

고속도로 오르막 구간의 경사도와 길이에 따른 연료 효율적 주행방법 개발

Development of a Fuel-Efficient Driving Method based on Slope and Length of Uphill Freeway Section

최 지 은*
(Ji-eun Choi)
(Pukyong National University)

배 상 훈**
(Sang-hoon Bae)
(Pukyong National University)

· Corresponding author : Sang-hoon Bae(Pukyong National University), sbae@pknu.ac.kr

요 약

2011년 교통부문 온실가스 배출량은 85.04백만tonCO₂eq이며 도로분야에서 발생한 온실가스 배출량은 95% 비율을 차지한다. 이러한 온실가스 배출량 감축의 일환으로 급가속 회피, 경제속도 준수 등 에코드라이빙 교육 및 홍보 프로그램이 활성화되고 있으나 근원적인 배출량 감축 기술 개발은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 도로 경사도 별 최적가속도를 분석하고 하류부의 오르막 구간을 대상으로 연료 효율적인 주행방법의 제시를 목적으로 하였다. 오르막 주행 시 주행모드에 따른 시나리오를 설정하고 시나리오별 속도변화량을 다르게 설정하여 속도 프로파일을 생성하였다. 각 속도 프로파일을 Comprehensive Modal Emission Model에 적용하여 연료소모량을 산정하였다. 도로 경사도, 오르막길이 별 연료소모량이 가장 적게 소모된 주행모드와 속도변화량을 도출하였다. 도출된 주행모드와 속도변화량을 기반으로 에코드라이빙 시 소모된 연료소모량과 cruise control 주행 시 소모된 연료소모량을 비교 분석하였다. 분석 결과, 오르막 지형을 100kph, 90kph, 80kph 속도로 주행 시 에코드라이빙 주행을 연료소모량이 cruise control 주행 보다 각각 33.9%, 30.8%, 5.3% 감축효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

핵심어 : 에코드라이빙, 연료소모량, 온실가스 배출량, 도로 경사, 최적주행모드

ABSTRACT

In 2011, greenhouse gas emissions of transport sector were 85.04 million tonCO₂eq and road emissions accounted for 95% of total emissions in the transport sector. There are few innovative technologies to reduce greenhouse gas emissions aside from eco-driving education and public relation program. Therefore, this paper focused on analyzing optimal acceleration by certain road grades and suggested fuel-efficient driving method for various uphill sections. Scenarios were established by driving modes. Speed profiles were generated by scenarios and speed variations. Each speed profile applied to Comprehensive Modal Emission Model and then each fuel consumption was estimated. Driving mode and speed variation that minimized fuel consumption were driven according to grade percent and uphill distance. When driving in the eco-friendly mode of the driving and speed variation, reduction rate of fuel consumption was evaluated by comparison between eco-driving and cruise control mode. When a vehicle drove under eco-driving mode at 100kph, 90kph and 80kph on uphill road, fuel consumptions were reduced by 33.9%, 30.8% and 5.3%, respectively.

Key words : Eco-driving, Fuel consumption, Greenhouse gas emissions, Road grade, Optimal driving mode

