

# 여기.. 예전이랑 다른데?

(딥러닝을 이용한 HD map 변화 탐지 기술 개발기)

# Objective

## HD map change detection(변화 탐지)

이게 무슨 말이지?

이걸 왜 해야하지?

어떻게 풀어야하지?

이전 연구 가져다 쓰면 안되나?

잘 되나?

뭘 더 해야할까?

어.. 일단 이걸 왜 해야 해요?



# 지도의 숙명





# 지도의 숙명

## 계속 변함



# 지도의 숙명

계속 변함



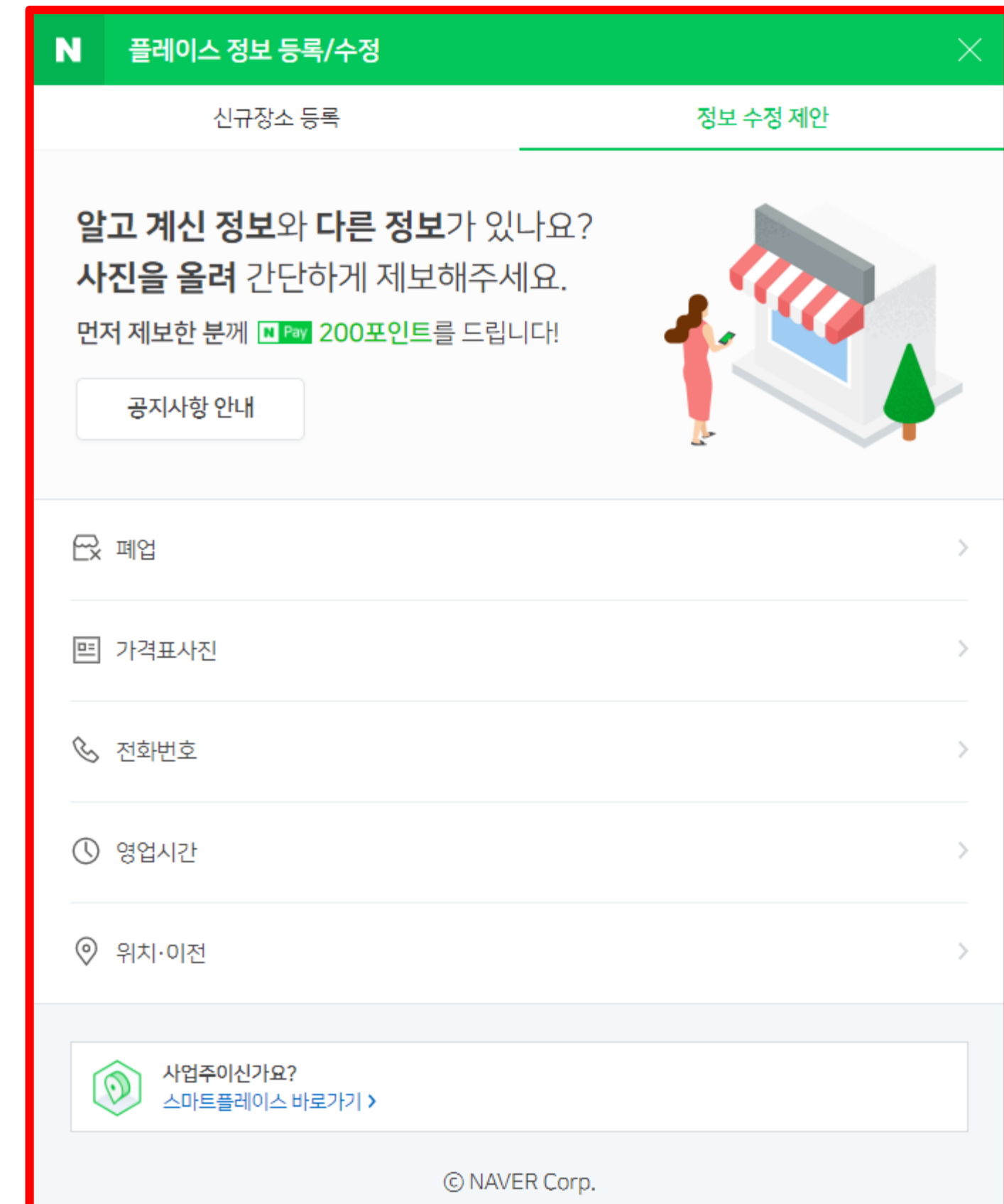
그렇지만 끊임없이 갱신되어야 함

지도의 최신성 == 정확성



# 지도의 숙명

## 계속 변함



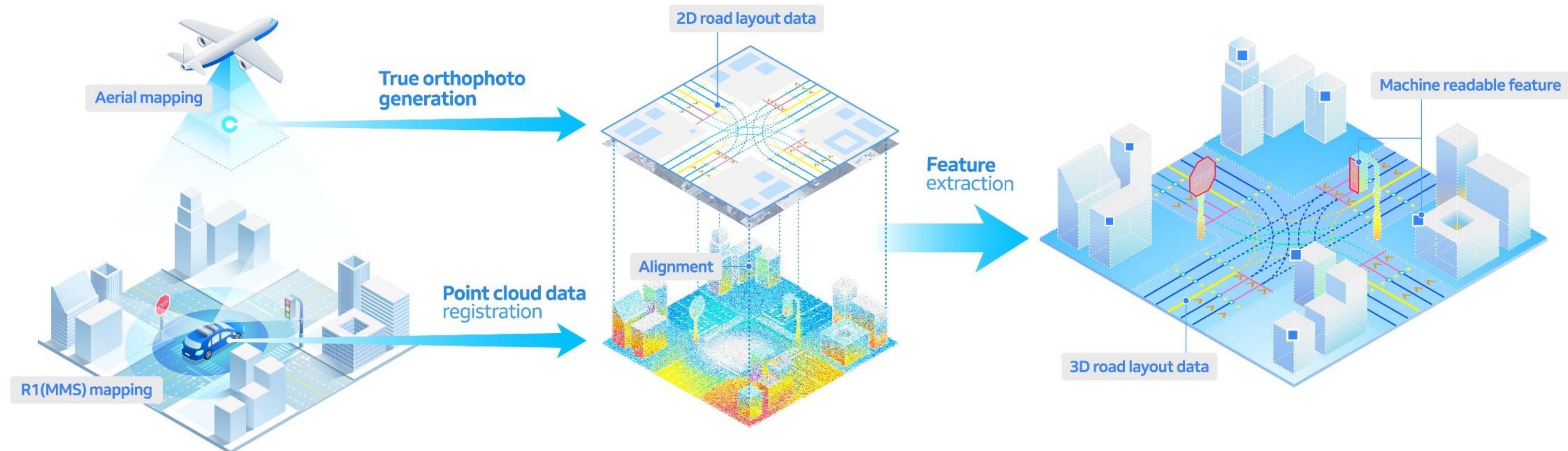
그렇지만 끊임없이 갱신되어야 함

지도의 최신성 == 정확성



# 네이버랩스의 도로 정밀지도 - HD map

차량을 위한 다양한 도로 정보가 정밀하게 기록되어 있는  
기계가 읽을 수 있는 (Machine readable) 형태의 지도



[1] 2019 Deview 발표: <https://devview.kr/2019/schedule/307>

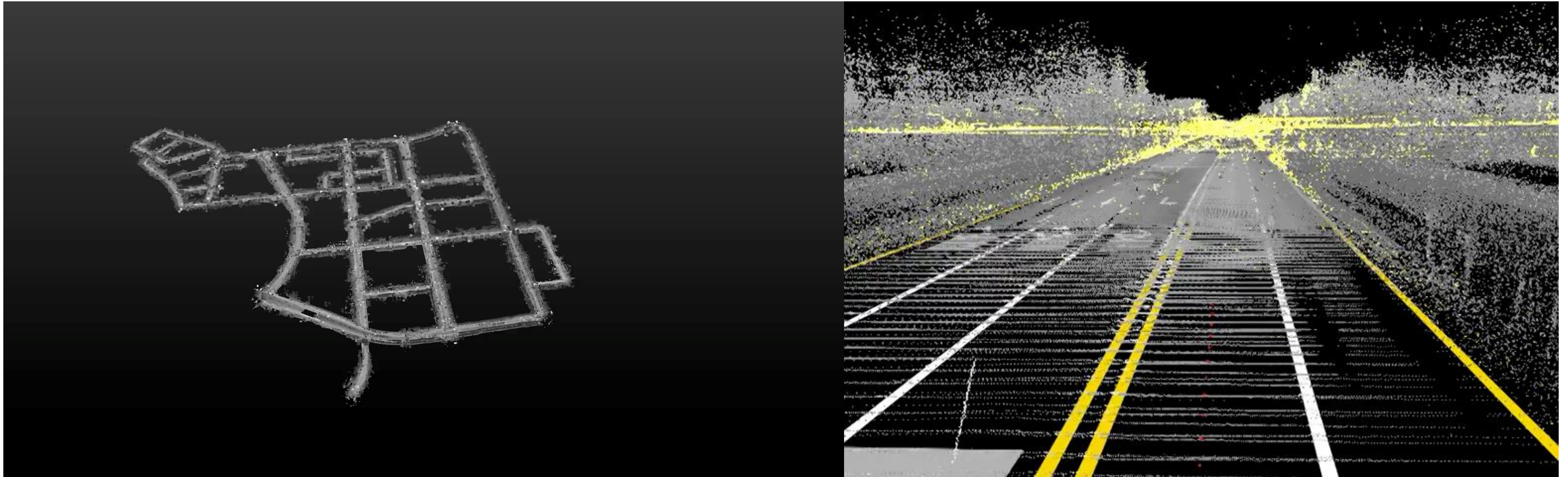
[2] 자율주행 로봇이 도로 위를 달리는 세상: <https://www.naverlabs.com/storyDetail/176>

[3] HD map dataset: <https://hdmmap.naverlabs.com>



# 네이버랩스의 도로 정밀지도 - HD map

차량을 위한 다양한 도로 정보가 정밀하게 기록되어 있는  
기계가 읽을 수 있는 (Machine readable) 형태의 지도





# 네이버랩스의 도로 정밀지도 - HD map

차량을 위한 다양한 도로 정보가 정밀하게 기록되어 있는  
기계가 읽을 수 있는 (Machine readable) 형태의 **지도**





# 네이버랩스의 도로 정밀지도 - HD map

차량을 위한 다양한 도로 정보가 정밀하게 기록되어 있는  
기계가 읽을 수 있는 (Machine readable) 형태의 **지도**



정보 수정 참여하기

이곳의 정보를 직접 채워주세요.

 Pay 포인트를 드립니다.

참여하기 +

?





# ACROSS

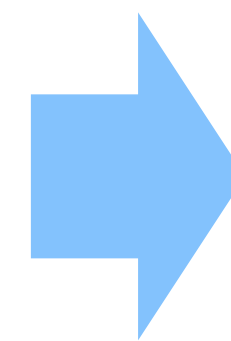
변화 탐지를 위해서 비행기를 다시 띄우고 고정밀 매핑 장비를 다시 보낸다?





# ACROSS

변화 탐지를 위해서 비행기를 다시 띄우고 고정밀 매핑 장비를 다시 보낸다?



정보 수정 참여하기  
이곳의 정보를 직접 채워주세요.  
N Pay 포인트를 드립니다.

참여하기 +



최소한의 센서 (카메라)와  
여러 대의 차량으로!

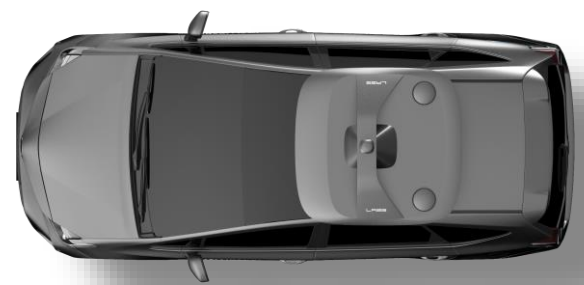


# ACROSS

저비용 센서로 구성된 여러 대의 장비를 이용해 도로의 변화를 탐지하여  
최신성을 유지하는 기술

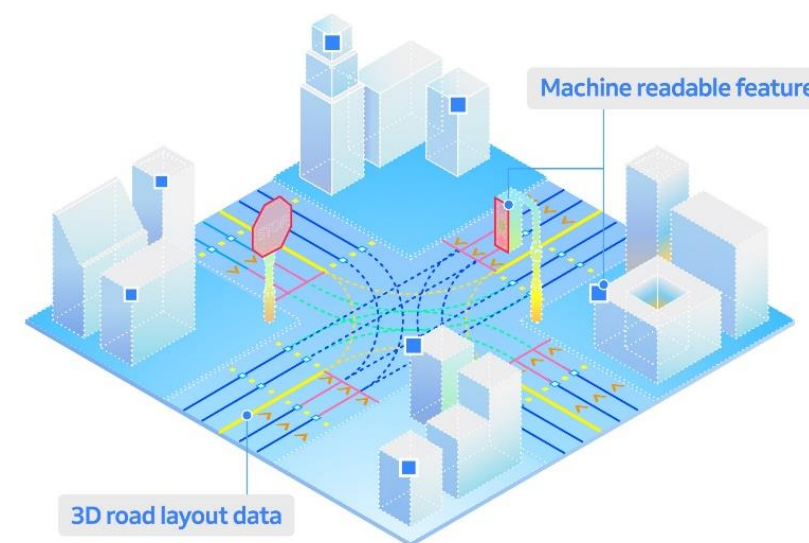
Part 1

**Visual Localization**



Part 2

**Map change detection**



Part 3

**Map update**

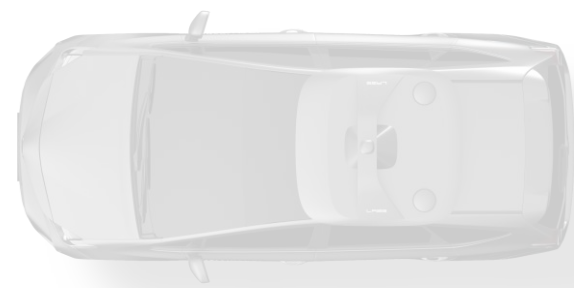




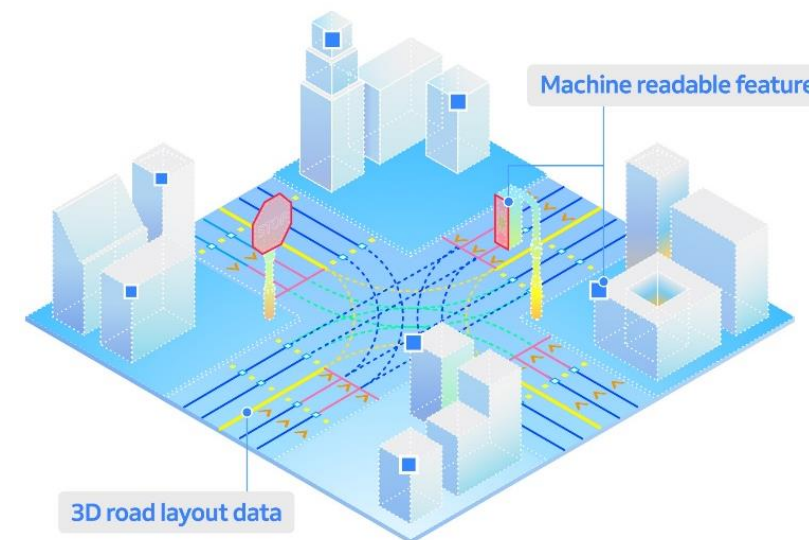
# ACROSS

저비용 센서로 구성된 여러 대의 장비를 이용해 도로의 변화를 탐지하여  
최신성을 유지하는 기술

Part 1  
Visual Localization



Part 2  
Map change detection

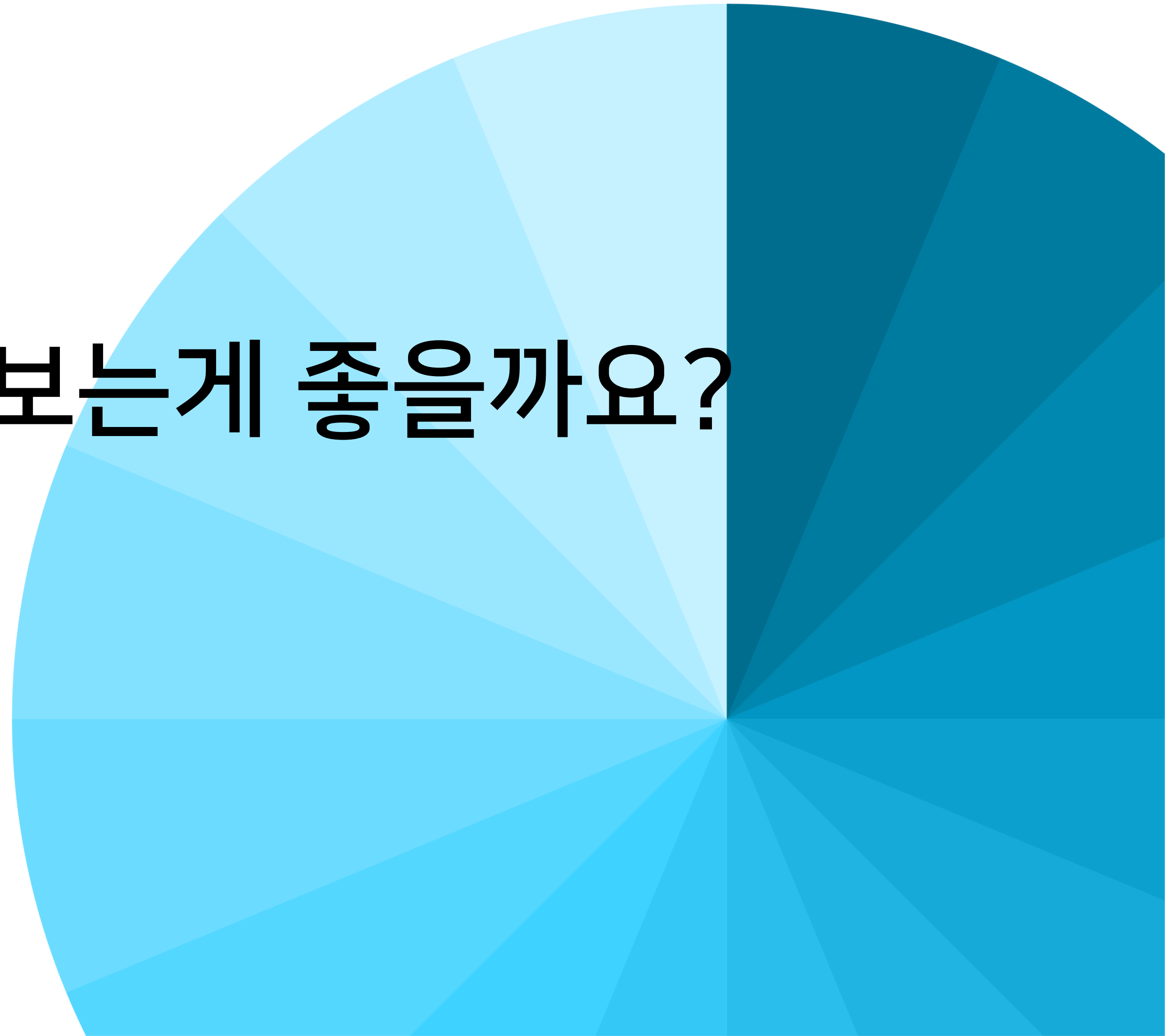


Part 3  
Map update





음.. 어떻게 풀어보는게 좋을까요?





# Change detection

“바뀌었다”



# Change detection

A와 B를 비교하였을 때

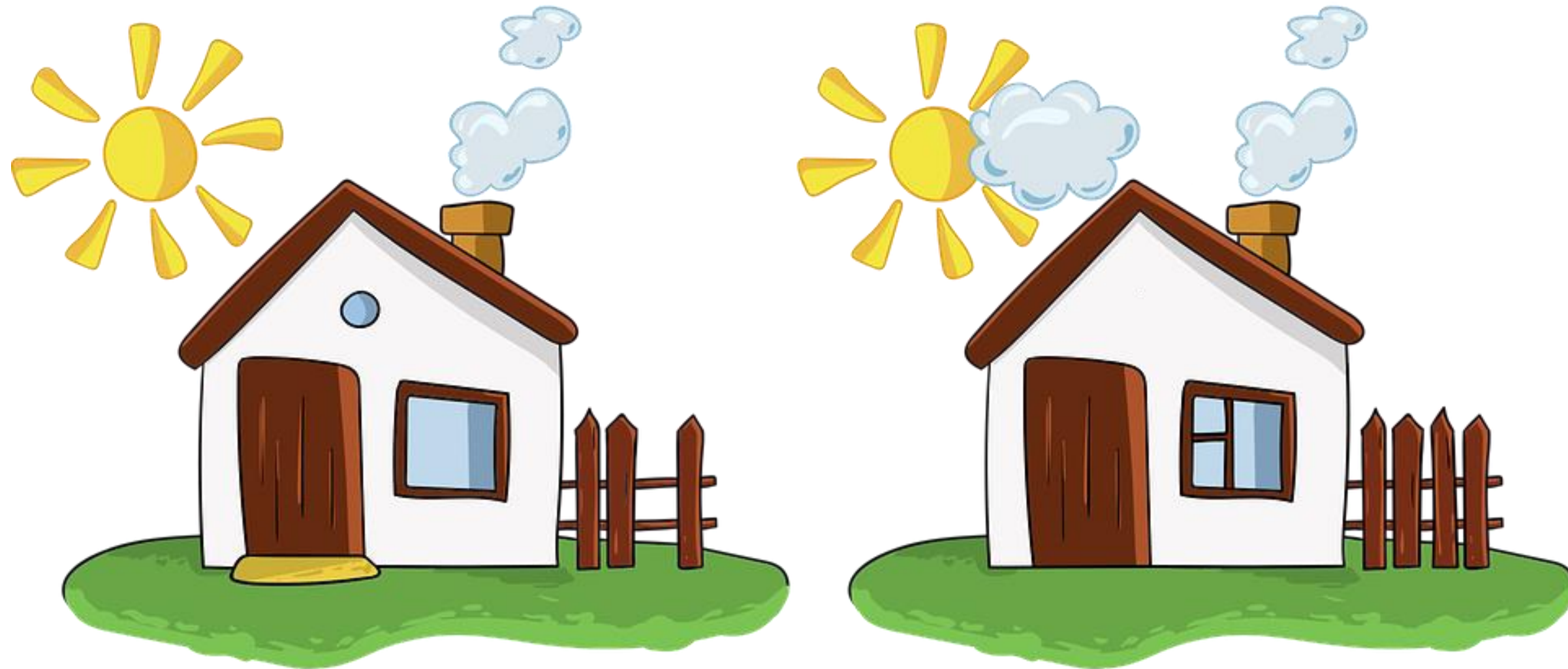
“바뀌었다”

어떤 기준으로 A를 판단했을 때

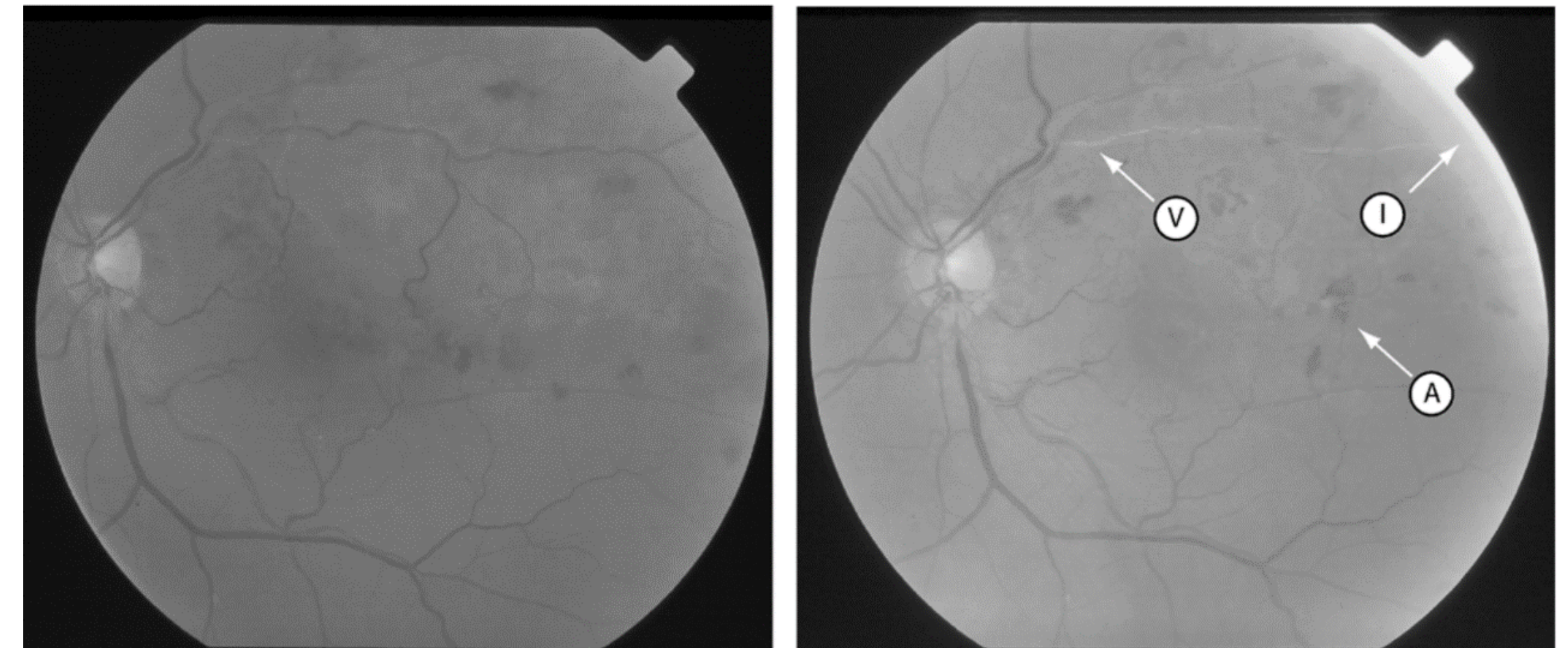


# Change detection

이미지 쌍으로부터 변화를 찾는 기술



틀린 그림 찾기



의공학 영상

명확한 "변화"



# Change detection

이미지 쌍으로부터 변화를 찾는 기술



명확만 하다면 이렇게도...



# Change detection

이미지 쌍으로부터 변화를 찾는 기술



항공 사진



360 카메라 영상

그렇지만 현실의 "변화"는 좀 더...



# Change detection

이미지 쌍으로부터 변화를 찾는 기술



항공 사진



360 카메라 영상

그렇지만 현실의 "변화"는 좀 더...



