

# MAF 값을 이용한 주행 연비 분석

이민구<sup>0</sup>, 박용국, 정경권, 유준재, 성하경  
전자부품연구원

[emingoo@keti.re.kr](mailto:emingoo@keti.re.kr), [ykpark@keti.re.kr](mailto:ykpark@keti.re.kr), [contlab@naver.com](mailto:contlab@naver.com)

## The Analysis for Fuel Efficiency using MAF Value

Min Goo Lee<sup>0</sup>, Yong Guk Park, Kyung Kwon Jung, Jun Jae Yoo, Ha Gyeong Sung  
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

### 요 약

본 논문은 친환경 운전(Eco Driving)에 대한 사회적, 기술적 관심이 고조되고 있는 현 상황에서 차량에서 제공하는 차량 정보 가운데 MAF 센서 값을 이용하여 차량의 주행 연비를 추정하고자 하였다. MAF는 화학반응에서 연료 1g당 혼합되는 공기의 양을 의미하며, g/s의 단위를 사용한다. 휘발유 차량의 경우 엔진 ECU에서 폐회로 제어를 통해 혼합비를 14.7:1로 일정하게 유지하는 동작을 수행하므로 우리는 MAF 값을 통해 차량의 주행 연비 추정이 가능하다. 본 논문에서는 국내에서 생산중인 차종들에 대해 MAF 값을 이용한 실제 주행 테스트 수행하였으며, 이에 대한 연비 결과를 종합적으로 비교 분석하였다.

### 1. 서 론

차량정보를 운전자에게 실시간으로 제공해줌으로 운전을 더욱 효율적으로 유도할 수 있는 시스템에 대한 연구는 지속적으로 수행되고 있다. 이때 관련된 해당 차량정보로는 주행거리, 주행속도, 주행시간, 연료소모량, 주행 연비, 연료비용, 탄소배출량 등 다양한 값들이 그 대상으로 더욱 확장되어 고려되고 있다.

이 가운데 본 논문은 주행연비 정보에 초점을 맞추어 운전자에게 실시간으로 해당 정보를 제공해 줌으로 운전자가 연비측면에서 더욱 효율적인 운전을 유도할 수 있음이 가능해짐 보여주고자 한다

즉, 운전자에게 실시간으로 주행 차량의 연비정보를 제공함으로 운전자가 연비측면에서 가장 효율적인 주행상태에 수렴한 운전을 유도할 수 있는 시스템의 출현을 기대할 수 있다

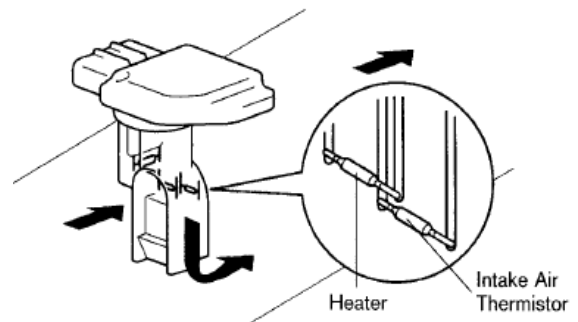
차량이 소비하는 실시간 주행연비를 알기 위해서는 엔진에 공급되는 연료량을 결정해야 하고 이를 위해서는 엔진에 들어오는 공기량을 알아야 할 필요가 있다. 즉, 차량의 ECU(Engine Control Unit)는 센서 신호를 통해 공기의 공급량을 감지하고 그에 따라 연료량을 제어하기 때문이다.

구체적으로 엔진에 공급되는 공기량을 알 수 있는 방법 중의 하나가 흡기관에 작용되는 흡기부압을 측정하여 흡입되는 공기량을 간접적으로 계산하는 방법인 MAP (Manifold Absolute Pressure)와 또 다른 방법으로는 엔진에 흡입되는 공기의 질량을 직접 측정하는 방법인 MAF (Mass Air Flow)이다.

