



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월07일
(11) 등록번호 10-1793975
(24) 등록일자 2017년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 13/02 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
H04N 5/232 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04N 13/0246 (2013.01)
G06T 7/85 (2017.01)
(21) 출원번호 10-2016-0117931
(22) 출원일자 2016년09월13일
심사청구일자 2016년09월13일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150006958 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
임인성
서울특별시 양천구 목동서로 70 224동 1504호 (목동, 목동2단지아파트)
(74) 대리인
이지연

전체 청구항 수 : 총 9 항

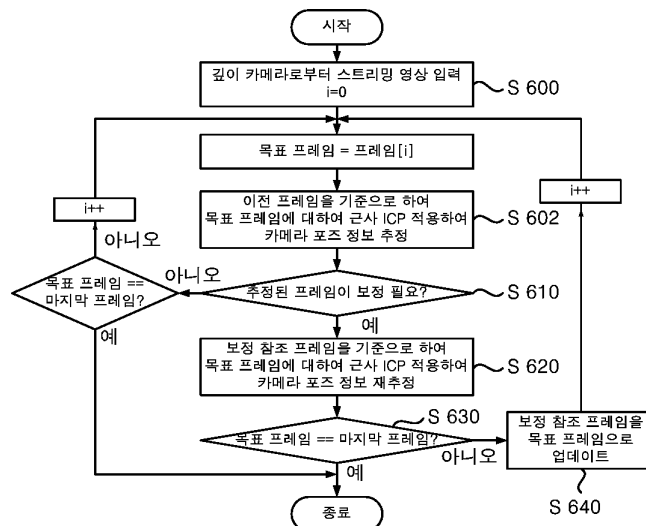
심사관 : 김희주

(54) 발명의 명칭 깊이 카메라에 의한 스트리밍 영상에 대한 카메라 트래킹 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 깊이 영상 스트리밍에 따른 카메라 트래킹 방법 및 장치에 관한 것이다. 상기 카메라 트래킹 방법은, 깊이 영상 스트리밍을 구성하는 모든 프레임에 대하여 근사 ICP 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하고, 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임에 대하여 누적된 오차가 사전 설정된 범위를 초과하는 경우 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 해당 프레임을 카메라 포즈 정보를 재추정하는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 재추정함으로써, 계산 측면 및 메모리 측면에서 저비용으로 매우 효율적으로 카메라 궤적의 각 샘플링 지점에서의 카메라 포즈 정보를 추정할 수 있게 된다. 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치 및 방법에 의해 산출된 각 프레임에 대한 카메라 트래킹 정보와 깊이 영상을 조합하여 깊이 카메라가 촬영한 대상에 대하여 가상의 3차원 공간에서의 3차원 모델을 효과적으로 추출할 수 있게 된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H04N 5/23219 (2013.01)

G06T 2207/30244 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2015R1A2A2A01006590

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 핵심개인연구

연구과제명 모바일 클러스터 컴퓨팅에 적합한 고품질 하이브리드 광선추적 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교

연구기간 2016.05.02 ~ 2017.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 추출하는 카메라 트래킹 방법에 있어서,

(a) 카메라 포즈 정보를 추정하고자 하는 목표 프레임에 대하여 이전 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 근사 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 이용하여 카메라 포즈 정보를 추정하는 단계;

(b) 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하는 단계;

(c) 상기 목표 프레임이 보정 조건을 만족하면, 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여, 상기 목표 프레임에 대하여 추정된 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 상기 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하는 단계; 및

(d) 상기 재추정된 목표 프레임을 상기 보정 참조 프레임으로 재설정하는 단계;

를 구비하고, 상기 근사 ICP 알고리즘은,

참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점집합(point set)을 생성하는 단계; 및

참조 프레임의 점집합의 점들을 목표 프레임의 점들로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간상의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하는 단계;

를 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 방법.

청구항 2

깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 추출하는 카메라 트래킹 방법에 있어서,

(a) 임의의 프레임에 대하여 카메라 포즈 정보를 추정하고 이를 보정 참조 프레임으로 설정하는 단계;

(b) 이전 단계에서 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임을 참조 프레임으로 설정하고, 상기 설정된 참조 프레임에 연속한 다음 프레임을 목표 프레임으로 설정하고, 상기 설정된 목표 프레임에 대하여 상기 참조 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 근사 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하는 단계;

(c) 상기 (b) 단계에 의해 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하는 단계;

(d) 만약 상기 목표 프레임이 보정 조건을 만족하면, 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하고, 만약 보정 조건을 만족하지 않으면 상기 (b) 단계로 되돌아가는 단계;

(e) 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 상기 보정 목표 프레임에 대하여 추정된 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하고, 상기 재추정된 보정 목표 프레임을 상기 보정 참조 프레임으로 재설정하고, 상기 (b) 단계로 되돌아가는 단계;

를 구비하고, 상기 근사 ICP 알고리즘은,

참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점집합(point set)을 생성하는 단계; 및

참조 프레임의 점집합의 점들을 목표 프레임의 점들로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간상의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하는 단계;

를 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는

는 카메라 트래킹 방법.

청구항 3

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 상기 보정 참조 프레임으로부터 사전 설정된 간격 개수만큼 이격된 프레임인 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 방법.

청구항 4

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 조건은,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 이동 거리값과 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라의 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 방법.

청구항 5

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 조건은,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제1 이동 거리값과 제1 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 이전 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제2 이동 거리값과 제2 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라의 제1 이동 거리값 또는 제2 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 제1 회전 각도값 또는 제2 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

연속되는 프레임들로 구성된 깊이 영상 스트림을 입력받는 영상 입력 모듈;

카메라 포즈 정보를 추정하고자 하는 목표 프레임과 카메라 포즈 정보를 알고 있는 참조 프레임을 입력받고, 입력된 목표 프레임에 대하여 상기 참조 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하여 출력하는 추정 모듈;

상기 추정 모듈에 의해 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보가 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하고, 보정 조건을 만족하면 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하는 보정 판단 모듈;

사전에 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 상기 보정 목표 프레임에 대하여 추정한 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하여 출력하고, 재추정된 보정 목표 프레임을 보정 참조 프레임으로 재설정하는 재추정 모듈; 및

상기 영상 입력 모듈을 통해 입력된 깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임에 대하여 상기 추정 모듈을 이용하여 목표 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 추정하고, 상기 보정 판단 모듈을 이용하여 상기 추정된 목표 프레임이 보정 목표 프레임으로 설정되면, 상기 재추정 모듈을 이용하여 상기 보정 목표 프레임을 재추정하는 제어 모듈;

