

마이크로시스템 연구회

마이크로시스템의 개발방향과 전망

이 석 한

성균관대학교 전자전기공학부

1. 서론

마이크로시스템 산업 분야는 20세기 후반에 급속 성장한 신산업으로서, 2010년경에는 급속한 발전이 예상되는 분야로, 선진 각국은 이 분야에 대한 시장 지배력을 확보하기 위해 다각적이고 적극적인 노력을 기울이고 있다. 미국, 유럽, 일본 등 기술 선진국들은 마이크로머신기술 태동 후 각국의 기존 기반기술을 토대로 각자의 주력분야를 형성, 기존제품 시장의 확장과 신제품 시장의 창출을 추진 중이며, 미국의 경우 Microelectronics로부터 MEMS 분야에, 일본의 경우 가공기술로부터 Micro-machining 분야에, 그리고 유럽의 경우 소재, 의료기 기술로부터 Microsystem 분야에 주력하고 있다.

향후 마이크로 제품 시장은 단일부품의 통합, 저가, 구조의 모듈화, 신뢰성이 중요시되며, 단순한 하드웨어의 소형화 뿐만 아니라 지능화에 의한 자율적, 고도 제어, 조립시스템 기술 또한 주요 연구방향이 될 것이다. 국내의 경우에도 급속하게 성장하고 있으나 핵심기술 미확보로 인하여 수입 의존도가 높고 국제경쟁력도 낮은 상황이다. 그러나 우리나라의 반도체 기술 등을 바탕으로 경쟁력을 확보할 수 있는 주요 분야라 할 수 있다.

매우 넓은 개념인 마이크로시스템 중에서, 본고에서는 MEMS 기술에 기반한 마이크로 시스템의 개발방향과 바이오 분야, 자동차 분야, 정보 및 통신 분야 등 응용분야별 전망을 개괄하고자 한다.

2. 본론

2.1. 개요

마이크로와 나노기술은 인간의 다양한 욕구 충족과 현 제품의 고급화에 이르기까지 사회전반에 걸친 많은 파급효과를 가져올 것이다. 최근 선진국가에서는 이 분야에 대한 산업계, 대학, 연구 기관들의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 시장 또한 이미 상당부분 형성되어 있으며, 향후 수 천억 달러의 성장이 예측되고 있다. 현재 이 분야에서 적용 가능성과 파급효과가 클 것으로 기대되는 분야는 자동차 분야, 보건 및 바이오 분야, 정보기술 및 통신분야와 측정분야 등이 있다. 마이크로 및 나노기술의 핵심기술에

대한 정리가 표1에 나타나 있다. 현재 마이크로 기술은 이미 수많은 제품에 대해 확립되어 있는 반면, 나노 기술은 아직 기초수준이며 연구 중인 상황이고, 실제 상업화를 위한 시제품수준에 머물러 있다. 또한 다학제간의 접근이 요구되고 있으며, 특히 다소 고가 장비의 이용이 필요하다. 따라서 산업화에 있어서 기술적이고 상업적 경쟁력이 중요한 열쇠이다.

표 1. 마이크로 및 나노기술에 대한 핵심 기술.

	마이크로 기술	나노 기술
핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> · Microelectronics · Microoptics · Microfluidics · Mrcromechanics · Micromachining 	<ul style="list-style-type: none"> · Ultra Thin Film Technology · Materials Architectures · Ultra Precise Surface Processing · Scanning Probe Technology · Nanooptics · Nanoparticles · Nanomachines

2.2. 연구개발 및 산업 동향

1990년 중반 이래 마이크로 시스템에 대한 관심이 증가하기 시작하였다. 동시에 정부의 많은 지원을 이룰 수 있었으며 많은 기업들의 관심을 유도할 수 있었다. 마이크로시스템이 적용 가능한 주요 응용제품들을 살펴보면 아래와 같다. 대부분의 제품이 상당기간 시장형성이 되어 왔지만 약물전달 시스템, 광학스위치나 랩온어칩 등과 같은 제품은 향후 5-6년 이후정도에 시장형성이 될 것으로 예측된다.

