

정현석 교수 (극동대학교 컴퓨터정보표준학부)

1. 계측센서

최근에 널리 사용되는 유비쿼터스 (Ubiquitous) 라는 용어는 첨단 IT 및 전자 기술을 표현하는데 많이 인용되어지는 대표적인 용어이다. 유비쿼터스를 통하여 설명되어지는 기술은 대부분 컴퓨터 및 전자 부품을 통한 자동화 기술에 대한 설명이 대부분이다. 그러나 이러한 기술의 기반을 살펴보면 센서라는 소자가 그러한 첨단 기술을 가능하게 해주고 있다는 것은 자명한 사실이다.

계측센서의 종류는 우리가 상상할 수 있는 수 이상으로 많은 종류가 실제로 사용되어지고 있는데, 본고에서는 다양한 계측센서 중 대표적이고 기본적인 센서에 대해 소개하며, 각 계측센서의 상세한 기술적 내용보다는 최근 다양한 분야에서 사용되는 계측센서의 종류 및 기본 원리를 통해 각 센서의 기초적인 동작원리와 활용 분야 등의 개요를 소개하고자 한다.

센서의 정의를 살펴보면, 측정 대상으로부터 물리적, 화학적 정보를 감지하여 계측 또는 계량이 가능한 전기신호로 변화시켜주는 소자를 말한다. 센서는 일반적으로 대상의 정보에 따라 물리 (역학)센서, 화학센서, 바이오센서, 전자기센서 등으로 구분할 수 있으며 각 구분마다 세부적인 대상에 따라 다양한 센서가 존재하고 있다. 또한 센서의 활용 기술에 따라 기계식, 전기식, 반도체식, MEMS, 광학식, 전기화학식, 항원항체반응식 등으로 구분할 수도 있다.

초기의 단순 계량, 계측을 목적으로 한 1세대 센서로부터 기계식 조정에 따른 신호처리, 보정 등의 기술이 적용된 2세대 센서, 디지털 보정을 적용한 3세대 센서를 거쳐, SoC 기술과 MCU를 통합한 형태의 센서가 개발되면서 메모리, 통신기능, 제어처리까지 가능한 4세대 센서까지 개발, 활용되면서 센서는 지금도 계속 진화하고 있다.

이렇듯, 센서는 유비쿼터스 환경에 반드시 필요한 자동화와 계측 기술의 가장 중추적인 역할을 담당하는 부분으로, 센서 기술이 갖는 고부가가치성과 다른 기술 분야에 대한 파급효과가 크기 때문에 이 기술에 대한 기업체 및 연구기관의 관심도 고조되고 있다.

모든 센서는 기본적으로 감도, 선택도, 안정도, 복귀도 및 신뢰도의 기본요건을 갖추어야 하며, 높은 기능성, 적용성, 규격성, 생산성 및 보존성 등 다양한 부대요건을 갖추어야 한다.

2. 계측센서 분류

서두에서 본 것과 같이 계측센서는 그 측정 대상의 정보 형태나 활용 기술에 따라 다양한 종류가 존재한다. 또한 새로운 기술의 개발에 따라 또다시 새로운 센서도 개발되어지고 있다. 본 장에서는 이러한 다양한 센서를 정보 형태에 따라 대분류하고, 각 대분류의 범주에 속한 센서를 활용 분야 별로 소분류 하여 센서의 종류를 소개하고자 한다.



2.1 물리센서

물리센서는 전기, 자기, 열, 빛의 강도, 온도, 변위 등의 물리량을 측정하여 이를 전기신호로 바꾸는 센서이다. 그러므로 물리센서는 기본적으로 에너지를 전기로 변환할 수 있는 서머스터, 압전소자, 포토다이오드 등이 사용되어진다.

2.1.1 유량센서

산업이 발달함에 따라 유량측정은 온도, 압력, 레벨, 습도 등의 공업계측 중에서 가장 중요한 계측이 되어가고 있다. 그러나 유량측정은 유체를 대상으로 측정을 해야하기 때문에 대상물이 정적이 아닌 동적이어서 측정이 매우 어렵고, 정확도 역시 다른 계측에 비해 낮다고 할 수 있다. 유량센서의 원리는 유체 역학적으로 간단하지만 이를 실현하기 위해서는 수많은 실험과 시행착오를 거쳐야만 한다. 그래서 하나

의 유량센서가 개발되어 산업현장에서 잘 적용하여 자리 잡기까지는 수십 년이 소요되기도 하고, 현장 적응성이 떨어져 사장되기도 한다. 1990년대 들어서 일렉트로닉스의 급속한 발달로 전자적인 유량센서인 초음파 유량센서와 전자기 유량센서, 질량 유량센서 등이 현저히 성능이 향상되어 개발되어 왔다. 유량 측정은 다른 측정량과는 달리 직접 유량을 측정하는 방식이 매우 적으며, 다른 물리량을 측정하고, 이 측정된 정보로부터 유량을 산출하는 방식이 대부분이다. 예를 들어, 차압유량계는 유량을 직접 측정하는 방식이 아니고, 유량센서로부터 발생된 차압을 차압계를 이용해 측정하고, 이 측정된 차압 정보로부터 유량을 적절하게 산출하는 방식이다. 물론, 유량을 직접 측정하는 방식이 없는 것도 아니지만, 이 또한 다른 물리량을 이용해서 유량을 구하므로 대부분의 유량 측정은 간접적인 측정방식을 택하고 있다고 볼

표 1. 센서의 분류.

구분		활용기술						
		기계식	전기식	반도체	MEMS	광학식	전기화학식	항원항체반응식
물리 센서	유량/유속센서	○	○		○			
	거리센서	○	○					
	압력센서			○	○			
	각/가속도센서	○			○			
	온도센서		○	○	○			
	습도센서		○		○		○	
	진동센서	○			○			
	초음파센서			○	○			
	음향센서		○		○			
	광센서		○	○		○		
화학 센서	적외선센서				○	○		
	포토센서		○	○		○		
바이오 센서	가스센서		○	○	○	○	○	
	이온센서		○	○	○		○	
	혈당센서			○			○	
	단백질센서				○	○		○
	DNA센서			○	○	○	○	○
전자기 센서	효소센서		○		○			
	글루코즈센서		○	○	○			
	전압센서		○	○	○			
	전류센서		○	○	○			
	자기센서		○	○	○			
	초전도센서		○	○	○		○	
	홀센서		○	○				

수 있다.

