(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0114423
(43) 공개일자 2024년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 19/00 (2011.01) *G02B 27/01* (2006.01)
G06T 3/00 (2024.01) *G06T 7/33* (2017.01)
G06T 7/73 (2017.01) *G06V 10/40* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06T 19/003 (2013.01)
G02B 27/01 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0006529
(22) 출원일자 2023년01월17일
심사청구일자 2023년01월17일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
임인성
서울특별시 양천구 목동서로 70 목동신시가지아파트2단지 224동 1504호
안재풍
경기도 부천시 수도로 18
두산위브트레지움아파트1단지 105동 1001호
(74) 대리인
이지연

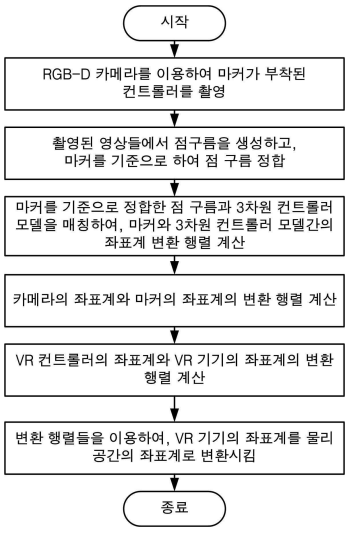
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **이기종 VR 시스템의 물리 공간 공유가 가능한 가상 현실 시스템 및 상기 가상 현실 시스템에서의 좌표계 정렬 방법**

(57) 요 약

본 발명은 이기종 VR 기기의 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템 및 좌표계 정렬 방법에 관한 것이다. 상기 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법은, 표면에 마커가 부착된 VR 컨트롤러, 및 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라를 구비하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법으로서, (a) 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 촬영된 영상들의 마커를 이용하여 점 구름을 정합하는 단계; (b) 전 단계에서 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델에 대한 점 구름을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 단계;를 구비하여, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
G06T 3/18 (2024.01)
G06T 7/337 (2017.01)
G06T 7/74 (2017.01)
G06V 10/40 (2023.08)
G06T 2207/10028 (2013.01)
G06T 2207/30208 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711165577
과제번호 2020R1A2C2011709
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 이종의 현실 사용자 간의 협업을 지원하는 몰입형 확장 현실 기술 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 서강대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

디스플레이부, 센서부, 제어부를 포함하는 VR 기기, VR 컨트롤러, VR 컨트롤러의 표면에 부착된 마커, 및 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라를 구비하는 VR 시스템에서의 이기종 VR 기기들이 물리 공간 공유할 수 있도록 하는 방법에 있어서,

(a) 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 촬영된 영상들의 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 단계;

(b) 전 단계에서 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델에 대한 점 구름을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 단계;

(c) 상기 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 단계;

를 구비하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간 좌표계로 변환함으로써, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

RGB-D 카메라의 깊이 카메라의 좌표계를 카메라의 기준 좌표계로 설정하고, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고,

상기 촬영된 영상들에서 마커를 인식하여, 카메라의 기준 좌표계에서 마커의 좌표계로 변환하는 제1 변환 행렬을 구하고,

상기 제1 변환 행렬을 이용하여 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시킴으로써, 마커의 좌표계와 카메라의 기준 좌표계를 일치시키고 상기 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (b) 단계는,

카메라 좌표계의 원점에 3차원 컨트롤러 모델을 배치하고,

상기 (a) 단계에서 마커를 기준으로 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라의 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 (b)단계에서 PPF를 추출하여 매칭하기 위하여,

깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 두 점을 추출하여 제1 특징을 추출하고,

3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 상기 깊이 이미지의 추출된 두 점에 대응되는 두 점을 추출하여 제2 특징을 추출하고,

임의의 좌표계 g를 이용하여 상기 제1 및 제2 특징에 좌표계 변환을 적용하여, 제1 특징과 제2 특징 간의 회전 각도(α)를 구하고,

상기 회전 각도를 이용하여 PPF 특징을 매칭하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 (b) 단계는,

PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점과 3차원 컨트롤러 모델의 점에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 구하고, 상기 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 이용하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 구하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법.

청구항 6

디스플레이부, 센서부, 제어부를 포함하는 VR 기기, 및 VR 컨트롤러를 구비하는 VR 시스템에 있어서,

VR 컨트롤러의 표면에 부착된 마커;및

물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라;를 구비하고,

상기 VR 기기의 제어부는,

상기 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 촬영된 영상들의 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 점 구름 정합 모듈;

상기 마커를 기준으로 하여 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델에 대한 점 구름을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 좌표계 변환 행렬 생성 모듈; 및

상기 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 좌표계 변환 모듈;

을 구비하여, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 점 구름 정합 모듈은,

RGB-D 카메라의 깊이 카메라의 좌표계를 카메라의 기준 좌표계로 설정하고, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고,

상기 촬영된 영상들에서 마커를 인식하여 카메라의 기준 좌표계에서 마커의 좌표계로 변환하는 제1 변환 행렬을 구하고,

상기 제1 변환 행렬을 이용하여 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시킴으로써, 마커의 좌표계와 카메라의 기준 좌표계를 일치시키고 상기 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은,

마커를 기준으로 하여 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라의 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하고, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은,

깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 두 점을 추출하여 제1 특징을 추출하고,

3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 상기 깊이 이미지의 추출된 두 점에 대응되는 두 점을 추출하여 제2 특징을 추출하고,

임의의 좌표계를 이용하여 상기 제1 및 제2 특징에 좌표계 변환을 적용하여, 제1 특징과 제2 특징 간의 회전 각도(α)를 구하고,

상기 회전 각도를 이용하여 PPF 특징을 매칭하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은,

PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점과 3차원 컨트롤러 모델의 점에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 회전 변환 행렬(R)과 평행 이동 변환 행렬(t)을 구하고, 상기 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 이용하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 구하는 것을 특징으로 하는 VR 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가상 현실(virtual reality, VR) 기술에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 RGB-D 카메라와 VR 컨트롤러(controller)를 사용하여 물리 공간에서 RGB-D 카메라를 통하여 설정된 좌표계와 VR 장비를 통하여 설정된 가상 현실 공간의 좌표계를 상호 일치시키는 과정을 수행하고자 할 때, 컨트롤러에 임의로 부착한 마커를 기반으로 하여 컨트롤러의 위치 계산 방법을 제시하여 두 공간의 좌표계 일치를 수행하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가상 현실에 기반을 둔 응용 소프트웨어를 제작할 때 각각의 자신만의 공간에서 좌표계를 설정한다. 독립적으로 정의한 가상 현실 좌표계를 공유하고 이를 물리 공간에 결합하는 기술이 있다면, 가상 현실 기기뿐만 아니라 증강 현실이나 혼합 현실 기기와도 높은 시너지 효과를 산출할 수 있도록 할 수 있다. 본 특허는 가상 현실, 즉 VR 응용에서 정의한 좌표계를 물리 공간의 좌표계와 일치시키는 것에 관한 것이다.

