

# 단안카메라를 활용한 ACC 시험평가 방법에 관한 연구

김봉주\* · 이선봉\*\*,<sup>†</sup>

## A Study on the Evaluation Method of ACC Test Using Monocular Camera

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

*Key Words* : Monocular camera(단안카메라), Adaptive Cruise Control(적응순항제어), Evaluation Method(시험평가 방법), Real Vehicle Test(실차시험)

### ABSTRACT

Currently, the second level of the six stages of self-driving technology, as defined by SAE, is commercialized, and the third level is preparing for commercialization. The purpose of ACC is to be evaluated as a system useful for preventing and preventing accidents by minimizing driver fatigue through longitudinal speed control and relative distance control of the vehicle. In this regard, for the study of safety assessment methods in the practical environment of ACC. Distance measurement method using monocular camera and data acquisition equipment such as DGPS are utilized. Based on the evaluation scenario considering the domestic road environment proposed by the preceding study, the relative distance obtained from equipment such as DPGS and the relative distance using a monocular camera in the actual test is verified by comparing and analyzing the safety assessment. The comparison by scenario results showed a minimum error rate of 3.83% in Scenario 1 and a maximum of 14.61% in Scenario 6. The cause of the maximum error is that the lane recognition is not accurate in the camera image and irregular operation conditions such as rushing in or exiting the surrounding area from the walkway. It is expected that safety evaluation using a monocular camera will be possible for other ADAS systems in the future.

### 1. 서론

현재 ADAS(Advanced Driver Assist System) 기반의 자율주행은 SAE(Society of Automotive Engineers)에서 규정하는 자율주행 기술 6단계 중 2단계 수준이 상용화 되었고, 3단계 수준의 상용화가 진행되고 있다.<sup>(1)</sup> 이러한 단계별 자율주행은 지속적으로 기능이 추가되어 운전자의 안전성과 편의성을 향상하기 위한 방향으로 발

전되고 있다. 또한, 자율주행의 대표적 기능군인 ADAS 중 종방향 주행 핵심 기능으로는 ACC(Adaptive Cruise Control, 이하 ACC)가 있다.

ACC의 목적은 자동차 종방향 속도와 상대거리의 제어를 통해 운전자의 운전피로도를 최소화 시켜주는데 있으며, 자율주행자동차의 기반 시스템으로서 사고 예방 및 방지에 유용한 시스템으로 평가되고 있다.<sup>(2)</sup>

ACC의 연구동향을 살펴보면, Kim 등은 ACC 차량의 시험평가 방법에 대하여 시험평가 시나리오와 이론적 평가 기준을 제안하였고,<sup>(3)</sup> Kim 등은 국내도로 환경 기준에 부합하는 ACC 시험평가 방법에 관한 연구를 진행하였다.<sup>(4)</sup> 또한, Son 등은 ACC의 안전성 평가를 위한 시뮬레

\* 계명대학교 기계공학과, 대학원생  
\*\* 계명대학교 기계자동차공학부, 교수 / 교신저자  
E-mail : 1952kbj@naver.com

이션(simulation) 환경 개발을 위한 시나리오를 제안하였으며,<sup>(5)</sup> Moon 등은 ACC의 평가 프로그램을 제시하였고,<sup>(6)</sup> Yoon 등은 ACC와 FCWS(Forward Collision Warning System)의 기능과 성능평가를 위한 차량주행 프로그램의 시험평가 방법과 절차에 대하여 연구하였다.<sup>(7)</sup>

또한, Kang 등은 객체 인식을 통한 거리측정 알고리즘(algorithm)을 개발하였고,<sup>(8)</sup> Woo 등은 휴대폰 카메라(camera)를 활용하여 가시광 기반의 거리측정에 관하여 실험하였고,<sup>(9)</sup> Park 은 피사체의 표면 밝기에 따른 오차보정이 가능한 거리측정에 관하여 연구하였다.<sup>(10)</sup> 그리고, Bae 등은 단안카메라(monocular camera)를 이용한 전방 차량과의 거리 계산에 관한 연구를 진행하였다.<sup>(11)</sup>

그러나 ADAS의 실도로 환경에서 시험평가 방법에 관한 연구와 카메라를 활용한 시험평가 방법에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 ACC의 실도로 환경에서 안전성 평가 방법 연구를 위해 선행 연구에서 제안한 국내도로 환경 기준의 시험평가 시나리오를 기반으로 단안카메라를 사용한 거리측정 방법으로 실차시험을 진행하고, DGPS(Differential Global Positioning System, 이하 DGPS) 등의 장비를 이용한 실차시험 결과와 상대거리를 비교분석하여 단안카메라를 이용한 ACC 안전성 평가방법을 검증하고자 한다.

