

한이음 공모전 2017

개 발 보 고 서


프로젝트명	국문	머신러닝을 통한 재활용 자동 분류기
	영문	Recycling Machine through Machine Learning
작 품 명	Smart Recycling Machine	
신 청 자	광운대학교/ 안성준, 탁희연, 송상윤, 이명호	

요 약 본

팀 정보

팀 명	안락송리			
팀 원	이 름	소 속	부서/학과	직위/학년
멘 토	신동수	투더비즈전략컨설팅	기술경영혁신전략부	대표전문위원
지도교수				
멘티 1(팀장)	안성준	광운대학교	로봇학부	4학년
멘티 2	탁희연	광운대학교	로봇학부	4학년
멘티 3	송상윤	광운대학교	로봇학부	4학년
멘티 4	이명호	광운대학교	로봇학부	4학년
멘티 5				



작품 정보		
프로젝트명	국문	머신러닝을 통한 재활용 자동 분류기
	영문	Recycling Machine through Machine Learning
작품명	Smart Recycling Machine	
작품 소개	<p>□ Smart Recycling Machine (스마트 리사이클링 머신) : 재활용 자동 분리수거 장치</p> <ul style="list-style-type: none"> • (1단계) 사용자가 분리수거 통에 재활용 쓰레기를 부어 놓으면 Manipulator가 물체를 하나씩 잡게 됨 • (2단계) 재활용 쓰레기를 잡아서 원판 위에 물체를 떨어뜨리면 마이크를 통하여 물체의 충돌 소리를 입력 • (3단계) 그 음성데이터를 수치화 시켜서 머신러닝 된 네트워크에 입력을 주면 분류가 되어 해당하는 위치에 쓰레기를 밀어 넣음. 	
작품 구성도		
작품의 개발배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 분리수거가 제대로 되지 않아 자원과 돈이 낭비됨 • 분리수거를 하는 선별처리장에서 거의 대부분은 인력을 사용하여 분류함 	
작품의 특징점	<ul style="list-style-type: none"> • 분류 추가 인력 감소 - 기계가 대체 • 선별 신뢰성 확보 - 데이터 기반의 처리 	
작품 기능	<p>□ S/W적 기능</p> <ul style="list-style-type: none"> • 음성 신호 주파수 분석 • 머신러닝 • 시리얼통신 <p>□ H/W적 기능</p> <ul style="list-style-type: none"> • 선형이동 • 재활용품 흡착 부 • 재활용품통의 구분 배치 	
작품의 기대효과 및 활용분야	<ul style="list-style-type: none"> • 기존에 존재하지 않는 시스템으로 새로운 영역을 개척 • 최근 각광받는 분야인 머신러닝을 실생활에 접목하여 활용함으로써 머신러닝의 무궁무진한 활용성을 보여줌 	

본 문

I. 작품 개요

※ 평가항목 : 기획력 (필요성, 차별성)

1. 작품 소개

○ Smart Recycling Machine

머신러닝을 활용해 재활용 쓰레기를 자동으로 분리수거하는 스마트 리사이클링 머신
(재활용 물체마다 떨어지는 특정소리 녹음 데이터를 학습화시킨 자동분류 장치)

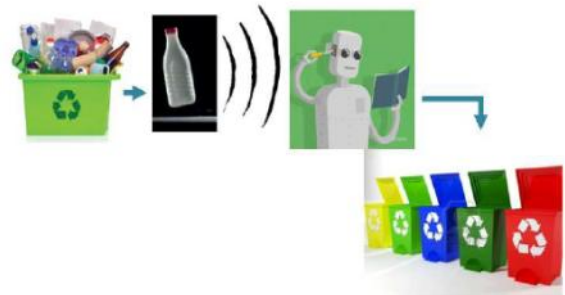
- Smart Recycling Machine란 자동으로 분리수거를 하는 장치.
- 쓰레기를 분류를 하는 방법에 있어 머신러닝을 사용함.
- 물체가 떨어지는 소리를 미리 녹음 해서 학습시킬 데이터로 사용함.



<그림.1 Smart Recycling Machine>

○ 시나리오 프로세스

- 사용자가 분리수거 통에 재활용 쓰레기를 부어 놓으면 Manipulator가 물체를 하나씩 잡게 됨
- 재활용 쓰레기를 잡아서 원판 위에 물체를 떨어뜨리면 마이크를 통하여 물체의 충돌 소리를 입력
- 그 음성데이터를 수치화 시켜서 머신러닝 된 네트워크에 입력을 주면 분류가 되어 해당하는 위치에 쓰레기를 밀어 넣음.



<그림.2 시나리오 개념도>

2. 작품의 개발 배경 및 필요성

○ 개발배경 및 필요성

- 분리수거가 제대로 되지 않아 자원과 돈이 낭비됨.
- 분리수거를 하는 선별처리장에서 거의 대부분은 인력을 사용하여 분류함

쓰레기 분리 배출 외면...연간 120억 낭비

2017.03.08 갱신 시간: 02:50

시청자소감

뉴스 > 사회

재활용 업체 "너무 어렵다"...서울시도 쓰레기 대란?

