



무공해 · 지능형 자동차로 미래를 달린다

1

석유 연료 3ℓ 로 100km 주행
 수소 이용 연료전지, 물만 배출
 텔레매틱스로 움직이는 사무실화

글_ 배충식 KAIST 기계공학과 교수 csbae@kaist.ac.kr



2

기획연재순서

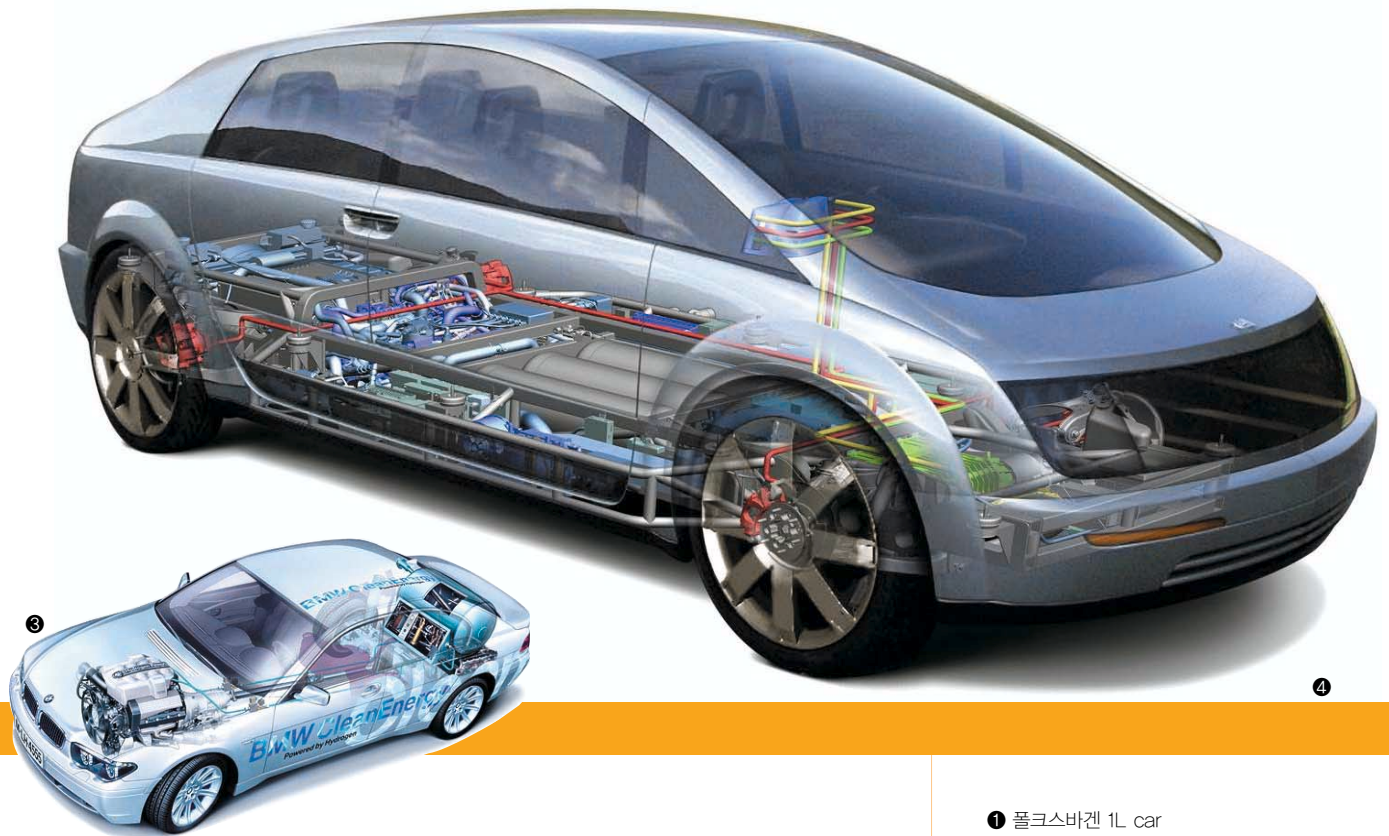
- ① DNA
- ② 반도체
- ③ 자동차
- ④ 로봇
- ⑤ 항공기술

자동차 기술의 사회환경 변화

자동차가 발명되어 실용화된지 100여 년이 지난 지금 자동차는 필수적인 수송 매체로서 기계문명의 중심에서 인류복지에 기여하고 있다. 인구증가와 산업발전에 따라 자연스럽게 자동차의 보급이 급증하여 인간생활에 편리함을 주고 있으나 자동차로 인한 환경오염과 교통체증, 교통사고 등의 증가로 불편과 고통을 부작용으로 수반하기도 한다. 문명의 발달

과 경제적 규모의 확대, 질적 욕구의 향상에 따라 소비자들은 모든 공산품에 대하여 편리하면서도 안전하며 쾌적한 삶을 위한 기술을 요구하며 그 욕구가 다양해져가고 있다.

