

# 소프트웨어 프로젝트 2

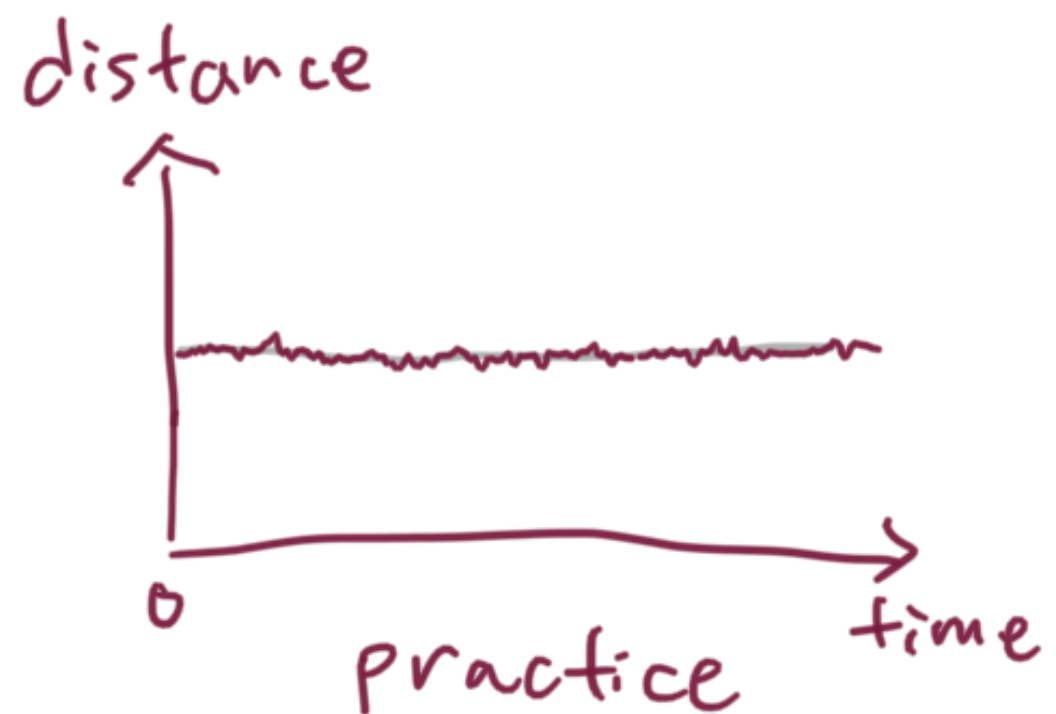
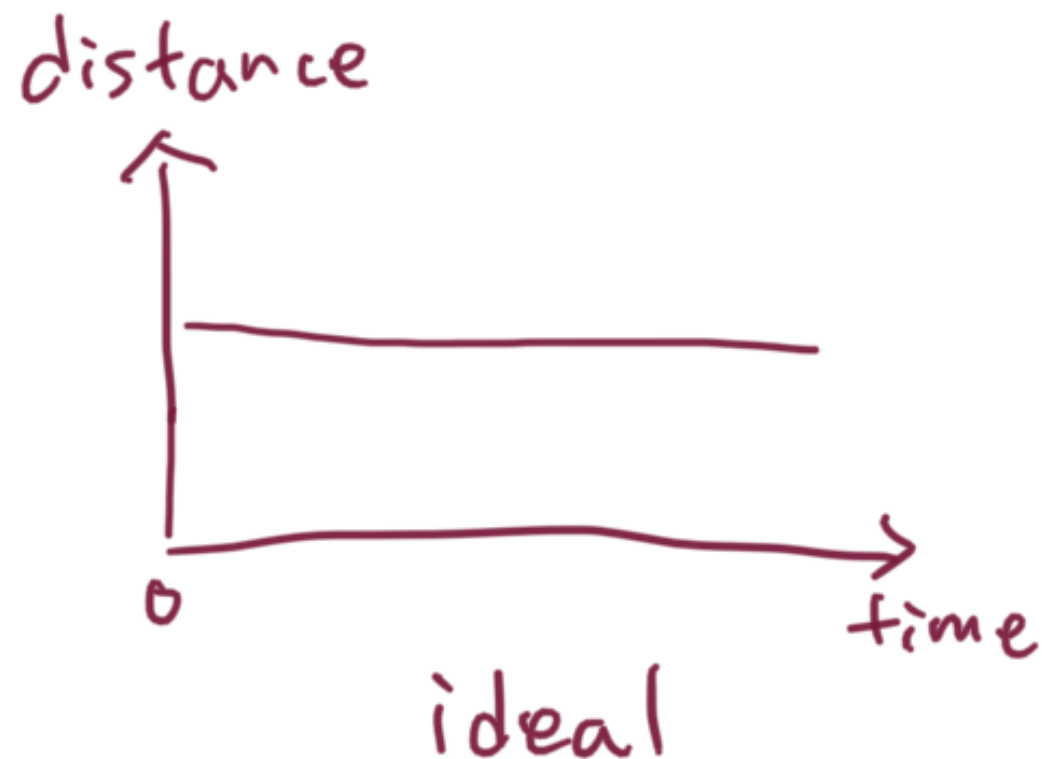
## 이동평균필터

