A close-up, low-angle shot of a soldier in camouflage gear aiming a rifle. The soldier's face is partially visible through the scope. A bullet is in flight in the background, creating a sense of action. The image has a greenish tint.

Human Group Clustering In a Crowded Public Place Using Object Detection and Tracking

Insert the Sub Title of Your Presentation

과제 개요



“AI기반 분산카메라 환경 우범여행자 식별·추적 시스템 개발”

■ 과제 개요

- 공항 내 우범여행자 감시 및 화물 관련 불법행위를 막기 위한 관심대상자 식별 및 추적, 이상행동 탐지를 수행하는 분산 CCTV 환경기반 AI 기술 개발 및 실증
 - 영상 디바이스 종류: 공항 내 분산 CCTV
 - 감시 대상: 우범여행자 및 우범여행자의 동반자 또는 접촉자, 화물 및 점유자
 - 감시 행동: 화물의 투기 및 유기, 전달
- 적용 장소: 각 공항·항만 내 세관(입국장, 환승장, 면세점 등)
- 2024년 인천공항 세관 내 실증 적용 목표
- 관세청 지원 사업, 21년 7월~24년 12월, 4년, 53억
- 공동 연구기관: ETRI, KAIST, 중앙대학교, 이노덱, YM-나을텍

"AI 기반 분산카메라 환경 우범여행자 식별·추적 시스템 개발"

