



자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향



현황보고서 3호

KADIF 자율주행기술개발혁신사업단
Korea Autonomous driving Development Innovation Foundation

KSA 한국표준협회

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

자율주행 시뮬레이션, 원격지원, 데이터 중심으로

KADIF 자율주행기술개발혁신사업단

KSA 한국표준협회

KADIF 자율주행기술개발혁신사업단
Korea Autonomous driving Development Innovation Foundation

KSA 한국표준협회

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

자율주행 시뮬레이션, 원격지원, 데이터 중심으로

CONTENTS



04 Part 1. 자율주행 시뮬레이션

1. **기술동향** 메타버스 기반 자율주행 가상시험환경 구축 및 실증기술 개발
TS한국교통안전공단 고한겸 박사
2. **표준동향** 자율주행 개발·검증을 위한 시뮬레이션 관련 표준
한국에이브이엘㈜ 손민혁 상무·최규철 팀장

18 Part 2. 자율주행 원격지원

1. **기술동향** 클라우드 기반 자율주행 차량 오류 및 한계 상황 지능형 원격지원 기술개발
지능형자동차부품진흥원 김봉섭 연구개발 실장
2. **표준동향** 자율주행 시스템의 원격제어·지원 관련 표준화 동향
한국자동차연구원 최유준 박사

34 Part 3. 자율주행 데이터

1. **기술동향** 자율주행 데이터품질 표준 시장 및 동향
(주)SSL 박찬림 대표
2. **표준동향** 자율주행 데이터 표준화 동향
GIST 이용구 교수



이 보고서의 저작권은 한국표준협회에 있으므로 무단전재를 금하며,
내용을 인용할 때는 반드시 출처를 밝혀야 합니다. 이 보고서의 파일은
한국표준협회 홈페이지(www.ksa.or.kr)에서 내려받을 수 있습니다.

본 보고서에서 제시한 내용은 집필진 개인의 견해이며,
한국표준협회의 공식 입장과 다를 수 있음을 밝힙니다.

Part 1

자율주행 시뮬레이션



1. **기술동향** 메타버스 기반 자율주행 가상시험환경 구축 및 실증기술 개발
TS한국교통안전공단 고한검 박사
2. **표준동향** 자율주행 개발·검증을 위한 시뮬레이션 관련 표준
한국에이브이엘㈜ 손민혁 상무·최규철 팀장



1 기술동향 TS한국교통안전공단 고한검 박사

메타버스 기반 자율주행 가상시험환경 구축 및 실증기술 개발

I. 메타버스 기반 자율주행 기술개발 동향

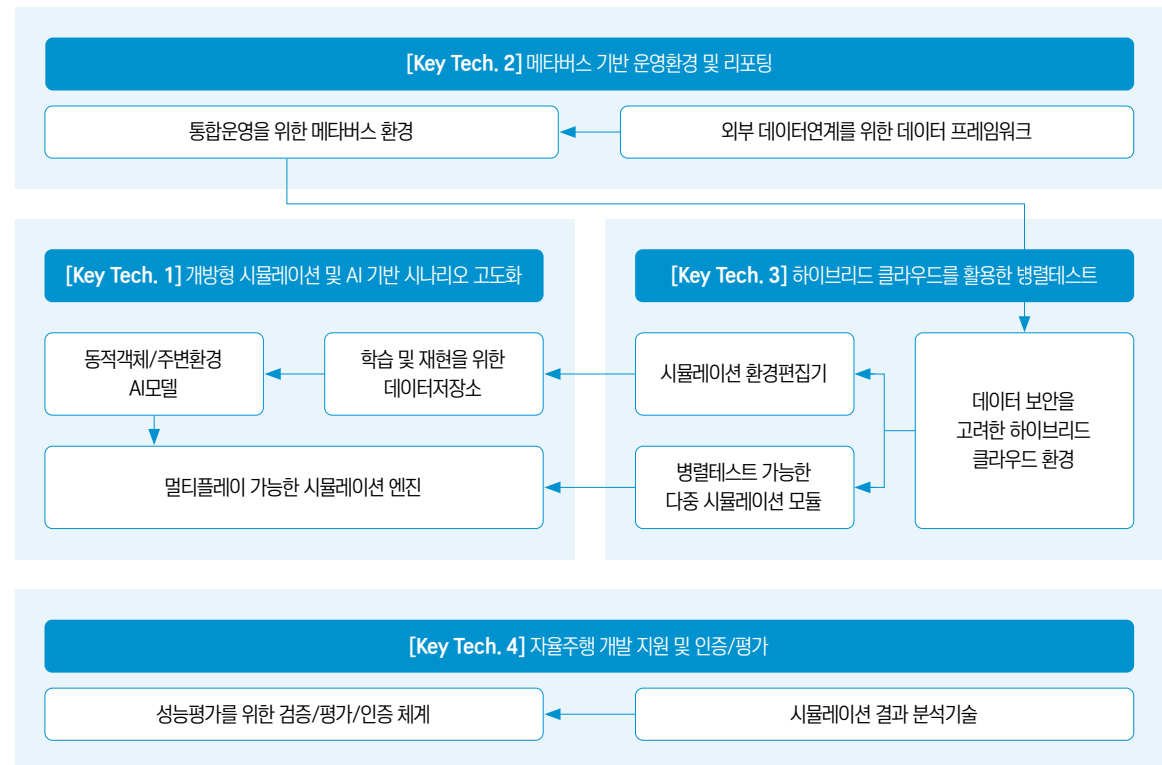
메타버스 기반 자율주행 기술의 연구개발 목표는 6항목(① 레벨 4, 4+ 자율주행 가변 가상시험환경 플랫폼 개발, ② 융복합 시뮬레이션 기술 개발, ③ 시나리오 자동 생성 및 시뮬레이션 기술 개발, ④ 대규모 시뮬레이션 환경 구축 및 기술 개발, ⑤ 자율주행 레벨 4, 4+ 기능 테스트 기술 개발, ⑥ 시뮬레이션 결과 평가 지표 및 시각화 기술 개발 등)으로 구성되어 있다.

연구개발 목표를 달성하기 위한 핵심기술로 개방형 시뮬레이션 및 AI 기반 시나리오 고도화(③), 메타버스 기반 운영환경 및 리포팅 기술(①, ②), 하이브리드 클라우드를 활용한 병렬테스트 기술(④, ⑤), 자율주행 개발 지원 및 인증 평가 기술(⑥)을 개발한다.

과제에서 구현할 가상환경 범위는 실도로 2종(테스트베드(K-City), 리빙랩(23년 선정 예정), 가상도시(캠퍼스, 상업지구(미정) 등), 실도로와 가상도시를 연결하는 간선도로(가상)을 포함하여 250km 이상을 제작하고 가상도시와 가상의 간선도로는 범용적 재사용이 가능한 연속류/단속류 가상도로 요소를 포함한다. 가상환경은 환경(날씨, 시간), 교통량(주변차, 보행자, 이륜차 등)을 개별적으로 변경할 수 있고 가상인프라는 신호등, V2I, 객체검지기를 포함하며 V2V는 평가 기관 간 연계가 가능한 경우 재현을 지원할 예정이다.

데이터 수집 범위는 가상환경에서 수집가능한 센서데이터(카메라, 라이다, 레이더, 초음파, GPS/IMU)와 가상환경에서 평가가능한 지표인 객체별 위치, 속도, 가속도 및 차량조작정보(조향, 가/감속), 차량거동 정보(Roll, Pitch, Yaw), 그리고 리빙랩(자율주행 모빌리티 센터)에서 데이터 프레임워크를 통해 전달되는 실시간 데이터(인프라, 자율차) 등이다.

【4대 핵심기술 세부구성 및 기술 간 연계】



II. 자동차산업 관련 메타버스·디지털트윈 동향

1. 국내 동향

현대자동차는 2021년 글로벌 대표 메타버스 플랫폼인 '로블록스(Roblox)'에서 디지털 캐릭터나 아바타로 현대자동차의 모빌리티를 체험할 수 있는 '현대 모빌리티 어드벤처'를 정식 운영하기 시작하였다. 2022년 CES에서 유니티(UNITY)와의 전략적 파트너십(MOU)을 체결함으로써 3D 메타버스 플랫폼에 현실의 공장(스마트팩토리)을 그대로 디지털 가상공장(메타팩토리)으로 구현하기 위한 계획을 발표했다. 또한 국내 메타버스 플랫폼인 네이버제트의 제페토와 협업으로 가상 세계에서 쏘나타 N라인을 시승할 수 있는 경험을 제공하는 등 메타버스에 적극적으로 대응하고 있다.

현대오일뱅크는 2021년 가상세계를 구현할 때 추가 프로그램 없이 3D 모델링을 할 수 있도록 스트리밍 방식의 '네오-트리다이브(NNNEO-TriDrive)'를 제작·발표하였다. C-ITS에서 확보한 기술력을 바탕으로 차량-도로의 소통을 위한 물리적 인프라뿐만 아니라 사용자와 운영자가 편리하게 이용할 수 있는 플랫폼, 자율주행 기술검증을 위한 분석 시스템 등 소프트웨어를 포함한 디지털트윈 기반 시뮬레이션 플랫폼인 자율주행 테스트베드를 구현하고 있다.

만도는 유니티와 공동으로 전방 카메라를 사용해 3차원 VR 환경의 자율주행 시나리오 검증을 수행하였다. 우리나라는 레벨4 자율주행 상용화를 위해 구축된 K-City를 통해 가상환경에서의 시뮬레이션을 진행할 수 있도록 모라이와 같은 자율주행 시뮬레이션 플랫폼과 혼합현실 시뮬레이션 환경구축을 위한 R&D 사업을 진행하고 있다.

2. 국외 동향

NVIDIA는 볼보와 자율주행 소프트웨어를 구동하기 위한 협업을 진행하는 등 글로벌 자동차 회사들과의 파트너십을 체결했다. NVIDIA RTX, Omniverse 및 AI를 포함한 핵심기술을 활용하여 자율주행 개발 및 검증기능을 제공하는 클라우드 기반 컴퓨팅 플랫폼인 드라이브 심을 제공하고 있다.

토요타는 전자제어장치(ECU)를 갖춘 파워트레인을 개발·검증하기 위해 dSPACE의 시뮬레이션 플랫폼인 VEOS로 SIL(Software-in-the-Loop) 시뮬레이션을 수행하였으며 이를 통해 알고리즘과 전체 시스템을 직접 개발하고 개선하고 있다.

구글 웨이모(Waymo)는 현실 세계의 부족한 데이터를 충족시키기 위해 가상세계에서의 시뮬레이션인 Simulation City를 통해 테스트를 수행(2020)하고 있다. Waymo Driver를 이용한 차량은 2,000만 마일 정도였지만 시뮬레이션을 통해 진행된 안전과 관련된 위험한 시나리오와 일반적인 운전시나리오는 무려 150억 마일로 유효성과 신뢰성의 바탕이 되었다.

시뮬레이션 소프트웨어 회사인 **rFPro**는 자율주행 차량 기술의 잠재력을 테스트하기 위해 설계된 Mcity의 가상현실을 구현하여 제조업체와 기술 공급업체가 개발속도를 높일 수 있도록 지원하고 있다. 실제 세계와 마찬가지로 가상 세계에는 레이더(RADAR), 라이다(LiDAR) 및 카메라 센서의 정확한 시뮬레이션을 보장하기 위해 다양한 도로변 물체와 재료가 포함되어 있으며 OpenDrive, IPG ROAD5의 산업표준을 사용하고 SUMO를 도구 인터페이스로 사용하고 있다.

III. 자율주행 시뮬레이션 관련 표준화 동향

1. ASAM 표준

ASAM은 독일의 자동화 및 측정 시스템 표준화 협회(Association for Standardization of Automation and Measuring Systems)이다. 주로 자동차 제조업체, 공급업체, 엔지니어링 서비스 업체 등 70여 개 이상이 멤버로 참여하고 있으며 2021년 1월부터 라벨링, 기계 학습, 자율주행기술 개발 및 테스트 분야 전문가와 실무자들이 객체와 시나리오를 라벨링하기 위한 표준개발을 진행하고 있다.

OpenX

- ASAM에서 개발 중인 모든 자율주행 관련 규격을 하나의 시스템으로 통합
- 도로주행 환경의 정의, 구현 방법론, 활용 방안, 등 관련 규격 연구개발 중

OpenSCENARIO

- 자율주행차량의 전체 개발 프로세스와 복잡한 도심교통을 포함, 실제 시나리오 등 대부분의 복잡성 테스트가 가능하도록 주행·주변환경에 대한 시나리오 정의 지원

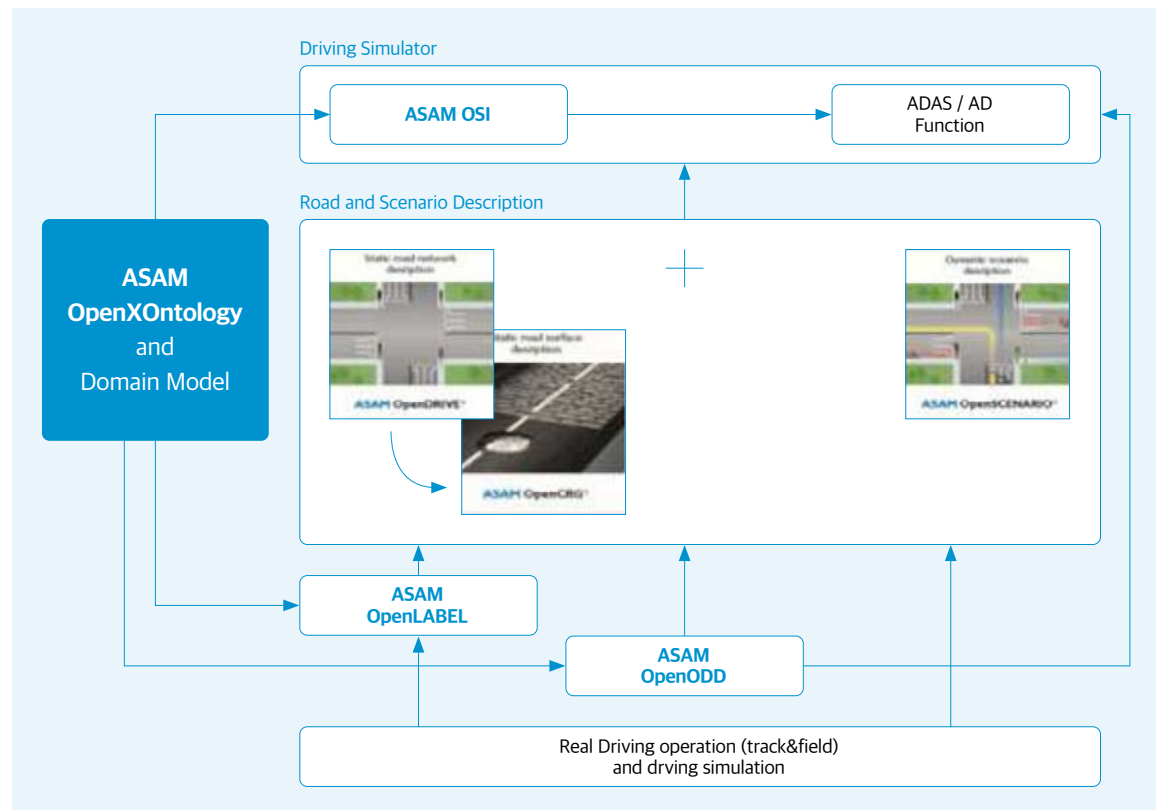
- ASAM의 시뮬레이션 표준으로 드라이빙 및 트래픽 시뮬레이터의 동적 콘텐츠를 설명하기 위해 계층 구조로 구성되어 XML 파일 형식을 정의
- Use Case는 SIL-HIL-VIL-Road Test로 다양하게 적용가능하며 최근 배포된 버전은 이해관계자들의 요구사항을 반영할 수 있도록 High-Level Abstraction 기능 지원
- 1.x 버전과 2.x 버전의 프로젝트를 발전시켜 병렬 개발 후 향후 한 버전으로 수렴되도록 구조화
- OpenSCENARIO version 1.x : 매우 구체적인 시나리오 설명 형식 제공
- OpenSCENARIO version 2.x : DSL(Domain Specific Language)을 제공하고 자율주행 개발의 추가 사용 사례를 다루기 위해 1.x 버전으로 주소 지정된 도메인을 크게 확장하는 것을 목표로 함
- OpenSCENARIO는 일반 대중이 사용할 수 있으나 모든 시뮬레이션틀이 이 포맷을 완전히 지원하지는 않으며 현재로서는 Concrete Scenario 포맷만 지원하는 상태
- 따라서 현재 새로운 OpenSCENARIO 표준을 개발 중이며 이미 지원되는 Concrete 시나리오 포맷 외에 Functional 및 Logical 시나리오를 지원하도록 표준화될 것으로 예상

OpenLABEL

- 객체와 시나리오를 라벨링하기 위한 라벨링 방법 및 구조, Json 스키마를 이용하는 저장 파일 포맷 등을 정의
- 다양한 유형의 데이터 라벨링 방법을 관리할 수 있으며 2D&3D, 바운딩박스&의미론적 분할(Semantic Segmentation) 등이 포함
- OpenXOntology를 이용하여 자율주행 시나리오, 자율주행의 운행설계범위(ODD)와도 상호 연계성을 기술하며 객체, 동작, 이벤트에 대한 주석은 온톨로지에서 개념(클래스)의 인스턴스로 생성될 수 있음
- WOL(Web Ontology Language)로 표현되고 RDF(Resource Description Framework) 트리플(subject, object, property)로서 XML 혹은 Json 파일로 저장

[OpenOSI, OpenLABEL, OpenODD 체계]

출처 : <https://www.asam.net/standards/domain-simulation/>



OpenOSI

- 다양한 시뮬레이션 회사의 모델들을 API 규격화하기 위해 최근 시뮬레이션 환경으로부터 얻는 센서 모델의 데이터에 집중
- 2021년에는 Agent 모델링·차량·주변환경 중심으로 개발

OpenODD

날씨가 노면 상태와 같은 수많은 요건에 따라 작동할 수 있는 조건을 정의, 검증방법 제시

OpenDRIVE

- 다양한 도로 정보를 모두 통일하도록 개발한 도로 공통 데이터 포맷
- 좌표 데이터 대신 벡터 기반 데이터를 활용하여 기존 데이터 포맷 대비 용량 감소 및 처리속도 증가
- 시작 좌표, 도로의 방위각, 기준선의 3차 방정식으로 표현된 XML 기반 데이터 파일
- 해당 표준은 이미 배포되었지만 여전히 검토 단계에 있으며 추가 개발 내용이 새롭게 배포될 예정

OpenCRG

- 실제 도로의 표면을 수치로 표현할 수 있도록 지원
- 차량 동역학 및 타이어, 진동 분석에 사용 가능하며 현재 C/Matlab API가 오픈되어 있음. OpenDrive와 마찬가지로 배포는 되었지만 새로운 버전을 준비 중임

2. 자율주행차 안전성 평가 관련 국제기준(VMAD) 동향

자동차기준 관련 국제논의기구인 UNECE/WP29/GRVA에서 자율주행차의 안전성평가를 위한 기준 및 평가 방법론에 대한 논의가 진행되고 있다.

