



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0029120
(43) 공개일자 2023년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/246 (2017.01) G06T 17/05 (2011.01)
G06T 7/50 (2017.01) G06T 7/70 (2017.01)
G06T 7/90 (2017.01) G09B 29/00 (2006.01)

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(52) CPC특허분류
G06T 7/246 (2017.01)
G06T 17/05 (2013.01)

(72) 발명자
김은태
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 C607호(신촌동, 연세대학교)

(21) 출원번호 10-2021-0111212
(22) 출원일자 2021년08월23일
심사청구일자 2021년08월23일

조해민
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 C607호(신촌동, 연세대학교)

(74) 대리인
특허법인우인

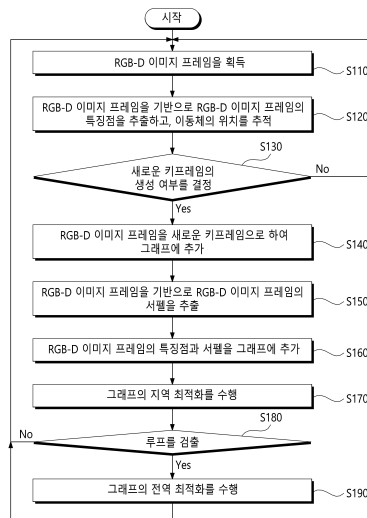
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치는, RGB-D 이미지를 이용하여 획득한 특징점(point feature)과 서펠(surface element, surfel)을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성(simultaneous localization and mapping, SLAM)함으로써, 패턴이 적어 이동체의 위치를 파악하기 힘든 환경에서도 이동체의 위치 이동량을 계산하고 그에 따른 지도 작성을 원활하게 수행할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

- G06T 7/50 (2017.01)
- G06T 7/70 (2017.01)
- G06T 7/90 (2017.01)
- G09B 29/003 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415172125
과제번호	20005062
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술혁신사업
연구과제명	밀집군중 사이 민첩기동이 가능한 인공지능 융합 실내외 로봇 자율주행
기술개발(3/4)	
기여율	1/1
과제수행기관명	한국전자기술연구원
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

RGB-D 센서를 통해 RGB-D 이미지 프레임을 획득하는 단계;

상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점(point feature)을 추출하고, 이동체의 위치를 추적하는 단계;

추적한 상기 이동체의 위치를 기반으로 새로운 키프레임(keyframe)의 생성 여부를 결정하는 단계;

상기 새로운 키프레임을 생성하는 것으로 결정되면, 상기 RGB-D 이미지 프레임을 상기 새로운 키프레임으로 하여 그래프에 추가하는 단계;

상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠(surface element, surfel)을 추출하는 단계; 및

상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점 중에서 기존 특징점 랜드마크와 매칭되지 않은 특징점을 새로운 특징점 랜드마크로 하여 상기 그래프에 추가하고, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 중에서 기존 서펠 랜드마크와 매칭되지 않은 서펠을 새로운 서펠 랜드마크로 하여 상기 그래프에 추가하는 단계;

를 포함하는 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 서펠 추출 단계는,

상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 획득한 슈퍼픽셀(superpixel)을 이용하여 서펠 후보를 생성하고, 슈퍼픽셀에 속한 픽셀들의 깊이 정보를 이용하여 서펠 후보 중에서 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 추출하며,

서펠의 위치를 이용하여 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행하는 것으로 이루어지는,

특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법.

청구항 3

제2항에서,

상기 서펠 추출 단계는,

슈퍼픽셀에 속한 모든 픽셀에 대해 서펠과의 거리를 획득하고, 획득한 거리의 합이 미리 설정된 임계값보다 작은 서펠을 서펠 후보 중에서 추출하여 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 획득하며,

상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 상기 기존 서펠 랜드마크의 중심점 사이의 거리, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 상기 기존 서펠 랜드마크 간의 수직 거리와 상기 기존 서펠 랜드마크의 중심점과 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 간의 수직 거리의 평균값, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 반지름 및 상기 기존 서펠 랜드마크의 반지름을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행하는 것으로 이루어지는,

특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 획득된

키프레임 범위를 대상으로 상기 그래프의 지역 최적화를 수행하는 단계;

상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 루프를 검출하고, 상기 루프가 검출되면 상기 루프에 대한 정보를 상기 그래프에 추가하는 단계; 및

상기 루프가 검출되면, 전체 키프레임을 대상으로 상기 그래프의 전역 최적화를 수행하는 단계;

를 더 포함하는 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법.

