

차량 카메라를 이용한 실시간 도로 및 주변 상황 인식 시스템

이름 가상민, 공민석, 임희선, 조석희
소속 서강대학교

1. Introduction

일반적으로 떠올리는 미래 자동차의 형태는 최근에 주목받고 있는 자율주행을 동반한다. 이러한 자율주행에 요구되는 기술은 여러가지가 있겠지만, 시각적 세계를 해석하고 이해할 수 있도록 하는 컴퓨터 비전(computer vision) 분야와 관련된 기술은 필수적이다. 우리는 컴퓨터 비전 분야에서 객체 탐지(Multi-Object Detection)와 객체 추적(Multi-Object Tracking) 기술을 차량 카메라에 적용시키고 주변 상황을 인식할 수 있도록 하는 방안을 주목한다. 우리는 오토바이를 목표 객체(target object)로 선정하고 YOLO와 StrongSORT를 활용하여 직접 수집한 주행 영상 데이터에 객체 탐지 및 추적을 적용시킨다. 이 때, 데이터는 실제 차량 주행을 통해 수집하였으며, Jetson Nano를 사용하여 실시간(real-time)으로 객체 추적이 가능하도록 한다.

프로세스는 크게 3단계로 진행된다. 우선 YOLOv7-tiny 모델에 MS COCO 데이터셋과, Open Images V7에서 추출한 오토바이 이미지 1805장 그리고 유튜브 오토바이 주행 영상에서 추출한 오토바이 이미지 100장을 사용자 커스텀 데이터셋(custom dataset)으로 만들어 학습시키고, MS COCO로만 사전학습된(pretrained) YOLOv7 tiny 모델과의 성능을 비교한다. 그 후 StrongSORT를 객체 추적 방법으로 사용한다. 이 때 객체 탐지기(object detector)로 사용한 모델은 YOLOv5s로, 앞서의 YOLOv7-tiny와 마찬가지로 Jetson Nano와 같은 소형 싱글보드 컴퓨터에 사용할 수 있을만큼 모델의 크기가 작다. YOLOv5s에 커스텀 데이터셋을 학습시켜 오토바이 객체 탐지 성능을 높이고, 학습된 모델을 Jetson Nano로 옮긴다. 모델에 StrongSORT 방법을 적용하여 Jetson Nano에 연결된 카메라를 통해 오토바이 및 기타 객체 인스턴스를 추적할 수 있도록 하고 Jetson Nano에 연결된 GPS를 통해 얻은 위도와 경도 정보를 바탕으로 오토바이 객체의 트래픽(traffic)을 지도 위에 시각화하면 실시간 도로 및 주변 상황 인식 시스템의 데모(demo)가 완성된다.