MAP를 이용하는 방법은 온도가 높거나 고도가 높은 조건에서는 기억되어 있는 공기의 밀도나 흡입효율이 실제와 차이를 보이므로 계산 결과의 정확성이 떨어지는데 반해, MAF를 이용하는 방법은 온도나 고도

의 변화에도 더 정확한 결과치를 제공할 수 있게 된다. 따라서 본 논문에서는 MAF 센서 데이터를 기반으로 차량의 연비를 분석하고자 하였다

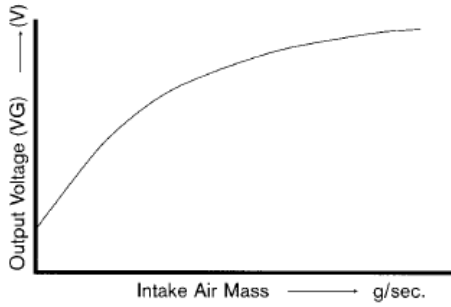
MAF 센서는 엔진에 공급되는 공기의 양을 전압 값으로 변환한다. 공기의 흐름을 센싱하는 센서는 Throttle Body 부근이나 Intake Manifold 부근에 장착되어 엔진에 공급되는 공기량을 센싱하게 되며, MAF 센서의 주요 구성품은 Thermistor, Platinum Hot Wire, Electronic Control Circuit 으로 구성된다[1-2].



<그림.1> MAF 센서

Thermistor가 입력되는 공기의 온도를 측정하고 측정된 온도에 따라 Electronic Control Circuit에 의해 Hot Wire가 일정한 온도로 유지된다. 이때 공급되는 공기의 양이 증가하게 되면 Hot Wire는 더욱 빠르게 열을 잃게 되고 Electronic Control Circuit은 이를 보상하기 위해 더욱 많은 양의 전류를 보내게 되며 전류의 흐름 량에 비례하여 전압 신호를 출력하게 되는 동작원리를 가지고 있다

MAF 센서 공기량과 출력 전압과의 관계는 <그림.2>와 같다[1].



<그림.2> MAF 센서의 공기량 vs 출력 전압

2. MAF를 통한 차량연비 추정 방법

공기와 연료의 질량비를 공연비라고 하는데 이 값은 엔진의 출력과 연비 등에 큰 영향을 미치며 가솔린 차량의 경우 이론적으로 이상적인 공연비는 14.7:1로 보고 있다. 차량의 ECU(Engine Control Unit)는 센서 신호를 통해 공기의 공급량을 감지하고 그에 따라 연료량을 제어하게 된다

MAF는 화학반응에서 연료 1g당 혼합되는 공기의 양으로 단위는 g/s이다. 휘발유의 경우는 엔진 ECU에서 폐회로 제어(closed loop control)를 통해 혼합비를 14.7:1로 일정하게 유지하는 동작을 한다

여기서 MAF를 이용한 연료소모율(Fuel Rate)  $FR_i [Liters/s]$ 는 식(1)과 같다.

$$FR_i = \frac{MAF_i [g/s]}{AF_{ratio} \times \rho_{fuel} [g/ml] \times 1000 [ml]} \quad (1)$$

여기서  $AF_{ratio}$ 는 연료공기혼합비(air-to-fuel stoichiometric ratio, 14.7)이고,  $\rho_{fuel} [g/ml]$ 는 연료의 비중으로 휘발유는 0.74[g/ml], 디젤은 0.85[g/ml]이고,  $i$ 는 시간구간이다.

순간 연료소모량(Fuel Consumption)  $FC_i [Liters]$ 는 식(2)와 같다.

$$FC_i = \frac{MAF_i}{AF_{ratio} \times \rho_{fuel} \times 1000 [ml]} \times \Delta t \quad (2)$$

여기서  $\Delta t$ 는 차량정보 측정시간으로 0.5초이다. 주행중 전체 연료 소모량(Total Fuel Consumption)  $TFC [Liters]$ 은 식(3)과 같이 전체 운행 시간  $T$ 초 동안 순간 연료소모량의 총합으로 구할 수 있다.

