

양식

2023년 한이음 ICT멘토링 개 발 보 고 서

2023. 8. 23

프로젝트명

AI를 이용한 쓰레기 분리수거 로봇

 정보통신기획평가원

요 약 본

프로젝트 정보	
프로젝트명	AI를 이용한 쓰레기 분리수거 로봇
주제 영역	<input checked="" type="checkbox"/> 생활 <input type="checkbox"/> 업무 <input type="checkbox"/> 공공/교통 <input type="checkbox"/> 금융/핀테크 <input type="checkbox"/> 의료 <input type="checkbox"/> 교육 <input type="checkbox"/> 유통/쇼핑 <input type="checkbox"/> 엔터테인먼트
기술 분야	<input checked="" type="checkbox"/> SW·AI <input type="checkbox"/> 방송·콘텐츠 <input type="checkbox"/> 블록체인·융합 <input checked="" type="checkbox"/> 디바이스 <input type="checkbox"/> 차세대보안 <input type="checkbox"/> 미래통신·전파
성과 목표	<input checked="" type="checkbox"/> 논문게재 및 포스터 발표 <input type="checkbox"/> 앱등록 <input type="checkbox"/> 프로그램등록 <input type="checkbox"/> 특허 <input type="checkbox"/> 기술이전 <input checked="" type="checkbox"/> 실용화 <input checked="" type="checkbox"/> 공모전(한이음 ICT 멘토링 공모전) <input type="checkbox"/> 기타()
프로젝트 소개	실시간으로 영상에 촬영되는 쓰레기를 탐지 및 분류하는 인공지능(AI) 모델 생성하고 로봇팔을 설계하여, 쓰레기 분리수거 현장에 투입될 수 있는 로봇을 제작
개발 배경 및 필요성	쓰레기 분리수거 현장은 위험하고 불편한 환경이 조성되며 많은 인력과 시간이 필요함. 이에 분리수거 로봇을 제작해 사람의 일을 로봇이 대신 함으로써 인간의 삶의 질을 높이하고자 함
프로젝트 특·장점	1. 자동화 시스템: 인공지능과 로봇을 결합하여 효율적인 분리수거 시스템 구축 2. 실시간 검출 및 분류: 카메라 영상을 실시간으로 분석하여 쓰레기를 분류함으로써 빠른 대응과 오랜 시간 작업 가능 3. 작업 환경 개선: 위험하거나 불편한 환경에서 벗어나게 하며, 지루하고 반복적인 작업에서의 오류 가능성을 낮춤
주요 기능	1. 쓰레기 분류: 라즈베리 환경에서 동작하는 TFLite 경량화 모델을 사용해 쓰레기를 검출(object detection) 및 분류(classification)함 2. 분리수거: 분류 결과에 따라, 6개의 모터로 구성된 로봇팔이 분리수거를 진행함 3. 로봇팔 수동 제어: 사용자가 필요에 따라 조이스틱을 사용해 모터 단위로 로봇팔을 수동으로 제어함
기대효과 및 활용 분야	- 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 업종의 작업 환경 개선 - 정확한 쓰레기 판별 및 분리수거 수행으로 재활용 효율 극대화 - 자동화된 시스템을 구축을 바탕으로 업무 속도 향상 및 인건비 절감 - AI 기술과 로봇 공학 기술을 결합한 새로운 영역으로의 사업 확장 가능

본 문

I. 프로젝트 개요

1. 프로젝트 소개

1) 소개

- 실시간으로 영상의 쓰레기를 인공지능(AI) 모델을 통해 검출 및 분류
- 모델이 분류한 결과 값을 바탕으로 분리수거를 실행할 로봇팔을 설계 및 제작하여 분리수거 자동화 시스템 구축

2) 기획 의도:

- 현대 사회에서 감당할 수 없는 많은 양의 쓰레기는 심각한 문제
- 본 프로젝트는 인공지능과 로봇 공학을 결합하여 쓰레기 분리수거 작업을 자동화하고 효율적으로 처리하고자 함

3) 내용:

1. 로봇 팔 수동 제어



2. 분리수거



- 라즈베리파이 V2 카메라 모듈을 통해 실시간 영상을 촬영하고, TFLite로 경량화된 인공지능(AI) 모델을 사용하여 쓰레기 객체를 검출 및 분류
- 분류된 쓰레기 결과를 로봇팔을 제어하는 아두이노 보드로 전송하고, 아두이노는 결과값을 바탕으로 정해진 분리수거 동작 수행
- 지속적인 데이터 학습으로 모델을 업데이트를 하여 모델을 개선하고, 새로운 쓰레기 유형에 대응
- 사용자가 세부적인 로봇 팔 제어를 희망할 경우, 조이스틱을 이용해 로봇팔 모터를 수동으로 제어

