

DEVIEW
2019

자율주행 시뮬레이터를 개발하면서 경험한 한계점 및 활용 방안

홍준
MORAI Inc.

MORAI
Mobility Research + A.I

Autonomous Vehicle
Hardware & Simulator Solution

CONTENTS

- 0. 전달하고자 하는 내용
- 1. 자율주행 시뮬레이터란?
- 2. 인지 분야에서의 이슈
- 3. 판단 분야에서의 이슈
- 4. 제어 분야에서의 이슈
- 5. 알고리즘 개발

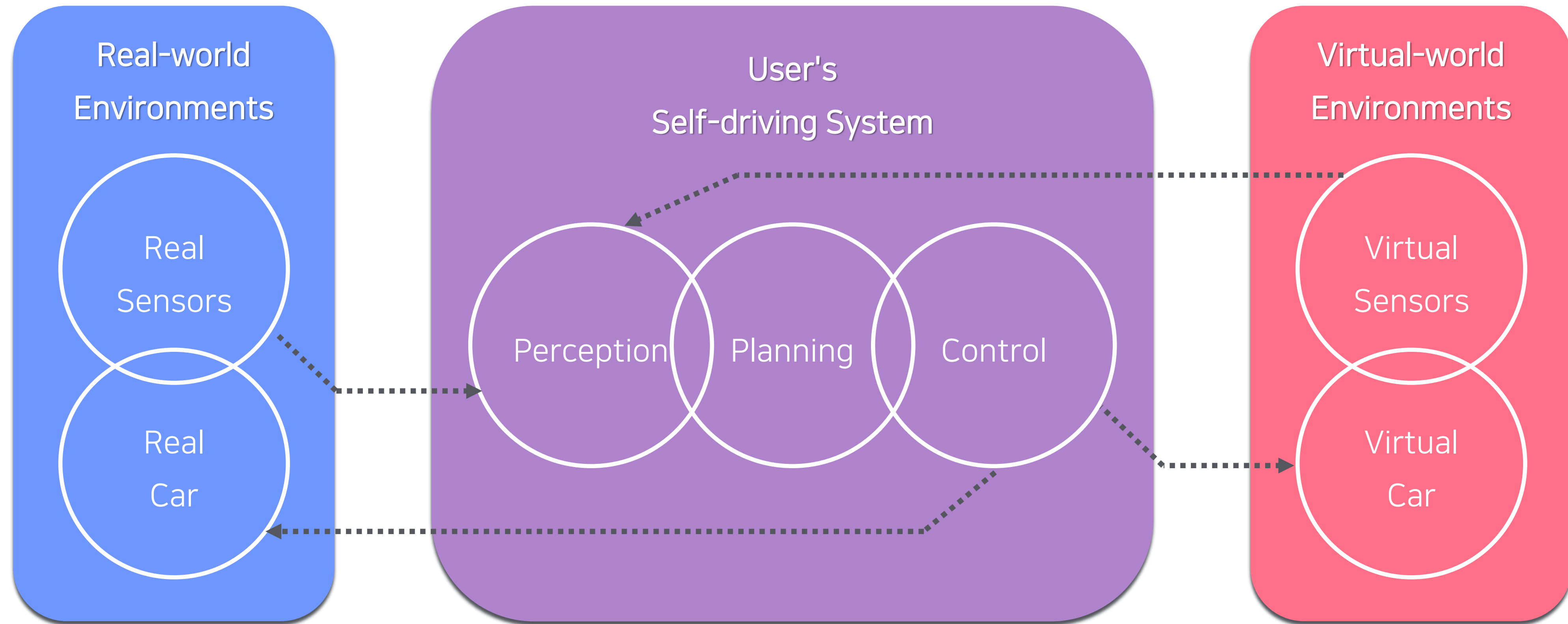
0. 전달하고자 하는 내용

0. 전달하고자 하는 내용

시뮬레이터의 한계점과
효과적으로 활용할 수 있는 방법에 대해
전달하고자 합니다

1. 자율주행 시뮬레이터란?

1.1 자율주행 시뮬레이터란?



Real-World를 대체하는 것이 시뮬레이터(Virtual-World)의 역할이다.

1.2 Real World의 모든 것을 표현 하진 못한다

It just does not capture the long tail of **weird things**
that happen in the real world.(Elon Musk)

Real-World에서 일어나는 모든 일들을 시뮬레이터에서 테스트하기 어렵다.

1.2 Real World의 모든 것을 표현 하진 못한다

Edge Case(Old One)

- 무단 횡단
- 돌발 장애물(공, 동물 등)
- 공사 구간
- 신호를 어기는 차량
-

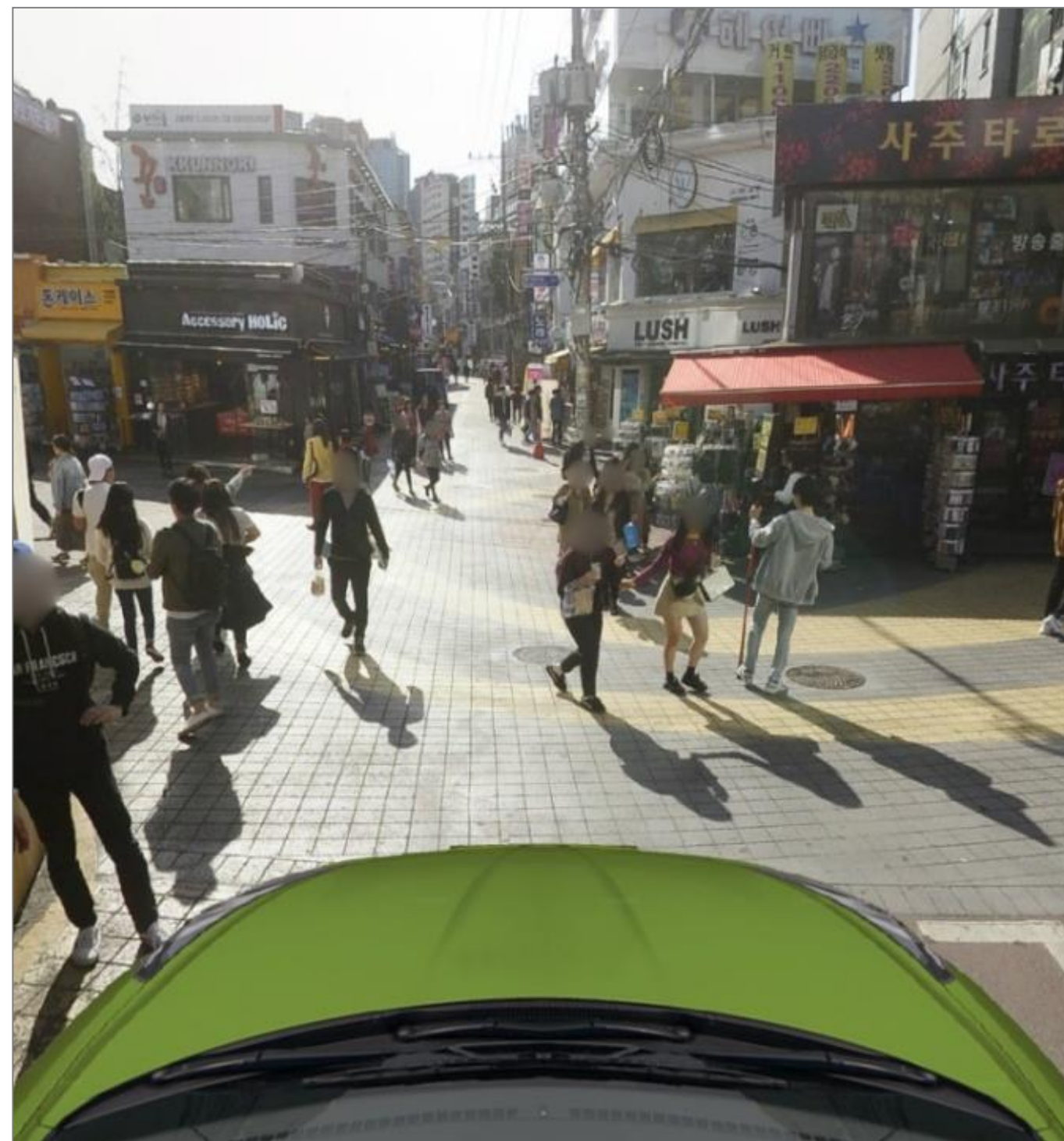
Edge Case(New One)

- 차량에 비친 차량
- 도로 위에 날아다니는 비닐
- 트럭 위에 있는 사람
- 신호표지판을 든 사람
-

시뮬레이터에서도 **구현하기 어려운** Edge Case들이 존재한다.

1.3 시뮬레이터가 필요한 이유

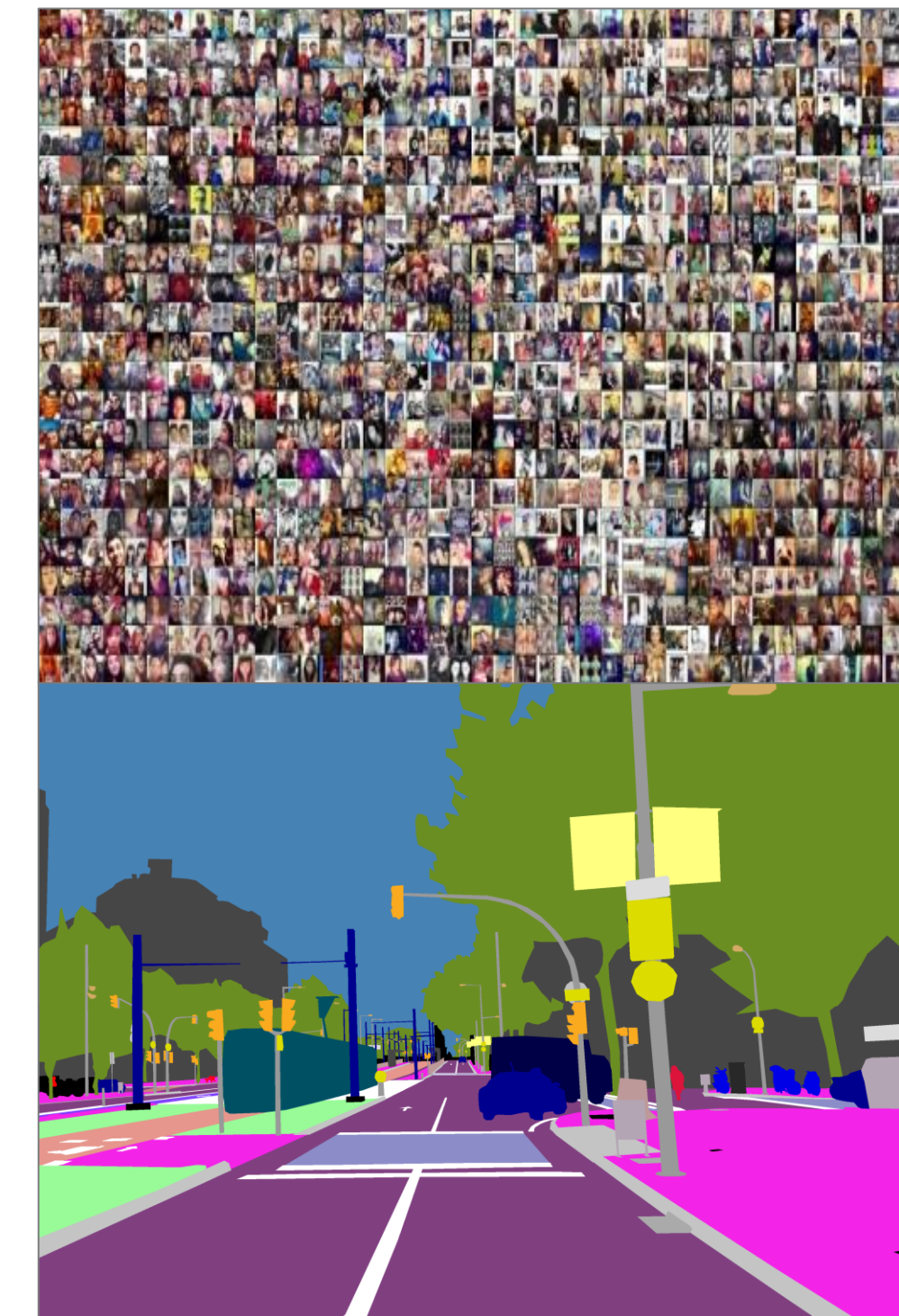
실차를 이용하는 필드 테스트의 **한계**:
안전, 시간, 비용



Toyota's Robot-Car Line In The Sand: 8.8 Billion Test Miles To Ensure Safety



Alan Ohnsman Forbes Staff
I write about technology-driven changes reshaping mobility



1.4 시뮬레이터의 주요 이슈

1

실제와 얼마나 비슷한가

2

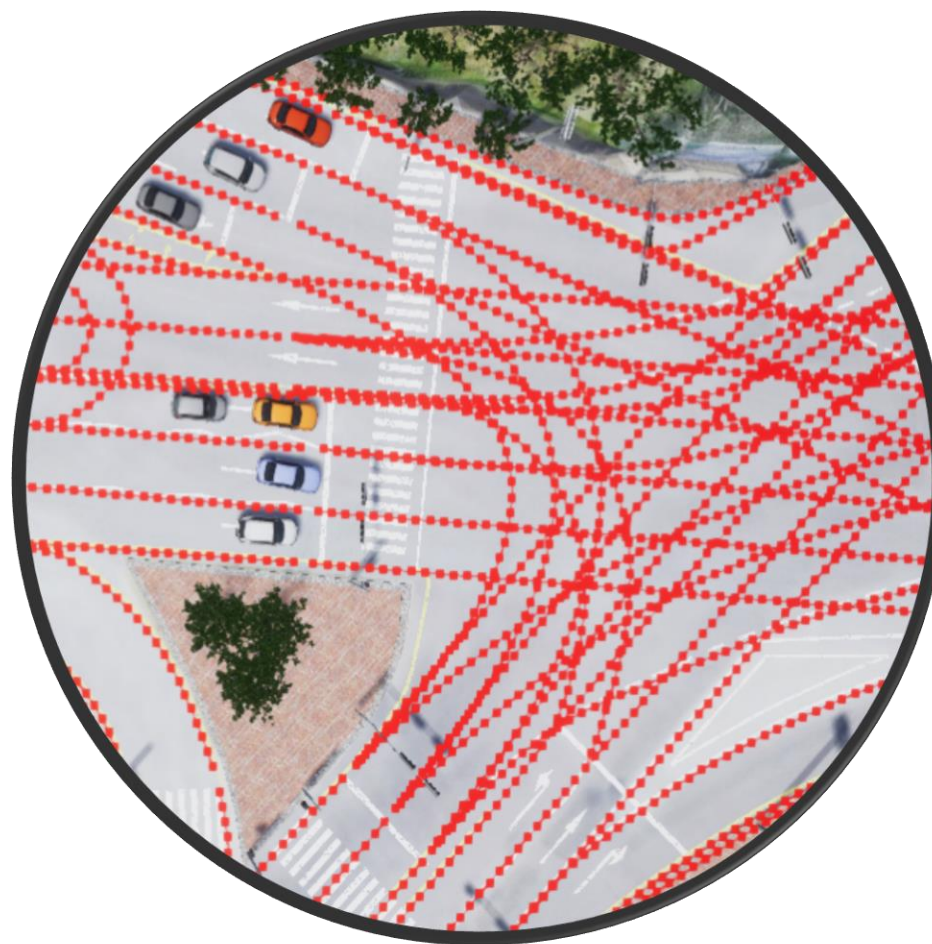
GT Data를 얻을 수 있나

2. 인지 분야에서의 이슈

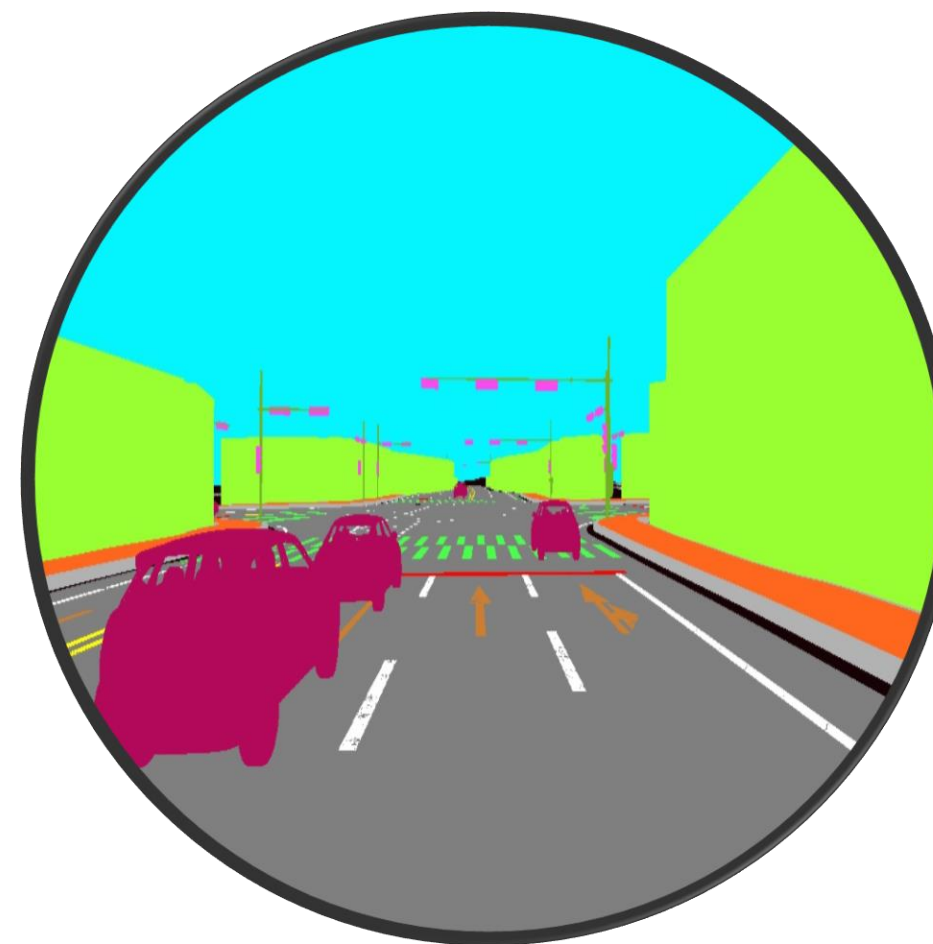
2.1 가상 센서의 완벽한 정답 데이터를 얻을 수 있죠?

네, 얻을 수 있습니다.
하지만... 이슈가 있습니다.