[0003] 좌표계를 일치시키는 방법으로는, 일반적으로는 좌표계를 일치시킬 기준을 설정하여 그 기준에 대한 상대 위치를 구하는 방법을 사용한다. 카메라에서는 일반적으로 마커나 고정된 물체의 특징을 기준으로 하여 자신의 위치와 기준의 위치를 설정하고 이를 토대로 좌표계를 구성한다. 마커는 카메라에서 인식하기 쉬운 특징으로 구성한 표식으로서, 특징이 거의 없는 물체나 움직이는 물체를 인식할 수 있게 하여 기준으로 설정할 수 있도록 한다.

[0004] 한편, 고정된 물체의 특징을 인식하는 방법은 여러 방법이 있지만, 3차원 컨트롤러 모델을 깊이 카메라에서 인식하는 방법 중 보편적인 방식은 PPF(Point Pair Feature) 기법(B. Drost, M. Ulrich, N. Navab and S. Ilic, "Model globally, match locally: Efficient and robust 3D object recognition," 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2010, pp. 998-1005, doi: 10.1109/CVPR.2010.5540108.)과 같은 방법을 이용하는 것이다. PPF 기법은, 점 구름에 있는 임의의 두 점에 대해 점의 상대 위치 벡터와 법선 벡터를 조합하여 특징으로 만들어 이를 매칭하는 방법으로서, 3차원 컨트롤러 모델과 3차원 컨트롤러 모델의 실제 물체를 촬영한 깊이 이미지를 점 구름의 형태로 만들어 PPF 방법을 적용한다. 이 방법은 깊이 이미지에서 실제 물체를 촬영할 때, 가려지는 정도에 따라 인식률이 달라질 수 있으며, 이를 최소화하기 위해 여러 방향에서 물체를 촬영하고 점 구름을 정합하고 인식하는 방법을 사용한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제 10-2283301호

(특허문헌 0002) 한국공개특허공보 제 10-2022-0096381호

(특허문헌 0003) 한국등록특허공보 제 10-1983233호

(특허문헌 0004) 한국등록특허공보 제 10-1822471호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 VR 컨트롤러에 마커를 부착하고, 고정된 위치에 배치된 RGB-D 카메라에서 VR 컨트롤러의 좌표계를 추정하고 이를 기반으로 이기종의 VR 시스템에서 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 VR 시스템 및 상기 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법은, 디스플레이부, 센서부, 제어부를 포함하는 VR 기기, VR 컨트롤러, VR 컨트롤러의 표면에 부착된 마커, 및 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라를 구비하는 VR 시스템에서의 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 방법에 관한 것으로서, (a) 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영 영상에서 점 구름을 생성하고, 촬영 영상의 마커를 이용하여 점 구름을 정합하는 단계; (b) 전 단계에서 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델에 대한 점 구름을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 단계;를 구비하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간 좌표계로 변환함으로써, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 전술한 제1 특징에 따른 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법에 있어서, 상기 (a) 단계는, RGB-D 카메라의 깊이 카메라의 좌표계를 카메라의 기준 좌표계로 설정하고, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성함과 동시에 마커를 인식하고, 카메라의 기준 좌표계에서 마커의 좌표계로 변환하는 제1 변환 행렬을 구하고, 상기 제1 변환 행렬을 이용하여 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시킴으로써, 마커의 좌표계와 카메라의 기준 좌표계를 일치시키고 상기 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 것이 바람직하다.

[0009] 전술한 제1 특징에 따른 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는, 상기 (a) 단계에서 점 구름을 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라의 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하고, 매칭된 PPF 특징을 이용하여 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 것이 바람직하다.

[0010] 전술한 제1 특징에 따른 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는, 깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 두 점을 추출하여 제1 특징을 추출하고, 3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 상기 깊이 이미지의 추출된 두 점에 대응되는 두 점을 추출하여 제2 특징을 추출하고, 임의의 좌표계 g를 이용하여 상기 제1 및 제2 특징에 좌표계 변환을 적용하여, 제1 특징과 제2 특징 간의 회전 각도(α)를 구하고, 상기 회전 각도를 이용하여 PPF 특징을 매칭하는 것이 바람직하다.

[0011] 전술한 제1 특징에 따른 VR 시스템에서의 좌표계 정렬 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는, PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점과 3차원 컨트롤러 모델의 점에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 구하고, 상기 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 이용하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 구하는 것이 바람직하다.

[0012] 본 발명의 제2 특징에 따른 VR 시스템은, 디스플레이부, 센서부, 제어부를 포함하는 VR 기기, 및 VR 컨트롤러를 구비하는 VR 시스템에 관한 것으로서, VR 컨트롤러의 표면에 부착된 마커; 및 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라;를 구비하고, 상기 VR 기기의 제어부는, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하여 점 구름을 생성하고, 촬영된 영상의 마커를 이용하여 점 구름을 정합하는 점 구름 정합 모듈; 상기 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델에 대한 점 구름을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 좌표계 변환 행렬 생성 모듈; 상기 계산된 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 좌표계 변환 모듈;을 구비하여, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 한다.

[0013] 전술한 제2 특징에 따른 VR 시스템에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 점 구름 정합 모듈은, RGB-D 카메라의 깊이 카메라의 좌표계를 카메라의 기준 좌표계로 설정하고, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 상기 촬영된 영상들에서 마커를 인식하고, 카메라의 기준 좌표계에서 마커의 좌표계로 변환하는 제1 변환 행렬을 구하고, 상기 제1 변환 행렬을 이용하여 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시킴으로써, 마커의 좌표계와 카메라의 기준 좌표계를 일치시키고 상기 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하는 것이 바람직하다.

