

센서(Sensor) 技術

洪勝弘

仁荷大學校 工科大学 電子工學科 教授(醫博)

I. 序 言

現代의 技術은 物質 및 에너지를 중심으로 加工, 運搬, 貯藏 등의 技術이 付隨하여 發達해 온 것으로, 이들의 複雜化와 함께 情報에 관한 技術이 重要하게 되었다. 앞으로 豫想되는 超技術 社會, 情報化 社會에 있어서는 物的 價値에 대한 情報의 價値가 相對적으로 높아 情報 處理 技術이 重要한 역할을 하게 된다. 에너지 技術과 함께 情報 技術에 있어서 物理量의 變換 및 sensing(센싱)技術이 重要하게 認識되어 「센서(sensor)를 制壓하는 것은 시스템을 制壓한다」고 하는 말이 생겨나올 정도로 센서 技術에 대한 기대는 크다. 센서는 外界로부터 光, 色, 熱, 냄새, 맛 등의 情報를 取得하는 눈, 귀, 코, 혀의 五感에 대응하는 것으로써, 人間의 頭腦에 해당하는 마이크로컴퓨터와 手足에 상응하는 에추에이터의 진보와 함께 社會的인 要求가 높아져 企業의 新製品 開發과 低價格 경쟁의 核心 技術로 成長해 갈 것은 의심할 여지가 없다. 센서에의 관심은 1973년의 石油波動을 계기로 하여 에너지 有限이라는 觀點에서 省에너지, 自動化, 省力化의 새로운 社會的 要求에 應한 技術로 과거 10年間은 急速히 발전한 技術인 반면에 앞으로 10年間에 注目되어질 技術이다. 이는 日本의 어느 調査 機關이 「앞으로 10年間 注目할 技術은 무엇인가」라는 設問 調査에서 第1位가, 센서, 다음이 LSI, 複合材料, 세라믹, 光화이버, 超小形 電池라는 흥미깊은 結果가 얻어졌다는 보고서에서도 잘 입증해 주고 있다. 따라서 우리도 急速히 변천해 가는 新技術에 대응하기 위해서도 센서에 관한 보다 많은 관심을 가져야 할 것을 기대하면서 紙面이 허용하는 범위내에서 sensing 對象別로 論하기로 한다.

일반적으로 센서의 機能은 크게 나누어 人間의 五感에 대응하는 機能, 人間의 五感으로는 感知할 수 없는 現象을 檢出할 수 있는 機能 및 人間의 五感を 越

越하는 에너지를 가지고 있는 現象을 檢出할 수 있는 機能으로 3大分 된다. 지금까지의 센서는 주로 人間의 五感중, 視覺, 聽覺, 觸覺의 三感覺 機能에 대신하여 사용하는 것과 人間의 五感を 越せん 초월하는 에너지, 예를 들면 高溫度, 高壓力 등의 計測용으로 사용된 것이 대부분이었다. 이들의 種類도 千差萬別로, 可視光, 赤外線, 磁氣, 壓力, 溫度, 湿度 등의 物理量을 對象으로 하는 것이 비교적 많았다. 앞으로의 센서에 요구되는 것은 人間의 五感중에서 嗅覺, 味覺의 二感에 대응할 수 있는 것과, 人間의 五感 機能에서는 識別할 수 없는 것을 檢出할 수 있는 것, 人間의 五感 機能을 초월하는 機能, 즉 第六感에 대신하는 센서가 필요하다.

이와 같은 새로운 센서는 새로운 needs와 새로운 seeds에 의해서 탄생되어 진다. 센서의 needs에 대한 것을 표1에, 센서 技術의 needs와 seeds의 관계를 그림1에 각각 표시한다. sensing 對象에 대한 sensing의 方法과 原理에 대해 정리하면 표1과 같다. 하나의 대상에 대해서 몇 개의 sensing 手段이 있어서, sensing 對象의 動的 範圍, 精度, 耐久性, 信賴性, 安全性, 經濟性 등을 고려하여 센서를 개발하고 선택해야 한다. 여기서는 最近의 관심의 대상이 되는 것에 대해 論하기로 한다.

