



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0096355  
(43) 공개일자 2018년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 7/70 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G06T 7/70 (2017.01)

G06T 7/50 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2017-0022963

(22) 출원일자 2017년02월21일

심사청구일자 2017년02월21일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

임인성

서울특별시 양천구 목동서로 70, 224동 1504호(목동, 목동신시가지아파트2단지)

정영호

경기도 고양시 일산동구 강송로 156, 201동 602호(마두동, 강촌마을2단지아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

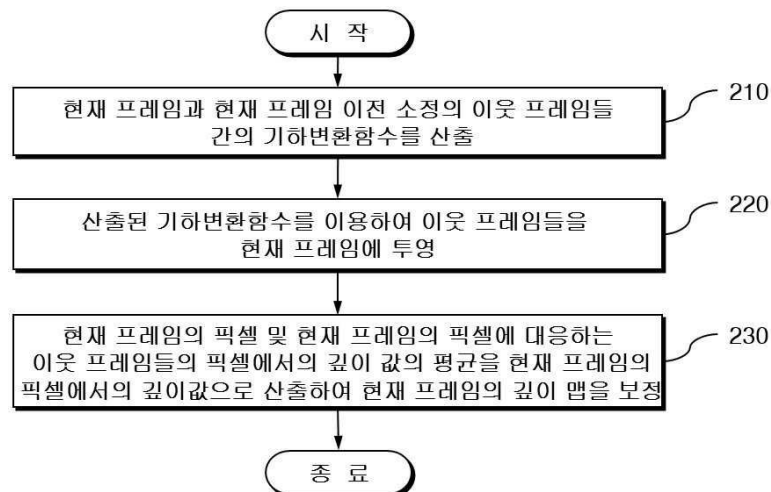
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 RGB-D 카메라 포즈 추정의 정확도 향상을 위한 깊이 맵 필터링 및 다중-레벨 예측자-수정자 방법

### (57) 요약

본 발명은 깊이 맵 보정방법에 관한 것으로서, 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계, 산출된 기하변환함수를 이용하여 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계, 및 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계를 포함함으로써 여러 장의 깊이 맵에 대한 3차원 관계를 계산하고 이를 깊이 맵의 보정에 사용함으로써 3차원 모델을 유지하는 것과 유사한 효과를 만들 수 있고, 기준 프레임의 설정을 통해 오차의 누적 속도를 크게 감소시켜서 모든 카메라 궤적 추정 방법에서 큰 문제로 인식되는 오차의 누적을 줄일 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*H04N 13/246* (2018.05)

*H04N 13/271* (2018.05)

*G06T 2207/30244* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R2215-16-1003

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 SW중심대학지원사업

연구과제명 SW중심대학 (서강대학교)

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계; 및  
 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계; 및  
 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계를 포함하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 현재 프레임에 나타나는 물체의 모서리를 감지하여 상기 모서리에 해당하는 픽셀을 제거하는 단계를 더 포함하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
 현재 프레임의 입력과 동시에 이전 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하여 깊이 맵 보정 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
 상기 기하변환함수는,  
 상기 이웃 프레임과 모든 픽셀들을 비교하여 프레임 간의 에너지를 산출하고, 기하변환에 대한 비용 함수를 설정하여 에너지를 최소화하는 방향으로 산출되는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,  
 상기 기하변환함수는 ICP(Iterative Closest Point) 기법을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,  
 상기 기하변환함수는,  
 기존에 이웃 프레임들간에 산출되어 저장된 기하변환함수들을 이용하여 현재 프레임에 대한 기하변환함수를 산출하는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법.

#### 청구항 7

현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계;  
 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계;  
 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계; 및

상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 단계를 포함하는 카메라궤적 추정방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계;

현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하는 단계; 및

상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계를 포함하는 카메라궤적 추정방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계;

현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하는 단계;

상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계를 더 포함하는 카메라궤적 추정방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 추정오차를 보정하는 레벨의 단계는 프레임의 수에 따라 달라지거나 사용자에게 의해 설정되는 것을 특징으로 하는 카메라궤적 추정방법.

#### 청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

#### 청구항 12

카메라 또는 외부로부터 이미지 프레임을 입력받는 통신부; 및

입력받은 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하고, 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하며, 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하고, 상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 처리부를 포함하는 카메라궤적 추정장치.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 처리부는,

초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로

설정하는 것을 특징으로 하는 카메라궤적 추정장치.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 것을 특징으로 하는 카메라궤적 추정장치.

#### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 깊이 맵 보정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 깊이 맵 필터링 및 다중-레벨 예측자-수정자 방법을 이용한 깊이 맵 보정방법, 카메라궤적 추정방법, 및 그 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 시각적 거리 측정 기법(visual odometry)에서 카메라의 위치를 추정하는데 발생하는 오차는 본 분야에서 지속되어온 문제이다. 특히 저가형 RGB-D 카메라의 경우 많은 노이즈를 포함하고 있기 때문에 더 많은 오차의 누적 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 촬영된 정보들을 3차원 지도나 모델의 형태로 유지하거나 한 번 촬영한 영역을 다시 촬영하는지 검사하고 이를 바탕으로 이전에 측정한 카메라 궤적을 보정하는 기법(loop closing)을 사용하는 것이 일반적이었다. 그러나 이와 같은 방법들은 많은 메모리나 연산량을 필요로 한다는 단점을 가지고 있다.

[0003] RGB-D 카메라의 촬영 정보를 이용해서 카메라의 궤적을 추정하는 과정은 촬영된 RGB이미지와 깊이 이미지의 모든 픽셀을 사용한다. 이웃한 두 프레임 간의 차이를 계산하고 이를 최소화 하는 방향으로 카메라의 궤적을 추정하는 ICP 기법을 사용하는데 이 과정에서 입력 되는 정보의 정확도가 낮다면 카메라의 궤적을 추정하는데 오차가 발생하게 된다.