2024년 2학기

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

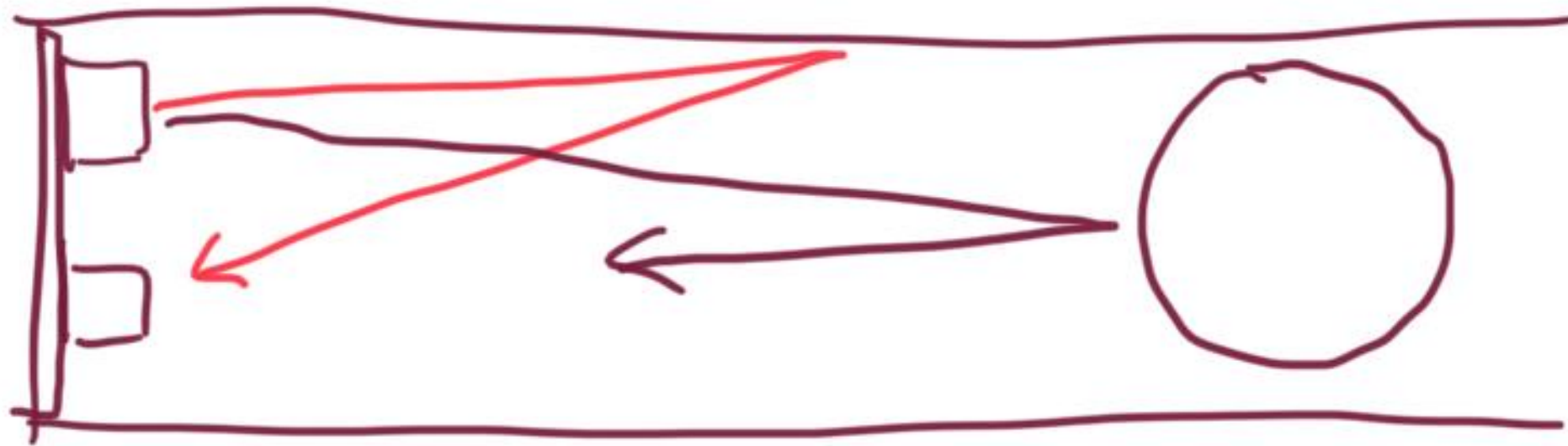
# 센서 측정값의 불완전성

- 센서 자체의 잡음
  - 거리가 고정된 물체에 대한 측정 시에도 노이즈 존재



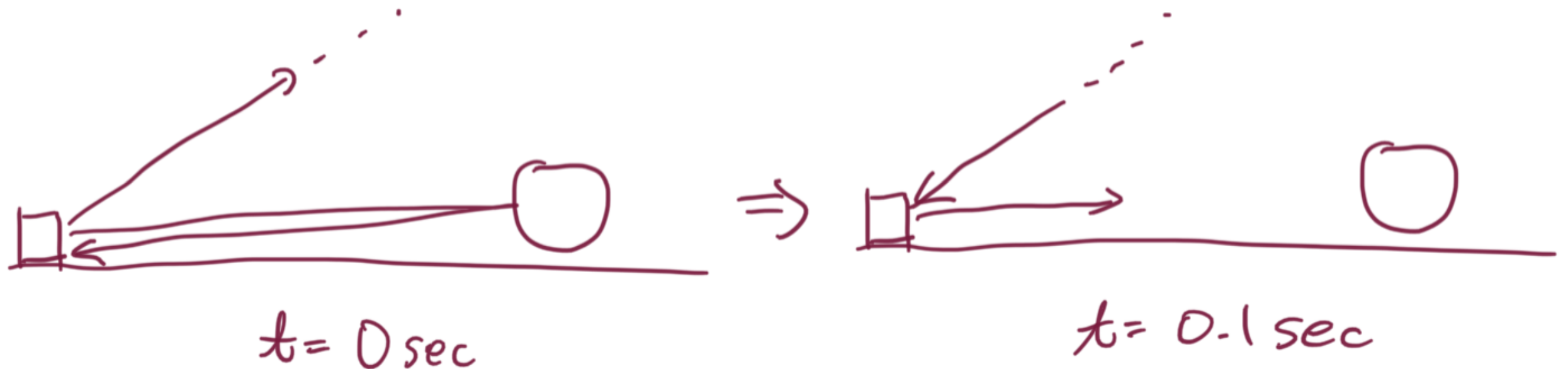
# 센서 측정값의 불완전성

- 측정 환경의 간섭
  - 측정 대상의 반사음보다 인접 벽면으로부터의 반사음이 먼저 도달하는 경우
  - FOV(Field of View, 시야)가 클수록 심해짐



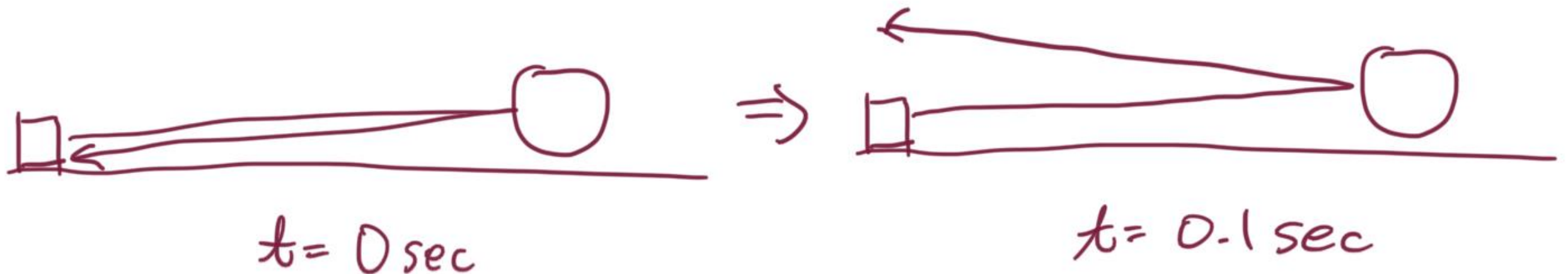
# 센서 측정값의 불완전성

- 연속 측정의 한계
  - 직전 주기의 초음파 발신음이 벽면 등의 반사를 거쳐 뒤늦게 도달



# 센서 측정값의 불완전성

- 측정 실패
  - 측정 대상의 각도, 재질, 반사 등



# 이동 평균 필터

- MA: moving average filter
  - 최근의  $n$ 개 측정값에 대한 산술평균 값을 최종 측정값으로 사용
  - $n = 3$ 의 경우
    - $(3 + 4 + 5) / 3 = 4.0$
    - $(4 + 5 + 4) / 3 = 4.3$
    - $(5 + 4 + 5) / 3 = 4.7$
    - ...

