

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0098303
(43) 공개일자 2024년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/20 (2024.01) G06T 7/246 (2017.01)
G06T 7/70 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/0268 (2013.01)
G05D 1/0272 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0179964
(22) 출원일자 2022년12월21일
심사청구일자 2022년12월21일

(71) 출원인
국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이현빈
대전광역시 서구 둔산로 155, 109동 703호(둔산동, 크로바아파트)
윤정수
충청남도 공주시 무령로 599-40, 205동 605호(금홍동, 공주월송 홍화하브)
(74) 대리인
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 10 항

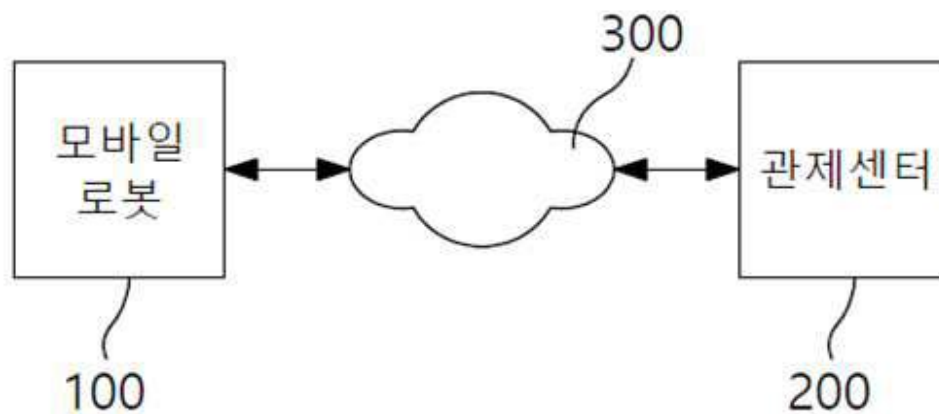
(54) 발명의 명칭 가변네트워크환경의 SLAM 시스템 및 이를 이용한 적응형 키프레임 선택 방법

(57) 요약

본 발명은 가변네트워크환경의 SLAM 시스템 및 이를 이용한 적응형 키프레임 선택 방법에 관한 것으로, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 모바일로봇; 및 상기 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



세추정을 수행하는 중에 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리쓰레드를 통해 상기 영상 프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리쓰레드를 통해 상기 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 상기 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 상기 선택된 키프레임간격에 따라 상기 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 관제센터;를 포함함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G05D 1/0274 (2013.01)

G05D 1/0276 (2013.01)

G06T 7/246 (2017.01)

G06T 7/70 (2017.01)

명세서

청구범위

청구항 1

동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 모바일로봇; 및

상기 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리쓰레드를 통해 상기 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리쓰레드를 통해 상기 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 상기 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 상기 선택된 키프레임간격에 따라 상기 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 관제센터;

를 포함하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 프레임처리쓰레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 현재프레임 입력시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고, 상기 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출하며, 상기 산출된 프레임입력시간이 상기 산출된 이전프레임평균입력시간보다 작은 값인지의 여부를 체크하는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 IMU처리쓰레드의 경우 상기 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크하는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 상기 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시키는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 상기 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 증가시키는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템.

청구항 6

동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 단계;

관제센터에서 상기 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 단계;

상기 관제센터에서 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리쓰레드를 통해 상기 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하는 단계;

상기 관제센터에서 IMU처리쓰레드를 통해 상기 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출하는 단계;

상기 관제센터에서 상기 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계; 및

상기 관제센터에서 상기 선택된 키프레임간격에 따라 상기 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 단계;

를 포함하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 프레임간격을 산출하는 단계는,

상기 프레임처리쓰레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 현재프레임 입력시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고, 상기 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출하는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계는,

상기 IMU처리쓰레드의 경우 상기 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출하는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계는,

상기 산출된 프레임입력시간이 상기 산출된 이전프레임평균입력시간보다 작은 값인지의 여부를 체크하고, 상기 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크하되,

상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 상기 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시키는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계는,

상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 상기 키프레임간격을 상기 기 설정된 간격값만큼 증가시키는

가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하고, 관제센터에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에, 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템 및 이를 이용한 적응형 키프레임 선택 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)이란 현재 공간에서 카메라의 위치와 주변 환경에 대한 정보를 수집하는 알고리즘으로, SLAM을 구현하기 위해서는 라이다(LiDAR), 초음파센서, IR센서, 카메라 등을 사용하는데, 이 중 카메라와 IR센서를 이용한 비주얼(Visual) SLAM 연구가 가장 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 이러한 비주얼 SLAM의 트래킹스레드(Tracking Thread)에서는 카메라의 자세를 예측하지 못하여 특징점의 추적(Tracking)에 실패하는 경우 기존에 습득한 키프레임(Key frame)과 시각적 어휘정보(Bag of Vision Words)를 사용하여 카메라의 위치를 추정하는 재지역화(Relocalization) 작업을 수행할 수 있다.

