



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0097554
(43) 공개일자 2025년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/894 (2020.01) G01C 21/00 (2006.01)
G01C 22/00 (2006.01) G01S 17/06 (2006.01)
G01S 17/50 (2006.01) G01S 7/497 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 17/894 (2022.01)
G01C 21/3844 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2023-0188978
(22) 출원일자 2023년12월21일
심사청구일자 2023년12월21일

(71) 출원인
국립부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
이경창
부산광역시 기장군 정관읍 모전1길 9, 304동 601호(정관동일스위트3차)
장재현
부산광역시 남구 수영로 304, 1706호(대연동, 대승타워)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오위환, 박진기, 정기택

전체 청구항 수 : 총 18 항

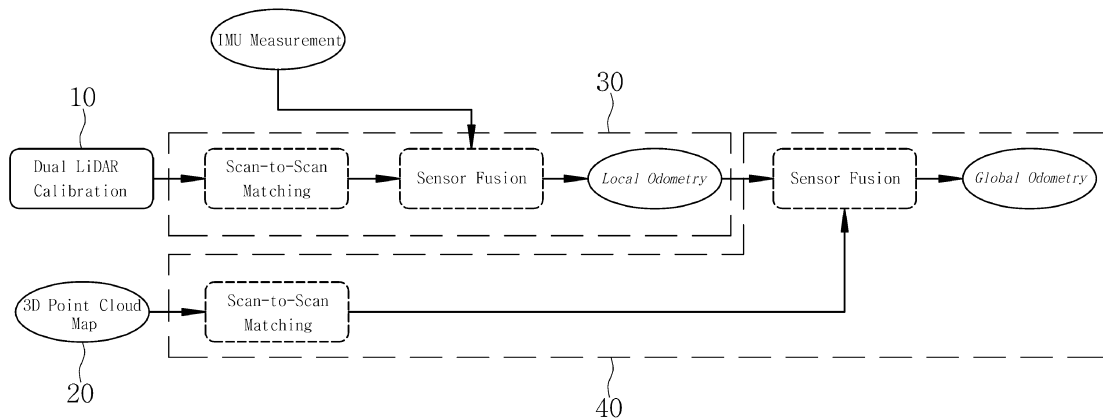
(54) 발명의 명칭 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 범퍼에 설치되는 LiDAR 센서들로부터 데이터를 받아 캘리브레이

(뒷면에 계속)

대표도 - 도6a



선(calibration)을 수행하는 듀얼 라이더 캘리브레이션부;SLAM을 통하여 생성된 사전 3D 포인트 클라우드 맵(3D Point Cloud Map)을 제공하는 3D 포인트 클라우드 맵 제공부;스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭을 통해 직전 타임 스탬프의 LiDAR 스캔과 현재 타임 스탬프의 LiDAR 스캔을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성부;3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭을 통해 차량 위치 추정을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성부;를 포함하는 것이다.

(52) CPC특허분류

G01C 22/00 (2019.08)
G01S 17/06 (2013.01)
G01S 17/50 (2013.01)
G01S 7/497 (2013.01)
B60W 2420/408 (2024.01)

김현희

부산광역시 남구 분포로 113 (용호동, 엘지메트로 시티)

(72) 발명자

김지환

부산광역시 남구 수영로325번길 11, 816(대연동, 마로니에타운)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425177926
과제번호	G21002581431
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	중소기업연구인력지원
연구과제명	프로젝트기반 로봇융합 스마트제조 인력양성사업
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교 산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

범퍼에 설치되는 LiDAR 센서들로부터 데이터를 받아 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 듀얼 라이다 캘리브레이션부;

SLAM을 통하여 생성된 사전 3D 포인트 클라우드 맵(3D Point Cloud Map)을 제공하는 3D 포인트 클라우드 맵 제공부;

스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭을 통해 직전 타임 스탬프의 LiDAR 스캔과 현재 타임 스탬프의 LiDAR 스캔을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성부;

3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭을 통해 차량 위치 추정을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에,

각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 듀얼 라이다 캘리브레이션부는,

LiDAR 센서들로부터 받는 데이터를 병합(LiDAR Merging)하기 위하여 데이터의 헤더 및 Flag byte를 기준으로 판단하여 들어오는 원시 데이터를 연산하여 거리 및 방위각을 측정하고,

2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 2개의 LiDAR 중 왼쪽 센서를 기준으로 merging을 진행하고 point cloud를 정렬하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 로컬 오도메트리 생성부에서의 스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭시에,

LiDAR 센서의 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 향상시키고, 코너링에서의 오도메트리 정확도를 높이기 위하여 IMU 센서 데이터를 융합하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성부에서의 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭시에,

실제 차량에서의 위치추정 정확도 및 실시간성을 보장하기 위해, point cloud에 대한 down-sampling 과정을 거치고 NDT 연산을 통해 Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에,

로컬 오도메트리가 계속 생성되고 있어 차량의 위치를 계속해서 추정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에,

포인트 클라우드에 대한 voxel grid filtering을 수행하고,

필터링을 거친 포인트 클라우드를 사전에 제작된 3D point cloud map과 함께 NDT(Normal Distribution Transform) 연산을 하여 차량의 위치를 추정하는 NDT Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, NDT Map Matching을 통한 위치 추정을 수행하기 위해서,

convergence를 고려하기 위한 연속 변환 벡터간의 최대 차이(Transformation Eplison), Newton Line Search에서 허용되는 최대 단계 길이(Step Size), Voxelization을 위한 Voxel의 크기(Resolution), 최적화 계산을 수행하는 반복 횟수(Maximum Iterations), NDT 알고리즘의 매칭 성공 허용성에 대한 파라미터(Converged Parameter Transformation Probability)를 최적화하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에,

위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 높이기 위하여 EKF(Extended Kalman Filter)를 거치도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치.

청구항 11

범퍼에 설치되는 LiDAR 센서들로부터 데이터를 받아 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 단계;

SLAM을 통하여 생성된 사전 3D 포인트 클라우드 맵(3D Point Cloud Map)을 제공받는 단계;

스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭을 통해 직전 타임 스탬프의 LiDAR 스캔과 현재 타임 스탬프의 LiDAR 스캔을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성 단계;

3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭을 통해 차량 위치 추정을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에,

각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 단계에서,

LiDAR 센서들로부터 받는 데이터를 병합(LiDAR Merging)하기 위하여 데이터의 헤더 및 Flag byte를 기준으로 판단하여 들어오는 원시 데이터를 연산하여 거리 및 방위각을 측정하고,

2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서, 로컬 오도메트리 생성 단계에서의 스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭시에,

LiDAR 센서의 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 향상시키고, 코너링에서의 오도메트리 정확도를 높이기 위하여 IMU 센서 데이터를 융합하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성 단계에서의 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭시에,

실제 차량에서의 위치추정 정확도 및 실시간성을 보장하기 위해, point cloud에 대한 down-sampling 과정을 거치고 NDT 연산을 통해 Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에,

로컬 오도메트리가 계속 생성되고 있어 차량의 위치를 계속해서 추정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에,

포인트 클라우드에 대한 voxel grid filtering을 수행하고,

필터링을 거친 포인트 클라우드를 사전에 제작된 3D point cloud map과 함께 NDT(Normal Distribution Transform) 연산을 하여 차량의 위치를 추정하는 NDT Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서, 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에,

위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 높이기 위하여 EKF(Extended Kalman Filter)를 거치도록 하는 것을 특징으로 하는 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량 위치 추정에 관한 것으로, 구체적으로 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 IT 및 자동화 기술의 발달로 인해 자율주행 기술에 대한 관심 및 수요 또한 증가하고 있다. 자율주행 차량은 사용자의 개입없이 원하는 목적지까지 스스로 주행하고 운전자 과실로 발생하는 여러 사고를 줄이는 것을 목표로 한다.

