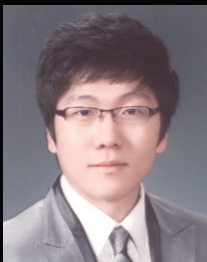


MEMS 적용한 자동차 응용 센서



글 | 박정호, 권성도, 박영욱, 이의복
고려대학교 전자전기 공학과
주병권 교수
고려대학교 전기·전자·전파 공학부

현재 시판되고 있는 승용차에는 약 30여개에서 최대 120여개의 센서가 탑재돼 있다. 차량의 각 부분에서 각종 데이터를 수집하는 센서는 전자제어 시스템에 포함되어 안전성, 편리성, 쾌적성 등을 향상시키는데 기여한다. MEMS 기술을 적용한 자동차용 응용 센서의 시장 및 기술 동향을 살펴본다.



〈보쉬 제공〉

자동차 센서 개요

전자제어장치 및 시스템

자동차의 전자제어 시스템 중 에어백 시스템(Air-bag System), ABS(Anti-lock Brake System), 전자제어 엔진 시스템, 전자제어 스티어링 시스템 등은 중형 차종뿐만 아니라 소형 차종에서도 점차 기본사양이 되고 있다. 이 밖에도 관성항법 시스템(Navigation System), 전자제어 서스펜션 시스템(Electronic Control Suspension System), 차체 거동 제어 시스템(Vehicle Dynamic Control System), 충돌 방지 시스템(Collision Avoidance System), 화상정보 시스템, TCS(Traction Control System) 등이 개발돼 고급 차량을 시작으로 승용차에 적용되고 있다. 특히 2004년 세계 최초로 토요타의 프리어스(Toyota Prius)에 적용된 자동 후진주차 시스템 발표 이후, 최고급형 차량에는 자동 주차 기능이 탑재되고 있으며 최근 발표된 폭스바겐 티구안(Tiguan)의 경우 자동 평행주차 기능을 갖추었다.

자동차용 센서의 용도

자동차는 크게 4가지의 구성부를 가지고 있다. 엔진-트랜스미션으로 구성된 파워트레인, 브레이크-서스펜션-스티어링 장치로 구성된 새시(Chassis), 차량의 몸체에 해당하는 바디, 정보처리를 위한 정보통신부가 그것이다. 표 1은 파워트레인 제어, 새시 제어, 바디 제어, 정보통신 제어의 4가지 구성부에 대한 제어 시스템에 사용되고 있는 대표적인 자동차용 센서를 기능별로 분류해 놓은 것이다.

세부 적용분야

자동차에는 반도체 집적기술과 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술의 발전을 기반으로 안전성과 편의성, 환경오염 완화 등에 대한 새로운 요구사항을 만족시키기 위한 소형의 고 정밀 센서 개발이

이루어지고 있으며 이를 적용하기 위한 노력이 진행되고 있다. 표 2는 현재 사용되고 있거나 사용이 늘 것으로 기대되는 센서의 자동차 적용 가능 부를 나타낸 것이다. 기존 자동차에서 사용되었던 기계식 센서와 달리, 반도체 집적화 기술과 MEMS 기술이 적용된 최근 센서는 직경이 25 mm 정도에서 3 mm 정도로 소형화되었으며 패키징 후에도 실장용 부품의 직경을 8 mm 이내로 구현 가능함으로 여러 분야에 적용되어 소형, 경량화의 장점을 제공한다.

MEMS 기반 자동차 센서 기술

MEMS 기술을 적용한 자동차용 센서는 엔진 제어용 압력센서(Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP센서)에서부터 가장 먼저 상용화되었으며 엔진 제어 시스템(압력 센서, 유량·유속 센서), ABS 시스템(가속도 센서, 각속도 센서), 트랙션 시스템(가속도

센서), 후륜 제어 시스템(각속도 센서, 가속도 센서), 내비게이션 시스템(자이로 센서) 등에 사용되는 압력센서와 가속도센서가 가장 큰 시장을 형성하고 있다. 또한 환경오염 문제

의 대두로 인한 배기가스 검출 시스템, 쾌적한 환경과 승객 안전도 향상을 위한 실내 가스 검출 시스템 등에 활용되는 유속·유량 센서 및 가스 센서 시장도 꾸준히 증가할 것



【그림 1】 자동차의 전자제어장치^[1]

【표 1】 대표적인 자동차용 센서의 분류^[2]

센서 구분			자동차 제어 구분			
센서 종류별	원리별	측정량	파워트레인 제어	새시 제어	바디 제어	정보통신 제어
물리	역학적 센서	거리		Laser radar	Back Sensor Corner Sensor	초음파 CCD
		위치 및 각도	Throttle 개폐 정도 Accelerator 개폐 정도	Steering 차고 Throttle 개폐 정도	Air Mix Damper Potentiometer	
		가속도 진동	Knock	가속도	가속도, 충돌 감지	
		각속도		각속도		Gyro
		압력	엔진 흡기 압력 대기 압력 연소 압력 타크 내 압력, 연료 압력	브레이크 압력	에어컨 냉매 압력 타이어 공기 압력	
		유량	공기량			
	전자적 센서	위치 및 각속도	차속 전수 크랭크 각 Cam	차륜 속도 차속	Auto Brake 회전 차속 Propeller Shaft	지자기 차속
		전류 전파	전류			각종 안테나
	광학적 센서	광	엔진 점화시기		광 일사량	
	열역학적 센서	온도	엔진 온도 냉각수 온도 흡기 온도 배기가스 온도		내기 온도, 외기 온도 Evaporator 출구 온도 Automation 기름 온도	
화학	전기화학적 센서	가스	O ₂ NOx		스모그 가스(CO) 습도	

으로 전망된다. 그림 2는 자동차에 적용되는 대표적인 센서를 나타낸다.

