

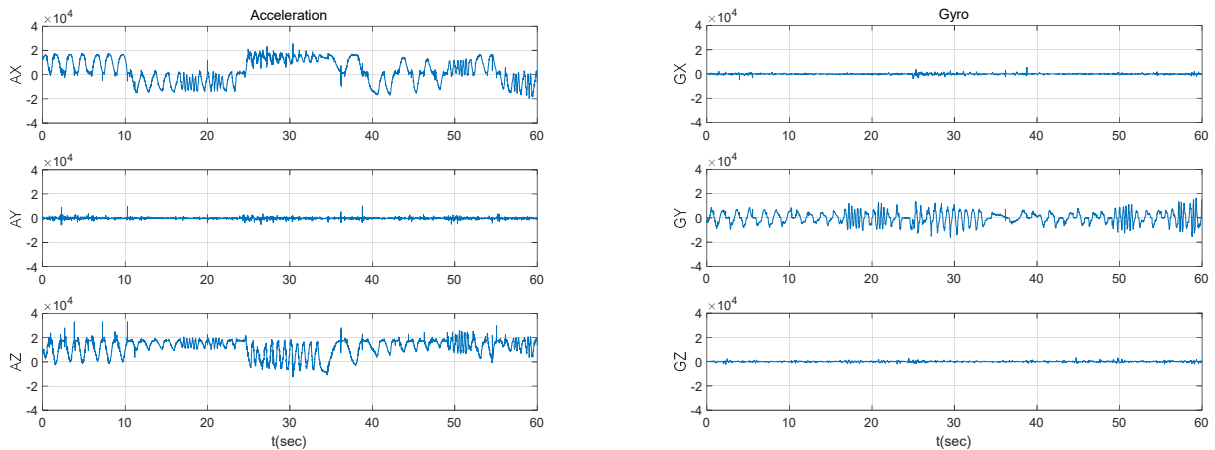
Lab 6. 칼만필터를 활용한 기울기 각도 측정

1. 주제

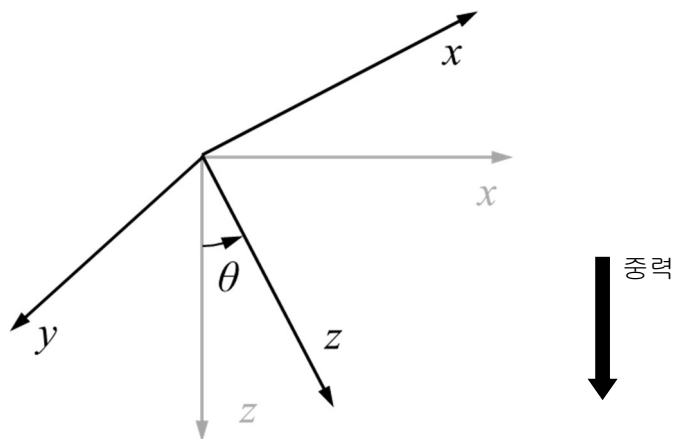
- 가속도 센서와 자이로 센서를 활용한 1축 기울기 각도 측정(칼만필터 사용)

2. 측정 데이터 및 센서 정보

- 제공되는 matlab 코드 (SensLab06.m) 실행 (SensData.mat과 같은 폴더에 위치).
- 아래의 두 그래프 출력



- 가속도와 자이로 센서의 x, y, z 축을 각각 일치시키고, y 축 방향으로만 임의 각도로 회전 왕복 운동을 1분간 진행한 결과 데이터. 센서의 축은 아래 그림과 같음.