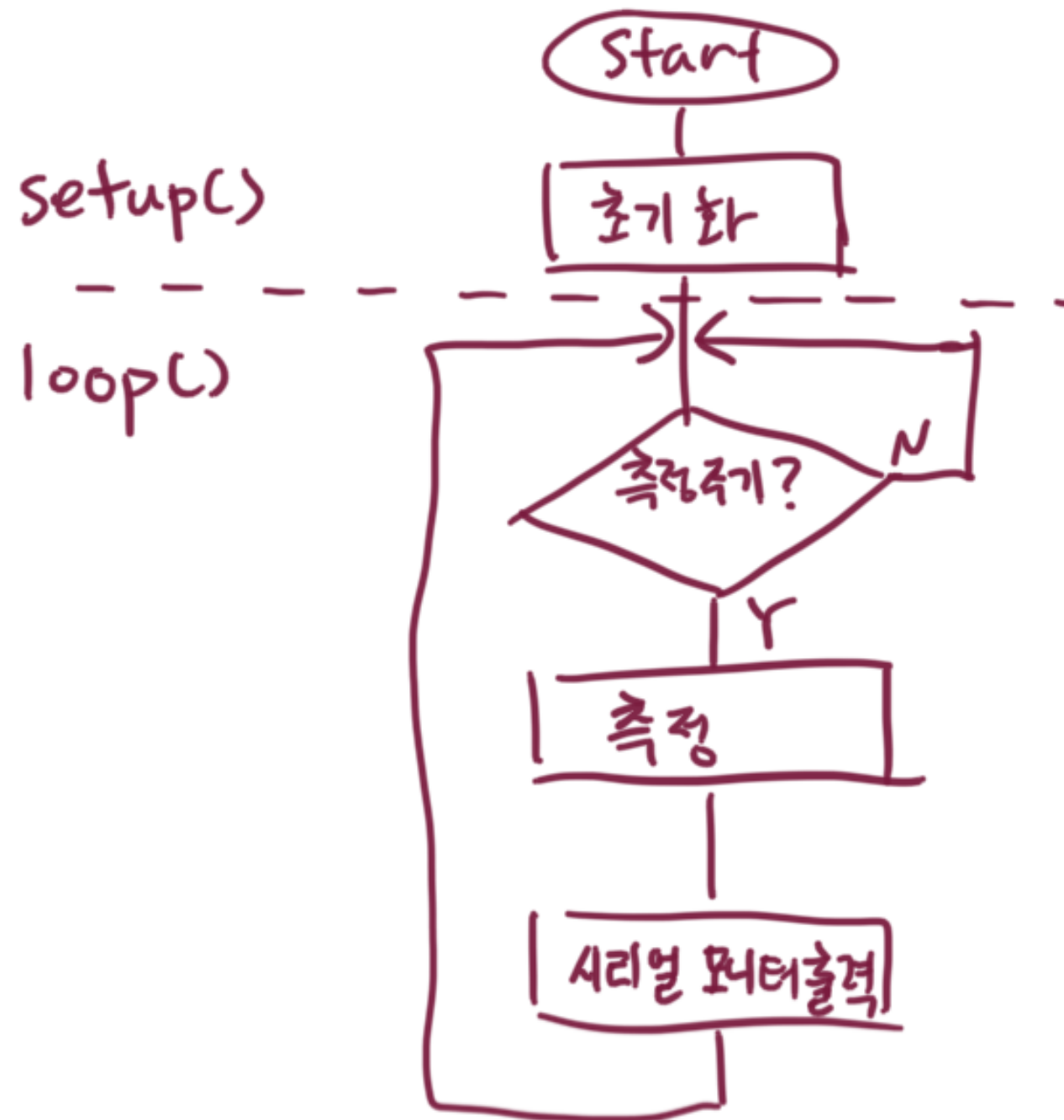
RAW	3	4	5	4	5	3	7	5	4	5
MA	?	?	4.0	4.3	4.7	4.0	5.0	5.0	5.3	4.7

# 지수가중 이동평균 필터

- EMA: exponential moving average
  - 현재까지의 모든 측정값이 평균 산출에 사용됨
  - 최근 측정치에 높은 가중치 부여
    - 이전 측정치의 비중은 지수적으로 감소함
  - MA의 저장공간 및 오래된 측정치를 제거하는 부담을 줄일 수 있음
  - 부동소수점 연산이 필요
  - $EMA_k = \alpha \cdot d_k + (1-\alpha) \cdot EMA_{k-1}$
  - $k=10, \alpha=0.5$ 의 경우
    - $EMA_{10} = 0.5 \cdot d_{10} + 0.5 \cdot (0.5 \cdot d_9 + 0.5 \cdot (0.5 \cdot d_8 + 0.5 \cdot (0.5 \cdot d_7 + \dots$   
 $= 0.5 \cdot ((0.5)^0 d_{10} + (0.5)^1 d_9 + (0.5)^2 d_8 + (0.5)^3 d_7 + \dots$   
 $= \mathbf{0.5 \cdot d_{10} + 0.25 \cdot d_9 + 0.125 \cdot d_8 + 0.0625 \cdot d_7 + \dots}$

