

Urban HD Mapping for On-Road Intelligence

(어떻게 만들고 어디에 쓰는가?)

백종윤 책임리더 / 이진한 리더

NAVER LABS / Autonomous Driving

NAVER

LABS
NAVER LABS

CONTENTS

DEVIEW
2019

1. 도로 정밀지도 구축 방법 소개
2. 기계학습과 컴퓨터 비전 기술의 활용
3. 지도 업데이트를 위한 변화 탐지 기술
4. 정밀지도의 활용 방법

1. 도로 정밀지도 구축 방법

1. 도로 정밀지도란?

차량을 위한 다양한 도로정보가 정밀하게 기록되어 있는
기계가 읽을수 있는 (Machine readable) 형태의 지도

1. 도로 정밀지도란?

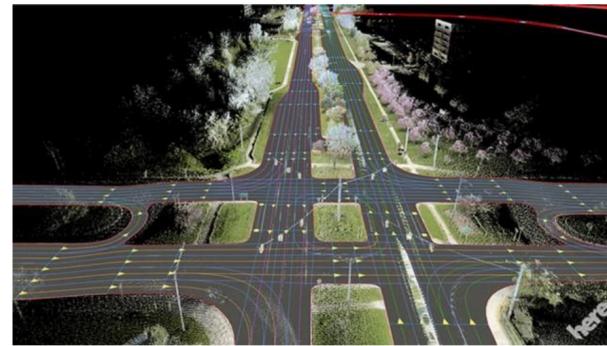
어떻게 생긴건가요?

노면 위의
교통 규칙
정보

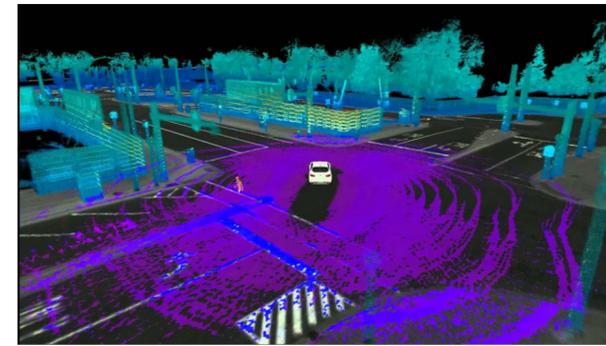
위치 인식을
위한 기타
구조물 정보

주변 환경
인지의
보조를 위한
정보

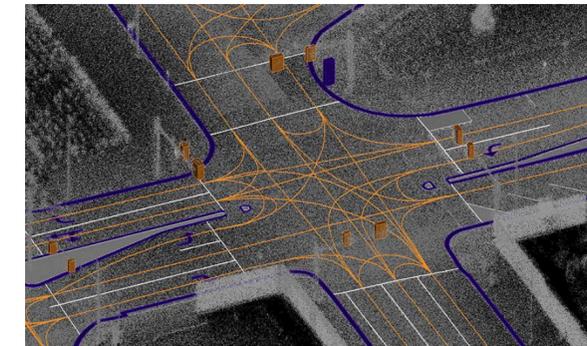
경로 계획을
위한 도로
연결성 정보



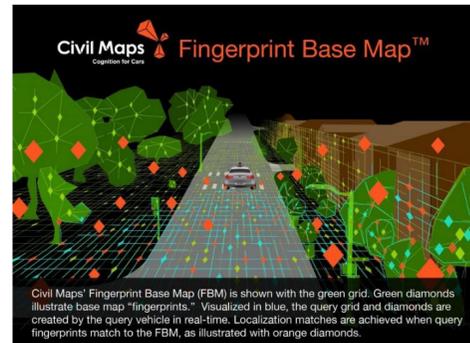
Here



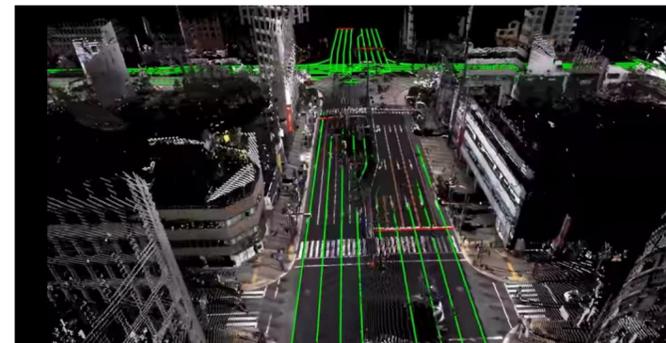
Ford Motors



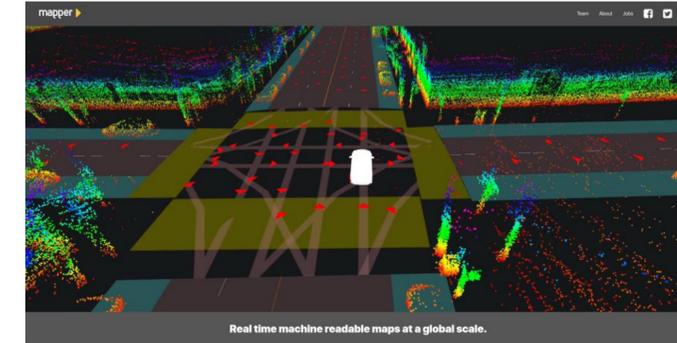
Carmera



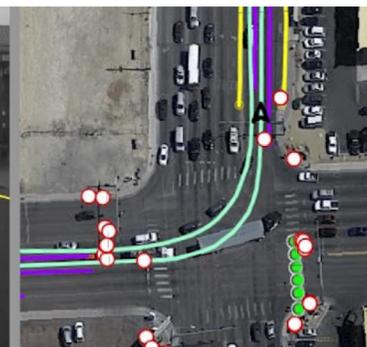
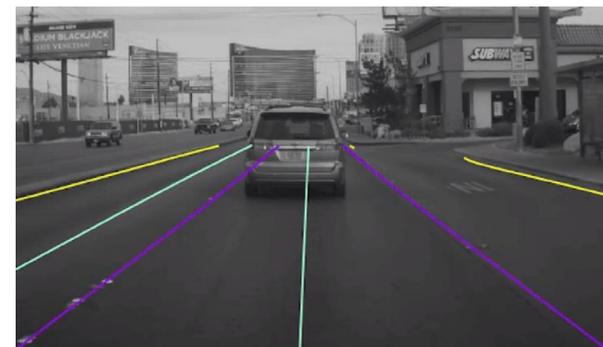
Civil Maps



DMP

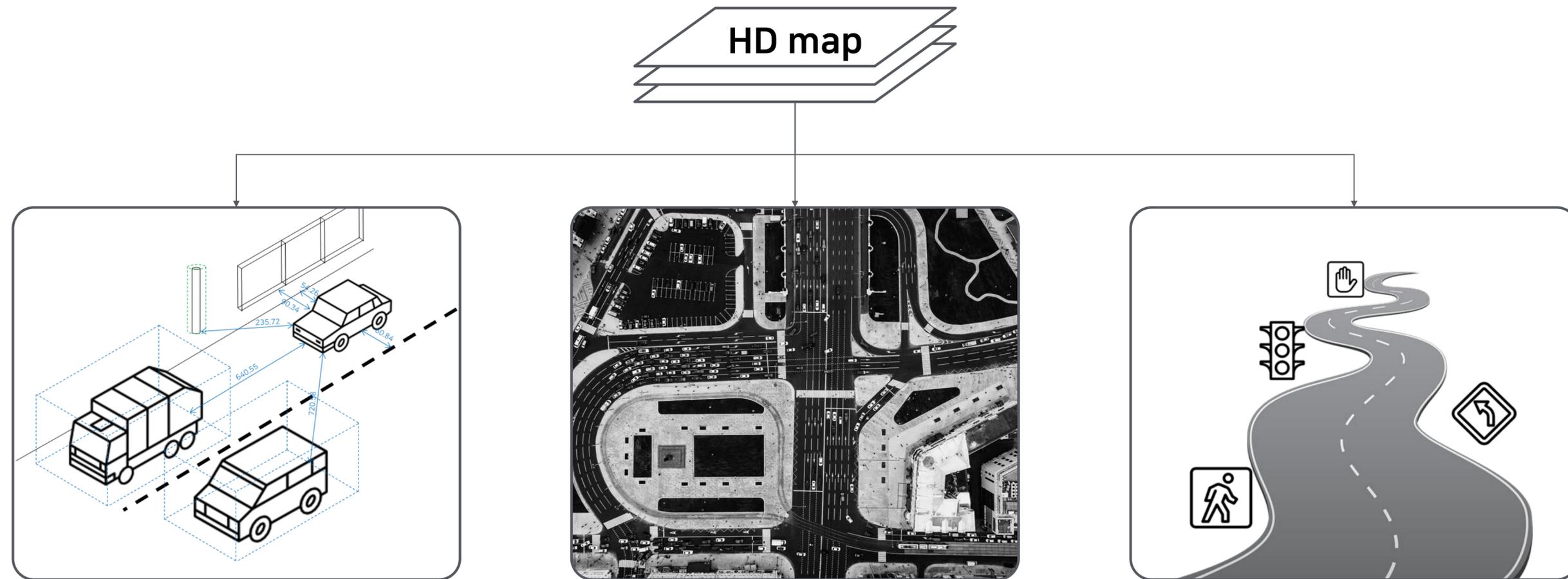


Mapper



1. 도로 정밀지도란?

그래서 무엇에 쓰는 물건인가요?



Precise Localization

More precise localization achieved via HD maps

Global Route Planning

More effective route planning in complex city centers

Perception

Advance prediction of key recognition objects using HD map data

1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

어떻게 만드나요?



1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

어떻게 만드나요?

MMS (Mobile Mapping System) 차량을 이용



1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

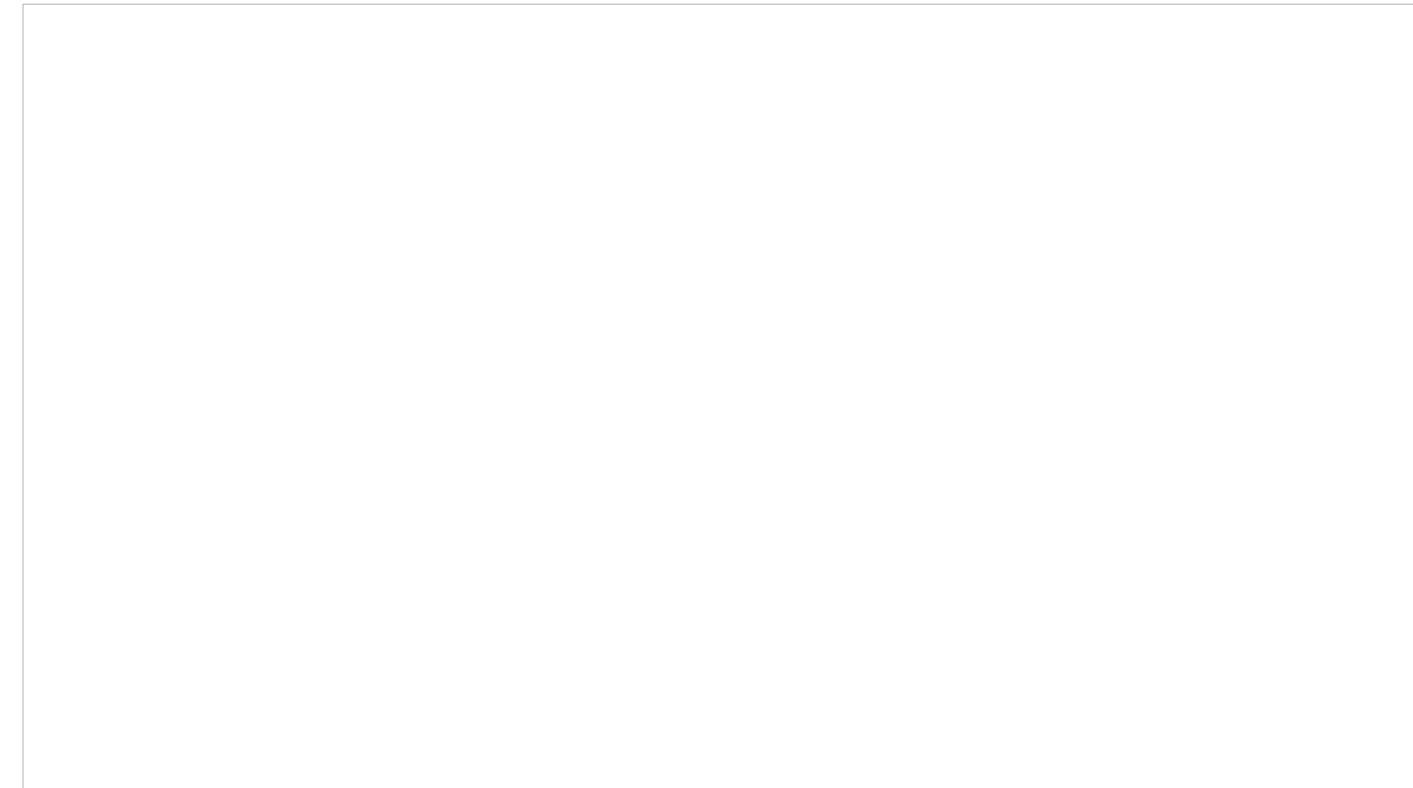
어떻게 만드나요?

MMS (Mobile Mapping System) 차량을 이용

열심히 만든다



1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법



[출처 - 국토지리정보원]

1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

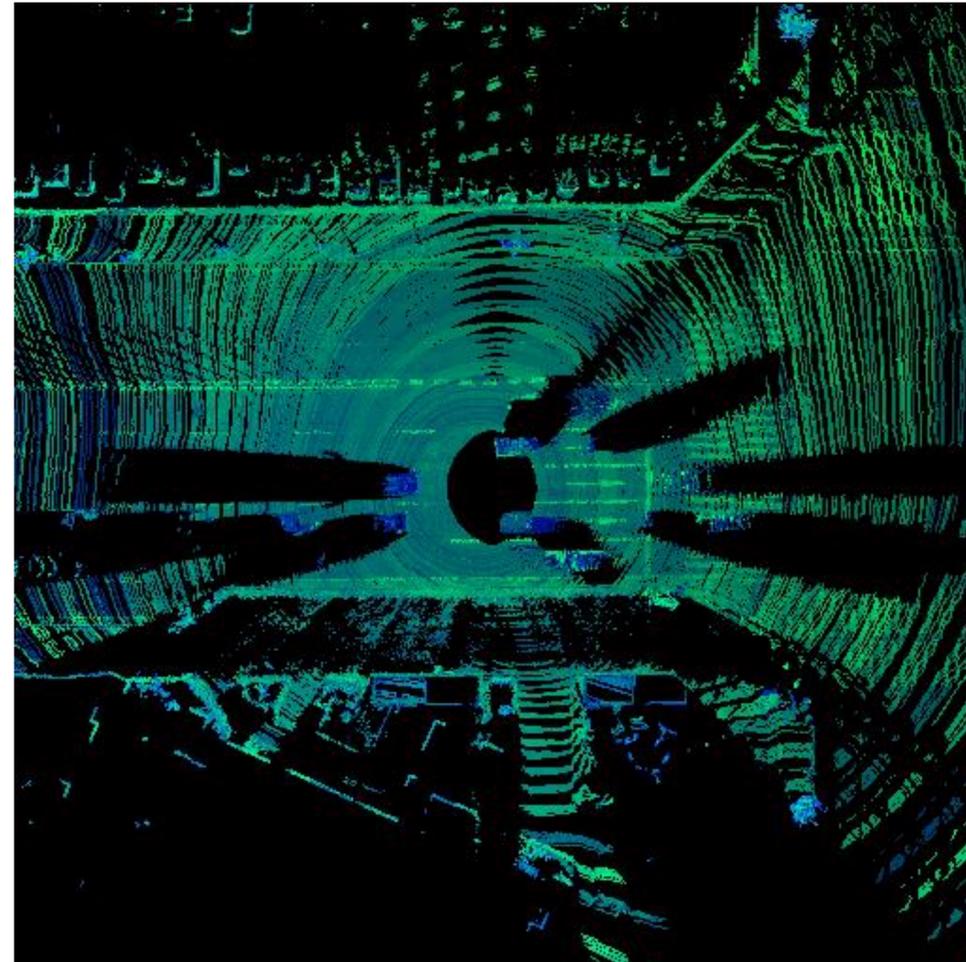
그럼 그렇게 계속 열심히 만들면 되겠네요?

1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

그럼 그렇게 계속 열심히 만들면 되겠네요?

고속도로는 예! 도심은 아니요!

라이다 음영 지역
기준점 측량

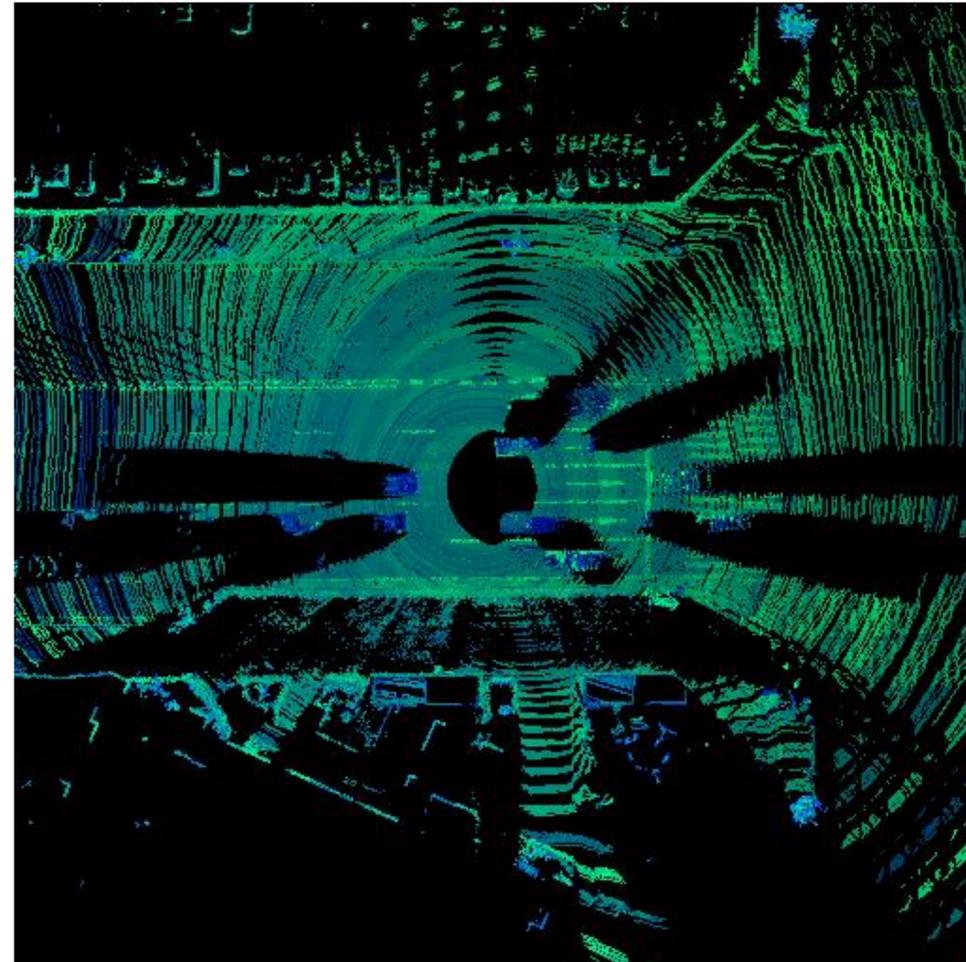


1.1 일반적인 도로 정밀지도 제작 방법

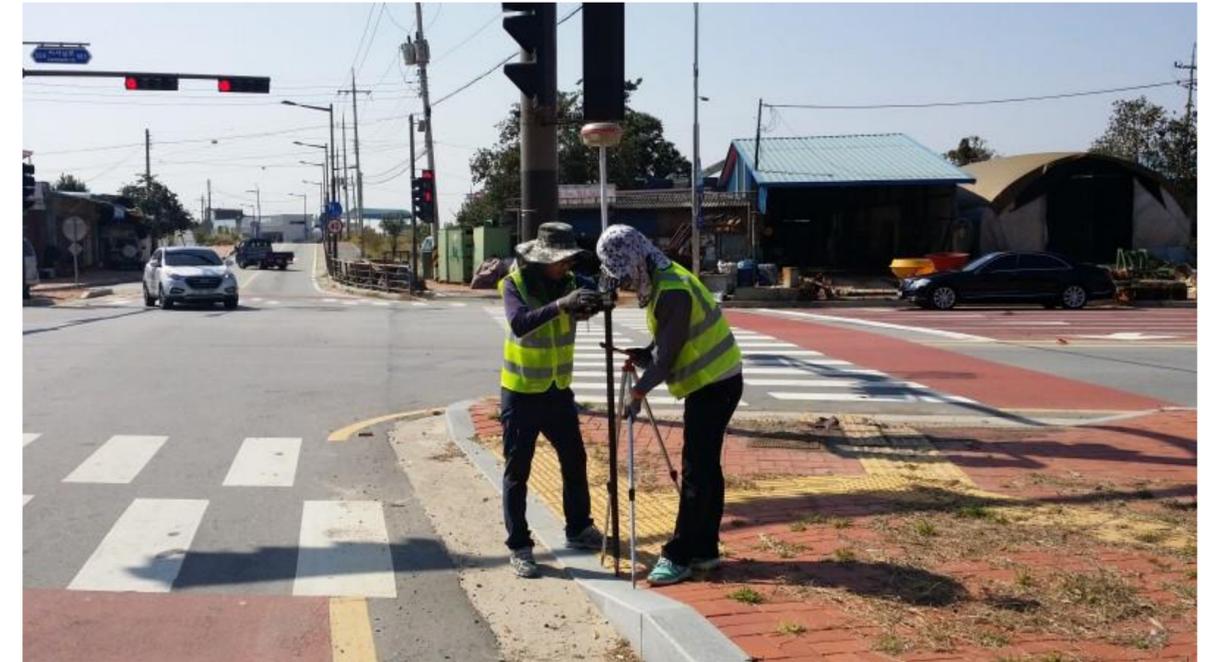
그럼 그렇게 계속 열심히 만들면 되겠네요?

고속도로는 예! 도심은 아니요!

라이다 음영 지역
기준점 측량



비싸다!

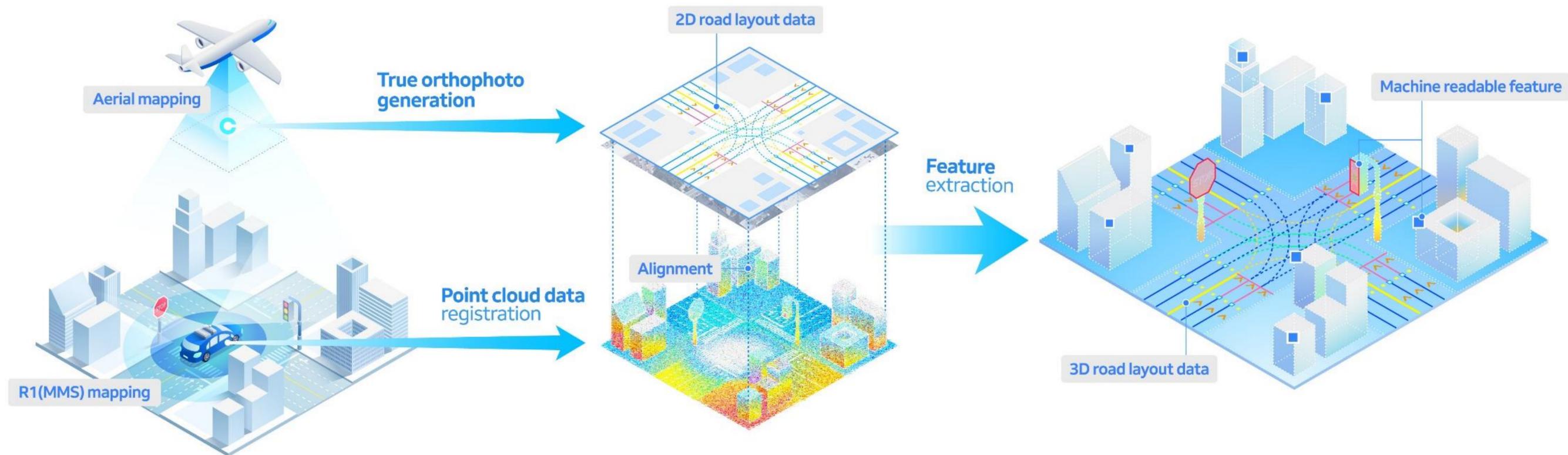


◎ 참고

- 신규 구축 : 약 200 만원/km (데이터 취득, 가공, 생산 까지)
- 서울시 도로연장 약 8,000km → 약 160억

1.2 Hybrid HD Mapping

네이버랩스가 자체 개발한 맵핑 방식
항공사진과 저가 MMS 차량의 정보를 융합
도시단위의 정밀지도를 **싸고 빠르게** 제작 가능



1.3 네이버랩스의 도로 정밀지도란?

무엇이 들어있나요?

1.3 네이버랩스의 도로 정밀지도란?

무엇이 들어있나요?

도로 구조 정보와 노면 기호 - Road Layout

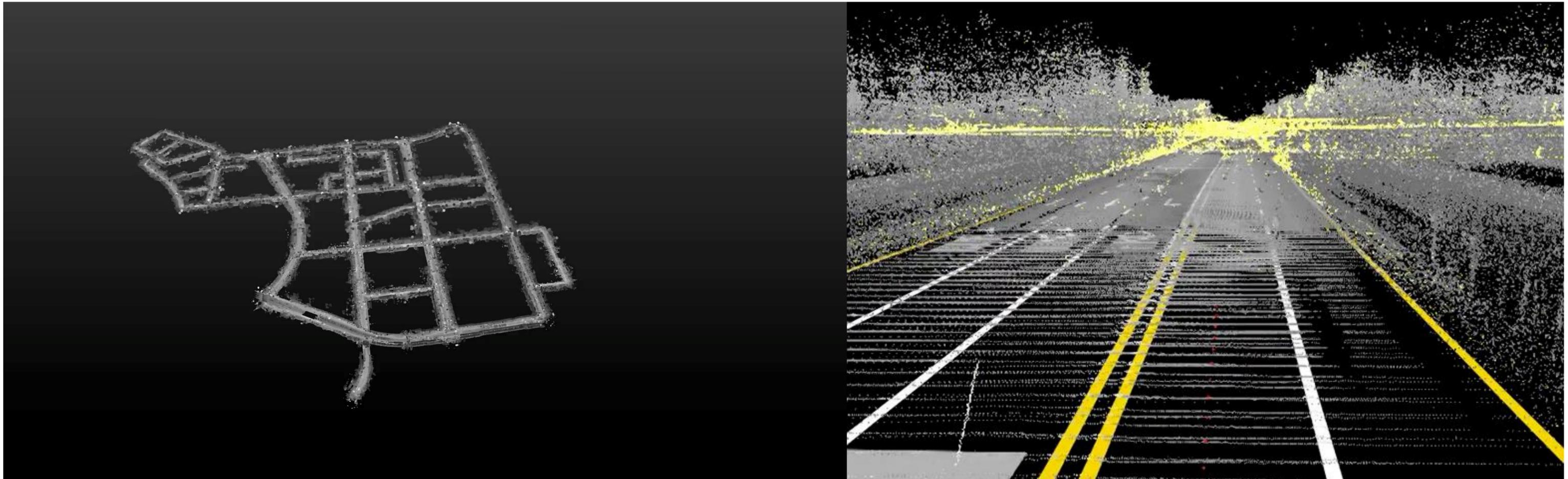


1.3 네이버랩스의 도로 정밀지도란?

무엇이 들어있나요?

도로 구조 정보와 노면 기호 - Road Layout

위치 인식을 위한 - Point Cloud Feature 와 Visual Feature

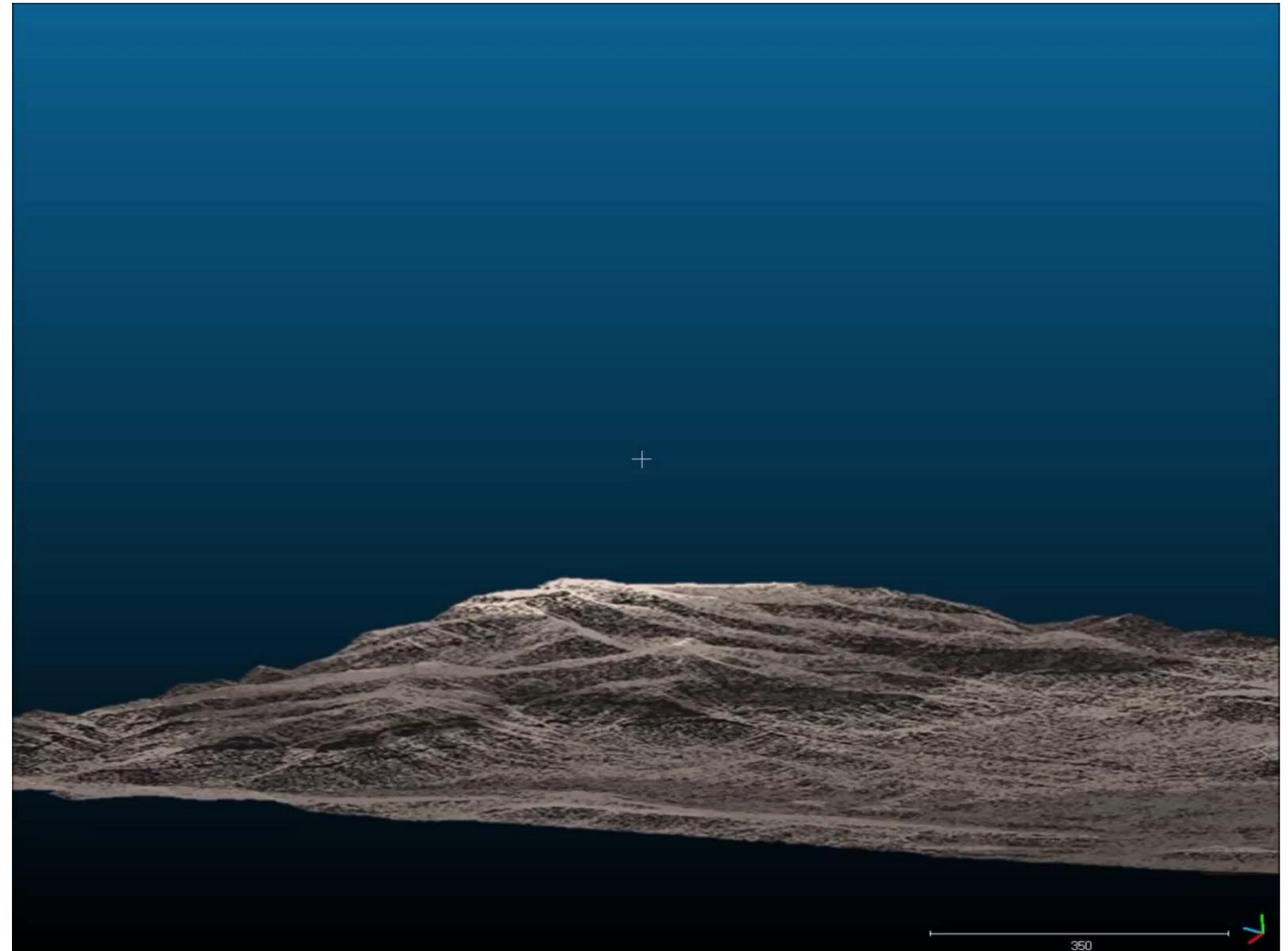


2. 기계학습과 컴퓨터 비전 기술의 활용

2.1 항공사진 기반 도시 모델 생성

자동화 Process 구축

1. 항공사진 촬영
2. Bundle Adjustment
3. EO Estimation
4. Depth Estimation
5. Pixels Aligned to Depth
6. Generate Point Cloud
7. DSM (digital surface models)
8. Erase Obstacles from DSM
9. DEM (digital elevation models)
10. Generate Patches from DSM
11. True-ortho by Mosaicing Patches



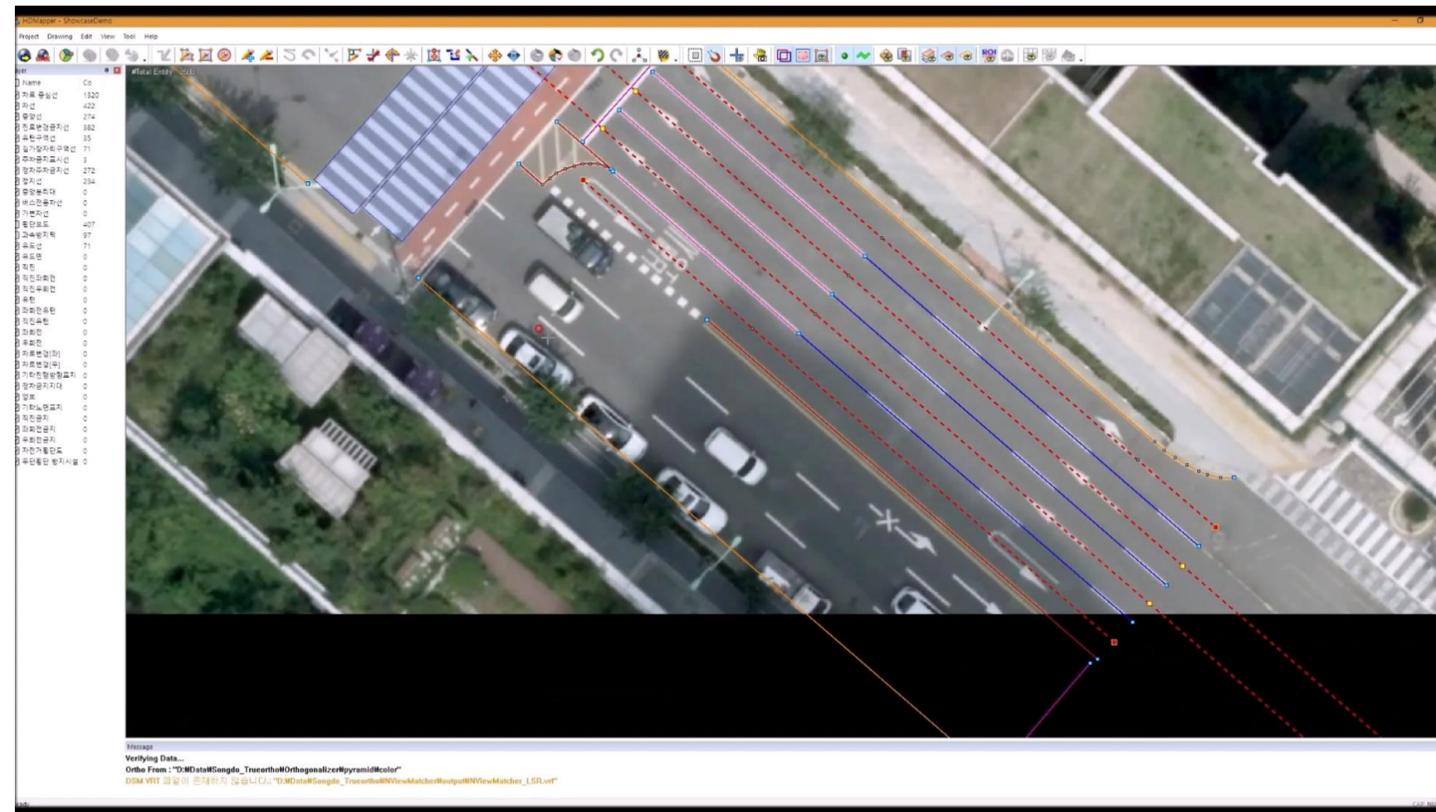
2.2 Road Layout 추출

이제 Road Layout 을 만들어 보자

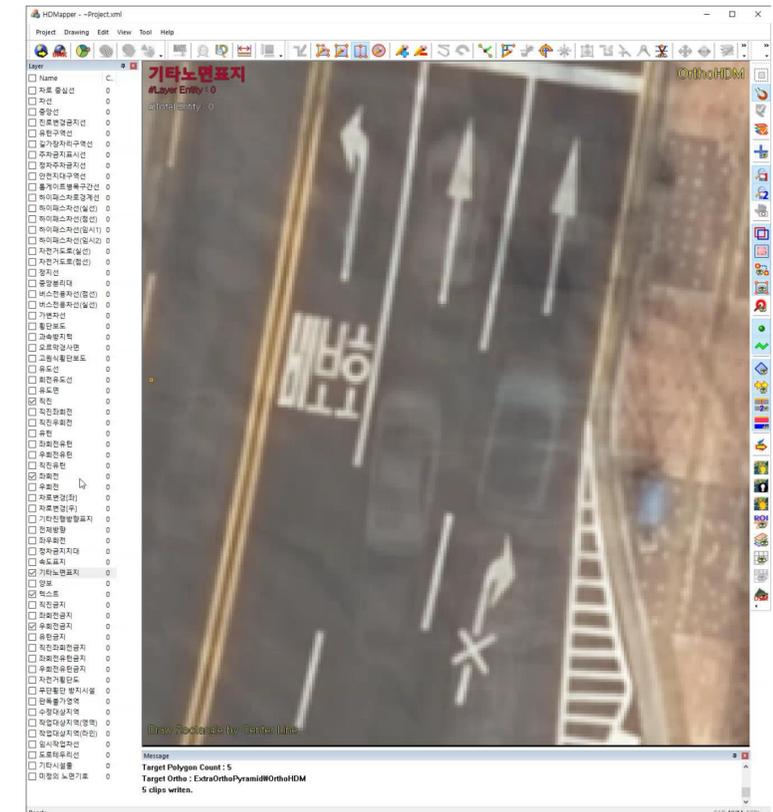
2.2 Road Layout 추출

이제 Road Layout 을 만들어 보자

어떻게?