[0004] 오차를 줄이는 방법은 깊이 맵의 필터링을 통해 노이즈를 줄이고 추정 간에 발생하는 오차를 줄이는 방법과 누적된 오차를 보정하는 방식으로 나뉜다. 깊이 맵의 노이즈는 3차원 공간의 한 점을 서로 다른 프레임에서 관찰했을 때 다른 값으로 측정 되는 것을 의미한다. 기존의 방법은 한 장의 이미지에 대해 일정 크기의 커널을 생성하여 필터링을 수행하고자 하는 픽셀의 주변 정보를 활용하는 방식을 사용했다. 그러나 이 방식의 경우 보정의 정도를 강하게 하면 디테일이 사라지고 보정의 정도를 약하게 하면 의미 있는 보정이 이루어지지 않는다는 단점이 있었다. 누적된 오차를 줄이는 방식은 3차원 공간에 대한 지도를 유지하며 촬영된 지점을 다시 촬영할 경우 지금까지 누적된 오차들을 계산하고 각 프레임마다 보정된 값을 적용하는 방식으로 이루어진다. 그러나 이러한 방식의 경우 상당히 복잡한 알고리즘과 많은 메모리 및 연산을 필요로 한다는 단점을 가지고 있다. 또한 카메라의 궤적을 실시간으로 사용하는 경우 보정을 통해 원래의 궤적을 복원한다는 작업은 큰 의미를 가지지 못한다.

#### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) RGBD 카메라를 이용한 머리 포즈 추정(한국공개특허 10-2016-0028510)

#### 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 깊이 맵 필터링을 이용하여 깊이 맵을 보정하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 깊이 맵 필터링 및 다중-레벨 예측자-수정자 방법을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명이 해결하고자 하는 세 번째 과제는 깊이 맵 필터링 및 다중-레벨 예측자-수정자 방법을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 장치를 제공하는 것이다.

## 과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계; 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계; 및 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계를 포함하는 깊이 맵 보정방법을 제공한다.
- [0010] 본 발명의 실시예에 의하면, 현재 프레임에 나타나는 물체의 모서리를 감지하여 상기 모서리에 해당하는 픽셀을 제거하는 단계를 더 포함하는 깊이 맵 보정방법일 수 있다.
- [0011] 본 발명의 실시예에 의하면, 현재 프레임의 입력과 동시에 이전 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하여 깊이 맵 보정 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법일 수 있다.
- [0012] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 기하변환함수는, 상기 이웃 프레임과 모든 픽셀들을 비교하여 프레임 간의 에너지를 산출하고, 기하변환에 대한 비용 함수를 설정하여 에너지를 최소화하는 방향으로 산출되는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 기하변환함수는 ICP(Iterative Closest Point) 기법을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 기하변환함수는, 기존에 이웃 프레임들간에 산출되어 저장된 기하변환함수를 이용하여 현재 프레임에 대한 기하변환함수를 산출하는 것을 특징으로 하는 깊이 맵 보정방법일 수 있다.
- [0015] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계; 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계; 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계; 및 상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 단계를 포함하는 카메라 궤적 추정방법을 제공한다.
- [0016] 본 발명의 실시예에 의하면, 초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계; 현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하는 단계; 및 상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계를 포함하는 카메라 궤적 추정방법일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계; 현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하는 단계; 상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 단계를 더 포함하는 카메라 궤적 추정방법일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 추정오차를 보정하는 레벨의 단계는 프레임의 수에 따라 달라지거나 사용자에 의해 설정되는 것을 특징으로 하는 카메라 궤적 추정방법일 수 있다.
- [0019] 본 발명은 상기 세 번째 과제를 달성하기 위하여, 카메라 또는 외부로부터 이미지 프레임을 입력받는 통신부;

및 입력받은 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하고, 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하며, 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하고, 상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 처리부를 포함하는 카메라궤적 추정장치를 제공한다.

[0020] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 처리부는, 초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 것을 특징으로 하는 카메라궤적 추정장치일 수 있다.

[0021] 본 발명은 상기 과제를 달성하기 위하여, 상기 처리부는, 상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하는 것을 특징으로 하는 카메라궤적 추정장치를 제공한다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 비교적 간단한 알고리즘과 적은 메모리 사용으로도 노이즈가 많은 저가형 RGB-D 카메라를 이용해 카메라의 위치를 추정하는 과정에서 높은 정확도를 오랜 시간 동안 유지할 수 있다. 또한, 본 발명은 간단한 알고리즘을 사용하기 때문에 많은 연산량을 필요로 하지 않고 보존해야 하는 정보의 양이 적어서 비교적 적은 메모리를 사용한다. 이는 모바일 환경으로 발전하는데 큰 이점이 된다. 나아가, 깊이 맵의 보정을 통해 포인트 클라우드의 품질을 높일 수 있기 때문에 3차원 물체 복원에도 강점을 보이며, 본 발명에서 제시하는 기법을 통해 깊이 맵을 보정하는 경우 디테일을 보존한 포인트 클라우드를 만들어 낼 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라궤적 추정장치의 블록도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이 맵 보정방법의 흐름도이다.  
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 깊이 맵 보정방법의 흐름도이다.  
 도 4 내지 도 8은 카메라궤적 추정과정을 설명하기 위한 도면이다.  
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라궤적 추정방법의 흐름도이다.  
 도 10 내지 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 카메라궤적 추정방법의 흐름도이다.  
 도 12 내지 도 16은 카메라궤적 추정과정을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이 맵 보정방법은 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계, 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계, 및 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계를 포함한다.

