

# 차량 성능향상을 위한 전자제어시스템

자동차에서 전자제어기술은 차량의 성능향상을 위한 전자제어기술과 운전자의 편의와 안전을 위한 전자제어기술로 나눌수 있다. 차량전자제어기술은 발전을 거듭할수록 자동차는 영화속의 자동차처럼 스스로 지능을 가진 첨단차량으로 진화해 갈 것이다

■ 문희창\*, 김정하\*\*

(\*Univ. of Florida, \*\*국민대학교 자동차공학부)

사람이 처음으로 바퀴가 달린 수레를 이용하면서 삶은 빠르게 변화해 왔다. 내연기관의 발명은 자동차와 운송수단의 급격한 발전을 가능하게 하였다. 사람은 현재보다 더 나은 삶을 위해 계속해서 새로운 기기와 기술을 개발하고 발전시켜오고 있다. 자동차는 현대 사회의 필수품이라고 한다. 사람들은 언제 새로운 모델의 자동차가 나오고 어떤 첨단 기술이 적용되었는지 관심을 갖고 있다. 과연 자동차는 어디까지 발전을 할 것인가?

우리는 SF공상과학영화에서 나오는 자동차들을 보면서 미래에 사람들이 바라는 자동차의 모습을 볼 수 있다. 운전자가 차에게 말을 하면 차는 운전자의 음성을 인식하고 대화를 나누거

나 원하는 목적지를 말하면 차는 교통상황을 분석해서 빠르고 안전하게 주행할 수 있는 길을 안내해 준다. 이뿐만 아니라 차량 스스로 사람을 대신해서 운전을 하는 경우도 있다. 또한 영화 속의 자동차는 내연기관을 이용하는 것이 아닌 전기를 이용한 동력원을 사용하여 대기 오염물질 및 이산화탄소 등을 배출하지도 않는다. 영화 속 자동차처럼 되기 위해서 꼭 필요한 기술이 자동차 전자제어기술이다. 전자제어는 기계적 메커니즘으로 동작하는 기계에 프로그램이 내장된 마이크로 컨트롤러와 센서, 구동기 등을 이용하여 기계 스스로 움직일 수 있도록 제어하는 것을 말한다. 자동차에서의 전자제어기술은 차량의

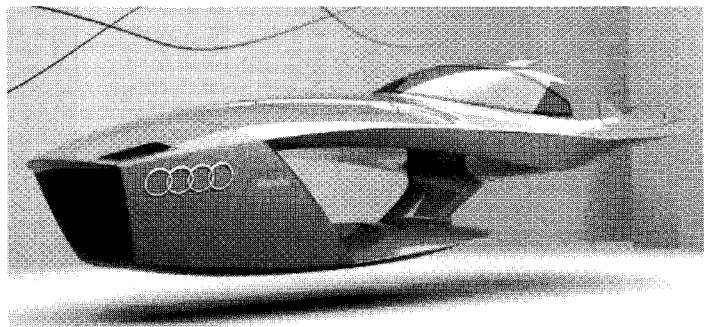
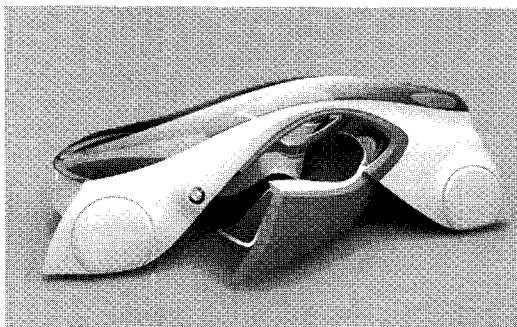


그림 1. BMW 2015 Concept Car. and uteld AirPressure)ntrol)Audi Calamaro Flying Car

성능향상을 위한 전자제어기술과 운전자의 편의와 안전을 위한 전자제어기술로 나눌 수 있다. 차량전자제어기술은 발전을 거듭할수록 자동차는 영화 속의 자동차처럼 스스로 지능을 가진 첨단 차량으로 진화해 갈 것이다.