표1. 센서의 needs

對 象	中心이 되는 센서
1. 家電製品 省에너지, 快適度, 小型 輕量化, 安全性	溫度, 湿度, 壓力, 가스, 光
2. 自動車 燃料節約, 排氣가스, 安 全性, 交通管制 시스템	溫度, 壓力, 回轉數, 速度, 變 位, 流量, 光(laser), 超音波
3. 工業計測	溫度, 壓力, 湿度, 流量, 音,

工程管理, 防災	變位
4. 醫療機器 ME化, 身障者對策	溫度, 壓力, 光, 流量, 길이, 크기, 磁氣, 超音波, 變位
5. 防災, 保安技術 火災, 가스警報, 河川, 댐의 水量, 交通安全, 防犯	變位, 溫度, 가스, 연기, 赤外線像, 超音波
6. 公害防止 大氣污染, 水質污染, 振動, 騒音, 局部的 溫度 上昇	가스, 溫度, 化學量
7. 資源, 에너지 開發 技術, 鑛物, 海洋 資源의 物理 探查	磁氣, 超音波, 光
8. 食糧 開發 技術 冷凍 食品 加工, 農業의 工業化, 養殖, 魚群 探知, 農業, 林業 등의 作況 파악	溫度, 湿度, 赤外線像 센서 磁氣, 成分, 超音波

표 2 . 센싱 對象과 原理 및 센서의 예

센싱 대상	센싱의 원리(센서의 예)
幾何學的對	位置, 距離 波動의 傳播時間(差)·位相差[radar-sonar]電波航法 시스템, 超音波 水中位置測定 裝置, laser radar, 三角測量[transit, laser]
	變位 光干涉의 變化(干涉測長 모아레法), 容量變化, 差動變壓器, 가변 저항기, 歪의 變換, 共振 周波數 變化[마이크로파 變位計]複數點에서의 受光量 差
	두께 波動의 傳播時間(超音波 두께計), 放射線의 減衰量(투과 X線, 형광 X線 두께 측정계)共振 周波數의 變化 (마이크로파 두께 측정기)
	液面 波動의 傳播 時間(超音波 液面計), 放射線의 減衰量(방사선 액면계)
	回轉角 變位에의 變換(差動 變壓器形 角度計) 磁界 變化(回轉磁石形 角度計)
歪 變位에의 變換(機械·光學), 光의 干涉變化, 壓電效果, piezo 效果, 磁氣 歪效果, 光彈性 效果, 電流의 變化 (感壓 트랜지스터, 다이오우드)	

象	形狀(패턴)	光導電效果, 光電子 放出[이미지·오더콘], X線의 減衰變化(透視形 X線 撮像裝置, X線 토모그라피, X線 探傷機), 音源의 檢出, 超音波의 減衰·位相의 變化(超音波 斷層 診斷 裝置, 超音波 현미경), 電子線의 減衰, 2次 電子 放出(走査形 電子顯微鏡)	
	力學的對象	速度	壓力差(pitot管), 通過 所要 時間의 測定, 도플러 效果(doppler radar)
		流速	壓力差 도플러 效果(超音波 流速計, 血流計, laser流速計), 熱放射率의 變化(熱線式 流速計)
		角速度	回轉角, 回轉數와 같은 센서를 사용
		回轉數(速度)	計數(光電 變換形 回轉計), 磁界變化 [回轉 磁石形 回轉計]
象	加速度 角加速度	變位, 壓力, 角速度, 토오크變換(慣性系, 자이로系를 사용), 레이저 자이로	
	力	變位, 歪, 壓力, 應力에의 變換(스프링, 로드셀)	
	壓力·應力	變位, 歪의 變換(불편관, 베로즈, 다이아프램, 壓電效果, piezo 效果를 이용한 센서)	
	토크(torque)	歪, 角, 應力으로 變換.	
	眞空度	氣體의 電離(진공계), 熱傳導率의 變化, 壓力差	
時間對象	質量	磁界中에서의 回轉半徑差(質量分析機)	
	時刻·時間	周期振動(振子時計), 電子의 천이에 의한 放射(세시움 原子時計)	
	周波數	計數(周波數 카운터), 共振(吸收形 周波數計)	
	位相	時間差, 2信號의 積, 리사쥬 圖	
	電磁氣的對象	電氣量	變位, 角度에의 變換(전류, 전압계), 時間·周波數(디지털식 電流·電壓計)
磁氣量		電磁 誘導(서치·코일, 磁性 薄膜 素子), hall效果, 磁氣 抵抗 效果, NMR, NSR, SQUID.	
對	溫度	氣體, 液體, 固體의 膨脹, 抵抗變化, 磁氣的 性質의 變化, 熱放射를 檢出 (bollometer, 반도체 적외선 센서), 共振周波數變化, 色變化(液晶, 서어모	

