

## 경제적 주행을 위한 친환경 주행 시뮬레이터 모듈 개발

정 성 학\*

### Development of Eco driving Simulator Module for Economical Driving

SungHak Chung\*

#### 요 약

본 연구의 목적은 경제적인 주행속도 지표를 제공하는 도로 주행 시뮬레이터의 모듈을 개발하는데 있다. 주행경제를 위한 친환경 주행 시뮬레이터 모듈은 에너지의 효율화, 도로안전향상, 지속가능한 저탄소 녹색성장의 도로운영기술, 비용절감 정보를 제공한다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 현장에 구현되어 있는 도로선형과 도로기하구조정보에 따라 도로주행 정보와 모의주행 시나리오를 검토하여 시뮬레이션을 수행하는 기술사양을 구현하였다. 본 연구를 통하여 개발된 친환경 주행 시뮬레이터 모듈은 주행모드 행위분석의 네비게이션 정보표출이나 이용편의성을 증진시키는 다양한 연계교통과 국도설계체계를 구축하는데 기여할 것이다.

#### Abstract

The aim of this study is to propose economical driving speed index which those are geometric road status; assess the levels of which those cost-benefit of driving energy consumption and emission; are search road safety design and operational technology for driving simulator. For the objective, we analyzed the current status of driving energy consumption and driving scenarios by the road alignments, and reviewed driving and technical specifications by the geometric types of road according to the implementation, and extended completion. Throughout the result of this study, diverse related driving information provision service, efficiently navigation driving module is expected to be implemented in the national highway design system.

▶ Keyword : 교통안전(Traffic Safety), 주행 시뮬레이터(Driving Simulator), 친환경 주행(Eco Driving), 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System)

• 제1저자 : 정성학

• 투고일 : 2009. 06. 25, 심사일 : 2009. 07. 01, 게재확정일 : 2009. 07. 13.

\* 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 선임연구원

## I. 서 론

우리나라는 세계 에너지 소비 10위, CO2 배출량은 9위이며 포스트 2012 기후변화체제인 교토의정서 협약으로 2013년부터 CO2 의무감축 대상국에 포함될 것으로 예측된다. 따라서, CO2 배출감축이 선택의 문제가 아닌 생존의 문제로 다가오고 있다. 우리나라를 비롯하여 미국이나 유럽은 국가의 전략적 패러다임으로 에너지 저소비 사회를 구현하고자 저탄소 녹색성장을 국정지표중의 하나로 설정하고 탄소배출 저감과 에너지 관련 분야를 통합적이고 효율적으로 연계추진하는 정책을 진행하고 있다.

우리나라는 2008년 8월부터 저탄소 녹색성장을 주요 국정과제로 추진하고 있고, 유럽연합국가(EU: European Union)는 지구 온난화에 따른 에너지 문제를 주목하여 1990년부터 에너지 절약 정책을 추진해 오고 있다[1-3]. 단열성능을 향상시켜 에너지의 90% 절감을 가능하게 하는 능동적 주택(Passive House)이나 자동차 연비등급제와 같은 에너지 성능 등급서(Energy Performance Certificate)를 의무적으로 첨부하도록 하고 이를 지키지 않았을 경우 벌금을 부과하고 있다[3]. 유럽의 철도 및 교통분야에서도 친환경 주행(Eco driving)에 대한 국가적인 정책을 수행하고 있다[3-4]. 능동적 친환경 안전주행(Passive Eco driving safely)과 저탄소 그린홈(Green Home) 등의 녹색기술은 매년 1조원의 에너지 비용절감(100만호를 기준)이 가능할 뿐만 아니라 매년 250만톤의 CO2 배출절감 효과가 있을 것으로 예상하고 있다.

우리나라의 총 탄소배출비율을 살펴보면, 산업생산분야가 64.3%로 가장 높고, 수송부분에서 약 20%, 가정부분에서 15%의 CO2 배출량을 보이고 있다. 일본은 전체 CO2 배출량 중 21%가 운수부문이며, 이 중 약 90%가 자동차에서 배출되는 것으로 조사되었다[5]. 따라서, ITS와 SMART Highway 추진으로 360만톤-CO2의 절감을 목표로 하고 있으며, 이 목표치 중 67%에 해당하는 240만톤-CO2를 첨단 교통정보 활용과 실용화 기술을 통하여 구현할 예정이다[2,5,6]. 도로교통 정보통신 시스템센터(VICS: Vehicle Information & Communication System)에서는 교통시스템 경영정보의 과학화와 첨단교통정보시스템(ATIS: Advanced Traveler Information System)화를 구현함으로써 교통소통의 개선과 이동성 향상, 통행속도의 증가, 대기오염 및 에너지를 절감하고, 이를 첨단교통정보시스템의 편익으로 계량화하였다[5-8]. 일본의 국토종합연구소는 주행속도 및 에너지유형에 따라 CO2 배출량 및 에너지 절감량에 관

한 연구를 수행하고 있다[2]. 또한, 도로교통 정보통신 시스템센터의 향후 20년간 시간절약의 경제효과는 7조3,000억엔, 에너지절감효과는 4,500억엔 등 모두 7조7,500억엔의 비용을 절감 할 수 있을 것으로 예상하고 있다[2,5,6].

