợp với tay máy rô-bốt được đề xuất, trong đó có tồn tại chuyển động tương đối giữa đối tượng hiệu chỉnh và trường nhìn (FOV) của camera hệ thống thị giác. Quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh thực hiện sự hiệu chỉnh ba điểm trong FOV và tính toán sự biến đổi thô từ không gian tọa độ của tay máy rô-bốt sang không gian tọa độ của ảnh được thu nhận của camera hệ thống thị giác. Dựa trên sự biến đổi thô, hệ thống và phương pháp tính toán các điểm không gian của các đặc điểm trên đối tượng hiệu chỉnh tại nhiều vị trí tương đối mà chấp nhận được để thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt cho đối tượng đó. Môđun hiệu chỉnh tay-mắt sau đó thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt sử dụng các điểm không gian. Một cách minh họa, sự biến đổi thô được tính toán dựa trên tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt và sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất giữa các điểm không gian. Các điểm không gian có thể được lựa chọn, một phần, dựa trên các đầu vào người dùng tùy chọn. Thông thường, có thể được dự tính rằng tay máy rô-bốt gây ra hiệu ứng giá chia giữa đối tượng hiệu chỉnh và FOV, và quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh được bố trí để bù hiệu ứng giá chia. Quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh, nhờ đó, tính toán các vị trí không gian sao cho đối tượng hiệu chỉnh vẫn nằm trong FOV. Theo một ví dụ, camera hệ thống thị giác được lắp đối với, và di chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt. Theo ví dụ khác, đối tượng hiệu chỉnh được lắp đối với, và di chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt. Một cách minh họa, tay máy rô-bốt bao gồm một trong số rô-bốt đa trục và bộ chuyển động. Sự hiệu chỉnh tay-mắt có thể được thực hiện theo chuỗi các bước chuyển động mà định nghĩa tương ứng kích cỡ bước chuyển động giữa chúng, và trong đó kích cỡ bước chuyển động dựa trên ít nhất một trong số (a) kích cỡ của các điểm ảnh được thu nhận của camera hệ thống thị giác và (b) kích cỡ của FOV của camera hệ thống thị giác như được xác định từ ít nhất một ảnh trong số các ảnh của đối tượng hiệu chỉnh được thu nhận cho đến bước chuyển

động hiện tại. Sự biến đổi thô có thể được tính toán dựa trên ít nhất một trong số (a) quy trình xử lý chuyển động ba bước, và (b) tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt với sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất giữa các điểm không gian.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Phần mô tả sáng chế dưới đây có dựa trên các hình vẽ kèm theo bao gồm:

Fig.1 là sơ đồ của cụm chi tiết tay máy rô-bốt có camera hệ thống thị giác được lắp trong bộ phận chấp hành cuối của nó, được điều khiển để chụp tấm hiệu chỉnh theo phương án ví dụ;

Fig.2 là sơ đồ của cụm chi tiết tay máy rô-bốt có camera hệ thống thị giác được lắp từ xa, để chụp tấm hiệu chỉnh được thao tác bởi bộ phận chấp hành cuối rô-bốt theo phương án ví dụ khác;

Fig.3 là hình chiếu bằng thể hiện hiệu ứng giá chia trên mục tiêu hiệu chỉnh nhờ chuyển động tương đối giữa trường nhìn (FOV) camera hệ thống thị giác và tay máy rô-bốt, bao gồm sự điều chỉnh được thực hiện bởi hệ thống và phương pháp trong bản mô tả này để bù giá chia;

Fig.4 là hình chiếu bằng của đối tượng hiệu chỉnh ví dụ có các đặc điểm hiệu chỉnh được kết hợp (ví dụ các đường dấu chữ thập) có chuỗi các bước chuyển động mà cung cấp sự tịnh tiến và sự quay giữa các vị trí đặc điểm tương ứng với quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh trong bản mô tả này;

Fig.5 là lưu đồ thể hiện quy trình thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt mà có hiệu ứng giá chia, bao gồm các quy trình tiền hiệu chỉnh tạo ra các vị trí thô theo không gian mà duy trì đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn liên tục trong suốt các bước chuyển động hiệu chỉnh; và

Fig.6 là lưu đồ của quy trình chi tiết hơn mà thực hiện sự điều chỉnh kích cỡ bước trong quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh trên Fig.5.

Mô tả chi tiết sáng chế

I. Tổng quan hệ thống

A. Camera được lắp trong rô-bốt và đối tượng hiệu chỉnh cố định

Fig.1 thể hiện cụm chi tiết tay máy rô-bốt 100 trong đó cánh tay rô-bốt đa trục (ví dụ sáu trục) 110 được thể hiện trên đế cố định 111 với bộ phận chấp hành cuối 112 mà được làm thích ứng để mang cụm chi tiết camera hệ thống thị giác 120. Camera 120 được thao tác quanh không gian làm việc sao cho nó có thể hướng trục quang OA của nó và trường nhìn để căn chỉnh với đối tượng/tầm hiệu chỉnh 130. Đối tượng 130 có thể xác định mẫu hiệu chỉnh thích hợp bất kỳ và các điểm chuẩn kết hợp, ví dụ, các đường dấu chữ thập 132. Camera có thể được lắp trên bộ phận chấp hành cuối 112 theo cách để cho phép nó trải qua toàn bộ khoảng chuyển động dọc theo nhiều trục. Bộ phận chấp hành cuối 112 có thể cũng bao gồm tay máy (các bộ kẹp, giác hút, v.v.) để di chuyển đối tượng mong muốn (ví dụ phần mà trải qua căn chỉnh hoặc nhắc và đặt). Theo cách này, cụm chi tiết camera hệ thống thị giác 120 di chuyển cùng với tay máy bộ phận chấp hành cuối và cho phép nó di chuyển để được dẫn hướng (và các đối tượng được căn chỉnh) làm bộ phận chấp hành cuối di chuyển quanh không gian làm việc.

Cụm chi tiết camera 120 bao gồm cảm biến ảnh S và các chi tiết quang học O cố định hoặc biến đổi được kết hợp. Cụm chi tiết camera 120 được kết nối thông qua liên kết dữ liệu thích hợp (có dây hoặc không dây) với (bộ) quy trình xử lý hệ thống thị giác 140. (Bộ) quy trình xử lý 140 có thể được cụ thể hóa theo nhiều cách, bao gồm như một phần của vỏ cụm chi tiết camera 120 (toàn bộ hoặc một phần) và/hoặc nằm trong thiết bị tính toán riêng 150, chẳng hạn như PC, máy tính xách tay, máy chủ, máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh. Thiết bị tính toán 150 này có thể cũng được sử dụng để hỗ trợ người dùng trong việc thiết đặt và/hoặc sự hiệu chỉnh của hệ thống thị giác, như được mô tả trong bản mô tả này. Bằng cách lấy ví dụ, thiết bị tính toán 150 bao gồm màn hình và/hoặc màn hình cảm ứng chạm 152, chức năng bàn phím 154 và (ví dụ) chuột 156.