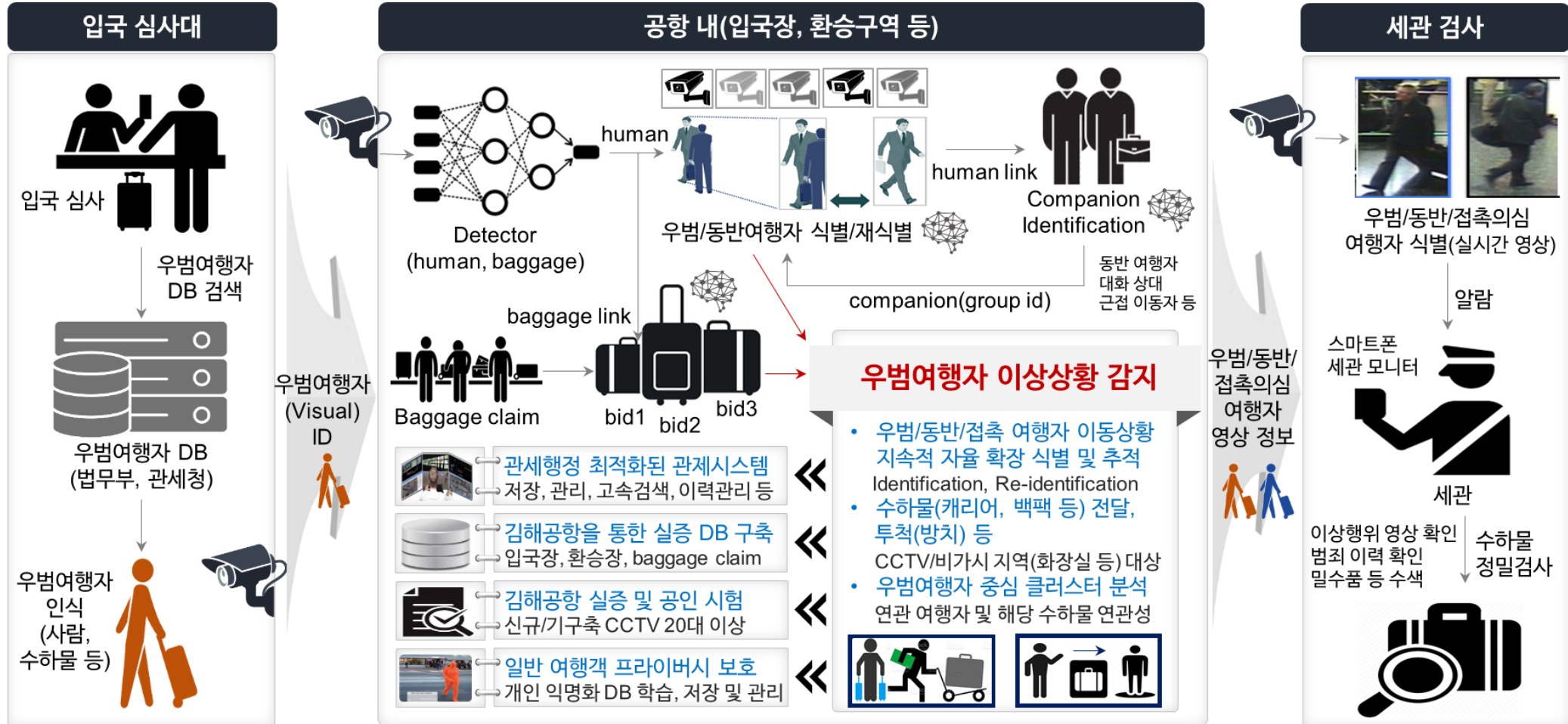


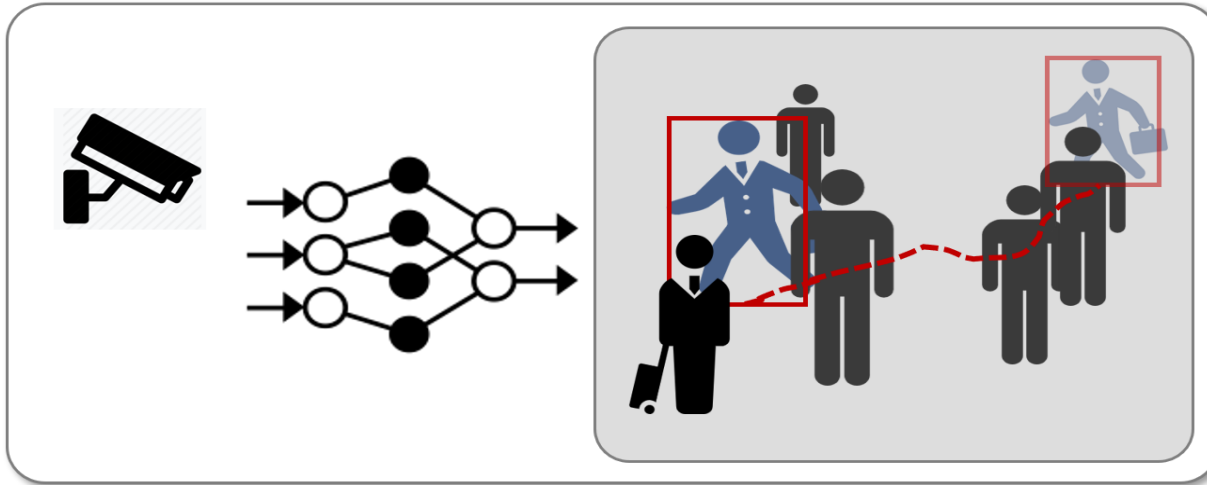
그림 1. 과제 개요

"AI기반 분산카메라 환경 우범여행자 식별·추적 시스템 개발"

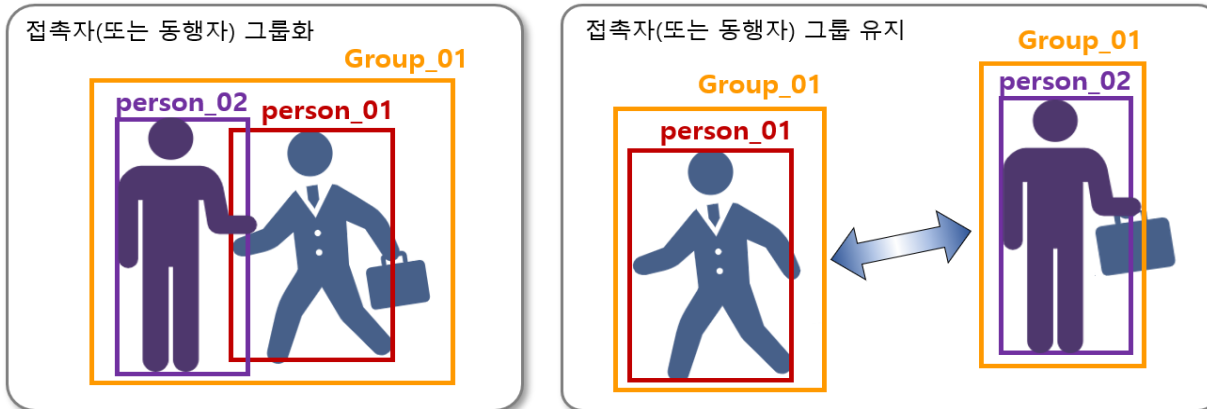


그림 1. 과제 개요

“AI기반 분산카메라 환경 우범여행자 식별·추적 시스템 개발”



원거리·가려짐에 강인한 객체 검출 및 추적



접촉자(또는 동행자) 그룹화

- ① 관심 객체 검출
- ② 관심 객체 추적(고유한 개별 ID 부여)
- ③ 관심 객체와 상호작용하는 객체의 그룹화(고유한 그룹 ID부여)
- ④ 거리가 멀어져도 개별 ID와 그룹 ID를 유지
- ⑤ 다중 카메라 환경에서도 ID 유지

“AI기반 분산카메라 환경 우범여행자 식별·추적 시스템 개발”



- ① 관심 객체 검출
- ② 관심 객체 추적(고유한 개별 ID 부여)
- ③ 관심 객체와 상호작용하는 객체의 그룹화(고유한 그룹 ID부여)
- ④ 거리가 멀어져도 개별 ID와 그룹 ID를 유지
- ⑤ 다중 카메라 환경에서도 ID 유지

그림 2. 인천공항 관제시스템 데모 UI

적용 AI기술



1. 객체 검출 네트워크 (Object Detection)

■ YOLOv5

- 각 기관별 알고리즘의 통합을 위해 검출기(Detector)의 통일이 중요
- 실시간, 경량 네트워크, 안정성, 범용성(다른 알고리즘과의 호환성)