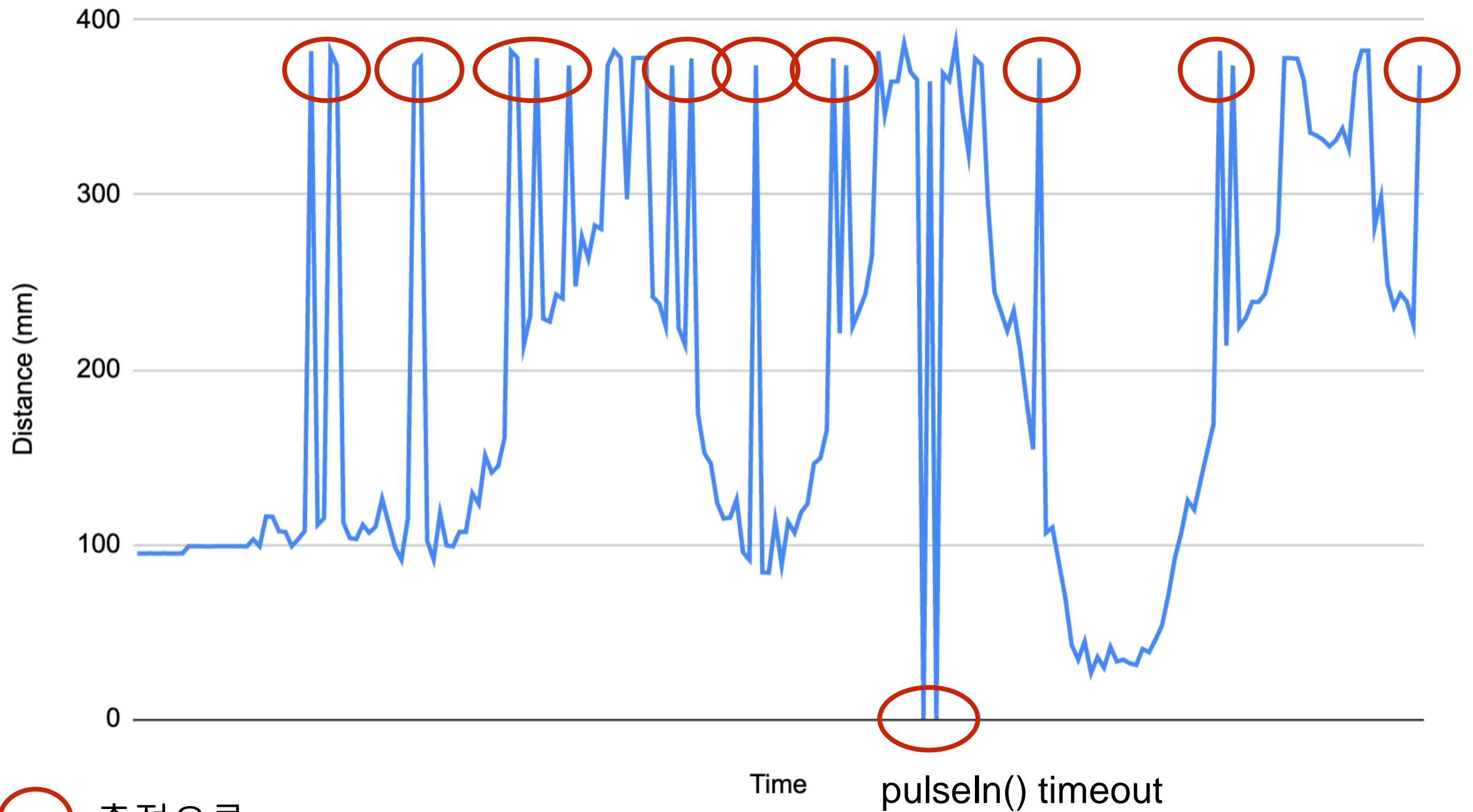
# (1) 기본 구현

- 코드 구조





# (1) 기본 구현

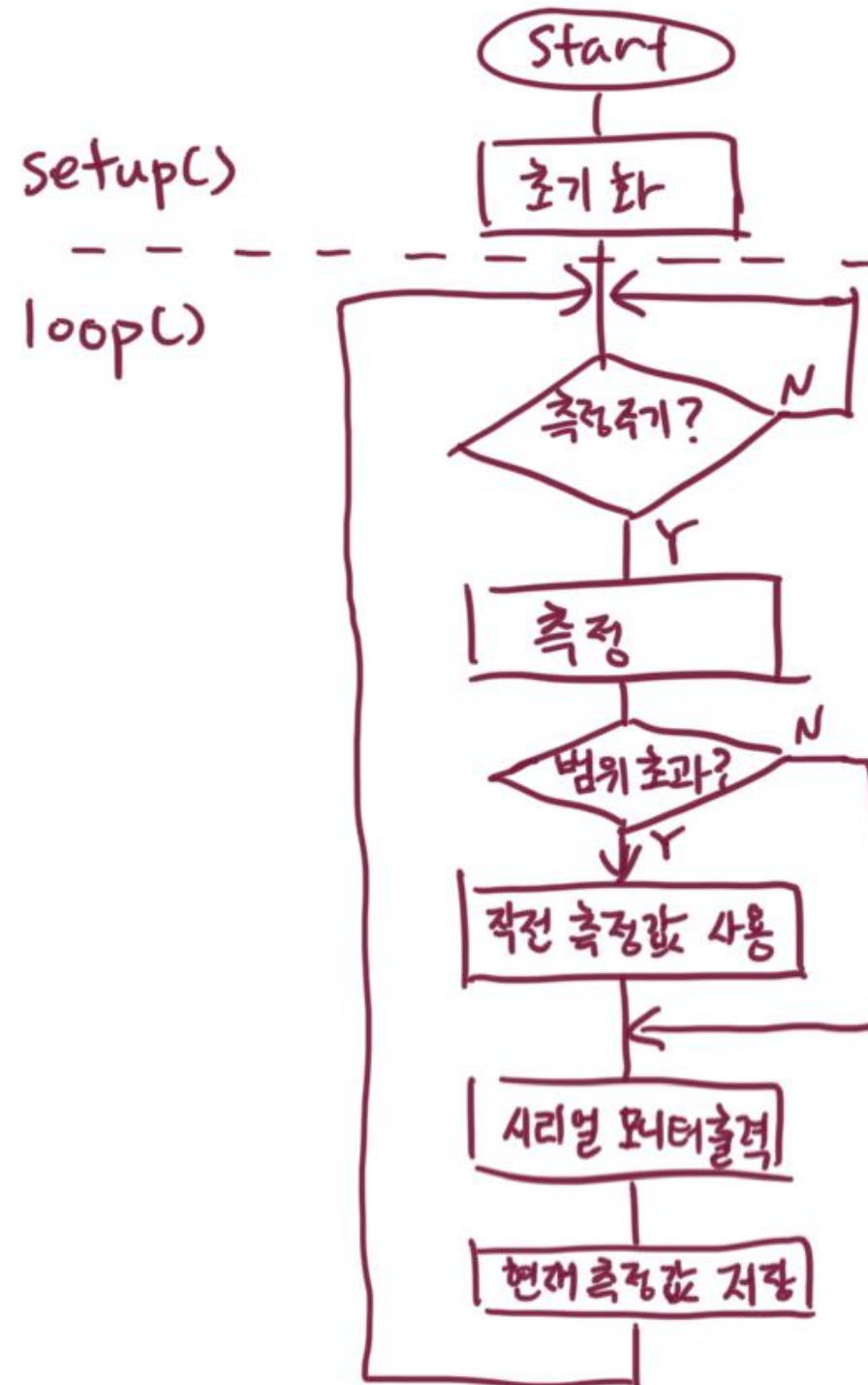


○ 측정오류

