

# 나를 도와주는 분리수거 로봇팔

박건희\*, 모선양\*, 이지호\*, 최예송\*

광운대학교 전자공학과  
광운대학교 전자통신공학과

parkgh7124@gmail.com, moheart@naver.com, jiholee1229@naver.com, to06109@naver.com

## A Robot helps us recycling

Gunhee Park\*, Seonyang Mo\*, Jiho Lee\*, Yesong Choi\*

\*Dept. of Electronic Engineering, KwangWoon University

\*\*Dept. of Electronic Communication Engineering, KwangWoon University

### 요 약

이 로봇팔은 테이크 아웃 컵을 플라스틱, 종이, 내용물로 나누어 자동으로 분리수거 해주는 기능을 갖고 있다. 또한 테이크 아웃 컵 뿐만아니라 플라스틱, 종이, 캔으로 된 컵들도 분리수가 할 수 있게 설계되었다.

### 1. 서론

도서관, 버스 정류장 등 유동인구가 많은 곳의 쓰레기 통은 마시다 남은 음료가 들어있는 일회용 테이크 아웃 컵으로 포화 되어있다. 이 문제를 해결하기 위해 테이크 아웃컵을 플라스틱, 종이, 내용물로 나누어 자동으로 분리수거 해주는 로봇팔을 구현해 보았다.

### 2. 분리수거 로봇팔의 필요성

시험기간의 도서관 같이 사람이 많이 몰리는 곳에서는 분리수거가 원활하게 이루어지지 않아 일반 쓰레기통에 모든 종류의 쓰레기가 몰려있는 현상을 볼 수 있음



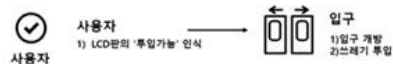
<그림 1>

- 쓰레기가 산처럼 쌓여있어 시각적으로 보기에 좋지 않고, 이를 치울 때 안의 내용물로 인해 손에 끈적한 것들이 묻어 청소부의 업무를 방해함.
- 자동 분리수거 로봇은 위의 문제들을 해결할 수 있으며 쓰레기 배출량을 크게 감소시키고, 재활용 쓰레기 분류 및 처리비용을 대폭 감소시킬 수 있음.

### 3. 서비스 구성도

위 작품의 서비스 구성도는 그림 2와 같다. 사용자 접근과 내부 알고리즘을 간단한 그림으로 나타낸 것이다.

#### 1. 사용자 접근



#### 2. 내부 알고리즘



#### <그림 2>

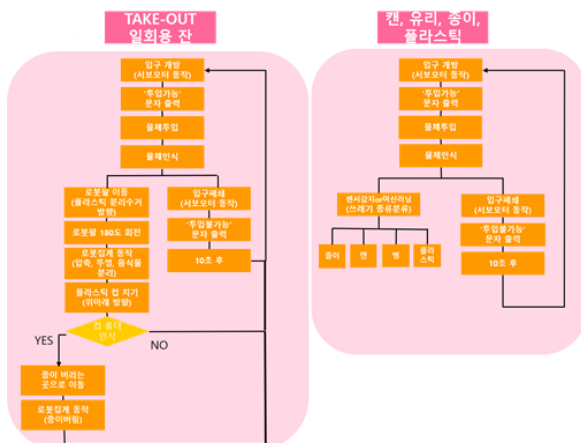
사용자는 분리수거 로봇팔의 외관을 첫번째로 목격한다. 이때 외관에는 쓰레기를 넣을 수 있는 상태인지에 관한 정보가 LCD 판에 나타나있다. 사용자는 그 문구를 보고 분리수거가 가능할 때

쓰레기를 넣는다.

이제 내부 알고리즘이다. 쓰레기가 분리수거 통으로 들어오면 파이카메라를 통해 영상정보를 얻어 쓰레기의 종류와 컵홀더의 유무를 확인한다. 인식의 결과대로 로봇팔이 움직이게 되는데, 중점을 두어서 개발한 테이크아웃 컵 분리수거 과정을 설명할 것이다.

