

환경 센서 및 센서네트워크 분야의 최근 연구동향 Review of Recent Studies on the Environmental Sensor and Sensor Network

박 덕 신* · 윤 영 훈¹⁾ · 봉 춘 근²⁾

한국철도기술연구원 철도환경연구실, ¹⁾한국환경산업기술원 녹색기술개발실,
²⁾그린비환경기술연구소

(2010년 10월 6일 접수, 2010년 12월 15일 수정, 2011년 1월 18일 채택)

Duckshin Park*, Younghoon Yoon¹⁾ and Choonkeun Bong²⁾

Railroad Environmental Research Department, Korea Railroad Research Institute, Korea

¹⁾Green Technology Development Office, Korea Environmental Industry and
Technology Institute, Korea

²⁾Greenbee Co. Ltd., Korea

(Received 6 October 2010, revised 15 December 2010, accepted 18 January 2011)

1. 서 론

실내환경기술은 2003년 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」 제정으로 관리를 위한 제도적 기틀이 마련된 이후 2009년 1월 실내공기질 관리여건 및 현황, 정책의 기본방향, 부문별 세부대책 등 실내공기질 관련 정책을 포괄하는 「실내공기질 관리를 위한 중·장기 종합계획(2009~2014년)」의 수립으로 범정부 차원의 실내공기질 관리체계가 구축되었다(Korea Ministry of Environment, 2009). 종합계획에서는 실내공기질 관리대책도 기후변화대응을 우선적으로 고려하여 추진하고 관련 녹색 기술개발을 통한 경제성장을 도모하고자 하며, 국민이 체감할 수 있는 실내공기질 향상을 위한 실천계획 및 투자계획을 담고 있다. IT의 급격한 발전은 실내공기질 관리에도 영향을 미쳐 다중이용시설에 정보통신기술을 적극적으로 도입하게 되었다.

최근 정부에서는 신성장동력의 일환으로 IT 기술과 접목된 환경공학(ET) 기술을 응용하여 생활공간의 친환경성능을 향상시키기 위한 접근이 시도되고 있다. 최근 이런 시도들은 USN(ubiquitous sensor network)을 기반으로 하는 단계까지 진화했으며, 다양한 분야에서 응용 및 실용화 기술개발이 이루어지고 있다. 특히 이들 중 센서활용 기술은 USN 시스템에서 가장 기본적인 구성 요소로서 USN 기술의 이용으로 보다 정밀하고 신뢰성 있는 실시간 정보의 제공과 공유가 가능해졌다. USN 기반의 다중이용시설 실내공기질 모니터링은 다양한 공간에서 적용될 수 있고, 모니터링된 정보들을 활용하여 보다 효과적인 제어시스템을 구축함으로써 거주자나 재실자들이 보다 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 한다(Yoon *et al.*, 2009).

다중이용시설에서 발생되거나 인체에 영향을 미치는 오염물질은 대부분 인체가 감지하기 힘든 농도범위이기 때문에 오염물질의 농도를 예지하고 실내환경의 오염인자를 제어하기가 쉽지 않은 것이 특징이다. 그러므로 다중이용시설에서 실내 오염물질과 실내환경 인자들을 모니터링하고 수집된 정보를 활용

*Corresponding author.

Tel : +82-(0)31-460-5367, E-mail : dspark@krri.re.kr

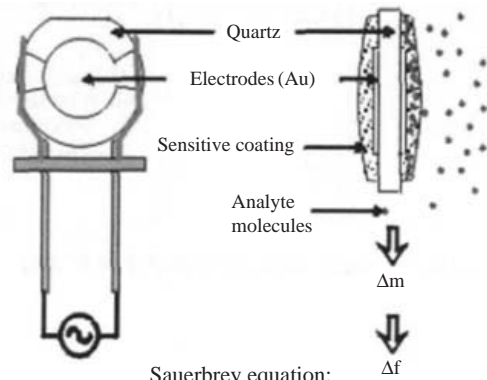
하여 공기질 관리에 필요한 하드웨어를 제어하는 방법을 필요로 한다. 이를 위해서는 원하는 센서의 선정, 센서네트워크의 구축, 수집된 데이터의 활용 등이 필요항목이다. 본 논문에서는 센서를 활용하여 다중이용시설에서 센서네트워크를 구축하여 실내공기질을 실시간으로 모니터링 하고자 할 때 필요한 제반사항들을 정리하고, 센서 및 센서네트워크 기술의 국내의 연구동향을 소개하였다.

2. 본 론

2.1 가스센서의 정의 및 분류

센서는 어떤 물질의 물리·화학적량을 감지하여 전기적, 기계적, 광학적 신호 등으로 변환시키는 기능의 소자를 통칭하는 용어으로써, 최근 산업의 발전과 더불어 센서의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 센서의 응용분야 또한 확대되고 있다. 실내환경에서 사용되는 가스감지 센서에는 흡·탈착현상을 이용하는 센서, 가스의 반응성을 이용하는 센서, 선택투과막을 이용하는 센서 등으로 나눌 수 있다. 소자의 형태에 따라서는 BAW (bulk acoustic wave sensor), SAW (surface acoustic wave sensor), 반도체 센서, 전기화학 센서, 적외선 가스 센서 등으로 나눌 수 있다(Fraden, 2004).

