



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11) 
2-0002263

(51)⁷ **H04N 5/00, G03B 37/00, H04N 1/00**

(13) **Y**

(21) 2-2019-00266

(22) 06.06.2017

(67) 1-2017-02121

(45) 27.01.2020 382

(43) 25.10.2017 355

(73) **TẬP ĐOÀN VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)**

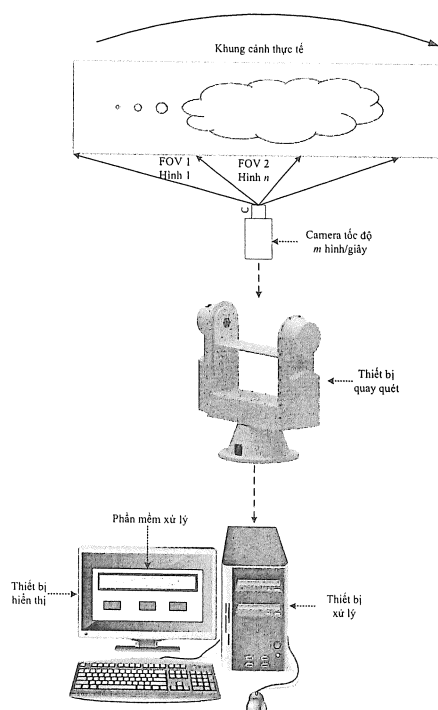
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Tạ Hồng Nam (VN), Phạm Văn Khiển (VN)

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) **HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO ẢNH DIỆN RỘNG BẰNG KỸ THUẬT
GHÉP ẢNH THEO KHUNG**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống và phương pháp tạo ảnh diện rộng tốc độ cao bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung trên bộ quay có điều khiển giúp tạo ra những bức ảnh diện rộng (đến 360°) sử dụng camera giám sát thông thường đặt trên các bộ quay quét (pan/tilt unit) có điều khiển. Trong đó giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống tạo ảnh diện rộng tốc độ cao bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các thiết bị: thiết bị thu hình; bộ quay quét; thiết bị xử lý; thiết bị hiển thị. Đồng thời giải pháp hữu ích cũng đề xuất phương pháp tạo ảnh diện rộng tốc độ cao bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các bước: bước 1: tạo cấu hình hệ thống để xác định thứ tự khung ảnh cần ghép; bước 2: khử sai lệch hình ảnh bằng; bước 3: khử sai lệch độ sáng giữa các ảnh ghép.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống và phương pháp tạo ảnh diện rộng tốc độ cao bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung trên bộ quay có điều khiển sử dụng trong hệ thống quang điện tử phục vụ quan sát, giám sát, cảnh giới và bảo vệ. Giải pháp giúp tạo ra những bức ảnh diện rộng (đến 360°) sử dụng camera giám sát thông thường đặt trên các bộ quay quét (pan/tilt unit) có điều khiển mà không cần sử dụng các camera chuyên dụng (loại line scan) và tốn kém về kinh phí.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Hiện nay, tính năng tạo và hiển thị ảnh diện rộng (hay còn gọi là ảnh panorama) là một tính năng quan trọng và đã được áp dụng trong nhiều sản phẩm thực tế như điện thoại thông minh (smartphone), camera giám sát tự động, xe tự hành.

Hình 1 là hình vẽ thể hiện phương pháp tạo ảnh diện rộng thông thường. Thông thường tính năng tạo ảnh diện rộng được tạo ra bằng hai phương pháp chính:

Phương pháp thứ nhất, thu ảnh trực tiếp theo tốc độ của camera và xử lý liên tiếp các hình ảnh thu được. Giống như trên một số dòng điện thoại thông minh, khi thực hiện chế độ chụp ảnh diện rộng, quá trình xử lý được thực hiện liên tục trên từng khung hình thu được, do đó khi người dùng dịch chuyển chỉ một khoảng nhỏ, những thay đổi cũng được cập nhật vào ảnh kết quả. Phương pháp này đòi hỏi khối lượng tính toán lớn, camera phải có chất lượng tốt và không thực hiện được khi chuyển động nhanh.

Phương pháp thứ hai, sử dụng các thiết bị camera chuyên dụng có khả năng quét từng cột hoặc hàng của hình ảnh (còn gọi là line scan camera). Thiết bị này được sử dụng nhiều trong các dây chuyền công nghiệp hiện nay. Tuy nhiên giải pháp này đòi hỏi các thiết bị có chi phí đắt cao và không sử dụng được các thiết bị camera giám sát thông thường.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Để hạn chế các phương pháp tạo ảnh trước đây, giải pháp hữu ích đề xuất một hệ thống và phương pháp tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung giúp cho việc thu thập hình ảnh đơn lẻ, độ phân giải thấp trở nên nhanh chóng hiệu quả, không tốn thời gian xử lý dựa trên kết hợp tính toán giữa điều khiển bộ quay quét theo

phương ngang và lấy mẫu hình ảnh (chụp ảnh), xử lý chồng lấn giữa các bức ảnh có góc quan sát kế tiếp nhau để tạo hình ảnh có độ phân giải lớn hơn mà không có hình ảnh bị lặp lại, cân bằng ánh sáng giữa hai ảnh để ảnh ghép được có sự đồng nhất về ánh sáng.

