

가솔린 전자제어 엔진의 기술동향

Technology Trend of Gasoline Electronic Control Engine

장경욱

Kyung-Uk Jang

경원전문대학 자동차 정비과

Department of Automotive Maintenance Engineering, Kyungwon College

Abstract

Automotive electronics as we know it today encompasses a wide variety of devices and systems. Key to them all, and those yet to come, is the ability to sense and measure accurately automotive control parameters. In other words, sensors and actuators are the heart of any automotive electronics application.

The important of sensors and actuators cannot be overemphasized. The future growth of automotive electronics is arguably more dependent on sufficiently accurate and low-cost sensors and actuators than on computers, controls, displays, and other technologies.

Without them, all of controls system - engine, transmission, cruise, braking, traction, suspension, steering, lighting, windshield wipers, air conditioner/hearter - would not be possible. Those controls, of course, are key to car operation and they have made cars over the years more drivable, safe, and reliable.

In this lecture, the principle and future trends of electronic control gasoline engine will be discuss

1. 서론

전자제어 연료 분사장치가 일반 자동차에 본격적으로 탑재된지 약 25년이 된다. 그때까지 연료 분사라 말하면, 기계적으로 분사를 제어하는 기계식 연료 분사가 일부 sports car 및 racing car에 성능 향상을 위하여 채용된 것에 지나지 않았다.

그러나 이러한 기계식 연료 분사 장치로는 엔진 제어에 요구되어지는 제어 항목 및 제어 정밀도에는 한계가 있고 이 무렵의 전자기술의 혁신적인 발달과 자동차에서의 적용이 구체화됨에 따라 엔진의 제어를 전자 제어화하여 종래의 기계식으로 제어하는 방법에 비해 상당히 제어이론을 실행에 옮기는 것을 가능하게 하였다. 이렇게 도입된 전자제어 연료 분사는 1966년 미국 캘리포니아주에서 시작하여 1980년 국내에서도 시행된 자동차의 배출가스 규제

를 해결함과 동시에 자동차에서 요구되어지는 성능 및 운전성과 연료 경제성을 함께 향상시켰다. 전자제어라 말해도 시작당시는 소위 analog 회로에 의해서 필요로 하는 제어를 실행해 왔으나 그후의 microcomputer의 발달과 더불어 제어하고자하는 항목과 정밀도도 비약적으로 증가하는 것이 가능하게 되었고 연료 분사에 필요한 제어에만 그치지 않고 점화시기 제어를 비롯하여 transmission 제어등 자동차의 동력전체를 제어하는 정도로 응용범위가 넓어지고 있다.

최근 생산되어지고 있는 승용차(gasoline engine 탑재) 가운데 전자제어 연료 분사 system이 채택된 차량은 88년도 기준으로 유럽지역이 40%, 미주지역이 84%, 일본이 53%, 그리고 국내에서도 23%에 달하고 있으며, 92년도에는 국내에서만도 71%에 달하였으며 98년 현재 100%에 달하는 상태이다.

지금도 전자제어 연료분사 system의 장착율은 해가 갈수록 증가 할 것이라고 생각되어지며, 자동차에 사용되어지는 장치로써 이만큼 대폭적으로 기술전환이 이루어지고 채용이 신장된 것은 그리 많지 않다.

엔진 제어에 관한 각종 기술들은 최근 20여년에 걸쳐 급속히 발전하였으며 엔진 성능의 향상과 더불어 현재 유해 배기가스는 1970년 초의 1/10의 수준으로 감소하였다. 그러나 자동차의 기술경쟁은 더욱 치열해지고 있어 보다 나은 장치의 개발이 강력히 요구되고 있으며 이제 자동차 생산량 350만대로 세계5위로 발돋움하고 있는 우리나라의 자동차 산업이 성공적인 해외 진출을 성취하기 위해서는 선진국의 배기가스 규제, 안전도 향상, 연료 소비율 저감 등 각종 기술적 규제 장벽을 통과하지 않으면 안되며 이를 위해서는 먼저 선진국 수준의 자동차 개발기술 확립이 시급하다고 믿어진다.

