

# Yolov5를 이용한 라즈베리파이 실시간 객체 인식과 분쇄, 압축, 분류기 모터 제어

## 목 차

### I. 개요

- 참여 동기
- 기술 스택

### II. 실시간 객체 인식을 이용한 쓰레기 종류 분류

- 딥러닝 과정
- 분류 클래스에 따른 동작

### III. 라즈베리파이 간 통신 구현

### IV. 분쇄기, 압축기, 분류기 모터 제어

- A. 분류기
- B. 압축기
- C. 분쇄기

### V. 프로젝트를 진행하며

# I. 개요

## - 참여 동기

학부 과정에서 하는 팀 프로젝트는 어떤 결과물을 내기보단 성적을 얻기위한 발표가 대부분인 경우가 많았고, 같은 전공을 가진 학생들과 프로젝트를 하면 아무래도 하는 생각이나 해야 하는 것들이 비슷비슷 했기에, 다른 전공을 가진 학생들과 프로젝트를 해보고 싶었고, 기계공학부나 전자공학부 학생들과 프로젝트를 진행하면 학교 수업 과정에서 겪어보지 못한 기계 제어, 시스템 제어 등을 경험해볼 수 있고, 생각하는 방식이 좀 더 넓어지지 않을까 생각해서 이 프로젝트에 참여하게 되었다. 학부 과정에서 좋은 성적을 얻고 있지만, 경험해보지 못한 것을 경험해보고 싶은 생각이 강했고, 필자의 취업 희망 기업들이 기계 제어, 시스템 제어와 관련된 기업들이기 때문에 프로젝트에 참여한 이유도 있다.

## - 기술 스택

라즈베리파이에는 Raspberry PI OS를 사용하였고, 모터 제어 및 실시간 객체인식엔 파이썬, 파이토치를 사용하였으며, 라즈베리파이 간 통신엔 nodeJS를 사용하였고, 라즈베리파이에 들어가는 딥러닝 모델은 TensorFlow Lite를 사용하였다.



## II. 실시간 객체 인식을 이용한 쓰레기 종류 분류

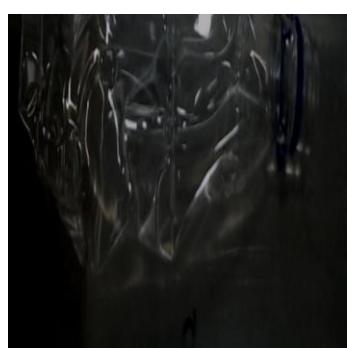
### - 딥러닝 과정

먼저 실시간 객체 인식에 성능이 좋고 접근성이 좋다고 알려진 Yolov5 딥러닝 모델을 사용하기로 결정하고, 쓰레기 데이터를 200개 정도로 웹캠으로 촬영한 후, RoboFlow에서 제공해주는 이미지 라벨링과 이미지 변형의 기능을 활용하여, 총 1500장의 데이터를 학습하였다. 이 과정에서 예산의 여유가 있었다면 더 많은 양질의 데이터를 학습해서 분류할 수 있었겠지만, 지금 프로젝트의 목표로 하는 쓰레기 분류에선 충분한 결과를 도출할 거라고 판단하였다.

먼저 분류해야 되는 기준은, 재사용 가능한 플라스틱(파쇄할 플라스틱 쓰레기), 압축할 캔, 압축할 종이컵 3가지이고, 이미지 라벨링을 하나하나 해서 학습한 결과, 괜찮은 결과가 도출되었다.



캔은 색깔이 뚜렷하고 생김새도 다 비슷해서 이미지를 50장만 학습시켜도 뚜렷한 학습 결과가 나왔지만, 이런 카페 용기나 투명 생수병은 투명해서 그런지, 잘 구분을 못하는 결과가 나왔다. 그래서 Roboflow에서 제공하는 이미지 변형 개념을 사용, 한 이미지의 밝기를 조절해서 여러 장의 밝기가 다른 데이터를 만든 뒤, 이를 라벨링해 학습시켜 이렇게 형태와 위치가 변경되어도 쓰레기의 종류를 잘 구분할 수 있게 되었다.



< 한 이미지로 여러 밝기 값을 줘서 이미지 변형을 이용한 효과적인 투명 물체 학습에 성공하였다. >

## II. 실시간 객체 인식을 이용한 쓰레기 종류 분류

### - 분류 클래스 설명

#### 1. 재사용 가능한 플라스틱

재사용이 가능한 플라스틱은 투입구에서 압축기를 통해서 압축 후, 분류기에서 파쇄기로 이동한다.

