

4차산업혁명 초연결 기반을 만드는 기술, 스마트 나노센서 산업동향

| 저자 | 조진우PD / KEIT
조동현책임 / KEIT
김희연박사 / NNFC

SUMMARY

목적

- ★ 4차산업혁명시대가 도래함에 따라, 자동차, 철강, 조선 등 전통제조업 전반에 걸쳐 스마트화가 가속화되고 있는 가운데 스마트센서 시장이 급속히 커지고 있다. 현재 국내 센서 제품의 시장규모는 세계시장의 1.6%, 기술수준은 선진국의 64% 수준에 머무르고 있으며 혁신제품개발에 한계가 있어 새로운 기술개발이 요구되고 있다. 이번 기술동향 보고서에서는 기존 센서기술의 난제를 해결할 수 있는 스마트나노센서의 정의, 기술, 산업 동향을 살펴보고자 한다.

주요현황

- ★ 세계적으로 인더스트리 4.0 등을 통해 모바일, 자동차, 바이오 산업은 웨어러블, 스마트카, 스마트헬스케어 등으로 주력산업이 재편되고 있으며, 최근 정부에서도 범부처 차원에서 지능정보사회 전략을 발표하였고, 이와 관련하여 센서산업을 포함한 소재부품분야의 기술혁신이 요구되고 있다.
- ★ 사물인터넷 기기는 2020년 500억개 이상, 세계시장규모는 1조 3천억 달러로 성장할 것으로 예상되며, 국내의 강점기술인 IT, NT기술이 적용된 스마트 나노센서 시장은 2014년 1,310만 달러에서 2019년에 4.85억 달러로 성장이 예측된다.(NanoMarkets) 이러한 스마트나노센서 수요의 증가는 산업적 수요뿐만 아니라, 고령화에 따른 사회문화적, 통상마찰에 따른 국가 안보 측면에서도 급속히 촉진될 것으로 기대된다.

시사점 및 정책제안

- ★ 센서산업은 기술과 시장의 다변화와 창의적인 아이디어만으로도 창업이 가능한 전형적인 중소기업형 산업으로서, 국내의 우수한 IT, NT기술이 결합된 스마트 나노센서는 국가 주도적으로 육성이 필요한 신산업분야이다.
- ★ 국내의 기존 산업과 연계하여 차세대 웨어러블, 자율주행자동차, 스마트헬스케어산업에 필요한 스마트나노센서를 개발하여 대중소기업의 동반성장을 통해 급성장하고 있는 IoT시장에 대한 대응전략이 필요한 시점이다.

1. 4차산업혁명 기반기술 및 스마트센서 산업 동향

4차산업혁명 기반기술인 스마트 센서

- ★ 4차산업혁명은 지능정보기술로 인한 초지능, 초연결을 바탕으로 산업과 사회 전반의 파괴적 혁신을 가져온다. 지능정보기술의 가치사슬은 정보생성(센서, IC) → 정보수집(IoT, 클라우드) → 정보추출(빅데이터) → 학습 및 결정(인공지능) 과정으로 이루어지며, 센서기술이 가장 일차적인 기능을 담당한다. 센서를 활용한 데이터 생성·수집·분석 활동의 부가가치가 높아짐에 따라 센서의 역할이 매우 중요하다.
- ★ 센서는 측정 대상물의 물리·화학·바이오 변화를 감지하여 인식 가능한 신호로 변환하는 장치로, IC 집적 및 지능형 S/W기술로 인해 데이터처리, 자가진단 등이 가능하도록 센서의 스마트화가 가속화되고 있다. 또한, 나노, MEMS 기술의 도입으로 센서가 더욱 소형화되고, 단일센서 모듈에서 one-chip 형태의 다기능 복합센서 모듈화가 가능해진다. IoT기기에서 요구하는 휴대 편의성과 저전력 소비를 동시에 만족시킬 수 있다. 주력산업 및 차세대 신성장 산업의 경쟁력 강화를 위해서는 국내 일반센서 중심의 산업구조를 스마트나노센서 중심으로 전환하는 고도화 전략이 필요한 시점이다.

스마트센서의 가치사슬

- ★ 센서산업은 센서 제작을 위한 소재, 웨이퍼칩 단계에서 센서 요소를 생성한 소자, 리드프레임 위에 칩-와이어-커버몰딩 작업을 통해 만들어진 모듈, 다양한 회로들과 함께 조립공정을 거친 시스템과 이를 이용한 서비스를 포함한다.

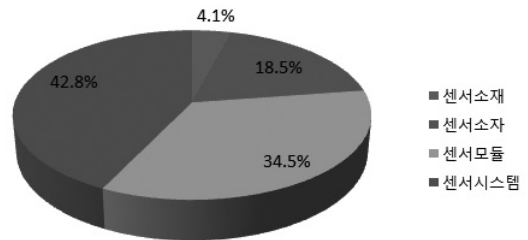


| 그림 1. 센서산업의 범위 |

- ★ 센서는 자동차산업, 전자산업, 로봇산업 등의 핵심부품으로서 타 산업에의 적용 및 융합을 통해 기존 제품의 가치를 획기적으로 증대시키는 가치 향상산업, 뿌리 산업으로 구분되며, 기술집약적이고 고용창출효과가 커서 첨단지식산업으로 분류될 수 있다.
- ★ 중소기업지원현황정보시스템을 이용하여 국내 센서기업 현황을 분석한 결과, 총 300여개 기업에 대해 센서 개발 단계별로, 소자:모듈:시스템 기업이 67:125:155 개로 조사되었으며, 전체대상기업의 77.3% 비중을 차지함.

| 표 1. 국내 센서기업 분포 현황 |

구분	기업수(개)	비율(%)
센서소재	15	4.1
센서소자	67	18.6
센서모듈	125	34.5
센서시스템	155	42.8
합계	362	100



스마트나노센서의 산업적 특성

- ★ 센서는 최종 완제품으로 사용되기보다 특정 어플리케이션을 제공하기 위해 정보를 취득, 센싱하는 도구로서 중간재 성격을 가지므로 전형적인 부품산업으로 볼 수 있다. 센서 제작을 위해서는 재료, 전자회로 기술, 패키징기술, 시스템기술등이 필요하며, 각 분야의 기술력이 전체산업을 좌우하게 되므로, 균형잡힌 인프라와 발전전략이 필수적으로 요구된다.

