

올바른 분리수거를 위한 AI 기반 분리수거 시스템 연구

김준희¹, 김지희¹, 김채원¹, 이현수¹, 신서연¹

¹성신여자대학교 컴퓨터공학과 학부생

wnsgml3693@gmail.com, kimjh0937@gmail.com, chaeone2003@naver.com,
stella9921@gmail.com, s25n918@gmail.com

A Study on AI-based Recycling System for Proper Recycling

Jun-Hui Kim¹, Ji-Hui Kim¹, Chae-One Kim¹, Hyun-Su Lee¹,
Seo-Yeon Shin¹

¹Dept. of Computer Engineering, Sungshin Women's University

요 약

현재 환경 문제는 인류의 생존을 위협할 정도로 매우 심각하다. 올바른 분리수거는 매립 및 소각하는 폐기물 양을 줄이고 자원을 재활용하여 자원 절약에 기여할 수 있다. 그러나 생활 폐기물의 올바른 분리수거가 이루어지고 있다고 보기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 폐기물의 이미지를 통해 분리수거 방법을 안내하는 AI 기반 시스템을 개발했다. 본 연구에서는 폐기물 객체를 정확하게 탐지하기 위해 YOLO 기반의 객체 탐지 알고리즘을 사용하였으며, 이미지 인식의 정확도를 높이기 위해 학습 데이터셋으로 직접 라벨링한 커스텀 데이터셋을 활용하였다. 본 연구를 통해 올바른 분리수거 실천률을 향상시키고, 환경 보호와 지속 가능한 사회를 만드는 데 기여할 수 있다.

1. 서론

현재 환경 문제는 인류의 생존을 위협할 정도로 매우 심각하다. 지속 가능한 사회를 만들기 위한 사회적 및 개인적 노력이 필요하다. 이와 관련하여, 올바른 분리수거는 매립 및 소각되는 폐기물 양을 줄이고 자원을 재활용하여 자원을 절약할 수 있다.

한국을 비롯한 여러 나라에서 폐기물 분리배출 규정을 마련하고 있지만 일반인들이 이를 명확하게 이해하고 실천하기는 쉽지 않다. 우리나라의 생활 폐기물의 재활용률은 사업장 폐기물에 비해 저조하다.

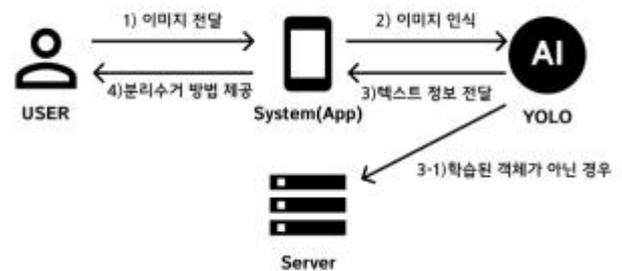
기존의 분리수거 안내 방식은 사용자가 직접 정보를 검색하거나 카테고리를 선택해야 한다. 이는 사용자에게 불편함과 번거로움을 초래해 올바른 분리수거 실천의 방해 요소가 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 AI 기술을 활용한 분리수거 시스템을 개발했다.

2. 본론

2-1. 시스템 소개

본 연구는 사용자가 폐기물의 사진을 촬영하면 해

당 폐기물에 대한 올바른 분리수거 방법을 자동으로 안내하는 시스템이다. 폐기물 분리수거 방법을 보다 간편하고 직관적으로 안내한다.



(그림 1) 시스템 흐름도

본 연구의 시스템 흐름도는 다음과 같다. 1) 폐기물에 대한 이미지를 시스템에 전달한다. 2) 해당 이미지가 학습된 데이터를 기반으로 어떤 폐기물로 구성됐는지 분류한다. 3)인식 결과를 전달한다. 3-1) 학습된 객체가 아닌 경우, 사용자의 동의하에 이미지를 서버에 전송한다. 이는 이미지 학습을 위한 용도로 쓰인다. 4) 각 폐기물에 대한 분리수거 방법을 텍스트로 제공한다.

