

제1장 센서의 개요와 분류

1.1 센서의 정의

- 피측정 대상에 직접 접촉하거나 가까이서 필요한 정보를 신호로 전달하는 장치
 - ⇒ 인간의 감각으로 인지할 수 없는 수치를 측정하기 위한 장치
 - ⇒ 인간의 감각 능력을 확대하기 위한 기술적 수단이 되는 요소
- 센서라는 명칭 자체도 여러 가지로 표현되고 있으며 센서의 정의 또한 불명확
 - ⇒ 간단히 정보 감지 장치 또는 폭넓게 에너지 변환 장치
- 그림 1.1에서 센서는 모든 정보나 에너지를 감지하여 전기신호로 변환하는 장치
 - ⇒ 물리, 화학, 생물학적인 양을 감지하여 유용한 신호로 변환하는 장치

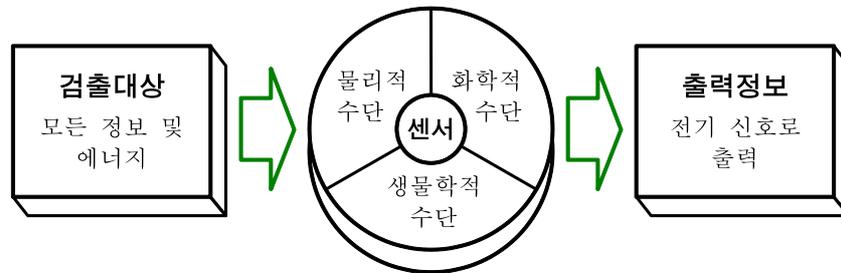


그림 1.1 센서의 개요도

- 트랜스듀서(transducer)는 센서와 유사한 용어로 사용되는데 명확한 구별 난해
 - ⇒ 센서는 발생하는 물리, 화학량의 절대값 또는 변화량을 감지
 - ⇒ 트랜스듀서는 감지된 측정량을 처리하기 쉬운 신호로 변환
 - ⇒ 센서는 목적 대상의 상태에 관한 정보를 채취하는 장치
 - ⇒ 트랜스듀서는 상태량을 측정 가능한 신호로 변환하는 장치

1.2 센서에 요구되는 성능

- 센서는 외부 환경과 인터페이스 역할을 하므로 가혹한 환경에 직접 노출 가능
 - ⇒ 어떤 환경에서도 장기간 안정적으로 동작하는 성능이 요구
- 자동제어계의 기본요소로 사용되므로 고장이 나면 전체 시스템에 심각한 영향
 - ⇒ 기능을 충분히 발휘하기 위해 안정성, 신뢰성, 내구성, 긴 수명 요구
 - ⇒ 높은 감도, 우수한 선형성, 작은 특성의 편차
 - ⇒ 우수한 재현성과 안정성, 적은 온도 드리프트
 - ⇒ 빠른 응답성, 좋은 호환성, 적은 소비전류

- 감도는 센서의 입력과 출력 사이의 관계, 다음 단계에서의 신호처리에 큰 영향
 ⇒ 센서가 비선형적인 특성을 보유, 미리 보정하여 선형 출력 발생
- 센서의 편차가 크면 안정된 출력을 얻기 위해 이득의 조정 범위의 확대 필요
 ⇒ 센서의 편차를 줄여 한 번의 최적 조정만으로 계속 사용
- 재현성과 안정성은 센서의 신뢰성과 연관되며, 동일한 상태의 입력신호일 경우
 ⇒ 출력신호가 안정된 값을 나타내는 것을 의미
- 온도 드리프트는 주위온도의 변화에 따라 센서의 입출력 특성이 변동하는 현상
 ⇒ 사용되는 재료의 온도계수에 의해 센서의 특성이 주위온도에 피영향
 ⇒ 온도계수의 편차가 크면 제어 가능한 범위로 변경 필요
- 응답성은 정보를 하고 전기신호로 변환하여 출력을 내는 데까지 걸리는 시간
 ⇒ 제어계 전체의 정밀도나 신뢰성에 영향을 미치므로 빠른 것이 요구
- 호환성을 필요로 하는 센서에는 각각에 대한 기준치와 검증이 필요
 ⇒ 전기회로를 포함하여 관련 부분을 조정
- 배터리를 사용하는 센서는 소비전류가 적어야 운전이나 유지보수에 비용 절감

1.3 센서의 제어 기술

1.3.1 센서 제어에서 요구되는 기술

- 센서를 중심으로 생각할 때 기계 제어에 있어서 요구되는 세 가지 기술
 ⇒ 필요한 물리량을 인출하는 변환 기술
 ⇒ 필요한 정보를 추출하는 처리 기술
 ⇒ 적절한 제어를 실행하는 제어 기술
- 그림 1.2에서와 같이 센서에는 직접적인 물리현상을 이용하여 정보를 얻는 경우
 ⇒ 검출 대상의 물리량을 다른 현상으로 변환시켜 검출하는 경우