청구항 5

제4항에서,

상기 루프 검출 단계는,

상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점에 대한 기술자를 이용하여 이전 키프레임 중에서 프레임 후보를 획득하고, 상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 프레임 후보의 서펠을 기반으로 상기 루프를 검출하는 것으로 이루어지는,

특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 RGB-D 센서를 이용하여 이동체의 위치를 추정하고 지도를 작성(simultaneous localization and mapping, SLAM)하는, 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 로보틱스, 자율 주행 등 많은 분야들이 점점 발달되어가고 있고, 그에 사용되는 센서를 이용해 이동량을 파악하는 기술의 필요성이 증대되고 있다. 센서를 통해 습득한 데이터를 이용해 주변의 환경을 인식하고 이를 통해 자신의 위치를 추정하며 추정된 자신의 위치를 이용해 주변 환경에 대한 지도를 구축하는 일은 굉장히 중요하다. 여러 센서들 중 빈번하게 사용되는 RGB-D 센서는 2차원의 색 이미지와 함께 주변의 깊이(depth) 센서로부터 2차원의 거리 정보를 제공하는 센서이며, 이를 통해 획득한 복수개의 이미지 프레임을 이용하여 센서의 위치 인식 및 지도 작성을 수행하는 기술이 개발되고 있다.

[0003] 해당 기술 중 특징(feature)을 이용하는 기술은 이미지로부터 특징점(point feature)을 추출하여 여러 프레임과의 연관을 통해 프레임간의 오차를 최소화하는 기술이다. 하지만, 이미지로부터 특징점을 추출하는 방법은 패턴이 없는 동일한 색으로 이루어진 벽 같은 곳에서는 특징점이 추출될 수가 없기 때문에 그 성능이 현저히 떨어지므로 활용 범위가 제한적인 문제가 있다.

[0004] 이처럼 종래의 특징점 추출을 통한 센서의 위치 인식 및 지도 작성 기술은 이미지에 정보가 많은 환경에서만 효과적으로 활용될 수 있으며, 특징점이 많이 추출되지 않는 환경에서는 활용하기 어렵다는 한계점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 목적은, RGB-D 이미지를 이용하여 획득한 특징점(point feature)과 서펠(surface element, surfel)을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성(simultaneous localization and mapping, SLAM)하는, 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추

정 및 지도 작성 방법은, RGB-D 센서를 통해 RGB-D 이미지 프레임을 획득하는 단계; 상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점(point feature)을 추출하고, 이동체의 위치를 추적하는 단계; 추적한 상기 이동체의 위치를 기반으로 새로운 키프레임(keyframe)의 생성 여부를 결정하는 단계; 상기 새로운 키프레임을 생성하는 것으로 결정되면, 상기 RGB-D 이미지 프레임을 상기 새로운 키프레임으로 하여 그래프에 추가하는 단계; 상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠(surface element, surfel)을 추출하는 단계; 및 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점 중에서 기존 특징점 랜드마크와 매칭되지 않은 특징점을 새로운 특징점 랜드마크로 하여 상기 그래프에 추가하고, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 중에서 기존 서펠 랜드마크와 매칭되지 않은 서펠을 새로운 서펠 랜드마크로 하여 상기 그래프에 추가하는 단계;를 포함한다.

[0008] 여기서, 상기 서펠 추출 단계는, 상기 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 획득한 슈퍼픽셀(superpixel)을 이용하여 서펠 후보를 생성하고, 슈퍼픽셀에 속한 픽셀들의 깊이 정보를 이용하여 서펠 후보 중에서 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 추출하며, 서펠의 위치를 이용하여 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 서펠 추출 단계는, 슈퍼픽셀에 속한 모든 픽셀에 대해 서펠과의 거리를 획득하고, 획득한 거리의 합이 미리 설정된 임계값보다 작은 서펠을 서펠 후보 중에서 추출하여 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 획득하며, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 상기 기존 서펠 랜드마크의 중심점 사이의 거리, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 상기 기존 서펠 랜드마크 간의 수직 거리와 상기 기존 서펠 랜드마크의 중심점과 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 간의 수직 거리의 평균값, 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 반지름 및 상기 기존 서펠 랜드마크의 반지름을 기반으로 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 획득된 키프레임 범위를 대상으로 상기 그래프의 지역 최적화를 수행하는 단계; 상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 루프를 검출하고, 상기 루프가 검출되면 상기 루프에 대한 정보를 상기 그래프에 추가하는 단계; 및 상기 루프가 검출되면, 전체 키프레임을 대상으로 상기 그래프의 전역 최적화를 수행하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 루프 검출 단계는, 상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 특징점에 대한 기술자를 이용하여 이전 키프레임 중에서 프레임 후보를 획득하고, 상기 새로운 키프레임으로 상기 그래프에 추가된 상기 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 상기 프레임 후보의 서펠을 기반으로 상기 루프를 검출하는 것으로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치에 의하면, RGB-D 이미지를 이용하여 획득한 특징점(point feature)과 서펠(surface element, surfel)을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성(simultaneous localization and mapping, SLAM)함으로써, 패턴이 적어 이동체의 위치를 파악하기 힘든 환경에서도 이동체의 위치 이동량을 계산하고 그에 따른 지도 작성을 원활하게 수행할 수 있다.