기사입력: 2015-03-23 18:01 | 최종수정: 2015-03-23 18:49



<그림.3 관련 기사 및 작업하는 사진>

3. 작품의 특징 및 장점

○ 분류 추가 인력 감소

- 제대로 분류되지 않은 채로 배출되는 재활용품으로 인해 재활용품의 재분류가 필요한데 이러한 불필요한 과정을 해결할 수 있음.

○ 선별 신뢰성 확보

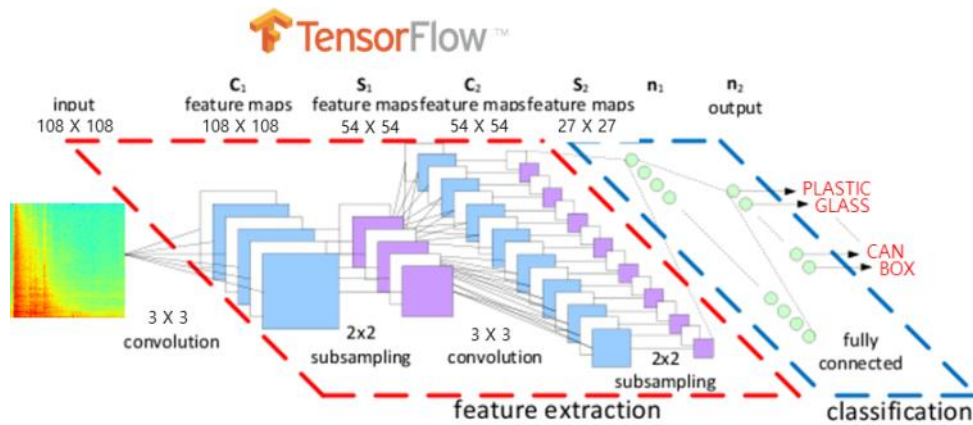
- 머신러닝을 통해 재활용품을 선별하고 분류하며 반복적인 학습을 통해 분류의 정확도를 높여 신뢰성을 확보 할 수 있음.

II. 작품 내용

※ 평가항목 : 기술력 (기능구체성, 난이도, 완성도)

1. 작품 구성도

○ S/W 구성도



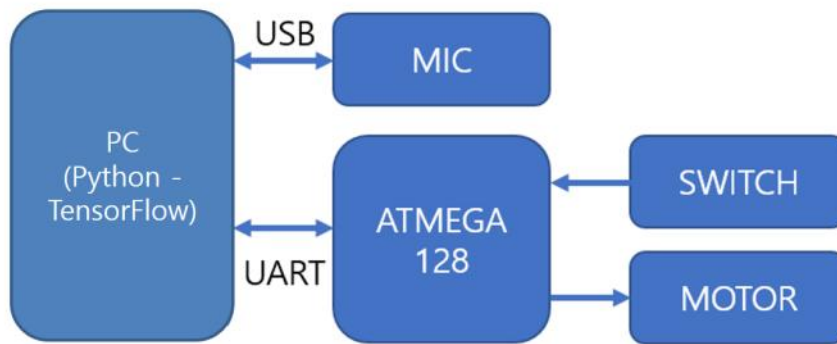
<그림.4 CNN 계층별 구성도>

○ H/W 구현도



<그림.5 H/W 구현 개념도>

○ 시스템 구성도



<그림.6 시스템 구성도>

2. 작품 기능

2-1. 전체 기능 목록

구분	기능	설명	현재진척도(%)
S/W	음성 신호 주파수 분석	떨어지는 물체의 음성을 주파수 대역별 분석	100
	머신러닝(CNN)	주파수 대역별 분석 결과를 Convolutional Neural Network를 통하여 학습 및 분류	100
	시리얼 통신	분류된 결과를 HW로 전달해 실제 물체 분류	100
H/W	선형 이동 구간 /End-Stop Switch, DC Motor, Gear	Rotary Motor를 궤도와 Linear Guide를 이용하여 Linear운동을 하도록 만들었으며, End-Stop Switch를 이용하여 구동부가 이동할 구간을 제한하여 모듈화	100
	재활용품 흡착 부 /Air Pump Motor, DC Motor	엔코더가 달린 DC Motor를 제어하여 일정거리에 있는 재활용품까지 도달하게 하고, Air Pump Motor를 이용하여 재활용품을 빨아들여 고정	100
	재활용품통의 구분배치 /Servo Motor, DC Motor	Servo Motor를 통해 180도 각도 내의 범위에서 각 재활용품을 구분 시켜줄 수 있도록 각도설정하고 제어	100

