

연료분사정보 표시장치를 통한 자동차 연비향상 효과에 대한 실험적 연구

고 광 호*

아주자동차대학 자동차제어 및 진단기술전공

A Study on Reduction of Fuel Consumption by Displaying Fuel Injection Data for Drivers

Kwangho Ko*

¹⁾Department of Automotive Control & Inspection, Ajou Automotive College, Chungnam 355-769 Korea
(Received 16 October 2009 / Accepted 28 December 2009)

Abstract : The reduction rate of fuel consumption by showing the fuel injection data for driver was measured in this study. The fuel injection data are composed of injection period, real time fuel economy and average fuel economy. The fuel consumption was measured by processing the voltage signal of injector and driven distance by GPS sensor. The fuel consumption was reduced by driving more carefully, i.e driving more steady without sudden acceleration and deceleration watching these fuel injection data. The reduction rate was up to 37% and the rate increased as the driver is customized to this driving pattern.

Key words : Fuel economy(연비), Eco-drive(친환경운전), Driving pattern(운전패턴), Fuel consumption(연료소모량), injection data(분사정보)

1. 서론

자동차의 연비를 향상시키는 일반적인 방법은 연소효율의 향상, 흡배기 저항 감소, 흡배기계의 음향학적인 튜닝 등이다. 하지만 연비에 큰 영향을 끼칠 수 있는 운전자의 운전패턴에 의한 연비 향상 효과에 대해서는 연구가 미미한 수준이다. 또한, 연료소모 정보를 실시간으로 운전자에게 제공하게 될 경우 연비 향상을 위한 의식적인 운전 패턴 변화에 의한 연비 향상 정도에 대한 연구 역시 전무한 상태이다.

이에 본 연구에서는 가솔린 승용차의 연료분사시간과 주행거리(GPS를 사용하여 측정)를 이용하여 실시간 연비와 일정 주행거리 동안의 누적연비

및 실시간 분사시간을 운전자에게 운전 중 도시하여 운전자가 이 정보를 바탕으로 의식적으로 연비향상을 위해 노력하게 되는 경우 연비향상 정도에 대해 연구해 보았다. 시간에 따른 운전 패턴 변화가 연비향상에 주는 영향의 정도와 차종별 연비향상 정도를 실도로 실험을 통해 비교 분석해 보았다.

가솔린 인젝터 분사신호 파형을 분석하여 분사시간을 측정하고, 이 분사시간에 보정계수를 적용하여 연료소모량을 실시간으로 측정하였다. 주행거리는 GPS를 사용하여 측정한다. 이렇게 측정된 연료분사량과 주행거리를 사용하여 실시간 연비와 주행거리에 따라 누적적으로 평균한 평균 누적연비를 LCD창을 통해 운전자에게 제공하였다.

이러한 연비 정보를 제공받으면서 고속도로를

*Corresponding author, E-mail: kwangho@motor.ac.kr

400km 정도 주행하면서 공인연비와 비교하거나, 주행횟수에 따른 연비 변화 등을 분석해 보았다.

2. 실험장치

연료분사량 측정과 주행거리 측정을 위한 실험장치는 다음과 같다.

2.1 연료분사량 측정

일반적인 가솔린 엔진의 인젝터 회로도도 Fig. 1과 같다. 이 그림에서 인젝터로 연결되는 배선은 두 개이며 이중 한개는 배터리로 연결되고, 나머지 한개는 ECU와 연결된다. 따라서 ECU와 연결된 배선이 접지상태가 될 때에만 인젝터 코일에 전류가 흐를 수 있게 된다. 즉, 이 배선의 전압이 0V로 떨어질 때에만 인젝터가 개방되어 연료가 분사된다.