[0003] 나아가 차량을 단순히 이동수단이 아닌 다양한 활동을 즐길 수 있는 공간으로 발전시키기 위해, 세계 각국에서 자율주행 기술 연구 및 개발을 진행하고 있다.

- [0004] 미국 자동차공학회(SAE International)는 자율주행 차량의 자동화 기술 수준에 따라 단계를 구분했다.
- [0005] 현재 상용화되는 자율주행 차량은 2 ~ 3단계 수준의 자동화 기술을 탑재한다.
- [0006] 부분 자동화에 해당하는 2단계는 스마트 크루즈 및 고속도로 주행 보조와 같은 기능을 수행하는데, 여전히 사용자가 주행의 주체로서 차량을 통제한다. 3단계는 조건부 자동화 단계로, 시스템이 상황을 파악하고 주행하며 사용자는 시스템의 요청 시에 주행한다. 많은 기업 및 연구소는 최종적으로 차량에서의 완전 자동화 단계 구현을 목표로 한다.
- [0007] 자율주행 차량의 자동화를 위한 핵심 기술은 ADAS(Advanced Driver Assistance System, 첨단 운전자 보조 시스템)으로, 이는 인지-판단-제어 3단계로 나뉜다. 인지 단계는 카메라, 레이더, LiDAR와 같은 센서를 이용해 주위 환경을 인식하고, 받아들인 데이터를 다음 단계에 사용하기 위해 가공 및 처리한다.
- [0008] 이후 판단 단계에서 수집한 데이터를 통해 목적지까지의 경로를 계산하는데, 교통 상황 및 신호를 고려해 최적의 정보를 전달한다. 마지막 제어 단계에서는 판단 단계를 기반으로 차량의 감·가속 및 조향을 구동하여 안전을 보장하며 목적지까지 이동할 수 있도록 한다.
- [0009] 인지 단계는 ADAS의 첫 번째 단계이자 자율주행의 기반이 되는 기술로, 차량이 자율적으로 주행하고 장애물 회피와 같은 기능을 수행하기 위해서 현재 차량의 위치를 파악하는 위치추정(Localization) 기술이 포함된다.
- [0010] 위치추정을 위한 가장 보편적인 방법은 GPS를 사용하는 것이다. GPS는 위성 신호를 이용해 위치추정을 수행하고, 대부분의 상용 차량에서 위치추정을 위해 GPS를 사용하고 있다.
- [0011] 하지만, GPS만을 이용한 위치추정은 고층 빌딩이 많은 도심지에서 정확도가 저하되고, 지하 또는 터널과 같은 환경에서는 신호가 수신되지 않는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 카메라, 레이더, LiDAR 등 GPS를 대신할 수 있는 센서를 이용한 위치추정 연구가 진행되고 있다.
- [0012] 이 중 LiDAR 센서를 이용한 위치추정이 해결책으로 제시되고 있는데, LiDAR 센서는 레이저 광선이 피사체에서 반사된 뒤 다시 센서로 돌아오기까지의 시간을 측정해 거리를 계산하기 때문에 매우 높은 위치추정 정밀도를 보장할 수 있다.
- [0013] 하지만 LiDAR 센서를 사용한 자율주행 연구의 대부분은 센서를 차량 상단에 설치하고 있다. 이는 공기역학적 특성이나 센서 탈락으로 인한 2차 사고를 고려하지 않는다.
- [0014] 따라서, LiDAR 센서 시야각을 최대로 확보할 수 있도록 하는 새로운 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2019-0125600호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2023-0115026호
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2021-0015211호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 종래 기술의 LiDAR 센싱 및 차량 위치 추정 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0017] 본 발명은 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 차량의 안전한 사용과 연비 향상을 도모하고 안정적으로 LiDAR 센싱이 가능하도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

- [0018] 본 발명은 2개의 라이다의 시간 및 좌표의 통합을 통해 3차원 지도내에서 차량의 위치를 추정하고, 차량 내부에서 출력되는 관성 데이터를 수신하여 위치를 추가적으로 보정하여 라이다의 시야각으로 인한 손실을 보상하여 정밀한 차량 위치 추정이 가능하도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0019] 본 발명은 제한된 시야각에서 LiDAR 센서 특성상 생길 수 있는 문제를 해결하기 위해 IMU 센서를 융합하여 위치 추정 정밀도 및 강건성을 향상시킬 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0020] 본 발명은 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 거쳐 Dual LiDAR에서도 하나의 LiDAR 센서로 point cloud를 인식하는 것과 같은 성능을 얻을 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0021] 본 발명은 Map Matching을 기반으로 위치추정을 수행하기 위하여 생성된 지도 위에서의 LiDAR scan-to-scan 매칭을 통한 Local Odometry 및 scan-to-map 매칭을 통한 Global Odometry를 생성하고, Local Odometry를 non-feature based 방식으로 생성 및 유지하여 신뢰할 수 있는 차량 Odometry 정보를 사용할 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 Local Odometry과 Global Odometry 생성시에 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 한 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0024] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치는 범퍼에 설치되는 LiDAR 센서들로부터 데이터를 받아 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 듀얼 라이다 캘리브레이션부;SLAM을 통하여 생성된 사전 3D 포인트 클라우드 맵(3D Point Cloud Map)을 제공하는 3D 포인트 클라우드 맵 제공부;스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭을 통해 직전 타임 스탬프의 LiDAR 스캔과 현재 타임 스탬프의 LiDAR 스캔을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성부;3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭을 통해 차량 위치 추정을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 여기서, 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에, 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 그리고 듀얼 라이다 캘리브레이션부는, LiDAR 센서들로부터 받는 데이터를 병합(LiDAR Merging)하기 위하여 데이터의 헤더 및 Flag byte를 기준으로 판단하여 들어오는 원시 데이터를 연산하여 거리 및 방위각을 측정하고, 2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 그리고 2개의 LiDAR 중 왼쪽 센서를 기준으로 merging을 진행하고 point cloud를 정렬하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 그리고 로컬 오도메트리 생성부에서의 스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭시에, LiDAR 센서의 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 향상시키고, 코너링에서의 오도메트리 정확도를 높이기 위하여 IMU 센서 데이터를 융합하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 그리고 글로벌 오도메트리 생성부에서의 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭시에, 실제 차량에서의 위치추정 정확도 및 실시간성을 보장하기 위해, point cloud에 대한 down-sampling 과정을 거치고 NDT 연산을 통해 Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 그리고 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에, 로컬 오도메트리가 계속 생성되고 있어 차량의

위치를 계속해서 추정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.

