

자동차의 전장부품 기술개발 동향

정남훈 센터장 (재)송도테크노파크 자동차부품기술센터

1. 자동차 전기전자기술의 개요

자동차에 적용된 최초의 전기장치는 배터리와 점화장치이고, 이후에 시동전동기, 전조등이 적용되었으며, 1930년대에 진공관식 라디오가 장착되면서 전자기술이 적용되기 시작하였다. 미국의 찰스 플랭클린 케터링 (Charles F. Kettering)은 1909년에 Delco (Dayton Engineering Laboratories Company)를 설립한 후 자동차용 제너레이터(Generator)를 발명하였으며, 1911년에 전기점화장치 (Electrical Ignition System), 1912년에 셀프스타터 (Self-starter)를 발명하여 자동차 전기장치의 아버지로 기록되어 있다. 이후 트랜지스터의 발명과 집적회로 (IC; Integrated

Circuit)의 개발로 전자기술이 급속히 발전되어 1960년대에 들어서면서 자동차에 본격적인 전자기술이 적용되기 시작하였다. 자동차에 처음으로 적용된 반도체기술은 교류발전기에 적용된 정류용 실리콘다이오드이며, 후에 전압조정기 (Voltage Regulator)와 파워트랜지스터 (Power Transistor)가 적용되면서 부품의 기능과 신뢰성이 향상되었다.

1960년대 후반에는 집적회로가 자동차에 적용되면서 본격적으로 자동차의 전자화가 이루어졌으며, 집적회로를 적용한 전압조정기 (IC Voltage Regulator) 및 점화기 (IC Ignitor)와 같은 전자부품이 엔진에 적용되었다. 이 당시에는 아날로그회로를 이용한 다양한 부품들이 개발되었으며, 연료분사 제어장치 (Fuel Injection Control System), 순항

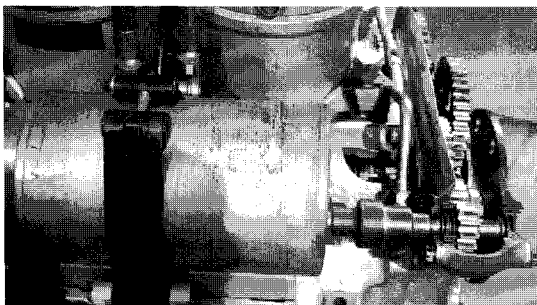


그림 1. 1920년대의 시동전동기.



그림 2. Charles F. Kettering.

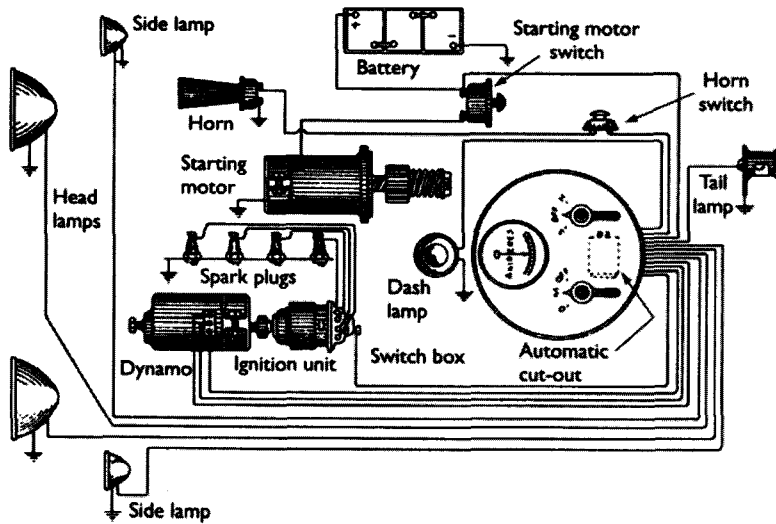


그림 3. 초기 자동차의 전기회로도.