* 주저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과 박사수료

** 공저자 및 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과 교수

† Received 19 November 2014; reviewed 22 January 2015; Accepted 3 February 2015

I. 서론

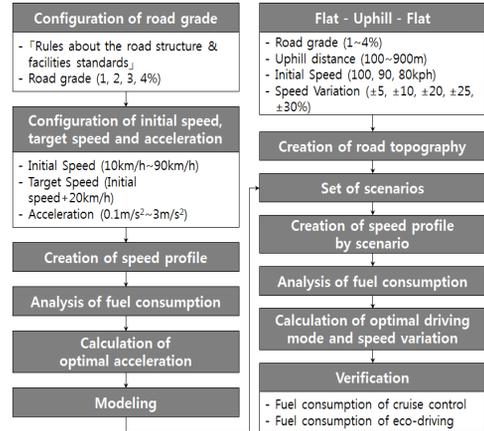
1. 연구의 배경 및 목적

교통안전공단(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS)에 의하면 2011년 교통분야 에너지 소비량은 17.9% 차지하며 이 중 도로분야의 온실가스 배출량은 80.63백만tonCO₂eq이다. 이는 전체 중 95%의 비율을 가진다[1]. 에너지경제연구원은 수송부문 에너지 수요가 2012년 대비 2017년까지 연평균 1.5% 증가할 것으로 예측하고 있다[2]. 이러한 문제점을 해결하고자 국토교통부는 2020년까지 교통부문의 온실가스 배출량의 34% 감축을 목표로 설정하였다. 교통부문 온실가스 배출량을 감축하기 위한 일환으로 급 가속 회피, 경제속도 준수 등 에코드라이빙 교육 및 홍보 프로그램을 통해 국민의식을 고취하고 있으나 배출량 감축 기술 개발은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 연료효율적인 주행을 위해 도로 경사도를 고려한 최적 가속도 도출 및 주행방법 제시를 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국토교통부의 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙[3]’에서 제시되어 있는 중단경사 설치 기준에 준하여 경사도별 연료소모량이 최소인 가속도를 산정하고 모델링하였다. 평지, 오르막, 평지로 구성된 도로지형을 대상으로 도로 경사도, 오르막길이 범위를 설정하여 도로지형을 생성하였다. 모델링으로 도출된 가속도를 반영하여 주행모드(등속, 가속, 감속)에 따른 시나리오를 설정하였다. 동일한 도로지형에서 시나리오별 속도 프로파일을 생성하였다. 또한 각 시나리오별 속도변화량을 초기속도에서 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%의 범위 내에서 가속 및 감속하였다. 속도 프로파일, 경사도를 Comprehensive Modal Emission Model (CMEM)에 적용하여 연료소모량을 산정하였다. CMEM은 차종, 연료, 경사도 등 고려하여 초 단위의 연료소모량 및 배출량을 산정한다[4, 5]. CMEM을 통해 산정된 연료소

모량을 분석하여 연료소모량이 가장 적게 소모된 시나리오와 속도변화량을 도출하였다. 도출된 시나리오와 속도변화량을 기반으로 에코드라이빙 주행 시 소모된 연료소모량과 cruise control 주행 시 소모된 연료소모량을 분석하여 감축효과를 평가하였다.



〈그림 1〉 연구수행절차
〈Fig. 1〉 Flow of study

II. 문헌고찰

본 연구에서 연료 효율적인 주행방법을 제시하고자 연료소모량 및 배출량에 미치는 주요 요인과의 에코드라이빙 관련 연구를 고찰하였다.

S. Park 외(2006)은 일정한 속도로 주행할 경우, 정지 표지판이 있는 도로로 주행할 경우, 신호가 있는 도로로 주행할 경우 경사도를 달리하여 연료소모량과 배출량을 분석하였다. 도로 경사도가 1% 증가 시 연료소모량 및 배출량은 9% 이상 증가하는 것으로 분석되었다[6].

D. C. Carslaw 외(2010)은 강제적인 Intelligent Speed Adaptation (ISA)주행과 일반적인 주행상황을 비교 분석하여 CO₂ 배출량의 감축효과를 평가하였다[7]. ISA는 교통사고 감소를 위해 속도 제한하는 시스템이다[8]. ISA 주행 시 일반 주행보다 CO₂ 배출량이 평균 6% 감축효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

K. Kang 외(2010)는 운전자의 미시적 운전행태에

따른 연료소모 및 CO₂ 배출량을 분석하고 에코드라이빙 운전행태를 제안하였다. 급출발, 급가속 시 연료소모량 및 CO₂ 배출량이 가장 높은 것으로 분석되었다. 급차로변경, 급좌/우회전 운전행태 모두 급가속과 밀접한 관련 있는 것으로 분석되었다.[9]

J. T. Oh 외(2011)은 운전자의 운전유형이 연료소모에 미치는 영향을 분석하였다. 급출발, 급가속 등 운전유형과 회전과 관련된 운전유형에서 연료소모량 및 CO₂ 배출량이 증가한 것으로 분석되었다[10].

S. C. Choi(2011)은 정속주행, 하한속도제어, 상한속도제어 알고리즘을 제시하였다. 각 알고리즘을 적용하여 연비를 산정한 결과 하한속도제어 알고리즘이 6.6%의 연비 개선효과가 나타났다[11].

M. Won 외(2011)은 교통운영전략에 따른 연료소모량 변화를 정확하게 계산하기 위하여 가속도를 고려한 차량 연료소모량 관계식을 개발하였다[12].

S. Park 외(2012)는 예측가능 순항제어체계를 개발하였다. 이 시스템은 연료소모 모듈, 파워 트레인 모듈, 최적화 알고리즘으로 구성되어 있으며 고정밀 지도로부터 도로지형정보를 수집하여 차량의 속도를 조정하였다. 개발된 시스템은 15% 연료 감축효과가 있는 것으로 분석되었다[13].