차선, 도로 중심선 등 Line Annotation



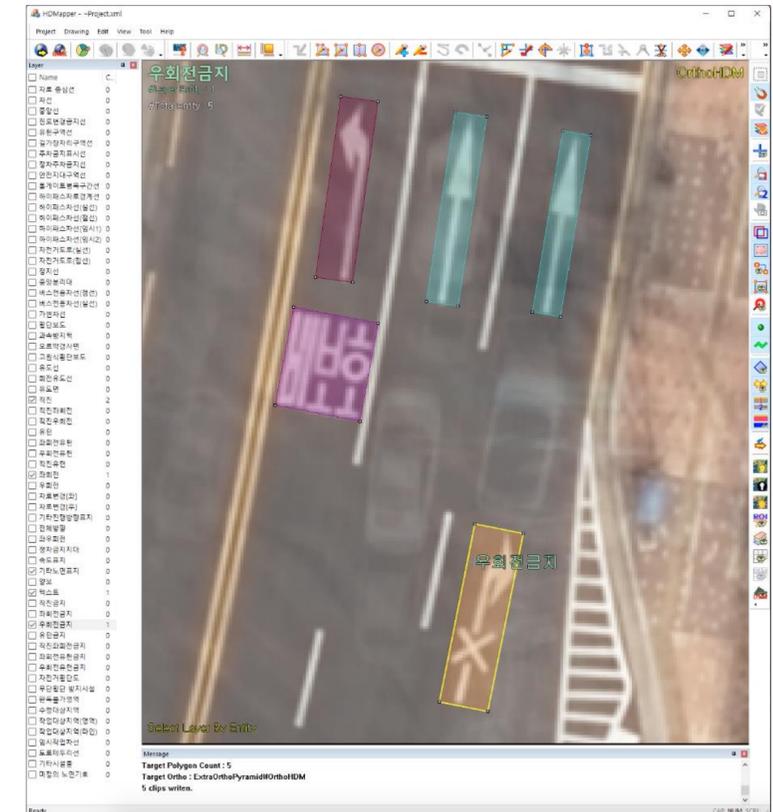
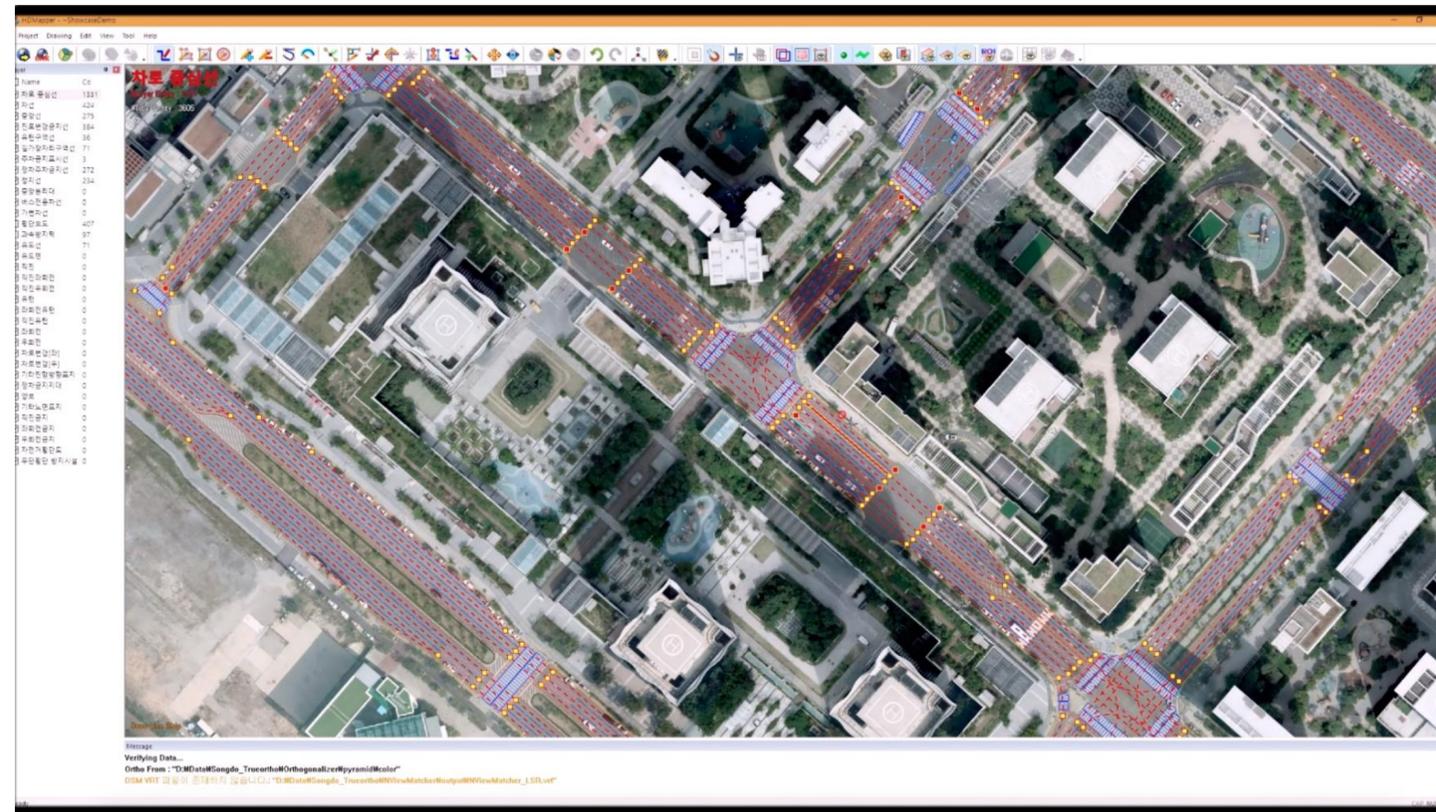
노면기호 등 도형 Annotation

2.2 Road Layout 추출

이제 Road Layout 을 만들어 보자

어떻게?

전통 가내수공업 계승



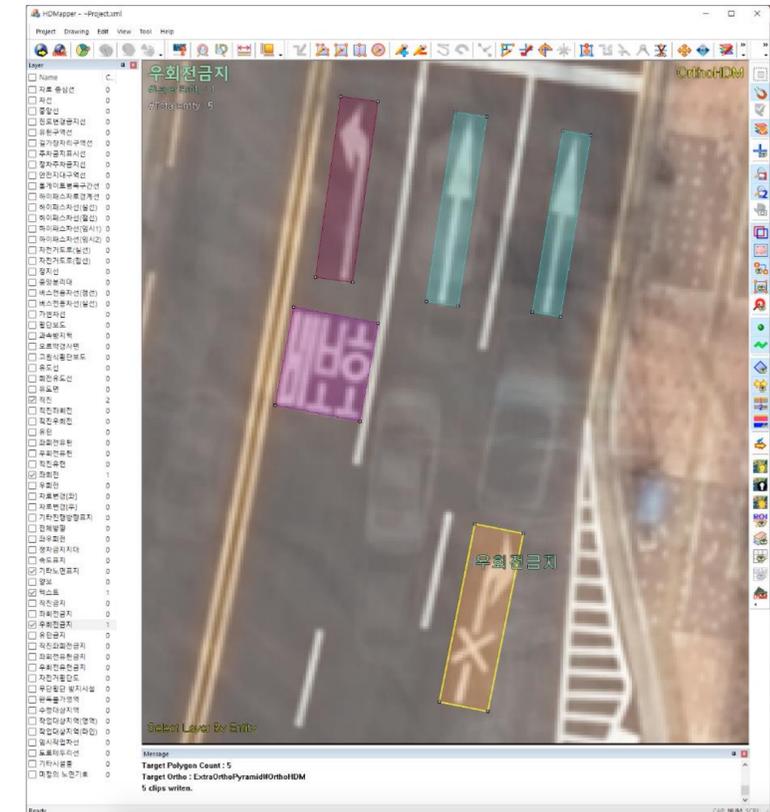
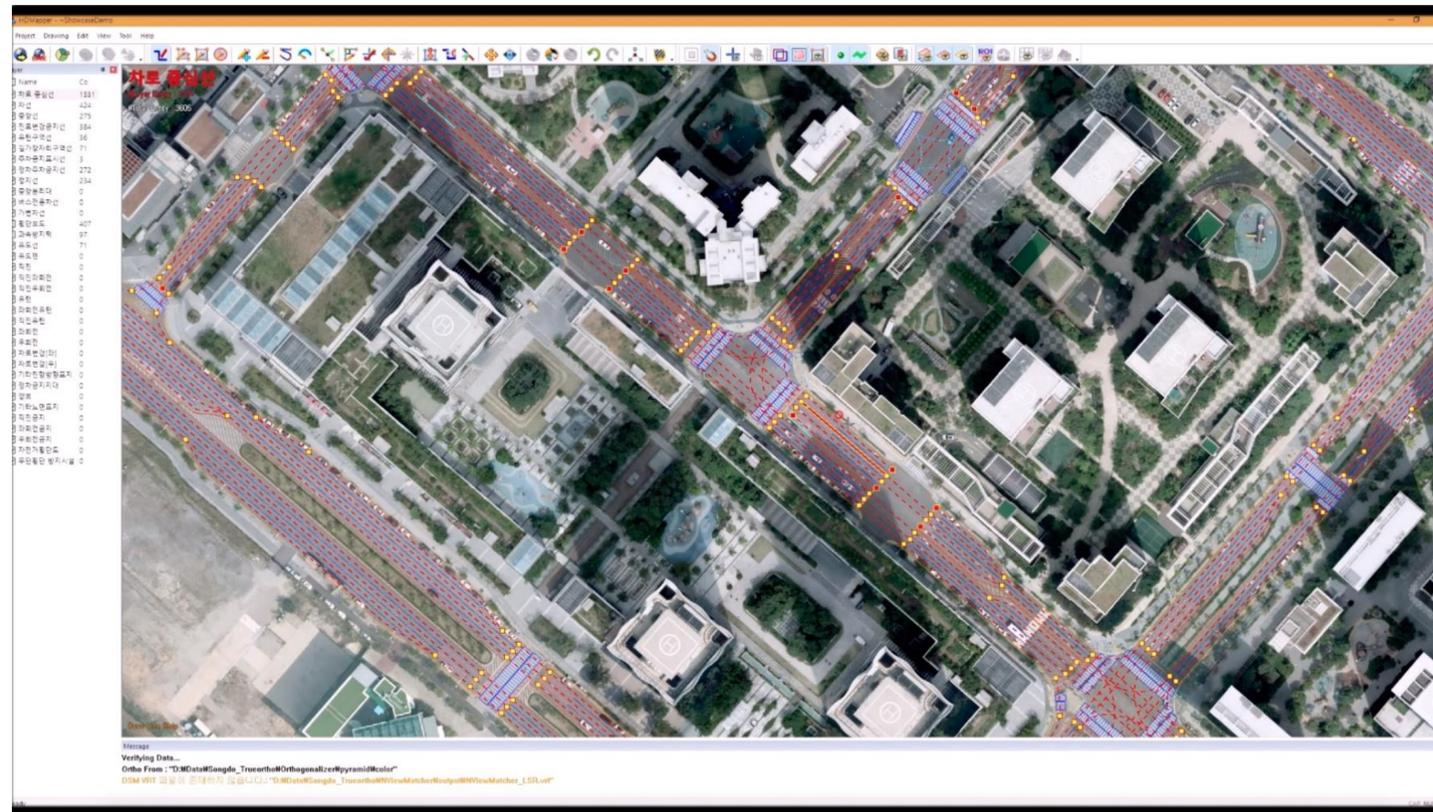
2.2 Road Layout 추출

이제 Road Layout 을 만들어 보자

어떻게?

전통 가내수공업 계승

너희도 별수 없구나
열심히...



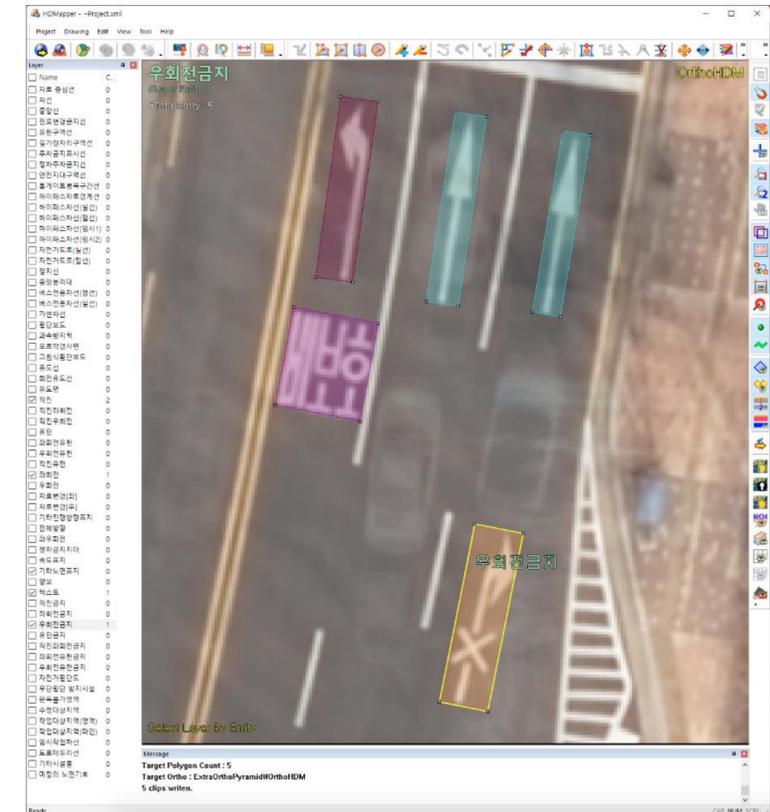
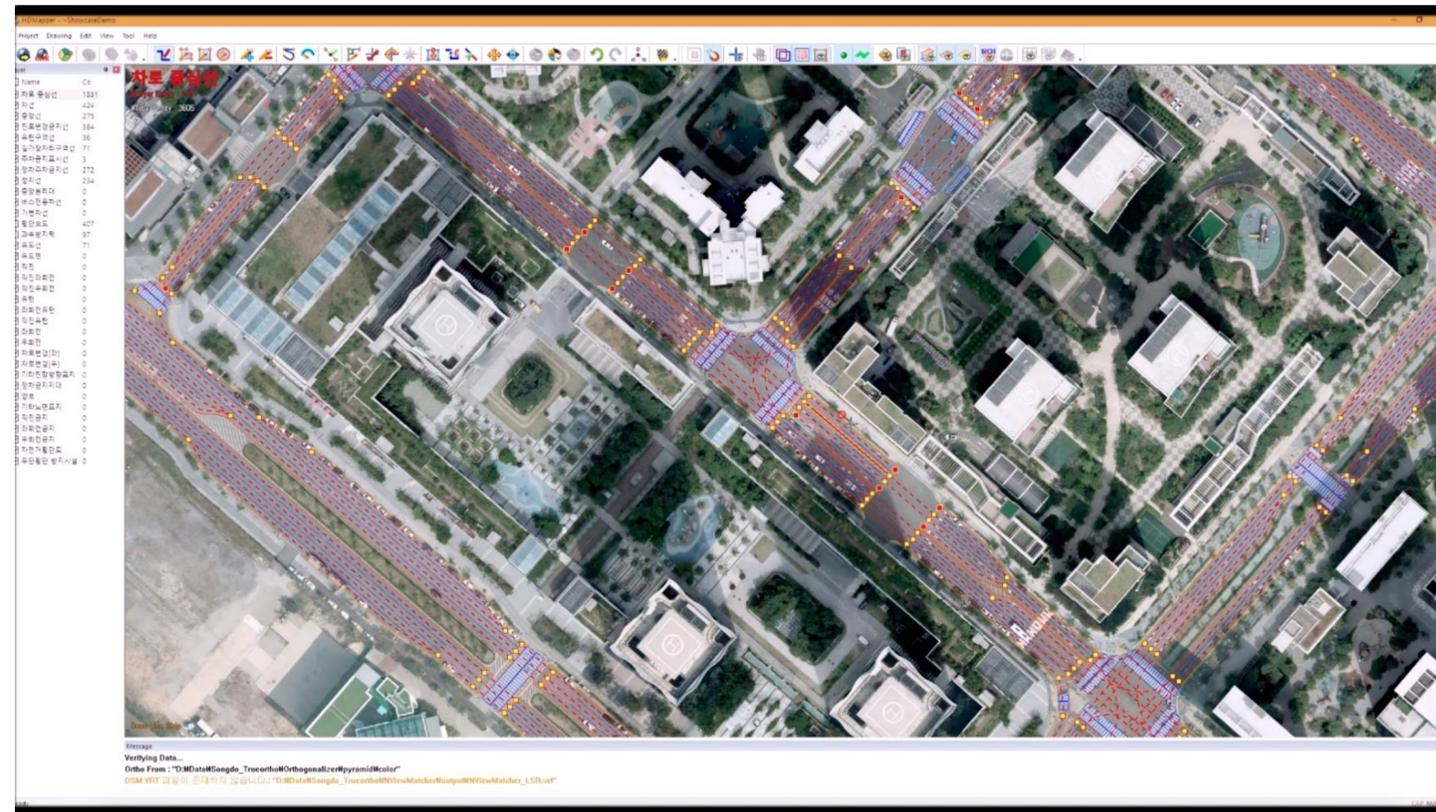
2.2 Road Layout 추출

이제 Road Layout 을 만들어 보자

어떻게?

전통 가내수공업 계승

너희도 별수 없구나
열심히..



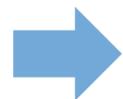
열심히 자동화!!

2.2 Road Layout 추출

노면 기호 검출을 딥러닝 기반으로 자동화 해보자!



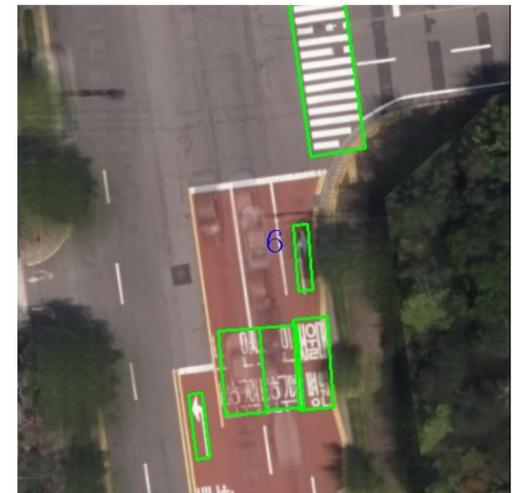
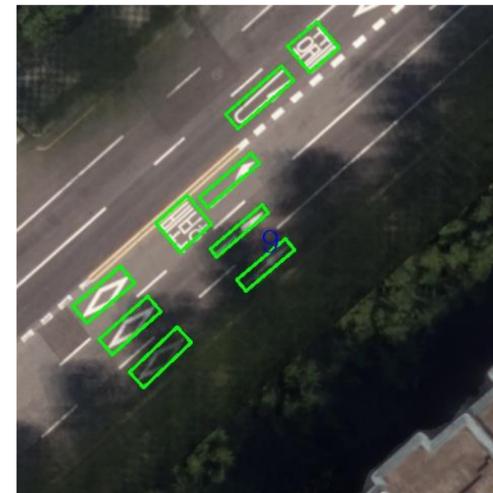
Image



Oriented
object
detection



Detection



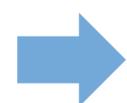
2.2 Road Layout 추출

노면 기호 검출을 딥러닝 기반으로 자동화 해보자!

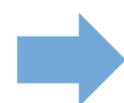
Oriented Object Detection 적용
나름 괜찮은 듯? 역시 딥러닝



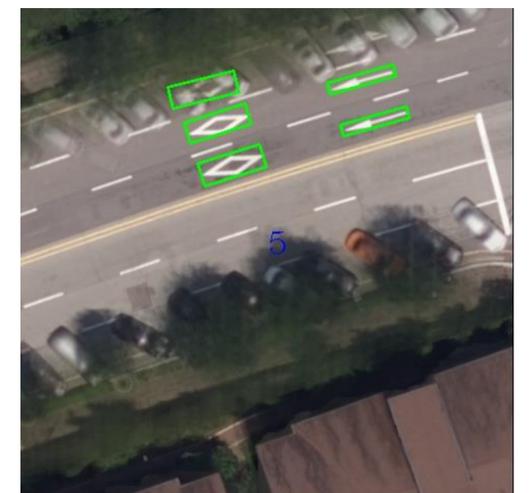
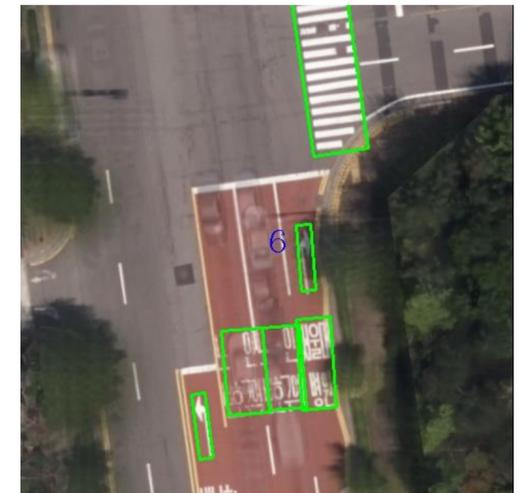
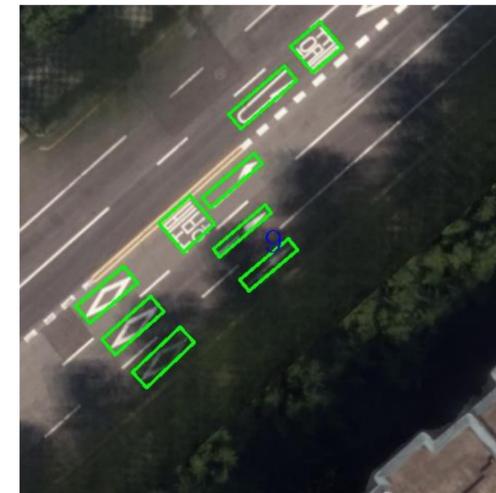
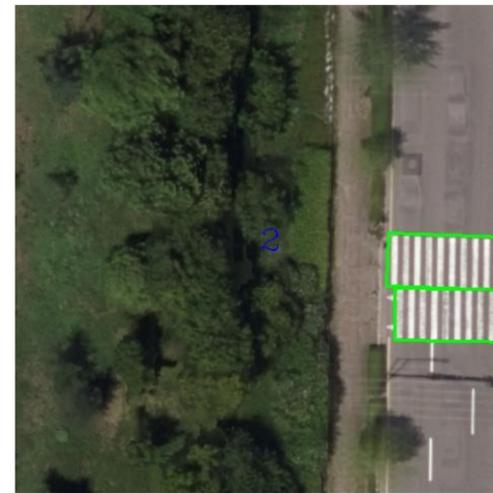
Image



Oriented
object
detection



Detection

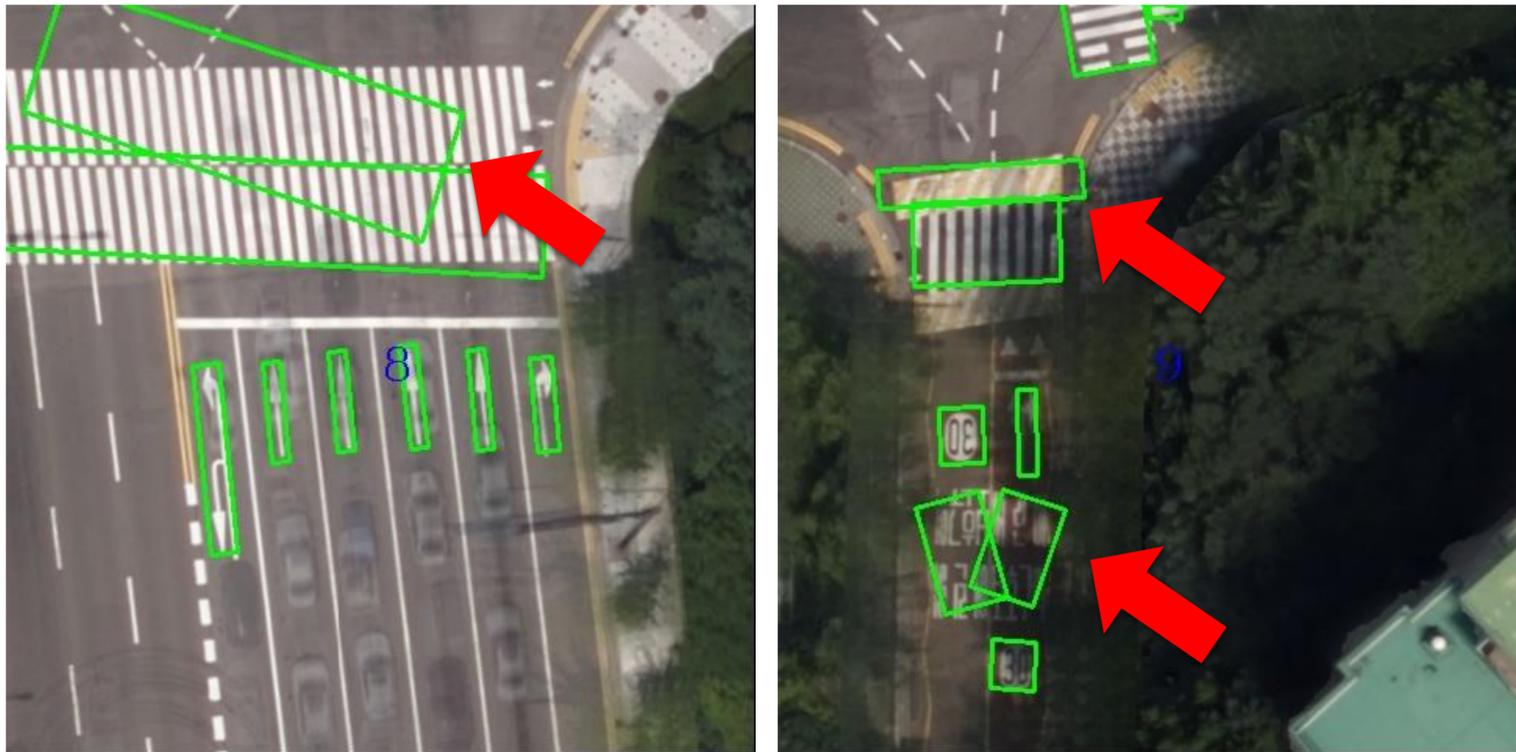


2.2 Road Layout 추출

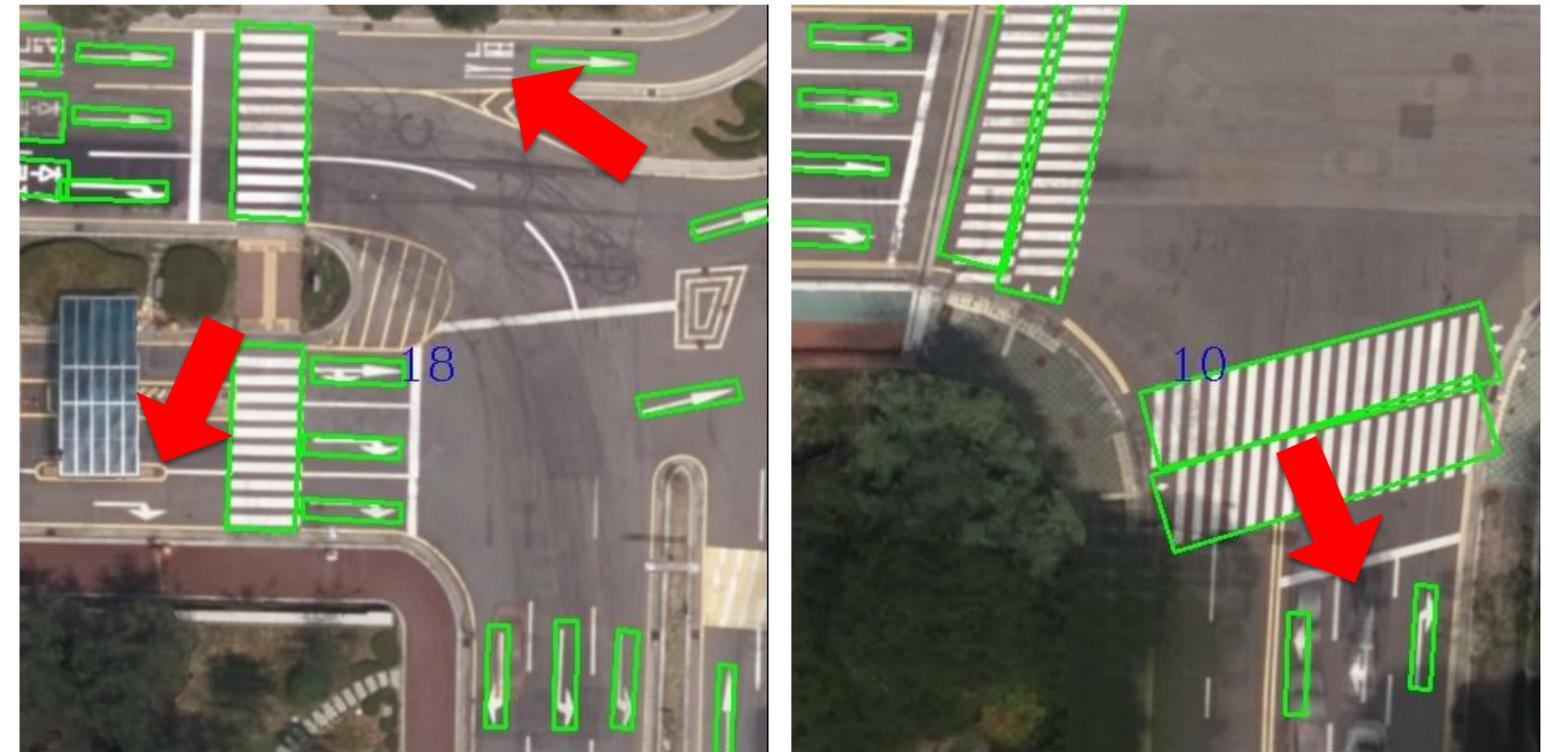
노면 기호 검출을 딥러닝 기반으로 자동화 해보자

실제 적용하기는 힘들겠네... (검수 하고, 수정하는 시간이 더 걸림)

Box의 위치가 좋지 않은 경우



노면 기호를 놓치는 경우



2.2 Road Layout 추출

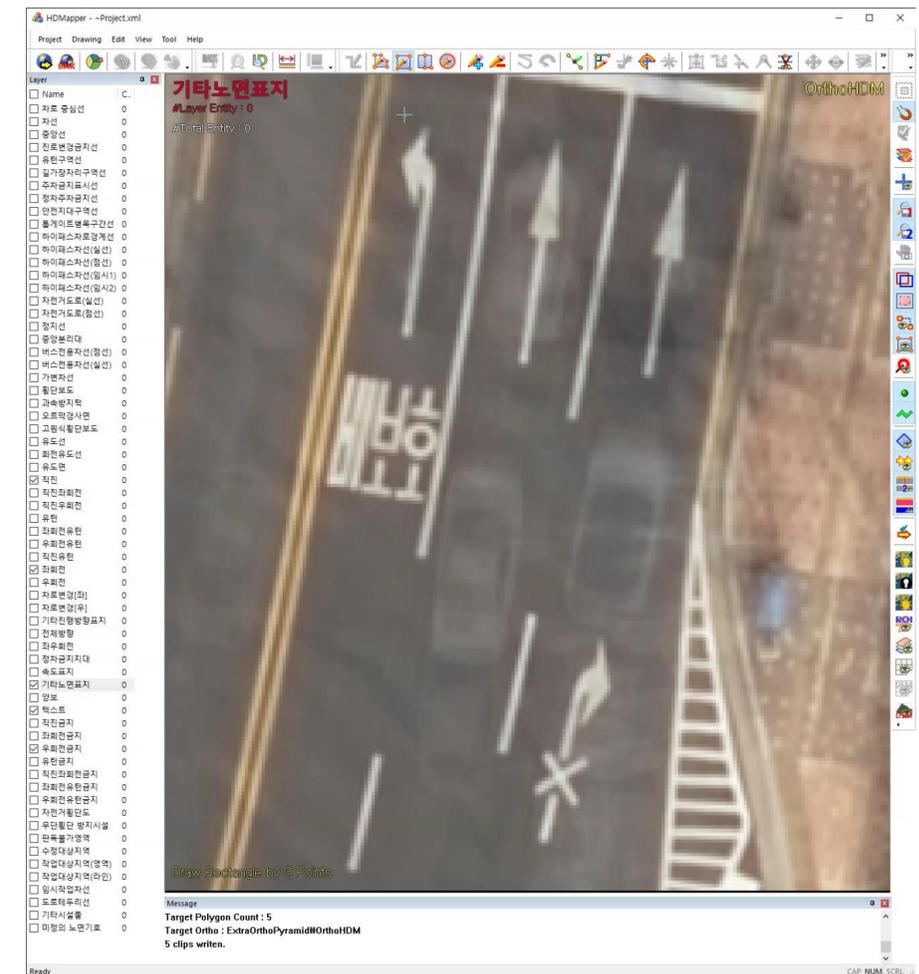
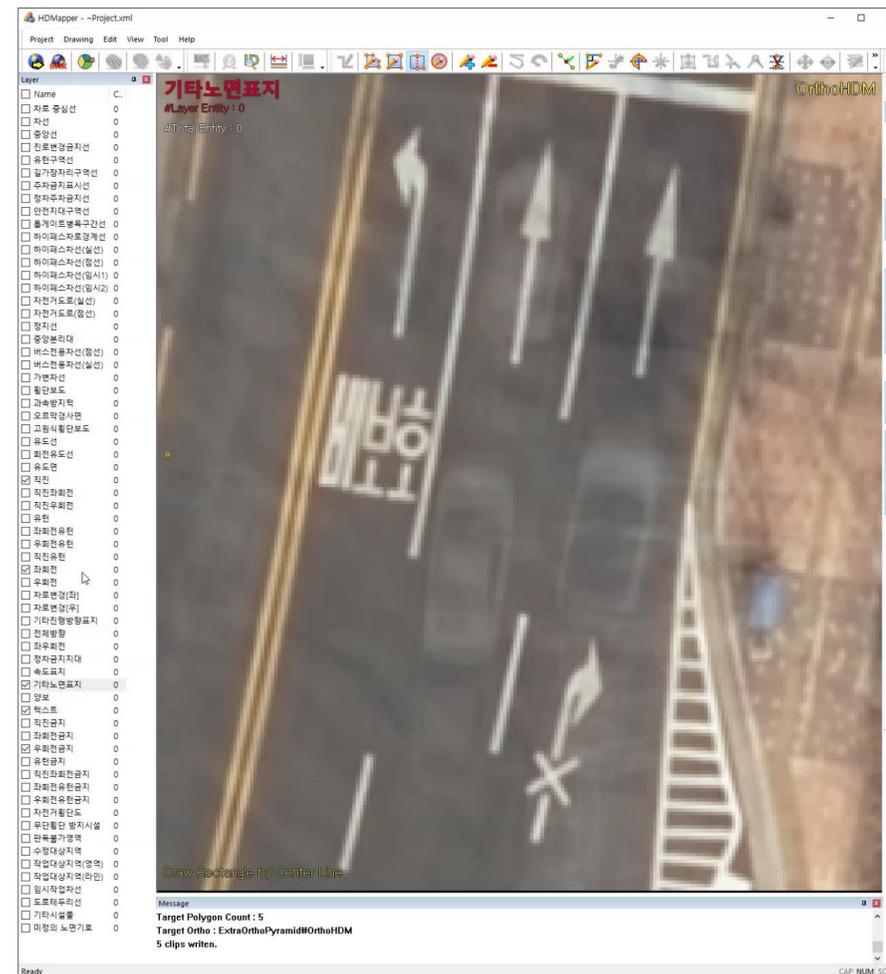
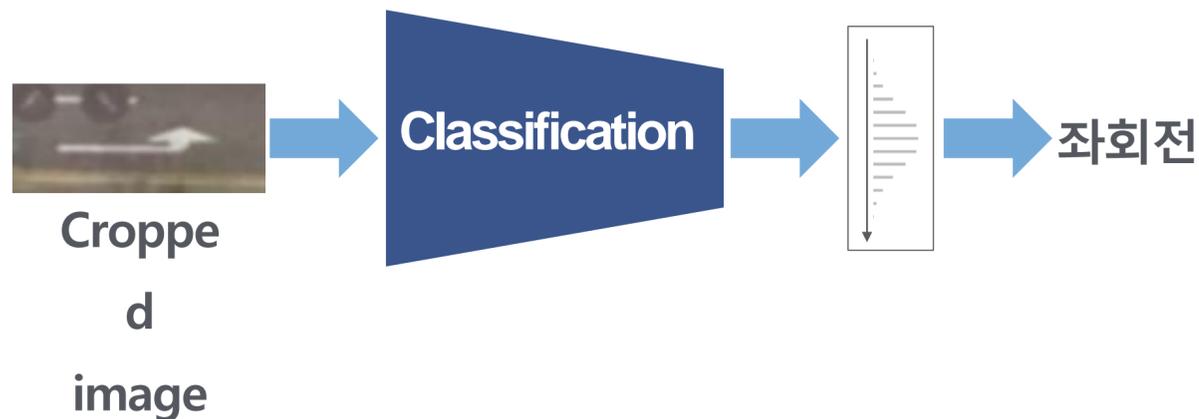
차근 차근 단계별로 자동화 하자

Detection은 작업자가 box 표시 + box의 classification만 자동화

정확도 98.32% (수작업과 비슷)

서울시 작업에 적용

49.3% 작업 시간 단축



2.2 Road Layout 추출

다양한 시도 진행 중...

2.3 R1(MMS) Data Registration

항공사진으로 부터 모든 정보를 획득할 수 없음

육교 아래, 터널 안 등 항공사진에 포함되지 않은 지역이 존재함

도로 표지판, 신호등 같은 수직 구조물 등은 항공사진에서 정확한 정보를 얻기 힘들

위치인식에 필요한 수직 구조등이 포함된 포인트 클라우드 및 이미지 데이터 필요

여전히 MMS 차량은 필요하다

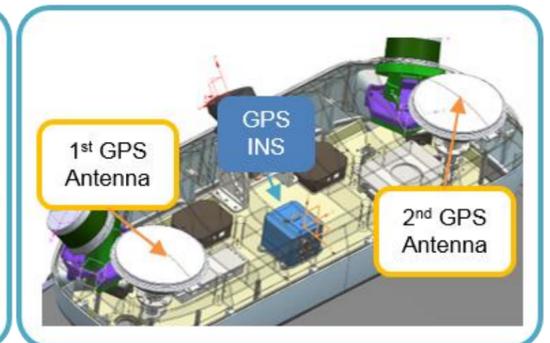
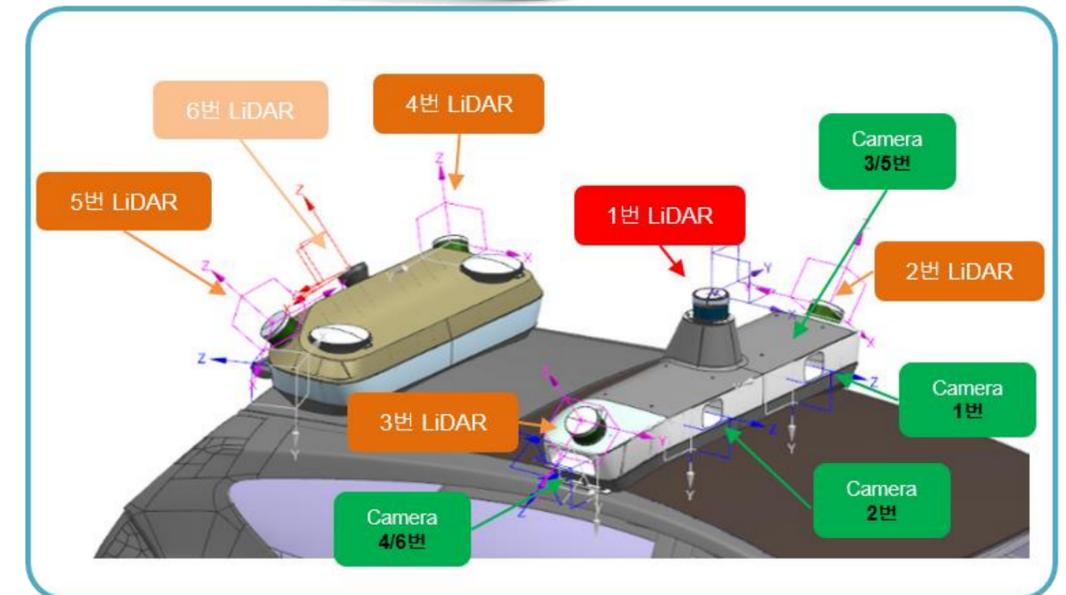
로드레이아웃 먼저 잘 만들고 포인트 클라우드 및 이미지 획득하기 때문에

저가의 센서 구성으로도 정확한 좌표의 데이터 확보 가능

2.3 R1(MMS) Data Registration

R1 (MMS) 차량 센서 구성 정보

Type	Vendor	Model	Qty.	Description
Camera	FLIR	GS3-U3-15S5C-C	8	1384 x 1032 (1.4 Mega Pixel) / Color, 45 FPS, Global Shutter
3D LiDAR	Velodyne	VLP-32	1	32 Channel LiDAR, 360° FoV
	Velodyne	VLP-16	4	16 Channel LiDAR, 360° FoV
2D LiDAR	SICK	LMS151-10100	1	1 Channel LiDAR, 270° FoV
FOG	KVH	DSP-1760	1	3 axes Fiber Optic Gyro
Wheel Encoder	?	?	2	?
GPS / INS	SBG Systems	Ekinox D	1	?