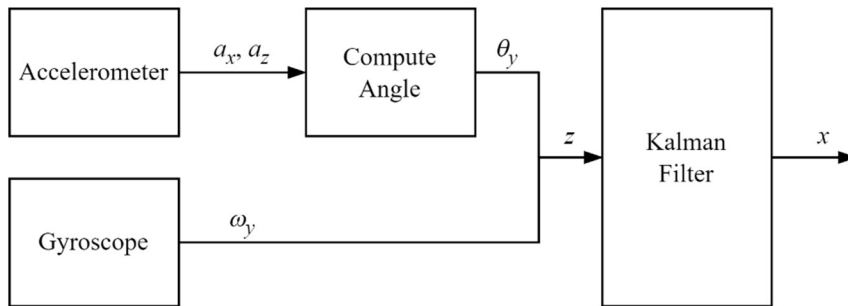
- 가속도 센서와 자이로 센서 각각 3축 데이터를 0.01초 단위로 측정하고 있으며, 센서에서 읽은 16bit signed integer(0x8000 ~ 0x7FFF, -32768 ~ 32767) 값을 그대로 그래프로 표현.
- 가속도 센서의 감도: 16 bit로 최대 $\pm 2G$ ($2 * 9.8 \text{ m/s}^2$)을 표현.
- 자이로 센서의 감도: 16 bit로 최대 $\pm 1000 \text{ dps(degree-per-sec)}$ 를 표현.

3. 데이터 전처리

- 1단계: 가속도 센서와 자이로 센서 데이터에 위에서 언급한 감도를 고려한 각각의 적절한 이득을 곱함.
가속도 센서 데이터의 단위는 m/s^2 이어야 하고, 자이로 센서 데이터의 단위는 deg/s 이어야 함.
- 2단계: 가속도 센서 데이터로부터 삼각함수를 이용하여 회전 각도를 **degree** 단위로 연산.

4. 칼만필터 모델 1

- 가속도 센서 출력은 삼각함수를 통하여 각도로 변환(θ).
- 자이로 센서 출력은 각속도(ω).



- θ 와 ω 를 추정치와 측정치로 동일하게 적용.

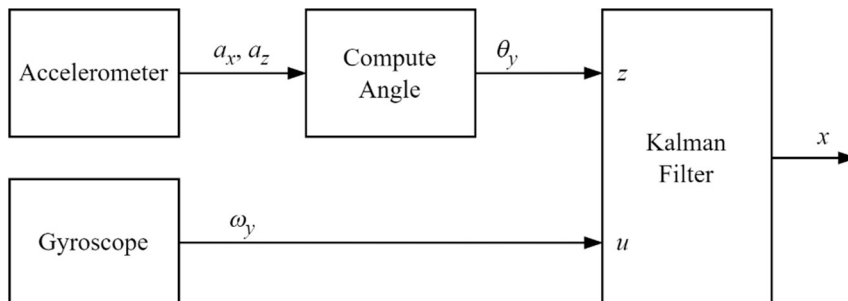
$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}_{k+1} = \begin{bmatrix} \theta_{k+1} \\ \omega_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_k \\ \omega_k \end{bmatrix} = \mathbf{A}\mathbf{x}_k$$

$$\mathbf{z} = \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix}, \quad \mathbf{z}_k = \begin{bmatrix} \theta_k \\ \omega_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_k \\ \omega_k \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x}_k$$

- Q , R , \hat{x}_0 , P_0 는 적절히 설정.
- 이전에 구한 상보필터 결과와 비교.

5. 칼만필터 모델 2

- 가속도 센서 출력은 삼각함수를 통하여 각도로 변환(θ).
- 자이로 센서 출력은 각속도(ω).



- 상태변수로는 추정하려는 각도 θ 와 자이로 센서 데이터에 포함된 바이어스 오차 성분 β 로 설정.
- 자이로 센서의 각속도 ω 는 상태방정식의 입력 u 로 설정.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \theta \\ \beta \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}_{k+1} = \begin{bmatrix} \theta_{k+1} \\ \beta_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_k \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta t \\ 0 \end{bmatrix} \omega_k = \mathbf{A}\mathbf{x}_k + \mathbf{B}u_k$$

- 측정치로는 각도 정보만 사용.

$$\mathbf{z} = [\theta], \quad \mathbf{z}_k = [\theta_k] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_k \\ \beta_k \end{bmatrix} = \mathbf{H} \mathbf{x}_k$$

- Q , R , $\hat{\mathbf{x}}_0$, P_0 는 적절히 설정.
- 이전에 구한 상보필터 결과, 칼만필터 모델 1 결과와 비교.