

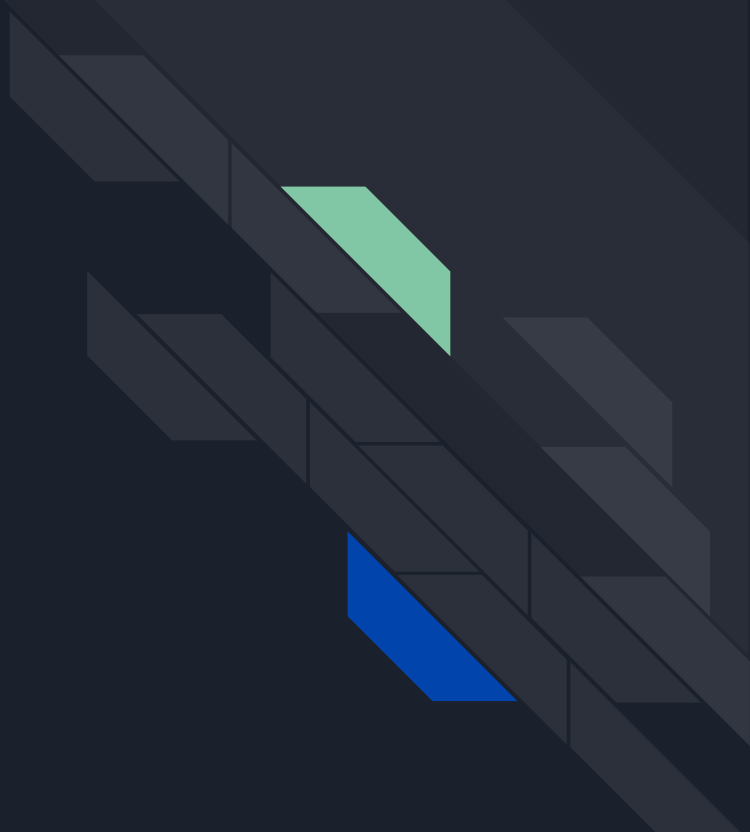


자율 주행을 위한 Localization

학과: 정보통신공학과
학번: 2016013167
이름: 김준우

목 차

- Localization이 무엇인가?
- GNSS를 이용한 Localization
 - GNSS 정의
 - GNSS 시스템 오차
 - SBAS
 - RTK GNSS
 - PPP GNSS
 - GNSS와 INS 통합
- LiDAR를 이용한 Localization
 - LiDAR 정의 및 기본 작동 과정
 - LiDAR 탐지 기법
 - LiDAR 펄스 모델
 - LiDAR의 레이저, 해상도, Calibration
- HD 맵을 이용한 Localization
 - HD 맵 정의 및 핵심
 - HD 맵 구조
 - HD 맵의 문제점 및 해결 방안
- Localization의 문제점





Localization이 무엇인가?

- 측위(Localization)

- 자동차의 위치를 실시간으로 정확하게 알아내는 기술.
- 자율 주행 자동차에서 가장 핵심적인 Task.
→ 자율 주행차가 움직이려면 자기 위치를 파악할 수 있어야 하기 때문.

- 다양한 Localization 기법

- GNSS
- LiDAR
- HD 맵
- Visual Odometry
- 추측 항법(Dead Reckoning) 센서 등



GNSS를 이용한 Localization

✂ GNSS (Global Navigation Satellite System, 범지구 위성 항법 시스템)

- 미국 (GPS), 러시아 (GLONASS), 유럽 (Galileo), 중국 (BeiDou) 총 4개국에서 운영하는 위성측위시스템.

→ 사람이 운전할 때 주로 이를 활용해 Localization을 수행.

→ 자율 주행 자동차의 Localization 작업도 GNSS로 처리 가능.

GNSS를 이용한 Localization

GNSS 시스템 오차

지난 수십 년간 하늘에 떠 있는 GNSS 위성의 수가 증가해 정확도가 많이 올라갔지만, 수많은 요인으로 인해 오차가 발생함.