아산 캠퍼스 주변 카페들의 아이스 음료를 담는 컵들을 조사한 결과, 대부분이 재사용 가능한 플라스틱을 사용하였다. 대다수의 학생들이 아이스 음료를 먹기 때문에, 테이크 아웃 잔을 파쇄해서 재사용 처리에 용이하게 하는 것이 이 프로젝트의 목표였다. 거기에 생수병같은, 특별한 처리 없이 생산되는 투명 플라스틱 병까지 구분하게 모델을 학습하였다.

#### 2. 캔

재사용이 안되는 캔은 투입구에서 압축한 후, 분류기에서 캔 전용 쓰레기통으로 이동한다.

캔도 파쇄를 할까 고려하였지만, 캔은 재사용의 개념으로 처리하는 쓰레기가 아니기에 파쇄는 하지 않고 부피를 많이 줄인다는 목적으로 압축 후 분리 배출 쓰레기 통에 넣을 것이다.

#### 3. 종이컵

종이컵 역시 투입구에서 압축한 후, 분류기에서 전용 쓰레기 통으로 이동한다.

## III. 라즈베리파이 간 통신 구현

이 프로젝트엔 라즈베리파이가 총 2개를 사용하였다. 사용자와 상호작용하는, 어플과 연동된 스크린을 담당하는 라즈베리파이 A와 실시간 객체 인식 및 기계 안의 모든 모터를 제어하는 역할을 하는 시스템 제어 담당 라즈베리파이 B가 있는데, 이 두 라즈베리파이 간 주고받는 데이터를 통신할 방법이 관건이었다. A는 B에게 사용자가 로그인 후 쓰레기를 넣었다고 알려줘야 하고, B는 A에게 사용자가 넣은 쓰레기의 종류를 알려줘야 하기 때문에, 통신은 필수였다.

( 어플 설명은 뒤의 파트 문서에 자세히 되어 있습니다.)

문제는 라즈베리파이 A와 B의 운영체제가 다르다는 것인데, 이 때문에 블루투스를 통한 연결이 잘 되지 않아, 서버를 열어서 포트 주소로 연결하는 방법을 택했고, 이 과정에서 nodeJS를 사용하였다.

## II. 실시간 객체 인식을 이용한 쓰레기 종류 분류

### - 분류 클래스 설명

#### 1. 재사용 가능한 플라스틱

재사용이 가능한 플라스틱은 투입구에서 압축기를 통해서 압축 후, 분류기에서 파쇄기로 이동한다.

아산 캠퍼스 주변 카페들의 아이스 음료를 담는 컵들을 조사한 결과, 대부분이 재사용 가능한 플라스틱을 사용하였다. 대다수의 학생들이 아이스 음료를 먹기 때문에, 테이크 아웃 잔을 파쇄해서 재사용 처리에 용이하게 하는 것이 이 프로젝트의 목표였다. 거기에 생수병같은, 특별한 처리 없이 생산되는 투명 플라스틱 병까지 구분하게 모델을 학습하였다.

#### 2. 캔

재사용이 안되는 캔은 투입구에서 압축한 후, 분류기에서 캔 전용 쓰레기통으로 이동한다.

캔도 파쇄를 할까 고려하였지만, 캔은 재사용의 개념으로 처리하는 쓰레기가 아니기에 파쇄는 하지 않고 부피를 많이 줄인다는 목적으로 압축 후 분리 배출 쓰레기 통에 넣을 것이다.

#### 3. 종이컵

종이컵 역시 투입구에서 압축한 후, 분류기에서 전용 쓰레기 통으로 이동한다.

## III. 라즈베리파이 간 통신 구현

이 프로젝트엔 라즈베리파이가 총 2개를 사용하였다. 사용자와 상호작용하는, 어플과 연동된 스크린을 담당하는 라즈베리파이 A와 실시간 객체 인식 및 기계 안의 모든 모터를 제어하는 역할을 하는 시스템 제어 담당 라즈베리파이 B가 있는데, 이 두 라즈베리파이 간 주고받는 데이터를 통신할 방법이 관건이었다. A는 B에게 사용자가 로그인 후 쓰레기를 넣었다고 알려줘야 하고, B는 A에게 사용자가 넣은 쓰레기의 종류를 알려줘야 하기 때문에, 통신은 필수였다.