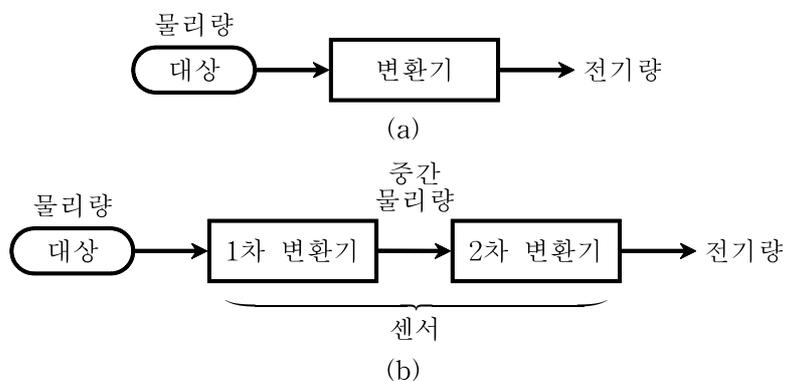


그림 1.2 센서의 물리량 교환 방법

- 기계 제어의 경우에는 센서의 원리적인 측면보다 조합이나 변환 기술에 주목
 - ⇒ 어떠한 방법으로 정보를 전기신호로 변환할 것인가가 센서의 역할
 - ⇒ 센서를 어느 곳에 설치할 것인가의 문제와도 밀접하게 관련
 - ⇒ 역학량을 제어 대상의 어느 부분에서 어떻게 검출할 것인가의 문제
- 그림 1.3은 센서 제어를 위한 센서계의 설계 순서를 나타낸 플로차트를 표시

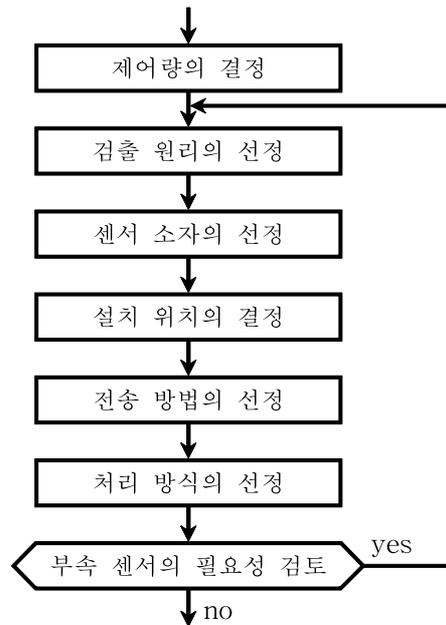


그림 1.3 센서 처리계의 설계 순서

- 그림 1.3의 설계 순서를 그림 1.4의 공구대의 위치 결정 제어계에 적용 가능
 - ⇒ 공구대의 위치(변위)를 제어 대상의 제어량(상태)으로 결정
 - ⇒ 어떤 원리의 센서를 사용할 것인가를 정하여 센서 소자를 선정
 - ⇒ 검출기를 어디에 어떻게 설치할 것인가를 결정
 - ⇒ 센서 신호처리계의 신호 전송방법을 정하여 처리 방법을 결정

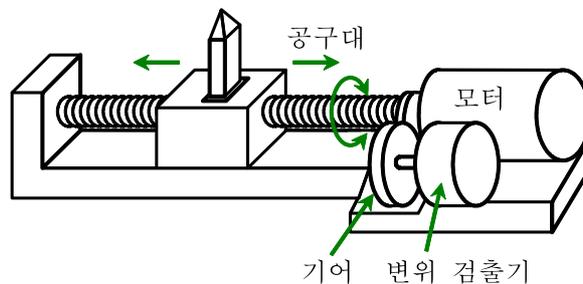


그림 1.4 공구대의 위치 제어 기구의 예

1.3.2 센서의 정보 처리 문제

- 그림 1.5는 센서로부터의 검출, 처리, 제어 사이에 나타나는 문제점을 표시
 - ⇒ 노이즈, 드리프트, 비선형, 응답지연 등의 문제가 작용
 - ⇒ 센서를 이용한 제어를 할 때에 충분한 검토가 필요

