

군 운용 지역에서 차량의 주행 패턴에 따른 주행모드 개발

최 낙 원¹⁾ · 한 동 식¹⁾ · 조 승 완¹⁾ · 조 성 래²⁾ · 양 진 생²⁾ · 김 광 석³⁾ · 장 영 준⁴⁾ · 전 충 환^{*4)}

부산대학교 대학원 기계공학부¹⁾ · 국방과학연구소 5본부 5부²⁾ · 인하공업전문대학 자동차과³⁾ · 부산대학교 기계공학부⁴⁾

Development of a Vehicle Driving Cycle in a Military Operational Area Based on the Driving Pattern

Nakwon Choi¹⁾ · Dongsik Han¹⁾ · Seungwan Cho¹⁾ · Sunglai Cho²⁾ · Jinsaeng Yang²⁾ · Kwangsuk Kim³⁾ · Youngjune Chang⁴⁾ · Chungwan Jeon^{*4)}

¹⁾Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-392, Korea

²⁾Agency for Defense Development, Jayeo-ro 170, Dong-eup, Uichang-gu, Changwon-si, Gyeongnam 641-863, Korea

³⁾Department of Automobile, Inha Technical College, Incheon 402-752, Korea

⁴⁾School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-392, Korea

(Received 18 August 2011 / Revised 7 November 2011 / Accepted 5 December 2011)

Abstract : Most of a driving cycle is used to measure fuel consumption (FC) and emissions for a specified vehicle. A driving cycle was reflected geography and traffic characteristics for each country, also, driving pattern is affected these parameters such as vehicle dynamics, FC and emissions. Therefore, this study is an attempt to develop a driving cycle for military operational area. The proposed methodology the driving cycle using micro-trips extracted from real-world data. The methodology is that the driving cycle is constructed considering important parameters to be affected FC. Therefore, this approach is expected to be a better representation of heterogeneous traffic behavior. The driving cycle for the military operational area is constructed using the proposed methodology and is compared with real-world driving data. The running time and total distance of the final cycle is 1461 s, 13.10 km. The average velocity is 32.25 km/h and average grade is 0.43%. The Fuel economy in the final cycle is 5.93 km/l, as opposed to 6.10 km/l for real-world driving. There were about 3% differences in driving pattern between the final driving cycle and real-world driving.

Key words : Military operational area(군 운용 지역), Driving cycle(주행모드), Driving pattern(주행패턴), Fuel consumption(연료 소비), Micro trip(마이크로 트립)

Nomenclature

D : distance

V : vehicle velocity

G : distance weighted grade

FC : fuel consumption

T/M : transmission

P : paved road

U : unpaved road

CW : clockwise

CC : count clockwise

Subscripts

d : database

c : candidate cycle

avg : average

std : standard deviation

*Corresponding author, E-mail: chjeon@pusan.ac.kr

1. 서론

전 세계 각국은 표준주행모드(FTP-75, NEDC 등)를 이용하여 공인 연비 산출 및 배기 배출 물 측정에 이용되고 있다. 또한, 주행모드는 자동차의 성능을 측정하기 위한 기준이 되며 새시 다이내모 테스트를 통하여 측정한다.

각 국가마다 적용되는 표준주행모드는 자국의 지형 및 교통적 특성을 포함하고 있어 연비와 배기 배출 물 측정에 큰 영향을 준다.¹⁾

현재 국내에서는 가솔린 및 가스 승용 차량에 대하여 1987년부터 미국 LA 도심지역 차량 흐름을 반영한 CVS-75 주행모드를 사용하고, 디젤 차량은 2004년부터 유럽의 NEDC 주행모드를 사용하고 있다.²⁾ 최근 2011년 3월 22일 지식경제부에서는 승용 차량에 CVS-75 주행모드를 대신하여 미국에서 활용되고 있는 5-Cycle 방식을 적용할 예정이라고 발표했다.³⁾

그리고 버스과 대형 트럭과 같은 대형 차량은 ETC mode를 적용하고 있으며, 미국은 FTP Mode, 유럽에서는 NEDC Mode, 일본에서는 JC08 Mode를 적용하고 있다.⁴⁾