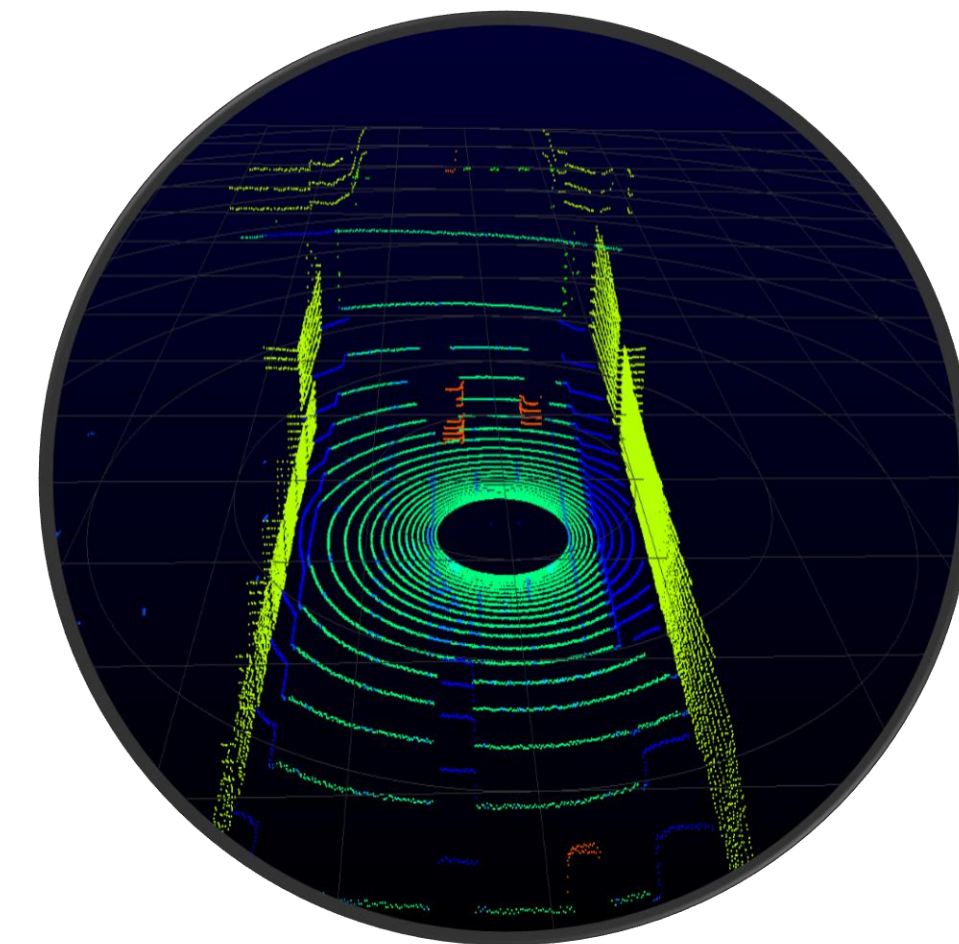
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태



GPS



Camera



Lidar

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

실제 존재하는 맵을 만들 경우
시간과 비용은 크기에 비례한다.

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

Virtual World: 실제 지역 촬영을 통한 3D 복원



실제 도로를 가상에서 모델링하는 과정

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

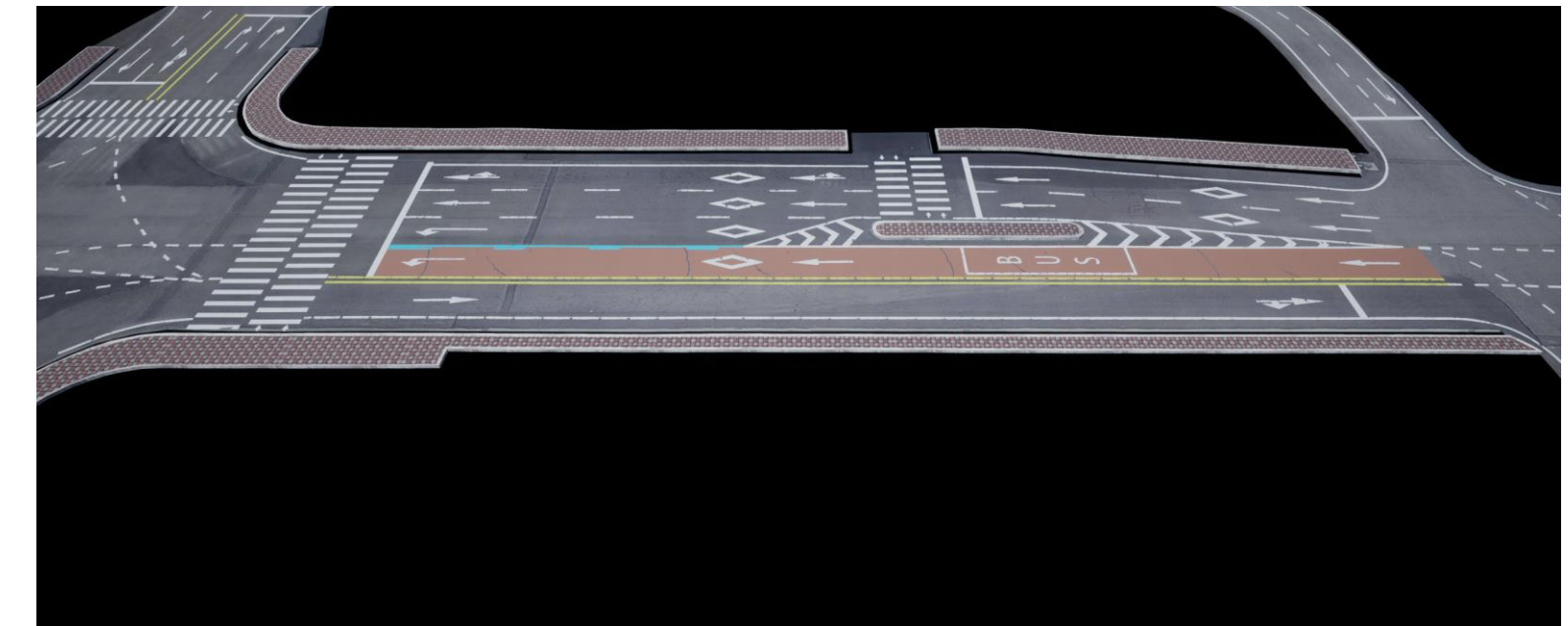
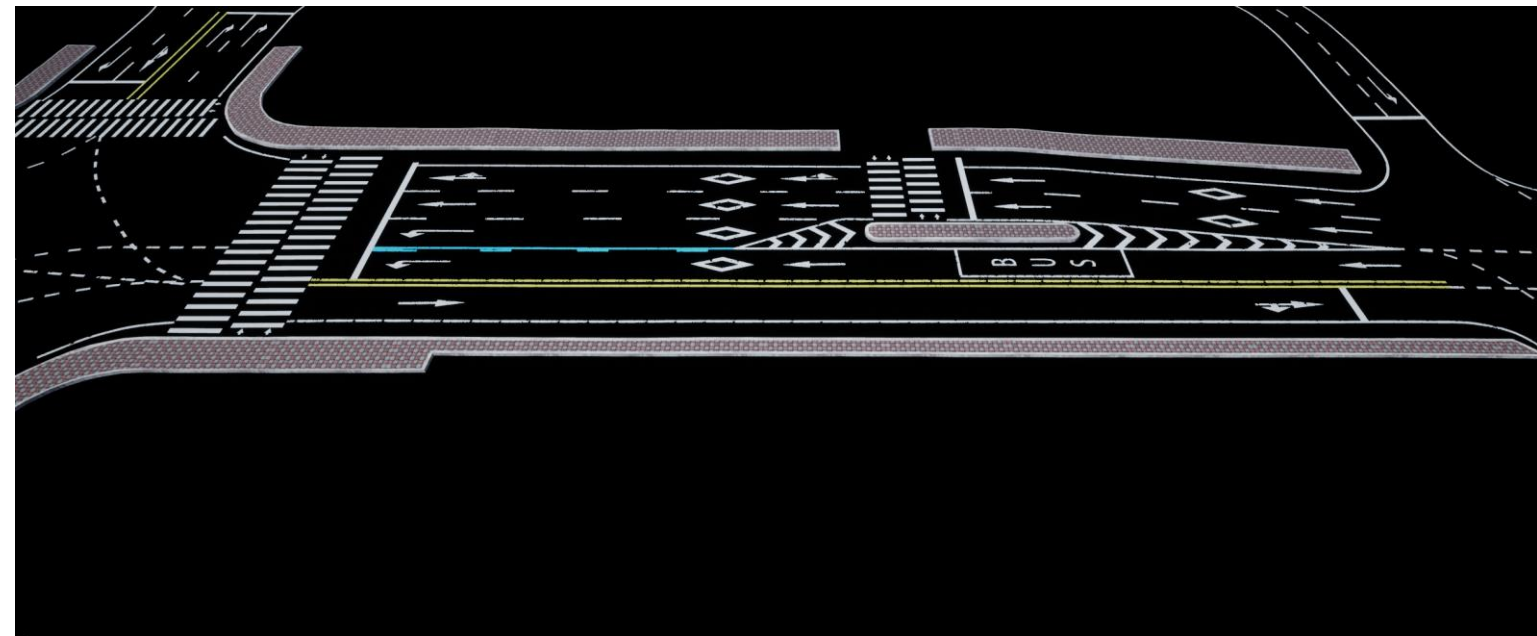
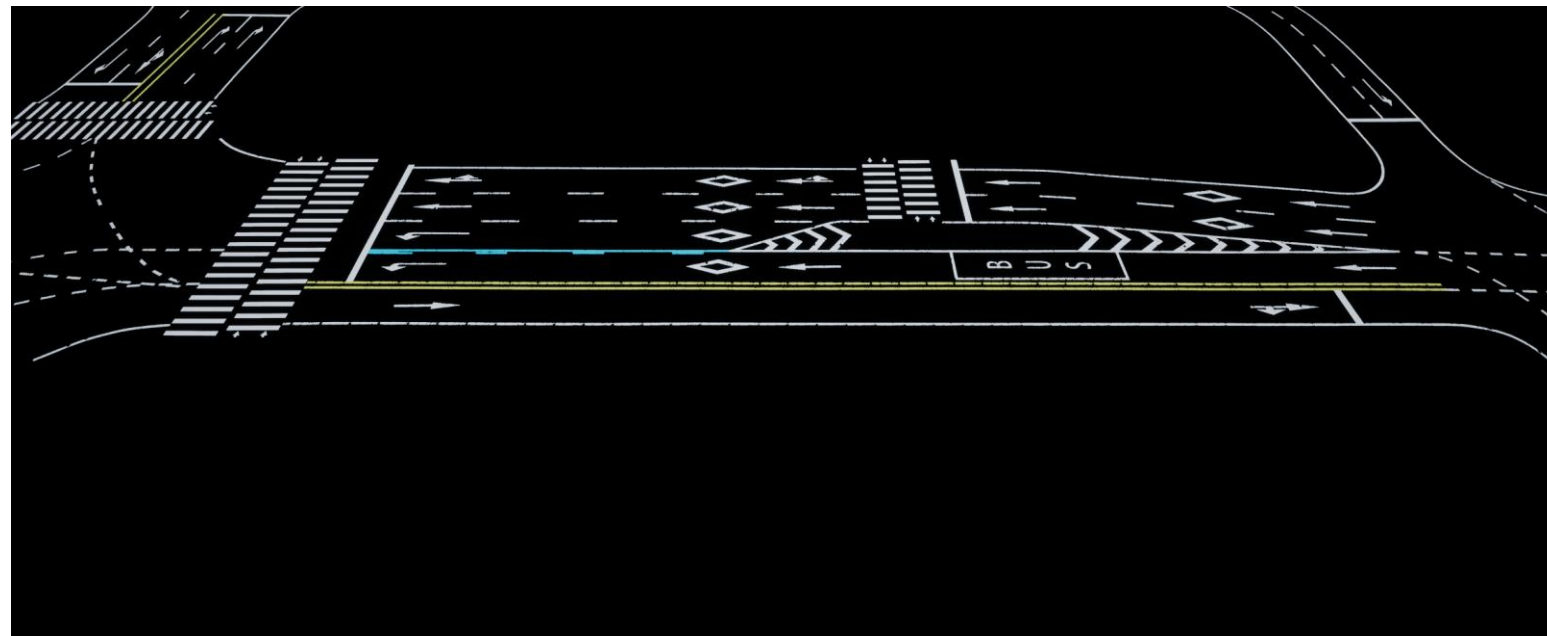
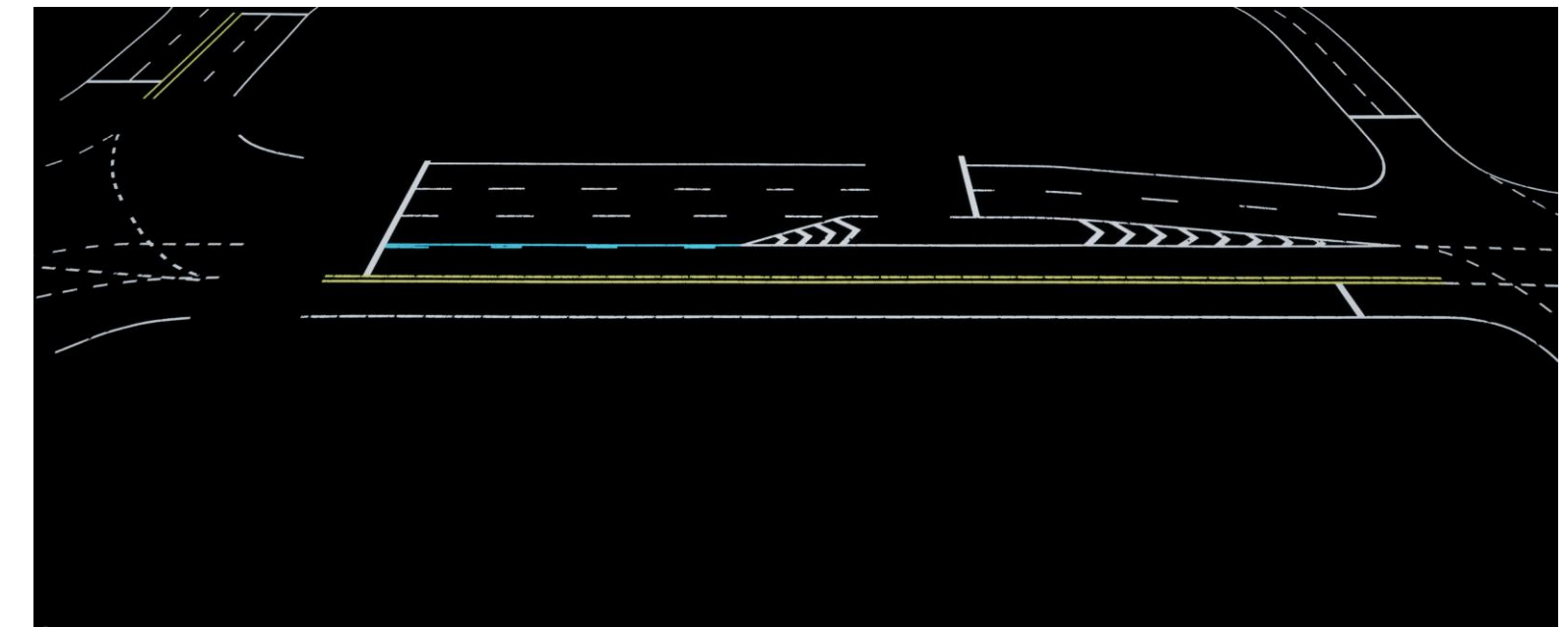
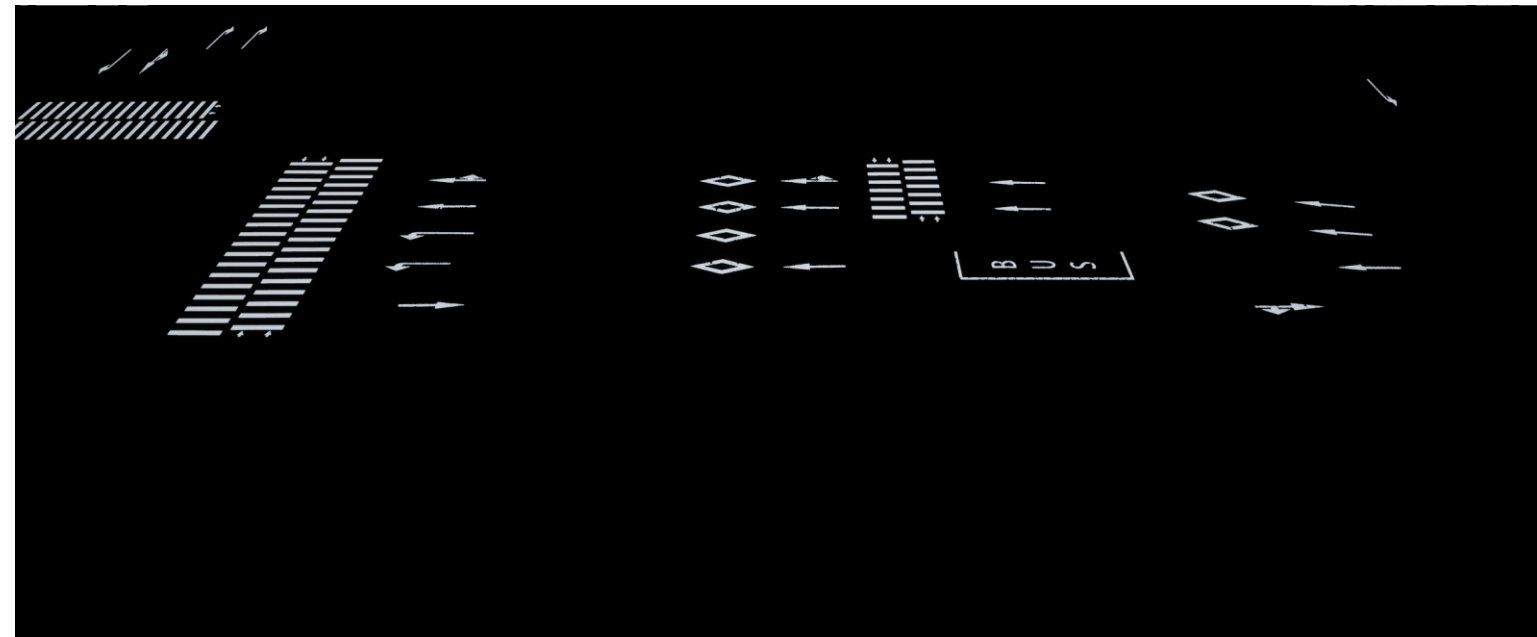
1) 드론을 이용한 촬영 및 3D 복원



촬영한 데이터를 복원한 원본 3D 모델

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

2) 3D모델 리터치 및 도로위의 오브젝트(차선, 노면표지 등) 분리 작업 (과정)



시뮬레이터에서 사용하려면 모든 오브젝트를 분리해줘야 한다

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

2) 3D모델 리터치 및 도로위의 오브젝트(차선, 노면표지 등) 분리 작업 (결과)