[0014] 전술한 제2 특징에 따른 VR 시스템에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은, 점 구름

을 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라의 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하고, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하는 것이 바람직하다.

[0015] 전술한 제2 특징에 따른 VR 시스템에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은, 깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 두 점을 추출하여 제1 특징을 추출하고, 3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 상기 깊이 이미지의 추출된 두 점에 대응되는 두 점을 추출하여 제2 특징을 추출하고, 임의의 좌표계를 이용하여 상기 제1 및 제2 특징에 좌표계 변환을 적용하여, 제1 특징과 제2 특징 간의 회전 각도(α)를 구하고, 상기 회전 각도를 이용하여 PPF 특징을 매칭하는 것이 바람직하다.

[0016] 전술한 제2 특징에 따른 VR 시스템에 있어서, 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은, PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점과 3차원 컨트롤러 모델의 점에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 회전 변환 행렬(R)과 평행 이동 변환 행렬(t)을 구하고, 상기 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 이용하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 구하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 VR 시스템은 VR 컨트롤러에 시인성이 우수한 마커를 임의로 부착하고, 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, VR 컨트롤러를 촬영한 영상들의 점 구름을 정합하는 방법을 통해, 움직이는 VR 컨트롤러의 인식률을 높이고, 이를 기반으로 이기종의 VR 기기를 공유된 물리 공간에 배치하는 방법을 제공한다.

[0018] 따라서, 본 발명에 따른 VR 시스템은 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라를 통해 VR 컨트롤러를 인식함으로써, 이기종의 VR 기기가 물리 공간을 공유할 수 있게 되어, 몰입감 있는 가상 현실, 나아가 가상/증강/혼합 현실 개념이 혼재하는 확장 현실 체험을 제공한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 VR 시스템은 임의로 부착한 마커와 컨트롤러 사이의 변환 행렬을 제공함으로써, 물리 공간을 다시 설정해도 쉽고 빠르게 VR 기기를 인식할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 마커를 부착한 VR 컨트롤러의 예시이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, VR 컨트롤러에 부착된 마커의 좌표계와 VR 컨트롤러의 좌표계를 예시적으로 도시한 모식도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 이기종 기기간 물리 공간 공유를 위하여 VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 방법을 순차적으로 도시한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, RGB-D 카메라를 물리 공간에 배치하여 구성한 물리 공간의 좌표계에 서로 다른 벤더의 두 VR 시스템에서 사용하는 좌표계를 배치하여, 결과적으로 두 VR 시스템이 현실 세계의 물리 공간을 공유하는 방법을 나타낸 그림이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, VR 기기의 좌표계를 RGB-D 카메라에서 인식할 때, 여러 이미지로부터 점 구름을 얻고, 이를 마커를 기준으로 정합하는 방법을 나타낸 그림이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 점 구름을 정합하고, 정합한 점 구름에서 컨트롤러 부분을 추출한 결과를 도시한다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 두 VR 컨트롤러에 대하여 3차원 컨트롤러 모델로 생성한 점 구름과 깊이 카메라로 생성한 점 구름의 정합 결과를 도시한다. 여기서 그림 (a)와 (b)는 각각 Vive Controller와 Quest 2 Controller의 정합 결과를 나타낸다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 점 구름의 정합을 통해 두 VR 기기의 좌표계를 정렬한 결과를 RGB-D 카메라의 시점에서 나타낸 그림이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템의 구성 및 동작 방법에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0022] VR 기기와 물리 공간의 좌표계를 일치시키기 위해서 물리 공간의 기준이 되는 RGB-D 카메라는 고정된 상태에서 VR 기기나 컨트롤러를 인식하여 상대 위치를 추정해야 한다. VR 컨트롤러는 특징이 많지 않고 움직이기 때문에 컨트롤러를 촬영하여 얻은 점 구름은 정합하기 어렵다. 이를 해결하기 위하여, 마커를 컨트롤러에 부착하여 마커를 기준으로 점 구름을 정합하고, 이를 기반으로 PPF 방법을 적용할 수 있다. 물리 공간에 배치한 RGB-D 카메라가 VR 장비인 컨트롤러를 인식하여 물리 공간에서 정의한 좌표축을 VR 공간에서 인식할 수 있으면, VR 공간의 좌표계와의 변환 행렬을 통하여 VR 공간과 물리 공간의 좌표계를 일치시킬 수 있다. 본 특허는 VR 사용자가 VR 컨트롤러의 표면에 임의로 부착한 마커를 기준으로 하여 PPF 기술을 통해 컨트롤러의 위치를 효과적으로 추정하여 VR 공간과 물리 공간의 좌표계를 일치시키는 방식을 제시한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 VR 시스템(1)은, VR 기기(10), VR 컨트롤러(20), VR 컨트롤러의 임의의 표면에 부착된 마커(30) 및 물리 공간에 고정 배치된 RGB-D 카메라(40)를 구비한다. 상기 VR 기기(10)는 디스플레이부와 제어부, 센서부 등을 포함하는 HMD(Head Mounted Display) 등이 될 수 있으며, VR 컨트롤러와 RGB-D 카메라와 통신하여 VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환시킴으로써, 다른 이기종 VR들과 물리 공간을 공유할 수 있도록 한다.

[0024] 본 발명에 따른 VR 시스템에서는, 물리 공간을 정의하기 위하여 RGB-D 카메라(40)를 물리 공간에 고정 배치하고, 고정 배치한 카메라가 인식할 마커(30)를 제작하여 VR 컨트롤러(20)에 부착한다. 본 발명에 따른 VR 시스템은, 여러 VR 기기를 통합할 물리 공간을 정의하기 위해서 물리 공간에 배치한 RGB-D 카메라를 물리 공간의 기준으로 정의한다. 물리 공간에 배치된 RGB-D 카메라는 여러 VR 컨트롤러를 인식하여 VR 기기의 좌표계를 정의된 물리 공간에 배치한다. VR 장비인 컨트롤러를 인식하기 위하여 컨트롤러에 마커를 부착하고 이를 기반으로 RGB-D 카메라에서 컨트롤러를 인식할 수 있도록 한다.

