

물리기반 모델링

# 스프링과 댐퍼

동명대학교  
강영민



---

# 스프링 댐퍼 (Spring and damper)

---

- ❖ 스프링 댐퍼 모델
  - ❖ 두 입자의 상호작용
    - ❖ 두 입자를 연결하는 스프링의 힘
      - ❖ 스프링 힘
  - ❖ 스프링 운동에 의한 에너지 소산
    - ❖ 댐핑 힘



---

# 스프링 힘

---

- ❖ 스프링 힘

- ❖ 후크(Hooke)의 법칙

- ❖ 스프링에 작용하는 힘의 크기

- ❖ 변형된 길이에 비례  $l - l_0$

- ❖ 스프링 상수에 비례 (스프링의 고유한 특성):  $k_s$

- ❖ 스프링 힘의 방향

- ❖ 스프링 방향



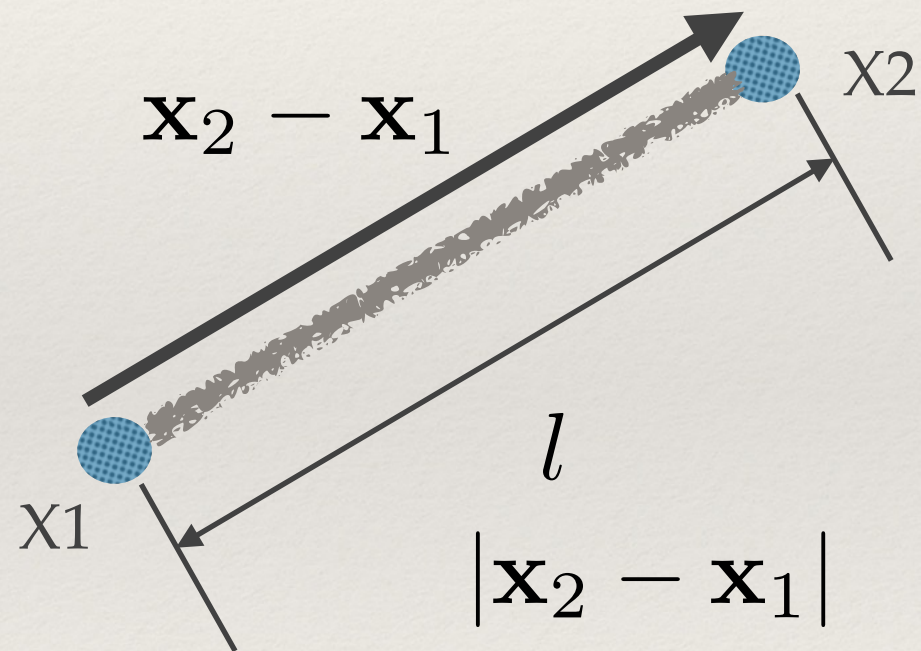
# 스프링 힘의 계산

## ❖ 힘의 크기

$$|\mathbf{f}_s| = k_s |l - l_0|$$

## ❖ 힘의 방향

$$\frac{\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1}{|\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1|}$$





---

# 스프링 힘

---

## ❖ 계산 방법

$$\mathbf{f}_s^i = k_{ij}(l - l_0) \frac{\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i}{|\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i|}$$

$$\mathbf{f}_s^j = -\mathbf{f}_s^i$$



---

# 댐핑

---

- ❖ 스프링 진동은 서서히 멈춘다
  - ❖ 에너지를 잃게 만들어야 함
- ❖ 간단한 댐핑
  - ❖ 속도의 반대 방향으로 감속  $\mathbf{f}_d^i = -k_d \mathbf{v}^i$
- ❖ 문제점
  - ❖ 스프링에 의해 소실되는 에너지가 아니라 공기저항 같은 효과
- ❖ 개선방법
  - ❖ 연결된 두 입자의 상대속도에 댐핑 적용
    - ❖ 입자가 현재 상태를 바꾸려고 하는 운동에 대해서 저항

$$\mathbf{f}_d^i = k_d (\mathbf{v}^j - \mathbf{v}^i)$$



# 최종 모델

$$\mathbf{f}_{ij}^i = k_{ij}(l - l_0) \frac{\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i}{|\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i|} + k_d(\mathbf{v}_j - \mathbf{v}_i)$$

$$\mathbf{f}_{ij}^j = -\mathbf{f}_{ij}^i$$

