

승용차의 도심 주행패턴에 관한 연구

정 남 훈 · 이 우 택 · 선 우 명 호*

한양대학교 자동차공학과

A Study on the Driving Patterns for Passenger Car in the Metropolitan Area

Namhoon Chung · Wootak Lee · Myoungho Sunwoo*

Department of Automotive Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received 24 July 2002 / Accepted 18 October 2002)

Abstract : Vehicle emission is one of the major sources of air pollution, and provides some undesirable effects on the atmospheric environment and human health. In this study, the driving data were recorded during road tests in Seoul metropolitan area, and analyzed by statistical techniques. The objective of the study is to analyze the driving patterns of passenger car that influence on emissions in urban driving. The results show that the average speed is around 29.2 km/h, and the average fuel economy is 10.23 km/ℓ. The vehicle speed of Seoul metropolitan area is slower, and the stop-and-go operation is more frequent than CVS-75 test mode which is used for emission and fuel economy test.

Key words : Driving pattern(주행패턴), Fuel economy(연비), 4 mode(4 모드), MOSS(Mode Survey System), CVS-75(CVS-75 모드)

1. 서 론

자동차 산업은 기계기술과 전기·전자기술의 집약체로써 국민소득 향상과 함께 자동차 보유대수가 점차 증가하여 왔다. 또한, 자동차시장의 개방화 추세와 소비자의 소비성향 변화는 국내외 자동차업체들 간에 치열한 경쟁을 유발시키고 있다. 자동차는 1960년대 말부터 환경규제의 대상이 되어 왔으며, 최근 자동차의 급격한 증가는 대도시의 대기오염을 심화시키고 있다. 따라서 자동차업체들은 급변하는 시장상황에 능동적으로 대처하기 위하여 자동차의 배기성능 향상에 노력을 기울이고 있다. 특히 선진 각국의 연비 및 배기가스 규제를 만족시키고 소비자의 기대에 부응하기 위한 자동차 성능시험의 중

요성은 점점 증대되고 있다. 우리나라에서는 승용차의 연비 및 배기성능 시험시 CVS-75시험모드를 사용하고 있으나 이는 1972년도 미국 LA시의 주행패턴에 의거하여 작성된 것으로 미국에서도 모드시험을 통하여 구한 모드연비(EPA fuel economy)와 실제 자동차주행시 나타나는 실연비(road fuel economy)와의 차이를 보상할 수 있는 수정계수(adjustment factor)를 도입하여 연비를 표시하고 있는 실정이다. 이 연구에서는 서울시 승용차의 주행시험을 통하여 획득한 주행자료를 통계적으로 분석하여 미국의 CVS-75시험모드의 분석결과와 비교하며, 또한 1993년도에 한국에너지기술연구원에서 수행된 연구결과¹⁾와 비교하여 현재 우리나라에서 시행되고 있는 연비 및 배기성능 시험모드의 개선방향의 기본 자료로 제시하고자 한다.

*To whom correspondence should be addressed.
msunwoo@hanyang.ac.kr

2. 시험차량 주행노선의 선정

서울시 승용차의 주행특성을 분석하기 위하여 실차 주행시험을 실시하였다. 주행자료 획득을 위한 주행코스는 한국에너지기술연구원이 표준연비 산정을 위하여 선정한 도로 중에서 운전자의 도로이용 목적이 비교적 명확한 세 곳을 선정한다. 주행노선 현황은 Table 1에 나타내었으며, 노선도는 Fig. 1과 같다.

