

차량 속도패턴에 따른 연료소모량 관계식 산정

A Estimation Model of The Fuel Consumption Based on The Vehicle Speed Pattern

원 민 수

(한국교통연구원 연구원)

강 경 표

(한국교통연구원 부연구위원)

김 정 완

(국토해양부 첨단도로환경과 사무관)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
 - II. 기존 연구 검토
 - III. 분석방법 및 결과
 - 1. 자료수집 및 실험방법
 - 2. 연료소모량 원단위 산출
 - 3. 연료소모량 관계식 산정
 - IV. 연료소모량 관계식의 적용 및 분석
 - 1. 시나리오 구성
 - 2. 분석결과
- 참고문헌

Key Words : 연료소모량 관계식, 속도, 가속도, AVL Cruise, 차량운행비용
Fuel Consumption Model, Speed, Acceleration, AVL Cruise, Vehicle Operating Cost

요 약

도로교통 분야에서 제시되는 다양한 정책들과 운영전략들을 평가하기 위해 사용해 오던 지금까지의 자료와 방법으로는 실제 도로에서 주행하고 있는 많은 차량들의 연료소모량을 정확하게 측정하기에는 불가능한 것이 현실이다. 특히 차량의 연료소모량은 속도뿐만 아니라 가속도에도 밀접한 관련이 있음에도 불구하고 현재의 방법으로는 가속도를 포함한 차량의 미시적 주행패턴을 고려하지 못하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 교통운영전략과 차량운행비용의 연료소모량 변화에 대한 보다 정확한 효과를 평가할 수 있도록, 차량의 속도와 가속도를 고려한 차량 연료소모량 관계식을 산정하고자 한다.

차량시뮬레이션 프로그램인 AVL Cruise를 이용하여 차량의 속도 및 가속도에 따른 연료소모량 원단위를 산출하고, 이러한 결과를 이용하여 시뮬레이션이나 차량운행비용 추정에 적용할 수 있는 차량 연료소모량 관계식을 산정하였다. 마지막으로 이렇게 도출된 본 연구의 차량 연료소모량 관계식과 기존 연료소모량 관계식을 비교하였다.

분석결과, 교통운영전략의 효과 평가 시 기존 연료소모량 관계식에 비해 주행패턴에서 발생하는 가속도 변화를 고려한 본 연구의 연료소모량 관계식이 보다 현실적으로 연료소모량을 산정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

It is practically hard to measure vehicle fuel consumption required to evaluate the energy-related governmental policies and traffic management strategies; the existing methods are too simplified due to the limited field data available. Existing methods are even unable to reflect the amount of fuel consumed when vehicles accelerate and decelerate, and such technical limitations have reduced the quality of the policy evaluation. This study proposes a new fuel consumption model that simultaneously considers the effects of both cruising speed and acceleration/deceleration of vehicles. A new fuel consumption model was developed based on the simulation data generated by AVL Cruise, a vehicle simulation program. The estimated by the proposed model was compared against the one from the existing method. Comparison results showed that the proposed model provided much reliable estimate (fuel consumption) than the other did.

본 연구는 한국교통연구원 기본과제(운전자 운행패턴과 교통류 분석을 통한 에코드라이빙 활성화방안 연구)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 도로교통 분야에서는 차량의 연료소모량 감축을 위한 개별 운전자의 에코드라이빙 및 교통운영전략 등 다양한 정책방안들이 제시 또는 연구되고 있지만, 이러한 정책들의 효과를 어떻게 평가할 것인가에 대한 명확한 방법이나 도구(tools)가 제시되어 있지 않은 실정이다.

또한 기존 도로 및 관련 ITS 사업의 투자효과 및 도로의 혼잡영향을 분석하는데 있어, 차량의 운행비용을 평균적인 주행속도를 이용하여 산정하는 방법이 차량운행비용을 정확하게 추정하고 있지 못하다는 문제점이 제기되면서[14], 이러한 문제점을 해결하기 위한 차량의 주행(속도)패턴에 따른 정확한 연료소모량 산정방법이 요구되고 있다.

