

# GPS를 이용한 차량 연료차단 관성주행의 감지에 관한 연구

고광호

평택대학교 스마트자동차학과 부교수

## A Study for Detecting Fuel-cut Driving of Vehicle Using GPS

Kwang-Ho Ko

Associate Professor, Division of Smart Automobile, Pyeongtaek University

**요약** 대부분의 차량에 적용되어 있는 연료차단(fuel-cut) 관성주행은 변속기어 체결 상태에서 가속페달을 방치할 때 자동으로 작동하게 된다. 이 때 연료분사가 일시적으로 중단되므로 연비 향상 효과가 상당하다. 본 연구에서는 GPS를 이용하여 측정된 차속, 가속도, 도로구배 등의 신호를 바탕으로 하는 연료차단 관성주행 감지법을 제안하였다. 관성주행시 작용하는 주행저항력에 의해 계산되는 가속도값과 GPS에서 실시간으로 측정되는 가속도값을 비교하는 방식이다. 실도로 주행 데이터를 측정하여 이 감지법을 평가한 결과 약 80% 수준의 정확도를 얻을 수 있었다. 도로구배가 다소 큰 12km 정도의 국도를 16분 동안 주행하면서 측정한 약 9,600개의 속도, 가속도, 도로구배 및 연료소모량 데이터에 감지법을 적용하여 얻은 결과이다. 인젝터 분사파형 분석을 위한 배선작업 등이 불필요하여 간단하게 연료차단 여부를 판정할 수 있는 장점이 있다. 다만, 속도, 가속도 및 도로구배의 변화율이 연료소모량의 변화율에 비해 훨씬 크게 나타나기 때문에 감지법의 오차도 다소 증가하는 것을 알 수 있었다.

**주제어** : 연료차단, 관성주행, 친환경운전, 주행저항력, 가속도비교법

**Abstract** The fuel-cut coast-down driving mode is activated when the acceleration pedal is released with transmission gear engaged, and it's a default function for electronic-controlled engine of vehicles. The fuel economy becomes better because fuel injection stops during fuel-cut driving mode. A fuel-cut detection method is suggested in the study and it's based on the speed, acceleration and road gradient data from GPS sensor. It detects fuel-cut driving mode by comparing calculated acceleration and realtime acceleration value. The one is estimated with driving resistance in the condition of fuel-cut driving and the other is from GPS sensor. The detection accuracy is about 80% when the method is verified with road driving data. The result is estimated with 9,600 data set of vehicle speed, acceleration, fuel consumption and road gradient from test driving on the road of 12km during 16 minutes, and the road slope is rather high. It's easy to detect fuel-cut without injector signal obtained by connecting wire. The detection error is from the fact that the variation range of speed, acceleration and road gradient data, used for road resistance force, is larger than the value of fuel consumption data.

**Key Words** : Fuel-cut, Coast-down, Eco-drive, Driving resistance, Acceleration comparison

\*The academic fund of Pyeongtaek University supported the paper.

\*Corresponding Author : Kwang-Ho Ko(kwangho@ptu.ac.kr)

Received August 23, 2019

Accepted November 20, 2019

Revised September 27, 2019

Published November 28, 2019

## 1. 서론

전자에어 엔진 차량의 경우, 변속기어가 체결된 상태(Drive)에서 가속페달을 방지하면 연료차단(Fuel-cut) 관성주행(Coast-down driving)이 개시된다. 이는 연비 향상을 위한 기법으로, 차량에 따라 다소 차이가 있으나 엔진 회전수가 약 1000rpm 수준으로 떨어질 때까지 연료차단 관성주행이 유지된다[1]. 운전자가 가속페달을 방지하는 것을 감속 혹은 제동하고자 하는 의도로 판단하여 불필요한 연료 소모를 방지하는 기법이다[2]. 이러한 연료차단 기능은 대부분의 내연기관 차량에 기본으로 적용되어 있는 기술로, 하이브리드나 전기차의 경우 같은 조건에서 회생제동(Regenerative braking)이 적용되어 타이어 구동축의 관성 회전력으로부터 전력을 생산하기도 한다[3].