[0004] 이러한 지역화 문제를 해결하기 위해 특정한 환경에서의 시각적 어휘정보를 사용하여 재지역화 문제를 해결할 수 있지만, 새로운 환경에 대한 시각적 어휘정보를 생성하기 위해 데이터의 수집 및 학습에 소요되는 시간으로 인해 제약사항이 발생하는 문제점이 있다.

[0005] 다른 방법으로는 키프레임 선택 알고리즘을 개선하는 것이 제안되어 있는데, 기존의 ORB-SLAM 방법은 고정 키프레임 임계값을 사용하고 있지만, 이를 적응형으로 선택할 수 있도록 연구가 진행되고 있다. 여기에서, 키프레임 선정 기준을 상대 거리, 상대 회전 등 여러 기준을 동시에 사용한다면 키프레임 선택에 대한 안정성을 확보할 수 있다.

[0006] 상술한 바와 같이 기존의 재지역화의 성능 개선 방법은 실제 무인이동체 애플리케이션을 개발하는 상황에서 제한적으로 적용되는데, 무인이동체와 관제센터 간에는 무인이동체의 센싱, 환경정보, 상태정보 등이 실시간으로 송수신되어야 하기 때문에, 신뢰성 있고 안정적인 네트워크 구성이 이루어져야 한다.

[0007] 하지만, 도 1에 도시한 바와 같이 일반적으로 사용되는 방식인 외부망과 연동되어 하나의 액세스 포인트에 의해 집중적으로 제어되는 무선 인프라스트럭처 네트워크(Wireless Infrastructure Mode) 환경에서는 가변적인

QoS(Quality of Service) 관리로 인해 실시간 센싱 정보가 전달되기가 어려운 문제점이 있다.

- [0008] 또한, 비주얼 SLAM에서 이미지센서 정보가 안정적으로 송수신되지 않아 카메라의 자세를 예측하지 못하는 경우 현재프레임 상에서 기존에 습득한 키프레임과의 비교단계에서 이동경로의 차이가 발생하여 재지역화 문제가 지속적으로 발생하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 1. 한국공개특허 제10-2021-0022941호(2021.03.04. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하고, 관제센터에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에, 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템 및 이를 이용한 적응형 키프레임 선택 방법을 제공하고자 한다.

- [0011] 본 발명의 실시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 측면에 따르면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 모바일로봇; 및 상기 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 상기 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 상기 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 상기 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 상기 선택된 키프레임간격에 따라 상기 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 관제센터;를 포함하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

- [0013] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 프레임처리스레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 현재프레임 입력시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고, 상기 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출하며, 상기 산출된 프레임입력시간이 상기 산출된 이전프레임평균입력시간보다 작은 값인지의 여부를 체크하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

- [0014] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 IMU처리스레드의 경우 상기 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

- [0015] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 상기 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시키는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

- [0016] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 상기 키

프레임간격을 상기 기 설정된 간격값만큼 증가시키는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 단계; 관제센터에서 상기 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 단계; 상기 관제센터에서 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리쓰레드를 통해 상기 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하는 단계; 상기 관제센터에서 IMU처리쓰레드를 통해 상기 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출하는 단계; 상기 관제센터에서 상기 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계; 및 상기 관제센터에서 상기 선택된 키프레임간격에 따라 상기 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 단계;를 포함하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법이 제공될 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 프레임간격을 산출하는 단계는, 상기 프레임처리쓰레드의 경우 이전 키프레임간격이 입력된 후에, 상기 현재프레임 입력시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고, 상기 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법이 제공될 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계는, 상기 IMU처리쓰레드의 경우 상기 이전키프레임간격이 입력된 후에, 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출하는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법이 제공될 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계는, 상기 산출된 프레임입력시간이 상기 산출된 이전프레임평균입력시간보다 작은 값인지의 여부를 체크하고, 상기 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크하되, 상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 상기 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시키는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법이 제공될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계는, 상기 프레임입력시간이 상기 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 상기 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 상기 키프레임간격을 상기 기 설정된 간격값만큼 증가시키는 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 이용한 적응형 키프레임 선택 방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하고, 관제센터에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에, 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리쓰레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리쓰레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래의 가변네트워크환경에서 프레임드롭 현상 발생과 트래킹 실패를 설명하기 위한 도면이고,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 나타낸 블록구성이며,
 도 3 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 설명하기 위한 도면이고,
 도 9 내지 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템에서 적응형 키프레임을 선택하는 과정을 나타낸 플로우차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 실시예들에 대한 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 기술분야에서 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.