2-2. 객체 탐지 알고리즘

본 연구에서는 폐기물 객체를 정확하게 탐지하기 위해 YOLO(You Only Look Once) 기반의 객체 탐지 알고리즘을 사용하였다. YOLO 알고리즘은 한 번의 전방위 스캔을 통해 이미지 내에서 모든 객체를 동시에 탐지하는 방식이다. 다른 탐지 알고리즘에 비해 속도가 빠르고 정확도가 높다는 장점이 있어 본 연구의 주 기술로 채택했다. 실제 분리수거 현장에서는 다양한 종류의 쓰레기가 혼재되어 있어 객체 인식의 정확도가 낮아질 수 있다. 따라서 객체 인식의 정확도와 신뢰도를 향상시키는 것이 중요한 요소이다. 이를 위해, YOLO 알고리즘의 학습 데이터셋으로 기본 데이터셋이 아닌 직접 라벨링한 커스텀 데이터셋을 사용했다.



(그림 2) 커스텀 데이터셋 라벨링 과정 및 학습 결과

카페 음료 컵, 배달용기 등 분리수거 빈도가 높은 10개의 폐기물에 대해 데이터셋을 구축했다. 이미지 인식의 정확도를 높이기 위해 다양한 각도와 배경에서 직접 촬영한 이미지를 학습시켰다. YOLO의 빠른 탐지 성능을 최적화하여 적용함으로써 분리수거 자동화 시스템의 효율성을 극대화하고 분류 과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하였다.

2-3. 구현환경

본 연구는 Mac OS 와 Android OS 환경에서 진행하였으며 모바일 앱에서 실시간 객체 탐지를 구현하기 위해 YOLOv5 알고리즘을 사용하였다. 객체 학습에 사용된 GPU는 NVIDIA RTX 3090 24GB이다. 객체 학습과 인식은 YOLOv5 모델을 활용하였고 데이터 수집 및 라벨링 작업은 Labelling 툴을 사용하여 Bounding Box 형식으로 진행하였다.

YOLOv5에 학습시킨 커스텀 데이터셋은 10개의 클래스로 구성하였다. 각 클래스는 '라면 용기, 플라스틱 용기 뚜껑, 플라스틱 용기, 건전지, 플라스틱 빨대, 플라스틱 컵, 컵라면 용기 뚜껑, 컵홀더, 플라스틱 페트병, 페트병 라벨'이며, 수집된 데이터셋의

개수는 총 1,953장이다. 이 데이터셋은 학습 데이터와 검증 데이터의 비율을 8:2로 구분하여 사용했다.

시스템은 Flutter 프레임워크를 사용하여 모바일 앱으로 구현하였다. 개발된 모바일 앱은 Android 환경에서 테스트를 진행했다. 테스트 결과, 시스템은 기대한 성과를 보였으며, 실시간 객체 탐지와 분리수거 안내 기능이 성공적으로 작동함을 확인했다.

3. 결론

본 연구에서는 AI 기술을 활용한 분리수거 시스템을 개발했다. 실생활에서 효과적으로 사용하기 위해서는 더 많은 폐기물에 대한 추가 학습이 필요하며, 향후 더 많은 폐기물 데이터를 학습시킴으로써 실제 적용이 가능할 것이다. 본 연구가 생활 폐기물 재활용률을 높이고 환경 보호와 지속 가능한 사회를 만드는 데 기여할 것으로 기대한다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다

참고문헌

- [1] Park, Ganghyun, et al. "A Comparative Study on the Object Detection of Deposited Marine Debris (DMD) Using YOLOv5 and YOLOv7 Models." *Korean Journal of Remote Sensing*, vol. 38, no. 6, 2022, pp. 1643-1652.
- [2] Kwon, Jun-Hyuk, and Seung-Hyun Kim. "A Study on the Design and Implementation of AI-based Waste Recycling Automation System." Department of Information and Communication Engineering, University of Suwon, 2022.
- [3] Lee, Pyeong-Hwa, and Ju-Wan Song. "Forest Fire Object Detection Using Deep Learning-Based Algorithm." *Journal of Digital Contents Society*, vol. 23, no. 9, pp. 1869-1877, 2022.
- [4] Kim, Yong-Jun, Tae-Wook Cho, and Hyeong-Geun Park. "YOLO Based Automatic Sorting System for Plastic Recycling." *Korean Society of Information and Communication Engineering, Proceedings of the 2021 Fall Conference*, vol. 25, no. 2, pp. 382-384, 2021.