[0013] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법을 설명하기 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 서펠 간의 위치 유사도를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 그래프에 속한 키프레임, 특징점 및 서펠의 일례를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법을 통해 획득한 지도를 시각화한 도면으로, 서펠을 명확하게 확인하기 위해 왼쪽 열은 서펠의 RGB 값을 이용해 나타낸 것이고 오른쪽 열은 서펠의 normal 값을 색 매핑하여 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0016] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0017] 본 명세서에서 "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예컨대, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0018] 본 명세서에서 각 단계들에 있어 식별부호(예컨대, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별 부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0019] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다" 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예컨대, 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성 요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0022] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법 및 장치의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0024] 먼저, 도 1을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 장치에 대하여 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 장치(이하 '위치 추정 및 지도 작성 장치'라 한다)(100)는 RGB-D 이미지를 이용하여 획득한 특징점(point feature)과 서펠(surface element, surfel)을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성(simultaneous localization and mapping, SLAM)한다. 이에 따라, 본 발명은 패턴이 적어 이동체의 위치를 파악하기 힘든 환경에서도 이동체의 위치 이동량을 계산하고 그에 따른 지도 작성을 원활하게 수행할 수 있다.
- [0027] 이때, 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)는 하드웨어 형태나 소프트웨어 형태로 구현되어 이동체(moving object)에 탑재되고, 이동체의 위치를 추정하고 지도를 작성할 수 있다. 여기서, 이동체는 청소 로봇 등과 같은 자율 주행 이동체를 말한다.
- [0028] 즉, 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)는 환경에서 특징점과 서펠을 추출하여 이동체의 이동량을 파악하고, 주변 환경에 대한 지도를 작성할 수 있다. 이에 따라, 본 발명은 환경에서 특징점뿐만 아니라 표면 정보를 포함하는 서펠을 추출하여 특징점이 충분히 추출될 수 없는 환경에서도 이동체의 위치 인식 및 지도 작성을 수행할 수 있다.

- [0030] 이를 위해, 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)는 하나 이상의 프로세서(110), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130) 및 통신 버스(150)를 포함할 수 있다.
- [0031] 프로세서(110)는 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)가 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(110)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 하나 이상의 프로그램(131)을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램(131)은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(110)에 의해 실행되는 경우 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)로 하여금 특징점과 서펠을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성하기 위한 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0032] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 특징점과 서펠을 이용하여 위치를 추정하고 지도를 작성하기 위한 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 프로그램(131)은 프로세서(110)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0033] 통신 버스(150)는 프로세서(110), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)를 포함하여 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0034] 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(170) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(190)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(170) 및 통신 인터페이스(190)는 통신 버스(150)에 연결된다. RGB-D 센서(180)는 입출력 인터페이스(170)를 통해 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다. 또한, 다른 입출력 장치(도시하지 않음)도 입출력 인터페이스(170)를 통해 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0037] 그러면, 도 2 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법에 대하여 설명한다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법을 설명하기 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 서펠 간의 위치 유사도를 설명하기 위한 도면이며, 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 그래프에 속한 키프레임, 특징점 및 서펠의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0039] 도 2를 참조하면, 위치 추정 및 지도 작성 장치(100)의 프로세서(110)는 RGB-D 센서(180)를 통해 현재의 RGB-D 이미지 프레임을 획득할 수 있다(S110).
- [0040] 여기서, RGB-D 이미지 프레임은 RGB 이미지 프레임과 깊이 이미지 프레임을 포함할 수 있다. RGB 이미지 프레임과 깊이 이미지 프레임은 서로 동일한 크기를 가지며, 서로 1:1로 매칭되어 동일한 위치의 픽셀은 같은 공간에서의 데이터(색상 및 깊이)를 나타낸다.
- [0042] 그런 다음, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 RGB-D 이미지 프레임의 특징점을 추출하고, 이동체의 위치를 추적할 수 있다(S120).
- [0043] 여기서, 특징점은 ORB(oriented FAST and rotated BRIEF) 특징점일 수 있으며, 이미지 프레임의 코너 등과 같이 정보가 두드러지는 영역에서 추출될 수 있다. 추출된 특징점은 ORB 기술자를 이용하여 이전 이미지 프레임의 특징점들과 매칭되고, 이와 같은 특징점 연관 정보를 이용하여 이동체, 즉 RGB-D 센서(180)의 위치를 계산할 수 있다. 특징점 연관 정보를 이용하여 이동체, 즉 RGB-D 센서(180)의 위치를 추적하는 식은 아래의 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$T = \underset{\{R, t\}}{\operatorname{argmin}} \sum_{(u_i, P_{w_j}^m) \in \mathcal{I}_p} \{u_i - \pi(T_{w \rightarrow c}(P_{w_j}^m))\}^T \sum^{-1} \{u_i - \pi(T_{w \rightarrow c}(P_{w_j}^m))\}$$

[0044]

[0046]

그런 다음, 프로세서(110)는 추적한 이동체의 위치를 기반으로 새로운 키프레임(keyframe)의 생성 여부를 결정할 수 있다(S130).

