

평면곡선부 구간에서의 연료효율적 주행전략 개발

Development of a Fuel-Efficient Driving Strategy in Horizontal Curve Section

정 양 록*

(Yangrok Jeong)

(Korea Institute of Civil Engineering
and Building Technology)

배 상 훈**

(Sanghoon Bae)

(Pukyong National University)

요 약

우리나라 교통부문 온실가스 배출량은 2012년 88백만tonCO₂eq에 도달하였으며, 이 중 도로에서 발생한 배출량이 94%를 차지한다. 현재 에코드라이빙 교육 및 홍보 프로그램을 실시하고 있으나 도로선형을 고려한 친환경적 차량제어 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 고속도로를 대상으로 평면곡선부를 주행하는 차량의 연료효율적 주행 전략을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 먼저 설계지침에 따라 이상적인 평면곡선부를 설계하고 차량의 안전을 고려하기 위해 안전속도를 산정하였다. 설계한 평면곡선부의 구간별로 가·감속 시나리오를 설정하였으며 앞서 산정한 안전속도를 기준으로 속도를 제한하여 속도 프로파일을 생성하였다. 생성한 속도 프로파일에 도로 선형에 따른 차량 속도변환식을 적용하였으며 Comprehensive Modal Emission Model에 적용하여 연료소모량을 산정하였다. 초기속도별 최적 시나리오를 도출하였으며 도출한 에코드라이빙 전략을 검증하기 위해 실제 운전자 주행과 에코드라이빙 전략을 적용 시 연료소모량을 비교·분석하였다. 분석결과, 에코드라이빙 주행 시 운전자의 주행보다 평균 20.73% 연료소모량 감축효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

핵심어 : 에코드라이빙, 연료소모량, 평면곡선부 도로, 안전속도, 온실가스 배출량

ABSTRACT

In 2012, total GHG emissions in transport sector reached 88 Million ton CO₂e_q. The emissions generated in the road accounted for 94% of the transport sector. Currently, there are many efforts to operate an education and campaign for eco-driving. However study for eco-friendly vehicle control considering road alignment is limited. Therefore, the purpose of this study is to address fuel-efficient driving strategy in horizontal curve section. To fulfill the goal, designed ideal freeway horizontal curve road follows regulations about road structure. And safety speed is calculated for considering vehicle's safety on horizontal curve road. Authors composed the acceleration and deceleration scenario for each horizontal curve section and generated the speed profiles that are limited by the safety speed. Speed profiles are converted into force that horizontal curve affect to fuel consumption. Then, we calculated fuel consumption using Comprehensive Modal Emission Model. Then, we developed eco-driving strategy by selecting most fuel-efficient scenario. To validate this strategy, we selected study site and compared fuel consumption for eco and manual driving. As the result, fuel consumption when driver used eco-driving was lessened by 20.73% than that of manual driving

Key words : Eco-driving, Fuel Consumption, Horizontal Curve, Self-Driving, Greenhouse gas

† 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2015R1A2A2A01006386)

† 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음

* 주저자 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 신진연구원

** 공저자 및 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과 교수

† Corresponding author : Sanghoon Bae(Pukyong National University), E-mail sbae@pknu.ac.kr

† Received 3 September 2015; reviewed 24 September 2015; Accepted 23 November 2015

