

대기오염 저감을 위한 차량연료의 최적연소 시스템 설계

이광형*, 민소연*

*서일대학 인터넷정보과

*서일대학 정보통신과

e-mail:dreamace@seoil.ac.kr

요 약

본 논문은 환경공해의 주범인 자동차의 매연을 감소할 수 있는 방법에 대한 연구이다. 자동차 매연의 주요원인은 연료의 불완전 연소와 연료 자체의 특성때문이다. 따라서 본 논문에서는 가솔린/경유 차량을 CNG/LPG 차량으로 대체하고 CNG/LPG연료의 특성을 감안하여 연료의 공급과 분사량, 분사시간을 차량 ECU에서 보내지는 신호를 기본데이터로 차량의 가속과 감속 아이들 상태에서 차량을 적응적으로 최적화 할 수 있게 실시간으로 보정데이터를 계산한다. 본 논문의 결과로 기존의 구조변경차량의 출력에서 20%이상, 배기가스 에서 10% 이상의 향상되었다.

1. 서론

오늘날 자동차는 교통 및 물류 등 산업전반에 걸쳐 필수적인 수단일 뿐만 아니라, 현대인에게는 없어서는 안 될 주요한 교통수단이다. 자동차는 가솔린이나 경유 등을 연료로 사용하고 있는데 차량의 가속, 감속, 공회전 및 정속주행과 같은 주행상태에 따라 연료탱크로부터 엔진으로의 연료를 제어할 필요가 있다. 가솔린 또는 경유를 연료로 사용하는 차량에서는 연료 공급의 제어가 인젝터의 연료 분사량을 조절하여 이루어진다. 최근에는 차량의 연료로 가솔린과 CNG/LPG를 모두 연료로 사용하면서 차량의 상태 및 운전자의 필요에 따라 사용되는 연료를 전환 할 수 있는 이중연료(dual fuel)차량과 이를 위한 연료공급 제어장치가 개발되고 있다.

본 논문은 가솔린 또는 경유를 연료로 사용하는 차량에 청정연료인 CNG/LPG 연료를 사용할 수 있게 하는 연료제어 시스템의 설계에 있다. 연료제어 시스템은 차량의 상태에 관한 각종 센서신호를 토대로 하여 가변적으로 연료 분사량을 수정하여 최적의 상태로 연료를 공급하여야 한다. 즉, 연료 분사량 조절을 위한 기준 데이터를 TPS(Throttle Position Sensor), MAP(Manifold Absolute Pressure)센서, RPM센서, 산소센서(Lambda Sensor) 및 각종 센서들을 이용하여 마이크로프로세서에서 수집/연산하게 되는데 이때, MAP센서와 RPM센서에 의해 기준

분사량을 결정하고 TPS와 RPM센서, 산소센서 등을 이용하여 기준 분사량을 보정한 후, 최적의 상태로 연료 분사량을 조절하게 된다.

차량의 연료를 제어함으로써 얻을 수 있는 특징은 첫째, 엔진에서 필요로 하는 정확한 양의 연료를 공급함으로써 출력을 높일 수 있다. 즉, 기존의 LPG차량 운전자들의 불만사항이 차량의 출력저하 이었음을 감안하였을 때 이를 해소 할 수 있게 된다. 둘째, 차량 상태에 따라 연료량을 정밀하게 제어함으로써 정상 출력을 유지하면서도 불필요한 연료소모를 방지하고 불완전 연소로 인한 유해가스 배출을 현저히 줄일 수 있게 된다.