Mục đích thứ nhất của giải pháp hữu ích là đề xuất một hệ thống tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các thiết bị: thiết bị thu hình; bộ quay quét; thiết bị xử lý; thiết bị hiển thị.

Mục đích thứ hai của giải pháp hữu ích là đề xuất một phương pháp tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các bước: bước 1 tạo cấu hình hệ thống để xác định thứ tự khung ảnh cần ghép; bước 2 khử sai lệch hình ảnh bằng; bước 3 khử sai lệch độ sáng giữa các ảnh ghép.

Để đạt được mục đích như đã nêu, giải pháp hữu ích về hệ thống và phương pháp tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung sử dụng thiết bị xử lý có thể là một máy tính cá nhân hoặc thiết bị xử lý chuyên dụng, miễn là có thể sử dụng để cài đặt phần mềm xử lý cho phép nhận tín hiệu video đầu vào từ thiết bị thu thập hình ảnh. Một phần mềm xử lý được phát triển bên trong thiết bị xử lý làm nhiệm vụ thu hình ảnh từ thiết bị ghi hình (camera) và lưu vào trong bộ nhớ của thiết bị xử lý để thực hiện các bước xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện phương pháp tạo ảnh diện rộng thông thường;

Hình 2 là hình vẽ khi camera quay theo phương ngang;

Hình 3(a) và Hình 3(b) là hình vẽ thể hiện ảnh bị méo ban đầu (a) và ảnh sau khi đã khử méo (b);

Hình 4 là hình vẽ thể hiện phương pháp tạo ảnh của giải pháp hữu ích, chỉ sử dụng một số lượng hữu hạn ảnh;

Hình 5 là hình vẽ thể hiện hệ thống hoạt động của giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Mục tiêu thứ nhất của giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các thiết bị: thiết bị thu hình; bộ quay quét; thiết bị xử lý; thiết bị hiển thị, trong đó;

Tham chiếu vào hình 5 thiết bị thu hình: là một camera giám sát thông thường, có trường nhìn theo phương ngang là α và tốc độ đầu ra của hình ảnh là m được đặt trên một bộ quay quét có thể điều khiển được.

Tham chiếu vào hình 5 bộ quay quét (hay còn gọi là thiết bị tầm hướng (pan/tilt unit)) là một thiết bị gá camera và thực hiện chuyển động quay theo phương ngang với vận tốc không đổi ω được xác định sao cho tỷ số $n = m(\alpha/\omega)$ là một số nguyên và chất lượng hình ảnh đủ rõ nét, không bị nhòe (tùy theo từng loại thiết bị ghi hình sử dụng mà hệ số này được điều chỉnh cho phù hợp).

Tham chiếu vào hình 5 thiết bị xử lý gồm thiết bị ghi hình được kết nối với bên ngoài qua đường dẫn tín hiệu theo một chuẩn video nhất định (ví dụ tín hiệu tương tự chuẩn PAL). Đường tín hiệu này được kết nối với một máy tính xử lý có khả năng nhận tín hiệu đầu vào tương ứng với tín hiệu của thiết bị ghi hình (ở đây là tín hiệu tương tự chuẩn PAL). Thiết bị xử lý có thể là một máy tính cá nhân hoặc thiết bị xử lý chuyên dụng, miễn là có thể sử dụng để cài đặt phần mềm xử lý cho phép nhận tín hiệu video đầu vào từ thiết bị thu thập hình ảnh. Một phần mềm xử lý được phát triển bên trong thiết bị xử lý làm nhiệm vụ thu hình ảnh từ thiết bị ghi hình (camera) và lưu vào trong bộ nhớ của thiết bị xử lý để thực hiện các bức xử lý. Thiết bị này có giao diện người dùng cho phép tạo cấu hình vị trí bắt đầu (góc α_0) và vị trí kết thúc (góc α_n) mà người dùng muốn tạo ảnh diện rộng. Tất nhiên khoảng cách lớn nhất giữa α_0 và α_n là 360° tương đương với quay đúng một vòng và trở lại vị trí xuất phát α_0 . Nếu người dùng lựa chọn phạm vi tạo ảnh nhỏ hơn 360° thì sau khi quay đến góc α_n , bộ quay quét sẽ được điều khiển để quay về vị trí α_0 để bắt đầu lại hành trình từ đầu.

Phần mềm xử lý sẽ thực hiện lưu liên tục các khung hình từ thiết bị ghi hình và “đếm” thứ tự từng khung hình từ đó lọc ra các khung hình có trường nhìn kế tiếp nhau tính từ góc xuất phát α_0 là hình thứ nhất, hình thứ n , hình thứ $2n$, $3n$... cho đến khi đạt giới hạn α_n . Mỗi khi một khung hình ghép được lọc ra, các hình này sẽ được ghép với ảnh ghép được tạo ra từ các khung hình trước đó và thực hiện các phép xử lý ảnh như trong bước 2 và bước 3 ở trên để đảm bảo chất lượng hình ảnh được tốt nhất.

