



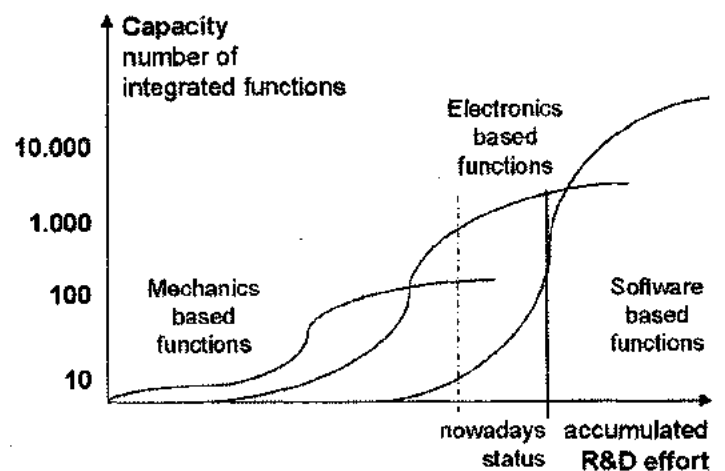
특집

자동차의 안전성과 환경을 위한 센서의 응용 현황

기계 공학을 기반으로 하는 자동차 기술에 전자 기술과 소프트웨어 기술이 부가되면서, 자동차의 안전성과 편의성이 증대되고, 차량에 의한 환경 오염의 감소와 연비의 향상 등이 이루어지고 있다. 이러한 동작 메커니즘의 상당 부분은 각종 신호들이 센서를 통하여 감지되면서 시작되고, 자동차 시스템의 전자화가 가속화되면서 특히 물리적인 신호와 직결되는 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 센서의 기여도는 보다 명확해 지고 있다. 금후 자동차의 안전 기능이 소비자의 욕구와 관련 법제를 통하여 더욱 강화되면서, 자동차의 물리적인 신호를 보다 다각도로 측정하는 MEMS 센서의 중요도는 더욱 강조될 것이며, 점차적으로 높아져가는 친환경 관심과 에너지 절약 등이 중요한 문제로 대두되어 엔진의 성능을 최대한 유지하면서 경제적인 절감 효과와 환경 오염을 방지할 수 있는 엔진 오일 모니터링을 위한 센서가 필요할 것이다. 본 고에서는 이와 관련하여 객관적인 자료를 토대로 조사, 분석해 보고자 한다.

I. 자동차의 전자화

운송이라는 기본 기능 외에 안락, 안전, 정보 습득, 주변 환경과의 통신 등 자동차에 요구되는 기능이 증대하면서, 기계공학만이 갖는 한계가 전자공학과 IT(Information Technology) 기술로 극복되고 있다(<그림 1> 참조). 자동차의 기능 증가는 전자화 및 소프트웨어 기술의 접목과 함께 지속적으로 증가하고 있으며, 따라서, 현재



〈그림 1〉 자동차의 기능 증가와 기술의 접목(MST News, 2007년 3월)

와 미래의 자동차는 기계공학-전자공학-IT 공학의 집합체 임은 당연하다.

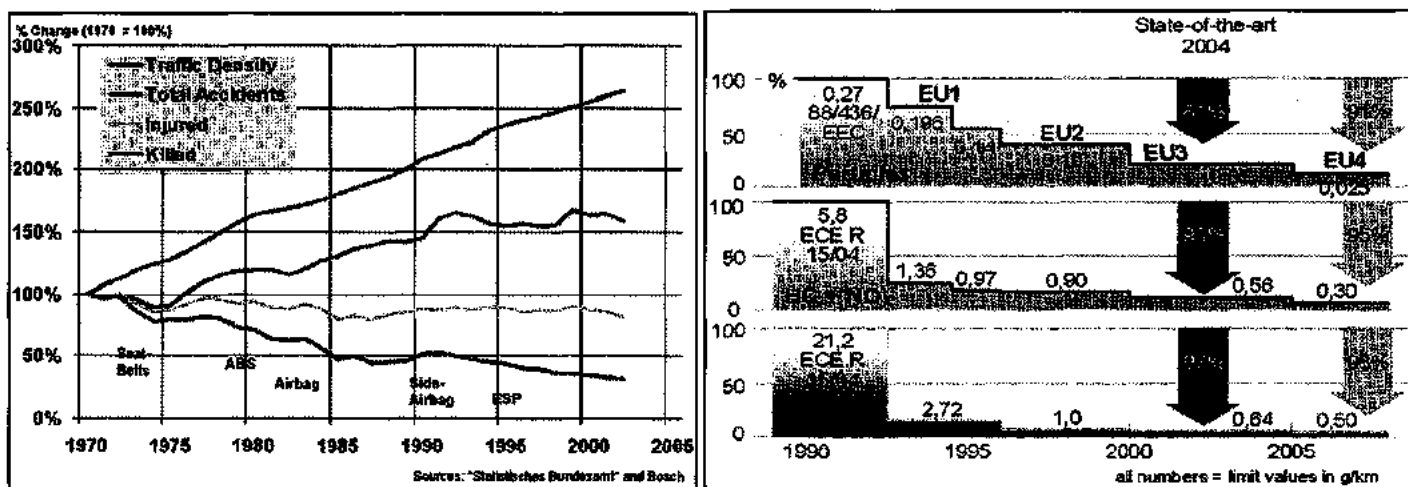
자동차의 기계적인 기능에 센서에 의한 고정밀 제측, 전자적인 제어 기능, 그리고 IT 기능이 접목되면서, 자동차는 안전, 환경, 그리고 경제적인 면에서 급격한 진보를 이루고 있다(<그림 2> 참조). 즉, 1970년 대비 자동차의 수, 교통 사고는 각각 3배 및 1.5배 이상 증가하였지만, 부상자나 사망자 수는 오히려 감소하여 오고 있다. 이는 안전 벨트 시스템, ABS, 에어백, 그리고 ESP 등과 같은 안전 시스템의 도입에 의한 것으로 볼 수 있다. 또한, 자동차로부터의 미세먼지, 탄화수소, 산화질소, 그리고 일산화탄소 등의 오염도도 센서를 바탕으로 한 정화 및 제어 시스템에 의해 급격히 줄어들고 있다. 이와 함께 연비의 향상에 따른 경제적인 효과도 큰 발전을 이루고 있으며, 이는 모두 자동차의 전자화, 지능화가 가져온 혜택이다. 금후로도 자동차의 전자화의 발전에 따라 더욱 다양한 성능들이 개발되고 있는데, 시스템의 다양화를 통한 안락, 안전 기능, 특히, ABS(Anti-lock Break System), ESP(Electronic Stability Program), 그리고 EPS(Electronic Power Steering)를 통한 안전 기능의 강화, 차량 내 각종 시스템들간의 네트워