- Lv.3 자동차로유지기능(ALKS)에 대한 기준의 경우 우리나라는 2019년 12월 국내 안전기준을 마련하였고, UN 기준의 경우 우리나라보다 6개월 늦게 2020년에 도입됨
- Lv.3 이상 자율주행기능의 안전성을 평가하기 위한 방법론으로는 UNECE/WP29/GRVA 산하 VMAD IWG에서 논의 중이며 Multi-pillar Approach에 의해 SG1~SG4까지 4개 서브그룹으로 세분하여 NATM(New Assessment & Test Method for Automated Driving) Master Document 초안을 마련하고 이에 근거하여 세부 방법론 검토 진행 중

본 과제와 연관된 SG2는 자율주행 장치의 검증에 사용가능한 가상환경의 평가와 검증 결과의 신뢰성 확보를 위한 절차(Credibility assessment framework)를 논의하고 있다. 제안된 신뢰성 평가 프레임워크는 시뮬레이션의 신뢰도 평가를 위해 고려해야 할 주요 측면에 대한 일반적인 설명과 함께 검증과정에서 제3자(3rd Party)가 수행하는 역할에 대한 지침을 제공하고 있다.

시뮬레이션의 신뢰성 평가 프레임워크 항목

- Capability : M&S의 범위와 이에 수반되는 위험요소는 무엇인가?
- Accuracy : M&S가 목표데이터를 얼마나 잘 재현하는가?
- Correctness : M&S의 데이터와 알고리즘이 얼마나 견고한가?
- Usability : 어떤 학습과 경험이 필요하며, 어떤 프로세스 품질을 적용해야 하는가?
- Fir for purpose : M&S가 ODD 및 ADS 평가에 얼마나 적합한가?

시뮬레이션 결과의 신뢰성 보증을 위하여 제작사, 인증기관별로 다른 절차를 통일하여 모델링과 시뮬레이션 관리, 시뮬레이션 팀의 경험과 전문성, 데이터의 보관, 평가와 검증절차, 시뮬레이션 불확실성의 특성을 위한 절차가 논의되고 있다.

UNECE/WP29/GRVA VMAD IWG에서 논의 중인 방법론 등에 기반하여 국가별 상황에 맞도록 시뮬레이션을 활용한 평가방안이 검토 중이다. 자율주행 기능 평가방법론 도출을 위한 오픈 소스에 해당하며 국제적으로 조화된 UN Regulation이 도출될 때까지 국가별로 자국 상황에 맞도록 적용하고 있다.

2

표준동향 한국에이비엘(주) 손민혁 상무·최규철 팀장

자율주행 개발·검증을 위한 시뮬레이션 관련 표준

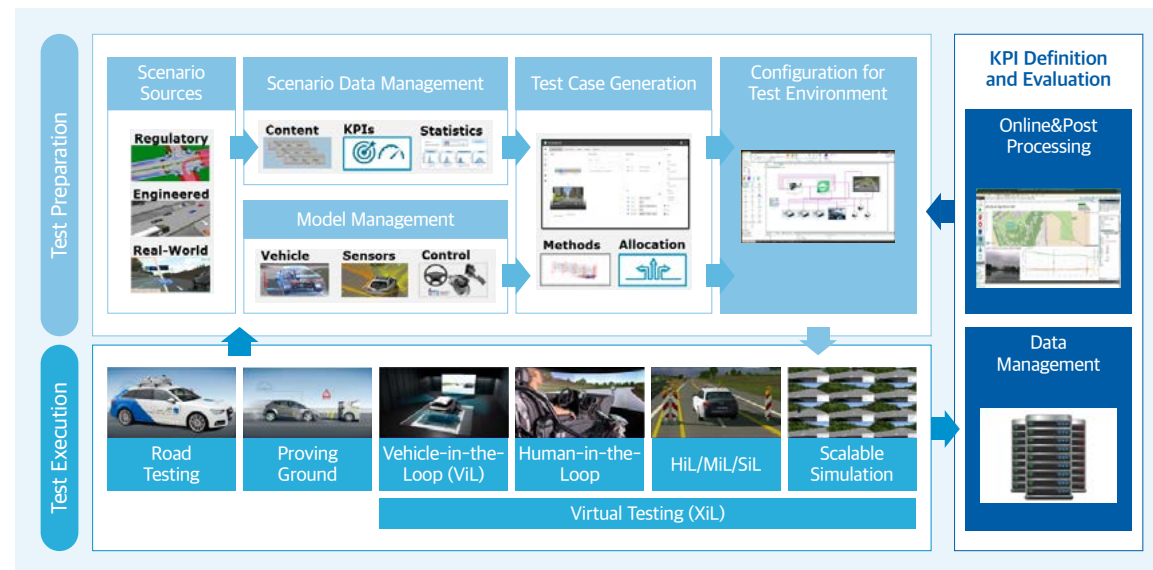
I. 자율주행 개발과 검증에 필요한 도구 체계

자율주행차량이 개발되어 시장에 나오기 위해서는 개발업체들은 출시에 필요한 요건을 갖춘 시스템을 개발함과 동시에 소비자들의 다양한 요구사항들까지 모두 고려해야 한다. 자동차 생산자 입장에서는 기술적 우위를 선점하여 다른 경쟁자와 차별화를 꾀할 것이며 기술적인 완성도는 높으면서도 들이는 노력을 효율적으로 관리하고 싶어 한다. 소비자들 또한 편안하고 다양한 기능을 제공하는 자율주행차량을 구입하고 운행하는 데 들어가는 비용이 합리적일길 원하며 이와 동시에 자율주행차량에 대한 안전이 보장된다고 판단할 때 구입을 고려할 것이다.

이 외에도 시장에는 여러 이해당사자들이 존재한다. 이들을 중재하고 시장에 안정성이 검증된 자율주행차량이 출시될 수 있도록 하는 데 있어서 기반이 되는 개발과 소비자 수용을 위한 환경의 조성은 법규와 표준 제정을 통해 더욱 견고해지게 된다.

현재 자율주행차량과 시스템에 대한 시뮬레이션의 활용을 한 평가의 축으로써 인정하고 법규 테두리 안에서 발전시키고자 하는 움직임이 UN ECE/TRANS/WP29를 통해 NATM(New Assessment/Test Method for Automated Driving)이라는 표제 안에서 이미 시작되었다. ASAM, ISO, SAE 등 표준기관들 또한 자율주행차량 평가를 위한 시나리오의 표준화 개발 과정에서 시나리오와 시뮬레이션이 서로 다른 시험환경에서 호환 가능하고 확장성과 재사용성이 확보되도록 관련 표준을 정립하려는 활동을 매우 활발하게 진행하고 있다.

【 자율주행 개발과 검증에 필요한 도구 체계, ADAS/AD V&V Toolchain Framework 】



자율주행 시스템에 대한 시뮬레이션을 이용한 검증 방법에는 개발의 단계에 거쳐 가상모델(MIL)과 소프트웨어(SIL), 또는 물리적 부품과 상호 작용하는 ECU를 직접 활용하는 검증방법(HIL)들이 있다. 현재는 자율주행 관련 기능이 발전하는 만큼 안전성 확보에 대한 요구가 더욱 중요해짐에 따라 여러 위험하고 민감한 시나리오들을 가상 환경에서 검증하는 방식이 떠오르고 있다. 실제 차량 수준과 비슷한 가상 환경에서 시험차량과 연동하여 시나리오상 개체들의 움직임을 모사하기 위한 센서 자극 방식을 활용한 시뮬레이션을 활용한 ViL(Vehicle-In-the-Loop) 방식도 현실적인 대안으로 부각되고 있다.

이러한 검증방법의 발전에도 시스템이 더욱 복잡해지고 그에 따른 많은 검증이 필요한 레벨 3, 레벨 4의 차량개발은 대형 OEM에도 여전히 어려운 문제다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 병렬 테스트와 HPC(고성능 컴퓨터)도 활용되고 있다. 그러나 서로 다른 형식의 시나리오 교환 형식과 호환성이 확보되지 않은 되지 않은 시나리오 그리고 관련 툴 간의 발생하는 문제로 원치 않은 비용의 추가적인 발생은 여전히 해결해야 하는 업계의 숙제로, 자율주행차량 시뮬레이션에 대한 표준화에 대한 요구와 중요성이 더욱 커지고 있다.

II. 자율주행 검증을 위한 시뮬레이션과 관련된 표준

1. ASAM

ASAM e.V. (Association of Standardization of Automation and Measuring Systems)은 자동차 업계 내 표준화를 추진하는 비영리 표준화 단체로, 1998년 독일에서 설립되었다. ASAM은 자동차 OEM, 공급업체, 개발 도구 공급업체, 서비스 공급업체 그리고 연구소 등 모든 이해관계자 간의 협업을 위한 중립적인 표준 플랫폼을 제공한다.

현재까지 ASAM은 33개의 표준(현재 4개의 표준이 추가로 진행 중)을 제정했으며 일부 표준의 시장 채택률은 80% 이상으로 추산된다. ASAM은 산업 표준화기관으로서 전 세계의 많은 표준화기관과 협력하고 있으며 이를 통해 기존 표준 혹은 향후 표준과 경쟁하거나 중복되는 것을 방지하고, 조직 간 개발 활동의 조화에 초점을 맞추고 있다. ISO WG9, WG11과 상호 조율과 협력을 통해 자율주행 개발과 검증에 필요한 시나리오와 시뮬레이션에 대한 표준의 중요한 역할을 하고 있으며 SAE, Prostep IVIP, AUTOSAR 등과 긴밀한 협력을 구축하며 표준 제정의 활동을 진행하고 있다.

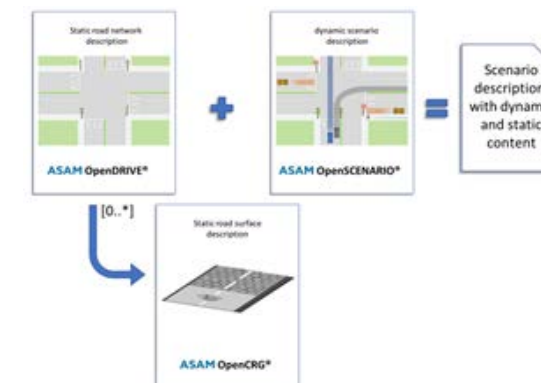
ASAM 표준 중에서도 자율주행 시뮬레이션과 관련된 표준은 OpenCRG, OpenDRIVE, OpenLABEL, OpenODD, OpenSCENARIO 등이 있다.

2. ASAM OpenCRG

ASAM OpenCRG는 노면 스캔으로 얻은 고정밀도의 고도 데이터를 저장하기 위해 개발되었으며 도로 표면 설명을 위한 파일 형식을 정의하는 표준이다. 정확한 고도 데이터 활용이 가능하기 때문에 차량 구성 요소나 차량 전체에 대한 현실적인 내구성 시뮬레이션을 가능하게 해줄 뿐만 아니라 차량 동역학, 타이어, 진동 또는 운전성을 반영한 실제 도로의 노면 특성을 반영한 시뮬레이션을 도와준다. Open CRG의 장점은 높은 메모리 효율성, 시뮬레이션 도구의 파일 생성 및 데이터 처리를 위한 낮은 계산 시간, 도로 네트워크에 데이터 위치 지정에 있어 정확도가 높다는 점이다. 일반 텍스트 헤더가 있는 ASCII 및 Binary 파일 형식, 데이터 처리 및 평가를 위한 오픈 소스C-API, 데이터 조작 및 생성을 위한 오픈 소스MATLAB API, 샘플 데이터 라이브러리 등의 기능을 제공하여 자율주행 시뮬레이션에 쉽게 활용할 수 있다.

OpenDRIVE 파일은 도로 환경에 속하는 모든 데이터에 대해 도로 네트워크를 설명하는 반면, OpenCRG는 도로 표면을 자세히 설명해 주기 때문에 OpenCRG는 OpenDRIVE에 대한 보완 표준으로 이해할 수 있다. OpenDRIVE 및 ASAM OpenCRG에는 정적 콘텐츠만 포함하고 있다. 동적 콘텐츠를 제공하는 OpenSCENARIO와 함께 이 세 가지 표준을 결합하면 정적 및 동적 콘텐츠를 포함한 시나리오 기반의 주행 시뮬레이션 구현이 가능해진다.

【 ASAM OpenDRIVE, OpenCRG와OpenSCENARIO의 관계 】



3. ASAM OpenDRIVE

ASAM OpenDRIVE의 주요 목적은 ADAS 및 AD 기능을 개발하고 검증하기 위해 시뮬레이션에 제공할 수 있는 도로 네트워크 요소들에 대한 정의를 제공하는 것이다. OpenDRIVE의 도움으로 도로 네트워크 요소들을 여러 시뮬레이션 환경에서 교환할 수 있으며, 도로 설명에 대한 표준화된 형식을 제공하여 사용자가 개발 및 테스트 목적으로 이러한 파일을 생성하고 변환하는 비용을 줄일 수 있게 해준다. 도로 데이터는 도로망 편집자, 지도 데이터 변환을 통해 수동으로 생성되거나 실제 도로에 대한 측정 데이터를 변환하여 생성할 수도 있다.

OpenDRIVE는 파일 확장자 xodr를 사용하며 이는 XML(Extensible Markup Language)을 통해 도로, 차선, 도로 표시와 같은 물체의 기하학적 구조뿐만 아니라 신호체계와 같은 도로의 특징을 잘 구현해 줄 수 있게 도와준다.

【 도로 교차로 OpenDrive예제 】

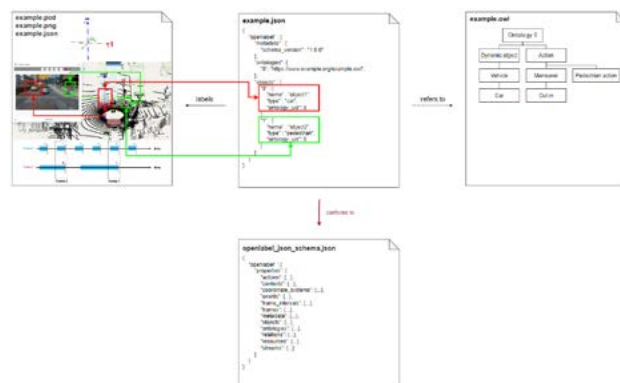


4. ASAM OpenLABEL

ASAM OpenLABEL은 객체와 시나리오에 대한 주석의 형식과 라벨링 방법을 정의한다. 이러한 객체와 시나리오 등에 대한 분류 및 설명은 자율주행 시스템의 인식에 있어 기본이 되는 요소이다. 각기 다른 조직의 개별적인 사용자들이 사용하는 객체와 시나리오에 대한 주석과 라벨링의 방식에 통일성이 결여되면 개발 업무와 시나리오의 평가의 연속성에 있어 많은 문제를 야기할 수 있다.

