

SW개발/HW제작 설계서

프로젝트 명 : AI를 이용한 쓰레기 분리수거 로봇

2023. 08. 23

(sortics)

| 시장/기술 동향 분석

분리수거가 필요한
폐기물 양 증가 추세

2020년 대표적인 일회용 플라스틱 소비 발자국

1인당
연간 소비량²⁾
1,312 개
(19Kg)



국내 전체
연간 소비량
558억 개
(873,833톤)

1인당
연간 소비 개수

109 개
(1.6Kg)



PET병

국내 전체
연간 소비 개수

56억 개^{1-a)}
(84,456톤)

102 개
(1.4Kg)



플라스틱컵

53억 개^{1-a)}
(74,319톤)

533 개
(10.7Kg)



비닐봉투

276억 개^{1-a)}
(552,600톤)

568 개
(5.3Kg)

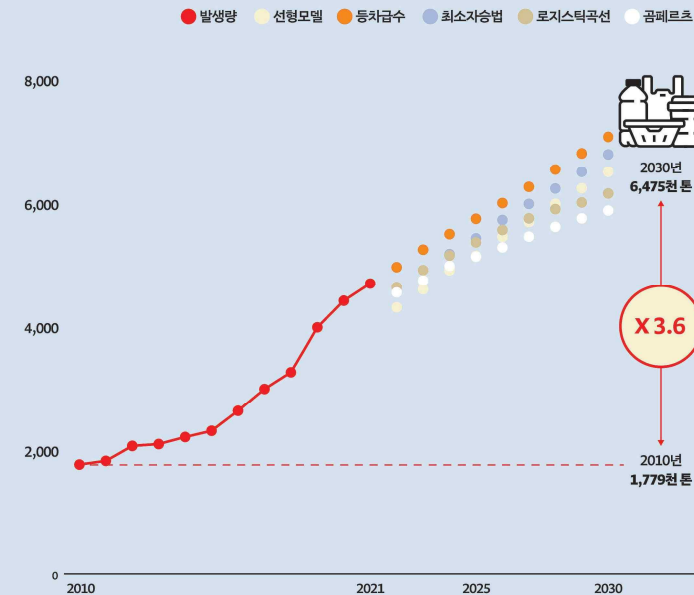


배달용기

173억 개^{1-b)}
(162,458톤)

※ 가정 조건 1) a: 5,184만 명(2020년), b: 3,048만 명(2020년, 20-59세 인구) 2) PET 15g, 일회용 플라스틱컵 14g, 비닐봉투 20g

생활계 플라스틱 폐기물 발생량 예측



| 시장/기술 동향 분석

분리수거 관련 지식 부족

재활용 쓰레기 및 음식물쓰레기 분리배출 기준 미준수 경험이 있나



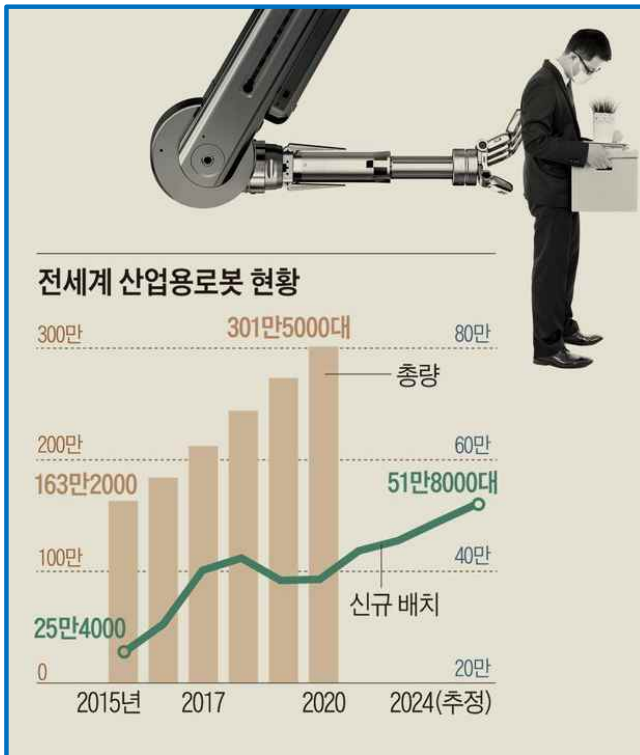
재활용 분리배출 기준 지식 100점 만점에 58점 수준

우리 국민은 분리배출 방법을 얼마나 정확하게 알고 있을까? 재활용 및 음식물 쓰레기 분리배출은 지자체에 따라 그 기준이 각기 다를 수 있다. 본 조사에서는 환경부, 한국환경공단, 한국포장재재활용사업공제조합, 한국순환자원유통지원센터가 함께 만들어 운영하는 '내 손 안의 분리배출' 애플리케이션 내용을 활용해 지식 측정 문항을 제시하고 정·오답을 분류했다. 우리 국민의 폐기물 분리배출에 대한 정확한 지식 수준 측정을 위해서는 섬세한 평가모형 설계가 필요하겠으나, 본 조사의 지식 측정 문항은 평소 분리배출 시 애매한 내용을 위주로 구성하였으므로 정답률과 점수 해석 시 과대해석을 경계할 필요가 있다.

재활용 분리배출 5개 문항 각각의 정답률을 살펴보면 43~70%까지 다양한 분포를 보였다. 전체 응답자의 평균 정답 개수는 5문항 중 2.9개로 이를 100점으로 환산하면 58점이다. '색깔 있는 유리병 배출 기준'에 대한 정답률이 가장 낮았고(43%) '뽕뽕이 분리배출 기준'에 대한 정답률(70%)이 가장 높았다. 각 분리배출 기준에 대해 '모르겠다'는 응답비율을 살펴보면 '색깔 있는 유리병 배출 기준'이 26%로 가장 높았고, '코팅된 광고지와 전단지 분리배출 기준' 18%, '젤 타입으로 된 아이스팩 분리배출 기준' 15% 순이었다.

출처: '[쓰레기 종량제](#)' 26년째...아직도 분리수거함 앞에만 서면 가우뚱 (한국일보)

| 시장/기술 동향 분석



단순, 위험, 오랜 시간이 드는 작업에
로봇을 이용하는 추세가 증가하고 있다.

출처: ["수고하셨습니다,그동안" 로봇이 등떠민다.](#) (조선경제)

| 요구사항 정의서

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

| 서비스 구성도 - 서비스 시나리오

1. 로봇 팔 수동 제어



2. 분리수거



로봇팔 수동 제어

- ① 조이스틱 1개당 2개의 모터가 로봇팔과 연결되어 있다.
- ② 사용자가 3개의 조이스틱을 활용해 모터를 동작한다.
- ③ 이를 통해 사용자는 수동으로 로봇팔을 세부 제어할 수 있다.

분리수거

- ① 쓰레기가 카메라에 포착되면, 라즈베리파이 보드와 연결된 카메라가 이를 인식한다.
- ② 인식된 쓰레기를 AI 모델이 분류하여 결과값을 아두이노에 전달한다.
- ③ 전달된 결과값에 따라 로봇팔이 분리수거를 실행한다.

| 서비스 흐름도

1. 카메라(V2 모듈): V2 카메라 모듈로 실시간으로 영상을 촬영한다.

2. 라즈베리파이 보드: 물체가 감지되면 라즈베리파이에 있는 AI 모델이 쓰레기 여부를 판단하고 분류하여 결과값을 시리얼 통신을 이용해 결과값을 아두이노 우노 보드에 전달한다.



쓰레기(객체)

1 카메라(V2)
실시간 영상 촬영



2 라즈베리파이4B 객체 인식



시리얼
통신

3 아두이노 우노
로봇팔 PWM 제어

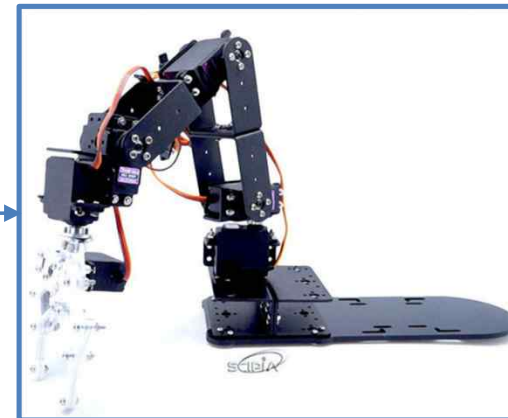


3. 아두이노: 전달받은 결과를 바탕으로 분리수거 모드 또는 조이스틱 모드에 맞춰 로봇팔 제어를 위한 PWM 신호를 준비한다.

4. 조이스틱: 사용자가 로봇팔을 수동으로 동작을 희망하는 경우, 조이스틱을 이용하여 로봇팔을 동작한다.

5. 로봇팔: 로봇팔은 조이스틱의 신호 또는 재활용 쓰레기 결과에 따라 동작하여 목표한 기능을 수행한다.