| 표 2. 센서 공급망 및 제조단계 |

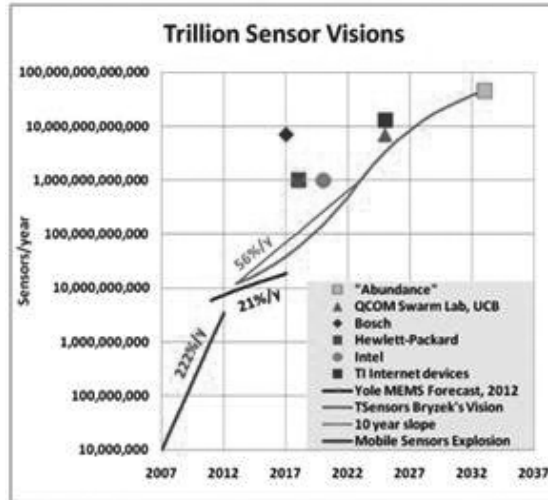
구 분		내 용
센서산업의 먹이사슬 (Food Chain)	부품 제조회사	트랜스듀서 부분에 대한 일반적인 기반에 중점을 두고 있는 회사
	센서 제조업체/통합회사	패키징, 인터페이스를 하는, 때로는 전자적인 부분도 맡고 있는 회사
	시스템 통합 및 OEM회사	하나의 구성 요소가 아닌 완벽한 솔루션의 수요를 대응하는 회사
	센서 유통회사	제조 업체 및 시스템 통합-OEM 업체 사이에 중요한 역할을 하는 유통 및 판매회사

구 분		내 용
센서산업의 요소 (Element)	① 기본적인 재료 (Base materials)	기본적인 재료는 하나 또는 다수의 특성(저항, 용량 등)의 진화를 통해 측정할 수 있는 파라미터에 대응 센서의 대부분은 압전, 압전저항, 광전자, 유도 및 정전용량 변화에 기초
	② 트랜스듀서 기술 (Transducer technologies)	트랜스듀서 기술은 측정(시차 변압기, 스트레인 게이지, 용량성 물질 등)을 수행하기 위해 특정 구성 및 어셈블리의 기본적인 재료를 사용
	③ 전자적인 처리 기술 (Electronic processing)	전자적 처리기술은 보상 목적 (환경 상태 등)에 대한 트랜스듀서의 신호를 처리하거나, 센서 기능 (인터페이스, 진단 등)을 증가시키기 위해 사용
	④ 패키징 기술 (Packaging technologies)	패키징 기술은 외부 환경의 자극에 대해 센서를 보호하기 위해 사용되고, 측정대상에 가능한 센서를 근접되도록 함
	⑤ 시스템 (System)	시스템은 네트워크, 소프트웨어, 에너지 등과 같이 자체적인 측정에 직접 연결되지 않은 기술 분야를 포함

급성장하는 IoT시장에 비해 극히 낮은 국내기업의 센서 시장 점유율

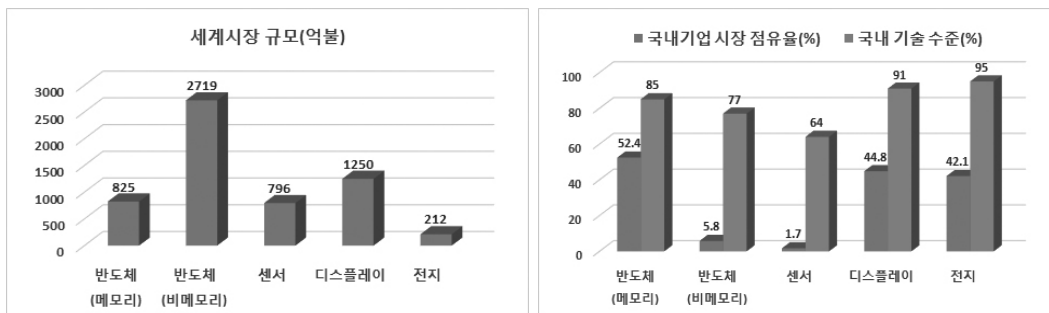
★ 사물인터넷 기기는 2020년 500억개 이상, 세계시장규모는 1조 3천억달러로 성장할것으로 예상되며, 국내시장 역시 연평균 29.3% 성장하여 13.7조원의 시장이 될것으로 전망된다. 특히 모바일 센서시장은 '07 ~ '12년동안 연간 200%이상 기하급수적으로 성장해왔으며, Fairchild사는 U.C. Berkeley(미)를 중심으로 매년 1조개의 센서를 활용하는 사회(Trillion Sensors Universe) 프로젝트를 착수하여 고도의 기능과 저렴한 센서를 만들기 위한 기술개발, 로드맵, 기술표준 등을 진행중에 있다.

※ 1조개는 전 세계 70억명이 매년 약 150개 센서를 사용하는 규모



| 그림 2. Trillion Sensors 로드맵(2014) |

- ★ 4대 ICT핵심부품(반도체, 센서, 디스플레이, 이차전지) 중 센서를 제외한 3대 분야는 국내 기업의 시장지배력과 기술수준이 세계 최고수준이나, 센서분야는 현재 국내 기업의 시장규모는 세계시장의 1.6%, 기술수준은 선진국의 64% 수준에 머무르고 있어, 혁신제품개발에 한계가 있다.
- ★ 국내 수요기업은 국내 센서제품의 신뢰성, 첨단센서의 성능문제 등으로 센서 수요를 대부분 해외기업으로부터 주로 조달하고 있다. 국내 센서기업 또한 영세성 및 기술력 부족, 판로개척 애로 등으로 혁신을 기피하여 대부분 센서칩을 수입해 단순 모듈화하여 수요기업에 공급하는 수준에 머물고 있어 4차산업혁명이 가속화될수록 무역역조가 더욱 심화될 것으로 전망된다. 국내에서도 과거 RFID/USN 정책, 첨단스마트센서 육성계획 등을 통해 첨단센서 분야 R&D 및 인프라 투자를 지속적으로 확대되고 있으나, 상용화시스템 및 기업생태계가 아직 취약한 상황이다.

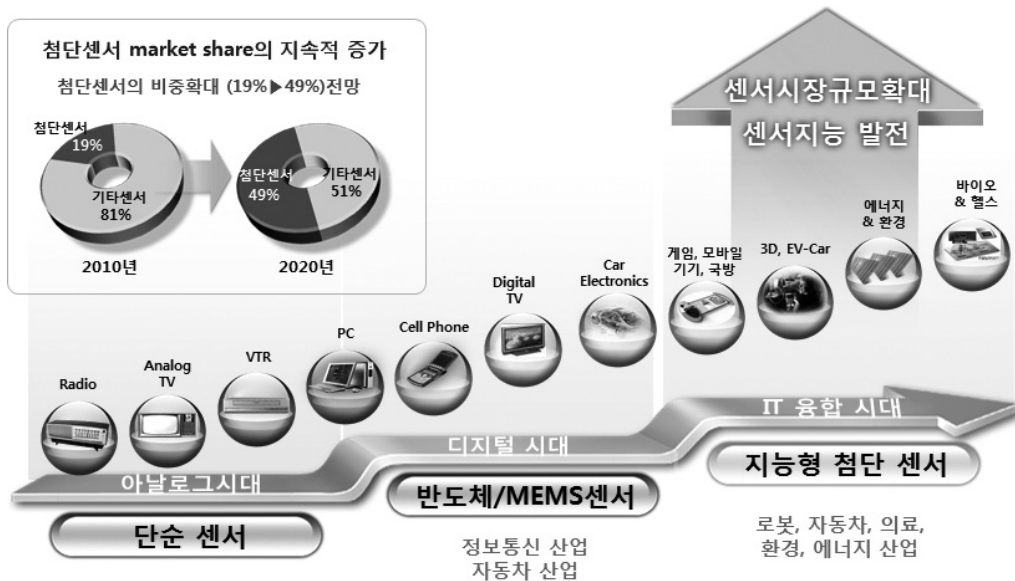


| 그림 3. 4대 ICT 핵심기술 시장, 국내 산업 및 기술수준('12~'14 기준) |

2. 스마트나노센서 기술 추세 및 니즈

NT, IT융합을 통한 스마트화(지능화)