- [0025] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 나타낸 블록구성이며, 도 3 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0028] 도 2 내지 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템은 모바일로봇(100), 관제센터(200), 통신망(300) 등을 포함할 수 있다.
- [0029] 모바일로봇(100)은 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하는 로봇으로, 카메라를 통해 영상을 촬영하면서 IR센서를 통해 각종 주변환경을 센싱하고, IMU센서를 통해 로봇자세를 센싱하여 자율적으로 주행할 수 있으며, 예를 들면, 무인배송로봇, 무인서빙로봇, 자율주행자동차, 무인항공체(드론), 무인청소로봇 등을 포함할 수 있다.
- [0030] 이러한 모바일로봇(100)은 카메라를 통해 실시간 영상을 촬영한 후에, 그 촬영영상을 고속영상처리모듈을 통해 영상데이터로 처리하여 관제센터(200)로 통신망(300)을 통해 전송할 수 있다.
- [0031] 이와 함께 모바일로봇(100)은 카메라를 통해 촬영된 촬영영상을 기반으로 하는 컴퓨터비전(computer vision)모듈을 탑재함으로써, 촬영영상 속 물체와 환경에 대한 이미지를 분석하여 객체를 검출 및 판별하는 것과 같은 시각기능을 제공할 수 있다.
- [0032] 또한, 모바일로봇(100)은 IR센서를 통해 온도, 압력, 방사선세기 등을 포함하는 환경정보를 센싱하여 제공할 수 있으며, 추가적으로 라이다(LiDAR), 레이더센서(radar sensor), 초음파센서(ultrasonic sensor) 등을 구비함으로써, 거리, 속도, 방향, 움직임, 장애물검출, 온도측정 등 다양한 추가환경정보를 감지 및 제공할 수 있다.
- [0033] 한편, 모바일로봇(100)은 IMU센서를 통해 로봇자세와 관련한 IMU 센싱정보를 측정하여 제공할 수 있는데, IMU센서는 자이로스코프, 가속도계 및 지자기센서를 포함하여 구성된 센서로, 각 센서는 관성을 이용하여 물리량을 측정할 수 있으며, 자이로스코프는 각속도를 측정할 수 있고, 가속도계는 가속도를 측정할 수 있으며, 지자기센서는 자석을 기준으로 현재 센서가 얼마나 틀어졌는지를 측정함으로써, 모바일로봇(100)에 대한 IMU 센싱정보를 측정하여 통신망(300)을 통해 관제센터(200)로 전송할 수 있다.
- [0034] 이러한 IMU 데이터는 영상데이터(RGB 데이터), 깊이값데이터(Depth 데이터) 보다 작은 크기의 데이터로, 안정적으로 데이터가 송수신될 수 있으며, 도 4에 도시한 바와 같이 RGB 데이터와 Depth 데이터는 초당 30 hz의 데이터를 전송할 수 있고, IMU 데이터는 최소 초당 60 hz 이상의 데이터를 전송할 수 있다.
- [0035] 관제센터(200)는 모바일로봇(100)과 통신망(300)을 통해 연동되어 모바일로봇(100)의 각종 동작제어를 수행할 수 있으며, 모바일로봇(100)으로부터 전송되는 영상프레임과 각종 센싱정보를 이용하여 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 수행함으로써, 모바일로봇(100)의 자율주행을 제어할 수 있다.
- [0036] 이러한 관제센터(200)는 도 5에 개념적으로 도시한 바와 같이 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU 이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행할 수 있다.
- [0037] 여기에서, 본 발명의 일 실시예에서 수행되는 특징점 추출에 대해 도 6 및 도 7을 참조하여 설명하면, ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)-SLAM에서는 BRIEF(Binary Robust Independent Elementary Features)를 기반으로 하는 이진 설명자를 사용하여 특징을 추출하는 기법인 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)를 사용하여 빠르게 특징점을 추출하고 매칭함으로써, 실시간 SLAM을 필요로 하는 곳에 활용할 수 있는 장점이 있다.