따라서, 국내에서도 친환경과 고유가 시대를 맞이하여 국가 물류비 절감을 위한 실효적인 대응 연구를 추진중에 있다. 본 연구에서는 경제주행과 교통안전향상, 고효율, 비용절감 방안을 고려했다. 또한, 다양한 주행환경 시나리오와 우리나라의 교통상황을 구현하고, 주행 시뮬레이터를 활용하여 도로설계 및 도로시설물의 설계와 운영기술을 검토하는 것이다[7-11]. 주행 시뮬레이터와 시뮬레이션기법은 도로설계, 도로시설물 진단 및 평가 뿐 만 아니라 다양한 도로와 운전자간의 상호작용에서 발생할 수 있는 다양한 시나리오 분석이나 상황인식에 대한 교통예측분석·설계개발에 필수적인 요소로 알려져 있다[12].

본 연구에서는 경제주행 속도정보를 제공하는 시뮬레이터 모듈을 개발함으로써 친환경적으로 CO2배출량을 감소하는 경제운전 정보를 제공하여 유류소모 10-15%를 절감하는 등의 국가 물류비 절감과 친환경 도로환경 기술개발에 기여하고자 한다. 더불어, 본 연구의 주행 시뮬레이터 모듈은 교통안전과 효율적인 경제운전을 위한 승용차/버스/트럭 등의 교육·훈련에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## II. 도로주행 시뮬레이터

### 2.1 도로주행 시뮬레이터

한국건설기술연구원에서 2003년부터 5년간의 기초연구를 통해 도로시설 평가에 적합한 도로 주행 시뮬레이터(K-ROADS)를 개발하였다[15]. 그림 1은 한국건설기술연구원의 KICT-ROADS Version 2007이다. 도로 주행 시뮬레이터는 실제 도로환경과 비슷하게 제작된 가상도로를 운전자 위치에서의 주행 영상과 주행 상황을 재현한다.

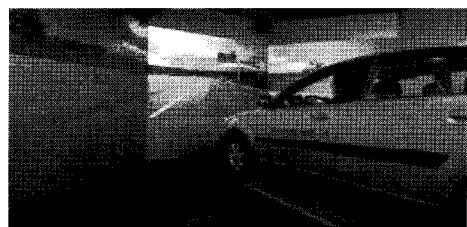


그림 1. K-Road 2007  
Fig. 1. K-Road 2007

한국건설기술연구원의 K-Road 2007은 표 1에서와 같은 성능과 구성요소로서 실제 도로환경과 같이 주행영상과 음향을 재현하는 영상시스템 및 음향시스템, 운전자가 실제 자동차를 운전할 때 느끼는 자동차 운동을 계산하는 차량모션 시뮬레이션, 이를 재현하는 실험차량과 주행시스템, 분석을 위해 주행상황을 기록하는 운영기록시스템, 운전자 생체신호 측정시스템 등으로 구성하였다[12-15].

표 1. K-ROAD 2007 성능 및 구성요소  
Table 1. Elements and performance of K-ROAD 2007

구성	성능 및 규격
주행 시뮬레이션	· 실시간 차량 동력학(조향, 현가, 구동, 제동 등) 해석 · 10자유도의 차량 모델 적용
실험차량	· 실제 차량(뉴 프라이드)을 개조
영상시스템	· 시야각 360도: 8각면 스크린(전방1채널 고화질 영상시스템) · OpenSceneGraph 엔진으로 현실감 높은 도로모델 재현
운동시스템	· 6축 모션플랫폼: 차량의 거시적 운동재현 · 4축 기진기: 현가점치의 미시적 진동재현
음향시스템	· 차량 엔진음, 바람소리 등 주행소음을 재현
운전자 측정 시스템	· 주행기록: 차량운동 기록 · 안구운동측정기: faceLab/EMR8 · 종합생체신호측정기: 뇌파, 심전도, 피부전기저항 등 측정

## 2.2 도로 주행 시뮬레이션 구현

도로에서는 속도표지판을 통하여 도로상의 제한속도만 제공하고 있다. 운행에 기준이 되는 속도나 권장속도가 없는 실정이다. 따라서, 설계속도와 제한속도를 고려하여 도로의 기하구조 특성과 차량의 에너지소모율을 도로교통환경에 따라 최적화하는 경제주행속도를 도로기하구조 특성별로 산출하여 운전자 친화형 교통정보 서비스를 제공한다[9-12]. 이와 함께, 고속도로(고속도로, 자동차전용도로, 간선도로)에서는 도로교통정보센터에서 수집된 평균속도정보, 차량추정이론에 근거한 차량흐름과 속도정보를 통하여 주행속도를 함께 추천한다[16-18].

대상구간 설정은 우선, 일반국도의 경우 도로구조가 직선인 구간(80km), 휘어짐이 큰 50km구간, 평면곡선이나 경사가 차이가 있는 50km이하 구간 등은 다양한 도로기하구조에 따라 최적의 경제속도는 다르고, 차종(승용차, 트럭, 버스, 중차량)에 따라 기하구조\*차종별로 상이한 경제 주행속도를 가지고 있다[2,4]. 또한, 대형의 물류를 운반하는 차량의 경

우, 경제속도의 주행 효과는 15-25%의 효율을 가지고 있다 [2,4-6, 19-24].

운전자가 목적지를 선정하면, 일반국도를 주행할 때 도로 구간별로 70km구간, 50km구간, 30km구간 등의 각 도로별로 에너지소모량이 다르게 나타난다. 따라서, 출발지와 목적지를 선정하면, 선택한 도로특성에 따라 경제주행 속도시간 스케줄을 연산한다. 그리고, 총시간(주요구간별 시간소요량, 경제속도)과 함께 에너지소요량을 연산한다. 차종별로 상이한 에너지를 소모하므로 이것을 계산하여 연산한다. 도로기하구조 특성별로 각 차종들의 경제속도를 산출한다.

