

## MEMS 기술과 차세대 자동차산업

박효덕, 조남규

전자부품연구원

### I. 머리말

반도체의 발견이래, 지난 수십 년간 반도체 기술의 지속적인 발전과 더불어 자동차, 군수, 항공, 화학 등의 반도체와 연관된 모든 산업 분야에서 반도체의 기술에 힘입어 괄목할 만한 발전을 거듭하여 왔다. 그 중 자동차분야에서도 반도체 기술의 발전에 발 맞추어 무겁고 큰 부품들이 가볍고 작아지면서도 기능에 있어서는 더욱 정확하고, 여러 가지 일어날 수 상황을 미리 예측하여 능동적으로 대처할 수 있는 전자제어시스템들이 점점 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 이면에는 자동차 제조업체의 자발적 기술개발 노력에 의한 다기보다는 법적, 시장의 환경변화가 이를 강요하고 있는 실정이다. 과거 수십 년간 최고 품질의 자동차 메이커라고 자부하던 선진업체들도 환경변화에 능동적으로 대처하여 경쟁력을 확보하지 못하여 인수 합병되거나, 무참히 도태되고 있는 작금의 업체 동향을 보면 알 수 있다.

자동차 품질에 대한 수요 예측을 잘못하거나 설령 시장의 요구시기에 맞추어 개발을 하였다하더라도 또한 가격경쟁력을 갖추지 못하면 냉혹한 시장논리에서 살아남지 못할 것이다. 이러한 시대적 환경변화에 능동적으로 대처하고자 기술선진국의 자동차업계에서는 첨단 기술을 기반으로 한 자동차용 전장시스템을 개발하여 기존 시스템의 대체 또는 신규로 부가함으로써 날로 치열해지고 있는 세계시장에서 자사제품의 품질 및 가격의 경쟁력 강화와 함께 부가가치의 극대화를 꾀하고 있는 것이다. 이러한 전장시스템 중 에어

백 시스템(airbag system), 브레이크 잠김방지 시스템(ABS: Anti-lock Brake System), 전자제어엔진시스템, 전자제어현가시스템(ECS: Electronic Control Suspension system), 전자제어조향시스템(EPS: Electronic Power System) 등은 중대형차종에서는 이미 기본 사양으로 점차 되어가고 있고, 소형차종에서도 선택 사양으로 추가할 수 있는 시점에 와 있고, 이 밖에도 차체거동제어시스템(VDC: Vehicle Dynamic Control system), 관성항법시스템(Navigation System), TCS(Traction Control System), CCS(Cruise Control System), 충돌방지시스템(Collision Avoidance System), 화상정보시스템 등의 새로운 전장시스템이 계속 개발되고 있고 이 중 몇몇은 이미 개발되어 실제로 적용되고 있는 실정이다.

이들 전장시스템은 유기 생명체와 마찬가지로 기본적으로 유기 생명체의 감각기관에 해당하는 감지부(sensor part: 예-압력센서, 가속도센서, 각속도센서, 유량센서, 온도센서 등), 뇌에 해당하는 전자제어부(ECU: Electronic Control Unit), 근육에 해당하는 구동부(actuator part: 예-엔진, 모터, 솔레노이드 등) 세 가지 요소로 구성되어 있다. 이러한 전장시스템의 효과적인 작동과 설계된 대로 기능을 제대로 수행하기 위해서는 먼저, 자동차의 거동 및 각종 물리량에 대한 정확하고도 신뢰성 있는 정보를 제공해 줄 있는 고성능, 저가의 센서개발이 선결 과제이다. 전장시스템용 센서를 개발함에 있어서, 가격 및 성능 면에서 그다지 심한 조건이 아닌 일반 산업용 센서 및 성능 위주인 계측, 항공, 군수 분

야용 센서와는 달리, 자동차라는 열악한 환경에서 작동 및 내구의 신뢰성을 유지할 수 있는 고성능이면서 가격도 저렴해야 하는 이중의 제약조건을 충족시켜줄 수 있는 센서를 어떻게 개발할 수 있는가가 관건이다. ~

이러한 관점에서, 근래 전 산업분야에서 전자화를 이끌고 있는 반도체 집적회로 제작기술을 기반으로 하여 각종 물리량 감지를 위한 미세기 계구조물, 각 종 물리량의 전기신호로의 변환, 증폭, 보정을 위한 전자회로를 동시에 제작하여 하나의 칩 상에 집적화시킨 반도체 집적센서의 등장은 센서의 소형화, 경량화, 다기능화, 고성능화와 함께 가격을 저렴화를 동시에 이룰 수 있다는 점에서 크게 주목받고 있다.

본 연구에서는 먼저 자동차 전장품의 시장 팽창 요인을 분석함으로써 전장품에서 센서의 역할 및 중요성을 파악하고, 전장시스템별 요구되는 센서의 종류, 요구특성, 소요 수량 및 시장에 대한 현황 및 전망에 대해 기술한다. 그리고 MEMS 가공기술에 의해 제작된 자동차 전장용 주요 반도체센서들을 소개하고, 몇 가지의 개발예를 통하여 각각의 형태 및 기능 면에서 발전방향을 살펴보고자 한다.

## II. 자동차 전자화의 주요 요인

최근 들어 자동차에서 전장품(automotive electronics)이 차지하고 있는 비중은 점점 늘어나고 있는데, 그 주된 배경에는 크게 세 가지 요인(driving force)을 들 수 있다.

첫 번째 요인으로 들 수 있는 것은 환경오염 방지를 위한 자동차 배기 가스(emission), 유한한 지구 자원의 효율적 사용을 위한 연료 경제성(fuel economy) 및 승객의 보호를 위한 안전(safety) 등에 대한 범국가적 차원에서의 법적 규제의 강화 추세이다.

두 번째 요인으로는 소비자들의 경제력 향상 및 고품질에 대한 욕구 증대 등으로 자동차의 품질, 신뢰성, 편의성 및 안전성 등에 대한 자동차

소비자의 선호도 증가를 들 수 있다.

세 번째 요인으로는 성능은 점점 올라가면서도 가격은 점점 내려가 종래에는 엄두도 내지 못하던 고품질 시스템들에 대한 소비자의 접근을 용이하게 하여 소비를 부추기는 기술의 발전 그 자체라고 볼 수 있다.

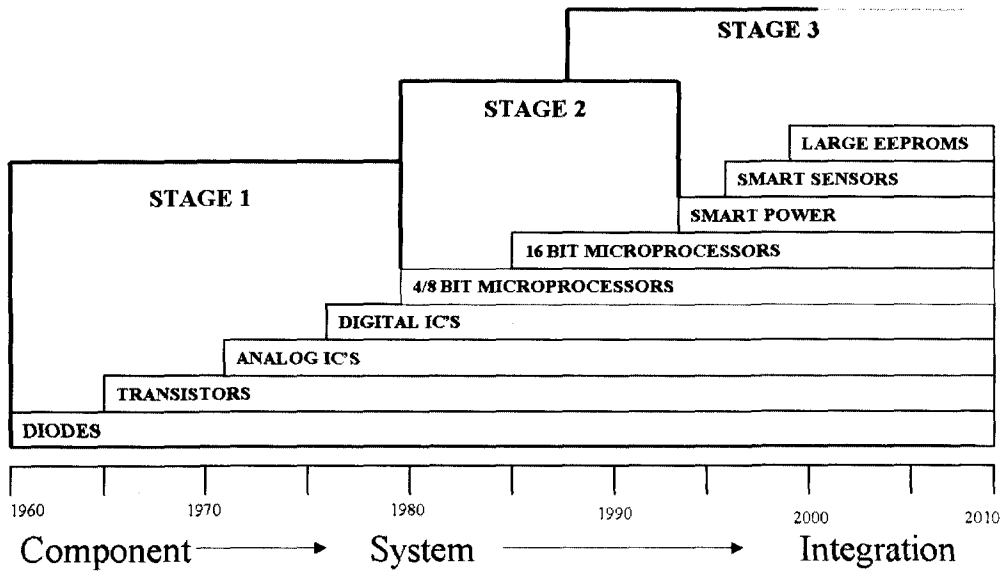
## III. 자동차 전장시스템 및 소요센서 현황

자동차 전장시스템들의 전자제어부는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 각종 센서들을 통하여 시스템이 처한 여러 가지 환경으로부터 다양한 정보를 수집하고 판단한 후 적절히 액츄에이터를 동작시켜 그 기능을 수행하게 한다.

