

## 空調・冷凍技術者를 위한 센서應用 計測(4)

### Applied Sensor Measurements for Air-Conditioning and Refrigerating Engineers (4)

韓 應 教\*  
Eung Kyo Han

#### 6. 信號 變換論

##### 6-1. 情報과 에너지

###### (1) 信號變換과 에너지變換

工學技術의 重要한 要素로서 物質과 에너지가 있고, 今世紀 後半부터 情報가 多하여 졌다.

센서에는 信號의 檢出感도와 應答速度 여기에 變換된 信號의 精度의 信賴性이 重要하여서 이것에 의하여 센서는 評價된다. 즉, 센서가 취한 情報의 質과 量을 尺度로 하여 評價하는 것이다. 信號의 檢出과 變換의 過程에서는 情報의 質과 量을 重視하여서, 檢出과 變換에 關連된 에너지와 物質의 役割에 대해서는 2次的인 意味로 생각한다. 情報는 物質 또는 에너지에 대하여 새롭게 確立된 概念으로, 센서를 情報 시스템 중에서 情報의 흐름을 취하는 要素로만 취급할 때는 情報의 흐름만이 부상되어서 에너지와 物質은 무시되어진다.

情報가 信號라고 하는 形을 가지고 變換 또는 傳送될때에는, 物理法則이 支配하는 現實世界에서 機能이 完結되지 않으면 안되기 때문에, 情報의 흐름을 支配하는 것은 실제로는 物質이며, 情報의 흐름은 에너지의 흐름이다.

따라서, 센서와 對象間에 信號의 變換이 行하여질때는 에너지의 교환과 變換이 필히 關係하며, 센서는 에너지 變換기에도 있다. 예를 들면, 실리콘 태양전지는 熱-電氣에너지 變換器이고, 같은 원리의 變換器가 光센서로서도 사용된다. 이것은 센서의 精度를 確保하고 信賴性을 높이는 데에 重要하다.

###### (2) intensive 變量과 extensive 變量

센서의 對象이 되는 物理量은, intensive (集中強한) 性格을 가진 量과 extensive (廣範圍한) 性格을 가진 量으로 나누어진다. 前者는 힘, 壓力, 溫度, 電壓, 磁界 등 任意的인 場所에 있어서 作用크기를 表示하는 量으로서 이것을 集中 變量(intensive Variable)이라고 한다. 後者는 길이, 體積, 質量, 電荷, 磁束 등 그 自體가 空間的인 크기를 가진 量으로서 體積과 質量에 比例한다. 이것을 廣範圍 變量(extensive Variable)이라고 한다.

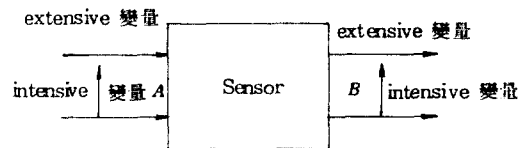


그림 6.1 센서의 入力력에 있어서 intensive 變量과 extensive 變量

센서에 의한信號變換에 있어서 入力과 出力에 注意하면 각각 示強變量과 示容變量의 반대가 存在한다(그림 6-1). 兩者의 부피가 하나의 에너지 또는 파워가 된다.

熱電對를 例로들면, 溫度差라고 하는 示強變量이 入力信號로, 出力信號로써 示強變量이 되는 電壓이 1대1로 대응한다. 여기서는 示容變量은 入力側에서는 熱流로써 出力側에서는 電流로 된다. 信號에는 없는 變量은 센서 또는 測定이 對象에 影響을 준다는 것을 나타낸다. 對象의 열용량이 작은경우 그 溫度가 변하여서 誤差가 된다. 이것에 대하여 出力回路에 電流가 흐르면, 内部抵抗 때문에 出力信號電壓이 낮아져서 系統誤差의 原因이 된다.