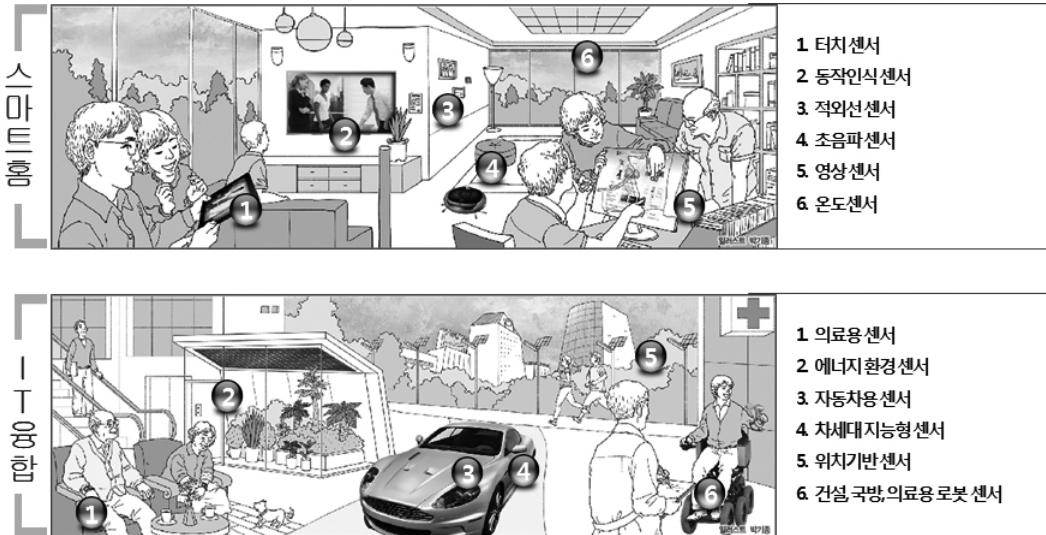
★ IoT산업에서 센서가 적용되고 있는 주요 요인은 가격, 기능, 크기이다. 고기능, 초소형, 저가격일수록 광범위한 응용분야에 활용되어 더 많은 데이터를 생성할 수 있으므로, 센서산업확대를 위한 필수 3요소라 할 수 있다. 전통적인 센서는 금속, 폴리머, 전자세라믹 소재들을 활용한 단순한 아날로그 센서였으나, 나노 및 MEMS기술의 발전으로 반도체형센서가 주목받게 되었다. 최근에는 IT기술이 접목되어 센서와 데이터처리, 자동보정, 자가진단, 의사결정 등의 신호처리가 내장된 지능형 스마트센서로 발전하고 있으며, 요소기술로는 나노기술, MEMS기술, 임베디드 S/W, SoC, 고집적화 기술 등이 있다.



| 그림 4. 센서기술 발전추세 |

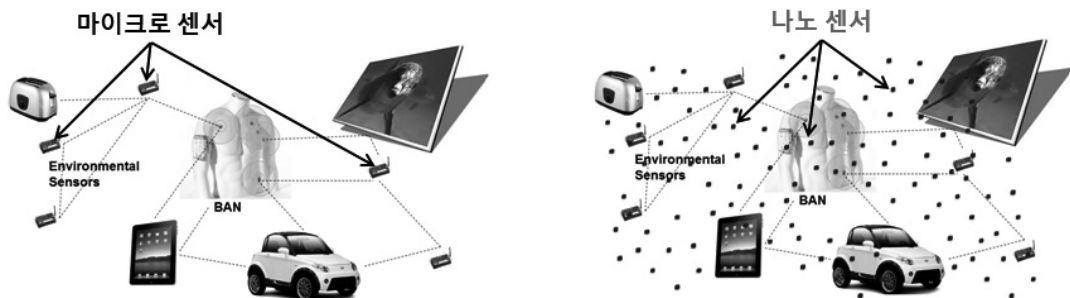
★ 센서는 기술융합의 핵심매개체*로서 부품 또는 모듈로 내재화되어 타 산업의 제품·서비스를 혁신하여 새로운 부가가치를 창출하는 특성을 가진다. 예를 들어 스마트폰에 탑재된 이미지센서는 VR/AR과 결합한 다양한 모바일앱 서비스를 창출하였고, 지금도 스마트폰에 탑재되는 센서는 지속적으로 증가하는 추세이다.(오히려 반도체는 통합칩으로 개수가 줄고 센서는 늘고 있다.) 자동차의 경우에도, '00년 87개에서 '20년 300개로 3배이상 증가하고 있다. 기타, 스마트 홈, 스마트 시티, 로봇의 오감 동작기능 등 전 산업분야에 다양한 소비자의 수요를 충족할 수 있는 새로운 기능 및 기존 제품의 성능 향상을 가져온다.