ASAM은 JSON이라는 표준화 형식을 사용하는 OpenDRIVE를 통해 주석이 달린 데이터를 변환하는 데 드는 비용과 리소스를 절약하는 데 도움을 주며 도구와 애플리케이션으로 쉽게 구문을 분석할 수 있게 해준다. OpenLABEL은 라벨의 참조로 사용되는 좌표계를 지정해 주며 개체 간의 동작, 의도 및 개체들의 관계에 대한 레이블링 방법을 통해 하나의 장면은 물론 여러 장면에 걸쳐 개체에 레이블을 지정하는 기능을 제공한다. 2D 및 3D 경계 상자, 3D 경계 상자 회전, 이미지 및 포인트 클라우드의 의미론적 분할을 통해 다양한 데이터 유형에 대해 라벨링을 관리할 수 있게 도와준다.

【 다중 센서 데이터 라벨링 예제 】



5. Open SCENARIO

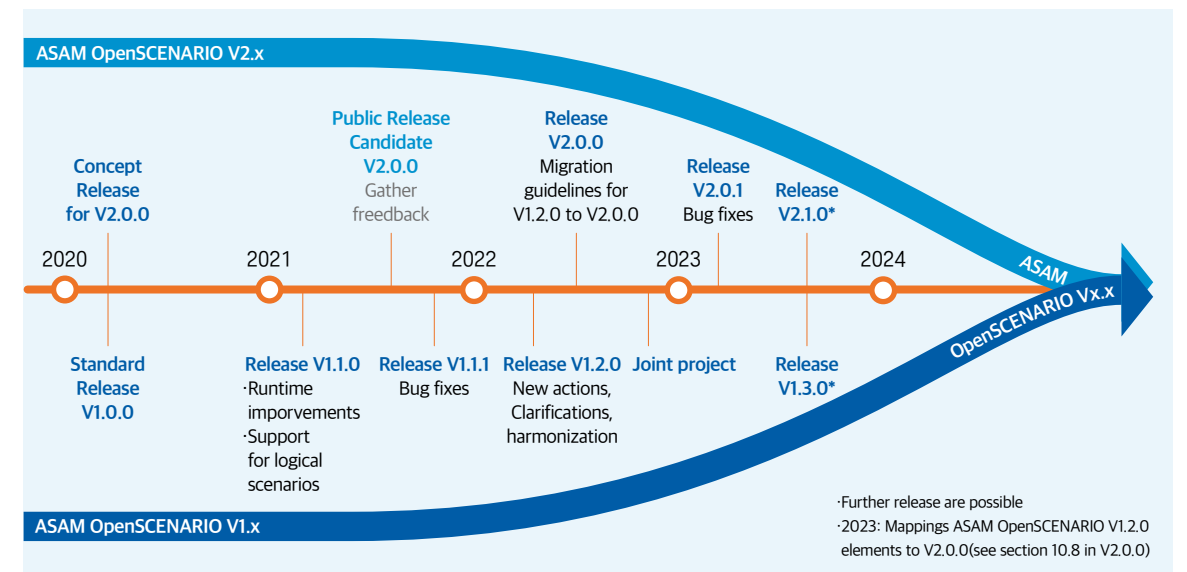
ASAM OpenSCENARIO는 운전 및 교통 시뮬레이터의 동적 콘텐츠를 설명하기 위한 파일 형식을 정의한다. ASAM OpenSCENARIO의 주요 사용 사례로는 차량, 보행자 및 기타 교통 참여자와 같은 여러 개체가 관련된 복잡하고 동기화된 상황을 설명해 주는 것 등이 있다.

이 표준은 스토리보드를 통해 차량 움직임을 설명하며 단일 차량의 운전 조작을 설명하거나 여러 개체의 동적 동작을 설정할 수 있다(예: 차량이 특정 위치에 도달하면 차선 변경을 수행함). 스토리는 정의된 속도를 초과하거나 앞차와의 정의된 거리에 도달하는 등 특정 조건이 충족될 때 실행되는 움직임들을 구성할 수 있다. 시퀀스 개념을 사용하여 여러 차량의 움직임들을 정의할 수 있고 시나리오상에서 따라야 하는 경로와 궤적을 정의한다. OpenSCENARIO를 통해 조작, 동작, 궤적 및 기타 요소를 카탈로그로 구성하고 매개 변수화할 수 있고 전체 시나리오 또한 매개변수화를 지원하므로 대량의 시나리오 파일을 생성할 필요 없이 테스트 자동화가 가능하다.

OpenSCENARIO 1.0은 주로 시뮬레이션 도구에서 사용하도록 고안된 비교적 낮은 수준의 형식이다. 개체의 움직임을 설명하여 시나리오와 테스트케이스를 작성하고자 하는 사용자는 OpenSCENARIO 1.0 기존의 XML 형식보다 더 높은 수준의 추상화를 통해 시나리오를 표현하는 방법을 원한다. 이러한 요구에 따라 OpenSCENARIO 2.0은 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 및 자율주행 차량의 동적 콘텐츠에 대한 시나리오를 표현하기 위한 표준으로 개발되었다. OpenSCENARIO 2.0은 도메인별 언어 개념(DSL)을 기반으로 하여 극도로 추상적인 것부터 매우 구체적인 것까지 모든 수준의 시나리오 설명을 수용할 수 있는 방식을 제공한다. 또한 OpenSCENARIO 1.0과 비교하여 더욱 완전한 시나리오 설명을 제공하는 동시에 교환 가능성을 높이기 위해 시뮬레이션 모델에 대한 정확한 동작 및 특성 세트를 제공하게 된다.

하지만 ASAM OpenSCENARIO 1.x와 ASAM OpenSCENARIO 2.x 개발에 있어 버전 간의 기초가 다르기 때문에 ASAM은 버전 간의 수렴을 통해 호환성을 보장하기 위해 병렬적으로 개발을 진행해 왔으며 2024년 말까지 두 개의 버전을 통합하는 것을 목표로 하고 있다.

【 ASAM OpenSCENARIO 표준개발 로드맵 】



6. OpenODD

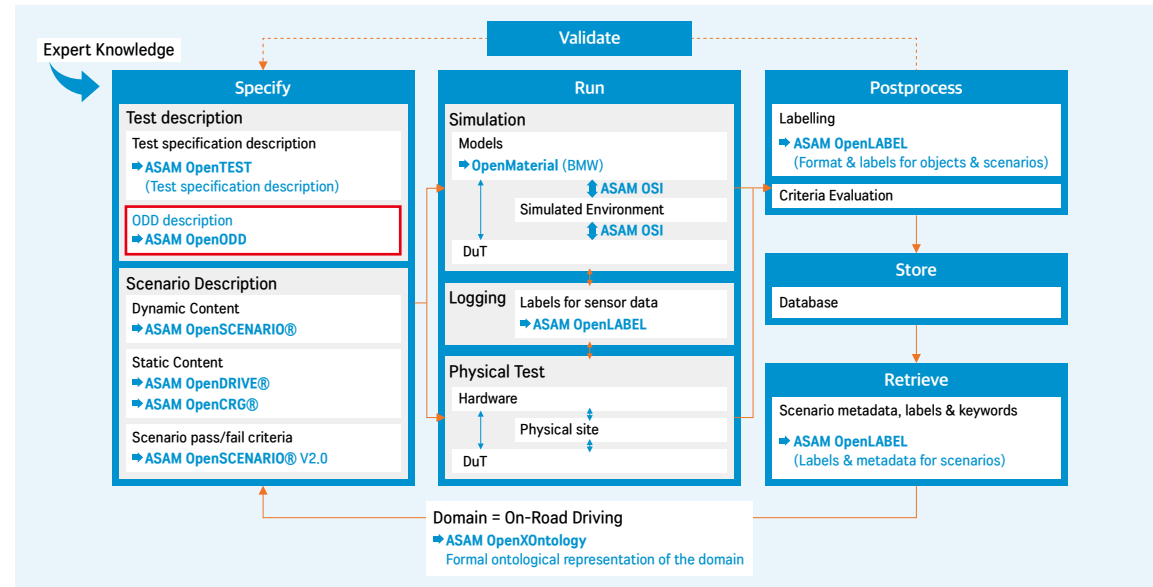
OpenODD(Operational Design Domain)는 ASAM 시뮬레이션 도메인 내에서 표준화 초기 단계에 있다. 안전한 시스템의 개발과 소비자의 사용을 보장하려면 자율주행 시스템의 실제 기능과 한계에 대한 지식을 사용자에게 전달하여 시스템의 오용을 방지하는 것이 중요하며, 자동운전시스템(ADS)에 대한 명확한 기능과 한계를 논하려면 운영설계영역(ODD)에 대한 정의가 필요하다.

ASAM OpenODD는 기계 판독에 중점을 두고 있으며 시뮬레이션 및 기타 기계 처리 환경에서 쉽게 사용할 수 있도록 표현되어 시

물레이션 및 후처리에 검색·교환·확장·측정 기능과 검증이 가능하도록 개발되고 있다.

시나리오 시험 흐름도에서 볼 수 있듯 ASAM OpenODD는 테스트 설명을 지원하고 운영 설계 영역과 그 경계를 고려한 테스트 범위를 결정하는 데 있어 중요한 역할을 하게 된다.

【 시나리오 기반 시험 흐름도 예제 】



7. ISO

ISO의 시뮬레이션에 대한 국제표준에 대한 활동은 2011년 TC 22/SC 33에서 차량 동역학 시뮬레이션 방법에 대한 요구조건과 검증방법을 다루는 WG 11을 구성하면서 본격화되었다. 차량 동역학 시험과 평가에 있어 가상환경에서 시뮬레이션을 활용하는 방향으로 패러다임이 변화됨에 따라 시뮬레이션을 활용한 검증의 정립을 위해 활동이 전개되었다. 2016년 ISO 19364와 ISO 19365 표준개발이 완료됨으로써 구체화되기 시작했다. 이 표준은 UN/ECE 규정에 의해 장착이 의무화된 ESC시스템의 성능을 검증하기 위한 수단으로, 2021년 제정된 ISO 22140과 더불어 차량 동역학 시뮬레이션에 대한 기본 검증 수단으로 개발되었다.

본격적인 자율주행시스템에 대한 표준 제정 활동은 TC 22/SC 33/WG9에서 시작되었다. ASAM의 OpenSCENARIO에 해당하는 표준인 ISO 34501, ISO 3450을 2022년에 제정하고 OpenODD에 대한 표준인 ISO 34503을 2023년 제정했다. 현재는 ISO 34504, ISO 34505 제정을 준비하고 있다.

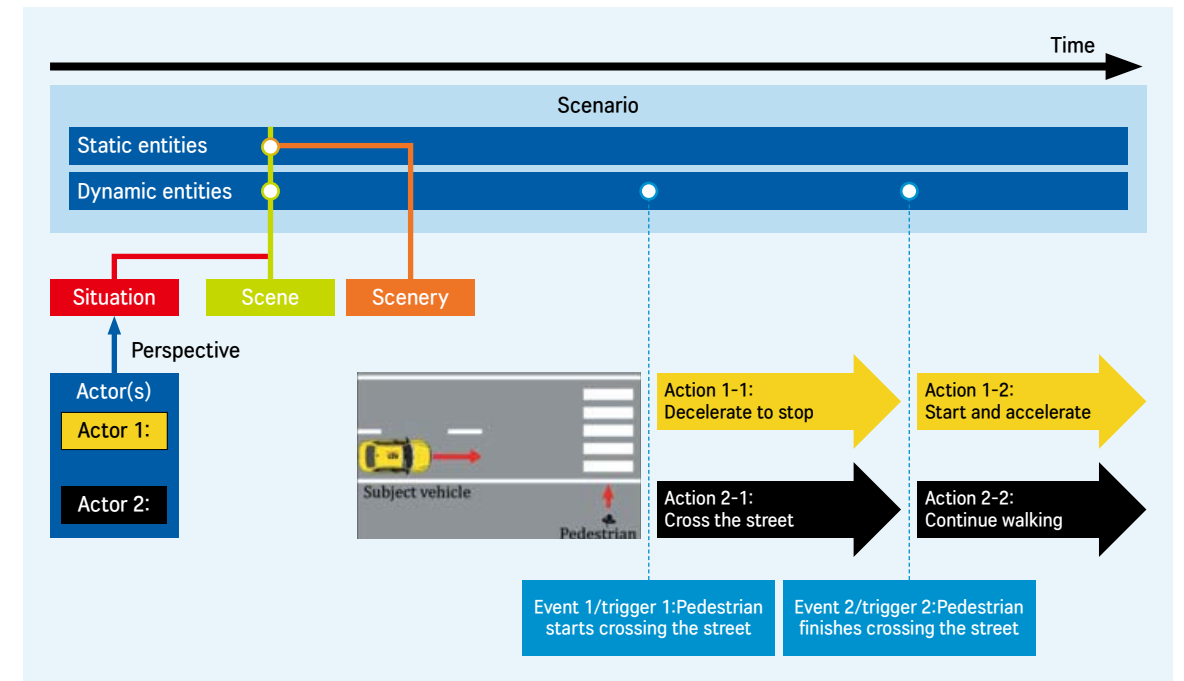
【 자율주행 시스템 관련 시나리오와 시뮬레이션 표준 】

관련 기구 및 분과	국제표준번호 및 제목
TC 22/ SC 33/ WG 9	- ISO 34501 Terms and definitions of test scenarios for automated driving systems - ISO 34502 Engineering framework and process of scenario based safety evaluation - ISO 34503 Taxonomy for operational design domain for automated driving systems - ISO 34504 Scenario attributes and categorization - ISO 34505 Evaluation of test scenarios for automated driving systems
TC 22 SC 33/ WG 11	- ISO 19364 Vehicle dynamic simulation and validation - Steady-state circular driving behaviour - ISO 19365 Validation of vehicle dynamic simulation - Sine with dwell stability control testing - ISO 22140 Vehicle dynamic simulation and validation - Lateral transient response test methods

8. ISO 34501[Test scenarios for automated driving systems - Vocabulary]

ISO 34501 표준은 자율주행 시스템에 대한 시험 시나리오의 용어에 대한 정의를 담고 있으며 자율주행 시스템이 적용되는 충돌 및 회피 시나리오 구성과 시나리오를 구성하는 도로, 물체, 환경과 같은 변수에 따른 시나리오 분류 및 정의를 하고 있다.

【 시나리오 관련 용어들의 관계 】



9. ISO 34502[Scenario based safety evaluation framework]

ISO 34502 표준은 자율주행 시스템 시험 시나리오에 기반한 안전성 평가를 위한 지침을 제공하고 있다. 이는 ISO 22736에서 정의한 자율주행 레벨 3단계 이상과 ECE/TRANS/WP29/1045의 차량 카테고리 1, 2에 적용된다. 안전평가의 절차는 제한된 고속도로에 대해 적용이 가능한데 각기 다른 출발점인 '시나리오 공간'과 '시스템'이란 관점으로 분석을 통해 잠재적인 위험 시나리오 식별을 가능하게 한다. 이는 연역적 접근 방식인 FTA 및 귀납적 접근방식 FMEA를 통한 접근법과 유사하다.

10. ISO 34503[Specification for operational design domain]

ISO 34503은 자율주행 레벨 3단계 이상의 차량에 적용을 목적으로 보험사, 규제기관, 서비스 제공업체, 국가, 지역정부의 시험기관에서 차량 시험 및 안전 사례 개발에 필요한 사항을 정의하고 분류하는 내용을 담고 있다. 운행설계범위(ODD) 형식에 관한 요구사항을 명시하며 주행가능한 영역의 분류를 통해 구조물과 도로의 형태를 명시하고 날씨, 강수량, 풍속 등 시험환경의 분류와 요구사항 등의 내용을 기술하고 있다.

11. ISO 34504[Scenario categorization] · ISO 34505[Scenario evaluation and test case generation]

두 표준은 현재 제정 준비 중이다. ISO 34504는 환경, 도로, 속도, 주행 유형 등과 같은 여러 변수를 고려한 태그로 시나리오의 분류와 구체적인 시험 시나리오를 구성하기 위해 필요한 다양한 속성들을 정의하는 내용으로 구성될 예정이다. ISO 34505는 테스트 시나리오를 평가하는 방법론을 정의하고 테스트 가능성을 기반으로 특정 자율주행 시스템 기능에 대한 테스트 케이스로 테스트 시나리오를 확장하는 절차를 제공할 예정이다.