BAW (bulk acoustic wave sensor)는 질량 차이를 감지하는 그림 1의 QMB (quartz micro-balance)의 일종으로 VOC 미터에 많이 적용된다. 이 기술은 신호의 안정성이 높고, 상온에서 구동되는 장점이 있다. 또한 비파괴적 특성이 있으며, 대량 생산이 가능하다. 반면 센서의 크기가 크고, 단가가 높은 단점이 있다. SAW 역시 BAW와 마찬가지로 질량 변화에 따른 주파수의 변화를 감지한다. SAW는 그림 2에서와 같이 한쪽 IDT (inter digital transducer)에 가해지는 교류 신호가 표면의 수축과 이완을 유도하고 이 변형이 표면 탄성파를 일으켜 기관을 따라 이동하면 수신 IDT는 주파수 측정기에 연결되어 감지되는 신호의 주파수 변화를 감지한다. 표면 탄성파의 주파수는 표면의 물리적 특성에 의해 결정되는데 가스가 흡착되면 감지층의 물리적 특성을 변화시키고 표면 탄성파의 전파를 간섭한다. SAW는 대부분 이중 구조가 사용되며, 센서신호는 코팅되지 않은 SAW로부터의 기준 신호와 합쳐져 노이즈 및 온도효과를 최소화하며, 관



Sauerbrey equation:

$$\Delta f = -C_r \frac{f_0^2}{A} \cdot \Delta m$$

Δf : Frequency shift

Δm : Mass change

A : Effective area

f_0^2 : Fundamental frequency

Fig. 1. Quartz micro-balance.

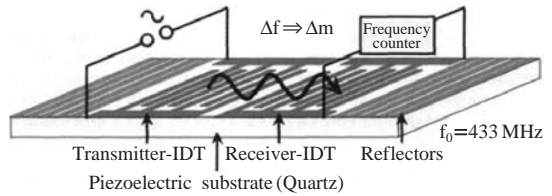


Fig. 2. SAW (surface acoustic wave sensor) with IDT (inter digital transducer).

측 주파수를 낮추는 역할을 한다. SAW는 감도가 좋은 특성이 있으나 노이즈 효과가 큰 경향이 있다.

MOS (metal oxide semiconductor) 센서는 그림 3에서와 같이 ZnO, SnO₂ 등 금속산화물 반도체 센서가 있으며, 반도체 표면의 화학반응에 따른 두 전극 사이의 저항 변화로 가스의 농도를 관측한다. 이 방식은 연소성 가스, NO₂, CO에 대해 감도가 좋고, 반응이 빠른 특성이 있으며, 부식성 가스나 습도에 대해 안정적이고 생산비가 저렴한 것이 장점이다. 반면 선택성이 취약하고, 높은 동작 온도가 필요한 단점이 있다.

MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor) 센서는 화학반응에 의해 FET (field effect transistor)의 변화를 이용하는 센서로서 그림 4에서와 같

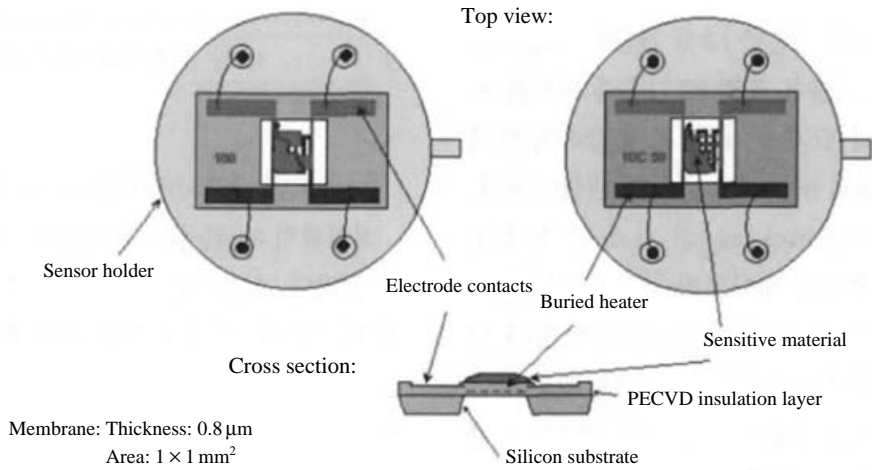


Fig. 3. View of MOS (Metal Oxide Semiconductor Sensor).

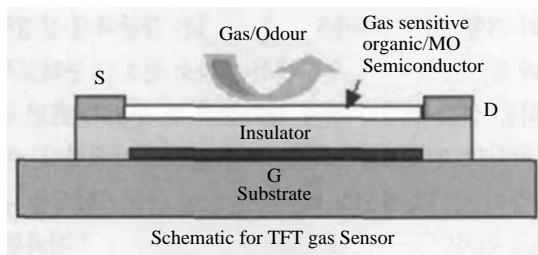


Fig. 4. View of MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor sensor).

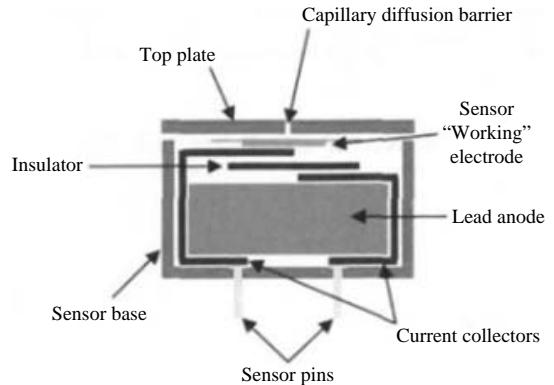


Fig 5. View of electrochemical gas sensor.

이 MOS 센서에 얇은 금속촉매나 가스에 반응하는 고분자 박막을 추가한다. 이 센서는 대량으로 신뢰도가 높은 센서를 제작할 수 있는 장점이 있다.

전기화학 가스 센서는 감지전극, 기준전극 및 반대전극으로 구성되며, 전해질로 채워져 있다. CO, SO₂, NO₂, CO₂ 등의 가스를 선택적으로 측정할 수 있다. 이 센서의 작동원리는 그림 5에서와 같이 감지전극에 도달한 가스는 전극 물질에 따라 특정 가스에 활성화된 산화 혹은 환원 반응을 일으킨다. 이 때 발생하는 전류 또는 전압을 반대전극으로 감지하여 센서 신호로 검출한다. 이 센서는 온도와 압력에 민감하여 일정 조건을 유지하는 것이 필요하다. 산소의 경우 탁월한 선택성과 안정성을 가지나 측정 가스의 종류에 따라 다른 가스에 의한 영향이 존재하여 필터가 필요한 단점이 있다.