국내외의 주행모드 개발에 관한 연구는 각 국가의 특성을 고려하여 연구가 진행되고 있다. 국내에서는 공진형⁵⁾이 경사를 포함한 주행모드에 관하여 연구하였으며 위효성⁶⁾은 서울의 시내버스의 실제 주행 패턴을 바탕으로 주행모드를 개발하였다. 국외에서는 Ling Li⁷⁾는 미국의 샌프란시스코 시내의 경사를 고려한 버스의 주행모드를 개발하였고 Sanghpriya H. Kamble⁸⁾이 인도 Pune의 실제 주행 패턴을 반영하여 주행모드를 개발하는 등 활발한 연구가 진행되었다.

국내의 경우 국토의 70%가 산악 지형으로 이루어져있으나 도심의 경우에는 경사가 심하지 않은 포장도로가 대부분이다. 하지만 군 운용 지역은 포장도로와 경사가 심한 비포장도로가 고르게 분포되어있다. 따라서 본 연구에서는 포장과 비포장도로가 고르게 분포 되어있는 군 운용 지역을 선택하여 주행패턴 및 연비상관도를 비교·분석하였고 주행모드 개발 방법론에 따라서 경사도를 고려한 차량의 주행모드를 개발하여 실차 운행의 주행 패턴과

비교·분석하여 타당성을 입증하여 군 운용 지역의 주행패턴을 반영한 주행모드를 제시하고자한다.

2. 주행모드 개발 방법론

주행모드 개발에서 대표적으로 3가지 방법론을 제시할 수 있다.⁵⁾

첫 번째로 기존의 모드를 주행 목적에 맞게 평균 정지 횟수와 공회전 시간 등을 고려하여 highway, suburban, city-suburban, city drive cycle 등의 도로 비율을 적절히 조절하여 원하는 주행모드를 만드는 방법이다.

두 번째로는 실 주행구간 중 주 운행 지역을 모드로 사용하는 방법이 있으나 이 방법은 시험 시 마다 도로 교통상황에 따라 편차가 커서 대표성이 없다.

마지막 방법으로는 반복적인 실 주행시험을 통하여 속도, 가속도, 경사도 등의 데이터를 취득하고 도로의 주행패턴을 분석하고, 각각의 분포 및 연동 관계를 고려하여 모드를 개발하는 방법이다. 따라서 군 운용 지역에서의 주행패턴을 고려한 주행모드 개발에 적합하다고 판단된다.

Fig. 1은 군 운용 지역의 주행모드를 개발하기 위한 방법론으로 반복적인 운행을 통하여 차량의 속도, 엔진회전속도, 토크, 연료소비율, 경사도 등 운행 데이터를 획득한다. 획득한 주행데이터를 통하여 군 운용지역의 주행패턴 특성을 분석한다.

군 운용지역의 주행패턴을 반영한 주행모드를 개발하기 위하여 주행 중의 속도 데이터를 기준으로 마이크로 트립(Micro trip)을 생성한다.⁸⁾

Fig. 2와 같이 마이크로 트립은 차량의 공회전 운행부터 차량이 운행을 시작하여 정지할 때까지의 운행 데이터를 포함한다. 군 운용지역에서 총 77회의 주행에서 730개의 마이크로 트립이 생성되었으며 10초 이내의 마이크로 트립을 제외하고 434개의 마이크로 트립을 사용하였다.

이러한 마이크로 트립을 임의적으로 조합하여 평균 주행거리가 $\pm 5\%$ 내외로 범위를 만족하는 가상 주행모드 10,000,000개를 생성한다.^{7,9)}

군 운용 지역의 주행특성을 반영하고 있는 속도와 경사데이터를 가상모드의 데이터와 비교하여 RMSE(Root Mean Square Error)와 Information을 계산한다.^{10,11)}