$$TFC = \sum_{i=0}^T FC_i \quad (3)$$

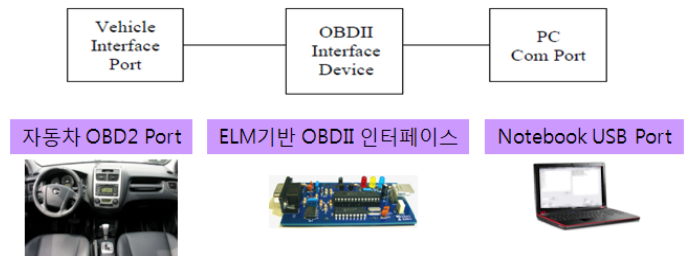
연비(Mileage)는 식(4)과 같이 총이동거리  $D [km]$ 와 총연료소모량을 이용한다

$$\begin{aligned} \text{연비} [km/L] &= \frac{D}{TFC} \\ &= \frac{\sum_{i=0}^T v_i \times \Delta t}{TFC} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $v_i [km/h]$ 는 시간구간  $\Delta t$ 에서의 차량 속도이다.

3. 테스트 환경

본 논문에서는 MAF를 통한 연비측정을 위해 <그림.3>과 같이 OBD-II 인터페이스를 이용하여 테스트환경을 구성하였다. OBD-II 인터페이스를 통해 획득된 MAF 정보를 이용하여 연료 소모량을 계산하고 속도를 이용하여 이동 거리를 구하였다



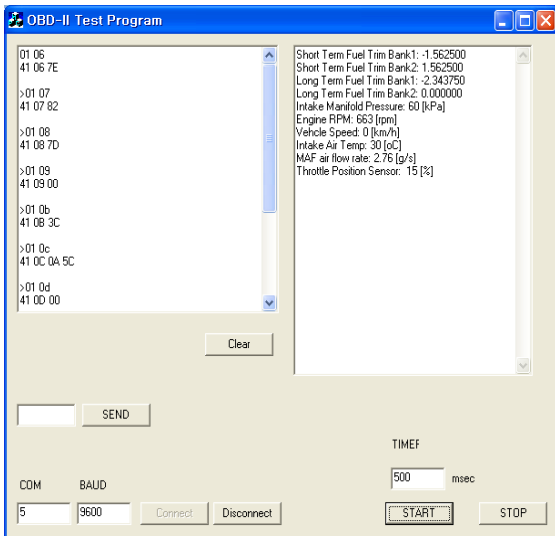
<그림.3> 테스트환경 구성

OBD-II PID는 차량에 정보를 요청할 때 사용되는 코드로 본 논문에서 사용한 PID는 <표.1>과 같으며 차량의 OBD-II 정보는 Mode와 PI를 이용하여 접근이 가능하다.

<표.1> 사용된 PID

Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	Units
01	06	1	Short term fuel % trim—Bank 1	%
01	07	1	Long term fuel % trim—Bank 1	%
01	08	1	Short term fuel % trim—Bank 2	%
01	09	1	Long term fuel % trim—Bank 2	%
01	0B	1	Intake manifold pressure	kPa
01	0C	2	Engine RPM	rpm
01	0D	1	Vehicle speed	km/h
01	0F	1	Intake air temperature	°C
01	10	2	MAF air flow rate	g/s
01	11	1	Throttle position	%

실증 테스트 환경 구축을 위해 ELM 기반의 OBD-II 인터페이스는 비동기식 직렬 통신 방식으로 PC와 차량 OBD-II 포트 사이에 연결하였다. 노트북에 설치되는 측정 프로그램은 <그림.4>와 같다.



<그림.4> 테스트 프로그램

통신포트와 통신속도(38,400bps)를 설정하고 0.5 초마다 Query를 보내고 차량 정보를 수신한다 프로그램의 좌측에 표시되는 데이터 값은 OBD-II 인터페이스를 통해 송수신 되는 메시지의 가공하지 않은 요청/응답 데이터(Raw Data)를 나타내고 있으며 우측의 변환정보 표시부분은 Raw Data를 공식에 의해 환산된 실제 값(Real Data)을 나타내고 있다.

