

## 스마트 팩토리(Smart Factory)를 위한 센서 기술

강병현 (고려대학교 전기전자공학부 연구원 )

박용주 (KETI 선임 연구원)

주병권 (고려대학교 전기전자공학부 교수)

### 1. 스마트 팩토리란?

스마트 팩토리란 기존의 공장 자동화(Factory Automation)에서 한 발 더 나아간 개념으로 각 기관, 주체마다 조금씩 다르게 정의하고 있지만 일반적으로 IoT(Internet of Things) 환경에서 빅데이터와 AI(Artificial Intelligence) 분석을 통해서 제어되는 지능형 공장을 의미한다. 모든 설비와 시스템이 무선 통신을 통해서 연결 되어 있기 때문에 제조 과정이 보다 효율적으로 진행될 수 있다. 따라서 스마트 팩토리는 공장의 생산 효율을 크게 개선할 수 있는 차세대 시스템으로써 주목을 받고 있다. 스마트 팩토리가 구현되면 각 공장에서는 수집된 데이터를 기반으로 분석하고 의사 결정하는 데이터 기반의 공장 운영체계를 갖추으로써, 생산 현장에서 발생하는 현상, 문제들의 상관관계를 언어낼 수 있고 원인을 알 수 없었던 돌발 장애, 품질 불량등의 원인을 알아내고 해결이 가능하게 된다. 특히 산업현장의 다양한 센서와 기기들이 스스로 정보를 취합하고 취합된 정보를 바탕으로 생산성을 최대로 끌어 올릴 수 있는 인공지능이 결합된 생산시스템으로 더욱 진화하게 된다면 제조 여건의 변화와 고객의 제품에 대한 요구를 실시간으로 대응할 수 있는 체계를 구축할 수 있을 것으로 기대되고 있다.



그림 1 스마트 팩토리 개념도, 출처: Spectral Engines

### 2. 스마트 팩토리 구현을 위한 센서

이처럼 스마트 팩토리 구현에서 센서들이 차지하는 비중은 매우 큰데 최근에는 스마트

센서(Smart Sensor)라는 이름으로 주로 연구 개발이 이뤄지고 있다. 기존의 센서들은 단지 어떤 특정한 물리/화학/기계적인 변화를 감지하는 수준에 머물렀으나 현재의 센서들은 감지한 신호를 전달해 중앙처리장치가 어떠한 판단을 내리도록 하는 형태로 발전하고 있다. 특히 센서에 SoC(System on Chip) 기술을 접목해서 데이터 처리, 자기진단, 의사 결정, 통신 등의 기능을 수행함으로써 대상을 감지하고 사물이 반응하게 하는 기술이 스마트 팩토리 뿐만 아니라 IoT의 핵심 요소로 주목을 받고 있다. 스마트 팩토리 구현을 위한 센서에 사용이 되는 주요 핵심 기술은 MEMS 기술, 재료 (나노 기술)기술, SoC 기술, 임베디드 소프트웨어, 인공지능 기술 등으로 각 기술의 결합을 통해서 저전력/고정밀 센서를 one-chip 형태로 구현이 가능하다. 스마트 팩토리에서 센서가 활용이 되는 영역은 크게 3가지로 구분할 수 있는데 실시간으로 설비 상태를 모니터링하고 장비를 원격으로 제어하는 설비 제어 분야, 에너지 소비량과 환경 오염도 등을 파악하고 원인을 분석하는 에너지/환경 효율화 분야, 그리고 재고 수량 정보를 자동으로 전송하거나 적정 재고량을 분석하는 등의 물류 효율화 분야이다.

전략품목	제품분류 관점		세부기술
스마트 센서	기반 기술	MEMS 기술	미세 가공 기술: 복합 센서의 공동 Frame 제공 미세전자기계 시스템
		SoC 기술	아날로그 신호를 디지털 신호로 전환 기술
		Nano 기술	감지하고자 하는 대상과 결합하여 전기적인 신호로 전환할 수 있는 재료 기술: 고감도 센서를 위한 신물질 개발 기술, 센서 기술의 핵심 기술
		임베디드 기술	센싱 기능에 데이터 처리 및 의사 결정, 통신 기능 등이 결합이 되어서 자동 보정 및 상황 판단
		패키지 기술	one-chip으로 제작되는 센서를 패키징하는 기술, 소형화 및 경량화 기술
	물리 센서		기반 기술 중 2가지 이상의 기술을 접목하여 물리적 대상물을 감지하는 기술 (온도, 습도, 압력, 광 (IR, UV 등))
	화학 센서		기반 기술 중 2가지 이상의 기술을 접목하여 화학적 대상물을 감지하는 기술 (환경규제 가스, 및 복합가스등)
	극한 센서		300℃ 이상의 고온, 10기압 이상의 고압 등에서 사용 가능한 센서로서 다양한 기술이 접목된 센서 기술