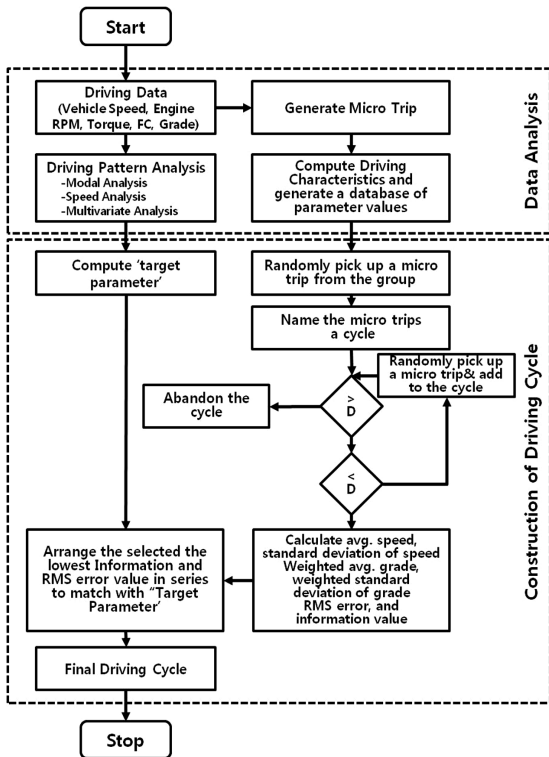


Fig. 1 Driving cycle construction methodology

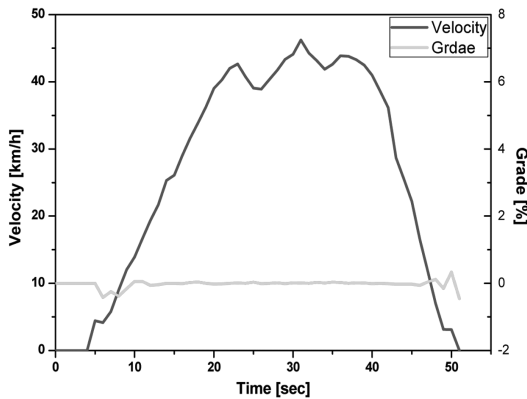


Fig. 2 Velocity-grade profiles of the micro trip

Table 1 Specification of test vehicle

Vehicle type	1¼ton Truck
Engine	D4DA TCI ENG
Displacement	3,907cc
Max. power	133.4PS / 2900rpm
Max. torque	38.1kg.m / 1600rpm

$$RMSE = \frac{1}{2} \{ (V_{avg-c} - V_{avg-d})^2 + (V_{std-c} - V_{std-d})^2 + (G_{avg-c} - G_{avg-d})^2 + (G_{std-c} - G_{std-d})^2 \}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$Information = \frac{V_{std-c}^2}{V_{std-d}^2} \log \frac{V_{std-c}^2}{V_{std-d}^2} - 1 + \frac{(V_{avg-c} - V_{avg-d})^2}{V_{std-d}^2} + \frac{G_{std-c}^2}{G_{std-d}^2} \log \frac{G_{std-c}^2}{G_{std-d}^2} - 1 + \frac{(G_{avg-c} - G_{avg-d})^2}{G_{std-d}^2} \quad (2)$$

RMSE와 Information은 실 주행조건을 반영한 주행 모드 개발에 사용되며 계산식은 각각 식 (1), 식 (2)와 같으며 수식의 V, G는 속도와 경사도를 나타내며 avg, std는 평균과 표준편차, c는 가상 주행 모드, d는 실제 주행 데이터를 의미한다. 수식을 통하여 계산된 RMSE와 Information 값이 최소가 되는 주행 모드를 대표 주행모드로 선정된다.

3. 실험 장비 및 주행 경로

3.1 시험 차량 및 계측장비

시험차량으로 Table 1의 차량 제원과 같은 디젤 1¼톤 차량을 사용하였다. 시험 차량용 계측 장비로 전, 후방 축 토크 측정에 토크센서(Binsfeld, Torq Trak 9000), 연료소비율을 측정에 연비센서(Corrsys-Datron, DFL-3), 휠 속도 측정을 위해 구동륜 속도센서(Autonics, E50S8-1000-3-T), 가속 및 제동 페달 변위량 측정에 변위센서(Kyowa, DTP-05MDS), 차량 속도측정에 속도센서(RaceLogic, VBOXIII)를 사용하였다. 고도는 지형정보의 GPS를 이용하여 측정하고 계측장비들을 차량에 설치한 후 자료를 DAQ (Data Acquisition)를 이용하여 획득하였으며 분해능은 50Hz이다. Fig. 3의 VDAS(차량용 자료획득 장치: Vehicle Data Acquisition System)의 구성도이다.

