

중국 자율주행차 테스트베드 관련 표준 분석을 통한 K-City 고도화 방안 수립에 관한 연구

이상현* · 고한검** · 이현우*** · 조성우**** · 윤일수*****

Study on the Development of K-City Roadmap through the Standard Analysis of the Test-Bed for Automated Vehicles in China

Sanghyun Lee*, Hangeom Ko**, Hyunewoo Lee***, Seongwoo Cho****, Ilsoo Yun*****

Key Words: Automated Vehicle(자율주행차), K-City(자율주행 실험도시), National standard(국가표준)

ABSTRACT

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MoLIT) and the Korean Automobile Testing and Research Institute (KATRI) are supporting the development of Lv.3 automated vehicle (hereinafter, AV) technology by constructing an automated driving pilot city (as known as K-City) equipped with total 5 evaluation environments (urban, motorway, suburban, community road, and autonomous parking facility) which is a test bed exclusively for AV (2017~2018). An upgrade project is in a progress to materialize harsh environments such as bad weather (rain, fog, etc.) and reproduction of communication jamming (GPS blocking, etc.) with the purpose of supporting the development of Lv.4 connected & automated vehicle (hereinafter, CAV) technology (2019~2022). We intend to proactively establish a national level standard for CAV test-bed and test road requirements, test method, etc. for establishment of a road map for the construction of the test bed which is being promoted step by step and analyze and, when required, benchmark the case of China that has announced and is utilizing it. Through this, we plan to define standardized requirements (evaluation facility, evaluation system, etc.) on the test bed for the development of Lv.4/4+ CAV technology and utilize the same for the design and construction of a test bed, establishment of a road map for the construction of a real car-based test environment related to the support for autonomous driving service substantiation, etc. through provision of an evaluation environment utilizing K-City, and the establishment of a K-City upgrade strategies, etc.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 필요성

정부는 '27년 완전자율주행차 상용화 목표 달성을 위하여 '24년까지 관련 제도 및 인프라를 완비하고, '22년 세계 최고수준 Lv.3 자율주행차 출시를 목표로 하고 있다. 이에 국토교통부와 한국교통안전공단 자동차안전연구원은 '18년에 도심부, 자동차 전용도로, 교외도로, 커뮤니티부,

* 자동차안전연구원 자율주행실 K-City운영처, 연구원

** 자동차안전연구원 자율주행실 자율주행혁신처, 차장

*** 자동차안전연구원 자동차안전하자심의위원회 사무국, 국장

**** 자동차안전연구원 평가연구실, 실장

***** 아주대학교 교통시스템공학과, 교수

E-mail: lshun3786@kotsa.or.kr

자율주차시설까지 총 5개의 평가환경을 갖춘 자율주행차 전용 테스트베드인 자율주행 실험도시(이하, K-City)를 구축하여 운영중에 있다. 또한 Lv.4 이상의 자율주행차의 안전기준 등 제도가 정비되기 전까지 최소한의 안전요건을 확보하여 기술개발이 가능하도록 K-City를 고도화하고 있다. 자율주행 기술이 빠른 속도로 발전하면서 안전한 환경조건인 폐쇄형 테스트베드에서 주행 및 안전성을 검증할 필요가 있다. 안전성이 검증되지 않은 자율주행차가 일반 자동차와 함께 실도로에서 주행하는 것은 상당한 위험요소로 작용할 수 있다. 따라서 실도로와 유사한 환경에서 시험할 수 있는 테스트베드는 필수적이다. 이러한 필요성을 대변하듯 해외의 테스트베드는 날이 구축 및 운영되고 있다. 미국의 M-City, ACM, 일본의 J-town, 중국의 A NICE CITY, 스웨덴의 AstaZero, 영국 MIRA의 Assured CAV 등 각국의 대표적인 테스트베드가 구축, 운영되고 있으며 이 외에도 지속적으로 자율주행 테스트베드가 구축 중에 있다. 특히 ‘20년 12월 초 세계 자율주행차 기술부분 1위라고 평가받는 구글 웨이모(Waymo)가 TRC(오하이오 주 콜럼버스) 내에 위치한 “SMART Center”에 추가시설 구축을 추진 중에 있다는 점은 유의깊게 살펴 볼 필요가 있다(CBS Pittsburgh, 2020). 위와 같이 자율주행 연구를 위한 테스트베드의 필요성과 중요성이 커지고 있는 상황이지만 국제적으로 테스트베드 시설(시스템 포함)에 대한 규정이나 표준에 관한 논의가 초기단계인 상황이다.

