



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0098628
(43) 공개일자 2025년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 13/08 (2006.01) B25J 19/02 (2006.01)
B25J 5/00 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
G01S 17/89 (2020.01) G05D 1/243 (2024.01)
G05D 1/246 (2024.01) G05D 1/46 (2024.01)
G05D 107/70 (2024.01)

(52) CPC특허분류

B25J 13/088 (2013.01)
B25J 19/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0190166

(22) 출원일자 2023년12월22일

심사청구일자 2023년12월22일

(71) 출원인

국립부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

최요순

부산광역시 남구 분포로 111, 134동 303호(용호동, 엘지메트로시티)

김현무

울산광역시 남구 팔등로67번길 25-1, 3층(신정동)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법

(57) 요약

본 발명은 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D(3 Dimension) 갱도 맵핑 시스템과 그 방법이다. 본 발명의 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템은 로봇의 롤, 피치, 헤딩 각도를 포함하는 오일러각 형태의 로봇의 3축 자세를 측정하여 IMU 센서 데이터를 생성하도록 구성된 IMU 센서; 로봇의 휠 회전수

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



를 측정하여 휠 엔코더 센서 데이터를 생성하도록 구성된 휠 엔코더; 갱도 벽면을 수평 방향으로 스캔하여 2D 라이다 데이터를 생성하도록 구성된 2D 라이다; 3D 포인트 클라우드 데이터를 생성하도록 구성된 3D 라이다; 및 상기 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 상기 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 상기 3차원 자세 데이터와 상기 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 제어부;를 포함한다.

(52) CPC특허분류

B25J 5/007 (2013.01)
B25J 9/1694 (2013.01)
G01S 17/89 (2022.01)
G05D 1/243 (2024.01)
G05D 1/246 (2024.01)
G05D 1/46 (2024.01)
G05D 2107/73 (2024.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711199526
과제번호	00280326
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	지하 험지 환경에서 3D 경로 자율주행을 위한 Robot Operating System(ROS) 확장 모듈 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국립부경대학교 산학협력단
연구기간	2023.09.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

자율주행 로봇에 장착되고 로봇의 롤(Roll), 피치(Pitch), 헤딩 각도를 포함하는 오일러각 형태의 로봇의 3축 자세를 측정하여 IMU(Inertial Measurement Unit) 센서 데이터를 생성하도록 구성된 IMU 센서(110);

상기 자율주행 로봇의 휠에 장착되고 로봇의 휠 회전수를 측정하여 휠 엔코더 감지 데이터를 생성하도록 구성된 휠 엔코더(120);

상기 자율주행 로봇의 상부에 장착되고 갱도 벽면을 수평 방향으로 스캔하여 2D 라이다 데이터를 생성하도록 구성된 2D 라이다(100);

상기 자율주행 로봇의 후면부에 장착되어 3D 포인트 클라우드 데이터를 생성하도록 구성된 3D 라이다(130); 및

상기 자율주행 로봇에 장착되어 상기 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 상기 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 상기 3차원 자세 데이터와 상기 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 제어부(200);를 포함하는, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제어부(200)로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이하도록 구성된 결과 표시부(300)를 더 포함하는, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템.

청구항 3

자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템을 이용한 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법으로서,

제어부(200)가 2D 라이다(100), IMU 센서(110) 및 휠 엔코더(120)로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하는 단계;

상기 제어부가 3D 라이다(130)로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하는 단계;

상기 제어부가 수신된 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하는 단계;

상기 제어부가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하고 자율주행 로봇의 궤적을 예측하는 단계; 및

상기 제어부가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 단계;를 포함하는, 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

결과 표시부(300)가 상기 제어부(200)로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는, 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법.

청구항 5

제3 항에 있어서,

상기 자율주행 로봇의 2차원 위치 추정 단계는

상기 제어부(200)가 2D 라이다(100), IMU 센서(110) 및 휠 엔코더(120)로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하는 단계; 및

수신된 상기 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 칼만필터 및 AMCL(Adaptive Monte Carlo localization) 알고리즘으로 융합하여 실시간으로 자율주행 로봇의 헤딩(heading) 데이터 및 2차원 위치 좌표를 추정하는 단계;를 포함하는, 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법.