- [0031] 그리고 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에, 포인트 클라우드에 대한 voxel grid filtering을 수행하고, 필터링을 거친 포인트 클라우드를 사전에 제작된 3D point cloud map과 함께 NDT(Normal Distribution Transform) 연산을 하여 차량의 위치를 추정하는 NDT Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 그리고 NDT Map Matching을 통한 위치 추정을 수행하기 위해서, convergence를 고려하기 위한 연속 변환 벡터간의 최대 차이(Transformation Epsilon), Newton Line Search에서 허용되는 최대 단계 길이(Step Size), Voxelization을 위한 Voxel의 크기(Resolution), 최적화 계산을 수행하는 반복 횟수(Maximum Iterations), NDT 알고리즘의 매칭 성공 허용성에 대한 파라미터(Converged Parameter Transformation Probability)를 최적화하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 그리고 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에, 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 높이기 위하여 EKF(Extended Kalman Filter)를 거치도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0034] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법은 범퍼에 설치되는 LiDAR 센서들로부터 데이터를 받아 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 단계;SLAM을 통하여 생성된 사전 3D 포인트 클라우드 맵(3D Point Cloud Map)을 제공받는 단계;스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭을 통해 직전 타임 스탬프의 LiDAR 스캔과 현재 타임 스탬프의 LiDAR 스캔을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성 단계;3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭을 통해 차량 위치 추정을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 그리고 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에, 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 그리고 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 단계에서, LiDAR 센서들로부터 받는 데이터를 병합(LiDAR Merging)하기 위하여 데이터의 헤더 및 Flag byte를 기준으로 판단하여 들어오는 원시 데이터를 연산하여 거리 및 방위각을 측정하고, 2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 그리고 로컬 오도메트리 생성 단계에서의 스캔 투 스캔(Scan-to-Scan) 매칭시에, LiDAR 센서의 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 향상시키고, 코너링에서의 오도메트리 정확도를 높이기 위하여 IMU 센서 데이터를 융합하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 그리고 글로벌 오도메트리 생성 단계에서의 스캔 투 맵(Scan-to-Map) 매칭시에, 실제 차량에서의 위치추정 정확도 및 실시간성을 보장하기 위해, point cloud에 대한 down-sampling 과정을 거치고 NDT 연산을 통해 Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 그리고 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에, 로컬 오도메트리가 계속 생성되고 있어 차량의 위치를 계속해서 추정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 그리고 글로벌 오도메트리 생성을 위한 Map Matching 수행시에, 포인트 클라우드에 대한 voxel grid filtering을 수행하고, 필터링을 거친 포인트 클라우드를 사전에 제작된 3D point cloud map과 함께 NDT(Normal Distribution Transform) 연산을 하여 차량의 위치를 추정하는 NDT Map Matching을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 그리고 로컬 오도메트리(Local Odometry) 및 글로벌 오도메트리(Global Odometry) 생성시에, 위치추정 리프레쉬율(refresh rate)을 높이기 위하여 EKF(Extended Kalman Filter)를 거치도록 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0042] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0043] 첫째, 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차

량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한다.

- [0044] 둘째, 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 차량의 안전한 사용과 연비 향상을 도모하고 안정적으로 LiDAR 센싱이 가능하도록 한다.
- [0045] 셋째, 2개의 라이다의 시간 및 좌표의 통합을 통해 3차원 지도내에서 차량의 위치를 추정하고, 차량 내부에서 출력되는 관성 데이터를 수신하여 위치를 추가적으로 보정하여 라이다의 시야각으로 인한 손실을 보상하여 정밀한 차량 위치 추정이 가능하도록 한다.
- [0046] 넷째, 제한된 시야각에서 LiDAR 센서 특성상 생길 수 있는 문제를 해결하기 위해 IMU 센서를 융합하여 위치추정 정밀도 및 강건성을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0047] 다섯째, 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 거쳐 Dual LiDAR에서도 하나의 LiDAR 센서로 point cloud를 인식하는 것과 같은 성능을 얻을 수 있도록 한다.
- [0048] 여섯째, Map Matching을 기반으로 위치추정을 수행하기 위하여 생성된 지도 위에서의 LiDAR scan-to-scan 매칭을 통한 Local Odometry 및 scan-to-map 매칭을 통한 Global Odometry를 생성하고, Local Odometry를 non-feature based 방식으로 생성 및 유지하여 신뢰할 수 있는 차량 Odometry 정보를 사용할 수 있도록 한다.
- [0049] 일곱째, Local Odometry과 Global Odometry 생성시에 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0050] 도 1은 범퍼 설치형 Single LiDAR의 시야각 특성을 나타낸 구성도
- 도 2는 Calibration 과정 후 범퍼 설치형 Dual LiDAR의 시야각 특성을 나타낸 구성도
- 도 3은 LIO-SAM 알고리즘의 Loop-closure Detection 예를 나타낸 구성도
- 도 4는 SLAM을 통한 사전 3D Point Cloud Map 생성 과정을 나타낸 플로우 차트
- 도 5는 계산 효율성 향상을 위한 Submap 추출 구성도
- 도 6a는 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치의 구성도
- 도 6b는 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 7은 Dual LiDAR Merging 과정을 나타낸 구성도
- 도 8은 차량 범퍼에 설치된 Dual LiDAR 센서의 측정 범위를 나타낸 구성도
- 도 9a는 Scan-to-Scan 과정을 통해 얻은 Odometry의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 9b는 Scan-to-Map 과정을 통해 얻은 Odometry의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 9c는 본 발명에 따른 최종 Global Odometry의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 10은 NDT Map Matching 알고리즘을 나타낸 동작 흐름도
- 도 11은 Submap에서의 Map Matching 위치추정의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 12는 본 발명에 따른 위치추정을 위한 센서 퓨전의 동작 흐름도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 이하, 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0052] 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

- [0053] 도 1은 범퍼 설치형 Single LiDAR의 시야각 특성을 나타낸 구성도이다.
- [0054] 본 개시에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0055] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0056] 특히, 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위들은 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치로 구현될 수 있고, 기능이나 동작을 처리하는 방식에 따라 전자 장치에 적어도 하나의 주변 장치가 연결될 수 있다. 주변 장치들은 데이터 입력 장치, 데이터 출력 장치, 데이터 저장 장치를 포함할 수 있다.
- [0057] 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법은 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한 것이다.
- [0058] 이를 위하여, 본 발명은 2개의 라이다의 시간 및 좌표의 통합을 통해 3차원 지도내에서 차량의 위치를 추정하고, 차량 내부에서 출력되는 관성 데이터를 수신하여 위치를 추가적으로 보정하여 라이다의 시야각으로 인한 손실을 보상하여 정밀한 차량 위치 추정이 가능하도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0059] 본 발명은 제한된 시야각에서 LiDAR 센서 특성상 생길 수 있는 문제를 해결하기 위해 IMU 센서를 융합하여 위치 추정 정밀도 및 강건성을 향상시킬 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0060] 본 발명은 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 거쳐 Dual LiDAR에서도 하나의 LiDAR 센서로 point cloud를 인식하는 것과 같은 성능을 얻을 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0061] 본 발명은 Map Matching을 기반으로 위치추정을 수행하기 위하여 생성된 지도 위에서의 LiDAR scan-to-scan 매칭을 통한 Local Odometry 및 scan-to-map 매칭을 통한 Global Odometry를 생성하고, Local Odometry를 non-feature based 방식으로 생성 및 유지하여 신뢰할 수 있는 차량 Odometry 정보를 사용할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0062] 본 발명은 Local Odometry과 Global Odometry 생성시에 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0063] 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법은 범퍼에 LiDAR를 설치하여 지도 내에서의 위치추정을 수행할 수 있도록 하는 것이다.
- [0064] 이를 통해 상단에 설치된 Single LiDAR의 경우보다 공기역학적 유리함을 가지고 센서 탈락으로 인한 2차 사고를 방지한다. 하지만 차량 범퍼에 LiDAR 설치 시 시야각이 손실되므로, 2개의 LiDAR 센서를 범퍼 양쪽에 장착하여 센서 탐지 범위를 최대로 확보하여 제안하는 알고리즘을 구현한다.
- [0065] LiDAR 센서는 인식하는 물체의 intensity를 고려하여 주위 환경에 대한 정보를 point 형태로 받아들인다. 이렇게 수집된 point들의 집단을 point cloud라고 하는데, LiDAR SLAM은 이 point cloud를 이용해 지도 생성 및 위치를 추정한다.
- [0066] SLAM에서 odometry는 point cloud를 정합하여 순차적으로 추정되고, 차량의 위치추정에 사용된다.
- [0067] 그리고 Odometry는 주행 기록계라는 의미로, 바퀴의 회전을 계산하는 엔코더나 IMU 센서를 통해 주행하는 차량 및 로봇의 위치를 계산한다.
- [0068] 따라서, LiDAR Odometry는 LiDAR 센서를 통해 차량의 주행을 계산하여 위치 및 자세 정보를 파악한다. LiDAR는 바퀴의 미끄러짐으로 인한 오차를 포함하지 않기 때문에, 악천후와 같은 환경에서도 믿을 수 있는 Odometry를 제공 가능하다.

