(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0098325
(43) 공개일자 2024년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/20 (2024.01) *G06T 7/269* (2017.01)
G06T 7/70 (2017.01) *G06V 10/44* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/0223 (2013.01)
G05D 1/0274 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0180002
(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(금흥동, 공주월송 흥화하브)
(74) 대리인
특허법인오암

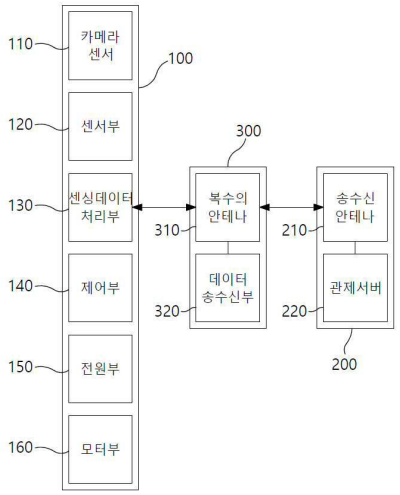
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **특징점을 예측하는 SLAM 시스템 및 그 최적속도 제어방법**

(57) 요 약

본 발명은 특징점을 예측하는 SLAM 시스템 및 그 최적속도 제어방법에 관한 것으로, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공하는 모바일로봇; 및 상기 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 상기 산출된 가능성예측값에 따라 상기 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어하는 관제센터;를 포함함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G05D 1/0282 (2013.01)
G06T 7/269 (2017.01)
G06T 7/70 (2017.01)

명 세 서

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 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 상기 산출된 가능성예측값에 따라 상기 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어하는 관제센터;

를 포함하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 키프레임 매칭을 통해 상기 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 특징점이동평균값, 상기 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 상기 키프레임이격도를 산출하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 상기 IMU이동평균값을 산출하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 관제센터는,

상기 가능성예측값이 상기 기 설정된 임계값을 초과할 경우 상기 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 상기 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는

특징점을 예측하는 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 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하는 단계;

상기 관제센터에서 상기 현재프레임의 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하는 단계;

상기 관제센터에서 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하는 단계;

상기 관제센터에서 상기 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점 매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하는 단계; 및

상기 관제센터에서 상기 산출된 가능성예측값에 따라 상기 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어하는 단계;

를 포함하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 키프레임이격도를 산출하는 단계는,

상기 관제센터에서 상기 키프레임 매칭을 통해 상기 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 특징점이동평균값, 상기 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 상기 키프레임이격도를 산출하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계는,

상기 관제센터에서 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 상기 IMU이동평균값을 산출하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 이동속도를 가변 제어하는 단계는,

상기 관제센터에서 상기 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 이동속도를 가변 제어하는 단계는,

상기 관제센터에서 상기 가능성예측값이 상기 기 설정된 임계값을 초과할 경우 상기 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 상기 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는

특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모바일로봇으로부터 전송되는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 모바일로봇으로부터 전송되는 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템 및 그 최적속도 제어방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 무인이동체의 자율주행을 위해서는 현재 공간에서 이동체의 위치와 주변환경에 대한 정보를 사전에 보유하고 있어야 하는데, 센서정보를 활용해 무인이동체의 현재 위치를 추정하고 지도를 작성하는 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 기술이 대표적이라고 할 수 있다.

[0003] 한편, GPS 등과 같은 일부 센서는 실외에서만 사용할 수 있으며, 실내에서 자율주행하는 모바일로봇에는 적용하기 어려운 문제점이 있는데, 실내 환경에서는 카메라 및 깊이(Depth) 정보를 활용한 비주얼-SLAM(Visual-SLAM)에 대해 가장 활발한 연구가 이루어지고 있다.

[0004] 이러한 비주얼-SLAM의 트래킹쓰레드(Tracking Thread)에서는 특징점을 추출하고, 키프레임과 매칭을 수행하는데, 만약 카메라의 자세를 예측하지 못하여 특징점의 트래킹(Tracking)에 실패하는 경우 기존에 습득한 키프레임과 시각적 어휘정보(Bag of Vision Words, BoVW)를 사용하여 카메라의 위치를 추정하는 재지역화 작업을 수행할 수 있다.

[0005] 그리고, 현재프레임 정보가 기존의 키프레임 정보나 시각적 어휘정보에 포함되어 있지 않을 경우, 지속해서 재지역화를 수행하게 되는데. 이는 최종적으로 생성된 지도의 맵 포인트의 절대적인 수의 부족과 인식되지 못한 지역정보가 발생할 수밖에 없는 문제점이 있다.