2. 개발 배경 및 필요성

- 2021년 한국환경공단에서 조사한 대한민국 재활용률 결과에 따르면, 실질적인 재활용이 이루어지는 재활용품 비율인 실질 재활용률이 플라스틱 기준 40%에 그치는 등 재활용 분리수거에 대한 인식 부족 문제가 심각함
- 코로나 이후 배달 서비스 증가로 인해 일회용품 사용량이 급증. 그로 인해 많은 양의 쓰레기가 발생하게 되고, 이 쓰레기를 자동화가 된 로봇이 처리하여 효율성을 높일 필요성이 증가하고 있음.
- 최근 산업에서 로봇과 인공지능(AI)을 사용하는 사례가 늘고 있으며, 특히 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 업종에 로봇 활용의 수요가 증가하고 있음
- 로봇의 경우 초기 설치 비용을 배제하고, 구동을 위해 필요한 전력을 제외하면 사람의 인건비보다 저렴하게 사용할 수 있는 장점이 있음. 이러한 이점을 활용해 분리수거 작업을 많이 하는 대단지 아파트 또는 기업에서 로봇을 활용해 업무 효율성 향상과 비용 절감에 기여하고자 함.

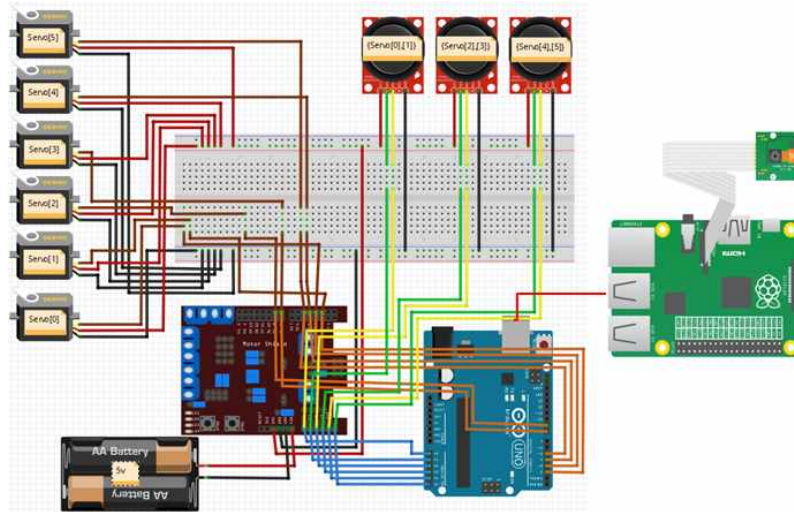
3. 프로젝트 특 · 장점

- 자동화 시스템: 현재 대부분의 분리수거 작업은 인간이 수동적으로 진행하고 있음. 이를 AI 모델과 로봇 기술을 결합한 효율적인 분리수거 시스템 구축하여 자동화 시스템을 제공함으로써 노동력 및 효율성을 월등히 개선할 수 있음
- 실시간 검출 및 분류: 카메라에 영상을 실시간으로 분석하여 쓰레기를 검출함으로써 빠르게 쓰레기를 판별. 이는 사람이 구분하기 어려운 것들에 대해 인공지능 모델에게 학습시켜 노동 시간이 증가할수록 피로로 인해 정확도가 낮아지는 사람과는 반대로 시간에 따른 학습으로 인해 본 프로젝트는 더 높은 정확도와 작업 효율을 낼 수 있음
- 작업 환경 개선: 쓰레기 분리 규모가 큰 경우 해당 환경 종사자는 오랜 시간 위험하거나 불쾌한 환경에 노출될 가능성이 높음. 하지만 본 프로젝트는 이러한 문제에서 벗어나게 하여, 지루하고 반복적인 작업에서의 사람의 오류 가능성을 고려하지 않게 함

II. 프로젝트 내용

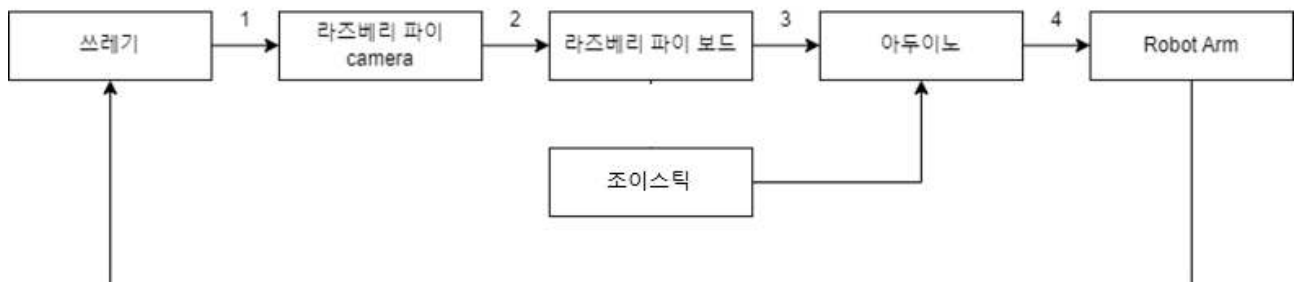
1. 프로젝트 구성도

1) H/W 구성도



- 6개의 서보 모터는 로봇팔을 구성하며 모터의 파워를 공급하는 모터 드라이버와 연결되고, 동작을 수행 명령을 받을 수 있도록 모터 드라이버는 아두이노 보드와 연결하여 구성함.
- 아두이노 보드는 조이스틱의 신호를 받거나, 라즈베리파이 4B 보드에 USB 시리얼 통신을 통해 전송되는 결과 값을 받아 모터를 제어할 수 있도록 구성함.