## 2. 시험평가방법

### 2.1. 단안카메라를 활용한 거리측정 이론

선행연구에서는 차량에 장착된 카메라 영상에서 검출되는 차선과 소실점, 선행차량과의 기하학적 정보를 활용한 거리계산 방법을 제안하였다.<sup>(11)</sup> 그 방법은 아래와 같다.

우선, 카메라 영상에서 검출되는 차선과 소실점을 활용하여 영상내의 차선폭을 계산할 수 있다. 검출되는 차

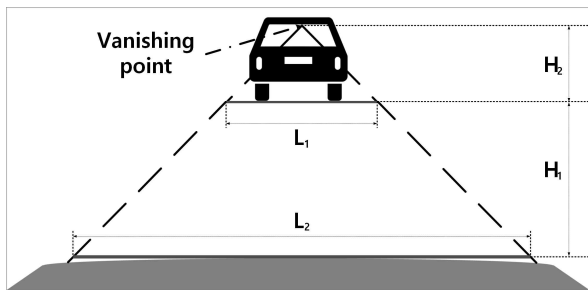


Fig. 1 Lane and loss points detected from the image

선과 소실점은 Fig. 1에 나타내었다.

여기서  $L_1$ 은 선행차량의 뒷 타이어의 지면과의 접촉부분에 대한 차선의 폭,  $L_2$ 는 자동차 후드 윗부분에서 차선의 폭,  $H_1$ 은  $L_1$ 과  $L_2$ 사이의 수직거리,  $H_2$ 는 소실점으로 부터  $L_1$ 까지의 수직거리를 의미한다.

Fig. 2는 선행차량과의 기하학적 정보를 이용한 거리 계산의 원리를 나타내었으며, Fig. 2를 이용한 비례식에서 식 (1)을 구할 수 있다.

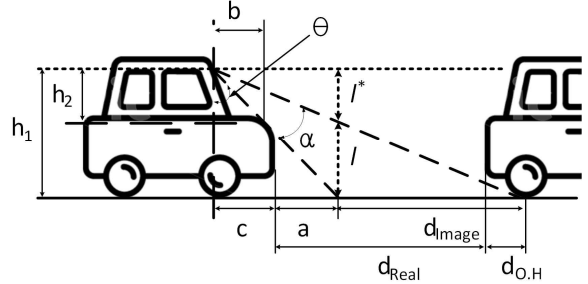


Fig. 2 Principle of distance calculation

$$a = b(h_1/h_2) - c \quad (1)$$

여기서  $h_1$ 은 지면으로부터 카메라 설치 높이,  $h_2$ 는 후드에서 카메라까지의 높이,  $b$ 는 카메라부터 후드 윗부분까지의 거리,  $c$ 는 카메라에서 앞 범퍼까지의 거리를 의미한다.

$a$ 는 카메라에서 자동차 후드에 의해 가려지는 지면과 앞범퍼까지의 거리로 카메라의 설치 높이와 설치각도이며, 차량의 제원으로 계산이 가능하다.  $\theta$ 는 카메라에서 자동차 뒷바퀴까지의 각도에서  $\alpha$ 의 차로 계산이 가능하고,  $l$ 은 자동차 후드에 의해 가려지는 지면에서 영상에서 선행차량의 뒷바퀴까지 보이는 높이이다.  $l^*$ 는 카메라 설치높이에서  $l$ 의 차로 계산이 가능하다. 따라서 영상에서 계산되는 차선의 폭과 식 (1)을 기하학적 비를 통해 식 (2)로 나타내었다. 식 (3)은 설치된 카메라 위치와 후드에 의해 가려지는 지면까지의 각도로 삼각법을 이용하여 유도하였다. 식 (4)는 후드부터 선행차량의 뒷바퀴까지의 각도이며, 삼각법을 이용하면  $\theta$ 을 포함하는 각도가 유도되어,  $\theta$ 의 값을 제거함으로써  $\alpha$ 를 정의할 수 있다.

$$l = h_1(L_2 - L_1)/L_2 \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1}((a+c)/h_1) \quad (3)$$

$$\alpha = -\theta + \tan^{-1}((a+c)/h_1 - 1) \quad (4)$$

여기서,  $l$ 은 카메라에서 자동차 후드에 의해 가려지는 지면과 선행차량의 뒷바퀴까지 보이는 화면의 수직거리이며,  $\theta$ 는 카메라 설치 위치와 지면에서 수직과 카메라에서 자동차 후드에 의해 가려지는 지면까지의 각도이다.

