



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월14일
(11) 등록번호 10-2372988
(24) 등록일자 2022년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/08 (2006.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06T 7/70 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/084 (2013.01)
G06N 3/049 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0134348
(22) 출원일자 2021년10월08일
심사청구일자 2021년10월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200092842 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 멀티플아이
서울특별시 강남구 역삼로 168, 301호(역삼동, 탑스타운)
(72) 발명자
원창희
서울특별시 동작구 동작대로39길 39, 101동 801호 (사당동, 푸르지오 더 프레티움)
민채린
서울특별시 중구 퇴계로90길 74, 110동 1401호 (신당동, 래미안하이베르아파트)
석호창
서울특별시 동대문구 사가정로 191, 30동 711호 (전농동, 전농우성아파트)
(74) 대리인
특허법인 수

전체 청구항 수 : 총 16 항

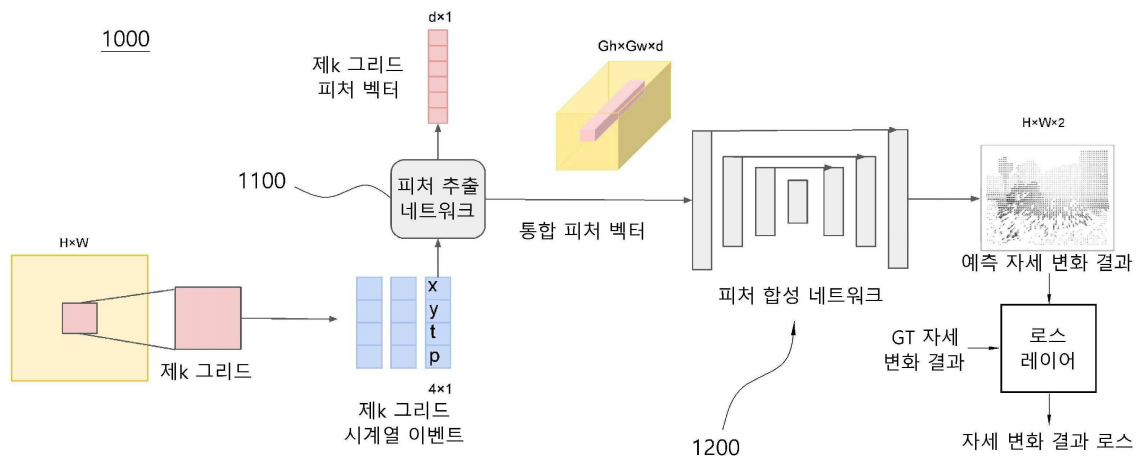
심사관 : 양대경

(54) 발명의 명칭 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법 및 학습 장치 그리고 이를 이용한 테스트 방법 및 테스트 장치

(57) 요약

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서, (a) 학습 장치가, 제1 그리드 내지 제n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드는, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으 (뒷면에 계속)

대표도



로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 제t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계; (b) 상기 학습 장치가, 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계; 및 (c) 상기 학습 장치가, 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 단계;를 포함하는 방법 및 학습 장치 그리고 이를 이용한 테스트 방법 및 테스트 장치가 개시된다.

(52) CPC특허분류

G06T 7/70 (2017.01)

G06T 2207/20084 (2013.01)

G06T 2207/30244 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서,

(a) 학습 장치가, 제1 그리드 내지 제n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드는, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 제t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계;

(b) 상기 학습 장치가, 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계; 및

(c) 상기 학습 장치가, 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 단계;

를 포함하되,

상기 피쳐 추출 네트워크는 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델을 포함하며,

상기 (a) 단계에서,

상기 학습 장치가, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서,

(a) 학습 장치가, 제1 그리드 내지 제n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드는, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 제t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계;

(b) 상기 학습 장치가, 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를

피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계; 및

(c) 상기 학습 장치가, 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 단계;

를 포함하되,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들 중, (i) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제1 특정 픽셀에 대응되는 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제2 특정 픽셀에 대응되는 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델 각각은 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory network)인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델은 동일한 가중치를 공유하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 피쳐 합성 네트워크는 모래시계 네트워크(hourglass network)인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 테스트 방법에 있어서,

(a) 학습 장치가, (i) 학습용 제1 그리드 내지 학습용 제n 그리드 - 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드는, 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 학습용 카메라에 의해 생성되는 복수의 학습용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 학습용 특정 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 학습용 전체 픽셀들 중, 상기 학습용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 상기 학습용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제1 임계치 이상인 학습용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각에 대응되는 학습용

제1 그리드 피쳐 벡터 내지 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (ii) 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 학습용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 학습용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 학습용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 학습용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (iii) 상기 학습용 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 학습용 예측 자세 변화 결과를 참조하여 학습용 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 학습용 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행한 상태에서, 테스트 장치가, 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지를 획득하는 단계;

(b) 상기 테스트 장치가, 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 - 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드는, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제2 임계치 이상인 테스트용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계; 및

(c) 상기 테스트 장치가, 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 테스트용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 테스트용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 테스트용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 테스트용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계;

를 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들 중, (i) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제1 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제2 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 피쳐 추출 네트워크는 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피

처 추출 모델 내지 제 n 피처 추출 모델을 포함하며,

상기 (a) 단계에서,

상기 테스트 장치가, 상기 제1 피처 추출 모델 내지 상기 제 n 피처 추출 모델 각각으로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 테스트용 제1 그리드 피처 벡터 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 피처 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 장치에 있어서,

인스트럭션들을 저장하는 적어도 하나의 메모리; 및

상기 인스트럭션들을 실행하기 위해 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는, (1) 제1 그리드 내지 제 n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드는, 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 제 t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기 설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 상기 제 t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피처 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피처 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피처 벡터 내지 제 n 그리드 피처 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (2) 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피처 벡터 내지 상기 제 n 그리드 피처 벡터를 통합함으로써 통합 피처 벡터를 생성하고, 상기 통합 피처 벡터를 피처 합성 네트워크에 입력하여 상기 피처 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (3) 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피처 추출 네트워크 및 상기 피처 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행하되,

상기 피처 추출 네트워크는 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 피처 추출 모델 내지 제 n 피처 추출 모델을 포함하며,

상기 프로세서는,

상기 (1) 프로세스에서,

상기 학습 장치가, 상기 제1 피처 추출 모델 내지 상기 제 n 피처 추출 모델 각각으로 하여금 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 제1 그리드 피처 벡터 내지 상기 제 n 그리드 피처 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 학습 장치.