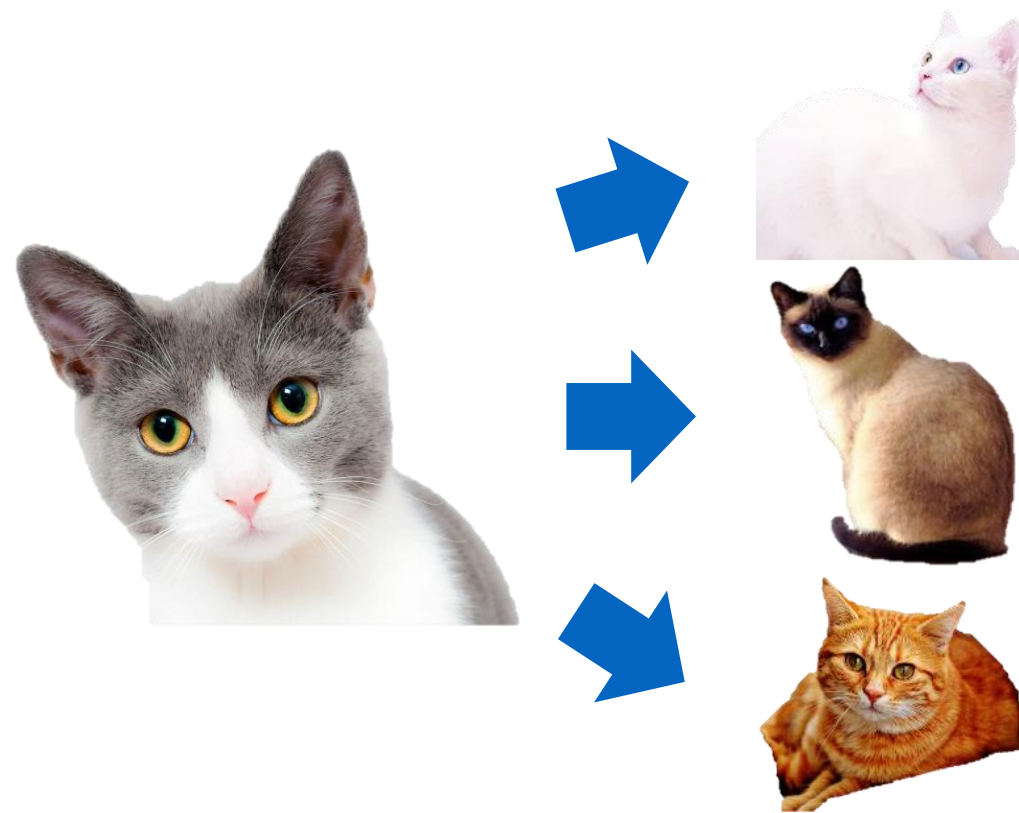
# Metric learning

어떤 데이터 쌍 사이의 비슷함과 다름의 정도를 결정하려면?

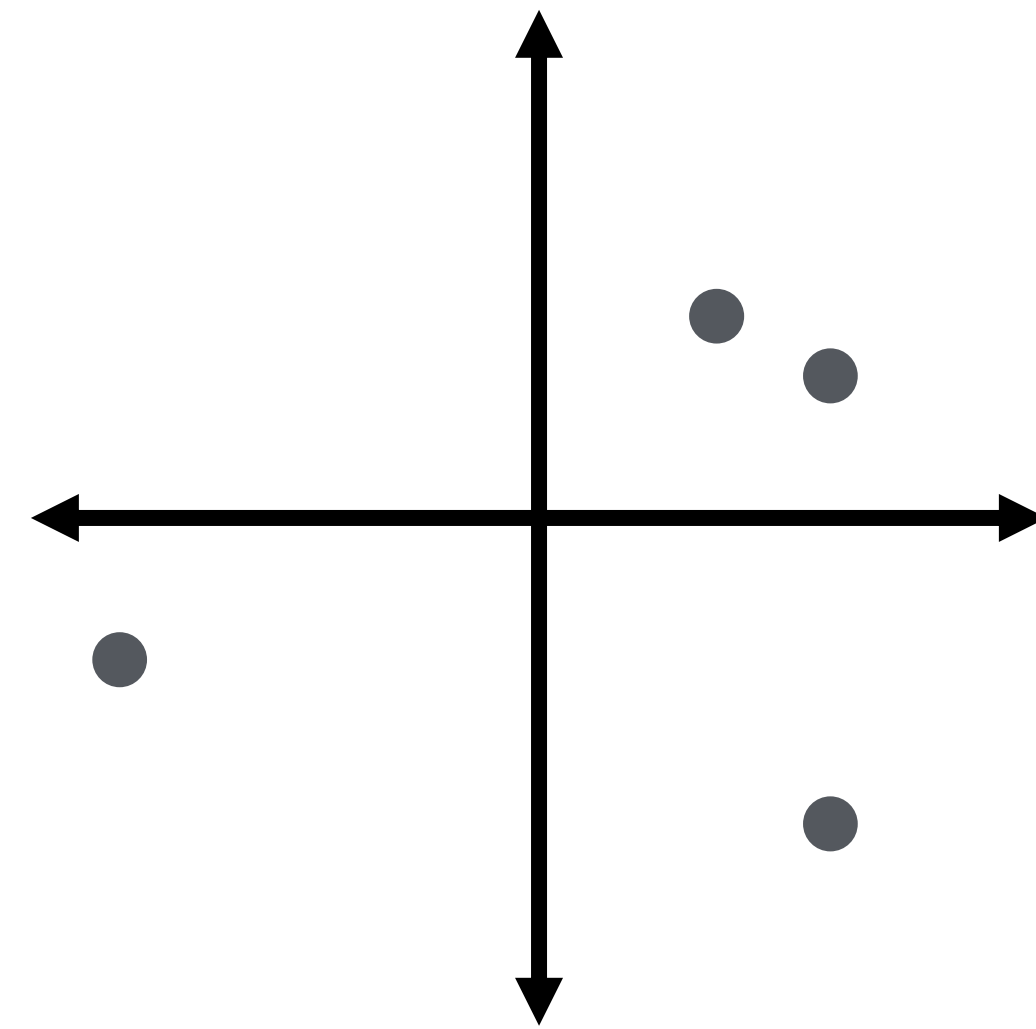


# Metric learning

어떤 데이터 쌍 사이의 비슷함과 다름의 정도를 결정하려면?



Q. 가장 **비슷한** 고양이를 찾아라

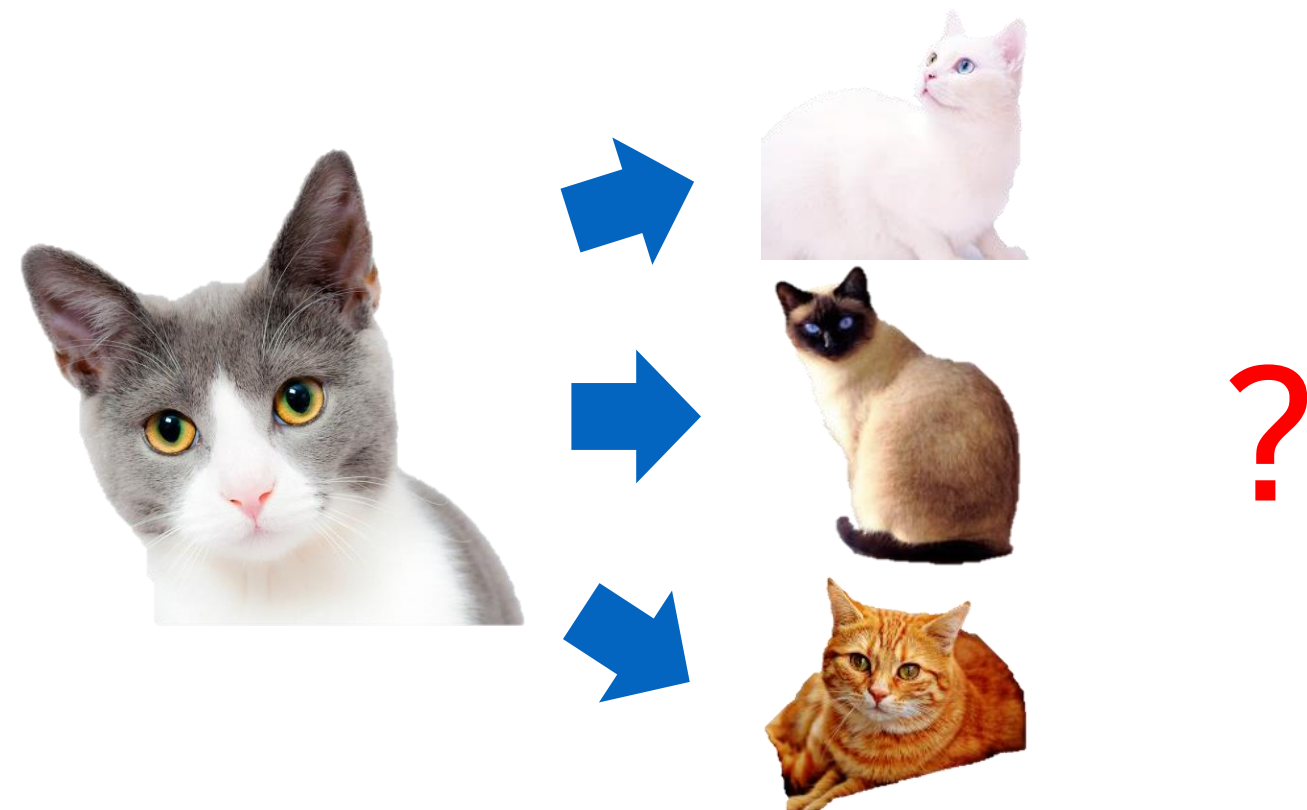


Q. 가장 **가까운** 두 점은 어떤 것인가?

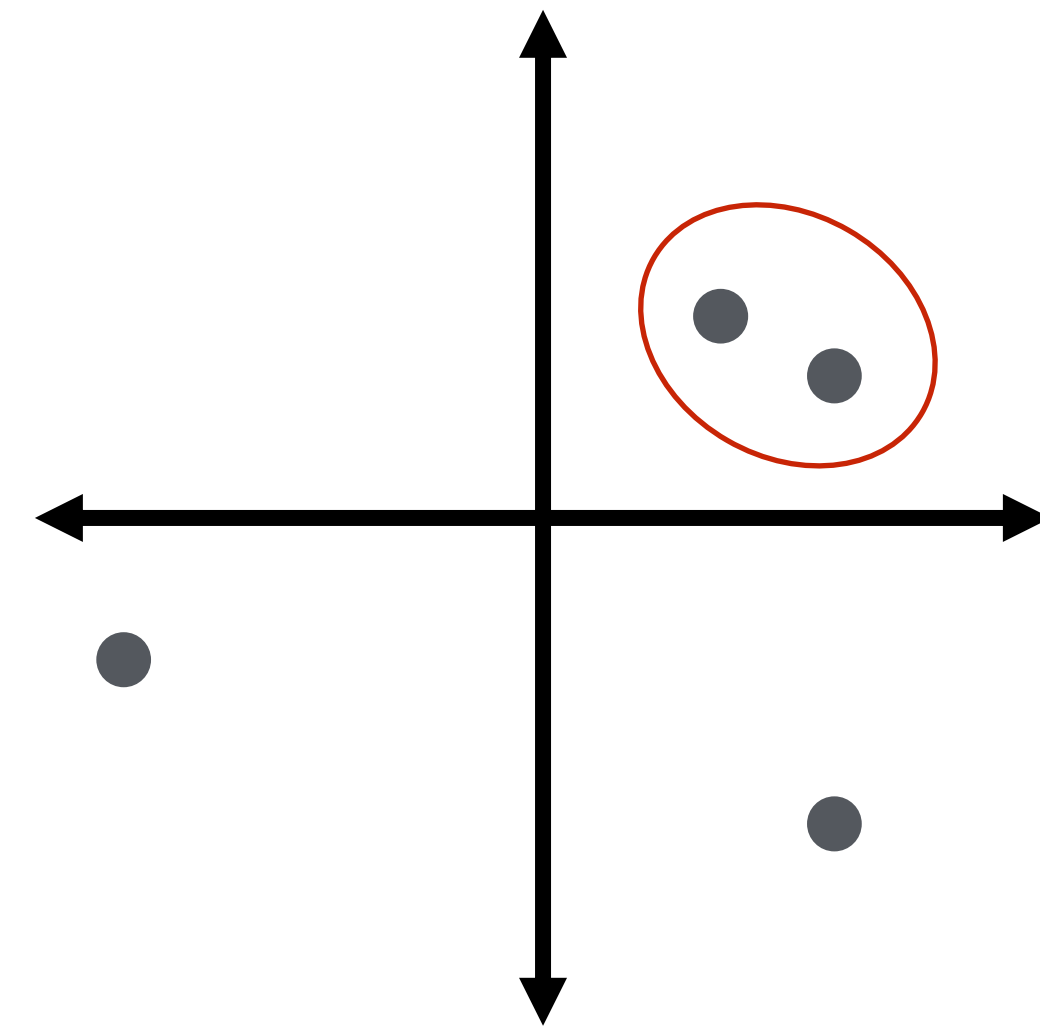


# Metric learning

어떤 데이터 쌍 사이의 비슷함과 다름의 정도를 결정하려면?



Q. 가장 **비슷한** 고양이를 찾아라



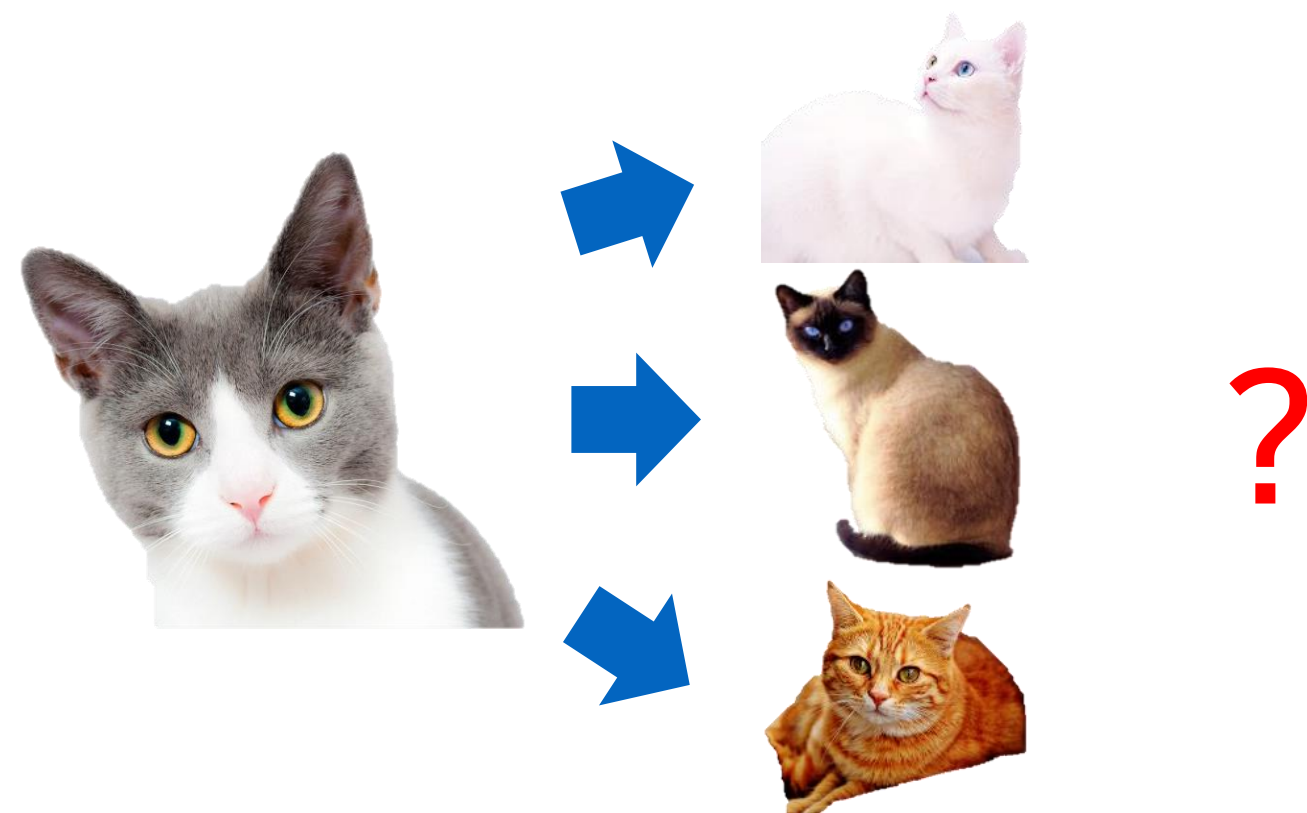
Q. 가장 **가까운** 두 점은 어떤 것인가?

**어떤 기준으로, 얼마나** 비슷한가?



# Metric learning

Metric?



Q. 가장 **비슷한** 고양이를 찾아라

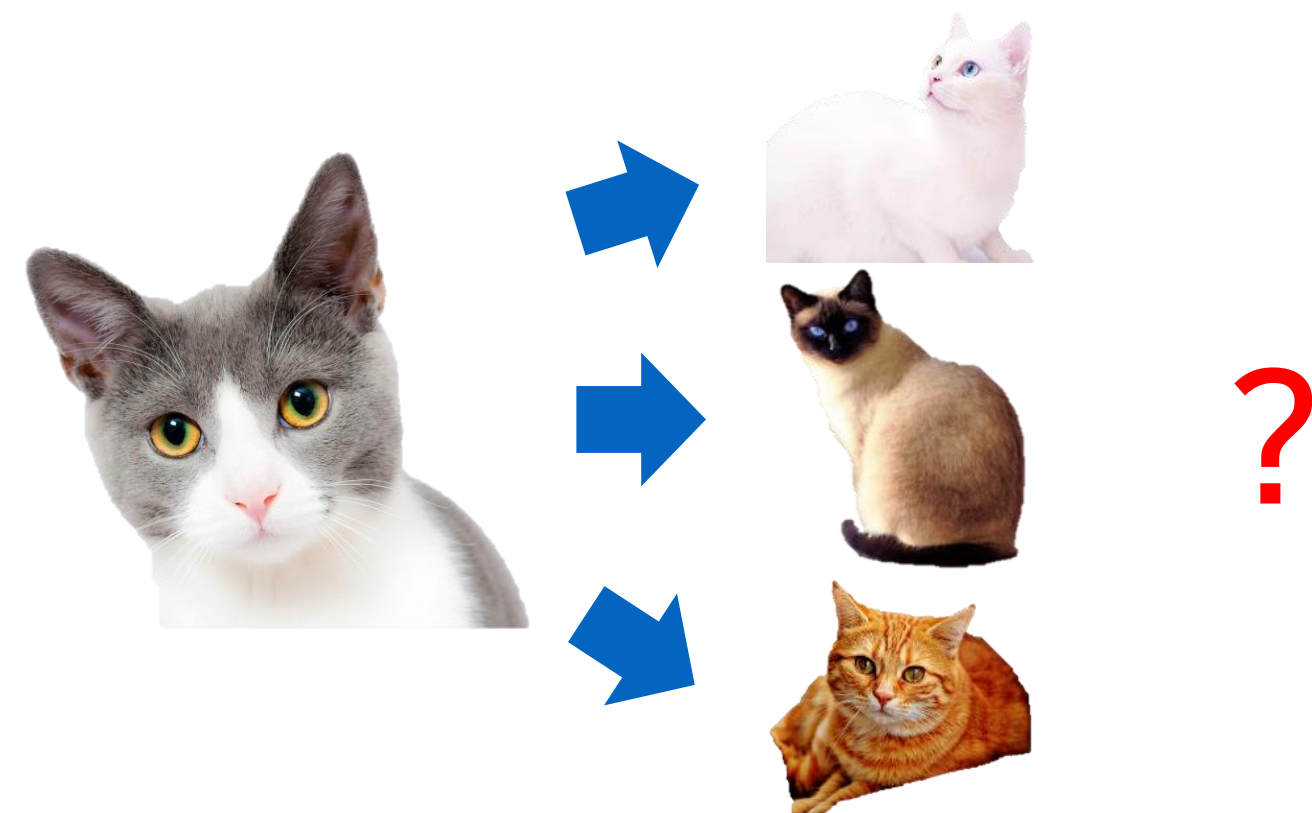
**어떤 기준으로, 얼마나** 비슷한가?





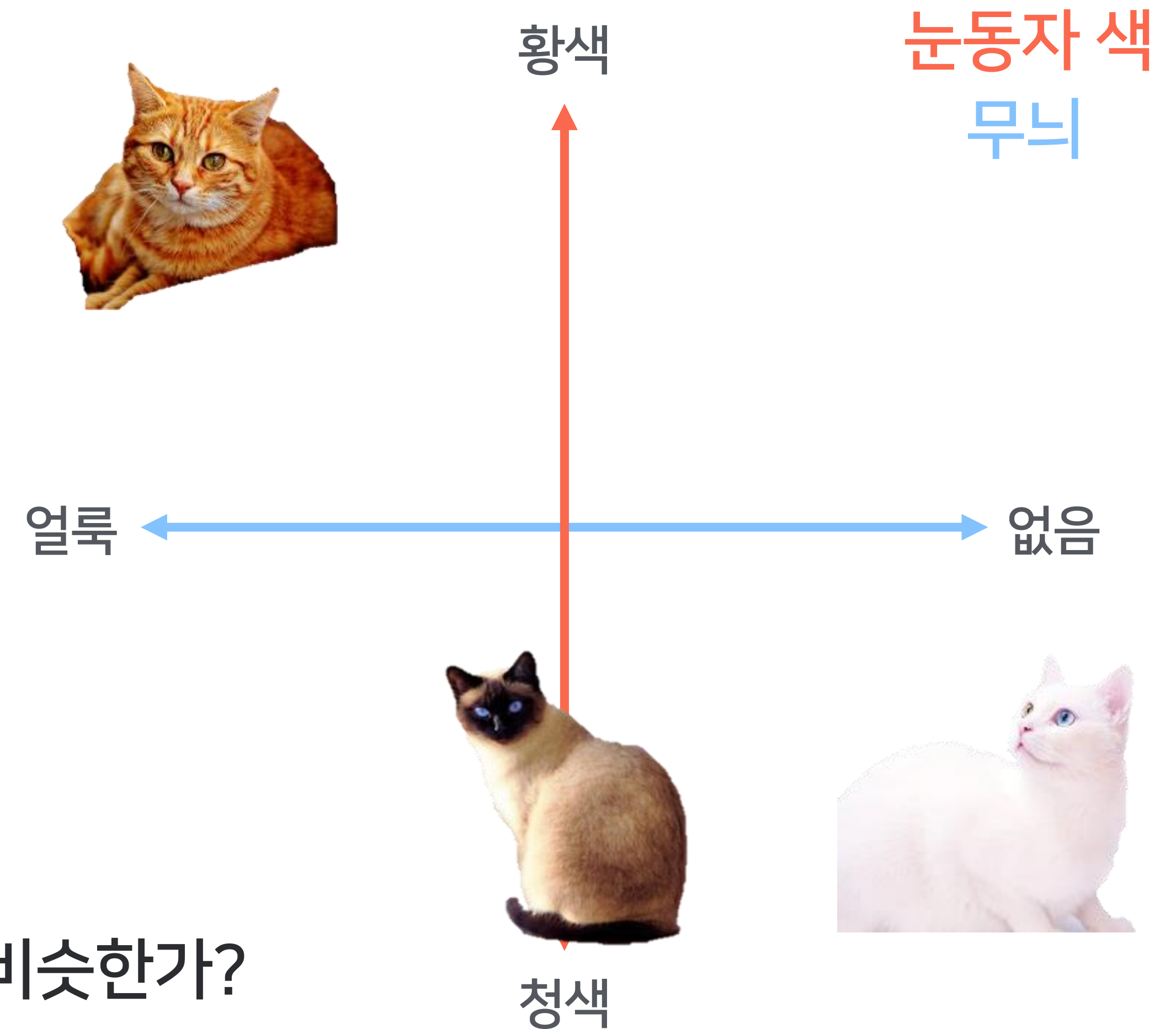
# Metric learning

Metric?



Q. 가장 **비슷한** 고양이를 찾아라

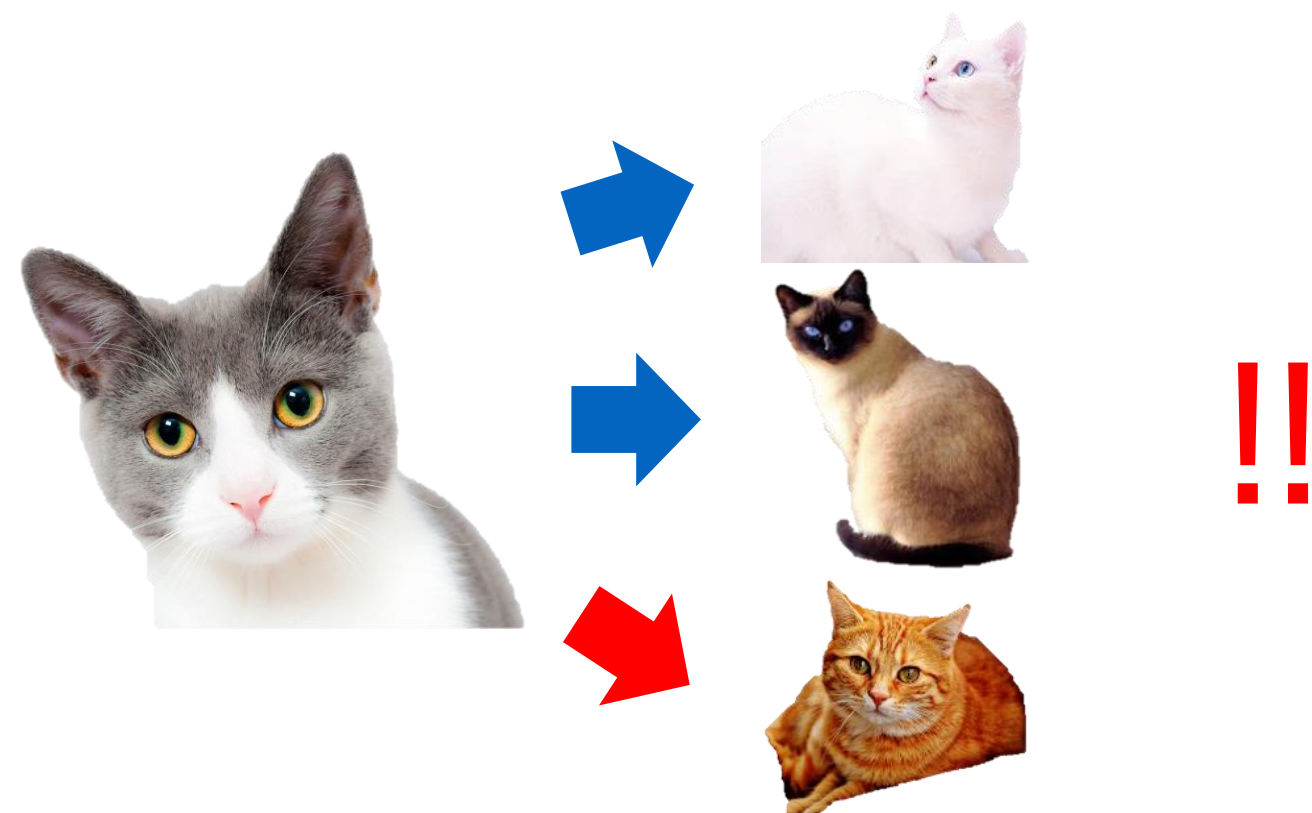
**어떤 기준으로, 얼마나** 비슷한가?