표 1 제품분류 관점에서의 기술 범위

### 3. 스마트 센서의 기술 동향

스마트 공장을 구현하기 위한 센서는 기능이 단순하고 정밀도가 낮으며 사용이 불편한 이전 센서에 비해 센싱소자와 신호처리가 결합하여 데이터를 처리하고, 자동보정, 자기진단, 의사 결정 기능을 수행하는 소형, 경량, 고성능, 다기능, 고편의성, 고부가가치의 센서이기 때문에 경량화, 복합화, 무선화라는 부분에 대한 요구가 꾸준히 증가하고 있다. 기존의 산업용 센서는 벌크형 센서로 크기에 상관없이 특정 기능만을 구현하였지만

모바일 IT시대가 도래한 이후에는 초소형 MEMS 센서가 기술의 중심이 되었다. 이후에 벌크형 센서와 초소형 센서가 하나의 반도체 칩 안에 집적화된 센서, 하나의 칩으로 동시에 구현하거나 두 가지 센서를 하나로 통합한 융복합 센서(Multi sensor)가 기술의 중심이 되고 있다. 최근에는 출시가 되고 있는 공장 내의 미세 먼지를 모니터링하여 제품의 불량률 감소와 작업 환경 개선 역할을 하는 미세 먼지 센서나 온도와 습도 센서를 결합한 복합 센서 등이 스마트 팩토리 구현을 위해서 제품화되고 있다. 재료측면에서 센서의 감도와 저전력 구동을 위하여 나노 입자, 나노선, 나노튜브, 나노 복합체등의 재료를 감지 물질로 이용한 센서들이 개발되고 있는데 가스 센서, 수질 센서, 바이오 센서, 광 센서, 물리 센서 등 매우 다양한 응용 분야로의 확대와 함께 고성능화 되고 있다.