- [0038] 이러한 ORB-SLAM에서 더 발전한 ORB-SLAM2 알고리즘은 기존 단안 카메라에서만 활용 가능하였던 알고리즘을 스테레오정합(Stereo Matching) 과정 또는 스테레오좌표(Stereo Coordinate) 생성 프로세스를 통해 스테레오 카메라와 RGB-D 카메라를 사용하여 실시간 SLAM을 수행할 수 있다.
- [0039] 그리고, ORB-SLAM2는 트래킹(Tracking), 로컬매핑(Local Mapping), 루프클로징(Loop Closing)의 세 개의 스레드로 구성된 병렬 시스템으로 구성될 수 있는데, 트래킹스레드(Tracking Thread)에서는 입력 이미지의 각 프레임에 대한 카메라 포즈를 추정할 수 있고, ORB-SLAM2에서는 PnP(Perspective-n-Point) 모델을 구축하여 카메라의 포즈를 추정할 수 있다.
- [0040] 또한, 로컬매핑스레드(Local Mapping Thread)에서는 새로운 키프레임을 받아 신규로 생성할 맵 포인트를 체크하고, 생성한 지도의 정확성 및 스케일 제어를 수행할 수 있다.
- [0041] 한편, 루프클로징스레드(Loop Closing Thread)는 현재 키프레임과 연결된 키프레임의 BoVW 점수를 계산하고, 가장 낮은 임계값으로 연결된 후보프레임을 선택한 뒤, 키프레임 간의 연결 관계를 유지할 수 있으며, 루프클로징(Loop Closing)이 완료된 특징점 데이터는 번들조정(Bundle Adjustment)에 의해 보정되는데, 현재프레임의 특징점과 카메라 위치정보를 이용하여 국소 데이터의 3차원 좌표값을 보정할 수 있다.
- [0042] 상술한 바와 같은 관제센터(200)는 프레임처리스레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에, 현재프레임 입력 시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고, 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출하며, 산출된 프레임입력시간이 산출된 이전프레임평균입력시간보다 작은 값인지의 여부를 체크할 수 있다.
- [0043] 예를 들면, 관제센터(200)는 프레임입력시간을 산출할 수 있는데, 이는 기존의 입력프레임이 입력된 시간과 현재프레임이 입력된 시간을 기반으로 수행될 수 있고, 프레임입력시간을 F 라고 할 경우 t 시점에서의 프레임입력값(즉, t 시점에서의 프레임입력시간, $Frames_t$)는 다음의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$Frames_t = \{F_0, F_1, F_2, F_3 \dots F_t\}$$

- [0044]
- [0045] 그리고, t 시점에서의 프레임입력시간이 이전프레임에 대비하여 입력시간이 초과되었는지의 여부를 비교하기 위해 $t-1$ 시점의 프레임입력시간의 산술평균값(즉, $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간)을 아래의 수학적 식 2와 같이 계산할 수 있다.

수학적 식 2

$$Average_t = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} F_i}{sizeof(Frames_t)-1}$$

- [0046]
- [0047] 다음에, t 시점의 프레임입력시간과 $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간과 비교 체크하고, t 시점의 프레임입력시간이 $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간보다 미만인 경우 현재프레임이 이전프레임의 평균시간보다 빠르게 입력된 것으로 판단할 수 있고, t 시점의 프레임입력시간이 $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간을 초과할 경우 현재프레임이 이전프레임의 평균시간보다 느리게 입력된 것으로 판단할 수 있다.
- [0048] 한편, 관제센터(200)는 IMU처리스레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에, IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크할 수 있다.
- [0049] 예를 들면, 관제센터(200)는 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행할 수 있는데, IMU 센싱정보에 포함되는 각각의 센서값은 측정 시 센서 자체의 노이즈가 발생할 수 있으므로 이를 제거해야 하며, 가속도계는 저주파영역

에서 응답특성이 좋고, 자이로스코프는 고주파영역에서 응답특성이 좋기 때문에, 도 8에 도시한 바와 같이 가속도계센싱값은 저주파통과필터(Low Pass Filter)를 통과시키면서 각속도계센싱값은 고주파통과필터(High Pass Filter)를 통과시키는 상보 필터(Complementary Filter)를 사용하여 가속도계와 자이로스코프의 센서노이즈를 제거한 후에 자세값을 추정할 수 있다.

[0050] 이러한 IMU 센싱정보의 센싱값은 아래의 수학적식 3과 같이 필터링될 수 있다.

수학적식 3

$$\begin{aligned} Roll_i &= \alpha * (Roll_{i-1} + gyro_x * \Delta t) + (1 - \alpha) * accel_x \\ Pitch_i &= \alpha * (Pitch_{i-1} + gyro_y * \Delta t) + (1 - \alpha) * accel_y \end{aligned}$$

[0051]

[0052] 그리고, 관제센터(200)는 IMU 센싱정보의 센싱값이 필터링되어 입력되면 Roll값과 Pitch값을 아래의 수학적식 4와 같이 실시간으로 계산할 수 있다.

수학적식 4

$$\begin{aligned} Rolls_t &= \{Roll_0, Roll_1, Roll_2, \dots, Roll_t\} \\ Ptiches_t &= \{Ptich_0, Pitch_1, Ptich_2, \dots, Pitch_t\} \end{aligned}$$

[0053]

[0054] 다음에, 계산된 Roll값과 Pitch값은 키프레임 계산이 완료된 시점까지 이동평균을 누적하여 그 IMU이동평균값을 아래의 수학적식 5와 같이 계산할 수 있다.