교통 신호에 대한 대처나 안전거리 확보 등을 위해 가속페달에서 발을 떼는 순간 연료분사가 차단되기 때문에 연비향상 효과가 상당하다[4]. 고속도로의 내리막 구간에서 연료차단 관성주행을 활용하는 경우 정속주행 조건에 비해 연비가 약 4% 향상된다[5]. 따라서 연료차단 관성주행 여부를 운전자가 인지하고 적극적으로 활용한다면 연비 향상에 효과적일 것이다. 교통신호, 교통량, 도로구배와 같은 다양한 조건에서 운전자가 가속페달을 방지하는 간단한 조작으로 이를 적용할 수 있는데, 연료차단 여부를 쉽게 확인하거나 기록하는 장치 등이 현재로서는 부족한 상황이다.

직접 차량을 제작하는 완성차 업체에서는 연료차단 조건에 대한 상세한 내역을 확보하고 있어 관성주행 여부를 쉽게 감지하여 표시할 수 있다. 최근의 차량에서는 계기판에 연비에 대한 정보를 숫자나 그래프 형태로 제공하기도 한다. 하지만 자동차 용품 업체와 같은 제3자(3rd party)에 해당하는 업체에서 연료차단 여부를 표시/기록할 수 있는 제품을 개발하는 경우 이는 상당한 기술적 난제가 될 수 있다. 연료분사 인젝터의 전기신호를 측정하여 연료차단 여부를 감지할 수도 있으나 이 경우 인젝터에서 운전석까지 배선을 연결해야 하므로 번거롭다. 그리고 밀리세컨드(msec)에서 마이크로세컨드( $\mu$ sec) 수준의 인젝터 연료분사 파형을 분석하여 연료차단을 감지해야 하는 어려운 점도 있다[6].

본 연구에서는 GPS를 이용하여 차량의 연료차단 관성주행 여부를 감지할 수 있는 알고리즘을 제시하고자 한다. GPS에서 쉽게 제공받을 수 있는 차량의 속도, 가속도, 도로구배 등을 통해 계산할 수 있는 차량의 주행저

항력을 이용하는 방식이다. 인젝터와의 배선연결과 같은 부가적인 작업이 불필요하고, 대부분의 스마트폰에 적용되어 있는 GPS를 이용하므로 별도의 하드웨어 없이 간단한 앱(App.)을 통해 그 결과를 활용할 수 있는 장점이 있다. 또한 스마트폰의 기록장치를 통해 연료차단 관성주행이 적용된 횟수, 거리 등을 확인할 수 있어 연비향상을 적극적으로 도모할 것으로 기대된다.

## 2. 관련 연구 및 실험방법

### 2.1 주행저항력

본 연구에서는 주행저항력을 이용하여 연료차단 여부를 판단하는데, 이를 위해서 차량이 주행 중에 받게 되는 다양한 저항력을 계산할 필요가 있다. 특히 연료차단 관성주행 조건에서 작용하는 주행저항력이 필요한데, 이는 구름마찰저항력(rolling resistance), 공기저항력(aerodynamic resistance) 및 구배저항력(gradient resistance)으로 구성된다[7].

구름마찰저항력은 타이어와 도로표면 사이의 마찰저항에 해당하는 것으로, 차중과 마찰계수의 곱으로 계산할 수 있다. 속도와 무관하게 차중과 도로/타이어 상태에 따라 결정되는 값이다[8].

공기저항력은 차량의 전면투영면적, 공기저항계수와 속도의 제곱에 비례하는 값이다. 전면투영면적은 차량을 전면에서 수직으로 잘랐을 때의 최대면적으로 차량의 전폭과 전고가 클수록 증가하는 값이다. 공기저항계수는 차량의 외형이 유선형에 가까울수록 작아지는 값으로 일반적인 승용차량의 공기저항계수는 0.5 ~ 0.4 수준이다[9].

구배저항력은 도로의 경사도에 의해 차량이 뒤로 밀리는 중량에 해당하는 값으로, 도로경사각도의 사인(sin) 값에 차중을 곱해서 계산할 수 있다[10].