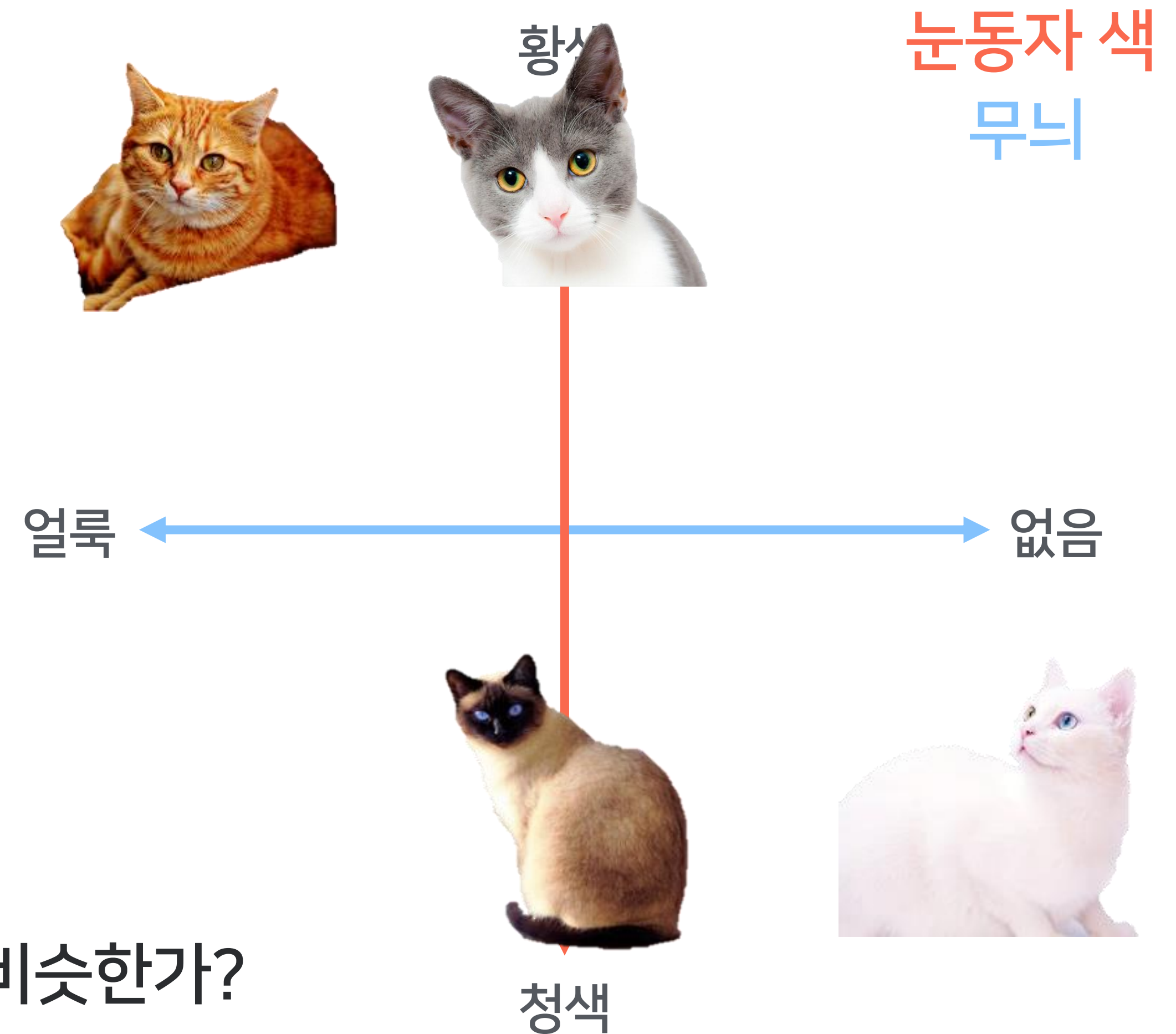
# Metric learning

Metric?



Q. 가장 **비슷한** 고양이를 찾아라

**어떤 기준으로, 얼마나** 비슷한가?



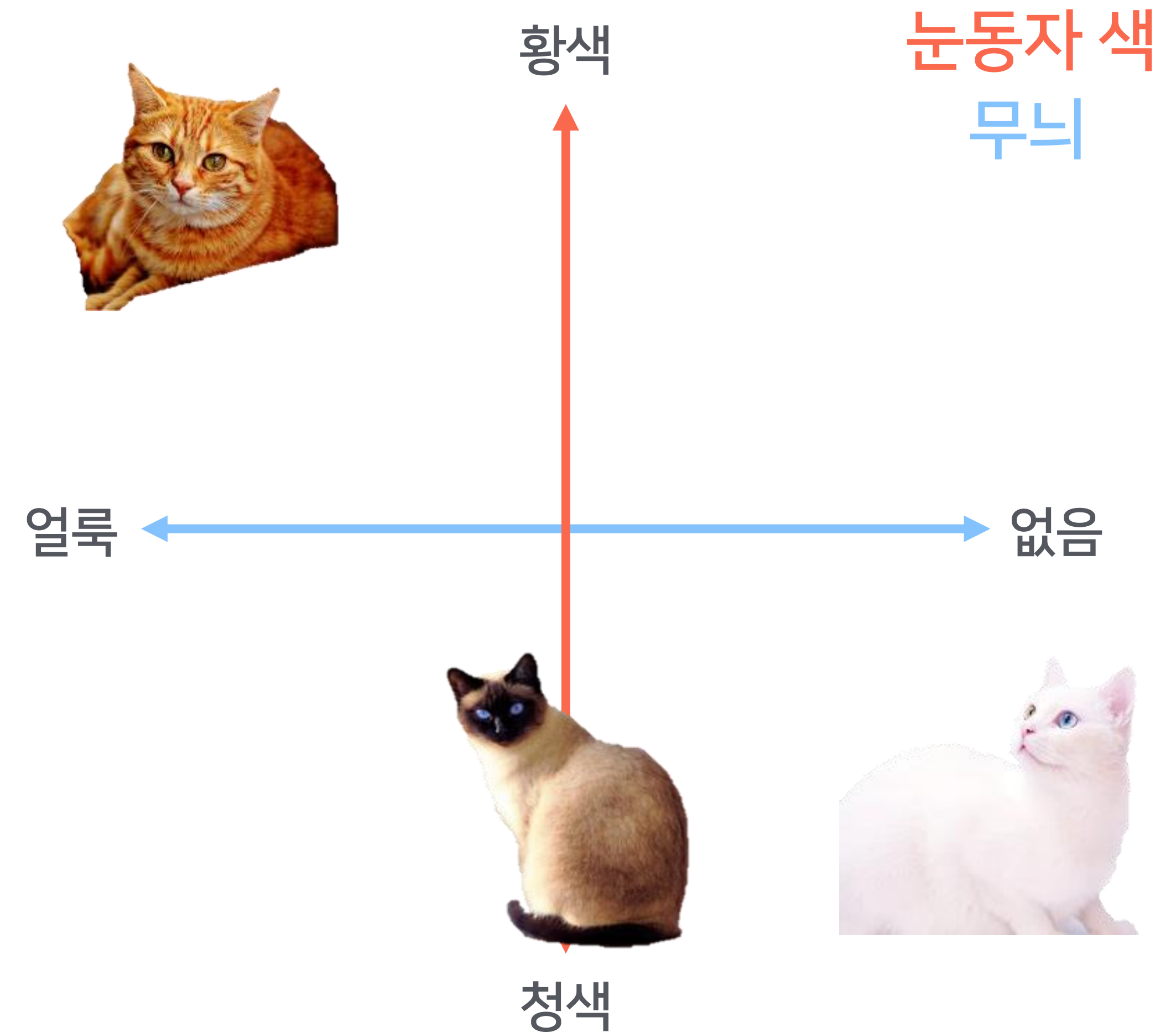


# Metric learning

Metric?



Metric이 있다면 새로운 데이터에서도 쉽게  
비슷하고 다름을 결정 할 수 있음



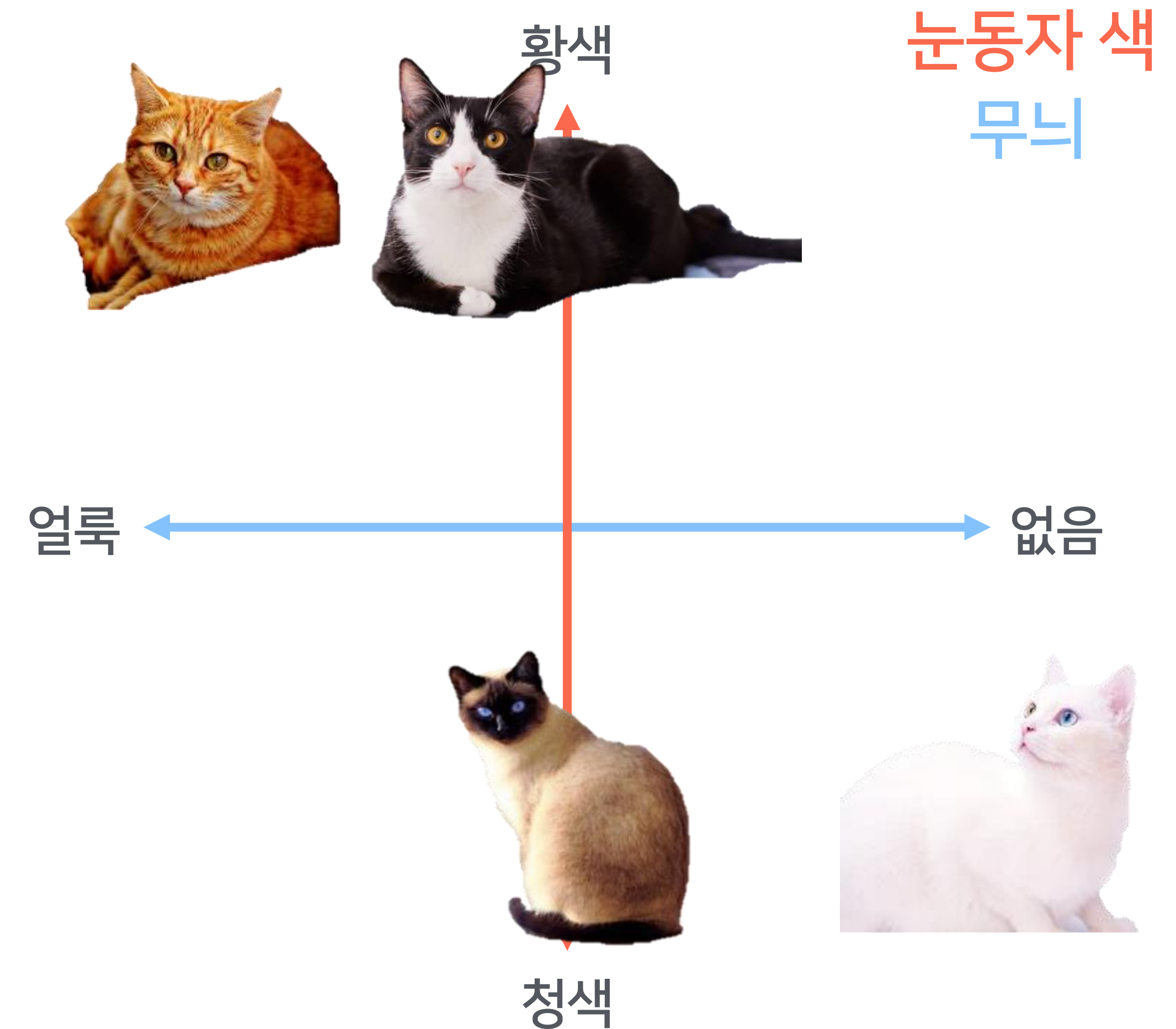


# Metric learning

Metric?



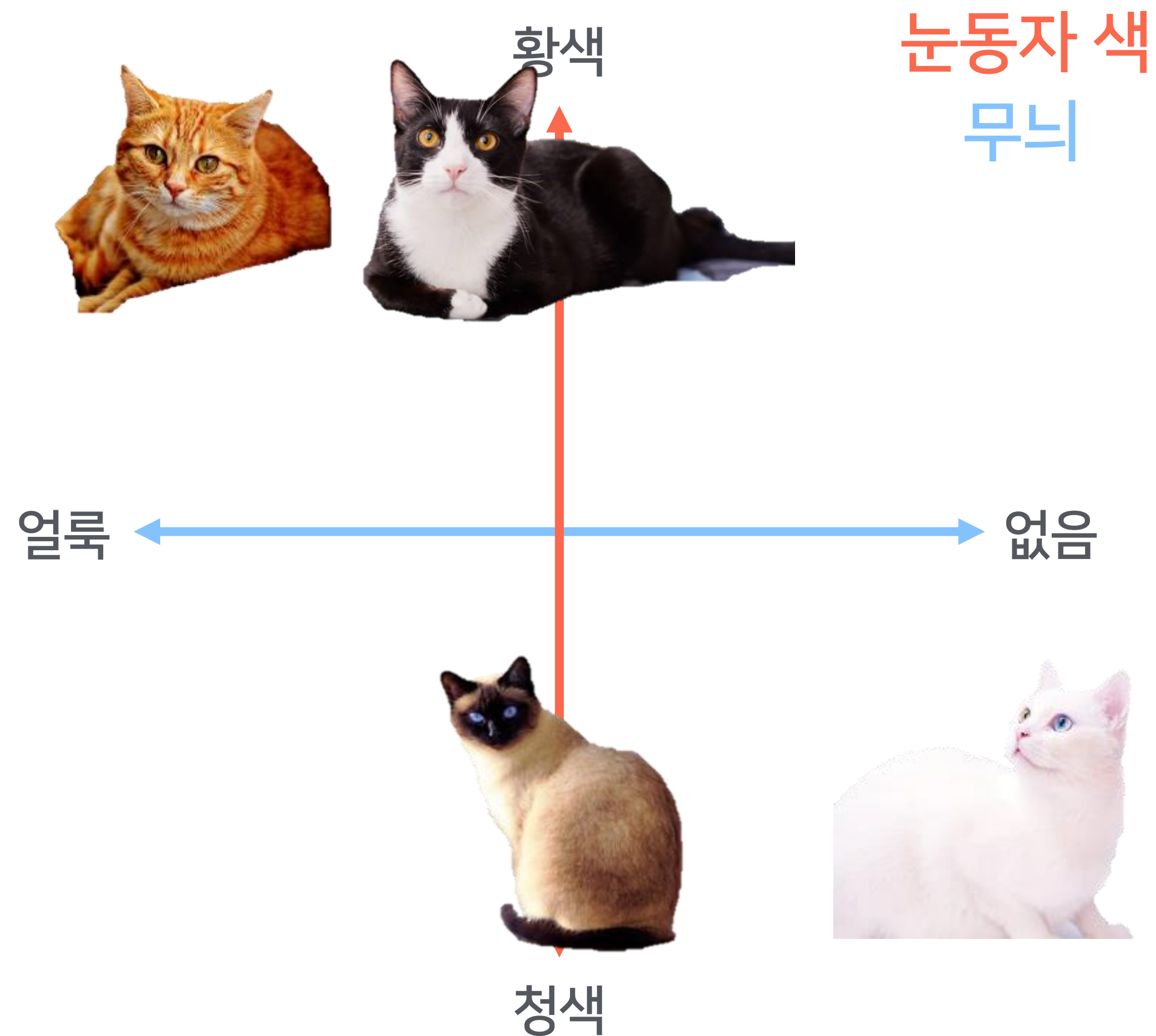
Metric이 있다면 새로운 데이터에서도 쉽게  
비슷하고 다름을 결정 할 수 있음