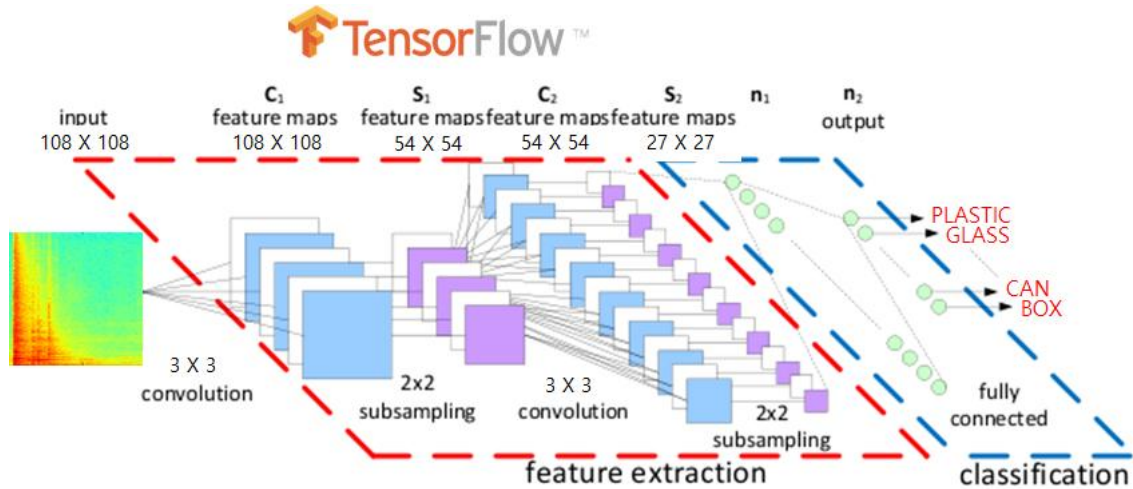
2-2. S/W 주요 기능

기능	설명	작품실물사진
음성 신호 주파수 분석	떨어지는 물체의 음성을 주파수 대역별 분석	
머신러닝(CNN)	주파수 대역별 분석 결과를 Convolutional Neural Network를 통하여 학습 및 분류	<p>step 10000</p> <p>plastic training accuracy 0.96</p> <p>can training accuracy 0.92</p> <p>glass training accuracy 0.92</p> <p>box training accuracy 1</p>
시리얼 통신	분류된 결과를 HW로 전달해 실제 물체 분류	<pre>[SerialId:02063027109, open=False, port:'COM', baudrate:250000, bytesize:8, parity:'N', stopbits:1, timeout:0.001, name:'F', rtscts=False, dsrdtr=False] True done b'a' b'b' b'c' b'd' b'e' b'f' b'g' b'h' b'i' b'j' b'k'</pre>

2-3. H/W 주요 기능

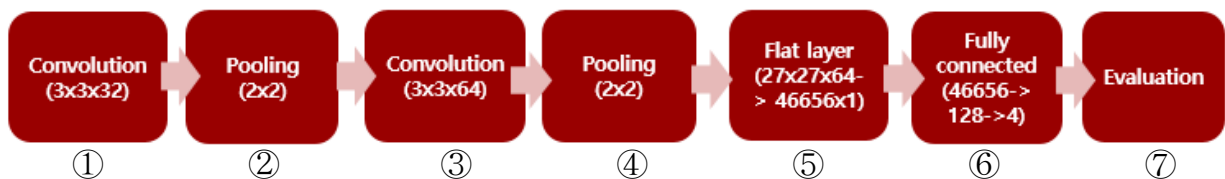
기능/부품	설명	작품실물사진
선형 이동 구간 /End-Stop Switch, DC Motor, Gear	Rotary Motor를 궤도와 Linear Guide를 이용하여 Linear운동을 하도록 만들었으며, End-Stop Switch를 이용하여 구동부가 이동할 구간을 제한하여 모듈화	
재활용품 흡착 부 /Air Pump Motor, DC Motor	엔코더가 달린 DC Motor를 제어하여 일정거리에 있는 재활용품까지 도달하게 하고, Air Pump Motor를 이용하여 재활용품을 빨아들여 고정	
재활용품통의 구분배치 /Servo Motor, DC Motor	Servo Motor를 통해 180도 각도 내의 범위에서 각 재활용품을 구분 시켜줄 수 있도록 각도설정하고 제어	

3. 주요 적용 기술



□ CNN 알고리즘

- CNN(Convolution Neural Network) 이란 convolutional 신경망 연산을 한다는 뜻이며, 이미지 인식과 같은 분야에서 특정 범위(filter)를 한정해 인접한 픽셀들과의 feature를 추출함.
- 특징을 추출하는 convolution layer와 feature를 줄이기 위한 pooling layer를 여러 번 수행함.
- 이 feature들은 이미지 전체를 대표할 수 있는 global한 특징을 가짐.
- 마지막 fully-connected layer에서 확률에 따른 분류를 함.



<그림.7 CNN Flow Diagram>

- 이미지 input size 108x108x3의 이미지를 사용함.

① 첫 번째 convolution layer : filter size는 3x3x1를 사용하여 32개의 특징 추출.
이미지 108x108x3 -> 108x108x32 변환함.

② 첫 번째 pooling layer : 노이즈를 줄이기 위해 이미지의 크기를 반으로 줄임.
108x108x32 -> 54x54x32 변환함.