- [0069] LiDAR Odometry는 연속적인 point cloud의 프레임을 통해 움직임을 추정하는 것이 중요하다.
- [0070] 도 2는 Calibration 과정 후 범퍼 설치형 Dual LiDAR의 시야각 특성을 나타낸 구성도이다.
- [0071] 본 발명에서는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해, 왼쪽 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 거친다. 위 과정을 통해 Dual LiDAR에서도 하나의 LiDAR 센서로 point cloud를 인식하는 것과 같은 성능을 얻을 수 있다.
- [0072] 도 3은 LIO-SAM 알고리즘의 Loop-closure Detection 예를 나타낸 구성도이다.
- [0073] 그리고 SLAM을 통한 기존의 위치추정 방식은 자율주행 차량에 적용하기에 실시간성 및 위치 정확도를 보장하지 못한다. Loop-Closure Detection을 진행하면서 실시간으로 차량의 위치 정보가 바뀌고, 생성된 지도가 정확하지 않을 경우 사고로 이어질 수 있기 때문이다.
- [0074] 본 발명에서는 이를 해결하기 위하여, 자율주행 차량의 위치추정을 위해 실험 경로에 대해 사전 생성한 맵 내에서 Map Matching 기반 Localization을 수행한다.
- [0075] 도 4는 SLAM을 통한 사전 3D Point Cloud Map 생성 과정을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0076] Map Matching 기반 차량 위치추정은 calibration 과정을 거친 3D LiDAR point cloud와 SLAM을 통해 사전 제작한 정밀 지도를 비교하며 진행된다.
- [0077] 본 발명에 따른 SLAM을 통한 사전 3D Point Cloud Map 생성 과정은, 범퍼에 설치된 제 1,2 LiDAR 센서로부터 지도 작성 및 위치 인식을 위한 데이터를 입력받아 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 수행하는 단계와, 시간 동기화를 통해 LiDAR 센서의 시간을 정렬한 후 포인트 클라우드 타입으로 변환하여 병합하는 단계와, 센서로 받아들이는 point cloud를 경량화하여 segmentation point로 변환하고 객체를 추출하는 단계와, 추출된 객체(edge feature, planar feature) 비교를 하고 LiDAR odometry 생성과 mapping을 수행하여 사전 3D Point Cloud Map 생성을 하는 단계를 포함한다.
- [0078] 도 5는 계산 효율성 향상을 위한 Submap 추출 구성도이다.
- [0079] 실외의 다양한 환경적 특성 및 규모로 인해 상당히 많은 point가 저장되는데, 본 발명에서는 추후 연산 과정에서 계산 효율성을 개선하기 위해 Voxelization을 거친 point에 대해 NDT 연산 및 Map Matching을 수행하고, Submap 추출을 통해 위치추정이 진행되는 동안의 CPU 부하를 줄인다.
- [0080] 그리고 범퍼에 설치된 2개의 LiDAR는 차량 본체로 인해 후방에 대한 시야각이 일부분 제한되기 때문에, 코너 및 곡선 경로에서 위치 정확도에 악영향이 존재할 수 있는데, 본 발명에서는 이를 해결하기 위해 IMU 센서 추가 설치 및 LiDAR 센서와의 데이터 통합으로 위치추정 정확도를 향상시킨다.
- [0081] 도 6a는 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치의 구성도이다.
- [0082] 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치는 도 6에서와 같이, 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration을 수행하는 듀얼 라이다 캘리브레이션부(10)와, SLAM을 통하여 생성된 사전 3D Point Cloud Map을 제공하는 3D 포인트 클라우드 맵 제공부(20)와, Scan-to-Scan 매칭을 통해 직전 timestamp의 LiDAR scan과 현재 timestamp의 LiDAR scan을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성하는 로컬 오도메트리 생성부(30)와, 3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 Scan-to-Map 매칭을 통해 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성하는 글로벌 오도메트리 생성부(40)를 포함한다.
- [0083] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치는 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration 과정을 거쳐 Dual LiDAR에서도 하나의 LiDAR 센서로 point cloud를 인식하는 것과 같은 성능을 얻을 수 있도록 한다.
- [0084] 또한, 본 발명은 Map Matching을 기반으로 위치추정을 수행하기 위하여 생성된 지도 위에서의 LiDAR scan-to-scan 매칭을 통한 Local Odometry 및 scan-to-map 매칭을 통한 Global Odometry를 생성하고, Local Odometry를 non-feature based 방식으로 생성 및 유지하여 신뢰할 수 있는 차량 Odometry 정보를 사용할 수 있도록 한다.

- [0085] 그리고 본 발명은 Local Odometry과 Global Odometry 생성시에 각각 Down Sampling Filter를 거쳐 Point 수를 줄이고, Submap을 생성해 Map Matching 시에 계산량을 줄일 수 있도록 한다.
- [0086] 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0087] 도 6b는 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0088] 먼저, 범퍼에 설치되는 2개의 LiDAR 센서로부터 받아들이는 point cloud를 병합시키기 위해 어느 한쪽의 LiDAR 센서를 기준으로 calibration을 수행하여(S601), 2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력한다.(S602)
- [0089] 그리고 Scan-to-Scan 매칭을 통해 직전 timestamp의 LiDAR scan과 현재 timestamp의 LiDAR scan을 비교한다.(S603)
- [0090] 이어, EKF(Extended Kalman Filter)를 사용해 IMU 센서 데이터를 융합하고(S606), 차량이 얼마나 움직였는지를 나타내는 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 생성한다.(S607)
- [0091] 그리고 병합된 LiDAR 데이터를 받아 3D 포인트 클라우드 맵과 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 Scan-to-Map 방식으로 NDT 연산을 이용하여 Map Matching을 진행하고(S604), Map Matching 시에 계산량을 줄이기 위하여 Submap을 생성한다.(S605)
- [0092] 이어, NDT 연산을 이용하는 Map Matching에 의한 NDT pose 및 로컬 오도메트리(Local Odometry)를 받아 EKF(Extended Kalman Filter)를 사용해(S608) 차량 위치 추적을 위한 글로벌 오도메트리(Global Odometry)를 생성한다.(S609)
- [0093] 2개의 LiDAR로 인식한 객체에 대한 정보는 point cloud 형태로 입력되고, 이는 센서 간의 상대적 위치 차이를 고려하여 하나의 좌표로 고정하는 작업이 필요하다. LiDAR로 인식한 point는 UDP 통신을 통해 데이터를 수집하고, 시간 동기화 과정을 거쳐 좌표 교정 및 Data merge를 수행한다.
- [0094] 도 7은 Dual LiDAR Merging 과정을 나타낸 구성도이다.
- [0095] Dual LiDAR Merging 과정은 도 7에서와 같이, LiDAR 센서로 받아들인 데이터의 헤더 및 Flag byte를 기준으로 판단하여 들어오는 원시 데이터를 연산하여 거리 및 방위각을 측정한다.
- [0096] 이후 2개의 LiDAR Timestamp가 일치하는지 확인하고, 시간 동기화 및 좌표 교정을 거쳐 병합된 LiDAR 데이터를 출력한다.
- [0097] 본 발명의 일 실시 예에서는 2개의 LiDAR 중 왼쪽 센서를 기준으로 merging을 진행하고 point cloud를 정렬한다.
- [0098] 차량 범퍼 양쪽에 Dual LiDAR를 설치하여 calibration한 경우의 센서 시야각은 도 8에서와 같다.
- [0099] 도 8은 차량 범퍼에 설치된 Dual LiDAR 센서의 측정 범위를 나타낸 구성도이다.
- [0100] LiDAR Odometry는 센서로 받아들인 point cloud에서 추출한 feature를 통해 스캔 매칭을 거쳐 구해진다.
- [0101] 본 발명에서 LiDAR Odometry는 크게 Local Odometry와 Global Odometry라는 이름으로 나뉜다.
- [0102] 도 9a는 Scan-to-Scan 과정을 통해 얻은 Odometry의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0103] Local Odometry는 Scan-to-Scan 매칭을 통해 직전 timestamp의 LiDAR scan과 현재 timestamp의 LiDAR scan을 비교하며 차량이 얼마나 움직였는지를 나타낸다.
- [0104] LiDAR 센서 값만을 이용한 Odometry는 센서의 스캔 주기에 따라 획득 속도가 정해진다. 이는 고속 주행 환경인 차량에서 실시간성을 보장할만큼 충분히 빠르지 못하다.
- [0105] 또한 제한된 시야각에서의 LiDAR Odometry는 코너링에서 순간적인 feature의 발견 및 삭제가 이루어지므로 위치 추정 정확도에 문제가 있을 수 있다.
- [0106] 따라서, 본 발명에서는 이를 개선하기 위해 Scan-to-Scan 단계에서 IMU 센서를 융합하여 LiDAR 센서의 위치추정 refresh rate를 향상시키고, 코너링에서 생길 수 있는 Odometry의 정확도 문제를 해결한다.

