

# 실도로에서의 ACC 기능에 대한 시뮬레이션과 실차시험 비교 평가

김봉주<sup>1</sup>, 이선봉<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>계명대학교 기계공학과, <sup>2</sup>계명대학교 기계자동차공학부

## Comparison of simulation and Actual Test for ACC Function on Real-Road

Bong-Ju Kim<sup>1</sup>, Seon-Bong Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Keimyung University

<sup>2</sup>Division of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University

**요약** 세계적으로 환경문제에 관한 우려가 급증하여, 세계 각국이 온실가스 연비 규제를 강화하고 있다. 연비향상을 위해 첨단 운전자 지원 시스템을 이용한 연구를 통하여, 운전자의 편의를 위해 다양한 첨단 운전자 지원 시스템을 개발하고 있다. 그중 ACC, LKAS, AEB 등의 시스템에 대한 연구가 활발하다. ACC의 목적은 차량의 종 방향 속도와 거리를 제어하고 운전자의 부하를 최소화하여 사고 예방과 방지에 유용한 시스템으로 평가되고 있다. 이러한 관점에서 본 논문은 선행연구에서 제안한 국내도로 환경을 고려한 시나리오와 거리에 대한 함수로 안전성을 평가할 수 있는 수학적 방법을 활용한다. 또한, 제안한 시나리오를 기반으로 시뮬레이션과 실도로 실차시험을 진행한 뒤, 이론수식을 활용한 이론 계산값, 시뮬레이션과 실도로 실차시험의 상대거리의 비교분석을 통하여 ACC의 기능적인 안전성을 검증하고자 한다. 이러한 방법을 통하여 많은 회사들이 ACC의 개발 단계에서 시나리오, 수식, 시뮬레이션을 활용하여 안전성 평가방법으로 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

**Abstract** Increasing environmental concerns have prompted countries around the world to tighten regulations on greenhouse gases and fuel efficiency. Research is being done using advanced driver assistance systems to improve fuel economy and for the convenience of drivers. Research on systems such as adaptive cruise control (ACC), LKAS, and AEB is active. The purpose of ACC is to control the longitudinal speed and distance of the vehicle and minimize the driver's load, which is considered useful for accident prevention. From this point of view, research has used a mathematical method of safety evaluation as a function of distances and scenarios while considering domestic road environments. A vehicle is tested with a simulation in a proposed scenario. The purpose of the analysis is to verify the functional safety of ACC by comparing the theoretical calculations using theoretical equations, the relative distances in the simulation, and an actual vehicle test. These methods are expected to enable many companies to use scenarios, formulas, and simulations as safety verification methods in the development of ACC.

**Keywords** : Advanced Safety Vehicle(ASV), Adaptive Cruise Control(ACC), Testing & Evaluation Method, Test Scenarios, Actual Test

---

본 논문은 2019년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 계명대학교 연구과제로 수행되었음.  
(N0002428, 2019년 산업전문인력역량강화사업)

\*Corresponding Author : Seon-Bong Lee(Keimyung Univ.)

email: seonbong@kmu.ac.kr

Received September 24, 2019

Accepted January 3, 2020

Revised November 7, 2019

Published January 31, 2020

## 1. 서론

세계적으로 환경문제에 관한 우려가 급증하고 있다. 이에 맞춰 세계 각국이 자동차 온실가스 연비 규제를 강화하고 있으며, 자동차 산업은 전기자동차, 하이브리드 자동차와 같은 친환경 자동차 기술개발로 경쟁력을 확보하고 있다. 또한, 동력 전달계 및 동력계의 효율향상 및 경량화를 통하여 환경문제를 감소하려는 노력을 하고 있다[1-3].

이에 환경문제를 개선하고, 연비향상을 얻기 위해 여러 첨단 운전자 지원 시스템(ADAS : Advanced Driver Assistance Systems, 이하 ADAS)을 이용한 연구가 진행되고 있다[4-5]. 또한, ITS(Intelligent Transportation System, 이하 ITS)를 활용하여 ASV(Advanced Safety Vehicle, 이하 ASV)관련 시스템과 표준화 개발을 진행하고 있고, ITS를 응용한 시스템 시장이 확대되어 ISO(International Organization for Standardization)/TC204에서는 각종 시스템의 국제표준을 제정하고 있다[6].

그리고 최근 자동차 산업은 운전자의 편의를 위해 다양한 ADAS 개발이 진행 중이다. 그 중 ACC(Adaptive Cruise Control, 이하 ACC), LKAS(Lane Keeping Assist System, 이하 LKAS), AEB(Autonomous Emergency Braking, 이하 AEB) 등의 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[7]. 이러한 연구를 이용해 차량주행환경을 인지하고 경로를 생성하는 기술구현을 통하여, 자율주행기술의 개발을 위해 노력 중이다[8,9].

그 중 ACC의 목적은 자동차 종 방향 속도와 거리의 제어를 통해, 운전자의 운전부하를 최소화 시켜주는데 있으며, 사고 예방과 방지에 유용한 시스템으로 평가되고 있다[10].

ACC의 연구동향을 살펴보면, Kim 등[11]은 ACC 차량의 시험평가 방법에 대하여 시험평가 시나리오와 이론적 평가 기준을 제안하였고, Kim 등[12]은 국내도로 환경 기준에 부합하는 ACC 시험평가 방법에 관한 연구를 진행하였다. 또한, Son 등[13]은 ACC의 안전성 평가를 위한 시뮬레이션(simulation) 환경 개발을 위한 시나리오를 제안하였으며, Moon 등[14]은 ACC의 평가 프로그램을 제시하였고, Yoon 등[15]은 ACC와 FCWS(Forward Collision Warning System, 이하 FCWS)의 기능과 성능 평가를 위한 차량주행 프로그램의 시험평가 방법과 절차에 대하여 연구하였다.