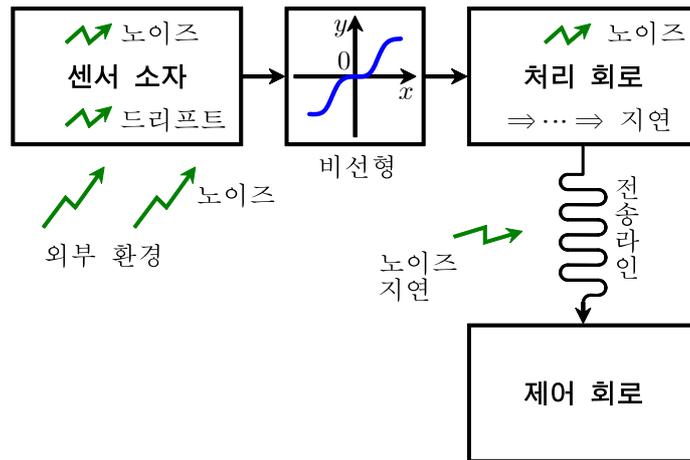


그림 1.5 센서 제어계의 문제점

◎ 노이즈 문제

- 노이즈는 검출하려는 목적의 신호에 내·외부에서 혼입되는 불필요한 신호
 - ⇒ 내부 노이즈는 센서 자체의 고유의 신호 발생원에 의한 것
 - ⇒ 반도체에서의 열잡음, 브러시를 지닌 센서에서의 노이즈 등
- 내부 노이즈는 저주파수에서 고주파수까지의 성분을 포함하고 있어 제거 난해
 - ⇒ 랜덤성이 강하기 때문에 그 성질을 이용하여 목적 신호를 분리
- 외부 노이즈는 그 원인이 다양하여 노이즈 방지, 제거에도 각종의 기술이 사용
 - ⇒ 정밀한 센서 제어를 위해서는 외부 노이즈 대책이 가장 중요
 - ⇒ 정전유도 노이즈, 전자유도 노이즈, 전원 노이즈 등으로 분류

• 정전유도 노이즈

- 그림 1.6(a)에서 센서 신호 라인 부근에 다른 라인이 있으면 정전용량이 형성
 - ⇒ 정전용량에 의해 다른 라인의 신호 성분이 센서 신호라인으로 전달
 - ⇒ 그림 (b)와 같이 두 도체 사이에 정전실드를 설치하고 접지하여 방지
 - ⇒ 실드 도체와 라인 간의 정전용량은 접지 때문에 라인 간에 무영향

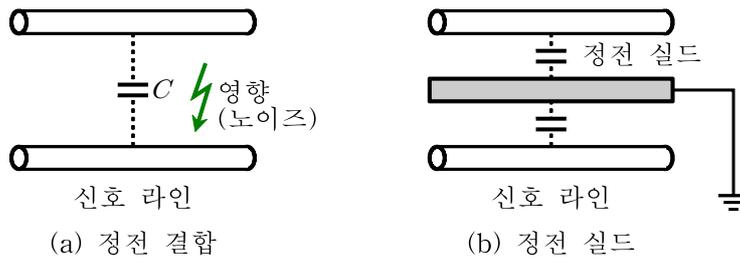


그림 1.6 정전유도의 영향

• 전자유도 노이즈

- 그림 1.7과 같이 도체에 흐르는 전류에 의해 형성된 자계와 신호 라인이 교차
 ⇒ 신호라인에 유도기전력이 발생함으로써 노이즈가 형성
 ⇒ 방지대책은 교차하는 루프를 형성(X), 자계를 발생(X)

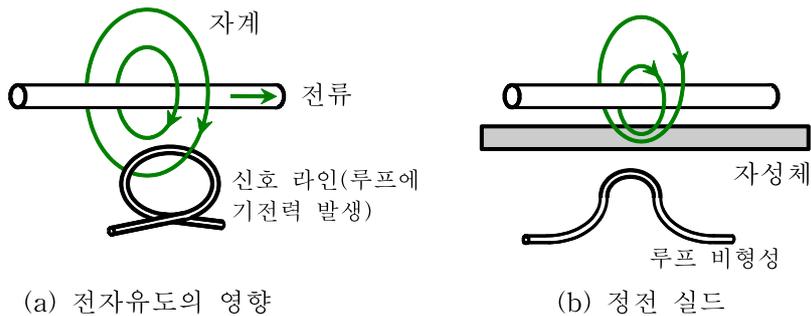


그림 1.7 전자유도의 영향

- 변압기 등의 강한 자계를 발생하기 쉬운 소자는 자성체로 덮어 전자 실드 실시
 ⇒ 외부 노이즈의 영향을 받기 쉬운 미소 신호는 실드선 사용
 ⇒ 동축케이블을 사용하여 전송하면 노이즈 통과(X)
- 그림 1.8(a)와 같이 2점으로 접지하면 실드와 접지 라인에서 루프가 형성
 ⇒ 전자유도에 의한 기전력이 발생, (b)와 같이 1점 접지를 사용
 ⇒ 1점 접지의 원칙이라 하며, 회로 설계 시에도 주의 필요

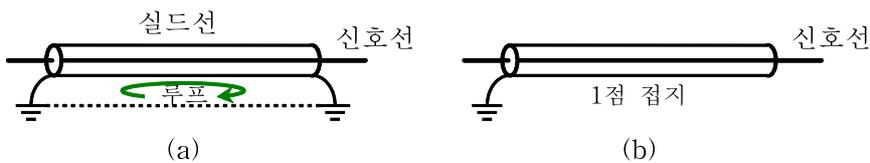


그림 1.8 실드선의 접지

- 그림 1.9에서 신호 라인에 실리는 노이즈는 평형 및 불평형 노이즈로 구분
 - ⇒ 불평형 노이즈인 내부 잡음은 센서와 직렬 삽입된 신호원으로 취급
 - ⇒ 평형 노이즈는 2개의 라인에 공통적으로 같은 방향으로 형성
 - ⇒ 수신단에서 차동증폭기를 사용하여 제거 가능