노즐과 피토관은 流量 또는 流速이라고 하는 示容變量을 示強變量의 壓力差로 變換하는 센서이다. 이 경우의 共役變量의 影響도 앞의 경우와 變化가 없다. 入力側 示強變量이 되는 壓力降下는 對象 流體에의 影響을 나타내고, 出力信號에 동반한 흐름은 系統誤差가 된다.

이상의 것을 그림 2-2에 表示 하였다. 센서는 4端子의 에너지 變換器에 入力, 出力에 있어서 共役한 變量의 상대가 存在하여, 첫번째가 情報를 운반하는 역할을 나타내고 다른 것은 直接 또는 間接的으로 誤差에 關係하는 影響量이다.

이것으로 부터 誤差가 작은 計測을 行하기 위하여서는 共役한 量의 出入을 可能 한한 制限하여야 할것으로 판단된다.

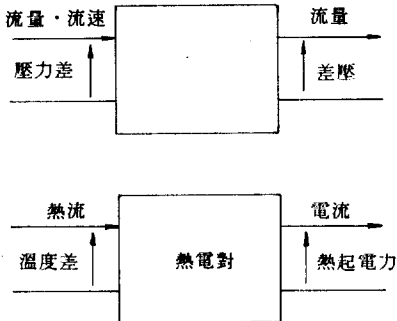
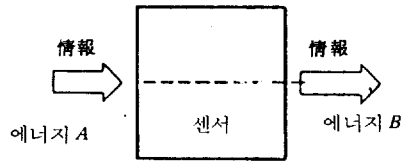


그림 6.2 센서에 있어서 intensive變量과 같은 役割이 되는 extensive變量의 예

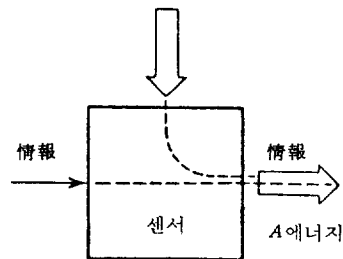
(3) 能動形(Active) 센서와 受動形(Receive) 센서

太陽電池와 熱電對를 光센서, 溫度센서로서 使用할때, 出力에 나오는 電力은 센서가 吸收한 빛 또는 열에너지의 일부이다. 이것은 人力으로 가해진 에너지가 變換되어 出力으로 나오는 것으로서, 이런 종류의 센서를 에너지 變換形이라고 한다.

황하 카드뮴(Cds) 또는 더어미스터는 빛 또는 溫度에 의하여 각각의 電氣抵抗値가 變化한다. 이런 종류의 센서出力 에너지는 빛과熱을 變換한 것은 아니며, 抵抗測定을 위한 回路電源에서 供給된 電力의 일부에 적용된다. 여기서는 檢出對象에서 가하여진 信號(빛 또는 熱)에 의하여 電源에서 出力에의 에너지 흐름을 制御하는것과 보는것이 가능하여서 에너지 制御形의 센서라고 한다.



(a) 에너지 변환형 센서



(b) 에너지 제어형 센서

그림 6.3 受動形센서(a)와 能動形센서(b)

後者에서는 制御를 위하여 人力信號의 에너지가 消費되지만, 出力에 나타나는 에너지 또는 파워에 比較하면 入力信號의 파워는 통상 작다. 入力과 出力의 파워에 주목하면 增幅作用을 가지고 있어서 能動形 센서라고도 부른다. 에너지 變換形 센서는 受動形 센서라고도 말한다. 受動形 센서는 4端子 에너지 變換器

이지만, 能動形 센서는 6 端子 에너지 變換器로 보는 것이 가능하다.

에너지의 흐름을 制御하는 方式은 抵抗變化 방식만은 아니다. 임피던스 變化形 센서는 전부 여기에 포함된다. 빛과 音波 등의 波動을 對象으로 부터의 反射波가 振幅, 位相, 전달 지연 등의 變化를 동반한 信號를 受信하여 對象의 狀態를 아는 방식도 能動化 센서이다. 레이더와 소나 등이 여기에 해당한다.