그러나 실도로 환경에서 시험평가 방법에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 ACC 시스템의 실도로 환경에서 안전성 평가의 능동적인 대응을 위하여, 이전

연구에서 제안한 국내도로 환경 기준을 부합하는 시험평가 시나리오와 이론적으로 평가할 수 있는 수학적 모델을 활용하여, 시뮬레이션의 결과와 실도로에서의 실차시험 결과를 비교 분석하여 ACC 안전성 평가방법을 검증하고자 한다.

## 2. 시험평가방법

### 2.1 시험을 위한 가정

실도로 실차시험을 실시하기 위해 아래의 선행 조건을 본 연구에서도 동일하게 가정하고 적용하였다.

- ACC 시스템을 위한 도로조건은 국토 교통부에서 제공하는 교통용량편람을 따름
- 도로 폭은 3.5m를 넘지 않음
- ACC 시스템의 감속 능력은 차량 사용자 매뉴얼에 반드시 언급
- ACC 시스템 작동한계를 벗어나는 범위에서는 반드시 운전자가 조작[16,17]

### 2.2 시험 시나리오

ACC의 기능적인 안전성 평가를 위한 시험평가 시나리오는 감지범위에 대한 평가, 목표물 식별에 대한 평가, 추종제어 평가로 크게 3가지로 구분이 되며, 추가적으로 Stop&Go와 곡선에 대한 평가의 필요성이 요구된다. 이전 연구에서는 위의 평가항목과 국내도로 환경을 반영한 시나리오를 제안하였다[12].

Fig. 1은 감지 범위에 대한 평가 시나리오로 센서의 목표물 출현에 대한 감지성능을 4개 구간에 대하여 ISO 구간별 반응 요건에 대하여 평가한다.

- ① 차량전단 ~  $d_0$ (minimum relative distance) 구간은 감지를 요구되지 않는 구간이다.
- ②  $d_0 \sim d_1$ (middle relative distance) 구간은 감지를 요구하는 구간으로 간격을 증가할 것을 요구한다.
- ③  $d_0 \sim d_{max}$ (maximum relative distance) 구간은 감지를 요구하는 구간으로 속도 및 시간차에 따라 선행차량과 일정거리를 유지할 것을 요구한다.

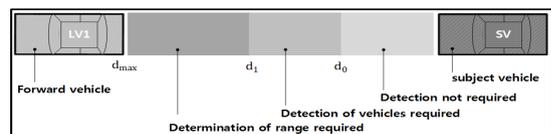


Fig. 1. Detection range Scenario

Thus, LV is Lead Vehicle, SV is Subject Vehicle

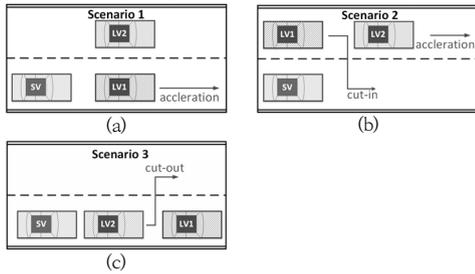


Fig. 2. ACC Test Scenarios - Target Distinction Scenario  
(a) Scenario 1 (b) Scenario 2 (c) Scenario 3

Table 1. Scenario 1 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	same as SV	LV 1 setting velocity	initial condition +10km/h
LV 2 setting velocity	same as SV	LV 2 setting velocity	same as initial condition

Table 2. Scenario 2 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	same as SV	LV 1 setting velocity	initial condition +10km/h
LV 2 setting velocity	same as SV	LV 2 setting velocity	initial condition -10km/h
additional condition	instant acceleration in Cut-In situation of LV 2 Cut-In range is based on $d_1$ (above, below)		

Fig. 2는 목표물 식별의 평가 시나리오로 전체 시나리오 중 1~3의 시나리오로 조건은 아래와 같다.

(1) 시나리오 1은 LV 1 가속에 따른 SV의 가속 유무를 판단하는 시나리오로, 시험조건을 Table 1에 정리하였다.

(2) 시나리오 2는 SV 앞으로 급하게 갑자기 끼어든 (Cut-in) 후 LV 1의 감속으로 인한 감속 유무를 판단하는 시나리오로, 시험조건을 Table 2에 정리하였다.

(3) 시나리오 3은 다른 차선으로 급하게 갑자기 빠져 나간(Cut-out) 후 다른 LV 2에 따른 가속 유무를 판단하는 시나리오로, 시험조건은 Table 3와 같다.

Table 3. Scenario 3 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	same as SV	LV 1 setting velocity	same as initial condition
LV 2 setting velocity	same as SV	LV 2 setting velocity	same as initial condition

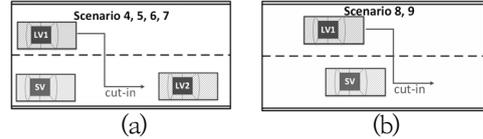


Fig. 3. ACC Test Scenarios - Target Following Scenarios  
(a) Scenario 4, 5, 6, 7 (b) Scenario 8, 9

Fig. 3은 목표물 추종의 평가 시나리오로 전체 시나리오 중 4~9에 해당하며, 조건은 아래와 같다.