J. Park 외(2013)은 평균차속, 상대가속도, 정지비율과 CO₂ 배출량 간의 상관관계를 분석하였다. 평균 속도가 증가함에 따라 CO₂ 배출량은 감소하고, 상대가속도, 정지 비율의 증가에 따라 CO₂ 배출량은 증가하는 것으로 분석되었다[14].

M. Do 외(2014)는 승용차의 주행실험 자료를 활용하여 도로의 경사가 유류소모량에 미치는 영향을 분석하고 모형을 개발하였다. 오르막, 평지, 내리막 순으로 유류소비량이 소비됨을 확인하였다[15].

문헌고찰 결과, 차량의 운전행태와 도로 경사도가 연료소모량 및 배출량에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다. 기존의 에코드라이빙 관련 연구는 주로 경제속도, 최저속도, 최고속도로 속도를 제어하였다. 그러나 연료소모량 및 온실가스 배출량을 효과적으로 감축하기 위해서는 하류부의 도로지형

을 고려한 연료 효율적인 주행방법 연구의 필요성이 제기된다.

Ⅲ. 도로 경사도를 고려한 최적 가속도 모델링

1. 도로 경사도별 연료소모량 분석

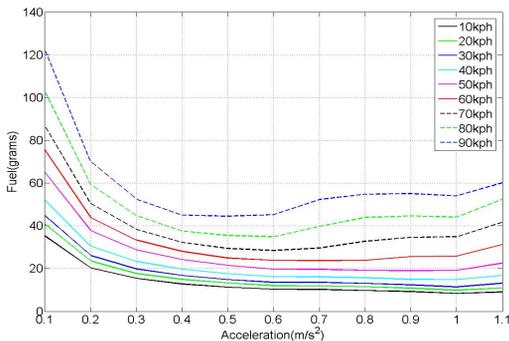
2014년 1월 기준 연료별 자동차 등록현황에 의하면 총 승용차 등록대수(15,158,667대) 중 휘발유 차량은 약 62%로 가장 큰 비율을 가진다[16]. 따라서 본 연구에서는 휘발유를 사용하는 승용차를 대상으로 도로 경사도 별 연료소모량을 분석하였다. 초기속도는 10km/h이상 90km/h이하로 설정하였고 목표속도는 초기속도에서 20km/h 이상 높은 속도로 설정하였다. <표 1>과 같이 속도별 도로 경사도, 가속도 조건을 달리하여 각 속도 프로파일을 생성하였다. 도로 경사도는 국토교통부의 ‘도로의 구조·시설기준에 관한 규칙’[3]에서 제시한 종단경사 설치기준에 근거하여 0%에서 4%까지 범위로 설정하였다. 각 도로 경사도에서 가속도는 0.1m/s²에서 1m/s²까지 범위로 설정하였으며 0.1m/s²씩 증가하여 속도 프로파일을 생성하였다. 속도 프로파일 별 연료소모량 산정을 위해 CMEM의 LDV Core Model을 활용하였다. Input 파일인 Modal Control 파일과 Vehicle Activity 파일을 생성하여 CMEM의 LDV Core Model에 적용하였다. Modal Control 파일에는 차종, 단위를 정의한다. 휘발유를 사용하는 승용차 카테고리를 입력하였으며, 단위는 English units 으로 입력하였다. Vehicle Activity 파일에는 시간, 속도, 가속도, 경사도를 입력하였다. 두 개의 Input 파일을 CMEM의 LDV Core Model에 적용하면 연료소모량과 배출량이 산정된다. 본 연구에서는 연료 효율적인 주행이 목적이다. 따라서 동일한 초기속도에서 경사도, 가속도 별 연료소모량을 산정하고 비교분석을 통해 연료소모량이 최소가 되는 가속도를 도출하였다.

