

LKAS 시험평가의 시뮬레이션 모델링 기법에 관한 연구

배건환¹, 이선봉^{2*}

¹계명대학교 기계공학과, ²계명대학교 기계자동차공학과

A Study on the Simulation Modeling Method of LKAS Test Evaluation

Geon-Hwan Bae¹, Seon-bong Lee^{2*}

¹Department of Mechanical Engineering, Keimyung University

²Division of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University

요 약 첨단 운전자 보조시스템(ADAS, Advanced Driver Assist System)의 주요 기술에는 적응형 순항 제어(ACC, Advanced Cruise Control), 주행 조향보조 시스템(LKAS, Lane Keeping Assist System), 자동 긴급제동 시스템(AEB, Autonomous Emergency Braking) 등이 있다. ADAS 중 LKAS는 카메라(camera)와 적외선 센서(sensor)를 사용하여 운전자가 의도하지 않은 차선이탈이 발생하였을 때, 조향 보조장치를 제어하여 주행 차선으로 복귀하는 시스템이다. 이러한 시스템의 안전성 평가와 검증을 위해 실차시험을 진행한다. 그러나 LKAS 동작 후 임의의 추가 조향각이 인가될 경우에 대한 연구는 미흡하다. 본 논문에서는 선형연구에서 제안한 시나리오에 대해 Prescan을 이용하여 추가 조향각 인가 모델링(modeling)기법을 개발하고 시뮬레이션(simulation) 하고, 실차시험을 통해 취득한 데이터(data)와의 비교분석으로 모델링 기법의 타당성을 검증하였다. 앞바퀴부터 차선까지 최대 거리오차는 0.56 m이며, 시뮬레이션과 실차시험의 차선 복귀 속도의 차이로 인해 발생하였다. 시뮬레이션과 달리 실차시험은 주행 차선으로 복귀 속도가 느려 이탈하는 차의 횡방향 변화가 상대적으로 적어 시뮬레이션과 오차가 발생한 것으로 판단된다. 시뮬레이션과 실차시험 값의 비교분석 결과 차선복귀 속도 차이는 있지만 앞바퀴부터 차선까지 거리가 약 0.5m로 수렴하는 경향성을 나타내어 신뢰성을 확인할 수 있었다.

Abstract The leading technologies of the ADAS (Advanced Driver Assist System) are ACC (Advanced Cruise Control), LKAS (Lane Keeping Assist System), and AEB (Autonomous Emergency Braking). LKAS is a system that uses cameras and infrared sensors to control steering and return to its running lane in the event of unintentional deviations. The actual test is performed for a safety evaluation and verification of the system. On the other hand, research on the system evaluation method is insufficient when an additional steering angle is applied. In this study, a model using Prescan was developed and simulated for the scenarios proposed in the preceding study. Comparative analyses of the simulation and the actual test were performed. As a result, the modeling validity was verified. A difference between the front wheels and the lane occurred due to the return velocity. The results revealed a maximum error of 0.56 m. The error occurred because the lateral velocity of the car was relatively small. On the other hand, the distance from wheels to the lanes displayed a tendency of approximately 0.5 m. This can be verified reliably.

Keywords : ADAS, LKAS, Prescan, Actual Vehicle Test, Test Scenarios

본 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(10079967)

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

email: seonbong@kmu.ac.kr

Received November 11, 2019

Revised December 19, 2019

Accepted March 6, 2020

Published March 31, 2020

1. 서론

4차 산업혁명 시대를 맞이하면서 세계적으로 인공지능, IoT, 3D 프린팅, 빅데이터, 자율주행과 같은 4차 산업기술에 대한 관심이 급증하고 있다. 그 중 자율주행은 운전자의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 기술로 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 자율주행 기술은 운전자의 실수로 인한 교통사고 발생률 감소, 운전에 대한 접근성 향상, 차내 여유시간 증가, 교통 체증 감소 등 많은 장점을 가지고 있다. 국제 자동차기술협회는 자율주행 기술을 레벨 0에서 레벨 5로 총 6단계로 구분하고[1], 현재 레벨 2(부분적 자율주행)의 상용화 단계에 있으며, 레벨 2의 첨단 운전자 보조시스템(ADAS)의 주요 기술에는 적응형 순항 제어(ASCC), 주행 조향보조 시스템(LKAS), 자동 긴급제동 시스템(AEB), 고속도로 주행보조 시스템(HDA) 등이 있고, 관련된 연구가 활발하게 진행 중이며[2-9], 이에 따라 표준화와 국내외 규정들이 제정되고 있다[10-11].

