# 유비쿼터스 센서 시장 및 기술 동향

SR

>> Special Report

본 Special Report에서는 유비쿼터스 센서의 응용사례 및 서비스 전망을 토대로 핵심소자기술, 관련 산업체 및 정책 동향 그리고, 정통부에서 추진하고 있는 기술개발 과제 중에 센서내용이 포함된 것을 개략적으로 소개하고자 한다.

# 유비쿼터스 센서 응용서비스 및 개발동향

**장선호 기술역/공학박사**_chans@iita.re.kr, **이민경 연구원**_leemk@iita.re.kr
정보통신연구진흥원 IT SoC/부품/융합기술 전문위원실
**김재준 사무관/공학박사**_jjkim@mic.go.kr / 정보통신부 산업기술팀

1980년대부터 현재에 이르기까지 IT산업의 중심에 있는 PC, 휴대폰, 디지털가전 등의 기기에는 정보처리(프로세서), 정보저장(메모리), 정보표시(LCD)장치가 주류를 이루고 있다. 이러한 흐름은 점차 편리함을 너머 2010년대에는 사물 및 환경으로부터 여러가지 정보를 얻는 정보생성(센서) 기능소자들이 매우 필요하게 될 것이며, 이는 IT를 기반으로 나노/바이오 기술 등이 융합되고 또한 센서 네트워크로 연결되어 유비쿼터스 지능화사회로 발전하는데 크게 이바지 할 것으로 전망되고 있다. 본 Special Report에서는 유비쿼터스 센서의 응용사례 및 서비스 전망을 토대로 핵심 소자기술, 관련 산업체 및 정책 동향 그리고, 정통부에서 추진하고 있는 기술개발 과제 중에 센서내용이 포함된 것을 개략적으로 소개하고자 한다. (본고에는 IT839의 'USN 구축 Master Plan' 중 일부를 센서응용 관점에서 인용하였음)

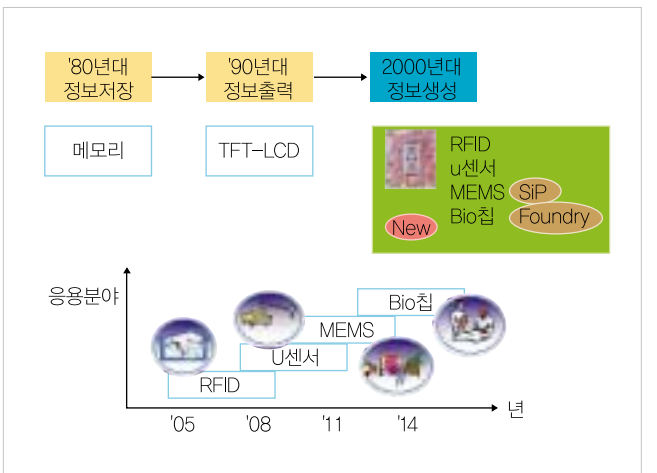
## I. 유비쿼터스 센서 개요

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network/USN)는 주변 환경 및 물리계에서 감지된 정보가 인간생활에 활용되도록 센서 노드간에 형성되는 유무선 통신기술 기반의 네트워크를 말하며 〈그림 1〉, 기본 동작 원리는 다음과 같다. 센서노드는 센서 네트워크로 전달된 서비스요구 또는 이미 설정한 조건에 따라 생성된 정보를 싱크노드로 전달하고 해당정보는 감지된 초기데이터 또는 주변 센서 노드간의 커뮤니케이션에 의해 가공된 형태로서 저전력을 소모하는 경로를 찾고, 싱크노드로 전달된 정보는 사용자의 서비스에 대한 응답으로 사용되거나 통계적 자료로 활용된다. 여기서 센서노드란 환경 물리계에서 감지된 정보를 통합적으로 처리한 결과 또는 초기데이터를 유무선 통신기술로 전달하는 시스템으로 데이터처리, 통신경로설정, 미들웨어처리 등을 수행하는 프로세서와 통신모듈을 포함하며, 싱크노드란 IP주소를 갖지 않는 센서태그 또는 센서노드가 외부 네트워크

〈그림 1〉 유비쿼터스 센서를 이용한 스마트 마이크로시스템

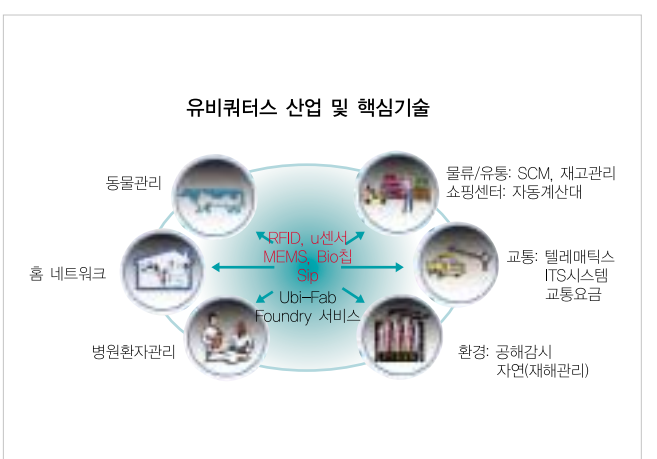
와 통신하기 위해 접속하는 중계노드이며 베이스노드로 불리기도 한다.

1980년대에는 정보저장산업인 DRAM, 1990년대에는 정보출력산업인 TFT-LCD에 이어 2000년대부터는 정보생성산업으로서 USN용 소자산업이 태동되기 시작하여 21세기 기술의 한 축을 형성할 것으로 예측된다.




〈그림 2〉 정보처리 관점에서 본 대표적 소자산업

USN용 소자는 〈그림 3〉와 같이 물류/유통, 교통, 환경, 건강 등 사회 제반산업에 응용될 것이며 관련 핵심 소자기술로는 RFID, u센서, MEMS, Bio칩, SiP 등이 있다.




〈그림 3〉 유비쿼터스 산업분야 및 핵심소자

핵심소자 중의 하나인 u센서는 물리 또는 환경계의 현상을 정량적으로 측정하는 소자로서 센서인터페이스에 따라 다양하게 정보화되며 반도체 기술을 바탕으로 3차원 미세가공기술인 MEMS기술이 종래의 크고 복잡한 구조의 기계식센서를 일괄생산 공정이 가능한 초소형, 초경량 전자식 반도체 센서로 대체되고 있으며 USN의 다양한 응용 영역에 따라 조도, 열, 습도, 가속도/지진강도, 음향, 지자기, 위치 등과 같은 다양한 종류의 센서를 필요로 한다.

## II. 응용사례 및 서비스

USN 서비스는 유통물류, 도로교통, 산업건설 등 각 분야에서 다양하게 응용되기 시작했으며 관련 내용은 〈표 1〉 과 같다.

〈표 1〉 USN 응용사례 및 내용

| 분야 | 응용사례 | 내 용 |
|---|---|---|
| 유통물류 | 청과류 유통환경 | – 일본에서 청과류(딸기) 유통과정상의 온도변화 등을 센싱 하기 위해 딸기 포장박스 내에 초소형 액티브 센서를 설치<br>– 포장에서 유통, 도착까지의 과정을 실시간으로 측정하여 청과류의 유통과정상의 변화를 측정/관리하여 최상의 제품을 공급 |
| | 신선 생선 유통과정 | – 생선의 신선도 유지를 위해 박스 단위로 온도센서를 부착하여 유통과정의 온도 변화를 실시간 측정 관리<br>– 일본 총무성 실증실험의 일환으로 2004년 실행 |
| 도로교통 | 지능교통시스템 (intelligent Transportation Systems) | – ITS는 진보된 통신 기술을 사용하여 운송 안전과 이동성을 개선하고 생산성을 향상시킴<br>– ITS는 무·유선 기반의 통신기술을 사용하여 넓은 범위를 관할 |
| | 트래픽펄스 기술 (Traffic Pulse Technology) | – Digital Traffic Pulse Sensor Network를 사용하여 가용성 있는 데이터(속도, 여행시간, 교통혼잡)를 실시간 보고를 토대로 전화를 통한 실시간 도로 상황 제공하는 시스템으로서 속도, 여행시간, 사건과 이벤트를 제공하며 관련제품은 Automated Voice Product와 Data Feed Product |
| 산업건설 | 빌딩위험감지 (Building Risk Monitoring) | – 지진으로 인한 진동, 충격 및 화재에 인한 온도 상승 등을 감지하여 건물에서 일어날 수 있는 위험을 조기에 발견하고 적절히 조치<br>– 센서가 건물의 빔이나 기둥에 설치되어 건물 내의 server/base 노드에 신호를 전달하고 이 전달된 위험 신호는 인터넷을 통해 외부로 전달 |
| | 산업현장 유해가스 감지 | – 산업 현장에서의 가스 감지는 심각한 재해를 가져 올 수 있으므로 빠르고 정확하게 센서 노드를 통하여 가스 감지 및 안전성 보장, 신속한 대응 가능 |