초기 차량의 전자제어기술은 차량의 성능을 향상시키기 위한 기술이 대부분이었다. 대표적으로 그림 2와 같은 가솔린엔진의 연료분사시스템을 예로 들 수 있다. 초기 자동차의 연료공급시스템은 카뷰레터를 이용하였다. 공기가 벤츄리관을 지나 갈 때 생기는 압력의 차이로 인하여 연료가 Jet을 통하여 분출되고 공기와 연료가 혼합되어 엔진의 실린더 내로 들어가 연소는 구조로 되어 있다. 단순히 공기가 지나가는 압력으로 연료가 배출되면서 연료와 공기의 비율을 일정하게 유지할 수가 없기 때문에 엔진은 과다한 연료를 소비하게 되고 이 결과 불완전연소로 인한 대기오염물질이 발생하는 등의 문제가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 인젝터를 이용한 연료분사시스템을 고안하게 되었으며 흡입하는 공기량을 센서를 통해 측정하고 측정된 결과에 따라 정해진 양의 연료를 분사함으로써 공기와 연료의 비율을 유지할 수 있게 되었다. 이를 계기로 차량의 기계적인 요소들이 센서와 구동기 그리고 ECU (Electronic Control Unit)로 구성된 다양한 전자제어시스템으로 바뀌었다. ECU와 센서 그리고 구동기로 구성된 전자제어시스템은 크게 차량의 성능 향상을 위한 시스템과 운전자 보조 및 보호를 위한 전자제어시스템으로 구분할 수 있다.

차량의 성능 향상을 위해 사용하고 있는 전자제어시스템은 다시 X-by-wire시스템의 형태로 구분할 수 있으며 Drive-by-wire, Shift-by-wire, Steer-by-wire 와 Brake by-wire로 세분화하여 나타낼 수 있다.

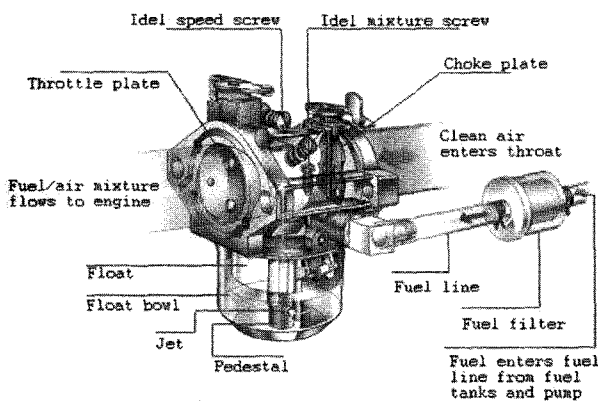


그림 2. Carburetor and Fuel supply system

## 1. Drive-by-wire 시스템

Drive-by-Wire 시스템은 차량의 구동력을 생성하는 엔진의 구동을 전자제어시스템을 통하여 제어되도록 하는 시스템이다. 이미 엔진에는 ECU (Engine Control Unit)이 있어 센서화된 가속 페달(APS : Accelerator Pedal Position)센서로부터 운전자의 가속 의지가 ECU로 전달되고 전자화된 스로틀 바디(Electronic Throttle Control)의 밸브를 구동기를 통하여 열고 닫는다. 스로틀 바디를 지나가는 공기를 MAP (Manifold Absolute Pressure)센서를 통하여 측정하고 적당량의 연료를 인젝터를 통하여 분사한다. 그리고 배기가스의 산소 농도를 O<sub>2</sub>센서를 통하여 측정하여 연료가 완전 연소되도록 연료의 양을 조절하게 되었다. 이 결과 차량의 엔진은 연료소모를 30%이상 줄일 수 있었고 대기오염 물질을 25%이상 감소시킬 수 있었다.