아직도 자동차기술의 혜택을 보지 못한 개발지역에서 전통적인 자동차시장이 확대되고 있고, 선진시장에서는 고급화되고 다양화된 소비자의 요구가 수요이자 규제로 작용하고 있어 이에 발맞추어



- ① 폴크스바겐 1L car
- ② 폴크스바겐 3L 자동차 - lupo
- ③ BMW 수소자동차 - 745h
- ④ GM fuelcell car

자동차 기술이 더욱 발전할 전망이다. 환경친화적인 차량이 시장을 선도하고 있으며, 안전에 대한 관심과 규제는 자동차 운전자와 승객, 보행자 등의 안전성을 보장하는 차량개발을 요구하게 되었다. 다양한 시장의 요구에 따라 신차종 개발의 단축과 함께 다양한 차종 개발이 이루어지고 있다. 전체적인 자동차 수요가 증가함은 물론 레저용 차량에 대한 수요가 증가하고 있고, 정보통신기술과 문화기술의 발전으로 자동차는 단순한 수송도구로부터 업무, 정보처리 기능을 갖는 움직이는 사무실이면서 영상문화를 즐길수 있는 오락기구로서의 기능도 갖추어야 하게 되었다.

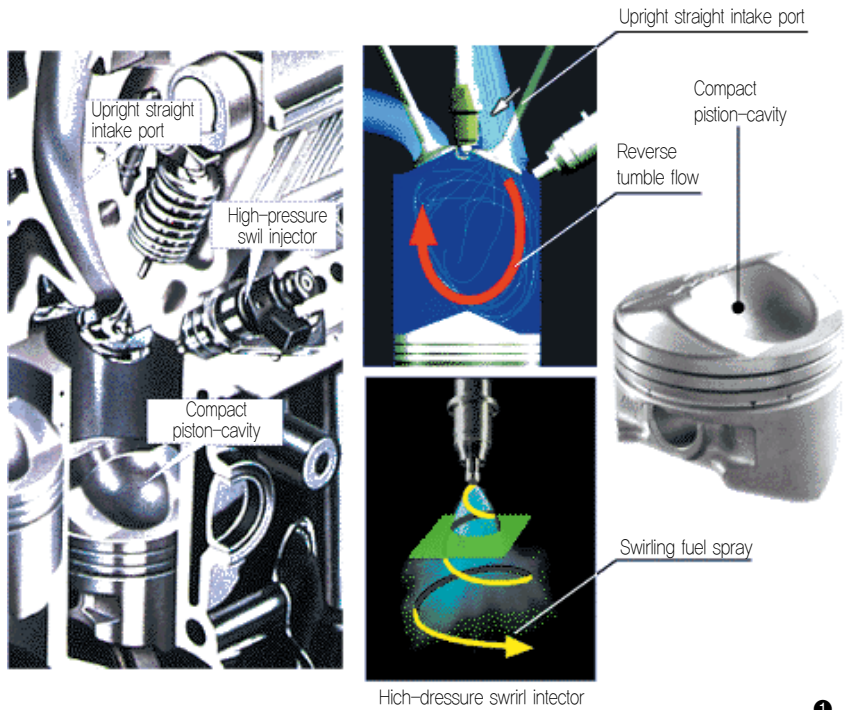
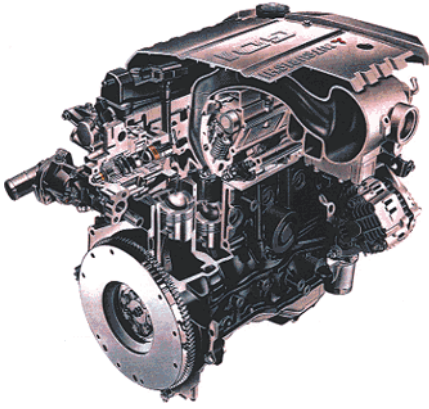
친환경 자동차 기술

