

<초청논문>

DOI <https://doi.org/10.3795/KSME-C.2017.5.1.001>

ISSN 2288-3991(Online)

【특집: 대한기계학회 70년과 기계산업】

센서 산업 - 나노/마이크로 공학 관점[§]

강 경 태**

* 한국생산기술연구원 마이크로나노공정그룹

Sensor Industry - Nano/Micro Engineering Aspect

Kyung-Tae Kang**†

* Micro Nano Process Group, Korea Institute of Industrial Technology

(Received January 18, 2016 ; Revised March 30, 2016 ; Accepted March 30, 2016)

Key Words: Sensor(센서), Nano/Micro(나노/마이크로), Smart Sensor(스마트 센서)

초록: 센서는 특정 물질을 ‘감지’하는 단순한 ‘검출기’로부터 시작되었지만, 수십 나노미터 이하 크기의 신소재, 마이크로미터 이하 크기를 가공하는 반도체 제조공정기술과 같은 나노/마이크로 공학이 접목됨으로써 데이터 처리, 통신 등의 신호처리 기능이 내장된 초소형 스마트 센서로 발전되고 있다. 최근 단순 통화 기능에 터치·가속도·이미지 센서, 인터넷 접속, 사용자에게 의한 손쉬운 ‘앱’ 소프트웨어 추가 기능 등이 합쳐진 스마트 폰의 폭발적인 보급으로 인하여 국내외 스마트 센서 산업의 시장이 급속히 확대 중이다. 또한 무인 운전 자동차, 웨어러블 전자기기, 지능형 로봇의 보급이 향후 본격화된다면, 다양한 스마트 센서의 개발 및 산업화가 더욱 많이 필요할 것으로 예상된다.

Abstract: From early simple bulky detectors to show the existence of some specific material, sensor has been developed to miniature smart sensors embedded signal capabilities with a help of nano/micro engineering such as innovative nano materials and semiconductor process technologies. Due to recently fast sales of smart phones with simple telephone function plus many sensors, internet accessing capabilities, easy user downloadable “app” softwares, smart sensor industry market has expanded very fast. If driver-less cars, wearable electronic devices and smart robots will be introduced into market in near future, development of many various smart sensors will be needed.

1. 서 론

센서라는 용어는 1970년대 중반부터 널리 사용되었다. 과거의 ‘검출기’가 단지 특정 물질을 ‘감지’하는 수준에 머물렀다면, ‘센서’는 감지 전기 신호를 전달하여 중앙 처리 장치가 어떠한 판단을 내리도록 한다는 점에서 그 성격이 매우 다르다고 할 수 있다.⁽¹⁾ 센서산업은 센서 제조를 위한 첨단/기타 소재, 소재를 사용하여 고유 기능이 구현된 소자, 복수 소자를 사용하여 조립한 모듈과 최종재인 시스템을 포함한다(Fig. 1 참조). 동시에, 센서는 감지대상, 동작방식, 재료, 구현기술 및 집적도에 따라 다양하게 분류되며, 목적에 맞는 기준으로 혼용하여 사용가능하다 (Table 1 참조).

[§] 본 논문은 편집위원회의 초빙에 의해 대한기계학회 창립 70주년을 기념하여 발행한 <대한기계학회 70년과 기계산업>에 수록된 내용을 재정리한 논문임.

[†] Corresponding Author, khg@seoultech.ac.kr

© 2017 The Korean Society of Mechanical Engineers

Table 1 Category of sensors⁽³⁾

구분 기준	센서의 분류
감지대상	물리센서(힘, 온도, 전자기, 광학 등), 화학센서(가스, 이온, 수질 등), 바이오센서
감지방식	광학식, 전기화학식, 압저항식, 정전용량식, RF식
구현기술	기계식, 반도체, MEMS, 나노, 바이오
집적도	단순 센서, 전자식 센서, 집적 센서, 디지털 센서, 지능형 센서