분야	Market Value		
	小 Device	Module	大 System
Sensor	Accelerometer, Gyro, Magnetic Flux Gate, Pressure Sensor	Input System, GPS Module	PDA, 자동차
Printer	Inkjet Head	Inkjet Head Cartridge	Inkjet Printer
Display	DMD, GLV, Digital Paper	DLP Engine	PJ Display
Optical Network	Optical Switch, VOA, Tunable Filter	OADM Sub-module	OADM, OXC
RF	RF Switch/Filter, Multi-Band Antenna	PON ONU	PON
Bio	VCO Module, RF Module	Lab on a chip	Handheld Phone
	DNA/Protein Chip		의료 진단 장치

그림 1. MEMS 제품.

- 자동차: 압력센서, 가속도 센서, 자이로스코프 등
- 정보 및 통신: 정보 저장 장치용 R/W 헤드, 잉크젯프린터용 헤드, 통신용 광학스위치 등

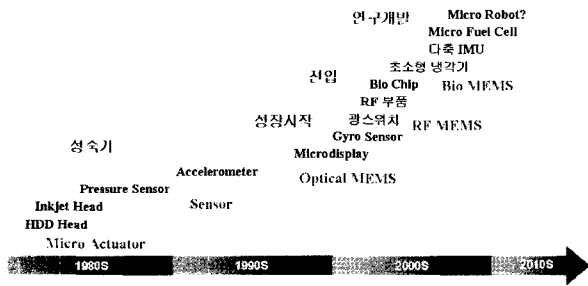


그림 2. MEMS 시장 예측.

• 바이오 : 생체내 진단기, 약물전달시스템, 랩온어칩 등 MEMS 제품들의 상용화 시기를 살펴보면 Micro Actuator 와 sensor의 경우 성숙기에 접어들어 현재 시장의 확대에 있다고 볼 수 있다. 반면 Optical MEMS는 시장이 형성되기 시작하여 성장기에 접어들었으며 Bio MEMS는 2000년대 중반에 시장에 진입하기 시작하고 Microrobot이나 Micro Fuel cell 등은 2010년대에 시장에 진입할 것으로 예측된다. MEMS 시장 규모는 2000년 기준으로 300억불이었으나 2005년 기준 680억불로 증가할 것으로 예측되며 (연평균 18 % 증가), 특히 통신용 Optical MEMS 또는 RF MEMS 제품이 새로이 등장할 것이다. 2005년에는 IT분야와 Bio분야가 큰 시장을 차지할 것으로 예상된다.

이러한 예측에 따라 각 국은 집중 투자를 수행하고 있다. 나노 기술의 경우 미국과 일본 특히, 미국의 경우 다양한 분야에 대한 집중적인 투자를 아끼지 않고 있다. 미국의 경우 2001회계연도에 나노 분야 투자를 위해 2000년도의 거의 2배에 달하는 4.95억달러의 투자예산을 확보하였으며, 일본의 경우 1997년 나노기술에 대한 10년 사업이 시작된 이래 현재 2001회계연도에 연구부처 및 MITT와 같은 기관에서 조성된 자금만 2억달러 이상이다. 최근에는 유럽도 유럽연합을 중심으로 나노기술에 대한 투자를 급격히 증가시키고 있다.

MEMS 업계에 심각한 반응을 유발하는 기본 변화인자(driver)에는 Electronics Design Tool과 Foundry Service에 대한 Funding decision 혹은 Research choice을 들 수 있으며 더불어 Wireless Internet의 확산(Outside of MEMS Domain)을 들 수 있다. 그리고 향후 5년 이내의 업계 측면에서의 변화인자(Driver)는 정보기술 및 서비스에서 무선연결을 통한 MEMS 응용이 될 것이다. 또한 삶의 질 향상 요구 증대와 고령화를 위한 건강관리 요구 증대가 변화된 사회적 요인으로 작용할 것이다. 향후 5년 이내의 기술 측면에서의 변화인자(Driver)로는 다음과 같은 사항들을 고려할 수 있다.

- Biocompatible Material 의 확보
- Electronics 부가 Integration 된 MEMS 제품의 증가
- Modeling과 Simulation Tool 의 발전
- MEMS-focused Equipment 의 증대

이러한 미래 경향과 변화인자들을 고려할 때 우리나라의 기회는 충분하다. 단지 MEMS 전문인력의 확보가 필요하고 Commercial MEMS 제품의 판매자가 증가하고 다양화할 필요가 있다. 더불어 기술적 측면에서는 MEMS Fabrication Equipment의 증가가 필요하고, 질적 향상 및 다양화가 필요하다. 최근 각 지역별 나노센터를 구축하는 것은 매우 바람직한 경향이다. 또한 MEMS Foundry Service의 확대가 필요하며 MEMS Device와 Circuit의 Reusable Library를 제정할 필요가 있다.

