

Characteristics of Signals & Systems

HuStar

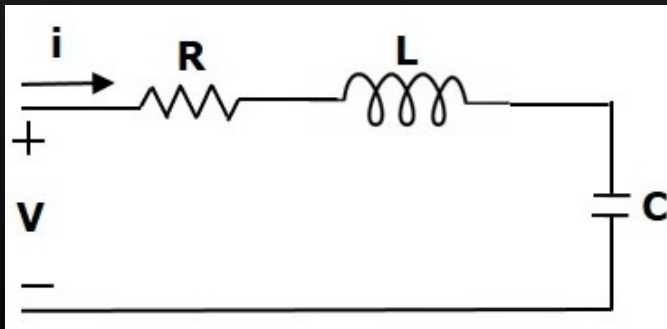
2020.07.

이성윤

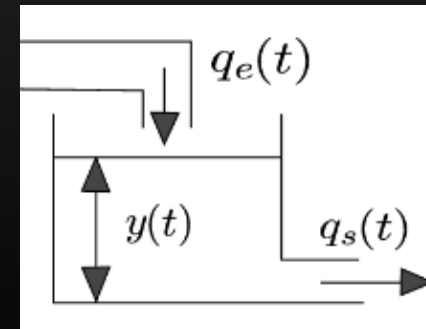
SISO vs. MIMO

- SISO

- $x(t) \rightarrow y(t)$
- 하나의 입력과 하나의 출력으로 구성된 시스템
- 일반적으로 시스템은 MIMO이지만, 관심있는 값을 입력, 출력으로 제한하여 SISO로 생각
 - 모터의 경우 [전압&전류 \rightarrow 각도&각속도&토크]이지만 [전압 \rightarrow 각도]로 단순화 가능



입력이 전압, 출력이 전류인 전기회로 RLC 시스템 (2차미분방정식)

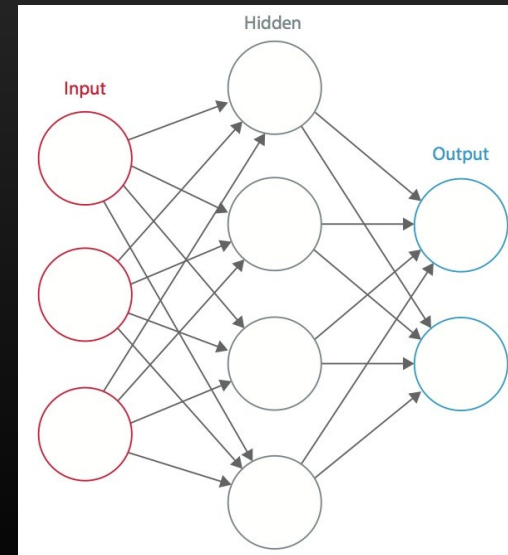
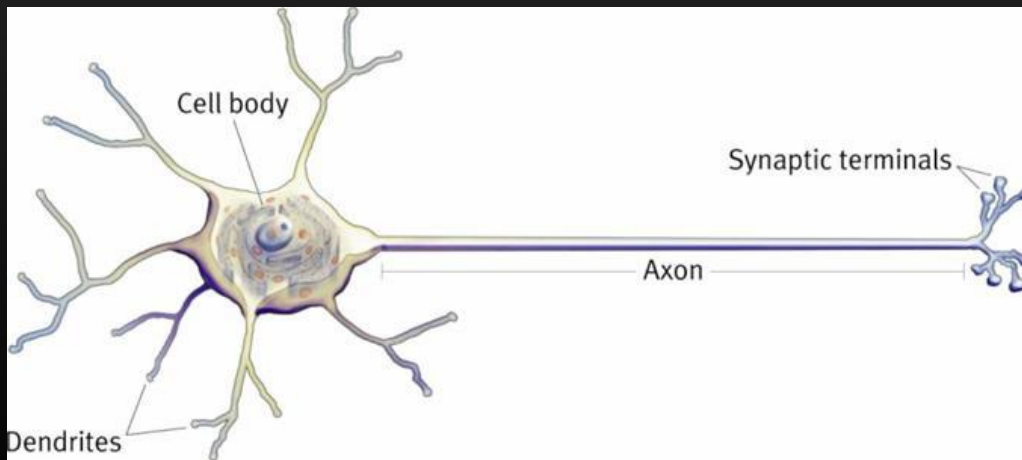