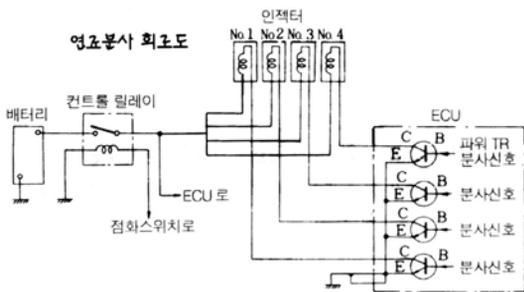


Fig. 1 인젝터 회로도

이렇게 ECU와 연결된 배선의 전압변화를 측정해 보면 Fig. 2와 같은데 그림에서 보듯이 0V로 전압이 강하된 상태로 유지되는 시간이 연료가 분사되는 시간이라 할 수 있다.

이 연료분사시간에 보정인자를 곱하여 연료분사량으로 도출할 수 있을 것이다. 이 보정인자는 차량마다, 동일 차량이라 하더라도 연식이나 주행 거리에 따라 달라질 수 있으며, 배터리 전압, 비동기 동시분사 등에 의해서도 달라질 수 있다. 하지만 어느 정도의 오차를 감안한다면 상당한 수준으로 연료분사량을 추정하는데 사용할 수 있을 것이다. 또한 이런 방식을 취하는 경우 반복적으로 다양한 차종에 대해 실험을 용이하게 수행할 수 있는 장점이 있다.

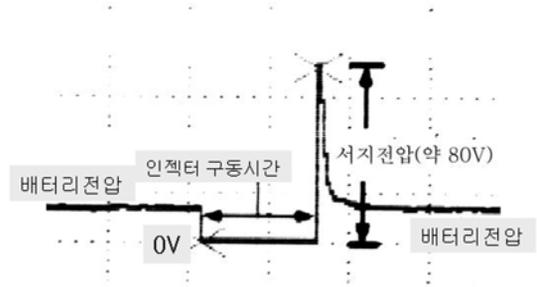


Fig. 2 인젝터 분사과정

Table 1 분사시간별로 측정된 분사량

분사시간 (ms)	1회 분사량(mcc)	
	그랜저 2.5	EF소나타 2.0
2.0	3.489	5.768
3.0	6.627	10.431
4.0	9.625	15.069
5.0	12.646	20.135
6.0	15.401	24.178
7.0	18.625	29.203
8.0	21.516	32.989
9.0	24.414	39.125

본 연구에서는 이러한 방식의 연료소모량 측정을 위해 인젝터 분사시간별 분사량의 관계를 간단한 실험장치를 이용해 측정해 보았다. 즉, 인젝터 단품에 대해 전원을 공급할 수 있는 전원공급기를 연결하고 일정한 연료공급압력을 유지하면서 다양한 분사시간에 대한 연료 분사량을 비이커에 모아 1회 분사에 해당하는 분사량을 측정하는 방식으로 실험을 수행하였다. 그 결과를 위의 Table 1에 표시하였는데, 그랜저(2,500cc) 및 EF소나타(2,000cc)용 인젝터를 시중에서 구입하여 측정하였다.

Table 1에서와 같이 분사시간을 2.0ms에서 9.0ms까지 1.0ms 단위로 증가시키면서 1회 분사당 분사량을 측정하였는데, 분사시간에 대한 분사량의 관계를 알아보기 위해 분사시간에 대한 분사량 그래프를 아래의 Fig. 3과 Fig. 4에 도시하였다.

분사시간이 증가할수록 1회 연료분사량이 완만하게 증가하는 포물선 형태의 그래프가 일반적이거나 본 연구에서처럼 급가감속없이 완만한 주행의 경우 분사시간의 범위가 2~9ms 정도이고, 이 정도의 범위에서는 아래 그래프에서 확인할 수 있는 것처럼 분사

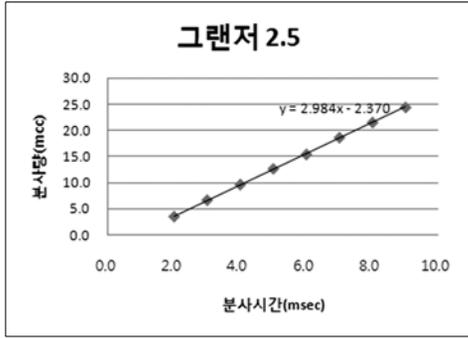


Fig. 3 분사시간에 대한 분사량의 변화(그랜저)