- [0107] 도 9b는 Scan-to-Map 과정을 통해 얻은 Odometry의 일 예를 나타낸 구성도이고, 도 9c는 본 발명에 따른 최종 Global Odometry의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0108] Global Odometry는 미리 제작된 지도와 현재 LiDAR 스캔을 비교하는 Scan-to-Map 매칭을 통해 구해진다.
- [0109] 본 발명에서는 실제 차량에서의 위치추정 정확도 및 실시간성을 보장하기 위해, point cloud에 대한 일종의 down-sampling 과정을 거치고 NDT 연산을 통해 Map Matching을 수행한다.
- [0110] 이 과정에서 실외 환경에 대한 계산 효율성을 증대시키기 위해, 전체 지도 중 현재 차량 위치 부근만 submap으로 추출하여 매칭한다.
- [0111] Local 및 Global Odometry 모두 Extended Kalman Filter를 거쳐 LiDAR만을 이용한 odometry 보다 위치추정 refresh rate가 높은 장점을 가진다.
- [0112] 특히, Scan-to-Map 불일치로 Map Matching 과정에서 Global odometry가 부정확한 값을 가지거나 위치추정 실패의 문제가 발생할 수 있는데, 본 발명에서는 Local odometry가 계속 생성되고 있어 차량의 위치를 계속해서 추정할 수 있다.
- [0113] 이는 자율주행 차량의 인지 단계에서의 위치추정뿐만 아니라, 실제 자율주행에 있어 제어단에서 사용할 수 있는 odometry를 유지하는 장점을 가진다.
- [0114] 도 10은 NDT Map Matching 알고리즘을 나타낸 동작 흐름도이다.
- [0115] Map Matching 위치추정은 도 10에서와 같은 순서로 수행된다.
- [0116] 일반적으로 자율주행이 수행되는 실외 환경은 Scan-to-Map 단계에서 수많은 계산량을 필요로 한다. 따라서 LiDAR를 사용한 자율주행 및 위치추정은 계산 효율성을 확보하는 것이 중요하다.
- [0117] 본 발명에서는 Dual LiDAR를 사용하므로 일반적인 Single LiDAR의 경우보다 point cloud 수가 굉장히 많다. 따라서 point cloud에 대한 일종의 down-sampling 과정인 voxel grid filtering을 수행한다.
- [0118] 필터링을 거친 point cloud는 사전에 제작된 3D point cloud map과 함께 NDT(Normal Distribution Transform) 연산 과정을 거쳐 차량의 위치를 추정한다.
- [0119] NDT Map Matching을 통한 위치추정을 수행하기 위해서 Transformation Epsilon, Step Size, Resolution, Maximum Iterations, Converged Parameter Transformation Probability 파라미터에 대한 최적화를 한다.
- [0120] Transformation Epsilon은 convergence를 고려하기 위한 연속 변환 벡터간의 최대 차이를 뜻하고, Step Size는 Newton Line Search에서 허용되는 최대 단계 길이를 뜻한다. Resolution은 Voxelization을 위한 Voxel의 크기를 나타내는 파라미터이고, Maximum Iterations는 최적화 계산을 수행하는 반복 횟수를 뜻한다.
- [0121] Converged Parameter Transformation Probability는 NDT 알고리즘의 매칭 성공 허용성에 대한 파라미터로 정의된다.
- [0122] 이와 같은 파라미터는 실외 고속 주행 환경에 맞춰 최적화하고 Map Matching 계산 효율성을 더욱 향상하기 위해 submap을 추출하여 전체 지도에서 현재 차량 위치 근처의 범위에서 매칭을 진행한다.
- [0123] 도 11은 Submap에서의 Map Matching 위치추정의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0124] 실외 주행 환경 및 연산 과정으로 인해 NDT Map Matching이 어려울 수 있다.
- [0125] 이때 NDT pose를 기반으로 하는 Global Odometry는 부정확한 위치 정보를 출력하거나, 아무런 정보도 출력하지 못하기 때문에 자율주행 차량 제어 단계에서 문제가 생기는데, 본 발명에서는 NDT 연산 및 매칭 실패와 무관하게 추후 제어단에서 사용할 수 있도록 Local Odometry를 유지하도록 한다.
- [0126] 도 12는 본 발명에 따른 위치추정을 위한 센서 퓨전의 동작 흐름도이다.
- [0127] 본 발명에서 Dual LiDAR를 범퍼에 설치하기 때문에, 10Hz의 위치추정 refresh rate를 가지는 LiDAR Odometry는 Map Matching에 실패하거나, 코너링 시 차량의 위치를 잃어버릴 가능성이 있다.
- [0128] 본 발명에서는 제한된 시야각에서의 위치추정 성공률 및 정확도를 향상시키기 위해서 EKF(Extended Kalman Filter)를 사용해 IMU 센서 데이터를 융합한다.

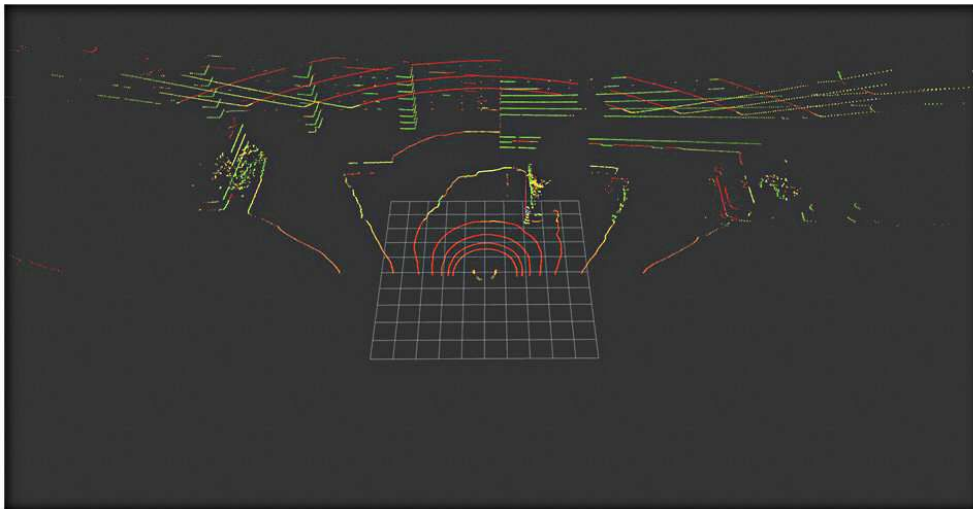
- [0129] 도 12에서와 같이, IMU 센서의 accelerometer, gyroscope를 이용해 orientation(yaw), linear velocity(x', y'), angular velocity(yaw') 값을 100Hz로 전달하여 10Hz LiDAR Odometry의 rotational movement에 대해 정보를 연속적으로 제공하며 위치추정 refresh rate를 향상시킨다.
- [0130] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 범퍼 설치형 듀얼 라이다를 이용한 3차원 지도에서 차량의 정밀 위치 추정을 위한 장치 및 방법은 차량 범퍼에 두 개의 라이다를 장착하여 3차원 지도 내부에서 NDT 필터 및 위치 추정 알고리즘을 통해 차량의 위치를 효율적으로 추정할 수 있도록 한 것으로, Map Matching을 기반으로 위치추정을 수행하기 위하여 생성된 지도 위에서의 LiDAR scan-to-scan 매칭을 통한 Local Odometry 및 scan-to-map 매칭을 통한 Global Odometry를 생성하고, Local Odometry를 non-feature based 방식으로 생성 및 유지하여 신뢰할 수 있는 차량 Odometry 정보를 사용할 수 있도록 한 것이다.
- [0131] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0132] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