- 위성 시계 오차: GNSS 위성 내부의 원자 시계에 오차가 발생.
- 궤도 오차
- 이온층 지연: 이온의 영향으로 위성의 신호가 지연되는 현상. 태양의 활동, 연도, 계절, 시간, 위치 등에 따라 달라짐. 이온층을 통과하는 인공위성 신호의 주파수에 따라 달라짐.
- 대류층 지연: 대류층 내부의 습도, 온도, 대기압에 따라 달라짐.
- 다중 경로 오차: 빌딩의 벽과 같은 물체에 반사된 GNSS 신호를 안테나가 수신할 때 발생. 반사된 신호의 이동 거리가 더 길어 다른 신호보다 수신기에 더 늦게 입력됨.

원자 시계 - 원자의 진동수가 일정함을 이용하여 만든 시계. 온도 등의 외부 영향을 받지 않아 정확도가 매우 높음.

이온층 - 지구 표면으로부터 80~600km 떨어진 대기층.

이온 - 전기적 성질을 띠는 입자.

대류층 - 지구 표면과 가까운 대기층.



GNSS를 이용한 Localization

오차 요소	오차 범위
위성 시계 오차	$\pm 2\text{m}$
궤도 오차	$\pm 2.5\text{m}$
이온층 지연	$\pm 5\text{m}$
대류층 지연	$\pm 0.5\text{m}$
수신기 노이즈	$\pm 0.3\text{m}$
다중 경로 오차	$\pm 1\text{m}$

[그림 1] GNSS 시스템 오차



GNSS를 이용한 Localization

■ SBAS (Satellite-Based Augmentation System, 위성 기반 오차 보정 시스템)

- GNSS의 측정 오차를 보정하는 역할.
- 여러 나라 (유럽, 미국, 중국, 일본, 인도 등)에서 SBAS 시스템을 직접 구축함.
- 세계 공통 표준을 따르기 때문에 서로 연동할 수 있음.
- 상용 GNSS 수신기는 대부분 SBAS 기능을 제공함.
- 상용 GNSS 시스템의 Localization 정확성은 대부분 반경 2m 정도.
- 자율 주행 자동차가 정상적으로 주행하는데 부족함.
→ 차선을 유지하려면 Localization 정확성이 cm 수준이어야 함.



GNSS를 이용한 Localization

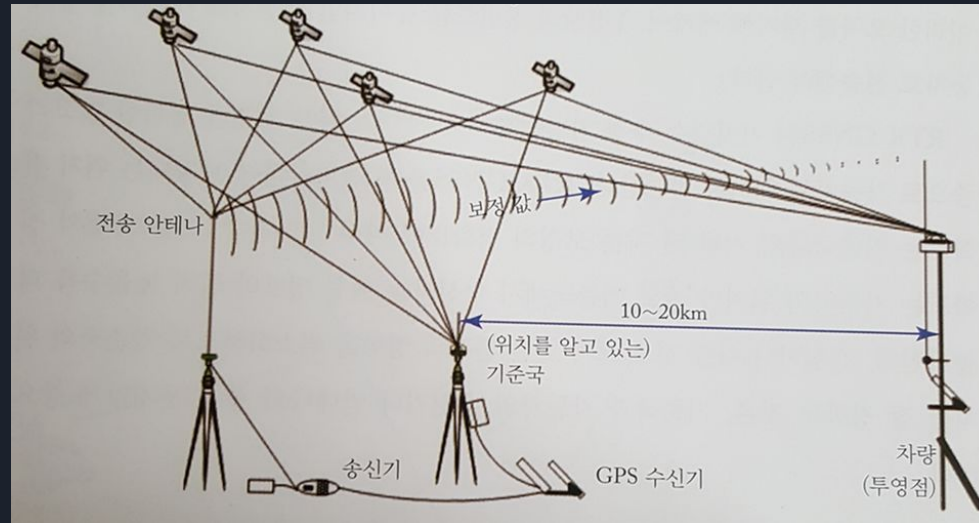
RTK GNSS

- RTK (Real-Time Kinematic)는 기준국 기반으로 보정해 더욱 정확한 위치를 확보하는 기술.
[* 위치 정확도 : 2cm 정도]