청구항 11

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 장치에 있어서,

인스트럭션들을 저장하는 적어도 하나의 메모리; 및

상기 인스트럭션들을 실행하기 위해 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는, (1) 제1 그리드 내지 제 n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드는, 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 제 t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기 설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 상기 제 t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드

내지 상기 제 n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제 n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (2) 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제 n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (3) 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행하되,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들 중, (i) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제1 특정 픽셀에 대응되는 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 제 n _1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며,

상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제2 특정 픽셀에 대응되는 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 제 n _2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 학습 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델 각각은 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory network)인 것을 특징으로 하는 학습 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델은 동일한 가중치를 공유하는 것을 특징으로 하는 학습 장치.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 피쳐 합성 네트워크는 모래시계 네트워크(hourglass network)인 것을 특징으로 하는 학습 장치.

청구항 16

시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 테스트 장치에 있어서,

인스트럭션들을 저장하는 적어도 하나의 메모리; 및

상기 인스트럭션들을 실행하기 위해 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는, (1) 학습 장치가, (i) 학습용 제1 그리드 내지 학습용 제 n 그리드 - 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제 n 그리드는, 학습용 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 학습용 제 t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안

학습용 카메라에 의해 생성되는 복수의 학습용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 학습용 특정 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 학습용 전체 픽셀들 중, 상기 학습용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 상기 학습용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제1 임계치 이상인 학습용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각에 대응되는 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (ii) 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 학습용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 학습용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 학습용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 학습용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (iii) 상기 학습용 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 학습용 예측 자세 변화 결과를 참조하여 학습용 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 학습용 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행한 상태에서, 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지를 획득하는 프로세스, (2) 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 - 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드는, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제2 임계치 이상인 테스트용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스 및 (3) 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 테스트용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 테스트용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 테스트용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 테스트용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스를 수행하는 테스트 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들 중, (i) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제1 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며,

상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제2 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 테스트 장치.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 피처 추출 네트워크는 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피처 추출 모델 내지 제n 피처 추출 모델을 포함하며,

상기 프로세서는,

상기 (1) 프로세스에서,

상기 제1 피처 추출 모델 내지 상기 제n 피처 추출 모델 각각으로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 테스트용 제1 그리드 피처 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피처 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 테스트 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 방법 및 이를 이용한 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 카메라로부터의 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법 및 학습 장치 그리고 이를 이용한 테스트 방법 및 테스트 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이벤트 카메라(뉴로모픽 카메라)는 카메라 각 화소에 입사하는 빛의 세기의 변화를 비동기적으로 감지하는 장치이다.

[0003] 종래의 일반적인 카메라는 빛의 절대적인 밝기 값을 획득하므로, 조리개, 노출시간 등으로 인해 노이즈 현상이 발생하는 문제점이 존재하는 반면에, 이벤트 카메라는 빛의 밝기의 변화를 감지하므로, 종래의 일반적인 카메라의 구조적인 특성으로 인한 노이즈 현상이 발생하지 않고, 데이터 처리량이 종래의 일반적인 카메라의 데이터 처리량보다 많다는 장점이 존재한다.

[0004] 최근에는, 위와 같은 이벤트 카메라의 장점을 활용하여, 카메라의 위치/자세 변화 결과 등을 정확하게 추정하기 위한 시도가 이어지고 있다.

[0005] 하지만, 종래의 인공신경망(가령, Convolutional Neural Network)을 포함하는 종래의 컴퓨터 비전 알고리즘은, 2차원 이미지 형태의 데이터를 처리하도록 설계되어 있으므로, 이벤트 카메라로부터의 비동기 이벤트 데이터를 처리하기에는 부적합한 문제점이 존재하였다.

[0006] 이에 따라, 종래에는, 소정의 시간 동안 이벤트 카메라로부터 획득되는 이벤트 데이터를 누적하여 소정의 이미지 프로세싱 과정을 거쳐 2차원 이미지를 생성한 후, 상기 2차원 이미지를 소정의 장치에 입력하는 프로세스를 거쳐야만 카메라의 위치/자세 변화 결과를 추정할 수 있었다.

[0007] 도 1을 참조하면, 소정의 시간 동안 이벤트 카메라로부터 획득되는 이벤트 데이터(110) 및 그로부터 생성된 2차원 이미지(120)를 확인할 수 있다.

[0008] 하지만, 이벤트 카메라로부터 획득되는 이벤트 데이터로부터 2차원 이미지를 생성하기 위해서는 과도한 컴퓨팅 리소스 및 작업 시간이 요구되며, 이런 과정을 거쳐 생성된 2차원 이미지에는 노이즈가 포함될 가능성이 높으므로, 카메라의 위치/자세 변화를 정확하게 추정하기 어렵다는 문제점이 존재하였다.

[0009] 또한, 2차원 이미지를 생성하기 위해서는 소정의 장치(가령, 인공신경망이 탑재된 장치)가 별도로 요구되는데, 이로 인해 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 시스템의 복잡도가 증가하는 문제점이 존재하였다.

[0010] 또한, 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 시스템의 성능이 특정 환경(가령, 이벤트 카메라가 실내에 위치하는 환경 등)에 한해서만 보장되고, 특정 환경이 아닌 다른 환경에서는 그 성능이 크게 하락하는 문제점이 존재하였다.