킹, 전자 장치들의 수와 종류가 증가하면서 겪게 되는 EMI(Electro Magnetic Interference)와 ESD에 대한 내구성, 차량과 차량, 차량과 도로 간의 통신, 충돌 회피 기능, 그리고 기능의 향상과는 별도로 요구되는 가격 절감에 대한 요구 등이 중요한 요소가 되고 있다. 이와 함께 안전, 환경과 관련된 각종 의무 사항들도 자동차의 전자화 기능을 더욱 가속화 하고 있다.

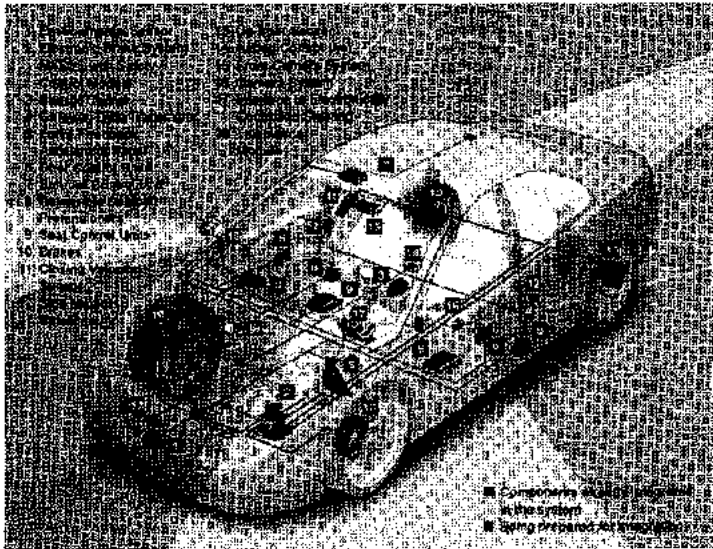
II. 안전성 강화 및 환경을 위한 센서

능동 및 수동 안전 기능의 강화에는 대표적으로 다음과 같은 기능들이 요구된다. 즉, 충돌 경고 및 대비, 충돌전 자동 브레이킹, 레인 이탈 경고, 자동 주차, 전복 방지 및 완화, 적응 주행, 측면 충돌 대비, ESC, 그리고 안전 벨트의 자동 조절 등이 이에 해당한다. 이를 위해 환경 센서, 전자 브레이크, 데이터 전송기, 도어 및 선루프 관리 장치, 안전 벨트 제어기, 속도/가속도/각속도 센서 시스템, 에어백 제어 장치, 카메라 모듈, 텔레메틱스 모듈 등과 같은 다양한 센서 및 관련 시스템들이 준비되어야 한다(<그림 3> 참조).

자동차용 센서는 적용 분야별로 볼 때, 엔진용,



<그림 2> 자동차의 전자화 및 기능화에 의한 안전, 환경적 효과 (Bosch, 2006년 11월)



〈그림 3〉 능동/수동 안전 시스템의 집적화 (Analog Devices, 2008년 5월)

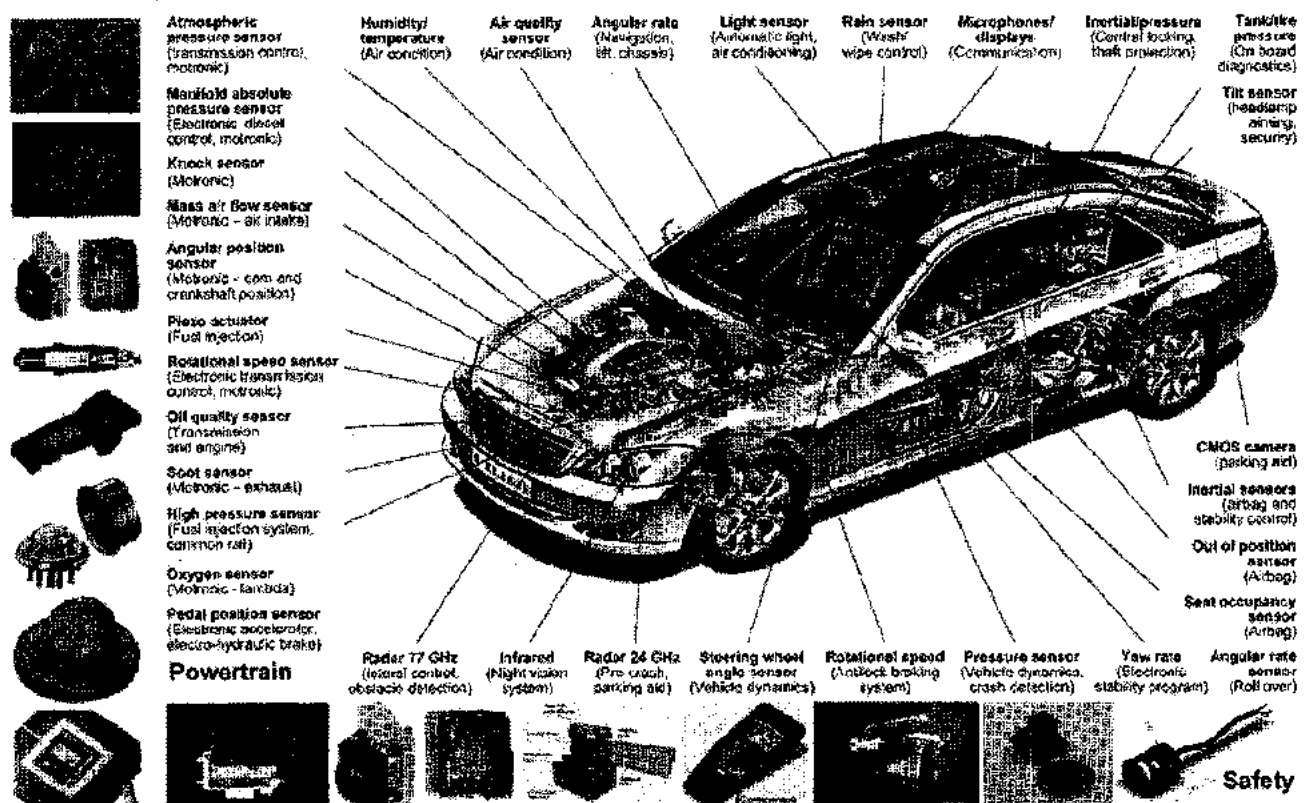
차량 제어용, 충돌 회피용, 안전용, 승객의 안락/편리용 등으로 구분되며, 감지 대상별로는 기계량 센서, 화학 센서, 전자기 센서, 온도 센서, 광/적외선 및 방사 센서 등으로 감지 영역과 범위가 매우 다양하다(〈그림 4〉 참조). 이들 중에서 안전성 강화와 직결된 센서는 MEMS 기술에 의해