연료차단 관성주행 주행 조건에서, 이상의 주행저항력을 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F = F_r + F_a + F_g \quad \text{----- Eq. 1}$$

$$F_r = \mu Wg$$

$$F_a = 0.5 C_d \rho A v^2$$

$$F_g = Wg \sin \theta$$

$F$  주행저항력[M]

$F_r$  구름마찰저항력[M]

$F_a$  공기저항력[M]  
 $F_g$  구배저항력[M]  
 $\mu$  구름마찰계수  
 $W$  차중 [kg]  
 $g$  중력가속도[m/s<sup>2</sup>]  
 $C_d$  공기저항계수  
 $\rho$  공기 밀도[kg/m<sup>3</sup>]  
 $A$  전면투영면적[m<sup>2</sup>]  
 $v$  속도[m/s]  
 $\theta$  도로의 경사각도[deg]

위 식에서 차중과 전면투영면적은 차량등록증의 차량 제원에서 확인할 수 있는 공개된 정보들이다. 속도와 도로경사각도는 GPS에서 구할 수 있는 데이터로 실시간으로 변화하는 값들이다. 공기밀도와 중력가속도 등은 지역에 따라 미세하게 변화할 수 있으나 일반적인 표준값을 사용할 수 있다. 구름마찰계수는 타이어와 도로 표면의 상태에 따라 변화하는 값이나 일반적인 포장도로의 경우에는 0.01 내외로 알려져 있다[11]. 공기저항계수 역시 차량별로 구하기는 어려우나 승용차나 RV 차량의 경우 0.5 ~ 0.4 정도의 값으로 볼 수 있다[12].

이상과 같이 공개된 차량 제원과 일반적으로 알려진 계수값 및 GPS에서 측정된 데이터를 이용하면 연료차단 관성주행 조건에서 차량에 작용하는 주행저항력을 실시간으로 쉽게 계산할 수 있다. 또한 차량실험을 통해 각종 계수값들을 최적화시킬 수도 있을 것이다.

## 2.2 연료차단 관성주행 판단기법

연료차단 관성주행의 경우 차량에 작용하는 주행저항력은 Eq. 1을 이용하여 쉽게 계산할 수 있는데, 이 주행저항력에 의해 차량이 감속된다. 이 때, 감속되는 정도는 차량의 중량에 반비례한다. 이는 뉴턴 제1법칙에 해당하는 간단한 관계식으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F = W a_{FC} \quad \text{----- Eq. 2}$$

$F$  주행저항력[M]  
 $W$  차중 [kg]  
 $a_{FC}$  연료차단 주행의 가속도 [m/s<sup>2</sup>]

운전자가 가속페달을 방치하면 연료차단 관성주행이 적용되고, 이때 차량의 가속도는 위 식으로 쉽게 계산할

수 있다. 즉, Eq. 1에서 계산된주행저항력( $F$ )과 차중( $W$ )을 이용하면 연료차단 관성주행 조건의 가속도( $a_{FC}$ )를 쉽게 계산할 수 있다.

GPS에서 측정된 차량의 실시간 가속도( $a$ )와 위 식에서 계산된 연료차단 관성주행 조건에서의 가속도( $a_{FC}$ )를 비교하여 연료차단 관성주행 여부를 판단한다. 즉, 실시간 가속도의 값이 연료차단 관성주행 조건의 가속도보다 작은 경우 연료차단 관성주행이라고 판단할 수 있다. 이는 브레이크를 밟는 경우 감속 정도가 연료차단 관성주행 조건보다 크게 나타나기 때문이다. 따라서 연료차단 관성주행 조건에서 두 가속도의 관계는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$a \leq a_{FC} \quad \text{----- Eq. 3}$$

$a$  실시간 가속도(GPS) [m/s<sup>2</sup>]  
 $a_{FC}$  연료차단 조건의 가속도 [m/s<sup>2</sup>]

정리하면, 실시간 가속도는 GPS에서 측정되는 값이고, 연료차단 조건의 가속도는 각종 차량제원과 계수값 등을 이용하여 Eg. 1과 Eg. 2에서 계산한 값이다. 만약 실시간 가속도값이, 주행저항력에서 계산된 가속도보다 작으면 현재 연료차단 관성주행 상태라고 판단하는 것이다.