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

2012년 우리나라의 교통부문 에너지 소비량은 37,143천TOE으로 전체의 17.9%를 차지한다. 또한 교통부문 온실가스 배출량은 86.36백만tonCO₂eq에 도달하였으며 이 중, 도로부문에서 발생한 배출량이 95%의 비율을 나타내었다[1]. 이에 따라서 국토교통부는 2020년 교통부문 온실가스 배출량을 배출전망치(Business As Usual, BAU) 대비 34.4% 감축을 목표로 설정하였다. 목표 달성을 위해 운전자의 주행행태를 개선시켜 연료소모량 및 배출량을 감소시키는 동시에 안전한 주행을 하도록 하는 에코드라이빙에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존연구에 따르면 운전자를 대상으로 에코드라이빙 교육 시 연료소모 및 CO₂ 배출량의 감소에 크게 기여를 하며 급가·감속을 자제함으로써 교통안전도도 향상시킨 것으로 나타났다[2]. 에코드라이빙에 대한 관심이 높아지면서 운전자의 교육 및 홍보 프로그램에만 집중되었던 과거와 달리 에코드라이빙을 위한 차량 기술개발도 이루어지고 있다. 최근 제작되는 차량에는 연비효율을 높이기 위한 에코주행시스템과 급제동, 급가속 없이 정속주행을 유도하는 크루즈 컨트롤 기능이 포함되어 있다. 또한, 전 세계적으로 복잡한 교통 환경 하에서 자율주행차량 적용을 위한 프로젝트가 수행되고 있다. 특히나 환경 분야에서는 연료소모량과 배출량을 감축하기 위해 connected eco-driving, eco-cooperative adaptive cruise control 등의 연구가 진행되고 있다. 현재의 에코드라이빙 연구는 운전자와 차량에 초점을 맞추고 있다. 그러나 도로를 주행하는 차량은 운전자의 운전 성향, 숙련도 등과 도로선형의 상호작용을 통해 발생한다. 따라서 단순히 차량 관련기술개발과 운전자 교육을 통한 주행행태 개선이 이루어지더라도 도로환경에 대한 고려 없이는 완전한 에코드라이빙을 달성하기는 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 운전 숙련도와 운전성향에 많은 영향을 받는 평면곡선부도로에 초점을 맞추어, 도로의 기하구조를 파악하고 있다는

전제하에 주행하는 차량의 안전을 고려하여 연료소모량이 최소가 되는 시나리오를 선정하였다. 본 연구는 자율주행차량의 운영 효율 달성을 위한 기초 연구로서 연료소모량을 최소로 하는 주행 전략을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구범위 및 수행흐름

본 연구는 Ministry of Land(2013)의 평면곡선부 설계기준에 따라 대표적인 곡선지형을 설계하였다 [3]. 이후 곡선도로를 주행하는 차량이 원심력에 의해 전복되지 않는 안전속도를 산정하였다. 산정한 안전속도를 기준으로 평면곡선부의 각 구간별 가·감속 시나리오를 생성하고 초기속도별 속도 프로파일을 생성하였다. 생성한 속도프로파일에 차량이 평면곡선부 도로를 주행 시 연료소모량에 미치는 영향을 반영하기 위해 속도 변환식을 적용하였다. 이와 같이 변환된 초기속도별 속도프로파일을 Comprehensive Modal Emission Model에 적용하여 연료소모량을 산정하고 연료소모량이 최소가 되는 시나리오를 도출하였다. 평면곡선부에서의 에코드라이빙 전략을 검증하기 위해 대상지를 선정하고 대상 구간의 도로선형자료와 실제 주행 데이터를 수집하였다. 이를 통해서 실제 운전자의 주행과 에코드라이빙 전략을 적용했을 때 연료소모량을 비교하여 효과를 평가하고자 하였다.

II. 문헌고찰

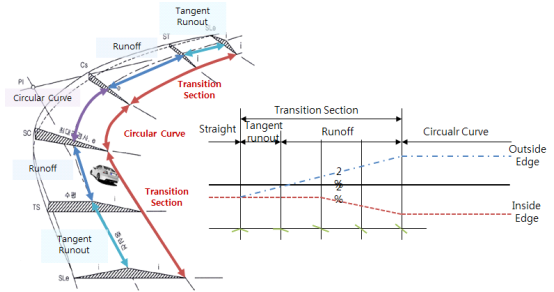
평면곡선부에서의 운전자 주행특성 및 안전성과 환경적인 영향에 관련한 연구를 고찰하였다. Jeong et al.(2000)는 도로 안전성을 높이기 위한 방안으로 도로 곡선부의 평면선형 설계 기준과 차량 주행 행태를 파악하였다. 이에 따르면 일반적으로 단일 평면곡선부를 주행하는 운전자는 곡선부 진입하면서 곡선부 정점까지 감속하다가 이후에 가속하는 행태를 보였다[4]. Choi et al.(2008)는 주행속도, 도로의 지형구분, 곡선반경간의 상관성을 중심으로 분석하였으며, 곡선반경을 독립변수로 한 차량 주행속도