다시 말하면, 현재 적용할 수 있는 연료소모량 산정 방법은 차량들의 평균주행속도를 계산하고 이것을 연료소모량 관계식에 대입하는 방법뿐이다. 하지만 이러한 방법은 다양한 운영전략과 교통상황에 따라 변화하게 되는 차량의 미시적 주행패턴(예를 들어, 속도편차, 가속도 등)의 변화를 고려하지 못하기 때문에 차량의 연료소모량을 정확하게 측정하지 못하고 있다. 특히, Cohen, S. L.(1977)의 연구에서도 언급하였듯이 차량의 연료소모량은 속도뿐만 아니라 가속도에도 밀접한 관련이 있음에도 불구하고, 기존의 방법은 이러한 가속도를 반영하지 못하고 있는 것이다.

그러므로 본 연구에서는 교통운영전략에 따른 연료소모량 변화를 정확하게 계산하기 위하여 가속도를 고려한 차량 연료소모량 관계식을 산정하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 차량의 연료소모량을 측정할 수 있는 차량시뮬레이션 프로그램 AVL Cruise¹⁾를 이용하여 차량의 속도 및 가속도 패턴에 따른 연료소모량 원단위를 산출하고, 이러한 결과를 이용하여 시뮬레이션이나 차량 운행비용 산정에 적용할 수 있는 차량 연료소모량 관계

식을 산정할 것이다.

차종은 2009년을 기준으로 차량의 판매대수와 평균적인 연비를 고려하여 대표차종을 결정할 것이며, 연료소모량 원단위는 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010) “철도투자평가편람 전면개정 연구”의 결과를 이용하여 신뢰성을 검증할 것이다.

마지막으로 가상의 교통운영전략 시나리오 분석을 통해서 본 연구의 연료소모량 관계식과 기존의 연료소모량 관계식을 비교·분석 할 것이다.

II. 기존 연구 검토

기존의 차량 연료소모량 산정방법은 한국개발연구원(2004)의 “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준 지침 수정·보완 연구(제4판)”과 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010)의 “철도투자평가편람 전면개정 연구” 등이 있다. 이들의 공통점은 차량운행비용에서 연료소모비용을 산정하기 위하여 평균주행속도만 고려한 연료소모량 관계식을 이용한다는 것이다.

먼저, 한국개발연구원(2004)의 연구를 살펴보면, 차량의 연료소모량을 산정하기 위하여 국토연구원(1999)의 “도로사업 투자분석 기법정립”의 연료소모량 관계식을 적용하였다. 해당 관계식은 식(1)과 같이 차량의 평균주행속도에 따른 연료소모량 변화로 표현되었다.

$$Fuel_{car} = 0.02882 + 0.910/V + 0.000003828 \times V^2(1)[11]$$

단, $Fuel_{car}$: 승용차의 연료소모량(L/km)

V : 평균주행속도(km/h)

다음으로 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010)의 “철도투자평가편람 전면개정 연구” 또한 식(2)와 같이 차량의 평균주행속도에 따른 연비 변화로 연료소모량 관계식을 표현하였다.

$$Y = 2.28593762 + 0.47782761 \times V - 0.00325338 \times V^2(2)[18]$$

단, Y : 승용차의 연비(km/L)

V : 속도(km/h)

1) AVL Cruise란 자동차의 엔진을 모델링하여 차량의 연료소모, 배기가스, 구동계통을 시뮬레이션 하는 시뮬레이션 프로그램으로 주로 자동차의 성능을 실험하고 개선하는데 사용됨. 본 연구에서는 가능한 모든 범위의 속도와 가속도에 따른 연료소모량을 실제로 측정하기에는 현실적으로 불가능하기 때문에 자동차의 실제 엔진을 잘 묘사할 수 있는 AVL Cruise라는 시뮬레이션 프로그램을 이용하였음.(AVL Cruise version 2009.1)

이처럼 기존 연구는 식(1)과 식(2)에서 살펴본 바와 같이 차량의 평균주행속도로 표현된 연료소모량 관계식을 이용하여 연료소모량을 계산하고 있다. 또한, 사용된 연료소모량 관계식은 모두 비슷한 함수 형태를 가지고 있으며, 어떠한 연료소모량 원단위 값을 사용하였느냐에 따라 그 파라미터 값에 다소 차이가 있을 뿐이다.

다음으로, 차량의 연료소모량 및 배기가스 배출은 속도뿐만 아니라 가속도 변화에도 밀접한 관련이 있다는 사실을 고려하여 가속도 변화를 고려한 차량 배출가스 모형을 산정한 국내 연구가 있다.