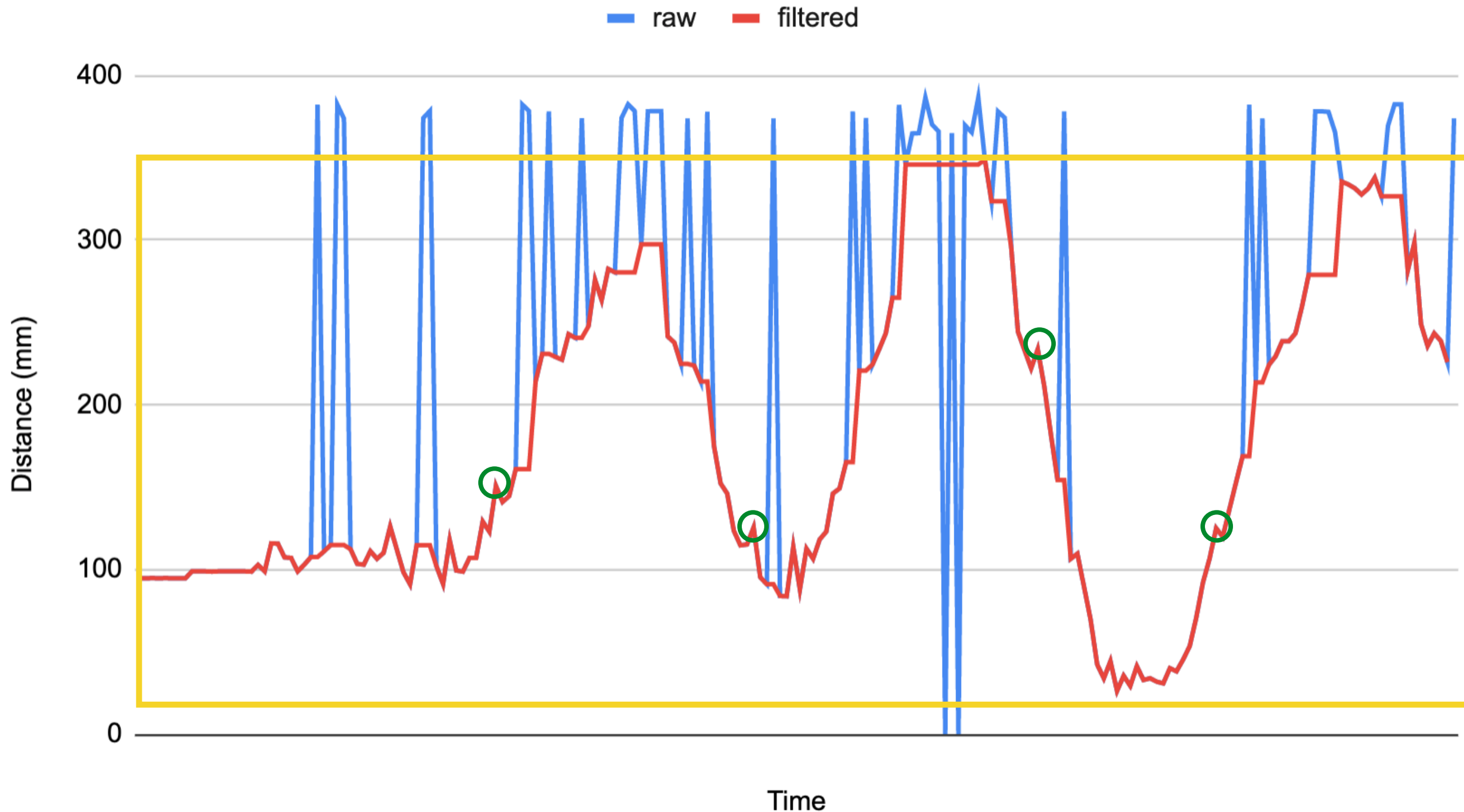
□ 측정범위 설정 및 필터링은 미적용

## (2) 범위 기반 필터링

- 코드 구조



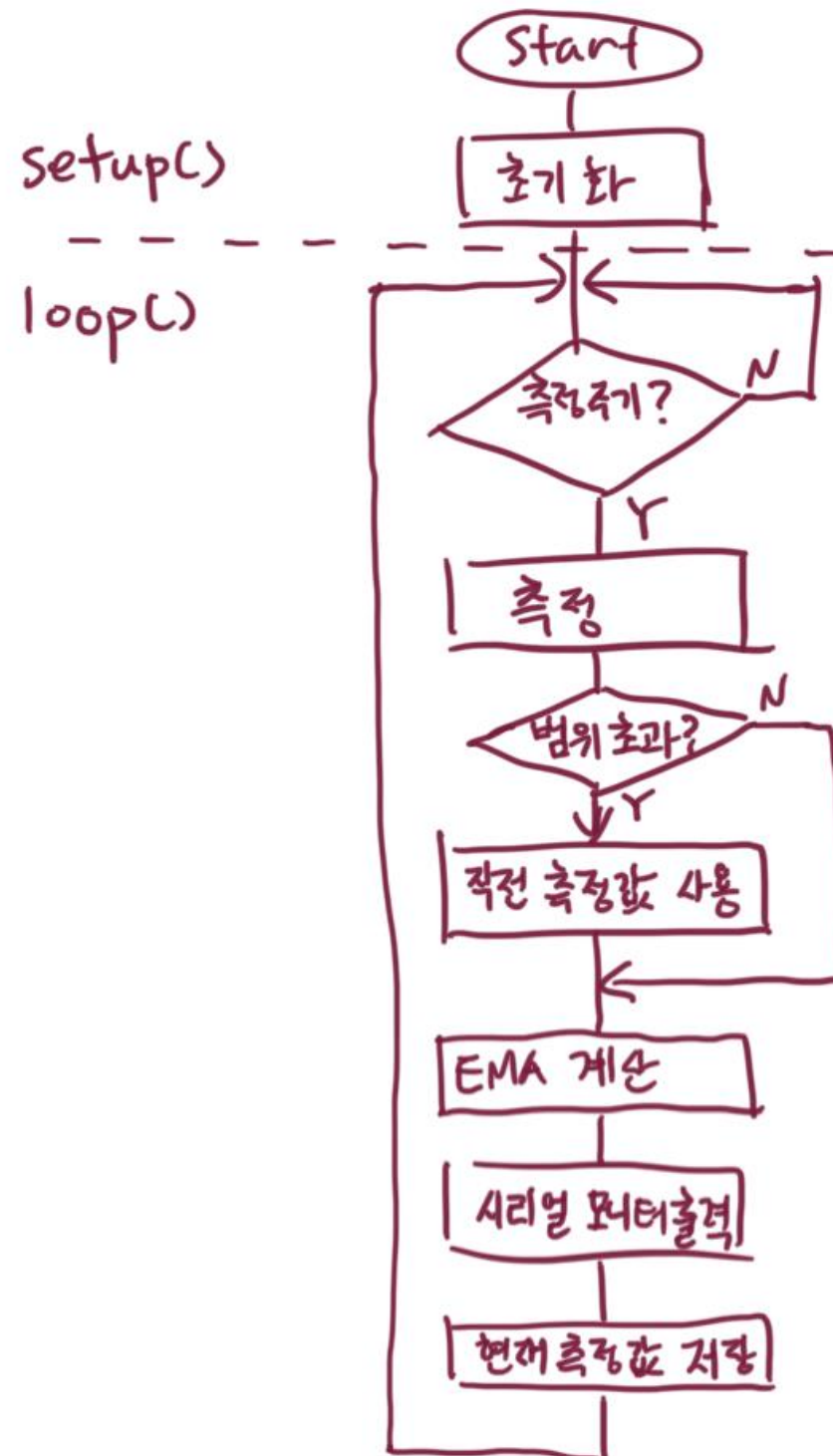
