



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0009032
(43) 공개일자 2024년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 17/89 (2020.01) G06F 16/29 (2019.01)
G06F 30/13 (2020.01) G06T 17/05 (2011.01)
G06T 3/00 (2024.01)

(52) CPC특허분류

G01S 17/89 (2022.01)
G06F 16/29 (2019.01)

(21) 출원번호 10-2022-0086022

(22) 출원일자 2022년07월13일

심사청구일자 2022년07월13일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김형관

서울특별시 강남구 도산대로1길 40, 5층 (신사동, 대영빌딩)

정두호

경기도 수원시 영통구 도청로17번길 23, 자연엔자
이아파트 5302동 901호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김인철

전체 청구항 수 : 총 17 항

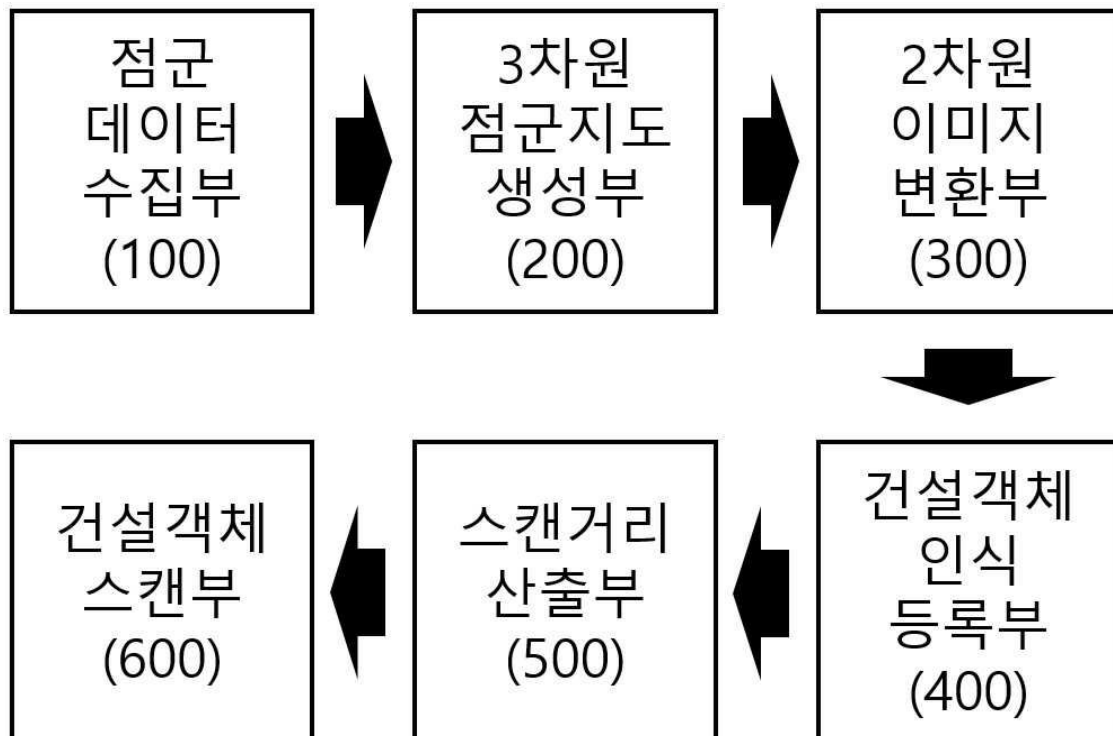
(54) 발명의 명칭 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템 및 자동수집방법

(57) 요약

본 발명은 데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템으로서, 모바일장치에 장착된 라이더(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 점군 데이터 수집부(100); 상기 라이더에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 3차원 점군 지도 생성부(200); 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 2차원 이미지 변환부(300); 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 건설객체 인식 등록부(400); 상기 건설객체 인식 등록부(400)에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 스캔거리 산출부(500); 및 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 건설객체 스캔부(600)를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G06F 30/13 (2020.01)
G06T 17/05 (2013.01)
G06T 3/06 (2024.01)
G06T 2210/56 (2013.01)

백선웅

경기도 화성시 봉담읍 와우로73번길 22, 105동 804호

(72) 발명자

김주현

인천광역시 중구 은하수로 412 영종센트럴푸르지오
자이 111동 704호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711158074
과제번호 2021R1A2C2004308
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 모바일 로봇 및 심층학습 기반 건설현장 정보모델 통합 관리를 위한 3차원 데이터
생성 및 처리 기술(2/3)(2021.3.1~2024.2.29)

기 여 율 50/100
과제수행기관명 연세대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615012770
과제번호 156488
부처명 국토교통부
과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 스마트건설기술개발사업(국토교통기술연구개발)
연구과제명 임시구조물 스마트 안전확보 기술 개발 (3/6)
기 여 율 50/100
과제수행기관명 연세대학교 산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템으로서,

모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 점군 데이터 수집부;

상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 3차원 점군 지도 생성부;

상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 2차원 이미지 변환부;

이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 건설객체 인식 등록부;

상기 건설객체 인식 등록부에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 스캔거리 산출부; 및

모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 건설객체 스캔부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 점군 데이터 수집부의 모바일장치는 사족보행 로봇을 포함하는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 3차원 점군 지도 생성부의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 2차원 이미지 변환부는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며,

지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB 픽셀값을 결정하는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 높이(Height)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 최대 높이를 나타내는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 밀도(Density)는 점군의 밀도를 나타내는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 세기(Intensity)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 찍힌 세기를 나타내는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

건설객체 인식 등록부에서 기 지정된 건설객체는 비계를 포함하는 임시가설물인 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 건설객체 인식 등록부의 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YoloV5가 적용되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 스캔거리 산출부에서 최적 스캔거리(Scan distance)는 다음 식 1로 산출되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템.