[0006] 또한, SLAM은 많은 양의 이미지를 실시간으로 처리하기 위해 높은 컴퓨팅 리소스가 필수적으로 요구되지만, 모바일로봇 플랫폼환경에서는 낮은 소비전력과 컴퓨팅 성능으로 실시간 SLAM을 수행하기에는 제한적일 수밖에 없는데, 비주얼-SLAM에서 이미지센서 정보만으로 모바일로봇의 이미지센서 정보를 안정적으로 처리하지 못할 경우 카메라의 자세를 예측하지 못할 뿐만 아니라, 현재프레임 상에서 기존에 습득한 키프레임과의 비교 단계에서 이동경로차이가 발생하여 재지역화 문제가 지속해서 발생하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 1. 한국공개특허 제10-2021-0022941호(2021.03.04.공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 모바일로봇으로부터 전송되는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 모바일로봇으로부터 전송되는 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템 및 그 최적속도 제어방법을 제공하고자 한다.

[0009] 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

[0010] 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 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 상기 산출된 가능성예측값에 따라 상기 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어하는 관제센터;를 포함하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0011] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 키프레임 매칭을 통해 상기 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 특징점이동평균값, 상기 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 상기 키프레임이격도를 산출하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 상기 IMU이동평균값을 산출하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 관제센터는, 상기 가능성예측값이 상기 기 설정된 임계값을 초과할 경우 상기 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 상기 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템이 제공될 수 있다.

[0015] 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 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하는 단계; 상기 관제센터에서 상기 현재프레임의 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하는 단계; 상기 관제센터에서 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하는 단계; 상기 관제센터에서 상기 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하는 단계; 및 상기 관제센터에서 상기 산출된 가능성예측값에 따라 상기 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어하는 단계;를 포함하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법이 제공될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 키프레임이격도를 산출하는 단계는, 상기 관제센터에서 상기 키프레임 매칭을 통해 상기 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 상기 산출된 특징점이동평균값, 상기 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 상기 키프레임이격도를 산출하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법이 제공될 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계는, 상기 관제센터에서 상기 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 상기 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 상기 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 상기 IMU이동평균값을 산출하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최

적속도 제어방법이 제공될 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 이동속도를 가변 제어하는 단계는, 상기 관제센터에서 상기 가능성 예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법이 제공될 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 이동속도를 가변 제어하는 단계는, 상기 관제센터에서 상기 가능성 예측값이 상기 기 설정된 임계값을 초과할 경우 상기 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 상기 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 상기 이동속도를 제어하는 특징점을 예측하는 SLAM 시스템의 최적속도 제어방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명은 모바일로봇으로부터 전송되는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 모바일로봇으로부터 전송되는 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 특징점을 예측하는 SLAM 시스템을 나타낸 블록구성이며,

도 2 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 설명하기 위한 도면이고,

도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른특징점을 예측하는 SLAM 시스템에서 최적속도로 제어하는 과정을 나타낸 플로우차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 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 구성요소를 지칭한다.

[0023] 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.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 특징점을 예측하는 SLAM 시스템을 나타낸 블록구성이며, 도 2 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변네트워크환경의 SLAM 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 도 1 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 특징점을 예측하는 SLAM 시스템은 모바일로봇(100), 관제센터(200), 통신망(300) 등을 포함할 수 있다.

[0027] 모바일로봇(100)은 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM)을 위해 촬영된 영상프레임과 IMU 센싱정보를 제공하는 로봇으로, 카메라센서(110)를 통해 영상을 촬영하면서 IR센서, IMU센서 등을 포함하는 센서부(120)를 통해 각종 정보를 센싱한 후에, 센싱데이터처리부(130)를 통해 센싱데이터를 처리하고, 제어부(140)의 제어에 따라 전원부(150)의 전원을 공급하여 복수의 구동모터가 구비되는 모터부(160)를 동작시켜 자율적으로 주행할 수 있으며, 예를 들면, 무인배송로봇, 무인서빙로봇, 자율주행자동차, 무인항공체(드론), 무인청소로봇 등을 포함할 수 있다.

[0028] 이러한 모바일로봇(100)은 카메라센서(110)를 통해 실시간 영상을 촬영한 후에, 그 촬영영상을 고속영상처리모

듈을 포함하는 센싱데이터처리부(130)를 통해 영상데이터로 처리한 후 통신망(300)에 접속하고, 영상데이터를 통신망(300)을 통해 관제센터(200)로 전송할 수 있다.

[0029] 이와 함께 모바일로봇(100)은 카메라센서(110)를 통해 촬영된 촬영영상을 기반으로 하는 컴퓨터비전(computer vision)모듈을 센싱데이터처리부(130)에 탑재함으로써, 촬영영상 속 물체와 환경에 대한 이미지를 분석하여 객체를 검출 및 판별하는 것과 같은 시각기능을 제공할 수 있다.

[0030] 또한, 모바일로봇(100)은 센서부(120)의 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.

[0031] 한편, 모바일로봇(100)은 센서부(120)의 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 자북을 기준으로 현재 센서가 얼마나 틀어졌는지를 측정함으로써, 모바일로봇(100)에 대한 IMU 센싱정보를 측정하여 센싱데이터처리부(130)와 통신망(300)을 통해 관제센터(200)로 전송할 수 있다.