ADAS 중 LKAS는 카메라(camera)와 적외선 센서를 사용하여 도로 영상을 실시간으로 수집하고, 영상 처리장치(ECU, Electronic Control Unit)로 보내진다. ECU는 운전자가 사전에 방향지시등을 조작하지 않거나 의도하지 않은 차선침범, 차선이탈이 발생하였을 때, 조향 보조장치를 제어하여 주행 중인 차선으로 복귀하는 시스템이다. LKAS의 연구동향으로 Yoon 등은 국제규정과 국내도로 환경을 고려한 시험평가 방법으로 시나리오를 제안하고 실차시험을 통해 이를 검증하였고[12], Woo 등은 LKAS의 시험방법 및 기준을 비교 분석하여 국내의 교통환경에 맞는 시나리오를 제안하고 실차시험을 통해 이를 검증하였다[13]. Jo 등은 LKAS에서 사용되는 카메라의 새로운 보정 방식을 제안하였으며[14], Hwang 등은 조향 제어와 제동 제어를 혼합하여 조향 제어성능을 향상시키기 위한 방안을 제시하였고, 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다[15]. Lee 등은 LKAS HILS(HILS, Hardware In Loop Simulation) 시뮬레이터를 개발하고, 시뮬레이션 결과와 실차시험과의 비교를 통해 이를 검증하였다[16].

선행연구에서는 국내도로환경을 고려하여 LKAS 시험평가 방법으로 시나리오를 제안하였고, 제안한 시나리오의 이론적 수식 값과 실차시험 값의 비교분석을 통해 시스템의 안전성을 평가하였으나[17], 실제 기후·환경적 조건이 LKAS 국제규정인 ISO 11270을 충족하지 못하여 실차시험이 불가할 경우 시뮬레이션을 통한 평가가

필요하다. 하지만 LKAS의 여러 시험 평가 조건들을 만족시킬 수 있는 시뮬레이션 기법에 관한 연구는 미흡한 상태이다. 본 논문에서는 선행연구에서 제안한 시나리오에 대해 Prescan을 이용하여 모델링기법을 개발, 제안하고 시뮬레이션 값과 실차시험으로 취득한 데이터의 비교를 통해 타당성을 검증하고자 한다.

2. Prescan을 이용한 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 소프트웨어

본 연구에서 사용한 시뮬레이션 소프트웨어는 Prescan이다. Prescan은 차량 환경인식 센서 개발용 가상환경 시뮬레이션 소프트웨어로 카메라, TIS(Technology Independent Sensor), 레이더(Radar), 라이다(Lidar) 등 다양한 센서가 제공되며 실제 차량, 보행자 모델, 건물, 자연환경 및 도로 인프라(infra), 날씨 등을 구성할 수 있다. 그리고 ADAS 데모 알고리즘(demo algorithm) 및 테스트 프로토콜(test protocol) 시뮬레이션 모델을 제공한다. 주로 ADAS 센서 모듈의 로직(logic) 개발을 위한 환경 설정단계를 거쳐 로직 검증용으로 활용 가능하며, 실차를 이용한 가상 시뮬레이션 환경 및 센서 인터페이스(interface)를 통한 실차기반 테스트 환경 구성용으로 활용 가능한 장점을 가지고 있다.

2.2 시뮬레이션 차량

Prescan에서 제공하는 시뮬레이션 차량은 아우디 A8, BMW X5, 토요타 Previa 등으로 제한적이다. 그래서 그 중 실차시험 차량인 G90과 크기가 가장 유사한 아우디 A8을 시뮬레이션 차량으로 선정하였다. 아우디 A8과 G90의 제원은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Audi A8 specification for simulation

Specification	Audi A8	G90
Length	5,210 mm	5,205 mm
Width	2,040 mm	1,915 mm
Height	1,440 mm	1,495 mm
Drag coefficient	0.27	0.27

2.3 시뮬레이션 환경 및 조건

2.3.1 센서 선정

시뮬레이션 내 LKAS의 차선인식을 위한 센서는 카메라

라와 'LaneMarker' 이며, 주요사양은 아래 Table 2.에 정리하였다.

Table 2. Sensor specification for simulation

Sensor specification	
Camera	Horizontal resolution : 500 pix Vertical resolution : 375 pix Location : X, Y, Z(2, 0, 1.3)
Lane marker	FOV azimuth : 46.2 deg Frame rate : 10 Hz Location : X, Y, Z(2, 0, 1.3)

2.3.2 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에서 적용한 환경조건은 LKAS의 국제규정인 ISO 11270을 만족시키는 범위에서 설정하였으며, 아래 Table 3.과 같다.