입력이 유량, 출력이 높이인 유체 시스템 (1차미분방정식)

SISO vs. MIMO

- MIMO

- $\vec{x}(t) \rightarrow \vec{y}(t)$
- 다중 입력과 다중 출력으로 구성된 시스템

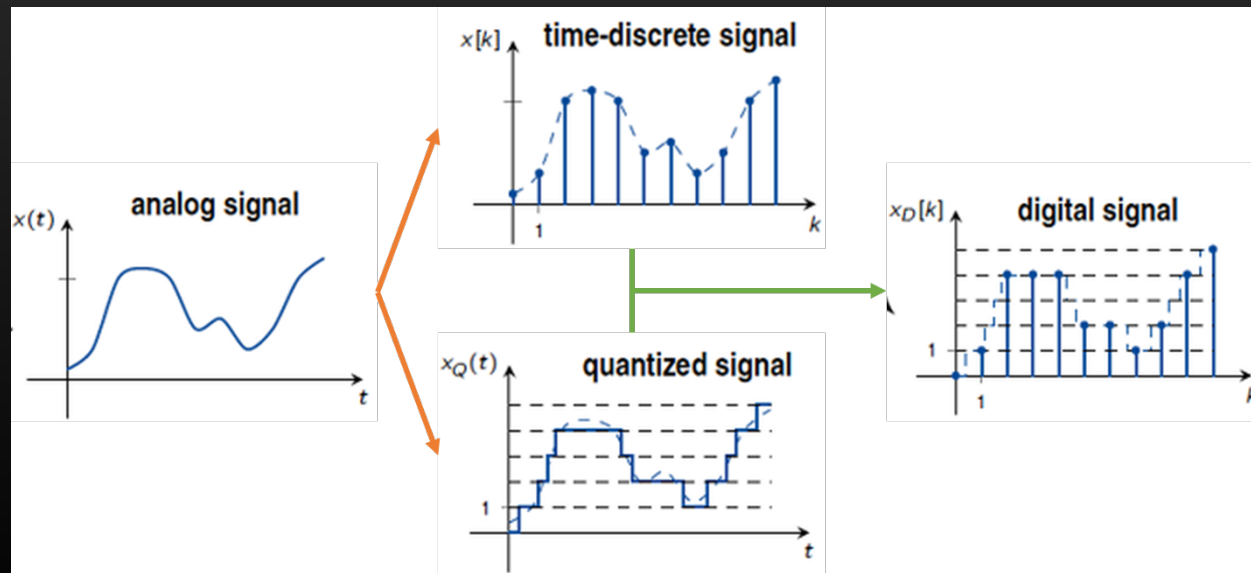


CT vs. DT vs. Digital

- CT(continuous time)
 - $\vec{u}(t) \rightarrow \vec{y}(t)$
 - 연속시간 신호: 대부분의 아날로그 신호
- DT(discrete time)
 - $\vec{u}(kT_s) \rightarrow \vec{y}(kT_s)$ or $\vec{u}[k] \rightarrow \vec{y}[k]$
 - 이산시간 신호: 특정 시간 간격으로 샘플링한 신호
 - 여기서 이산시간 사이의 간격을 뜻하는 T_s 는 sampling time이라고 하고 $T_s \rightarrow 0$ 이면 $DT \rightarrow CT$
 - $f_s = \frac{1}{T_s}$, sampling time의 역수는 sampling frequency로 1초당 샘플 개수를 뜻함