[0026] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

- [0027] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라레적 추정장치의 블록도이다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라레적 추정장치(110)는 통신부(111) 및 처리부(112)로 구성되며, 처리부(112)에서 산출한 기하변환함수를 저장하는 저장부를 더 포함할 수 있다. 또한, 카메라(120) 또는 이미지센서를 포함하거나, 처리부(112)의 처리결과를 디스플레이하는 디스플레이부를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 통신부(111)는 카메라(120) 또는 외부로부터 이미지 프레임을 입력받는다. 상기 카메라(120)는 RGB-D 카메라일 수 있다.
- [0031] 처리부(112)는 통신부(111)에서 입력받은 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하고, 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하며, 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하고, 상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라레적을 추정한다.
- [0032] 처리부(112)는 카메라레적 추정에 있어서, 다중 레벨에서의 예측자-수정자 방법을 수행할 수 있다.
- [0033] 먼저 제 1 레벨에서 초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재프레임에서의 카메라 레적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다. 이후 제 2 레벨에서 상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정하고, 현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적하며, 상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 레적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다.
- [0034] 처리부(112)에서 수행되는 깊이 맵 보정과정 및 카메라레적 추정과정은 이하 도 2 내지 도 3의 깊이 맵 보정 방법 및 도 4 내지 도 16의 카메라레적 추정방법을 이용하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이 맵 보정방법의 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 깊이 맵 보정방법의 흐름도이다.
- [0036] 깊이 맵 보정을 위해 우선 210 단계에서 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출한다.
- [0037] 저가형 RGB-D 카메라의 깊이 값은 실제 값을 기준으로 상하의 오차를 가지며 진동하기 때문에, 깊이 맵의 보정이 필요하다. 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하기 위하여, 이전 이웃 프레임들과의 기하변환관계를 이용한다. 현재 프레임과 이전에 입력되었던 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출한다. 기하변환함수를 산출하는 이웃 프레임의 수는 이전에 입력되었던 모든 프레임이거나, 프레임의 수에 따라 달라지거나, 사용자에게 의해서 설정될 수 있다. 상기 기하변환함수는 상기 이웃 프레임과 모든 픽셀들을 비교하여 프레임 간의 에너지를 산출하고, 기하변환에 대한 비용 함수를 설정하여 에너지를 최소화하는 방향으로 산출된다. 상기 기하변환함수는 ICP(Iterative Closest Point) 기법을 이용하여 산출될 수 있다. 또한, 상기 기하변환함수는 기존에 이웃 프레임들간에 산출되어 저장된 기하변환함수들을 이용하여 현재 프레임에 대한 기하변환함수를 산출할 수 있다. 현재 프레임의 입력과 동시에 이전 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하여 깊이 맵 보정 과정을 수행할 수 있다. 현재 프레임을 기준으로 이전 프레임에 대해 수행되기 때문에 새로운 프레임이 입력됨과 동시에 보정작업을 수행하여 빠르게 깊이 맵을 보정할 수 있다.

- [0038] 210 단계에서 현재 프레임과 이웃 프레임들간의 기하변환함수가 산출되면, 220 단계에서 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영한다. 상기 투영을 통해 한 프레임의 픽셀 좌표가 다른 프레임의 어떤 픽셀 좌표에 매칭되는지를 산출할 수 있다. 이를 이용하여 230 단계에서 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정한다.
- [0039] 깊이 맵 보정 과정은 도 4와 같이 그림으로 나타낼 수 있다.
- [0040]  $F_n$  : 보정의 기준이 되는 프레임 (현재 프레임)
- [0041]  $F_{n-i} (1 \leq i \leq N-1)$  : 보정에 활용되는 이웃 프레임
- [0042]  $T_{n-i,n} (1 \leq i \leq N-1)$  : 현재 프레임과 이웃 프레임의 기하 변환 관계(함수)
- [0043] 이웃 프레임들을 이용해서 깊이 맵을 보정하기 위해서는 각 프레임을 촬영한 카메라 간의 기하변환함수를 계산할 수 있어야 한다. 이웃한 두 프레임의 기하변환함수를 산출하기 위해서 direct method의 icp(iterative closest point)기법을 사용할 수 있다. 이를 위해 이웃 프레임의 모든 픽셀들을 비교하여 프레임 간의 에너지를 계산하고 기하 변환 관계에 대한 비용 함수를 설정하여 에너지를 최소화하는 방향으로 기하변환함수를 산출한다. 이렇게 산출된 카메라의 기하변환함수를 이용하면 프레임간 투영을 통해 한 프레임의 픽셀 좌표가 다른 프레임의 어떤 픽셀 좌표에 매칭되는지 계산할 수 있다. N개의 이웃 프레임들에 대해 이 과정을 수행하며, 촬영되는 현재 프레임을 기준으로 이전 N개 프레임들 간의 관계를 산출한다. 각 관계가 산출되었다면 이를 이용하여 각각 프레임들의 정보를 현재 프레임 상에 투영할 수 있다. 투영된 정보들은 3차원 공간에서의 같은 점들을 의미하며 저가형 RGB-D 카메라는 정확한 깊이 값을 기준으로 상하 진동을 하기 때문에 여러 프레임의 점들에 대한 평균을 계산함으로써 실제 값과 유사한 값을 얻을 수 있다. 깊이 맵 보정은 현재 프레임을 기준으로 이전 프레임들에 대해 수행이 되기 때문에 새로운 프레임이 입력됨과 동시에 보정 작업을 수행할 수 있다.
- [0044] 210 단계 내지 230 단계에서의 깊이 맵 보정에 앞서 정확성을 높이기 위하여, 310 단계에서 현재 프레임에 나타나는 물체의 모서리를 감지하여 상기 모서리에 해당하는 픽셀을 제거할 수 있다.
- [0045] 이웃한 프레임들을 현재 프레임을 기준으로 변형한 뒤 이에 대한 평균을 구하는 과정에서 물체의 모서리 부분에 문제가 발생할 수 있다. 저가형 RGB-D 카메라의 특성상 낮은 정확도로 인하여 물체의 모서리 부분을 촬영할 때 물체 부분의 깊이가 촬영이 되기도 하고 물체 뒤의 배경이 촬영되기도 하기 때문이다. 이로 인하여 깊이 값의 평균을 계산하는 과정에서 모서리 부분이 길게 늘어나는 현상이 발생한다. 이 현상을 제거하기 위해 물체의 모서리를 탐지하고 해당 부분의 픽셀을 제거한다. 모서리를 감지하는 과정은 도 5와 같다. 3차원 상의 한 정점을 바라보는 시선 벡터  $\vec{V}_{view}$ 와 해당 정점이 주변 정점들과 함께 만드는 평면의 법선 벡터인  $\vec{V}_{target}$  수직에 가깝다면 해당 정점은 모서리에 있다고 판단하여 관련 픽셀을 제거한다. 이를 이용하여 보정 간에 발생하는 문제를 해결할 수 있다. 도 6은 깊이 맵 보정 기법으로 인해 발생하는 문제(a)와 모서리 검출을 통해 이를 해결한 결과(b)를 보여준다. 깊이 맵에 대한 보정 결과는 도 7과 도 8을 통해 확인할 수 있다. 저가형 RGB-D 카메라는 각 도면의 왼쪽 사진(7(a), 8(a))과 같이 많은 노이즈를 포함하고 있다. 특히 자동차의 표면과 같이 반짝임이 심한 표면에 대해서는 더욱 낮은 정확도를 보인다. 그러나 깊이 맵 보정방법을 적용해서 각 그림의 오른쪽 사진(7(b), 8(b))과 같이 평면의 모습을 복원하고 디테일을 더욱 살리는 모습을 볼 수 있다.
- [0046] 상기의 깊이 맵 보정을 통해 노이즈를 제거한 프레임들을 이용하여 카메라의 궤적을 추정할 수 있다. 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 카메라궤적 추정방법의 흐름도이고, 도 10 내지 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 카메라궤적 추정방법의 흐름도이다.
- [0047] 910 단계는 현재 프레임과 현재 프레임 이전 소정의 이웃 프레임들 간의 기하변환함수를 산출하는 단계이고, 920 단계는 상기 산출된 기하변환함수를 이용하여 상기 이웃 프레임들을 현재 프레임에 투영하는 단계이고, 930 단계는 현재 프레임의 픽셀 및 현재 프레임의 픽셀에 대응하는 이웃 프레임들의 픽셀에서의 깊이 값의 평균을 현재 프레임의 픽셀에서의 깊이 값으로 산출하여 현재 프레임의 깊이 맵을 보정하는 단계로 910 단계 내지 930 단계는 도 2 내지 도 8에서의 깊이 맵 보정방법과 대응하는 단계인바, 중복되는 설명은 생략하도록 한다.
- [0048] 940 단계는 상기 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정하는 단계이다. 910 단계 내지 930 단계에서의 깊이 맵 보정을 수행한 이후에 보정된 깊이 맵을 이용하여 카메라 궤적을 추정한다.