청구항 6

제3 항에 있어서,

상기 자율주행 로봇의 궤적 예측은

상기 제어부(200)가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하는 동작을 반복 수행하고, 반복 수행하여 추정된 자율주행 로봇의 3차원 위치 정보를 기초로 자율주행 로봇의 궤적을 예측하는, 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D(3 Dimension) 갱도 맵핑 시스템과 그 방법에 관한 것으로서, 자율주행 로봇에 장착된 2D(2 Dimension) 라이다, IMU(Inertial Measurement Unit) 센서, 휠 엔코더로부터 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여 3차원 자세를 추정하고, 로봇의 3차원 자세 데이터와 2차원 위치 데이터를 융합하여 로봇의 3차원 위치를 추정 및 로봇의 궤적을 예측하고, 로봇의 3차원 위치 데이터에 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 광업 현장은 화재, 폭발, 충돌, 추락, 감전, 홍수, 매몰 등 많은 위험 요소 들이 있다. 특히 지하 광산 현장은 폐쇄된 공간에서 발파, 채굴 등의 작업을 수행하기 때문에 위험 요소 들에 고립될 가능성이 크고 유독 가스 중독과 같이 보이지 않는 위험 요소들이 다수 존재한다. 이로 인해 광업 분야에서는 지하 광산 현장에서의 작업 안전성을 향상시키기 위해 다양한 연구들이 수행되었다.

[0003] 최근 광업 분야에서는 자율주행 로봇을 활용하여 지하 광산 환경에서 갱도 측량, 환경 모니터링, 정찰 등을 수행한 연구들이 있었다. 지하 광산 환경을 탐사할 때 자율주행 로봇을 활용하면 작업자가 직접 갱내로 들어가지 않아도 되므로 안전하게 탐사 작업을 수행할 수 있다. 또한, 자율주행 로봇은 작업자가 직접 제어하지 않더라도 주행, 맵핑, 탐사 등의 작업을 모두 자동으로 수행할 수 있기 때문에 작업의 효율성도 향상시킬 수 있다.

[0004] 자율주행 로봇을 활용하여 지하 광산에서 갱도 맵핑 작업을 정밀하게 수행하기 위해서는 로봇의 자체적인 위치 추정이 정확하게 수행되어야 한다. 갱도 맵핑 작업을 수행할 때, 라이다 센서와 같은 거리 측정 장비의 정확도 뿐만 아니라 자율주행 로봇의 위치와 각도가 맵핑 정확도에 큰 영향을 미치기 때문이다. 이와 같은 이유로 지하 광산 내부에서 로봇의 위치 및 자세를 정밀하게 추정하기 위한 연구들이 다수 수행되었다.

[0005] 기존에 지하 광산에서 자율주행 로봇의 위치를 정밀하게 추정하기 위해 수행된 연구들은 평평한 갱도를 대상으로 위치추정 및 갱도 맵핑 작업을 수행하였다. 그러나 실제 지하 광산은 갱도가 지하 방향으로 이어지기 때문에 대부분의 갱도가 경사 지형으로 구성되어 있다.

[0006] 그러나 경사로에서는 기존에 사용했던 위치추정 방법으로는 로봇의 위치를 정확하게 추정하기 어렵다. 왜냐하면, 지하 광산의 경사로에서 로봇의 움직임은 3축 자세로 정의될 수 있는데, 로봇이 z 방향으로 이동한 정보를 반영하지 않는다면 로봇의 이동량이 2D 공간에서만 정의되기 때문에 로봇의 위치에 정확하게 반영되지 않고, 이로 인해 로봇이 지하 방향으로 이동할수록 위치 오차가 누적되기 때문이다. 따라서 지하광산 환경에서 자율주행 로봇의 위치를 정확하게 예측하고 로봇을 활용도를 향상시키기 위해서는 로봇이 경사 지형을 주행할 때, 3차원 자세 추정 및 위치 인식 기술이 필요하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-2396675호(발명의 명칭: 라이다 센서를 이용한 지하광산 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명은 상기와 같은 점에 착안하여 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 지하 광산의 경사 지형에서 주행하는 자율주행 로봇의 위치를 정확하게 예측하고 정밀한 3차원 갱도 맵을 작성할 수 있는, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템은 자율주행 로봇에 장착되고 로봇의 롤(Roll), 피치(Pitch), 헤딩 각도를 포함하는 오일러각 형태의 로봇의 3축 자세를 측정하여 IMU(Inertial Measurement Unit) 센서 데이터를 생성하도록 구성된 IMU 센서; 상기 자율주행 로봇의 휠에 장착되고 로봇의 휠 회전수를 측정하여 휠 엔코더 감지 데이터를 생성하도록 구성된 휠 엔코더; 상기 자율주행 로봇의 상부에 장착되고 갱도 벽면을 수평 방향으로 스캔하여 2D 라이다 데이터를 생성하도록 구성된 2D 라이다; 상기 자율주행 로봇의 후면부에 장착되어 3D 포인트 클라우드 데이터를 생성하도록 구성된 3D 라이다; 및 상기 자율주행 로봇에 장착되어 상기 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 상기 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 상기 3차원 자세 데이터와 상기 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템에 있어서, 상기 제어부로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이하도록 구성된 결과 표시부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 다른 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법은 제어부가 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서