自動焦點方式 카메라의 센서에는 受動形과 能動形이 사용되고 있다. 受動形은 對象에서의 빛에 의한 像을 2개의 다른 경로로써 2개의 像으로 形成되고, 그 차를 적도록 調整하여 焦點을 맞춘다. 반면에, 能動形은 超音波 펄스에 의한 지연시간에 의하여 거리를 구한다. 焦外線를 對象에 照射하여, 그 反射를 이용하는 것도 있다. 能動形 센서는 對象에서의 빛에너지에 관계가 없고, 暗闇에서도 焦點을 맞출 수 있지만 測定을 위하여 源이 필요하게 된다.

(4) 構造形, 物性形

信號變換은 物理法則에 의하여 지배된다.

- ① 保存法則
- ② 場의 法則
- ③ 統計 法則
- ④ 物質 法則의 4 種類로 大別할 수 있다.

이중 센서의 信號變換에 直接關係하는 것은 場의 法則과 物質 法則의 2 종류이다.

場의 法則 중에서 가장 통요한 것은 電磁場에 있어서 空間的, 時間的인 작용을 기술하는 法則이다. 靜電容量의 變化를 이용한 變位 센서와 마이크로 폰은 靜場의 法則을 應用한 것으로서, 그림 2-4에 표시한 2개의 平行板形 콘덴서의 容量C는,

$$C = \epsilon A/d \dots\dots\dots(6.1)$$

으로 표시한다.  $\epsilon$ 는 絶緣體의 誘電率 A는 板의 面積, d는 板사이의 距離이다. 식(6.1)에서 알수 있듯이 A 또는 d를 변화함에 의하여 C가 變化하게 되어 位置가 電氣信號로 變換된다. 이것도 能動形 센서이다.

식(6.1)에는 絶緣物質의 誘電率을 포함하고 있지만 極板의 材質은 관계가 없다. 센서의 構造, 크기, 形狀 등에 의하여 特性에 支配되어서 構造形 센서라고도 부른다.

이것에 의하여 物質法則을 이용한 것은 材質固有의 特性을 이용하기 때문에 材質에 의하여 特性이 지배된다.

光 센서에 있어서, 硫化카드뮴(Cds)에 의한 것과 硫化鉛(Pbs)을 사용한 것에는 사용 波長영역이 달라진다. 둘다 抵抗이 變化하는 점은 공통이지만, 前者는 紫外線과 可視光에 대하여 感도가 높지만 後者は 赤外領域에서가 아니면 感도가 낮다.

構造와 形狀은 感도에 波長領域에 影響을 주기보다는 安定성과 壽命을 지배하여서 影響은 2차적이다. 이와같은 형식의 센서는 物性形 센서라고 부른다.

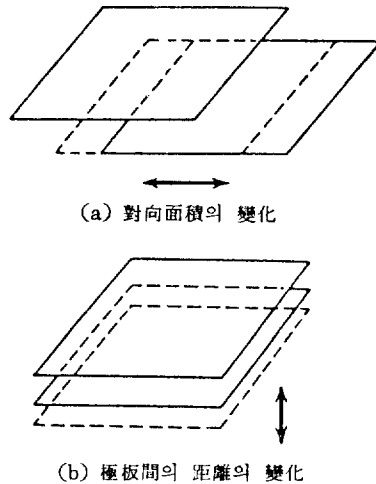


그림 6.4 容量變換形 센서

構造形 센서는 高感度, 高精度의 성능이 우수한 센서를 만들기 쉽고, 用途와 對象에 가장 적절한 센서를 설계 할수가 있다. 또, 溫度 등 環境條件의 影響도 비교적 작은점이 좋지만 多量生産하여도 비용을 낮추기 어렵다. 반대로 物性形 센서는 半導體技術, IC 技術등을 이용하여 소형, 저비용의 센서를 다량생산 하는데 적절하지만 特性이 주로 재료로 결정되어 設計의 自由度가 적다. 또, 溫度 등의 環境

條件의 影響을 받기 쉽다. 그러나, 自動車와 家電製品 처럼 다량으로 사용하는 곳에는 物性形을 채용하는 곳이 많다.