Thông thường, (bộ) quy trình xử lý 140 thu dữ liệu ảnh 141 từ cảm biến cụm chi tiết camera S và truyền dữ liệu điều khiển camera 142, chẳng hạn như thông tin lấy nét, các bộ kích hoạt, v.v.. Dữ liệu ảnh này được xử lý bởi các công cụ hệ thống thị giác 144, mà có thể bao gồm bộ tìm cạnh, các thước đo, các công

cụ độ tương phản, các bộ phân tích đếm màu thông thường hoặc tùy chỉnh, v.v.. Các công cụ này và các quy trình xử lý mà có bán sẵn từ các nhà cung cấp, chẳng hạn như Cognex Corporation of Natick, MA. (Bộ) quy trình xử lý 140 cũng bao gồm (bộ) quy trình xử lý/môđun hiệu chỉnh 144 (mà có thể là một phần của toàn bộ sự bố trí được thiết đặt) mà dùng để hiệu chỉnh hệ thống thị giác dựa trên kỹ thuật hiệu chỉnh tay-mắt và các kỹ thuật hiệu chỉnh khác được mô tả dưới đây. (Bộ) quy trình xử lý hệ thống thị giác 140 cũng bao gồm giao diện dùng cho sự điều khiển rô-bốt 148. (Bộ) quy trình xử lý/môđun 148 này truyền/thu dữ liệu điều khiển chuyển động và/hoặc phản hồi (ví dụ các xung mã hóa) 149 liên quan đến rô-bốt 110. (Bộ) quy trình xử lý 140 chuyển một cách thông thường hơn không gian tọa độ camera 170 thành không gian tọa độ chuyển động của rô-bốt 172 sử dụng các thông số hiệu chỉnh thu được sử dụng (ví dụ) kỹ thuật hiệu chỉnh tay-mắt. Chú ý rằng không gian tọa độ rô-bốt 170 có thể được xác định bởi các trục vuông góc XR, YR và ZR và các chuyển động quay tương đối θ_{XR} , θ_{YR} , và θ_{ZR} , và không gian tọa độ ảnh/camera 172 có thể được xác định bởi các trục vuông góc XI, YI và ZI và các chuyển động quay tương đối θ_{XI} , θ_{YI} , và θ_{ZI} . Các sự chuyển đổi thích hợp được tạo ra tương ứng với hệ thống và phương pháp này để ánh xạ các không gian tọa độ 170, 172. Theo cách này, dựa trên các thông số hiệu chỉnh được đo, sự di chuyển được theo dõi bởi hệ thống thị giác được chuyển thành các thông số chuyển động trong rô-bốt.

Nhờ cơ sở khác trong việc nắm rõ các nguyên lý hiệu chỉnh nhất định, bao gồm sự hiệu chỉnh tay-mắt, đối với vật cứng, chẳng hạn như tám hiệu chỉnh, chuyển động có thể được mô tả bởi cặp tư thế: tư thế bắt đầu ngay khi tiến hành chuyển động, và tư thế kết thúc theo ngay sau chuyển động - “tư thế” trong bản mô tả này được xác định là tập hợp các trị số để mô tả trạng thái của vật thể, tại một thời điểm cụ thể bất kỳ, trong một số hệ tọa độ cơ sở - sự mô tả đặc điểm ảo của vật thể. Ví dụ, theo hai chiều (2D), vật cứng có thể được mô tả bởi ba số: chuyển động tịnh tiến theo chiều X, chuyển động tịnh tiến theo chiều Y, và chuyển động quay θ . Theo ba chiều (3D), chuyển động tịnh tiến theo chiều Z (chiều cao) được bổ sung cùng với các chuyển động quay bổ sung (ví dụ θ_x , θ_y

và θ_z), quanh các trục X, Y và Z tương ứng (xem, ví dụ, các trục tọa độ 170 và 172 trên Fig.1). Từ thể theo ngữ cảnh của tấm hiệu chỉnh mô tả cách thức tấm hiệu chỉnh được thể hiện tới (các) camera, khi có chuyển động tương đối giữa (các) camera và tấm hiệu chỉnh. Diễn hình là, theo tiêu chuẩn, cái gọi là “sự hiệu chỉnh tay-mắt”, đối tượng/tấm hiệu chỉnh được thể hiện ở số lượng các tư thế khác nhau tới (các) camera, và mỗi camera thu nhận ảnh của tấm hiệu chỉnh tại mỗi tư thế này. Đối với sự hiệu chỉnh tay-mắt thị giác máy, tấm hiệu chỉnh được di chuyển một cách diễn hình tới nhiều tư thế định trước mà tại đó các camera thu nhận các ảnh tương ứng của tấm. Mục đích của sự hiệu chỉnh tay-mắt này là để xác định các tư thế vật cứng của (các) camera và tấm hiệu chỉnh trong “hệ tọa độ chuyển động”. Hệ tọa độ chuyển động có thể được xác định theo nhiều cách. Các số trong các tư thế (mà định rõ nơi mà đối tượng/tấm hiệu chỉnh và/hoặc các camera nằm tại đó trong không gian) sẽ được diễn dịch thành hệ tọa độ thích hợp. Mỗi khi một hệ tọa độ thống nhất được lựa chọn, các tư thế và chuyển động được mô tả/được diễn dịch thành hệ tọa độ chung. Hệ tọa độ được lựa chọn này thường được gọi là “hệ tọa độ chuyển động.” Diễn hình là, “chuyển động” được tạo ra bởi thiết bị vật lý mà có thể thực hiện chuyển động vật lý, chẳng hạn như cánh tay rô-bốt, hoặc bộ chuyển động, chẳng hạn như khung cầu. Chú ý rằng hoặc đối tượng/tấm có thể di chuyển tương ứng với một hoặc nhiều camera cố định hoặc (các) camera có thể di chuyển tương ứng với đối tượng/tấm cố định. Bộ điều khiển thiết bị thực hiện chuyển động này sử dụng các trị số (tức là, các tư thế) để lệnh các thiết bị thực hiện chuyển động mong muốn bất kỳ, và các trị số này được diễn dịch theo hệ tọa độ gốc đối với thiết bị đó. Chú ý là, mặc dù hệ tọa độ chuyển động bất kỳ có thể được lựa chọn tạo ra hệ tọa độ chung tương ứng với thiết bị thực hiện chuyển động và (các) camera, thường được mong muốn lựa chọn hệ tọa độ gốc của thiết bị thực hiện chuyển động làm hệ tọa độ chuyển động tổng thể.

Sự hiệu chỉnh tay-mắt, nhờ đó, hiệu chỉnh hệ thống tới một hệ tọa độ chuyển động bằng cách thực hiện các chuyển động (hoặc di chuyển tấm hiệu chỉnh hoặc di chuyển các camera), và thu nhận các ảnh trước và sau chuyển động đó để xác định các tác động của chuyển động này lên đối tượng di chuyển.

Dựa trên cơ sở khác, điều này là khác với sự hiệu chỉnh camera nội tại và bên ngoài đặc trưng mà không liên quan đến (“tự do với”) việc xác định tư thế bên ngoài của camera trong hệ tọa độ chuyển động. Theo các ví dụ này, tất cả (các) camera được hiệu chỉnh một cách điển hình tương ứng với chính hệ tọa độ của tấm hiệu chỉnh, sử dụng một ảnh được thu nhận của tấm, mà nằm ở vị trí cụ thể trong trường nhìn của tất cả các camera. Phần mềm hiệu chỉnh thị giác máy suy luận vị trí tương đối của mỗi camera từ ảnh của tấm được thu nhận bởi mỗi camera. Sự hiệu chỉnh này được gọi là “hiệu chỉnh các camera tới tấm”, trong khi đó sự hiệu chỉnh tay-mắt được gọi là “hiệu chỉnh các camera tới hệ tọa độ chuyển động.”

