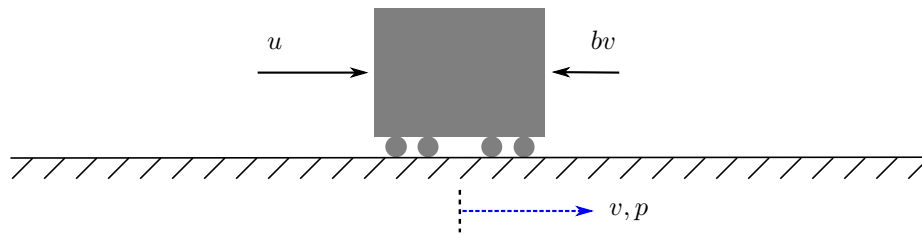


ASE3093 Automatic Control: Midterm exam (2 problems, 90 minutes)

시험 시작 전, 다음의 '학생 명예선서(Honor Code)'를 답지 맨 위에 적고 서명하십시오.
 “나는 정직하게 시험에 응할 것을 서약합니다.”
 “By signing this pledge, I promise to adhere to exam requirements and maintain the highest level of ethical principles during the exam period.”

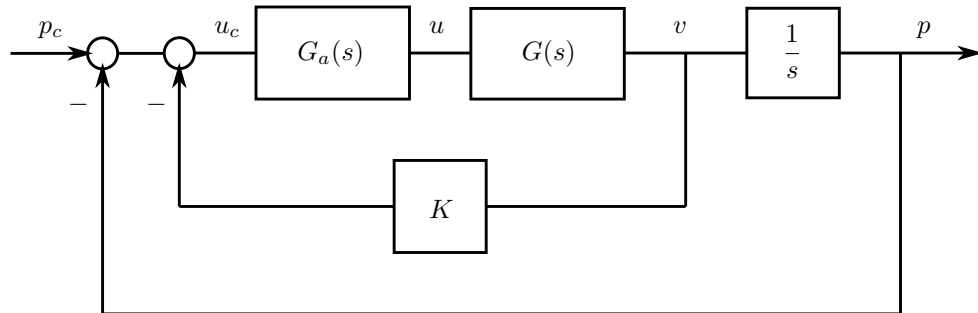
- 1) *Vehicle position control (20 points)*. 이 문제에서는 자율주행 차량의 위치 제어 시스템에 대해 살펴본다. 엔진이 포함된 자동차의 선형화된 동역학은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \dot{p} &= v \\ m\dot{v} &= -bv + u \\ \dot{u} &= -4u + 4u_c \end{aligned}$$



여기서 p 와 v 는 차량의 위치와 속도, u 는 엔진에 의해 차량에 작용하는 추력, u_c 는 위치 제어기에 의해 계산된 추력 명령을 의미한다. 자동차의 질량 m 과 항력계수 b 는 $m = 0.2$, $b = 0.2$ 라고 한다.

속도 피드백과 위치 피드백을 갖는 위치 제어기 구조를 포함한 블록 다이어그램은 아래와 같다. 제어기는 위치와 속도를 측정하여 추력 명령 u_c 를 계산하고, 계산된 추력 명령은 엔진으로 전달되어 추력 u 가 발생된다. 발생된 추력 u 에 의해 차량이 가속되어 속도가 발생하고 차량이 이동하게 된다. 차량에는 속도에 비례하는 항력이 작용한다.

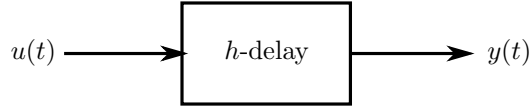


- a) 엔진이 포함된 이 차량의 상태변수를 $x = (p, v, u)$, 입력변수를 u_c , 출력변수를 $y = p$ 로 지정하여, 이 시스템의 상태공간 (state-space) 표현을 찾으시오. 즉, 엔진과 차량으로 이루어진 시스템을 아래와 같이 표현하고자 할 때, A, B, C, D 가 어떤 행렬인지 구체적으로 답하시오 (2점).

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu_c \\ y &= Cx + Du_c\end{aligned}$$

- b) 엔진의 역학을 표현하는 전달함수 $G_a(s)$ 와 차량의 역학을 표현하는 전달함수 $G(s)$ 를 구하시오 (2점).
- c) 속도 피드백 게인 K 가 $0 < K < \infty$ 범위에서 변화할 때, 위의 제어를 포함한 폐루프 시스템의 폴이 복소평면 위에서 어떻게 이동하는지 그림을 곁들여 최대한 자세히 설명하시오. (6점)
- d) 속도 피드백 게인 K 가 $0 < K < \infty$ 범위에서 변화할 때, 위의 제어를 포함한 폐루프 시스템은 항상 1개의 실수 폴을 갖는다. 이 폴은 실수 축 위의 어느 범위에 존재하는지 설명하시오 (4점).
- e) 어떤 게인 K 에 대해 이 폐루프 제어 시스템의 실수 폴이 -3에 위치한다고 한다. 이 때, 나머지 두 개의 폴은 어디에 있는지, 그리고 그들의 댐핑은 어느 정도인지 답하시오. 그 때의 게인 K 를 구하시오 (6점).

- 2) *Time delay (10 points)*. 우리 수업은 주로 선형 시스템에 대한 분석과 제어에 관한 이야기로 이루어져 있지만, 수업에서 다루었던 몇 가지 개념들은 비선형 시스템에도 그대로 적용될 수 있다. 다음과 같이 입력 신호를 h 만큼 지연시키는 (비선형) 함수를 생각해 보자.

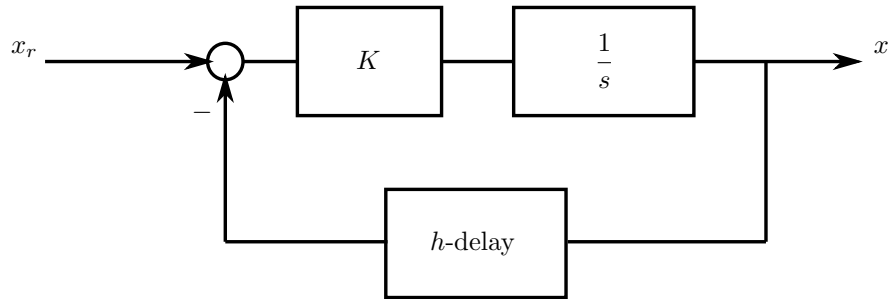


$$y(t) = u(t - h)$$

- a) 시스템 ' h -delay'의 전달함수를 구하시오. 참고로, 어떤 시간영역 신호 $f(t)$ 의 라플라스 변환 $F(s)$ 는 다음과 같이 정의한다 (4점).

$$\mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

- b) 아래와 같이 간단한 플랜트 $G(s) = 1/s$ 에 대한 피드백 제어 시스템을 생각해 보자.



시간 지연이 없는 경우라면 ($h = 0$) 모든 양수 K 에 ($0 < K < \infty$) 대해서 이 폐루프 시스템은 안정함을 알고 있다. 시간 지연이 존재하는 경우 ($h > 0$) 이 폐루프 시스템을 안정화하는 K 의 범위를 h 로 표현하시오 (6점).