Table 1 Test driving routes

모드	주행 경로	거리(km)
출퇴근모드 (SD)	양재→한남→을지로→남대문	15.1
도심순환모드 (SM1)	한양대→강변북로→한남대교→동대문→마장동→한양대	18.8
고속화도로 (SM2)	삼성동→분당	22.1

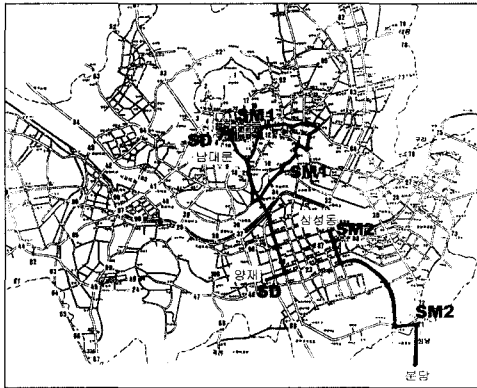


Fig. 1 Driving routes

3. 시험장치 및 시험방법

3.1 시험차량 및 센서

주행시험에 사용된 차량은 현대자동차의 소나타 III 2.0 DOHC, 수동변속기와 ABS가 장착된 차량이다. 시험차량의 주행자료를 계측하기 위하여 Table 2와 같은 신호들을 측정토록 한다. 현재 연결된 기어의 단수를 계측하기 위하여 변속레버 아래에 스위치와 광형식의 옵티컬센서를 사용하고, 운전자의 제동페달 작동여부를 측정하기 위하여 제동등 신호를 인출하며, 클러치페달의 작동여부를 측정하기

Table 2 Sensor type and mounting position

측정량	센서장착위치	센서형식
기어위치	변속레버	Optical sensor
브레이크작동	제동등	Switch
클러치페달작동	클러치페달	Optical sensor
가속페달작동	ECU C19 pin	TPS
차속	후륜	Magnetic pick-up
기관회전수	ECU C21 pin	CAS
연료소비량	ECU B1 pin	Injection signal

위하여 광센서를 사용한다. 또한 TPS(Throttle Position Sensor) 신호로부터 가속페달의 작동상태를 측정하고, 차량속도는 ABS(Anti-skid Brake System)의 휠스피드센서 신호를 사용하며, 기관회전수는 CAS(Crank Angle Sensor) 신호를 이용한다. 연료소비량을 계측하기 위하여는 인젝터 구동신호를 이용한다. 시험에 사용된 센서의 형식과 장착위치는 Table 2와 같다.

3.2 시험장치

차량의 주행특성 분석을 위하여는 실제로 주행시험을 수행하여 도로사정 및 교통환경에 따른 시험차량의 주행데이터를 획득하여야 한다. 이를 위하여 이 연구에서는 시험차량에 장착된 각종 센서와 ECU(Engine Control Unit)로부터 출력되는 신호를 입력받아 신호처리 후 PC로 데이터를 전송할 수 있는 실차용 주행자료 수집장치인 MOSS(Mode Survey System)를 개발하였다. Fig. 2는 MOSS의 개략도를 나타내며, MOSS는 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있다.

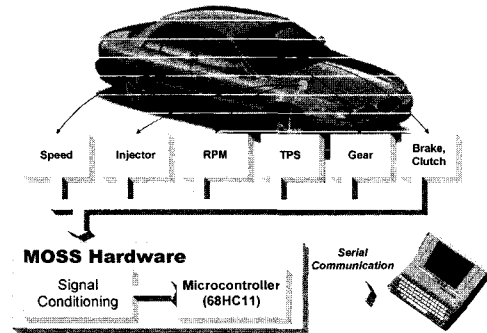


Fig. 2 MOSS schematic

3.2.1 하드웨어

MOSS의 하드웨어는 신호처리장치와 자료획득 장치로 구성된다.

3.2.1.1 신호처리장치

신호처리장치는 시험차량에 장착된 각종 센서 및 ECU로부터 입력받은 신호를 자료획득장치에 안정적으로 제공하는 장치이다. 이 장치는 내장된 배터 리로부터 전원을 공급받아 신호처리장치, 자료획득 장치 및 센서에 필요한 $\pm 12V$, $+5V$ 등 세 종류의 전 원을 공급하며 최대 10시간 사용이 가능하다.