現實의 센서는 物性形 또는 構造形의 어느 쪽에 속해있으며, 어느것도 다른것의 影響을 무시할 수 없다. 또, 物性和 構造의 양쪽을같은 정도로 特性을 지배하는 장치도 있다.

실리콘의 單結晶을 ETCHING으로 얇게하여 壓力을 받는 다이아프램으로 하고, 그 일부를 不純物을 擴散시켜 히즈미 게이지를 만들어 넣은 壓力센서도 그 일예이다.

6-2. 센서의 出力信號

(1) 센서를 出力信號로 把握

센서를 記述하는 경우, 用途別 또는 檢出對象別로 구분하여 기술하는 것이 많다. 特定目的에 適切한 센서를 찾는 경우에는 이와같은 기술이 편리하지만, 센서技術의 全體를 把握하기는 어렵다고 생각한다.

全體를 把握하는 것은 記述하기 쉽다. 우선은 전체를 傳達하는 것을 目的으로 하여 出力으로 分類하여 보자.

(2) 아나로그 出力, 디지털 出力

아나로그 出力信號는 통상 電力, 電流, 임피던스의 電氣量이다. 여기에 周波數도 添可할 수 있다.

임피던스가 變化하는 타입은 에너지 制御形으로서 測定回路 出力로서는 電流 또는 電壓이 된다. 周波數와 펄스폭을 出力으로 하는 것도 電壓과 電流가 周期的 變化를 하는 경우이다.

信號變換과 에너지를 關連하여 고려하면, 센서의 대부분은 아나로그 出力이 되는 것이 일반적이다.

디지털 出力信號는 離散的 數値와 符號이다. 따라서 信號는 時間的인 동시에 檢出對象의 狀態量의 양방에 있어서 等間격으로 量子化된 標本值이다.

디지털 變換의 過程은 아나로그 出力信號를 아나로그-디지털 變換回路로 變換한 것이 많지만, 直接 디지털 出力信號로 變換하는 센서도 있다. 가장 간단한 형은 on-off 형 센서로써, 스위치 接點의 狀態가 ON인지 OFF인지, 즉, 1비트의 狀態를 出力하는 것이다. 이것은 測定量이 임의의 값보다 높은가 낮은가를 나타내며, 어느정도 높은지 하는것은 디지털 變換過程에서 읽게 된다. 그래도 간단한 制御와 安全防災의 警報시스템에는 간단하게 處置되며, 1비트(bit)의 情報로 충분한 경우가 많다. 家庭電氣製品과 自動車등 가까운 주변장치에서 이와같은 경우가 많다.

높은 精度와 分解能을 必要로하는 곳에도 디지털 變換하는 센서가 사용된다. 그 代表的인例는 數値制御(NC) 工作機械이다. 高精度의 加工을 행하기 위하여서는 工具와 加工對象의 위치결정을 精確히 하지않으면 안된다. 이를 위한 位置 또는 變位센서가 그림 6-5은 디지털 エン코더(Digital Encoder)이며 回轉變位檢出器이며 그 出力信號形態에 따라 絕對值型(absolute Type)과 增減型(increment Type)가 있다. 이 Rotary encoder (그림 6-5(b))는 角變位를 直接 2進數의 디지털 信號로 變換한다. 圓板의 가장 外測의 무늬 패턴이 2進