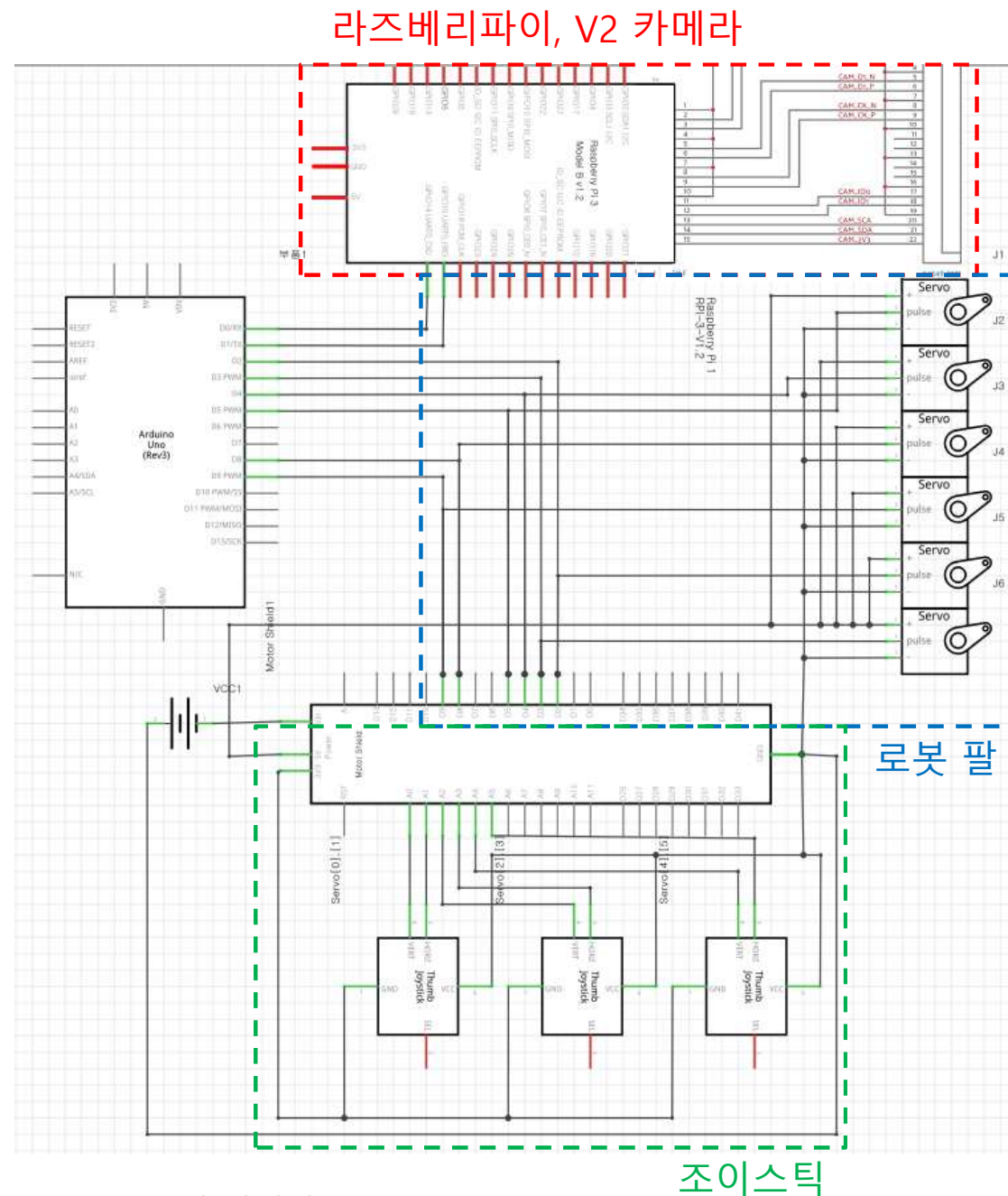
5 로봇팔(MG996R) 분리수거



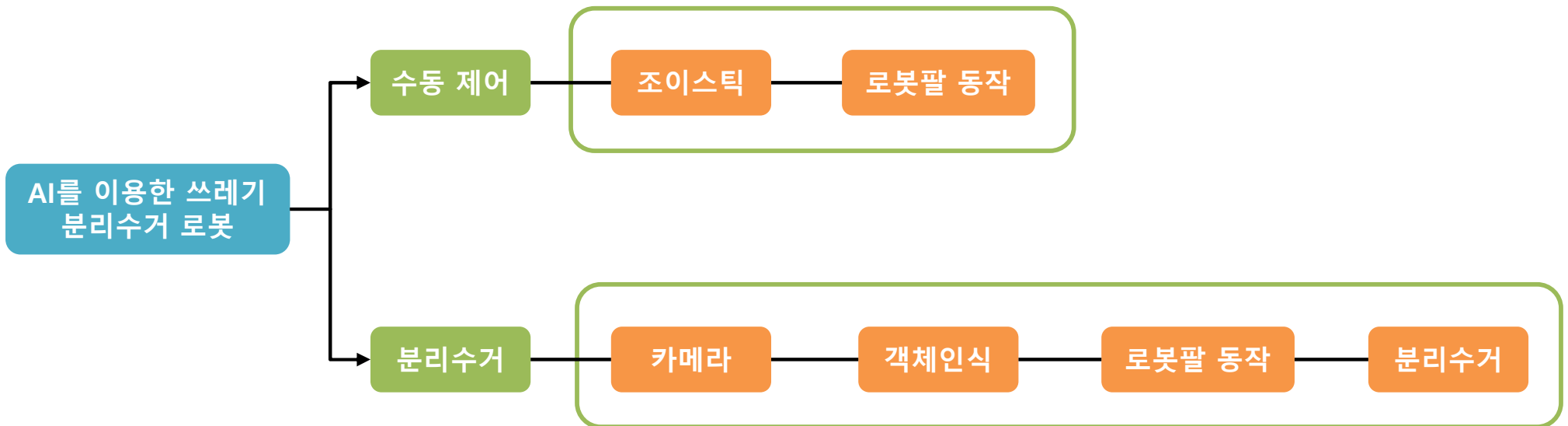
4 조이스틱 로봇팔 수동 제어

| 하드웨어/센서 구성도

종류	연결 핀	설명
V2 카메라	Cammera	카메라 구동을 위해 카메라 핀과 연결
MG996R 서보모터	GND	서보 모터의 5V 인가를 위해 모든 모터와 연결
	Vcc	서보 모터를 동작 시키기 위한 전원부로 모든 모터와 연결
	D3	모터 드라이버 3번 핀에 연결한 0번 서보 모터
	D2	모터 드라이버 2번 핀에 연결한 1번 서보 모터
	D9	모터 드라이버 9번 핀에 연결한 2번 서보 모터
	D8	모터 드라이버 8번 핀에 연결한 3번 서보 모터
	D5	모터 드라이버 5번 핀에 연결한 4번 서보 모터
	D4	모터 드라이버 4번 핀에 연결한 5번 서보 모터
조이스틱	A0,A1	0,1번 모터를 조정하기 위해 연결
	A2,A3	2,3번 모터를 조정하기 위해 연결
	A4,A5	4,5번 모터를 조정하기 위해 연결

