

커스텀 재활용품 데이터셋으로 구축한 AI 재활용품 자동분류기 개발

강선후, 김기욱, 김민우, 김영진, 조미경
동명대학교 게임공학과
e-mail : mgcho@tu.ac.kr

Development of an AI recyclables automatic sorter built with a custom recyclables dataset

Sun Hu Kang, Ki Wook Kim, Min Woo Kim, Young Jin Kim,
Migyung Cho
Dept of Game Engineering, Tongmyong University

요 약

쓰레기 매립지의 부족은 현대사회의 심각한 사회 문제이다. 특히, COVID-19로 1인당 하루 평균 쓰레기 생산량이 급격히 증가하면서 지구촌의 많은 국가와 도시들은 쓰레기 재활용을 높이기 위한 방안을 연구하고 있다. 본 연구에서는 인공지능 기반의 재활용품 자동 분류기를 개발하기 위해 우리나라에 적합한 커스텀 데이터셋 9종을 지정하여 18,000장을 구축하고 Yolo 모델에 기반한 자동 분류기와 시작품을 개발하였다. 시작품 제작을 위해 커스텀 데이터셋으로 학습한 YOLO 모델을 Jetson Nano에 탑재하여 카메라로 입력되는 재활용품 영상을 분류하도록 하였고, 분류 결과는 Yahboom Robot Arm에 전달해 로봇 암을 제어하고 재활용 쓰레기를 종류별로 자동 수거 분류하도록 하였다. 분류 성능은 약 92% 수준이다.

1. 서론

최근 1인당 하루 평균 쓰레기 생산량이 0.74 kg에서 갈수록 그 양이 증가하는 추세다. COVID-19 이후 이러한 쓰레기 배출량 증가 추세는 급격히 늘어났다. 사람들의 생활 행태는 변화하고 쓰레기 발생 추이의 변화로 쓰레기 수거율이 약 10% 정도 상승했다. 2019년 세계은행(The World Bank)이 발간한 ‘Trends in Solid Waste Management’[1]에 따르면, 1인당 하루에 만들어내는 평균 쓰레기량은 0.74kg으로, 많게는 4.54kg에 이르고 2050년도에는 그 양이 더욱 증가할 것으로 예측했다. 이에 선진국을 중심으로 많은 국가와 도시들이 쓰레기와 재활용품의 효율적인 관리 및 재활용률을 높이는 방안으로 AI와 사물인터넷(IoT), 무선인식(RFID) 등을 이용한 재활용 쓰레기 관리 솔루션 개발을 진행하고 있다.

본 논문은 재활용품의 효율적인 처리를 위해 우리나라에 적합한 재활용품 데이터셋을 구축하고 인공지능기반 고성능 재활용품 자동분류시스템을 개발하였다. 쓰레기 배출량은 급격히 늘어나고 있지만, 재활용품 업체에서 사람의 손으로 일일이 분류하고 있어 재활용 쓰레기를 처리가 매우 비효율적이다. 더욱이 많은 물량을 사람의 손으로 하나하나 분류하는 것은 정확도가 떨어질 수밖에 없다. 따라서 본 논문에서 개발한 인공지능 기반의 재활용 자동분류시스템이 산업 현장에 도입된다면 재활용 쓰레기의 분류 정확성을 높여 재활용 과정에서 발생하는 불필요한 손실

을 줄일 뿐만 아니라 처리 속도에 대한 효율성을 매우 높일 수 있을 것이다.

2. 본론

2.1 시스템 구성도

본 연구에서 개발한 재활용품 자동 분류기의 전체적인 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

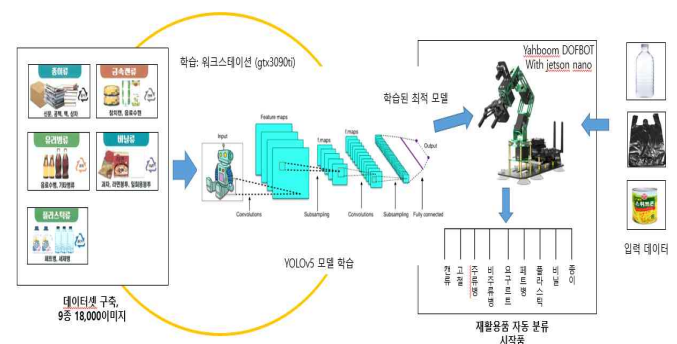


그림 1. YOLO, Jetson Nano, 로봇 암으로 구축한
재활용품 자동 분류기 구성도

인공지능 기반의 자동 분류기를 만들기 위해 CNN 기반의 물체 인식 알고리즘인 YOLO를 사용하였다. 워크스테

이전에서 구축한 데이터셋으로 YOLO 모델을 학습하고 튜닝하여 최적의 모델을 Jetson Nano에 탑재하였다. 그래서 컨베이어 벨트 위에 부착된 Yahboom Robot Arm에 내장된 카메라로 재활용 쓰레기를 포착하며 Jetson Nano로 전달, 분류하도록 하고 분류 결과에 따라 Yahboom Robot Arm이 분류 수거하도록 하였다.