( 어플 설명은 뒤의 파트 문서에 자세히 되어 있습니다.)

문제는 라즈베리파이 A와 B의 운영체제가 다르다는 것인데, 이 때문에 블루투스를 통한 연결이 잘 되지 않아, 서버를 열어서 포트 주소로 연결하는 방법을 택했고, 이 과정에서 nodeJS를 사용하였다.

## IV. 분쇄기, 압축기, 분류기 모터 제어

(기계를 보시면서 읽으시면 이해가 훨씬 쉽습니다!)

### A. 분류기

분류기는 소형 모터 2개를 사용하였다.

소형 모터 2개를 제어하기 위해서, 한 개의 L298N 모듈을 사용하였다.

L298N 모듈에 소형 모터 2개를 연결하고, 라즈베리파이의 GPIO 핀의 맞는 자리에 연결하면 소형 모터의 속도, 회전방향, 시간을 제어할 수 있다.

분류해서 쓰레기를 떨굴 곳이 3곳이기 때문에 모터 2개를 활용하여 분류기를 만들었다.



<라즈베리파이의 GPIO 핀과 L298N 소형 모터 모듈>

### B. 압축기

압축기는 압축기 전용 모터 1개, 4채널 릴레이 모듈 1개를 사용하였다.

압축기 모터는 소형 모터가 아니기 때문에, 소형 모터 모듈이 아닌 4채널 릴레이 모듈을 사용하였다.

압축기의 모터 전원을 연결해주고, 4채널 릴레이 모듈과 연결해준 다음, 라즈베리파이와 4채널 릴레이 모듈을 연결하면, 압축기와 연결된 4채널 중 한 채널을 이용해서 압축기가 돌아가는 시간을 제어할 수 있다.



<4채널 릴레이 모듈>

## C. 파쇄기

파쇄기는 파쇄기 전용 220V 단상 모터를 사용하였고, 4채널 릴레이 모듈을 사용해서 라즈베리파이로 제어했다. 안정성을 위해 파쇄기를 계폐기에 연결해서 제어했는데, 전체적인 방식은 압축기와 동일하게 돌아가는 시간을 라즈베리파이로 제어하는 방식이다.



<파쇄기의 제어를 위해 사용한 계폐기>

## V. 프로젝트를 진행하며

5월부터 프로젝트를 진행했는데, 처음에는 정말 맨땅에 헤딩하는 느낌이 들었다.

전공에서 배우지 못한 지식들이었고, 컴퓨터가 안 켜지는 등 여러가지 시행착오들을 겪으면서 어려움도 많았는데, 결국 팀 프로젝트라 이겨낼 수 있었던 점들이었다.

이번 프로젝트를 계기로 프로젝트 계획, 설계, 진행과 관련해서 어떤 식으로 방향을 잡고 시행착오엔 어떻게 대처를 해야 효율적인지 확실히 알게 되었고, 팀워크에 대해서도 전보다 훨씬 중요하게 생각하게 되는 계기가 되었다.

# 제목: "환경 보호를 위한 포인트 리워드 어플리케이션과 서버 개발 기술문서"

## A. 개요

1. 목표
2. 기술 스택

## B. 기계 동작 어플리케이션

1. 로그인 및 쓰레기 투입
2. 기계 동작 명령 전송, 데이터 전송 및 저장

## C. 휴대폰 어플리케이션

1. 로그인 페이지 - 사용자 로그인
2. 1번 페이지 - 포인트 및 레벨 시스템
3. 2번 페이지 - 쓰레기 배출 기록 조회
4. 3번 페이지 - 사용자 포인트 랭킹
5. 4번 페이지 - 포인트 조회 및 바코드 생성
6. 5번 페이지 - 설정 및 공지사항

## D. 서버 및 데이터베이스

1. 4.1 Spring Boot 서버
2. 4.2 MySQL 데이터베이스

## A. 개요

1. 목표: 사용자가 쓰레기를 버릴 때 포인트를 적립하고, 적립된 포인트를 이용하여 교내 카

폐에서 포인트 사용이 가능한 어플리케이션을 구축하였습니다.

2. **기술 스택:** Flutter를 사용하여 휴대폰 어플리케이션을 개발하고, 기계 동작 어플리케이션 또한 Flutter를 통해 개발하였고 쓰레기를 인식하는 프로그램에 동작 명령을 주기 위해 Node.js서버를 구현하였으며 클라우드 환경에 Spring Boot 서버와 MySQL 데이터베이스를 배포하였습니다.