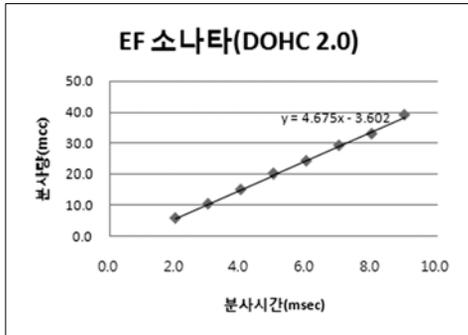


Fig. 4 분사시간에 대한 분사량의 변화(EF소나타)

시간에 대한 분사량은 거의 선형의 관계를 가진다.

이 직선의 기울기가 3 ~ 4(mcc / mL) 정도이며 이 직선을 연장했을 때 y절편에 해당하는 값이 음의 값을 가진다. 이는 1ms 정도의 분사시간에 대해서는 분사가 되지 않음을 의미하는데, 인젝터 솔레노이드 코일에 전류가 흐르는 통전시간이 지나치게 짧을 경우 코일 자화에 필요한 시간이 부족하고 니들 밸브가 이 전자력에 의해 상승하는데 필요한 최소한의 전자력 및 소요시간 요건을 충족시키지 못하는 영역이기 때문이다.

또한 분사시간이 극히 짧은 경우하 정속주행에서도 대부분의 차량에서 분사시간이 2ms 정도의 값을 보이기 때문에 1ms 부근에서의 연료분사량에 대한 고려는 본 연구에서는 불필요한 것으로 사료된다.

본 연구에서와 같이 2 ~ 9ms 정도의 연료분사구간에서의 연료분사량 계산식은 다음의 식 (1)과 같이 표시할 수 있는데, 연료분사시간을 인젝터 분사 파형에서 전압센서로 측정된 후 보정계수 A, B를 적용하여 계산한다.

$$\text{연료소모량[ml]} = A \times (\text{분사시간[ms]} - B) \quad (1)$$

위 식에서 A, B에 해당하는 값은 분사량 측정 시험에서 분사시간-분사량 관계의 기울기 및 y절편에 해당한다. 이러한 방식의 경우 연료소모량 측정을 위한 고가의 유량계를 사용할 필요가 없고, 본 실험의 특성상 장시간 주행하는 반복적인 실험의 경우 편리하게 사용할 수 있어 채택하게 되었다.

다만 이 방식의 정밀도를 확인하기 위하여 서해안 고속도로의 광천~목포 구간을 왕복 운행하여(주행거리 약 400km) 차량의 중량 변화(연료소모량)를 측정하여 이 방식으로 계산한 연료소모량과 비교하였는데, 그 실험 결과는 아래의 Table 2와 같다.

차중변화와 사용연료의 비중 0.73을 이용하여 계산한 연료소모량(리터)과 분사파형을 이용한 연료소모량이 거의 일치함을 알 수 있다.

Table 2 연료소모량 비교 (중량변화 vs. 분사파형)

No.	중량변화 (kg)	실측연료 소모량(L)	분사파형연료 소모량(L)	실측치 -----(%) 분사파형
1	15.5	21.23	21.48	98.8
2	15.4	21.10	21.35	98.8
3	15.6	21.37	21.52	99.3

2.2 분사량 도시장치

본 연구에 사용된 분사량 및 연비 도시장치를 Fig. 5에 나타내었다. 이 장치에는 GPS가 장착되어 차량의 주행거리를 측정할 수 있고, 위에서와 같은 방법으로 보정계수를 이용하여 분사시간을 분사량으로 환산하여 연비를 표시할 수 있다.

주행거리에 따른 평균 연비값과 실시간 연비값을 숫자로 표시하였고, 연료분사시간은 히스토그램으로 표시하여 운전자에게 연료소모량, 연비의 변화 등을 알릴 수 있도록 고안하였다. 특히 퓨얼컷(fuel-cut) 구간에서는 분사시간 히스토그램이 0으로 떨어지고, 실시간 연비는 99.99km/L를 표시하도록 하여 운전자가 퓨얼컷 영역을 잘 알도록 하여 내리막길 연료차단 관성주행과 같은 경제운전을 자연스럽게 할 수 있도록 유도하였다.