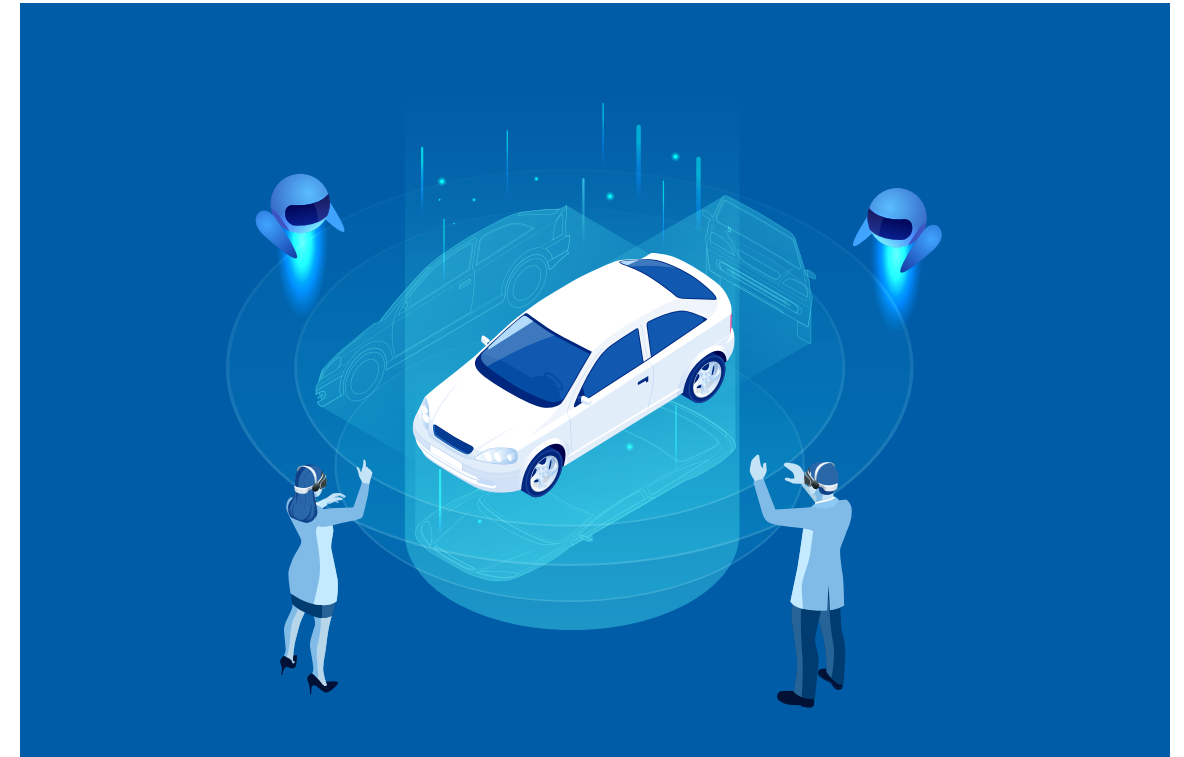
III. 시뮬레이션 기술 발전으로 차량시험 결과 정합성 상승

자율주행차량에 대한 안전성 확보를 위해서는 시스템의 개발 초기부터 자율주행 시스템이 현실에서 대처해야만 하는 다양한 시나리오들에 대한 검증이 필요하다. 많은 양의 시험을 빠르게 수행한다는 관점에서 벗어나 자율주행 시스템에 고려되어야 할 많은 Corner Case들의 파악과 더불어 시나리오와 테스트케이스로 발전시켜 시뮬레이션을 활용한 검증을 하는 것이 가장 현실적이고 필수적인 요소가 되고 있기 때문이다. 하지만 시나리오 파일형식의 확장성 부족과 같은 문제는 연속성 있게 이어져야 할 개발과 검증의 과정을 여전히 개별의 지엽적인 활동으로 제한하기도 한다. 시뮬레이션을 활용해 진행하는 SIL, MIL, HIL과 VIL을 통한 시험과정에서 호환성과 확정성이 결여된 시나리오, 테스트 케이스로 인한 문제들뿐만 아니라 서로 다른 통일되지 않은 여러 툴이 개입하기 때문이다.

자율주행 시스템 검증을 위한 시뮬레이션 기술 수준은 현재 나날이 발전하고 있어 실질적인 차량 시험 결과와의 정합성 또한 높아지고 있다. 이러한 추세에 따라 UN ECE/TRANS/WP29에서는 NATM(New Assessment/Test Method for Automated Driving) 개발을 통해 시뮬레이션을 하나의 자율주행 차량과 시스템에 대한 평가 방식의 한 축으로써 도입하려는 움직임을 보여주고 있다. 이것은 진화하고 있는 시뮬레이션의 기술과 이에 따른 확장성과 현실적인 효용성의 증대와 함께 업계의 현실적인 개발 환경 개선에 대한 강력한 요구에 기반하고 있다. 이런 국제적인 움직임에도 관심을 가진다면 시뮬레이션 관련 국내 표준 및 기술 발전에도 더 큰 도움이 될 것으로 보이며 미래 자동차시장에서 큰 비중을 차지할 자율주행 기술의 안정성 확보에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. ISO 34501: 2022 Road vehicles Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Vocabulary
2. ISO 34502: 2022 Road vehicles Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Scenario based safety evaluation framework
3. ISO 34503: 2023 Road vehicles Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Specification for operational design domain
4. ASAM OpenCRG 1.2.0: 2020
5. ASAM OpenDRIVE 1.7.0: 2021
6. ASMA OpenLABEL 1.0.0: 2021
7. ASAM OpenSCENARIO 1.2.0: 2022
8. ASAM OpenSCENARIO 2.0.0: 2022

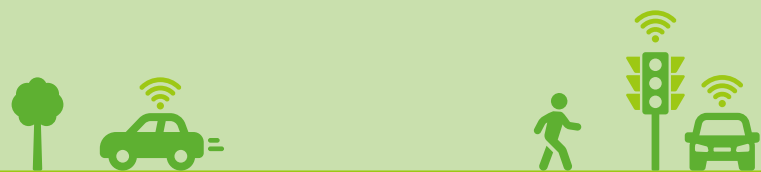


Part 2

자율주행 원격지원



- 1. 기술동향** 클라우드 기반 자율주행 차량 오류 및 한계 상황 지능형 원격지원 기술개발
지능형자동차부품진흥원 김봉섭 연구개발 실장
- 2. 표준동향** 자율주행 시스템의 원격제어·지원 관련 표준화 동향
한국자동차연구원 최유준 박사



1 기술동향

지능형자동차부품진흥원 김봉섭 연구개발실장

클라우드 기반 자율주행 차량 오류 및 한계 상황 지능형 원격지원 기술개발

1. 자율주행 원격지원 서비스 기술개발 동향

미국도로교통안전국(NHTSA)은 모든 자동차에 수동 제어장치를 반드시 설치하도록 했던 기존의 안전규정(자동차에는 반드시 운전석과 스티어링휠, 스티어링 칼럼(운전대 지지대)이 있어야 하고, 전방 바깥쪽에는 승객 좌석이 배치돼야 한다)을 수정하여 새로운 안전규정(자율주행차는 사람이 운전하는 차량과 동일한 수준으로 탑승자를 보호할 수 있어야 한다)을 준수한 경우 수동제어 장치가 없는 자율주행차를 제작할 수 있다고 2022년 3월 개정하였다.

수동 제어장치가 없는 차량을 운영하기 위해 알파벳 웨이모(2022.03), 미국 GM 크루즈(2022.06)는 샌프란시스코, 오스틴, LA 등에서 운전자가 없는 로보택시 상용 또는 시범 서비스를 시작했다. 이들은 이상상황(하드웨어와 소프트웨어의 오류, 오작동 등)과 한계상황(운영 설계 범위 이탈) 등에서 사고, 오류, 고장 등으로 인해 교통체증 및 마비를 야기해 안전조치가 취해질 때까지 50%의 무인 택시 감축 운행 시정 명령을 받은 바 있다.

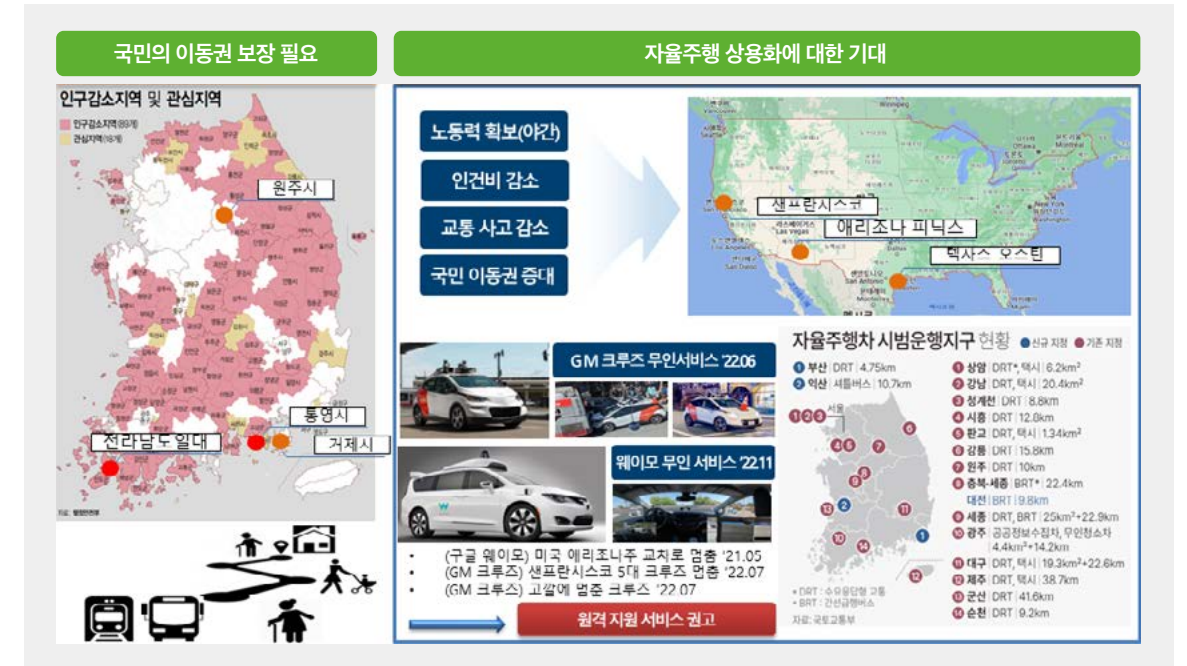
국내에서도 자율주행 서비스를 운영하고 있으나 실제 도심에서는 아직 미국과 같이 무인운행 서비스를 제공하지 않고 있으며, 자율주행 기술을 활용한 운행 시범서비스 실증을 진행하고 있다. 국내에서는 특히 인구소멸에 따른 이동권 보장을 위한 공공목적의 서비스와 신개념의 통합 교통서비스(MaaS)로 확장하기 위한 요소기술 확보에 중점을 두고 있다.

국내에서도 무인 자율주행 서비스 기술 실증이 가능하도록 상용화 관점에서 운전자와 탑승자 유무에 따른 3가지 유형(A형 : 운전자가 탑승한 자율주행차, B형 : 운전자가 없는 자율주행차, C형 : 무인 자율주행차)으로 구분하여 기술개발이 진행되고 있다.

운전자가 없거나 무인으로 운행되는 차량은 원격운행 상황의 판단과 관련된 시각, 청각, 지각적 표시가 발생할 경우 원격지원 방법(1단계 : 모니터링, 2단계 : 원격지원, 3단계 : 원격제어)에 따라 필요한 조치를 시행하도록 지원하도록 권고하고 있다. 국제적으로도 무인 자율주행 테스트-서비스 상용화를 위해 원격운영 기술을 확보하고자 노력하고 있다. 미국의 경우 원격운영 기술을 보유해야 무인 자율주행 운행 서비스가 가능하도록 규정을 정책화하였고 알파벳 웨이모, GM 크루즈, 아마존 ZooX 등이 핵심 기술을 보유하고 있다. 일본은 AI 기반 5G 원격관제와 제어 시스템을 개발하기 위해 노력하고 있으며 중국은 바이두, AutoX, 위라이드 등의 기업들이 원격운영 기술을 보유하고 있어 시범서비스가 진행되고 있다.

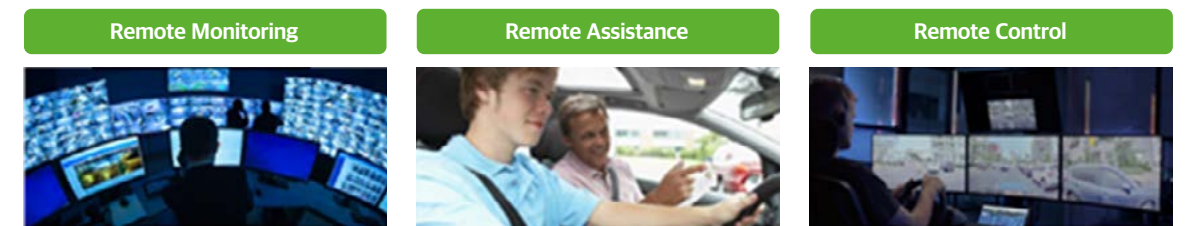
자율주행 원격지원 기술은 안전 및 편의 기능이 확대됨에 따라 증대된 소프트웨어의 복잡성을 해결하기 위해 고성능 하드웨어를 활용한 소프트웨어 중심의 애플리케이션 서비스를 개발하고 있으며 이는 다수 제작사(OEM)의 접근 방향과 일치한다. 또한, 기존 센서 기반의 차량 단독으로 수행하는 자율주행의 한계성을 극복할 수 있도록 인프라 엣지, 클라우드를 고려하여 무인 자율주행 테스트 서비스 확장을 목표로 원격운영 서비스도 개발하고 있다.

【 국내·외 무인 자율주행 서비스 상용화를 위한 원격지원 서비스 개발 동향 】



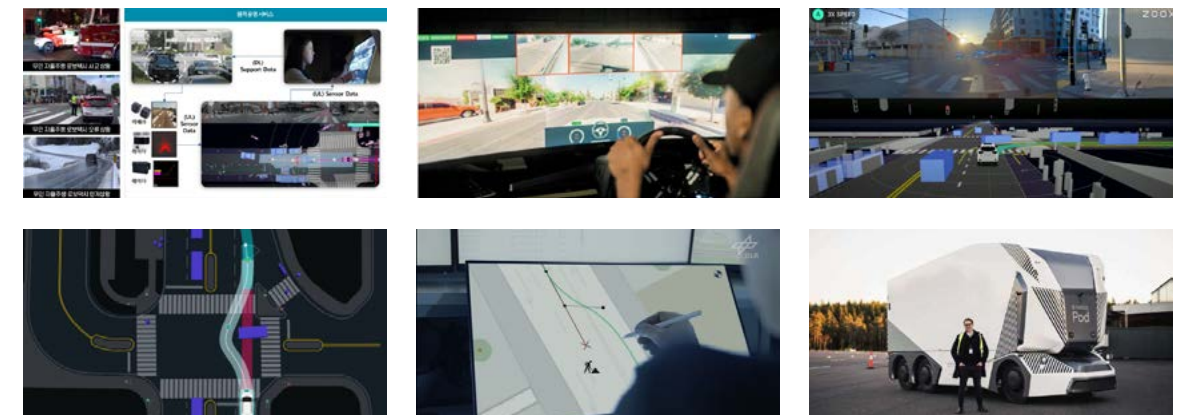
【 텔레오퍼레이션 3단계 기술(원격관제, 원격지원, 원격제어) 】

출처 : Ottopia 참조



【 자율주행 원격운영 서비스 솔루션 】

출처 : Ottopia, HALO, ZooX, Motional, DLR, Einride



【 자율주행 원격운영 서비스 대표기업 동향 】

알파벳 웨이모	- 웨이모는 애리조나 피닉스, 샌프란시스코 등에서 로보택시 운행 - remote operator가 차량의 8개 카메라로 실시간 비디오를 활용해 모니터링하고 있으며 비상 상태가 발생하면 승객은 정차하여 도움 요청 가능
GM 크루즈	- remote operator를 위한 맞춤형 워크스테이션 Teleassist Pod 제품으로 유명한 자율주행차 스타트업 Voyage 인수하여 기술개발 진행 - 샌프란시스코, 애리조나 피닉스, 텍사스 오스틴으로 서비스 운영을 확대했으나 최근 교통 혼잡 및 사고 유발로 인해 서비스 축소
Motional (현대)	- 자율주행 시스템이 제어 상태를 유지하는 상태에서 operator가 상위 명령을 내리는 remote assistance를 개발하고 remote assistance의 AI 기술을 접목 - ottopia와 합작하여 로보택시를 개발 중이며 ottopia는 소프트웨어 최적화 및 remote vehicle assistance(RVA) 솔루션 개발, motional은 인터페이스 및 하드웨어를 포함
Aurora	- 자체 자율주행 시스템인 Aurora Driver의 안정성을 충족하면서 배포가 용이할 수 있도록 teleassist라는 remote assistance device를 개발 - teleassist를 이용해 Aurora Driver를 보완하고 협업하는 API계층 구축
Zoox (아마존)	- 아마존이 인수한 자율주행차 기업으로 원격조작을 지원하기 위해 TeleGuidance를 개발하여 사람의 지침을 차량 계획 알고리즘에 통합하는 과정 진행
ottopia	- 현대자동차를 비롯한 여러 투자자로부터 1,200만달러의 VC 투자를 받았으며 remote control과 remote assistance 모두 제공 - 제품에는 차량 내 remote operation module이 있으며 사이버보안 기술 테스트를 통과
Phantom Auto	- 낮은 지연율의 통신과 원격지원과 원격 주행을 위한 APIs를 제공 - 북미 지역의 대규모 복합운송 서비스 제공업체인 ITSC(ITS ConGlobal), 트럭 제조업체 Terberg, 로봇 팔 기술의 FANUC와 파트너십 제휴
DriveU.auto	- 원격지원과 원격 주행 기능이 가능한 플랫폼을 제공하며 SDK 및 API를 통해 시스템 통합 제공 - 이스라엘 혁신청(Israel Innovation Authority)에 의해 만들어진 AV 원격 조작 컨소시엄 구성을 도왔고 2021년 4월에는 Intralink와 협력하여 중국 AV 시장에서 AV 원격 운용 배포를 제공하겠다고 발표
마이크로소프트 (Azure Cloud)	- 폭스바겐 오토모티브 클라우드(Volkswagen Automotive Cloud) 프로젝트를 진행하고 있으며 GM 크루즈와 자율주행차 솔루션 상용화를 위한 협력, LG와 자율주행 SW 개발에 대한 협력 등 애저(Azure) 클라우드와 AI 플랫폼을 기반으로 다수의 회사와 자율주행 기술개발에 대한 협력 강화

II. 자율주행 차량의 오류 및 한계상황 검출을 통한 원격지원 기술

국토교통부에서는 자율주행차 제작 안전 가이드라인 제작을 진행하면서 안전과 관련된 항목을 도출하고 항목별 자율주행 시스템을 설계·제작하기 위한 지침을 정의하였다.