- ③ 두 번째 convolution layer : filter size는 3x3x32를 사용하여 64개의 특징 추출.
이미지 54x54x32 -> 54x54x64 변환함.
- ④ 두 번째 pooling layer : 노이즈를 줄이기 위해 이미지의 크기를 반으로 줄임.
54x54x64 -> 27x27x64 변환함.
- ⑤ Flat layer : 두개의 layer를 거쳐 나온 27x27x64의 이미지를 46656x1로
선형화시킨 후 정확도를 높이기 위하여 128개의 뉴런이 있는
fully-connected layer를 추가함.
- ⑥ Fully-connected layer : 오버 피팅을 줄이기 위해 탈락을 설정한 후, 128개의
뉴런을 물체의 종류(캔,플라스틱,유리,종이) 총 0~3까지
숫자에 속할 확률로 구함.
- ⑦ Evaluation : 입력 이미지에 대해 가장 높은 확률을 가진 레이블과 실제
레이블을 비교한 후 에러를 계산함.
에러를 줄이기 위하여 매 루프마다 가중치를 변경하여 훈련함.
train데이터 800개(종류별 각 200개)를 10000번의 훈련을 시키고
test데이터 200개로 정확성을 검사함.

4. 작품 개발 환경

구분		상세내용
S/W 개발환경	OS	Windows 10 Education(64bit)
	개발환경(IDE)	Spyder
	개발도구	Anaconda3, TensorFlow
	개발언어	Python
	기타사항	
H/W 구성장비	디바이스	Atmega128
	센서	End-Stop Switch, Encoder
	통신	UART 통신
	개발언어	C언어
	기타사항	3D Printer 출력을 통해 Part 자급
프로젝트 관리환경	형상관리	머신러닝 - TensorFlow RC 0.12, 펌웨어 - Atmel Studio7.0
	이슈관리	주 2회 작업 진행 및 특이사항 공유, 월 1회 워크시트 작성 보고
	의사소통관리	온라인을 통한 멘토와 소통
	기타사항	

III. 프로젝트 수행 내용

※ 평가항목 : 수행능력 (문제해결능력, 수행충실성)

1. 멘티(참여학생) 업무분장

번호	이름	대학	학과	학년	역할	담당업무
1	안성준	광운대학교	로봇학부	4학년	팀장	머신러닝 코드 개발
2	탁희연	광운대학교	로봇학부	4학년	팀원	음성 신호 처리
3	송상윤	광운대학교	로봇학부	4학년	팀원	펌웨어 개발
4	이명호	광운대학교	로봇학부	4학년	팀원	하드웨어 제작
5						

2. 프로젝트 수행일정

프로젝트 기간 (한이음 사이트 기준)		2017.04.10. ~ 2017.11.30.											
구분	추진내용	프로젝트 기간											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계획	아이디어 조사												
분석	개발 로드맵 작성												
설계	Gripping & Recording part 제작												
	Falling part & 전체적인 외관제작												
개발	음성 신호 처리												
	시리얼 통신 개발												
	머신러닝 코드 개발												
	각 코드 연동												
테스트	제작완료 및 디버그												
시장성	시장검증 및 유지보수												
종료	프로젝트 종료												

3. 프로젝트 추진 과정에서의 문제점 및 해결방안

3-1. 프로젝트 관리 측면

- 시행착오로 인한 개발 비용 소모가 많아 제작비 부족우려
-> 교내 설계 제작비를 지원 받아 충당
- 개발 일정 계획에 맞게 프로젝트를 진행 하지 못하여 실제 시행 및 디버그 과정의 지체
-> 업무분장을 조정하여 하드웨어 제작에 비중을 늘림
- 팀 회의 및 프로젝트 진행 장소가 마땅치 않음
-> 교내 학과 사무실에 연락하여 장소 대여

3-2. 작품 개발 측면

- Air Pump Motor의 ON/OFF 시 고 전류로 인한 노이즈로 MCU에 무리가 가서 오작동을 유발
-> Relay를 이용한 Air Pump Motor의 전원분리
- 주변 소음에 반응하여 분류를 정확하게 하지 못하는 경우 발생
-> Data Set을 늘려 정확도 향상, 음성녹음부분 주변을 막아 소음억제
- Motor의 구간 내 이동속도가 느려 전체 동작 Process가 지체됨
-> Screw와 Pulley를 이용하던 구간을 Guide와 Belt를 이용하여 진행 속도 증가
- 단순 Air Pump Motor를 사용해서는 재활용품 흡착이 어려움
-> 흡착 튜브를 사용하여 재활용품과의 접촉 범위를 늘리고 Motor의 압력을 효율적으로 사용

4. 프로젝트를 통해 배우거나 느낀 점

- 아이디어를 얻기 위해 여러 장소들을 견학했었는데 강북 재활용품 선별처리시설이 가장 인상이 깊었다. 자동화 시스템이 거의 구현이 되지 않았고 모두 사람의 손으로 선별이 되고 있었다. 충격을 받은 우리들은 자동으로 분리수거를 하는 기계를 생각해냈다. 카메라로 분류해서 모양이 완벽하지 않은

쓰레기들을 분리하기는 어려웠고, 대신 쓰레기가 떨어질 때 나는 소리를 분석하고자 했다. 각 물체 당 200개의 Train Data와 50개의 Test Data를 녹음하는 방식은 분류의 정확도를 95%로 올려주었고 우리가 생각하는 접근은 쓰레기 분류를 오류 없이 해냈다. 초기 모델이라 단점은 있지만 개선 될 수 있다고 생각한다. 우리들의 여정의 거의 끝나간다. 이 공모전에서 고생한 만큼 사람들에게 인정받고 싶다. 우리들의 생각과 접근이 소용이 없지 않았고 사회에서 도움 될 것이라 믿는다.

