

딥러닝 객체인식을 이용한 재활용품 분리수거 장치 개발

김건희⁰, 김현정^{*}, 이준엽^{*}, 이윤수^{*}, 김태중^{*}, 윤태진(교신저자)^{*}

⁰경운대학교 항공소프트웨어공학과,

^{*}경운대학교 항공소프트웨어공학과

e-mail: hdw8820@naver.com⁰, rgw0525@naver.com^{*}, engry1225@naver.com^{*},
kmh6502@naver.com^{*}, rlaxownd55@naver.com^{*}, tjjun@ikw.ac.kr^{*}

Development of recyclables separation and collection device using deep-learning object recognition

Gun-hee Kim⁰, Hyeon-jeong Kim^{*}, Jun-yeob Lee^{*}, Yoon-soo Lee^{*},

Tae-joong Kim^{*}, Tae-jin Yun(Corresponding Author)^{*}

⁰Dept. of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University,

^{*}Dept. of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University

● 요약 ●

최근 코로나19 팬데믹의 영향으로 온라인 소비가 늘면서 종이, 플라스틱 등 재활용품의 사용량이 증가하고 있다. 또한 1인 가구의 증가에 따라 분리수거 배출이 제대로 이루어지지 않는 추세이다. 대부분의 1인 가구가 거주하고 있는 원룸 밀집 지역의 분리수거 여건이 제대로 갖춰진 곳이 많지 않으며, 분리수거 기준이 모호한 종류들이 많다. 재활용품 분리수거가 제대로 이루어지지 않는다면 에너지 및 자원낭비와 쓰레기 소각으로 인한 환경오염이 초래된다. 본 논문에서는 딥러닝 객체 인식 및 검출을 통한 재활용품 분류 결과에 따른 모터제어 및 분리수거를 진행하는 재활용품 분리수거 장치를 개발하였다. 해당 장치는 객체인식 알고리즘 YOLOV4를 이용하여 객체를 인식 및 검출한 후 모터제어, LED를 통해 분리수거 및 피드백을 제공한다. 이를 활용하여 누구나 쉽게 분리수거를 할 수 있도록 편의성을 제공하며 재활용 쓰레기 수거율을 높여 소각으로 인한 환경오염 방지를 기대할 수 있다.

키워드: 딥러닝(Deep learning), 객체 인식(Object recognition), 재활용품(Recyclables)

I. Introduction

통계청에서 발표한 1인 가구 비율 추이 통계에 따르면 최근 1인 가구가 1.5% 이상 증가하였으며, 서울디지털재단에서 조사한 배달음식 주문빈도에 따르면 코로나19 확산 전후로 월평균 주문빈도가 약 1.4배 증가하였다[1]. 그 결과 재활용품의 사용량이 전년 대비 10% 이상 증가하였다. 하지만 재활용품 분리배출은 제대로 이루어지고 있지 않다. 그 이유는 분리수거 여건이 제대로 갖춰진 곳이 많지 않고 분리수거 기준을 제대로 인지하지 못 한 사람이 대부분이며 귀찮다는 이유 등이 있다.

본 논문에서는 재활용 쓰레기의 수거율을 높이고 남녀노소 누구나 제대로 된 분리수거를 할 수 있도록 하기 위해 객체 인식과 검출에 특화된 객체 인식 알고리즘인 YOLOV4와 Faster R-CNN을 실험 및 비교하여 결과를 통해 학습된 딥러닝 모델을 이용하여 캔, 유리병, 투명 플라스틱병, 유색 플라스틱병, 라벨이 부착된 투명 플라스틱병,

종이팩 총 6가지의 객체를 인식하여 분리수거를 자동으로 진행하는 재활용품 분리수거 장치를 개발하였다.

II. Preliminaries

기존 국내에서 개발한 딥러닝 기반 재활용품 분리수거 장치는 (주)수퍼빈 에서 개발한 자원순환 로봇이 있으며, 위 장치는 최대 2개의 종류만 인식할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 캔, 유리병, 투명 플라스틱병, 유색 플라스틱병, 라벨이 부착된 투명 플라스틱병, 종이팩 총 6가지의 객체를 인식할 수 있도록 개발하였다. 또한, 투명 플라스틱병은 라벨을 제거한 뒤 배출해야 재활용할 수 있으므로 라벨이 부착된 투명 플라스틱병은 반환을 위해 인식해야 할 객체에 추가하였다.

III. Design and Development

1. System architecture

본 논문에서 객체 인식을 위한 딥러닝 알고리즘은 YOLOV4를 사용하고, 아두이노 보드를 이용하여 시스템 하드웨어를 제어하였으며 딥러닝 객체 인식을 담당하는 엣지 컴퓨터와 아두이노 보드는 시리얼 통신으로 연결되어 있다. 엣지 컴퓨터는 Nvidia 사의 Jetson Xavier NX, 아두이노 보드는 Arduino UNO, 객체 인식용 카메라는 Ocam FOV(74°*110*150), 스텝모터와 서보모터는 28BYJ-48, MG995를 사용하였다.

