



(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)



1-0037427

(51)^{2020.01} G06T 5/00

(13) B

(21) 1-2021-04762

(22) 30/07/2021

(45) 27/11/2023 428

(43) 25/11/2021 404

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

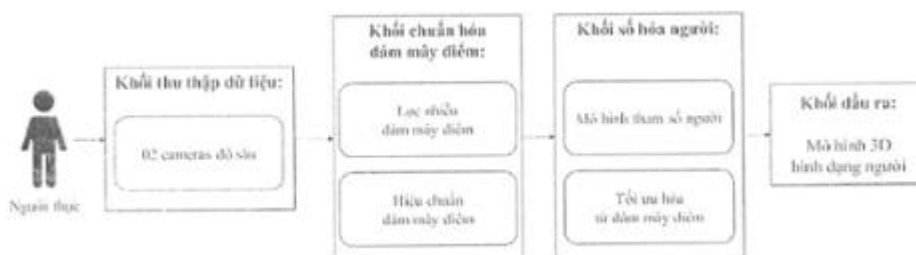
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Trần Văn Đức (VN); Nguyễn Tiến Đạt (VN); Nguyễn Hải Anh (VN); Dương Anh Trà (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SỐ HÓA HÌNH DẠNG CƠ THỂ NGƯỜI SỬ DỤNG BỘ CAMERA ĐỘ SÂU RÚT GỌN

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn. Hệ thống và phương pháp đề xuất cho phép sử dụng một hệ thống đơn giản, dễ dàng lắp đặt để thu thập chính xác dữ liệu hình dạng cơ thể người thay vì sử dụng các hệ thống phức tạp và đắt tiền. Ngoài ra, mô hình người số hóa sinh từ phương pháp hiện tại có hỗ trợ chuyển động do sử dụng hệ thống xương mô phỏng xương người dùng trong mô phỏng ứng dụng. Hệ thống bao gồm: khối thu thập dữ liệu, khối chuẩn hóa đám mây điểm, khối số hóa người và khối đầu ra. Ngoài ra, phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn bao gồm các bước: thu thập dữ liệu đám mây điểm, lọc nhiễu đám mây điểm, hiệu chuẩn đám mây điểm, tối ưu hóa từ đám mây điểm, sinh mô hình người ba chiều.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn. Cụ thể, hệ thống và phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người được ứng dụng trong lĩnh vực mô phỏng ứng dụng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Quá trình số hóa hình dạng cơ thể người truyền thống sử dụng công nghệ quét ba chiều (3D) sử dụng cơ chế phát và thu ánh sáng có cấu trúc. Phương pháp này dùng trong số hóa người có thể thực hiện dưới dạng xây dựng hệ thống camera độ sâu dạng vòm hoặc trụ bao quanh đối tượng số hóa hoặc sử dụng máy quét 3D di động. Cụ thể, phương pháp này sử dụng tập hợp các đám mây điểm thu được từ các góc nhìn khác nhau của cùng một người đứng trong trạng thái tĩnh để dựng lại hình dạng 3D của người đó. Tổng quan phương pháp truyền thống được trình bày trong Hình 1.

Nhược điểm của phương pháp truyền thống thể hiện rõ ràng nhất tại số lượng dữ liệu cần thu thập. Thông thường, để số hóa được cơ thể người hoàn chỉnh cần thu thập tối thiểu 50 đám mây điểm (đảm bảo giữa các đám mây điểm có vùng chồng lấn – vùng trùng nhau và bao quanh toàn bộ cơ thể người). Việc thu thập nhiều dữ liệu dẫn đến việc sai số lớn do sai số cộng dồn của quá trình lọc nhiễu các đám mây điểm rời rạc và ghép nối các đám mây điểm rời rạc cạnh nhau. Cụ thể, kết quả của phương pháp truyền thống thường xuất hiện các dị thường tại các vị trí trên cơ thể người như: nách, háng và các ngón tay. Hơn nữa, việc xử lý nhiều dữ liệu dẫn đến thời gian xử lý dài và yêu cầu hệ thống máy tính tính toán cấu hình cao.

Bên cạnh đó, để triển khai phương pháp này yêu cầu xây dựng một hệ thống phần cứng camera độ sâu phức tạp hoặc sử dụng máy quét 3D di động hiện đại. Do đó, giá thành của một hệ thống số hóa người sử dụng phương pháp truyền thống thường rất cao. Với công nghệ phát thu ánh sáng có cấu trúc có thể gây ra một số tác hại nhất định đối với sức khỏe con người. Ví dụ: ánh sáng cường độ cao chiếu trực tiếp vào mắt người có thể gây ra hiện tượng lóa, chói và khó chịu cho con người.

Ngoài ra, hệ thống và phương pháp truyền thống chỉ có khả năng số hóa hình dạng cơ thể người tĩnh (mô hình người ba chiều không có khả năng chuyển động). Do đó, giới hạn phạm vi ứng dụng của số hóa hình dạng cơ thể người.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất hệ thống và phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn. Để đạt được mục đích nêu trên, hệ thống sử dụng các khối chính để thực hiện chức năng số hóa hình dạng người, gồm:

Khối thu thập dữ liệu: có nhiệm vụ thu thập dữ liệu đám mây điểm của người đứng trong hệ camera độ sâu rút gọn. Trong đó, mô-đun hai camera độ sâu đảm bảo đồng bộ hóa dữ liệu từ hệ camera độ sâu rút gọn;

Khối chuẩn hóa đám mây điểm: là khối xử lý thông tin đám mây điểm thu được từ hệ camera rút gọn. Khối này thực hiện các phép toán để loại bỏ dữ liệu thừa và nhiễu của đám mây điểm. Chức năng của khối này được thực hiện thông qua mô-đun lọc nhiễu và mô-đun hiệu chuẩn dữ liệu đám mây điểm.