IV. 작품의 기대효과 및 활용분야

※ 평가항목 : 기획력 (활용가능성)

1. 작품의 기대효과


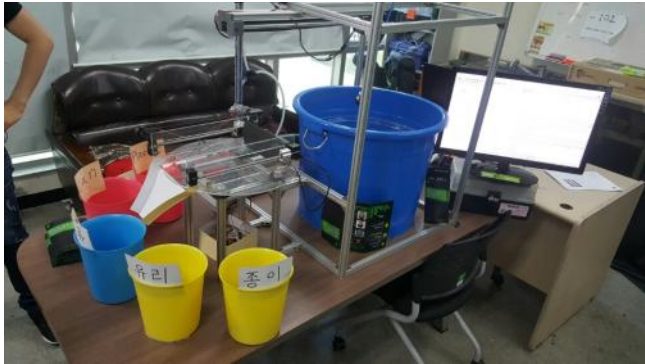
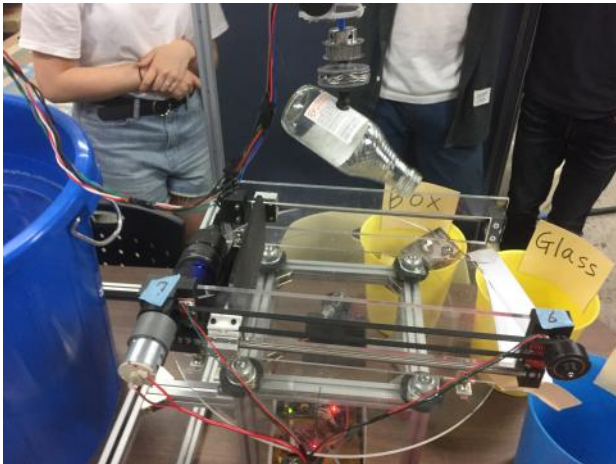
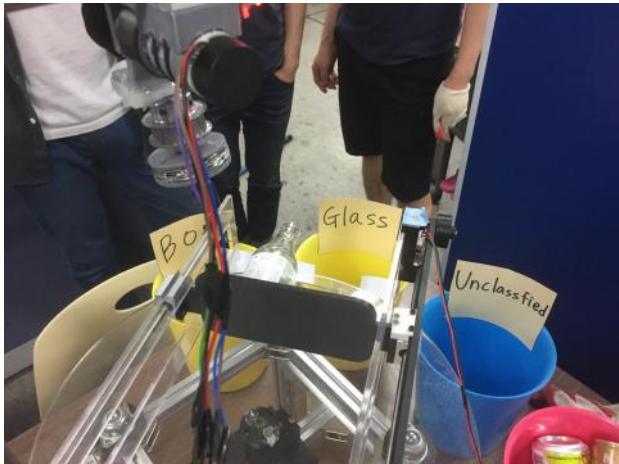
- 독창성
 - 기존에 존재하지 않는 시스템으로 새로운 영역을 개척
 - Vision을 기반한 시스템과는 다르게 시간에 따른 영향(밝기, 조도)에 강함
- 편리성
 - 사람이 일일이 분류하던 재활용 쓰레기를 장치가 알아서 분류함으로써 투자하던 시간을 절약 할 수 있고 노력을 들일 필요 없음
- 머신러닝
 - 최근 각광받는 분야인 머신러닝을 실생활에 접목하여 활용함으로써 머신러닝의 무궁무진한 활용성을 보여줌
 - 우리 생활 가까운 곳에서 인공지능이 쓰임으로써 사람들의 인공지능에 대한 긍정적인 인식 제고와 인공지능의 발달 도모