모형을 제시 하였다[5]. FHWA(2000)는 운전자가 편안하게 가·감속하기 위해 필요한 길이와 회망속도로부터 평면곡선부에 감속할 때의 길이에 따른 가속도를 계산하였다[6]. KOTI(2010)와 Youn et al.(2011)의 연구에서는 운전자의 운행패턴에 따른 연료소모의 상관성을 분석하였다. 이에 따른 결과로 연료소모량은 속도와 비례하는 관계를 보이며 비교적 가·감속도의 영향을 크게 받는 것으로 파악되었다[7][8]. Ko(2011)의 연구는 지방부 2차로 도로를 대상으로 속도예측모형을 적용하여 평면곡선부 도로를 주행하는 운전자의 주행 패턴을 예측하고 이를 분석하였다. 분석을 통해 도로의 선형요소가 연료소모 및 CO2 배출량에 미치는 영향을 정량화하고 도로 설계과정에서 이러한 영향을 고려할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다[9]. 그리고 Choi(2014)의 연구에서는 에코드라이빙을 지원하기 위해 연료소모 및 CO2 배출량 측면의 가속특성을 분석하였으며 이를 통해 연료소모량이 급격히 증가하는 임계 가속도를 산정하였다. 이를 통해 도로선형 요소의 영향을 고려한 연료소모 및 CO2 배출량 모형을 개발하였다[10]. 문헌고찰 결과, 기존의 연구들은 평면곡선부 구간에 대한 일반 운전자의 속도 분석 및 배출량 모형 개발에 초점을 두고 연구를 수행하였다. 그러나 평면곡선부에서의 안전하고 연료효율적인 주행 방법에 관한 연구는 미비한 것으로 나타났다. 따라서 연료소모량과 배출량을 효과적으로 감축하기 위해서는 하류부의 도로지형을 고려한 연료효율적인 주행 전략의 제시가 필수적인 것으로 파악되었다.

Ⅲ. 평면곡선부의 에코드라이빙 전략

1. 평면곡선부 기하구조

본 연구에서는 Ministry of Land(2013)에 준하여 고속도로의 평면곡선부를 설계하였다[3]. 평면곡선부를 원곡선과 편경사 변이구간으로 구성된 3가지 구간으로 나누었다. 편경사 변이구간의 길이가 이상적인 길이에 미치지 못할 경우 평면곡선부 전, 후의 일부 직선을 포함하여 분석을 수행하였다.



<Fig. 1> Road Geometry of Horizontal Curve

고속도로 평면곡선 자료 분포(한국도로공사, 지리도형정보시스템)에 따르면 한국의 고속도로 곡선 도로의 곡선반경 및 곡선길이 자료 분포는 <Table 1>과 같다[11]. 본 연구에서는 이 중 중앙값인 1,000m의 곡선반경을 적용하였으며 편경사 4%, 원곡선 길이 400m, 편경사 변이구간 길이 200m로 총 길이 800m인 평면곡선부 구간을 생성하였다.

<Table 1> Geometric Data Distribution of Freeway Horizontal Curve Road

(m)	Sample size	Avg	Std	Percentile				
				Min	25%	50%	75%	Max
Radius	481	1,406	1,275	460	700	1,000	1,306	10,230
Length		755	402	205	478	664	892	2,788

2. 평면곡선부 속도 프로파일

본 연구는 <Fig. 1>와 같이 평면곡선부에서 편경사 변이구간1의 끝 지점에서 원심력이 최대가 되며 편경사 변이구간2의 끝 지점에서 초기속도를 회복한다고 가정하였다. 이에 따라서 차량은 원곡선구간 진입 전 평면곡선부를 안전하게 주행할 수 있는 안전속도까지 감속하는 시나리오를 구성하였다.