## 2.3 실험방법

실제 도로를 주행하면서 차량의 속도, 가속도, 연료소모량 및 도로구배를 측정하였다. 이 데이터를 이용해 앞에서 제안하였던 연료차단 감지 알고리즘의 정확도를 검증하였다.

실험차량은 H사의 S모델로 2013년식 RV 차종이다. 속도, 가속도, 도로구배, 연료소모량 등을 측정하기 위해 영국의 레이서로직스(Racelogics)사의 VBOX라는 장비를 사용하였다. VBOX는 모터스포츠 분야에서 널리 사용되는 장비로 자체 GPS에서 속도, 가속도, 도로구배 데이터를 얻고, 차량의 OBD(On Board Diagnostics) 단자에서 연료소모량을 측정한다. OBD는 차량의 고장진단을 위해 차량에 장착된 표준 입력 단자로, 차량의 다양한 데이터를 측정하기 위해 사용된다[13]. VBOX의 측정 해상도 10Hz에 해당한다. 실험차량의 사양은 Table 1에, 계산에 필요한 계수값은 Table 2에 정리하였다. 마찰계수, 공기저항계수 등은 일반적으로 사용되는 값에서 조금씩 조정하여 실험결과와 일치하도록 결정하였다.

Table 1. The test vehicle specification

Specification	data
Vehicle type	RV
Model year	2013MY
Total weight	2245kg
Height	1680mm
Width	1880mm
Engine Vol.	1995cc
Certified fuel economy	14.4km/L
Fuel type	Diesel

Table 2. The vehicle & road coefficients for estimation

Coefficients	value
Weight	2000kg
Frontal area	2.8m <sup>2</sup>
Friction coefficient	0.01
Aerodynamic coefficient	0.44
Air density	1.2m <sup>3</sup> /kg

Table 3. Test driving data

Data	Result
Distance	12.76km
Driving fuel economy	12.85km/L
Speed (average/max)	48.1 / 97.4 km/h
Road gradient (average/max)	0.75 / 8.6 deg
Acceleration (average/max)	0.01 / 6.85 m/s <sup>2</sup>

실험도로는 경사 변화가 큰 산악지역의 국도이며 약 12km 정도의 구간이다. 이 구간을 약 16분 동안 주행하면서 100ms 간격으로 총 9,600개의 속도, 가속도, 경사도, 연료소모량 등을 측정하였다. 이 주행 구간에서 관련 데이터를 Table 3에 정리하였고, 4000초 정도에 해당하는 위치에서의 그 변화를 Fig. 1에 표시하였다.

평균속도가 약 48km/h, 최고속도 97km/h, 평균연비는 약 12.8km/L 정도이다. Fig. 1의 상부 그래프에서 연료소모량(Fuel Consumption)이 0인 지점을 확대한 것이 하부의 그래프이다. 속도가 점차 감소하면서 연료차단 관성주행이 약 10초 정도 지속됨을 알 수 있다. 속도(v), 가속도(a), 연료소모량(FC), 도로구배의 사인값(sinθ)은 그래프에서 겹치지 않도록 보정하여 표시하였다.

### 3. 계산 결과 및 분석

계산에 필요한 계수값들을 변화시키면서 연료차단 관성주행 여부를 맞게 판정하였는지를 확인하였다. 주요 계수값으로 차중, 전면투영면적, 마찰계수, 공기저항계수가 있는데, 이 값들을 조금씩 변화시키는 경우의 연료차단 판정 정확도를 앞서 언급한 가속도 비교방식으로 계산하여 Table 4에 정리하였다. 약 80% 이상의 정확도 수준에서 연료차단 관성주행을 감지할 수 있었다.