[0032] 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.

[0033] 상술한 바와 같은 모바일로봇(100)은 센싱데이터처리부(130)와 제어부(140)를 구성하는 임베디드 컴퓨터는 1개 또는 2개로 분리할 수 있는데, 분리하는 경우 한 개의 컴퓨터에서는 카메라센서(110)의 센서정보를 수신하고, 통신망(300)에 구비되는 액세스포인트(AP)와의 통신 기능을 주로 수행하며, 나머지 한 개의 컴퓨터는 이동체의 동작제어역할을 수행할 수 있다.

[0034] 관제센터(200)는 송수신안테나(210), 관제서버(220) 등을 포함하며, 도 2에 개념적으로 도시되어 있는 바와 같이 사용자가 제어단말기를 통해 원격에서 모바일로봇(100)을 제어하는 명령이 전송되어 그 제어명령이 수신될 경우 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.

[0035] 이러한 관제센터(200)는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임 이격도를 산출하며, IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇(100)의 이동속도를 가변 제어할 수 있다.

[0036] 여기에서, 본 발명의 일 실시예에서 수행되는 특징점 추출에 대해 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.

[0037] 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.

[0038] 그리고, ORB-SLAM2는 트래킹(Tracking), 로컬매핑(Local Mapping), 루프클로징(Loop Closing)의 세 개의 스레드로 구성된 병렬 시스템으로 구성될 수 있는데, 트레킹쓰레드(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.

[0039] 또한, 로컬매핑쓰레드(Local Mapping Thread)에서는 새로운 키프레임을 받아 신규로 생성할 맵 포인트를 체크하고, 생성한 지도의 정확성 및 스케일 제어를 수행할 수 있다.

[0040] 한편, 루프클로징쓰레드(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 특징

점과 카메라 위치정보를 이용하여 국소 데이터의 3차원 좌표값을 보정할 수 있다.

[0041] 상술한 바와 같은 관제센터(200)는 키프레임 매칭을 통해 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 산출된 특징점이동평균값, 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 키프레임이격도를 산출할 수 있다.

[0042] 예를 들면, 관제센터(200)는 트랙로컬맵(Track Local Map) 단계에서 현재프레임과 이전키프레임과의 매칭된 특징점의 수를 추출할 수 있고, 신규키프레임결정(New Key Frame Decision) 단계에서 키프레임의 수가 n이며, 추출된 특징점수와 이전프레임과 매칭된 매칭특징점의 수를 저장한 후에, 그 특징점이동평균값을 계산할 수 있고, 계산된 각각의 이동평균과 현재프레임의 특징점수, 키프레임과의 매칭특징점 수의 이격도를 계산할 수 있다.

[0043] 아래의 수학식 1은 특징점수와 매칭된 매칭특징점수를 이용하여 산출되는 특징점이동평균값을 나타내고, 아래의 수학식 2는 키프레임과 매칭특징점수에 대한 키프레임이격도를 나타낸다.

수학식 1

[0044]

$$Moving_average_{feature} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} Feature_num_i}{n}$$
$$Moving_average_{match} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} Match_num_i}{n}$$

수학식 2

[0045]

$$difference_{feature} = Feature_num_t - Moving_average_{feature}$$
$$difference_{match} = Match_num_t - Moving_average_{match}$$

[0046] 한편, 관제센터(200)는 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출할 수 있다.

[0047] 예를 들면, 관제센터(200)는 IMU 센싱정보(즉, 센서데이터)는 평균적으로 초당 60Hz의 값을 수신할 수 있지만, 수신되는 IMU 센싱정보에는 측정 및 센서 자체의 노이즈가 있으므로 이를 제거할 필요가 있는데, 이를 위해 상보필터를 사용하여 필터링을 수행하고, 모바일로봇(100)의 현재 Roll값과 Pitch값을 계산할 수 있으며, 계산된 Roll값과 Pitch값을 이용하여 매 프레임별로 IMU이동평균값을 계산할 수 있다.

[0048] 아래의 수학식 3은 상보필터 계산식으로 필터링되어 산출되는 Roll값과 Pitch값을 나타낸다.

수학식 3

[0049]

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

[0050] 상술한 바와 같은 관제센터(200)는 키프레임이격도가 산출되는 시점에서 IMU이동평균값 및 프레임이격도를 아래의 수학식 4와 같이 산출할 수 있다.

수학식 4

$$Moving_average_{Roll} = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} Roll_i}{t-1}$$
$$Moving_average_{Pitch} = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} Pitch_i}{t-1}$$
$$difference_{roll} = Roll_t - Movining_average_{Roll}$$
$$divverence_{pitch} = Pitch_t - Moving_average_{pitch}$$

[0051]

[0052] 다음에, 관제센터(200)는 상기 수학식 4를 통해 산출되는 각각에 대해 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점의 매칭수가 감소할 가능성 P를 아래의 수학식 5와 같이 산출할 수 있다.