## 2.3 경제주행에 따른 에너지소모량과 CO2배출

국도 지능형교통시스템(ITS: Intelligent Transport System)의 운영구간(1,550km)에서 지능형교통시스템 구축으로 인한 CO2 감축량은 통행속도 상승효과가 시간당 2.1km이며, 2007년의 CO2 배출 절감편익은 약 11.5억원이며, 지능형교통시스템을 통한 구간별 CO2 감축량은 약 2.7만 톤이며, 유럽의 탄소배출권 거래소(ECX: European Climate Exchange)에서 거래되고 있는 탄소배출권(CER: Certified Emission Reduction)의 거래가격(톤당 18~23 유로)과 2008년 말 환율(유로 당 평균 1,830원)을 적용할 경우, 이로 인한 가치는 평균 9억원에서 11.5억원 규모일 것으로 판단된다[2].

탄소배출권의 거래는 교토의정서에 따라 CO2 1톤 단위로 이뤄지며, 1톤가격은 유럽연합(EU: European Union)시장에서 18~23유로로 2008년 11월 유럽탄소배출권거래소에 거래되기도 하였으나, 우리나라에서는 아직 가격이 결정되지 않았다. 우리나라는 교토의정서 체결 당시 개발도상국으로 분류되어 그 동안 CO2 할당량을 지정받지 않았다. 하지만 지식경제부의 통계에 따르면, 한국의 CO2 배출량은 5.9억톤으로 세계에서 열 번째로 많은 수치인 것으로 보고되고 있다[2-5].

교통공학측면에서는 평균속도를 70km/h에서 100km/h로 상승시키면 에너지소모량은 20~30%정도 증가하게 된다. 예를 들어, 서울에서 대전을 70km/h로 주행하면 100km/h로 주행할 때보다 약 25분 늦게 도착하지만, 에너지소모량은 20~30%가 절약된다. 표2는 속도별 연비 및 연료소비량(100km 주행시)을 비교한 것이다.

표 2. 주행속도에 따른 에너지소모량 비교

Table 2. Comparison of energy consumption rate by driving speeds

속도(km/h)	연비(km/L)	에너지소모량(L)	에너지증가율(%)
50	15.50	6.6	12
60	15.80	6.4	9
70	17.15	5.8	0
80	16.15	6.2	7
90	14.15	6.6	14
100	13.32	7.1	22
110	13.32	7.5	29
120	12.50	8.0	38

본 연구에서는 도로기하구조에 따른 에너지효율 최적비(속도 대비 엔진회전수)에 대한 연구에 활용할 수 있도록 속도 대비 에너지소모율을 계산하는 주행 시뮬레이터 모듈을 연구하였다. 저속구간 도로의 신호등(교차로수) 그리고, SMART Highway 등 고속화구간에서는 에너지효율과 안전성을 고려해야 한다. 기존의 도로에서는 주행속도를 결정함에 있어서 비용효과를 분석하면 다음과 같다. 100km/h에서 70km/h로 속도를 줄여서 운행할 경우, (연 20,000km 주행 기준)-연간 절감액은  $(7.1-5.8) \ell \times (20,000\text{km}/100\text{km}) \times 1,812\text{원}/\ell = 471,120\text{원}$ 이다. 표 2에서와 같이, 최적 경제속도는 70km이지만, 기하구조와 도로환경(시내부도로, 시외부도로, 신호등이 있는 교차로, 교차로수, 차로수, 도로포장상태 등)에 따라 일반국도의 주행환경은 다르다. 교차로에 접근시에 최적 경제속도와 급출발, 급제동시의 속도는 다르므로 이러한 교통상황에 따른 에너지소모율 정보는 제공되지 못하는 실정이다. 일본의 연구사례에 의하면, 주행속도 대비 차종별 에너지소모량과 CO2 배출량간의 관계를 산출하였다. 표 3은 일본 국토교통성의 주행속도 대비 에너지소모량과 CO2 배출량 간의 관계식이다[2].

표 3. 주행속도 대비 에너지소모량과 CO2배출량 간의 관계

Table 3. Relation of between energy consumption and CO2 emission by driving speeds

차종	주행속도 대비 연료소모량과 CO2배출량
휘발유	승용차 $FC = 829.3v - 0.38572v^2 + 0.007659v^3 + 64.09$ $EF = 2019/v - 2.087v + 0.01865v^2 + 156.05$
	경량(輕量) 화물차 $FC = 213.9/v - 1.231v + 0.009392v^2 + 82.59$ $EF = 520.8/v - 2.999v + 0.02287v^2 + 201.08$
	중량(中量)/중량(重量) 화물차 $FC = -4.178/v - 1.974v + 0.01574v^2 + 112.25$ $EF = -10.17/v - 4.807v + 0.03857v^2 + 273.31$

경유	승용차 $FC = 668.3/v - 1.526v + 0.01223v^2 + 100.05$ $EF = 1906/v - 4.353v + 0.03489v^2 + 285.35$
	경량(輕量) 화물차 $FC = 266.1/v - 0.7450v + 0.005318v^2 + 56.07$ $EF = 759.41/v - 2.125v + 0.01517v^2 + 159.92$
	중량(中量) 화물차 $FC = 333.2/v - 0.7049v + 0.006468v^2 + 49.33$ $EF = 950.2/v - 2.010v + 0.01845v^2 + 140.69$
	중량(重量) 화물차 $FC = 1.325/v - 0.8358v + 0.006386v^2 + 48.74$ $EF = 3.780/v - 2.384v + 0.01822v^2 + 139.00$

에너지소비율 원단위(FC: Fuel Consumption):