Do đó, khi hệ thống thị giác sử dụng sự hiệu chỉnh tay-mắt, phần mềm của nó giải quyết các tư thế bằng cách tương quan hóa hiệu ứng chuyển động được quan sát trong các ảnh với chuyển động được lệnh (mà đối với nó, dữ liệu chuyển động được lệnh là đã biết). Kết quả khác của sự hiệu chỉnh là sự ánh xạ giữa mỗi vị trí điểm ảnh trong ảnh của camera và vị trí vật lý trong hệ tọa độ chuyển động, sao cho sau khi tìm thấy vị trí trong không gian ảnh, vị trí trong hệ tọa độ chuyển động có thể được diễn dịch và thiết bị thực hiện chuyển động có thể được lệnh để tác động lên nó.

Lại dựa trên sự bố trí 100 trên Fig.1, trong suốt quá trình hiệu chỉnh tay-mắt, người dùng thường quyết định (và nhập) các vị trí không gian mà đối tượng hiệu chỉnh được di chuyển tới đó. Sự tiếp cận này gây mất nhiều thời gian, và yêu cầu phải hiểu rõ toàn bộ hệ thống và trường nhìn kết hợp của nó, mà có thể đưa ra các lỗi không mong muốn vào các quy trình hiệu chỉnh. Ví dụ, một số hệ thống lắp mũi dao cắt vào bộ phận chấp hành cuối rô-bốt 112, và yêu cầu người dùng di chuyển rô-bốt và dẫn hướng bộ phận chấp hành cuối 112 để thực hiện sự tiếp xúc thực tế với mẫu in của đối tượng hiệu chỉnh 130. Như một sự lựa chọn, một số hệ thống yêu cầu thiết đặt khoảng chuyển động và kích cỡ bước theo mỗi trục chuyển động (mức độ tự do), mà có thể hoặc di chuyển các mẫu của đối tượng hiệu chỉnh trong số trường nhìn (FOV) của camera, hoặc chỉ bao phủ phần rất nhỏ của trường nhìn. Nó có thể là kết quả, một phần từ cái gọi là hiệu ứng “giá chia” trong đó vị trí của bộ phận chấp hành cuối rô-bốt 112

và/hoặc đối tượng 130 được dịch từ trục quang OA của camera hệ thống thị giác 120 ở tốc độ vi sai dựa trên chuyển động do rô-bốt và đối tượng có chuyển động quay liên quan đến nhau. Tập dữ liệu giới hạn này có thể dẫn đến sự hiệu chỉnh lỗi, hoặc không đáp ứng các yêu cầu ứng dụng hệ thống thị giác. Mặc dù có thể thu được sự hiệu chỉnh tay-mắt tốt thông qua thao tác cẩn thận bằng tay và các thử nghiệm, được mong muốn là làm giảm, hoặc loại bỏ, sự tác động của người dùng (con người) trong quy trình.

B. Camera được lắp từ xa và đối tượng hiệu chỉnh được lắp trên rô-bốt

Dựa trên Fig.2, phương án khác của sự bố trí rô-bốt được dẫn hướng bằng thị giác 200 có thể bao gồm cụm chi tiết cánh tay rô-bốt đa trục 210. Mà có thể khác với, hoặc tương tự với, cụm chi tiết rô-bốt 110 được mô tả trên đây. Như một sự lựa chọn, thiết bị chuyển động khác - chẳng hạn như bộ chuyển động - có thể được sử dụng trong sự bố trí bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Bộ phận chấp hành cuối 212 trong sự bố trí ví dụ này mang và đối tượng di chuyển/tầm hiệu chỉnh 230 liên quan đến trường nhìn FOV1 của (ví dụ) cụm chi tiết camera hệ thống thị giác được lắp từ xa và cố định 220. Cụm chi tiết camera bao gồm cảm biến S1 và các chi tiết quang học O1 mà xác định trục quang kết hợp OA1. Trong cả hai sự bố trí 100 và 200, camera thường vuông góc với mặt phẳng được xác định bởi đối tượng hiệu chỉnh. Tuy nhiên, được dự tính chính xác rằng đối tượng hiệu chỉnh có thể xác định các đặc điểm 3D mà bao gồm chiều cao và cụm chi tiết camera 120, 220 này có thể bao gồm nhiều camera riêng lẻ được định hướng khác nhau liên quan đến cảnh và/hoặc các cảm biến 3D, chẳng hạn như cảm biến thời gian bay (time-of-flight), siêu âm hoặc LIDAR. Như được mô tả trên đây, cụm chi tiết camera được kết nối với (bộ) quy trình xử lý hệ thống thị giác và thiết bị tính toán kết hợp và cung cấp dữ liệu điều khiển chuyển động tới rô-bốt 210. Trong mỗi sự bố trí này, rô-bốt di chuyển tới các vị trí khác nhau sao cho các ảnh của các mẫu đối tượng hiệu chỉnh có thể được chụp ở các tư thế khác nhau mà sau đó được sử dụng để tính toán các thông số hiệu chỉnh sử dụng (ví dụ) kỹ thuật hiệu chỉnh tay-mắt.

II. Các quy trình hiệu chỉnh

Các đặc điểm duy trì của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn của cụm

chi tiết camera hệ thống thị giác trong mỗi sự bố trí được mô tả trên đây có thể là sự thử thách. Hệ thống và phương pháp minh họa, nhờ đó, cung cấp phương pháp hiệu chỉnh tay-mắt mà quyết định tự động các thông số chuyển động của thiết bị rô-bốt/chuyển động, tính toán các vị trí không gian và duy trì mẫu đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh bên trong trường nhìn của camera, nhờ đó bù cho cái gọi là hiệu ứng giá chìa, trong đó camera có thể xác định trường nhìn mà không bao gồm một phần của các đặc điểm đối tượng hiệu chỉnh.

Dựa trên Fig.3, cảnh được mô tả 300 thể hiện đối tượng hiệu chỉnh 310 và 310A được định vị liên quan đến trường nhìn FOV2 của cụm chi tiết camera hoặc cố định hoặc được lắp (di chuyển) bằng rô-bốt. Giá chìa được thể hiện bởi các chi tiết mở rộng kết hợp 316, 316A và 316B. Khi rô-bốt hoặc camera di chuyển, chuyển động quay được tăng nhanh bởi chi tiết mở rộng (giá chìa) mà gây ra sự vượt quá tầm của trường nhìn FOV2. Do đó, như được thể hiện liên quan đến đối tượng 310A, một số hoặc tất cả các đặc điểm đã được di chuyển (mũi tên 318) bên ngoài của trường nhìn FOV2 trong một số hoặc tất cả của các quy trình hiệu chỉnh nhờ chuyển động bước rô-bốt. Do đó, sự hiệu chỉnh thích hợp được thỏa hiệp hoặc không có sẵn. Ngược lại, và tương ứng với phần mô tả hệ thống và phương pháp trong bản mô tả này, việc duy trì đối tượng (hoặc các đặc điểm hiệu chỉnh được yêu cầu của nó - ít nhất một trong số chúng được thể hiện bởi dấu chữ thập 312, 312A) trong trường nhìn một cách tổng thể, hoặc về cơ bản, trong trường nhìn đảm bảo rằng sự hiệu chỉnh thích hợp có thể xảy ra. Trong trường nhìn FOV2, camera và/hoặc đối tượng trải qua chuyển động giữa các khung được thu nhận (ví dụ chuyển động tịnh tiến x-y và chuyển động quay (mũi tên 320) để đạt được các phép đo hiệu chỉnh mong muốn trong quy trình.

