

# 제 1 장 서 론

# 1.1 자동제어의 목적

제어(control)란 어떤 물리계가 원하는 대로 동작하도록 물리계에 조작을 가하는 것을 말하며, 여기서 물리계란 물체, 전기, 기계, 공학 프로세스 등과 같은 모든 분야를 들 수 있다.

제어하는 방법에는 인간의 동작에 의하여 움직여지는 수동제어(manual control)와 제어장치에 의해서 자동적으로 움직이는 자동제어(automatic control)가 있다.

자동화가 진행되어 인간의 감각에 의지할 필요성은 점차적으로 줄어들었으나, 이와 동시에 고속화 문제가 중요시되었으며, 이러한 고속화는 작업능률을 향상시켜 품질향상과 균일성을 꾀할 수 있게 되었다. 이러한 것이 자동제어의 직접적인 목적이라 할 수 있다.

## 1.2 자동제어의 역사

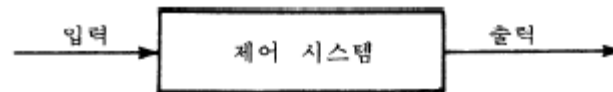
자동제어의 역사는 인류의 탄생과 더불어 시작되었다 해도 과언이 아니다. 모든 생명체는 태어나면서부터 자동제어의 기본이 되는 피드백(feedback) 요소를 지녔기 때문이다. 고대사회에서 발달한 물시계는 최초의 인위적인 자동제어시스템(automatic control system)으로서 오늘날의 산업용 로봇(industrial robotic), 오토매타(automata), 계측제어시스템의 원조라고까지 일컬어지고 있다.

자동적인 피드백 시스템(feedback system)으로서 자동이라는 말은 인간 조정자(human operator)의 간섭이 없는 것을 의미한다. 인류문명에의 최초의 피드백 장치는 헬레니즘 시대에 발명된 물시계에 사용되었다고 알려지고 있다.

## 1.3 자동제어의 시스템

제어시스템은 원하는 시스템 응답(system response)을 얻을 수 있도록 외형적으로 상호 연결된 성분의 조합이다.

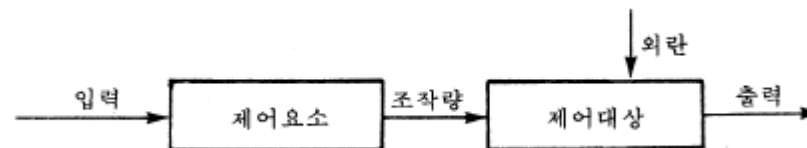
시스템은 처리되는 신호의 종류에 따라 연속시스템(continuous-time system), 이산시스템(discrete-time system) 또는 디지털 시스템(digital system)으로 분류한다. 연속시스템을 아날로그 시스템(analog system)이라고도 한다. 제어시스템을 구성하는 기본성분은 그림 1-1과 같이 입력, 출력 및 시스템 요소로 나타낸다.



**[그림 1.1] 제어시스템의 기본성분**

## 1.3 자동제어의 시스템

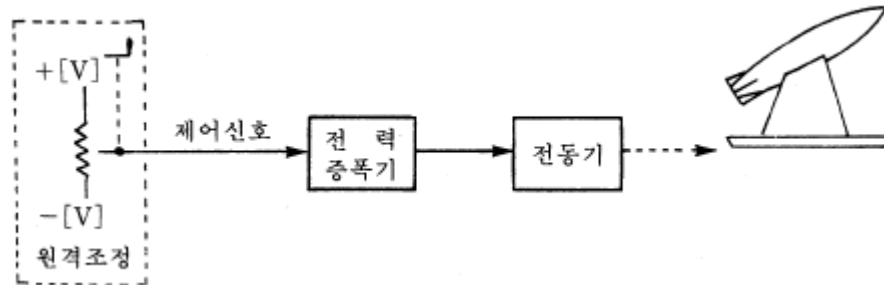
개루프 제어시스템(open-loop control system)은 가장 간단하고 복잡하지 않은 장치로서 좋은 점은 있으나 제어동작이 출력과 전혀 관계가 없어 오차가 많이 생길 수 있고, 이 오차를 교정할 수 없는 결점을 가지고 있다. 그림 1-2는 개루프 제어시스템을 나타낸 블록선도이다.