수학식 5

$$P = difference_{feature} * \omega_{feature} + difference_{match} * \omega_{match} + difference_{Roll} * \omega_{Roll} + difference_{Pitch} * \omega_{pitch}$$

[0053]

[0054] 한편, 관제센터(200)는 가능성예측값(P)이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 이동속도를 제어할 수 있고, 가능성예측값이 기 설정된 임계값을 초과할 경우 현재이동속도와 최대속도를 비교한 후, 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 이동속도를 제어할 수 있다.

[0055] 예를 들면, 관제센터(200)는 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인지를 체크하고, 그 체크 결과, 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 모바일로봇(100)의 현재이동속도가 최대속도인지의 여부를 체크할 수 있으며, 그 체크 결과, 현재이동속도가 최대속도인 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 현재이동속도와 최대속도를 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 증가시키고, 현재이동속도가 최대속도가 아닌 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 최대속도만을 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 증가시킨 후에, 증가된 이동속도값에 따라 모바일로봇(100)을 주행하도록 이동제어신호를 모바일로봇(100)으로 전송함으로써, 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있다.

[0056] 한편, 상기 체크 결과, 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 모바일로봇(100)의 현재이동속도가 최대속도인지의 여부를 체크할 수 있으며, 그 체크 결과, 현재이동속도가 최대속도인 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 현재이동속도와 최대속도를 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 감소시키고, 현재이동속도가 최대속도가 아닌 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 최대속도만을 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 감소시킨 후에, 감소된 이동속도값에 따라 모바일로봇(100)을 주행하도록 이동제어신호를 모바일로봇(100)으로 전송함으로써, 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있다.

[0057] 여기에서, 관제센터(200)는 가능성예측값(P)이 기 설정된 임계값을 초과할 경우 도 6에 도시한 바와 같은 알고리즘과 같이 모바일로봇(100)의 스텝(step) 단위로 최대속도를 감소시킬 수 있고, 반대로 임계값을 초과하지 않을 경우 최대속도를 증가시킬 수 있으며, 만약 현재 모바일로봇(100)의 현재속도가 최대속도가 아닐 경우 최대속도의 값만 변화시키면서 현재속도는 유지하여 이동하도록 제어할 수도 있다.

[0058] 통신망(300)은 무선통신방식을 지원하는 네트워크망으로, 예를 들어GSM(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.

[0059] 이러한 통신망(300)은 복수의 안테나(310)와 액세스포인트(AP) 라우터 등을 포함하는 데이터송수신부(320)를 포함하여 구성될 수 있는데, AP 라우터는 복수의 안테나(310)를 통해 모바일로봇(100)으로부터 수신된 센싱데이터를 관제센터(200)로 전송할 수 있고, 관제센터(200)로부터 전송되는 이동제어명령을 수신하여 모바일로봇(100)으로 전송하는 라우팅 기능을 수행할 수 있다.

[0060] 한편, 모바일로봇 플랫폼환경에서는 낮은 소비전력과 컴퓨팅 성능으로 실시간 SLAM을 수행하기에는 제한적일 수 밖에 없는데, 도 7에 도시한 바와 같이 본 발명의 실시예에서 모바일로봇 플랫폼은 SLAM을 하기 위한 센서정보를 무선네트워크환경을 통해 고성능 데스크톱으로 구성되는 관제센터(200)로 전송하고, 고성능환경의 관제센터(200)에서 실시간성을 보장하는 SLAM 지도작성을 수행할 수 있다.

[0061] 이러한 무선네트워크는 도 8 및 도 9에 도시한 바와 같이 802.11ac 이상의 네트워크 대역폭을 사용하여 다수의 센싱데이터를 실시간으로 전송할 수 있는 대역폭을 확보할 수 있다.

[0062] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모바일로봇으로부터 전송되는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 모바일로봇으로부터 전송되는 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있다.

[0063] 도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른특징점을 예측하는 SLAM 시스템에서 최적속도로 제어하는 과정을 나타낸 플로우차트이다.

[0064] 도 10 및 도 11을 참조하면, 동시적 위치추정 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization & Mapping)을 위해 모바일로봇(100)에서 촬영된 영상프레임과 IMU(Inertial Measurement Unit) 센싱정보를 제공할 수 있다(단계410).

[0065] 여기에서, 모바일로봇(100)은 예를 들면, 무인배송로봇, 무인서빙로봇, 자율주행자동차, 무인항공체(드론), 무인청소로봇 등을 포함할 수 있는데, 카메라센서(110)를 통해 실시간 영상을 촬영한 후에, 그 촬영영상을 센싱데이터처리부(130)를 통해 영상데이터로 처리하여 관제센터(200)로 통신망(300)을 통해 전송할 수 있다.

[0066] 또한, 모바일로봇(100)에서는 센싱부(120)의 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.