2. 작품의 활용분야

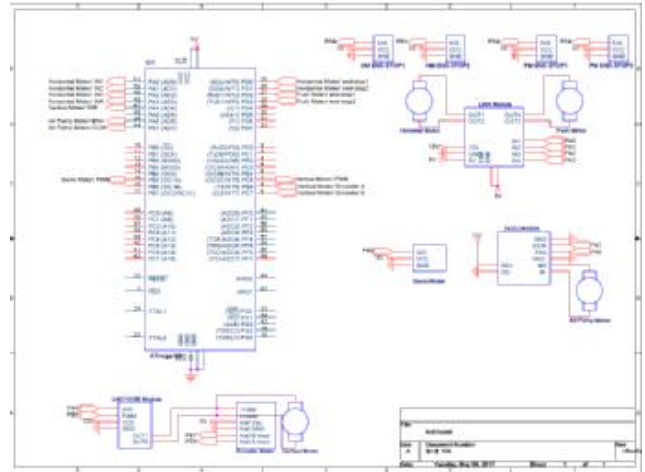
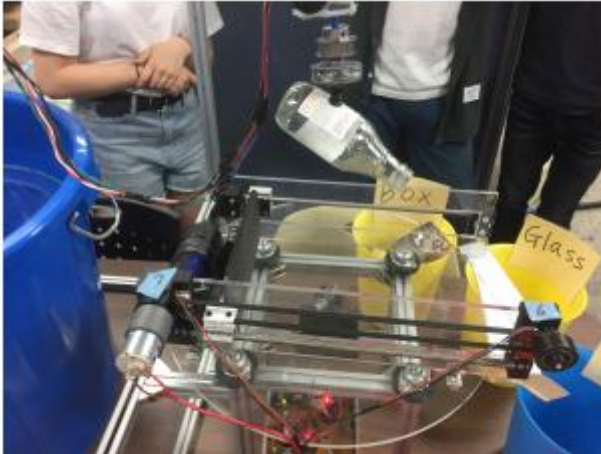
- 재활용품 분류기의 보급
 - 가정에 보급용 재활용품 분리기로서 활용하여 재활용품 처리 Process를 효율적으로 개발
 - 일반 주택 및 아파트단지에도 보급하여 단지관리와 유통 과정 또한 간소화
- 재활용품 배출 데이터 수집
 - 재활용품 분류기가 보급되어 널리 쓰이게 되면 가정 및 지역에 따른 쓰레기 배출 데이터를 축적하여 활용가능
 - 수집 데이터 기반 분류 정확성 개선 및 재활용 장려

V. 개발산출물

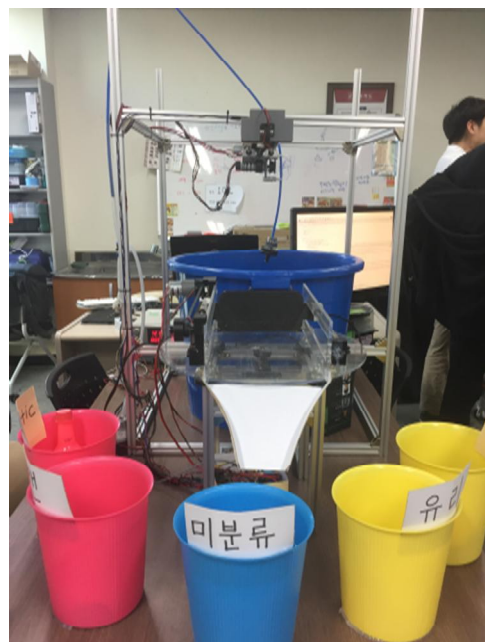
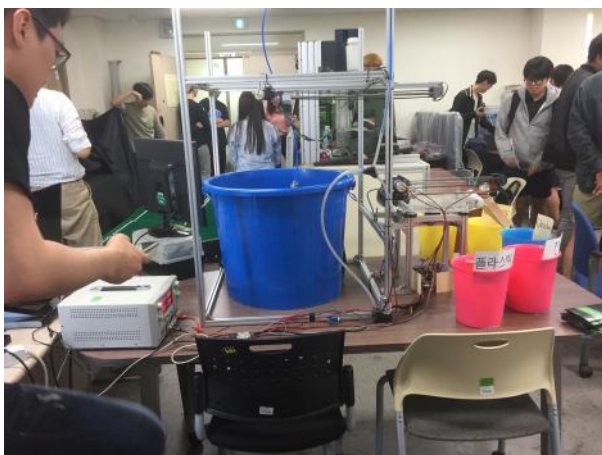
※ 평가항목 : 평가 전반에 참고

기구부 제작 과정 사진(1장)	제작 완료 후 외관 사진(1장)
	