[0025] 상기 RGB-D 카메라(40)는 깊이 카메라와 색상 카메라로 구성되어, 객체에 대하여 촬영된 깊이 이미지와 색상 이미지를 제공한다.

[0026] 본 발명에 따른 마커(30)는 RGB-D 카메라(40)에서 잘 인식될 수 있도록 빛 반사가 적은 표면으로 구성하고, 잘 인식될 수 있는 이미지로 구성하여, 시인성을 향상시키는 것이 바람직하다.

[0027] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가가능한 VR 시스템에 있어서, 마커(30)를 부착한 VR 컨트롤러(20)의 예시이다. 마커(30)는 컨트롤러(20) 표면의 임의의 위치에 부착하여 구성할 수 있다. 도 2의 (a)는 HTC사의 Vive Controller에 마커를 부착한 사진이며, (b)는 Meta사의 Quest 2 Controller에 마커를 부착한 사진이다. 도 2에서는 마커를 부착한 컨트롤러를 ArUco 마커를 앞에 부착한 형태만 예를 들었으나, 이는 단지 예시일 뿐이며, 마커의 재질, 형상 및 구성, 그리고 마커의 부착 위치는 RGB-D 카메라에서의 시인성을 향상시키기 위하여 다양한 변형이 가능하다.

[0028] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, VR 컨트롤러에 부착된 마커의 좌표계와 VR 컨트롤러의 좌표계를 예시적으로 도시한 모식도이다.

[0029] 상기 VR 기기(10)의 제어부는 점 구름 정합 모듈(100), 좌표계 변환 행렬 생성 모듈(110) 및 좌표계 변환 모듈(120)을 구비하여, 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러 및 상기 RGB-D 카메라로부터 제공된 정보들을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환시킴으로써, 다른 이기종 VR들과 물리 공간을 공유할 수 있도록 한다.

[0030] 상기 점 구름 정합 모듈(100)은, RGB-D 카메라의 깊이 카메라의 좌표계를 카메라의 기준 좌표계로 설정하고, 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 상기 촬영된 영상들에서 마커를 인식하고, 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시킴으로써, 마커의 좌표계와 카메라의 기준 좌표계를 일치시키고 상기 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합한다.

[0031] 상기 좌표계 변환 행렬 생성 모듈(110)은, 카메라 좌표계의 원점에 3차원 컨트롤러 모델을 배치하고, 마커를 기준으로 하여 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라의 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하고, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 계산하여 제공한다. 3차원 컨트롤러 모델은 VR 컨트롤러를 삼각형 메쉬로 표현한 3차원 모델 데이터이다.

[0032] 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭하기 위하여, 깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 두 점을 추출하여 제1 특징을 추출하고, 3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 상기 깊이 이미지의 추출된 두 점에 대응되는 두 점을 추출하여 제2 특징을 추출하고, 임의의 좌표계를 이용하여 상기 제1 및 제2 특징에 대한 좌표계를 각각 변환시킨 후, 제1 특징과 제2 특징 간의 회전 각도(α)를 구하고, 상기 회전 각도를 이용하여 PPF 특징을 매칭한다.

[0033] 상기 VR 기기의 제어부의 좌표계 변환 행렬 생성 모듈은, PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점과 3차원 컨트롤러 모델의 점에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 회전 변환 행렬(R)과 평행 이동 변환 행렬(t)을 구하고, 상기 회전 변환 행렬과 평행 이동 변환 행렬을 이용하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 구하여 제공한다.

[0034] 상기 좌표계 변환 모듈(120)은, 상기 계산된 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환한다.

[0035] 이하, 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 가능한 VR 시스템에 있어서, 이기종 기기간 물리 공간 공유를 위하여 VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 방법을 설명한다. 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, 이기종 기기간 물리 공간 공유를 위하여 VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 방법을 순차적으로 도시한 흐름도이다.

[0036] 도 4를 참조하면, 전술한 구성을 갖는 VR 시스템에 있어서, 이기종 VR 기기들이 물리 공간 공유할 수 있도록 하는 방법은, (a) 상기 RGB-D 카메라를 이용하여 상기 마커가 부착된 VR 컨트롤러를 촬영하고, 촬영된 영상들에서 점 구름을 생성하고, 촬영된 영상들의 마커를 기준으로 하여 점 구름을 카메라 좌표계로 정합하는 단계; (b) 전 단계에서 카메라 좌표계로 정합한 점 구름을 입력 데이터로 하여, 상기 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬(M_{md})을 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환하는 단계; 를 구비하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간 좌표계로 변환함으로써, 이기종 VR 기기들이 물리 공간을 공유할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다. 이하, 전술한 각 단계들에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0037] 먼저, 후술되는 각 변환 행렬에 대한 정의는 다음과 같다. M_{mk}^{A} 는 카메라의 기준 좌표계에서 기기 A에 부착한 마커의 좌표계로 변환하는 변환 행렬이며, M_{dev}^{A} 는 기기 A의 좌표계에서 기기 A의 컨트롤러의 좌표계로 변환하는 변환 행렬이며, M_{md}^{A} 는 기기 A에 부착한 마커의 좌표계에서 기기 A의 컨트롤러의 좌표계로 변환하는 변환 행렬이며, M_{vr}^{A} 는 카메라의 기준 좌표계에서 기기 A의 좌표계로 변환하는 변환 행렬이며, M_{md}는 기기에 부착한 마커의 좌표계에서 기기의 컨트롤러의 좌표계로 변환하는 변환 행렬로서, M_{md}^{A} , M_{md}^{B}를 일반화한 행렬이다. M_{md}^{A}는 기기 A에 대한 M_{md} 값이다. M_{mk_i}는 i번째 프레임으로부터 카메라의 기준 좌표계에서 기기에 부착한 마커의 좌표계로 변환하는 변환 행렬이며, $M_{mk_i}^{A}$ 는 기기 A에 대하여 구한 M_{mk_i}이며, 도 5의 M_{mk}^{A}는 프레임의 순서를 생략하여 표현한 것이다.

[0038] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, RGB-D 카메라를 물리 공간에 배치하여 구성한 물리 공간의 좌표계에 서로 다른 벤더의 두 VR 시스템에서 사용하는 좌표계를 배치하여, 결과적으로 두 VR 시스템이 현실 세계의 물리 공간을 공유하는 방법을 나타낸 그림이다.

