

## 미래형 자동차용 센서

백승국, 이상조 ((주)케피코 기술연구소)

### 1. 서론

환경오염을 방지하기 위한 자동차 배기가스 규제에 대응하기 위해 자동차에 전자식 엔진제어시스템이 적용된 이후에 자동차기술의 발전과 더불어 차량의 전자화도 급격히 진행되고 있는 추세이다. 이러한 차량의 전자화는 1980년대는 2%수준이었던 것이, 1990년대 후반에는 20%까지 증가하였고 2005년도에는 약 30%를 상회할 것으로 예상되고 있다.

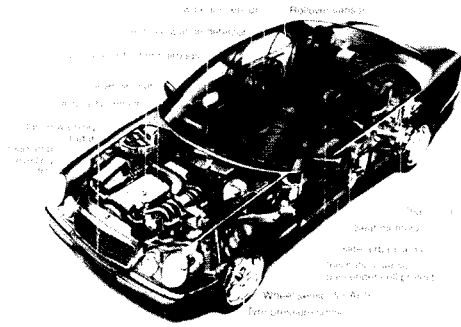
1990년대 초반까지는 배기가스 저감 및 연비 향상을 위한 엔진제어시스템이 자동차 전자제품의 주류를 이루었으나, 1990년대 중반이후부터는 생활수준의 향상과 더불어 운전자의 안전 및 편의를 위한 시스템들이 개발되면서 자동차의 전자화가 급격히 추진되게 되었다. 현재 자동차에 적용되고 있는 전자 시스템중 엔진제어시스템(EMS: Engine Management System), 변속제어시스템(TMS: Transmission Management System), 에어백시스템(Airbag System), 브레이크 잠김 방지장치(ABS: Anti-lock Brake System), 전자제어현가시스템(ECS: Electronic Control Suspension System)은 이미 범용화 되

고 있는 추세이고, 이밖에도 차체거동제어시스템(VDC: Vehicle Dynamic Control System), 관성항법시스템(Navigation System), TCS(Traction Control System), 충돌방지시스템(Collision Avoidance System) 등은 향후 확대 적용이 예상되고 있다.

이들 전자 시스템들은 크게 제어를 위한 마이크로프로세서, 제어대상의 조정을 위한 구동부 및 감지를 위한 센서부로 구성되어 있다. 이러한 전자시스템이 정확한 동작 및 기능을 수행하기 위해서는 자동차의 거동 및 각종 물리량의 정확하고도 신뢰성 있는 정보를 제공하는 센서의 역할이 필수적이다. 자동차에 적용되고 있는 센서들은 자동차의 열악한 환경에서 동작해야 하기 때문에 높은 신뢰성이 요구될 뿐만 아니라 낮은 가격에 고성능이 요구되고 있다.

반도체기술의 발전으로 MEMS(Micro Electro Mechanical System)기술에 의해 제작된 반도체 센서들이 개발되면서 소형,저가,고성능 및 고품질이라는 전자용 센서의 요구를 충족시키게 되었고 이로 인해 현재 차량에 적용되고 있는 압력센서,가속도센서 및 유량 센서등이 대부분 반도체 센서들로 제작되고 있는 상황이다.

본 고에서는 자동차 전장용 반도체 센서들을 종류, 적용분야 및 기능별로 소개하고 향후 시장동향에 대해 기술하고자 한다.