머신러닝 CNN 알고리즘을 통한 물체 분류, 실제 환경 동기화	
	

최종 회로 제작, 외관 마무리



최종 외관 제작

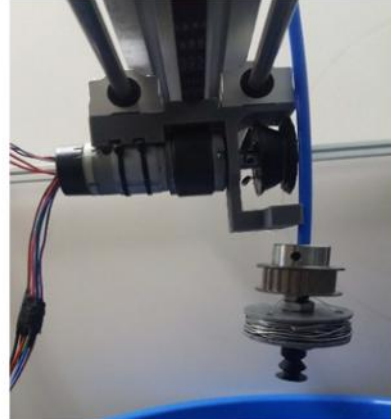


| 6. 모듈 설계서

설계도



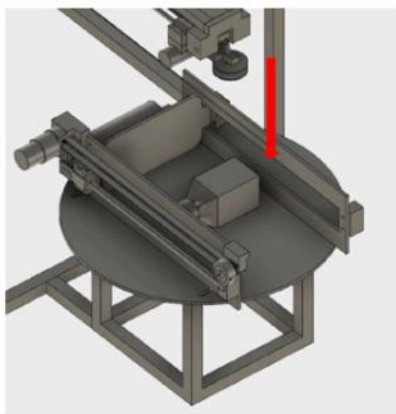
실물



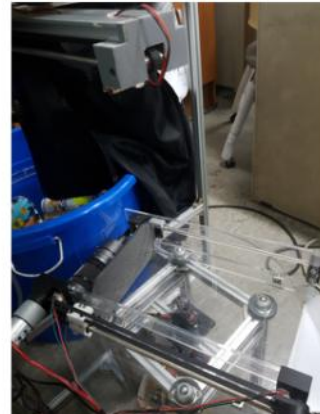
구분	장치	기능
Gripping part & Moving part	흡착패드	흡착 모터의 공기압으로 물체 고정
	흡착모터 + 호스	호스내부에 진공상태를 만들
	Winding 모터	패드에 고정된 물체를 줄을 감아 위로 끌어 올림
	Moving 모터 1	끌어올려진 물체를 분류기까지 운반하기 위한 동력 제공
	벨트	끌어올려진 물체를 분류기까지 옮김
	가이드	물체를 옮길 때 진동의 발생을 예방

| 6. 모듈 설계서

설계도



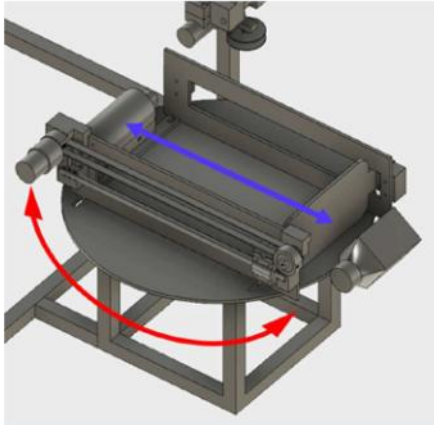
실물



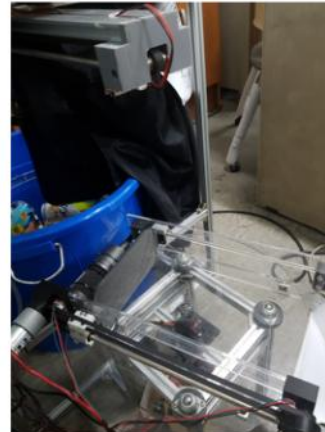
구분	장치	기능
Falling part	흡착모터 + 호스	분류기까지 운반되면 전원을 차단해서 진공상태를 해제시키고 물체를 떨어트림

| 6. 모듈 설계서

설계도



실물



구분	장치	기능
Classifying part	서보 모터	머신 러닝을 이용해 물체 인식 후 해당 방향으로 회전
	Moving 모터 2	분류된 물체를 해당 방향으로 밀어내는 동력 제공
	벨트	분류된 물체를 해당 방향으로 밀어내는 동력 전달
	가이드	물체를 밀 때 진동의 발생을 예방
	판	전달받은 동력으로 분류된 물체를 해당 방향으로 밀어냄

머신러닝 코드 첨부

프로그램 ID	Notrain.py	프로그램 명	머신러닝 코드	작성일	2017. 09. 01	Page	1/3
개요	학습된 데이터를 가져와서 물체가 떨어지는 것을 분석해 분류하는 코드					작성자	안성준

상세 로직

```
test = serial.Serial()
test.baudrate = 256000
test.port = 'COM5'
test.open()
```

Serial 포트 개방

```
CHUNK = 1
FORMAT = pyaudio.paInt16
```

```
RECORD_SECONDS = 2.
```

```
CHANNELS = 1
```

```
RATE = 44100.
Ts = 1./RATE
p = pyaudio.PyAudio()
```

```
cnt = 0
stream = p.open(format=FORMAT,
                 channels=CHANNELS,
                 rate=int(RATE),
                 input=True,
                 frames_per_buffer=CHUNK)
```

마이크 개방

프로그램 ID	Notrain.py	프로그램 명	머신러닝 코드	작성일	2017. 09. 01	Page	2/3
개요	학습된 데이터를 가져와서 물체가 떨어지는 것을 분석해 분류하는 코드					작성자	안성준

상세 로직

```
sess = tf.InteractiveSession()
x = tf.placeholder('float', shape=[None, 108*108*3])
y_ = tf.placeholder('float', shape=[None, 4])

W_conv1 = tf.Variable(tf.truncated_normal([3, 3, 3, 32], stddev=0.1), name="W_conv1")
b_conv1 = tf.Variable(tf.constant(0.1, shape=[32]), name="b_conv1")

x_image = tf.reshape(x, [-1, 108, 108, 3])

h_conv1 = tf.nn.conv2d(x_image, W_conv1, [1, 1, 1, 1], padding='SAME')
h_pool1 = max_pool2d(h_conv1, [2, 2, 2, 1])

# Second Layer
W_conv2 = tf.Variable(tf.truncated_normal([3, 3, 32, 64], stddev=0.1), name="W_conv2")
b_conv2 = tf.Variable(tf.constant(0.1, shape=[64]), name="b_conv2")

h_conv2 = tf.nn.conv2d(h_pool1, W_conv2, [1, 1, 1, 1], padding='SAME')
h_pool2 = max_pool2d(h_conv2, [2, 2, 2, 1])

# Densely Connected Layer
W_fc1 = tf.Variable(tf.truncated_normal([27 * 27 * 64, 128], stddev=0.1), name="W_fc1")
b_fc1 = tf.Variable(tf.constant(0.1, shape=[128]), name="b_fc1")

h_pool2_flat = tf.reshape(h_pool2, [-1, 27*27*64])
h_fc1 = tf.nn.matmul(h_pool2_flat, W_fc1) + b_fc1

# Dropout
keep_prob = tf.placeholder(tf.float32)
h_fc1_drop = tf.nn.dropout(h_fc1, keep_prob)

# Readout Layer
W_fc2 = tf.Variable(tf.truncated_normal([128, 4], stddev=0.1), name="W_fc2")
b_fc2 = tf.Variable(tf.constant(0.1, shape=[4]), name="b_fc2")

y_conv = tf.nn.softmax(tf.matmul(h_fc1_drop, W_fc2) + b_fc2)
```