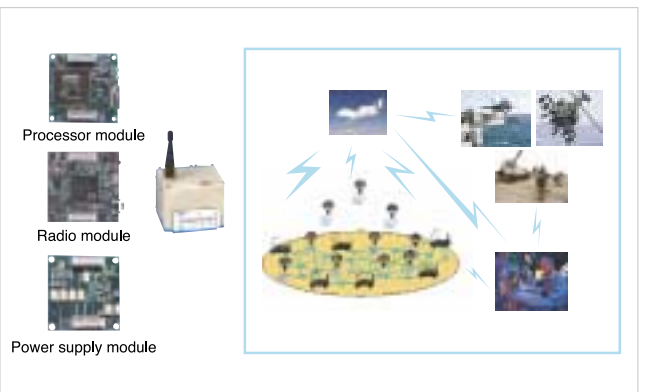
| | | |
|---|---|---|
| **농축산** | 식물원 환경 관리 시스템 (Huntington Botanical Gardens ) | – 2000년 5월 Sensor web 2 실증실험의 일환으로 Huntington 식물원의 온실 내부, 실외 종묘원, 수분 온실의 4곳, 온실의 지붕(날씨 감지)에 센서를 설치<br>– 센서를 통해 기온, 토양 온도, 습도, 토양 수분, 일사량 수준, 산소량 측정, 이때 사용되는 Sensor Pod은 태양열로 전력을 자동 충전 |
| | Eco-Sensor 네트워크 및 학습 | – 이산화탄소/산소 센서, 광센서를 갖춘 mote를 아일랜드 듀블린에 있는 국립 식물원에 설치<br>– Eco-Sensor network는 이산화탄소/산소/빛 등의 정보를 website에 전송, 다양한 환경의 상태와 연관관계를 학습 |
| **정보가전** | 빌딩환경제어 자동화 | – Intelligent 빌딩 곳곳에 설치된 센서 노드들은 실시간으로 연기, 화재 발생위치, 공기의 환풍, 빛의 세기, 온도 등을 센싱하여 빌딩의 환경을 보다 더 쾌적하게 하고 안전하게 유지 시킴 |
| | 홈 네크워크 및 환경 자동화 | – 홈 네트워크를 통하여 가정에서 주변 환경에 따라 집의 온도 또는 빛을 조정<br>– 화재 감시와 도난경보에 대해 홈 네트워크를 통하여 자동적으로 접근을 제어<br>– 긴급 상황을 바로 네트워크를 통하여 실시간으로 소방서나 경찰서에 알림<br>– 가전제품의 상태를 실시간 파악하여 전력의 낭비 최소화하고 편리하게 가전제품 이용 |
| **환경보전** | 남극지역 원격탐사 및 데이터수집 시스템 | – 남극의 원격지역 운석 탐사 프로젝트로 노출된 기반암과 모레인 물질 반응이 일어나는 곳에서 온도변화 측정 목적으로 실행<br>– 각 센서 Pod에는 2개의 토양 온도측정 센서, 기온, 습도, 빛 센서가 있으며 총 14개의 Pod을 2 평방 킬로미터 이상 넓게 분표 시켜 두었으며 일정시간 간격으로 데이터를 수집 |
| | Great Duck Island 생태계 감지 | – 미국 메인주 앞바다의 작은 섬(Great Duck Island)에서 서식하고 있는 바다제비의 생태를 원격지에서 모니터링<br>– 대규모의 센서노드를 바탕으로 바다제비의 생태환경의 파악 가능 5만 마일 떨어진 곳에서 센서노드의 정보 수집 |
| **의료보건** | 생체신호 감지 | – 환자의 몸에 착용하여 심장박동수/ 산소포화심전도 체크 |

| | | |
|---|---|---|
| **의료보건** | 생체신호 감지 | – 이상이 있을 경우 100m이내의 sensor network에 전달하여 PDA나 laptop등으로 수신한 후 근처의 보건소나 의사에게 위험신호 보냄 |
| | SARS 제어 시스템 | – 대만 정부에서 사스 확산을 방지를 위해 감염지역 및 감염 인원에 대한 추적 관리를 위한 서비스로 병원 의료진에게 RFID를 부착, 병원의 중요지점 및 출입구에 리더기를 장착해 의료진의 행동경로를 추적<br>– 사스 의심 환자는 입국이 불가능하고, 국내 환자도 격리 관리되고 있으므로 사스의 전염 가능성을 의료진에게 둠 |
| **방재재해** | 건축구조물 위험관리 및 모니터링 | – UC Berkeley의 CITRIS 프로그램의 하나로 도시환경공학과 컴퓨터공학과가 공동으로 건물 및 다리 등 건축 구조물 상태 관리 및 실시간 모니터링을 목적으로 기술 개발<br>– Smart Dust Motes의 작고 저렴한 센서가 기술 구현을 가능하게 하였으며, 실시간으로 스트리밍 데이터를 받아 필요한 보수 공사의 우선순위를 알려주도록 하는데 목적 |
| | 교량 붕괴 감지 | – 다리에 센서를 달아 다리 붕괴 조짐 시에 충격을 검사하여 센서가 충격을 기록한 후 센서네트워크에 이를 전송<br>– 센서 네트워크는 이를 통하여 상부에 보고함으로서 큰 재해를 예방 |
| **건강복지** | 노인 보호 | – 2000년 9월, 미국 오리건주 밀워키에 노인들을 수용할 수 있는 'Elite Care'라는 Smart Home 설립<br>– 노인들은 상의에 위치추적배지를 달고, Elite Care내의 센서들은 노인의 배지를 추적하며 특정지역을 이탈하거나 이상 증세가 나타나면 간호사에게 알림 |
| | 교도소 수감자 움직임 감지 | – 캘리포니아 주립 Calipatria 교도소에서 발생할 수 있는 수감자의 탈출 및 폭력 발생률을 줄이기 위해 적용<br>– 수감자들은 900MHz RFID 전송기를 팔찌 형태로 착용하고, 교도관들은 벨트에 전송기를 착용해 중앙통제소에서 수감자들과 교도관들의 움직임을 추적. |

이와 관련한 대표적 USN 서비스를 개념도로 표현하면 다음과 같다.

## 1. 국방(Military Surveillance)

– 센서 네트워크를 이용한 군사 영역 실시간 모니터링 및 무인 감시 정찰

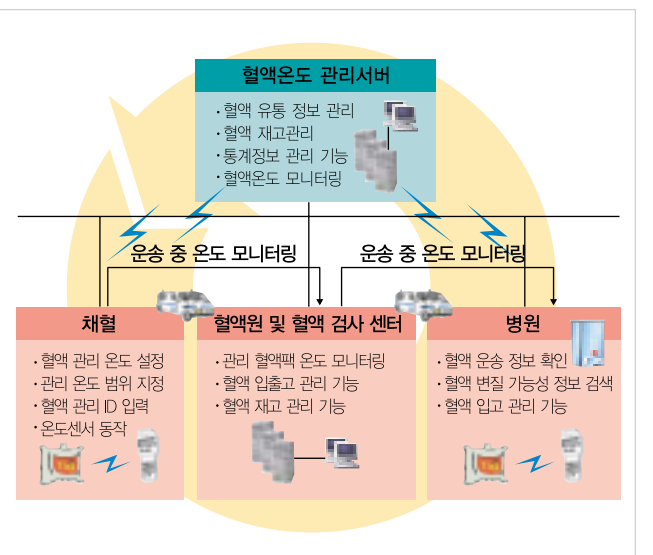



〈그림 4〉 무인 정찰 시스템

## 2. 신선유지 유통(혈액유통 등)

– 혈액의 뒤섞임을 방지하고 신선도를 유지하기 위하여 온도센서를 부착하여 실시간 상태를 모니터링

※ 독일의 적십자 혈액원은 2005년 초부터 혈액 유통 온도 모니터링을 위한 실증 실험 수행




〈그림 5〉 혈액온도관리 시스템 구성도

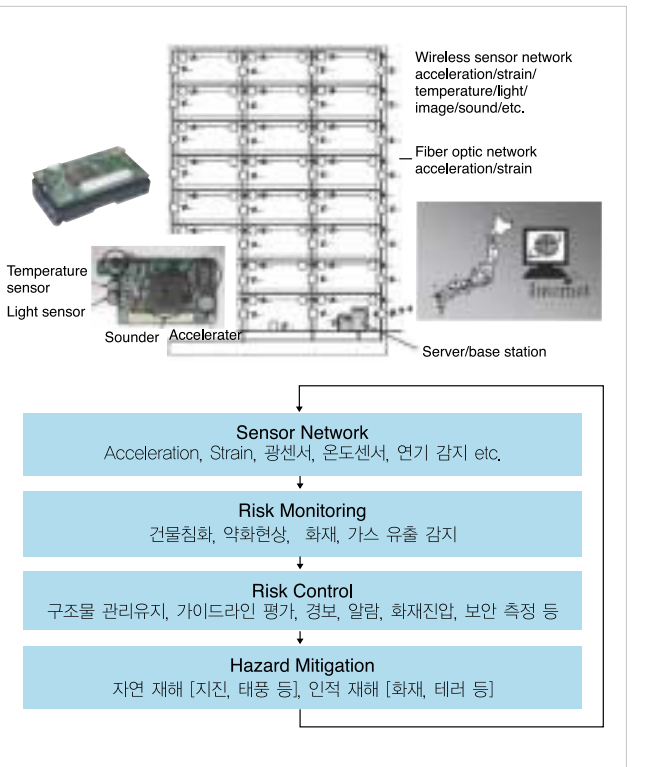
## 3. u-헬스 케어 (독거노인 관리 등)