[0067] 한편, 모바일로봇(100)에서는 센싱부(120)의 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.

[0068] 그리고, 관제센터(200)에서 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출할 수 있다(단계420).

[0069] 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.

[0070] 또한, 관제센터(200)에서 현재프레임의 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출할 수 있다(단계430).

[0071] 상기 키프레임이격도를 산출하는 단계(430)에서는, 관제센터(200)에서 키프레임 매칭을 통해 현재프레임과 이전키프레임에서 매칭된 매칭특징점수를 저장하면서 특징점이동평균값을 산출하고, 산출된 특징점이동평균값, 현재프레임의 특징점수 및 매칭특징점수에 대한 키프레임이격도를 산출할 수 있다.

[0072] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 트랙로컬맵 단계에서 현재프레임과 이전키프레임과의 매칭된 특징점의 수를 추출할 수 있고, 신규키프레임결정 단계에서 키프레임의 수가 n이며, 추출된 특징점수와 이전프레임과 매칭된 매칭특징점의 수를 저장한 후에, 그 특징점이동평균값을 상기 수학식 1과 같이 계산할 수 있고, 계산된 각각의 이동평균과 현재프레임의 특징점수, 키프레임과의 매칭특징점 수의 이격도를 상기 수학식 2와 같이 계산할 수 있다.

[0073] 한편, 관제센터(200)에서 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출할 수 있다(단계440).

[0074] 상기 IMU이동평균값을 산출하는 단계(440)에서는, 관제센터(200)에서 IMU 센싱정보를 수신하여 필터링을 수행하고, 필터링된 IMU 센싱정보를 이용하여 Roll값과 Pitch값을 산출하며, 산출된 Roll값과 Pitch값을 누적하여 IMU이동평균값을 산출할 수 있다.

[0075] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 IMU 센싱정보(즉, 센서데이터)는 평균적으로 초당 60Hz의 값을 수신할 수 있지만, 수신되는 IMU 센싱정보에는 측정 및 센서 자체의 노이즈가 있으므로 이를 제거할 필요가 있는데, 이를 위해 상보필터를 사용하여 필터링을 수행하고, 모바일로봇(100)의 현재 Roll값과 Pitch값을 상기 수학식 3과 같이 계산할 수 있으며, 계산된 Roll값과 Pitch값을 이용하여 매 프레임별로 IMU이동평균값을 상기 수학식 4와 같이 계산할 수 있다.

[0076] 다음에, 관제센터(200)에서 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출할 수 있다(단계450).

[0077] 예를 들면, 관제센터(200)는 키프레임이격도가 산출되는 시점에서 IMU이동평균값 및 프레임이격도를 상기 수학식 4와 같이 산출할 수 있고, 상기 수학식 4를 통해 산출되는 각각에 대해 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점의 매칭수가 감소할 가능성 P를 아래의 수학식 5와 같이 산출할 수 있다.

[0078] 그리고, 관제센터(200)에서 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇(100)의 이동속도를 가변 제어할 수 있다(단계460).

[0079] 상기 이동속도를 가변 제어하는 단계(460)에서는, 관제센터(200)에서 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 현재이동속도를 기 설정된 속도값만큼 증가시키는 방식으로 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있고, 가능성예측값이 기 설정된 임계값을 초과할 경우 현재이동속도를 기 설정된 속도값만큼 감소시키는 방식으로 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있다.

[0080] 예를 들면, 관제센터(200)에서는 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인지를 체크하고(단계461), 그 체크 결과, 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 모바일로봇(100)의 현재이동속도가 최대속도인지의 여부를 체크할 수 있으며(단계462), 그 체크 결과, 현재이동속도가 최대속도인 경우 관제센터(200)에서는 모바일로봇(100)의 현재이동속도와 최대속도를 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 증가시키고(단계463, 단계464), 현재이동속도가 최대속도가 아닌 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 최대속도만을 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 증가시킨 후에(단계464), 증가된 이동속도값에 따라 모바일로봇(100)을 주행하도록 이동제어신호를 모바일로봇(100)으로 전송함으로써, 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있다(단계465).

[0081] 한편, 상기 체크 결과, 가능성예측값이 기 설정된 임계값보다 미만인 경우 모바일로봇(100)의 현재이동속도가 최대속도인지의 여부를 체크할 수 있으며(단계466), 그 체크 결과, 현재이동속도가 최대속도인 경우 관제센터(200)에서는 모바일로봇(100)의 현재이동속도와 최대속도를 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 감소시키고(단계467, 단계468), 현재이동속도가 최대속도가 아닌 경우 관제센터(200)는 모바일로봇(100)의 최대속도만을 기 설정된 속도값(예를 들면, 1 m/s 등)만큼 감소시킨 후에(단계468), 감소된 이동속도값에 따라 모바일로봇(100)을 주행하도록 이동제어신호를 모바일로봇(100)으로 전송함으로써, 모바일로봇(100)의 이동속도를 제어할 수 있다(단계465).