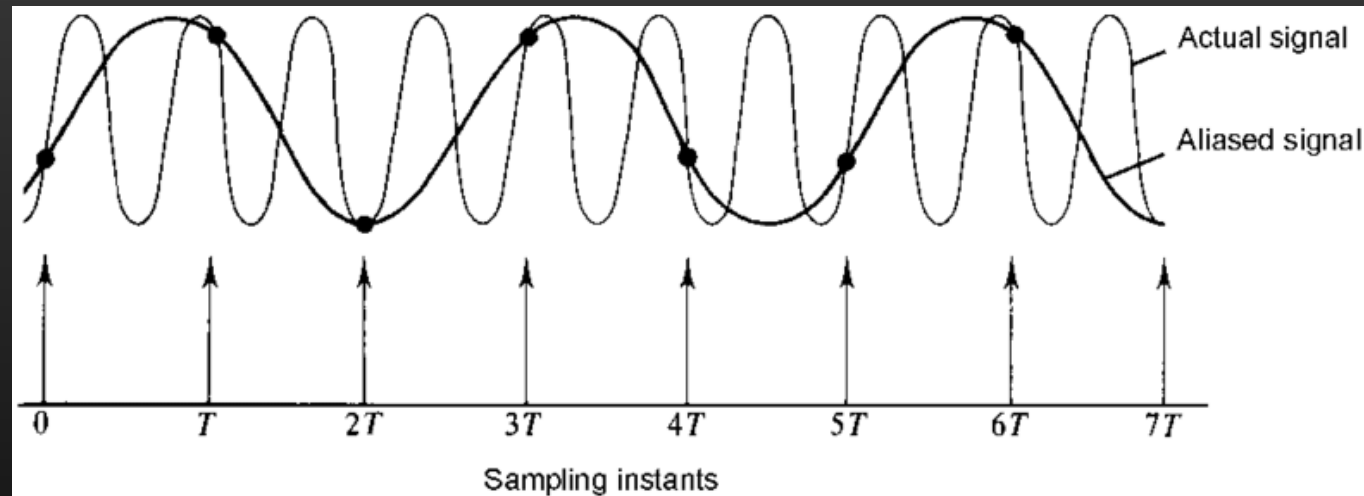
CT vs. DT vs. Digital

- Digital
 - 이산시간 신호를 입출력하며 양자화된 신호를 출력하는 시스템
- CT(아날로그) \rightarrow DT(샘플링) \rightarrow Digital(샘플링&양자화)



CT vs. DT vs. Digital

- Nyquist 주파수 범위



$$-0.5f_s < f < 0.5f_s$$

$$\therefore f_s > 2f_{max}$$

- DT는 같은 샘플에서도 다른 주파수 파형이 겹쳐서 인식될 수 있음 → aliasing(위신호현상)
- 따라서 샘플링 주파수는 계측하는 신호의 가장 빠른 주파수의 적어도 2배는 되어야함

CT vs. DT vs. Digital

- Resolution(ADC)

$$N \text{ bit resolution} = 2^N$$
$$\text{ADC level (Least Significant Bit)} = \frac{\text{full scale(maximum amplitude)}}{2^N} \rightarrow \text{sensitivity}$$

- 0과 1의 조합으로 계측하는 물리량을 이산으로 표현 (Analog-Digital Conversion)
- 비트가 높을수록 물리량을 더 정밀하게 계측할 수 있음

Voltage	~0.625	~1.250	~1.875	~2.500	~3.125	~3.750	~4.375	~5.000
3-bit ADC	000	001	010	011	100	101	110	111

