

### ASE3093 Automatic Control: Homework #3

1) *Drawing exercises.* 다음 전달함수의 스텝응답을 스케치하시오.

$$G(s) = \frac{s/2 + 1}{(s/40 + 1)[(s/4)^2 + s/4 + 1]}$$

2) *Non-minimum phase systems.* 다음과 같이 제로의 위치가 서로 다른 두 시스템을 생각하자.

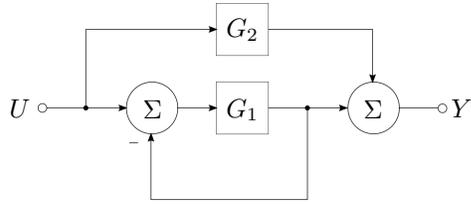
$$G_1(s) = -\frac{2(s-1)}{(s+1)(s+2)},$$

$$G_2(s) = \frac{3(s-1)(s-2)}{(s+1)(s+2)(s+3)}.$$

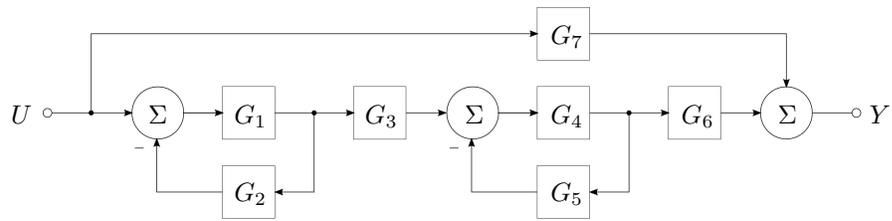
- a) 초기의 과도 응답에 유의하며  $G_1(s)$ ,  $G_2(s)$ 의 스텝 응답을 스케치하시오.
- b) 제로의 위치와 관련지어 두 스텝 응답의 차이를 기술하시오.
- c) 안정적이며, 분모의 차수가 분자의 차수보다 높은 전달함수를 갖는 선형 시스템을 생각하자(즉,  $m$ 개의 제로와  $n$ 개의 폴이 있고,  $m < n$ 이며, 이러한 시스템을 'strictly proper'하다고 부른다). 이 시스템의 스텝응답을  $y(t)$ 라 할 때,  $y(t)$ 가 가야 할 방향과 반대 방향으로 초기에 움직이는 경우  $y(t)$ 에 undershoot이 있다고 부른다. 문제를 간단히 하기 위해, 위의 예제들과 같이 모든 폴과 제로 실수축 상에 있다고 가정하자. 만약 이 시스템에서 홀수개의 제로가 복소평면 상의 우반면에 위치한다고 하면, 이 시스템의 스텝응답에 undershoot이 나타난다는 사실을 보이시오.

3) *Block diagram algebra.* 다음 블럭 다이어그램을 간략화하여, 전달함수  $Y(s)/U(s)$ 를 구하시오.

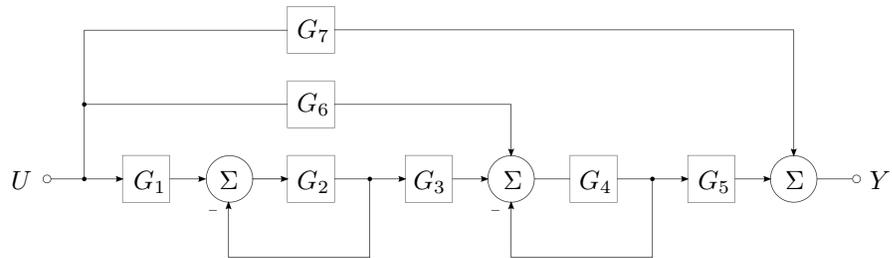
a)



b)