현재 대부분 자동차에 사용되는 대표적인 엔진은 석유와 같은 화석연료

를 공기 중의 산소와 반응시켜 그로부터 발생하는 연소 에너지를 사용하는 내연기관이다. 내연기관은 탄화수소로 구성된 연료와 공기를 미리 혼합하고 이를 전

자동차 기술의 발전과 전망

	사회환경과 규제	핵심 기술	주요 기술
1970년대	연료파동과 연비규제	연료경제성	- 저연비엔진 기술 - 대체연료 (CNG, 알코올 등)
1980년대	사고증가와 안전규제	안전성	- ABS - Air Bag
1990년대	환경문제와 배기규제	대공해성	- 촉매기술 - 천연가스차량(NGV:Natural Gas Vehicle) - 직접분사식 가솔린 엔진 - 고압연료분사 직접분사식 디젤엔진 - 디젤엔진 후처리 기술
2000년대	지구온난화와 CO ₂ 규제	친환경기술 연료경제성	- Hybrid자동차
2010년대 이후		지능형자동차	- ITS(Intelligent Transport System) - Telematics - 연료전지자동차



1

기점화해 연소시키는 전기점화엔진(SI; Spark-Ignition Engine, 일명 가솔린 엔진)과 고온고압의 엔진내 공기에 연료를 분사해 자발적으로 점화하게 해주는 압축착화엔진(CI; Compression-Ignition Engine, 일명 디젤엔진)으로 나눌 수 있다.

엔진성능의 향상으로 자동차는 놀라운 추진력과 기동력을 보이며 발전해왔다. 그러나 자동차 엔진으로부터 배출되는 공해배출물로 인해 대기오염이 날로 심각해지고 있다. 대기오염의 심각성 때문에 자동차 유해 배기가스 배출 규제가 점점 강화돼 왔고, 현재는 예고된 규제치가 현행기술의 극한에 닿을 정도다. 자동차 엔진의 배기규제는 배기관에서 직접 배출되는 유해 가스인 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 입자상 공해물질(PM; Particulate Matters, 일

명 매연) 등을 대상으로 한다.

한편 지표면의 온도를 상승시키는 이산화탄소(CO₂) 등의 온실가스 배출에 대해 국제적으로 규제하기로 결정함에 따라 자동차도 이산화탄소 배출의 주요 배출원이므로 규제 대상이 된다. 유럽연합은 자동차에 대한 이산화탄소 규제안을 2009년까지 140g/km로 낮춘다고 제시했다. 현재 우리의 기술은 200g/km 수준이다. 화석연료의 연소에서 이산화탄소 배출은 연료의 양에 비례한다. 따라서 이산화탄소규제는 곧 연료소비율을 표현하는 연비의 규제를 의미하며 2009년까지 25%의 연비저감이 이뤄져야 한다는 어려움을 의미한다.