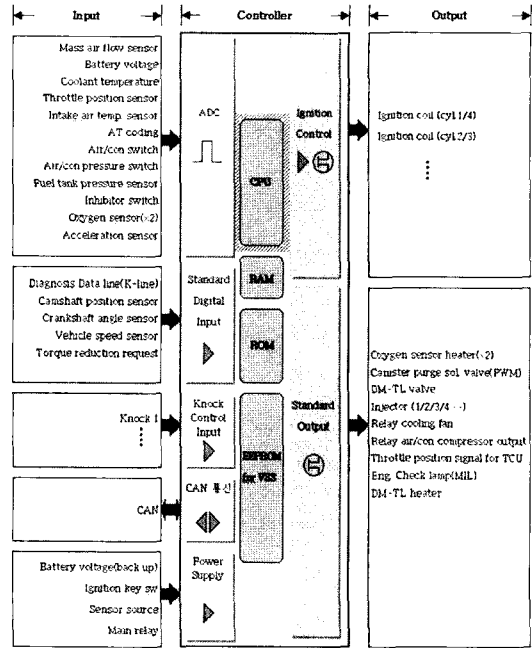


## II. 엔진제어시스템(Engine Management System)의 반도체센서

엔진 전자제어시스템은 자동차엔진에 있어서의 요구 사항들인

- a) 엔진성능향상(엔진 구동력 및 가속성 극대화)
- b) 운행의 경제성(연료 소비율 극대화)
- c) 환경 공해법의 적합성(배기가스 유독성 극소화)
- d) 안락한 운행(엔진 소음 및 진동의 극소화)

등을 만족시키기 위하여, 엔진을 제어하고 있는 모든 요소들, 즉 각종 센서, Actuator 및 Controller등을 유기적으로 연계하여 엔진이 모든 운전 조건에서 최적의 상태로 운행 될수 있게끔 포괄적으로 관리하는 시스템이다. 엔진 전자제어시스템에는 <그림 1> 에서 알 수 있듯이 많은 센서들이 사용되고 있고 MEMS기술에 의해 제작된 반도체센서는 유량센서(Mass Air Flow Sensor), 흡기매니폴드 압력센서(MAP Sensor), 연료탱크압력센서(Fuel Tank Pressure Sensor) 및 가속도센서(Acceleration Sensor)등이 있다.

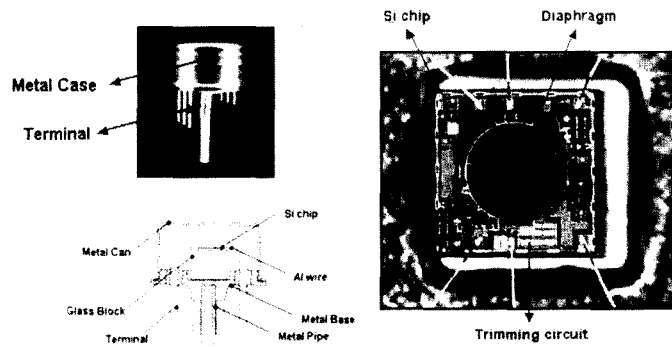


<그림 1> 엔진전자제어장치(ECU) Block Diagram

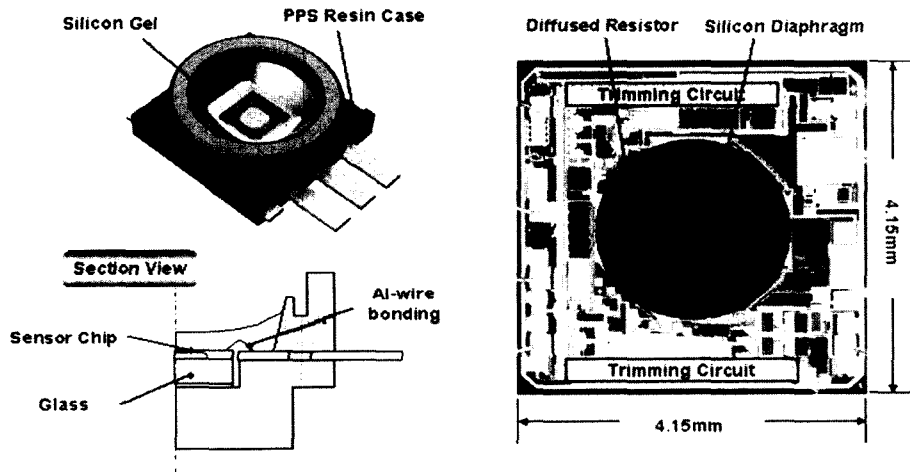
### 1. 흡기 매니폴드 압력센서(MAP Sensor: Manifold Absolute Pressure Sensor)

흡기 매니폴드 압력센서(이하 맵센서)는 절대 진공을 기준으로 압력을 측정하는 절대압 센서로서, 엔진에 흡입되는 공기량을 간접 측정하기 위해 자동차 엔진 룸내의 서지탱크(Surge Tank)에 장착되며 서지탱크내의 압력을 측정하여 이 신호를 엔진제어장치(ECU)에 전송하면 엔진제어장치는 맵센서의 신호 및 엔진 회전수를 이용하여 엔진에 흡입되는 공기량을 간접적으로 측정하게 된다.