2.3. 정보 및 통신 산업 응용

마이크로와 나노기술의 경우 정보처리 및 데이터 전송에서 진정한 과학적 돌파구를 이끌어 낼 것이다.

소형화 시스템의 경우 정보기술 및 전송기술 분야의 성장에 중심점 역할을 하고 있다. 정보 분야에서의 마이크로 시스템기술의 적용제품으로는 하드디스크, 프린터, 평면 디스플레이등과 같은 컴퓨터 주변장치이며, 소형화, 집적화와 저비용 대량생산체계의 증가를 위해 지속적인 노력을 하고 있다. 전송분야의 경우는 데이터 네트워크 고속화 요구가 기하급수적으로 늘고 있으며, 광학기술의 진보가 이에 대한 성공 가능성을 크게 하고 있다.

현재 IT분야의 시장을 주도하고 있는 두 제품은 저장 매체용 R/W 헤드와 잉크젯 프린터헤드이다(표 2 참조). 또한 전송 기술분야의 경우 광학 스위치, 전자 밸브, 코일온칩, 마이크로 릴레이 등이 상당부분 시장 형성을 시작하고 있다.

- 대량 저장장치 : 하드디스크의 용량은 지난 10년동안 동일 면적에 대해 연간 40%의 증가를 보이고 있다. 이러한 기술적 경향은 초기 신 재료와 헤드의 소형화를 통한 저장밀도 증가를 이루었으나, 나노 미터의 피치를 가진 단일 비트의 데이터 저장장치에 대한 나노기술 연구가 수행되고 있다.
- 프린터 : 잉크젯용 프린터 헤드는 마이크로 유체역학적 디자인에 대한 매우 성공적인 사례이며, 현재 컬러인쇄를 위한 최소한의 잉크소비기술 연구가 수행되어 지고 있다. 일반적인 헤드의 경우 500개의 노즐이 있으며, 수 피코리터의 양이 10-20kHz 영역에서 분사된다. 최근에는 잉크젯 기술을 섬유 인쇄, 전자 기관 회로 제작, 디스플레이 평면표시패널에의 응용을 연구하고 있어 관련 시장의 폭발적 성장이 기대되고 있다. 금속 나노입자를 포함하는 콜로이드를 분사함으로써 회로를 형성할 수 있으며, 이러한 응용은 환경문제를 해결하고 설비투자의 저감, 비용절감 등의 이점을 제공한다. 잉크젯 기술은 유기 EL이나 PDP와 같은 디스플레이의 패널 제작에 이미 적용하고자 연구되고 있어 관련 핵심기술의 개발이 매우 중요하다.
- 개인용 휴대폰 단말기용 보드 분야의 경우 75%가 코일온칩, 기계 진동자와 마이크로 릴레이와 같은 수동소자 등이 탑재되어 있다. 전체 수신 회로의 축소를 위한 단일

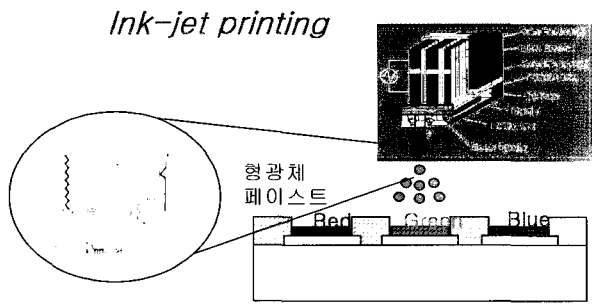


그림 3. 잉크젯 프린터에 의한 PDP 제작 개념도.

칩을 목표로 연구가 진행되고 있다.