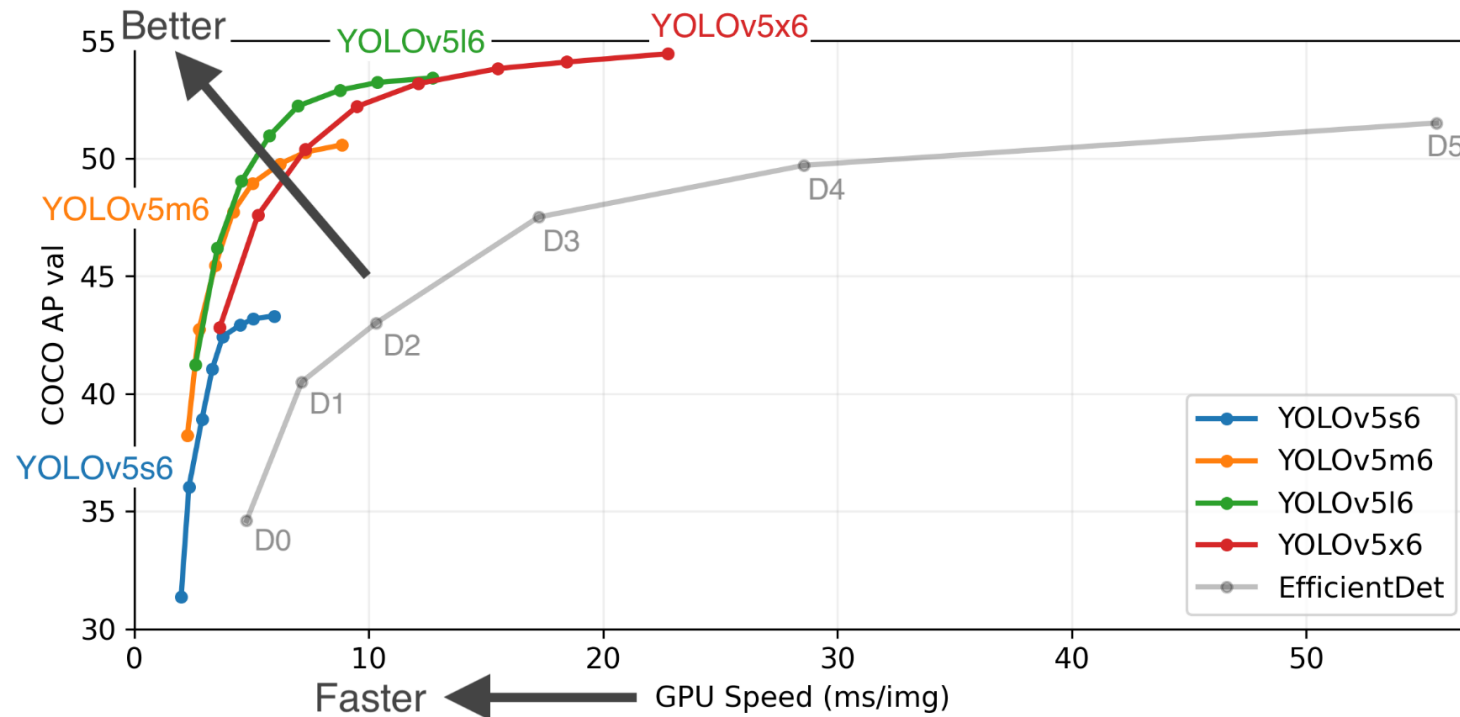
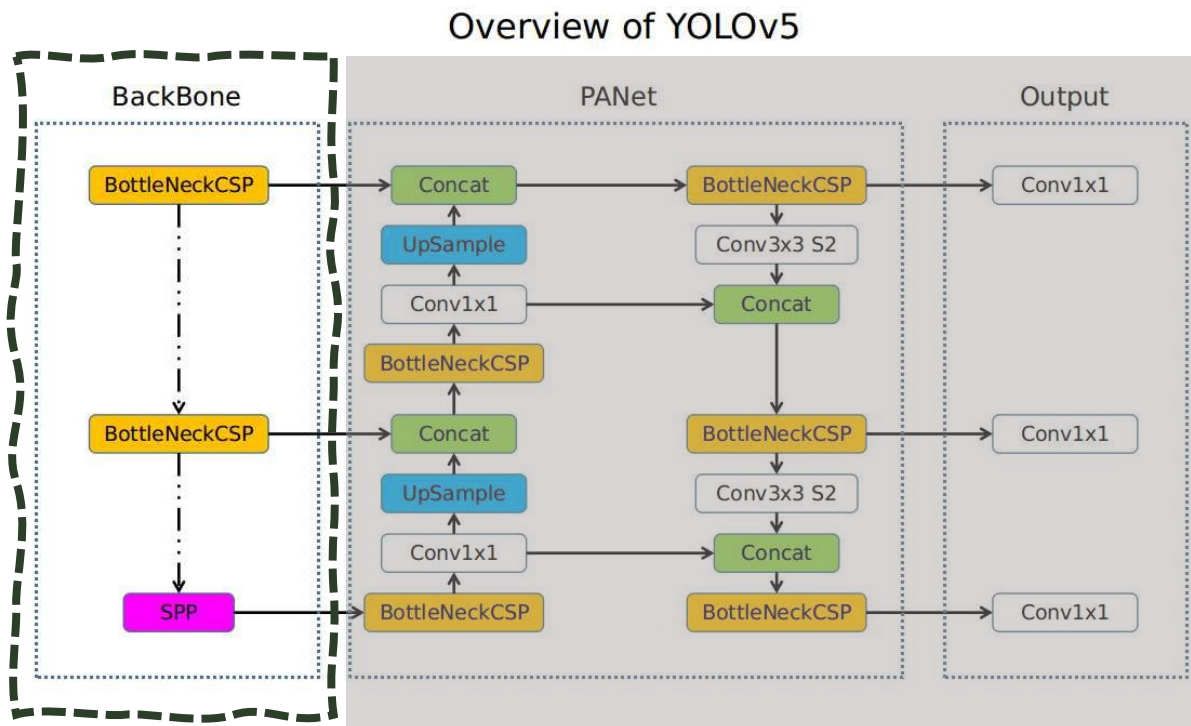



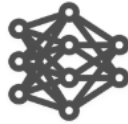


그림 3. 각 검출기 별 처리속도(x축), 정확도(y축), 입력 해상도(점)

