

스마트교통시대의 종단 및 횡단 복합도로선형 구간에서의 가감속 시나리오별 최적주행 방법론

Driving Methodology for Smart Transportation under Longitudinal and Curved Section of Freeway

윤진수* · 배상훈**

* 주저자 : 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공

** 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과

Jin su Yoon* · Sang hoon Bae**

* Major in the division of Earth's Environmental System Science of Spatial Information Engineering, Pukyong National Univ.

** Dept. of Spatial Information Engineering, Pukyong National Univ.

† Corresponding author : Sang hoon Bae, sbae@pknu.ac.kr

Vol. 16 No.3(2017)
June, 2017
pp.73~82

ISSN 1738-0774(Print)
ISSN 2384-1729(On-line)
<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.3.73>

Received 3 March 2017
Revised 22 March 2017
Accepted 23 March 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

2016년 12월 기준 우리나라 자동차 총 등록대수는 2100만대를 넘어섰으며, 이러한 영향으로 교통부문 온실가스 배출량도 매해 증가하였다. 연비와 온실가스 배출량에 영향을 미치는 주요 요인으로 알려진 주행 행태와 도로 조건을 고려한 주행전략을 개발하여 주행을 할 때, 높은 연비 개선 효과를 누릴 수 있을 것으로 판단하였다. 이에 본 연구는 오르막 구간과 곡선 구간이 있는 복합 도로선형 구간에서의 연료 효율적인 주행전략 개발 및 연료소모량 절감 효과 분석을 목적으로 하였다. 도로의 시설·기준에 관한 규칙에 따른 도로지형을 설계하고, 다양한 시나리오를 선정하여 속도프로파일을 생성한 후, Comprehensive Modal Emission Model에 적용하여 연료소모량을 도출하였다. 연료소모량이 최소인 시나리오를 선택하였으며, 검증을 위해 일반 운전자의 주행과 최적주행전략의 연료소모량을 비교·분석하였다. 분석 결과, 최적주행전략이 일반 운전자의 주행보다 연료소모량을 평균 21.2% 절감하는 것으로 나타났다.

핵심어 : 오르막구간, 곡선구간, 연료 효율적 주행전략, 최적주행전략

ABSTRACT

As of December 2016, the number of registered automobiles in Korea exceeds 21million. As a result, greenhouse gas emission by transportation sector are increasing every year. It was concluded that the development of the driving strategy considering the driving behavior and the road conditions, which are known to affect the fuel efficiency and the greenhouse gas emissions, could be the most effective fuel economy improvement. Therefore, this study aims to develop a fuel efficient driving strategy in a complex linear section with uphill and curved sections. The road topography was designed according to 'Rules about the Road Structure & Facilities Standards'. Various scenarios were selected. After generating the speed profile, it was applied to the Comprehensive Modal Emission Model and fuel consumption was calculated. The scenarios with the lowest fuel consumption were selected. After that, the fuel consumption of the manual driver's driving record and the selected optimal driving strategy were compared and analyzed for verification. As a result of the analysis, the developed optimal driving strategy reduces fuel consumption by 21.2% on average compared to driving by manual drivers.

Key words : Up-hill, Curve, Fuel Efficient Driving Strategy, Optimal Driving Strategy