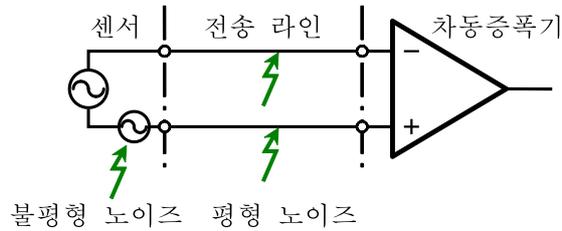


그림 1.9 평형 노이즈와 불평형 노이즈

• 전원 노이즈

- 교류 50Hz 또는 60Hz에 의한 헵 노이즈로 상용전원을 이용하는 환경에 영향
 - ⇒ 전원을 통하여 다른 장치에서 잡음이 혼입되는 일도 발생
 - ⇒ 전원 노이즈는 필터 회로를 사용하여 제거 가능

⊙ 드리프트 문제

- 드리프트는 정상 상태의 출력이 온도나 시간의 변화에 의해서 발생하는 변동
- 위치제어계에서는 정지중에 위치를 벗어나거나 온도에 의한 정밀도 저하 발생
 - ⇒ 온도 특성을 고려한 보상회로나 기계적 스톱퍼 등에 의해 제거
 - ⇒ 특성이 불명확한 드리프트는 영점 보정을 한 후에 제어를 이행

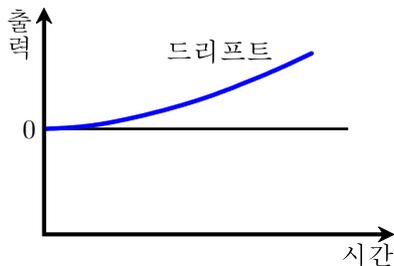


그림 1.10 드리프트에 의한 출력 변동

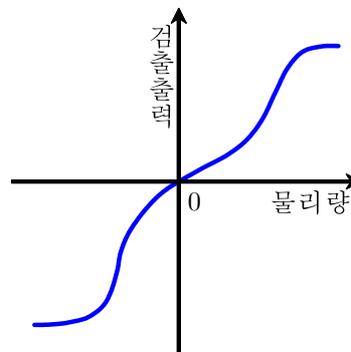


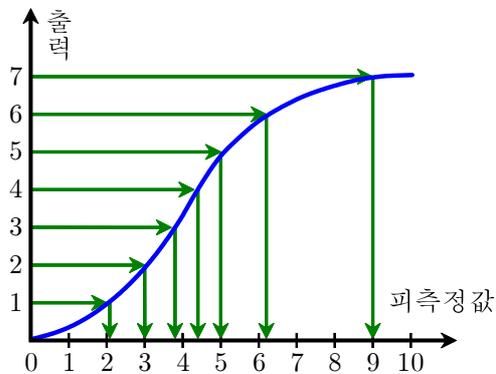
그림 1.11 센서의 비선형 특성

◎ 비선형 문제

- 그림 1.11과 같이 측정해야할 물리량과 측정값이 직선적이지 않은 관계
 ⇒ 측정값에서 직접 물리량을 판독할 수 없는 경우에 해당
- 센서가 측정을 목적으로 하지 않고 제어를 목적으로 하고 있는 경우
 ⇒ 목표점에 대한 (+), (-)의 변화와 제로점이 확정된 경우
 ⇒ 피드백 제어에 충분히 이용 가능
- 특성값의 비선형성을 알고 있다면 마이크로프로세서의 연산 기능을 이용
 ⇒ 데이터 메모리 기능을 이용하여 선형화 값을 획득 가능
- 그림 1.12는 메모리 내에 변환 데이터를 넣고 출력 데이터에서 피측정값 판독

어드레스	데이터
07	9.0
06	6.3
05	5.0
04	4.4
03	3.8
02	3.0
01	2.1
00	0.0

(a) 메모리 데이터



(b) 비선형 특성

그림 1.12 메모리에 의한 비선형 값 읽기

◎ 시간지연 문제

- 센서 자체에서의 검출 시간 지연과 센서 정보의 처리에 시간이 걸리는 경우
 ⇒ 제어의 특성에 나쁜 영향을 주므로 시간지연을 줄이는 것이 필요

1.3.3 센서 제어의 문제

- 제어이론의 측면에서 센서를 이용한 기계 제어를 실행할 경우의 주의할 점
 - ⇒ 안정성의 문제, 속응성의 문제, 정상상태 특성의 문제
- 제어계를 안정하게, 응답을 빠르게, 오차가 생기지 않도록 구성하는 것이 중요

⊙ 안정성의 문제

- 기계 제어를 할 때 시스템의 안정성을 판별하는 방법은 여러 가지 방법이 존재
 - ⇒ 안정성에는 감도 특성과 시간지연 특성이 영향
- 시간지연은 검출 소자의 지연, 처리 회로에서의 지연, 전송 지연을 포함
 - ⇒ 제어대상 자체 특성의 응답시간에 비해 충분히 작게 할 것
- 그림 1.13(a)는 1차 지연을 나타내며, 일반적인 물리계에서의 시간지연을 표시
 - ⇒ 특성은 최종값의 63.2%에 도달할 때의 시간(시정수)으로 표시
- 부동작 시간은 입력신호가 들어온 후 출력신호가 나올 때까지 걸리는 시간(L)
 - ⇒ 시스템의 안정성에 큰 영향을 주기 때문에 주의가 필요

