

AI 객체 인식 모델을 활용한 항공기 반입 물품 체크 서비스 개발에 관한 연구

박선애¹, 안효진², 지유빈³, 박홍민⁴
 성결대학교 정보통신공학과 학부생

seonae.psa@gmail.com, anhj32118@gmail.com, wldbqlszz@naver.com, 123qkrghdals@naver.com

Research on the Development of a Service for Checking Items Brought into Aircraft Using AI Object Recognition Models

Seon-Ae Park¹, Hyo-Jin Ahn², Yu-Bin Ji³, Hong-Min Park⁴
 Dept. of Information and Communication Engineering, Sungkyul University

요 약

항공 여행객 수의 증가로 인해 공항 보안 검색대에서의 처리 시간이 길어지고 있으며, 반입 금지 물품에 대한 인식 부족이 시간 지연을 초래하고 있다. 본 논문은 YOLOv5 객체 탐지 모델을 활용하여 항공기 반입 금지 물품을 자동 식별하는 AI 시스템을 제안하며, 사용자가 사전에 기내 반입 물품을 확인함으로써 보안 검색 과정에서의 시간 지연을 최소화하고, 처리 속도를 개선할 수 있을 것을 목표로 한다.

1. 서론

최근 항공기 이용객의 증가로 인해 공항 보안 검색대에서의 처리 시간이 길어지고 있으며, 이로 인해 여행객과 공항 운영 모두에게 큰 불편을 초래하고 있다. 특히 항공기 반입 금지 물품에 대한 인식 부족으로 인해 불필요한 시간 지연이 발생하고, 금지된 물품을 폐기하는 과정에서 추가적인 절차가 요구된다. 이에 따라 항공기 탑승 전에 여행객이 개인 물품의 반입 가능 여부를 사전에 확인할 수 있는 서비스의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 AI 객체 인식 기술 중 하나인 YOLOv5를 활용한 항공기 반입 금지 물품 식별 시스템을 제안한다. 이 시스템은 YOLOv5 알고리즘[1]을 사용하여 여행객이 소지한 물품을 실시간으로 분석하고, 사용자가 공항 보안 검색대에 도착하기 전에 물품의 항공기 반입 가능 여부를 판별한다.

2. 시스템 구조 및 구현

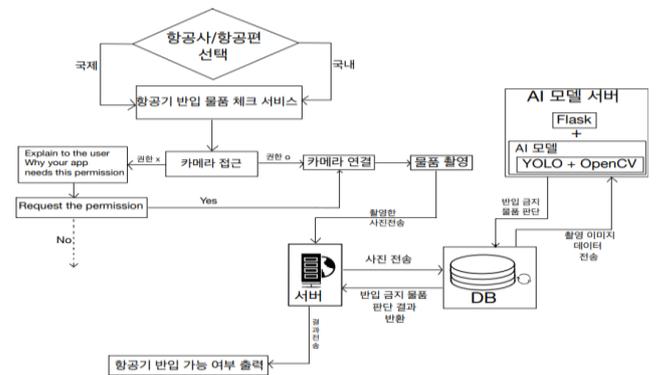
2.1. YOLOv5 기술 개요

YOLOv5는 실시간 객체 인식 알고리즘 중 하나로, 단일 신경망을 사용해 이미지를 한 번 처리하여 여러 객체를 탐지한다. 또한, 이를 바운딩 박스

와 클래스 확률로 동시에 예측할 수 있는 특징이 있다[2]. 이 속성을 지닌 YOLOv5는 실시간 객체 탐지가 중요한 공항 보안 시스템에 적합하다.

2.2. 시스템 구성

본 시스템은 그림 1과 같이, YOLOv5 기반 객체 인식 모델과 Flask API 서버로 구성되었다. 사용자는 스마트폰 또는 노트북의 카메라로 물품을 촬영하고, 이미지는 서버로 전송되어 YOLOv5 알고리즘이 항공기 반입 금지 물품 여부를 분석한다. 이 결과는 사용자에게 웹 및 모바일 인터페이스로 빠르게 제공되며, 실시간으로 물품의 반입 가능 여부를 확인할 수 있다[3].