2.3 R1 (MMS) Data Registration

Data Registration Process

기존 정밀지도 제작 방법에서는 GPS 기반으로 데이터를 표시
GPS가 부정확한 부분은 수작업으로 보완 혹은 Loop Closing 등으로 최적화
이 데이터를 기반으로 Road Layout 에 해당하는 도로구조 정보를 뽑아냄

우리는 이미 정밀한 3D 도로구조 정보가 있는데??

cm 레벨의 3차원 정보가 포함되어 있는 Road Layout 을 활용해보자!!

2.3 R1 (MMS) Data Registration

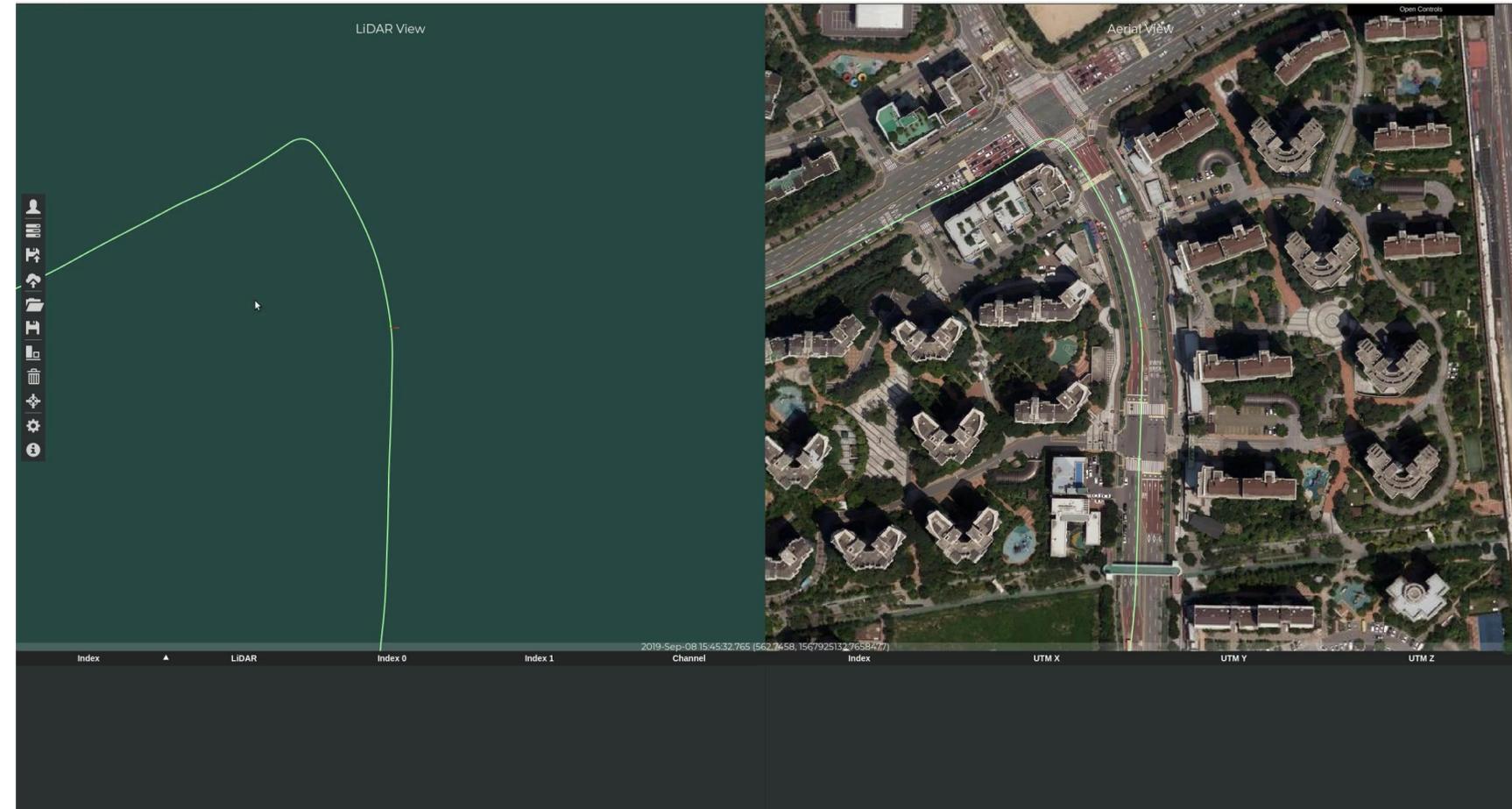
Data Registration Process

데이터 좋아 보이는데??

막상 True-ortho에 비교하면 그다지...

작업자가 몇 개의 점을 지정하면

전체 데이터가 최적화!!



정확한 프레임별 **GT Pose** 를 얻음

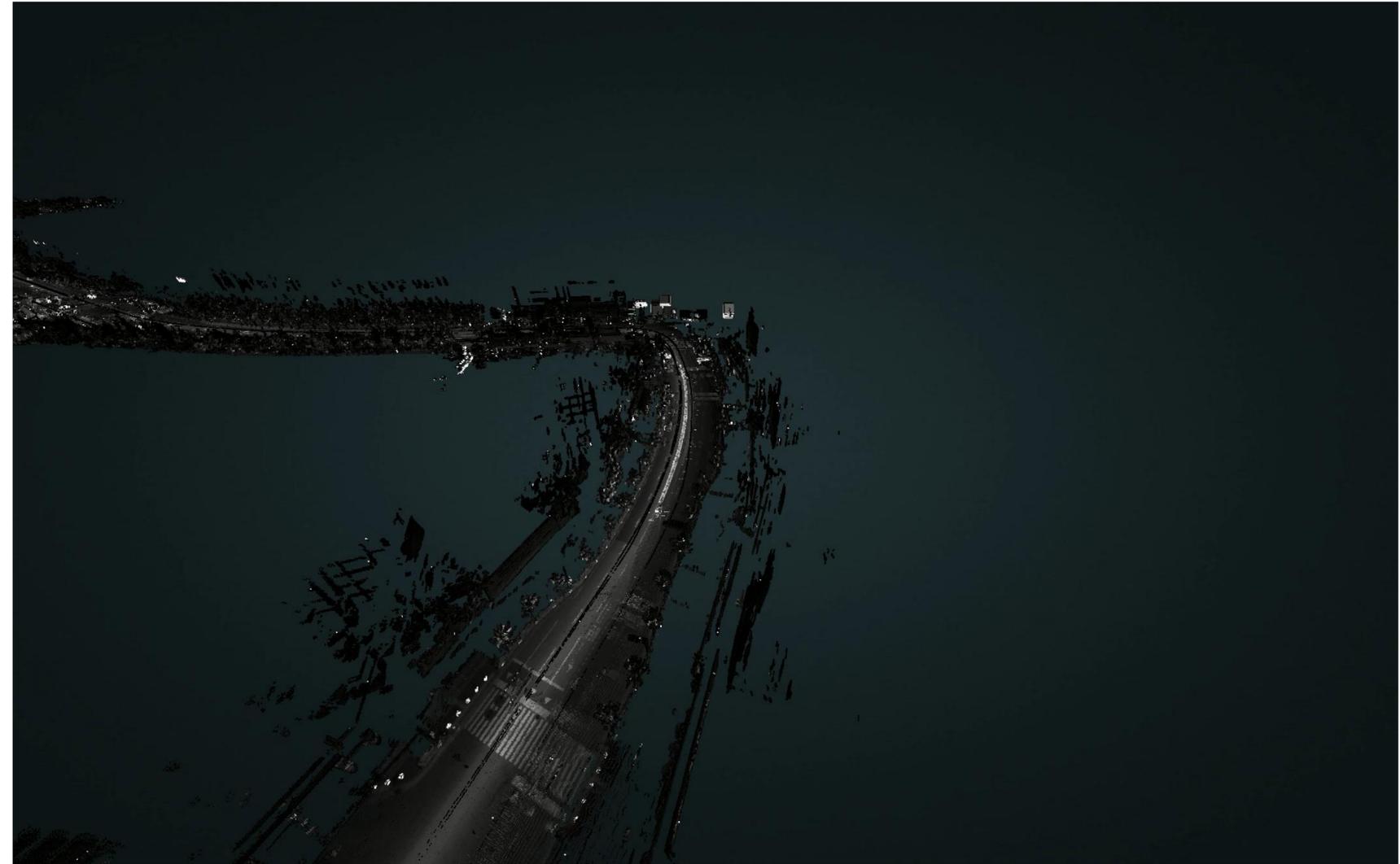
2.3 R1(MMS) Data Registration

Data Registration Process

여전히 수직방향은 차이가 있음

Multiple Run 에 대해 일관되지 않음

Road Layout 활용하여
자동으로 수직방향 최적화



2.4 LIDAR Feature Data

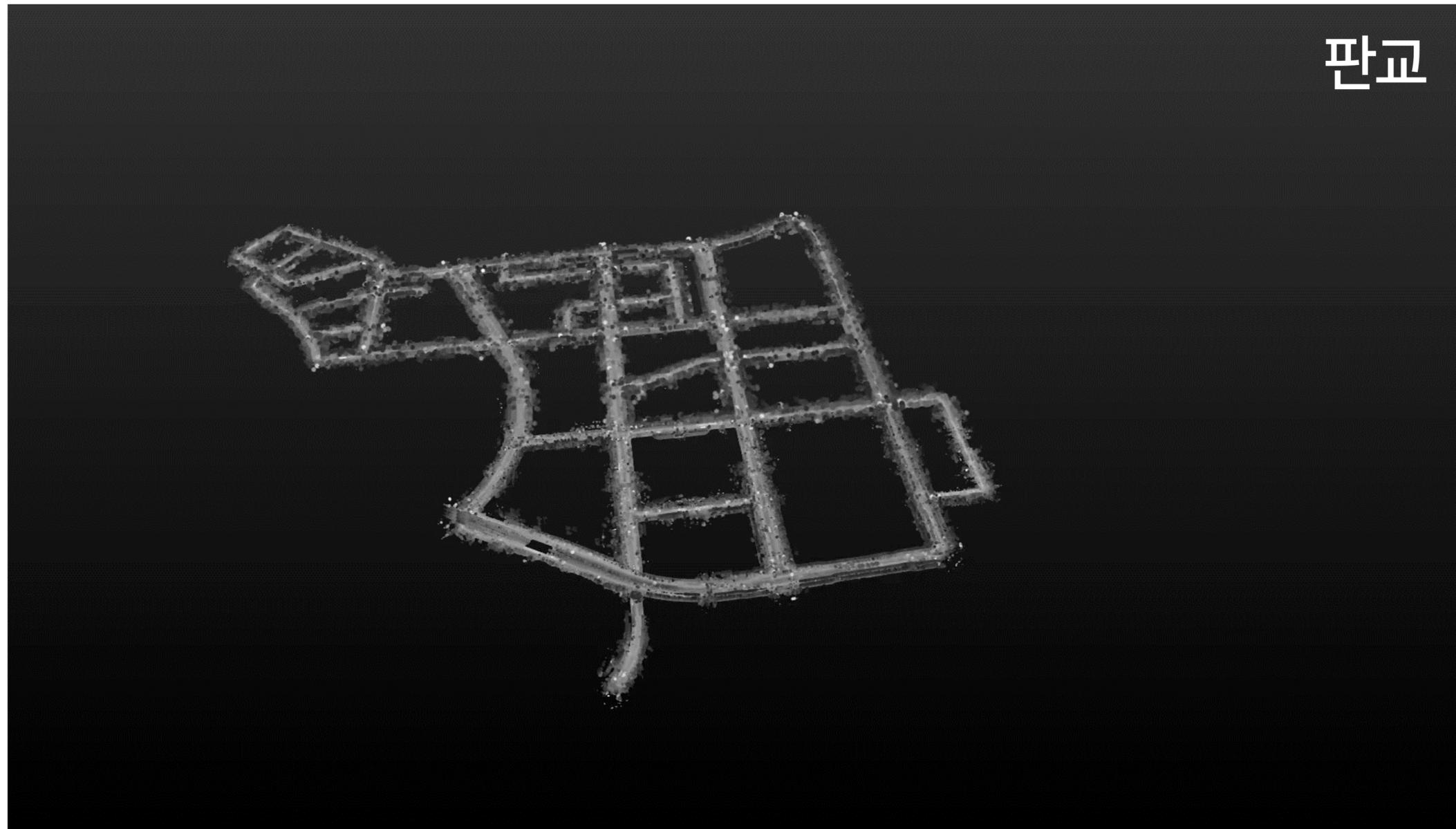
Point Cloud Feature

이렇게 잘 쌓은 MMS 데이터에서 위치 인식을 위한 LIDAR 포인트 추출 필요
추출 과정

1. 아래 4개의 Class로 Segmentation 후
 - (1) 도로
 - (2) 도로 위 물체
 - (3) 기둥 (가로등, 표지판, 가로수 등)
 - (4) 나머지 (건물 및 나뭇잎)
2. Localization 에 방해가 되는 도로 위 물체 제거

2.4 LIDAR Feature Data

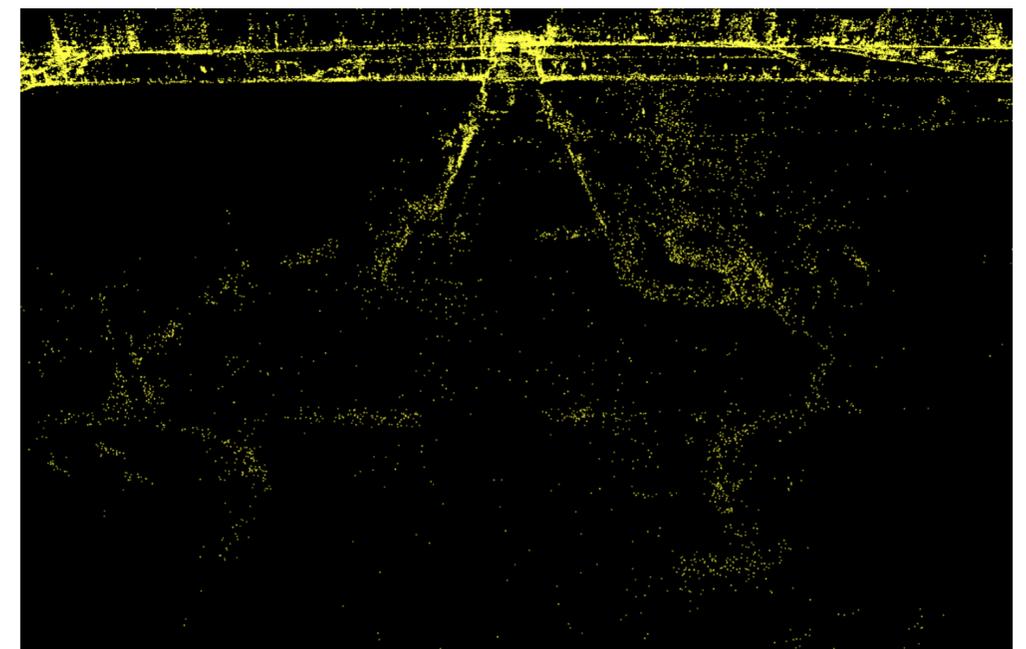
Point Cloud Feature



2.5 Visual Feature Data

카메라 기반 위치 인식을 위한 Feature Data

카메라 영상 하나만으로 위치 인식 가능하도록
위치 인식을 위한 필수 정보만 남은 경량 데이터



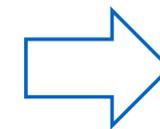
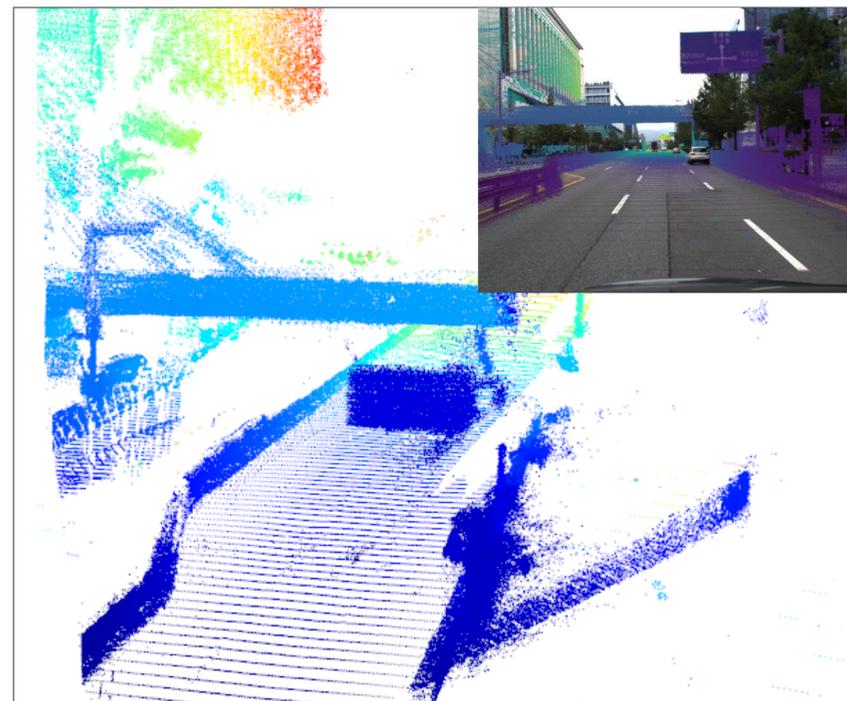
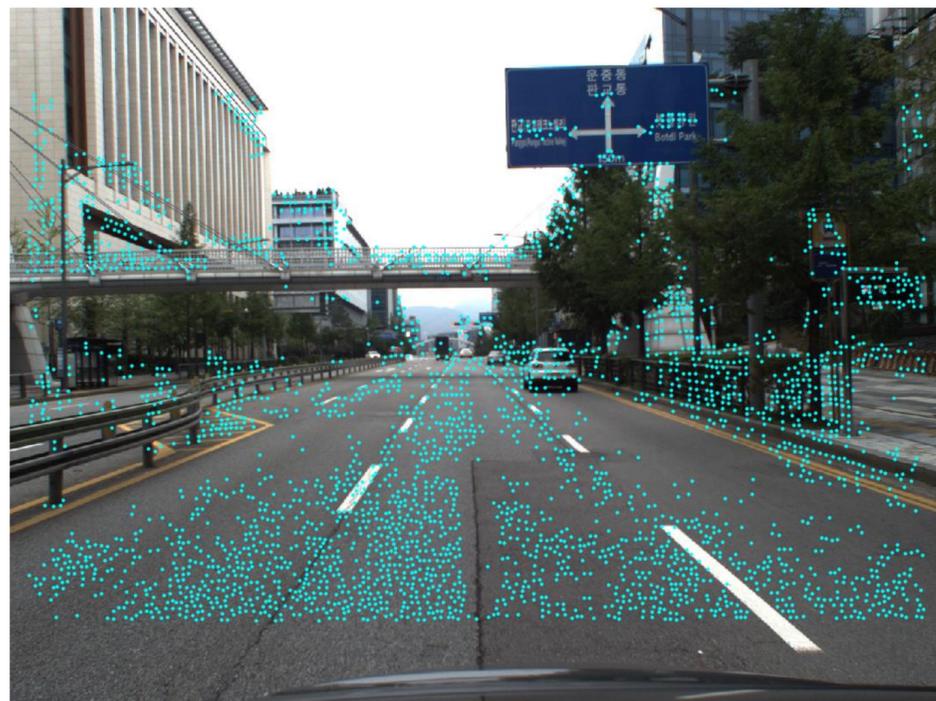
Data 크기 비교

	Log Data	LIDAR Feature	Visual Feature
판교 데이터	800 GB	1.4 GB	291 MB
상암 데이터	1.5 TB	2.4 GB	275 MB

2.5 Visual Feature Data

어떻게 만들지? - 3줄 요약

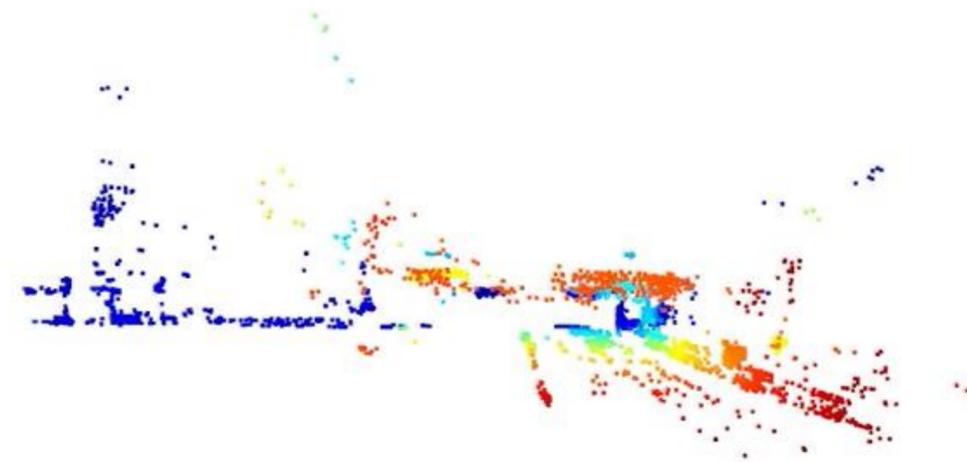
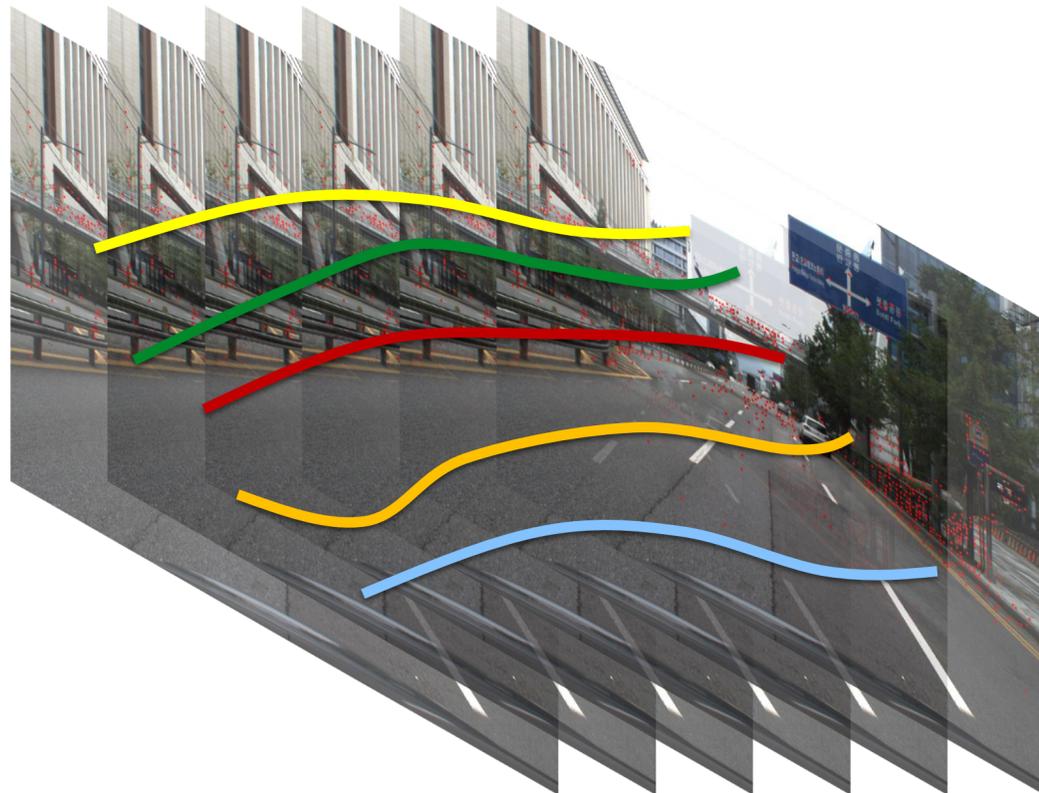
- (1) 카메라 영상의 특징점 (keypoints) 및 특징값 (feature) 추출 → 2D 특징점
- (2) 위치 정보를 이용해 LiDAR 3차원 정보를 특징점에 투영 → 3D 특징점



2.5 Visual Feature Data

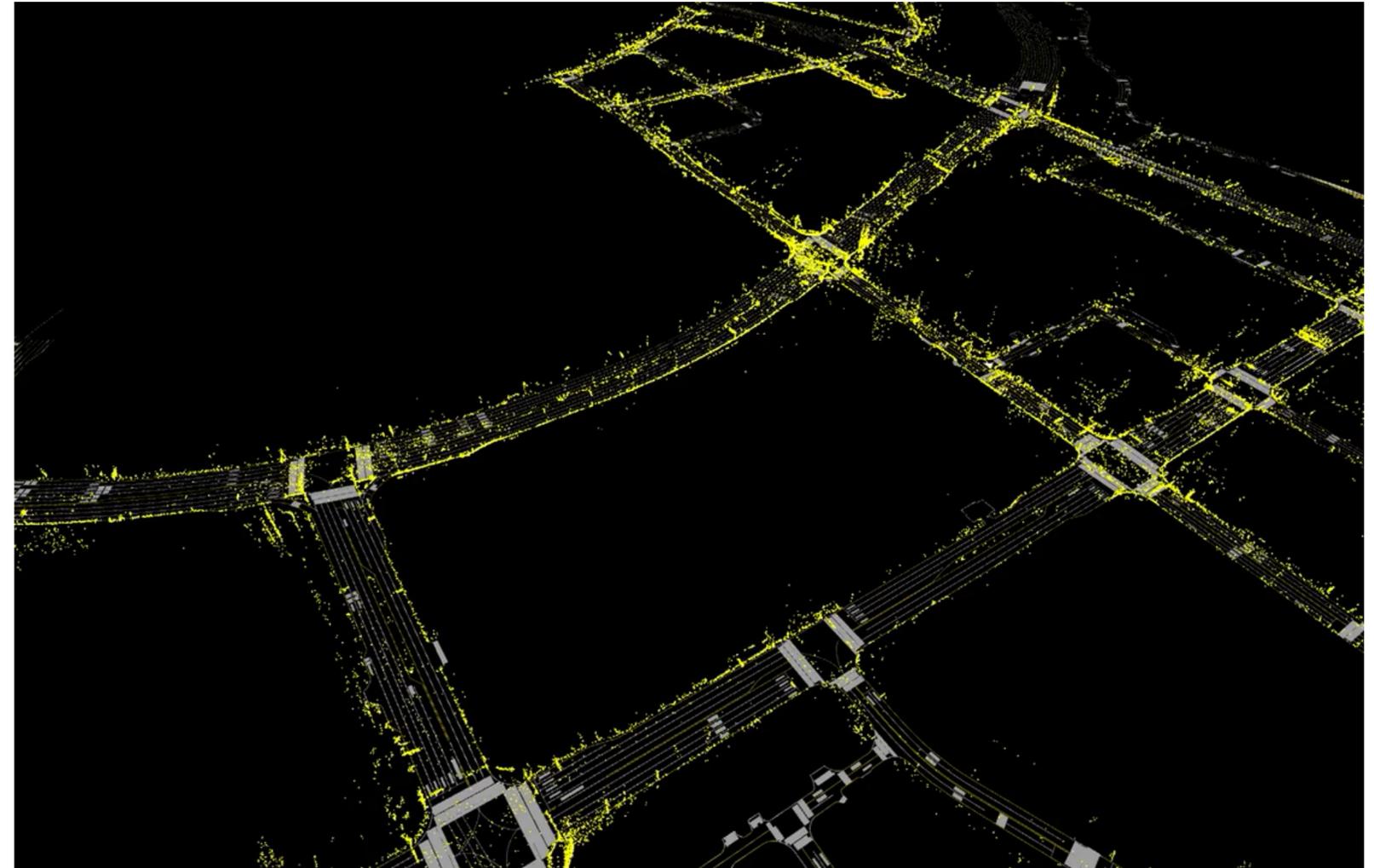
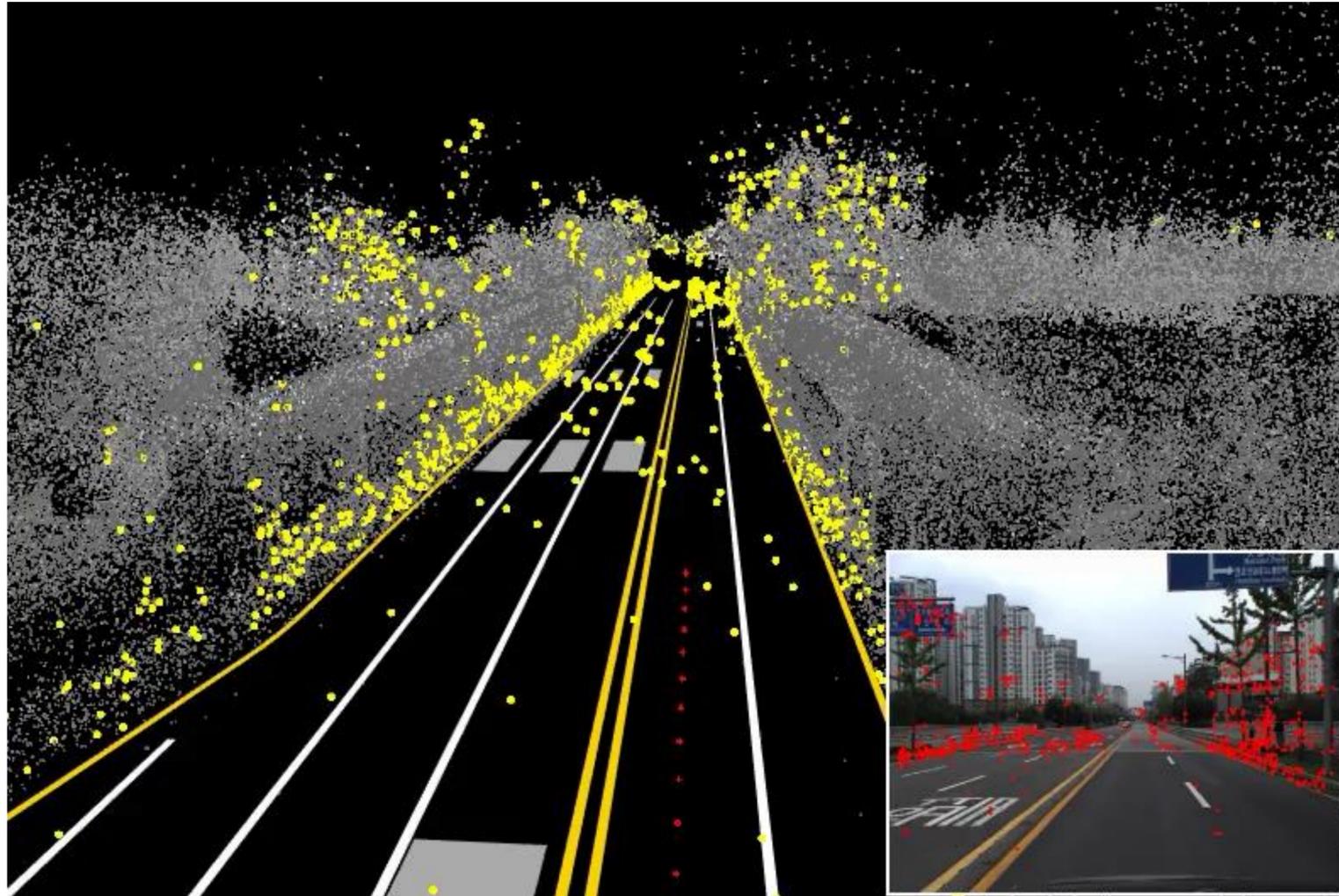
어떻게 만들지? - 3줄 요약

- (1) 카메라 영상의 특징점 (keypoints) 및 특징값 (feature) 추출 → 2D 특징점
- (2) 위치 정보를 이용해 LiDAR 3차원 정보를 특징점에 투영 → 3D 특징점
- (3) 위치 변화에 강인하게 추적 가능한 3D 특징점으로 Map을 구성 → 지도 완성!



2.5 Visual Feature Data

DEVIEW
2019



2.5 Visual Feature Data

어떤 피쳐를 쓸 것인가?

계절에 따른 수목(풀, 나무)의 기하학적 변화
날씨, 시간에 따른 조명, 그림자 환경 변화
차량 위치와 방향에 따른 시각적 변화

환경 변화에 강인한 Feature!



2.5 Visual Feature Data

R2D2 (Repeatable and Reliable Detector and Descriptor)

Learning-based local descriptor

e.g. DELF, LIFT, Hard-net, D2-net,..

기하학적, 시각적 변화에도 같은 위치에서 keypoints가 검출 되어야 하고 (**repeatable**),
그 feature descriptor는 주위 영역과 구분되어야 한다 (**reliable**)

CVPR 2019 challenge – **1st winner!**

CVPR 2019 Workshop on



Local		
Method		
R2D2	NAVER LABS Europe	37.8 / 54.1 / 75.5
DELF	Upright RootSIFT (Feature Challenge Baseline)	33.7 / 52.0 / 65.3
DELF		
salier		
HesAffNet-HardNet2		37.8 / 54.1 / 75.5
ELF		13.3 / 21.4 / 30.6

2.5 Visual Feature Data

실제 도로 환경에 적용

R2D2를 자율주행 위치 인식에 사용해보면...
완벽하지 않다!

도로, 하늘은 다 똑같이 생겼는데
억지로 구분하려고 네트워크가 힘을 낭비



2.5 Visual Feature Data

실제 도로 환경에 적용

R2D2를 자율주행 위치 인식에 사용해보면...
완벽하지 않다!

도로, 하늘은 다 똑같이 생겼는데
억지로 구분하려고 네트워크가 힘을 낭비

의미 있는 영역과 아닌 영역을 잘 구분 못함



2.5 Visual Feature Data

구분력 있는 영역에 더 집중!