Table 3. Environment condition for simulation

Simulation Environment	
Weather	sunny
Air density	1.28 kg/m ³
Gravitation	9.81 m/s ²
Air temperature	20 ℃
Atmospheric pressure	101.33 kPa

2.4 시뮬레이션 알고리즘 모델링

Prescan에서 제공하는 LKAS 모델은 선행연구에서 제안한 시나리오에 대한 시뮬레이션의 수행이 불가능하여, 일정한 헤딩각이 주어진 후 추가 조향각과 같은 임의 입력이 있어 차선을 추가로 이탈하였을 때, 복귀여부와 응답 민감도를 알 수 있는 기법을 개발하였고 아래 Fig. 1.에 나타내었다.

제안하는 모델링 기법은 LKAS의 시뮬레이션 입력 값과 차량의 헤딩각(차량의 몸체가 수평축과 이루는 각), 차량의 조향각(조향축이 차체 정면에서 봤을 때 차체와 이루는 각), 시간 데이터를 이용하였다. 헤딩각은 시뮬레이션 내 차량으로부터 취득 가능하고, 초기 값은 0으로 설정하였다. 조향각은 Prescan에서 제공하는 차량 모델의 속력을 통해 취득 가능하다. 출력 값은 차선 복귀를 위한 조향각으로 설정하였다. 제안한 시나리오에서 초기 헤딩각 설정이나 추가 조향각과 같은 임의의 조작으로 차선을 추가로 이탈하였을 때, LKAS 동작으로 조향각이

계산되고 본래 차선으로 복귀가 가능하도록 차선까지 거리에 따른 조향각을 시뮬레이션 프로그램에 추가, 모델링 하였다.

따라서 차량이 차선을 주행하다가 일정한 헤딩각으로 틀어진 후, 운전자의 실수나 예기치 못한 상황이 발생하여 추가로 조향각이 인가된 상황의 시뮬레이션이 가능하게 된다.

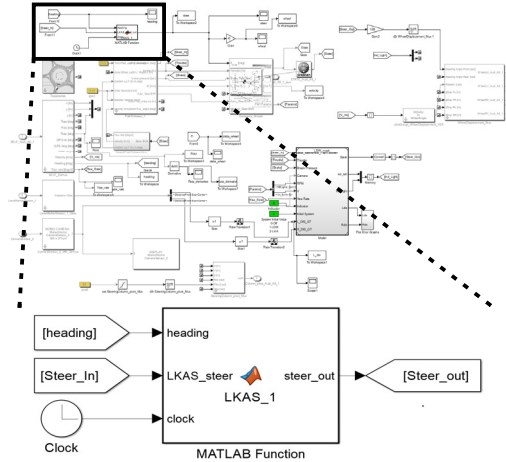


Fig. 1. LKAS modeling for simulation

2.5 시뮬레이션 결과 및 분석

선행연구에서 제안한 시나리오에서 시나리오 1은 직선로에서 헤딩각 3도가 발생한 상황이고, 시나리오 2는 직선로에서 헤딩각 3도 발생 후, 추가 조향각 2도가 발생한 상황이며, 시나리오 3은 곡선로에서 헤딩각 3도가 발생한 상황이고, 시나리오 4는 곡선로에서 헤딩각 3도 발생 후, 추가 조향각이 2도가 발생한 상황이다.

선행연구에서 제안한 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과 값을 속도, 헤딩각, 앞바퀴부터 차선까지 거리로 나타냈으며, 아래 Fig. 2. ~ Fig. 3.과 같다.

Fig. 2.는 시나리오 1과 시나리오 3의 시뮬레이션 결과이다. 시나리오 1은 직선구간에서 헤딩각 3도가 발생하고 약 1.6초 구간에서 차선을 이탈하기 시작하여 평균 0.37m 차선 이탈한 뒤, LKAS의 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다. 시나리오 3은 곡선구간에서 헤딩각 3도가 발생하고 약 1.5초 구간에서 차선을 이탈하기 시작하여 평균 0.6m 이탈한 뒤, LKAS의 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다.