이는 연료분사 인젝터와의 배선 연결 등이 없이 GPS 데이터와 몇 가지 계수값들만 가지고 예측한 결과로서 상당한 수준의 정확도라고 할 수 있다. 차중, 전면투영면적, 저항계수값을 조금씩 증가시키는 경우 연료차단 판정 정확도가 1~3% 정도 감소함을 알 수 있다.

Fig. 1에서 약 4000초 위치에서 연료소모량이 0으로 떨어지는 연료차단 관성주행 영역을 살펴보았다. 이 영역에 대해 가속도 비고를 통한 연료차단 감지 방식을 적용하여 계산값과 실험값을 비교한 것이 Fig. 2이다. 하부 그래프의 4007초 부근에서 실제 연료소모량은 연료차단 상태에서 벗어나 서서히 증가하지만 이를 예측하지는 못하고 있음을 알 수 있다. 또한 4000초 부근의 연료차단 상태는 거의 정확하게 감지할 수 있음을 알 수 있다.

또한 전반적으로 측정된 연료소모량이 예측값에 비해 좀더 부드럽게 변화하는 것을 알 수 있다. 주행저항력을 이용하여 연료차단을 감지하는 방식은 속도, 가속도, 도로구배에 의해 직접적으로 계산되는 방식이므로 예측값의 변화 정도 역시 상당하기 때문이다. 이는 Fig. 2의 상부 그래프에서 가속도와 도로구배가 연료소모량에 비해

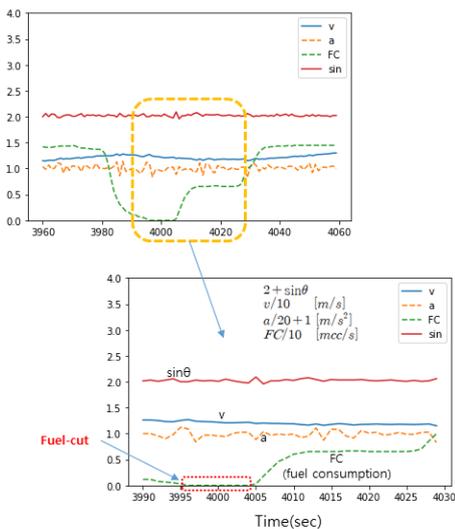


Fig. 1. Test data graph

그 변화 정도가 큰 것을 통해서도 알 수 있다. 가속도, 구배가 크게 변화하는데도 불구하고 연료소모량은 부드럽게 이동한다. 즉, 크게 변화하는 가속도와 도로구배에 기반하여 계산되는 예측값이 측정된 연료소모량에 비해 더욱 크게 변화한다는 것이다. 차량의 연료분사는 안정적인 차량 제어를 위해 급격한 변화를 주는 것이 어려운데 비해 GPS 데이터는 비교적 그 변화율이 큰 것에 기인하는 것으로 판단된다.

Table 4. Fuel-cut prediction accuracy

Input	Data / Result				
$W$ (kg)	2000	2500	2000	2000	2000
$A$ ( $m^2$ )	2.8	2.8	3.2	2.8	2.8
$\mu$	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
$C_d$	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50
Accuracy (%)	83.5	82.0	83.0	79.4	83.1

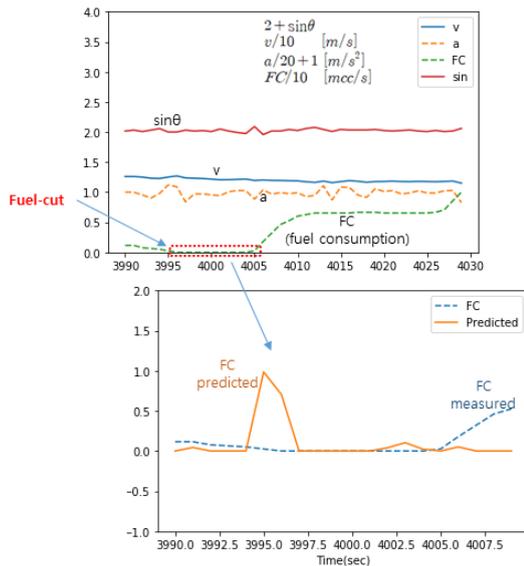


Fig. 2. Fuel consumption predicted

속도, 가속도, 도로구배 및 연료소모량의 평균 및 표준편차를 비교하여 보면 그 변화 정도의 차이를 쉽게 파악할 수 있다. 이를 정리한 Table 5를 살펴보면 가속도와 구배의 표준편차와 평균의 비는 0.7~60.0 정도이고, 연료소모량은 그 비율이 0.02 수준이다. 즉, 평균값에 비해 데이터의 변화 크기가 0.7배에서 60배 수준으로 속도, 가속도와 구배가 변화하는데 반해 연료소모량은 0.02배