경험을 통해 영역의 구분력 예측 학습
주행 환경에 적합한 데이터셋 추가
조명과 날씨 변화를 고려한 데이터셋 추가

→ R2D2++



2.5 Visual Feature Data

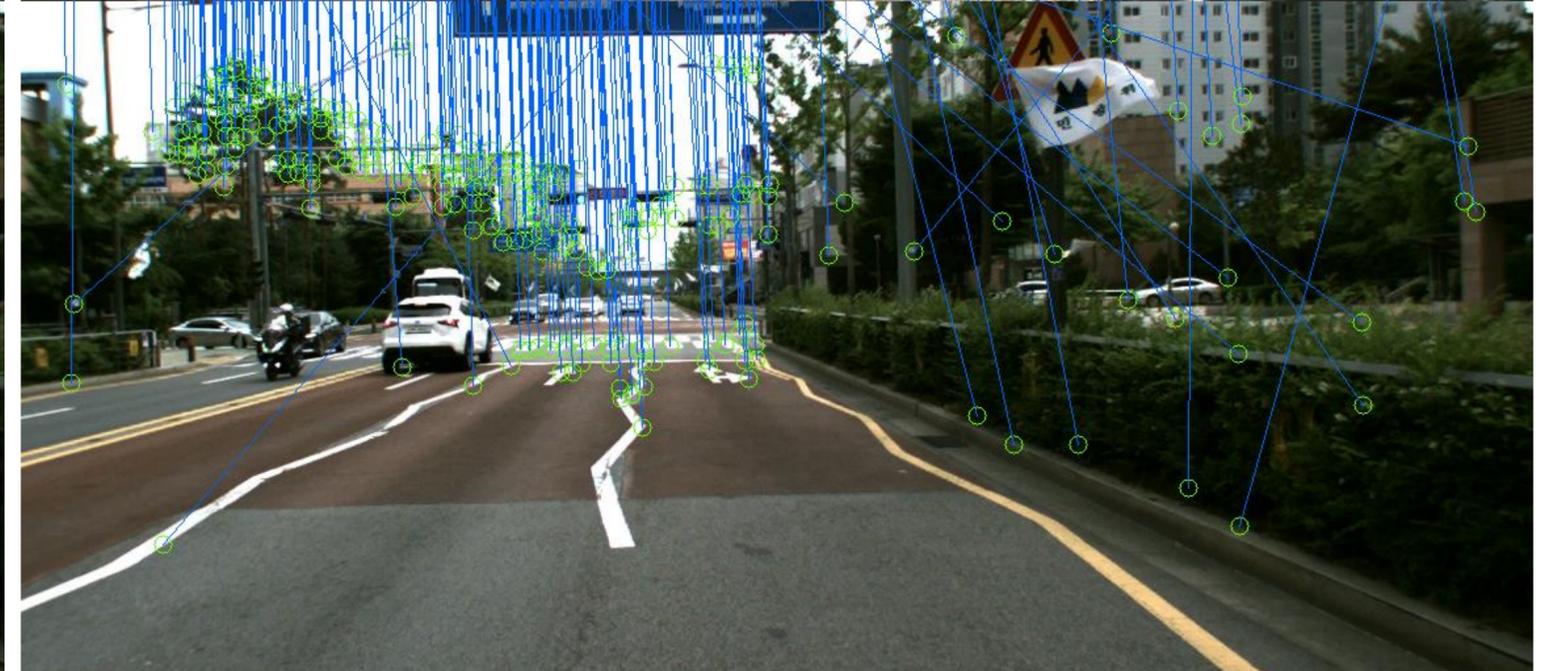
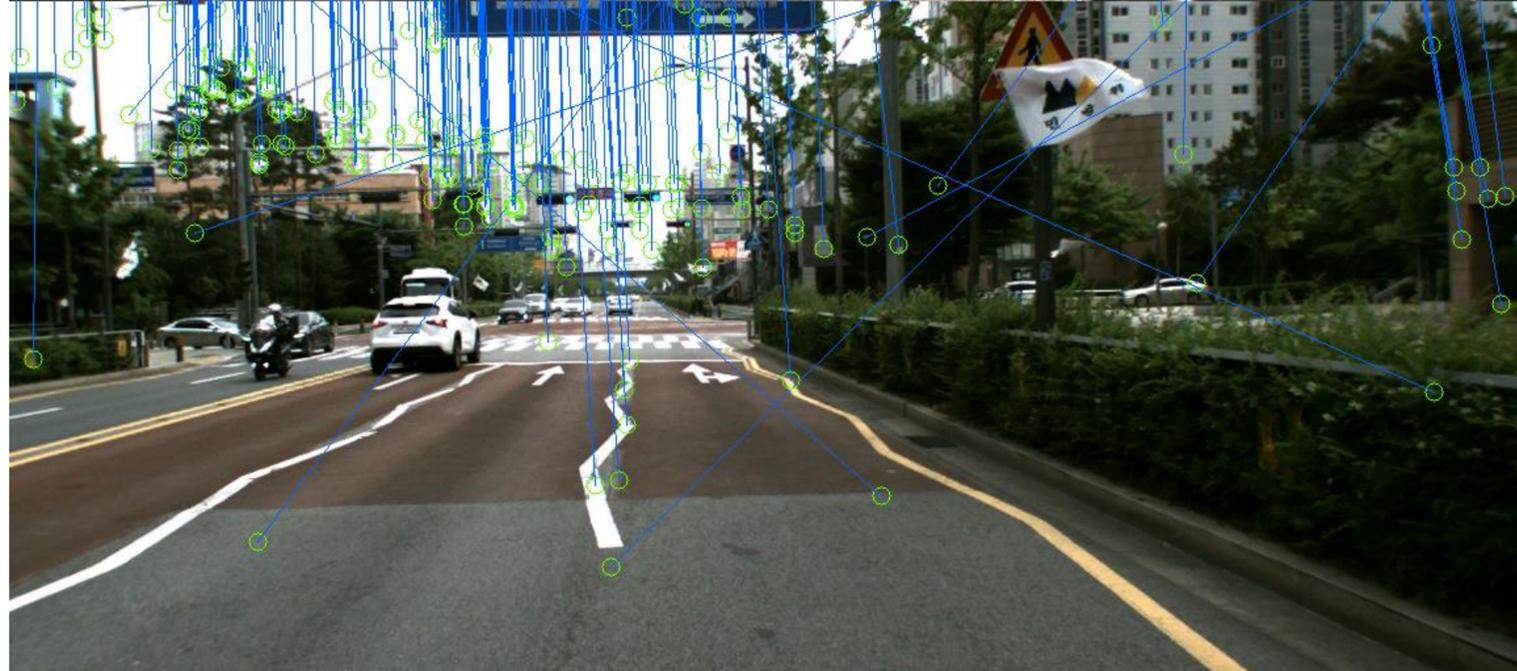
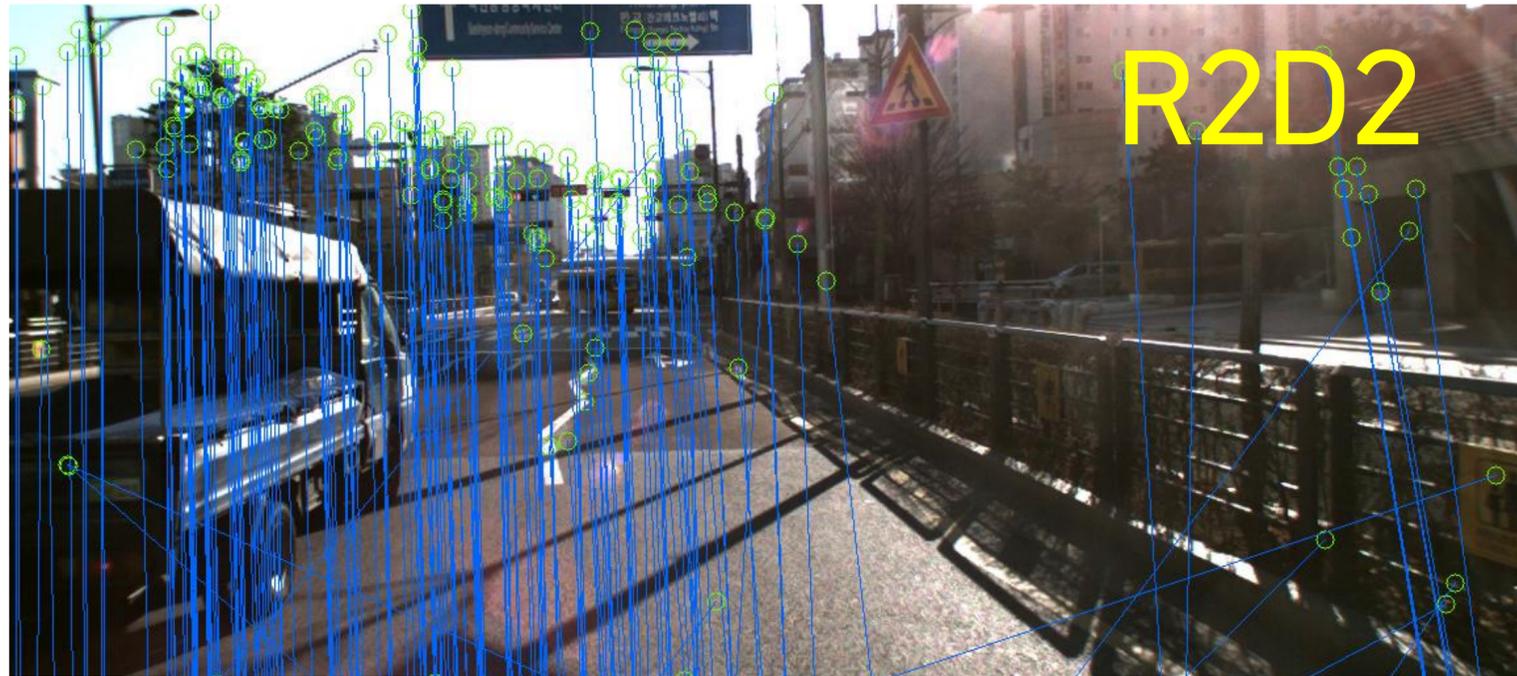
R2D2++

두 영상 간의 Feature Matching 테스트
계절 변화, 조명 변화, 위치 변화에 강인



2.5 Visual Feature Data

DEVIEW
2019



2.5 Visual Feature Data

위치인식 과정은? - 4줄 요약

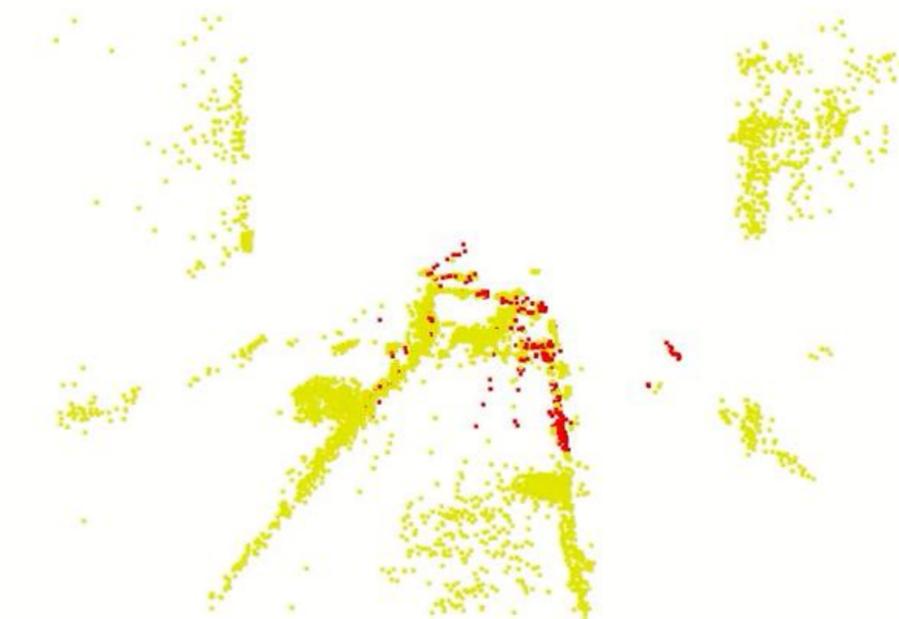
- (1) 대략적인 위치 중심의 Visual Feature Map 준비
- (2) 카메라 영상에서 R2D2++ 특징점 검출



2.5 Visual Feature Data

위치인식 과정은? - 4줄 요약

- (1) 대략적인 위치 중심의 Visual Feature Map 준비
- (2) 카메라 영상에서 R2D2++ 특징점 검출
- (3) Local Map과 영상 특징점 간의 2D-3D 매칭
- (4) PnP 알고리즘(..)을 통해 6-DOF 위치 계산



2.5 Visual Feature Data

실제로 잘 동작하는지?

같은 궤적으로 촬영, 다른 환경 (계절, 날씨, 시간)

지도 생성 데이터: 2018년 12월 (겨울)

위치 인식 데이터: 2019년 5월 (봄)



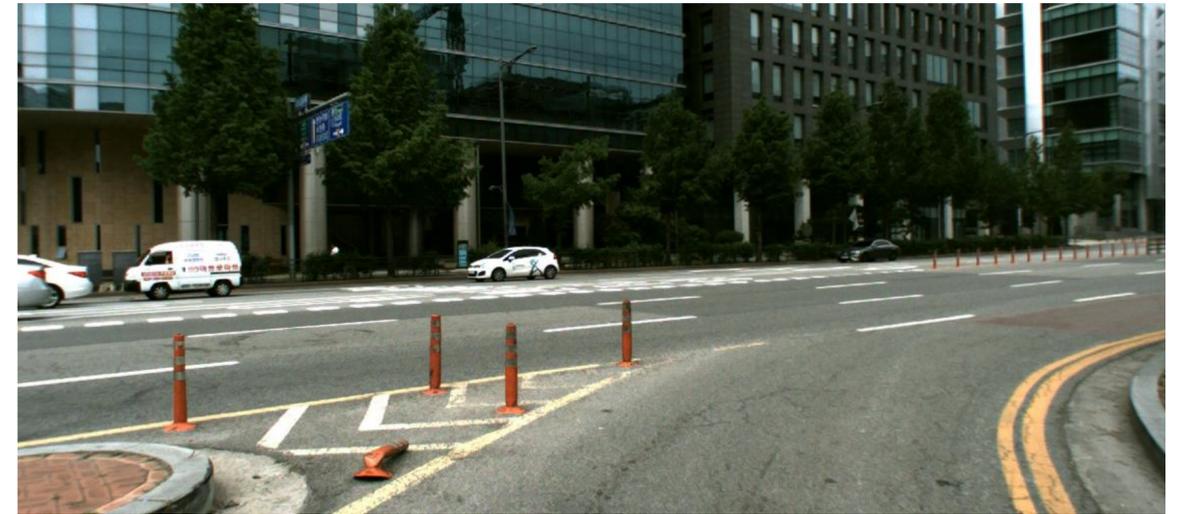
2.5 Visual Feature Data

실제로 잘 동작하는지?

같은 궤적으로 촬영, 다른 환경 (계절, 날씨, 시간)

지도 생성 데이터: 2018년 12월 (겨울)

위치 인식 데이터: 2019년 5월 (봄)



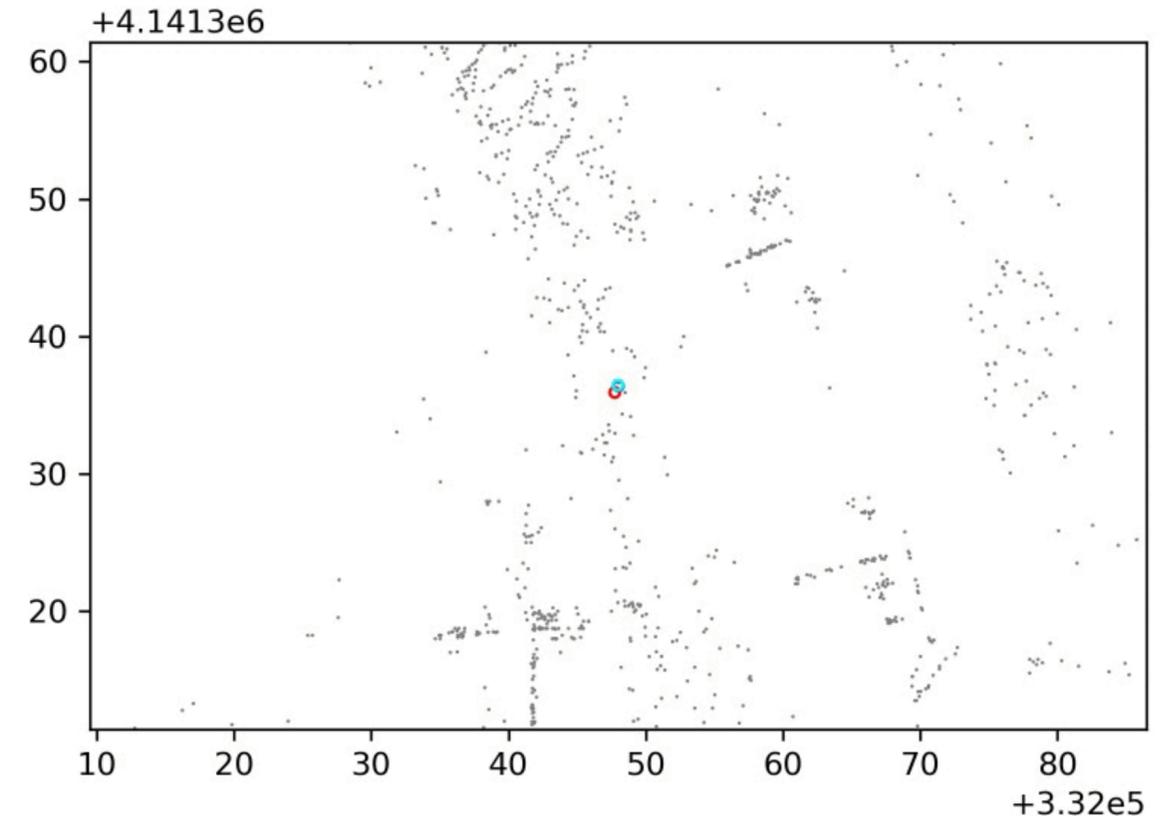
2.5 Visual Feature Data

실제로 잘 동작하는지?

같은 궤적으로 촬영, 다른 환경 (계절, 날씨, 시간)

지도 생성 데이터: 2018년 12월 (겨울)

위치 인식 데이터: 2019년 5월 (봄)



	Success Rate (%)	Position error (m)		Rotation error (°)		Localization accuracy (%)		
		mean	median	mean	median	0.25m, 1°	0.5m, 2°	1m, 5°
R2D2	78.9	4.152	0.798	3.114	1.071	9.5	32.7	56.7
R2D2++	97.4	1.667	0.493	1.496	0.820	20.5	50.2	71.6

3. 지도 업데이트를 위한 변화 탐지 기술

3.1 변화 탐지

변화 탐지는 왜 필요한가?

HD Map 정보는 시간이 지날수록 정확도가 떨어짐 → 업데이트 필요
변화된 곳을 탐지하여 해당 정보를 지도에 적용



고가의 센서를 갖고 있는 자율주행 차량
센서 다수 / 위치 정확도 높음
한대의 차량으로!



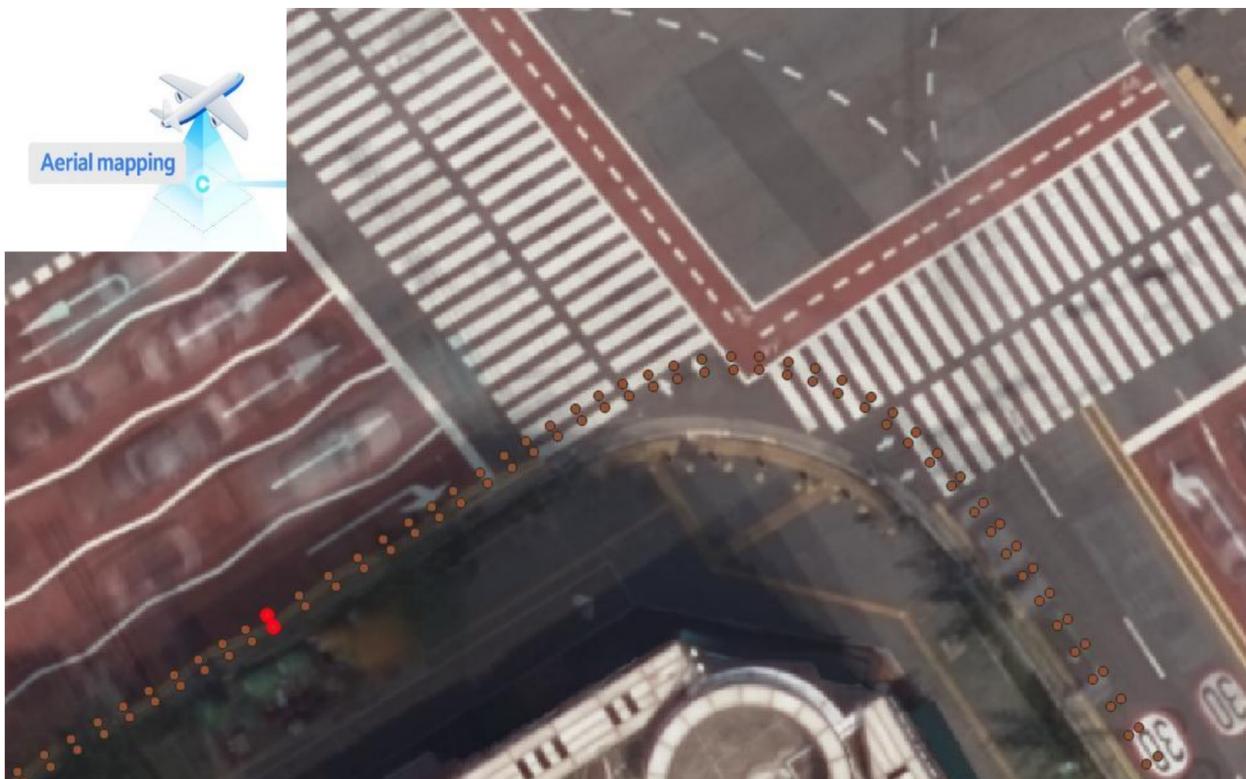
저가의 센서를 활용하는 일반 차량
최소한의 센서 (카메라) / 위치 정확도 낮음
여러 대의 차량으로!

3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

항공 지도의 업데이트 주기가 너무 느리다

비행기 다시 뜰 때까지 기다리지 말고

자율주행 차량으로 변경된 부분을 찾고 업데이트하자



항공 지도

비교

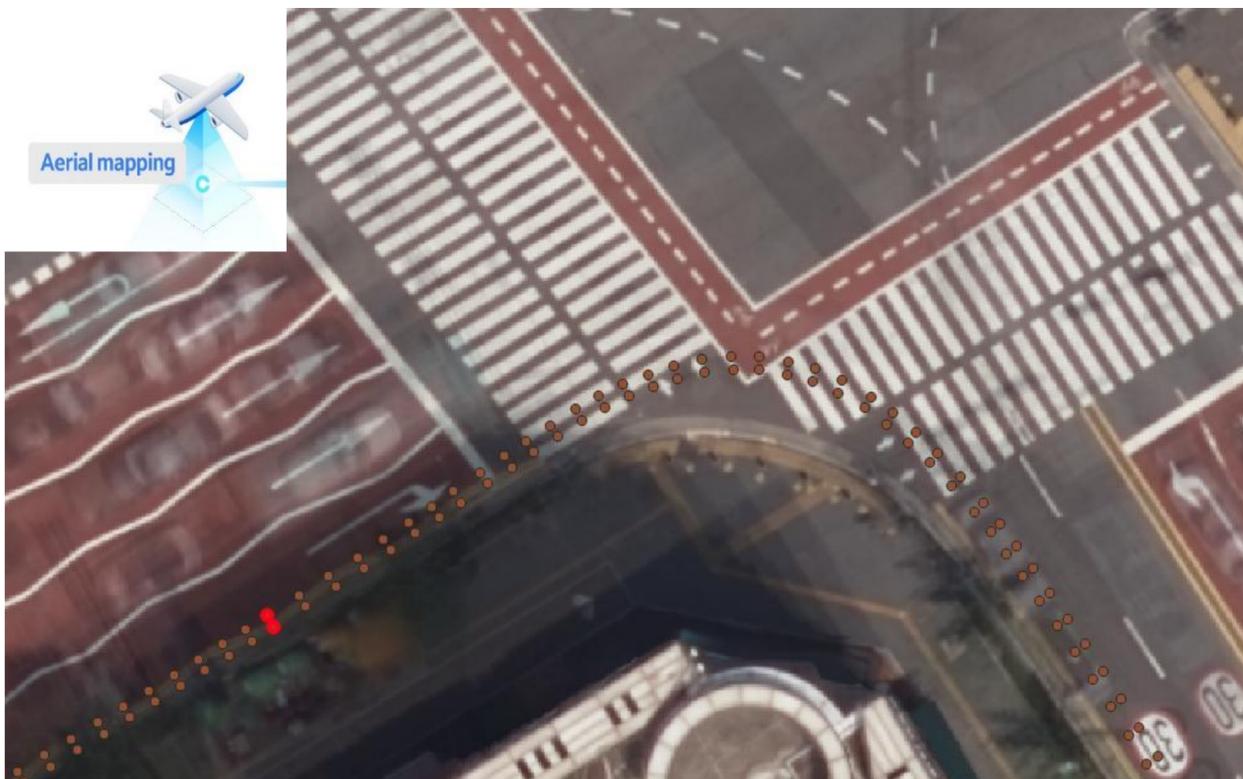


3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

항공 지도의 업데이트 주기가 너무 느리다

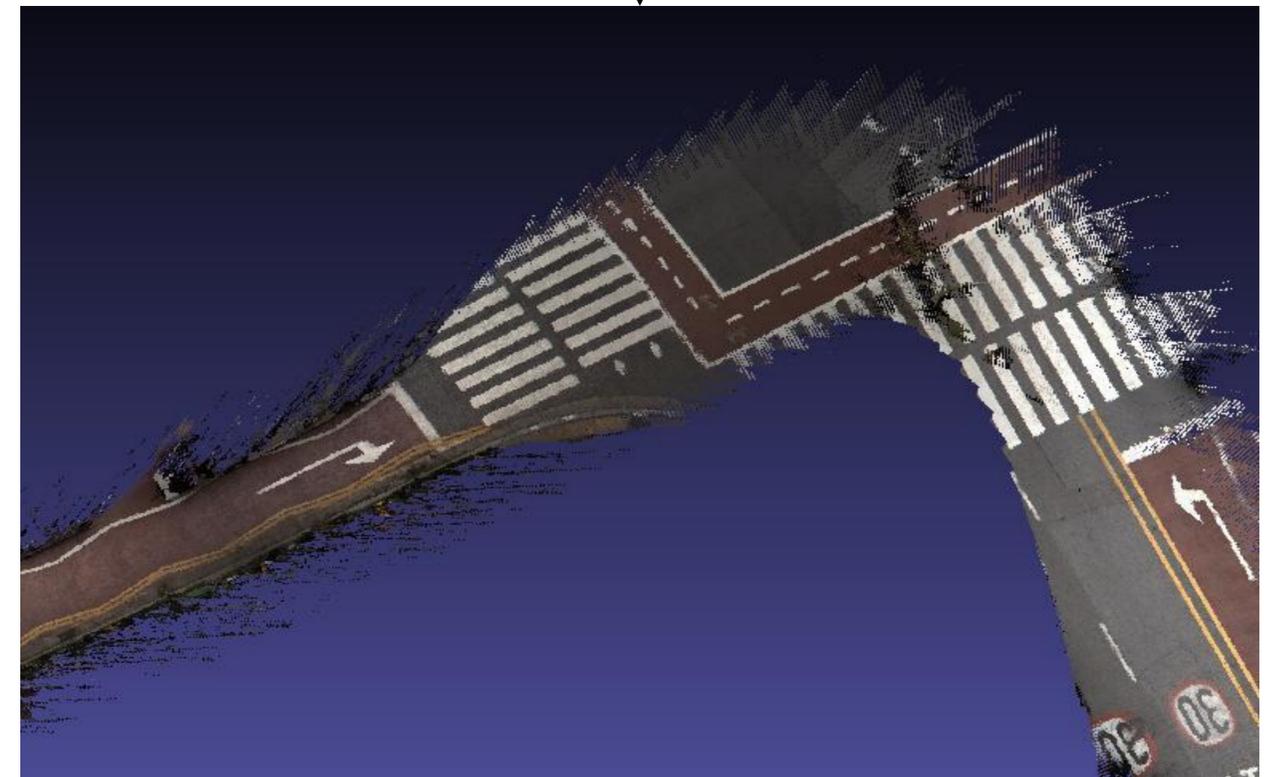
비행기 다시 뜰 때까지 기다리지 말고

자율주행 차량으로 변경된 부분을 찾고 업데이트하자



항공 지도

비교



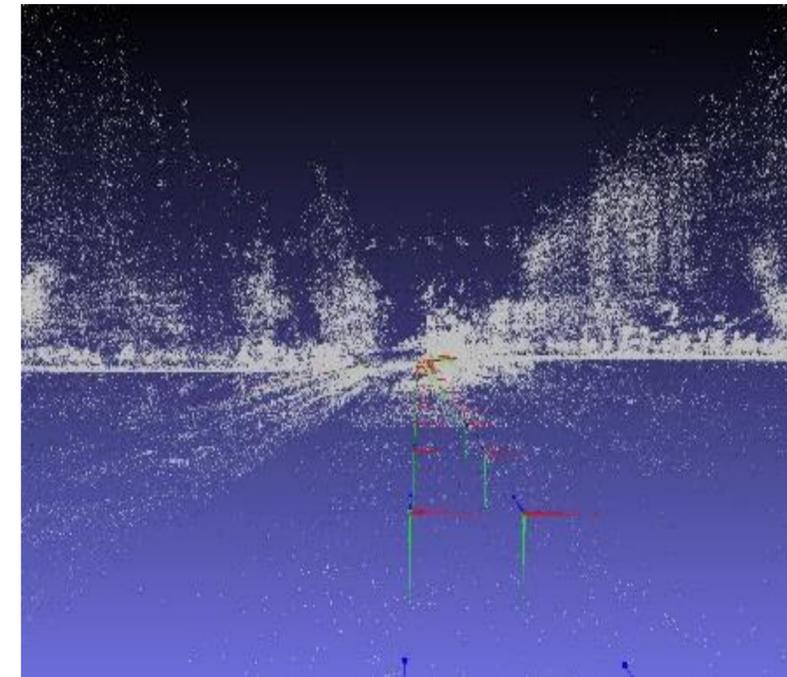
3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

자율 주행 차량 지도 (Dense Reconstruction) 만들기

1. 자율주행 위치 인식 위에 Stereo영상 Bundle Adjustment로 **Sparse Reconstruction**하자



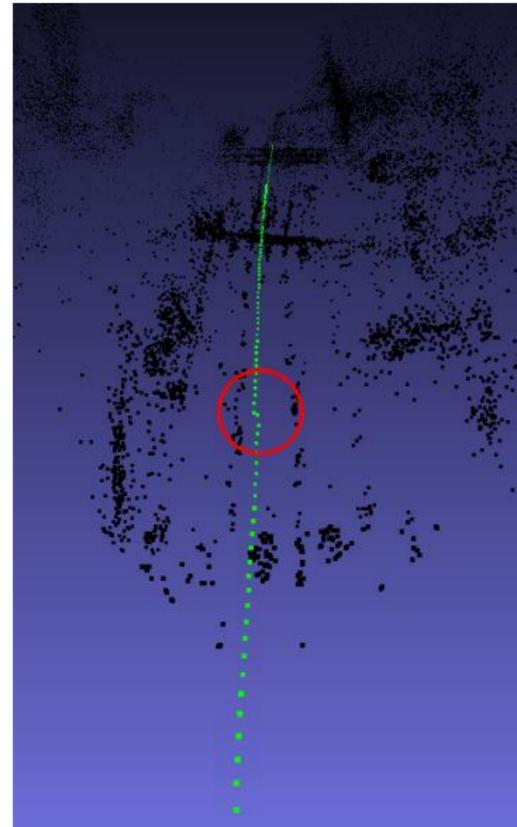
Stereo 영상



Sparse Reconstruction w/ BA

3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

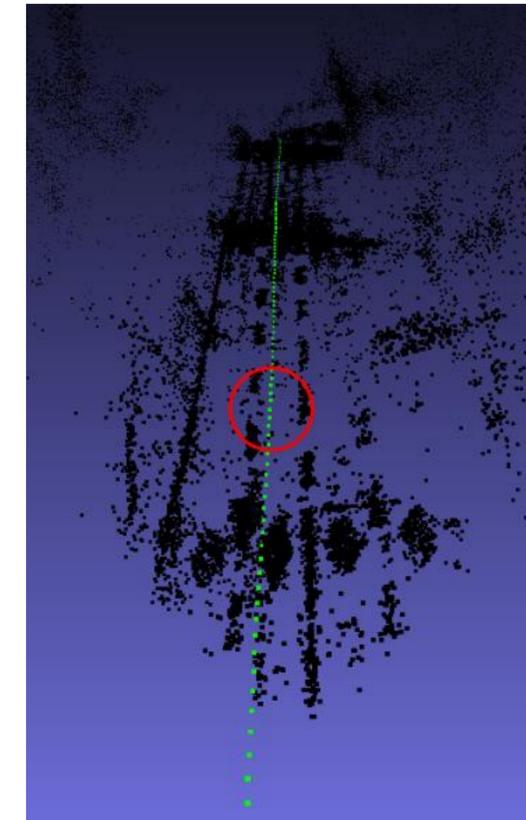
1. 자율주행 위치 인식 정보에 Stereo영상 Bundle Adjustment로 Sparse Reconstruction하자
매칭할 Feature가 **많을수록** Reconstruction **성능이 높아짐**



매칭할 Feature가 부족하여
Reconstruction이 잘 안됨



Bird-Eye-View에서 Feature 추출해서
매칭 Feature 수를 늘린다



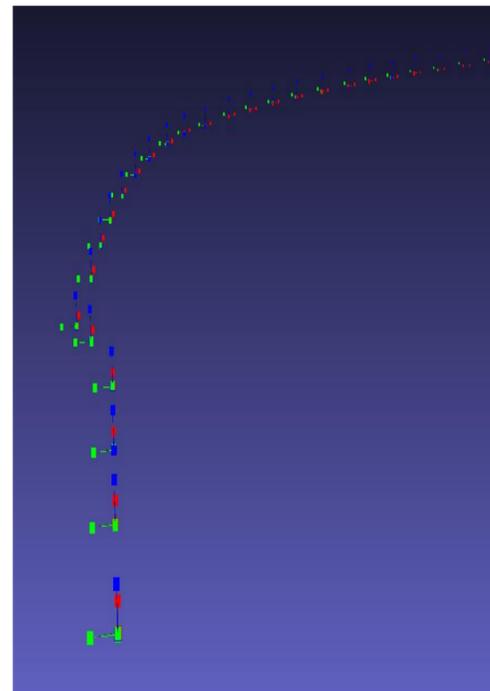
Reconstruction 성능이
높아짐

3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

1. 자율주행 위치 인식 정보에 Stereo영상 Bundle Adjustment로 Sparse Reconstruction하자
잘못된 Feature가 **많을수록** Reconstruction**성능이 낮아짐**



차량 Feature도 매칭에 포함됨



성능 저하

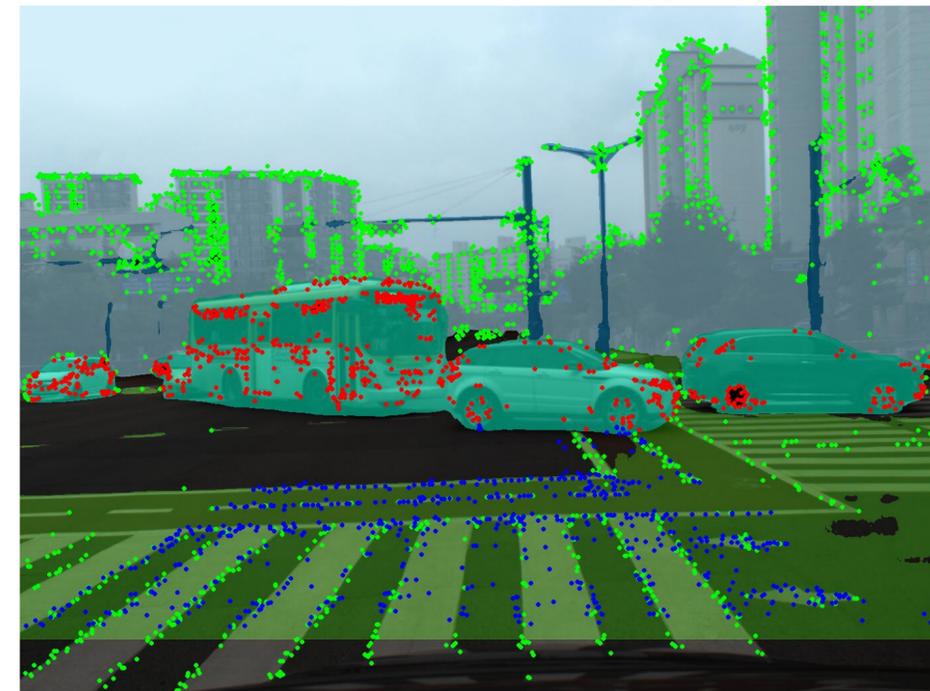
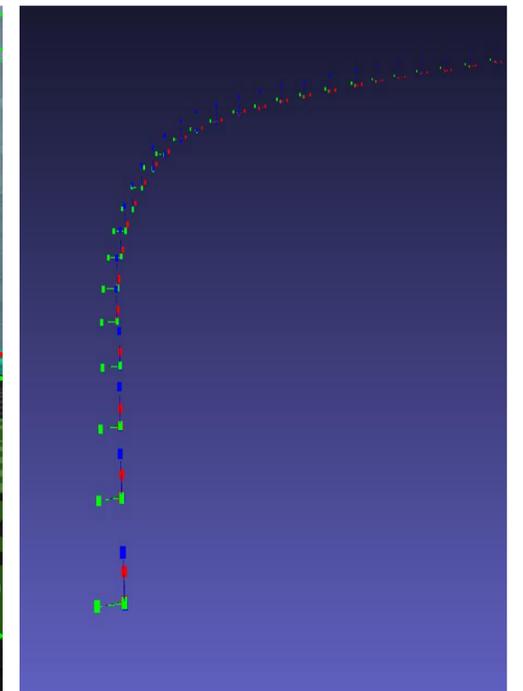


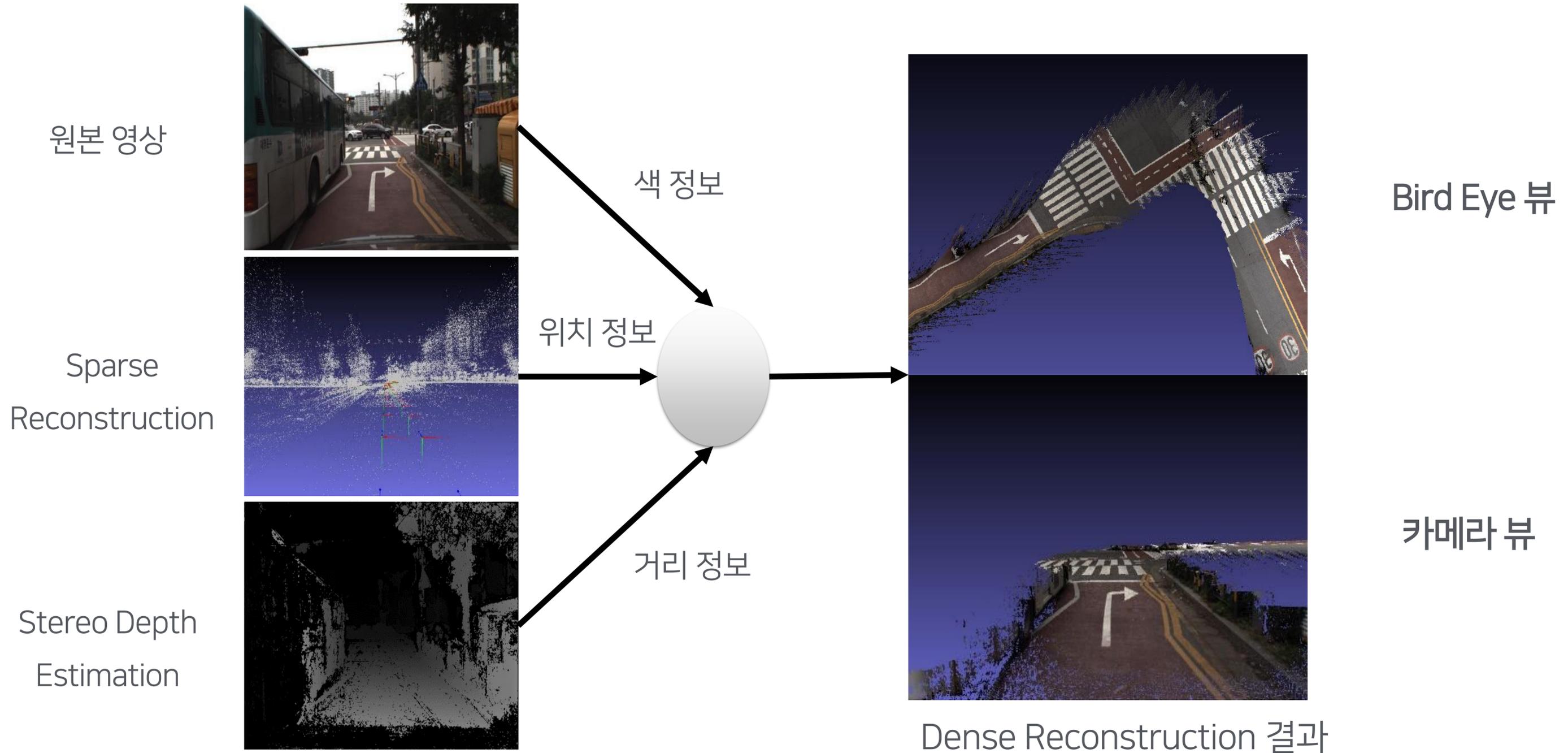
Image Segmentation 사용
차량 Feature는 매칭에서 제외