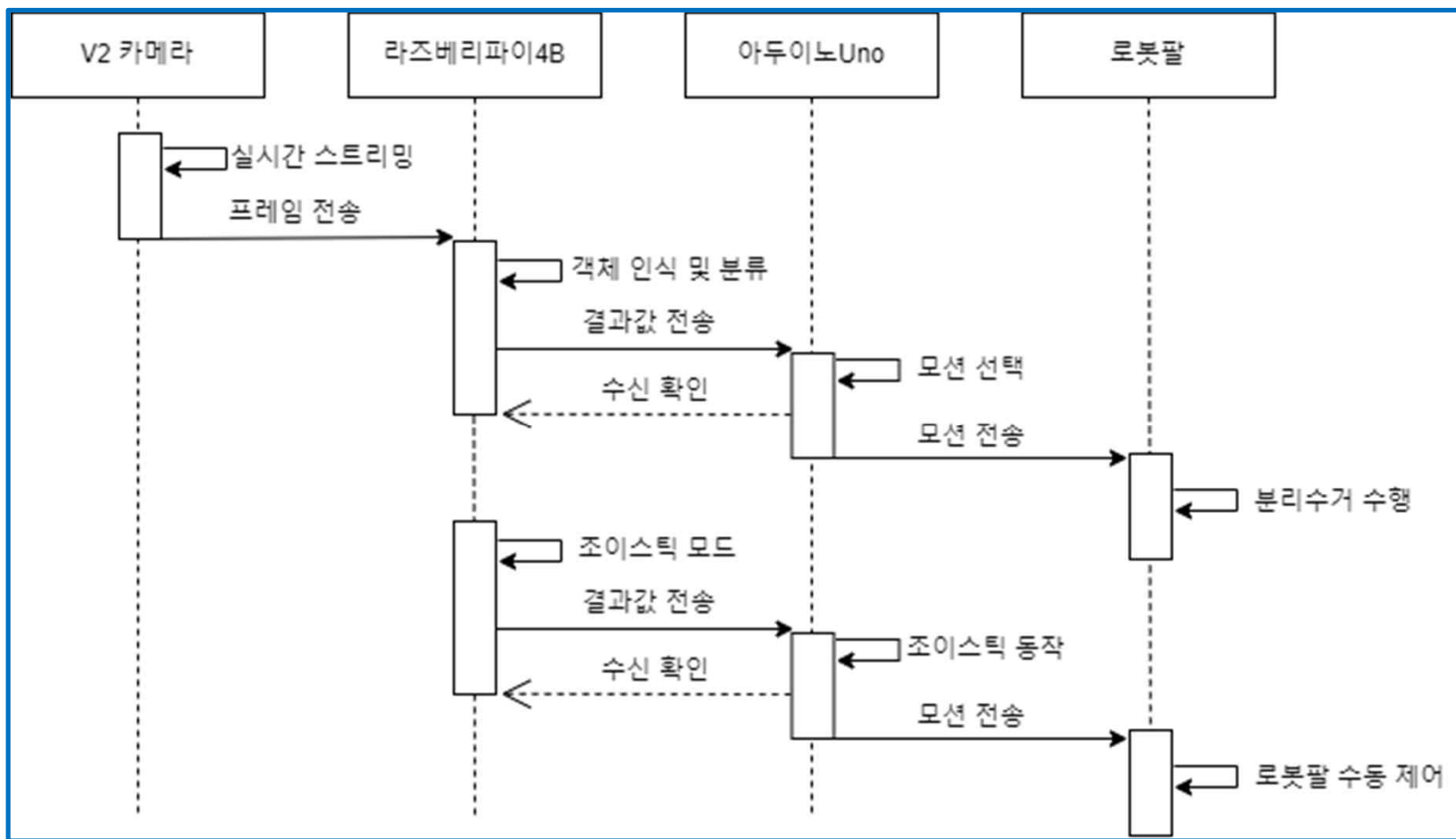


| 메뉴 구성도

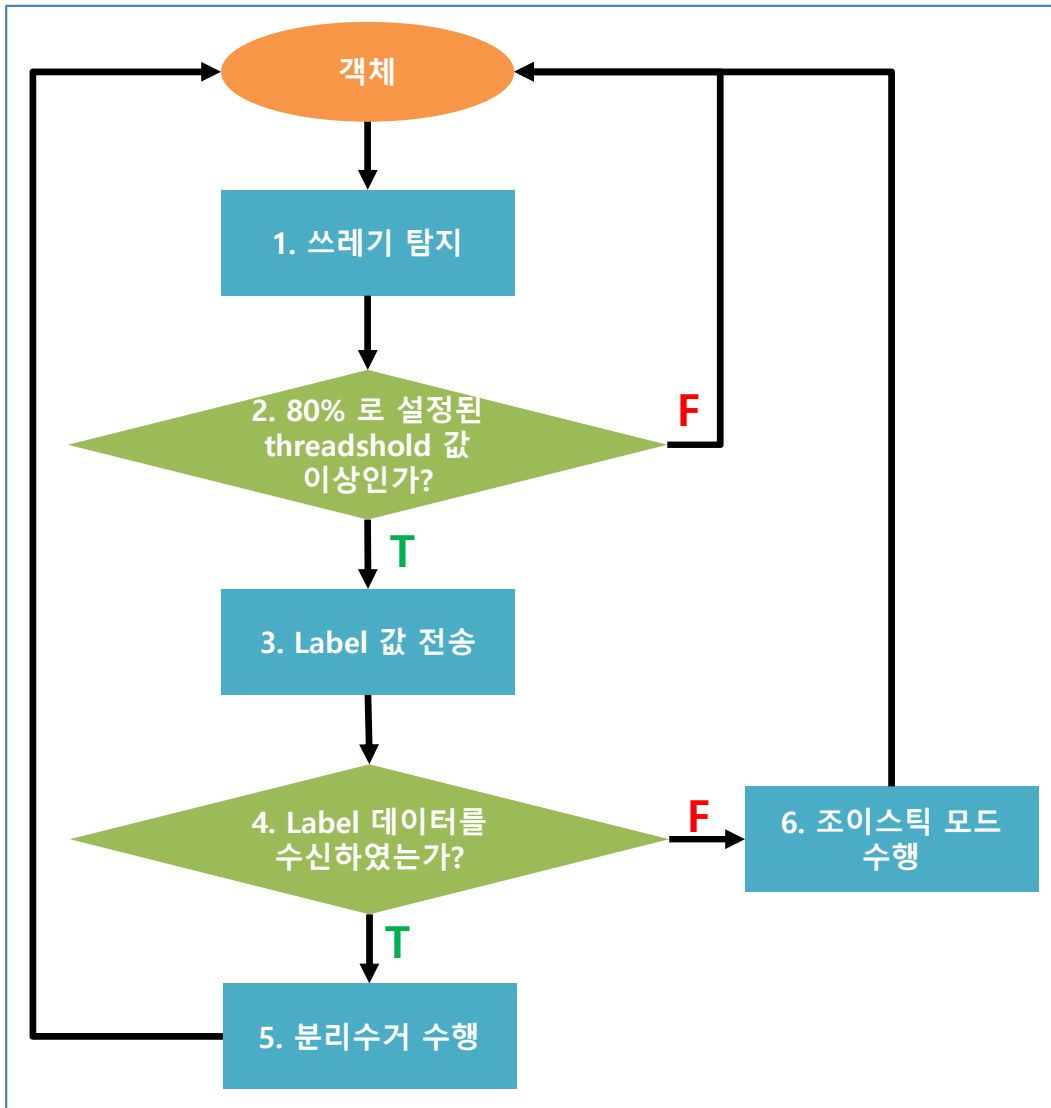


| 기능 처리도(기능 흐름도)

- 로봇팔 동작



| 알고리즘 명세서



• 알고리즘 시나리오

- ① 쓰레기로 추정되는 객체가 카메라 화면에 나타난다.
- ② AI 모델이 해당 쓰레기를 탐지한다. Threshold를 80으로 설정하고, 80이상이면 인식된 Label로 분류하고 그 이하는 무시한다.
- ③ 로봇팔이 정해진 동작을 수행할 수 있도록, 아두이노에 Label 결과값을 전송한다.
- ④ 아두이노는 라즈베리파이로 부터 데이터를 수신한다. 이때 Label 결과를 받은 경우와 조이스틱 모드 결과를 받은 경우로 나뉘서 동작한다.
- ⑤ 분리수거를 위한 Label 결과를 받은 경우 해당 Label에 맞는 분리수거를 진행할 수 있도록, 로봇팔이 정해진 분리수거 동작을 수행하고, 다시 객체를 탐지한다.
- ⑥ Label 결과가 아닌 경우 조이스틱 모드를 수행하여, 사용자가 PWM 으로 연결된 조이스틱을 기반으로 로봇팔을 동작할 수 있게 한다.

| 알고리즘 상세 설명서

• AI 모델 생성 알고리즘

■ ssd-mobilenet-v2-fpn-lite-320

- 객체 검출(Object Detection)을 위한 딥러닝 모델 중 하나로, TensorFlow 2 Object Detection Model Zoo에서 제공하는 사전 학습된 모델.
- TensorFlow의 모델 아키텍처 중 SSD (Single Shot MultiBox Detector) 아키텍처를 사용하며, MobileNetV2 백본 네트워크와 FPN (Feature Pyramid Network)을 활용한 경량화 버전
- 경량화된 구조이면서도 상당한 객체 검출 성능을 제공하므로, 리소스가 제한된 디바이스에서 실시간 객체 검출 작업을 수행하기에 적합