1) 평면곡선부 안전속도

편경사가 있는 평면곡선도로를 주행하는 차량이 전복·전도되지 않고 주행할 수 있는 안전속도는 식(1)과 같으나 안전율 30%를 추가적으로 고려하여 안전속도를 산출하고자 하였다. <Table 2>는 설계한 평면곡선부의 제원과 이에 따른 안전속도를 나타낸다.

$$v_{\text{안전속도}} = \sqrt{R \times g \times \frac{\sin\theta + \mu \times \cos\theta}{\cos\theta - \mu \times \sin\theta}} \times 0.7 \quad (1)$$

여기서,

R = 곡선반경

g = 중력가속도(m/s^2)

μ = 횡방향미끄럼마찰계수

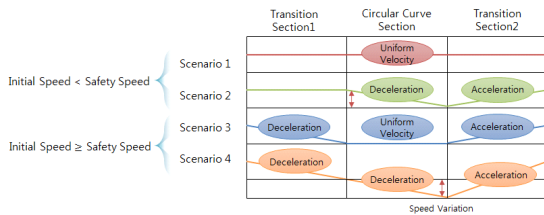
θ = 편경사

<Table 2> Geometric Data and Limit Speed of Designed Curve

Geometric Data of Horizontal Curve		Safety Speed
Radius	1,000m	
Superelevation	4%	
Length of Circular Curve	400m	
Length of Transition Section	200m	93.58km/h

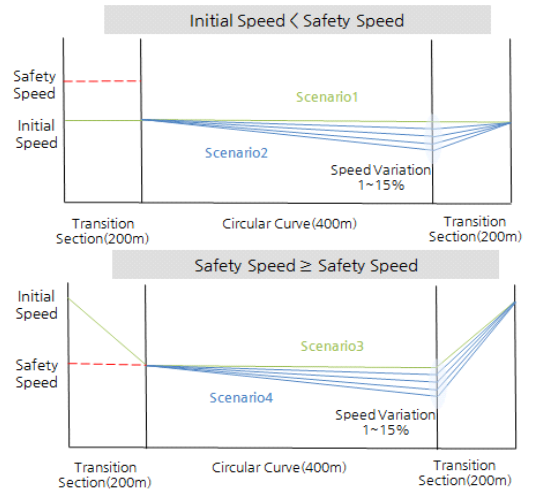
2) 구간별 가·감속 시나리오 및 속도 프로파일 생성

본 연구는 초기속도와 안전속도의 조건에 따라 각 2개의 시나리오로 구성하였다.



<Fig. 2> Scenario for each Section

이 때, 시나리오2와 시나리오4는 원곡선 구간에서 허용속도 범위를 1~15%까지 1%단위로 간격을 두어 안전속도 이하로 감속하도록 하였다. 이와 같이 구성된 시나리오에 따라 초기속도별 속도 프로파일을 생성하였다. 초기속도는 80km/h ~ 125km/h로 설정하였다. 또한 운전자의 불쾌감과 안전성을 잃지 않으며 동시에 차량의 신속성을 유지할 수 있는 가·감속도 범위인 $-3 \sim 2m/s^2$ 내에서 속도가 변화하도록 설정하였다[12]. <Fig. 3>은 초기속도의 조건에 따른 속도프로파일을 나타낸다. 이 때 시나리오1과 시나리오3은 실선으로, 시나리오2와 시나리오4는 점선으로 표현하였다.



<Fig. 3> Speed Profile by Initial Speed condition

3) 평면곡선부 선형에 의한 차량 속도 변환

생성한 속도프로파일은 곡선도로를 주행하는 차량이 도로의 기하구조에 의해 영향을 받는 정도가 미미하게 반영하였으므로 이를 보완하기 위해 평면곡선부 선형에 의해 발생하는 차량동역학적 요소를 고려하여 차량의 속도를 변환하고자 하였다. 차량 동역학에 따르면 고속으로 주행하는 구간의 차량의 동적특성은 <Fig. 4>와 같다. 차량이 평면곡선부 도로에서 고속으로 선회 시 원심력에 의해 도로 바깥쪽으로 이탈하기 때문에 β 와 같은 옆미끄럼각이 발생한다[13]. 이 때, 필요한 변수들의 값은 일반적인 승용차의 제원을 통해서 설정하였고, 이는 <Table 3>과 같다.