승용차(cc/km), 화물차(cc/km·t)

CO2 배출량계수 원단위(EF: Energy Factor):

승용차(g-CO2/km), 화물차(g-CO2/km·t)

일본 국토교통성의 연구결과에 의하면, 주행속도가 20km/h 일 때가 가장 CO2 배출량이 많아 혼잡으로 인한 대기오염의 심각도를 알 수 있으며, 경제속도인 70km/h±10km/h 일 때가 가장 배출량이 적은 것으로 나타났다. 그림 2와 같이, CO2는 통행속도가 30km/h일 때보다 28km/h일 때 더 많이 배출되었으며, 경유를 사용하는 승용차의 경우 CO2 배출량이 가장 높은 것으로 나타났으며, 화물차의 경우에도 경유를 사용하는 중량 화물차의 CO2 배출량이 상대적으로 높게 나타났다. 그림 2는 주행속도에 따른 차종과 에너지별 CO2 배출량을 비교한 것이다.

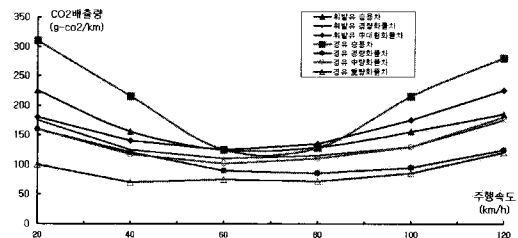


그림 2. 주행속도에 따른 에너지와 차종별 CO2 배출량 변화  
Fig. 2. Energy consumption and CO2 emission by driving speed

### III. 도로 주행 시뮬레이터 모듈 개발

#### 3.1 도로 주행 시뮬레이터 모듈 구성

본 연구의 도로 주행 시뮬레이터 모듈 구성은 도로환경정보부, 차량모의주행부, 정보서버 및 시뮬레이션관리부로 구성한다. 그림 3은 도로 주행 시뮬레이터 모듈 구성을 도식화한 것이다.



그림 3. 도로 주행 시뮬레이터 모듈 구성  
Fig. 3. Elements of road driving simulator module

도로환경정보부는 도로상을 주행하는 운행환경 정보를 저장하여 주행 시뮬레이션 대상의 도로환경을 설정하여 놓고, 주행을 진행함에 따라 해당 도로환경의 영상을 운전자에게 제공한다. 이는 차량모의주행부에 의한 차량 주행시에 운전자에게 해당 주행 도로의 환경을 시각적으로 확인할 수 있도록 주행 도로환경의 영상을 제공하는데, 차량모의주행부에서 전송하는 차량주행 상태정보를 수신하여 주행차량의 속도정보를 수신하고 해당 주행차량의 속도에 대응하여 주행하는 도로환경의 영상을 제공함으로써 운전자로 하여금 도로주행을 시각적으로 느낄 수 있게 한다.

차량모의주행부는 운전자의 조작에 의해 차량의 주행을 실행한다. 도로환경정보부에 의해 제공되는 도로환경의 영상을

시각적으로 확인하면서 해당 도로를 주행한다. 운전자의 주행 조작에 따른 차량의 주행상태정보를 시뮬레이션관리부에 전송하여 차량의 주행시 관련 자료를 활용하게 된다. 또한, 주행 시뮬레이션시에 모의주행에 따른 차량주행 상태정보를 도로환경정보부에 제공하여 주행속도에 대응하는 도로환경 영상을 운전자에게 제공한다. 또한, 도로교통정보센터의 교통정보를 제공하는 정보서버와 통신하여 지·정체, 교통량, 기상 및 도로상태의 상황을 포함하는 교통정보를 수신하여 운전자에게 제공함으로써 모의주행 운전자로 하여금 해당 교통관련 정보를 반영하여 주행한다.

정보서버는 도로에서 해당 도로를 주행하는 차량에 교통 관련 정보를 제공하여 주는 서버의 역할을 수행하기 위한 것으로, 미리 설정되는 정체정보, 교통량, 기상정보 및 도로상태 정보를 포함하는 교통 관련정보를 저장하고, 시뮬레이션관리부와 통신하여 해당 교통 관련정보를 차량모의주행부에 전송함으로써 모의주행 운전자에게 교통정보를 표출하는 방식이다.

시뮬레이션관리부에서는 주행 시뮬레이션을 관리한다. 도로환경정보부, 차량모의주행부 및 정보서버와 네트워크를 통해 접속하고, 도로환경정보부에 정보를 전송하여 저장하게 함으로써 모의주행 대상의 도로환경을 도로환경정보부에 설정하고, 차량모의주행부에 모의주행을 제공하여 차량모의주행부에서 전송되는 차량주행 상태정보를 수신하여 저장함으로써 차후에 모의주행 관련자료를 이용하게 하며, 정보서버에 미리 설정되는 지·정체 정보, 교통량 정보, 기상정보 및 도로상태를 포함하는 교통관련 정보를 전송하여 저장하고, 정보서버에 지시하여 서버로 하여금 해당 교통관련 정보를 차량모의주행부에 전송한다. 시뮬레이션관리부는 차량모의주행부로부터 전송되는 차량주행 상태정보를 수신하여 저장하고, 해당 저장된 주행상태정보에 의해 도로에서의 주행에 따른 연비 및 경제속도를 산출한다.