<표 1> 시뮬레이션 환경
<Table 1> Simulation configuration

Initial Speed(km/h)	Target Speed(km/h)	Road Grade(%)	Acceleration(m/s ²)
10	36.6	0	0.1
			∴
			1
		∴	
∴	∴	4	∴
∴	∴	∴	∴
90	111.6	∴	∴

2. 최적가속도 모델링

초기속도, 도로 경사도, 가속도의 조건을 달리하여 연료소모량을 산정하고 분석하였다. 동일한 초기속도에서 가속도에 따라 목표속도에 도달하는데 걸리는 시간은 다르다. <그림 2>에서 가속도가 0.1m/s²일 경우, 초기속도에서 목표속도까지 도달하는 시간이 오래 걸려 연료소모량이 높게 산정되었다. 반면 가속도 1m/s²으로 목표속도까지 가속할 경우, 소요시간은 짧지만 엔진 부하로 인해 연료소모량이 높게 나타나는 것으로 분석되었다.



<그림 2> 도로 경사도가 1%인 도로지형 주행 시 가속도 별 연료소모량

<Fig. 2> Fuel consumption by road grade when driving on the road which has grade 1%

<표 2>와 같이 경사도와 초기속도 별 연료소모량이 최소화된 가속도를 도출하였다.

<표 2> 경사도 별 초기속도에 따른 최적 가속도
<Table 2> Optimal acceleration by grade and initial speed

Road Grade(%)	Initial Speed	Optimal Acceleration(m/s ²)
0	10km/h~50km/h	1
	60km/h, 70km/h	0.6
	80km/h, 90km/h	0.5
1	10km/h~40km/h	1
	50km/h	0.9
	60km/h	0.7
	70km/h, 80km/h	0.6
2	90km/h	0.5
	10km/h~50km/h	1
	60km/h	0.7
3	70km/h, 80km/h	0.6
	90km/h	0.5
	10km/h~50km/h	1
4	60km/h, 70km/h	0.6
	80km/h, 90km/h	0.5
	10km/h~50km/h	0.1
4	60km/h~90km/h	0.6

경사도별 연료소모량이 최소화되는 최적 가속도 모형을 <표 3>과 같이 도출하였다. 최적 가속도 모형에서 종속변수(y)는 가속도(m/s²), 독립변수(x)는 초기속도(km/h)이다.

<표 3> 경사도 별 최적 가속도 모형
<Table 3> Optimal acceleration model by road grade

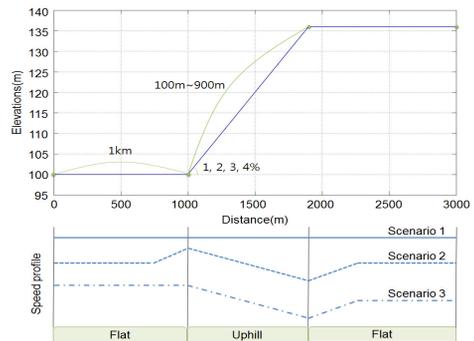
Road Grade(%)	Optimal Acceleration Model	R ²
0	$y = -0.007833x + 1.191667$	0.7718
1	$y = -0.007167x + 1.169444$	0.8666
2	$y = -0.007167x + 1.180556$	0.7949
3	$y = -0.007833x + 1.191667$	0.7718
4	$y = -0.007167x + 1.169444$	0.7185

IV. 오르막 지형에 대한 연료효율적인 주행방법

1. 시뮬레이션 환경

본 연구에서는 차량과 차량 간(Vehicle to Vehicle, V2V), 차량과 인프라 간(Vehicle to Infrastructure, V2I) 통신 환경 하에 하류부의 도로지형정보를 미리 수집한다고 가정하였다. 하류부의 도로지형은 평지, 오르막, 평지로 구성되어 있으며, 휘발유를 사용하는 승용차가 고속도로에서 3km를 주행한다고 가정하였다. <그림 3>과 같이 첫 번째 구간인 평지는 1km이고 오르막에서는 100m에서 900m까지 범위를 설정하였다. 국토교통부의 ‘도로의 구조·시설기준에 관한 규칙’에 의하면 설계속도가 80km/h 이상 120km/h 미만에서 종단곡선 최소길이는 70m에서 100m 이상 설치한다고 제시되어 있다[3]. 따라서 본 연구에서는 오르막 최소 길이를 100m로 설정하였다. 또한 한국건설기술연구원은 첨단안전점검차량 아라서(Automated Road Analysis and Safety Evaluation TOol, ARASEO)를 개발하여 도로교통 안전점검과 안전진단을 수행한 바 있다[17]. 아라서를 통해 수집된 영동고속도로의 도로 선형정보를 분석한 결과 종단경사 길이는 최소 160m에서 최대 2,520m이며 구간 별 종단경사 길이는 평균 1,041m로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 오르막 최대 길이는 1km미만으로 설정하였다. 도로 경사도는 1%에서 4%까지 설정하였다. 동일한 도로지형에 대해서 시나리오 별 속도변화량에 따라 속도 프로파일을 생성하였다. 시나리오, 속도변화량 조건이 다른 각각의 속도 프로파일, 경사도 등을 CMEM의 LDV Core Model에 적용하여 연료소모량을 산정하였다. 시나리오 별, 속도 변화량 별 산정된 연료소모량을 비교 분석하여 연료소모량이 가장 적게 소모된 주행모드와 속도 변화량을 도출하였다. 시나리오는 <그림 3>과 같이 구간별 주행모드를 다르게 설정하였다. 시나리오1은 등속주행이다. 시나리오2는 평지에서 <표 3>의 최적가속도로 미리 가속하여 오르막에 진입한다. 오르막에서 감속하였다가 원래 속도