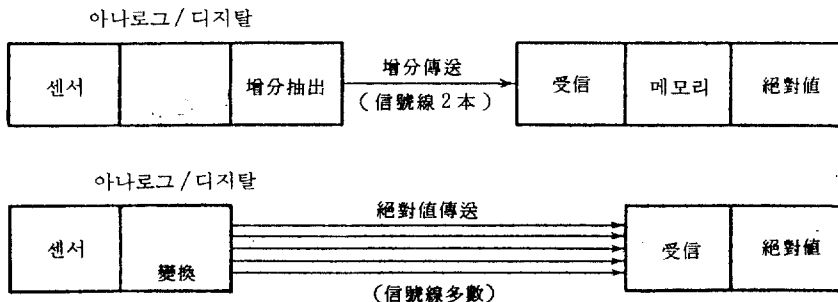


그림 6.6 디지털 エン코더의 信號傳送 方式

法の 최하위의 자리수 가장 인쪽이 최상위의 자리수에 對應하는 것을 그림에서 알수있다. 構造는 12비트 角度分解能 0.1° 정도의 것이 실현 가능하다.

信號를 받은측에 메모리가 있어서 앞의 데이터를 기억하고, 앞의 샘플링 시정 이후의 變化分 만을 送信하면 됨으로 엔코더는 최하위의 자리수만으로도 좋다. 따라서, 베카니즘이 OFF는 매우 간단하다. 이와같은 方式을 増分形 엔코더라고 부르며, 앞에 서술한 絶對值를 發信하는 絶對值 엔코더와 구별한다. 그림 6-5(a)는 直線變位를 디지털 變換하는 増分形의 한예이다.

(3) 센서 出力信號의 傳送

앞에 서술한 2方式의 엔코더의 信號傳送方式을 도시하면 그림 6-6이다. 増分形은 傳送線도 간단하고, 비트수가 많은것과의 차는 큰것을 알수 있다. 또, 障害에 의하여 受信側의 記憶內容이 손상되면 絶對值가 달라지기 때문에 基準位置에 놓아서 再起動하지 않으면 안된다. 시스템에 따라서는 정기적으로 基準을 확인하는 것도 있다.

信號의 傳送徑路에는 통상 노이즈가 있어서 노이즈(Noise)의 영향을 적게하기 위하여 出力信號를 增幅하여 傳送한다.

傳送徑路가 긴경우와 노이즈가 많은 환경에서는 특히 필요하다. 프로세스 공업에 있어서 아나로그 信號傳送에는 信號레벨을 國際적으로 통일하여서, 센서의 測定範圍에 對應하여 直流 4~20mA 또는 1~5V이다. 信號量의 種類와 그 上限과 下限의 레벨을 동일하고 센서의 종류에 무관하게 受信側의 計器는 1종류로 하고, 디지털 부호로 변환하기에도 매우 편리하다(그림 6-7 參照)

統一 레벨신호가 0부터 시작하지 않고 바이어스값을 갖는 이유는 2가지가 있다. 傳送信號가 0일때는 傳送路의 센서측에 고장이 있는 것으로 受信側에서 檢出할 수가 있다. 따라서, 바이어스의 4mA로 센서의 增幅器와 信號處理回路에 電力을 供給하여 그 本의 線만으로 情報와 에너지를 동시에 보내는 것이

가능하도록 하기 위해서이다.

速度와 流量처럼 時間의 次元을 포함한 量을 變換할 때에 센서중에 周波數 出力을 포함시키면 다음과 같은 이점이 있다. 즉, 周波數는 아나로그 量이지만 카운터를 사용하면, 쉽게 數值化하여 디지털 부호로 된다. 位置와 流量 積算值처럼 瞬時速度와 流量의 積分值가 필요한 경우, 카운터로 값을 구할 수가 있다.또 周波數 信號는 傳送路의 노이즈에도 강하다.