# Metric learning

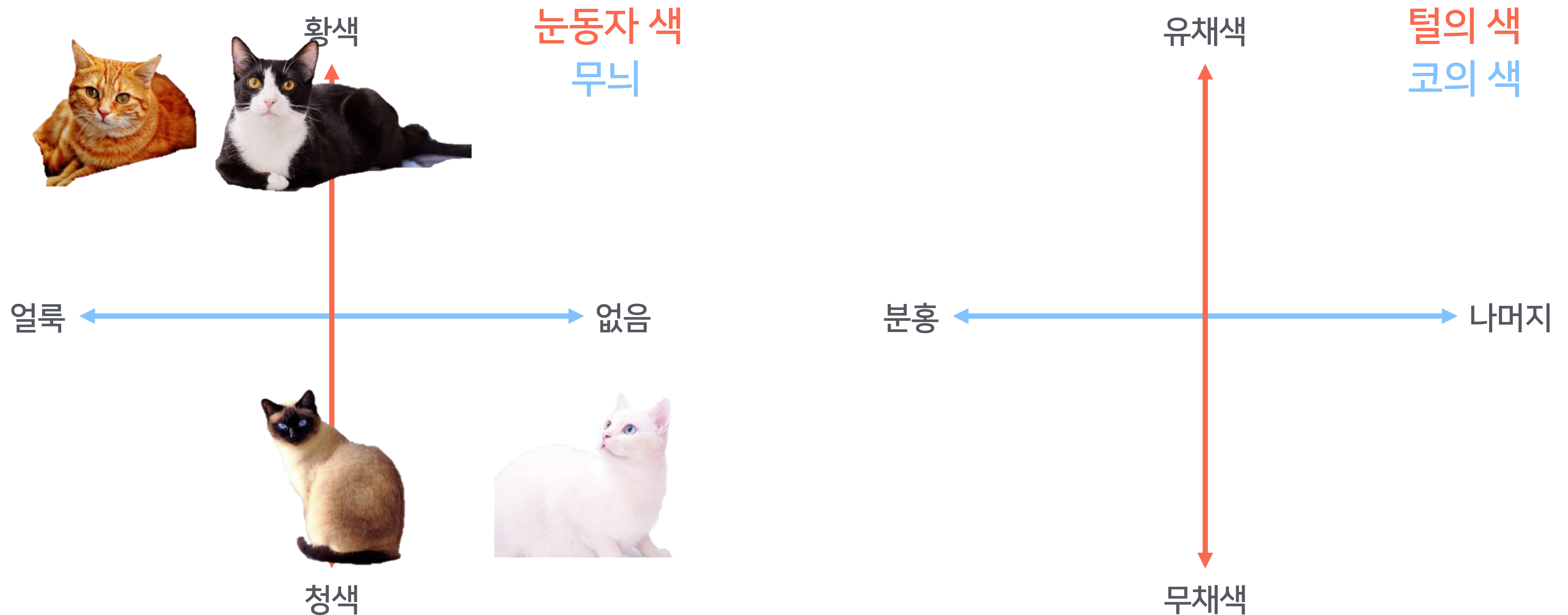
글쎄... 간단해 보이지만





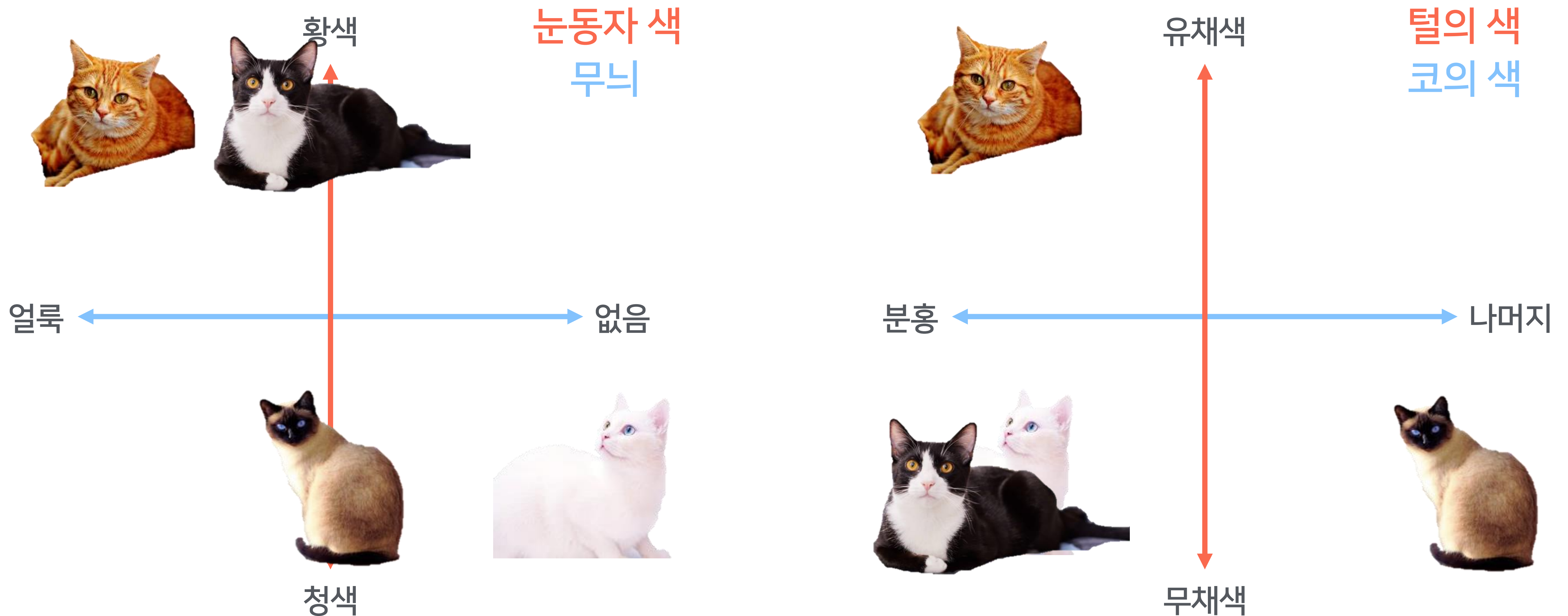
# Metric learning

글쎄... 간단해 보이지만



# Metric learning

글쎄... 간단해 보이지만

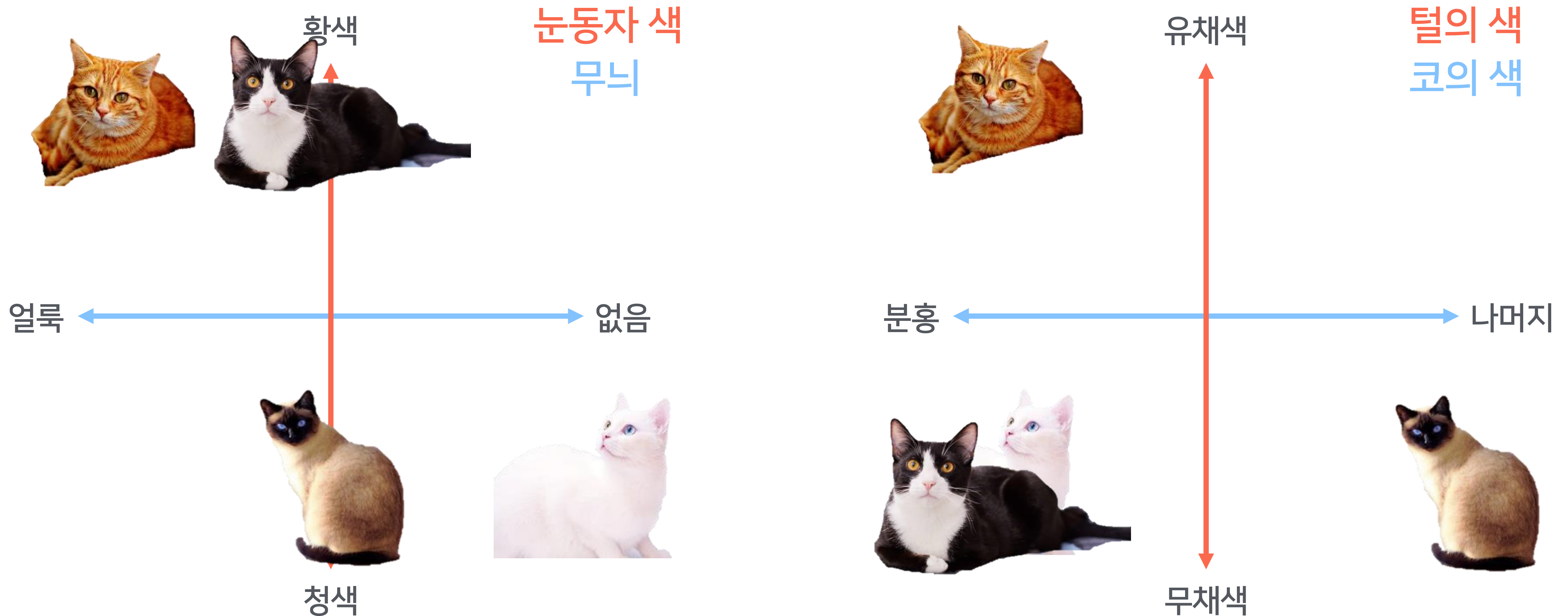




# Metric learning

글쎄... 간단해 보이지만

Metric을 정하는 것 역시  
어렵고 주관적이다



# Metric learning

학습을 통해 어떤 데이터 사이의 유사도(=similarity)를 측정할 수 있는  
metric을 배우는 기술

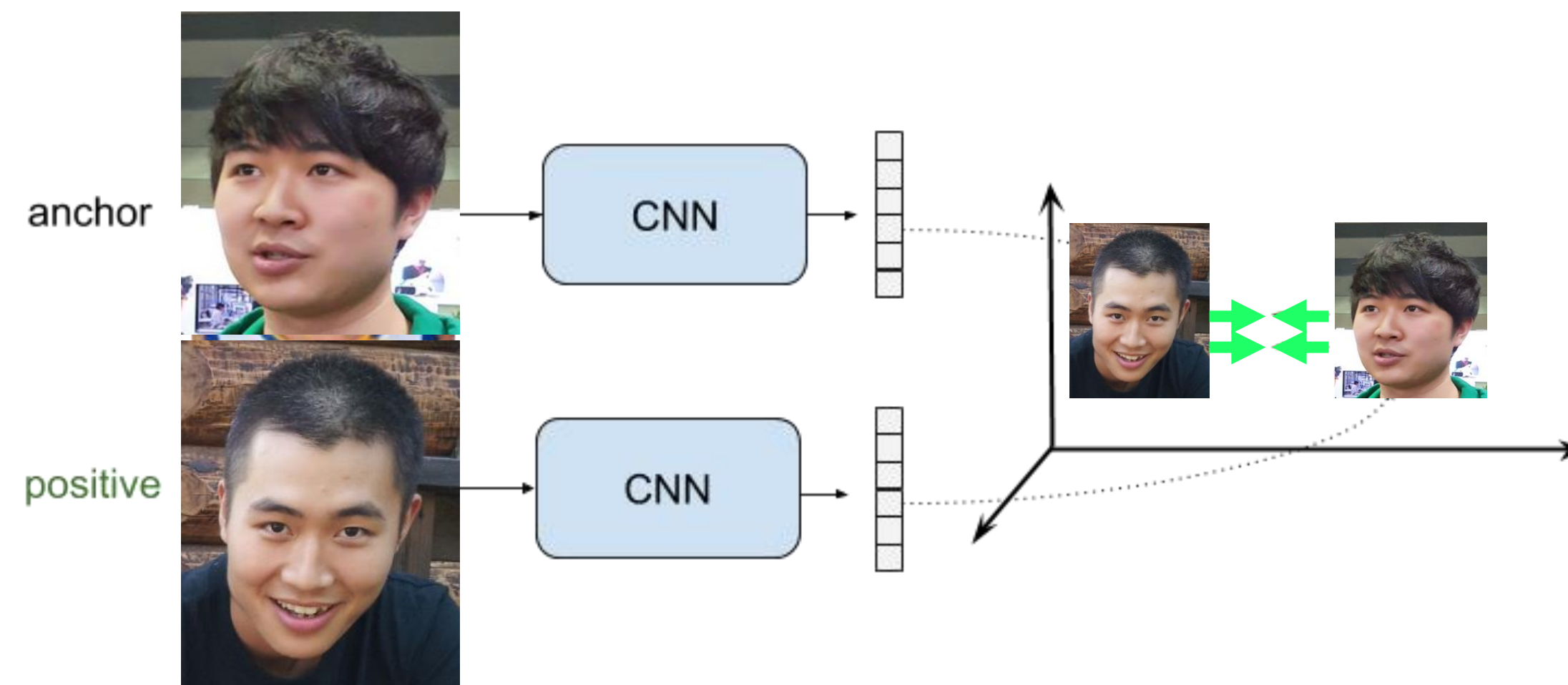
- 데이터 쌍 사이의 관계를 이용해서 metric을 결정한다



# Metric learning

학습을 통해 어떤 데이터 사이의 유사도(=similarity)를 측정할 수 있는  
metric을 배우는 기술

- 데이터 쌍 사이의 관계를 이용해서 metric을 결정한다

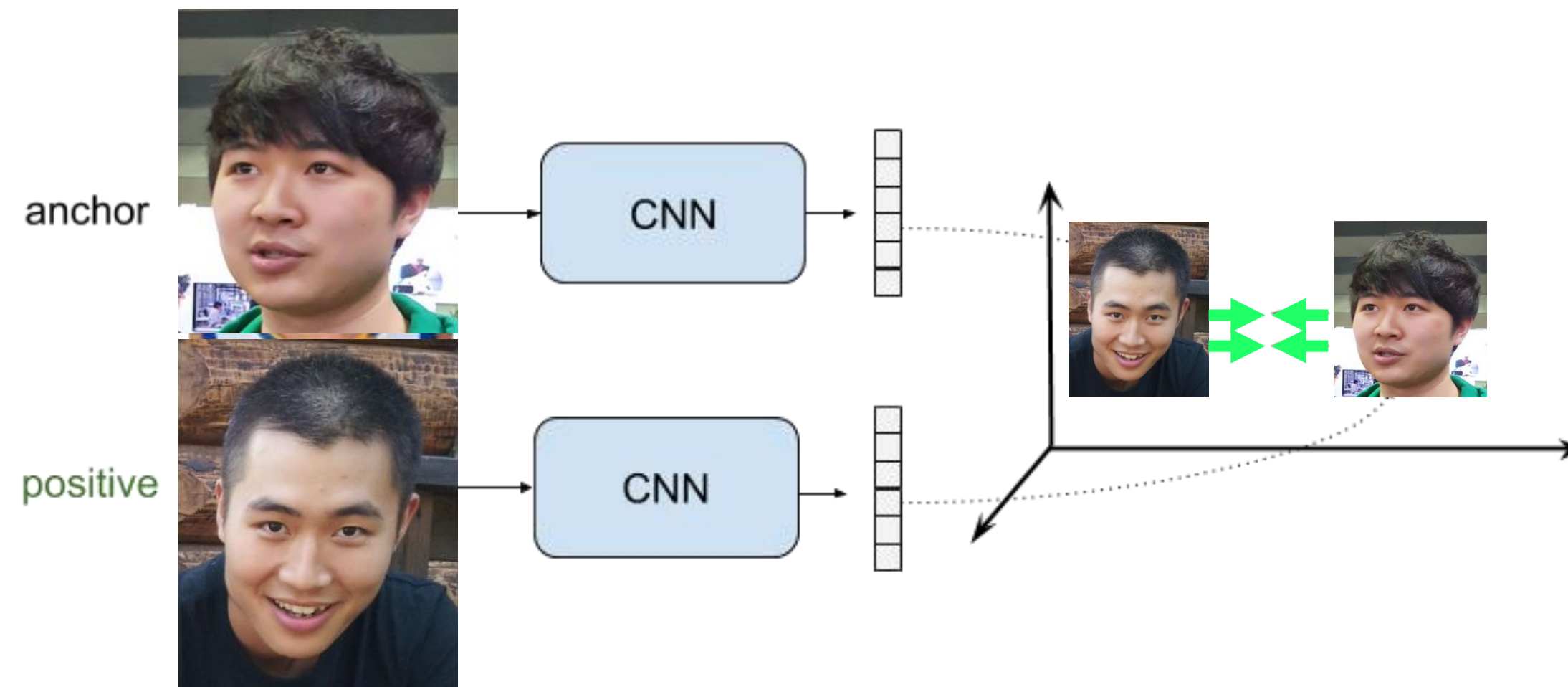


같은 것은 같아지도록

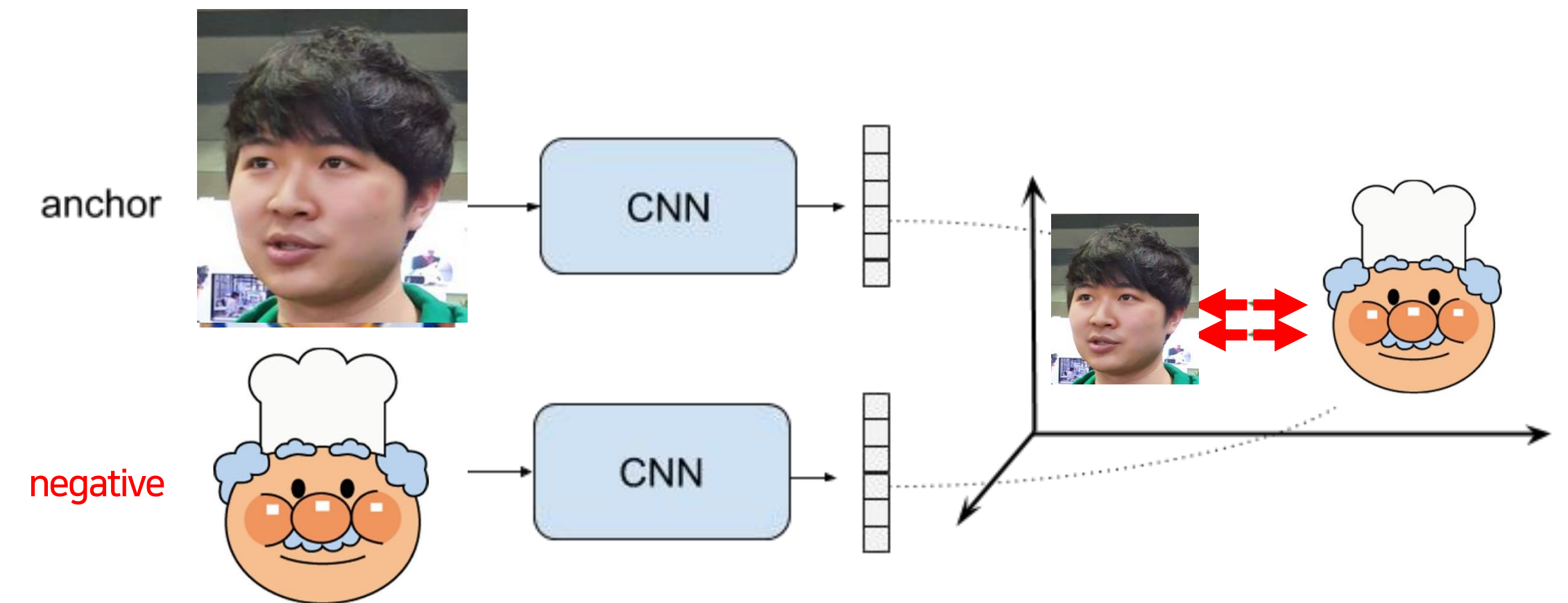
# Metric learning

학습을 통해 어떤 데이터 사이의 유사도(=similarity)를 측정할 수 있는  
metric을 배우는 기술

- 데이터 쌍 사이의 관계를 이용해서 metric을 결정한다



같은 것은 같아지도록



다른 것은 달라지도록



# Metric learning

학습을 통해 어떤 데이터 사이의 유사도(=similarity)를 측정할 수 있는  
metric을 배우는 기술

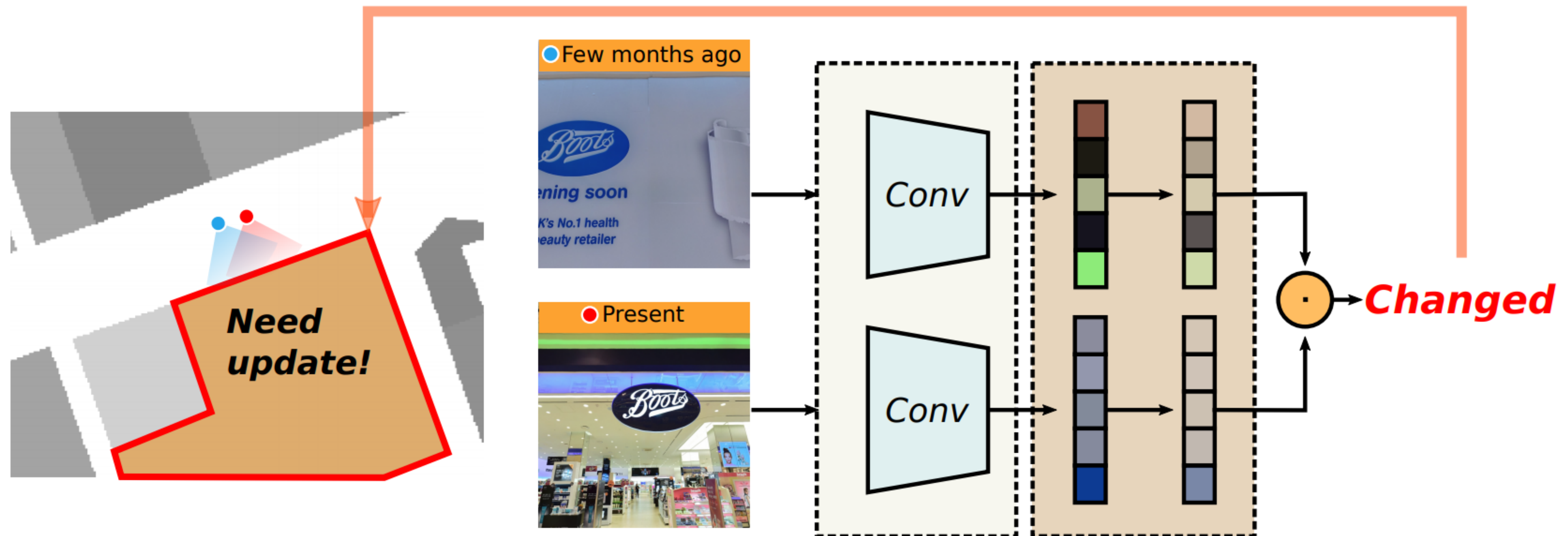
- 데이터 쌍 사이의 관계를 이용해서 metric을 결정한다

$$(\text{Query}, \text{Positive}, \text{Negative}) = \left( \text{[Query Image]}, \text{[Positive Image]}, \text{[Negative Image]} \right)$$

Data triplet

# Previous study

## Metric learning을 이용한 실내 공간 변화 탐지 알고리즘





# Previous study

## Metric learning을 이용한 실내 공간 변화 탐지 알고리즘



비교해야 할 부분을 알아서 찾는다



다소간의 시점 변화에 강인하다

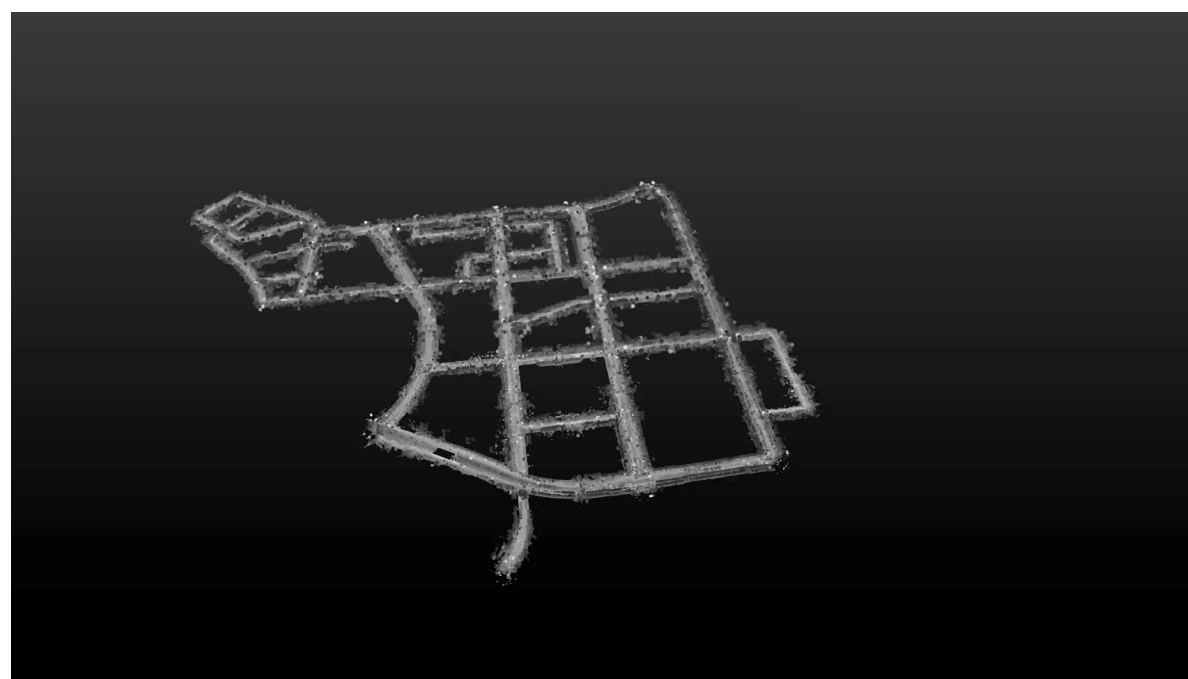


# Previous study

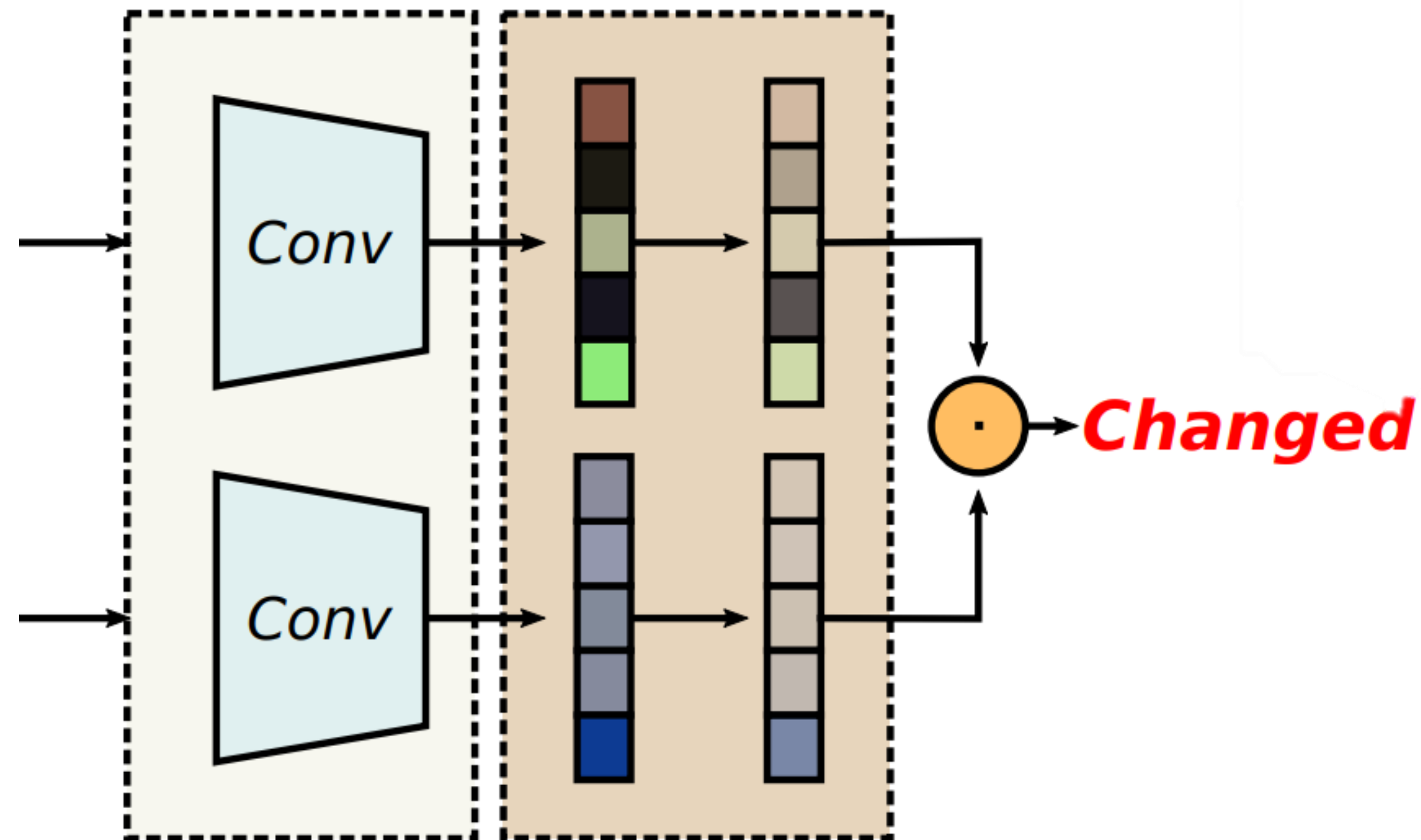
동일한 방식을 적용해 볼 수 있지 않을까?



카메라 이미지



HD map



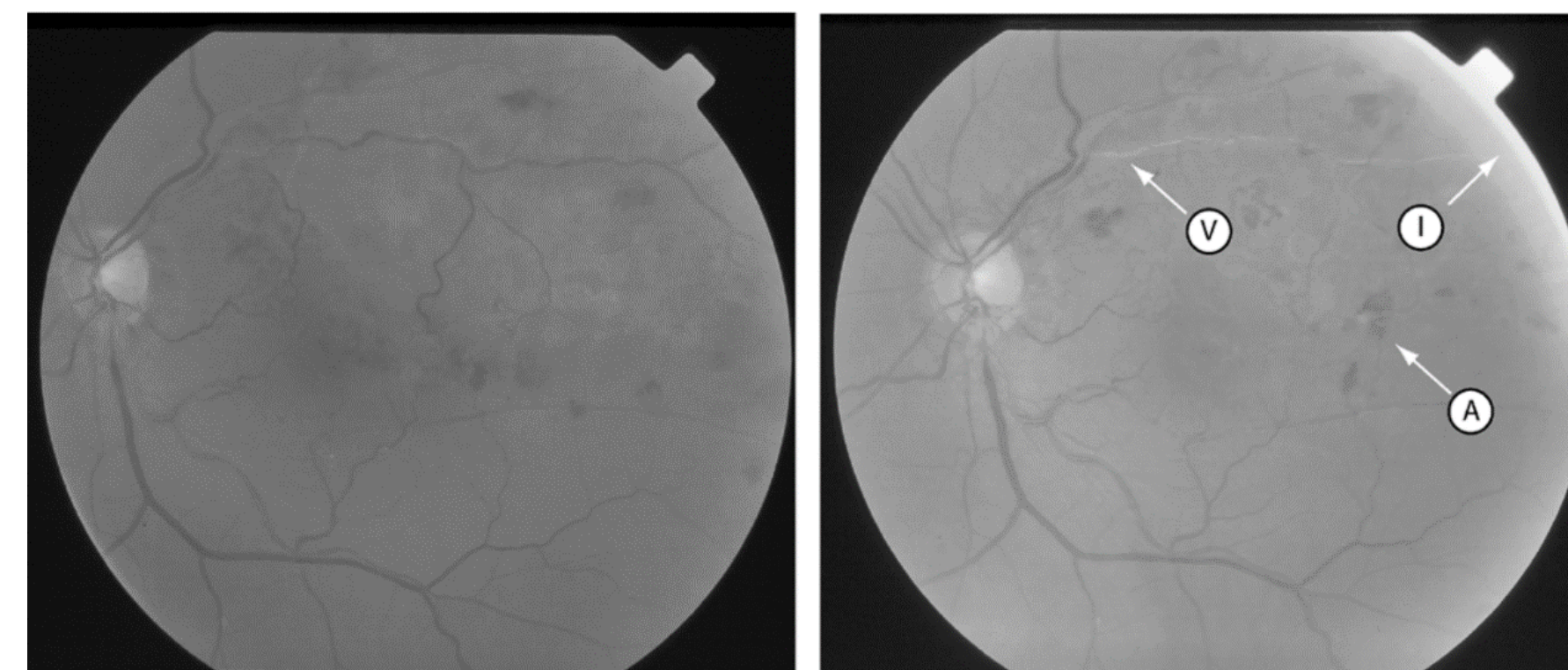
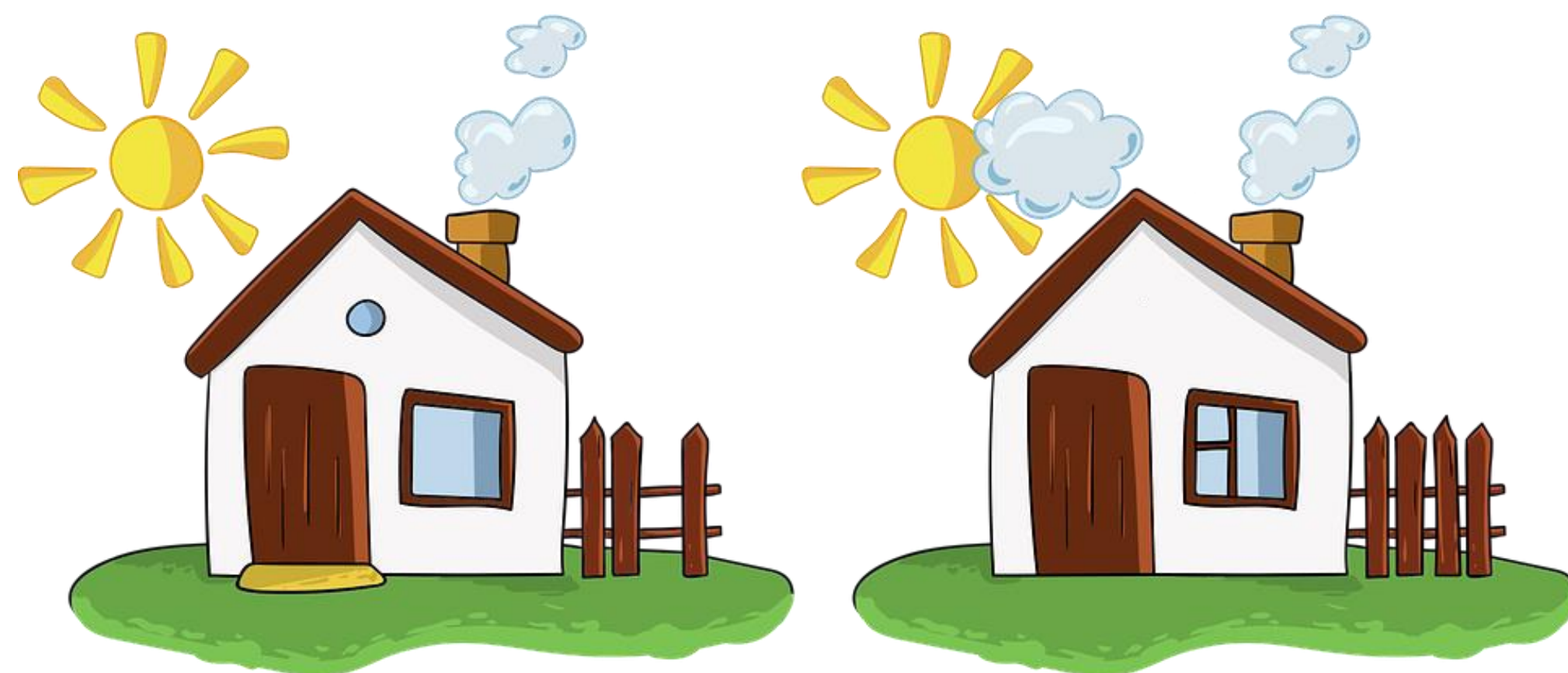


오.. 그렇게 하면 될까요?



# Cross-domain

비교할 데이터 쌍은 같은 domain의 데이터



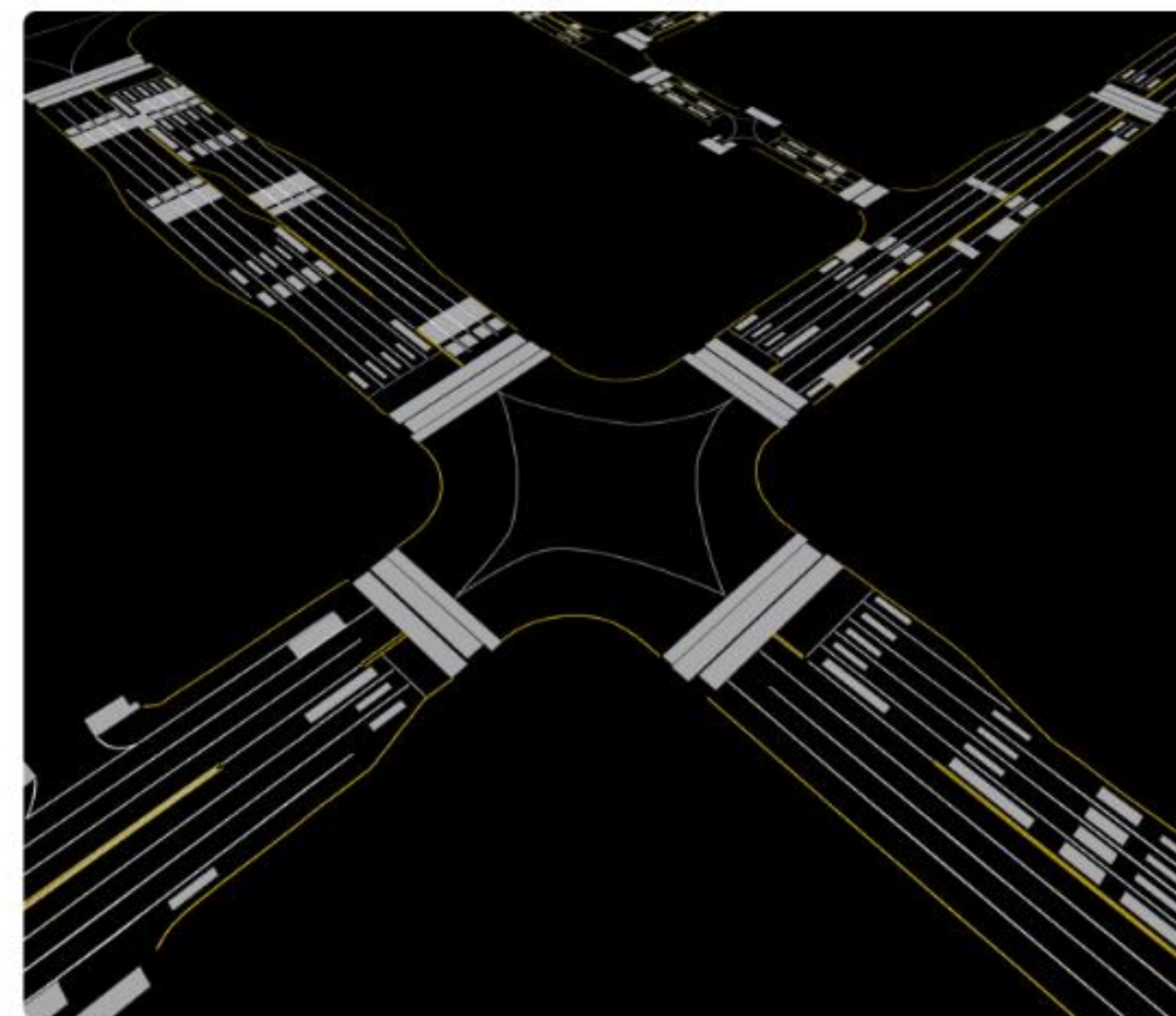


# Cross-domain

우리가 비교해야 할 데이터 쌍은?