[식 1]

$$\text{Scan distance} = \frac{\text{Scaffold height}}{\tan(\text{LiDAR FoV} + \text{Maximum Pitch})}$$

(여기서, Scan distance는 최적 스캔거리를 나타내며, Scaffold height는 인식된 건설객체의 최대 높이를 나타내며, LiDAR FoV는 스펙상의 LiDAR 센서 수직 시야 범위의 절반을 의미하며, Maximum Pitch는 모바일장치가 LiDAR의 각도를 변화시킬 수 있는 최대치를 나타낸다.)

청구항 11

데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집방법으로서, 상기 제어서버는

점군 데이터 수집부에서 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 S100 단계;

3차원 점군 지도 생성부에서 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 S200 단계;

2차원 이미지 변환부에서 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 S300 단계;

건설객체 인식 등록부에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 S400 단계;

스캔거리 산출부에서 상기 건설객체 인식 등록부에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 S500 단계; 및

건설객체 스캔부에서 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 S600 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

S200 단계에서의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

S300 단계는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며,

지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB 픽셀값을 결정하는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

S400 단계에서 기 지정된 건설객체는 비계를 포함하는 임시가설물인 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

청구항 15

청구항 11에 있어서,

S400 단계에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YoLoV5가 적용되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

청구항 16

청구항 11에 있어서,

상기 스캔거리 산출부에서 최적 스캔거리는 다음 식 1로 산출되는 것을 특징으로 하는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법.

[식 1]

$$\text{Scan distance} = \frac{\text{Scaffold height}}{\tan(\text{LiDAR FoV} + \text{Maximum Pitch})}$$

(여기서, Scan distance는 최적 스캔거리를 나타내며, Scaffold height는 인식된 건설객체의 최대 높이를 나타내며, LiDAR FoV는 스펙상의 LiDAR 센서 수직 시야 범위의 절반을 의미하며, Maximum Pitch는 모바일장치가 LiDAR의 각도를 변화시킬 수 있는 최대치를 나타낸다.)

청구항 17

하드웨어와 결합되어, 청구항 11에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 점군 데이터 자동수집시스템 및 자동수집방법에 관한 것이다. 구체적으로는 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템 및 자동수집방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 건설현장의 안전검사 및 기록을 위한 데이터 수집은 보통 작업자가 레이저 센서를 들고 건설현장을 이동하면서 진행된다. 이는 노동력이 소요되고 그에 따른 비용 역시 생기기 때문에 잦은 데이터 수집은 곧 높은 비용으로 이어지게 된다. 결국 비용 문제로 인해 철저한 검사 및 기록이 어려워지는 것이다.

[0003] 종래 기술의 문제점은 완전한 자동화가 아닌 사람의 개입이 필요하다는 점과, 건설현장에 적용할 기술임에도 불구하고 건설현장에 특화된 목표가 없다는 점이 제시될 수 있다.

[0004] 이에, 본 발명은 모바일장치를 통해 3차원 점군 데이터 수집을 자동화하여, 상기 문제점을 해결하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) (문헌 1) 한국등록특허공보 제10-2065702호 (2020.01.07)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템 및 자동수집방법은 다음과 같은 해결과제를 가진다.

[0007] 첫째, 모바일장치를 통해 건설객체의 3차원 점군 데이터를 자동적으로 수집하고자 한다.

[0008] 둘째, 3차원 점군 데이터를 2차원 이미지로 투영하여 데이터 부담을 감소시키고자 한다.

[0009] 셋째, 모바일장치와 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하고자 한다.

[0010] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템으로서, 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 점군 데이터 수집부; 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 3차원 점군 지도 생성부; 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 2차원 이미지 변환부; 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 건설객체 인식 등록부; 상기 건설객체 인식 등록부에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 스캔거리 산출부; 및 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 건설객체 스캔부를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명에 있어서, 상기 점군 데이터 수집부의 모바일장치는 사족보행 로봇을 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 3차원 점군 지도 생성부의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용될 수 있다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 2차원 이미지 변환부는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며,

[0015] 지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키

며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB 픽셀값을 결정할 수 있다.