로 회복하여 등속 주행하는 행태이다. 시나리오 3은 평지에서 등속으로 주행하다가 오르막에서 감속한 후 평지에서 원래 속도로 회복하여 등속 주행하는 행태이다. 본 연구에서 고속도로를 주행한다고 가정하였으므로 초기속도는 80km/h, 90km/h, 100km/h로 설정하였다. 감속 및 가속하는 속도변화량을 초기속도의 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 범위로 설정하였다.



<그림 3> 도로 지형 및 시나리오
<Fig. 3> Road topography and scenarios

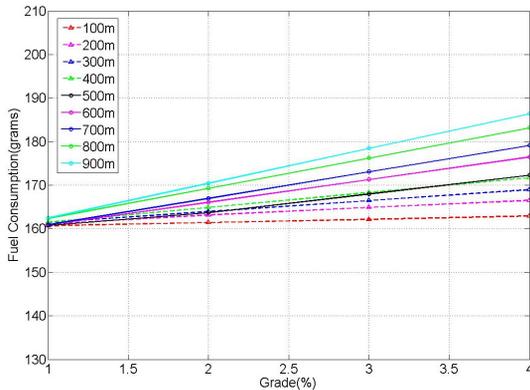
2. 연료효율적인 주행방법

각각의 초기속도 별 연료소모량이 가장 적게 소모된 주행모드 및 속도변화량은 <표 4>와 같다. <그림 4>와 같이 초기속도 100km/h 인 경우 오르막

<표 4> 초기속도별 최적주행 모드 및 속도변화량
<Table 4> Optimal driving mode and speed variation by initial speed

Initial Speed	Distance of Uphill	Driving Mode	Speed Variation
100km/h	$Uphill \leq 100m$	Scenario 1	-
	$100m < Uphill < 500m$	Scenario 3	$\pm 15\%$
	$Uphill \geq 500m$	Scenario 3	$\pm 25\%$
90km/h	$Uphill \leq 100m$	Scenario 1	-
	$100m < Uphill < 800m$	Scenario 3	$\pm 10\%$
	$Uphill \geq 800m$	Scenario 3	$\pm 15\%$
80km/h	$Uphill \leq 300m$	Scenario 1	-
	$Uphill > 300m$	Scenario 3	$\pm 5\%$

길이 별 연료소모량의 기울기가 동일하게 나타났다. 오르막길이가 500m 이상일 경우, 초기속도의 25% 범위에서 감속 및 가속하는 것이 연료소모량이 최소인 것으로 분석되었다.



<그림 4> 100kph로 에코드라이빙 주행 시 도로 경사도 별 연료소모량
<Fig. 4> Fuel consumption by road grade when driving in the eco-friendly manner at 100kph

3. 연료소모량 절감효과

도출된 연료 효율적인 주행모드와 속도변화량을 을 기반으로 에코드라이빙 주행 시 연료소모량이 cruise control 주행에 비해 정량적으로 얼마나 감축할 수 있는지 평가하였다. cruise control 주행은 식 (1)과 같이 PI(Proportional-Integral) 제어를 사용하여 목표속도에 맞추어 제어한다.

$$a = P(V_{desired} - V_{current}) + I \int_0^{\tau} (V_{desired} - V_{current}) dt \quad (1)$$

여기서, a 는 가속도, $V_{desired}$ 는 목표속도, $V_{current}$ 는 현재속도, P , I , τ 는 상수이다.