I. 서론

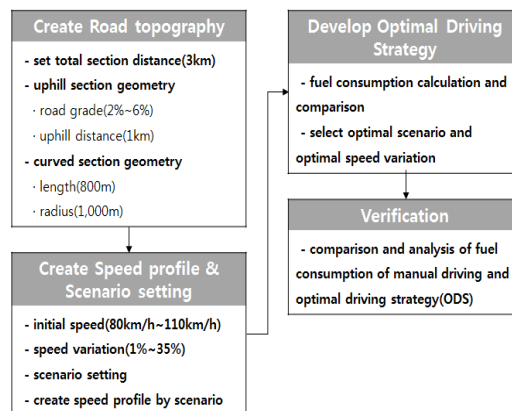
1. 연구 배경 및 목적

2016년 우리나라 자동차 등록 대수가 270만대에 이르렀으며, 현재 우리나라 자동차 누적 등록 대수는 2,100만대를 돌파하였다(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2017). 이러한 이유로, 교통부문 연도별 온실가스 배출량은 매해 증가하여 2015년 교통부문 온실가스 배출량은 1억tonCO₂eq을 넘어섰고, 이 중 도로에서 배출되는 온실 가스는 전체의 95.54%를 차지한다(KOTEMS, 2017). 이에 따라, 국토교통부와 환경부는 온실가스 배출량 감축을 목표로 ITS 체계 구축과 친환경 자동차 보급 확대 등의 방안을 수립하고 있다. 환경부는 2020년 온실가스 배출전망치(Business As Usual, BAU) 대비 30% 감축을 목표로 하였으며, 이 중 교통/수송 부문은 BAU 대비 34.3% 감축을 목표로 설정하였다.

최근, 운전자 자동차의 특성을 이해하고 순리대로 운전하여 에너지 절약과 온실가스 배출량을 줄이는 에코 드라이빙에 대한 관심이 높아지고 있다. 에코 드라이빙을 통해 온실가스 배출량을 10%까지 줄이고, 연비는 약 8% 이상 향상시킬 수 있다(Korea Automobile Environmental Association, 2017). 연비와 온실가스 배출량에 큰 영향을 미치는 주행 행태와 도로 조건에 대한 차량 제어가 이루어질 때, 연료소모량 및 온실가스 배출량 감축 효과가 발생한다. 이에 본 연구는, 도로 조건의 형태 중 오르막 구간과 곡선 구간이 혼재된 복합적인 도로선형 구간에서의 연료 효율적 자율주행전략 개발 및 연료소모량 절감 효과 분석을 목적으로 하였다.

2. 연구 범위 및 절차

본 연구는 오르막 구간과 곡선 구간이 혼재된 도로에서 연료 효율적인 가·감속 주행전략을 개발하고자 하였다. 국토교통부 ‘도로의 시설·기준에 관한 규칙’(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2015)에 따라 도로의 경사도 범위를 정하고, 오르막 구간과 곡선 구간의 길이 및 곡선 구간의 기하구조를 설정하였다. 도로지형이 바뀌는 시점에 따라 주행모드(가속, 감속, 등속)를 다르게 적용하는 시나리오를 선정하였으며, 차량의 초기속도 및 속도변화량의 범위를 설정하였다. 시나리오 별 연료소모량을 산출하기 위해 곡선부 기하구조를 반영하는 속도변환 식을 적용하여 Comprehensive Modal Emission Model(CMEM)을 활용하였다. 시나리오별 도출된 연료소모량을 통하여 최적의 시나리오 및 속도 변화량을 선정하고, 이를 검증하기 위하여 수집된 실제 주행 기록 데이터와 비교·분석하였다. 비교 분석한 결과를 통하여 본 연구를 통해 개발된 최적주행전략 모형을 검증하고자 하였다.



〈Fig. 1〉 Flow of study

II. 문헌고찰

차량이 주행할 때 배출되는 연료소모량과 배출량에 영향을 미치는 주요 요인에 대해 고찰하였다. Park and Rakha(2006)는 일정한 속도로 주행할 경우, 정지 표지판이 있는 도로로 주행할 경우, 신호가 있는 도로로 주행할 경우 경사도를 달리하여 연료소모량과 배출량을 분석하였다. 그 결과 도로 경사도가 1% 증가할 시 연료소모량 및 배출량은 9% 이상 증가하는 것으로 분석되었다. Oh et al.(2011)은 급출발, 급가속 운전행태가 연료소모량 및 CO2 배출량을 증가시키며, 급차로 변경과 급좌회전, 우회전 운전행태 모두 급가속과 밀접한 관련이 있어 연료소모량과 CO2 배출량을 증가시키는 것을 확인하였다. Demir et al.(2014)은 도로의 경사도와 곡률, 도로포장 등 도로 속성이 연료소모량에 상당한 영향을 미침을 확인하였다. Do and Choi(2014)는 도로의 경사가 유류소모량에 미치는 영향을 분석하고 모형을 개발하였는데, 오르막, 평지, 내리막 순으로 유류소모량이 크게 나타나는 것으로 분석되었다. Wyatt et al.(2014)은 Lidar와 GIS를 활용하여 차량의 배출량 모델에 사용하기 위한 초 단위 도로 경사도를 생성하고 그 신뢰성을 증명하였으며, 다양한 교통 상황에서 도로 경사도에 따른 CO2 배출량을 확인하였다. 연구 결과, 오르막 경사에서 경사도에 따라 증가하는 CO2 배출량이 내리막 경사에서보다 더 많음을 확인할 수 있었다. Lee and Choi(2015)는 도로유형과 주행시간대별 연료소모량 차이에 대한 실증적 분석을 기반으로 각 유형별 배출계수의 보정 지표를 제시하였다. 연구 결과, 주행 속도가 동일할지라도 도로유형과 주행시간대에 따라 연료소모량 차이가 있는 것으로 나타났다.