- [0016] 본 발명에 있어서, 상기 높이(Height)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 최대 높이를 나타낼 수 있다.
- [0017] 본 발명에 있어서, 상기 밀도(Density)는 점군의 밀도를 나타낼 수 있다.
- [0018] 본 발명에 있어서, 상기 세기(Intensity)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 찍힌 세기를 나타낼 수 있다.
- [0019] 본 발명에 있어서, 건설객체 인식 등록부에서 기 지정된 건설객체는 비계를 포함하는 임시가설물인 것이 가능하다.
- [0020] 본 발명에 있어서, 상기 건설객체 인식 등록부의 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YoLoV5가 적용될 수 있다.
- [0021] 본 발명에 있어서, 상기 스캔거리 산출부에서 최적 스캔거리(Scan distance)는 식 1로 산출될 수 있다.
- [0023] 본 발명은 데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집방법으로서, 상기 제어서버는 점군 데이터 수집부에서 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 S100 단계; 3차원 점군 지도 생성부에서 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일 장치의 위치를 산출하는 S200 단계;
- [0024] 2차원 이미지 변환부에서 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 S300 단계; 건설객체 인식 등록부에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 S400 단계; 스캔거리 산출부에서 상기 건설객체 인식 등록부에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 S500 단계; 및 건설객체 스캔부에서 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 S600 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명에 있어서, S200 단계에서의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용될 수 있다.
- [0026] 본 발명에 있어서, S300 단계는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며, 지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실 좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB 픽셀값을 결정할 수 있다.
- [0027] 본 발명에 있어서, S400 단계에서 기 지정된 건설객체는 비계를 포함하는 임시가설물인 것이 가능하다.
- [0028] 본 발명에 있어서, S400 단계에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YoLoV5가 적용될 수 있다.
- [0029] 본 발명에 있어서, 상기 스캔거리 산출부에서 최적 스캔거리는 식 1로 산출될 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템 및 자동수집방법은 다음과 같은 효과를 가진다.
- [0033] 첫째, 모바일장치를 통해 건설객체의 3차원 점군 데이터를 자동적으로 수집하는 효과가 있다.
- [0034] 둘째, 3차원 점군 데이터를 2차원 이미지로 투영하여 데이터 부담을 감소시키는 효과가 있다.
- [0035] 셋째, 모바일장치와 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 효과가 있다.
- [0036] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법의 순서도이다.
- 도 3는 본 발명에 따른 모바일장치로서, 사족보행로봇의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 4은 실시간 비계 인식 및 등록 알고리즘의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 5는 본 발명에 따른 스캔 자동화와 관련된 순서도의 일 실시예이다.
- 도 6a는 로봇의 경로와 각각의 비계에 대한 스캔 위치를 나타내며, 도 6b는 현장의 3차원 지도를 나타내며, 도 6c는 취득한 비계의 3차원 점군(Point Cloud)을 나타낸다.
- 도 7은 ROS 기반으로 나타낸 방법론의 구성 요소를 나타낸다.
- 도 8은 본 발명에 따른 수식 1의 LiDAR FoV를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.
- [0039] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.
- [0040] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0041] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0042] 본 명세서에서 사용되는 방향에 관한 표현, 예를 들어 전/후/좌/우의 표현, 상/하의 표현, 종방향/횡방향의 표현은 도면에 개시된 방향을 참고하여 해석될 수 있다.
- [0044] 본 발명은 사족보행로봇 등의 모바일장치를 이용한 건설안전관리에 관한 것이다. 본 발명의 대표적인 실시예로서, 사족보행로봇을 이용해 임시가설물인 비계의 3차원 데이터를 자동으로 수집할 수 있다.
- [0046] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다. 참고로, 도면은 본 발명의 특징을 설명하기 위하여, 일부 과장되게 표현될 수도 있다. 이 경우, 본 명세서의 전 취지에 비추어 해석되는 것이 바람직하다.
- [0048] 도 1은 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템의 구성도이다.
- [0049] 본 발명에 따른 건설객체 점군 데이터 자동수집시스템은 점군 데이터 수집부(100), 3차원 점군 지도 생성부(200), 2차원 이미지 변환부(300), 건설객체 인식 등록부(400), 스캔거리 산출부(500) 및 건설객체 스캔부(600)를 포함한다.
- [0051] 보다 구체적으로, 본 발명은 데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터

자동수집시스템으로서, 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 점군 데이터 수집부(100); 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 3차원 점군 지도 생성부(200); 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 2차원 이미지 변환부(300); 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 건설객체 인식 등록부(400); 상기 건설객체 인식 등록부(400)에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 스캔거리 산출부(500); 및 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 건설객체 스캔부(600)를 포함한다.

- [0053] 이하에서는, 본 발명에 따른 점군 데이터 수집부(100)를 설명한다.
- [0054] 점군 데이터 수집부(100)는 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집할 수 있다.
- [0055] 라이다(LiDAR)는 레이저와 수신기를 사용해 원격의 개체를 탐지하고 거리를 측정하는 센싱 기술을 의미한다. 방출된 레이저가 물체에 부딪히고 반사되어 돌아오면 이를 기록할 수 있다. 점군(Point Cloud)은 물체에 빛을 보내서 돌아오는 시간을 기록하여 각 빛 당 거리 정보를 계산해 생성되는 데이터의 모음을 의미한다.
- [0056] 본 발명에 따른 모바일장치는 다양한 유형의 모바일장치가 적용될 수 있다. 육상이동체도 가능하고, 항공이동체도 가능할 수 있다. 육상이동체의 경우, 공사 현장의 이동성 측면에서 효율적인 사족보행로봇을 사용할 수 있다(도 3 참조).
- [0057] 본 명세서에서는 '사족보행로봇'의 실시예를 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다.
- [0059] 이하에서는, 본 발명에 따른 3차원 점군 지도 생성부(200)를 설명한다.
- [0060] 3차원 점군 지도 생성부(200)는 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출할 수 있다.
- [0061] 동시적 위치추정 및 지도작성(SLAM: Simultaneous Localization And Mapping)은 임의 공간에서 이동하면서 주변을 탐색할 수 있는 로봇에 대해, 그 공간의 지도 및 현재 위치를 추정하는 기술을 의미한다. 본 발명에서는 모바일 LiDAR를 사용한 SLAM을 기반으로 한다.
- [0062] 3차원 점군 지도 생성부(200)의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용될 수 있다.
- [0063] LIO-SAM(Tightly-coupled Lidar Inertial Odometry via Smoothing and Mapping)은 LOAM개발자가 기존 방법을 개선해 개발한 슬램 기술로서, 라이더 관성 주행 거리 측정법을 개발해, 루프 폐쇄를 포함한 다양한 상대 및 절대 포인트 측정을 여러 소스에서 통합한다. 관성 측정 장치(IMU) 통합에서 추정된 모션은 포인트 클라우드의 왜곡을 제거하고 라이더 주행 거리 측정 최적화를 위한 초기 추측 데이터를 생성한다. 라이더 주행 거리 측정 솔루션은 IMU의 편향을 추정하는 데 사용된다. 이 결과로 다음과 같이 기존 LOAM보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.
- [0064] IMU(Inertial Measurement Unit)는 관성측정장치를 의미하며, 자이로 센서와 가속도 센서를 이용해, 물체의 각도 비율 및 관성을 측정할 수 있다.
- [0066] 이하에서는, 본 발명에 따른 2차원 이미지 변환부(300)를 설명한다.
- [0067] 2차원 이미지 변환부(300)는 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성할 수 있다.
- [0068] 2차원 이미지 변환부(300)는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며, 지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB

픽셀값을 결정할 수 있다.

[0069] 여기서, 높이(Height)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 최대 높이를 나타내며, 밀도(Density)는 점군의 밀도를 나타내며, 세기(Intensity)는 각 픽셀에 대응되는 점군의 찍힌 세기를 나타낸다.