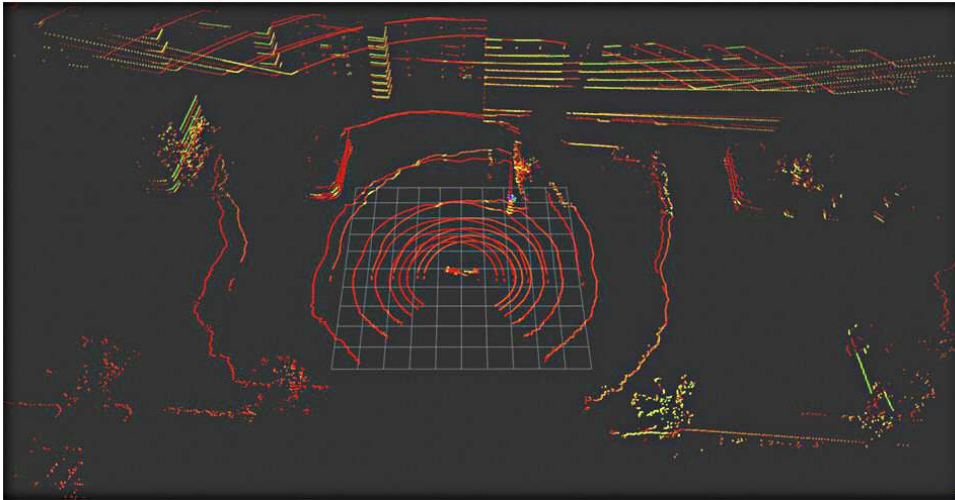
- [0133] 10. 듀얼 라이다 캘리브레이션부
20. 3D 포인트 클라우드 맵 제공부
30. 로컬 오도메트리 생성부
40. 글로벌 오도메트리 생성부