2) 서비스 흐름도




- 자동 제어: 카메라 영상에서 물체가 감지되면 라즈베리파이 보드에서 쓰레기 여부를 판별하고 쓰레기인 경우 분류 결과를 아두이노에 전송
아두이노는 시리얼 통신을 통해 전달받은 결과값을 바탕으로 분리수거를 수행
- 수동 제어: 사용자가 수동으로 로봇팔 조정이 필요한 경우, 조이스틱으로 로봇팔을 구성하는 6개의 모터를 세부적으로 제어

2. 프로젝트 기능

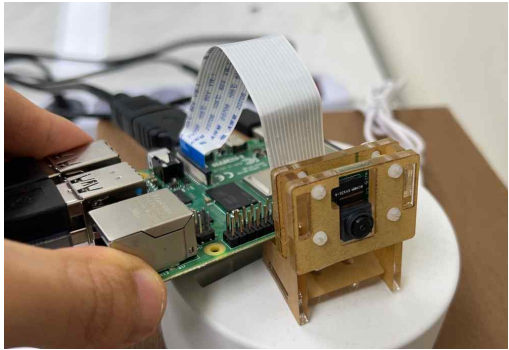

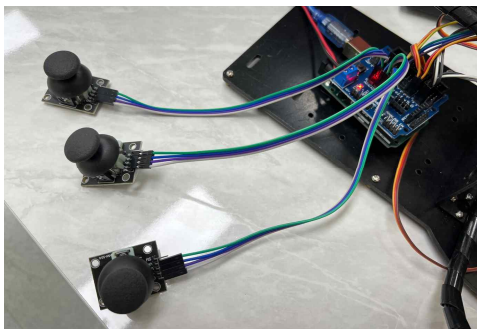
1) 전체 기능 목록

구분	기능	설명	현재진척도(%)
S/W	실시간 영상 촬영	V2 카메라 모듈에 담기는 영상을 스트리밍함. 스트리밍을 위해 내부에서 프레임을 지속적으로 읽는 스레드가 동작	100
	객체 인식	프레임을 읽어온 후, TFLite 모델을 이용하여 쓰레기를 인식 및 판별하고, 판별 결과를 상자와 점수로 프레임 위에 표시	100
	시리얼 통신	라즈베리파이 카메라 영상에서 인식 및 분류된 쓰레기가 존재하는 경우, USB 시리얼 통신을 통해 아두이노로 해당 라벨(결과) 값을 전송	100
	로봇팔 모션 구현	쓰레기를 분리수거 하기 위해 라즈베리파이가 인식한 라벨을 수신하여 해당 라벨의 따른 동작을 아두이노가 수행	100
H/W	라즈베리파이 V2 카메라 모듈 실행	실시간 영상을 스트리밍하기 위해 라즈베리파이와 V2 카메라 모듈을 연결	100
	로봇팔 분리수거 (1~6번 서보 모터 제어)	모터 드라이버로 서보 모터에 전력을 공급하고, 아두이노의 Digital Pin에서 PWM 신호를 보내 로봇팔을 제어	100
	로봇팔 조이스틱 제어	3개의 조이스틱을 사용하여 로봇팔을 수동으로 제어. 조이스틱 1개당 2개의 서보 모터를 제어하여 총 6개의 서보 모터를 제어	100

