

자율주행 성능평가를 위한 HIL기반 시뮬레이션 환경구축 연구

이 명 수[°], 전 기 완^{*}, 이 인 규^{*}, 김 태 형^{*}, 김 봉 섭^{*}, 임 태 호^{*}

A Study on HIL-Based Simulation Environment Construction for Evaluation of Autonomous Driving Performance

Myungsu Lee[°], Giwan Jeon^{*}, Ingyu Lee^{*}, Taehyeong Kim^{*}, Bongsuob Kim^{*}, Taeho Lim^{*}

요 약

자율주행기술의 수용성을 확보하기 위해서는 기술의 신뢰성에 대한 평가기술이 필요하며 평가방법은 시스템의 안전성을 향상하도록 구성되어야 한다. 본 논문은 실차 평가가 갖는 물리(사람, 시간, 공간)적인 제약을 감소시키기 위한 HIL(Hardware-in-the-Loop)기반 시뮬레이션의 환경 구축 방법을 제안한다. 제안하는 HIL 기반 시뮬레이션 환경 구축 방법은 총 4단계로 구성되며, 1) 성능 평가 시나리오 설계, 2) HILS 기반 평가환경 구축, 3) 정밀지도 기반 평가환경 설계, 4) 시뮬레이션 기반 재현성 평가로 구성된다. 첫 번째로 평가 대상 지역의 주행환경 분석 및 시스템 운용설계범위에 따른 성능 평가 시나리오를 설계한다. 두 번째로 HIL 시뮬레이션 기반 평가 대상 지역에 대한 환경을 구축한다. 세 번째로 평가 대상 지역의 정밀지도를 기반으로 평가환경을 설계한다. 마지막으로 평가 대상 지역에 대한 시뮬레이터 구현 결과와 실차 실험 데이터의 비교로 재현성을 평가한다. 제안한 방법은 실차 평가환경과 유사한 환경을 시뮬레이션으로 구축하였으며, 실험 결과로 제안방법의 유효성을 검증하였다.

Key Words : Autonomous Driving, HIL Simulation, Evaluation scenario, Environment construction, ADAS

ABSTRACT

In this paper, we propose design method of environmental establishment based on HIL(Hardware-in-the-loop) Simulation to improve safety and quality of actual vehicle evaluation, and to solve problem of human, temporal, spatial, and physical limited conditions. HIL-based simulation environment construction consists of four stages. First, we propose an evaluation scenario design method for performance evaluation, such as analyzing the environment-based driving environment in the demonstration area and setting thresholds in the Operation Design Domain. Next, the method of building an evaluation environment using dSPACE's HIL simulator that supports vehicle, environment, and sensing models, and a method of designing a High Definition map-based ROAD will be explained. Based on the established evaluation environment, the reliability of the simulation-based autonomous driving performance evaluation environment was evaluated through comparative analysis of the actual vehicle-based simulation reproducibility.

※ 본 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019-0-00399, 비정형 주행 환경 대응이 가능한 자율차 탑재용 AI기반 인지, 판단 및 제어 솔루션 개발)

•° First Author and Corresponding Author : Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute, trust@kiapi.or.kr, 정희원

* Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute, gwjeon@kiapi.or.kr; iglee@kiapi.or.kr, 정희원; thkim@kiapi.or.kr, 정희원; bskim@kiapi.or.kr, 종신회원; thlim@kiapi.or.kr, 정희원

논문번호 : 202008-188-C-RE, Received August 7, 2020; Revised September 18, 2020; Accepted October 19, 2020

I. 서론

최근 교통사고로 인한 인적·물적 자원의 손실이 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 자동차 및 IT 분야의 기업, 연구기관 등이 기술개발에 나서고 있다. 이미 자율주행 레벨 2 단계에 해당하는 첨단운전자 보조 기능(ADAS, Advanced Driver Assistance Systems)을 탑재한 차량이 도로 위를 주행하며 교통사고 감소에 기여하고 있으며, 더 나아가 자율주행 기술의 실현을 통한 미래 교통체계 구축에 다가가고 있다.