또한, 식 (1)~(4)를 활용하여 영상에서 거리를 구할 수 있으며 이는 식 (5)로 정의할 수 있다.

$$d_{image} = l \cdot \tan(\theta + \alpha) \quad (5)$$

$d_{image}$ 는 영상에서 차선 높이로부터 계산되는 거리이다. 단, 영상으로부터 선행차량의 제원(뒤 오버행( $d_{OH}$ ))을 알고 있다고 가정한다.

선행차량과의 상대거리는 기하학적 정보를 바탕으로 정의할 수 있고, 식 (6)과 같다.

$$d_{real} = d_{image} + a - d_{OH} \quad (6)$$

따라서,  $d_{real}$ 은 선행차량과의 거리로  $a$ 와 식 (1), (5)로 표현이 가능하다.

### 2.2. 시험 시나리오

ACC의 안전성 평가를 위한 시험평가 시나리오는 크게 3가지로 분류할 수 있으며, 감지범위에 대한 평가, 목표물 식별에 대한 평가, 추종제어 평가로 구분된다. 그리고 추가적으로 곡선도로에서의 평가, Stop&GO 기능 평가의 필요성이 요구된다.

선행연구에서 제안한 ACC의 안전성 평가를 위한 시험평가 시나리오는 국내도로 환경을 고려하기 위해 스쿨존, 일반도로, 자동차 전용도로의 제한속도인 30km/h, 60km/h, 80km/h를 반영하였다. 또한 끼어들기(Cut-in)가 많은 국내도로의 환경을 고려하여 Cut-in 위주의 시나리오를 제안하였고, 이를 활용하였다.<sup>(3,4)</sup>

Fig. 3은 감지 범위 평가에 대한 시나리오로 목표물 출현에 따른 센서의 감지성능을 3개의 구간으로 구분하였으며 내용은 Table 1에 정리하였다.

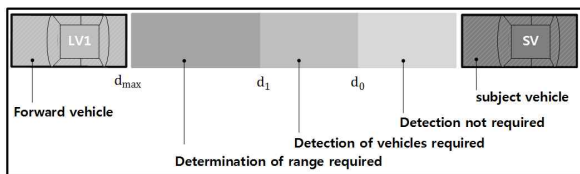


Fig. 3 Detection range scenario

Table 1 Detection range scenario interval conditions

No.	Detection range
1	Front of a vehicle ~ $d_0$ (minimum relative distance)
2	$d_0 \sim d_1$ (middle relative distance)
3	$d_0 \sim d_{max}$ (maximum relative distance)

Fig. 4는 선행연구에서 제안한 시나리오로 목표물 식별 평가 시나리오, 목표물 추종 평가 시나리오, 추가 평가 시나리오로 구분가능하다.

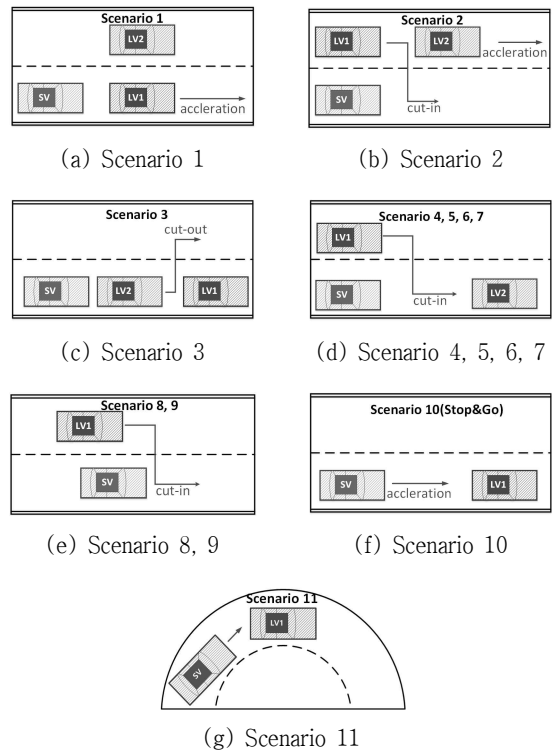


Fig. 4 ACC test scenario

목표물 식별 평가시나리오는 총 3개의 시나리오이며, 조건은 아래와 같다.

