

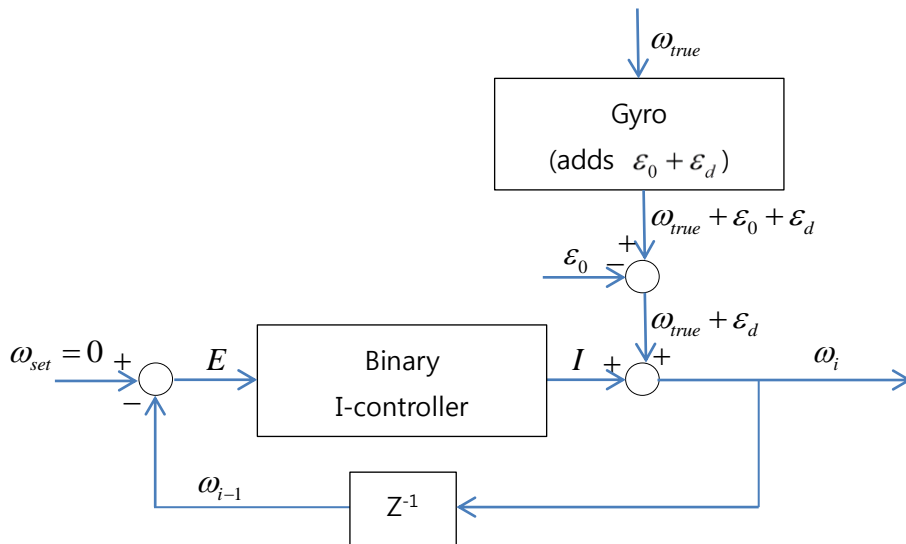
HDR(Heuristic drift reduction)

자이로 센서(gyro sensors)의 드리프트 최소화 알고리즘

참조: J. Borenstein의 "Heuristic reduction of gyro drift in gyro-based vehicle tracking"와 남동균의 "저가형 자이로 센서의 드리프트 감소 방안에 대한 고찰"

자이로 센서는 각속도를 출력한다. 보통 이 각속도를 적분하여 회전각을 계산하는데, 이때 미소한 bias drift도 적분으로 누적되면 결국 큰 오차가 발생한다. 여기서는 이러한 bias drift를 최소화 하기 위한 HDR 알고리즘의 사용에 대하여 다룬다.

HDR 알고리즘 구성도:



ω_{true} 는 에러가 포함되지 않은 이상적인 값인데, Gyro 센서가 측정을 할 때 ϵ_0 와 ϵ_d 가 포함된다. ϵ_0 는 센서가 움직이지 않는 일정한 기간의 측정값을 평균하여 계산한 초기 바이어스 값이다. ϵ_d 는 시간에 따라 미소하게 변하는 바이어스 값으로 여기서 제거하고자 하는 대상이다.

Binary I-controller는 작은 오차(E)에는 민감하게 반응해야 하고 큰 오차(자이로 센서가 회전하여 발생하는 실제 값의 변화)에는 둔감하게 반응해야 한다. 그래서 오차의 부호만을 고려한다.

Binary I-controller는 다음과 같이 동작한다.

$$I_i = I_{i-1} - \text{SIGN}(\omega_{i-1})i_c$$

여기서 i_c 는 상수이고 $\text{SIGN}()$ 함수는 다음과 같이 동작한다.