Khối số hóa người: bao gồm hai mô-đun tạo ra sự khác biệt cho phương pháp: mô-đun mô hình tham số người và mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm. Trong đó, mô-đun mô hình tham số người là một mô hình tham số người có khả năng thay đổi hình dạng (độ cao, trọng lượng, kích thước vòng ngực, bụng...) thông qua các tham số điều khiển. Ngoài ra, mô hình tham số chứa các khớp xương phục vụ quá trình tái hiện chuyển động của mô hình người. Mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm cho phép tính toán các tham số điều khiển hình dạng người sao cho khớp với đám mây điểm thu được từ khối lọc nhiễu. Do đó, kết quả đầu ra của khối số hóa người là một bộ tham số đã được tối ưu xấp xỉ hình dạng người được số hóa và có khả năng chuyển động.

Khối đầu ra: có nhiệm vụ hiển thị hình dạng cơ thể người dưới dạng không gian ba chiều với định dạng được quy định sẵn.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn bao gồm các bước:

Bước 1: thu thập dữ liệu đám mây điểm; mục đích của bước này là để đồng bộ hóa việc chụp ảnh độ sâu giữa hai camera độ sâu và tổng hợp hai ảnh độ sâu thành một đám mây điểm duy nhất. Đám mây điểm này là ảnh thô được chụp từ bộ camera độ sâu rút gọn bao gồm dữ liệu người và nhiễu. Dữ liệu thô này được xử lý trong bước tiếp theo. Bước 1 được thực hiện trên khối thu thập dữ liệu.

Bước 2: lọc nhiễu đám mây điểm; mục đích của bước này là xử lý nhiễu bề mặt của dữ liệu đám mây điểm thu được và loại bỏ các vùng dữ liệu không phải người (dữ liệu do các cảnh vật xung quanh người). Đầu ra của bước này sinh một đám mây điểm đã xử lý, chỉ chứa người và loại bỏ các thành phần khác như mặt đất, đồ vật xung quanh người. Đám mây điểm sau khi xử lý được hiệu chuẩn trong bước tiếp theo để phù hợp với bước tính toán số hóa hình dạng cơ thể người. Bước này được thực hiện trên khối chuẩn hóa đám mây điểm.

Bước 3: hiệu chuẩn đám mây điểm; mục đích của bước này là việc sử dụng các thuật toán biến hình để đưa tọa độ của đám mây điểm về một hệ tọa độ quy định trước. Cụ thể, gốc tọa độ (O) của đám mây điểm được đặt tại đỉnh đầu, trục y của hệ tọa độ trùng với hướng thẳng đứng của người, trục x vuông góc với trục y và hướng trùng với hướng đứng của người, trục còn lại (z) được tính toán theo quy ước hệ trục tọa độ Đề-các. Bước này được thực hiện trên khối chuẩn hóa đám mây điểm.

Bước 4: tối ưu hóa người từ đám mây điểm; tại bước này, sử dụng thuật toán tối ưu với hàm đích là đám mây điểm người đã hiệu chuẩn từ bước 3. Biến thay đổi là các tham số hình dạng cơ thể người của mô hình tham số người. Kết quả của bước 4 là thu được một bộ tham số của mô hình tham số người xấp xỉ được hình dạng người từ đám mây điểm. Bước này được thực hiện trên khối số hóa người.

Bước 5: sinh mô hình người ba chiều; mục đích của bước này là việc hiển thị dưới dạng ba chiều của mô hình tham số người đã được tối ưu theo bước 4. Mô hình người này được quy định số lượng đỉnh, số lượng mặt và khớp xương cố định. Do đó, mô hình này có hình dạng giống người được số hóa và có khả năng chuyển động. Bước này được thực hiện trên khối đầu ra.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả sơ đồ hệ thống truyền thống số hóa hình dạng cơ thể người từ dữ liệu camera độ sâu;

Hình 2 là hình vẽ mô tả sơ đồ hệ thống số hóa cơ thể người đề cập trong sáng chế;

Hình 3 là hình vẽ minh họa hệ camera rút gọn;

Hình 4 là hình vẽ minh họa mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm;

Hình 5 là hình vẽ mô tả mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm;

Hình 6 là hình vẽ mô tả chi tiết mô-đun mô hình tham số người;

Hình 7 là hình vẽ mô tả các bước thực hiện tối ưu hóa từ đám mây điểm;

Hình 8 là hình vẽ mô tả phương pháp số hóa người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu Hình 1 và Hình 2, sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống mới nhằm số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng hệ camera độ sâu rút gọn thay vì sử dụng hệ thống camera độ sâu phức tạp hoặc máy quét ba chiều cầm tay. Phương pháp sử dụng hai camera độ sâu và phần mềm chứa mô-đun số hóa người nhằm đơn giản hóa và tăng tốc việc số hóa hình dạng cơ thể người đồng thời đảm bảo độ chính xác của mô hình ba chiều (3D) người so với người thực.

Trong phần mô tả chi tiết giải pháp kỹ thuật đề xuất, một số thuật ngữ được hiểu theo cách diễn giải như sau:

Mô hình người dưới dạng số hóa hay mô hình 3D hình dạng người là dữ liệu sử dụng các quy chuẩn về điểm lưới (đỉnh), mặt lưới để mô tả về hình dáng ba chiều của cơ thể mà đảm bảo các kích thước của mô hình tương đương cơ thể thật và có thể chuyển động. Dữ liệu này được lưu dưới định dạng ảnh ba chiều hoạt họa, với phần đuôi mở rộng .fbx, là dạng lưu trữ đối tượng ba chiều có khả năng chuyển động;

Camera độ sâu là camera có khả năng thu được hình dạng ba chiều của đối tượng đứng trong vùng nhìn thấy của camera;

Mô hình tham số cơ thể người là mô hình có thể được biến đổi thành các hình dáng khác nhau, dựa trên các tham số được quy định về hình dáng và tư thế, mô hình người dưới dạng số sau khi được biến đổi sẽ giữ nguyên về số lượng điểm lưới, vị trí mặt lưới so với mô hình ban đầu. Ngoài ra, gắn liền với mô hình tham số là một hệ xương tái hiện xương người, cho phép mô hình tham số có thể chuyển động.