을 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출하는 것을 특징으로 하며,

상기 추정 모듈 및 재추정 모듈의 알고리즘은 근사 ICP 알고리즘이며,

상기 근사 ICP 알고리즘은, 참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점집합(point set)을 생성하고, 참조 프레임의 점집합의 점들을 목표 프레임의 점들로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간간의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하는 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 보정 참조 프레임으로부터 사전 설정된 간격 개수만큼 이격된 프레임인 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 장치.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 이동 거리값과 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라의 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 장치.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제1 이동 거리값과 제1 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 이전 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제2 이동 거리값과 제2 회전 각도값을 검출하고,

상기 카메라의 제1 이동 거리값 또는 제2 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 제1 회전 각도값 또는 제2 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것을 특징으로 하는 카메라 트래킹 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 카메라 트래킹 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 촬영 대상에 대한 깊이 정보(depth information)를 산출하는 깊이 카메라(depth camera 또는 depth sensor)가 생성하는 스트리밍 영상으로부터 카메라가 이동한 궤적의 샘플링된 지점들에 대해 각 지점에서의 카메라 포즈(Camera pose), 즉 카메라의 위치와 방향을 저비용으로 추정하는 카메라 트래킹 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가상의 3차원 세상 공간(virtual 3D world space)에서 카메라의 위치와 방향이 결정되면 해당 카메라를 기준으로 하는 카메라 공간(camera space)이 정의된다. 즉 카메라 공간은 세상 공간의 좌표축을 기준으로 카메라 공간의 원점에 해당하는 참조점의 좌표 $\vec{e}$ 와 카메라에서 세상을 바라볼 때, 각각 오른쪽, 위쪽, 그리고 바라보는 정반대 방향을 가리키는 $\vec{u}$, $\vec{v}$, $\vec{n}$ 벡터에 의해 정의가 된다. 본 명세서에서, 이후

$$C = (\vec{e}, (\vec{u}, \vec{v}, \vec{n}))$$

을 카메라 포즈(pose) 정보라 칭한다. 도 1은 일반적인 카메라 포즈(Camera pose) 정보 C , C_1 , C_2 를 예시적으로 도시한 그림이다.

[0003] 카메라가 어떤 궤적을 따라 움직이면서 주어진 촬영 속도(frame rate)로 촬영을 하여 영상 스트림을 생성할 때, 이로부터 촬영 대상의 3차원 기하 정보를 추출하려면, 무엇보다도 각 촬영 지점에서의 카메라 포즈 정보를 추정해야 하는데, 이러한 과정을 카메라 트래킹(camera tracking)이라 한다. 정리하면, 서로 다른 두 개의 카메라 포즈 C_1 , C_2 가 주어졌을 때, 각각의 카메라 포즈에 대한 카메라 공간을 서로 일치시키는 과정은 한 카메라의 포즈 정보(C_1)를 기준으로 다른 카메라의 포즈 정보(C_2)를 구하는 과정이며, 이는 한 카메라의 포즈 정보(C_1)에서 다른 카메라 포즈 정보(C_2)로의 카메라 변환에 해당하는 강체 변환(rigid body transformation)을 구하는 과정과 동일하다.

[0004] 본 발명은 카메라 촬영한 영상으로부터 촬영 대상에 대한 3차원 모델을 구축하려는 다양한 접근 방법 중 서로 다른 두 시점에서 촬영한 깊이 영상에 대하여 한 시점의 카메라 공간을 다른 시점의 카메라 공간으로 일치시키는 방법 중 Iterative Closest Point(이하 ICP) 방법 또는 그 변형된 방법을 사용하는 기법에 기반을 둔다. 구체적으로, 게임용 기기인 마이크로소프트사의 Kinect Sensor나 모바일 플랫폼을 대상으로 하는 Occipital사의 Structure Sensor 등의 장비에서처럼 실시간 카메라 트래킹을 목적으로 연속하여 스트리밍 되어 들어오는 시간적으로 인접한 두 깊이 영상에 대하여, 후자 프레임의 깊이 영상에 대한 카메라 공간을 전자 프레임의 깊이 영상에 대한 카메라 공간으로 일치시키고자 하는 문제를 고려한다. 특히 본 발명의 기법은 기존에 주로 사용되었던 비선형 최소제곱법(nonlinear least-squares method) 대신 계산 모델의 선형화 기법 적용을 통하여 속도를 향상시키려하는 방법들의 문제를 해결하고자 하는 과정에서 고안되었다. 하지만 본 방법은 어떤 특정 상황에 제약을 받지 않는 실시간 카메라 트래킹의 보편적인 상황에서도 활용가능하다.

[0005] 도 2는 역 투영 변환을 설명하기 위하여 도시한 그림이며, 도 3은 카메라 공간을 하나로 일치시키고, 카메라별 점 집합은 하나의 점 집합으로 통합시키는 과정을 설명하기 위하여 도시한 그림이다. 도 2 및 도 3을 참조하면, 3차원 모델을 구축하기 위한 일반적인 접근 방식은 다음과 같다. 첫째, 두 깊이 영상 각각에 대하여, 해당 영상 공간(image space)의 각 픽셀 지점에 대한 역 투영변환(inverse projection transformation) 적용을 통하여 각 영상에 해당하는 점집합(point set)을 생성한다. 각 점집합의 점들은 해당 영상의 카메라 공간에서 정의가 되는데, 이때 서로 관련이 없는 두 카메라 공간을 하나의 카메라 공간으로 일치시켜주어야 하는데, 주로 한 카메라 공간을 다른 카메라 공간으로 일치시켜, 즉 두 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간간의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하여 한 공간의 점들을 다른 공간의 점으로 변환을 함으로써 한 공간으로 모든 점들을 모을 수 있다. 이를 위하여, 둘째, 고전적인 ICP 방법 또는 그의 변형된 방법을 사용하여 두 카메라 공간간의 강체 변환을 추정하게 된다. 이때, 추정하는 방법은 한 카메라 공간에 대하여 미지의 인자(unknown parameters)로 정의되는 강체 변환을 통하여 한 공간의 점들을 다른 공간의 점들로 변환한 후, 매칭이 되는 점들 간의 거리의 제곱, 또는 변형된 척도로서 투영 거리(projected distance)의 제곱들의 합을 최소화해줄도록 미지의 인자를 찾아내는 방식을 취한다. 이렇게 두 공간간의 관계를 찾는 것을 두 깊이 영상을 등록(registration)한다고 한다.