본 자료는 이와 같은 상황에 부응하여 지금까지 선진 각국에서 채택하고 있는 엔진 제어 시스템의 소개와 각 시스템에 적용되고 있는 Sensor 및 Actuator의 특성 그리고 제어 내용에 대해 기술함으로써 전기 및 전자를 전공하고 있는 사람에게 자동차 엔진 제어시스템을 이해시키고 향후 이 분야의 기술 개발에 있어서 기초적 자료로서 도움이 되기를 바라는 마음으로 정리하였다.

2. 가솔린 전자제어엔진의 개요

2-1 엔진 제어의 목적

엔진제어란 사용자의 요구 조건인

- 엔진성능향상 (엔진 구동력 및 가속성 극대화)
- 운행의 경제성 (연료 소비율의 극소화)
- 환경규제법의 적합성 (배기가스 유독성 극소)
- 안락한 운행 (엔진 소음 및 진동의 극소화)
- 운행의 신뢰성 (엔진 구동상의 고장 및 A/S 극소화)

등을 만족시키기 위하여 각 단품들을 개발하고 이들 단품들을 조합하여 엔진의 전 운행 영역에서 고객들의 요구조건에 적합하게끔 엔진을 관리하는 시스템을 의미한다.

2-2 엔진개발 진행과정

- 1957 : 벤딕스사의 electroinjector개발
- 1967 : 보쉬사의 D-Jetronic 개발
- 1972 : 보쉬사의 K-Jetronic 개발

보쉬사의 L-Jetronic 개발

1970년대 이후 더욱 엄격한 배기가스 규제에 대

응하기위하여 보다 더 정확한 공연비 제어기술의 요구에 의하여 O₂센서와 삼원촉매장치가 개발 적용

- 1979 : 보쉬사의 Motronic 양산
GM사의 SPI인 TBI (Throttle Body Injection) 개발
FORD사의 SPI인 CFI (CENTRAL FUEL INJECTION) 개발
- 1980: MELCO사의 Volume air flow meter인 Karmam vortex 개발
- 1981 : 보쉬사의 Mass Air flow flow meter 인 Hot wire 개발
- 1987 : 보쉬사의 Mass air flow meter인 Hot film 개발

2-3 엔진 성능향상이론

엔진의 유효출력은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$P_e = n \cdot \rho \cdot V_c \cdot \lambda \cdot H_1 \cdot C_1 \quad [\text{kw}] \quad (1)$$

$$= n \cdot p_{em} \cdot V_c \cdot z \cdot \eta_m \quad [\text{kw}] \quad (2)$$

- 여기서 P_e = 유효엔진 파워 [kw]
 n : 엔진회전수 [min⁻¹]
 ρ : 공기밀도 [kg/m³]
 V_c : 배기량 /실린더 [m³]
 λ : 체적효율 [%]
 H_1 : 연료의 저발열량 [kJ/kg]
 C_1 : 상수 ($\eta_o/60i \cdot \lambda \cdot L_{min}$)
 p_{em} : 도시평균 유효압력 [bar]
 z : 실린더수
 η_e : 유효열효율 [%]
 η_m : 기계효율 [%]
 L_{min} : 최소 가연공기량 [kg/kg]

위의 식(1), (2)에서 보는 바와 같이 엔진의 출력은 여러 변수에 의해서 결정되어진다. 따라서, 엔진의 출력을 향상시키기 위해서는 엔진 회전수, 배기량, 체적효율, 공기밀도, 도시평균 유효압력 및 기통수를 증가시킴으로써 엔진출력 향상이란 목적으로 달성 할 수 있다. 그러나 엔진 회전수의 증가는 피스톤, 커넥팅로드 및 캠샤프트등 운동부분의 속도를 증가시킴으로써 엔진의 내구 수명을 단축시키며, 배기량 및 기통수의 증가도 가관의 제작 및 가격등의 문제로 제한을 받고 있다.