3D모델 리터치 및 도로 오브젝트 분리

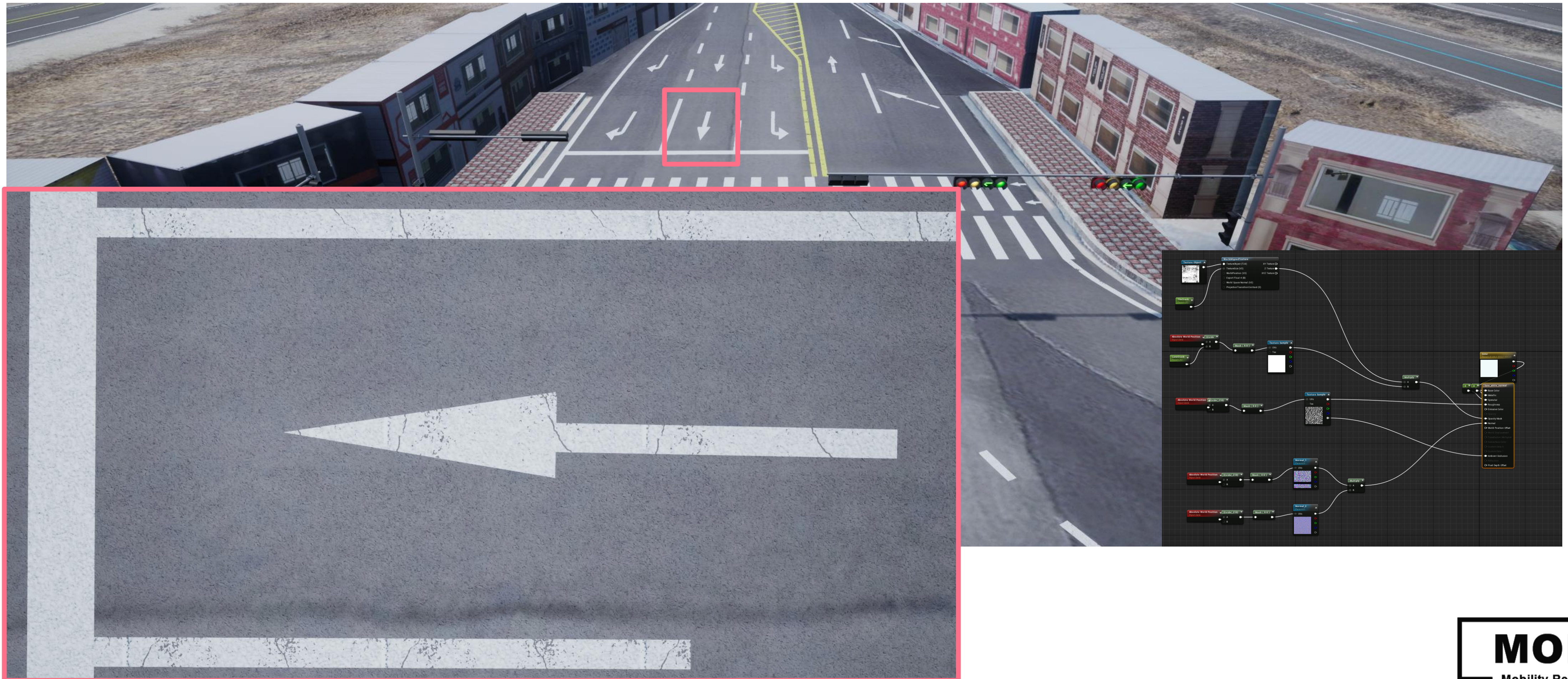
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

3) Reality를 살리기 위한 **텍스처, 머티리얼, 라이팅** 작업



2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map

3) Reality를 살리기 위한 텍스처, 머티리얼, 라이팅 작업



2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map



교통관련 모델



차량



건물

모델링은 대부분 **수작업으로** 제작해야한다

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Map



HD Map 기반으로 자동 생성된 도로
(점과 선으로 표현 가능한 3D 모델은 자동 생성이 가능하다)

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

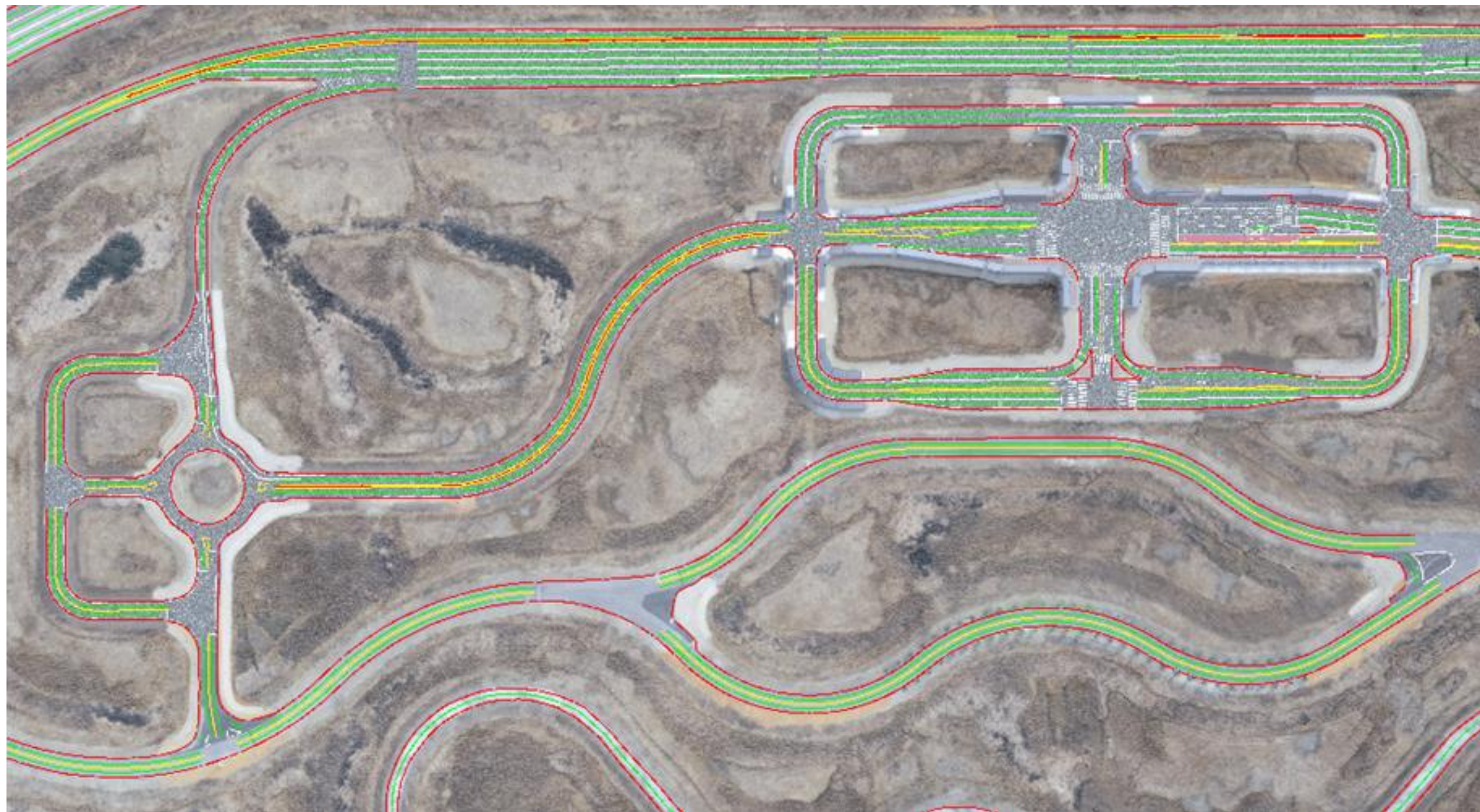
GPS: **정밀한 HD Map**이 있어야 구현 가능하다.



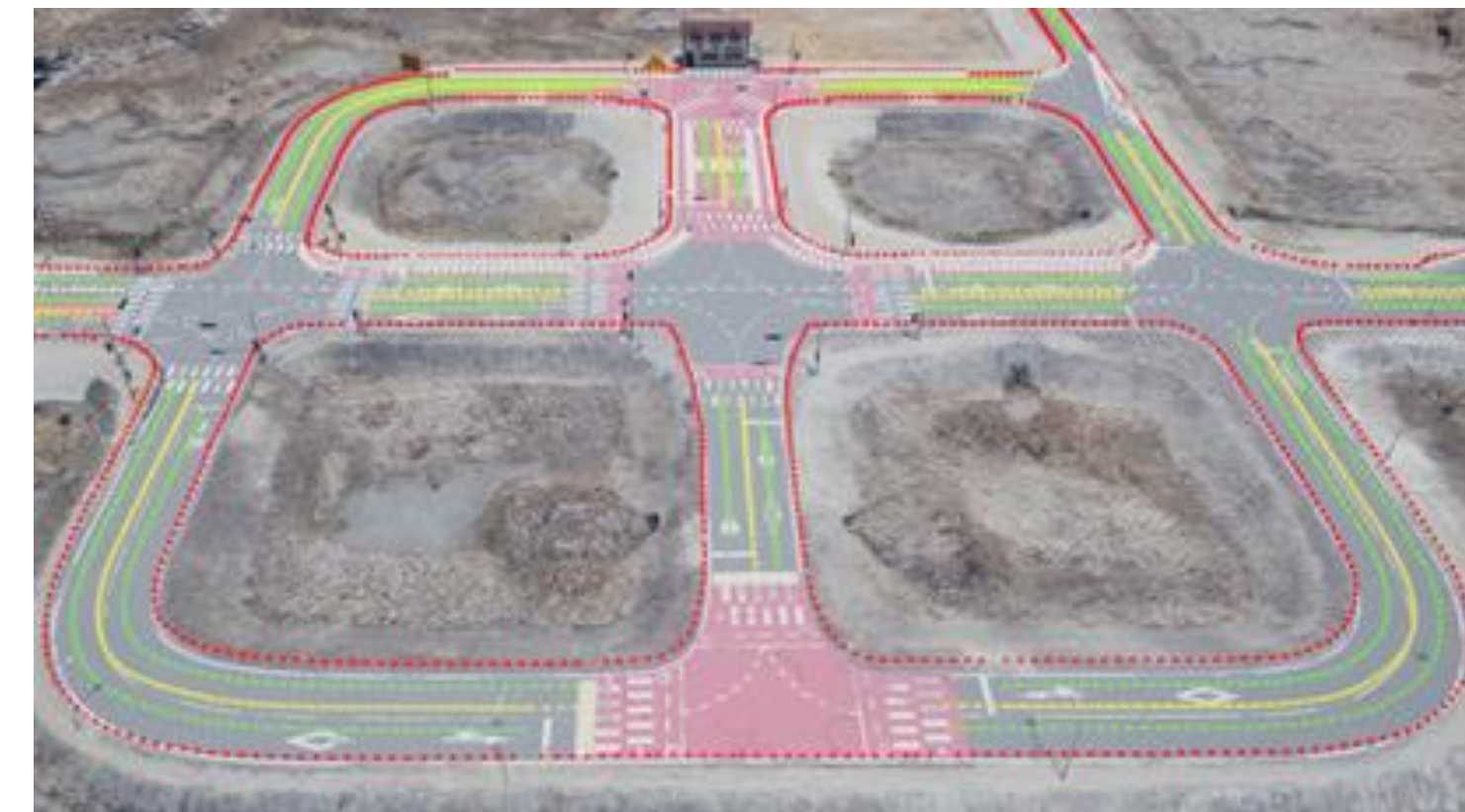
가상 환경에서 GPS를 구현하는 방법

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

GPS: 3D Model + HD Map



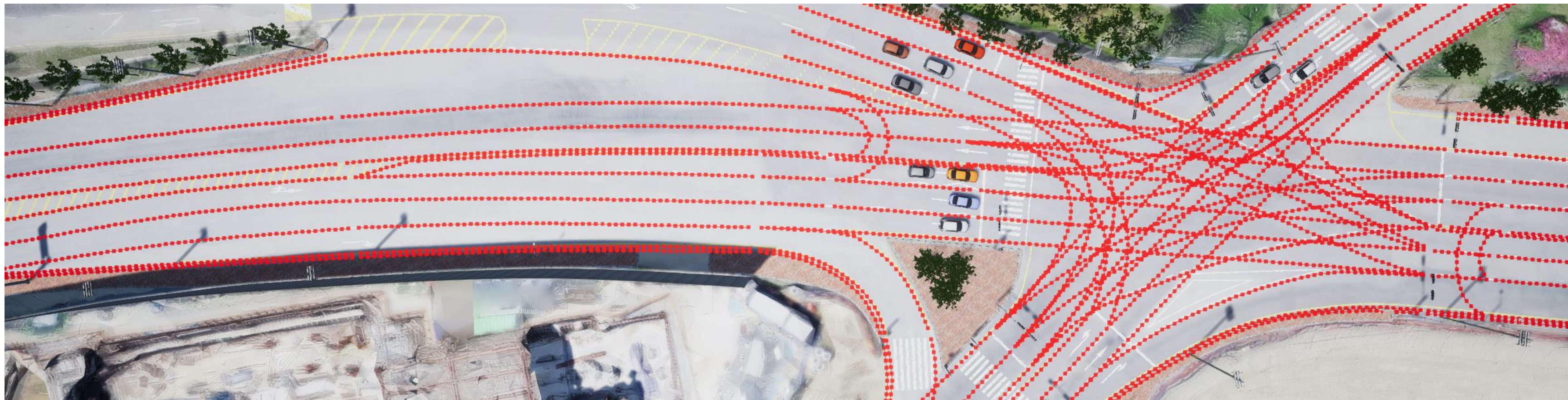
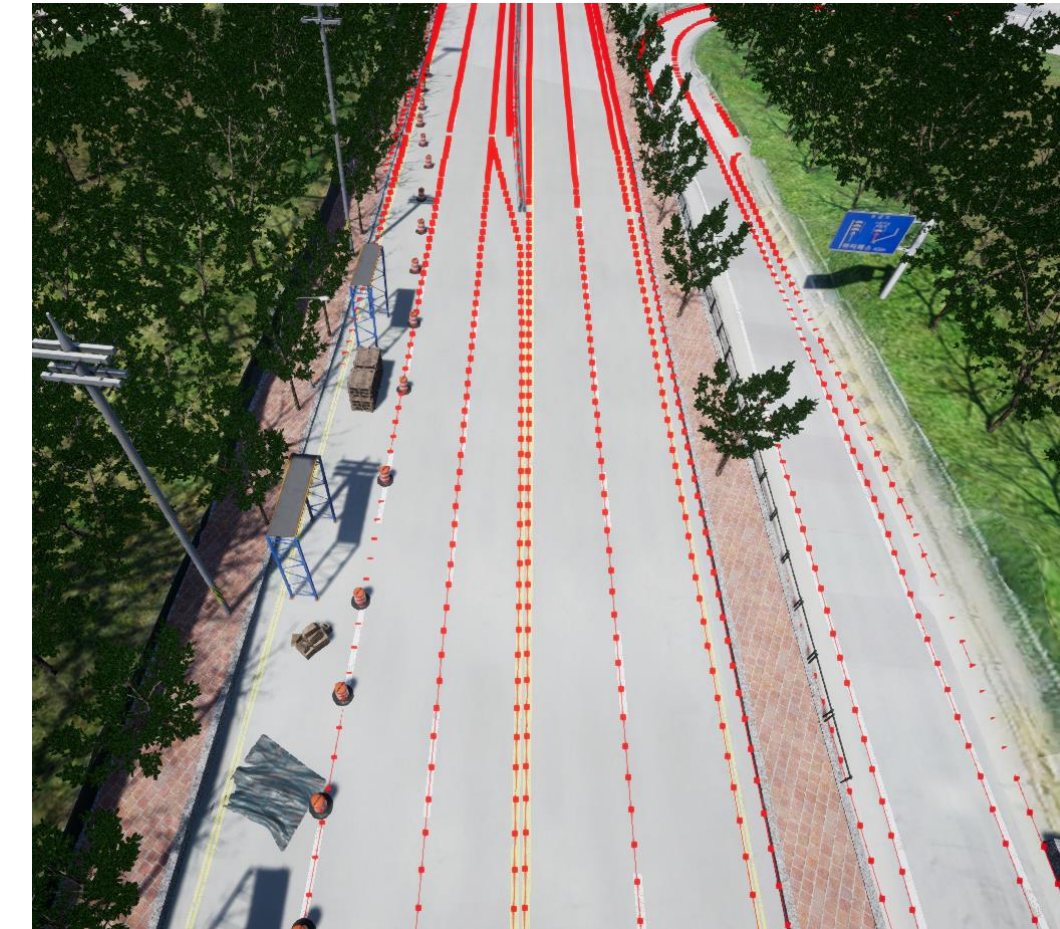
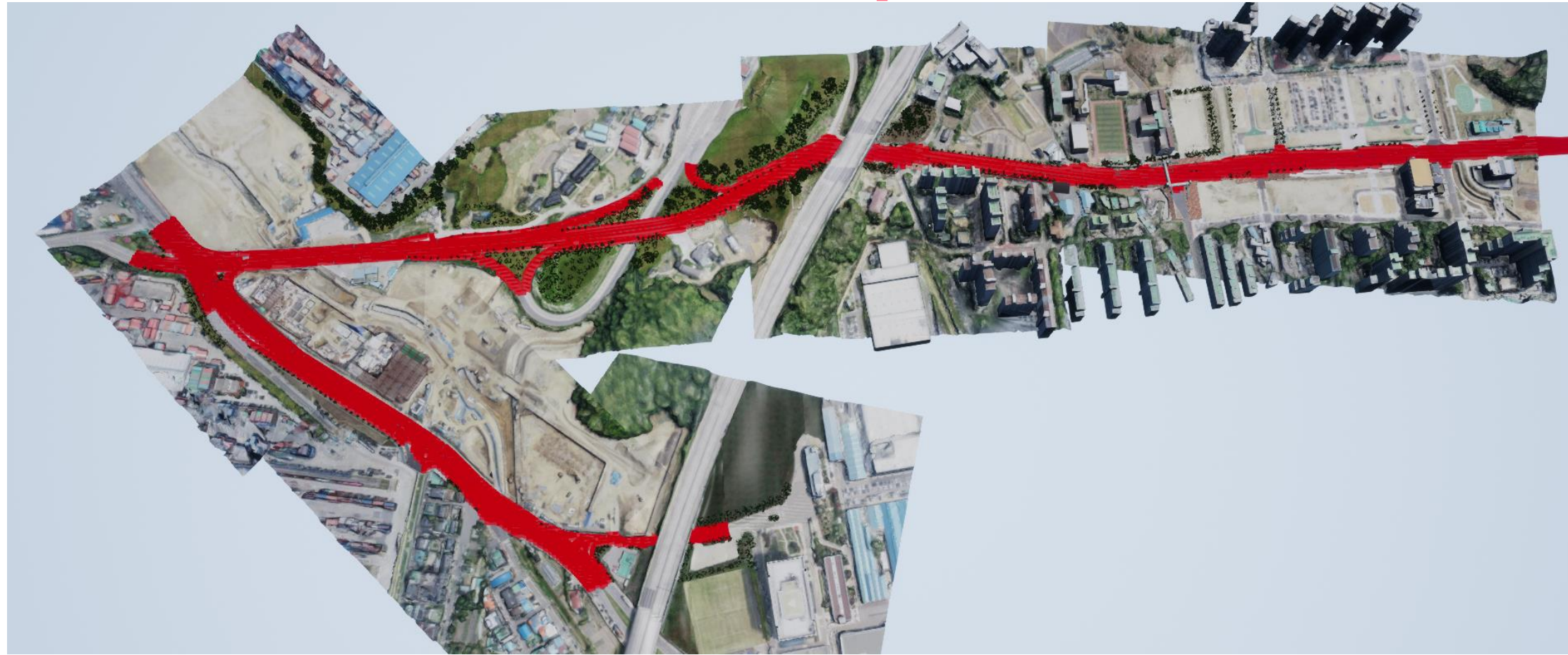
--- Road Edge --- Lane --- Vehicle Path