## B. 기계 동작 어플리케이션

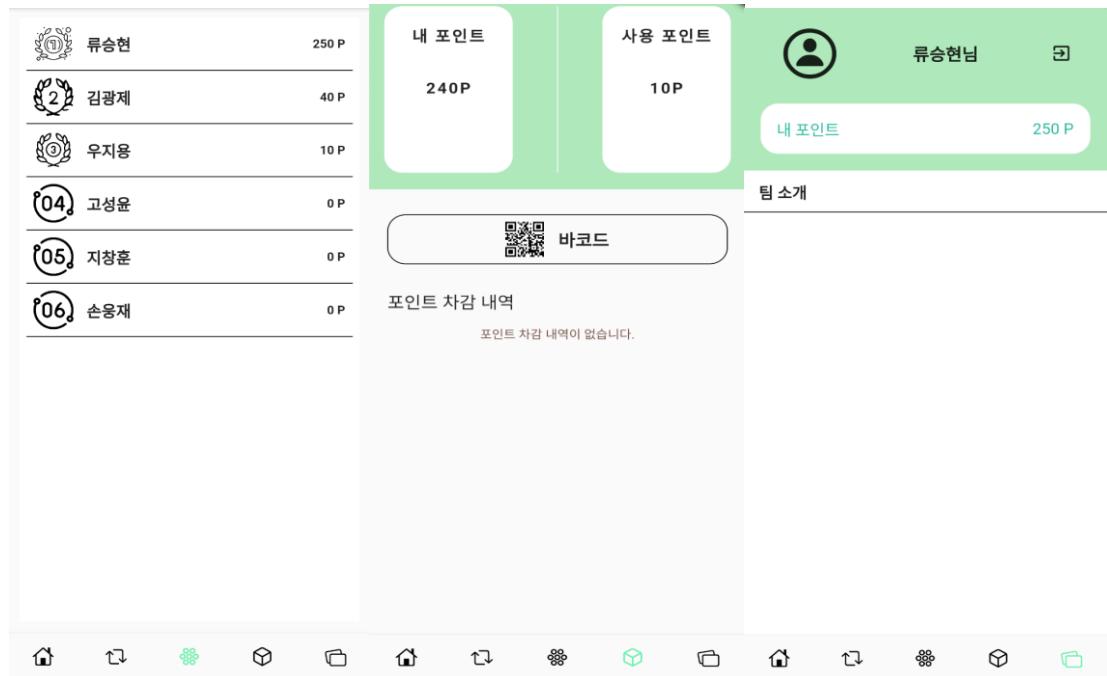
1. **로그인 및 쓰레기 투입:** 기계에 부착된 터치스크린을 통해 사용자는 학번을 입력하여 로그인하고, 쓰레기를 투입구에 넣도록 유도합니다.
2. **데이터 전송 및 저장:** 쓰레기가 투입되면 시작 버튼을 눌러 Node.js 서버로 쓰레기를 인식하는 프로그램에 시작 명령을 보내어 쓰레기를 분류하고, 결과를 클라우드 환경에 있는 Spring Boot 서버에 저장하여 사용자의 쓰레기 배출 정보와 포인트를 관리합니다.