2.2 센서네트워크의 정의

USN은 지능화된 네트워크를 이용하여 원하는 항목이나 인자를 손쉽게 모니터링할 수 있는 무선 센서네트워크의 한 기술이라고 정의할 수 있다. 특히 근거리 통신 프로토콜인 Zigbee를 기반으로 한 USN 기술은 홈 네트워크, 빌딩 및 산업 기기의 자동화, 물류, 환경 모니터링, 군사, 보안, 재고관리, 동물관리, 자연재해관리, 지능형교통시스템(ITS), 건강관리 등에 광범위하게 적용되고 있다. 환경 모니터링 분야에서는 광범위한 지역이나 공간구조가 복잡한 역사와 같은 실내 환경에서 기존의 측정기기를 대체하여 오염 물질의 농도를 손쉽게 모니터링할 수 있는 새로운

방법으로 인식되고 있다(Chung and Oh, 2006).

센서네트워크는 감지(sensing), 통신, 정보처리의 세 가지 연구영역을 통합하는 기술이다. 환경인자들을 감지 측면에서 보면 영역(domain)에 대한 지식은 필수적이며, 위의 세 가지 연구영역 다음으로 중요한 요소가 된다. 시스템을 설계하고 개발하기 전에 센서네트워크 시스템에 사용되는 설비의 물리적 상태와 설비에 대한 상세배치를 이해하는 것이 필요하다. 시스템은 온도, 압력, 진동과 같은 특정 조건하에서 작동되어야 하며, 추가로 자료의 수집과 변환이 통신과 안전 메커니즘의 설계에 큰 영향을 미칠 수 있다.

센서네트워크는 다양한 센서들의 배열에서 서버의 저장장소로 데이터를 전송하도록 설계된다. 통신망에서는 단순한 한 방향의 데이터 흐름보다는 전력소모를 최소화하고, 정보용량을 최대화하기 위해 시스템의 개별 요소들은 자신의 자료를 정리하여 필터링을 통해 어떤 데이터를 보낼 것인지를 결정한다(Martinez et al., 2004).

센서네트워크는 그림 6에 나타난 것과 같이 Ad-hoc 네트워크의 일종으로 감지 기능과 계산처리 그리고 무선통신 기능을 가지는 센서노드와 게이트웨이 또는 데이터 집중국 역할을 하는 베이스 스테이션 등으로 구성된 무선 센서네트워크로 정의할 수 있다. 기본적으로 센서노드는 감지된 정보를 베이스 스테이션으로 전달하고, 베이스 스테이션은 인터넷과 같은 기존의 네트워크를 통하여 사용자에게 해당 정보를 제공한다. 여기서, 사용자는 사람이 될 수도 있고, 센서네트워크 응용 소프트웨어가 탑재된 장치가 될 수도 있다. 그 과정에서 센서노드들은 기존에 미리

설치된 네트워크의 이용 없이 스스로 Ad-hoc 네트워크를 구성하여 베이스 스테이션으로 데이터를 전송한다. 센서노드들의 역할은 단순히 감지한 데이터를 전 처리하여 베이스 스테이션으로 전달하는데 국한하지 않고, 주변의 다른 센서노드들과의 협력을 통하여 고급 정보를 생성할 수 있다.

센서네트워크의 설치방식은 공간-시간적 응용에 따라 크게 기간시설 기반 모니터링과 광장기반 모니터링으로 구분할 수 있다(Jain et al., 2005). 전자의 경우, 센서노드는 이미 존재하는 시설물에 부착되어 원격으로 원하는 인자를 모니터링 한다. 여기서 기간시설의 설비는 데이터로그, 데이터 프로세스, 게이트웨이 노드 등 어떤 중간매개체로서의 역할을 하게 된다. 후자의 경우, 특정한 설치장소 없이 불규칙적으로 노드를 배치하여 밀집된 네트워크를 구성하여 모니터링하게 된다. 이런 방식은 넓은 지역의 오염수준 및 화학물질의 존재유무를 확인하거나 온도 등을 모니터링하기 위한 목적으로 사용된다.

센서네트워크는 응용 목적에 따라 다양한 요구사항을 가지지만, 설계시 센서노드의 수명을 최대화하기 위해 전력소모를 최소화하여야 하고, 광범위한 지역에 다량의 센서를 설치해야 하므로 가격이 저렴하여야 하며, 상황변화에 능동적으로 대처해야 하므로 토폴로지 변화의 수용 및 해결능력 등을 갖추어야 한다.

2.3 센서네트워크의 구성

실내공기질 모니터링을 위한 센서네트워크는 그림 7에서와 같이 마이크로 프로세스, 운영체제가 탑재된

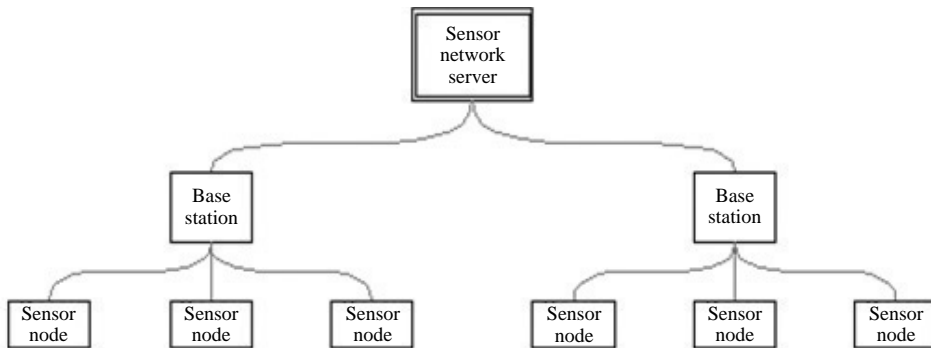


Fig. 6. Basic concept of sensor network.