가상의 K- City 3D Model에 HD Map을 올려놓은 모습

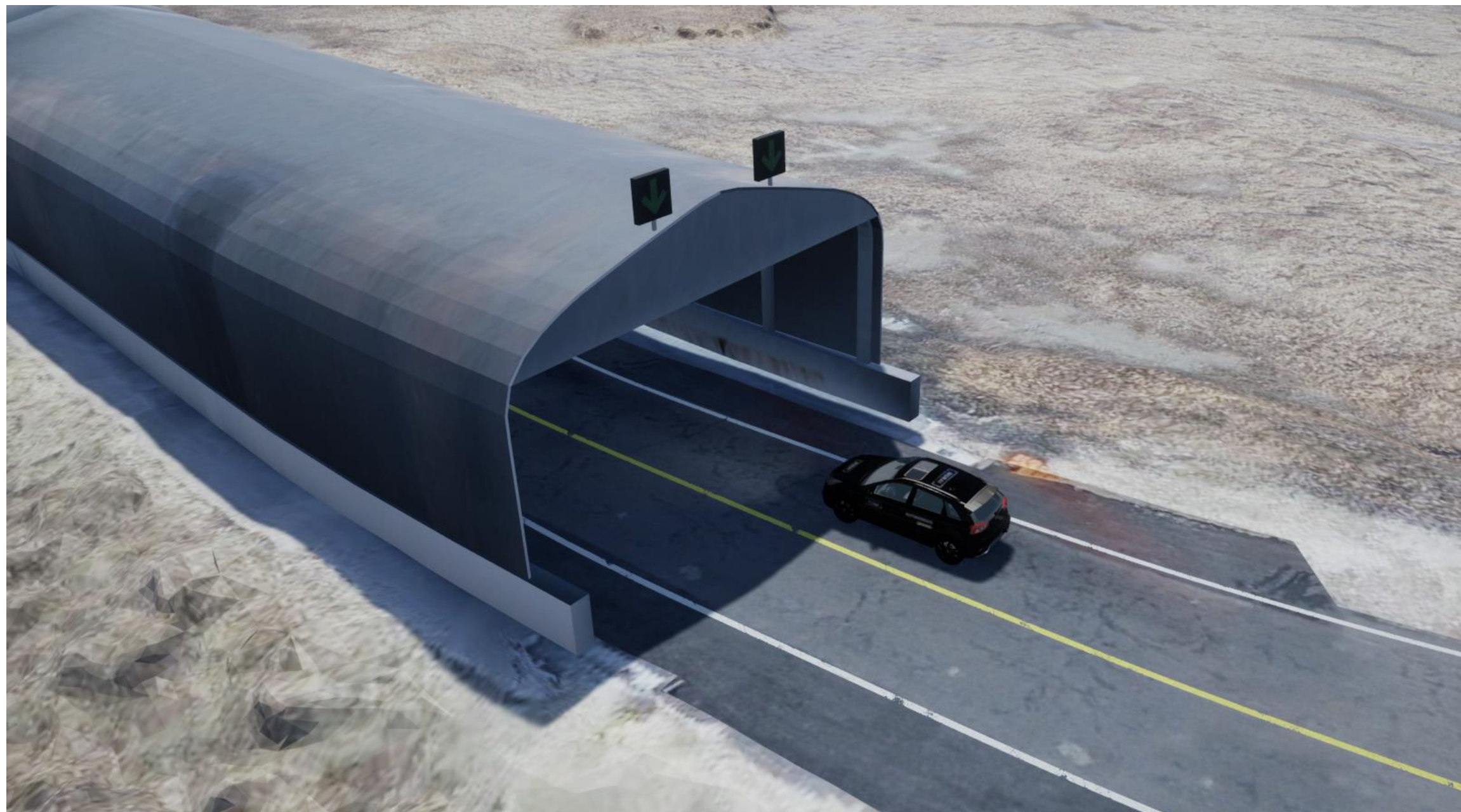
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

GPS: 3D Model + HD Map



2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

Sensor Noise Modeling



GPS 신호가 약한 지역

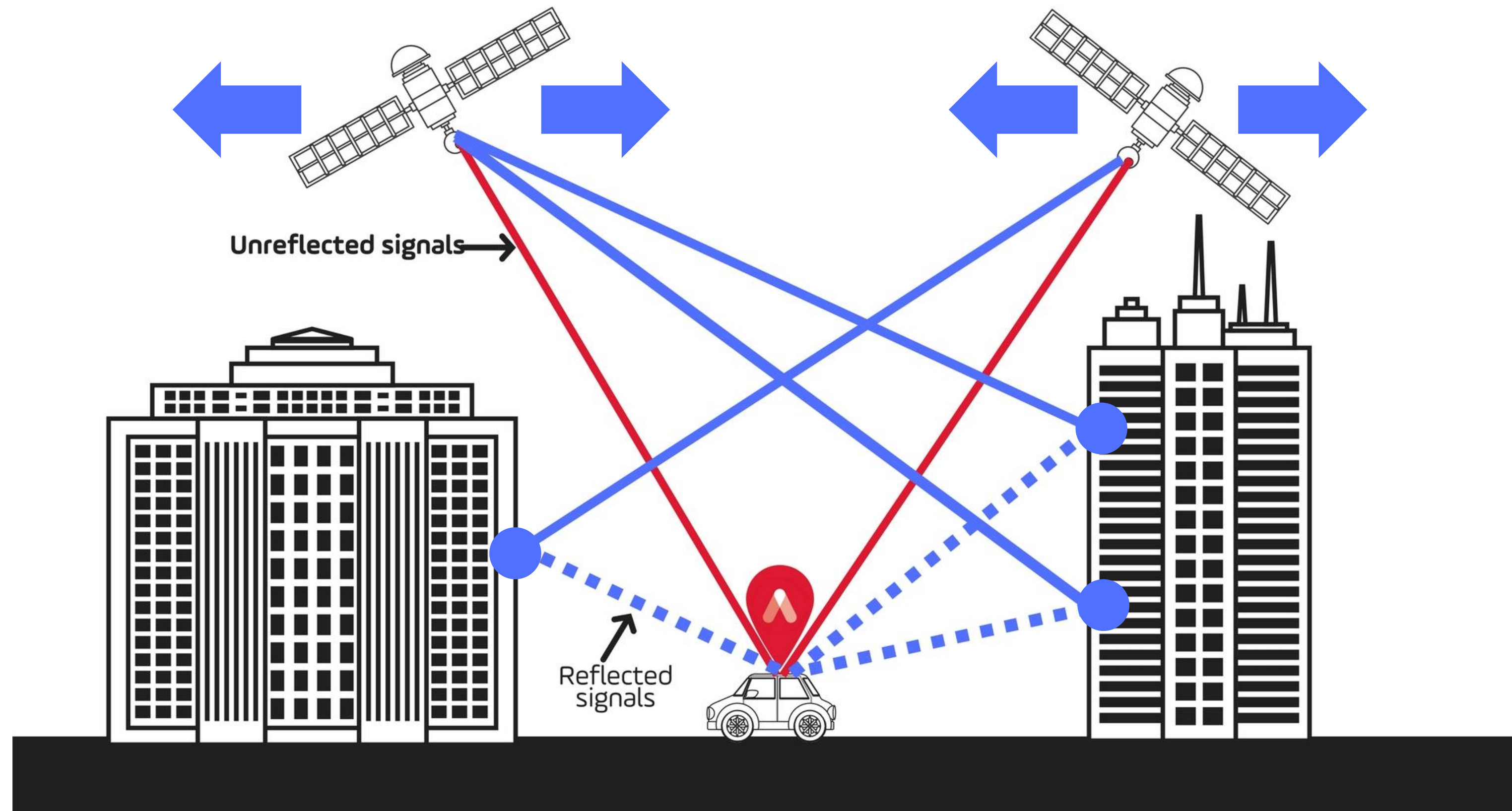


GPS 신호가 강한 지역

GPS 음영 지역의 동작 구현: 지역에 따른 Sensor On/Off

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_GPS

Sensor Noise Modeling(Multipath Error)



* Image From ARGUS Tracking

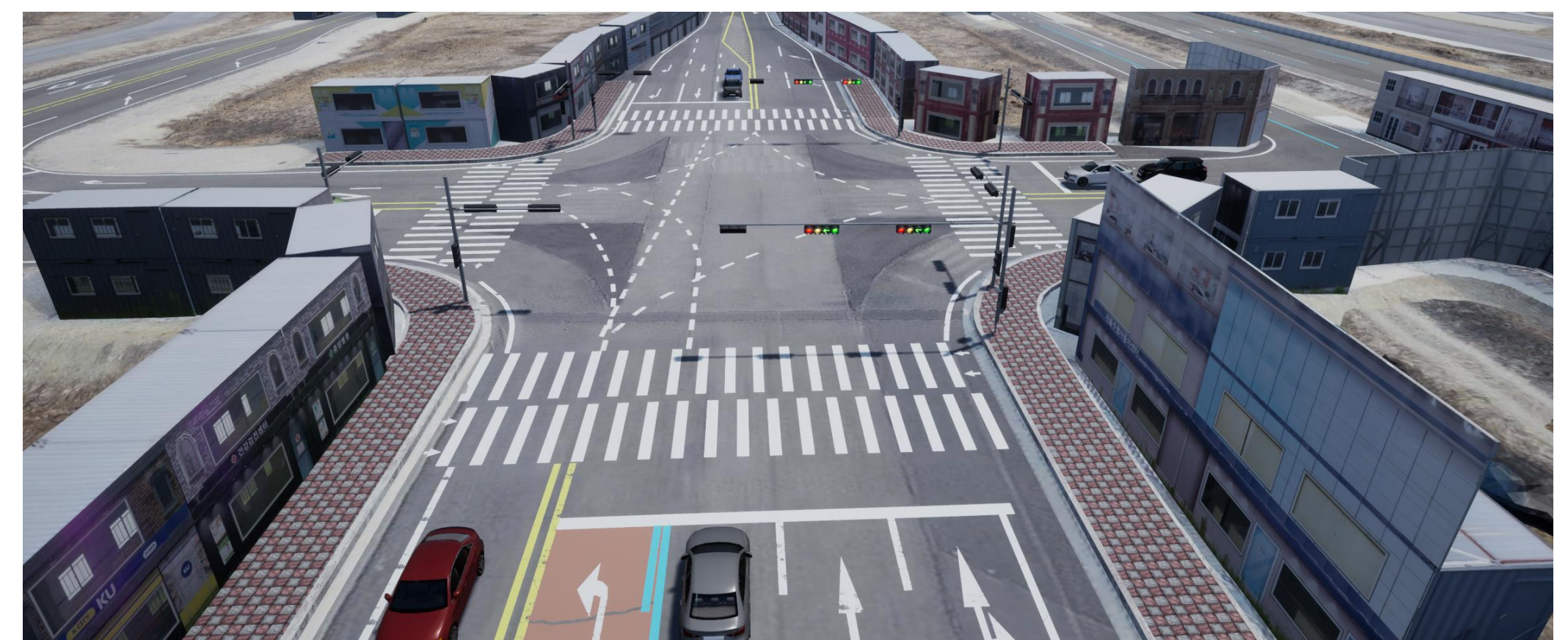
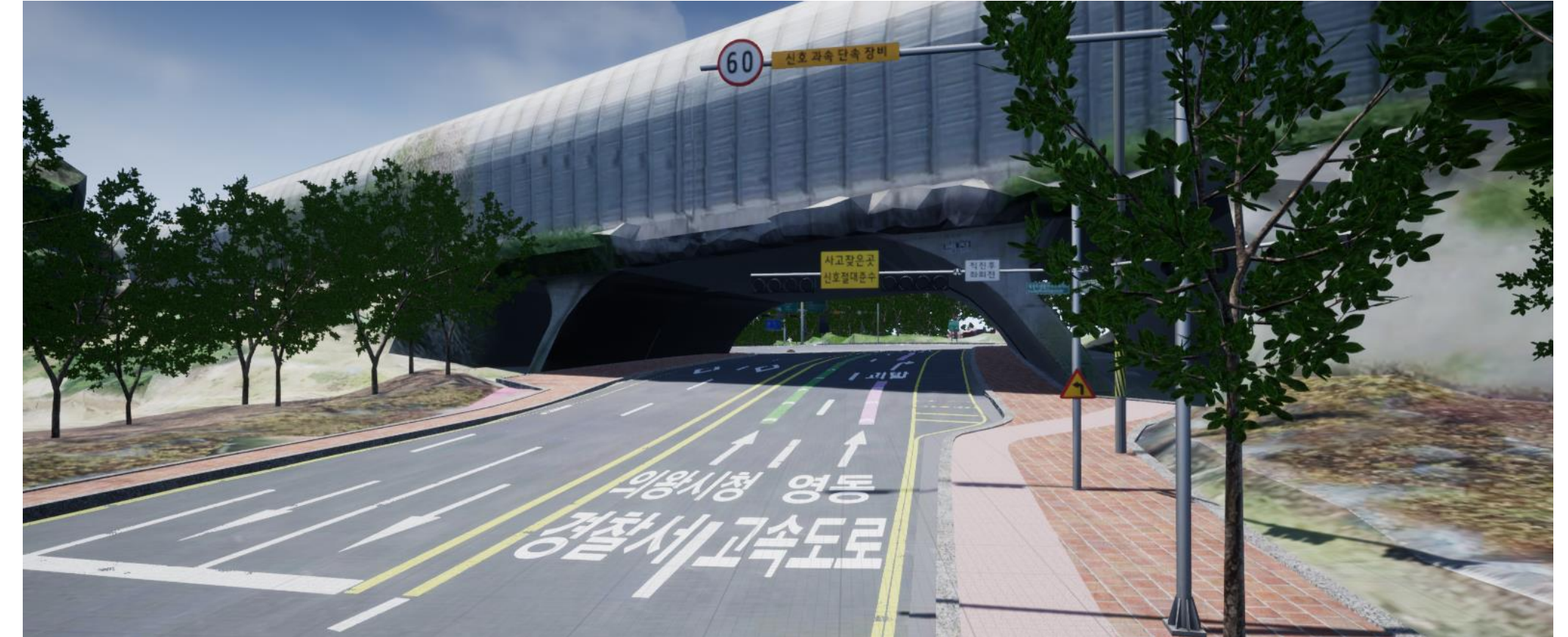
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Image Sensor(카메라)를 가상에서
실제 카메라와 같이 모델링하기엔

Domain이 너무 복잡하다.

(FOV, Resolution, Focal length, Exposure, Distortion . . .)

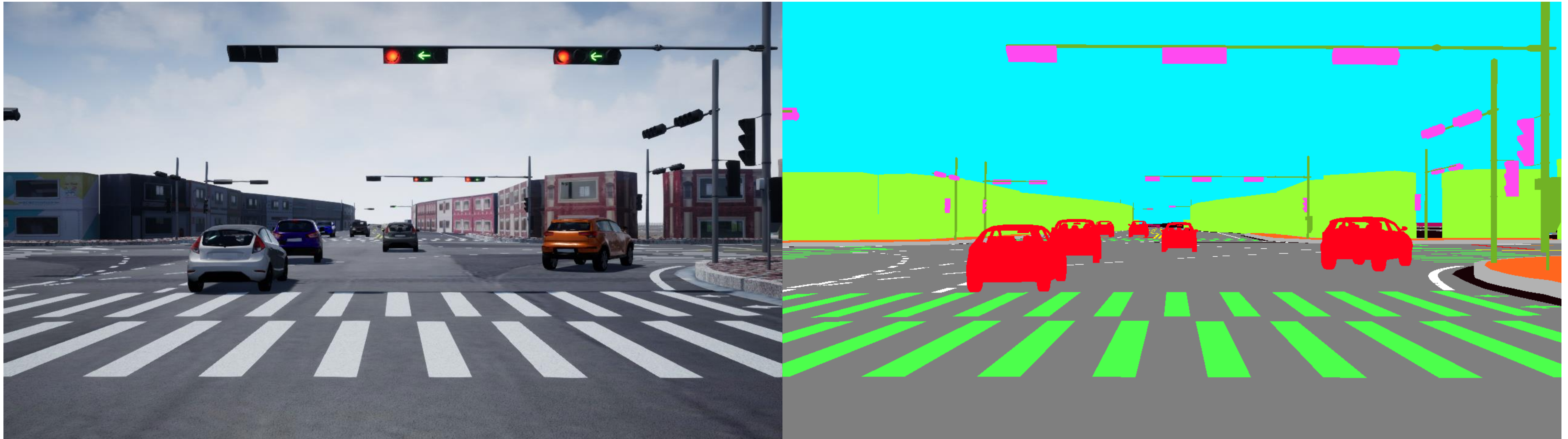
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera



Real World vs Virtual World

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Camera: RGB + Annotation



영상에 대한 GT를 쉽게 얻을 수 있다.

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera



Real KITTI vs Virtual KITTI vs MORAI Data

* KITTI: <http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/index.php>

* Virtual KITTI: <https://europe.naverlabs.com/research/computer-vision/proxy-virtual-worlds/>



Autonomous Vehicle
Hardware & Simulator Solution

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

0) Only real KITTI

1) Virtual KITTI all & KITTI 5000

2) Virtual KITTI all & KITTI 2000

3) MORAI Simulator all & KITTI 5000

4) MORAI Simulator all & KITTI 2000

5) MORAI Simulator 2000 & KITTI 3000

6) MORAI Simulator 3000 & KITTI 2000

7) MORAI Simulator 4000 & KITTI 1000

8) MORAI Simulator all & KITTI 1000

9) MORAI Simulator all & KITTI 3000

Candidates	precision	recall	mAP	F1
0	0.582	0.821	0.761	0.682
1	0.624	0.804	0.67	0.703
2	0.537	0.759	0.606	0.629
3	0.656	0.812	0.764	0.725
4	0.423	0.712	0.615	0.531
5	0.581	0.776	0.718	0.665
6	0.486	0.762	0.59	0.594
7	0.446	0.726	0.584	0.552
8	0.453	0.745	0.584	0.563
9	0.543	0.804	0.743	0.648

Data Set으로써의 역할은 충분히 가능하다.