2) S/W 주요 기능

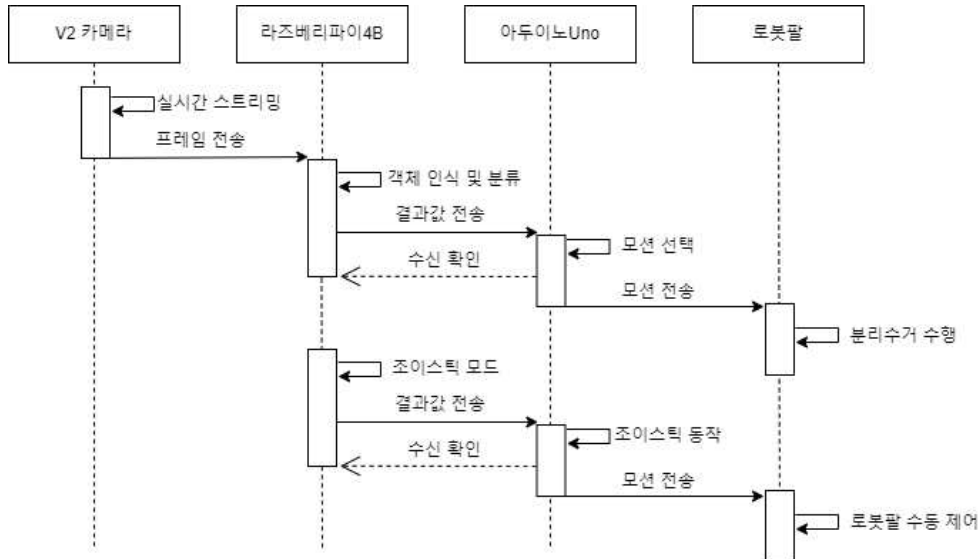
기능	설명	프로젝트실물사진
객체 인식 (쓰레기 분류)	<p>라즈베리파이 보드에 연결된 V2 카메라가 스트리밍 하는 영상에서 물체가 감지되면 AI 모델이 이를 인식</p> <p>해당 모델은 Can, Glass, Plastic 3개의 Label에 대해 분류하고 Score가 80% 이상인 경우 해당 결과를 출력</p>	 
시리얼 통신 (결과 값 전송)	<p>시리얼 통신을 이용하여 라즈베리파이 보드에서 객체 인식 결과를 아두이노 보드에 전송</p> <p>Can(0), Plastic(1), Glass(2), None Detect(3), JoystickMode(4) 5개의 상황으로 구분하고 해당 결과를 아두이노에 숫자로 전송</p> <p>아두이노 보드는 전달받은 값을 라즈베리파이 에 재전송하여 정상 수신 여부를 체크</p>	
로봇팔 모션 구현	<p>각 모터별 객체를 생성하여 모터가 움직일 수 있는 0~180도 각도를 코드로 구현</p> <p>시리얼 통신 통해 라즈베리파이로부터 0~4의 숫자를 받아, 해당 숫자에 맞게 정해진 동작을 수행</p> <p>0일 경우 왼쪽으로 분리수거, 1일 경우 앞으로 분리수거, 2일 경우 오른쪽으로 분리수거, 3일 경우 기본 상태 유지, 4일 경우 조이스틱 Input을 기반으로 동작</p>	

3) H/W 주요 기능

기능/부품	설명	프로젝트실물사진
라즈베리파이 V2 카메라 모듈 실행	라즈베리파이 보드와 V2 카메라 모듈을 연결 S/W에서 VideoStream Class를 호출하면 스트리밍이 가능	
로봇팔 분리수거	분리수거를 진행하는 하드웨어로 모터 드 라이버에 연결된 전력으로 로봇팔을 구동 MG996R 서보 모터는 PWM의 duty cycle에 의해 제어 0, 1번 모터는 그리퍼를 조절하고 2, 3번 모터는 중간의 관절, 4, 5번 모터는 하단 부분의 관절을 제어	
로봇팔 조이스틱 제어	사용자가 로봇팔을 수동으로 조작을 희망 하여 조이스틱 모드로 변경되면 조이스 틱의 아날로그 신호가 아두이노 보드의 Analog Input 핀으로 입력 아두이노는 입력받은 아날로그 신호를 계 산하여 Digital 신호로 변환해 서보 모터 로 신호를 전달	

3. 주요 적용 기술

- 로봇팔 동작 구현 시나리오: 로봇팔은 화면에 담기는 객체를 인식하여 자동으로 분리수거를 진행하는 분리수거 모드와 사용자의 조이스틱 조작을 바탕으로 동작하는 조이스틱 모드로 나누어 짐.