- 1) 위치를 정확히 알고 있는 기준국에 GNSS 수신기를 설치.
 - 2) 기준국 수신기는 위성 데이터를 통해 수신기의 위치를 계산해 이 값을 현재 알고 있는 위치와 비교해 오차를 계산함.
 - 3) 그 결과로 나온 오차 보정 정보를 기준국에서 자동차로 전달함.
- 기준국은 안테나 15° 상방에 장애물이나 무선 방송이 없어야 하며, 다중 경로로 인한 영향을 받지 않는 곳에 설치하여야 함 → 환경의 영향을 최소화하기 위해
 - 기준국을 설치하고 관리하는 비용이 엄청난 것이 단점.

기준국 - GPS 측량에서 정확히 좌표가 결정되어 있는 점.

GNSS를 이용한 Localization



[그림 2] RTK GNSS



GNSS를 이용한 Localization

PPP GNSS

- PPP (Precise Point Positioning, 정밀 단독 측위)는 RTK의 단점을 해결하는 동시에 RTK, SBAS보다 뛰어난 성능을 가짐.
- 가장 큰 문제는 cm급의 정확도를 제공하는 데 약 30분가량의 상당히 긴 시간이 걸려 실시간 PPP 시스템은 아직 시작 단계에 머물러 있음.



GNSS를 이용한 Localization

GNSS와 INS 통합

- INS (Inertial Navigation System)는 IMU(Inertial Measurement Unit)로 측정한 회전과 가속도 정보를 이용해 시간에 따른 상대적인 위치를 계산.
- 일반적으로 INS 시스템은 1kHz 수준의 매우 빠른 업데이트 주기로 위치 정보를 계산.
- INS는 반드시 정확한 외부 기준 정보를 제공해야 오차를 최소화할 수 있음.
→ GNSS로부터 외부 기준 정보를 얻음.
- GNSS 신호가 손상되더라도(터널을 통과할 때), INS를 이용해 단기간의 자동차 위치를 알아낼 수 있음.

LiDAR를 이용한 Localization

자율 주행 자동차의 시제품은 대부분 LiDAR와 HD 맵을 통해 Localization을 수행.

LiDAR (Light Detection And Ranging)

- 목표물에 펄스 레이저를 쏘아 반사된 펄스를 센서로 측정하는 방식으로 목표물까지의 거리를 계산.
- 레이저가 목표물에 부딪혔다가 돌아오는 시간과 레이저의 파장을 이용해 목표물에 대한 3차원 디지털 모델 형성.

LiDAR의 기본 작동 과정

- 1) LiDAR 장치에서 초당 15만 펄스의 빠른 속도로 레이저 광선을 목표면에 쏜.
- 2) LiDAR 장치에 달린 센서로 펄스가 반사되어 돌아올 때까지 걸린 시간을 측정.
→ 빛의 속도는 항상 일정하게 유지되기 때문에 목표물과 LiDAR 장치 사이의 거리를 정확하게 계산할 수 있음
- 3) 위의 과정을 끊임없이 빠른 속도로 반복하면 LiDAR가 측정하려는 물체의 표면에 대한 정밀한 지도를 형성.

파장 - 공간에 퍼져 있는 파동의 한 번의 주기가 가지는 길이
펄스 - 짧은 시간동안 강렬하게 방출되는 레이저나 광선



LiDAR를 이용한 Localization

■ LiDAR의 탐지 기법

● 간섭성 탐지 방식

- 전자기 스펙트럼에서 광학적인 부분 또는 주변에만 에너지파를 생성하도록 고도로 특화된 다이오드를 사용해 간섭성 빛을 발사.
→ 각각의 에너지파가 모두 한 방향으로 이동하기 때문에 상대적으로 낮은 전력 소모.
- 복잡한 송수신 장치를 갖추는 데 비용이 많이 듦.