		페인트), 熱起電力(熱電對)
物	가 스	吸着에 의한 抵抗變化(半導體 가스 센서), 定電位 電解法
	水 分	露點, 抵抗, 客量的 變化[마이크로와水分計], 층들에 의한 에너지 變化 [中性子 水分計], 波長에 의한 光吸收率의 差[적외선 2 색수분계]
	粒 子 線	飛跡의 檢出, 電離(計數管), 發光 [scintillation 計數管],
性	成 分	特定波長의 放射, 特定에너지의 電子放出[X線 光電子分光 分析裝置], 質量分析[ion microanalyzer], 波長에 의한 光의 吸收率의 差 [赤外, 紫外 分析 裝置], 吸着力, 용해도의 差 [gas chromatography], 放射 化學分析法
	電 磁 波	吸收에 의한 溫度 上昇→抵抗 變化, 熱起電力, 測溫, 共振
波	光	吸收에 의한 온도, 光電子 放出, 光起電力, 光導電放果
	X線, γ線	粒子線과 같은 센서를 사용
動	音波·彈性波	壓電效果, 電歪效果, 磁歪效果, 電磁·靜電形의 機械 電氣變換, 光의 간섭, 光彈性 效果, Fano-電子 相互作用 [Josephson 接合]
	振 動	音波와 同一 센서를 사용

II. 位置, 距離, 偏位 센서

여기에 속하는 測定 對象은 적게는 超微粒子로부터 크게는 地球로 까지로 研究 開發해야 할 센서는 限이 없다. 또한 位置와 距離를 測定하여 物體의 有無를 檢出하는 것도 이에 해당된다. 그러므로 對象을 極小로부터 極大까지 취급한다면 대응하는 센서도, 檢出 方法도 다르게 된다. 小形 物體의 有無 檢出은 옛날부터 사용해진 리미터 스위치가 가장 간단한 것이고, 근래에 와서 近接 스위치에 의해 無接觸化되고 있다. 이들 近接 스위치의 種類는 電磁誘導, 靜電誘導, 磁氣 등을 이용한 것으로 크게 나누고 電磁 誘導 方式에는 高周波 發振型, 誘導 브릿지型, 差動 트랜스형이 있고, 磁氣 方式을 이용하는 것으로 리드 스위치型, Hall 素子型, 磁氣 素子型, 마그넷 다이오우드型 등이 개발