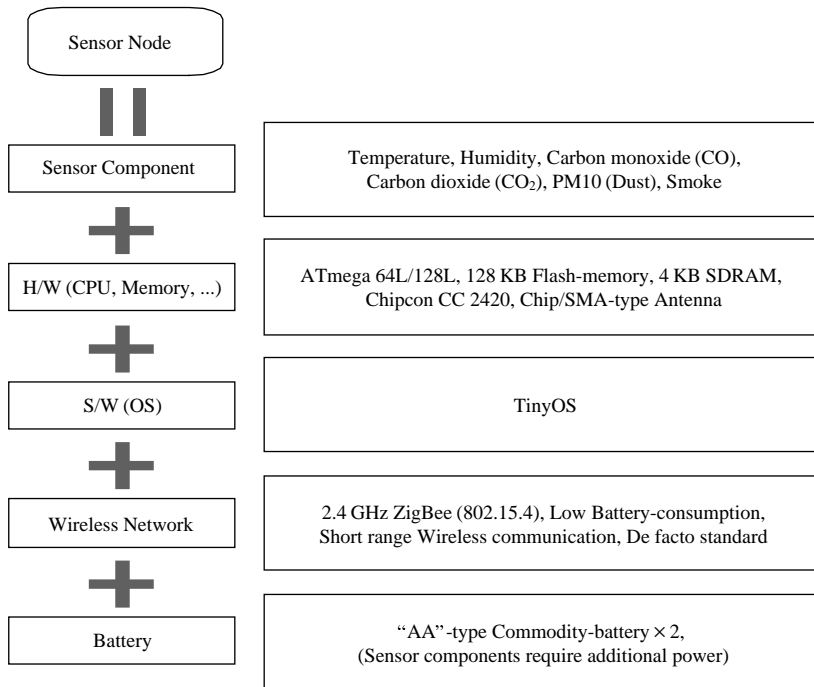


Fig. 7. Architecture of sensor node.

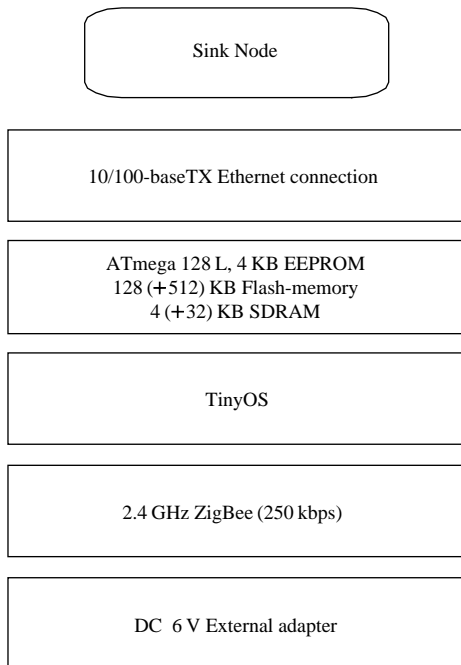


Fig. 8. Physical architecture of sink node.

Table 1. Characteristics of OCX-Z module.

Part	Specification
CPU	ATmega 64/128L
SDRAM	4 K Bytes
Flash Memory	128 K Bytes
RF	Chipcon CC2420
Security	DSSS
Power consumption	RX: 19.7 mA, TX: 17.4 mA
Transfer Rate	250 Kbps
Antenna	SMA type

메모리, 무선통신을 위한 RF (radio frequency) 등으로 구성된 센서노드와 노드의 프로그래밍, 업데이트, 네트워크 관리와 수집한 데이터를 이더넷 (ethernet)으로 연결하는 역할을 하는 그림 8의 싱크노드로 구성된다 (Wilson, 2005).

OCX-Z 모듈은 MCU (microcontroller unit) 기능을 하며, 표 1에 나타난 것과 같이 CPU는 Atmega 64/128L, RF는 Chipcon CC2420로 센서노드는 그림 9에서 보듯이 스마트 센싱, 데이터 프로세싱, 무선통신 등이 가능하며, 싱크노드는 센서네트워크 서버 (sensor

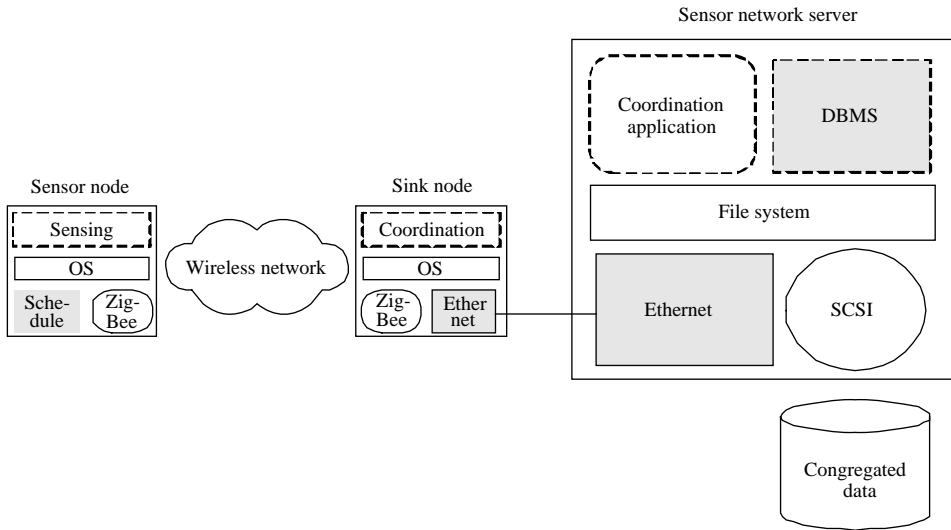


Fig. 9. Concept and simple structure of sensor network server.

Table 2. Core technologies of sensor and sensor network.

Classification	Core technologies
Power consumption	Life time maximize by low power consumption design
Cost	Low price and maximize monitoring area
Calibration	Self calibration
Flexibility	Flexibility network topology

network server: SNS)로부터 센서노드를 관리하기 위해 데이터 전송 스케줄을 관리하고 통제한다. SNS는 정해진 시간 간격으로 데이터를 수집한다.