압력센서

압력센서는 기체나 액체의 기본적인 물리량의 하나인 압력을 감지하여 전기신호로 변환시킬 목적으로 사용되는 감지기로 공업 계측, 자동제어, 자동차, 전기용품 등에 폭넓게 이용되고 있다. 그 중에서 자동차용 센서가 가장 큰 시장규모를 자랑한다.

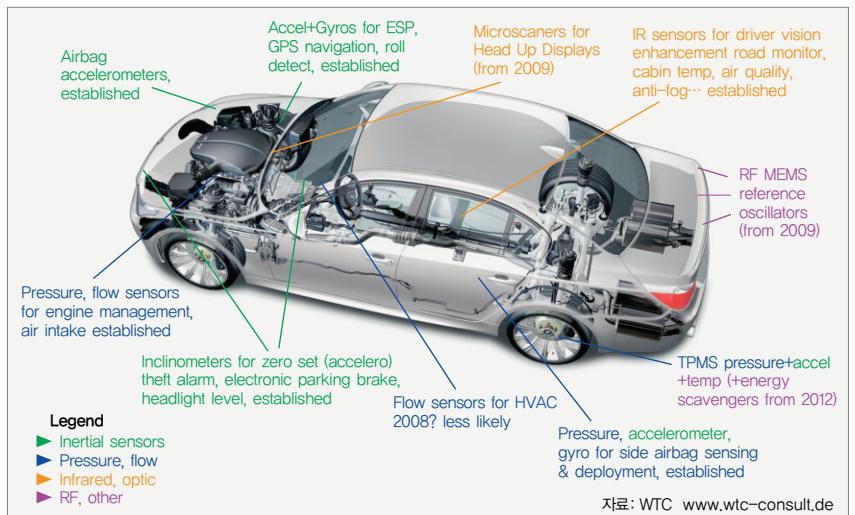
현재 자동차에 적용되는 압력센서는 기계식에서 반도체 식으로 이미 전환되었다. 압력센서는 외부 압력에 의한 실리콘 다이어프램(diaphragm)의 휘는 정도의 차이를 이용하는 정전용량형(Capacitive Pressure Sensor)과 다이어프램에 위치한 저장체가 응력에 따라 저장 값이 바뀌게 됨을 이용하는 압저항형(Piezo-resistive Pressure Sensor)으로 구분된다. 무기재료인 실리콘을 주원료로 하는 반도체 압력센서는 압력에 의해 변형되는 게이지부, 증폭부, 온도보상부 등으로 구성된다. 자동차용 압력센서는 설계 및 제조 공정에서 온도, 진동, 외부의 충격, 전자기파 등의 기본 요구조건을 충족시켜야 한다. 표 3은 자동차용 압력센서의 기본 작동 요구조건이다.

1) 정전용량형 압력센서

정전용량형 압력센서는 전력손실과 온도 계수가 낮다는 장점을 갖고 있지만 소자 면적이 크다는 단점이 있다. 또한 복잡한 신호 처리부를 통해 출력신호를 이용한다. 정전용량형 압력센서는 외부 압력에 의해 상부 다이어프램이 변형을 일으키게 되고 상부 다이어프램에 형성돼 있는 상부 전극과 하부 기판에 형성돼 있는 하부 전극 사이의 거리가 변함에 따라 정전용량이 변하게 되는 구조이다. 하지만 두 전극 사이의 거리변화에 따른 정전용량의 변화는 압력과의 관계에서 비선형적인 관계를 갖게 된다. 센서에서 선형성은 중요한 성능 인자이므로 이러

【표 2】 현재 사용되고 있는 자동차용 센서의 적용 부

구분	적용 가능 분야
Engine	공연비 제어, 점화 시기, EGT, 2차 공기 제어 시스템, 시동 및 정지 타이머 제어
Transmission	기어비 제어, 무단 변속기
Brake	ABS, 충돌 방지
Direction	자동 정속 주행, 장애물 회피, 주행 도로 유지, 타이어압 제어, 자동 레벨
Supplementary	보조 구동 제어, Wiper control
Air-flow	온습 풍량 제어, 좌석별 환풍량 제어, 유해 공기 차단
Lighting	조명 제어, 사각 지역 제어
Safety	Air-bag, Door Lock, 알코올 감지, 졸음 감지
Alarm	도난 방지, OK monitor 서비스
In-panel	속도, 엔진 회전, 연료량, 수온, 유압, 전압, 연비, 보유 연료, 주행거리, EPROM Timer, Key-in 및 계산 기능
Comfortability	시스 조정, 마사지 기능, 차내 조명
Communication	AV Vision, 자동차 통화, 자동차 간 통화
Navigation	위치 표시, 최적 경로 표시
Diagnosis	On/Off-board



자료: WTC www.wtc-consult.de

【그림 2】 대표적인 자동차용 센서³⁾

【표 3】 자동차용 압력센서의 기본 작동 요건⁴⁾

구분	작동 요건
최저 동작온도	-40 °C
최고 동작온도	85 °C
승객 위치	125 °C
전장/휠	> 140 °C
차량 후드 밑	20 Hz~2 KHz
진동	연료, 오일, 브레이크액, 클리너, 물, 염분 등 자동차 내부에 존재하는 액체
내화확성	

한 비선형성을 줄이기 위해 회로를 이용하여 비선형성을 개선하거나 두 전극 사이의 거리변화가 아닌 면적의 변화에 따라 정전용량을 조절할 수 있다. 압저항형에 비해 온

도특성이 우수하고 고감도인 관계로 미세한 압력 측정에 주로 사용된다. 그러나 전극의 형성, 외부 회로와의 복잡한 연결 구조, 그리고 응답성이 떨어져 수요는 적다.