Fig. 4(a)는 시나리오 1이며 LV(Lead Vehicle, 이하 LV) 1 가속에 따른 SV(Subject Vehicle, 이하 SV)의 가속 유무를 판단하며, 시험조건을 Table 2에 정리하였다.

Fig. 4(b)의 시나리오 2는 SV 앞으로 급하게 갑자기 끼어들어(Cut-in) 후 LV 1의 감속으로 인한 감속 유무를 판단하며, 시험조건을 Table 3에 정리하였다.

Fig. 4(c)는 시나리오 3으로 다른 차선으로 급하게 갑자기 빠져나간(Cut-out) 후 다른 LV 2에 따른 가속 유무를 판단하며, 시험조건은 Table 4와 같다.

목표물 추종 평가 시나리오는 총 6개의 시나리오이며, 조건은 아래와 같다.

Fig. 4(d)는 시나리오 4, 5에 해당하며 추종 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대해 평가한다. 시험 조건은 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.

Fig. 4(e)는 시나리오 6, 7에 해당하며 LV 2를 추종하는 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대해 평가하며, Table 5에 시험조건을 정리하였다. 시나리오 7과의 차이점은 Cut-in의 범위가  $d_0 \sim d_1$ 이다.

Fig. 4(f)는 시나리오 8, 9에 해당하며 대상차량이 주

행 중 Cut-in으로 인한 감속 및 상대거리 유지에 대해 평가하며, Table 6에 시험조건을 정리하였다. 시나리오 9와의 차이점은 Cut-in의 범위가  $d_0 \sim d_1$ 이다.

ACC의 추가 평가 시나리오는 전체 시나리오 중 10, 11의 시나리오로 설명 및 조건은 아래와 같다.

Fig. 4(g)의 시나리오 10은 선행차량 정차 및 출발에 대해 평가하며, Table 7에 시험조건을 정리하였다.

Table 2 ACC test scenario 1

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

Table 3 ACC test scenario 2

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

Table 4 ACC test scenario 3

Initial condition		After condition	
SV setting velocity	30 km/h, 60 km/h, 80 km/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

Table 5 ACC test scenario 6

Initial condition		After condition	
SV setting velocity	LV 1 setting velocity -10 km/h	SV setting velocity	ACC system operation in initial condition
LV 1 setting velocity	30 km/h, 60 km/h, 80 km/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 6 ACC test scenario 8

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

Table 7 ACC test scenario 10

Initial condition		After condition	
SV setting velocity	30 km/h, 40 km/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 0.1~0.3 g		
	Re-acceleration fixed 0.1 g		

Table 8 ACC test scenario 11

Initial condition		After condition	
SV setting velocity	30 km/h, 60 km/h, 80 km/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 30 km/h, proceed at a radius of 125 m		
	At 60 km/h, proceed at a radius of 250 m		
	At 80 km/h, proceed at a radius of 500 m		

Fig. 4(h)의 시나리오 11은 곡선로에서 추종을 평가하며, Table 8에 시험조건을 정리하였다.

### 3. 실차시험

#### 3.1. 실차시험 차량

ACC의 실제 기능적 안전성 검증을 위해, 실도로 실차시험을 기반으로 제네시스 G90을 선정하였고 Fig. 5에 나타내었다.

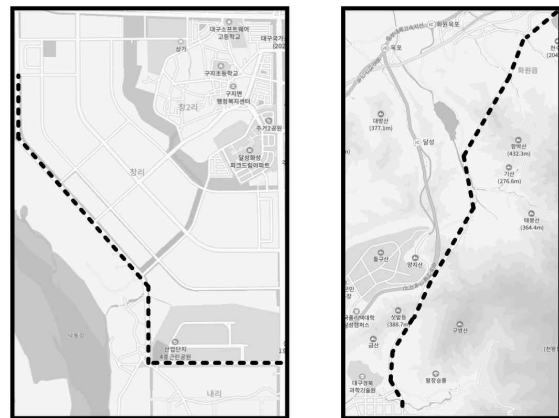
제네시스 G90은 카메라 센서, 레이더 센서 등의 센서를 기반으로 우수하다고 평가되는 능동안전시스템(Active Safety System)을 장착하고 있다.