[0039] 도 5를 참조하면, RGB-D 카메라를 물리 공간에 배치하고, 인식할 VR 컨트롤러에 마커를 임의의 위치에 부착하면 RGB-D 카메라는 촬영된 영상들을 통해 마커를 인식하여 원하는 컨트롤러의 대략적인 위치를 추정할 수 있으며, 추정한 위치를 토대로 더 정밀한 위치를 추정한다. 즉, 도 5는 두 개의 VR 기기(A 및 B)의 공간을 정렬하여 물리 공간에 배치한 것을 나타낸 것이다. RGB-D 카메라(40)를 구성하는 깊이 카메라의 좌표계를 RGB-D 카메라의 기준 좌표계라고 한다면, 마커 인식 기술을 통해 카메라의 기준 좌표계에서 VR 기기 A의 컨트롤러에 부착한 마

커의 좌표계로 변환하는 변환 행렬 M_{mk}^{A} 을 계산할 수 있다. 또한, VR 기기 A에서 자체적으로 컨트롤러의 위치를 추적하여 변환 행렬 M_{dev}^{A} 을 구할 수 있다. 만약, 마커에서 VR 기기 A의 컨트롤러로 좌표계를 변환하는 변환 행렬 M_{md}^{A} 를 미리 계산하였다면, 이를 통해 M_{vr}^{A} 를 계산하여 VR 기기 A를 RGB-D 카메라로 구축한 물리 공간에 배치할 수 있다. 이러한 과정은 다른 VR 기기에도 동일하게 적용할 수 있다.

[0040] 마커를 VR 컨트롤러의 표면의 임의의 위치에 부착함으로써 정의되는 M_{md}^{A}는 추가로 계산하여야 하는데, 이는 RGB-D 카메라의 깊이 카메라를 통해 M_{md}^{A} 를 계산할 수 있다.

[0041] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, VR 기기의 좌표계를 RGB-D 카메라에서 인식할 때, 여러 이미지로부터 점 구름을 얻고, 이를 마커를 기준으로 정합하는 방법을 나타낸 그림이다. 도 6을 참조하면, VR 기기의 컨트롤러와 마커 간 변환 행렬 M_{md}를 구하기 위해, RGB-D 카메라로 VR 컨트롤러를 촬영한 여러 이미지에서 점 구름을 생성하고, 이미지상의 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하고, 정합된 점 구름에서 VR 컨트롤러 부분을 추출한다. 촬영된 i번째 이미지에서 마커를 인식하여 마커에 대한 변환 행렬 M_{mk_i}를 구한 뒤, i번째 이미지에서 추출한 j번째 점 p_{ij}에 대하여 $M_{mk_i}^{-1}$를 곱하여 마커 부분의 점을 카메라 좌표계의 원점으로 이동시켜 p_{ij}^{*}를 계산한다. 계산식은 다음과 같이 구할 수 있다.

수학식 1

[0042] $$p_{ij}^{*} = M_{mk_i}^{-1} \cdot p_{ij}$$

[0043] 이러한 과정은 마커의 좌표계와 카메라 좌표계를 일치시키는 과정과 같다.

[0044] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, RGB-D 카메라에 의해 촬영된 영상에서, 점 구름을 정합하고, 정합한 점 구름에서 컨트롤러 부분을 추출한 결과를 도시한다. 도 7의 (a)는 해당 과정의 결과로, 컨트롤러의 전면에 부착한 마커의 좌표계를 기준으로 점 구름이 정합된 결과이며, 마커와 가까운 점은 다른 색으로 표시하였다. 또한, 컨트롤러를 잘 탐지할 수 있도록 원점을 기준으로 멀리 있는 점을 제거하여 최대한 컨트롤러에 관련된 점만 남도록 표시하였다. 도 7의 (b)는 도 7의 (a)에 따라 정합된 점 구름에서 VR 컨트롤러만을 추출한 것으로서, (a)의 결과에서 마커와 가까운 점만 제외하고 점을 제거한 결과이다.

[0045] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, 이기종 기기인 두 개의 VR 컨트롤러에 대하여, VR 기기에 의해 3차원 컨트롤러 모델로 생성된 점 구름과 깊이 카메라에 의해 생성된 점 구름의 정합 결과를 도시한다. 도 8의 (a)와 (b)는 각각 Vive Controller와 Quest 2 Controller의 정합 결과를 나타낸다.

[0046] 정합한 점 구름으로부터 VR 컨트롤러를 인식하기 위하여, 카메라 좌표계의 원점에 3차원 컨트롤러 모델을 배치하고, 마커를 기준으로 하여 점 구름을 정합하게 된다. 다음, 마커를 기준으로 하여 정합하여 얻은 점 구름과 상기 카메라 좌표계의 원점에 배치된 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점 구름에서, PPF(Point Pair Feature)를 추출하여 매칭한다.

[0047] PPF(Point Pair Feature)는 두 점의 위치와 법선 벡터를 이용하여 특징을 표현한다. 두 점 p_1, p_2에 대해 두 점의 법선을 n_1, n_2라고 하고, $d=p_2-p_1$ 이라고 한다면, PPF 특징(PPF(p_1, p_2))는 수학식 2와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

[0048] $$PPF(p_1,p_2) = (\| d \|_2, \angle(n_1,d), \angle(n_2,d), \angle(n_1,n_2))$$

[0049] 정합한 모델의 특징은 두 점의 쌍으로 나타내는데, 촬영한 깊이 이미지로부터 추출한 특징 PPF(s_r,s_i)에 대하여

기준을 s_r로 두면, 3차원 컨트롤러 모델에서 이와 맞는 특징 PPF(m_r,m_i)이 존재할 것이다. 여기서, s_r, s_i는 촬영한 깊이 이미지로 생성된 점 구름에서 추출한 두 점이며, 그 중 s_r은 기준이 되는 점이고, s_i는 s_r과 연결된 임의의 점이다. 마찬가지로, 점 m_r, m_i는 3차원 컨트롤러 모델로부터 추출한 점 구름에서 추출한 두 점이며, 그 중 m_r는 s_r과 매칭이 되는 점이고, m_i는 s_i와 매칭이 되는 점이다.