기능 안전은 자율주행시스템의 각 요소 및 작동단계에 따른 잠재적인 위험요인 또는 고장 유형과 이에 따른 위험 발생 가능성을 분석할 수 있는 내용으로 구성되었다. 주행 안전은 운행 가능 영역과 주변 환경 인지를 통해 법규 위반이나 사고 없이 인지, 판단, 제어가 원활하게 수행되도록 객관적 검증 절차를 담고 있다. 비상상황이 발생하여 안전한 운행을 담보할 수 없는 상황(고장, 운행가능 영역 이탈 등)이 발생하는 경우 이를 감지하고 적절한 대응조치(감속, 갓길 정차, 원격지원 서비스 등을 통해 위험 최소화 운행)를 할 수 있도록 정의하였다. 위험 최소화 운행을 위해서는 자율주행 시스템 이외의 운행과 관련된 책임을 공유할 수 있는 다른 객체(운전자나 무인운전인 경우, 운영관리센터)가 있는 경우 사전에 알릴 수 있으며 안전 상태에 도달하기 위해서는 알림 없이 운행이 가능하다는 예외 사항도 정의하였다. 운영관리센터에서 자율주행의 오류 및 한계상황이 발생한 경우 통신의 성능을 고려하여 AI 기반 회피 경로 생성 및 경로 제안, 정지 후 비상호출, 안전 지역 견인, 원격 운영 등의 원격지원 서비스 제공이 가능하다.

【 시스템 기능 안전 위험발생 가능성 정의 】

구분	내용
위험 요인	전기회로 단선, 센서 수신 장애, 소프트웨어 오류 등
고장 유형	서브 시스템(조향, 제어 등) 작동 이상, 주행위치 확인 오류 등
위험 발생	차선이탈로 인한 타 차량 충돌, 전방 보행자 인지 불가로 인한 사고위험, 교통법규 위반 등

【 비상상황 발생 가능성 및 대응조치 방안 】

구분	내용	대응조치
비상상황	자율주행시스템이 스스로 비상대응(Fall-back)을 하도록 설계된 경우 또는 상황 발생 시	즉시
	운전자가 있거나, 시간적 여유가 있는 경우	사전 경고 또는 비상대응 요청
	고장 또는 운영가능영역 이탈로 자율주행 시스템에 의한 운전이 불가능할 경우	운전자 제어권 전환 또는 위험최소화 운행
	운전자가 대응이 없는 경우	즉시

【 자율주행 차량의 오류 및 한계상황 검출을 통한 원격지원 기술 개요 】



1. 한계상황에 대한 분석방법을 통한 원격지원 대응

운행가능설계영역(ODD, Operational Design Domain)

자율주행 시스템을 개발할 때 운행가능한 범위를 기본적으로 정의하고 있으며 이에 대한 안정적인 운행을 위해 보수적인 범위에서 동작 범위를 설정하고 있다. 관련 운행가능 설계 영역을 벗어나는지 옛지 인프라, 차량의 센서 등을 활용하여 정의된 ODD 조건이 맞는지 확인하면서 운행을 진행하도록 하며 운전자, 자율주행 시스템, 환경적인 요인 등의 문제로 인해 위험 상황이 발생하게 되면 최소 위험 조건인 책임을 공유할 수 있는 다른 객체에 운영권 이양이 진행되어야 한다.

2. 시스템 위험 분석 방법을 통한 원격지원 대응

예측 관점의 시스템 위험 분석 방법(Chain of Event)

예비 위험 분석(PHA, Preliminary Hazard Analysis) 시스템 내의 위험요소를 식별하고 위험 원인과 영향을 미치는 범위에 대해 분석할 수 있어 안전성 분석 기법으로 주로 사용한다. 시스템 상태 천이도를 활용한 체크리스트, 데이터 분석, 지식 기반의 접근방법으로 위험 수준을 판별할 수 있다. 결함수 분석(FTA, Fault Tree Analysis)은 시스템 안전성 분석에 사용되는 대표적인 연역적 분석 방법의 하나이다. 분석 목표인 위험상황(고장 및 오류)을 기준으로 두고 이론적으로 세분화하여 고장 원인까지 규명해 나가는 하향식(Topdown) 방식을 사용하고 있다. 고장형태영향분석(FMEA, Failure Mode and Effects Analysis)은 시스템 안전성 분석에 사용되는 대표적인 귀납적 분석 방법 중 하나로, 분석 목표가 물체로 한정되어 있어 인적요인 규명이 어려운 문제가 있다. 시스템 안전 해석에는 FTA와 병행하여 사용하는 것이 좋은 방법이다.

시스템 컴포넌트간 위험 분석방법

STAMP(System Theoretic Accident Model and Process)는 사고의 인과 관계를 분석하는 모델이다. 계층형 제어구조, 안전 제약사항, 프로세스 모델이라는 세 개념을 기반으로 구성되어 있다.

STPA(System Theoretic Process Analysis)는 STAMP 기반 해저드 분석 기법으로 시스템의 각 요소가 이상 없이 동작하더라도 요소 간의 상호작용으로 인해 발생하는 위험 가능성을 분석하는 방법이다.

예측 관점의 시스템 위험 분석 방법과 시스템 컴포넌트간 위험 분석 방법을 통해서 미진단된 시스템의 오작동을 제외한 오류 및 이상상황 대부분을 판단할 수 있어 위험상황에 대한 최소 위험 조건인 책임을 공유할 수 있도록 판별된 위험 발생 시 다른 객체에 운영권 이양이 진행되어야 한다.

III. 클라우드가 융합된 자율주행 위험상황 원격지원 서비스 개발

원격지원 서비스의 개발 방법에는 2가지 접근방법이 있다. 첫 번째 방법은 관제센터에서 모니터링 중인 관리자가 문제가 발생한 차량에 수동 원격지원 서비스를 제공하여 지원하는 방법이다. 두 번째 방법은 관제서버에서 자율주행차량의 운행 관련 정보를 수집·판단하여 최적의 서비스를 제안하고 책임을 공유하는 객체(관리자)에게 판단 권한을 이양하여 서비스를 제공하는 방법이다. 기존의 통신서비스가 다운로드(DL) 위주의 대역폭과 통신속도를 고려하였다면 원격지원 기술을 위해서는 업링크(UL)의 대역폭과 통신 개선이 필요한 상황이다.

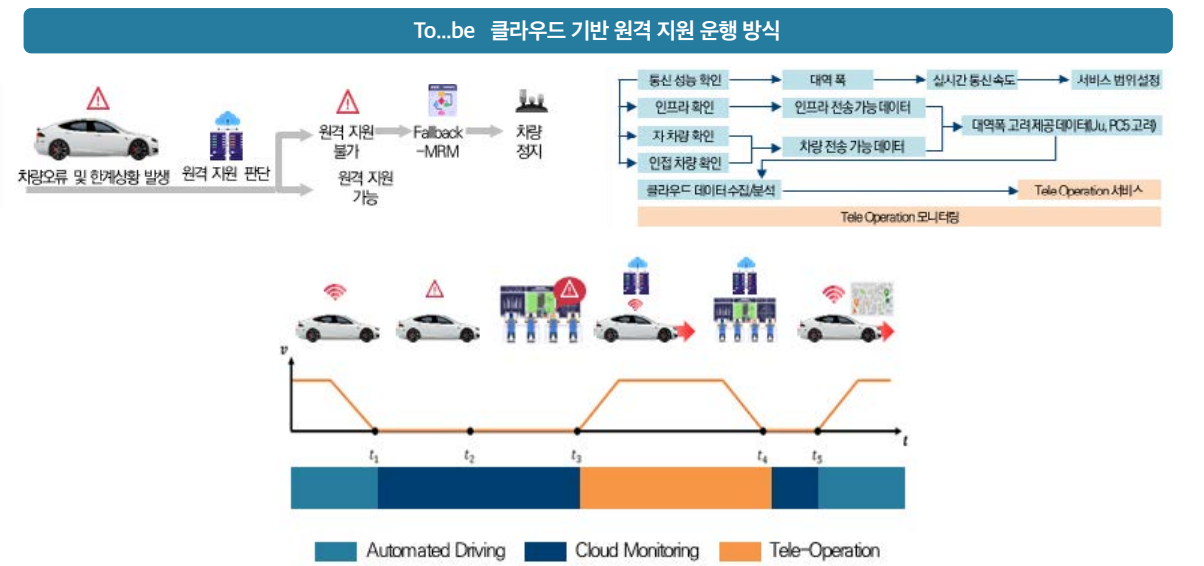
【자율주행 원격운영 서비스 대표기업 동향】

구분	단위	내용	설명
Service level latency	ms	차량에서 관리자로 전송 : 100ms 관리자가 차량으로 전송 : 20ms	50km/h 이하로 운행하는 차량 기준 허용 범위 [제안 : 5GAA WG1]
Range	m	운행 범위 : < 100m 서비스 거리 : > 10km	15km/h 이하로 운행하는 차량 기준 허용 범위 [제안 : 5GCroCo project]
Information exchanged and estimated payload	bit/s	Uplink: 8-30 Mbit/s Downlink: max. 300 kbit/s	
Network latency	ms	80ms	
Service level reliability	%	Uplink: 99 %	

자율주행차량 오류 및 한계상황 발생 시 차량 및 옛지 인프라에서 클라우드로 전송된 데이터를 모니터링하여 원격지원을 위한 6대 요소기술이 개발 중이다. 자율주행 오류 및 한계상황 발생 시 대응 단계별 원격지원 기술 검증을 진행하여 자율주행 시범 운행 지구에 적용하여 자율주행 서비스가 운영되면서 발생할 수 있는 다양한 사고를 방지할 수 있도록 구성하고자 한다.

- ① 자율주행 오류 및 한계상황 분석을 통한 서비스 제안 기술
- ② 원격지원을 위한 클라우드 환경 구성 및 인터페이스 기술
- ③ 자율주행 운행 환경 모니터링 및 원격지원 기술
- ④ 자율주행 원격지원을 위한 경로 생성 기술
- ⑤ 통신 성능에 따른 차량 운행 서비스 기술
- ⑥ 3계층(차량, 인프라 옛지, 클라우드) 통합 기술 검증

【자율주행 차량의 오류 및 한계상황 검출을 통한 원격지원 서비스 예시】



2

표준동향 한국자동차연구원 최유준 박사

자율주행 시스템의 원격제어·지원 관련 표준화 동향

I. 자율주행 원격지원 시스템 표준화 필요성

전 세계적으로 자율주행 기술 개발에 대한 정부 및 민간의 투자가 집중되면서 다양한 자율주행 시스템이 개발되고 있으며, 일부 지역에서는 SAE J3016 레벨 4 수준의 자율주행 시스템을 활용한 다양한 자율주행 서비스가 상용화되고 있다. 미국의 경우 샌프란시스코를 중심으로 웨이모에서 운행자가 없는 자율주행 시스템을 이용한 탑승자 이동 서비스를 제공하고 있다. 한국에서는 42DOT, 오토노머스 A2Z와 같은 자율주행 시스템 서비스 기업을 중심으로 다양한 자율주행 유상 운송서비스가 제공되고 있다.

미국 자율주행차량 회사인 Phantom Auto는 세계 최초로 자율주행차량이公道 상에서 처리하기 힘든 상황에서 원격 운전자가 개입하는 기술을 시연했다. 2018년 3월 캘리포니아주 차량교통국(DMV, Department of Motor Vehicles)이 위급상황에서 자율주행 차량 내 안전 운전자 없이도 테스트를 할 수 있는 법규를 통과시킴에 따라公道 상에서 원격제어차량을 이용한 다양한 이동지원 서비스 상용화를 준비하고 있다. 유럽은 저속 자율주행 셔틀을 이용한 라스트마일 운송서비스 개발 및 실증을 추진하고 있다.

자율주행 시스템이 탑재된 자율주행차량은 신호교차로, 앞차량 긴급 정지 등 일반 도로에서 자율주행 서비스 제공 도중 직면할 수 있는 다양한 상황에 대처할 수 있도록 설계되어 있다. 하지만 자율주행 시스템이 자신의 운행설계영역(ODD, Operational Design Domain)을 벗어나는 상황에 직면하게 되면 자율주행 시스템은 차량을 최소 위험 상태(MRC : Minimum Risk Condition)로 자동 전환되도록 설계할 수 있다. 자율주행 시스템의 설계 개념에 원격제어 시스템이 적용된 자율주행 시스템의 경우 원격지에 있는 운용자에게 대상 차량의 원격지원(RA : Remote Assistance)을 요청할 수 있다. 원격지원은 원격지원센터(Remote Control Center)에 있는 운용자에게 대상 차량의 원격관제 및 진단, 원격지원 그리고 원격제어를 제공하는 것을 포함한다.

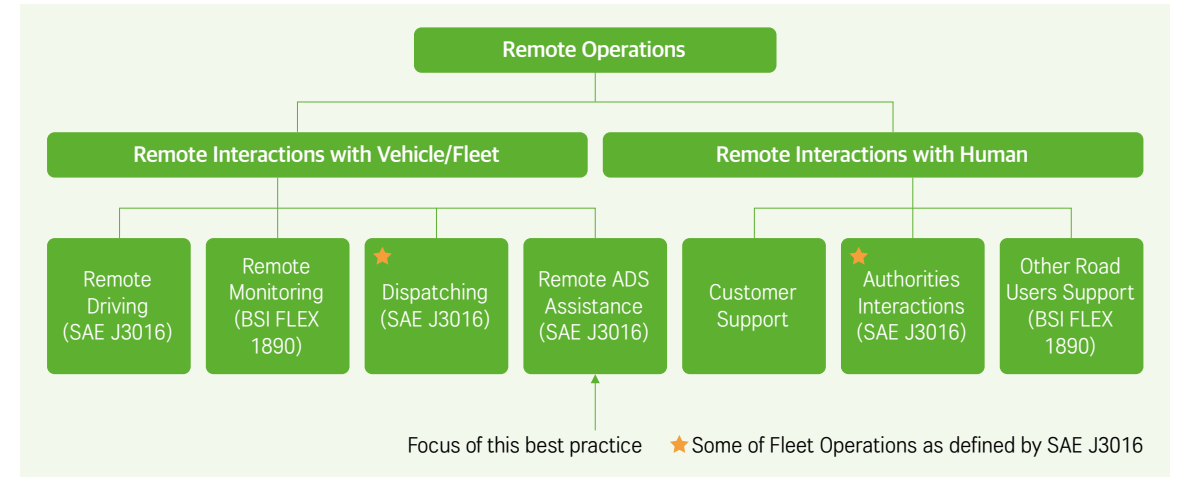
안전한 원격지원 시스템을 자율주행 시스템에 적용하기 위해서는 원격지원 시스템의 개념, 용어, 기능 및 범위 등에 대한 명확한 이해가 필요하다. 특히 원격지원 시스템의 글로벌 호환성을 확보하기 위해서는 원격지원 시스템에 대한 표준화가 필요한 사항이며 미국, 일본, 독일, 영국 등 글로벌 자율주행 선진국에서는 원격지원 시스템에 대한 국제표준화를 진행하고 있다.

II. 원격지원 기술과 원격제어 기술

원격지원 기술은 자율주행 시스템의 기능을 보완하고, 자율주행 시스템에 적용된 운행설계영역(ODD)을 벗어나는 경우 자율주행 시스템에 탑재된 무선통신 기능과 원격지원 기능을 활용하여 원격지원센터에 있는 원격운행자의 자율주행 시스템이 안전하게 해당 상황을 벗어날 수 있는 지침이나 제안을 제시해 자율주행 시스템의 안전 성능 향상을 목적으로 한다.

SAE ITC의 'AVSC Bset Practice for Remote Assistance Use Case'에 따르면 원격운행(Remote Operation)은 SAE J3016, BSI FLEX 1890, TLR PPR1012와 같은 산업표준 및 권장 관행 등을 고려해 범위 및 구성요소 측면에서 다양한 방식으로 정의되고 표준화가 진행되고 있다. 원격지원 운행은 ▲단일 차량·다수 차량 ▲원격운행 시스템과의 상호작용(Interaction) ▲사람과 원격운행 시스템 간의 상호작용 등으로 구분할 수 있다. 원격관제, 원격지원, 원격제어, 차량 탑승자 및 다른 도로 사용자에게 대한 원격지원을 포함한다. 이와 관련된 용어 및 정의는 SAE J3016, BSI FLEX 3890에서 정의하고 있다.

