

플라스틱 재활용을 위한 YOLO기반의 자동 분류시스템

김용준 · 조태욱 · 박형근*

한국기술교육대학교

YOLO Based Automatic Sorting System for Plastic Recycling

Yong jun Kim · Taeuk Cho · Hyung-kun Park*

KOREATECH

E-mail : hkpark@koreatech.ac.kr

요 약

본 연구에서는 실시간 물체 인식 알고리즘인 YOLO (You Only Look Once)를 이용하여 플라스틱의 종류를 자동으로 분류하는 시스템을 구현하였다. 시스템은 Nvidia 사에서 만든 딥러닝, 컴퓨터비전용 소형 컴퓨터인 Jetson Nano에 YOLO를 이용하여 플라스틱 분리배출 마크를 인식할 수 있도록 훈련시킨 모델을 탑재하여 구성하였다. 웹캠을 이용해서 플라스틱 쓰레기의 분리배출 마크를 PET, HDPE, PP 세 종류로 인식하고 모터로 조절하여 종류에 따라 분류될 수 있도록 하였다. 이 자동 분류기를 구현함으로써 사람이 직접 플라스틱 분리배출 마크를 확인하여 분리배출하는 수고를 덜어줄 수 있다는 점에서 편의성을 가지며 정확한 분리수거를 통해 재활용의 효율성을 높일 수 있다.

ABSTRACT

In this study, we implement a system that automatically classifies types of plastics using YOLO (You Only Look Once), a real-time object recognition algorithm. The system consists of Nvidia jetson nano, a small computer for deep learning and computer vision, with model trained to recognize plastic separation emission marks using YOLO. Using a webcam, recycling marks of plastic waste were recognized as PET, HDPE, and PP, and motors were adjusted to be classified according to the type. By implementing this automatic classifier, it is convenient in that it can reduce the labor of separating and discharging plastic separation marks by humans and increase the efficiency of recycling through accurate recycling.

키워드

Object detection, YOLOv5, recycling mark

I. 서 론

국내의 플라스틱 쓰레기 재활용률은 높지 않다. 특히, COVID-19 상황이 발생함에 따라 생활 속 플라스틱 쓰레기 배출량은 급속도로 늘어나지만 폐기물을 처리하는 속도는 이를 따라가기 역부족인 상황이다. 재활용업체에서 사람의 손으로 일일이 분류해야 하는 플라스틱 쓰레기는 분리배출의 정확성이 떨어질 수밖에 없다. 재활용 쓰레기를 선별하는 과정에서 재활용이 가능한 플라스틱을 정확하게 분류하여 분리배출의 정확성을 높인다면 재활용 과정에서 발생하는 불필요한 손실을 줄일 수 있을 것이다.

본 연구에서는 물체 인식 알고리즘인 YOLO를 이용해 플라스틱 쓰레기를 분류하는 시스템을 구현한다. 이 시스템은 카메라를 통해 입력된 재활용 쓰레기의 분리배출 마크를 미리 학습시킨 YOLO 모델을 이용하여 플라스틱의 종류를 판단한다. YOLO 모델이 탑재된 Jetson Nano는 판단된 플라스틱 재질 정보를 아두이노에 전달하고 정보에 따라 모터를 제어하여 플라스틱을 각 재질에 맞게 분류한다.

II. 본 론

본 연구는 분리배출 마크와 재질을 표기한 문자를 하나의 객체로 인식하여 플라스틱의 종류를

* corresponding author

구분하고 분리배출을 한다. 이를 위해 분리배출 마크 인식, Jetson Nano와 아두이노 간 통신, 모터 제어 기능을 구현하였으며 그 내용은 그림 1과 같다.

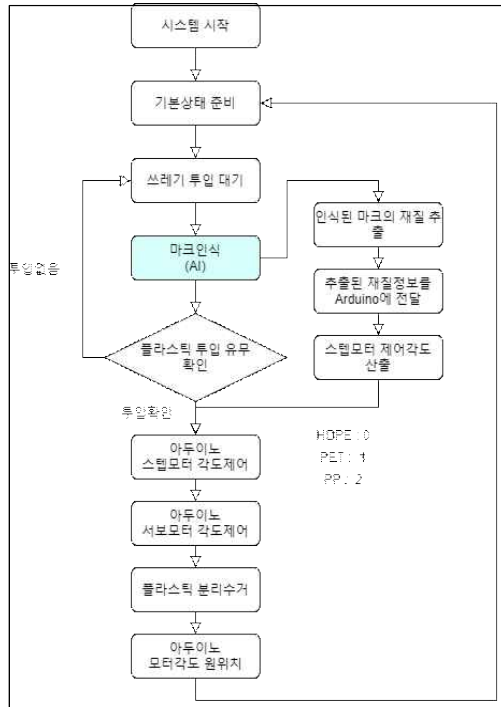


그림 1. 시스템 흐름도(System Flow Chart)