■ TensorFlow Lite

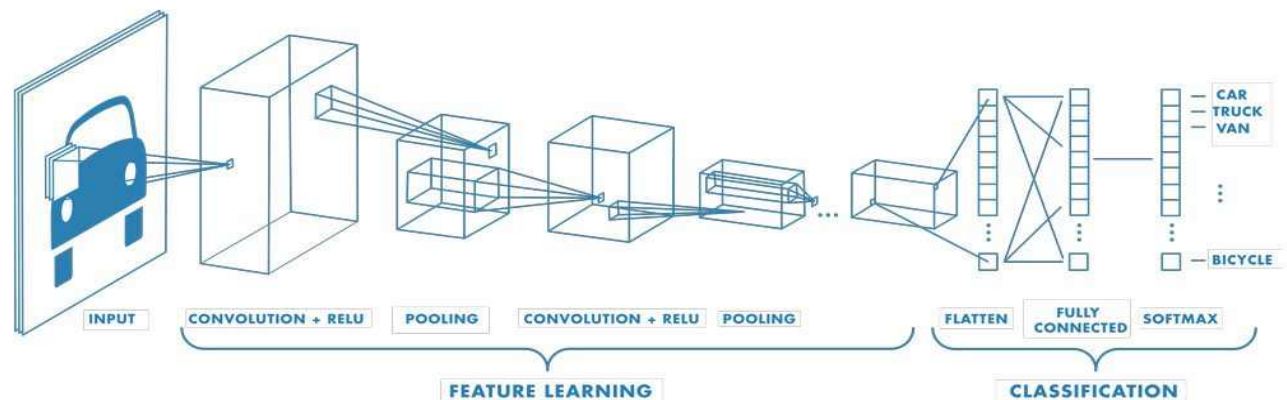
- TensorFlow 모델을 TFLite 포맷으로 최적화 변환하여 모바일 디바이스에서 효율적으로 실행
- 8비트 정밀도로 양자화 모델을 지원하며, 이를 통해 모델의 경량화와 효율적인 실행 가능
- 모바일 애플리케이션과 에지 디바이스에서 실시간 객체 인식 및 분류와 같은 작업을 수행

Awesome
TF Lite

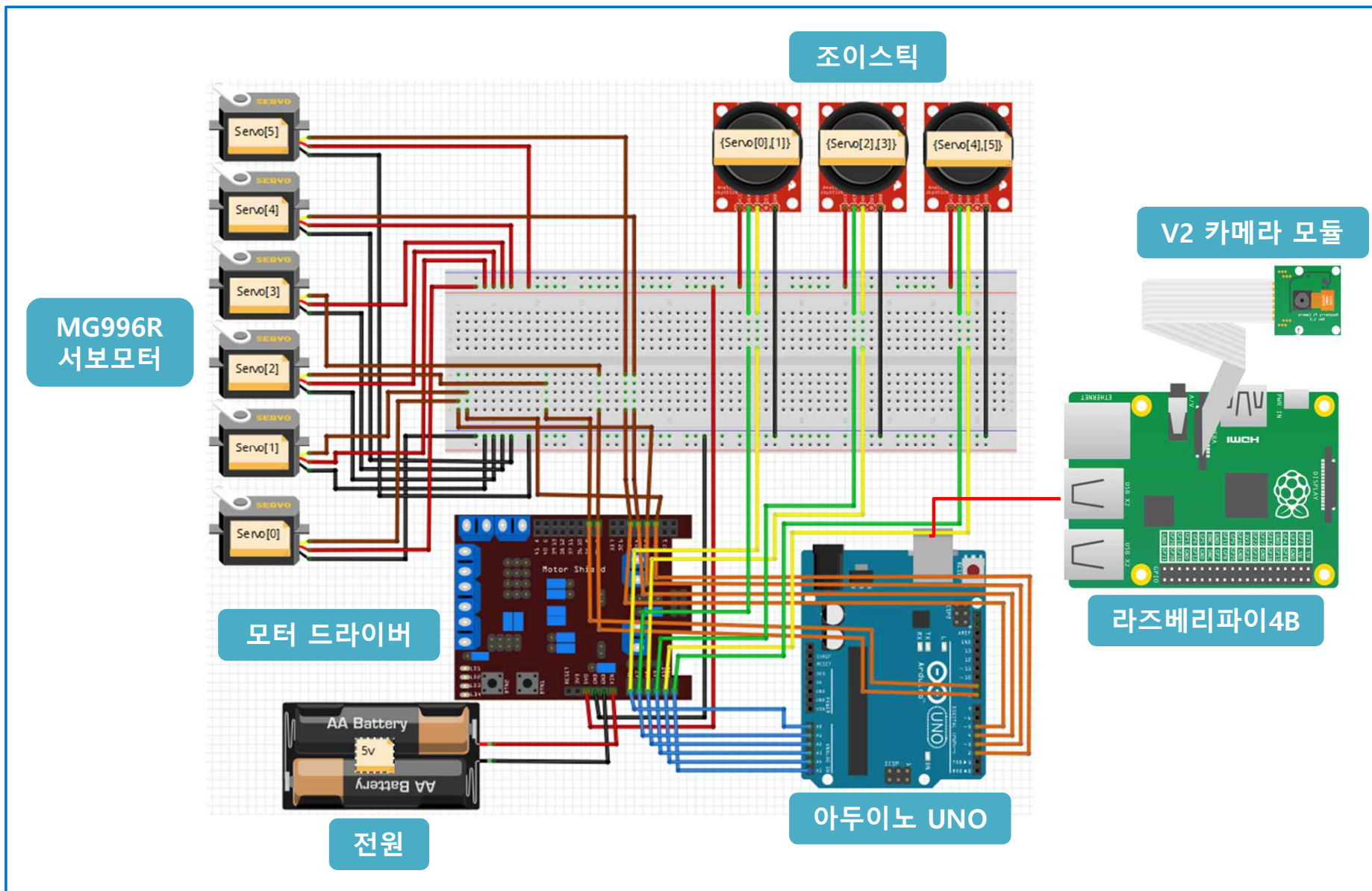
TF Hub | ML Kit | MediaPipe



Coral



| 하드웨어 설계도



| 프로그램 - 목록

기능 분류	기능번호	기능 명
CONTROL	CONTROL-01	MG996R에 서보 모터를 조이스틱으로 동작
	CONTROL-02	MG996R에 서보 모터를 라즈베리파이 결과값에 따라 지정한 동작 수행
DETECT	DETECT-01	쓰레기를 인식 및 분류
LEARN	LEARN-01	쓰레기 인식을 위한 AI 모델 훈련 및 생성

| 핵심소스코드(1)

• AI(모델 생성)

```
chosen_model = 'ssd-mobilenet-v2-fpn-lite-320'

num_steps = 5000

if chosen_model == 'efficientdet-d0':
    batch_size = 4
else:
    batch_size = 16
```

▪ training 설정

- 훈련을 하기 전 필요한 모델, batch_size 등을 정하고 훈련을 시작한다.

```
for i in range(len(scores)):
    if ((scores[i] > min_conf) and (scores[i] <= 1.0)):

        # Get bounding box coordinates and draw box
        # Interpreter can return coordinates that are outside of image dimension
        ymin = int(max(1, (boxes[i][0] * imH)))
        xmin = int(max(1, (boxes[i][1] * imW)))
        ymax = int(min(imH, (boxes[i][2] * imH)))
        xmax = int(min(imW, (boxes[i][3] * imW)))

        cv2.rectangle(image, (xmin, ymin), (xmax, ymax), (10, 255, 0), 2)

        # Draw label
        object_name = labels[int(classes[i])] # Look up object name from "label
        label = '%s: %d%%' % (object_name, int(scores[i]*100)) # Example: 'pers
        labelSize, baseline = cv2.getTextSize(label, cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
        label_ymin = max(ymin, labelSize[1] + 10) # Make sure not to draw label
        cv2.rectangle(image, (xmin, label_ymin-labelSize[1]-10), (xmin+labelSize
        cv2.putText(image, label, (xmin, label_ymin-7), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,

        detections.append([object_name, scores[i], xmin, ymin, xmax, ymax])
```

▪ 라벨 점수 및 범위 설정

- min_conf라는 threshold 변수를 기준으로 기준치를 넘으면 Draw label 코드 부분에서 객체 위치를 Display 해준다.

| 핵심소스코드(2)

• 라즈베리파이(촬영 및 시리얼 통신)

```
class VideoStream:
    """Camera object that controls video streaming from the PiCamera module"""
    def __init__(self, resolution=(640, 480), framerate=30):
        # Initialize the PiCamera and the camera image stream
        self.stream = cv2.VideoCapture(0)
        ret = self.stream.set(cv2.CAP_PROP_FOURCC, cv2.VideoWriter_fourcc('M', 'J', 'P', 'G'))
        ret = self.stream.set(3, resolution[0])
        ret = self.stream.set(4, resolution[1])

        # Read first frame from the stream
        (self.grabbed, self.frame) = self.stream.read()

        # Variable to control when the camera is stopped
        self.stopped = False
```

▪ 실시간 영상 촬영

- 사용자가 실시간으로 화면을 볼 수 있는 코드이다.

```
if(object_name == "Can"):
    ser.write(b"0")

elif(object_name == "Plastic"):
    ser.write(b"1")

elif(object_name == "Glass"):
    ser.write(b"2")

else:
    ser.write(b"3")

line = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()
print(line)
time.sleep(1)
```

▪ 시리얼 통신

- Detect 되어 나온 결과 Label 값을 아두이노 보드로 시리얼 통신을 이용해 전송한다.

| 핵심소스코드(3)

• 아두이노(로봇팔 분리수거/조이스틱)

```
void loop() {
    if (Serial.available() > 0) {
        String data = Serial.readStringUntil('\n');
        Serial.print("You sent me: ");
        Serial.println(data);

        if(data == "0"){
            delay(1000);
            myservo[0].write(10);
            for(int i = 100; i < 170; i+=1){
                myservo[3].write(i);
                delay(100);
            }
            delay(1000);
            myservo[0].write(60);
            for(int i = 90; i < 150; i+=1){
                myservo[5].write(i);
                delay(100);
            }
        }
    }
}
```