(4) 시나리오 4, 5는 추종 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대한 평가 시나리오이다. 시험조건은 시나리오 3과 동일하며, 추가로 Cut-in 상황에서 순간 가속으로 진행하며, Cut-in의 범위는  $d_1 \sim d_{s-max}$ 이다. 시나리오 5의 차이점은 Cut-in의 범위가  $d_0 \sim d_1$ 이다.

(5) 시나리오 6, 7은 LV 2를 추종하는 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대한 평가 시나리오이며, Table 4에 시험조건을 정리하였다. 시나리오 7과의 차이점은 Cut-in의 범위가  $d_0 \sim d_1$ 이다.

(6) 시나리오 8, 9는 대상차량이 주행 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대한 평가 시나리오이며, Table 5에 시험조건을 정리하였다. 시나리오 9와의 차이점은 Cut-in의 범위가  $d_0 \sim d_1$ 이다.

Table 4. Scenario 6 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	LV 1 setting velocity -10km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	LV 1 setting velocity	same as initial condition
LV 2 setting velocity	same as LV 1	LV 2 setting velocity	same as initial condition
additional condition	instant acceleration in Cut-In situation of LV 2 Cut-In range is $d_1 \sim d_{s-max}$		

Table 5. Scenario 8 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	LV 1 setting velocity -10km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	LV 1 setting velocity	same as initial condition
additional condition	instant acceleration in Cut-In situation of LV 1 Cut-In range is $d_1 \sim d_{s-max}$		

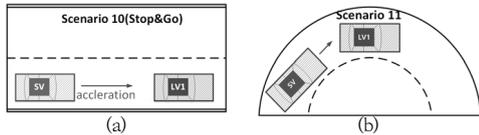


Fig. 4. ACC Test Scenarios - Additional Test Scenarios  
(a) Scenario 10 (b) Scenario 11

Fig. 4는 ACC의 추가 평가 시나리오로 전체 시나리오 중 10, 11의 시나리오로 조건은 아래와 같다.

(7) 시나리오 10은 선행차량 정차 및 출발에 대한 평가 시나리오로, Table 6에 시험조건을 정리하였다.

(8) 시나리오 11은 곡선로에서 추종을 평가하는 시나리오이며, Table 7에 시험조건을 정리하였다.

Table 6. Scenario 10 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	30km/h, 40km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	same as SV	LV 1 setting velocity	same as initial condition
additional condition	Deceleration is stopped by 0.1~0.3g re-acceleration fixed 0.1g		

Table 7. Scenario 11 condition

initial condition		after condition	
SV setting velocity	30km/h, 60km/h, 80km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	same as SV	LV 1 setting velocity	same as initial condition
additional condition	at 30km/h, proceed at a radius of 125m		
	at 60km/h, proceed at a radius of 250m		
	at 80km/h, proceed at a radius of 500m		

### 2.3 이론적 평가 수식

ACC 차량의 속도와 상대거리를 제어하기 위한 목표

가속도는 레이더(radar) 센서를 사용하여 측정된 차량의 속도와 거리 정보를 이용해 최적 제어 이론을 통해 구할 수 있다. 이전 연구에서 목표상대 거리 수식과 ACC 기능의 목표 감가속도 수식을 활용하여 아래의 이론적 평가 수식을 제안하였다[11].

$$c_{des} = \frac{1}{2}[(c+c_0) - \frac{1}{k_1}(a_{des} + k_2v_s) + v_f(\tau - \frac{k_2}{k_1})] \quad (1)$$

Where,  $c_{des}$  target relative distance,  $c_0$  initial relative distance,  $\tau$  time-gap,  $a_{des}$  garget acceleration,  $k_1, k_2$  gain,  $v_s$  speed of control vehicle

여기서  $k_1$ 과  $k_2$ 의 값은 행렬의 값으로 나타나면 아래와 같다.

$$k_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad k_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 3. 시뮬레이션

제안된 시나리오를 바탕으로 진행한 시뮬레이션도구는 상용프로그램인 'PreScan'이다. PreScan은 레이더, 초음파, 카메라(camera), GPS(Global Positioning System, 이하 GPS) 등을 기반으로 ADAS 및 ITS에 사용되는 시뮬레이션 도구로, 실제 실차시험의 위험성, 비용 등의 문제점을 가상환경에서의 시뮬레이션을 통하여 해소시켜준다.

#### 3.1 시뮬레이션 조건

시뮬레이션 시나리오는 목표물 감지, 추종, Stop&Go, 곡선로 등 2.2절의 시나리오를 PreScan으로 구현하였다 [12].

PreScan에서 제공하는 자동차 모델 중 아우디(Audi) A8차량에 TIS(Technology Independence Sensor, 이하 TIS) 2개를 활용하여 레이더의 감지 범위인 LRR(Long Range Radar, 이하 LRR), SRR(Short Range Radar, 이하 SRR)를 적용하였고, 특성은 Table

8에 나타내었다. 그리고, Matlab/Simulink에서 제공하는 ACC 알고리즘과 TIS 센서를 연결하여 ACC 기능을 Fig. 5와 같이 모델링하였다.