– 환자나 정상인의 질병의 예방 및 건강관리를 위해 우리 몸의 생체정보를 수집·측정·분석하여 건강관리 프로그램과 연계

〈그림 6〉 환자의 Vital sign 실시간 모니터링

## 4. 건물 및 구조물 안전관리

– 교량의 특정 지점에 기울기, 진동, 온도 센서 등을 설치, 실시간 데이터를 수집·분석·관리하여 재난 재해 방지 및 최소화




〈그림 7〉 건물 안전관리 시스템

## 5. u-농촌 (식물원 실내외 환경 관리 등)

– 식물 생장에 필요한 수분 · 온도 · 광선 · 영양분 등의 미세 기상(microclimate) 제어하여 최적의 재배 환경 구현

〈그림 8〉 식물원 재배환경 관리 시스템

## 6. 산불 방지 및 환경 관리

– 산불 방지를 위한 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템

※ 미 샌프란시스코 근방에서 2004년 10월 중순부터 말까지 2회에 걸쳐 필드 테스트 실시

〈그림 9〉 산불 방지 시스템

## 7. 교통 (TPMS : 자동차 압력 경보 시스템)

– 타이어 내부에 압력, 온도센서가 내장된 통신 모듈을 장착하고 실시간 차 안의 수신기에 전송하여 주행 시 타이어 이상 발생을 알려주도록 설계된 안전 보조 시스템

※ 미국은 2003년부터 단계적으로 TPMS 적용 시행하여 2006년까지 100% 의무화

〈그림 10〉 자동차 압력 경보 시스템 개념도

참고로 유비쿼터스 센서 네크워크와 관련하여 아시아에서 추진되고 있는 유비쿼터스 도시건설 현황은 〈표 2〉 와 같다.

〈표 2〉 유비쿼터스 도시건설 현황

| 국가/도시 | 조성목표 | 규모 | 사업형태 | 특징 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 일본토쿄 텔레포트 | 세계로 열린 도시 구현 | 134여만평 | 민관 공동 | 토쿄 텔레포트 센터 (통신 센터) | |
| 말레이시아 MSC | 종합정보통신 단지 조성 | 약 750 ㎢ | 정부 주도 | 전자정부, 스마트 스쿨, 원격의료 등 MSC 7대 시범과제 선정 추진 | '84~'05 |
| 홍콩 Cyber-Port | IT기업의 정보통신 기반구축 | 24만여 ㎡ | | 광통신망 기반 (100M~1 Gbps 제공 목표) | '99~'07 |
| 대만 신죽단지 | 첨단 분야에 대한 국가 경쟁력 확보 | 630여 만평 | | 중앙정부 차원에서 조성한 대표적인 테크노폴리스 | '84~ |
| 인도 S/W 기술단지 | S/W산업 활성화 (서비스 개발, 인력 공급 등) | S/W기술 단지 | | 단지 내를 구내 망 형태 네트워크 구축 | 전국24개 지역 산재 |

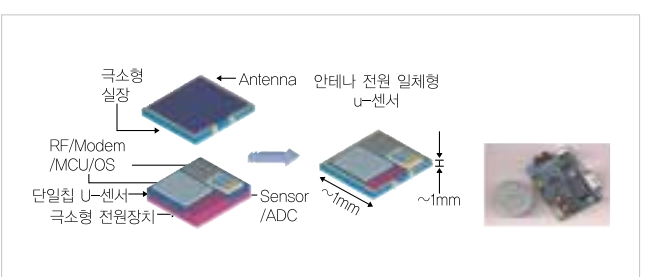
## III. USN 핵심소자 및 기술

### 3.1 전자식별 (RFID: Radio Frequency IDentification)

〈그림 11〉 RFID 구성 및 태그칩 예시

사물에 전자칩을 부착하고 고유ID를 무선으로 인식하여 해당정보를 수집, 저장, 가공 및 추적함으로써 사물의 측위, 원격관리, 사물간 정보교환 등의 서비스를 제공하는 장치로 칩, 리더, 태그단말, 네트워킹, 플랫폼 등으로 구성되며 태그와 리더로 무선센서네트워크 시스템을 구성하고 초고속유선망, 이동망, 방송망 및 위성망 등과 연계하여 서비스를 제공한다. 점차 저가 RFID Tag를 이용한 유통, 교통, 보안, 요금징수시스템, 스마트카드, 우편 등에 응용될 전망이다.

### 3.2 유비쿼터스 센서 (u-Sensor)

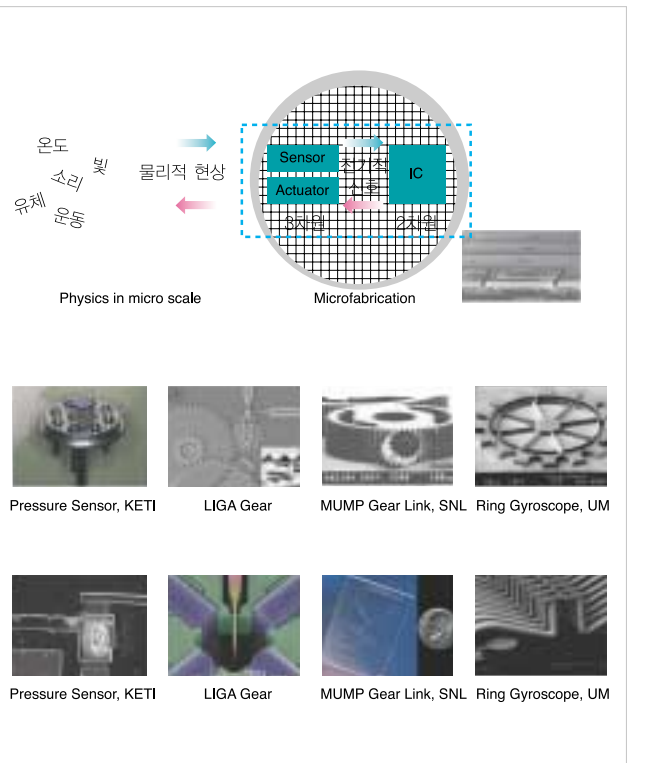



〈그림 12〉 유비쿼터스 센서 기본구성 및 사진

대상에 관한 정보를 인지하고, 이것을 물리적으로 떨어진 곳으로 전송하기 위해 신호로 변환하는 소자를 말하며, 센서가 요구되는 니즈로 인간생명의 안전확보, 환경보전, 인간감각의 모방, 인간의 오감을 초월한 감각, 극한환경에의 진출 등 다양하다. 물리센서는 빛, 전기, 자기, 열, 역학에 관련된 물리량을 계측하고, 화학센서는 기체 및 액체상태의 화학성분의 양을 계측하는 것으로 감지의 대상이 다양하며 그 중 유기화합물의 종류는 엄청난 수에 이르며 그 감지에는 효소, 미생물 등의 분자식별 능력을 갖는 생체관련 유기화합물이 많다. 실용되고 있는 센서전체의 90%를 물리센서가 차지하고 있으며 기술적으로 성숙단계에 진입하고 있으나, 화학센서에 대한 수요가 점차 높아지고 있으며 특히, 의료, 환경 등 바이오화학 센서의 고성장이 예상된다.

세계시장규모는 2010년경 290억불에 이를 전망이며 응용분야별(시장규모비율)로는 텔레메틱스(55%), 홈네트워크(21%), 의료진단(20%), 생활환경진단(4%)로 시작하여 2010년 이후에는 지능형로봇용 센서 및 차세대PC용 센서 등의 시장 성장이 클 것으로 전망된다. (출처: 세계시장, IDTechEx, 2005) 미국, 일본, 유럽등의 선진국에서 각종 센서기술을 독점하고 있는 상황으로 국내 센서업계는 일부 센서를 개발 시판하고 있으나 품목의 다양화, 고기능화는 낮은 수준이다. 향후 센서기술의 전개방향은 물리센서는 지능화, 다원화로, 화학센서는 분자식별화, 다양화로 진행될 것으로 예상된다.

