

# 국내도로 환경에서의 HDA 시험평가 방법에 관한 연구

배건환\* · 김봉주\* · 이선봉\*\*

## A Study on Evaluation Method of the HDA Test in Domestic Road Environment

Geon Hwan Bae\*, Bong Ju Kim\*, Seon Bong Lee\*\*

**Key Words** : ADAS(첨단 운전자 보조 시스템), HDA(고속도로 주행보조 시스템), Test scenario(평가 시나리오), Prescan(프리스캔), Actual vehicle test(실차시험)

### ABSTRACT

Autonomous vehicle is a car which drives itself without any human interaction. SAE provides technical definitions for autonomous and international standards for test evaluation. Accordingly, automobile industry is actively researching development and evaluation of various ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), : representative technology of autonomous technology. Recently, ADAS is in the commercialization level such as ACC, LKAS, AEB, and HDA etc. And it also has issues about safety evaluation. The purpose of HDA in ADAS is reduced the driving load on highway. It has a function which can maintain lane keeping and control distance from forward vehicle. This function is evaluated to be useful for accident prevention. Therefore, this paper proposes the safety evaluation scenario of HDA, considering the domestic highway design criteria and the situation that may arise on the actual highway. We compared and analyzed the data acquired through simulation and actual vehicle test. And verified the reliability of the proposed safety evaluation scenario. The verified result is expected safety evaluation of HDA is possible even under the bad condition, which cannot be tested.

### 1. 서론

자율주행자동차란 운전자의 조작 없이 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다. 현재 차량에 탑재되고 있는 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 기술에는 적응형 순항 제어(ASCC, Advanced Smart Cruise Control), 자동 긴급제동 시스템(AEB, Autonomous Emergency Braking), 주행 조향보조 시스템(LKAS, Lane Keeping Assist System), 후측방 충돌 회피 지원 시스템(ABSD, Active Blind Spot Detection), 고속도로 주행보조 시스템(HDA) 등이 있다.

그 중 HDA는 고속도로 주행 중 차선과 선행 차량을 동시에 인식하여 차간 거리유지기능과 차선유지기능을 가능하게 한다. 내비게이션의 GPS를 연동시켜 제한 속도에 맞춰 스스로 속도를 조절한다. HDA에 적용된 차선유지기능은 LKAS의 조향보조 기능과 다르게 차선의 중앙으로 주행할 수 있도록 조향 제어하는 시스템이다.

ADAS 기술에 관련된 선행 연구로 Kim 등은 ACC시스템의 시험평가 방법으로 시나리오를 제안하였다. 또한, 거리에 대한 함수로 이론적 평가기준을 제안하고 실차시험을 통하여 이를 검증하였다.<sup>(1,2)</sup> Kwon 등은 유럽의 신차평가제도인 Euro-NCAP과 국내도로 환경을 고려한 AEB 시스템 안전성 평가 시나리오를 제안하였다. 그리고 실차시험을 통해 이를 검증하였다.<sup>(3)</sup> Kim 등은 보행자에 대한 AEB의 안전성 및 성능평가를 위해 시나리오를 제안

\* 계명대학교 기계공학과, 학생

\*\* 교신저자, 계명대학교 기계자동차공학과, 교수  
E-mail : seonbong@kmu.ac.kr

하고 기존의 이론식을 활용하여 실차시험과 결과값 비교를 통해 경향성 예측 가능여부를 확인하였다.<sup>(4)</sup> Yoon 등은 국제 기준 및 평가 방법을 국내도로환경을 고려하여 LKAS의 평가수식을 제안하고 실차시험을 통해 이를 검증하였다.<sup>(5,6)</sup> Lee 등은 고속도로에서 다차량 시뮬레이션 환경을 개발하고, 차선변경 알고리즘에 대한 평가를 통해 자율주행시스템의 개발 및 평가에 어떻게 이용될 수 있는지 보였다.<sup>(7)</sup> 고속도로에서 자율주행차의 소프트웨어에 관한 연구와 차선변경에 관한 연구도 진행되었다.<sup>(8-12)</sup>

이와 같이, ADAS관련 연구가 활발하게 이루어지고 있고 그에 따른 시험평가 표준이 개발되고 있다.<sup>(13)</sup> 현재 자율주행자동차 관련 표준 동향 중 ISO/TC 204 규정에서

개발된 완료된 표준들은 Table 1, 개발 중인 표준들은 Table 2와 같다.

그러나 HDA의 안전성 평가를 위한 국내외 표준은 제정 중이며, 평가 시나리오에 관한 연구는 아직 미흡하다. 고속도로는 일반 도로와 다르게 도로 곡률반경이 크고 특수한 상황이 상대적으로 적어 HDA의 기술 개발이 빠르게 진행될 수 있기 때문에 자율주행자동차의 상용화에 있어 중요한 첫걸음으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 국내도로환경에 맞춘 HDA의 안정성 평가를 위한 시나리오를 제안하고 Prescan을 이용한 시뮬레이션과 실차시험의 비교를 통해 제안 시나리오를 검증하고자 한다.