도로환경정보부는 제어부, 도로환경 정보저장부, 도로환경 영상생성부 및 스크린을 구비한다. 도로환경 정보저장부는 제어부를 통해 주행 시뮬레이션 대상의 도로환경정보를 수신 저장하여 도로환경을 설정하고, 제어부의 제어에 따라 해당 도로환경정보를 제어부에 출력한다. 이와 같이, 도로환경정보저장부에 저장하는 도로환경 정보로서는 도로선형(중단곡선, 횡단경사), 구간거리정보 및 노면정보 등을 포함하는 도로의 물리 및 지리적 환경을 설정하기 위한 제반 도로의 환경정보를 저장한다. 그리고, 제어부는 도로환경정보부의 구동을 제어하며, 시뮬레이션관리부로부터 전송되는 도로환경 정보를 수신하여 도로환경 정보저장부에 저장하여 도로환경을 설정하여 놓고, 해당 정보를 도로환경 영상생성부에 입력하여 도로

환경 영상생성부에 의해 해당 도로환경을 반영하여 주행하는 도로환경의 영상을 생성한다. 또한, 제어부는 주행 시뮬레이션 시에 차량모의주행부로부터 전송되는 차량주행 상태정보에 의거하여 모의주행 속도를 파악하고, 해당 파악된 속도를 도로환경 영상생성부에 전송함으로써 도로환경 영상생성부로 하여금 모의주행 속도에 대응하여 모의주행하는 도로환경의 영상을 제공하게 한다.

도로환경 영상생성부는 제어부의 제어에 따라 구동되어서 모의주행시의 도로환경 영상을 생성하여 스크린에 출력한다. 제어부를 통해 입력되는 도로환경 정보와 모의주행 속도에 의해 설정된 도로환경에 상응하는 도로환경 영상을 생성하되 주행속도를 반영하여 대응되는 속도로 주행하는 도로의 영상을 스크린에 출력함으로써 운전자로 하여금 도로주행을 시각적으로 느낄 수 있게 한다.

차량모의주행부는 프로세서, 주행상태 표시부, 통신부, 주행조작 정보수집부 및 주행조작부를 포함한다. 프로세서는 차량 모의주행부의 제반 동작을 제어하며, 주행 시뮬레이션시에 주행조작 정보수집부에 의해 수집되는 운전자의 가속페달 조작, 브레이크 페달 조작, 조향 핸들 조작 및 변속기 조작에 따른 주행조작 정보를 수신하여 주행속도 및 엔진 회전수 정보를 포함하는 차량주행 상태정보를 산출하여 주행상태표시부를 통해 표시하여 운전자에게 알려줌과 아울러 해당 차량주행 상태 정보를 도로환경정보부와 시뮬레이션관리부에 전송한다. 그리고 프로세서는 주행 시뮬레이션 시에 통신부의 구동을 지지하여 통신부에서 정보서버까지 전송하는 지·정체, 교통량, 기상 정보 및 도로상태를 포함하는 교통관련 정보를 수신하여서 해당 정보를 운전자에게 제공한다.

주행조작부는 주행 시뮬레이션시에 운전자의 모의주행을 위한 조작에 따라 상응하는 주행조작정보를 주행조작 정보 수집부에 인가하되, 운전자의 가속페달 조작, 브레이크 페달 조작, 조향 핸들 조작 및 변속기 조작에 따른 주행조작 정보를 주행조작 정보수집부에 전달한다. 그리고 주행조작 정보 수집부는 주행조작부로부터 제어되는 주행조작 정보를 수집하여 프로세서에 제공함으로써, 주행을 조작하는 주행속도 정보 및 엔진회전수 정보를 포함하는 차량주행 상태정보를 산출하여 주행상태 표시부를 통해 표시하여 운전자에게 알려주고 해당 차량주행 상태정보를 도로환경정보부와 시뮬레이션관리부에 전송하게 한다.

정보서버의 데이터베이스에는 도로교통정보센터의 도로구간별 지·정체, 교통량, 기상정보 및 도로상태정보를 포함하는 교통관련 정보를 수신받고, 시뮬레이션관리부에 전송하여 차량 모의주행부의 통신부와 통신함으로써 모의주행 운전자에게 교통 관련정보를 제공한다.

시뮬레이션관리부는 도로환경정보부, 차량모의주행부 및 정보서버와 네트워크를 통해 접속하면서 통신하고, 도로 주행 시뮬레이션을 관리한다. 시뮬레이션관리부는 도로환경정보부에 도로환경 정보를 전송하여 저장함으로써 주행 도로환경을 도로 환경정보부에 설정하고, 차량모의주행부에 주행을 제어하여 차량모의주행부에서 전송되는 차량주행 상태정보를 수신하여 저장함으로써 차후에 주행관련 자료로 이용하게 된다. 정보서버에 미리 설정하기 위한 지·정체, 교통량, 기상정보 및 도로상태를 포함하는 교통관련 정보를 전송하여 저장하고 정보서버를 통하여 해당 교통관련 정보를 차량모의주행부에 전송한다. 아울러, 시뮬레이션관리부는 차량모의주행부에서 전송되는 차량주행 상태정보를 수신 저장하고, 해당 저장된 주행상태 정보에 의해 도로에서의 주행에 따른 연비 및 경제속도를 산출한다.