Dựa trên Fig.4, trường nhìn camera FOV3 được thể hiện lại trong cảnh 4000. Chú ý rằng các đặc điểm hiệu chỉnh (các dấu chữ thập 410, 410A và 410B) được thể hiện tại các chuyển động tịnh tiến dọc theo và quanh các trục khác nhau (ví dụ XI và YI và các chuyển động quay θ ZI như được thể hiện), có các đặc điểm 410A và 410B mà mỗi đặc điểm này được thể hiện như một mục cần làm rõ. Các đặc điểm 410, 410A và 410B này được sử dụng, cùng với các vị trí hiệu chỉnh, để tính toán các kết quả hiệu chỉnh tay-mắt theo hệ thống và

phương pháp.

Tóm lại, hệ thống và phương pháp hoạt động sao cho quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh thực hiện sự hiệu chỉnh ba điểm trong trường nhìn và tính toán sự biến đổi thô từ không gian tọa độ rô-bốt tới không gian tọa độ ảnh camera. Quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh thích ứng tự động với trường nhìn, và tìm kiếm các điểm không gian cần được sử dụng cho sự hiệu chỉnh ba điểm. Quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh cũng tính toán các vị trí không gian dùng cho sự hiệu chỉnh tay-mắt dựa trên sự biến đổi thô từ không gian tọa độ rô-bốt sang không gian tọa độ ảnh camera, và kích cỡ của trường nhìn của camera. Quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh có thể bù giá chia rô-bốt, và tính toán các vị trí không gian - mà duy trì liên tục mục tiêu hiệu chỉnh trong trường nhìn của camera. Quy trình xử lý hiệu chỉnh tay-mắt sau đó di chuyển tới chuỗi vị trí từ các kết quả tiền hiệu chỉnh, thu nhận các ảnh, định vị mẫu hiệu chỉnh và tính toán sự biến đổi từ hệ tọa độ rô-bốt sang hệ tọa độ camera.

Lại dựa trên quy trình 500 trên Fig.5, quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh hoạt động để di chuyển (một cách tương đối) rô-bốt, hoặc camera được lắp bộ phận chấp hành cuối, sao cho mẫu hiệu chỉnh nằm trong vùng giữa của trường nhìn của camera (bước 510). Sau đó, ở bước 520, hệ thống tìm kiếm các điểm không gian cần được sử dụng cho sự hiệu chỉnh ba điểm. Ở bước này, kích cỡ bước (độ lớn chuyển động) nhỏ định trước được thiết lập dựa trên kích cỡ của toàn bộ trường nhìn và/hoặc khoảng cách của các đặc điểm trong trường nhìn. Quy trình 500 xác định (thông qua bước quyết định 530) tính khả dụng của các điểm không gian trong sự hiệu chỉnh. Quy trình 500 sau đó điều chỉnh tự động kích cỡ bước (độ lớn chuyển động) (bước 540) dựa trên phản hồi từ hệ thống thị giác.

Sự điều chỉnh bước 540 được thể hiện chi tiết hơn trên Fig.6. Kích cỡ bước hiện tại được thiết lập (bước 610) và điều kiện của chuyển động được xác định - đó là - xem kích cỡ bước hiện tại là quá lớn hay quá nhỏ. Kích cỡ bước quá lớn xảy ra khi bước chuyển động bởi rô-bốt di chuyển một số hoặc tất cả của các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh ra khỏi trường nhìn của camera. Kích cỡ bước quá nhỏ xảy ra khi chuyển động không đủ để phân giải các đặc điểm cho mục tiêu hiệu chỉnh chính xác. Điều này có thể dựa trên lỗi để đạt được

khoảng cách điểm ảnh nhỏ nhất định trước trong ảnh giữa (các) đặc điểm trong mỗi bước. Bước quá lớn xảy ra khi khoảng cách giữa (các) đặc điểm vượt quá khoảng cách điểm ảnh lớn nhất và/hoặc một số hoặc tất cả các đặc điểm (hoặc ít nhất một phần của một cạnh của đối tượng hiệu chỉnh ra khỏi trường nhìn giữa các bước). Bằng cách lấy ví dụ không giới hạn, số nhân đối với bước quá lớn có thể là $\frac{1}{2}$ (chia đôi), và số nhân đối với bước quá nhỏ có thể là 2 (nhân đôi). Số nhân khác được dự tính chính xác và có thể là cố định hoặc thay đổi được dựa trên các đặc điểm ảnh cơ bản, ví dụ, nếu các bước rõ ràng là quá lớn hoặc quá nhỏ, số nhân lớn hơn/nhỏ hơn có thể được sử dụng. Số nhân được tạo ra (bước 620), và được áp dụng để tính toán kích cỡ bước mới (bước 630). Kích cỡ bước mới này sau đó được truyền tới rô-bốt để điều khiển nó di chuyển tương ứng với không gian tọa độ được ánh xạ của nó (bước 640). Bước/quy trình xử lý điều chỉnh 540 tiếp tục theo quy trình 500 đến khi khoảng cách mong muốn (đọc được) của các điểm giữa các bước chuyển động là đạt được, và sau đó bước quyết định 530 rẽ nhánh sang bước 560.

Ở bước 550 của quy trình 500, sự hiệu chỉnh ba điểm được thực hiện sử dụng các điểm đặc điểm được nhận dạng tại kích cỡ bước (được điều chỉnh) thích hợp. Dựa trên các đặc điểm được nhận dạng trong mỗi bước, sự biến đổi thô từ không gian tọa độ rô-bốt sang không gian tọa độ ảnh camera được tính toán. Sau đó, ở bước 560, quy trình 500 tính toán các vị trí hiệu chỉnh dựa trên sự biến đổi thô này. Sử dụng sự biến đổi thô từ các bước trong quy trình nêu trên, tập hợp các vị trí chuyển động tịnh tiến/hiệu chỉnh được lấy mẫu đồng đều thông qua không gian chuyển động nằm trong trường nhìn của camera. Các vị trí này có thể tùy chỉnh được bởi các đầu vào tùy chọn từ người dùng hoặc nguồn dữ liệu khác, ví dụ, sử dụng giao diện người dùng mà cài đặt và chạy quy trình xử lý hiệu chỉnh. Tập hợp các vị trí chuyển động quay cũng được tính toán có tùy chọn để bù giá chia của rô-bốt và định rõ khoảng góc, giữ mẫu hiệu chỉnh trong trường nhìn ngay cả khi tâm của chuyển động quay ở xa mục tiêu hiệu chỉnh và các góc lớn được yêu cầu. Điều này có thể được hoàn thành bằng cách áp dụng chuyển động tịnh tiến bổ sung cùng với chuyển động quay (ví dụ mũi tên 320 trên Fig.3).

Mỗi khi các vị trí đã được tính toán ở bước 560, rô-bốt lần lượt được di chuyển tới các vị trí được tính toán này, và các đặc điểm hiệu chỉnh trong mỗi vị trí được nhận dạng trong ảnh được thu nhận của đối tượng. Các đặc điểm này sẽ được tịnh tiến/quay để để phân biệt kết quả hiệu chỉnh tốt - như được ví dụ trong sơ đồ trên Fig.4. Hệ thống thị giác sử dụng các vị trí đặc điểm để thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt theo các kỹ thuật mà được mô tả chung trong bản mô tả này (bước 570).

Chú ý rằng, trong khi hệ thống và phương pháp được mô tả trên đây được thể hiện kết hợp với một camera hệ thống thị giác, được dự tính chính xác rằng các nguyên lý trong bản mô tả này có thể được áp dụng cho nhiều camera và/hoặc cảm biến ảnh riêng rẽ, bao gồm (các) stereo camera.