제어장치 (Cruise Control System), 미끄럼 방지장치 (Antilock Brake System) 등이 성공적으로 자동차에 적용되었으나 당시에 이러한 전자화시스템은 가격이 비싸고, 실질적으로 소비자에게 특별한 이득이 없어 대중화되지는 못하였다. 그러나 1970년대 미국에서 제정된 자동차관련 3개의 주요 법률 (① 자동차의 안전에 관한 법률, ② 엔진출력에 관한 법률, ③ 배기가스와 연비관련 법률)로 인하여 자동차에 있어서 복합적이고 상충되는 다양한 요구사항들이 대두됨으로써 자동차기술의 전자화를 촉진하였다. 자동차의 안전에 관한 법률은 운전자가 좌석에 앉았을 때 안전벨트 미착용 시 엔진 시동이 걸리지 않도록 하는 시스템개발을 필요로 하게 되었고 이를 위하여 점화장치에 전원이 공급되지 않은 상태에서도 안전벨트 착용여부를 진단할 수 있는 시스템개발이 요구되었으며, 배터리의 방전을 최소화시키는 기술개발이 필요하게 되었다. 따라서 C-MOS 기술을 이용한 집적회로 (IC)가 문제의 해결방안으로 채택되었으며, 1971년 개발된 마이크로 컨트롤러가 처음으로 점화시기 제어 (Ignition Timing Control)를 위하여 사용되어 엔진 출력을 높이기 위한 정밀한 제어를 수행할 수 있게

되었다. 또한, 배기가스와 연비관련 법률은 연비 향상과 배기가스 정화를 위하여 엔진성능의 저화를 초래하였다. 이에 따라 법률을 만족시키면서 엔진의 출력성능을 향상시키기 위하여 마이크로 컨트롤러를 이용한 정밀한 공연비 제어, 점화시기 제어 및 아이들 제어 등이 적용되었다. 자동차의 동력시스템, 사시시스템 및 기타시스템에 있어서 서로 상충되는 요구사항의 해결을 위하여 마이크로 컨트롤러를 이용한 다양한 전자화 기술이 적용되었으며, 이러한 기술은 현재에 이르러 고도로 발전된 형태로 사용되고 있다. 1970년대 중반에 자동차에 전자기술적용이 본격화됨에 따라 1980년대에 마이크로프로세서 기반의 자동차 전자화 기술이 급속히 발전하였으며, 자동차의 여러 기술적인 문제해결을 위하여 반도체 생산자와 자동차 설계자들의 협업이 시작되었고, 1990년대에 들어서면서 마이크로 프로세서기술이 향후의 자동차 전자화기술에 핵심 기술로 자리매김하였다. 반도체기술의 발전에 따라 단일 칩에 더욱 많은 기능을 부여할 수 있으며, 사이클 타임의 감소가 주요한 과제로 대두되었다.

표 1. 자동차용 반도체 기술개발 동향.

Period	75/80	80/85	85/90	90/95	95/2000
Level of Integration	MSI	LSI	VLSI	ULSI	HLSI
Device Technology	TTL	NMOS	CMOS	CMOS	Mixed
Minimum Feature	4.0 μm	2.0 μm	1.25 μm	0.5 μm	0.3 μm
Maximum Gate Count	10-100	1K-4K	10K-50K	100K-200K	400K-1M
Clock Rate	1 MHz	10 MHz	25 MHz	100 MHz	200 MHz
I/O Pins	14-40	32-120	84-256	148-320	200-500
Chip Power	0.2-0.4 W	0.5-1W	1-3W	2-6W	4-12W

(주기) ① MSI : Medium Scale Integration, ② ULSI : Ultra Large Scale Integration, ③ LSI : Large Scale Integration, ④ HLSI : Hyper Large Scale Integration, ⑤ VLSI : Very Large Scale Integration.