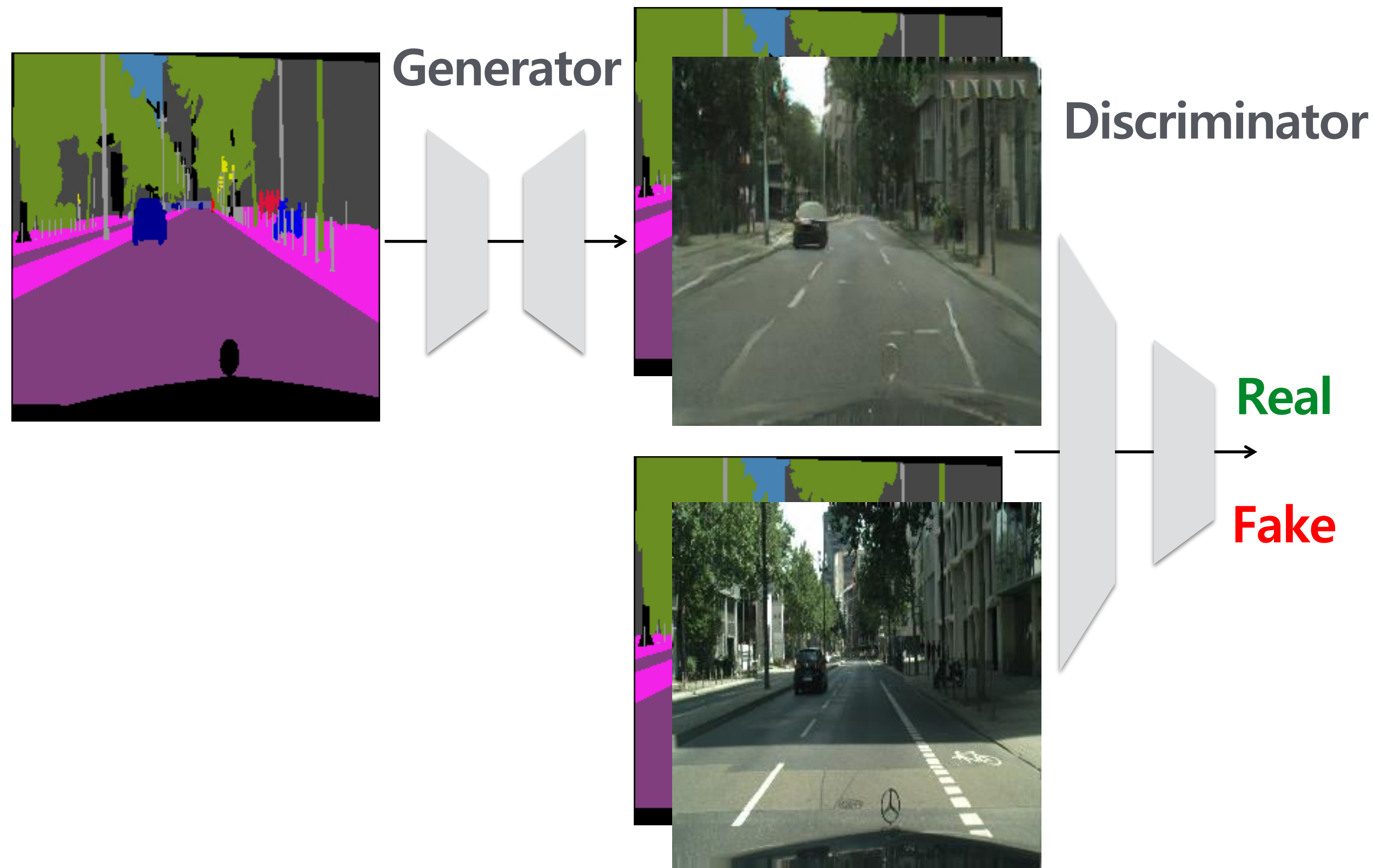
(KITTI와는 도메인이 달라 Generalization에 도움된 것으로 판단)

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

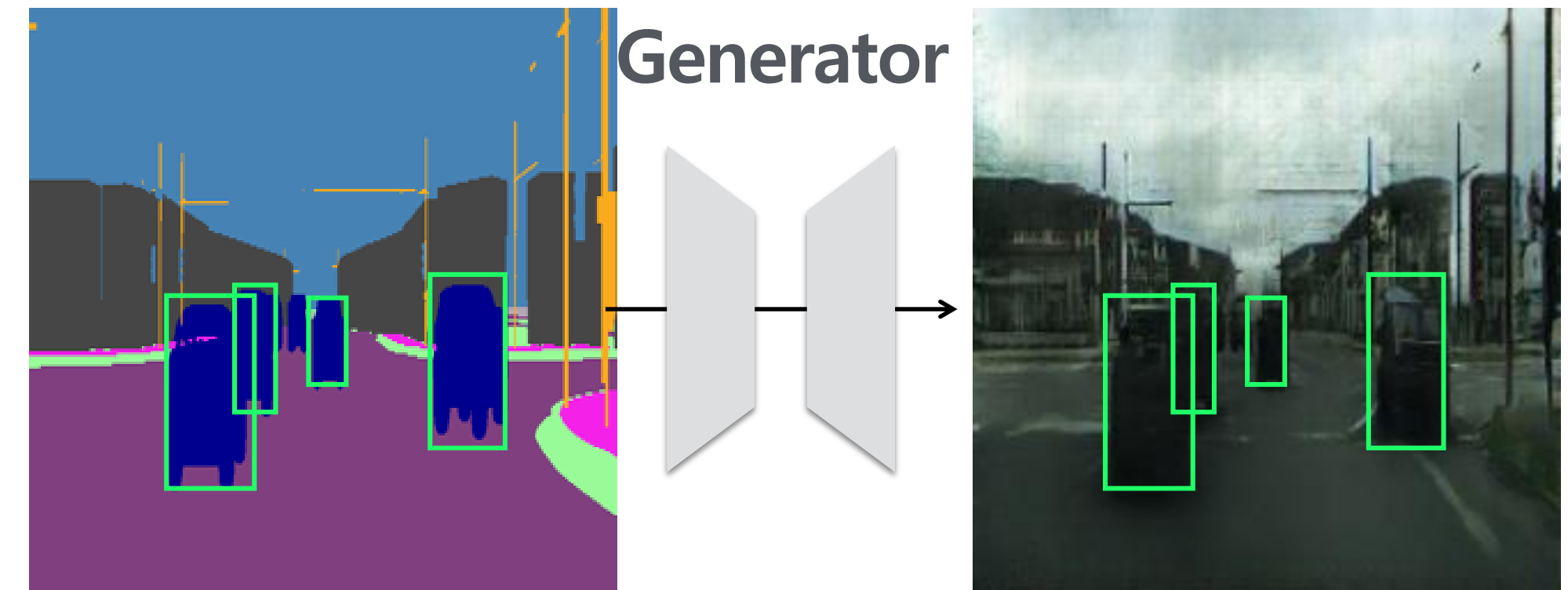
사용자의 카메라와 같은 “스타일”의 이미지로
데이터를 Translation해야한다.

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Pix2Pix training

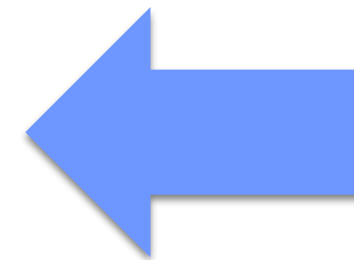
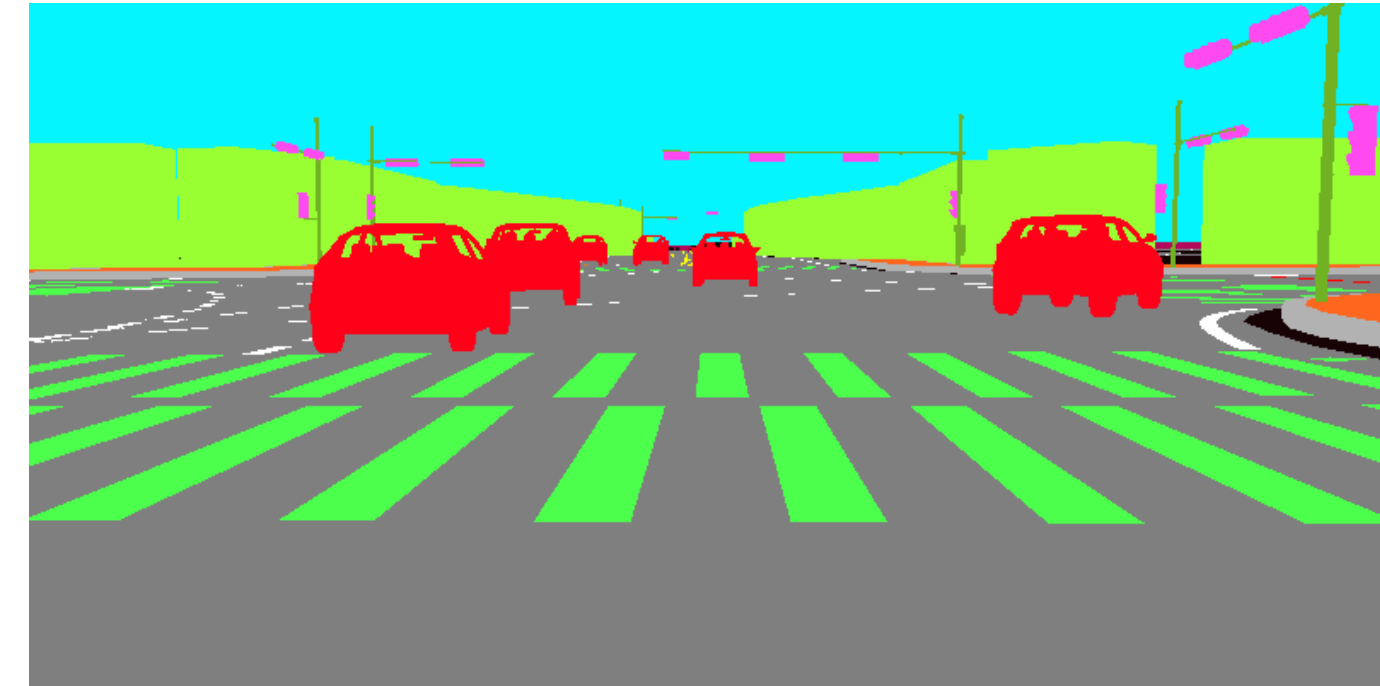
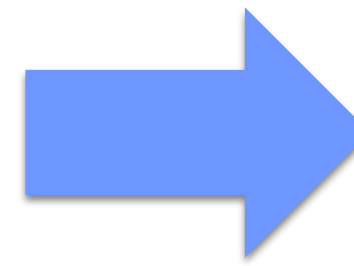


Pix2Pix based data generation



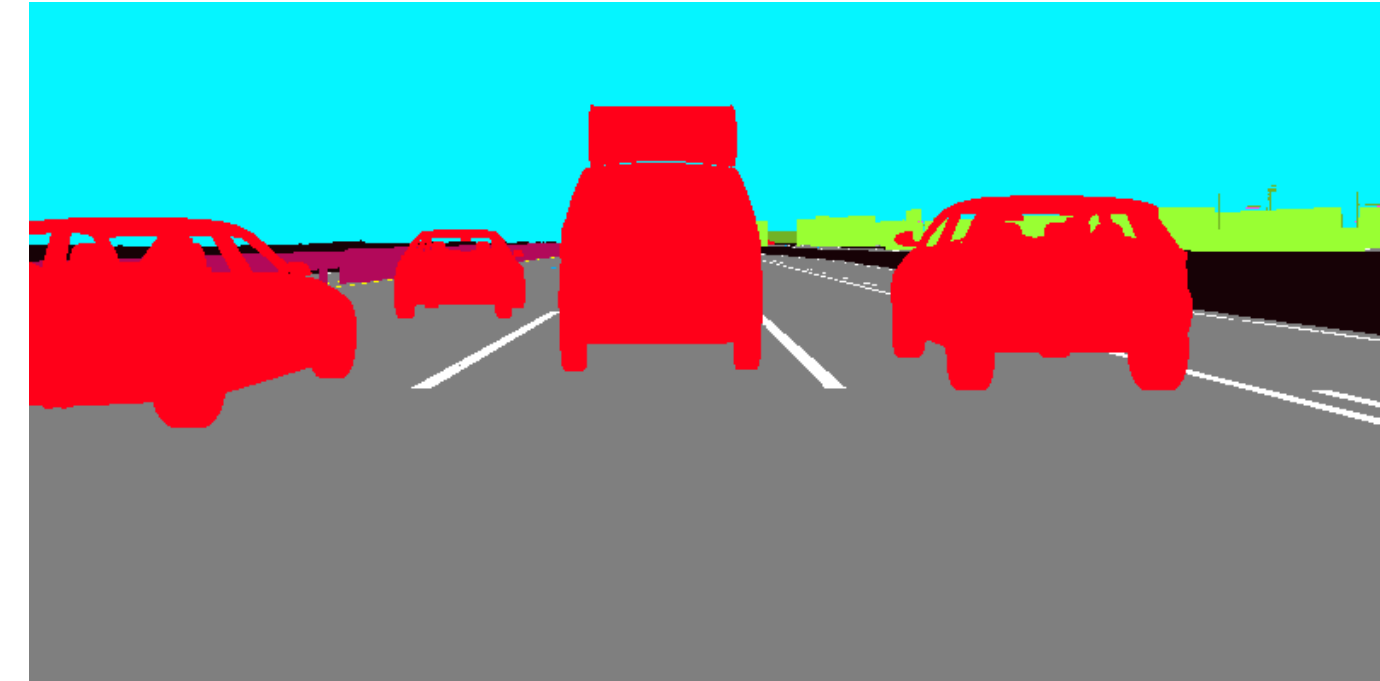
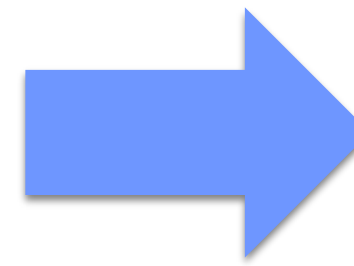
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Pix2Pix(MORAI 결과)



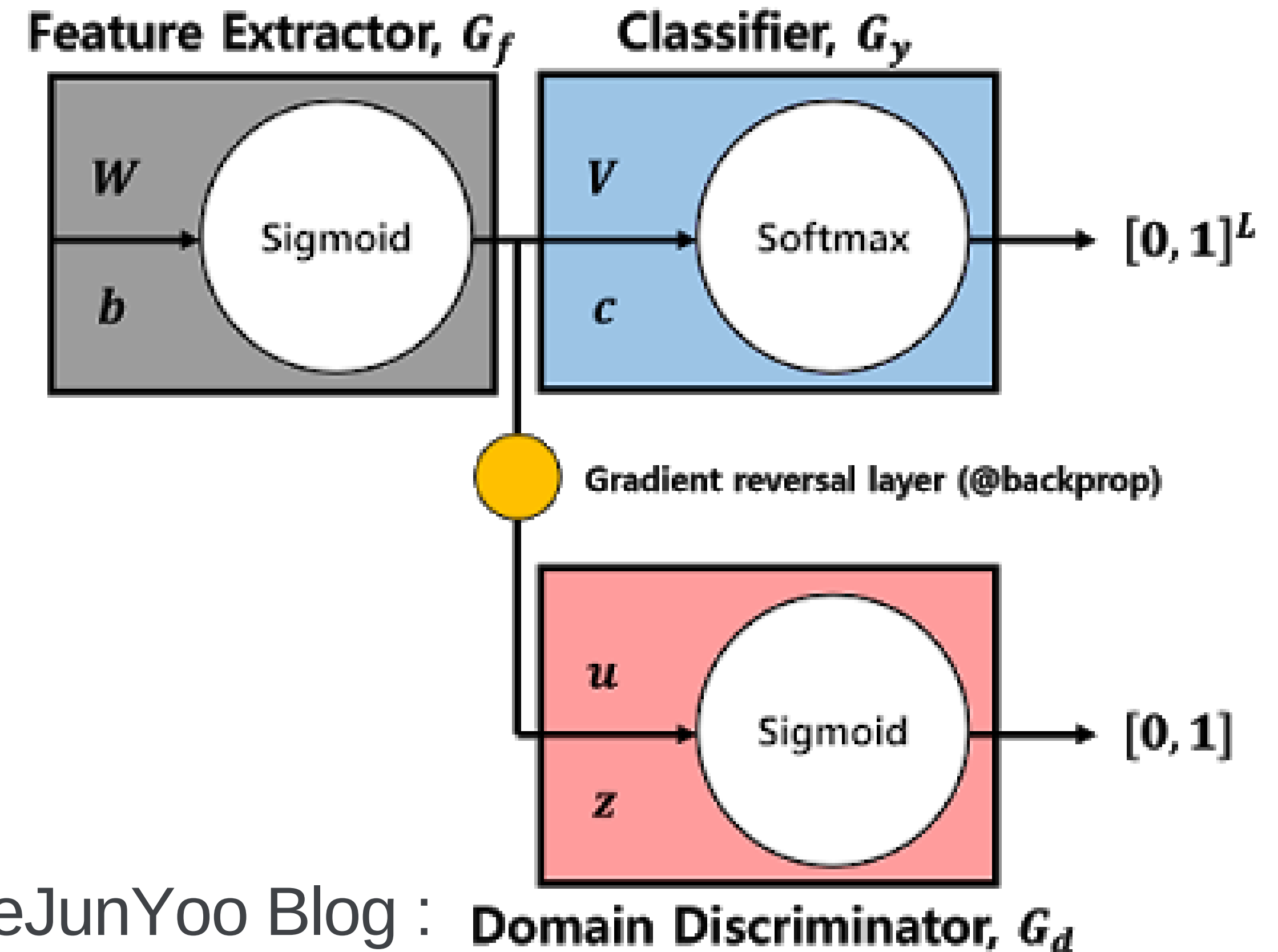
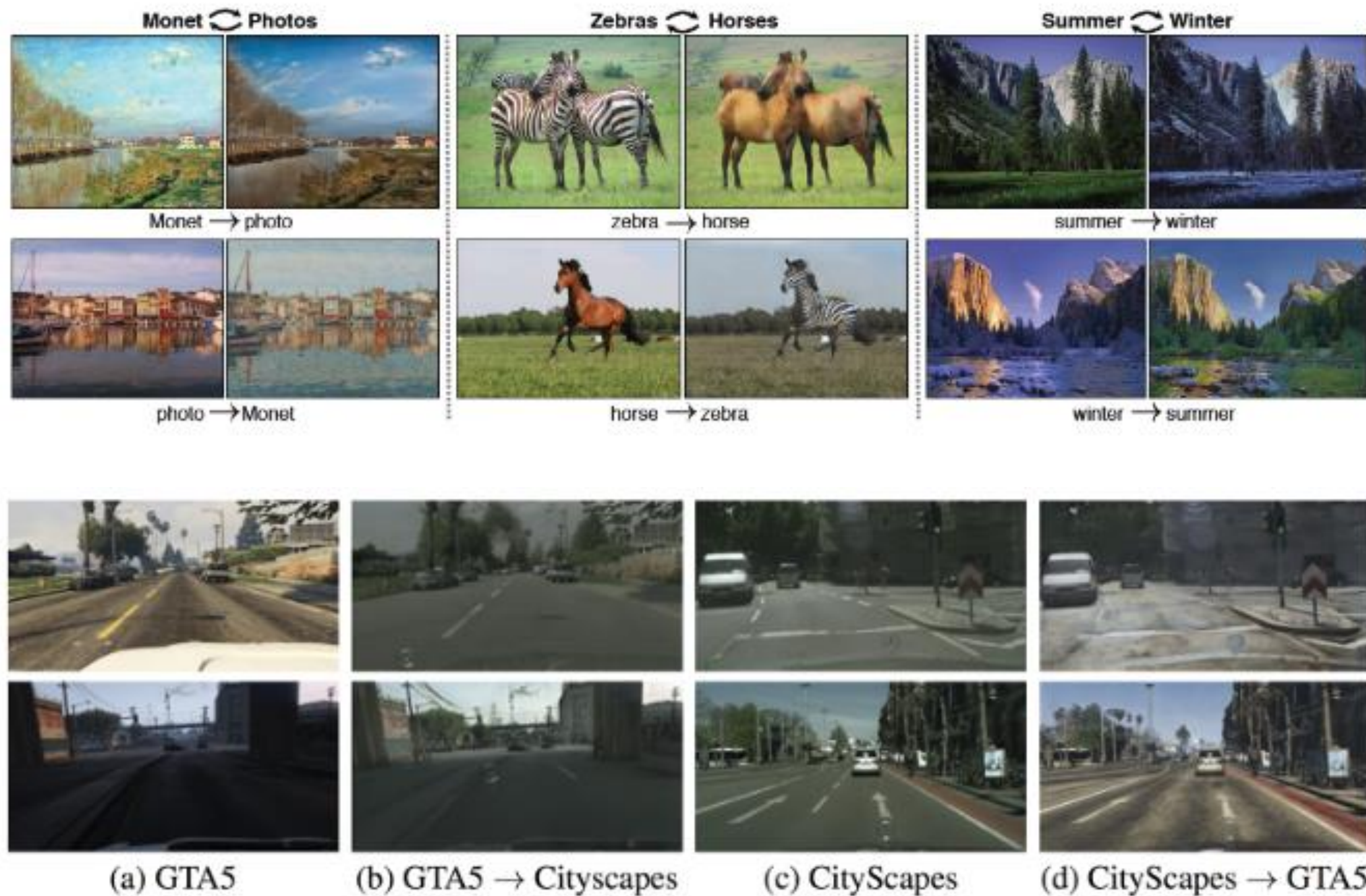
2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Pix2Pix(MORAI 결과)