2) 압저항형 압력센서

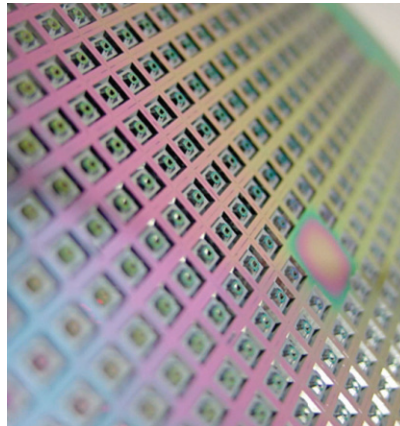
압저항형 압력센서는 선형성이 우수하고 신호처리가 용이하나 감도가 낮으며 온도 의존성이 용량형보다 높다. 압저항형 센서는 실리콘 결정에 응력이 가해지면 저항값이 변하는 압저항효과를 이용한 센서이다. 압저항효과를 이용한 센서는 감지부인 저항의 형태를 어떻게 형성하느냐와 어느 재료로 게이지를 선정하느냐에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

휘트스톤브리지로 감지부를 형성한 압저항형 압력센서는 전단형에 비해 오프셋(압저항체 4개의 저항 크기와 온도계수의 차이에 의한 영압력 출력 전압)이 크지만 감도가 높다. 전단형(shear type) 감지부를 형성한 압저항형 압력센서는 4단 압저항체의 경우 응력의 방향과 전류의 방향이 45°를 이룰 때 발생하는 압전계수에 의한 저항 변화를 이용했다.

압저항 계수가 변하면서 저항값의 변화를 가져오게 되는데, 여기서 특수 밀봉 패키징을 활용하여 잔류응력을 제거하고 잡음을 차단하며 온도보상, 다이어프램 두께 및 크기의 정확한 제어, 영점보상 효과를 위한 신호감지 기법 등을 해결하여 좀더 가격 대비 신뢰도를 높일 수 있다.

압저항형 압력센서의 특징은 높은 직선성과 높은 주파수 범위의 영향을 받지 않는 히스테리시스 등으로 고정밀도의 측정에 적합하다. MEMS에 의해 생산되는 압저항형 실리콘 센서는 1980년대 자동차 엔진 제어용으로 MAP 센서가 최초로 상품화되었으며 타이어 압력, 브레이크 압력, 오일 압력 및 에어킨 압력 센서 등으로 확대되고 있다.

실리콘 압력센서는 주로 자동차의 엔진 흡입기관 내의 진공 변화를 이용해 실린더에 공급되는 공기량을 간접적으로 알아내는데 이용하고 있다. 따라서 이 방식을 이용한 자동차에서는 별도의 공기 유량(air flow) 센서가 필요 없다. 압력센서가 엔진 가까이 사용됨으로 고온(약 120 °C)에 견딜 수 있어



【그림 3】 실리콘 웨이퍼 상에 형성된 실리콘 압저항형 자동차 압력센서⁵⁾

야 하며, 특히 온도 특성이 좋은 것이 바람직하다. 1990년대부터는 집적회로 기술 및 신호처리 회로의 발달로 소자의 감지부, 신호처리 회로 및 보상회로 등을 하나의 칩 상에 집적시켜 저가격화, 고성능화된 압력센서가 자동차에 적용되기 시작했다.

MAP 센서는 엔진 가까운 곳에 위치하기 때문에 고온(140~650 °C)에 견딜 수 있도록 고온 특성이 좋은 SOI(Silicon On Insulator) 기판 재료를 사용한다. MAP 센서는 흡기 매니폴드 내의 압력(진공도) 신호 및 엔진 회전수에 의해 공기량을 측정하고 연료와의 적절한 혼합비를 조절하기 위해 사용된다. 연소압 센서(Combustion Pressure Sensor)는 1993년 린번(lean burn) 엔진 개발과 더불어 실용화되기 시작했으며 엔진 실린더 내에 직접 장착되어 연소되는 압력을 측정한다. 린번 제어로 연비 향상, 배기가스의 정화를 할 수 있다. 향후 MAP 센서, 연소압 센서 이외에도 타이어 공기압, 브레이크압, 오일압, 에어킨압 등 자동차에서 엄청난 수요가 예상된다.

미국은 2008년도에 타이어 공기압을 20분 내에 운전자에게 알려줄 수 있도록 하는 타이어 압력센서를 모든 차량에 장착하도록 할 예정이며 유럽연합은 2~3년 내에 실시할 것으로 예상된다.^[5] 그림 3은 실리콘 웨이퍼 상에 형성된 압저항형 자동차 압력센서

다. 다이 크기는 0.65 mm²이다.