Hình 2 thể hiện phương pháp đề xuất có sự khác biệt so với hệ thống cổ điển, với đầu vào được thu thập thông qua khối thu thập dữ liệu sử dụng hệ hai cameras độ sâu. Sau đó, khối số hóa người sử dụng các thông tin thu thập được để tính toán mô hình 3D hình dạng người thông qua khối số hóa người. Cụ thể như sau:

Khối thu thập dữ liệu bao gồm mô-đun hai camera độ sâu thực hiện chức năng chụp lại hình ảnh ba chiều của người đứng trong hệ thống. Đầu ra của khối thu thập dữ liệu là một đám mây điểm thô được chụp lại từ hệ camera rút gọn. Ngoài ra, dữ liệu ảnh độ sâu từ hai camera được đưa qua một mạng học sâu để có thể trích xuất được vị trí các khớp của người trên ảnh độ sâu, sau đó sử dụng dữ liệu này để nội suy thành vị trí 3D của các khớp trong không gian. Tham chiếu Hình 3, hệ camera rút gọn được sắp đặt bao gồm hai camera độ sâu. Trong đó khoảng cách giữa camera và người đảm bảo thu được toàn bộ cơ thể người từ đầu tới chân (khoảng $\geq 1,5\text{m}$). Góc giữa hai camera linh hoạt có thể điều chỉnh. Sau khi lắp đặt xong hệ thống, vị trí các camera độ sâu được cố định để phục vụ số hóa hình dạng cơ thể người.

Khối chuẩn hóa đám mây điểm bao gồm hai mô-đun: mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm và mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm. Trong đó, mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm nhằm loại bỏ các vùng đám mây điểm thừa trong ảnh ba chiều (đám mây điểm mặt đất, trần nhà...) và lọc các nhiễu do thiết bị camera độ sâu. Ngoài ra, mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm thực hiện các phép toán biến đổi không gian để đưa đám mây điểm thu được về hệ tọa độ phục vụ cho khối số hóa người. Cụ thể:

Mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm gồm hai thành phần chính:

Bộ lọc thô có nhiệm vụ là loại bỏ dữ liệu các điểm của vật thể xuất hiện xung quanh người và mặt đất.

Bộ lọc tinh có nhiệm vụ là loại bỏ điểm hoặc cụm điểm gần hoặc bị dính vào dữ liệu đám mây điểm của người do sai số của thiết bị thu đám mây điểm gây ra.

Mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm là mô-đun thực hiện quá trình đưa dữ liệu đám mây điểm về một hệ tọa độ chuẩn tương thích với quá trình số hóa người. Cụ thể, gốc tọa độ được xác định tại điểm đỉnh đầu của dữ liệu đám mây điểm người. Trục y có phương trùng với phương thẳng đứng, trục x vuông góc với trục y và trùng phương với hướng đứng của người. Trục còn lại (z) được xác định dựa trên quy tắc hệ tọa độ Đề-các.

Khối số hóa người bao gồm hai mô-đun: mô-đun mô hình tham số người và mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm. Trong đó, mô-đun mô hình tham số người là mô hình gồm các tham số điều khiển hình dạng cơ thể người như: chiều cao, cân nặng, số đo vòng ngực, vòng bụng... Mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm tính toán các tham số điều khiển hình dạng cơ thể người từ mô-đun mô hình tham số người sao cho mô hình người sinh ra từ mô-đun này xấp xỉ hình dạng đám mây điểm. Cụ thể:

Tham chiếu Hình 4, mô-đun mô hình tham số người bao gồm ba thành phần chính: tham số hình dạng; tham số tư thế; mô phỏng hệ xương. Cụ thể, tham số hình dạng là mười tham số cho phép điều khiển hình dạng của cơ thể người như cao, thấp, béo, gầy... Tham số tư thế là tham số của các khớp xương của hệ xương mô phỏng người, số lượng khớp xương trên mô hình tham số người là 24 và số lượng tham số tư thế là 72. Mô phỏng hệ xương là mô tả số hệ thống xương trên cơ thể người, bao gồm 24 khớp xương (đầu, cổ, vai phải, vai trái...) đảm bảo quá trình chuyển động của mô hình tham số người tương đương người thực. Mô hình tham số là thành phần quan trọng trong quá trình số hóa hình dạng cơ thể người.

Tham chiếu Hình 5, mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm gồm hai thành phần chính: tối ưu tư thế, tối ưu hình dạng. Cụ thể, trước tiên, chiều dài các xương và góc các khớp trên cơ thể người được tính toán từ dữ liệu đám mây điểm đã được xử lý từ trước (tối ưu tư thế) thông qua các vòng lặp biến thiên của tham số tư thế để tối thiểu hóa sai lệch của chiều dài

xương và góc khớp giữa mô hình tham số người và đám mây điểm đã hiệu chỉnh. Tiếp theo, các tham số về hình dạng của mô hình tham số người được tính toán tương tự qua các vòng lặp biến thiên của tham số hình dạng để tìm được bộ tham số đảm bảo trùng khớp với đám mây điểm đã hiệu chuẩn. Như vậy, quá trình tối ưu được thực hiện thông qua việc tối thiểu hóa hàm mục tiêu đại diện cho sai lệch giữa mô hình tham số và dữ liệu đám mây điểm của người. Kết quả đầu ra của mô-đun tối ưu là bộ tham số của mô hình tham số người xấp xỉ hình dạng người được chụp. Bộ tham số này được chuyển qua khối đầu ra để sinh mô hình ba chiều có khả năng chuyển động đại diện cho người được số hóa.

