

YOLO를 이용한 공사 현장 작업자의 보호장구 착용여부 및 위험지역 진입여부 검출

김현용¹, 박태형² ¹충북대학교 산업인공지능연구센터, ²충북대학교 지능로봇공학과

Detection of Wearing a Protective Gear and Entering Hazardous Areas of Worker in Construction Site using YOLO

Hyun-Yong Kim¹ and Tae-Hyoung Park²

¹Industrial Al Research Center, Chungbuk National University

²Department of Intelligent Robot Engineering, Chungbuk National University

Abstract - 공사장에서 허술한 안전관리로 인해 안전모나 마스크 등의 안전장비를 착용하지 않아 발생하는 사망사고가 지속적으로 발생하고 있다. 본 연구에서는 YOLOv5를 이용하여 공사장 CCTV 영상을 분석하여 작업자의 안전모와 마스크 착용을 실시간 검사할 수 있는 모델을 제시한다. 기존 연구가 안전모와 마스크의 객체검출에 초점을 둔 반면, 본 연구에서는 안전모와 마스크의 검출뿐만 아니라 그것들이 각각 머리와 얼굴에 올바로 착용되었는지까지 판단하였다. 또한 작업자가 위험지역에 진입했는지 여부도 실시간으로 탐지하여 안전사고를 방지하도록 하였다. 이를 위해 안전모와 마스크로 Kaggle Datasets을 이용하고, 인체(사람, 머리, 얼굴) 테이터는 Open Image Dataset을 활용하였다. 안전모 검출 위치와 마스크 검출 위치 및 착용여부 판정을 위한 인체 검출 위치를 종합한 안전모 및 마스크 착용여부 검사 정확도는 95%, 속도는 40fps로 실시간 검사가 가능한 것으로 나타났다.

1. 서 론

2020년 산업재해 사고사망자 중 절반 이상이 건설업 사고사망자일 정도로 건설 현장은 고위험 산업으로 작업자의 안전관리가 중요하다. 그러나 건설 현장의 70% 정도가 안전모 미착용 등 개인 보호구도 제대로 갖추지 않는 등 안전관리가 부실한 실정이다. 따라서 공사 현장의 작업자 안전관리를 강화하기 위해서는 기존의 안일한 수동방식을 대체할 효율적인 시스템의도입이 절실하다.

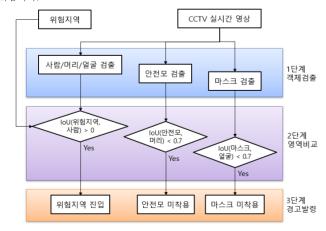
떨어짐, 부딪힘, 물체에 맞음, 낙상 등의 경우 머리의 상해는 매우 심각하고 종종 치명적이기 때문에 작업장 내에서는 반드시 안전모를 착용해야 한다. 마스크는 공사 현장의 분진으로부터 작업자를 보호할 뿐만 아니라, 최근 COVID-19 팬데믹에 따른 확산을 방지하기 위해 의무적으로 착용해야한다. 또한 공사 현장에서는 낙하물 발생 위험구간이나 건설장비 작업중 충돌 발생 위험구간 등에 작업자가 출입하지 않도록 감시할 필요가 있다.

본 연구에서는 작업자의 허술한 안전관리를 개선하기 위해 CCTV 영상을 실시간으로 분석하여 공사 현장 작업자의 안전에 가장 중요한 보호장구인 안전모와 마스크가 올바르게 착용되었는지 검출하고, 작업자가 지정한 위험구역에 출입하지 않도록 실시간으로 감시하는 모델을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

CCTV에서 전송된 실시간 스트리밍 속에서 프레임을 추출하여 객체 검출을 수행하는 시스템 구성을 그림 1에 나타내었다. 먼저 1단계에서는 객체를 검출하고, 2단계에서 검출된 객체의 좌표를 이용해 IoU(Intersection over Union)를 계산하여 임계값에 따라 3단계 경고를 발령하게 된다. 1단계에서 3번의 객체검출을 수행한 것은 기존의 공개된 데이터셋을 활용하기위한이다.



〈그림 1〉 시스템 구성도

그림 1에서 IoU(사람, 위험지역)은 검출된 사람 객체의 Bounding box와 위험지역에 대한 IoU값을 말하며, IoU는 그림 2와 같이 정의된다.