Memoryless vs. Causal vs. Non-causal

- Memoryless

- $y(t) = au(t)$
- 출력이 현재 입력에만 영향을 받는 시스템

- Causal

- $y(t) = au(t) + bu(t - t_i)$
- 출력이 현재, 과거 입력에 영향을 받는 시스템

- Non-causal

- $y(t) = au(t) + bu(t - t_i) - cu(t + t_j)$
- 출력이 현재, 과거, 미래 입력에 영향을 받는 시스템

Linear vs. Non-linear

$$u_i(t) \rightarrow y_i(t), \quad t \geq t_0$$

- Additivity

$$u_1(t) + u_2(t) \rightarrow y_1(t) + y_2(t), \quad t \geq t_0$$

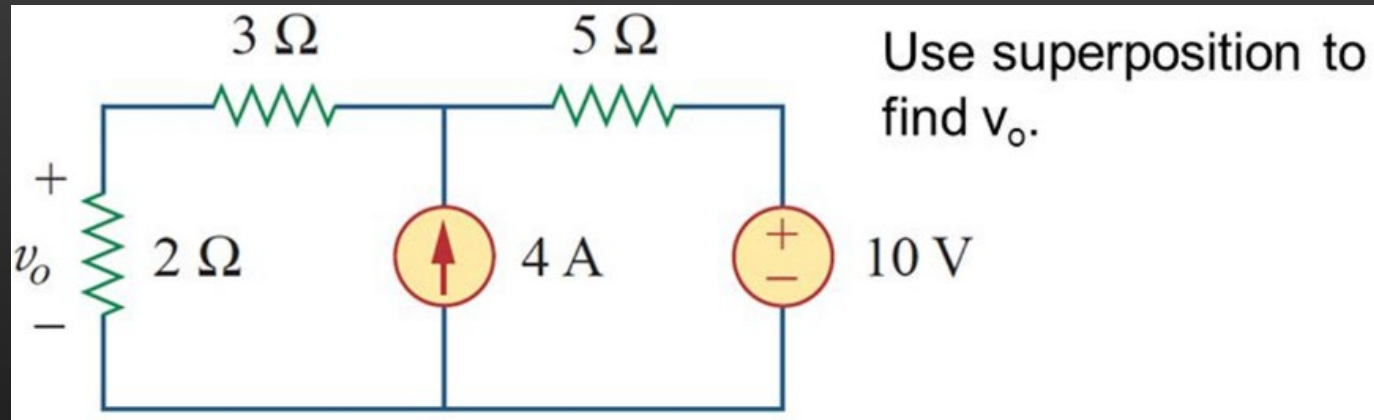
- Homogeneity

$$au_i(t) \rightarrow ay_i(t), \quad t \geq t_0$$

- Linear = Additivity + Homogeneity \rightarrow Superposition

$$a_1u_1(t) + a_2u_2(t) \rightarrow a_1y_1(t) + a_2y_2(t), \quad t \geq t_0$$

Linear vs. Non-linear

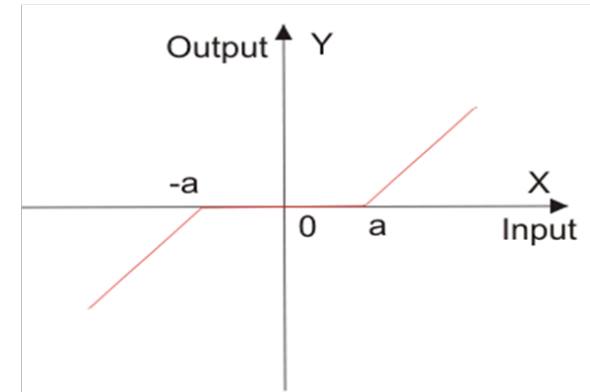
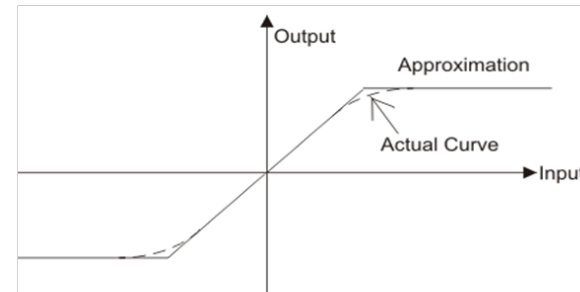
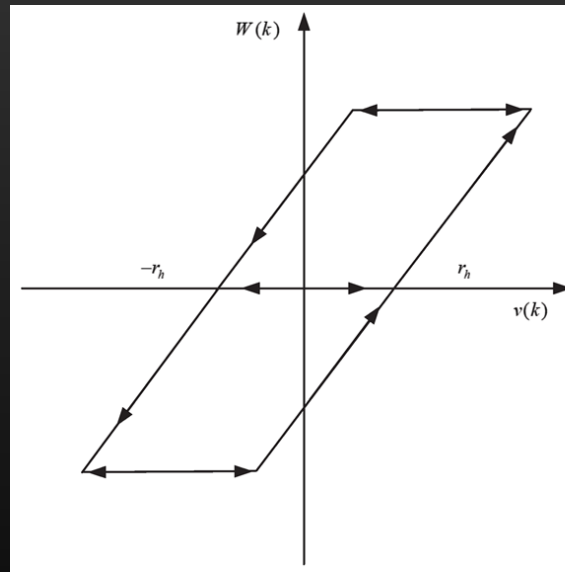