맵센서에 사용되는 압력센서는 MEMS기술의 벌크 마이크로머시닝(Bulk Micromachining) 및 서피스 마이크로머시닝(Surface Micromachining)을 이용하여 제작되며, 측정방식은 피에조저항식



(a) 금속 CAN구조의 압력센서



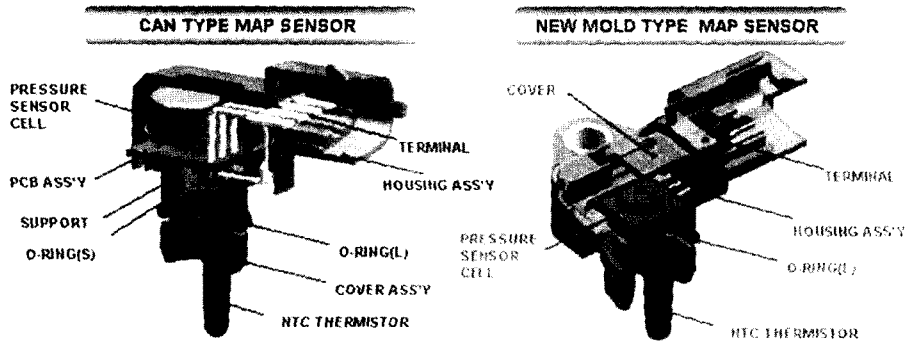
(b) Mold package구조의 압력센서

〈그림 2〉 압력센서의 구조

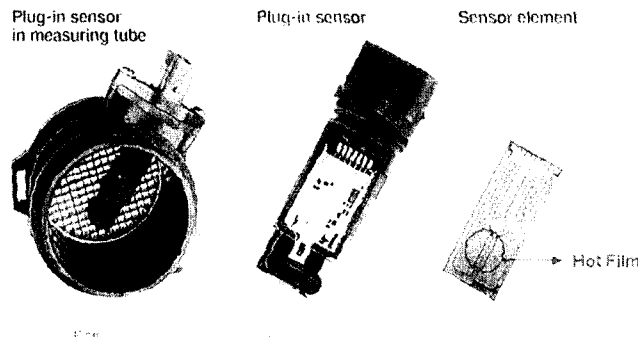
(Piezoresistive type) 및 정전용량식(Capacitive type)이 주로 사용되고 있다. 그림2에 벌크 마이크로머시닝기술을 이용한 피에조저항식 압력센서의 구조를 보인다. 그림2에서 알수 있듯이 압력을 측정하기 위한 다이어프램(Diaphragm)부와 감도 및 오프셋(Offset)보정, 온도보상을 위한 신호처리회로가 실리콘 칩위에 일체형으로 구성되어 있다. 다이어프램 위에는 피에조저항 4개가 휘스

톤브리지로 구성되어 있으며, 다이어프램의 뒷면으로 압력이 인가되어 다이어프램의 변형되면 이 변형에 의해 피에조저항에는 응력이 가해져 저항값이 변하게 된다. 이 저항값의 변화를 전압으로 변환하여 출력하면 압력을 측정 할수 있게 된다. 맵센서의 측정압력범위는 10kPa ~ 115kPa이며, 사용온도범위는 40℃ ~ 130℃이다.

맵센서에 사용되는 압력센서는 엔진룸의 열



〈그림 3〉 MAP Sensor의 구조



〈그림 4〉 열필름 공기유량센서(Hot Film Air Flow Sensor)

악한 환경에서 동작하므로 높은 신뢰성이 요구되어 주로 금속패키지가 주로 사용되었으나 근래에는 패키징 기술의 발달과 더불어 원가절감 구조인 플라스틱 패키징이 사용되고 있다.

맵센서는 엔진룸내의 진동, 고온등의 열악한 환경을 고려하여 구조 및 재질이 설계 되어야 하며, 차량의 조립성을 단순하기 위해 온도센서를 내장한 복합기능을 수행하도록 구성되어 진다.