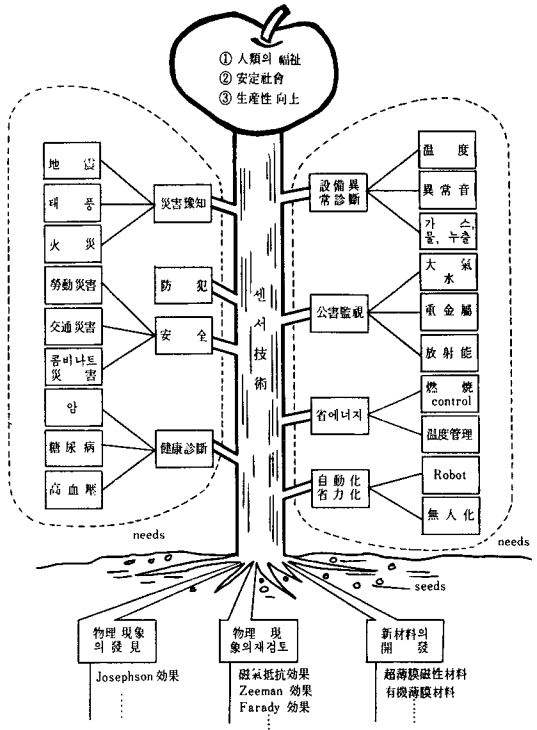


그림 1. 센서 技術의 needs와 seeds

되어 간단한 制御시스템등에 널리 이용되고 있다. 高級化가 되면 이미지 센서로 패턴 認識 手法를 이용한 方法이 있다. 位置 檢出 센서로써 分解能 0.06μm 까지 測定 可能한 홀로그래프·레이저 스케일등도 이용되고 있다. 한편 해상에서의 船舶의 船位測定法의 LORAN, DECCA, OMEGA, NNSS 등이 雙曲線航法, 通信衛星의 距離 測定도 이의 범위에 속한다고 할 수 있다.

地球 重心의 方向, 즉 垂直 方向에 대한 傾斜를 檢出하는 傾斜用 센서도 크레인의 水平制御, 建築工事, 船體傾斜, 鐵道線路의 傾斜 등의 測定에 이용되는데 이들 센서는 可變抵抗器의 摺動軸에 振子を 붙인 potentiometer式과 受光素子和 發光素子를 이용한 torque balance式이 있다. 우주 개발이나 航空機, 軍사용 등에 이용되어지는 加速度, 角速度, 振動檢出用의 센서도 로봇, 自動車, 民生機器 등에 많이 이용되므로 이들에 대한 研究 開發도 우리 나라에서는 시급하 관심을 가져야 할 분야이다.

III. 光 센서

光센서는 人間의 視覺에 해당하는 것으로써 計測對

象이 되는 物理量을 보기 쉬운형으로 變換하던지 光의 強度를 測定하거나 光感度 스펙트럼에 의한 色을 檢出하여 對象의 確認이나, 크기, 狀態 등을 測定한다. 光 센서의 素材가 되는 것은 대부분이 半導體인 동시에 檢出信號 處理 回路도 半導體 集積回路로 구성되므로 同一 웨이퍼 위에 센서부와 信號 處理部를 同時에 形成할 수 있어서 비약적인 技術 開發이 기대되어 진다. 또한 單體로서의 光센서보다는 1次元 어레이, 2次元 어레이 센서등의 集積化 技術이 개발되어 最近에는 새로운 機能을 가진 센서가 活潑하게 개발되고 있다. 하나의 예로써 自己 走査 機能을 가진 CCD등의 固體 撮像 素子는 光화이버등의 素子 技術이 개발되어 情報傳送, 計測, 制御의 기본적인 시스템을 구성하여 大規模 플랜트를 위한 實用 시스템의 開發이 예정되고 있다. 지금까지의 光센서에 의한 工業 計測은 接觸形, 點計測이 주된 것이었으나 근래에는 非接觸形, 面計測으로 變化되어 0次元의 計測에서 1次元, 2次元 計測으로 이행되어 次元의 變革을 일으키고 있다.

또 하나의 새로운 機能 素子으로써 光感度 스펙트럼을 分析하여 色을 檢出하는 컬러센서는 各種 光源의 色溫度 測定, 制御, 色코드의 判讀, 天然色 複寫의 色調整, 染料의 色檢査 등 폭 넓은 分野에의 應用이 기대된다. 이와 함께 기대되는 것은 光섬유에 의한 信號 傳送 手段의 應用이다. 이와 같은 光센서들은 最近에 民生機器에 많이 도입되어 카메라의 露出計와 조리개, TV나 스테레오 機器의 원격제어, 光비데오·디스크의 센서부 등 흥미있는 應用들이 우리 주변에 존재하고 있다. 표3은 光센서를 정리한 것이다.