2. 자동차의 기술개발 동향

현재 자동차의 전자화는 크게 다음과 같은 시대적 요구사항에 부합하기 위하여 기술개발이 진행되고 있다. 첫 번째로 지구 온난화와 대기오염 및 화석 에너지 고갈에 따른 에너지 효율향상에 대한 시장의 요구와 CARB (California Air Resource Board) 및 EURO의 연비 및 배기가스 규제 강화에 따른 해결방안으로써 친환경기술과 고효율 에너지기술 및 폐에너지 회수기술 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 친환경기술 분야의 대표적인 예로 하이브리드 자동차 (HEV), 연료전지 자동차 (FCEV), 전기 자동차 (EV) 등이 개발되고 있다. 국내 자동차의 연비기준이 오는 2012년에 지금보다 15% 가량 강화될 예정이고, 유럽의회가 자동차 평균 이산화탄소 (CO₂) 배출량 강제목표를 2015년부터 125 g/km 이내로 제한하기로 한 결의안을 채택함에 따라서 하이브리드 자동차의 경우 최근 니켈수소 등의 이차전지를 탑재한 플러그인하이브리드 자동차 (PHEV)의 개발 경쟁이 심화되고 있다. 또한, 다른 분야는 차량에서 소모되는 전체에너지 중 70% 정도를 차지하고 있는 폐열 에너지를 회수하는 기술에 대한 것으로 나노기술을 이용한 열전소자 개발을 통하여 폐열에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술과 하이브리드 자동차나 전기 자동차의 배터리에서 발생하는 폐열을 자동차의 냉·난방시스템에 활용하기 위한 열교환기 개발 등

이 이미 선진국을 중심으로 전개되고 있다.

두 번째로 자동차의 안전도 향상 요구에 따른 자동차 전자화 분야로 기존의 경우 사고 후 운전자와 탑승자의 치사율을 줄이고 부상을 경감시키기 위하여 에어백시스템과 같은 수동형 안전시스템에 대한 기술 개발이 주로 진행되었으나 현재는 사고를 미연에 방지하거나 회피할 수 있는 능동형·지능형 안전시스템에 대한 연구가 확대되고 있다. 운전상황의 급변 및 운전자 조작미숙에 따른 사고의 위험을 최소화시킬 수 있는 차량 자세제어시스템 (ESC), 레이더 및 비전센서를 이용한 차량전방상황 모니터링을 통하여 차량 추돌사고를 예방하고 최소화할 수 있는 차량 추돌경고 및 회피시스템, 운전자의 차선변경을 보조하는 차선유지 및 이탈 경고시스템, 앞 차와의 주행간격을 일정하게 유지시켜 주는 지능형 순항제어시스템, 비전센서 등을 이용한 차량 전(후)방위모니터링 기술구현을 통한 주차 및 협소도로 주행지원 시스템, 타이어 압력이 기준치 이하로 저하될 경우 운전자에게 경고를 제공하는 타이어 모니터링시스템 등의 개발 및 적용이 확대되고 있다. 시스템기능의 고도화 및 복잡도 증가에 따라 효율적인 시스템 개발을 위하여 센서 퓨전기술 및 시스템 통합화기술에 대한 연구가 진행되고 있고, 도로교통 인프라와의 연계를 통한 시스템 최적화 기술에 대한 연구도 진행되고 있다. 이러한 능동형·지능형 시스템은 향후 각국의 의무 장착 확대를 통해 기술개발 및 적용이 가속화될 것으로 전망된다. 타이어 공기압 모니

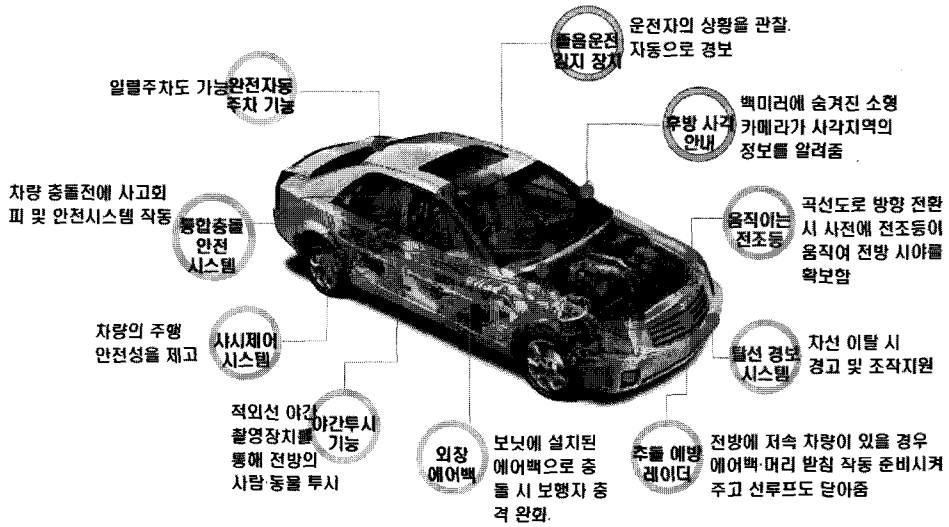


그림 4. 지능형·고안전 자동차의 기술현황.