[0050] s_r과 m_i의 위치가 같고 법선도 같은 임의의 좌표계 g를 지정하여 두 특징에 좌표계 변환을 적용하면, 두 특징은 깊이 카메라에서 지정한 좌표계로 변환하는 변환 행렬 $T_{s\to g}$을 적용한 $T_{s\to g}(s_i - s_r)$벡터와 3차원 컨트롤러 모델의 좌표계에서 지정한 좌표계로 변환하는 변환 행렬 $T_{m\to g}$을 적용한 $T_{m\to g}(m_i - m_r)$ 벡터 사이의 회전 각도 α로 특징의 유사도를 정의할 수 있다.

[0051] 변환 행렬 $T_{s\to g}$에서 s는 점 s_r, s_i의 좌표계이며, 변환 행렬 $T_{m\to g}$중 m은 점 m_r, m_i의 좌표계이며, g는 두 좌표계를 한 좌표계로 모으기 위한 임의의 좌표계이며, s_r의 법선 벡터 n_{s_r}과 m_r의 법선 벡터 n_{m_r}에 대해서, 위치 $T_{s\to g}\cdot s_r$와 $T_{m\to g}\cdot m_r$가 같고 법선 $T_{s\to g}\cdot n_{s_r}$와 $T_{m\to g}\cdot n_{m_r}$가 같도록 설정한다. 위치 $T_{s\to g}\cdot s_r$와 $T_{m\to g}\cdot m_r$가 같으므로, 기준을 $T_{s\to g}\cdot s_r$ (=$T_{m\to g}\cdot m_r$)로 두고 법선 $T_{s\to g}\cdot n_{s_r}$와 $T_{m\to g}\cdot n_{m_r}$가 같으므로, 회전축을 $T_{s\to g}\cdot n_{s_r}$ (=$T_{m\to g}\cdot n_{m_r}$) 로 두어, 최대한 $T_{s\to g}\cdot s_i$와 $T_{m\to g}\cdot m_i$가 일치할 수 있도록 s_i를 회전시킨다. 이때의 회전 기준과 회전축에 대하여 α만큼 회전한 변환행렬을 $R(\alpha)$로 설정하면, s_i는 수학식 3으로 표현할 수 있다.

수학식 3

[0052] $$s_i = T_{s\to g}^{-1} R(\alpha) T_{m\to g} m_i$$

[0053] 여기서, m_r는 s_r과 매칭이 되는 점이고, m_i는 s_i와 매칭이 되는 점이다. 하지만, 매칭이 되는 점을 모르기 때문에, 두 점 구름으로부터 임의로 점을 추출하여 m_r^*, s_r^*라고 두고, 위의 과정을 진행하여 $s_i^* = T_{s\to g}^{-1} R(\alpha^*) T_{m\to g} m_i^*$를 만족하는 점 (m_r^*, m_i^*)와 (s_r^*, s_i^*)를 찾고, 그 회전 각도(α^*)값을 구한다. s_r에 연결된 모든 점에 대한 특징에 대해 3차원 컨트롤러 모델의 특징과 가장 적합한 회전 각도를 구한다.

[0054] 전술한 과정에 의해 매칭한 점은 (s_m, m_m)의 형태로 표현할 수 있으며, 정합한 점 구름 영역의 점(s_m)은 3차원 컨트롤러 모델에서 추출한 점(m_m)과 매칭된 점이다. 이를 통해, 매칭된 두 점에 대하여 변환행렬을 구할 수 있으며, 모든 m_m에 대하여 변환행렬을 적용하였을 때 s_m에 최대한 근접하도록 하는 변환행렬 T_{out}를 구할 수 있다.

[0055] PPF 방법을 통해 매칭된 깊이 이미지의 점 s_m과 3차원 컨트롤러 모델의 점 m_m에 대하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여, 변환 행렬(M_{md})를 회전 변환(R)과 평행 이동 변환 (t)으로 나누어 표현한 (R^*, t^*)을 구할 수 있다. 변환 행렬을 회전 변환(R)과 평행 이동 변환 (t)으로 나누어 표현한 (R^*, t^*)은 수학식 4로 구할 수 있으며, 이를 통해 M_{md}를 구할 수 있다.

수학식 4

[0056] $$(R^*, t^*) = \arg\min_{R,t} \sum \| s_m - R m_m - t \|^2$$

[0057] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이기종 기기간 물리 공간 공유가 가능한 VR 시스템에 있어서, 점 구

름의 정합을 통해 두 VR 기기의 좌표계를 정렬한 결과를 RGB-D 카메라의 시점에서 나타낸 그림이다.

[0058] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0059] 본 발명에 따른 이기종의 VR 시스템의 물리 공간 공유를 위한 좌표계 정렬 방법은 VR 시스템을 사용하는 분야에서 널리 사용될 수 있다.