카메라 이미지



HD map

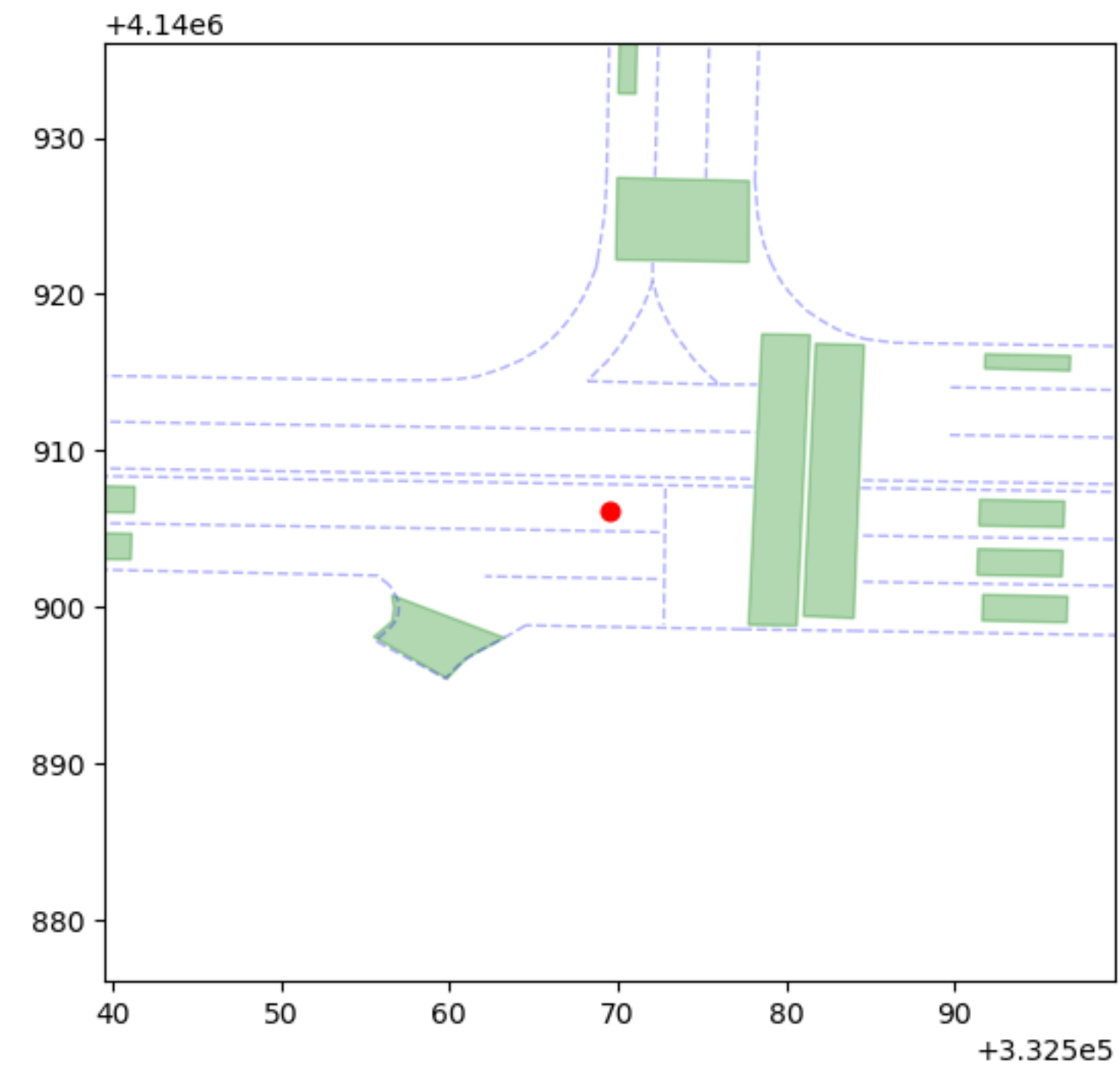
# Cross-domain

우리가 비교해야 할 데이터 쌍은?

- 비교가 가능하도록 만들자!



카메라 이미지



HD map



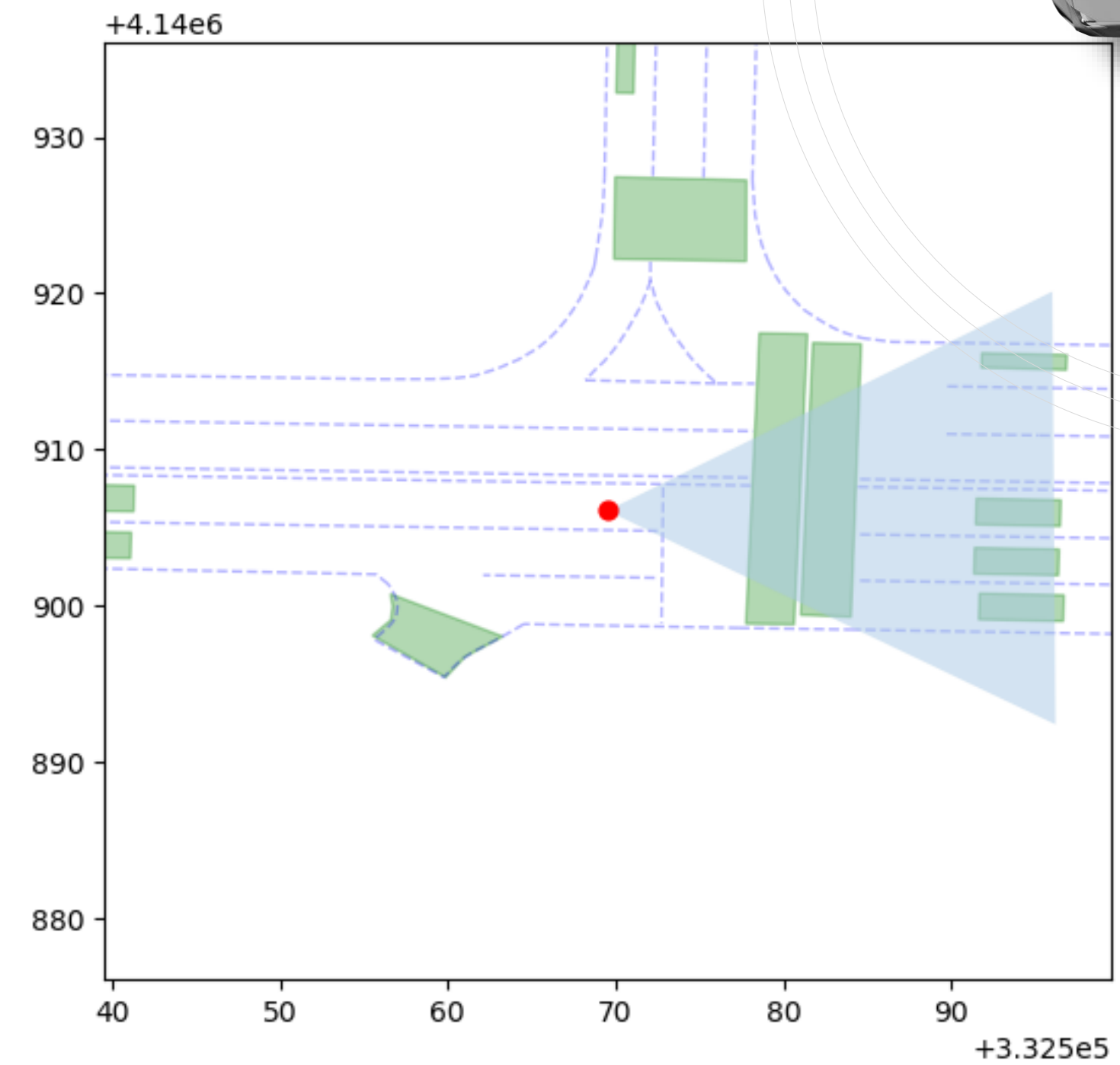
# Cross-domain

우리가 비교해야 할 데이터 쌍은?

- 비교가 가능하도록 만들자!



카메라 이미지



HD map + VL

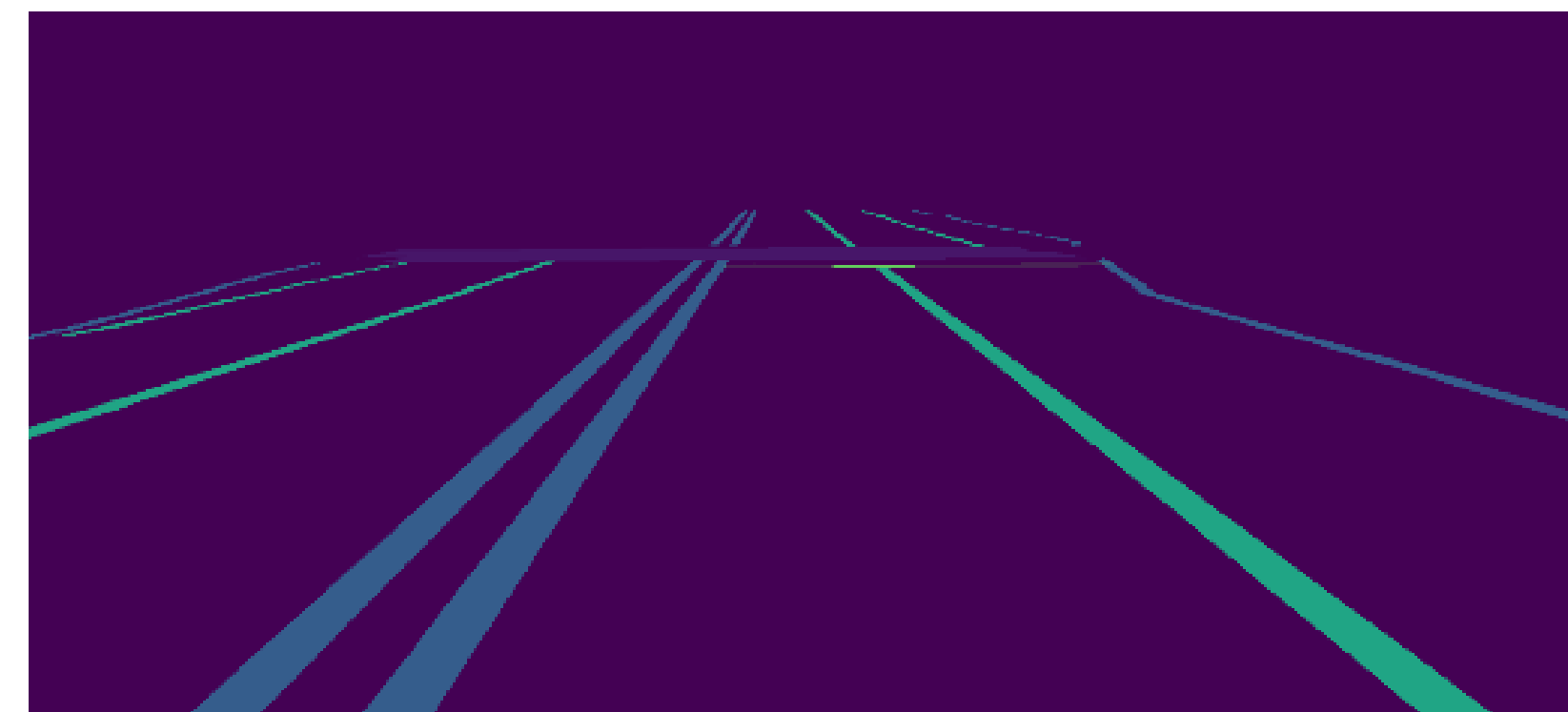
# Cross-domain

우리가 비교해야 할 데이터 쌍은?

- 비교가 가능하도록 만들자!



카메라 이미지

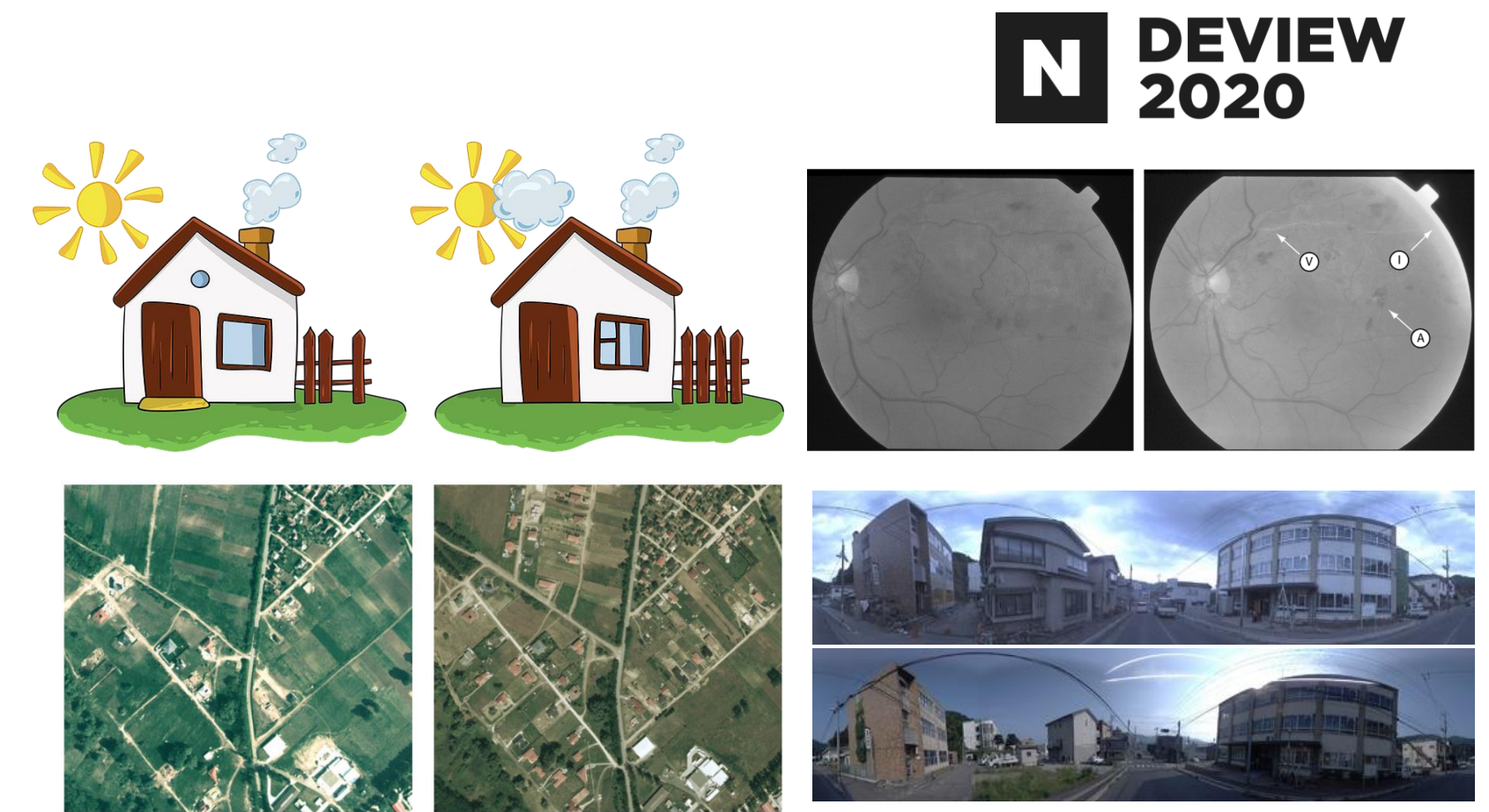


Projected HD map

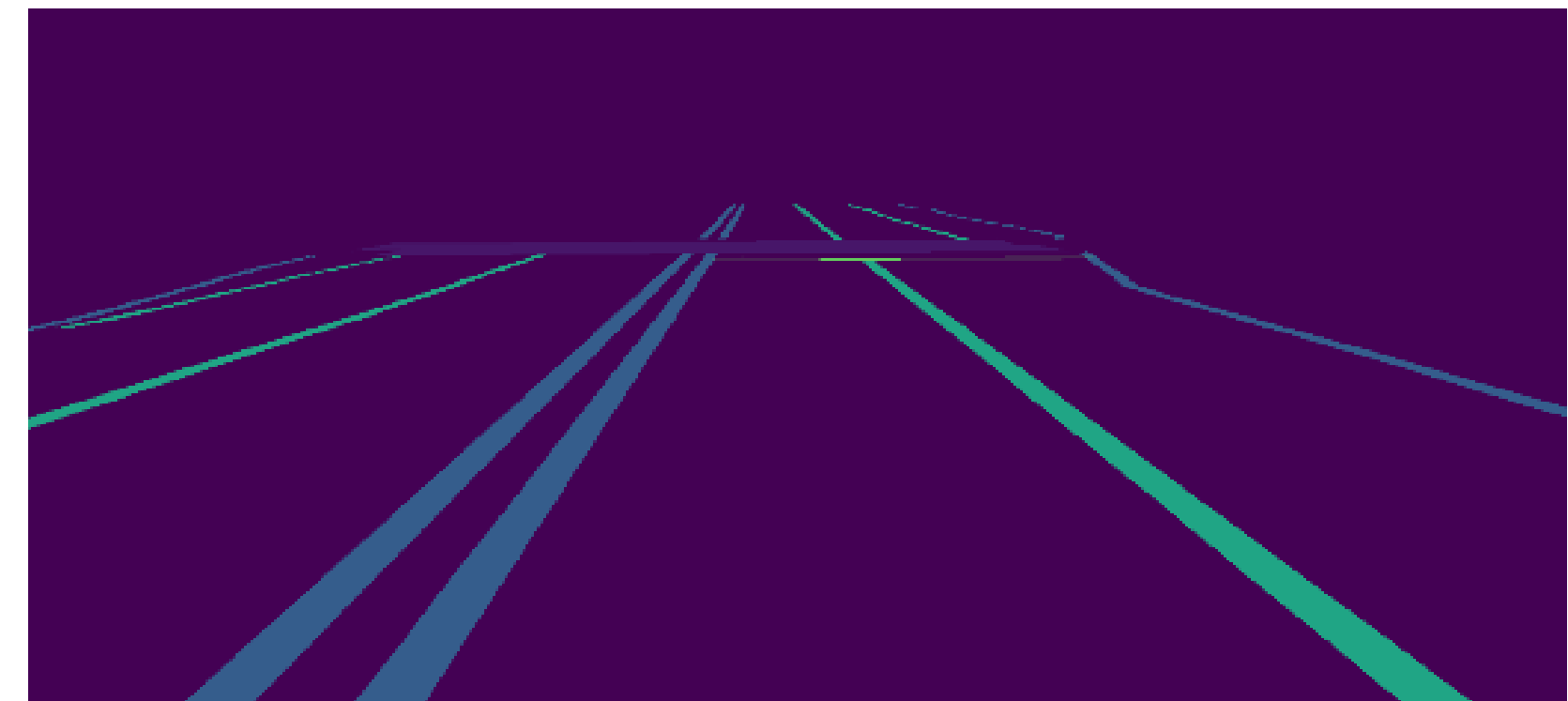


# Cross-domain

문제) 이 정도로 충분할까?



카메라 이미지



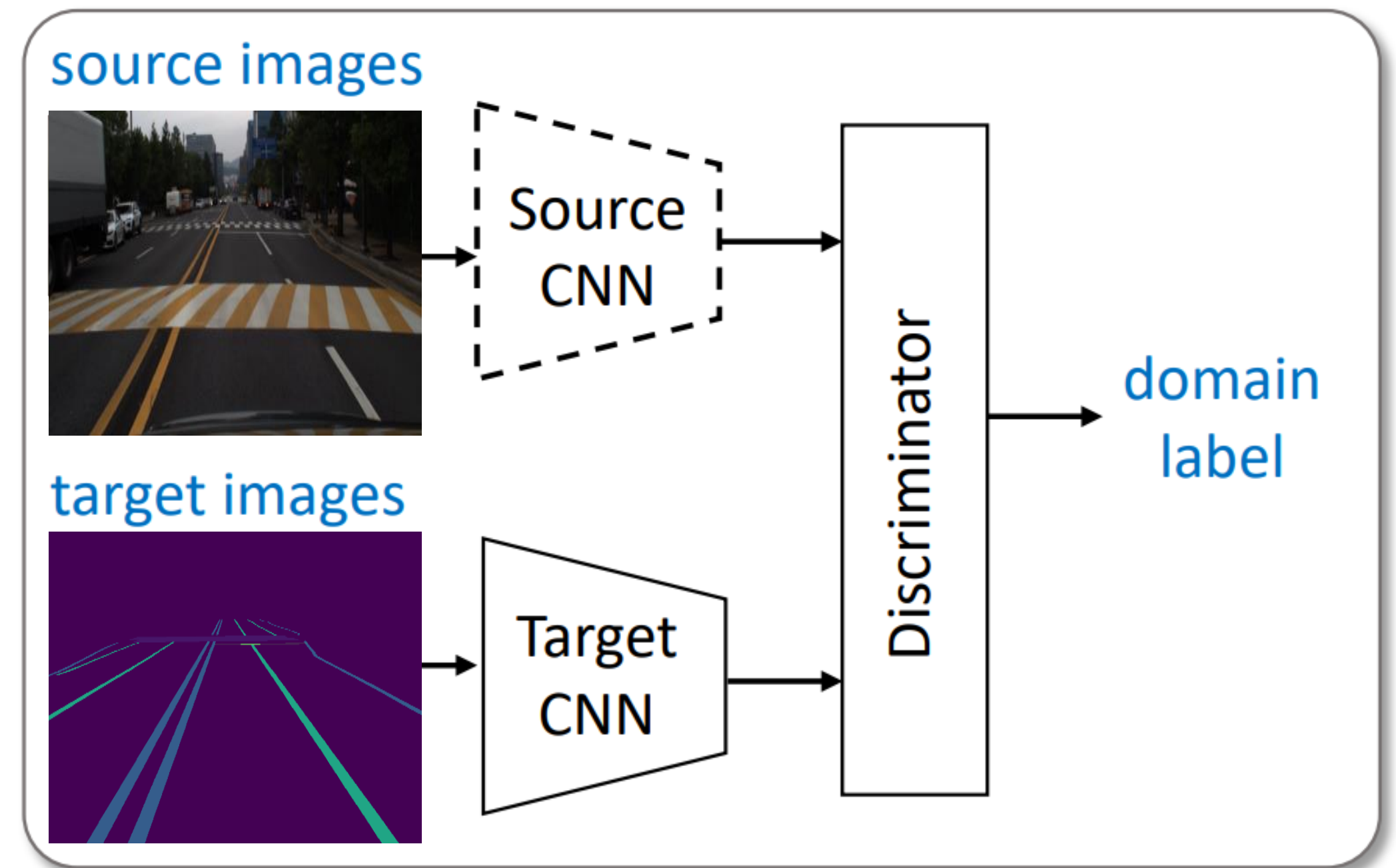
Projected HD map

# Cross-domain

## 해결) Domain adaptation

- Adversarial 훈련 방법을 차용하자
- Generator/discriminator를 번갈아 훈련시키면서 카메라 이미지와 projected HD map을 구분할 수 없도록