CNN 알고리즘

프로그램 ID	Notrain.py	프로그램 명	머신러닝 코드	작성일	2017. 09. 01	Page	3/3
개요	학습된 데이터를 가져와서 물체가 떨어지는 것을 분석해 분류하는 코드					작성자	안성준

상세 로직

```

print("Classifying...")
for i in range(0, int((RATE / CHUNK) * RECORD_SECONDS)):
    data = stream.read(CHUNK, exception_on_overflow = False)
    time.append(i/(RATE / CHUNK))
    datanp = np.fromstring(data, dtype=np.int16)
    datanp = datanp / 32768.
    frames.append(datanp)

numpydata = np.array(frames)
numpydata = np.reshape(numpydata, (88200,))
timedata = np.array(time)

if sess.run(tf.argmax(y_conv,1),feed_dict={x:inimg, keep_prob: 1.0}) == 0:
    print("plastic!\n")
    test.write(b'1')
elif sess.run(tf.argmax(y_conv,1),feed_dict={x:inimg, keep_prob: 1.0}) == 1:
    print("can!\n")
    test.write(b'2')
elif sess.run(tf.argmax(y_conv,1),feed_dict={x:inimg, keep_prob: 1.0}) == 2:
    print("glass!\n")
    test.write(b'4')
elif sess.run(tf.argmax(y_conv,1),feed_dict={x:inimg, keep_prob: 1.0}) == 3:
    print("box!\n")
    test.write(b'5')

```

물체 소리 입력

분석 후 분류결과
전송

하드웨어 펌웨어 코드 첨부

프로그램 ID	atmega128	프로그램 명	Haniem.sln	작성일	2017. 09. 04	Page	1/1
개요	재활용품 분류기를 순차적으로 진행 하고자 end-stop 스위치가 눌리면 각 상황에 맞게 switch-case 문을 사용 하였고 해당 동작들은 각각함수로 만들어서 구조화하였다.					작성자	송상윤

상세 로직

```

while(1)
{
    if(waitflag == 1)
    {
        switch(level)
        {
            case 1 ://int3 horizontal return
            lift_stuff();
            carry_stuff();
            waitflag = 0;
            break;

            case 2 ://int2 horizontal end
            classify_stuff();
            push_stuff();
            waitflag = 0;
            break;

            case 3 ://int6 push end
            sbi(PORTA,PORT0);
            cbi(PORTA,PORT1); //push return
            waitflag = 0;
            break;

            case 0 ://int7 push return
            cbi(PORTA,PORT0); //H04_IN1
            cbi(PORTA,PORT1); //H04_IN2
            waitflag = 0;
            break;
        }
    }
}

```

재활용품 흡착 시키고 음성 분류
부분까지 이동

재활용품 떨어뜨리고 음성분류 진
행 하고 해당 통에 재활용품 배치

재활용품을 밀어 낼때 사용한 모터
제자리도 돌려놓음

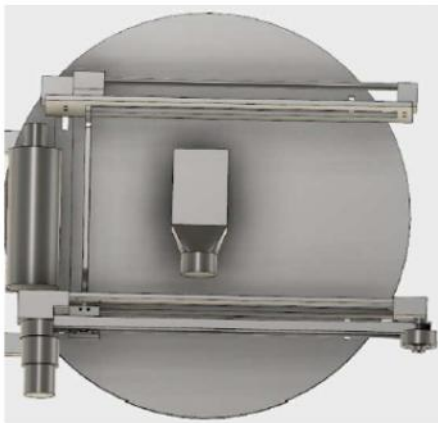
다음 재활용품 분류를 위해 흡착
부 원위치로 이동



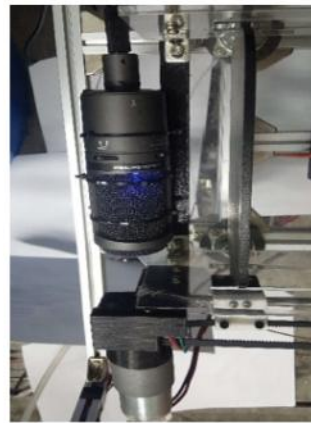
| 6. 모듈 설계서



설계도



실물



구분	장치	기능
Recording part	마이크	원판 위에 떨어진 물체의 소리를 녹음