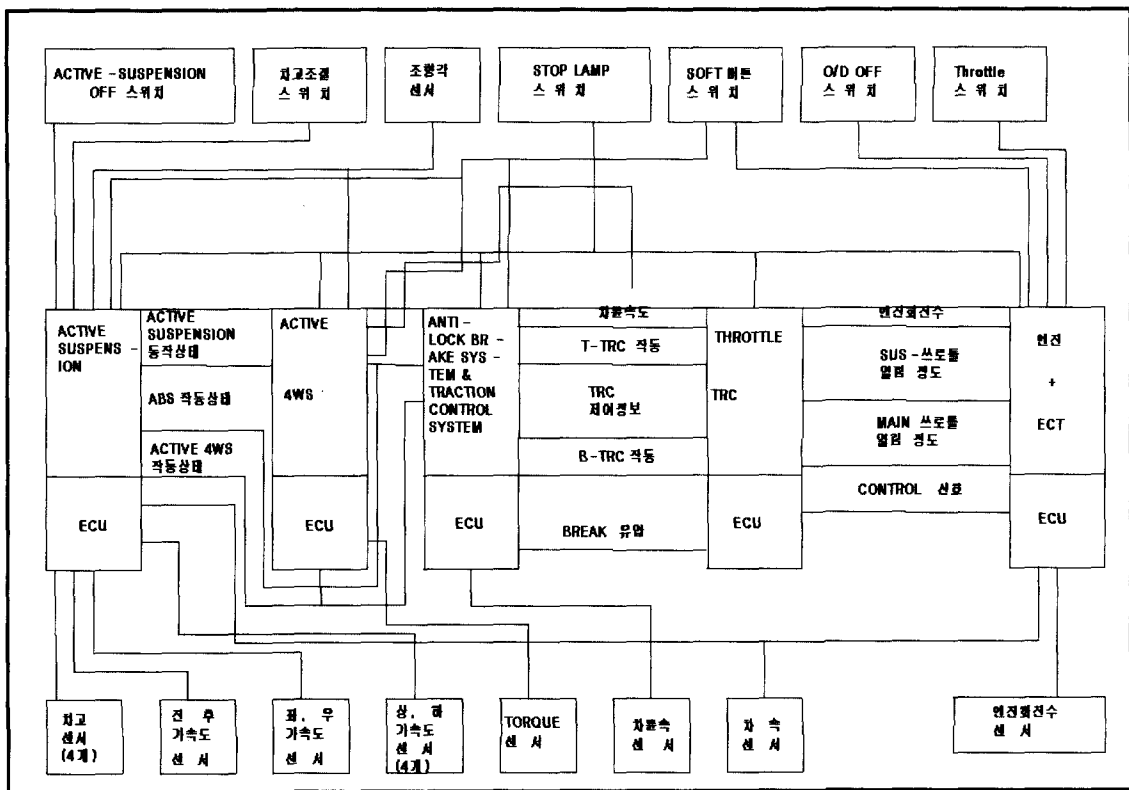
80년대까지만 해도 이러한 전장시스템은 그 종류도 많지 않았으므로 단일 시스템 전용의 STAND-ALONE MODULE에 그 MODULE만이 사용 가능한 센서와 액츄에이터를 부착하여 사용하였으며 다른 시스템과는 거의 상호 연관이 없었다.

따라서 이에 사용되던 센서들도, 기계식이거나 또는 단순히 잡음에 대한 신호비가 높은 TRANSDUCTION ELEMENT TYPE이 주종이었으며, 센서 신호의 증폭, 선형화, 필터링 등은 전자제어부의 MICRO-PROCESSOR가 직접 수행하였다.

그러나 전자화된 시스템이 증가하고 그 기능이 다양화됨에 따라 MICRO-PROCESSOR의 괄목할만한 발전에도 불구하고 센서의 신호를 처리하는데 MICRO-PROCESSOR는 보다 많은 처리시간 및 메모리를 필요하게 된다. 그러므로 MICRO-PROCESSOR의 부담을 줄이기 위해 잘 정형화된 센서의 신호를 제공하는 것이 중요하게 되었다. 즉 센서의 'SMART'화가 필요하게 되었다. 이러한 점들을 만족시키기 위하여 점차 기계식에서 전자식센서 특히 반도체 센서로 바뀌어가고 있으며, 그래서 이에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다.



<그림 1> 자동차 전자화의 변천 과정



<그림 2> 일본 도요다 자동차의 전자화된 차시 시스템

## 1. 자동차용 센서별 감지대상 및 적용시스템

〈표 1〉 자동차용 센서별 감지대상 및 적용시스템

SENSOR	Detection Object	Application
ACCELERATION	BODY OSCILLATION	SC
	BODY VERTICAL ACCELERATION	SC
	BODY HORIZONTAL ACCEL	SC
	CRASH DETECTION	SF
	KNOCK DETECTION	PC
ANGLE	STEERING POSITION	SS-SC
CHARGE	BATTERY CHARGE STATUS	PC-ISC
CO OP SMELL	AIR QUALITY	ACS-ISC
DIRECTION	NAVIGATION	NS-ISC
FUEL COMPOSITION	METHANOL IN FUEL	PC
	WATER IN FUEL	ISC
HEIGHT	SUSPENSION HEIGHT	SC
ICE	PRESENCE OF ICE ON ROAD	ISC-SF
INCLINATION	BODY TRIM	SC-BC
INERTIAL	NAVIGATION	N
INTRUSION	ANTITHEFT PROTECTION	SF
LEVEL	ABS OIL	BC-ISC
	BRAKES LIQUID	BC-ISC
	COOLING LIQUID	PC-ISC
	ENGINE OIL	PC-ISC
	FULL	PC-ISC
	GEAR OIL	PC-ISC
	WINDSHIELD LIQUID	ISC
	HEADLIGHT CLEANING LIQUID	ISC
	SERVOBRAKE LIQUID	ISC
MASS FLOW	ENGINE INTAKE AIR	PC
	TREATED AIR	ACS
	FUEL	PC-ISC
OBSTACLE	REAR OBSTACLE DETECTION	SF-ISC
	WINDOW INTRUSION	SF
OIL STATUS	ENGINE OIL CONDITION	ISC
OXYGEN	EXHAUST GAS COMPOSITION	PC
POSITION	ACCELERATOR PEDAL	PC-ISC
	BUTTERFLY	PC-ISC
	CRANKSHAFT	PC
	CAM SHAFT	PC
	MIRRORS	ISC
	SEATS	ISC
	WHEELS	SC-SS