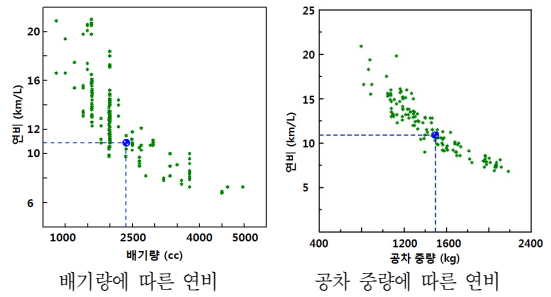
이영인(2004)는 대기오염을 지속적으로 모니터링하고 이를 시각적으로 표현 할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하기 위하여 배기가스 배출 모형을 개발하였다.²⁾ 이를 위해, 미국 NCHRP의 배기가스 배출 원단위³⁾를 이용하여 다중회귀분석으로 가속도별 속도에 따른 배출 모형을 도출하였다. 그러나 국내의 배출가스 원단위가 아닌 미국의 자료를 이용했다는 점과 실시간 가속도 값이 아닌 일정 가속도 범위를 기반으로 모형을 도출했다는 점에서 한계점을 가지고 있다.

지금까지의 연구를 살펴보면, 차량의 연료소모량을 계산하기 위하여 평균주행속도에 따른 연료소모량 변화 관계식을 이용하고 있음을 알 수 있다. 하지만 이러한 방법은 실제 주행상태에서 발생하는 다양한 속도패턴의 변화 즉, 가속도 변화를 고려하지 못하기 때문에 정확한 연료소모량 변화를 측정하는데 한계점을 가지고 있다. 그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 이영인(2004)와 같이 가속도 변화를 고려한 관계식이 필요하다는 것을 알 수 있다.

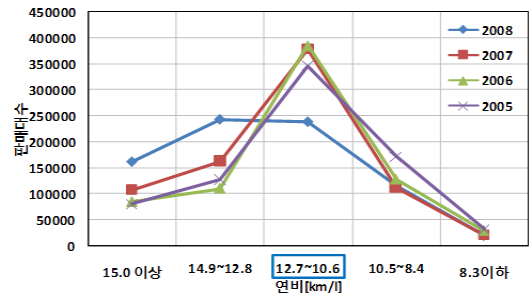
III. 분석방법 및 결과

1. 자료수집 및 실험방법

가속도 변화를 고려한 연료소모량 관계식을 만들기 위해서는 각각의 속도와 가속도에 따른 연료소모량 원단위 자료가 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 차량시뮬레이션 프로그램인 AVL Cruise를 이용하여 연료소모량 원단위를 산출하였다.



(그림 1) 배기량 및 공차 중량에 따른 연비 통계 자료 (승용차) [12]



(그림 2) 차량 연비에 따른 판매대수 (승용차) [15]

왜냐하면, 실제 교통류 패턴에서 가능한 모든 범위의 속도와 가속도에 따른 연료소모량 측정은 시간적, 비용적으로 불가능하기 때문이다.

차중(국내)은 (그림 1)의 배기량 및 공차 중량에 따른 연비 통계자료와 (그림 2)의 연비에 따른 차량 판매대수를 이용하여 2.4L급 중형 승용차를 대표차량으로 선정하였다.

2. 연료소모량 원단위 산출

연료소모량 원단위는 각 주행속도별 가속도에 따른 연료소모량을 측정하여 <표 1>과 <그림 3>과 같이 구축하였다.

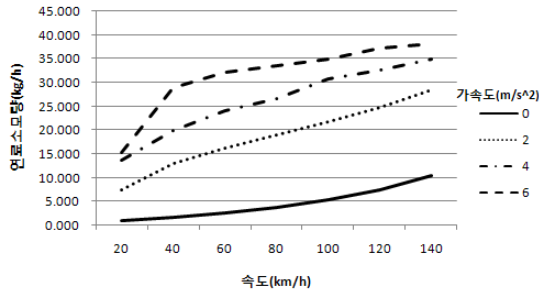
연료소모량 단위는 시간당 연료소모량 kg/h를 이용하였다. 왜냐하면, 시뮬레이션 분석에서 각 시뮬레이션 단계(simulation step)에 따른 연료소모량을 계산하기 위해서는 시간단위로 환산된 kg/h가 더 용이하기 때문이다.