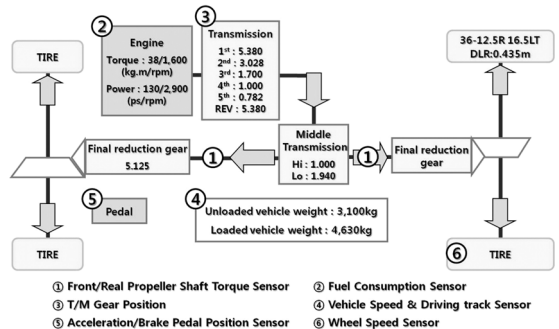


Fig. 3 Schematic of vehicle data acquisition system

3.2 주행 경로

비포장 및 포장도로가 고르게 분포 되어있는 군 운용 지역의 주행패턴을 결정하기 위하여 Photo. 1에 나타난 지역에서 경로를 임의적으로 선택하였다. 지도에 명시된 P1 ~ P4는 포장도로, U1, U2는 비포장도로에서의 출발점과 도착점을 나타낸다. 예를 들면 P1U1은 포장도로의 P1에서 출발하여 비포장도로 U1으로 도착하는 경로이다. 그리고 CW는 시계방향, CC는 반시계방향을 나타내며 지도상의 붉은 선은 주행경로, 주황색은 진행 방향을 의미한다.

주행 노선 및 주행에 대하여 명시하였으며, 총 주행 노선은 14개, 주행 횟수 77회로 총 1130.5km의 주행거리를 가진다. 시험주행에는 운전자의 운전 습관이 주행패턴에 영향을 미칠 수 있으므로 3명의 운전자가 교대로 주행시험을 수행하였다.

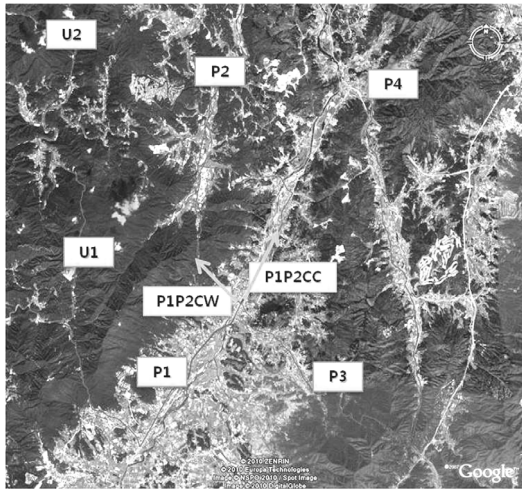


Photo. 1 The map of driving test route

4. 주행 패턴 및 연비 상관도 분석

4.1 주행 패턴 분석

군 운용지역의 주행 패턴을 분석하기 위하여 실 주행 시 데이터와 현재 국내에서 연비 및 배기가스 측정에 적용되는 CVS-75, NEDC 주행모드를 비교하여 Modal 모드 및 속도, 가속도 분석을 실시하였다.

4.1.1 Modal 모드 분석

Modal 모드 분석은 시험차량의 주행자료에 대하여 차량의 주행상태를 4가지 모드로 분류하여 통계

적으로 처리한 분석결과로 각각의 주행모드에 대한 정의는 다음과 같다.¹²⁾

(1) 가속모드(Acceleration mode)

속도가 3 km/h 이상이고 가속도가 $0.3m/s^2$ 이상일 경우

(2) 감속모드(Deceleration mode)

속도가 3 km/h 이상이고 가속도가 $-0.15m/s^2$ 미만일 경우

(3) 정속모드(Cruise mode)

속도가 3 km/h 이상이고 가속도가 $-0.15m/s^2$ 이상 $3m/s^2$ 미만일 경우

(4) 공회전모드(Idle mode)

속도가 3 km/h 미만일 경우

Modal 모드 분석 시에는 주행시간을 기준으로 사용하며, 이는 전체의 주행시간과에 대하여 각각의 주행모드가 차지하는 주행시간의 백분율을 나타낸다.