2-4 엔진 성능향상을 위한 개발 현황

- (1) 터보 및 수퍼차저 개발 (공기밀도 ρ 증가)

- (2) DOHC(double overhead camshaft) 엔진 개발 (체적 효율 λ 증가)
- (3) 연료 인젝션 (제동 평균 유효 압력 P_e 증가)
- (4) 가변압축비 개발 (제동평균유효 압력 P_e 증가)
- (5) 가변 캠샤프트 개발 (체적효율 λ 증가)
- (6) 희박연소 엔진 (Lean-burn engine) 개발 (연비 및 Emission 향상)
- (7) 디젤 엔진의 연료 직접분사 방식 개발 (제동 평균 유효압력 P_e 증가)

2-5 기계식(Carburetor) 방식과 전자제어 연료 분사 방식의 비교

(1) 기계식(Carburetor) 방식

카브레타는 엔진의 운전상태에 따라 공기와 연료를 적당한 비율로 혼합하고 이를 무화시켜 실린더 내로 공급하는 역할을 한다.

그림 1은 카브레타 방식의 예를 나타내고 있다.

카브레타 방식은 연료 분사 방식에 비해 가격 면에서 유리하나

- 매니홀드 내벽에서의 연료 wetting 현상
- 가감속 반응 지연
- 기통간의 불균일한 혼합기 분포
- 고 emission 가스 배출

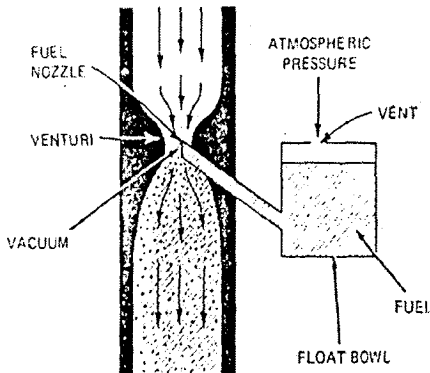


그림 1. Carburetor 방식

(2) 전자제어 연료 분사 방식

연료분사 방식은 카브레타 대신에 인젝터로써 연료를 분사하여 실린더 내로 공급하는 역할을 한다. 싱글 포인트 인젝션의 경우 트로틀 바디에서, 멀티 포인트 인젝션의 경우 흡입 포트에서 연료를 분사한다.

그림 2는 전자제어 연료 분사 방식의 예를 나타내고 있다. 이 방식은 카브레타 방식 보다 뛰어난

연료의 분무 능력 및 정확한 연료의 계량으로

- 연비향상
 - 뛰어난 가감속 반응
 - 단위 배기량당 출력 증가
 - 저 emission 가스
 - 뛰어난 냉시동성
- 등의 장점을 지니고 있다.

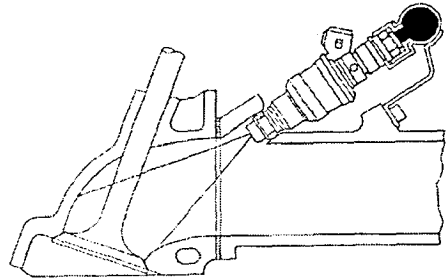


그림 2. 전자제어 엔진의 연료 분사방식

2-6 연료를 연소시키기 위한 최적의 공연비 정의

(1) 이론공연비의 계산 (옥탄 C_8H_{18} 을 중심으로)

가솔린은 옥탄(C_8H_{18})과 정헵탄으로 구성되어 있으며, 대부분은 옥탄으로 구성되어 있다. 여기서는 옥탄을 완전연소 시키는데 필요한 필요 공기량 (산소량은 공기중에 중량비로 23.1%를 차지)을 계산하는 방법을 알아보려고 한다.

실제로 연소의 화학 반응은 매우 복잡한 과정이지만, 일반적으로 연소중의 C, H₂, O₂ 및 S등의 간단한 산화반응으로서 다음과 같이 취급할 수 있다.