3.2.1.2 자료획득장치

신호처리장치로부터 제공된 각종 센서신호는 0.125초의 주기로 샘플링된 후에 8바이트의 데이터 패킷 단위로 저장된다. 사용된 8비트 마이크로컨트롤러는 모토롤러사의 68HC11이다. 데이터의 저장 을 위하여는 시스템의 단순화를 고려하여 달라스사의 512바이트램(RAM)인 DS1250을 사용한다. 또한, 사용자 인터페이스를 위하여 액정디스플레이 (LCD)를 메모리맵(memory map)에 할당하였으며, 백라이트(background light)기능을 두어 차량 탑재시 에도 사용에 편리하도록 한다. 저장된 데이터를 PC 로 전송하기 위하여는 RS-232의 직렬통신방식을 채택하였으며 9.6 kbps의 속도로 데이터를 전송한다. Fig. 3은 자동차의 트렁크에 장착된 MOSS 사진이다.

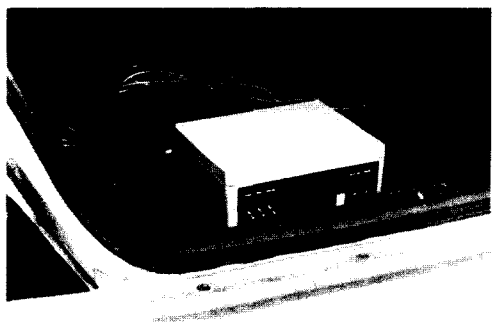


Fig. 3 MOSS mounted in the test vehicle

3.2.2 소프트웨어

MOSS의 소프트웨어는 크게 세 부분으로 구성 된다.

3.2.2.1 어셈블리 프로그램

자료획득장치의 마이크로컨트롤러인 68HC11를 제어하여 입력된 신호를 읽고, 메모리에 저장한다. 또한, PC로 데이터 전송시 직렬통신을 지원한다.

3.2.2.2 자료획득 프로그램

하드웨어와 접속하여 데이터를 전송받아 자료파 일을 만들어 사용자에게 그래픽화면으로 보여주는 윈도우즈 기반의 프로그램이다. Fig. 4는 주행자료를 대쉬보드 형태로 표시하는 화면을 나타내고 있다.



Fig. 4 MOSS acquisition/display (Dashboard mode)

3.2.2.3 자료분석 프로그램

주행시험으로부터 얻은 주행자료의 통계분석을 위한 프로그램이다.

3.3 시험방법

주행데이터 수집을 위한 차량주행시험은 앞에서 선정된 세 가지의 주행코스에서 실시하였다. 시험 차량의 뒤 트렁크에는 주행데이터 수집을 위한 MOSS가 장착된다. 운전자 선발은 수동변속차량을 보유하고, 운전경력이 3년 이상인 운전자 중에서 나이분포 및 남녀성비에 맞추어 선정하였다. 운전자는 예비주행시험을 거쳐 노선별로 최종 선발된 15 명이며, 총 45명의 운전자는 남자 37명, 여자 8명이다. 시험차량에는 운전자 외에 주행코스 안내와 MOSS 운용을 위하여 보조자 한 명이 동승한다. 주행시험은 오전9시, 11시, 오후1시에 각각 출발하여 하루 3회 실시하며, 운전자는 평소대로 운전하도록 한다.

4. 주행 자료 분석

주행자료를 획득한 후 통계적인 방법으로 주행모드를 분석한다.

4.1 4모드 분석

4모드 분석은 시험차량의 주행자료에 대하여 차량의 주행상태를 4가지의 모드로 분류하여 통계적인 방법으로 처리한 분석결과로 주행자료분석에서 이용된 주행모드의 정의는 다음과 같다.⁶⁾

- 1) 가속 모드(Acceleration mode)
 $v \geq 3km/h$ and $a \geq 0.3m/s^2$
- 2) 감속 모드(Deceleration mode)
 $v \geq 3km/h$ and $a \leq -0.15m/s^2$
- 3) 항속 모드(Cruise mode)
 $v \geq 3km/h$ and $-0.15 \leq 0.3m/s^2$
- 4) 공회전 모드(Idle mode)
 $v \leq 3km/h$

4모드 분석시에는 주행시간(Time duration) 또는 주행거리(Distance)를 기준으로 사용하며, 이는 전체의 주행시간과 주행거리에 대하여 각각의 주행모드가 차지하는 주행시간 또는 주행거리의 백분율을 나타낸다. 주행시간을 기준으로 한 4모드 분석결과와 '93 Seoul 시험결과 및 CVS-75모드 분석결과를 Fig. 5에 나타내고 있다.