데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하는 단계; 상기 제어부가 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하는 단계; 상기 제어부가 수신된 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하는 단계; 상기 제어부가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하고 자율주행 로봇의 궤적을 예측하는 단계; 및 상기 제어부가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 다른 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법은 결과 표시부가 상기 제어부로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 다른 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법에 있어서, 상기 자율주행 로봇의 2차원 위치 추정 단계는 상기 제어부가 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하는 단계; 및 수신된 상기 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 데이터 데이터를 칼만필터 및 AMCL(Adaptive Monte Carlo localization) 알고리즘으로 융합하여 실시간으로 자율주행 로봇의 heading(heading) 데이터 및 2차원 위치 좌표를 추정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 다른 실시형태에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법에 있어서, 상기 자율주행 로봇의 궤적 예측은 상기 제어부가 추정된 상기 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하는 동작을 반복 수행하고, 반복 수행하여 추정된 자율주행 로봇의 3차원 위치 정보를 기초로 자율주행 로봇의 궤적을 예측할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시형태들에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법에 의하면, 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 상기 3차원 자세 데이터와 상기 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하도록 구성됨으로써, 지하 광산의 경사 지형에서 주행하는 자율주행 로봇의 위치를 정확하게 예측하고 정밀한 3차원 갱도 맵을 작성할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템에 대한 블록구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 의한, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 의한 자율주행 로봇을 나타낸 도면이다.

도 4는 도 2의 스텝(S400)에서 3D 포인트 클라우드 데이터를 정합한 결과를 나타낸 도면이다.

도 5는 도 2의 스텝(S400) ~ 스텝(S600)에서 3D 포인트 클라우드 데이터를 ICP 알고리즘을 통해 정합하여 로봇의 3차원 자세를 추정하고 추정된 3차원 자세 정보를 기초로 예측한 로봇의 3차원 궤적 및 3차원 맵핑 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본

발명에서의 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. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예를 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