● 비간섭성 탐지 방식

- 비간섭성 빛을 발사하면 모든 방향으로 퍼져 나감 → 전력 소모가 큼

전자기 스펙트럼 - 전자기파를 파장에 따라 분해하여 배열한 것.

다이오드 - 주로 한쪽 방향으로 전류가 흐르도록 제어하는 반도체 소자.



LiDAR를 이용한 Localization

간섭성 / 비간섭성 LiDAR의 펄스 모델

● 고에너지 시스템

- 사람의 눈을 손상시킬 정도로 높은 출력의 빛을 쏘는 방식.
- 다양한 대기 변수를 측정하는 데 사용.

● 마이크로펄스 시스템

- 눈에 안전한 저전력의 빛을 사용하기 때문에 약간의 주의만 기울이면 안전하게 사용 가능.

→ 자율 주행에서 사용되는 LiDAR 장비는 레이저 안전 요구사항을 맞추기 위해 대부분 가장 안전한 간섭성 마이크로펄스 시스템 모델을 사용.



LiDAR를 이용한 Localization

LiDAR의 레이저

- 파장을 기준으로 분류.
- 주로 600~1,000nm 파장의 레이저를 사용.

LiDAR의 해상도

- 주파수 대역폭과 비례하는데 해상도를 높이려면 수신부의 검출기가 기존보다 짧은 파장의 펄스를 수신해야 함.
- 많은 데이터를 감당할 수 있도록 충분한 대역폭을 갖도록 전자장비를 설계해야 함.

LiDAR의 Calibration

- 교정 (Calibration) - 정확한 것에 맞추는 것.
→ LiDAR의 Calibration은 LiDAR가 얻은 3차원 데이터를 실제와 일치하도록 맞추는 것.
- LiDAR의 성능은 Calibration 성능에 크게 좌우.

HD 맵을 이용한 Localization

HD 맵 (고정밀 지도)

- 자율 주행 차량에 세밀한 도로와 주변 지형의 정보를 사전에 제공하기 위한 지도.

● 자율 주행 자동차를 위한 지도를 제작하기 위해 해결해야 할 주요 문제

- 1) 지도의 정밀도가 cm급이어야 함.
- 2) 도로의 변화를 반영하기 위해 지도를 업데이트해야 함.
[* 실제로는 일주일에 1번]
- 3) 자율 주행 시스템이 높은 성능을 유지하도록 다른 모듈과 매끄럽게 연동되어야 함.
→ LiDAR와 다른 센서를 결합하면 정밀도를 높일 수 있음.

HD 맵 제작의 핵심

- 여러 센서 (GNSS / INS / LiDAR)를 융합해서 지도의 한 격자에서 발생하는 오차를 최소화하는 것.
- 1) GNSS / INS로 매번 스캔할 때마다 개략적인 위치 정보 생성.
 - 2) LiDAR로 2D 위치를 좀 더 정밀하게 측정.
 - 3) 여러 센서를 조합해 고정밀 로컬 지도를 만들고, 그것을 연결해 글로벌 지도를 만듦.

HD 맵을 이용한 Localization

HD 맵의 구조

- 기존 맵과 마찬가지로 계층적인 데이터 구조.

● HD 맵의 기본 계층

- 5x5cm 해상도를 갖는 정밀한 2차원 구조로 구성.
- LiDAR로부터 받은 적외선 스펙트럼 데이터에서 도로 표면의 2차원 조감도를 저장.
- 기본 계층의 각 격자마다 LiDAR 반사 정보도 기록.
→ 이러한 반사 정보를 통해 해당 격자가 표현하는 도로 영역에 장애물의 유무 판단.