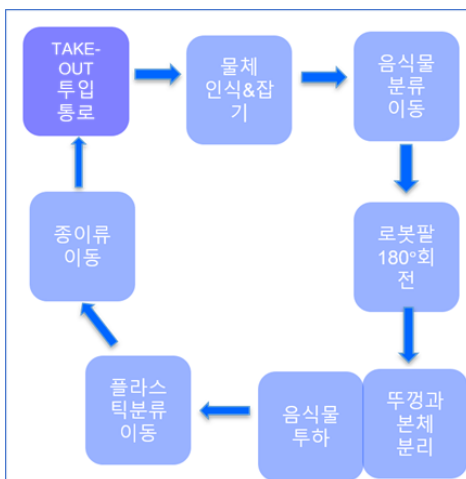
먼저 로봇팔이 쓰레기가 있는 곳으로 가서 로봇집게를 이용해 컵을 잡는다. 그 다음 음식물을 버리는 곳으로 로봇팔이 이동한다. 테이크아웃 컵을 잡은 상태에서 로봇집게를 180도 회전시킨다. 이때 음식물이 나오는 것을 뚜껑이 막고 있기 때문에 일자집게를 이용하여 컵의 윗부분에 압력을 주어 테이크아웃 컵 뚜껑을 분리한다. 이제 음식물을 모두 분리하였다. 플라스틱 컵과 종이홀더를 분리하기 위해 플라스틱을 버리는 곳으로 로봇팔이 이동한다. 그 다음 컵의 윗부분에서 컵을 내리쳐서 플라스틱컵을 분류한다. 마지막으로 로봇집게에 남은 종이홀더는 종이를 버리는 곳으로 로봇팔이 이동하여 종이홀더를 버리게 된다.

#### 4. 작품 알고리즘



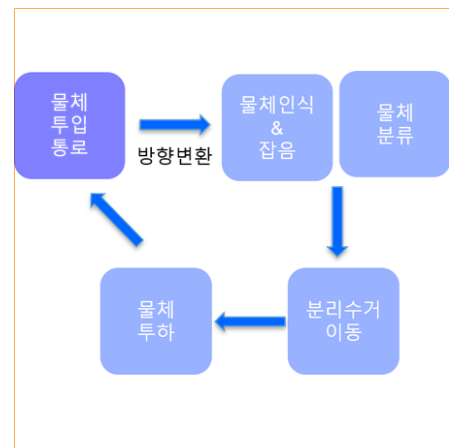
<그림 3>

(1) Take-Out 플라스틱 컵 알고리즘 시나리오



- 1) 사용자가 입구에 플라스틱 컵을 투입한다.
- 2) 물체를 인식함과 동시에 입구를 폐쇄한다.
- 3) 로봇팔이 음식물 분류칸으로 이동한다.
- 4) 로봇팔이 180° 회전한다.
- 5) 일자 집게팔로 컵의 뚜껑부분에 압력을 가하여 뚜껑과 본체를 분리한다.
- 6) 이 때 음식물과 플라스틱 뚜껑과 빨대를 분류할 수 있다.
- 7) 플라스틱 분류통으로 로봇팔이 이동한다.
- 8) 위에서 아래 방향으로 플라스틱 컵을 쳐서 컵홀더와 플라스틱을 분리수거 한다.
- 9) 종이류로 이동하여 로봇집게를 영어 종이홀더를 투하한다.
- 10) 물체 투입 입구 방향으로 로봇팔이 이동한다.
- 11) 입구를 개방한다.

(2) 캔, 유리, 종이, 플라스틱 알고리즘 시나리오



- 1) 각도를 계산하여 프로그램을 통해 로봇팔을 물체 방향으로 이동한다.
- 2) 물체를 인식하면 물체를 잡는다.
- 3) 머신러닝을 통해 물체의 종류를 구분한다.
- 4) 로봇팔이 물체의 종류에 따라 각도를 조절하여 해당 물체의 분리수거통으로 이동한다.
- 5) 집게팔을 벌려 쓰레기를 투하한다.
- 6) 다시 각도를 조정하여 입구 방향으로 로봇팔을 복귀시킨다.

## 5. 주요 적용기술

### HW

-로봇팔: 프로젝트의 핵심 부품으로서 서보모터에 의해 제어가 되며 테이크아웃컵을 잡고 찌그러 뜨리고 쓰레기 분리수거등을 가능하게 하는 프레임이다.

-라즈베리파이: 소형 컴퓨터의 일종으로 머신러닝을 적용하기 위해 사용한다. 이미지프로세싱을 통해 테이크 아웃 컵의 유무 및 아두이노와 통신을 통해 로봇팔에 데이터를 제공한다.

-아두이노: 로봇팔을 제어하기 위한 직접적인 수단으로 라즈베리파이의 GPIO에 직접 센서를 연결시 전압강하가 필요하기 때문에 아두이노에 센서 및 모터를 연결하여 라즈베리파이와 통신하는 용도로 사용 가능하다.