2.2 커스텀 데이터셋

우리는 인공지능 모델의 학습 데이터셋을 위해 9개 재활용품을 지정하여 종류별로 커스텀 데이터셋 18,000장 구축하였다. 표 1은 본 연구에서 구축한 9개 종의 재활용품 데이터셋의 종류와 개수이다.

표 1. 구축한 재활용품 데이터셋과 종류와 개수

종류	목표 개수	현재 개수
캔	2,000	2000
고철	2,000	2000
주류병	2,000	2000
비주류병	2,000	2000
종이	2,000	2000
페트병	2,000	2000
플라스틱	2,000	2000
비닐	2,000	2000
요구르트	2,000	2000

구축한 데이터셋은 AI 허브로부터 참조한 이미지 데이터들과 카메라로 직접 촬영한 이미지 데이터들로 구성했다. 우리나라에 맞는 데이터셋을 구축하기 위해 재활용 쓰레기의 클래스를 총 6개의 종류 9개의 클래스로 분류하였고 각 클래스마다 2,000개 데이터로 구성했다. 영상 확대 및 축소 등의 크기 조절은 인공지능의 학습 전 조정이 가능함으로 데이터셋의 영상 크기에는 제한을 두지 않고 구축했다.

2.3 시스템 구현

본 연구에서 개발한 재활용 쓰레기 자동분류 시스템의 핵심 요소는 3가지이다. 재활용 쓰레기 데이터셋을 학습한 YOLOv5 모델, YOLOv5 모델을 탑재한 Jetson Nano 그리고 Jetson Nano에 설치된 ROS이다. 3가지 핵심 시스템이 재활용 쓰레기 자동 분류 시스템의 제어를 담당한다.

(1) YOLOv5

재활용 쓰레기 데이터를 분류하려면 이미지 데이터부터 재활용품 객체를 감지하여 추출하고 분류할 수 인공지능 모델이 필요하다. 객체 감지(Object Detection) 모델에는 R-CNN, SSD, YOLO 등이 있다[2-4]. 우리는 객체 검출 속도가 빠르고 정확도가 높은 YOLO 모델을 선택하였다. YOLO는 다른 모델과는 달리 Bounding Box를 검출하는 과정과 클래스를 분류하는 과정이 동시에 수행되어 정확성

은 다소 떨어져도 처리 속도가 빠른 장점이 있다[5-6]. YOLO는 다양한 버전이 있다. 우리가 개발한 시제품은 Jetson Nano와 Yahboom Robot Arm로 구성된다. 인공지능 모델이 동작하는 하드웨어인 Jetson Nano의 메모리는 4GB이고 연산 능력도 PC에 비해 떨어진다. 그래서 우리는 객체 인식의 속도와 정확성 등을 고려하여 최신 버전이 아닌 YOLOv5를 사용하였다. 그리고 구축한 데이터셋 중에서 6개 종류를 선택하여 YOLO 모델을 학습하였다.

(2) 하드웨어 구성

본 논문의 하드웨어 구성은 크게 2가지로 그림 2에서 보는 것과 같이 Jetson Nano와 Yahboom Robot Arm으로 이루어져 있다. Jetson Nano와 Yahboom Robot Arm이 결합된 Yahboom DOFBOT AI Vision Robotic Arm with ROS Python programming for Jetson NANO 4GB이다. 해당 하드웨어는 Jetson Nano 4GB를 기반으로 설계되었으며 6개의 HQ servos, HD camera와 멀티보드를 탑재하고 있다. 우리는 추가적으로 ROS(Robot Operating System)를 사용하기 위해 워크스테이션 VMware에 우분투 18.04를 설치했다.



그림 2. Jetson Nano와 Yahboom Robot Arm

(3) ROS(Robot Operating System)

재활용 쓰레기 자동분류 시스템은 Yahboom Robot Arm을 사용한다. Robot Arm에 연동된 Jetson Nano의 성능이 다른 모델 대비 떨어지기에 최대한 워크스테이션 내에서 제어하기 위해 ROS를 사용했다. ROS는 일반 운영체제에서 제공하는 하드웨어 추상화, 저수준 기기 제어, 빈번히 사용되는 기능들이 구현되어 있으며, 프로세스 간 메시지 전달, 패키지 관리 기능 등을 제공한다. 또한 여러 컴퓨터 시스템 작동하는 코드를 얻어오고, 빌드하고, 작성하고, 실행하기 위한 도구 및 라이브러리를 제공한다.