또한, 연료 효율적인 차량제어에 관한 연구에 대해 고찰한 결과, Stubach et al.(2014)은 Eco-driving support system을 개발하고 그 효과를 평가하였다. 그 결과 연료 효율적인 기어 변속 및 가속, 감속을 통하여 연료소모량을 16%에서 18%까지 절감하는 것으로 나타났다. Choi and Bae(2015)는 도로 경사도, 오르막길이 이 별 연료소모량이 가장 적게 소모된 주행모드와 속도변화량을 도출하였다. 도출된 주행모드와 속도변화량을 Cruise Control 주행 시와 비교한 결과, 평균 23.3%의 연료소모량 감축 효과가 있는 것으로 나타났다. Jung and Bae(2016)는 평면곡선부 구간에서 연료 효율적인 주행전략을 개발하였다. 개발한 주행 전략을 적용 시 연료소모량이 일반 운전자의 주행보다 평균 20.73% 연료소모량 감축효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

선행 연구 고찰 결과, 연료소모량에 영향을 미치는 주요 요인으로 도로의 경사도와 차량의 가속과 감속이 있으며, 이러한 요인들에 대하여 속도 조절 및 가속, 감속을 통해 효율적으로 차량 제어를 할 때 연료 절감 효과를 누릴 수 있다. 기존의 연구는 도로의 기하구조를 종단구간 또는 곡선구간으로 한정하였으며, 각 구간에 대한 최적의 차량 제어에 대한 연구는 미비하기에 종단구간과 곡선구간이 혼재된 복합적인 도로선형에 대한 연료 효율적인 차량 제어가 필요하다.

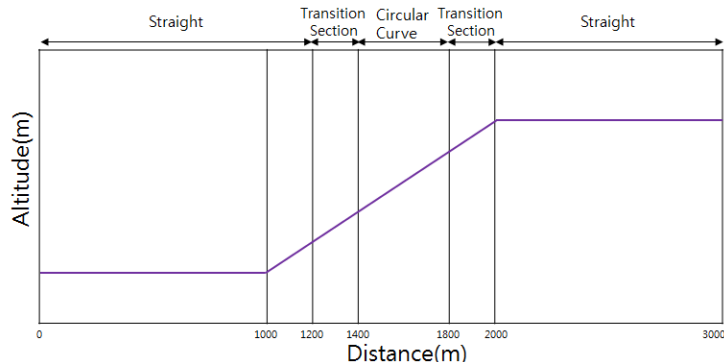
III. 연료 효율적 주행전략 개발

1. 도로 지형 생성

본 연구의 도로 기하구조는 오르막구간과 곡선구간으로 구분된다. 다양한 도로 기하구조를 반영하기 위해 직선이면서 평지인 구간, 직선이면서 오르막인 구간, 곡선이면서 오르막인 구간으로 구성하였으며, 오르막의 길이는 ‘한국건설기술연구원’에서 개발한 아라서(Automated Road Analysis and Safety Evaluation TOol, ARASEO)를 활용하였다. 아라서는 도로교통 안전점검과 안전진단을 수행하기 위한 차량으로, 이를 통해 도로 기하구조, 노면정보 등을 정확하고 신속하게 취득할 수 있다. 아라서를 통해 수집된 영동고속도로 도로

선형정보 분석 결과, 종단경사의 길이는 최소 160m에서 최대 2,520m이며, 구간별 종단경사 길이는 평균 1,041m로 분석되었다(Yun, 2014). 따라서 본 연구의 오르막구간 길이는 1km로 설정하였다. 오르막구간의 경사도는 ‘도로의 시설 및 기준에 관한 규칙’(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2015)에 따라 최소 2%에서 최대 6%까지로 설정하였다.