- [0049] 오차를 줄인 깊이 맵을 이용하여 ICP 기법으로 카메라의 궤적(움직임)을 추정하고 누적을 한다고 해도 수치적 특성상 미세한 오차가 누적될 수 밖에 없다. 이를 해결하기 위해 부차적인 오차 제어 방법이 필요하다. 기존의 카메라 궤적 추정 방법은 매 프레임 간의 관계를 계산하고 누적하는 방식을 사용한다. 그러나 본 발명에서는 예측자-수정자 기법을 이용하여 기준 프레임을 설정하고 기준 프레임과 일정 정도 이상의 변화가 생기기 전까지는 기준과 동일하게 매 프레임 간의 관계를 계산하며 누적하다가 일정 정도 이상의 변화가 발생하면 기준 프레임과 현재 프레임의 관계를 비교하는 방식으로 오차의 누적 속도를 줄인다. 이를 다중레벨로 진행하여 오차의 누적 속도를 크게 줄일 수 있다.
- [0050] 제 1 레벨에서의 추정오차 보정은 1010 단계, 1020 단계, 및 1030 단계를 통해 수행된다.
- [0051] 추정오차 보정을 위해선 먼저 기준 프레임을 설정하여야 하는바, 1010 단계에서 초기 프레임을 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다. 프레임들이 입력됨에 따라 1020 단계에서 현재 프레임과 현재 프레임 이전에 입력된 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 1 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적한다. 상기 누적된 제 1 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 1030 단계에서 현재 프레임과 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 현재프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 현재 프레임을 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다.
- [0052] 제 1 레벨에서의 추정오차를 수행하면서, 동일한 과정은 기준 프레임으로 설정되었던 프레임들간에 제 2 레벨에서의 추정오차를 수행함으로써 추정오차의 계산량을 줄일 수 있고, 정확성을 높일 수 있다.
- [0053] 제 2 레벨에서의 추정오차 보정은 1110 단계, 1120 단계, 및 1130 단계를 통해 수행된다.
- [0054] 제 2 레벨에서의 추정오차 보정을 위해 먼저 기준 프레임을 설정하여야 하는바, 1110 단계에서 상기 초기 프레임을 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다. 제 1 레벨에서의 기준프레임이 재설정됨에 따라 1120 단계에서 현재 프레임이 제 1 레벨에서의 기준 프레임으로 설정되면, 상기 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임 간의 기하변환함수로부터 제 2 레벨에서의 추정오차를 산출하여 누적한다. 상기 누적된 제 2 레벨에서의 추정오차가 임계치 이상일 경우, 1130 단계에서 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임과 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임간의 기하변환함수에 따른 추정오차를 산출하여 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임에서의 카메라 궤적을 보정하고, 상기 최근 설정된 제 1 레벨에서의 기준 프레임을 상기 제 2 레벨에서의 기준 프레임으로 설정한다.
- [0055] 상기 제 1 레벨 또는 제 2 레벨에서의 추정오차의 임계치는 카메라궤적의 허용오차에 따라 달라지거나 사용자에게 의해 설정될 수 있다.
- [0056] 상기 추정오차를 보정하는 레벨의 단계는 3 레벨 이상으로 수행될 수 있다. 상기 추정오차를 보정하는 레벨의 단계는 프레임의 수에 따라 달라지거나 사용자에게 의해 설정될 수 있다.
- [0057] 깊이 맵의 보정을 통해 제거하지 못하는 오차의 누적을 제거하는 2-레벨 예측자-수정자 기법은 도 12와 같이 도식적으로 나타낼 수 있다. 프레임 간의 기하변환함수를 계산할 때 대략적으로 1의 오차가 누적된다고 가정할 경우 기존의 방법은 도 12와 같은 상황에서 총 11의 오차가 누적된다. 그러나 1-레벨의 예측자-수정자 기법을 적용하여 노란색의 기준 프레임에서 일정 거리와 각도 이상의 변화가 생길 경우 최신의 두 프레임이 아닌 최신 프레임과 기준 프레임간의 관계를 계산함으로써 총 3의 오차를 누적할 수 있다. 이후 최신 프레임은 기준 프레임으로 설정되고 이 과정을 반복한다. 이와 같이 설정된 기준 프레임들을 입력으로 하여 다시 예측자-수정자 기법을 적용하는 2-레벨 방식을 사용하면 도 12에서 3의 오차가 발생하던 것을 1의 오차가 발생하는 것으로 크게 줄일 수 있다. 도 13 내지 도 15는 본 발명에서 제시하는 기법의 효과를 시각적으로 볼 수 있도록 카메라의 추정 궤적과 실제 궤적을 그래프로 나타낸 모습이다. 각 궤적은 가상의 데이터를 렌더링한 이후 깊이 맵에 노이즈를 시뮬레이션 한 다음 본 발명을 위해 구현한 카메라 궤적 추정 방식을 적용한 것이다. 도 13(a)는 깊이 맵 보정과 2-레벨 예측자-수정자 기법을 적용하지 않은 상태에서 카메라의 궤적을 추정한 결과다. 파란색의 계산 궤적은 검은색의 실제 궤적과 큰 차이를 나타내는 것을 볼 수 있다. 도 13(b)는 깊이 맵 보정을 통해 노이즈를 제거한 모습인데 실제 궤적과 비교적 유사한 형태로 카메라의 위치를 추정하는 모습을 볼 수 있다. 도 14는 2-레벨 예측자-수정자 기법의 적용 전 후 모습이다. 기법 적용 전인 도 14(a)는 한 번의 큰 오차가 발생한 이후 해당 추세를 그대로 유지하여 결과적으로 실제 카메라 경로와 많은 오차를 보인다. 그러나 2-레벨 예측자-수정자 기법을 통해 오차의 누적을 제한하면 도 14(b)와 같이 한 번의 큰 오차가 발생했다고 하더라도 다시 원래의 경로로 돌아오게 된다. 도 15는 마이크로소프트(Microsoft)사의 Kinect for Windows v1(이하 Kinect1)을 이용해 촬영한 RGB-D 정보를 이용해 카메라의 위치를 추정한 모습이다. 보정 기법을 적용하기 전(도 15(a))에는 실제