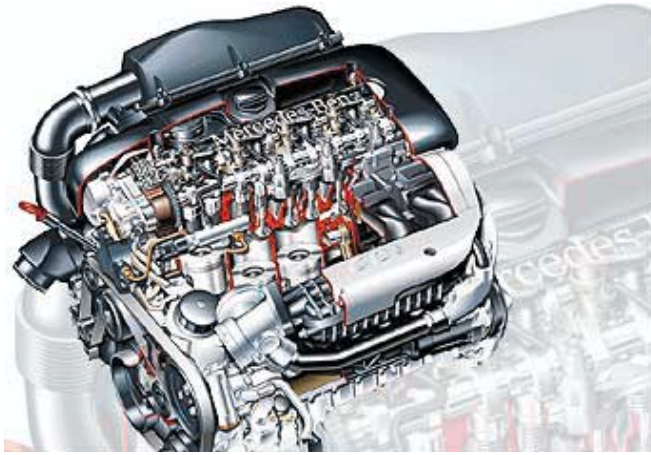
이같은 환경적 측면 외에도 엔진연료로 사용되는 화석자원의 고갈도 문제의 중심에 놓여 있다. 저공해엔진 기술은 규제에 대응한 환경개선과 에너지 절약기술에 맞

닿아 있다. 연비, 배기 향상 기술은 가솔린/디젤엔진의 개선과 아울러 대체연료 엔진, 하이브리드, 전기화학(연료전지)엔진의 연구개발을 촉발하고 있다.

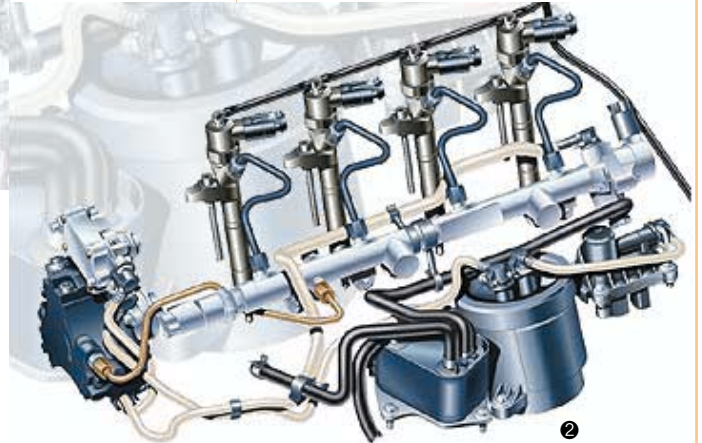
가솔린·디젤엔진 저공해 기술

승용차 시장의 절대부분을 차지하는 가솔린엔진 기술은 자동차용 내연기관 중 기술적 성숙도가 가장 높다. 1980년대 중반에는 삼원촉매를 사용함으로써 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물을 모두 90% 이상 저감할 수 있게 돼 자동차 저공해 기술의 선도 역할을 해 왔다.

그러나 높은 비출력 성능의 장점에도 불구하고 연료소비율이 높아서 이산화탄소 배출을 줄이는데 한계가 있다. 공해배출물을 줄이고 이산화탄소 배출(연비)을 줄이기 위해 개선할 점은 아직도 많이 남아 있다. 흡·배기관과 연소실 설계를 정



- ① 미쯔비시 GDI engine
- ② 메르세데스 벤츠 common-rail HSDI engine



밀히 하고 유동을 개선하고, 흡·배기 시기를 자유롭게 제어하여 효율을 극대화하며, 연소 온도를 낮춰 질소산화물 생성을 저감하는데 사용되는 배기가스 재순환(EGR)을 전자식으로 제어한다. 연소 효율을 향상시키고 적은 연료로 연소하는 희박연소를 구현하거나 촉매 활성화 시간과 효율을 높이며, 연료분사 개선을 통해 연비와 저공해성능을 높일 수 있다. 이때 엔진내 모든 부품과 운전 상태를 전자식으로 감지, 제어해 공기와 연료의 혼합비를 정확하게 조절하는 전자기술이 활용된다.