곡선 구간의 기하구조는 ‘고속도로 평면곡선 자료 분포’를 활용하였다(Park, 2012). 우리나라 고속도로 곡선도로의 곡선반경 및 곡선길이 자료 분포를 통해 곡선반경은 중위값인 1,000m를 사용하였으며, 원곡선 구간과 원곡선 구간 전·후에 위치하는 편경사 접속설치구간의 길이를 합산한 곡선길이는 평균값인 755m를 사용하여, 800m로 정하였다. 곡선 구간의 편경사 접속설치구간과 원곡선의 길이 비율은 1:2가 가장 이상적으로, 편경사 접속설치구간 200m, 원곡선 구간은 400m로 설정하였다. 전체 구간은 오르막 구간 1km 내에 곡선 구간 800m 포함되며, 오르막 구간 전·후에 1km씩 직선평지 구간으로 구성하여, 총 3km 구간을 <Fig. 2>와 같이 생성하였다.



<Fig. 2> Road topography

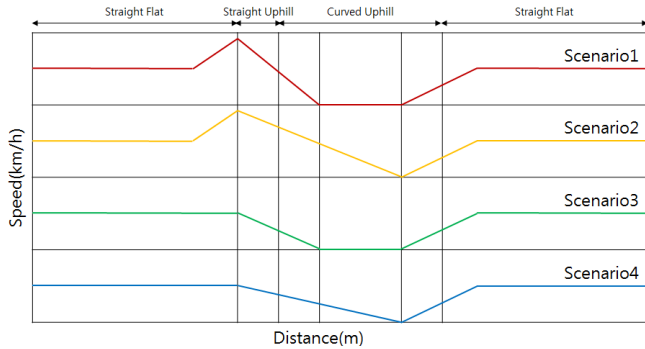
2. 속도 프로파일 및 시나리오 설정

본 연구는 연속류 도로를 대상으로 하여 차량과 차량 간의 통신인 V2V(Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라 간의 통신인 V2I(Vehicle to Infrastructure) 환경 하에 하류부의 도로지형정보를 미리 취득한다고 가정하였으며, 차량이 다른 차량에 간섭이나 영향을 받지 않고 도로 조건에만 영향을 받는 LOS ‘A’ 상태라고 가정하였다. 차량의 초기속도는 80km/h에서 110km/h 사이 1km/h 단위로 랜덤 생성하였으며, 초기속도에서 변화하는 속도변화량은 1%에서 35% 사이 1% 단위로 랜덤 생성하였다.

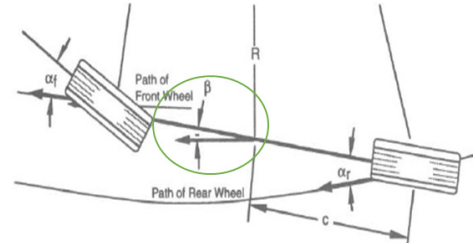
본 연구의 시나리오는 종단 선형과 횡단 선형에 따라 생성된 도로를 직선-평지, 직선-오르막, 곡선-오르막, 직선-평지로 분류하여, 차량이 주행하는 행태인 가속, 감속, 등속 등에 따라 여러 시나리오를 생성하였다. 이들 중 분석을 통해 연료소모량이 상대적으로 비효율적이거나 일반적인 차량이 주행하는데 적합하지 않은 행태를 제외한 총 4개의 시나리오를 선정하였다.

시나리오 1은 직선평지 구간을 등속으로 주행하다 오르막 구간 진입 전 미리 가속하여 오르막 구간 진입 후 감속한다. 원곡선 구간 진입 이전까지 감속하는 차량은 속도 변화량을 통해 산출된 최저 속도로 원곡선 구간을 등속주행하며, 원곡선 구간 통과 후 초기속도로 회복하여 나머지 구간을 등속 주행한다. 시나리오 2는 시나리오 1과 같이 주행하다 오르막 구간 진입 후 원곡선 구간이 끝나는 지점까지 감속하며, 원곡선 구간 통과 직후 초기속도로 회복하여 나머지 구간을 등속 주행한다. 시나리오 3은 직선 평지구간 1km를 등속 주

행하며 그 후 시나리오 1과 같은 주행 행태를 가진다. 시나리오 4는 시나리오 3과 같이 직선 평지구간을 등속 주행하며 그 후 시나리오 2와 같은 주행 행태를 가진다.