센서 및 센서네트워크의 핵심기술로는 표 2에 나타난 것과 같이 센서의 저전력 설계, 수명 최대화, 저가격, 자가 보정(self calibration) 등을 들 수 있다.

3. 기술의 연구개발 동향

3.1 가스센서기술의 연구 동향

세라믹스는 지금까지 감지가 곤란했던 대기오염물질(CO₂, NOx, SOx)에 대한 최적 센서재료로 연구되고 있다. 지금까지 세라믹스는 분말원료를 소결하여 제조하는 것이 일반적인 프로세스였으나 최근에는 액상법과 기상법을 이용하여 분체를 제조하는 프로

세스가 급속히 진전되고 있다(Hua *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2007; Malyshev and Pisyakov, 2007; Guo and Pan, 2006; Yu, 2001).

가스센서의 개발동향은 벌크형(실용화되어 있는 센서의 대부분은 알루미늄아 디옥사이드에 반도체 산화물 페이스트를 바른 것임) 반도체 미세가공(micromachining)기술을 이용한 박·후막형으로 소자의 마이크로화, 양산화, 저전력화, 고감도화 방향으로 진행되고 있다. 고감도 센서를 제조하기 위하여 나노 사이즈의 SnO₂ 박막을 사용한 연구보고가 있는데(Korotcenkov and Cho, 2009), 초미립 박막의 제조방법은 기판위에 polyimide, teflon 등의 유기계 폴리머가 미세돌기를 이루도록 플라즈마 에칭한 다음, 그 위에 초미립자상의 SnO₂ 박막을 스퍼터링법으로 제조한다. 이와 같이 제조된 센서는 수소가스센서로 적합한 것으로 알려져 있다(Yoo *et al.*, 2005).

또한, 소자를 가열하는 데 소비되는 전력을 줄이기 위해 미세가공기술을 이용, 기판의 가열부 아랫면을 식각하여 격막이 되도록 제작한 마이크로센서도 보고된 바 있다(Choi and Yoon, 2004). 최근에는 박막형성 기술, 미세가공기술, 반도체 제조공정의 고도화 등에 힘입어 표면전위의 변화를 이용한 센서인 MOS capacitor(Soo *et al.*, 2010), MOS FET형(Dai *et al.*, 2008) 등에 대한 연구가 진행되고 있다.

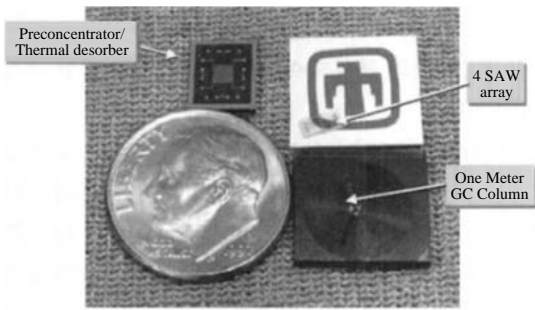


Fig. 10. Micro sensor based on MEMS.

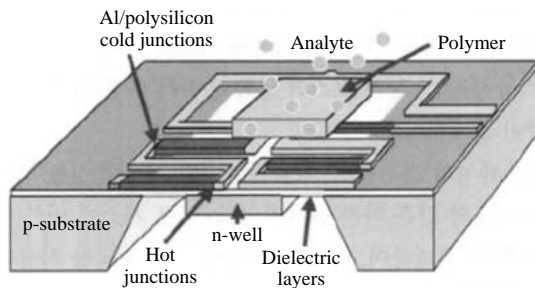


Fig. 11. Semiconductor type sensor.

경박단소화, 지능화된 센서를 제조하기 위해서는 기본적으로 주변회로와의 집적화가 용이하고 반도체 기판을 이용한 미세기계구조물의 제작이 가능해야 한다. 이러한 조건을 만족시켜 주는 것이 실리콘 재료를 기반으로 하는 MEMS (micro electro mechanical systems) 가스센서이다. MEMS 제조공정은 실리콘 기판 자체를 습식 식각기술 등을 이용하여 미세구조물을 만드는 벌크 미세기공, 초단파장의 X선 사진식각 공정을 이용한 3차원 일괄 가공기술인 LIGA (Lithographie Galvanoformung, Abformung) 프로세스가 있다. 미국 Sandia 국립연구소에서 그림 10에 나타난 MEMS 기반의 마이크로 센서와 크기, 동작, 속도, 신호 처리 및 전송 등이 가능한 그림 11의 스마트 센서 연구를 주도하고 있다.

최근 개발되고 있는 화학센서의 기술 동향을 보면, 감지물질의 처리부와 감지부 및 신호 처리부가 하나의 구조로 통합된 구조를 구현하기 위해 MEMS/NEMS (Nano Electro Mechanical Systems) 및 CMOS와 같은 첨단 기술들의 융합이 시도되고 있다. 그 대표적인 예

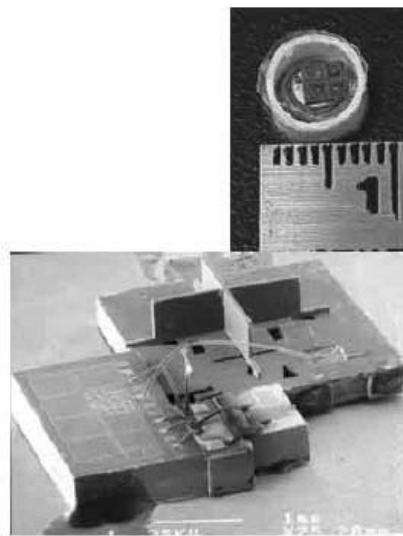


Fig. 12. Micro sized smart dust using MEMS.

로 Sandia 국립연구소에서는 MEMS 기반의 마이크로 센서 개발에 집중하고 있는데, 동전보다 작은 크기의 센서 요소 부품을 개발하고 이를 통합하는 기술을 진행 중이다 (Sandia National Laboratory, 2008).