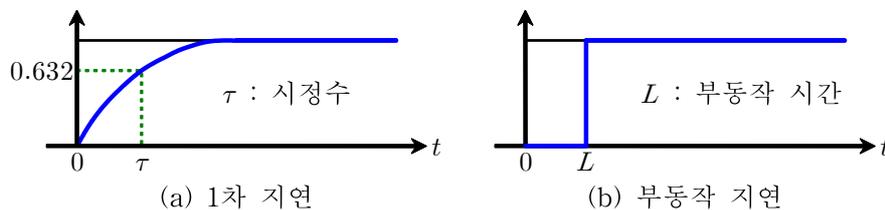


그림 1.13 1차 지연과 부동작 지연

- 1차 지연의 계단응답의 시간함수를 $c(t)$ 로 하면 $c(t) = 1 - e^{-t/\tau}$ 로 표시
 - ⇒ $t = \tau$ 일 때 $c(\tau) = 1 - e^{-1} = 0.632$

⊙ 속응성의 문제

- 시스템 응답이 얼마나 빠르게 기준값(목표값)에 도달하는지를 나타내는 성질
 - ⇒ 시스템은 안정성을 유지하면서 가능한 한 빠른 응답이 요구

◎ 정상상태 특성의 문제

- 그림 1.14와 같이 빠르고 안정된 응답일지라도 정상상태에서 오차를 수반
 ⇒ 기계 제어에 있어서 정상상태오차는 중대한 문제로 표시

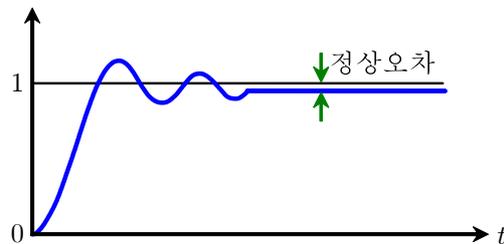


그림 1.14 정상상태오차

- 그림 1.15에서 제어대상의 이득이 $G \approx \infty$ 이면 $e \approx 0$ 이 되어 오차는 소멸
 ⇒ 이득 G 의 증폭도가 유한하면, 오차 e 가 발생
- 이득 G 의 증폭도를 정상상태에서 무한대로 하려면 적분 요소 1개가 필요
 ⇒ 위치 제어계에서는 입력신호에 의해 모터의 속도가 제어
 ⇒ 속도가 적분되어 위치가 되므로 적분기가 사용

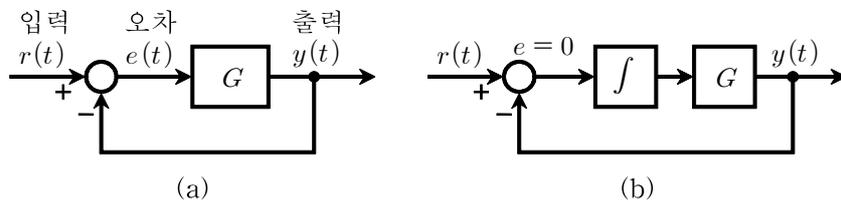


그림 1.15 정상상태오차의 보상

- 그림 1.16과 같이 마찰특성이나 히스테리시스 특성도 오차의 원인으로 작용
 ⇒ 피드백 루프 내에 포함된 히스테리시스는 응답의 안정성에 영향
 ⇒ 피드백 루프 밖에 존재하는 마찰 특성은 정상상태오차를 발생

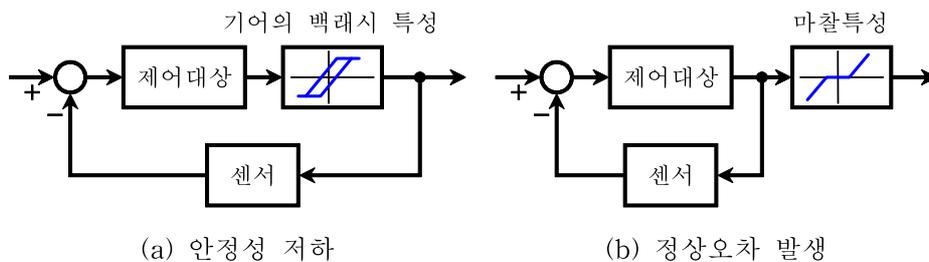


그림 1.16 비선형 특성의 영향

1.4 자동화용 센서의 분류

- 센서의 종류는 무수히 많으며 부품 레벨에서부터 시스템 레벨까지 광범위
 - ⇒ 스마트 센서인 마이컴 내장형의 인텔리전트 센서도 보급
 - ⇒ 센서를 분류하는 방법도 다양하고 정식화된 분류법도 비존재
- 자동화용, 특히 FA용으로 사용되는 센서에 대해 분류하고 각각에 대해 설명
 - ⇒ 물체의 유무, 기계장치의 동작 상태나 위치를 검출하는 범용 센서
 - ⇒ 작동량과 시간에 관련된 회전수나 속도 검출용 동작 제어용 센서
 - ⇒ 시스템 계측, 감시, 위치결정의 유연성을 필요로 하는 계측용 센서