수학적식 5

$$\begin{aligned} MA_{Roll} &= \frac{\sum_{i=0}^{i=t} Roll_i}{sizeof(Rolls_t)} \\ MA_{Pitch} &= \frac{\sum_{i=0}^{i=t} Pitch_i}{sizeof(Pitches_t)} \end{aligned}$$

[0055]

[0056] 상술한 바와 같이 계산된 IMU이동평균값과 기 설정된 임계값을 비교 체크한 후에, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만일 경우 모바일로봇(100)이 급격하게 이동하지 않은 것으로 판단할 수 있고, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값을 초과하는 경우 모바일로봇(100)이 급격하게 이동한 것으로 판단할 수 있다.

[0057] 다음에, 상술한 바와 같은 판단을 통해, 관제센터(200)는 프레임입력시간이 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시킬 수 있다.

[0058] 또한, 관제센터(200)는 프레임입력시간이 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 IMU이동평균값이 상기 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 증가시킬 수 있다.

[0059] 통신망(300)은 무선통신방식을 지원하는 네트워크망으로, 예를 들어 GSM(Global System for Mobile communication), CDMA(Code Division Multi Access), CDMA2000(Code Division Multi Access 2000), EVDO(Enhanced Voice-Data Optimized or Enhanced Voice-Data Only), WCDMA(Wideband CDMA), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), LTE(Long Term Evolution), LTE-

A(Long Term Evolution-Advanced) 등을 포함하는 다양한 무선통신망을 포함할 수 있으며, 이를 통해 모바일로봇 (100)과 관제센터(200) 간의 원활한 무선통신환경을 제공할 수 있다.

- [0060] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하고, 관제센터에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에, 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있다.
- [0061] 도 9 내지 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템에서 적응형 키프레임을 선택하는 과정을 나타낸 플로우차트이다.
- [0062] 도 9 내지 도 11을 참조하면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 모바일로봇(100)에서 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공할 수 있다(단계410).
- [0063] 여기에서, 모바일로봇(100)은 예를 들면, 무인배송로봇, 무인서빙로봇, 자율주행자동차, 무인항공체(드론), 무인청소로봇 등을 포함할 수 있는데, 카메라를 통해 실시간 영상을 촬영한 후에, 그 촬영영상을 고속영상처리모듈을 통해 영상데이터로 처리하여 관제센터(200)로 통신망(300)을 통해 전송할 수 있다.
- [0064] 또한, 모바일로봇(100)에서는 IR센서를 통해 온도, 압력, 방사선세기 등을 포함하는 환경정보를 센싱하여 제공할 수 있으며, 추가적으로 라이다(LiDAR), 레이더센서, 초음파센서 등을 구비함으로써, 거리, 속도, 방향, 움직임, 장애물검출, 온도측정 등 다양한 추가환경정보를 감지 및 제공할 수 있다.
- [0065] 한편, 모바일로봇(100)에서는 IMU센서를 통해 로봇자세와 관련한 IMU 센싱정보를 측정하여 제공할 수 있는데, 자이로스코프, 가속도계 및 지자기센서를 포함하여 각속도, 가속도, 지자기값 등을 측정하여 통신망(300)을 통해 관제센터(200)로 전송할 수 있다.
- [0066] 그리고, 관제센터(200)에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행할 수 있다(단계420).
- [0067] 여기에서, 관제센터(200)에서는 ORB-SLAM 방식으로 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행할 수 있는데, BRIEF를 기반으로 하는 이진 설명자를 사용하여 특징을 추출하는 기법인 ORB를 사용하여 빠르게 특징점을 추출하고 매칭함으로써, 실시간 SLAM을 수행할 수 있다.
- [0068] 한편, 관제센터(200)에서 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출할 수 있다(단계430).
- [0069] 상기 프레임간격을 산출하는 단계(430)에서는, 프레임처리스레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에(단계431), 현재프레임 입력시간 및 이전프레임 입력시간을 이용하여 프레임입력시간을 산출하고(단계432), 이전프레임 입력시간을 이용하여 이전프레임평균입력시간을 산출할 수 있다(단계433).
- [0070] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 기존의 입력프레임이 입력된 시간과 현재프레임이 입력된 시간을 기반으로 t 시점에서의 프레임입력값(즉, t 시점에서의 프레임입력시간, $Frames_t$)을 상기 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.
- [0071] 그리고, 관제센터(200)에서는 t 시점에서의 프레임입력시간이 이전프레임에 대비하여 입력시간이 초과되었는지의 여부를 비교하기 위해 $t-1$ 시점의 프레임입력시간의 산술평균값(즉, $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간)을 상기 수학식 2와 같이 계산할 수 있다.
- [0072] 이 후, 관제센터(200)에서는 상기 단계(433)에서 계산된 t 시점의 프레임입력시간과 $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간과 비교 체크할 수 있는데, t 시점의 프레임입력시간이 $t-1$ 시점에서의 이전프레임평균입력시간보다 미만인지의 여부를 체크할 수 있다(단계434).
- [0073] 또한, 관제센터(200)에서 IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출할 수 있다(단계440).
- [0074] 상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계(440)에서는, IMU처리스레드의 경우 이전키프레임간격이 입력된 후에(단계441), IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고(단계442), 필터링된 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과

Pitch값을 산출하며(단계443), 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출할 수 있다(단계444).