유량센서의 종류는 매우 다양하지만 산업현장에 주로 사용되는 유량센서는 차압식, 면적식, 용적식, 터빈, 전자식, 초음파, 코리올리스, 열선형, 와류 유량센서 등 10여 종이 있다. 이것들은 측정원리가 각각 다르고, 정확도와 측정범위 등이 달라 유량측정 목적, 유체의 종류, 요구되는 정확도, 측정범위, 경제성을 고려하여 가장 적합한 유량센서를 선정해야 한다. 새롭게 등장한 코리올리스, 와류식, 전자기식 및 초음파 유량센서는 기존의 차압식 유량센서 등에 비해 몇 가지 장점을 지니고 있다. 이러한 장점에는 움직이는 부분의 수가 적고, 고정도이며, 공정에 영향을 주지 않는다는 것이다. 이러한 고가의 센서에 대한 요구가 시장을 이끌어 왔고, 앞으로도 계속될 전망이다.

2.1.2 유속센서

유속센서는 작동 원리에 따라 크게 기계적 유동센서와 열적 유동센서로 나눌 수 있다. 기계적 유동센서는 유동에 의해 발생하는 압력 강하나 항력, 전

항력 등을 유속 측정에 이용하는 것으로서, 에너지 소모가 적고 유체가 가열되지 않는 장점이 있으나, 구조가 복잡하여 마이크로 밸브나 펌프 등과 함께 전체 시스템에 통합시키기 어려운 단점이 있다. 이에 반해 열적 유동센서는 구조가 단순하고 전기적으로 간단하기 때문에 마이크로 시스템을 구성하는 경우, 기계적 유동센서보다 선호된다.

열적 유동센서들은 발열체와 유체 사이에서 일어나는 열전달 과정을 이용하여 유속을 측정하게 되는데, 현재까지 연구 개발된 센서들은, 가열된 센서에 공급되는 열량의 변화나 저항의 변화를 측정하는 열선/박막 방식, 열원 주위 온도의 비대칭성을 측정하는 열량측정 방식, 열 맥동이 일정한 거리를 지나가는데 걸리는 시간을 측정하는 이동 시간측정 방식 등으로 나눌 수 있다. 이러한 열적 유동센서들은, 앞에서 언급한대로 구조가 간단하다는 장점 이외에도, 열선/박막 방식의 경우엔 센서의 반응속도가 빠르고 감도가 좋으며, 히터와 센서가 동일하다는 장점이 있고, 열량측정 방식은 히터의 상 하류에 센서가 위치해 있기 때문에 유동의 방향을 알 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 측정 정확도를 높이기 위해서는 열원의 온도를 높여야 하므로 센서 주위의 유체가 가열되는 문제가 있고, 센서가 주위 유체 온도의 변화에 민감하기 때문에 유체의 온도를 정확히 제어하거나 온도 변화를 보상해 주어야 한다는 단점이 있다. 또한 측정 방식에 따라 측정 범위에 제한이 생기거나 (열량 측정방식), 열확산이 일어나서 저속의 유동 측정에는 부적합해지는 (이동시간 측정방식) 문제가 생기기도 한다.

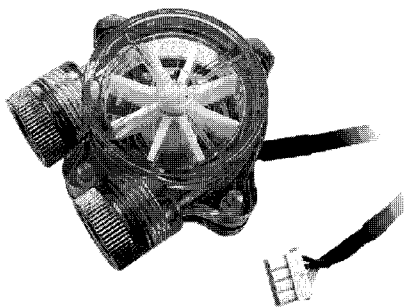


그림 1. 터빈식 유량센서.

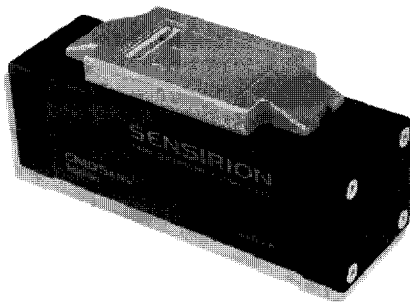


그림 2. 가스 유량센서.

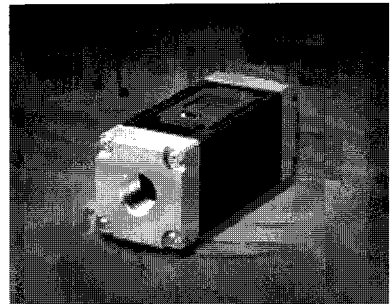


그림 3. MEMS 유속센서.



마이크로 시스템에서의 정확한 유속 측정은 화학 성분 분석 과정, 의약품 투약, 반도체 제조 공정 등의 다양한 분야에서 사용되어지고 있다.

2.1.3 압력센서

압력센서는 각종 시스템에서 압력을 측정하는 소자으로써 공업계측, 자동차, 의료, 자동차엔진제어, 전기용품 등, 그 용도가 다양하고 폭넓게 사용하는 센서 중의 하나이다. 압력센서의 측정원리는 변위, 변형, 열전도율, 진동수 등을 이용하는 것으로, 현재 많은 종류가 실용되어 사용되고 있다. 최근에는 반도체 기술과 마이크로머시닝 기술의 발전으로 부터 소형화되고 복합화된 다기능의 스마트 센서에 대한 관심이 커지고 있다. 압력을 검출하는 방식으로 크게 분류하면 기계식, 전기식, 반도체식으로 분류할 수 있으며, 점차 반도체 압력센서의 비중이 높아지고 있다.