경로와 큰 차이를 보이며 카메라의 위치를 추정하지만 본 발명에서 제시하는 기법의 적용을 통(도 15(b))해 실제 경로와 유사하게 경로 추적을 하는 것을 볼 수 있다.

[0058] 2-레벨 예측자-수정자 기법에 대한 플로우 차트는 도 16과 같이 나타낼 수 있다. 각 레벨의 기본 원리는 '임계 값을 넘기 전에는 최근의 두 프레임 간의 관계를 계산하고 누적하지만 임계 값을 넘는 순간 기준 프레임과 최신 프레임 간의 관계를 계산하는 것'이다. 이를 2-레벨로 구성함으로써 오랜 시간 동안 카메라의 궤적을 추정해도 누적되는 오차의 양이 적어진다.

[0059] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체 (magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체 (optical media), 플롭티컬 디스크 (floptical disk)와 같은 자기-광 매체 (magneto-optical media), 및 롬 (ROM), 램 (RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0060] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

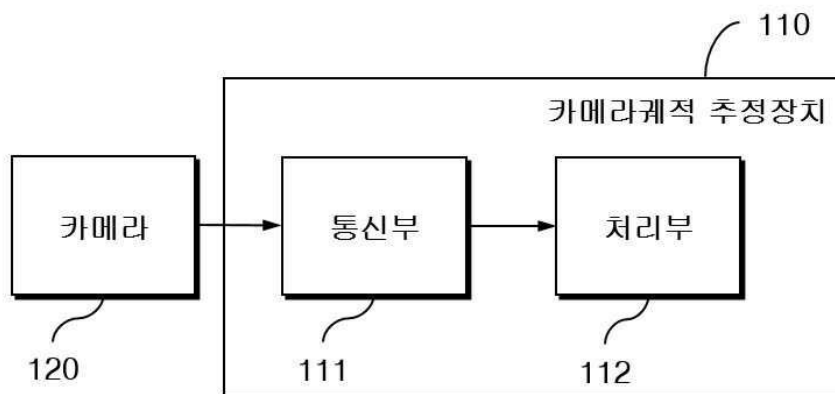
[0061] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

## 부호의 설명

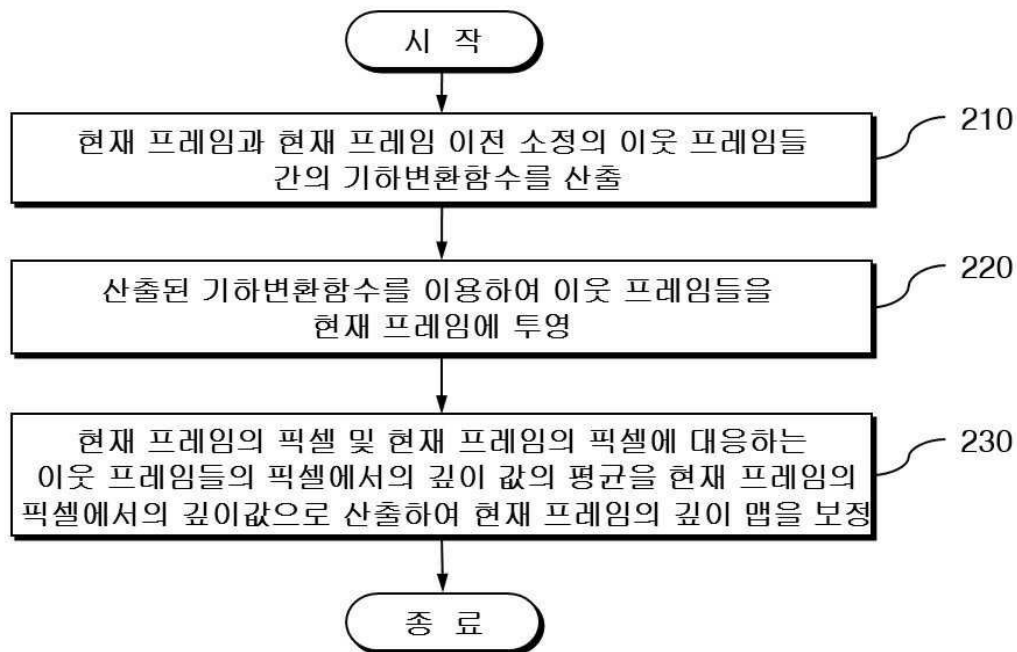
[0062] 110: 카메라궤적 추정장치  
111: 통신부  
112: 처리부  
120: 카메라