성능 향상

3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지

2. Stereo 영상에서 Depth Estimation 정보를 추출해서 Dense Reconstruction 하자

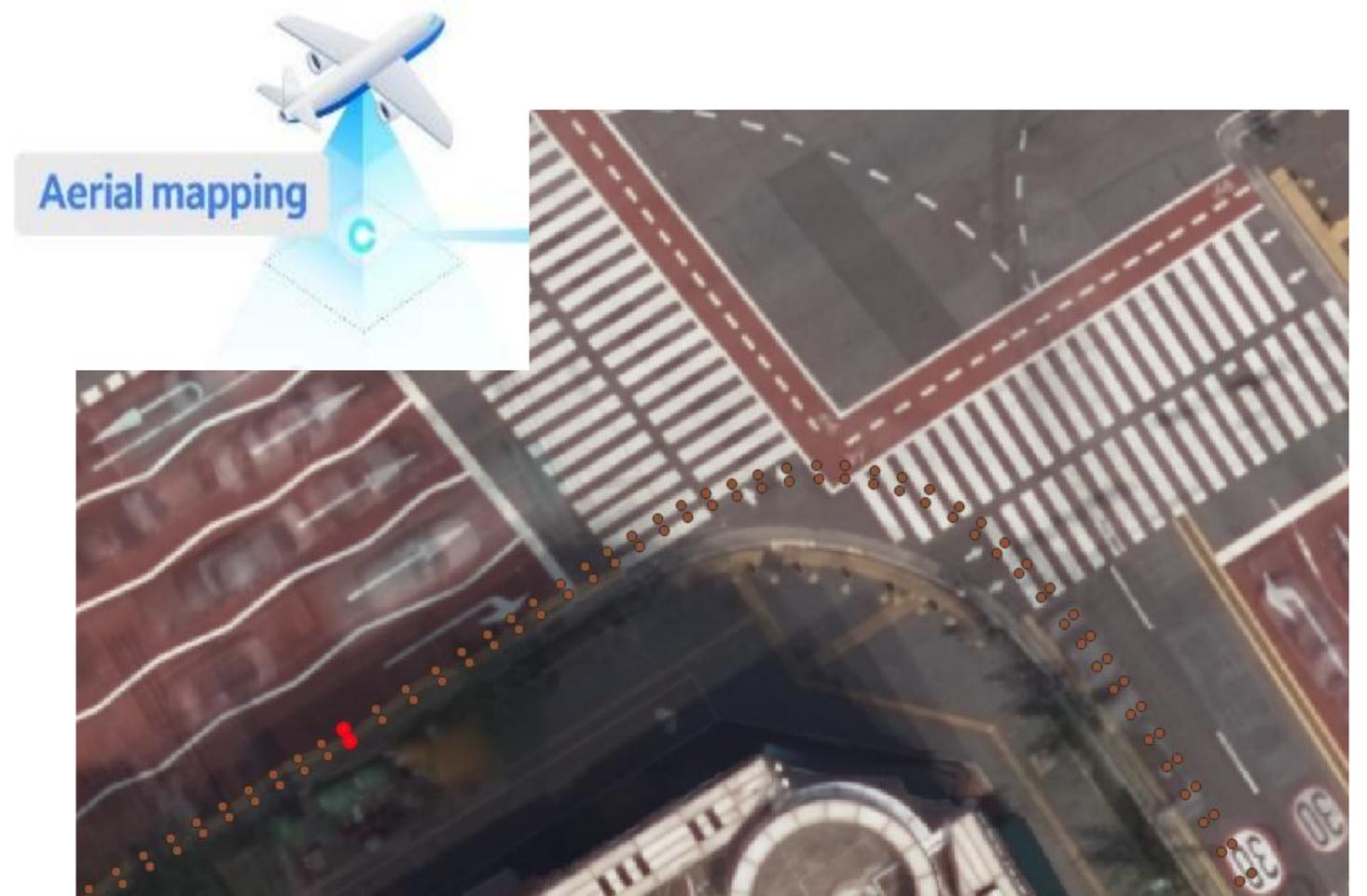
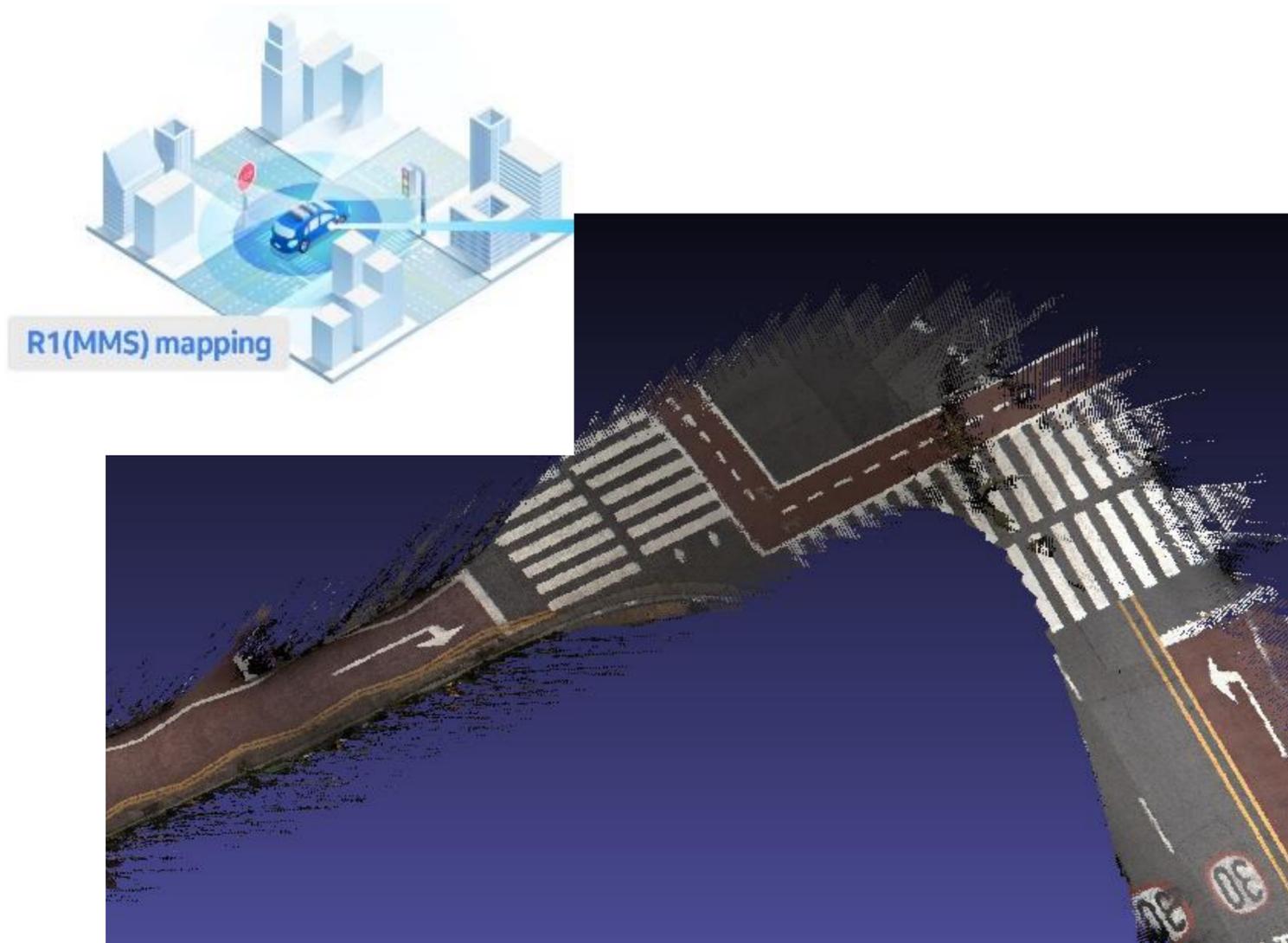


3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지



DEVIEW
2019

이제 항공 지도와 비교 가능한 정도의 지도 생성



3.2 자율주행 차량에서의 변화 탐지



DEVIEW
2019

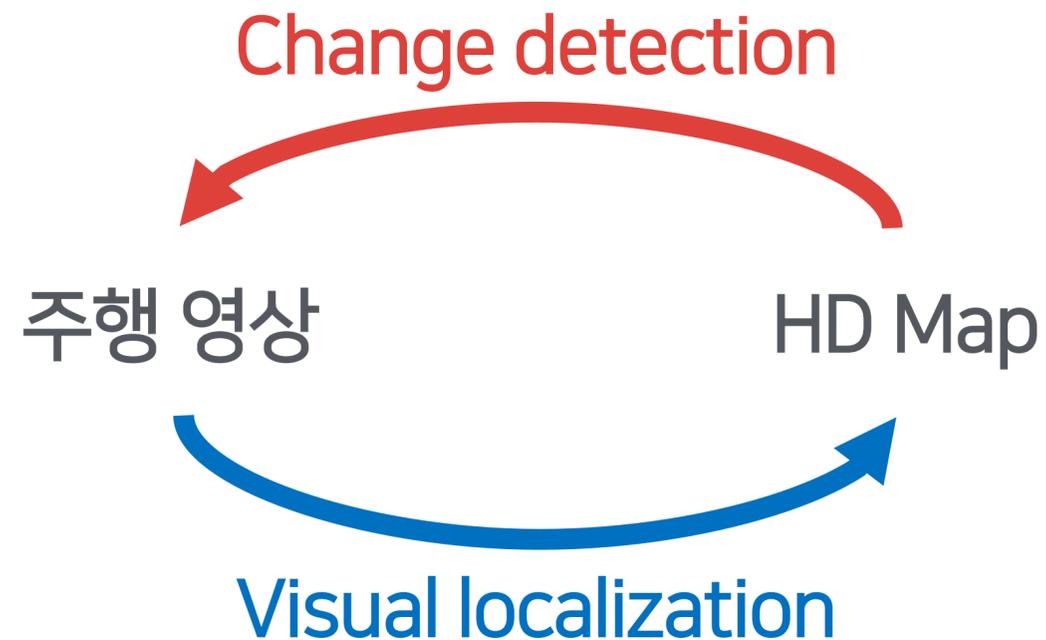


3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 해야하나?

항공사진, 자율주행 차량 혹은 MMS 장비로 매번 촬영하는 것은 비효율적

저렴한 카메라 센서를 이용하여 변화 영역을 탐지하는 알고리즘



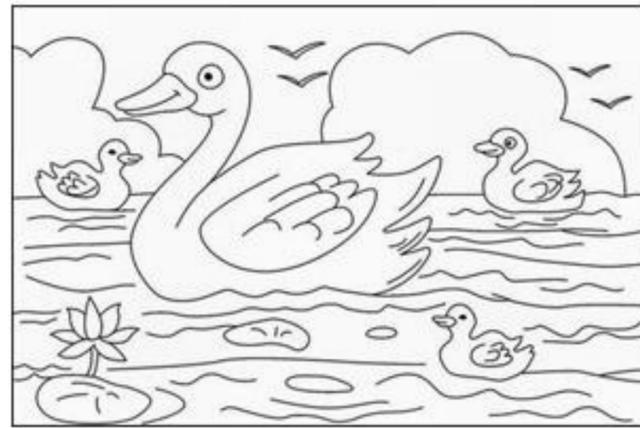
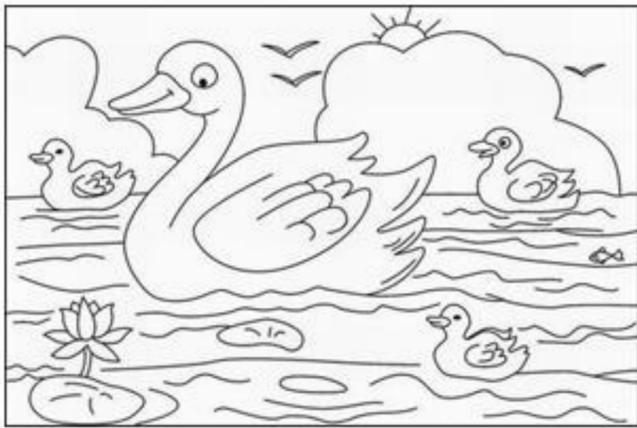
3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

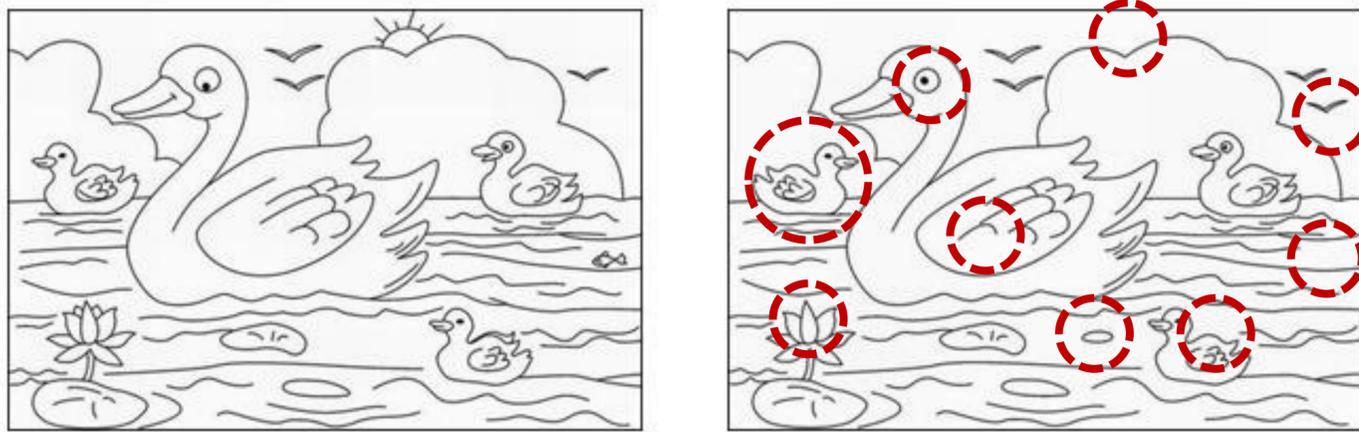
기대한 것



3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

기대한 것

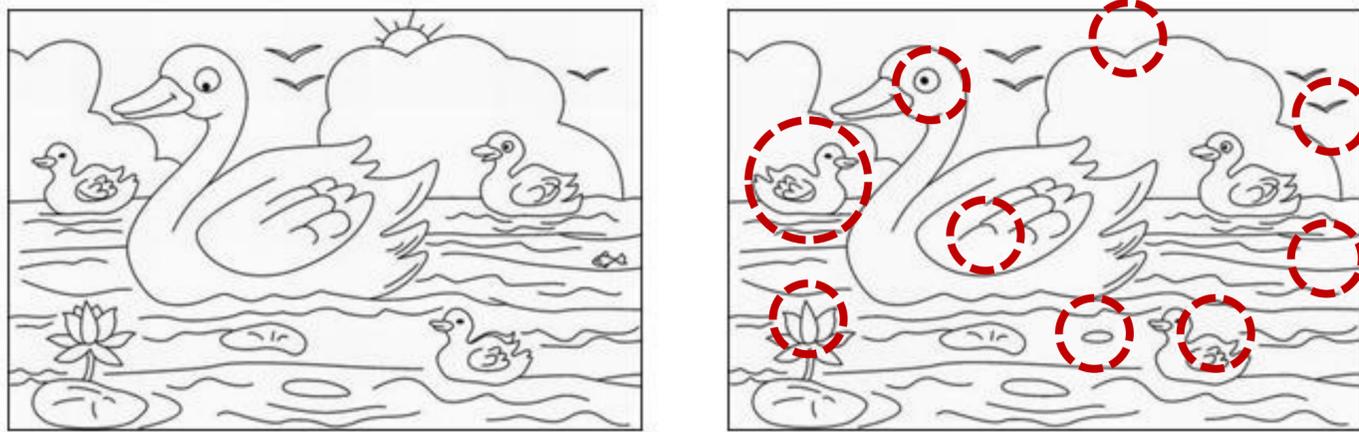


- 같은 도메인의 데이터를 비교
- 잘 정제된 데이터들
- "변화"에 대한 명확한 정의
- 정확한 Alignment

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

기대한 것



- 같은 도메인의 데이터를 비교
- 잘 정제된 데이터들
- "변화"에 대한 명확한 정의
- 정확한 Alignment

현실

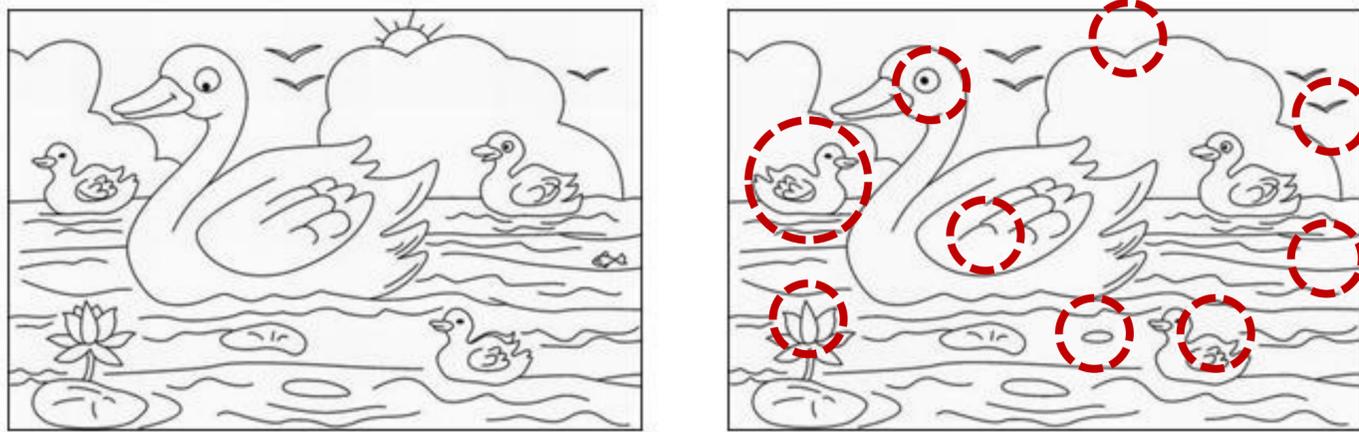


- 전혀 다른 도메인의 데이터 쌍
- 정제되지 않은 매우 많은 데이터들

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

기대한 것



- 같은 도메인의 데이터를 비교
- 잘 정제된 데이터들
- "변화"에 대한 명확한 정의
- 정확한 Alignment

현실

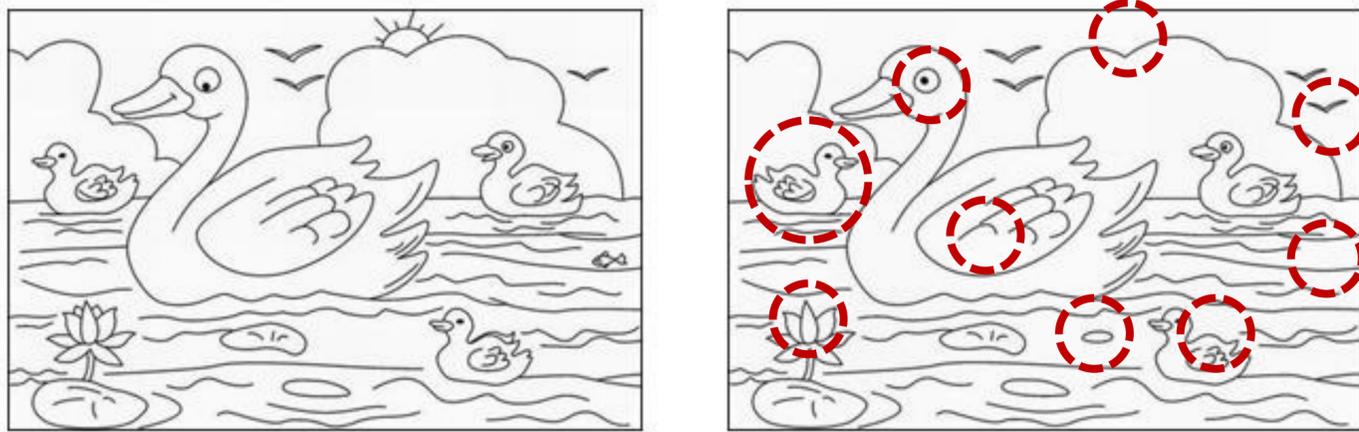


- 전혀 다른 도메인의 데이터 쌍
- 정제되지 않은 매우 많은 데이터들
- 이런 것도... "변화"일까요?

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

기대한 것



- 같은 도메인의 데이터를 비교
- 잘 정제된 데이터들
- "변화"에 대한 명확한 정의
- 정확한 Alignment

현실



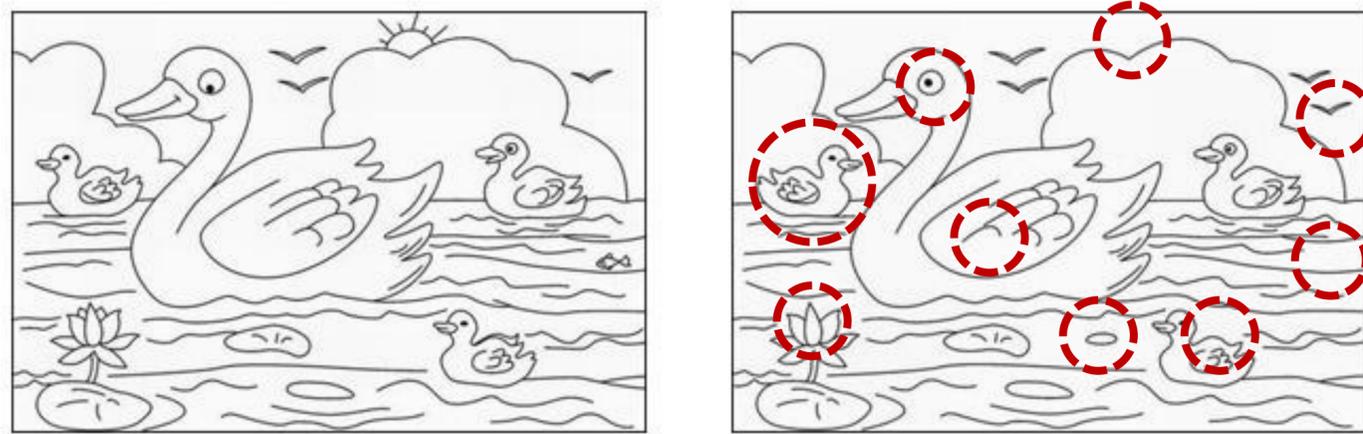
- 전혀 다른 도메인의 데이터 쌍
- 정제되지 않은 매우 많은 데이터들
- 이런 것도... "변화"일까요?

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지는 왜 어려운가??

변화에 강인하게 변화를 탐지 !@#\$\$#!%\$?

기대한 것



- 같은 도메인의 데이터를 비교
- 잘 정제된 데이터들
- "변화"에 대한 명확한 정의
- 정확한 Alignment

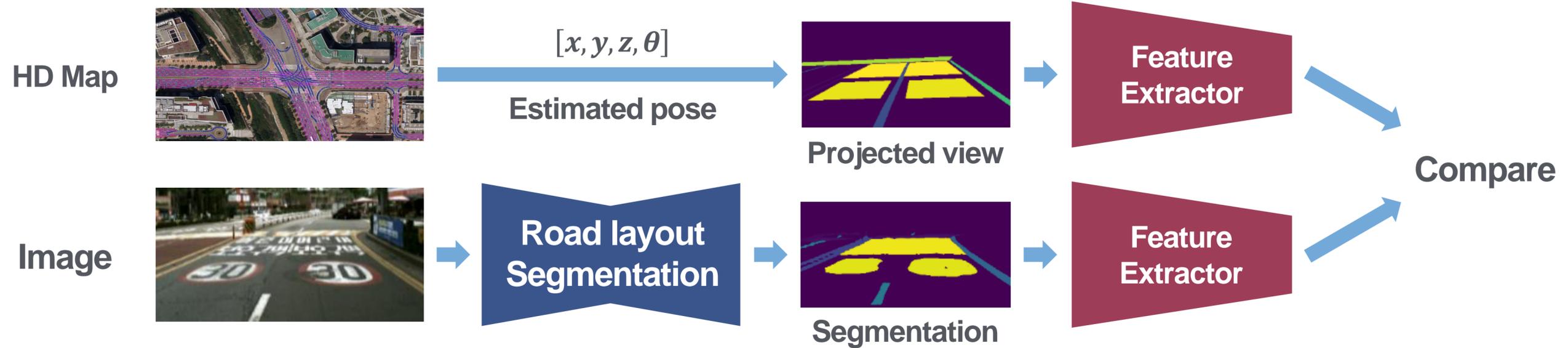
현실



- 전혀 다른 도메인의 데이터 쌍
- 정제되지 않은 매우 많은 데이터들
- 이런 것도... "변화"일까요?
- Pose estimation으로 인한 Misalignment

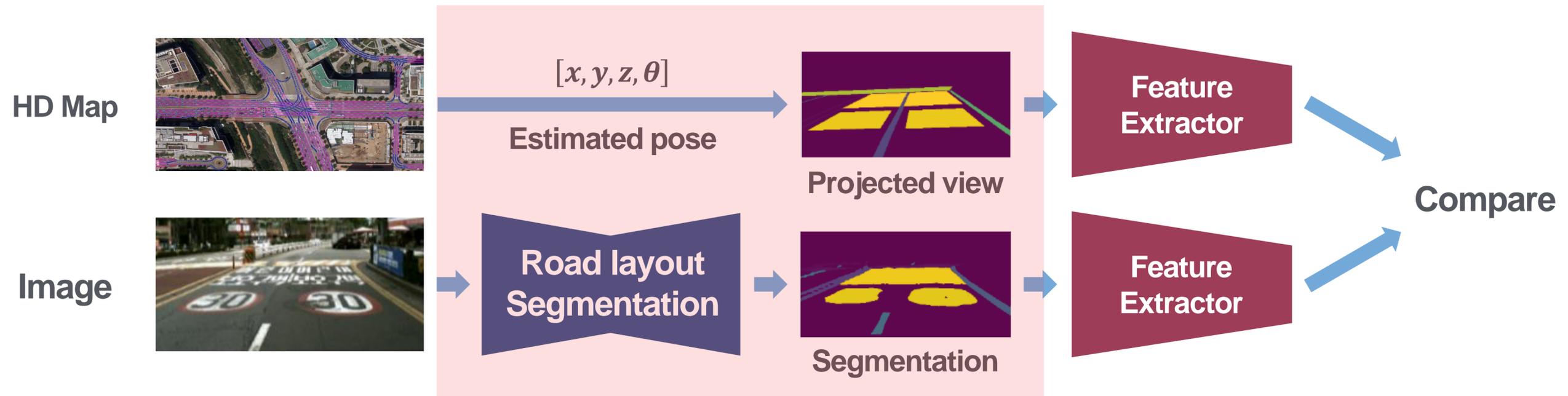
3.3 카메라 기반 변화 탐지

그래서 카메라 기반 변화 탐지는 어떻게 하나??



3.3 카메라 기반 변화 탐지

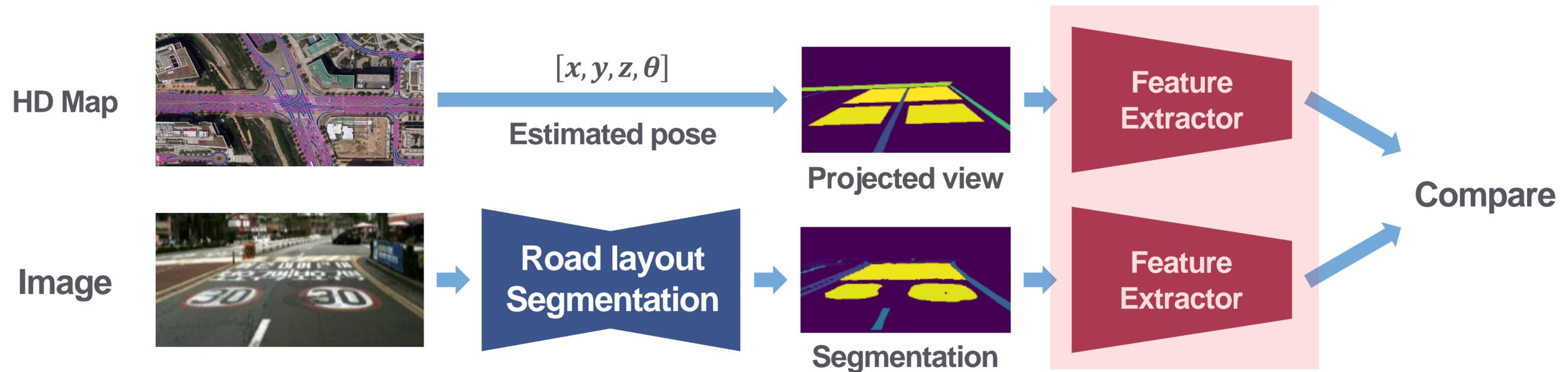
그래서 카메라 기반 변화 탐지는 어떻게 하나??



같은 형태의 데이터로 변환

3.3 카메라 기반 변화 탐지

그래서 카메라 기반 변화 탐지는 어떻게 하나??



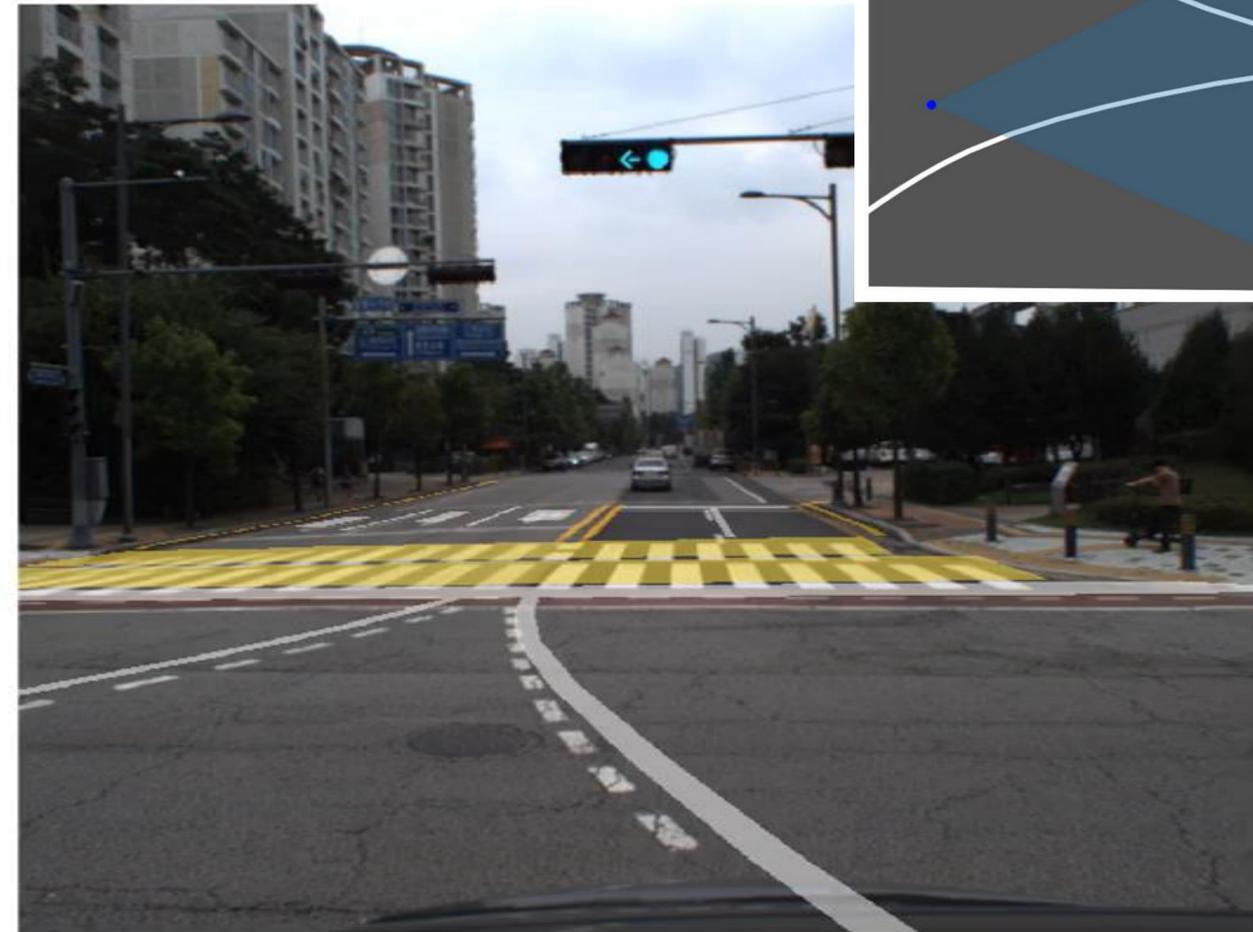
Metric learning을 이용

- 데이터 샘플들을 통해 "변화"를 스스로 정의
- Misalignment 문제가 해결될 수 있도록 설계

3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지 정말 되나??

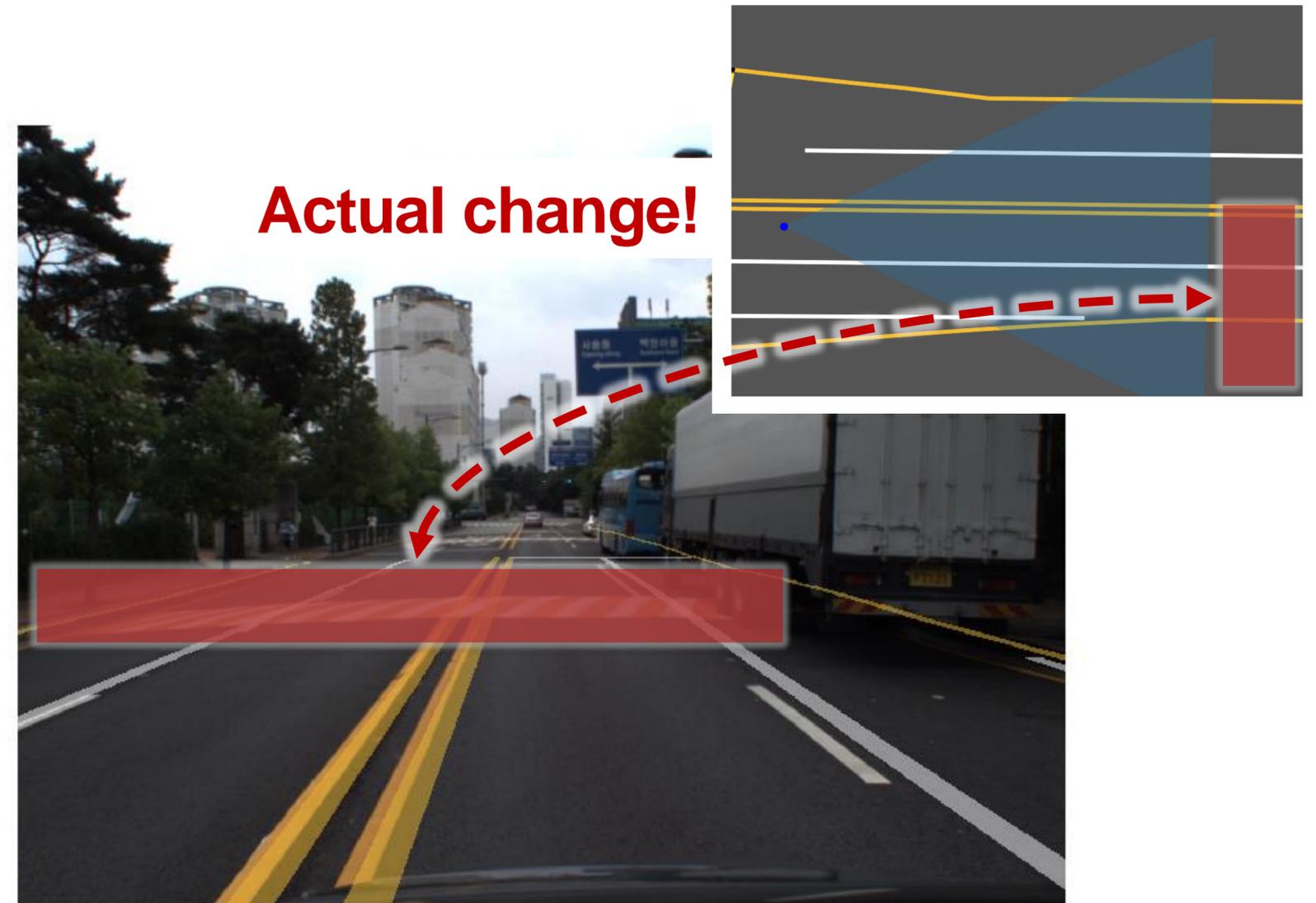
아직 개발 중이지만 가능성은 보임!



3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지 정말 되나??

아직 개발 중이지만 가능성은 보임!



3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지 정말 되나??

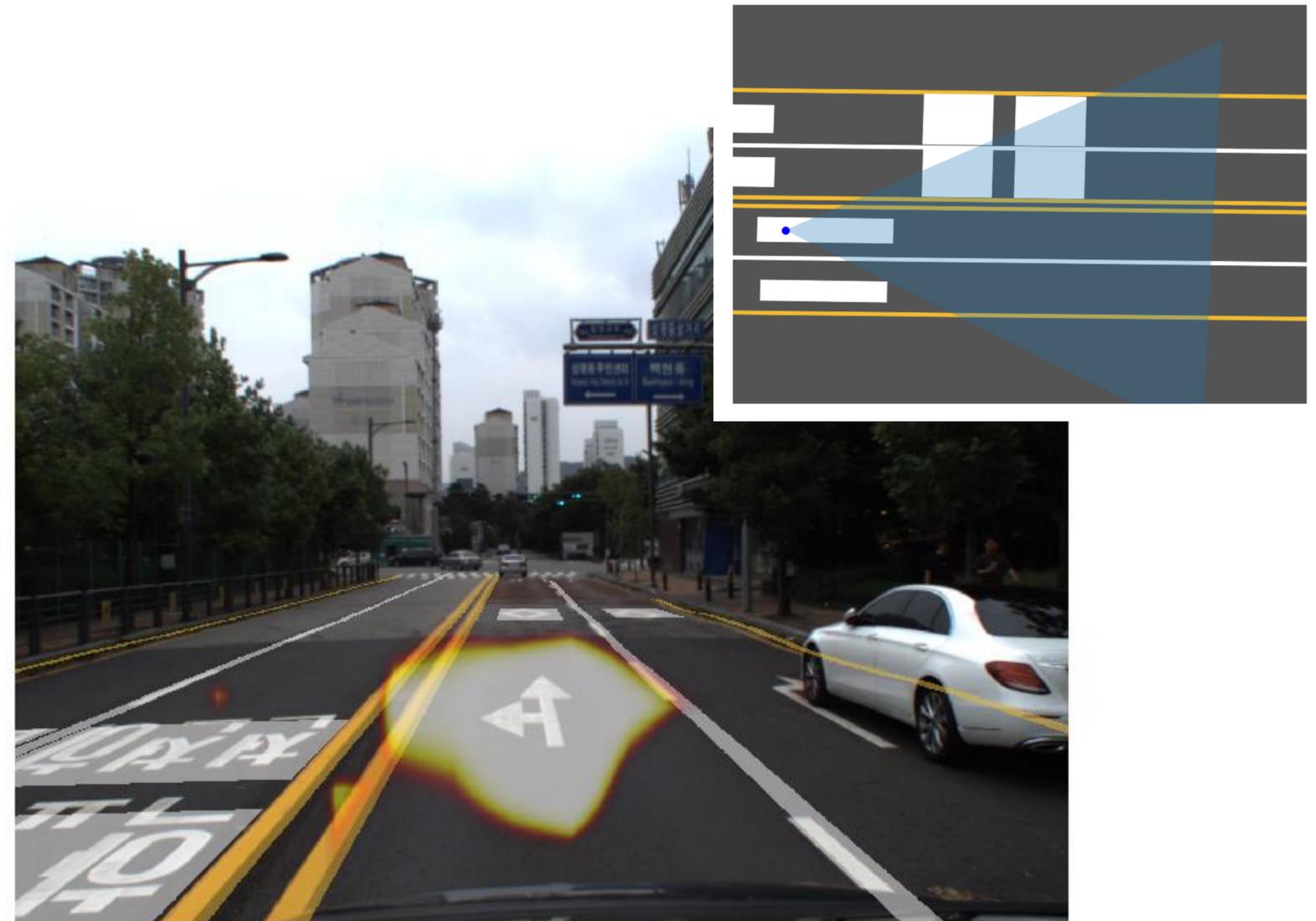
아직 개발 중이지만 가능성은 보임!