Fig. 4는 주행시간을 기준으로 한 Modal 모드 분석결과로 CVS-75모드와 NEDC모드를 군 운용 지역의 실 주행결과와 비교해 보았다. 실 주행 시의 경우 가속모드 14.05%, 감속모드 25.86%, 정속모드 42.49%, 공회전모드 16.60%로 CVS-75모드에 비해 가속모드(20%)가 작고, 정속모드(35.41%)가 크게 나타나고 있으며, NEDC모드에 비해서 감속모드(12.87%)는 크게, 공회전모드(24.89%)가 작게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 분석을 통하여 군 운용 지역에서 운행 시 교통 신호등 및 환경에 의해 정차 횟수가 많은 일반 시내 주행에 비하여 공회전 운행이 적고 정속운행이 크게 나는 것을 확인할 수 있다. 또한 주행 시 가속되는 시간보다 감속되는 시간이

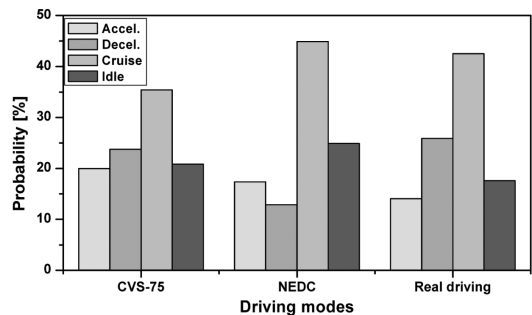


Fig. 4 Comparison of modal mode analysis based on time

더 많이 나타나는 이유는 군 운용 지역 특성상 지형이 일반 시내 운행 뿐 만이 아니라 험난한 비포장 지형을 운행하기 때문이다.

4.1.2 속도, 경사도 분석

차량을 주행하는데 있어서 최고속도, 평균 속도와 경사, 속도와 경사의 표준편차 등은 차량의 연비 및 부하특성에 관련된 중요한 인자이다.

Table 2는 군 운용 지역을 실 주행하여 얻은 결과와 국내의 시내 운행을 대표할 수 있는 서울의 시내버스 주행 자료,¹³⁾ 그리고 국내에서 연비 및 배기가스 측정에 사용되는 CVS-75모드와 NEDC모드의 주요 요소를 비교하였다.⁵⁾

최고 속도의 경우 군 운용지역의 경우 66.42km/h로 주행모드와 서울의 시내버스에 비해 느리다. 평균 주행속도는 주행모드보다 느리고 서울 시내보다 빠른 32.14km/h 나타난다. 속도의 표준편차는 19.69km/h로 서울 시내버스와는 비슷하고 주행모드보다 느리게 나타났다.

CVS-75모드와 NEDC모드는 경사도를 고려하지 않은 주행모드이므로 경사도의 평균 및 표준편차는 0%로 나타내었으며 서울시내의 경우에는 평균 경사도는 -0.06%, 경사도 표준편차는 1.71%로 평지에 가까운 운행을 하였다. 하지만 군 운용 지역에서는 평균 경사도는 0.43%로 서울 시내보다는 다소 높게 나타났지만 거의 평지에 가까우며 경사도 표준편차의 경우에는 9.24%로 크게 나타났다.

따라서 실 주행에서의 최고속도는 낮고, 경사도

Table 2 Comparison of driving mode and real driving

Characteristics	CVS-75	NEDC	Seoul real ³⁾	Real driving
Distance [km]	17.84	11.00	31.7	13.51
Max speed [km/h]	91.25	120.00	79	66.42
Avg. speed [km/h]	34.1	33.50	28.5	32.14
Std. speed [km/h]	25.66	30.92	19.55	19.69
Avg. grade [%]	0	0	-0.06	0.43
Std. grade [%]	0	0	1.71	9.24

는 표준편차가 크게 나타난 것으로 보아 군 운용 지역의 비포장 특성이 포함되어있는 것으로 사료된다.