압력센서는 산업 전반에 걸쳐서 응용 분야가 매우 넓으며 주로 자동차, 자동제어 그리고 반도체 제조 분야에서 지속적인 수요의 신장이 기대된다. 압력센서의 적용 분야를 살펴보면 다음과 같다. 가전제품에서 냉장고, 에어컨, 진공청소기, 세탁기, 혈압계 등이 있고, 자동차에서 연료 분사압, 엔진 배기압, 서스펜션, 에어백시스템, 브레이크시스템, 공조시스템이 있다. 일반산업용에서는 화학플랜트, 석유정제라인, 정유탱크, 프레스, 사출기, 발전소, 하수처리장, 열소각로, 수압청소보일러, 콤프레서, 공조기기에 적용되며, 반도체 제조에서는 웨이퍼 흡착압 감지, 초순수 라인, 공조라인, 가스공급, 진공라인 등이 있다.

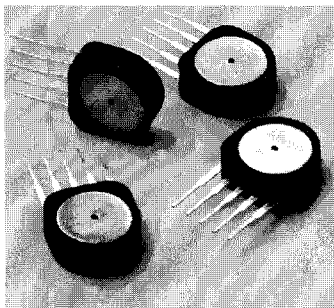


그림 4. 저압형 압력센서.

2.1.4 각/가속도센서

각/가속도센서는 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하며 관성력, 전기변형, 자이로의 응용 원리를 이용한 것이다. 가속도센서는 물체의 운동 상태를 순시적으로 감지할 수 있으므로, 자동차, 기차, 선박, 비행기 등 각종 수송수단, 공장 자동화 및 로봇 등의 제어시스템에 있어서 필수적인 소자이며, 그 활용분야는 대단히 넓다. 검출방식으로 크게 분류하면, 관성식, 자이로식, 실리콘 반도체식이 있다. 특히 자이로센서는 회전각의 변화 측정에 사용되어진다. 공업 계측 분야에서는 기기의 진동 계측이나 구조물의 진동 계측 등에 사용되고 있다. 또, 항공기 관성 항공장치에서도 사용되고 있다.

종래에는 각/가속도센서라고 하면 가격이 비싸다는 이미지가 강했지만 최근에는 휴대용/개인용 내비게이션, 핸드폰, 게임기 등에도 적용되어질 정도로 저가격의 제품도 시판되고 있다. 앞으로는 가속도센서의 저가격화가 시장 확대를 위한 중요한 요

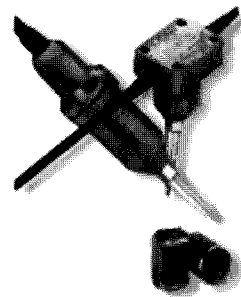


그림 5. 관성식 가속도 센서.

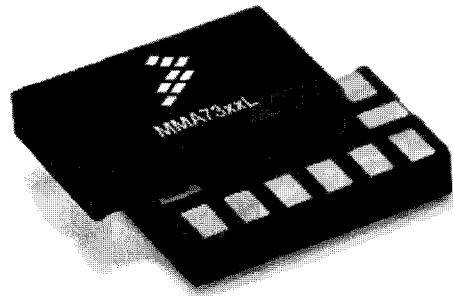


그림 6. 반도체식 가속도센서.

인이 될 것이다.

가속도센서는 압전 소자에 힘이 가해졌을 때 발생하는 전하를 검출하여 가속도를 구하는 압전형, 도체가 자계속을 이동하면 그 속도에 비례하여 기전력이 발생하는데, 이 기전력을 검출하여 가속도를 구하는 동전형, 진자(정전용량)의 변화를 전류로 검출하여 가속도를 구하는 서보형, 다이어프램(스프링) 등에 저항선 변형 게이지를 붙여 가해진 힘과 저항의 변화에서 가속도를 구하거나 Si, Ge 단결정의 피에조 저항효과를 이용하여 가해진 힘과 저항의 변화에서 가속도를 구하는 변형 게이지형 등이 있다.

2.1.5 온도센서

온도센서는 열을 감지하여 전기신호를 내는 센서로 일반적으로 접촉식과 비접촉식으로 나뉜다. 접촉식은 측정대상이 되는 물체에 온도센서를 직접 접촉시키는 방식으로 온도측정의 기본이 되며, 바이메탈, 열팽창 온도계 등의 기계식과 열전대 온도계, 저항 온도계, 반도체 온도계 등의 전기식으로 구분된다.

비접촉식은 물체로부터 방사되는 열선을 측정하는 방법을 이용하는 방사 온도계를 사용하여 물리적 접촉으로 인해 발생하는 문제는 없다. 또한 광 온도계 등을 활용하여 멀리 떨어진 물체의 온도를 계측할 수 있으므로, 접촉식으로는 측정할 수 없는 경우에도 측정이 가능하다. 그러나 방사에너지를 모으기 위한 렌즈 등의 각종 광학계나 기타 보조 재료를 필요 하므로 일반적으로 고가라는 단점이 있다.

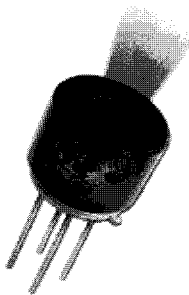


그림 7. 비접촉식 온도센서.

2.1.6 습도센서

대기 중의 습도를 검출하기 위한 센서로, 모발 습도계와 같은 고전적인 것으로부터 금속산화물이나 고분자막을 이용한 소형 경량의 센서까지 있다. 일반적으로 기상 등의 분야에서는 인간의 감각에 맞춘 습도를 단위로 사용하고 있으나, 공업 분야에서는 노점(露点) 온도나 절대량으로 습도를 표현해야 하기 때문에 수증기압, 절대습도, 상대습도, 노점 온도, 혼합비, 수증기 농도 등을 측정하여 사용하고 있다.

습도센서는 공공안전용, 의료용, 농업용, 공업용 등 광범위한 응용 분야를 갖고 있는 화학센서의 일종인데, 현재 전자부품으로써 이용되고 있는 습도센서는 열전도식(서머스터식)과 금속산화물 세라믹계 등을 이용한 흡착식이 대부분이며, 작동 원리 및 재료에 따라 구분하면 전해질계 습도센서, 염화리튬 습도센서, 고체고분자 전해질 습도센서, 정전용량형 습도센서, 수정 진동자를 이용한 습도센서, 세라믹 습도센서 등으로 구분 할 수 있다.