### 3.3 MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems)




〈그림 13〉 MEMS 기본 구성 및 실제 예

Sensor 또는 Actuator 기능을 갖는 초소형 3차원 구조물 및 이를 포함하는 시스템 기술을 말하며, 디지털 정보감지, 대용량 정보저장, 초소형 디스플레이, 초소형에너지원, 유무선통신 등  유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 분야에 핵심기술을 제공한다.

세계시장규모는 2010년경 150억불로 추정되며 (출처: Cahners In-Stat Group, 2005) 전기, 기계, 화학, 의료 등 다양한 분야의 잠재적 사용자에게 MEMS 제품 및 설계/양산 서비스가 제공되고 통신 및 센싱 등의 복합기능을 구현하기 위하여 SoC기술의 바탕위에 MEMS기술이 융합된 MEMS-SoC로 발전될 전망이다.

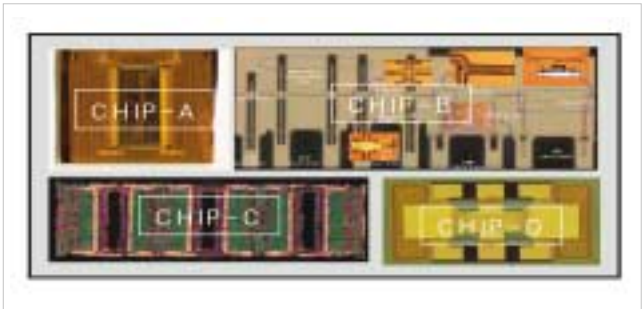
### 3.4 Bio칩

〈그림 14〉 Bio칩의 다양한 예

바이오공학과 전자공학 간의 경계에서 전개되는 Bio-electronics 의 연구개발물로서 유리, 실리콘 등의 재질로 된 작은 기판위에 생물학적 활성을 가지고 있는 분자를 공유 또는 비공유 결합 형태로 부착시킨 반도체칩 형태의 혼성소자를 말하며, 구현방식에 따라 다음과 같이 분류된다. 바이오센서 (biosensor)는 생체물질과 기존의 물리, 화학 및 광학적 신호변환기를 조합하고, 단백질칩(protein chip)은 효소나 항체/항원 등과 같은 단백질을 사용한 칩이며, LOC(Lab-on-a Chip)은 생체삽입용 칩, 시료의 전처리, 생화학 반응, 검출 및 자료해석 기능까지 소형으로 집적화한 칩을 말한다.

세계시장규모는 2010년경 130억불로 전망되며 (출처: BioInsight, 2005) 바이오칩 기술은 인류의 질병예측과 진단, 신약 개발 및 Genome 연구에서부터  차세대 전자소자 개발에 이르기까지 새로운 부가가치를 가진 국가 기반산업의 창출 및 산업구조 개편에 영향을 줄 것으로 전망된다.

### 3.5 SiP (System in Package) 기술




〈그림 15〉 System In Package (SIP) 예 – 4chips integrated in a package

IC, 수동소자, 커넥터, 안테나 등 다수의 소자를 표준포멧 3차원 극소형 패키지로 집적하는 기술을 말하며, SiP는 시스템 단위 제조과정에서 표준 컴포넌트로 사용될 수 있는 하나의 기능블럭 또는 모듈을 형성한다. SiP는 여러 가지 Die 기술 (Si, GaAs, SOI, MEMS, Optical 등)의 집적과 Compatibility를 갖는 장점을 가진다.

세계시장규모는 2010년경 125억불('10)로 추정되며 (출처: Semiconductor Int'l, 2005), 모바일용 SiP제품군은 '07년 12억개로 성장 전망되고 고성능 차세대PC 부품, 무선통신용 부품뿐 아니라, MEMS, 카메라폰 모듈 등에서도 SiP 기술을 도입하고 있으며 미국(모토롤라,TI, Amkor, 인텔) 및 일본(도시바,히다치, 미쓰비시)이 SiP기술을 선도하고 있다. SiP 기술은 SoC와 더불어 차세대 정보통신기기 기술의 핵심이므로 SiP에 대한 핵심기술과 주도권을 갖는 것이 중요하며, 특히 대만과 중국 등 assembly 업체가 시장에 진입하기 전에 기술우위를 점하는 것이 필요하며 SiP기술은 Time-to-Market 기간이 짧고, 가격대성능비가 적절하며, 다품종 소량생산 실현이 용이한 특성을 갖는다.

## IV. 산업체 및 정책 동향

MEMS 기술을 이용하여 단일 칩에 복수의 동종 센서를 집적한 멀티화, 다른 종의 센서를 집적한 다기능화, 전자회로를 집적한 지능화로 IT-BT-NT 기술이 융합되어 가는 추세이며 특히, 자동차의 전장화 추세가 가속화되면서 차량의 동적제어를 위한 가속도, 엔진제어용 압력, 타이어 압력, 자이로, mass흐름, 공기량센서 등  스마트 센서의 적용비율이 꾸준히 증가하고 있다. 미국과 일본의 센서 개발동향은 〈표 3〉과 같다.

USN의 다양한 응용영역에 따라 조도, 열, 습도, 가속도/지진강도, 음향, 지자기, 위치 등과 같은 일체식의 다양한 종류의 센서가 필요하게 된다. 국

내의 센서기술 경우 대부분 중소 센서 업체들로 구성되어, 주로 장치 감지 및 제어 등의 용도로 센서를 개발하고 있어 크기, 전력 소모, 감도 등 센서 노드에 적용하기에는 한계가 있으며 센서관련 무선통신 소자기술은 KAIST의 미세정보시스템(MICROS) 프로젝트에서 오백원짜리 크기의 칩을 개발한 바 있다. 현재 삼성종합기술원과 함께 IEEE 802.15.4의 표준에 준하는 통신모듈을 개발 중이다.

〈표 3〉 국외의 센서 개발 동향

| 국가 | 조성목표 |
|---|---|
| 미국 | – 1960년~70년대에 마이크로 머시닝 기술에 의한 MEMS 압력센서의 개발<br>– 1980년대부터 상품화되어 자동차 전장품에 이용<br>– 1986년대 MEMS 가스센서 개발<br>– 1990년대부터 MEMS 가속도 센서가 상품화, 1990년대 중반부터 센서와 신호 처리회로가 동일 칩상, 또는 SIP(System in Package) 형태로 집적화 되기 시작<br>– 1991년부터 MEMS 센서 기술을 핵심 기술로 선정, 강력한 개발 추진, 국방 및 우주 개발과 의학용 등에 집중 활용 |
| 일본 | – 센서의 핵심 기술인 소재 산업이 50여 년 전부터 지속적 연구로 세계적인 위치 점유<br>– 1972년 가연성 가스에 대한 광범위 감지 센서 실용화<br>– 화학 센서의 종주국으로서 각종 센서의 공급원<br>– 마이크로 머시닝 기술, 세라믹 재료 센서에서 선두 |

다양한 응용 서비스의 특성에 따라 요구되는 센서 종류가 다양화 되고 있으며 감도 및 신뢰성을 높이기 위한 기술개발 또한 활발하다. 미국, 일본 등 국외에서는 고감도화뿐만 아니라 각 센서 제조기술을 기반으로 각종 센서를 신호회로와 집적하여 시스템에 연결하여 사용할 수 있는 회로일체형 센서 개발에 집중하고 있다. 특히, USN에서는 다양한 종류의 센서들이 소형의 센서노드에 집적되어 다양한 물리 및 환경 정보를 제공하여야 하므로 동종 및 이종 센서 간, 신호 회로와의 집적화가 중요하게 되며 관련 업체동향은 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 센서기술의 업체 동향

| 센서개발 | 수행기관 및 주요 추진 내용 |
|---|---|
| 회로 일체형 | – 센서 신호처리 일체형 실리콘 압력센서 (1983 년 미국 Honeywell사 출시)<br>– 반도체 MEMS 기술 이용 활발<br>– 미국의 Nova Sensor, Motorola, Delco, Honeywell, Silicon Microstucture<br>– 네덜란드의 Philips, 독일의 Siemens<br>– 일본의 Toyota Motors, Yokogawa, Hitachi 등 |
| 이종 센서의 집적화 | – 미국의 모토롤라<br>– 용량형 MEMS 압력센서, 온도센서, 신호회로를 단일 칩에 집적화 |