최근 중국에서는 선제적으로 자국 내 자율주행 관련 정책 및 표준을 발표하고 있다. 자율주행 능력을 자체적으로 분류하여 실도로 테스트의 근거로 활용하고 테스트베드에 대한 규모, 다양성을 구분하여 표준을 정의 및 공표하였다. 관련 표준 자료를 분석하여 K-City의 현황을 점검하고 시설 등급화 및 추후 필요한 테스트베드 요구조건(시설물, 규모 등)을 파악하여 K-City 발전을 위한 전략 수립 등에 활용할 예정이다.

1.2. 연구의 목적

이 연구는 자율주행차 테스트베드의 구축 및 운영 관련 중국의 표준문서 분석 및 K-City와의 비교를 통해 K-City의 현황과 보완점을 파악하고 Lv.4 자율주행차 테스트베드 환경 구축을 통한 기술개발 지원을 위한 추가 시설물 및 시스템 구축, 테스트 방법론 정립 등 앞으로의 발전 방향을 설정하고 전략을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.3. 연구의 범위 및 수행 절차

이 연구의 공간적 범위는 경기도 화성시 자동차안전연구원 주행시험장 내 위치한 K-City 테스트베드이며, 시간적 범위는 ‘21년까지 구축이 진행된 2단계 고도화 평가시설(기상환경재현시설, 통신운영시스템, 로봇시스템 등)과 ‘21년부터 연구가 진행중인 자율주행기술개발혁신사업 R&D가 종료되는 ‘27년까지이다. 중국의 자율주행 관련 표준 중 테스트베드와 관련된 표준을 조사하였고 테스트 도로 요구사항(도로규모, 시설물 등)을 집중적으로 분석하여 K-City에 대한 현황을 파악하고 발전전략을 도출하였다.

Table 1 China's Standards for AV

Type	Standard No.	Standard Name
GB/T	GB/T XXX (undefined)	Intelligent and Connected vehicles - Field Testing methods and requirements for automated driving functions
T/CSAE	T/CSAE 125-2020	Intelligent and Connected vehicles test field design technical specification
T/CMAA	T/CMAA 116-01-2020	Contents and methods of field test capability assessment for automated vehicle
	T/CMAA 116-02-2018	Technical requirements of closed test site for automated vehicle
	T/CMAA 119-2019	Road requirements for automatic driving vehicle testing

2. 중국 자율주행 관련 표준

2.1. 지능형 커넥티드카 자율주행 기능 현장 테스트 방법 및 요구사항(GB/T XXX)

GB 표준은 중국의 국가표준이며, 이 중 강제성을 가진 GB와 추천성 표준인 GB/T로 구분된다. 본 논문에서는 이 중 지능형 커넥티드카 자율주행 기능 현장 테스트 방법 및 요구사항에 관한 추천성 표준(GB/T)을 분석한다. 현재의 견수령 중인 안건으로 배정 번호는 미확정이다. 위 표준은 중화인민공화국 산업정보부(MIIT)가 제시하고, 전국자동차표준화기술위원회(SACTC114)가 관리한다. 위 표준은

용어와 정의를 시작으로 일반 요구사항, 테스트 시나리오 등을 규정하고 있다. 일반 요구사항은 테스트시험장, 환경, 테스트 통과 조건 등을 규정하고 있다. 구체적인 요구사항은 규정하지 않고 아스팔트/콘크리트 포장 여부, 전자파 환경, 날씨 등과 같은 포괄적인 규정을 담고 있다. 테스트 시나리오 요구사항은 시나리오 상황, 테스트 방법, 합격요건 약 33개의 시나리오를 명시하고 있다. 시나리오는 속도제한 표지판(표지판간 거리 100m 이상), 차선(곡선도로의 길이 100m 이상), 정지 및 양보 표지(최소 2차선 T자형 교차로), 차량 신호등(1차선) 등이 있다.

2.2. 지능형 커넥티드카 테스트장 설계기술요구 (T/CSAE 125-2020)

T/CSAE는 중국 자동차공정학회의 표준이다. T/CSAE 125-2020은 중국 지능형 커넥티드카 산업혁신연맹에서 제시하고 중국자동차공정학회에서 공표하였다.