[0047]

즉, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 특징점의 개수 및 RGB-D 이미지 프레임의 특징점 중에서 기존 특징점 랜드마크와 중복되는 특징점의 개수를 기반으로 새로운 키프레임의 생성 여부를 결정할 수 있다.

[0048]

예컨대, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 특징점의 개수가 미리 설정된 제1 기준값보다 크고, RGB-D 이미지 프레임의 특징점 중에서 기존 특징점 랜드마크와 중복되는 특징점의 개수가 미리 설정된 제2 기준값보다 작으면, 새로운 키프레임을 생성하는 것으로 결정할 수 있다. 원활한 위치 추정 및 지도 작성을 위해서는 키프레임이 환경을 전체적으로 잘 다룰수 있어야 하지만 너무 빈번하지는 않아야 한다. 따라서, 새로운 프레임의 특징점은 많아야 하고 기존의 특징점들과 겹치는 특징점은 적어야 한다.

[0050]

새로운 키프레임을 생성하는 것으로 결정되면(S130-Y), 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임을 새로운 키프레임으로 하여 그래프에 추가할 수 있다(S140). 반면, 새로운 키프레임을 생성하지 않는 것으로 결정되면(S130-N), 프로세서(110)는 다음 RGB-D 이미지 프레임의 획득을 기다리게 된다.

[0052]

그런 다음, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 추출할 수 있다(S150).

[0053]

즉, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임을 기반으로 획득한 슈퍼픽셀(superpixel)을 이용하여 서펠 후보를 생성하고, 슈퍼픽셀에 속한 픽셀들의 깊이 정보를 이용하여 서펠 후보 중에서 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 추출할 수 있다.

[0054]

이때, 프로세서(110)는 슈퍼픽셀에 속한 모든 픽셀에 대해 서펠과의 거리를 획득하고, 획득한 거리의 합이 미리 설정된 임계값보다 작은 서펠을 서펠 후보 중에서 추출하여 RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 획득할 수 있다.

[0055]

예컨대, 프로세서(110)는 아래의 [수학식 2]와 같이, 슈퍼픽셀에 속한 픽셀들의 깊이 정보를 이용해 그 차이가 적어 평평하다고 판단되는 서펠만 추출할 수 있다.

수학식 2

$$S_k = \left\{ S_i \in R^{10} \mid \frac{1}{|W_i|} \sum_{w \in W_i} \|S_i^n \cdot (\pi^{-1}(w) - S_i^P)\|_2 < \sigma_{flat}, i=1, \dots, M_k \right\}$$

[0056]

[0057]

즉, [수학식 2]와 같이, 슈퍼픽셀 W_i 에 속한 모든 픽셀 w 에 대해 서펠과의 거리를 구하고, 그 합이 적어 거의 모든 픽셀이 같은 평면 상에 존재하는 서펠만을 사용할 수 있다.

[0058]

그리고, 프로세서(110)는 서펠의 위치를 이용하여 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행할 수 있다.

[0059]

이때, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 기존 서펠 랜드마크의 중심점 사이의 거리, RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 중심점과 기존 서펠 랜드마크 간의 수직 거리와 기존 서펠 랜드마크의 중심점과 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 간의 수직 거리의 평균값, RGB-D 이미지 프레임의 서펠의 반지름 및 기존 서펠 랜드마크의 반지름을 기반으로 RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행할 수 있다.

[0060] 예컨대, RGB-D 이미지 프레임의 서펠을 추출하는 과정이 완료되면, 기 구축되어 있는 기존 서펠 랜드마크와의 연관을 수행할 수 있다. 특정한 기술자가 없는 서펠 특성 상 서펠의 위치를 이용하여 연관을 수행하는 데, 2개의 서펠 간의 위치 유사도는 아래의 [수학식 3]을 통해 획득된다.

수학식 3

$$d_{surfel}(S_a, S_b) = \frac{1}{2} (\|S_a^n \cdot (S_a^p - S_b^p)\|_2^2 + \|S_b^n \cdot (S_a^p - S_b^p)\|_2^2)$$

[0061]

[0062] 도 3 및 [수학식 3]을 참조하면, 2개의 서펠 S_a 와 S_b 가 있을 때, 각 서펠의 중심점으로부터 다른 서펠 간의 수직 거리를 구하고 이들의 평균값을 통해 위치 유사도가 획득되는 것을 알 수 있다. 2개의 서펠 간의 중심점 사이 거리 및 [수학식 3]에 따른 위치 유사도가 서펠들의 반지름에 비교하여 충분히 작으면 2개의 서펠은 동일한 서펠로 간주되고, 2개의 서펠 사이의 연관이 이루어진다.

[0064] 그런 다음, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 그래프에 추가할 수 있다(S160).

[0065] 즉, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 특징점 중에서 기존 특징점 랜드마크와 매칭되지 않은 특징점을 새로운 특징점 랜드마크로 하여 그래프에 추가할 수 있다.