〈그림 2〉 IoU의 정의

2.2 객체 검출 알고리즘

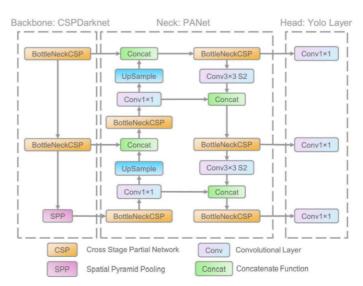
딥러닝 기술의 비약적인 발전으로 인해 사회 각 분야에서 영상처리를 활용하는 사례가 늘어나고 있다. 특히 저렴한 CCTV의 보급과 고속의 네트워크 인프라 구축으로 인해 지능형 CCTV를 통해 자동차 번호판 인식, 화재감지, 침입탐지 등에 객체검출(Object detection) 기술이 활발히 연구되고 있다.

객체검출에는 R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN 계열처럼 영역 제안 (Region proposals) 단계와 이렇게 도출된 ROI(Region of Interest)에 대한 CNN 분류 단계로 구성된 Two-stage 기법과 YOLO 계열처럼 One-stag 기법이 있다. 정확도 면에서는 R-CNN 계열이 우수하지만 YOLO 계열은 탁월한 처리속도의 강점이 있다. YOLOv2는 K-Means Clustering을 통한 Anchor box 선정 기법을 도입하였고, YOLOv3에서는 FPN(Feature Pyramid Nework)를 적용하여 작은 객체의 검출 정확도를 향상시키는 등 최근의 YOLOv5[1]까지 지속적인 성능향상으로 속도와 정확도 측면에서 많은 개선이 있었다.

CCTV를 통한 객체검출은 실시간 처리를 통해 영상을 분석하기 때문에 정확도 못지않게 신속한 처리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 속도와 정확도 면에서 우수한 YOLOv5를 이용하였다.

2.2.1 YOLOv5 네트워크 아키텍처

YOLOv5의 네트워크 아키택처는 그림 3과 같이 이미지의 특정을 추출하는 Backbone과 추출된 특정을 혼합 및 결합시키는 Neck, 그리고 Neck의 특정들로부터 클래스와 Bounding box 좌표를 예측하는 Head로 구성되어 있다. Neck은 CSP(Cross Stage Partial Network)을 사용하여 그래디언트 연산속도를 향상시켰고, Neck에서는 PANet(Path Aggregation Network)을 통해 먼저 추출되는 low-level 특징이 Head까지 잘 전달될 수 있도록 하여보다 섬세한 검출이 가능하게 하였다.



〈그림 3〉 YOLOv5 네트워크 아키텍처[2]

2.2.2 사람, 머리, 얼굴 검출

OID (Open Image Datasets)는 구글이 운영하는 세계 최대의 객체검출 데이터셋으로 6,000개 이상의 category로 구성되어 있다. 그 중에서 사람, 머리, 얼굴 클래스를 포함하는 데이터만을 추출하여 학습에 사용하였다. OID는 계층적인 클래스 구조를 갖고 있기 때문에 사람(Person)의 하위 클래스인 Man, Woman, Boy, Girl 클래스 데이터를 Person 클래스로 통합하였으며, 사람, 머리, 얼굴 클래스를 동시에 포함하는 데이터 80만 개에서 속성 IsDepiction=1(실물이 아닌 경우), IsGroupOf=1(Bounding box를 그룹으로 표시한 경우)인 데이터를 제외하고, 클래스가 누락된 불량 데이터를 필터링한 총 31,223개를 학습(train)과 검증(validation)으로 8:2 비율로 임의분할하여 사용하였다.

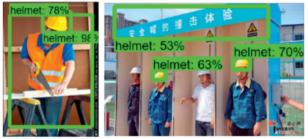
적은 데이터로 성능을 높이기 위해 COCO 데이터셋으로 사전 훈련된 (pre-trained) YOLOv5의 'large' 모델로 전이학습을 수행하였다. 100 epoch 의 학습시간으로 mAP@0.5=0.84의 정확도를 보였다. YOLOv5l 모델의 경우 32fps의 추론속도를 보였다. CCTV용 법용 컴퓨터를 이용한 추론시간을 예측하기 위해 Intel I7, RAM 24GB, GPU는 NVIDIA GTX-1650Ti 4GB 컴퓨터를 사용하였다. 추론 결과의 예를 그림 4에 나타내었다.



〈그림 4〉 사람, 머리, 얼굴 검출의 결과

2.2.3 안전모 착용여부 검출

안전모를 검출하기 위해 검출모델 하나만 사용하는 경우[3]에는 그림 5와 같이 배경을 '안전모 착용(helmet)'으로 감지하는 가양성(False Positive) 오류가 종종 나타나기 때문에, Huang 등[4]은 안전모를 검출한 후 영역 내 픽셀의 특징을 이용해 착용여부를 판별하였다.