2018년 세계보건기구(WHO, World Health Organization)에서 발표한 ‘Global Status Report on Road Safety 2018’^[1]에 따르면, 차량 보급 확대로 인한 교통사상자가 연간 135만 명에 이르고 있다. 2015년과 비교하여, 연간 약 10만 명씩 사망자가 증가하고 있다. 졸음운전, 전방주시 태만 등과 같은 인적 요인으로 인한 교통사고를 최소화하고자, 첨단 운전자 보조 장치를 권고하고 있으며, NCAP(New Car Assessment Program)을 통하여 차량 안전성을 효과적으로 높일 수 있다고 발표하였다. 더 나아가, 국내의 교통사고분석시스템(TAAS, Traffic Accident Analysis System)에 따르면, 국내 전체 인구는 2019년 기준으로 51,709,098명으로 전년 대비 0.2% 증가하였으며, 차량 등록은 27,500,403대로 1.9% 증가하였다. 반면 교통사고 사상자는 전년 3,781명에서 3,349명으로 약 11% 감소하였으며^[2] 차량 내 첨단 운전자 보조 장치의 장착 확대 영향이 포함된 결과로 분석된다.

첨단운전자 보조 기능을 장착한 차량의 보급이 확대되고, 자율주행 기술이 고도화됨에 따라 어린이와 고령자 및 장애인과 같은 교통약자를 위한 교통사고 예방 방안 및 MaaS(Mobility as a Service)에 대한 관심이 높아지고 있다.^[3] 첨단 운전자 보조 기능과 자율주행 기능의 평가에 있어, 물리적 평가가 갖는 제약을 극복하기 위한 가상현실 기반 차량 안전성 평가방법 연구가 활발히 진행되고 있다.^[4]

현재 자동차 업계는 차량 내 전방 충돌 경고(FCW, Forward Collision Warning), 자동 긴급 제동(AEB, Autonomous Emergency Braking), 사각지대 감지(BSD, Blind Spot Detection), 차선변경 보조시스템(LCA, Lane Change Assist) 등 첨단 운전자 보조 기능을 적용한 차종을 확장하고 있으며, 이를 기반으로 V2X(Vehicle to Everything communication), 고장 안전, HMI(Human Machine Interface) 기술과 같이

차량과 보행자의 안전성 확보를 위한 연구를 진행하고 있다.^[5-7]

해외의 연구 사례 중 Adaptive(Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles) 프로젝트는 자율주행을 위한 사용자와 관련된 기술 및 안전도 평가 항목 개발과 V2X 기반 협력주행에 대한 평가개발을 목적으로 한다.^[8] Maven(Managing Automated Vehicle Enhances Network) 프로젝트는 자율주행 차량과 협력 주행 시스템의 개발 및 향상, C-ITS 표준과 V2X 상호작용을 위한 메시지 셋 개발 등을 목적으로 한다.^[9] Enable-S3(European Initiative to Enable Validation for Highly Automated Safe and Secure Systems) 프로젝트는 자율주행 평가에 대한 유효성 검증 방법 및 실제와 가상 환경에 최적화된 평가 솔루션개발을 목적으로 한다.^[10] 그리고 Pegasus(Project for the Establishment of Generally Accepted Quality Criteria, Tools and Methods as Well as Scenarios and Situations for the Release of HAD Functions) 프로젝트는 평가 시나리오 정의, 주행환경과 시스템의 동작범위, 기능 계층별 인터페이스, 안전 요건 및 평가 기준 등 자율주행 평가방법 및 시나리오 개발을 목적으로 한다.^[11]