## 2. HDA 시험평가 방법 제안

### 2.1. 국내 고속도로 설계기준

국내 고속도로 설계기준은 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에 따른다. 설계기준 자동차는 세미트레일러로 Table 3과 같고, 설계기준 차로의 폭은 Table 4와 주행속도에 따른 평면 곡선 반지름은 Table 5와 같다.<sup>(14)</sup>

Table 1 Published standards

ISO/TC 204 Intelligent Transport Systems	
ISO 15622 : 2018	Adaptive cruise control systems
ISO 15623 : 2016	Forward vehicle collision warning systems
ISO 16787 : 2017	Assisted parking system (APS)
ISO 17361 : 2017	Lane departure warning systems
ISO 19237 : 2017	Pedestrian detection and collision mitigation systems (PDCMS)
ISO 20900 : 2019	Partially automated parking systems (PAPS)

Table 2 Standards under development

ISO/TC 204 Intelligent Transport Systems	
ISO/DIS 21202	Partially automated lane change systems (PALS) – Functional / operational requirements and test procedures
ISO/DIS 22078	Bicyclist detection and collision mitigation systems (BDCMS) – Performance requirements and test procedures
ISO/AWI 23374	Automated valet parking systems (AVPS) – System framework, communication interface, and vehicle operation
ISO/AWI 23375	Collision evasive lateral manoeuvre systems (CELM) – Performance requirements and test procedures
ISO/AWI 23376	Vehicle-to-vehicle intersection collision warning systems (VVICW) – Performance requirements and test procedures
ISO 20900 : 2019	Partially automated parking systems (PAPS)

Table 3 Vehicle for highway design criteria

Length	Width	Height	Minimum rotate curve
16.7 m	2.5 m	4.0 m	12.0 m

Table 4 Lane width for highway design criteria

Road	Minimum lane width		
	Local	Urban	Small-car road
Highway	3.50 m	3.50 m	3.25 m

Table 5 Curve radius for highway design criteria

Velocity (km/h)	Minimum curve radius		
	Maximum slope		
	6%	7%	8%
120	710 m	670 m	630 m
110	600 m	560 m	530 m
100	460 m	440 m	420 m
90	380 m	360 m	340 m
80	280 m	265 m	250 m
70	200 m	190 m	180 m
60	140 m	135 m	130 m

2.2. 평가 시나리오 제안

HDA의 평가 시나리오를 제안하기 위하여 각 시나리오를 특성별로 요약하면 아래 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있고, 시나리오별 조건은 아래 Table 6과 같다.

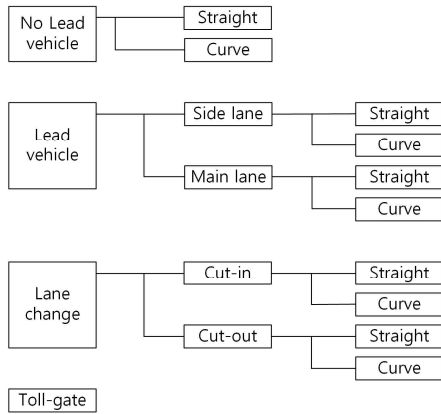


Fig. 1 Summary of HDA scenario

Table 6 HDA scenario condition

Scenario no.	Condition
Scenario 1	No lead vehicle, Straight
Scenario 2	No lead vehicle, Ramp
Scenario 3	No lead vehicle, Curve
Scenario 4	Lead vehicle, Side lane, Straight
Scenario 5	Lead vehicle, Side lane, Curve
Scenario 6	Lead vehicle, Main lane, Straight
Scenario 7	Lead vehicle, Main lane, Ramp
Scenario 8	Lead vehicle, Main lane, Curve
Scenario 9	Lane change, Cut-in, Straight
Scenario 10	Lane change, Cut-in, Curve
Scenario 11	Lane change, Cut-out, Straight
Scenario 12	Lane change, Cut-out, Curve
Scenario 13	Toll-gate

2.2.1. 선행차량 인식 평가 시나리오 제안

제안하고자 하는 시나리오는 선행차량을 정확히 구별, 인식하여 추종하는지 평가하는 시나리오이다. 시나리오 1은 선행차량이 없는 상황에서 직선구간을 주행하는 상황이고, 시나리오 2는 선행차량이 없는 상황에서 램프구간을 주행하는 상황이다. 시나리오 3은 선행차량이 없는 상황에서 곡선구간을 주행하는 상황이며, 시나리오 4는

선행차량이 옆 차선에 있는 상황으로 직선구간을 주행하는 상황이다. 또한 시나리오 5는 선행차량이 옆 차선에 있는 상황에서 곡선구간을 주행하는 상황이고, 시나리오 6은 선행차량이 메인차선에 있는 상황에서 직선구간을 주행하는 시나리오이다. 시나리오 7은 선행차량이 메인차선에 있는 상황에서 램프구간을 주행하는 상황이며, 시나리오 8은 선행차량이 메인차선에 있는 상황에서 곡선구간을 주행하는 상황이다.

2.2.2. 차선변경 상황 평가 시나리오 제안

제안하는 시나리오는 선행차량의 차선변경에서 선행차량의 인식과 추종을 평가하는 상황으로, 시나리오 9는 선행차량이 Cut-in하는 상황으로 직선구간을 주행하는 상황이고, 시나리오 10은 선행차량이 Cut-in하는 상황으로 곡선구간을 주행하는 상황이다. 시나리오 11은 선행차량이 Cut-out하는 상황으로 직선구간을 주행하는 시나리오이며, 시나리오 12는 선행차량이 Cut-out상황에서 곡선구간을 주행하는 상황이다.

2.2.3. 톨게이트 진입 상황 평가 시나리오 제안

또한 제안하는 시나리오 13은 차량의 고속도로 진입·진출 시 톨게이트 진입에 따른 자동 속도 조절을 평가하는 시나리오이다.