그림 3은 압력센서의 종류에 따른 맵센서의 조립구조의 차이를 설명하고 있다.

## 2) 공기유량센서(AFS: Mass Air Flow Sensor)

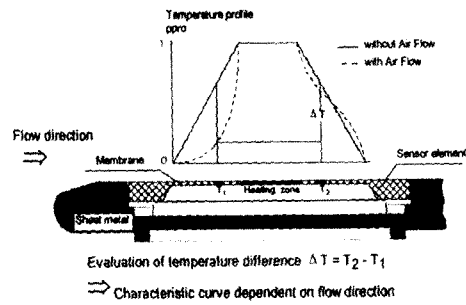
공기유량센서는 엔진에 흡입되는 공기량을 측정하기 위한 센서로서 에어크리너와 쓰로틀 바디 중간에 설치되어 엔진에 흡입되는 공기량을 직접 측정하여 엔진 전자제어장치(ECU)에 신호를 전달하는 기능을 수행한다. 공기유량센서의 종류에는 체적방식인 칼만 볼텍스(Karman vortex) 방식과 질량 방식인 열필름(Hot Film) 방식등이 있으나 근래에는 질량 방식인 열필름(Hot Film) 방식이 주로 사용되고

있다. 열필름(Hot Film)방식은 종래에는 얇은 세라믹 기판 위에 플라티늄 막을 입힌 센서가 사용되었으나 응답성 및 맥동 특성등의 문제로 인하여 근래에는 반도체 MEMS기술을 이용한 센서의 사용이 확대되고 있는 추세이다. 그림 4에서 반도체 MEMS기술을 이용한 열필름센서(이하 H/F AFS: Hot Film Air Flow Sensor)의 구조를 설명한다.

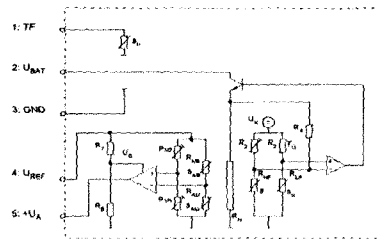
역류검출형 열필름 공기유량센서(Hot Film Air Flow Sensor)는 에어크리너와 같은 공기 유로 부분에 Plug in 센서 형태로 조립 되어 사용되거나 위의 사진과 같이 실린더 하우징과 함께 조립되어 Plug in Sensor Module로 사용되며 연소엔진의 필요 공기유량에 따라서 여러 가지 크기의 실린더하우징이 설계되어 있다는 점에서 기존 H/F AFS와 기본적인 구조가 동일하지만 공기유량을 감지하는 감지부(Sensor Element)의 구조와 측정 기본원리에서 차이점을 찾을 수 있다.

감지부(Sensor Element)는 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술을 이용하여 제작된 얇은 실리콘 다이아프램(Diaphragm) 위에 가열저항과 여러 개의 온도 센서들로 구성되어 있다. 센서의 신호처리회로는 Plug in Sensor Housing 내의 세라믹 기판(Hybrid IC)위에 구성되어 있으며 감지부와 Al-Wire Bonding 되어 있다. 그리고 EPROM 방식을 적용 공기 유량 값에 대한 출력 특성 값을 조정할 수 있으며 회로 보호용으로 실리콘 젤(Si-Gel)이 채워져 있다. 또한 H/F AFS는 원가절감을 목적으로 흡기 온도센서가 Plug in Sensor Housing에 별도로 장착되어 있다.

감지부의 구조는 그림 5와 같으며, 측정원리는 다음과 같다. 감지부 위에 구성된 얇은 다이아프램은 에칭 기술에 의해 만들어 진다. 이 다



〈그림 5〉 Sensor element의 구조



**Connections:** 1: Temperature sensor      4: 5V - Reference Voltage  
2: Power supply                      5: Signal output (+)  
3: Signal ground