도면

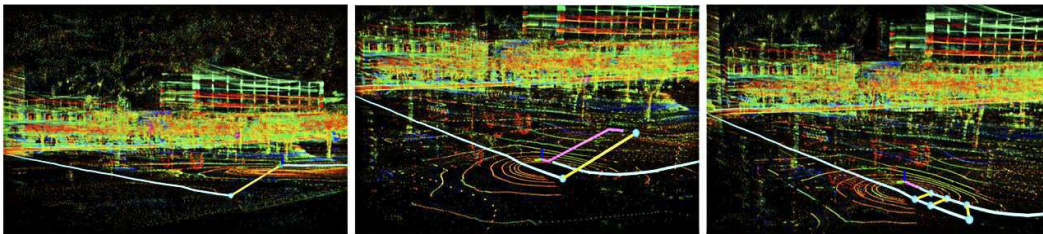
도면1



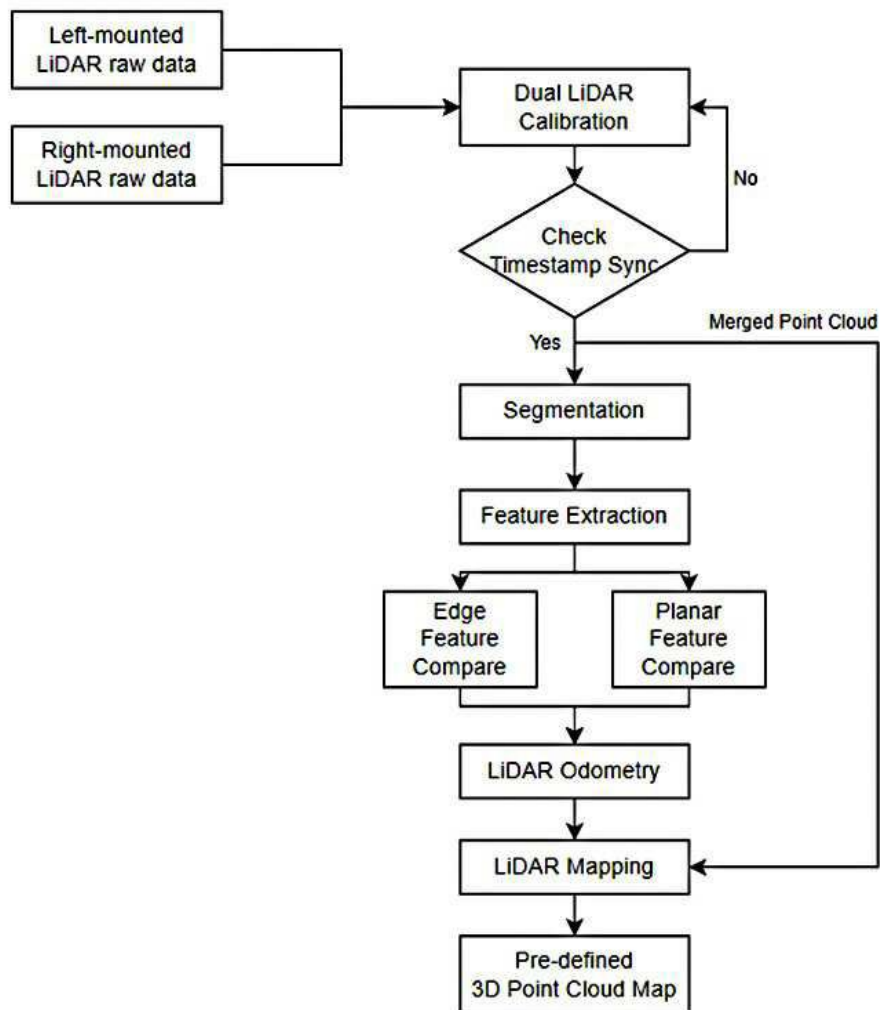
도면2



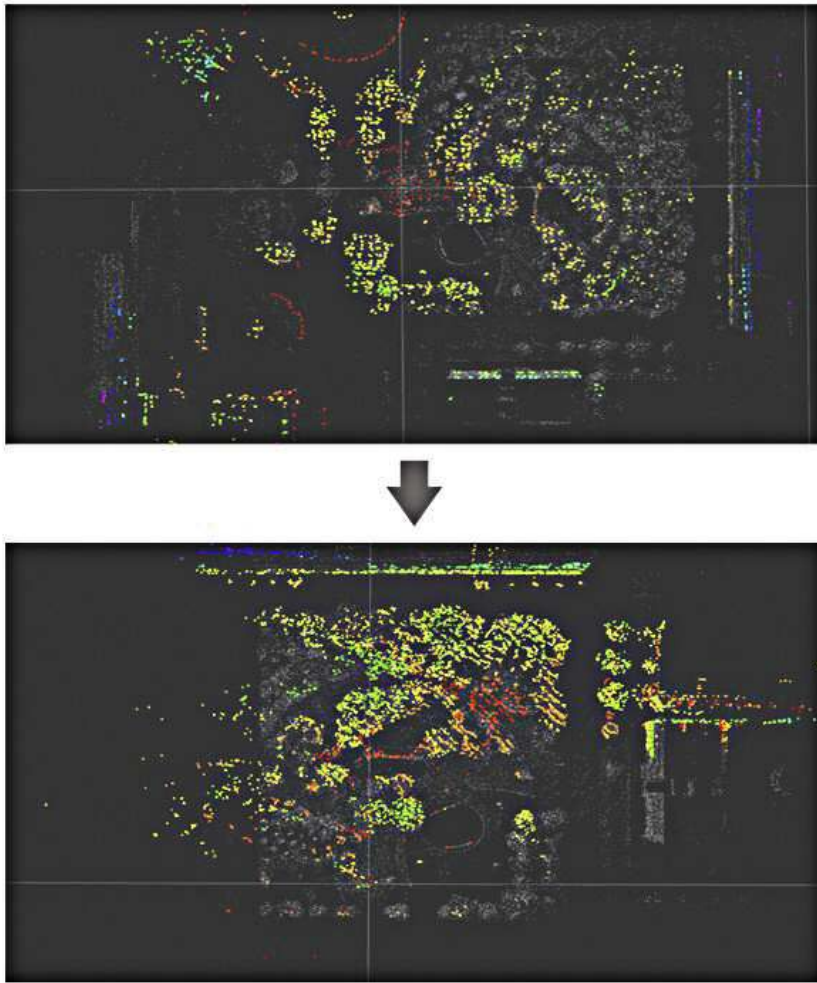
도면3



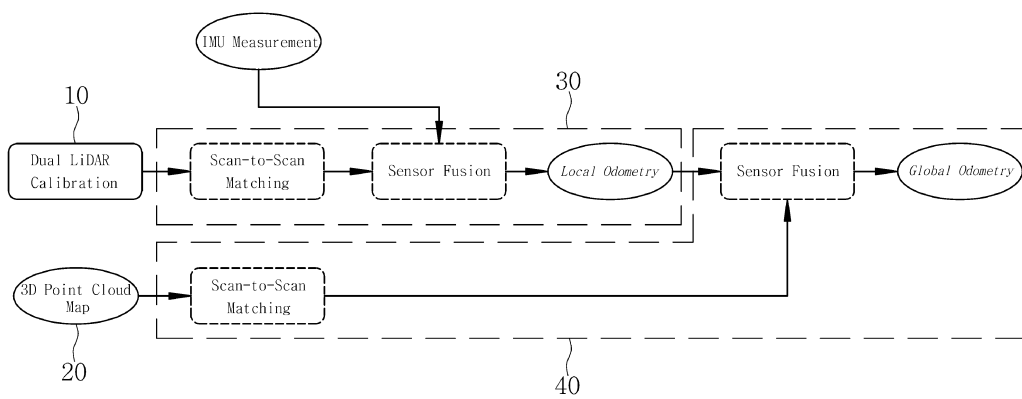
도면4



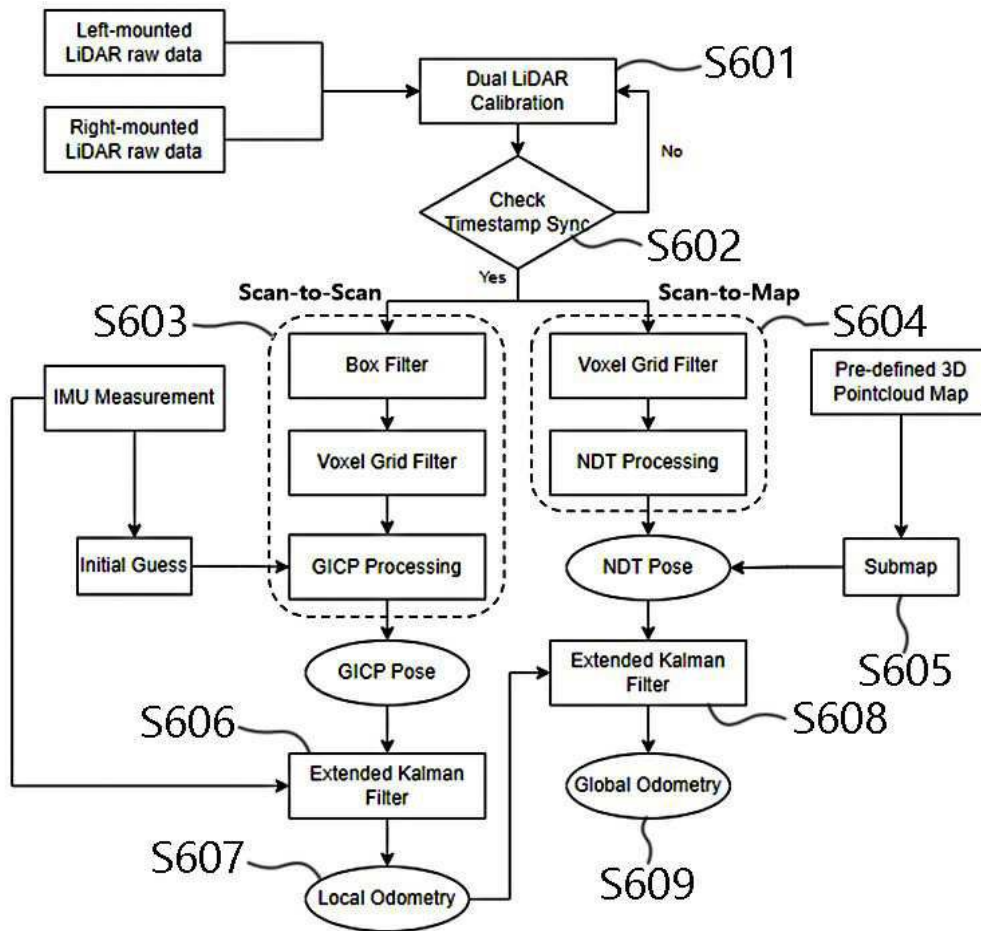
도면5



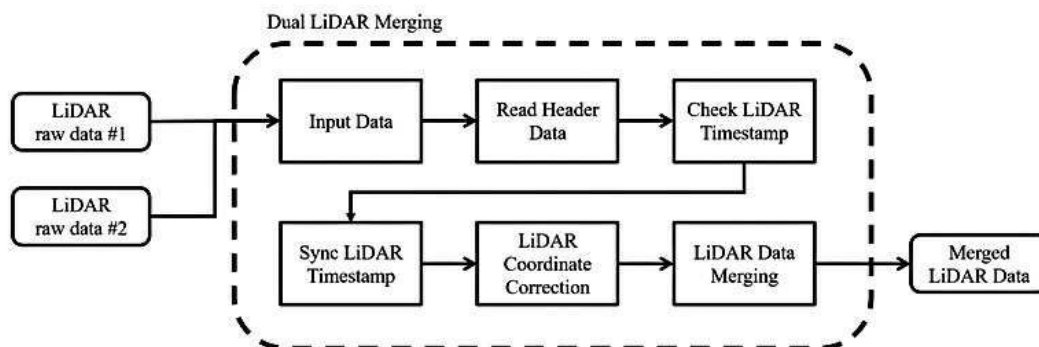
도면6a