2.1.7 진동센서

진동센서는 측정 대상물에 작용하는 흔들림인 진동의 변위, 속도, 가속도를 초 또는 분 단위로 측정하여 진동의 크기, 진동 시간, 진동의 위상을 측정하는 센서이다.

진동센서는 반도체를 이용한 MEMS형과 기계적 공진을 이용한 기계식 진동센서가 있다.

MEMS형 진동센서는 반도체 기술을 이용하여 미세한 구조물을 만들어서 구조물 자체가 가속도 방향

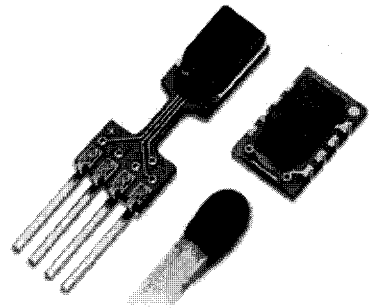


그림 8. 정전용량형 습도센서.



에 따라 기울어지면 저항값이 바뀌어서 구조물을 타고 흐르는 전류의 값이 달라지고 이러한 전류 변화를 가속도로 인식하여 진동을 측정하는 방식으로 반도체 제조 장비, 전자 장비 등에 사용되며, 기계식 진동센서는 센서를 구성하는 스프링에 연결된 물체가 진동 발생 시 그 가속도에 따라 힘을 받게 되는데, 스프링에 작용하는 장력을 측정하여 가속도 정보로 사용하는 방법으로 대역폭이 높은 신호를 얻을 수 있다는 장점이 있으나 상대적으로 가격이 비싸다는 특징이 있다.

2.1.8 초음파센서

초음파센서는 초음파를 이용한 무접촉 센서로 최근 FA 분야에서 사용범위를 넓히고 있다. 초음파센서는 비교적 검출 거리가 길다는 장점이 있으나, 검출 대상물에 제약이 있고, 바람, 온도의 영향을 받으며, 응답시간이 지연된다는 단점이 있다.

초음파센서는 크게 투과형 초음파센서와 반사형 초음파센서가 있는데, 두 가지 방식의 초음파센서

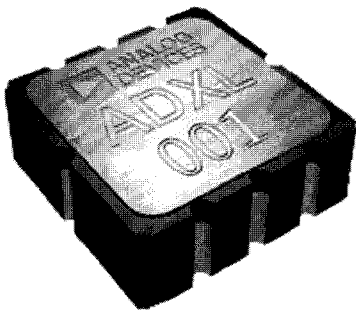


그림 9. MEMS 진동센서.

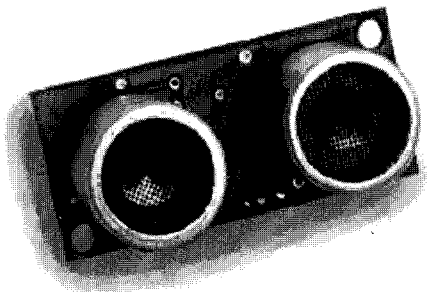


그림 10. 반사형 초음파 센서.

모두 송신부로부터 발사된 전파가 수신부의 수파에 의해 물체의 유무, 위치를 판별한다.

투과형 초음파센서는 대상 물체의 형상, 색상 표면 상태 등의 영향을 거의 받지 않아, 음향적 검출 방법 중에 가장 안정되고 확실한 방법으로 알려져 있으며, 송신부와 수신부의 거리의 조절에 의해 초음파센서 중 가장 검출거리가 길고, 내환경성이 좋은 장점이 있다. 단, 송신부 및 수신부는 초기 설치 시 방향성이 정확히 일치하도록 설치하여야 하며, 사용 중 충격 등에 의해 움직이지 않도록 고정되어야 한다.

반사형 초음파센서는 투과형 초음파센서에 비해 응답시간이 다소 늦고, 광센서에 비해 다소 느리고, 대기 온도의 영향을 받을 수 있다는 단점이 있으나, 장거리 검출이 가능하고 지향성을 가지는 특성이 있다.

2.1.9 음향센서

우리 주변에서 볼 수 있는 가장 대표적인 음향센서는 마이크로폰이다. 이러한 전기 음향 변환기의 원리에는 여러 가지가 있는데 그 중에서 마이크로폰에 응용되고 있는 것은 대개 정전형, 압전형, 동전형, 접촉저항형(탄소형) 중 한가지이다. 현재 음향 계측용으로 사용되고 있는 마이크로폰은 대부분이 직류 바이어스 방식의 정전형이며, 일부에서 초저주파음 또는 초고음압을 계측하는데 세라믹 소자를 사용한 압전형이 사용되고 있다.

- (1) 정전형 : 음압에 따라 진동변위하는 가동 전극(진동막)과 대단히 좁은 간격으로 대항하는 고



그림 11. 정전형 음향센서.

정전극(배극)으로 평행판 콘덴서를 구성하고 음압에 따라 진동막이 변위하면 이의 정전용량이 약간 변화한다. 이러한 정전용량 변화를 검출하는 방법으로 양쪽 전극 사이에 직류 바이어스 전압을 가하는 방법이 있는데 가장 일반적인 방법이다.

- (2) 압전형 : 마이크로폰물질에 외력을 가하여 변형이 생기면 그 변형에 비례한 전하가 생겨서 전압을 발생하는 것이 있는데 이러한 현상을 압전효과라 한다. 마이크로폰에는 지르콘지탄 산염 등의 자기에 의한 소자를 사용하고 있다.

2.1.10 광센서

빛을 이용하여 대상을 검출하는 소자이며, 인간의 감각기관 중에서 시각에 해당되는 것이 광센서이다. 그런 이유로 시각센서라고도 한다.

광센서는 빛의 양, 물체의 모양이나 상태, 움직임 등을 감지하는데, 눈의 구실을 하는 것이 렌즈이다. 예전에는 자연의 빛을 감지하는 것이었으나, 최근에는 인공적으로 큰 빛을 발하여, 그 빛이 물체에 부딪혀 반사되어 오는 것을 받아들여, 그 물체의 움직임이나 빠르기 등을 알아내는 형태도 많아지고 있다.