〈그림 6〉 신호처리회로

이아프램 위에는 가열저항이 중앙부분에 위치하고 있으며 온도센서 T1, T2는 공기흐름 방향으로 가열영역의 앞쪽과 뒤쪽에 각각 위치하고 있다. 두 온도센서는 공기가 흐르지 않을 경우 동일한 온도분포를 나타내지만 공기의 흐름이 발생할 경우, 가열영역 앞쪽에 위치한 온도센서 T1의 온도는 경계층으로의 열대류에 의해 냉각되어진다. 반면 가열영역 뒤쪽에 위치한 온도센서 T2는 가열영역을 통과하면서 가열된 공기에 의해 온도를 거의 그대로 유지하게 된다. 즉 두 온도센서는 공기 통로 내를 흐르는 공기유량에 따라서 온도차를 나타내고 이 온도차는 감지부를 통과하는 공기량에 의존한다. 만약 감지부를 통과하는 역방향의 공기흐름이 발생한다면 T1, T2의 온도차는 반대로 나타나게 된다. 따라서

이 온도차를 검출하면 맥동 시 발생될 수 있는 역류를 검출할 수 있게 된다.

### 3. 가속도 센서(Acceleration Sensor)

자동차 전자제어시스템은, 자동차 배기가스(Exhaust Gas)에 의한 환경오염을 방지하기 위하여 불완전 연소된 배기가스가 대기중에 배출되는 것을 방지하기 위한 제어를 실시한다. 그 중의 하나로 실화(Misfire) 검출기능을 필요로 하는데, 이때 모든 실린더에 분산되어 간헐적으로 발생하는 실화뿐만 아니라 일시적으로 발생하는 실화 또한 식별할 수 있어야 한다. 이런 목적으로 크랭크샤프트의 회전 각속도의 변동을 측정하여 실화 판정을 하게 된다.

그런데, 차량이 매우 험한 도로를 주행할 경우, 휠로부터 전해지는 진동 가속도의 영향으로 인해 크랭크샤프트의 각속도의 변동이 발생하게 되는데 이 때 발생하는 회전 속도의 변동은 모든 실린더에 분산되어 발생하는 실화가 발생했을 때와 유사한 형태를 나타내어, 실화가 발생하지 않았는데도 불구하고 실화발생이라고 판정하여 MIL(Mal-function Indication Lamp) 점등을 하게 된다. 특히 비포장 도로와 같이 연속적으로 울퉁불퉁하여 드라이브 체인의 진동을 유도하는 경우에는 더욱 치명적이다.

따라서, 험로를 주행중일 때, 실화 검출 오류를 막기 위하여 보조적인 센서 장치를 이용해서 차체의 주어지는 진동 가속도를 기록하고, 이런 경우에 실화검출의 오류를 방지할 필요가 있다. 그러므로 이를 방지하기 위하여 가속도센서는, 차량의 Shock Absorber 위에 장착되어, 차량으로 전해지는 수직방향의 가속도를 측정하여 ECU로 전달하게 되고 ECU에서는 가속도센서



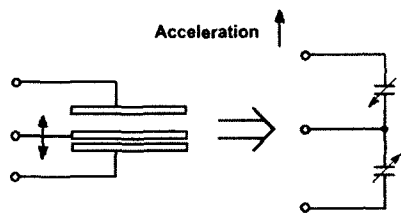
(그림 7) 실화(Misfire) 오검출 방지용 가속도센서의 구조

의 정보를 받아 차량이 험로를 주행하거나 진동을 받고 있는 경우에는 실화판정을 하지 않고, MIL이 잘못 점등 되지 않게 한다.

가속도센서의 구조를 그림 6에 보인다.

가속도센서에 사용되어지는 가속도계는 표면 미세가공 기술(Surface Micromachining)에 의해 제작된다. 이 소자는 표면 미세가공 정전용량 방식의 감지부(G-cell)와 CMOS 신호처리 ASIC부분이 하나의 패키지안에 집적화 되어 있다. 감지부의 위쪽은 이물질 유입을 방지하기 위하여 진공상태에서 커버로 덮여진다. 감지부(G-cell)는 반도체 조립공정(마스킹과 에칭)을 이용한 반도체재료(폴리실리콘)로 형성된 기계적 구조로 되어 있다. 감지부는 움직일수 있는 하나의 판(Plate)이 2개의 고정된 판(Plate) 사이에 있는 모양의 깎지 낀 듯한 구조들(빔 패턴들)로 이루어져 있다. 중간의 판은 시스템에 주어지는 가속도의 영향으로 인하여 원래상태로부터 편향 되어 지도록 되어 있다.