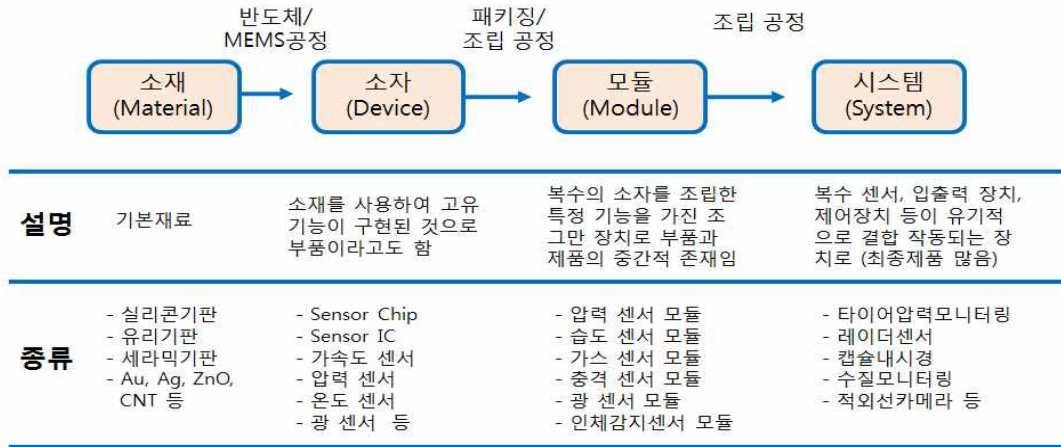


Fig. 1 The scope of sensor industry⁽²⁾

최근에 사용되기 시작한 스마트 센서는 기존의 센서가 발전된 ‘똑똑한 센서’, 즉 지능화된 센서 (intelligent sensor)로 측정 대상물의 물리·화학적 정보를 감지하는 일반 센서기술에 나노기술 또는 MEMS 기술을 접목하여 데이터 처리, 자가진단, 의사결정, 통신 등의 신호처리 기능을 내장하고 있다.

이러한 스마트 센서의 발달에는 제조기술 측면에서는 1980년대 이후 반도체 산업의 발전과 더불어 급속한 발전을 이루고 있는 마이크로머시닝과 같은 미세 가공 기술이 종래의 크고 무거운 조립식 센서를 반도체 IC와 같은 실리콘 기판 상에 작게 구현할 수 있게 함으로써 가능하게 되었다. 실리콘 기판 상에 센서를 제조하기 때문에 반도체가 동시에 제조 공정이 가능하여, 메모리 반도체, 시스템 반도체 등 반도체 회로와 결합한 형태로 개발되고 있다. 이와 같이 미세화된 스마트 센서는 컴퓨터가 갖는 우수한 데이터 처리 능력, 판단 기능, 메모리 기능, 통신 기능 등을 내장하는 경우가 많기 때문에 종래의 센서에는 볼 수 없는 많은 장점을 갖는다. 일반인에게 이러한 스마트 센서의 효과를 가장 효과적으로 보여준 바가 Apple사의 아이폰을 비롯한 스마트폰이다. 스마트 센서의 지능화는 스마트 폰 이외에도 지능형 자동차, 스마트 홈 시스템, 웨어러블 전자기기, 원격진료 시스템, 대규모의 환경감시 시스템, 사물인터넷 등으로 센서의 활용 영역을 넓히고 있다.

2. 국내의 센서 산업의 발전

초창기부터 국내 센서 응용 산업의 발전에는 우리학회도 상당한 기여를 하고 있다. KISTI의 국가과학

기술정보센터(NDSL)를 이용하여 조사한 결과, 최초의 우리 학회지에서 발표된 센서 논문은 Fig. 2의 1982년에 발표된 한응교 교수의 “정밀계측에 이용되는 센서(I)”⁽⁴⁾이다. 논문 제목에 “센서”가 있는 논문을 검색하면, 대한기계학회지 또는 대한기계학회논문집에 185편에 달한다. 2008년 이후에 마이크로/나노 공학 부문이 대한기계학회 내에 개설된 이후에는 MEMS기술과 나노기술을 적용한 본격적인 센서 개발 연구가 활발하게 진행 중이다. 다만 스마트폰용, 지능형 자동차용 스마트 센서의 경우 국산화 및 국내 산업화가 더딘 상황으로 수입 제품이 국내 시장을 장악하고 있다.



1. 概 要

最近 센서(sensor)와 計測技術과의 相關關係는 점점 강해져 오고 있다. 여기서는 우선 센서의 現狀과 問題點을 밝힌 다음 센서의 將來像에 대하여 살펴, 앞으로의 센서가 나아가야 할 길로써 生體의 感覺器官으로부터 배울 點이 많다는 것을 說明하고 精密計測에 흔히 잘 利用되고 있는 몇가지의 센서에 대해서 記述하였다.