최근 차량용 엔진은 GDI (Gasoline Direct Injection) 방식으로 한 번 더 진화를 하려고 한다. GDI기술은 가솔린을 흡기관내 분사하여 공기와 혼합된 형태로 연소실로 넣는 방법에서 공기가 먼저 연소실 내로 들어가고 실린더가 압축행정 때 연료를 직접 실린더 내로 분사하는 시스템이다. 이를 위해서는 정확한 공기량의 측정, 연료분사시기와 연료의 양 그리고 점화시기를 정확하게 제어해야만 가능한 기술이다. GDI 엔진을 위해서 차량용 ECU는 기존의 16비트 마이크로 컨트롤러에서 32비트 마이크로 컨트롤러로 바뀌고 더 많은 양의 데이터를 처리하여 정확하게 엔진의 상태에 따른 제어를 하게 된다. 이를 통하여 엔진의 속도에 따른 토크 및 마력이 그림 4에서도 볼 수 있듯이 약 10% 정도 상승하고 압축비가 상승하여 연료 소비를 줄일 수 있게 되었다.

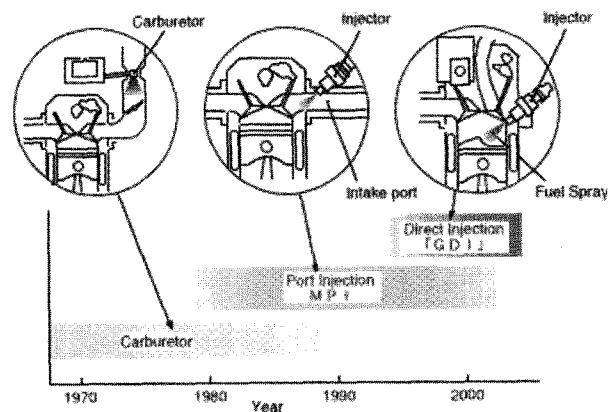


그림 3. Development History of Gasoline Engine

## 2. Shift-by-wire 시스템

엔진에서 발생하는 구동력을 차량의 바퀴로 전달하기 위하여 변속기(Transmission)를 사용한다. 변속기는 수동변속기와 자동변속기로 나눌 수 있으며, 수동변속기는 변속시점을 사람이 결정하고 변속하기 위하여 클러치페달과 변속레버를 조작해 주어야 한다. 그와 비교하여 자동변속기는 TCU (Transmission Control Unit)를 이용하여 차량에 속도와 엔진회전속도 그리고 운전자의 가속의지에 따라 변속시점이 결정되는 구조로 되어 있다. 자동변속기는 변속을 TCU에서 자동으로 해 주면서 운전 에 대한 편리성은 증가되었지만 토크컨버터에서 발생하는 동력손실로 인하여 수동변속기보다 효율이 떨어지는 특성을 가지고 있다. 최근에 개발되는 자동변속기는 기존의 자동변속기 편리성을 유지하면서 동력효율을 높이기 위하여 변화하고 있다. 차세대 자동변속기는 DCT (Dual Clutch Transmission) 또는

DSG (Direct Shift Gearbox)로 불리는 자동형 수동변속기이다. 이 변속기는 수동변속기와 자동변속기의 장점을 살린 변속기로 수동변속기의 효율성과 자동변속기의 편리함을 모두 가지고 있다. 하지만 변속기의 가격이 기존의 자동변속기에 비하여 비싸기 때문에 많은 차량에 적용되고 있지는 않다.

DCT를 사용하였을 때 장점은 엔진의 회전력을 2개의 클러치에서 나누어 받을 수 있으며 TCU에 의해 자동으로 제어가 되므로 자동변속기와 같이 사용할 수 있다는 것이다. 기존의 자동변속기의 토크컨버터가 없기 때문에 여기서 발생하는 동력손실이 적어지기 때문에 주행연비를 향상시킬 수 있고 자동변속기, 수동변속기를 사용할 때 발생하는 변속충격을 DCT는 감소시킬 수 있다. TCU에서 2개의 클러치를 이용하여 엔진의 동력을 부드럽게 변속기에 연결시키고 구동기를 통하여 변속을 함으로써 변속시간이 짧아져 결과적으로 변속충격을 감소시켜 자동변속기의 편안함을 유지하면서 빠른 변속으로 다이내믹한 운전을 가능하게 하였다. 아직 국내에는 DCT가 적용된 차량이 나오지 않고 있지만 폭스바겐, 포르쉐, 볼보, BMW에서 DCT가 적용된 차량을 판매하고 있으며 유로5강화기준 및 CO<sub>2</sub>발생량