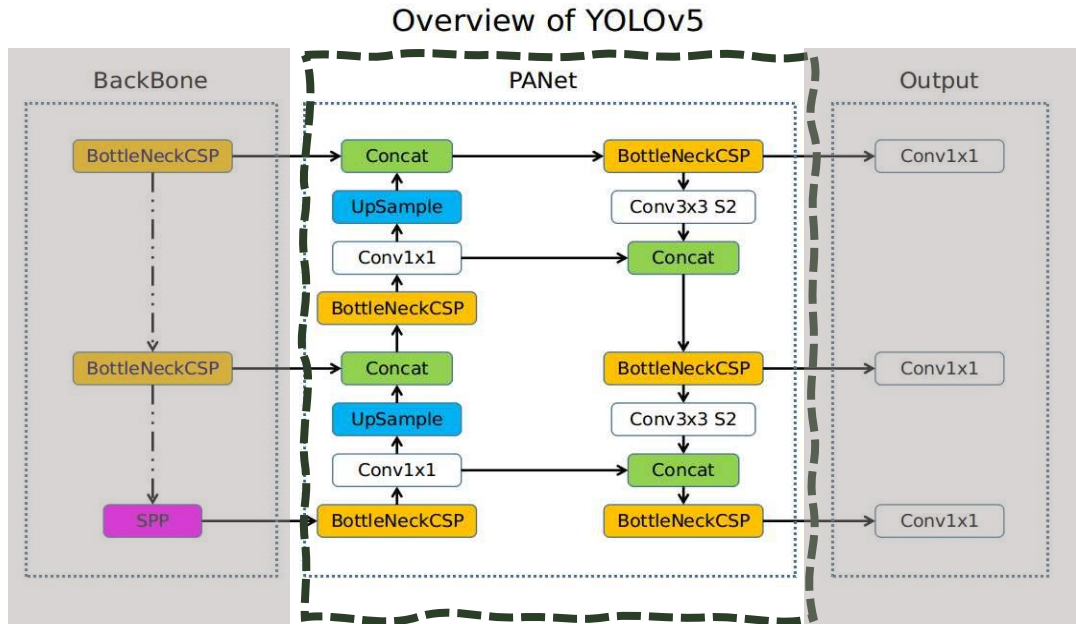
1. 객체 검출 네트워크 (Object Detector)



- 백본(BackBone) or Head 네트워크
 - 특징 추출기(Feature extractor)
 - VGG16, ResNet 50 등 ImageNet으로 학습된 네트워크 사용
 - YOLOv3 이전: Darknet53
 - YOLOv4 이후: CSP-Darknet
 - 전체 네트워크 파라미터 중 가장 많은 부분을 차지
 - 백본 크기에 따라 S, M, L, X 등으로 구분

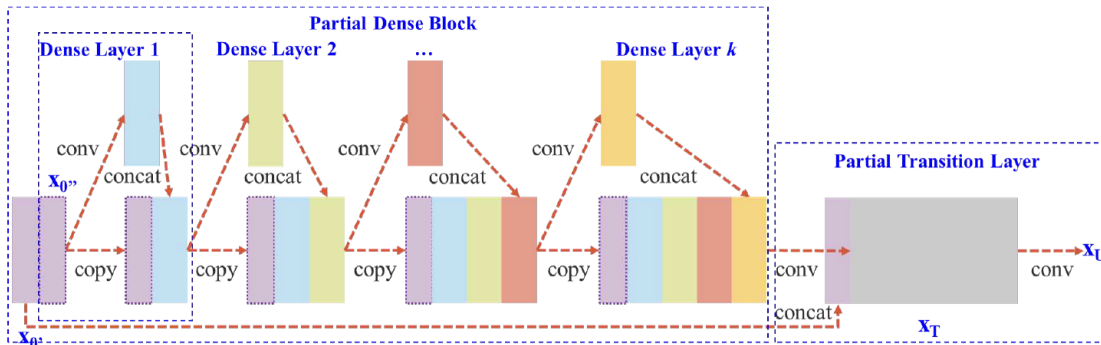
			
Small YOLOv5s	Medium YOLOv5m	Large YOLOv5l	XLarge YOLOv5x
14 MB _{FP16} 2.2 ms _{V100} 36.8 mAP _{COCO}	41 MB _{FP16} 2.9 ms _{V100} 44.5 mAP _{COCO}	90 MB _{FP16} 3.8 ms _{V100} 48.1 mAP _{COCO}	168 MB _{FP16} 6.0 ms _{V100} 50.1 mAP _{COCO}

1. 객체 검출 네트워크 (Object Detector)