- [0018] 도면에서 도시된 각 시스템에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가지며 표현된 요소가 상이하거나 유사할 수가 있음을 시사할 수 있다. 그러나 요소는 상이한 구현을 가지고 본 명세서에서 보여지거나 기술된 시스템 중 몇몇 또는 전부와 작동할 수 있다. 도면에서 도시된 다양한 요소는 동일하거나 상이할 수 있다. 어느 것이 제1 요소로 지칭되는지 및 어느 것이 제2 요소로 불리는지는 임의적이다.
- [0019] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 자료 또는 신호를 '전송', '전달' 또는 '제공'한다는 함의는 어느 한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 자료 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 자료 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.
- [0020] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템에 대한 블록구성도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 자율주행 로봇을 나타낸 도면이다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템은, 도 1 및 도 3에 도시된 바와 같이, IMU(Inertial Measurement Unit) 센서(110), 휠 엔코더(120), 2D 라이다(100), 3D 라이다(130), 제어부(200) 및 결과 표시부(300)를 포함한다.
- [0023] IMU(Inertial Measurement Unit) 센서(110), 휠 엔코더(120), 2D 라이다(100), 3D 라이다(130) 및 제어부(200)는 자율주행 로봇에 장착되어 있으며, 결과 표시부(300)는 사용자 측에 구비된 장비로서 제어부(200)와 원격으로 무선 연결되어 있다.
- [0024] IMU 센서(110), 휠 엔코더(120), 2D 라이다(100) 및 3D 라이다(130)는 제어부(200)와 유, 무선으로 연결될 수 있으며, 통신방식은 특별히 제한되지 않는다. 제어부(200)와 결과 표시부(300)는 무선 통신 가능하다.
- [0025] IMU 센서(110)는 자율주행 로봇의 내부에 장착되어 로봇의 롤(Roll), 피치(Pitch) 및 헤딩 각도[요(Yaw)라고도 함]를 포함하는 오일러각 형태의 로봇의 3축 자세를 측정하고, IMU 센서 데이터를 생성하여 제어부(200)에 제공하는 역할을 한다. IMU 센서(110)는 가속도 센서, 지자기 센서 및 자이로스코프 센서가 칼만필터로 융합된 구성을 가진다.
- [0026] 휠 엔코더(120)는 자율주행 로봇의 휠에 장착되어 로봇의 휠 회전수를 측정하고, 휠 엔코더 감지 데이터를 제어부(200)에 제공하는 역할을 한다.
- [0027] 2D 라이다(100)는 자율주행 로봇의 상부에 장착되어 갱도 벽면을 수평 방향으로 스캔하여 2D 라이다 데이터를 생성하고 제어부(200)에 제공하는 역할을 한다.
- [0028] 3D 라이다(130)는 자율주행 로봇의 후면부에 수직 방향으로 장착되어 3D 포인트 클라우드 데이터를 생성하여 제어부(200)에 제공하는 역할을 한다.
- [0029] 제어부(200)는 전체 구성요소를 제어하는 마이크로컴퓨터이다. 제어부(200)는 2D 라이다(100), IMU 센서(110) 및 휠 엔코더(120)로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고, 수신된 데이터들을 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 3D 라이다(130)로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 추정된 3차원 자세 데이터와 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하는 역할을 한다.
- [0030] 결과 표시부(300)는 제어부(200)로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이하는 역할을 한다.

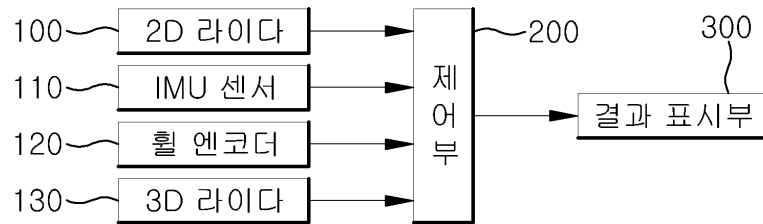
- [0031] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템을 이용한 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 의한, 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 방법을 설명하기 위한 플로우차트로서, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.
- [0033] 먼저, 제어부(200)가 2D 라이다(100), IMU 센서(110) 및 휠 엔코더(120)로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신한다(S100).
- [0034] 다음, 제어부(200)는 스텝(S100)에서 수신된 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정한다(S200). 좀 더 상세하게는 제어부(200)가 수신된 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 칼만필터 및 AMCL(Adaptive Monte Carlo localization) 알고리즘으로 융합하여 실시간으로 자율주행 로봇의 heading(heading) 데이터 및 2차원 위치 좌표를 추정한다.
- [0035] 다음, 제어부(200)가 3D 라이다(130)로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신한다(S300).
- [0036] 다음, 제어부(200)가 스텝(S300)에서 수신된 3D 포인트 클라우드 데이터를 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정한다(S400)(도 4 및 도 5 참조).
- [0037] 다음, 제어부(200)가 스텝(S400)에서 추정된 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 스텝(S200)에서 추정된 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하고 자율주행 로봇의 궤적을 예측한다(S500)(도 5 참조). 여기서, 자율주행 로봇의 궤적 예측은 제어부(200)가 추정된 자율주행 로봇의 3차원 자세 데이터 및 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정하는 동작을 반복 수행하고, 반복 수행하여 추정된 자율주행 로봇의 3차원 위치 정보를 기초로 자율주행 로봇의 궤적을 예측할 수 있다.
- [0038] 다음, 제어부(200)가 스텝(S500)에서 추정된 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 스텝(S300)에서 수신된 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행한다(S600).
- [0039] 다음, 결과 표시부(300)는 제어부(200)로부터 원격으로 표시 제어신호를 입력받아 자율주행 로봇의 3차원 위치 추정 데이터, 자율주행 로봇의 궤적 데이터, 및 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑 결과 데이터를 디스플레이한다(S700).
- [0040] 위와 같이 구성된 본 발명의 실시형태들에 의한 지하 광산의 경사 지형에서 자율주행 로봇의 위치추정 및 3D 갱도 맵핑 시스템과 그 방법에 의하면, 2D 라이다, IMU 센서 및 휠 엔코더로부터 2D 라이다 데이터, IMU 센서 데이터 및 휠 엔코더 감지 데이터를 수신하고 융합하여 자율주행 로봇의 2차원 위치를 추정하고, 3D 라이다로부터 3D 포인트 클라우드 데이터를 수신하여 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 통해 정합하여서 자율주행 로봇의 3차원 자세를 추정하고, 상기 3차원 자세 데이터와 상기 2차원 위치 데이터를 융합하여 자율주행 로봇의 3차원 위치를 추정 및 자율주행 로봇의 궤적을 예측하고, 상기 자율주행 로봇의 3차원 위치 데이터에 상기 3D 포인트 클라우드 데이터를 반영하여 지하 광산 갱도에 대한 3차원 맵핑을 수행하도록 구성됨으로써, 지하 광산의 경사 지형에서 주행하는 자율주행 로봇의 위치를 정확하게 예측하고 정밀한 3차원 갱도 맵을 작성할 수 있다.
- [0041] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