## 도면

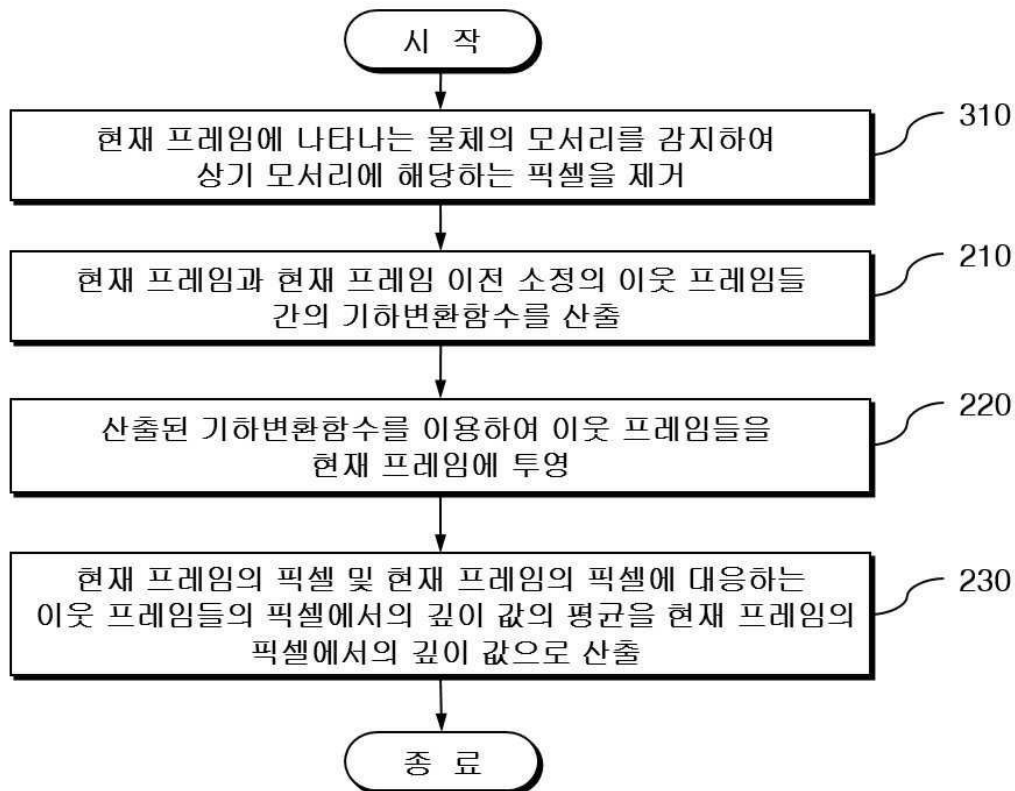
### 도면1



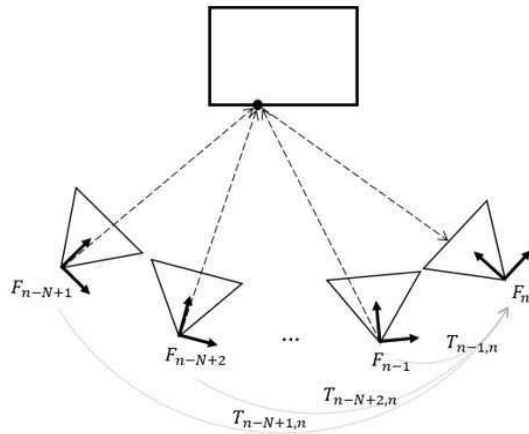
도면2



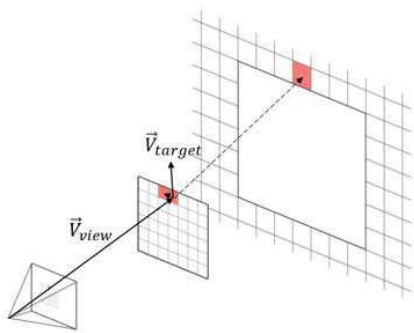
도면3



도면4



도면5



도면6

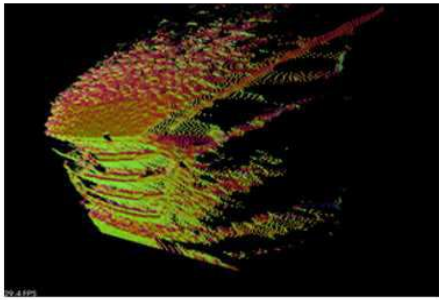


(a)

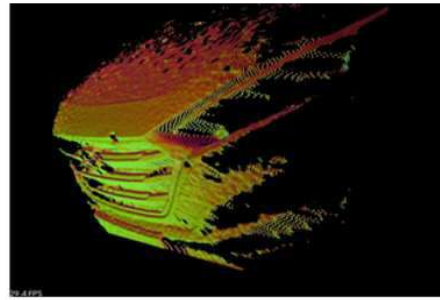


(b)

도면7

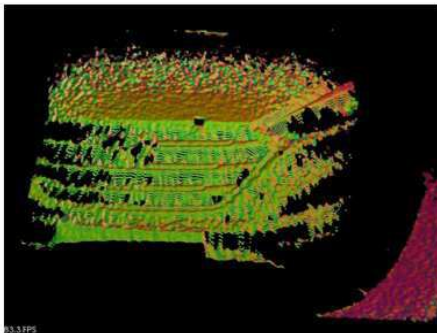


(a)

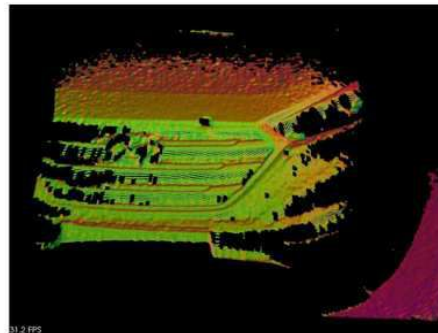


(b)