Tham chiếu Hình 6, phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn gồm các bước cụ thể như sau:

Bước 1: thu thập dữ liệu đám mây điểm;

Tại bước này, dữ liệu đám mây điểm từ bộ camera độ sâu rút gọn được thu thập và tổng hợp thành một đám mây điểm dữ liệu thô. Tổng hợp dữ liệu đám mây điểm được thực hiện thông qua việc xác định vị trí tương đối giữa các camera trong hệ camera độ sâu. Cụ thể, việc xác định vị trí tương đối giữa các camera được tính toán thông qua vùng nhìn chung giữa các camera. Tham chiếu Hình 7, M1, M2 là mặt phẳng tại vùng nhìn chung của hai camera, về lý thuyết M1, M2 là một mặt phẳng đồng nhất. N1, N2 là hai vector pháp tuyến ứng với M1, M2. Khi đó, xác định P1, P1' là hai điểm giả định đối xứng cách đều M1 một khoảng d ($d=\text{const}$) và P2, P2' là hai điểm tương ứng với P1, P1' trên mặt phẳng M2. Q1, Q2 là giao điểm của tia P1P1' với mặt M1 và P2P2' với mặt M2. Mỗi camera độ sâu chỉ quan sát được một trong hai điểm, ví dụ: camera thứ nhất quan sát được điểm P1, camera thứ hai quan sát được điểm P2. Khi đó, $P1P1'=P2P2'$ là khoảng cách chính xác tuyệt đối, P1P2 là khoảng cách xác định sau khi tổng hợp 02 đám mây điểm. Như vậy, sai số tổng hợp 02 đám mây điểm theo phương vuông góc với mặt M1, M2 xác định theo công thức sau:

$$E = |P_1P_1' - P_1P_2|$$

Với $\bar{n} \approx \bar{N}_1 \approx \bar{N}_2$ là phương xác định sai số, với P_1P_1' đủ nhỏ: $\frac{E}{n} \approx Q_1Q_2$. Mục tiêu của bước xử lý này là biến hình vùng nhìn chung trên hai camera độ sâu sao cho Q_1 và Q_2 trùng nhau để xác định tọa độ tương đối trong không gian của hai camera độ sâu.

Bước 2: lọc nhiễu đám mây điểm;

Tại bước này, tiến hành lần lượt lọc thô và lọc tinh tại mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm, cụ thể:

Lọc thô: liên kết dữ liệu vị trí các khớp 3D thu được bộ khung xương của người. Với mỗi xương trong khung xương tạo một hình trụ có chiều dài bằng xương đó và bán kính xác định (phụ thuộc vào xương đó thuộc bộ phận nào ví dụ: tay, chân, ngực... sẽ có bán kính khác nhau). Các điểm nằm ngoài các hình trụ sẽ bị loại bỏ từ đó sẽ loại được các vật thể xuất hiện xung quanh.

Lọc tinh: Sử dụng thuật toán loại bỏ các điểm ngoại lai dựa vào xác suất thống kê (Statistical Outlier Removal). Dữ liệu đám mây điểm được áp đặt theo phân bố chuẩn. Sau đó sử dụng thuật toán cực đại hóa kì vọng (EM) để ước lượng tham số của mô hình thống kê. Cuối cùng tính xác suất của các phần tử thuộc tập dữ liệu ban đầu, các phần tử có xác suất thấp được cho là ngoại lai và sẽ bị loại bỏ.

Đầu ra của bước này sinh một đám mây điểm đã xử lý, chỉ chứa người và loại bỏ các thành phần khác như mặt đất, đồ vật xung quanh người. Đám mây điểm sau khi xử lý được hiệu chuẩn trong bước tiếp theo để phù hợp với bước tính toán số hóa hình dạng cơ thể người

Bước 3: hiệu chuẩn đám mây điểm;

Hiệu chuẩn đám mây điểm là bước quan trọng chuẩn bị cho quá trình số hóa hình dạng cơ thể người. Mục đích của hiệu chuẩn là đưa đám mây điểm thu được về hệ tọa độ chuẩn phục vụ cho bước tiếp theo. Cụ thể, trong bước này, các phép biến hình được sử dụng để đưa gốc tọa độ về vị trí đỉnh đầu của người, trục y của hệ tọa độ trùng với phương thẳng đứng, x là phương vuông góc với trục y và trùng với hướng đứng của người, trục z là trục còn lại tuân theo quy ước hệ tọa độ Đề-các.

Bước 4: tối ưu hóa từ đám mây điểm;

Dữ liệu khớp 3D được sử dụng để xác định tương đối chiều dài các xương và các góc khớp của người thật. Từ đó sử dụng phép nội suy thu được mô hình tham số của độ dài các xương và tư thế tương đối với người thật trong dữ liệu đám mây điểm. Các tham số về tư thế và hình dạng của mô hình tham số được bắt đầu từ bộ tham số khởi tạo và được thay đổi liên tục thông qua thuật toán tối ưu để tìm nghiệm làm tối thiểu hóa hàm mục tiêu sau:

$$L = \frac{1}{n} \sum_i k \|P_{SMPL} - P_{NN}\|$$

Trong đó :

P_{SMPL} : điểm nằm trên mô hình tham số;

P_{NN} : điểm trên dữ liệu đám mây điểm gần với điểm P_{SMPL} nhất;

k : trọng số, $k=1$ nếu P_{SMPL} nằm trong đám mây điểm, $k>1$ nếu P_{SMPL} nằm ngoài đám mây điểm;

n : số điểm lấy mẫu trên mô hình tham số.

Phương pháp xác định điểm P_{SMPL} nằm trong hay ngoài dữ liệu đám mây điểm được thực hiện như sau:

- Xác định véc tơ pháp tuyến $\vec{n}$ của từng điểm P_{SMPL} (véc tơ pháp tuyến luôn luôn hướng từ bên trong mô hình ra ngoài);
- Xác định vector chỉ phương $\vec{u} = P_{SMPL} - P_{NN}$;
- Nếu góc giữa $\vec{u}$ và $\vec{n}$ nhỏ hơn 180 độ thì P_{SMPL} nằm trong đám mây điểm, ngược lại P_{SMPL} nằm ngoài đám mây điểm.