이 표준은 Table 2와 같이 용어와 정의, 테스트 도로 요

Table 2 Test Road Environment

Road Description	Content of Regulation	Content Details
Straight road	No. of lanes, effective length	<ul style="list-style-type: none"> Design speed 60km/h: 500m (one-way 1, 3 lane(s)) Design speed 100km/h: 500m (one-way 1, 3 lane(s))
Access road	No. of lanes, Design speed: 40km/h	<ul style="list-style-type: none"> (Entrance) Effective length: 200m, Radius of curvature: 60m (Exit) Effective length: 120m, Radius of curvature: 60m
Round-about	Minimum radius, No. of lanes	<ul style="list-style-type: none"> Design speed 30km/h: Radius 35m, Number of lanes: 2 Design speed 40km/h: Radius 65m, Number of Lanes: 2
Ramp	Ramp, length, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Design speed 20km/h: Ramp 9%, length 60m Design speed 60km/h: Ramp 6%, length 150m
Tunnel	Length and outside blocking	<ul style="list-style-type: none"> Tunnel length: At least 100m Blocking of communication signals, sunlight, position information (GPS)
Weather and lighting	Weather, lighting environment	<ul style="list-style-type: none"> Rain and mist control system (length at least 100m) Lighting simulation (length at least 500m)
Other	Tollgate, bus stop, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Regulation for gas stations, charging stations, bus stops, tollgates, etc.

구사항, 도로 네트워크 환경 요구사항, 부대시설 요구사항 등을 규정하였다. 기본 도로 요구사항에는 회전교차로, 인터체인지 도로 등의 매개변수(차선 수, 차선너비, 유효길이 등)를 규정하였고 특수 도로 요구사항은 경사로, 터널, 날씨, 조명 환경 시뮬레이션 도로, 주유소, 버스정류장 등의 일반도로가 아닌 특수 환경의 매개변수에 대해 규정하였다.

2.3. 자율주행차 도로 테스트 능력 평가 내용 및 방법 표준 (T/CMAA 116-01-2020)

T/CMAA 표준은 중국 지능형교통산업연합에서 발표한 것으로 자율주행차의 능력평가에 적용하고 평가 결과를 도로시험 가능여부의 판단 근거로 활용하고 있다. T/CMAA

Table 3 Content of Evaluation and Evaluation Grade

Content of Evaluation		Evaluation Grade				
Large Item	Specialized Items and Numbers	1st Grade (T1)	2nd Grade (T2)	3rd Grade (T3)	4th Grade (T4)	5th Grade (T5)
Traffic Law and Regulation Perceiving and Observing Ability	Traffic signs	RZ01	✓	✓	✓	✓
	Traffic mark line	RZ02	✓	✓	✓	✓
	Traffic light	RZ03	✓	✓	✓	✓
	Traffic control hand signal	RZ04				✓
Control Ability	Curved driving	ZX01		✓	✓	✓
	Refractive course driving	ZX02		✓	✓	✓
	Driving on a road with double speed bump	ZX03			✓	✓
	Stopping and starting on a slope	ZX04				✓
	Driving on a road with a limited width	ZX05				
	Driving on a road with a limited height	ZX06				
	U-turn on a narrow road	ZX07				
(omitted)	

116-01-2020은 '20년 3월 발표된 초록인 T/CMAX 116-01-2018을 같은 해 11월 수정, 보완하여 발표되었다. 기상환경, 고속환경 등 특수환경에서의 시험 및 평가 방법 등이 추가되었다.

Table 4 Types of Roads to which Different Tests are applied depending on the Grade

Evaluation Grade	Road Requirements
T1	1) Straight roads, roads with at least 2 lanes in one direction
	2) Cross roads, crosswalks, etc. controlled by traffic signals
T2	1) Roads conforming to the T1 grade ability evaluation are included.
	2) Right-angled curves and curved roads
	3) Roads with at least 4 lanes in both directions
	4) Bus stops and bus stations are included.
T3	1) Roads conforming to the T2 grade ability evaluation are included.
	2) Non-powered vehicle mixed roads, main roads/auxiliary roads, roads with speed bumps, slopes, tree-lined streets are included.
	3) Roads for non-powered vehicles and exclusive pedestrian roads are included.
	4) Turning access roads, sharp curves, and continuously curved roads are included.
	5) At least 1/4 mock clover type interchanges are included.
T4	1) Roads conforming to the T3 grade ability evaluation are included.
	2) Tunnels, morning/evening reversible lanes, reversible lanes, etc. are included.
	3) Reversible lane driving direction signs, morning/evening reversible lane caution signs, etc. are included.
	4) Standby section roads, crossroads, etc. are included.
T5	1) Roads conforming to the T4 grade ability evaluation are included.
	2) The facilities that simulate width limits, height limits, rainy weathers and misty weathers are included.
	3) The roads that are wet and slippery and with stagnant water, etc. are included.