2. Theoretical Discussion

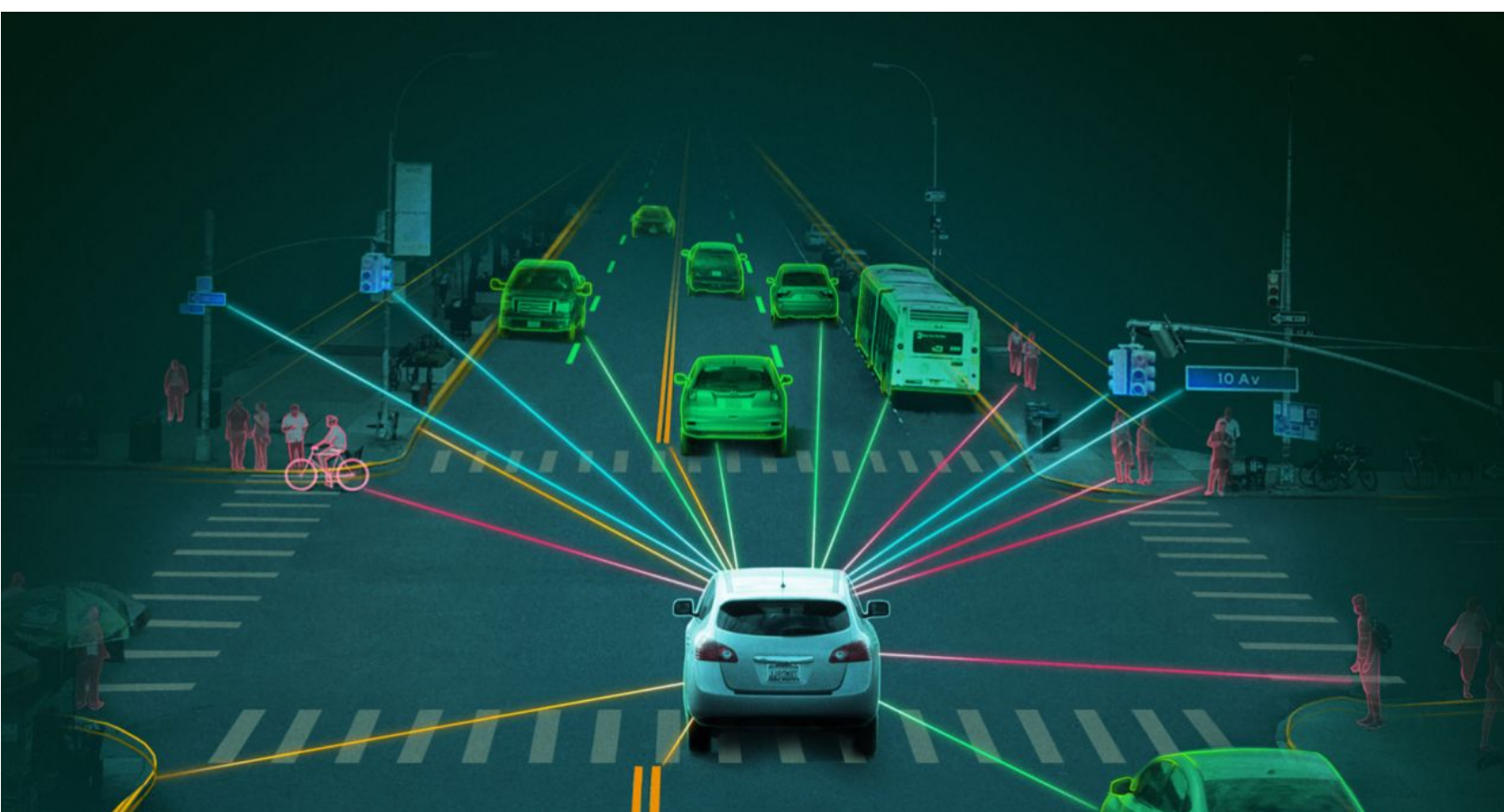
객체 탐지(Multi-Object Detection)

객체 감지는 이미지 혹은 비디오 내에서 특정 클래스(class)의 객체의 인스턴스(instance)를 감지하는 작업(task)로, 최근의 SOTA(the state-of-the-art)는 모두 딥러닝 네트워크(DNN)를 기반으로 하며, one-stage method와 two-stage method로 분류할 수 있다. One-stage method는 정확도보다는 속도에 초점을 맞추는 방법으로 예시 모델로는 YOLO, SSD 및 RetinaNet 등이 있다. Two-stage method는 탐지 정확도를 우선시하며, 예제 모델에는 Faster R-CNN, Mask R-CNN 및 Cascade R-CNN 등이 포함된다. 최근 많이 사용되는 학습 데이터로는 마이크로소프트에서 공개한 MS COCO이며, 평가 지표(evaluation metric)으로는 일반적으로 mAP(mean average precision)이 사용된다.

객체 추적(Multi-Object Tracking)

객체 추적은 객체 탐지를 전제하며, 각 탐지에 대한 고유 ID를 만든 다음, 비디오의 프레임을 이동하면서 각 객체를 추적하여 ID 할당을 유지하는 작업이다. SOTA의 경우 RGB와 이벤트 기반 카메라의 데이터를 융합하여 보다 신뢰할 수 있는 객체 추적을 생성하도록 한다. 다만, RGB 이미지만 입력으로 사용하는 CNN 기반 모델도 효과적이다. HOTA, MOTA, IDF1 및 Track-mAP 등 객체 추적과 관련된 몇 가지 평가 지표가 있지만, 최근에는 HOTA가 주로 사용된다.