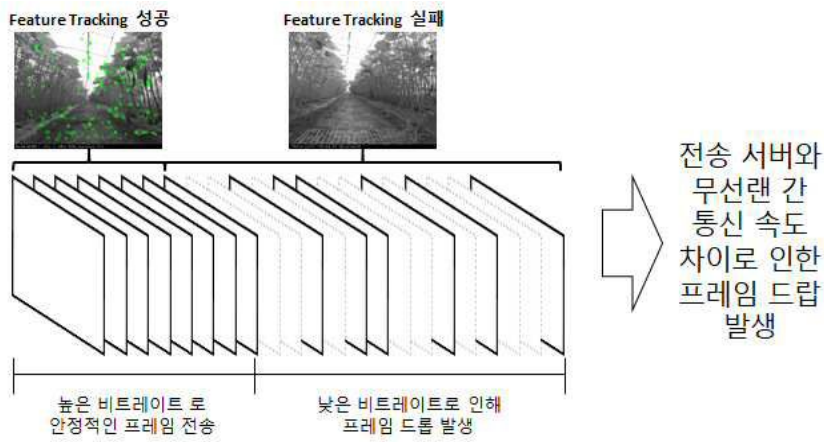
- [0075] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 IMU 센싱정보에 포함되는 각각의 센서값의 센서노이즈를 제거하는 상기 수학식 3과 같은 필터링을 수행할 수 있고, 필터링되어 입력되는 IMU 센싱정보의 센싱값에 대해 Roll값과 Pitch값을 상기 수학식 4와 같이 실시간으로 계산할 수 있다.
- [0076] 다음에, 관제센터(200)에서는 계산된 Roll값과 Pitch값은 키프레임 계산이 완료된 시점까지 이동평균을 누적하여 그 IMU이동평균값을 상기 수학식 5와 같이 계산할 수 있다.
- [0077] 이 후, 관제센터(200)에서는 상기 단계(444) 계산된 IMU이동평균값과 기 설정된 임계값을 비교 체크할 수 있는데, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지를 체크할 수 있다(단계445).
- [0078] 다음에, 관제센터(450)에서 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택할 수 있다(단계 450).
- [0079] 상기 키프레임간격을 가변시켜 선택하는 단계(450)에서는, 산출된 프레임입력시간이 산출된 이전프레임평균입력 시간보다 작은 값인지의 여부를 체크하고, 산출된 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인지의 여부를 체크할 수 있다.
- [0080] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 상기 단계(444)에서의 체크 결과, t 시점의 프레임입력시간이 t-1 시점에서의 이전프레임평균입력시간보다 미만인 경우 현재프레임이 이전프레임의 평균시간보다 빠르게 입력된 것으로 판단할 수 있고, t 시점의 프레임입력시간이 t-1 시점에서의 이전프레임평균입력시간을 초과할 경우 현재프레임이 이전프레임의 평균시간보다 느리게 입력된 것으로 판단할 수 있다.
- [0081] 또한, 관제센터(200)에서는 상기 단계(445)에서의 체크 결과, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만일 경우 모바일로봇(100)이 급격하게 이동하지 않은 것으로 판단할 수 있고, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값을 초과하는 경우 모바일로봇(100)이 급격하게 이동한 것으로 판단할 수 있다.
- [0082] 상술한 바와 같은 판단 과정을 수행한 후에, 관제센터(450)에서는 프레임입력시간이 이전프레임평균입력시간보다 작은 값이고, IMU이동평균값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 감소시킬 수 있다.
- [0083] 한편, 관제센터(450)에서는 프레임입력시간이 이전프레임평균입력시간보다 큰 값인 경우 및 IMU이동평균값이 기 설정된 임계값을 초과한 경우 중 적어도 하나의 경우에 키프레임간격을 기 설정된 간격값만큼 증가시킬 수 있다.
- [0084] 이어서, 관제센터(200)에서 가변 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 다시 수행할 수 있다(단계460).
- [0085] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 모바일로봇에서 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하고, 관제센터에서 영상프레임을 이용하여 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행하는 중에, 특징점트래킹에 실패하여 재지역화를 수행할 경우, 프레임처리스레드를 통해 영상프레임에 대해 현재프레임과 이전프레임의 프레임간격을 산출하고, IMU처리스레드를 통해 IMU 센싱정보에 대해 IMU이동평균값을 산출한 후에, 프레임간격 및 IMU이동평균값에 따라 키프레임간격을 가변시켜 선택하고, 선택된 키프레임간격에 따라 특징점 추출 및 카메라 자세추정을 수행함으로써, 가변네트워크환경에서 모바일로봇의 안정적인 자율주행을 위한 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 효과적으로 수행할 수 있다.
- [0086] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