3. Prescan을 이용한 시뮬레이션 방법 제안

제안하는 시나리오를 시뮬레이션하기 위해 사용한 소프트웨어는 Prescan이다. Prescan은 ADAS 개발을 위해 사용되는 시뮬레이션 플랫폼으로, 그래픽 사용자 인터페이스(GUI, Graphical User Interface)를 통해 시나리오를 구축하고 센서를 모델링 할 수 있으며, Matlab/Simulink 인터페이스를 통해 제어 시스템을 설계자의 의도대로 변경할 수 있다. 뿐만 아니라 분산 및 확장 가능한 아키텍처(architecture)가 포함되어있어 HILS(Hardware In Loop Simulation) 및 운전 시뮬레이터 테스트를 위해 기존 시뮬레이션 및 새로운 하드웨어와 실시간으로 시뮬레이션 하고 인터페이스 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

3.1. 시뮬레이션 차량

시뮬레이션 차량은 Prescan에서 제공하는 모델 중

Audi A8을 선정하였는데, 이유는 실차시험 차량으로 선정된 G90과 제원이 가장 비슷하여 시뮬레이션 결과와 실제 거동의 유사성을 확보할 수 있다고 판단하였기 때문이다. Audi A8과 Genesis G90의 모델 제원을 비교하여 아래 Table 7에 나타내었다.

Table 7 Audi A8 and Genesis G90 specification

Specification	Audi A8	Genesis G90
Length	5,210 mm	5,205 mm
Width	2,040 mm	1,915 mm
Height	1,440 mm	1,495 mm
Roll friction coefficient	0.01	-
Drag coefficient	0.27	0.27
Mass	1,820 kg	2,130 kg

### 3.2. 시뮬레이션 환경 및 조건

#### 3.2.1. 센서 선정

Prescan에서 제공하는 센서 중 Lane Marker, TIS (Technology Independent Sensors), Camera 센서를 선정하였으며, 이유는 실차시험 차량에 탑재된 센서와 가장 비슷하다고 판단하였기 때문이다. 시험 차량의 레이더 센서는 D사의 ESR 2.5로 판단되며, 카메라 센서는 MFC로 판단된다. 시뮬레이션에 사용된 센서는 아래 Table 8

Table 8 Simulation sensor specification

Sensor spec.	
Lane maker	Frame rate : 10 Hz FOV azimuth : 46.2 deg
TIS	FOV azimuth : 45.0 deg Beam range & angle : 150 m at 9.0 deg. Beam range & angle : 30 m at 80 deg.
Camera	Horizontal Resolution : 500 pix Vertical Resolution : 375 pix FOV in azimuth : 46.2 deg

Table 9 Actual vehicle test sensor specification

Sensor spec.	
ESR 2.5	Horizontal Field of View Mid-range & angle : 60 m at 45 deg Long-range & angle : 174 m at 10 deg
Camera	Horizontal Resolution : 1280 pix Vertical Resolution : 672 pix Angle of view : D55, H45, V34

과 같고, 실차시험에 사용된 것으로 판단된 센서의 사양은 Table 9에 나타내었다.

#### 3.2.2. 시뮬레이션 환경 조건

시뮬레이션에 환경조건은 아래 Table 10과 같다.

Table 10 Simulation environment

Environment	
Air density	1.28 kg/m <sup>3</sup>
Gravitation	9.81 m/s <sup>2</sup>
Air temperature	20°C
Atmospheric pressure	101.33 kPa
Air humidity	10.00%

### 3.3. 시뮬레이션 알고리즘 모델링

Prescan은 ADAS, 능동 안전시스템의 개발 및 검증을 위한 기본적으로 ACC, LKAS, AEB 알고리즘을 제공하고 있다. 그러나 HDA 알고리즘은 제공하지 않기 때문에 본 연구에 사용된 시뮬레이션 알고리즘은 ACC 알고리즘과 LKAS 알고리즘을 통합하고 설계하여 모델링하였고 아래 Fig. 2와 같다. TIS 센서를 사용하여 선행차량을 인식하고 TTC(Time To Collision)를 2.5초로 설정하여 차간거리유지기능을 가능하게 하였는데, TTC는 선행차량과 상대거리를 상대속도로 나누어 구할 수 있다. Prescan에서 제공하는 TTC로 1.5초, 1.8초, 2.1초, 2.5초가 있으며, 고속으로 주행하기 때문에 안전을 고려하여 2.5초로 설정하였다. Camera 센서로 차선을 인식하고 영상에서 하단 경계부에서 차선을 검출한다. 그리고 바퀴부터 차선

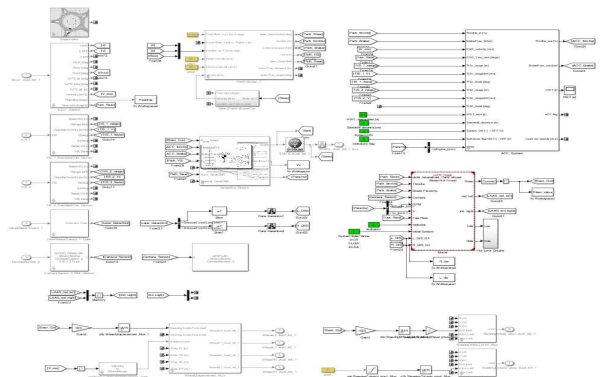


Fig. 2 HDA algorithm in matlab/simulink

까지 거리를 계산하고 거리를 같도록 제어하면 차량이 차선 중앙을 유지하여 차선유지기능을 활성화시켰다.