자료분석결과 공회전모드 33.2%, 가속모드 21.8%, 및 감속모드 25.1%로써 '93 Seoul의 시험결과인 공회전모드 30.9%, 가속모드 17.9%, 및 감속모드 22.4% 비하여 2.3%~3.9%포인트의 높은 수치를 보

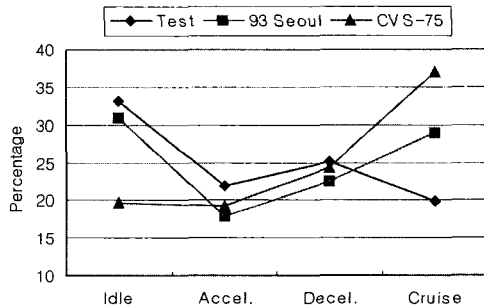


Fig. 5 Modal distribution based on time duration

이고 있다.¹⁾ 따라서 항속모드는 '93 Seoul의 시험결과인 28.8%에 비하여 8.9%포인트 낮은 19.9%를 나타내고 있다. 또한, CVS-75의 4모드 분석결과 가속 및 감속모드는 각각 19.2%, 24.2%로 서울시의 4모드 분석결과보다는 0.9~2.6%포인트 작은 값을 보이고 있으며, 공회전모드와 항속모드는 각각 19.7%, 36.9%로 서울시의 분석결과인 33.2%, 19.9%와 큰 차이를 보이고 있다. 이는 CVS-75모드가 평균 주행속도가 높고, 단위거리당 정차회수가 적은 미국 도시의 주행상황을 모사하는 시험모드이기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 주행거리를 기준으로 한 주행노선별 4모드 분석결과를 Fig. 6에 나타내고 있다. 출퇴근노선(SD)의 경우 가속, 감속 및 항속모드의 비율이 각각 32.1%, 37.6% 및 30.3%로써 도심순환노선(SM1)의 32.3%, 37.6%, 및 30.1%의 값과 유사한 경향을 보이고 있으나, 고속화도로(SM2)의 경우는 각각 35.7%, 37.4%, 및 27.0%로써 가속 및 항속모드의 비율에서 차이가 있음을 보이고 있다. 이는 고속화도로의 경우 도심노선과는 달리 가속구간이 많아 평균차속이 높음에 기인한다고 판단된다.

4.2 주행특성치 분석

Table 3은 주행시험에서 수집된 주행자료를 통계적으로 분석하여 구한 주행특성치들을 국내 승용차의 공인측정모드인 CVS-75모드의 주행특성치들과 비교하여 나타낸 것이다. 주행패턴 분석시 중요한 평균주행속도는 서울시의 경우가 29.2km/h로써 CVS-75모드의 34.1km/h에 비하여 작으며, 단위거리당 주행시간은 서울시의 경우가 141.6 sec/km로써 CVS-75모드의 105.7sec/km보다 크게 나타나고 있다. 또한, 속도와 가속도의 곱의 적분량인 단위거리당 가속에너지는 서울시의 경우가 343.7 (m/sec)²/km로써 CVS-75모드의 173.9(m/sec)²/km에 비하여 큰 값을 보이고 있고, 가속도의 시간적분량인 단위거리당 가속량은 서울시의 경우가 128.2(km/h)/km로써 CVS-75모드의 76.5(km/h)/km에 비하여 크게 나타나고 있다. 또한, 단위거리당 정차회수는 서울시의 경우가 1.83회/km로 CVS-75모드의 1.24회/km에 비해 크게 나타나고 있다. 이러한 결과로 판