Fig. 5 Test Vehicle (GENESIS G90)

#### 3.2. 실차시험 장소

실도로 실차시험을 진행하기 위하여 2개의 도로를 선정하였다. Fig. 6(a)는 실차시험구간으로 선정된 첫 번째 도로로 시나리오 10인 Stop&Go 기능을 평가하기 위하여 대구광역시 달성군 구지면의 도로이다. 이 도로의 선정이유는 차대차에 대한 평가를 위해 보행자가 적은 산업공단에 위치하였기 때문이었다. Fig. 6(b)는 두 번째



(a) City

(b) Interurban

Fig. 6 Test actual road

선정한 대구 테크노폴리스 자동차전용도로이다. 이 도로의 선정이유는 교통량이 많아 급하게 갑작스런 차선변경이 많이 발생하고, 보행자 및 이륜차가 없어 차대차인 ACC의 일반기능 시험이 가능하기 때문이었다.

객관적인 시험결과를 취득하기 위하여 동일한 운전자가 3회 반복 시험하였고, Stop&Go를 제외한 전체 시나리오를 연결하며 복합적으로 진행하였으며, 시험 환경은 Table 9에 정리하였다.

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

#### 3.3. 실차시험 조건

실도로에서의 실차시험을 실시하기 위한 선행 조건은 아래와 같이 가정하였다.<sup>(12,13)</sup>

- ACC 기능을 위한 도로조건은 국토교통부에서 제공하는 교통용량편람을 따른다.
- 도로 폭은 3.5m를 넘지 않는다.
- ACC의 감속 능력은 차량 사용자 매뉴얼에 반드시 언급되어야 된다.
- ACC의 작동한계를 벗어나는 범위에서는 반드시 운전자가 조작하여야 한다.

실도로 실차시험의 특성상 주변환경에 의해 반복 재현

이 현실적으로 어렵다. 그러나, 객관적인 시험결과를 취득하기 위하여 시험장비와 인원을 동일하게 3회 반복으로 외부의 변동 요인을 최소화 하였다.

실차시험의 ACC 설정속도는 시험도로의 제한속도인 80km/h와 60km/h로 진행하였고, 시험차량에 의해 설정되는 거리 범위조절은 주변 교통흐름에 방해를 주지 않기 위하여 최솟값으로 선정하였다.

Fig. 7은 단안카메라로 활용한 장비이며, 장비사양은 Table 10에 정리하였다.



Fig. 7 Monocular camera

Table 10 Monocular camera spec.

Name	Spec.
K-900 QD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Front : Quad HD(2560x1440p) 5.48M Effective Pixels SONY IMX326 sensor, 30fps</li> <li>- Rear : Full HD(1920x1080p) 2.13M Effective Pixels SONY IMX322 sensor, 30fps</li> </ul>

Fig. 8은 시험결과 값의 취득을 위해 사용한 장비이며, 지능형자동차부품진흥원 내의 추가 안테나와 시험 차량

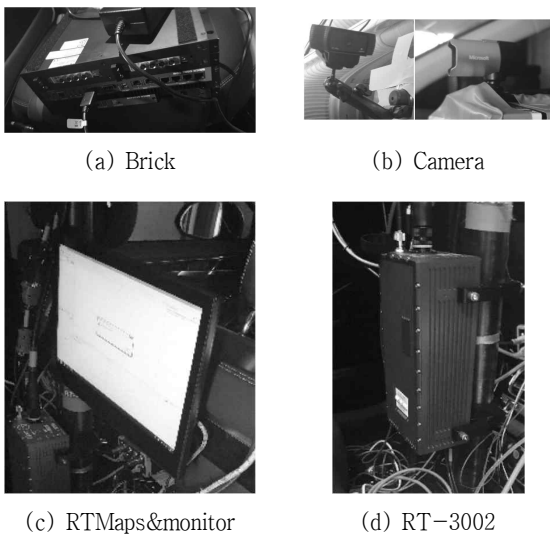


Fig. 8 Test measuring device

에 장착된 DGPS를 이용하여 삼각보정법으로 정확도를 2cm 이하로 설정하였고, DAQ(Data AcQuisition, 이하 DAQ)인 Brick과 프로그램인 RTMaps를 활용해 데이터를 취득하였다. 그 외 추가로 Camera 등의 장비를 장착 및 활용하였다. 장비사양은 Table 11에 정리하였다.

Table 11 Test measuring device spec.