▪ Neck

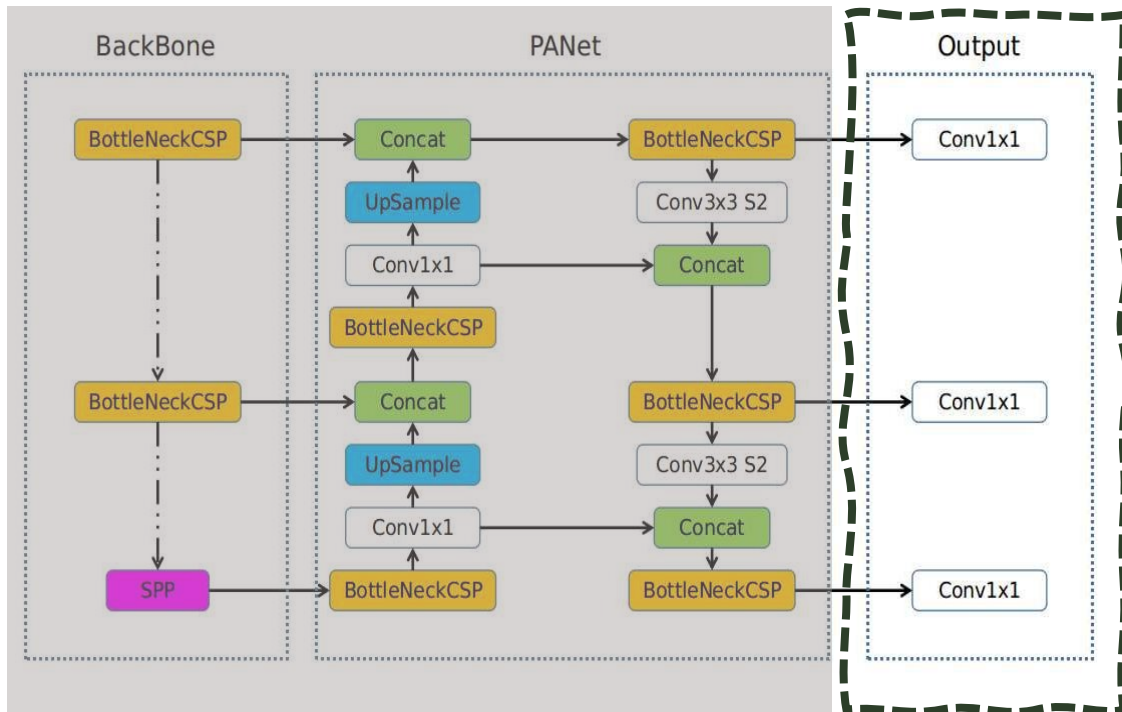
- 백본은 컨볼루션을 거치며 특징맵의 크기가 작아짐
- $256 \times 256, 128 \times 128, \dots, 8 \times 8$
- 특징맵의 크기가 작아짐에 따라 detail은 손실되지만 noise robust한 핵심적 특징만 남음
- 검출의 경우 왜곡, 가려짐 등 상황에서 강건한 특징
- 각 특징맵의 특성을 최대한 활용하기 위해 Upsample, Concat, Residual, Attention 등의 연산을 활용



(b) Cross Stage Partial DenseNet

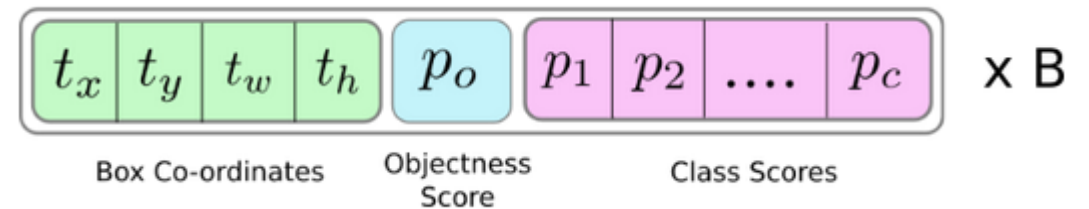
1. 객체 검출 네트워크 (Object Detector)

Overview of YOLOv5



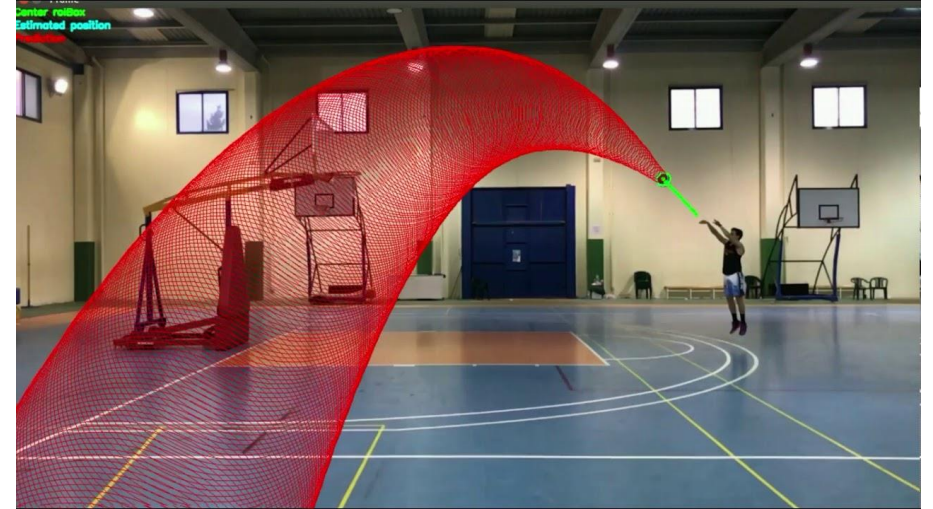
Output

- B개 객체의 x, y 위치 좌표, 박스의 가로 세로 크기
- 박스가 객체 or 배경 Confidence Score
- 박스내의 객체가 어떤 Class인지 Score



2. 다중 객체 추적 네트워크 (Multiple Object Tracker)

- 칼만 예측(Kalman Prediction)
 - 이전 정보를 바탕으로 다음 값을 예측하는 방법
 - 포탄의 탄도 예측, 발사된 원점 예측 등에서 높은 성능을 보장
 - 미사일 등 별도의 추진체를 통해 회피기동 등 불규칙한 이동경로는 예측의 오차가 발생할 수 있음