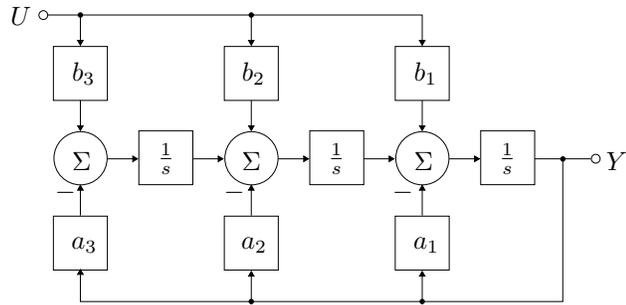


c)

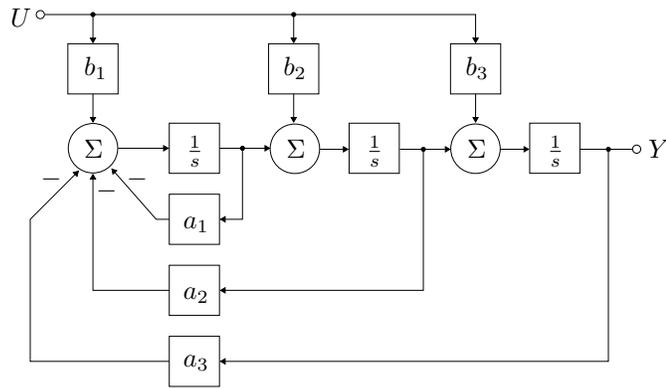


4) *Canonical forms.* 다음 블록 다이어그램들이 나타내는 전달함수 표현  $Y(s)/U(s)$ 와 상태공간 방정식 표현을 구하시오. 나타나는 모든  $a_i, b_i$ 는 실수 상수이다.

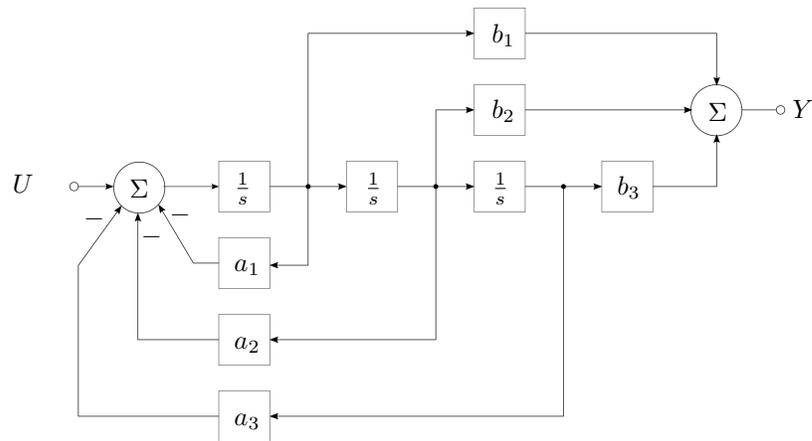
a)



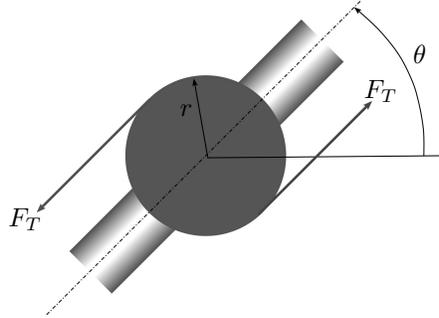
b)



c)



- 5) *Satellite attitude control.* 인공위성의 자세제어 시스템을 분석하고자 한다. 그림에 표시된 바와 같이, 시스템에 작용하는 제어입력은 인공위성의 질량 중심으로부터 거리  $r$  만큼 떨어진 곳에서 작용하는 추력  $F_T$ 이며, 시스템에는 외란  $F_d$ 가 존재하고 있다.  $F_d$ 의 작용 방향을  $F_T$ 와 동일하게 정의하면, 인공위성에 대한 동적 방정식은 다음과 같이 표현된다.