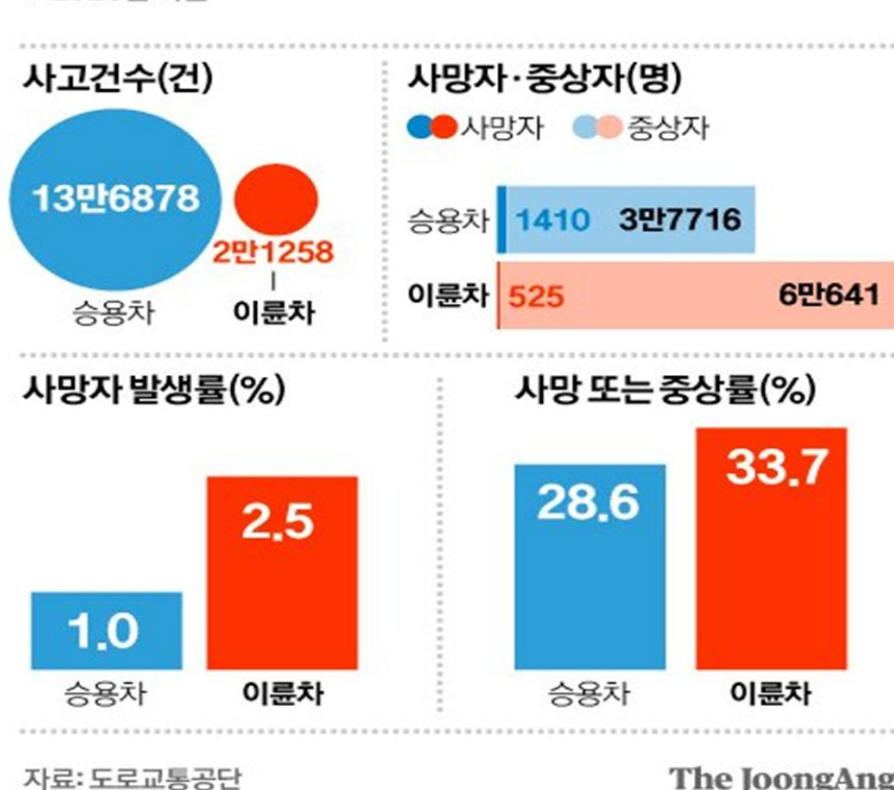
3. Problem



저본: <https://blogs.ravija.com/blog/2017/11/23/safer-autonomous-driving>

승용차보다 치사율 2.5배 높은 이륜차 사고

※2020년 기준



자율주행 자동차에서 객체 탐지는 핵심적인 기술이다. 이는 시각 정보에서 객체를 탐지하고 탐지 결과를 바탕으로 차량의 이동 경로를 계획하여 차량을 구동시키는 것이 자율주행의 보편적인 알고리즘이기 때문이다. 여기서 더 나아가 객체 추적은 단순히 객체를 탐지하는 것 뿐만 아니라 탐지된 객체의 경로를 추적하고 동일한 객체를 일관되게 탐지할 수 있도록 한다. 자율주행에 필요로 하는 자동화된 경로 탐지와 차량 구동을 전제하기 위해서는 객체를 보다 정확하게 탐지하고 추적할 수 있어야 한다.

우리가 오토바이를 탐지 및 추적 목표 객체(target object)로 설정한 이유는 자율주행에서 오토바이 인식이 중요하다고 판단했기 때문이다. 코로나 팬데믹이 점차 완화되면서 오토바이 교통사고는 감소했지만, 오토바이 사고의 치사율은 승용차의 2.5배이다. 자율주행에서 가장 큰 이슈 중 하나는 교통사고에 발생과 이에 따른 책임소재이기 때문에, 자율주행 중에서 발생하는 오토바이와의 교통사고는 다른 사고보다 더 심각한 피해와 손해를 운전자와 피해자 그리고 자율주행 자동차 회사 모두에 안겨줄 수 있다. 따라서, 차량 내 카메라가 객체 감지 및 객체 추적이 실시간으로 가능하도록 하여, 오토바이의 인식 성능을 높이고 이륜차와의 교통사고 발생률을 줄이는 것이 최종 목표이다.

오토바이는 신호등과 같은 움직이지 않는 객체는 물론이고 사람보다 인식하기 어려운데, 이는 크게 2가지 이유가 있다. 하나는 도로에서 탐지되는 다른 객체에 비해 움직임이 일정하지 않고 빠르게 움직이기 때문이다. 다른 하나는 승용차, 버스, 트럭 등의 객체에 비해 크기가 작아 인스턴스가 다른 인스턴스에 가려지는 경우가 빈번하게 발생하기 때문이다. 종합적으로 오토바이 인식의 어려움은 오토바이가 다른 차량에 비해 갑자기 튀어나오기 쉽고, 차체가 작아 다른 차량 사이로도 구동이 가능하다는 특수성에서 비롯된다.