광센서를 사용하면 로봇 등을 자동적으로 이동시킬 수도 있는데, 초음파나 적외선을 로봇의 전방에서 발사하여, 센서가 물체로부터 되돌아오는 빛의 강약으로 제 위치를 인식하는 방법을 이용하는 것이다. 장애물로부터 멀어져 있으면 받는 빛은 약해지고, 가까워지면 강해진다. 그러므로 어느 일정한 빛의 세기에서 멈추어 서도록 로봇에 입력해 놓으면

앞쪽에 물체가 있을 때 판단해서 서게 된다.

광센서는 현재 센서 중에서 주류를 이루고 있으며, 특히 컴퓨터에 의한 이미지(화상·도형·문자·물체 등)의 직접 인식 분야에 있어서, 높은 정밀도의 이미지 센서 수요가 늘어날 전망이다.

2.1.11 적외선센서

전자기파란 인간이 들을 수 있는 매우 낮은 주파수의 음파에서부터 시작하여 초음파 영역, 라디오, 텔레비전, 휴대폰, 레이더 등에서 사용하는 라디오파 영역, 적외선 영역, 가시광선 영역, 자외선 영역, X-선 영역, 그리고 우주선 영역 등의 매우 광범위한 영역을 지칭하는데, 이 중에서 적외선은 인간의 눈에는 보이지 않으면서 빨간색보다 파장이 긴 전자기파 영역이다. 적외선센서는 이렇게 인간의 눈으로는 볼 수 없는 영역 중 적외선에 해당하는 전자기파를 감지하는 센서로 작동 원리에 따라 크게 양자형(Photon)과 열형(Thermal)으로 구분할 수 있다. 양자형은 주로 반도체 재료로 만들어지는데 반도체 재료들은 특성은 좋으나 액체 질소 온도(-193℃)에서 작동한다는 단점을 가지고 있으며, 대부분 낮은 온도에서 작동하는 특성을 지닌다. 열형은 반도체 이외의 재료로 제작되며 성능은 반도체에 비해 다소 떨어지지만 대부분 상온에서 동작한다는 장점을 가지고 있다.

2.1.12 포토센서

우리가 센서 제품 중 가장 많이 사용하고 있는 근접센서와 포토센서는 종래의 마이크로 스위치나 리



그림 12. 반사형 광센서.

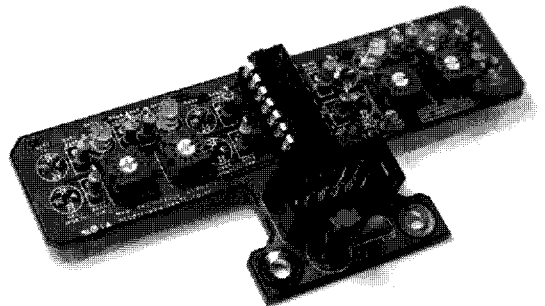


그림 13. 적외선 센서 모듈.



미트 스위치처럼 기계적인 접촉에 의한 검출방식이 아니라 검출체가 가까이 근접했을 때 검출 대상물체의 유, 무를 판별하는 비 접촉식센서로써 자동화산업의 핵심으로 다양한 분야에 적용되고 있다.

근접센서와 포토센서 없이는 감지물체의 정보량을 수집하는 것이 불가능하며 물체의 유, 무 또는 위치 등을 감지한 전기적 신호를 통해 우리가 사용하고자하는 표시 값이나 전기적 출력이 가능한 제어기기 등에 연결하여 사용된다.

이러한 센서는 단순히 물체의 유, 무 검출만이 아니라 높이를 측정한다거나 회전물체의 RPM 등 측정하는 용도에 따라 다양하게 사용되고 있으며 적용방법 및 제품특성에 따라 다양한 현장에 응용될 수 있다.

또한 근접센서의 종류와 특징에 따라 일반적으로 많이 사용하고 있는 고주파 근접센서와 정전 용량형 근접센서로 구분되는데 고주파형은 센서 내 검출코일에서 발생하는 고주파 자계 내에 검출물체가 접근하면 전자유도현상에 의해 근접 물체표면에 유도전류가 흘러 검출 물체 내에 열손실이 발생, 이 유도전류에 의해 검출코일에서 발생하는 발진진폭이 감쇠 또는 정지하게 되는데 이 진폭의 변화량을 이용하여 검출물체의 유, 무를 판별한다.

정전 용량형은 센서 내부의 극판에 +전압을 인가하여 물체가 극판 쪽으로 근접했을 경우, 전하의 이동을 통한 정전용량이 커지고, 반대로 작아지는 변화량을 검출하여 물체의 유, 무를 판별한다. 고주파 발진형 근접센서는 철, 스테인레스, 황동 등의 자성금속만 검출이 가능하지만 물체의 유전율을 이용한 정전 용량형 근접센서는 물, 나무, 유리 등의 비자성 물

체의 유, 무도 검출할 수 있다. 근접센서는 제품의 종류에 따라 자동화에 사용되는 검출대상을 보다 쉽게 검출할 수 있도록 다양한 제품 등을 출시하고 있다.

근접센서와 포토센서는 물체의 유, 무를 검출한다는 센서 목적은 같지만 가장 큰 특징은 포토센서는 물체의 검출을 위해 빛을 사용한다는 것이 근접센서와는 크게 구별된다.

포토센서는 빛을 검출수단으로 사용함으로써 근접센서가 가지고 있는 검출거리에 대한 한계성과 검출체의 재질에 따른 검출가능성에 큰 영향을 받지 않으며, 최근 반도체산업의 시장 증가에 부합되어 소형화 및 장거리 검출, 외란광 제거 알고리즘을 통한 외란광의 영향을 최소화할 수 있는 고가의 제품들이 다량 출시되어 산업현장에서 사용되는 범위도 크게 확대되고 있다.