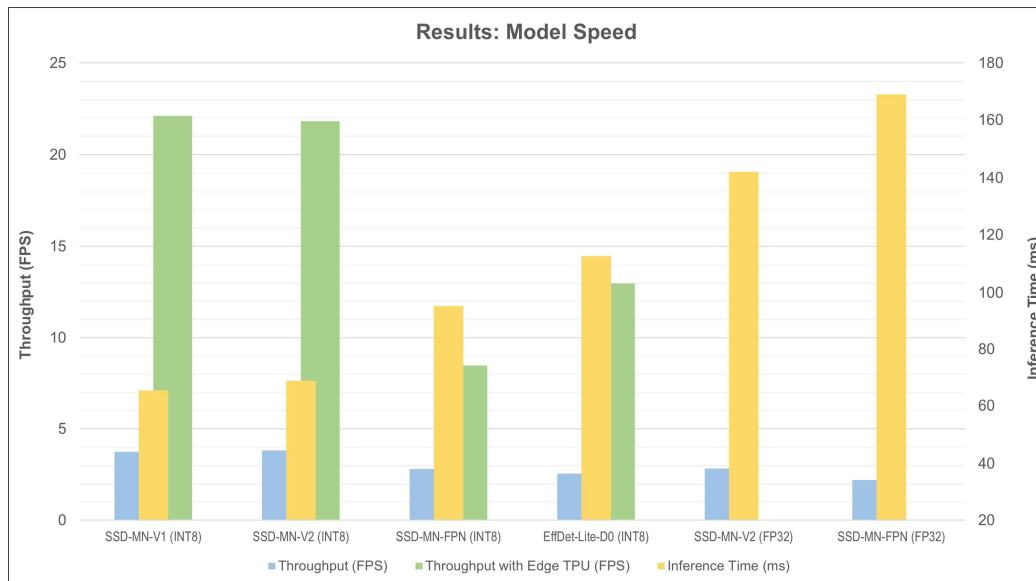


- 분리수거 모드: 기본 Default 모드이며, 실시간 영상에서 객체가 감지되면 라즈베리파이에서 해당 객체를 인식 및 분류하여 라벨 Score가 80% 이상이라면 해당 결과를 시리얼 통신으로 아두이노 보드에 전송함. 아두이노 보드는 수신한 라벨 값을 확인하고, 제대로 받았다는 수신 확인과 함께 로봇팔에 적절한 분리수거 모션을 전달하여 분리수거를 수행함.
 - 조이스틱 모드: 사용자가 라즈베리파이 터미널에 조이스틱 모드 Input을 입력하면, 조이스틱 모드가 실행됨. 아두이노는 조이스틱에 Input을 받아 그에 따른 로봇팔이 움직일 수 있도록 동작을 전달함.
- 적용 알고리즘 및 주요 적용 기술:
 - TFLite : 라즈베리파이와 같은 임베디드 환경에서 정상적으로 동작하는 모델을 생성하려면 해당 모델을 경량화 하는 작업이 필수. 본 프로젝트에서는 객체 인식 위해 Tensorflow를 활용해 모델을 생성하고 TFLite를 활용하여 경량화 하였음
 - Data Set: 3개의 Label(Can, Glass, Plastic)을 인식하는 모델을 만들기 위해 Total 600장의 이미지 data set을 직접 촬영하여 수집했고 그중 Training set 480장, Validation Set 60장, Test Set 60장을 무작위로 split 하였음
 - 모델 성능 비교: 모델의 Speed 지표와 Accuracy 지표를 참고하여 TensorFlow 2 Object Detection Model Zoo라는 Tensorflow 2를 사용하여 개발된 객체 감지 모델의 모음 중, 하나의 모델을 본 프로젝트에 사용.

- 모델 Speed: TensorFlow 2 Object Detection Model Zoo에 모델 중 일부 모델의 성능(속도) 지표는 다음과 같음.

Model	Inference Time (ms)	Throughput (FPS)	Throughput w/ Edge TPU (FPS)
SSD-MobileNet-v2 (FP32)	142.1	2.85	N/A
SSD-MobileNet-v2 (INT8)	68.96	3.83	21.8
SSD-MobileNet-v2-FPNLite (FP32)	169.2	2.23	N/A
SSD-MobileNet-v2-FPNLite (INT8)	95.08	2.83	8.49
SSD-MobileNet-v1 (INT8)	65.59	3.76	22.1
EfficientDet-Lite-D0 (INT8)	112.6	2.58	13.0
EfficientDet-D0 (FP32)	1520	0.55	N/A

Inference Time과 Throughput을 지표를 볼 때, 8-bit-integer 데이터 형식을 지원하는 모델이 속도 측면에서는 높은 성능을 보임.