[0006] 단순히 두 개의 연속한 깊이 영상 정보만 가지고 빠른 계산을 목적으로 하는 실시간 기법을 통하여 후자 프레임 영상의 카메라 공간을 전자 프레임 영상으로 일치시키려 할 경우 필연적으로 그렇게 추정한 카메라 정보에 오차가 누적된다. 지속적으로 들어오는 스트리밍 영상에 대하여 반복적으로 인접한 두 카메라 공간을 일치시키려 할 경우, 몇 프레임만 지나도 사용할 수 없을 정도로 과도한 오차가 누적된다.

[0007] 이러한 문제는 이미 알려져 있으며, 예를 들어, 마이크로소프트사의 연구진이 개발한 KinectFusion 기법에서는 변형된 방법을 통하여 이 문제를 해결하고자 하였다. 즉, 연속한 두 깊이 영상 자체로부터 생성한 점집합만 사용할 경우 오차가 빠른 속도로 누적된다는 사실에 착안하여, 매 프레임마다 후자 깊이 영상에 대한 처리가 끝난 후, 다음 프레임 과정으로 넘어가기 전에(즉, 후자 프레임이 전자 프레임이 되고, 그 다음 새로운 프레임이 후자 프레임이 되기 전에), 추정이 끝난 후자 프레임에 대한 점집합을 생성한 후, 이를 매 프레임마다 하나의 3차원 공간에 생성해온 부호 거리장(signed distance field)에 누적하여 업데이트된 부호 거리장으로부터 볼륨 광선 추적법(volume ray casting)을 사용하여 추출한 점집합을 다음 프레임에 대한 카메라 공간 정보를 구하려 할 때 전자 프레임의 점집합으로 사용토록 하였다. 즉, 상대적으로 신뢰성이 높은 점 데이터를 전자 프레임의 참조 점집합으로 사용함으로써, 카메라 트래킹 과정에 개입되는 오차를 상당히 줄일 수 있음을 실험적으로

보였다.

[0008] 다만, 이러한 계산 방식은 매 프레임의 깊이 영상에 대한 처리 과정에서, 점집합을 구성하는 각 점을 볼륨 데이터 형태의 부호 거리장에 누적한 후, 영상공간의 각 픽셀에 대한 광선추적을 통해 정제된 점집합을 생성하는 계산 과정이 추가되어야 하는 문제점이 발생한다. 또한, 부호 거리장 처리를 위하여 비교적 높은 해상도의 볼륨 데이터 저장 공간이 필요하다는 문제점을 수반한다. 도 4는 전술한 종래의 방법에 있어서, 점집합을 해상도가 4인 3차원 거리장에 누적하는 것을 예시적으로 도시한 것이다. 도 4를 참조하면, 기본적으로 3차원 볼륨 데이터의 메모리 요구량은 해상도 n 에 대하여 n 세제곱 속도로 증가하게 된다.

[0009] 특히, 아직 PC 플랫폼과 비교하여 프로세서의 처리 속도나 활용 가능한 메모리의 크기, 그리고 메모리 대역폭에 제한이 있는 모바일 플랫폼 또는 임베디드 시스템 환경에서는 이러한 부가적인 과정이 상당한 부담으로 다가온다.

[0010] 이러한 문제점들로 인하여 전술한 기존의 방법은 모바일 디바이스에서는 적용되기 어려운 한계점을 갖고 있다.

[0011] 따라서, 본 발명에서는 이 두 문제에 해당하는 모듈을 제거한 단순한 형태의 카메라 트래킹 장치를 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 한국특허공개공보 제 10-2015-0006958호
(특허문헌 0002) 한국특허공개공보 제 10-2014-0108828호

비특허문헌

[0013] (비특허문헌 0001) [Newcombe2011] Richard A. Newcombe, Shahram Izadi, Otmar Hilliges, David Molyneaux, David Kim, Andrew J. Davison, Pushmeet Kohli, Jamie Shotton, Steve Hodges, and Andrew Fitzgibbon. 2011. KinectFusion: Real-time dense surface mapping and tracking. In Proceedings of the 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '11). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 127-136.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 스트리밍 되어 들어오는 깊이 영상의 각 프레임이 촬영한 깊이 정보로부터 역 투영변환을 통하여 생성한 각 점집합을 하나의 공통된 3차원 공간으로 변환하기 위하여, ICP 기반의 처리과정외에 부가적인 계산없이 각 프레임에 대한 카메라 공간 정보를 구하는 방식의 카메라 트래킹 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 추출하는 카메라 트래킹 방법은, (a) 목표 프레임에 대하여 이전 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 알고리즘을 이용하여 카메라 포즈 정보를 추정하는 단계; (b) 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하는 단계; (c) 상기 목표 프레임이 보정 조건을 만족하면, 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하고, 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 상기 보정 목표 프레임에 대하여 추정한 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하는 단계; 및 (d) 상기 재추정된 목표 프레임을 상기 보정 참조 프레임으로 재설정하는 단계;를 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출한다.

[0016] 본 발명의 제2 특징에 따른 카메라 트래킹 방법은, (a) 임의의 프레임에 대하여 카메라 포즈 정보를 추정하고

이를 보정 참조 프레임으로 설정하는 단계; (b) 이전 단계에서 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임을 참조 프레임으로 설정하고, 상기 설정된 참조 프레임에 연속한 다음 프레임을 목표 프레임으로 설정하고, 상기 설정된 목표 프레임에 대하여 상기 참조 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하는 단계; (c) 상기 (b) 단계에 의해 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하는 단계; (d) 만약 상기 목표 프레임이 보정 조건을 만족하면, 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하고, 만약 보정 조건을 만족하지 않으면 상기 (b) 단계로 되돌아가는 단계; (e) 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 상기 보정 목표 프레임에 대하여 추정한 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하고, 상기 재추정된 보정 목표 프레임을 상기 보정 참조 프레임으로 재설정하고, 상기 (b) 단계로 되돌아가는 단계; 를 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출한다.

[0017] 전술한 제1 특징 및 제2 특징에 따른 카메라 트래킹 방법에 있어서, 상기 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임이 상기 보정 참조 프레임으로부터 사전 설정된 간격 개수만큼 이격된 프레임인 것이 바람직하다.

[0018] 전술한 제1 특징 및 제2 특징에 따른 카메라 트래킹 방법에 있어서, 상기 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 이동 거리값과 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라의 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것이 바람직하다.