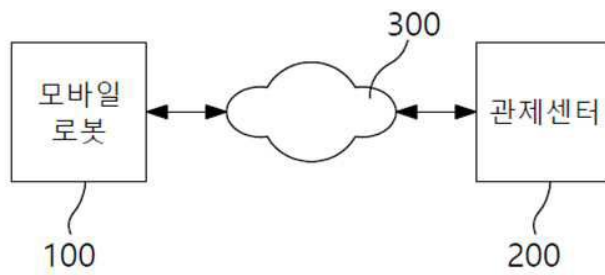
- [0087] 100 : 모바일로봇
200 : 관제센터
300 : 통신망

도면

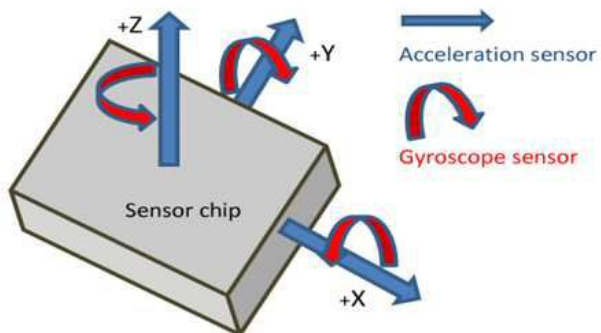
도면1



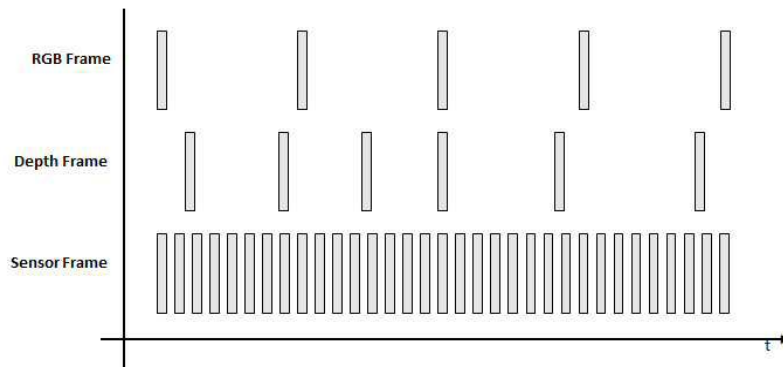
도면2



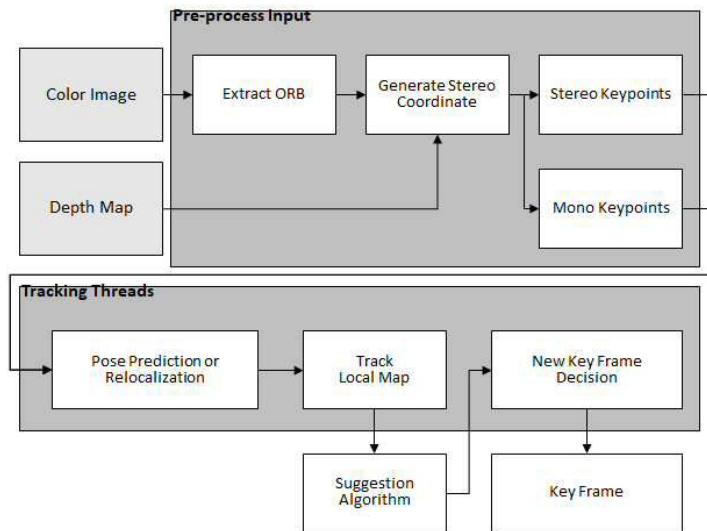
도면3