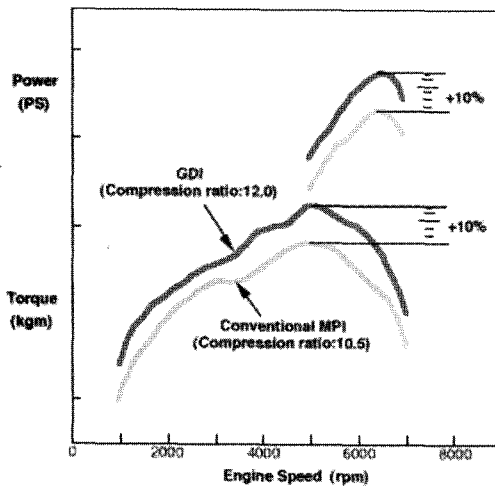


그림 4. Performance Graph of MPI and GDI engine

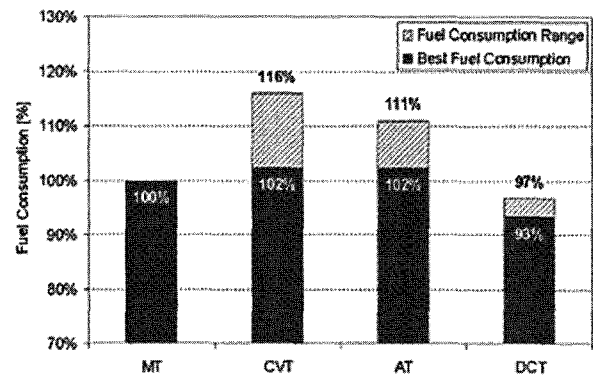


그림 6. 변속기에 따른 연료 소비율

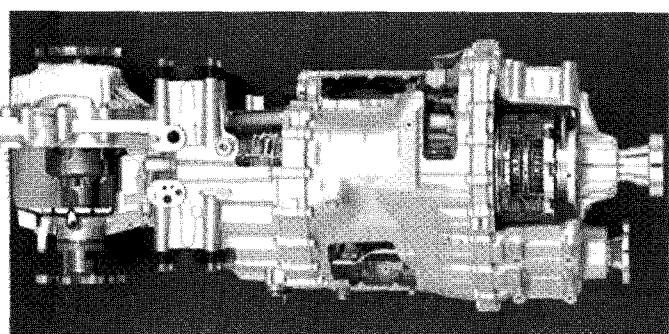
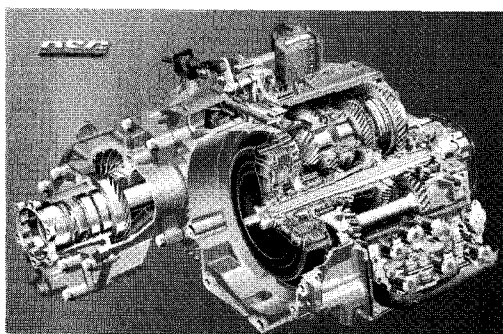


그림 5. Volkswagen Jetta DSG and Nissan GT-R DCT

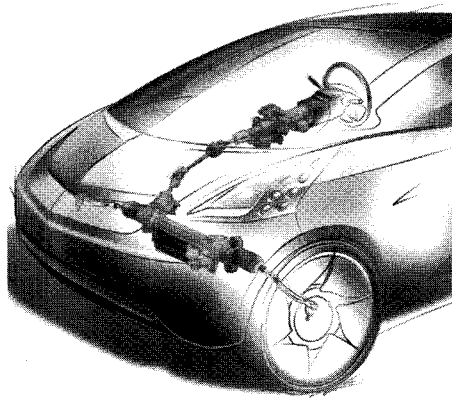


그림 7. Electronic Power Steering System

을 감소시키기 위하여 곧 DCT가 적용된 차량을 국내 완성차 업체를 통해 볼 수 있을 것이다.