[0019] 전술한 제1 특징 및 제2 특징에 따른 카메라 트래킹 방법에 있어서, 상기 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제1 이동 거리값과 제1 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 이전 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제2 이동 거리값과 제2 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라의 제1 이동 거리값 또는 제2 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 제1 회전 각도값 또는 제2 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것이 바람직하다.

[0020] 전술한 제1 특징 및 제2 특징에 따른 카메라 트래킹 방법에 있어서, 상기 알고리즘은 근사 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘이며, 상기 근사 ICP 알고리즘은, 참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점 집합(point set)을 생성하는 단계; 참조 프레임의 점 집합의 점들을 목표 프레임의 점들로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간간의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하는 단계;를 구비하는 것이 바람직하다.

[0021] 본 발명의 제3 특징에 따른 카메라 트래킹 장치는, 연속되는 프레임들로 구성된 깊이 영상 스트림을 입력받는 영상 입력 모듈; 카메라 포즈 정보를 추정하고자 하는 목표 프레임과 카메라 포즈 정보를 알고 있는 참조 프레임을 입력받고, 입력된 목표 프레임에 대하여 상기 참조 프레임을 기준으로 하여 사전 설정된 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하여 출력하는 추정 모듈; 상기 추정 모듈에 의해 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보가 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하고, 보정 조건을 만족하면 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하는 보정 판단 모듈; 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 상기 보정 목표 프레임에 대하여 추정한 카메라 포즈를 상기 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하여 출력하고, 재추정된 보정 목표 프레임을 보정 참조 프레임으로 재설정하는 재추정 모듈; 상기 영상 입력 모듈을 통해 입력된 깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임에 대하여 상기 추정 모듈을 이용하여 목표 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 추정하고, 상기 보정 판단 모듈을 이용하여 상기 추정된 목표 프레임이 보정 목표 프레임으로 설정되면, 상기 재추정 모듈을 이용하여 상기 보정 목표 프레임을 재추정하는 제어 모듈;을 구비하여, 깊이 영상 스트림을 구성하는 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추출한다.

[0022] 본 발명의 제3 특징에 따른 카메라 트래킹 장치에 있어서, 상기 추정 모듈 및 재추정 모듈의 알고리즘은 근사 ICP 알고리즘이며, 상기 근사 ICP 알고리즘은, 참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점 집합(point set)을 생성하고, 참조 프레임의 점 집합의 점들을 목표 프레임의 점들로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간간의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하는 것이 바람직하다.

[0023] 본 발명의 제3 특징에 따른 카메라 트래킹 장치에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 보정 참조 프레임으로부터 사전 설정된 간격 개수만큼 이격된 프레임인 것이

바람직하다.

[0024] 본 발명의 제3 특징에 따른 카메라 트래킹 장치에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 이동 거리값과 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라의 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것이 바람직하다.

[0025] 본 발명의 제3 특징에 따른 카메라 트래킹 장치에 있어서, 상기 보정 판단 모듈의 보정 조건은, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제1 이동 거리값과 제1 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 이전 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제2 이동 거리값과 제2 회전 각도값을 검출하고, 상기 카메라의 제1 이동 거리값 또는 제2 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 제1 회전 각도값 또는 제2 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 큰 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0026] 종래의 카메라 트래킹 장치들은 앞서 설명한 바와 같이 매 프레임마다 추정한 카메라 포즈 정보를 사용하여 생성한 점집합을 하나의 부호 거리장으로 누적하고, 그로부터 광선 추적을 통하여 정제된 점집합을 구하는 과정이 요구된다. 이러한 과정에서 과다한 계산 처리가 요구된다. 하지만, 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치는 종래의 방법들과는 달리 부가적인 계산 과정을 생략함으로써, 카메라 트래킹에 대한 프로세서의 부담을 줄일 수 있게 되며, 그 결과 상대적으로 성능이 낮은 프로세서를 활용할 수 있게 된다.

[0027] 또한, 종래의 카메라 트래킹 장치는 3차원 볼륨 데이터인 부호 거리장을 유지하는데 상당한 양의 메모리가 요구되나, 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치는 이러한 과정이 필요없기 때문에 메모리 사용이 불필요하게 된다. 이는 상대적으로 낮은 메모리 용량을 갖거나 메모리 대역폭이 낮은 시스템에서 동작하기에 적합하도록 한다.

[0028] 또한, 본 발명에 따른 장치는 주어진 깊이 영상 스트림에 대하여 과도한 오차가 개입하는 것을 억제하면서도 효과적으로 카메라 궤적의 각 샘플링 지점에서의 카메라 포즈 정보를 추정할 수 있게 된다.

[0029] 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치의 오차 보정 효과에 대한 검증을 위해 소프트웨어상의 실험적 분석을 진행하였고 그 효과를 확인할 수 있었다. 정밀한 분석을 위하여 가상의 세상 공간 상에 존재하는 3차원 물체 및 가상 카메라를 생성하여 카메라 추정을 진행하였다. 가상의 카메라 궤적 상의 각 샘플링 지점에서 가상의 카메라 포즈 정보를 설정하고 그로부터 렌더링을 통하여 가상의 깊이 영상을 계산하여 실험에 사용할 깊이 영상 스트림을 생성하였다. 이후 이에 대하여 본 발명에 따른 방법을 적용하여 추정한 카메라 포즈 정보와 실제 가상의 카메라 포즈 정보와의 비교를 통하여 카메라 위치에 대한 오차와 카메라 방향에 대한 오차를 분석하였다.

[0030] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 본 발명의 카메라 포즈 추정시 보정 판단 방법들에 따른 카메라 위치에 대한 오차들과 종래의 방법에 따른 오차들을 비교하여 도시한 그래프이며, 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 본 발명의 카메라 포즈 추정시 보정 판단 방법들에 따른 카메라 회전에 대한 오차들과 종래의 방법에 따른 오차들을 비교하여 도시한 그래프이다. 도 9 및 도 10에서, "재적용 방법 미적용"은 추가적인 보정이 없이 계속하여 진행되는 방법이며, "동적 간격 재적용"은 본 발명에 따라 두 카메라간의 차이가 기준치 이상 벌어졌을 때 추가적으로 보정하는 방법이며, "고정 간격 재적용"은 본 발명에 따라 고정된 간격마다 보정을 하는 방법을 나타낸다.