[0071] 이하에서는, 본 발명에 따른 건설객체 인식 등록부(400)를 설명한다.

[0072] 건설객체 인식 등록부(400)는 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출할 수 있다.

[0073] 건설객체 인식 등록부(400)에서 기 지정된 건설객체는 건설현장에 특화된 목표로서, 임시가설물인 것이 가능하다. 임시가설물 중 특히 비계가 건설객체로 지정되는 것이 적절할 수 있다.

[0074] 건설현장은 GDP의 15% 이상을 차지할 만큼 규모가 큰 산업이면서, 그와 동시에 2021년 기준 산업재해사망사고의 50.4%를 차지할 만큼 위험한 산업이다. 특히 비계는 영구적 구조물과 달리 자주 설치되고 해체되므로 안전관리가 더 자주 이뤄져야 하기 때문에 비계는 관리되어야 하는 대표적인 건설객체에 해당될 수 있다.

[0076] 여기서, 비계(scaffold)는 건설, 건축 등 산업현장에서 쓰이는 가설 발판이나 시설물 유지 관리를 위해 사람이나 장비, 자재 등을 올려 작업할 수 있도록 임시로 설치한 가시설물 등을 의미한다.

[0077] 건설객체 인식 등록부(400)의 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YOLOV5가 적용될 수 있다.

[0079] 이하에서는, 본 발명에 따른 스캔거리 산출부(500)를 설명한다.

[0080] 스캔거리 산출부(500)는 건설객체 인식 등록부(400)에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출할 수 있다.

[0081] 스캔거리 산출부(500)에서 최적 스캔거리(Scan distance)는 다음 식 1로 산출될 수 있다.

[0082] [식 1]

$$\text{Scan distance} = \frac{\text{Scaffold height}}{\tan (\text{LiDAR FoV} + \text{Maximum Pitch})}$$

[0083]

[0084] 여기서, Scan distance는 최적 스캔거리를 나타내며, Scaffold height는 인식된 건설객체의 최대 높이를 나타내며, LiDAR FoV는 스펙상의 LiDAR 센서 수직 시야 범위의 절반을 의미하며, Maximum Pitch는 모바일장치가 LiDAR의 각도를 변화시킬 수 있는 최대치를 나타낸다.

[0086] 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0087] Scaffold Height는 BEV 이미지에서 인식된 건설객체(비계 등)의 Bounding Box 안의 높이 픽셀의 최대치를 통해 비계의 최대 높이를 역산하며, 단위는 미터(m)이다.

[0088] LiDAR FoV는 도 8과 같이 스펙상의 LiDAR 센서 수직 시야 범위의 절반을 의미한다. 단위는 도(°)다. 수직 시야 범위의 절반인 이유는, 수직 시야 범위는 xy평면 기준 위와 아래를 모두 포함하는 수치이고 건설객체(비계 등)의 윗부분까지 스캔하기 위한 거리를 계산하려면 xy평면 기준 상단의 시야 범위가 필요하기 때문이다. 예를 들어 본 발명에서 사용한 Ouster OS1-128의 경우, 스펙상 수직 시야 범위가 45° 이므로, LiDAR FOV는 23.5° 가 된다.

[0089] Maximum Pitch는 로봇 등의 모바일장치가 LiDAR의 각도를 변화시킬 수 있는 최대치를 나타낸다. 단위는 도(°)다. 본 발명에서 사용한 사족보행로봇의 경우, 몸체를 최대 20° 까지 기울일 수 있으며, 로봇 팔 등의 별도의 액추에이터를 사용하지 않았으므로 Maximum Pitch는 20° 가 된다.

[0091] 스캔거리 산출부(500)에서는 파악된 건설객체(비계등)의 위치와, 계산된 모바일장치의 위치를 바탕으로 최적의 스캔 거리를 계산한 뒤, 그 거리까지 자동으로 로봇을 제어한 후 로봇의 관절을 움직여 최대한 많은 점군(Point Cloud)을 취득한다. 스캔 거리의 계산은 비계의 높이와 로봇의 관절 가동범위, LiDAR의 스캔 범위를 바탕으로 계산될 수 있다.

[0093] 이하에서는, 본 발명에 따른 건설객체 스캔부(600)를 설명한다.

[0094] 건설객체 스캔부(600)는 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집할 수 있다.

[0097] 한편, 본 발명은 점군 데이터 자동수집방법 발명으로 구현될 수 있다. 구체적으로 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법으로 구현될 수 있다.

[0098] 이러한 방법발명은 전술한 시스템발명과 발명의 카테고리는 상이하나, 실질적으로 동일한 발명에 해당된다. 따라서, 시스템발명과 공통되는 구성은, 전술한 설명으로 대체하기로 하며, 이하에서는 본 방법발명의 요지 위주로 설명하고자 한다.

[0100] 도 2는 본 발명에 따른 모바일장치를 활용한 건설객체 점군 데이터 자동수집방법의 순서도이다.

[0101] 본 발명은 데이터베이스 및 연산기능을 가진 제어서버에 의해 수행되는 건설객체 점군 데이터 자동수집방법으로서, 상기 제어서버는 점군 데이터 수집부(100)에서 모바일장치에 장착된 라이다(Lidar)를 통해 공사현장에 대한 점군 데이터를 실시간으로 수집하는 S100 단계; 3차원 점군 지도 생성부(200)에서 상기 라이다에 의해 수집된 점군 데이터를 3차원 SLAM 알고리즘에 적용시켜 점군을 정합하여 3차원 지도에 등록하고, 상기 3차원 지도 내에서의 모바일장치의 위치를 산출하는 S200 단계; 2차원 이미지 변환부(300)에서 상기 3차원 SLAM 알고리즘으로 정합된 점군 모델링을 입력받아 2차원 이미지로 투영하여 조감도(BEV)를 생성하는 S300 단계; 건설객체 인식 등록부(400)에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘에 상기 조감도가 투입되어, 기 지정된 건설객체를 실시간으로 인식하고, 상기 건설객체의 위치정보를 산출하는 S400 단계; 스캔거리 산출부(500)에서 상기 건설객체 인식 등록부(400)에서 산출된 상기 건설객체의 위치정보와 모바일장치의 위치정보를 이용하여, 상기 건설객체와의 최적 스캔거리를 산출하는 S500 단계; 및 건설객체 스캔부(600)에서 모바일장치가 상기 최적 스캔거리 위치로 이동되고, 라이다를 통해 상기 건설객체를 스캔하여 점군 데이터를 수집하는 S600 단계를 포함한다.

