

# 분리수거 가능한 호출용 인공지능 쓰레기통 로봇 개발

이지현\*, 최보현\*, 김서영\*, 박소영\*, 이유나\*, 최재준\*\*

\*한양여자대학교 스마트 IT 과 학부생

\*\*한양여자대학교 스마트 IT 과 교수

wlgus1987198@naver.com, chlqhgus9793@naver.com, kim42348@gmail.com, zzangsysh@naver.com, yunajinny@naver.com, jchoi@hywoman.ac.kr

## Development of Artificial Intelligence Trash Can Robot for Reclaimable Reclaiming

Ji-Hyeon Lee\*, Bo-Hyun Choi\*, Seo-Young Kim\*, So-Young Park\*, Yu-Na Lee\*, Jae-Jun Choi\*\*  
\*Dept. of Smart IT, Hanyang Women's University

### 요 약

매년 곳곳에 무단으로 투기되어 있는 쓰레기들이 다양한 환경 문제를 야기하는 양상을 보인다. 이러한 문제는 사람들의 쓰레기 분리 배출에 대한 이해도가 부족함과 더불어 한정된 쓰레기통의 위치로 인한 불편함이 가장 큰 원인으로 지적된다. 본 논문에서는 쓰레기 무단 투기와 쓰레기 분리 배출에 대한 문제를 최소화하기 위해 사용자 호출 여부에 따라 이동하고, 스스로 쓰레기 분류를 진행하는 인공지능 쓰레기통 로봇을 개발한다.

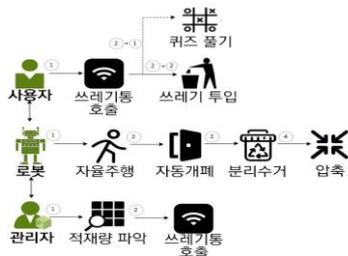
### 1. 서론

최근 환경 문제에 대한 사람들의 관심이 급증하면서 다양한 인공지능 쓰레기통이 출시되고 있다. 기존에 상용화되고 있는 인공지능 쓰레기통은 재활용이 가능한 폐기물만 투입이 가능하다는 점에서 쓰레기 투기 문제를 근본적으로 해결해주지 못한다. 또한, 자율주행 쓰레기통이 존재하지만 이 역시도 사용자 호출 여부에 관계없이 이동하기 때문에 쓰레기통을 찾아 이동해야 하는 수고를 덜어주지는 못한다.

따라서 본 논문에서는 쓰레기 무단 투기와 쓰레기 분리 배출에 대한 문제를 최소화하기 위해 사용자 호출 여부에 따라 이동하고, 스스로 쓰레기 분류를 진행하는 인공지능 쓰레기통 로봇을 개발하였다.

### 2. 본론

#### 2-1. 쓰레기통 로봇 흐름도



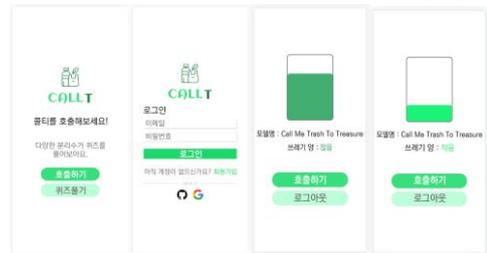
(그림 1) 서비스 흐름도

쓰레기통 로봇의 흐름도는 다음과 같다. 사용자는 쓰레기통을 호출하여 쓰레기를 버릴 수 있다. 이 때

실내의 경우에는 부착되어 있는 호출 버튼을 눌러 쓰레기통을 호출하고, 실외의 경우 웹사이트에 접속하여 쓰레기통을 호출한다.

쓰레기통 로봇은 호출을 받으면 목적지까지 자율주행으로 이동하고, 사용자를 인식 후 쓰레기통 입구를 자동으로 개폐한다. 쓰레기통 내부에서는 투입된 쓰레기를 인식 후, 분리수거 가능 여부에 따라 일반 쓰레기와 재활용 쓰레기로 1 차 분류를 진행한다. 쓰레기 적재량이 일정량 이상이 되면 모터를 구동시켜 압축을 진행한다.

관리자는 관리자 페이지를 통해 쓰레기 적재량을 실시간으로 파악할 수 있고, 압축이 불가하다고 판단될 경우 쓰레기통을 호출하여 쓰레기를 수거해간다.



(그림 2) 사용자 및 관리자 페이지

#### 2-2. 쓰레기통 로봇의 호출 메커니즘 및 기능 구현

##### 가. 로봇 호출

##### 1) 실내 호출

실내 호출의 경우에는 ESP32-CAM 호환보드를 호출 버튼 형식으로 제작하였다. 실내에서 ESP32 보드로 제작된 버튼을 누르면 BLE(Bluetooth Low Energy)

서버가 활성화되어 ESP32 보드의 RSSI(Received Signal Strength Indicator)가 쓰레기통 로봇의 라즈베리 파이에 BLE 통신으로 송신된다. ESP32의 RSSI를 주기적으로 수신 받는 쓰레기통 로봇은 ROS의 SLAM으로 작성된 실내 지도를 기반으로 자율주행을 하며 수신 신호의 세기가 강한 지점으로 이동한다. [1]이 때 사용한 RSSI 수식은 다음과 같다.

$$RSSI = -10\log_{10}(d) + a$$

이렇게 수신된 RSSI 값을 거리로 환산하는 수식은 다음과 같다.