※ 4대 융합 기술 : Sensing, Networking, Computing, Actuating



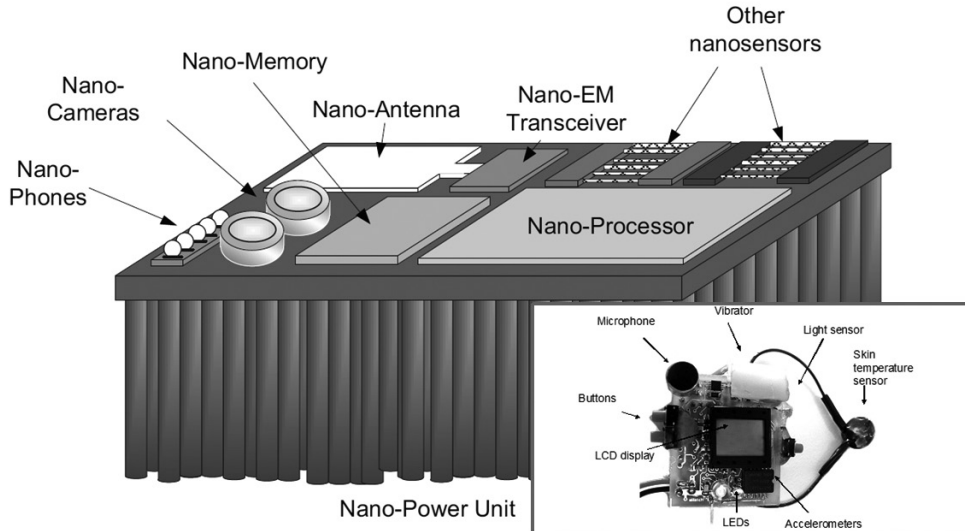
| 그림 5. 스마트 센서로 인한 새로운 응용서비스 확대 사례 |

★ 마이크로급 또는 매크로급 센서를 이용하는 현재의 사물인터넷(IoT)은 네트워크 정보 량 폭증으로인한 기하급수로 증가하는 클라우드 구축비용 문제를 감당하기 어렵다. 반면에, 초소형, 초저전력 나노센서와 데이터처리 프로세서를 집적한 IoNT(Internet of Nano-Things)기술을 통해 인간의 일상생활과 완전히 연결된 초연결상태 구현 가능한 센서 Peppering*이 가능하다. 이의 구현사례로는 센서융합 텀키 허브칩(마이크로칩테크놀로지社), 3D 서버온칩(EU), 클라우드온칩(인텔, 그림 7) 등이 있다.



| 그림 6. IoT 대. IoNT 개념비교 (핀란드 Univ. Tempere('13) |

· 컴퓨팅 발전단계 : 임베디드 컴퓨팅(기기중심)→유비쿼터스 컴퓨팅(센서 중심)→Pervasive 컴퓨팅(감성 중심)

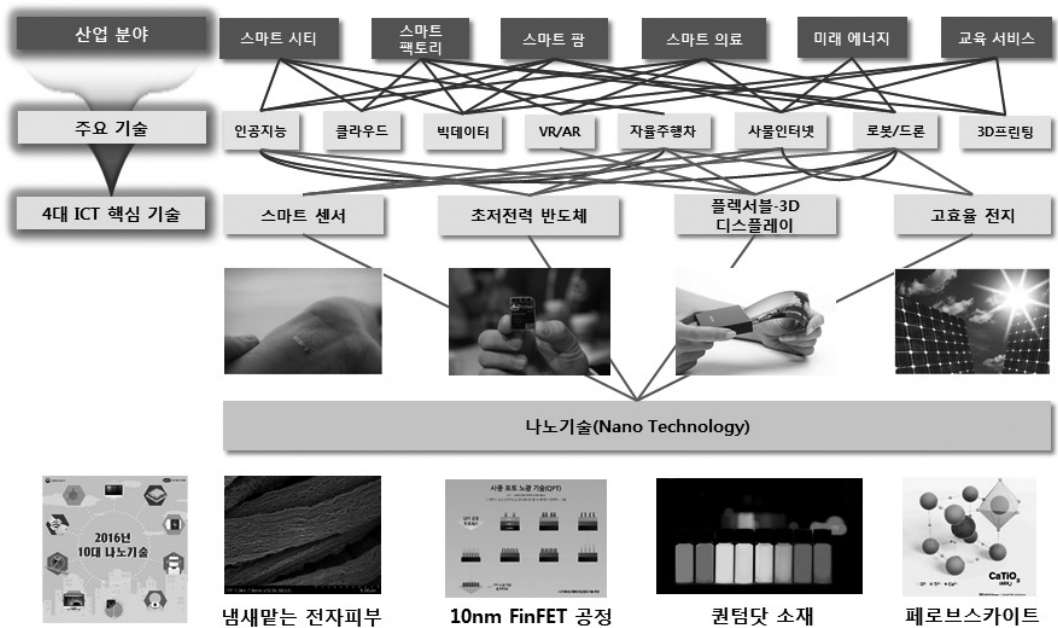


| 그림 7. 클라우드 온 칩 개념 |

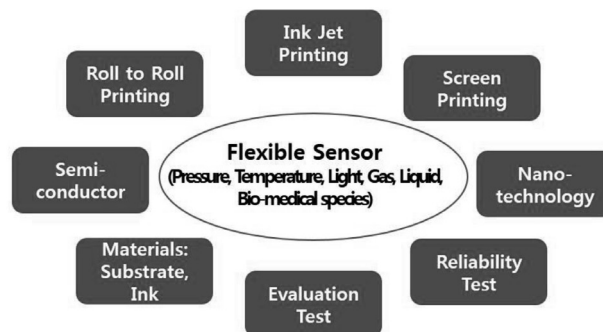
/// 초소형, 저전력, 투명·유연화를 위한 나노기술 니즈

- ★ IoT시장에서 센서의 주요 요구 성능은 모바일 단말기 탑재를 위해 무선이 가능하도록 초소형, 저전력화가 요구된다. 이를 위해서는 센서 제조공정에서 칩면적 최소화화를 위한 2차원 배선 및 3차원 집적분야의 나노공정기술이 요구된다. 아울러, 칩면적의 최소화로 기능저하가 불가피하므로, 고감도의 나노소재적용이 불가피하다. 또한 저전력화를 위해서는 소모전력을 감소시키는 기술뿐만 아니라, 주위환경으로부터 에너지를 조달할 수 있는 에너지수집기술도 보완기술로 필요하게 되며, 다양한 나노소재, 공정기술의 적용이 필요하다. 이러한 나노소재, 공정기술의 접목이 신개념 스마트센서의 기술발전을 촉진할 것으로 전망된다.
- ★ 최근 나노 입자, 나노선, 나노튜브 등 매우 다양한 조성과 형태의 일반적으로 100 nm 이하의 형상을 갖는 금속, 무기, 유기, 바이오 그리고 복합 재료 등 나노재료를 이용한 나노 센서에 대한 연구가 활발히 보고되고 있다. 그것은 나노 재료가 갖는 독특한 물리, 화학, 기계, 광학적 특성을 때문이다. 한 가지 예로서 가스 센서에서 넓은 비표면적을 갖는 나노 감지 재료를 사용할 경우 낮은 작동 온도에서도 저농도의 대기 오염원을 감지할 수 있어 소비전력을 낮출 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로 센서의 소형화가 가능하다는 장점이 있어 최근 나노입자, 나노선, CNT(carbon nano tube)등과 같이 비표면적이 매우 큰 물질이 사용되고 있다.
- ★ 투명유연기술은 유연한 재질을 사용할 시에도 센서가 제기능을 발휘할 수 있도록 하는 기초원천기술로 4대 ICT분야(반도체, 센서, 디스플레이, 이차전지)에서 모두 요구되는 기술이다. 현재 투명유연센서는 다양한 웨어러블 기기의 터치센서로서 개발이 진행되고 있으나, 굴곡이 발생하는 부분에서 Si(실리콘 반도체)기반 센서 보다 성능이 낮아지는 문제가 있어 제품으로 상용화하는데 걸림돌로 작용하고 있는 상황이다.