향후 MEMS 기반의 다양한 환경 센서들이 IT 기술을 기반으로 실시간 환경 감시 센서네트워크와 같은 응용 분야에 적용되기 위해서는 핵심 센서들이 소형화, 저전력, 빠른 신호 처리, 집적화 가능성 등의 특성을 갖추어야 하는데, 반도체식이 가장 가능성이 높다고 할 수 있다 (Park *et al.*, 2008). 그러나 응용 분야에 따라서 생산 비용이 높더라도 정밀도가 요구되는 경우에는 광학식이나 마이크로칼럼 기술이 활용될 수 있고, 현재 센서 기술 개발의 추세를 보면 가까운 시일 내에 구현이 가능할 것으로 판단된다.

3.2 센서네트워크의 연구 동향

현재 센서네트워크의 몇몇 개별 기술요소에 대한 표준화가 활발히 진행되고 있다. 스마트 센서와 관련된 표준화는 IEEE1451이 대표적이다. 센서와 액추에이터의 마이크로프로세서/네트워크 인터페이스를 표준화하고, 제어망과의 연결을 용이하게 하여 플러그 앤 플레이 (PnP)와 유연성, 편리한 유지보수 기능 제공을 목표로 한다. IEEE 802.15는 개인영역무선통신 (WPAN, Wireless Personal Area Network)에 관한 표준

화이다. IEEE 802.15.1이 블루투스(Bluetooth)에 대한 표준화이고, IEEE 802.15.4는 저속의 저전력을 목표로 하는 프로토콜로서 현재 센서네트워크 구현에 가장 적합한 통신기술로 인식되고 있다. 2.4 GHz에서 250 kbps, 868/915 MHz에서 20/40 kbps 정도의 속도를 내며 MAC 코어 계층까지 하드웨어로 구현되어진다. ZigBee는 IEEE 802.15.4 표준을 다양한 산업응용에 사용하기 위해 제정중인 표준이며, Zigbee Alliance는 IEEE 802.15.4에서 정의된 물리계층과 MAC 계층과 더불어 네트워크, 시큐리티, 응용 계층까지 표준화하고 있다.

T-Engine은 TRON 프로젝트를 만든 사카무라 켄 교수에 의해서 2002년 6월에 설립되었으며, 표준화된 유비쿼터스 플랫폼을 제공하는 것이 목적이다. T-Engine은 Pico, Nano, Micro, Standard 등 총 네 종류의 하드웨어를 정의하고 있으며, T-Kernel, T-Monitor, Middleware와 GNU 툴을 이용한 표준화된 개발환경을 제공한다. 이외에도 버클리, UCLA, 인텔, 모토라 등에서 연구 중에 있다. 국내에서도 ETRI, KETI, 삼성 등의 연구소와 대학 그리고 기업에서 활발히 연구 중이다.

KAIST의 미래정보 연구센터에서 개발한 MICROS (Micro Information and Communication Remote Object-oriented Systems)를 전국의 모든 교량과 교각에 안전 진단용 MICROS를 내장하고 이를 연결하면, 별도의 전문인력 없이도 육안으로 관찰하는 것보다 훨씬 정확하게 교량의 안전을 진단하고, 실시간으로 필요한 조치를 내릴 수 있다. 폐수나 대기오염 물질을 배출하는 모든 지점에 MICROS와 오염감지 센서를 뿌려두면 환경상태를 실시간으로 모니터링하고, 그 결과를 일반인에게 공개할 수 있다. 교통유발부담금 부과 대상 건물에는 차량 유출입 센서와 MICROS를 부착해 실시간으로 교통량을 파악하고, 이에 따라 정확히 계산된 세금을 부과할 수 있다.

실내 환경 분야에서 기존 공기질 모니터링의 한계를 극복하기 위해 무선 센서네트워크를 적용하는 사례가 보고된 바 있다. Park *et al.* (2006)은 지하역사에서 지능화된 센서네트워크 기술을 이용한 Zigbee 기반의 무선 센서네트워크 기술을 적용할 경우 기존의 공기질 모니터링 방식보다 시스템의 구성에 적은 비용이 들고, 통신 케이블의 설치가 편리하여 손쉽게 네트워크를 구성할 수 있다고 제안하였다. 또한 MIT

연구그룹에서는 전력소모와 분석시간을 획기적으로 단축한 휴대형 가스 센서를 개발하여 IT 및 ET 기술의 융합이 고가의 정밀분석 기기를 첨단 기술로 소형화하여 대체할 수 있는 가능성을 보여주는 사례라고 할 수 있다(MIT, 2008).

4. 대표적 연구기관 및 단체

4.1 국외

미국 버클리는 센서노드의 대표적 연구기관으로 Mote 시리즈는 가장 널리 사용되는 하드웨어 플랫폼이 되었다. Mote 하드웨어를 초소형화한 스마트 머스트는 일반 가전기기뿐만 아니라 형광등과 같은 저가의 소형 시스템에도 가격 경쟁력 있게 부착될 수 있게 되었다. UCLA도 센서네트워크 개발을 주도하는 연구기관으로 그림 13의 iBadge 역시 MEMS를 기반으로 한 경쟁력 있는 하드웨어 플랫폼이다. 또한 콜라라도 대학에서도 Mantis를 개발하였으며, 유럽의 EYES 프로젝트에서도 PEEROS (Preemptive EYES

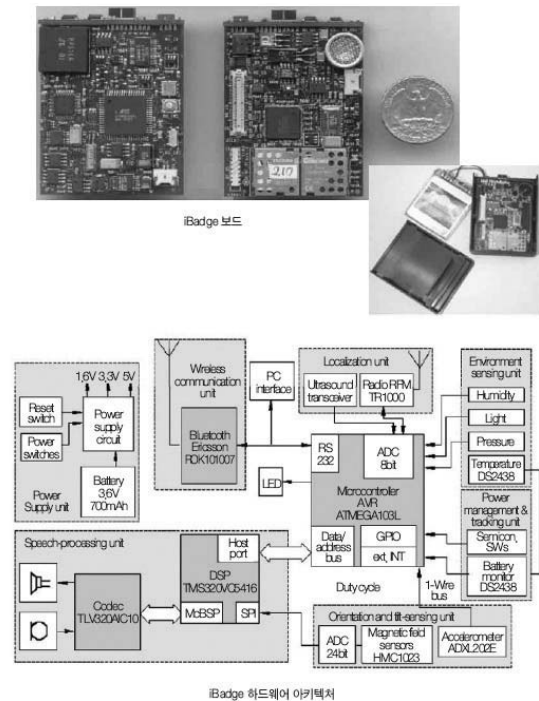


Fig. 13. iBadge by UCLA.