위 표준은 난이도와 시험 시나리오의 복잡 정도에 따라 자율주행차 능력을 T1에서 T5로 구분하고 있다. 이 평가 등급은 SAE J3016의 등급 체계와 상관관계가 없으며 T1에서 T5로 올라갈수록 평가항목이 고도화된다. 각 등급의 평가내용은 1)교통법규 인지·준수능력, 2)제어능력, 3)응급처리·인간개입능력, 4)종합운전능력으로 구분하며 세부 내용 및 등급구분은 Table 3과 같이 정의하고 있다.

교통법규 인지·준수능력에는 표지, 노면표시, 신호등, 수신호 등에 대한 평가내용을 포함하고 있고 제어능력 항목에는 곡선 및 굴절코스, 과속방지턱, 비탈길 항목을 포함한다. 응급처리·인간개입능력에는 긴급상황처리, 운전자 조작 가능성, 긴급정지 항목을 포함하며, 종합운전능력에는 출발, 직진, 뒤따르기, 차선변경, 길목직진, 유턴 등의 항목을 포함하고 있다.

위 평가항목을 신뢰성 시험, 전문 항목 능력 평가순으로 시험한다. 신뢰성 시험은 특정 도로요구사항을 포함하는 폐쇄형 시험장 내에서 5,000km 이상의 주행거리 시험을 완료해야 한다. 등급에 따른 적용 시험 도로유형은 Table 4와 같다.

신뢰성 시험을 완료한 후에는 전문항목 능력평가를 진행한다. 본 평가는 각 등급에 따라 시나리오가 존재하며 시나리오의 개수는 Table 5와 같으며 요구하는 시나리오 별 3회 이상의 시험을 진행하여 판단규칙에 따라 합격여부를 결정한다.

Table 5 Number of applicable test scenarios according to evaluation grade

T1	54
T2(T1+T2)	74(54+20)
T3(T1+T2+T3)	98(54+20+24)
T4(T1...+T4)	111(54+20+24+13)
T5(T1...+T5)	135(54+20+24+13+24)

2.4. 자율주행차 비공개 테스트장 기술 요구 (T/CMAX 116-02-2018)

T/CMAX 116-02-2018은 비공개 테스트베드에서 요구되는 표준이다. 도로특징(길이, 주행설계속도 등), 차선 유형, 교차로, 교통표지 등에 대한 상세 요구사항을 정의하였다. 위 T/CMAX 116-01-2020에서 언급되는 신뢰성 시험을 위한 비공개 테스트베드에 대한 내용을 상세 기술하였으며 도로, 시뮬레이션 시설, 장비 등에 대한 요구사항이 작성되어 있다. 도로요구사항은 T/CMAX 116-

01-2020의 Table 6과 같으며 시뮬레이션 시설, 장비에 대한 요구사항은 Table 7과 같다.

Table 6 Road Requirements for Reliability Test

Equipment	Detailed Requirements
Powered Vehicles	Small buses, tricycles, auto-cycle equipment (at least 1 unit)
Non-powered Vehicles	Bicycle equipment (at least 1 unit)
Pedestrians and Animals	Adults, children, old persons and animals (at least 1 unit)
Construction Zones	Construction zone simulation is provided.

Table 7 Requirements for Simulation Facility and Equipment depending on the Grade

Facility Type	Evaluation Grade	Detailed Requirements
Simulation of a wet road surface	T5	Setting of a wet road surface Coefficient of friction: 0.3 or less, Length: At least 50m
Simulation of a rain facility	T5	Installation of rain simulation Length: At least 100m, Rainfall: 10~50mm/h
Simulation of a mist facility	T5	Installation of mist simulation Length: At least 100m, Visible distance: 50~1000m
Simulation of a lighting facility	T5	Installation of lighting facility Direct sunlight: 200~30,000lx
Simulation of a gas station	T5	Simulated gas station facility Facility: At least 1 facility, at least two lanes
Simulation of a charging station	T5	Simulated charging station facility Facility: At least 1 facility

2.5. 자율주행차 테스트 도로 요구사항 (T/CMAX 119-2019)

이 표준은 자율주행차 도로 테스트를 위한 도로 설치 요구사항을 규정한다. 테스트 도로의 등급, 선택 및 인증에 적용되며 T/CMAX 116-01-2020 중 자율주행차 평가등급, 테스트 도로구간도 등급을 나누어 Rn으로 표현한다. Rn은 Tn과 대응된다.