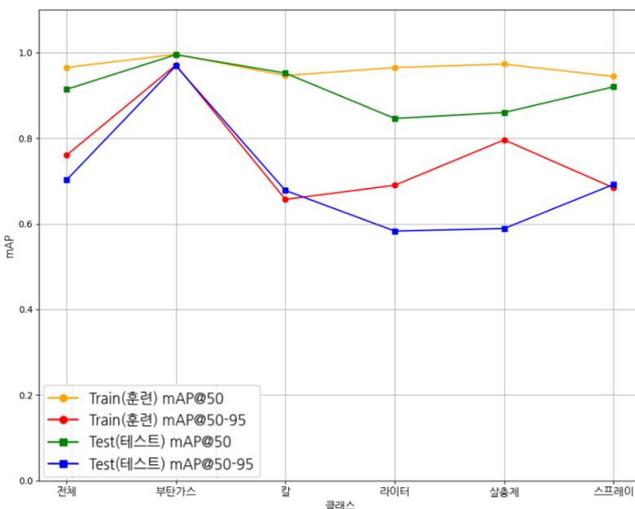


(그림 1) 시스템 구성도

3. 모델 성능 평가 및 논의

본 연구에서는 총 5 가지의 물품에 대한 항공기 반입 가능 여부를 판단하는 모델을 개발하였으며, 해당 모델의 객체 탐지 성능을 평가하기 위해 총 13,756 개의 이미지로 구성된 데이터셋을 사용하였다. 이 데이터셋은 훈련 세트(Train Set) 12,706 개 이미지, 검증 세트(Validation Set) 736 개의 이미지, 테스트 세트(Test Set) 314 개의 이미지로 나뉘어 있으며, 각 세트는 YOLOv5 모델의 학습 및 평가에 사용되었다. 성능 평가는 mean Average Precision (mAP)[4] 지표를 사용하였으며, 훈련 및 테스트 데이터를 통해 모델의 성능을 분석하였다.

훈련 데이터의 평가 결과, mAP₅₀ 값은 0.965, mAP₅₀₋₉₅ 값은 0.760 으로 높은 성능을 보였다. 특히 부탄가스 클래스에서 mAP₅₀ 값이 0.996 으로 가장 높은 성능을 보였다. 반면, 라이터와 살충제 클래스에서는 상대적으로 낮은 성능을 보였으며, 이는 해당 클래스에서 성능 저하가 있었음을 나타낸다. 테스트 데이터에서도 비슷한 패턴을 보였으나, 훈련 데이터에 비해 성능이 다소 낮아졌다. mAP₅₀ 값은 0.914, mAP₅₀₋₉₅ 값은 0.702 로 나타났으며, 라이터 클래스는 mAP₅₀ 값이 0.965 에서 0.846 으로 감소하였다. 살충제 클래스 역시 성능 저하가 두드러지게 나타났다. 그림 3 은 훈련 데이터와 테스트 데이터에서 측정된 mAP₅₀/mAP₅₀₋₉₅ 값을 그래프로, 두 데이터셋 간의 성능 차이를 시각적으로 명확하게 보여준다. 반면, 부탄가스 클래스는 훈련 데이터와 테스트 데이터 간 mAP₅₀ 값이 0.996 에서 0.995 로 성능 차이가 거의 없었으며, 이는 해당 클래스에서 모델의 높은 일반화 성능을 나타낸다.



(그림 2) 훈련 데이터 및 테스트 데이터 성능 비교 지표 - mAP_{0.5}/mAP₅₀₋₉₅

클래스	Train mAP ₅₀	Test mAP ₅₀	mAP ₅₀ 차이 (Train -Test)	Train mAP ₅₀₋₉₅	Test mAP ₅₀₋₉₅	mAP ₅₀₋₉₅ 차이 (Train-Test)
전체	0.965	0.914	0.051	0.760	0.702	0.058
부탄가스	0.996	0.955	0.001	0.971	0.969	0.002
칼	0.946	0.952	-0.006	0.657	0.678	-0.021
라이터	0.965	0.846	0.119	0.690	0.583	0.107
살충제	0.973	0.860	0.113	0.796	0.589	0.207
스프레이	0.944	0.920	0.024	0.684	0.692	-0.008

(표 1) 클래스별 훈련 및 테스트 데이터 성능 비교 - mAP_{0.5}/mAP₅₀₋₉₅

따라서 전반적으로 모델의 성능은 양호하였으나, 일부 클래스에서의 성능 저하를 해결하기 위한 데이터 확보와 모델 튜닝이 필요함을 알 수 있으며, 이를 통해 전반적인 일반화 성능 개선을 기대할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 YOLOv5 기반의 객체 인식 시스템을 활용하여 항공기 반입 금지 물품 식별 서비스를 제안하였다. 모델 성능 평가 결과, 훈련 데이터에서 mAP₅₀ 기준 96.5%, 테스트 데이터에서 91.4%의 정확도와 약 0.446 초의 평균 탐지 시간을 기록하여 보안 검색에서 높은 탐지 성능을 보였다. 다만, 라이터와 살충제 클래스에서 성능 차이가 크게 나타났으며, 이는 모델의 일반화 성능 부족을 시사한다. 이러한 성능 저하는 데이터 증강과 모델 개선을 통해 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 이 시스템은 보안 검색 과정에서의 시간 지연을 줄이고 처리 속도를 개선할 수 있는 가능성을 보여주었으며, 향후 연구에서는 실제 환경 데이터를 추가하여 모델의 성능을 더욱 향상시킬 필요가 있다.

후기

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, USA, 2016, pp. 779-788.
- [2] Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.
- [3] Adrien Gaidon, "Self-supervised Representation Learning for Object Detection," Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Seattle, USA, 2020, pp. 9555-9564.
- [4] Wei Han, Zhaoliang Liu, Peiyan Yu, "An Improved Lightweight Object Detection Algorithm for YOLOv5," PeerJ Computer Science, vol. 7, pp. e730, 2021.