3) 기술동향

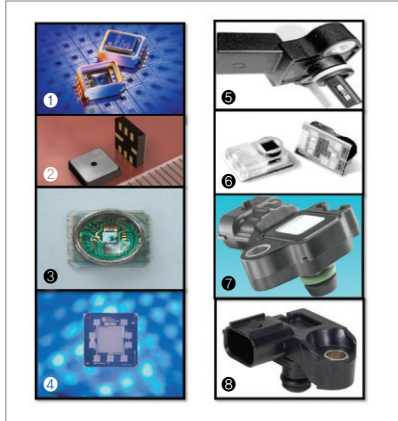
자동차용 반도체 압력센서는 반도체 기술과 마이크로컴퓨터 기술의 진보로 미세한 압력까지 측정 가능하게 되었다. 이 센서의 장점은 크리프(creep) 현상이 없고 직선성이 우수하며 압력감도 및 고유진동수가 높다는(약 10 kHz) 것이다. 압력센서는 향후 기술적인 특성으로 높은 정밀도와 고속 응답속도의 지속적인 개발이 필요하며, 자동차용 센서 시장에 경쟁력 있는 가격인하 정책이 필요하다는 점을 지적할 수 있다.

미국 GE Novasensor 사는 매개층 없이 실리콘 판을 접합하는 Silicon Fusion Bonding 기술을 이용한 의료용 실리콘 압력센서를 개발하여 시판하고 있다. 또한 Honeywell, 프리스케일 세미컨덕터, GM, NXP 반도체 등이 반도체식 압력센서를 생산하고 있다. 일본은 산업용, 반도체 제조장비 분야에서 압력센서 수요가 5% 이상 증가하는 추세이다. 텐소는 고압에서 저압까지 자동차용 압력센서 시장에서 높은 점유율을 유지하고 있다. 보쉬는 자동차용 저압센서 부문에서, 나가노계기는 고압센서 부문에서 강세를 보이고 있다. 델파이는 자동차용 저압센서 부문에서 보쉬, 텐소와 함께 3대 업체로 디젤엔진 압력센서 부문에서 높은 기술적 우위를 차지하고 있다. 이들 업체들은 초소형, 집적화된 온칩형 센서를 개발하고 있으며 대체수요 증대 및 적용범위 확장에 주력하고 있다.

국내는 취약한 산업구조로 인하여 가격경쟁력(다품종, 소량생산) 및 기술집약성이 부족하다. 대성전기, 코닉스, 대화계전, 멘텍 등에서 개발진행 및 일부 양산하고 있으며 케피코, 케이이씨 등에서는 압력센서를 생산하고 있다. 그림 4에 현재 판매 중인 자동차용 압력센서와 그 제조사를 정리했다.

가속도센서

가속도센서는 단위시간 당 속도의 변화를



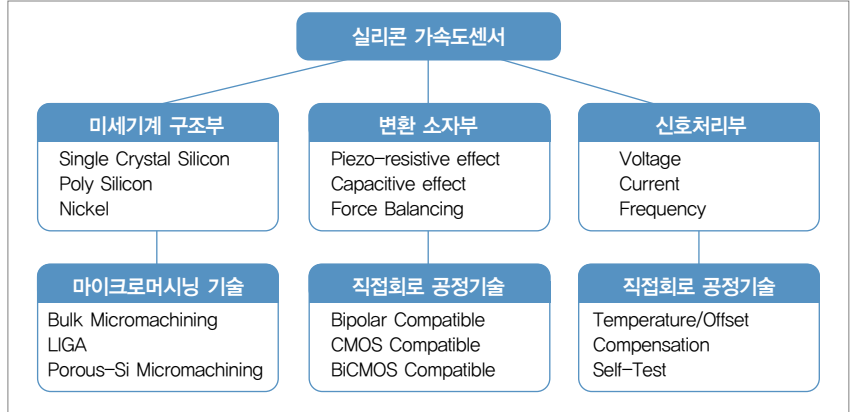
【그림 4】 자동차용 압력센서와 제조사

① ②: Bosch, [6] ③: Hope Electronics co., [7] ④: First sensor Tech., [8] ⑤: Honeywell, [9] ⑥: GE Novasensor, [10] ⑦: Delphi, [11] ⑧: Denso, [12]

검출하기 위한 센서로 물체에 작용하는 가속력, 진동력, 충격력 등의 동적 힘을 순간적으로 감지할 수 있다. 그리하여 자동차, 기차, 항공기, 선박 등 운송기기와 FA(Factory Automation) 관련 장비 등에 폭넓게 활용되고 있다. 특히 자동차의 안전성에 대한 관심이 높아지면서 정면충돌 시 운전자와 승객을 보호하기 위한 안전장치로 에어백 설치치가 범규화되면서 자동차용 가속도센서에 대한 연구가 많이 이루어졌고 최근에는 전자제품, 로봇 등의 분야로 확산되는 추세이다. 향후에는 안전성이 점점 중시되는 자동차 분야뿐 아니라 일반 소비자들이 사용하는 게임기나 핸드폰 등 개인용 전자제품에 까지 널리 활용될 전망이다.

그림 5는 실리콘 가속도센서에 사용되는 주요 기술구성이다.