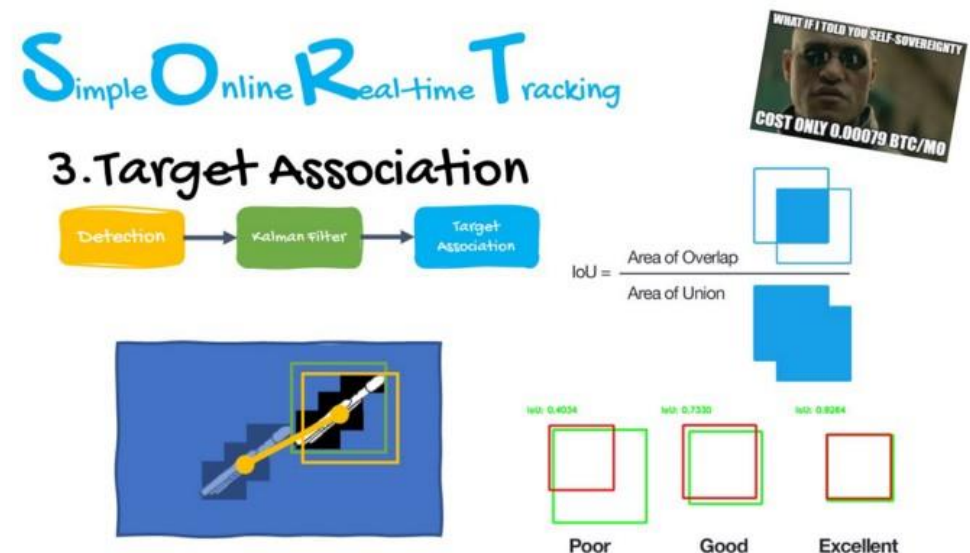
2. 다중 객체 추적 네트워크 (Multiple Object Tracker)

■ Deep Sort (Simple Online Realtime Tracking)

- ① 칼만필터를 통해 1차 경로 예측
- ② 불규칙한 이동의 경우 Target Association을 통해 칼만필터 업데이트 및 위치 보정

• Target Association

- 박스간의 거리를 최소화하는 네트워크 학습
- Re-Identification 네트워크를 이용해 객체 판별

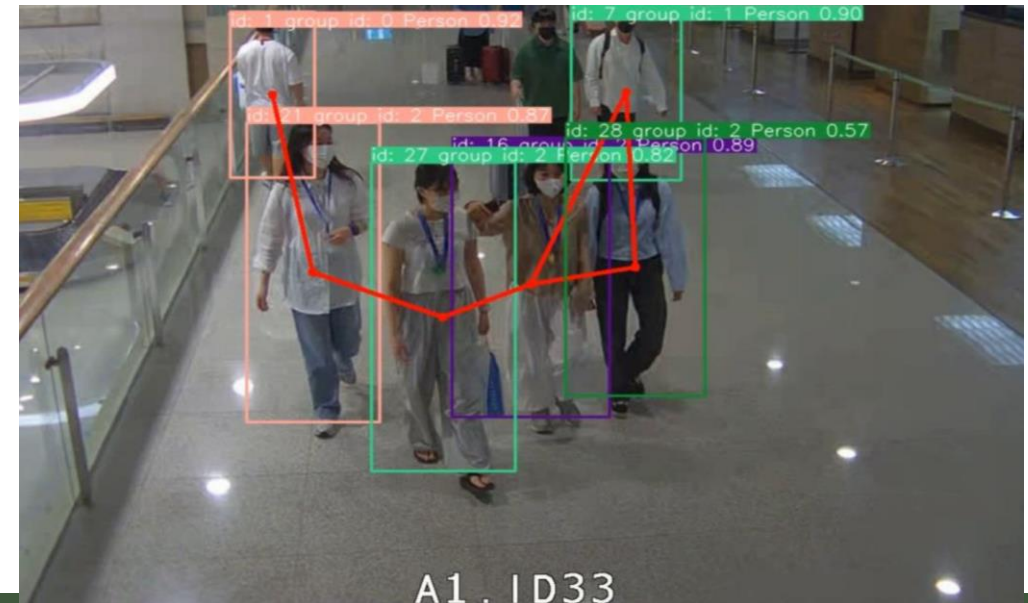
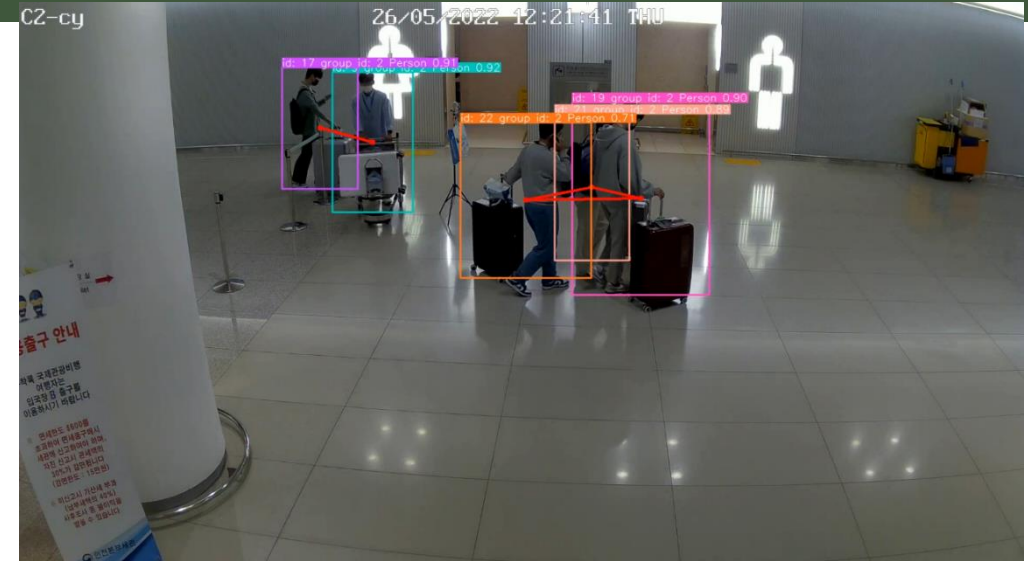