[0066] 그리고, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 서펠 중에서 기존 서펠 랜드마크와 매칭되지 않은 서펠을 새로운 서펠 랜드마크로 하여 그래프에 추가할 수 있다.

[0067] 이와 같이, 그래프에 새롭게 추가된 새로운 특징점 랜드마크와 새로운 서펠 랜드마크는 이후의 RGB-D 이미지 프레임에서 연관을 수행할 때 이용되게 된다. 그래프에 속한 키프레임, 특징점 및 서펠의 일례는 도 4에 도시된 바와 같다.

[0069] 그런 다음, 프로세서(110)는 그래프의 지역 최적화를 수행할 수 있다(S170).

[0070] 즉, 프로세서(110)는 새로운 키프레임으로 그래프에 추가된 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 획득된 키프레임 범위를 대상으로 그래프의 지역 최적화를 수행할 수 있다.

[0071] 여기서, 키프레임 범위는 새로운 키프레임으로 그래프에 추가된 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠과 연관되는 랜드마크(특징점 랜드마크와 서펠 랜드마크)가 있는 키프레임들을 말한다.

[0072] 예컨대, 프로세서(110)는 아래의 [수학식 4]를 통해 지역 최적화를 수행할 수 있다.

수학식 4

$$K, P^m, S^m = \underset{\{K, P^m, S^m\}}{\operatorname{argmin}} E_{point} + E_{surfel}$$

[0073]

$$E_{point} = \sum_{k \in K} \sum_{(u_i, P_{w_j}^m) \in \mathcal{U}_p^k} \{u_i - \pi(T_{w \rightarrow c}(P_{w_j}^m))\}^T \sum^{-1} \{u_i - \pi(T_{w \rightarrow c}(P_{w_j}^m))\}$$

[0074]

$$E_{surfel} = E_{surfel-pd} + E_{surfel-normal}$$

[0075]

$$E_{surfel-pd} = \sum_{k \in K} \sum_{(S_{c,i}^z, S_{w_j}^m) \in \mathcal{U}_s^k} d_{surfel}(S_{c,i}^z, T_{w \rightarrow c}(S_{w_j}^m))$$

[0076]

$$E_{surfel-normal} = \sum_{k \in K} \sum_{(S_{c,i}^z, S_{w_j}^m) \in \mathcal{U}_s^k} \|\log_{quat}(R(S_{c,i}^{z,n})^{-1} R(T_{w \rightarrow c}(S_{w_j}^{m,n})))\|$$

[0077]