Table 8. TIS Set Point

sensor	detection range	opening angle
TIS 1	60m	$\pm 45^\circ$
TIS 2	175m	$\pm 11^\circ$

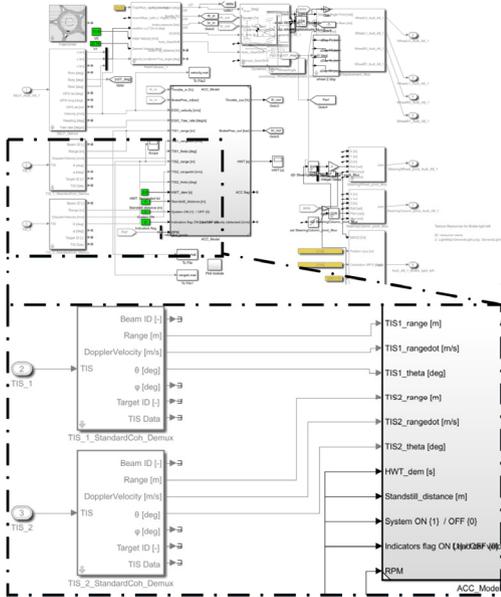


Fig. 5. ACC Modeling in PreScan

### 3.2 시뮬레이션 결과

제안된 ACC의 시나리오별 시뮬레이션의 결과는 Fig. 6~16과 같으며, 거리에 대한 이론평가 수식의 활용을 위하여 시나리오 별 SV의 속도, 가속도, 상대거리를 나타내었다.

Fig. 6은 시나리오 1의 결과 값으로, 약 5초까지 초기 설정 값에 따른 차간거리에 따라 감속을 진행하고, 약 5~15초까지 LV 1의 가속에 따라 가속을 진행하였고, 그 이후 ACC 기능이 안정화 되었다.

Fig. 7은 시나리오 2의 결과 값으로, 약 5초까지 SV의 ACC 설정속도까지 가속하였고 약 5초에 LV 1의 Cut-in으로 약 15초까지 감속하였다. 약 20초까지 순간적인 가속을 통해 ACC의 기능이 안정화 되었다.

Fig. 8은 시나리오 3의 결과 값으로, 추종을 하다 약 5초에 LV 2의 Cut-out으로 LV 1이 추종 대상이 되어 가속을 시작한 뒤 약 5초 뒤 안정화가 되었다.

Fig. 9는 시나리오 4의 결과 값으로, 초기 설정 값에 따라 LV 2를 추종하다 약 8초에 LV 1의 Cut-in으로 인한 감속으로 약 10초 이후 가속 후 상대거리를 넓혀 약 25초 이후 안정화 되었다.

Fig. 10은 시나리오 5의 결과 값으로, 초기 설정 값에 따라 LV 2를 추종하다 약 5초에 LV 1의 Cut-in으로 인하여 감속을 시작하여 약 20초에 상대거리의 안정화로 가속을 실시하여 약 80km/h로 추종하였다.

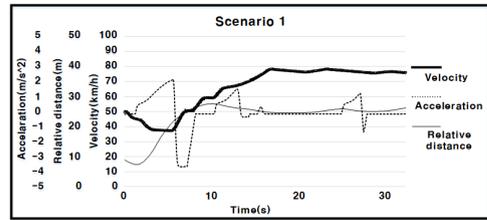


Fig. 6. PreScan results(Scenario 1)

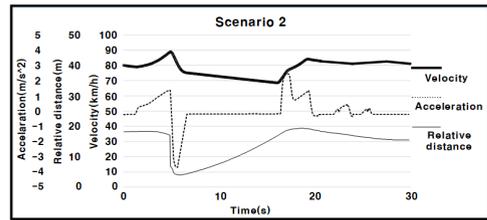


Fig. 7. PreScan results(Scenario 2)

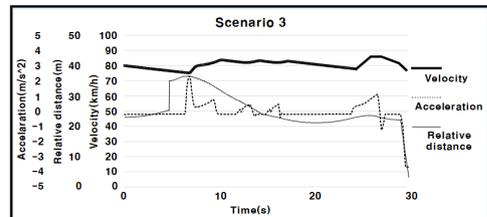


Fig. 8. PreScan results(Scenario 3)

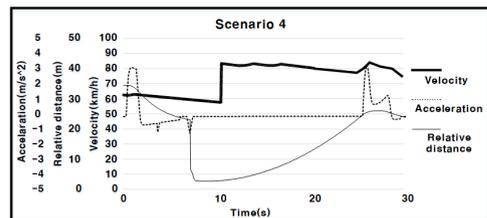


Fig. 9. PreScan results(Scenario 4)

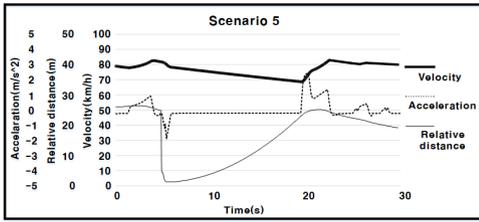


Fig. 10. PreScan results(Scenario 5)

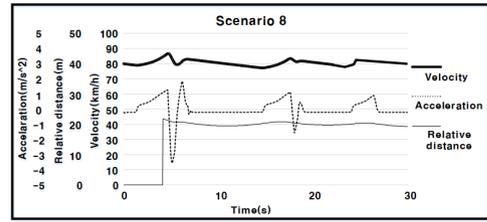


Fig. 13. PreScan results(Scenario 8)

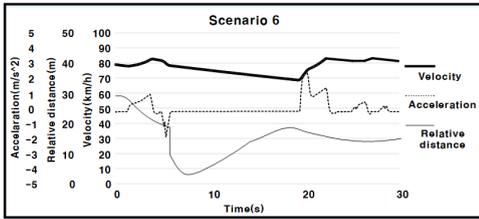


Fig. 11. PreScan results(Scenario 6)