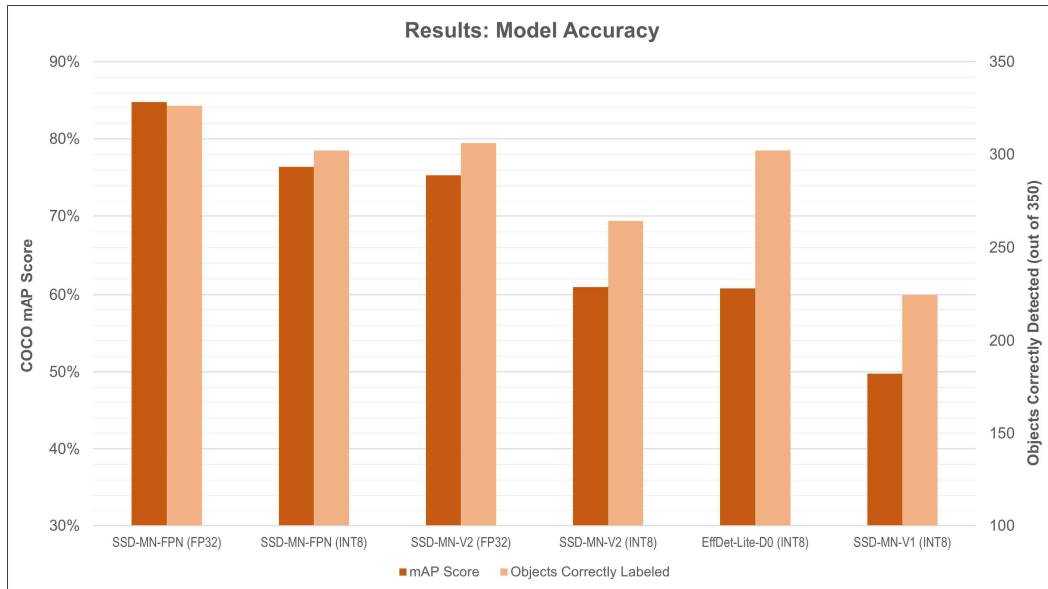


결과를 Chart로 확인하면 눈에 띄는 결과를 확인할 수 있음.

- 모델 Accuracy: TensorFlow 2 Object Detection Model Zoo에 모델 중 일부 모델의 성능(정확도) 지표는 다음과 같음.

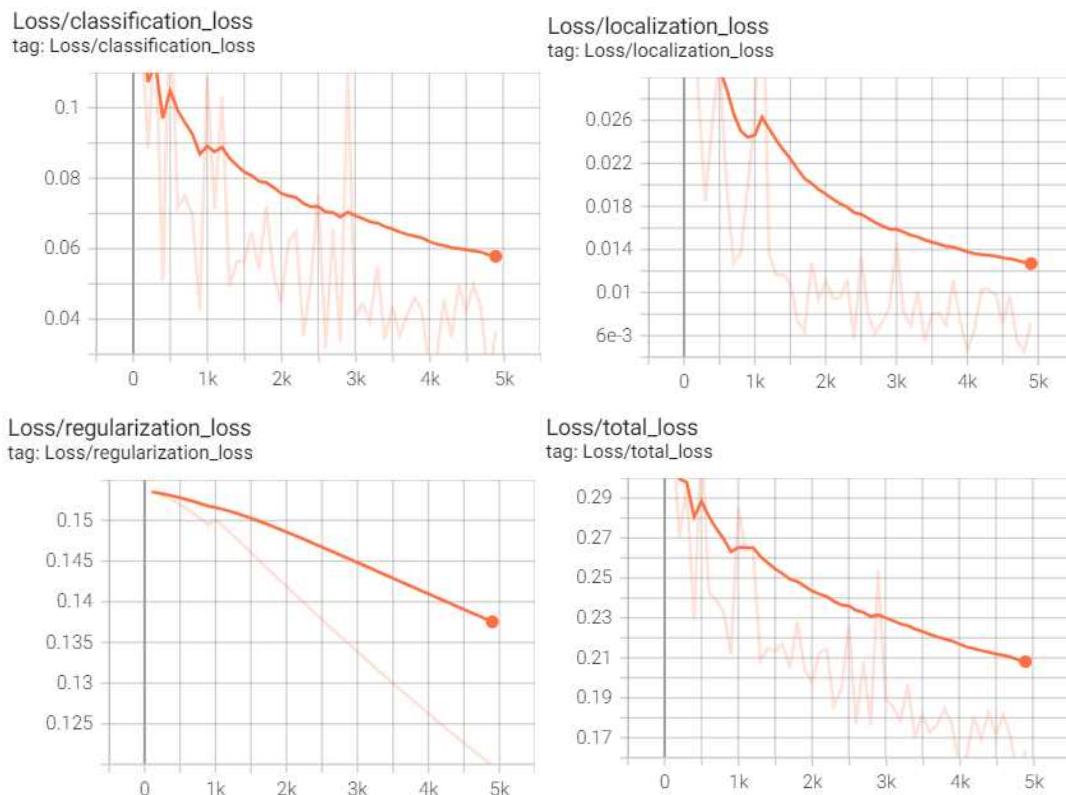
Model	Accuracy Score (COCO mAP @ 0.5:0.95)	Objects Correctly Labeled (out of 335)
SSD-MobileNet-v2 (FP32)	75.33%	306
SSD-MobileNet-v2 (INT8)	60.99%	264
SSD-MobileNet-v2-FPNLite (FP32)	84.81%	326
SSD-MobileNet-v2-FPNLite (INT8)	76.41%	302
SSD-MobileNet-v1 (INT8)	49.77%	225
EfficientDet-Lite-D0 (INT8)	60.79%	302
EfficientDet-D0 (FP32)	46.91%	235

Floating Point 32-bit의 데이터 형식을 지원하는 모델이 대체로 성능이 높은 것을 확인할 수 있음.