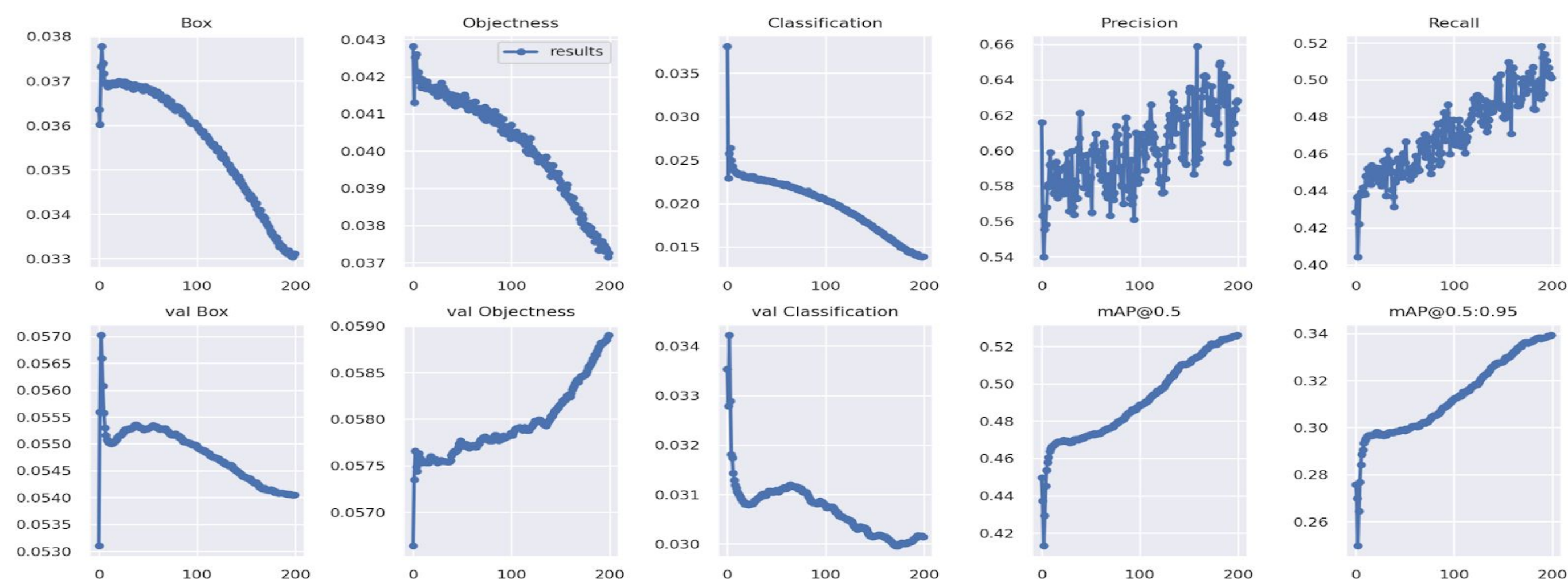
4. Solution

YOLOv7과 커스텀 데이터를 활용한 오토바이 탐지 성능 향상

데이터셋(Dataset)

Dataset	COCO	Open Images V7	YouTube*	Pascal VOC 2012
The # of class	80 (motorbike - 43)	1 (motorbike - 43)	1 (motorbike - 43)	1 (motorbike - 43)
The # of image	121408	1805	100	574
Usage	Train	Train	Train	Test

학습 결과(Training Result)



StrongSORT를 이용한 오토바이 추적(tracking)