〈그림 5〉 검출모델 하나만 사용한 경우 배경을 안전모 착용으로 오검출[4]

본 연구에선 안전모 검출을 위해서는 Kaggle의 safety helmet 데이터셋을 사용하였다. 총 12,581개의 데이터가 helmet과 head로 레이블링 되어 있다. 위와 동일한 방법으로 검출모델을 개발하였으며, mAP@0.5=0.95의 정확도, 33fps의 추론속도를 보였다. 안전모의 '착용여부'를 판별하기 위해서는 그림 1에서 보는 바와 같이 IoU(머리, 안전모) > 0.7을 사용하여 머리 영역과 동떨어진 안전모는 검출대상에서 제외시켰다 (그림 6).



〈그림 6〉 안전모 검출의 결과

2.2.4 마스크 착용여부 검출

마스크 검출을 위해서 Kaggle의 mask 데이터셋 1,773개과 함께 웹스크 레이핑을 통해 레이블링한 1,000개를 사용하였다. 마스크 검출은 MTCNN과 같은 사전 훈련된 얼굴 검출 모델을 사용하여 얼굴을 검출한 후에 얼굴부위를 잘라내어 CNN 분류를 적용한 Two-stage 연구[5]가 대부분이지만,본 연구에서는 CCTV 영상의 특성상 객체가 작고 많아서 신속하고 단순한시스템 구성을 위해 One-stage의 객체검출을 수행하였다. mAP@0.5=0.95의정확도, 31fps의 추론속도를 보였다. 마스크의 착용여부는 IoU(얼굴, 마스크) > 0.7로 판단하였다. 마스크 검출 결과의 예를 그림 7에 나타내었다.



〈그림 6〉 마스크 검출의 결과

2.2.5 위험구역 진입 탐지

위험지역 진입 탐지의 경우 사람 객체와 위험구역 간의 IoU를 계산하여 0보다 크면 위험구역에 진입한 것으로 판단하였다. 그림 6에서 보는 바와같이 작업자 2~4의 위험구역 진입을 간단하고 효율적으로 탐지할 수 있음을 알 수 있다. 작업자 4처럼 작업자가 위험구역 앞에 위치한다면 카메라촬영 각도에 의해 머리 부위가 위험구역에 진입한 것으로 잘못 인식할 수 있으므로 이런 문제를 방지하기 위해 사람 객체 Bounding box의 밑변(발부위)을 기준으로 판단하였다.

그러나 작업자 1처럼 건설장비에 탑승하여 지면과 접촉하지 않는 경우에는 여전히 오탐지하는 문제가 발생하므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다



〈그림 7〉 위험구역 진입 탐지 사례

OID와 Kaggle의 공개된 데이터셋을 활용하여 3종류의 객체검출 YOLOv 51 모델을 개발하였으며, 그 성능은 표 1과 같다.

〈표 1〉 객체 검출 결과

	사람, 머리, 얼굴	안전모	마스크
mAP@0.5	0.84	0.95	0.95
추론속도(fps)	32	33	31

3. 결론

공사 현장의 안전모와 마스크 착용을 검사하고 작업자가 위험지역에 진입 했는지를 감시하기 위한 객체 검출 모델을 YOLOv5를 이용하여 개발하였다. 먼저 사람(머리, 얼굴)과 안전모와 마스크를 검출한 다음, 각각의 Bounding box 좌표를 이용하여 IoU를 계산함으로써 착용유무와 위험지역 진입 여부를 판단하였다. 추론시간은 11fps로 실시간 CCTV 영상분석에 사용 가능한 것으로 나타났다.

[감사의 글]

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신 인재양성 (Grand ICT연구센터) 사업의 연구결과로 수행되었음. (IITP-2021-2020-0-01462)

[참 고 문 헌]

[1] G. Jocher, "Yolov5", https://github.com/ultralytics/yolov5, 2021.

[2] R. Xu, H. Lin, K. Lu, L. Cao, Y. Liu, "A Forest Fire Detection System Based on Ensemble Learning", *Forests*, Vol. 12, No. 2, pp. 217–233, 2

[3] Y. Li, H. Wei, Z. Han, J. Huang, W. Wang, "Deep Learning-Based S afety Helmet Detection in Engineering Management Based on Convolutional Neural Networks", *Advances in Civil Engineering*, Vol. 2020, 2020.

[4] L. Huang, Q. Fu, M. He, D. Jiang, Z. Hao, "Detection algorithm of sa fety helmet wearing based on deep learning", *Concurr. Comput. Pract. E sp.* Vol. 2021, No. 14, e6234, 2021.

[5] 남충현, 남은정, 장경식, "딥러닝을 이용한 마스크 착용 여부 검사 시스템", *한국정보통신학회논문지*, Vol. 25, No. 1, pp. 44-49, 2021.