인가되는 가속도에 의해 중앙의 판이 편향되어질 때, 이것으로부터 한쪽의 고정 판까지의 거리는 다른 쪽 판으로부터의 거리가 감소하는 것 만큼과 같은 양으로 증가하게 되고 이렇게 발생하는 판의 거리의 변화로 인해 발생하는 정전용량의 변화로부터 인가되어지는 가속도를 측정할 수 있게 된다.



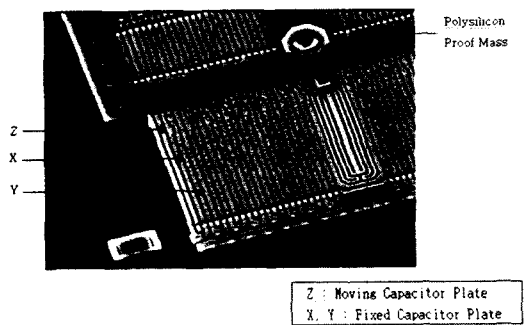
〈그림 8〉 G-cell의 측정원리

감지부(G-cell)의 판들은 두개의 커패시터를 형성한다. 가속도에 의해 중앙의 판이 움직이게 되면 두 판들 사이의 거리가 변화하게 되고 각각의 정전용량 값이 변하게 된다

$$C = \frac{A\epsilon}{D}$$

C : Capacitance  
 A : plate의 면적  
 ε : 유전 상수  
 D : 두 plates 간의 거리

CMOS ASIC 기술은 감지부의 정전용량을 측정하고 두 정전용량 값의 차이로부터 가속도 정보를 얻어내기 위하여 Switched Capacitor 기술을 사용한다. 또한 ASIC은 이 신호를 신호처리와 필터(Switched Capacitor)를 거쳐서 가속도에 비례하는 증폭된 출력전압을 나타내게 된다.

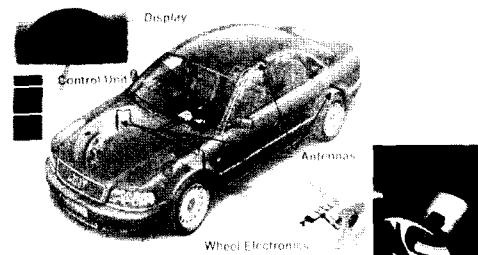


〈그림 9〉 G-cell의 구조

### III. Tire Pressure Monitoring System

Firestone사의 타이어 문제로 인한 Ford사의 리콜 실시 이후로 운전자의 안전을 위해 타이어 압력의 이상을 운전자에게 미리 알려주어 사고를 예방하기 위한 시스템의 필요성이 대두되어 National Highway Traffic Safety Association(NHTSA) 주도로 관련 법규를 제정 중에 있고, 향후 2006년 부터는 북미지역에 수출하는 모든 차량에는 TPMS장착이 의무화 되기 때문에 전장용 센서 중에서 가장 큰 규모의 시장이 될 것으로 전망된다.

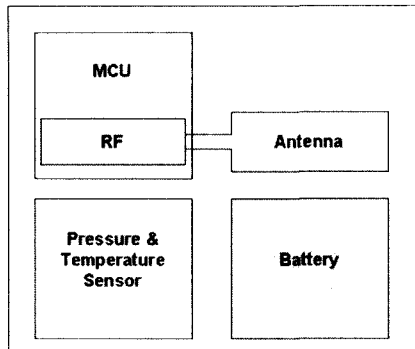
TPMS는 그림 7에서 보이듯이 타이어 내부에 장착되어 압력을 측정하고 이 신호를 무선 송신하는 송신부, 송신부의 신호를 받아서 타이어 압력의 이상유무를 판정하는 수신부 및 운전자에게 타이어압력의 이상을 알리기 위한 표시부로 구성되어 있다.



〈그림 10〉 TPMS의 구성도

TPMS에서 가장 중요한 기능을 수행하는 송신부 모듈은 압력센서, 온도센서, 마이크로프로세서, RF(radio Frequency)칩, Battery 및 안테나로 구성되어 있으며 구성도 및 외관을 그림 8에 보인다.