Table 3 Comparison of traffic characteristics

Traffic Characteristics	Average value	CVS-75 Mode
Average trip time per unit distance, sec/km	141.6	105.7
Acceleration energy per unit distance, (m/sec) ² /km	343.7	173.9
Acceleration sum per unit distance, (km/h)/km	128.2	76.5
Time fraction spent for acceleration, %	21.8	19.2
Distance fraction spent for deceleration, %	37.59	26.8
Time fraction spent for deceleration, %	25.1	24.2
Total time of vehicle stationary, sec	61,050	370
Time fraction of vehicle stationary, %	33.2	19.7
Number of stops per unit distance, times/km	1.83	1.24
Total trip time, sec	172,010	1,877
Total trip length, km	1,265.7	17.77
Average trip speed, km/h	29.2	34.1
Largest instantaneous speed, km/h	103.1	91.2
Standard deviation of trip speed, km/h	25.1	25.7
RMS accel-deceleration, g	0.123	0.075
Average acceleration, g	0.096	0.052
Largest instantaneous acceleration, g	0.710	0.164
Standard deviation of acceleration, g	0.067	0.047
Average deceleration, g	-0.079	-0.059
Largest instantaneous deceleration, g	-0.554	-0.150
Standard deviation of deceleration, g	0.060	0.053

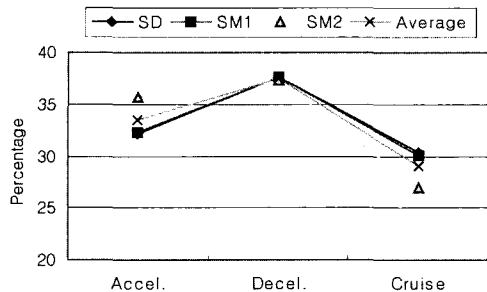


Fig. 6 Modal distribution based on distance

단할 때 서울시의 주행패턴은 CVS-75모드에 비하여 평균차속이 느리고, 단위거리당 정차회수가 크며, 가·감속주행이 빈번한 상태임을 알 수 있다.

4.3 주행속도 분석

속도분석에서는 주행자료의 최대속도, 평균속도 및 속도분포를 구한다. 최대속도는 시험차량의 최대주행속도의 평균값이며, 평균속도는 주행속도의 평균값이다. Fig. 7은 최대속도, 평균속도를 나타낸

그림으로, '93 Seoul 시험결과 및 CVS-75모드의 분석결과와 비교한 것이다.

이번 주행시험에서는 평균차속이 29.2km/h로써 '93 Seoul의 평균차속 22km/h보다는 빠르게 나타났으며, CVS-75모드의 평균차속 34.1km/h보다는 느리게 나타났다. 또한 최대속도는 103km/h로써 '93 Seoul의 83.5km/h, CVS-75모드의 91.2km/h보다는 큰 값을 보이고 있다.

Fig. 8은 주행노선별 최대속도와 평균속도를 나타낸 그림이며, 출퇴근노선(SD) 및 도심순환노선(SM1)의 경우 최대속도는 각각 93.2 km/h, 92.8 km/h로 나타나 거의 차이가 없었으며, 평균속도는 각각 21.5km/h, 23.5km/h로 나타나 도심순환노선의 평균차속이 빠르게 나타났다. 고속화도로의 경우 최대차속은 118.5km/h이고 평균차속은 40.2km/h로 나타나 가속구간비율이 큰 고속화도로의 경우가 평균차속이 빠르게 나타나고 있으며, 단위거리당 정차회수에 있어서도 출퇴근노선이 2.63회/km, 도심순환노선이 1.75회/km, 고속화도로가 1회/km로써 고속화도로의 경우 소통이 원활한 것을 알 수 있다.