〈Fig. 3〉 Speed Scenario



〈Fig. 4〉 Dynamic Characteristics of a High-Speed Vehicle

생성된 속도 프로파일에 곡선 구간 기하구조에 의해 받는 차량의 영향을 반영하기 위하여 차량의 속도를 변환하였다. 차량동역학에 따르면, 고속으로 곡선 구간을 주행하는 차량은 <Fig. 4>와 같이 원심력에 의해서 바깥쪽으로 이탈하려하기 때문에 β 와 같은 옆미끄럼각이 발생한다(Park, 2005). 옆미끄럼각을 산정하기 위해 필요한 변수들의 값 중 곡선 구간의 기하구조는 본 연구를 위해 생성한 도로지형의 제원을 활용하였다. 일반적인 자동차의 제원은 문헌고찰을 통해 설정하였고, 그 값은 <Table 1>과 같다(Jung and Bae, 2016).

$$\beta = 57.3 \times \frac{c}{R} - \frac{W_r \times V^2}{C_{ar} \times R \times g} \quad (1)$$

$$V_{curve} = \frac{v}{\cos \beta} \quad (2)$$

〈Table 1〉 Conventional Vehicle Data

Vehicle	Data
Wheel base	2,805mm
Vehicle Weight	1,460kg
Cornering Stiffness of Real Wheel	220lb _y /deg

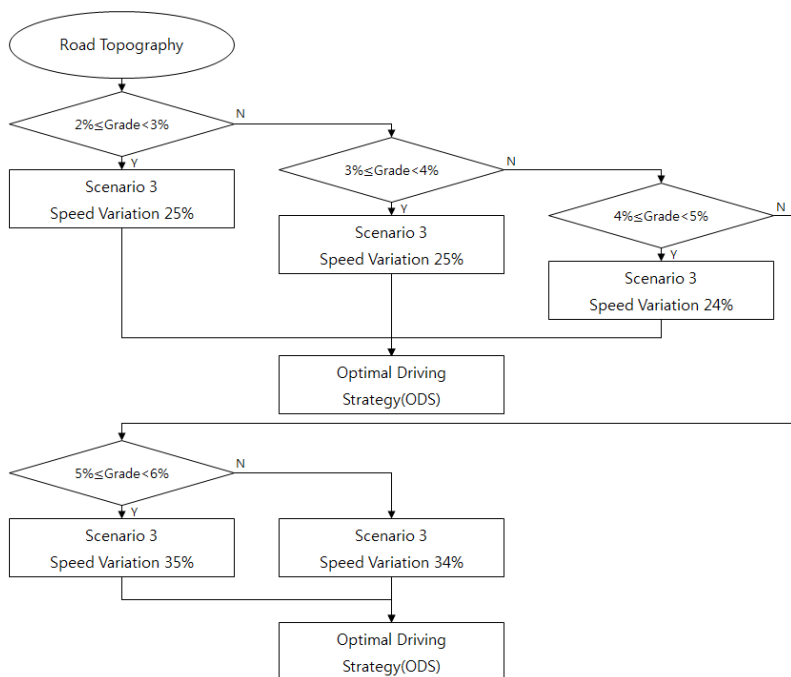
여기서, c 는 무게중심에서 후륜까지의 거리이며, R 은 곡선반경, W_r 은 후륜 차축에서의 하중(lb), C_{ar} 은 후륜 두 타이어의 코너링 강성(lb_y/deg), v_{curve} 는 옆미끄럼각에 의해 변환된 속도이다.

3. 최적 시나리오 선정

최적 시나리오 선정을 위해 총 1,397개의 속도프로파일을 생성하여, 연료소모량 산정 모델인 Comprehensive Modal Emission Model(CMEM)에 적용하였다. 적용 시 유종은 휘발유로 설정하였으며, 초당 속도(m/s) 및 가속도, 경사도를 통해 연료소모량이 산출된다.