터링시스템 (TPMS)은 이미 미국에서는 의무 장착이 법규화 되어 있고 2011년 9월 이후에 생산되는 모든 차량에는 차량자세 제어시스템의 장착을 의무화할 예정이다.

세 번째는 단순한 운송수단에서 하나의 생활공간으로 차량의 패러다임이 변화됨에 따라 편리하고, 재미있는 자동차에 대한 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 정보 및 엔터테인먼트 기능을 위주로 하는 편의성 향상을 위한 차량 전자화기술 분야이다. 자동차와 정보통신 및 콘텐츠산업이 융합되어 있는 텔레매틱스 기술과 운전자 종합정보 제공시스템기술 (DIS), 멀티미디어 네트워크 관련기술 및 서비스가 지속적으로 확대될 것으로 전망된다. 차량 외부 네트워크와의 연계기술에 대한 연구도 확대되고 있으며, 단순한 정보제공기능 외에 차량 안전주행지원 및 에너지 효율향상을 목적으로 차량 내비게이션시스템과 차량 제어시스템과의 연계기술에 대한 연구도 추진되고 있다. 토요다자동차는 내비게이션시스템과의 연계를 통하여 곡선도로 진입이 예상되면 시프트다운을 통해 엔진브레이크를 사용함으로써 운전조작의 쾌적성 향상 및 주행안정성을 향상시킬 수 있는 시스템을 개발하여 현재 적용 중에 있

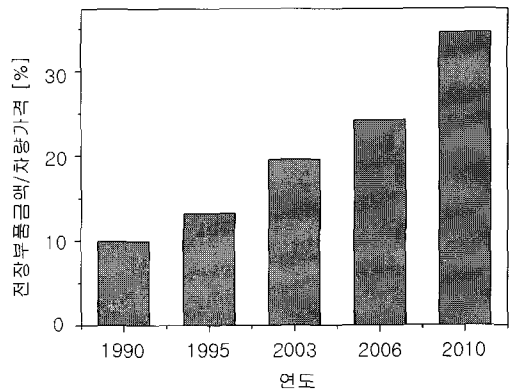


그림 5. 자동차 전장부품의 비중.

으며, 향후에는 곡선도로 정보 및 도로의 기울기 정보를 기초로 도로형상을 3차원으로 판단하여 도로 주행 시 최적의 기어비를 제공하는 기술에 대한 연구가 진행될 예정이다. 한편으로는 차량 내비게이션시스템과 하이브리드 자동차를 연계하여 하이브리드 자동차의 충·방전제어를 최적화하는 기술에 대한 연구를 닛산자동차와 AISIN AW에서 공동으로 추진하고 있다.