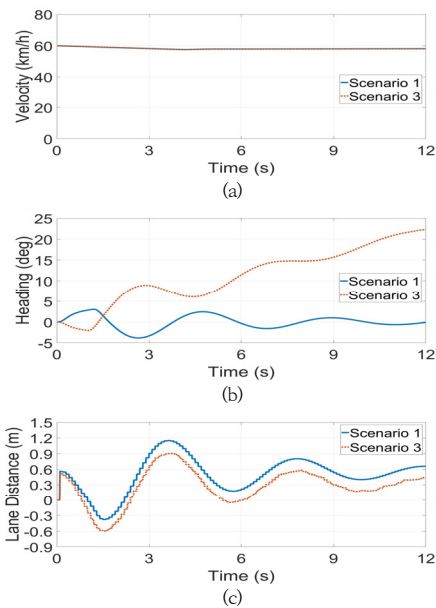


Fig. 2. Scenario 1 and scenario 3 for simulation
(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

Fig. 3.은 시나리오 2와 시나리오 4의 시뮬레이션 결과이다. 시나리오 2는 직선구간에서 heading 각 3도가 발생하고, 추가로 조향각 2도로 인가하여 약 1.6초 구간에서 차선을 이탈하기 시작하고 평균 0.41m 이탈한 뒤,

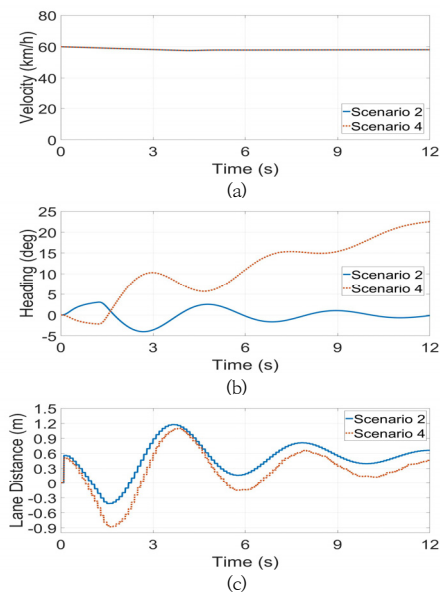


Fig. 3. Scenario 2 and scenario 4 for simulation
(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

LKAS의 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다. 시나리오 4는 곡선구간에서 heading 각 3도가 발생하고, 추가로 조향각 2도로 인가하여 약 1.6초 구간에서 차선을 이탈하기 시작하고 평균 0.88m 이탈한 뒤, LKAS의 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다.

시뮬레이션 결과 곡선구간은 직선구간에 비해 차선 복귀까지 시간이 약 0.6초 더 소요되었다. 모든 시나리오에서 앞바퀴부터 차선까지 거리 데이터 값이 약 0.1초 동안 0으로 표시된 이유는 시뮬레이션 시작 후 카메라 센서가 차선을 인식하기까지 시간이 소요된 것으로 판단된다. 시뮬레이션의 경우 수차례 반복시험하였고 동일한 결과 값을 얻을 수 있었다.

3. 실차시험

3.1 실차시험 차량

선행 연구에서 제안한 시나리오에 대한 시뮬레이션과의 비교를 위해 실도로에서 실차시험을 진행하였다. 시험 차량은 G90이고, 차량에 카메라와 레이더 센서가 장착되어있고, LKAS 기능이 탑재되어 있다. 현재 국내 판매되고 있는 차량 중 국내도로 환경을 고려하여 LKAS 기능이 우수하다고 평가 받고 있는 G90이 시험차량으로 적합하다고 판단하였다.

3.2 실차시험 센서

Fig. 4.와 Table 4.에 나타낸 것과 같이 실차 시험에 데이터 취득을 위해 RT3002, SIRIUS, 카메라 등의 장비를 사용하였다. RT3002는 DGPS 기반 차량 동특성 측정시스템 장비이고, SIRIUS는 RT3002를 통해 취득한 데이터를 수집하기 위한 데이터 수집(DAQ, Data Acquisition)장비이며, 카메라는 앞바퀴와 차선까지 거리를 계산하기 위한 장비이다.

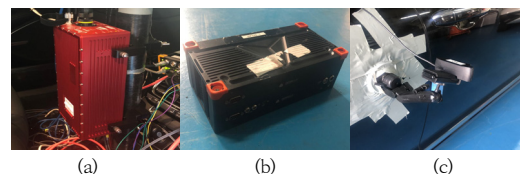


Fig. 4. Equipment for actual vehicle test
(a) RT3002 (b) SIRIUS (c) Camera

Table 4. Equipment for actual vehicle test

Equipment specification	
RT3002	Velocity accuracy : 0.05 km/h RMS Roll, Pitch 0.03 deg, Heading 0.1 deg Slip Angle 0.15 deg, 2 cm Positioning
SIRIUS	100Mbps Full Duplex Optional : 100 Hz CPU clock frequency : 1.7 GHz
Camrea	Image resolution : 640*480

3.3 실차시험 환경 및 조건

3.3.1 실차시험 도로 조건

실차시험은 대구광역시 달성군 구지면에서 진행하였고, 시험 도로는 직선부와 곡선부로 이루어져 있다. 도로 구성은 아래 Fig. 5와 같고, 특징은 아래 Table 5와 같으며, 환경조건은 아래 Table 6에 나타내었다. 온도환경에서 시뮬레이션의 20℃와 실차시험의 30℃는 LKAS 국제규정인 ISO 11270의 온도조건인 -20℃ ~ 40℃ 사이이므로 만족하였다.