[0011] 따라서, 상기 문제점들을 해결하기 위한 개선 방안이 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상술한 문제점을 모두 해결하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 어려운 환경에서도 정확하고 신속하게 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 것을 다른 목적으로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명은 카메라로부터 획득되는 이벤트 데이터를 누적하여 2차원 이미지를 생성하는 별도의 프로세스 없이도 카메라의 자세 변화 결과를 정확하게 추정하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특징적인 효과를 실현하기 위한, 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.
- [0016] 본 발명의 일 태양에 따르면, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서, (a) 학습 장치가, 제1 그리드 내지 제n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드는, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 제t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계; (b) 상기 학습 장치가, 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계; 및 (c) 상기 학습 장치가, 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 단계;를 포함하는 방법이 개시된다.
- [0017] 일례로서, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들 중, (i) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제1 특정 픽셀에 대응되는 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제2 특정 픽셀에 대응되는 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.
- [0018] 일례로서, 상기 피쳐 추출 네트워크는 상기 제1 그리드 내지 상기 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델을 포함하며, 상기 (a) 단계에서, 상기 학습 장치가, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.
- [0019] 일례로서, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델 각각은 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory network)인 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.
- [0020] 일례로서, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제n 피쳐 추출 모델은 동일한 가중치를 공유하는 것을 특징으로

하는 방법이 개시된다.

[0021] 일례로서, 상기 피쳐 합성 네트워크는 모래시계 네트워크(hourglass network)인 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.

[0022] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 테스트 방법에 있어서, (a) 학습 장치가, (i) 학습용 제1 그리드 내지 학습용 제n 그리드 - 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드는, 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 학습용 카메라에 의해 생성되는 복수의 학습용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 학습용 특정 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 학습용 전체 픽셀들 중, 상기 학습용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 상기 학습용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제1 임계치 이상인 학습용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각에 대응되는 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (ii) 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 학습용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 학습용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 학습용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 학습용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (iii) 상기 학습용 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 학습용 예측 자세 변화 결과를 참조하여 학습용 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 학습용 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행한 상태에서, 테스트 장치가, 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지를 획득하는 단계; (b) 상기 테스트 장치가, 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 - 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드는, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제2 임계치 이상인 테스트용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 단계; 및 (c) 상기 테스트 장치가, 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 테스트용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 테스트용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 테스트용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 테스트용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 단계;를 포함하는 방법이 개시된다.

[0023] 일례로서, 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들 중, (i) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고, 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제1 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며,

- [0024] 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제2 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제 n _2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.
- [0025] 일례로서, 상기 피쳐 추출 네트워크는 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제 n 피쳐 추출 모델을 포함하며, 상기 (a) 단계에서, 상기 테스트 장치가, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 테스트용 제 n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 방법이 개시된다.
- [0026] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 장치에 있어서, 인스트럭션을 저장하는 적어도 하나의 메모리; 및 상기 인스트럭션을 실행하기 위해 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는, (1) 제1 그리드 내지 제 n 그리드 - 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드는, 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 제 t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 제 $(t-s)$ 샘플링 시점 내지 상기 제 t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제 n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (2) 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제 n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (3) 상기 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행하는 학습 장치가 개시된다.
- [0027] 일례로서, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 특정 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들 중, (i) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각의 상기 전체 픽셀들보다 상기 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제1 특정 픽셀에 대응되는 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 제 n _1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며, 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 제2 특정 픽셀에 대응되는 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 제 n _2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 학습 장치가 개시된다.
- [0028] 일례로서, 상기 피쳐 추출 네트워크는 상기 제1 그리드 내지 상기 제 n 그리드 각각에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제 n 피쳐 추출 모델을 포함하며, 상기 프로세서는, 상기 (1) 프로세스에서, 상기 학습 장치가, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 상기 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 제 n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 제 n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 학습 장치가 개시된다.
- [0029] 일례로서, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델 각각은 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory network)인 것을 특징으로 하는 학습 장치가 개시된다.
- [0030] 일례로서, 상기 제1 피쳐 추출 모델 내지 상기 제 n 피쳐 추출 모델은 동일한 가중치를 공유하는 것을 특징으로 하는 학습 장치가 개시된다.
- [0031] 일례로서, 상기 피쳐 합성 네트워크는 모래시계 네트워크(hourglass network)인 것을 특징으로 하는 학습 장치

가 개시된다.

[0032]

본 발명의 다른 태양에 따르면, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 테스트 장치에 있어서, 인스트럭션들을 저장하는 적어도 하나의 메모리; 및 상기 인스트럭션들을 실행하기 위해 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는, (1) 학습 장치가, (i) 학습용 제1 그리드 내지 학습용 제n 그리드 - 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드는, 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 학습용 카메라에 의해 생성되는 복수의 학습용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 학습용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 학습용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 학습용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 학습용 제t 샘플링 시점 사이의 학습용 특정 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 학습용 전체 픽셀들 중, 상기 학습용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각의 상기 학습용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제1 임계치 이상인 학습용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드 각각에 대응되는 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스, (ii) 상기 학습용 제1 그리드 내지 상기 학습용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 학습용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 학습용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 학습용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 학습용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 학습용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 학습용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스 및 (iii) 상기 학습용 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 상기 학습용 예측 자세 변화 결과를 참조하여 학습용 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 상기 학습용 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 상기 피쳐 추출 네트워크 및 상기 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스를 수행한 상태에서, 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지를 획득하는 프로세스, (2) 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 - 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드는, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 상기 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성됨 - 각각에서 발생한 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 - 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 상기 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제2 임계치 이상인 테스트용 특정 픽셀에 대응됨 - 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력하여, 상기 피쳐 추출 네트워크로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 하는 프로세스 및 (3) 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 상기 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 테스트용 통합 피쳐 벡터를 생성하고, 상기 테스트용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 상기 피쳐 합성 네트워크로 하여금 상기 테스트용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 테스트용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 하는 프로세스를 수행하는 테스트 장치가 개시된다.

[0033]

일례로서, 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 상기 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들 중, (i) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제1 특정 픽셀 및 (ii) 상기 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각의 상기 테스트용 전체 픽셀들보다 상기 제2 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응되고, 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제1 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며, 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 상기 테스트용 제2 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 테스트 장

치가 개시된다.

[0034] 일례로서, 상기 피처 추출 네트워크는 상기 테스트용 제1 그리드 내지 상기 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피처 추출 모델 내지 제n 피처 추출 모델을 포함하며, 상기 프로세서는, 상기 (1) 프로세스에서, 상기 제1 피처 추출 모델 내지 상기 제n 피처 추출 모델 각각으로 하여금 상기 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 상기 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 상기 테스트용 제1 그리드 피처 벡터 내지 상기 테스트용 제n 그리드 피처 벡터 각각을 생성하도록 하는 것을 특징으로 하는 테스트 장치가 개시된다.