**[그림 1.2] 개루프 제어시스템**

## 1.3 자동제어의 시스템

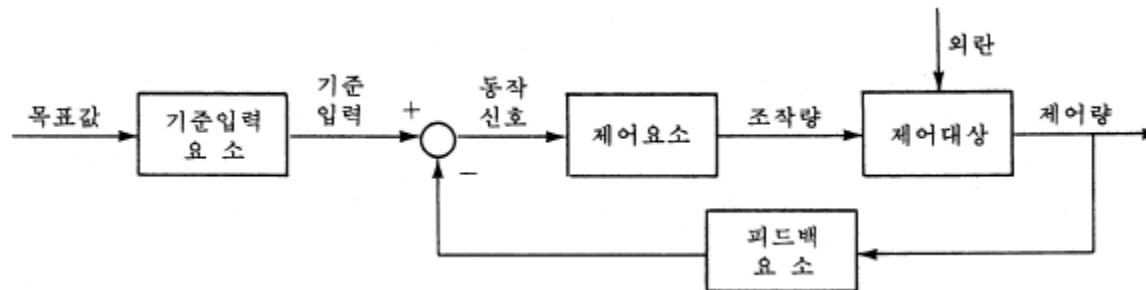
그림 1-3은 페루프 제어시스템의 한 예로서 미사일 발사대의 각위치가 원격원에서 제어되는 것을 나타낸 것이다. 원격지점에 있는 전위차계(potentiometer)에서 오는 명령으로 미사일 발사대의 위치를 조절한다. 제어동작신호는 증폭되어서 발사대에 톱니바퀴로 연결되어 있는 전동기를 구동한다.



**[그림 1.3] 미사일 발사대의 각 위치 원격제어시스템**

## 1.3 자동제어의 시스템

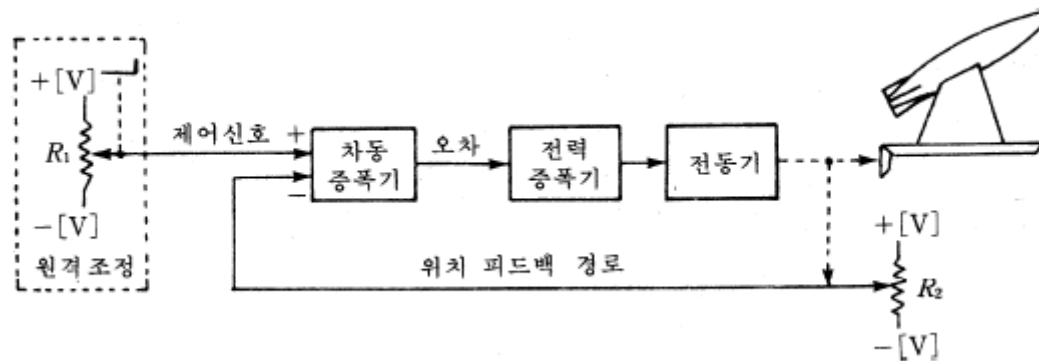
폐루프 제어시스템(closed-loop control system)은 적응성이 있는 제어를 하기 위하여 제어시스템의 출력이 기준입력(reference input)과 일치하는가를 항상 비교하여 일치하지 않을 때에는 그 차에 비례하는 동작신호가 제어시스템에 다시 보내져서 그 오차를 수정하도록 하는 피드백 루프(feedback loop)를 가지고 있는 제어시스템이다.