Bước 5: sinh mô hình người ba chiều;

Bước này được thực hiện trong khối đầu ra, mô hình người ba chiều được sinh ra từ kết quả số hóa người theo các quy ước xác định từ trước và không thay đổi, số lượng đỉnh 6890 và số lượng mặt 13444. Ngoài ra, để phục vụ mục đích cho chuyển động, hệ xương mô phỏng cũng được sinh phù hợp với mô hình người tương ứng với người được số hóa theo quy ước của mô hình tham số người.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng dữ liệu bộ camera độ sâu rút gọn bao gồm các khối:

khối thu thập dữ liệu bao gồm mô-đun hai camera độ sâu thực hiện chức năng chụp lại hình ảnh ba chiều của người đứng trong hệ thống; đầu ra của khối thu thập dữ liệu là một đám mây điểm thô được chụp lại từ hệ camera rút gọn; ngoài ra, dữ liệu ảnh độ sâu từ hai camera được đưa qua một mạng học sâu để có thể trích xuất được vị trí các khớp của người trên ảnh độ sâu, sau đó sử dụng dữ liệu này để nội suy thành vị trí 3D của các khớp trong không gian; trong đó khoảng cách giữa camera và người đảm bảo thu được toàn bộ cơ thể người từ đầu tới chân (khoảng $\geq 1,5\text{m}$); góc giữa hai camera linh hoạt có thể điều chỉnh; sau khi lắp đặt xong hệ thống, vị trí các camera độ sâu được cố định để phục vụ số hóa hình dạng cơ thể người;

khối chuẩn hóa đám mây điểm bao gồm hai mô-đun: mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm và mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm; trong đó:

mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm nhằm loại bỏ các vùng đám mây điểm thừa trong ảnh ba chiều (đám mây điểm mặt đất, trần nhà...) và lọc các nhiễu do thiết bị camera độ sâu; mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm bao gồm bộ lọc thu và bộ lọc tinh, cụ thể:

bộ lọc thô có nhiệm vụ là loại bỏ dữ liệu các điểm của vật thể xuất hiện xung quanh người và mặt đất;

bộ lọc tinh có nhiệm vụ là loại bỏ điểm hoặc cụm điểm gần hoặc bị dính vào dữ liệu đám mây điểm của người do sai số của thiết bị thu đám mây điểm gây ra;

mô-đun hiệu chuẩn đám mây điểm thực hiện các phép toán biến đổi không gian để đưa đám mây điểm thu được về hệ tọa độ phục vụ cho khối số hóa người; cụ thể, gốc tọa độ được xác định tại điểm đỉnh đầu của dữ liệu đám mây điểm người; trục y có phương trùng với phương thẳng đứng, trục x vuông góc với trục y và trùng

phương với hướng đứng của người; trục còn lại (z) được xác định dựa trên quy tắc hệ tọa độ đề-các;

khối số hóa người bao gồm hai mô-đun: mô-đun mô hình tham số người và mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm; trong đó:

mô-đun mô hình tham số người là mô hình gồm các tham số điều khiển hình dạng cơ thể người như: chiều cao, cân nặng, số đo vòng ngực, vòng bụng; mô-đun mô hình tham số người bao gồm ba thành phần chính: tham số hình dạng; tham số tư thế; mô phỏng hệ xương; cụ thể:

tham số hình dạng là mười tham số cho phép điều khiển hình dạng của cơ thể người như cao, thấp, béo, gầy;

tham số tư thế là tham số của các khớp xương của hệ xương mô phỏng người, số lượng khớp xương trên mô hình tham số người là 24 và số lượng tham số tư thế là 72;

mô phỏng hệ xương là mô tả số hệ thống xương trên cơ thể người, bao gồm 24 khớp xương (đầu, cổ, vai phải, vai trái...) đảm bảo quá trình chuyển động của mô hình tham số người tương đương người thực;

mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm tính toán các tham số điều khiển hình dạng cơ thể người từ mô-đun mô hình tham số người sao cho mô hình người sinh ra từ mô-đun này xấp xỉ hình dạng đám mây điểm; cụ thể: mô-đun tối ưu hóa từ đám mây điểm gồm hai thành phần chính: tối ưu tư thế, tối ưu hình dạng; cụ thể hơn, trước tiên, chiều dài các xương và góc các khớp trên cơ thể người được tính toán từ dữ liệu đám mây điểm đã được xử lý từ trước (tối ưu tư thế) thông qua các vòng lặp biến thiên của tham số tư thế để tối thiểu hóa sai lệch của chiều dài xương và góc khớp giữa mô hình tham số người và đám mây điểm đã hiệu chỉnh; tiếp theo, các tham số về hình dạng của mô hình tham số người được tính toán tương tự qua các vòng lặp biến thiên của tham số hình dạng để tìm được bộ tham số đảm bảo trùng khớp với đám mây điểm đã hiệu chuẩn; như vậy, quá trình tối ưu được thực hiện thông qua việc tối thiểu hóa hàm mục tiêu đại diện cho sai lệch giữa mô hình tham

số và dữ liệu đám mây điểm của người; kết quả đầu ra của mô-đun tối ưu là bộ tham số của mô hình tham số người xấp xỉ hình dạng người được chụp; bộ tham số này được chuyển qua khối đầu ra để sinh mô hình ba chiều có khả năng chuyển động đại diện cho người được số hóa;

khối đầu ra: có nhiệm vụ hiển thị hình dạng cơ thể người dưới dạng không gian ba chiều với định dạng được quy định sẵn.