발명의 효과

[0035] 본 발명은 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 어려운 환경에서도 정확하고 신속하게 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 효과가 있다.

[0036] 또한, 본 발명은 카메라로부터 획득되는 이벤트 데이터를 누적하여 2차원 이미지를 생성하는 별도의 프로세스 없이도 카메라의 자세 변화 결과를 정확하게 추정하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 본 발명의 실시예의 설명에 이용되기 위하여 첨부된 아래 도면들은 본 발명의 실시예들 중 단지 일부일 뿐이며, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하 "통상의 기술자")에게 있어서는 발명적 작업이 이루어짐 없이 이 도면들에 기초하여 다른 도면들이 얻어질 수 있다.

도 1은 종래기술에 따라 소정의 시간 동안 이벤트 카메라로부터 획득되는 데이터 및 그로부터 생성된 2차원 누적 이미지를 개략적으로 도시한 것이며,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 장치를 개략적으로 도시한 것이며,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서, 시계열 이벤트가 획득되는 과정을 개략적으로 도시한 것이며,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 학습 방법에 있어서, 학습 장치가 피처 추출 네트워크 및 피처 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 방법을 개략적으로 도시한 것이며,

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 테스트 장치를 개략적으로 도시한 것이며,

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 테스트 방법을 개략적으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명의 목적들, 기술적 해법들 및 장점들을 분명하게 하기 위하여 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 통상의 기술자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다.

[0039] 또한, 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐, "포함하다"라는 단어 및 그것의 변형은 다른 기술적 특징들, 부가물들, 구성요소들 또는 단계들을 제외하는 것으로 의도된 것이 아니다. 통상의 기술자에게 본 발명의 다른 목적들, 장점들 및 특성들이 일부는 본 설명서로부터, 그리고 일부는 본 발명의 실시로부터 드러날 것이다. 아래의 예시 및 도면은 실례로서 제공되며, 본 발명을 한정하는 것으로 의도된 것이 아니다.

[0040] 더욱이 본 발명은 본 명세서에 표시된 실시예들의 모든 가능한 조합들을 망라한다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어

어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [0041] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위해 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 학습 장치를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0043] 도 2를 참조하면, 학습 장치는 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위해 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하기 위한 인스트럭션들을 저장하는 메모리와 메모리에 저장된 인스트럭션들에 대응하여 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세서를 포함할 수 있다. 이때, 학습 장치는 PC(Personal Computer), 모바일 컴퓨터 등을 포함할 수 있다.
- [0044] 구체적으로, 학습 장치는 전형적으로 컴퓨팅 장치(예컨대, 컴퓨터 프로세서, 메모리, 스토리지, 입력 장치 및 출력 장치, 기타 기존의 컴퓨팅 장치의 구성요소들을 포함할 수 있는 장치; 라우터, 스위치 등과 같은 전자 통신 장치; 네트워크 부착 스토리지(NAS) 및 스토리지 영역 네트워크(SAN)와 같은 전자 정보 스토리지 시스템)와 컴퓨터 소프트웨어(즉, 컴퓨팅 장치로 하여금 특정의 방식으로 기능하게 하는 인스트럭션들)의 조합을 이용하여 원하는 시스템 성능을 달성하는 것일 수 있다.
- [0045] 또한, 컴퓨팅 장치의 프로세서는 MPU(Micro Processing Unit) 또는 CPU(Central Processing Unit), 캐쉬 메모리(Cache Memory), 데이터 버스(Data Bus) 등의 하드웨어 구성을 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨팅 장치는 운영체제, 특정 목적을 수행하는 애플리케이션의 소프트웨어 구성을 더 포함할 수도 있다.
- [0046] 그러나, 컴퓨팅 장치가 본 발명을 실시하기 위한 미디엄, 프로세서 및 메모리가 통합된 형태인 integrated 프로세서를 포함하는 경우를 배제하는 것은 아니다.
- [0047] 위와 같은 구성의 학습 장치가 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위해 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습하는 프로세스에 대해 아래에서 설명하기로 한다.
- [0048] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 학습 장치는, 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각에서 발생한 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트, GT(ground truth) 자세 변화 결과를 학습 데이터로서 획득할 수 있다.
- [0049] 일례로, 이러한 학습 데이터는 아래의 프로세스를 통해 생성될 수 있다.
- [0050] 가령, 프레임 기반 비디오 이미지(가령, 35개의 scene으로 구성되고, 한 scene당 평균 47개의 프레임으로 구성되며, 해상도는 (1024, 436)이고, 24fps인 비디오 이미지), 카메라 파라미터에 대한 정보 및 카메라 궤적에 대한 정보가 이벤트 카메라 시뮬레이터(가령, ESIM)에 입력됨으로써, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트, GT 자세 변화 결과가 생성될 수 있다.
- [0051] 만약, GT 자세 변화 결과가 이미 생성되어 있는 상태라면, 프레임 기반 비디오 이미지, 카메라 파라미터에 대한 정보 및 카메라 궤적에 대한 정보가 이벤트 카메라 시뮬레이터(가령, ESIM)에 입력됨으로써, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트가 생성될 수도 있다.
- [0052] 이때, GT 자세 변화 결과는 옵티컬 플로우(optical flow)에 대한 정답값일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며, 가령, 6 자유도(6 degrees of freedom)에 대한 정답값 또는 카메라로부터 물체까지의 depth에 대한 정답값일 수 있다.
- [0053] 이때, 제1 그리드 내지 제n 그리드는, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성될 수 있다.
- [0054] 참고로, 카메라에 의해 생성되는 복수의 샘플링 이미지는, 카메라에 의해 센싱되는 H*W 크기의 영역을 의미할 수 있으며, 제1 그리드 내지 제n 그리드는, 카메라에 의해 센싱되는 H*W 크기의 영역이 h*w크기로 구획됨으로써 생성되는 Gh*Gw개의 그리드일 수 있다.
- [0055] 이때, 상기 카메라는 이벤트 카메라일 수 있으며, 이벤트 카메라에 의해 센싱되는 H*W 크기의 이미지는, 샘플링 시점 당시의 픽셀별 강도 또는 픽셀별 강도 변화를 나타낼 수 있다.
- [0056] 참고로, 그리드는 다양한 기준에 따라 생성될 수 있으며, 본 발명의 실시예가 어느 하나의 기준에 한정되는 것

은 아니다.

