

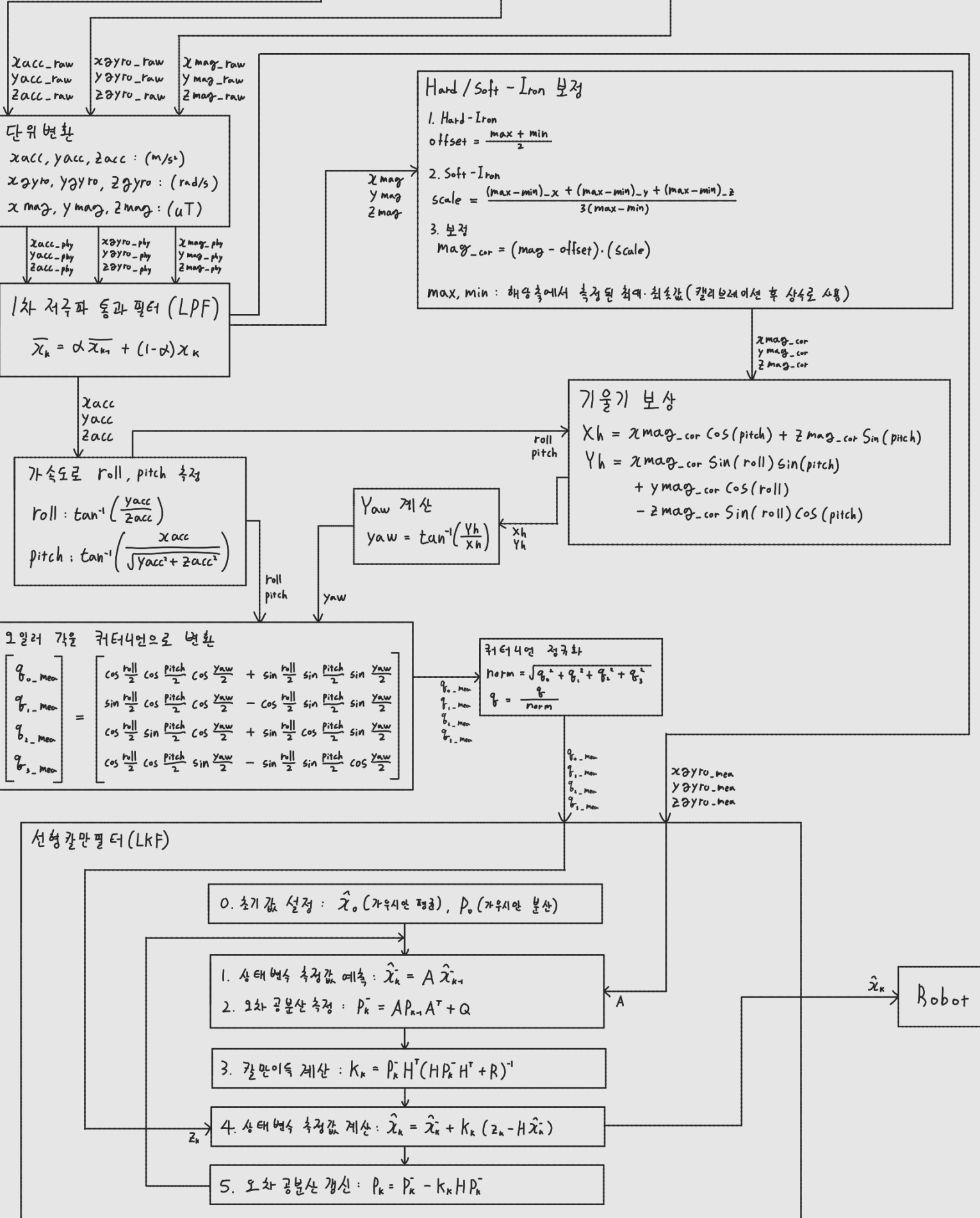
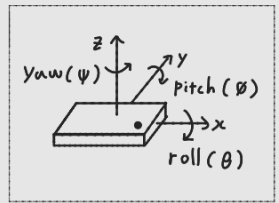
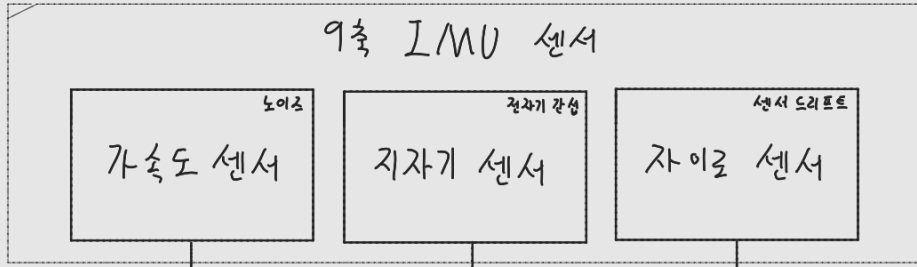
AHRS 구현