3. 자동차용 센서 기술개발 동향

전자제어시스템은 기본적으로 제어가 수행되는 대상시스템 이외에 감지부 (Sensing Part), 판단부 (Logic Part) 및 구동부 (Actuating Part)로 구성되어 있으며, 이러한 제어시스템이 의도한 대로 작동하기 위해서는 감지부의 정확성이 필수적이라 할 수 있다. 센서는 온도, 습도, 압력, 힘, 위치, 가속도, 전류, 전압, 자기, 빛 등의 다양한 물리량을 전기신호로 변환하는 디바이스이다. 자동차용 센서에서는 센서 자체의 성능에 의하여 전자제어시스템의 성능 및 기능이 보장되므로 산업용 센서가 그대로 자동차용으로 사용되는 경우는 거의 없다. 자동차용 센서는 장기간에 걸쳐 다양한 환경조건 하에서 사용되며 고장이거나 이상 발생 시에는 시스템 전체에 영향을 미치기 때문에 사용되는 부위에 따라서 저가격화, 고정도, 신뢰성, 내환경성, 고성능, 고기능, 소형, 경량화와 같은 기본성능에 대한 요구도 상당히 엄격하다. 저가격화는 자동차부품으로써 당연한 사항이며 고정도, 신뢰성은 다른 자동차부품에 비해 정기적인 정비를 기대하기가 어렵다는 점에서 정비 없이 사용가능 (Maintenance-free)하거나 이와 유사한 성능을 갖는 것이 필요하다. 내환경성은 온도, 습도, 내식성과 같은 물리적조건, 전원변동, 전자파 장애와 같은 전기적 조건, 진동, 충격과 같은 기계적 조건으로 나눌 수 있다. 물리적 조건은 자동차는 엔진룸 또는 실내의 온도나 습도가 매우 높기 때문에 필수적이며, 전기적 조건은 각종 부하의 단속에 의한 전원전압 변동이나 부하가 급변할 경우의 이상전압, 부하작동시의 노이즈 등에 의해 오작동을 하지 않아야 한다. 기계적 조건은 아이들링 또는 주행 시의 진동이나 충격, 특히 엔진본체에 부착된 센서의 경우 격렬한 진동, 충격을 받기 때문에 견고하여야 하며 안정적으로 작동해야 한다. 고성능, 고기능, 소형 및 경량화는 자동차 전자화기술의 응용 분야가 커짐에 따라 전자 제어시스템의 적용이 증가하고 있지만 장착공간의 확보는 중요한 문제로 소형, 경량화가 필요하며 그 방법으로는 반도체기술의 적용으로 가능하고, 고기능, 고성능화도 가능해졌다. 자동차에 사용되고

있는 전자화기술 중에서 센서의 수나 종류를 보면 가장 많이 사용되는 것이 엔진제어시스템이며, 자동변속기 등의 파워트레인제어, 차량 및 바다 제어시스템 등이다. 또한, 센서의 종류로서는 온도센서가 가장 많고, 회전센서, 액량센서가 그 다음이며 압력센서, 가속도센서, 충격센서, 유량센서, 가스센서, 각속도센서 등도 있다. 온도센서는 엔진의 흡기 및 배기 온도, 냉각수 온도, 오일 온도, 차량 실내온도 등을 검출하고 있으며 온도검출 소자로는 온도에 따라 저항치가 변하는 서미스터식이 많이 사용되고 있으며, 엔진 배기시스템의 촉매온도를 검출하기 위해서는 열전대가 사용되고 있다. 회전센서는 차속, 엔진 및 변속기 회전수, 크랭크각, 조타각 등의 센서로 사용되고 있으며 최근에는 기존의 전자 픽업식부터 전기 저항소자나 홀소자를 사용한 자기식이 증가하고 있다. 액량센서는 연료, 냉각액, 브레이크액, 엔진오일, 배터리액 등의 잔량을 검출하고 있으며, 일반적으로는 플로트와 포텐쇼미터나 리드스위치를 조합한 플로트식이 사용되며, 미터의 디지털표시나 신뢰성 향상을 위해 비가동형도 사용되고 있다. 그 밖의 센서로는 에어플로우 미터 등 흡입공기량을 검출하는 유량센서, 자이로와 같이 내비게이션시스템이나 차체안테나에 사용되는 각속도센서, 엔진이나 브레이크에 사용되는 압력센서, 충돌 시 가속도를 감지하는 가속도센서 등 반도체를 사용한 센서가 많이 사용되고 있다.