A. 분리배출 마크 인식

분리배출 마크를 인식하려면 이미지로부터 원하는 특징을 추출할 수 있는 Object Detection 모델이 필요하다. Object Detection 모델에는 R-CNN[1], SSD[2], YOLO[3] 등의 모델이 있다. 본 연구에서는 객체 검출의 속도는 빠르면서 정확도는 준수한 YOLO 알고리즘을 선정했다. YOLO는 One-Stage Detector 모델로 Two-Stage Detector와는 달리 Bounding Box를 검출하는 과정과 클래스를 분류하는 과정이 동시에 수행되어 정확성은 비교적 떨어지지만 처리 속도가 빠른 장점이 있다. YOLO는 YOLOv1~YOLOv5, PP-YOLO 등 다양한 버전이 있지만 모델이 탑재되어 동작할 환경이 연산능력이 다소 부족한 소형 컴퓨터이며 객체 인식의 속도와 정확성이 준수해야 한다는 점에서 YOLOv5 [4][5]를 사용하였다. YOLO 객체 학습을 통하여 검출할 클래스는 PET, HDPE, PP로 결정하였다. 본래 플라스틱 종류는 위 세 종류 외에 PS, PP, LDPE 등이 있으나 실질적으로 재활용이 어려운 플라스틱에 속하므로 위 종류들은 객체 분류에서 제외하였다.

학습 데이터를 구축하기 위하여 필요한 이미지는 시중에 있는 제품을 직접 구매하여 플라스틱 제품들의 분리배출 이미지 마크를 촬영하여 수집했다. 모델 학습을 위해 수집한 이미지는 PET 115장, HDPE 100장, PP 98장이다. 충분한 학습 데이터를 위해 데이터 보강기법을 이용하여 각 클래스당 4배의 데이터를 추가로 확보하였다. 확보한 학습 데이터들은 Roboflow 사이트를 이용하여 Resizing, Labelling 과정을 거쳤다. 레이블링한 학습 데이터를 가지고 YOLO custom 학습을 통하여 PET, HDPE, PP 3가지 객체 학습을 진행했다.

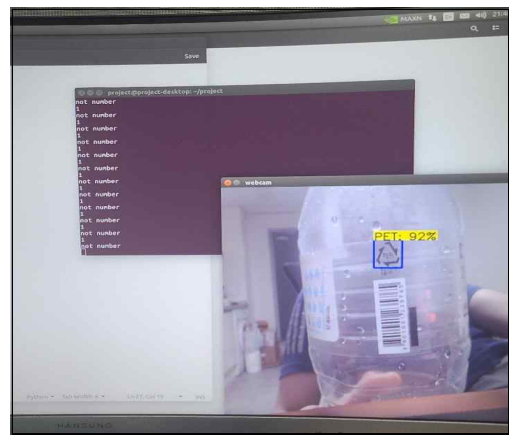


그림 2. YOLO를 이용한 객체검출 (PET) (Object Detection using YOLO (PET))

YOLO 모델을 동작시키기 위한 H/W는 Nvidia사에서 개발한 AI 애플리케이션용 소형 컴퓨터인 Jetson Nano를 이용하였다. Jetson Nano에 연결된 웹캠에 분리배출 마크를 비추면 그림 2와 같이 YOLO 학습 모델이 객체를 인식하고 재질을 판단한다.