1.1. 工學的 센서의 現狀

요사이 센서라는 말이 자주 使用되어져게끔 되었다. 센서 혹은 sensing device는 測定하고자 하는 物理量을 어떠한 變換機能을 利用하여 測定 가능한 量으로 變換하는 장치이다. 센서의 研究開發이 이제까지 보다는 한층 더 活潑하게 進行되어지고 또한 實際로 모든 電子機器 속에 짜 넣어 지게끔 될 背景에는 여러가지의 物理現象을 全部, 自動적으로 制御하고자 하는 人類의 꿈이 있는 것으로 생각된다. 人類의 歷史를 되돌아 보면 第一次産業革命에서는 機械의 導入에 의한 筋肉勞働의 代替로 日憵의 增大를 가져왔다. 第二次産業革命은 센서로써 頭腦勞働의 代替와 擴大를 꾀하고자 하는 것이다. 물론 센서만으로는 頭腦로서 바꿀 수 없다. 센서로 感知한 信號를 源泉으로 制御하지 않으면 안된다. 이러한 制御를 取扱하는 것이 말할 것도 없이 電子計算機 혹은 電子回路이다. 따라서 電子計算機(마이크론)의 出現이 없었더라면 센서가 이만큼까지 使

用되어져지는 勿論을 것이다 라고 하여도 過當은 아니다. 人間은 五感(視覺, 聽覺, 味覺, 嗅覺, 觸覺)을 통하여 外界로부터의 刺激을 느끼며 頭腦는 그것에 應答하여 各器官에 指令을 내리는 任務를 가지고 있다. 말하자면 電子計算機가 頭腦의 代身이 되며 外部로 부터의 刺激과 頭腦사이의 인터페이스가 되는 것이 센서이다. 따라서 制御回路에 信號를 보낸다고 하는 意味로서는 센서는 物理量을 電氣量으로 變換하는 것이 되지 않으면 안된다. 物理量 相互間의 變換을 행하는 장치도 있으나 여기서는 어디까지나 最終적으로 電氣量으로 變換되어지는 것을 取扱한다.

센서의 素材로 될 수 있는 것은 半導體, 磁性體, 誘電體, 化學物質 등 모든 物質에서 찾을 수 있는 것이 可能하지만, 가장 많이 쓰여지고 있는 것은 半導體이다. 모든 센서가 半導體로 指向하고 있다고 할 수 있다. 이것은 일커기 트랜지스터가 眞空管에 代替되어진 것으로도 推察할 수 있다. 실리콘 半導體集積 回路技術의 波及效果로서 現在는 모든 半導體材料의 微細, 精密加工이 可能하게 되어 半導體素子의 信頼性은 한층 向上하고 있다. 덧붙여서 最近에는 「世界的 半導體研究者의 눈이 半導體센서에 쏠리고 있다」고 할 수 있을 정도로서 이것은 만드시 誇張은 아니다. 센서關係의 特許出願件數의 推移를 보아도 分明하다. 1963년에는 半導體센서의 出願件數가 300件이었던 것이 1974년에는 1000件에 달하여 現在는 이 以上인 것으로 推測된다.

人間의 五感은 극히 精巧한 센서이다. 表1에

Fig. 2 “The sensors used in precision measurement(I)” written by Prof. Hahn, which is the first sensor paper published in Transaction Korean Society Mechanical Engineers in 1982

3. 글로벌 센서 산업의 발전

초창기부터 최초의 센서는 측정 대상에 따라서 다양하게 추정되나, 1883년 Johnson이 발명하여 시장에 소개한 최초의 온도계가 최초의 근대적 센서로 소개되고 있다⁽⁵⁾.

센서 기술의 역사는 80년대 이전, 80년대에서 90년대 초, 2000년대, 2010년도 이후로 크게 4개의 세대로 나눌 수 있다. 기술의 발전에 따라서 다음 세대의 센서로 진화되어 왔으며, 현재는 스마트 센서인 4세대에 진입한 상태이다.

- ① 1세대 센서는 Discrete Sensor기로, 센싱 소자와 신호처리 회로가 분리 되어 있는 형태를 가지며 있다.
- ② 2세대 센서는 Integrated Sensor로 발전된 1980년대에서 1990년대 초반의 센서를 의미 하며, 센싱 소자와 신호처리회로가 결합된 센서이다.
- ③ 3세대 센서는 2000년대 초반의 디지털 방식의 보정기법을 이용한 Digital Sensor기를 의미한다.
- ④ 4세대 센서는 SoC(System-on-Chip), 3D Packaging 기술이 접목된 차세대 센서인 스마트 센서로 현재 진행 중인 상태이다.

Table 2에 나타낸 것과 같이 스마트 센서는 기능에 따라서 분류가 가능하며, 각 센서 별로 다양한 적용 제품과 매우 큰 2015년 시장 전망치를 가지고 있다.

