

소프트웨어 프로젝트 2

비례 제어 (Proportional Control)

2024년 2학기

국민대학교
소프트웨어학부/인공지능학부
주용수, 최진우, 한재섭, 허대영
{ysjoo, jaeseob, jnwochoi, dyheo}@kookmin.ac.kr

비례제어 (Proportional Control)

- 오차에 비례하여 제어량을 결정함
- 오차
 - 목표상태와 현재상태의 차이
 - 예: 레일플레이트 [B] 위치(155 mm)까지의 거리 - 탁구공까지의 거리
 - 양/음의 값을 가질 수 있음
 - + 오차: 탁구공이 [B]보다 가까이 있음
 - - 오차: 탁구공이 [B]보다 멀리 있음
- 제어량
 - 서보를 어느 정도 기울일지 결정
 - 수평 상태의 펄스폭(_DUTY_NEU) + 제어량 = 조작하고자 하는 기울기
 - 제어량은 오차의 부호에 따라 양/음의 값을 가짐

비례제어 (Proportional Control)

- 비례이득 (proportional gain)
 - 오차와 제어량 사이의 환산비
 - 최적의 비례이득 값은 제어대상 시스템에 따라 사용자가 설정해야 함
 - 최적값보다 작은 경우: 반응이 너무 느리거나 서보 및 프레임워크가 반응하지 않는 불감대(유격, dead band) 미만의 제어량 발생 -> 제어 실패
 - 최적값보다 큰 경우: 반응이 과도하여 시스템이 안정화되지 않고 목표 상태를 지나치는 현상이 반복하여 발생함
- 그리고
 - 거리 측정 주기 (즉, 오차 확인 주기)와 서버 속도, 탁구공이 빠르게 움직인다면. EMA 필터의 Alpha 값, 등등 모든 것이 영향을 줌.

비례제어 코드 구현

- 템플릿 코드

- https://www.dropbox.com/scl/fi/ugrluxp3xjsi59xwdr6l9/23_pid_P_only.ino?rlkey=5qr78r4oyfcdc9ikwqvhs2hl4&dl=0
- 목표위치: [B] 표식(155 mm)으로 설정되어 있음
 - 코드 상의 target distance는 센서와 탁구공 사이의 최단거리를 의미
 - 탁구공 반지름: 20 mm
 - 센서가 인식하는 거리가 155 mm일 때 탁구공 중심이 B 표식 중앙에 위치하게 됨

```
25 // Target Distance
26 #define _DIST_TARGET    155 // Center of the rail (unit: mm)
```

- 우선, 각자 자기의 서보, IR 센서에 따라 수정해야 할 부분

- Bangbang 제어와 동일..
 - 이전 실습에서 확인 최적의 INTERVAL 값으로 설정 (실험하면서 조정)
 - 적당한 ema_alpha 값 설정 (실험하면서 조정)
 - 실습 3에서 찾아낸 duty 값 (MIN, NEU, MAX)들로 수정
 - 실습 3에서 찾아낸 ID - EI°로 수정
 - 적당한 Servo 각속도로 수정 (실험하면서 조정)
 - `ir_sensor_filtered(n, p, 0)`의 `n, p`를 적당한 값으로 설정 (실험하면서 조정)
 - 10주 2강에서 얻은 식으로 `volt_to_distance()` 함수 수정
 - 시리얼 통신 속도는 1,000,000으로 설정됨 (필요하면 조정)

비례제어 코드 구현

- 구현해야 하는 부분

```
96 // Update PID variables
97 error_current = ???;
98 pterm = ???;
99
100 control = pterm /* + dterm + iterm */;
101 duty_target = _DUTY_NEU + control;
102
103 // Limit duty_target within the range of [_DUTY_MIN, _DUTY_MAX]
104 if (duty_target < _DUTY_MIN)
105     duty_target = _DUTY_MIN; // lower limit
106 if (duty_target > _DUTY_MAX)
107     duty_target = _DUTY_MAX; // upper limit
```