### Adversarial Adaptation





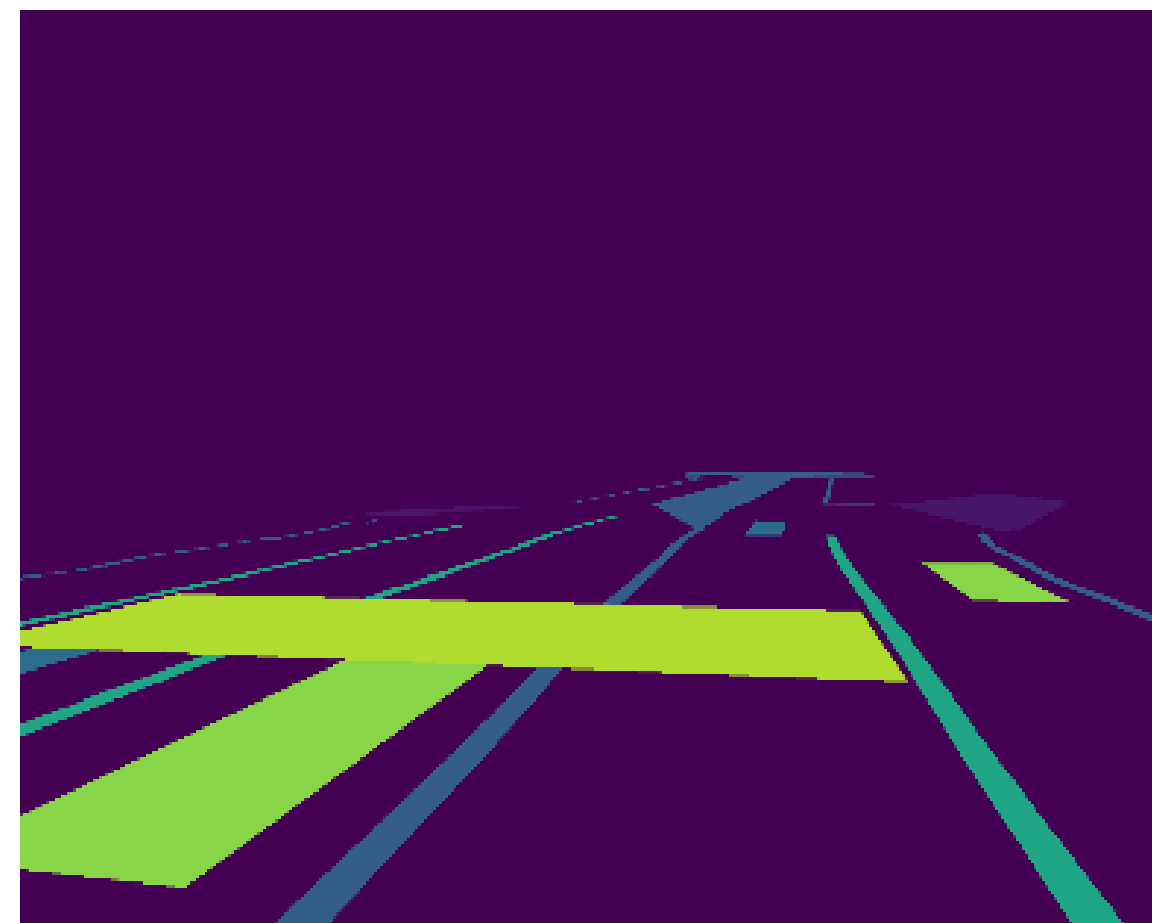
# Synthetic data

문제) Metric learning으로 모델을 훈련함에 있어 가장 중요한 데이터가 없음

- 아래와 같은 triplet이 필요하다



카메라 이미지



Projected HD map



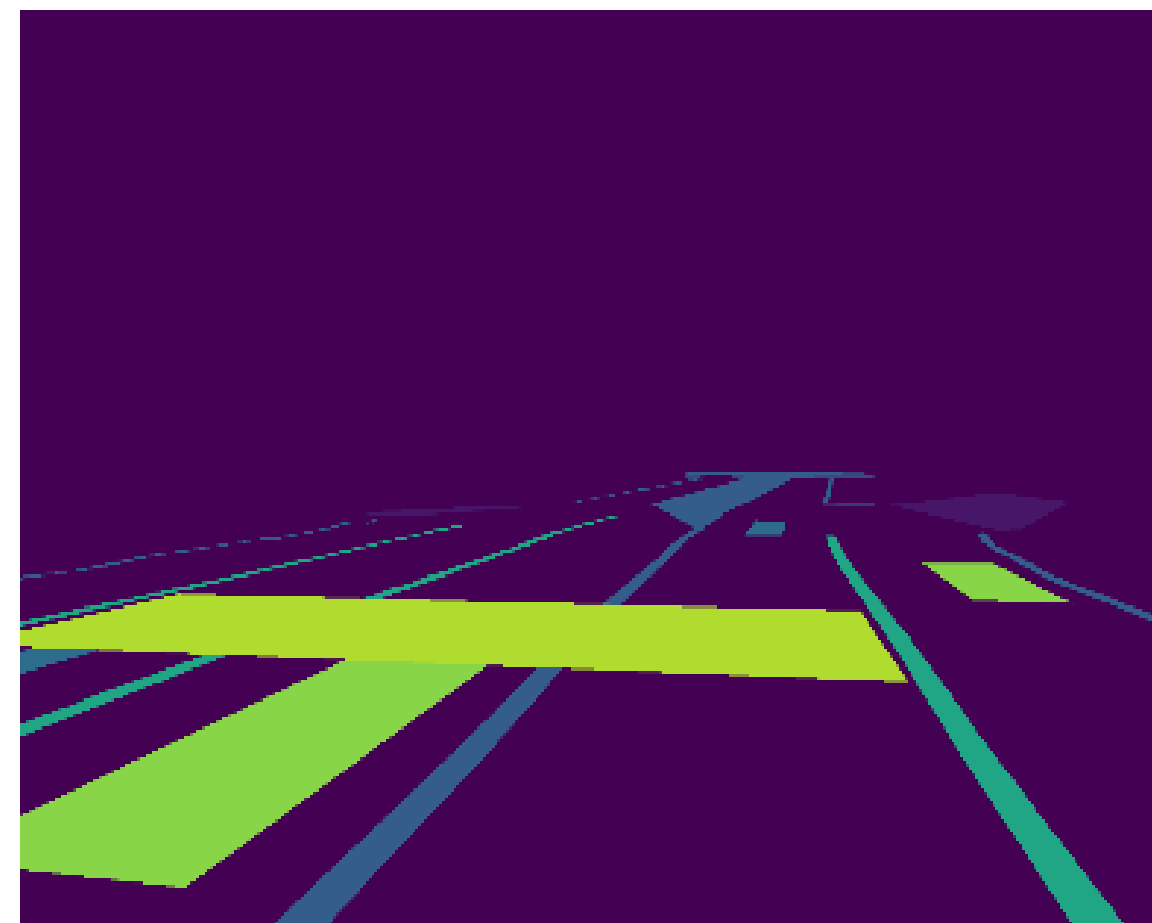
변화가 발생한 HD map

# Synthetic data

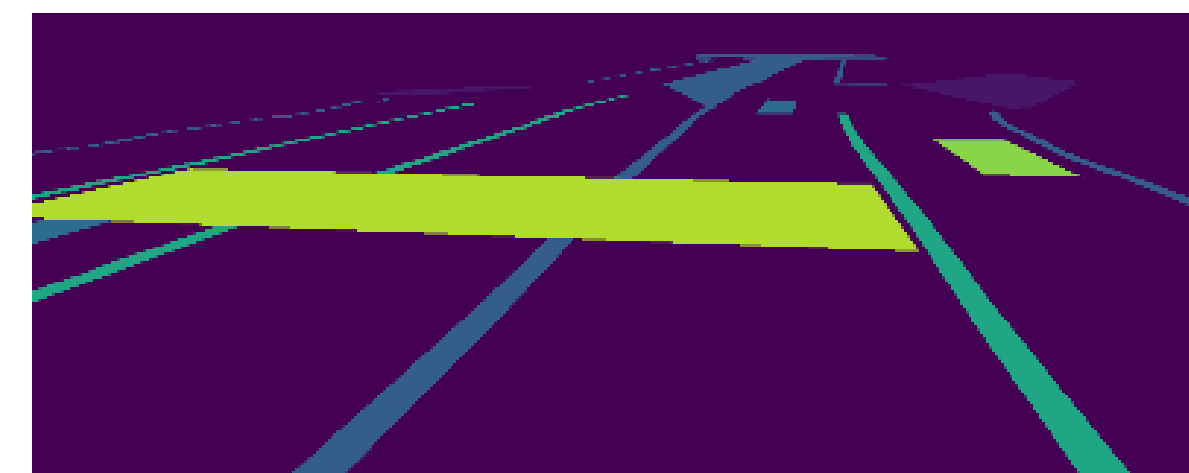
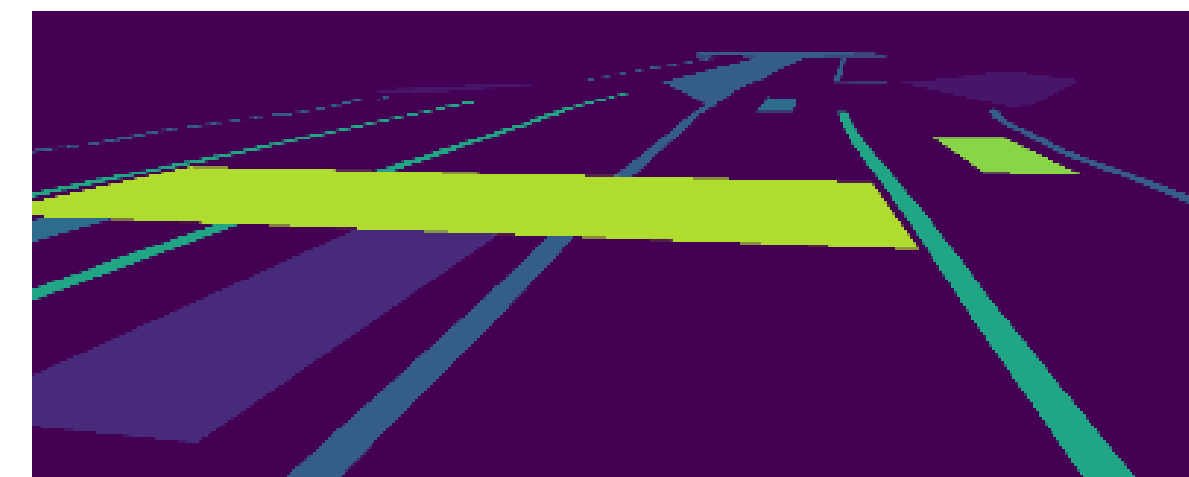
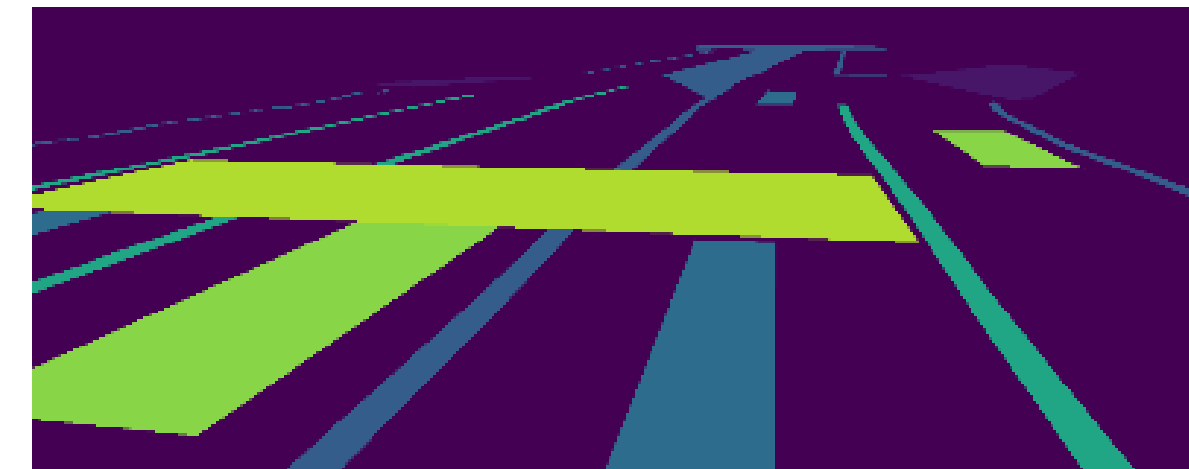
해결) 상대적으로 변경하기 쉬운 HD map에 수정을 가하여  
변화가 발생한 HD map 데이터를 생성



카메라 이미지



Projected HD map

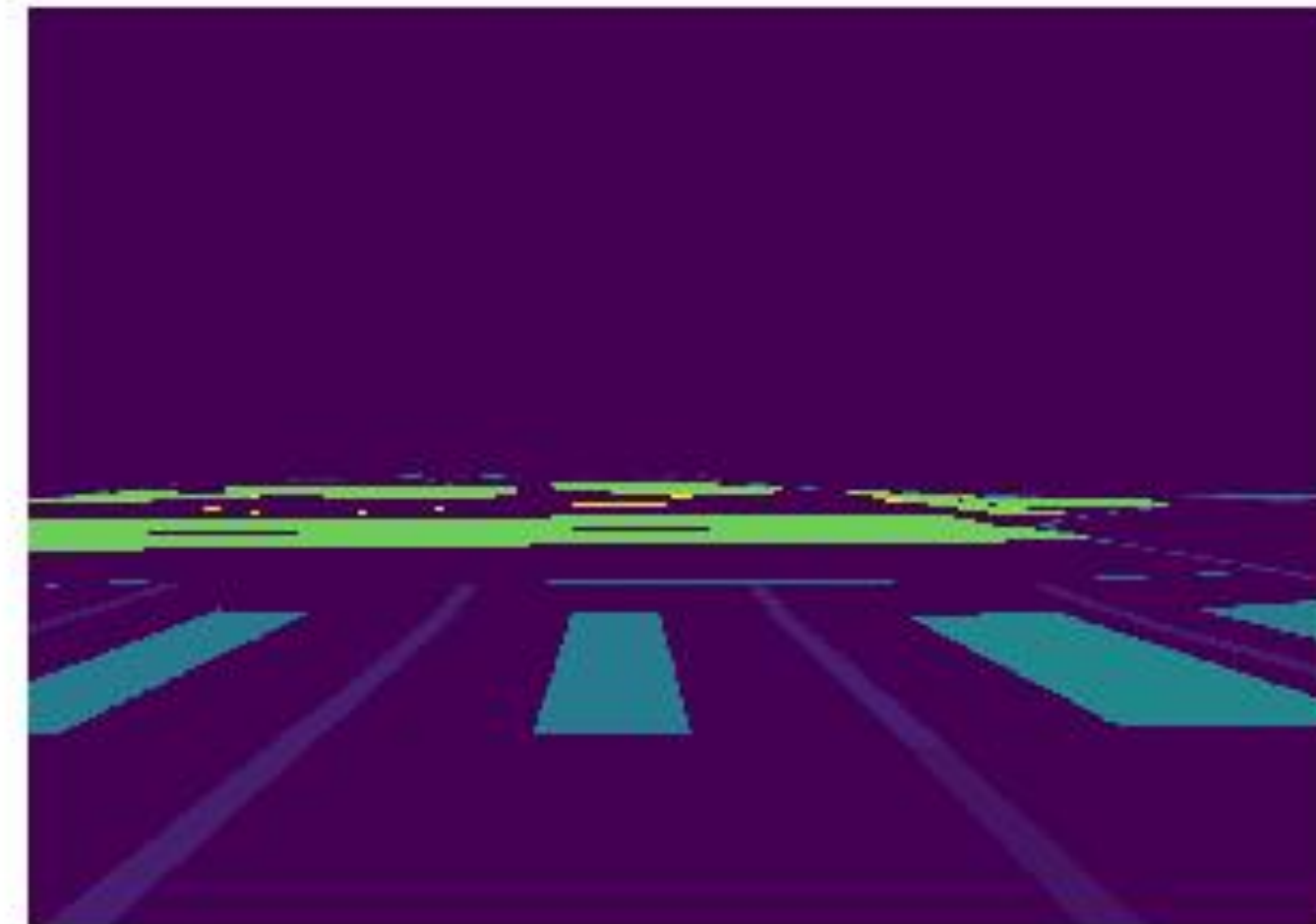


변화가 발생한 HD map



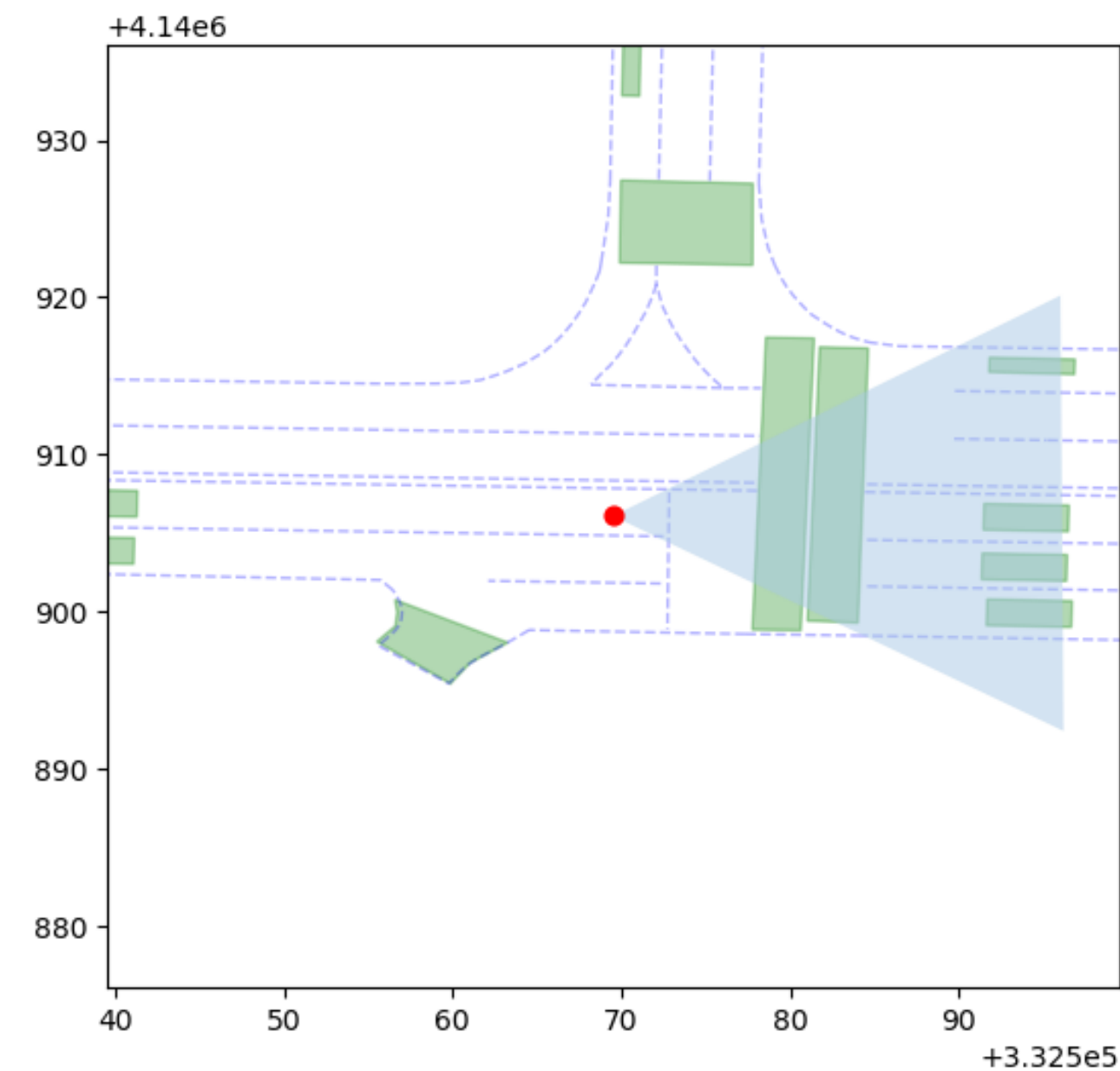
# Localization error

문제) Visual localization 결과로부터 HD map을 projection하기 때문에  
어느 정도의 측위 오차가 존재함



# Localization error

해결) 딥러닝 모델이 측위 오차에 강건하게 동작하게 만들기 위해  
적당한 랜덤 오차를 localization 결과에 추가하여 훈련함



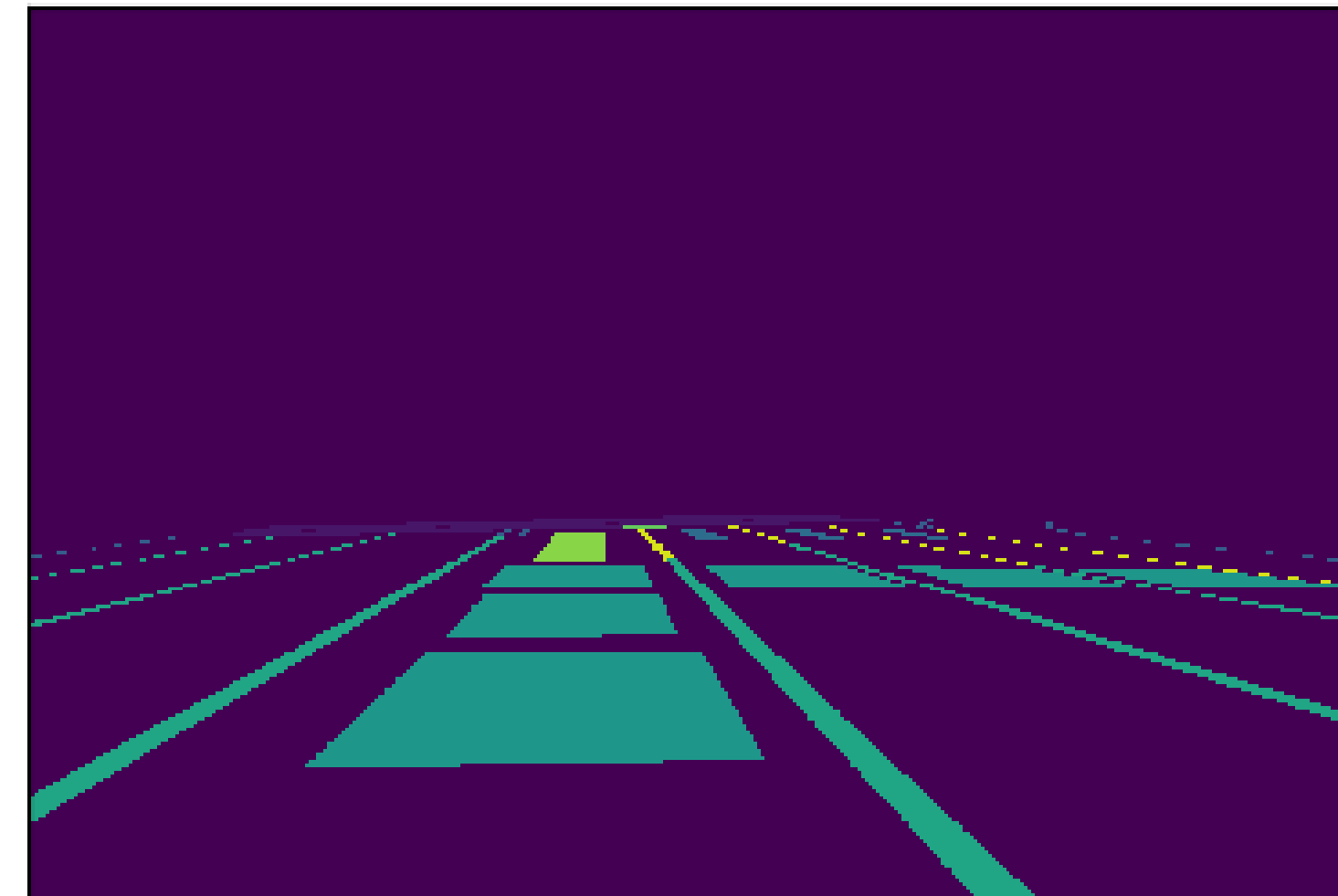
HD map + VL + Noise ( $< 1\text{m}, 5^\circ$ )



# Occlusion

문제) 도로 위에는 많은 “중요하지 않은” 장애물들이 있음

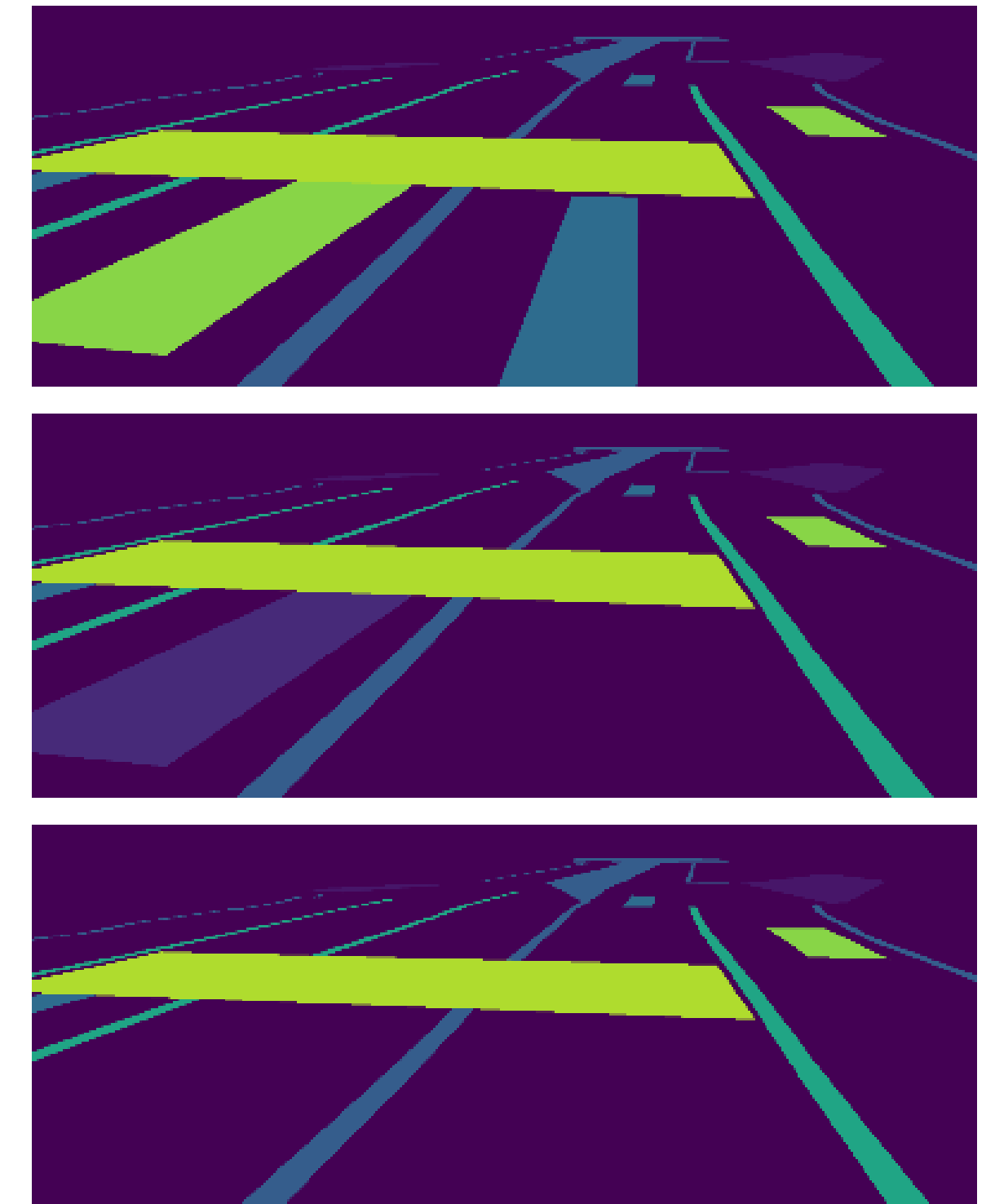
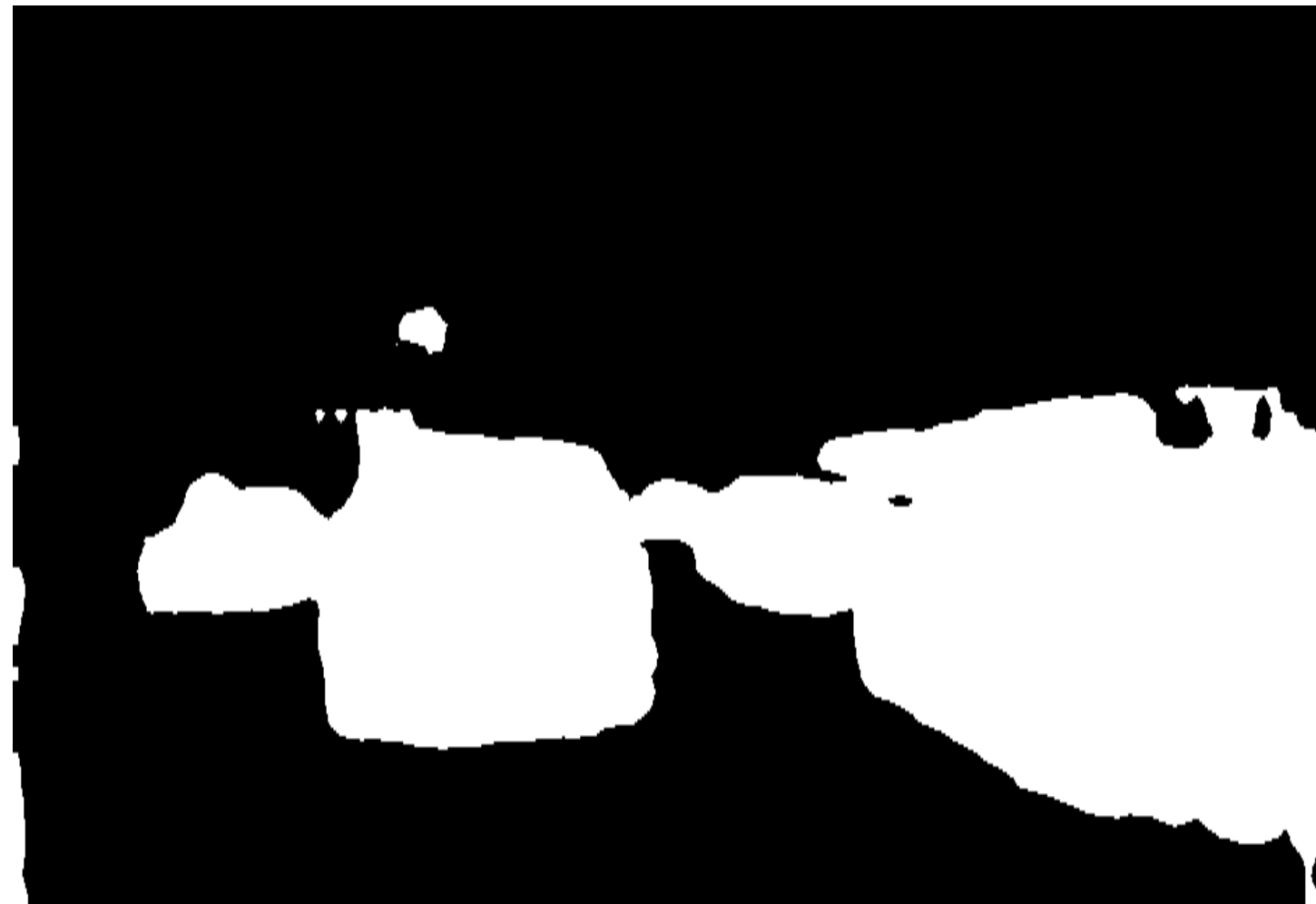
- 장애물들에 가려져서 변화 영역을 탐지하지 못함
- 시각적으로 다르기 때문에 변화로 오판할 수 있음