[0031] 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 동적 간격을 적용하거나 고정 간격을 적용하여 프레임을 재추정한 경우에 비하여, 종래의 방법에 따라 재추정을 적용하지 않은 경우에는 카메라 위치에 대한 오차가 상대적으로 매우 크게 증가함을 알 수 있다. 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 동적 간격을 적용하거나 고정 간격을 적용하여 프레임을 재추정한 경우에 비하여, 종래의 방법에 따라 재추정을 적용하지 않은 경우에는 카메라 회전에 대한 오차가 상대적으로 매우 크게 증가함을 알 수 있다. 따라서, 이러한 실험 결과로부터, 본 발명에 따른 방법이 연속한 프레임에 대한 카메라 포즈 추정시 오차가 개입되는 것을 효과적으로 억제함을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 일반적인 카메라 포즈(Camera pose) 정보 C , C_1 , C_2 를 예시적으로 도시한 그림이다.

도 2는 역 투영 변환을 설명하기 위하여 도시한 그림이며, 도 3은 카메라 공간을 하나로 일치시키고, 카메라별

점 집합은 하나의 점 집합으로 통합시키는 과정을 설명하기 위하여 도시한 그림이다.

도 4는 전술한 종래의 방법에 있어서, 점집합을 해상도가 4인 3차원 거리장에 누적하는 것을 예시적으로 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 깊이 영상 스트림에 대한 카메라 트래킹 장치를 전체적으로 도시한 블록도이며, 도 6은 도 5의 카메라 트래킹 장치에 의한 카메라 트래킹 방법을 도시한 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 보정 판단을 위한 보정 조건 중 첫번째 방법을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 보정 판단을 위한 보정 조건 중 두번째 방법을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 본 발명의 카메라 포즈 추정시 보정 판단 방법들에 따른 카메라 위치에 대한 오차들과 종래의 방법에 따른 오차들을 비교하여 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 본 발명의 카메라 포즈 추정시 보정 판단 방법들에 따른 카메라 회전에 대한 오차들과 종래의 방법에 따른 오차들을 비교하여 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명에 따른 카메라 트래킹 방법 및 장치는 깊이 영상 스트림을 구성하는 모든 프레임에 대하여 근사 ICP 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하고, 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임에 대하여 누적된 오차가 사전 설정된 범위를 초과하는 경우 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 해당 프레임을 카메라 포즈 정보를 재추정하는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 재추정함으로써, 계산 측면 및 메모리 측면에서 저비용으로 매우 효율적으로 카메라 궤적의 각 샘플링 지점에서의 카메라 포즈 정보를 추정할 수 있게 된다. 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치 및 방법에 의해 산출된 각 프레임에 대한 카메라 트래킹 정보와 깊이 영상을 조합하여 깊이 카메라가 촬영한 대상에 대하여 가상의 3차원 공간에서의 3차원 모델을 효과적으로 구축할 수 있게 된다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 깊이 영상 스트림에 대한 카메라 트래킹 장치 및 방법에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0035] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 깊이 영상 스트림에 대한 카메라 트래킹 장치를 전체적으로 도시한 블록도이며, 도 6은 도 5의 카메라 트래킹 장치에 의한 카메라 트래킹 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0036] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치(5)는 제어 모듈(500), 영상 입력 모듈(510), 추정 모듈(520), 보정 판단 모듈(530) 및 재추정 모듈(540)을 구비한다. 전술한 구성을 갖는 카메라 트래킹 장치(5)의 상기 제어 모듈(500)은 영상 입력 모듈(510)을 통해 입력된 깊이 영상 스트림을 구성하는 시간적으로 연속된 각 프레임에 대하여 추정 모듈(520), 보정 판단 모듈(530) 및 재추정 모듈(540)을 이용하여 카메라 포즈 정보를 추정하거나 재추정하여 출력한다. 이하, 각 모듈의 동작에 대하여 구체적으로 설명한다. 본 특허의 명세서에서의 설명의 편의상, 처리하고자 하는 두 프레임에 있어서, 기준이 되는 전자 프레임(i 번째 프레임)을 '참조 프레임(reference frame)'으로 정의하고 카메라 포즈 정보를 추정하고자 하는 후자 프레임($i+1$ 번째 프레임)을 '목표 프레임(target frame)'으로 정의한다. 또한, 카메라 포즈 정보를 보정시 기준이 되는 프레임을 '보정 참조 프레임'으로 정의하고, 추정된 카메라 포즈 정보를 보정하고자 하는 프레임을 '보정 목표 프레임'으로 정의한다.
- [0037] 상기 영상 입력 모듈(510)은 연속되는 프레임들로 구성된 깊이 영상 스트림을 입력받아 제어 모듈로 제공한다. 상기 깊이 영상 스트림은 깊이 카메라에 의해 촬영된 깊이 영상 프레임들로 구성된다.
- [0038] 상기 추정 모듈(520)은 카메라 포즈 정보를 추정하고자 하는 목표 프레임과 상기 목표 프레임의 이전 프레임인 참조 프레임을 입력받고, 입력된 목표 프레임에 대하여 상기 참조 프레임을 기준으로 하여 근사 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정하여 제어 모듈로 출력한다.
- [0039] 상기 보정 판단 모듈(530)은 상기 추정 모듈에 의해 추정된 목표 프레임, 즉 마지막으로 처리한 q 번째 프레임의 카메라 포즈 정보가 사전 설정된 보정 조건을 만족하는지 여부를 판단하고, 보정 조건을 만족하면 상기 목표

프레임을 보정 목표 프레임으로 설정한다.

[0040] 상기 재추정 모듈(540)은 사전 설정된 보정 참조 프레임을 기준으로 하여, 상기 보정 판단 모듈에 의해 설정된 보정 목표 프레임에 대하여 추정된 카메라 포즈를 상기 근사 ICP 알고리즘의 초기 조건으로 적용하여 보정 목표 프레임의 카메라 포즈 정보를 재추정하여 출력한다. 한편, 상기 재추정 모듈(540)은 임의의 한 프레임에 대한 카메라 포즈 정보 추정이 완료되면 보정 참조 프레임으로 초기 설정하며, 보정 목표 프레임을 재추정하는 경우 보정 목표 프레임을 보정 참조 프레임으로 재설정함으로써, 보정 참조 프레임을 업데이트시키는 것이 바람직하다.