국제자동차기술자협회(SAE, Society of Automotive Engineers)에서는 자율주행 레벨을 0단계에서 5단계까지 정의하고 있으며, 미국 교통부(DOT, Department of Transportation)와 미국 도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)에서는 자율주행 시스템 개발 검증을 위한 ADS 2.0(Autonomous Drive System : A Vision for Safety 2.0)을 2017년 9월에 발표하였다.^[12] ADS 2.0은 시스템 안전성, Fall back 등 자율주행 안전성 설계요소에 대한 12가지 가이드라인을 제시한다. 이러한 국내의 자율주행 관련 기준과 법, 제도 및 연구 기술에 대한 평가는 실제 환경에서 이루어진다. 본 논문은 자율주행기술의 신뢰성 확보를 위한 실차 평가의 물리적(사람, 시간, 공간) 문제를 해결하기 위한 HILS 환경구축 설계 방법을 제안한다.

II. 본론

본 논문의 본문에서는 자율주행 성능평가를 위해 총 4단계로 설계 방법을 구성하여 설명한다. 첫 번째로 성능평가를 위한 평가 시나리오 설계 방법을 제안한다. 다음으로 HILS기반 평가환경 구축과 정밀지도

기반 평가환경 설계 방법에 대해 제안한다. 구축된 환경을 기반으로 실차 기반 시뮬레이션 재현성 결과를 비교 분석하여 자율주행 시스템의 성능평가와 환경에서 구현된 시나리오를 평가한다.

2.1 성능평가 시나리오 설계 방법

자율주행 성능평가를 위한 시나리오 설계 방법은 표 1과 같이 실증지역을 기준으로 3단계로 구성되어 있다. 본 논문에서는 SAE에서 정의한 자율주행 레벨 3에 적합하도록 설계하였다.

실증지역 환경기반 주행환경 분석은 그림 1과 같이 NHTSA ADS 2.0 안전성 설계요소 중 운영설계영역(ODD, Operation Design Domain)과 PEGASUS 프로젝트 6-Layer 모델 구현 방식을 접목하여 국내 환경기반으로 설계하였다. 그림 1은 NHTSA ADS 2.0에서 제안한 ODD로 크게 6개의 기준으로 구분된다. 첫 번째 기준인 물리적 인프라는 도로의 유형과 표면 그리고 도로의 가장자리와 구조를 포함하고 있다. 다음으로 운영적 제약 기준은 차량의 속도와 교통량을 의미하고 있다. 다음으로 물체 기준은 도로 위 교통신호 표지와 도로 이용자 등을 포함하고 있다. 다음으로 환경조건 기준은 날씨 관련 정보를 포함하고 있다. 다음으로 연결성 기준은 차량 간 통신과 교통정보, 정밀지도 관련 내용이 포함되어 있다. 마지막으로 구역 기준에서는 교통 관리에 관련한 범규와 구역 정보에 대한 부분을 포함하고 있다. 하지만 ODD 분류에 따른 요소들은 교통상황과 시간에 따라 변화할 수 있으며 자율주행시스템의 기능을 정의하기 위한 최소한의 정보를 제공해야 한다.

미국을 포함한 세계 각국에서 자율주행 시스템을 운영하기 위해서는 정의된 ODD 영역 내에서 안전성이 보장되도록 설계하는 것을 권고하고 있다. 또한, ODD 내에서 장애물에 대해 객체 및 사고상황 인지 및 대응(OEDR, Object Event Detection and Response)이 이루어지도록 제안하고 있다.

유럽에서 진행된 PEGASUS 프로젝트는 ODD와 OEDR을 보완하기 위해 그림 2와 같이 6-Layer 모델 기반 자율주행 평가 시나리오(기능적, 논리적, 구체적)