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

$$v_{\text{curve}} = \frac{v}{\cos\beta} \quad (3)$$

여기서,

c = 무게중심에서 후륜까지의 거리

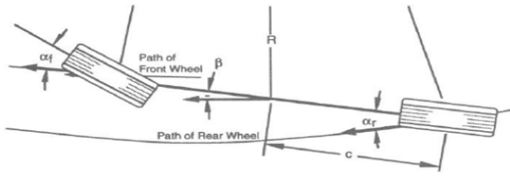
R = 곡선반경

W_r = 후륜 차축에서의 하중(lb)

$C_{a\gamma}$ = 후륜 두 타이어의 코너링 강성(lb_y/deg)

v = 차량주행속도(kph)

v_{curve} = 옆미끄럼각에 의해 변환된 속도



<Fig. 4> Dynamic Characteristics of a High-Speed Vehicle

<Table 3> General Vehicle data

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

3. 시나리오별 연료소모량 산정 및 최적 시나리오 선정

1) 초기속도별 연료소모량 산정

생성한 속도프로파일의 연료소모량 산정을 위해 연료소모량 산정 모형인 Comprehensive Modal Emission Model(CMEM)을 사용하였다. CMEM 적용을 위해 Modal Control 파일을 통해 휘발유 차량 카테고리를 설정하였으며 Vehicle Activity 파일을 통해 초당 속도와 가속도를 입력하였다[14].

2) 초기속도별 최적 시나리오

초기속도에 따라 생성된 시나리오별 속도 프로파일의 연료소모량을 산정하고 비교분석을 통해서 연료소모량이 최소가 되는 시나리오를 도출하였다. 그 결과, 94km/h 에서 125km/h의 범위에서는 조건2에 의해 시나리오3과 시나리오4를 비교하였다. 대부분 시나리오4를 채택하는 것으로 나타났으나 초기속도 106km/h에서 116km/h까지 범위에서는 시나리오3을 채택하였다. 연료소모량의 경우 차량의 속도와 가속도에 민감하게 반응한다. 본 연구에서는 가속에 의해 급증하는 연료소모량보다 감속으로 인해 낮아진 속도로 감축된 연료소모량이 많을 경우 시나리오4를 채택하며 이와 반대의 경우 시나리오3

을 채택하는 것으로 나타났다.

IV. 모형의 검증

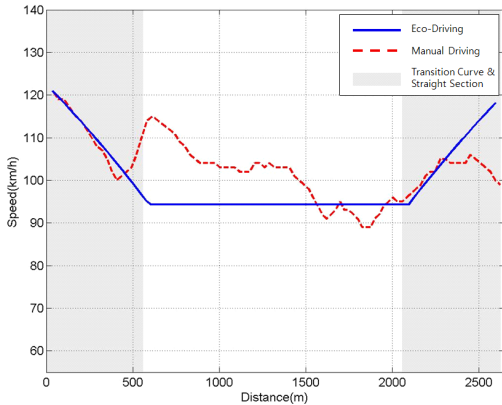
1. 데이터 수집

대상지로서 김해방면의 남해 고속도로 제2지선을 설정하였다. 일반 운전자의 주행 시 속도 프로파일의 변화를 파악하기 위해 GPS를 장착한 휘발유 승용차를 통해 초단위 속도, 위치 데이터를 수집하였다. 현장 실험은 다양한 교통흐름을 반영하기 위해 첨두시(06:00~09:00)와 비첨두시(14:00~16:00)에 수행되었다. 동일 운전자가 주행하였으며 데이터의 대표성을 향상시키기 위해 대상지를 주행하는 주변 차량과 유사한 속도로 10회 반복 주행하였다. 대상지를 주행한 차량을 통해 초기속도가 80kph에서 125kph의 범위 내에 포함되는 10개의 데이터를 수집하였다. 선정한 대상지의 도로선형은 곡선반경 948m, 편경사 5%, 원곡선 길이 1500m, 편경사 변이구간의 길이는 각 156m, 169m로 파악되었다. 이 때, 편경사 변이구간의 길이가 설계한 도로선형에서와 달리 다소 짧은 156m, 169m로 확인되었다. 이에 따라 안전 가·감속도 범위 내에서 주행할 수 있을 만큼의 거리를 확보하기 위해서 평면곡선부 전, 후의 일부 직선을 포함하였다.