2.2 화학센서

화학센서를 구성하는 요소는 기본적으로 물리센서의 구성과 같다. 단, 화학센서의 경우는 다양한 화학물질을 감지대상으로 하고 있기 때문에, 감응물질 또는 감응막 표면의 특이한 친화성, 흡착특성, 촉매 특성 등을 이용하여 분자식별을 하는 기술이 기본적으로 요구된다.

다시 말해서 화학센서는 가스나 이온, 유기 화합물 등의 분자를 식별하고, 이로부터 물리적, 화학적 변화를 감지하여 이를 전기신호로 변경하는 소자, 즉 감응막을 포함한 반도체소자, 전기 과학소자, 수정 진동자 등의 소자가 사용되어진다.

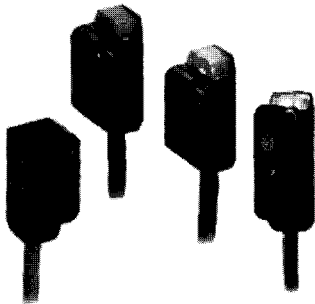


그림 14. 포토센서.

그림 15. 반도체방식 가스센서.

2.2.1 가스센서

가스센서는 인간의 오감 중 후각에 해당하는 기능을 갖고 있으며, 현재까지 공기 중의 각종 가스를 검지, 정량화 하는데 이용되어온 화학센서의 일종이다.

가스센서는 대부분 가스의 흡착효과를 이용하는 것이 많으며, 기체 중에 함유된 특성 성분의 가스를 그 성질에 의해 구별하는 감지부와 감지된 신호를 전기신호로 변환하는 변환부로 구성된다.

전위, 전류, 공진주파수, 전기전도도, 열량, 열전도도, 광 굴절률, 광의 흡수 파장과 흡수량 등의 물리량 변화를 매개로 가스를 감지하는 물리적 센서와 화학반응, 전기화학반응, 화학적 흡착, 화학발광 등에 의해 가스를 감지하는 화학적 센서로 구분할 수 있다.

또한, 가스센서의 종류를 가스별로 구분하면 가연성, 독성, 산소센서로 구분할 수 있으며, 검지 방식으로 분류하면 접촉 연소식, 반도체방식, 열선형 반도체식, 열전도도식, 흡착효과 트랜지스터식, 갈바니전지식 및 정전위전해식 센서로 구분할 수 있다.

가스센서가 실용화되기 위해 센서는 다음과 같은 요건을 만족시켜야 한다.

- (1) 감지감도가 높고 농도의 측정 정밀도가 우수해야 한다.
- (2) 감지하려는 가스만을 선택적으로 감지할 수 있고, 공존가스에 의한 방해나 영향을 받지 않아야 한다.
- (3) 응답속도가 빠르고 반복 측정할 수 있어야 한다.

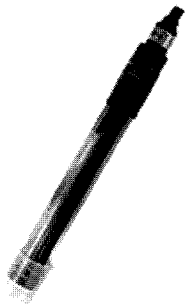


그림 16. 나트륨 이온센서.

- (4) 분위기, 습도, 온도 등의 영향을 받지 않고, 안정된 감도를 나타낸다.

2.2.2 이온센서

화학센서 중에서 전기 화학적인 측정법의 원리를 이용하고 있는 이온센서는 분석하고자 하는 용액 중의 특정한 이온에 대하여 선택적으로 감응하거나, 특정한 이온의 농도 (활동도)에 대하여 선형적인 전위를 발생시키는 전극센서이며, 그 대표적인 예로 pH측정에 쓰이는 유리전극 등이 있다.

이온센서의 종류에는 유리막 전극 (Glass Membrane Electrode), 고체상태막 전극 (Solid-state Membrane Electrode), 액체 이온교환체 막 전극 (Liquid Ion-exchanger Membrane Electrode), 중성 운반체액 체막 전극 (Neutral Carrier Liquid Membrane Electrode), 기체감응 전극 (Gas Sensing Electrode), 이온 선택 성장효과 트랜지스터 (Ion-selective Field Effect Transistor : ISFET) 등이 있다.

2.3 전자기센서

전자기센서는 자장을 유용한 전기 신호로 변환시켜 주거나, 비자기적 신호를 전기적 신호로 변환시키기 위한 중간 매개체의 변환기 역할을 하는 센서로 무접점 또는 비접촉 측정이 가능하다는 특징이 있다.

전자기센서는 직접 자장을 이용하거나, 비자기적 신호를 전기적으로 변환함에 따라 직접적인 응용과 간접적인 응용으로 분류할 수 있는데, 직접적인 응용으로는 자속, 자계강도 측정, 방위 측정, 자기 기록 매체로부터의 데이터 읽기, 카드나 지폐의 자성 무늬 식별, 그리고 자기 장치의 제어 등과 같은 직접 자장을 입력하여 전기적 신호로 변환시켜 주는 목적에 이용할 때 사용되어지며, 간접적인 응용은 전류 측정, 집적화 적산·전력계, 비접촉 선형 및 각도 위치 측정, 변위 또는 속도 측정 등 비자기적 신호를 전기적 신호로 변환시켜 주는 목적 사용된다.

실온에서 동작하는 범용성이 있는 반도체 자기센서의 대부분은 전류자기 효과에 의한 Hall 소자와 자기저항 소자이며, 이들은 피 측정 자계에 대하여 고감도로서 좋은 직선성을 갖는 특징을 가지고 있으며



반도체 집적화 공정 기술에 의해 집적화가 가능하기 때문에 다차원 또는 다기능의 성질을 갖는 센서의 제조가 용이하다는 이점이 있다.

미소자계의 측정이나 극저온에서의 측정을 위해서는 초전도 효과를 이용한 SQUID를 사용한다.

전자기센서는 Hall 소자를 응용한 브러시리스 모터에서 주로 사용되어지며 타코미터, 점화기 등의 자동차 전장, 전류계, 전력계, 유량계 등의 계측기기 분야, 각종 전자제품 및 탐지기 등의 기타 분야에 사용되어진다.