[0103] 본 발명에 따른 S200 단계에서의 3차원 SLAM 알고리즘은 LIO-SAM가 적용될 수 있다.

[0104] 본 발명에 따른 S300 단계는 LIO-SAM에서 정합된 점군 모델링을 실시간으로 입력받아 2차원 RGB 이미지로 변환하는 알고리즘으로 수행되며, 지정된 관심영역(RoI)를 바탕으로 모델링을 필터링한 후, 모델 내 점군의 현실좌표계를 픽셀좌표계로 변환시키며, 높이(Height), 밀도(Density) 및 세기(Intensity)의 특성으로 이미지의 RGB 픽셀값을 결정할 수 있다.

[0105] 본 발명에 따른 S400 단계에서 기 지정된 건설객체는 비계를 포함하는 임시가설물인 것이 가능하다.

[0106] 본 발명에 따른 S400 단계에서 이미지 기반 객체인식 알고리즘은 YoLoV5가 적용될 수 있다.

[0107] 본 발명에 따른 스캔거리 산출부(500)에서 최적 스캔거리(Scan distance)는 식 1로 산출될 수 있다.

[0108] [식 1]

$$\text{Scan distance} = \frac{\text{Scaffold height}}{\tan (\text{LiDAR FoV} + \text{Maximum Pitch})}$$

[0109]

- [0111] 이하에서는, 본 발명의 실시예와 도면을 참고하여 본 발명의 특징을 설명한다.
- [0112] 도 3은 본 발명에 따른 모바일장치로서, 사족보행로봇의 일 실시예를 나타낸다. 도 3은 본 발명의 실제 구현 및 실험에 사용한 사족보행 로봇과 센서의 사진이다. 사족보행 로봇은 Unitree A1을 사용했으며, LiDAR 센서는 Ouster OS1-128, IMU 센서는 Microstrain을 사용했다.
- [0113] 데이터 수집 과정은 사족보행로봇(로봇개) 위에 올려놓은 LiDAR 센서와 IMU센서에서 얻은 데이터에 LIO-SAM이라는 3차원 SLAM 알고리즘을 적용시키는 방식으로 이뤄진다. LIO-SAM은 실시간으로 LiDAR의 Point Cloud를 3차원 지도에 등록하며, 그 지도 내에서의 로봇의 위치를 알아낸다.
- [0114] 계산된 로봇의 위치는 인식된 비계(건축객체)에 대한 스캔 자동화 공정에서 사용된다. 등록된 지도는 실시간 비계 인식 및 등록 공정에서 비계의 위치 정보를 인식한다.
- [0116] 도 4는 실시간 비계 인식 및 등록 알고리즘의 일 실시예를 나타낸다.
- [0117] 실시간 비계 인식 및 등록 단계의 순서를 나타내며, 생성된 3차원 점군(Point cloud) 지도가 3차원 특징을 반영한 2차원 조감도로 변환되고, 그 안에서 비계를 찾아내는 과정이 제시되어 있다.
- [0118] 이 단계에서는 실시간으로 비계의 위치를 자동 인식하고 등록한다. 어떤 객체를 인식함에 있어서, 이미지를 사용하는 방법과 점군(Point cloud)을 사용하는 방법이 있다. 이미지를 사용하는 것은 객체 인식이 용이하지만 정확한 위치 정보를 알아내기 어렵고, 점군(Point cloud)을 사용하는 것은 연산량이 너무 높아 실시간성이 부족하며 상용화된 객체 인식 알고리즘 역시 부족하다.
- [0119] 본 발명에서는 3차원 점군(Point cloud) 지도를 조감도 시야의 2차원 이미지로 투영시킨 다음, 이미지 기반 객체인식 알고리즘인 YoloV5를 적용해 비계를 인식했다. 이 방법을 사용해, 실시간으로 정확히 현장 내 비계의 위치 정보를 파악할 수 있다.
- [0120] 이러한 기술구성은 본 발명의 차별적 특징에 해당된다. 센서에서 얻은 점군(Point Cloud)을 조감도 형태로 변형한 후 객체인식 알고리즘을 적용하려는 시도가 종래에 있었으나, 센서에서 얻은 점군(Point cloud)은 너무 정보량이 희소했기 때문에 성능이 낮은 문제점이 있었다.
- [0121] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위하여, SLAM을 통해 정합된 상태의 3차원 점군(Point cloud) 지도를 사용하여 정보의 밀도를 높이고 성능을 향상시켰다. SLAM기반 정합된 점군(Point cloud) 지도를 사용해 객체의 실시간으로 정확한 위치 정보를 파악하는 기술구성은 본 발명의 특징에 해당된다.
- [0123] 도 5는 본 발명에 따른 스캔 자동화와 관련된 순서도의 일 실시예이다.
- [0124] 인식된 비계(건설객체)가 없으면, 비계가 인식될 때까지 모바일장치(로봇개)의 몸을 지속적으로 기울여 최대한 많은 데이터를 수집한다. 비계를 인식하면, 각각의 스캔 거리를 계산하고, 가장 가까운 비계를 목표로 지정한 후 이동한다. 스캔 거리에 도달하면, 관절을 움직여 스캔 모션을 취한다. 그 다음 그 위치에서 가장 가까우면서 아직 스캔을 진행하지 않은 비계를 목표로 지정한 다음 위 과정을 되풀이한다.
- [0126] 도 6a는 로봇의 경로와 각각의 비계에 대한 스캔 위치를 나타내며, 도 6b는 현장의 3차원 지도를 나타내며, 도 6c는 취득한 비계의 3차원 점군(Point Cloud)을 나타낸다.
- [0128] 도 7은 ROS 기반으로 나타낸 방법론의 구성 요소를 나타낸다.
- [0129] ROS(Robot Operation System)는 로봇 응용 프로그램을 개발할 때 필요한 하드웨어 추상화, 하위 디바이스 제어, 일반적으로 사용되는 기능의 구현, 프로세스간의 메시지 패싱, 패키지 관리, 개발환경에 필요한 라이브러리와 다양한 개발 및 디버깅 도구를 제공하는 세미-운영체제를 의미한다.