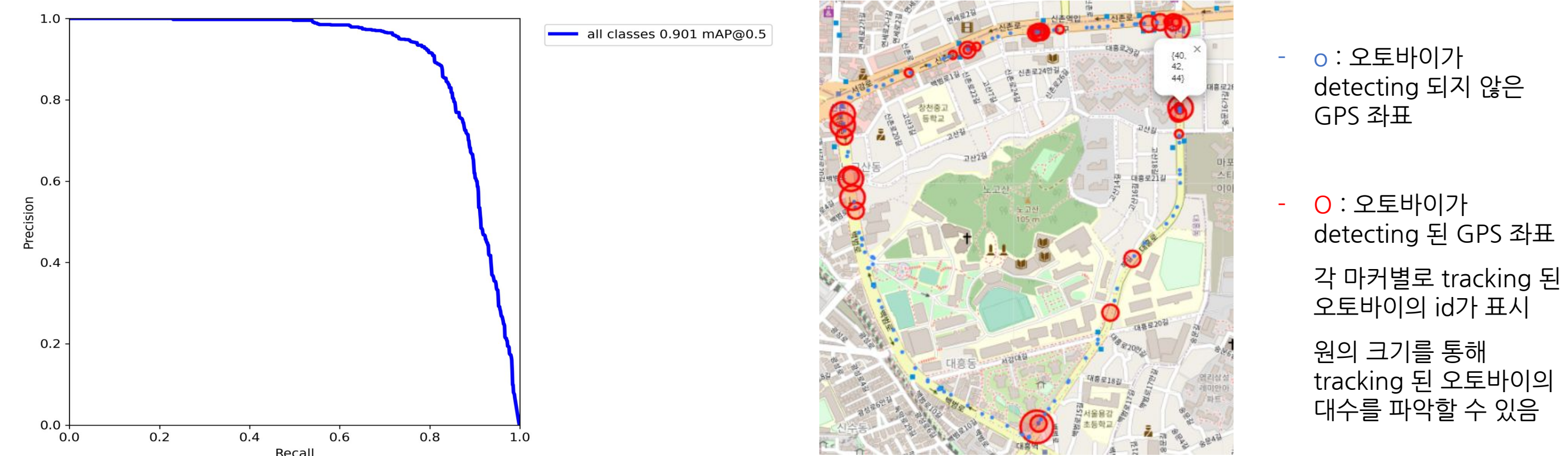
MOT(Multi-object Tracking) 모델 중에서 API 사용이 용이하고 MOT17 데이터셋에 대한 HOTA(Higher-Order Tracking Accuracy)를 기준으로 성능이 랭킹 3위인 StrongSORT를 모델로 선정.

주행 영상 및 GPS 데이터 수집(Driving video and GPS Data Collection)



5. Conclusion

결과적으로 우리는 교통사고 치사율이 높은 오토바이 인스턴스를 실시간으로 탐지 및 추적하여 도로 교통 상황을 탐색하고 오토바이 이동 경로를 예측가능하는 실시간 도로 및 주변 상황 인식 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 객체 탐지에서 사용되는 YOLO 모델에게 약 1900장의 오토바이에 대한 추가 정보를 학습하고, 학습한 모델을 통해 StringSORT 방법을 사용하여 객체를 추적 할 수 있도록 한다. 이렇게 학습한 모델을 소형화 모듈인 Jetson Nano으로 옮겨 객체의 실시간 탐지 및 추적이 가능하도록 하고, 객체 탐지 및 추적이 적용된 주행 영상과 더불어 GPS 정보를 보드에 저장하도록 하였다.



YOLOv7를 활용한 객체 탐지 검증에서는 오토바이 탐지율(Average Precision)이 사전학습된 모델에 비해서 0.5% 증가하였으며 탐지 정보 저장 및 시각화 모듈을 제작하여 추후 자율주행에서 활용할 수 있는 교통상황에 대한 학습 자료를 생성하였다. 본 프로젝트에서는 오토바이를 목표 객체로 특정하여 정보 수집 및 탐지를 진행하였으나 같은 오토바이 인스턴스에 대해서 프레임 연결이 매끄럽지 못한 경우에 다른 오토바이 인스턴스로 탐지 및 추적하는 오류가 여전히 발생한다.

비록 본 프로젝트에서 새로운 추적 알고리즘을 개발하여 성능 개선에 기여하지는 못했지만, 본 프로젝트에서 진행한 방법을 토대로 기존의 객체 탐지 및 추적 알고리즘을 새롭게 개량하여 본 프로젝트에서의 한계를 완화하고 극복한다면, 오토바이 뿐만 아니라 자율주행에서 인식이 필요한 다양한 객체들에 대한 동시적 탐지 및 추적이 가능할 것이다. 본 프로젝트의 의의는 자율주행에서 필요한 객체 탐지 알고리즘에 추가적으로 커스텀 데이터를 학습시켜 탐지 성능을 향상시키고, 직접 수집한 주행 영상 데이터에 추적 알고리즘을 적용하여 실시간 도로 및 상황 인식 시스템에 대한 가이드라인을 제시하였다는 점에 있다.