3. 계측센서의 동향 및 발전

앞 장에서 소개한 각종 센서는 비교적 전통적, 단일 기능적인 센서를 중심으로 소개하였다. 최근에는 이러한 센서를 결합하거나, 새롭게 개발된 기술을 기반으로 하는 첨단 센서가 속속 개발되고, 실제로 사용되어지고 있다.

최근의 센서는 기초 과학의 발전으로 신소재 기술, 정밀제조기술, 반도체집적회로기술, 인공지능기술 등이 적용되어지면서 엄청난 속도와 규모로 그 혁신이 이뤄지고 있다. 단순한 저가격화, 양산화, 표준화의 단계를 넘어 새로운 기술의 도입으로 인한 초소형화, 다차원화, 다기능화, 지능화, 시스템화 등의 새로운 발전 경향을 뚜렷이 나타내고 있다.

과거 센서의 개발 목적이 공업 분야에서의 자동화에 필요한 각종 센서의 개발이 주를 이루었다면, 최근의 센서의 개발 동향은 인간의 삶을 운택하게 하기 위한 건강, 안전, 군사, 에너지 절약 관련 산업 등의 센서와 나노 기술을 이용한 나노 센서 등의 개발이 주류를 이루고 있다. 예를 들어 바이오센서의 주요 검출 대상을 보면 혈당, 단백질, DNA, 세포, 효소, 글루코즈 등 생체와 관련된 생체물질뿐만 아니라 일반적 화학물질을 전기 화학, 광학, 자기, 압전, 전자 등의 물리화학적 방법을 통해 분석 물질을 선택적으로 인식하고 변환기가 측정 할 수 있는 신호를 발생시켜 전기적 신호를 획득함으로써 의료, 안전 등의 분야에서 응용 가능한 시스템을 발전시키는데 일조하고 있다.

또한, 여러 종류의 센서를 통해 정보를 수집하고 이를 바탕으로 지능적이고, 다차원적인 정보를 생산해내는, 복합, 지능적 형태의 스마트 센서 기술이 도입되어지고 있으며, 기술의 발전에 따라 극초소형 센서인 나노 센서 등도 개발되고 있다.

3.1 바이오센서

바이오센서란 특정한 물질에 대한 인식기능을 갖는 생물학적 수용체가 전기 또는 광학적 변환기(Transducer)와 결합되어 생물학적 상호작용 및 인식 반응을 전기적 또는 광학적 신호로 변환함으로써 분석하고자 하는 물질을 선택적으로 감지할 수 있는 소자이며, 여기서 물질은 DNA와 혈당과 같은 생체 물질뿐만 아니라 일반적인 화학물질도 포함된다.

생물학적 수용체는 분석물질을 선택적으로 인식함과 동시에 변환기가 측정할 수 있는 신호를 발생시키는 역할을 하는 생체분자로서 효소, 단백질, DNA, 세포, 호르몬, 생체막(Membrane), 티슈 등이 사용된다.

발생된 생체신호 또는 인식반응 등을 유용한 신호로 변환시키는 방법으로는 전기화학, 광학, 자기, 압전, 전자 등 다양한 물리화학적 방법들이 적용되고 있으며, 궁극적으로는 전기신호가 얻어진다.

바이오센서는 특정한 물질에 대한 인식 과정이 가역적으로 진행되기 때문에 연속적인 측정이 가능하다. 바이오센서 가운데 항원-항체 상호작용 또는 DNA의 하이브리드 형성과 같이 인식 과정이 거의 비가역적으로 진행되는 경우가 있는데 이러한 검출기 개념의 바이오센서는 바이오칩으로 구분된다.

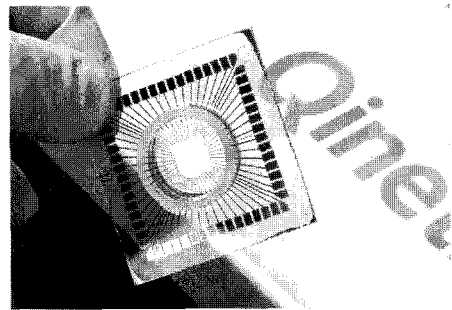


그림 17. 바이오센서 칩.

바이오센서의 장점은 다른 분석 방법과는 달리 측정하고자 하는 시료와 반응하여 신속 정확하게 물질을 분석하는데 있다. 즉, 측정의 단순성, 신속성 및 민감성 등이 장점이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 바이오센서는 특히 질병의 진단이나 임상 검사와 같은 의료 분야에서 활발히 이용되고 있다.

3.2 스마트센서

스마트센서는 물리적 또는 화학적 현상을 전기적으로 변환하여 자료를 획득하는 기존의 센서가 가지는 기능 외에 논리, 제어, 통신, 판단 기능을 부가하여 획득한 자료를 정보로 가공하는 능력을 지닌 센서를 말한다.

스마트센서의 논리, 제어 기능은 센서로부터 획득한 자료를 디지털화하고 보정, 보상하는 등의 동작을 제어하고 통신 기능은 표준화된 통신 프로토콜에 의해 신호를 외부 시스템으로 전달하고 다시 제어를 받는 기능을 말하며, 판단 기능은 제어 기능과 함께 센서 자체의 최적화 및 진단, 전원 관리 등의 기능을 수행하면서 획득한 자료를 정보로 가공하는 수준까지 처리하는 능력을 말한다. 이러한 스마트센서를 구현하기 위해서는 고수준의 신호처리가 가능해야만 하며, 센서 소자, 아날로그 증폭회로, 디지털 제어회로, ADC/DAC, MCU, 비휘발성 메모리, 통신 인터페이스 등으로 구성된 고수준의 신호처리 회로가 센서에 적용되어야만 가능하다.

스마트센서 기술은 MEMS 기술, 반도체 기과 IT 기술의 결정체로, 점차 소형화 되면서 정밀도는 향상되어지고 있으며 점차 넓은 범위의 산업계에 적용

이 되고 있다. 전통적인 물리, 화학, 기계적 센서에도 이러한 스마트센서의 기술이 적용되면서 압력센서, 가속도센서, 유량센서, 온도센서, 습도센서 등에도 스마트센서 기술이 적용되고 있다.