도면8

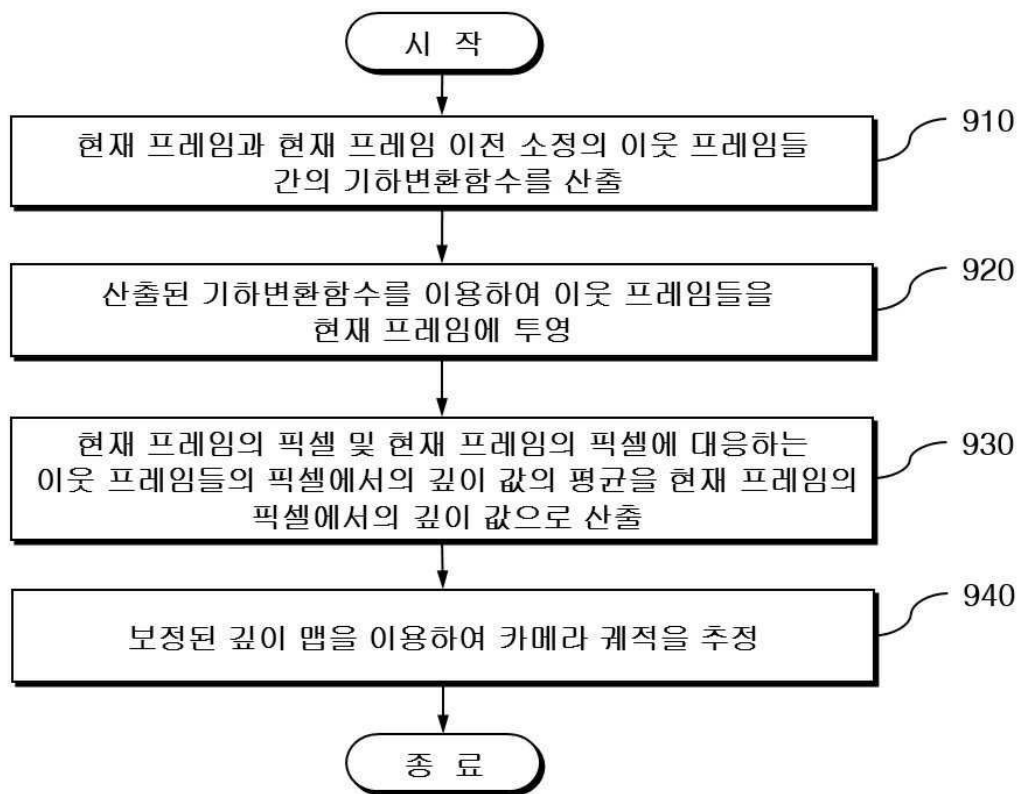


(a)

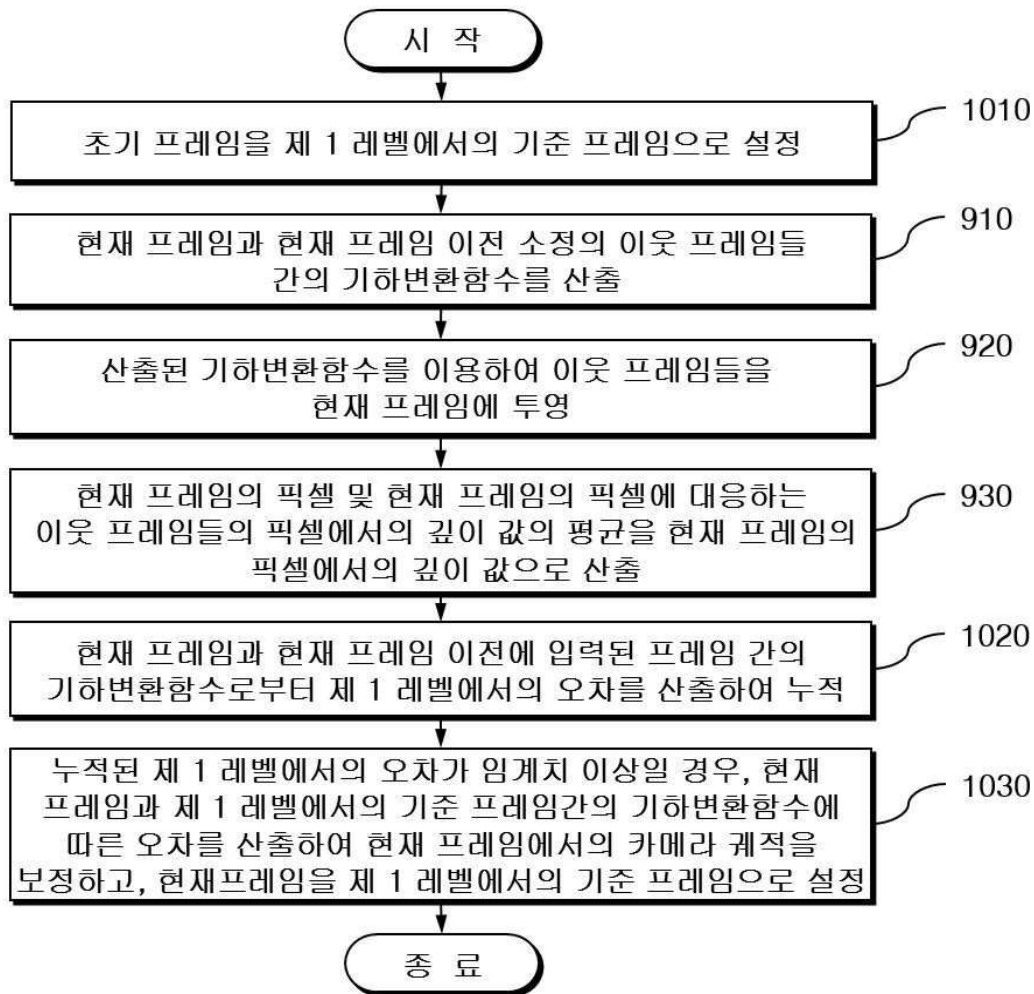


(b)