III. Kết luận

Rõ ràng rằng hệ thống và phương pháp được mô tả trên đây thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt sử dụng rô-bốt mà di chuyển tương ứng với đối tượng hiệu chỉnh cung cấp giải pháp hiệu quả tính toán và tin cậy cho các tình huống mà ở đó bước chuyển động rô-bốt có thể là quá lớn hoặc quá nhỏ, chẳng hạn như trong sự hiện có của chuyển động quay cánh tay robot được chia ra. Nhất là, hệ thống và phương pháp tạo ra kích cỡ bước được tìm kiếm tự động, sự tính toán rõ ràng của các sự hiệu chỉnh ba điểm, trong đó phạm vi đối tượng và/hoặc các giới hạn chuyển động được tính toán thô trong quá trình tiền hiệu chỉnh. Cụ thể hơn là, hệ thống và phương pháp trong bản mô tả này quyết định tự động các thông số chuyển động, tính toán các vị trí không gian và duy trì liên tục mẫu hiệu chỉnh bên trong trường nhìn của camera. Thông thường hơn, hệ thống và phương pháp xác định theo mong muốn khoảng chuyển động của rô-bốt (thiết bị chuyển động khác) trong suốt quá trình hiệu chỉnh tay-mắt dựa trên hình dạng của trường nhìn và kích cỡ tương đối của (các) đặc điểm hiệu chỉnh (ví dụ các đường dấu chữ thập). Do đó, đặc điểm hiệu chỉnh càng lớn, khoảng chuyển động càng nhỏ để đảm bảo đặc điểm luôn duy trì/duy trì liên tục toàn bộ trong trường nhìn (tức là, thông qua tất cả chuỗi các bước chuyển động trong quy trình xử lý hiệu chỉnh).

Phần nêu trên đã mô tả chi tiết các phương án minh họa của sáng chế. Các

cải biến và bổ sung có thể được thực hiện mà không trệch khỏi nguyên lý và phạm vi của sáng chế này. Các đặc điểm của mỗi phương án trong số các phương án được mô tả trên đây có thể được kết hợp với các đặc điểm của các phương án được mô tả khác một cách thích hợp để tạo ra vô số dạng kết hợp của các đặc điểm trong các phương án mới được kết hợp. Ngoài ra, trong khi phần nêu trên mô tả một số phương án riêng rẽ của thiết bị và phương pháp của sáng chế, những gì được mô tả trong bản mô tả này chỉ để minh họa sự ứng dụng các nguyên lý của sáng chế. Ví dụ, trong khi quá trình hiệu chỉnh tay-mắt ba điểm được sử dụng, nhiều hơn ba điểm (theo hai hoặc ba chiều) có thể được sử dụng để đạt được kết quả hiệu chỉnh. Tương tự, như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “quy trình xử lý” và/hoặc “bộ xử lý” sẽ được hiểu rộng để bao gồm nhiều chức năng hoặc thành phần dựa trên phần cứng điện tử và/hoặc phần mềm (và có thể còn được gọi là “các môđun” hoặc “các phân tử” chức năng). Hơn nữa, quy trình xử lý hoặc bộ xử lý được mô tả có thể được kết hợp với các quy trình xử lý và/hoặc các bộ xử lý khác hoặc được phân chia thành các các quy trình xử lý hoặc các bộ xử lý con. Các quy trình xử lý con và/hoặc các bộ xử lý con này có thể được kết hợp theo các phương án trong bản mô tả này. Tương tự, được dự tính chính xác rằng chức năng, quy trình xử lý và/hoặc bộ xử lý bất kỳ trong bản mô tả này có thể được thực hiện sử dụng phần cứng điện tử, phần mềm chứa phương tiện đọc được bằng máy tính chứa các lệnh chương trình, hoặc dạng kết hợp của phần cứng và phần mềm. Ngoài ra, như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ liên quan đến hướng và cách bố trí chẳng hạn như “thẳng đứng”, “nằm ngang”, “hướng lên”, “hướng xuống”, “đáy”, “đỉnh”, “phía bên”, “phía trước”, “phía sau”, “bên trái”, “bên phải”, và tương tự, được sử dụng chỉ như các quy ước tương đối và không phải là các hướng/các sự bố trí tuyệt đối liên quan đến không gian tọa độ cố định, chẳng hạn như hướng tác động của trọng lực. Ngoài ra, thuật ngữ “về cơ bản” hoặc “xấp xỉ” được sử dụng liên quan đến phép đo nhất định, trị số hoặc đặc điểm, nó liên quan đến số lượng mà nằm trong khoảng hoạt động thông thường để đạt được các kết quả mong muốn, nhưng nó bao gồm một số cải biến do tính không chính xác vốn có và sai số nằm trong dung sai cho phép của hệ thống (ví dụ 1-5 phần trăm). Do đó, phần

mô tả này được đưa ra qua các ví dụ, và ngoài ra không giới hạn phạm vi của sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống để thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt của hệ thống thị giác hoạt động kết hợp với tay máy rô-bốt mà cung cấp chuyển động tương đối giữa đối tượng hiệu chỉnh và trường nhìn (field of view - FOV) của camera hệ thống thị giác, hệ thống này bao gồm:

quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh mà, thực hiện sự hiệu chỉnh ba điểm trong FOV và tính toán sự biến đổi thô từ không gian tọa độ của tay máy rô-bốt sang không gian tọa độ của ảnh được thu nhận của camera hệ thống thị giác, và, dựa trên sự biến đổi thô, tính toán các điểm không gian của các đặc điểm trên đối tượng hiệu chỉnh tại nhiều vị trí tương đối mà chấp nhận được để thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt cho đối tượng đó; và

môđun hiệu chỉnh tay-mắt mà thực hiện sự hiệu chỉnh tay-mắt sử dụng các điểm không gian.

2. Hệ thống theo điểm 1 trong đó sự biến đổi thô được tính toán dựa trên tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt và sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất giữa các điểm không gian.

3. Hệ thống theo điểm 2 trong đó các điểm không gian được lựa chọn một phần dựa trên các đầu vào người dùng tùy chọn.

4. Hệ thống theo điểm 2 trong đó tay máy rô-bốt gây ra hiệu ứng giá chia giữa đối tượng hiệu chỉnh và FOV.

5. Hệ thống theo điểm 4 trong đó quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh được bố trí để bù hiệu ứng giá chia và tính toán các vị trí không gian của các điểm không gian nói trên sao cho đối tượng hiệu chỉnh vẫn nằm trong FOV.

6. Hệ thống theo điểm 4 trong đó camera hệ thống thị giác được lắp đối với, và di chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt.

7. Hệ thống theo điểm 6 trong đó tay máy rô-bốt bao gồm một trong số rô-bốt đa trục và bộ chuyển động.

8. Hệ thống theo điểm 4 trong đó đối tượng hiệu chỉnh được lắp đối với, và di

chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt.

9. Hệ thống theo điểm 8 trong đó tay máy rô-bốt bao gồm một trong số rô-bốt đa trục và bộ chuyển động.

10. Hệ thống theo điểm 1 trong đó sự hiệu chỉnh tay-mắt được thực hiện theo chuỗi các bước chuyển động mà định nghĩa tương ứng kích cỡ bước chuyển động giữa chúng, và trong đó kích cỡ bước chuyển động dựa trên ít nhất một trong số (a) kích cỡ của các điểm ảnh được thu nhận của camera hệ thống thị giác và (b) kích cỡ của FOV của camera hệ thống thị giác như được xác định từ ít nhất một ảnh trong số các ảnh của đối tượng hiệu chỉnh được thu nhận cho đến bước chuyển động hiện tại.

11. Hệ thống theo điểm 10 trong đó sự biến đổi thô được tính toán dựa trên ít nhất một trong số (a) quy trình xử lý chuyển động ba bước và (b) tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt với sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất giữa các điểm không gian.