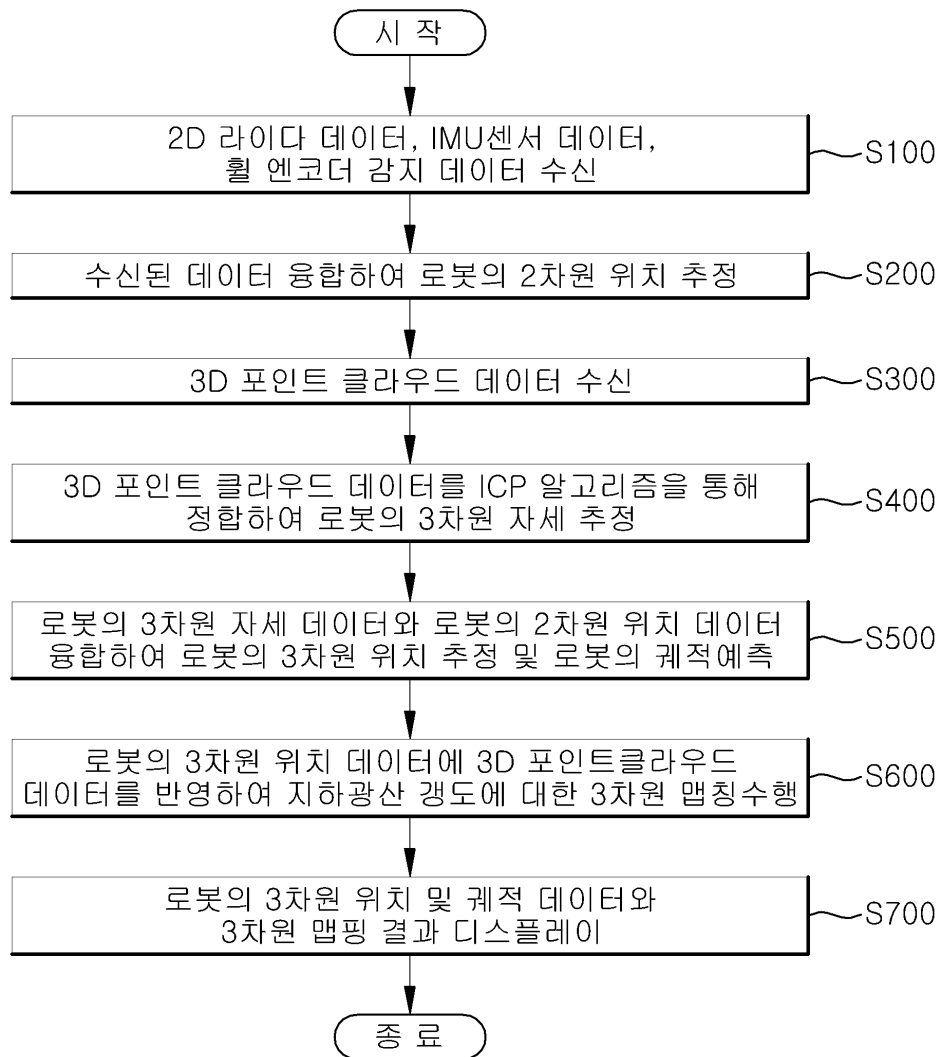
- [0042] 100 : 2D 라이다
110 : IMU 센서
120 : 휠 엔코더
130 : 3D 라이다
200 : 제어부
300 : 결과 표시부