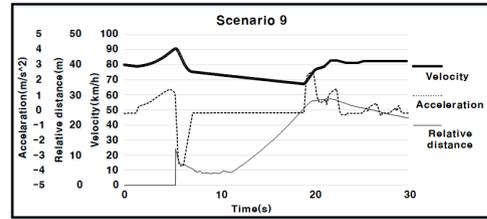


Fig. 14. PreScan results(Scenario 9)

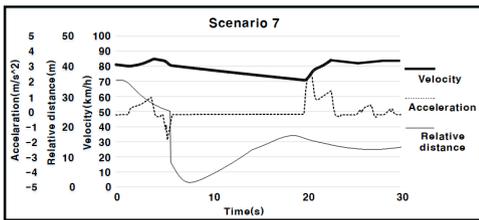


Fig. 12. PreScan results(Scenario 7)

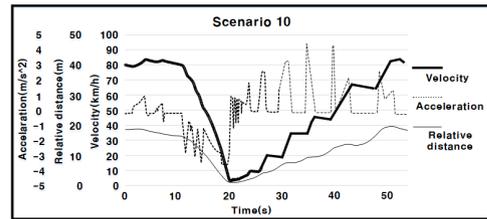


Fig. 15. PreScan results(Scenario 10)

Fig. 11, 12는 시나리오 6, 7의 결과 값으로, 시나리오 5의 결과와 동일한 경향을 보였다.

Fig. 13은 시나리오 8의 결과 값으로, SV가 주행 중 약 5초에 약 40m 전방에서 LV 1의 Cut-in으로 약간의 감속이 발생하였으나, 바로 안정화 하였다.

Fig. 14는 시나리오 9의 결과 값으로, SV가 주행 중 약 5초에 약 20m 전방에서 LV 1의 Cut-in으로 감속하다 약 20초에 가속하며 정속으로 안정화 하였다.

Fig. 15는 시나리오 10의 결과 값으로, LV 1의 주행을 추종하다 약 10초부터 LV 1이 점차 감속하여 약 20초에는 LV 1이 정차하였다. LV 1의 3초 정차 후 가속에 따라 SV가 LV 1을 추종하여 가속하였다.

Fig. 16은 시나리오 11의 결과 값으로, SV가 LV 1과의 상대거리 유지를 위하여 약 25초까지 점차 감속하였고, 약 22초에서 30초까지 TIS의 범위를 벗어나 가속 후 약 30초에 LV 1이 인식되어 감속하였다.

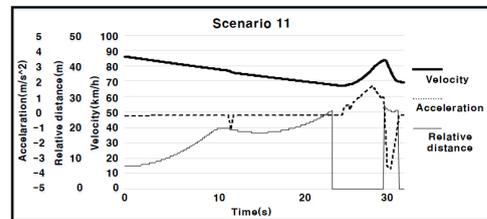


Fig. 16. PreScan results(Scenario 11)

## 4. 실차시험

### 4.1 실차시험 차량

본 연구의 실차 시험은 실도로 시험을 기반으로 ACC의 기능적인 안전성 검증을 위하여 실시하였고, 시험에 사용된 차량은 제네시스 G90을 활용하였다.

제네시스 G90은 레이더 센서, 카메라 센서 등이 장착되어 있으며, 능동안전시스템이 장착되어 있고, 적용된

기술이 우수하다고 평가되고 있는 차량이다. Fig. 17은 실차시험에 활용한 차량 사진이다.



Fig. 17. Test Vehicle(GENESIS G90)

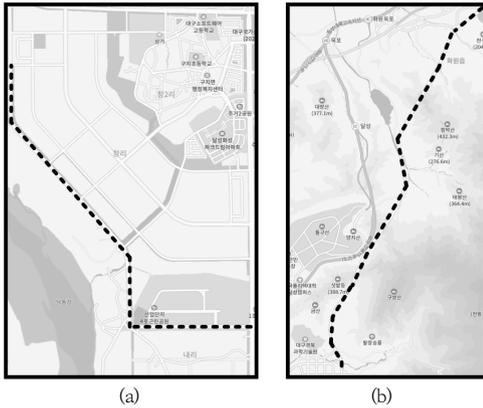


Fig. 18. Test actual road  
(a) city (b) interurban

Table 9. Environmental condition

Item	Condition
Road condition	flat, dry and clean asphalt or concrete
Temperature(°C)	29.5 - 36.9
Wind speed(m/s)	1.6 - 1.7
Weather	sunny

#### 4.2 실차시험 장소

실차시험은 대구광역시 달성군 구지면의 대구국가산업단지 내의 일반도로와 대구 테크노폴리스 자동차전용도로에서 급하게 갑작스런 차선변경(Cut-in, Cut-out)이 많이 발생하는 교통량이 많고 복잡한 출퇴근 시간(17:00~19:00)에 진행하였으며, 객관적인 시험결과를 취득하기 위해 동일한 운전자가 3회 반복시험 하였다.

시험은 목표물 식별, 추종, 곡선로에 관하여 복합적으로 진행되었다. Fig. 18은 시험을 진행한 시험로를 나타내었으며, Table 9에 시험환경을 정리하였다.

#### 4.3 실차시험 조건

객관적인 결과를 취득하기 위해서는 시나리오의 움직임이 반복 재현이 가능해야 한다. 실도로 시험의 특성상 반복 재현이 현실적으로 어려웠으나, 시험 장비와 인원을 동일하게 하여 차량 동역학적 변동 요인을 최대한 제거하였다.

실차시험의 ACC의 설정속도는 자동차전용도로의 제한속도인 80km/h로 진행하였으며, 거리 범위조절은 최솟값으로 시험을 하였고, 시험 결과 값의 취득을 위하여 DGPS(Differential Global Positioning System, 이하 DGPS)와 DAQ(Data AcQuisition, 이하 DAQ) 등의 장비를 시험차량에 장착하였고, Fig. 19에 나타내고, Table 10에 사양을 정리하였다.