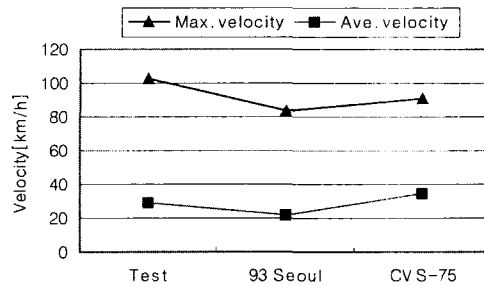


Fig. 7 Maximum and average velocities

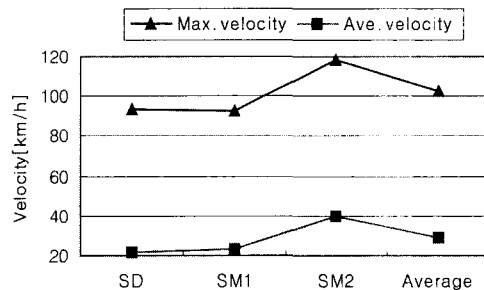


Fig. 8 Maximum and average velocities according to the driving routes

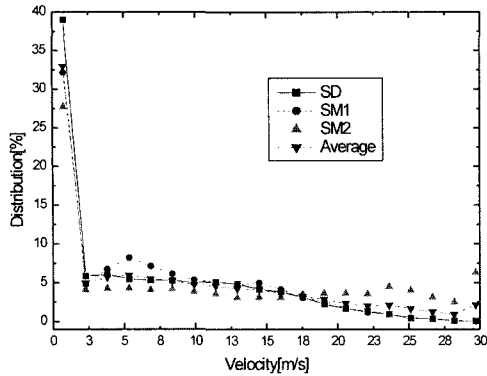


Fig. 9 Velocity distribution diagram

Fig. 9는 주행자료의 속도분포선도를 나타낸 것으로 주행노선별 속도분포와 속도분포의 평균값을 나타내고 있다. 평균분포값을 기준으로 판단할 때 3km/h이하의 저속에서 높은 속도분포비율을 보이고 있으며, 속도가 증가함에 따라 속도분포비율이 완만하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 3km/h에서 30km/h까지의 속도구간에서는 구간별로 5%정도의 속도분포율을 보이고 있으며, 30km/h부터 50km/h까지의 속도구간에서는 구간별로 4%정도의 분포율을 나타내고 있다. 또한, 차속 58km/h까지의 속도 분포 누적비율이 82%에 달하고 있어 58km/h이하의 속도영역에서 주로 주행되고 있음을 알 수 있다.

4.4 속도와 가속도 연계분석

Fig. 10은 주행자료의 속도-가속도 분포선도를 나

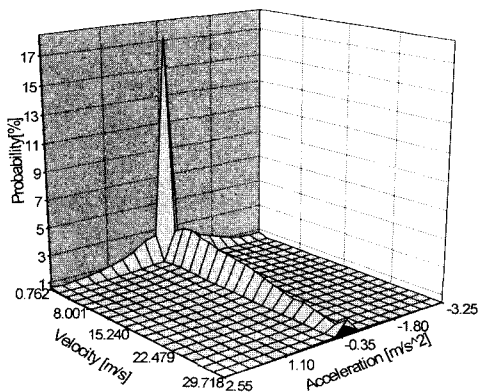


Fig. 10 Surface of probability percentages for velocity-acceleration matrix

타낸다. 속도-가속도 분포선도는 차속과 가속도를 각각 등간격의 20개 구간으로 나눈 후 각 구간의 분포율을 구하여 3차원 그래프로 나타낸 것으로 분포율 전체의 합이 100이 되도록 한다. 속도-가속도 분포율은 차속이 0.762m/s이하이고 가속도가 $-0.2 \sim 0.105\text{m/s}^2$ 인 구간에서 최대값인 16.7%를 나타내고 있으며, 차속이 증가하거나 가속도의 절대값이 커질수록 감소하는 경향을 나타내고 있다.

5. 결론

이 연구에서는 서울시의 도심 및 고속화도로에서 승용차의 주행시험을 통하여 주행자료를 획득하였으며, 주행자료를 통계적으로 분석하여 얻어진 결론을 요약해 보면 다음과 같다.