[0057] 가령, grid thresholding 방식에 따라 서로 겹치지 않도록 제1 그리드 내지 제n 그리드가 생성되거나, grid overlap 방식에 따라 일정 영역이 겹치도록 제1 그리드 내지 제n 그리드가 생성될 수 있다.

[0058] 참고로, grid thresholding 방식은, 그리드끼리 서로 중복되는 영역이 없으므로 예측 자세 변화 결과를 생성하는데 있어서 컴퓨팅 리소스가 절약되는 장점이 있으며, grid overlap 방식은, 이미지 크기에 영향없이 그리드가 생성될 수 있으며, aperture problem이 완화되는 장점이 있다.

[0059] 또한, 그리드의 사이즈 및 stride의 사이즈에 따른 sequence length의 값, feature map 사이즈 등은 아래 표 1과 같다.

표 1

그리드 사이즈		
	크게	작게
Sequence length	길어짐	짧아짐
특정 데이터 셋(Sintel-final)에서의 예		
그리드 사이즈	40*40	16*16
Avg sequence length	약 90개	약 14개
Overlap 없을 경우의G_H, G_W	25.6, 10.9	64, 27.25
Stride 사이즈		
	크게	작게
Feature map 사이즈	비교적 작음	비교적 큼
1회 순전파마다반복 횟수	비교적 작음	비교적 큼
특정 데이터 셋(Sintel-final)에서의 예		
Stride 사이즈	4	2
Feature map 사이즈	(H/4, W/4)	(H/2, W/2)
1회 순전파마다반복 횟수	27904회	111616회

[0061] 참고로, 상기에서는 Sintel 데이터셋을 예시적으로 설명하였으나, 이외에도 다양한 데이터셋이 학습 데이터로서 이용될 수 있다.

[0062] 가령, (i) flying chairs 데이터셋, (ii) KITTI2012, KITTI2015 데이터셋, (iii) middlebury 데이터셋 중 적어도 일부의 데이터 셋이 학습 데이터로서 이용될 수 있다.

[0063] 또한, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 제(t-s) 샘플링 시점 내지 제t 샘플링 시점 사이의 특정 샘플링 시점에서의 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 적어도 하나의 특정 픽셀에 대응될 수 있다.

[0064] 일례로, 샘플링 레이트가 1,000,000 Hz, 제(t-s) 샘플링 시점은 0초, 제t 샘플링 시점은 1초, 제k 그리드의 사이즈는 40*40(즉, 1600개 픽셀을 포함하는 사이즈)이라고 가정하여 설명하겠다.

[0065] 제k 그리드의 전체 1600개의 픽셀에 대해, 1,000,000번의 샘플링 시점마다, 직전 샘플링 시점에서의 각각의 픽셀 강도와 현재 샘플링 시점에서의 각각의 픽셀 강도가 비교되어, 강도 차이 절대값이 임계치 이상인 특정 픽셀이 있을 경우, 해당 픽셀의 위치 및 현재 샘플링 시점에 대한 정보를 포함하는 이벤트들이 제k 그리드 시계열 이벤트로서 획득될 수 있다.

[0066] 가령, 0.1초 당시의 샘플링 시점에는 제k 그리드의 (10, 20)에 위치하는 픽셀의 강도가 직전 샘플링 시점에서의 픽셀의 강도보다 임계치 이상 크고, 0.5초 당시의 샘플링 시점에는 제k 그리드의 (30, 10)에 위치하는 픽셀의 강도가 직전 샘플링 시점에서의 픽셀의 강도보다 임계치 이상 작을 경우, 제k 그리드 시계열 이벤트는, (i) 0.1초 당시 (10, 20)에 위치하는 픽셀에 대응되는 이벤트 정보(가령, (10, 20, 0.1)에 대응되는 정보) 및 (ii) 0.5초 당시 (30, 10)에 위치하는 픽셀에 대응되는 이벤트 정보(가령, (30, 10, 0.5)에 대응되는 정보)를 포함할 수 있다.

[0067] 이때, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 특정 샘플링 시점에서의 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들 중, (i) 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 제1 그리드 내지 제n

그리드 각각의 전체 픽셀들보다 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 제1 특정 픽셀 및 (ii) 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각의 전체 픽셀들보다 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응될 수 있다.