Table 2 Category and applications of smart sensors⁽³⁾

스마트 센서 분류		주요 기능 및 적용 제품	2015년 시장 전망치 (억\$)
레이더 센서	2D 레이더 영상레이더	전방충돌 방지시스템 (자동차, 군수, 소방)	78.0
물체 형상 인식 센서	PMD 라이더 FPA 라이더	3차원 거리측정, 첨단 UX/UI 기술 (게임기, 로봇, 가전)	11.9
자기IC센서	스마트 자기 센서	회전속도, 각속도 측정 배터리 감시, 전력 모니터링	14.0
관성센서	MEMS 자이로 센서	3축 자이로 센서, MEMS 패키징 9축 모션 SoC 통합형	10.0
압력센서	MEMS 압력 센서 반도체 압력센서	자동차용 나노 압력 센서 고압/고감도 압력 센서	12.7
영상센서	다파장 영상 센서 초소형 영상 센서 WDR 영상 센서	적외선/가시광 WDR영상센서 로봇비전용 초소형 영상센서 초광대역 이중접합 영상센서	97.0
Optics센서	적외선 Optic 센서 Fiber Optic 센서 바이오 Optic 센서	적외선 감지 건축물 안전/전력기기 진단 산업, 항공, 전력, 의료	23.1
바이오메디컬 센서	암진단 센서 마이크로유체칩(진단칩) Digital X-ray	폐암 진단 마이크로유체칩 휴대용 저전력 바이오 센서 디지털 X-ray 바이오 센서	63.0

4. 결론 - 스마트 센서 산업의 비전

스마트 센서는 아래와 같이 산업적 많은 장점을 가지고 있어서, 정부에서는 2015년부터 향후 6년간 총 1,508억원을 투입하여 첨단 스마트센서 원천기술과 유망제품을 개발하고 현장중심의 기업맞춤형 고급인력양성 등을 통해 센서산업의 글로벌 경쟁력을 적극 제고하겠다고 밝힌 바 있다.

- 스마트 센서는 자동차, 모바일기기, 로봇, 환경, 국방/보안, 의료기기, 가전기기, 산업/계측기기 등 다양한 분야에 적용되고 있고,

- 센서 산업은 센서 핵심부품의 기술력이 완성품의 기능과 성능을 결정하는 기술집약적 산업으로, 타 산업에 적용되어 기술들 간 융합의 매개체 역할을 함으로써 기존 제품의 성능과 서비스를 첨단화시키고 부가가치를 창출할 수 있다.

최신 스마트폰에는 Fig. 3과 같이 이미지센서, 터치센서, 마이크로폰, GPS, 모션센서, 지자기센서, 조도센서, 근접센서, 지문센서 등 10종 이상 20개의 센서가, 자동차의 경우에는 Fig. 4와 같이 30종 이상 160개의 다양한 센서가 이미 적용되고 있다. 스마트 센서는 컴퓨터가 갖는 우수한 데이터 처리 능력, 판단 기능, 메모리 기능, 통신 기능 등을 내장하는 마이크로 센서로 현재에도 스마트폰, 자동차에 수 십 개씩 적용되고 있어서 향후 발전 가능성이 밝다. 무인 운전 자동차로 상징되는 지능형 자동차, 웨어러블 전자기기, 지능형 로봇의 보급이 본격화된다면, 다양한 스마트 센서의 개발 및 산업화가 더욱 많이 필요할 것으로 예상된다.



Fig. 3 The sensors for a smart phone⁽⁶⁾



Fig. 4 The sensors used in a smart car⁽⁶⁾

후 기

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였습니다.[10060207, 주간 증강 현실용 투명 스크린 및 프로젝션 기술 개발]

참고문헌
(References)

- (1) 강경태, 2014, “스마트 센서와 지능형 자동차,” 대한기계학회 기계저널, Vol. 54, No. 10.
- (2) 지식경제부, 2012, 센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업 기획보고서.
- (3) 이고은 등, 2014, “센서의 진화를 견인하는 미래 신소재 첨단세라믹의 성장전략,” 산업연구원, Issue Paper 2014-350 산업창조화시리즈.
- (4) 한응교, 1982, “정밀계측에 이용되는 센서 (I),” 대한기계학회지, Vol. 22, No. 5, pp. 350-354.
- (5) History of Sensors, <http://what-is-a-sensor.com/history-of-sensors/>.
- (6) 이대성, 2010, IT융합을 위한 지능형 센서산업 동향, C&I.
- (7) 박효덕, 2014, 첨단 센서산업 현황 및 전망, 시스템-반도체 포럼.