### 3.5. 시뮬레이션 결과 및 분석

시나리오별 시뮬레이션 결과를 차량 속도, 헤딩각(차량의 몸체가 수평축과 이루는 각), 바퀴 조향각(차량의 몸체와 앞바퀴가 이루는 각), 바퀴부터 차선까지 거리를 그래프로 나타냈으며, 아래 Fig. 3~12와 같다.

Fig. 3은 시나리오 1의 시뮬레이션 결과로, 약 4.6초에 차선까지 거리를 일정하게 조절하기 위해 조향각이 미세하게 조절되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4~6은 시나리오 3, 4, 5의 시뮬레이션 결과로, 직선과 곡선부에서 차선까지 거리가 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7은 시나리오 6의 시뮬레이션 결과로, 약 9초에 선행차량을 인식하고 속력을 조절하는 것을 볼 수 있다.

그리고 0~7초 구간에서 바퀴에서 차선까지 거리가 불안정했지만 점차 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 8은 시나리오 8의 시뮬레이션 결과로, 약 9초에 선행차량을 인식하고 속력을 조절하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 9는 시나리오 9의 시뮬레이션 결과이며, Fig. 10은 시나리오 10의 시뮬레이션 결과이다. 시나리오 9에서는 약 2.5초에, 시나리오 10에서는 약 6초에 Cut-in하는 선행차량을 인식하고 급하게 속력을 조절하는 것을 볼

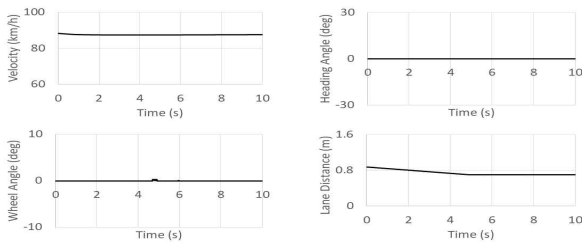


Fig. 3 Prescan result (scenario 1)

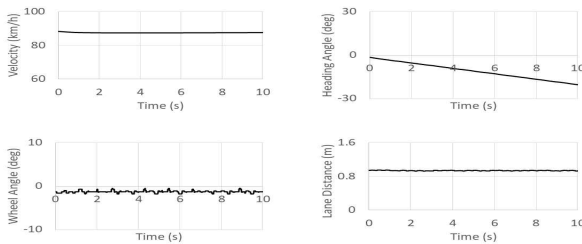


Fig. 4 Prescan result (scenario 3)

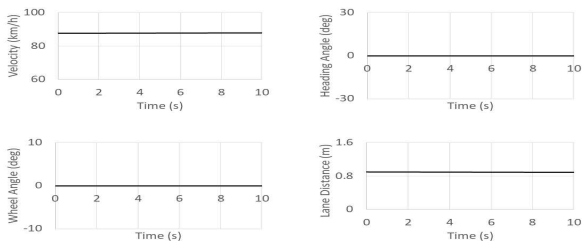


Fig. 5 Prescan result (scenario 4)

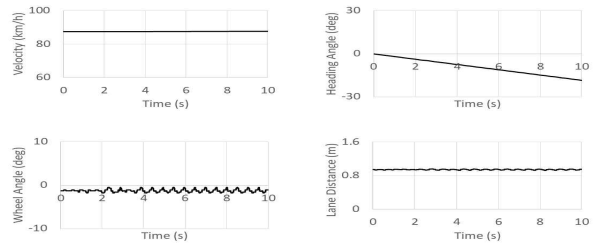


Fig. 6 Prescan result (scenario 5)

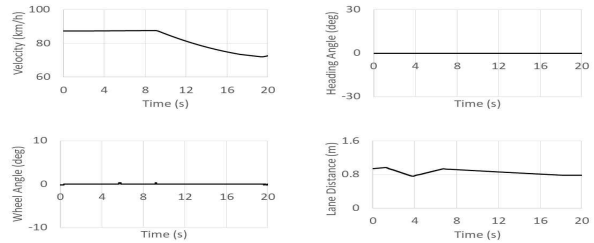


Fig. 7 Prescan result (scenario 6)

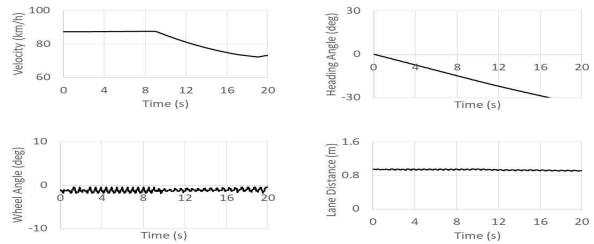


Fig. 8 Prescan result (scenario 8)

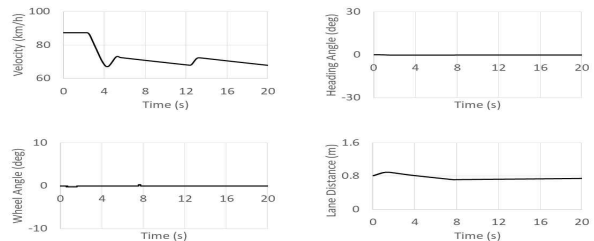


Fig. 9 Prescan result (scenario 9)

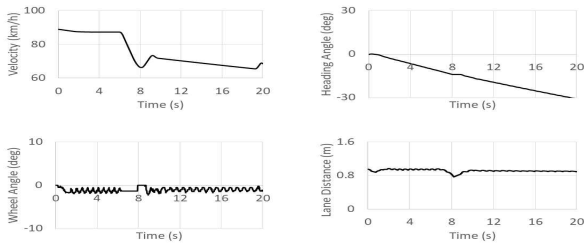


Fig. 10 Prescan result (scenario 10)