[0041] 상기 제어 모듈(500)은 영상 입력 모듈(510), 추정 모듈(520), 보정 판단 모듈(530) 및 재추정 모듈(540)을 이용하여 깊이 영상 스트림을 구성하는 각 프레임들에 대하여 카메라 포즈 정보를 추정하여 출력한다. 이하, 도 6을 참조하여 상기 제어 모듈의 동작에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0042] 먼저, 제어 모듈(500)은 영상 입력 모듈을 통해 깊이 영상 스트림을 입력받고(단계 600), 각 프레임(즉, 목표 프레임)에 대하여 추정 모듈을 이용하여 이전 프레임(즉, 참조 프레임)을 기준으로 하여 근사 ICP 알고리즘을 적용하여 카메라 포즈 정보를 추정한다(단계 602). 여기서, 카메라 포즈 정보는 카메라의 기준점 위치 및 세상 공간에서의 회전을 나타내는 회전 변환 행렬로 이루어진다.

[0043] 상기 근사 ICP 알고리즘은, 먼저 참조 프레임과 목표 프레임의 각각에 대하여, 깊이 정보로 이루어지는 해당 영상 공간의 각 픽셀 지점에 대하여 역 투영 변환(inverse projection transformation)하여 각 영상에 대한 점집합(point set)을 생성한 후, 상기 생성된 각 점집합을 하나의 공통된 3차원 공간으로 변환시키기 위하여 이동변환과 회전변환으로 구성되는 카메라 공간간의 강체 변환(rigid-body transformation)을 구하게 된다.

[0044] 다음, 상기 제어 모듈은 추정 모듈에 의해 추정된 목표 프레임이 사전 설정된 오차 범위를 초과하여 보정되어야 하는지 여부를 판단한다(단계 610). 이때 보정이 필요한 지 여부를 판단하게 되는 보정 요건은 다양하게 설정될 수 있으며, 본 발명에서는 3가지의 방법을 설명한다.

[0045] 먼저, 보정 판단을 위한 첫번째 방법으로는, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임이 보정 참조 프레임으로부터 사전 설정된 간격 개수만큼 이격된 프레임인지 여부를 판단하는 것이다. 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 보정 판단을 위한 보정 요건 중 첫번째 방법을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다. 도 7을 참조하면, 간격(n)을 '3'으로 설정한 경우 목표 프레임(C_q)이 보정 참조 프레임(C_p)으로부터 3번째 프레임인지 여부를 판단하고, 3번째 프레임인 경우 보정 목표 프레임으로 설정하게 된다. 즉, 보정 참조 프레임인 p 번째 프레임에서 시작하여 미리 고정된 수(n)의 프레임만큼 근사 ICP 알고리즘을 반복적으로 사용하여 카메라 포즈 정보를 추정한 후, (p+n) 번째 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하게 된다.

[0046] 다음, 보정 판단을 위한 두번째 방법으로는, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임과 보정 참조 프레임을 비교하여 이동 거리 및/또는 회전 각도와 사전 설정된 기준값들과의 차이를 비교하여 판단하는 것이다. 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 카메라 트래킹 장치의 제어 방법에 있어서, 보정 판단을 위한 보정 요건 중 두번째 방법을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다. 도 8을 참조하면, 먼저 각 프레임에 대하여 카메라 포즈 정보를 추정한 후, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 프레임의 카메라 포즈 정보와 상기 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 이동 거리값과 회전 각도값을 검출한다. 이를 보다 구체적으로 설명하면, 보정 참조 프레임인 p 번째 프레임의 카메라 포즈 정보는

[0047] $C_p = (\vec{e}_p, (\vec{u}_p, \vec{v}_p, \vec{n}_p))$ 이며, 여기서 $\vec{e}_p$ 는 세상 공간에서의 카메라의 기준점 위치이며 $\vec{n}_p$,

$\vec{u}_p, \vec{v}_p$ 벡터를 세 행으로 하는 3행 3열 행렬 R_p는 세상 공간에서의 회전을 나타내는 회전 변환 행렬을 나타낸다. 한편, p 번째 프레임에서 시작하여 연속한 깊이 영상 프레임에 대해 근사 ICP 방법을 매번 적용하여 q 번째 프레임까지 진행하였다고 할 때, q 번째 프레임에 대하여 추정된 카메라 포즈 정보는 $C_q = (\vec{e}_q, (\vec{u}_q, \vec{v}_q, \vec{n}_q))$ 이며, 이 때의 회전 행렬을 R_q 라고 하자.

[0048] 이 때, $\|\vec{e}_q - \vec{e}_p\|$ 는 q 번째 프레임에 대한 카메라가 p 번째 프레임에 대한 카메라로부터의 이동한 거리를 나

타내며, 두 행렬의 곱인 $R = (r_{ij}) = R_q^t R_p \in R^{3 \times 3}$ 는 두 카메라간의 상대적인 회전을 나타낸다. 특히, R 행렬의 대각합(trace), 즉 3행 3열인 R 행렬의 세 대각 원소의 합 $\text{tr}(R) = r_{11} + r_{22} + r_{33}$ 은 p 번째 프레임의 카메라가 q 번째 프레임의 카메라로 몇 도 만큼 회전하였는지에 대한 정보를 나타낸다. 즉, 회전각도(θ)에 대해 수학적 1과 같은 관계가 존재한다.

수학식 1

$$\cos \theta = \frac{\text{tr}(R) - 1}{2}$$

[0049]

[0050] 따라서, 본 발명의 두번째 방법에서는 현재 프레임까지 추정한 카메라가 보정 참조 프레임에 대한 카메라로부터 주어진 기준 거리 이상을 이동하였거나 기준 각도 이상으로 회전하였을 때, 연속하여 적용한 근사 ICP 방법이 현재 프레임에 대하여 추정한 카메라 포즈 정보에 기준치 이상의 오차가 누적되었다고 판단하고, 현재 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정한 후 보정 참조 프레임과 함께 다시 근사 ICP 방법을 적용하게 된다. 즉, 주어진 기준 이동거리값(δ_t)와 기준 회전각도값(δ_r)에 대하여 현재 q 번째 프레임이 수학식 2 및 수학식 3에 따른 조건 중 최소한 한 개의 조건을 만족하는 경우 q 번째 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하게 된다.

수학식 2

$$\|\overline{e_q} - \overline{e_p}\|^2 > \delta_t^2$$

[0051]

수학식 3

$$\text{tr}(R) < \delta_r^* \quad (\text{여기서 } \delta_r^* = 2\cos\delta_r + 1)$$

[0052]

[0053] 다음, 보정 판단을 위한 세번째 방법으로는, 상기 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임과 보정 참조 프레임을 비교하여 제1 이동 거리 및/또는 제1 회전 각도와 사전 설정된 기준값들과의 차이를 비교하여 판단할 뿐만 아니라 상기 목표 프레임과 목표 프레임의 이전 프레임과도 비교하여 판단하는 것이다.