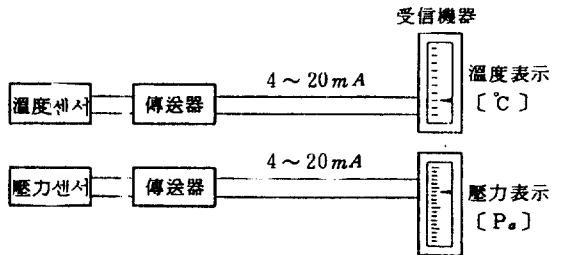


그림 6.7 計測技術과 信號變換

6-3 計測技術과 信號變換

(1) 신호변환의 연쇄

센서에 있어서 信號變換은 1단계가 아닌 2단, 3단의 또다른 양으로 順次變換 되는 경우가 적지 않다.

센서의 出力信號는 거의 電流, 壓力, 周波數의 3종류의 電氣信號로 한정되어 있다. 이것의 電氣量에 대해서는 정확하게 測定하는 수단이 整備되어 있어 이로 因해 많이 이용되고 있다. 따라서 이와같은 3종류의 電氣量으로 變換된 物理量에 대하여 安定되고 精度 높은 信號變換方式이 확립되어 있다면, 그 變換方式이 基本的, 標準的인 手法으로서 一種의 定石의 하나가 된다. 檢出對象의 物理量을 電氣量으로서의 變換이 확립되어 있는 物理量으로 變換하고 다음에 電氣量으로 再變換하는 것을 연쇄(連鎖)라고 한다.

連鎖의 一例를 그림 6.8에 표시한 가스농도 센서로서 설명한다.

① 混合가스의 熱傳導度는 組成과 濃度에 의하여 變化되고, 電流로 加熱된 金屬線의 주위에 混合가스를 통과하면, 成分과 濃度比에

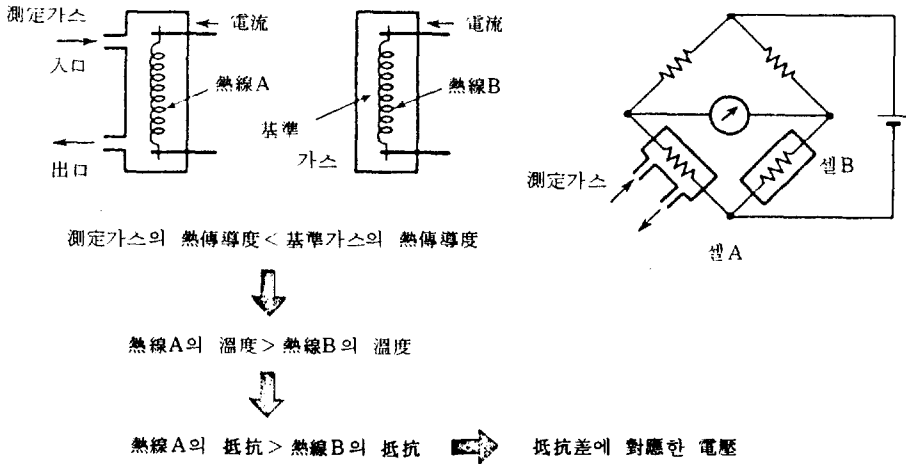


그림 6.8 信號變換의 連鎖 (熱傳導形 가스센서의 경우)

의하여 冷却狀態가 변하며 金屬線의 溫度가 변화한다.

② 金屬線의 抵抗과 混度와의 사이에 일정한 관계가 있어서, 溫度가 抵抗值로 변환된다.

③ 電氣抵抗의 變化는 휘이스톤 브릿지에 의하여 壓力이 변화한다. 이 信號變換의 連鎖를 에너지 입장에서 보면 熱 에너지를 개재하여 가스濃度を 電氣에너지로 변환한다. 그래서, 이 熱에너지는 브릿지 回路의 電源에서 공급된다.

(2) 信號變換의 定石

③의 變換은 확립된 信號變換方式으로써 중요한 定石이다. ②의 變換은 加熱電流를 적게하여 電流에 의한 金屬線의 溫度上昇을 무시할 수 있는 정도로 한다면, 가스온도를 電氣量으로 變換하는 수단으로 되어서, 이것도 信號變換의 定石의 하나가 된다. 여기서는 어떠한 信號變換을 실현하는 物質 즉, 디바이스를 쉽게 얻을 수 있는 것이 중요하다. 金屬線의 抵抗과 溫度와의 關係는 金屬의 純度を 높이면 抵抗의 溫度係數가 增加하고 村質固有의 값에 접근한다.