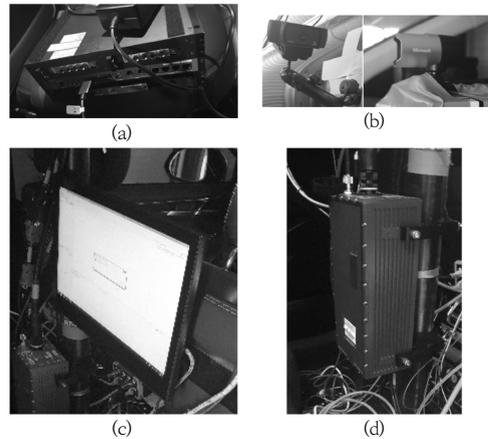


Fig. 19. Test measuring device

(a) Brick (b) Camera (c) RTMAPS&monitor  
(d) RT-3002

Table 10. Test measuring device spec.

name	spec.
RT - 3002	- Single antenna model - Velocity Accuracy : 0.05km/h RMS - Roll, Pitch : 0.03deg, Heading 0.1 deg - GPS Accuracy : 2cm RMS
Brick	- Obtain high-bandwidth sensor data (1GByte/sec, 16TB or higher) - Integrity data can be stored (ECU sensor/camera → recording file)
RTMaps	- High-level communication protocol - Multi-rate modeling
Camera	- Full HD 1080p Video Call and Clear stereo audio

#### 4.4 실차시험 결과

Fig. 20은 실제 자동차 전용도로에서 실시한 시험결과로 속도, 가속도에 대한 값이며, 1회의 편도 주행 기준으

로 최소 3회의 시험하였고, 시험시간은 실제 Cut-in과 Cut-out이 많이 발생하는 퇴근시간에 실시하였다.

Fig. 21은 대구국가산업단지 내의 일반도로에서 ACC의 STOP&GO 기능의 안전성 평가에 필요한 속도, 가속도에 대한 결과 값으로 최소 3회의 반복시험을 진행하였고, 각 시나리오별 상대거리 결과 값을 Fig. 20, 21의 실차시험 값에서 해당 시나리오 구간을 선정하여 안정화된 거리를 기준으로 구한 뒤 Table 11에 정리하였다.

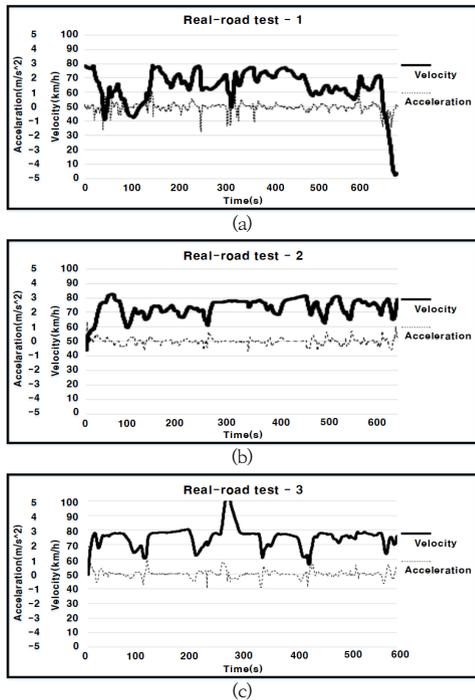


Fig. 20. Test results  
(a) Realroad test 1 (b) Realroad test 2  
(c) Realroad test 3

Table 11. Test results(relative distance)

scenario	real vehicle distance[m]
1	about 33.8
2	about 26
3	about 25.9
4	about 26.4
5	about 18
6	about 15.4
7	about 11.9
8	about 20.6
9	about 16.9
10	about 27.1
11	about 25.8

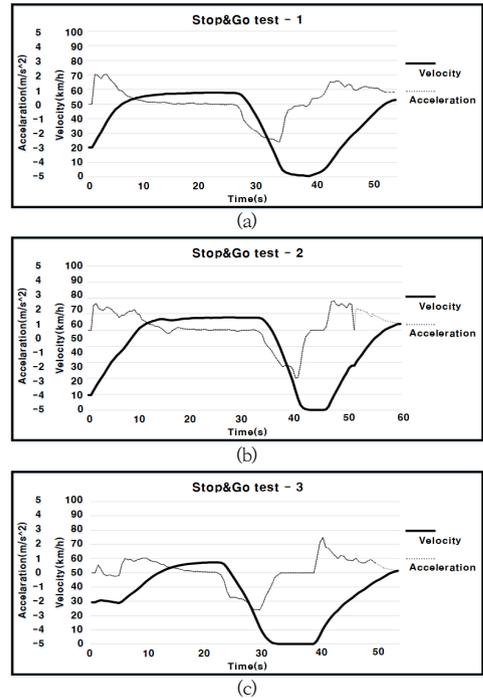


Fig. 21. Test results(Stop&Go)  
(a) Stop&Go test 1 (b) Stop&Go test 2  
(c) Stop&Go test 3

## 5. 결과 비교 검증

Table 12는 이론 수식을 활용한 거리에 대한 이론 계산값과 시뮬레이션에서 TIS 센서로 감지된 상대거리, 실도로 실차시험으로 측정된 상대거리 값을 비교, 정리하였다.

Table 13은 ACC의 안전성 검증을 위해, 시나리오 별 이론 계산값, 시뮬레이션, 실차시험의 상대거리 값의 오차율을 계산하여 정리하였다.