1) 탄소의 연소

- 화학 반응식 : $C + O_2 = CO_2$
- 중량 비율 : $12 \text{ kg} + 2 \times 16 \text{ kg} = 44 \text{ kg}$
- 탄소기준 : $1 \text{ kg} + 2.67 \text{ kg} = 3.67 \text{ kg}$

2) 수소의 연소

- 화학 반응식 : $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O$
- 중량 비율 : $2 \times 1 \text{ kg} + 16 \text{ kg} = 18 \text{ kg}$
- 수소기준 : $1 \text{ kg} + 8 \text{ kg} = 9 \text{ kg}$

3) 황의 연소

- 화학 반응식 : $S + O_2 = SO_2$
- 중량 비율 : $32 \text{ kg} + 2 \times 16 \text{ kg} = 64 \text{ kg}$
- 황 기준 : $1 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 2 \text{ kg}$

4) 이론 산소량

제2회 일렉트릿 및 응용기술 전문위원회

위 식에서 C, H₂, S 가 완전 연소하는데 필요한 산소량은 탄소 1kg당 2.67 kg, 수소 1kg당 8 kg, 유황 1 kg당 1 kg의 산소가 필요하다. 또한 연료중에 포함되어 있는 산소는 연료중의 탄소, 수소, 및 황과 반응하므로 필요 공기량에서 빼준다. 따라서 어떤 연료 1 kg에 탄소, 수소 및 황이 포함되어 있을 때 완전 연소에 필요한 산소량은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$O_{th} = (2.67C + 8H + S - O)$$

5) 이론 공기량(중량비)

완전 연소시 필요한 산소는 공기중에 무게비로 산소가 23.1%포함되어 있으므로 연료 1 kg을 완전 연소시키는데 필요한 이론 공기량은 다음과 같다.

$$A_{th} = 1/0.231 (2.67C + 8H + S - O)$$

6) 옥탄(C₈H₁₈)을 완전 연소 시키는데 필요한 공기량

- 화학 반응식 : C₈ + H₁₈ = C₈H₁₈
- 중량 비율 : 12×8 kg + 1×18 kg = 114 kg
- 96 kg + 18 kg
- 96/114×100=84.2 % 18/114×100=15.8%

위식에서 구한 비율을 다음식에 대입하면 옥탄 1 kg을 완전 연소시키는데 필요한 공기량을 구할 수 있다.

$$A_{th} = 1/0.231 (2.67C + 8H + S - O)$$

$$= 1/0.231 (2.67 \times 0.842 + 8 \times 0.158) = 15.2$$

[kg/kg]

따라서 옥탄 1kg을 완전시키는데 필요한 공기량은 15.2kg이다. 따라서 옥탄의 이론 공연비는 15.2:1이다.

2-7 점화시기 제어

폭발행정중 알맞은 시기에 최대 폭발력을 얻기 위하여 연소되는 시간을 감안하여 점화 또는 분사시키는 시기를 말한다.

$$\text{점화시기(Ignition Timing)} = [R \times 360 \times (T/60)] - F$$

$$- 6RT - F$$

R : 엔진회전수(rpm)

T : 점화(착화) 지연시간(초)

F : 최대폭발각도

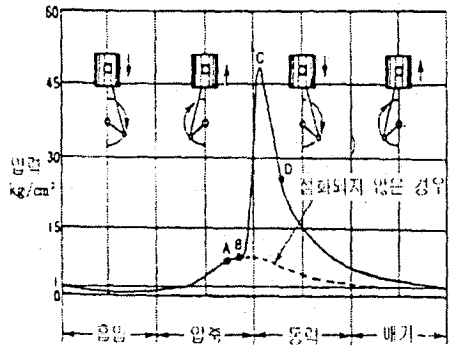


그림 3. 가속된 기관의 연소와 압력변화

2-8 연소가스 중에 포함되어 있는 유해 배출물의 성분 및 농도

대기는 공장, 소각로, 빌딩 및 가정의 난방기구 등 각종의 연소 장치로부터 발생되는 배출가스 이외에 자동차로부터 배출되어지는 가스등이 오염시키고 있으며, 이들에 의한 공해 방지의 문제는 광범위한 총합적 대책이 필요하고 자동차에 대해서도 이에 대한 규제가 법적으로 명시되어 있다.