- ★ 유연센서 개발에 있어 주로 소재와 공정분야에서 기술개발이 필요하다. 소재분야는 투명하면서도 전도성이 있으며, 센서로서의 반응성을 가지는 소재가 유망하다. 나노입자, 나노선, 2D소재 등 다양한 소재들이 센서분야에 활용되고 있다. 공정분야에서는 유기트랜지스터, Roll-to-Roll, 잉크젯, 스크린프린팅 등 인쇄전자분야에서 적극적인 기술개발이 진행 중이며, 향후 반도체 소자, 나노기술, 디스플레이 소자들과 관련된 형태로 연구개발이 진행될 것으로 전망된다.



| 그림 8. 나노기술에 의한 스마트센서기술의 고기능 및 초소형화 촉발 사례 |



출처: www.ksodi.or.kr (차세대전자소자_10대 표준화 전략 트렌드, 2013)

| 그림 9. 유연센서 관련 기술 |

3. 국내외 스마트나노센서 기술 동향

스마트나노센서의 정의 및 종류

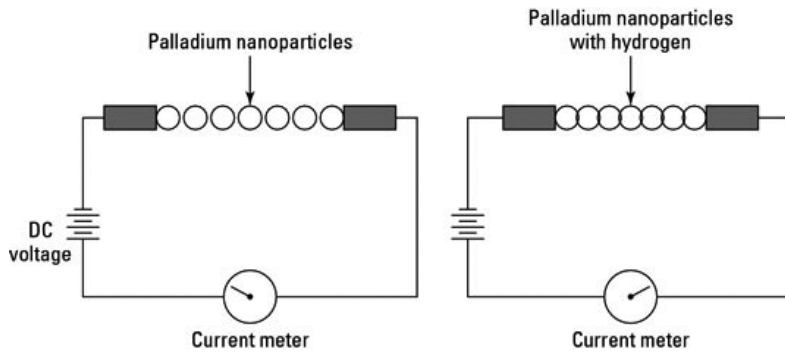
★ 센서는 감지대상, 동작방식, 재료, 구현기술 및 집적도에 따라 다양하게 분류되며, 목적에 맞는 기준으로 혼용하여 사용되고 있다. 나노센서는 측정하고자 하는 대상물질 또는 센싱물질의 크기가 최소한 100nm보다 더 작은 센서를 말한다. 스마트나노센서는 IC와 나노기술의 적용을 통해 센싱 기능 자체를 강화하는데 직접적인 도움을 주고 있으며 이를 통해 공정기술 향상 및 응용 분야 확대, 가격 절하효과 등 다양한 긍정적 효과를 가져온다. 예를 들어 바이오센서분야의 적용은 POC(Point of Care)개념의 현장신속진단이 가능하며, 모바일분야에 MEMS 및 나노 등의 미세 기술은 모바일 기기에 더 많은 어플리케이션 탑재 기회가 열릴 것으로 보이며 이용자의 편의를 크게 높이고 있다. 결국, 기본적인 센서 기술이 MEMS, 나노 등의 미세 기술과 반도체의 SoC 기술 등이 전반적인 기술적 융합 및 진화를 거듭함으로써 복잡한 기능을 제공할 수 있게 변화 중이다.

표 3. 센서의 구분

구분	내용
감지대상별	물리센서(힘, 온도, 전자기, 광학 등), 화학센서(가스, 이온, 수질 등), 바이오센서
감지방식별	저항형 센서, 용량형 센서, 광학식 센서, 자기식 센서
집적도별	단순센서, 전자식 센서, 디지털 센서, 지능형 센서
구현기술별	반도체 센서, MEMS 센서, 나노센서, 융복합센서
적용분야별	자동차용, 모바일용, 가전용, 환경용, 의료용 등

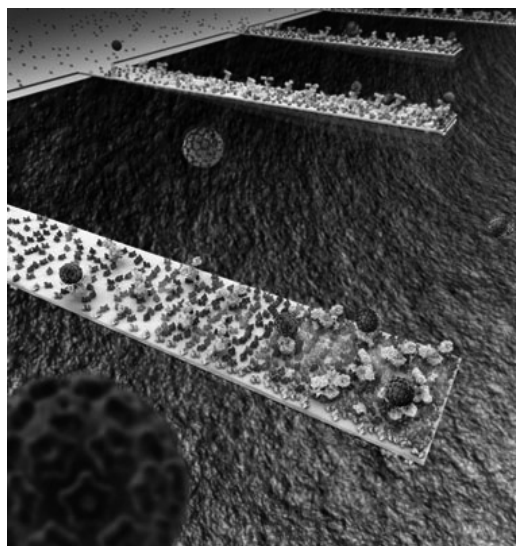
※ 출처 : CHO Alliance(2015), “IoT 시대에 주목받는 스마트 센서 유망분야 시장전망과 개발동향”

- ★ 나노 센서는 사용되는 물질에 따라 나노입자, 나노와이어 및 나노튜브, 나노캔틸레버 센서로 분류할 수 있다.
- ★ 나노 입자센서의 한 예는 바람막이에 수집되는 물과 유사한 효과로서, 치밀한 팔라듐 나노 입자 층을 포함하는 수소 센서이다. 수소가 흡수되면, 팔라듐 나노 입자가 팽창하면서 서로 연결되어 팔라듐의 저항이 낮아진다.



| 그림 10. Pd 나노입자를 이용한 수소가스 센서(The application of nanosensors by E. Boysen et al.) |

- ★ 반도체성 나노 튜브 또는 와이어를 사용하는 센서 : 가스 또는 바이오 분자가 산화 아연과 같은 반도체성 나노 와이어나 기능화된 탄소나노튜브에 결합하면 전도도가 변하는데, 변화량에 따라 결합된 분자량의 측정이 가능하다. 또한, 전도도의 변화방향에 따라 물질의 종류를 구별할 수 있다. 예를 들어, 이산화질소 가스는 전류를 감소시키고 일산화탄소는 전도도를 증가시킨다. 이러한 나노와이어와 나노튜브는 항체를 고정시켜 박테리아나 바이러스를 검출하는데도 사용이 가능하다.
- ★ 나노 캔틸레버 (Nanocantilevers) 센서 :이 소자는 단일 분자를 검출 할 수 있는 센서를 개발하는 데 사용되고 있다. 분자가 캔틸레버에 흡착하여 무게를 변화시키면 변화하는 공진 주파수에서 진동한다는 사실을 이용한다. 특정 박테리아 또는 바이러스에 결합하는 항체분자로 캔틸레버를 코팅하면 어떤 박테리아 또는 바이러스가 캔틸레버에 결합 할 것인지를 결정하여 선택성을 부여할 수 있다.