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

Enhanced HDR algorithm

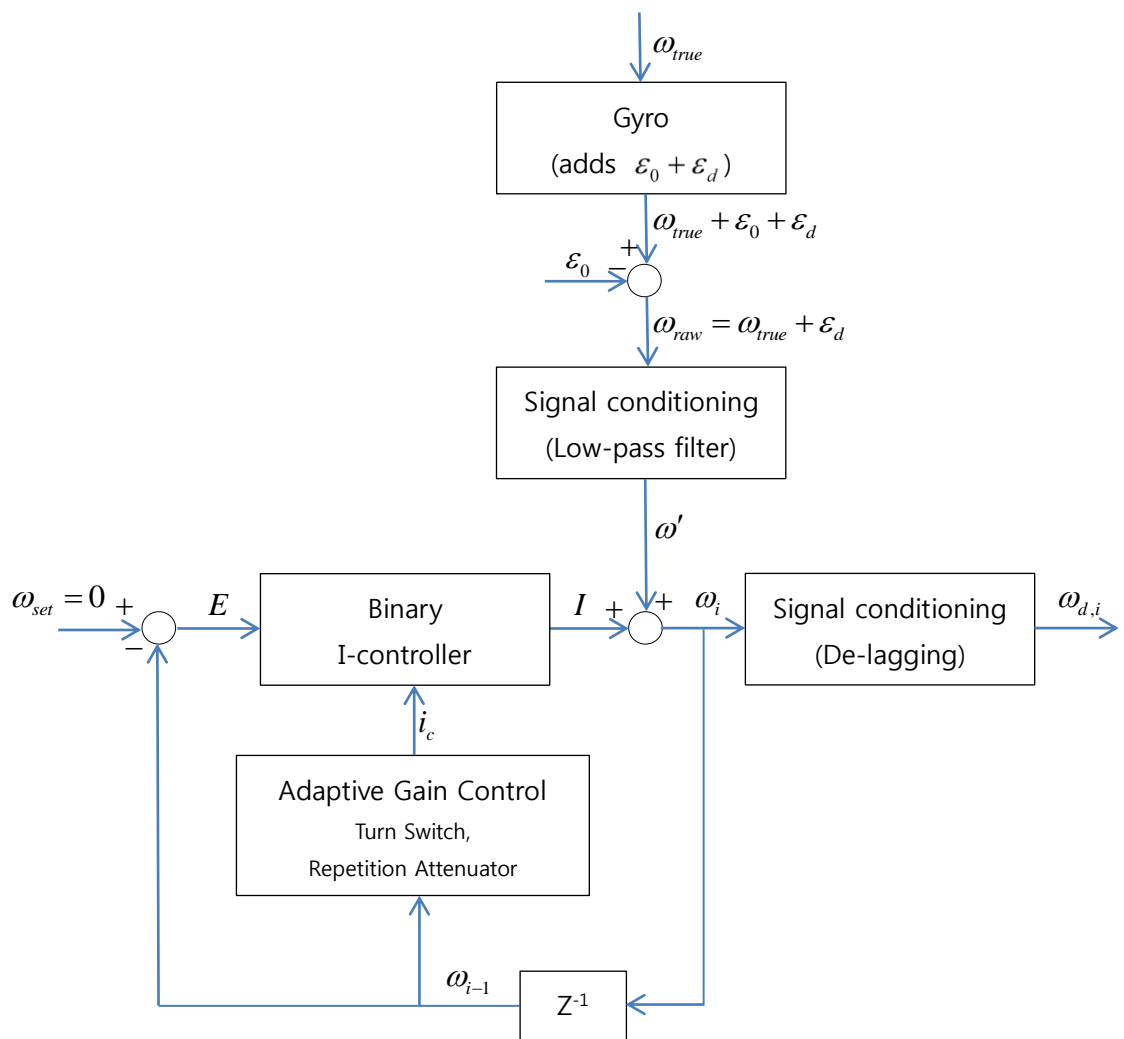
자이로 센서가 이동로봇에 탑재되었을 경우를 가정한다. Gyro sensor의 좌우 흔들림, 약회전, 강화전 동작을 고려한 enhanced HDR 알고리즘에는 low-pass filter, turn switch, repetition attenuator를 추가하였다.

좌우 흔들림 - 이동로봇이 직선운동을 유지하기 위해 좌우로 미소하게 흔들리는 현상

약회전 - 큰 곡률반경을 따라 같은 방향으로의 회전이 지속적으로 발생하는 현상

강회전 - 작은 곡률반경을 따라 급속히 회전하는 현상

Enhanced HDR 알고리즘 구성도:



Enhanced HDR 알고리즘에서 binary I-controller는 다음과 같이 동작한다.

$$I_i = I_{i-1} - \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c W_i R_i$$

Low pass filter

좌우 흔들림으로 인한 미소한 오차는 low pass filter를 통과함으로 줄여준다. Low pass filter는 신호를 smoothing 하며 다음과 같이 실행된다.

$$\omega'_i = \frac{\omega_{raw,i} T + \tau \omega'_{i-1}}{T + \tau}$$

여기서 T 는 샘플링 주기, τ 는 1차 low pass filter의 시상수(time constant)이다.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass_filter 참조)

Turn Switch

강회전이 발생하였을 경우 큰 값의 $|\omega'|$ 가 측정되는데, 이 때는 Binary I-controller의 동작을 일시 정지시킨다.

$$W_i = \begin{cases} 1 & \text{for } |\omega_{i-1}| < \Theta_w \\ 0 & \text{for } |\omega_{i-1}| \geq \Theta_w \end{cases}$$

여기서 Θ_w 는 turn threshold다.

Repetition Attenuator

반복 감쇠기는 ω 의 부호 변동을 파악하여, ω 가 부호를 일정하게 유지하는 동안 고정 증분값 i_c 를 점차적으로 줄여준다.

$$r_i = \begin{cases} r_{i-1} + 1 & \text{for } \text{SIGN}(\omega_{i-1}) = \text{SIGN}(\omega_{i-2}) \\ 1 & \text{for } \text{SIGN}(\omega_{i-1}) \neq \text{SIGN}(\omega_{i-2}) \end{cases}$$

$$R_i = \frac{1 + c_1}{1 + c_1 r_i^{c_2}}$$

여기서 c_1, c_2 은 반복 감쇠기의 특성을 결정하는 상수들이다.

De-lagging

Low pass filter를 통과하면서 지연된 신호는 다음과 같이 최종 출력단에서 보상한다.

$$\omega_{d,i} = \omega_i + \frac{\tau}{T}(\omega_i - \omega_{i-1})$$

실험

실험 범위

$$i_c = 0 \sim 0.001$$

$$\tau = 0 \sim 2$$

$$\Theta_w = 0.4 \sim 0.8$$

$$c_1 = 0 \sim 1.5$$

$$c_2 = 0 \sim 2$$

파라미터 설정

$$g_h = 0.3$$

$$g_w = 0.02$$

학습에 의해 결정된 파라미터

$$i_c = 0.0006$$

$$\tau = 0.9447$$

$$\Theta_w = 0.5608$$

$$c_1 = 0.7839$$

$$c_2 = 1.2161$$