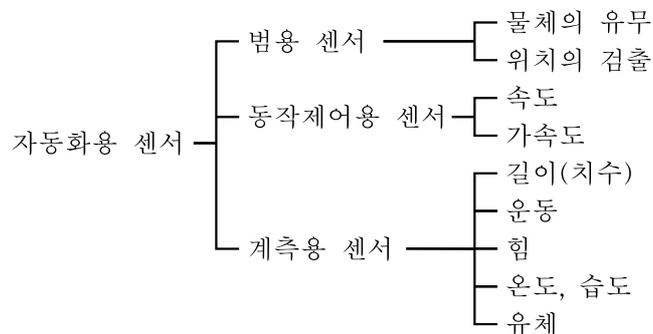


그림 1.17 자동화용 센서의 일반적인 분류

1.4.1 범용 센서(Universal Sensor)

- 그림 1.18과 같이 접촉식과 비접촉식으로 대별되며, 비접촉식의 사용이 증가
 - ⇒ 접촉식은 물체에 상처를 주거나 이동에 의한 변형이 발생

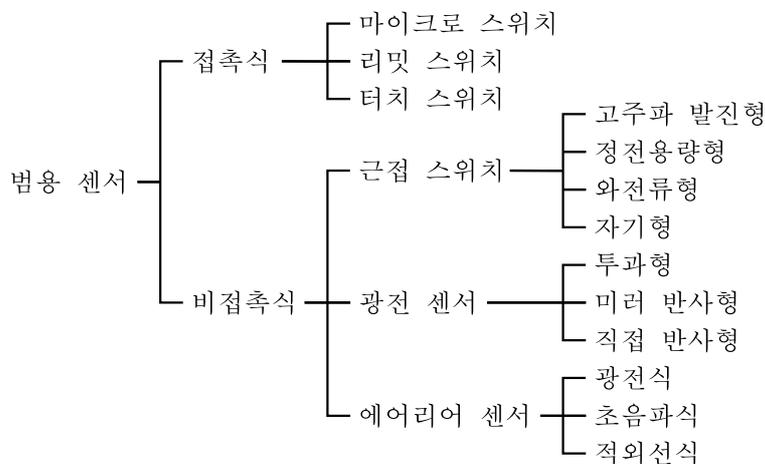


그림 1.18 범용 센서

◎ 접촉식(Touch)

- 기계장치의 전진, 후진 기능부 검출에 사용되는 센서, 종류가 다양하고 규격화
 - ⇒ 대표적으로 마이크로 스위치, 리밋 스위치, 터치 스위치 등이 포함
 - ⇒ 수명이 짧고 금속과의 접촉점에서 떨림과 노이즈가 발생하는 결점
 - ⇒ 무접점식의 제품 및 고정밀 검출을 위한 터치 스위치 등이 개발

◎ 비접촉식(Untouch)

- 비접촉식은 근접 스위치, 광전 센서, 초음파 센서, 에어리어 센서 등으로 구분

● 근접스위치(Proximity Switch)

- 검출 작용에 따라 고주파 발진형, 정전 용량형, 와전류형, 자기형으로 분류
- 고주파 발진형은 검출체가 금속체이며, 검출체가 접근함에 따라서 출력을 발생
- 정전 용량형은 검출체가 금속, 플라스틱, 종이, 세라믹, 유리 등의 유전체 검출
 - ⇒ 검출체의 투명, 불투명, 색깔, 오염 등에 영향을 받지 않고 검출 가능
 - ⇒ 검출체와 센서 간에 발생하는 용량의 변화에 의해 출력신호를 발생
- 와전류형은 자성체와 센서 간에 발생하는 와전류에 의해 자속을 검출하여 출력
 - ⇒ 장거리 검출이 가능, 출력이 아날로그 형태이며 길이 검출에도 사용

● 광전센서(Photosensor)

- 광전센서는 검출 방식에 따라 그림 1.19와 같이 분류 가능

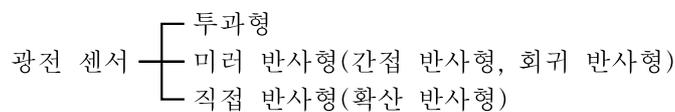


그림 1.19 광전 센서의 검출 방식의 분류

- 투과형은 발광기와 수광기 간에 검출 물체가 빛을 차단함으로써 동작
 - ⇒ 장거리 검출이 가능하고 검출 정밀도와 신뢰성이 양호
- 미러 반사형은 투광기와 수광기가 일체 구조이며 검출에 반사판을 사용
- 직접 반사형도 투·수광기 일체 구조, 투광기에서 방사된 빛을 검출에 반사
 - ⇒ 반사광을 수광기가 검출하여 동작
 - ⇒ 반도체 레이저를 사용한 형식, 특수 수광 소자(PSD)를 사용한 형식