[0132] 한편, 본 발명은 컴퓨터프로그램으로 구현될 수도 있다. 구체적으로 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 자료구조 기법을 기반으로 한 BIM과 포인트 클라우드 간의 변화탐지 방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

[0133] 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 판독 가능한 프로그램 형태로 구현되어 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 기록될 수 있다. 여기서, 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 기록매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 예컨대 기록매체는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광 기록매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함한다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어를 포함할 수 있다. 이러한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0135] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

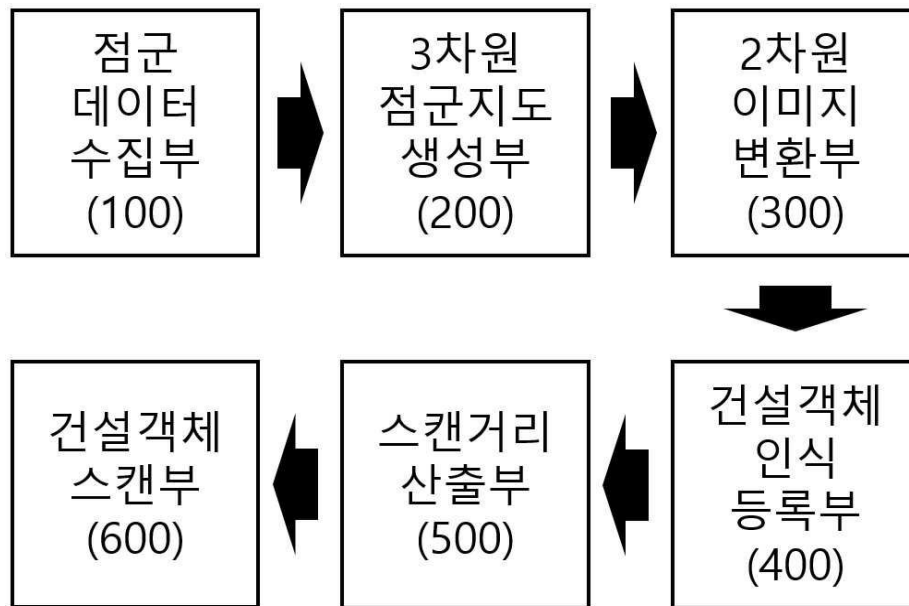
부호의 설명

[0136]

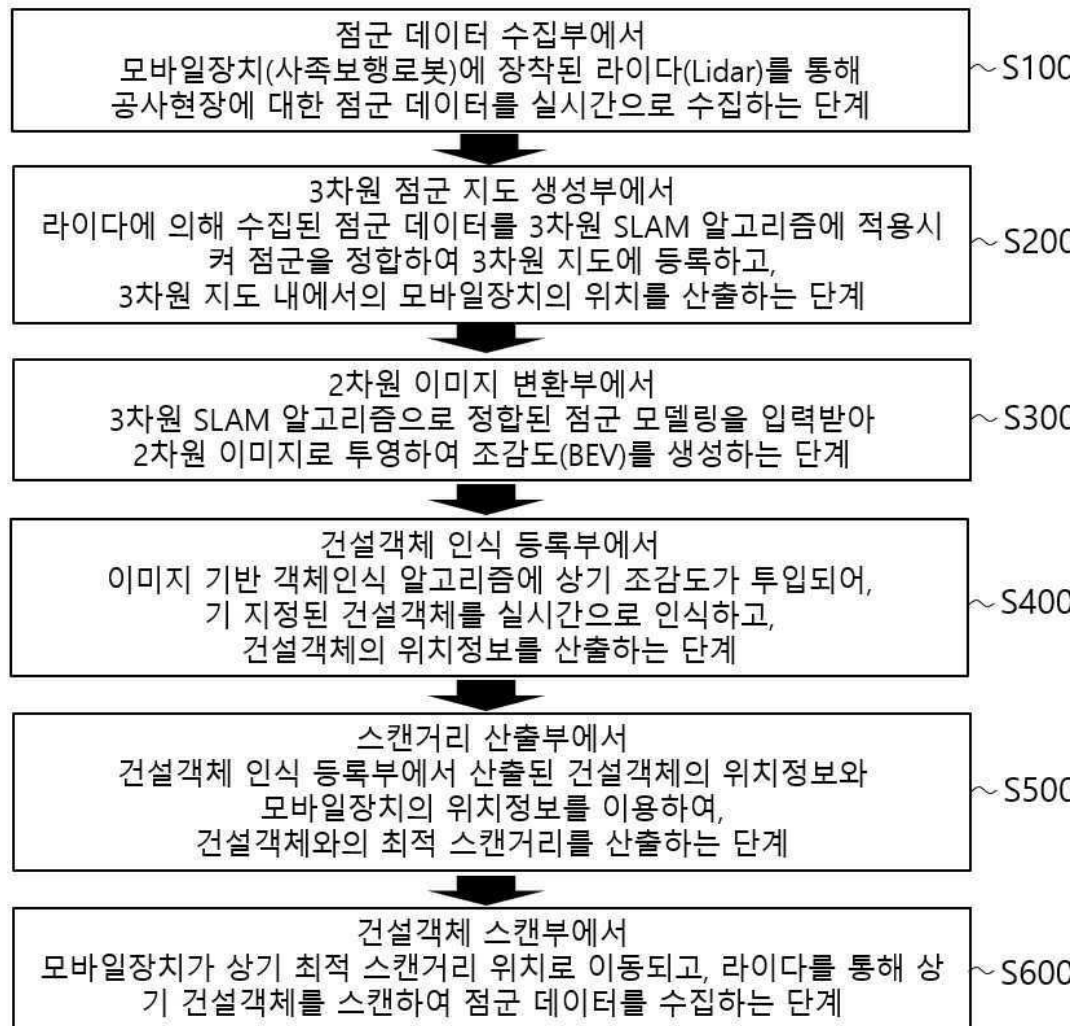
- 100 : 점군 데이터 수집부
- 200 : 3차원 점군 지도 생성부
- 300 : 2차원 이미지 변환부
- 400 : 건설객체 인식 등록부
- 500 : 스캔거리 산출부
- 600 : 건설객체 스캔부