〈Table 2〉 Optimal Driving Strategy(ODS) and optimal speed variation

Initial Speed(km/h)	Road grade(%)	Optimal Driving Strategy	Optimal Speed Variation(%)
80	2	Scenario3	35
	3	Scenario3	34
	4	Scenario3	34
	5	Scenario3	35
	6	Scenario3	30
90	2	Scenario3	25
	3	Scenario3	25
	4	Scenario3	24
	5	Scenario3	35
	6	Scenario3	34
100	2	Scenario3	32
	3	Scenario3	29
	4	Scenario3	34
	5	Scenario3	33
	6	Scenario3	29
110	2	Scenario3	23
	3	Scenario3	20
	4	Scenario3	27
	5	Scenario3	23
	6	Scenario3	27



〈Fig. 5〉 Optimal Driving Strategy(ODS)(90km/h~100km/h)

초기속도를 80km/h대, 90km/h대, 100km/h대, 110km/h대로 나누고 각 속도대별 경사도 또한 2%에서 6%까지 구별하여, 각 초기속도별, 경사도별 연료소모량이 최소인 시나리오 및 속도변화량을 선정하였다. 그 결과, 모든 조건에 대하여 시나리오 3이 최적 시나리오로 선정되었으며, 각 조건별 최적의 속도 변화량은 <Table 2>와 같다. 초기속도를 기준으로 최대 속도와 최저 속도가 정해지는 속도 변화량은 최저 20%에서 최대 35%까지로 나타났다.

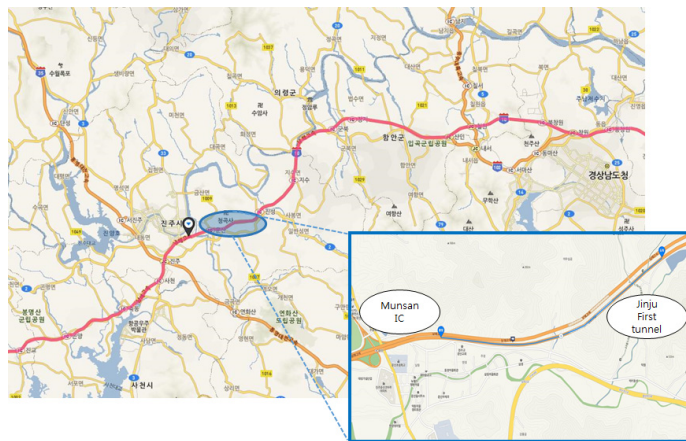
IV. 검 증

실제 도로구간을 주행한 일반운전자의 주행기록 데이터를 수집하여 주행 행태를 분석하였다. 이후 본 연구를 통해 제시된 최적주행전략의 연료소모량을 일반운전자의 그것과 비교하였다. 이를 통해 제시된 최적주행전략의 효과를 검증하고자 하였다.

1. 데이터 수집

검증을 위한 데이터 수집 대상지로, 남해 고속도로 제2지선의 일부 구간을 선정하였다. 대상지의 총 길이는 2.1km이며, 오르막구간의 기하구조는 평지 400m, 경사도 2%인 오르막 1,200m, 평지 500m로 구성되어 있다. 곡선구간 기하구조는 곡선반경 301m, 곡선길이 730m이다.

일반 운전자가 GPS 장치를 휘발유 차량에 장착하고 해당 구간을 주행하면서 초단위 속도, 위치 데이터, 고도 데이터를 수집하였다. 본 연구의 전제 조건인 차량이 다른 차량에 간섭이나 영향을 받지 않고 도로 조건에만 영향을 받는 환경을 위하여 비첨두시에 데이터 수집을 진행하였다. 주행은 해당 구간의 제한속도에서 크게 벗어나지 않는 범위에서 진행하였으며, 대표성을 향상시키기 위해 총 10회의 데이터 수집을 진행하였다.