제작된 압력 센서와 관성 센서류, 즉, 가속도, 각속도 센서이며, 자원 절약 및 차량의 유지 보수 절감 효과와 환경을 고려한 엔진 오일의 교환주기를 실시간으로 알려주는 센서가 있다.

III. MEMS 센서

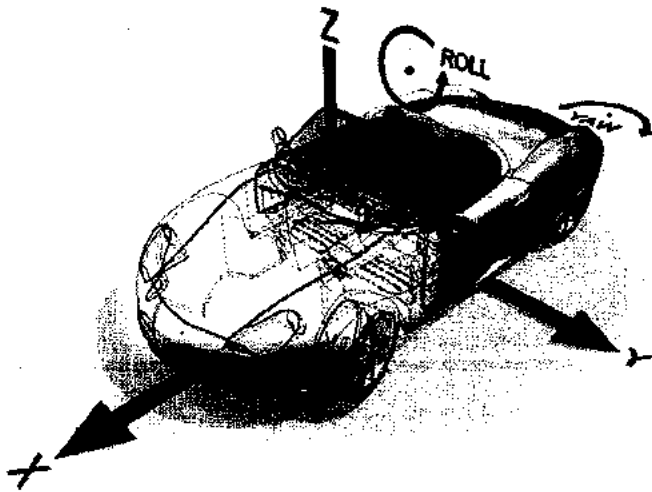
자동차용 기계량(관성) 센서의 센싱축은 전진 및 후진 방향(X축), 좌우 방향(Y축), 상하 방향(Z축), 수평 회전 방향, X축을 중심으로 한 전복 회전 방향, 그리고 Y축을 중심으로 한 전복 회전 방향으로 구분할 수 있다(〈그림 5〉 참조). 따라서, 총 6 종류의 축을 중심으로 한 직선 운동 및 회전 운동을 감지하기 위한 6 종류의 센서가 있으며, 이들은 각각 충돌 감지 시스템, 전자 안정 제어기, 네비게이션/운전자 정보 시스템, 차체/샤시 제어 시스템, 그리고 적응 순항 제어 등과

Nowadays sensor portfolio for automobiles: source: Mercedes Benz Grafik



〈그림 4〉 자동차용 센서류 (MST News, 2007년 3월)

X-Y-Z Roll and Yaw for a car



〈그림 5〉 자동차용 기계량 센서의 센싱축의 정의
(Sensonor, 2008년 9월)

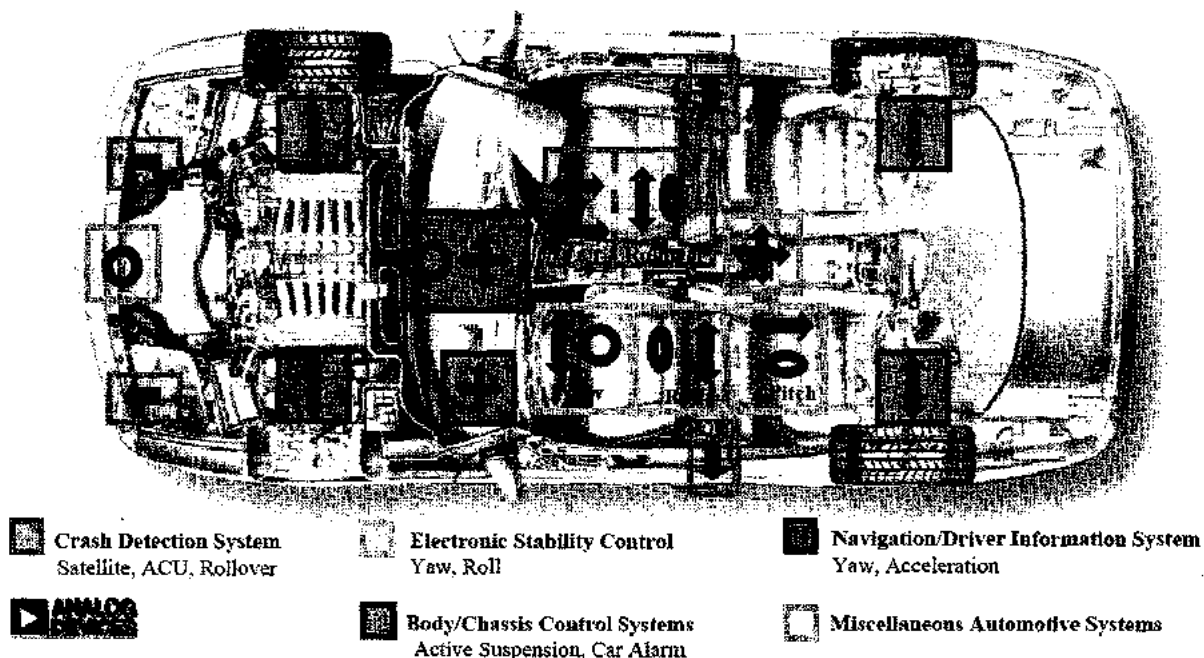
관련된 기타 시스템 등에 적절한 조합을 이루면서 설치된다(〈그림 6〉 참조).