PRESSURE	AIR, BAROMETRIC	PC-ISC
	AIR, INTAKE MANIFOLD	PC-ISC
	AIR, DAMPERS	SC-ISC
	AIR, TIRES	SF-BS-ISC
	CYLINDERS	PC
	FREON	ACS
	FUEL	PC
	GAS, E. G. R.	PC
	OIL, ABS	BS
	OIL, BRAKES	BS
	OIL, DAMPERS	SC
OIL, ENGINE	PC-ISC	
OIL, GEAR	PC-ISC	
RADAR	OBSTACLE DETECTION	NS-SF
RAIN	INTENSITY OF THE RAIN	SF
PROFILE	ROAD PROFILE/CONDITIONS	SC
SPEED/POSITION	ENGINE R. P. M.	PC-ISC
	WHEEL R. P. M.	BC-ISC
	STEERING SPEED	SC-SS
TWILIGHT	EXTERNAL LIGHT INTENS.	SF-ISC
RADIATION	SOLAR RADIATION IN PASSENGER COMPARTMENT	ACS
START OF COMBUSTION	S. O. C. INSIDE CYLINDERS	
TEMPERATURE	AIR, EXTERNAL	PC
	AIR, INTERNAL	PC-ISC
	AIR, TREATED	PC-ISC
	BATTERY	ACS
	EXHAUST GASES	PC-SF
	EXHAUST RECIRCULATED GAS	PC
	FUEL	PC
	GEAR OIL	PC-ISC
	HEAT EXCHANGER	PC
	ENGINE OIL	PC-ISC
	SEATS	ISC
TIRES	SF-ISC	
TORQUE	ENGINE TORQUE	PC
	STEERING TORQUE	SC-SS
HUMIDITY	INTERNAL/EXTERNAL	ACS-ISC
VOICE RECONNAISSANCE	VOICE	ISC

ACS=Air Conditioning System,BC=Break Control, BS=Breaking System, ISC=Information System & Commodities, NS=Navigation System, PC=Powertrain Control, SC=Suspention Control, SF=Safety Features, SS=Steering System

2. 안전시스템에서의 MEMS 기술의 적용 현황 및 전망

〈표 2〉 Applications of MEMS Safety Group Source: Roger Grace Associates

Application	Sensor Structure	Status	MEMS Opportunity
Antilock Braking/ Vehicle Dynamics/ Suspension	Steering	Production	Low
	Position/ Wheel	Production	Low
	Rotation/ Pressure	Production	Low
	Valve	Ltd. Production	Med
	Acceleration	Future	Low
	Rate	Limited Prod.	High
	Displacement	Limited Prod.	High
Air bag Actuation	Acceleration	Production	High
	Frontal impact		
	Pressure (Canister)	Future	Med
	Displacement	Limited Prod.	Low
	Side-impact		
Seat Occupancy	Pressure	Future	Med
	Acceleration (Side impact)	Limited Prod.	High
Object Avoidance	Presence/ Force	Limited Prod.	Low
	Displacement	Limited Prod.	Low
Navigation	Presence/ Displacement	Limited Prod.	Low
	Displacement	Future	Low
Navigation	Yaw Rate/Gyro	Limited Prod.	High
	Wheel Rot'n	Limited Prod.	Low

3. 안락/편의/보안시스템에서의 MEMS 기술의 적용 현황 및 전망

〈표 3〉 Applications of MEMS: Comfort, Convenience and Security Group Source: Roger Grace Associates

Application	Function	Status	MEMS Opportunity
Seat Control	Presence	Limited Prod.	Low
	Valve	Future	Med
	Displacement	Future	Low
Climate	Mass Air Flow	Future	Low
	Temperature	Production	Low
	Humidity	Future	Low
	Air Quality	Future	High
Compressor Control Security	Pressure	Production	High
	Temperature	Production	Low
	Proximity	Limited Prod.	Low
	Motion	Limited Prod.	Low
	Vibration	Limited Prod.	Low
	Displacement	Limited Prod.	Low
	Keyless Entry	Limited Prod.	Low

## 4. Engine/Drive Train 분야에서의 MEMS 기술 적용 현황 및 전망

〈표 4〉 Applications of MEMS : Engine/Drive Train Source : Roger Grace Associates

Application	Function	Status	MEMS Opportunity
Digital Engine Control			
Fuel	Level	Production	Low
Cylinder	Pressure	Future	Low
Nanifold(MAP)	Pressure	Production	High
Barometric	Pressure	Production	High
Eng Knock	Vibration	Limited Prod.	Low
Mass Airflow	Flow	Production	Med
Exhaust	Gas Analysis	Production	Low
Crankshaft	Position	Major Prod	Low
Camshaft	Position	Limited Prod.	Low
Throttle	Position	Limited Prod.	Low
EGR	Pressure	Production.	High
Fuel Pump	Pressure	Limited Prod.	High
Continuously Variable Transmission			
	Temperature	Future	Low
	Pressure	Future	High
	Microvalve	Future	Low
Fuel Injection	Pressure	Limited Prod.	High
	Nozzle	Limited Prod.	High
Diesel Turbo Boost	Pressure	Limited Prod.	High

## 5. 진단 및 모니터링시스템에서의 MEMS 기술의 적용 현황 및 전망

〈표 5〉 Applications of MEMS : Vehicle Diagnostics/Monitoring Source : Roger Grace Associates

Application	Function	Status	MEMS Opportunity
Coolant System	Temp	Production	Low
	Quality	Future	High
	Level	Limited Prod	Low
Tire Pressure	Pressure	Limited Prod	High
Engine Oil	Pressure	Production	High
	Level	Production	Low
	Quality	Future	Med
Brake System	Pressure	Limited Prod	High
	Level	Future	Low
Trans Fluid	Pressure	Limited Prod	High
	Level	Future	Low
	Quality	Future	Med
Fuel System	Pressure	Future	High
	Level	Future	Low
	Pressure(EVAP)	Limited Prod	High
Vehicle Speed	Velocity	Production	Low

