

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 보기도 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>

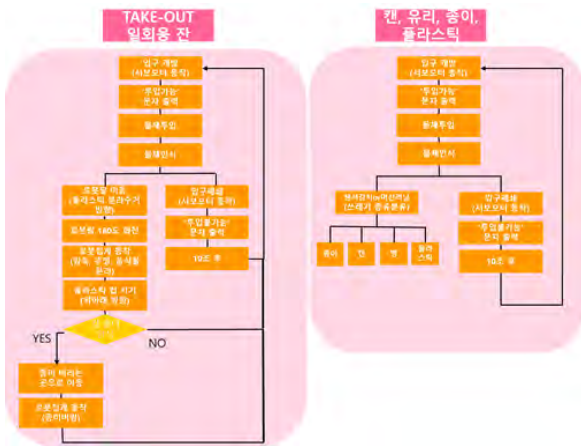
사용자는 분리수거 로봇팔의 외관을 첫번째로 목격한다. 이때 외관에는 쓰레기를 넣을 수 있는 상태인지에 관한 정보가 LCD 판에 나타나있다. 사용자는 그 문구를 보고 분리수거가 가능할 때

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.

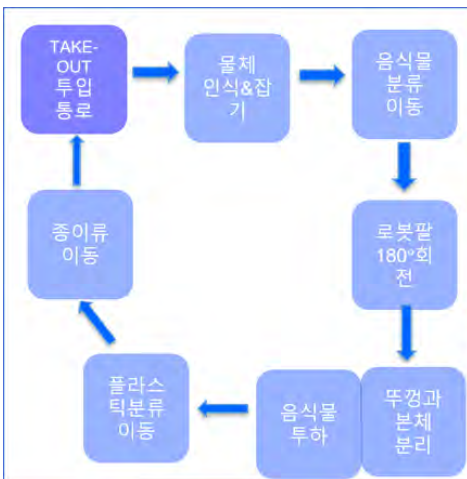
먼저 로봇팔이 쓰레기가 있는 곳으로 가서 로봇집게를 이용해 컵을 잡는다. 그 다음 음식물을 버리는 곳으로 로봇팔이 이동한다. 테이크아웃 컵을 잡은 상태에서 로봇집게를 180도 회전시킨다. 이때 음식물이 나오는 것을 뚜껑이 막고 있기 때문에 일자집게를 이용하여 컵의 윗부분에 압력을 주어 테이크아웃 컵 뚜껑을 분리한다. 이제 음식물을 모두 분리하였다. 플라스틱 컵과 종이홀더를 분리하기 위해 플라스틱을 버리는 곳으로 로봇팔이 이동한다. 그 다음 컵의 윗부분에서 컵을 내리쳐서 플라스틱컵을 분류한다. 마지막으로 로봇집게에 남은 종이홀더는 종이를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

4. 작품 알고리즘



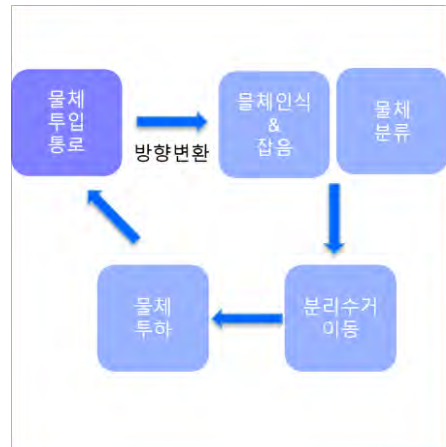
<그림 3>

(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: GitHub보다 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 그의 동작을 하기도 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.