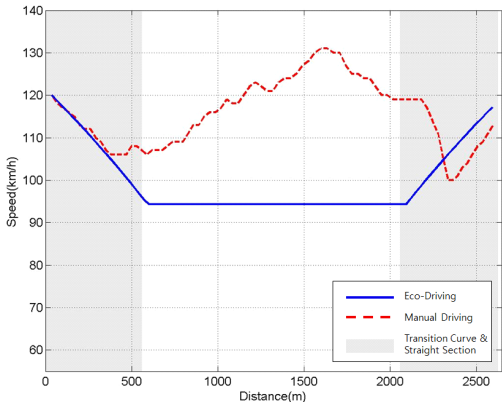
2. 제안한 Eco-driving과의 연료소모량 비교

수집한 데이터를 통해 일반 운전자와 에코드라이빙 전략 적용 시 연료소모량을 산출하였다. <Fig. 5>는 2015년 1월 19일에 수집한 일반 운전자의 GPS 속도 프로파일과 제안한 에코드라이빙 속도 프로파일을 나타낸다. 편경사 변이구간은 회색으로 원곡선 구간은 하얀색으로 나타냈으며 일반 운전자의 주행은 점선으로 에코드라이빙 전략은 실선으로 나타내었다. <Fig. 5>에서 일반 운전자의 주행 행태는 편경사 변이구간에서 감속하여 원곡선 구간의 초입에서 가속한 뒤 다시 감속하는 행태를 보였다. 이에 일반 운전자 주행 시 연료소모량은 150.65gram, 에코드라이빙 주행 시 137.3gram으로 파악되었으며 8.86%의

연료소모량 감축 효과가 나타났다. <Fig. 6>에서는 일반 운전자 주행 시와 에코드라이빙 주행 시 연료소모량은 각각 190.98gram, 136.76gram으로 파악되었다. 따라서 에코드라이빙 전략 적용 시 28.39%의 연료소모량 감축 효과가 나타나는 것으로 파악 되었다. 또한 일반 운전자의 주행 패턴과 제안한 에코드라이빙 전략의 유사성에 파악하기 위해 각 케이스의 에코드라이빙과 일반 운전자의 속도 차이를 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)로 산정하였다. 그 결과, <Fig. 5>에서 MAPE는 6.23%이며 에코드라이빙의 속도프로파일과 일반 운전자의 속도 프로파일이 유사한 것으로 분석되었다. <Fig. 6>에서 MAPE는 17.72%로 일반 운전자의 속도 프로파일이 제안한 에코드라이빙 전략과 상이하게 나타났다.



<Fig. 5> Comparison with Eco-driving and Manual driving(2015.1.19.)



<Fig. 6> Comparison with Eco-driving and Manual driving(2015.1.31.)

두 개의 케이스에 대한 에코드라이빙 전략을 분석해보면 초기속도는 약 120km/h이고 시나리오3을 선정하였으며 연료소모량 137gram으로 유사한 것으로 분석되었다. 그러나 하지만 <Fig. 5>와 같이 일반 운전자가 에코드라이빙 전략과 유사하게 주행할 경우 연료소모량은 150.65gram 소모하였다. 반면 <Fig. 6>에서 에코드라이빙 전략과 다른 일반운전의 연료소모량은 190.98gram인 것으로 나타났다. 따라서 제안한 에코드라이빙과 유사하게 주행할 경우 연료소모량을 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. <Table 4>는 다양한 초기속도로 남해 고속도로의 일부 구간에 대해 일반 운전자와 에코드라이빙으로 주행한 샘플군의 연료소모량과 감축률을 나타낸다. 분석 결과, 평균 20.73%의 연료절감 효과가 있는 것으로 파악되었다.