부호의 설명

[0060] 1 : VR 시스템

10 : VR 기기

20 : VR 컨트롤러

30 : 마커

40 : RGB-D 카메라

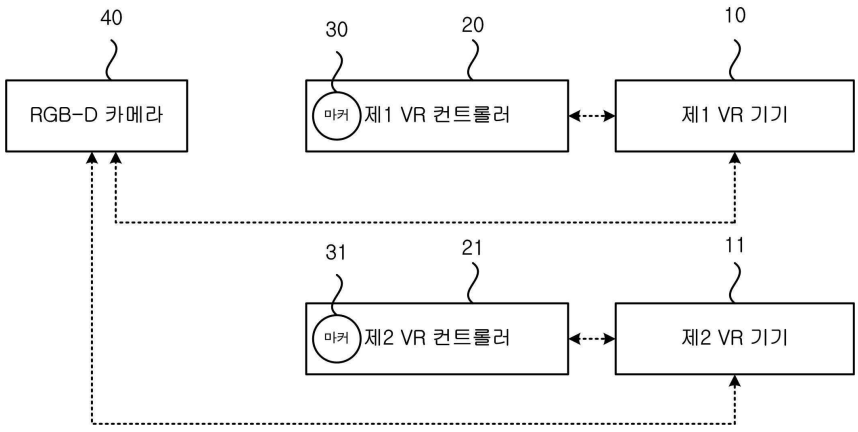
100 : 점 구름 정합 모듈

110 : 좌표계 변환 행렬 생성 모듈

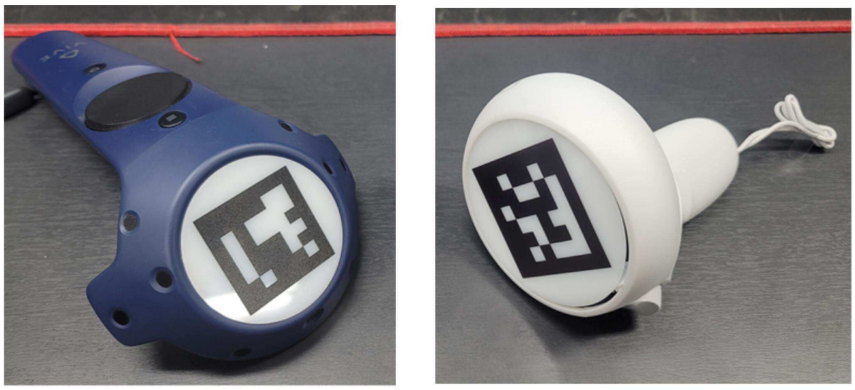
120 : 좌표계 변환 모듈

도면

도면1

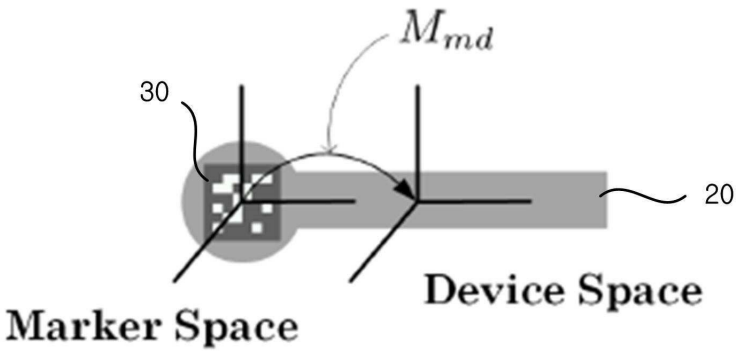


도면2

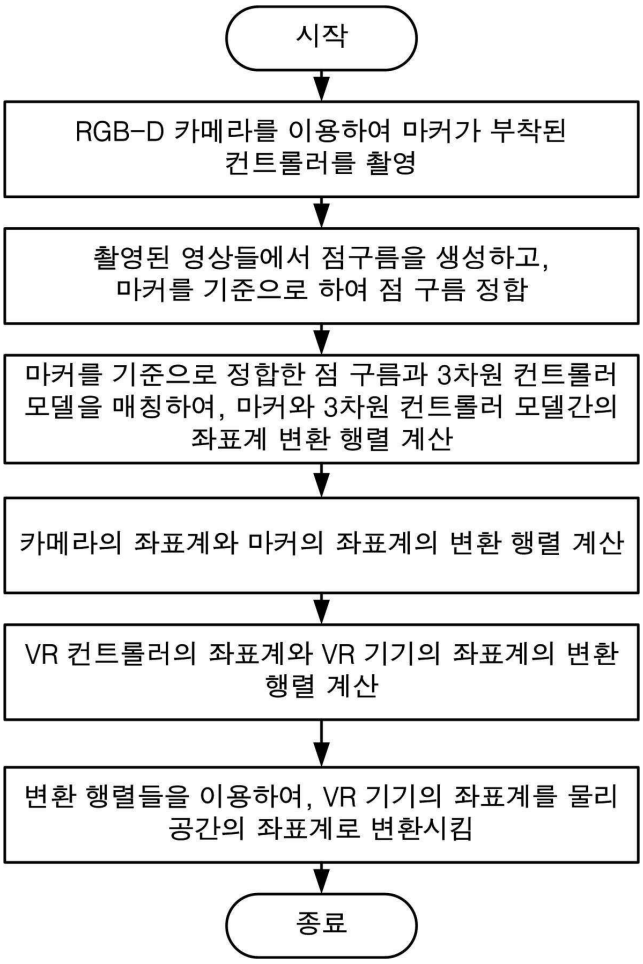


(a) (b)