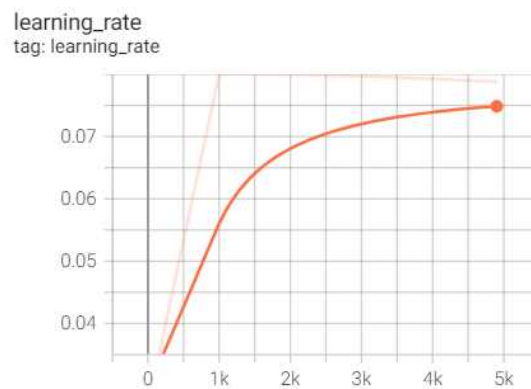
결과를 Chart로 확인하면 눈에 띄는 결과를 확인할 수 있음.

- 모델 선택: 대체로 모델의 Speed와 Accuracy는 반비례함을 알 수 있음. 여러 지표를 종합하여 최종적으로 작은 데이터셋으로 높은 정확도를 보이며, 거의 실시간 성능을 유지하고, 약간의 시간만을 제공한다면 높은 정확도를 제공하는 ‘SSD-MobileNet-FPN-Lite-320x320’ 모델을 선택하여 프로젝트를 진행함.
- Training: Training Steps은 5,000, Batch Size는 16을 설정하고 훈련을 진행. 결과는 다음과 같음.



훈련이 진행될수록 전체적인 예측값과 실제값 사이의 차이를 나타내는 loss가

줄어드는 것을 확인할 수 있음.



또한, 훈련이 진행될수록 적절한 learning rate가 생성되는 것을 확인할 수 있음

- 모델 성능 평가: 객체 검출 모델의 성능 측정 지표 중 하나인 mAP 값은 다음과 같음.

mAP Results

Class	Average mAP
<hr/>	
Glass	90.11%
Can	90.66%
Plastic	90.21%
Overall	90.33%

mAP 종합 90.33%로 분리수거를 위한 객체 인식 모델이 적절히 생성된 것을 확인할 수 있음.

4. 프로젝트 개발 환경

구분		상세내용
S/W 개발환경	OS	라즈베리파이 OS: 라즈베리파이 보드에서 개발
	개발환경(IDE)	Thonny: 간단한 코드 테스트 환경 PyCharm: 영상처리, 객체 인식 알고리즘 개발 환경 Colab: 인공지능 모델 학습 및 생성 환경
	개발도구	OpenCV: 분류 정확도를 높이기 위한 영상처리 작업 TensorFlow Lite: 모델을 경량화하여 임베디드 환경에서 동작
	개발언어	Python: AI 모델 학습 및 생성, 영상 처리
	기타사항	
H/W 구성장비	디바이스	아두이노 Uno, Nano, MG996R 모터, 조이스틱
	센서	
	통신	Serial 통신: Python 라이브러리인 pyserial을 사용해 라즈베리파이와 아두이노간 데이터 송수신 구현
	개발언어	아두이노 스케치: 로봇팔 모션 구현
	기타사항	
프로젝트 관리환경	형상관리	GitLab: 팀원 간 소스코드 공유 및 형상 관리
	의사소통관리	Notion: 팀원 간 문서 산출물 관리
	기타사항	Zoom: 멘토링 및 팀원 간 회의

5. 기타 사항 [본문에서 표현되지 못한 프로젝트의 가치(Value)] 및 제작 노력

- 성능 최적화: 최근 소프트웨어 개발의 경우 소프트웨어를 먼저 개발하고 이후 소프트웨어에 맞춰 하드웨어 스펙을 선정함. 하지만 임베디드 분야의 경우 제한된 하드웨어 안에 필요한 기능을 넣어야하는 제약이 많음.
본 프로젝트는 성능에 제한이 있지만 그러한 제한 속에서 최적화 및 경량화를 적극 고민하여 컴퓨팅 파워가 좋지 않은 환경에서도 컴퓨팅 파워가 많이 필요로 하는 실시간 객체 인식을 구현함.
- 신뢰성: 현장에 투입을 목표로 프로젝트를 진행. 이를 위해 현장 관계자에게 신뢰성 있는 기능을 제공하고자 AI 모델 선정 및 생성 과정에서 다양한 지표를 확인하고 검증을 진행함. 또한, 단순히 기능 사용에 그치지 않고 현장에서 쌓이는 데이터를 추가로 주기적으로 학습할 경우 본 서비스가 제공하는 기능의 신뢰도는 AI 모델의 개선과 함께 더욱 높아질 수 있음

III. 프로젝트 수행 내용

1. 프로젝트 수행 일정

프로젝트 기간 (ICT멘토링 사이트 기준)		2023.04.17. ~ 2023.11.15.									
구분	추진내용	프로젝트 기간									
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계획	계획서 작성, 역할 분담										
분석	컴퓨터 비전, 머신러닝 스터디										
	프로젝트 H/W 장비 구매										
설계	아두이노, 로봇 팔 모터 회로 설계										
	아두이노, 라즈베리파이 회로 설계										
	쓰레기 데이터 수집 및 학습										
개발	6 DOF Robot ARM 조립										
	로봇팔 조이스틱 수동 제어 구현										
	라즈베리파이 셋팅 및 카메라 설정										
	쓰레기 분류를 위한 AI 모델 생성										
	쓰레기 인식 및 분류										
테스트	성능 개선 및 오류 테스트										
종료	논문 작성 및 공모전 참가										