본 논문에서는 제네시스 3.3(2009연식, 자동변속, 가솔린)차량을 이용하여 <그림.5>와 같이 주행경로 총 13.5Km(도심+ 교외환경)를 주행하면서 차량 정보를 측정하고 주행연비를 분석하였다



<그림.5> 주행 테스트 코스(A)

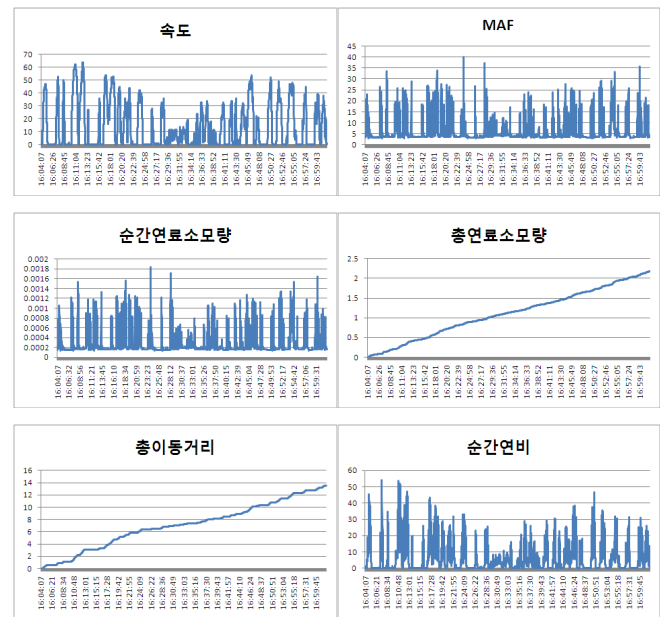
본 논문에서는 그랜저 TG 2.7(2009연식, 자동변속, 가솔린) 차량을 이용하여 <그림.6>과 같이 주행 경로 총 5Km(교외환경)를 주행하면서 차량 정보를 측정하고 주행연비를 분석하였다



<그림.6> 주행 테스트 코스(B)

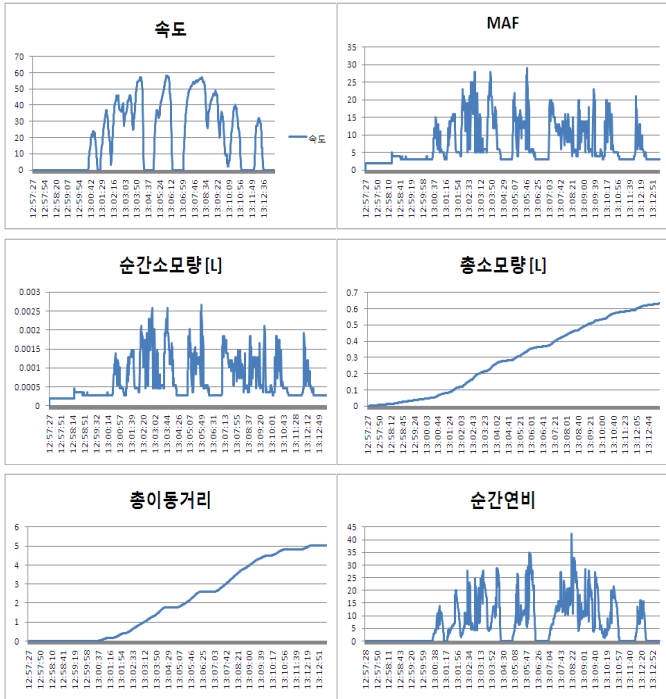
#### 4. 테스트 결과

본 논문에서 제네시스 3.3(2009연식, 자동변속, 가솔린) 차량에 대해 주행 코스(13.5Km)를 테스트한 결과를 속도, MAF, 순간연료소모량, 총연료소모량, 총이동거리, 순간연비 순으로 다음과 같이 측정분석하였다.



<그림.6> 제네시스 3.3 주행 테스트 결과

본 논문에서 그랜저 TG 2.7(2009연식, 자동변속, 가솔린) 차량에 대해 주행 코스(5Km)를 테스트한 결과를 속도, MAF, 순간연료소모량, 총연료소모량, 총이동거리, 순간연비 순으로 다음과 같이 측정분석하였다.