압력 센서는 MEMS 센서로서 가장 먼저 연구되고 상용화된 소자이다. 이는 실리콘의 압저항 특성을 이용하는 압저항형과 평행판 커패시터의 전극간 거리 변화를 이용하는 용량형이 있으며, 두 경우 모두 실리콘의 결정 의존성 식각, 몸체 미세 가공으로 제작된 두께 20 μm 이하의 다이아프램을 이용한다(〈그림 7〉 참조). 센서와 함께

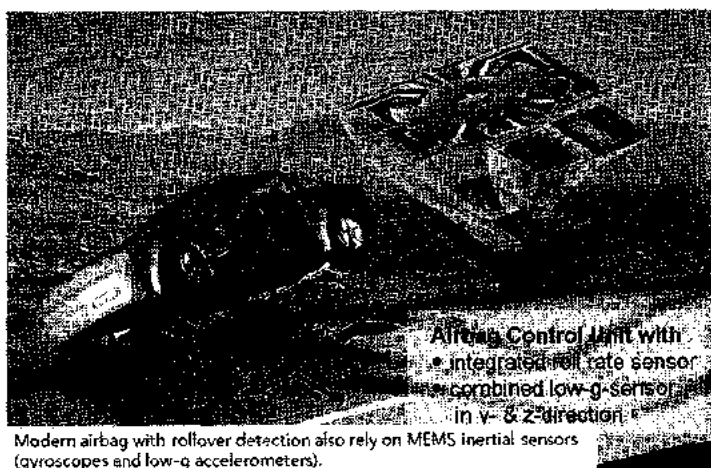


〈그림 7〉 실리콘 압력 센서 및 TPMS 응용
(Bosch & Sensonor, 2009년 5월)

신호처리회로가 집적화된 경우도 있으며, 센서칩은 압력 인가 홀이 가공된 파이렉스 유리나 정전열 접합되어 마운팅되고, 와이어 본딩 후 금속 뚜껑을 덮거나 플라스틱 패키지로 몰딩된다. 압력 센서는 TPMS(Tire Pressure Measurement System), 엔진 압력, 충돌 감지 등에 사용되며, 특히 노면 상태 등의 변화에 따른 타이어의 압력을 실시간으로 측정하여 조절하는 TPMS 기능의 필요성이 강조되고 있으며, 이는 자동차의 최적 주행과 안전성, 그리고 연비 절감을 위하여 중요한 역할을 한다.



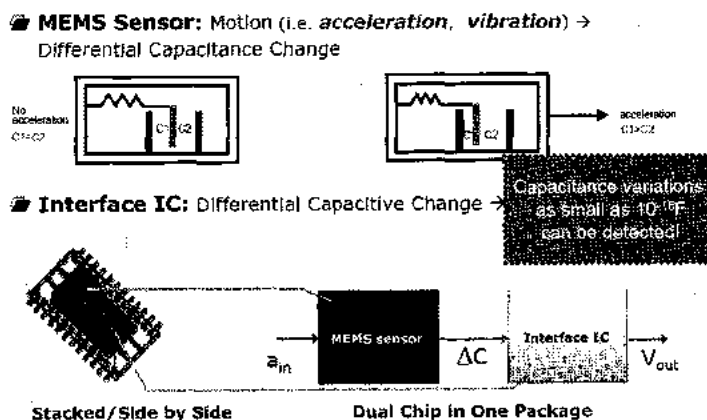
〈그림 6〉 자동차에 설치된 관성 센서 및 시스템 (Analog Devices, 2008년 5월)



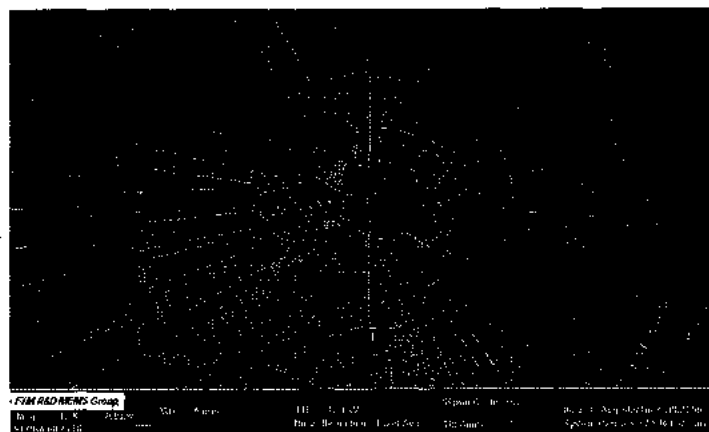
〈그림 8〉 MEMS 관성 센서를 이용한 차량의 자세 감지 및 제어(Bosch, 2006년 11월)

관성 센서에 해당하는 가속도 및 각속도 센서는 자동차의 속도 변화, 충돌, 회전, 전복 등을 감지한다(〈그림 8〉 참조). 일례로, 차량의 전복을 감지하기 위해서는 각속도계와 가속도계의 신호가 함께 감지됨으로써, 시스템의 알고리즘이 매 순간마다 각속도 뿐만 아니라 차량과 Z축간의 각도도 함께 결정한다. 이를 통하여 전복 센싱 알고리즘은 에어백이나 벨트 조절기가 동작하여야 하는 정확한 시점을 결정하게 된다.