Fig. 13 Genesis G90 for actual vehicle test

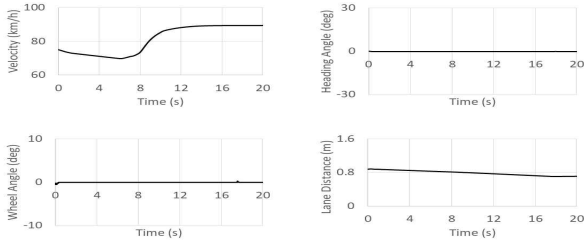


Fig. 11 Prescan result (scenario 11)

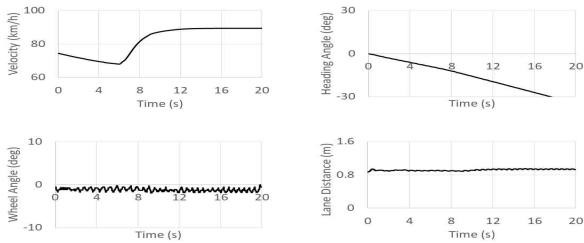


Fig. 12 Prescan result (scenario 12)

으며 능동 안전 제어장치로는 HDA, ACC, LKAS, AEB 기능이 탑재되었다. 또한, G90이 국내 도로 환경에 최적화되어 있어 HDA 시험에 적합하다고 판단하였다.

#### 4.2. 시험 장비

실차 시험 데이터 수집을 위해 SIRIUS, RT3002, Camera, RTMaps(Real Time Multi applications) 등의 장비를 사용하였고, 장비는 아래 Fig. 14와 같으며, 사양은 아래 Table 11에 나타내었다.

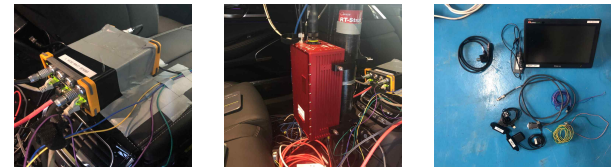
수 있다. 선행차량을 인식하고 차량이 제동을 하면서 차량의 다이빙 현상으로 차선이 정확하게 인식되지 않으면서 바퀴에서 차선까지의 거리가 급격히 변하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 11은 시나리오 11의 시뮬레이션 결과이며, Fig. 12는 시나리오 12의 시뮬레이션 결과이다. 시나리오 11에서는 약 7초에, 시나리오 12에서는 약 6초에 Cut-out 하는 선행차량을 인지하고 초기 설정된 속도로 가속하는 것을 볼 수 있다.

### 4. 실차시험

#### 4.1. 시험 차량

제안한 시나리오와 시뮬레이션 결과의 타당성을 검증하기 위해 실차시험을 실시하였고, 시험 차량은 G90으로 Fig. 13과 같다. 차량에 카메라, 레이더 센서가 장착돼 있



(a) SIRIUS (b) RT3002 (c) Camera

Fig. 14 Equipment for actual vehicle test

Table 11 Equipment specification

Equipment spec.	
RT3002	<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>
SIRIUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEPE 2ch, STG 6ch, CAN 9ch</li> <li>• Strain Ranges : 2 mV/V with Dual</li> </ul>
RTMaps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-level communication protocol</li> <li>• Multi-rate modeling</li> </ul>

#### 4.3. 시험 장소 및 환경조건

##### 4.3.1. 시험장소

제안한 시나리오의 실도로 실차시험 진행은 동대구TG-

경산TG구간으로 아래 Fig. 15와 같고, 시험도로 조건은 Table 12에 나타냈다.

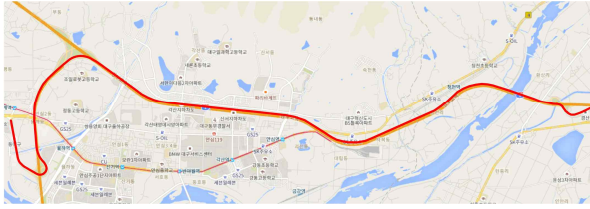


Fig. 15 Gyeongbu highway (East Daegu - Gyeongsan TG)

Table 12 Gyeongbu highway road condition

No.	Scenario	Condition
1	DaeguTG	Velocity 30 km/h
2	Rmap	Radius: 240 m, Velocity 40 km/h
3	Rmap	Radius: 120 m, Velocity 40 km/h
4	Rmap	Radius: 340 m, Velocity 60 km/h
5	Straight	850 m, Velocity 40 km/h
6	Straight	2100 m, Velocity 100 km/h
7	Curve	Radius: 750 m, Velocity 100 km/h
8	Straight	1200 m, Velocity 100 km/h
9	Curve	Radius: 750 m, Velocity 100 km/h
10	Rmap	Radius: 350 m, Velocity 40 km/h
11	Rmap	Radius: 130 m, Velocity 40 km/h
12	GyeongsanTG	Velocity 30 km/h

#### 4.3.2. 시험 환경조건

제안한 시나리오의 실차시험의 환경 조건은 아래 Table 13과 같다.

Table 13 Actual vehicle test environment

Environment	
Air density	1.17 kg/m <sup>3</sup>
Gravitation	9.81 m/s <sup>2</sup>
Air temperature	30°C
Atmospheric pressure	101.33 kPa

#### 4.4. 시험 결과

시나리오별 시뮬레이션 결과를 차량 속도, 헤딩각, 바퀴 조향각, 바퀴부터 차선까지 거리를 그래프로 나타냈으

며, 아래 Fig. 16~Fig. 25와 같다.