가속도센서는 변위 검출방식을 기준으로 크게 압전형(Piezo-electric)과 정전용량형, 압저항형(Piezo-resistive)으로 구분된다. 압저항형은 내부 응력에 따라 저항이 변하는 압저항 물질을 구조체로 사용하는 방식이다. 제작공정은 간단하지만 온도에 의한 특성 변화가 심하다는 단점이 있다. 정전용량형은 대량 전극으로 구성된 정전용량형 구조에서 질량체의 변위에 의한 공극의 변



【그림 5】 실리콘 가속도센서에 사용되는 주요 기술 구성도

【표 4】 실리콘 가속도센서의 특성 비교

특성치(Parameter)	압전형 (Piezo-electric)	압저항형 (Piezo-resistive)	용량형 (Capacitive)
DC Response	X	O	O
Bandwidth	◎	O	◎
Self-generating	O	X	O
Impedance	High	Low	Extreme High
Signal lever	◎	△	O
Working Temperature	△	O	◎
Sensitivity	◎	O	O
Linearity	◎	O	◎
Static calibration	X	O	O
Price	△	☆	O
Ruggedness	◎	O	◎
Shock Resistance	O	△	△

【표 5】 속도 및 가속도센서 기술의 자동차 응용 부문

특성치(Parameter)	Speed Rotation	Speed Linear	Acceleration
Airbag	●		●
Ride control	●	O	●
ABS	●		●
Engine control	●	O	●
Transmission	●		
4 Wheel drive	●		
All wheel steering	●		
Cruise control	●	O	●
Seat belts			
Traction(ABS)	●	O	●
Inertial navigation		O	●
Obstacle detection		O	

● 사용중 ○ 사용 가능

화가 정전용량의 변화로 나타나는 점을 이용한 방식이며 현재 MEMS 가속도센서의 대부분이 여기에 속한다.

표 4는 변환소자에 따른 가속도센서의 주요 특성을 비교해 놓은 것이다. 그 중 압저항형 가속도센서는 압전형과 용량형의 중간적

인 특성을 나타내며 구조 및 신호처리가 단순하고 요구하는 성능을 만족하면서 저렴한 가격으로 제조할 수 있는 장점이 있다.

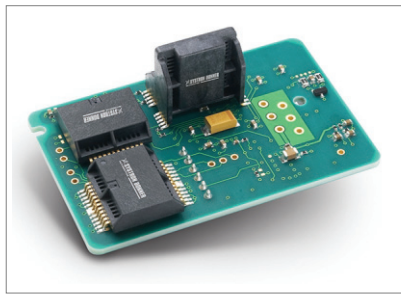
1) MEMS 가속도센서

MEMS 가속도센서는 1990년대 초에 자동차의 에어백용으로 사용된 후 자동차 부

품을 중심으로 시장이 확대돼 왔으며 라이드 컨트롤(ride control), ABS 및 트랙션, 시트벨트, 관성 항법장치 등에 활용되고 있다.

표 5에 나타난 것과 같이 가속도센서의 가장 큰 응용분야는 에어백 시스템으로, 전후 좌우 방향의 충격을 감지하여 에어백을 동작시킬 수 있는 신호를 제공한다. 또한 라이드 컨트롤 응용으로 액티브 서스펜션(Active Suspension) 시스템에서 속도가 급격히 바뀔 경우, 이를 감지하여 시스템을 작동시킴으로써 타이어나 새시가 불안정하게 동작하는 것을 방지한다. 아울러 전륜에서 도로 상태 등에 관한 정보를 획득하여 후륜을 제어하는 기능도 지원한다. 가속도센서는 진동 감지용으로도 응용되는데, 공기-연료비 변화 등으로 인해 연소가 불안정할 경우 진동이 발생하고, 이를 측정-궤환하여 동작을 안정화시키는 역할을 비롯해 기타 진동과 관련된 시스템의 모니터링을 지원한다. 또한 ABS에서 브레이크 동작 후 감속이나 스로틀 밸브 작동 후의 가속을 감지한다. 이밖에도 각속도센서는 휠의 각속도나 차량의 회전각도 등을 감지한 뒤, 측정치를 차량의 동적 제어 시스템에 전달함으로써 급격한 감속이나 코너링에서 의도한 주행 경로를 따르도록 지원한다.

MEMS 가속도센서는 압력센서보다 다소 늦게 실용화되었지만 비약적인 발전을 거듭해 현재 각종 안전장치는 물론 다양한 전자제품에 도입되고 있다. 특히 최근에 가장 관심을 끄는 대상은 노트북, 디지털카메라, 게임기, 휴대폰, 내비게이션 등이다. 이러한 제품들은 3축 이상의 가속도센서를 요구하고 있어 소형화, 박형화, 저소비 전력화에 대한 연구가 이뤄지고 있다. 과거에는 자동차에 감지 범위가 수십 G~250 G 정도에 해당하는 고중력가속도 측정 타입의 2축 이하의 중력가속도센서가 사용되었으나, 요즘은 10 G 이하의 저중력가속도 측정 타입의 3축 가속도센서가 채용되고 있다. 그 수요는 2007년부터



【그림 6】 3축 가속도센서 응용 제품

2010년까지 누계 15억 개에 이를 전망이다.

2) 기술 및 시장 동향

최근 자동차에서도 기존 2차축의 가속도센서에서 3축 이상의 가속도센서가 고급 차량을 중심으로 기본 장착되고 있다. 그림 6의 경우가 Pitch, Roll, Yaw 자이로, 3축(X-, Y-, Z-) 가속도계를 포함하는 독립형 IMU(Inertial Measurement Unit)다. 이 장치는 요즘 Yaw/Lat ESC 관성 센서 모듈과 유사한 싱글 PC 보드에 집적되며, 센서의 채널을 추가할 수 있어서 여러 장점을 제공한다. 첫 번째 장점은 관성센서와 패키지 마운팅 레퍼런스 간의 부정렬 오류를 제거하는 기능이다. 이 기능은 3개의 감지 축 모두가 있을 때만 가능하다. 두 번째 장점은 IMU를 어느 방향으로나 실장 가능하다는 것인데, 이는 특정 플랫폼 알고리즘으로 차량 축과 평행하게 관성 데이터를 회전시킬 수 있다는 것이다. 끝으로 가장 큰 장점은 IMU가 모든 차량 모션을 측정한다는 것이다. 동시에 관성 데이터는 ESC, 차선 유지, GPS 조력, 주행 제어 및 기타 부가적인 애플리케이션 등 모든 차량 기능에 대해 CAN 인터페이스를 통해 공급되기 때문에 자동차의 안전성과 편리성을 동시에 만족시키는 차세대 자동차 센서 제품으로 자리매김할 것으로 기대된다.