97: 오차 = 희망 상태 - 현재 상태

98: 비례항 = 비례이득 x 오차

- 비례이득 조정

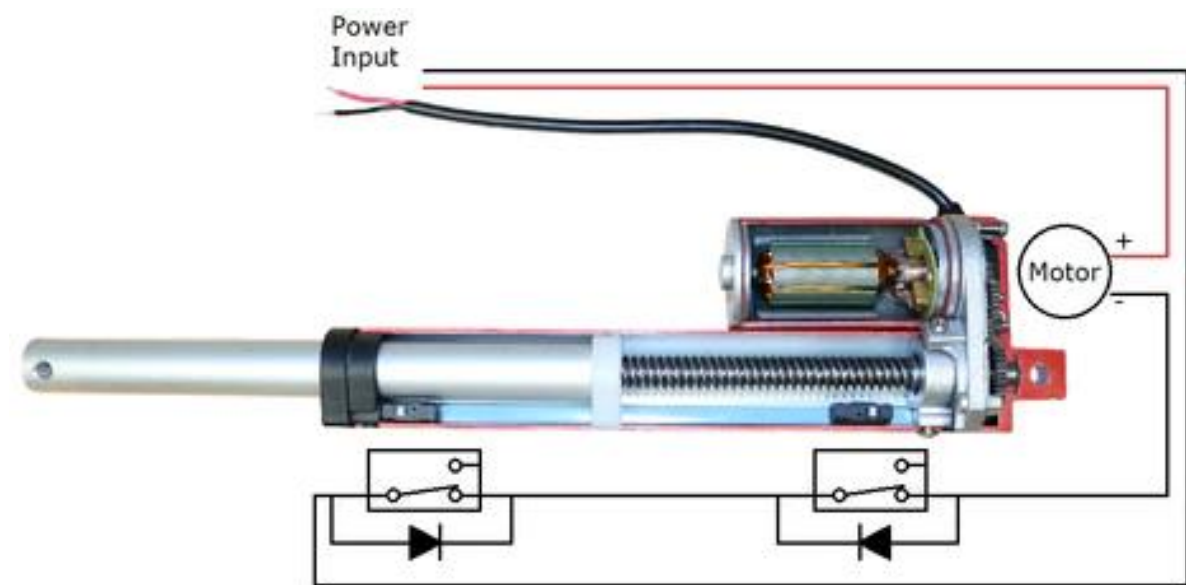
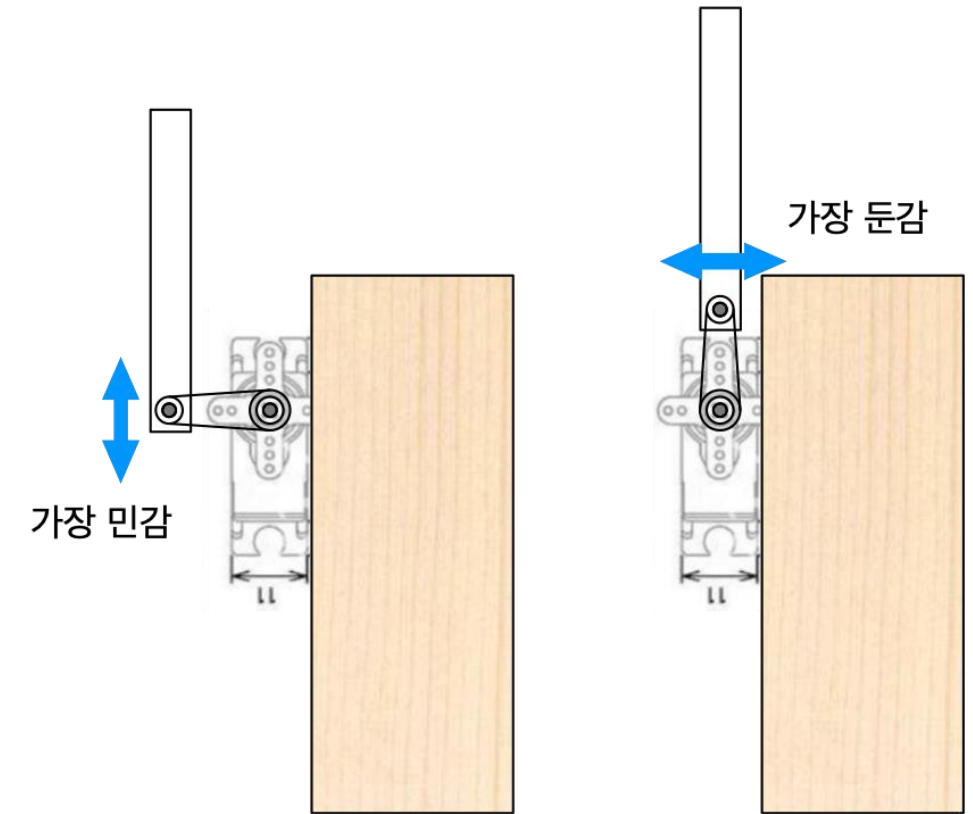
- _KP 값 조정

```
28 // PID parameters
29 #define _KP ??? // proportional gain
30 // #define _KD 0.0 // derivative gain
31 // #define _KI 0.0 // integral gain
```