## C. 휴대폰 어플리케이션

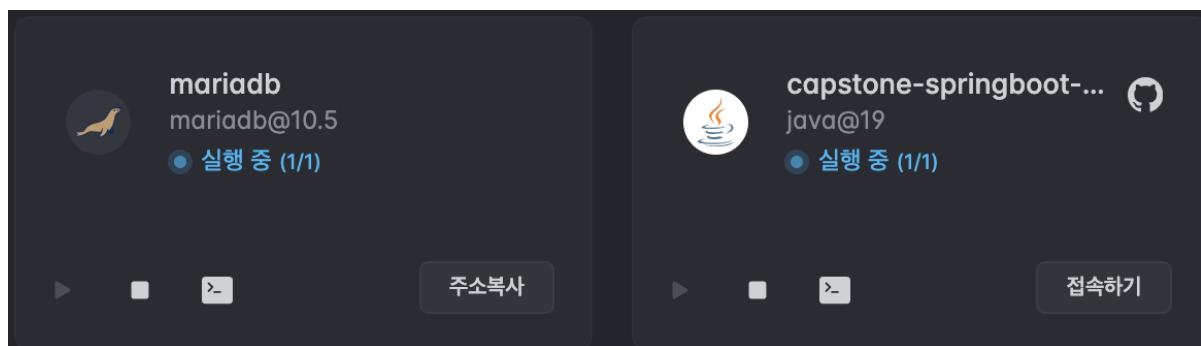
- 로그인 페이지 - 사용자 정보 확인:** 사용자가 입력한 학번과 암호화된 비밀번호가 데이터베이스에 존재하는지 조회
- 1번 페이지 - 포인트 및 레벨 시스템:** 홈 화면에서 사용자의 레벨과 다음 레벨까지 남은 포인트를 표시하는 시스템을 구현하였습니다.
- 2번 페이지 - 쓰레기 배출 기록 조회:** 사용자가 배출한 쓰레기 내역을 오늘, 1개월, 3개월 등의 기간으로 조회할 수 있는 페이지를 제공합니다.
- 3번 페이지 - 사용자 포인트 기반 랭킹:** 사용자들이 적립한 포인트를 기반으로 순위를 표시하여 사용자들이 제품을 더 적극적으로 사용하도록 유도합니다.
- 4번 페이지 - 포인트 조회 및 바코드 생성:** 사용자의 사용 가능한 포인트와 사용한 포인트를 조회할 수 있으며, 바코드를 생성하여 학교 근처 카페 등에서 사용할 수 있도록 하는것이 목표입니다.
- 5번 페이지 - 설정 및 공지사항:** 개발자의 공지사항을 확인할 수 있는 페이지를 제공합니다.





## D. 서버 및 데이터베이스

1. **Spring Boot 서버**: 개발한 Spring Boot 서버는 클라우드 환경에 배포되어 인터넷 연결이 가능한 환경에서 항상 접근 가능합니다. 이 서버는 사용자의 학번과 암호화된 비밀번호를 MySQL 데이터베이스에 저장하며, 사용자의 쓰레기 배출 기록과 포인트 정보를 저장하고 관리합니다.
2. **MySQL 데이터베이스**: 사용자 정보, 쓰레기 배출 기록, 포인트 정보 등을 안전하게 저장하는 데 사용되는 데이터베이스입니다.



## 전자공학과 기술문서 및 상세내용도

### 1. SMPS (파워서플라이)

1채널) 24V 4A의 채널로부터 압축모터로 전원 공급

2채널) 5V 3A의 채널로부터 라즈베리파이에 필요한 전원 공급

3채널) 12V 10A의 채널로부터 분류용 소형모터 모듈 L298N 전원 공급

### 2. 압축용 DC 모터

총 전력 60W의 DC 모터로 24V 4A의 전압 전류를 필요로 한다.

RPM: 3000 , 감속비 120:1을 사용하였으며

이는 저전압트리거 4채널 릴레이보드 모듈과 결합하고

릴레이보드의 INPUT 4 핀과 라즈베리파이와 결합하여 통신하고  
이를 초단위로 사용자 설정에 맞게 제어한다.

### 3. 분류용 소형모터

SMPS로부터 제어모듈 L298N에 외부전압 12V 10A를 인가하고  
두 개의 모터A와 B를 속도 방향 제어한다.

-OUT 1,2로 모터A (앞), OUT 3,4로 모터B (뒤) 연결  
-ENA와 ENB 입력으로부터 PWM (속도제어) 출력

-IN12, IN34 (방향제어, 정/역) 입력으로부터 GPIO핀 연결

#### 4. 파쇄 모터 및 전자개폐기(MC)

-0.4KW의 220V 단상모터로 감속비 60:1 사용

-모터 CW 정방향: 1,3을 MC의 R과 결선 2를 T와 결선

-파워선 3선 중 갈색>U, 파란색>W 결선

#### 5. 저전압트리거 릴레이보드 모듈과 라즈베리파이4

1) 라즈베리파이로부터 외부전압 5V 와 GND를 인가하여 로직전원 구동

압축모터: IN4와 GPIO 연결 입력> COM(2),(3) 출력

전자개폐기: IN3와 GPIO 연결 입력> COM(2),(3) 출력

2) 라즈베리파이의 5V핀과 GND핀 GPIO핀 총 16개 사용

위의 과정에서 각 MCU에 사용되는 GND에 공통접지 (2개이상) 처리

이유: 구동시켜야하는 시퀀스가 한 개 이상이여서.