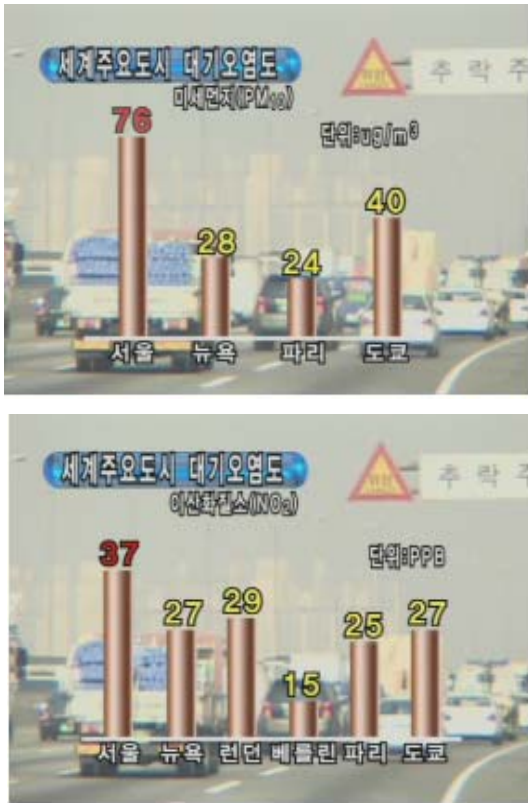
2. 기존연구

가솔린/경유 차량의 대체연료로서 압축천연가스(CNG)와 액화석유가스(LPG)의 중요성이 전 세계적으로 높아지고 있다. 특히 유럽·미국 등에서는 자동차의 배기가스 규제를 강화함에 따라, 배출가스 기준이 미국의 초저공해 차량(ULEV)의 기준을 만족시킬 수 있는 가장 경제적인 방안으로 CNG/LPG 전용(Dedicated), 혼용(Dual Fuel) 및 이중연료(Bi-Fuel)차량이 지목되었으며 그 대체 가능성이 미국, 일본 등에서 연구개발 및 상용화를 통하여 입증되고 있다. 국내에서도 CNG/LPG연료의 전용 또는 이중연료를 적용한 승용 및 승합차량에 대한 소비자

의 요구가 급격히 증가하고 있으며 이에 LPG/CNG를 연료로 하는 차량에 대한 국가적인 정책 수립과 사전 연구개발 투자가 요구되는 실정이다.

국내 대기환경은 [그림 1]에서 보는바와 같이 선진국에 비해 크게 열악하며, 특히 서울의 자동차에 의한 대기환경오염은 매우 심각한 수준이다.

세계 각국은 이러한 대기오염의 주요원인으로 자동차의 배기가스를 가장심각한 문제로 생각하고 있으며 대기오염의 저감을 위하여 저공해 자동차 보급 확대에 주력하고 있다. 주요국의 저공해 자동차 종류로는 CNG, LPG, 전기자동차, 하이브리드, 메탄올, 수소자동차등이 있으며 이중 청정성과 더불어 실용성, 경제성을 갖춘 자동차는 CNG와 LPG 정도 이다.



[그림 1] 세계주요도시의 대기 오염도

CNG/LPG자동차의 특성 중 청정성은 유해 배기가스(HC, CO, NOx, PM 등) 배출이 매우 적으며, 가솔린차량 대비 이산화탄소 배출 10% 이상 저감되고, 유독물질 및 토양 오염물질 배출이 적다. 또한 CNG/LPG 자동차의 경제적인 측면은 차량가격 및 연료비가 적고 특히 현재 인프라 구축비용이 매우 경제적이다. CNG/LPG 연료 기술은 이미 실용화되어 사용 중이며, 충전이 편리하고 안전하며, 단위당

주행거리가 저공해 자동차 중 가장 길다.



[그림 2] 대기오염 자동차 부문 기여도

2008년 12월을 기준으로 자동차 등록대수는 1,680만대에 이르고 있다. [그림 2]에서 보는 바와 같이 전국의 대기오염물질 배출량 중 38%를 자동차가 차지하고 있으며 서울의 경우 66%나 차지하고 있다. CNG/LPG 자동차는 경유나 가솔린 차량에 비해 인체에 유해한 규제 배기가스(HC, CO, NOx, PM) 및 비규제 유해가스를 현저히 적게 배출한다. 급가속 및 고부하 운전시 경유 차량은 미세먼지 배출량이 급격히 증가하고 가솔린 차량은 일산화탄소가 과다하게 배출되는 반면, CNG/LPG자동차는 훨씬 적어 실질적인 대기환경 개선 효과를 기대할 수 있다.