최근 자동차 센서기술은 주요 기능이 통합화, 지능화, 초소형화 되는 추세로 1세대 기계식센서에서 2세대 반도체센서를 거쳐 3세대 지능형센서로 변화하고 있다. 자동차 전자 제어시스템은 지금까지 엔진, 변속기, 현가장치, 제동장치, 조향장치 등 개별적인 시스템의 기능을 향상시키기 위하여 적용되어 왔으나, 전자기술의 발달과 함께 개별시스템의 최적 제어뿐만 아니라 통합 제어시스템으로 발전해 가고 있다. 따라서 센서의 성능도 더욱 고도화하고 있으며 이 요구에 대응하기 위하여 반도체를 사용한 센서 적용이 증가하고 있다. 향후 자동차용 센서는 반도체센서의 사용이 확대되는 한편, 마이크로 컨트롤러와의 집적화에 의한 지능화가 추진될 전망이다. 지능형센서는 자동차의 여러 시스템에서 사용되고

표 2. 자동차용 센서의 종류 및 검출 소재.

종류	측정물리량	검출소재
온도	엔진 냉각수온도	서미스터
	엔진 흡기온도	백금저항
	축매 온도	서미스터, 열전대
	자동변속기 오일온도	서모페라이트
	자동차 실내외 기온	서미스터
압력	엔진 흡기압	반도체
	엔진 오일압	다이아프램, 반도체
	엔진 연소압	반도체
	브레이크 유압	반도체
회전각도	크랭크 각도	자기픽업, 자기저항소자, 홀소자
	스토틀 각도	포텐쇼미터
	조향 각도	포토인터럽터, 정전용량
	차고	초음파, 레이저, 포텐쇼미터, 홀소자
	각속도	자이로
회전속도	엔진, 변속기, 차륜 회전속도	전자픽업, 홀소자, MR소자
액량	연료, 오일, 브레이크액, 배터리액	플로트
유량	엔진 흡기유량	포텐쇼미터, 핫와이어 (백금), 핫필름 (백금)
가스	산소농도	지르코니아, 티타니아
	NO _x 농도	지르코니아
가속도	주행가속도	반도체
	충돌가속도	기계식스위치, 반도체
	Knocking	압전소자

있다. 운전자의 안전벨트 착용여부를 확인하는 안전벨트센서, 타이어 압력이 낮을 경우 운전자에게 경고를 주는 타이어 압력센서, 배기가스 상태를 측정하는 배기가스센서, 노면에 따라 차체의 높이를 조절하는 차고센서 등 다양하다. 이와 같이 자동차에 전자 제어시스템의 적용으로 인한 센서의 수량은 1980년대에는 자동차 1대당 평균센서 수가 42개였지만 1990년대에는 55개, 2000년에는 87개, 오는 2010년에는 160개를 넘어설 것으로 예상하고 있다. 자동차에서 센서의 역할이 갈수록 중요해지고 있고, 안전과 주행 이외에도 엔터테인먼트 부문이 중요해지고 있기 때문에 더 많은 센서가 필요할 것으로 전망된다.

4. 자동차 전자화 기술개발 추세

향후 유가상승과 CO₂를 포함한 배기가스에 대한 전 세계적인 규제강화로 인하여 친환경 자동차의 개발을 위한 대체동력원에 대한 요구가 심화되고 있다. 이에 따라 선진국에서는 하이브리드 자동차, 플러그인 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차, 전기자동차 등의 친환경 자동차개발에 주력하고 있다. 전기자동차는 배터리에 충전된 전기에너지를 동력원으로 하여 전기모터를 구동하는 방식으로 1873년 영국에서 최초로 제작되었으나 내연기관을 장착한 차량에 비해 성능이 현저하게 떨어져 그 동안 부각되지 못하였으나 최근 환경문제에 대한 전 세계적 요구와 기술의 진보에 따라 다시 대두되었다. 1997년 GM사의 EV1 출시를 필두로 토요다 등이 전기자동차를 출시하였으나 실용화를 위해서는 배터리의 에너지 밀도 및 출력 밀도를 향상시키기 위한 기술개발과 전기자동차의 충전을 위한 충전시설 구축, 성능대비 높은 가격 등 극복해야 하는 등 문제점이 많은 실정이다. 또한, 연료전지 자동차는 연료전지에서 생산되는 전기에너지를 동력원으로 하여 전기모터를 구동하는 방식으로 주목을 받고 있으나 연료전지 스택 (Fuel Cell Stack)의 가격이 킬로와트당 4,000달러 내외로 고가이며, 연료인 수소의 충전시설 구축 등이 극복해야 할 과제로 지적되고 있는 실