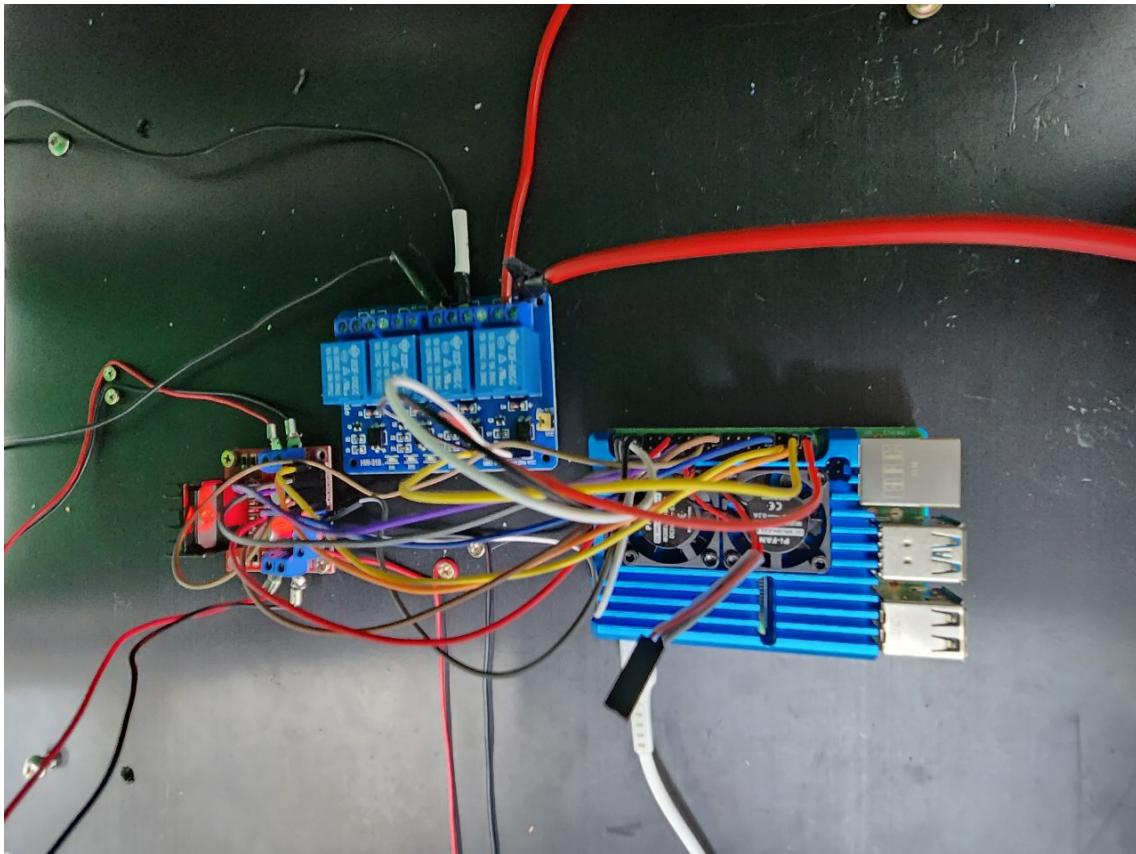
느낀점.