Tham chiếu vào hình 4 thiết bị hiển thị, sau khi được xử lý và tạo ra ảnh toàn cảnh từ các ảnh thành phần, ảnh toàn cảnh sẽ được hiển thị ra bên ngoài thông qua thiết bị hiển thị là một màn hình được kết nối với thiết bị xử lý qua giao diện hiển thị chuẩn

như VGA, hay HDMI. Phần mềm trên thiết bị xử lý sẽ đảm bảo hình ảnh hiển thị được đầy đủ (có thể cuộn) để người dùng có thể quan sát được đầy đủ ảnh tổng hợp.

Mục tiêu thứ hai của giải pháp hữu ích là đề xuất tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các bước: bước 1 tạo cấu hình hệ thống để xác định thứ tự khung ảnh cần ghép; bước 2 khử sai lệch hình ảnh bằng; bước 3 khử sai lệch độ sáng giữa các ảnh ghép. Trong đó:

Bước 1: tạo cấu hình hệ thống để xác định thứ tự khung ảnh cần ghép.

Mỗi một thiết bị thu thập hình ảnh sử dụng thấu kính quang học thì đều có một trường nhìn (gọi là FOV) được tạo nên bởi góc α theo phương ngang và β theo phương thẳng đứng, do quá trình tạo ảnh toàn cảnh chủ yếu là theo phương ngang nên khi nói trường nhìn ta hiểu là trường nhìn theo phương ngang α . Do đó khi nhìn vào ảnh đầu ra của một thiết bị ghi hình ta thường thấy ảnh có dạng hình chữ nhật, tất cả hình ảnh ta nhìn thấy được trong ảnh gọi là trường nhìn của ảnh.

Thiết bị ghi hình này sẽ được đặt trên bộ bệ quay quét (gọi là bộ pan/tilt) với tốc độ quay có thể điều chỉnh được. Thiết bị sẽ được điều chỉnh quay đều với tốc độ ω (rad/s) theo phương ngang trong quá trình tạo ảnh toàn cảnh.

Tham chiếu vào hình 2, để tạo ảnh diện rộng về lý thuyết ta chỉ cần ghép các bức ảnh có trường nhìn kế tiếp nhau. Ảnh thứ 1 và ảnh thứ n là hai ảnh có trường nhìn kế tiếp nhau theo phương ngang, nên về lý thuyết ta không cần đến các ảnh trung gian từ ảnh số 2 đến ảnh $n-1$.

Vì vậy trong bước 1, ta cần xác định số thứ tự của ảnh n bằng cách dựa trên tốc độ quay của hệ quay quét ω , trường nhìn của từng ảnh α hoặc khảo sát bằng thực tế.

Như trong trường hợp trên:

$$n = \frac{\alpha}{\omega} m \quad (1)$$

Trong đó m là tốc độ đầu ra của khung hình được tính bằng số khung hình thiết bị có thể thu được trong một đơn vị thời gian (hình/giây).

Để đảm bảo n là số nguyên, ta có thể chỉnh tốc độ quay ω cho phù hợp. Trong trường hợp vẫn có sai số, ta có thể dùng thuật toán xử lý ảnh để khắc phục.

Như vậy trong bước 1, một thiết bị ghi hình có trường nhìn α theo phương ngang được đặt cố định trên một bộ quay quét có tốc độ quay được đặt là ω sao cho đảm bảo chất lượng ảnh không bị nhòe và tỷ số $n = m(\alpha/\omega)$ là một số nguyên.

Bước 2: khử sai lệch hình ảnh bằng.

Tham chiếu tại hình 3(a) hiện tượng méo hình làm cho một đường thẳng khi được ghi lại bởi thiết bị ghi hình sẽ trở thành một đường cong. Do đó khi thực hiện ghép các ảnh thành ảnh toàn cảnh hình ảnh sẽ bị sai lệch.

Một thiết bị ghi hình (camera) thường bị méo ảnh do ảnh hưởng của hệ quang (thấu kính). Thiết bị ghi hình có trường nhìn càng lớn thì ảnh hưởng của méo ảnh càng lớn. Méo ảnh thường bao gồm hai thành phần là méo xuyên tâm và méo tiếp tuyến. Đối với mỗi thiết bị ghi hình xác định, ảnh hưởng của méo ảnh được thể hiện qua một ma trận được gọi là ma trận méo ảnh như sau:

$$D = [k1 \ k2 \ p1 \ p2 \ p3]$$

Trong đó:

$k1, k2$: Là hệ số méo xuyên tâm

$p1, p2, p3$: Là hệ số méo tiếp tuyến.