**[그림 1.4] 폐루프 제어시스템**

## 1.3 자동제어의 시스템

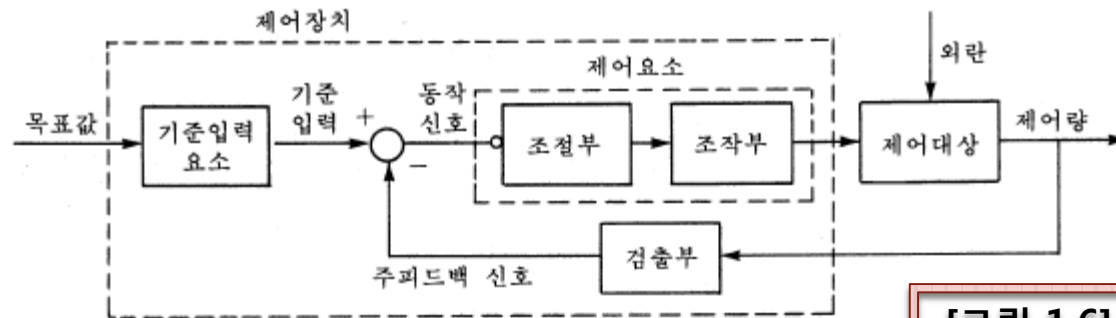
그림 1-5는 페루프 제어시스템의 한 예로서 그림 1-3의 시스템의 변형인 미사일 발사대 자동위치 제어시스템이다.