- 광센서를 구조상으로 분류하면 그림 1.20과 같이 표시

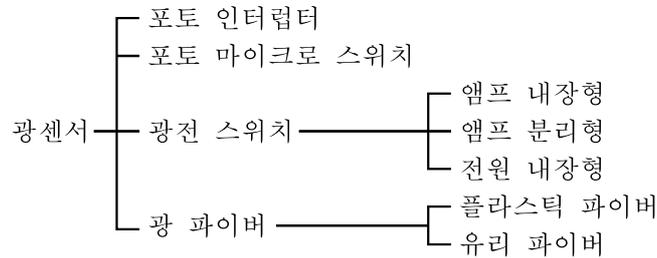


그림 1.20 광센서의 구조의 분류

• 에어리어 센서(Area Sensor)

- 에어리어 센서는 검출물체가 일정 구역 내에 침입했을 때 검출하는 기능 보유
 - ⇒ 정밀도는 중요하지 않지만 광범위한 검출 능력이 필요
- 광전식 센서는 투과형의 광전센서를 다축형태로 열거하여 검출
- 초음파식은 초음파를 발신하여 검출물체에 의해 반사되는 반사파를 검출
 - ⇒ 검출물체의 재질, 색깔 등에 무영향, 장거리 검출이 가능
- 적외선식은 범위 내에 진입한 검출물체의 배경 온도와의 온도차에 의해 검출
 - ⇒ 인체검지와 경보시스템에 사용

1.4.2 동작 제어용 센서(Moving Control Sensor)

- 특별한 검출 센서를 사용하지 않고 범용 센서와 계측용 센서의 조합으로 구성

1.4.3 계측용 센서(Measuring Sensor)

- 그림 1.21에 나타낸 바와 같이 기하학량, 역학량, 운동량, 열유체량 등으로 구분

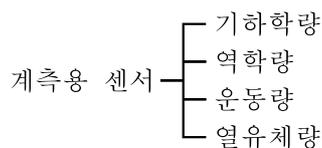


그림 1.21 계측용 센서

• 기하학량 센서(Geometrical Quantity Sensor)

- 그림 1.23에 나타낸 것처럼 직선변위(치수)와 각도변위(회전)를 계측하는 센서
 - ⇒ 검출량에 따라 아날로그형과 디지털형으로 구분
 - ⇒ 검출방식에 따라 접촉식과 비접촉식으로 구분
- 기하학량 센서는 자동화 기기의 위치를 정확히 검출하여 제어하는 역할을 수행
 - ⇒ 위치 결정의 융통성을 발휘할 수 있기 때문에 매우 중요한 센서
 - ⇒ 형상분별, 화상처리에 의한 시스템 구성 및 위치 결정에 많이 이용

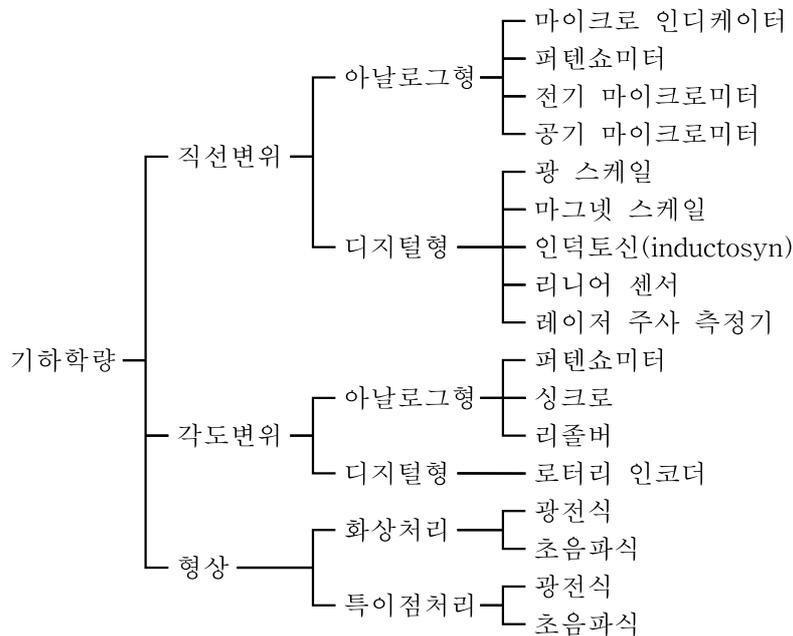


그림 1.22 기하학량 센서

• 역학량 센서(Dynamic Quantity Sensor)