Fig. 16은 시나리오 1의 실차시험 결과이고, Fig. 17은 시나리오 3의 실차시험 결과이다. 시나리오 1, 3 모두 안정된 모습을 보였다.

Fig. 18은 시나리오 4의 실차시험 결과로, 약 0~4초에 바퀴부터 차선까지 거리의 변화량이 컸지만 점차 일정한 수준이 유지되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 19는 시나리오 5의 실차시험 결과로, 약 1~8초

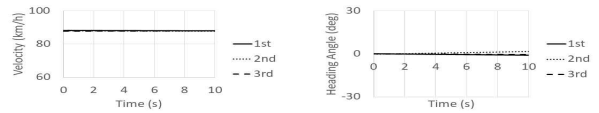


Fig. 16 Actual vehicle test result (scenario 1)

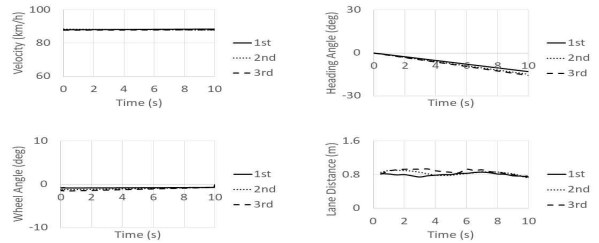


Fig. 17 Actual vehicle test result (scenario 3)

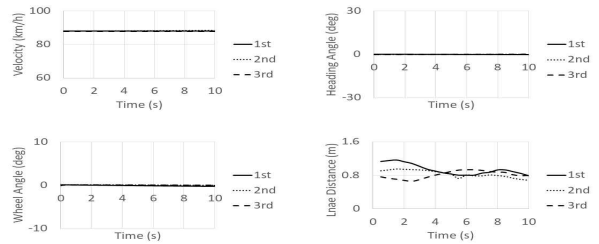


Fig. 18 Actual vehicle test result (scenario 4)

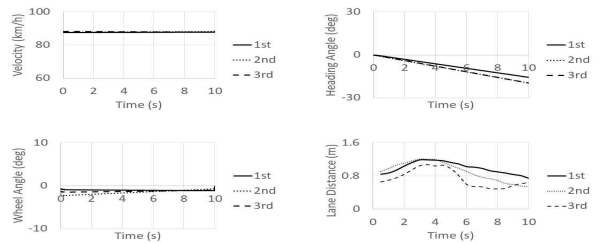


Fig. 19 Actual vehicle test result (scenario 5)

에 바퀴부터 차선까지 거리의 변화량이 컸지만 점차 일정한 수준이 유지되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 20은 시나리오 6의 실차시험 결과로, 약 5초에 선행차량을 인식하고 점차 속력을 조절하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 21은 시나리오 8의 실차시험 결과로, 약 4초에 선행차량을 인식하고 점차 속력을 조절하고, 바퀴부터 차선까지 거리가 일정수준으로 유지되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 22는 시나리오 9의 실차시험 결과이고, Fig. 23은

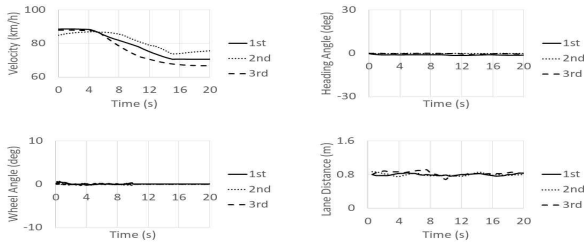


Fig. 20 Actual vehicle test result (scenario 6)

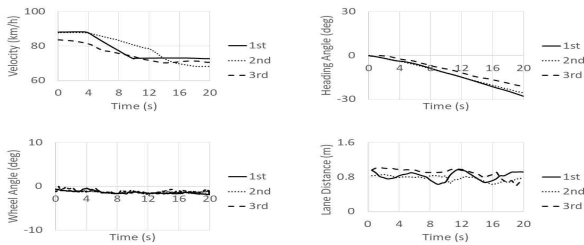


Fig. 21 Actual vehicle test result (scenario 8)

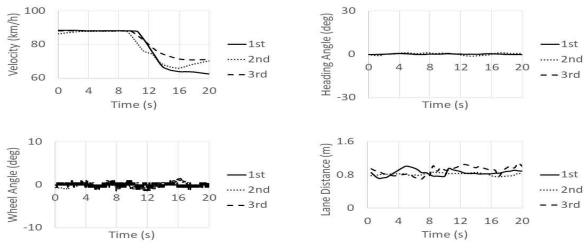


Fig. 22 Actual vehicle test result (scenario 9)

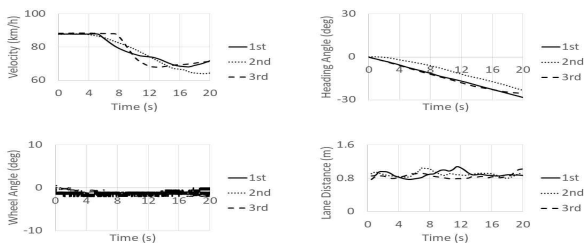


Fig. 23 Actual vehicle test result (scenario 10)

시나리오 10의 실차시험 결과이다. 시나리오 9는 약 9초에, 시나리오 10은 약 6초에 Cut-in하는 선행차량을 인식하고 속력을 조절하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 24는 시나리오 11의 실차시험 결과이고, Fig. 25는 시나리오 12의 실차시험 결과이다. 시나리오 11, 12는 약 4초에 Cut-out하는 선행차량을 인식하고 속력을 초기 설정 속도로 조절하는 것을 볼 수 있다.