<Table 4> Comparison Fuel Consumption with Eco-driving and Manual driving

Initial Speed(kph)	Fuel Consumption(gram)		Improve Rate(%)
	Manual- driving	Eco-driving	
91	171.98	119.28	30.64
87	166.42	116.77	29.84
119	141.23	136.53	3.33
94	163.12	121.34	25.61
108	131.04	125.41	4.29
82	168.89	113.31	32.91
94	125.94	121.34	3.66
121	150.65	137.3	8.86
93	200.72	120.77	39.83
120	190.98	136.76	28.39

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 평면곡선부 도로구간에서의 연료 효율적인 주행을 위해 초기속도별 최적의 에코드라이빙 전략을 제시하고자 하였다. 일반 운전자와 에코드라이빙 주행 시 연료소모량을 분석한 결과, 평균 20.73%의 감축 효과가 발생하는 것으로 파악되었다. 본 연구의 한계로는 단일 노선에서의 단독 주행 차량에 대하여 수행한 연구이므로 향후 군집주행 기술에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 보다 현실적인 측면에서 운전자들의 주행 패턴 분석을 통해 시나리오를 개선시킬 필요가 있다.

REFERENCES

- [1] Korea Transport Emission Management System, <https://www.kotems.or.kr/>, 2014.10.24.
- [2] Korea Transportation Safety Authority, <http://www.ts2020.kr/main.do>, 2015.1.23.
- [3] Ministry of Land(2013), *Infrastructure and Transportation, Korea, Rules about the road structure & facilities standards, Ministry of Government Legislation*, pp.227-364.
- [4] Jeong J. H., Yu S. H. and Yun Y. H.(2000), "Analysis of the Driver's Behavior at Horizontal Curves," *KSCE Journal of Civil Engineers*, vol. 20, no. 1-D, pp.67-75.
- [5] Choi J. S., Kim S. Y., Lee J. H. and Hwang K. S.(2008), "Development of a Vehicle Operating Speed Model and its Application for Designing Consistent Horizontal Alignment," *Journal of Road Engineers*, vol. 10, no. 1, pp.57-67.
- [6] FHWA(2000), *Evaluation of design consistency methods for two-lane rural highways, Executive Summary*, pp.1-27.
- [7] The Korea Transport Institute(2010), *Eco-driving Based on an Analysis of Driving Patterns and Traffic Flow*, pp.84-89.
- [8] Youn M. S., Kang K. P. and Kim J. Y.(2011), "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.
- [9] Ko M. H.(2011), "Incorporating vehicle emission models into the highway design process," Ph.D. Thesis, Texas A&M University, Texas, pp.1-521.
- [10] Choi E. J.(2014), "Modeling Fuel Consumption and CO2 Emissions Considering Highway Alignment and Vehicle Acceleration Characteristics," Ph.D. Thesis, Incheon University, pp.1-52.
- [11] Park S. M.(2012), "Analysis of traffic accident characteristics and safety evaluation model for the overlap section of freeway horizontal and vertical alignment," Ph.D. Thesis, Hanyang University, pp.1-178.
- [12] Jung H. J.(2006), "Development of intelligent vehicle control simulation model based on ubiquitous computing," Master degree Thesis, Pukyong National University, pp.34.
- [13] Park B. Y.(2005), *Vehicle Dynamics*, Munundang, pp.271-290.
- [14] Scora G. and Barth M.(2006), *Comprehensive Modal Emission Model (CMEM), version 3.01, User's Guide*, pp.1-10.

저자소개



배 상 훈 (Bae, Sang-Hoon)
2002년 3월 ~ 현 재 : 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



정 양 록 (Jeong, Yang-rok)
2016년 3월 ~ 현 재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 신진연구원
2014년 2월 ~ 2016년 2월 : 부경대학교 석사 (ITS전공)
2010년 2월 ~ 2014년 2월 : 부경대학교 공간정보시스템공학과 공학사
e-mail : jeongyangrok@kict.re.kr