2. Phương pháp số hóa hình dạng cơ thể người sử dụng bộ camera độ sâu rút gọn bao gồm các bước:

bước 1: thu thập dữ liệu đám mây điểm;

tại bước này, dữ liệu đám mây điểm từ bộ camera độ sâu rút gọn được thu thập và tổng hợp thành một đám mây điểm dữ liệu thô; tổng hợp dữ liệu đám mây điểm được thực hiện thông qua việc xác định vị trí tương đối giữa các camera trong hệ camera độ sâu; cụ thể, việc xác định vị trí tương đối giữa các camera được tính toán thông qua vùng nhìn chung giữa các camera;

bước 2: lọc nhiễu đám mây điểm;

tại bước này, tiến hành lần lượt lọc thô và lọc tinh tại mô-đun lọc nhiễu đám mây điểm, cụ thể:

lọc thô: liên kết dữ liệu vị trí các khớp 3D thu được bộ khung xương của người; với mỗi xương trong khung xương tạo một hình trụ có chiều dài bằng xương đó và bán kính xác định (phụ thuộc vào xương đó thuộc bộ phận nào ví dụ: tay, chân, ngực... sẽ có bán kính khác nhau); các điểm nằm ngoài các hình trụ sẽ bị loại bỏ từ đó sẽ loại được các vật thể xuất hiện xung quanh;

lọc tinh: sử dụng thuật toán loại bỏ các điểm ngoại lai dựa vào xác suất thống kê; dữ liệu đám mây điểm được áp đặt theo phân bố chuẩn; sau đó sử dụng thuật toán cực đại hóa kì vọng để ước lượng tham số của mô hình thống kê; cuối cùng tính xác suất của các phần tử thuộc tập dữ liệu ban đầu, các phần tử có xác suất thấp được cho là ngoại lai và sẽ bị loại bỏ;

đầu ra của bước này sinh một đám mây điểm đã xử lí, chỉ chứa người và loại bỏ các thành phần khác như mặt đất, đồ vật xung quanh người; đám mây điểm sau khi xử lí được hiệu chuẩn trong bước tiếp theo để phù hợp với bước tính toán số hóa hình dạng cơ thể người;

bước 3: hiệu chuẩn đám mây điểm;

hiệu chuẩn đám mây điểm là bước quan trọng chuẩn bị cho quá trình số hóa hình dạng cơ thể người; mục đích của hiệu chuẩn là đưa đám mây điểm thu được về hệ tọa độ chuẩn phục vụ cho bước tiếp theo; cụ thể, trong bước này, các phép biến hình được sử dụng để đưa gốc tọa độ về vị trí đỉnh đầu của người, trục y của hệ tọa độ trùng với phương thẳng đứng, x là phương vuông góc với trục y và trùng với hướng đứng của người, trục z là trục còn lại tuân theo quy ước hệ tọa độ đề-các.

bước 4: tối ưu hóa từ đám mây điểm;

dữ liệu khớp 3D được sử dụng để xác định tương đối chiều dài các xương và các góc khớp của người thật; từ đó sử dụng phép nội suy thu được mô hình tham số của độ dài các xương và tư thế tương đối với người thật trong dữ liệu đám mây điểm; các tham số về tư thế và hình dạng của mô hình tham số được bắt đầu từ bộ tham số khởi tạo và được thay đổi liên tục thông qua thuật toán tối ưu để tìm nghiệm làm tối thiểu hóa hàm mục tiêu sau:

$$L = \frac{1}{n} \sum_i k \|P_{SMPL} - P_{NN}\|$$

trong đó :

P_{SMPL} : điểm nằm trên mô hình tham số;

P_{NN} : điểm trên dữ liệu đám mây điểm gần với điểm P_{SMPL} nhất;

k: trọng số, $k=1$ nếu P_{SMPL} nằm trong đám mây điểm, $k>1$ nếu P_{SMPL} nằm ngoài đám mây điểm;

n: số điểm lấy mẫu trên mô hình tham số;

phương pháp xác định điểm P_{SMPL} nằm trong hay ngoài dữ liệu đám mây điểm được thực hiện như sau:

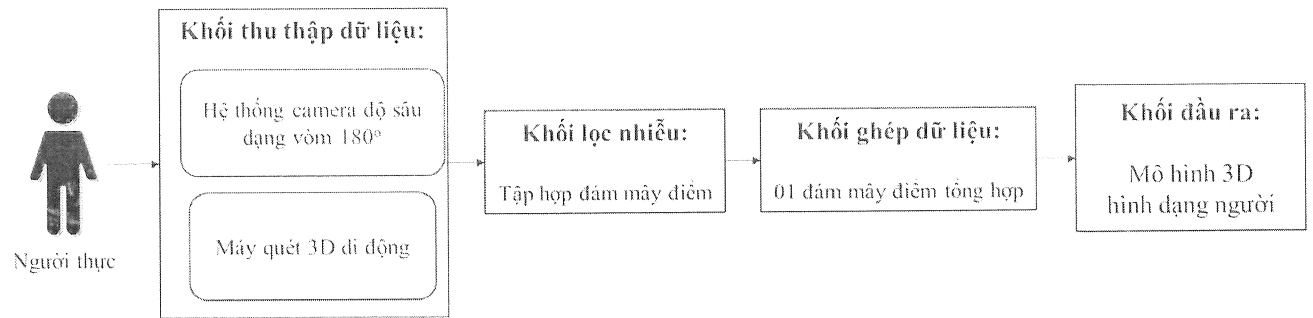
xác định véc tơ pháp tuyến $\vec{n}$ của từng điểm P_{SMPL} (véc tơ pháp tuyến luôn luôn hướng từ bên trong mô hình ra ngoài);

xác định vector chỉ phương $\vec{u} = P_{\text{SMPL}} - P_{\text{NN}}$;