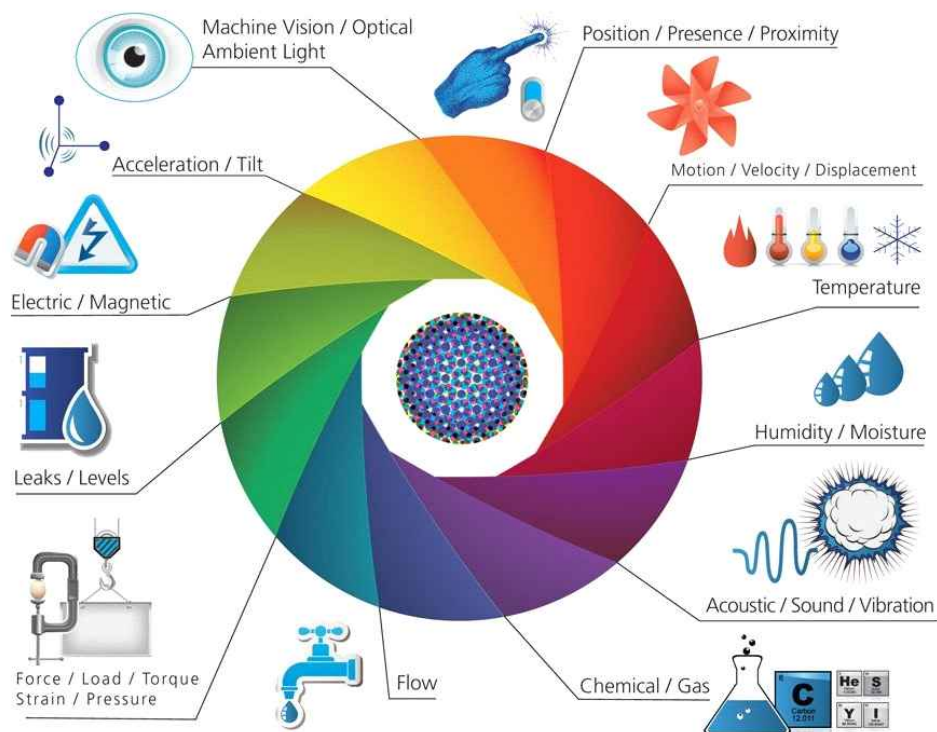


그림 2 스마트 센서로 대체될 물리 화학적 신호, 출처: IoT Infographic

스마트 팩토리에서 스마트 센서가 활용이 될 수 있는 다른 분야는 바로 재고 수량 정보 등을 제공할수 있는 스마트 물류이다. 스마트 물류란 RFID(Radio Frequency IDentification) 및 적외선 센서 기술이 결합된 물류용기를 기반으로 상품의 이력 추적, 상품 품질 지표 기준, 다양한 물류 정보 서비스 등을 제공할 수 있는 친환경 첨단 물류 시스템으로 물류의 운영의 효율성을 높이고 화물 처리량을 높임으로써 전체적인 비용을 절감할 수 있는 장점을 갖고 있다. 물류에서 주로 사용되는 RFID는 주로 주파수 대역별로 분류가 되고 각 각 주파수 대역별로 인식거리, 가격, 투과성 등의 특징이 상이하고 이에 따라서 적용되는 산업 및 작업의 분야가 상이하다. 스마트 팩토리의 스마트 물류에 적용되는 RFID 및 센서의 경우 센서와 함께 연동되는 소프트웨어와 플랫폼을 함께 연구 개발해야 하므로, 기존의 단일 센서 업체와 달리 스마트 팩토리의 수요, 센서 설계 그리고 소프트웨어 개발 업체가 동반으로 시장을 구축하는 것이 필요하다. 최근에는 단

순히 재고 파악하는 수준에서 벗어나 무게 센서, 지게차와 연동하여 자동으로 제품의 적재와 상하차등에 활용이 되고 있다. 또한 온도 및 습도 센서와 연동하여 박스 또는 컨테이너 속 제품의 온도 및 습도를 실시간으로 모니터링하고 제품의 파손 등의 위험 요인을 사전에 탐지하는 파손 방지 목적으로 개발되고 있다.

구분	주파수 대역	인식 거리	특징	사용처
저주파	135kHz이하	최대 60cm	고가, 수동형, 저속의 인식속도	출입 통제 재고 관리
고주파	13.56MHz	최대 60cm	저자, 수동형 비금속 장애물 투과성 높음	출입 통제 스마트 카드
극초단파	433MHz	최대 100m	고가, 능동형 습도 및 충격에 강함	컨테이너 관리 실시간 위치 추적
	860~960MHz	최대 10m	저자, 수동형 또는 능동형 다중태그 인식 성능 우수	유통물류 분야
마이크로파	2.45GHz	최대 2~7m	고가, 수동 또는 능동형 초소형 가능	교통

표 2 RFID의 주파수별 분류 및 특징

스마트 팩토리에서 센서들은 단순히 환경 변화를 감지하고 대처하는데 제한되지 않고 기계 설비를 모니터링하고 예측하는 부분에도 활용이 되고 있다. 기계 내부의 위치와 속도 제어, 온도 모니터링 등의 측정 기술, 기계 주변의 공구 및 공작물 확인, 공구의 부러짐 등을 모니터링해서 공정기능을 개선시키는 물론 동작의 편의성을 증가시킴으로써 생산 비용의 절감을 기대할 수 있다. 기계 설비를 모니터링 하는데 가장 많이 활용이 되는 적외선 센서는 물체로부터 발사되는 적외선을 감지해서 장애물을 감지하고 온도 및 습도를 측정하는데 활용할 수 있는 전자기기로 스마트 팩토리 산업에서는 지게차 같은 운송수단에 적외선 센서를 활용해서 창고 내부에서의 충돌을 방지할 수 있다. 뿐만 아니라 발사되는 적외선양의 변화를 감지해서 움직이는 물체의 열을 측정하는 등 광범위한 분야에서 활용이 될 수 있다. 스마트 팩토리 기술의 주요 이슈는 센서와 회로, 시스템 기술로 구분할 수 있고 센서는 감지방식과 감지구조가 핵심으로 고성능화 (기계/전기식, 광/전자 센서), 소형화 (MEMS 센서), 다기능화 (복합 센서), 저전력화 (나노 재료) 등이 주요 이슈들이다. 앞으로는 SoC 형태의 MEMS와 CMOS를 직접 집적하는 iMEMS(integrated micro electro-mechanical system)가 등장할 것이며 나노 기술의 발전으로 소형화, 저전력 구동과 여러 대상물을 동시에 검출하는 복합 센서로 연구 개발이 진행이 되고 있다.



