

항만 CCTV 영상을 이용한 딥러닝 기반의 객체 검출

이유진, 손하영, 최계원, 이순교, 박재현*
한국철도기술연구원, 성균관대학교

leeyoujin225@krri.re.kr, shyds628@g.skku.edu, kaewonchoi@skku.edu, sklee@krri.re.kr,
*zephyr@krri.re.kr

Object Detection Based on Deep Learning Using Port CCTV Video

Yujin Lee¹, Ha Young Son², Kae Won Choi², Soonkyo Lee¹, Jaehyun Park¹

¹Korea Railroad Research Institute., ²Sungkyunkwan Univ.

요 약

항만은 국가 수출입화물의 99.7%를 담당하는 국가 경제활동의 기반이기 때문에, 잠재적 테러 위협이나 외부인의 침입에서 항만을 보호해주는 항만보안이 중요하다. 하지만 항만보안 관리 인력의 부족 및 기존 항만 CCTV 카메라의 낮은 화질로 인해 밀입국과 같은 국내 항만보안 사건은 반복적으로 발생하고 있다. 따라서 CCTV 영상으로 항만에 존재하는 객체를 검출하여 관리하는 딥러닝 기반 지능형 CCTV 도입이 필요하다. 그러나 항만에는 리치스태커, 야드 트럭과 같은 특수한 객체가 많기 때문에, 기존의 객체 검출 모델로 항만에 적합한 지능형 CCTV를 개발하기 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 항만 환경에 적합한 딥러닝 기반 객체 검출 모델에 대해 제안한다. CCTV 특성상 실시간 객체 검출을 위해 YOLOv3를 이용하였고, 항만의 특수한 환경을 반영하기 위해 항만 데이터셋을 구성하여 항만 객체 검출 모델의 학습을 진행하였다. 실험결과, 본 연구의 항만 객체 검출 모델이 항만에 존재하는 객체들을 평균 71%의 정확도로 검출하는 것을 확인하였다.

1. 서 론

항만은 국가 수출입화물의 99.7%를 담당하는 국가 경제활동의 기반이기 때문에, 항만보안을 통해 잠재적 테러 위협이나 밀입국 사고를 예방해야 한다[1]. 만약 항만보안의 실패로 인해 항만 내 위험물 폭발 사고, 항만 파괴를 목적으로 하는 테러, 밀입국 사고 등이 발생한다면, 막대한 경제적 손실이 발생한다. 따라서, 항만보안은 중요하다.

하지만 2008년 이후 국내에서 연평균 25건의 항만 보안 사건이 발생했으며, 일부 항만시설은 보안 사건이 반복해서 발행하는 취약지역으로 특별점검을 받기도 했다[1]. 지금까지 발생한 국내 항만보안 사건의 유형은 월담, 행방불명, 무단이탈 등 밀입국과 관련된 사건이 있으며, 이와 같은 반복적인 항만보안 사건은 항만보안 관리 인력의 부족 및 기존 CCTV의 낮은 화질로 인해 발생한다.

최근 항만은 사물인터넷, 인공지능과 같은 4차 산업 기술을 도입하여 점차 스마트화되고 있다. 따라서 딥러닝 기반 지능형 CCTV를 통해 항만보안 사건의 반복적인 발생을 줄이는 것이 가능하다. 실제로 항만처럼 보안이 중요한 공항에서는 관리인력 부족 문제를 해결하기 위해 딥러닝 기술을 적용한 지능형 CCTV 카메라를 도입하고 있다. 이는 CCTV영상으로 객체를 검출하여 행동을 분석하고, 이상 행위를 탐지해 배회, 침입, 방화 등 상황을 자동으로 인식한다.

지능형 CCTV는 객체 검출이 정확하게 된다는 가정하에서 객체 행동 분석 및 이상 행위 탐지를 하므로 정확한 객체 검출이 중요하다. 하지만 항만에는 컨테이너, 암벽 크레인, 리치스태커, 지게차 등 특수한 객체들이 많아서 기존의 객체 검출 모델을 항만에 사용하기는 어렵다. 따라서, 항만 객체 검출 모델에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 항만 객체 검출 정확도를 높이기 위해 항만 환경에 맞는 데이터 셋을 구축하여, 이를 학습시킨 항만 객체 검출 모델을 제안하려고 한다. 2장에서는 딥러닝 기반의 객체 검출 기법에 대해 소개하고, 3장에서는 항만 객체 검출 모델 학습 방법과 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 항만 객체 검출 기법

객체 검출이란 이미지가 주어지면 배경과 사물을 구분하고 어떤 사물인지 인지하는 것을 말한다. 다양한 객체 검출 기법 중 하나인 YOLO는 다른 기법들에 비해 빠른 속도가 특징이다. 본 연구에서는 항만 CCTV를 이용하여 실시간으로 객체를 검출하는 것이 중요하기 때문에, 빠른 속도와 높은 성능을 가진 YOLO V3를 사용한다.

기존의 객체 검출 기법은 이미지 내에서 객체가 있을 후보영역(Region Proposal)을 검출한 후 분류를 하여, 정확도는 높지만 객체 검출 시간이 오래 걸린다. 하지만 YOLO는 객체에 대한 영역 검출 및 분류를 동시에 수행하여 속도를 높였다. 또한, YOLO V1부터 V3까지 개선하여 다른 객체 검출 기법과 비슷한 정확도를 가진다.