자동차로부터 배출되는 가스는 그림 4와 같이 배기관으로 부터의 배기가스, 엔진의 크랭크 케이스로부터의 blow-by 가스 및 연료 tank 및 카브레터 등으로부터 증발하는 연료증발가스가 있다.

이들로부터 배출되는 가스중에는 대기를 오염시키는 유해 물질로서 CO(일산화 탄소), HC(탄화수소), NO_x(질소산화물)등이 포함되어 있다.

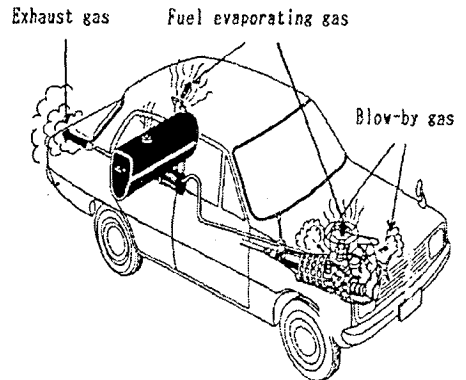


그림 4. 자동차로부터 배출되는 유해 물질

연소시에 발생하는 배기 공해가스로는 미 연소된 연료인 탄화수소(HC)와 불완전연소에 의한 일산화탄소(CO), 고온에서 발생하는 질소 산화물(NO_x)이 있다. 이 중 HC와 CO의 감소를 위해서는 공기 연료 혼합비를 희박하게 하여 완전연소가 되도록 하는 것이 효과적이며 NO_x의 감소를 위해서는 배기가스의 일부를 연소실에 재순환시켜 연소 최고온도를 낮추는 exhaust gas recirculation(EGR)을 사용하고 있다.

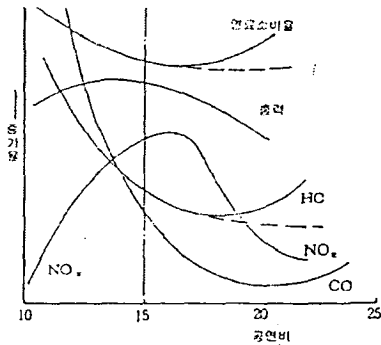


그림 5. 공연비 변화에 따른 연료 소비율, 출력, 유해 배출물

(2) 배기후 처리

연소를 최적화 시키더라도 공해가스의 발생은 불가피하므로 이를 더욱 줄이기 위해서 배기 공해 가스를 촉매를 이용하여 재연소시키는 후 처리 방식이 사용되고 있다. 2원 촉매는 CO, HC를 산화 반응으로 감소시키는 것으로 NO_x의 감소 대책이 별도로 강구되어야 하기 때문에 산화반응과 환원 반응을 동시에 수행하는 3원 촉매가 주로 사용되고 있다.

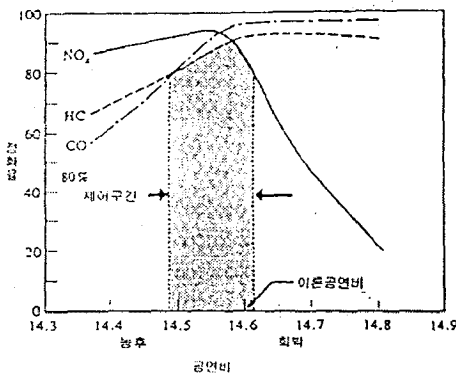


그림 6. 삼원 촉매기를 통과한 경우의 배출물 생성 결과

2-9 자동차 배출가스 규제에 대한 대응책

자동차 관련 기술중 배기 공해가스 감소에 대한 기술발전을 살펴보면 1970년대 초기에는 연료 공급 장치의 조절이나 점화시기의 변경등 비교적 간단한 방법으로 배기 공해가스의 생성을 줄였으나 점차 배기 공해가스의 규제가 강화되면서 배기 후처리 방법이 고안되었고 1970년 후반부터 micro-processor의 비약적인 발전에 힘입어 연료의 정확한 공급과 최적 점화시기를 컴퓨터로 제어하는 전자제어식 엔진이 등장하였으며 오늘날의 엔진은 전자제어가 필수적인 기술로 사용되고 있다.