▪ Label 수신 및 동작

- 수신을 완료하면 성공적으로 수신이 완료되었다는 메시지를 전송한다.
- Label에 따라 정해진 분리수거 동작을 수행한다.

```
void loop() {
    delay(50); // 로봇팔 속도조정을 위한 딜레이

    for (int i = 0; i < SERVOS; i++){
        value[i] = analogRead(ANA[i]);
        currentAngle[i] = myservo[i].read();

        if (value[i] > 612) {
            idle[i] = 0;

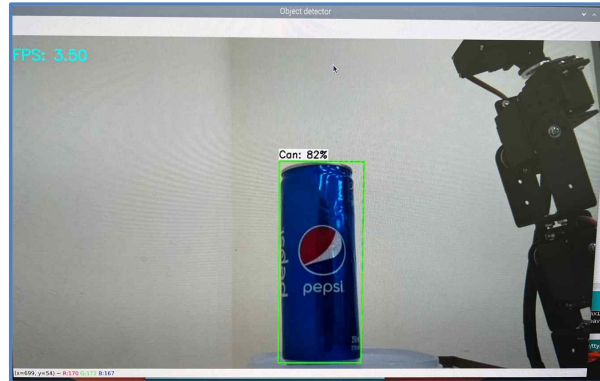
            if (currentAngle[i] < MAX[i]) ++currentAngle[i];
            if (!myservo[i].attached()){
                myservo[i].attach(PIN[i]);
            }
            myservo[i].write(currentAngle[i]);
        } else if (value[i] < 412) {
            idle[i] = 0;
            if (currentAngle[i] > MIN[i]) --currentAngle[i];
            if (!myservo[i].attached()){
                myservo[i].attach(PIN[i]);
            }
            myservo[i].write(currentAngle[i]);
        } else {
            ++idle[i];
        }
    }
}
```

▪ 조이스틱 기반 동작

- 3개의 조이스틱에 신호를 바탕으로 로봇팔이 동작하도록 설정했다.

| 참조- H/W 기능 실사사진

- 자동 분리수거 모드
- 쓰레기가 인식되면, 로봇팔이 자동으로 분리수거를 진행한다.

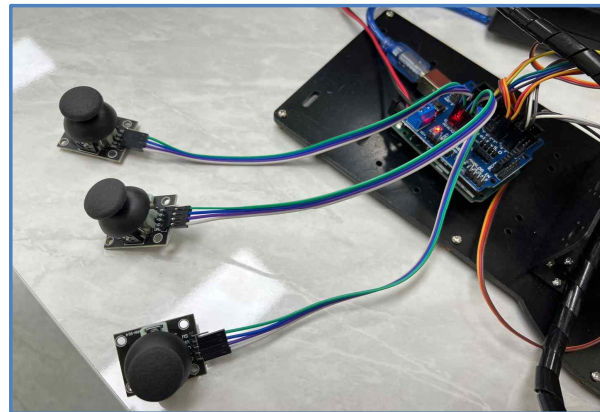


Detect

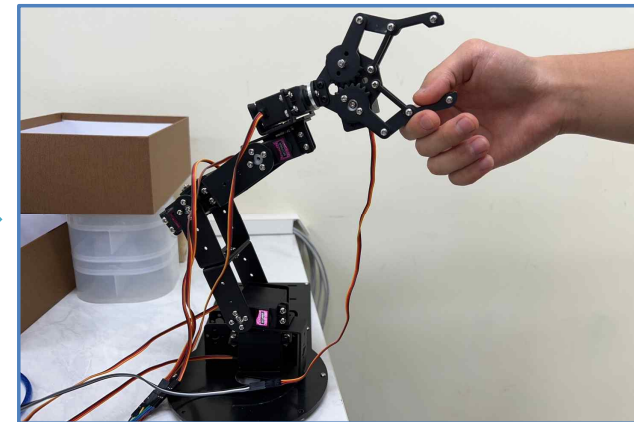


재활용

- 수동 조이스틱 모드
- 3개의 조이스틱에서 전달되는 신호를 바탕으로 수동으로 로봇팔을 제어한다.



JoyStick



수동 제어

| 참조- 개발 환경 및 설명

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
H/W 구성장비	디바이스	아두이노 Uno, Nano, MG996R 모터, 조이스틱
	통신	Serial 통신: Python 라이브러리인 pyserial을 사용해 라즈베리파이와 아두이노간 데이터 송수신 구현
	개발언어	아두이노 스케치: 로봇팔 모션 구현

| 참조-프로젝트 관리

프로젝트 관리

AI를 이용한 쓰레기 분리수거 로봇 6월 2

▼ **수행 Task**

- Progress 별, Task List 별 확인 가능

Progress Task List

○ 할 일 2

6월 2차 실습 장비 신청

● 해야할 일

6월 22일 ~ 6월 26일

ICT 멘토링 미팅 4차

● 해야할 일

7월 22일 오후 6:00

+ 새로 만들기

🔄 진행 중 4

중간보고서 초안

● 진행 중

6월 22일 오후 3:00 ~ 7월 2일 오후 5:00

라즈베리파이4 설정

● 문제 발생

로봇 팔 제어

● 진행 중

7월 팀원 주요 일정

● 진행 중

6월 8일 ~ 6월 30일

+ 새로 만들기

✅ 완료 12

ICT 멘토링 미팅 3차

● 완료

6월 24일 오후 5:30

장비 배송 현황

● 완료

6월 10일 ~ 6월 30일

ICT 멘토링 미팅 2차

● 완료

5월 20일 오후 5:30

5월 2차 실습 장비 신청

● 완료

5월 18일 ~ 5월 22일

노션을 활용해 팀원 간 소통 및 일정 관리

형상관리

ICT멘토링 Search GitLab /

2

Project information
Repository
Issues
Merge requests
CI/CD
Security and Compliance
Deployments
Packages and registries
Infrastructure
Monitor
Analytics
Wiki
Snippets
Settings