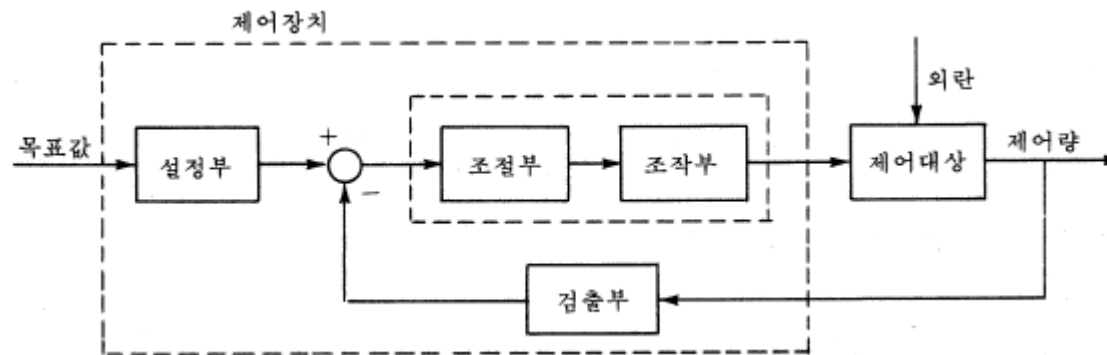
**[그림 1.5] 미사일발사대의 위치자동제어시스템**



## 1.4 페루프 제어시스템의 기본적 용소와 구성

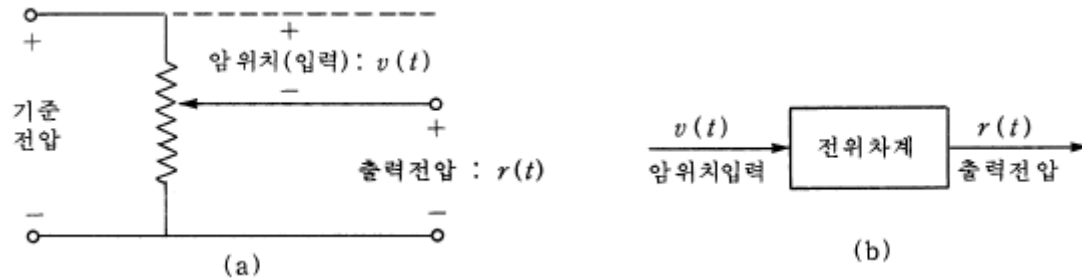


**[그림 1.6] 페루프 제어시스템의  
기본적 요소**

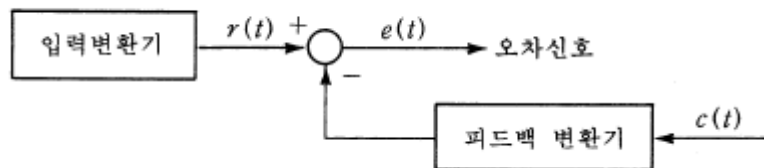


**[그림 1.7] 페루프 제어시스템의  
기본적 구성**

## 1.4 페루프 제어시스템의 기본적 용소와 구성



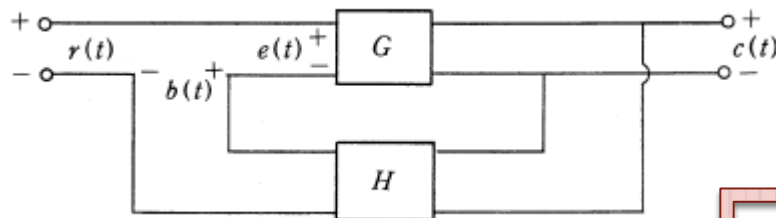
[그림 1.8] 전 위 차 계



[그림 1.9] 오차검출기

## 1.5 제어시스템에서 피드백의 효과

제어시스템에서 피드백의 효과는 시스템의 오차의 조절뿐만 아니라 안정도(stability), 대역폭(band width), 전체이득(overall gain), 임피던스(impedance) 및 감도(sensitivity) 등의 계통의 성능특성에도 효과가 있다.



**[그림 1.10] 피드백 시스템**

$$M(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G}{1+GH}$$

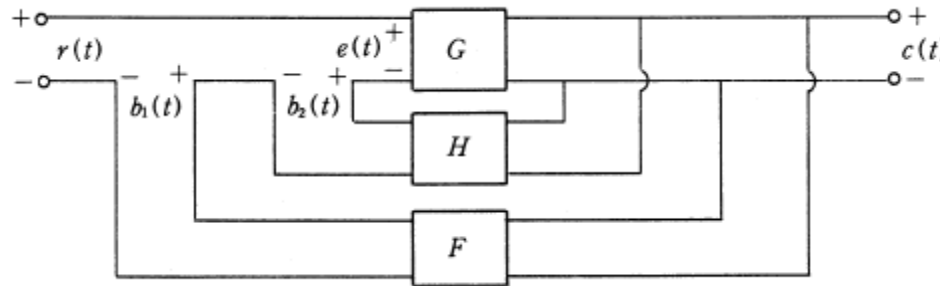
(1.1)

## 1.5 제어시스템에서 피드백의 효과

안정도는 시스템이 입력지시를 따라갈 수 있는가를 기술하는 개념이다. 일반적으로 시스템의 출력이 제멋대로이거나 무한히 증가하면 그 시스템은 불안정하다고 한다.

$$M(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G}{1 + GH + GF}$$

(1.2)



[그림 1.11] 2 개의 피드백 루프를 갖는 피드백 시스템

## 1.5 제어시스템에서 피드백의 효과

### 【3】 피드백이 감도에 미치는 영향

$$S_G^M = \frac{\partial M/M}{\partial G/G} = \frac{M \text{의 백분율 변화}}{G \text{의 백분율 변화}}$$



$$S_G^M = \frac{\partial M}{\partial G} \frac{G}{M} = \frac{1}{1+GH}$$



### 【4】 외란 또는 잡음에 대한 피드백의 영향

$$C(s) = G_1 G_2 E(s) + G_2 N(s)$$



$$\frac{\text{신호에 의한 출력}}{\text{잡음에 의한 출력}} = \frac{G_1 G_2 E(s)}{G_2 N(s)} = G_1 \frac{E(s)}{N(s)}$$