국내 산업체 경우는 중소기업, 대기업의 MEMS 센서의 다품종 소량생산, 시장의 미성숙 등으로 장기적 연구 개발과 대규모 시설 투자가 저조하며 주로 휴대 장치, 자동차, 건물 안전 등에 관련된 센서 개발이 일부 진행되고 있다. 오토닉스, 한영전자, 카스 등 국내 업체들의 꾸준한 연구개발로 근접센서, 온도센서, 압력 센서 등은 국산화가 진행되고 있고, 초소형, 첨단 MEMS형 물리 센서는 상용 수준까지 1~2 개 제품을 제외하곤 개발된 것이 적으며, 바이오센서나 화학센서는 연구 초기 단계에 있다. 〈표5〉 참고

〈표 5〉 국내 센서 관련 개발 동향

| 센서 | | 수행 기관 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|
| 물리 센서 | 온도 / 습도 | KRISS | – 고온용 백금 와이어형 온도 센서 연구('97년) |
| | | 연세대 | – Polyimide 박막, IDT 구조의 용량형 습도 센서 기초 연구 |
| | 압력 | KEC/케피코/ KETI | – G7 프로젝트 공동연구, KEC에서 MAP 압력 센서 상용 체제 구축, 케피코는 센서를 수입 패키지하여 전장품 모듈 공급 |
| | | 경북대/만도/ KAIST | – 실리콘 압력 센서의 구조 설계 및 제작 기술 연구 |
| | | 대성전기/대화계전 | – 기존 기계, 전기식 압력 센서 개발 진행 및 일부 양산 |
| | 변위/ 변형 | KIST | – 부력 측정용 MEMS 스트레인 센서, Si 멤브레인, PZT ('00년) |
| | | 표준연/오토닉스 | – 건물구조진단용 광섬유 센서 및 적외선 변위센서, 포토센서 |
| | 음향 | ETRI | – 용량형 및 압전형 초소형 MEMS 음향 센서 시제작 |
| | | KETI/부전전자 | – Electret 방식 MEMS 음향 센서 공동 연구 |
| | 유량/ 유속 | ETRI | – 열전퇴, 진공 구조형 초소형 MEMS 유량 센서 제작 ('00년) |
| | | 경북대 | – 브리지/멤브레인, 압저항/열전퇴 MEMS 유량 센서 연구 |
| | 관성 | ETRI | – GPS/HMD용 진동형 MEMS 자이로 센서 구조 개발, CMOS 구동 검출회로 시제작 ('98년) |
| | | 삼 성 | – 정보가전용 MEMS 자이로/가속도/지자기 센서 개발 ('03년) |
| | | 경북/서울대/KAIST | – 에어백, 미사일용 MEMS 자이로, 가속도 센서 구조 연구 |
| | 광센서 | LG 전선 | – 히타치 제품을 모델로 지하 전력선용 온도 분포 광섬유 센서 |
| | | 현대 건설 | – 대형 건물 및 국가 기반 시설의 안전 감시용 진동 및 스트레스/스트레인 광섬유 센서 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 지능정보 | – 광섬유 센서 기반 도로 차량 검지 시스템, 경계 감시 시스템 |
| | | 픽셀플러스 | – 130만 화소 및 200만 화소급 CMOS 이미지 센서 개발 |
| | | 원자력 연구소 | – 소형 원격 가스/수온 센서<br>– 대형원격 LiDAR 광센서(Light Detection and Ranging) 개발 |
| 화학 센서 | 가스 센서 | 해송 산업 | – 화학식 O2, CO, HCHO 및 반도체식 오존, 알콜 및 연기 센서 제품화 |
| | | 한국바이오시스템 | – 이산화탄소 측정 모듈 개발 |
| | 생화학 센서 | 한국화학연구원 | – 경량 고감도 탄소섬유 방독면 개발 |
| | | 경북대학교 | – 반도체 독가스 탐지기 |
| | 중금속 센서 | water zone | – 수소이온농도 및 산화환원 전위 측정용 술질분석기 개발 |
| | | KAIST | – 전기화학 기반의 무선 환경 감시 중금속 센서 개발 |
| | | 광주과기원 | – Cr 측정 중금속센서 개발 |
| 바이오 센서 | | ETRI | – 암, 바이어스진단용 lab. on a chip형 DNA, 단백질 칩<br>– 연속측정 인체 삽입형, 혈당센서를 개발 중<br>– 개인 SNP분석용 DNA micro array 센서를 개발 중<br>– 고감도 Surface Plasmon Resonance 센서 개발 중 |
| | | KAIST | – 바이오칩 개발용 Lab. on a Chip, Cell 칩 개발 중 |
| | | 삼성 | – Silicon상에 Polymerase Chain Reaction 칩을 개발 중<br>– Spotting 기법의 DNA microa rray 개발 중<br>– Lab. on a Chip형태의 암 진단 칩 개발 중 |
| | | 포항공대 | – 동영상 X-선 센서, PCR 및 ARRAY방식의 단백질 센서 |
| | | 경북대 | – FET방식, 광센서 방식의 혈당센서 개발 중<br>– 혈중산소 측정용 이온센서 개발 중 |
| | | 광운대 | – 1회용(strip) 체혈형 혈당 센서 개발, 판매 중 |
| | | 서울대 | – 연속 측정형 인체 삽입형 혈당센서 개발 중<br>– 질병진단용 단백질 마이크로 어레이 개발 중 |

관련 정책동향을 간략히 살펴보면, 미국에서는 전미과학재단(NSF : National Science Foundation)과 DARPA가 중심이 되어 전체 미국수준의 과학기술 추진시책인 「NITRD계획」에 입각하여 다양한 프로젝트를 실시하고 있다. NSF에서는 센서분야 기술개발을 다방면이 상호 연계된 연구분야로 간주하고 '03년 4,600만 달러, '04년 3,100만 달러를 투자 하였고, DARPA에서는 센서 및 센서 네트워크에 대한 기초적인 연구는 끝내고 응용 분야로의 적용을 중점 방향으로 전환하고 있다.

유럽에서는 USN을 「사용자에 친근한 정보사회 창출」을 위한 IST (Information Society Technologies) 분야로 인식하여 「e-Infrastructure」 구축으로 광범위한 지식 기반 사회의 건설을 목표로 DNA 체인의 검지나 리모트 센싱, 비접촉형 센싱 등 센서재료에 대해 연구에 집중하고 있으며 안전한 미래 Aml(Ambient Intelligence) 환경 구현에 필요한 신뢰수준, 위험관리 등의 주요과제를 선정하여 2012년까지의 중장기 연구개발 계획을 수립하였다.

일본에서는 도로교통 정보, 대기 및 하천오염 모니터링, 기계경비 서비스 등 기존의 센서 네트워크 기술을 통한 보급사례가 북미보다 많으며, 일본 총무성은 USN 어플리케이션의 구체적인 향후 이미지를 「안전, 안심」, 「쾌적, 여유, 오락」, 「최적, 효율」의 3가지 축으로 정리하고 13가지 응용서비스를 목표로 선정하고 센서 네트워크의 향후 비전 실현을 위하여 비즈니스 사례를 분석, 단일 주체, 공동 이용, 정보교환, 기술 우위, 패키지, 공공 지원을 위한 6개의 구체적 비즈니스 모델을 예시하고, 요소기술 연구개발을 진행중이다.

## V. 센서기술 관련 추진과제

### 5.1 과제별 센서기술 및 응용분야

정통부에서 추진하고 있는 선도기술기반 과제 중에 센서개발 내용을 포함하고 있는 과제별 센서기술 및 응용분야는 〈표 6〉과 같다.

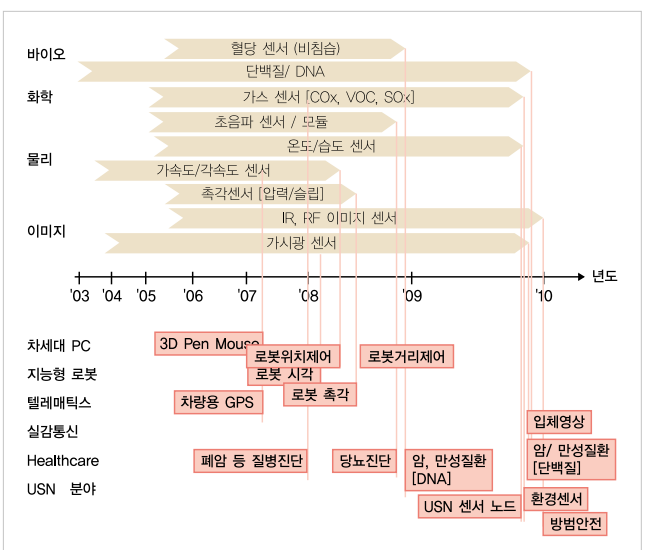
### 5.2 주요과제 센서개요 및 내용

1) 유비쿼터스 단말용 부품/모듈

지능형 실감센싱/표현 단말기술은 인간 친화형 휴대단말 기술로서 초고속, 대용량, 모바일 환경에 맞는 미래 지향적인 정보통신 서비스 구현이 가능하며, 실감통신 기능을 강화하고 사용자의 입체영상 서비스 요구에 부합하기 위하여 차세대 휴대단말기에서 입체 영상정보 획득이 가능한 양안 및