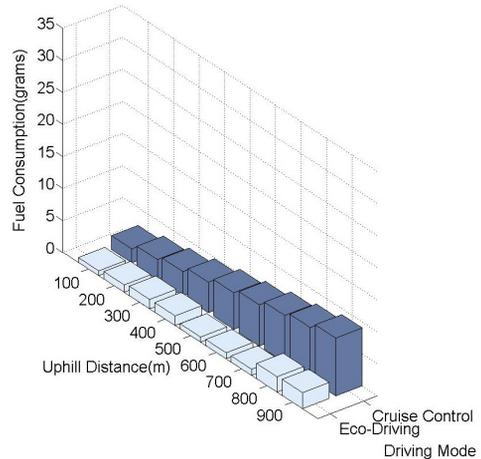
<그림 3>과 같이 평지, 오르막, 평지로 구성된 도로지형을 에코드라이빙과 cruise control로 각각 주행 시 도로 경사도, 오르막길이 별 연료소모량을 비교분석하였다. 에코드라이빙 주행 시 정량적인 연료소모량 감축률을 식 (2)에 의해 산정하였다. 평지

구간을 제외한 오르막 구간에 국한하여 에코드라이빙 주행 시 연료소모량 감축률을 산정하므로 베이스라인 연료소모량을 고려하였다. 베이스라인 연료소모량은 에코드라이빙, cruise control과 동일한 초기속도로 등속 주행 시 소모된 연료소모량이다.

$$Reduction Rate(\%) = \frac{(F_{cc} - F_{base}) - (F_{eco} - F_{base})}{(F_{cc} - F_{base})} \times 100 = \frac{F_{cc} - F_{eco}}{F_{cc} - F_{base}} \times 100 \quad (2)$$

여기서, F_{cc} 는 cruise control 주행 시 소모된 연료소모량, F_{base} 는 베이스라인 연료소모량, F_{eco} 는 에코드라이빙 주행 시 소모된 연료소모량이다.

초기속도 100km/h의 분석결과는 다음과 같다. 에코드라이빙과 cruise control 주행 시 소모된 각각의 연료소모량에서 베이스라인 연료소모량을 삭감하여 오르막 구간의 연료소모량을 산정하였다. <그림 5>는 경사도 1%의 도로지형에서 에코드라이빙, cruise control 주행 시 오르막길이 별 소모된 연료소모량의 예시이다. 에코드라이빙 주행 시 연료소모량이 cruise control 주행보다 평균 75% 적게 소모된 것으로 분석되었다.



<그림 5> 100kph의 속도로 Grade 1% 인 도로를 에코드라이빙과 cruise control 주행 시 연료소모량 비교

<Fig. 5> Comparison of fuel consumptions between eco-driving and cruise control driving(100kph, grade 1%)

〈표 5〉 에코드라이빙과 cruise control 주행 시 연료소모량

〈Table 5〉 Comparison of fuel consumptions between eco-driving and cruise control driving

Initial Speed (km/h)	Road Grade (%)	Uphill Distance (m)	Eco - Driving (grams)	Cruise Control Driving (grams)	Reduction Rate (%)	Average Reduction Rate (%)
100	1	300	161.5	163.8	60.5	33.9
		600	160.9	166.4	85.9	
		average	161.4	165.6	75	
	2	300	164	166.1	34.4	
		600	166.1	171.3	46	
		average	165.6	169.7	42.3	
	3	300	166.5	168.5	23.5	
		600	171.3	176.2	30.2	
		average	169.9	173.9	28.8	
	4	300	169	171.7	23.1	
		600	176.5	181	21.4	
		average	174.2	178	21.1	

IV. 결론

본 연구는 연료 효율적인 주행을 위해 도로 경사도를 고려한 최적 가속도를 도출하고 하류부의 도로지형을 고려한 에코드라이빙 주행 전략을 제시하고자 하였다. 구체적으로는 각 초기속도별 오르막 구간의 길이에 따른 연료소모가 최소화되는 시나리오를 산정하였다.