아두이노 소스코드 업로드
authored 1 week ago

main 23_HF032 / arduino / robotarm_6dof.ino

robotarm_6dof.ino 2.09 KIB

```

1 #include <Servo.h>
2
3 #define XPOS 0
4 #define YPOS 1
5
6 const int SERVOS = 6;
7 int PIN[SERVOS], value[SERVOS], idle[SERVOS], currentAngle[SERVOS], MIN[SERVOS];
8 int MAX[SERVOS], INITANGLE[SERVOS], previousAngle[SERVOS], ANA[SERVOS];
9 Servo myservo[SERVOS];
10
11 void setup() {
12
13   // #1 서보모터
14   PIN[0] = 3; // 서보모터 I0를 3번핀으로 지정
15   MIN[0] = 0; // 서보모터 최소 회전각도
16   MAX[0] = 180; // 서보모터 최대 회전각도
17   INITANGLE[0] = 90; // 서보모터 초기각도
18   ANA[0] = 0; // 조이스틱스위치입력 I0를 아날로그 A0번핀으로 지정
19   // #2 서보모터
20   PIN[1] = 2;
21   MIN[1] = 0;
22   MAX[1] = 180;
23   INITANGLE[1] = 90;
24   ANA[1] = 0;
25 }
26
27 void loop() {
28   // #1 서보모터
29   myservo[0].write(value[0]);
30   delay(100);
31   // #2 서보모터
32   myservo[1].write(value[1]);
33   delay(100);
34 }
35
36 void readJoy() {
37   int joyX = analogRead(A0);
38   int joyY = analogRead(A1);
39   int joyZ = analogRead(A2);
40   int joyR = analogRead(A3);
41   int joyB = analogRead(A4);
42   int joyG = analogRead(A5);
43   int joyO = analogRead(A6);
44   int joyP = analogRead(A7);
45   int joyQ = analogRead(A8);
46   int joyS = analogRead(A9);
47   int joyT = analogRead(A10);
48   int joyU = analogRead(A11);
49   int joyV = analogRead(A12);
50   int joyW = analogRead(A13);
51   int joyX2 = analogRead(A14);
52   int joyY2 = analogRead(A15);
53   int joyZ2 = analogRead(A16);
54   int joyR2 = analogRead(A17);
55   int joyB2 = analogRead(A18);
56   int joyG2 = analogRead(A19);
57   int joyO2 = analogRead(A20);
58   int joyP2 = analogRead(A21);
59   int joyQ2 = analogRead(A22);
60   int joyS2 = analogRead(A23);
61   int joyT2 = analogRead(A24);
62   int joyU2 = analogRead(A25);
63   int joyV2 = analogRead(A26);
64   int joyW2 = analogRead(A27);
65   int joyX3 = analogRead(A28);
66   int joyY3 = analogRead(A29);
67   int joyZ3 = analogRead(A30);
68   int joyR3 = analogRead(A31);
69   int joyB3 = analogRead(A32);
70   int joyG3 = analogRead(A33);
71   int joyO3 = analogRead(A34);
72   int joyP3 = analogRead(A35);
73   int joyQ3 = analogRead(A36);
74   int joyS3 = analogRead(A37);
75   int joyT3 = analogRead(A38);
76   int joyU3 = analogRead(A39);
77   int joyV3 = analogRead(A40);
78   int joyW3 = analogRead(A41);
79   int joyX4 = analogRead(A42);
80   int joyY4 = analogRead(A43);
81   int joyZ4 = analogRead(A44);
82   int joyR4 = analogRead(A45);
83   int joyB4 = analogRead(A46);
84   int joyG4 = analogRead(A47);
85   int joyO4 = analogRead(A48);
86   int joyP4 = analogRead(A49);
87   int joyQ4 = analogRead(A50);
88   int joyS4 = analogRead(A51);
89   int joyT4 = analogRead(A52);
90   int joyU4 = analogRead(A53);
91   int joyV4 = analogRead(A54);
92   int joyW4 = analogRead(A55);
93   int joyX5 = analogRead(A56);
94   int joyY5 = analogRead(A57);
95   int joyZ5 = analogRead(A58);
96   int joyR5 = analogRead(A59);
97   int joyB5 = analogRead(A60);
98   int joyG5 = analogRead(A61);
99   int joyO5 = analogRead(A62);
100  int joyP5 = analogRead(A63);
101  int joyQ5 = analogRead(A64);
102  int joyS5 = analogRead(A65);
103  int joyT5 = analogRead(A66);
104  int joyU5 = analogRead(A67);
105  int joyV5 = analogRead(A68);
106  int joyW5 = analogRead(A69);
107  int joyX6 = analogRead(A70);
108  int joyY6 = analogRead(A71);
109  int joyZ6 = analogRead(A72);
110  int joyR6 = analogRead(A73);
111  int joyB6 = analogRead(A74);
112  int joyG6 = analogRead(A75);
113  int joyO6 = analogRead(A76);
114  int joyP6 = analogRead(A77);
115  int joyQ6 = analogRead(A78);
116  int joyS6 = analogRead(A79);
117  int joyT6 = analogRead(A80);
118  int joyU6 = analogRead(A81);
119  int joyV6 = analogRead(A82);
120  int joyW6 = analogRead(A83);
121  int joyX7 = analogRead(A84);
122  int joyY7 = analogRead(A85);
123  int joyZ7 = analogRead(A86);
124  int joyR7 = analogRead(A87);
125  int joyB7 = analogRead(A88);
126  int joyG7 = analogRead(A89);
127  int joyO7 = analogRead(A90);
128  int joyP7 = analogRead(A91);
129  int joyQ7 = analogRead(A92);
130  int joyS7 = analogRead(A93);
131  int joyT7 = analogRead(A94);
132  int joyU7 = analogRead(A95);
133  int joyV7 = analogRead(A96);
134  int joyW7 = analogRead(A97);
135  int joyX8 = analogRead(A98);
136  int joyY8 = analogRead(A99);
137  int joyZ8 = analogRead(A100);
138  int joyR8 = analogRead(A101);
139  int joyB8 = analogRead(A102);
140  int joyG8 = analogRead(A103);
141  int joyO8 = analogRead(A104);
142  int joyP8 = analogRead(A105);
143  int joyQ8 = analogRead(A106);
144  int joyS8 = analogRead(A107);
145  int joyT8 = analogRead(A108);
146  int joyU8 = analogRead(A109);
147  int joyV8 = analogRead(A110);
148  int joyW8 = analogRead(A111);
149  int joyX9 = analogRead(A112);
150  int joyY9 = analogRead(A113);
151  int joyZ9 = analogRead(A114);
152  int joyR9 = analogRead(A115);
153  int joyB9 = analogRead(A116);
154  int joyG9 = analogRead(A117);
155  int joyO9 = analogRead(A118);
156  int joyP9 = analogRead(A119);
157  int joyQ9 = analogRead(A120);
158  int joyS9 = analogRead(A121);
159  int joyT9 = analogRead(A122);
160  int joyU9 = analogRead(A123);
161  int joyV9 = analogRead(A124);
162  int joyW9 = analogRead(A125);
163  int joyX10 = analogRead(A126);
164  int joyY10 = analogRead(A127);
165  int joyZ10 = analogRead(A128);
166  int joyR10 = analogRead(A129);
167  int joyB10 = analogRead(A130);
168  int joyG10 = analogRead(A131);
169  int joyO10 = analogRead(A132);
170  int joyP10 = analogRead(A133);
171  int joyQ10 = analogRead(A134);
172  int joyS10 = analogRead(A135);
173  int joyT10 = analogRead(A136);
174  int joyU10 = analogRead(A137);
175  int joyV10 = analogRead(A138);
176  int joyW10 = analogRead(A139);
177  int joyX11 = analogRead(A140);
178  int joyY11 = analogRead(A141);
179  int joyZ11 = analogRead(A142);
180  int joyR11 = analogRead(A143);
181  int joyB11 = analogRead(A144);
182  int joyG11 = analogRead(A145);
183  int joyO11 = analogRead(A146);
184  int joyP11 = analogRead(A147);
185  int joyQ11 = analogRead(A148);
186  int joyS11 = analogRead(A149);
187  int joyT11 = analogRead(A150);
188  int joyU11 = analogRead(A151);
189  int joyV11 = analogRead(A152);
190  int joyW11 = analogRead(A153);
191  int joyX12 = analogRead(A154);
192  int joyY12 = analogRead(A155);
193  int joyZ12 = analogRead(A156);
194  int joyR12 = analogRead(A157);
195  int joyB12 = analogRead(A158);
196  int joyG12 = analogRead(A159);
197  int joyO12 = analogRead(A160);
198  int joyP12 = analogRead(A161);
199  int joyQ12 = analogRead(A162);
200  int joyS12 = analogRead(A163);
201  int joyT12 = analogRead(A164);
202  int joyU12 = analogRead(A165);
203  int joyV12 = analogRead(A166);
204  int joyW12 = analogRead(A167);
205  int joyX13 = analogRead(A168);
206  int joyY13 = analogRead(A169);
207  int joyZ13 = analogRead(A170);
208  int joyR13 = analogRead(A171);
209  int joyB13 = analogRead(A172);
210  int joyG13 = analogRead(A173);
211  int joyO13 = analogRead(A174);
212  int joyP13 = analogRead(A175);
213  int joyQ13 = analogRead(A176);
214  int joyS13 = analogRead(A177);
215  int joyT13 = analogRead(A178);
216  int joyU13 = analogRead(A179);
217  int joyV13 = analogRead(A180);
218  int joyW13 = analogRead(A181);
219  int joyX14 = analogRead(A182);
220  int joyY14 = analogRead(A183);
221  int joyZ14 = analogRead(A184);
222  int joyR14 = analogRead(A185);
223  int joyB14 = analogRead(A186);
224  int joyG14 = analogRead(A187);
225  int joyO14 = analogRead(A188);
226  int joyP14 = analogRead(A189);
227  int joyQ14 = analogRead(A190);
228  int joyS14 = analogRead(A191);
229  int joyT14 = analogRead(A192);
230  int joyU14 = analogRead(A193);
231  int joyV14 = analogRead(A194);
232  int joyW14 = analogRead(A195);