Table 13에 나타난 시나리오 별 비교 결과에서 이론 계산값과 시뮬레이션의 오차율은 시나리오 7에서 최소 1.85%, 시나리오 2에서 최대 16.67%로 나타났으나, 가상환경의 특성상 인지에 사용되는 센서에 오차가 존재하고, 시뮬레이션의 차량동역학 설계와 초기조건 구현의 오차로 판단하였다.

이론 계산값 대비 실차시험의 오차율은 시나리오 1에서 최소 0.92%, 시나리오 7에서 최대 23.72%로 나타났다. 동일한 운전자와 장비를 이용하였음에도 오차가 발생한 요인은 퇴근시간의 실제 자동차 전용도로와 일반도로에서 실차 시험을 진행하여 급하게 끼어들거나 빠져나가는 등의 변칙

적 상태가 발생하여 이론적 시험조건처럼 안정화 시키는 것이 현실적으로 어려워져 발생한 것으로 판단하였다.

Table 12. Relative distance by scenario

scenario	theoretical vehicle distance [m]	simulation vehicle distance [m]	real vehicle distance[m]
1	34.11	about 33	about 33.8
2	28	about 24	about 26
3	29.72	about 26	about 25.9
4	28	about 26	about 26.4
5	17.42	about 20	about 18
6	15.83	about 17	about 15.4
7	14.72	about 15	about 11.9
8	23.28	about 22	about 20.6
9	19.17	about 21	about 16.9
10	23.33	about 24	about 27.1
11	28.75	about 25	about 25.8

Table 13. Error factor by scenario

scenario	theoretical & simulation vehicle distance error factor [%]	theoretical & real vehicle distance error factor [%]	simulation & real vehicle distance error factor [%]
1	3.37	0.92	2.42
2	16.67	7.69	8.33
3	14.32	14.76	0.38
4	7.69	6.06	1.54
5	12.9	3.22	10
6	6.86	2.81	9.41
7	1.85	23.72	20.67
8	5.81	13.00	6.36
9	8.73	13.41	19.52
10	2.78	13.90	12.92
11	15	11.43	3.20

시뮬레이션 대비 실차시험의 오차율 또한 시나리오 3에서 최소 0.38%, 시나리오 7에서 최대 20.67%로 나타났다. 이러한 오차는 가상환경의 특성상 센서에 오차가 존재하고 ACC의 안정화 과정을 포함하는 기능, 실도로의 실차시험에 따른 급하게 끼어드는 등의 요인과 실차시험의 실도로 환경에서의 변칙적 상태 발생으로 인해 오차가 발생하였다고 판단하였다.

실차시험 결과 값과 비교한 결과, 특히 시나리오 7에서 오차범위가 20%이상으로 다른 시나리오에 비해 큰 이유는 ACC의 레이더 범위조절을 최솟값으로 설정하였고, 급하게 끼어드는 Cut-in의 범위와 속도 조건을 시험조건과 동일하게 하는 것이 실도로 특성으로 어려웠고

실제 도로에서의 변칙적 상태 발생에 의한 차량 응답 민감도 등으로 발생하였다고 판단하였다.

10%이상의 오차율이 발생한 이유는 시뮬레이션의 ACC 기능에 대한 모델링과 센서 값과 실제 도로에서의 변칙적 상태 발생에 의한 차량 응답 민감도 등으로 발생하였다고 판단하였다.