2) 이영인(2004)는 본 연구와 다른 배기가스배출모형이지만, 배기가스배출은 연료소모량과 밀접한 관련이 있다는 점에 착안하여 이영인(2004)의 연구결과를 참고하였음.

3) "Development of a Modal-Emissions Model, NCHRP Project 25-11"에서 제시한 자동차 대기오염물질 배출량표(emission unit table)

〈표 1〉 속도와 가속도에 따른 승용차 연료소모량(kg/h)

| 속도(km/h) 가속도 (m/s ²) | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.024 | 1.796 | 2.547 | 3.732 | 5.450 | 7.487 | 10.349 |
| 2 | 7.473 | 13.082 | 16.164 | 19.004 | 21.744 | 24.666 | 28.455 |
| 4 | 13.600 | 19.897 | 24.117 | 26.536 | 30.919 | 32.768 | 35.009 |
| 6 | 15.224 | 28.955 | 32.163 | 33.460 | 34.993 | 37.133 | 38.156 |



〈그림 3〉 속도와 가속도에 따른 승용차 연료소모량(kg/h)

가속도는 차량이 물리적으로 낼 수 있는 최대 가속도를 기준으로 0~6m/s²으로 표현하였으며, 감속의 경우에는 연료소모량이 0(zero, fuel cut)이 되기 때문에 제외하였다.

다음으로 해당 연비 시뮬레이션 프로그램(AVL Cruise) 실험 결과의 신뢰성을 검증하기 위하여 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010)의 “철도투자평가편람 전면개정 연구”의 자료를 이용하였다.

한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010)는 승용차 주행속도에 따른 연비를 식(3)과 같이 제시하고 있다.

$$Y = 2.28593762 + 0.47782761 \times V - 0.00325338 \times V^2 \quad (3)[18]$$

단, Y : 승용차의 연비(km/L)

V : 속도(km/h)

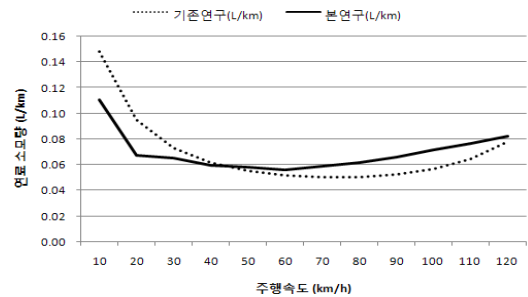
AVL Cruise 연료소모량 단위를 기존문헌의 단위인 L/km로 통일하여 비교하면 〈그림 4〉와 같다.

〈그림 4〉를 보면, AVL Cruise의 결과와 기존문헌의 결과가 통계적으로 차이가 없음을 확인할 수 있다.

- t-value: -0.127,

유의확률: 0.901(유의수준: 95%)

그러므로 AVL Cruise를 이용한 본 연구의 연료소모량



〈그림 4〉 주행속도에 따른 연료소모량(L/km)의 기존문헌 비교

원단위 결과가 타당하며, 가속도를 포함한 새로운 연료소모량 관계식을 도출하는데 문제가 없는 것으로 판단된다.

3. 연료소모량 관계식 산정

다양한 교통운영전략에서 나타나는 교통류 패턴 변화(속도 및 가속도 변화)에 따른 연료소모량 변화를 측정하기 위해서는 연료소모량 관계식이 필요하다. 왜냐하면 연료소모량 원단위 테이블을 이용하게 되면 가속도에 따른 속도의 연료소모량 사이 값을 보간법으로 추정할 수 밖에 없으며 이러한 방법은 정확하지 못한 결과를 도출하거나 결과의 신뢰성을 보장할 수 없어 적용성이 용이하지 않기 때문이다.[13]

그러므로 본 연구에서는 다중회귀분석을 이용하여 속도와 가속도에 따른 연료소모량 관계식을 산정하였다.

차량의 연료소모량(kg/h)를 종속변수로 설정하고 속도와 가속도를 독립변수로 설정하여 회귀분석을 실시하였다. 변수간의 상관관계와 연료소모량, 속도, 가속도의 관계를 이용하여 다양한 형태의 함수로 회귀분석을 실시하였으며, 통계적 유의성과 설명력이 가장 좋은 모형을 최종 연료소모량 관계식으로 결정하였다.