내비게이션 시스템은 자동차에 요즘 기본 장착되는 추세이다. 소니(Sony)는 가속도센서와 기압센서를 탑재한 내비게이션 NV-U1을 출시했다. 이 제품은 GPS에 추가로 가

속도센서와 기압센서를 통해 차량 위치 파악의 정확도를 높이는 POSITION plus 기능을 탑재했으며 FM 주파수를 이용한 실시간 교통정보 수신장치 VICS와도 호환성을 지원한다. POSITION plus는 GPS에 가속도센서, 기압센서를 더한 하이브리드 시스템으로 GPS 전파가 도착하지 않는 장소에서도 차량의 위치를 보정해 지도상에 표시한다.

생활가전에서도 점차 가속도센서 사용이 늘고 있다. 그 가운데 휴대폰과 게임기에서 많은 소비가 이뤄지고 있다. 현재 3축 가속도센서와 터치스크린을 적용한 휴대폰이 시장의 최신 트렌드로 부상했으며 몸의 움직임을 감지하여 입력신호로 이용하는 게임기 제품의 폭발적 인기로 힘입어 가속도센서의 매출도 가파른 상승곡선을 그리고 있다.

일본 야노경제연구소에 따르면, 전세계 가속도센서의 민간용 판매 수량은 2006년 4월부터 2007년 3월까지 전년 동기 대비 224.7% 증가한 1억1,560만 개로 대폭 증가했다. 매출액도 139.5% 증가한 173억3,000만 엔으로 성장했다. 여기서 판매 수량의 1/3은 2축 가속도센서이고 2/3은 3축 가속도센서로 나타났다.

2006년 2축 가속도센서의 판매 수량은 3,870만 개, 매출액은 42억5,700만 엔으로 확대되었는데, 이는 내비게이션이나 액정 프로젝터 수요가 많았고 휴대폰에도 탑재되기 시작했기 때문이다. 특히 중국시장에서는 2축 가속도센서를 탑재한 휴대폰 판매가 호조를 보이면서 단말기 제조사들도 적용 비중을 늘리는 추세이다.

3축 가속도센서의 2006년 시장규모는 수량 기반으로 7,690만 개, 금액으로 130억 7,300만 엔이었다. 2006년 말에 출시된 소니 플레이스테이션3와 닌텐도 Wii의 컨트롤러에 탑재된 것이 많은 영향을 미쳤다. 야노경제연구소에서는 7,690만 개 중 절반 정도가 게임기용이라고 추정했다. 게다가 디지털 카메라나 노트북의 하드디스크 보호용으로

도 점차 데이터의 중요성이 대두됨에 따라 가속도센서를 탑재하는 제조사가 늘고 있다.

유량센서

산업의 발달에 따라 유량 측정은 온도, 압력, 속도와 함께 산업의 중요한 계측 대상이 되고 있다. 하지만 유량 측정은 동적인 유체이므로 측정하기 까다롭고 정확도 역시 다른 계측보다 낮다. 또한 측정방법도 측정목적(정밀 측정용, 공정용) 및 액체·기체·유체의 물성(밀도, 점도, 비열, 온도, 압력, 전기전도도 등)에 따라 매우 다양하다. 사용되는 유량센서의 종류는 기계식, 전자식 등이 있으며 유량 산출을 위한 측정량으로는 열, 차압, 온도, 동압, 회전수, 초음파의 전달 시간, 레벨, 유도된 전기, 변이량, 와류 발생 주파수, 힘 등 다양하다. 따라서 유량센서에 대한 기술은 매우 종합

적인 기술이라고 할 수 있다. 하지만 유량센서의 경우 고가의 센서가 시장을 이끌어왔고 앞으로도 지속적으로 유지될 전망이다.

1) 벌크형 유량센서

일반적으로 사용되는 대표적인 벌크형 유량센서로는 칼만 와류 방식, MAP 센서 방식, 베인식, 핫 와이어 방식, 핫 필름 방식 등 그림 7과 같이 5가지로 나눌 수 있다.

일반적으로 균일한 흐름이 있는 곳에 물체를 놓으면 와류가 발생하게 된다. 칼만 와류방식은 이 와류가 일정한 초음파, 거울을 지나면서 방해를 하게 되는데, 이때의 신호를 처리하여 유속 및 유량을 측정하는 원리를 이용한 센서이다. MAP 센서는 흡입공기의 압력을 규정된 절대 압력과 비교해 공기량을 측정하는 센서이며, 베인식은 흡입된 공기가 플레이트를 지나면서 플레이트와 연결된 가변저항을 돌

려서 공기량을 검출하는 방식이다. 핫 와이어와 핫 필름 방식은 공기가 흡입되는 부분에 발열체를, 일정거리에 온도센서를 설치함으로써 공기에 따른 열전달 현상을 이용하여 공기유량을 측정하는 센서이다. 이런 센서들은 크기가 크며 가격이 고가라는 단점이 있다.

