

# 메카트로닉스 기말 프로젝트

## 프로젝트 일정

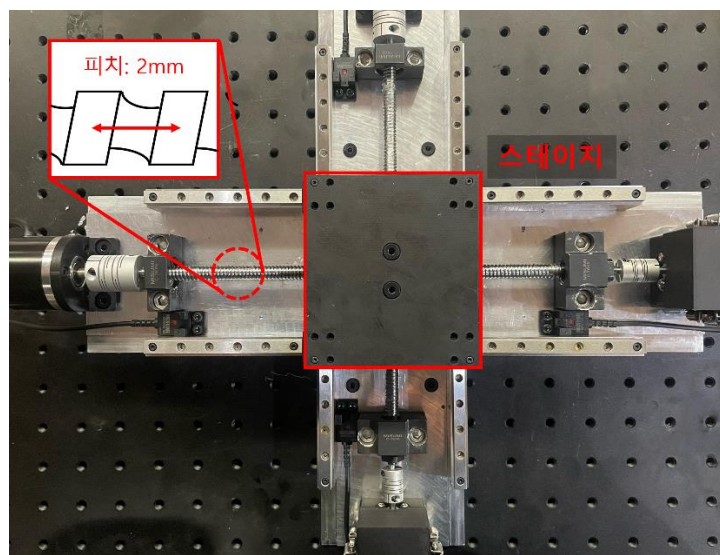
- 프로젝트 평가: 12월 14일 목요일 (정규수업시간 - 장소 추후 공지)
- 프로젝트 프로그램 및 보고서 제출: 12월 17일, 23시 59분까지 LearnUs 제출
- 프로젝트 실습 기간: 추후 공지

## 프로젝트 문제

- 각 문항 별로 사용한 프로그램과 그에 대한 설명을 작성하시오.

### 문제 1: 모터제어

- (1) 1차 프로젝트에서 제작한 PID 모터 위치 제어 프로그램을 Simulink를 활용하여 구현하시오.
- (2) 모터 2개를 사용하여 PID 모터 위치 제어를 두개의 축 ( $x$  축,  $y$  축)에 대해서 구현하시오. 목표점을  $(0,0) \rightarrow (64,48)$ 로 하되 경로는 고려하지 않고, 이동하는 제어기를 구현하시오 ( $x$  축:  $0 \rightarrow 64$ ,  $y$  축:  $0 \rightarrow 48$ ). 이때,  $x$  축,  $y$  축의 좌표는 실습에서 사용할 2축 이송계의 규격을 따르시오.  
[각 축의 볼 스크류의 피치는  $2mm$  - 모터 1회전시  $2mm$  이동]
- (3) (3) 2개의 모터가 움직인 궤적을 Simulink를 사용하여 그리시오.  
(각 축의 목표치로 최고의 속도로 이동하였기에 궤적은 직선이 되지 않습니다.)



## 문제 2: 직선경로의 구현 1단계

문제 1에서 직선 궤적이 나오지 않는 문제를 해결하기 위해, 경로 중에 여러 개의 중간 목표를 정하여 경로를 잘게 나누어 이동하고자 합니다.

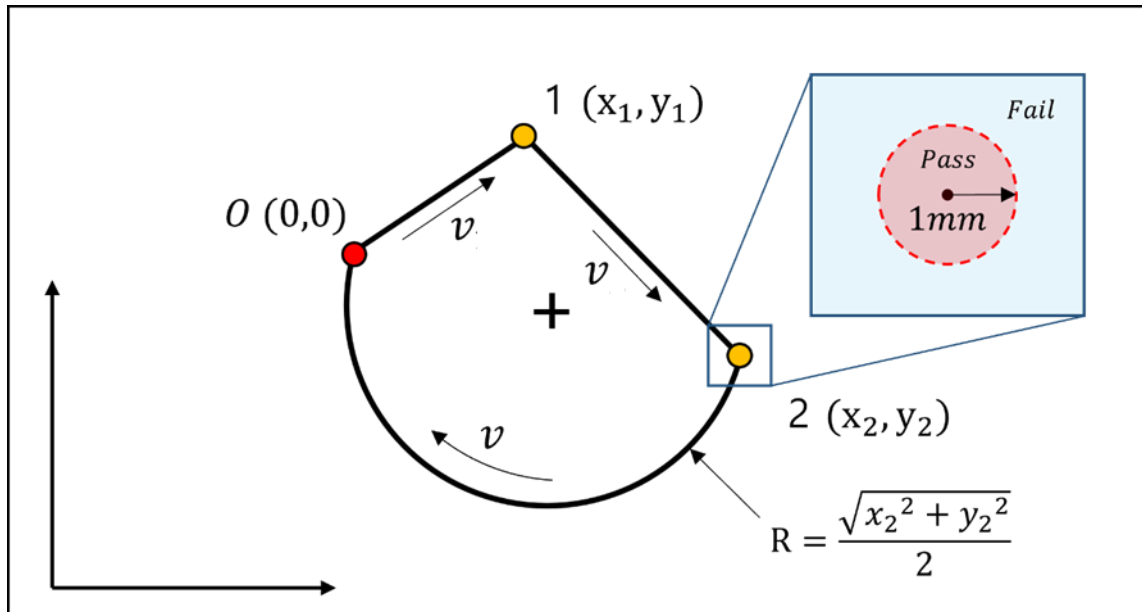
- (1) 문제 1에서 사용한 목표점 사이를 임의의 일정한 간격으로 등분해서 위치 제어를 수행하는 프로그램을 작성하시오 (예,  $x$ 축:  $0 \rightarrow 0.4 \rightarrow 0.8 \rightarrow \dots 64$ ,  $y$ 축:  $0 \rightarrow 0.3 \rightarrow 0.6 \rightarrow \dots 48$ ). 이때 등분한 점은 프로그램이 자동으로 계산해야 합니다.
- (2) 위의 프로그램을 개선하여, 우리가 원하는 속도로 위의 경로를 따라 움직이는 프로그램을 작성하시오. (예,  $(0, 0) \rightarrow (64, 48)$ 을  $5mm/sec$ 의 속도로 이동)
- (3)  $x$ 축 위치,  $y$ 축 위치, 직선으로부터의 오차, 속도를  $x$ 축을 시간으로 하는 그래프로 각각 그리시오(총 4개의 그래프).