### 3.2 도로 주행 시뮬레이터 모듈 운영

도로 주행 시뮬레이터는 도로에서의 주행 시뮬레이션을 수행한다. 하는데, 주행절차에 따른 각 구성요소의 상호작용은 아래에서 기술한다. 그림 4는 주행 시뮬레이션의 주행 절차를 도식한 것이다. 시뮬레이터의 차량 주행절차로서 우선, 도로환경 정보설정 단계에서는 시뮬레이션관리부에서 주행 시뮬레이션 관리 자 자체에 접속된 단말을 통해 입력받은 주행 시뮬레이션 대상의 도로정보를 도로환경정보부에 전송하고, 이에 도로환경정보부의 제어부는 시뮬레이션관리부로부터 전송되는 해당 도로정보를 수신하여 도로환경 정보저장부에 저장함으로써 주행대상의 도로환경을 도로환경 정보저장부에 설정한다. 이때, 시뮬레이션관리부는 도로환경 정보로서 도로선형(중단곡선, 횡단경사, 구간거리 정보 및 노면정보 등을 포함하는 도로의 물리 및 지리적 환경을 설정하기 위한 제반 도로정보를 도로환경정보부에 전송하여 도로환경정보부의 도로환경 정보저장부에 저장한다.

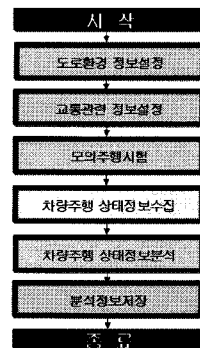


그림 4. 주행 시뮬레이션 절차  
Fig. 4. procedure of driving simulation

교통관련 정보설정 단계에서는 자체에 접속된 단말을 통해 입력받은 지·정체, 교통량, 기상정보 및 도로상태 정보를 포함하는 교통관련 정보를 정보서버에 전송하여 정보서버로 하여금 해당 교통관련 정보를 수신 저장하여 이를 설정한다.

모의주행시험 단계에서는 차량주행 시뮬레이션을 진행할 것임을 알리는 메시지를 도로환경정보부, 차량모의주행부 및 정보서버에 전송하고, 이와 같은 상태에서 운전자가 차량모의주행부의 주행조작부를 조작하여 주행 시뮬레이션을 수행한다. 이와 같이, 주행 시뮬레이션을 수행하는 경우 모의주행부를 수행하는 주행조작부에서 운전자의 가속페달 조작, 브레이크 페달 조작, 조향 핸들 조작 및 변속기 조작에 따라 발생하는 주행조작정보를 주행조작 정보수집부에 전달하고, 주행조작 정보수집부에 의해 수집하여 프로세서에 제공한 후에 프로세서로 하여금 주행속도 및 엔진회전수 정보를 포함하는 차량주행 상태정보를 산출하여 주행상태표시부를 통해 표시하여 운전자에게 알려주게 함과 아울러 해당 차량주행 상태정보를 도로환경정보부와 시뮬레이션관리부에 전송한다.

또한, 도로환경정보부의 제어부는 도로환경 정보저장부에 저장되어 있는 도로환경정보를 도로환경 영상생성부에 입력하여 도로환경 영상생성부에 의해 해당 도로환경을 반영하여 모의주행하는 도로환경의 영상을 생성함과 주행 시뮬레이션시에 차량모의주행부로부터 전송되는 차량주행 상태정보에 의해 주행속도를 파악한다. 이렇게 파악된 주행속도를 도로환경 영상생성부에 전송함으로써 도로환경 영상생성부로 하여금 주행속도에 대응하여 주행하는 도로환경의 영상을 스크린에 출력하여 운전자에게 주행하는 도로영상을 제공한다.

차량주행 상태정보 수집단계에서 주행 시뮬레이션을 진행할 때, 정보서버는 자체의 데이터베이스에 저장되어 있는 교통정보, 교통량, 기상정보 및 도로상태 정보를 포함하는 교통관련 정보를 차량모의주행부의 통신부에 전송함으로써 차량모의주행부의 통신부로 해당 교통관련 정보를 수신하여 주행 시뮬레이션 중인 운전자에게 제공한다. 운전자로 하여금 해당 교통 관련정보를 참조하여 주행을 수행한다. 이와 같이, 운전자가 차량모의주행부의 주행조작부를 조작하여 모의주행을 진행하는 중에 프로세서에 의해 산출되는 모의주행차량의 속도정보 및 엔진회전수 정보를 포함하는 차량주행 상태정보는 시뮬레이션관리부에 전송하여 수집한다.

분석정보저장 단계에서 시뮬레이션관리부는 차량모의주행부로부터 전송받아서 수집한 차량주행 상태정보를 분석하여 도로에서 주행에 따른 연비 및 경제속도 등을 산출하고, 해당 산출된 정보들을 자체의 데이터베이스에 저장하여 해당 정보를 활용하게 된다.

## IV. 경제주행속도 모듈 정보표출

### 4.1 경제주행속도 시뮬레이터 모듈 연산

본 연구에서는 주행 시뮬레이터의 주행속도별 에너지 소모율을 연산하는 모듈의 개발로서, 서버부에는 다음과 같이 경제속도를 산출하는 연산식이 내장되는데, "경제주행속도 = A × (차량속도/에너지소모율) ± B × (엔진회전수/차두간격) ± C" 여기서 A, B, C 는 상수로서 주행위치정보, 평면경사, 종단경사, 곡선반경, 차두간격, 주행면 마찰계수, 교통량에 따라 결정되는 상수이다. 그림 5는 상수 A, B, C의 값들을 결정하기 위하여 도로 주행 파라미터이다.