2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Camera

Cycle Gan, Domain Adaptation



* cycle gan : <https://arxiv.org/abs/1703.10593>

* JaeJunYoo Blog : **Domain Discriminator, G_d**

<http://jaejunyoo.blogspot.com/2017/01/domain-adversarial-training-of-neural.html?m=1>

* domain adversarial neural net :

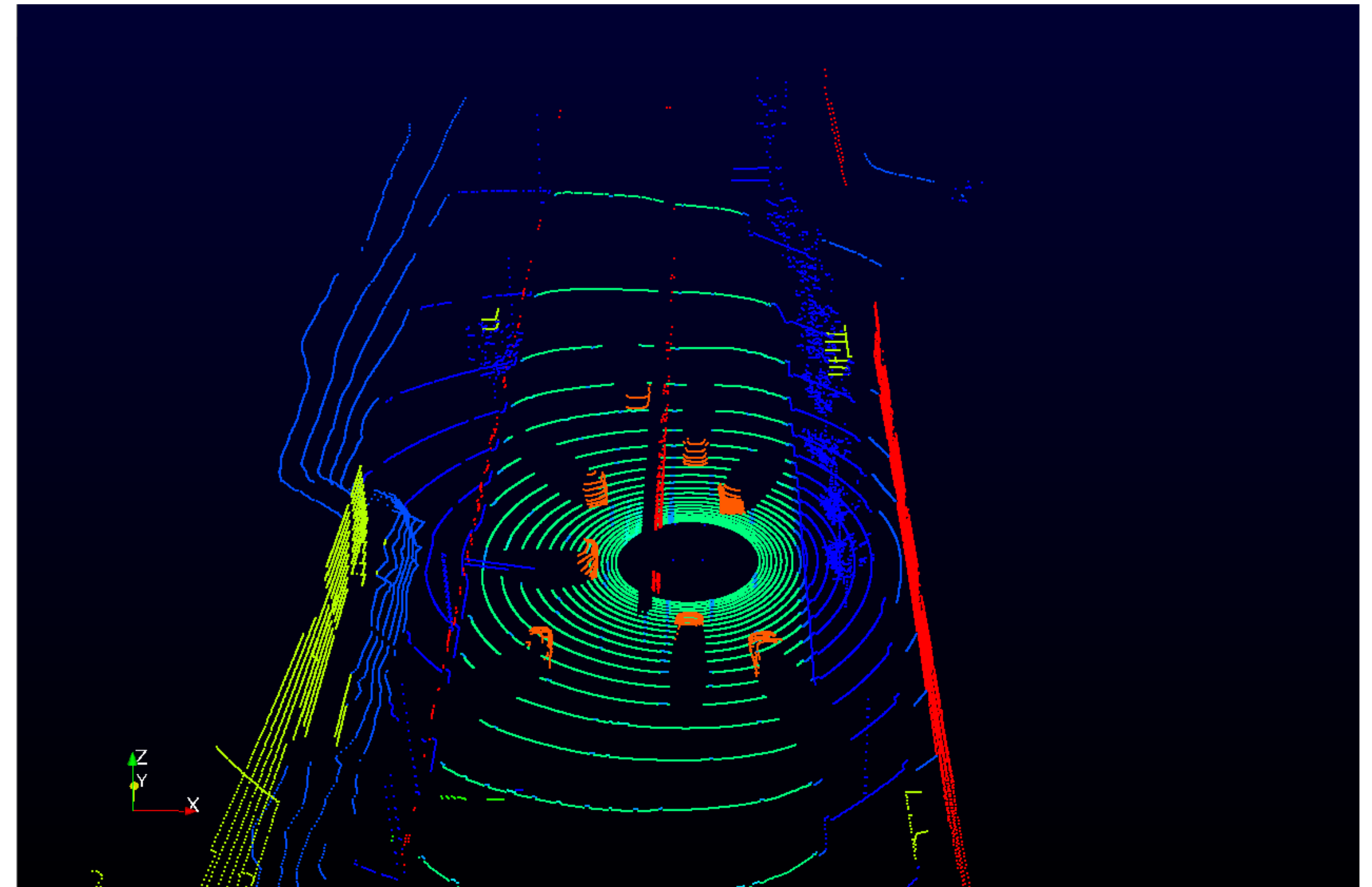
<https://arxiv.org/pdf/1505.07818.pdf>

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Lidar

Lidar: Distance + Intensity



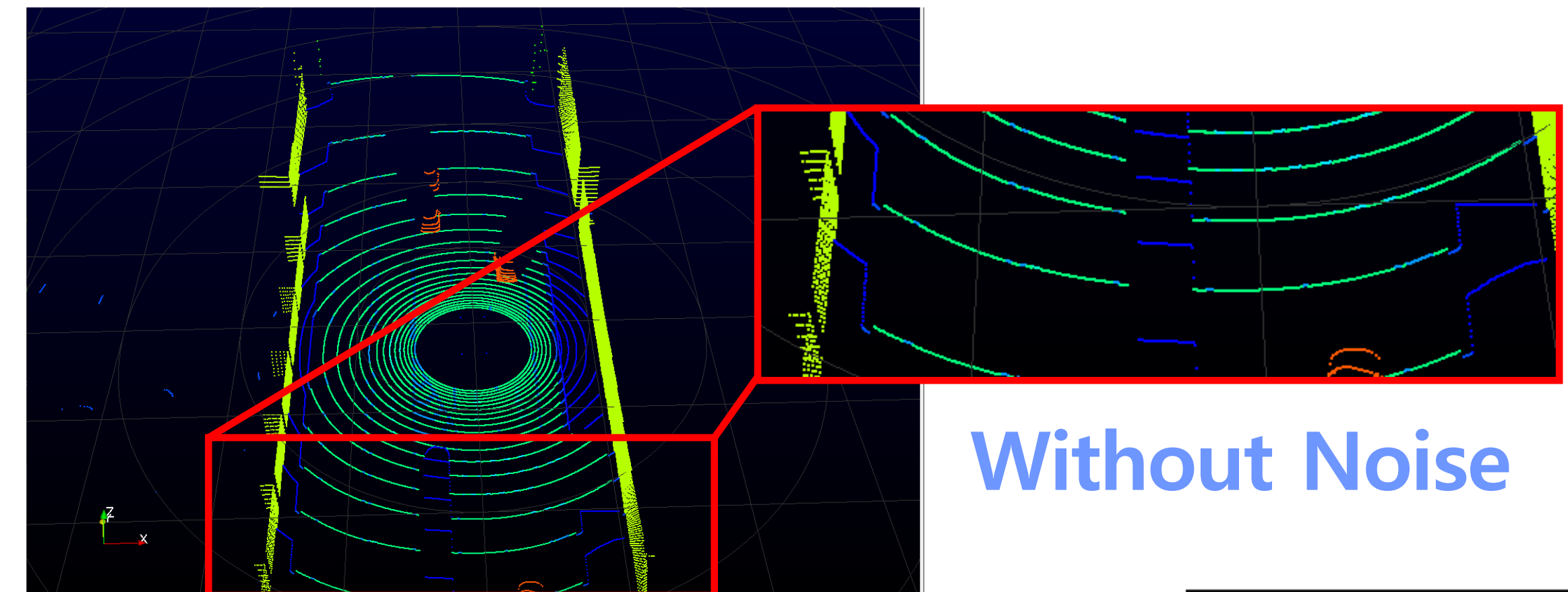
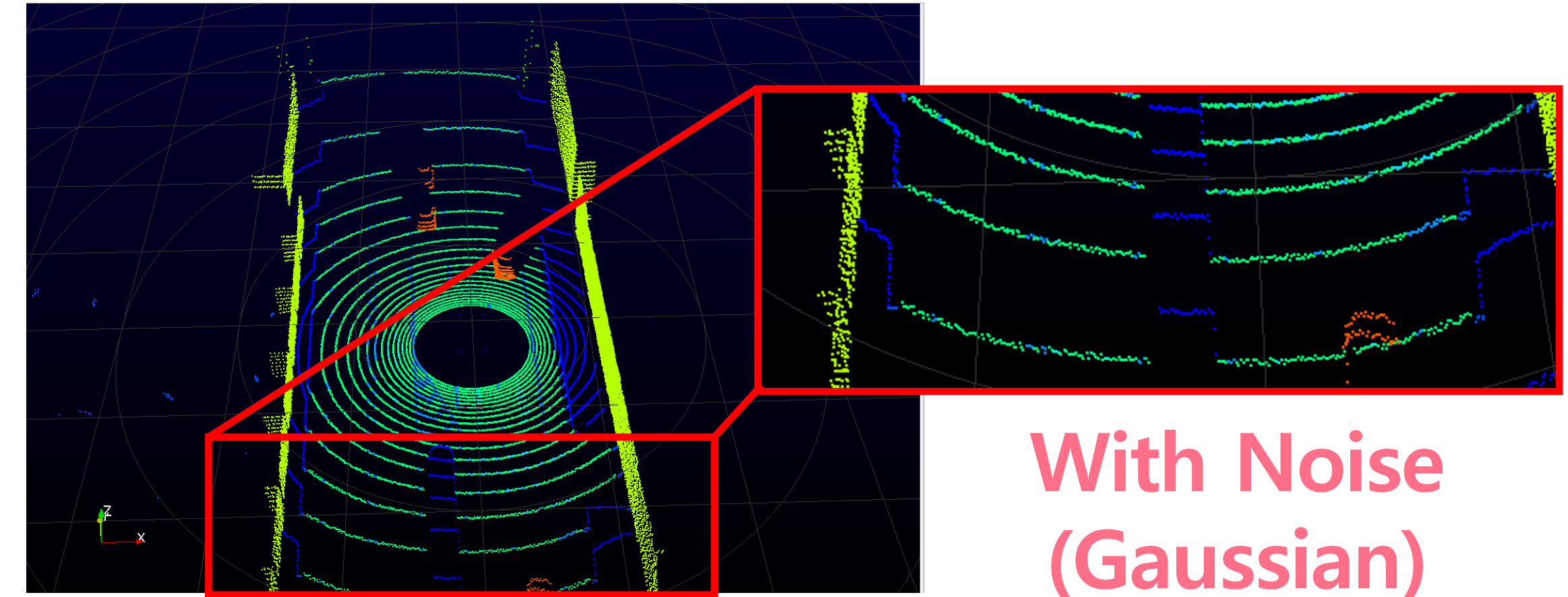
시뮬레이터의 Scene



시뮬레이터로부터 획득된 Point Cloud

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Lidar

Sensor Noise Modeling(**Distance**)



Lidar Noise Modeling: **Noise**의 모델이 필요하다

2.2 가상 환경에서 획득할 수 있는 “정답” 형태_Lidar

Sensor Noise Modeling(Intensity)



단일 Mesh로 이루어진 건물

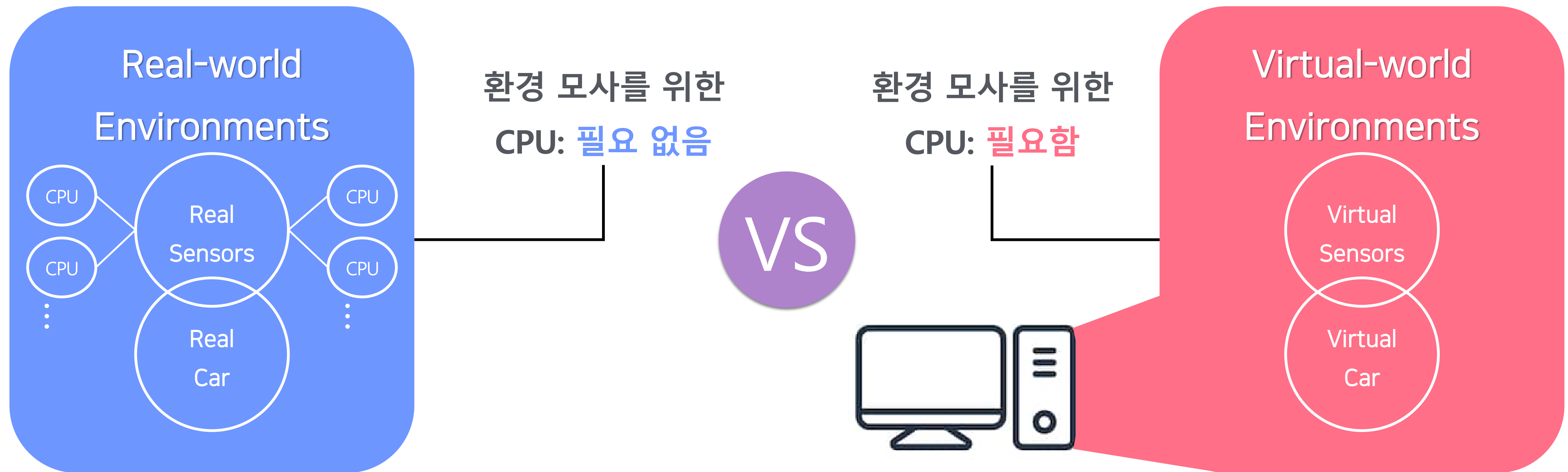


여러 Mesh가 적용된 건물

Intensity를 이용한 물체의 Classification은 가능하지만 물리적인 값을 모사하기는 어렵다.

2.3 가상 센서의 공통적인 한계점

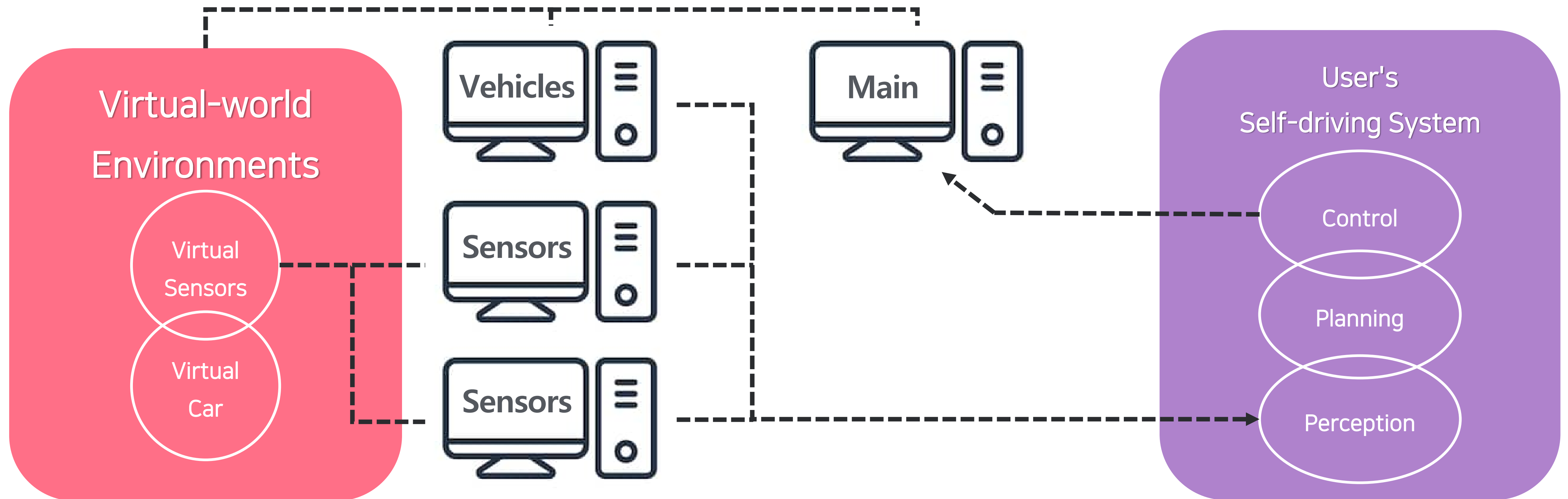
Computation Power: 센서를 몇 개나 장착할 수 있나요?



사용 가능한 가상 센서의 수는 **PC 성능에 달려있다.**

2.3 가상 센서의 공통적인 한계점

Computation Power



부하가 큰 Sensor기능을 다른 PC에서 동작 시킨다.

3. 판단 분야에서의 이슈

3.1 주변 차량들이 사람처럼 움직였음 좋겠어요

주변 차량이 사람처럼 주행하려면
결국 완전 자율 주행이 가능해야 합니다.