### 3. Steer-by-wire 시스템

기존의 유압식 조향시스템에 전자제어시스템을 적용한 것이 EPS (Electronic Power-steering System)이다. 궁극적으로는 조향시스템도 Steer-by-wire 시스템으로 발전을 하겠지만 차량의 주행 안정성에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 전기 신호로만 제어되는 by-wire 조향시스템에 대한 안전성 및 신뢰성이 확보되어야 실제 양산차량에 적용이 가능할 것으로 생각된다. 운전자 편의 시스템의 적용 및 차량의 동력성능향상, 연료소비감소 등의 이유로 조향시스템에도 전자제어시스템이 적용되어 이미 상용화되었다. 기존의 유압식 조향시스템에서 전기모터를 이용한 전기식 조향시스템으로 바뀌고 있다.

그림 8은 EPS의 제어 구성도를 보여주고 있다. EPS를 구성하는 요소중에서 중요한 요소 중 하나는 TSS (Torque Sensor Steering)으로 스티어링컬럼으로 전달되는 운전자의 조향력과 현재의 조향각 그리고 조향속도를 정확히 측정해야만 한다. 아래 그림 9는 보쉬에서 개발한 비접촉방식의 토크센서로 측정범위는  $\pm 4^\circ$  로 토션바의 비틀림을 측정할 수 있고 분해능은  $0.002^\circ$  로 정밀하게 측정할 수 있다. TSS로부터 측정된 값들은 그림 8의 Control unit에서 스티어링 컬럼이나 렉에 부착된 BLDC (Brushless DC)모터 또는 BLAC (Brushless AC)모터가 생성해야 할 힘을 계산하는데 사용된다. 계산된 값은 모터제어기로 전달되어 모터가 동작하게 된다.

EPS를 사용할 경우 기존의 유압식 조향시스템 대비 100km 주행 시 0.5L의 연료소비를 줄일 수 있게 되고 유압펌프, 유압라인,

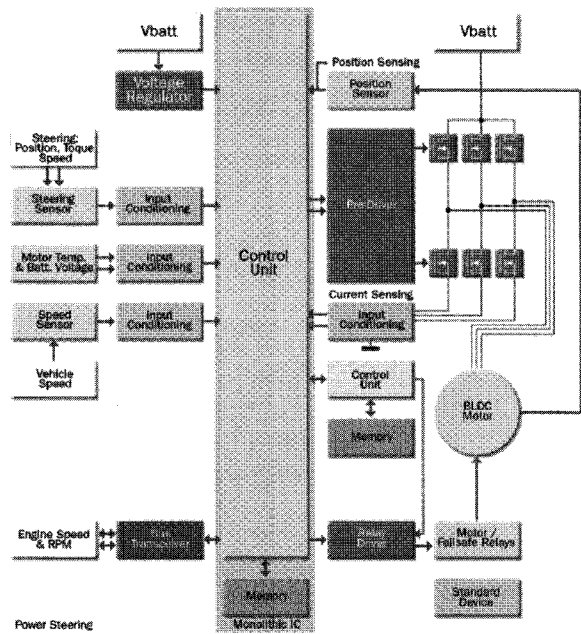


그림 8. EPS Control Block Diagram



그림 9. Bosch Steering Torque Sensor

구동벨트 및 폴리 등의 부품이 제거됨으로써 차량의 전체 무게를 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 하지만 모터로 발생할 수 있는 힘의 한계로 인하여 주로 소형차에 장착이 되어 있으며 현재의 12V, 24V 차량전원체계에서 42V로 차량전원체계가 바뀌게 되면 모터가 생성할 수 있는 힘이 커지기 때문에 중형, 대형, 상용차량에도 적용될 것으로 예상할 수 있다.