- [0068] 일례로, 제k 그리드의 전체 1600개의 픽셀들 중, 샘플링 시구간 동안 아래의 수학식 1을 만족하는 제1 특정 픽셀 또는 제2 특정 픽셀에 대응되는 제k 그리드 시계열 이벤트가 획득될 수 있다.
- [0069] [수학식 1]
- [0070] $|\log I| = |\log I(x, y, t) - \log I(x, y, t - \Delta t)| \geq C$
- [0071] 이때, I는 픽셀의 강도(intensity)이고, C는 임계치를 나타낸다.
- [0072] 도 3을 참조하면, 특정 그리드의 특정 그리드 시계열 이벤트 중, 제1 특정 픽셀에 대응되는 이벤트들은 빨간색으로 표시되고, 제2 특정 픽셀에 대응되는 이벤트들은 파란색으로 표시된 것을 확인할 수 있다.
- [0073] 일례로, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 제1 특정 픽셀에 대응되는 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함할 수 있다.
- [0074] 또한, 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 제2 특정 픽셀에 대응되는 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 제n_2 그리드 시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함할 수 있다.
- [0075] 가령, 앞서 예로 들었던, 0.1초 당시의 샘플링 시점에는 제k 그리드의 (10, 20)에 위치하는 픽셀의 강도가 직전 샘플링 시점에서의 픽셀의 강도보다 임계치 이상 크고, 0.5초 당시의 샘플링 시점에는 제k 그리드의 (30, 10)에 위치하는 픽셀의 강도가 직전 샘플링 시점에서의 픽셀의 강도보다 임계치 이상 작을 경우에 대해서 다시 설명하면, 제k 그리드 시계열 이벤트는, (i) 0.1초 당시 (10, 20)에 위치하는 픽셀에 대응되는 이벤트 정보(가령, (10, 20, 0.1, +)에 대응되는 정보) 및 (ii) 0.5초 당시 (30, 10)에 위치하는 픽셀에 대응되는 이벤트 정보(가령, (30, 10, 0.5, -)에 대응되는 정보)를 포함할 수 있다. 즉, 각각의 이벤트는 그 크기가 4인 1차원 벡터일 수 있다.
- [0076] 그리고, 학습 장치는, 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부를 피쳐 추출 네트워크에 입력할 수 있다.
- [0077] 도 4를 참조하면, 학습 장치가, 제1 그리드 내지 제n 그리드 중 제k 그리드에서 발생한 제k 그리드 시계열 이벤트를 샘플링 시점이 이른 순서대로 피쳐 추출 네트워크에 입력하는 모습을 도시하고 있다.
- [0078] 참고로, 나머지 그리드들에 대해서도 동일/유사한 프로세스가 이루어질 것이라는 점은 당업자가 쉽게 이해할 수 있을 것이다.
- [0079] 이때, 피쳐 추출 네트워크는 제1 그리드에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 그리드에 대응되는 제n 피쳐 추출 모델을 포함할 수 있으며, 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델 각각은, 순환신경망(recurrent neural network), 가령, 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory network)일 수 있다.
- [0080] 또한, 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델은 동일한 가중치를 공유할 수 있다.
- [0081] 그리고, 학습 장치는, 피쳐 추출 네트워크로 하여금 제1 그리드에 대응되는 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드에 대응되는 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 할 수 있다.
- [0082] 일례로, 학습 장치는, 피쳐 추출 네트워크의 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 할 수 있다.
- [0083] 이때, 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터 각각은, 크기가 d인 1차원 벡터일 수 있으며, 크기 d의 값은 피쳐 추출 네트워크의 설계 사양에 따라 그 값이 조절될 수 있다.
- [0084] 이러한 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 제n 그리드 피쳐 벡터 각각은, 제1 그리드 내지 제n 그리드 각각의 부분적인 특징을 함축하고 있다.
- [0085] 하지만, 학습 장치가, 카메라의 자세 변화 결과를 보다 더 정확하게 추정하기 위해서는, 제1 그리드 내지 제n 그리드를 포괄하는 전체적인 특징도 함께 고려하는 것이 필요할 수 있다.
- [0086] 이를 위해, 학습 장치는, 제1 그리드 내지 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 제1 그리드 피쳐 벡터 내지

제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 통합 피쳐 벡터를 생성할 수 있다.

[0087] 그리고, 학습 장치는, 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 피쳐 합성 네트워크로 하여금 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 할 수 있다.

[0088] 이처럼 통합 피쳐 벡터가 피쳐 합성 네트워크에 입력되어 소정의 연산 프로세스가 이루어짐으로써, 예측 자세 변화 결과에서 noise가 제거되고 textureless한 영역에 대해 보완이 이루어지는 효과가 발생할 수 있다.

[0089] 이때, 피쳐 합성 네트워크는 skip 구조를 포함하는 모래시계 네트워크(hourglass network)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 가령, 피쳐 합성 네트워크는, skip 구조가 추가되지 않은 인코더 디코더 구조의 네트워크일 수 있다.

[0090] 일례로, 도 4에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 피쳐 합성 네트워크의 세부 구조는 아래 표 2와 같다.

표 2

Name	Layer setting	Output dimension (d=32라고 가정할 경우)
2D CNN(hourglass)		
Conv_down1	3*3, 64 3*3, 64	G_H/2 * G_W/2 * 64
Conv_down1	3*3, 64*3*3, 64	G_H/4 * G_W/4 * 128
Conv_down1	3*3, 64*3*3, 64	G_H/8 * G_W/8 * 256
Conv_up1	Deconv 3*3, 128Add conv_down1	G_H/4 * G_W/4 * 128
Conv_up1	Deconv 3*3, 128Add conv_down1	G_H/2 * G_W/2 * 64
Conv_up1	Deconv 3*3, 128Add conv_down1	G_H * G_W * 32
Output0	Conv 3*3, 2	G_H * G_W * 2
Output1	Bilinear upsampling	H * W * 2

[0092] 참고로, 도 4를 참조하면, 예측 자세 변화 결과의 출력의 크기는 H*W*2라고 표시되어 있는데, 이때 2는 각각의 픽셀의 속도 벡터 (u, v)에 대응되는 값을 나타낸다.

[0093] 그리고, 학습 장치는, 예측 자세 변화 결과에 대응되는 GT 자세 변화 결과 및 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득하고, 자세 변화 결과 로스를 백프로파게이션하여 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습할 수 있다.

[0094] 가령, 학습 장치는, 로스 레이어를 통해 GT 자세 변화 결과 및 예측 자세 변화 결과를 참조하여 자세 변화 결과 로스를 획득할 수 있다.

[0095] 본 발명의 일 실시예에 따른 손실 함수(Loss Function)는 아래 수학적 식 2와 같다.

[0096] [수학적 식 2]

$$\mathcal{L} = \frac{1}{|M|} \sum_{p \in M} \rho(\hat{f}(p) - f^*(p))$$

[0098] 이때, (i) ρ 는 $\|\cdot\|_2$ 또는 더 robust한 norm, (ii) M은 예측 자세 변화 결과 또는 GT 자세 변화 결과에서의 픽셀의 좌표(위치), (iii) $\hat{f}(p)$ 는 픽셀 p에서의 예측 자세 변화 결과, (iv) $f^*(p)$ 는 픽셀 p에서의 GT 자세 변화 결과를 나타낸다.

[0099] 일례로, 예측 자세 변화 결과는 유틸리티 플로우 벡터로서 (u, v)^T로 표현될 수 있다.

[0100] 또한, 오차가 발생하는 부분에 대한 성능 평가를 위해서 average end point error(EPE) 평가 기법이 이용될 수 있다.

