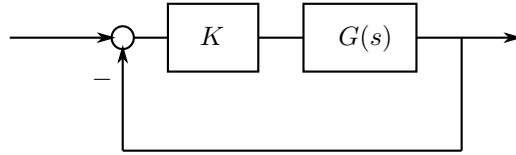


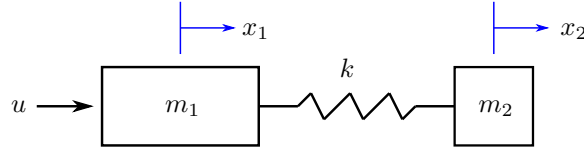
**EE363 Automatic Control: Homework #5**

- 1) *Root locus*. 출발각/도착각, 점근선 및 점근선의 중심점 등을 적절히 표현하며 다음 시스템에 대한 근궤적도를 그리고 (제어기  $K$ 는 상수이며  $K > 0$ 을 가정), 폐루프 시스템의 안정성을 살펴보세요.



- a)  $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$
- b)  $G(s) = \frac{s+2}{s(s+1)}$
- c)  $G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$
- d)  $G(s) = \frac{s+2}{s^2(s+20)}$
- e)  $G(s) = \frac{s+2}{s^2(s+3)}$
- f)  $G(s) = \frac{1}{s(s-1)}$
- g)  $G(s) = \frac{s+2}{s(s-1)}$
- h)  $G(s) = \frac{s-1}{(s-2)(s+10)}$
- i)  $G(s) = \frac{s-1}{(s-2)(s-3)(s+10)}$
- j)  $G(s) = \frac{(s+0.5)(s+1.5)}{s(s^2+2s+2)(s+5)(s+15)}$

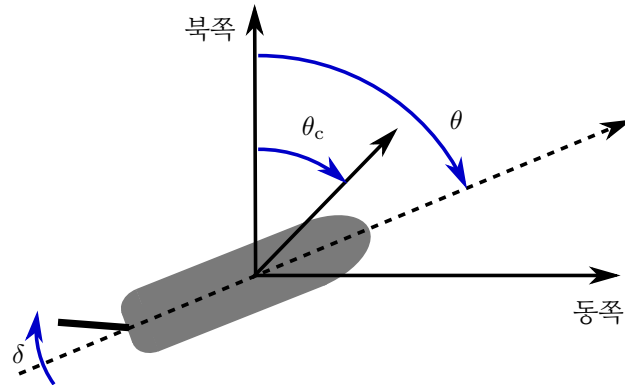
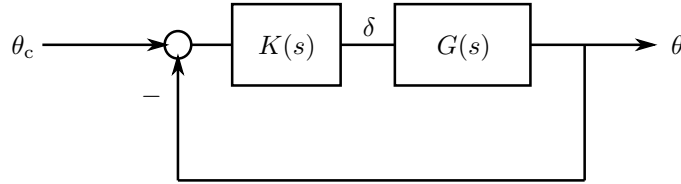
- 2) *Collocated vs. noncollocated systems.* 아래 그림과 같이 스프링  $k$ 에 의해 질량  $m_1$ 과  $m_2$ 가 연결되어 있고,  $m_1$ 에 제어력  $u$ 가 작용하는 시스템을 생각하자.  $m_1 = 10$ ,  $m_2 = 1$ ,  $k = 100$  이라고 주어졌을 때, 아래 물음에 답하시오.



- 위치 센서가  $m_1$ 에 부착되어  $x_1$ 이 측정되고, 제어력  $u$ 의 계산에 사용된다고 가정하자 (이를 구동기와 센서가 *collocated* 되어있다고 표현한다). 이 경우, 전달함수  $G_c(s) = x_1(s)/u(s)$ 를 구하시오.
- 위치 센서가  $m_2$ 에 부착되어  $x_2$ 가 측정되고, 제어력  $u$ 의 계산에 사용된다고 가정하자 (이를 구동기와 센서가 *noncollocated* 되어있다고 표현한다). 이 경우, 전달함수  $G_c(s) = x_2(s)/u(s)$ 를 구하시오.
- PD 제어기 구조를 사용하면  $G_c(s)$ 를 안정화할 수 있음을 보이시오. 반면, 어떠한 PD 제어기도  $G_{nc}(s)$ 는 안정화할 수 없음을 보이시오.

3) *Course correction autopilot*. 아래는 함정의 자동 항해 시스템을 표현한 것이다. 출력 변수  $\theta$ 와 제어 입력  $\delta$ 는 각각 선체의 경로각(*heading angle*)과 방향타 구동각(*fin deflection*)을 나타낸다. 이 문제에서는, 아래에 기술된 두 가지의 요구조건을 만족하는 제어기  $K(s)$ 를 설계하고자 한다.

- **Req.#1.** 자동 항해 시스템은 스텝 및 램프 형태의 방향각 명령  $\theta_c$ 을 정상상태 오차 없이 추종해야 한다.
- **Req.#2.** 페루프 댐핑은  $1/\sqrt{2}$ 에 가까워야 한다.



방향타 구동각  $\delta$ 에 대한 경로각  $\theta$ 의 역학은 다음의  $G(s)$ 로 나타낼 수 있으며, 아래와 같은 P, PI, PD 제어 구조를  $K(s)$ 에 대한 설계 후보로 고려한다.

$$G(s) = \frac{s+1}{s^2(s-0.1)}$$

- P control:  $K(s) = K$
- PI control:  $K(s) = K \left( 1 + \frac{3}{s} \right)$
- PD control:  $K(s) = K(2s+1)$

- 주어진  $K(s)$  중에서 **Req.#1**을 만족하는 것을 선택하고, 그 이유를 기술하시오.
- (a)에서 선택된 제어기에 대해, **Req.#2**를 만족하는  $K$ 를 구하시오. 필요 시 컴퓨터를 사용하여도 좋음.