- ▶ 탁구공이 왕복하는 진폭이 점점 커질 경우,
또는 멈춤장치와 케이스 내벽에 동시 충돌하는 경우 _KP를 줄일 것
- ▶ 탁구공이 목표 위치와 멀리 떨어져 정지할 경우 _KP를 키울 것
- ▶ 탁구공이 멈춤장치 또는 케이스 내벽 중 한 쪽에만 충돌하는 경우 _DUTY_NEU 값을 조정해볼 것

비례이득의 비대칭

- 오차의 부호 및 크기에 따라 실질 비례이득이 달라질 수 있음
 - 서보의 회전운동을 레일플레이트 기울기로 변환하는 과정이 비선형적이기 때문에 발생
- 비대칭 예
 - 레일 수평 서보 펄스폭: 1500 us
 - 레일 기울기 +10도 펄스폭: 1300 us
 - 200 us가 10도 기울기로 환산됨
 - 레일 기울기 -10도 펄스폭: 1600 us
 - 300 us가 10도 기울기로 환산됨
- 해결방안 (참고)
 - 선형 액추에이터 사용
 - 오차 부호별로 비례 이득을 각각 설정



P제어 시연

- 구현목표: [B] 표식의 중앙(175 mm)을 목표 위치로 하는 비례제어 구현
- 출발 위치: 센서 쪽 멈춤장치에 밀착
- 유의사항: 탁구공의 위치는 공 중심을 기준으로 함
- 판정 방법
 - 아래 표에 따라 배점
 - 1, 2차 시기 중 높은 점수를 반영
 - 1차시기 9점 이상 득점 시 2차 시기 시도 불가

구분	1차시기	2차시기
5회 이상 25회 이하의 방향 전환 후 정지, 단 [B] 표식을 5회 이상 통과. 최초 정지->출발 시 방향 전환 1회로 간주.	10점	9점
방향 전환 횟수가 26회 이상일 때 (정지여부 무관)	9점	8점
공이 케이스 내벽 또는 멈춤장치에 5회 이상 충돌 시	8점	7점
정지 전까지 방향 전환 횟수가 4회 이하 또는 [B] 표식 통과 횟수가 4회 이하인 경우	7점	6점
시연 불가능 또는 비례제어 구현 실패	0점	0점

P제어 시연 안내

- 실패 판정 기준
 - 탁구공 중심이 거리측정자 10~25cm 구역 바깥에서 정지하는 경우
 - 적외선 센서 거리 보정(curve fitting)을 반드시 수행할 것
 - 오차에 따라 기울기가 비례하여 변화하는 비례제어를 구현하지 않은 경우
 - 예: 뱅뱅 제어
 - 레일 위에서 떨어지는 경우
 - PD, PID 제어 등 P제어 이외의 추가 기법을 구사한 경우



P제어 시연 안내

- 수업 중 실시간 시연
 - 준비가 된 사람부터 시연.. 참관 적극 환영
 - PID template 코드를 사용하지 않더라도 시리얼 출력 형식은 반드시 그대로 사용합니다.
 - 시연 준비를 완료하지 않았더라도 반드시 수업에 참석해야 함
- 0점을 받은 학생에 한하여 재시연
 - P제어 구현 여부만 평가
 - 비례제어 구현 및 시연 성공시 품질에 상관없이 5점 부여
 - 그 외의 경우 0점 (시연 미응시, 시연 불가능 또는 비례제어 구현 실패 등)
 - 15주 1강 예정, 변경 가능