국내에서는 1990년 중반부터 산학연의 관련 연구소에서 CNG/LPG 차량에 대한 연구가 시작되었다. 초기에는 미국에서와 같이 천연가스의 조성에 따른 연소 및 배출가스 특성에 대한 연구가 주를 이루었다. 이 연구들의 대부분은 동력계를 사용한 실험실 데이터로 신뢰도를 높이기 위해서는 실제 차량에 적용하여 보정된 데이터가 요구된다. 연비를 향상시키기 위한 희박연소에 대한 연구와 디젤엔진을 개조한 CNG 전소 엔진에 대한 연구도 진행되었다.

초기의 LPG 개조차량에서 발생되었던 연소제어상의 문제점중의 하나로 연소가스의 과열현상과 카본 축적에 대한 연구는 역으로 CNG/LPG 차량용으로 가솔린엔진의 제어장치를 그대로 적용하는 것이 연료의 연소특성과 부합되지 않는다는 것을 간접적으로 보여 주는 하나의 실례라고 생각된다. 국내 엔진제어 시스템에 대한 연구는 대부분 기존의 가솔린 엔진에서 적용하였던 알고리즘을 반복 했으며 제어기법상 CNG/LPG의 연소특성을 종합적으로 반영하는데 있어 미흡하였다. 실험실 수준의 검증에만 의존함으로써 실제 차량적용을 통한 보정작업이 수반되지 못하였다고 판단된다.

이상으로 국내외의 연구개발 분야의 현황에 대하여 언급하였으며 이제부터 CNG/LPG 개조 및 변환과 관련된 산업계의 현황을 요약하고자 한다. 미국의 경우에는 각 주 단위로 에너지 절감 프로젝트의 일환으로 개조 및 변환 KIT가 차종과 용도별로 다양하게 개발되어 있다. IMPCO사 등과 같이 승용차, 트럭이나 유틸리티 엔진에 대하여서도 개조 및 변환 작업이 용이하게 될 수 있도록 KIT가 공급되고 있다. 유럽의 경우에는 이탈리아 네델란드 등에서 많은 기술개발이 이루어진 것으로 보고되고 있다. 특히 이탈리아의 Lovato사나 BRC사 그리고 네델란드의 Vialle사, Prins사 등이 LPG 또는 CNG 엔진에 대하여 개조작업을 위한 폭넓은 기술개발을 수행하고 있다. 그러나 유럽의 경우도 미국에서와 마찬가지로 LPG전용 차량에 적용하여 양산을 통하여 자동차 제조사가 중심되어 체계적인 OEM작업이나 KIT가 보급되고 있다.

국내에서는 LPG 엔진의 경우 일부 제한된 LPG 전용 승합차량을 제외하고는 상용화된 개조 및 변환 KIT와 이와 동반되는 엔진제어장치의 개발이 극히 미진한 실정이다. 상용화된 보조 공연비제어장치(연료분사제어용 솔레노이드 밸브, TPS센서, 산소센서 등으로 구성)는 연소특성이 상이한 LPG의 연소제어를 효율적으로 수행하기에는 연소특성에 대한 이해와 신뢰성 및 재현성 부족으로 많은 문제점들이 발생되고 있다.

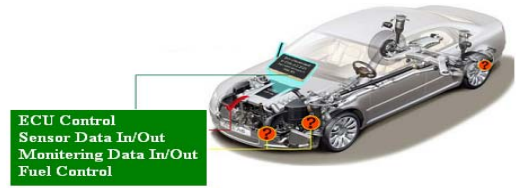
국내의 CNG/LPG자동차 기술의 현실은 CNG/LPG 연료의 정확한 제어를 하지 못하므로 기대이하의 출력과 규제 이상의 배기가스를 배출하고 있다. CNG/LPG 연료의 특성상 차량운행에 필요한 정확한 연료의 제어를 하게 되면 출력과 연비의 향상뿐만 아니라 강화된 배기규제를 만족할 수 있으리라 기대된다.

3. 대기오염 저감을 위한 차량연료의 최적연소 시스템

3.1 제안시스템 개요

본 논문의 설계는 연료탱크로부터 공급되는 연료를 가속과 감소, 정속주행 및 공회전시 적응적으로 제어하기 위하여 차량의 센서(RPM, MAP, TPS, O2, Water Temp, GAS Temp, Air Temp, GAS Pressure Sensor)로부터 신호를 받아 IDLE상태, 가·감속 상태, 정속주행 상태 등 전 구간에 대하여 엔진으로 공급되어 지는 연료를 정밀하게 제어하여

최적의 상태를 유지할 수 있게 하는 차량용 연료제어장치의 설계를 목적으로 하고 있다.