### 4. Brake-by-wire 시스템

차량에서 동력을 발생하고 바퀴에 전달하는 엔진과 변속기 다음으로 중요한 요소는 달리는 차량을 멈추게 하는 브레이크

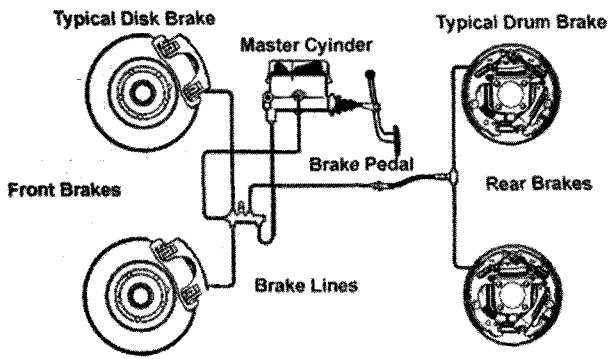


그림 10. Conventional Automotive Brake System

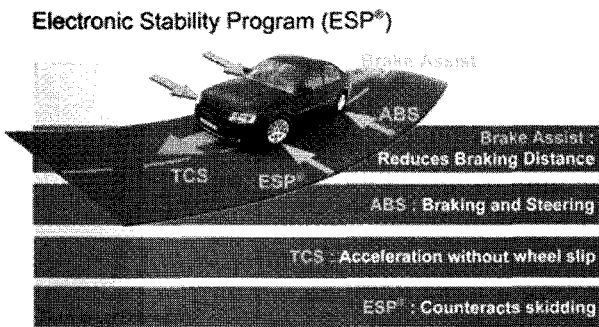


그림 11. ESP System

이다. 차량의 브레이크는 그림 10과 같이 사람이 브레이크페달을 밟으면 마스터실린더내의 유압을 발생시켜 각 바퀴의 실린더 또는 캘리퍼를 동작시켜 마찰력으로 차량의 속도를 감소시키는 구조로 되어 있다. 기존의 브레이크시스템은 차량의 급정거 시 바퀴가 잠기는 현상이 발생하여 차량이 조향력을 상실하여 위험한 상황에 빠질 수 있다. 브레이크 작동시 바퀴가 잠기는 문제를 해결하기 위하여 브레이크 시스템에도 마이크로컨트롤러를 이용한 전자제어기술이 적용이 되었으며 가장 처음 나온 기술이 ABS (Anti-locking Brake System)이다. ABS는 브레이크 작동 시 바퀴가 잠기는 현상을 제어하기 위하여 바퀴에 휠스피드센서를 부착하여 바퀴의 회전속도를 측정하고 바퀴가 잠기는 현상이 발생시에 브레이크에 걸린 유압을 제거함으로 바퀴가 구를 수 있게 되어 조향력을 유지할 수 있게 하는 시스템이다. 브레이크시스템의 전자제어기술은 계속해서 발전을 하면서 TCS (Traction Control System)과 ESP (Electronic Stability Program) 또는 VDC (Vehicle Dynamic Control)로 변화하고 있다.

ESP가 사용되면서 차량은 운전자가 브레이크를 밟지 않아도 ESP ECU는 차량의 상태를 차량에 장착된 휠속센서, Yaw Rate 센서, 횡가속도센서, 조향각센서 등을 통하여 실시간으로 감시