-서보모터(mg996r): 로봇팔의 관절과 집계를 움직이는 때 사용한다. 또한 플라스틱 컵에서 내용물을 분리할 때 컵을 잡은 로봇팔을 180도 회전시킬 때 사용 및 쓰레기 투입구를 개방하고 폐쇄하는 미닫이문에 사용한다.

-적외선 센서(종이, 플라스틱): 종이 및 플라스틱 쓰레기 분류하기 위해 사용한다. 컵을 감지하기 위한 수단으로 측정하고자 하는 거리에서 적외선 값이 변하면 물체를 인식한 것으로 정한다.

-카메라 모듈: 머신러닝을 통한 영상처리를 도입시 사용쓰레기처리에 정확도향상 및 분류가 더 다양하게 가능

-거름망: 거름망 아래쪽으로는 내용물이 통과하고 그 위쪽으로는 플라스틱 컵이 분류되어 자연스럽게 플라스틱이 분리되도록 함

-LCD 모듈: 사용자에게 쓰레기 투입 여부를 알려줌

-아크릴관: 일회용 컵이 들어오는 통로, 내용물에 의해 오염되지 않도록 방수가 되는 아크릴관 사용한다.

-pca9685 모듈: 5V 호환이어서 3.3V 아두이노에서 제어가 가능하며 6V 출력까지 안전하게 드라이브시킬 수 있다. 로봇팔을 제어할 때 여러개의 서보모터를 각각 동작시켜야 하므로 이때 매우 유용하게 사용할

수 있는 모듈이다. 이 모듈은 아두이노와 라즈베리파이에 연결하여 사용한다.

-제어기술: 라즈베리파이를 및 아두이노를 이용한 로봇팔과 센서 및 머신러닝을 위한 카메라 제어기술

-물체감지기술: 적외선 센서 또는 물체감지센서를 이용하여 분리수거 로봇이 문을 열고 닫는 타이밍을 조절한다.

### SW

-Linux(Rasbian): 라즈베리파이의 운영체제로 이용한다.

-Tensorflow: 다양한 작업에대해 데이터 흐름 프로그래밍을 위한 오픈소스 소프트웨어 라이브러리

-OpenCV: 오픈소스 컴퓨터비전 라이브러리중 하나로 이미지 프로세싱 및 영상처리를 가능하도록 하는 라이브러리이다.

-GIT hub: 대표적인 무료 git 저장소로 로봇팔에 관련된 오픈소스를 구하기 위한 용도로 사용가능하다.

-git lab: GitHub 보다 훨씬 체계적인 이슈 트래커 기능과 CI(지속적 통합) 서비스 등을 제공하며, 프로젝트의 remote repository로 사용한다.

-git: 분산형 버전 관리 시스템으로 코딩을 버전을 관리하여 체계적으로 관리가능하다. 주로 다운로드할 때 git clone 을 사용하는 것이 매우 유용하다. 라즈베리파이 cmd 창에서도 git 을 자유롭게 사용할 수 있다. 또한 라즈베리파이 내에서 파일을 변경하여 push 하는 방법도 매우 유용하다.

-yolo v3: 물체인식을 위한 library로 opneCV를 통해 카메라로 실시간 물체 인식을 하여 구별할 수 있게 도와주는 프로그램이다. 물체를 인식할 때 몇 퍼센트 정도 인식하는지 알려준다.

-LabelImg: darknet 에서 이미지를 학습시키기 전 입력이 되는 데이터들의 전처리를 위해 필요한 소프트웨어 도구이다. 각 이미지에서 인식하려는 지점을 명확히 하고 각 이미지를 라벨링하여 이미지파일과 연관된 텍스트파일로 저장한다.

-darknet: yolov3에서 얻은 물체인식 라이브러리를 수정하여 저자가 원하는 물체를 구분할 수 있도록 코드를 학습시키기 위한 도구이다. 입력으로 저자가 라벨링한 이미지와 텍스트파일을 넣어주고 class를 원하는 라벨명으로 지정해 준 뒤 원하는 횟수만큼 코드를 학습시킨다. 이때 올바른 가중치를 찾아

머신의 인식률이 가장 일반적이고 정확할때 학습을 그만둔다.

올바른 가중치는 학습이 너무 한 데이터에만 집중되어 있지도 않고 너무 정확도가 떨어지지 않는 선이 올바른 가중치가 되며 손실함수의 값이 최소가 될 때 가장 정확하게 훈련이 된다.