[그림 4] 설계 구성도

차량에 최적의 연료를 공급하기 위한 제어범위로 다음과 같은 Factor를 사용한다.

- Base Setting

엔진기통수의 설정	3,4,5,6,8 Cylinder
RPM 설정	RPM Signal, Injector Signal
Fuel Meter 설정	Fuel Change Temp 설정
RPM High Mode 설정	Low Pressure Mode 설정
Injector Test Factor	

- O2 Setting

O2 Sensor Type 설정	O2 Sensor 동작 방향 설정
연료의 농후, 희박상태 기준설정	연료의 농후, 희박일 때 보정 대기 시간 설정
연료의 농후, 희박일 때 보정하는 속도 설정	연료의 농후, 희박일 때 보정하는 양 설정

- Acceleration Setting

가속판정 기준값 설정	가속판정을 위한 Reading Time 설정
연료 Cut/Off 기능 설정	연료 Cut/Off 기능 동작 RPM 설정
가속시 일괄보정값 설정	가속시 지연보정값 설정

- MAP Setting

Injector 최소분사값 설정	프로그램상에서 연료를 전환 할 수 있는 Factor
Injector 분사시간/ RPM에 의한 연료보정 MAP	냉각수 온도에 의한 연료보정 Factor
GAS온도에 의한 연료보정 Factor	GAS압력에 의한 연료보정 Factor

- Monitoring

각 Factor에 대한 Display 화면	각종 센서데이터 Display 화면
각 Factor에 대한 수정 작업시 data 전송 모듈	실시간 차량상태 data 및 Chart

참고문헌

- [1] 강현준, “운행차 배기가스 정밀검사 분석 자료를 이용한 정비방법에 대한 연구”, 금오공과대 산업대학원, 2006.
- [2] 안균제, “LPG 자동차에서 배출되는 배기가스 특성에 관한 실험적 연구”, 국민대학교 대학원, 2001.
- [3] 친환경적인 자동차를 만들기 위한 기술개발, 한국과학기술정보연구원, 2005.
- [4] 유전체장벽방전특성을 이용한 자동차 배기가스에서 공해물질 제거효율 개선에 관한 연구, 산업자원부, 2002.



[그림 5] 모니터링 S/W 구성

시험제작 제어 프로그램은 어셈블리 언어를 사용하여 엔진제어유닛(보조 ECU)에 마이콤으로 장착된다. 성능과 배기가스를 종합적으로 고려한 통합 엔진제어프로그램을 개발하기에 앞서 사전 예비시험으로써 기본 기능을 설계하고 이를 엔진 동력계를 통하여 검증함으로써 차후의 실험방법론상의 문제점과 시행착오를 최소화한다. 기본기능은 엔진작동상태를 모니터링하면서 공연비를 1에 맞추어 제어하도록 조정하도록 설정한다. 모니터링은 AD보드와 PC를 이용하여 실행되며 실시간으로 1초에 20회 이상 각종 센서 신호를 받아들여서 엔진의 작동 상태를 분석할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 자동차에의한 배기가스 저감을 위하여 휘발유 또는 경유를 연료로 사용하는 자동차에 LPG/CNG 연료를 사용할 수 있게 구조변경하여 배기가스를 기존의 구조변경 시스템 보다 효율적으로 저감하면서도 출력의 향상을 가져오는 시스템을 연구하였다. 본 실험의 결과 제동소비율 면에서 전용 LPG/CNG엔진대비 MBT 또는 CVS-75 Mode 로 실험하였을 때 100%의 성능향상을 가져 왔으며, Co 배기가스의 경우 Euro 4 기준으로 기존의 1.15에서 1.0 수준으로 저감할 수 있었다. HC의 경우에는 0.15에서 0.1로 낮추었으며, Nox의 경우 0.12g/Km에서 0.08g/Km로 Euro 4 기준에 맞는 배기가스 저감 효과를 가져 왔다.