가속도 센서는 움직이는 구조물을 평행판 커패시터의 한 쪽 전극으로 하여 동작하는데, 속도 변화에 따른 커패시터의 전극간 거리 변화나 겹쳐지는 전극 면적의 변화에 따라 정전 용량이 바뀌는 특성을 이용한다(〈그림 9〉 참조).



〈그림 9〉 MEMS 가속도계의 동작 원리 (ST Microelectronics, 2009년 6월)



〈그림 10〉 MEMS 각속도 센서 (ST Microelectronics, 2009년 6월)

일례로, 빗살형 구조물(Comb actuator) 형태의 전극이 평행판 커패시터를 이루고 있고, 가속이 발생하면 유동성이 있는 전극 부분이 움직여 정전 용량의 차이를 유도하며, 이 값은 신호 처리 회로에 의하여 전압이나 혹은 주파수의 변화로 얻어지기도 한다. 즉, '속도 변화 정전 용량 변화 전압(혹은 주파수) 변화' 과정을 거쳐 동작하며, 따라서, 가속도계 내에선 가속도 센서칩과 함께 신호 처리용 ASIC이 내장되어 있다. 각속도 센서의 경우, 액츄에이터가 회전축을 중심으로 움직이는 것을 제외하고는 가속도 센서와 유사한 동작 원리를 갖는다(〈그림 10〉 참조).

IV. 엔진 오일 센서

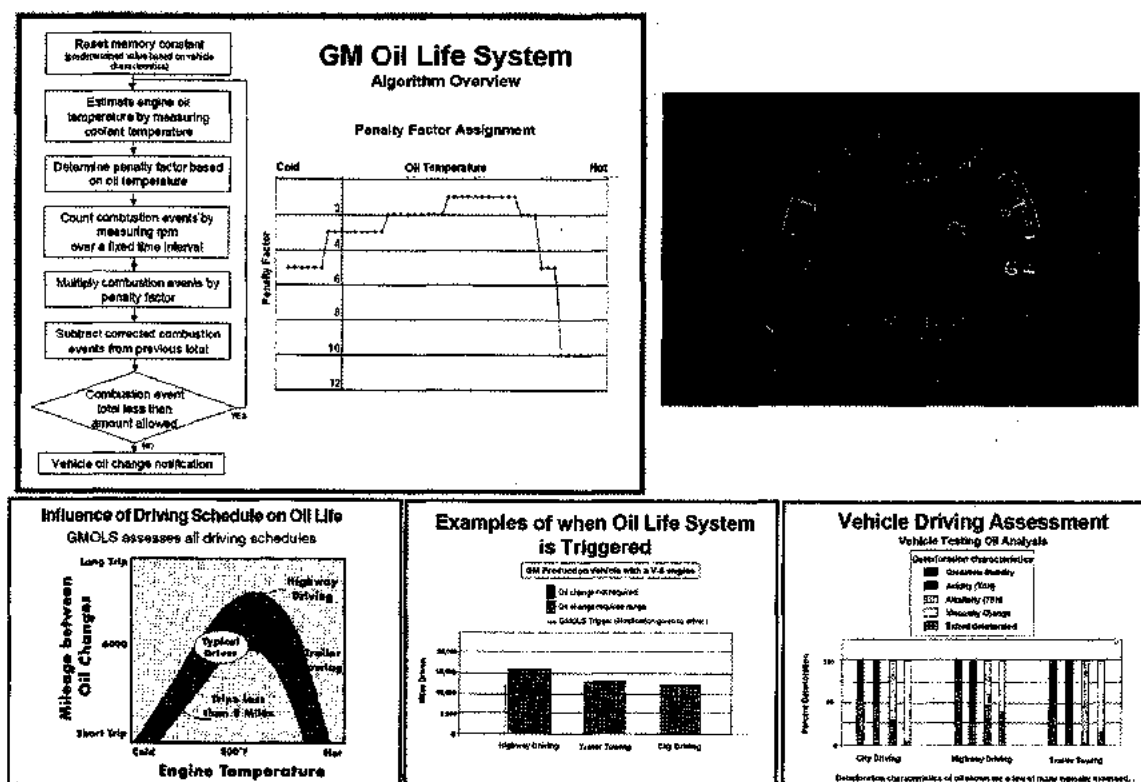
엔진오일관련 센서는 오일의 압력(Pressure), 레벨(Level), 온도(Temperature)와 Quality를 알려주는 것으로 구성되어 있다. 오일 펌프에서 발생된 오일 압력을 감지하여 신호를 보내는 오일 압력 센서, 오일의 온도 정보를 알려주는 온도 센서, 주행 중 Oil이 적정 Level 이하 감소 시 신호로 출력하여 경고등을 점등시켜 운전자에게 Oil정보를 사전 제공하는 레벨 센서와 엔진 오일

센서는 오일의 열화 상태를 감지하여 오일의 Quality를 모니터링하여 운전자에게 오일의 교환시기를 알려주는 역할을 한다. 엔진 오일의 열화는 공기 중의 산소에 의한 산화작용으로 발생하고, 산화속도는 온도, 존재하는 촉매, 공기와 접촉하는 오일의 종류에 따라 달라지고, 자동차의 성능이나 사용조건, 엔진 오일 등급에 따라 다르고, 가혹조건에서 사용할 경우 오일의 열화가 빨리 진행된다. 가혹조건은 짧은 주행거리 반복, 정차와 출발이 잦은 시내주행으로 공회전이나 저속운전을 할 경우와 비포장 도로 주행을 반복하는 것이다.