[0054] 전술한 첫번째 방법 또는 두번째 방법은 실험적으로 충분히 잘 작동하지만, 매번 q 번째 프레임을 p 번째 프레임에 대해서만 비교하기 때문에 연속한 프레임의 카메라간의 이동량 또는 회전량을 반영하지 못한다는 문제점이 있을 수 있다. 따라서, 세번째 방법은 이를 보완하기 위한 것으로서, (1) 현재 프레임인 q 번째 프레임을 p 번째 프레임과 비교하는 과정외에 (2) 추가적으로 q 번째 프레임을 (q-1)번째 프레임과도 비교하는 것이다. 이렇게 함으로써 계산량은 증가하나 확률적으로 보다 안정된 계산 과정을 구축할 수 있게 된다.

[0055] 세번째 방법을 보다 구체적으로 설명하면, 카메라 포즈 정보가 추정된 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 보정 참조 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제1 이동 거리값과 제1 회전 각도값을 검출하고, 상기 목표 프레임의 카메라 포즈 정보와 이전 프레임의 카메라 포즈 정보를 비교하여 카메라의 제2 이동 거리값과 제2 회전 각도값을 검출한 후, 상기 카메라의 제1 이동 거리값 또는 제2 이동 거리값이 사전 설정된 기준 이동 거리값보다 크거나 상기 카메라의 제1 회전 각도값 또는 제2 회전 각도값이 사전 설정된 기준 회전 각도값보다 크면, 상기 목표 프레임을 보정 목표 프레임으로 설정하게 된다.

[0056] 전술한 과정에 의해 목표 프레임이 사전 설정된 오차 범위를 초과하여 보정되어야 하는지 여부를 판단하여 보정 목표 프레임을 설정하면, 상기 제어 모듈은 재추정 모듈(540)을 통해 보정 목표 프레임에 대하여 보정 참조 프레임을 기준으로 하여 근사 ICP 알고리즘을 적용하여 보정 목표 프레임에 대한 카메라 포즈 정보를 재추정하게 된다(단계 620).

[0057] 다음, 제어 모듈은 재추정된 목표 프레임이 마지막 프레임이면 카메라 트래킹 과정을 종료하고(단계 630), 그렇지

지 않으면 보정 참조 프레임을 상기 재추정된 보정 목표 프레임으로 업데이트시킨 후(단계 640), 단계 602로 되돌아가서 목표 프레임의 다음 프레임에 대하여 전술한 과정을 반복수행하게 된다.

[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.

산업상 이용가능성

[0059] 본 발명에 따른 카메라 트래킹 장치 및 방법은 가상의 3차원 공간에서의 3차원 모델을 효과적으로 구축하기에 널리 사용될 수 있다.