3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지 정말 되나??

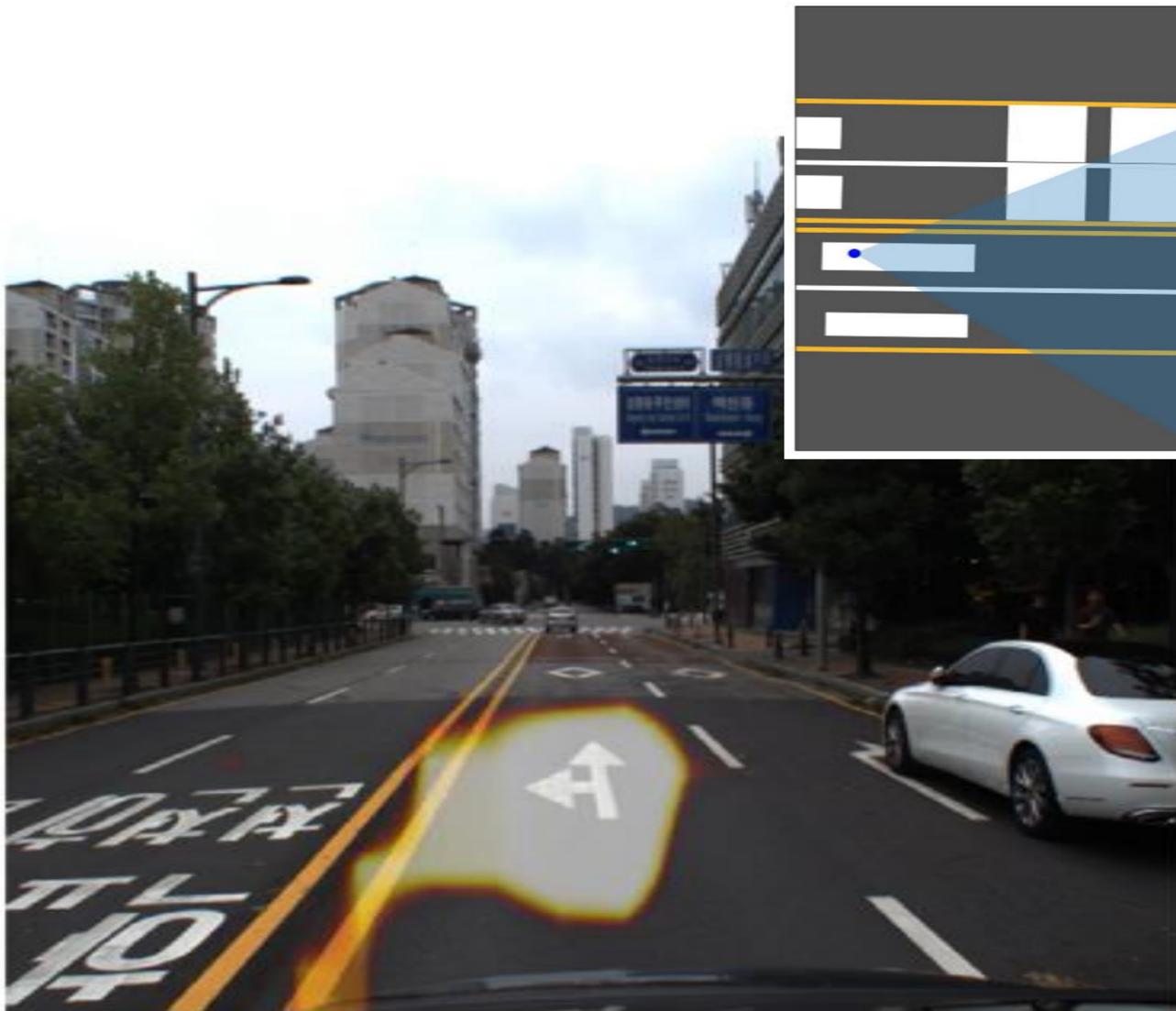
아직 개발 중이지만 가능성은 보임!



3.3 카메라 기반 변화 탐지

카메라 기반 변화 탐지 정말 되나??

- 아직 개발 중이지만 가능성은 보임!



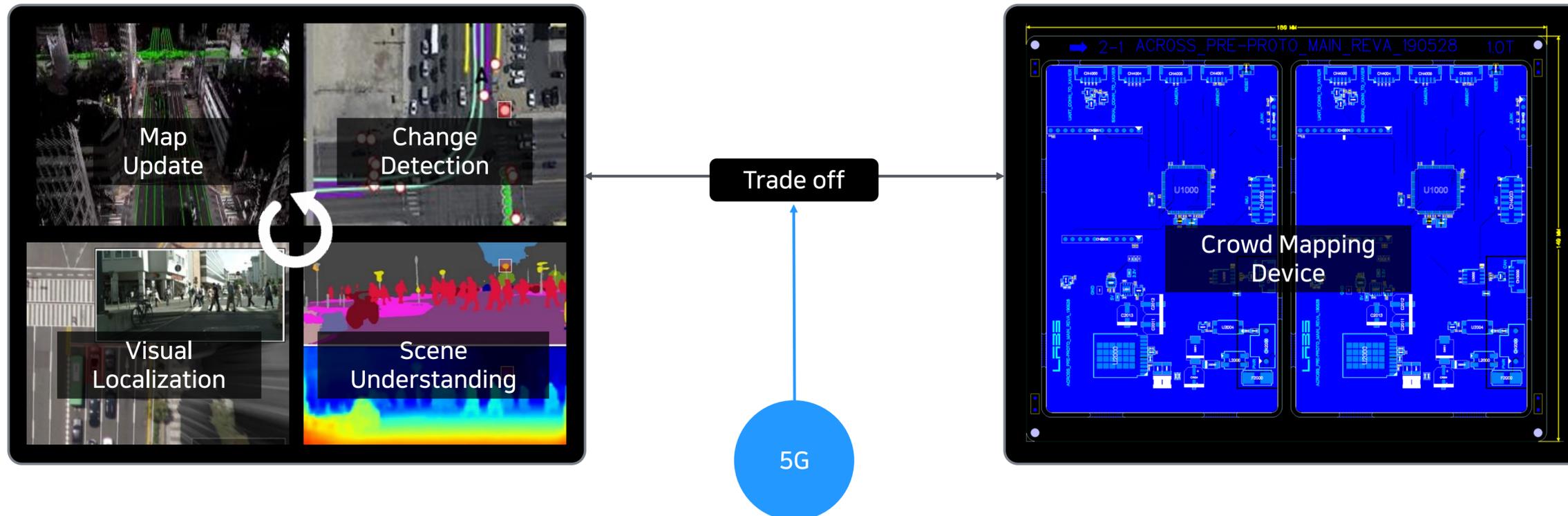
3.3 카메라 기반 변화 탐지

ACROSS 프로젝트

1. 크라우드 소싱 기반의 도로 변화 탐지 프로젝트
2. Embedded HW 개발 + 알고리즘 개발/최적화

Crowd-source mapping core algorithm
(Self-positioning recognition technology,
immediate environment recognition technology, etc.)

HW made from low-cost sensors
(Mono Cam, IMU, GPS, CAN bus, etc.)



Cloud computing & live data using ultra-high speed/ultra-low latency networks

4. 정밀지도의 활용 방법

4.1 자율주행을 위한 위치인식

① GPS

Receives signals from satellite to measure the absolute position of vehicle



④ HD Map Matching

Matches HD map and sensor data even in areas where GPS signals are weak in order to estimate the current position on the map



② Dead Reckoning

Measures path of motion using the Wheel Encoder and IMU attached to the vehicle

③ Odometry

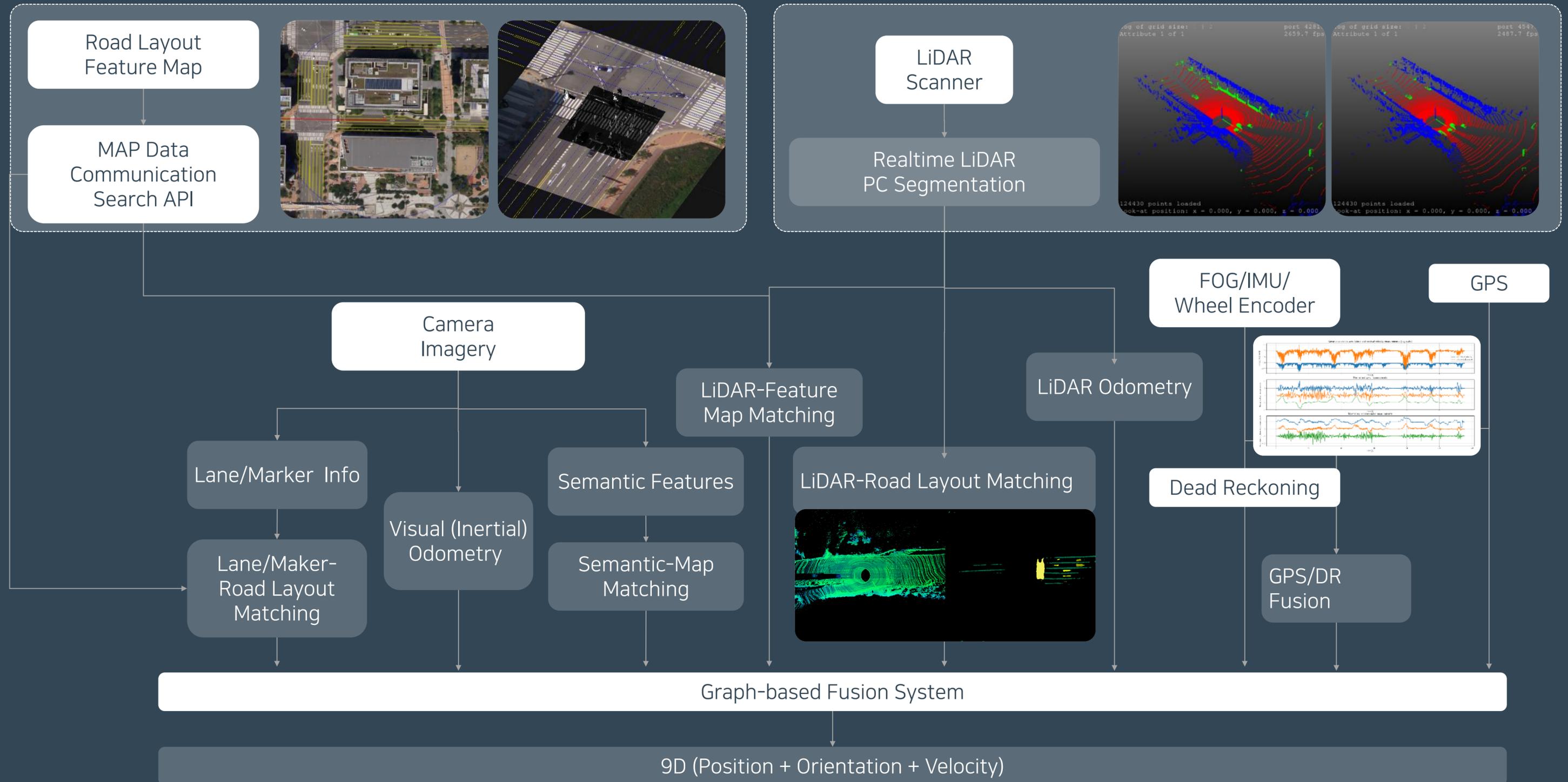
Recognizes external environment using sensors such as LIDAR and cameras to measure relative path of motion

⑤ Graph-based pose optimization

Converge information with differing accuracies from various sensors to ultimately deduce the most precise localization value on the map



4.1 자율주행을 위한 위치인식

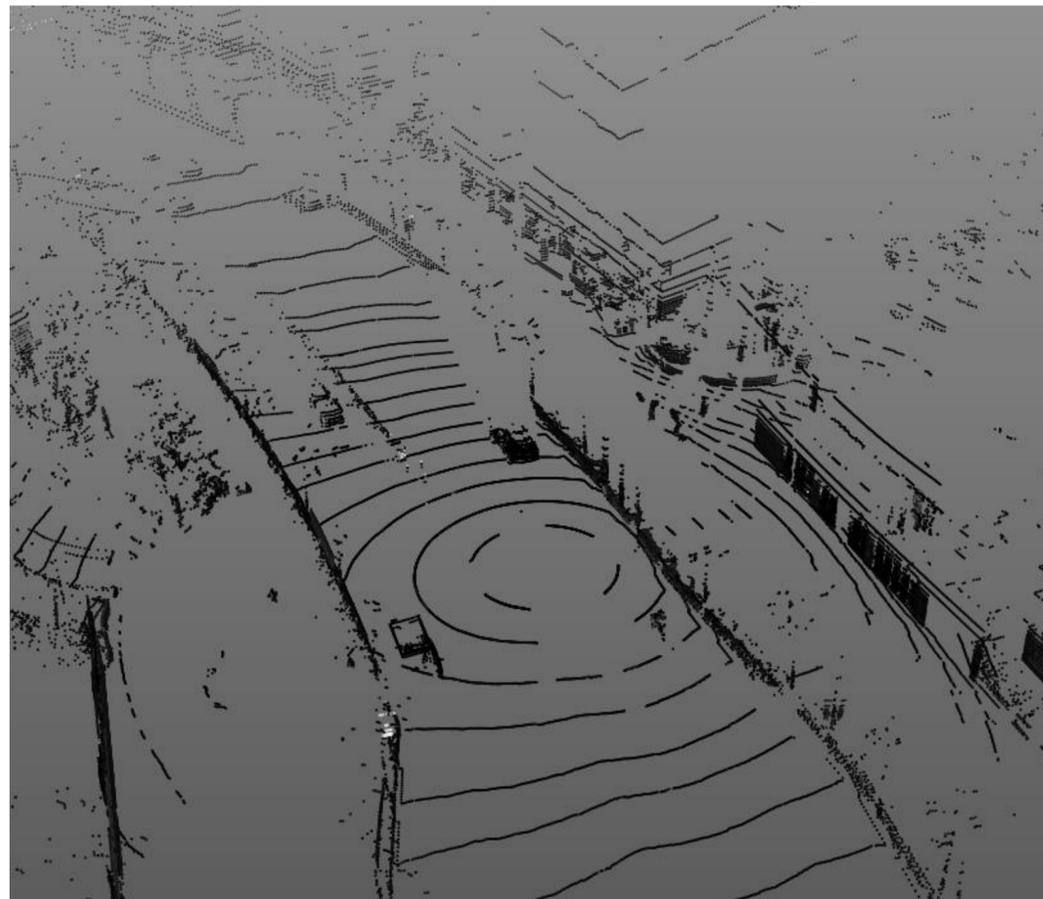


4.1.1 LIDAR Odometry

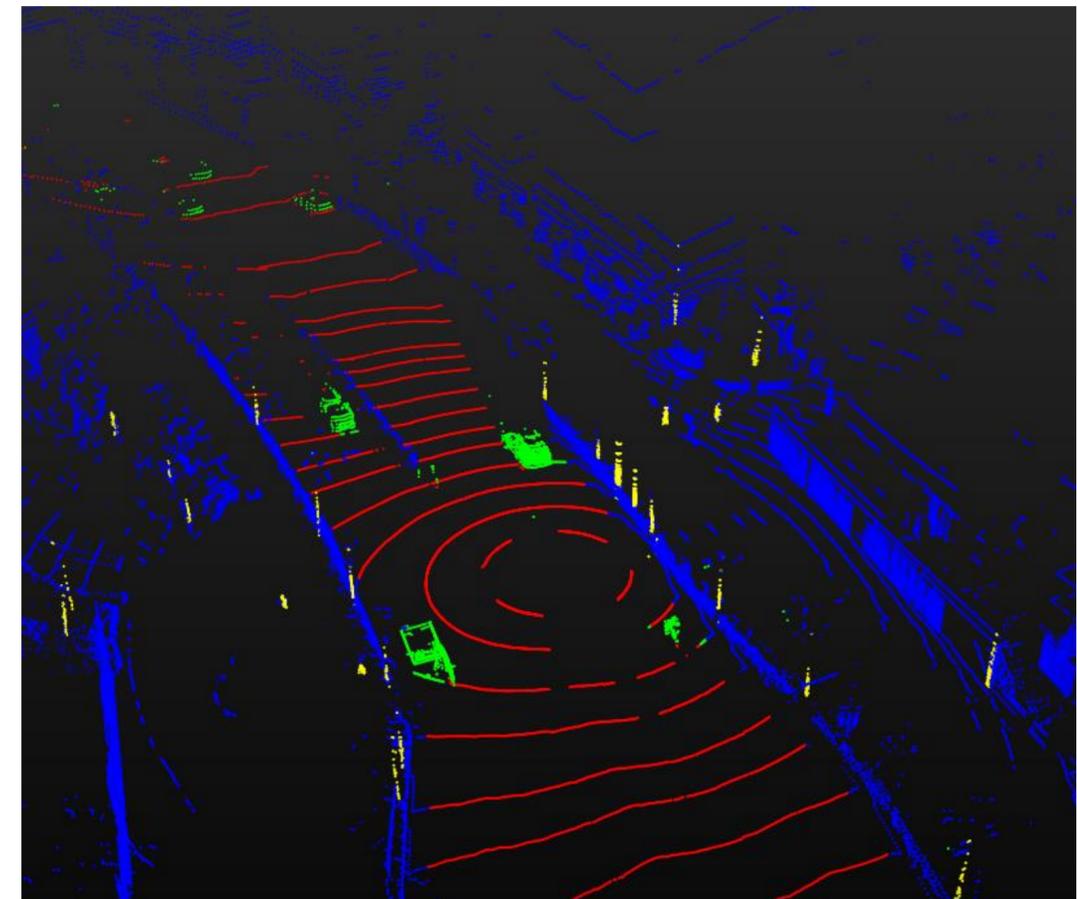
위치 인식 시 동적 장애물이 없었으면 좋겠다...

학습 기반 Segmentation 성능은 좋으나..

학습에 사용할 데이터를 얻기가 어려움



Segmentation →

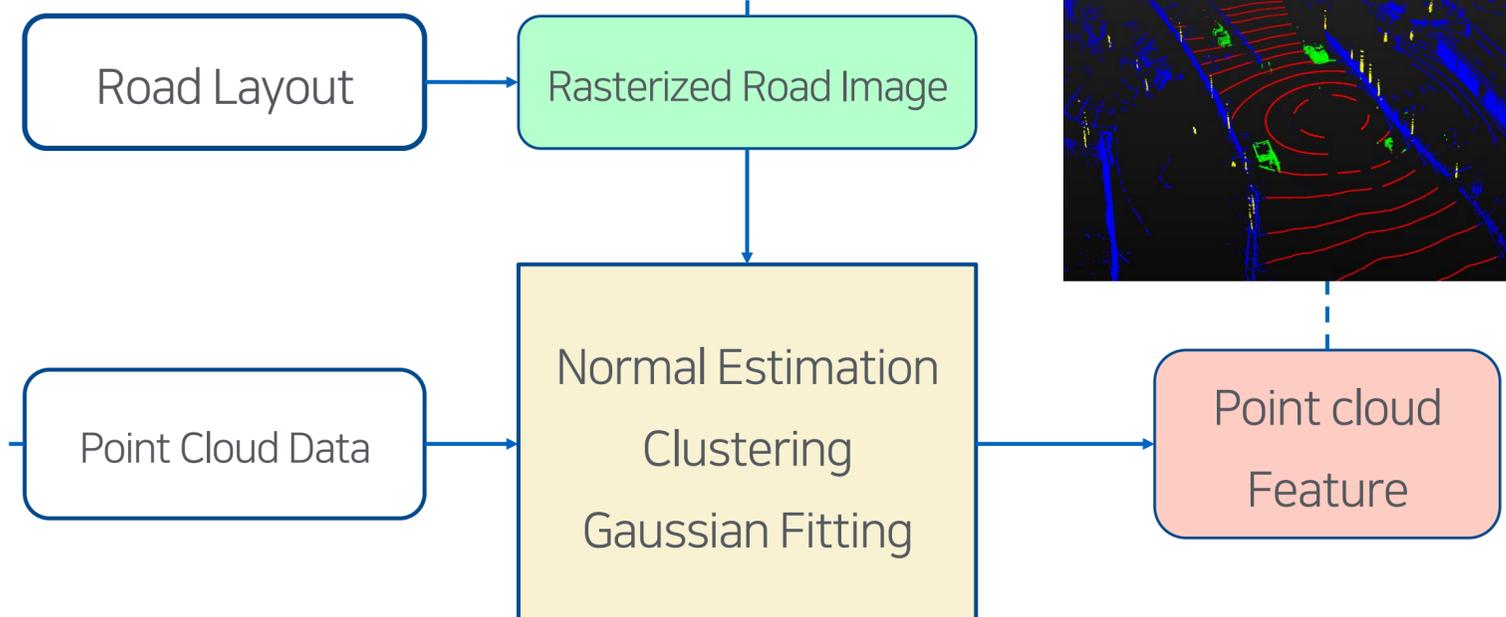
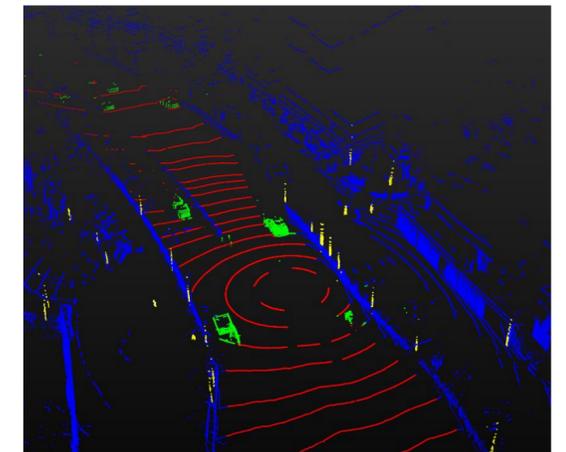


4.1.1 LIDAR Odometry

위치 인식 시 동적 장애물이 없었으면 좋겠다...

지도 데이터와 Logic을 통한 **학습용 데이터 자동 생성**

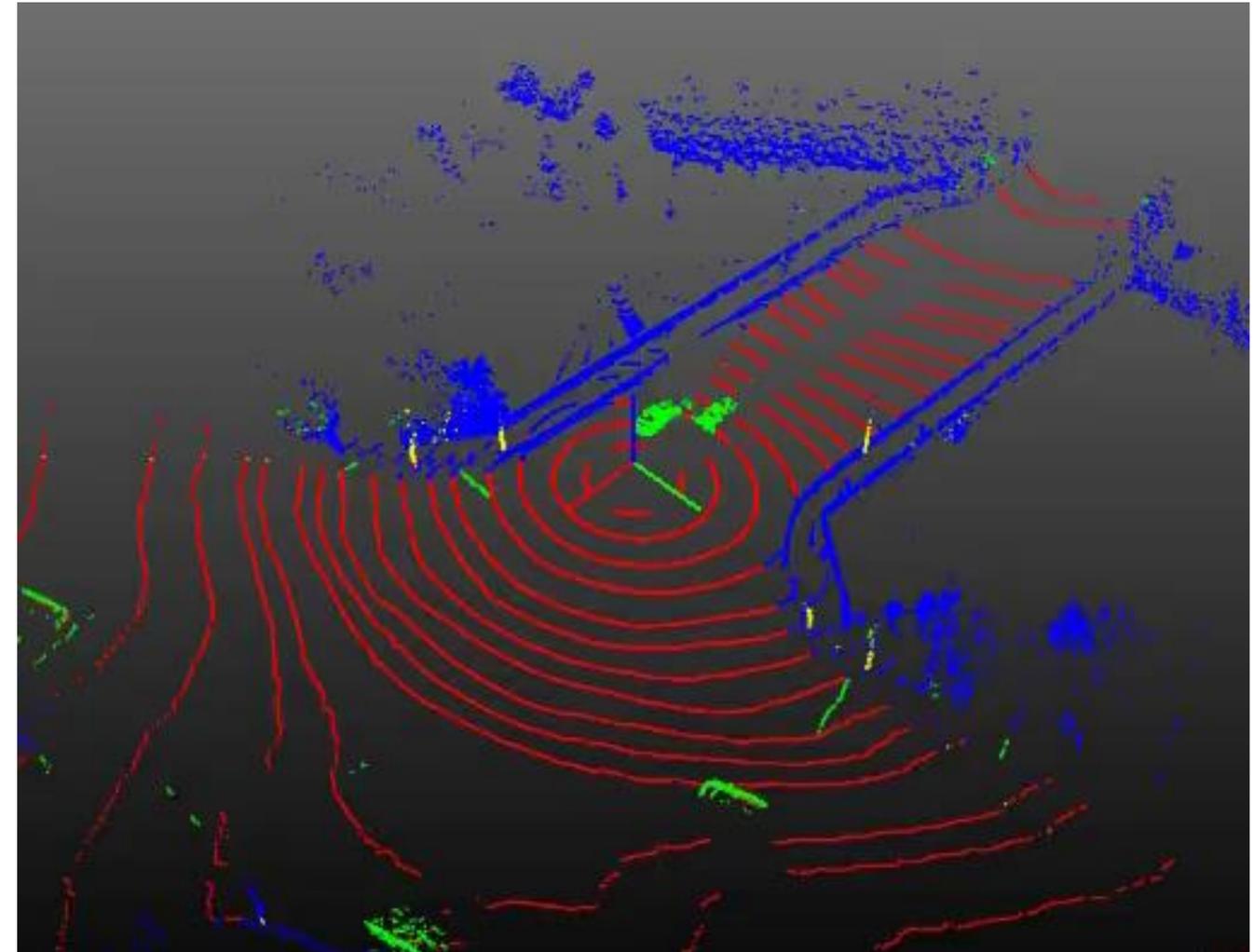
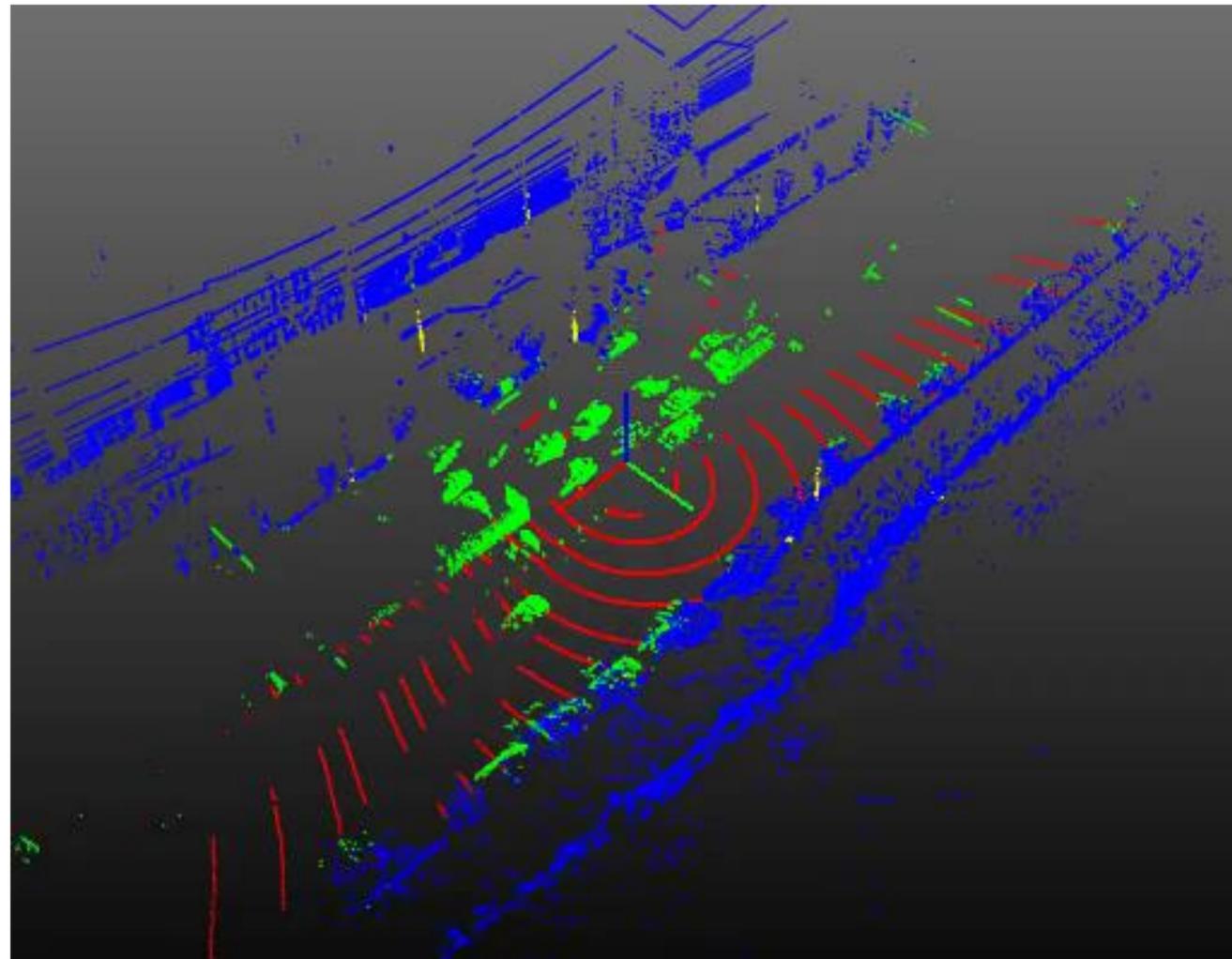
1. Road Layout 이용 도로/도로 외 영역 분리
2. 도로 위 Point Cloud 도로 면/자동차 분리
3. Column-like Object 분리



4.1.1 LIDAR Odometry

CNN Point-wise Classification 학습 결과

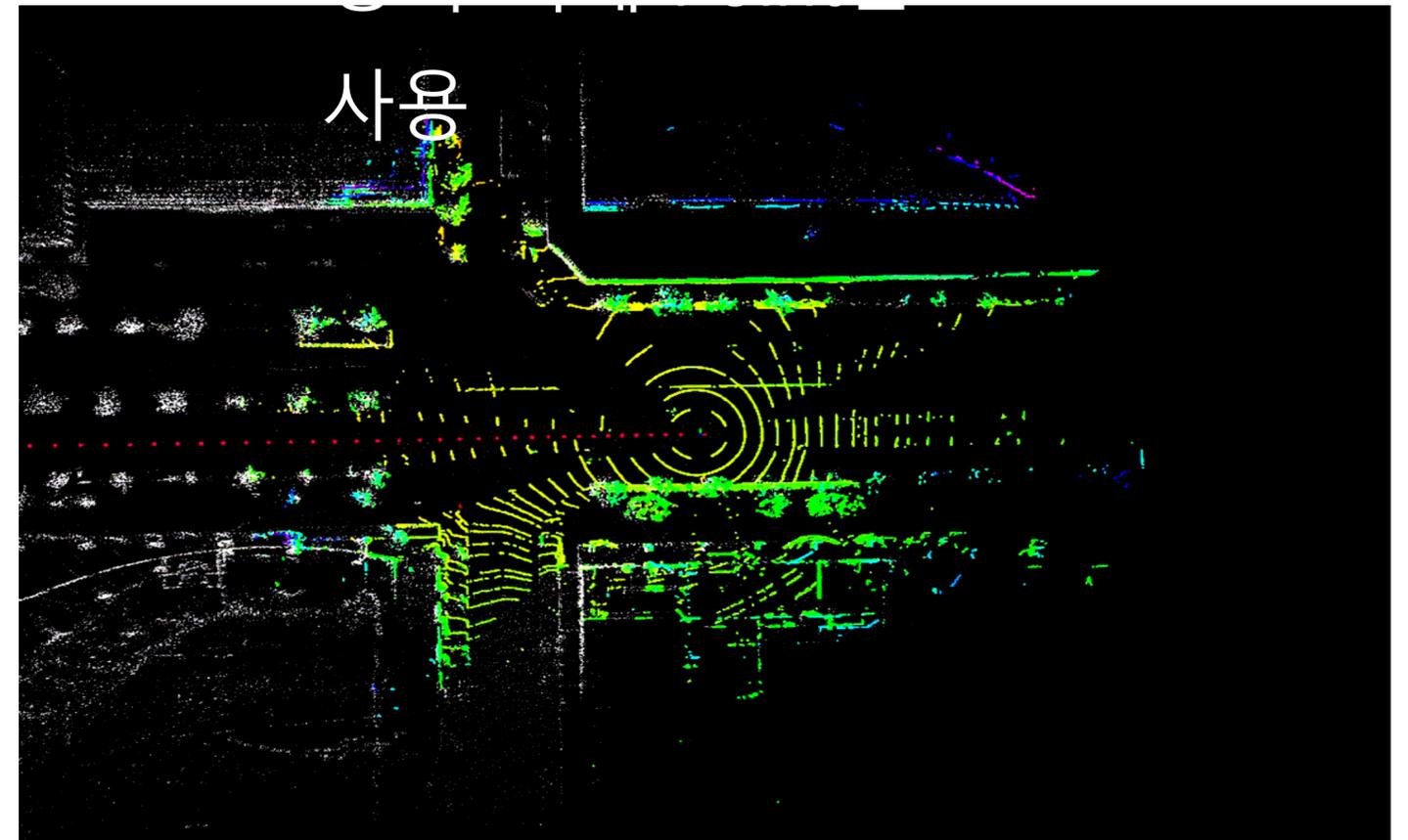
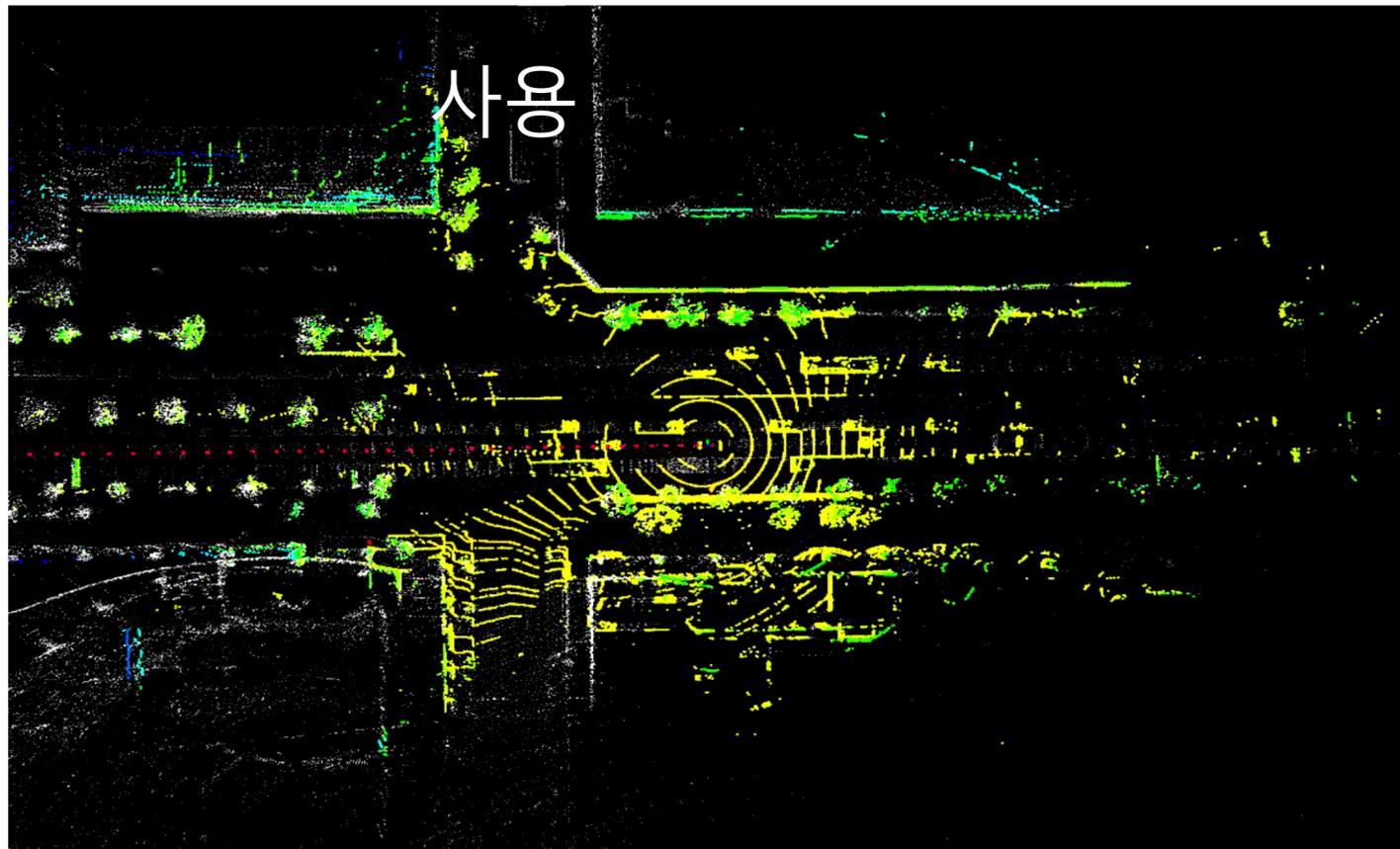
자동생성 데이터 (약 20,000 Frames) 사용