Table 1. Design method of Scenario based on Testbed

단계	단계별 정의
1단계	실증지역 환경기반 주행환경 분석
2단계	실증지역 환경기반 운영설계범위 임계치 설정
3단계	성능평가 시나리오 설계

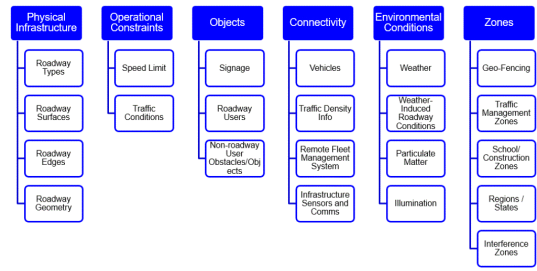


Fig. 1. NHTSA ODD Classification Framework

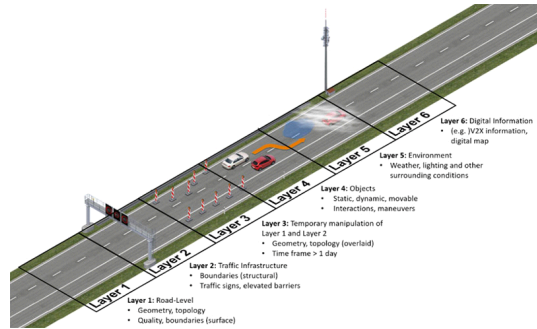


Fig. 2. PEGASUS Project 6-Layer Model

설계를 위해 6-Layer를 제안하였다.

NHTSA ADS2.0의 운영설계영역과 유럽 PEGASUS 프로젝트 6-Layer 모델기반 자율주행 평가 시나리오를 통합하기 위해서는 실증 운행 지역에 자율주행 시스템이 운행 가능한지를 확인하기 위해 세부분석이 필요하다. 그림 3에서는 실증지역에 대해 계층별 운행설계영역과 각 요소에 대해 범주를 제시하였다.

이를 바탕으로 실증지역 환경기반 성능 평가 시나리오 설계는 그림 4와 같이 구성하였으며 시나리오 내 대표 이미지와 설명, 평가 영역과 ODD를 포함한다. 그림 5와 같이 자율주행 주행환경 상황에 따른 차량 제어의 우선순위를 위해 그라운드 룰 개념을 추가

계층	범주	비고	계층	범주	비고
Layer 1 : 도로 기하학	도로 구조 (방향)	시나리오 환경 구성 요소	도로 구조 (방향)	도로 구조	도로 구조
	도로 형상 (형태)			도로 구조	
	도로 노면 (상태)			도로 구조	
	교통신호			도로 구조	
Layer 2 : 사회 기법사실	구조물	시나리오 환경 구성 요소	도로 노면 (상태)	도로 구조	도로 구조
	교통신호			도로 구조	
Layer 3 : 임시 제한구역	탈반	시나리오 환경 구성 요소	도로 노면 (상태)	도로 구조	도로 구조
	탈반			도로 구조	
Layer 4 : 객체 (형식, 움직임, 동향)	계통	시나리오 환경 구성 요소	도로 노면 (상태)	도로 구조	도로 구조
	날씨			도로 구조	
Layer 5 : 환경	관행	시나리오 환경 구성 요소	도로 노면 (상태)	도로 구조	도로 구조
	노면			도로 구조	
Layer 6 : 운영성	V2X	시나리오 환경 구성 요소	도로 노면 (상태)	도로 구조	도로 구조
	관행			도로 구조	
	가라			도로 구조	도로 구조