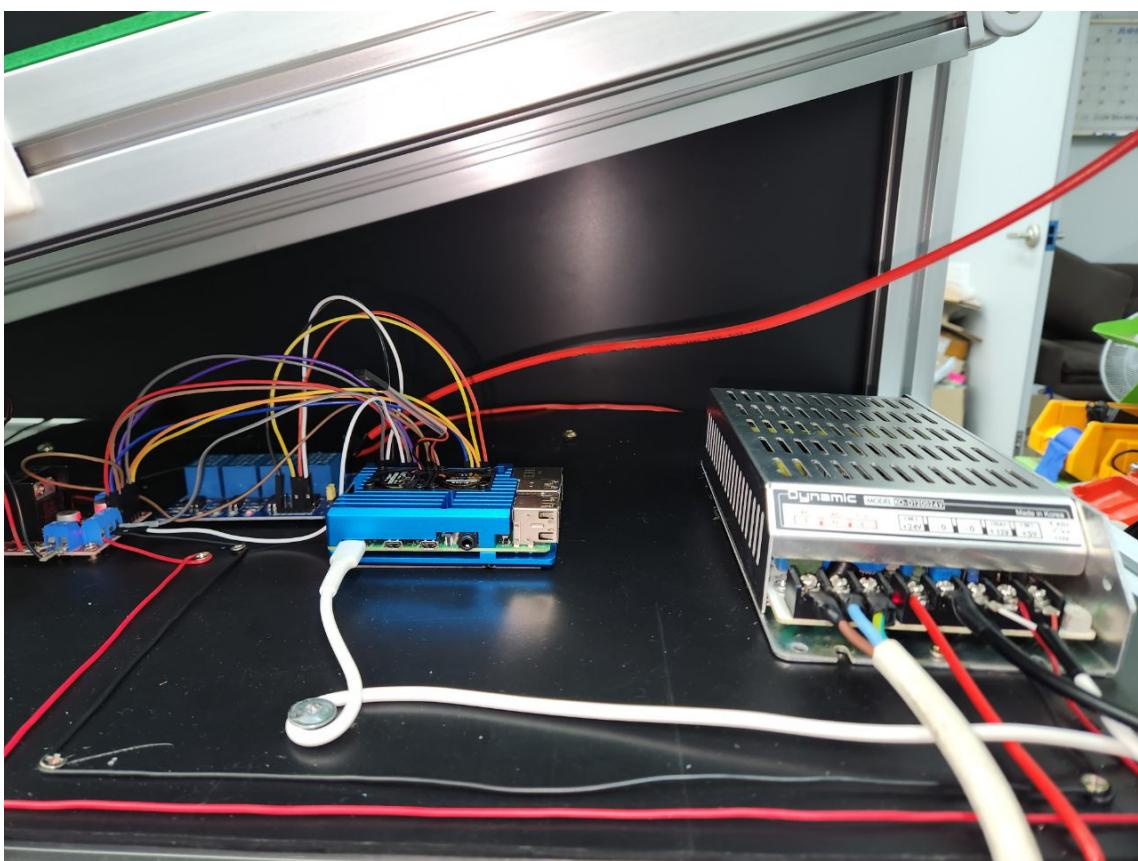
지난 3년의 학사과정과 개인학습을 토대로 지난8개월 동안 준비한 프로젝트이다.

팀의 계획대로 작품의 모든 전원공급과 제어를 성공시켰고 과정에서 정말 수 많은 시행착오가 있었으나 팀 프로젝트여서 가능했다 생각함.