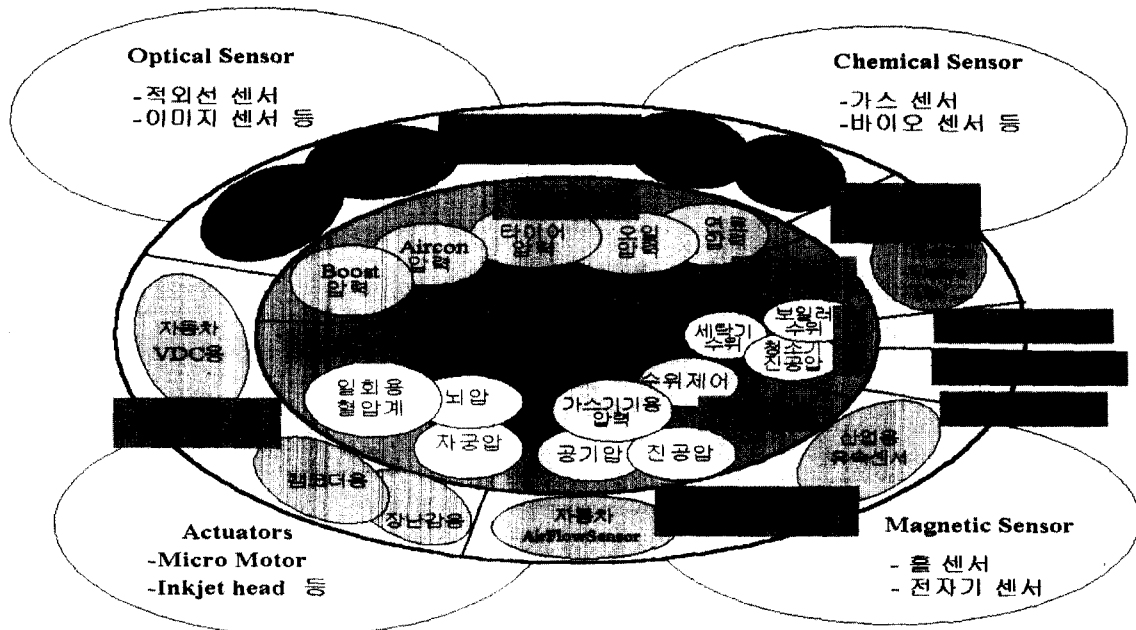
#### IV. 반도체 센서의 적용 현황 및 개발 사례

반도체 센서의 상용화는 먼저 자동차 엔진제어용 압력센서(Manifold Absolute Pressure sensor)에서부터 시작되었으며, 엔진제어 시스템(압력, 유속), ABS 시스템(가속도, 각속도), Traction 시스템(가속도), 후륜제어 시스템(각속도, 가속도), 네비게이션 시스템(진동자이로) 용 등의 압력센서와 가속도센서가 가장 큰 시장을 형성하고 있고 향후 관성센서, 유속·유량센서 그리고 가스센서 등의 시장도 꾸준히 증가할 것이다. 자동차 이외 생체의 다양한 정보를 제공하기 위한 bio-mechanics와 bio-medical용(압력, 유량, 유속, 온도, 가속도, 바이오, 모터, 밸브, 펌프, 팁 등), 공장자동화 및 계측기기용(압력, 온도, 유량, 가속도, 각속도, 광학 등), 가전기기용(압력, 수위, 음향, 이미지, 가스 등) 및 정보통신기기용(노즐, 밸브, 펌프, 적외선, 이미지 등) 등에도 광범위한 응용분야를 가지고 있고 지금까지 사용되고 있지 않던 장난감, 가전제품

등 실리콘 센서를 활용한 신규 제품의 등장도 예상할 수 있다.

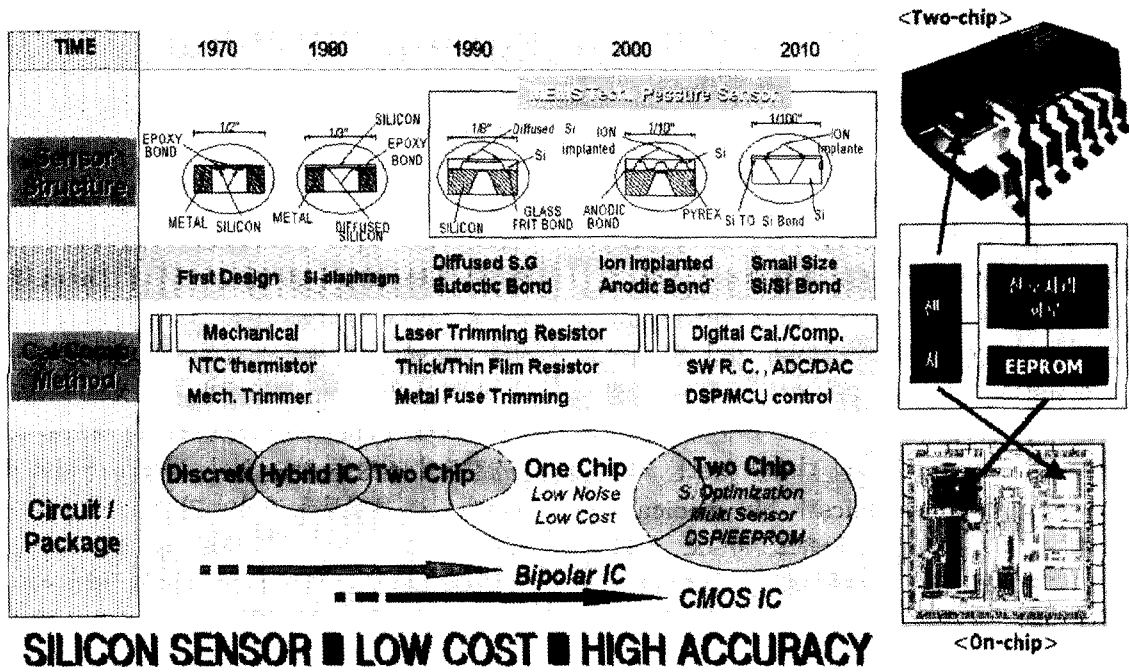
##### 1. 압력센서

자동차에서 크기와 무게는 큰 관심의 대상이 되고 있고 자동차 엔지니어들은 무거운 부품들을 적용하기를 꺼리고 있다. 오늘날 자동차에서 사용되고 있는 기계식 센서들은 직경이 25mm 정도이고 길이도 상당히 길다. 그러나 마이크로머시닝 기술에 의해 제조된 집적화된 반도체 센서는 한 변이 2~3mm 정도이며, 패키징된 후에도 실제 제품은 1cm 이내에 구현이 가능하므로 소형경량화의 장점을 갖고 있다. 자동차 산업에서 센서가 갖는 재현성과 가격이 가장 큰 문제이며, 반도체 센서가 이를 충족시켜줄 수 있는 대안으로 자라잡고 있다. 반도체는 저가격화 뿐만 아니라 소형, 경량화 때문에 전혀 새로운 응용을 창출할 수 있다. <그림 3>에 보는 바와 같이 반도체 압력센서는 엔진제어용 MAP 센서가 가장 먼저 상품화되어 사용되었으며, 현재 타이어압 센서 그리고 연료압 센서가 상품화되었고 에어컨 압

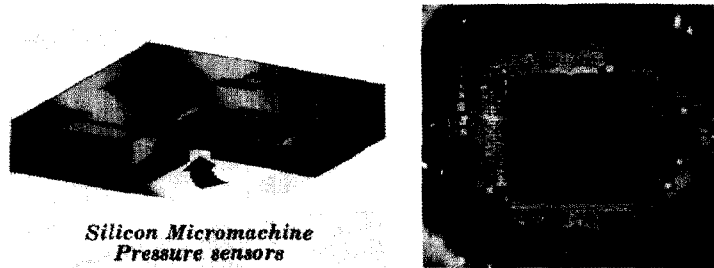


<그림 3> 반도체 센서의 종류 및 응용분야

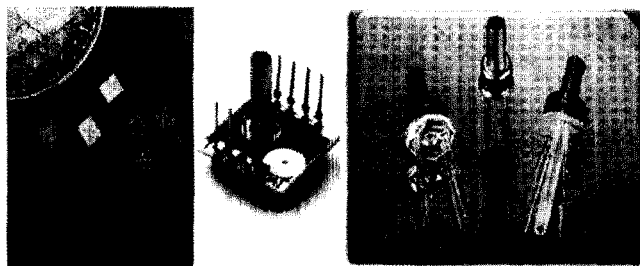




<그림 4> 반도체 압력센서의 기술개발 동향



(a) 자동차 엔진제어용 압력센서의 감지원리와 Bosch GmbH 센서



(b) Locas NovaSensor사의 반도체 압력센서

<그림 5> MEMS 기술에 의해 제작된 압력 센서의 개발 사례

력센서 등을 실리콘 센서로 대체하기 위한 단계에 와 있다. 그림에서 보는 바와 같이 향후 자동

차 한 대당 최소한 6~7 정도의 압력센서가 사용될 것으로 전문가들은 예측하고 있다.