또한, 도출된 시나리오와 속도변화량으로 주행 시 연료소모량이 cruise control에 비해 얼마나 감축 효과가 나타나는지 분석하였다. 오르막을 100kph의 속도로 에코드라이빙 주행 시 연료소모량이 cruise control 보다 평균적으로 33.9% 절감되는 것으로 분석되었다. 90kph와 80kph에서 에코드라이빙으로 주행 시 각각 평균 30.8%, 5.3% 감축효과가 나타났다. 따라서 하류부의 도로지형을 미리 파악하여 도로지형에 연료 효율적인 주행방법으로 주행한다면 연료소모량 및 배출량을 효과적으로 절감할 수 있다고 결론지을 수 있다.

REFERENCES

- [1] Korea Transport Emission Management System, Retrieved Jun., 1, 2014, from <http://www.kotems.or.kr/>.
- [2] Korea Energy Economics Institute, "2013 Energy Info. Korea", ISSN 2233-4386, pp.1-95, Dec. 2013.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, Korea, *Rules about the road structure & facilities standards(2013)*, Ministry of Government Legislation, Korea, Retrieved Jun., 1, 2014, from <http://www.law.go.kr/main.html>.
- [4] G. Scora and M. Barth, *Comprehensive Modal Emissions Model (CMEM), version 3.01, User's Guide(2006)*, Retrieved Jan., 1, 2014, from <http://www.cert.ucr.edu/cmем>.
- [5] M. Barth, F. An, T. younglove, G. Scora, C. Levine, M. Ross and T. Wenzel, "Development of a comprehensive modal emissions model", *Final Report, NCHRP Project 25-11*, pp.1-213, 2000.
- [6] S. Park and H. Rakha, "Energy and environmental impacts of roadway grades", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1987, pp.148-160, 2006.
- [7] D. C. Carslaw, P. S. Goodman, F. C. H. Lai, and O. M. J. Carten, "Comprehensive analysis of the carbon impacts of vehicle intelligent speed control", *Atmospheric Environment* 44. pp.2674-2680, 2010.
- [8] O. M. J. Carsten and F. N. Tate, "Intelligent Speed Adaptation: accident savings and cost-benefit analysis", *Accident Analysis and Prevention* 37, pp.407-416, 2005.
- [9] K. Kang, J. Oh, J. Park, and N. Sung, "Eco-driving based on an analysis of driving patterns and traffic flow", *Series of research 2010-24, The Korea Transport Institute*, pp.1-164, 2010.
- [10] J. T. Oh, S. Y. Lee, T. Y. Heo, and J.S. Park, "Analysis of Driving Pattern and Eco-Driving",

- Journal of Transport Research*, vol. 18, no. 1, pp.27-38, 2011.
- [11] S. C. Choi, "Eco-driving method at highway including grade using GPS altitude data", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 12, no. 1, pp.19-25, 2011.
- [12] M. Won, K. Kang, and J. Kim, "A estimation model of the fuel consumption based on the vehicle speed pattern", *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 4, pp.65-71, 2011.
- [13] S. Park, H. A. Rakha, K. Ahn, K. Moran, B. Saerens, and E. Bulck, "Predictive ecocrise control system - Model logic and preliminary testing", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2270, pp.113-123, 2012.
- [14] J. Park, J. Lee, S. Kim, J. Kim, and K. Ahn, "The characteristics of driving parameters and CO₂ emissions of light-duty vehicles in real-driving conditions at urban area in Seoul", *Climate Change Research*, vol. 4, no. 4, pp.359-369, 2013.
- [15] M. Do and S. Choi, "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, 2014.
- [16] Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, Korea, *Total Registered Motor Vehicles(Jan., 2014)*, Retrieved Mar., 1, 2014, from <https://stat.molit.go.kr>.
- [17] D. G. Yun, "Road research and ARASEO", Korea Institute of Civil Engineering, *Proceedings of the KOR-KST Conference*, Gimcheon, Korea, Sep., 2014.

저자소개



배 상 훈 (Bae, Sang-Hoon)

2002년 3월~현재 : 부경대학교 교수 (공간정보시스템공학과)
 1995년 7월~2002년 3월 : 한국교통연구원 ITS 연구센터 연구위원
 1995년 5월 : 미국 Virginia Tech. 박사 (ITS 전공)
 e-mail : sbae@pknu.ac.kr
 연락처 : 051) 629-6657



최 지 은 (Choi, Ji-Eun)

2014년 부경대학교 박사수료 (ITS전공)
 2009년 2월~2011년 2월: 부경대학교 석사 (ITS전공)
 e-mail : 620jieun@gmail.com
 연락처 : 051) 629-6657