## (2) 범위 기반 필터링



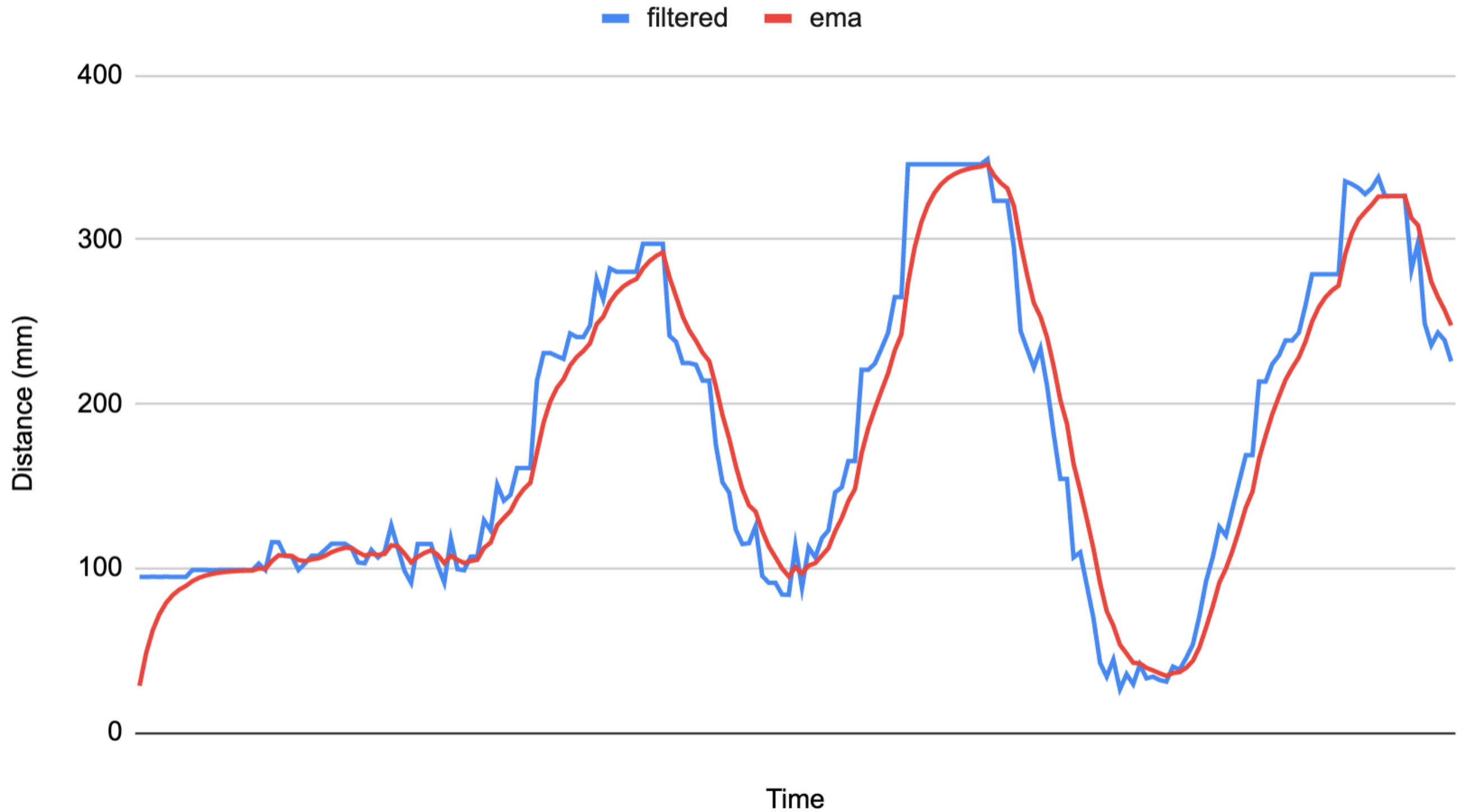
- 유효 측정범위를 10mm ~ 350mm로 가정
- 이를 벗어나는 값이 측정되는 경우 이전 측정값을 적용
- 측정범위 안에서 발생하는 노이즈(○)는 필터링 불가