[0082] 여기에서, 관제센터(200)에서는 가능성예측값이 기 설정된 임계값을 초과할 경우 모바일로봇(100)의 스텝(step) 단위(즉, 기 설정된 속도값)로 최대속도를 감소시킬 수 있고, 반대로 임계값을 초과하지 않을 경우 최대속도를 증가시킬 수 있으며, 만약 현재 모바일로봇(100)의 현재이동속도가 최대속도가 아닐 경우 최대속도의 값만 변화시키면서 현재이동속도는 유지하여 이동하도록 제어할 수도 있다.

[0083] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 모바일로봇으로부터 전송되는 영상프레임의 현재프레임에서 특징점을 추출하고, 키프레임 매칭을 수행하여 키프레임이격도를 산출하며, 모바일로봇으로부터 전송되는 IMU 센싱정보를 이용하여 IMU이동평균값을 산출하고, 산출된 키프레임이격도 및 IMU이동평균값에 가중치를 부여하여 다음프레임에서 특징점매칭수가 감소할 가능성예측값을 산출하며, 산출된 가능성예측값에 따라 모바일로봇의 이동속도를 가변 제어함으로써, 동일경로를 주행하는 환경에서 최적의 속도를 주행하면서 SLAM을 수행할 수 있어 더욱 더 고품질의 지도를 생성할 수 있다.