4.2 연비 회귀 분석

각각의 실 주행데이터를 통계적 방법인 회귀 분석의 결정계수(R^2)를 구하는 방법으로 주행 데이터와 연비에 영향을 미치는 변수와의 관련성을 살펴 보았다. 결정계수는 측정된 연료 소비의 분포와 연비에 영향을 미치는 변수 분포 사이의 비율을 나타낸다. 결정계수의 값은 0~1사이이며 1에 가까울수록 관련성이 높다는 것을 의미한다.

Table 3에 J. S. SA의 연구¹³⁾에서 사용한 운행 시에 연비에 영향을 미치는 16개의 변수와 경사도 평균, 표준편차와 토크와 엔진회전속도의 평균을 추가하여 총 20개의 변수로 나타내었다. Table 3의 변수를 이용하여 결정계수를 계산하였고 Table 4에 결정계수가 높은 순서로 변수를 표로 나타내었다. 계산 결과 연비에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 평균 경사도이다. 이를 통하여 주행모드 생성 시 평균 경사도가 중요한 요소임을 확인할 수 있으며 Fig. 5에서 평균 경사도와 연료 소비율과의 상관도를 나타내었다.

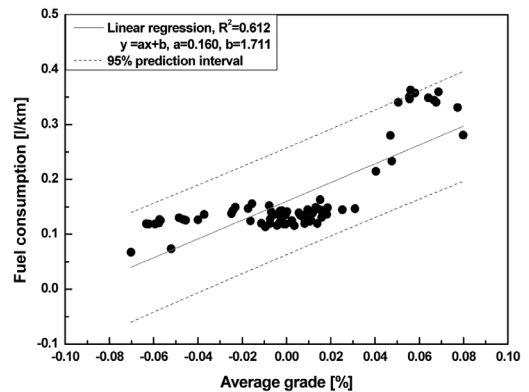


Fig. 5 Relationship between fuel consumption and average grade

5. 주행모드 개발

본 연구의 2장에서 소개한 반복적인 실 주행을 통해 데이터를 취득하고 도로의 주행패턴을 분석하여 RSME와 Information의 계산을 통하여 주행모드를 개발하였다.

Table 3 Traffic variable used in analysis & Characteristic parameters for the driving routes¹³⁾

No	Variable	Unit	Formula
1	Average trip speed	km/h	$\bar{v} = (1/T) \int_0^T v(t) dt$
2	Standard deviation of trip speed	km/h	$\sqrt{(1/T) \int_0^T (v(t) - \bar{v})^2 dt}, v(t) > 0$
3	Average trip time per kilometer	sec/km	
4	Average acceleration	g	$\bar{a} = (1/T) \int_0^T a(t) dt, a(t) \geq 0, v(t) > 0$
5	Standard deviation of acceleration	g	$\sqrt{(1/T) \int_0^T (a(t) - \bar{a})^2 dt}, a(t) \geq 0, v(t) > 0$
6	Time fraction of vehicle stationary	%	$v(t) < 3km/h$
7	Time fraction of acceleration	%	$v(t) \geq 3km/h, a(t) \geq 0.3m/s^2$
8	Time fraction of cruising	%	$v(t) \geq 3km/h, -0.15 \leq a(t) < 0.3m/s^2$
9	Time fraction of deceleration	%	$v(t) \geq 3km/h, a(t) < -0.15m/s^2$
10	Acceleration energy per kilometer	(m/s) ² /km	$(1/D) \int_0^T a(t) \cdot v(t) dt, a(t) > 0$
11	Time of vehicle stationary per kilometer	sec/km	
12	Acceleration time per kilometer	sec/km	
13	Cruising time per kilometer	sec/km	
14	Deceleration time per kilometer	sec/km	
15	Acceleration sum per kilometer	(km/h)/km	$(1/D) \int_0^T a(t) dt, a(t) > 0$
16	Square velocity per kilometer	(m/s ²)/km	$(1/D) \int_0^T v^2(t) dt, a(t) > -0.15m/s^2$
17	Average grade	%	$\bar{g} = (1/T) \int_0^T g(t) dt$
18	Standard deviation of grade	%	$\sqrt{(1/T) \int_0^T (g(t) - \bar{g})^2 dt}$
19	Average torque	kg-m	$\bar{tq} = (1/T) \int_0^T tq(t) dt$
20	Average Rpm	rpm	$\bar{N} = (1/D) \int_0^T N dt$