定石에 있어서는 또 하나의 중요한 원칙이 있다. 그것은 센서가 對象의 狀態에 영향을 받지않는 方式을 선택하는 것이다. 센서의 존재가 對象의 狀態를 변화시키는 狀態를 정확

히 計測할 수가 없다. 對象에 접촉하여 溫度를 測定하는 센서의 熱容量은 對象의 熱容量보다 충분히 작지 않으면 對象의 溫度가 변화한다.

(3) 信號의 選擇性和 變換의 精度

같은 物理對象, 同一의 動作原理를 信號變換에 이용한 센서에 있어서 A의 製品은 精度가 우수하고 安定되어 있지만 B의 것은 좋지 않는 것이 있다. 그것은 設計의 잘잘못에 원인이 있지 않은 경우 이것을 좌우하는 것은 信號의 選擇性에 있다.

센서의 出力은 入力信號만이 아닌 그외의 양, 예를들면 周圍溫도와 構成材料의 組成등에도 영향이 있다. 본래의 入力信號 이외로써 出力에 영향을 주는 양을 影響量이라고 하며, 영향이 적지 않지만 전부가 아니라면 精度 높은 信號變換을 실현할 수 있다. 그를 위해서는 入力信號에 選擇의 出力을 대응하고, 그외의 양의 영향을 억압 또는 제거하는 선택기능이 필요하고, 設計 段階에 있어서 選擇機能을 만들어 넣는다.

상세한 것은 개개의 센서항에서 서술하고, 일반적인 수법을 다음에 표시한다.

① 構造刑 센서에 있어서는 空間的인 대칭 구조로써 信號는 반대칭으로 가하여 差動的으로 얻는다. 영향량은 대칭으로 더하여 서로

소거하는 方式으로 한다.

② 物性形 센서에 있어서는 材料의 純度와 加工處理를 관리하여 영향량을 제거하고, 영향의 程度를 定量化하여 補償에 의하여 제거한다.

③ 센서의 感度和 機能을 손상하지 않고 影響量을 차단하는 機能을 追加한다. 이와같은 수법은 선택성을 높이기 위한 一種의 定石이다.

①의 예로써 브릿지와 差動容量形 壓力 센서등을 들 수 있다. ②는 반도체 센서에 있어서 재료설계, 온도보상등이 해당된다. 온도 센서, 광센서등은 분위기에 의하여 열화를 피하기 위하여 보호단과 表面코팅이 행하여진다. 成分센서와 같은 대상에 접촉하지 않으면 안되는 것은 ③의 手段은 좋지 않다.

6-4 計測機器에 있어서 信號變換

(1) 計測機器의 基本的 機能

계측기기는 계측 또는 測定을 할 目的으로 구성된 기기이다. 그 계측 대상량이 複合量이고 大規模로 구성된 경우에는 계측시스템이라고 부르는 경우가 많다. 계측기기에 있어서는 종종의 다른 機能을 가진 要素와 부품을 計測 또는 測定이라는 目的을 달성하기 위하여 유기적 합리적으로 役割을 分擔하여 종합적으로 기능하는 시스템을 구성한다.

그것은 시스템의 속성으로서 全體性과 階層性을 가지고, 개개의 요소는 上位의 機能에 기초하여 각각의 機能이 정하여 지고, 부분의 集합에서는 실현할 수 없는 機能을 실현할 수 있도록 構成한다.

測定은 「임의의 양을 기준으로서 사용하는 양을 比較하고 數量 또는 符號를 이용하여 양을 표시하는 것」으로 정의 한다면, 기준량 유지, 비교, 수치 또는 부호화, 표시등의 機能이 계측기기에 最小限 必要하게 된다.

