

YOLOv7 기반 순환 가능한 PET 분류시스템

김민승¹, 이소연¹, 배민지², 윤태준², 김대영²

¹순천향대학교 소프트웨어융합학과

²순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

{alstmd525, lsy8647, pigi, 20214004, dyoung.kim}@sch.ac.kr

YOLOv7-based recyclable PET classification system

MinSeung Kim¹, SoYeon Lee¹, MinJi Bae², Tae Jun Yoon², Dae-Young Kim²

¹Dept. of Software Convergence, Soonchunhyang University

²Dept. of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University

요 약

COVID-19 상황이 지속됨에 따라 플라스틱 쓰레기 배출량은 해마다 기하급수적으로 증가하고 있는 반면 플라스틱 폐기물의 재활용률은 현저히 낮은 편에 속한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 국가적으로 여러 플라스틱 폐기물 중 순환 가능한 PET를 분리하여 수거하고자 하는 노력을 하고 있다. 하지만, 현재 대량의 플라스틱 폐기물은 수거되는 시점부터 여러 폐기물과 혼합된 형태로 재활용 센터에 수거되어 추가 분류하는 인적자원이 요구되는 문제점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 한계점들을 해결하기 위해 AI 기술 중 하나인 Multi-Object Detection의 YOLOv7 모델을 적용하여 실시간으로 PET에 부착된 객체들을 탐지함으로써 순환 가능한 PET만을 분류하는 YOLOv7 기반 순환 가능한 PET 분류시스템을 설계 및 구현한다.

1. 서론

범국가적으로 COVID-19 상황이 지속되어 배달음식 수요가 기하급수적으로 늘어났고 이에 따라 플라스틱 폐기물 배출량은 하루 평균 약 850톤으로 지난해 대비 16% 증가하였다. 하지만, 해마다 증가하는 플라스틱 폐기물의 실제 재활용률은 10%에도 미치지 않는 낮은 수치에 불과하다.[1]

국내에서도 이러한 문제점들을 인식하고 플라스틱 폐기물들을 순환 가능한 자원으로 회수하기 위해 폐기물 중 순환 가능한 PET를 분리하여 수거하고자 하는 노력을 기울이고 있다.[2] 순환 가능한 PET는 부착된 라벨 제거와 더불어 다른 재질로 인해 재활용을 저해하는 요소인 뚜껑과 고리 제거가 필수적이다.[3] 하지만, 현재 대량의 플라스틱 폐기물은 수거되는 시점부터 여러 폐기물과 혼합된 형태로 재활용 센터에 수거되어 라벨과 같은 부착물을 제거하고 혼합된 폐기물들을 분류하는 인적자원이 요구되는 문제점이 존재한다.[4]

본 논문에서는 이러한 한계점들을 해결하기 위해 AI 기술 중 하나인 Multi-Object Detection의 YOLOv7 모델을 적용하여 실시간으로 PET에 부착된 객체들을 탐지함으로써 순환 가능한 PET만을 분

류하는 YOLOv7 기반 순환 가능한 PET 분류시스템을 설계 및 구현한다.

2. 관련 연구

2.1 Multi-Object Detection

AI 기술 중 하나인 Multi-Object Detection은 컴퓨터 비전 분야에서 여러 객체를 탐지하기 위해 많이 활용되는 기술 중 하나이다. 객체들의 클래스가 무엇인지 분류하는 Classification 문제와 경계박스(Bounding Box)를 통해 해당 객체들의 위치 정보를 나타내는 Localization 문제를 모두 해낸다.[5]

본 논문에서는 PET에 부착된 여러 객체를 탐지하여 플라스틱 폐기물 중 순환 가능한 PET를 분류하기 위해 Multi-Object Detection 기술을 활용한다.

2.2 YOLO(You Only look Once) v7

YOLO는 딥러닝 기반의 객체 탐지 알고리즘으로 기존의 R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN의 단점을 개선하여 전체 이미지를 넣어 한 번의 과정만으로 실시간 Multi-Object Detection이 가능하게 만든 모델이다.[6]

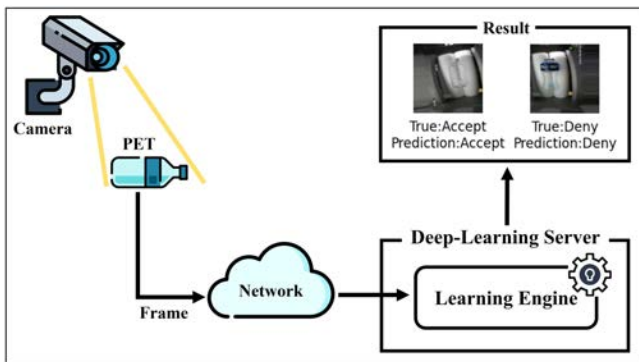
YOLOv7은 2022년 7월에 공개가 되었으며 매개변수와 계산을 효과적으로 하는 확장된 E-ELAN