디젤엔진은 가솔린엔진에 비해 희박연소가 가능하기 때문에 연료소비가 적고 일산화탄소, 이산화탄소, 탄화수소 배출도 적은 장점이 있다. 그러나 공해 입자상물질, 질소산화물 배출이 문제가 되고 있어 연료질 개선, 엔진 개량, 후처리 기

술을 이용해 배출가스를 낮추고 있다.

엔진 개량기술로는 직접분사식으로의 전환-터보과급/인터쿨러(TC/IC) 등 흡기계 개량, 커먼레일(common rail), 유닛인젝터 등을 활용한 연료 고압분사의 고도화, 엔진의 전자 제어화 등이 있다. 후처리 기술로는 공해물질 등을 줄이기 위한 입자상물질 여과장치(DPF), 디젤산화촉매장치(DOC)가 있다.

기술집약적인 친환경 엔진 개발

엔진 연소실 입구에 연료를 분사하는 기존의 가솔린엔진 대신 연소실내 연료 직접분사를 통한 혼합기성층화·희박연소를 통해 저연비를 이룩할 수 있는 직접분사식 가솔린엔진(GDI; Gasoline Direct Injection 또는 DISI; Direct Injection Spark Ignition)이 일본, 유럽

회사를 중심으로 개발됐다. 하지만 입자상물질 배출과 촉매와의 부합성 문제 등 해결해야 할 문제가 많다.

이보다 연비에서 20% 이상 우월성을 보이는 것이 직접분사식 디젤엔진인데 승용차에 적용되는 소형 디젤엔진과 고속분사식(HSDI; High-Speed Direct-Injection) 디젤엔진이라 하며 유럽을 중심으로 활발히 개발되고 있고 우리나라도 스포츠 유틸리티 차량과 승용차에 성공적으로 적용해 내수·수출 시장을 넓히고 있다. 질소산화물 및 입자상물질 배출저감을 위한 연료분무 및 연소최적화, 배기후처리 기술이 필수적이다.

또한 가솔린 엔진의 비출력과 디젤엔진의 고효율을 접합한 이상적인 엔진연소의 개념으로서 예혼합 압축착화(HCCI; Homogeneous Charge Compression Ignition) 연소의 여러 기술이 소개되고

연구되고 있으나 실용화를 위해서는 아직 해결해야 할 점이 많다.

배기가스 및 연비규제에 대응하기 위한 세계적인 노력은 각국에서 기술집약적으로 이뤄지고 있다. 구체적인 사업으로서 미국의 '슈퍼 자동차 프로젝트'와 유럽의 '3ℓ 자동차 프로그램'을 들 수 있다. 미국의 경우 이산화탄소를 현재의 20% 이상 저감시킬 수 있는 자동차 생산을 목표로 거국적으로 엔진 개발을 하고 있다. 특히 독일은 가장 엄격한 공해규제에 대비해 폭스바겐(VW)을 필두로 100km를 3ℓ의 연료로 주행하는 차량을 개발·출시하고 있다.

대체 연료 엔진기술

이제는 석유를 대체하는 연료 자동차라는 어떤 것이 있는지를 살펴보자. 여기에는 액화석유가스(LPG), 천연가스, 메탄올, 수소, 디메틸에테르(DME) 등의 대체연료를 이용하는 자동차가 있다.

이러한 대체연료는 탄소수가 적어 일산화탄소, 이산화탄소, 탄화수소 배출이 적다. 연료의 특성에 따라 사용자나 지역에 사용 목적을 맞출 경우에는 보급이 충분히 가능하며 자동차용 에너지의 다양화 측면에서도 매우 중요하다. 독일의 BMW가 최근 수소엔진을 개발해 관심을 끌고 있는 것도 한 예다.