Name	Spec.
RT - 3002	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Single antenna model</li> <li>- Velocity Accuracy : 0.05 km/h RMS</li> <li>- Roll, Pitch : 0.03 deg, Heading 0.1 deg</li> <li>- GPS Accuracy : 2 cm RMS</li> </ul>
Brick	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtain high-bandwidth sensor data (1 GByte/sec, 16 TB or higher)</li> <li>- Integrity data can be stored (ECU sensor/camera → recording file)</li> </ul>
RTMaps	<ul style="list-style-type: none"> <li>- High-level communication protocol</li> <li>- Multi-rate modeling</li> </ul>
Camera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Full HD 1080 p Video Call and Clear stereo audio</li> </ul>

#### 4. 단안카메라를 활용한 시험결과 비교분석

##### 4.1. 단안카메라를 활용한 거리측정 결과

각 시나리오에 해당하는 영상에서 단안카메라를 활용한 거리측정을 위한 실차시험을 실시하였다.

Fig. 9는 차간 상대거리를 계산하기 위해 단안카메라로 녹화한 장면의 예시이다. 녹화장면에서  $L_1, L_2, H_1, H_2$ 를 취득할 수 있으며, 단안카메라의 설치위치를 통하여  $a, b, c, h_1, h_2, \theta$ 를 취득할 수 있다. 취득된 변수를 식 (6)에 대입하면 제안한 차간거리인  $d_{real}$ 이 계산되며 그 값을 Table 12에 정리하였다. 사고의 위험으로 인한 운전자의 제어로 측정하지 못한 시나리오 7-9를 제외하고 선행차

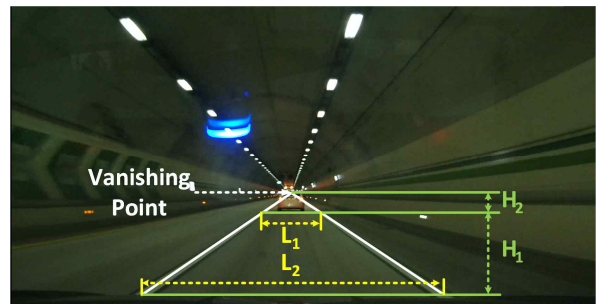


Fig. 9 Data acquisition example

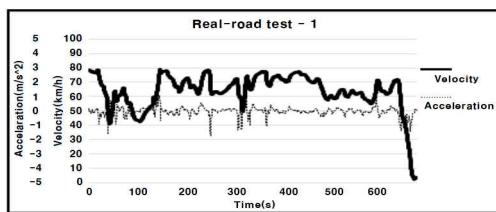
Table 12 Measured value using monocular camera and relative distance

Scenario	$L_1$ (m)	$L_2$ (m)	$d_{image}$ (m)	$a$ (m)	$d_{O.H}$ (m)	$d_{real}$ (m)
1	0.02	0.1307	32.53	3.877	1.311	3.380
2	0.0241	0.127	25.09	3.877	1.092	2.600
3	0.023	0.1262	26.37	3.877	1.311	2.590
4	0.023	0.1249	24.71	3.877	1.092	2.640
5	0.04	0.1241	12.36	3.877	1.311	1.390
6	0.034	0.12	14.86	3.877	1.092	1.540
10	0.0245	0.112	20.99	3.877	1.092	2.710
11	0.022	0.119	25.91	3.877	1.311	2.580

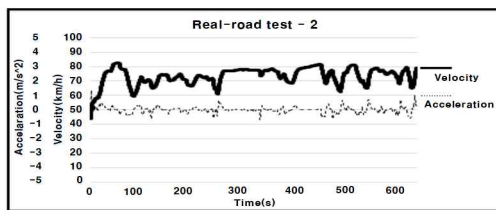
량에 따른  $d_{O.H}$ 의 차이로 최소 1.390m에서 최대 3.380m로 계산되었다.