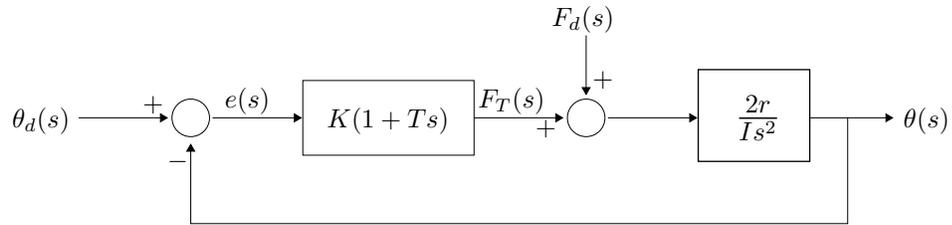
$$I\ddot{\theta} = 2r(F_T + F_d)$$

여기서  $I$ 는 Moment of inertia, 회전관성이다.

제어 목적을 달성하기 위하여 인공위성의 자세각  $\theta$ 를 측정하고 다음과 같은 형태의 비례-미분 제어기를 사용한 단위 피드백 제어시스템을 구성하고자 한다.

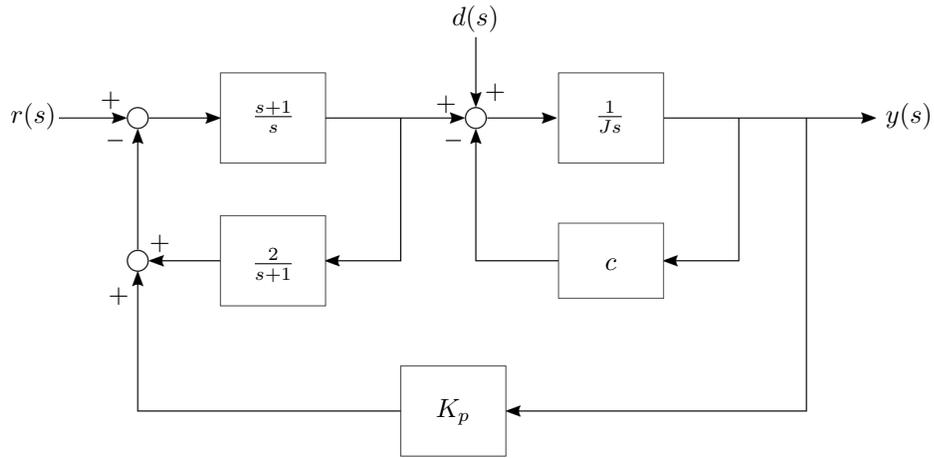
$$K(s) = K(1 + Ts)$$

- a) 기준 입력이 되는 인공위성 자세각 명령  $\theta_d$ , 제어 입력  $F_T$ , 외란  $F_d$ , 자세각  $\theta$ 에 대한 인공위성에 대한 블록 다이어그램이 다음과 같을 때, 페루프 전달함수  $\theta(s)/\theta_d(s)$ 와  $\theta(s)/F_d(s)$ 를 구하시오.



- b) 위 제어기의 성능은  $K$ 와  $T$ 에 의해 결정된다. 이 시스템의 페루프 감쇠비가  $\zeta_d$  ( $0 < \zeta_d < 1$ ) 이상이 되도록 하는  $K$ 와  $T$ 의 조건을 구하시오.

6) *Multiple inputs.* 다음 시스템에 대한 물음에 답하라.



- 전달함수  $G_r(s) = \frac{y(s)}{r(s)}$ 와  $G_d(s) = \frac{y(s)}{d(s)}$ 를 구하라.
- $y(s) = G_r(s)r(s) + G_d(s)d(s)$ 라고 할 수 있는가? 그 이유를 설명하라.
- $r(t) = 0$ 이고  $d(t) = A \sin \omega t$ 일 때  $y(t)$ 를 구하라.