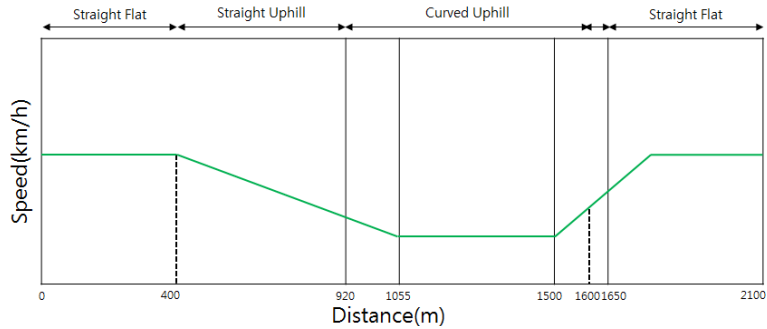


<Fig. 6> Data Collection Area

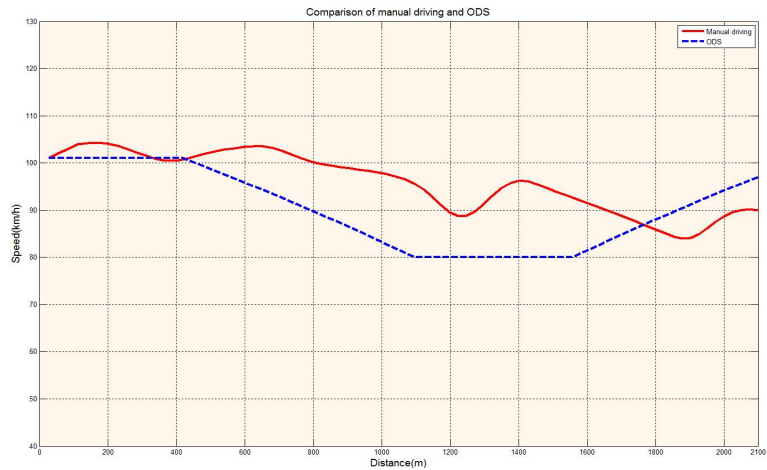
2. 데이터 비교·분석

수집한 데이터를 통해 일반 운전자와 개발된 최적주행전략의 연료소모량을 산출하여 비교·분석 하였다. 개발된 최적주행전략의 주행 시나리오는 <Fig. 7> 과 같으며, 초기속도에 따라 다른 속도변화량을 가진다. 전체 구간 중 920m에서 1,650m 구간은 곡선구간으로 기하구조의 반영을 위해 식(2)를 통해 속도를 변환하였다. 각

속도 프로파일을 CMEM에 적용하여 연료소모량을 분석하였다.



〈Fig. 7〉 Optimal Driving Strategy(ODS)(Road grade 2%)



〈Fig. 8〉 Comparison of fuel consumption between manual driving and ODS(2016.05.11.)

〈Table 3〉 Comparison of fuel consumption between Manual Driving and ODS

Date	Initial Speed(kph)	Fuel Consumption(g)		Reduction Rate(%)
		Manual Driving	ODS	
2016.05.11	101	138.8	120.2	13.4
2016.07.30	98	198.6	121.7	38.7
2016.08.01	113	143.0	127.6	10.8
2017.01.04	109	136.9	126.4	7.7
2017.01.04	95	156.3	119.9	23.3
2017.01.11	116	139.0	127.5	8.2
2017.02.09	106	162.5	124.9	23.1
2017.02.09	94	162.0	118.3	27.0
2017.02.17	92	179.4	118.4	34.0
2017.02.17	104	167.8	123.8	26.2

<Fig. 8>은 2016년 5월 11일에 주행한 기록과 최적주행전략의 속도 프로파일이다. 일반운전자와 최적주행 전략의 운전 행태를 분석한 결과, 일반 운전자와 최적주행전략 모두 초기속도는 101km/h로 동일하며, 일반 운전자의 최저 속도는 84km/h이고 최대 속도는 104km/h이다. 일반 운전자는 2.1km를 평균 95.4km/h로 총 82초 동안 주행하였으며, 주행시간 중 28초 동안 가속하여 연료소모량은 138.8g으로 나타났다. 최적주행전략은 오르막 구간 진입과 동시에 감속하여, 원곡선 구간을 등속으로 주행한 후 일정한 가속도로 초기속도까지 회복하여 나머지 구간을 주행하며, 총 85초의 주행시간 중 22초 동안 가속하여 연료소모량은 120.2g으로 나타났다. 따라서 최적주행전략이 일반 운전자보다 연료소모량을 13.4% 감축하는 것으로 분석되었다.