【 원격 운행(Remote Operation)의 구성요소 】



특히 SAE ITC의 'AVSC Bset Practice for Remote Assistance Use Case' 문서에서는 원격지원 기능과 원격제어(Remote Driving) 기능을 "원격제어 기능은 차량을 직접 제어하지 않고 특정 시나리오에 따라서 실시간 가이던스 및 정보를 자율주행 시스템이 적용된 차량(ADS-DV : automated driving system-dedicated vehicles)에 전달하는 기능"이라는 문구로 전적으로 다른 기능임을 강조하고 있다. 다음은 SAE J3016과 BSI FLEX 1890에서 정의하고 있는 원격운행(Remote Operation)의 구성요소이다.

【 원격 운행의 다른 구성요소 및 예시 】

구성요소	참조 산업표준	예시
원격주행 (Remote Driving)	SAE J3016	차량이 복잡한 동적운전임무(DDT, Dynamic Driving Task)를 수행할 때 주행 제어 센터에 있는 운행자(Human Operator)가 실시간으로 원격 주행하는 차량이다. 원격 드라이버는 주행과 관련된 의사결정을 위해 실시간으로 센서 데이터를 차량으로부터 수신받고 이를 이용하여 차량을 제어한다.
원격관제 (Remote Monitoring)	BSI FLEX 1890	최적의 차량 관리를 보장하고 잠재적인 문제를 식별해 이상현상에 즉각적으로 대응하고 센서 입력, 차량 위치, 시스템 상태 및 전반적인 주행 상태를 지속적 또는 개별적으로 모니터링하는 것이다.
급파 (Dispatching)	SAE J3016	승객의 실시간 탑승 요청에 따라 차량 운행자가 자율주행 시스템이 장착된 차량을 다양한 지역으로 보내 승객을 탑승시킨다.
고객지원 (Customer Support)	-	고객이 소지품(키, 지갑 등)을 자율주행 시스템이 장착된 차량에 놓고 내렸을 경우, 고객지원센터에서는 자율주행 시스템이 장착된 차량 근처에 고객이 있는지 식별한 후, 차량을 원격지에서 잠금해제해 고객이 자신의 물건을 되찾아 갈 수 있도록 지원한다.
관리자 상호작용 (Authorities Interaction)	SAE J3016	자율주행 시스템 관련 사고가 발생할 경우, 응급 서비스 관리 당국이 사고 위치에서의 자율주행 시스템의 정확한 위치 정보, 속도, 센서 데이터를 자율주행 시스템 운영 자로부터 수신한다. 이러한 알람을 통하여 적절한 응급구조차량을 해당 위치로 급파하고, 해당상황에 적합한 자원을 할당한다. 이러한 상황에서 원격 운행의 주요 기능은 사고를 당한 승객 및 다른 주변의 관련된 당사자를 지원하기 위한 신속하고 효율적인 대응을 할 수 있도록 하는 것이다.
도로 사용자 지원(Other Road User Support)	BSI FLEX 1890	자율주행 시스템이 장착된 차량이 주차장에서 다른 차량 앞에 주차하는 경우, 해당 차량의 운전자가 고객센터와 연락하여 해당 차량을 다른 곳으로 이동 주차하도록 지원한다.

원격지원 시스템은 자율주행 시스템에 정의된 운행설계영역(ODD)을 벗어나는 시나리오(애매한 주행상황, 도로 노면 및 환경의 변화, 자율주행 시스템이 극복할 수 없는 장애물에 직면 등)를 직면하게 되면 이를 극복할 수 있도록 자율주행 시스템을 지원하는 것을 목적으로 한다. 다음 표는 SAE ITC의 'AVSC Bset Practice for Remote Assistance Use Case' 문서에서 정의한 원격지원 시스템과 관련된 다양한 임무의 예이다.

【 자율지원 기능의 예시 】

자율지원 기능의 예	예시
전략적 행동 및 주행 계획의 확인 및 변경	오른쪽 차선으로 차선 변경, 교차로에서의 우회전 또는 현재 차선 유지를 위한 제안 등
주행 궤적(경로)의 확인 및 변경	새로운 주행궤적 정의, 기존 주행궤적 수정, 여러 후보 주행궤적 중 적절한 주행궤적 선택 등
객체 판단의 확인 또는 보완	원격지원 요원이 물체를 확인해 명확하게 알 수 없는 움직이는 물체(예 : 주행 경로 안의 도로에서 펠릭스는 빈 플라스틱 식료품, 종이백 등)를 무시할 수 있는 물체로 재분류
특정한 주행 정책의 임시적인 수정	자율주행 시스템이 장착된 차량이 주차 금지 구역에 있을 경우, 원격지원 요원의 도움을 받아 물건을 운반하거나 몸이 불편한 승객을 지원하기 위하여 임시로 차량을 주차하는 등 주행 정책의 임시적인 수정
주행가능 구간의 임시적인 수정	콘크리트가 마르지 않은 지역이나 임시로 공사 중인 구간이 있는 경우 등에 대한 주행가능 구간의 임시적인 수정

원격지원과 원격제어는 자율주행 시스템이 적용된 차량을 원격으로 운행할 때 서로 다른 역할을 한다. 원격지원은 자율주행 시스템이 적용된 차량을 가이드하거나 지원함으로써 자율주행 시스템의 의사결정 기능을 향상시키는 반면, 원격제어는 직접적으로 동적운전임무(DDT)에 개입하여 자율주행차량을 제어한다. 원격제어는 실제 운전자와 유사하게 차량의 제어권을 넘겨받아 모든 동적운전임무를 수행할 수 있다.

【 원격지원과 원격제어의 차이점 예시 】

기능의 예	원격지원(Remote Assistance)	원격제어(Remote Control)
유즈케이스 (Use Case)	- 새로운 상황에서 자율주행 시스템이 적용된 차량에 실시간 안내 및 지원 수행	- 원격 운전자를 통하여 직접적으로 차량의 조향, 가속, 감속을 실시간으로 제어
통신 인프라 (Communication Infrastructure)	- 원격지원자와 자율주행 시스템이 적용된 차량간 실시간 데이터 교환을 지원하는 통신시스템 - 저지연(Low Latency)이 필요하지만 원격지원 통신에 필수적인 요소는 아님	- 다중모드통신(Multi-Modal Communication) 또는 다중 주파수밴드(Multi-Frequency Band)를 지원하는 즉각적인 응답 및 직접 제어 입력이 필요하기 때문에 안정적이고 저지연 통신 네트워크 필요 - 통신 시스템은 원격 운행자의 제어 명령과 차량의 응답간 최소한의 지연시간을 제공해야 함
HW 구성요소 (HW Components)	- 실시간 데이터를 전송하기 위한 통신모듈, 고도화된 센서, 카메라, 원격제어 시스템이 장착된 자율주행 시스템이 적용된 자율주행차량 필요	- 원격 운행자가 차량 조향, 가속, 감속 기능을 직접 제어할 수 있도록 차량 내 고도화되고 중첩된 제어 및 액추에이터 및 높은 화질의 카메라 필요 - 필수적인 안전 제어를 위하여 중첩된 안전 메커니즘과 Fail Safety 기능이 제공되어야 할 수도 있음
네트워크 보안 (Network Security)	- 원격 지원자와 자율주행 시스템이 적용된 차량간 주고받는 민감한 데이터를 보호하기 위한 통신 보안 시스템 필요	- 차량제어 시스템에 대한 무단 접근이나 원격제어를 불가능하게 만들 수 있는 악의적인 소프트웨어를 차단하기 위한 통신보안 필요
인프라 회복력 (Infrastructure Resilience)	- 간헐적인 통신 중단 대응 가능 - 일시적인 통신 장애 허용 가능	- 어떤 상황에서도 통신연결 및 끊임없는 통신을 유지하기 위한 높은 수준의 통신 인프라 회복력 필요

자율주행 시스템이 적용된 차량에 원격지원 기능을 적용하고 안전한 서비스를 제공하기 위해서는 원격 운행요원은 자율주행 시스템과 원격지원 인터페이스 시스템 간의 복잡성을 잘 이해하고 운행할 수 있도록 교육을 받아야 한다. 다음은 SAE ITC의 'AVSC Bset Practice for Remote Assistance Use Case' 문서에서 정의하고 있는 원격지원 시스템을 위한 교육의 고려사항이다.

- 원격 운행요원은 자율주행 시스템 기능 및 원격지원 인터페이스 시스템에 관한 개념적 통찰력과 실무 경험을 모두 교육받아야 한다.
- 교육 과정은 원격 운행요원의 자율적인 학습과 숙련된 강사가 주도하는 교육이 혼합된 과정으로 구성되어야 한다. 원격지원 시스템에 대한 기본적인 이해부터 원격지원 시스템의 능숙한 운행 및 발생할 수 있는 문제해결 능력을 숙지하는 것을 포함해야 한다.
- 원격 운행요원이 원격지원 시스템 운용 시 활용할 것으로 예상되는 모든 입력과 수행해야 하는 작업의 전체 범위를 포함해야 한다.
- 원격 운행요원이 자율주행 시스템의 동작과 운행설계영역(ODD) 요소를 이해할 수 있도록 특별히 강조함으로써 원격 운행요원이 자율주행 시스템의 운행설계영역(ODD)을 벗어나는 상황(예 : 매우 복잡하거나 새로운 시나리오)을 효과적으로 주행할 수 있도록 교육해야 한다.
- 자율주행 시스템이 적용된 차량이 동작하는 지역과 관련된 규칙 및 규정을 원격 운행요원이 잘 숙지할 수 있도록 교육해야 한다.
- 원격지원 시스템을 운영하는 원격 운행요원에게 더욱 전문화된 교육을 진행함으로써 원격지원 시스템 운영에 대한 숙련도를 향상시킬 수도 있다.

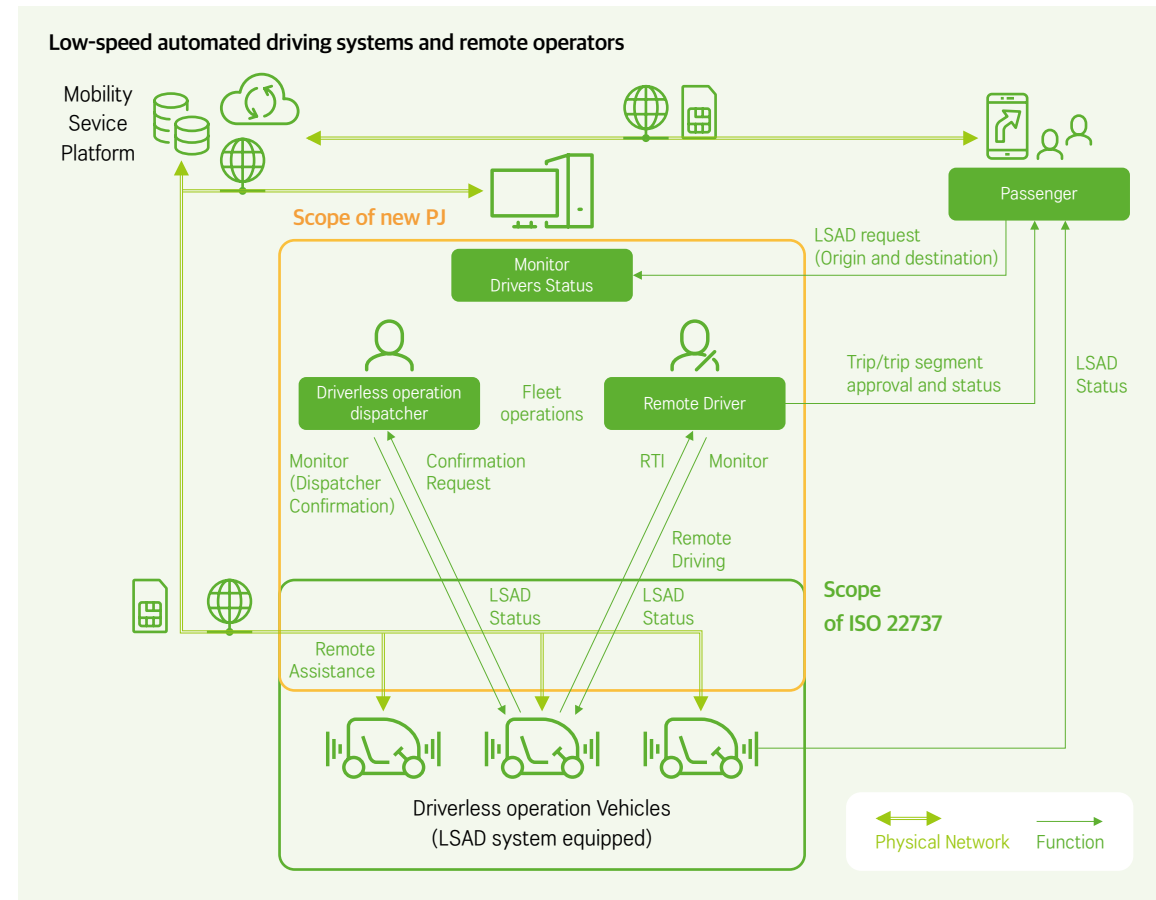
III. 저속 자율주행 시스템의 원격지원 관련 표준개발 동향

국제표준화기구인 ISO TC204 WG14(차량 경고 및 제어시스템)는 ISO AW1 7856(Intelligent transport systems — Remote support for LSAD system (RS-LSADS) — Performance requirements, system requirements and performance test procedures)를 통하여 독일과 일본을 중심으로 저속차량에 대한 원격제어 시스템의 성능요구사항, 시스템 요구사항 및 성능 시험 절차에 대한 표준을 개발하고 있다. 본 표준이 다루는 주요 표준화 범위는 다음과 같다.

- 저속 자율주행 시스템의 원격지원과 관련된 용어, 정의 및 시스템 구조의 표준화
- 제한된 조건과 필요한 상황에서 구동되는 조건에서 운영 가능한 저속 자율주행시스템의 원격지원 기능(원격관제, 원격지원 및 원격제어)
- 저속 자율주행 시스템의 원격지원과 관련된 성능 요구사항, 시스템 요구사항 시험 절차
- 차량과 저속 자율주행 시스템과 원격지원 시스템 간 통신을 위한 데이터

표준화되고 있는 저속 자율주행 시스템의 원격지원의 기능은 원격관제, 원격지원, 원격제어이다. 원격관제는 원격지원과 원격 제어 기능을 실행하거나 스탠바이 상태를 유지하기 위하여 차량으로부터 지속적으로 데이터를 수집한다. 또한 수집한 데이터를 원격지원 및 제어 운행자에게 지속적으로 전달한다. 원격관제는 다음과 같이 총 5개 항목에 대한 기능이 표준화되고 있다.

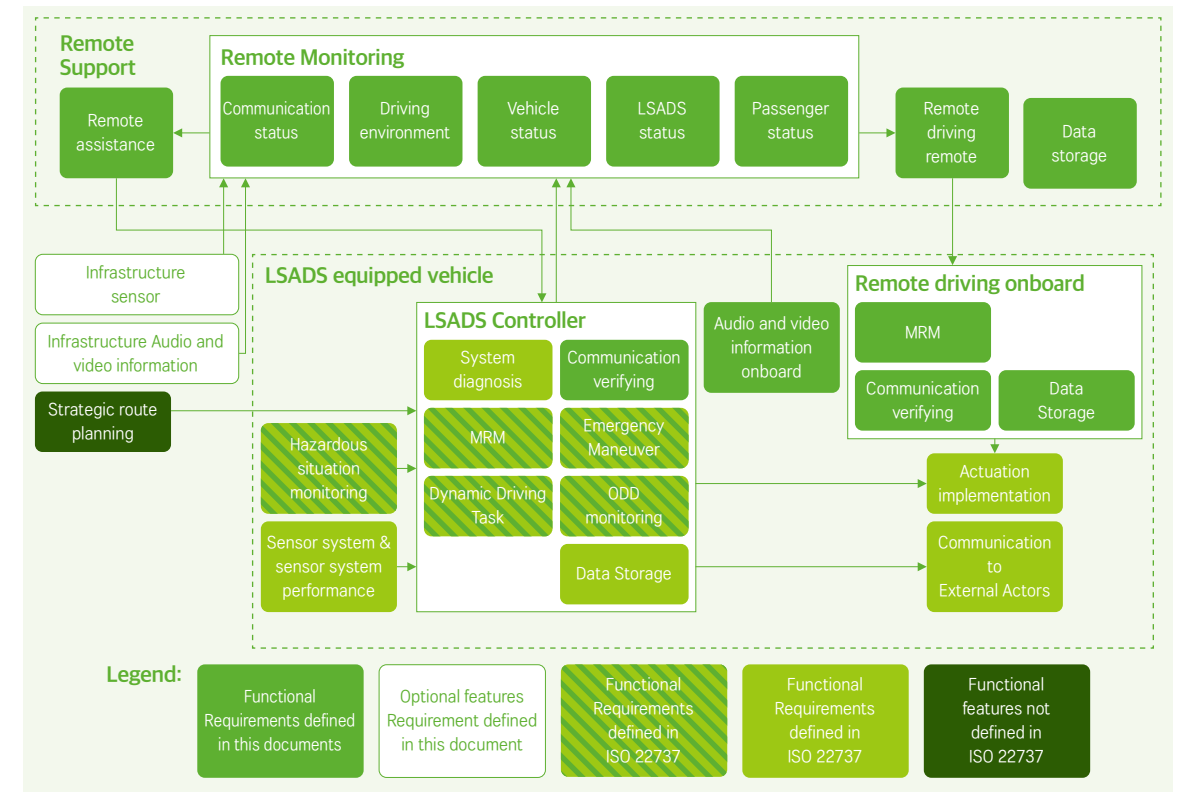
【 ISO 7856 LSAD를 위한 원격 어시스트 시스템 아키텍처 】



- 종단 간 통신 상태 관제 : 통신 지연시간 및 정보의 업데이트 주기 관제
- 주행 상황 관제 : 차량에 설치된 센서 또는 도로 인프라에 설치된 센서를 이용한 차량 주변의 도로 이용자, 차량의 이동 경로에 있는 날씨 및 도로 상태정보 관제
- 차량 상태 관제 : 차량의 위치 및 속도, 기어의 위치 등 원격지원 차량 내부 센서를 이용한 차량의 상태 정보 관제
- 저속 자율주행 시스템의 상태 관제 : 저속 자율주행 시스템의 상태 정보(정보 요청(RFI) : request for information, 주행 요청(RFD) : request for driving) 관제
- 탑승자 상태 관제 : 차량 내 설치된 카메라 및 다양한 센서를 이용한 탑승자 상태 정보 관제