〈표 6〉 센서기술관련 정통부 추진과제

| 정통부 추진 과제명 (센서내용 포함) | 연구기간 | 센서기술 | 응용분야 |
|---|---|---|---|
| 유비쿼터스용 CMOS 기반 MEMS 복합센서 | '06 – '09 | MEMS센서 | 안전/건축/군 |
| 나노입자를 이용한 고성능 바이오 센서 시스템 | '06 – '08 | 바이오 | 의료/진단 |
| 나노기술을 이용한 초고감도 이미지센서 | '02 – '06 | 이미지 | IT |
| RFID/USN용 센서태그 및 센서노드 | '05 – '09 | 태크/노드 | 환경/생태 |
| 유비쿼터스 단말용 부품/모듈 | '06 – '09 | 시각 음향 환경 | IT단말 |
| 유비쿼터스 건강관리용 모듈/시스템 | '06 – '09 | 바이오/가스 | 건강/의료 |
| 초미세 네트워크 컴퓨팅기반 질병진단 시스템 | '06 – '09 | 역학 전기 화학 | 의료 |
| 비채혈 휴대 혈당기용 오차보정 기술 | '06 – '08 | 혈당 | 의료 |
| 밀리미터파 수동 이미지감지용 부품/시스템 | '06 – '08 | MM파 이미지 | 환경/보안 |
| 나노선/나노튜브를 이용한 환경 검지/경보 시스템 | '06 – '09 | 화학 | 환경 |




〈그림 16〉 센서응용분야별 기술로드맵 (추진과제 기반)

다안식 시각센서 기술이 요구된다. 시각센서 분야는 CCD(charge-coupled devices) 기술이 중심이 되어 왔으나, 최근에는 CMOS 기술을 이용한 CIS(CMOS Image Sensor) 기술이 광학 마우스, PC 카메라, 휴대폰, 고성능 디지털 카메라 등 광범위한 분야에 적용되고 있으며 특히 CMOS 기술을 이용하여 아날로그, 디지털 신호 처리부터 픽셀 레벨까지 함께 집적화가 가능하게 됨으로써 인간-기계 통신, 감시카메라, machine vision, 생명공학 분야 등 새로운 형태의 시각센서 응용 분야들이 나타나고 있다. 휴대단말에서 음성정보는 서로간의 대화가 가능한 품질 이상의 음향 품질 서비스가 필요하며, 보다 감도가 좋은 상태에서 자연의 소리나 음악을 전달하고 이를 재현하기 위해서는 고감도 음향센서가 요구된다.

저전력 초소형 환경센서 모듈의 기술은 기존의 PDA와 같은 차세대 디지털 정보기기 산업에 접목시킴으로서 첨단 개인용 환경 감지기기, 밀폐 공간(지하철, 고속터미널 등) 내의 대기 환경 감지기기 시스템, 작업장의 환경 감지기기 시스템 구축 등과 같이 환경산업 및 정보통신 산업의 발전과 함께 인류의 건강증진 및 복지 증대, 환경에 대한 의식 고취 등에 기여할 수 있는 핵심기술이다. 기존의 환경 계측 장치들은 가격이나 부피 등에서 볼 때 개인용 기기에 탑재되기에는 적합치 않아 초소형, 저가격, 신뢰성, 정확성 등을 만족시키는 새로운 대기 환경 감지 장치에 대한 수요가 예상되며 기존의 환경 계측 방식에 사용되는 기술들은 제한된 용도에 적합한 방식으로 거대한 시장 규모에 걸 맞는 제품을 개발하기 위해서는 나노 기술 등 첨단 기술과의 결합을 통해 최적화된 솔루션을 제공해야 한다.

고성능 센서 인터페이스기술 분야는 센서, 인터페이스 회로 및 디지털 회로로 구성되고 신호를 증폭, 축적, 조작 등을 거쳐 컴퓨터가 인식할 수 있는 신호의 형태로 바꿔주는 응용시스템으로 미래의 유비쿼터스 단말기에 적용되어 실감영상, 입체음향, 대기환경 등 사용자 생활환경 정보와 인체정보 신호 등을 검출하여 생활의 편의성을 높여줄 수 있는 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 유비쿼터스 정보통신 환경 하에서 사용자 요구사항을 자가진단하고 seamless 정보통신 서비스를 제공하기 위한 지능형 IT-핵심 부품기술 경쟁력 강화를 위하여 자가진단 서비스와 실감 멀티미디어 데이터 서비스 구현을 위한 센서소자 기술 및 센서 인터페이스 신호처리 SoC 기술 개발이 필요하다. 또한 미래형 휴대형 단말기에는 현재 핸드폰에 적용된 카메라의 고도화를 통한 실감영상 서비스뿐만 아니라 고성능 입체음향 (오디오) 감지기능과 대기의 유해물질을 인식하는 환경감지 등 여러 센서들이 복합적으로 구비될 것으로 예상되며, 이러한 다양한 센서신호를 동시에 효과적으로 처리할 수 있는 통합 칩 개발이 필요하다.

즉, 센서 시스템은 집적화, 스마트화, 다기능화를 지향하면서 다수의 센서를 관리하고, 센서의 자동 오차조정 등을 할 수 있는 고기능/다중센서 통합 인터페이스 칩 형태로 진화하고 있으며 특히 오감센서를 이용한 인간 친화적 정보 서비스가 가능한 차세대 휴대 단말기 구현을 위하여 저전력/고감도/고분해능의 사용자 적응형 다중센서 인터페이스 신호처리 기술 및 회로기술 개발이 긴요하다.

유비쿼터스 단말기는 기존 단말기들에 비해 많은 기능들이 집적되면서 부품의 소형/저전력 요구가 증대되고 있으며, 이미지 혹은 시각센서 인터페이스도 소형화/저전력화가 지속적으로 심화되어야 하며, 이미지센서 인터페이스는 칩 비용과 면적, 고해상도를 동시에 지원하고 잡음제어를 효과적으로 할 수 있는 저전력 ADC 기술 및 CDS(Correlated Double Sampling) 회로를 포함하는 인터페이스 구조기술 개발이 핵심이다. 현재 이미지센서 모듈에서 큰 부피를 차지하는 부분 중의 하나가 AF(Auto-Focus)/Zoom을 위한 액추에이터 모듈이며, 유비쿼터스 단말기의 소형화/저전력화를 만족하기 위하여 액추에이터 모듈의 소형화가 필요하다.

고품질 음향신호를 얻기 위해서는 고감도 음향센서의 개발과 함께 센서 신호의 손실을 최소화 하여 디지털로 전달할 수 있는 음향센서 인터페이스 회로의 역할이 중요하며 구현하고자 하는 센서가 기존의 단일 진동판 구조

〈표 7〉 고감도 나노센서 소재 및 구조

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 1차년도 (2006) | – 초박형 시각센서용 렌즈/액추에이터 소재 및 구조<br>· 이오닉 폴리머 액추에이터 (EAP) 소재<br>· 초박형 렌즈 및 액추에이터 구조 (구동부 두께: 4.6 mm 이하)<br>– 고감도 나노 음향센서 소재 및 구조<br>· 음향학을 적용한 초소형 나노 음향센서의 구조 감도 10 mV/Pa 이상<br>· 단결정 재료의 박막 특성 및 공정조건<br>– 고감도 대기환경감지용 나노환경센서 감지 요소 기술<br>· 고감도 유무기 하이브리드 나노 소재<br>· 미세 구조를 이용한 적외선 수/발광소자 (파장 1~7 $\mu$m)<br>· 광결정 및 그레이팅을 이용한 적외선 투과 필터<br>· 나노 소재 가스 감지 메커니즘 |
| 2차년도 (2007) | – 초박형 시각센서용 렌즈/액추에이터 설계 및 공정기술<br>· 초박형 렌즈 액추에이터용 고체전해질을 포함한 도전성폴리머 공정기술<br>· 렌즈 액추에이터 구동특성 평가 (구동거리: 0.25 mm 이상)<br>· 입체인식 알고리즘<br>– 고감도 나노 음향센서 및 스피커 설계/공정기술<br>· 고감도 다채널 나노 음향센서의 공정기술<br>· 나노정밀도 진동 고감도 소재의 진동판 제작<br>· 다채널 나노 스피커의 진동구조 해석 및 설계<br>– 고감도 대기환경감지 나노환경센서 설계 및 공정기술<br>· 저전력 단일 센서 설계 및 공정기술<br>· 광결정 및 그레이팅을 이용한 적외선 투과 필터<br>· 기하광학계 설계 및 제작<br>· 대기환경가스 감지용 하이브리드 나노 소재 library 구축 |
| 3차년도 (2008) | – 초박형 시각센서용 렌즈/액추에이터<br>· 신구조 AF용 렌즈 및 폴리머 액추에이터 개발<br>· 입체 영상 구현을 위한 신호처리 시험 보드 제작<br>– 고감도 나노 음향센서 및 스피커<br>· 고감도 다채널 나노음향센서 개발<br>· 나노 정밀도 진동의 다채널 나노 스피커의 제작 및 특성분석<br>· 다채널 음색지향성 신호처리 알고리즘 연구<br>– 고감도 대기환경감지용 나노환경센서<br>· 저전력 어레이형 가스 센서 설계 및 제작<br>· 가스 및 먼지 감지 구조 제작 및 가스 감지 성능 평가<br>· 센서 신호 정보 분석용 소프트웨어 기술 |
| 4차년도 (2009) | – 초박형 입체 시각센서 모듈 (모듈 두께 4.5 mm 이하)<br>· 초박형 시각센서 모듈 기술<br>· 3D 입체 인식 알고리즘 구현<br>– 고감도 나노 음향센서 및 스피커 모듈<br>· 다채널 나노음향센서 및 스피커 모듈화 기술<br>· 다채널 음색지향성 신호처리 알고리즘 개발<br>– 대기환경감지용 나노환경센서 모듈<br>· 멀티칩 패키징<br>· 센서 감지 특성 및 신뢰성 평가 |