그림 3 스마트 팩토리용 IoT 센서, 출처: 스마트 공장 지능화 (F1) 베스트 프랙티스 컨퍼런스 (2017)

#### 4. 스마트 센서의 시장 동향

마켓 앤드 마켓(Markets and Markets)에 따르면 2018년 IoT 센서 시장은 약 52억 8000만 달러 규모를 기록했으며, 2023년까지 매년 33.6%의 성장율을 기록할 것으로 예측이 되고 있는데 특히 인간의 오감 중에서 가장 중요한 이미지 센서와 압력 센서가 가장 큰 시장 규모를 갖게 될 것으로 예측되고 있다. 특히 스마트 팩토리의 로봇이나 안전 분야에서 많이 적극적으로 활용이 될 것으로 예상되고 있다. 하지만 센서 산업은 기술진입 장벽이 높아 선진국과 일부 기업이 산업의 경쟁력을 확보하고 독과점하고 있는 상황으로 미국, EU, 일본이 세계시장의 70%를 점유하고 있다. 텍사스인스트루먼트, ST마이크로 일렉트로닉스, NXP, 인피니언, 마이크로칩, 보쉬, 아나로그 디바이스, 쉘컴, 브로드컴과 같은 기업들이 대표적인 스마트 센서들을 생산하는 기업으로 꼽히고 있다. 국내 수요기업은 국내 제품의 신뢰성, 첨단센서의 성능문제 등으로 센서 수요를 해외 기업으로부터 조달하고 있는 실정이지만 최근에는 스마트 폰의 이미지센서, 가스 및 수질을 측정하는 화학센서, 광섬유를 이용하여 건물 안전을 진단하는 광학센서 등은 국내 제품이 기업에 공급이 되고 있다. 전체적으로 첨단 센서의 기술 수준이 낮은 편이기 때문에 국내 센서 기술 수준은 선진국 대비 65% 수준으로 평가받고 있는 수준이다.

구분		해외 업체	국내 업체	주요 응용분야
물리센서	압력	모토로라, 텐소, 보쉬, 텔파이, 인피니언, TI	KEC, 케피코	자동차, 의료, 스마트 팩토리, 모바일 기기
	가속도	Analog Device, 보쉬, 텐소, 모토로라, TI, VTI	현대 오토넷, 케피코, 마이크로인피니티, 카스	자동차, 스마트 팩토리, 모바일

				기기
	각속도	보쉬, Silicon Sensing System, 파나소닉, 지멘스	현대 오토넷, 케피코, 마이크로인피니티, 카스	자동차, 스마트 팩토리, 모바일 기기
	토크	보쉬, BI-Tech, TRW, SSI-Tech, Hella, 발레오, Koyo, NSK	대성전기, LG 이노텍	자동차, 스마트 팩토리, 모바일 기기
	레벨	Hella, AISHIN, WABCO	현대 오토넷	자동차, 스마트 팩토리, 모바일 기기
	유량/유속	Intelligent Controls, McMillan, Namco Controls, Hanatek	아이에스텍, 두운 시스템	자동차, 스마트 팩토리, 의료, 환경
	온도	Sensivision, Kamstrup, Auxitrol, Temperature Specialists	오토닉스, 코닉스, 엠에스티	스마트 팩토리, 의료, 가정/사무
	습도	Sensivision, Able Instruments&Control	엠에스티	스마트 팩토리, 의료, 가정/사무
	광	Gems Sensors, ENDRICH, Mikoelektronik Gmbh	고텐시, KEC	의료, 환경, 스마트 팩토리, 보안
	이미지	Agilent, OmniVison, Toshiba, Sharp, Sony, Kodak, Micron, Mastusita, Nikon, Mistubishi	삼성전자, 매그나칩, 한성엘컴텍	자동차, 모바일 기기, 스마트 팩토리, 보안, 의료
화학센서	가스	Figaro, Fis, Nemoto, Riken Keiki, Monox	동우무역, 신우전자, 한국에머슨프로세스, 센코, 센텍코리아	자동차, 의료, 환경, 스마트 팩토리, 가정/사무

표 3 제품 분류별 주요기업 및 주요 응용분야

## 5. 맺음 말

5G 환경 하에서 스마트 홈, 스마트 빌딩, 스마트 시티, 스마트 팩토리는 글로벌 IoT 시장에서 매우 큰 비중을 차지하게 될 것으로 보이기 때문에 많은 투자와 기술 개발이 이뤄져야 할 부분으로 거론이 되고 있다. 다행스럽게 2019년 대통령 신년 기자회견에서 문재인 대통령은 8대 선도산업 중 하나인 스마트 팩토리에 큰 투자를 할 계획이라고 밝히면서 강한 드라이브가 예상된다. 따라서 스마트 팩토리 구현에 필수적인 스마트 센서 쪽에 대한 정부와 기업의 투자도 증가할 것으로 예상된다. 4차 산업혁명 시대를 맞아서 스마트 센서와 인공지능, 빅데이터 기술의 융합은 제조업 혁신을 통한 글로벌 경쟁력 확보 차원에서 더욱 중요한 일이 될 것이며 기존 독자적으로 개발이 되어온 새로운 디지털 기술들을 활용할 수 있는 산업 분야가 될 수 있을 것으로 보인다.