1) 서울시 승용차의 주행패턴을 분석한 결과 평균주행속도는 29.2km/h, 최대속도는 103.1km/h이고, 차속 58km/h 이하의 주행상태가 82%에 달하고 있으며, 최대가속도는 0.709g, 최대감속도는 -0.554g 로 가속도 변화폭이 크고, 단위거리당 정차회수는 1.83회/km이며, 평균주행연비는 10.23km/ℓ이다. 따라서 서울시의 주행특성은 평균차속이 작고, 단위거리당 정차회수가 크며, 가·감속주행이 빈번한 상태임을 알 수 있다.

2) 주행시간을 기준으로 한 4모드 분석결과 가·감속모드 합계는 46.9%로써 CVS-75모드의 43.4%와 비교할 때 큰 차이가 없으나, 공회전모드는 33.2%, 항속모드는 19.9%로 나타나 CVS-75모드의 공회전모드 19.7%, 항속모드 36.9%와 비교할 때 큰 차이를 보이고 있다.

3) 자동차의 연비성능과 밀접한 관계를 갖는 단위거리당 가속량은 서울시의 경우가 128.2(km/h)/km로써 CVS-75모드의 76.5(km/h)/km에 비하여 크게 나타나고 있어 CVS-75모드에 의한 모드연비가 실주행연비보다 큰 값을 보일 것으로 판단된다.

4) 서울시의 주행특성은 CVS-75모드의 주행특성과 많은 차이를 보이고 있으며, 이는 모드연비와 실주행연비의 차이를 발생시키고 있다. 따라서 CVS-75모드가 평균 주행속도가 높고, 단위거리당 정차회수가 적은 주행상황을 모사하는 시험모드인

것으로 사료되므로 실주행연비에 근접한 연비를 얻을 수 있도록 보정계수(Adjustment factor)를 도입하거나 우리나라 고유의 시험모드를 개발하여 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

References

- 1) Y. J. Lee, O. S. Kwon, C. J. Koh, "Analysis of the Driving Patterns Concerned with Fuel Economy in Seoul Metropolitan Area," Transactions of KSAE, Vol.3, No.2, pp.1-15, 1995.
- 2) M. H. Sunwoo, J. I. Lee, W. T. Lee, S. J. Lee, W. C. Ju, S. H. Choi, S. T. Lee, H. S. Lee, K. M. Lee, "Development of an In-vehicle Driving Data Acquisition System," Spring Conference Proceeding of KSAE, Vol.1, pp.391-396, 1998.
- 3) N. H. Chung, W. T. Lee, M. H. Sunwoo, Y. J. Lee, M. D. Eom, "A Study of Driving Pattern of City-bus in the City of Seoul," Transactions of KSAE, Vol. 10, No.2, pp.55-65, 2002.
- 4) R. Bata, Y. Yacoub, W. Wang, D. Lyons, M. Gambino, G. Rideout, "Heavy Duty Testing Cycles: Survey and Comparison," SAE 942263, 1994.
- 5) L. Evans, R. Herman, T. Lam, "Multivariate Analysis of Traffic Factors Related to Fuel Consumption in Urban Driving," Transportation Science, Vol.10, No.2, 1976.
- 6) J. Shima, "Detailed Analysis on the Actual Driving Condition and Fuel Economy," Journal of JSAE, Vol.35, No.10, 1981.
- 7) K. H. Hellman, J. D. Murrell, "Development of Adjustment Factors for the EPA City and Highway MPG Values," SAE 840496, 1984.
- 8) H. C. Watson, E. E. Milkins, M. O. Preston, C. Chittleborough, B. Alimoradian, "Predicting Fuel Consumption and Emissions-Transferring Chassis Dynamometer Results to Real Driving Conditions," SAE 830435, 1983.
- 9) R. W. Schneider, W. S. Freas, T. P. McMaho, "In-Use Fuel Economy of 1981 Passenger Cars," SAE 820790, 1982.