송신부에 사용되는 압력센서는 MEMS기술을 이용하여 제작되며 온도변화에 민감한 압저



〈그림 11〉 TPMS 송신부의 구성도

항식보다는 정전용량식이 주로 사용되고 있다. 또한, 복합기능을 수행하기 위하여 압력센서에 온도 센서 및 가속도센서가 같이 내장되거나 RF칩이 동일 패키지 내에 내장된 제품들도 개발되어 있다.

향후에는 압력센서, RF칩 및 마이크로프로세서가 동일 칩 패키지에 내장된 제품이 개발되어, 소형 저가형의 제품이 양산될 전망이다.

#### IV. 전장용 센서의 향후 전망

자동차 기술의 발달과 더불어 엔진제어, 운전자의 안전 및 편의를 위한 시스템 기술들이 개발 적용됨으로써 향후에는 자동차에 적용되는 센서의 수요도 더욱 증가 될 것으로 전망된다. 전장에서 기술한 압력센서, 가속도센서 등은 향후 보편화 되어 적용될 안전 및 편의시스템에도 공통적으로 적용되며 단지, 적용분야에 따라 장착방법 및 측정범위등에서만 차이가 날것이다. 특히 가속도센서의 경우는 차체거동시스템 및 TCS(Traction Control System)과 같은 안전시스템에 필수적으로 적용되는 센서로서 향후 그 수요가 급격히 증가할 것으로 판단된다.

미래형 자동차 기술로서 현재 개발중에 있는

기술은 하이브리드전기차량(HEV:Hybrid Electric Vehicle) 및 연료전지차량(Fuel Cell Vehicle)등이 있다. 하이브리드차량은 전기자동차 및 가솔린 자동차의 혼합형으로서 기존의 엔진 전자제어장치(ECU) 이외에 하이브리드 제어장치(Hybrid Control unit),모터제어장치(Motor Control Unit) 및 배터리제어장치(Battery Management System)등의 제어장치가 추가되며, 이 시스템의 경우에도 앞서 기술한 압력센서,가속도센서,각속도 센소등은 공통적으로 사용된다. 추가되는 센서로는 모터제어를 위한 모터위치센서(Motor Position Sensor) 와 전류 측정을 위한 전류센서(Current sensor)등이 있다.연료전지차량의 경우 연료전지제어를 위해 사용되는 센서로는 유량센서(Air Flow Sensor), 압력센서, 전도도센서 및 온도센서등이 있다.

향후 전장용 센서 중에서 수요가 가장 많을 것으로 예상되는 압력센서 및 가속도센서의 자동차 적용분야 및 수량의 예상규모를 아래에서 설명한다.



1) 압력센서의 적용분야 및 사용수량

System	Parameter	Pressure range	Type
Engine control : 10	Manifold absolute pressure Turbo boost pressure Barometric pressure(altitude) EGR pressure Fuel pressure Fuel vapor pressure Mass air flow Combustion pressure Exhaust gas pressure Secondary air pressure	100 kPa 200 kPa 100 kPa 7.5 psi~450 kPa 15 Psi~450 kPa 15 in H <sub>2</sub> O 130Bar, 16.7 Mpa 100 kPa 100 kPa	Absolute Absolute Absolute Gage Gage Gage Differential Differential Gage Gage
Elect transmission : 2	Transmission oil pressure Vacuum modulation	80 Psi 100 kPa	Gage Absolute
Idle speed control : 1	AC clutch sensor/switch Power steering pressure	300~500 Psi 500 Psi	Absolute Absolute
Elect power steering (also elect assisted) : 1	Hydraulic pressure	500 Psi	Absolute
Antiskid brakes/traction control : 2	Brake pressure Fluid level	500 Psi 12 in H <sub>2</sub> O	Absolute Gage
Air bags : 1	Bag pressure	7.5 Psi	Gage
Suspension : 1	Pneumatic spring pressure	1 MPa	Absolute
Security/keyless entry : 1	Passenger compartment pressure	100 kPa	Absolute
HVAC (climate control) : 1	Air flow (PC) Compressor pressure	300~500 Psi	Absolute
Driver information : 9	oil pressure Fuel level Oil level Coolant pressure Coolant level Windshield washer level Transmission oil level Tire pressure Battery fluid level	80 Psi 15 in H <sub>2</sub> O 15 in H <sub>2</sub> O 200 kPa 24 in H <sub>2</sub> O 12 in H <sub>2</sub> O 12 in H <sub>2</sub> O 50 Psi 1~2 in below	Gage Gage Gage Gage Gage Gage Gage Gage absolute Optical
Memory seat : 1	Lumbar pressure	7.5 Psi	Gage
Multiplex/diagnostics : 1	Multiple usage of sensors		

