

# 딥러닝을 통한 페트병 자동 분리수거 재활용률 개선 시스템

박준석<sup>1</sup>, 유재천\*

<sup>1</sup>성균관대학교 전자전기공학부 \*성균관대학교 전자전기공학부  
qwt1597@naver.com, yoojc@skku.edu

## Novel Automatic Plastic Bottle Distinguishing and Recycling Rate Improvement System Via Deep Learning

Jun-Seok Park<sup>1</sup>, Jae-Chern Yoo\*

<sup>1</sup>School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

\*School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

최근 소비경제의 폭발적 성장과 더불어 쓰레기로 인해 우리 생활 주변은 물론 해양까지 환경오염이 점점 심각해지고 있다. 그에 따른 재활용 시스템의 필요성이 높아지고 있으며, 지속 가능한 발전을 위해 세계적으로 환경을 위한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 딥러닝 기반의 AI 기술을 적극적으로 활용하여 분리수거가 아닌, 페트병을 재활용하는 과정을 집중적으로 개선한다. 이를 통하여, 페트병이 원인인 환경오염을 해결할 뿐만 아니라 고급 재활용 원료를 생산할 수 있게 하여 경제적인 효과도 얻을 수 있는 시스템을 제안한다.

### 1. 서론

최근 환경오염과 관련해 재활용 소재에 향한 관심이 높아지고 있다.[1-2] 세계적인 기업들은 재활용 소재의 사용 비율을 늘리며 환경에 이바지함을 소비자들에게 어필하고, 음료 회사 같은 경우 경제적인 이유로 재활용 원료를 활용하도록 자발적 목표를 수립하고 있다.

앞으로도 재활용 가능한 소재의 사용량은 점점 증가할 것으로 보여 재활용의 중요성이 대두되고 있으며 재활용에 관한 관심이 커지고 있다.[3]

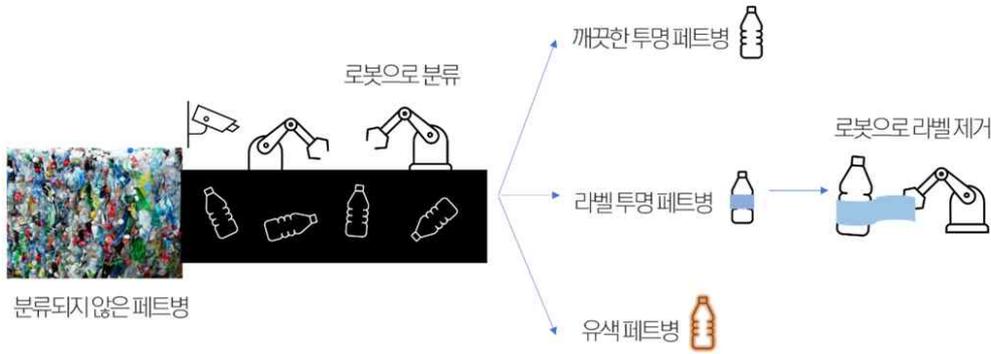
하지만 페트병의 경우 재활용 과정에서 이물질 제거가 완벽하게 이루어지지 않아 재활용 원료의 품질이 낮아지거나 생산량이 적어지는 문제가 생긴다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 페트병을 재활용 원료로 가공하는 과정에 초점을 맞췄다.

페트병을 재활용 원료로 가공할 때 가장 중요한 요소는 2가지인데, 하나는 색의 유무이고, 나머지 하나는 라벨의 제거 유무이다. 페트병이 투명하지 않고 색이 입혀져 있다면, 페트병을 고급 재활용 원료로 활용할 수 없다. 또한, 라벨이 재활용 원료를 만드는 공정에 섞여 들어간다면 이 또한 재활용 원료의 품질 저하를 일으켜 재활용 원료의 가치를 크게 떨어뜨린다.

위 언급한 요소에 따라 처리 과정을 거친 뒤 불순물의 비율에 따라 재활용 소재의 품질이 결정된다. 현재 재활용 처리 시설에서는 입고된 페트병을 따로 구분하지 않고 한꺼번에 처리해서 교차 오염의 가능성이 있고, 따라서 재활용 소재의 품질이 떨어진다.

본 논문에서 진행한 연구에서는 유색 페트병과 라벨이 붙어있는 페트병이 AI의 학습을 통해 구분된다. 궁극적으로는 버려지는 페트병 없이 분리수거된 모든 페트병을 고급 재활용 원료로 온전히 가공할 수 있도록 하며, 이를 위해 새로운 시스템을 제안한다.

새롭게 제안하는 PDCM(Plastic bottles Distinguishing Classification Model)에서는 페트병의 유형을 구분하기 위해 CNN 모델 중 하나인 Xception을 사용한다.[4] Xception은 Inception에서 영감을 받아 만들어진 Model로 여러 CNN Model 중 최고 수준의 정확도를 가지고 있으므로 채용하였다. 그다음, ResNet50을 Backbone으로 하는 Deeplab V3를 활용한 PLDM(Plastic bottles Label Detecting Model)에서 페트병의 라벨을 식별한다. Deeplab V3는 Atrous Spatial Pyramid Pooling 방식을 사용하여 이전 버전보다 큰 폭으로 성능이 향상된 모델이다.[5-6]



(그림 1) 페트병 처리 과정

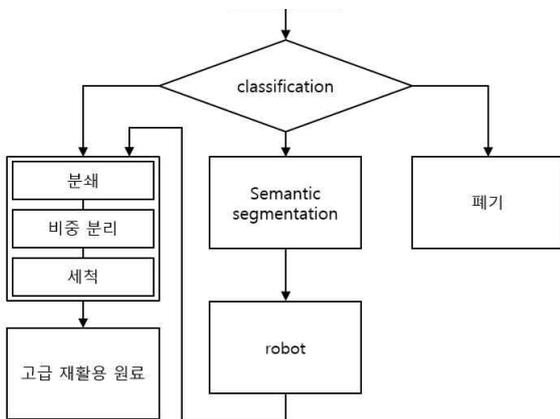
**2. 시스템 구성**

기존에 존재하는 분리수거 인공지능 시스템들의 문제점은 큰 틀에서의 분리수거만 도와주는 시스템이라는 것이다. 예를 들어, 캔과 페트병, 유리 등 큰 틀에서만 분리하는 분리수거에만 초점이 맞춰져 있고 재활용 과정의 개선이 없어 실질적인 이득으로 이어지기 어렵다.