| 그림 11. 나노캔틸레버센서 개념(Purdue University의 R. Bashir와 M. A. Alam) |

국내 스마트나노센서 기술 동향

- ★ 나노기술은 센서 감각을 기존보다 민감하게 만드는 데 쓰일 수 있다. 재료연구소는 나노 구조체의 공명 현상을 이용한 초고감도 분자감지 소재를 개발했다. 금, 은을 비롯한 귀금속으로 만든 나노 구조체에 특정 파장의 빛을 쏘이면 한꺼번에 진동하는 공명 현상이 일어나며 구조체 사이 빈 공간이 생기고 전기장의 세기가 급격히 증가한다. 개발한 센서를 미세먼지 측정에 활용한다면 다이옥신과 같은 인체유해성분이 공기 중에 1ppb(10억 분의 1) 수준의 극미량만 있어도 알아낼 수 있다.
- ★ 센서를 지속적으로 구동하기 위한 전력을 얻는 일에도 나노기술이 힌트를 줬다. 류정호 재료연구소 금속재료연구부 책임연구원은 2016년 전선 주변에 존재하는 미세한 자기장을 전기에너지로 변환하는 기술을 개발했다고 국제학술지 에너지 머티리얼스에 발표했다. 전자기 유도 현상을 이용해 자기장을 전기에너지로 변환시키기 위한 코일을 소형화한 게 핵심이다. 개발한 소재는 사물인터넷 센서 네트워크 등을 구동할 수 있는 수준의 전기에너지를 수확할 수 있음이 확인됐다.
- ★ 눈에 착용하는 형태의 ‘스마트 렌즈’는 눈물을 통해 혈당이나 안압을 실시간으로 측정하는 기술이다. 기존 스마트 렌즈는 센서에 사용된 금속 전극이 불투명해 시야를 가린다는 한계가 있었다. 울산과학기술원(UNIST)는 금속 나노 와이어와 그래핀을 이용해 투명한 전극을 제작하여 당뇨병과 녹내장 진단이 가능한 ‘스마트 콘택트렌즈 센서’를 개발하였다. 나노기술 덕분에 완전한 시야를 확보할 수 있게 되었다.



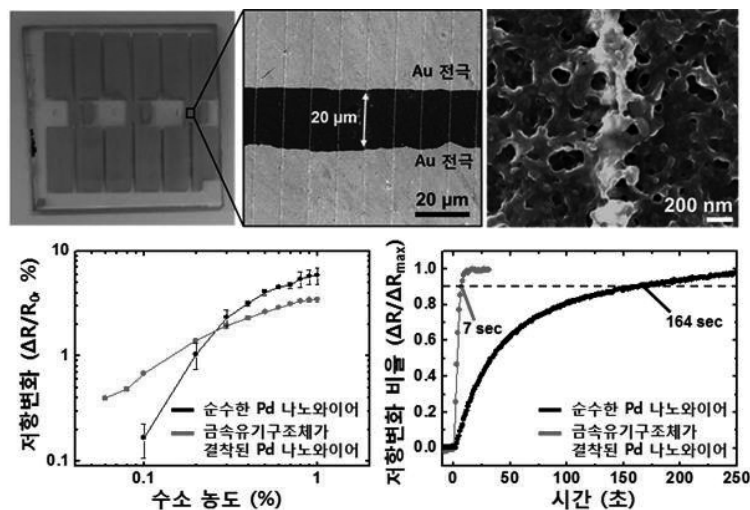
| 그림 12. 스마트 콘택트 렌즈(UNIST)

- ★ 한국전자통신연구원(ETRI)은 ‘환원 그래핀’과 ‘탄소나노튜브’를 결합해 압력 및 변형정도를 동시에 측정할 수 있는 ‘직물형 복합센서’를 개발했다. 재료 자체가 센서이다 보니 마치 천에 염료를 코팅하듯 전도성 그래핀을 입힌 것이어서 원하는 만큼 잘라서 센서로 활용 가능하다.



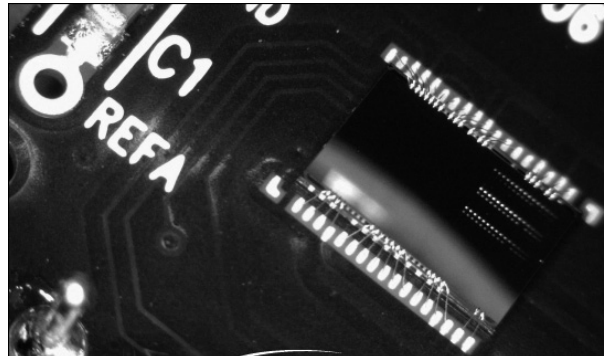
| 그림 13. 그래핀 기반 직물형 스트레인-압력복합센서가 적용된 면장갑(ETRI) |

- ★ KAIST와 KIST는 나노구조체 가스센서기술에 3D프린팅 기술을 적용된 핸들로 사람이 내쉬는 에탄올 성분을 측정해 음주운전 여부를 경고하거나 차량시동을 차단하는 사업화 아이디어를 제안하였다.
- ★ KAIST는 미국 캘리포니아대 어바인 캠퍼스 화학과 연구팀과 함께 팔라듐 나노와이어에 가스 검출 능력을 높이는 금속 유기 구조체를 코팅하는 방법으로 대기 중 1% 미만으로 존재하는 미세한 수소가스를 7초 안에 검출할 수 있는 초고속 수소가스 탐지 센서를 개발하여, 검출에 보통 60초가 걸리는 기존의 센서를 대체하여 수소 자동차를 비롯한 다양한 분야에 적용할 수 있을 것으로 보인다.



| 그림 14. 주사현미경으로 찍은 팔라듐 나노와이어 어레이와 금속유기구조체 이미지 |

- ★ (주)나노람다코리아는 나노종합기술원과 공동으로 CMOS영상센서 위에 나노광학필터 어레이를 구현한 초소형 나노분광센서를 개발하였다. 비침습·비파괴 방식으로 수질감시, 미세먼지, 음식품질, LED 색 파장 측정 등 다양한 사물인터넷 분야에 응용할 수 있는 모바일탑재가 가능한 크기와 가격대를 구현하였다.

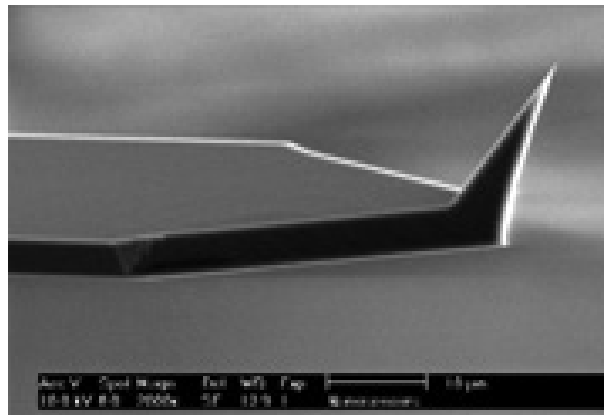


| 그림 15. 나노분광센서(나노람다) |

- ★ 스마트나노센서는 다양한 원천기술의 상용화 시도 단계로서, 가장 활발하게 연구개발 및 제품화가 진행되고 있는 분야라 할 수 있다. 특히 IoT와 결합하여 새로운 아이디어가 상품화될 수 있는 분야에 사업화가 활발하다.