〈표 8〉 고성능 센서 인터페이스 구조 및 핵심 회로

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 1차년도 (2006) | – 센서 인터페이스 구조<br>· 센서 인터페이스 신호 규격<br>· 양안 시각센서 인터페이스(폴리머 AF 액추에이터 구동부 포함) 구조<br>· 다채널 음향센서 인터페이스 구조<br>· 대기환경 감지용 가스센서 인터페이스 구조<br>– 핵심 회로<br>· 센서(시각, 음향 및 환경) 신호처리용 아날로그 회로<br>· 고감도/저잡음 센서 신호처리 및 제어 핵심회로 테스트 칩 설계/제작/시험 및 평가 |
| 2차년도 (2007) | – 센서 인터페이스 핵심 기능 블록 설계<br>· 양안 시각센서/폴리머 렌즈구동 액추에이터 인터페이스 기능 블록<br>· 다채널 음향센서 인터페이스 기능 블록<br>· 환경센서 인터페이스 기능 블록<br>– 핵심 기능 블록 테스트 칩 제작/시험 및 평가<br>· 양안 시각센서/폴리머렌즈구동 인터페이스 기능 블록 테스트 칩<br>▶CDS, ADC/DAC, Offset Controller, Polymer Actuator Driver, Digital Calibrator 등<br>· 다채널 음향센서 인터페이스 기능 블록 테스트 칩<br>▶Pre-Amp. 시그마-델타 ADC, Digital Filter, Offset Compensation, VGA 등<br>· 환경센서 인터페이스 기능 블록 테스트 칩<br>▶LNA, Wide DR ADC, Modulator, Low Pass Filter, DC-DC Converter 등 |
| 3차년도 (2008) | – 양안 시각센서/폴리머렌즈 액추에이터 인터페이스 칩<br>· 양안 시각센서 인터페이스 칩 설계<br>· 양안 시각센서 인터페이스 칩 제작/시험<br>· 시스템 실장시험(양안 시각센서 모듈)/평가<br>▶입체인식 영상 감지신호처리 기능 (픽셀 수: 3M급 영상센서)<br>▶폴리머 AF 액추에이터 구동신호처리 기능 |
| 4차년도 (2009) | – 센서 통합 인터페이스 칩 (시각/음향/환경 센서 통합 칩)<br>· 센서 통합 인터페이스 칩 설계<br>· 센서 통합 인터페이스 칩 제작/시험<br>– 시스템 (UTC용 고감도 센서 모듈) 실장시험/평가<br>· 센서 통합 인터페이스 칩 실장시험 및 평가<br>〈감지신호처리 기능〉 |

가 아닌 다중 진동판구조로 되어 있어 인터페이스 회로도 단일 채널이 아닌 다중 채널 신호처리를 위한 구조로 설계되어야 한다. 따라서 인터페이스 회로에서 소비하는 전력 및 회로 복잡성도 증가하며, 저전압/저잡음/고선형 회로기법을 적용하여 소비전력 및 칩 면적을 최소화시킬 수 있는 인터페이스 설계기술이 크게 요구된다. 가스량을 주로 감지하는 환경센서는 감지 정보의 정확도를 위해 다수의 센서 어레이로 구성되며, 이를 위한 환경센서 인터페이스는 다중 센서 신호를 동시에 처리할 수 있는 12비트 이상의 저전압/협대역 신호변환 기술, nA~pA 수준의 전류량을 증폭할 수 있는 저잡음 신호증폭 기술, 센서간의 옵셋을 보정할 수 있는 옵셋 보상 기술 등이 개발되어야 한다.

### 2) 유비쿼터스 건강관리용 모듈/시스템

u-헬스 서비스를 목적으로 질병 스크리닝 센서 등 요소기술들이 개발이 전세계적으로 활발하게 진행되고 있으며, 현재 실용화된 서비스는 주로 맥박, 혈압 등 기본적인 vital sign에 근거하고 있으나 요소기술들이 개발되면 u-헬스 서비스의 기능이 확대되고 시장형성에 기폭적인 역할을 할 것이다. 또한 라이프케어 서비스를 위한 핵심 요소 기술인 혈중성분감지센서기술, 환경성분감지기술, 생체신호분석기술, 행위추적기반 일상생활관리기술 등에서 IT가 활발하게 접목되어 연구가 진행 중에 있다. 라이프케어 요소기술 중, 바이오센서 기술의 나노 기술 융합 분야는 세계적으로 미국의 Harvard 대학, Nanomix Inc., 및 유럽의 Delft 대학 등에서 활발히 수행하는 연구 주제이나 아직은 기초연구 수준의 단계이며 CMOS 공정 기반의 nano-FET 기술은 비표지식, 실시간(전기식) 고감도 검출이 요구되는 나노 바이오 센서의 실용화에 유리하므로 실리콘 나노채널 공정, 실리콘 표면 화학처리, 신호검출 및 구동 처리 등의 체계적인 연구가 필요하다.

바이오 포토닉센서 경우를 보면, 간이 암 예진을 위한 단백질 감지 기술로는 형광분석이 가장 널리 사용되고 있으나, 모든 단백질을 형광물질로 균일하게 표지해야 하는 문제점이 있으며, 질량분석기술의 경우 다수의 시료를 초고속으로 분석하기 어렵고 요구되는 시료의 양이 많다는 단점이 있다.

이를 해결하기 위하여 단백질을 표지하지 않고 초고속으로 다수의 시료를 분석할 수 있는 단백질 칩 분석 시스템 개발이 전세계적으로 이루어지고 있다. 질병진단용 단백질 검출 시스템은 단백질 칩(protein array)과 칩 분석장치로 구성되며, 단백질 칩은 생명공학, 유기화학, 표면화학, 재료공학 등의 융합기술이다. 칩 분석장치는 나노-바이오, 나노-광학, 광소자 공학, 전산학, 유체역학, 기계공학, 반도체공학, 전자공학등이 융합되어야만 유비쿼터스 시대에 접목가능한 휴대가능하고 비표지식의 단백질 감지에 의한 암 예진용 바이오 포토닉 센서시스템 개발이 가능할 것으로 예측된다.