구조와 복합 스케일링 방법을 제안하였다. 또한, Inference 중 추가 계산 비용을 발생시키지 않으면서 Object Detection 네트워크 성능 향상을 위해 여러 가지 Trainable bag-of-freebies 기법이 활용되었다. 그 결과, YOLOv7은 5 ~ 160 FPS 범위에서 기존 Object Detection 모델들보다 속도와 정확도 측면에서 모두 능가했다. 더불어 YOLOv4와 비교하여 파라미터가 75% 감소, 연산이 36% 감소, 정확도가 1.5% 증가한 실시간 객체 탐지에 좋은 성능을 보여주었다.[7]

따라서, 본 논문에서는 빠르고 정확한 객체 탐지를 위해 Multi-Object Detection의 YOLOv7 모델을 적용하여 실시간으로 PET에 부착된 객체들을 탐지할 수 있도록 시스템을 제안한다.

3. 제안하는 시스템

3.1 시스템 구조



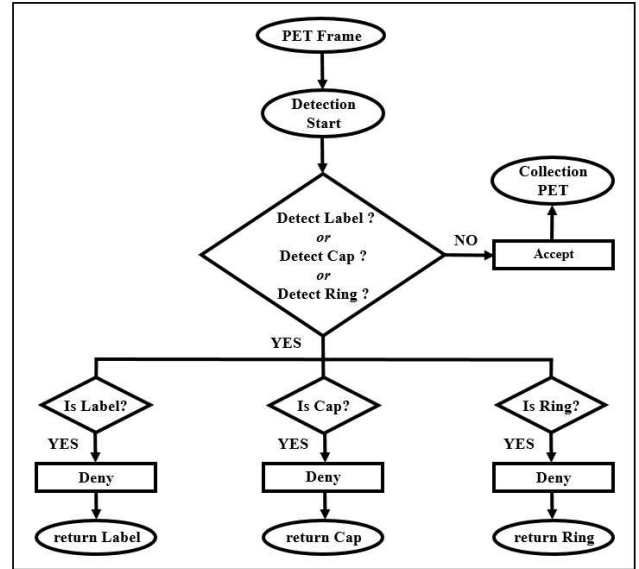
(그림 1) 제안하는 시스템 구조

본 논문에서는 그림 1과 같은 시스템 구조를 제안한다. 제안하는 시스템은 실시간으로 순환 가능한 PET를 분류해내기 위해 카메라, 네트워크, 딥러닝 서버로 구성된다. 카메라로 PET를 촬영하고, 촬영된 프레임은 네트워크를 통해 딥러닝 서버로 전송되어 학습 엔진에서 PET 분류가 진행된다. PET에 부착된 객체들의 유무에 따라 Accept, Deny 두 가지의 클래스로 나누어 PET 분류 결과를 반환한다.

3.2 학습 엔진 순서도

그림 1의 딥러닝 서버 내의 학습 엔진에서 그림 2와 같은 순서도에 따라 Multi-Object Detection을 진행한다. 먼저, 네트워크로부터 PET 프레임을 수신 받고 동시에 라벨, 뚜껑, 링 총 3가지의 객체를 탐지한다. 결과적으로 그림 3과 같이 3가지 객체 중 어떠한 객체도 탐지되지 않을 시, Accept 클래스로 분

류되고 하나의 객체라도 탐지되면 Deny 클래스로 분류된다. Accept 클래스로 분류된 PET는 순환 가능한 PET라 판단하여 수거되고, Deny로 분류된 PET는 순환 가능한 PET의 조건을 충족하도록 부착된 객체 정보를 반환한다.