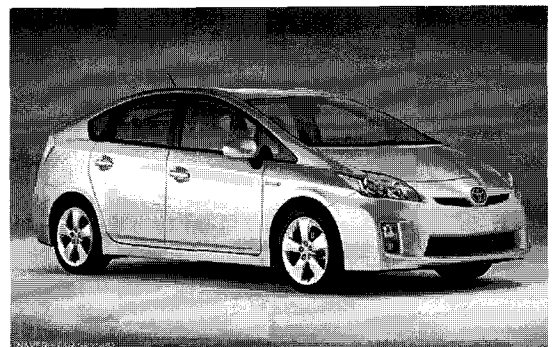


그림 6. 토요다 Prius.



그림 7. 아반떼 LPi 하이브리드.



그림 8. GM의 Volt (Chevrolet).

정이다. 따라서 선진국에서는 강화되는 배기가스 규제에 대응하고 연비향상을 위한 중기적 대안으로서 하이브리드 자동차의 실용화 개발에 치중하고 있다. 하이브리드 자동차는 배터리 또는 울트라 커패시터(Ultra Capacitor)에 저장된 전기에너지를 사용하여 전기모터에 의한 구동력을 얻는 것과 가솔린 또는 디젤엔진의 운전을 통하여 구동력을 얻는 두 가지 방식을 혼합하여 사용하는 시스템으로 엔진의 다운 사이징이 가능하여 연비향상 및 초저배기가스 운전이 가능한 자동차이다. 토요다는 1997년 세계 최초로 하이브리드 자동차인 프리우스(Prius)를 양산하여 현재 Prius 3세대 모델을 생산하고 있으며, 혼다는 인사이트(Insight), 시빅(Civic) 등의 하이브리드 자동차를 생산하고 있다. 최근 우리나라에서도 1.6리터 LPG엔진과 15 kW 모터를 장착한 아반떼 LPi 하이브리드 자동차를 출시하였다.

한편, 최근에는 하이브리드 자동차에서 한걸음 더 나아가 전기에너지를 이용하는 운전영역을 확장시킨 플러그인 하이브리드 자동차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이것은 내연기관의 사용을 최소화하고 효율을 극대화하여 연비향상과 배기가스로 인한 유해물질 배출저감의 효과를 기대할 수 있으며, 성능, 연비 및 주행거리 등이 전기에너지 저장장치의 특성과 용량에 크게 영향을 받게 되어 전기자동차에 한층 더 가까워진 개념의 친환경 자동차라고 할 수 있다. 플러

그인 하이브리드 자동차는 2006년부터 미국을 중심으로 차세대 친환경 자동차로서 부각되기 시작하였으며, 외부 전원으로부터 전력을 공급받아 충전장치를 통하여 차량에 장착된 에너지 저장시스템에 전기에너지를 저장한 후 차량 주행 시 저장된 전기에너지를 사용함으로써 내연기관의 사용을 최대한 억제하는 친환경 자동차라고 할 수 있다. 미국 GM의 시보레 Volt가 대표적인 플러그인 하이브리드 자동차로 2010년에 출시를 목표로 하고 있다. Volt는 16 kWh 용량의 리튬이온 배터리팩을 장착하고 있으며, 일회 충전 시 64 km (40 mile)를 주행할 수 있고, 방전 시에는 1.4 리터 가솔린엔진이 53 kW의 발전기를 가동시켜 전기에너지를 얻을 수 있도록 설계되었다. Volt의 리튬이온 배터리팩은 (주)LG화학에서 GM에 공급토록 되어 있어 우리나라에서도 플러그인 하이브리드 자동차의 개발전망이 밝다고 하겠다.