12. Phương pháp cho sự hiệu chỉnh tay-mắt của tay máy rô-bốt đối với camera hệ thống thị giác, phương pháp này bao gồm các bước:

cung cấp chuyển động tương đối giữa mục tiêu hiệu chỉnh và trường nhìn (FOV) của camera hệ thống thị giác, và thực hiện quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh mà tạo ra sự biến đổi thô giữa không gian tọa độ của tay máy rô-bốt và không gian tọa độ của hệ thống thị giác;

chuyển động tới nhiều vị trí từ các kết quả của quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh và thu nhận các ảnh tại mỗi vị trí;

định vị các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong các ảnh; và

tính toán biến đổi hiệu chỉnh tay-mắt từ không gian tọa độ của rô-bốt sang không gian tọa độ của camera hệ thống thị giác.

13. Phương pháp theo điểm 12 trong đó sự biến đổi thô được tạo ra dựa trên tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt và sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất

giữa các điểm không gian.

14. Phương pháp theo điểm 13, phương pháp này còn bao gồm bước: lựa chọn các điểm không gian được lựa chọn một phần dựa trên các đầu vào người dùng tùy chọn.

15. Phương pháp theo điểm 13 trong đó tay máy rô-bốt gây ra hiệu ứng giá chia giữa đối tượng hiệu chỉnh và FOV.

16. Phương pháp theo điểm 15 trong đó quy trình xử lý tiền hiệu chỉnh được bố trí để bù hiệu ứng giá chia, và tính toán các vị trí không gian của các điểm không gian nói trên sao cho đối tượng hiệu chỉnh vẫn nằm trong FOV.

17. Phương pháp theo điểm 14, phương pháp này còn bao gồm bước: (a) định vị camera hệ thống thị giác đối với, và di chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt, hoặc (b) định vị đối tượng hiệu chỉnh đối với, và di chuyển kết hợp với, tay máy rô-bốt.

18. Phương pháp theo điểm 12, trong đó bước tính toán sự biến đổi hiệu chỉnh tay-mắt bao gồm bước thực hiện chuỗi các bước chuyển động mà định nghĩa tương ứng kích cỡ bước chuyển động giữa chúng, và trong đó kích cỡ bước chuyển động dựa trên ít nhất một trong số (a) kích cỡ của các điểm ảnh được thu nhận của camera hệ thống thị giác và (b) kích cỡ của FOV của camera hệ thống thị giác như được xác định từ ít nhất một ảnh trong số các ảnh của đối tượng hiệu chỉnh được thu nhận cho đến bước chuyển động hiện tại.

19. Phương pháp theo điểm 18, phương pháp này còn bao gồm bước: tạo ra sự biến đổi thô dựa trên ít nhất một trong số (a) quy trình xử lý chuyển động ba bước và (b) tập hợp lặp của các chuyển động bởi tay máy rô-bốt với sự điều chỉnh của kích cỡ bước chuyển động rô-bốt giữa các điểm không gian để duy trì các đặc điểm của đối tượng hiệu chỉnh trong trường nhìn và cung cấp khoảng phân cách nhỏ nhất giữa các điểm không gian.