〈丑 6〉 Pressure Sensing Requirements for Various Vehicle Systems

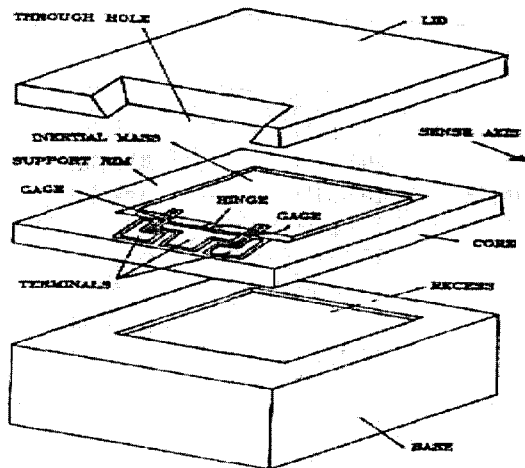
Source : Automotive Electronics handbook

System	Parameter	Pressure range	Type
Engine control	Manifold absolute pressure	100 kPa	Absolute
	Turbo boost pressure	200 kPa	Absolute
	Barometric pressure (altitude)	100 kPa	Absolute
	EGR pressure	7.5 psi-450 kPa	Gage
	Fuel pressure	15 Psi-450 kPa	Gage
	Fuel vapor pressure	15 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Mass air flow		Differential
	Combustion pressure	100Bar, 16.7Mpa	Differential
	Exhaust gas pressure	100 kPa	Gage
	Secondary air pressure	100 kPa	Gage
lect transmission (continuously variable transmission)	Transmission oil pressure	80 Psi	Gage
	Vacuum modulation	100 kPa	Absolute
Idle speed control	AC clutch sensor/switch	300-500 Psi	Absolute
	Power steering pressure	500 Psi	Absolute
Elect power steering (also elect assisted)	Hydraulic pressure	500 Psi	Absolute
Antiskid brakes/ traction control	Brake pressure	500 Psi	Absolute
	Fluid level	12 in H <sub>2</sub> O	Gage
Air bags	Bag pressure	7.5 Psi	Gage
Suspension	Pneumatic spring pressure	1 MPa	Absolute
Security/keyless entry	Passenger compartment pressure	100 kPa	Absolute
HVAC (climate control)	Air flow (PC) Compressor pressure	300-500 Psi	Absolute
Driver information	oil pressure	80 Psi	Gage
	Fuel level	15 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Oil lever	15 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Coolant pressure	200 kPa	Gage
	Coolant level	24 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Windshield washer level	12 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Transmission oil level	12 in H <sub>2</sub> O	Gage
	Tire pressure	50 Psi	Gage/absolute
	Battery fluid level	1-2 in below	Optical
Memory seat	Lumbar pressure	7.5 Psi	Gage
Multiplex/diagnostics	Multiple usage of sensors		

2. 가속도센서

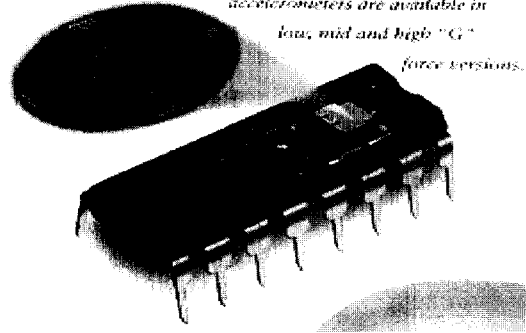
반도체 가속도센서 기술은 종래의 확립된 반도체 공정기술에 실리콘의 우수한 기계적 성질(직선성, 재현성, 탄성한계, 구조감쇠)에 기반을 둔 3차원 미세구조물을 제작하는 마이크로머시닝기

술과 접목한 것이다. 반도체 공정기술에 마이크로머시닝기술을 접목함으로써 일괄생산에 의한 대량생산, 미세정밀가공, 제품의 균일성, 부품조립공정의 배제로 생산성이 향상되고 동일한 웨이퍼 상에 미세구조물과 전자회로의 집적화로 센서

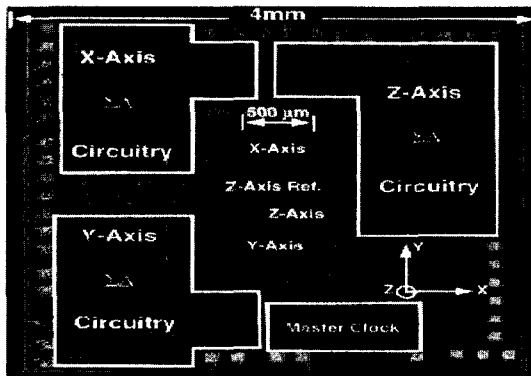


(a) 압저항형의 미국 Endevco사의 가속도센서

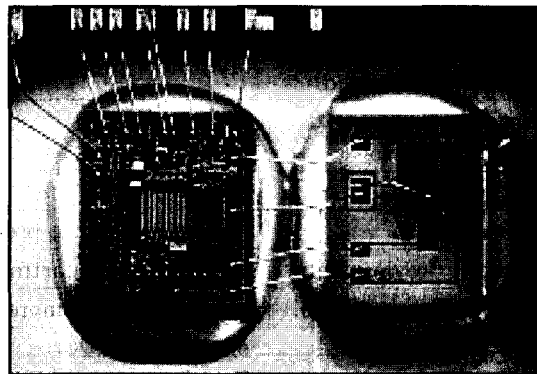
Packaged in an industry standard 16-pin DIP, Sensen accelerometers are available in low, mid and high "G" force versions.



(b) 표면 마이크로머시닝에 의해 제조된 모토롤라의 정전용량형 가속도센서



(c) 신호처리회로가 내장된 3층 정전용량형 가속도센서 (BSAC)-4mm×4mm



(d) 정전 용량형의 Ford사의 가속도센서

〈그림 6〉 MEMS 기술에 의해 제작된 가속도 센서의 개발 사례

의 소형화 및 경량화, 자체진단회로와 보정회로 등의 보조회로를 부가함으로써 고성능화와 신뢰성 향상, 동일한 칩 상에 각종 센서 (압력, 온도, 가속도 등)를 복합한 다기능센서 및 Smart 센서가 가능하게 되었다. 이러한 장점을 갖고 있는 반도체 가속도센서기술은 현재 상품화되어 자동차 분야에서 안전시스템 (에어백, ECS, ABS, VDC, 충돌회피, Navigation), 편의시스템 (Seat Control, Climate, Compressor Control, Security), Engine/Drive Train시스템 (MAP, Fuel Injection, Fuel Pump, Engine

Knocking, Diesel Turbo), 차체진단 및 모니터링시스템 (Tire Pressure, Brake, Trans Fluid, Vehicle Speed)에 현재 사용되고 있으며, 전세계적으로 압력센서와 더불어 가장 큰 시장을 형성하고 있다.