현재 사용중인 배기 공해가스 감소기술을 정리하면 다음과 같다.

(1) 연료개선

(3) blow-by 가스 및 연료 증발가스 대책

연료탱크, carburetor, crank case 등으로부터 생성하는 유해 물질을 대기로 방출시키지 않고 흡기계통에 되돌려 처리함으로써 감소시킨다. 즉, 연료 탱크로부터 증발된 연료 가스를 포집하는 canister, 포집된 연료가스를 흡기관으로 유입시키는 purge control valve, blow-by 가스를 흡기계통으로 되돌려 재연소 시키는 PCV(Positive crank case Ventilation) valve 등의 장치를 도입하여 blow-by 가스 및 연료 증발 가스의 대기 방출에 대처하고 있다.

2-10 엔진 고장 진단기능

microcomputer에 의해 제어 시스템은 고도의 전자화 실현으로 실제 고장 발생시 카브레타 방식의 자동차에 익숙해져 있는 정비사들이 고장 발생 부위를 발견하는 것은 점점 어렵게 되었다. 따라서

제2회 일렉트릿 및 응용기술 전문위원회

자기 고장 진단은 전자제어 시스템의 고장 발생 부위를 ECU가 감시 발견해서 driver나 service man에게 고장 정보를 제공하는 기능을 가진다.

(1) 센서의 고장진단

센서의 고장 검출은 software처리로서만 행할 수 있다. microcomputer는 센서가 엔진 운전상태로부터 판단해서 정상상태에서 아주 벗어난 신호를 보내고 있을 때에는 고장으로 판정한다.

예를들어 수온 센서는 정상적인 사용범위인 -30~120[°C]에서 출력전압 0.3~4[V]를 나타내도록 설계되어 있기 때문에 그 범위를 넘는 출력을 ECU가 검출한 경우 센서 신호계의 단선 또는 쇼트 고장이 생겼다고 판정한다. 그리고 고장을 표시함과 아울러 엔진 제어에 이용하도록 수온값으로서 미리 ECU memory내에 기억한 80[°C]의 대체값을 주어서 이상 신호가 원인이 되어 주행불능이 되는 것을 방지한다.

이와같이 microcomputer는 어떤 센서가 fail 발생시는 그 센서 신호를 무시하게 되며 대신 미리 입력된 program 또는 수치로서 제어할 수 있도록 하는 back-up (safety mode)기능을 가지고 있는 것이다. back-up기능에 의한 운전 mode는 실제 긴급한 경우에 속하므로 이때 microcomputer는 경고등을 점등시킨다.

(2) Microcomputer의 고장진단

microcomputer가 우발적인 고장을 일으키면 제어 프로그램의 routine이 정상적으로 동작하지 않게 되어, 동작 이상 상태에 빠진다. 엔진 제어 시스템의 핵심인 microcomputer가 이상 동작 또는 정지하면, 차량은 주행 불능으로 되어 버리는 경우가 있기 때문에 microcomputer의 이상을 감시해서 이상시 back-up회로에 의한 간이 제어로 변하는 fail operable기능이 채용되고 있다.

감시회로는 watch dog timer를 내장해서 이상시 routine이 정상적으로 돌지 않게 되면 ECU에 reset을 걸게끔 되어 있다.

(3) Actuator의 고장진단

microcomputer는 각종 actuator 및 solenoid에 구동신호를 보내지만 actuator로부터는 정보신호는 받지 않기 때문에 actuator가 고장이 났을 때 이를 감지 할 수 있는 회로가 추가된다. 예를들면 만일 injector 구동회로에서 injector 구동 power transistor가 파괴되었거나 또는 injector 자체가 단

선으로 인하여 연료분사가 불가능하게 되는 고장이 발생했을 경우, ECU는 4개의 injector 구동회로(4기통의 경우)에 설치된 단선 검지 회로에서 signal을 받아서 경고등을 점등시키고 해당하는 diagnosis code를 RAM에 기억시킨다.