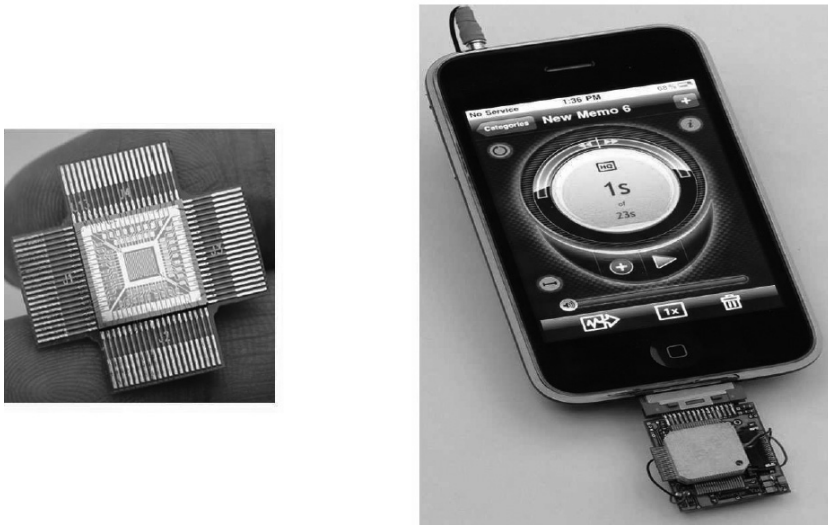
/// 국외 스마트나노센서 기술 동향

- ★ 물리센서분야중 나노센서의 가장 대표적인 사례는 AFM용 나노탐침이며, 측정대상소재 및 측정물성등에 따라 다양한 나노센서들이 개발되고 있다. 일본, 미국, 유럽을 중심으로 CNT, 그래핀 등 다양한 나노 소재를 이용하여 상용화 하였다.(Nanosensors Mikromasch 사 등)



| 그림 16. AFM 나노센서(Nanosensors사) |

- ★ Princeton과 California-Berkeley 대학의 연구원은 개별 세포에 삽입 할 수있는 “나노 온도계”를 개발하였다. 기존의 열전쌍 와이어를 사용하는 대신 온도 변화에 따라 색이 변하는 반도체 결정을 사용한다. 초음파에 의한 체내 조직의 온도를 측정하기 위한 용도로도 사용되는데, 미국의 Omega사에서 이러한 미세 게이지 열전대를 상용화중에 있다.
- ★ 미국 NASA AMES연구소에서는 단일 벽 탄소 나노 튜브(SWCNT), 중합체 코팅 된 SWCNT, 금속 나노 클러스터 또는 도핑 된 SWCNT를 갖는 IDE(Interdigitated electrode) 전극으로 배열된 32 개의 화학적 센싱 요소 채널을 갖는 화학센서모듈을 개발하였다. 증기 상 분석 물질에 노출되면 어레이의 각 감지 요소가 고유하게 반응하여 각 증기/가스에 대한 저항 또는 “냄새”의 재현 가능한 조합이 나타나고, 전기적 신호 변화를 통해 측정이 가능하다.

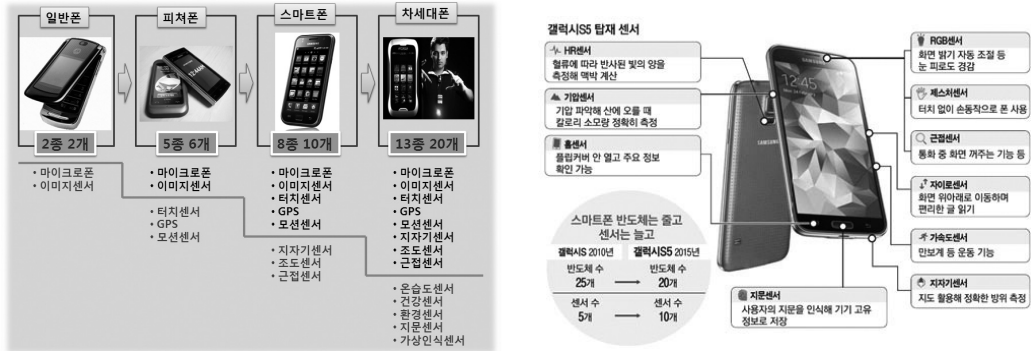


| 그림 17. NASA 에임즈연구소에서 개발한 CNT기반 어레이형 화학센서 |

4. 스마트나노센서 응용

// 모바일 및 웨어러블 응용분야

- ★ 모바일 센서(Mobile Sensor)는 주로 이동형 스마트 디바이스(스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등)에 적용된 센서 전반을 의미하며, 이미지 센서, 마이크로폰, 터치센서, GPS, 모션센서, 지자기센서, 조도센서, 근접센서 등 일반적으로 5~17종으로 분류된다. 스마트폰뿐만 아니라, 웨어러블 기기 시장의 수요와 MEMS 기술 및 유연공정기술의 발달로 첨단기능을 가진 센서들이 초소형화, 저가격화 되면서 지속적으로 증가하고 있으며, 향후 후각, 미각 센서까지 탑재되어 오감 센싱이 가능해질 전망이다.



| 그림 18. 스마트폰 탑재 센서 수 증가 및 최근 적용 사례 |

★ 모바일의 새로운 형태인 웨어러블 센서 시장 규모는 ‘25년까지 30억 달러로 전망되며, 30%이상이 새로운 종류의 센서이다. 새로운 에너지 수집 및 저장기술, 효율적인 전원 관리 시스템 및 저전력 컴퓨팅이 함께 포함되며, 플렉서블, 패셔너블, 인비저블이 증가되어 웨어러블 전체 시장을 700억 달러로 확대시킬 전망이다. 더 많은 정보를 정확하게 얻기 위해서는 서로 다른 감지기작간의 융합이 나타날 것으로 기대된다. 다양한 감지기작을 결합하는 것만으로도 생리현상을 측정하는데 있어서 민감도와 특이도가 향상될 수 있다. 센서의 부착도 중요한 난제중의 하나이다.