4.2. DGPS등을 활용한 실차시험 결과

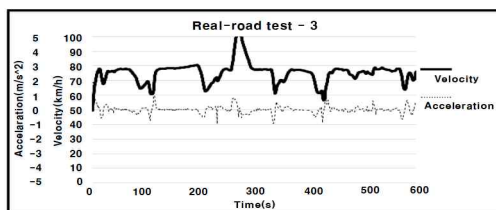
Fig. 10은 대구 테크노폴리스 자동차 전용도로에서실



(a) Realroad test 1



(b) Realroad test 2



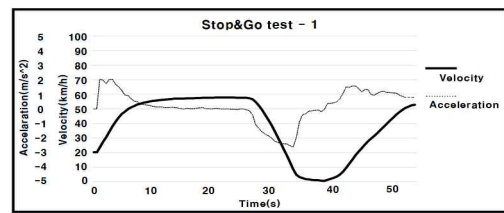
(c) Realroad test 3

Fig. 10 Test results (interurban)

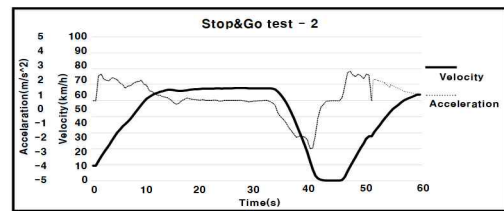
시한 속도, 가속도에 대한 시험결과이며, 편도 주행을 기준으로 3회 반복시험을 진행하였다.

Fig. 11은 대구국가산업단지 내의 일반도로에서 Stop&Go 기능의 속도, 가속도 시험결과로, 3회 반복시험을 진행하였다. 각 시나리오별 상대거리는 Fig. 9, 10에서 해당시험 시나리오 구간을 선정하여 시험 안정화후의 결과를 Table 13에 정리하였다.

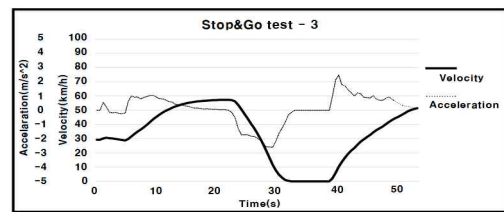
시나리오 7, 8, 9는 급격한 Cut-in으로 인한 사고의 위험으로 운전자가 제어하여 측정하지 못하였다.



(a) Stop&Go test 1



(b) Stop&Go test 2



(c) Stop&Go test 3

Fig. 11 Test results (city, STOP&GO)

Table 13 Results value (relative distance) using DGPS etc.

Scenario	Results value using DGPS etc. [m]
1	About 3.509
2	About 2.788
3	About 2.893
4	About 2.749
5	About 1.492
6	About 1.765
10	About 2.377
11	About 2.848

4.3. 결과 비교분석

단안카메라를 활용한 ACC 안전성 평가를 위한 거리 측정 결과를 검증하기 위하여, DGPS 등의 장비를 활용해 취득한 결과와 오차율을 계산하여 Table 14에 정리하였다.

시나리오 별 비교 결과에서 오차율은 시나리오 1에서 최소 3.83%, 시나리오 6에서 최대 14.61%로 나타났다. 시나리오 6에서 발생한 최대오차의 발생원인은 카메라 영상에서 차선인식이 정확하지 않고, 실제 자동차 전용도로와 일반도로에서 실차시험 중 LV로 정의된 일반차량이 급하게 끼어들거나 빠져나가는 등의 변칙적 운행 상태가 발생하여 SV인 시험차량의 반응이 안정화 되는데 현실적으로 어려움이 발생한 것으로 판단된다.

Table 14 Error factor by scenario of measured value using monocular camera vs results value using DGPS etc.

Scenario	Measured value using monocular camera [m]	Results value using DGPS etc. [m]	Error factor [%]
1	3.380	About 3.509	3.83
2	2.600	About 2.788	7.22
3	2.590	About 2.893	11.72
4	2.640	About 2.749	4.14
5	1.390	About 1.492	7.35
6	1.540	About 1.765	14.61
10	2.710	About 2.377	12.27
11	2.580	About 2.848	10.38

5. 결 론

본 논문에서는 단안카메라를 활용한 ACC 기능의 안전성 평가방법을 검증하기 위해 선행연구에서 제안한 평가 시나리오와 단안카메라를 활용한 상대거리에 대한 평가 수식을 활용하였다. 그리고 실도로에서 제안 시나리오를 기반으로 실차시험을 진행하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였으며 요약하면 다음과 같다.

- 1) 선행연구에서 영상으로부터 검출된 차선과 소실점으로부터 영상에서 차선폭을 계산하고, 기하학적 정보로부터 전방 차량과의 거리를 계산할 수 있는

이론식을 제안하였다.