- 역학량은 힘, 토크, 압력 등이 있으며, 그림 1.23에 나타낸 종류 등이 사용
 - ⇒ 스트레인 게이지(strain gauge)와 로드 셀(load cell)이 대표적
- 스트레인 게이지식 힘 센서는 사용범위가 넓고 정밀도가 좋아서 널리 사용
 - ⇒ 고정밀도의 힘 센서로는 전자평형식, 자이로식 등이 사용
- 힘 센서는 자동조립기의 압입작업에서 힘 제어, 핸들링의 파지력 검출에 사용
- 토크 센서는 회전체의 보호, 나사 체결 등에 중요한 요소로 사용
- 압력 센서는 간이 자동화 기계장치에 많이 사용되는 공압 기기의 제어에 사용
- 역학량 센서는 고정밀, 고품질의 제품의 제조에 중요하며 점차 사용량이 증대

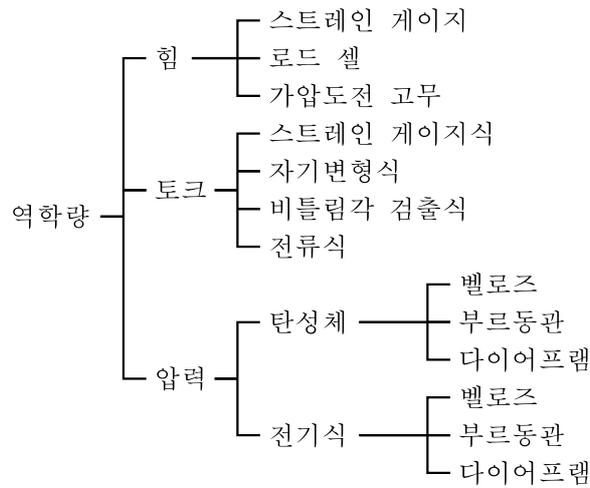


그림 1.23 역학량 센서

• 운동량 센서(Exercise Quantity Sensor)

- 시간적 변화의 요소가 포함된 속도, 가속도, 각속도, 각가속도 등을 검출
- 그림 1.24는 동작 제어용으로 사용되는 운동량 센서의 분류와 종류를 표시

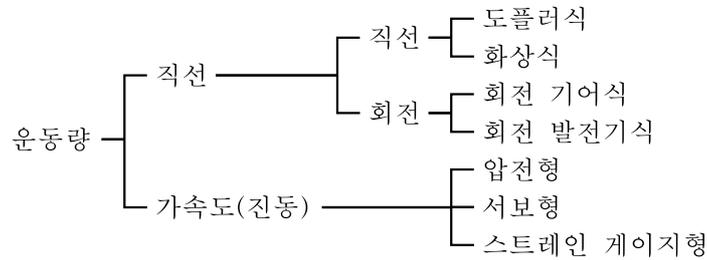


그림 1.24 운동량 센서

• 열 · 유체량 센서(Thermal · Fluid Quantity Sensor)

- 그림 1.25는 온도가 주요 요소인 열량을 검출하는 온도 센서의 종류를 표시
 - ⇒ 접촉식은 검출하고자 하는 물체에 직접 접촉하여 검출
 - ⇒ 비접촉식은 피검출물에서 방사되는 복사열을 이용하여 검출
 - ⇒ 비접촉식 방사 온도계는 자동화 라인의 온도관리 등에 사용 증가

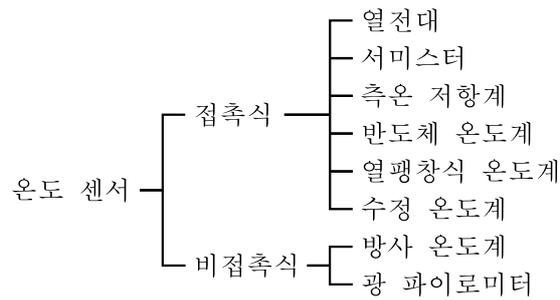


그림 1.25 온도 센서의 종류

- 그림 1.26은 유량, 유속, 레벨, 밀도, 점도 등을 검출하는 유체량 센서의 분류
 - ⇒ 계측 대상의 종류, 계측의 목적, 유로의 형상, 온도, 압력조건
 - ⇒ 부식성, 경제성 등을 충분히 검토한 후에 선정 필요

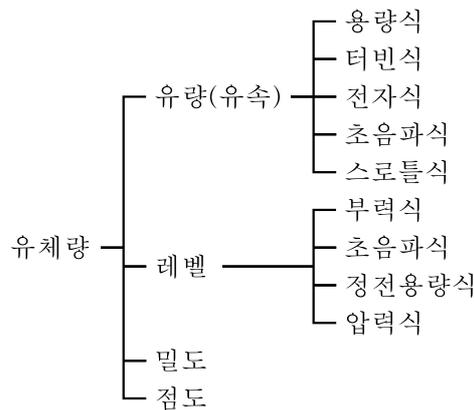


그림 1.26 유체량 센서의 종류

- 표 1.1은 인간의 오감각 기관과 센서를 대비하여 센서를 분류하는 방법을 표시

표 1.1 인간의 감각기관과 센서의 대비

구분	인간의 오감	대상 기관	대비 센서
물리 센서	시각	눈	광센서
	촉각	피부	압력 센서, 감온 센서
	청각	귀	음파 센서
화학 센서	후각	코	가스 센서
	미각	혀	이온 센서, 바이오센서