| 그림 19. 초박형 웨어러블 센서(도쿄대 소메야 타카오 교수팀) |

자율주행자동차 응용분야

- ★ 자동차는 약 30여종 이상, 200여개 가까운 센서가 부착되어 센서가 가장 많이 사용되는 산업이라고 할 수 있으며, 운전자지원 시스템(ADAS), 무인 자율주행 등 스마트카에 대한 연구개발이 본격화되어 더욱 진화된 레이더, 카메라, 초음파 센서 등에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다. 자동차용 센서시장은 '20년까지 약 309억달러규모로, 연평균('15~21년) 10.6%씩 성장할 것으로 전망된다.



| 그림 20. 자동차 채용 센서수 추세 |

- ★ 현재 자율주행 차량은 대개 카메라, 레이더(Radar), 라이다(LiDAR) 센서를 조합하여 이용하고 있다. 상용화되어 있는 부분자율주행 차량에는 아직 라이다 센서는 적용되어 있지는 않고, 카메라와 레이더 센서를 묶어서 자율주행에 적용하고 있다. 라이다 센서를 적용하는 최초의 양산 차량은 아우디 A8이 될 전망이며, 벤츠 차량의 부분자율주행에는 스테레오 카메라가 사용되고 있다. 카메라, 레이더, 라이다 센서의 현재 기술 수준이 완벽하다고 할 수는 없기 때문에, 각 센서 및 인식 성능을 높이고, 가격을 절감하기 위한 노력도 계속되고 있다.
- ★ 일반적인 센서들 이외에 새로운 센서들에 대한 노력도 계속되고 있다. CES 2018에서는 자율주행을위한 새로운 센서들이 전시되었다. 이스라엘 스타트업인 아르브로보틱스(Arbe robotics, 3D 레이더 기술), 아다스카이(Adasky, 3D열화상 카메라 기술), 바야(Vayyar, UWB 기반 센서 기술)의 새로운 센서들과 캐나다의 자동차 부품 업체인 마그나(Magna, 3D레이더 기술)의 센서가 앞으로 자율주행을 위한 새로운 대체 센서로 등장할 지가 주목된다.

| 표 4. 자율주행자동차 특화 센서 |

3D 레이더 센서	열화상 센서	초광대역 UWB 기반 센서
<p>그림 4. 아도프트로보틱스의 3D레이더 기반 인식 예</p> 	<p>그림 5. 일반 카메라와 아다스카이의 바이퍼 영상 비교 화면</p> 	<p>그림 7. 차량에 응용된 바이퍼의 3D 센서 기술</p> 

- ★ 자동차용 센서는 그 성능이 탑승자의 안전과 직결되므로 내환경성 및 신뢰성이 중요하다. 최근에 반도체, 나노기술을 통해 저렴한 가격과 높은 정밀도가 실현되어 수 ppb까지 측정 가능한 가스센서가 개발되었으나, 신뢰성과 관련해서는 아직도 해결해야할 난제들이 있다.

/// 바이오 응용분야

- ★ 나노바이오센서는 그 기능의 고도화와 소형화로 인해 재택진단 분야, POC(Point of Care, 현장진단)분야, 환경 및 국방, 보안분야등을 중심으로 더욱 유용성이 높아질것으로 예상된다. 나노입자, 나노선, 2D소재 등 다양한 나노소재를 사용함으로써, 매우 높은 민감도와 신속진단이 가능하여 실시간 진단이 가능하여 원격의료에 필수적인 기술로 요구되고 있다. BCC보고서 2021년 세계시장은 106억 달러, 국내 시장은 약 1.2조대에 이를 것으로 추정된다.

- ★ 바이오 센서는 나노광섬유, 나노입자, 나노선, 나노튜브 등과 같은 나노구조체를 바이오센서에 응용한 형태가 대부분이다.

① 특정 염기서열의 DNA가 코팅된 금 나노입자(지름~13 nm) 구조체(용액)를 이용한 진단 기술

※ 특정 DNA간의 선택적 결합으로 나노입자의 색깔 변화를 유도함으로써 생체물질 내 특정질병 관련하여 바이오 마커로써의 기능을 제공함

② 나노선 기반 트랜지스터를 이용한 나노바이오센서 개발 기술

※ 반도체 특성을 지닌 나노선 또는 탄소나노튜브를 전극 사이에 연결하고, 표면에 특정바이오 물질을 코팅(항체 등)한 후 생체 물질 시료와 반응시킴으로써 생성되는 전기전도도의 변화 값 측정

③ 탄소나노튜브를 전기·화학적 바이오센서의 신호분석기로 활용

※ 센서 검출기 부분에 특정물질과 결합할 수 있는 물질(항체, 압타머 등)을 탄소나노튜브표면에 고정한 후, 여기에 생체물질(DNA, 단백질)을 떨어뜨렸을 때 생기는 전기적 신호변화를 측정

5. 맺음말

- ★ IoT시장의 확대로 센서를 활용한 데이터 생성·수집·분석 활동의 부가가치가 높아짐에 따라 센서의 역할이 매우 중요하며, IC와 나노기술의 발전으로 센서는 더욱 소형화, 저전력화, 지능화되면서 스마트나노센서로 진화하고 있다.
- ★ 4대 ICT핵심부품(반도체, 센서, 디스플레이, 전지)중 센서 분야는 현재 국내 기업의 시장규모가 세계시장의 1.6%, 기술수준은 선진국의 64% 수준에 머무르고 있어, 혁신제품개발에 대한 돌파구가 필요한 시점이다.
- ★ 나노입자, 나노와이어 및 나노튜브, 2D소재 등을 활용한 나노센서는 기존 센서의 한계를 극복하여 극미량의 가스 및 바이오 물질 검출 등이 가능한 기술이다. 또한, 기술과 시장의 다변화와 창의적인 아이디어만으로도 창업이 가능한 전형적인 중소기업형 산업으로서, 국가 주도적으로 육성이 필요한 신산업분야이다.
- ★ 세계를 선도하는 국내의 우수한 모바일, 자동차, 바이오 등 기반산업과 연계하고, 차세대 웨어러블, 자율주행자동차, 스마트헬스케어산업 등에 필요한 스마트나노센서를 개발한다면, 급성장하고 있는 IoT시장에 대한 대응뿐만 아니라, 글로벌 시장으로의 진출과 시장규모 확대가 가능하리라 본다.

| 참고문헌 |

1. 첨단센서 시장 및 산업분석, 한국센서학회, 2016.5
2. 첨단센서육성사업 예타기획보고서, 2013.12
3. 박광만, 석왕현, 이광희, “센서산업과 주요 유망센서 시장 및 기술동향”, ETRI Issue Report, 2015. 5
4. T.C.Lim, S.Ramakrishna, “A Conceptual Review of Nanosensors”, Z. Naturforsch. 61a, 402 – 412 (2006)
5. E.Boysen et al., “ Nanotechnology For Dummies, 2nd Edition”, Wiley 2011.
6. J. Heikenfeld, “Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects”, Lab on a Chip, 2018, 18, 217–248.