1/6

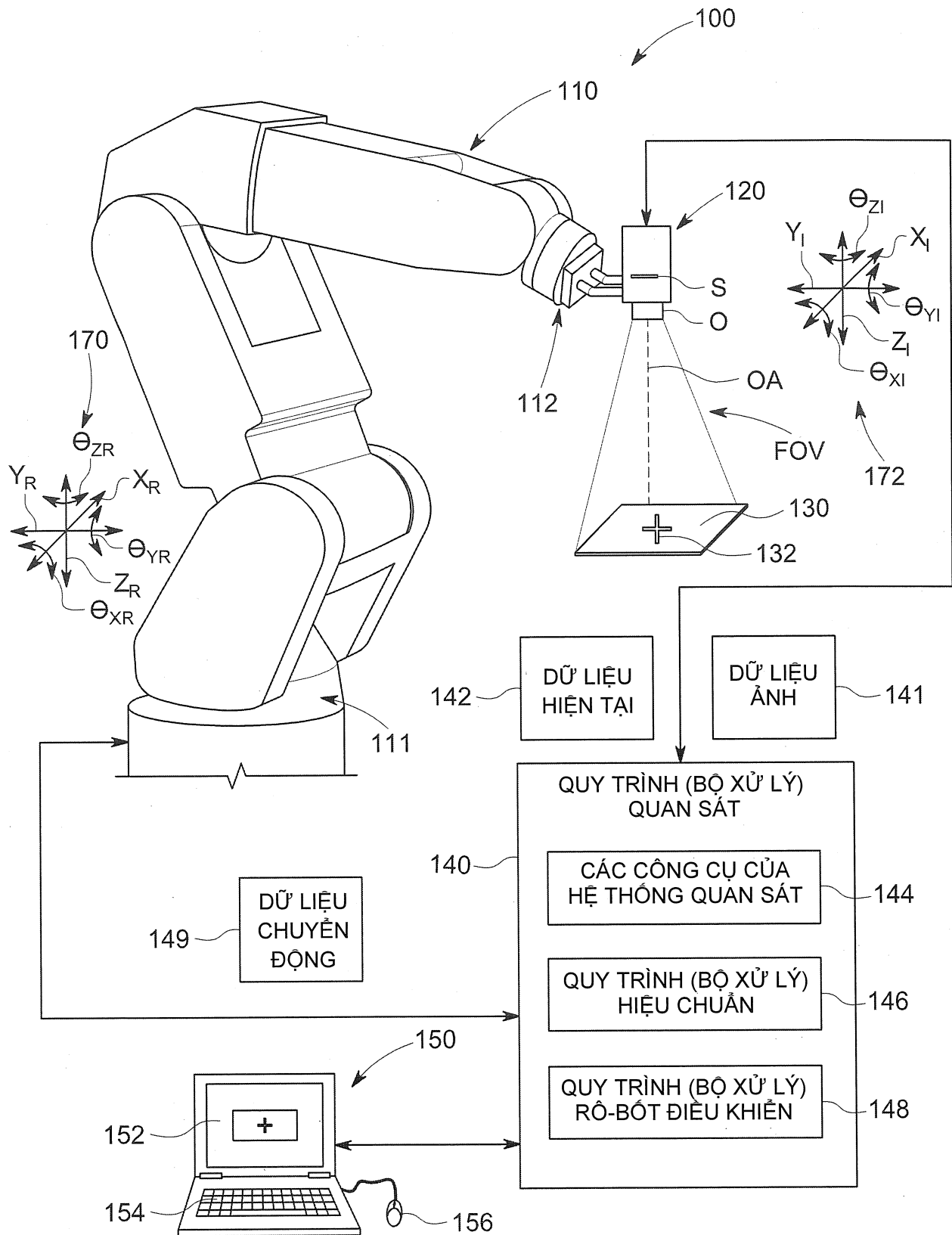


FIG. 1

2/6

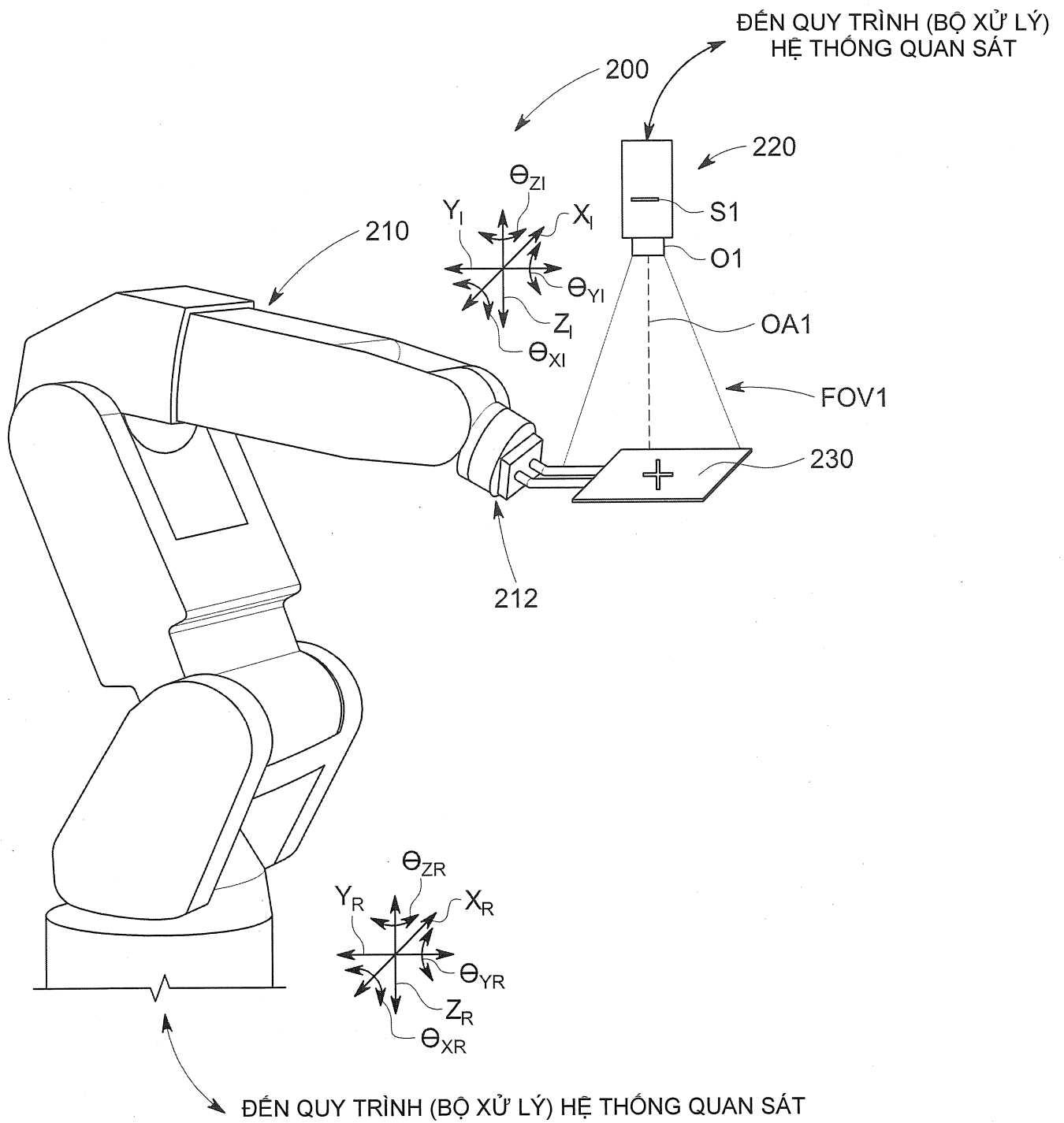


FIG. 2

3/6

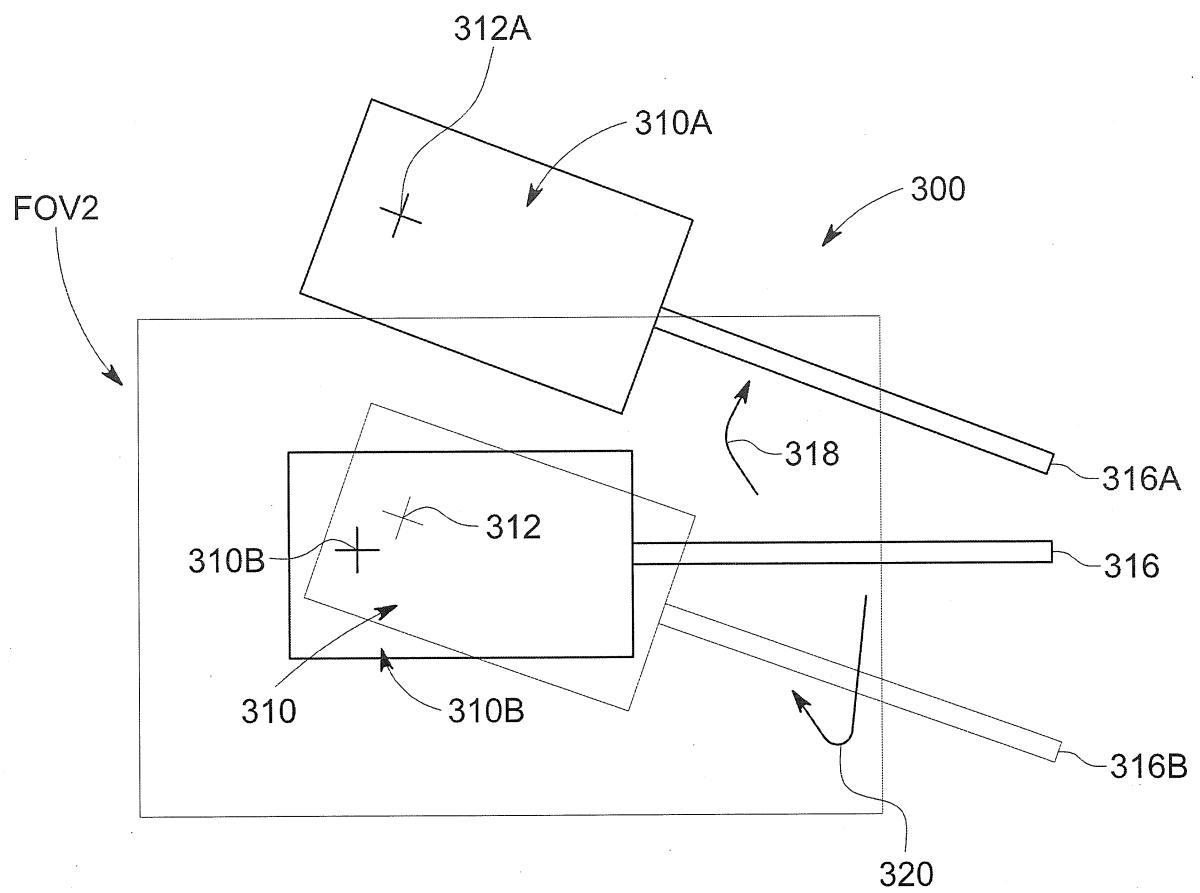


FIG. 3