2025. 07. 11

박원빈

twawwy37@gmail.com

9축 IMU 센서



선형 칼만 필터 (LKF)

상태변수 $x[7][1] = [q_0, q_1, q_2, q_3, b_x, b_y, b_z]^T$, bias 단위: (rad/s)

오차 공분산 $P[7][7]$
 대각 원소: 각 상태 변수의 오차 분산
 비대각 원소: 서로 다른 상태 변수 오차 간의 공분산

측정값 $z[4][1] = [q_{0_meas}, q_{1_meas}, q_{2_meas}, q_{3_meas}]^T$

상태 변환 행렬 $A[7][7] = \begin{bmatrix} A[4][4] & B[4][3] \\ 0[3][4] & I[3][3] \end{bmatrix}$

$$A[4][4] = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2}x_{gyro_dt} & -\frac{1}{2}y_{gyro_dt} & -\frac{1}{2}z_{gyro_dt} \\ \frac{1}{2}x_{gyro_dt} & 1 & \frac{1}{2}z_{gyro_dt} & -\frac{1}{2}y_{gyro_dt} \\ \frac{1}{2}y_{gyro_dt} & -\frac{1}{2}z_{gyro_dt} & 1 & \frac{1}{2}x_{gyro_dt} \\ \frac{1}{2}z_{gyro_dt} & \frac{1}{2}y_{gyro_dt} & -\frac{1}{2}x_{gyro_dt} & 1 \end{bmatrix}, B[4][3] = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}q_{1_pre_dt} & \frac{1}{2}q_{2_pre_dt} & \frac{1}{2}q_{3_pre_dt} \\ -\frac{1}{2}q_{0_pre_dt} & \frac{1}{2}q_{3_pre_dt} & -\frac{1}{2}q_{2_pre_dt} \\ -\frac{1}{2}q_{3_pre_dt} & -\frac{1}{2}q_{0_pre_dt} & \frac{1}{2}q_{1_pre_dt} \\ \frac{1}{2}q_{2_pre_dt} & -\frac{1}{2}q_{1_pre_dt} & -\frac{1}{2}q_{0_pre_dt} \end{bmatrix}$$

관측행렬 $H[4][7] = [I[4][4], 0[4][3]]$, ($z = Hx$)

시스템 노이즈 $Q[7][7]$
 $Q \uparrow \Rightarrow k_k \uparrow \Rightarrow \hat{x}_k$ 에서 z_k 값 비중 \uparrow
 자이로 기반 쿼터니언 값의 표준 편차의 제곱
 바이어스 변화량의 표준 편차의 제곱

센서 노이즈 $R[4][4]$
 $R \uparrow \Rightarrow k_k \downarrow \Rightarrow \hat{x}_k$ 에서 z_k 값 비중 \downarrow
 가속도·각속 기반 쿼터니언 값의 표준 편차의 제곱

Setup

0. 초기 값 설정: \hat{x}_0 (가측치만 평균), P_0 (가측치만 분산)

$\hat{x}_0 = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$

$$P_0 = \begin{bmatrix} 0.001 \cdot I[4][4] & 0 \\ 0 & 0.001 \cdot I[3][3] \end{bmatrix}$$

Sampling time : 2ms