[0084] 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

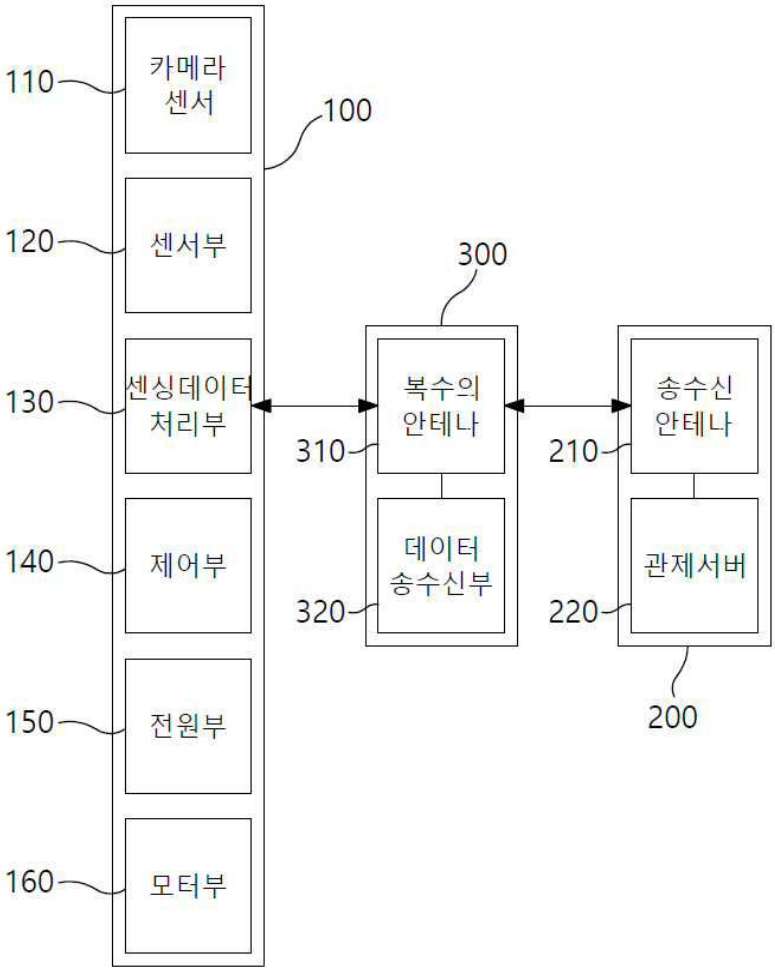
[0085] 100 : 모바일로봇

200 : 관제센터

300 : 통신망

도면

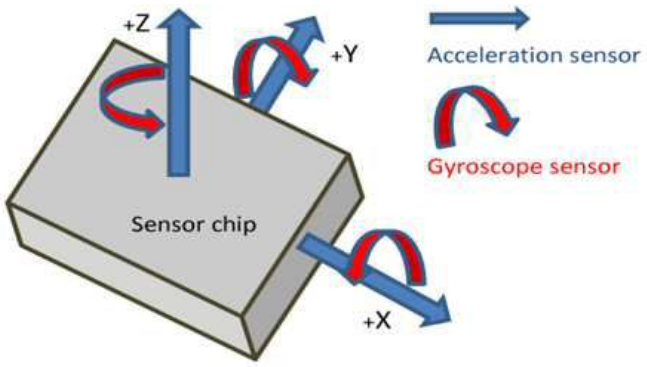
도면1



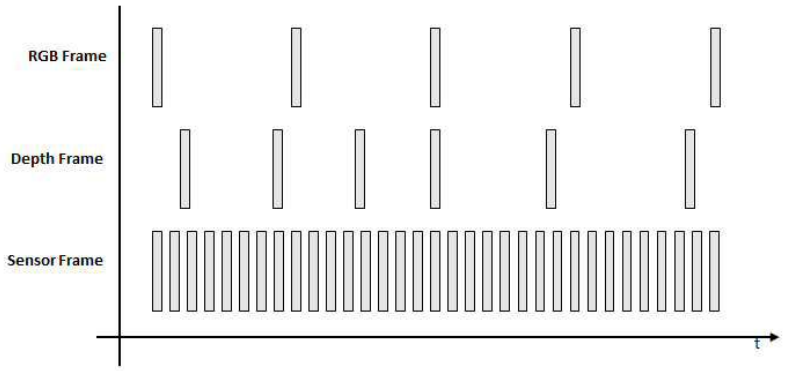
도면2

① 로봇 명령 제어
② 영상 송신 요청
③ RGB-D 프레임 송신
④ IMU 데이터 송신
⑤ 최적속도 제어
24/7
RGB-D

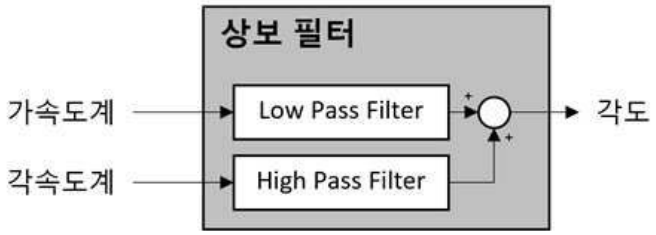
도면3


+Z
+Y
+X
Sensor chip
Acceleration sensor
Gyroscope sensor

도면4


RGB Frame
Depth Frame
Sensor Frame
t

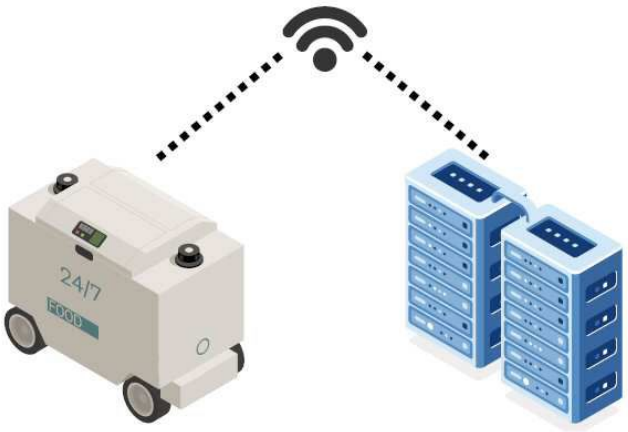
도면5



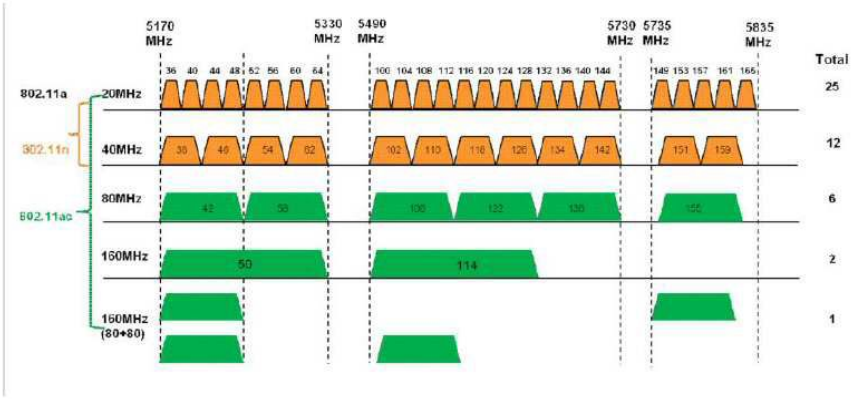
도면6

input : 임계값 T_p, 이격도 값 P_i, 현재 속도 S_i, 최대 속도 S_{max}, 최소 속도 S_{min}
output: target speed
while not SLAM finished then
    if $T_p > P_i$ then
        if S_i $equal$ S_{max} then
            target speed = S_i + 1 step
            S_{max} + 1 step
            end
    else
        if S_i $equal$ S_{min} then
            target speed = S_i− 1 step
            S_{min} − 1 step
        end
    end

