

관광지 자원 재순환을 위한 AI 기반플라스틱 선별 RVM 장치

정훈, 허태욱
한국전자통신연구원

{hjeong, htw398}@etri.re.kr

AI-based plastic sorting RVM system for the Tourism Resource Recycling

Jeong Hoon, Heo Tae Wook
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

전세계적으로 Covid-19 를 겪으면서 사람들의 생활방식에 많은 변화가 생겨났다. 특히, 한국에서는 배달음식과 밀키트 수요의 급증으로 포장을 위한 플라스틱과 비닐의 사용이 급증하였으며, 이와 같은 생활 방식의 변화는 팬데믹 종식 이후에도 계속이어서 사람들이 많이 모이는 공원, 관광지에서 배달/포장 음식을 지속적으로 소비하고 그로 인해 엄청난 양의 관광 폐기물이 배출되고 있다. 이로 인해 관광지 관리 인원이 처리할 수 없는 과도한 관광 폐기물은 관광지의 미관을 저해하게 되고, 이로 인해 관광지 이용객과 관광지 거주자의 민원을 야기하기 한다. 본 논문에서는 이와 같은 문제 해결을 위해서 자동으로 재활용이 가능한 관광 폐기물에 대한 분리수거와 사용자 참여 유도를 통한 관광지 재활용품의 효과적인 재순환 구축을 위해 개발된 RVM 의 구조와 그 성능을 보여준다.

I. 서 론

전세계적으로 Covid-19 팬데믹은 사람들의 생활방식에 많은 변화를 가져왔다. 특히, 한국에서는 배달음식과 밀키트 수요가 급증하였고, 이로 인해 배출되는 플라스틱 포장재도 함께 늘어나게 되었다. 최근 탄소 중립을 위해 플라스틱 쓰레기 증가는 전세계적인 문제로 인식되어 유엔환경 총회(UNEA)에서는 이를 해결하기 위해 구속력있는 국제법 제정을 추진하고 있다. 특히, 사람이 많이 모이는 관광지에서 플라스틱 관광 폐기물은 오버투어리즘의 문제점으로 공론화되고 있으며, 이를 해결하기 위해 자동으로 재활용이 가능한 플라스틱을 분류, 수거하는 RVM 에 대한 적용이 이루어지고 있다.

지금까지 플라스틱을 수거하는 대부분의 RVM 은 카메라를 통한 이미지 분석 또는 바코드 인식을 통해 재활용품을 선별하고 있지만, 본 논문에서는 플라스틱 재질에 대한 정확한 분류를 위해서 RGB 이미지와 근적외선 초분광 정보를 사용하는 RVM 의 개발과 그 성능을 보여준다.

이와 같이 개발된 RVM 은 실증사이트로 선정된 부산시민공원에 설치되어 운영될 예정이다.

II. 본론

최근 초분광 센서 기술은 녹조 탐지, 나무의 종류 구분, 농산물의 성장 상태 모니터링, 농산품의 품질 감지등 매우 다양한 분야에 적용되고 있으며, 플라스틱 선별에 있어서도 육안으로는 구분할 수 없는 플라스틱의 재질 종류를 분류할 수 있어 재활용품 선별장에서 활용되고 있다.

재활용 선별장에서 플라스틱 선별에 사용되는 초분광 센서는 수천만원 ~ 수억원의 가격으로 다양한 응용에 사용하기에는 제약점을 가진다. 이런 이유로 플라스틱

재활용품을 회수하는데 사용되는 RVM 에서는 카메라 이미지 분석을 통하거나, 제품에 붙어있는 바코드를 인식해서 재활용품을 구분하는 방식을 사용하였다. 하지만, 이런 방식은 동일한 모양에 다른 재질을 사용하는 제품이나, 바코드가 훼손된 제품의 인식에 한계점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 RGB 카메라와 NIR line 카메라를 사용하여 플라스틱의 재질을 분류하는 RVM 시스템과 그 성능을 보여준다. NIR line 카메라는 선별장에서 사용되는 초분광카메라에 비해 느린 처리 속도를 가지지만 수백만원의 가격으로 근적외선 스펙트럼 분석을 가능하게 해준다.

RVM 에서 수집된 RGB 카메라와 NIR line 카메라를 통해 수집된 이미지들은 U-Net 과 Yolo 기반의 하이브리드 추론을 통해 플라스틱의 종류를 분류한다.

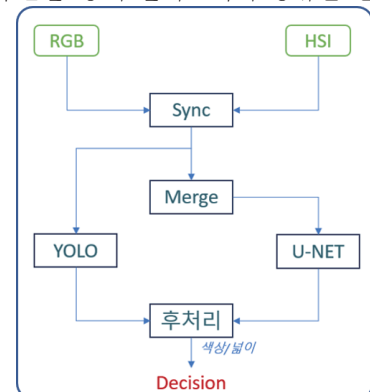


그림 1. U-Net/Yolo 기반 하이브리드 추론 S/W

RVM 에 사용되는 RGB+ 초분광 분류 시스템은 아래의 그림과 같이 할로켄램프 /RGB 카메라/NIR 센서로 구성된다.



그림 2. RVM 초분광 분류 시스템

RVM은 PET/PP/PE/PS 4종의 플라스틱을 구분할 수 있도록 학습되었으며, 그중 재활용품으로 가장 가치가 높은 PET 병의 검출 확률을 높이기 위해 페트병의 구성에서 라벨지와 뚜껑 유무를 구분하도록 하였다. 추가적으로 PET 병의 검출 확률을 높이기 위하여 원과 네모 및 기타 모양에 대한 구분을 추가하였다.