〈표 2〉 연료소모량 관계식

| | | | |
|--|------------|--------|-------|
| $Fuel = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 \times SPD^2 + \beta_2 \times ACC & (\text{if } ACC \geq 0) \\ 0 & (\text{if } ACC < 0) \end{cases}$ | | | |
| 단, Fuel : 연료소모량(kg/h) SPD : 속도(km/h) ACC : 가속도(m/s ²) | | | |
| 설명변수(독립변수) | 추정된 계수 | t 값 | 유의확률 |
| Constant(β_0) | 0.64151854 | 4.222 | 0.000 |
| 속도의 제곱(β_1) | 0.00087249 | 60.128 | 0.000 |
| 가속도(β_2) | 4.52898163 | 76.622 | 0.000 |
| $R^2 = 0.924, \bar{R}^2 = 0.924$ | | | |

분석결과는 <표 2>과 같다. 단, 감속에서는 연료차단 (fuel cut)이 일어나 연료소모가 거의 없다는 것을 고려하여 본 연구에서는 가속의 경우만 고려하여 모형을 산정하였다. 모형의 적합도를 나타내는 R^2 값이 $R^2 = 0.924$ ($Adj. R^2 = 0.924$)로 모형의 설명력이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 즉, 연료소모량과 속도는 2차함수의 관계를 가지고 있으며, 가속도와는 1차함수의 관계를 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

정리하면, 차량 연료소모량은 속도뿐만 아니라 가속도와도 밀접한 관련이 있으며, 교통운영전략에 따른 연료소모량 변화를 보다 정확하게 분석하기 위해서는 속도와 가속도를 고려한 연료소모량 관계식이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 속도와 가속도에 따른 연료소모량 원단위를 이용하여 새로운 연료소모량 관계식을 산정하였다. 분석결과, 속도와는 2차 함수 관계를 가지고 있고 가속도와는 1차 함수 관계를 가지고 있는 새로운 연료소모량 관계식을 도출할 수 있었다.

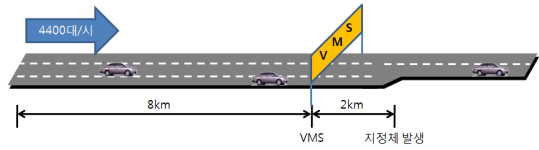
IV. 연료소모량 관계식의 적용 및 분석

1. 시나리오 구성

본 연구에서는 새롭게 제시한 연료소모량 관계식의 차별성 및 특성을 살펴보기 위하여 가상 시나리오 분석을 실시하였다. VISSIM을 이용하여 가상 네트워크를 구성하고 제한속도 운영전략에 따른 차량의 연료소모량 변화를 기존 연료소모량 관계식과 본 연구에서 새롭게 제시한 연료소모량 관계식을 이용하여 분석해 보았다. 단, 주의할 점은 본 연구의 가상 시나리오 분석의 목적은 교통운영시나리오(예: 제한속도 등)의 타당성이나 효과를 분석하는 것이 아니라, 서로 다른 시나리오에 따른 연료소모량이 연료소모량 관계식에 따라 어떠한 차이가 발생하고, 그 발생한 원인이 연료소모량 관계식의 설명 변수에 따라 다르게 됨을 보여주기 위함이다.

가상 시나리오 분석은 지정체가 발생하는 연속류 도로에서 상류부 제한속도에 따른 차량의 속도패턴 변화를 분석하고 여기서 도출된 속도패턴 자료를 이용하여 개별 차량의 연료소모량을 계산하는 방법으로 이루어 졌다.

VISSIM을 이용한 가상네트워크는 <그림 5>과 같이



<그림 5> 가상 네트워크의 구성

<표 3> 상류부 제한속도

| 시나리오 | VMS 표출 제한속도 |
|------|-------------|
| 1 | 없음 |
| 2 | 20 km/h |
| 3 | 30 km/h |
| 4 | 40 km/h |
| 5 | 50 km/h |
| 6 | 60 km/h |
| 7 | 70 km/h |
| 8 | 80 km/h |
| 9 | 90 km/h |

구성하였다.