도면7



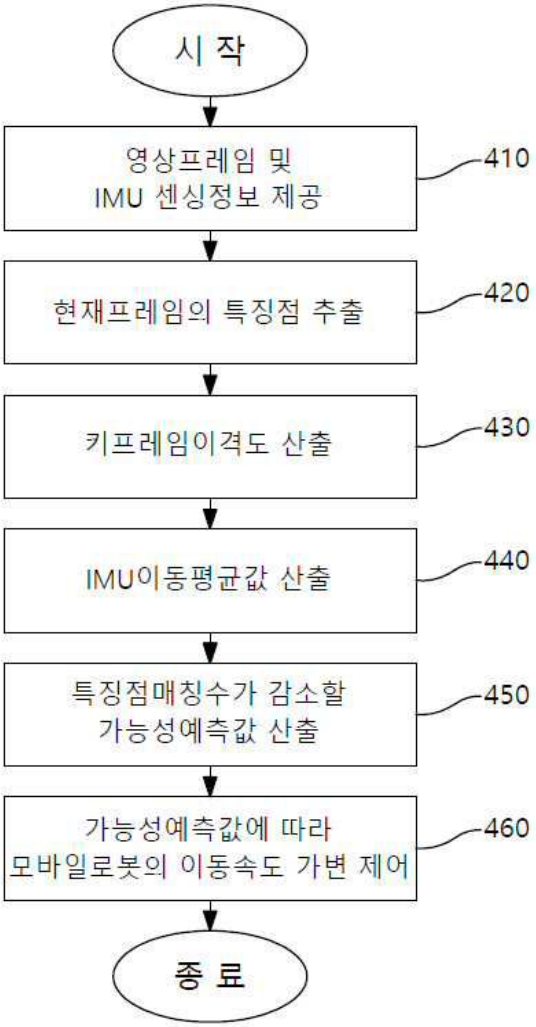
도면8



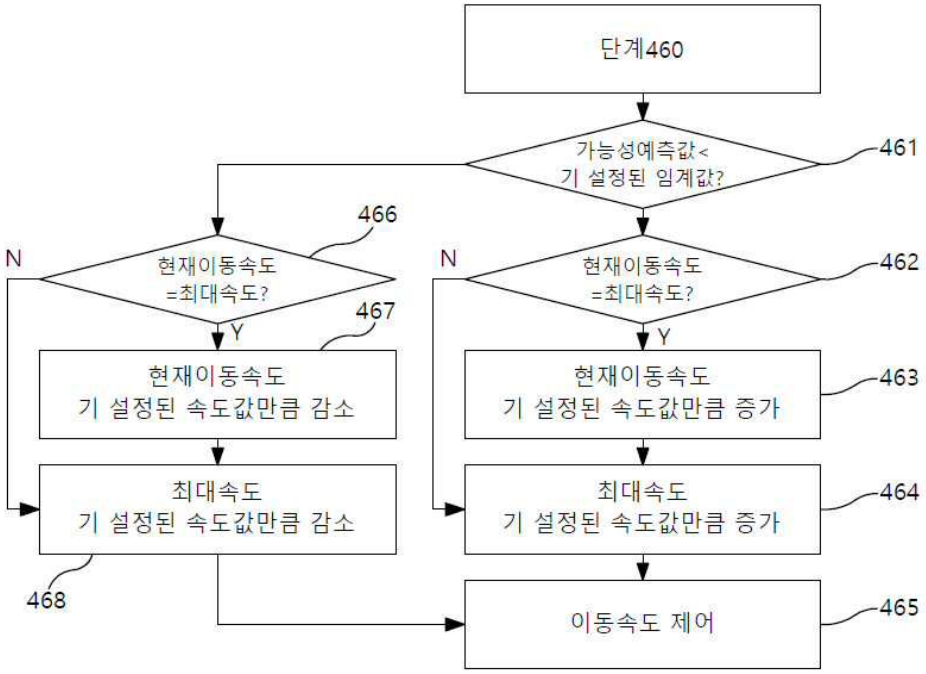
도면9

구분	802.11ac	802.11n
이론상 속도	1,300 ~ 2,300 Mbps	450 Mbps
WiFi 채널 대역폭	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz	20, 40 MHz
MIMO	MU-MIMO	SU-MIMO
Spatial Streams	8개 이상	4개 이상
Beamforming	Explicit	Lots of version
QAM	256-QAM	64-QAM
Frequency Bands	5GHz	2.4 GHz and 5 GHz

도면10


시 작
영상프레임 및
IMU 센싱정보 제공
410
현재프레임의 특징점 추출
420
키프레임이격도 산출
430
IMU이동평균값 산출
440
특징점매칭수가 감소할
가능성예측값 산출
450
가능성예측값에 따라
모바일로봇의 이동속도 가변 제어
460
종 료

도면11


단계460
가능성예측값<
기 설정된 임계값?
461
466
N
현재이동속도
=최대속도?
467
Y
현재이동속도
기 설정된 속도값만큼 감소
최대속도
기 설정된 속도값만큼 감소
468
N
현재이동속도
=최대속도?
462
Y
현재이동속도
기 설정된 속도값만큼 증가
463
최대속도
기 설정된 속도값만큼 증가
464
이동속도 제어
465