수준에서 변화한다. 이는 속도, 가속도와 구배가 그만큼 크게 변화하고 이 값들을 기반으로 계산되는 연료차단 감지 알고리즘 자체도 그 변화율이 크다는 것을 알 수 있다[14].

추후 가속도와 구배 데이터의 변화율을 완화시킬 수 있는 방식을 적용하는 경우 연료차단 감지 정확도가 더욱 올라갈 것으로 기대해 볼 수 있는 지점이다. 변화율을 완화시키는 방법으로는 이동평균 개념을 적용하여 가속도와 도로구배가 다소 부드럽게 변화하도록 데이터를 수정하는 방법 등이 있다[15]. 추후 이런 방향으로 연구를 진행시키는 것이 적절한 것으로 판단된다.

Table 5. Test driving data

Data	Avg.	SD*	$\frac{ Avg. - SD }{Avg.}$
Speed(km/h)	48.1	14.3	<b>0.70</b>
Acceleration( $m/s^2$ )	0.01	0.85	<b>60.0</b>
Gradient(deg)	0.75	2.29	<b>2.05</b>
Fuel consumption(mcc/s)	10.5	10.7	<b>0.02</b>

SD\* : Standard Deviation

## 4. 결론

대부분의 차량에 적용되어 있는 연료차단(fuel-cut) 관성주행은 변속기어 체결 상태에서 가속페달을 방치할 때 자동으로 작동하게 된다. 연료분사가 일시적으로 중단되므로 신호 대기, 안전거리 확보 혹은 내리막 구간 등에서 이를 활용한다면 연비 향상 효과가 상당하다. 하지만 연료차단 관성주행 상태를 감지하여 운전자에게 도시하거나, 활용 횟수, 관성주행 거리, 연비향상 효과 등을 계산 혹은 기록하기 위해서는 연료분사 인젝터의 전기신호를 이용하거나, 완성차 업체로부터 데이터를 제공받아야 하는 어려운 점이 있다.

본 연구에서는 GPS를 이용하여 차속, 가속도, 도로구배 등의 신호를 바탕으로 하는 연료차단 관성주행 감지법을 제안하였다. 연료차단 관성주행 조건에서 작용하는 주행저항력으로 계산되는 가속도값과 GPS에서 실시간으로 측정되는 가속도값을 비교하는 방식이다. 이러한 방식은 별도의 배선 연결이나 복잡한 차량 신호 등이 불필요하기 때문에 용이하게 연료차단 관성주행 여부를 판정할 수 있는 장점이 있다. 또한 그 연산 방식이 그다지 복잡하지 않아 실시간으로 사용가능하다는 장점도 있다.