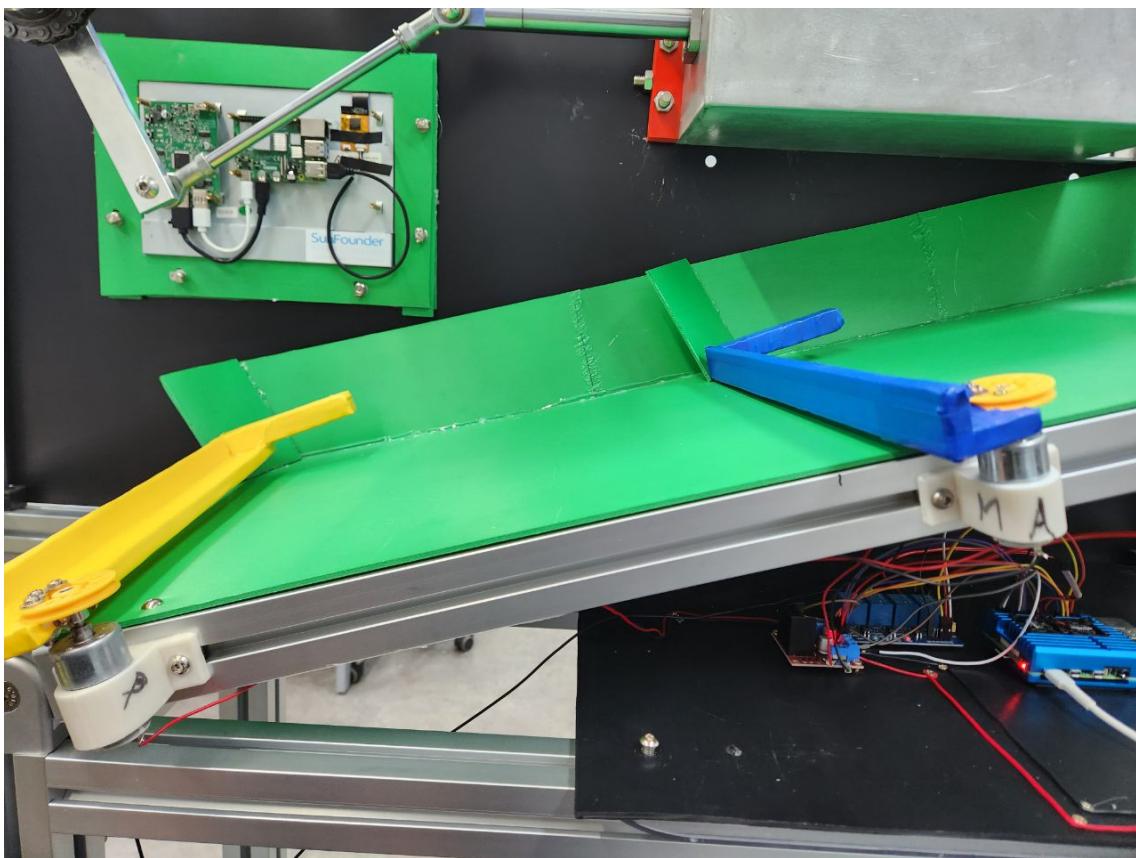
## 참고사진

### 1) 메인 제어반 (위, 정면 시점)

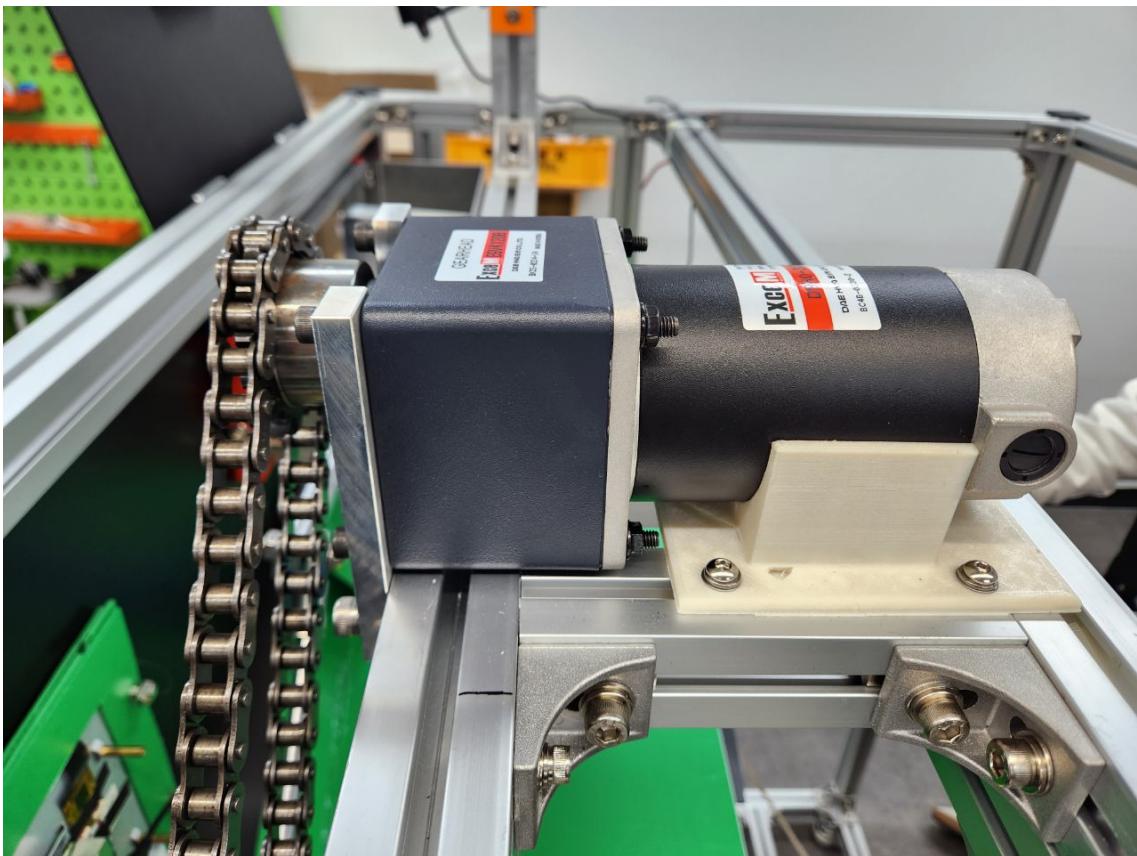




3) 분류용 소형 모터 A, B



#### 4) 압축용 DC모터



## 5) 파쇄용 220V 단상모터