- Person Re-Identification : 복수의 다양한 각도, 시점에서 찍은 카메라에서 동일 인물을 찾기



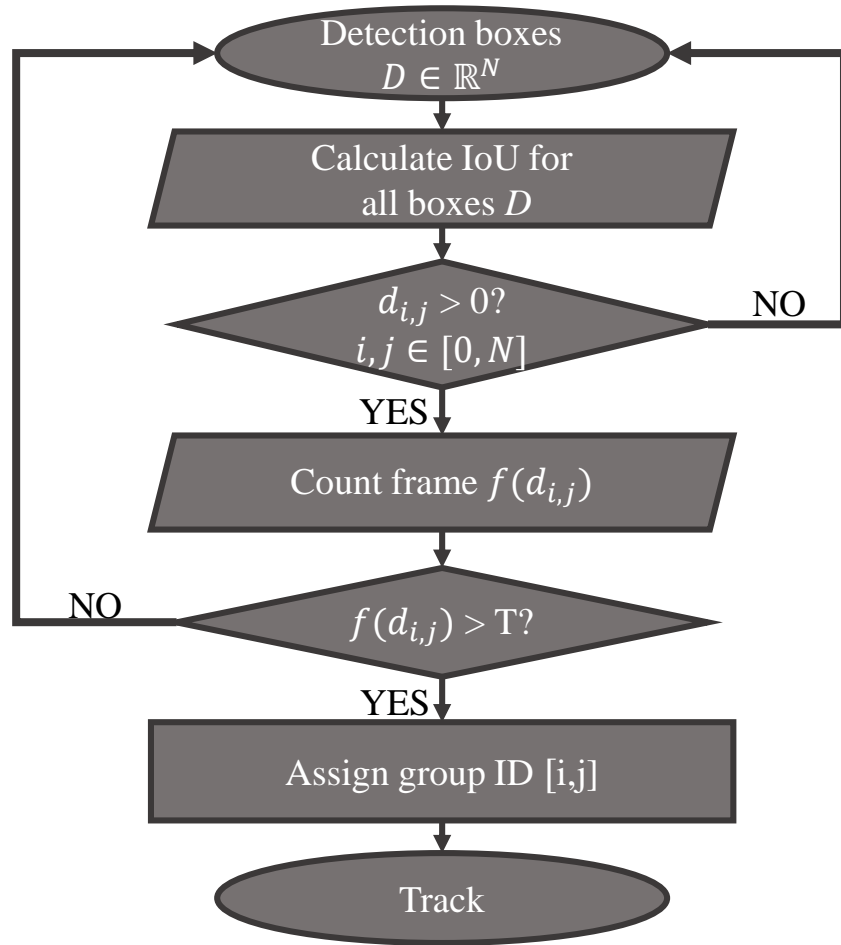
3. 그룹 판별 알고리즘 (Group Clustering Algorithm)

- 인천공항의 입국자 중 전과자 · 마약사범 등
우범여행자는 주로 혼자가 아니라 일행, 전달책 등
그룹으로 행동
- 더불어, 가족 단위 여행객의 경우 아동 및 노인이
실종된 경우 가족의 그룹 ID를 통해 쉽게 검색 가능
- 그룹을 판단하기 위해서는,
 - ① 유사한 동선(Trajjectory)
 - ② 상호작용(대화, 화물의 전달)행위가 일정시간 이상 지속되어야 함

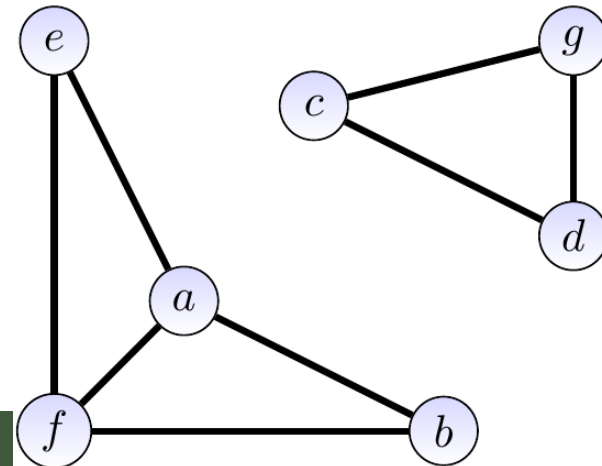


3. 그룹 판별 알고리즘 (Group Clustering Algorithm)

I. 유사한 동선의 경우



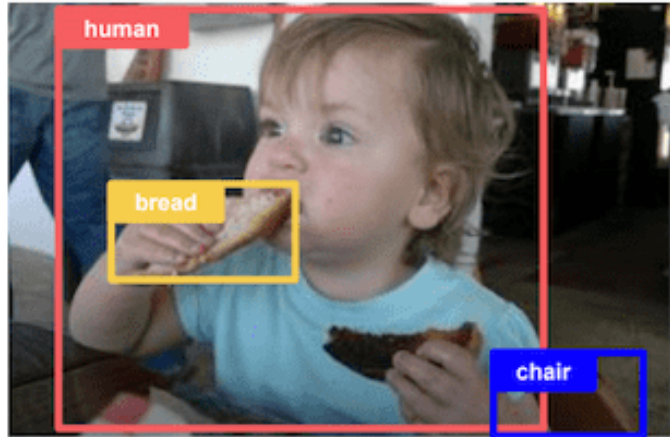
- ① 객체 검출기와 추적기를 통해 얻어진 객체 벡터 D
- ② 서로 다른 박스간의 겹쳐짐(IoU) 계산
- ③ 겹쳐짐이 0이상이면 그래프 생성 및 프레임 카운트
 - 박스 크기에 비례해 상대적 크기 고려
- ④ Theshold 이상이면 그룹 ID 부여
- ⑤ 개별 ID와 그룹 ID 추적