YOLO V1은 입력 이미지를 7x7 그리드로 나누고 각 그리드의 셀은 바운딩 박스 정보를 예측하여 하나의 객체 검출을 수행한다. 이는 기존의 객체 검출 기법보다 검출 속도는 높였지만, 작은 객체에 대해서는 검출이 잘 안 된다는 단점이 있다[2].

YOLO V2는 여러 개의 객체에 대한 검출이 가능하도록 하기 위해 앵커 박스(anchor box)를 사용하였다. 또한, 기존의 YOLO 모델에 고해상도 분류기(high resolution classifier), 배치 정규화(batch normalization) 기법을 도입하여 YOLO V1의 객체 검출 속도 및 정확도 모두 향상했다[3].

Yolo v3는 3개의 서로 다른 크기와 스케일을 가진 앵커 박스(anchor box)로 객체 검출을 하고, 기존의 모델보다 더 깊은 Darknet-53 모델을 사용하여 YOLO V2보다 성능을 높였다[4].

3. 항만 객체 검출 모델 학습 및 실험 결과

3.1 데이터 셋 구성 및 모델 학습

딥러닝 모델 학습을 통해 객체 검출의 정확도를 올리기 위해서는 연구 목적에 맞는 데이터를 모델에 학습시키는 것이 중요하다. 따라서 항만 객체 검출의 정확도를 높이기 위해, 부산항 터미널(Busan Port Terminal)에 설치된 8개의 실제 항만 CCTV 영상으로부터 데이터 셋 (이하 항만 데이터 셋)을 수집하였다. 해당 영상에서 총 4,300장의 항만 이미지를 획득하였고 이 중 무작위로 3,500장을 선별하여 학습 데이터 셋을 구성하였다. 또한, 나머지 800장으로 테스트 데이터 셋을 구성하였다. 항만 데이터 셋의 클래스는 총 6개이며, 이는 리치 스택커, 지게차, 야드 트럭, 소형 트럭, 이외 차량, 사람으로 이루어져 있다.

3.2 항만 객체 검출 모델의 학습

본 연구의 YOLO V3 네트워크 학습은 windows 10, Visual Studio 2017, OpenCV 3.4.4, CUDA 10.0, cuDNN 7.4에서 수행되었다. 표2는 학습 파라미터를 보여준다. 모델 학습을 위한 배치 크기는 64이며, 학습률은 0.001로 설정하였다.

3.3 실험 결과

항만 객체 검출 모델의 성능을 평가하기 위해 객체 검출의 평가 지표인 mean Average Precision(mAP)을 사용하였다. 본 실험에서는 항만 이미지 800장을 이용하여 제안한 항만 객체 검출 모델이 항만 환경에 적합한지 확인하였다. 실험 결과 평균 정확도는 71%로 측정되었으며, 이는 멀리 있는 객체는 제대로 검출하지 못하기 때문이다. 그림 1, 2, 3, 4은 항만 CCTV 영상 속 항만 객체 검출 결과이며, 낮과 밤으로 구분되어 있다.



그림 1 항만 객체 검출 결과 (낮)



그림 2 항만 객체 검출 결과 (낮)

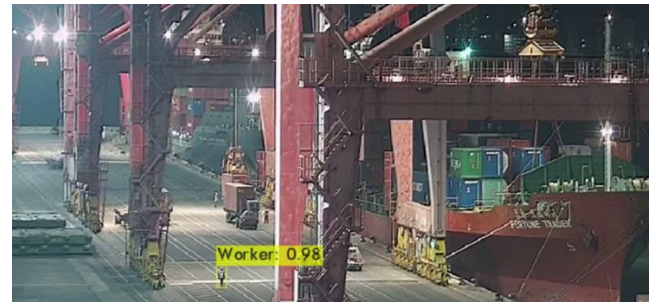


그림 3. 항만 객체 검출 결과 (밤)



그림 4 항만 객체 검출 결과 (밤)

4. 결론

본 논문에서는 항만 환경에 적합한 객체 검출 모델을 제안하였으며, 실험을 통해 제안한 항만 객체 검출 모델의 성능을 측정하였다. 실험 결과, 평균 71%의 정확도로 항만 객체를 검출하는 것을 확인할 수 있었다.

하지만, 멀리 있는 객체일수록 검출 정확도가 감소하거나, 아예 검출하지 못하는 경우가 발생하였다. 높은 타워에 설치되는 항만 CCTV 카메라의 특성상 영상 속 객체의 크기가 작은 경우가 많기 때문에, 작은 객체를 정확히 검출하는 것이 중요하다. 따라서 향후에는 20pixel 이하의 항만 객체 검출을 위한 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 ("IoT기반 지능형 항만 물류 기술 개발"사업의 "스마트 항만 IoT 융합·운영 기술 개발").

참 고 문 헌

- [1] 김찬호, 최건우, 박상원. "항만보안 관리체계 효율화 방안 연구", pp1-129, 2017
- [2] Joseph Redmon, et al., "You only look once: Unified, realtime object detection," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
- [3] Joseph Redmon, Ali Farhadi, "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 7263-7271, 2017.
- [4] J. Redmon and A. Farhadi, "Yolov3: An incremental improvement." arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.