본 연구는 재활용 과정에 특화된 방식으로 세부 분류를 진행하여 고급 재활용 소재의 비율 증대하는 페트병 분리수거 자동화 시스템을 제안한다.

분리수거 단계에서 Machine Learning의 Classification을 통해 페트병 분리수거 자동화 시스템을 제안한다. 이 단계에서 페트병을 투명 페트병, 유색 페트병, 라벨이 붙은 페트병으로 3가지 class로 분류한다.

추가로 Semantic Segmentation을 도입해 라벨이 붙은 페트병의 라벨을 인식하고 로봇 팔을 도입해 라벨을 제거한다. 이를 통해 페트병을 고품질 재생 원료 플라스틱 플레이크로 재활용하는 비율을 비약적으로 높일 수 있다.



(그림 2) 페트병 처리 알고리즘의 플로우 차트

**3. 구현 방법**

PDCM(Plastic bottles Distinguishing Classification Model) :

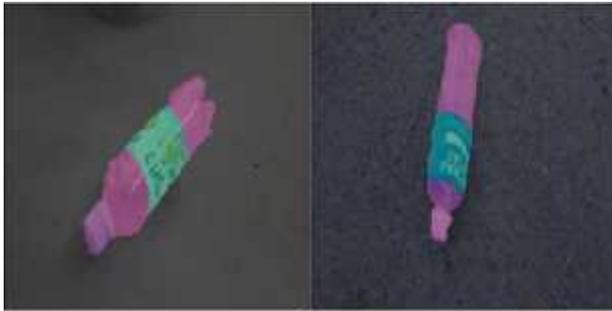
AI 허브의 폐기물 사진 중 페트병의 데이터만 따로 모아 학습 데이터로 활용한다. 페트병 분리수거를 위해 3가지(투명한 페트병, 라벨이 붙어있는 투명한 페트병, 유색 페트병) class로 분류한다. Pre-trained network인 Xception Net을 Transfer Learning 했다.



(그림 3) 페트병 사진과 Classification 결과

PLDM(Plastic bottles Label Detecting Model) :

Matlab의 Image Labeler를 사용해 페트병의 몸통 부분, 라벨 부분, 배경을 라벨링 한다. 이를 통해 페트병 사진의 몸통, 라벨, 배경을 구별할 수 있도록 학습한다. ResNet 50을 Backbone으로 하는 Deeplab V3를 활용해 학습했다.



(그림 4) 페트병 Color map과 Semantic segmentation 결과

#### 4. 결론

PDCM Net 테스트 결과 98.9%의 높은 정확도를 보인다. 또한, 재활용 소재의 품질에 있어 가장 중요한 투명 페트병의 Precision은 100%이다.

실제 클래스	clear	50	1	
	color		72	1
	label		1	155
		clear	color	label
		예측 클래스		

(표 1) PDCM Net Confusion Matrix

PLDM Net 테스트 결과 99.4%의 정확도로 페트병의 라벨을 찾아내며, 94.2%의 정확도로 페트병의 몸체를 찾아낸다.

	Accuracy	IoU	MeanBFScore		
Background	0.96856	0.96644	0.86018		
Body	0.94203	0.79209	0.5877		
Label	0.99426	0.83909	0.66807		
GlobalAccuracy	MeanAccuracy	MeanIoU	WeightedIoU	MeanBFScore	
	0.96668	0.96828	0.86587	0.93953	0.70532

(표 2) PLDM Net 테스트 결과

이를 통해 효과적으로 라벨을 제거할 수 있는 인공지능 모델을 구현하였다. 이 시스템을 통해 낭비되는 페트병을 적절하게 처리하게 되면 연간 약 600억 원의 가치를 창출할 수 있다.

#### 사사(Acknowledgement)

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2022-2018-0-01798)

#### 참고문헌

- [1] 박정현, "투명페트병, 식품용기로 고품질 재활용 본격 시행", 환경부, 2022-02-23  
<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1510130&menuId=10525>.
- [2] 안상혁, "탄소중립을 위한 한국형(K)-순환경제 이행계획 수립", 환경부, 2021-12-30  
<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1498660&menuId=10525>.
- [3] "전국폐기물 발생 및 처리현황(생활,사업장일반)", 자원순환정보시스템, 2022-02-25  
[https://www.recycling-info.or.kr/rrs/stat/envStatDetail.do?menuNo=M13020201&pageIndex=1&bbsId=BSMSTR\\_00000000002&s\\_nttSj=KEC005&nttId=1200&searchBgnDe=&searchEndDe=](https://www.recycling-info.or.kr/rrs/stat/envStatDetail.do?menuNo=M13020201&pageIndex=1&bbsId=BSMSTR_00000000002&s_nttSj=KEC005&nttId=1200&searchBgnDe=&searchEndDe=).
- [4] Chollet, François. "Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [5] He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.
- [6] Chen, Liang-Chieh, et al. "Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation." arXiv preprint arXiv:1706.05587 (2017).