Fig. 5. Road for actual vehicle test

Table 5. Road condition for actual vehicle test

Road condition	
Curvature	0, 500 m
Condition	flat, dry, clean asphalt or concrete
Friction coefficient	1.079

Table 6. Environment for actual vehicle test

Environment	
Weather	sunny
Air density	1.17 kg/m ³
Gravitation	9.81 m/s ²
Air temperature	30 ℃
Atmospheric pressure	101.33 kPa

3.4 실차시험 결과 및 분석

제한한 시나리오에 대한 실차시험 결과 값은 속도, heading, 앞바퀴부터 차선까지 거리로 나타냈고 아래 Fig. 6. ~ Fig. 9와 같다. 실차시험은 동일한 조건에서 총 3번의 반복시험을 진행하여 각 결과의 신뢰성을 확보하였다.

Fig. 6.은 시나리오 1의 실차시험 결과 값으로, 직선구간에서 heading 3도 발생 후, 약 4초 구간에서 앞바퀴가 차선을 이탈하기 시작하고 평균 0.24 m 이탈한 뒤, LKAS 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다.

Fig. 7.은 시나리오 2의 실차시험 결과 값으로, 직선구간에서 heading 3도 발생 후, 추가로 조향각 2도를 인가하였다. 약 3.3초 구간에서 앞바퀴가 차선을 이탈하기 시작하고 평균 0.17m 이탈한 뒤, LKAS 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다. 직선구간에서 추가 조향각이 있을 경우가 추가 조향각이 없는 경우에 비해 차선 복귀까지 시간이 약 1.7초 더 소요되었다. 그리고 2회째와 3회째의 시험은 LKAS 기능이 활성화 되는 시점에 차량의 heading은 동일하지만, 앞바퀴에서 차선까지 거리가 다르기 때문에 발생한 반응 민감도 차이로 판단된다.

Fig. 8.은 시나리오 3의 실차시험 결과 값으로, 곡선구간에서 heading 3도 발생 후, 약 2.2초 구간에서 앞바퀴가 차선을 이탈하기 시작하고 평균 0.2 m 이탈한 뒤, LKAS 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다.

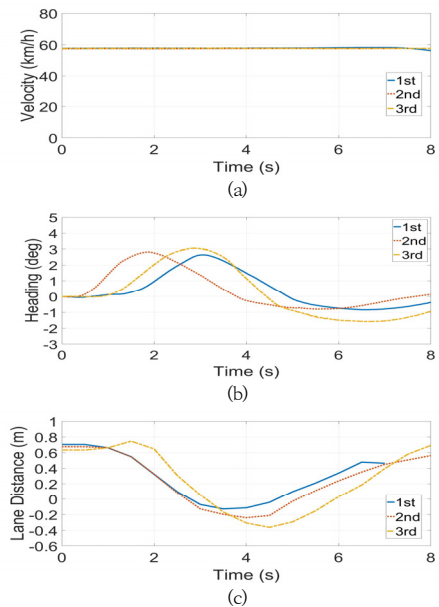


Fig. 6. Scenario 1 for actual vehicle test

(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

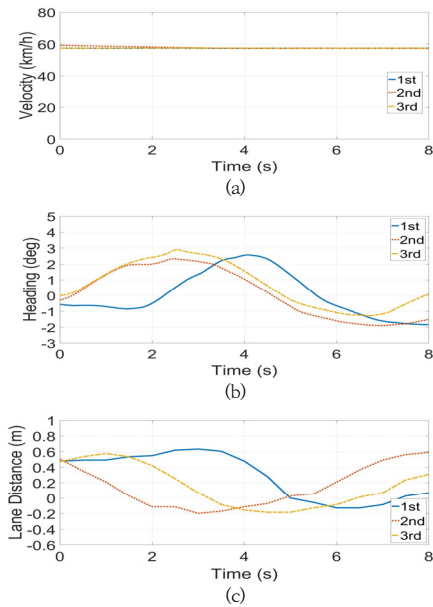


Fig. 7. Scenario 2 for actual vehicle test
(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