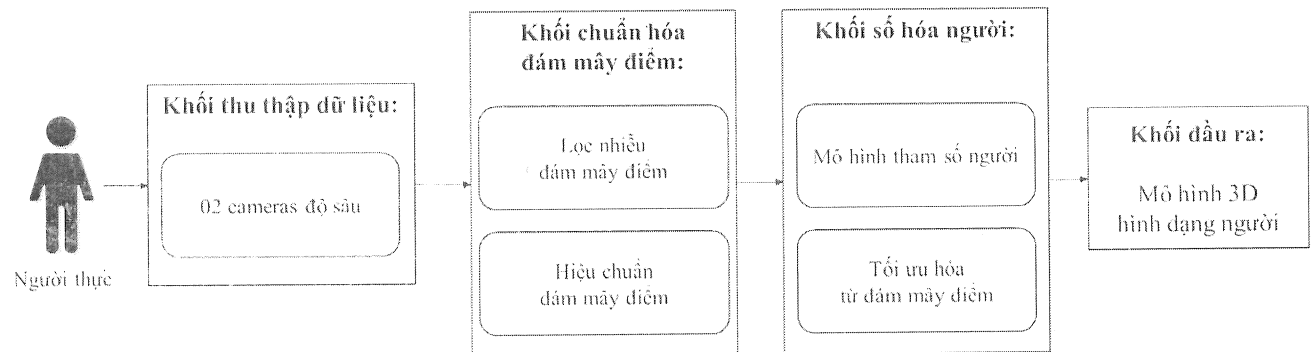
nếu góc giữa $\vec{u}$ và $\vec{n}$ nhỏ hơn 180 độ thì P_{SMPL} nằm trong đám mây điểm, ngược lại P_{SMPL} nằm ngoài đám mây điểm;

bước 5: sinh mô hình người ba chiều;

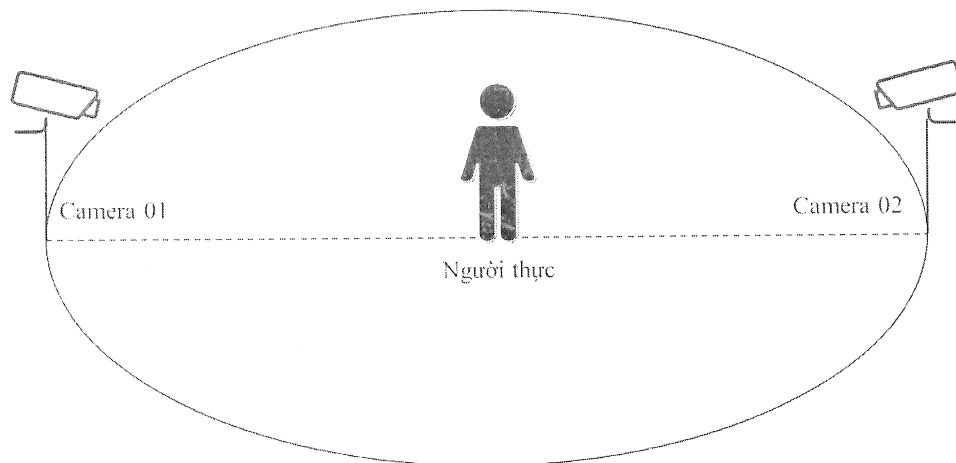
bước này được thực hiện trong khối đầu ra, mô hình người ba chiều được sinh ra từ kết quả số hóa người theo các quy ước xác định từ trước và không thay đổi, số lượng đỉnh 6890 và số lượng mặt 13444; ngoài ra, để phục vụ mục đích cho chuyển động, hệ xương mô phỏng cũng được sinh phù hợp với mô hình người tương ứng với người được số hóa theo quy ước của mô hình tham số người.