B. Jetson Nano와 아두이노 간 통신

플라스틱 쓰레기를 분리배출을 위해 필요한 모터 제어는 아두이노 보드로 수행한다. 모터의 제어를 위한 통신을 위해 아두이노 보드와 Jetson Nano를 Serial 케이블로 연결하였다. 이 연결구성은 그림 3과 같다. 재질정보를 전달하기 위해 Jetson Nano에 웹캠을 통해 인식된 분리배출 마크 이미지에 HDPE 0번, PET 1번, PP 2번으로 정수형 ID를 지정하였다. 지정된 정수형 ID값은 Jetson nano에 설치된 아두이노 모터 제어 프로그램으로 전달된다. 아두이노는 Baud rate 115200으로 Jetson Nano와 Serial 통신을 하며 전달받은 정수형 ID 정보를 토대로 모터를 제어한다.

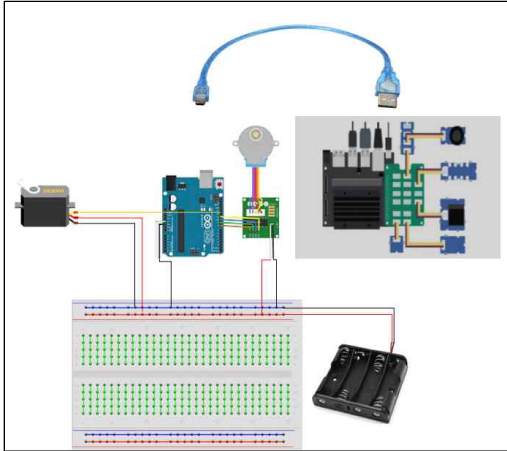


그림 3. 하드웨어 설계도(Hardware design)

C. 모터 제어

Jetson Nano로부터 정수형 ID 정보를 받은 아두이노는 다음의 단계로 모터 제어를 수행한다.

- 전달받은 ID값에 따라 가림판의 각도를 0°, 120°, 240°로 회전시켜 해당하는 구역에 쓰레기가 떨어지도록 유도한다. 이때, 가림판의 정확한 회전을 위해 스텝모터를 PWM 제어한다.
- 가림판이 해당 각도에 위치하면, 서보모터가 회전하여 모터에 장착된 암(Arm)이 플라스틱 쓰레기를 구멍에 떨어뜨린다.
- 분류가 끝난 후 서보모터와 스텝모터는 초기 위치로 돌아온다.

모터를 제어하고 플라스틱 쓰레기를 분류하는 장치의 외형은 그림 4와 같다.



그림 4. 자동 분류기 외형(Automatic classifier prototype)

III. 결 론

본 연구에서는 재활용, 쓰레기 매립, 제품 재생산에 소요되는 환경적, 경제적 손실을 절감하기 위해 YOLOv5라는 딥러닝 기반의 객체 인식 알고리즘을 이용하여 플라스틱 분리배출 마크를 인식함으로써 분리배출의 정확성과 효율성을 높이는 방안을 제시하였다.

플라스틱을 PET, PP, HDPE, PVC, LDPE, PS 등 여러 종류로 분류할 마땅한 방법이 사람의 손으로 직접 하는 것 말고는 없는 상황에 카메라가 사람의 눈을 대신하고 모터가 사람의 손을 대신하여 자동으로 쓰레기를 분류하는 시스템을 고안함으로써 편의성을 높일 수 있다.

특히, COVID-19 상황이 지속되면서 비대면 수요의 증가와 디지털 경제의 가속화에 따른 음식 배달 서비스의 수요가 급증하여 플라스틱 및 일회용품 사용량도 폭발적으로 증가했다. 쓰레기 처리시설 및 절감대책 마련이 절실한 가운데 위에서 고안한 시스템을 활용한다면 이 문제를 해결하는데 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

위 시스템은 플라스틱에 부착된 라벨의 이미지를 이용하여 분류하기 때문에 라벨의 오염 및 플라스틱의 형태가 망가진다면 인식의 난이도가 올라가는 명확한 한계가 있다. 향후 연구를 통해서, 기존의 플라스틱에 양각처리된 분리배출마크의 이미지를 인식하는 방식을 추가하고 국제 표준의 분리배출마크 이미지를 추가하여 범용성을 높인다면 더 높은 성능을 기대할 수 있다.

References

- [1] 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
- [2] Wei Liu “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, in *Proceeding of European Conference on Computer Vision*, pp.21-37, 2016.
- [3] J. Redmon, A. Farhadi. “YOLOv3: An Incremental Improvement” *Tech. Report, University of Washington*, April 2018.
- [4] 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/>
- [5] Glenn-jocher, “YOLOv5”, github, <https://github.com/ultralytics/yolov5>.