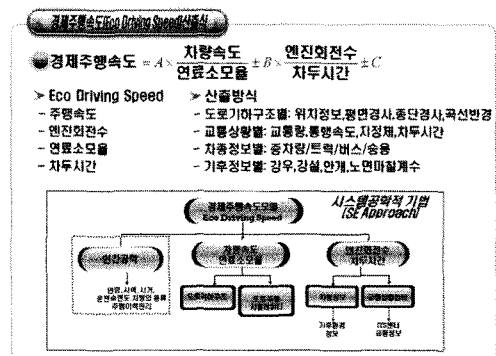


그림 5. 경제주행속도 산출식  
Fig. 5. Equation of Eco driving speed

### 4.2 경제주행속도 시뮬레이터 모듈 정보표출

경제주행속도를 운전자에게 표출하기 위하여 경제운전 정보표출을 제공한다. 메인메뉴는 기존의 네비게이터와 같고, 메인메뉴에서 경로설정-안내시작 버튼을 누르면 도로교통 정보안내를 시작한다. 이때, 서브아이콘으로 안전 경제주행모드를 선택하면, 아래 그림 6은 출발가속도, 정지를 위한 감속도, 도로의 선형(횡단경사, 종단경사) 등의 도로환경에 따라 경제주행속도를 제공한다. 또한, 주행모드의 출발은 급출발과 급가속을 방지하기 위한 방안으로 최적 가속도 정보를 제공한다. 운행하는 도로환경에 따라 가속도와 에너지소모율 정보를 제공한다[19-22]. 전방 2km전에 신호교차로를 만나게 된다면, 주행시거, 정지시거, 판단시거, 교차로시거, 현재의 위치에서 앞뒤 차량이 함께 주행하는 차량 간의 거리를 계산하여 안전여유거리 등의 정보를 기초로 하여 감속하는 경제주행속

도를 산출하여 전방 신호차로로시에 안전한 감속정보 서비스를 제공한다.



그림 6. 경제주행속도 정보표출  
Fig. 6. Providing information of Eco driving speed

그림 7은 본 연구에서 개발한 주행모드 표출화면이다. 주행시 경제주행속도를 기반으로 현재 주행속도 정보를 표출한다. 경제주행속도 대비 현재 주행속도 현황을 저장하여 ITS 교통정보센터의 표준노드링크 운영자관리구간에 따라 주행정보를 저장한다. 운전자가 주행한 이력자료를 기반으로 정보제공 관리구간별로 운전자의 경제주행 결과를 퍼센트 백분율로 표시해 줌으로서 운전자의 에너지소모량 절약치를 인식할 수 있도록 정보 표출 사용자 인터페이스를 제공한다.

또한, ITS교통정보센터에서 제공하는 인근 도로의 전방 및 후방에 대해 교통통제, 돌발상황 등이 발생하거나 지체와 정체가 발생할 경우, 우회 가능한 도로의 교통정보를 활용하여 경제주행 정보서비스를 제공한다. 주행 이력정보를 통하여 주행한 이력자료의 경제주행상태를 표출해 줌으로서 자신의 경제주행준수 여부를 그림 7의 오른쪽 막대표시와 같이 퍼센트 백분율로 함께 제공한다. 그리고, 우회도로의 통행속도 및 통행시간 정보를 제공함으로써 안전운전과 사고위험지역으로부터 안전하게 운행할 수 있는 대체 우회도로 정보를 연산한다. 점거/점유, 적재물 낙하, 화학물질 유출, 침수 등의 도로 안전과 유지관리 및 운영상태에 대한 정보, 우천/적설시에는 해당구간에 대한 강우량/적설량 정보가 해당 정보서비스 표출을 위한 연산 DB에 포함되어 있다.

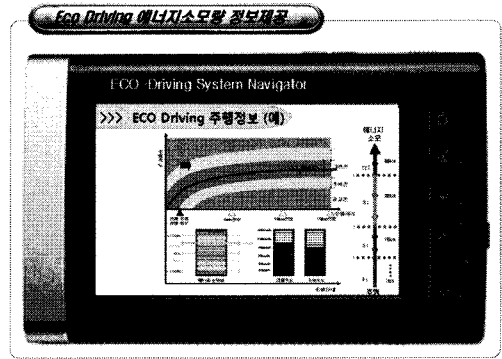


그림 7. 경제주행 시뮬레이터 모듈의 정보표출  
Fig. 7. Providing information of Eco driving simulator

## V. 결 론

본 연구는 도로 주행 시뮬레이터의 주행속도별 에너지 소모율을 연산하는 모듈의 개발로서, 도로에 첨단교통시스템 기술을 적용한 도로에 대한 차량 모의주행을 하되 설정된 시뮬레이터상의 도로환경에서 드라이빙 시뮬레이션시에 해당 도로에서 경제적으로 에너지를 소모하는 주행속도 정보를 제공한다. 도로 주행 시뮬레이터는 다양한 도로시설의 설치기준 및 도로교통 분야의 과재에 대한 인간요소(운전자)를 가상주행하는 실험으로 분석/검토할 수 있다. 현상실험에 비해 경제성(저비용) 및 유연성(다양한 실험설계), 재현성(동일한 날씨, 주변차량 등의 재현), 안전성(사고발생시 무피해) 등이 확보되는 장점을 가지고 있어 국내·외에는 지대한 관심을 가지고 주행 시뮬레이터를 개발하고 있으며, 교통연구에서 활용하고 있다.