$$d = 10^{\frac{a-RSSI}{10n}}$$

[2]이 수식에서 n은 경로 손실 지수로, 장애물이 없는 경우에는 기본적으로 2로 가정한다. a는 tx power로, 수신기로부터 측정된 기본 RSSI 값이다. 송신기와 수신기로부터 특정 거리의 값을 59로 가정해 a 값을 설정했다. 본 논문에서는 이러한 수식을 다음과 같은 함수 코드로 작성하였다.

```
def calculate_distance(rssi):
    tx_power = -59
    n = 2.0

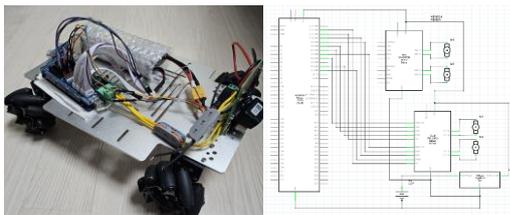
    ratio = rssi * 1.0 / tx_power
    distance = (10 ** ((tx_power - rssi) / (10 * n)))
    return distance
```

Device a0:b7:65:5a:e5:b2 Distance: 0.22387211385683395 meters, RSSI = -46 dBm  
 Device a0:b7:65:5a:e5:b2 Distance: 1.584893192461136 meters, RSSI = -63 dBm  
 Device a0:b7:65:5a:e5:b2 Distance: 2.2387211385683394 meters, RSSI = -66 dBm

(그림 3) RSSI와 거리 변환 값

## 2) 실외 호출

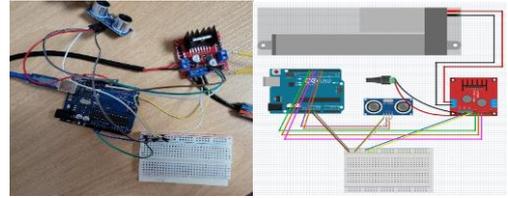
사용자 홈에 있는 ‘호출하기’ 버튼을 클릭 시 Geolocation API를 이용하여 사용자 위치의 좌표값을 얻은 후 서버에 전송한다. 사용자 위치를 전달받은 서버는 로봇이 목적지까지 이동할 수 있도록 제어한다.



(그림 4) 로봇 H/W 구성도

## 나. 압축

쓰레기가 쓰레기통 높이의 80% 이상을 차지하면 즉, 쓰레기 적재량이 일정량 이상 넘어가면 모터가 구동되어 자동으로 압축이 진행된다. 초음파 센서 HC-SR04를 쓰레기통 상단에 부착한 후 초음파와 적재된 쓰레기 간의 거리를 계산하였다. NewPing 라이브러리를 사용하여 초음파와 적재된 쓰레기 간의 거리를 cm로 환산하였고, 20cm 이하일 때 linear actuator를 구동시켰다. linear actuator의 양극과 음극 단자를 각각 L298N 모터 드라이버 Output에 연결하고, 12V 5A 어댑터를 전원 공급 장치로 사용하였다.



(그림 5) 압축기 H/W 구성도

## 다. 쓰레기 분류

Roboflow를 이용하여 데이터 라벨링을 진행한 후 라벨링된 이미지로 쓰레기 데이터셋을 생성하였다. Colab 환경에서 YOLOv5 모델을 학습시키고, 학습으로 얻은 결과 파일을 사용하여 카메라 모듈에 입력되는 영상 속 쓰레기를 인식한다. 쓰레기 인식을 진행한 후 분리수거 가능 여부에 따라 일반 쓰레기와 재활용 쓰레기로 분류한다.

## 3. 결론

본 논문의 ‘분리수거 가능한 호출용 인공지능 쓰레기통’의 특징을 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 실내에서는 동작하지 않는 GPS 특징을 고려하여, RSSI 측정이 가능한 BLE 통신으로 호출이 가능하도록 설계하였기 때문에 실외 뿐 아니라 실내에서도 로봇을 호출할 수 있게 하였다.

둘째, 쓰레기통 스스로 압축을 진행하기 때문에 번거롭게 관리하지 않아도 쓰레기통 서비스가 운영되도록 하여 사용자 및 관리자의 편의성을 증대시켰다.

셋째, 분리수거가 제대로 이루어지지 않는 현실에 맞추어 1차 분류를 진행함으로써 분리수거를 실천하는 쓰레기통으로 사용될 수 있도록 하였다.

쓰레기통의 호출 기능, 자체 압축 기능, 폐기물 분류 기능 특징 등을 활용하여 로봇을 개발하였고, 실외와 실내를 자유롭게 다니며 분리수거가 가능한 인공지능 쓰레기통 로봇을 구현할 수 있게 되었다.

향후 해결해야 할 연구 과제는 앞으로 실외 로봇이 상용화 될 것을 기대하며 보다 더 정확한 통신과 사물인식으로 사용자의 호출에 따른 자율주행을 발전시키는 것이다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의 인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

## 참고문헌

[1] 박세희, 권구인, “802.11b 프로토콜과 ESP-NOW WiFi Long Range Mode의 통신 거리 및 특징 비교”, 한국통신학회 학술대회논문집, 2023, p.2  
 [2] 이용창, 이진희, 이승빈, 강병권, “실내 환경에서 위치 추적을 위한 비콘 신호의 정확도 향상에 관한 연구”, 한국정보기술학회 논문지, 20(9), pp.45-46, 2022