도면

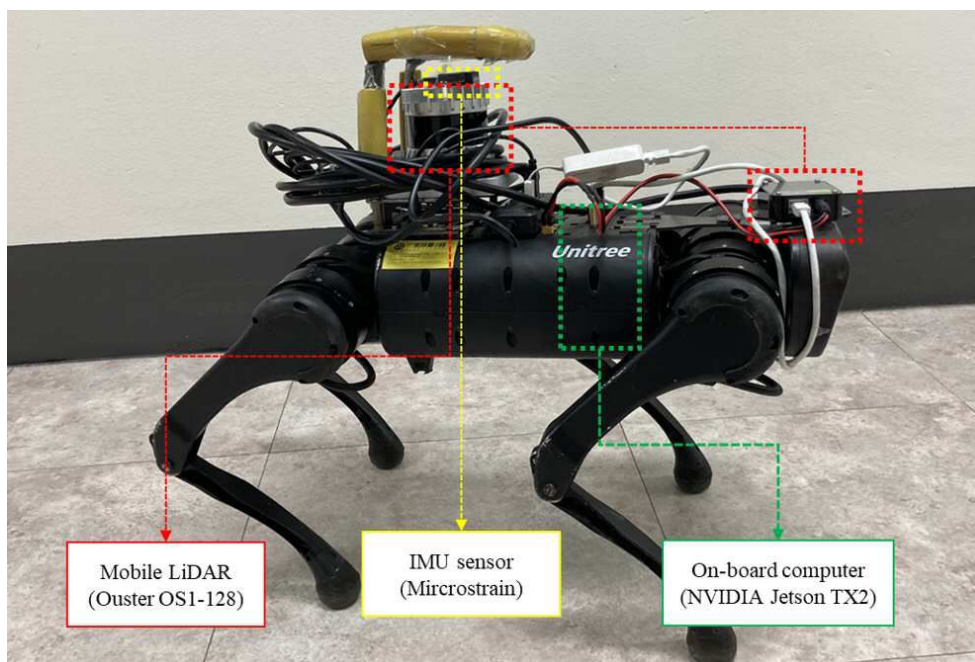
도면1



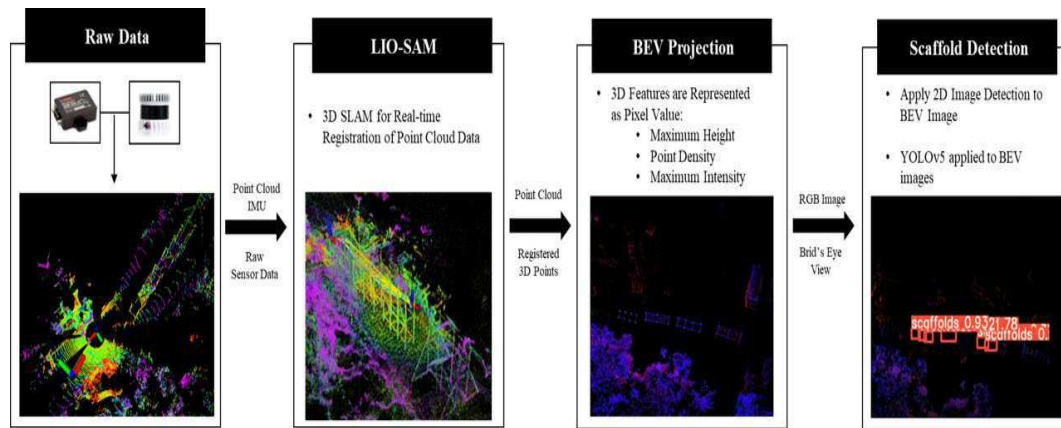
도면2



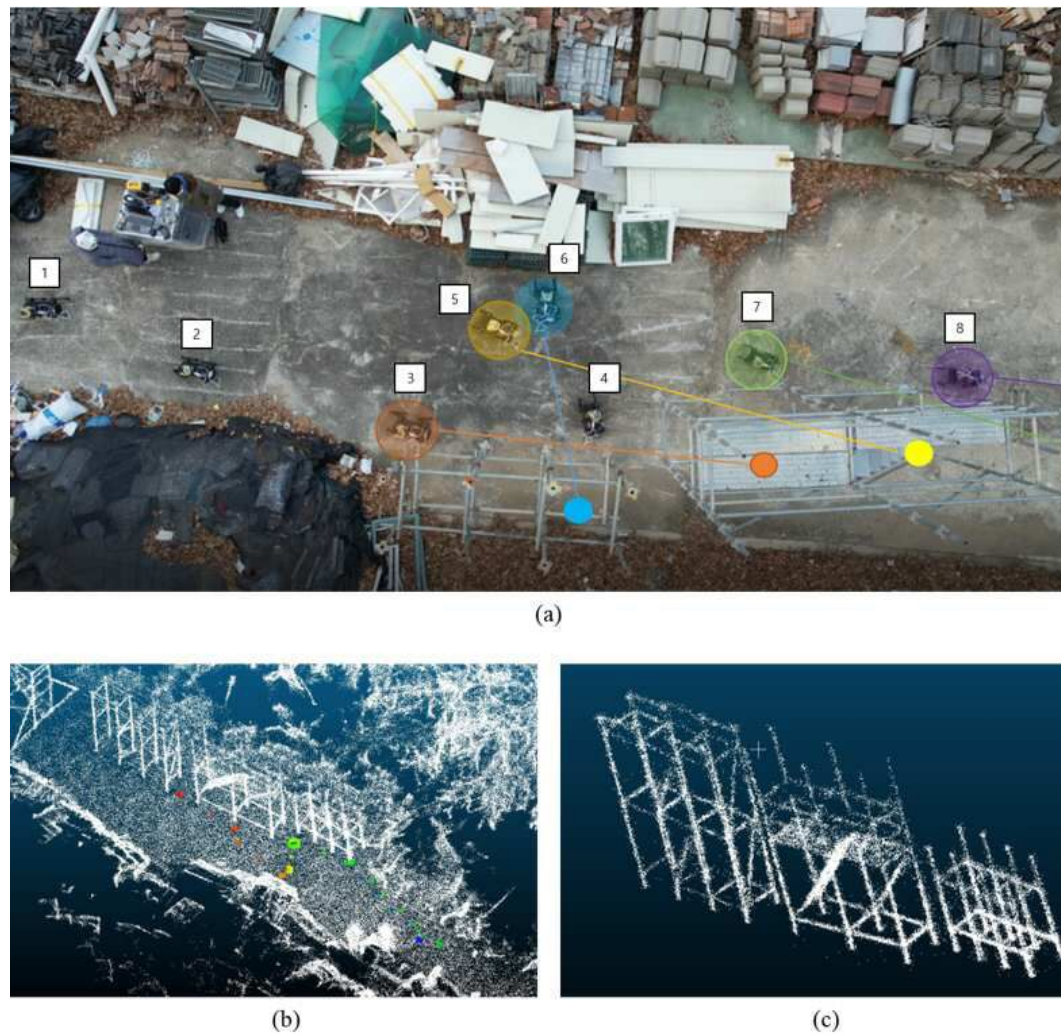