# Occlusion

해결) “장애물에 가려진 부분에서는 변화가 발생하지 않는다”를 훈련시키고자 함

- Semantic segmentation으로 장애물 영역을 찾고
- 변화 발생 HD map 데이터를 생성할 때에  
장애물 영역과 겹치면 버림



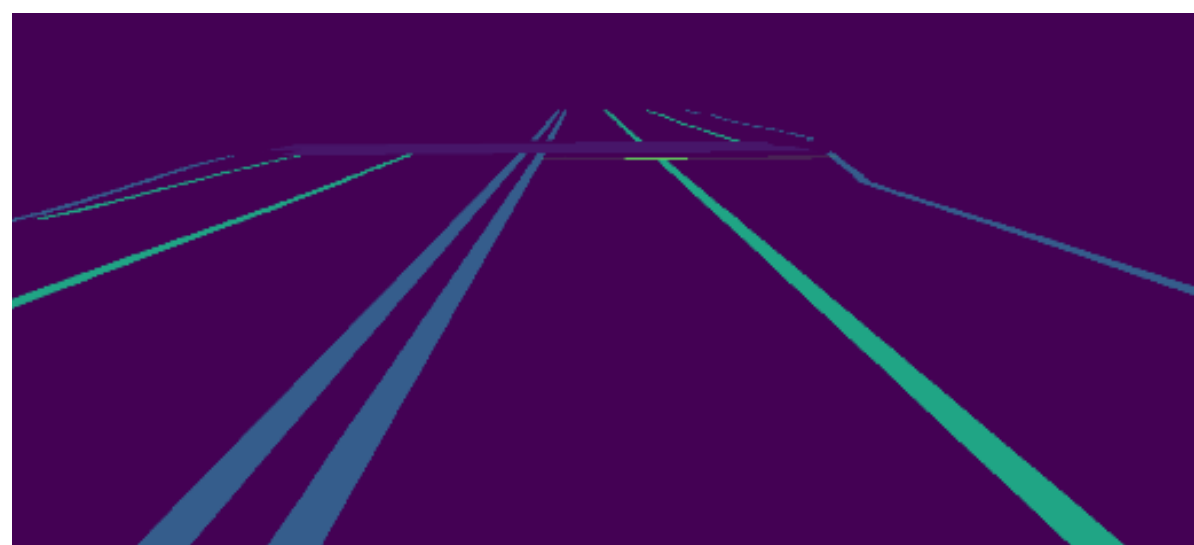


# Local change detection

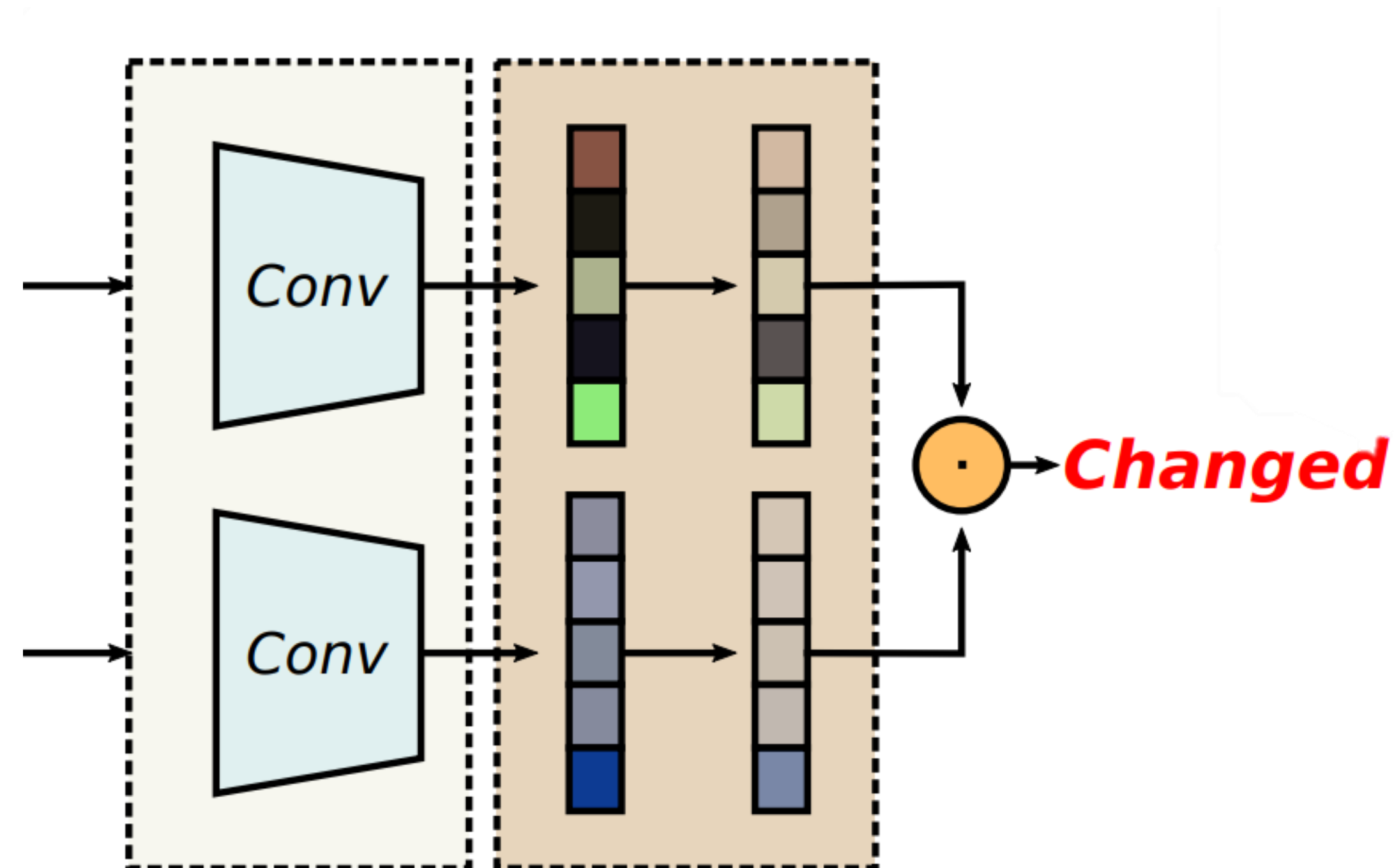
문제) 변화 발생 정도 뿐 아니라 어디에서 변화가 발생하였는지도 알고 싶다



카메라 이미지



HD map



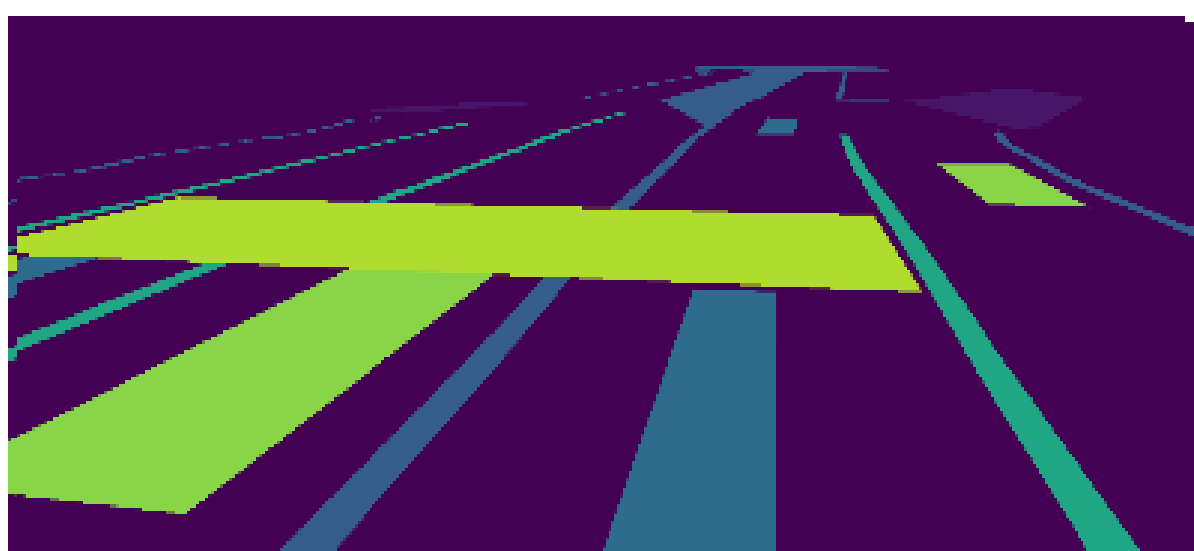
# Local change detection

문제) 변화 발생 정도 뿐 아니라 어디에서 변화가 발생하였는지도 알고 싶다

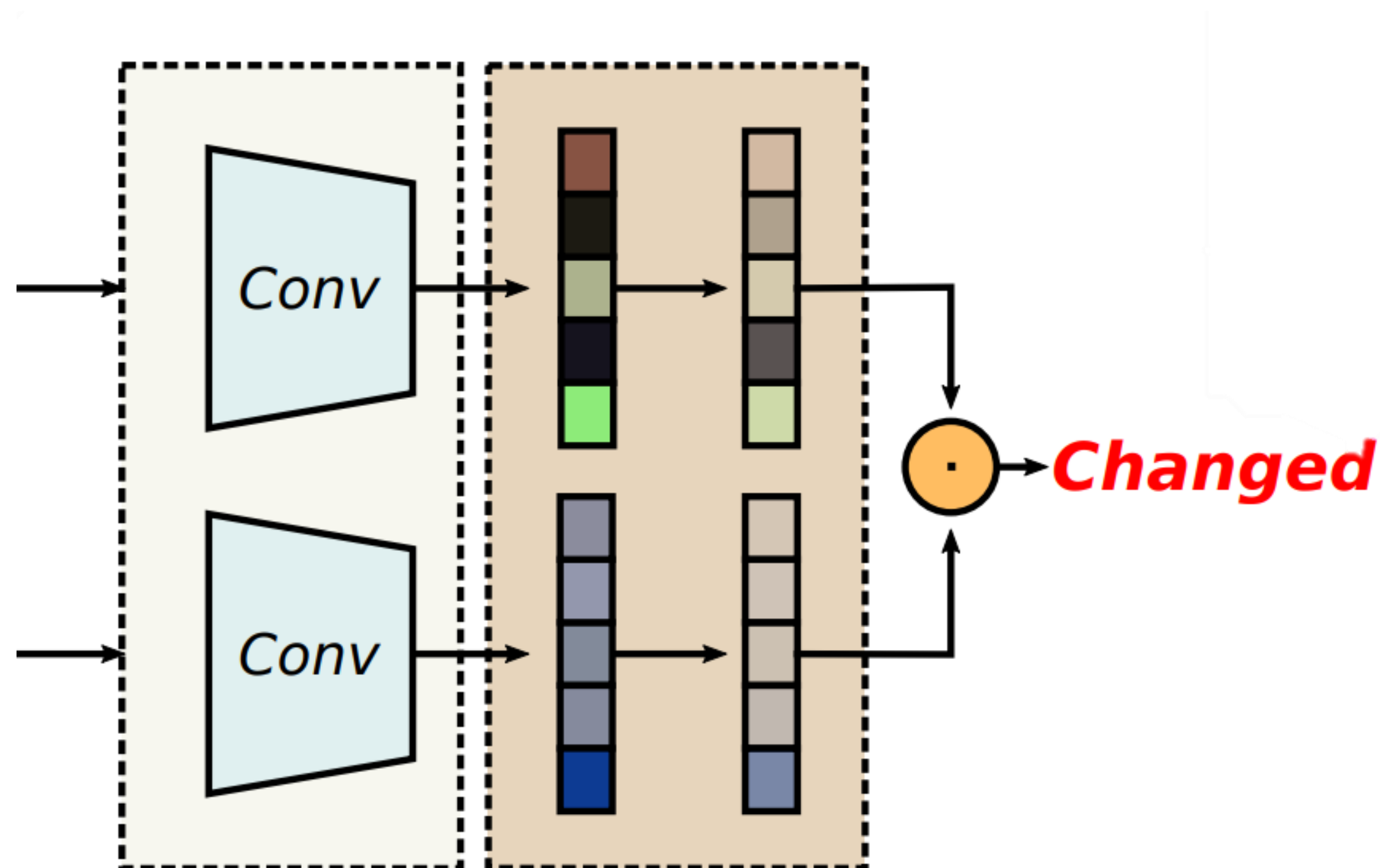
- 훈련을 위해서는 정확하게 변화한 위치를 알 수 있어야 함



카메라 이미지



HD map





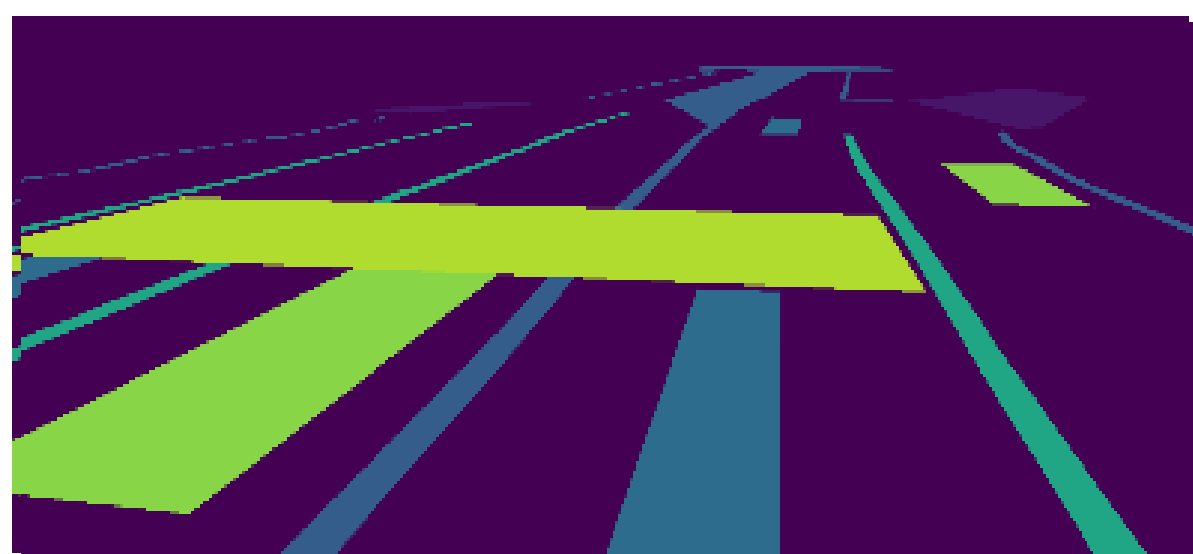
# Local change detection

문제) 변화 발생 정도 뿐 아니라 어디에서 변화가 발생하였는지도 알고 싶다

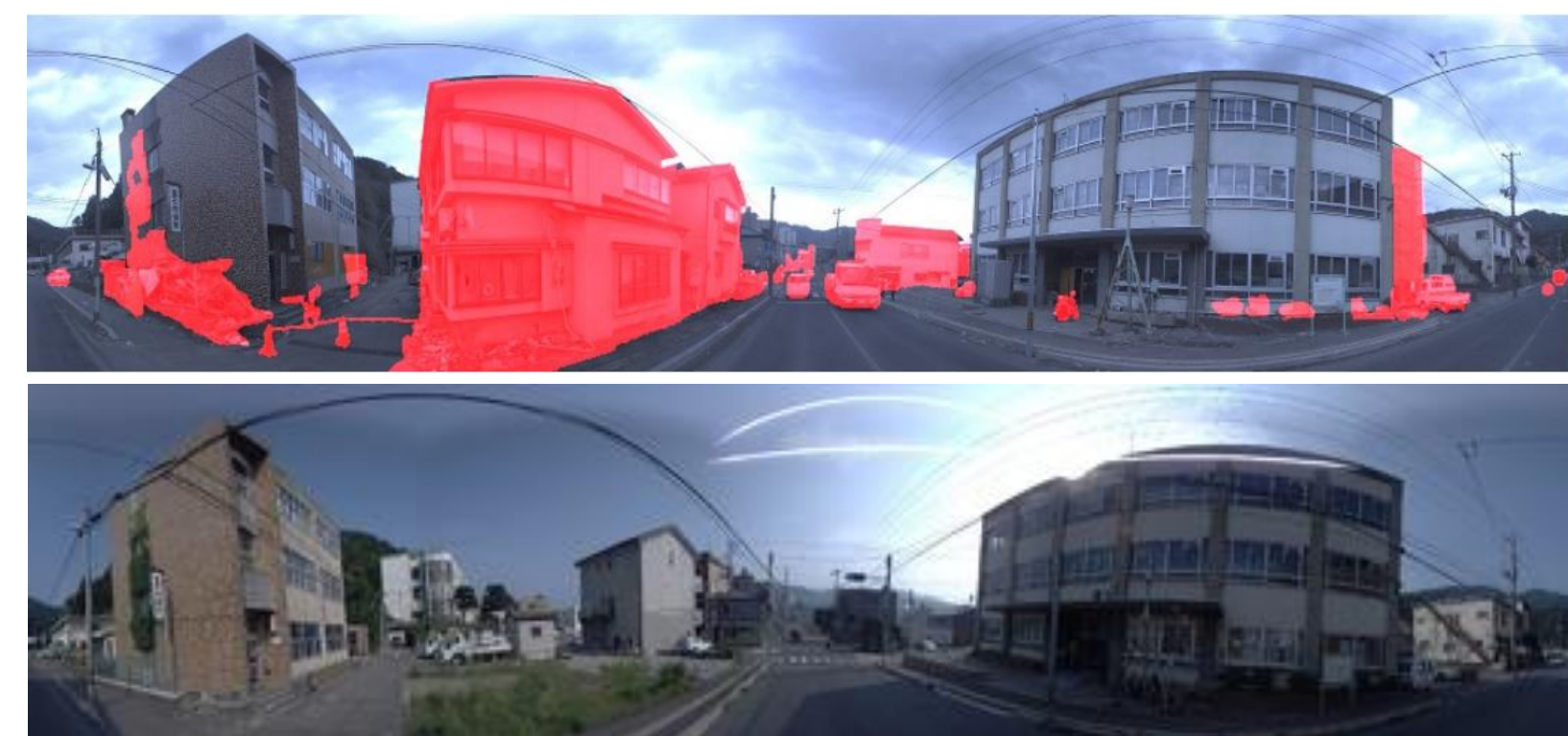
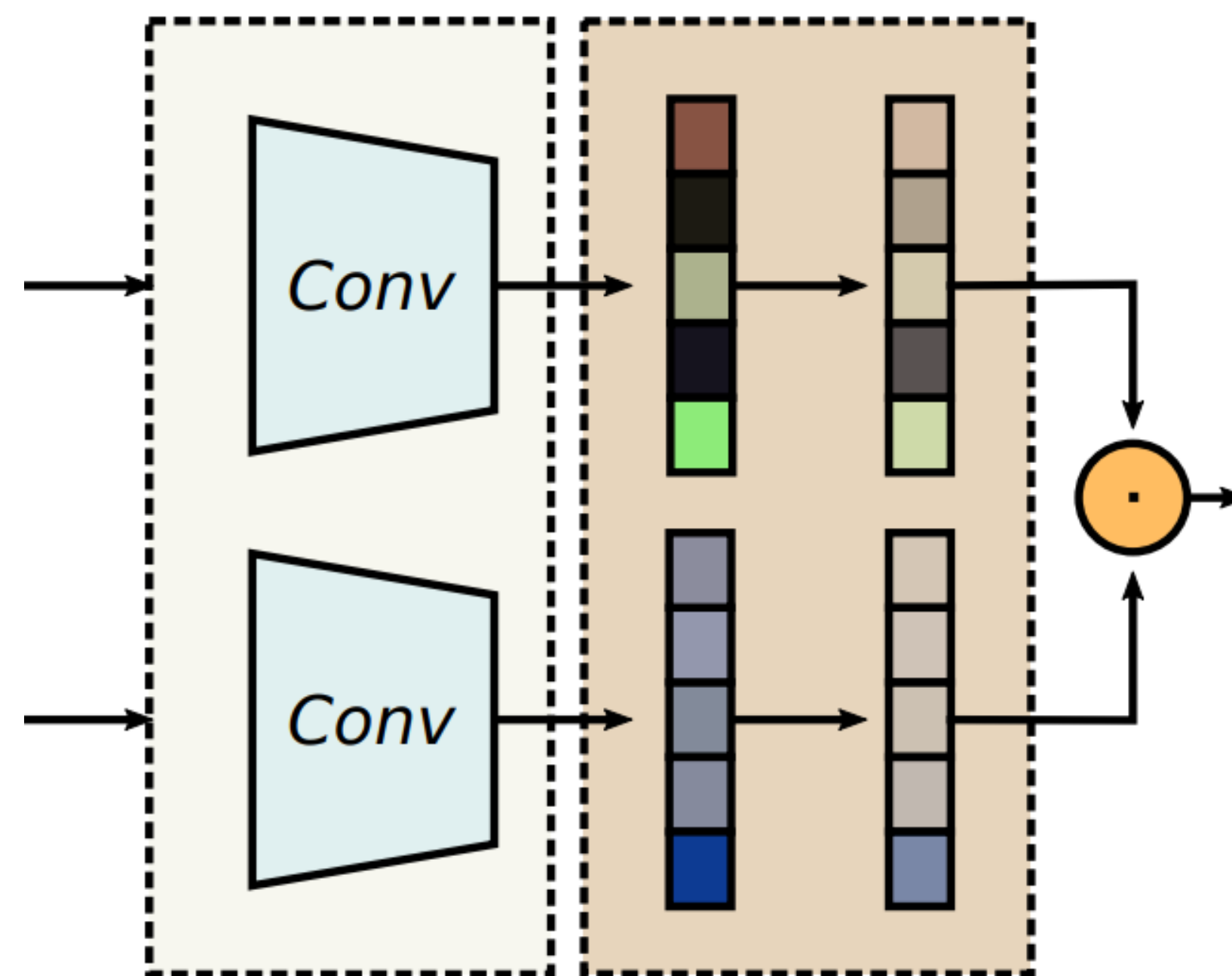
- 훈련을 위해서는 정확하게 변화한 위치를 알 수 있어야 함



카메라 이미지



HD map



이런 ground-truth를 얻는 것은  
굉장히 주관적이고 어려움

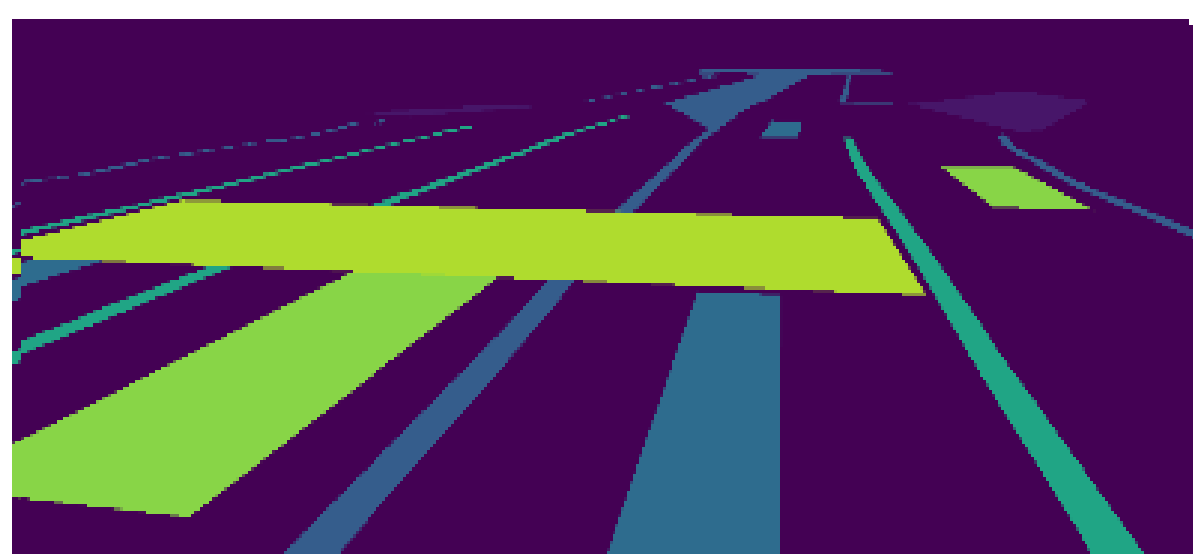
# Local change detection

해결) 변화 발생 정도 뿐 아니라 어디에서 변화가 발생하였는지도 알고 싶다

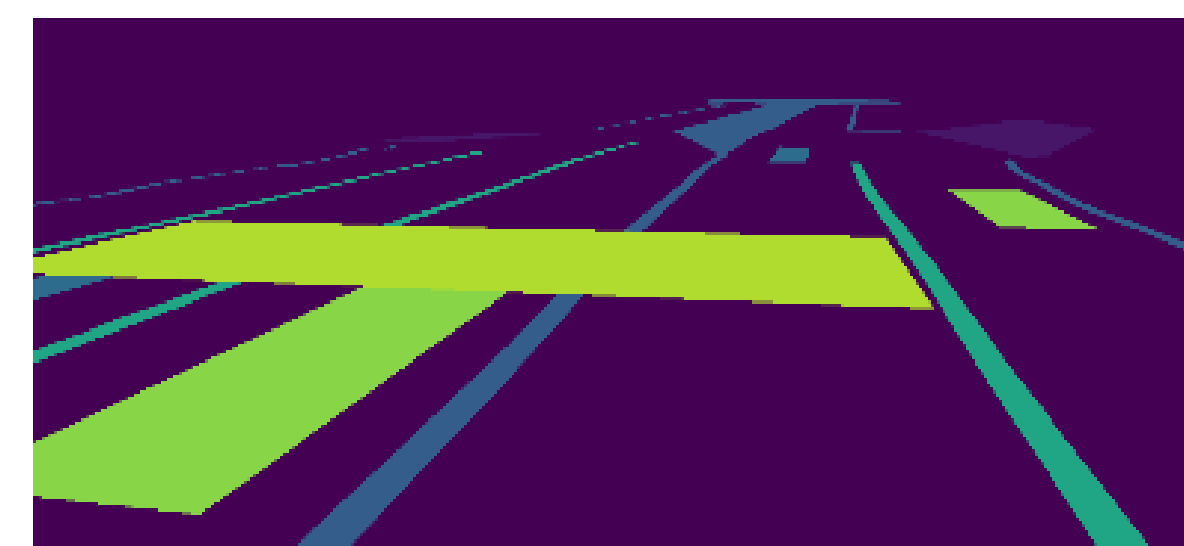
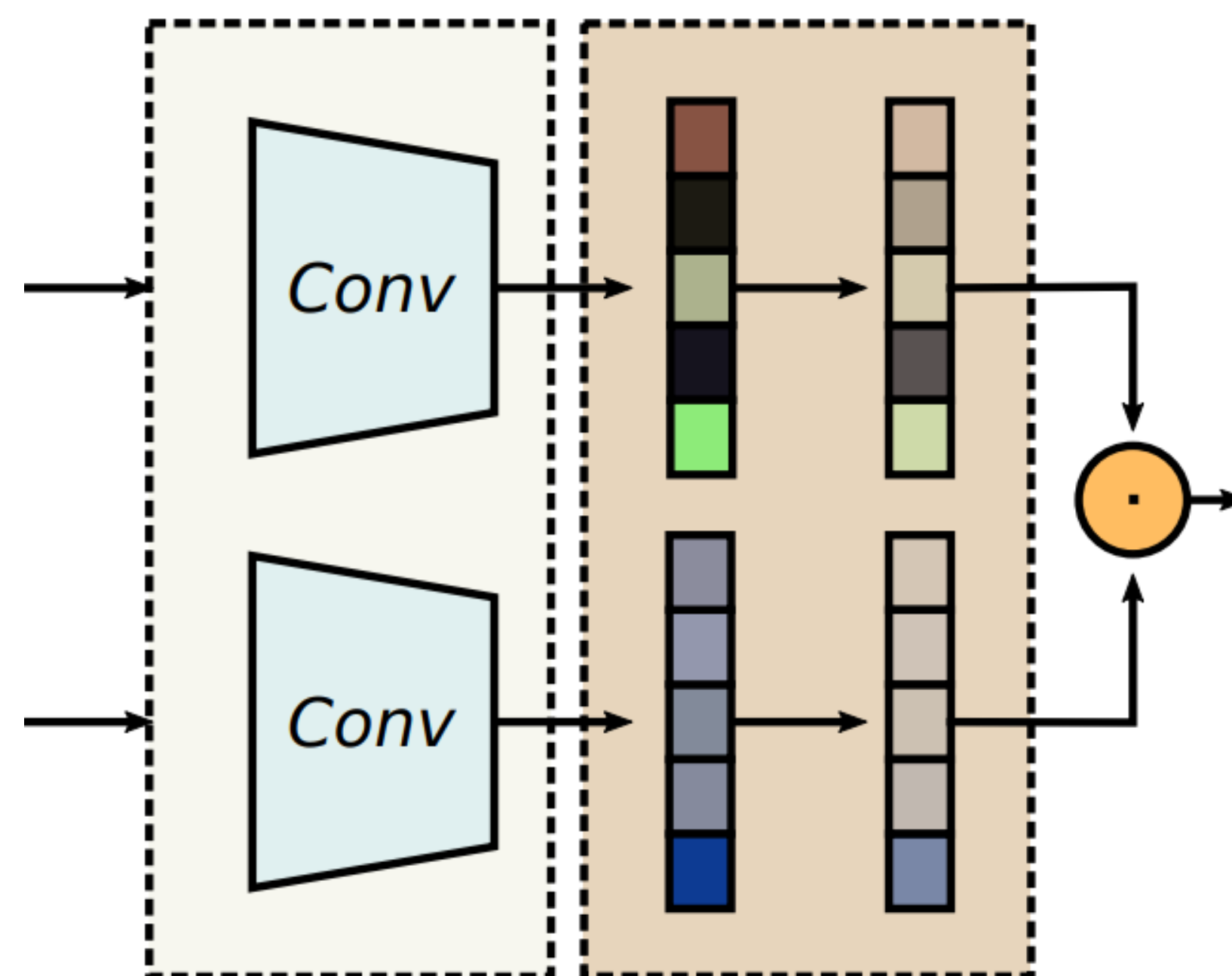
- 변화 영역에 대한 mask를 만들어서 이용하기 때문에  
훈련에 필요한 정확한 ground-truth 데이터를 만들 수 있음