[0101] 구체적으로는, 직전 프레임의 픽셀 중 현재 프레임의 픽셀에 대응되는 픽셀을 matched 픽셀로 정의하고, 직전 프레임의 픽셀 중 현재 프레임의 픽셀에 대응되지 않는 픽셀을 unmatched 픽셀로 정의한 상태에서, (i) d0-10,

d10-60, d60-140, 즉 두 프레임 사이에서 moving boundary로부터 소정의 범위만큼 이동한 영역(region) 및 (ii) s0-10, s10-40, s40+ 즉, 두 프레임 사이에서 소정의 범위만큼 이동한 영역(region)에 대해서, EPE all, EPE matched(즉, matched 픽셀에 대한 average EPE), EPE unmatched(즉, unmatched 픽셀에 대한 average EPE) 을 통해 성능 평가가 수행될 수 있다.

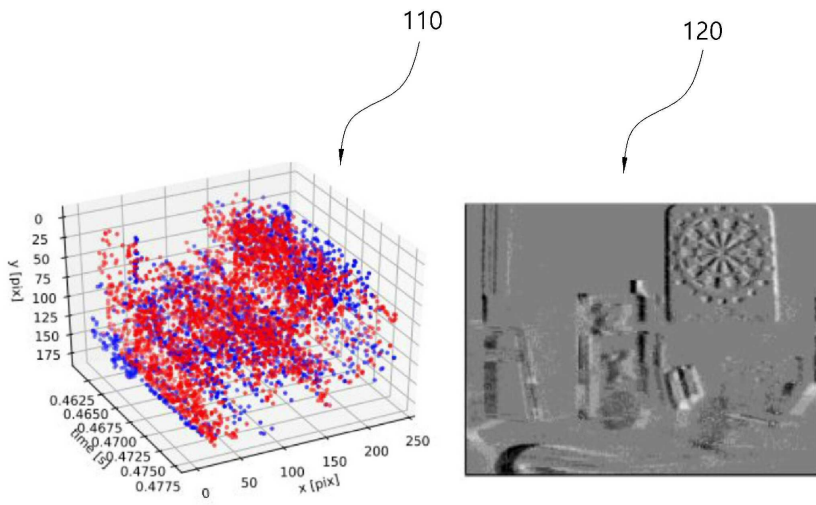
- [0102] 이처림, 학습 장치가, 피쳐 추출 네트워크 및 피쳐 합성 네트워크 중 적어도 일부를 학습한 상태에서, 테스트 장치의 구성 및 동작에 대해 도 5 및 도 6을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0103] 먼저, 도 5를 참조하여, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 테스트 장치에 대해 설명하겠다.
- [0104] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 테스트 장치는, 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하기 위한 인스트럭션들을 저장하는 메모리와 메모리에 저장된 인스트럭션들에 대응하여 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 프로세서를 포함할 수 있다. 이때, 테스트 장치는 PC(Personal Computer), 모바일 컴퓨터 등을 포함할 수 있다.
- [0105] 구체적으로, 테스트 장치는 전형적으로 컴퓨팅 장치(예컨대, 컴퓨터 프로세서, 메모리, 스토리지, 입력 장치 및 출력 장치, 기타 기존의 컴퓨팅 장치의 구성요소들을 포함할 수 있는 장치; 라우터, 스위치 등과 같은 전자 통신 장치; 네트워크 부착 스토리지(NAS) 및 스토리지 영역 네트워크(SAN)와 같은 전자 정보 스토리지 시스템)와 컴퓨터 소프트웨어(즉, 컴퓨팅 장치로 하여금 특정의 방식으로 기능하게 하는 인스트럭션들)의 조합을 이용하여 원하는 시스템 성능을 달성하는 것일 수 있다.
- [0106] 또한, 컴퓨팅 장치의 프로세서는 MPU(Micro Processing Unit) 또는 CPU(Central Processing Unit), 캐쉬 메모리(Cache Memory), 데이터 버스(Data Bus) 등의 하드웨어 구성을 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨팅 장치는 운영체제, 특정 목적을 수행하는 애플리케이션의 소프트웨어 구성을 더 포함할 수도 있다.
- [0107] 그러나, 컴퓨팅 장치가 본 발명을 실시하기 위한 미디엄, 프로세서 및 메모리가 통합된 형태인 integrated 프로세서를 포함하는 경우를 배제하는 것은 아니다.
- [0108] 이때, 테스트 장치는, 도 2에 도시된 학습 장치와 동일한 장치이거나, 서로 별개의 장치일 수 있다.
- [0109] 위와 같은 구성의 테스트 장치가 시계열 이벤트를 이용하여 카메라의 자세 변화 결과를 추정하는 프로세스에 대해 설명하면 아래와 같다.
- [0110] 도 6을 참조하면, 테스트 장치는, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 시구간 동안 테스트용 카메라에 의해 생성되는 복수의 테스트용 샘플링 이미지 각각이 기설정된 기준에 따라 구획됨으로써 생성되는 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 - 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각에서 발생한 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 피쳐 추출 네트워크에 입력할 수 있다.
- [0111] 참고로, 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 테스트용 제(t-s) 샘플링 시점 내지 테스트용 제t 샘플링 시점 사이의 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들과의 강도 차이 절대값이 제2 임계치 이상인 테스트용 특정 픽셀에 대응될 수 있다.
- [0112] 이때, 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 각각은, 테스트용 특정 샘플링 시점에서의 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들 중, (i) 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들보다 제2 임계치 이상 큰 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제1 특정 픽셀 및 (ii) 테스트용 특정 샘플링 시점의 직전 샘플링 시점에서의 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각의 테스트용 전체 픽셀들보다 제2 임계치 이상 작은 강도를 가지는 적어도 하나의 테스트용 제2 특정 픽셀 중 어느 하나에 대응될 수 있다.
- [0113] 또한, 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 테스트용 제1 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_1 그리드 시계열 이벤트는 포지티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함하며, 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중, 테스트용 제2 특정 픽셀에 대응되는 테스트용 제1_2 그리드 시계열 이벤트 내지 테스트용 제n_2 그리드

시계열 이벤트는 네거티브 극성에 관한 정보를 추가로 포함할 수 있다.