Table 4 Best to 3rd best linear regression

Rank	Variable	R ²
1	Average grade	0.617
2	Average engine speed	0.504
3	Standard deviation of trip speed	0.287

개발된 주행모드는 속도, 경사도를 포함하고 있으며 Fig. 6에 RMSE와 Information에서 최소값으로 도출된 주행모드의 속도와 경사도를 나타내었다. 주행모드는 총 7개의 마이크로 트립으로 이루어져

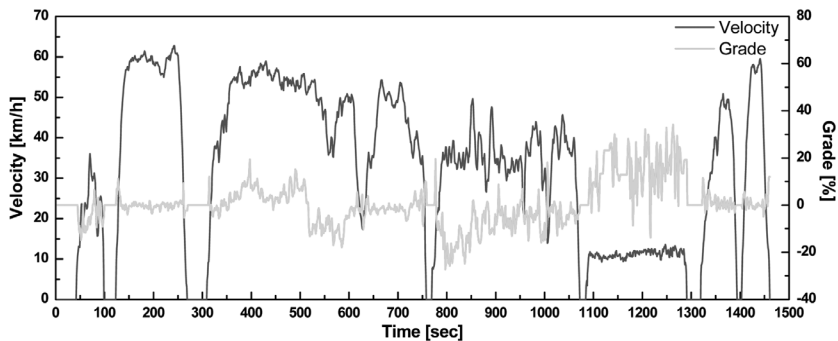


Fig. 6 Velocity-grade profiles for the driving cycle

Table 5 Comparison of driving pattern between the real driving and the final driving cycle

Variable	Unit	Real driving	Cycle	Difference
V_avg	km/h	32.14	32.25	0.34%
V_std	km/h	19.69	19.63	0.30%
G_avg	%	0.43	0.43	0.06%
G_std	%	9.24	9.00	2.60%
FC	km/l	6.10	5.93	2.75%
D	km	13.51	13.10	3.06%

있으며 평균 속도가 느리고, 경사도 표준편차가 큰 5번째의 마이크로 트립을 통하여 군 운용지역의 비포장 운행이 적절하게 조합되어 있는 것을 확인할 수 있다. 최종 주행모드의 평균 속도는 32.25km/h이며, 총 운행거리는 13.1km이다. 연비는 5.93km/l로 실제 운행 값에 비하여 낮게 나타났다. 실제 운행과 주행모드의 결과 값을 비교하여 Table 5에 나타내었다. 전체적인 변수들의 차이는 3% 내외로 나타났으며 특히 속도와 경사 분포의 차이는 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 개발된 주행모드가 군 운용 지역의 주행패턴을 잘 반영하며, 주행모드로 이용하기에 타당하다는 것을 나타낸다.

6. 결론

본 연구에서는 1¼톤 트럭 차량을 이용하여 군 운용 지역의 Modal 모드, 가속도, 경사도를 통하여 주행패턴을 분석하였고, 다중 회귀분석을 통하여 연비와 변수의 상관도를 분석하였다. 주행패턴을 바탕으로 주행모드 개발 방법론에 따라 군 운용 지역의 주행 패턴에 따른 주행모드를 개발하였다.

- 1) 주행시간을 기반으로 한 Modal 모드의 분석 결과로서, 감속은 CVS-75와 비슷한 14.05%, 가속 및 정속은 각각 NEDC와 비슷한 14.05%, 42.49%로 나타났다. 공회전은 기존의 두 모드 보다 작은 16.60%로 분석 되었다. 따라서 군 운용 지역의 주행은 공회전이 적은 정속 운행의 구간이 크게 나타난다.
- 2) 군 운용지역의 주행 패턴을 분석한 결과 최대 속도는 66.42km/h, 속도 평균, 표준편차는 32.14km/h, 19.69 km/h로 나타났으며 경사의 평균, 표준편차는 0.43%, 9.24%로 연비는 6.21km/l로 나타났다.