가속도센서의 감지방식에는 압저항형 (piezoresistive type), 압전형 (piezoelectric type), 정전 용량형 (capacitive type), 광학형 (optical type) 등이 있는데, 압저항형은 응력에 민감한 저항체를 응력이 발생하는 보 위에 확산하여 가속도에 비례하는 저항변화를 감지하는 방

식으로 정적 가속도 측정이 가능하고 신호처리회로가 비교적 간단한 장점이 있는 반면, 온도 변화에 민감하게 반응하기 때문에 별도의 온도보상이 추가되어야 하는 단점이 있다. 압전형은 응력변화가 발생하는 동안 압전물질에 발생하는 전하를 감지하는 방식으로 고유진동수가 커서 측정주파수범위가 크고 정도가 뛰어난 장점이 있으나 압전특성상 정적가속도에 대한 측정이 불가능하며 저주파수에서 측정이 곤란한 단점이 있다. 정전용량형은 가속도변화에 의한 마주 보는 전극간의 거리변화로 인한 정전용량의 변화를 감지하는 방식으로 정적가속도 측정이 가능하고 수직한 격벽의 평면구조 제작이 용이한 표면 마이크로머시닝 가공기술의 장점과 잘 융합하여 빗살구조(comb structure)의 센서들이 많이 개발되고 있다.

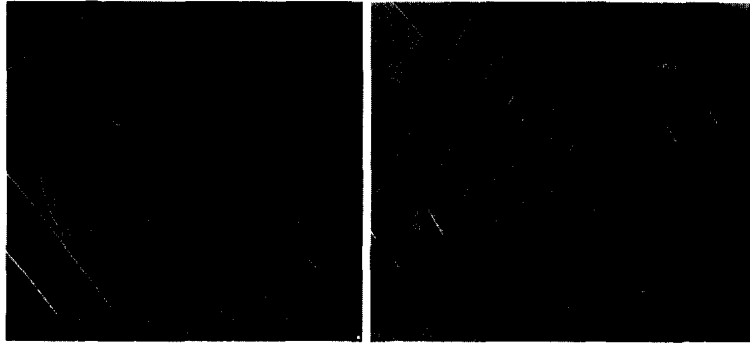
3. 각속도센서

자이로센서, 자이로스코프, 요레이트센서 등으로 용도에 따라 조금씩 달리 불리는 각속도센서는 회전 각속도를 측정하는 장치로 지난 수십 년간 연구의 주요 과제였다. 항공기, 선박 등에 쓰이는 것을 자이로스코라 부르고, 자동차의 yaw 운동 측정에 사용되는 것을 요레이트센서라 부른

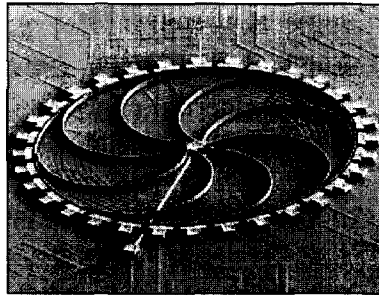
다. 종래의 기계식 각속도센서는 회전하는 기구를 이용하여 제작함으로써 크기가 크고 제품의 가격을 낮추기 어려웠다. 이것은 몇 년 전까지만 해도 항공기, 선박 등에 부착되어 위치파악과 자세제어 등의 용도로 사용되어 왔으나 최근 기존의 기계적 자이로 센서를 사용하기 어려운 새로운 응용분야가 등장함으로써 인체 저가이면서 초소형인 새로운 형태의 자이로센서가 필요하게 되었다. 그 중 이 소형 부품이 쓰이고 있는 새로운 분야는 매우 광범위하다. 예를 들면, 자동차의 traction control system, 브레이크 시스템, 능동 현가장치 측정, 항법장치 등이 있고 전자제품의 대표적인 예로서 캠코더의 손떨림 방지용 안정장치, 혹은 inertial mouse와 같은 컴퓨터 관련 부품 등이 있다. 이 외에 첨단병기 등 군수분야, 우주항공분야 등에서도 중요한 부품으로 자리잡고 있다. 1994년 세계시장이 15억불 정도였던 것으로 알려져 있고 이것은 앞으로 계속 증가할 것으로 보인다. 이와 같은 수요의 폭증은 관련산업의 첨단화에 따르는 자연스런 요구이기도 하지만 반도체 제작기술을 이용하여 실리콘을 재료로 제작된 저가의 마이크로 각속도센서가 점차 개선되고 널리 보급되게 된 것에도 그 원인이 있다.

<표 7> New applications of angular velocity sensor

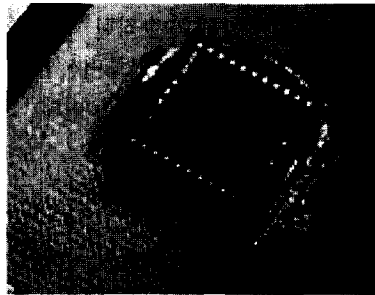
Area	Requirement	Application	Range	Accuracy
automotive safety	reliable, inexpensive, long life time, rough environment	active suspension anti-skid airbags	50°/sec 100°/sec 200°/sec	2°/sec 2°/sec 10°/sec
consumer	inexpensive, small, long life time, low power consumption	anti-jitter compensation navigation	50°/sec 50°/sec	0.5°/sec 0.5°/sec
industrial	reliable, small, rough environment	machine control robotics attitude control	10°/sec 10°/sec 20°/sec	0.01°/sec 0.01°/sec 0.02°/sec
medical	reliable, small, low power consumption	wheel chairs surgical instruments vibration diagnostics	50°/sec 20°/sec 50°/sec	0.2°/sec 0.1°/sec 0.5°/sec
military	reliable, small, rough environment	new weapon systems smart ammunition	— —	— —