233  int joyX15 = analogRead(A196);
234  int joyY15 = analogRead(A197);
235  int joyZ15 = analogRead(A198);
236  int joyR15 = analogRead(A199);
237  int joyB15 = analogRead(A200);
238  int joyG15 = analogRead(A201);
239  int joyO15 = analogRead(A202);
240  int joyP15 = analogRead(A203);
241  int joyQ15 = analogRead(A204);
242  int joyS15 = analogRead(A205);
243  int joyT15 = analogRead(A206);
244  int joyU15 = analogRead(A207);
245  int joyV15 = analogRead(A208);
246  int joyW15 = analogRead(A209);
247  int joyX16 = analogRead(A210);
248  int joyY16 = analogRead(A211);
249  int joyZ16 = analogRead(A212);
250  int joyR16 = analogRead(A213);
251  int joyB16 = analogRead(A214);
252  int joyG16 = analogRead(A215);
253  int joyO16 = analogRead(A216);
254  int joyP16 = analogRead(A217);
255  int joyQ16 = analogRead(A218);
256  int joyS16 = analogRead(A219);
257  int joyT16 = analogRead(A220);
258  int joyU16 = analogRead(A221);
259  int joyV16 = analogRead(A222);
260  int joyW16 = analogRead(A223);
261  int joyX17 = analogRead(A224);
262  int joyY17 = analogRead(A225);
263  int joyZ17 = analogRead(A226);
264  int joyR17 = analogRead(A227);
265  int joyB17 = analogRead(A228);
266  int joyG17 = analogRead(A229);
267  int joyO17 = analogRead(A230);
268  int joyP17 = analogRead(A231);
269  int joyQ17 = analogRead(A232);
270  int joyS17 = analogRead(A233);
271  int joyT17 = analogRead(A234);
272  int joyU17 = analogRead(A235);
273  int joyV17 = analogRead(A236);
274  int joyW17 = analogRead(A237);
275  int joyX18 = analogRead(A238);
276  int joyY18 = analogRead(A239);
277  int joyZ18 = analogRead(A240);
278  int joyR18 = analogRead(A241);
279  int joyB18 = analogRead(A242);
280  int joyG18 = analogRead(A243);
281  int joyO18 = analogRead(A244);
282  int joyP18 = analogRead(A245);
283  int joyQ18 = analogRead(A246);
284  int joyS18 = analogRead(A247);
285  int joyT18 = analogRead(A248);
286  int joyU18 = analogRead(A249);
287  int joyV18 = analogRead(A250);
288  int joyW18 = analogRead(A251);
289  int joyX19 = analogRead(A252);
290  int joyY19 = analogRead(A253);
291  int joyZ19 = analogRead(A254);
292  int joyR19 = analogRead(A255);
293  int joyB19 = analogRead(A256);
294  int joyG19 = analogRead(A257);
295  int joyO19 = analogRead(A258);
296  int joyP19 = analogRead(A259);
297  int joyQ19 = analogRead(A260);
298  int joyS19 = analogRead(A261);
299  int joyT19 = analogRead(A262);
300  int joyU19 = analogRead(A263);
301  int joyV19 = analogRead(A264);
302  int joyW19 = analogRead(A265);
303  int joyX20 = analogRead(A266);
304  int joyY20 = analogRead(A267);
305  int joyZ20 = analogRead(A268);
306  int joyR20 = analogRead(A269);
307  int joyB20 = analogRead(A270);
308  int joyG20 = analogRead(A271);
309  int joyO20 = analogRead(A272);
310  int joyP20 = analogRead(A273);
311  int joyQ20 = analogRead(A274);
312  int joyS20 = analogRead(A275);
313  int joyT20 = analogRead(A276);
314  int joyU20 = analogRead(A277);
315  int joyV20 = analogRead(A278);
316  int joyW20 = analogRead(A279);
317  int joyX21 = analogRead(A280);
318  int joyY21 = analogRead(A281);
319  int joyZ21 = analogRead(A282);
320  int joyR21 = analogRead(A283);
321  int joyB21 = analogRead(A284);
322  int joyG21 = analogRead(A285);
323  int joyO21 = analogRead(A286);
324  int joyP21 = analogRead(A287);
325  int joyQ21 = analogRead(A288);
326  int joyS21 = analogRead(A289);
327  int joyT21 = analogRead(A290);
328  int joyU21 = analogRead(A291);
329  int joyV21 = analogRead(A292);
330  int joyW21 = analogRead(A293);
331  int joyX22 = analogRead(A294);
332  int joyY22 = analogRead(A295);
333  int joyZ22 = analogRead(A296);
334  int joyR22 = analogRead(A297);
335  int joyB22 = analogRead(A298);
336  int joyG22 = analogRead(A299);
337  int joyO22 = analogRead(A300);
338  int joyP22 = analogRead(A301);
339  int joyQ22 = analogRead(A302);
340  int joyS22 = analogRead(A303);
341  int joyT22 = analogRead(A304);
342  int joyU22 = analogRead(A305);
343  int joyV22 = analogRead(A306);
344  int joyW22 = analogRead(A307);
345  int joyX23 = analogRead(A308);
346  int joyY23 = analogRead(A309);
347  int joyZ23 = analogRead(A310);
348  int joyR23 = analogRead(A311);
349  int joyB23 = analogRead(A312);
350  int joyG23 = analogRead(A313);
351  int joyO23 = analogRead(A314);
352  int joyP23 = analogRead(A315);
353  int joyQ23 = analogRead(A316);
354  int joyS23 = analogRead(A317);
355  int joyT23 = analogRead(A318);
356  int joyU23 = analogRead(A319);
357  int joyV23 = analogRead(A320);
358  int joyW23 = analogRead(A321);
359  int joyX24 = analogRead(A322);
360  int joyY24 = analogRead(A323);
361  int joyZ24 = analogRead(A324);
362  int joyR24 = analogRead(A325);
363  int joyB24 = analogRead(A326);
364  int joyG24 = analogRead(A327);
365  int joyO24 = analogRead(A328);
366  int joyP24 = analogRead(A329);
367  int joyQ24 = analogRead(A330);
368  int joyS24 = analogRead(A331);
369  int joyT24 = analogRead(A332);
370  int joyU24 = analogRead(A333);
371  int joyV24 = analogRead(A334);
372  int joyW24 = analogRead(A335);
373  int joyX25 = analogRead(A336);
374  int joyY25 = analogRead(A337);
375  int joyZ25 = analogRead(A338);
376  int joyR25 = analogRead(A339);
377  int joyB25 = analogRead(A340);
378  int joyG25 = analogRead(A341);
379  int joyO25 = analogRead(A342);
380  int joyP25 = analogRead(A343);
381  int joyQ25 = analogRead(A344);
382  int joyS25 = analogRead(A345);
383  int joyT25 = analogRead(A346);
384  int joyU25 = analogRead(A347);
385  int joyV25 = analogRead(A348);
386  int joyW25 = analogRead(A349);
387  int joyX26 = analogRead(A350);
388  int joyY26 = analogRead(A351);
389  int joyZ26 = analogRead(A352);
390  int joyR26 = analogRead(A353);
391  int joyB26 = analogRead(A354);
392  int joyG26 = analogRead(A355);
393  int joyO26 = analogRead(A356);
394  int joyP26 = analogRead(A357);
395  int joyQ26 = analogRead(A358);
396  int joyS26 = analogRead(A359);
397  int joyT26 = analogRead(A360);
398  int joyU26 = analogRead(A361);
399  int joyV26 = analogRead(A362);
400  int joyW26 = analogRead(A363);
401  int joyX27 = analogRead(A364);
402  int joyY27 = analogRead(A365);
403  int joyZ27 = analogRead(A366);
404  int joyR27 = analogRead(A367);
405  int joyB27 = analogRead(A368);
406  int joyG27 = analogRead(A369);
407  int joyO27 = analogRead(A370);
408  int joyP27 = analogRead(A371);
409  int joyQ27 = analogRead(A372);
410  int joyS27 = analogRead(A373);
411  int joyT27 = analogRead(A374);
412  int joyU27 = analogRead(A375);
413  int joyV27 = analogRead(A376);
414  int joyW27 = analogRead(A377);
415  int joyX28 = analogRead(A378);
416  int joyY28 = analogRead(A379);
417  int joyZ28 = analogRead(A380);
418  int joyR28 = analogRead(A381);
419  int joyB28 = analogRead(A382);
420  int joyG28 = analogRead(A383);
421  int joyO28 = analogRead(A384);
422  int joyP28 = analogRead(A385);
423  int joyQ28 = analogRead(A386);
424  int joyS28 = analogRead(A387);
425  int joyT28 = analogRead(A388);
426  int joyU28 = analogRead(A389);
427  int joyV28 = analogRead(A390);
428  int joyW28 = analogRead(A391);
429  int joyX29 = analogRead(A392);
430  int joyY29 = analogRead(A393);
431  int joyZ29 = analogRead(A394);
432  int joyR29 = analogRead(A395);
433  int joyB29 = analogRead(A396);
434  int joyG29 = analogRead(A397);
435  int joyO29 = analogRead(A398);
436  int joyP29 = analogRead(A399);
437  int joyQ29 = analogRead(A400);
438  int joyS29 = analogRead(A401);
439  int joyT29 = analogRead(A402);
440  int joyU29 = analogRead(A403);
441  int joyV29 = analogRead(A404);
442  int joyW29 = analogRead(A405);
443  int joyX30 = analogRead(A406);
444  int joyY30 = analogRead(A407);
445  int joyZ30 = analogRead(A408);
446  int joyR30 = analogRead(A409);