Fig. 3. Testbed environment based ODD design example

시나리오 분류	시나리오 A			
시나리오 이미지				
시나리오 설명	※구성: 이면 도로, 도로 폭 44m, 직진 200m 구간 ※A-1: Ego 차량은 정속 주행(ACC/LKAS) 중 Target 차량 인지-먼단 후 추종 주행(ACC/LKAS) 가능 수행 ※A-2: Ego 차량은 Target 차량 간 추종 주행(ACC/LKAS) 중 도로제한속도 범위 초과(30km/h) 상황에 따라 정속 주행(ACC/LKAS) 가능 수행 (자율주행 기능, 그라운드 룰에 대한 상세 정보는 기능지표에 따름)			
영역	구분	구분	구분	기타
평가	Ego 차량	기능	※A-1: ACC, LKAS ※A-2: ACC, LKAS	
		지표	평가기준에 따름	
차량	Ego 차량	속도	기능기준에 따른 기준에 따름	
		위치	Middle of lane	
Target 차량		속도	기능기준에 따른 기준에 따름	
		위치	Middle of lane	
ODD	Layer 1	도로 구간/속행	일반(이면 도로)	
		도로 형태(방향)	단방향(양-4m)	경사와(원속, 곡률(0))
		도로 표면(상태)	아스팔트 포장 표면, 차선 없음	
	Layer 2	교통 표지(신호)	default, 제한 속도 30km/h	
	Layer 3	사회기반시설	기타	
	Layer 3	일단	-	
	Layer 3	일시제한구역	동할	
	Layer 4	능력	※A-1: Ego 차량 1대, Target 차량 1대	
		경계	-	
		동할	※A-2: Ego 차량 1대	
	Layer 5	계절	default	
		날씨	default	
장면		default		
노면		default		
Layer 6	환경	기타		
	연결성	Y2V - V2I - V2V -		
OEDR	인기	-	차량 플랫폼 기준	
	판단	-	(재직 인력 지원 및 판단 기준 등)	
기타	평가기준/기능기준은 차량 플랫폼 설계 기준에 따라 다르므로 참조			

Fig. 4. Performance evaluation Scenario example

대분류	중분류	소분류			임계치 설정				Weight (%)
		우선 순위	객체	세부	Danger Zone	Warning Zone	Cauton Zone	Weight	
L4 : 객체	L4-1:	1	보행자	노인	$T \le 10$	$10 < T \le 20$	$20 < T \le 30$	0	
				어린이	$T \le 10$	$10 < T \le 20$	$20 < T \le 30$		
				성인	$T \le 10$	$10 < T \le 20$	$20 < T \le 30$		
		2	차량	승용	$T \le 1.4$	$1.4 < T \le 2$	$2 < T \le 3$		-10
				상용	$T \le 1.4$	$1.4 < T \le 2$	$2 < T \le 3$		
				자전거	$T \le 1.4$	$1.4 < T \le 2$	$2 < T \le 3$		
	3	동물	개	$T \le 5$	$5 < T \le 10$	$10 < T \le 15$	-20		
			고양이	$T \le 5$	$5 < T \le 10$	$10 < T \le 15$			
			코야니	$T \le 5$	$5 < T \le 10$	$10 < T \le 15$			

Fig. 5. ODD based Ground rule setting method

하였다. 그라운드 룰 범위는 자율차량 플랫폼에 따라 유연성을 가진다.

2.2 HILS 기반 평가환경 구축

HILS 기반 자율주행 성능 평가 환경 구축은 그림 6과 같이 ASM(Automotive Simulation Model) 기반 차량-환경-센싱 모델이 지원되는 dSPACE사의 HIL 시뮬레이터를 사용하였다. 주요 기능으로는 차량 ECU에 대한 가장 검증과 ISO26262 Part 4와 6에서 요구하는 SW 안전 요구사항에 대한 검증 기능과 Euro NCAP 평가 시나리오를 제공하고 있다. 또한, 시험 자동화 및 ECU Failure 시뮬레이션과 차량 동역학 모델링 검증에 특화되어 있다.



Fig. 6. HIL based Simulation Environment construction

2.3 정밀지도 기반 평가환경 설계

설계된 시나리오를 바탕으로 HILS 기반 성능평가를 진행하기 위해서는 차량 동역학 모델링, 센싱 모델링, 자율주행 알고리즘 설계 등 차량 기능적 모델링 요소와 도로, 인프라, 날씨 환경 등 환경적 모델링이 필요하다. 시뮬레이션에서 대표적인 ROAD 설계 방식은 정밀지도 방식과 OSM(Open Street Map) 방식이 있다. OSM 방식은 정밀지도 방식보다 ROAD 구축 과정이 비용적인 측면으로 효율적이나 정밀도가 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 정밀지도 방식으로 지능형자동차부품진흥원 PG(Proving Ground) 내 교차로에 대해 MMS(Mobile Mapping System) 장비를 사용하여 정밀지도 구축하였으며 GPS Route Converter와 QGIS 지리정보체계 응용프로그램을 사용하여 그림 7과 같이 1차 가공하였으며 A 부분은 정밀지도 데이터를 Plot한 상태이며 B 부분은 GPS 좌