도면

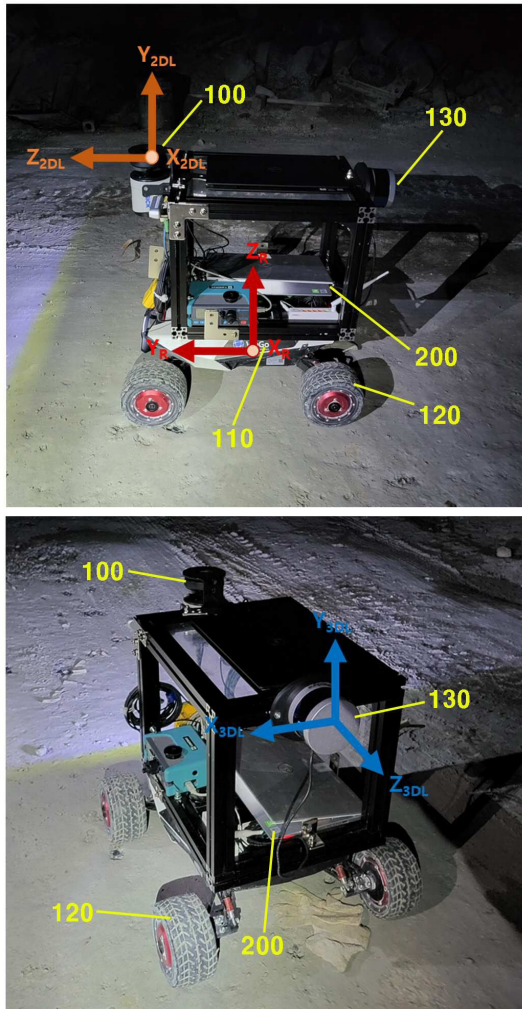
도면1



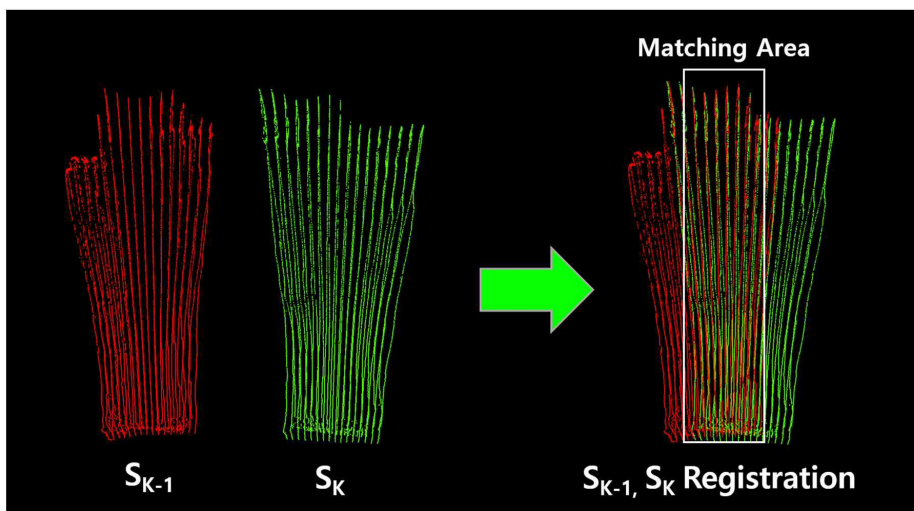
도면2



도면3



도면4



도면5