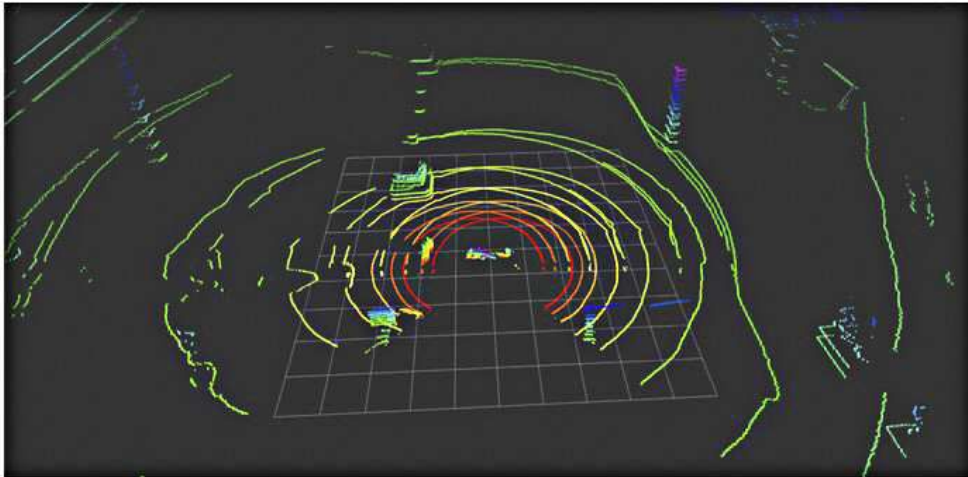
도면6b



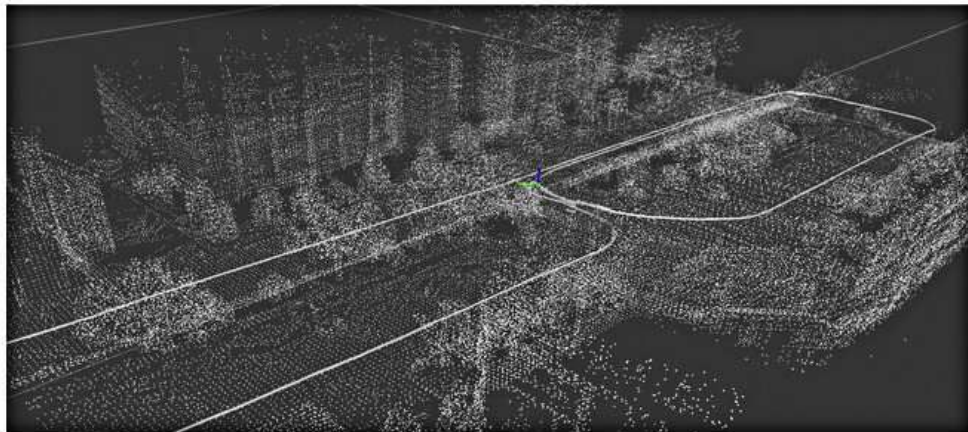
도면7



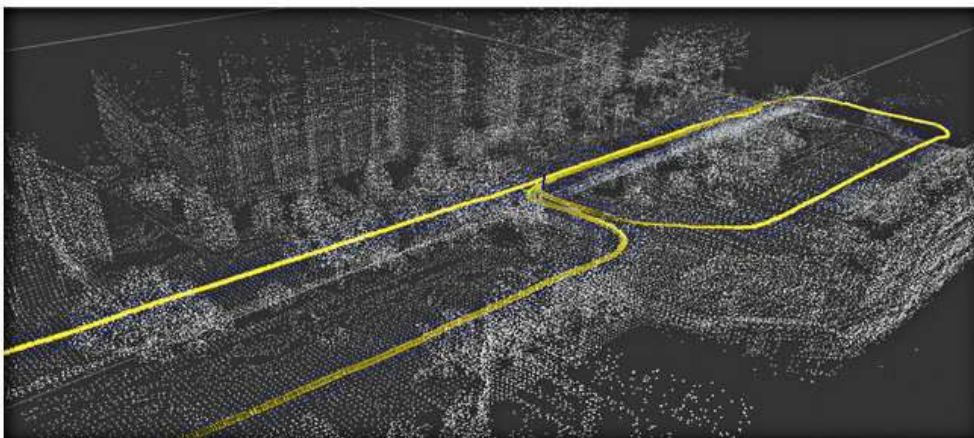
도면8



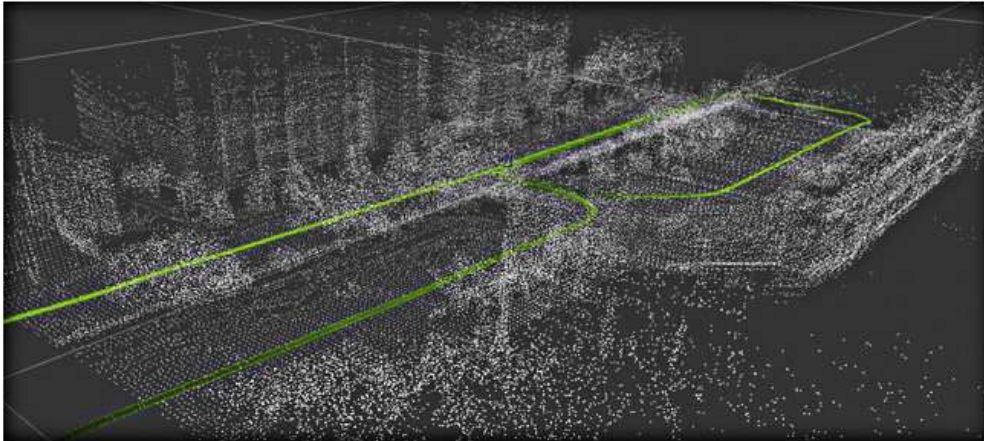
도면9a



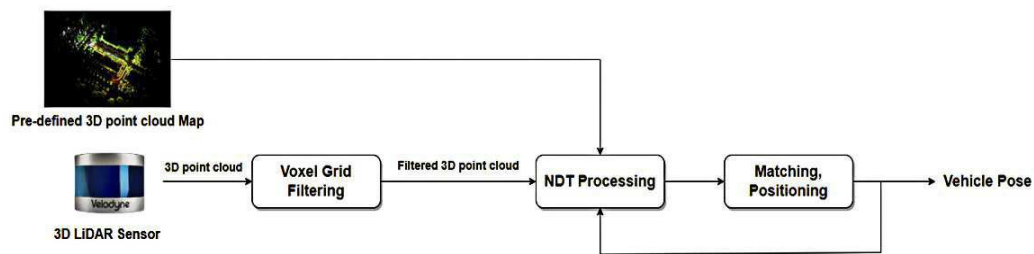
도면9b



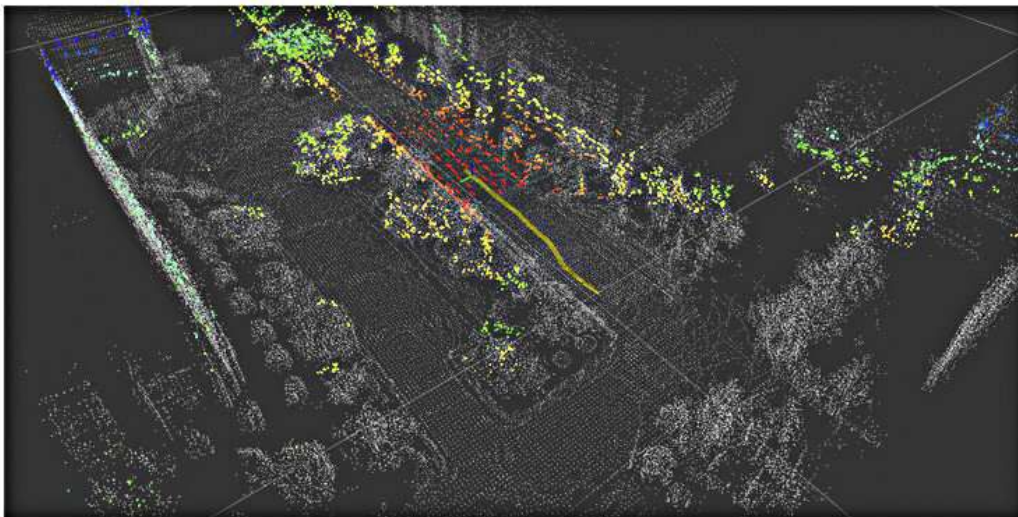
도면9c



도면10



도면11



도면12