운전자가 가속페달을 밟는 정도에 따라 분사시간 히스토그램과 연비가 실시간으로 변동되는 것을 운

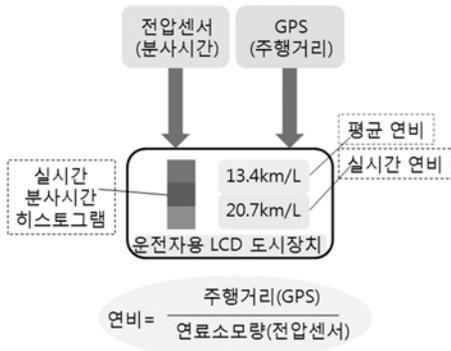


Fig. 5 분사량 및 연비 표시 장치

전자가 알 수 있기 때문에 퓨얼컷 영역뿐만이 아니고 연료분사시간이 짧은(연료소모율이 낮은) 영역에서 정속 주행을 하도록 자연스럽게 유도할 수 있는 것으로 판단된다.¹⁾ 또한 분사시간 히스토그램을 4ms 간격으로 녹색, 청색, 적색으로 구분하여 분사시간이 증가하면 히스토그램의 높이 역시 증가하면서 색상이 “녹색 → 청색 → 적색”의 순서로 도시되게 하였다. 적색 영역은 연료소모량이 많은 영역이라는 것을 인지시켜, 될 수 있으면 분사시간이 낮은 영역에서 운전하도록 유도할 수 있다.

위 LCD 도시장치를 운전자가 잘 볼 수 있는 위치에 장착한 후 운전자가 연비의 변화와 실시간 연료소모량을 의식하면서 운전 패턴이 변화하게 되는데 이러한 운전자의 심리적 변화와 운전 패턴의 변화에 의해 연비가 어떤 영향을 받는지 관찰해 보았다.

2.3 주행도로 및 연료소모량 측정 장치

위 도시장치를 장착하고 주행한 주행도로를 Fig. 6에 도시해 두었다. 서해안고속도로를 이용해 광천-목포 왕복주행을 실시하였는데, 중간에 쉬게 되는 휴게소에서 동일한 시간대에 동일한 휴식시간을 가지도록 하여 실험 오차를 최소화하였다.

동일한 운전자가 본 LCD 도시장치가 없는 상태로 운전한 후, 동일한 도로를 LCD 도시장치를 보면서 운전하여 연비변화를 측정하였다. 평균속도를 비슷한 수준으로 유지하여 속도에 의한 연비변화 정도를 최소화하였으며, 기상조건 등도 유사한 조건에서 본 실험을 실시하였다.

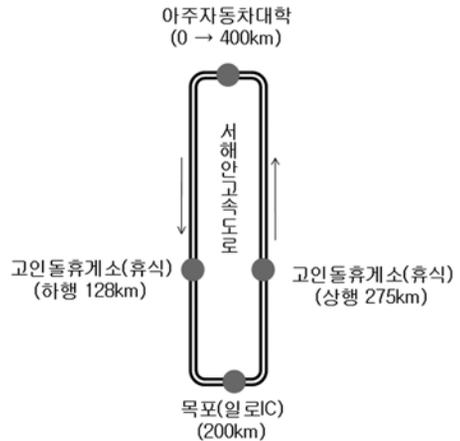


Fig. 6 실도로 주행조건

3. 실험결과 및 분석

3.1 연료분사정보 표시 전후의 연비시험

앞서 설명한 연료분사정보 표시장치(LCD 도시장치)와 고속도로 주행을 통한 연비 시험을 실시한 결과 Table 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

본 시험결과는 동일한 차량을 동일한 운전자가 동일한 도로조건에서 운전하면서 연료분사 정보(실시간연비, 분사시간 히스토그램)에 운전자가 노출되는 여부만 달리한 실험 결과이다. 그리고 평균속도를 살펴보면 93 ~ 94km/h 정도로 거의 비슷한 수준이다.