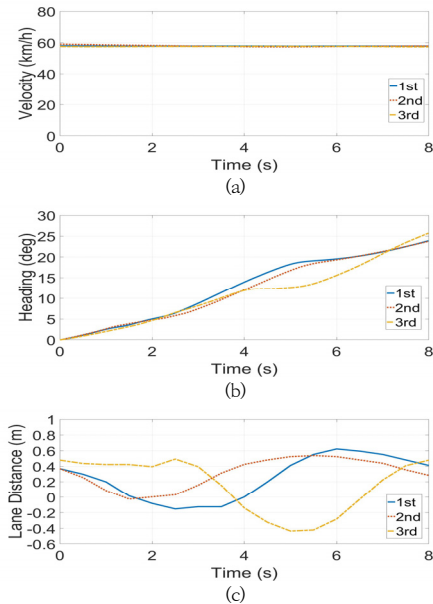


Fig. 8. Scenario 3 for actual vehicle test
(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

Fig. 9는 시나리오 4의 실차시험 결과 값으로, 곡선구간에서 헤딩각 3도 발생 후, 추가로 조향각 2도를 인가하였다. 약 3초 구간에서 앞바퀴가 차선을 이탈하기 시작하

고 평균 0.31 m 이탈한 뒤, LKAS 동작으로 주행 차선으로 복귀하였다. 곡선구간에서 추가 조향각이 있을 경우가 추가 조향각이 없는 경우에 비해 차선 복귀까지 시간이 약 0.3초 더 소요되었다.

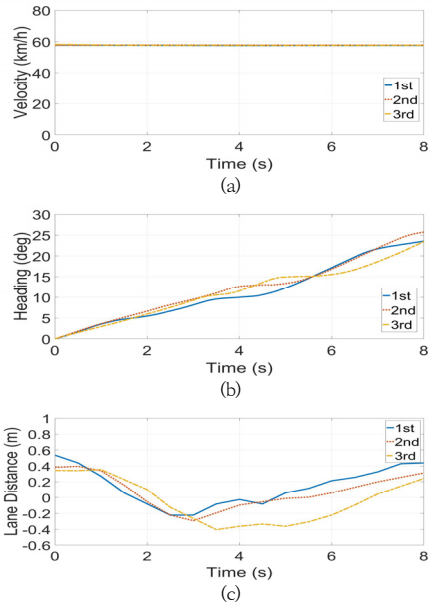


Fig. 9. Scenario 4 for actual vehicle test
(a) Velocity (b) Heading angle (c) Lane distance

4. 시뮬레이션과 실차시험 결과 값 비교분석

시뮬레이션 값과 실차시험 값을 아래 Table 7.에 나타냈고, 편차를 아래 Table 8.에 정리하여 나타냈다.

시나리오 1에서 2.63 km/h의 속도 오차는 실차시험 시작 시 초기 속도 값을 설정 때 발생한 오차이다.

시나리오 2에서 2.72 km/h의 속도 오차는 실차시험 시 차선복귀 후, 시험이 종료되었다고 판단한 운전자의 제동으로 발생한 오차이며, 0.4 m의 앞바퀴부터 차선까지 거리오차는 약 3.7초 구간에서 시뮬레이션과 실차시험의 차선 복귀속도 차이로 발생한 것으로 판단된다.

시나리오 3의 경우 3.077도 헤딩각 오차는 실차시험 시 곡선구간에서 헤딩각 3도가 발생하였을 때 정확하지 않은 조향각 때문에 발생한 오차로 판단된다.

시나리오 4에서 0.56 m의 앞바퀴부터 차선까지 거리 오차는 약 3.7초 구간에 시뮬레이션과 실차시험의 차선 복귀속도 차이로 발생한 것으로 판단된다. 시뮬레이션에

Table 7. Result data of simulation and actual vehicle test

Scenario	Data	Simulation	Actual vehicle test
1	Velocity [km/h]	57.56 ~ 60	56.2 ~ 58.2
	Heading angle [deg]	-3.8 ~ 3.03	-1.58 ~ 3.05
	Lane distance [m]	-0.37 ~ 1.15	-0.36 ~ 0.75
2	Velocity [km/h]	57.54 ~ 60	57.3 ~ 59.3
	Heading angle [deg]	-3.98 ~ 3.07	-2.12 ~ 2.58
	Lane distance [m]	-0.41 ~ 1.17	-0.2 ~ 0.63
3	Velocity [km/h]	57.54 ~ 60	57.24 ~ 59
	Heading angle [deg]	-2.03 ~ 22.3	0 ~ 29
	Lane distance [m]	-0.59 ~ 0.9	-0.44 ~ 0.6
4	Velocity [km/h]	57.54 ~ 60	57.49~58.2
	Heading angle [deg]	-2.14 ~ 22.5	0 ~ 29.8
	Lane distance [m]	-0.87 ~ 1.1	-0.41 ~ 0.54

서는 큰 횡방향 변화가 있었지만 실차시험에서는 상대적으로 작은 횡방향 변화로 차선 복귀하는 것을 볼 수 있다.