(a) 미국 KIONIX사의 각속도센서



(b) DELCO사의 각속도센서



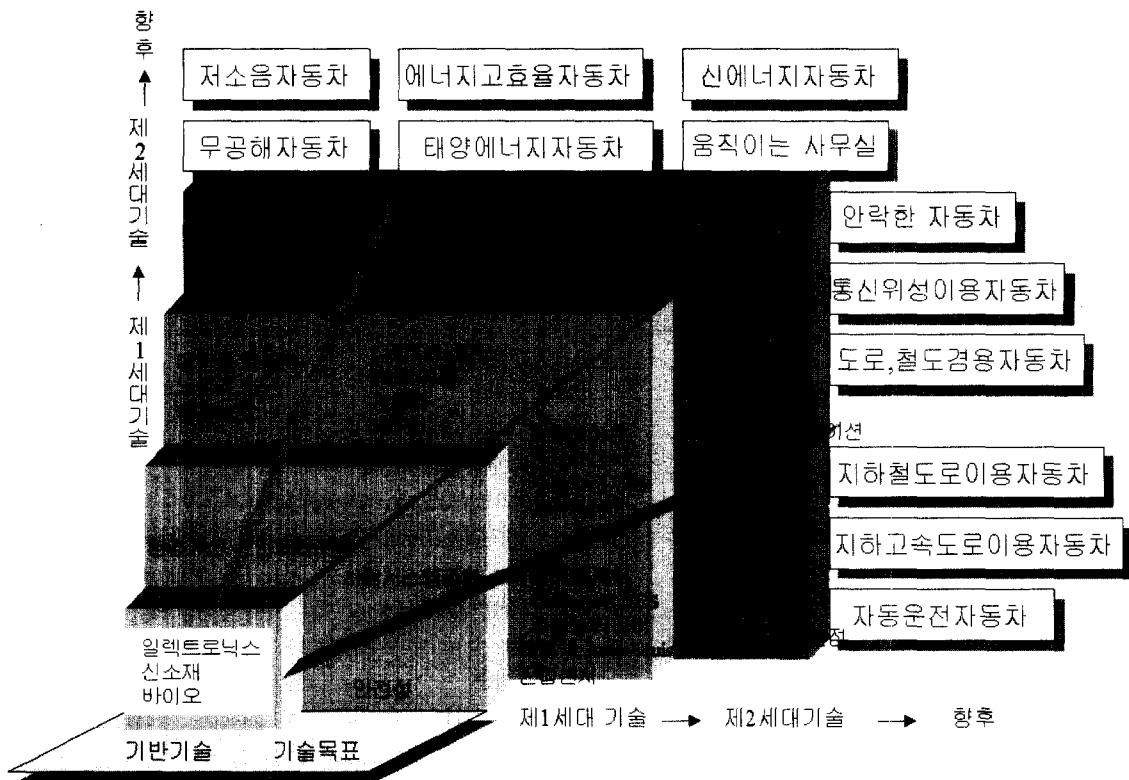
(c) Microsensors사의 각속도센서

〈그림 7〉 MEMS 기술에 의해 제작된 각속도 센서의 개발 사례

저가를 목표로 현재 개발중인 자동차용 반도체 yaw rate 센서들은 회전 기구를 이용하는 종래 방식과는 달리 표면 마이크로머시닝 가공기술에 의해 제작되는 빗살구조를 정전기력에 의해 직선 또는 회전 진동을 유발시켜, 진동방향과 수직인 방향으로 각속도가 인가될 때 이 두 방향에 수직인 방향으로 발생하는 코리올리력으로 인한 구조물의 변위를 정전용량으로 감지하는 방식이 대부분이다. 이것은 베어링을 필요로 하는 구조체를 가질 필요가 없기 때문에 마찰에 의한 에너지 손실이 없으며 작고 간단한 구조체로 소형화할 수 있고 낮은 가격에 대량생산을 할 수 있으며 이미 많은 기술력을 축적하고 있는 마이크로머시닝 일괄공정을 가장 효과적으로 이용할 수 있다는 장점이 있어 앞으로 많은 분야에 적용이 확산되리라 기대된다.

## V. 자동차 전장시스템용 센서 수요 전망

이상의 각종 반도체 센서를 이용하여 향후 예측되는 자동차 기술의 전망을 〈그림 8〉에 나타내었다. 지금까지 첨단 과학기술의 발전은 사회 및 인류의 요구와 부응하여 발전을 거듭하고 있으며, 사회의 요구는 환경보호를 고려한 저소음화, 흡음, 노이즈 차단 및 무공해, 인프라 구축을 위한 신에너지(태양전지, 연료전지) 이용, 에너지 회수(초전도 이용), 다이내믹 향상, 경량화 및 지능화를 요구하고 있고 고객의 요구는 안전성을 고려한 자동제어 장치, 퍼지제어, 다이내믹 향상, 액티브 제어 및 바이오 응용, 사회시스템과의 결합을 위한 통신위성 이용, 시간유효이용, 주문생산, 유해가스 제어 및 쌍방향 통신 등을 요구하고 있다. 이와 같은 활용분야의 기술요구에 부응하여 센서기술은 현재 상용화되어 있는 자동차엔진



〈그림 8〉 향후 예측되는 자동차 기술의 전망 (일본 통산성)

제어용 압력센서(MAP센서)를 시작으로 엔진제어 시스템(압력, 유속), ABS 시스템(가속도, 각속도), Traction 시스템(가속도), 후륜제어 시스템(각속도, 가속도센서) Navigation 시스템(진동자이로)에 사용이 예측되고 그 외에도 현재 엔진, 트랜스미션, 브레이크, 공조, 조명, 음향 및 통신 그리고 차내 쾌적 환경 등 다양한 부분에 산소센서 및 가스센서, 홀센서, 이미지센서, 초음파센서, 온도센서, 습도센서, 하중센서, 광센서, 적외선 센서, 자기센서 그리고 위치센서 등이 사용되고 있다.

〈표 8〉은 향후 자동차 전장시스템 ECU 및 센서의 요구특성을 정리하였고, 〈표 9〉에는 시스템별 소요 수량을 정리하였다. 1980년대 초반 해도 자동차 센서는 부정확한 정보의 인식과 출력으로 인해 사용이 제한되어 왔으나 최근에는 수온, 탱

크 내 연료레벨 그리고 윤활유 시스템의 이상유무를 감지하여 표시하는 단순한 기능에서부터 우리가 공상영화에서 보듯이 단순히 이동을 위한 수단이 아니라 자가 운전되고 차내에서 모든 정보를 공유할 수 있는 상상의 수준으로 발전하고 있으며, 환경과 안전 관련 법규의 강화, 고성능의 운전성, 자기진단 및 조절기능, 쾌적 환경의 요구 그리고 전장용 소자의 저가격화가 자동차의 안전성과 고성능을 만족시킬 수 있는 센서시스템의 실현을 통하여 이러한 요구를 만족시키고 있다. 이와 같이 반도체 집적화기술과 미세가공기술의 발달로 최근 자동차에는 운전자의 안전과 쾌적 환경, 엔진제어 그리고 배기가스 등의 제어와 조절기능 등 새로운 요구를 만족하기 위해 소형, 고정밀 센서의 개발이 이루어지고 있고 이를 적용하기 위한 노력이 진행되고 있다. 따라서 최근 패

적한 실내환경 제공, 안전성의 증대 등을 만족하기 위해 점차 고기능화, 지능화되고 있는 자동차의 전자화 추세에 발맞추어 그 수요가 급속히 증대되고 있다. 현재 자동차에는 온도센서를 포함

하여 20여 개 정도의 센서가 적용되고 있으며, <표 9>에서 보는 바와 같이 그 수는 점점 늘어날 전망이다.