원격지원 기능은 저속 자율주행 시스템이 스스로 극복하지 못하는 상황에 맞닥뜨렸을 경우, 차량에 특정 이벤트 주행 정보를 제공함으로써 차량을 주행시키는 기능이다. 원격지원은 저속 자율주행 시스템이 직면한 장애물을 극복하기 위하여 특정 신호 정보 또는 차량 경로 정보 등을 제공하는 것을 목적으로 한다. 원격 지원기능은 저속 자율주행 시스템의 제어기에 제공되는 추가적인 제어 입력으로써 차량이 수집할 수 있는 다양한 센싱정보와 융합되어 다이내믹 주행 태스크를 수행하는 데 활용할 수 있는 기능이다. 원격제어 기능은 원격지원 기능이 충분하지 않을 경우, 아주 짧은 시간이나 거리에 한정해 제공되는 기능이다. 원격제어 시스템은 원격(제어) 사이트와 원격(제어) 사이트로부터 차량 제어명령(조향, 가속, 감속, 기어변속, 방향지시등 등)을 수신할 수 있는 차량 탑재(On-Board) 사이트로 구성된다. 차량 탑재 사이트는 원격제어 시스템이 구동 중인 동안 지속적으로 종단 간 통신 요구사항을 검증한다. 문제가 발생할 경우, 차량을 최소 위험 상태(MRC) 또는 스탠바이 모드로 변경하도록 정의하고 있다.

【 ISO 7856에서 정의한 저속 자율주행 시스템의 원격지원을 위한 기능 아키텍처 】



ISO AWI 7856 표준의 원격지원 기능은 저속 자율주행 시스템의 원격지원 기능뿐만 아니라 다양한 기능적 시나리오에 대한 표준도 제공한다. 원격지원 기능은 저속 자율주행 시스템이 레벨 4 자율주행 기능을 수행하지 못하는 경우에 한정해 동작할 수 있도록 표준화되고 있다. 원격지원 기능은 ISO 22737:2021(Intelligent transport systems Low-speed automated driving (LSAD) systems for predefined routes Performance requirements, system requirements and performance test procedures)의 요구사항 범위에서 동작하도록 표준화되고 있다. 저속 자율주행 시스템의 운행설계범위(ODD)에 따라 저속 자율주행 시스템에서 정의된 경로와 저속 자율주행 시스템에 통신으로 연결된 도로 구간에서 도로의 다른 사용자들과 상호작용하에서만 동작하도록 표준화되고 있다. 또한 원격제어 기능은 최대 속도 6km/h 이내에서 60초 동안만 동작하도록 표준화되고 있다. 다음 표는 ISO AWI 7856에서 표준화되고 있는 원격지원의 기능적 시나리오이다.

【 ISO AWI 7856에서 정의한 저속 자율주행 시스템의 원격지원을 기능적 시나리오 】

기능적 시나리오	시나리오 속성	추천하는 지원 방식	시나리오
계획된 시나리오	버스베이에에서 정차 후 출발	원격지원	<p>버스베이에에서 정차 후 출발</p>

계획된 시나리오	비신호 교차로 진입	원격지원	<p>왼쪽 : 우회전을 통한 합류, 오른쪽 : 교차로 통과</p>
	신호 교차로 진입 (노변 기지국으로부터 신호 정보가 없을 경우)	원격지원 (신호정보만 제공)	<p>왼쪽 : 우회전을 통한 합류, 오른쪽 : 교차로 통과</p>
		원격지원 신호정보와 중첩 방향 제어 정보 제공)	<p>왼쪽 : 우회전을 통한 합류, 오른쪽 : 교차로 통과</p>
계획되지 않은 시나리오	주행 경로상 인지되지 않거나 계획되지 않은 장애물 존재	원격지원 또는 원격제어	<p>장애물 회피</p>
	주변 환경 변화에 따른 설계운행영역 벗어남	원격제어	<p>주변 환경 변화에 따른 설계운행영역 벗어남</p>

ISO AWI 7856 표준에서는 원격지원 기능의 시스템 요구사항에 대한 표준도 정의하고 있다. 본 표준에서는 원격관제를 위하여 제공되어야 하는 차량의 상태정보, 저속 자율주행 시스템의 상태정보, 주행환경 및 탑승객 상태정보, 그리고 종단 간 통신 상태정보의 제공과 관련된 시스템 요구사항을 표준화하고 있다. 또한 원격제어센터는 50ms 이내의 시간동기화 정확도를 갖추도록 시스템 요구사항을 정의하고 있다. 저속 자율주행 시스템의 원격지원에서 사용되는 다양한 전자장치, 센서, 통신장치 및 소프트웨어 등은 ISO 26262/IEC 61508을 만족하는 기능적 안전 절차와 ISO 21448을 만족하는 SOTIF(Safety Of The Intended Functionality)를 만족하도록 정의하고 있다. 도로 인프라 센서로부터 제공되는 카메라나 다른 종류의 센서정보가 도로 인프라에서 차량으로 직접 전송될 것으로 언급하고 있으나 본 표준에서는 관련 내용을 표준화 범위에 담고 있지 않다.

마지막으로 ISO AWI 7856 표준은 본 표준에서 정의한 다양한 시나리오를 검증하기 위한 시나리오 평가 방법을 표준화하고 있다.

이를 위하여 대상 차량의 상태, 타깃 차량 또는 대상물체(승용차(ISO 19206-3), 자전거(ISO 19206-4), 보행자(ISO 19206-2))의 상태, 주변 환경(온도(5~40도), 주야간 주행 및 다양한 서비스 이해관계자로부터 제공되는 조건 등) 상태, 종단 간 통신 셋업 조건을 포함하는 시험 조건을 정의한다. 이러한 시험조건 아래 본 표준에서 정의된 시험 시나리오별 시험 셋업 및 시험 절차에 대한 표준화를 진행하고 있다.

IV. 원격 운영요원의 자율주행 시스템에 대한 원격지원 관련 표준화 동향

2022년 프랑스(AFNOR)는 ISO TC22/SC 39/WG7에 원격 운영요원(사람)의 자율주행 시스템에 대한 원격지원 관련 표준(ISO/PWI TS 17691 Road vehicles -- Principles for human remote support of automated systems)을 신규 제안했다. 이후 2023년 토요타 북미 법인인 AMRD(Advanced Mobility Research Development) 산하의 Collaborative Safety Research Center는 캐나다 국토부(Transport Canada)와 공동으로 Task Force를 구성하고 ISO TC22/SC 39/WG7과 TC204/WG14와 공동 워크숍에서 자율주행 시스템을 지원하는 원격 운영요원에 대한 표준안을 논의했다. 이 표준에 대한 원격 운영요원의 자율주행 시스템에 대한 원격지원 및 자율주행 시스템과의 안전한 상호작용 촉진과 관련된 원리에 대한 원격 운영요원의 능력과 한계에 대한 표준화된 모델을 제시하는 것을 그 목표로 한다. 본 표준은 원격 운영요원의 자율주행 시스템 원격지원 시작, 인지 및 운영 그리고 차량에 탑승한 승객에 대한 관리를 포함한다. 본 표준은 구체적으로 원격제어센터에 있는 원격 운영요원 입장에서의 원격관제 및 원격지원에 대한 표준개발을 목표로 하지만 원격 운영요원의 교육, 운영 면허 그리고 적합성 등을 포함하지는 않는다.

V. 시사점

다양한 자율주행 시스템을 이용한 서비스가 증가하면서 자율주행 시스템이 정의된 운행설계영역을 벗어나는 상황에 직면하는 경우, 크고 작은 사고가 발생하고 있다. 이런 경우 자율주행 시스템을 지원할 수 있는 최소한의 지원 시스템이 필요하며 이에 대한 한 가지 해결책으로 원격지원 기술개발에 대한 관심이 커지고 있다.

SAE ITC의 'AVSC Bset Practice for Remote Assistance Use Case'에 의하면 원격지원 시스템을 자율주행 시스템에 적용하고자 하는 이해관계자는 안전한 원격지원 시스템의 사용을 위하여 제공된 원격지원 시스템의 성격, 기능 및 서비스 제공 범위를 명확히 이해해야 한다. 이는 원격지원 시스템의 기능적 한계, 자율주행 시스템의 기능, 원격지원 시스템이 필요하거나 원격지원 시스템으로부터 지원을 받을 수 있는 환경조건뿐만 아니라 원격지원 시스템으로 인하여 발생할 수 있는 새로운 위험에 대한 명확한 이해를 포함한다. 또한 원격지원이 필요한 상황에서 원격지원 요청 이벤트의 유형과 상황별 원격지원 시스템이 제공할 수 있는 원격지원 서비스의 범위 및 관련 지침을 포함하는 원격지원 시스템의 범위와 제한 사항을 명확히 정의해야 한다.

국내에서도 자율주행 시스템을 활용한 다양한 유무상 운송 서비스가 자율주행 시범지구 내에서 이루어지고 있으나 자율주행 시스템 개발단계에서 검증되지 않은 극한 상황에 대한 대비책이 필요해 보인다. 이러한 대비책의 하나로써 원격지원 시스템의 도입을 검토할 필요가 있다. 또한 스마트팩토리나 고령자와 교통약자 지원을 위한 발렛주차 서비스, 그리고 국방 분야에서도 원격지원 및 제어기술이 활용될 수 있다.

원격지원 및 제어 시스템은 기존 자율주행 시스템 위에서 동작하는 시스템이기 때문에 원격지원 및 제어 서비스를 안전하게 제공하기 위해서는 원격지원 및 제어 시스템에 대한 정확한 이해뿐만 아니라 자율주행 시스템에 대한 명확한 이해가 필요한 상황이다. 이와 관련된 국제표준이 원격지원 및 제어 시스템을 개발하고 사용하는 모든 관계자에게 도움이 되기를 바란다.

참고문헌

1. Automated Vehicle Safety Consortium. 2023. AVSC Best Practice for ADS Remote Assistance Use Case. SAE Industry Technologies Consortia.
2. ISO AWI 7856 Intelligent transport systems — Remote support for LSAD systems (RS-LSADS) —Performance requirements, system requirements and performance test procedures (2023-05-12)
3. ISO Form 4 New Work Item Proposal "ISO/PWI TS 17691 Road vehicles -- Principles for human remote support of automated systems". Version 01/2022

Part 3

자율주행 데이터



1. **기술동향** 자율주행 데이터품질 표준
시장 및 동향
(주)SSL 박찬림 대표
2. **표준동향** 자율주행 데이터 표준화 동향
GIST 이용구 교수



1

기술동향 (㈜SSL 박찬림 대표)

자율주행 데이터품질 표준 시장 및 동향

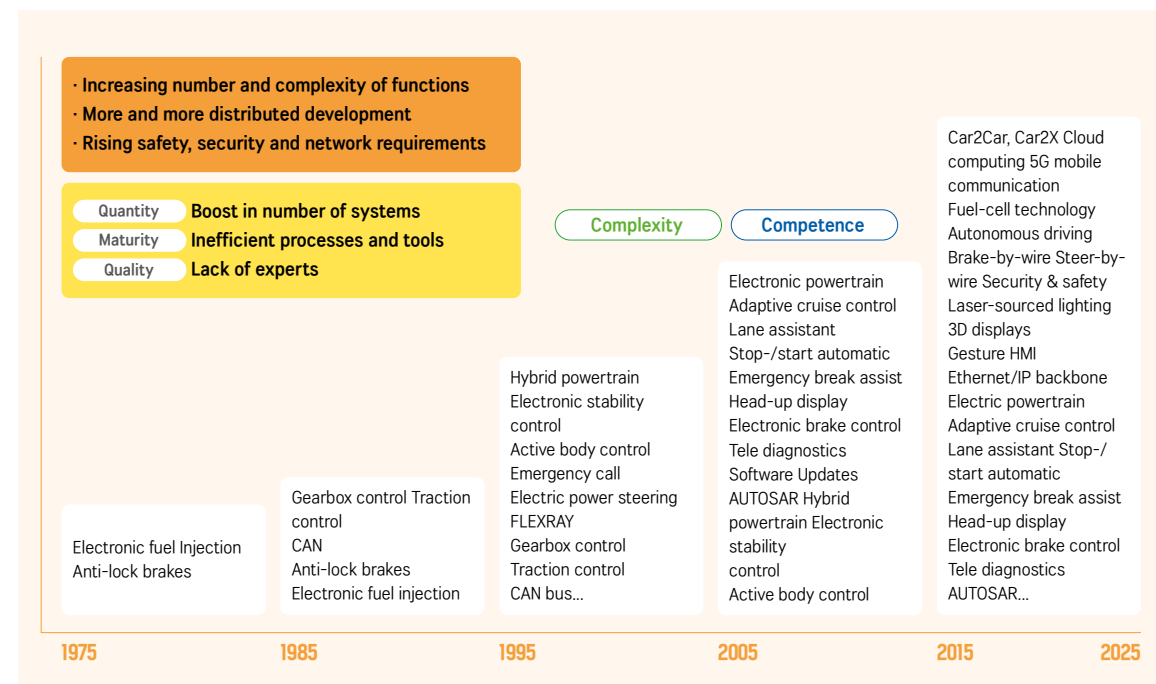
I. 자율주행 차량의 교통사고, 책임은 어디에 있는가?

2021년 3월 미국 자동차협회(트리플A)의 설문조사에 따르면 응답자의 약 82%가 “자율주행차량을 신뢰하지 않는다”라고 답했다. 2016년부터 현재까지 매해 발생하는 테슬라의 오토파일럿 기능과 관련된 사고는 자율주행에 대한 경계심을 갖게 한다. 우버나 웨이모 등에서도 지속적으로 관련 사고가 발생하고 있다. 자율주행차량은 제조업 분야 측면에서 보면 제조 및 판매 기계에 속한다. 특히 SW와 AI 기술이 더해지면서 신경써야 하는 부분들이 더욱 광범위해지고 품질 면에서도 결이 다른 부분에서 위험관리를 해야 하는 점이 자율주행산업에서 중요해지고 있다.

II. 자율주행에서 SW와 데이터의 중요성

국제자동차기술협회(SAE) 발표자료에 따르면 자동차의 발전에 따른 기능(Function) 수의 급격한 증가는 구조의 복잡도를 가중시키고 안전과 신뢰성이 더욱 중요하므로 관리의 범위가 기하급수적으로 넓어진다. 여기에 SW 및 AI 데이터와의 융합은 우리가 자율주행자동차 1대를 생산할 때 상상할 수 없을 만큼의 범위를 고려해야 함을 설명하고 있다. 여기서 SAE가 우려사항으로 뽑은 포인트는, 기술의 집약적인 발전 즉 수량(Quantity)이 증가할수록 성숙도(Maturity)를 측정할 수 있는 프로세스나 툴이 부재하게 되고, 품질(Quality)을 확인할 수 있는 전문가(Expert)의 부재 현상이 지속 발생할 가능성이 있다.

【자율주행 산업의 주요 포인트(SAE, 2021)】



III. 자율주행 표준화

자율주행에 대한 품질의 중요도가 지속 높아지면서 국제표준화기구에서도 이에 대한 논의를 활발히 진행하고 있다. 다만 자율주행 자동차와 관련된 최근의 표준화 동향은 기존의 자동차 산업계뿐만 아니라 SW 및 AI 분야에서도 깊은 관심을 가지고 수행하고 있으며 특히 SW와 데이터의 품질에 초점을 맞추어 진행하고 있다. ISO/IEC, ITU-T, SAE 등 국제표준화기구의 자율주행 표준화 현황을 보면 기존의 '기반 기술 위주의 표준화'가 진행 중이나 AI 및 SW의 활용도가 높아짐에 따른 '데이터 품질'의 중요도를 높여가고 있음을 확인할 수 있다.

ISO/IEC에서 기획한 인공지능과 같은 신기술 표준화 분과의 2020년 공표 자료를 보면 품질과 관련된 내용은 찾아볼 수 없으나 2022년 8월 기준 '데이터 품질'과 관련된 표준작업반이 신규 생성되었고 총 6개의 표준화 과제가 제안되었음을 알 수 있다.