4/6

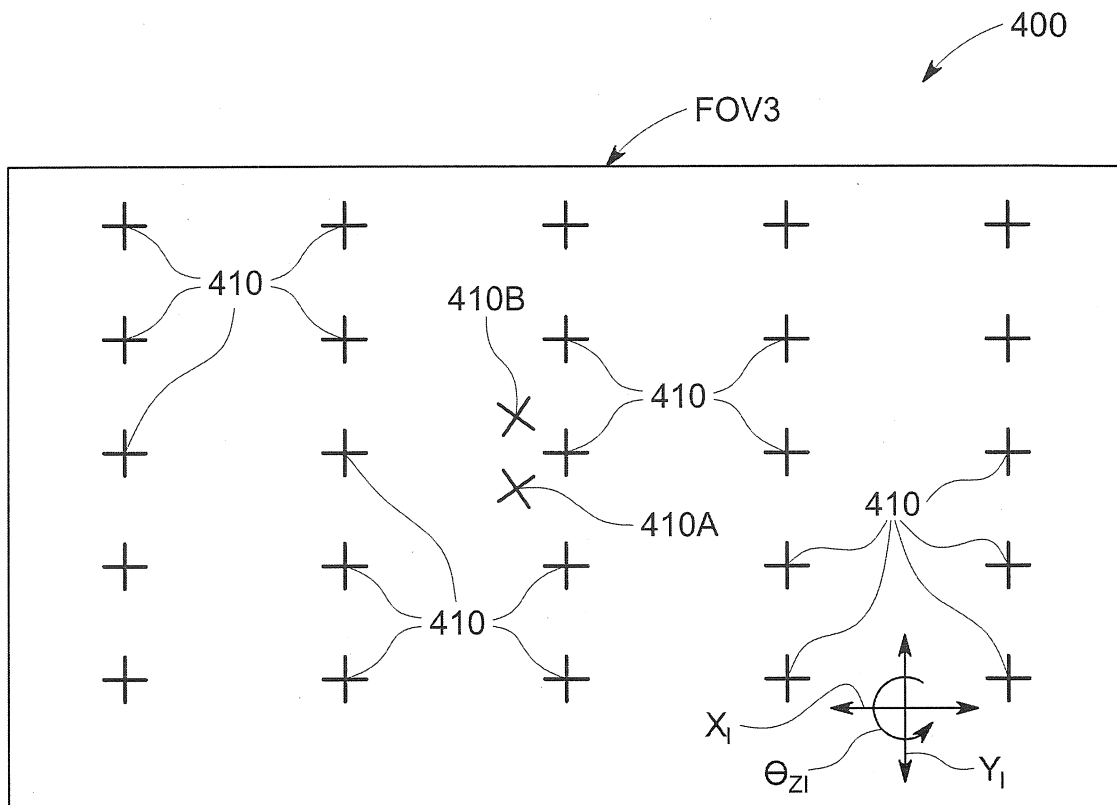


FIG. 4

5/6

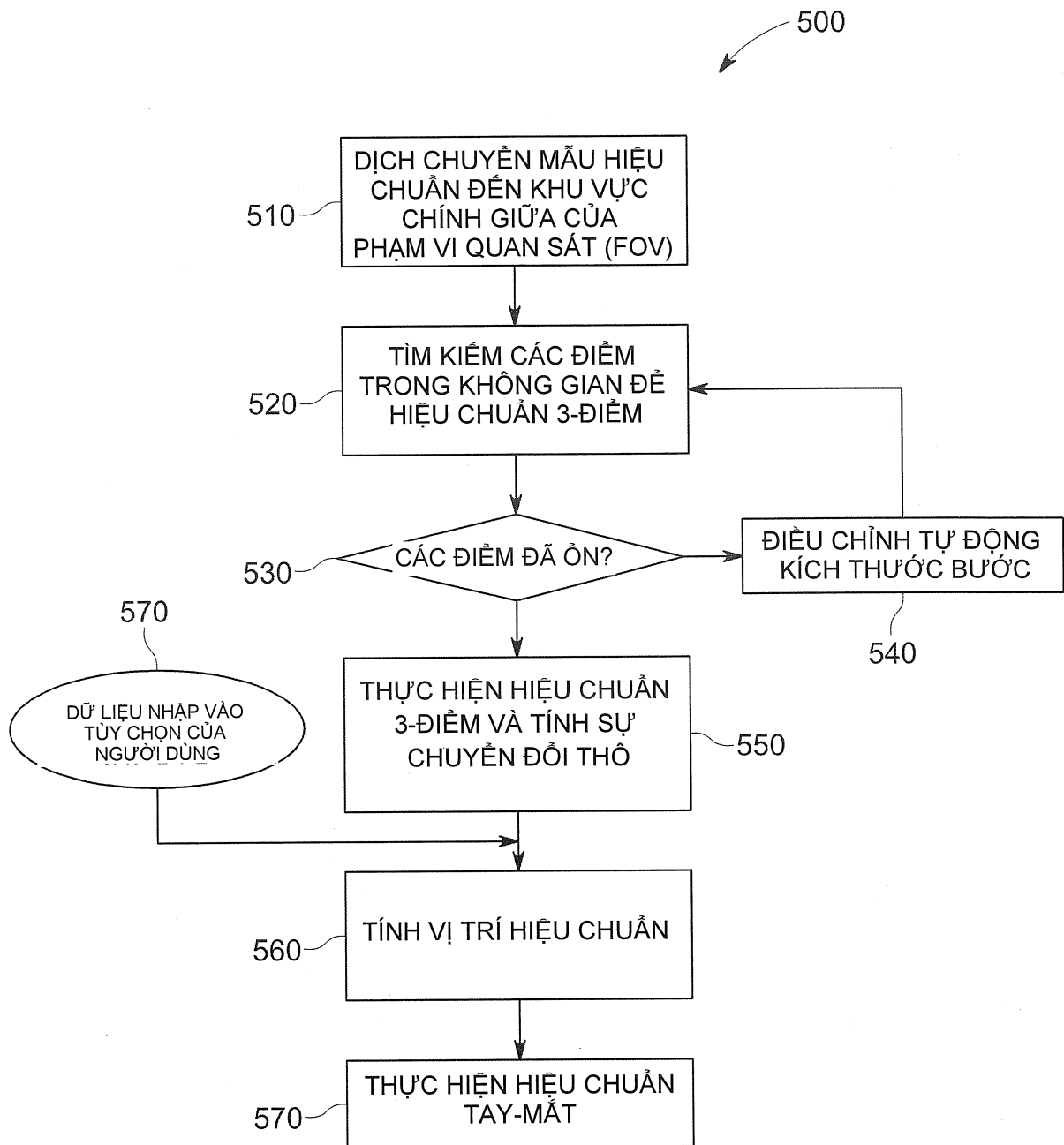


FIG. 5

6/6

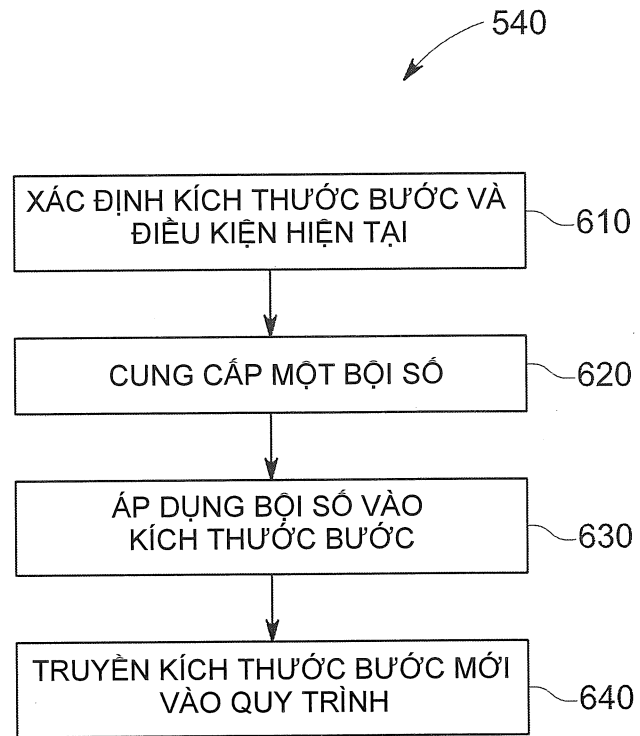


FIG. 6