Table 3. International company manufacturing with gas sensor.

No.	Company name	Sensor	Location	Website	Target market
1	Shenzhen Dovelet Sensors Technology Co., Ltd.	CO, CH ₄	China	www.szdoelet.com	Worldwide
2	Hong Kong Diyatel Electronic Corp Ltd.	CO, H ₂ S, NOx, combustible gas	Hong Kong	www.szalcoholtester.com	Worldwide
3	Nemeto Co., Ltd.	CO, CO ₂ , NO ₂ <i>et al.</i>	Japan	www.nemeto.co.jp	Worldwide
4	UST Umweltsensortechnik GmbH	CO, NO ₂ , CH ₄ <i>et al.</i>	Germany	www.umweltsensortechnik.de	Europe, Asia
5	e2v	CO, SO ₂ , VOC <i>et al.</i>	UK	www.e2v.com	Worldwide
6	City Technology	CO, SO ₂ , O ₃ , NOx <i>et al.</i>	UK	www.citytech.com	Worldwide
7	IMR Environmental Equipment, Inc.	CO, CO ₂ , CH ₄ <i>et al.</i>	USA	www.imrusa.com	Worldwide
8	Figaro USA Inc.	CO	USA	www.figarosensor.com	Worldwide
9	Futurlec	CO, CO ₂ , O ₃	USA	www.futurlec.com	Worldwide
10	FIS	CO, O ₃	Japan	www.fisinc.co.jp	Worldwide

Table 4. Domestic company manufacturing with gas sensor.

No.	Company name (website)	Sensor	Location	Tel.	Target market	Annual sale (Million \$)
1	SENKO (www.senko.co.kr)	O ₃ , NH ₃ , H ₂ S, H ₂ , CO	Gyeonggi-do Ansan-si	031-492-0445	North America	5.0 ~ 10.0
2	Sentech Korea (www.sentechkorea.com)	CO, LPG	Gyeonggi-do Goyang-si	031-8071-4400	Western Europe	~ 1.0
3	Korea new ceramics (www.newcera.co.kr)	Hydrocarbon, combustible gas	Gyeonggi-do Bucheon-si	032-346-0188	North America	1.0 ~ 2.5
4	Sung Jin (www.sensor114.wo.to)	CO, O ₂ , H ₂ , CO ₂ , VOC	Busan-si Jingu	051-818-4957	Eastern Asia	~ 1.0
5	Hae song (www.gassensor.co.kr)	O ₃ , CH ₄ , NO, CO, CO ₂	Seoul-si Seocho-gu	02-578-2347		

Realtime OS)를 개발하였다. 표 3에 가스센서 관련 국외기업체를 나타내었다 (Etnews, 2005).

4. 2 국내

한국정보통신대학교(ICU) 센서네트워크 팀에서도 실험실 수준의 무인 헬리콥터 기반의 무인정찰 센서 네트워크 시스템 프로토타입을 개발했으며, 고급 감지 기능 추가와 실제 정찰기능 수행이 가능하도록 제어와 탐지 센서네트워크의 이중 구조로 구성했다.

무인정찰 센서네트워크 시스템은 UAV (unmanned aerial vehicle)를 활용하여 정찰하고자 하는 목적지에 제어와 탐지 센서노드를 운반하여 정찰지역에 투하한 후, 정찰지를 비행하며 측정된 데이터를 센서노드들로부터 수집하여 정찰 기지국으로 보고하는 기능을 가진 응용플랫폼이다. 현재 지자기 센서를 이용하여 차량의 이동 등을 감시할 수 있다.

KAIST의 미래정보 연구센터는 미세원격정보시스

템인 마이크로스(MICROS: micro information and communication remote object-oriented systems)를 개발했다. MICROS는 동전만한 크기에 2년 이상 배터리가 지속될 정도로 극소 전력을 사용한다. 기능적으로는 최소한의 컴퓨팅 능력과 함께 무선랜과 같은 양방향 무선 네트워킹 통신 능력을 보유하고 있다. 제품 단가는 천원 이하로 대량 생산과 보급이 충분히 가능하다. MICROS가 제공하는 무선 네트워크 기능을 활용하면 수 없이 많은 교량과 환경시설물, 백화점, 박물관 등의 각종 물리공간을 하나로 연결할 수 있다. 도시공간과 공공시설에 MICROS를 부착(삽입)해 감지, 추적, 감시, 행동화(actuator) 역할을 수행하는 원격 네트워크용 단말기로 활용할 수 있다.

ETRI에서는 지능적인 홈서비스를 위하여 2004년부터 센서네트워크를 통하여 상황을 인지하고 지식 기반을 추론을 통하여 적절히 제어하려는 연구를 수행하고 있다. 현재의 스마트 홈 시장을 기존 PLC(pro-

programmable logic controller) 기반의 홈네트워크 서비스에 태내 환경제어, 보안관리 등을 위한 무선 센서네트워크를 추가한 형태로 구축하려는 움직임이 본격화되고 있다. KT나 SKT, 기타 건설회사들을 중심으로 PLC와 무선 네트워크를 병합한 시스템으로 서비스를 제공할 계획이다. 한국철도기술연구원에서는 무선 센서네트워크를 기반으로 한 환경모니터링시스템을 지하철역사에 설치하여 에너지소비를 최소화 할 수 있는 지능형 공조시스템을 구축하고자 관련 연구를 수행하고 있다(Korea Railroad Research Institute, 2009). 국내에서 가스센서를 자체 생산하거나 수입 판매하는 기업체를 표 4에 나타내었다(Etnews, 2005).