3.1 주변 차량들이 사람처럼 움직였음 좋겠어요



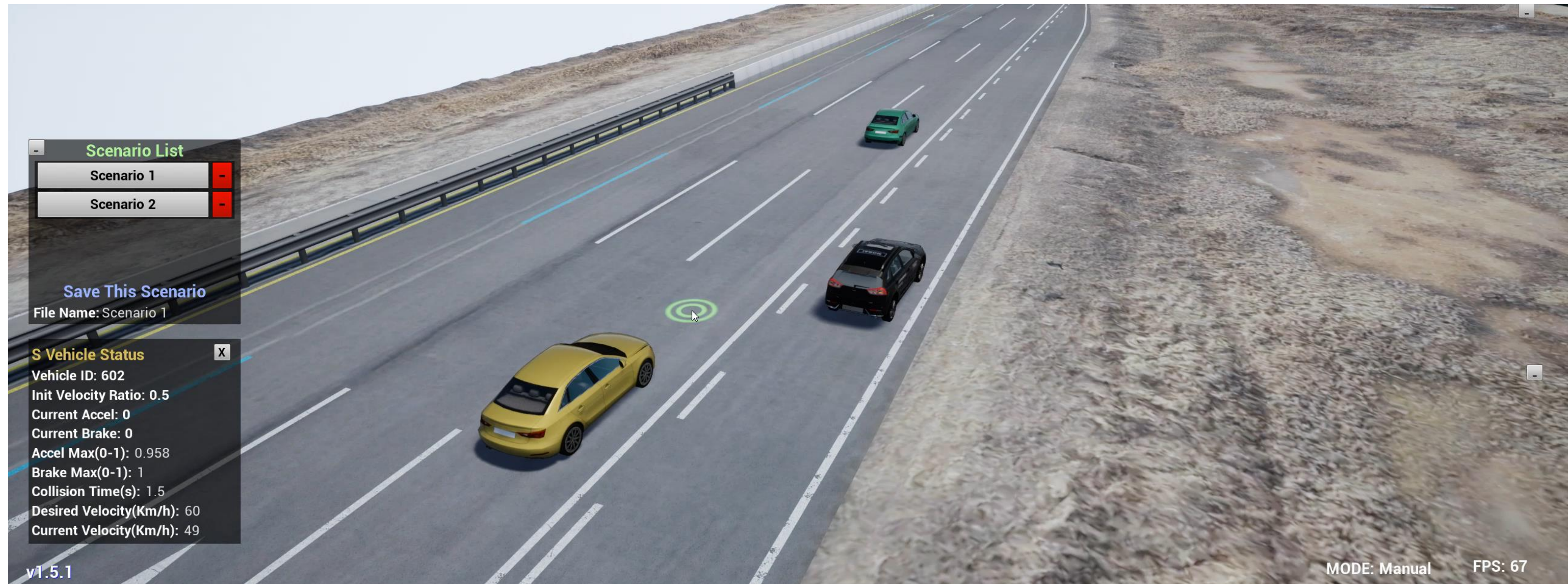
실제 도로에는 다양한 차량, 다양한 성향의 사람들이 존재한다

3.2 주변 차량의 알고리즘을 설계하는 방법

주변 차량의 파라미터 자유도를 높이자
멀티플레이어로 “진짜”사람이 운전하는 상대 차량
딥러닝 적용

3.2 주변 차량의 알고리즘을 설계하는 방법

파라미터의 자유도를 높이자



Time to Collision파라미터 튜닝을 통한 상대차량 공격성(ACC 반응성) 테스트

3.2 주변 차량의 알고리즘을 설계하는 방법

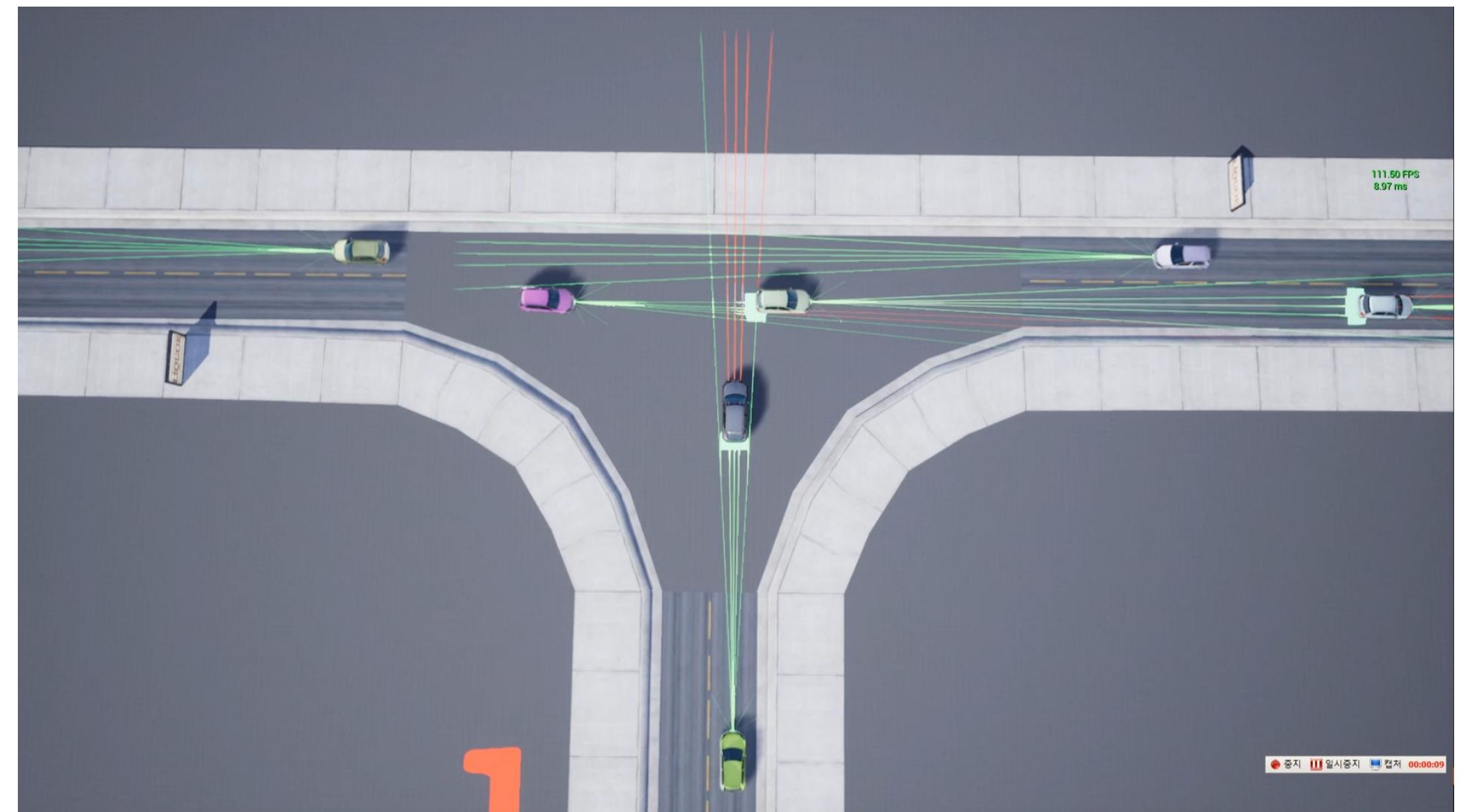
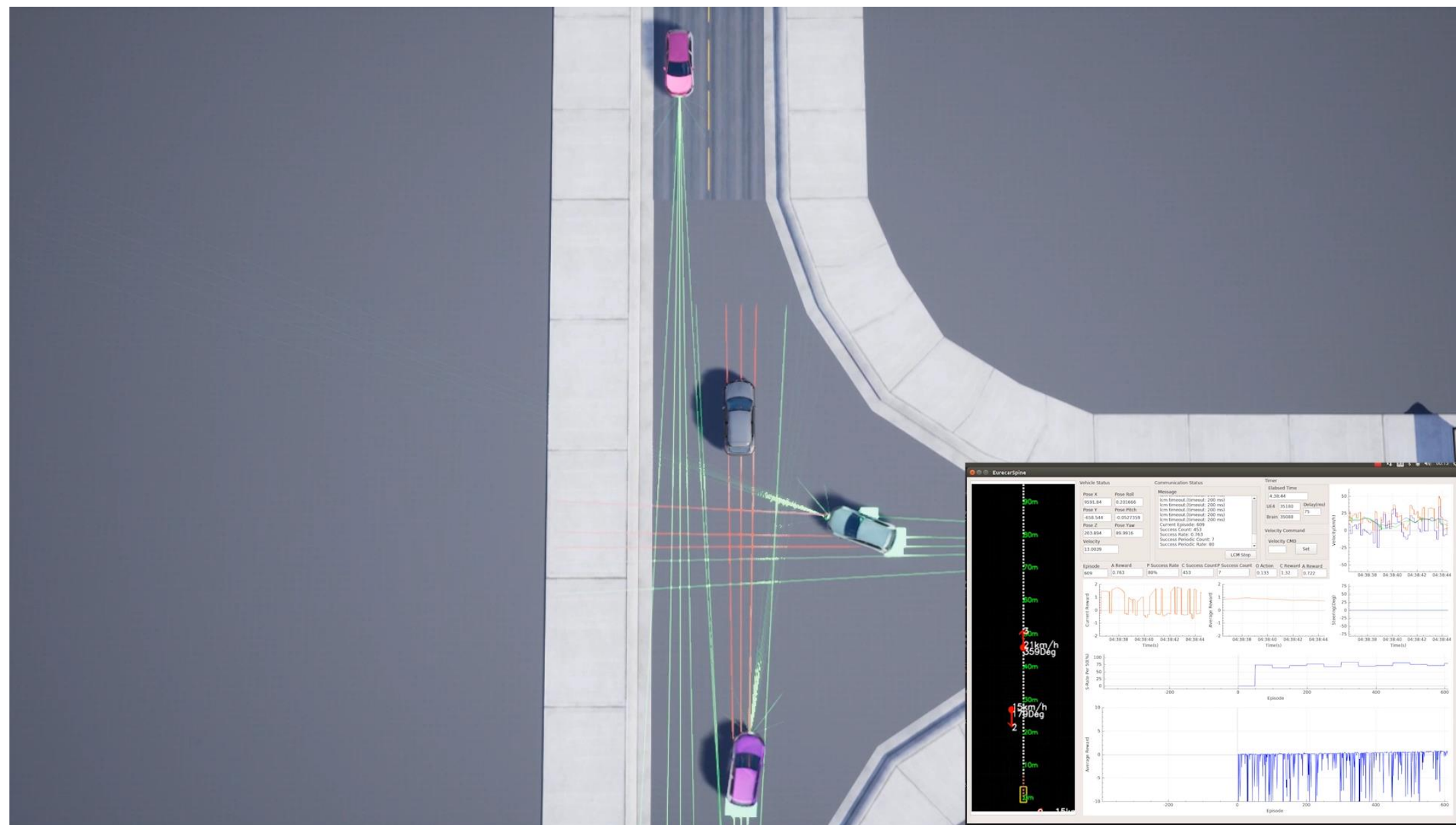
상대차량을 사람이 운전해보자



사람이 운전하는 진짜 상대 차량
과연 실제 도로처럼 운전이 가능할까?
상대 차량이 많이 필요한 시나리오는 가능할 까?

3.2 주변 차량의 알고리즘을 설계하는 방법

딥러닝 적용



활용할 수는 있겠지만 한계가...

3.3 시나리오는 어떤 것이 있나요?



원하는 시나리오는 결국 수동으로 만들어야 한다

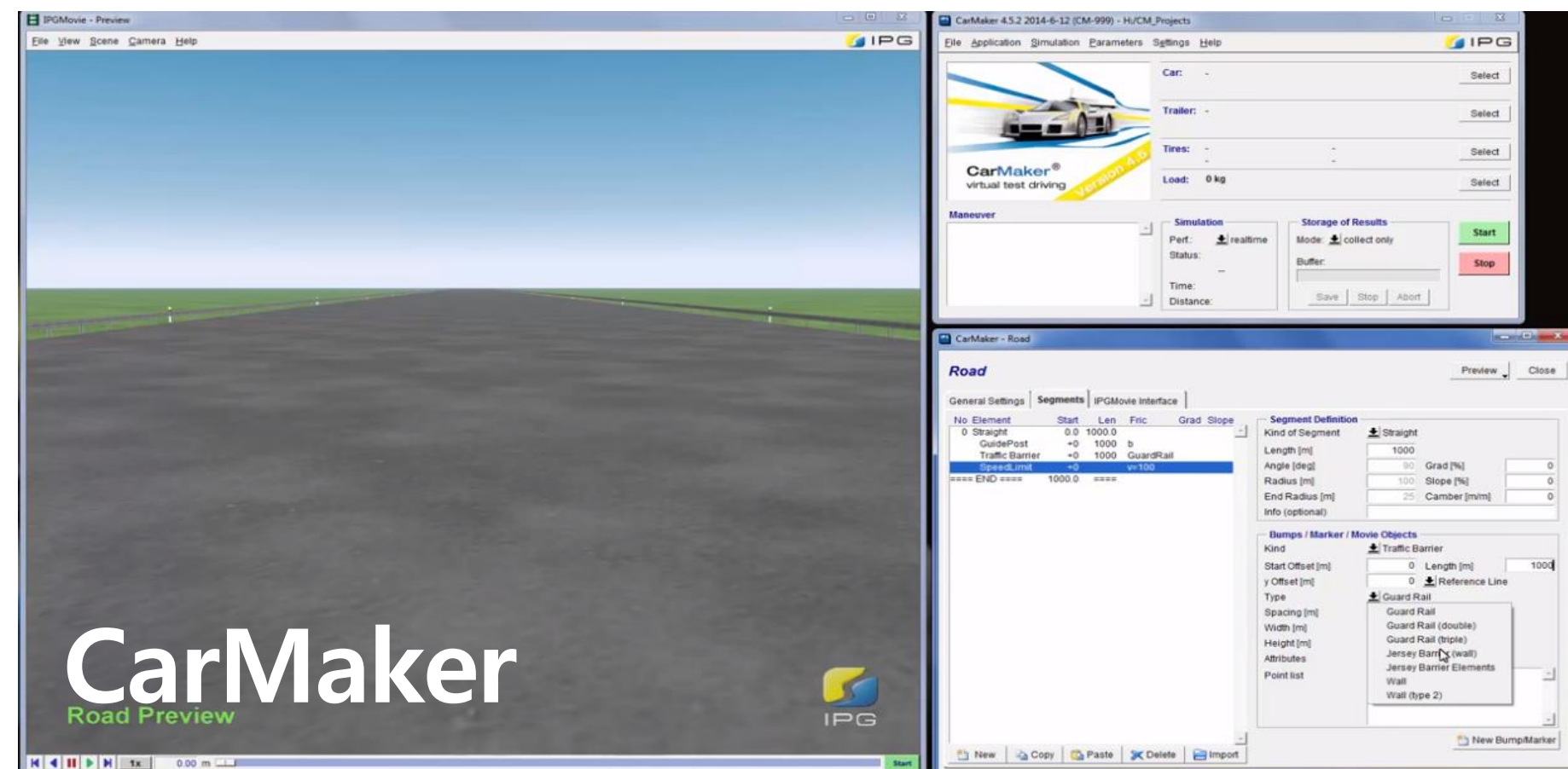
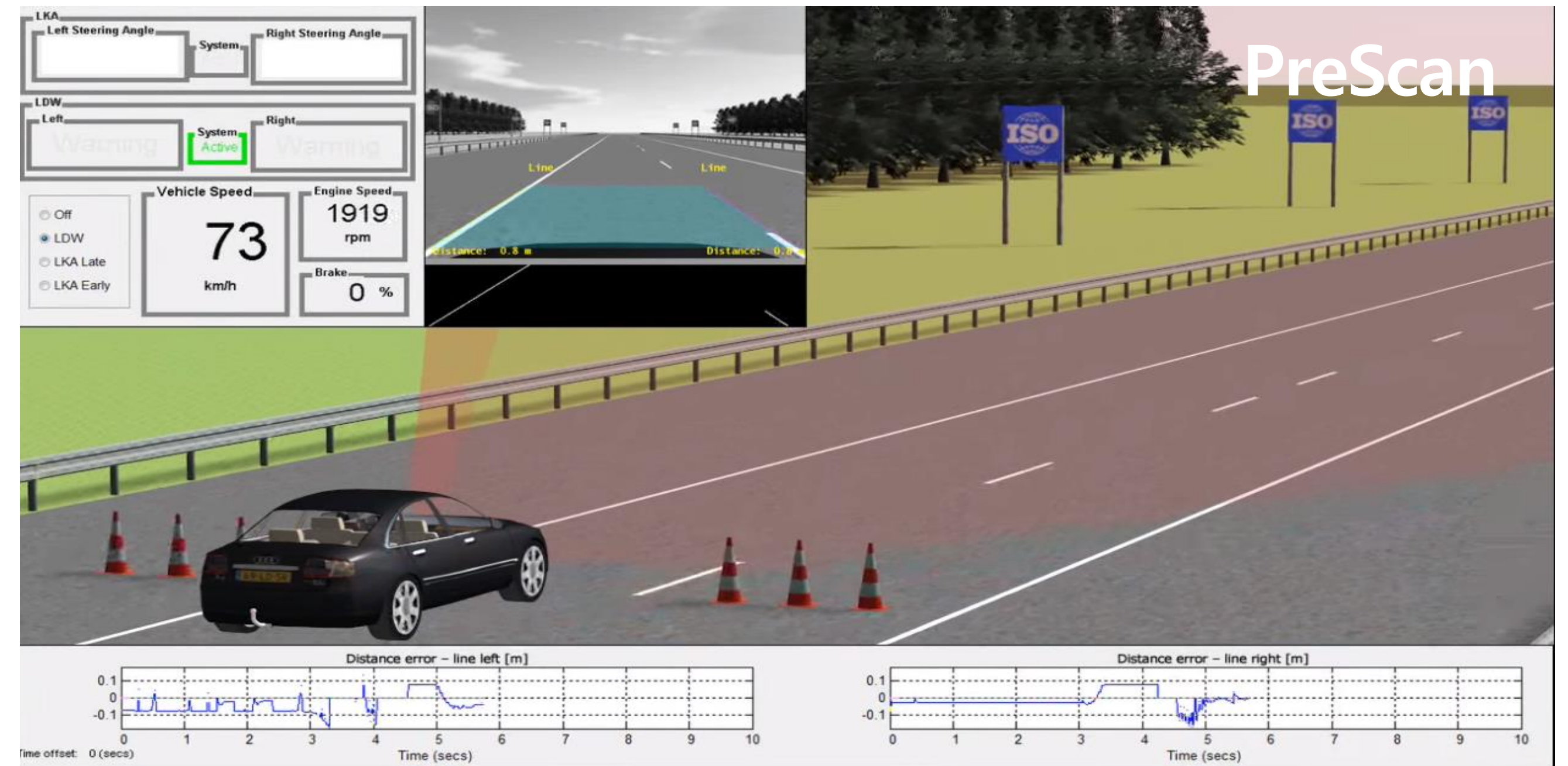
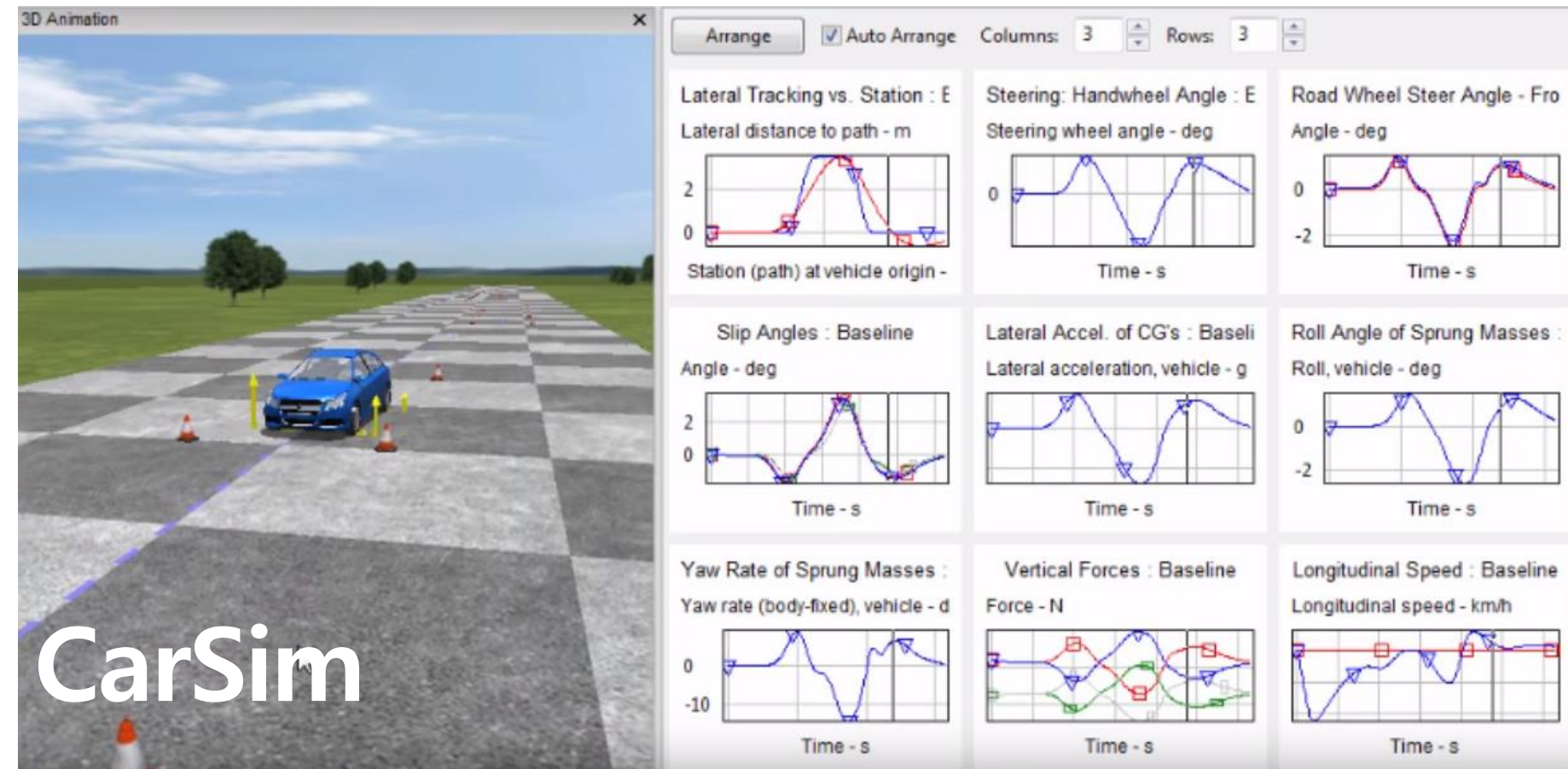
4. 제어 분야에서의 이슈

4.1 가상 차량의 Dynamics는 얼마나 실제 같나요?