2-11 전자제어 엔진의 구성

(1) 전자제어 엔진의 전체 실체도

자동차 엔진의 전자제어 시스템이 성립되기 위해서는 엔진의 상태를 정확히 파악하기 위한 센서류, 그리고 연료 분사량 및 점화시기 등의 계산에 필요한 프로그램 및 데이터를 기억장치에 저장하고, 이 정보를 사용하여 엔진제어에 가장 좋은 조건을 계산하기 위한 마이크로 컴퓨터, 엔진을 직접 조작하는 액츄에이터류가 필요하다. 이 중에서 센서는 물리량, 전기량, 화학량 등의 정보를 제어장치의 컴퓨터가 이해할수 있는 전기적 신호로 변환하는 트랜스듀서이다.

자동차 엔진에 사용되는 센서류에는 공기 유량 센서, 온도 센서, 압력 센서, 위치센서, 속도센서, 노크센서, O₂센서 등이 있고 액츄에이터류에는 인젝터, 연료펌프, ISC motor, EGR-valve, purge control solenoid valve등이 있다.

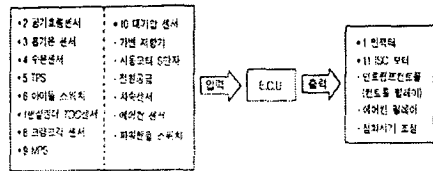
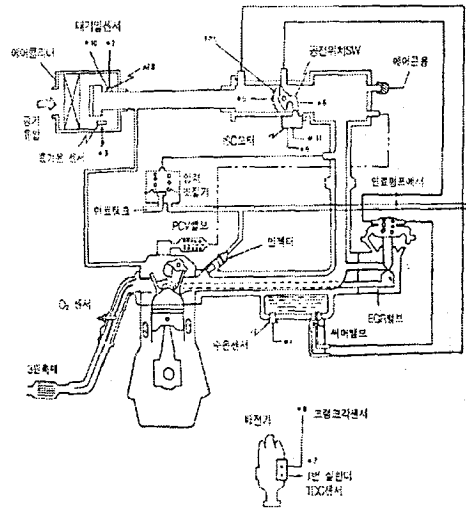


그림 7. 전자제어 엔진의 실체도

(2) 흡기계통

흡기계통은 엔진의 연소에 필요한 공기를 계량 및 제어한다. 에어크리너에서 여과된 공기는 흡입 공기량 센서인 에어 플로 메터에 의해 계측되어 트로틀 바디를 지나 써어지 탱크에서 각 기통의 INTAKE MANIFOLD로 분배된다. 그림 8은 베인형식의 에어플로 미터를 채택한 흡기계통을 나타낸다.

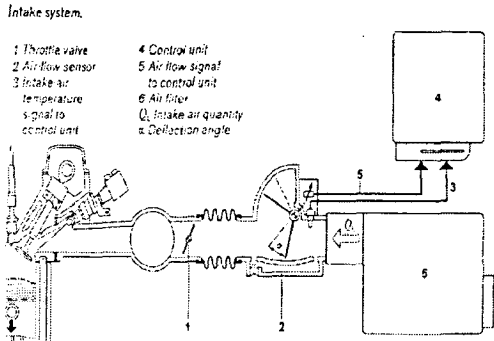


그림 8. 흡기 계통도

(3) 연료계통

연료계통은 실린더내의 연소에 필요한 가솔린을 공급한다. 연료 펌프에 의해 압송된 가솔린은 연료 필터를 지나 압력조절기에서 흡기관 압력 보다 규정된 압력(예를들면 소나타의 경우 3.3 [kg/cm²])만큼 높은 압력으로 조정되고 딜리버리 파이프에서 각 실린더의 인젝터로 공급된다.

인젝터는 ECU로부터의 분사신호에 의해 intake manifold의 흡기 valve를 향해 분사된다.