測定量을 檢出한후 基準과 直接 比較하는 경우는 제외하고, 비교와 기준량의 설정에 부합하는 우수한 量 또는 傳送하기 쉬운 양으로 變換한다.

이것이 소위 센서 또는 트랜스듀서라고 부

르는 것의 기능이며, 檢출변환기능이라고도 한다.

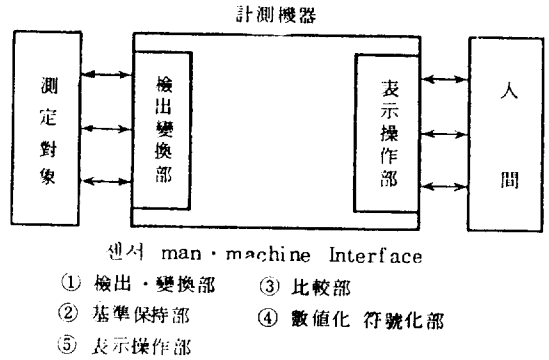
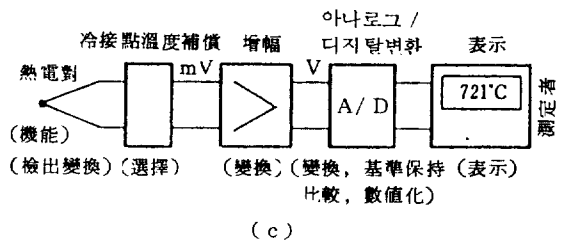
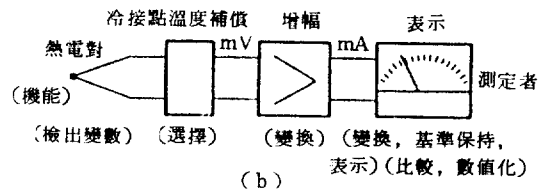
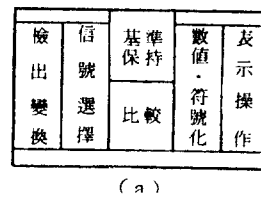


그림 6.9 기기와 외부와의 인터페이스



- (a) 기능 집합체로서의 기기
- (b) 아날로그 지시형 열전온도계
- (c) 디지털 지시형 열전온도계

그림 6.10 計測機器의 基本的 機能

檢출변환기능이 기기와 測定對象사이가 인터페이스 하면, 기기의 사용자인 인간에게 結果를 표시하고 또, 인간이 機能을 조작하는 부분은 인간과 기기와의 인터페이스가 되며,

이러한 기능을 표시조작기능 이라고 한다(그림 6.9). 이 앞에 있었던 기능을 더하여 그 기능을 實現하는 다음과 같은 서브시스템의 집합으로서 기기를 취하는 것이 가능하다(그림 6.10(a) 참조).

基準 유지부는 기기의 로컬인 基準 또는 構成의 量的關係를 유지하는 部分으로서 후에 서술한다.

이들 기능을 具體的인 測定器로 표시한 것이 그림 6.10로서 여기에는 熱電溫度計를 예시하였다. 그림 6.10(b)는 열전대의 열기전력을 直流增幅器로 증폭하고, 그 출력을 可動

코일형 전류계에 표시하는 방식이다. 이 방식에서는 기준을 유지하는 것은 지시계의 눈금이다. 측정온도에 대응한 기전력을 전류, 가동코일의 토크, 지침의 각으로 변환된다. 비교, 수치화는 측정자가 행한다.

그림 6.10(c)는 디지털 표시의 溫度計로써 증폭기에서 높은 레벨의 直流電壓으로 增幅한 후, A/D 變換하여 表示한다. 이 경우에는 A/D 변환부에 直流電壓의 형태로 基準를 유지하고, 比較, 數值化는 機器內에서 이루어진다.

(다음號 계속)