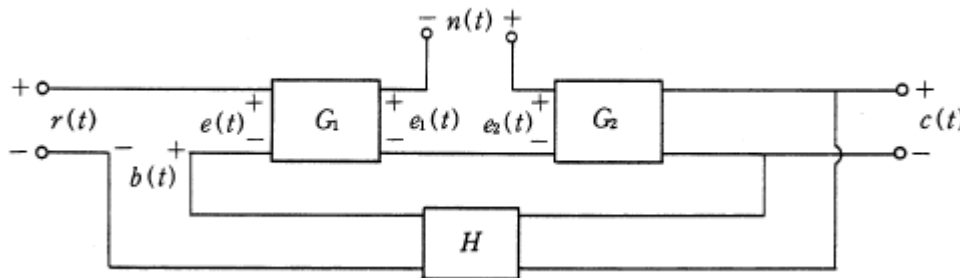
$$C(s) = \frac{G_1 G_2}{1+G_1 G_2 H} R(s) + \frac{G_2}{1+G_1 G_2 H} N(s)$$



## 1.5 제어시스템에서 피드백의 효과

$$\frac{\text{신호에 의한 출력}}{\text{잡음에 의한 출력}} = \frac{G_1 G_2 R(s) / (1 + G_1 G_2 H)}{G_2 N(s) / (1 + G_1 G_2 H)} = G_1 \frac{R(s)}{N(s)}$$

(1.8)



**[그림 1.12] 잡음신호가 있는 제어시스템**

## 1.5 제어시스템에서 피드백의 효과

$$[C(s)]_{s=0} = \frac{G_1' G_2 R'(s)}{1 + G_1' G_2 H} = G_1 G_2 R(s)$$



$$[C(s)]_{s=0} = \frac{G_2 N(s)}{1 + G_1' G_2 H}$$



$$\frac{G_1 G_2 R(s)}{G_2 N(s)/(1 + G_1' G_2 H)} = \frac{G_1 R(s)}{N(s)} (1 + G_1' G_2 H)$$



## 1.6 제어시스템의 종류

### 【3】 조절부의 동작에 의한 분류

(1) 비례제어(P 동작; propotional action, positional control)

$$c(t) = K_P e(t)$$

(1.12)

(2) 미분동작(D 동작; derivative action, differential action)

$$c(t) = K_P T_D \frac{de(t)}{dt}$$

(1.13)

(3) 적분동작(I 동작; integral action, rest control)

$$c(t) = K_P \frac{1}{T_P} \int e(t) dt$$

(1.14)



## 1.6 제어시스템의 종류

### 【3】 조절부의 동작에 의한 분류

(4) 비례적분제어(PI 동작; propotional and integral action, reset control)

$$c(t) = K_P \left[ e(t) + \frac{1}{T_P} \int e(t) dt \right] \quad (1.12)$$

(5) 비례미분동작(PD 동작; proportional derivative action, proportional rate control)

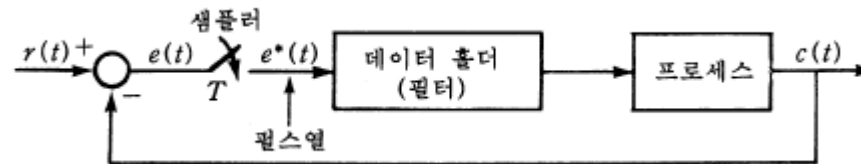
$$c(t) = K_P \left[ e(t) + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1.13)$$

(6) 비례적분미분제어(PID 동작; propotional integral and derivative action, reset rate control)

$$c(t) = K_P \left[ e(t) + \frac{1}{T_P} \int e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1.14)$$

# 1.1 자동제어의 시스템

디지털 제어시스템(digital control system)은 신호가 펄스열(pulse train)이거나 디지털 코드(digital code)라는 점에서 연속 시스템과는 차이가 있다. 이산값 제어시스템(discrete-data control system) 또는 샘플값 제어시스템(sampled-data control system)이 디지털 시스템 대신 사용되기도 한다.



**[그림 1.13] 전형적인 디지털 시스템의 블록선도**

## 1.7 제어시스템의 응용예