447  int joyB30 = analogRead(A410);
448  int joyG30 = analogRead(A411);
449  int joyO30 = analogRead(A412);
450  int joyP30 = analogRead(A413);
451  int joyQ30 = analogRead(A414);
452  int joyS30 = analogRead(A415);
453  int joyT30 = analogRead(A416);
454  int joyU30 = analogRead(A417);
455  int joyV30 = analogRead(A418);
456  int joyW30 = analogRead(A419);
457  int joyX31 = analogRead(A420);
458  int joyY31 = analogRead(A421);
459  int joyZ31 = analogRead(A422);
460  int joyR31 = analogRead(A423);
461  int joyB31 = analogRead(A424);
462  int joyG31 = analogRead(A425);
463  int joyO31 = analogRead(A426);
464  int joyP31 = analogRead(A427);
465  int joyQ31 = analogRead(A428);
466  int joyS31 = analogRead(A429);
467  int joyT31 = analogRead(A430);
468  int joyU31 = analogRead(A431);
469  int joyV31 = analogRead(A432);
470  int joyW31 = analogRead(A433);
471  int joyX32 = analogRead(A434);
472  int joyY32 = analogRead(A435);
473  int joyZ32 = analogRead(A436);
474  int joyR32 = analogRead(A437);
475  int joyB32 = analogRead(A438);
476  int joyG32 = analogRead(A439);
477  int joyO32 = analogRead(A440);
478  int joyP32 = analogRead(A441);
479  int joyQ32 = analogRead(A442);
480  int joyS32 = analogRead(A443);
481  int joyT32 = analogRead(A444);
482  int joyU32 = analogRead(A445);
483  int joyV32 = analogRead(A446);
484  int joyW32 = analogRead(A447);
485  int joyX33 = analogRead(A448);
486  int joyY33 = analogRead(A449);
487  int joyZ33 = analogRead(A450);
488  int joyR33 = analogRead(A451);
489  int joyB33 = analogRead(A452);
490  int joyG33 = analogRead(A453);
491  int joyO33 = analogRead(A454);
492  int joyP33 = analogRead(A455);
493  int joyQ33 = analogRead(A456);
494  int joyS33 = analogRead(A457);
495  int joyT33 = analogRead(A458);
496  int joyU33 = analogRead(A459);
497  int joyV33 = analogRead(A460);
498  int joyW33 = analogRead(A461);
499  int joyX34 = analogRead(A462);
500  int joyY34 = analogRead(A463);
501  int joyZ34 = analogRead(A464);
502  int joyR34 = analogRead(A465);
503  int joyB34 = analogRead(A466);
504  int joyG34 = analogRead(A467);
505  int joyO34 = analogRead(A468);
506  int joyP34 = analogRead(A469);
507  int joyQ34 = analogRead(A470);
508  int joyS34 = analogRead(A471);
509  int joyT34 = analogRead(A472);
510  int joyU34 = analogRead(A473);
511  int joyV34 = analogRead(A474);
512  int joyW34 = analogRead(A475);
513  int joyX35 = analogRead(A476);
514  int joyY35 = analogRead(A477);
515  int joyZ35 = analogRead(A478);
516  int joyR35 = analogRead(A479);
517  int joyB35 = analogRead(A480);
518  int joyG35 = analogRead(A481);
519  int joyO35 = analogRead(A482);
520  int joyP35 = analogRead(A483);
521  int joyQ35 = analogRead(A484);
522  int joyS35 = analogRead(A485);
523  int joyT35 = analogRead(A486);
524  int joyU35 = analogRead(A487);
525  int joyV35 = analogRead(A488);
526  int joyW35 = analogRead(A489);
527  int joyX36 = analogRead(A490);
528  int joyY36 = analogRead(A491);
529  int joyZ36 = analogRead(A492);
530  int joyR36 = analogRead(A493);
531  int joyB36 = analogRead(A494);
532  int joyG36 = analogRead(A495);
533  int joyO36 = analogRead(A496);
534  int joyP36 = analogRead(A497);
535  int joyQ36 = analogRead(A498);
536  int joyS36 = analogRead(A499);
537  int joyT36 = analogRead(A500);
538  int joyU36 = analogRead(A501);
539  int joyV36 = analogRead(A502);
540  int joyW36 = analogRead(A503);
541  int joyX37 = analogRead(A504);
542  int joyY37 = analogRead(A505);
543  int joyZ37 = analogRead(A506);
544  int joyR37 = analogRead(A507);
545  int joyB37 = analogRead(A508);
546  int joyG37 = analogRead(A509);
547  int joyO37 = analogRead(A510);
548  int joyP37 = analogRead(A511);
549  int joyQ37 = analogRead(A512);
550  int joyS37 = analogRead(A513);
551  int joyT37 = analogRead(A514);
552  int joyU37 = analogRead(A515);
553  int joyV37 = analogRead(A516);
554  int joyW37 = analogRead(A517);
555  int joyX38 = analogRead(A518);
556  int joyY38 = analogRead(A519);
557  int joyZ38 = analogRead(A520);
558  int joyR38 = analogRead(A521);
559  int joyB38 = analogRead(A522);
560  int joyG38 = analogRead(A523);
561  int joyO38 = analogRead(A524);
562  int joyP38 = analogRead(A525);
563  int joyQ38 = analogRead(A526);
564  int joyS38 = analogRead(A527);
565  int joyT38 = analogRead(A528);
566  int joyU38 = analogRead(A529);
567  int joyV38 = analogRead(A530);
568  int joyW38 = analogRead(A531);
569  int joyX39 = analogRead(A532);
570  int joyY39 = analogRead(A533);
571  int joyZ39 = analogRead(A534);
572  int joyR39 = analogRead(A535);
573  int joyB39 = analogRead(A536);
574  int joyG39 = analogRead(A537);
575  int joyO39 = analogRead(A538);
576  int joyP39 = analogRead(A539);
577  int joyQ39 = analogRead(A540);
578  int joyS39 = analogRead(A541);
579  int joyT39 = analogRead(A542);
580  int joyU39 = analogRead(A543);
581  int joyV39 = analogRead(A544);
582  int joyW39 = analogRead(A545);
583  int joyX40 = analogRead(A546);
584  int joyY40 = analogRead(A547);
585  int joyZ40 = analogRead(A548);
586  int joyR40 = analogRead(A549);
587  int joyB40 = analogRead(A550);
588  int joyG40 = analogRead(A551);
589  int joyO40 = analogRead(A552);
590  int joyP40 = analogRead(A553);
591  int joyQ40 = analogRead(A554);
592  int joyS40 = analogRead(A555);
593  int joyT40 = analogRead(A556);
594  int joyU40 = analogRead(A557);
595  int joyV40 = analogRead(A558);
596  int joyW40 = analogRead(A559);
597  int joyX41 = analogRead(A560);
598  int joyY41 = analogRead(A561);
599  int joyZ41 = analogRead(A562);
600  int joyR41 = analogRead(A563);
601  int joyB41 = analogRead(A564);
602  int joyG41 = analogRead(A565);
603  int joyO41 = analogRead(A566);
604  int joyP41 = analogRead(A567);
605  int joyQ41 = analogRead(A568);
606  int joyS41 = analogRead(A569);
607  int joyT41 = analogRead(A570);
608  int joyU41 = analogRead(A571);
609  int joyV41 = analogRead(A572);
610  int joyW41 = analogRead(A573);
611  int joyX42 = analogRead(A574);
612  int joyY42 = analogRead(A575);
613  int joyZ42 = analogRead(A576);
614  int joyR42 = analogRead(A577);
615  int joyB42 = analogRead(A578);
616  int joyG42 = analogRead(A579);
617  int joyO42 = analogRead(A580);
618  int joyP42 = analogRead(A581);
619  int joyQ42 = analogRead(A582);
620  int joyS42 = analogRead(A583);
621  int joyT42 = analogRead(A584);
622  int joyU42 = analogRead(A585);
623  int joyV42 = analogRead(A586);
624  int joyW42 = analogRead(A587);
625  int joyX43 = analogRead(A588);
626  int joyY43 = analogRead(A589);
627  int joyZ43 = analogRead(A590);
628  int joyR43 = analogRead(A591);
629  int joyB43 = analogRead(A592);
630  int joyG43 = analogRead(A593);
631  int joyO43 = analogRead(A594);
632  int joyP43 = analogRead(A595);
633  int joyQ43 = analogRead(A596);
634  int joyS43 = analogRead(A597);
635  int joyT43 = analogRead(A598);
636  int joyU43 = analogRead(A599);
637  int joyV43 = analogRead(A600);
638  int joyW43 = analogRead(A601);
639  int joyX44 = analogRead(A602);
640  int joyY44 = analogRead(A603);
641  int joyZ44 = analogRead(A604);
642  int joyR44 = analogRead(A605);
643  int joyB44 = analogRead(A606);
644  int joyG44 = analogRead(A607);
645  int joyO44 = analogRead(A608);
646  int joyP44 = analogRead(A609);
647  int joyQ44 = analogRead(A610);
648  int joyS44 = analogRead(A611);
649  int joyT44 = analogRead(A612);
650  int joyU44 = analogRead(A613);
651  int joyV44 = analogRead(A614);
652  int joyW44 = analogRead(A615);
653  int joyX45 = analogRead(A616);
654  int joyY45 = analogRead(A617);
655  int joyZ45 = analogRead(A618);
656  int joyR45 = analogRead(A619);
657  int joyB45 = analogRead(A620);
658  int joyG45 = analogRead(A621);
659  int joyO45 = analogRead(A622);
660  int joyP45 = analogRead(A623);
6
```

Thank you