표3. 光 센서의 種類

種 類	特 徵	應 用 分 野
光導電 cell	CdS, CdSe, PbS 셀로 可視光, 赤外檢出	露出計, 光量計, 赤外線 檢出器, 기타 工業用 光 스위치
光다이오우드	일반적 光센서, 高應答性, 廣波長帶域 特性	位置檢出器, 高周波 光 檢出器, 近赤外線 檢出
光트랜지스터	光다이오우드에 增幅器가 부가된 機能을 가진	카카플러, card reader, 光通信
Sollar cell	Si, Se, CdS, GaAs 등의 電池	微弱光檢出, 光量差 檢出, 煙感知器, pin hole 檢出
光다이오우드線狀配列	複數 다이오우드의 線狀配列 또는 LSI 構造	크기 計測, 팩시밀, 表面 狀態 檢査

光다이오우드面狀配列	複數 다이오우드의 面狀配列 또는 VLSI 構造	TV카메라 패턴 認識用 센서
光電管	넓은 波長帶의 素子, 紫外線域	照度計, 火災檢出器
光電子倍增管	光電管에 低雜音 高이온 增幅器가 부가된 機能	크기의 計測器, 微小光 檢出(X線 scintillator)
撮像管	面狀 그리드에 배열된 光電 變換素子를 陰極線으로 走査	TV카메라

IV. 磁氣 센서

磁氣 센서는 옛날부터 사용되고 있는 電磁 誘導 作用을 이용한 것을 위시하여 새로운 物理 現象인 Josephson 效果를 이용한 SQUID등 多種多様하다. 磁束計와 같이 순수하게 磁氣의인 量의 計測에 사용되는 것은 물론이거니와 科學計測이나 産業計測의 needs에 呼應하여 最近에는 磁界의 場을 媒體로 하여 變位, 振動, 壓力, 角度, 回轉數, 速度, 加速度, 流量, 電流, 電力 등의 物理量의 計測에 磁氣 센서가 큰 역할을 하게 되었다. 이들의 대개가 非接觸 計測方式으로 에너지의 소비없이 計測할 수 있는 半導體 磁氣 센서들로 IC 技術에 의해 超小形으로 제작되어 直流 磁界로부터 高周波에 이르기까지 일정한 感度를 가짐과 동시에 不規則으로 變化하는 磁界에 대해서도 충실히 대응하여 電氣 出力을 發生하는 素子들이 개발되어 實用되고 있다.

導體中을 흐르는 電流의 方向에 垂直으로 磁場을 가하면 電流나 磁場의 어느 쪽에 垂直 方向으로 힘이 작용하여 Hall 電壓이라는 起電力이 생기는 Hall 效果를 이용한 Hall 素子, 磁氣 바늘을 測定하는 特殊 Hall 素子, 磁氣 抵抗 素子, 磁氣 트랜지스터 등이 小形, 輕量, 高感度, 高信賴性의 것들이 많이 쏟아져 나와 紙幣의 감식, 환전기, 기어의 回轉數 測定用, 길이의 測定, 무게 측정, 傾斜計 등에 應用되고 있다.

V. 超音波 센서

超音波가 物質中을 전파할 때 物質의 彈性的 變化를 檢出하여 物質의 成分을 檢出하는 方法, 超音波를 通信의 手段으로 이용하는 方法등을 應用한 超音波 센서도 우리들 주변에 많아지고 있다. 壓電 效果 素子, 電歪 效果 素子, 磁歪效果 素子 등을 이용한 프로세서 制御,

探傷, 診斷, 斷層撮影 등 工業, 醫療에의 應用은 물론 物體의 位置探索, 리모트·센싱, 水中通信, 表面 彈性波(SAW) 素子를 필터나 一時 메모리에 이용하는 경우도 많아졌다.