4.1.1 LIDAR Odometry

LIDAR Odometry 결과

LiDAR센서를 이용하여 차량의 상대적인 이동 경로를 추정
동적 물체를 Point Segmentation으로 제거하여 성능 향상



4.1.2 Visual Inertial Odometry

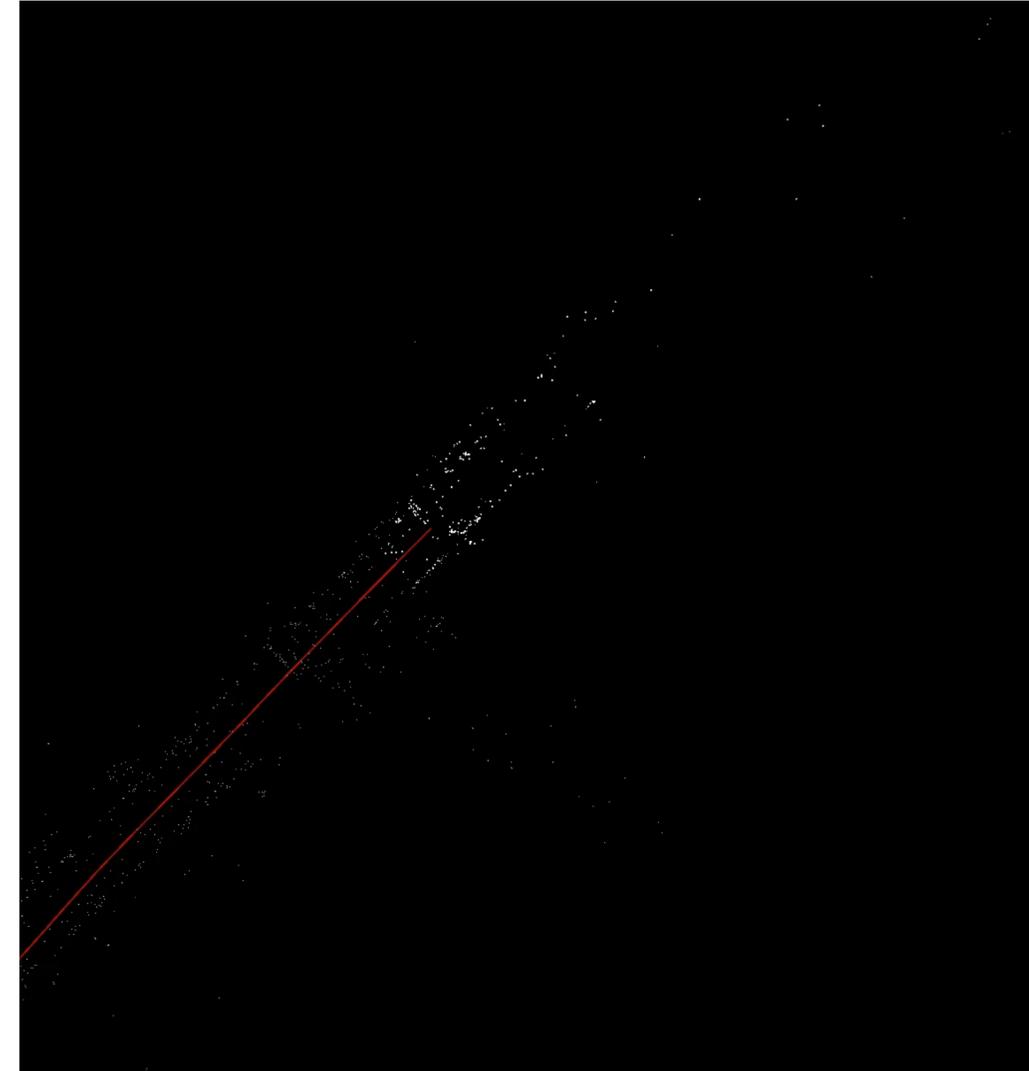
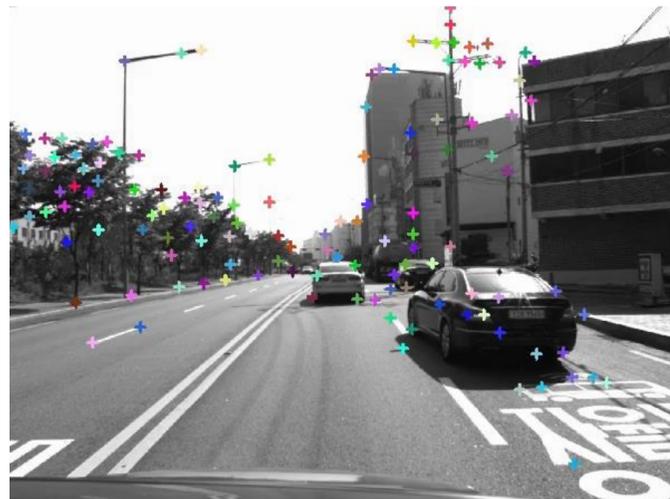
Stereo Camera Based VIO (Visual Inertial Odometry)

스테레오 카메라 및 관성센서의 융합을 통한 차량의 상대적인 이동 경로를 추정

Left view



Right view



Trajectory

4.1.3 카메라 기반 Map Matching

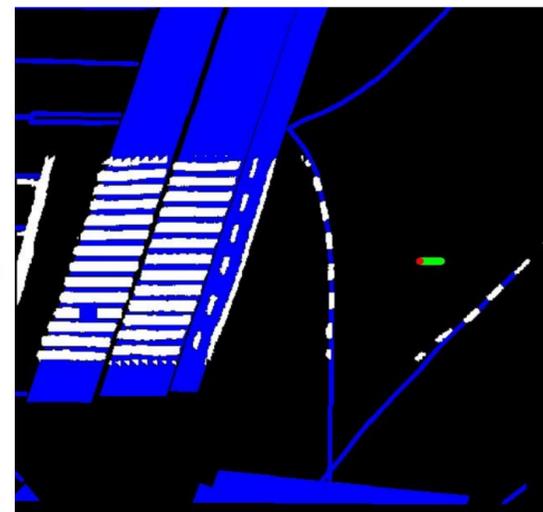
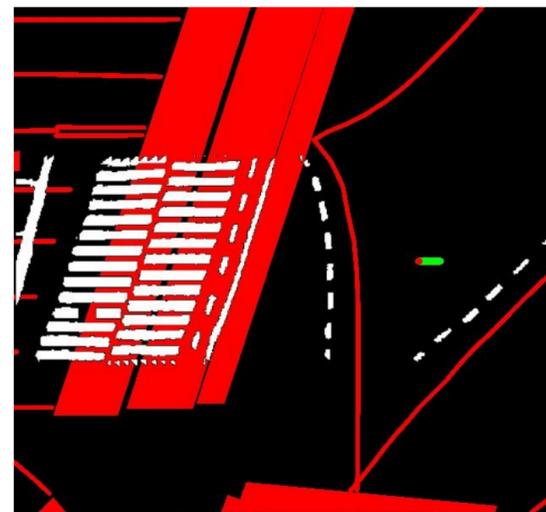
카메라 기반 Road Layout 매칭

전방 영상 시퀀스와 모션 센서를 활용한 도심지 Localization

BEV 로 변환된 Segmentation 이미지를 모션 센서를 통해 누적하여 서브 맵 생성

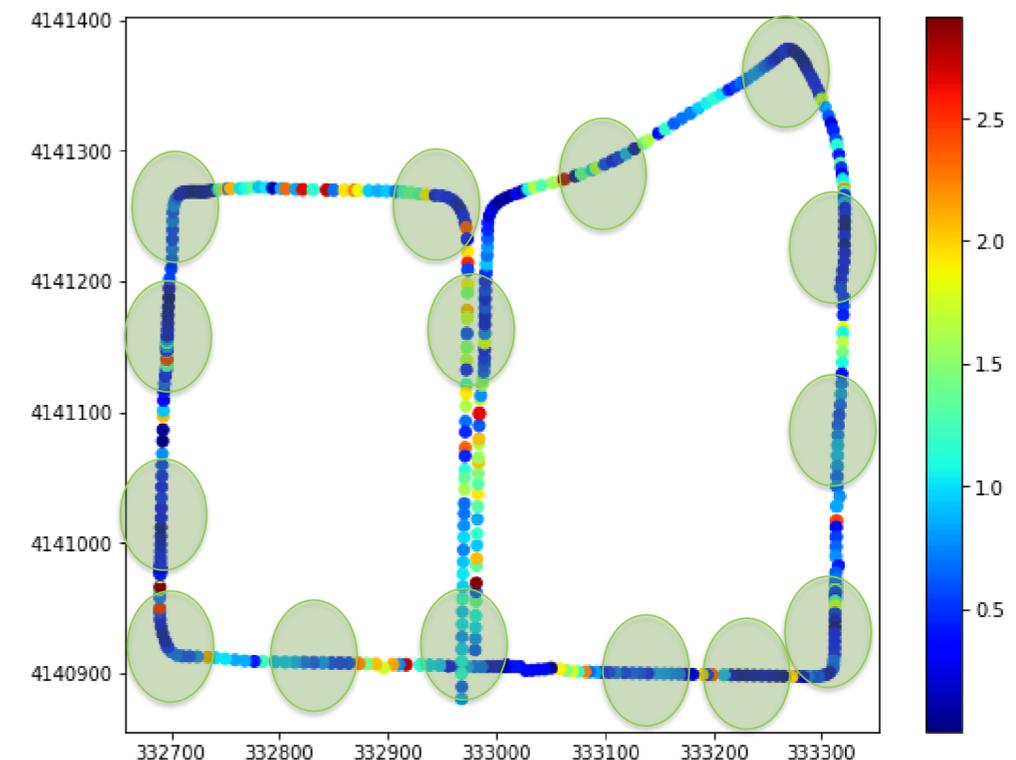
로드 레이아웃 기반 맵 데이터와 비교를 통해 Localization 수행

Road Maker가 다수 위치한 영역에서 측위 성능 향상 확인



초기 위치

보정 위치



매칭에 의한 측위 성능 향상

4.1 자율주행을 위한 위치인식

통합 시스템 평가

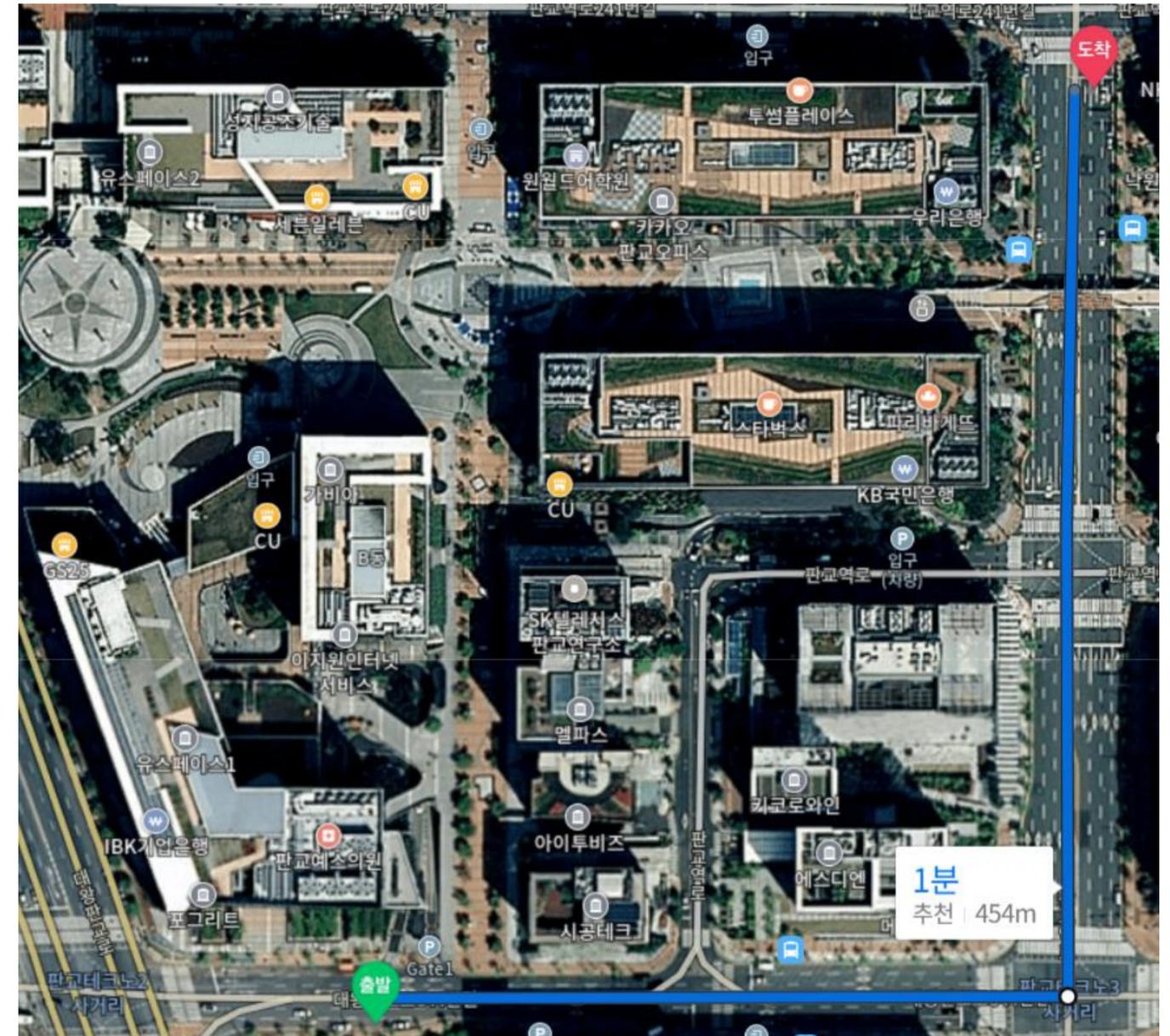
위치 인식 실험 환경

판교 일부 구간 (450m)

높은 건물/다리로 GPS 정확도가 다소 낮음

교차로 다수 존재

Registration 으로 얻은 위치 정보를 GT로 사용

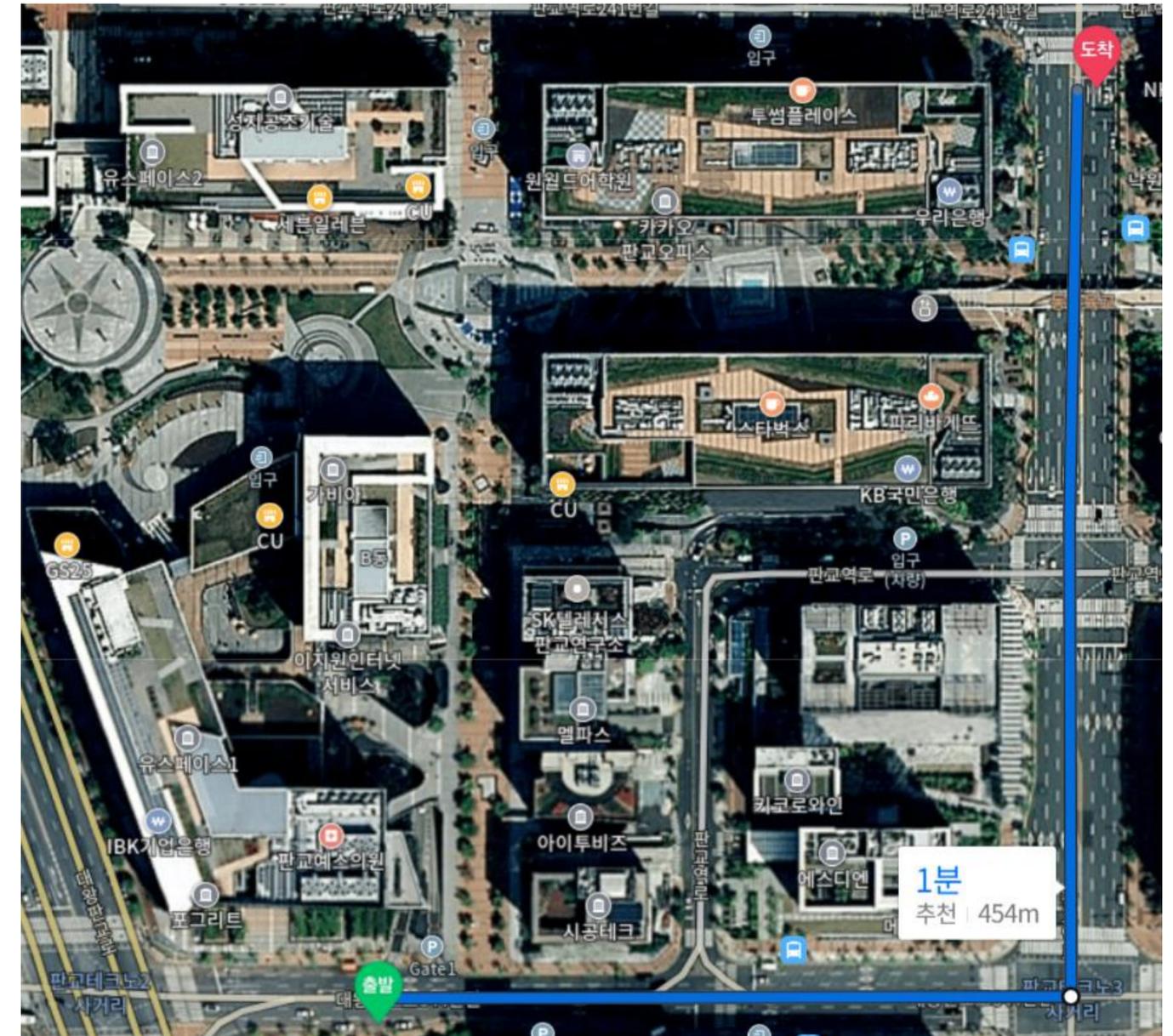


4.1 자율주행을 위한 위치인식

통합 시스템 평가

위치 인식 추정 방법

1. 상용 고가 GPS/INS 솔루션
2. Odometry
3. Odometry + **HD Map (No GPS)**



4.1 자율주행을 위한 위치인식

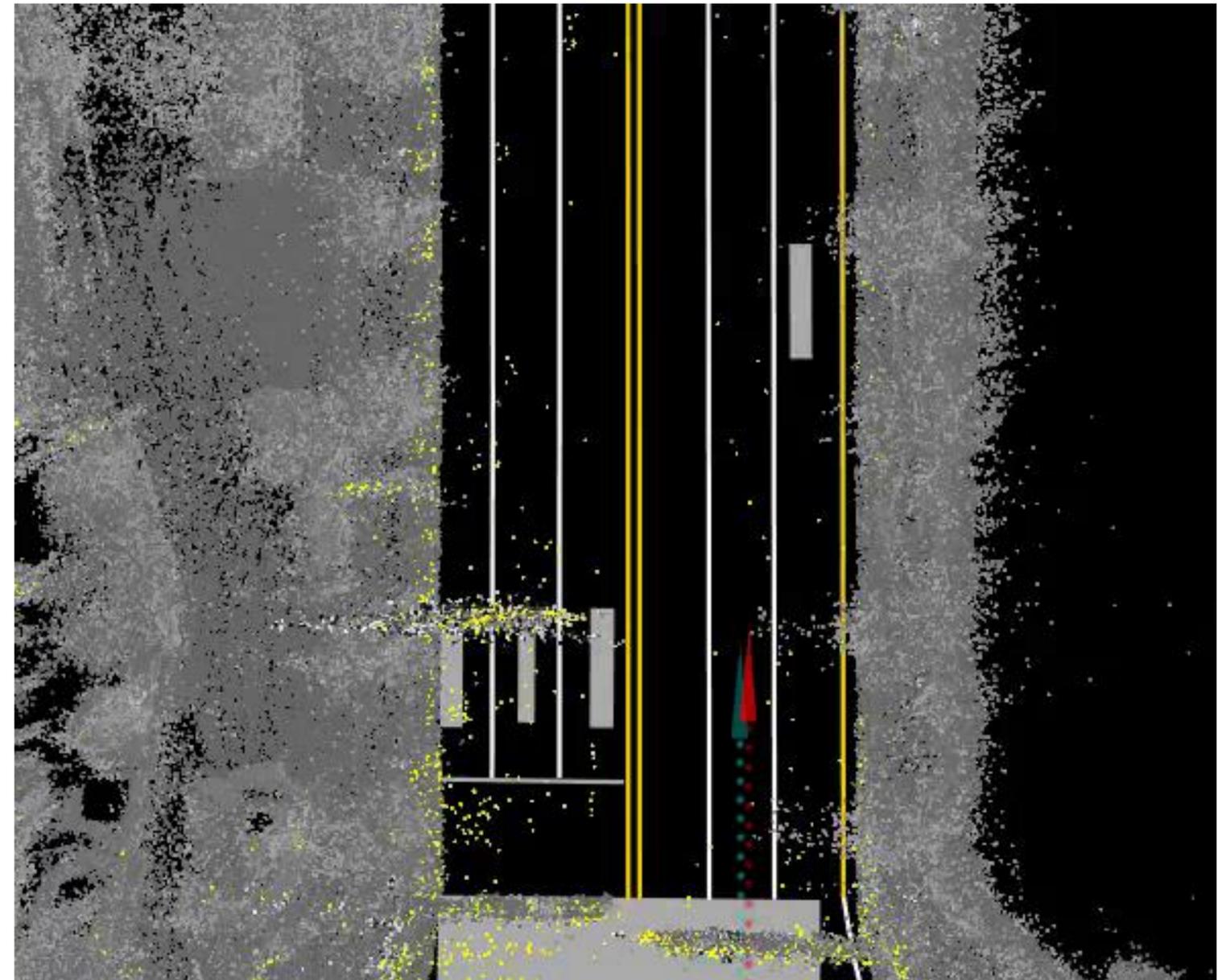
1. 상용 고가 GPS/INS 솔루션

횡(좌/우)측 오차 50cm이상 발생

GPS신호가 다소 부정확함

자율주행 차량에서 위치 정보를 사용했다면

차선을 침범하는 상황이 발생했을 듯



RED: Ground Truth

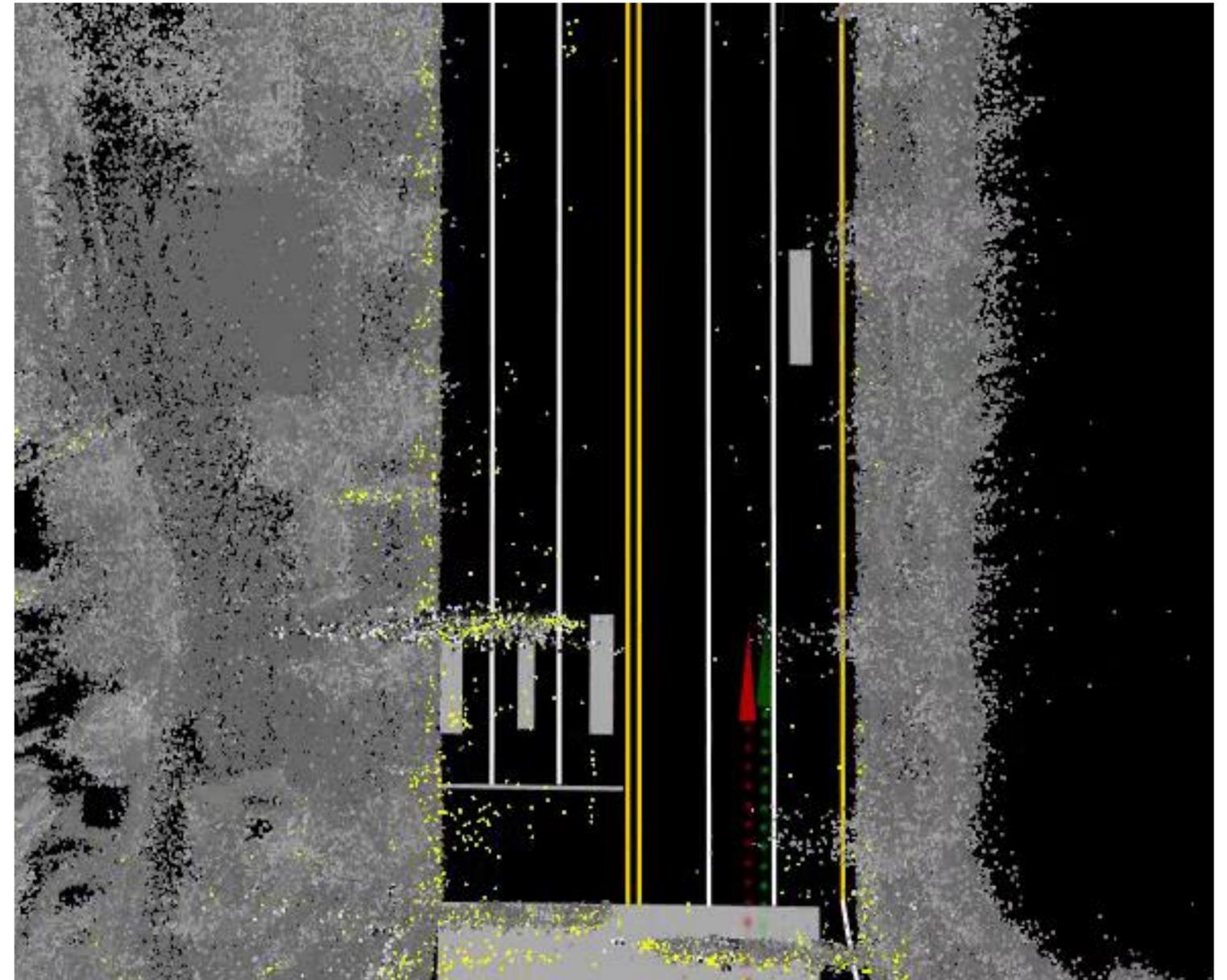
Green: GPS/INS

4.1 자율주행을 위한 위치인식

2. Odometry 만 사용

시간이 지나면서 GT 위치에서 Drift함
 한번 Drift하면 다시 GT로 수렴하지
 못함

HD Map을 사용한 절대 위치 보정이
 필요함



RED: Ground Truth
Green: Odometry

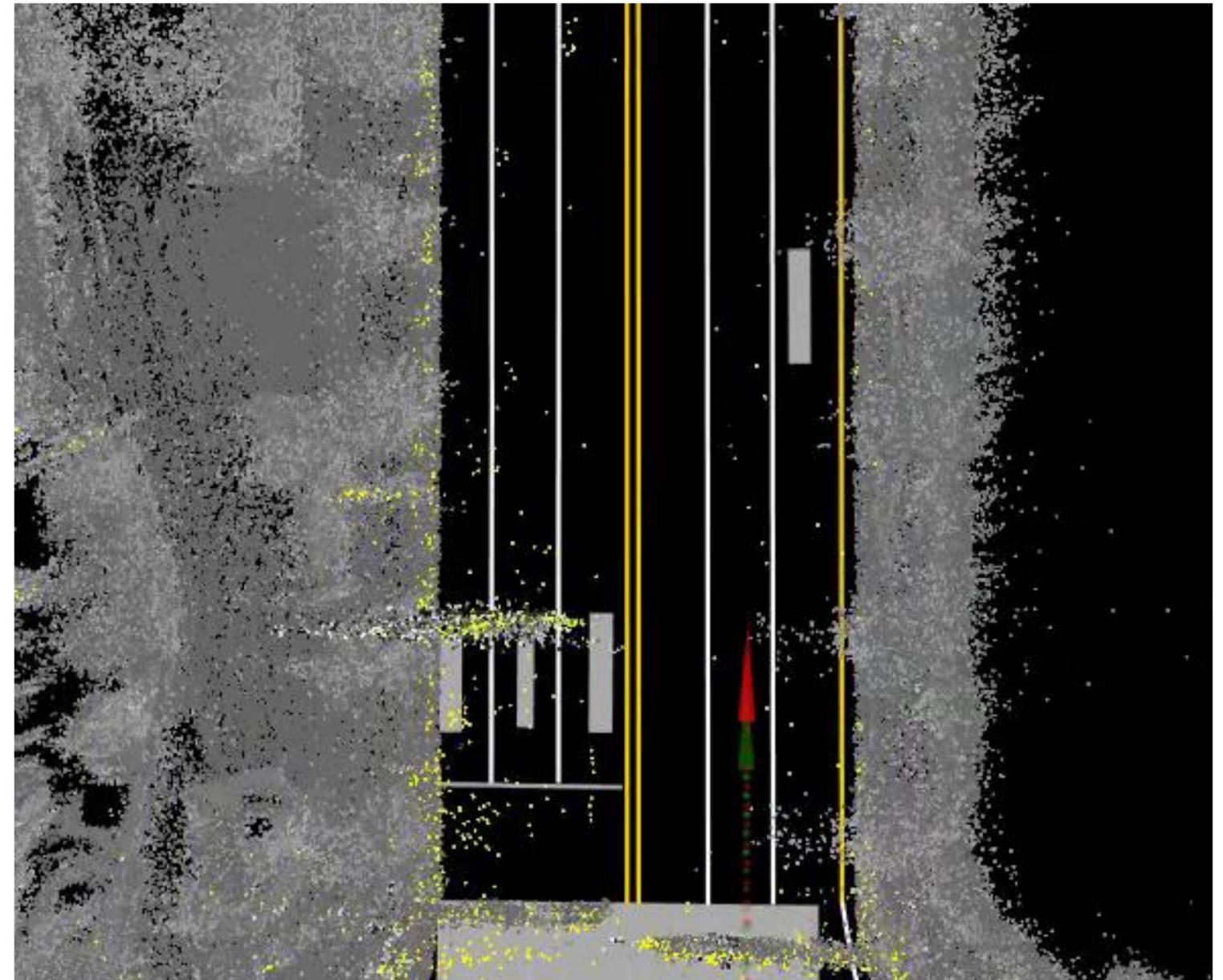
4.1 자율주행을 위한 위치인식

3. Odometry + HD Map 사용 (NO GPS)

주기적으로 HDMap과 매칭으로 GPS사용

없이도 절대 위치 추정 가능함

시간이 지나도 Drift하지 않음



RED: Ground Truth

Green: Odometry + HDMap

4.1 자율주행을 위한 위치인식

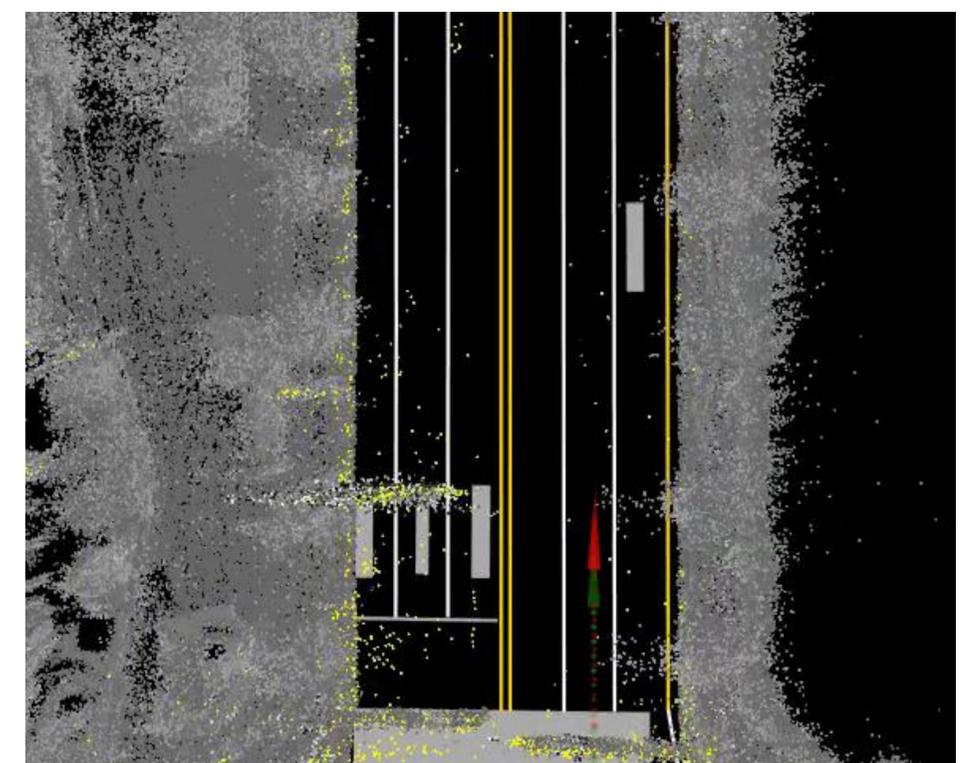
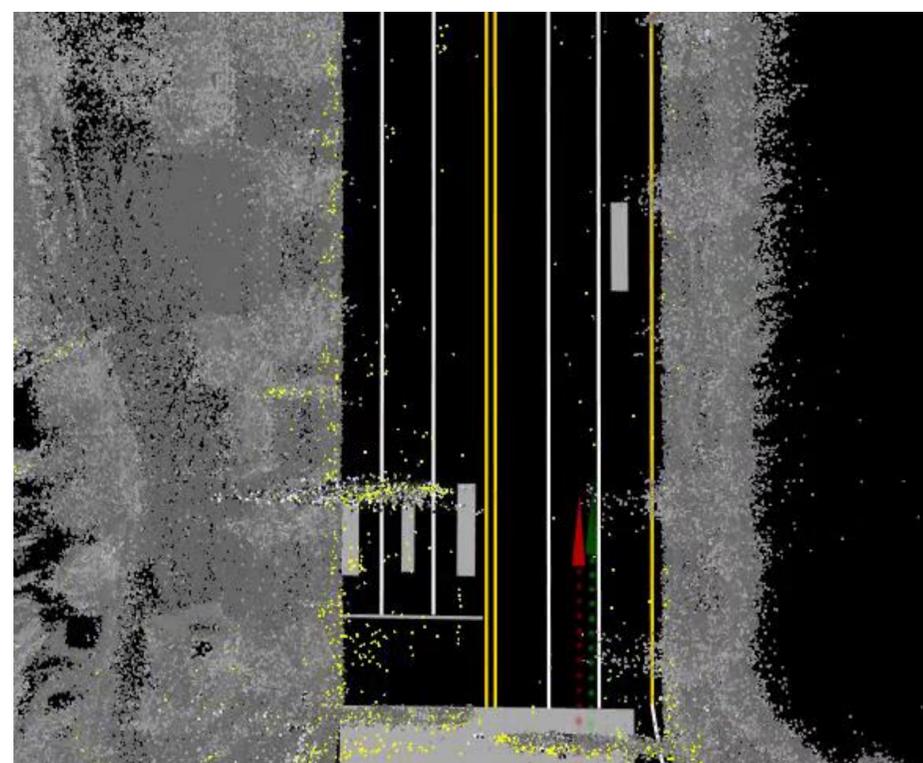
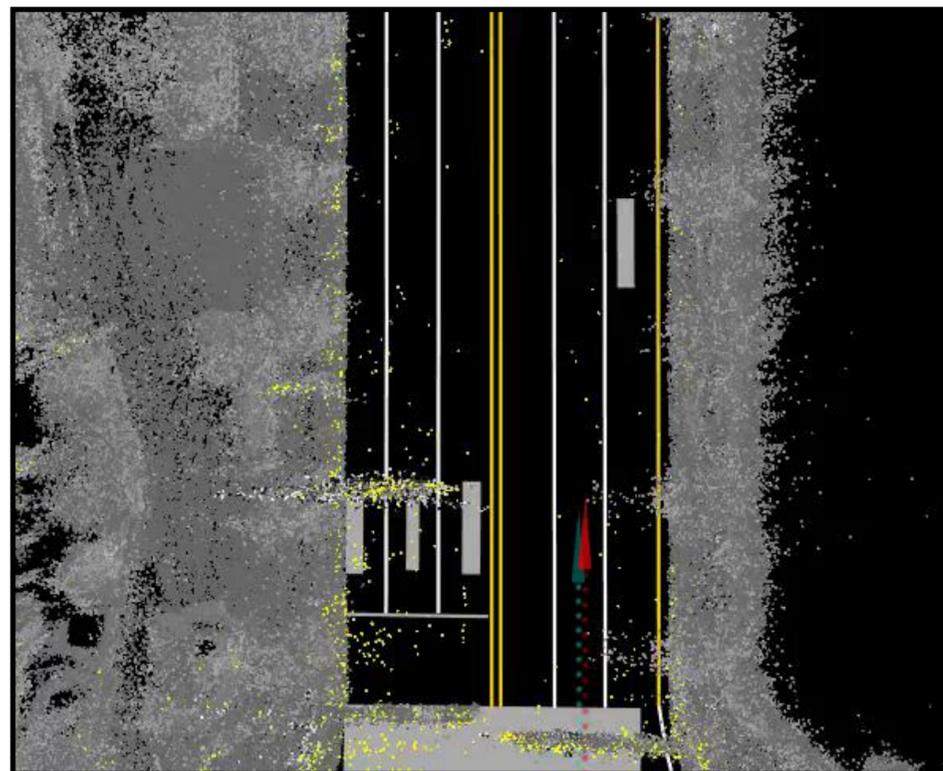
자율주행 차량 위치 인식 (종합)

차선 유지 주행 시 차선을 넘어가지 않도록 횡 방향 오차 중요 / 종 방향 오차는 덜 중요
차선 변경 혹은 교차로 주행 시 횡/종 방향 오차 모두 중요