시뮬레이션 값과 실차시험 값의 비교분석을 통해 시뮬레이션의 타당성을 검증한 결과, 제안한 모든 시나리오에서 주행 차선으로 복귀 완료하였으며, 시나리오 2의 60km/h에서 속도 오차는 2.72 km/h였고, LKAS 동작 후 시험이 종료된 것으로 판단한 운전자의 제동으로 인해 발생하였다. 시나리오 4의 헤딩각 3도 발생 후, 추가 조향각 2도를 인가 시, 차량 앞바퀴와 차선까지의 거리 오차는 0.56m로 시뮬레이션과 실차시험에서 주행 차선 복귀 속도의 차이로 인한 횡방향 변화로 인해 발생하였다. 그 이유는 시뮬레이션과 달리 실차시험에서 주행 차선으로 복귀 속도가 느려서 이탈하는 차의 횡방향 변화가 상대적으로 적게 되어 시뮬레이션과 오차가 발생한 것으로 판단된다. 시뮬레이션과 실차시험 값의 비교분석 결과 차선복귀 속도 차이는 있지만 앞바퀴부터 차선까지 거리가 약 0.5m로 수렴하는 경향을 통해 신뢰성을 확인할 수 있었다.

Table 8. Error of simulation and actual vehicle test

scenario	Data	Error
1	velocity	2.63 km/h
	heading angle	2.22 deg
	lane distance	0.4 m
2	velocity	2.72 km/h
	heading angle	1.86 deg
	lane distance	0.54 m
3	velocity	2.52 km/h
	heading angle	3.077 deg
	lane distance	0.3 m
4	velocity	2.27 km/h
	heading angle	2.53 deg
	lane distance	0.56 m

5. 결론

본 논문에서는 LKAS 동작 후 임의의 상황에서 추가 조향각이 발생할 경우의 평가를 위한 모델링 기법을 개발하고 제안하였으며 시뮬레이션과 실차시험의 비교를 통해 신뢰성을 확인하였다. 시뮬레이션과 실차시험의 결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 기후·환경적 조건 등으로 실차시험이 불가능한 LKAS의 시험평가에서, 일정한 헤딩각 인가 후 추가 조향각과 같은 임의 입력이 있어 차선을 추가 이탈할 경우라도 정상동작 여부를 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델링 기법을 개발하고, 시뮬레이션과 실차시험을 통해 타당성을 검증하였다.
- 2) 시나리오 2에서 발생한 속도오차 2.72 km/h는 LKAS 동작 후 시험이 종료된 것으로 판단한 운전자의 제동으로 인해 발생하였다.
- 3) 시나리오 4에서 발생한 앞바퀴부터 차선까지 거리 오차 0.56 m는 시뮬레이션과 실차시험에서 주행 차선복귀 속도의 차이로 인한 횡방향 변화로 인해 발생하였으나 주행차선으로 복귀하는 경향을 나타내어 신뢰성이 있다고 판단하였다.
- 4) 개발한 모델링 기법은 주행상태의 차량이 일정 헤딩각으로 차선을 이탈하고 임의의 사유로 추가 조향각이 발생한 경우 LKAS의 정상 동작여부를 확인할 수 있기 때문에 관련 부품 개발이나 평가에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

향후, 본 연구에서 제안한 모델링 기법으로 적용된 LKAS 동작 후 추가 조향이 발생할 경우, 실제 운전자의 주행특성과 패턴을 고려한 연구가 필요하고, 기후·환경적 조건이 국제규정을 만족하지 않을 경우 시뮬레이션과 실차시험의 비교분석에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Society of Automotive Engineers, SAE J3016 - LEVELS OF DRIVING AUTOMATION, <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (accessed Oct. 28. 2019)
- [2] B. J. Kim and S. B. Lee, "A Study on Evaluation Method of the Adaptive Cruise Control", *Journal of drive and control*, vol.14 no.3, pp.8-17, Sep. 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2017.14.3.008>

[3] B. J. Kim and S. B. Lee, "A Study on Evaluation Method of ACC Test Considering Domestic Road Environment" *Journal of Auto-Vehicle Safety Association*, vol.9, no.4, pp.38-47, Dec. 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.22680/kasa.2017.9.4.038>

[4] Y. K. Park, and Y. J. Moon, "Development of Evaluation Program for Forward Vehicle Collision Warning System", *Journal of The Korea Society of Automotive Engineers*, Vol.2005, No.5, pp.554-560, May. 2005.