도로는 10km의 3차로 도로가 2차로로 합류되면서 지정체를 형성하는 연속류 도로이다. 차량은 4,400대/시이며, 제한속도를 알리는 VMS는 정체지점으로부터 2km 떨어진 지점에 있는 것으로 가정하였다.

마지막으로 정체상황에 따른 상류부 제한속도는 <표 3>과 같이 임의로 구성하였다.

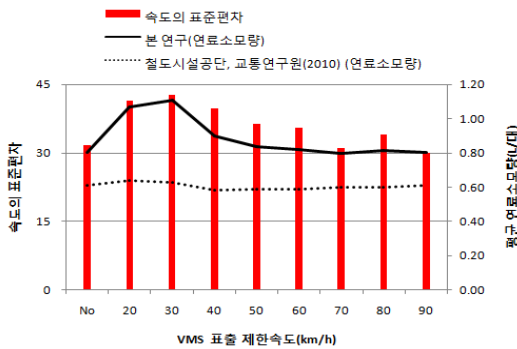
2. 분석결과

분석결과, 각 제한속도 시나리오에 따른 10km 구간

<표 4> 제한속도 시나리오에 따른 주행속도 특성 및 평균 연료소모량(L/대)⁴⁾

| 제한 속도 | 평균속도 (구간전체) | 속도의 표준편차 | 본 연구 (L/대) | 2010년 한국철도공사, 한국교통연구원 (L/대) |
|-------|-------------|----------|------------|-----------------------------|
| No | 87.0 | 31.71 | 0.80 | 0.61 |
| 20 | 46.8 | 41.35 | 1.07 | 0.64 |
| 30 | 53.7 | 42.80 | 1.11 | 0.63 |
| 40 | 66.2 | 39.72 | 0.90 | 0.58 |
| 50 | 73.7 | 36.43 | 0.83 | 0.59 |
| 60 | 75.6 | 35.59 | 0.82 | 0.59 |
| 70 | 83.8 | 31.04 | 0.79 | 0.60 |
| 80 | 83.2 | 33.93 | 0.81 | 0.60 |
| 90 | 88.3 | 29.97 | 0.80 | 0.61 |

4) 본 연구에서는 VISSIM에서 교통량으로 입력한 4,400대 모든 차량의 주행정보를 이용하기에는 데이터가 너무 방대하여 불가능하였음. 그러므로 4,400대 중 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500번째 차량의 자료를 이용해서 평균 연료소모량을 계산하였음



〈그림 6〉 제한속도 시나리오에 따른 주행속도 특성 및 평균 연료소모량(L/대)

의 평균 주행속도 및 평균 연료소모량은 〈표 4〉와 〈그림 6〉과 같다. 연료소모량 단위를 통일하기 위하여 L/대로 환산하여 분석을 실시하였다.

〈표 4〉와 〈그림 6〉의 분석결과를 살펴보면, 기존연구의 연료소모량 관계식 적용 결과와 본 연구에서 새롭게 제시한 연료소모량 관계식 적용 결과가 다른 것을 알 수 있다. 특히, 속도편차가 큰 경우에는 그 차이가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 이유는 기존 연료소모량 관계식이 주행 중 나타나는 가속도 변화에 따른 연료소모량 변화를 고려하지 못하기 때문이다.

그러므로 교통운영전략에 따른 연료소모량 변화를 보다 정확하게 계산하기 위해서는 가속도 고려한 본 연구의 연료소모량 관계식을 적용해야 하는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구는 다양한 교통운영전략에 따른 차량의 연료소모량 변화를 보다 정확하게 측정하기 위하여 속도뿐만 아니라 가속도도 고려한 연료소모량 관계식을 산정하였다. 왜냐하면, 차량 연료소모량은 속도뿐만 아니라 가속도와도 밀접한 관련이 있음에도 불구하고, 기존 연료소모량 관계식은 이러한 가속도를 반영하지 못하기 때문이다. 즉, 본 연구는 연료소모량 관계식에서 가속도를 고려했다는 점에 그 의미가 있다고 할 수 있다.

실제로 가상 시나리오 분석을 통하여, 본 연구에서 제시한 연료소모량 관계식이 다양한 주행패턴에서 발생하는 가속도 변화를 반영할 수 있어 기존의 연료소모량 관계식에 비해 보다 현실적으로 연료소모량을 산정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

다시 말하면, 본 연구에서 제시한 연료소모량 관계식은 실제로 다양한 교통운영전략 분석에서 차량의 속도, 가속도를 포함한 주행패턴의 자료를 수집할 수 있는데도 불구하고 평균주행속도만 이용하여 연료소모량을 계산하는데 발생할 수 있는 문제점을 해결할 수 있는 것이다.