상용 GPS/INS 사용

Odometry 사용

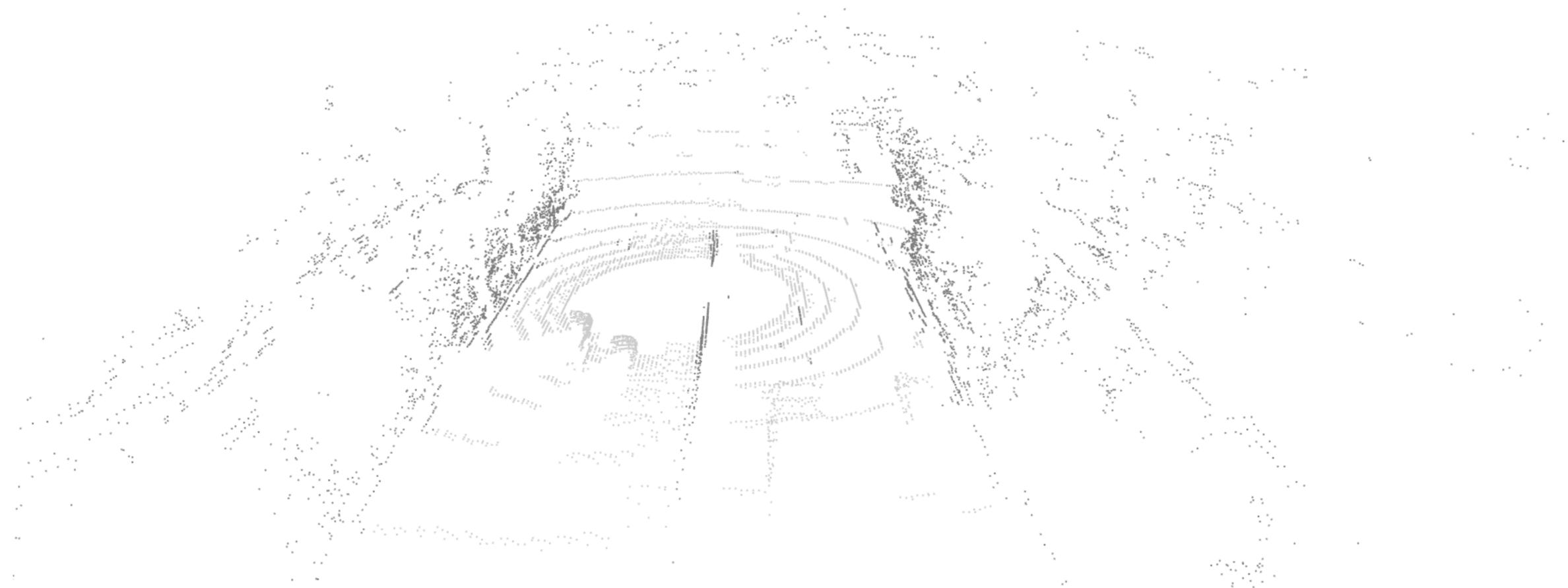
Odometry/HDMAP 사용



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

학습용 라이다 데이터를 얻는것은 쉽지 않다

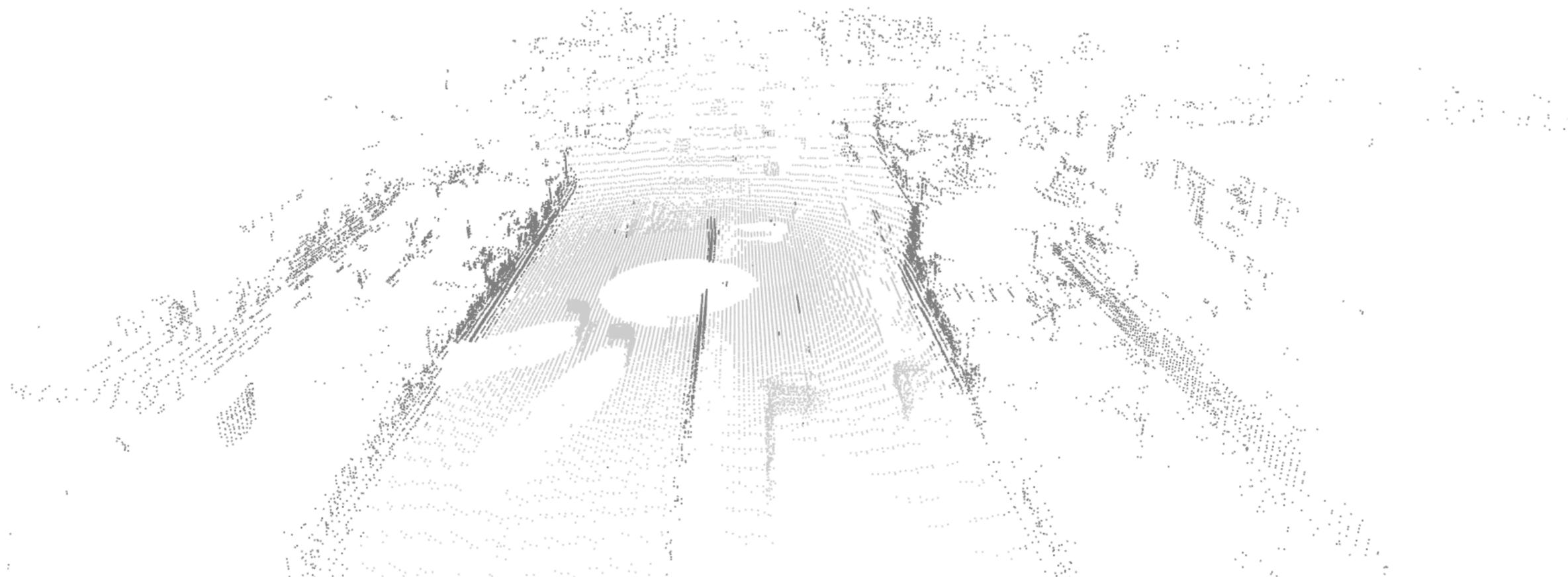
- 몇 개의 자동차가 보이시나요. (난이도 상)



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

학습용 라이다 데이터를 얻는것은 쉽지 않다

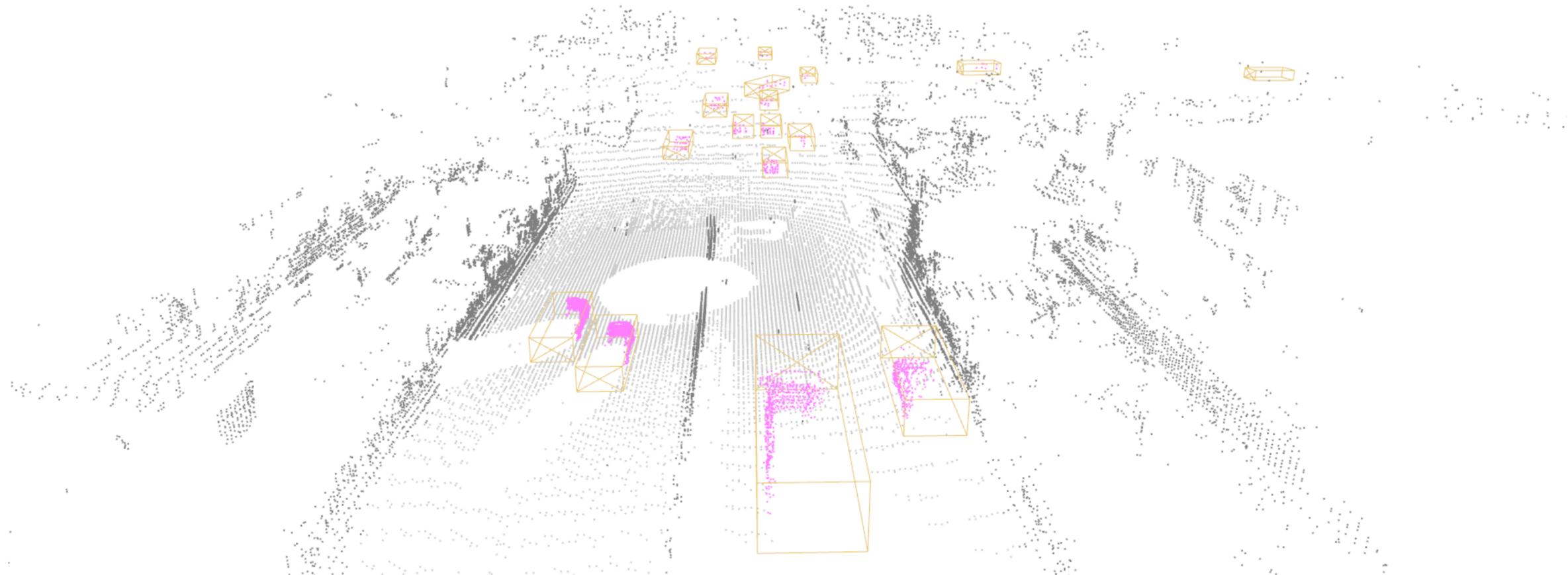
- 몇 개의 자동차가 보이시나요. (난이도 **하**)



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

학습용 라이다 데이터를 얻는것은 쉽지 않다

- 네, **17대**의 자동차가 있었습니다.



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

학습용 라이다 데이터를 얻는것은 쉽지 않다

데이터를 Annotation 하기가 매우 힘들다

- 최대한 좋은 라이다를 활용해서 데이터 획득 필요
- 음역지역 등으로 인해 보조 장비 (카메라 등) 및 다중 영상이 필요
- 많은 사람과 시간 그리고 노력

주행 시 사용한 것과 같은 센서 데이터로 학습해야 효과가 큼
(아니면 세상에서 제일 좋은 센서로...)

4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

게임 엔진을 활용한 라이다 시뮬레이션의 한계

라이다 반사도 및 노이즈 정보 없음
제한된 환경 정보 (물체 종류, 이동 경로 등)
실제 주행과 다른 과장된 모션 정보



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

정밀 지도를 이용한 3D 가상 환경 구축

우리가 필요한 건, 실제 데이터와 같은 가짜 데이터

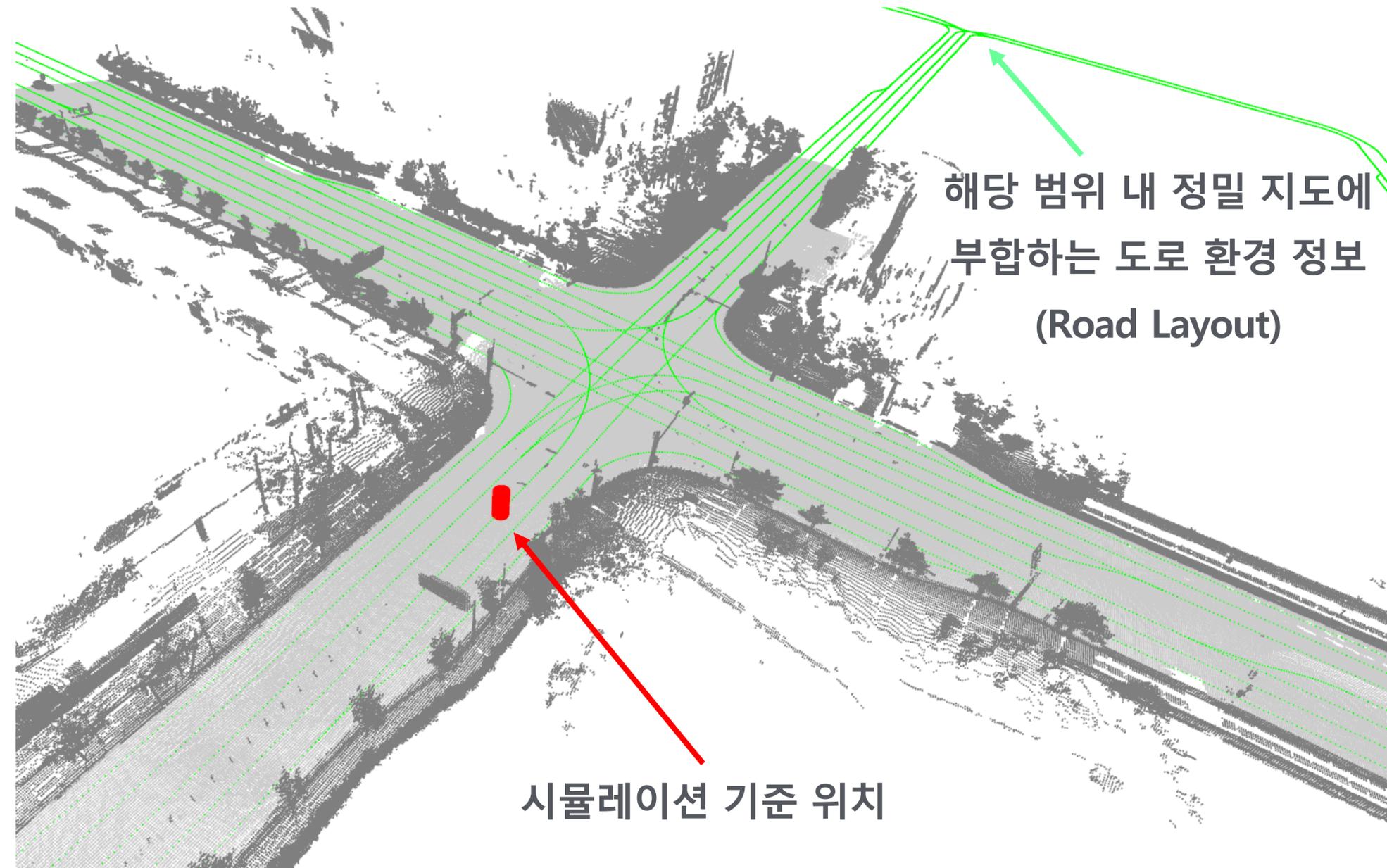
그럼, 실제 데이터로 가짜 데이터를 만들어 보자

플젝명 NAMiL (No Annotation Manually In Lidar)

4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

정밀 지도를 이용한 3D 가상 환경 구축

- 시뮬레이터 과정 (1)

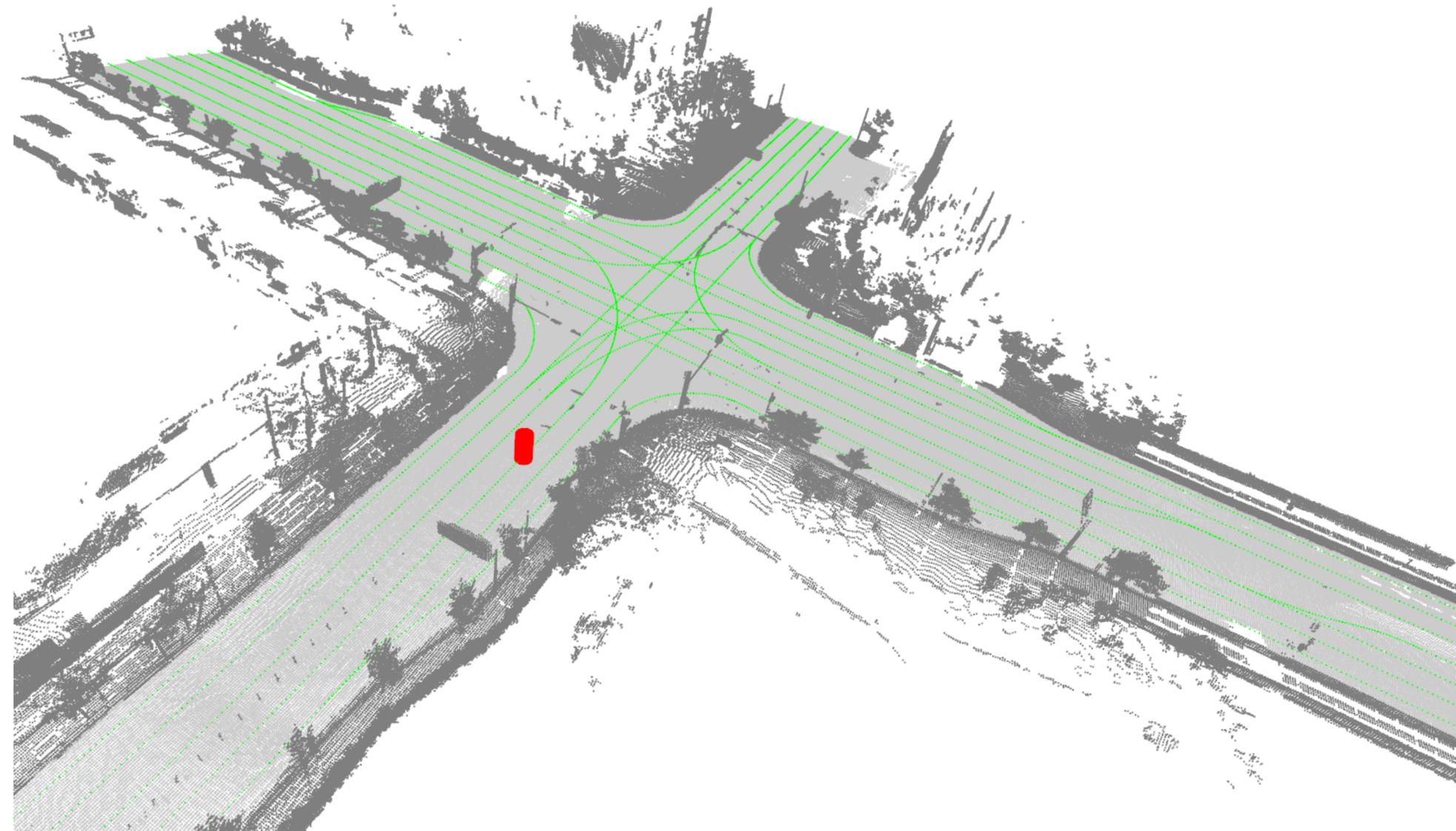
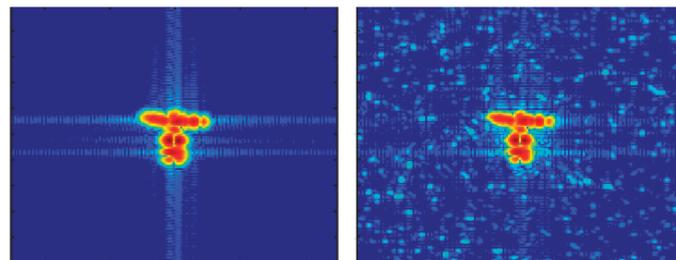


4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

정밀 지도를 이용한 3D 가상 환경 구축

- 시뮬레이터 과정 (2)

라이다 인식 범위내 정밀
지도 설정 및 노이즈 적용

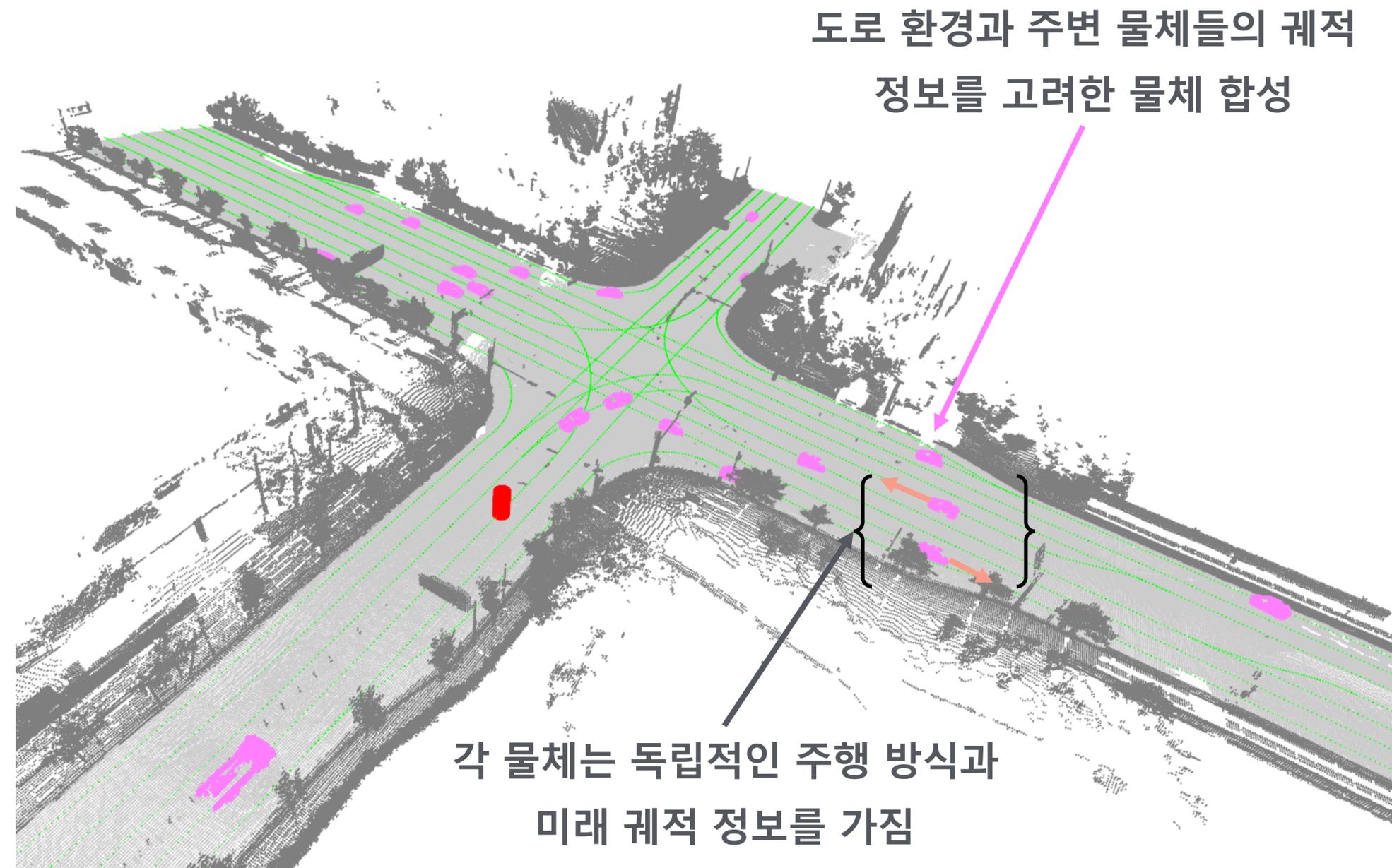
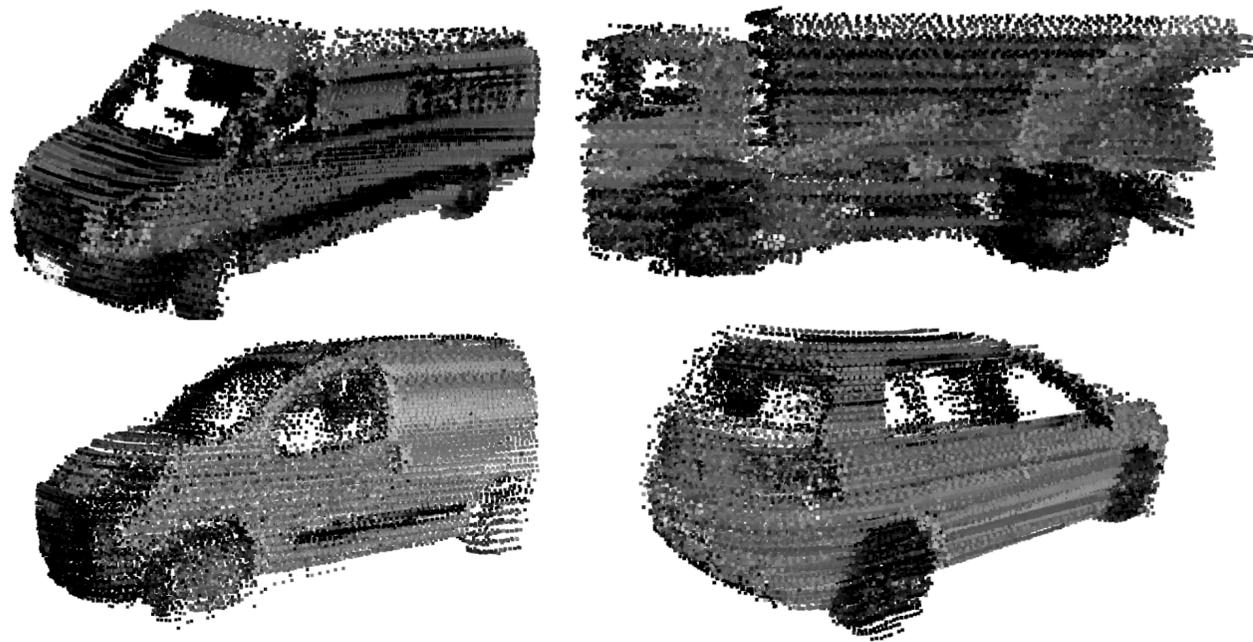


4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

정밀 지도를 이용한 3D 가상 환경 구축

- 시뮬레이터 과정 (3)

시뮬레이션 대상 물체



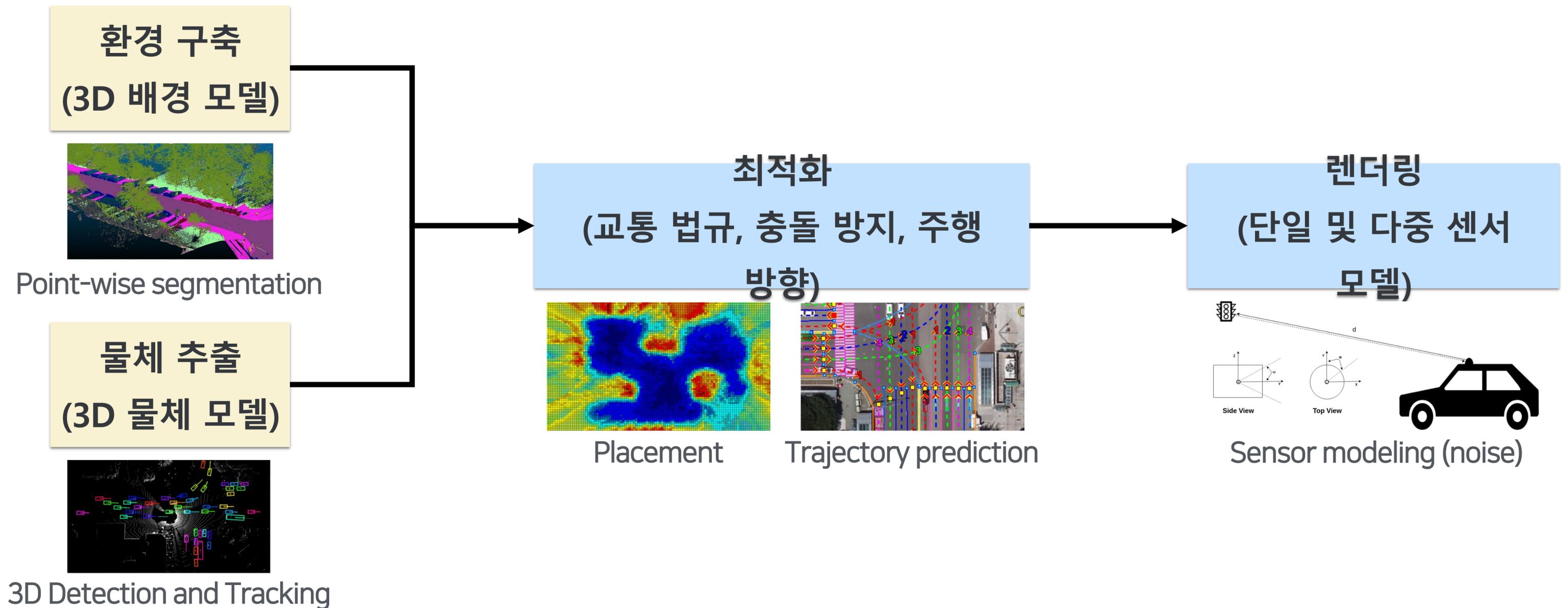
도로 환경과 주변 물체들의 궤적
정보를 고려한 물체 합성

각 물체는 독립적인 주행 방식과
미래 궤적 정보를 가짐

4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

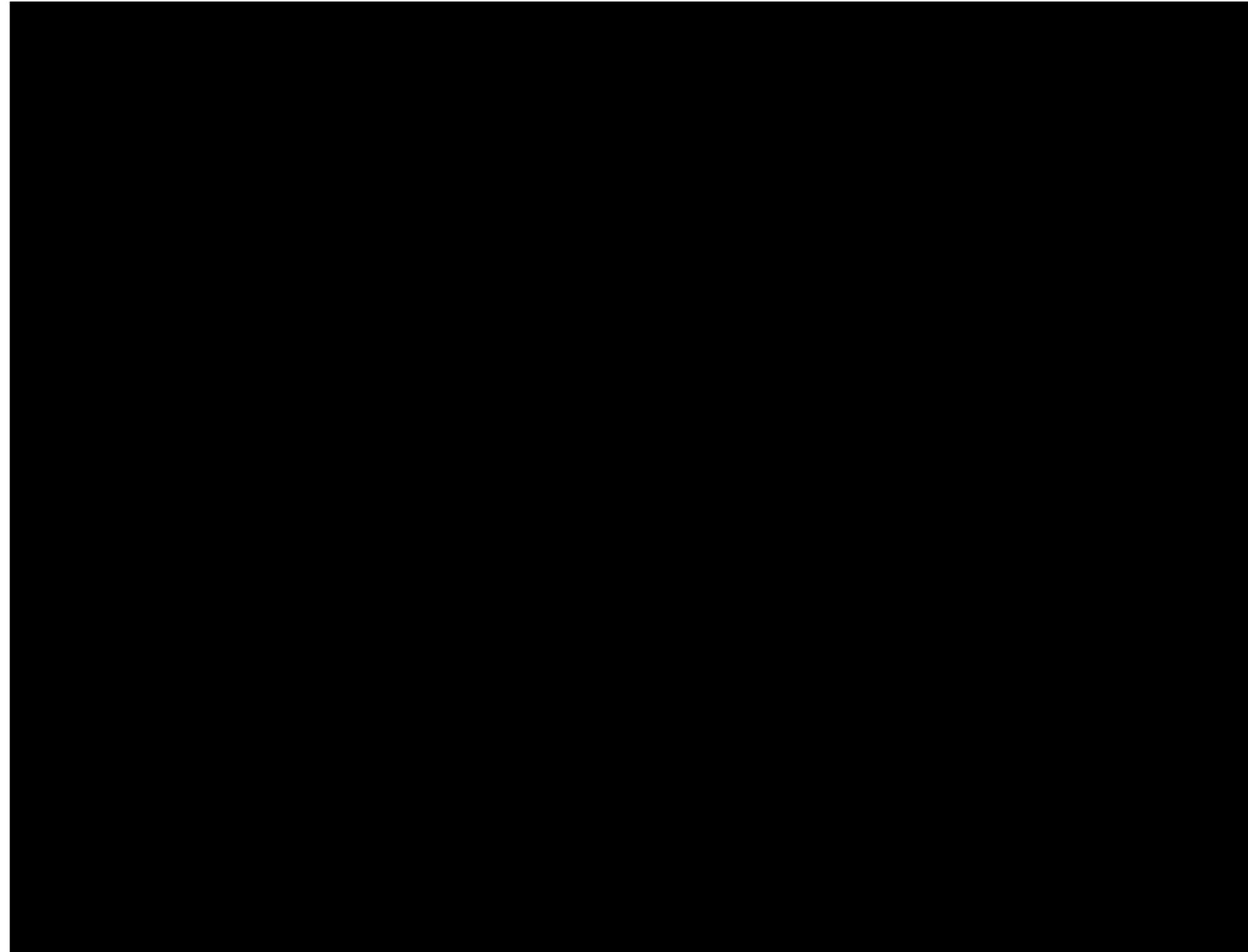
정밀 지도를 이용한 3D 가상 환경 구축

시뮬레이터 동작 환경



4.2 HD Map 기반 LIDAR 시뮬레이터 구축

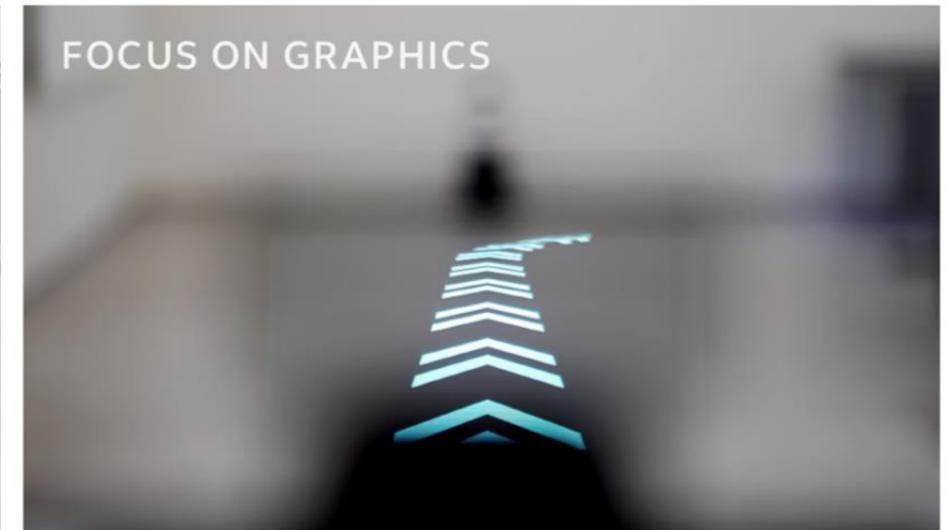
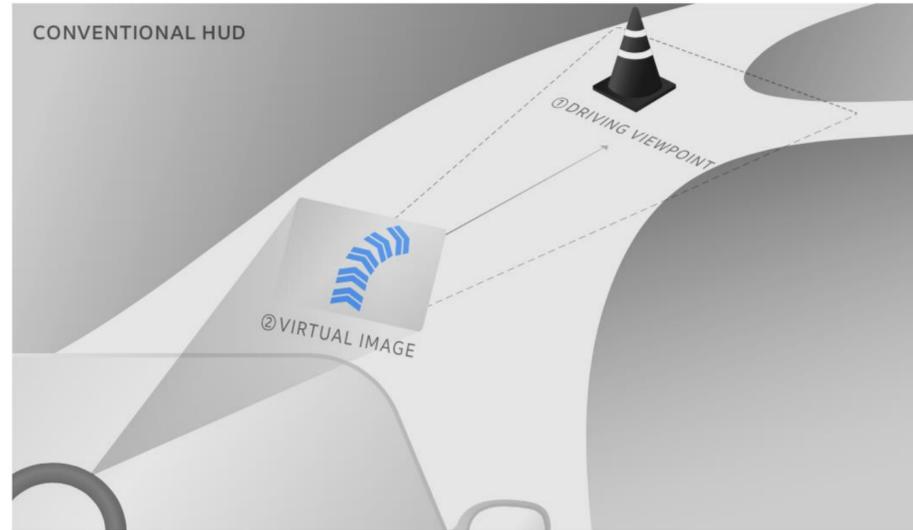
결과



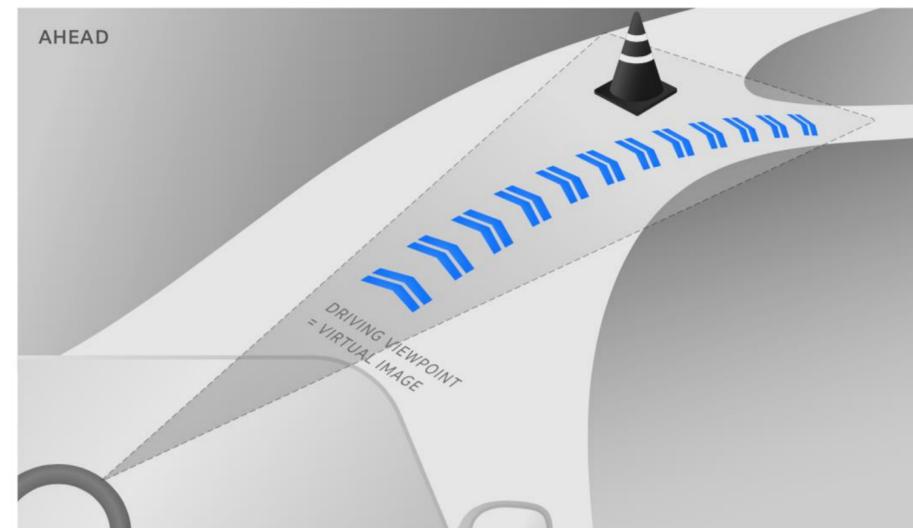
4.3 AHEAD – AR 3D HUD

Augmented Reality 3 Dimensional Head Up Display

기존



AHEAD



4.3 AHEAD - AR 3D HUD

AR HUD 를 구현 하기 위한 다른 기술들

1. 주변 차량 및 타겟 차량 인식
2. 앞차 거리 및 충돌 시간 추정
3. 차선 인식
4. 차선 단위의 정밀 지도
5. 차선 별 Routing 정보



4.3 AHEAD – AR 3D HUD

AHEAD

실제 차량 내

데모 영상

LABS
NAVER LABS

4.4 3차원 서울시 모델

기술이 있길래 이런 것도 한번 해봤어요

서울시 전체 3차원 모델 구축 작업

최소의 수작업으로 건물 3D 자동 생성

총 약 60 만동

작업 기간 3개월 + 검수 1개월

작업자 수 〇〇명

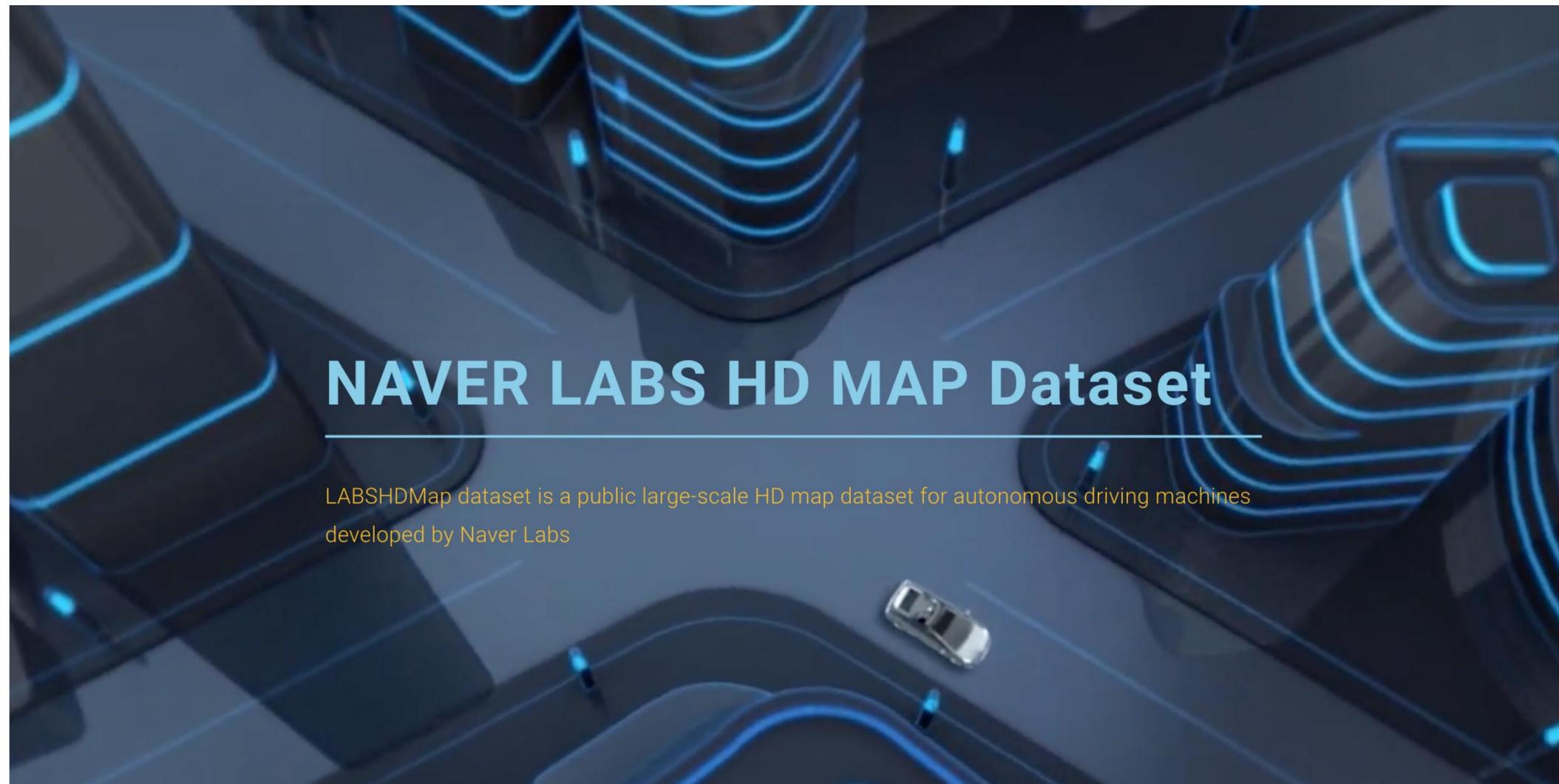




NAVER LABS HD Map Dataset

DEVIEW
2019

<https://hdmap.naverlabs.com>



DATASET | LABS

HOME

R1 (MMS)

DATASET

EXPLORE

DOWNLOAD

MORE

Thank You