수집된 8개의 데이터를 비교·분석한 결과는 <Table 3>과 같다. 일반 운전자의 연료소모량에 비해 최적주행전략의 연료소모량이 약 21.2%의 감축효과가 있는 것으로 나타났다. 일반주행 시 최적주행전략에 비해 가속시간이 길고 평균 주행속도가 높은 점이 연료소모량이 더 큰 이유로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 하류부의 도로지형을 미리 취득한 차량이 오르막 구간과 곡선 구간으로 구성된 도로를 연료소 모를 최소화하는 최적주행전략 모형을 개발하여 그 효과를 분석하였다. 4개의 시나리오를 통해 선정된 최적주행전략으로 주행 시 연료소모량과 일반 운전자가 주행하였을 시 연료소모량을 비교·분석한 결과, 평균 21.2%의 연료소모량 감축효과가 나타났다. 따라서 하류부의 도로지형을 미리 파악하여 연료 효율적인 차량 제어가 이루어진다면, 연료소모량뿐만 아니라 온실가스 배출량 또한 감축할 수 있으며, 경제적 비용 절감 효과도 누릴 수 있을 것이라 판단된다. 또한, 가까운 미래에 ‘커넥티드카(Connected Car)’와 ‘자율주행차량’의 상용화가 이뤄지는 시점에 운전자의 효율적인 차량 제어를 위해 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No.NRF-2015R1A2A2A01006386)

본 논문은 한국ITS학회의 2016년 추계 학술대회(2016.10.28.)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성하였습니다.

REFERENCES

- Choi J. and Bae S.(2015), “Development of a Fuel-Efficient Driving Method based on Slope and Length of Uphill Freeway Section,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation System*, vol. 14, no. 1, pp.77-84.
- Demir E., Bektas T. and Laporte G.(2014), “A review of recent research on green road freight transportation,” *European Journal of Operational Research*, 237, pp.775-793.
- Do M. and Choi S.(2014), “Effect of Road Gradient on Fuel Consumption of Passenger Car,” *The*

- Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 4, pp.48-56.
- Jung Y. and Bae S.(2016), "Development of a Fuel-Efficient Driving Strategy in Horizontal Curve Section," *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 15, no. 3, pp.77-83.
- Korea Automobile Environmental Association, <http://www.eco-drive.or.kr/>, 2017.02.01.
- Korea Transportation Emission Management System(KOTEMS), <http://www.kotems.or.kr/>, 2017.02.01.
- Lee K. and Choi K.(2015), "Analysis on the Correction Factor of Emission Factors and Verification for Fuel Consumption Differences by Road Types and Time Using Real Driving Data," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 33, no. 5, pp.449-460.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, Korea(2015), *Rules about the road structure & facilities standards*, Ministry of Government Legislation, Korea, Retrieved 2015.07.05.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, Korea, <http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView.do>, 2017.02.01.
- Oh J., Lee S., Heo T. and Park J.(2011), "Analysis of Driving Pattern and Eco-driving," *Journal of Transport Research*, vol. 19, no. 1, pp.27-38.
- Park B.(2005), *Vehicle Dynamics*, Munundang(Korea), pp.271-290.
- Park S. and Rakha H.(2006), "Energy and environmental impacts of roadway grades," Transportation Research Record," *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1987, pp.148-160.
- Park S.(2012), "Analysis of traffic accident characteristics and safety evaluation model for the overlap section of freeway horizontal and vertical alignment," Ph.D. Thesis, Hanyang Univ. pp.1-178.
- Staubach M., Schebitz N., Koster F. and Kuck D.(2014), "Evaluation of an eco-driving support system," *Transportation Research Part F*, 27, pp.11-21.
- Wyatt D. W., Hu L. and Tate J. E.(2014), "The impact of road grade on carbon dioxide (CO2) emissions of a passenger vehicle in real-world driving," *Transportation Research Part D*, 32, pp.160-170.
- Yun D.(2014), Road research and ARASEO, *Korea Institute of Civil Engineering, Proceedings of the KOR-KST Conference*, Gimcheon, Korea.