3. 구현 결과

그림 3과 그림 4은 본 논문이 구축한 재활용 쓰레기 자동분류 시스템의 가동 화면이다.

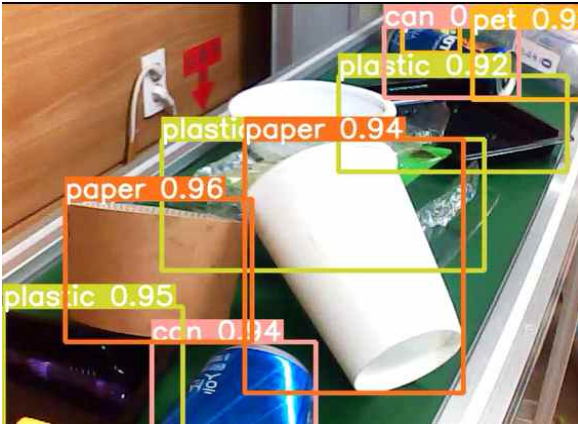


그림 3. 시스템 구현 화면 1



그림 4. 시스템 구현 화면 2

재활용 쓰레기 자동분류 시스템은 동작은 다음과 같다. 먼저 컨베이어 벨트 위에 재활용품을 두고 컨베이어 벨트를 움직이게 한다. 이어서 컨베이어 벨트에 부착된 Yahboom Robot Arm에 내장된 카메라로 동영상을 촬영하여 Yahboom Robot Arm에 내장된 Jetson Nano로 보낸다. 세 번째 단계는 Jetson Nano에 장착된 학습된 모델 Yolo5 모델을 사용하여 재활용 쓰레기를 검출하고 분류한다. 마지막으로 분류 결과에 컨베이어 벨트 위에 있는 재활용품을 Yahboom Robot Arm이 집게로 집거나 밀어 분류한다.

Jetson Nano에 장착한 Yolo5 모델의 학습 결과는 그림 5와 같다. 평가 지표 mAP에 대해 0.92의 성능을 보였다.

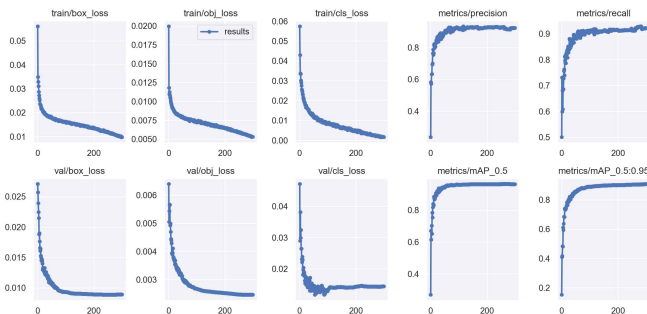


그림 5. Yolo5 모델의 학습 결과

4. 결론

현대사회의 심각한 문제 중 하나인 급격히 증가하는 쓰레기 문제를 효율적으로 처리하고 재활용율을 높이기 위해 우리는 우리나라 실정에 맞는 재활용품 데이터셋을 구축하고 YOLOv5, Jetson Nano 그리고 Yahboom Robot Arm으로 구성된 재활용품 자동 분류 시스템을 개발하였다. 6종류의 데이터셋에 대해 현재 성능은 mAP 0.92 수준이다. 향후 데이터셋의 개수와 품질을 확장 및 개선하고 인공지능 모델을 튜닝하여 성능을 향상시키고자 한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음. (2018001874004)

참고문헌

- [1]https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html
- [2]R. Girshick “Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation”, in Proceeding of Conference on Computer vision and pattern Recognition, pp. 580-587, 2014
- [3]Wei Liu “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, in Proceeding of European Conference on Computer Vision, pp.21-37, 2016.
- [4]J. Redmon, A. Farhadi. “YOLOv3: An Incremental Improvement” Tech. Report, University of Washington, April 2018.
- [5]Jacob Solawetz, Joseph Nelson, “How to Train YOLOv5 On a Custom Dataset,” June 2020, Roboflow, <https://blog.roboflow.com/how-to-train-yolov5-on-a-custom-dataset/>
- [6]Glenn-jocher, “YOLOv5”, github, <https://github.com/ultralytics/yolov5>.