Bên cạnh đó quá trình tạo ảnh của thiết bị ghi hình còn bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác bên trong của thiết bị ghi hình gọi là các tham số nội. Các tham số này được tập hợp trong một ma trận được gọi là ma trận của thiết bị ghi hình:

$$C = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Trong đó:

f_x, f_y : Là tiêu cự theo phương ngang và theo phương dọc của thiết bị ghi hình

c_x, c_y : Là tâm quang theo phương ngang và phương dọc của thiết bị ghi hình.

Kết hợp giữa hai ma trận D và C sẽ tạo thành ma trận cơ sở của thiết bị ghi hình. Khi xác định được ma trận này ta có thể nhân chập với các ảnh thu được của thiết bị ghi hình để tạo ảnh ảnh không bị méo. Quá trình này sẽ được thực hiện bằng phần mềm trên máy tính. Việc tính toán ma trận cơ sở của thiết bị ghi hình được mô tả chi tiết và sử dụng API sẵn có trong thư viện mã nguồn mở openCV như sau:

http://docs.opencv.org/3.1.0/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html

Bước 3: khử sai lệch độ sáng giữa các ảnh ghép.

Một vấn đề thứ hai gặp phải khi ghép các ảnh thành ảnh toàn cảnh đó là việc các bức ảnh được thu thập cách nhau một khoảng thời gian nhất định nên ảnh có thể bị sai

lệch về độ sáng. Điều này sẽ làm ảnh toàn cảnh thu được không được đồng nhất về độ sáng giữa các vùng, làm giảm chất lượng quan sát. Để xử lý vấn đề này một thuật toán cân bằng sáng dựa trên việc điều chỉnh histogram của các ảnh khi ghép sẽ được thực hiện theo các bước như sau: (ở đây ví dụ ta cần ghép hai ảnh là ảnh thứ nhất và ảnh thứ n đã tìm được ở bước trên).

$$I_T = I_1 \alpha + I_n(1-\alpha) \quad (2)$$

Trong đó:

I_T : Là ảnh ghép giữa hai ảnh thứ nhất và ảnh thứ n

I_1 : Là ảnh thứ nhất

I_n : Là ảnh thứ n có trường nhìn tiếp giáp với ảnh thứ nhất

α : Là hệ số phối sáng có dải giá trị nằm trong khoảng $(0 \div 1)$. Giá trị này được tạo cấu hình tùy theo từng thiết bị thu hình và điều kiện làm việc của cụ thể của hệ thống.

Tương tự ta sẽ tiếp tục ghép các ảnh tổng này với các ảnh có thứ tự là: $2n, 3n, \dots$ cho đến khi đạt được góc quan sát mà người dùng mong muốn.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng các phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người hiểu biết trung bình trong lĩnh vực, giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả giải pháp hữu ích. Giải pháp hữu ích có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi giải pháp hữu ích được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy những gì được mô tả trong phần mô tả giải pháp hữu ích chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với giải pháp hữu ích.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các bước:

bước 1: tạo cấu hình hệ thống để xác định thứ tự khung ảnh cần ghép; mỗi một thiết bị thu thập hình ảnh sử dụng thấu kính quang học đều có một trường nhìn (gọi là FOV) được tạo nên bởi góc α theo phương ngang và β theo phương thẳng đứng; thiết bị ghi hình này sẽ được đặt trên bộ phận quay quét (gọi là bộ pan/tilt) với tốc độ quay có thể điều chỉnh được, thiết bị sẽ được điều chỉnh quay đều với tốc độ ω (rad/s) theo phương ngang trong quá trình tạo ảnh toàn cảnh;

xác định số thứ tự của ảnh n bằng cách dựa trên tốc độ quay của hệ quay quét ω , trường nhìn của từng ảnh α hoặc khảo sát bằng thực tế;

$$n = \frac{\alpha}{\omega} m \quad (1)$$

trong đó m là tốc độ đầu ra của khung hình được tính bằng số khung hình thiết bị có thể thu được trong một đơn vị thời gian (hình/giây, để đảm bảo n là số nguyên, cần chỉnh tốc độ quay ω cho phù hợp, trong trường hợp vẫn có sai số, có thể dùng thuật toán xử lý ảnh để khắc phục;

bước 2: khử sai lệch hình ảnh bằng; tại bước khử sai lệch hình ảnh,

đối với mỗi thiết bị ghi hình xác định, ảnh hưởng của méo ảnh được thể hiện qua một ma trận được gọi là ma trận méo ảnh như sau:

$$D = [k1 \ k2 \ p1 \ p2 \ p3]$$

trong đó:

$k1, k2$: là hệ số méo xuyên tâm

$p1, p2, p3$: là hệ số méo tiếp tuyến

bên cạnh đó quá trình tạo ảnh của thiết bị ghi hình còn bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác bên trong của thiết bị ghi hình gọi là các tham số nội; các tham số này được tập hợp trong một ma trận được gọi là ma trận của thiết bị ghi hình:

$$C = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

trong đó:

f_x, f_y : là tiêu cự theo phương ngang và theo phương dọc của thiết bị ghi hình

c_x, c_y : là tâm quang theo phương ngang và phương dọc của thiết bị ghi hình,

kết hợp giữa hai ma trận D và C sẽ tạo thành ma trận cơ sở của thiết bị ghi hình; khi xác định được ma trận này, tiến hành nhân chập với các ảnh thu được của thiết bị ghi hình để tạo ảnh không bị méo;

quá trình này sẽ được thực hiện bằng phần mềm trên máy tính, việc tính toán ma trận cơ sở của thiết bị ghi hình được mô tả chi tiết và sử dụng API sẵn có trong thư viện mã nguồn mở openCV như sau:

http://docs.opencv.org/3.1.0/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html;

bước 3: khử sai lệch độ sáng giữa các ảnh ghép, để xử lý vấn đề các bức ảnh được thu thập cách nhau một khoảng thời gian nhất định nên ảnh có thể bị sai lệch về độ sáng, một thuật toán cân bằng sáng dựa trên việc điều chỉnh histogram (histogram) của các ảnh khi ghép sẽ được thực hiện theo các bước như sau:

$$I_T = I_1 \alpha + I_n(1-\alpha) \quad (2)$$

trong đó:

I_T : là ảnh ghép giữa hai ảnh thứ nhất và ảnh thứ n

I_1 : là ảnh thứ nhất

I_n : là ảnh thứ n có trường nhìn tiếp giáp với ảnh thứ nhất

α : là hệ số phối sáng có dải giá trị nằm trong khoảng $(0 \div 1)$; giá trị này được tạo cấu hình tùy theo từng thiết bị thu hình và điều kiện làm việc của cụ thể của hệ thống;

tiếp tục ghép các ảnh tổng này với các ảnh có thứ tự là: $2n, 3n, \dots$ cho đến khi đạt được góc quan sát mà người dùng mong muốn.

2. Hệ thống tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung bao gồm các thiết bị:

thiết bị thu hình là một camera giám sát thông thường, có trường nhìn theo phương ngang là α và tốc độ đầu ra của hình ảnh là m được đặt trên một bộ quay quét có thể điều khiển được;

bộ quay quét hay còn gọi là thiết bị tầm hướng (pan/tilt unit) là một thiết bị gá camera thực hiện chuyển động quay theo phương ngang với vận tốc không đổi ω được xác định sao cho tỷ số $n = m(\alpha/\omega)$ là một số nguyên và chất lượng hình ảnh đủ rõ nét,

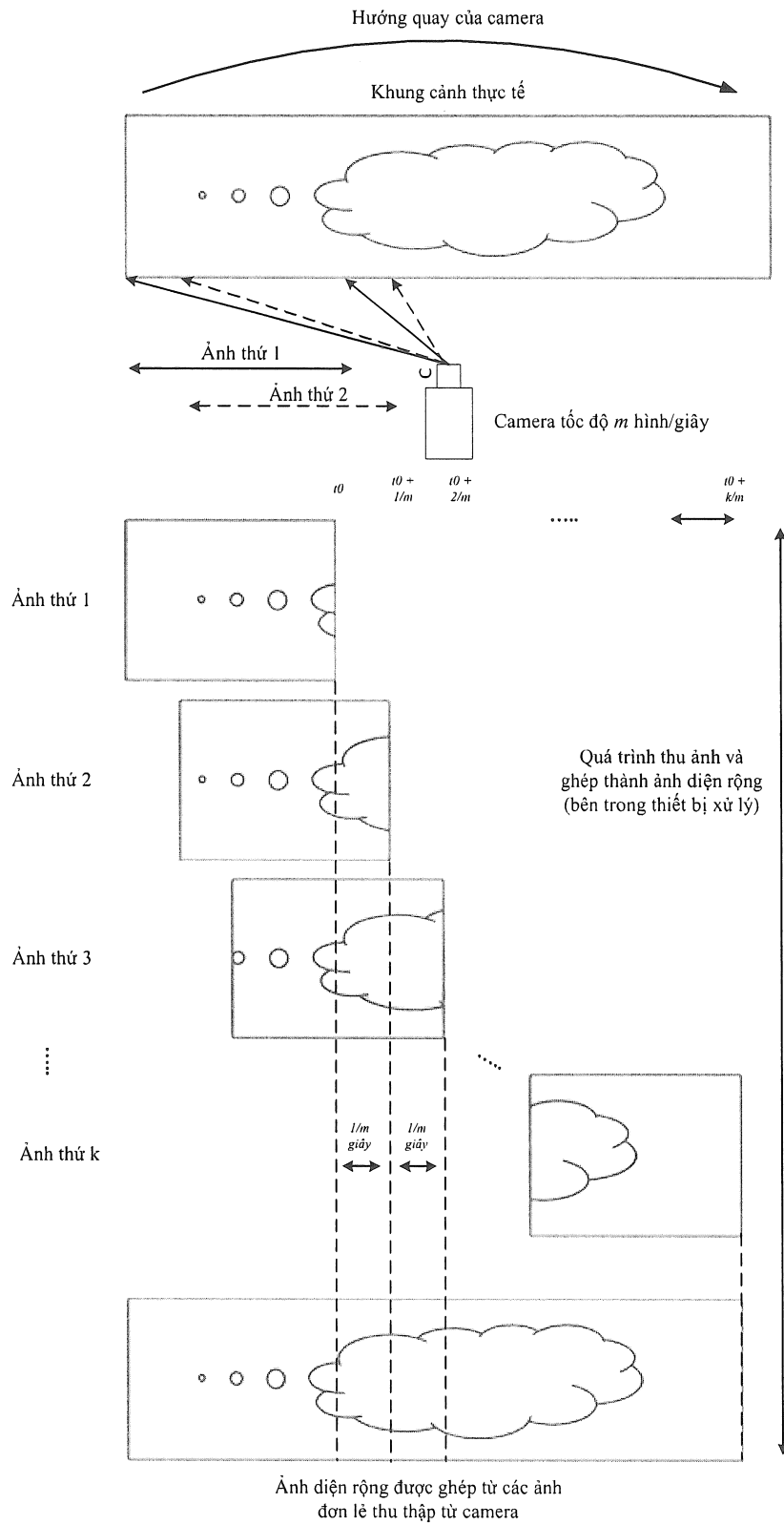
không bị nhòe (tùy theo từng loại thiết bị ghi hình sử dụng mà hệ số này được điều chỉnh cho phù hợp);