본 연구는 비용 효율적인 국가물류시스템, 이동성 향상, 도로안전향상, 고효율, 비용절감을 기대한다. 출발지에서 운전자가 목적지를 향해서 운행시에 운행일정을 결정하는 기준은 운행거리를 기준으로 통행시간과 비용에 따라 운행 스케줄링을 운전자가 의사결정하고 있다. 운행거리를 중심으로 통행시간과 비용의 결정요소는 통행하는 도로의 기하구조 특성과 속도의 매개변수가 핵심사항이다. 이것은 도로를 운행하는 차량의 속도가 운행일정과 운행비용 결정에 가장 중요한 영향요소이기 때문이다. 본 연구에서는 설계속도와 제한속도를 고려하면서 도로의 기하구조 특성과 차량의 에너지 소모율을 교통환경에 따라 최적화하는 경제주행속도를 도로의 기하구조 특성별(시내/시외부, 단속/연속주, 선형-평면곡선/중단경사)로 산출하는 드라이빙 시뮬레이터 모듈을 개발하였다. 또한, 경제주행 시뮬레이터의 정보표출을 위하여 경제주행 네비게이



터를 통하여 주행시 정보제공 화면표출을 제공하였다. 주행시 경제주행속도를 기반으로 현재 주행속도정보와 주행 이력정보를 제공함으로써 운전자의 정보 이력화와 에너지소모량 절약치를 표출하였다.

본 연구는 운전자 친화형 경제주행 정보를 운전자에게 제공, 도로건설 기술력 확보로 향후, 도로건설 수출의 기틀을 마련하고, 운전자 친화형 경제주행(Eco driving speed)을 실현함으로써 에너지의 효율화(Energy efficiency), 도로안전향상(Improves road safety), 지속가능한 저탄소 녹색성장(Green Sustainable), 비용절감(Save money)을 기대한다. 또한, Eco driving은 녹색교통산업의 다양한 파급효과가 기대되며, 국가물류비에서 물동차량 유류비의 10- 15% 절감과 CO2 감소효과 등 경제적인 측면에서 지속가능한 파급효과를 제공할 것이다. 지능형교통시스템을 구축한 구간이 전체 국토 연장의 12%에 불과하기 때문에, 우리나라 전체 CO2 절감량과 비교할 때 아직은 국토 상에서 지능형교통시스템의 구축효과가 미미하나, 국토 뿐 만 아니라 도시부 도로까지 지능형교통시스템이 구축되고, 국토 지능형교통시스템 네트워크가 형성될 경우 지능형교통시스템을 통한 CO2 배출량 절감효과는 점차 증가할 것으로 예상된다. 또한, 환율 상승에 따라 탄소배출권 거래가격은 지속적으로 상승할 것으로 예상되므로 지능형교통시스템 구축사업 시행 등을 통해 이에 대한 대비가 필요할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 국토해양부 종합교통정책, <http://www.mltm.go.kr/>
- [2] 日本 国土交通省 国土技術綜合研究所, Technical note of National Institute for Land and Infrastructure Management, Calculation base of Motor Vehicle Emission Factors, 2003.
- [3] Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Effects of Eco-Drive in the year 2010, 2008.
- [4] Natural Resources Canada and Transport Canada, Fuel consumption guide 2009, Natural resources Canada' Office of Energy Efficiency, 2009.
- [5] 日本 国土交通省, "Intelligent Transport System Handbook," 2008.
- [6] 日本 VICS, Introduction to VICS & JARTIC, 2007.
- [7] Federal Highway Administration, "Freeway Management and Operations Handbook", FHWA, 2003.
- [8] Traffic Advisory Unit, "Traffic and Traveller Information Services", ITS Department for Transport UK, 2003.
- [9] 국토해양부, "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침," 2008.
- [10] 日本道路協會, 日本道路構造令の解説と運用, 2004.
- [11] AASHTO, "A Policy on Geometric Design of Highway and Streets", American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004.
- [12] 한국건설기술연구원, "인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발," 2007.
- [13] 한국건설교통기술평가원, "스마트하이웨이사업단 상세 기획연구," 2008.
- [14] 김종민, 정성학, 유완석, 스마트하이웨이를 위한 도로주행 시뮬레이터 개발, 한국도로학회 추계 학술대회, 2008.
- [15] 한국건설기술연구원, "인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발," 2007.
- [16] Robert E. Dwar and Paul L. Olson, "Human Factors in Traffic Safety", Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., 2002.
- [17] 국토해양부, "기본교통정보 교환 기술기준," 2008.
- [18] 국토연구원, "국가 ITS 아키텍처 확립을 위한 연구-제2권-", 1999.
- [19] Department of Transport, Impact Assessment of EU Regulation to Reduce CO2 Emissions from New Passenger Cars, UK Dft, 2009.
- [20] Ding, Y., Rakha, H., Trip-based Explanatory Variables for Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emission Rates, Air and Sil Pollution: Focus, Vol.2, Kluwer, Dordecht, pp. 66-77, 2002.
- [21] Ericsson, E., Larsson, H., Brundell-Frej, K., Optimizing route choice for lowest fuel consumption-potential effects of a new driver support tool, Transportation Research Part C 14, pp. 369-383, 2006.

- [22] Larsson, H., and Ericsson, E., The Effects of an Acceleration Advisory Tool in Vehicles for Reduced Fuel Consumption and Emissions, Transportation Research Part D 14, pp. 141-146, 2009.
- [23] 정성학, "교통정보 안내전화 통합연계시스템 구축에 관한 연구." 한국컴퓨터정보학회논문지, 제14권, 제1호, 205-216쪽, 2009년 1월.
- [24] 이세훈, "웹 서버 연동의 실시간 디지털 정보 디스플레이 시스템." 한국컴퓨터정보학회논문지, 제14권 1호, 153-161쪽, 2009년 1월.

### 저자소개



**정성학 (Sung-Hak Chung)**  
1995년 동국대학교 안전공학과 공학사  
1997년 경기대학교 대학원 산업공학과 공학석사  
2002년 경희대학교 대학원 산업공학과 공학박사  
2003년 한국철도기술연구원 연구원  
2004년 Univ. of Central Florida 연구원  
2007년~현재 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 선임연구원  
관심분야: 교통안전, ITS, 인간공학