

딥러닝 객체 인식을 이용한 가정용 쓰레기 수거 로봇 설계

이주현*, 김동명*, 최병찬*, 김우진*, 이규호*, 신재욱*, 윤태상*, 윤광식**, 하옥균^o

*경운대학교 항공소프트웨어공학과,

**휴먼아이티,

^o경운대학교 항공소프트웨어공학과

e-mail: {wngus5378, kdm1362}@gmail.com, {cbc0026, arcane2541, lkhkh0925, dustjwodnr, se_ie, yunhero4}@naver.com, okha@ikw.ac.kr^o

Design of Household Trash Collection Robot using Deep Learning Object Recognition

Ju-hyeon Lee*, Dong-myung Kim*, Byeong-chan Choi*, Woo-jin Kim*,

Kyu-ho Lee*, Jae-wook Shin*, Tae-sang Yun*, Kwang Sik Youn**, Ok-Kyoon Ha^o

*Department of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University,

**Human IT Co., Ltd.,

^oDepartment of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University

● 요약 ●

가정용 생활 쓰레기 수거 작업은 야간이나 이른 새벽에 이루어지고 있어 환경미화원의 안전사고와 수거 차량으로 인한 소음 문제가 빈번하게 발생한다. 본 논문에서는 딥러닝 기반의 영상 인식을 활용하여 종량제 봉투를 인식하고 수거가 가능한 생활 쓰레기 수거 로봇의 설계를 제시한다. 제시하는 생활 쓰레기 수거 로봇은 지정 구역을 자율주행하며 로봇에 장착된 카메라를 이용해 학습된 모델을 기반으로 가정용 쓰레기 종량제 봉투를 검출한다. 이를 통해 처리 대상으로 지정된 종량제 봉투와 로봇 팔 사이의 거리를 카메라를 활용하여 얻은 깊이 정보와 2차원 좌표를 토대로 목표 위치를 예측해 로봇 팔의 관절을 제어하여 봉투를 수거한다. 해당 로봇은 생활 쓰레기 수거 작업 과정에서 환경미화원을 보조하여 미화원의 안전 확보와 소음 저감을 위한 기기로 활용될 수 있다.

키워드: 딥러닝(Deep learning), 객체 인식(object recognition), 쓰레기 수거(trash collection), 자율주행(autonomous driving), 로봇 제어(robot control)

I. Introduction

환경부는 가정용 생활 쓰레기 수거 시 주간 작업을 원칙으로 하고 있으나 주민 생활에 중대한 불편을 초래할 우려가 있는 등 해당 지자체에서 조례로 정한 사유에 해당한다면 야간작업이 가능하다[1]. 이에 따라, 생활 쓰레기 수거 작업은 주로 야간이나 이른 새벽에 이루어지고 있다. 또한, 주간 작업으로 변경하더라도 지자체는 주민 생활의 불편함을 최소화하기 위한 대처 방안이 요구된다. 본 논문에서는 대처 방안으로 정해진 구역을 자율 주행하며 로봇에 장착된 스테레오 카메라를 통해 도로변에 놓인 종량제 봉투를 인식하고 객체 인식 단계에서 얻은 2차원 좌표와 카메라로 얻어낸 깊이 정보를 활용하여 쓰레기 종량제 봉투를 수거할 수 있는 로봇을 제안한다.

II. Background

기존 이동형 쓰레기 수거 로봇은 이탈리아에서 개발한 “Dust Cart”가 존재한다[2]. 이 로봇은 GPS를 장착한 로봇으로 수거 신청 시 해당 위치로 이동하여 쓰레기를 수거하는 방식이다. 해당 로봇의 경우 신청되지 않은 쓰레기는 수거가 불가능하다는 제한이 있다. 본 논문에서 제안하는 쓰레기 수거용 로봇은 딥러닝 기반의 영상인식을 통해 길거리에 놓인 종량제 봉투를 스스로 인식하여 쓰레기 수거 업무를 보조하는 수단으로 활용 가능하다. 더불어, 쓰레기 수거 차량과 연동하여 움직이며, 환경 미화원의 안전사고 예방과 쓰레기 수거 차량으로 인한 소음 문제해결을 목표로 한다.

III. The Proposed Scheme

1. System Architecture

본 논문에서 제시하는 가정용 쓰레기 수거 로봇은 Fig. 1과 같이 관제 시스템과 자율주행이 가능한 로봇으로 구성된다.

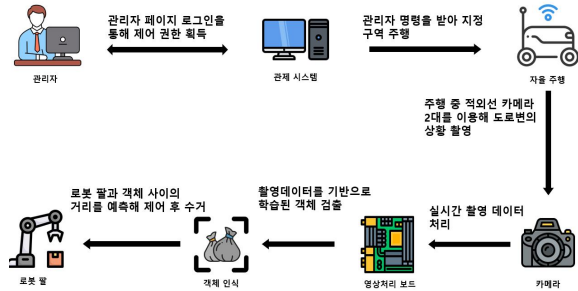


Fig. 1. 쓰레기봉투 수거 로봇 제어를 위한 시스템 구성

종량제 쓰레기 봉투 수거용 로봇은 정해진 웨이포인트를 자율주행 하며 장착된 카메라를 이용해 실시간 촬영을 진행한다. 영상처리 보드에서 학습된 모델을 기반으로 종량제 봉투를 검출하고 검출된 객체와 로봇 팔 사이의 거리를 예측해 각 관절을 제어 값을 계산하여 지정된 봉투의 매듭 부분을 집어 수거하도록 설계하였다.