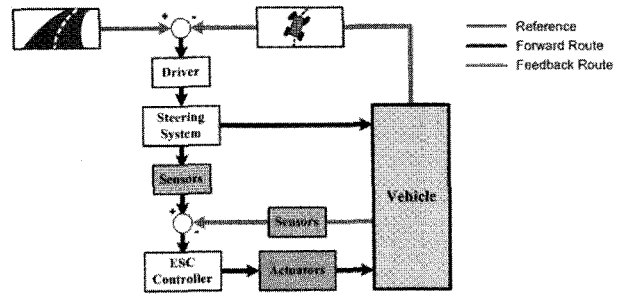


그림 12. ESP control block diagram

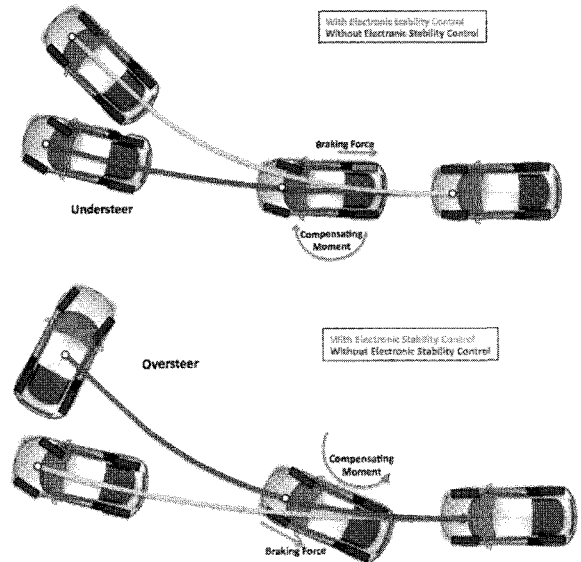


그림 13. Fundamentals of ESP's working

를 하면서 차량이 정상적으로 주행하고 있는지 또는 UnderSteer 나 OverSteer 상황인지 분석을 한다. 만약 차량이 Understeer 또는 Oversteer상태이면 아래 그림 와 같이 보상할 수 있는 모멘트를 생성하기 위하여 해당하는 바퀴에 제동력을 발생시키기 위하여 구동기를 동작시켜 위험상황을 벗어나도록 한다.

ESP를 사용하면서 승용차 사고가 34%, SUV 사고가 59% 감소했다는 연구 결과가 있다. 이는 단순차량사고로 인한 비용을 56%, 복합적으로 발생한 차량사고로 인한 비용을 32%나 감소시켰다고 한다.

지금까지 차량의 성능을 향상하기 위하여 적용된 전자제어 기술에 대해서 살펴보았다. 차량 성능의 향상은 마이크로 컨트롤러의 개발과 다양한 정보를 획득하기 위한 센서의 개발 그리고 기계를 구동하기 위한 다양한 형태의 구동기의 개발이 이루어졌고 이를 다루기 위한 소프트웨어 기술의 발전과 이들을 융

합할 수 있는 융합기술에 대한 발전이 있었기에 가능한 일이었다. 지금도 관련 요소기술의 개발과 이를 융합하여 새로운 기술은 개발하는데 많은 예산과 시간, 인력이 사용되고 있다. 이렇게 개발된 기술은 다시 차량의 전자제어기술로 적용되어 차량의 성능을 지금보다 더 향상시킬 것이다. 궁극적으로 차량 전자제어기술은 사람이 운전을 하지 않고 차량 스스로 생각하고 주행이 가능한 형태로 발전을 해 갈 것이다. 이미 차량 스스로 주행이 가능한 차량이 개발되고 있으며 머지않아 우리가 보고 느낄 수 있을 것으로 기대해 본다.

◎ 저 자 약 력



**문희창**

- 2001년 선문대학교 기계설계학과 졸업.
- 2003년 국민대학교 자동차공학전문대학원 석사.
- 2009년 국민대학교 공학박사.
- 현재 Univ. of Florida CIMAR Lab. 연구원.
- 관심분야: 무인자동차, 소형이동로봇, 카메라를 이용한 장애물 인식, 마이크로 로봇.



**김정하**

- 1981년 성균관대학교 기계공학과 졸업.
- 1986년 Univ. of Cincinnati 공학석사.
- 1990년 Univ. Pennsylvania 공학박사.
- 1994년~현재 국민대학교 기계자동차공학부 교수.
- 관심분야: 차량전자제어시스템.