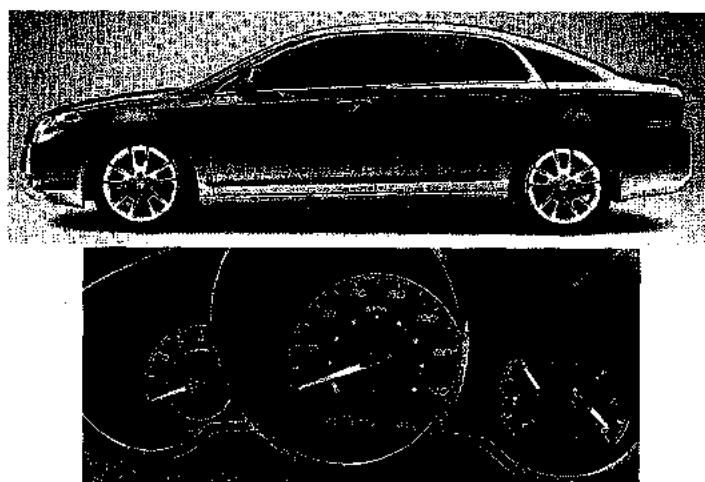
현재 엔진 오일의 교환 시기는 차량 공급업체에서 미리 정한 기준은 있으나, 운전자의 판단 및 중간 기술자들의 주관적 판단에 의해 교환이 이루어지고 있다. 자동차의 엔진 오일 교환주기는 주로 5,000 ~ 10,000 km의 주행거리를 기준으로 교환하고 있으나, 엔진 오일 성능 차이, 운전자의 운전 방식과 가혹도 차이에 따라 크게 차이

가 난다. 잦은 엔진 오일 교환은 차량의 성능 향상에 큰 도움이 되지 않고, 엔진 오일의 수명에 상관없이 일정한 주행거리를 기준으로 지속적인 교환이 이루어질 경우 경제적 낭비와 지속적인 폐오일을 만들어 내는 결과를 발생하며 환경문제와 자원 낭비를 야기할 수 있다. 따라서 적절한 시기에 오일의 교환 시기를 알려주는 센서가 필요하다. 유명 자동차회사(GM, Audi, BMW, Ford, Honda, Mercedes-Benz 등)에서 engine oil condition sensor 및 그 system을 적용하고 있다. 엔진 오일을 평가하기 위한 방법으로 오일의 물리화학적 특성(conductivity, capacitance, dielectric constant, viscosity, infrared spectroscopy)을 측정하는 방법을 기업에서 제시하였고, 차량용 엔진오일의 특성 측정 뿐만 아니라 기계의 윤활시스템에 적용할 수 있다.

1998년 GM에서 엔진오일의 열화를 측정하기 위한 시스템을 시장에 소개하였고, Oil Life System(<그림 11> 참조)을 개발하여 엔진의



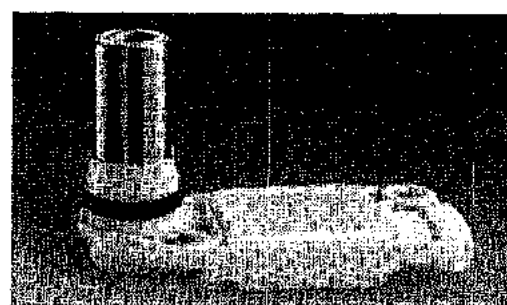
<그림 11> GM Oil Life System (General Motors Corporation, 2008년)



〈그림 12〉 GM Oil Life System이 장착된 자동차
(GM Chevy Malibu, 2010년)

회전수, 엔진 작동 온도 및 여러 요소를 모니터링하여 엔진 오일의 수명을 측정하고 system을 운영하는 소프트웨어가 엔진의 특성, 운전습관, 기후 등의 정보를 기초로 하여 엔진오일의 교환주기를 운전자에게 실시간으로 알려주는 GM차량에 장착되어져 있다(<그림 12> 참조).