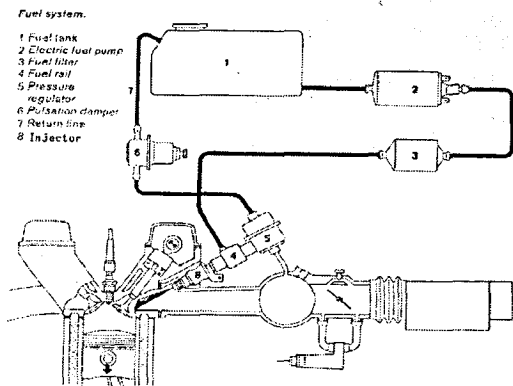


그림 9. 연료 계통도

(4) 점화계통

점화계통은 실린더내의 압축된 혼합기에 점화 플러그에 의해 스파크를 발생시키는 일련의 전기계통

으로 배터리, 2개의 코일이 상호 유도를 이용하여 배터리 전압 12[V]의 저전압을 고전압(50[kv])으로 승압시키는 점화코일, 고압 전류를 각 실린더의 점화 플러그에 분배하는 디스트리뷰터, 그리고 점화불꽃을 발생시키는 스파크 플러그로 구성된다.

1차 점화코일의 통전시간 및 통전시기는 ECU로부터의 신호에 의하여 제어된다.

Ignition subsystem.

- 1 Ignition switch
- 2 Ignition coil
- 3 High-tension distributor
- 4 Spark-plug leads
- 5 Plug connectors
- 6 Spark-plugs
- 7 Control unit
- 8 Battery

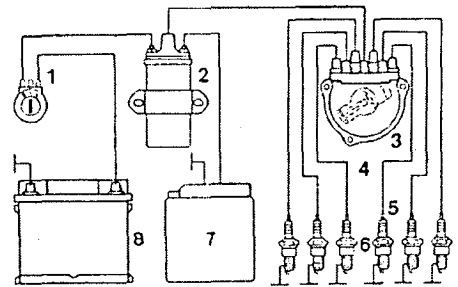


그림 10. 점화계통도

(5) 제어계통

제어계통은 각종 sensor의 신호로부터 엔진상태에 대응한 연료 분사량 및 점화시기를 결정하고 이 결정된 값으로 인젝터 및 점화시기를 제어한다.

센서로부터 입력된 아날로그 신호는 ECU내의 A/D 컨버터에 의해 디지털 신호로 변환되며, 마이크로 컴퓨터는 이 입력신호를 연산처리하여 엔진 상태에 대응하는 최적의 연료 분사시간 및 점화시기를 출력회로(Output stage)를 통하여 제어한다.

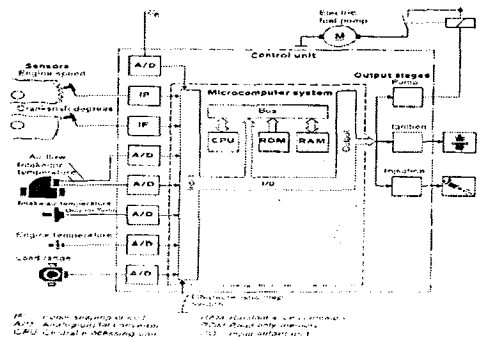


그림 11. 전자제어 엔진의 블록선도

3. 결론

가솔린 엔진의 전자 제어화는 유해 배출물을 저감시키기 위해 연구 개발되고 있으며, 향후 전망은 공연비가 희박한 희박 연소엔진 및 가솔린을 연소실에 직접 분사하는 직접분사 가솔린 엔진으로 나아갈 전망이다. 또한 석유 자원의 고갈과 유해배출가스 문제로 인하여 대체연료를 사용하는 압축천연가스 엔진 및 수소연료 엔진, 연료전지 엔진등이 요구되며, 가솔린과 대체연료를 적절히 사용한 하이브리드 엔진이 요구되고 있다.

향후 궁극적인 자동차 동력원은 유해 배출물질이 전혀 배출되지 않는 전기 자동차가 될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] Ronald K. Jurgen, "Automotive Electronics Handbook", MacGraw-Hill Inc., 1994
- [2] 선우명호, "엔진제어 및 핵심 부품기술", 제4회 G7차세대 자동차 기술workshop, pp.273-277, (1996)
- [3] 장경욱, "자동차 전기실습", 골든벨, (1999)
- [4] "Engine Management System" Kefico기술 보고서(1998)