2. Object Recognition

자율주행 이동용 수거 로봇이 쓰레기 종량제 봉투를 실시간 영상을 통해 인식 및 검출하기 위해 YOLOv4-TINY 알고리즘을 사용하였다. 또한, 학습 클래스는 구미시 종량제 봉투, 매듭, 일반 봉투 총 3가지를 대상으로 약 5,000장의 학습 이미지를 이용해 학습하였다.

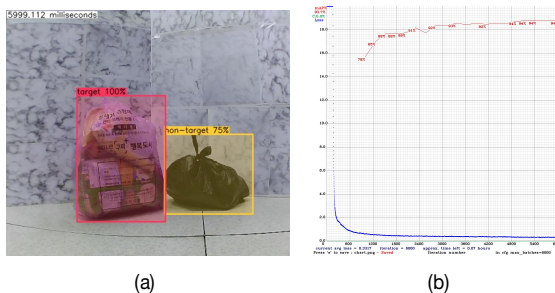


Fig. 2. 학습 모델의 인식결과(a) 및 정확도(b)

Fig. 2(a)는 학습을 통해 로봇이 구미시 종량제 봉투를 “target”으로, 그 외 일반봉투는 “non-target”으로 인식하는 결과를 보이며, Fig. 2(b)와 같이 학습 모델은 mAP 93.7%의 성능을 보였다.

로봇이 종량제 봉투를 정확하게 획득하여 운반할 수 있도록 스테레오 카메라를 이용하여 식별된 객체를 촬영한다. 이를 통해 이미지의 깊이 정보를 획득하고, 객체 인식을 통해 얻어낸 2차원 좌표를 토대로 객체와 로봇 팔 사이의 거리를 계산한다.

3. Hardware Configuration

종량제 봉투 수거를 위한 자율주행 로봇은 적외선 카메라 3대와 6축 로봇 팔, 종량제 봉투를 적재할 적재함으로 이루어져 있으며 로봇 팔 제어 등을 위해 Odyssey 및 Arduino Mega 보드와 영상처리를 위한 Raspberry Pi 4로 구성하였다. 로봇 팔에 부착된 5개의 스텝 모터와 1개의 서보모터 제어를 위해 시리얼 통신을 사용하였으며, 영상처리를 위한 데이터는 젯슨나노 보드 및 Raspberry Pi 보드는 기가비트 이더넷을 통해 전송된다. 측정된 객체와 로봇 간의 거리를 이용하여 제어신호를 생성한 후 End-effector를 이동시켜 봉투를 수거할 수 있게 구현하였다. 또한, 원활한 이동을 위해 무한궤도를 탑재하여 계단 등의 비평지 구간의 통행이 가능하게 하였다.

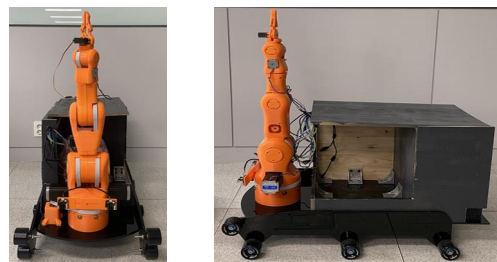


Fig. 3. 구현된 자율주행 로봇의 프로토타입

4. Control System

자율주행 로봇의 제어를 위해 웹 기반의 관제 시스템을 별도로 개발하였다. 관리자는 웹을 통해 제공하는 관리자 페이지를 통해 쓰레기 수거 작업의 시작 및 종료 명령, 수거 현황, 로봇의 동작 속도 조절, 분류 위치 등을 설정하거나 제어할 수 있다.

IV. Conclusions

본 논문에서 딥러닝 객체 인식을 통해 종량제 봉투를 검출한 후 로봇 팔을 제어하여 수거할 수 있는 자율주행 로봇을 제시하였다. 제시된 수거 로봇은 생활 쓰레기 수거 작업 과정에서 발생하는 환경미화원의 안전사고 예방과 쓰레기 수거 차량으로 인한 소음 문제해결에 기여할 수 있다. 향후 다양한 처리 대상을 학습시켜 작업 범위를 확장함으로써 개선된 쓰레기 수거 작업 환경을 만들고자 한다.

REFERENCES

[1] 환경미화원 작업 안전 가이드라인, 환경부, 2022, 07.
 [2] G. Ferri, A. Manzi, P. Salvini, B. Mazzolai, C. Laschi and P. Dario, "DustCart, an autonomous robot for door-to-door garbage collection: From DustBot project to the experimentation in the small town of Peccioli," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 655-660, May, 2011.