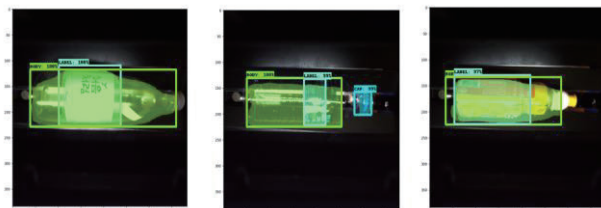


그림 3. PET 병, 라벨, 캡 인식 구분

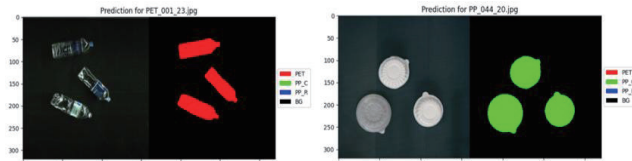


그림 4. PET 병 인식을 위한 모양에 대한 구분

아래의 그림은 플라스틱 재질에 따른 분광 파장 분석 결과를 보여준다. 이와 같이 NIR 초분광 카메라를 사용함으로써 육안으로는 구분할 수 없었던 플라스틱의 종류 분류가 가능해진다.

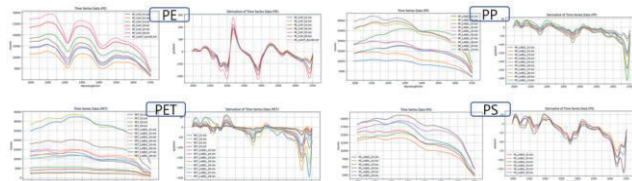


그림 5. 플라스틱 재질에 따른 분광 파장 분석

개발된 RVM 시스템은 시제품 개발이 끝난 뒤 실증 사이트로 선정된 부산시민공원에서 실증을 진행할 예정이다. 이에 실증지에서 최적화된 분류를 진행하기 위해서 아래와 같이 실증사이트에서 실제로 플라스틱 재활용품을 수거하여 RVM의 분류 학습에 활용하였다.



그림 6. 실증사이트에서 수거한 플라스틱 재활용품

RVM의 성능 지표로는 분류, 수거를 진행할 재활용품으로 PET 병을 선정하여, PET 병을 대상으로

인식 처리하는 시간과 PET 병 인식 정확도를 선정하였다. 총 100 개의 PET 병을 인식한 인식 처리 시간은 아래의 그림과 같으며, 평균 1.38 초(최소 1.20 초/최대 1.6 초)가 소요되었다.

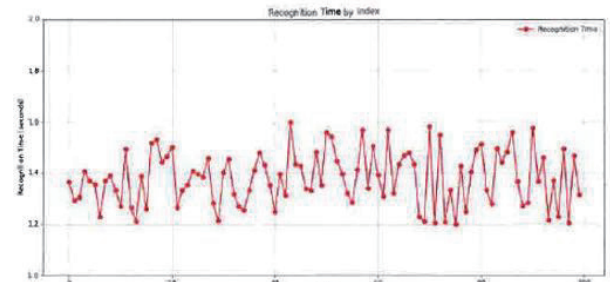


그림 7. RVM의 PET 인식 측정시간 히스토리

그리고, RVM의 PET 병 인식 정확도는 투명 PET 병의 경우 100% 인식에 성공한 반면, 불투명 PET 병은 97%의 정확도를 보여주었다. 이는 투명 PET 병이 가장 산업적인 가치가 높아 투명 PET 병에 대한 분류 정밀도를 의도적으로 높게 학습시킨 결과이다.



그림 8. PET 병 인식 시험 현장

III. 결론

일반적으로 재활용품 분류 및 회수에 사용되는 RVM 시스템은 제품의 크기와 가격의 제약으로 재활용 선별장에서 사용하는 근적외선 초분광 센서의 사용이 어려웠다. 본 논문에서는 이러한 제약을 해결하기 위해 RVM에 작은 크기를 가지는 NIR line 카메라와 RGB 카메라를 적용하여 재활용 플라스틱의 종류를 분류하는 시스템을 제시하였고, 해당 RVM 시스템에서의 PET 병 인식 속도와 인식 정확도에 대한 시험 결과를 보여주었다. 그리고, 평균 1.38 초의 인식 속도와 97%의 인식 정확도는 RVM 시스템에서 활용하기에는 무리가 없는 것으로 판단되었다.

이와 같이 개발된 RVM 시스템은 실증사이트인 부산시민공원에 설치 운영되며 현장에서의 정확성과 활용성을 검증할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 문화체육관광부(MCST)와 한국콘텐츠진흥원(KOCCA)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. RS-2023-00227745)

참 고 문 헌

- [1] 이성희, 국제사회의 플라스틱 규제 현황과 시사점. 세계경제포커스 2022.05.09
- [2] 문영백, 정훈, 허태욱, AIoT 기술을 활용한 재활용품 관리시스템 개발, 2023. 한국통신학회 추계학술대회
- [3] 정훈, 허태욱, 2024, 관광지 자원 재순환을 위한 RVM 장치의 AIoT 무선성능 시험 한국통신학회 추계학술대회