실도로 주행 데이터를 측정하여 제안했던 감지법을 평

가한 결과 약 80% 수준의 정확도를 얻을 수 있었다. 도로구배가 다소 큰 12km 정도의 국도를 16분 동안 주행하면서 측정한 약 9,600개의 속도, 가속도, 도로구배 및 연료소모량 데이터에 연료차단 감지법을 적용하여 얻은 결과이다. 주행저항력 계산에 직접적으로 사용되는 속도, 가속도 및 도로구배의 변화율이 연료소모량의 변화율에 비해 훨씬 크게 나타나기 때문에 감지법의 오판율도 다소 증가하는 것을 알 수 있었다. 추후 속도, 가속도, 도로구배의 변화율을 완화시킬 수 있는 이동평균 등의 기법을 적용하면 좀더 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] K. H. Ko & S. C. Choi. (2012). A study on the improvement of vehicle fuel economy by fuel-cut driving. *Journal of the KAIS*, 13(2), 498-503. UCI : G704-001653.2012.13.2.019
- [2] S. K. Kwon, M. K. Kang, Y. H. Seo & S. W. Park. (2018). EFFECTS OF TEST CONDITIONS ON FUEL ECONOMY OF GASOLINE-POWERED VEHICLE. *International Journal of Automotive Technology*, 19(2), 253-261. DOI : 10.1007/s12239-018-0024-1
- [3] O. J. Kweon, C. K. Park & B. S. Oh. (2006). A Study of Increasing Regeneration Energy and Braking Using Super Capacitor(EDLC). *Transactions of the KSAE*, 14(6), 24-33. UCI : G704-000300.2006.14.6.001
- [4] S. C. Choi & T. I. Oh. (2011). Eco-driving Method at Highway including Grade using GPS Altitude data. *Journal of KAIS*, 12(1), 19-25. UCI : G704-001653.2011.12.1.053
- [5] K. H. Ko & S. H. Jeong, I. K. Yoo, S. H. Lee & J. W. Kim. (2010). An Experimental Study on Reduction of CO2 Exhausted Emission by using Fuel-cut Function of Vehicles. *Transactions of KSAE*, 18(1), 86-92. UCI : G704-000300.2010.18.1.007
- [6] K. H. Ko. (2010). The Change Rate of Fuel Consumption for Different IRI of Paved Roads. *International journal of highway engineering*, 12(1), 55-59. UCI : G704-001414.2010.12.1.009
- [7] D. K. Kang & M. S. Kim. (2016). Determination of the road load on electric two-wheelers using the torque-current relationship of the drive motor. *Journal of mechanical science and technology*, 30(9), 4023 - 4029. UCI : G704-000058.2016.30.9.030
- [8] U. K. Lee. (2009). A proposition for new vehicle dynamic performance index. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 23(4), 889-893 UCI : G704-000058.2009.23.4.043
- [9] J. U. Cho & M. S. Han. (2010). Flow Analysis on the Outside of Automotive Body. *Journal of KSMPE*, 9(1), 55-60. UCI : G704-001745.2010.9.1.013
- [10] S. Sato, T. Yamamoto & Y. Ogawa. (2009). Research on Measurement Method of Road Gradient and Altitude by On-Road Driving, *Transactions of the SAE*, 39(5), 163-168. DOI : https://doi.org/10.4271/2009-01-1116
- [11] H. L. Lin, Q. Yu, X. L. Zhang. (2011). A New Computational Model about Vehicle's Sliding Resistance Coefficients, *Advanced Materials Research*, 228(229), 60-65. DOI : 10.4028/www.scientific.net/AMR.228-229.60
- [12] Z. Zhang, Y. C. Zhang & J. Li. (2010). Vehicles Aerodynamics while Crossing each other on Road Based on Computational Fluid Dynamics, *Applied mechanics and materials*, 29(32), 1344-1349. DOI : 10.4028/www.scientific.net/AMM.29-32.1344
- [13] E. Gardetto, T. Bagian & J. Lindner. (2005). High-mileage study of on-board diagnostic emissions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 55(10), 1480-1485 DOI : 10.1080/10473289.2005.10464745
- [14] K. T. Kim, Y. K. Ju & J. N. Jeon. (2018). A Detection Algorithm for Modulation Types of Radar Signals Using Autocorrelation Comparison Ranges, *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(5), 137-143 DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.5.137
- [15] J. S. Lim. (2019). A Design of Small Size Sensor Data Acquisition and Transmission System , *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(1), 136-141 DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.1.136

## 고 광 호(Kwang-Ho Ko)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 서울대학교 기계자동차공학부(공학박사)
- 1998년 3월 ~ 2018년 2월 : 아주자동차대학 자동차학부 교수
- 2018년 3월 ~ 현재 : 평택대학교 스마트자동차학과 부교수
- 관심분야 : 차량제어, 친환경경운전, 차량동역학
- E-Mail : kwangho@ptu.ac.kr