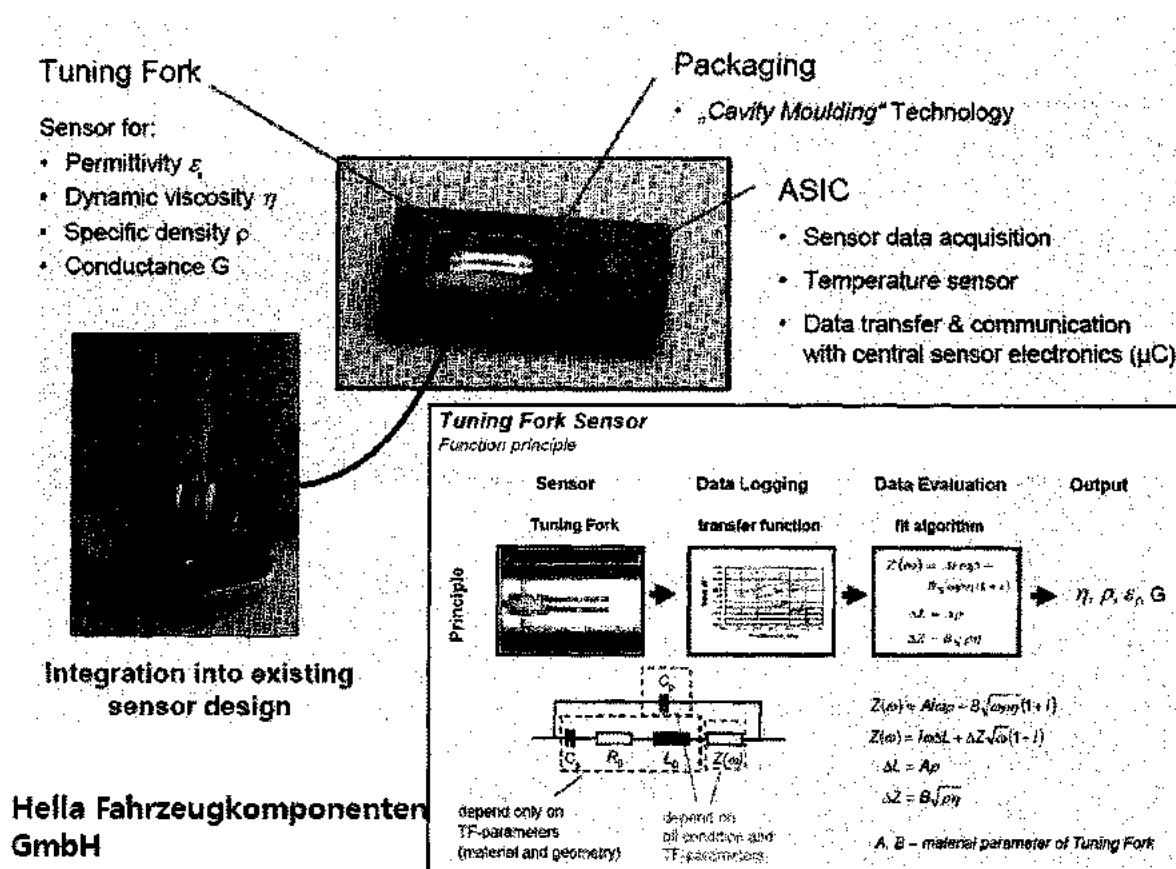
Delphi 디젤 엔진 오일 센서는 오일의 soot를



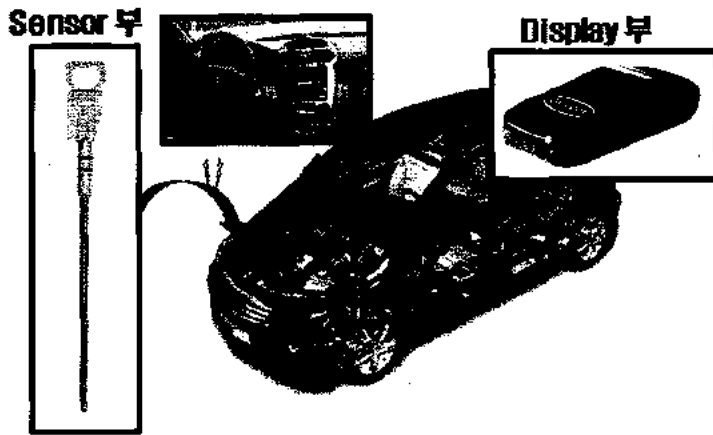
〈그림 13〉 Delphi Diesel Engine Oil Condition Sensor (Delphi)

감지하여 dielectric constant와 viscosity로 측정하여 실시간으로 오일의 상태를 알려준다(<그림 13> 참조).

독일의 자동차 전문 부품회사인 HELLA는 Tuning Fork Technology을 이용하여 오일의 viscosity, density, permittivity, temperature 와 conductance를 측정하여 데이터를 변환 후 oil condition algorithms으로 오일 상태를 모니터링 한 Multiparameteric Oil Condition Sensor를 발표하였다(<그림 14> 참조).



〈그림 14〉 Tuning Fork Technology를 바탕으로 한 Multiparameteric Oil Condition Sensor (HELLA, 2005년)



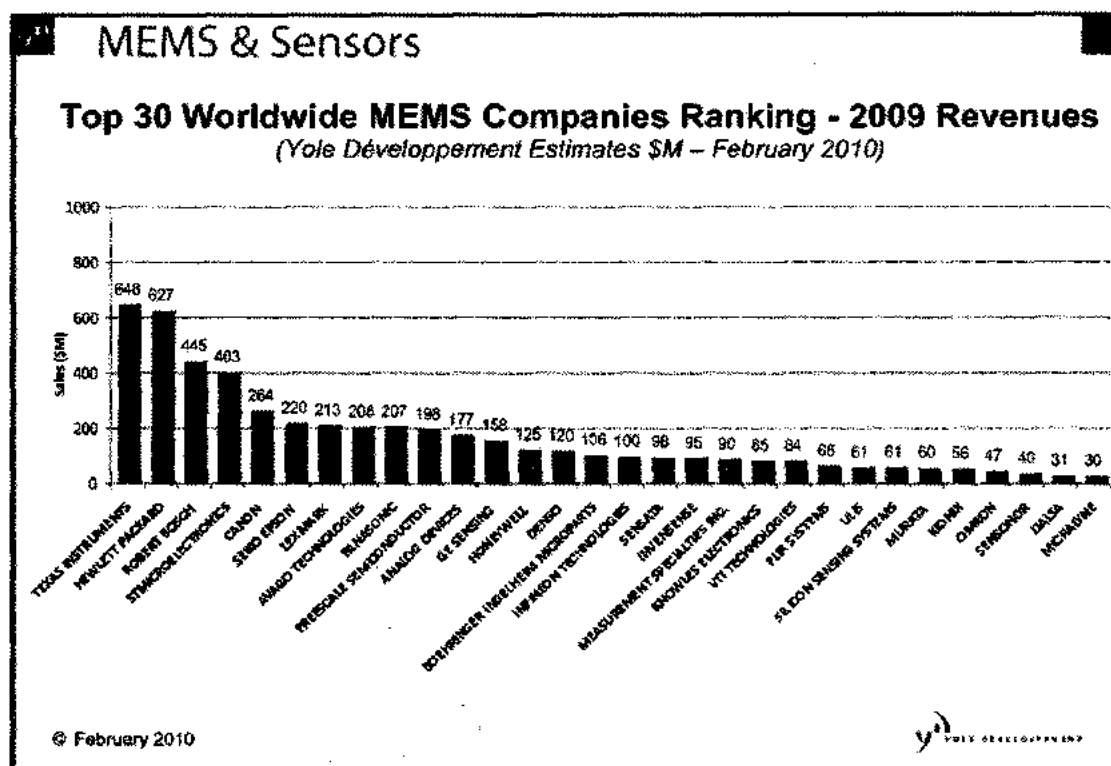
〈그림 15〉 CNT 엔진 오일센서 (SNS Revolution, 2009년)

국내에는 SNS Revolution(에스엔에스레볼루션)에서 탄소나노튜브(carbon nanotube)를 이용한 엔진 오일 센서를 개발하여 사업화에 진행 중에 있다(〈그림 15〉 참조).