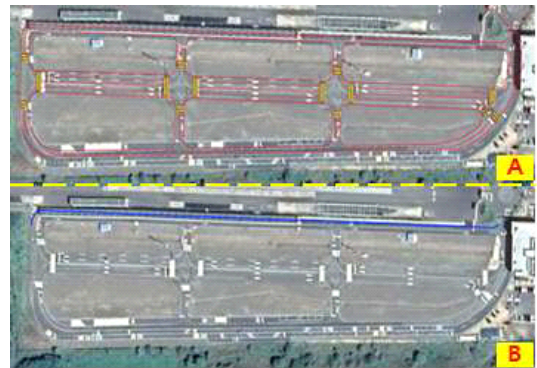


Fig. 7. HD-map first step processing example

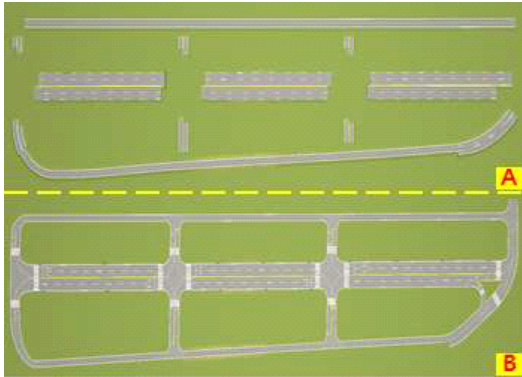


Fig. 8. HD-map second step processing example

표 Track 정보를 추출한 상태를 의미한다. 다음으로 그림 8과 같이 ASM 내 Model Desk Tool을 사용하여 ROAD 환경을 구성하고 교차로 부분을 추가 보완할 수 있다. 최종적으로 그림 8과 같이 ROAD 설계를 완료하였다.

2.4 실차 기반 시뮬레이션 재현성 평가

설계된 ROAD를 기반으로 실차 대비 시뮬레이션 재현성 평가를 통해 HILS 기반 자율주행 성능평가 환경구축의 신뢰성을 확인하였다. 신뢰성 평가 검증을 위해 AEB-CCRs(Car to Car Rear Stationary) 시나리오를 기준으로 TTC 값에 대한 오차율 분석 평가를 진행하였으며 ASM을 기반 차량과 AEB 로직을 설계하였다. 본 재현성 평가의 실험환경은 그림 9와 10과 같이 구축하였다.

평가환경은 지능형자동차부품진흥원 PG 내 교차로에서 진행하였으며 평가구간은 TTC 5s를 전체구간이며 평가지표는 TTC 5s 미만의 전체구간과 구간 내 AEB 동작 시점에 대한 구간으로 정하였다. 실차와 시

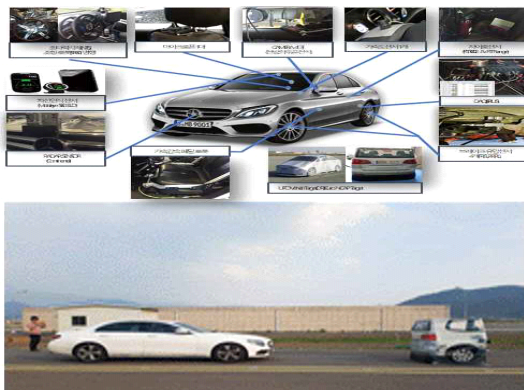


Fig. 9. Real vehicle based environment build



Fig. 10. Virtual vehicle based environment build

뮬레이션에서의 각 평가 단계는 Ego차량 속도 30kph에서 80kph까지 10kph 단위로 총 6단계로 구분하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 그림 11, 12 및 표 2, 3과 같다. 실차 대비 시뮬레이션 재현성 평가에 대해 전체구간에 대한 차량 TTC 평균 오차는 3.80%이며 전체 구간 내 AEB 동작 시점에 대한 구간은 4.79%의 평균 오차율을 보였다. 전체적으로 실차 대비 시뮬레이션 성능평가는 10% 이내의 오차율 재현성 결과를 얻었다.