군용지역의 시험주행과 서울 시내운행을 비교할 때 평균 속도는 낮으며, 경사도의 평균과 표준편차는 높게 나타났다. 군 운용 지역과 서울 도심 지역 주행에서의 속도와 경사의 차이를 통하여 군 운용 지역은 포장과 비포장도로 특성을 가지고 있다.

- 3) 주행 시 연비와 관련된 20개의 변수와 연비의 결정계수를 계산한 결과 평균 경사도가 0.621로 가장 높게 나타났다. 이를 통하여 주행모드 생성 시도로 경사도가 중요한 요소임을 확인하였고 평균 경사도가 증가함에 따라 연료소비율이 증가하였다.
- 4) RMSE와 Information수식을 이용하여 최소값이 되는 주행모드를 도출하였다. 최종 주행모드는 전체적인 주행 패턴은 비포장을 반영한 군 운용 지역의 주행패턴과 비교 시 3% 이내로 낮게 나타났으며 연비의 차이는 2.75%로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발된 주행모드는 타당하며 향후 군 운용 지역의 대표 주행모드로 사용할 수 있다고 판단된다.

후 기

본 연구는 3차년도 BK21사업과 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

References

- 1) J. Park, Y. Park and J. Lee, "Estimation of Real Driving Fuel Consumption Rate of a Vehicle When Driving on Road Including Grade," SAE 2000-03-0047, 2000.
- 2) J. Lee, M. Jung, Y. Jeong and K. Cha, "Analysis of Diesel Nano-particle Characteristics for Different Vehicle Test Mode in Diesel Passenger Vehicle," Transactions of KSAE, Vol.16, No.1, pp.114-120, 2008.
- 3) S. Jeon, "The Wrong Fuel Consumption of Domestic Vehicle Disappear," Available: <http://www.segye.com/Articles/NEWS/ECONOMY/Article.asp?aid=20110322003933&subctg1=&subctg2>, The segye Times, 2011.

- 4) Delphi Emissions Expert, Worldwide Emissions Standards-Passenger Cars and Light Duty Vehicles, Delphi, 2011.
- 5) D. Lee, Development of Fuel Consumption Test Mode for Heavy Duty Trucks, M. S. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Ajou University, Suwon, Korea, 2006.
- 6) H. Wi, J. Park, J. Lee, W. Kim and Y. Kim, "Development of a City Bus Driving Cycle in Seoul Based on the Actual Patterns of Urban Bus Driving," SAE 2009-01-2914, 2009.
- 7) L. Li, Development of a Grade Sensitive Transit Bus Driving Cycle in San Francisco, Ph. D. Dissertation, Transportation Technology and Policy, University of California, Davis, USA, 2004.
- 8) S. H. Kamble, T. V. Mathew and G. K. Sharma, "Development of Real-world Driving Cycle: Case Study of Pune, India," Transportation Research Part D, No.14, pp.132-140, 2009.
- 9) T. Austin, F. J. Digenova, T. R. Carlson, R. W. Joy, K. A. Gianolini and J. M. Lee, "Characterization of Driving Patterns and Emissions from Light Duty Vehicles in California, Sierra Research Inc. Prepared for California Air Resources Board, 1993.
- 10) J. J. Daley, Development of a Heavy-duty Vehicle Chassis Dynamometer Test Route, M. S. Thesis, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, West Virginia University, USA, 1998.
- 11) S. Kullback, Information Theory and Statistics, Dover Publications, Mineola, New York, 1997.
- 12) J. Shima, "Detailed Analysis on the Actual Driving Condition and Fuel Economy," Automotive Technology, Vol.35, No.10, pp.1177-1184, 1981.
- 13) J. S. Sa, N. H. Chung and M. Sunwoo, "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.