thiết bị xử lý gồm thiết bị ghi hình được kết nối với bên ngoài qua đường dẫn tín hiệu theo một chuẩn video nhất định, đường dẫn tín hiệu này được kết nối với một máy tính xử lý có khả năng nhận tín hiệu đầu vào tương ứng với tín hiệu của thiết bị ghi hình, một phần mềm xử lý được phát triển bên trong thiết bị xử lý làm nhiệm vụ thu hình ảnh từ thiết bị ghi hình và lưu vào trong bộ nhớ của thiết bị xử lý để thực hiện các bước xử lý, thiết bị này có giao diện người dùng cho phép tạo cấu hình vị trí bắt đầu (góc α_0) và vị trí kết thúc (góc α_n) mà người dùng muốn tạo ảnh diện rộng, khoảng cách lớn nhất giữa α_0 và α_n là 360° tương đương với quay đúng một vòng và trở lại vị trí xuất phát α_0 ;

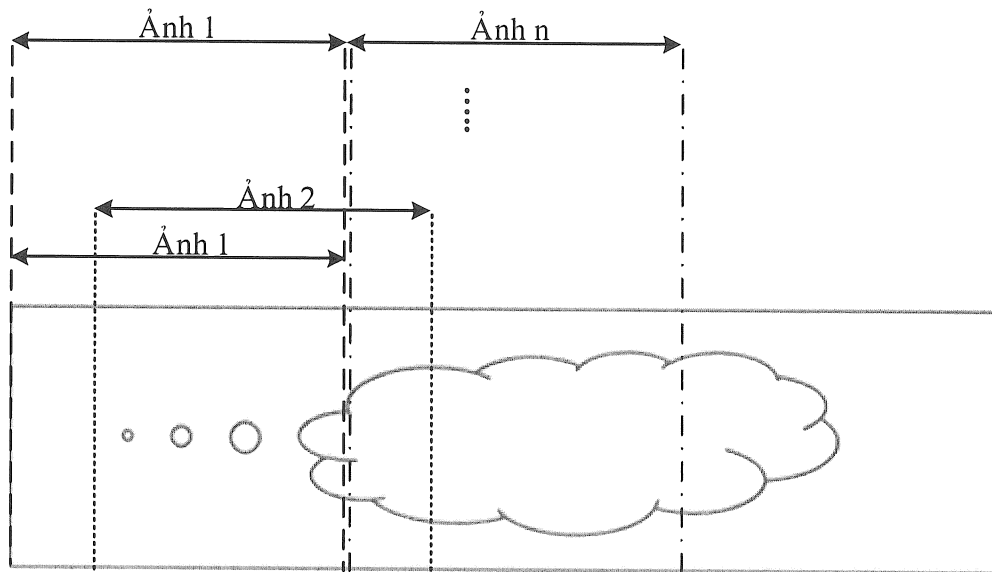
thiết bị hiển thị để sau khi xử lý và tạo ra ảnh toàn cảnh từ các ảnh thành phần, ảnh toàn cảnh sẽ được hiển thị ra bên ngoài thông qua thiết bị hiển thị là một màn hình được kết nối với thiết bị xử lý qua giao diện hiển thị; phần mềm trên thiết bị xử lý sẽ đảm bảo hình ảnh hiển thị được đầy đủ (có thể cuộn) để người dùng có thể quan sát được đầy đủ ảnh tổng hợp;