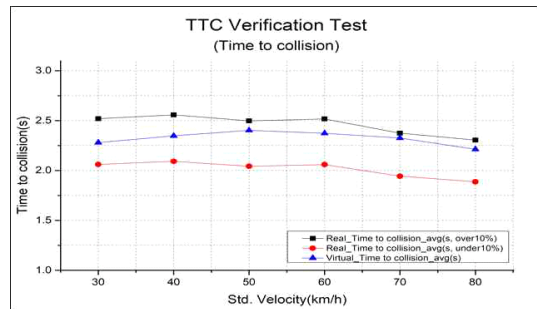


Fig. 11. TTC 5s Test Result

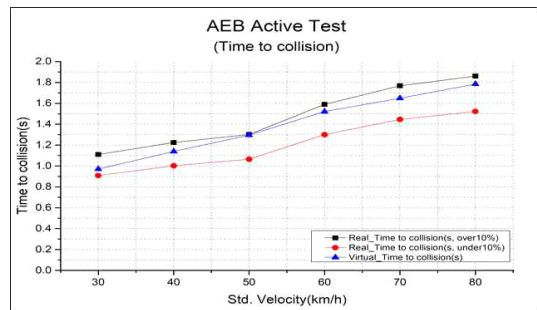


Fig. 12. AEB operation Test Result

Table 2. TTC 5s Test error rate Result

차속 (km/h)	전체구간		
	실차 TTC(s)	시뮬레이션 TTC(s)	오차율 (%)
30	2.29	2.28	0.44
40	2.32	2.35	1.28
50	2.27	2.40	5.42
60	2.29	2.37	3.38
70	2.16	2.33	7.30
80	2.10	2.21	4.98
Error(%)	2.24	2.32	3.80

Table 3. AEB operation Test error rate Result

차속 (km/h)	AEB 동작구간		
	실차 TTC(s)	시뮬레이션 TTC(s)	오차율 (%)
30	1.01	0.97	4.12
40	1.11	1.14	2.63
50	1.18	1.30	9.23
60	1.44	1.52	5.26
70	1.61	1.65	2.42
80	1.69	1.78	5.06
Error(%)	1.34	1.39	4.79

III. 결 론

본 논문에서는 자율주행 성능평가를 위한 HIL 기반 시뮬레이션 환경구축 연구를 진행하였다. 자율주행 성능평가 시나리오 설계 방법과 HILS 기반 성능평가를 위한 ROAD 설계를 바탕으로 실차 기반 시뮬레이션 재현성 평가를 진행하였으며 10% 이내 오차율 재현성 결과를 얻었다.

향후 OEDR과 Fallback 평가 시나리오 연구를 진행할 예정이며 V2X기반 WAVE 실증 환경을 시뮬레이션 환경과 유사하게 구축하여 실증 데이터와 시뮬레이션 데이터 유사성 검증 방안 연구 및 SAE J2735에서 정의한 통신 표준 메시지 셋을 통하여 WAVE 통합 통신 신뢰성 검증과 V2X 경로예측 알고리즘 및 고장주입 시뮬레이션 등 자율주행 관련 연구방법을 진행할 예정이다.

References

[1] World Health Organization, 'Global Status

Report on Road Safety 2018,' 2018, from <https://www.who.int/publications/i/item/global-status-report-on-road-safety-2018>.