<표 8> 전장시스템의 ECU 및 센서 요구특성 전망

	향후 동향	ECU 및 센서 요구	핵심기술
엔진 및 변속기	<ul style="list-style-type: none"> <li>*배기가스 규제강화 (US &amp; EC)</li> <li>*최적연비 (CAFE 규제대응)</li> <li>* Diagnosis 검출화 (OBO-2)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배기가스 열화검출, Alarm</li> </ul> </li> <li>*디젤엔진의 전자제어화</li> <li>*고출력화 (가변벨트타이밍 등)</li> <li>*엔진과 A/T의 통합제어</li> <li>*대체연료 (Alcohol엔지 등)</li> <li>*A/T 다단화 (4속→5속)</li> <li>*무단 A/T화 (CVT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ 고속, 고기능Micom                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 16bit, 32bit</li> <li>- 향후는 DSP 내장</li> <li>- 내고온 : 엔진 Room장착</li> </ul> </li> <li>★ 고장진단기능부착Smart Power IC</li> <li>★ 흡입공기량센서용 (Device(Wide range))</li> <li>★ 압력센서                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미소압검출 : OBD-2용</li> <li>- 유압검출</li> <li>- 상대압 검출</li> </ul> </li> <li>★ 배기가스센서 (HC, CO, NO<sub>x</sub> 등)</li> <li>★ 연료성상센서 (알콜함유율, 중경질)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞박관세라믹</li> <li>☞On-chip반도체</li> </ul>
차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>*ABS장착차 확대</li> <li>*Airbag 장착차 확대</li> <li>*Traction 제어</li> <li>*4WD제어</li> <li>*4WS제어</li> <li>*서스펜션 (Active제어)</li> <li>*전동파워스티어링 장착차확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ 가속도 센서</li> <li>★ Height 센서</li> <li>★ 노면예측센서</li> <li>★ Yawrate 센서</li> <li>★ Torque 센서</li> <li>★ Laser Radar 센서                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고출력 레이저, 아이세이프과장</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞On-chip반도체</li> <li>☞Potio inking 기술</li> <li>☞Laser기술</li> <li>☞On-chip반도체</li> <li>☞Laser기술</li> </ul>
예방안전	<ul style="list-style-type: none"> <li>*차간거리경보 (레이저 레이더, 화면처리)</li> <li>*추적주행 제어</li> <li>*후측방 모니터</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ 화상인식                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCD, Video 신호처리 LSI</li> </ul> </li> </ul>	
편의성	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Navigation의 파급 (저가/고급화)</li> <li>*Car Audio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ 진동자이로</li> </ul>	☞On-chip반도체
차량전체	<ul style="list-style-type: none"> <li>*총합제어에 따른 조향성, 승차감, 연비향상, Cost저감                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 엔진/변속기/4WS/4WD/Traction Suspension/Brake</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ LAN용 전용 IC</li> </ul>	
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>*전기 자동차 (유도전동기의 인버터제어)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ 고출력 파워 디바이스                             <ul style="list-style-type: none"> <li>IGBT 600V 500A~1000A</li> </ul> </li> <li>★ 전용 IC : IGBT Drive, G/A</li> </ul>	

<표 9> 전장시스템별 ECU 및 센서 소요 수량 전망

	ECU				핵심기술 (반도체 센서)
	MICOM	ROM	RAM	CUSTOM IC	
1. 엔진제어	* 8bit×1개 (1CHIP) *16bit×1개 (1CHIP)	EPROM512K ×1개 OR FLASH EEROM사용	—	2~3개	★흡기압 센서 ★대기압 센서 ★연료탱크압 센서 ★공기량제어 차압센서 ★아날로그 IC ★고압 센서
2. 자동변속기 제어	* 8bit×1개 (1CHIP)	상동	—	2~3개	★유압센서 (CVT Only)
3. ABS	* 8bit×1개	상동	—	2~3개	★가속도센서 ★Yawrate센서
4. Traction 제어	* 8bit×1개	상동	—	1~2개	★가속도센서
5. 4WS제어 (후륜제어)	* 8bit×1개	상동	—	1~2개	★Yawrate센서
6. 전동 P/S	* 8bit×1개	—	—	1~2개	—
7. Airbag	*16bit×1개	EP 2Kbit	—	1개	★가속도센서
8. Navigation	*32bit×1개 *16bit×1개 *18bit×1개	*4M×9개 *64K EEPROM ×1개	*4M×17개 *4M PSRAM ×2개	6개	★진동자이로
9. Laser Radar	* 8bit×1개	—	—	1~2개	★Laser diode ★Photo diode
10. 화상처리 (차량주변인식)	* 8bit×1개	*EPROM256K ×1개	*SRAM1M ×5개	3개	
11. 전기자동차	* 8bit×1개	*16bit×1개	*EPROM 1Mbite×1개	—	2개

### V. 결 론

결론적으로 센서시장의 미래에 대한 전망을 살펴보자. 이러한 기술의 발전과 선진국과의 기술 경쟁력을 갖기 위해서 센서는 시스템이나 기기의 성능을 좌우하는 핵심부품으로 사용되기 때문에 부품업체와 시스템 업체간의 협력관계구축이 필요하며, 또한 센서산업은 다품종 소량생산으로 응용분야에 따라 재료기술, 설계기술, 공정기술 등이 다르기 때문에 아무리 큰 회사라도 모든 센서를 제조하기는 곤란하다. 따라서 센서산업은

대기업보다는 중소기업에 적합한 산업으로 판단되며, 우리 나라의 센서산업의 장기적인 발전을 위해서는 중소기업의 user, 칩제조, 칩 패키징 등의 역할별, 기업, 연구소, 대학간의 기술별 컨소시엄 구축 등과 같은 실질적이고 치밀한 사전 전략 하에서 사업수행이 이루어져야 할 것이다. 아울러 최근의 센서의 사용동향을 보면 결코 한 종류의 센서에만 국한되지 않는다는 것을 알 수 있다. 압력이나 빛이나 온도 등 여러 센서가 조합되어서 전체의 기능을 구축하고 있으나 그 전체를 제공할 수 있는 total solution을 제공할 수 있는 제조사가 존재하고 있지 않다. 이는 전체를 조



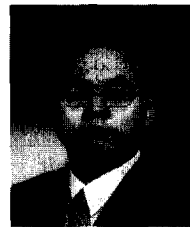
합할 수 있는 능력을 가진 기업이 없다는 것으로 개개의 제조사가 갖고 있는 기술, 제품을 모을 수 있는 기술의 부재를 의미한다. 그러면 이러한 센서 엔지니어링이란 작업은 누가하고 있는가? 현재는 user업체인 자동차업체나 가전업체가 하고 있다. 이러한 현상은 센서 제조사에 따라서는 시스템이나 모듈 제조사의 요구에 따라 센서를 만들 수밖에 없게 된다. 주문형 사업이라고 하면 듣기는 좋을지 모르나 실제로는 하청으로 되어버릴 가능성이 크다. 즉, 부가가치가 많은 부분을 기기 제조사가 갖고 있어 센서 제조사는 점차 쇠퇴해 버릴 가능성이 크다. 따라서 leading company의 존재라고 하는 것은 건전한 시장발전을 위해서 부정적인 측면도 있으나 긍정적인 면도 없지 않다. 예를 들면 IBM이 없었다면 컴퓨터 시장이 이렇게 단기간에 발전할 수 없었을 것이다. 국내 센서업체에 있어서도 이러한 leading company가 나와 시장을 선도해 나가는 것이 이 분야에서 미국, 유럽, 일본 등 선진국에 비해 10년 이상 뒤떨어져 있는 현실을 극복할 수 있는 대안이 될 수 있다는 점도 국가적인 차원에서 고려해볼 필요가 있다.

## 저자 소개



### 朴孝德

1960년 11월 24일생, 1984년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사, 1986년 2월 경북대학교 전자공학과 공학석사, 1993년 2월 경북대학교 전자공학과 공학박사, 1986년 3월~1993년 2월: 경북대학교 센서기술연구소 전문연구원, 1993년 11월~현재: 전자부품연구원 수석연구원, 마이크로머신 기술 그룹장, 국가지정연구실 과제책임자, <주관심 분야: MEMS 기술, 센서기술>



### 曹男圭

1966년 8월 22일생, 1990년 2월 한양대학교 기계공학과 공학사, 1993년 2월 한국과학기술원 기계공학과 공학석사, 1993년 2월~1998년 9월: 만도기계(주)중앙연구소 주임연구원, 1998년 10월~현재: 전자부품연구원 선임연구원, <주관심 분야: MEMS 기술, 센서기술, 구조해석>