

스마트 리테일 운용을 위한 객체 검지에 관한 연구

윤홍림¹, 고예찬¹, 안연수¹, 김찬수²

¹한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 인공지능소프트웨어과 학부생

²한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 인공지능소프트웨어과 교수

2401340038@office.kopo.ac.kr, 2401340026@office.kopo.ac.kr, 2401340023@office.kopo.ac.kr, cskim0303@kopo.ac.kr

A Study on Object Detection for Smart Retail Operations

Honglim Yun, Yechan Go¹, Yeonsu Ahn¹, Chansu Kim¹

¹Dept. of Artificial Intelligence & Software Seoul Jungsu Campus of Korea Polytechnic

요약

본 논문은 스마트 리테일 환경에서 객체 검지 기술의 적용에 관한 방법을 제안한다. 스마트 리테일은 자영업자나 소상공인 사업장의 전반적인 운영과 고객의 요구를 충족하기 위하여 첨단 기술을 활용하는 분야이다. 객체 검지 기술은 영상에서 사람, 물체 등 다양한 객체를 실시간으로 검지하여 객체 종류, 위치와 크기 정보 등을 제공하며, 이러한 정보는 재고관리, 고객 행동 분석, 무인 결제 시스템 등에서 유용하게 활용될 수 있다. 최근에는 딥러닝 기반의 객체 검지 기술이 우수한 성능을 보이고 다양한 분야에서 활용되고 있지만, 고성능의 객체 검지 기술을 운용하기 위해 고가의 하드웨어가 필요하다는 문제가 존재한다. 본 논문에서는 웹기반의 스마트 리테일 서비스 모델과 소규모사업장 환경의 저가 하드웨어에서 객체 검지 기술을 적용하는 방법을 제안하고, 스마트 리테일에서 가장 중요한 객체인 사람 검지에 관한 성능을 분석한다.

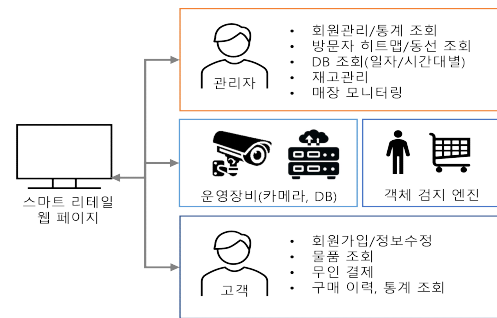
1. 서론

인공지능과 사물인터넷, 챗봇 등 스마트 리테일 구현을 위한 기반기술의 급격한 발전으로 소비자들의 기대치가 높아지고, 고객의 요구를 만족하기 위한 기술이나 서비스가 출시되고 있다[1]. 하지만, 최신의 인공지능 기술을 활용하기 위해서는 GPU와 같은 전용 연산장치를 갖춘 고가의 하드웨어를 갖추어야 하는 문제가 존재한다. 대부분의 소규모 매장에서는 높은 사양의 운용 장비가 비용적인 부담으로 작용하며, 이는 스마트 리테일 시스템 확산을 저하하는 주요 원인이다.

객체 검지 기술은 스마트 리테일을 위한 고객 행동 분석, 효율적인 진열대나 직원 배치, 재고관리, 무인 결제 시스템 등 다양한 기능을 지원할 수 있는 주요 요소이다. 최근에는 임베디드 장치와 같은 저가의 하드웨어에서도 동작 가능한 딥러닝 기반의 객체 검지 기술이 제안되고 있다. 대표적으로 MobileNet, EfficientNet, YOLO 등이 있다[2].

본 논문에서는 웹 기반의 매장 관리시스템과 스마트 리테일에서 가장 중요한 객체인 사람 검지를

위하여 YOLOv5를 활용하는 방법을 제안하고, 학습된 모델의 성능을 분석한다.