[2] Road Traffic Authority, *Traffic Accident Analysis System*, 2019, from <http://taas.koroad.or.kr>.

[3] E. Yang, S. Kang, S. Kwon, D. Kim, J. Kim, Y. Lee, H.-J. Hwang, and Y. Chang, "Analysis of autonomous driving vehicle and korea's competitiveness strategy," *J. Convergence on Culture Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 49-54, May 2017.

[4] B. S. Kim, J. S. Park, T. H. Lim, and K. S. Yun, "A study on the safety verification method of automated vehicle system," *J. KICS*, vol. 44, no. 2, pp. 444-450, Feb. 2019.

[5] K. Mahadevan, S. Somanath, and E. Sharlin, "Communicating awareness and intent in autonomous vehicle-pedestrian interaction" in *Proc. 2018 CHI Conf. Human Factors in Comput. Syst.*, pp. 1-12, 2018.

[6] B. Y. You, "Technical trends and future insights of autonomous vehicle," *J. KCA*, vol. 15, no. 2, pp. 14-20, 2017.

[7] I. Kim and T. Hwang, "Development of lane prediction algorithm to improve LKAS performance," *KSAE 2015 Annu. Spring Conf.*, 585-585, May 2015.

[8] Aria Etemad, *Adaptive Final Report 2017*, Aug. 04, 2020, from <http://www.adaptive-ip.eu>

[9] R. Blokpoel, *Introduction to the MAVEN project 2019*, Aug. 04, 2020, from <http://www.maven-its.eu/>

[10] ENABLE S3, *TESTing&VALIDATION OF HIGHLY AUTOMATED SYSTEM 2019*, Aug. 04, 2020, from <https://www.enable-s3.eu>

[11] Karsten Lemmer, *PEGASUS PROJECT Summary 2019*, Aug. 04, 2020, from <https://www.pegasusprojekt.de/en/pegasus-symposium-2019>

[12] SAE, *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-road Motor Vehicles*, Standard No. J3016, 2018.

이 명 수 (Myungsu Lee)



2014년 2월 : 수원대학교 정보통신공학과 졸업
2016년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사
2019년 2월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 주임연구원

<관심분야> 통신공학, 자율주행, 차량통신, HILS
[ORCID:0000-0003-0157-5044]

김 태 형 (Taehyeong Kim)



2015년 2월 : 충북대학교 전자공학부 졸업
2017년 2월 : 충북대학교 대학원 제어로봇공학전공 석사
2019년 3월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 주임연구원

<관심분야> 자율주행, 센서융합, 객체인지, V2X
[ORCID:0000-0003-2249-1229]

전 기 완 (Giwan Jeon)



2016년 2월 : 계명대학교 기계·자동차공학과 졸업
2016년 12월~2018년 9월 : 한국자동차연구원 연구원
2019년 3월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 연구원
<관심분야> 자동차공학, 자율주행, HILS, V2X

[ORCID:0000-0002-0433-0846]

김 봉 섭 (Bongseob Kim)



2012년 2월 : 인제대학교 전자공학과 졸업
2014년 8월 : 경북대학교 전자공학과 석사
2017년 3월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 팀장

<관심분야> 자율주행, 차량통신, 센서퓨전, 제어공학, HILS
[ORCID:0000-0002-2265-0237]

이 인 규 (Ingyu Lee)



2015년 2월 : 계명대학교 기계·자동차공학과 졸업
2017년 8월 : 계명대학교 기계공학과 석사
2018년 3월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 주임연구원

<관심분야> 자동차공학, 자율주행, 시험평가, V2X
[ORCID:0000-0001-9123-5419]

임 태 호 (Taeho Lim)



2001년 2월 : 영남대학교 기계공학과 졸업
2003년 2월 : 영남대학교 기계공학과 석사
2008년 3월~현재 : 지능형자동차부품진흥원 실장

<관심분야> 기계공학, 자동차공학, 자율주행
[ORCID:0000-0003-4069-6236]