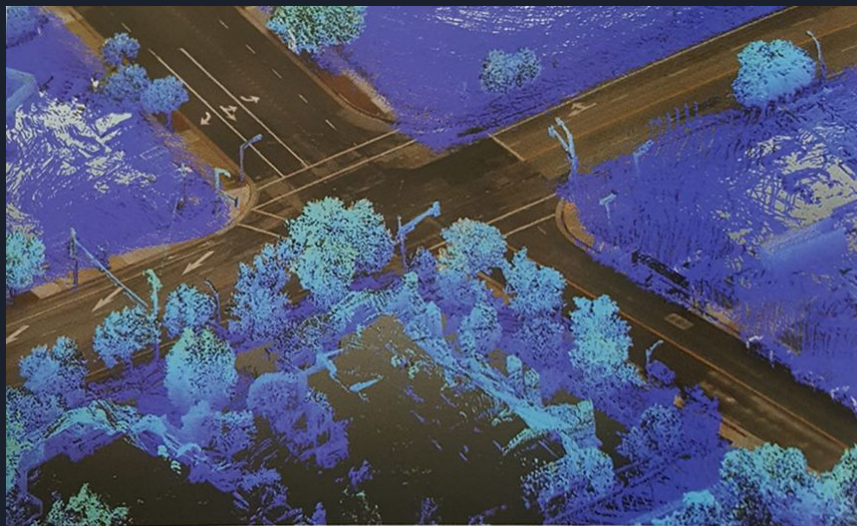
→ HD 맵 기반으로 Localization을 수행하려면 현재 자율 주행 자동차에서 실시간으로 측정한 LiDAR 스캔 정보와 기본 계층의 격자에 담긴 LiDAR 반사 정보를 비교해야 함.

● HD 맵의 의미 계층

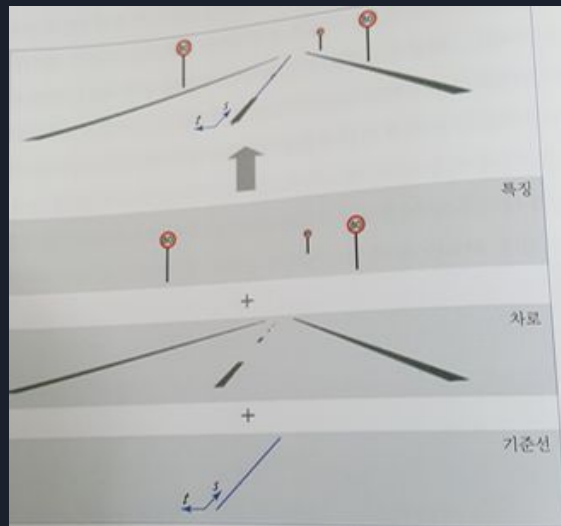
- HD 맵에서 기본 계층의 위이며, 의미 정보를 담은 계층.
- 차선 표식에 대한 정보와 해당 차로의 특성 정보를 저장.
→ HD 맵에 나온 차로 정보를 통해 도로를 정확하고 안전하게 주행할 수 있음.

격자 - 바둑판처럼 가로세로가 일정한 간격으로 짜여진 사물이나 구조 또는 그런 형식.

HD 맵을 이용한 Localization



[그림 3] HD 맵 (DeepMap 제공)



[그림 4] HD 맵의 의미 계층

HD 맵을 이용한 Localization

HD 맵의 문제점

● 저장 공간 문제

- 높은 정밀도로 표현하다 보면 메모리와 저장 공간을 많이 차지.

해결 방안

● 지도의 크기를 줄이고 관련 데이터를 최대한 메모리에 넣기 위한 기법

- 1) 관련 없는 정보를 제거.
→ 저장 사용량을 최적화.
- 2) 메모리 사용량을 줄이는 것.
 - 자동차가 주행하는 동안에는 로컬 HD 맵만 필요.
 - GNSS/INS 정보를 이용하면 자동차의 개략적인 위치를 실시간으로 알 수 있음.
→ HD 맵에서 일부 영역만 동적으로 불러옴.



Localization의 문제점

- 1) Localization 오차.
- 2) LiDAR 센서의 가격이 비쌈.
[* 3차원 LiDAR 장비는 1대의 가격이 대략 10만 달러에 달함]

→ 자율 주행 자동차의 상용화를 방해하는 주된 원인 중 하나.
- 3) 날씨 (눈, 비) → LiDAR의 레이저가 눈, 비에 반사될 수 있기 때문.

Q / A



감사합니다!