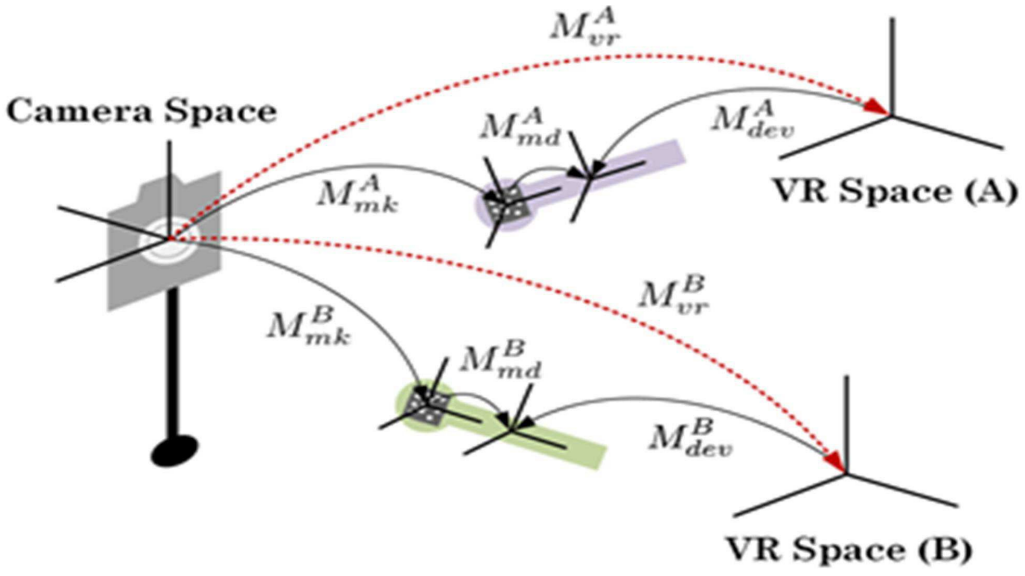
도면3



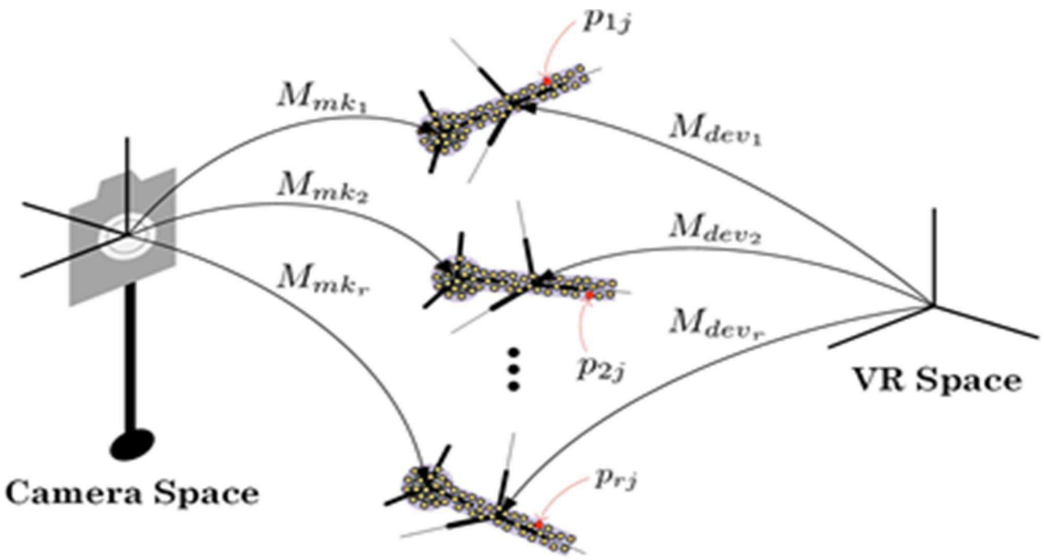
도면4


시작
RGB-D 카메라를 이용하여 마커가 부착된 컨트롤러를 촬영
촬영된 영상들에서 점구름을 생성하고, 마커를 기준으로 하여 점 구름 정합
마커를 기준으로 정합한 점 구름과 3차원 컨트롤러 모델을 매칭하여, 마커와 3차원 컨트롤러 모델간의 좌표계 변환 행렬 계산
카메라의 좌표계와 마커의 좌표계의 변환 행렬 계산
VR 컨트롤러의 좌표계와 VR 기기의 좌표계의 변환 행렬 계산
변환 행렬들을 이용하여, VR 기기의 좌표계를 물리 공간의 좌표계로 변환시킴
종료

도면5

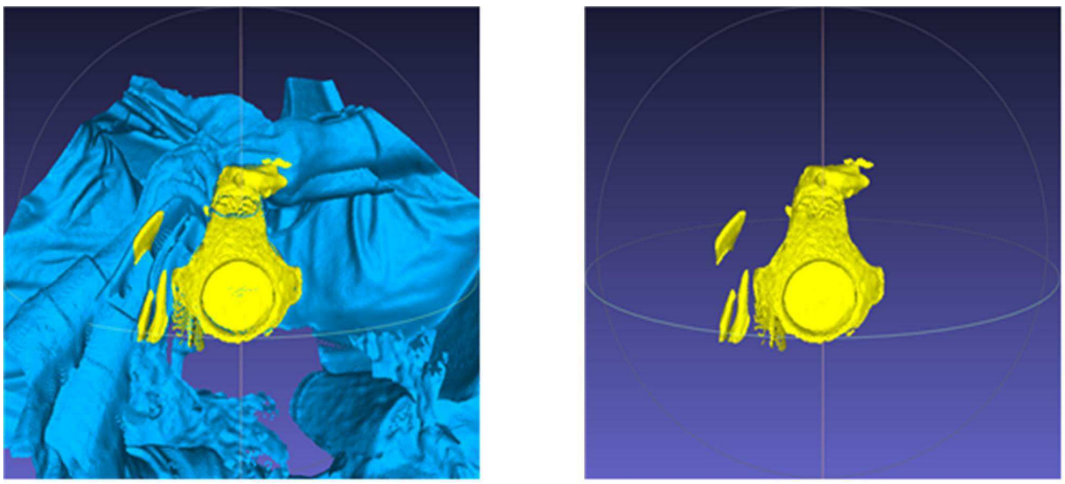

Camera Space
M_{vr}^{A}
M_{md}^{A}
M_{dev}^{A}
M_{mk}^{A}
VR Space (A)
M_{vr}^{B}
M_{mk}^{B}
M_{md}^{B}
M_{dev}^{B}
VR Space (B)

도면6



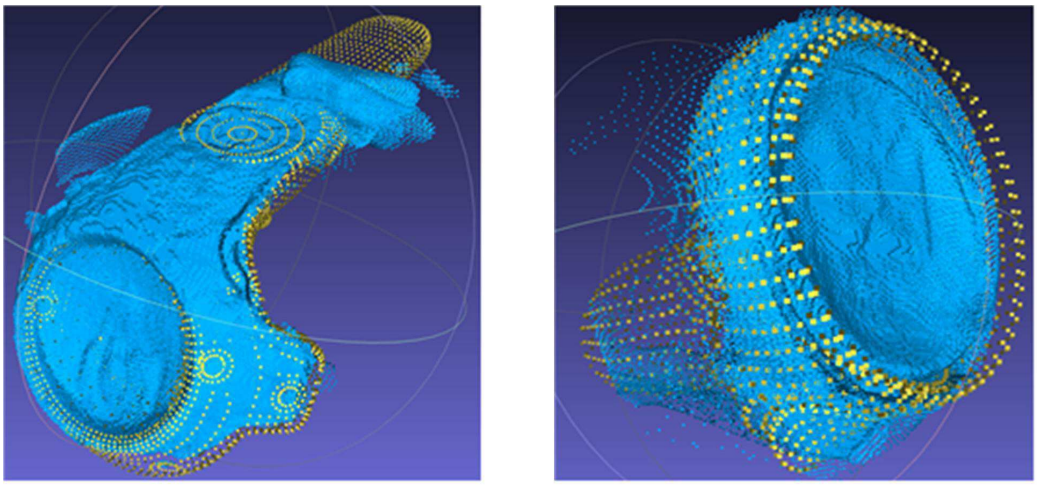
$$p_{ij}^{*} = M_{mk_i}^{-1} \cdot p_{ij} \, (i = 1, 2, \cdots, r, j = 1, 2, \cdots, s)$$

도면7



(a) (b)

도면8



(a) (b)

도면9