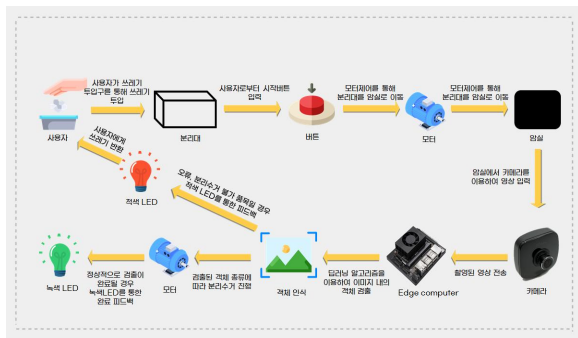


Fig. 1. System process

개발환경은 Opencv 4.4, Python 3.9.10으로 구성하였다. 엣지 컴퓨터에 부착된 카메라를 통해 영상을 촬영하고, 촬영된 이미지를 통해 객체 검출을 수행한다. 객체검출 결과에 따라 분리수거 진행, 초기지점 원위치, LED 피드백 등의 하드웨어 동작이 가능하도록 개발하였다.

2. Object recognition

분리수거 장치에서 객체를 검출하기 위해서는 딥러닝 모델이 필요하다. 모델을 구현하기 위해 실시간 영상의 객체 인식 분야에 많이 이용하고 있는 YOLOV4 알고리즘과 정지 영상의 객체 인식이 좋은 Faster R-CNN 알고리즘을 실험 및 비교하였다.

Table 1. Comparison of algorithms

학습 이미지 개수	이미지 평균 해상도	학습횟수	학습 객체 수
1000	416*416	2,000	1
모델명	평균 정확도	검출속도	테스트 횟수
Faster-R-CNN-01	99.40%	5.0 s	100
YOLO_V4-01	96.70%	0.066 s	100

본 논문에서는 검출 속도 대비 정확도가 높은 YOLOV4 알고리즘과 객체별 약 1,500장 총 1만 장의 학습 이미지를 이용해 모델을 구현하였으며, 학습에 사용된 파라미터 값은 Batch : 64, Subdivisions : 16, Width, Height : 416이다. 또한 외부 환경에 영향을 받지 않고 항상 같은 검출 결과를 도출해야 하므로 촬영이 이루어지는 분리수거 장치 내부에 암실을 설치하였다. 정확도를 높이기 위해 암실의 내부 조도, 조명 각도, 카메라 각도, 암실 배경색 등을 변경하여 실험을 진행했다.

Table 2. System environment for object recognition

카메라 각도	조명 각도	배경색	카메라 프레임	가장 높은 정확도
90°	90°	백색 녹색 흑색	640*480	흑색 (99.523%)
90°	45°	백색 녹색 흑색	640*480	백색 (98.241%)
45°	90°	백색 녹색 흑색	640*480	흑색 (92.432%)
45°	45°	백색 녹색 흑색	640*480	흑색 (89.133%)

표 2와 같이 실험결과에 따라 정확도가 가장 높게 나온 카메라와 조명의 각도는 90° 배경색은 흑색으로 암실을 제작하였다.

3. Hardware Configuration

분리수거 장치는 검출된 쓰레기의 종류에 따라 분류하여 수거해야 하기 때문에 총 5개의 분리수거통을 구성하였다. 이는 추후 확장성을 고려하여 양방향 컨베이어벨트 방식으로 레일을 제작하였기 때문에 약간의 코드 수정으로 새로운 재활용 품목을 쉽게 추가할 수 있다.



Fig. 2. System hardware

레일 위의 분리대는 스텝모터를 통해 양쪽으로 움직이며 서보모터를 통해 50° 기울여 재활용품을 수거한다. 검출부터 분리수거 완료 후 레일 원위치 동작을 하나의 Action Cycle로 객체별 5종류의 재활용품을 20회씩 총 600회 테스트를 진행한 결과 97% 이상의 정확도가 도출되었다.

IV. Conclusions

재활용품 사용량은 증가하는 반면 저조한 분리 수거율로 발생하는 에너지 및 자원 낭비와 환경오염 문제를 해결하기 위해 딥러닝 객체 인식 알고리즘을 활용한 재활용품 분리수거 장치를 구현하였다. 이를 통해 분리수거의 편리성을 제공하고 재활용품 소각으로 인한 환경오염을 줄일 수 있으며 자원 제작에 필요한 원료 및 에너지절약이 가능하다. 또 본 논문의 기술을 쓰레기 집하장 내 자동 집하 처리기, 스마트 공장의 택배 분류 등에 활용하여 필요한 인건비를 절감할 수 있다.

REFERENCES

[1] 강민욱, 이상돈, “1인 가구 증가에 따른 일회용품 배출 실태 분석”, 디지털 서울 이슈리포트 2020-05호