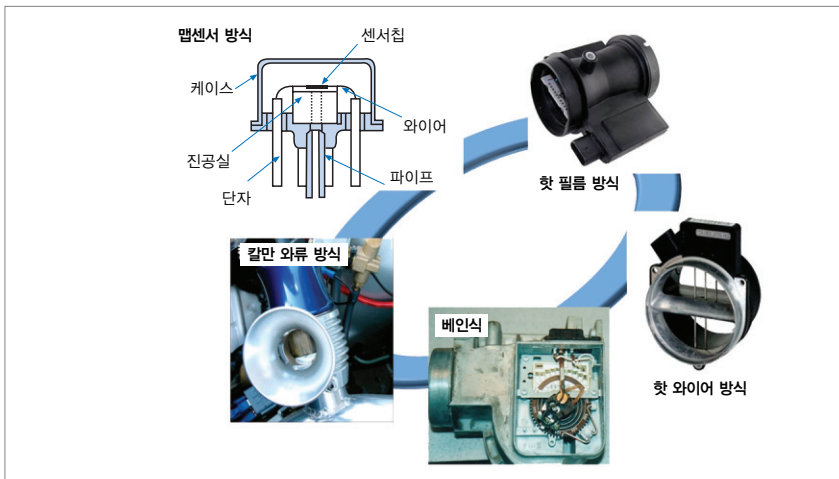
2) MEMS 기술을 이용한 유량센서

벌크형 유량센서는 일반적으로 크기가 크며 가격 자체도 고가라는 단점이 있다. 따라서 반도체 MEMS 기술을 이용한 유량 및 유속 센서는 열선 유속계에서 발전해 왔다. 이런 반도체 MEMS 기술을 이용한 유량센서 및 응용 제품에는 1-DOF(Degree of Freedom) Sensor[14], 2-DOF Sensor[14], Microcantilever-base Gas Flow Sensor[15], MAFS(Mass Air Flow Sensor)[16] 등이 있다.

3) 기술동향

MEMS 기술의 발전에 따라 적은 비용으로 작은 사이즈의 센서를 대량 생산할 수 있는 센서의 개발이 가능하게 되었다. 열선 유속계의 유체에 의한 열선의 방열효과 원리가 반도체를 이용한 유량 및 유속 센서에도 그대로 적용되며 열선 대신 박막을 이용한 연구가 진행되고 있다. 반도체 기술을 이용한 유량 및 유속 센서를 표 6에 비교하여 나타냈다.

차량용 센서와 관련 특허출원 동향을 살펴보면, 유량센서에 대한 특허출원이 압력센서에 대한 특허출원의 1/3 수준으로 다른 주요 센서에 비해 적은 출원 건수를 나타내고 있다. 이는 기술적으로 유량센서를 MEMS 기술을 통해 실현하는데 한계가 있다는 사실을



【그림 7】 유량센서의 구동원리별 종류^[13]

【표 6】 반도체 기술을 이용한 유량 및 유속 센서의 분류

특성치(Parameter)	캔틸레버형	마이크로브리지형	빔형	실리콘 채널형	다이아프램형	용량형	조전도형
Size($\mu\text{m} \times \mu\text{m}$)	450×450	400×450	6000×8000	4500×500	3500×5000	9700×3000	6000×6000
Minimum line width(μm)	4	10	75	10	10	3.5	100
Sensitivity($\text{mV}/\text{m}/\text{s}^{1/2}$)	14	5	1000	832	9	N/A	-1
Dynamic range(m/s)	0~25	0~7	10~60	0~5	0~5	-10^{-4}	0~30
Minimum sensing unit(m/s)	0.1	0.1	1	0.01	0.1	10^{-5}	0.1
Sensing material	Al, p-Si	p-Si	Ni	Ti	Au/Cr	Si	LiTaO ₃ /NiCr
Sensing mechanism	Thermoelectric	Thermoresistive	Thermoresistive	Thermoresistive	Thermoresistive	Flow pressure	Electro capacitive

반영하고 있다는 분석이다. 실제로 유량센서의 시장구조를 살펴보면, 아직도 대부분의 제품은 종래의 기술을 그대로 이용하고 있으며, MEMS를 포함한 신기술을 사용하는 유량센서는 특수 목적에 국한되어 시장을 형성하고 있음을 알 수 있다. 이렇듯 이 분야에 대한 MEMS 기술의 적용은 앞으로도 상당한 시간이 소요될 것으로 보인다.