부호의 설명

[0060] 5 : 카메라 트래킹 장치

500 : 제어 모듈

510 : 영상 입력 모듈

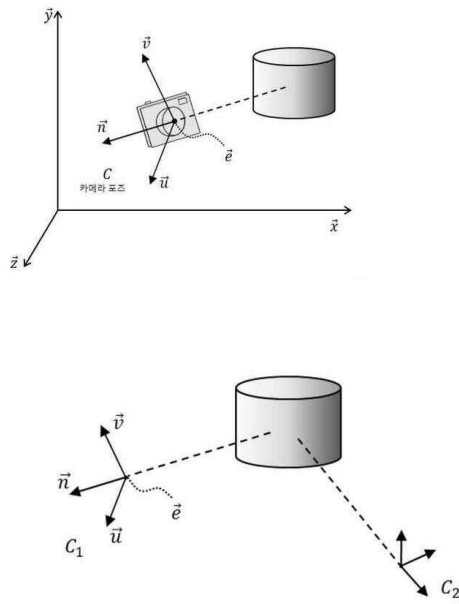
520 : 추정 모듈

530 : 보정 판단 모듈

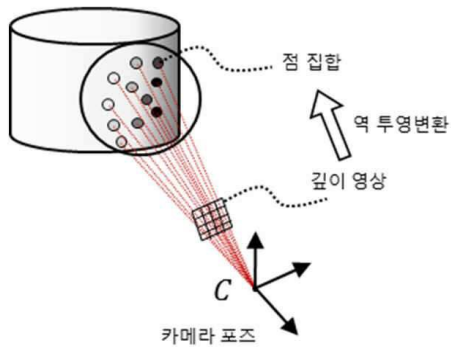
540 : 재추정 모듈

도면

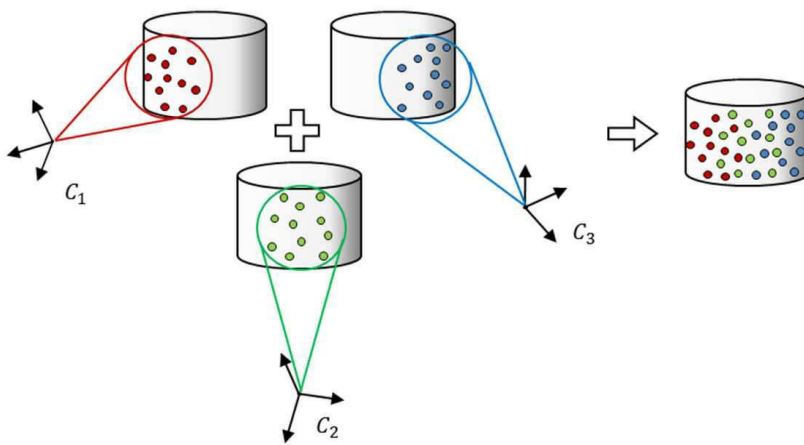
도면1



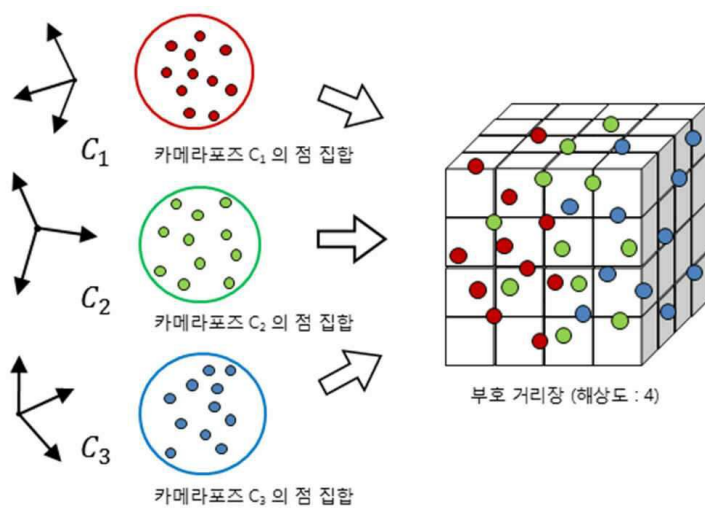
도면2



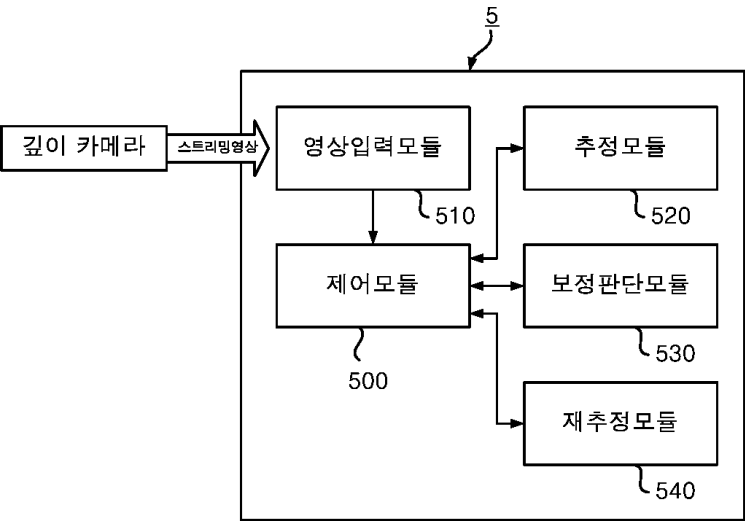
도면3



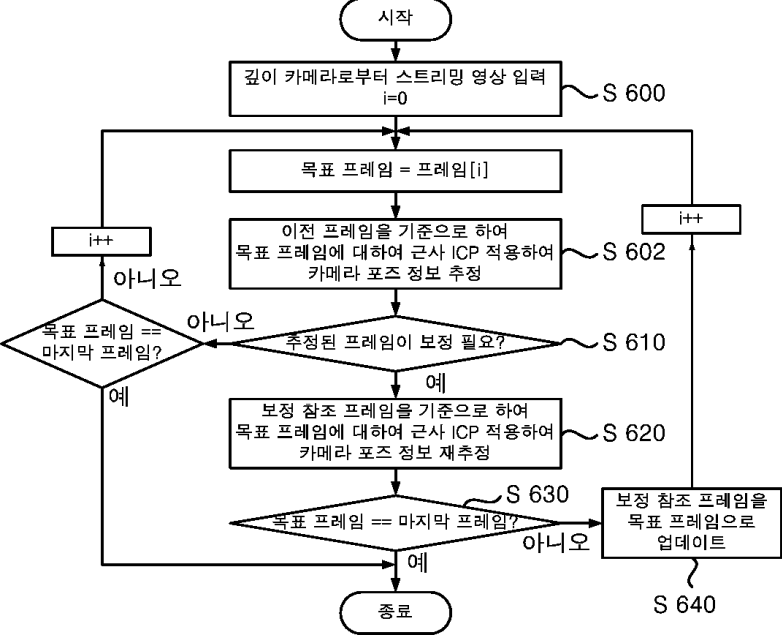
도면4



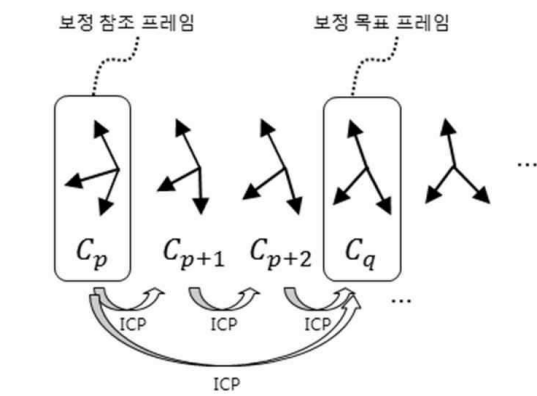
도면5



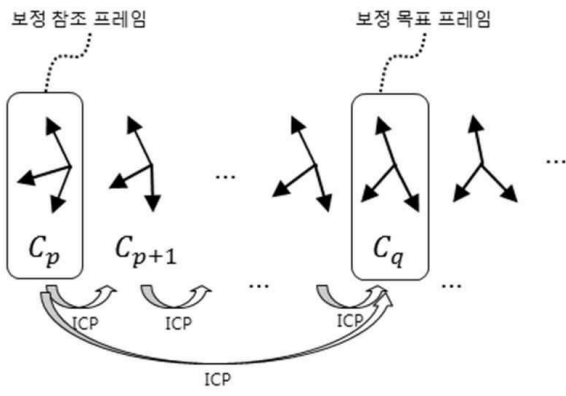
도면6



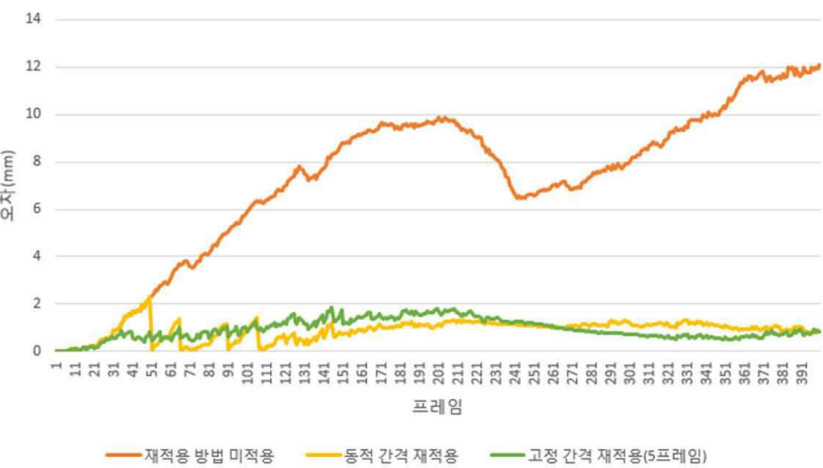
도면7



도면8



도면9



도면10