- 마이크로 광학 소자 : 이 분야는 모든 수동소자를 포함한 광학 수신 소자를 말한다. 실리콘 표면에 실리콘 나노막이나 폴리머로 구성된 투명평판을 기본으로 한 많은 이용 기술들이 있다.
- 광학 스위치 : 이 분야는 광학 MEMS나 MOEMS(Micro Electro Mechanical System)의 영역이며, 광신호를 한 개의 광섬유에서 다른 선택된 광섬유로 전송하기 위해 미러를 통한 기계적 구동이 필요하다.

표 2. 정보기술 분야의 마이크로시스템 시장 동향.

	1996	2002	연간성장률 (%)
Read/write heads	45억달러	120억달러	18
Ink jet print heads	44억달러	100억달러	15
Emerging segments	0.7달러	20억달러	75
Total	89.7억달러	240억달러	18

2.4. 바이오 산업

마이크로기술은 보건관련 적용산업에 대하여 이미 시장이 형성되고 있다. 첫 번째의 의료 적용 제품은 심장 박동 조절기이며, 마이크로 전자공학으로 크기의 소형화, 전력소비의 감소 및 신뢰성 향상을 가져왔다. 또한 보청기용 실리콘 멤브레인, 재료의 변형률을 이용한 혈압측정기 등에 관한 연구도 수행되고 있다. 유량센서, 밸브나 펌프시스템 등도 핵심적인 기술이다. 최근에는 생체내의 주기적 약물관리 및 지능형 약물 전달기술 등이 집중적으로 개발되고 있다. 바이오 의학 분야에서의 나노기술은 머지않아 시장형성이 크게 이루어질 것이며, 생체적합형 멤브레인과 DNA 수준의 분자조작기술, 약물 개발, 생체내 반응 감지와 같은 기술들이 나노기술들의 주류가 될 것이다.

- 지능형 약물 전달 시스템: 현재의 약물 전달 체계는 많은 결점이 있다. 소화장애 및 원치 않은 주변효과를 발생시키며, 일반적으로 약물의 크기가 크기 때문에 피부나 생체적 막막을 통과하지 못하거나 신체에 필요한 부위에는 적게 전달되는 전혀 비 효율적인 전달시스템이다. 이러한 결점을 보완하기 위해 나노기술의 적용에 관한 연구가

진행되고 있으며 대표적으로는 나노입자를 이용한 약물 전달시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 특별한 자기적 성질을 가진 나노입자에 적당한 약물을 함유시킨 후 치료하고자 하는 장기에 전자기적으로 이동시킨 후 약물을 주입하는 개념이다.

- 바이오 칩/랩온어칩 : 마이크로 크기의 채널과 홈을 이용한 초소형 진단 및 분석장치이다. 바이오칩 기술의 경우 DNA분석, PCR과 세포분리, 약물 및 호르몬 설계 등과 같은 많은 잠재력을 가졌다. 현재 이 장치의 종류는 전자적/광학적 검출 칩과 랩온칩 등으로 구별되고 있다. 일반적인 전자적 검출칩 장치는 미크론이하 전극의 배열을 가진 실리콘 기술을 기초로 하고 있다. 이와 유사하게 광학적 검출칩 장치는 높은 민감도와 선택적 막 필름을 이용한 관심 분자의 형광성과 에버네센트와 기술을 응용하고 있다. 이 분야에서 가장 정밀도가 높은 것은 랩온칩 장치로 실리콘 위의 마이크로 채널과 홈을 이용한 마이크로 유체 시스템이며, 초소형의 진단 및 분석기구 뿐만 아니라 화학적 또는 약물처리와 조합 장치가 가능하다.