Table 8 Types of Roads to which Different Tests are applied depending on the Grade

Road Grade	Road Requirements
R1	1) Straight movement, at least 4 lanes in both directions
	2) Low density traffic flow, powered/non-powered vehicles are separated.
	3) Different types of rigid median strips, etc. are included.
	4) Crossroads (curved driving x), signal controllers, crosswalks
R2	1) R1 type roads are included.
	2) At least 4 lanes in both direction, and at least two lanes in one direction
	3) Right-angled curves, curved roads, etc. are included.
	4) Bus stops, bus stations, etc. are included.
R3	1) R2 type roads are included.
	2) Non-powered vehicle mixed roads, rugged (?? surface) roads
	3) Two-lane traffic circles, both-direction 5-lane crossroads
	4) Exclusive bus lane, exclusive pedestrian roads
	5) Tree-lined streets, slopes
R4	1) R3 type roads are included.
	2) Buildings or plants are blocking drivers' view.
	3) One-way mixed use roads are included.
	4) Road surface such as grating, steel plate, cement, sand, gravel, etc.
	5) Tunnels, morning/evening reversible roads, interchanges, continuously curved roads, etc.
R5	1) R4 type roads are included.
	2) Medium/high density traffic flow, unclear visibility (buildings, plants)
	3) Roads with no traffic sign and traffic mark lines are included.
	4) Roads with fog, rainfall, droppings, etc. are included.
	5) Night driving, driving on a snowy day

3. 시사점 및 발전방향 제시

정부는 자율주행차 상용화 정책에 따라 '27년까지 Lv.4 완전자율주행 상용화를 목표로 정책을 추진하고 있으며

그 일환으로 K-City 고도화 사업을 진행하고 있다. '18년 12월 K-City는 1단계 구축으로 5대 도로환경(도심부, 커뮤니티부, 자동차전용도로, 교외도로, 자율주차시설)을 구성하고 WAVE, LTE 등 종합 통신환경을 제공하고 있다. 그리고 Fig. 1에서 제시된 바와 같이 Lv.4 수준의 자율주행 기술개발을 지원하기 위해 2단계 테스트베드 고도화 사업이 '19년부터 '22년까지 진행중에 있다. 기상환경재현시설, 통신용역시스템, 로봇시스템 등이 '22년부터 기술개발을 진행하는 사용자에게 제공될 예정이다. 추가로 '22년부터 Lv.4 완전자율주행 기술개발을 지원하기 위한 3단계 고도화 사업을 단계적으로 진행할 예정이다.

또한, Lv.4/4+ 자율주행 기술개발을 지원하기 위한 테스트베드 환경 구축 및 차량기반 가상 교통상황 재현 기술 개발에 대한 R&D를 '21년~'27년까지 진행할 예정이다. 이를 통해 자율주행차 테스트 관련 기술동향 등을 조사·분석하고 실차기반 테스트 환경 구축 로드맵과 같은 추진 전략 수립을 통해 자율주행차 테스트베드의 발전방향을 정립하고 Lv.4/4+ 자율주행 테스트베드를 구축하기 위한 기초 연구를 수행중이다.

이를 위해 첫째, 자율주행차 테스트베드 및 테스트에 관한 국가/단체표준을 제정하여 일관된 평가시설 및 시스템의 구축방안을 제시하는 중국의 사례와 비교하면 국내 자율주행차 기술개발 지원을 위한 정책 및 테스트베드 구축의 방향성을 다음과 같이 도출할 수 있다. 1단계 K-City