- [0078] 위의 [수학식 4]를 이용하여 최적화를 수행함에 따라 지역(키프레임 범위)에 속한 키프레임들의 위치, 특징점의 위치 및 서펠의 위치가 최적화되어 보정된다.
- [0080] 그런 다음, 프로세서(110)는 루프를 검출할 수 있다(S180).
- [0081] 즉, 프로세서(110)는 새로운 키프레임으로 그래프에 추가된 RGB-D 이미지 프레임의 특징점과 서펠을 기반으로 루프를 검출할 수 있다.
- [0082] 이때, 프로세서(110)는 RGB-D 이미지 프레임의 특징점에 대한 기술자를 이용하여 이전 키프레임 중에서 프레임 후보를 획득하고, RGB-D 이미지 프레임의 서펠과 프레임 후보의 서펠을 기반으로 루프를 검출할 수 있다.
- [0083] 예컨대, 그래프의 지역 최적화를 통해 지역의 그래프 에러가 최소화되면, 전체 경로에서의 루프를 검출할 수 있다. 특징점의 기술자를 이용해 이전 키프레임과 비교하여 이미지 전체의 기술자가 비슷한 이미지 프레임을 찾을 수 있다. 찾은 이미지 프레임 후보군에 대해 서펠들을 비교하여 비스듬한 서펠이 충분히 많으면 루프라고 판단할 수 있다.
- [0084] 그리고, 프로세서(110)는 루프가 검출되면 루프에 대한 정보를 그래프에 추가할 수 있다.
- [0086] 루프가 검출되면(S180-Y), 프로세서(110)는 그래프의 전역 최적화를 수행할 수 있다(S190). 반면, 루프가 검출되지 않으면(S180-N), 프로세서(110)는 다음 RGB-D 이미지 프레임의 획득을 기다리게 된다.
- [0087] 즉, 프로세서(110)는 루프가 검출되면, 전체 키프레임을 대상으로 그래프의 전역 최적화를 수행할 수 있다.
- [0088] 예컨대, 그래프의 전역 최적화는 루프가 검출된 경우에만 수행되며, 새롭게 추가된 루프 정보를 포함하여 그래프 전체에 대한 전역 최적화를 수행할 수 있다. 전역 최적화 단계(S190)는 지역 최적화 단계(S170)와 동일한 최적화 식을 이용하며, 이는 위의 [수학식 4]와 같지만 범위가 전체 그래프(전체 키프레임)를 대상으로 하는 점에서 차이가 있다.
- [0090] 이후, 프로세서(110)는 다음 RGB-D 이미지 프레임의 획득을 기다릴 수 있다.
- [0093] 그러면, 도 5를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법의 성능에 대하여 설명한다.
- [0094] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 특징점-서펠 융합을 이용한 이동체의 위치 추정 및 지도 작성 방법을 통해 획득한 지도를 시각화한 도면으로, 서펠을 명확하게 확인하기 위해 왼쪽 열은 서펠의 RGB 값을 이용해 나타낸 것이고 오른쪽 열은 서펠의 normal 값을 색 매핑하여 나타낸 것이다.
- [0095] 본 발명은 RGB-D 센서를 이용한 이동체의 위치 인식 및 지도 작성(SLAM) 방법에 관한 것이다. 본 발명은 RGB-D 센서의 RGB 이미지와 거리 정보 이미지를 바탕으로 특징점과 서펠을 추출하고, 이를 랜드마크로 이용해 이전의 값과 매칭하여 정보 그래프를 생성할 수 있다. 본 발명은 이동체, 즉 RGB-D 센서가 이동함에 따라 얻어진 위치들과 해당 이미지를 통한 특징점과 서펠간의 그래프를 만들고 이들이 서로 연관된 식을 정의하고 있다. 본 발명은 생성된 그래프를 이용해 에러 식을 최적화하여 이동체, 즉 RGB-D 센서와 랜드마크들의 위치를 계산할 수 있다. 본 발명은 특징점과 서펠을 함께 사용함으로써 인해 패턴이 적은 환경에서도 이동체, 즉 RGB-D 센서의 위치를 잘 얻을 수 있게 된다. 그리고, 본 발명을 통해 획득한 지도의 일례는 도 5에 도시된 바와 같다.
- [0096] 본 발명의 효율성과 유용성을 검증하기 위해 2개의 데이터셋을 가지고 실험을 진행하였다. 모든 실험은 주어진 데이터셋을 이용하여 위치 인식 및 지도 작성을 수행하고, 결과로 얻어진 센서의 경로와 실제 정답(ground truth) 경로간의 차이를 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)로 계산하여 확인하였다. 아래의 [표 1] 및 [표 2]는 모든 실험에 대한 자세한 수치값을 나타내며, [표 1]은 TUM RGB-D 데이터셋의 평가 결과이고, [표 2]는 ICL-NUIM 데이터셋의 평가 결과이다.

표 1

Sequence	fr1/desk	fr2/desk	fr2/xyz	fr2/desk_with_p erson	fr3/str_notex_ far	fre/str_notex_n ear
SP-SLAM	0.014	0.008	0.004	0.006	0.019	0.008
ORB-SLAM2	0.016	<u>0.009</u>	0.004	0.006	0.142	0.033
ElasticFusion	0.020	0.071	<u>0.011</u>	0.105	<u>0.027</u>	0.113
Kinitinuous	0.037	0.034	0.029	0.112	0.029	0.031
DVO SLAM	0.021	0.017	0.018	<u>0.035</u>	0.105	<u>0.012</u>
RGBD SLAM	0.026	0.057	-	-	-	-
P-P SLAM	<u>0.015</u>	-	-	-	0.028	0.017

[0097]

표 2

Sequence	lr/kt0n	lr/kt2n	lr/kt2n	lr/kt3n	of/kt0n	of/kt1n	of/kt2n	of/kt3n
SP-SLAM	0.007	0.046	0.026	0.009	<u>0.048</u>	<u>0.038</u>	0.024	0.023
ORB-SLAM2	0.007	0.087	0.028	<u>0.013</u>	0.049	0.079	<u>0.025</u>	0.065
ElasticFusion	0.007	0.007	0.008	0.028	0.336	0.087	0.197	0.039
Kinitinuous	0.011	<u>0.008</u>	<u>0.009</u>	0.150	0.248	0.089	0.330	0.043
DVO SLAM	0.032	0.061	0.119	0.053	0.244	0.178	0.099	0.079
RGBD SLAM	0.044	0.032	0.031	0.167	0.171	0.536	0.228	0.229
P-P SLAM	<u>0.009</u>	0.022	0.027	0.014	0.038	0.023	<u>0.025</u>	<u>0.024</u>

[0098]

[0099]

[표 1] 및 [표 2]에서 확인할 수 있듯이, 본 발명에 따른 방법(SP-SLAM)은 종래 방법에 비해 전반적으로 좋은 결과를 얻었고, TUM RGB-D 데이터셋의 패턴이 별로 없는 fr3/str_notex_far 시퀀스 및 fr3/str_notex_near 시퀀스에서 제일 좋은 결과를 얻었다.