## 문제 3: 직선경로의 구현 2단계

문제 2의 결과를 보면 속도 제어에도 한계가 있으며, 위치에서 오차가 발생합니다. 이는 일정한 속도로 제어를 할 경우, 속도가 0에서 목표 값으로 바로 바뀌게 되어 (가속도가 무한대) 제어기가 잘 따라가지 못하기 때문입니다. 따라서, 실제 제어기에서는 속도를 목표치까지 서서히 증가시키는 방법을 이용하여 너무 높은 가속도 때문에 생기는 문제를 해결합니다.

- (1) 적절한 방법의 속도 커브의 모양을 선택하고 이를 추가하여 위치 오차를 줄이는 방법을 구현하시오. (이때 너무 속도를 천천히 올리면 시간이 오래 걸리고, 너무 시간을 빨리 올리면 오차가 커집니다.)
- (2) 속도 커브를 추가하여 성능이 개선되는 결과를 확인하고  $x$ 축 위치,  $y$ 축 위치 직선으로부터 오차, 속도를  $x$ 축을 시간으로 하는 그래프로 각각 그리시오. 이때 다양한 속도 커브를 시도해 보고 각각의 결과의 차이를 보고서에서 논의하시오.

문제 4: 자유로운 이송 경로의 제어 (정량 평가 대상)



- (1) 그림과 같이 2개의 목표 점을 지정하면 연속으로 2개의 점을 따라 직선으로 이송한 뒤 시계 방향으로 원호를 따라 원점으로 복귀하는 프로그램을 작성하시오.  
[목표점과 목표 속도는 정량 평가 당일 공개]  
(목표 속도는 가속 구간을 지나 이송계가 일정한 속도로 움직이는 구간의 속도를 의미합니다. 이는  $x$ 축 방향의 속도와  $y$ 축 방향의 속도의 벡터 합이므로, 각 축의 속도 성분을 프로그램이 자동으로 계산할 수 있어야 합니다.)
- (2) 보고서에 본인이 임의로 설정한 2개의 목표 점을 적용하여  $x$ 축 위치,  $y$ 축 위치, 목표 경로로부터 오차, 속도를  $x$ 축을 시간으로 하는 그래프로 각각 그리시오.
- (3)  $x - y$  평면에서 이송계의 중심점의 궤적과, 목표했던 궤적을 동시에 보이는 그래프를 그리시오.
- (4) 위에서 그린 그래프 상에서 직선 경로와 원호 경로의 차이를 보고서에서 논의하시오.

## 프로젝트 정량 평가 지표

프로젝트 문제 4번에서 구현한 프로그램과, 제공된 실습키트 및 모터-엔코더와 평가용 2축 이송계를 활용하여 스테이지의 중심이 목표 위치로 직선 이송하는 경로를 생성하고 모터 위치 제어를 수행

- 속도 오차 지표

$$V_{avg} = \frac{1}{N} \sum V_{measurement}, \quad D_{vel} = \left| \frac{V_{avg} - V_{command}}{V_{command}} \right|$$

- 경로 오차 지표

$$\text{Contour Error}_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum |\text{Contour Error}|^2}$$