nếu người dùng lựa chọn phạm vi tạo ảnh nhỏ hơn 360° thì sau khi quay đến góc α_n , bộ quay quét sẽ được điều khiển để quay về vị trí α_0 để bắt đầu lại hành trình từ đầu; phần mềm xử lý sẽ thực hiện lưu liên tục các khung hình từ thiết bị ghi hình và đếm thứ tự từng khung hình từ đó lọc ra các khung hình có trường nhìn kế tiếp nhau tính từ góc xuất phát α_0 là hình thứ nhất, hình thứ n , hình thứ $2n$, $3n \dots$ cho đến khi đạt giới hạn α_n ; mỗi khi một khung hình ghép được lọc ra, các hình này sẽ được ghép với ảnh ghép được tạo ra từ các khung hình trước đó và thực hiện các phép xử lý ảnh như ở phương pháp tạo ảnh diện rộng bằng kỹ thuật ghép ảnh theo khung theo điểm 1 để đảm bảo chất lượng hình ảnh được tốt nhất.

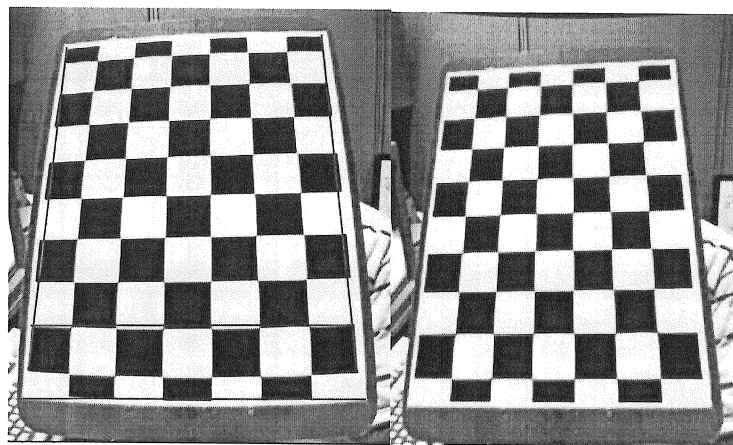
Hình vẽ



Hình 1



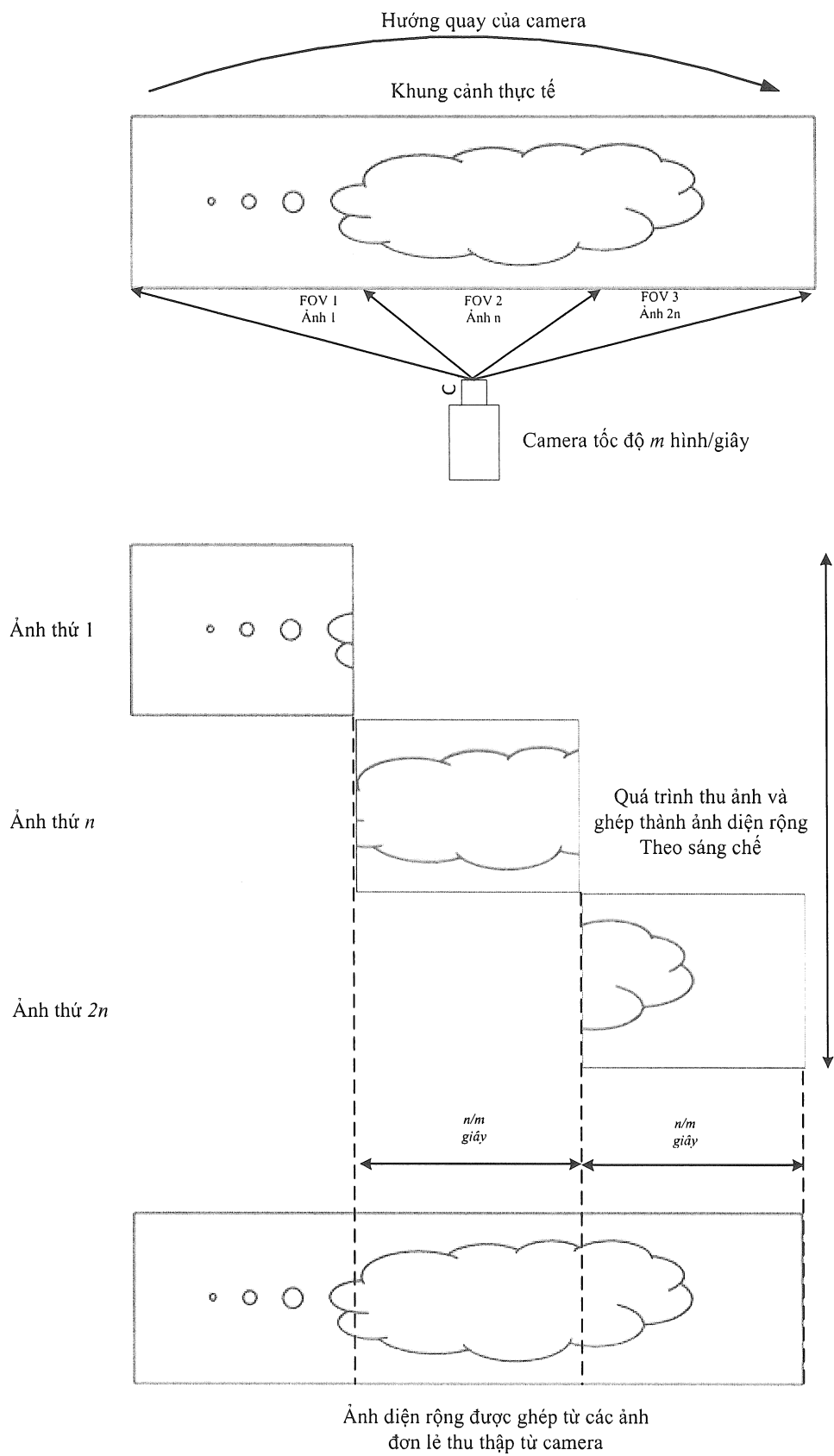
Hình 2



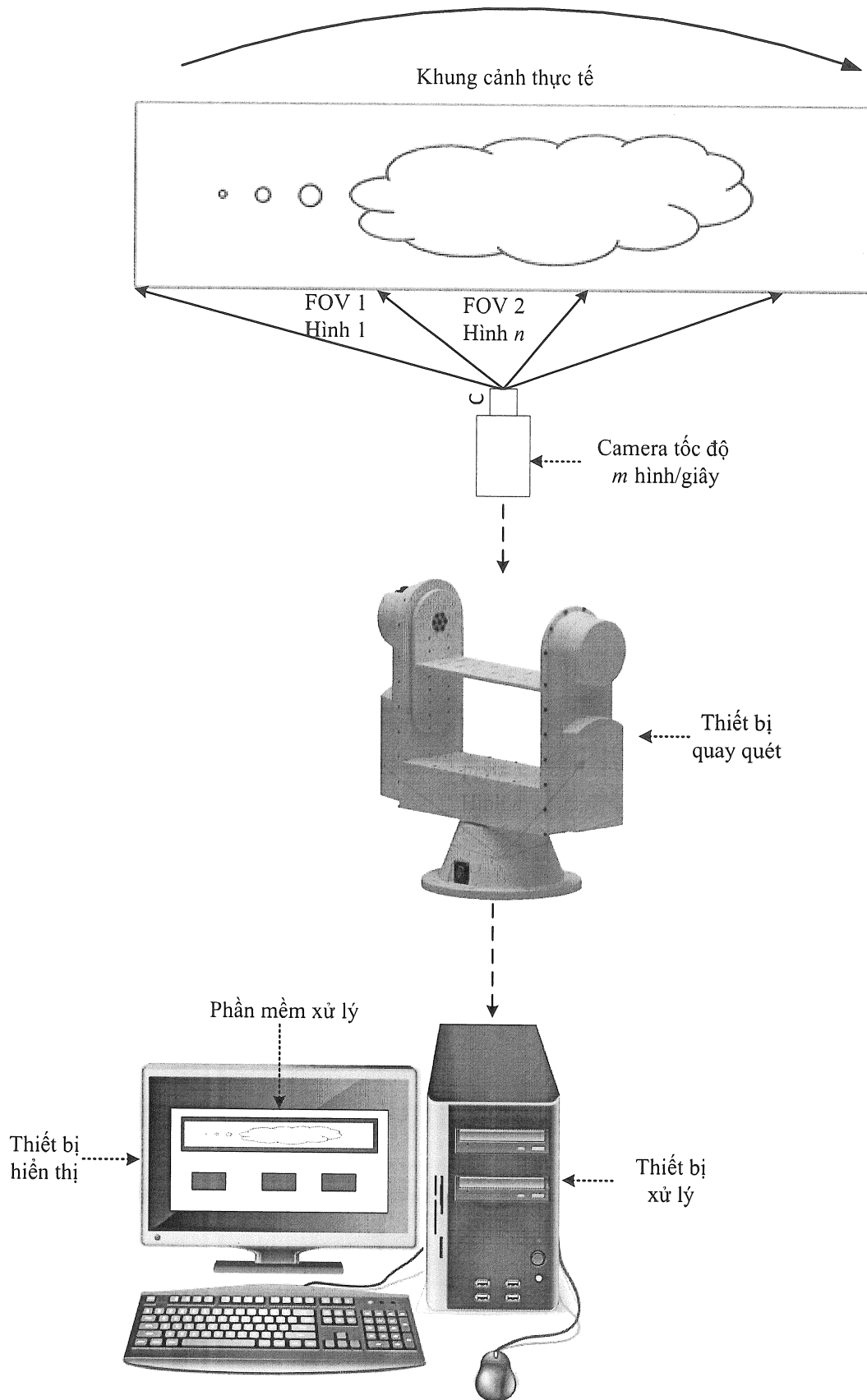
(a)

(b)

Hình 3



Hình 4



Hình 5