2. 프로젝트 추진 과정에서의 문제점 및 해결방안

1) 프로젝트 관리 측면

- 일정 관리 문제: 팀원들 개인의 학사 일정과 프로젝트를 함께 병행하다 보니 계획했던 일정이 지연되는 문제가 있었음. 이를 해결하기 위해 Notion에 해야 할 업무들을 정하고, 정기적인 회의를 통해 서로 진도를 조율하며 프로젝트를 진행함
- 요구사항 변경과 Scope 문제: 프로젝트 경험이 부족과 팀원 개인별 수준 파악 미흡으로 인한 잦은 요구사항 변경과 프로젝트 범위가 달라지는 문제 발생. 이를 해결하기 위해 프로젝트를 H/W와 S/W 두 파트로 나눠 팀원별 맡은 부분을 집중적으로 개발함

2) 프로젝트 개발 측면

- 개발 능력 부족: 아두이노, 라즈베리파이에 대한 경험 부족으로 개발에 어려움을 겪음. 이를 해결하기 위해 Udemy 강의를 적극 활용하여 해당 보드를 다루는 것에 대한 실력을 키움
- 버전 및 호환성 문제: 라즈베리파이 OS에서 OpenCV와 기타 라이브러리를 사용하는 과정에서 버전에 따른 호환성 문제가 발생. 이를 해결하기 위해 업데이트 시 신중히 확인 후 진행했으며, 공식 문서를 참고하여 호환성 정보를 참고함
- 하드웨어 스펙 문제: 제한된 금액 범위 내에서 하드웨어를 설계하다 보니, 충분하지 못한 파워를 가진 모터를 가지고 프로젝트를 진행하게 됨. 이를 해결하기 위해 S/W 부분에서는 코드에 적절한 Delay 추가했고, H/W 부분에서는 최적의 회로 설계를 고민함

3. 프로젝트를 통해 배우거나 느낀 점

- 협업과 커뮤니케이션: 팀 프로젝트를 진행하기 위해 팀원들과 소통과 업무 분담, 문제 해결 등을 진행하는 과정에서 협업 능력을 배우고 소통에 중요성을 느낌.
- 문제 해결 능력: 프로젝트 진행 과정에서 발생하는 리스크를 관리하고 또 실제로 발생한 이슈들을 팀원들과 소통하면서 이를 해결하는 방법을 배움
- 실무 지식 습득: 로봇팔을 제작하기 위해 H/W, S/W를 직접 설계 및 구현하면서 실질적으로 필요한 기술과 도구에 대해 배움. 구체적으로 하드웨어에서 PWM 제어, 로봇 조립과 같은 내용을 학습하고, 소프트웨어에서 인공지능 및 영상 처리에 대한 지식을 학습함
- 사용자 중심 개발: 실제 사용자가 실생활에서 사용할 것을 고려해 사용자들에게 제공할 가치에 대해서 고민해 보면서, 사용자 중심 개발의 중요성을 깨닫고, 사용자 경험과 피드백에 집중하는 방법에 대해 배움

IV. 기대효과 및 활용분야

1. 프로젝트의 기대효과

- 작업 환경 개선: 위험하거나 불쾌한 환경에서의 작업을 로봇이 대신 처리하므로 작업자의 안전과 건강을 보호할 수 있음
- 환경 보호 및 재활용 증진: 로봇을 활용하게 되면 시스템을 통해 정확한 분류가 이루어져 재활용률이 증가하여 효율적인 자원의 사용을 촉진할 수 있음
- 작업 효율 상승: 로봇이 24시간 자동화 작업을 가능하게 하여 분리수거 작업 효율성을 높일 수 있음
- 노동력 및 비용 절감: 인력을 투입하는 대신 로봇과 인공지능이 작업을 수행하므로 그에 따른 인건비를 절감함으로써 비용 효율성을 높임

2. 프로젝트의 활용분야

- 많은 양의 쓰레기를 분리수거 하는 기업이나 대단지 아파트의 경우 로봇을 활용한 분리수거 자동화 시스템을 적용할 수 있음
- 대규모의 폐기물이 나오는 생활, 공공, 산업, 농업, 재활용, 건설, 병원 등 다양한 분야에 자동화된 분리수거 시스템을 도입함으로써 대량의 쓰레기를 효율적으로 처리하고 재활용할 수 있음
- AI 모델 생성을 위한 데이터 학습 단계에서 쓰레기가 아닌 다른 분야의 데이터를 학습시켜 새로운 산업 환경에서 적용할 수 있음
- 객체를 인식 및 분류하여 로봇을 제어하는 작업이 필요한 산업 환경에서 본 프로젝트를 개선 및 발전시켜 활용할 수 있음