제안 시나리오 중 2, 7은 현재 HDA 기능은 분기점이나 램프구간 진입 시 HDA의 비활성화로 인하여 시험을 실시하지 못하였다.

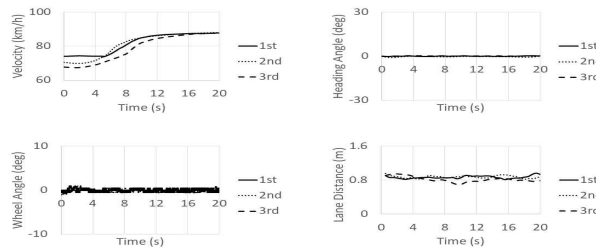


Fig. 24 Actual vehicle test result (scenario 11)

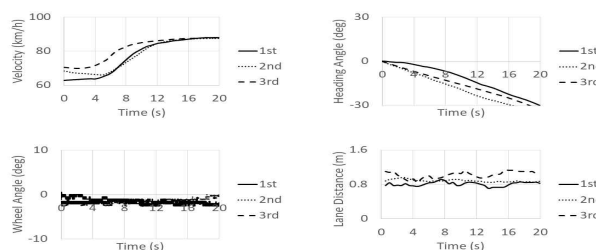


Fig. 25 Actual vehicle test result (scenario 12)

## 5. 시뮬레이션 값과 실차시험 값의 비교분석

시뮬레이션과 실차시험을 통하여 얻은 차량 속도, heading, 바퀴 조향각, 바퀴부터 차선까지 거리의 결과 값을 Table 14에 나타냈다.

시뮬레이션과 실차시험의 편차를 Table 15에 나타내었는데, 시나리오 3의 경우 초기 heading을 0도로 정확히 설정되지 않아 약 10초에 가장 큰 편차인 4.64°가 발생하였다.

또한, 시나리오 4의 경우 2.0초부터 3.0초까지 바퀴부터 차선까지 거리의 편차가 컸지만 점차 일정한 거리를 유지했으며, 시나리오 6의 경우 가장 큰 편차인 5.46km/h로 오차를 7.8%가 발생하였다. 편차 발생 이유는 선행차량을 인식하고 점차 감속을 하여야 하지만 선행차량의 뒤



Table 14 Result data of simulation and actual vehicle test

Scenario	Data	Simulation	Actual vehicle test
1	Velocity	87.34km/h	87.66 km/h
	Heading	0.081deg	1.73 deg
	Lane Distance	0.077m	0.197 m
3	Velocity	87.34km/h	87.59 km/h
	Heading	20.26deg	15.62 deg
	Lane Distance	0.17m	0.12 m
4	Velocity	87.54km/h	87.66 km/h
	Heading	0.002deg	0.29 deg
	Lane Distance	0.075m	0.329 m
5	Velocity	87.34 km/h	87.59 km/h
	Heading	18.62 deg	19.62 deg
	Lane Distance	0.17 m	0.35 m
6	Velocity	72.10 km/h	66.64 km/h
	Heading	0.15 deg	1.34 deg
	Lane Distance	0.105 m	0.079 m
8	Velocity	72.23 km/h	68.15 km/h
	Heading	34.94 deg	27.70 deg
	Lane Distance	0.175 m	0.234 m
9	Velocity	67.04 km/h	62.50 km/h
	Heading	0.29 deg	1.25 deg
	Lane Distance	0.112 m	0.239 m
10	Velocity	65.57 km/h	63.90 km/h
	Heading	30.79 deg	28.17 deg
	Lane Distance	0.182 m	0.239 m
11	Velocity	69.71 km/h	67.39 km/h
	Heading	0.20 deg	0.80 deg
	Lane Distance	0.103 m	0.137 m
12	Velocity	67.86 km/h	62.78 km/h
	Heading	33.32 deg	33.02 deg
	Lane Distance	0.176 m	0.293 m

Table 15 Deviation of simulation and actual vehicle test

Scenario	Data	Deviation
1	Velocity	0.32 km/h
	Heading	1.65 deg
	Lane Distance	0.18 m
3	Velocity	0.25 km/h
	Heading	4.64 deg
	Lane Distance	0.21 m
4	Velocity	0.57 km/h
	Heading	0.29 deg
	Lane Distance	0.46 m
5	Velocity	1.05 km/h
	Heading	1.0 deg
	Lane Distance	0.45 deg
6	Velocity	5.46 km/h
	Heading	1.19 deg
	Lane Distance	0.03 m
8	Velocity	4.09 km/h
	Heading	3.62 deg
	Lane Distance	0.29 m
9	Velocity	4.54 km/h
	Heading	1.25 deg
	Lane Distance	0.19 m
10	Velocity	1.67 km/h
	Heading	2.62 deg
	Lane Distance	0.12 m
11	Velocity	2.31 km/h
	Heading	0.60 deg
	Lane Distance	0.08 m
12	Velocity	4.28 km/h
	Heading	0.30 deg
	Lane Distance	0.18 m

늦은 인식으로 급하게 감속을 하여 발생한 편차라고 판단 된다.

시나리오 9의 경우 10초에 Cut-in하는 선행차량을 인식하여 속력이 65km/h가 되었을 때 속도편차 4.54km/h가 발생하였다.