#### SW 언어

-C 언어: 아두이노를 제어시 사용하는 프로그래밍 언어 아두이노를 통한 서보모터 제어를 통해 로봇팔을 제어하며 또한 라즈베리파이와 아두이노간의 UART 통신에 사용하여 라즈베리파이에서 처리한 데이터 정보를 아두이노에 송신하여 로봇팔을 제어 가능한 언어이다.

-python: 오픈소스 라이브러리가 많고 코딩이 쉽기 때문에 라즈베리파이 상에서 각종 센서를 다루며 그 외 동작을 하기에도 코딩이 쉬우며 또한 머신러닝을 구현하는 데에도 이 언어를 사용하기 때문에 테이크아웃 컵 외의 쓰레기 종류를 판단할 때 사용 가능하다. 라즈베리파이 cmd 창에서 주로 python을 사용한다.

-Machine Learning: 캔, 유리, 종이 등의 쓰레기를 인식하고 판단해서 분류하는 알고리즘으로 사용하며 yolov3 와 openCV, 그리고 tensorflow, darknet library 를 사용하여 머신러닝 환경을 구성하고 darknet 과 labeling 를 사용하여 image 를 training 한다.

-소스코드 관리 시스템: 대형프로젝트인 만큼 각자 개발한 소스코드가 다르고 병합시 문제가 발생할 수 있기 때문에 백업 및 버전관리를 위한 git 을 이용 및 gitlab 을 원격저장소로 활용한다.

## 6. 작품의 기대효과 및 활용분야

### 1. 작품의 기대효과

#### -가. 비즈니스 측면

- ▶ 기존에 손으로 하던 분리수거 과정을 자동화하여 편리하게 가능
- ▶ 분리수거시 사람이 했지만 미흡했던 부분을 기계를 통해 보완 가능
- ▶ 인건비 축소를 통한 비용 감소
- ▶ 주변환경 정리를 통한 다른 주요 업무의 효율성 증가
- ▶ 사람이 많이 몰리는 곳의 분리수거 업무속도 향상
- ▶ 내용물로 인한 분리수거함의 무게 저하

#### 나. 교육적 측면

- ▶ 파이썬, C 언어를 이용해 기계를 직접 컨트롤 할 수 있는 능력을 기를 수 있음
- ▶ 프로젝트 경험을 통한 협력 기술 및 의사소통 능력

#### 향상

- ▶ 프로젝트의 소스코드를 버전 컨트롤 시스템을 이용하기 때문에 코드 관리능력과 대형 프로젝트에서 협동심 향상
- ▶ 로봇팔을 조립함으로써 모터에 대한 이해와 아두이노를 이용한 관절 움직임, 라즈베리파이를 이용한 로봇팔 제어식 등을 이해할 수 있음
- ▶ 라즈베리 파이와 아두이노 같은 오픈 소스 하드웨어에 대한 실질적 경험 및 이론 확립
- ▶ 프로그래밍 언어의 실생활 활용
- ▶ 교육기관 내의 주변환경 정리를 통한 공부의 효율성 증가

#### 다. 개발측면

- ▶ 로봇 팔을 제어할 파이썬 코드 개발로 누구나 분리수거용 로봇팔을 만들 수 있는 프로그램 코드 제작
- ▶ 물체인식 기술을 이용한 다양한 분야의 로봇 제작 가능
- ▶ 작품의 알고리즘이 순차적인 센싱이기 때문에 또 다른 센서를 추가하여 하드웨어/소프트웨어 적으로 업그레이드가 가능하다.
- ▶ 파이썬, C 언어와 같은 프로그래밍을 통해 자동적으로 하드웨어를 제어가능
- ▶ 쓰레기를 정확하게 분리할 수 있는 센서를 코딩을 통하여 효율적으로 구별 가능
- ▶ 머신러닝을 이용시 추가적인 정밀도 향상 가능

### 2. 작품의 활용분야

#### 가. 비즈니스 측면

- ▶ 쓰레기를 분류해야 하는 큰 공장에서 대량의 쓰레기 빠른 속도로 분리수거 가능
- ▶ 카페와 테이크아웃 커피 매장이 많아졌기 때문에 비즈니스적으로 활용가치 향상
- ▶ 공원과 같은 공공장소에서 테이크아웃 컵으로 인한 오염완화 및 즉각적인 분리수거
- ▶ 학교 내 시험기간에 기하급수적으로 재활용품이 쌓이는 것을 막을 수 있음

본 논문은 과학기술정보통신부

정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트의 결과물입니다.

### 참고문헌

- [1] 김민환, 로봇 팔 제어를 위한 퍼지 로직과 SVR 기반의 토크 제어기 설계=Design of torque controller for robot arm control based fuzzy logic and SVR.