실험결과를 살펴보면 연료분사정보를 운전자가 보지 못한 채로 주행하는 경우 연비는 11.3km/L 정도이고, 연료분사정보를 운전자가 보면서 운전하는 경우 15.7km/L 까지 연비가 향상되는 것을 알 수 있다.

Table 3 연료분사정보 표시장치 장착 여부에 따른 연비의 변화 측정 결과

장착 여부	주행거리 [km]	평균속도 [km/h]	연비 [km/L]
장착 전	397.2	93.5	11.37
장착 후	397.2	94.1	11.95(5.1% ↑)
	397.2	92.8	14.87(30.8% ↑)
	397.5	93.2	15.27(34.3% ↑)
	397.3	93.6	15.68(37.9% ↑)

*시험차량 : NF소나타(2000cc, A/T, 2005년식)

운전자가 연료분사정보를 보면서 운전하는 횟수가 증가할수록 연비가 더욱더 향상되는 것을 알 수 있다. 연비 향상율을 계산해 보면 약 38% 정도까지 연비가 향상됨을 알 수 있었다. 이는 운전자가 연료분사정보인 연료소모량, 연비 등을 의식하면서 운전하는 경우 좀 더 신중하게 운전하게 되어 연비가 향상되고, 이는 횟수가 증가할수록 운전패턴이 익숙해지면서 연비가 더욱 향상되는 것으로 사료된다.¹⁾

특히 퓨얼컷 영역을 운전자가 운전 중 실시간으로 직접 확인할 수 있기 때문에 내리막길 관성 주행을 활용하게 되고, 연료분사시간이 낮은 영역에서의 정속주행 위주로 운전하게 된다. 또한 브레이크를 작동하는 경우 다시 가속할 때 분사시간 히스토그램이 급격히 증가하면서 적색으로 도시되기 때문에 잦은 가감속이나, 급가속과 같이 연료소모율이 높은 형태의 운전을 피하게 된다.²⁾

이상과 같은 과정을 통해 운전자가 자연스럽게 경제운전을 할 수 있게 되고, 이러한 과정이 반복되면서 좀 더 연비가 향상되는 결과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다.

3.2 공인 연비와의 비교

좀 더 다양한 차종의 연비시험 결과를 얻기 위하여 다양한 차량에 연료분사정보 표시장치를 장착하고 고속도로 주행을 실시하여 해당 차종의 공인연비와 실제 연비를 비교해 보았다. Table 4에 그 결과를 표시하였는데 총 10개 차량에 대해 동일한 고속도로 주행시험을 실시한 결과이다.

Table 4 연료분사정보 표시장치 장착 시 공인연비와의 비교시험 결과

차종	배기량 (cc)	연식	승차 인원	공인 연비 (km/L)	측정 연비 (km/L)	연비 향상율 (%)
ES330	3300	2004	3	10.2	13.1	28.8
소나타3	2000	1996	2	10.9	13.7	25.5
NF소나타	2000	2006	3	10.8	16.6	53.8
EF소나타	2000	2001	5	10.8	14.8	36.8
칼로스	1500	2002	3	14.2	15.6	10.2
NF소나타	2000	2005	1	10.7	13.3	24.4
에쿠스	3000	2001	3	7.5	13.4	78.6
세피아	1500	1996	4	12.4	13.8	11.5
그랜저XG	2500	2000	4	8.5	12.1	41.8