구축 시 자율주행차 관련 산·학·연 관계자를 대상으로 한 중요도-성취도(Importance-Performance Analysis, IPA) 설문조사를 통해 Lv.3 자율주행차 평가환경에서 필요로 하는 평가시설 및 시스템을 선제적으로 구축하였다(고한검, 2017). 하지만, Lv.4/4+ 자율주행차 테스트베드 환경의 경우 아직 평가시설 및 평가시스템에 관한 명확한 정의 및 요구사항이 명확히 도출되지 않은 상황이다. 이에 선제적으로 국가차원의 자체표준을 정립한 중국의 사례(T/CSAE 125-2020, T/CMAX 116-01-2020, T/CMAX 116-02-2018, T/CMAX 119-2019 등)를 바탕으로 테스트베드 내 평가시설에서부터 테스트 평가내용 및 방법에 관한 선제적인 가이드를 제시할 필요가 있다. 즉, 자율주행차의 도로 테스트 능력 평가를 위한 일반시설물(도로유형, 교통표지판 등) 뿐만 아니라 특수시설물(기상환경 시설, 시물레이션 설비, 더미 등)에 대한 요구사항을 검토하고, 이를 바탕으로 기구축된 K-City 평가시설 및 시스템의 역량과 추가 필요요소를 파악하고 고도화 계획 수립 시 활용할 수 있다. 이 때, 중국의 도로기하구조 및 교통안전시설(신호기, 안전표지, 노면표시 등), 도로안전시설 등이 국내와 동일하지 않은 상황에서 전적으로 해당 내용을 차용하는 것은 적절치 않을 것이다. 국내 도로기하구조, 도로 및 교통안전시설물의 특성에 맞춰 국내 테스트베드 내 평가시설에서부터 테스트 평가내용 및 방법에 관한 기준을 정립하는 것이 필요하다. K-City의 경우 도로교통법에 의거한



Fig. 1 K-City Development Roadmap (draft)

교통안전시설(신호기, 안전표지, 노면표시 등) 관련 매뉴얼·지침·규격, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 등 국내의 관련 표준 및 지침·규격 등을 준수하고 있다. 중국의 사례를 바탕으로 1차적으로 K-City 테스트베드 내 도로 및 교통안전시설에 맞춰 테스트 평가내용 및 방법을 적절하게 개선하여 제시하고, 국내에만 특화되어 설치되어 있거나 향후 도입이 예정된, 그리고 추가로 필요로하는 항목을 보완하는 것으로 도입전략을 세우도록 할 예정이다.

둘째, 자율주행차 도로 테스트 능력 평가 내용 및 방법 표준(T/CMAx 116-01-2020)과 지능형 커넥티드카 자율주행 기능 현장 테스트 방법 및 요구사항(GB/T XXX) 등에서 제시한 테스트 시나리오를 바탕으로 K-City에서 적용가능한 시나리오를 정립하고 이를 사용자에게 제공하는 방안도 필요하다. 중국의 경우 국가 및 북경시 등에서 표준화된 시나리오를 공표하고 이를 시험자에게 제공하여 자율주행차의 주행 능력에 대한 객관적인 평가를 한다는 점에서 국내에서도 도입이 필요하다고 할 수 있다. 한국판 뉴딜 사업으로도 선정된 K-City 무상개방을 통한 중소·스타트업 및 대학 지원방안('19년 3월 시행)과 관련하여 개방형 공공시설로 운영 중인 K-City의 역할 강화를 위해 표준화된 시나리오를 제공하게 된다면 자율주행차 기술수준별로 기술개발에 효과적으로 활용이 가능할 것으로 생각된다. 추후 이를 활용하여 임시운행면허 발급, 국가 R&D 참여 및 투자유치 등의 성과를 도출하는 기관들이 다수 생겨나게 되고, 지속적인 모니터링을 통해 해당 기관들의 성과도출을 향상시킬 수 있는 지원방안을 지속적으로 수립해나가는 전략이 추가로 필요할 것이다.

셋째, 중장기적으로 테스트베드 및 자율주행차 라이선스를 등급화할 필요가 있다. 중국 자율주행 관련 표준 문헌(T/CMAx 116-01-2020, T/CMAx 119-2019)에서 자율주행 능력(T1~T5) 및 테스트 시설(R1~R5)을 등급화하고 시험을 통과한 차량에 대해 라이선스를 제공하여 도로 테스트의 근거로 활용하고 있다. 현재 K-City를 사용하는 산·학·연 기관 수 및 시설 이용횟수가 해마다 늘어나고 있는 추세이다. 사용기관별 자율주행 기술 수준이 다양해지고 있는 상황에서 기술 수준이 크게 차이가 나는 시설이 용자의 혼재 시 뿐만 아니라, 기술수준이 증명되지 않은 자율주행차의 경우 자신의 기술수준을 뛰어넘는 높은 수준의 테스트 시험 시 안전사고의 문제가 발생 할 수 있다. 따라서 시험차량 간 상대적인 기술수준을 인지할 수 있도록 자율주행차 라이선스를 부여함으로써 ODD(운행가능영역)를 구분하여 안전사고를 예방하고 효율적인 관리가 가능할 것이다. 이를 위해 K-City 내부 시설을 도로유형·복잡성

등에 따라 구분하여 등급화하고 차등 난이도를 가진 평가를 통과한 차량에게 기술수준에 대한 표준화된 라이선스(또는 등급)를 부여하는 방안도 고민하고 추진할 필요가 있다.