전처리 MEMS 경우, 기존의 생물 및 생명공학의 고가이고 규모가 큰 장비들을 대체할 장비로서 MEMS 기술을 기반으로 한 미소규모의 바이오센서칩 (랩온어칩) 연구가 미국, 유럽, 일본 등의 선진국을 중심으로 활발히

〈표 9〉 유비쿼터스 건강관리용 모듈/시스템 (센서부문)

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 1차년도 (2006) | – 실리콘 나노FET PSA 센서<br>· top-down 방식의 CMOS 공정을 기반으로 한 나노 FET 센서<br>· PSA의 검출감도 : 1 ng/ml level<br>– VOC 환경 센서<br>· VOC 화학종 감지 감도: 10 ppm 이하<br>· 소형화에 적합한 센서 구조체 설계 및 공정 개발 |
| 2차년도 (2007) | – 다중 암 FET 센서 어레이<br>· top-down 방식의 CMOS 공정을 기반으로 한 나노 FET 센서 어레이<br>· 선택적 다중 암 마커 검출 : PSA(10 pg/ml), CEA(20 pg/ml), mucin-1(50 pg/ml)<br>– 공진반사광 센서 모듈<br>· 공진반사광 단백질 센서 모듈<br>· PSA 검출 감도 : 10 pg/ml level<br>– MEMS형 환경 센서 어레이<br>· 센서 어레이 면적 〈 1 $mm^2$/센서<br>· VOC류 판별 정확도 〉 80% |
| 3차년도 (2008) | – 간이 예진용 나노 FET 암 센서 칩<br>· 데이터 처리 칩 포함한 나노 FET 센서 어레이의 선택적 다중 암 마커 검출 : PSA(1 pg/ml), CEA(2 pg/ml), mucin-1(5 pg/ml)<br>· 선택적 다중 암 마커 검출 : PSA(10 pg/ml), CEA(20 pg/ml), mucin-1(50 pg/ml)<br>– 공진반사광 단백질 센서 모듈<br>· PSA(1 pg/ml), CEA(2 pg/ml), mucin-1(5 pg/ml)<br>– 유해 VOC 환경 센서 모듈<br>· 전처리 소자를 이용한 화학종 선택성 100배 향상<br>· 센서 어레이 면적 〈 0.25 $mm^2$/센서<br>· 수십 ppb 수준의 VOC 화학종 판별력 |
| 4차년도 (2009) | – 휴대용 간이 예진용 암 센서 시스템<br>· 동작 온도: 상온<br>· 크기 : 5x12.5x2.5$cm^3$<br>· 샘플링 전혈: 0.1 ml<br>· 암 마커 : PSA(1 pg/ml), CEA(2 pg/ml), mucin-1(5 pg/ml)<br>· 전혈처리부, 감지부, 신호처리및 표시부, RF 통신 모듈 일체화<br>· 새로운 바이오 마커 탑재 후 임상데이터와의 상관관계 60% 이상<br>– 휴대형 유해환경 판단 시스템<br>· 감도 : 수십 ppb<br>· 시료 전처리, 센서어레이 모듈 일체화 (크기: 10×15×2.5$cm^3$)<br>· 유해환경 판단 정확도 90%이상 |

수행 중이며 랩온어칩은 많은 장점을 가지고 있는 반면 상용화되어 보급되기 위해서는  채널 내의 극미량 유체제어, MEMS 기술, 다른 장비와의 연결문제 등 해결해야 할 난제들을 안고 있다. 휴대형 바이오 센서칩 구현을 위해 현재 가장 큰 문제점은 전처리 MEMS 기술 분야이며, 선진국을 중심으로 원천 기술 확보를 통한 기술 선점을 위해 노력하고 있다.

유해유기물 환경센서 경우, 현대 일상 생활에서 환경 특히 유해 유기물 가스의 변화에 따른 정보를 계측하는 분야는 최근 재택 및 직장 생활에서 웰빙, 건강 및 질환에 대한 정보 이용 등을 위한 측면에서 그 중요성이 점증되고 있으며, 나아가 식품 원산지 판별, 환경오염 관리, 바이오 테러 대처 분석 등 광범위한 분야에서 그 응용이 가능한 기술이며 현재 일부 벌크형의 센서들은 세라믹이나 폴리머 감응 물질을 사용하고 있는 후막 형태로서, 상용 수준에서 수십~수백 ppb 수준의 유해 유기물 가스 성분을 높은 선택비, 고감도로 신뢰성 있게 검출할 수 있는 제품들은 찾아보기 어려운 실정으로, 이러한 단점들을 극복, 초소형, 저전력으로 고감도, 고선택비, 저가격의 휴대형 센서 어레이 시스템을 구현하는 것이 기술적인 관건이 되고 있다. 생활활력지수 모니터링 기술은 일상생활 환경에서 안정적으로 생체정보를 연속 측정할 수 있는 센서모듈이 아직 개발되지 않았으며, 이에 대한 연구가 진행 중이며 일상생활 중 생활활력지수를 지속적으로 모니터링하기 위하여 다양한 형태의 센서 모듈에 대한 연구가 미국, 유럽 등 기술 선도국에서 진행 중에 있다.

### 3) 유비쿼터스용 CMOS 기반 MEMS 복합센서

유비쿼터스 시대에 요구되는 센서의 소형화, 고성능화를 충족시키기 위해 실리콘 표면 MEMS 기술과 신호처리 회로기술의 일괄 설계/공정을 통하여 일체화된 구조로 구현되는 센서모듈 기술로서 RFID/USN용 센서는 사람 또는 사물에 부착하거나 실제 환경에 설치하여 부착·설치된 곳의 사물 정보 또는 환경 정보를 검지하여 U-City, 스마트 빌딩, 방재, U-Health 등의 서비스가 가능하도록 하는 기반 정보의 획득에 이용된다. 환경센서 복합화 기술은 RFID/USN 서비스의 요구에 따라 CMOS 및 Micromachining 공정 기술을 이용하여 이종의 센서들을 하나의 chip으로 구현하는 것이며, 센서 및 CMOS 회로의 집적화 공정 기술은 서로 다른 공정기술로 제작되는 센서와 CMOS 회로를 하나의 칩으로 구현하는 복합 공정기술이다. 복합센서 인터페이스 기술은 센서 검지값의 송출, 센서의 보정, 저전력 소모를 위한 sleep 모드, 센서소자의 자가 진단 등을 통신 및 제어 모듈의 명령에 따라 제어하며 복합센서 패키징 기술은 서로 다른 패키징 방식이 요구되는 센서들을 집적화한 복합 센서의 단일 칩 패키징 기술이며 복합센서 성능 및 신뢰성 시험기술은 양산 적용을 위하여 필수적으로 요구되는 단위공정 사이의 복합센서 시험과 최종 제품으로서 품질 우위를 점유하기 위한 신뢰성 확보 기술이다.

현재 정통부 선도기반기술개발 사업으로 진행 중인 "RFID/USN용 센서 태그 및 센서 노드 기술 개발" 과제 1단계(2005년~2006년)에서 진행 중인 물리/화학 등의 단일 센서를 적용한 센서노드개발과 연계되어 본 과제에서 개발하고자 하는 온도, 습도, 화학(CO2), 물리(진동, 위치, 기류, 기압 등)센서 등의 단일 센서가 탑재된 센서노드 개발이 가능하다. 또한 "RFID/USN용 센서 태그 및 센서 노드 기술 개발"과제 2단계(2007년~2008년)에서 집적된 이종 복합 센서를 이용한 센서 노드 개발과 연계되어 본 과제의 2차(2007년), 3차년도(2008년)에 개발이 완료될 SiP형 이종 복합센서 및 SoC형 이종 복합센서의 적용이 가능하다.

〈표 10〉 iMEMS 핵심 기반기술

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 1차년도 (2006) | – Bolometer– type 적외선 감응 재료 선정 및 최적화<br>– 적외선 흡수 및 MEMS 구조체 설계 |
| 2차년도 (2007) | – MEMS센서 구조체 공정 및 적외선 감응 특성 평가<br>– 신호처리 Read-Out IC 설계 및 공정<br>– MEMS 공정과 CMOS공정과의 정합성 문제 해결 연구 |
| 3차년도 (2008) | – Read-Out IC & MEMS 일체화 iMEMS 공정 최적화<br>– iMEMS 센서 칩 패키지 개발<br>– iMEMS 센서 특성 평가 |
| 4차년도 (2009) | – 적외선 센서 패키지 시제품 신뢰성 평가<br>– 영상 시스템 적용 및 상용성 검증 |

〈표 11〉 USN용 복합 센서 기술

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 1차년도 (2006) | – 단위 센서(CMOS 온도센서, MEMS 진동 및 습도센서) 설계/공정 기술<br>– 외부 통신 및 제어 모듈을 이용 한 센서 모듈 제어<br>– 단위 센서  패키징 (SiP) 기술 |
| 2차년도 (2007) | – USN 센서 노드 기술 과제에서 개발된 통신프로토콜을 수용하여 센서 모듈 제어<br>– 이종 센서의 복합화 공정<br>– WLCSP ( Wafer Level Chip Scale Packaging)기술 개발 |
| 3차년도 (2008) | –센싱 소자와 ROIC 설계기술<br>–센싱 소자와 ROIC 공정 기술<br>–이종 센서 복합화 SiP/SoC 기술<br>– USN 센서 노드 통신 프로토콜을 수용한 센서 모듈 제어 기술 |
| 4차년도 (2009) | – 복합 센서 공정 기술<br>– 내환경성 센서  제품을 위한 다중 센서 상용 패키징 기술 |

2006년 하반기 기술기획에서는 나노/바이오 IT융합기술 서비스 시나리오에 따른 중점개발영역별 센서개발에 역점을 둠으로써 다가오는 유비쿼터스 사회를 위해 초석이 될만한 프로젝트를 발굴할 예정이다.