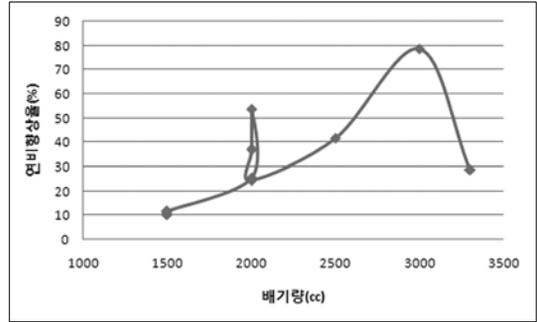


Fig. 7 배기량별 연비향상율의 변화

모든 차량에서 공인연비보다 연비가 향상됨을 알 수 있고, 배기량이 증가할수록 향상율도 증가하는 경향을 보이는 것으로 판단되는데, 이는 배기량별로 위 데이터를 정렬하여 그래프로 표현한 위의 Fig. 7에서 확인할 수 있다. 즉 1500cc에서 3000cc 까지 배기량이 증가하면서 연비향상율도 증가하는 경향을 보인다. 물론 3300cc에 해당하는 데이터는 경향에서 벗어나는 것으로 보이나 이 경우에도 1500cc 차량에 비해서는 연비향상 효과가 큰 것으로 측정되었다.

공인연비의 경우 LA-4 모드와 같이 시가지 주행 모드를 채택하고, 운전자 1인만 탑승한 상태에서 연비를 측정하기 때문에 일반적으로 고속도로 주행 연비가 더 좋게 나온다.^{3,4)} 그러나 본 시험의 경우 승차 인원이 3~4명 정도는 되기 때문에 연비 측면에서는 불리한 조건에서 주행하였다고 판단되는데, 특히 에쿠스(3000cc) 차량의 경우 3명의 승차인원으로 주행하여 공인연비 대비 70% 이상의 연비향상을 나타내므로 연료분사정보에 운전자가 노출되는 경우 연비가 어느 정도는 향상되는 것으로 판단할 수 있다.

그러나, 앞에서 언급했듯이 공인연비와의 비교를 통해 연비가 향상된다는 결론에는 다소 무리가 있고, 다만 배기량이 증가할수록 연비가 향상되는 정도가 증가하는 경향이 있다는 정도의 결론은 타당한 것으로 사료된다. 추후 본 도시장치의 유무에 따른 다양한 차종의 연비 변화를 측정하여 연비 향상 정도에 대한 연구를 진행할 예정이다.

4. 결론

1) 본 연구에서는 연료 분사시간, 실시간 연비 및 누

적평균연비를 도시할 수 있는 장치를 운전 중에 운전자가 확인하면서 운전하는 경우의 연비 향상 효과를 실험적으로 측정해 보았다.

- 2) 연료분사정보는 ECU가 제어하는 인젝터 신호선의 전압 변화로 계산되는 연료분사시간으로 표현하였으며, 이 시간과 연료소모량이 비례함을 이용하여 연료소모량을 용이하게 측정할 수 있었다.
- 3) 이러한 연료 분사정보를 운전자가 인식하면서 운전하는 경우 연비가 향상되고, 운전하는 횟수가 증가할수록 연비가 향상되는 정도도 증가하였는데 2000cc 가솔린 승용차의 경우 최대 38% 정도까지 연비가 향상하였다.
- 4) 다양한 차종에 대해 고속도로 주행연비를 측정 한 결과 대형 차종일수록 연비향상 효과가 높아지는 경향이 있음을 확인할 수 있었다.

후 기

이 논문은 2010년 아주자동차대학(산학협력단)의 연구지원을 받아 수행된 연구임.

References

- 1) A. Saito, "Analysis of CO₂ Reduction Mechanism by Eco-Driving with Light Duty Diesel Freight Vehicle in Real Traffic Conditions," SAE 2008-01-1304, 2008.
- 2) H. Maji, "Effects of Eco-drive Activity on Improvement in Fuel Economy and Reduction in Traffic Accidents," Proceedings for 2006 JSAE Annual Congress, No. 20065133, 2006.
- 3) Y. G. Lee, "Study of Cause Analysis about Fuel Economy Difference between Phase1 and Phase3 on the FTP-75 Mode," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.214-222, 2008.
- 4) J. S. Sa, N. H. Chung and M. H. Sungwoo, "Experimental Analysis of Driving Patterns and Fuel Economy for Passenger Cars in Seoul," Int. J. Automotive Technology, Vol.4, No.2, pp.101-108, 2003.