- 선형시스템의 특성을 이용하여 전압원과 전류원을 분리하여 해결할 수 있음

Linear vs. Non-linear

- Non-linear(비선형) 요소

- Dead-zone
- Saturation
- Hysteresis
- Backlash
- Friction
- Quantization
- ...



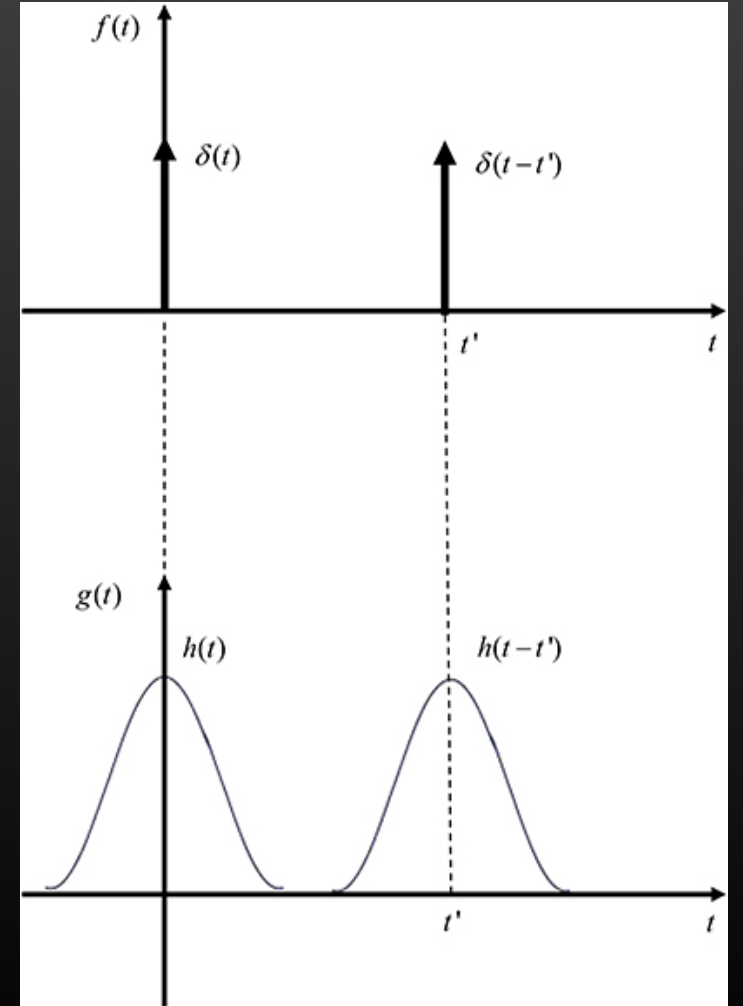
Time-invariant vs. Time-variant

$$u_i(t) \rightarrow y_i(t), \quad t \geq t_0$$

- Time-invariant

- 입력에 따른 출력이 시간에 관계없이 같은 시스템

$$u_i(t - t_1) \rightarrow y_i(t), \quad t \geq t_0$$



Linear Time-invariant

- 대부분의 시스템은 LTI에 가까운 특성을 갖거나, 특정 작동 범위 내에서 LTI처럼 모델링 할 수 있음
- LTI 시스템은 입력-출력 한 응답만 알고 있으면 모든 형태의 입력에 대한 출력을 계산할 수 있음
- 입력-출력 조합만으로 시스템을 모델링하는 방법이 black box modeling