$N$ : 전체 샘플 수

- 정량 평가 점수

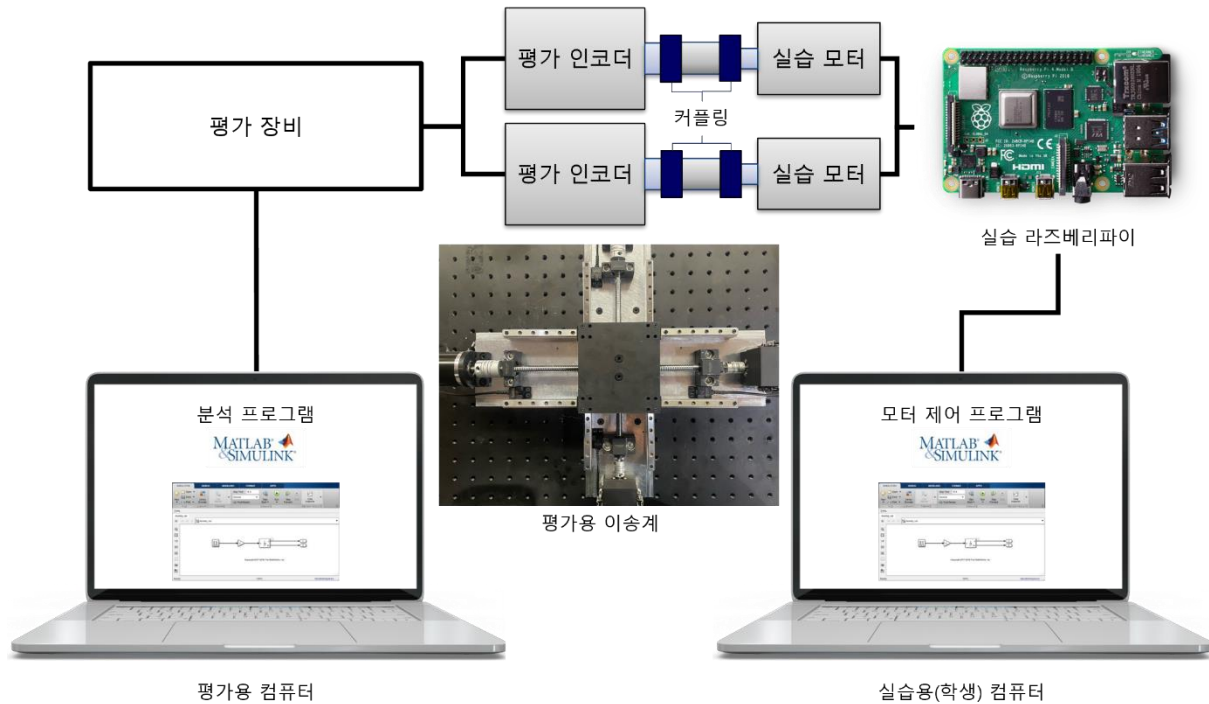
$$\text{Score} = \text{normalization}[D_{vel}] * 30 + \text{normalization}[\text{Contour Error}_{\text{RMS}}] * 70$$

$$\text{normalization}[x] = 1 - \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

## 프로젝트 정량 평가 조건

1. 사용하는 제어 알고리즘은 반드시 직접 작성한 **PID**만을 사용 (**PID 블록 사용 X**)
2. 제어를 시작할 때의 스테이지 중심의 위치를 원점으로 생각함
3. 목표 위치는 원점을 기준으로 정의
4. 총 목표 위치 개수는 2개로, 위치 좌표 및 속도는 평가 당일에 공개
5. 프로그램 시작 전에 목표 위치 좌표 및 속도를 입력 가능하게 구현
6. 사용하는 평가용 라즈베리 파이의 GPIO 번호는 되도록 제공된 S-function에 지정된 번호 사용
7. 목표 위치를 반경 1mm 내로 통과하지 못하는 경우, 감점함
8. 120초 내에 최종 위치에 도달해야 함
9. 이송계의 리밋 스위치가 작동하지 않아야 함
10. 제공된 실습 키트 개조 및 별도의 장비 사용 금지

## 프로젝트 정량 평가 방법 및 순서



### 1. 평가 전 확인

- I. 2개의 실습 모터와 이송계의 2개의 엔코더의 커플링 체결 확인
- II. 실습 모터, 라즈베리파이, 회로 구성에 문제가 없는지 확인
- III. 목표 위치 및 속도 입력 확인

### 2. Simulink 프로그램 실행

- I. 모터 제어 프로그램을 실행하고 첫 번째 목표 위치로 제어를 수행
- II. 평가 장비가 모터의 움직임을 인식하면 측정 시작
- III. 첫 번째 목표 위치에 도달한 이후, 두 번째 목표 위치로 위치 제어를 수행
- IV. 두 번째 목표 위치에 도달한 이후, 원점으로 위치 제어를 수행 (원호)
- V. 원점에 도달한 이후, 모터 제어 프로그램 종료 (제어 값 0 입력)
- VI. 평가 장비가 모터의 정지를 인식하고 측정 종료

### 3. 이후 성능 평가

- I. 평가 장비를 통해서 엔코더 신호를 수신
- II. 분석 프로그램을 통해서 평가 지표 값을 계산
- III. **1팀당 1번**의 평가 기회를 제공