## 6. 결론

본 논문에서는 ACC 안전성 평가방법을 검증하기 위해, 선행연구에서 제안한 시험 시나리오와 목표 상대거리에 대한 평가 수식을 활용하였다. 그리고 시험 시나리오를 기반으로 시뮬레이션과 실차시험을 진행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 선행연구에서 국내환경에 맞추어 목표물 식별, 목표물 추종제어, STOP&GO, 곡선 선회 능력 평가를 상대거리에 대한 함수의 수식으로 제안하였다.
  - 2) 시뮬레이션은 ADAS 및 ITS에 사용되는 도구인 PreScan을 활용하여 ACC의 기능을 모델링하고, 제안된 시나리오를 구성하고 시뮬레이션 하였다.
  - 3) 실차시험은 대구광역시 달성군 구지면의 대구국가산업단지 일반도로와 테크노폴리스 자동차전용도로에서 가장 차량이 많은 출퇴근시간대에 진행하여 실제 차량의 응답민감도 등을 평가하였으며 차량 동역학적인 부분을 일정하게 하기 위해 동일한 운전자와 장비로 3회 시험하고, 시험차량은 제네시스 G90을 이용하였다.
  - 4) 시나리오 별 시험결과는 이론 계산값 대비 시뮬레이션 오차는 1.85%~16.67%, 이론 계산값 대비 실차시험 오차는 0.92%~23.72%, 시뮬레이션 대비 실차시험 오차는 0.38%~20.67%로 나타났다. 오차 발생의 주된 요인은 실제 차량의 교통량이 많은 퇴근시간에 자동차 전용도로와 일반도로에서 실차시험을 진행하는 과정에 선행차량의 속도와 급하게 끼어들거나 빠져나가는(Cut-in, Cut-out) 등의 변칙적 실제 상황에 대한 차량의 실제반응으로 판단된다.
- 본 연구에서는 ACC 안전성 평가방법을 검증하기 위하여, 선행연구의 시험 시나리오와 평가 이론수식을 활용하였다. 그리고 시험 시나리오를 기반으로 시뮬레이션과 실도로 실차시험을 진행하였다. 향후 악조건에 대한 안전성 검증이 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] H. Peng, Z. Li, B. Chen, J. Wu, Z. Zhao, Y. Shu, et al., "Development for Control Strategy of ISG Hybrid Electric Vehicle Based on Model," in Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, 2013, pp. 333-342.  
DOI : [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33777-2\\_26](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33777-2_26)
- [2] H. Watanabe, "The Keyword of for the 21st Century-Hybrid", The opening session of EVS-17, 2000.
- [3] C. Brace, M. Deacon, H. Vaughan, R. Horrocks and C. Burrows, "The compromise in reducing exhaust emission and fuel consumption from a Diesel CVT powertrain over typical usage cycles," in Proc. CVT'99 Congress, Eindhoven, The Netherland, 1999, pp. 27-33
- [4] C. Urmson, J. Anhalt, D. Bagnell, C. Baker, R. Bittner, M. N. Clark, J. Dolan, D. Duggins, M. Gittleman, S. Harbaugh, Z. Wolkowicki, J. Ziglar, H. Bae, T. Brown, D. Demitrish, V. Sadekar, W. Zhang, J. Struble, M Taylor, M. Darms, and D. Ferguson, "Autonomous driving in urban challenge," J. Field Robot, vol. 25, no. 8, pp. 425-466, 2008.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.1609/aimag.v30i2.2238>
- [5] S. Kammel, J. Ziegler, B. Pitzer, M. Werling, T. Gindele, D. Jagzent, J. Schroder, M. Thuy, M. Goebel, F. von Hundelshausen, O. Pink, C. Frese, and C. stiller, "Team AniiieWAY's autonomous system for the 2007 DARPA Urban Challenge," J. Field Robot., vol. 25, no.9, pp.615-639, Sept. 2008.  
DOI : <https://doi.org/10.1002/rob.20252>
- [6] M. W. Suh, Y. J. Moon, K. H. Yoon, S. J. Kwon, K. Y. Cho, E. P. Lee, K. W. Kim, and Y. I. Choi, "A Study on the VR Simulation of the Adaptive Cruise Controlled Vehicles," International Journal of Korean Automotive Technology, pp. 632-638, 2003.
- [7] D. R. Ahn, J. H. Yang, and S. H. Lee, "A Study on Mode Confusions in Adaptive Cruise Control Systems," Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A, Vol. 39, No. 5, pp. 473-482, 2015.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2015.39.5.473>
- [8] M. Munoz-Organero and V. V. Magana, "Validating the Impact on Reducing Fuel Consumption by using an Eco driving Assistance Based on Traffic Sign Detection and Optimal Deceleration Patterns," IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, vol. 14, no. 2, pp. 1023-1028, June 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TITS.2013.2247400>
- [9] B. Asadi, and A. Vahidi, "Predictive Cruise Control: Utilizing Upcoming Traffic Signal Information for Improving Fuel Economy and Reducing Trip Time.," IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol.19, pp.707-714, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TCST.2010.2047860>
- [10] P. Venhovens, K. Noab and B. Adiprasito, 2000, "Stop&Go Cruise Control," Proceedings of FISITA World Automotive Congress, pp.61-69, Seoul.
- [11] B. J. Kim and S. B. Lee, 2017, "A Study on Evaluation Method of the Adaptive Cruise Control," Drive Control, Vol. 14, No. 3, pp. 8-17.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2017.14.3.008>
- [12] B. J. Kim, and S. B. Lee, "A Study on Evaluation Method of ACC Test Considering Demestic Road Environment," Journal of Korean Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 9, No. 4, pp. 38-47, 2017.
- [13] S. H. Son, C. H. Jeong, J. W. Park and S. J. Choi, 2009, "Development of Simulation Environment for Evaluating Safety of the Adaptive Cruise Control System", International Journal of Automotive Technology, Annual Conference, pp. 1980-1985.
- [14] Y. J. Moon and Y. K. Park, 2002, "Development of Test Evaluation Program for Advanced Vehicle Safety Evaluation", J. of KSME, pp. 116-120.
- [15] K. H. Yoon and J. W. Lee, 2002, "A Study of Test Methods and Procedures for the ACC and FVCWS," J. of KSME, pp.109-115.
- [16] S. Eisele, M. Yamaura, N. Arechiga, S. Shiraishi, J. Hite, J. Scott, S. Neema, and T. Bapty "ADAS Virtual Prototyping with the OpenMETA Toolchain", SAE Intnational J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst, Vol.9, No.1, pp.22-29, 2016.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.4271/2016-01-0002>
- [17] J. Zhou, R. Schmied, A. Sandalek, H. Kokal, and L. D. Re, "A Framework for Virtual Testing of ADAS", SAE Intnational J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst, Vol.9, No.1, pp.66-73, 2016.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.4271/2016-01-0049>

김 봉 주(Bong-Ju Kim)

[정회원]



- 2016년 2월 : 계명대학교 기계자동차공학과 (공학사)
- 2016년 3월 : 계명대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2018년 3월 : 계명대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사)

<관심분야>

자동차 전자장치, 지능형 자동차

이 선 봉(Seon-Bong Lee)

[중신회원]



- 2004년 2월 : 부산대학교 대학원  
기계공학 (공학박사)
- 2005년 5월 ~ 2007년 2월 : 대구  
경북과학기술원 지능형자동차 연  
구팀장
- 2009년 11월 ~ 2015년 2월 : 지  
능형자동차부품진흥원 원장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 기계자동차공학과 교수

<관심분야>

자동차 전자장치, 지능형 자동차