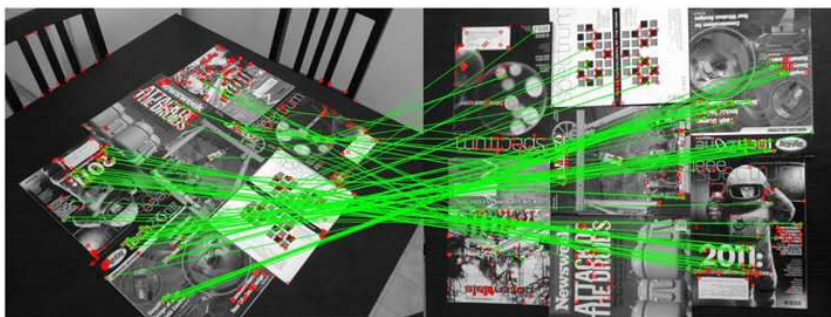
도면4



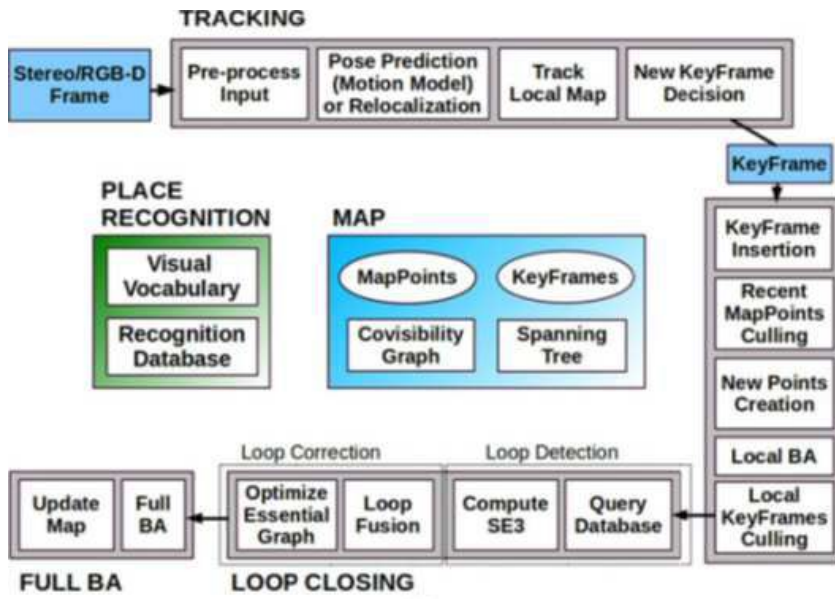
도면5



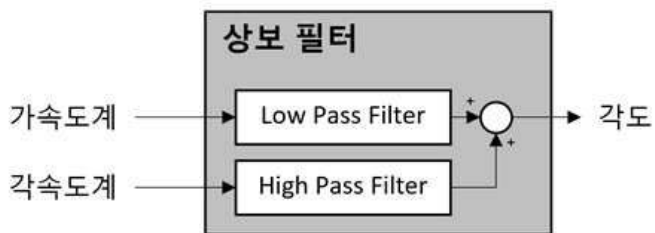
도면6



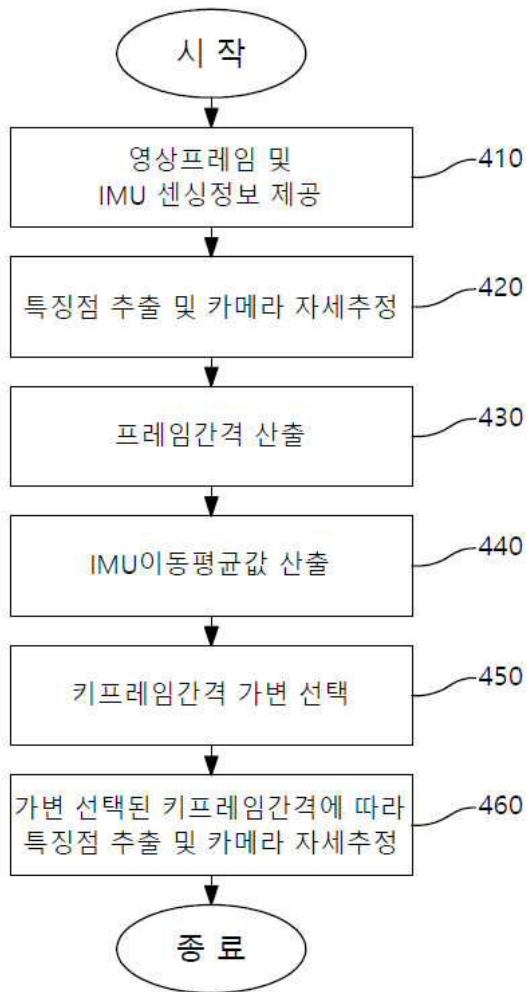
도면7



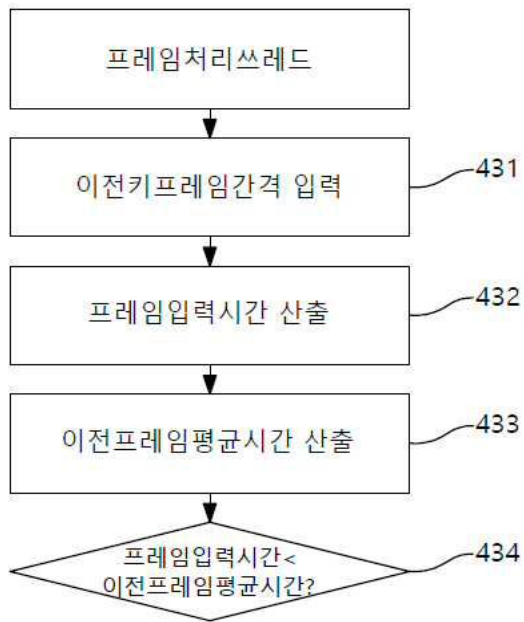
도면8



도면9



도면10



도면11