[0102]

본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예컨대, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

[0103]

본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

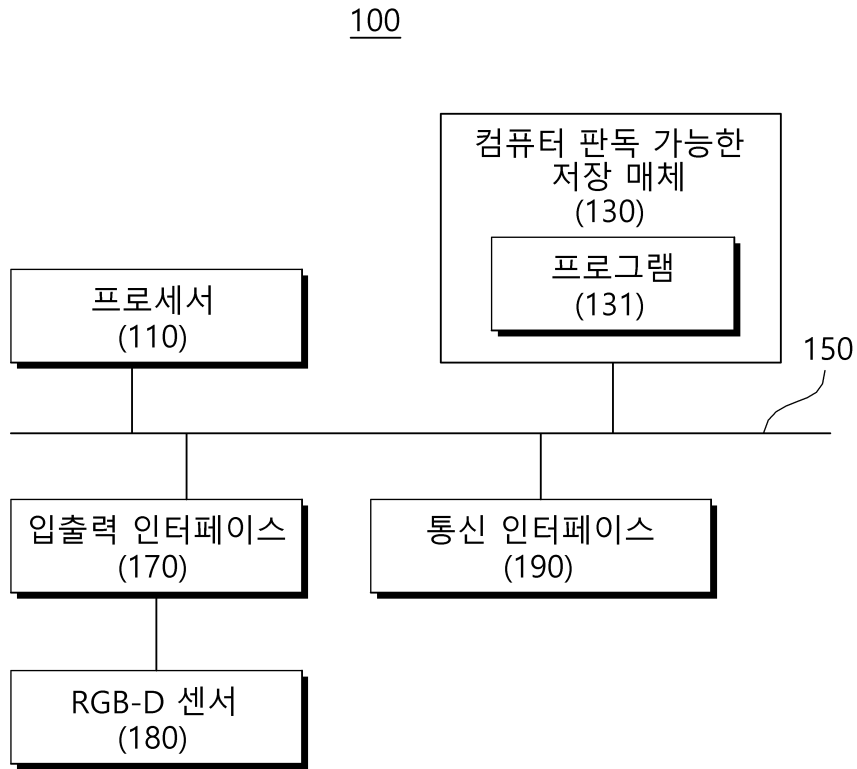
[0104]

- 100 : 위치 추정 및 지도 작성 장치,
- 110 : 프로세서,
- 130 : 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체,
- 131 : 프로그램,
- 150 : 통신 버스,
- 170 : 입출력 인터페이스,