[5] H. B. Kwon, S. B. Lee, "A Study on the V2V Safety Evaluation Method of AEB", *Journal of Auto-Vehicle Safety Association*, vol.11, no.1, pp.7-16, Mar. 2019, DOI: <http://dx.doi.org/10.22680/kasa2019.11.1.007>

[6] B. J. Kim, B. H. Kwon and S. B. Lee, "A Study on Evaluation Method of AEB pedestrian Test" *Journal of Auto-Vehicle Safety Association*, vol.2018, no.6, pp.25-32, Dec. 2018, DOI: <http://dx.doi.org/10.22680/kasa2018.10.4.025>

[7] H. I. Jang, S. W. Jo and B. J. Yong, "The Safety Evaluation Method of Advanced Emergency Braking System", *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol.21, no.5, pp.162-168, Sep. 2013, DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2013.21.5.162>

[8] S. H. Lee, *Decision and Planning for Lane Change Maneuver of an Autonomous Navigation Vehicle on the Highway*, Master's thesis, A-jou University Graduate School of Mechanical Engineering, 2010

[9] H. J. Heo, *Multi-lane detection in highway and urban driving environment*, Master's thesis, Seoul National University Graduate School of Electrical Computer Engineering, 2013

[10] International Organization for Standardization, Intelligent transport systems — Adaptive cruise control systems Performance requirements and test procedures <https://www.iso.org/standard/71515.html> (accessed Oct. 28. 2019)

[11] International Organization for Standardization, Heavy commercial vehicles and buses — Emergency braking on a defined path — Test method for trajectory measurement <https://www.iso.org/standard/64760.html> (accessed Oct. 28. 2019)

[12] P. H. Yoon, S. B. Lee, "A Study on Evaluation Method of the LKAS Test in Domestic Road Environment", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol.18, no.12, pp.628-637, 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.12.628>

[13] H. G. Woo, B. J. Yong, K. J. Kim and J. H. Lim, "Road Test Scenario and Performance Assessments of Lane Keeping Assistance System for Passenger Vehicles", *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol.24, no.2, pp.255-263, Mar. 2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2016.24.2.255>

[14] M. G. Jo, "The Study of camera calibration on Lane Keeping Assistant System", *Journal of Korean Society of Automotive Engineers Spring Conference*, vol.2010,

no.11, pp.2183-2185, May. 2010.

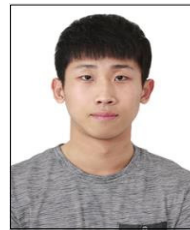
[15] Y. H. Hwang, H. K. Lee and S. G. Shin, "Lane Keeping Assist considering the Driver's Steering Condition", *Journal of Korean Society of Automotive Engineers Spring Conference*, vol.2013, no.5, pp.920-924, May. 2013.

[16] H. J. Lee, M. G. Jang, J. D. Moon and Y. H. Cho, "Development of LKAS HIL Simulator", *Journal of Korean Society of Automotive Engineers Automotive Conference*, Vol.2010. No.11, pp.1228-1233, Nov. 2010.

[17] P. H. Yoon, S. B. Lee, "A Study on Safety Evaluation Method of LKAS in Actual Road", *Journal of Auto-Vehicle Safety Association*, vol.10, no.4, pp.33-39, Dec. 2018, DOI: <http://dx.doi.org/10.22680/kasa2018.10.4.033>

배 건 환(Geon-Hwan Bae)

[준회원]



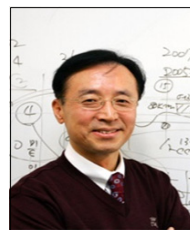
- 2019년 2월 : 계명대학교 기계자동차공학과 (학사)
- 2019년 3월 : 계명대학교 일반대학원 기계공학과 (석사과정)

<관심분야>

자동차 전자장치, 지능형 자동차

이 선 봉(Seon-Bong Lee)

[정회원]



- 1993년 1월 ~ 2005년 4월 : 대우정밀(주) 기술연구소 수석 연구원
- 2004년 2월 : 부산대학교 대학원 기계공학 (공학박사)
- 2005년 5월 ~ 2007년 2월 : 대구경북과학기술원 지능형자동차 연구 팀장
- 2009년 11월 ~ 2015년 2월 : 지능형자동차부품진원 원장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 기계자동차공학과 교수

<관심분야>

자동차 전자장치, 자동차 일반