3.3 나노센서

나노센서는 기존의 센서기술에 나노물질을 이용하여 성능을 향상시킨 센서 또는 나노물질과 나노전자소자를 결합시켜 만든 신개념의 센서들을 말한다. 나노센서는 기존에 개발된 다른 센서들에 비해 월등한 감도를 가져 단일 분자의 검출도 가능하다. 따라서 암과 같은 중대 질병에서 발생하는 미량의 표지자 단백질을 검출할 수 있어 질병의 조기진단이 가능하다.

이러한 나노 센서의 기술을 기반으로 촉각센서, 후각센서 또는 미각센서 등의 인간의 오감을 재현하는 센서의 연구도 진행 중이다.

이렇듯 나노센서는 바이오센서와 함께 최신의 기술이 적용되어, 다른 센서에 비해 비교적 최근에 개발되어지고 각광 받는 센서이다. 또한 나노센서는 기본적으로 그 크기와 무게가 매우 작고 전력 소모가 낮으며 고밀도로 집적이 가능하므로 낮은 단가에 생산이 가능하다는 특징이 있으나 아직은 나노 물질 자체가 고가이고 제작 공정이 어려워 가격이 비싸다는 단점이 있다.

현재 생산량이 비교적 작고 고가인 나노센서 재료들의 대량 생산 및 생산 단가를 낮추는 노력이 계속되고 있으며, 이러한 노력과 더불어 센서의 오작동을 막을 수 있는 각종 처리기술이 먼저 확립되어

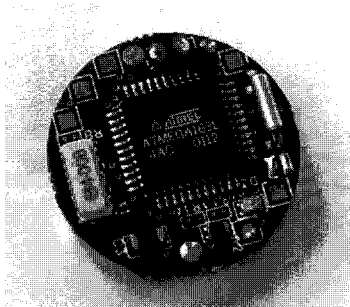


그림 18. 스마트센서 모듈.

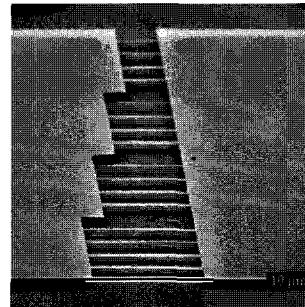


그림 19. 나노 와이어 센서.



야만 하고 거기에 더불어 나노센서의 장점을 최대한 누릴 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어의 연구가 진행되고 있다.

4. 결론

과거에 인간이 느끼는 여러 가지 감정을 수치로 표현하기 위한 물리적 센서로부터 시작한 센서 기술은, 공업화와 더불어 물리, 기계, 전자, 화학이 결합된 센서로 발전하였고, 다시 반도체 기술이 적용되어지면서 전자기, 이미지 등을 처리할 수 있는 현재의 센서로 거듭 발전하였다. 이는 다시 새로운 기술의 발전으로 차세대 센서로 도약을 하고 있으며, 이러한 센서 기술의 발전은 단순히 제품을 생산하는 공업화에만 이용되는 것이 아닌, 인간의 삶을 풍요롭게 해주는 인간 위주의 센서로 거듭나고 있다.

EU와 미국을 중심으로 전 세계적으로 반도체산업 이후의 산업 전쟁이 될 분야로 예견되어지는, 신기술을 적용한 새로운 센서의 개발 전쟁이 벌어지고 있는 상황에서, 우리나라도 첨단 센서개발 분야에 지속적인 투자와 많은 연구 개발이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] 마이크로 스마트 센서의 기술개요, 이대성, 전자부품연구원, 2006. 10.
 [2] 센서 기술의 현황, 최성호, 이대성, 전자부품연구원, 2007. 10.
 [3] 자동화 계측 센서, 한국과학기술정보연구원,
 [4] 지능형 로봇을 위한 촉각센서 기술개발 동향, 김건년, 전자부품연구소, 2005. 2.
 [5] 나노테크놀로지와 오감센서의 기술동향과 전망, 길주형, 제어계측, 2005. 1.
 [6] 바이오 센서 관련 최근 기술 및 수요 동향, 박승창, 2006. 7.
 [7] 송종구 외 3명, '바이오 센서,' KISTI, 심층정보분석 보고서
 [8] 헬스케어 혁명을 선도하는 스마트 센서, 고은지, LG Business Insight, 2009.4.

[9] 산업용 광계측 및 센서기기 시장동향 및 전망, 안선영, 전자부품연구원, 2006. 2.
 [10] 문선중, "센서산업의 최신동향 및 기술전망," 월간 자동화기술, (주)첨단사, 2004. pp.2-5.
 [11] 한국산업기술평가원, 광응용계측기분야 산업분석, 2002.
 [12] 생체의학 센서 기술 동향, 지식정보센터, 주간기술동향 통권 1009호, 2001. 8.
 [13] 교류방식 유속 측정법 개발, 이준식 외 3인, 고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술 개발 2003. 7.
 [14] Nikolaos P. Paschaldis, "A Smart Sensor Integrated Circuit For NASA's New Millenium Spacecraft", 1999, IEEE pp. 1787-1790
 [15] Matsumoto, S., Ooshima, R., Kobayashi, K., Kawabe, N., Shiraiishi, T., Mizuno, Y., Suzuki, J. and Umamoto, S., "A tactile sensor for laparoscopic cholecystectomy," Surgical Endoscopy, Vol. 11, pp.939-941, 1997.
 [16] Tang, H. and beebe, David J., "Two-way tactile communication through the oral tactile sense," IEEE Transactions non Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Submitted March 2001.

저자약력



성명 : 정헌석

◆ 학력

- 1991년 서울산업대학교 전자계산학과 공학사
- 1993년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 이학석사
- 1999년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 이학박사

◆ 경력

- 2001년 - 2002년 송의여자대학 인터넷정보과 겸임 교수
- 2000년 - 2001년 (주)훈넷 개발팀장
- 2001년 - 2002년 (주)아이투어 개발팀장
- 2003년 - 현재 극동대학교 컴퓨터정보표준학부 교수