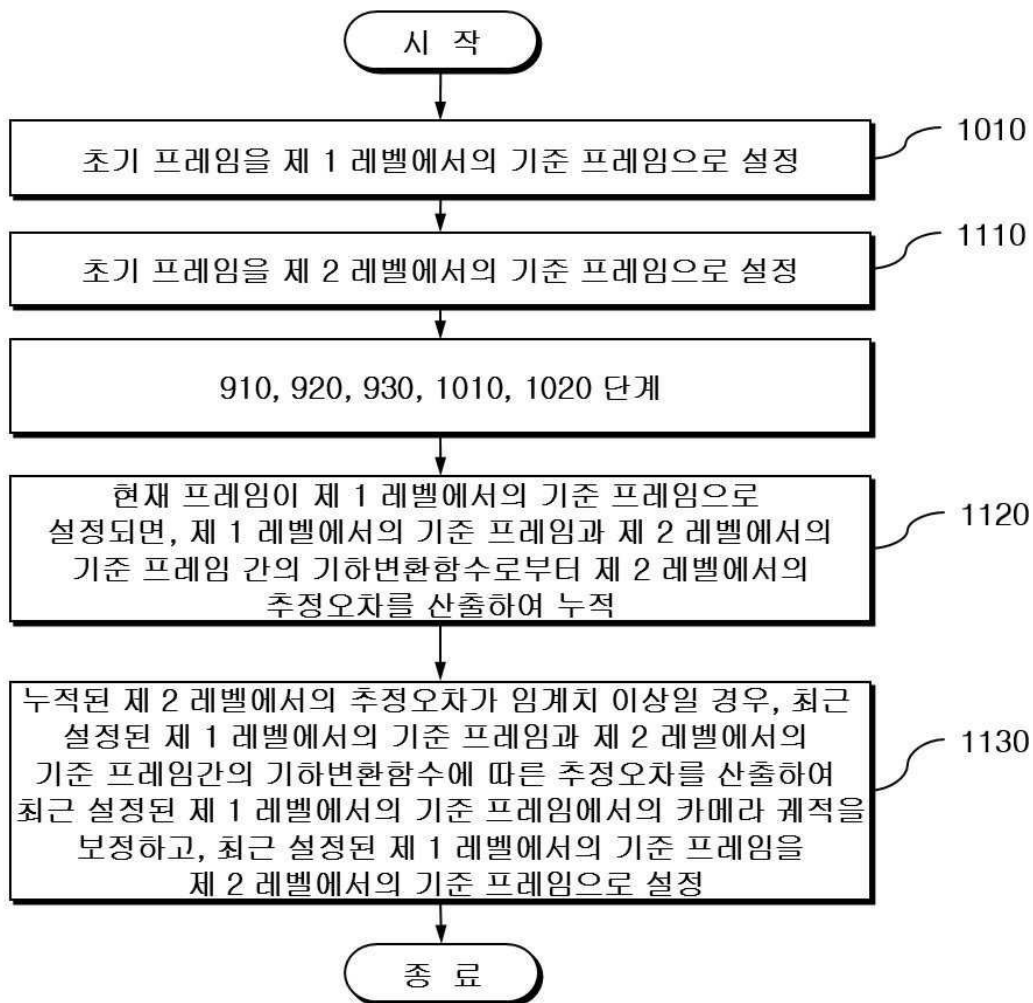
도면9



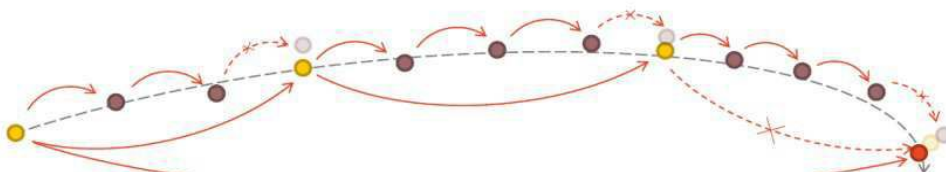
도면10



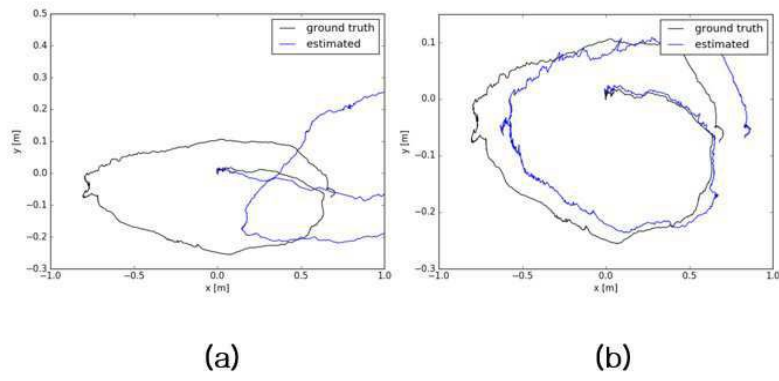
도면11



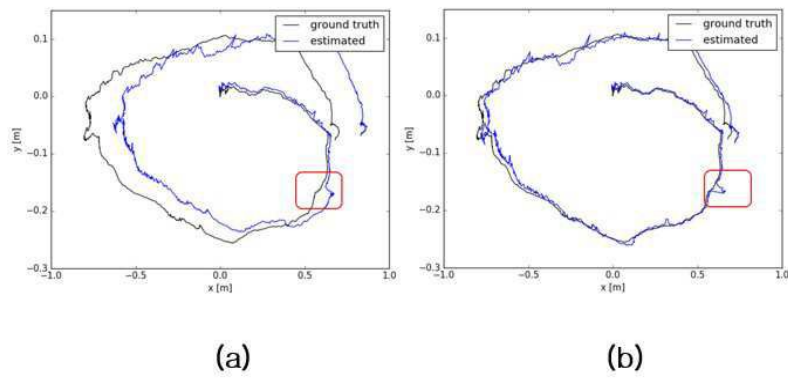
도면12



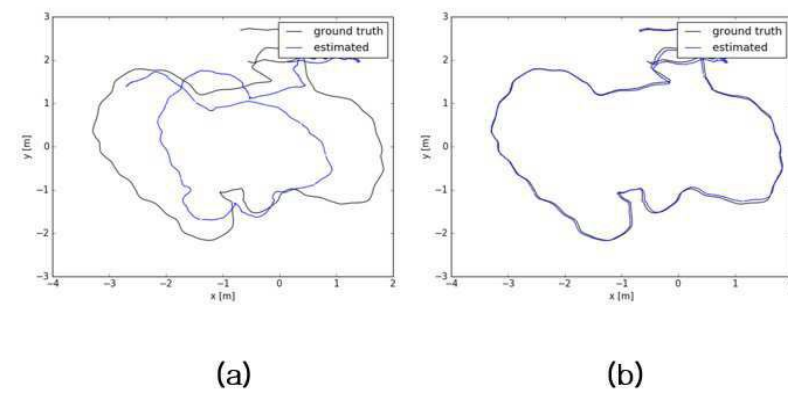
도면13



도면14



도면15



도면16