V. 기업 현황

세계적으로 MEMS 관련 기업은 30여 개에 이

르고 있으며, 이들 중 50% 정도의 기업이 자동차용 MEMS를 주요 아이템으로 하고 있다(〈그림 16〉 참조). Bosch는 현재까지 자동차용 MEMS 센서에서의 선두업체이고, Freescale은 압력 센서, 에어백 및 ESC(Electronic Stability Control)용 가속도 센서 등을 주로 생산하고 있으며, Denso는 Toyota와 Honda 등을 주요 고객사로 하는 아시아 지역의 공급업체이다. Analog Devices는 에어백용 가속도계, 각속도계 등을 생산하고 있으며, 이외에도 압력 센서와 각속도계를 생산하는 Schneider Electric, 최근 GPS와 ESC용 각속도계를 강하게 추진하고 있는 Panasonic 등이 대표적이다. 엔진 오일 센서는 단일 품목으로 시장에 출시되기보다 자동차회사에서 개발 및 장착을 위한 연구 위주로 발전하여 시장에 대한 정보가 확실하지 않지만, MEMS을 적용한 자동차 센서 및 시스템의 적용에 engine oil condition sensor가 장착된 자동차가 증가할 것으로 예상된다.



〈그림 16〉 MEMS 공급 업체의 시장 점유 순위(i-Micronews, 2010년 2월)

VI. 맺음말

자동차 분야에서 MEMS/MST(Micro System Technology) 기술은 성능, 소비 전력, 소형화, 가격 등에서의 강점을 토대로, 관성센서를 중심으로 하여 활발히 적용되고 있으며, 향후로도 특히 안전과 관련된 법제의 강제성, 소비자로부터의 요구로 인하여 그 기술과 시장은 더욱 증가할 것으로 예측된다. MEMS 기술에 나노 기술을 접목함으로써, 센서의 성능과 기능을 한층 Upgrade, 다양화 시킬 수 있을 것으로 생각되며, 현재로서는 나노 물질을 적용한 자동차용 화학 센서 분야의 연구가 시작되고 있고, 엔진 오일 센서를 포함한 각종 산업용 오일의 교환주기를 알려주는 센서의 사업화가 진행 중에 있다. 결론적으로, 자동차의 전자화/지능화를 위한 노력과 함께 MEMS와 나노 기술의 응용도 및 중요성은 더욱 강조될 것으로 기대된다.

VII. 감사의 글

본 연구는 2009년도 충청북도의 지원을 받아 수행된 지역기반육성기술개발사업, 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No 2009-0083126) 및 세계수준의 연구중심대학사업(R32-2008-000-10082-0)의 지원 하에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] M.Ferraresi, MEMS sensors for non-safety automotive applications, ST Microelectronics, 2009. 6
- [2] D.Lapadatu, SensoNor Technologies -A company presentation, SensoNor, 2008. 9
- [3] MEMS inertial sensors monitor vehicles in motion, Analogue Devices, Automotive Electronics & Electrical Systems Forum, Stuttgart, Germany, 2008.5.6
- [4] S.J.Prosser, Automotive sensors : past, present and futures, Journal of Physics: Conference Series, pp.012001 Vol.76, 2007.7
- [5] S.Krueger, Sensors for mobility, MST News, pp.6-10, 2007.3
- [6] R.Carline et al., Applications of micro and nanotechnology in the automotive industry, MNT Network, 2007.2
- [7] P.Emst, MEMS@Bosch: Automotive applications and beyond, Bosch, 2006. 11
- [8] www.gm.com
- [9] www.chevrolet.com
- [10] delphi.com
- [11] www.noln.net, National Oil & Lube News
- [12] A. Buhrdorf, et al. Multiparametric Oil Condition Sensor Based on the Tuning Fork Technology for Automotive Applications, Advanced Microsystems for Automotive Applications 2005, pp.289-298, 2005
- [13] www.hella.com

[1] M.Ferraresi, MEMS sensors for non-

[14] www.snsrevolution.co.kr

[15] www.i-micronews.com

저자소개



이 양 두

1997년 부경대학교 재료공학과 학사
1999년 부경대학교 재료공학과 석사
2007년 고려대학교 재료공학과 박사
2007년~2008년 University of Pittsburgh, Research Fellow
2007년~현재 고려대학교 연구교수

주관심 분야 : Field emission devices, Carbon nanotube-based chemical and biological sensors

저자소개



주 병 권

1986년 서울시립대학교 전자공학과 학사
1988년 서울시립대학교 전자공학과 석사
1995년 고려대학교 전자공학과 박사
1995년~1996년 University of South Australia, Research Fellow
1995년~2002년 KIST 선임연구원
2002년~2005년 KIST 책임연구원
2005년~2008년 고려대학교 전기전자전파공학부 부교수
2009년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 교수

주관심 분야 : Flexible electronics (OLED, OTFT), Field emission devices, MEMS, Carbon nanotube-based nanosystems



신 경

1998년 2월 광운대학교 전자재료공학과 학사
2000년 2월 광운대학교 전자재료공학과 석사
2005년 8월 광운대학교 전자재료공학과 박사
2000년 9월~2009년 8월 동덕여자대학교 강사
2006년 3월~2006년 6월 산업자원부 MPD 기획위원
2006년 2월~현재 고려대학교 반도체기술연구소 선임연구원
2007년 7월~현재 (주)에스앤에스레볼루션 대표이사

주관심 분야 : Carbon nanotube-based Oil Sensors, Field emission devices, Oil Sensors System