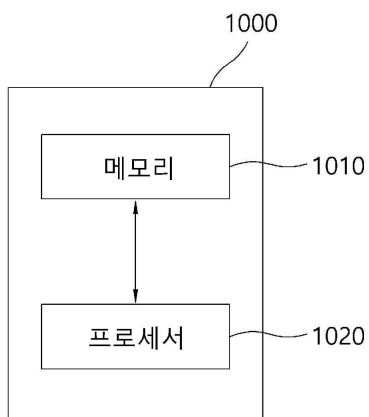
- [0114] 이에 대해서는, 학습 장치의 동작 프로세스에 대해 설명한 것과 유사하므로, 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0115] 그리고, 테스트 장치는, 피쳐 추출 네트워크로 하여금 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 생성하도록 할 수 있다.
- [0116] 이때, 피쳐 추출 네트워크는 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드 각각에 대응되는 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델을 포함할 수 있다.
- [0117] 일례로, 테스트 장치는, 제1 피쳐 추출 모델 내지 제n 피쳐 추출 모델 각각으로 하여금 테스트용 제1 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 내지 테스트용 제n 그리드 시계열 이벤트 중 적어도 일부 각각을 참조하도록 하여 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터 각각을 생성하도록 할 수 있다.
- [0118] 그리고, 테스트 장치는, 테스트용 제1 그리드 내지 테스트용 제n 그리드의 상대적인 위치를 참조하여 테스트용 제1 그리드 피쳐 벡터 내지 테스트용 제n 그리드 피쳐 벡터를 통합함으로써 테스트용 통합 피쳐 벡터를 생성할 수 있다.
- [0119] 그리고, 테스트 장치는, 테스트용 통합 피쳐 벡터를 피쳐 합성 네트워크에 입력하여 피쳐 합성 네트워크로 하여금 테스트용 카메라의 자세가 변화한 정도를 나타내는 테스트용 예측 자세 변화 결과를 생성하도록 할 수 있다.
- [0120] 이에 더해, 테스트 장치는, IMU(inertial measurement unit) 센서로부터의 가속도 데이터 및 각속도 데이터를 추가로 참조하여 더 정확한 예측 자세 변화 결과를 생성할 수 있다.
- [0121] 또한, 이상 설명된 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0122] 이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.
- [0123] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

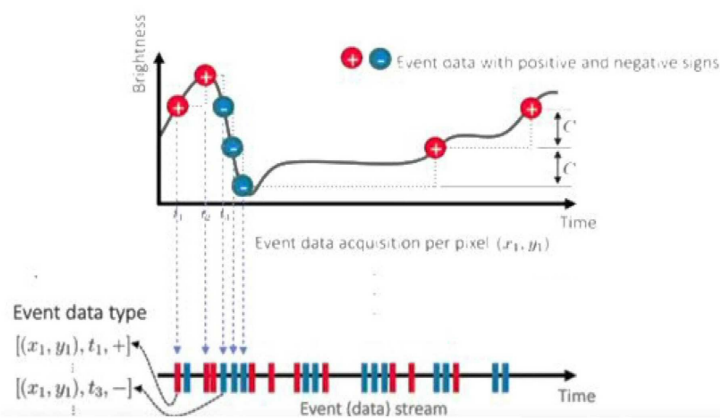
도면1



도면2

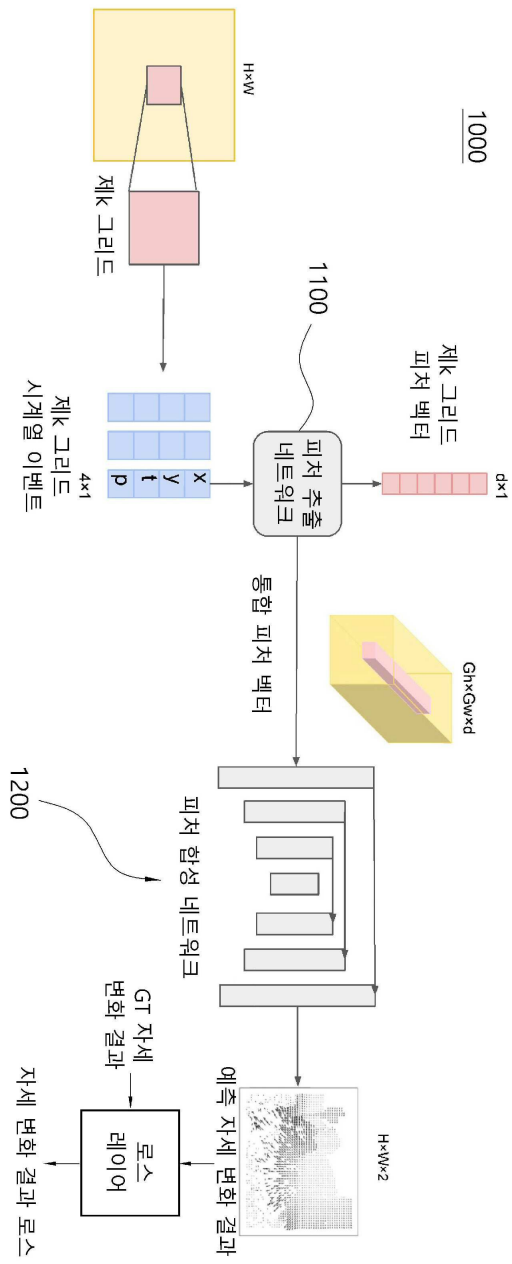


도면3

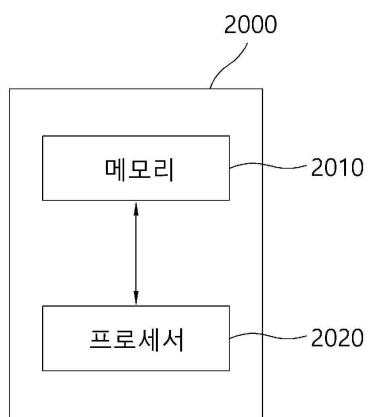


latency asynchronous temporal contrast vision sensor

도면4



도면5



도면6