<그림.7> 그랜저 TG 2.7 주행 테스트 결과

5. 결론

본 논문에서 우리는 OBD-II 인터페이스를 통해 제공되는 MAF라는 차량정보를 이용하여 제네시스 3.3 차량과 그랜저 TG 2.7 차량에 대해 두 가지 주행경로(15.3Km, 5Km)에 대한 순간연비와 누적연비 추정이 가능함을 실험을 통해 살펴보았다

본 실험을 통해 제네시스 3.3 차량에 대해 측정된 MAF 값을 바탕으로 연비를 추정한 값과 실제 주유량을 측정하여 연비를 계산한 주행연비 결과를 분석하여 정리하면 <표.2>와 같다.

<표.2> 제네시스 주행연비 분석표

항 목	제네시스 3.3
총이동거리 [km]	13.5
총연료소모량(L)	2.18
MAF연비 [km/L]	6.21
실제주유량 [L]	2.09
주유연비 [km/L]	6.47
오차	0.04

제네시스 3.3 차량에 대해 MAF 값을 이용해 13.5Km 구간에 대해 주행연비(6.21Km/L)를 추정한 값이 실제 주유소에서 주유량을 측정하여 이동거리를 통해 계산한 주행연비(6.47Km/L)와 약 4% 이내의 오차를 가지고 추정할 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

추가적으로 그랜저 TG 2.7 차량에 대해 측정된 MAF 값을 바탕으로 연비를 추정한 값과 In-Vehicle CAN 정보(연료 분사량 정보)를 활용하여 주행연비를 계산한 결과

를 기준으로 계산한 주행연비 등을 분석하여 정리하면 <표.2>와 같다.

<표.3> 그랜저 TG 주행연비 분석표

항 목	MAF 추정치 (OBD-II 정보)	실제 분사량 (In-Vehicle CAN 정보)
총이동거리 [km]	5	5
총연료소모량 [L]	0.632	0.600266
연비 [km/L]	7.911	8.33

그랜저 TG 2.7 차량에 대해 MAF 값을 이용해 5Km 구간에 대해 주행연비를 추정한 값(7.911Km/L)이 In-Vehicle CAN을 통한 연료 실제 분사량 정보를 활용하여 이동거리를 통해 계산한 주행연비(8.33Km/L)와 약 5%의 오차를 가지고 추정할 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

본 논문에서 우리는 OBD-II 인터페이스를 통해 차량에서 제공되는 MAF 값을 이용하여 차량의 주행연비를 추정한 값이 일반적으로 실제 주행연비라고 할 수 있는 두 가지 경우 즉, 1)실제 주유량을 측정하여 주행연비 계산한 값 2)In-Vehicle CAN을 통한 실제 연료 분사량 정보를 활용한 주행연비 계산 등의 값과 비교하여 약 5% 이내의 오차를 가지고 추정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 살펴보고자 했던 연비에 관한 측면은 어떤 차가 연비가 더 좋고 나쁜지에 대한 부분이 아니고, MAF 값으로 추정한 연비 값이 실제 연비와 비교하여 적은 오차범위 내에서 예측 가능함을 입증하는데 초점이 맞추어 연구가 수행되었다 즉, 본 논문에서 제안한 두 차종에 대한 주행연비는 실험에서 구비된 주행환경에 한해서 측정된 한정된 경우의 연비이고 일반적인 경우의 연비가 아님을 밝혀두고자 한다

추후 연구로는, RPM, TPS 등의 차량의 기본 정보들과 주행연비와의 연관성을 도출함으로 RPM, TPS 등과 주행연비와의 연관 알고리즘(수식 등)을 유도하고자 한다. 나아가 유도된 알고리즘들의 실제 반복되는 주행 테스트를 통한 더욱 정밀한 관계를 유도할 수 있는 방안에 대한 연구를 진행하고자 한다

[참 고 문 헌]

[1] “AIR FLOW SENSORS“, Toyota Motor sales, pp.1-2, 2000년  
 [2] Jim Bates, “Getting The Flow Of MAF Sensors”, WELLS Counter Point, Volume 3 Issue 2, pp.1-3, 1999년