석유의 생산과 동시에 산출되는 액화석유가스의 활용은 필연적이며, 액상 분사를 통한 연소 최적화 및 저공해화를 이룰 수 있고, 희박연소를 통한 연비 저감의 가능성이 높다. 천연가스는 주로 압축천연가스(CNG)의 형태로 사용되고 있다. 주행거리가 짧고 연료탱크의 중량이

크며 가솔린에 비해 출력저하가 있기 때문에 고압축비화, 과급, 흡·배기계를 개선하면 높은 열효율을 얻을 수 있다. 천연가스는 경유를 대체하는 저렴한 연료로서 유망할 뿐만 아니라 전기자동차에 필적하는 저공해성의 잠재력을 갖고 있다. 분자구조가 간단한 디메틸에테르는 최근에 천연가스 또는 석탄으로부터 직접 제조하는 공정이 개발돼 경유만큼 저렴한 연료로서 청정연소가 가능함에 따라 많은 관심을 모으고 있다. 저장이 쉽고, 자발점화 온도가 낮아 압축 점화기관 연료로 최적이며 매연을 배출하지 않는다. 그러나 연료 공급 계통의 온도제어가 필요하게 되고, 운환성 부족과 낮은 점도 등으로 인해 연료공급계통의 설계 개선이 필요하다.

하이브리드 엔진 기술

하이브리드 엔진은 기계와 전기, 두 가지 구동에너지를 원천으로 플라잉휠, 배터리, 캐패시터 등의 전기 시스템과 기존 가솔린/디젤엔진, 가스터빈, 연료전지 등 엔진 시스템이 조합해 사용된다. 무공해 차량으로 떠오르던 전기자동차가 배터리의 충전능력, 폐기 및 관리시 오염 문제, 경제성 등의 문제로 실패함에 따라 대안으로 유망해졌다. 하이브리드 엔진은 아직 모터/컨트롤러, 전기에너지 저장장치 등의 전기시스템이 단위 질량당 에너지가 낮고 경제성이 떨어진다. 광범위한 상용화를 위해서는 아직 더 많은 연구와 개발이 수행돼야 한다.

연료전지 엔진

수소와 산소가 결합할 때 발생하는 전

기에너지를 자동차의 동력원으로 사용한다는 원리를 실용화한 것이 연료전지 엔진이다.

우리 나라를 비롯한 전세계 유수 자동차 회사들은 연료전지를 이용한 전기자동차 기술을 차세대의 핵심기술로 인식하고 연료전지 기술을 개발·선점하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

수소를 이용하는 연료전지를 사용하면 자동차는 오염물 없이 오직 물만을 배출한다. 연료전지 엔진은 이론적으로 연비 성능이 좋은 무공해의 환상적인 엔진이다. 그러나 실용화를 위해서는 풀어야 할 문제가 많다.

수소를 공급하는 방식은 운송과 보급 면에서 비현실적이며, 가솔린이나 메탄올 등으로부터 수소를 추출해 연료전지에 공급하는 시스템인 연료개질 장치가 아직 많은 숙제를 갖고 있고, 그 과정에서 공해물 배출도 불가피하다. 가솔린보다 개질이 쉬운 메탄올을 이용할 경우, 부피가 크고 고가다. 자동차용 엔진으로는 아직 난점이 너무나 많은 편이다.

자동차의 출력증강을 원하는 인간본연의 욕구를 충족시키면서도 연비, 배기문제를 해결하기 위한 대체 엔진으로서 하이브리드, 연료전지엔진 등이 대두되고 있다. 실용화가 가능할 것으로 예측되는 20~30년간은 저공해 엔진연소 기술과 고도의 제어기술을 이용해 경제적이며 출력 밀도가 높고 고효율화된 실질적 무공해 내연기관이 차량추진의 근간이 될 것으로 보인다.

장기적으로는 내연기관과 공존하는 하이브리드엔진의 개발이 환경친화적 엔진 기술의 중심이 될 수 있다.