(그림 2) 학습 엔진 순서도



(그림 3) 객체 탐지 결과에 따라 정의한 PET 클래스

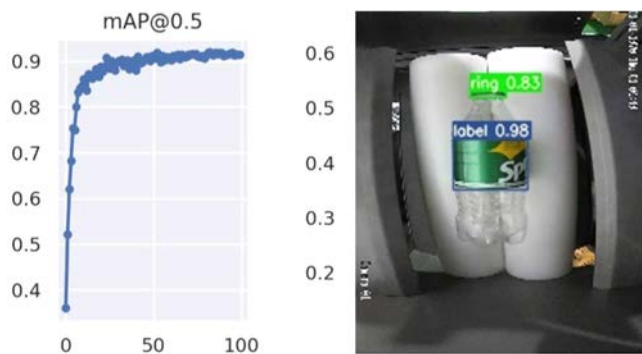
3.3 학습 데이터 셋

학습을 위해 AI-hub에서 페트병 공공데이터를 수집하여 순환 가능한 PET를 정의하는 라벨, 뚜껑, 링에 Bounding Box를 그려 라벨링을 진행하였다. 라벨링을 진행한 데이터는 1,012장이며 객체 검출률 향상을 위해 회전, 상/하/좌/우 반전, 노이즈, 색상 반전과 같은 데이터 증강 기법을 활용하여 총 2,901장으로 증강하여 학습 데이터 셋을 구축하였다.

3.4 학습 결과

구축된 총 2,901장의 데이터를 학습용 80%, 테스트용 20% 비율로 랜덤하게 구분하여 batch_size 8,

epoch 100으로 YOLOv7 모델에 입력하여 학습을 진행하였다. 학습 결과는 Object Detection의 평가 지표인 mAP(mean Average Precision)를 활용하였다. 그 중, 각 객체 Bounding Box의 Ground truth와 Prediction이 겹치는 부분의 비율이 0.5를 넘었을 경우의 AP 평균값을 평가 지표로 사용하였다.[8] 해당 평가 지표를 사용하여 그림 4와 같이 mAP@0.5에서 92% 이상의 객체 검출률을 보여주었고 실제 테스트에서도 객체의 각 클래스 값과 위치를 잘 검출하였다.



(그림 4) 학습 결과

4. 결론

본 논문에서는 해마다 증가하는 플라스틱 폐기물 중 순환 가능한 PET를 분류하기 위해 Multi-Object Detection의 YOLOv7 모델을 적용하여 실시간으로 PET에 부착된 객체들을 탐지하는 YOLOv7 기반 순환 가능한 PET 분류시스템을 설계 및 구현하였다.

순환 가능한 PET를 정의하는 라벨, 뚜껑, 링에 Bounding Box를 그려 92% 이상의 객체 검출률을 보여주었으며 3가지 객체 중 어떠한 객체도 탐지되지 않을 시, Accept 클래스로 분류하여 순환 가능한 PET라 판단하고 하나의 객체라도 탐지되면 Deny 클래스로 분류하여 순환 가능한 PET의 조건을 충족하도록 부착된 객체 정보를 반환하였다.

해당 시스템을 통해 수거 시점부터 순환 가능한 PET가 분류된다면 여러 폐기물의 혼합배출로 인해 발생하는 불필요한 인력자원 낭비를 방지할 수 있다. 더불어 더욱 많은 순환 자원을 회수하여 플라스틱 폐기물 재활용률을 높임과 동시에 재활용 공정 시간이 감소될 것이라 기대한다.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022H1D8A3038040).

참고문헌

- [1] Soo-Hyung Kim, Tae-Hyung Kim, Jean-Young Jeong, Kwan-Ho Park, Gyeong-Rok Lee, Kwanghyun Baek, Ji-Hyeon Song, "Design and Fabrication of a PET Bottle Label Peeler", Transactions of the KSME C Industrial Technology and Innovation, Vol. 10, No. 1, pp. 27-36, 2022.
- [2] Jong-Soo Bae, Sung-Kwun Oh, "Classifier Design for Recycling Waste Plastic", KIEE Summer Conference, Gangwon-do, 2016, pp. 1416-1417.
- [3] Mi-Ji Lee, <All plastic bottles are recycled? I checked the recyclability of plastic products...>, <<DONG-A ILBO>>, 2018.04.24., (<https://www.donga.com/news/Society/article/all/20180424/89776205/1>).
- [4] Choi, Yong, Choi, Hyeong-Jin, Rhee, Seung-Whee, "Current Status and Improvements on Management of Plastic Waste in Korea", Resources Recycling, Vol. 27, No. 4, pp. 3-15, 2018.
- [5] C. Tang, Y. Feng, X. Yang, C. Zheng and Y. Zhou, "The Object Detection Based on Deep Learning", 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE), China, 2017, pp. 723-728.
- [6] Hyeon-jun Kim, Su-il Choi, "YOLO-based real-time safety equipment and abnormal behavior detection system", 2021 Autumn Annual Conference of IEIE, Incheon, 2021, pp. 526-527.
- [7] Wang, Chien-Yao, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors.", arXiv preprint arXiv:2207.02696, 2022.
- [8] R. Padilla, S. L. Netto and E. A. B. da Silva, "A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms", 2020 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), Brazil, 2020, pp. 237-242