“꽤나” 비슷하다.

하지만 **필드 테스트는 반드시 필요합니다.**

4.2 Dynamics에 특화된 시뮬레이터



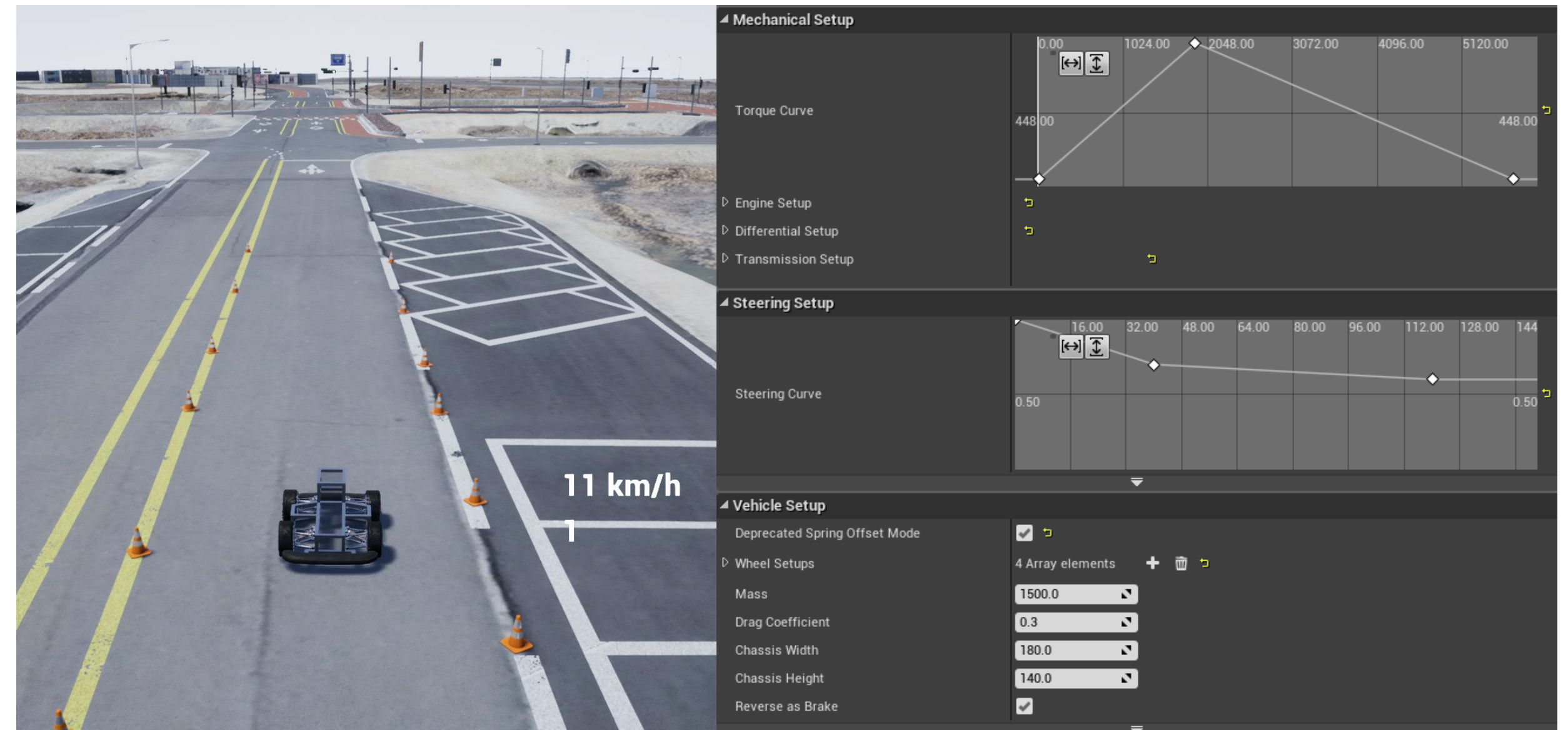
Dynamics에 특화된 시뮬레이터들

4.2 게임 엔진 기반의 시뮬레이터



게임 엔진으로 개발된 시뮬레이터

4.3 Dynamics를 맞추기 위한 MORAI 방법



실제 데이터를 기반으로 가상 차량의 Dynamics 모델을 튜닝
엔진에서 제공하는 파라미터 값 사용 -> Cost가 들지 않는다

4.4 시뮬레이터를 이용한 제어 테스트 항목

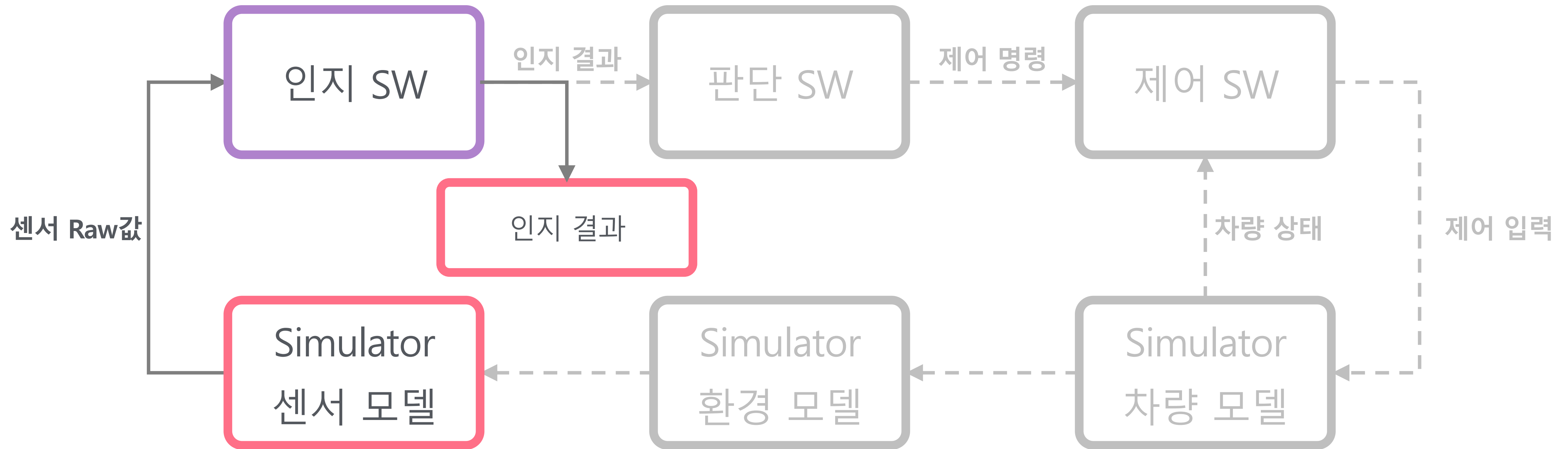
제어 파라미터의 초기값 설정 알고리즘의 논리적 오류 검출 및 수정

5. 알고리즘 개발

5. 알고리즘 개발

인지 테스트 판단/ 제어 알고리즘 개발 시스템의 통합 및 테스트

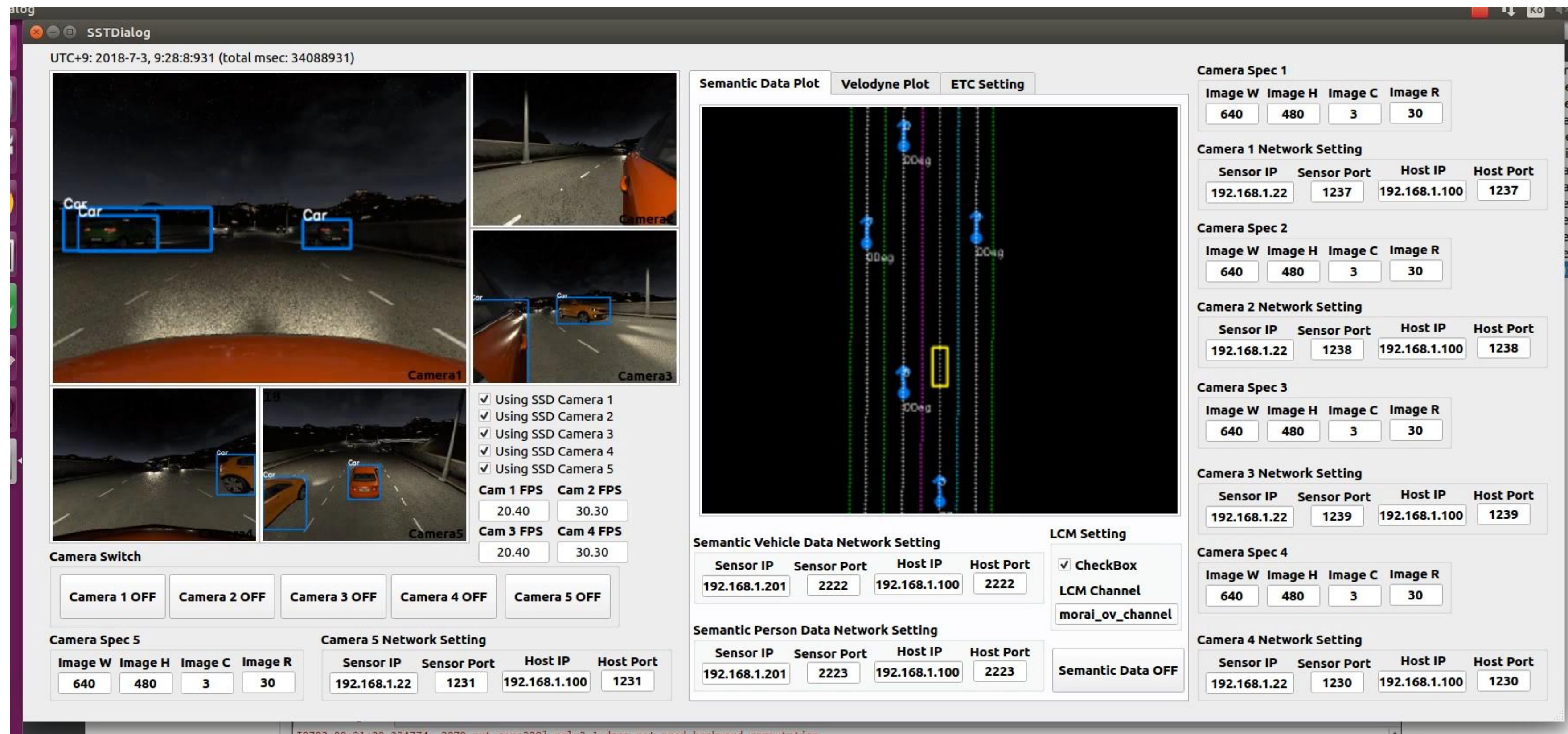
5. 알고리즘 개발



인지 테스트

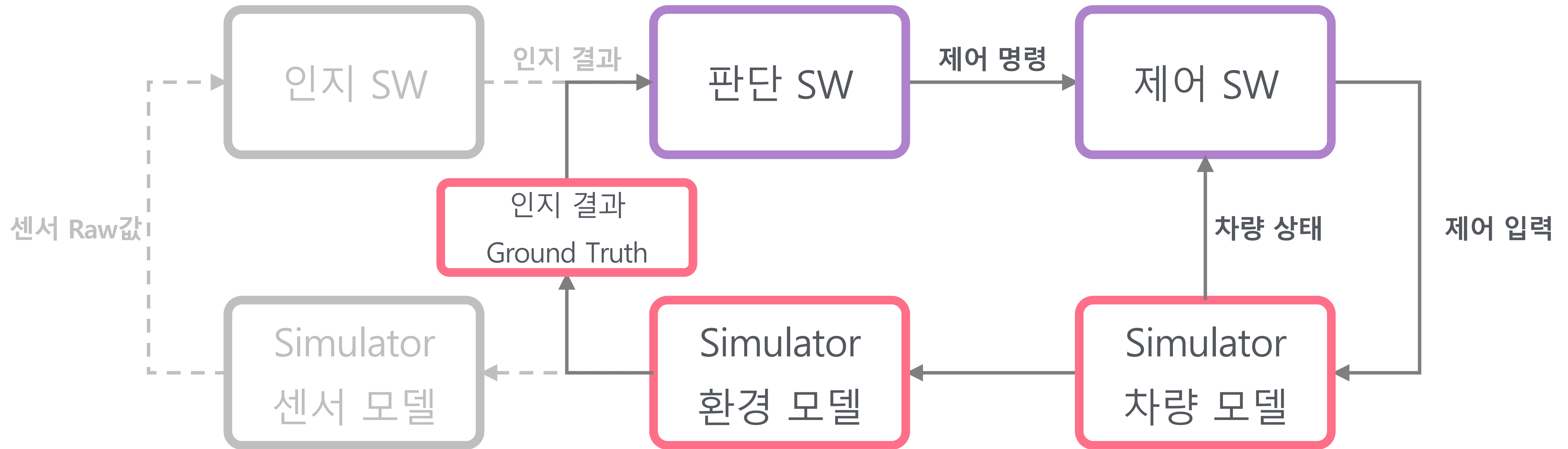
5. 알고리즘 개발

DEVIEW
2019



인지 테스트

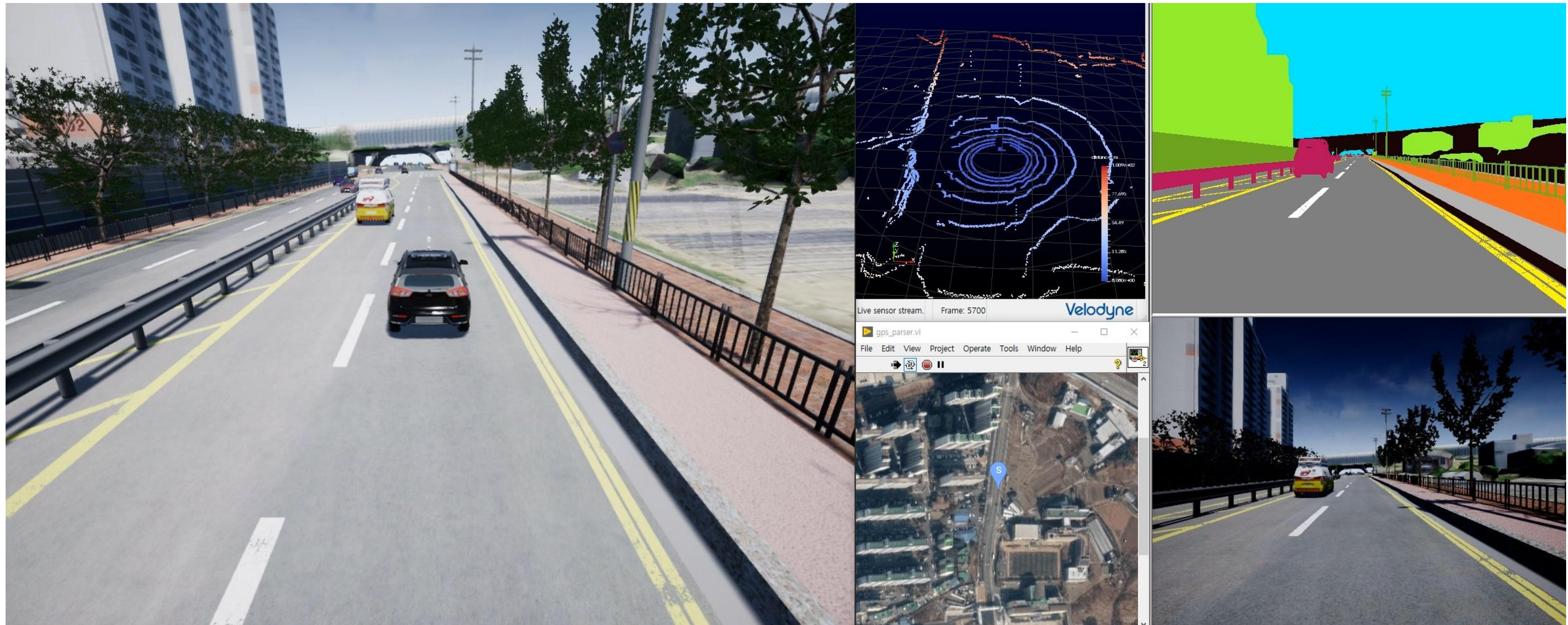
5. 알고리즘 개발



판단/제어 테스트

5. 알고리즘 개발

DEVIEW
2019



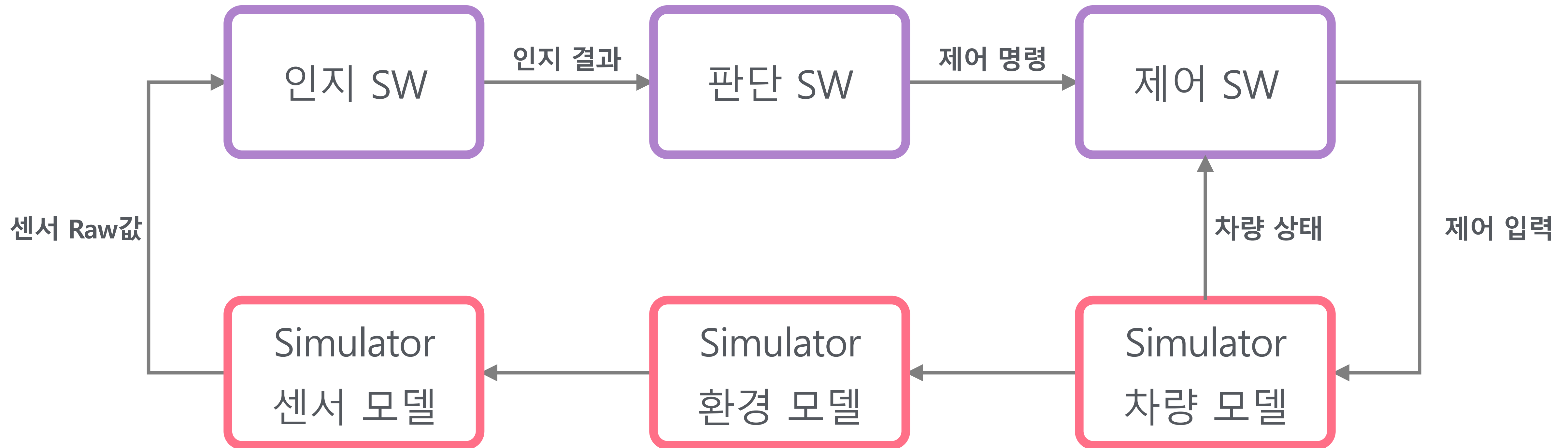
판단/제어 테스트



Autonomous Vehicle
Hardware & Simulator Solution

5. 알고리즘 개발

DEVIEW
2019



시스템 통합 검증

DEVIEW
2019

Q & A

MORAI

Mobility Research + A.I

Autonomous Vehicle
Hardware & Simulator Solution

DEVIEW
2019

Thank You

MORAI

Mobility Research + A.I

Autonomous Vehicle
Hardware & Simulator Solution