### (3) 범위 기반 필터링 + EMA 적용

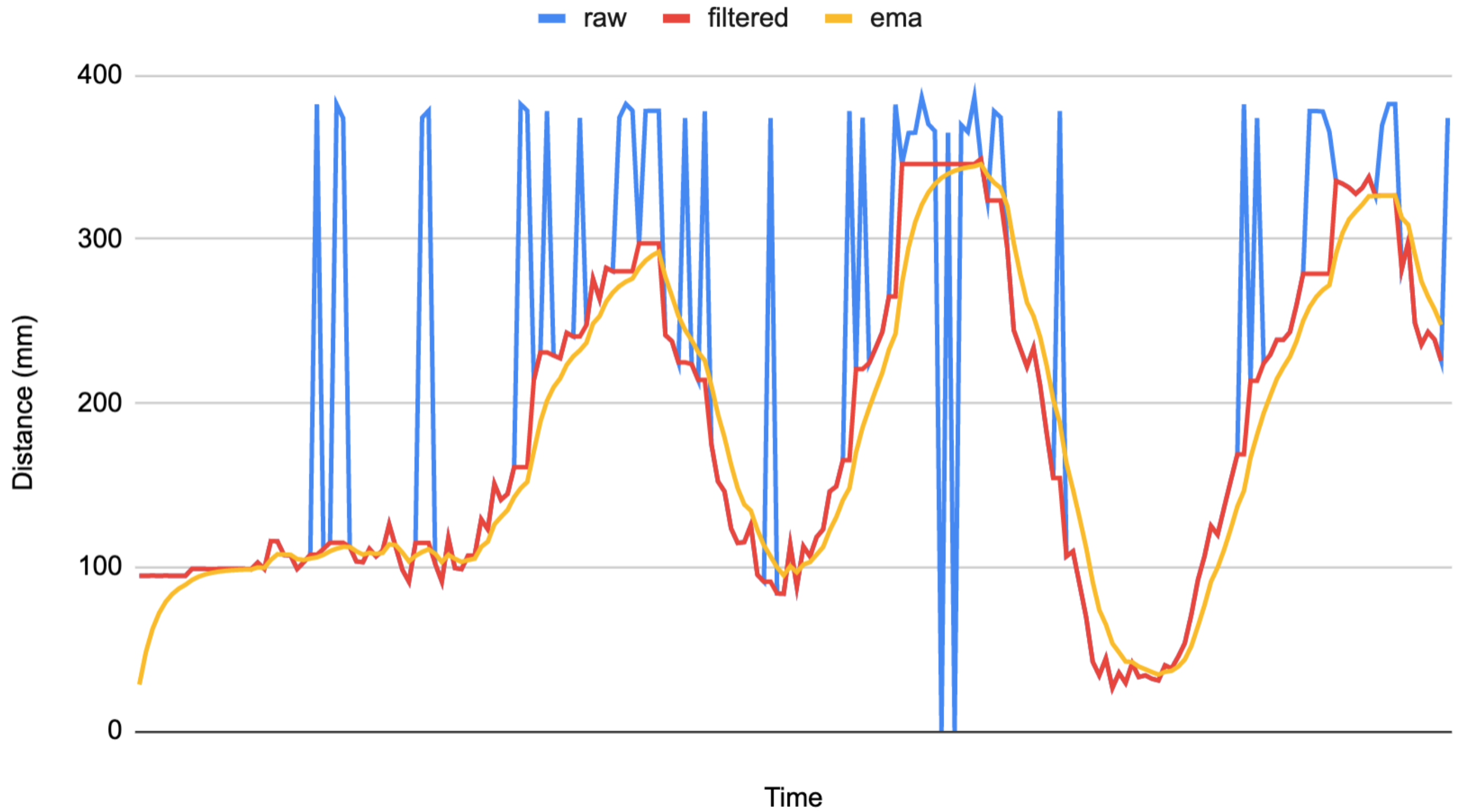
- 코드 구조



### (3) 범위 기반 필터링 + EMA 적용

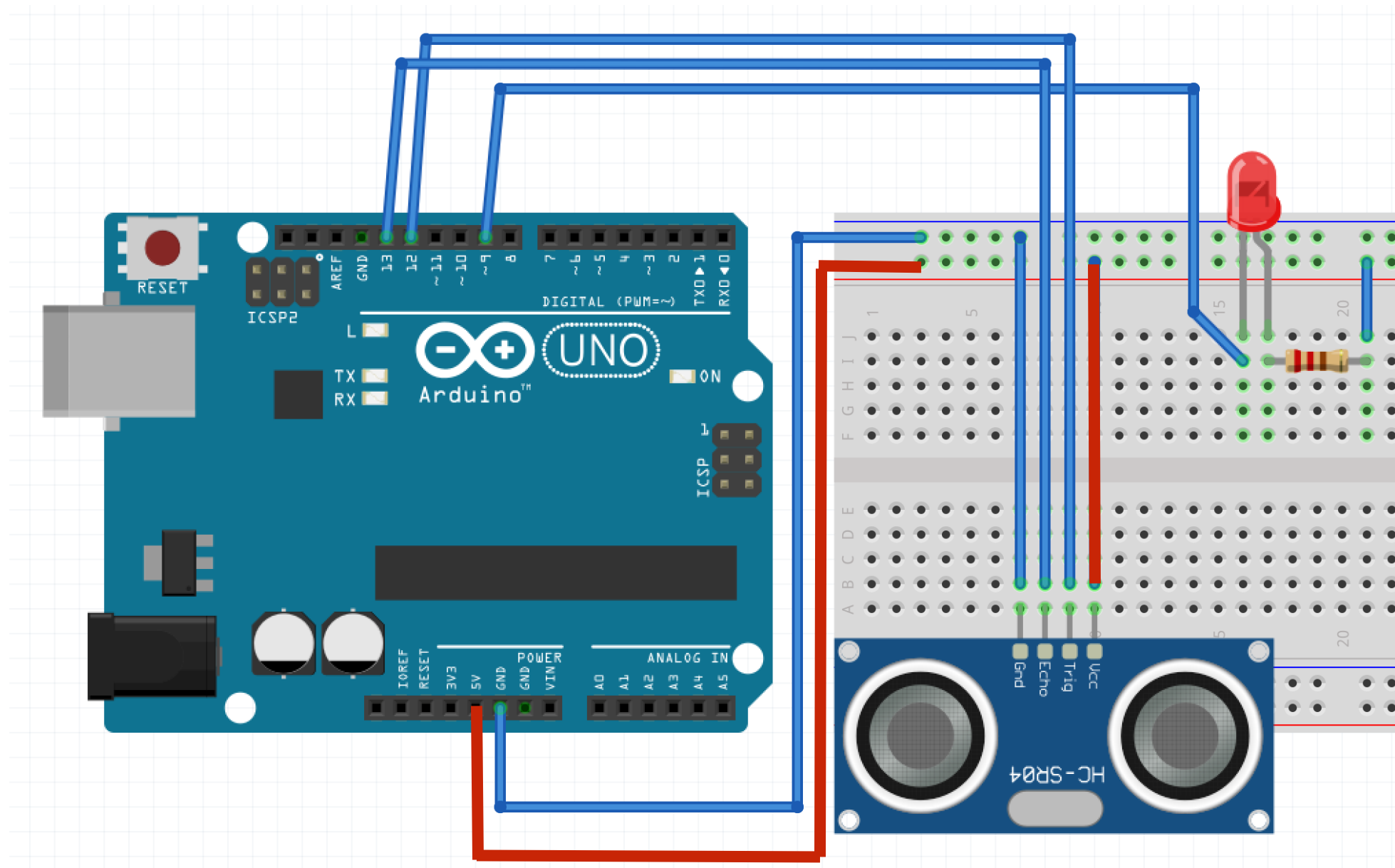


# 전체 비교



# 실습

- 회로 구성
  - 지난주 회로를 그대로 사용





# 실습

- 범위 기반 필터링 코드 완성
  - 테스트 코드: 09\_example\_1.ino
    - [https://www.dropbox.com/scl/fi/g4jh9kmkku00dkhob6ca/09\\_example\\_1.ino?rlkey=an4jka82td5peruwznh8g2vy&dl=0](https://www.dropbox.com/scl/fi/g4jh9kmkku00dkhob6ca/09_example_1.ino?rlkey=an4jka82td5peruwznh8g2vy&dl=0)
  - 센서로 측정된 거리값(Line 45의 **dist\_raw**)이 설정 범위를 벗어난 경우 직전에 측정된 거리값을 사용하도록 아래 코드 **if** 문 영역을 수정할 것 (**dist\_prev** 변수 이용)

```
44 // get a distance reading from the USS
45 dist_raw = USS_measure(PIN_TRIG,PIN_ECHO);
46
47 if ((dist_raw == 0.0) || (dist_raw > _DIST_MAX)) {
48     dist_raw = _DIST_MAX + 10.0;    // Set Higher Value
49     digitalWrite(PIN_LED, 1);      // LED OFF
50 } else if (dist_raw < _DIST_MIN) {
51     dist_raw = _DIST_MIN - 10.0;    // Set Lower Value
52     digitalWrite(PIN_LED, 1);      // LED OFF
53 } else { // In desired Range
54     digitalWrite(PIN_LED, 0);      // LED ON
55 }
56
57 // Modify the below line to implement the EMA equation
58 dist_ema = dist_raw;
```



# 실습

- EMA 코드 완성