2.5. 자동차 산업

자동차산업은 잘 알려진 초 소형화 시스템의 적용분야 중 하나이다. 안전성, 품질 및 신뢰성이 자동차산업의 주요한 요구 사항이다. 따라서 보다 안전하고 친환경적이며 경제적인 작동을 위해 신뢰성 있고 소형화되며, 비용효율이 높은 기능적 제품을 만들기 위한 노력이 진행될 것이다. 현재 상용화된 제품 중 마이크로 시스템 기술에 해당되는 것은 압력센서와 가속도 센서 및 자이로 센서이다. 이들 센서의 주요한 적용분야는 연료 압력, 실린더 내부의 압력과 공기 입력부의 압력 등의 감시를 통한 엔진 관리시스템분야가 있으며, 타이어 압력, 에어백 시스템과 충돌방지 시스템과 같은 안전 및 보안 시스템분야, 에어컨의 압축기 감시 및 진동 감소 등의 편리성 시스템분야, 엔진 오일 압력과 브레이크 압력 감시와 같은 바퀴의 진단 시스템분야 등이 있다. 이중 특히 엔진관리 및 안전이 가장 중요한 분야이며, 마이크로 시스템을 통한 압력 센서가 유용하게 쓰이고 있다. 이러한 압력센서 요구사항으로는 터보 엔진을 위한 고압영역에서의 사용이 가능하며, 응답시간이 짧고, 소형화이며, 집적화된 신호처리 장치, 저가이며 대량생산성을 들 수 있다. 또한 전자시스템의 경우 운전사나 승객의 편리함과 편안함을 위한 GPS, 실내 온도 및 공기 상태 제어기술과 안전함, 엔진 효율과 성능향상을 위한 자동차 구동동작 제어 기술 등이 요구되고 있다. 이러한 전자시스템 분야의 경우 오늘날 마이크로 기술의 기여와 미래 나노기술과의 병행발전을 통해 집적화 된 전자회로와 센서성능의 혁신을 달성할 수 있을 것이다. 특히 나노기술을 통해 정전기방지용 나노구조체 재료와 자동차 내부연소에 의해 발생하는 유독한 가스의 감소를 위한 촉매개발 및 기계적 성능(무게, 경도, 윤활성 등)의 향상을

가능하게 하는 신물질의 개발을 가능하게 할 것이다.

NEXUS 보고서에 따르면 마이크로시스템 기술을 통한 자동차산업의 적용제품의 시장은 1996년에 3억 달러이며 2002년도에 9억 달러 정도일 것으로 예측되었으나, 실제 2002년의 시장이 13-14억 달러였으며, 이 결과로 보아 상승 폭이 점차 커지고 있음을 짐작할 수 있다.

3. 마이크로시스템 연구회 활동내용

지난 2004년 12월 20일 성균관대학교에서 바이오분야, 측정분야, CNT 응용, Fuel Cell 분야 등에서 활발히 연구하고 있는 연구자들을 초청하여 강연 및 토의를 진행하였다. 이를 통하여 회원 상호간의 연구력 향상은 물론 현재 진행중인 연구방향에 대한 심도있는 토론을 진행하여 이 분야의 학문발전에 크게 기여할 수 있는 모임이 되었다. 본 연구회는 앞으로도 다양한 학술 토론과 초청 강연 등을 통하여 회원 상호간의 연구력 향상은 물론 이 분야의 학문발전에 크게 기여할 수 있는 모임을 자주 가지고자 한다. 따라서 관심있는 많은 연구자들과 회원들의 적극적인 참여를 기대한다.

..... 저자소개



《이 석 한》

- 1972년 서울대학교 전기공학 학사.
- 1974년 동대학원 전기공학 석사.
- 1982년 Purdue University, West Lafayette, Electrical Engineering 박사.
- 1982년~1983년 Rensselaer Polytechnic Institute, Post Doctoral Fellow.
- 1983년~1997년 Univ. of Southern California 조교수, 부교수(겸직), 정교수(겸직).
- 1998년~2003년 삼성종합기술원, Chief Research Officer-Microsystems 총괄(전무), 특별연구팀 팀장(겸) System & Control Sector 연구소장(전무) MEMS, Nano, and Mobile Systems Laboratories 연구소장.
- 1990년~1997년 Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology(NASA), Senior Member of Technical Staff.
- 2003년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수, 성균관대학교 지능시스템연구센터 센터장.
- 연구관심분야 : 나노 시스템 분야에서는 Ubiquitous Computing에 필요한 MEMS/NEMS, 광 결정을 포함한 광 집적소자, 생물체의 감지(가운데 점)구동 및 에너지 시스템을 모체로 하는 Nano-Bio Robotics에 관한 연구를 하고 있음. 지능 시스템 분야는 시각/청각 정보에 의한 실시간 인지 및 이해, 지능구현을 위한 정보처리 엔진, 이동 및 조작을 위한 Sensory-Motor Coordination에 관한 연구를 수행하고 있음.
- 연락처 : Phone : +82-31-290-7150
Fax : +82-31-299-6479
E-mail : Lsh@ece.skku.ac.kr