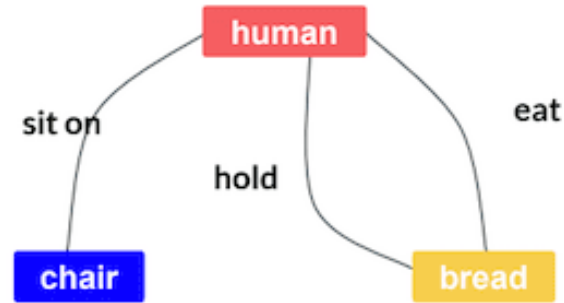
3. 그룹 판별 알고리즘 (Group Clustering Algorithm)

II. 객체들간의 상호작용(화물의 전달)

- Human Object Interaction (HOI) Detection 방법 사용
- Object Detection의 하위 task로 박스들간의 그래프를 생성하고 행동을 예측하는 기술



$bboxes^{human}, bboxes^{obj}$



{Human, Chair, Sit on}

{Human, Bread, Hold}

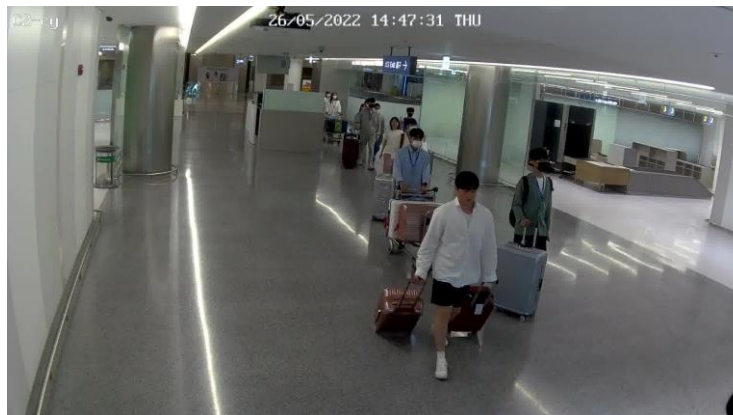
{Human, Bread, Eat}

3. 그룹 판별 알고리즘 (Group Clustering Algorithm)

II. 객체들간의 상호작용(화물의 전달)



Airport / Baggage / Mask off / Index: Carry



Airport / Depart / Mask off / Index: Carry

실험 결과



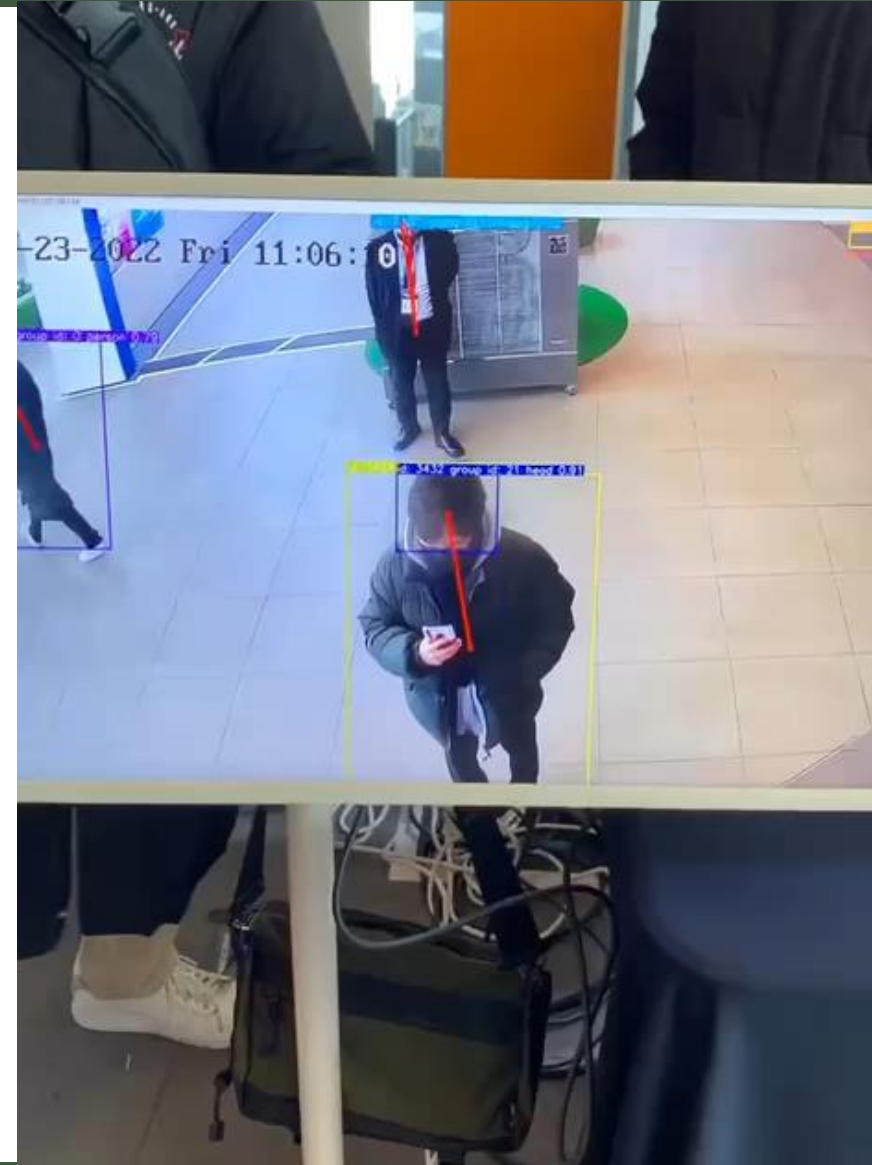
다중 객체 추적 알고리즘, 높은 카메라 앵글



다중 객체 추적 알고리즘, 높은 카메라 앵글, 작은 객체



노트북 환경(RTX 2070), 실시간 구동 시연 영상





Thank You