- 2) 국내 도로 환경에 맞춘 목표물 식별 및 추종제어, Stop&Go, 곡선 선회 능력, 급하게 끼어들거나 빠져나갈 때 제어 등의 평가가 가능한 ACC 기능 평가 시나리오를 활용하여 실도로에서 실차시험을 실시하였다.
- 3) 실차시험은 대구광역시 테크노폴리스 자동차전용도로와 대구광역시 달성군 구지면의 도로에서 실제 차량의 응답민감도 등을 평가하였으며 시험의 객관성을 확보하기 위해 동일한 장비와 운전자로 3회 반복시험을 진행하였고, 차량은 제네시스 G90을 이용하였다.
- 4) 시나리오 별 시험결과는 단안카메라를 활용한 거리 측정 결과 값 대비 DGPS 등 장비를 활용한 실차시험 결과 값의 오차가 목표물 식별 평가인 시나리오 1에서 최소 3.83%와 목표물 추종 평가인 시나리오 6에서 최대 14.61%로 나타났다.
- 5) 오차 발생의 주된 요인은 자동차 전용도로와 일반도로에서 진행한 실차시험에서 선행차량의 속도와 급하게 끼어들거나 빠져나가는 등의 변칙적 실제 상황에 대한 차량의 실제반응 안정화와 카메라 영상에서 차선인식이 정확하지 않아 발생한 것으로 판단된다. 시나리오 7~9의 경우 Cut-in으로 인한 사고의 위험으로 운전자가 제어하여 시험을 진행하지 못하였다.

본 연구에서는 단안카메라를 활용한 ACC 안전성 평가방법을 검증하기 위해, 선행연구의 단안카메라를 활용한 거리측정 방법과 ACC 기능 평가 시나리오를 활용하였다. 그리고 시험 평가 시나리오를 기반으로 실차시험을 진행하여 상대거리를 취득하였으며, 비교분석 결과 최소 3.83%에서 최대 14.61%로 나타났으며, 현재 양산되는 자동차에 적용된 ACC는 라이더 등과의 센서들을 기반으로 하고 있어 비용부담이 큰 단점이 있으나 단안카메라만으로도 ACC를 적용시켜 비용부담을 경감할 수 있는 가능성이 있다고 판단되며 향후 단안카메라를 활용한 다른 ADAS의 안전성 검증이 필요할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국 산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (N0002428, 2020년 산업전문인력역량강화사업).



참고문헌

- (1) SAE J3016, Levels of driving automation.
- (2) P. Venhovens, K. Noab, and B. Adiprasito, 2000, "Stop&Go Cruise Control", Proceedings of FISITA World Automotive Congress, pp. 61~69, Seoul.
- (3) 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.
- (4) B. J. Kim and S. B. Lee, 2017, "A Study on Evaluation Method of ACC Test Considering Domestic Road Environment", Journal of Korean Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 9, No. 4, pp. 38~47.
- (5) 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.
- (6) Y. J. Moon and Y. K. Park, 2002, "Development of Test Evaluation Program for Advanced Vehicle Safety Evaluation", J. of KSME, pp. 116~120.
- (7) 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.
- (8) H. S. Kang, N. H. Lee, and J. M. Lee, 2017, "Distance measurement algorithm based on object recognition", The Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 721~724.
- (9) T. G. Woo, J. K. Park, and J. T. Kim, 2016, "Experiment of Distance Measurement based on Visible Light using Cellphone Camera", The Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 1364~1366.
- (10) C. S. Park, 2016, "Distance Measurement Apparatus and Method Enabling Correction of Distance Error Induced by Target Brightness", Journal of Korean Institute of Information Technology Vol. 14, No. 5, pp. 9~15.
- (11) G. H. Bae and S. B. Lee, 2019, "A Study on Calculation Method of Distance with Forward Vehicle Using Single-Camera", Journal of Korea Institute Of Communication Sciences, pp. 256~257.
- (12) S. Eisele, M. Yamaura, N. Arechiga, S. Shiraiishi, J. Hite, J. Scott, S. Neema, and T. Bapty, 2016, "ADAS Virtual Prototyping with the OpenMETA Toolchain", SAE International J. Passeng. Cars – Electron. Electr. Syst, Vol. 9, No. 1, pp. 22~29.
- (13) J. Zhou, R. Schmied, A. Sandalek, H. Kokal, and L. D. Re, 2016, "A Framework for Virtual Testing of ADAS", SAE International J. Passeng. Cars – Electron. Electr. Syst, Vol. 9, No. 1, pp. 66~73.