그림 9는 친환경 자동차와 관련한 토요다의 기술 개발 로드맵(TRM)을 나타내고 있으며, 다양한 형태의 하이브리드 자동차개발을 주요 목표로 하고 있음을 알 수 있다. 하이브리드 자동차는 내연기관, 배터리, 컨버터, 인버터, 울트라 커패시터, 모터드라이버, 전기모터 등 전장부품들이 많이 사용되고 있고, 전기적 설계(Electrical Design), 기계적 설계(Mechanical Design) 및 열적 설계(Thermal Design) 부분이 필요하여 향후 전기·전자 재료기술이 많이 필요할 것으로 예상되며, 우리나라에서도 IT융합기

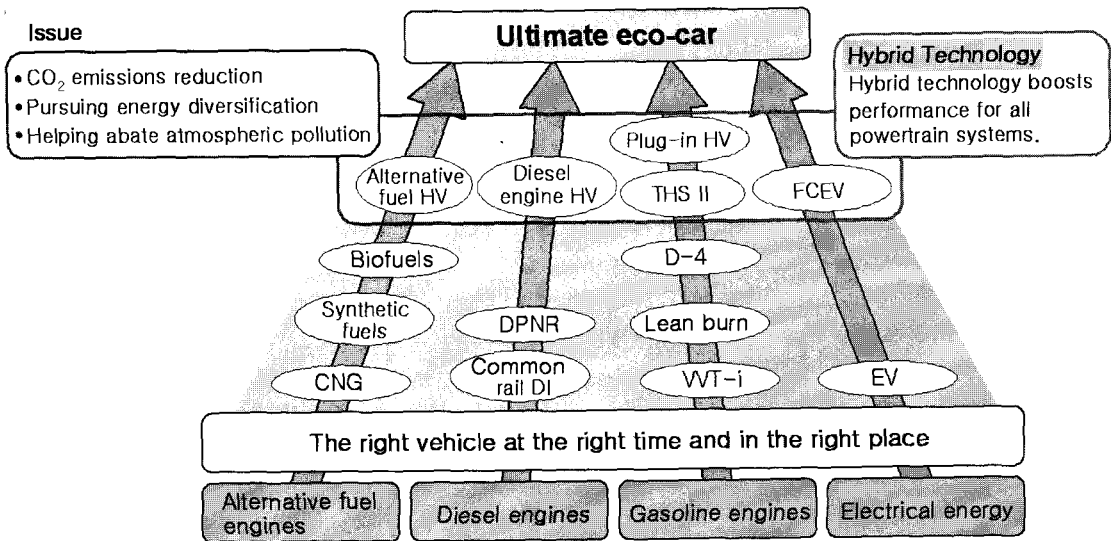


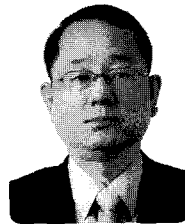
그림 9. 토요다 하이브리드 기술개발 로드맵.

술의 적용을 통하여 친환경, 지능형, 고안전 자동차의 개발 및 국제표준화에 선두적인 역할을 해야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Jae Il Bae, "Automotive Electronics", Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 23, No. 6, p. 26-33, 2001.
- [2] Raymond A. Fillion et al., "Application of Embedded MCM Technology to Automotive Electronics", SAE Paper No. 930011, 1993.
- [3] Tom Denton, "Automobile Electrical and Electronic Systems", 3rd Edition, 2004.
- [4] Soo Young Lee, "IT Fusion Trend to Automobile Technology", Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 30, No. 4, p. 88-94, 2008.
- [5] Baek Haeng Lee, "Development Trends of Energy Storage System for Plug-in Hybrid Electric Vehicle", Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 31, No. 1, p. 32-37, 2009.
- [6] <http://www.gm-volt.com/>

저자약력



성명 : 정남훈

◆ 학력

- 1983년 한양대 기계공학과 공학사
- 1985년 한양대 대학원 기계공학과 공학 석사
- 2005년 한양대 대학원 자동차공학과 공학 박사

◆ 경력

- 1986년 - 1991년 현대정공(주) 기술연구소
- 1991년 - 1998년 만도기계(주) 중앙연구소 책임연구원
- 1998년 - 1999년 서울대학교 자동차과 초빙교수
- 2000년 - 2005년 경원대학 자동차과 강사
- 2005년 - 현재 (재)송도테크노파크 선임연구원 / 자동차부품기술센터 센터장