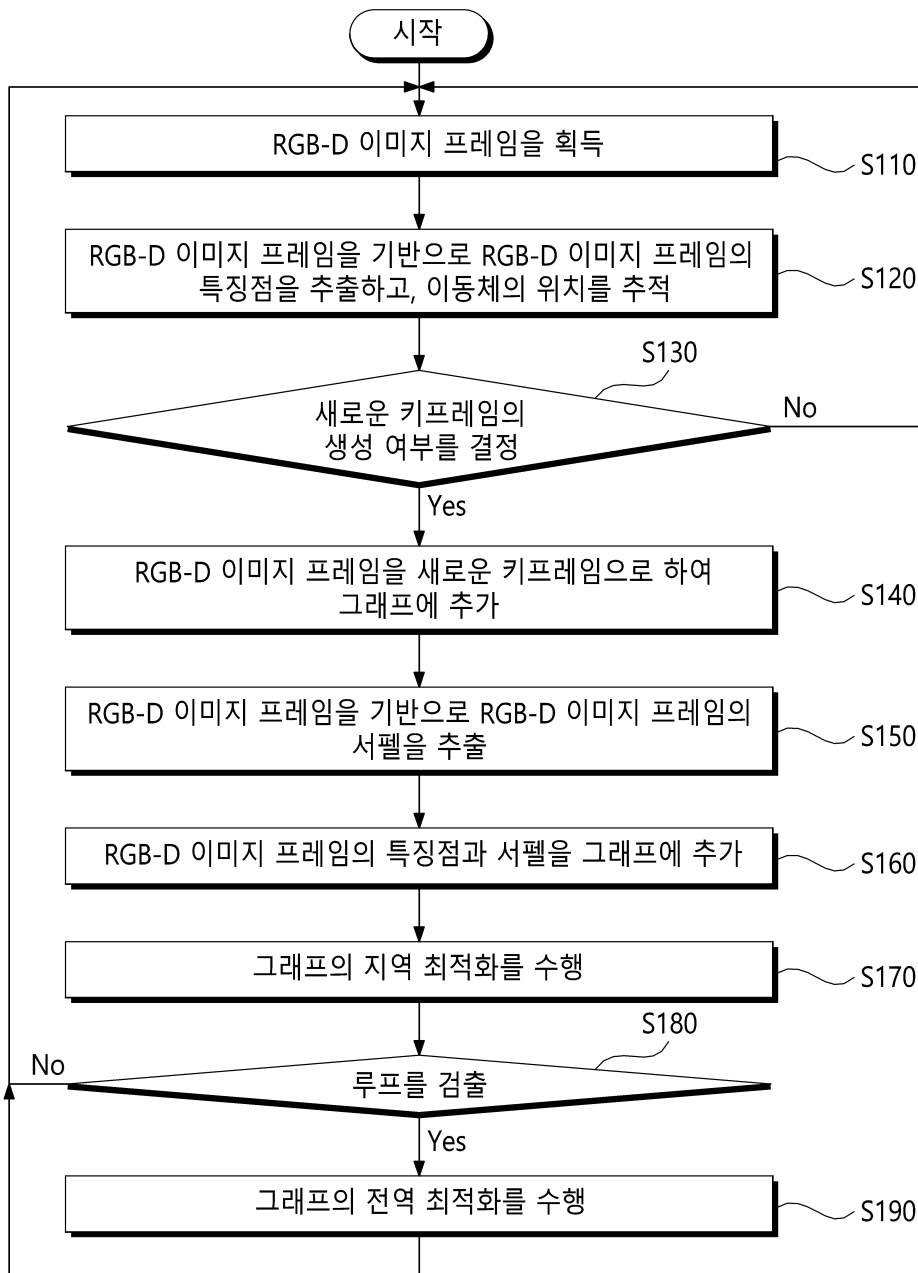
190 : 통신 인터페이스

도면

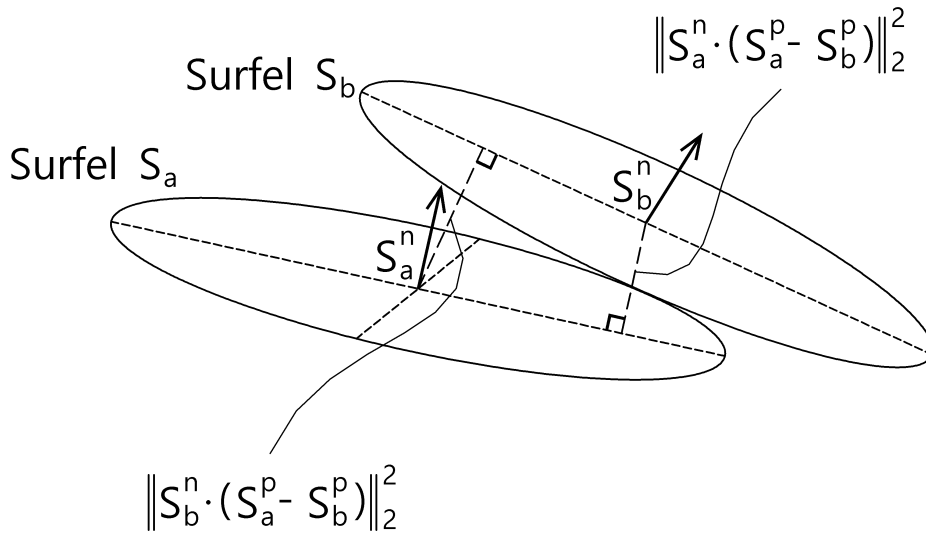
도면1



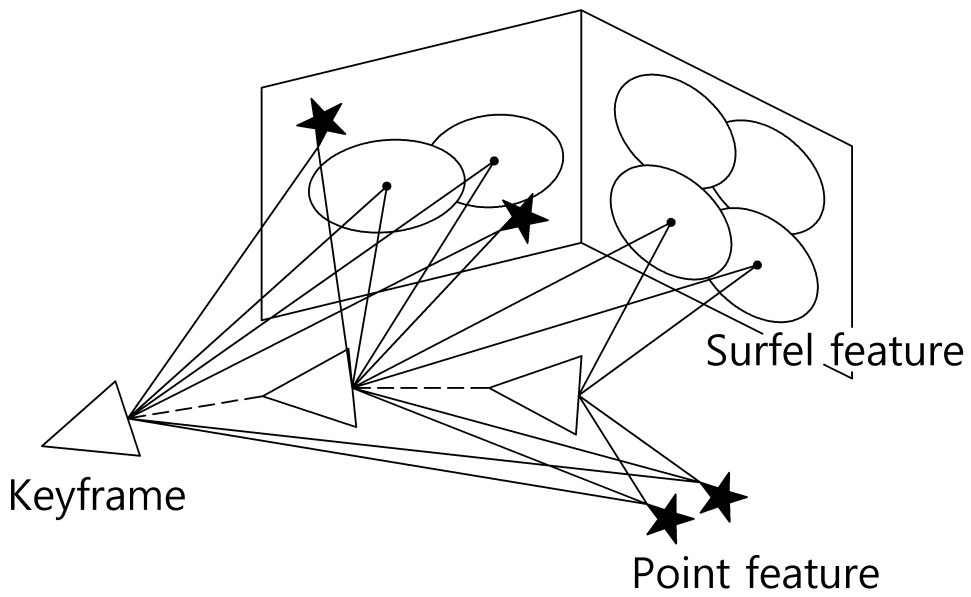
도면2



도면3



도면4



도면5