5. 결 론

USN 시장의 규모는 2008년을 기준으로 1,149억 원 수준으로 아직 본격적인 시장이 형성되었다고 판단하기는 어려운 실정이며, 전체 기업체의 절반 이상이 RFID와 USN에 공동으로 참여하고 있어 센서 및 센서네트워크 분야에 대한 기업의 참여도는 낮은 수준이다. 기업들이 환경 센서네트워크 시장에 참여를 저저하는 것은 시장의 불확실성이 가장 큰 원인으로 지적되고 있다.

향후 센서는 외계정보를 감지, 해석, 판단, 명령을 내릴 수 있는 지능형 센서와 인간이 접근할 수 없는 가혹한 환경에서 각종 정보를 얻을 수 있는 극한 환경 센서의 개발이 필요하다고 판단된다. 센서의 장래 기술개발 전망은 단일소자에서 복합 어레이화 및 마이크로 집적화로, 단일구조에서 복합구조 및 3차원 계층구조로, 신호처리에서 정보 및 지식처리 방향으로, 고성능화에서 고기능화 및 지능화 방향으로 진행될 것으로 예상된다.

최근 환경부를 중심으로 다중이용시설의 공기질 관리를 위해 장기계획을 수립하여 막대한 예산을 투입하고 있지만 공기질 개선 측면에서 아직 뚜렷한 효과를 보지 못하고 있다. 기존의 환기를 이용한 오염 저감법의 경우 환기시스템의 가동이 다중이용시설 운영처의 운영비에 큰 부담을 초래하여 운영시간을 줄여서 공기질이 악화되기도 한다. 아직까지 지능형 환경 센서를 활용한 환경모니터링 시스템이 보편화되지 않고 있으므로 정확도를 갖춘 저가의 환경 센

서를 개발할 경우 활용가치가 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 국토해양부 미래도시철도기술개발사업(09 Urban Railroad A-01)의 일환으로 수행되었음.

참 고 문 헌

Choi, W.G. and S.G. Yoon (2004) Structural and electrical properties of LiCoO₂ thin-film cathodes deposited on planar and trench structures by liquid-delivery metalorganic chemical vapour deposition, *J. of Power Sources*, 125, 236-241.

Choi, Y.J., Z. Seeley, A. Bandyopadhyay, S. Bose, and S.A. Akbar (2007) Aluminum-doped TiO₂ nano-powders for gas sensors, *Sens. Actuators B*, 124, 111-117.

Chung, W.Y. and S.J. Oh (2006) Remote monitoring system with wireless sensors module for room environment, *Sens. Actuators B*, 113, 64-70.

Dai, C.L., P.H. Kao, Y.W. Tai, and C.C. Wu (2008) Micro FET pressure sensor manufactured using CMOS-MEMS technique, *Microelectronics J.*, 39(5), 744-749.

Etnews (2005) 2005 Ubiquitous white paper.

Fraden, J. (2004) *Handbook of modern sensors*, Springer, 503-524.

Guo, P. and H. Pan (2006) Selectivity of Ti-doped In₂O₃ ceramics as an ammonia sensor, *Sens. Actuators B*, 114, 762-767.

Hua, Z., Y. Wang, H. Wang, and L. Dong (2010) NO₂ sensing properties of WO₃ varistor-type gas sensor, *Sens. Actuators B*, 150, 588-593.

Jain, N., R. Biswas, N. Nandiraju, and D.P. Agrawal (2005) Energy aware routing for spatio-temporal queries in sensor networks, *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 1860-1866.

Korotcenkov, G. and B.K. Cho (2009) Thin film SnO₂-based gas sensors: Film thickness influence, *Sens. Actuators B*, 142, 321-330.

Korea Ministry of Environment (2009) *Indoor air quality management plan (2009-2013)*.

Korea Railroad Research Institute (2009) *Development of technologies for railroad system based on USN, 2nd year final report*.

Martinez, K., J.K. Hart, and R. Ong (2004) *Sensor network*

- applications, IEEE Computer Aug., 50-56.
- Malyshev, V.V. and A.V. Pislyakov (2007) Investigation of gas-sensitivity of sensor structures to carbon monoxide in a wide range of temperature, concentration and humidity of gas medium, Sens. Actuators B, 123, 71-81.
- MIT (2008) MIT gas sensor is tiny, quick, MIT TechTalk, 52, 4.
- Park, D.S., Y.M. Cho, S.B. Kwon, and S.B. Eun (2006) Environmental monitoring of subway stations using ubiquitous sensor network, Proceedings of the Korean Society for Railway 2006 Spring Annual Conference, 7-10.
- Park, J.H., Y.I. Jeon, and Y.K. Lee (2008) IT fusion gas sensor technology for environmental monitoring, Information and Communications Magazine, 25(6), 40-47.
- Sandia National Laboratory (2008) R&D projects in Sandia national laboratory, www.sandia.gov/mst/.
- Soo, M.T., K.Y. Cheong, and A.F.M. Noor (2010) Advances of SiC-based MOS capacitor sensors for harsh environment applications, Sens. Actuators B, 151, 39-55.
- Wilson, J.S. (2005) Sensor technology handbook, Elsevier, 575-588.
- Yoo, K.S., S.H. Park, and J.H. Kang (2005) Nano-grained thin-film indium tin oxide gas sensors for H₂ detection, Sens. Actuators B, 108, 159-164.
- Yoon, D.W., H.J. Kom, J.H. Kim, N.C. Sung, and S.S. Kim (2009) Evaluation on the characteristics of various chemical sensors applying for an indoor environmental monitoring unit based on ubiquitous sensor networks, Journal of KIAEBS, 3(2), 62-69.
- Yu, K.S. (2001) Ceramic sensor using a thin film technology, Ceramist, 4(5), 52-56.