마지막으로, 위의 자율주행차 표준문서 검토를 통해 Lv.4 자율주행차 평가 및 방법에 꼭 필요로 하는 시나리오지만 K-City 내 시나리오 구현이 불가할 경우 이를 가능하게끔 하기 위해 추후 테스트 시설 및 시스템의 고도화 시 개선을 위한 기준자료로 참고할 필요가 있다. K-City는 타 테스트베드 대비 규모가 큰 편이나 비교적 작은 규모의 격자형(田) 교차로 형태로 도심부 환경에서의 target speed 도달이 어렵고 커브구간에서 구현 가능한 회전각도가 일부 한정적이라는 의견이 사용자들로 하여금 나오고 있는 상황이다. 따라서 구현 환경 및 시나리오의 한계를 극복하기 위해 자동차안전연구원 주행시험장(Proving Ground, P.G.)의 전 시험로를 활용이 필요하다. 주행시험장에는 고속주회로, 저마찰로, 조향성능로, 비포장로 등 다양한 환경이 구축되어있어 시험환경의 다양화가 가능하다(김예진, 2021). 본 분석을 바탕으로 K-City 3단계 고도화 사업('22년~) 및 'Lv.4 자율주행 차량 테스트베드 환경 구축' R&D 연구('21~'27) 수행 시 평가시설 및 평가시스템의 보완 및 개선을 위한 연구 및 구축을 진행하도록 할 예정이다.

4. 결 론

한국교통연구원(2021)에 의하면 교통사고로 치르는 사회적 비용이 '19년 기준으로 연간 43조 3400억 원(물리적 손실 및 정신적 피해 합산)에 달해 국내총생산(GDP)의 2.26%에 해당한다고 발표하였다. 이 중, 인적요인으로 인한 교통사고가 약 85% 이상으로 조사된 점을 고려하면, 자율주행차 상용화로 인해 인적요인으로 인한 교통사고가 줄어들게 되고 이로 인한 사회적 비용도 줄일 수 있는 대안이 될 수 있다(김예진, 2021). 하지만 자율주행차의 안전성능이 검증되고, 일반 자동차와 함께 도로교통법규 및 사회적 약속을 준수하여 안전하게 주행이 가능하다는 기본 전제가 필요하다. 이러한 전제를 충족하기 위해서는 실제와 유사한 도로교통환경에서 반복·재현시험이 수반되어야 한다. 이러한 평가가 가능한 환경을 자율주행차 테스트베드에서 제공하여야 한다. 실도로환경과 유사하게 구현될수록, 더욱 다양한 시험주행 시나리오를 재현할 수 있을수록, 테스트베드에서 반복·재현시험을 수행하는 자율주행차의 성능은 높아질 것이며, 이에 따른 국민의 자율주행차에 대한 신뢰성은 높아질 것이다.

중국에서 발표한 GB/T, T/CSAE, T/CMAX 표준은 범용적으로 사용되고 있는 'SAE J3016의 자율주행 기술단계'와는 별개로 평가등급을 세분화하여 구성하였을 뿐만 아니라 구체적인 시나리오, 폐쇄형 테스트베드의 구성요소 등 선제적이고 구체적으로 작성하고 공표하였기에 테스트베드 구성 및 테스트 시나리오 도출, 평가등급 선정 등에서 전반적으로 검토할 부분이 상당하다고 할 수 있다. 이에 선제적으로 국가차원의 자체표준을 정립한 중국의 사례를 바탕으로 테스트베드 내 평가시설에서부터 테스트 평가 내용 및 방법에 관한 일관된 기준을 정립할 필요가 있다. 즉, 자율주행차의 도로 테스트 능력 평가를 위한 일반시설물(도로유형, 교통표지판 등) 뿐만 아니라 특수시설물(기상환경 시설, 시뮬레이션 설비, 더미 등)에 대한 요구사항을 정의하고 이를 바탕으로 국내의 자율주행차 테스트베드와 비교 분석하여 기구축된 평가시설 및 시스템의 부족한 역량을 파악하고 고도화 계획 수립 시 활용할 수 있다.

