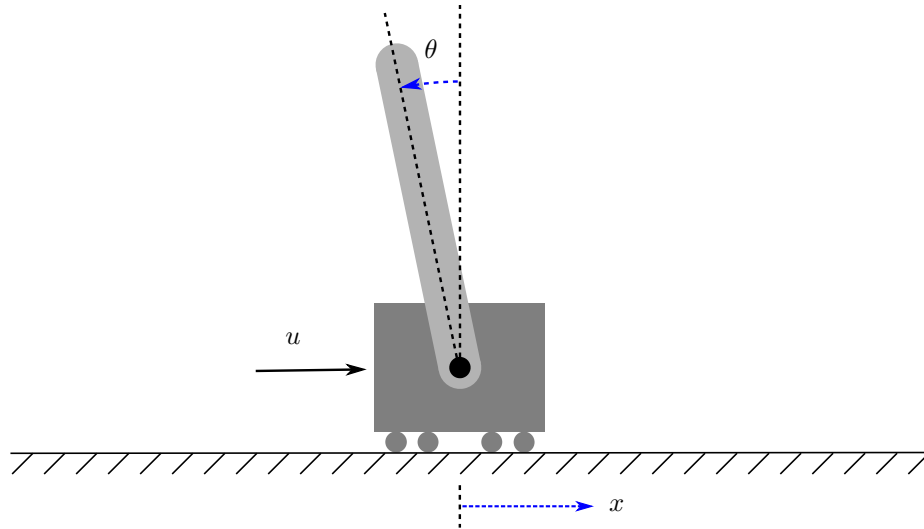


## ASE3093 Automatic Control: Homework #1

1) *Inverted cart-pole system.* 다음 그림과 같이 카트와 막대가 핀으로 연결된 Inverted cart-pole 시스템을 생각하자.

- 카트의 질량:  $m_c$
- 막대의 질량:  $m_p$
- 중력가속도:  $g$
- 막대 무게중심으로부터 카트-막대 연결부위까지의 거리:  $l$
- 막대의 무게중심에 대한 Moment of inertia:  $\frac{1}{3}m_p l^2$
- 시스템을 제어하기 위한 제어력:  $u$

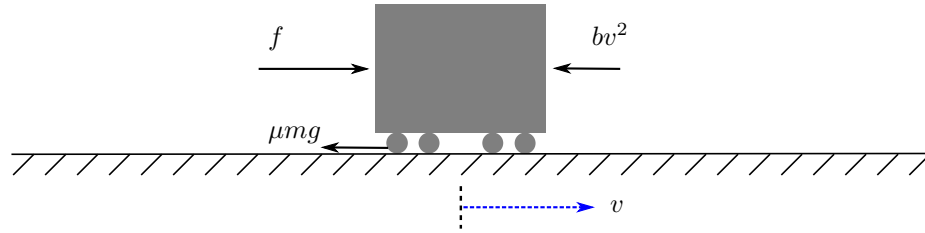


- 마찰력이 없다고 가정하고, 위의 시스템을 표현하는 운동방정식을 기술하시오. 운동방정식은 위에 나타난 파라미터와 변수로 표현되는  $x$ 와  $\theta$ 에 대한 비선형 미분방정식 형태이어야 함.
- $\theta$ 와  $\dot{\theta}$ 이 매우 작다고 가정하고, 위에서 얻은 운동방정식을 선형화하여 표현하시오.

- 2) *Linearization of cruise control system.* 이 문제에서는 자동차의 Cruise control 시스템을 모델링한다.

우선 다음과 같이 공기저항과 지면마찰력이 존재하는 상황에서의 자동차 동역학을 생각한다. 이 문제에서  $m$ 은 자동차의 질량,  $v$ 는 자동차의 속도이며, 주행 속도에 따라 결정되는 공기저항력  $bv^2$ 가 존재한다고 가정한다. 또한, 자동차 바퀴와 지면 사이에는  $\mu mg$ 와 같은 일정한 마찰력이 존재한다고 가정한다.  $u$ 는 자동차의 엔진에 의해 자동차에 가해지는 추진력을 의미한다.

Cruise control 시스템은 지정된  $v_r$ 로 자동차가 주행하도록 ( $v \approx v_r$ ) 적절한 추진력  $f$ 를 계산하고, 계산된 추진력  $f$ 가 발생하도록 엔진을 동작시킴으로써 작동한다.



- a) 위의 시스템을 표현하는 운동방정식을 기술하시오. 운동방정식은 위에 나타난 파라미터와 변수로 표현되는  $v$ 에 대한 비선형 미분방정식 형태이어야 함.
- b) 위에서 얻은 비선형 운동방정식으로는 시스템의 분석과 제어설계가 간단하지 않으므로, 이 운동방정식을 현재 주행속도  $v_0$ 에 의해 정의되는 평형점에 대해 선형화하고자 한다.  
현재 자동차가  $v_0$ 의 속도로 등속 주행하고 있다고 가정하자. 이 평형조건에서 엔진에 의해 발생하고 있는 추진력  $f_0$ 는 얼마인가?
- c) 위에서 얻은 평형점에 대해 다음과 같이 변수를 재정의한다.

$$x = v - v_0$$

$$u = f - f_0$$

즉, 새로운 변수  $x$ 는 평형속도  $v_0$ 로부터의 변화량,  $u$ 는 평형추진력  $f_0$ 로부터의 변화량을 의미한다. 평형점으로부터의 변화량  $x$ 와  $u$ 가 작다고 가정하고, 얻어진 운동방정식을 선형화하여,  $x$ 와  $u$ 에 대한 선형미분방정식으로 표현하시오.