또한 카메라 센서의 해상도는 시뮬레이션 500\*375pix, 실차 1280\*672pix, 레이더 센서의 검출 범위와 화각차이는 시뮬레이션 150m(9.0deg)/30m(80deg)이고 실차 174m

(10deg)/60m(45deg)이었다. 이러한 센서들의 측정 정도 차이로 인해 시뮬레이션 값과 실차 시험 값의 편차 발생에 영향을 주었다고 판단된다.

시뮬레이션 값과 실차시험 값 비교분석을 통해 제안한 시나리오의 타당성을 검증하였는데, 최대 오차율 7.8% 이내로 신뢰성이 있었고 향후 HDA의 기술개발단계 및 실차시험을 실시할 수 없는 기상조건 등이 발생할 때 성능 평가에 활용할 수 있다고 판단된다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 HDA의 평가방법에 대한 시나리오를 제안하였다. 그리고 시뮬레이션과 실차시험의 비교분석을 통해 편차를 확인하였다. 시뮬레이션과 실차시험의 결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 국내도로환경을 적용한 HDA 시험평가 시나리오를 제안하였다.
- 2) Prescan을 이용하여 HDA의 시험평가 알고리즘을 설정, 제안하고 실제 국내 고속도로 일부 구간을 구성하여 제안한 시나리오를 실차 시험 검증하였다.
- 3) 시뮬레이션과 실차시험 간의 오차율은 제안한 시나리오 중 6번 시나리오로 5.46km/h(오차율 7.8%)였다. 오차의 원인은 선행차량의 뒤늦은 인식으로 급한 감속 때문에 발생했다고 판단되었다.
- 4) 카메라 센서의 해상도는 시뮬레이션 500\*375pix, 실차 1280\*672pix, 레이더 센서의 검출 범위와 화각차이는 시뮬레이션 150m(9.0deg)/30m(80deg)이고 실차 174m(10deg)/60m(45deg)로 특성에 차이가 있었고, 이러한 센서들의 정도 차이로 인해 시뮬레이션 값과 실차 시험 값의 편차 발생에 영향을 주었다고 판단되었다.

본 연구에서는 HDA의 안전성 평가 시험을 위해 국내 도로환경을 고려하여 시험평가 시나리오를 제안하였고, 시뮬레이션과 실차시험을 통해 이를 검증하였다. 속도, 헤딩각, 차선거리 유지의 평가항목에 대하여 제안 시나리오 6에서 최대 7.8%의 오차율이 발생하였으나, 오차율 8%이내로 신뢰성이 있다고 판단된다. 향후 시나리오에 기후·환경적 약조건에 대한 시험평가 항목을 추가하여 연구가 필요할 것이다.

## 후 기

본 연구는 한국 산업 기술 평가 관리원이 지원하는 산업기술혁신사업(자율 주행 자동차 핵심 기술 개발 사업)으로 수행된 연구결과입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) B. J. Kim, Seon Bong Lee, "A Study on Evaluation

Method of the Adaptive Cruise Control", Journal of Drive and Control 14(3), 2017.9, 8~17 (10 pages).

- (2) B. J. Kim, Seon Bong Lee, "A Study on Evaluation Method of ACC Test Considering Domestic Road Environment", Journal of Auto-Vehicle Safety Association, 2017.12, 38~47 (10 pages).
- (3) K. B. Heon, Lee Seon Bong, "A Study on V2V Safety Evaluation Method of AEB", Journal of Auto-Vehicle Safety Association, 2019.3, 7~16.
- (4) B. J. Kim, Kwon Byeong Heon, Seon Bong Lee, "A Study on Evaluation Method of AEB edestrian Test", Journal of Auto-Vehicle Safety Association, 2018.12, 25~32(8 pages).
- (5) P. H. Yoon, Seon-Bong Lee, "A Study on Evaluation Method of the LKAS Test in Domestic Road Environment", Korea Academy Industrial Cooperation Society, 18(12), 628~637.
- (6) P. H. Yoon, Seon-Bong Lee, "A Study on Safety Evaluation Method of LKAS in Actual Road", Journal of Auto-Vehicle Safety Association, 2018.12, 33~39(7 pages).
- (7) H. J. Lee, 2016, "Muti-Vehicle Environment Simulation Tool Develop and Evaluate Automated Driving System in Motorway", Journal of Auto-vehicle Safety Association, 8(4), pp. 31~37.
- (8) H. J. Heo, 2013, "Multi-lane detection in highway and urban driving environment", Seoul National University Graduate School of Electrical Computer Engineering
- (9) S. H. Lee, 2010, "Decision and Planning for Lane Change Maneuver of an Autonomous Navigation Vehicle on the Highway", A-jou University Graduate School of Mechanical Engineering
- (10) H. S. Chae, Y. H. Jeong, "Robust Model Predictive Control based Automated Driving Control Algorithm for Merge Situation on Highway", The Korean Society of Mechanical Engineers, 2017.7, 575~588 (9 pages).
- (11) M. G. Kim, 2019 "A Study on 'Prediction of the Vehicle Lane Location and Lane Change System' Utilizing Image-based Deep Learning (DNN) for Autonomous Driving on Highway & Expressway",

- Kookmin University Graduate School of Mechanical Design.
- (12) J. Y. Park, 2016, "Analysis and prediction using neural network study on a bus's rapid lane-change manoeuvres on highway ramp", Kynng-Hee University Graduate School of Mechanical Engineering.
- (13) ISO/TC 204, "Intelligent Transport Systems", <https://www.iso.org/committee/54706/x/catalogue/p/1/u/0/w/0/d/0>
- (14) Department of Land, Infrastructure and Transport "Rules On The Standards Of Structural Facilities In Roads", 2015.