MEMS 기술을 적용한 자동차 센서 시장 동향

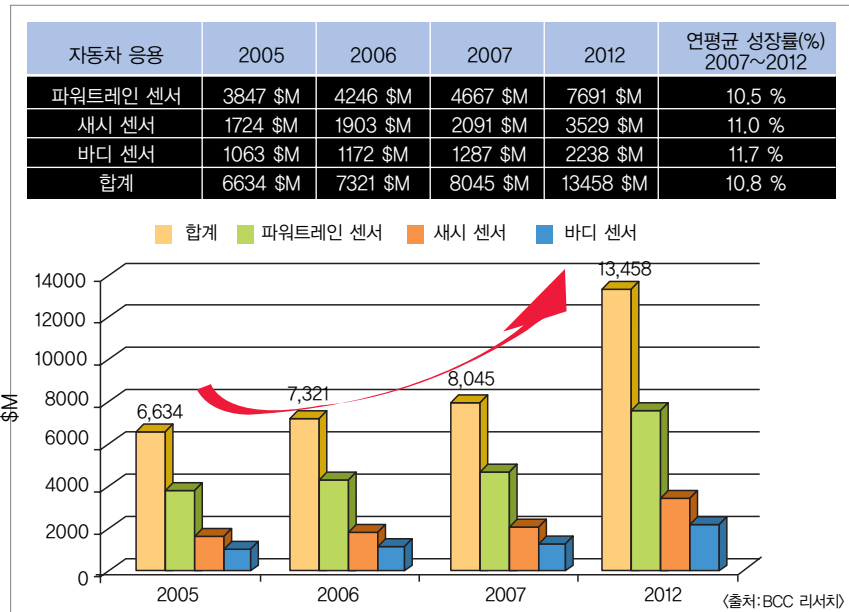
Business Communications 사의 『RGB-323 자동차 센서 보고서』에 의하면, 2005년에 66억 달러였던 전세계 자동차용 센서 시장은 연평균 10.8%의 성장률을 보이며 2012년에는 135억 달러에 이를 전망이다(그림 8).

2005년부터 2012년까지 자동차의 바디 내부에 사용되는 센서가 연평균 11.7%의 성장률을 나타낼 것으로 보이고, 뒤를 이어 자동차 새시에 사용되는 센서가 연평균 11.0%의 성장률을 나타낼 것으로 예상된다. 또한 이 기간 파워트레인부에 사용되는 센서는 연평균 10.5%의 성장률을 보이며 2012년에 77억 달러로 가장 큰 시장을 형성할 것으로 전망된다.

MEMS 센서 기술은 자동차산업 요건을 만족시키기 때문에 자동차용 센서 애플리케이션에 폭넓게 사용되고 있다. 점차 온보드 시스템이 고성능 컴퓨터 기반의 전기/전자 시스템으로 바뀌면서, 자동차용 전자제품 시장의 가치는 지속적으로 증가하게 될 것이다. 표 7은 MEMS 기술을 적용한 센서 제조업체와 그 시제품에 대한 간단한 사양을 정리한 것이다.

맺음말

자동차에서 MEMS 기술은 주로 가속도 센서, 자이로, 압력센서 등 고성능 감지소자




【그림 8】 2012년까지 제품 부문으로 나눈 전세계 자동차용 센서 시장^[1]

【표 7】 MEMS 기술을 이용한 제품의 시판 현황

센서 구분	해외 업체	국내 업체	
		업체명	비고
압력	보쉬, 델파이, 덴소, 프릭스케일 반도체, 나가노, TI	케피코	칩 수입, 센서 모듈 제작
가속도	아나로그디바이스(ADI), 보쉬, 덴소, 프릭스케일 반도체, TI, VTI	오토넷, 케피코	칩 수입, 센서 모듈 제작
자이로	보쉬, 지멘스, 실리콘센싱시스템	오토넷	시제품 개발중
토크	보쉬, BiTech, 헬라, NSK, SSI Tech, TRW, Valeo	-	-
차고	아이신, 헬라, 와브코	오토넷	시제품 개발중
유량/유속	보쉬, 델파이, 지멘스, TI	케피코	칩 수입, 센서 모듈 제작
온도	보쉬, 델파이, 지멘스, TI	-	-
가스	마이크로캐미컬시스템, 노바	오토전자, 센텍코리아	시제품 개발중

개발에 응용되고 있다. 현재 가시적 시장은 에어백용 가속도계, 바디 제어용 자이로, MAP 센서, 타이어 공기압 센서 등에 집중돼 있으나 후방 감지 등을 위한 초음파센서 및 이미지센서, 내비게이션 등을 위한 3축 가속도센서 등이 새롭게 시장창출을 하고 있다.

자동차용 센서는 자동차의 편의성, 안정성, 무인운전 시스템 등의 성장에 따라 정보 수집 소자로서의 역할을 위해 다방면으로 성장하게 될 것이다. 또한 사용자 중심의 복합기능을 제공하기 위해 과거엔 내장되지 않았던 다양한 센서 시스템이 차량에 내장될 것으로 기대된다. 

참고문헌

- [1] ZMD America, www.zmd.biz
- [2] 自動車技術, "自動車用センサの技術動向", 2002, 04
- [4] WTC, www.wtc-consult.de
- [5] www.sensorsmag.com, 2007, 08
- [6] www.bosch-sensortec.com, 2008
- [7] www.hoperf.com, 2008
- [8] www.first-sensor.com, 2008
- [9] http://sensing.honeywell.com, 2008
- [10] www.gesensing.com/novasensorproducts, 2008
- [11] http://delphi.com/manufacturers/auto/sensors/et, 2008
- [12] www.globaldensoproducts.com, 2008
- [13] www.bosch.com
- [14] Y. Ozaki, T. Ohyama, T. Yasuda, and I. Shimoyama, "An air flow sensor modeled on wind receptor hairs of insects", IEEE MEMS 2000, pp.531~536, 2000
- [15] Wang, Y.-H. Hsueh, Tzu-Han Ma, Rong-Hua Lee, Chia-Yen Chou, P.-Ch. Tsai, Chien-Hsiung, "A Microcantilever-based Gas Flow Sensor for Flow Rate and Direction Detection" DTIP 2008, pp 142-145, 2008
- [16] www.honeywell.com
- [17] Business Communications, www.bccresearch.com