(그림 1) 스마트 리테일 웹 서비스 구성도

2. 웹 기반의 스마트 리테일 서비스

2.1 서비스 구성도

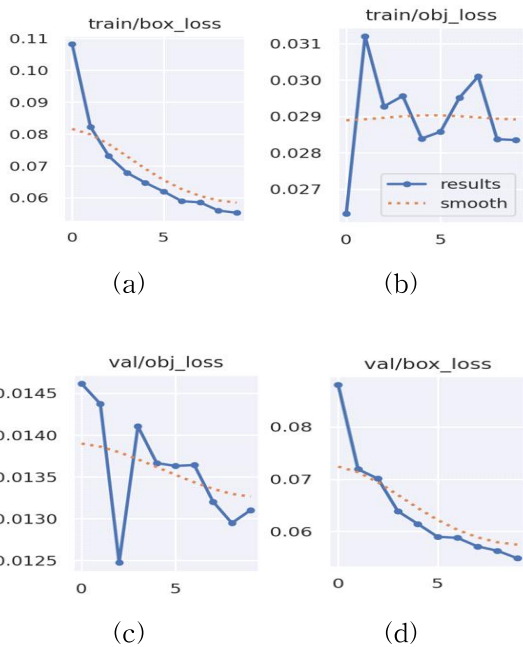
웹 기반의 스마트 리테일 서비스를 위한 구성도는 (그림 1)과 같다. 관리자와 고객은 웹 페이지를 통해서 서비스에 접근 가능하며, 고객에게는 회원가입, 물품 조회, 과거 이력 등의 조회 서비스를 제공한다. 관리자에게는 회원 관리, 방문자 히트맵과 동선 조회, 매장 모니터링 등의 서비스를 제공하며, 서

비스 제공을 위한 카메라, DB, 서버 등의 운영 장비와 관심 객체를 감지하기 위한 엔진이 필요하다.

2.2 사람 검지 엔진 및 성능분석

YOLOv5 모델[3]을 기반으로 추가적인 학습데이터를 이용하여 재학습한다. 사용된 학습데이터[4]는 다양한 자세와 크기의 사람 이미지를 총 14,000장 제공하며, 이미지 크기는 416×416이다. YOLOv5 모델을 더 경량화하기 위하여, ONNX와 TFLite를 활용하였고, 엔비디아의 Jetson Nano 장치에서 실시간 처리가 가능하도록 하였다.

(그림 2)는 경량화된 YOLOv5 모델의 학습 과정에서의 성능을 나타내었다. 그림의 (a)와 (b)는 학습용 데이터에 관한 손실을 나타내고, (c)와 (d)는 검증데이터에 대한 손실을 나타내었다. box_loss는 바운딩박스(Bounding-Box) 기반의 손실을 가리키고, obj_loss는 객체 인식 여부에 관한 손실을 의미한다. 전반적으로는 학습이 진행될수록 성능이 향상되지만, 명확히 수렴의 형태가 나타나지 않는다. 이는 학습데이터의 구성과 모델의 초기치가 적절하지 못해서 발생한 문제로 분석된다.



(그림 2) 경량화된 YOLOv5 모델의 학습 반복에 따른 성능 변화

학습된 모델의 성능을 정밀도(Precision), 재현율(Recall), mAP(mean Average Precision) 지표를 사용하여 평가하였고, 그 결과를 <표 1>에 나타내었다. 학습 반복 횟수(Epoch)가 증가할수록 정밀도, 재

현율과 mAP가 증가하지만 10회 이후에는 큰 변화를 보이지 않는다. 일반적으로 YOLO를 사용한 모델에 관해 0.7 이상의 정밀도와 재현율을 기대하지만, 본 연구에서는 저사양의 하드웨어를 목표로 경량화된 모델을 사용하였고, 이로 인하여 성능적인 저하가 발생하였다. 하지만 학습데이터를 더 확보하고, 충분한 학습을 진행된다면 추가적인 성능 향상도 가능할 것으로 판단된다.

<표 1> 객체 검지 성능 평가

Epoch	Precision	Recall	mAP (.5)	mAP (.5~.95)
1	0.158	0.222	0.0724	0.024
2	0.300	0.357	0.223	0.081
3	0.355	0.361	0.272	0.096
4	0.418	0.394	0.316	0.128
5	0.520	0.424	0.361	0.157
6	0.518	0.431	0.384	0.179
7	0.510	0.446	0.403	0.183
8	0.542	0.446	0.412	0.195
9	0.533	0.448	0.417	0.198
10	0.552	0.446	0.421	0.208

3. 결론

객체 검지 기술은 스마트 리테일에서 가장 기초적이고 효과적인 기능을 제공한다. 본 논문에서는 저가의 하드웨어를 가진 소규모 매장을 위한 웹 기반의 스마트 리테일 서비스와 객체 검지 기술을 제안하였다. 웹 기반의 리테일 서비스는 관리자와 고객의 관점에서 제시하였고, 객체 검지 기술은 경량화된 모델을 사람 검지용 학습데이터로 재학습하였다. 경량화된 모델을 사용하였기에, 전반적인 성능의 저하가 발생하였다. 하지만, 학습데이터 보충과 학습 횟수의 증가로 보완이 가능할 것으로 판단된다.

본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] Caroline H., “Artificial intelligence in retail - a systematic literature review”, Foresight, 25(2), 2022
 [2] Patal M., “A comprehensive survey of deep learning-based lightweight object detection models for edge devices”, Artificial Intelligence Review, 57, 2024
 [3] <https://github.com/ultralytics/yolov5>
 [4] Human Dataset v2 (universe.roboflow.com/human-v2/human-dataset-v2)