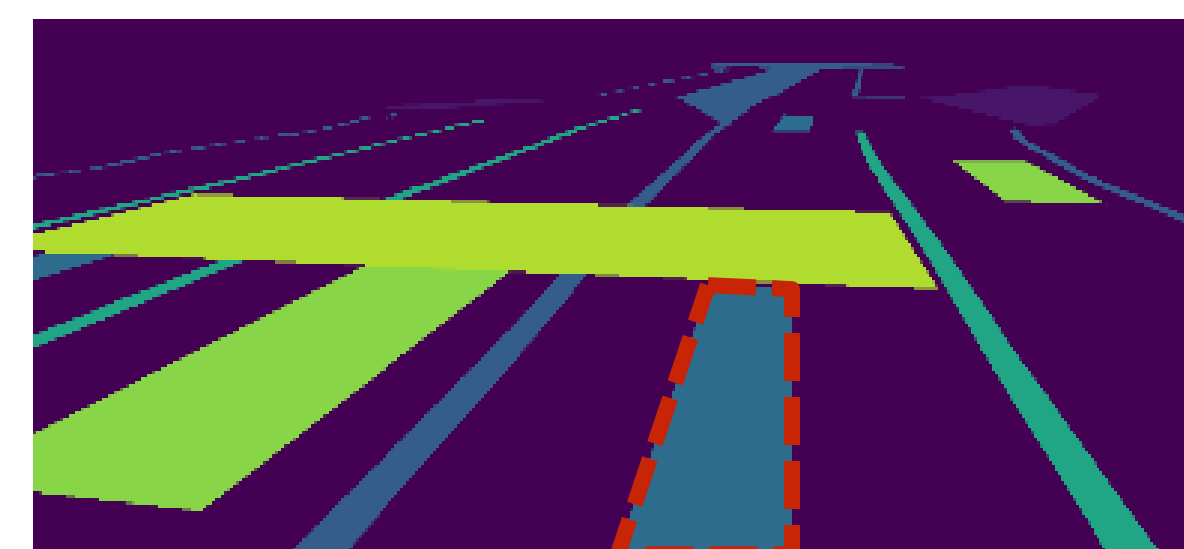
카메라 이미지



HD map



원본



생성된  
HD map



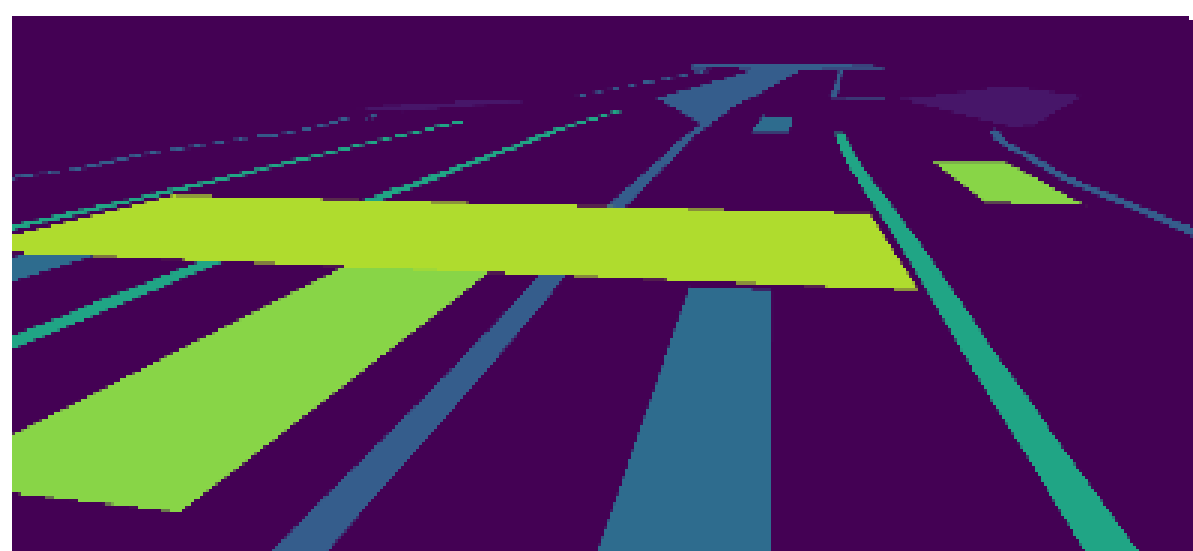
# Local change detection

해결) 변화 발생 정도 뿐 아니라 어디에서 변화가 발생하였는지도 알고 싶다

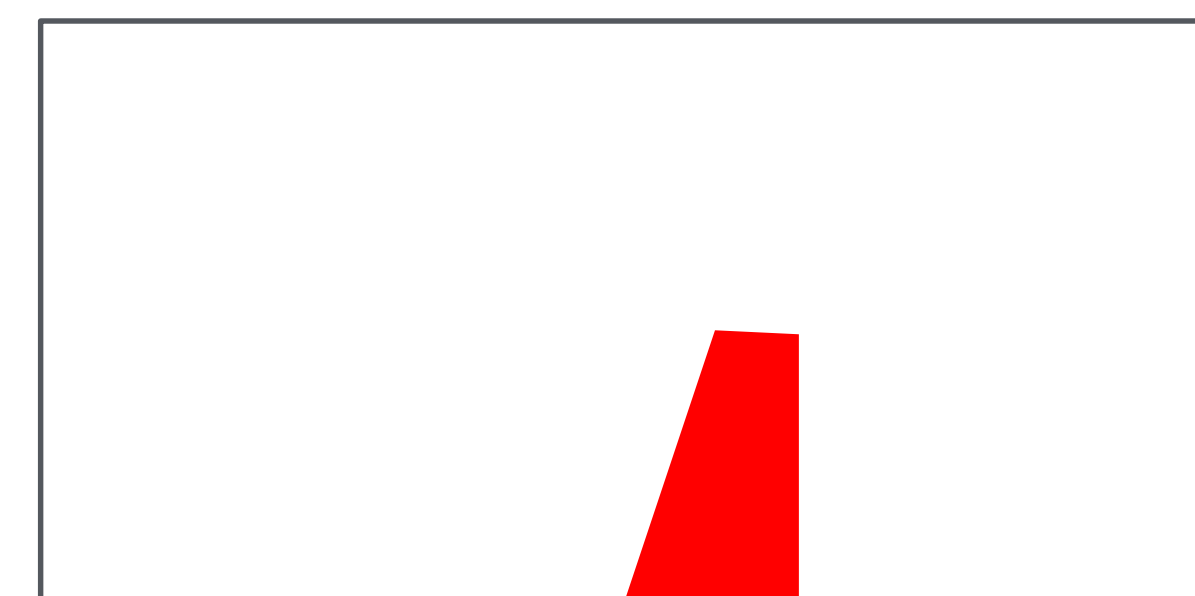
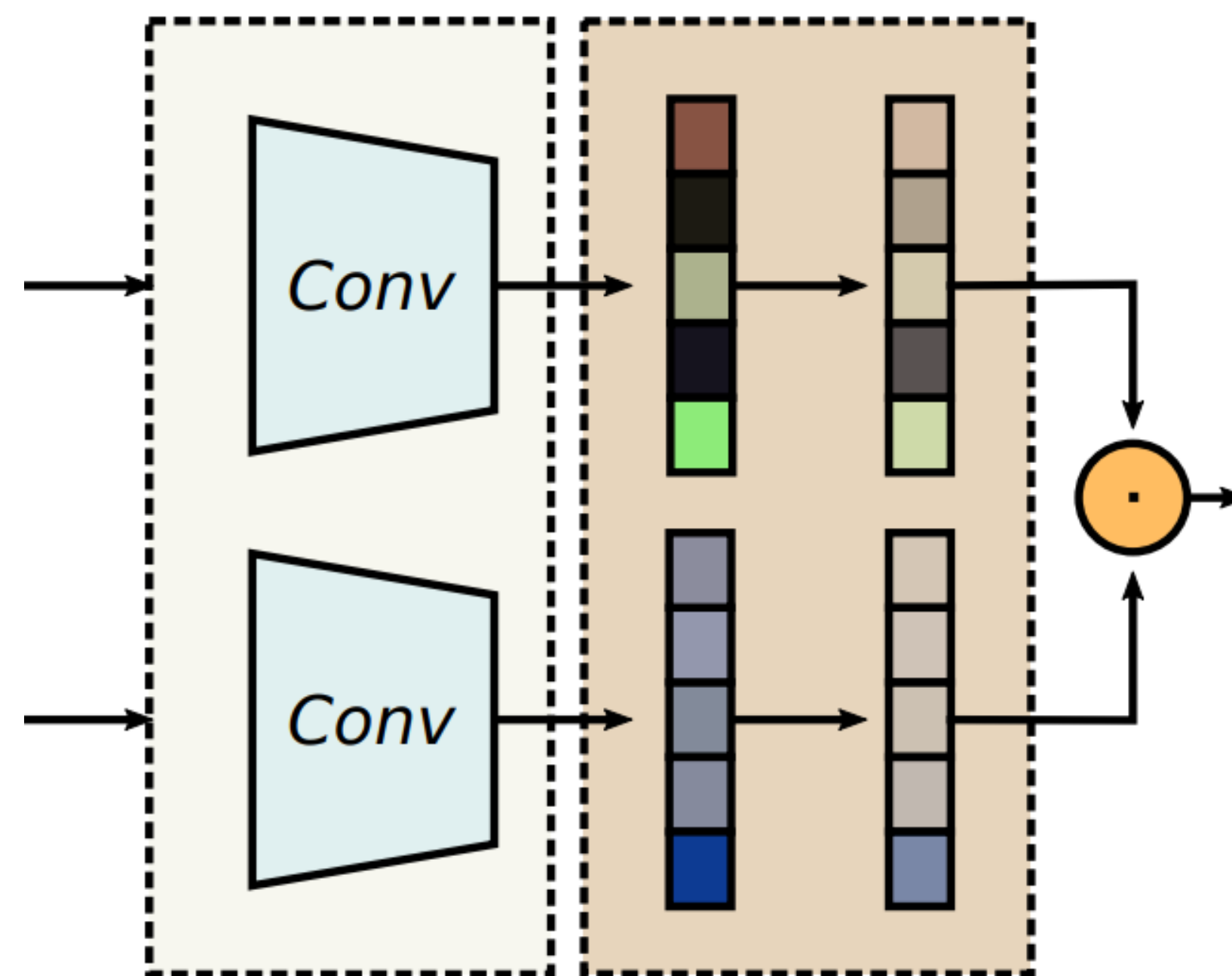
- 변화 영역에 대한 mask를 만들어서 이용하기 때문에  
훈련에 필요한 정확한 ground-truth 데이터를 만들 수 있음



카메라 이미지



HD map



변화 위치에 대한  
ground-truth

아.. 그래서 어때요?



# 결과

우여곡절 끝에..



Appearance

Disappearance

Class change

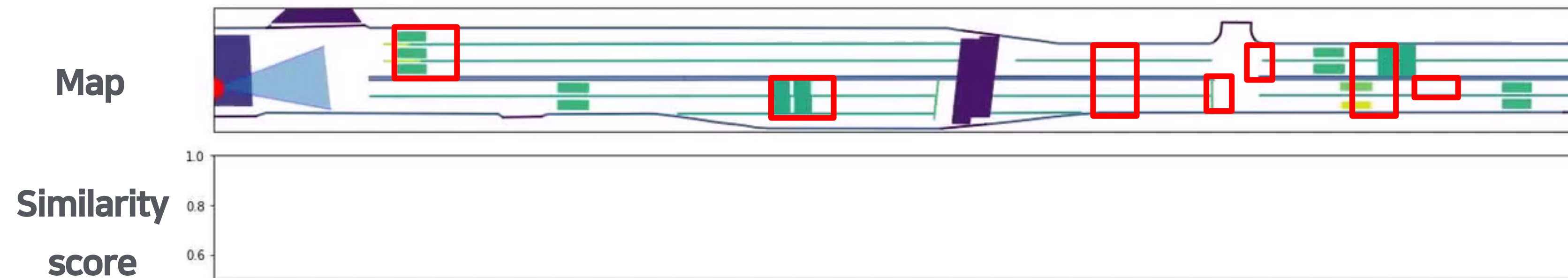
Undefined

Undefined



# 결과

## 주행 영상에서의 결과



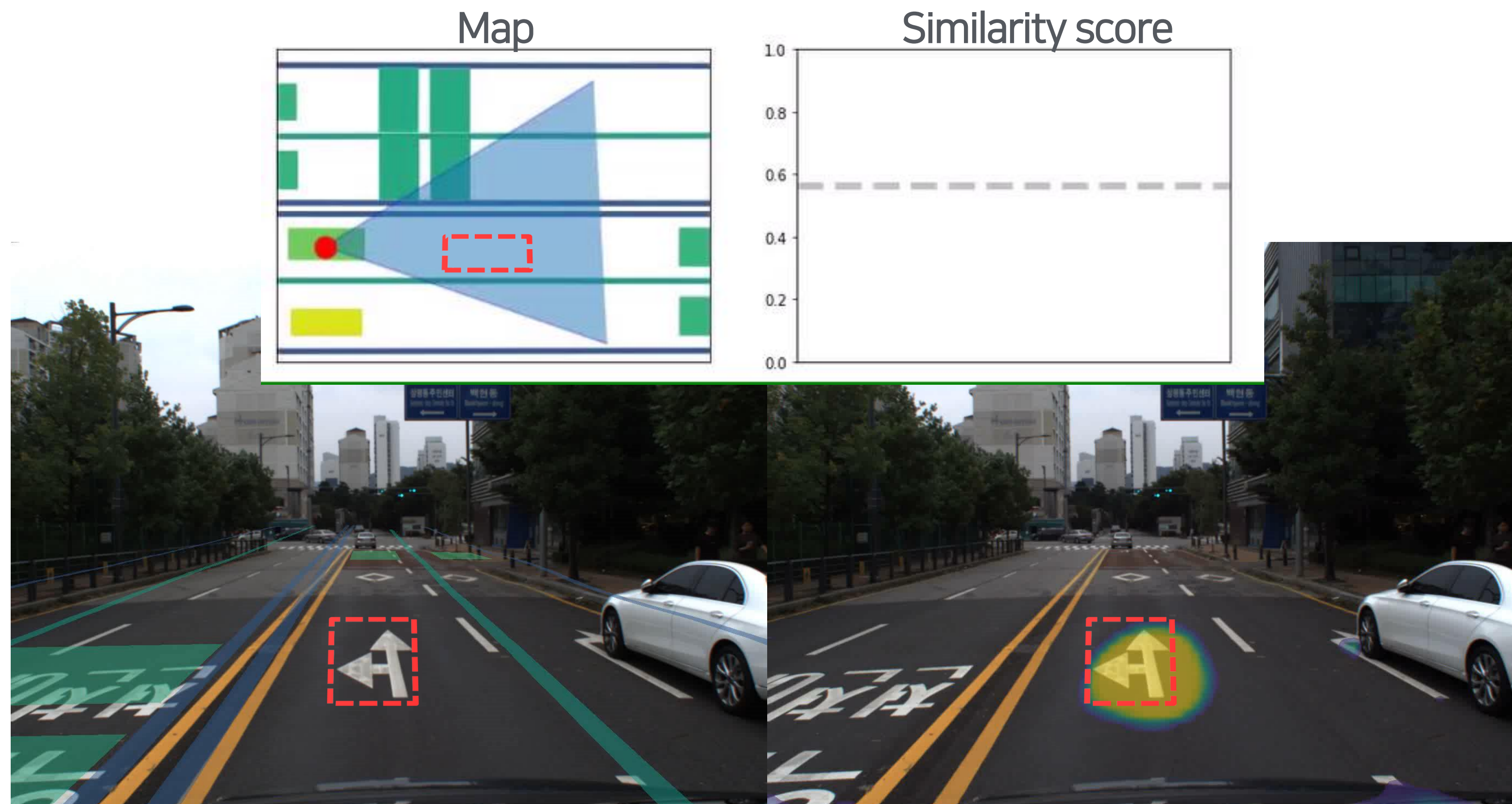
Projected HD map mask

Local changed region



# 결과

## 측위 오차가 존재할 때의 결과

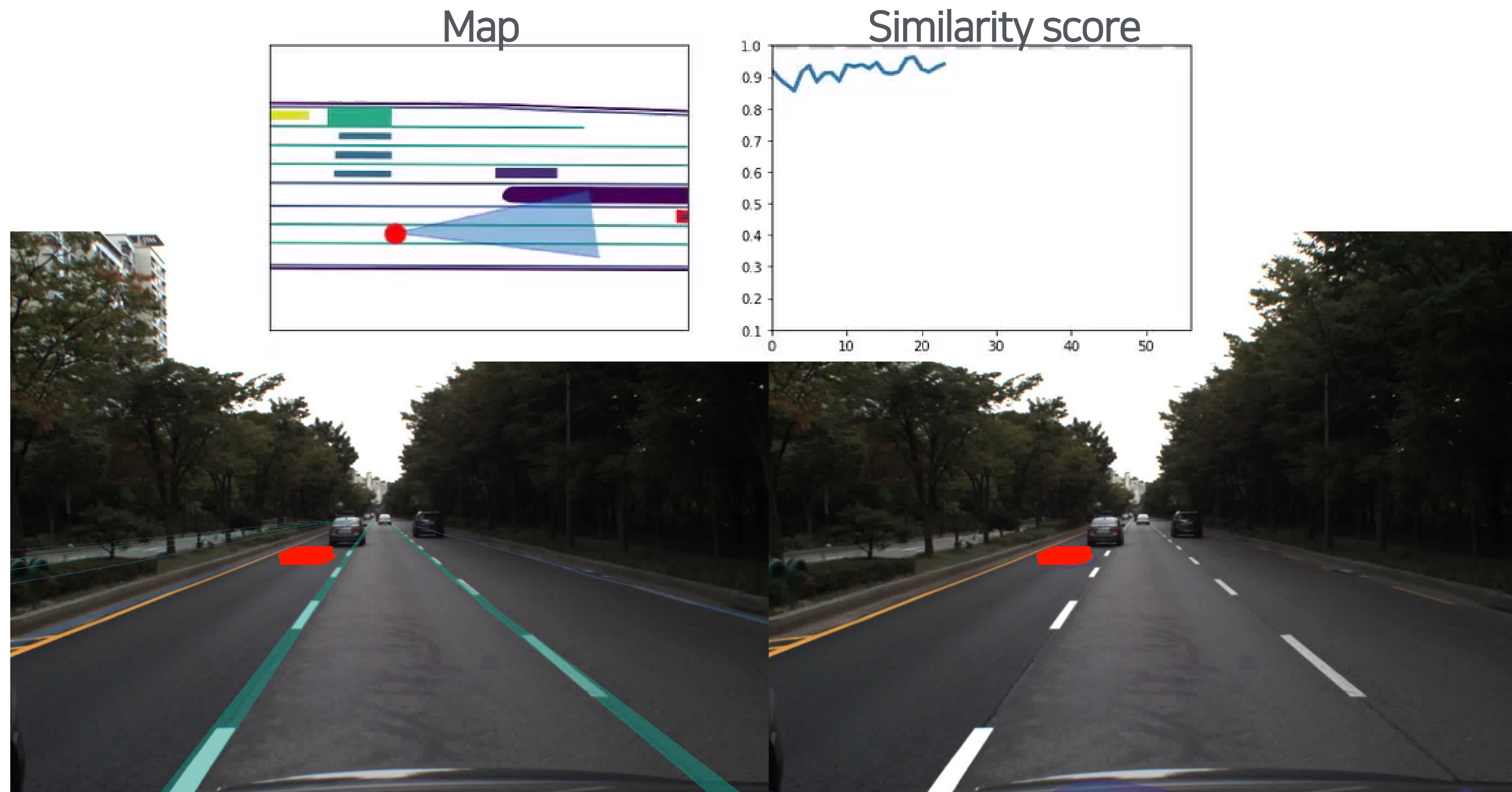


With 측위 오차

# 결과

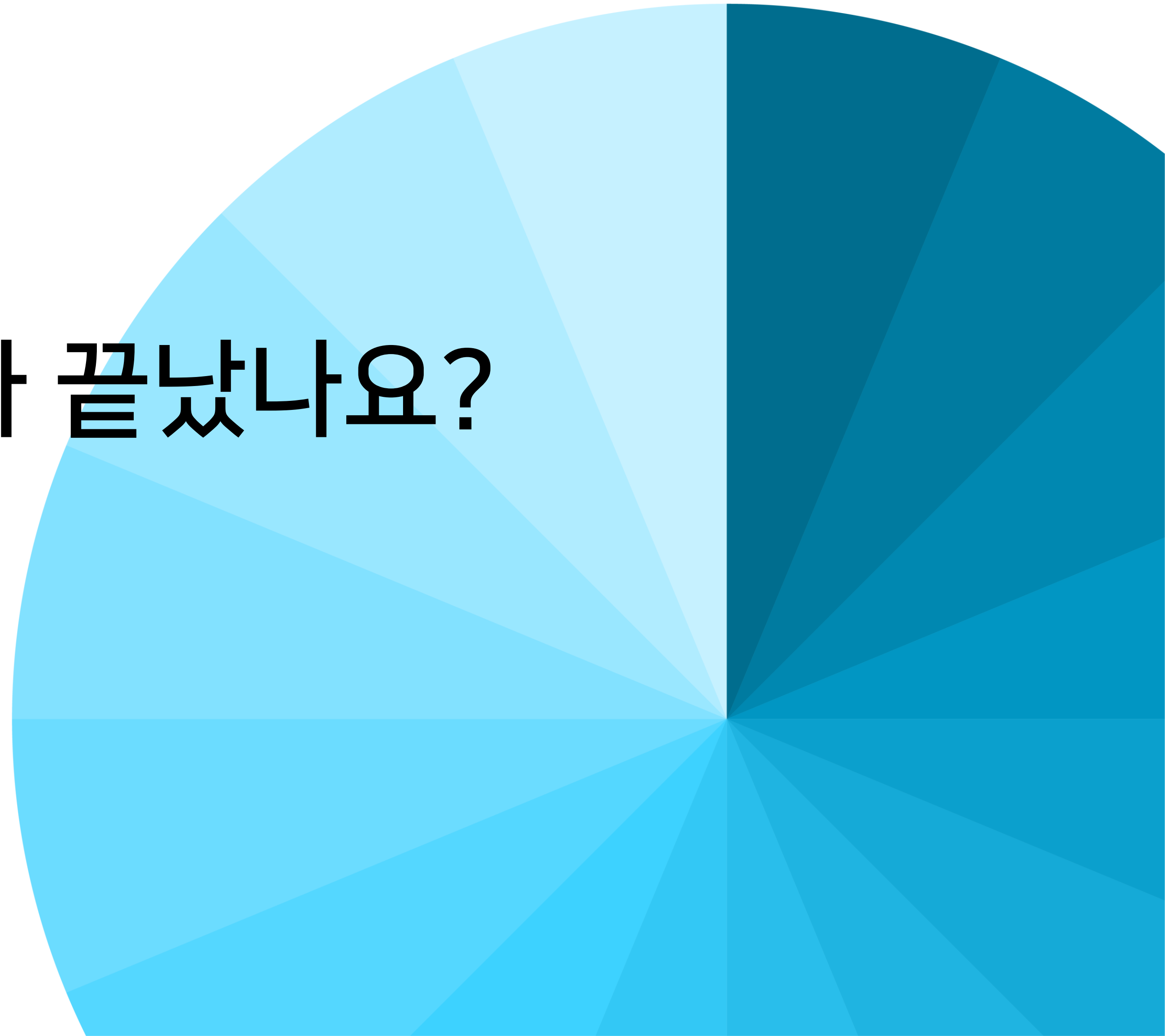
## 가림 현상이 발생했을 때의 결과

- 차량과 같은 움직이는 물체에 의한 가림을 무시함





와.. 이제 다 끝났나요?



# 뭘 더 해야할까?

문제) 무엇이 무엇으로 바뀌었을까?



Appearance

Disappearance

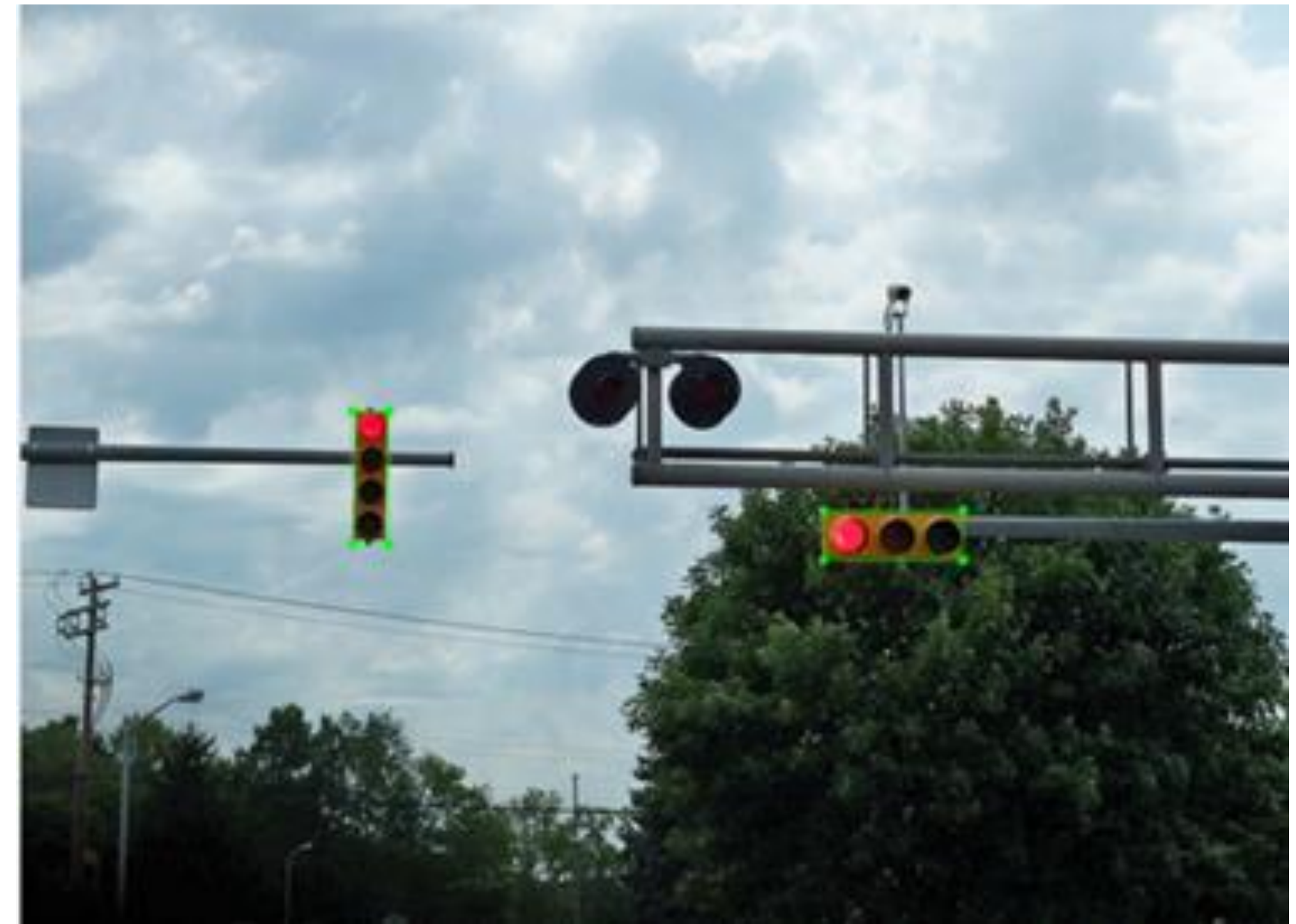
Class change



# 뭘 더 해야할까?

문제) 확장할 수 있을까?

- 자율 주행을 위한 지도에는 도로에 있는 것 말고도...



Come Grow  
With Us!!





# Thank You

더 자세한 내용은

<https://www.naverlabs.com/storyList>



Q & A