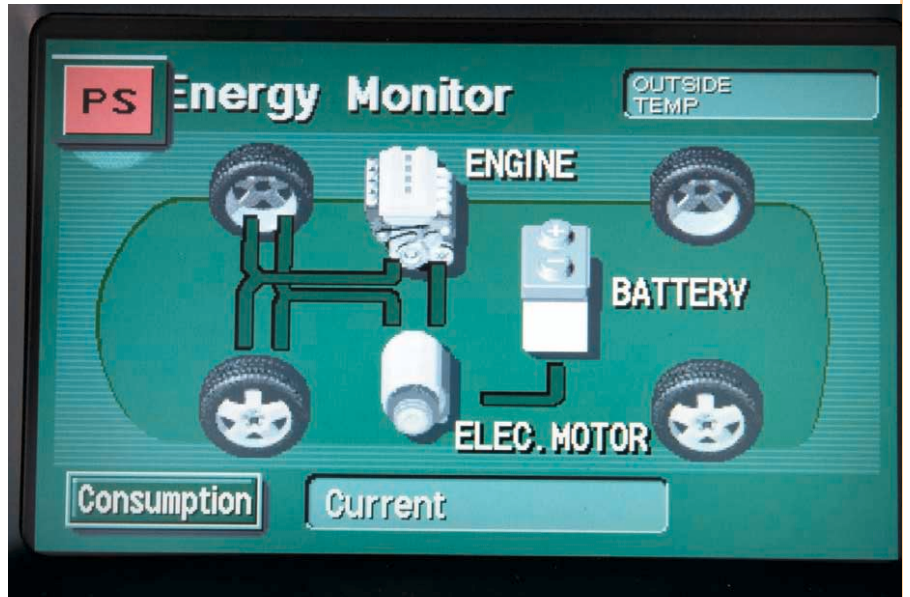
지능형 자동차 기술

기존의 자동차 및 교통기술이 전자, 정보통신기술을 만나 ITS(Intelligent Transport System)개념을 구체화함으로써 안전과 편의성이 제고된 미래형 교통시스템의 비전을 제시하게 되었다. 미래의 자동차기술은 텔레매틱스(Telematics)로 대표되는 정보통신 기술의 적용을 통해 차량정보화가 보편화된 편리하고 안전성 높은 기술이 될 것이다. 텔레매틱스는 위치추적시스템(GPS)과 무선통신기술을 결합하여 실시간 교통정보, 원격차량관리, 긴급구조, 인터넷 송수신 등 다양한 모바일 서비스를 통해 최적의 운전환경을 제공하는 차량용 통합 정보 시스템으로서 기존의 기계, 전자 제어기술과 융합되어 운전자의 편의성과 자동차의 편의성을 크게 제고할 수 있다.

고효율 자동차 생산 기술

자동차 생산기간의 단축과 고효율화를 위하여 부품의 모듈화 및 시스템화가 가속될 것이다. 이를 통해 생산라인의 간소화로 비용이 감소하고 완성차 품질이 향상될 수 있다. 이를 위해 설계부터 제조까지 전공정에서 기계, 전자기술을 융합한 고도의 독자 기술력을 보유한 글로벌화한 대형 부품업체가 중요해지고 부품조달 체계가 중층화할 것이다. 친환경적인 재료 리사이클링 기술도 중요한 몫을 차지할 것이고, e-비즈니스를 통한 부품조달 시스템 자체도 중요한 기술로 자리하게 될 것이다.

위에서 살펴본 바와 같이 급변하는 사회환경에 적응하여, 친환경-지능형 자동차 기술이 고효율 생산기술의 뒷받침 아



도요타 하이브리드 자동차 - Prius

래 자동차산업의 생존력과 경쟁력을 결정하게 된다. 고용과 경제 규모 파급 효과가 큰 자동차산업에서 기술의 중요성이 다시 한번 강조되어야 하는 이유를 볼 수 있다 ㉔



글쓴이는 1985년 서울대학교 졸업, 1987년 동 대학원에서 공학석사, 1984년 영국 Imperial College 공학 박사를 취득했다.