  - `loop()` 함수 내부의 Line 58을 EMA equation에 따라 완성할 것
    - $EMA_k = \alpha \cdot d_k + (1 - \alpha) \cdot EMA_{k-1}$

```
57 // Modify the below line to implement the EMA equation
58 dist_ema = dist_raw;
```

- 다양한  $\alpha$  (alpha) 값 테스트
  - Line 16의 **\_EMA\_ALPHA** 값을 조정..
  - 시리얼 플로터 및 EMA equation code를 담당 교수에게 확인 받기  
(과제 설문지로 제출할 필요 없음)
  - alpha 값에 따른 측정 보정결과의 장점과 단점을 같은 테이블 학생과 토의

# 도전과제

- 중위수 필터 구현
  - 09\_example\_1.ino 를 수정
  - 최근 N개의 샘플을 유지하는 자료구조 구현
  - N개의 샘플 중에서 중위수(median) 값을 반환하는 필터 구현
  - 측정 오류 발생시 직전의 valid한 값을 취하는 코드를 제거하고  
중위수 필터만 동작시킨 결과 스크린샷 확보
  - 직전 유효값 적용 코드는 사용하지 말 것
    - 중위수 필터의 측정 노이즈(timeout 등) 제거 성능 확인용

# 도전과제

- 시리얼 플로터로 출력할 값
  - 초음파 센서의 raw 측정값과 중위수 필터 적용 후의 측정값
  - $N=3, 10, 30$ 에 대한 시리얼 플로터 스크린샷
  - 출력 형식은 다음 페이지 참고
- 과제 제출
  - 과제코드: 09C1
  - 제출물
    - GitHub link, YouTube link
    - 코드 설명 pdf: 2페이지 이내, 양식 자유
  - 과제기한: 6주 2강 수업 전까지

# 도전과제

- 시리얼 플로터 출력형식

```
// output the read value to the serial port
Serial.print("Min:");      Serial.print(_DIST_MIN);
Serial.print(",raw:");      Serial.print(dist_raw);
Serial.print(",ema:");      Serial.print(dist_ema);
Serial.print(",median:");  Serial.print(dist_median);
Serial.print(",Max:");      Serial.print(_DIST_MAX);
Serial.println("");
```