K-City가 향후 국제적으로 논의될 수도 있는 표준에 부합한 테스트베드로서 이를 활용한 자율주행차 기술개발을 지원하기 위해서는 체계적인 고도화 전략이 필요하다. 하지만, 자율주행차 기술개발 및 서비스 안전성을 평가하기 위해 매우 다양한 범위의 요구 사항이 존재한다. 또한 급격히 변화되는 기술수준으로 인해 쉽게 예측할 수도 없고 명확히 정의될 수 없는 많은 미래 요구사항 또한 존재한다(고한검, 2017). 향후 Lv.4/4+ 자율주행차 기술개발 및 자율협력주행 서비스 안전성 평가를 수행하기 위한 평가시설 및 시스템을 지속적으로 검토하여 자율주행차 테스트베드인 K-City에 반영할 수 있도록 고도화하는 방안을 추진하여야 할 것이다.

다만, 'Lv.4 자율주행 차량 테스트베드 환경 구축' R&D 사업('21~'27)은 연구 초기 단계이고, K-City 3단계 고도화 사업은 '22년부터 시작될 예정으로, 중국 자율주행차 테스트베드 관련 표준 분석을 통한 K-City 고도화 방안을 구체적으로 제시하지 못한 한계가 존재한다. 중국의 사례를 바탕으로 K-City 테스트베드 내 도로 및 교통안전시설에 맞춰 테스트 평가내용 및 방법을 제공하여 자율주행차 기술개발 지원을 위한 테스트베드 시설로 활용하기 위한 전략을 세우도록 할 예정이다.

후 기

이 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(22AMDP-C162184-02)에 의해 수행되었습니다.

본 논문은 대한교통학회 제85회 학술발표회, 2021 한국자동차안전학회 추계학술대회 학술발표 내용을 수정 및 보완하여 작성하였음을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) 중국자동차표준화기술위원회, 2020, 智能网联汽车自动驾驶功能场地试验方法及要求, GB/T XXX, 국가시장감독관리국, 국가표준화관리위원회.
- (2) 중국커넥티드카산업혁신연맹, 2020, 智能网联汽车测试场设计技术要求, T/CSAE 125-2020, 중국자동차공학회.
- (3) 중관촌쯔통지능형교통산업연맹, 2020, 自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与与方法, T/CMAX 116-01-2020, 중관촌쯔통지능형교통산업연맹
- (4) 중관촌쯔통지능형교통산업연맹, 2018, 自动驾驶车辆封闭试验场地技术要求, T/CMAX 116-02-2018, 중관촌쯔통지능형교통산업연맹.
- (5) 중관촌쯔통지능형교통산업연맹, 2019, 自动驾驶车辆测试道路要求, T/CMAX 119-2019, 중관촌쯔통지능형교통산업연맹.
- (6) 고한검, 홍윤석, 조성우, 남백, 김두진, 2017, 자율주행차 관계자 수요조사 기반 자율주행차 실험도시(K-City) 구축방안. 한국 its 학회 학술대회.
- (7) 국토교통과학기술진흥원, 2019, 자율주행차동차 안전성 평가기술 및 테스트베드 개발 최종보고서.
- (8) 국토교통과학기술진흥원, 2021, Lv.4 자율주행 차량 테스트베드 환경 구축 연구개발계획서.
- (9) 한국교통연구원, "국가 교통정책 평가지표 조사사업", 2021.
- (10) 김예진, 박상민, 김인영, 고한검, 조성우, 윤일수, 2021, 국내의 자율주행차 테스트베드 분석 기반 국내 테스트베드 발전 전략 수립에 관한 연구, 한국ITS학회논문지, Vol. 20, No. 4, pp. 28~45.
- (11) 이상현, 고한검, 조숙현, 이현우, 조성우, 2021, 중국 자율주행차 능력평가 표준(T/CMAX) 기반 K-City 비교 분석을 통한 전략 수립에 관한 연구, 대한교통학회 제85회 학술발표회.
- (12) 이상현, 고한검, 이현우, 조성우, 윤일수, 2021, 중국 자율주행차 테스트베드 관련 표준 분석을 통한 K-City 고도화 방안 수립에 관한 연구, 2021 한국자동차안전학회 추계학술대회.