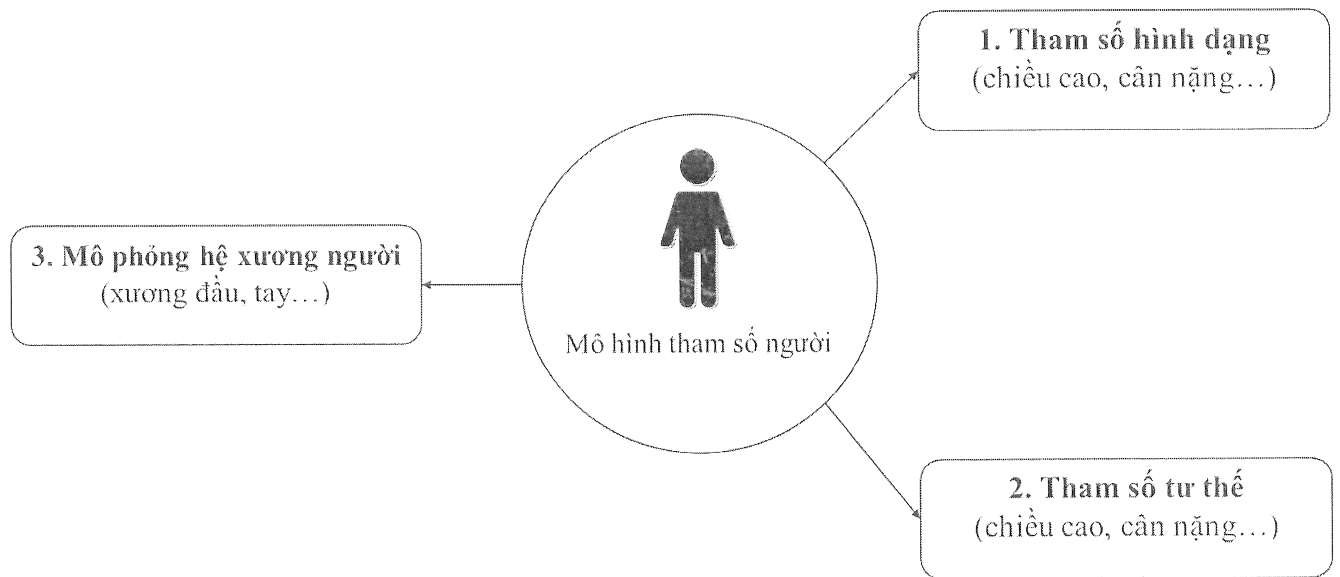
Hình 1



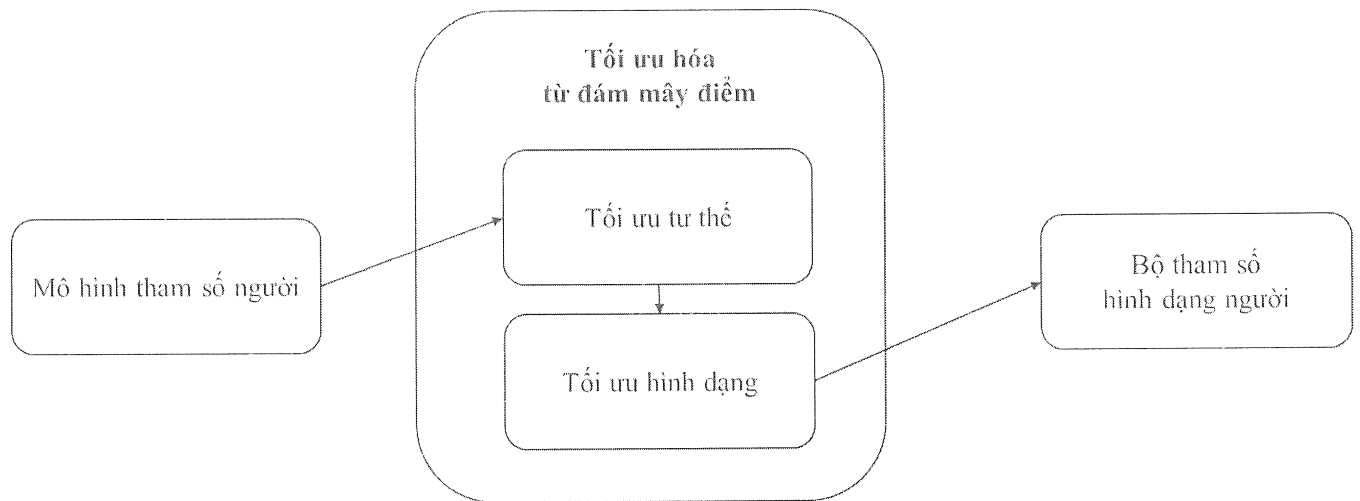
Hình 2



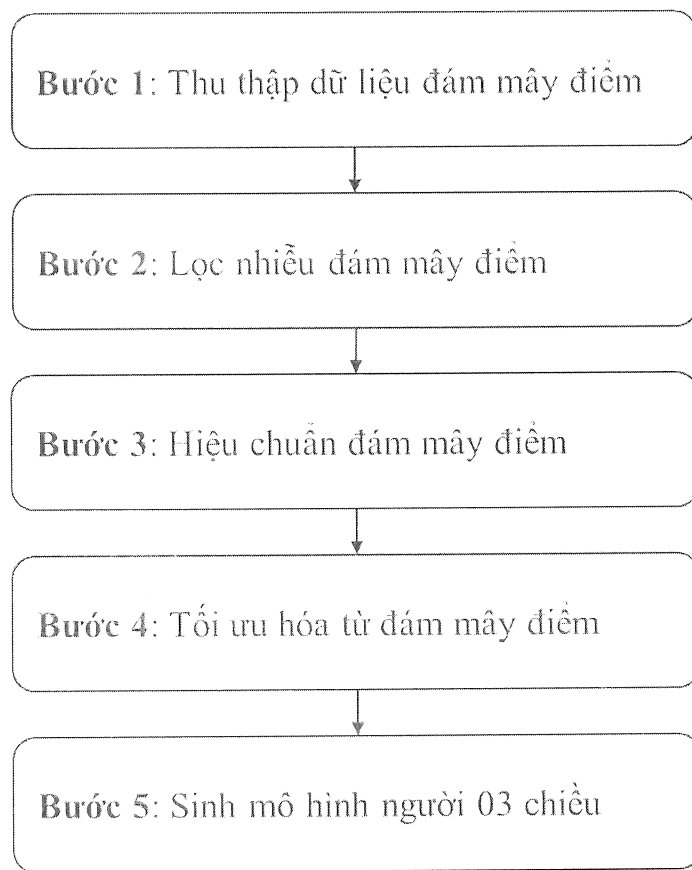
Hình 3



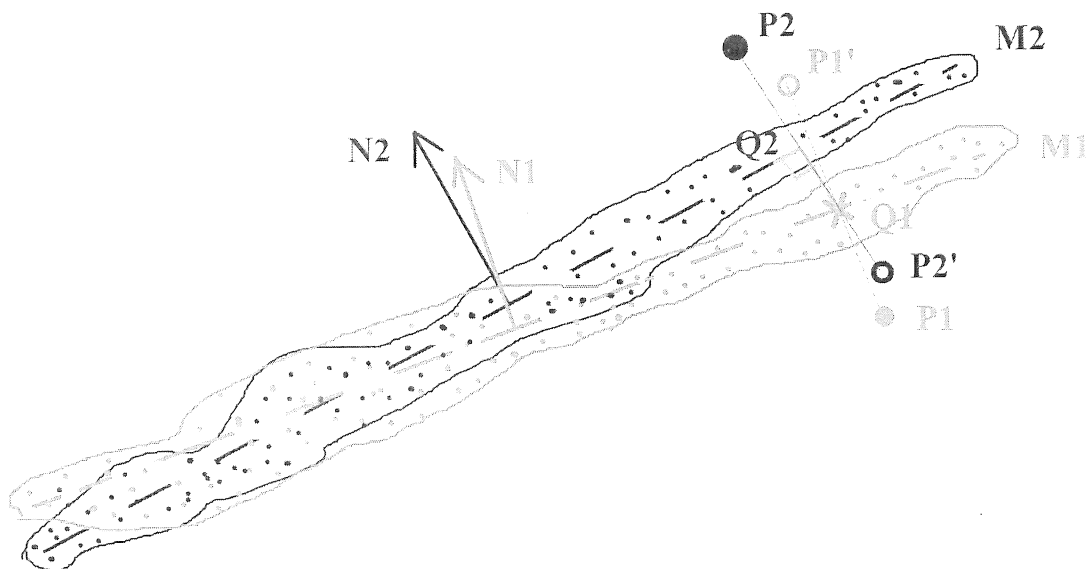
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7