도면3



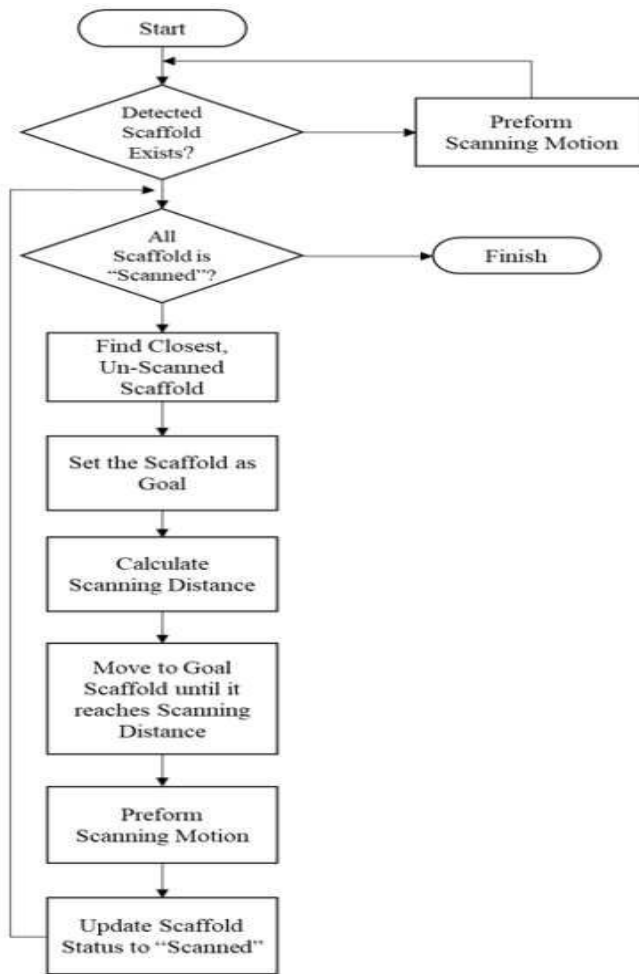
도면4



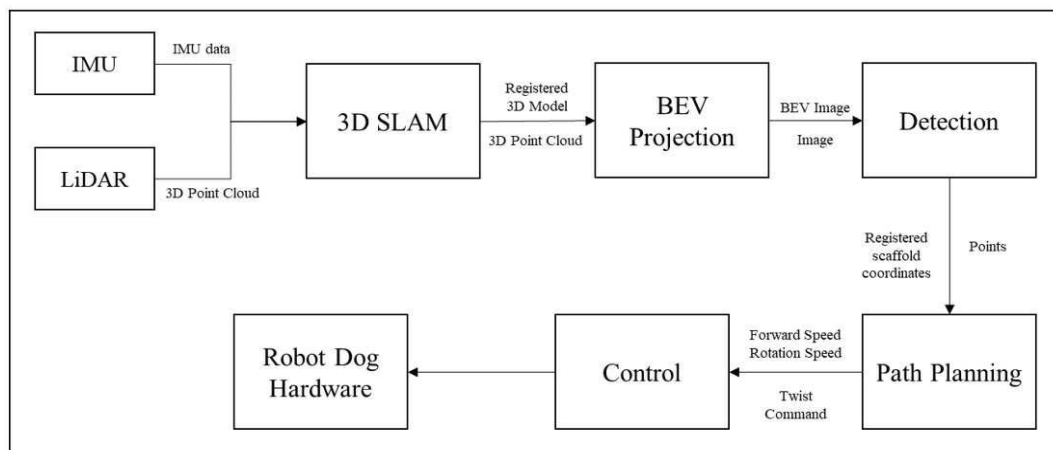
도면5



도면6



도면7



도면8