또한, 현재 차량의 가속도 자료를 수집할 수 없는 교통혼잡비용 분석과 같은 거시적 교통 분석에서도 향후 교통정보 수집 기술의 발달(예: ITS 및 차량 내 교통정보 수집 장치의 발달 등)이 이루어진다면, 본 연구의 연료소모량 관계식을 이용하여 보다 정확한 연료소모량 변화를 계산할 수 있을 것이다.

향후 과제로서, 본 연구에서 제시한 연료소모량 관계식이 차량의 실제 연료소모량을 얼마나 정확하게 반영하는지 검증하기 위하여 다양한 기하구조와 교통류상황에서 현장실험과 시뮬레이션을 통한 신뢰성 검증이 필요할 것이다. 또한 승용차뿐만 아니라 다양한 차종에 대해서도 연구가 진행되어야 할 것이다. 마지막으로 본 연구에서 제시한 연료소모량 산정방법을 이용하여 현재 진행되어 온 다양한 교통운영전략 효과평가의 문제점을 지적하고 보다 정확한 효과평가가 이루어져야 할 것이다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제63회 학술발표회 (2010.10.29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. Cohen, S. L.(1977), "Use of Traffic Simulation in Analysis of Carbon Monoxide Pollution", Transportation Research Record 648: pp.74~76.
2. ECN and COWI (2003), "International CO2 Policy Benchmark for the Road Transport Sector. Results of a Pilot Study" Policy Studies (Petten: ECN).
3. Eva Ericsson (2001), "Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors", Transportation Research Part D: Transport and Environment (2001), Volume: 6, Issue: 5, pp.325~345.

4. G.A. Klunder (2009), "Real-Time Monitoring Of Emissions With Traffic Data, Simulation And Air Quality Measurements", The 16th World Congress and Exhibition ITS Sweden.
5. Greg Marsden, Margaret Bell, Shirley Reynolds (2001), "Towards a real-time microscopic emissions model", Transportation Research Part D6 pp.37~60.
6. Hesham Rakha, Kyoungho Ahn, Antonio Trani (2004), "Development of VT-Micro model for estimating hot stabilized light duty vehicle and truck emissions", Transportation Research Part D9 pp.49~74.
7. Kubach, Spicher (2007), "Gasoline Direct Injection Engines: Potential and Demands", International Conference INSA de Strasbourg.
8. Samaras, Z., Ntziachristos, L., (1998), "Average hot emission factors for passenger cars and light duty trucks" In: The Project: Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport (MEET) ± Report 7, p. 112. LAT Report 9811. Lab. of Applied Thermodynamics, Aristotle Univ., Thessaloniki, Greece.
9. "Model for developing an eco-driving strategy of a passenger vehicle based on the least fuel consumption", Applied Energy Volume 86, Issue 10, October 2009, pp.1925 ~1932.
10. 교통개발연구원(1998) "월간[교통]", 12월호.
11. 국토연구원(1999), "도로사업 투자분석기법 정립".
12. 에너지관리공단, "배기량 및 공차 중량에 따른 연비".
13. 이영인 · 조혜진 · 박준환(2004), "개발차량의 주행 행태에 따른 자동차 배출가스 추정방법론 정립", 서울시정개발연구원, 서울도시연구 제5권 제4호.
14. 조한선(2007), "교통혼잡비용 추정방법 개선", 한국교통연구원.
15. 통계청, "2009년도 국내/외 차량 판매 실적".
16. 한국개발연구원(2004), "도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)".
17. 한국교통연구원(2008), "2007년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석".
18. 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010), "철도 투자평가편람 전면개정 연구".

✉ 주 작 성 자 : 원민수
 ✉ 교 신 저 자 : 원민수
 ✉ 논문투고일 : 2010. 11. 29
 ✉ 논문심사일 : 2011. 1. 15 (1차)
 2011. 6. 24 (2차)
 ✉ 심사판정일 : 2011. 6. 24
 ✉ 반론접수기한 : 2011. 12. 31
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필