2) 가속도센서의 적용분야 및 사용수량

종류	가속도 감지 범위	수량(개)	Remark
ABS 용	±2g	4	
AIR BAG 용	±50g~±150g	6	아날로그식 출력
Suspension 용	±2g	6	
EMS 용	±5g	1	

V. 맺음말

생활수준의 향상 및 자동차기술의 발전으로 안전 및 편의 시스템들이 보편화되어 적용되면서 자동차용 센서의 수요도 급증할 전망이다. 하지만, 엔진제어용으로 적용되고 있는 맵 센서(MAP SENSOR)와 현가 장치 제어용으로 개발된 가속도 센서등의 국내 개발된 몇가지 센서를 제외하면 에어백시스템, 브레이크 잠김 방지장치, 차체거동제어시스템, 관성항법시스템

(Navigation System), TCS(Traction Control System), 충돌방지시스템등에 적용되고 있는 고압센서, 가속도센서, 각속도 센서등 주요 센서들은 주로 수입에 의존하고 있기 때문에 이의 양산기술 개발이 시급한 현황이다. 따라서, 이러한 센서들의 경쟁력 있는 국산기술이 개발되면 세계시장으로의 수출 및 수입대체 효과 등으로 시장성이 큰 분야가 될것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] (주)케피코, 자동차 전자제어기술, 2002
- [2] 박효덕, 조남규, “자동차용 MEMS센서 기술현황 및 응용”, 2001
- [3] 박효덕, 조남규, “MEMS기술을 이용한 자동차용 센서의 동향 및 전망” 2001
- [4] Sabrie solomon, Sensors Handbook, 1998

저자소개



이 상 조

1986년 성균관대학교 전자공학과 졸업  
 1988년 성균관대학교 공과대학원 졸업  
 1991년 (주)케피코 입사  
 1991년 - 현재 (주)케피코 기술연구소 재직중  
 주관심분야 전장용 Sensor



백 승 국

1985년 고려대학교 기계공학과 졸업  
 1985년 현대자동차(주) 입사  
 1987년 (주)케피코 입사  
 1987년 - 현재 (주)케피코 기술연구소 재직중  
 주관심분야 엔진제어시스템

용 어 해 설

디지털 홈 (digital home)

가정내의 모든 정보가전기기가 유무선 홈 네트워크로 연결되어 누구나 기기, 시간, 장소에 구애 받지 않고 다양한 홈 디지털 서비스를 제공할 수 있는 미래 지향적 가정 환경. 디지털 홈을 구축하기 위해서는 가정내의 홈 네트워크 외에 서비스를 가정까지 전달해 주는 외부의 네트워크, 정보가전기기, 그리고 홈 디지털 서비스를 구현하는 콘텐츠 및 솔루션 등이 필요하다. 홈 네트워크 기술로는 유선 형태로 HomePNA(Home Phonenumber Networking Alliance), 전력선 통신(PLC), IEEE 1394, USB(Universal Serial Bus), 이더넷 등이 있고, 무선 형태로는 블루투스, 무선랜, HomeRF(Home Radio Frequency), IrDA(Infrared Data Association), UWB(Ultra Wide Band) 및 무선 1394 등이 있다. 가정의 이용자는 인터넷과 맥내 자원의 공유뿐만 아니라, 외부의 복합적인 네트워크 환경을 활용하여 원격교육, 원격진료, 홈오트메이션 및 멀티미디어 서비스 등 다양한 서비스를 제공받는다.