Ⅵ. 기타 센서들

위에서 열거한 센서들외에도 로보트용, 身體障者用 센서를 위시하여 熱電對, 트랜지스터등에 의한 感溫 센서, 細孔 分布를 가진 金屬산화물 세라믹의 細孔에 부착한 습기에 의해 導電性的 變化를 검출하는 세라믹 湿度센서, 水分을 포함한 誘電體에 마이크로波를 照射하면 물의 比誘電率이나 誘電 損失에 의해 反射波 및 透過波가 變化하는 것을 이용한 마이크로波 水分센서, 이온의 電氣 傳導를 이용한 結露센서, 半導體 가스센서, piezo 抵抗 効果を 이용한 半導體 壓力 센서 등이 LSI 技術에 의해 小形化되어 産業機器는 물론, 民生機器에 많이 응용되어 지고 있다.

Ⅶ. 結 言

지금까지 千差萬別로 쏟아져 나오는 수많은 센서들 중에서 센싱 對象別로 중요시 되는 것만을 간단히 기술했다.

從來의 센서들은 주로 視覺, 觸覺, 聽覺에 關聯한 센서로 生體의 機能과 비교할 때 아직 센서의 機能이 生體의 것에 따라가지 못하므로 이들에 대해서도 새로운 技術 開發이 필요하고 새로운 材料産業, 즉 機能材料 産業이 發展되어야 한다.

또한 우수한 센서를 개발하기 위해서는 生物이 가지고 있는 센싱 機能을 工學面에서 파악하고 연구하는, 즉 biomechanism 的인 研究 方法이 필요함은 물론이거니와 生化學的 센서에도 많은 관심을 가져야 할 것이다. 그림 2 는 이들 生化學 센서 트리틀을 표시한 것이다.

「21세기는 센서 社會」라는 말이 생겨날 정도로 센서 市場은 加速度的으로 增大할 것은 틀림없으므로 우리 企業들도 관심을 가지고 小形, 輕量이며 感度나 精度가 좋은 센서를 경제적으로 生産될 수 있도록 지금부

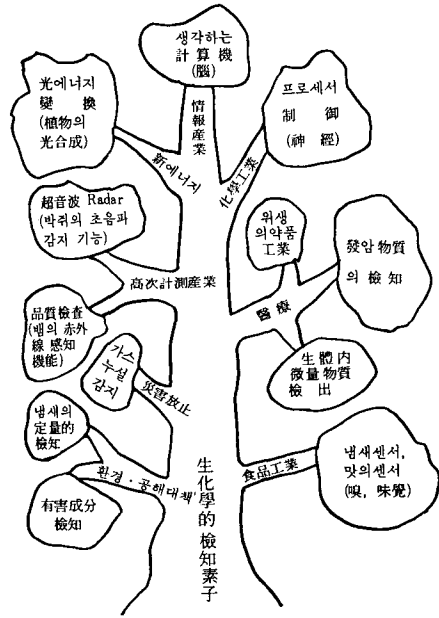


그림 2. 生化學 센서

터 체재를 갖추어야 할 것이다. 그러나 센서는 多種多様하여 特定の 센서로 少量의 需要만이 예측되는 것이 많아서 획기적인 센서의 研究, 開發을 촉진하는 면밀한 대책이 필요하게 된다.

參 考 文 獻

- [1] 日本電子通信學會誌, vol. 64, no. 4, 1981.
- [2] "Special issue on infrared materials devices applications", *IEEE, Trans. Electron Devices*, ED-27, 1, 1980.
- [3] 高橋清: "센서技術入門", 工業調査會, 1979年.
- [4] Ed, Chien et al., *The Hall Effect and Applications*. Prentice Hall, 1980.
- [5] トランジスタ技術, CQ出版社, 4月 1981年.
- [6] 센서技術, 技術調査會, vol. 2, no. 7, 1982年.
- [7] 神山 雅英編, "半導體トランスデューサ", 工業調査會, 1974年.