【자율주행 표준화 - 데이터 품질의 중요도 부각】

ISO, ITU-T 표준화 현황		
자율주행 기술분야	표준항목	기술위원회 및 작업반
자율주행 통합시스템 모빌리티 서비스	고속도로 자율주행, 자율주차 서비스, 자율주행 셔틀 서비스 등	ISO TC 204 WG14 ISO TC 204 WG19
정밀지도 및 데이터베이스	자율주행 맵 데이터베이스 동적데이터 저장소(LDM)	ISO TC204 WG3
차량 내부 데이터(센서) 통신	차량용 이더넷, Extended Vehicle / 센서 시맨틱 인터페이스	ISO TC 22 SC31 WG3, WG6, WG9
V2X 및 협력 주행	V2X 통신 / 협력형 ITS 서비스	IEEE 3GPP ISO TC 204 WG16, WG18
인간공학	운전자제어권 전환	ISO TC 22 SC39
기능안전 및 사이버보안	기능안전, SOTIF / 사이버보안	ISO TC 22 SC32
자율주행 기술 시험 및 평가	시나리오 기반 시험 방법	ISO TC 22 SC33
인공지능, 클라우드 및 엣지 컴퓨팅	강화학습, AI, 클라우드 및 엣지 컴퓨팅	ITU-T, ISO/IEC JTC 1 SC38

SAE 표준화 현황	
표준번호	표준명
J3016(개정)	Taxonomy and definitions for terms related to driving automation for On-Road Motor vehicles
J3018(개정)	Guidelines for Sale On-Road Testing of SAE Level 3, 4 and 5 Prototype Automated Driving Systems(ADS)
J3092	Dynnmic Test Procedures for Verification&Validation of Automated Driving Systems (ADS)
J3131	Automated Driving Reference Architecture
J3164	Taxonomy and Definitions for Terms Related to Automated Driving System Behaviors and Maneuvers for On-Road Motor Vehicles
J3206	Safety Principles
J3208	Taxonomy and Definitions of ADSV&V



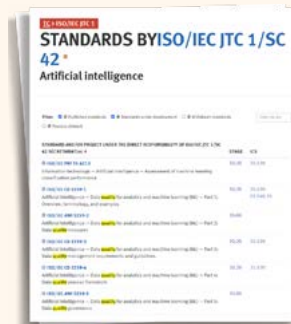
자율주행 산업에서는 기본 기술 위주의 표준화가 진행 중
하지만, AI 및 SW의 활용도가 높아짐에 따라
데이터 품질의 중요도가 부각되고 있음

【 AI 데이터 및 SW품질 표준의 진화 - 데이터 품질 관련 표준이 제안되기 시작 】

2020년 1월 기준

작업반	문서명	상태	표준명	예디터
WG1	ISO/IEC 22989	CD(30.20)	인공지능 개념 및 용어 (Artificial Intelligence-Concepts and terminology)	Wei Wei(독일)
	ISO/IEC 23053	CD(30.20)	머신러닝을 사용한 인공지능 시스템 프레임워크 (Framework for Artificial Intelligence (AI) Systems Using Machine Learning (ML))	Milan Patel(영국)
WG2	ISO/IEC 20546-2019	Published (60.60)	빅데이터 - 개요 및 용어 (Information technology-Big data-Overview and vocabulary)	David Boyd(미국) 이강진(한국)
	ISO/IEC TR20547-1	CD(30.20)	빅데이터 참조 아키텍처 제1부: 프레임워크 및 적용 절차 (Information technology-Big data reference architecture-Part1: Framework and application process)	David Boyd(미국) 하수익(한국)
	ISO/IEC TR20547-2:2018	Published (60.60)	빅데이터 참조 아키텍처 제2부: 사례 및 요구사항 (Information technology-Big data reference architecture-Part 2: Use cases and derived requirements)	Ray Washe(아일랜드) 하수익(한국)
	ISO/IEC 20547-3	FDIS (50.20)	빅데이터 참조 아키텍처 제3부: 참조 아키텍처 (Information technology-Big data reference architecture-Part 3: Reference architecture)	Ray Washe(아일랜드)
WG3	ISO/IEC 20547-5:2018	Published (60.60)	빅데이터 참조 아키텍처 제5부: 표준화 로드맵 (Information technology-Big data reference architecture-Part5: Standards roadmap)	Ray Washe(아일랜드) Toshihiro Suzuki(일본)
	ISO/IEC 24668	AWI (20.00)	인공지능-빅데이터 분석을 위한 절차 관리 프레임워크 (Information technology-Artificial Intelligence-Process management framework for Big data analytics)	Gautam Banerjee (인도)
WG3	ISO/IEC 23894	AWI (20.00)	인공지능 위험 관리 (Information Technology - Artificial Intelligence-Risk Management)	Peter Deussen(독일)
	ISO/IEC TR24027	NP(10.99)	인공지능 시스템 및 인공지능을 통한 의사결정에서의 편향 (Information technology - Artificial Intelligence (AI) - Bias in AI systems and AI aided decision making)	Adam Leon Smith (영국)
	ISO/IEC TR24028	CD(30.60)	인공지능인공지능에서의 신뢰성 개요 (Information technology-Artificial Intelligence (AI) - Overview of trustworthiness in Artificial Intelligence)	Orit Levin(미국)
	ISO/IEC TR 24029-1	CD(30.20)	인공지능 신경망의 견고성 평가-제1부: 개요 (Artificial Intelligence (AI) - Assessment of the robustness of neural networks-Part 1: Overview)	Amault loudladen (프랑스)
WG4	ISO/IEC TR 24368	AWI (20.00)	인공지능 윤리, 사회적 우려 개요 (Information technology-Artificial Intelligence-Overview of ethical and societal concerns)	Mikael Halamarsen (스웨덴)
	ISO/IEC TR 24030	CD(30.20)	인공지능 사례 (Information technology-Artificial Intelligence (AI) - Use cases)	Yuchang Cheong(일본)
WG5	ISO/IEC TR 24372	AWI (20.00)	인공지능-AI 시스템에 대한 전산 접근 개요 (Information technology - Artificial Intelligence (AI) - Overview of computational approaches for AI systems)	Wanzhong Ma(중국)
JWG	ISO/IEC 38507	AWI (20.00)	IT 거버넌스-조직에서 인공지능 사용으로 인한 거버넌스 영향 (Informationtechnology-Governance IT- Governance implications of the use of artificial intelligence by organizations)	Peter Brown(영국)

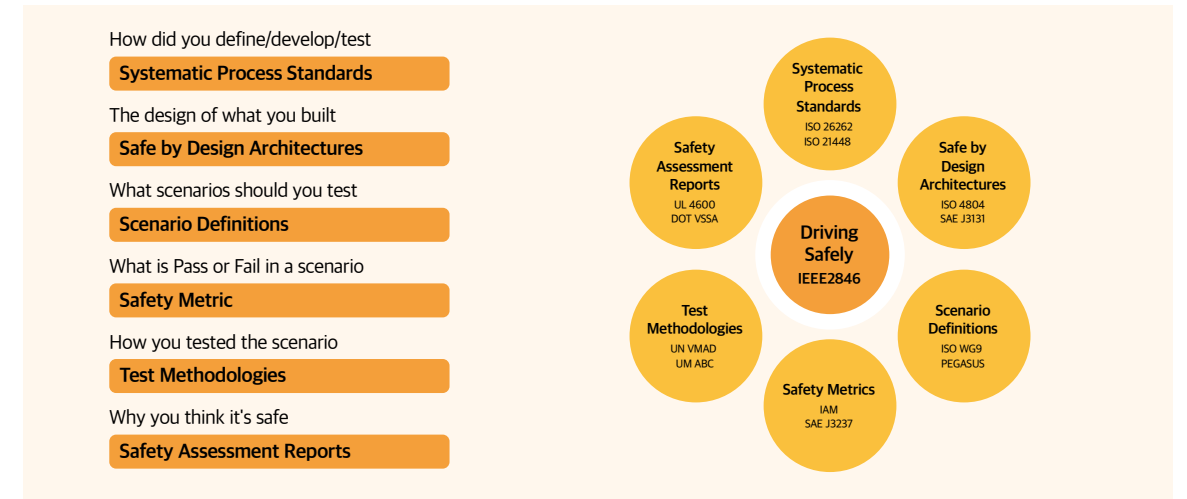
2020년 8월 기준



데이터 품질 관련
표준이 제안됨

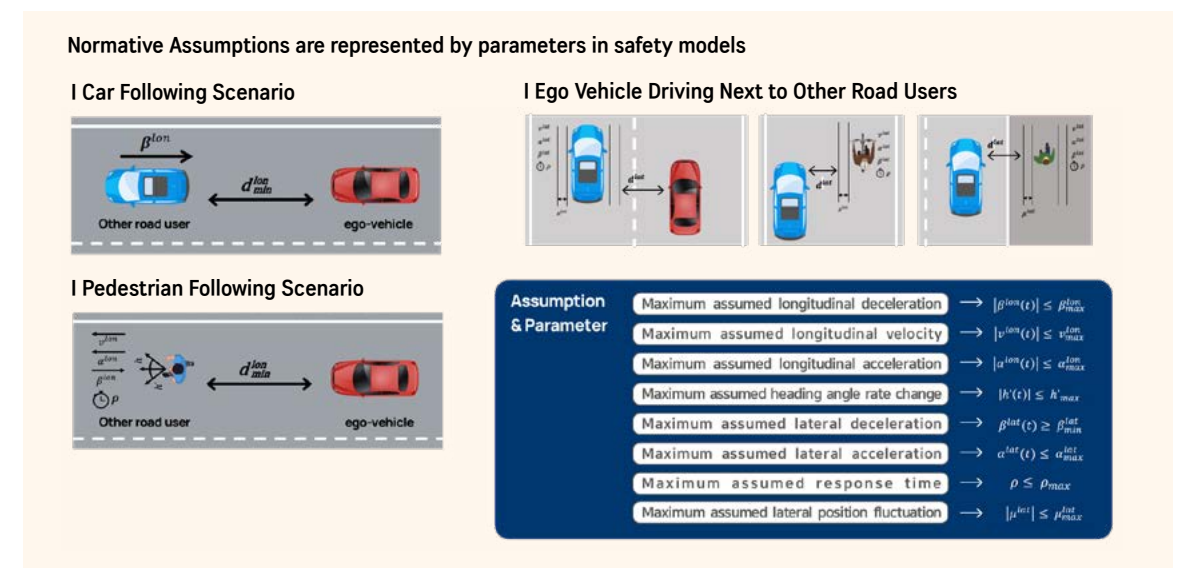
자율주행에 대한 표준은 IEEE에서 좀 더 쉽게 확인할 수 있으며 IEEE 2846이 가장 범용적으로 활용되고 있다. IEEE 2846은 다양한 국제-산업 표준을 복합적으로 적용하여 표준을 구성하고 있는데 'Driving Safety'라는 주제 아래 6개의 세부 주제를 적용하여 'Hive' 프로세스를 정립했다. IEEE는 ISO/IEC, SAE, UL 등 다양한 국제표준을 동시에 적용하고 있음을 알 수 있다.

【 The AV Safety Assurance Standards Hive of Activity 】

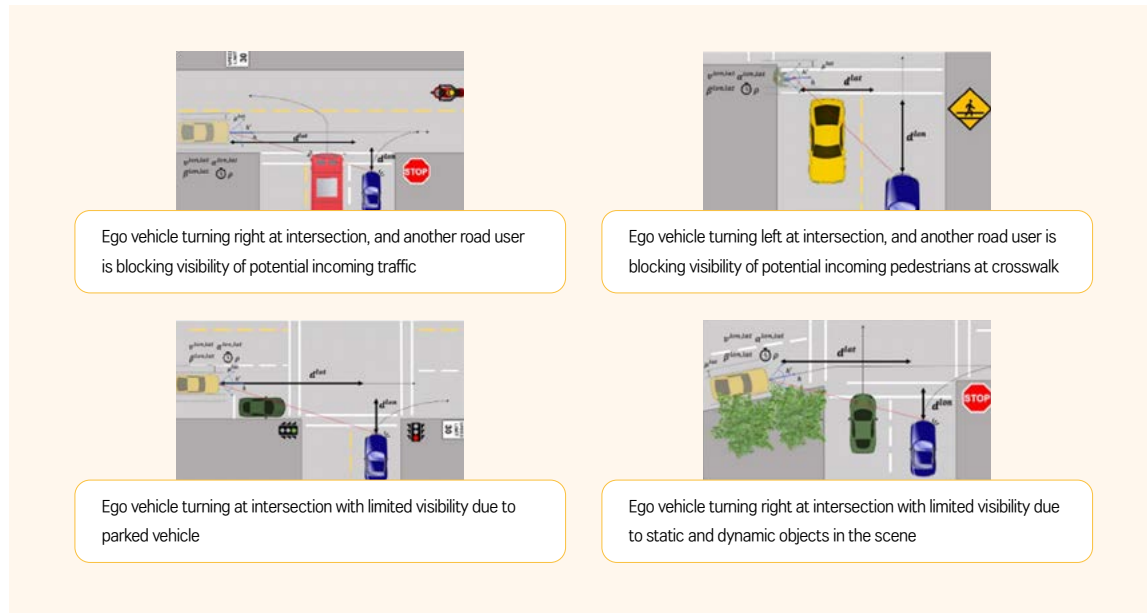


산업표준의 경우 실제 현업에 직접적인 적용이 가능하도록 내용을 제시하는 경우가 많은데 본 표준의 경우 자율주행 안전 즉 사고에 초점을 맞추어 내용이 기술되어 있다. 본문 내용을 살펴보면 자율주행차량이 운행될 때 발생할 수 있는 사고 경우의 수를 모두 시나리오화하여 파라미터를 구성하고 이에 대한 계산식을 정립해 놓았다.

【 Perform Scenario Analysis to Identify Assumptions 】



【 Scenario Schematic Examples 】



IV. 국내 자율주행 품질 표준

1. JSON 형태의 자율주행 학습용 데이터 품질 검증 지침 - 정확성 및 다양성

자율주행 품질과 관련된 국내 표준은 국내 대표 표준화기관인 한국정보통신기술협회(TTA)와 한국표준협회(KSA)에서 제·개정을 수행하고 있다. 각 기관에서 제·개정된 자율주행 관련 표준을 보면 아직까지 자율주행 품질과 관련된 뚜렷한 제·개정 내용이 없어 국제표준에 비해 상대적으로 표준화 속도가 더딘 것을 알 수 있다.

【 국내 표준 제·개정 현황 】

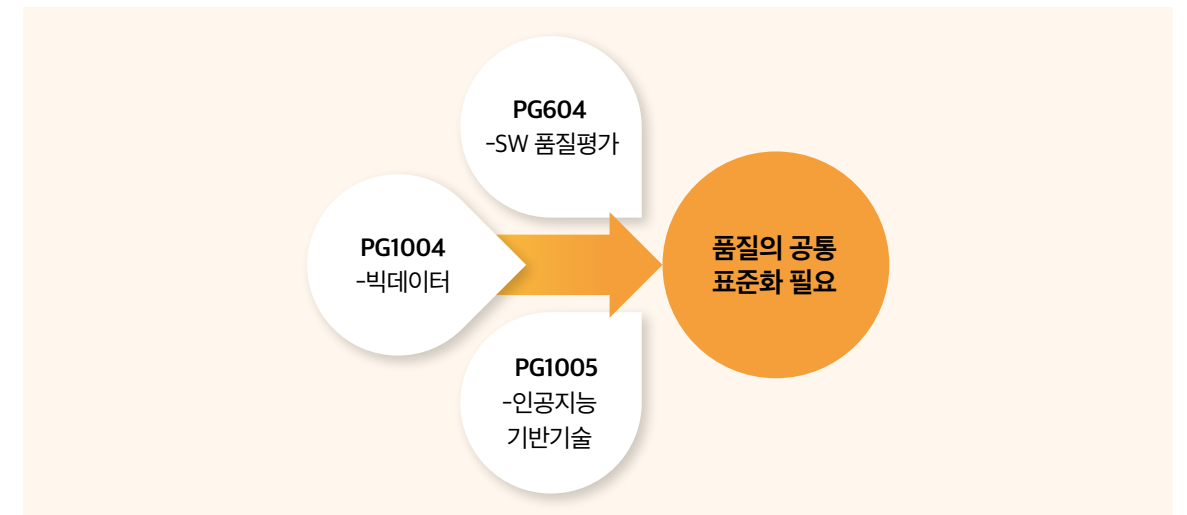
번호	표준분류	표준번호	표준제목	재개정일
1	정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO-11.0262/R1	자율주행인지 소프트웨어 평가를 위한 객체속성 정의	2020-12-10
2		TTAK.KO-10.1208	자율주행자동차의 객체인식기술에 필요한 도로상데이터의 객체분류체계	2019-12-11
3		TTAK.KO-10.0990	실외 이동로봇의 자율주행 성능 평가방법	2017-12-13
4		TTAK.KO-06.0441	[폐지]협력 자율주행을 위한 차량통신 요구사항	2016-12-27

한국표준협회KSA (6종)

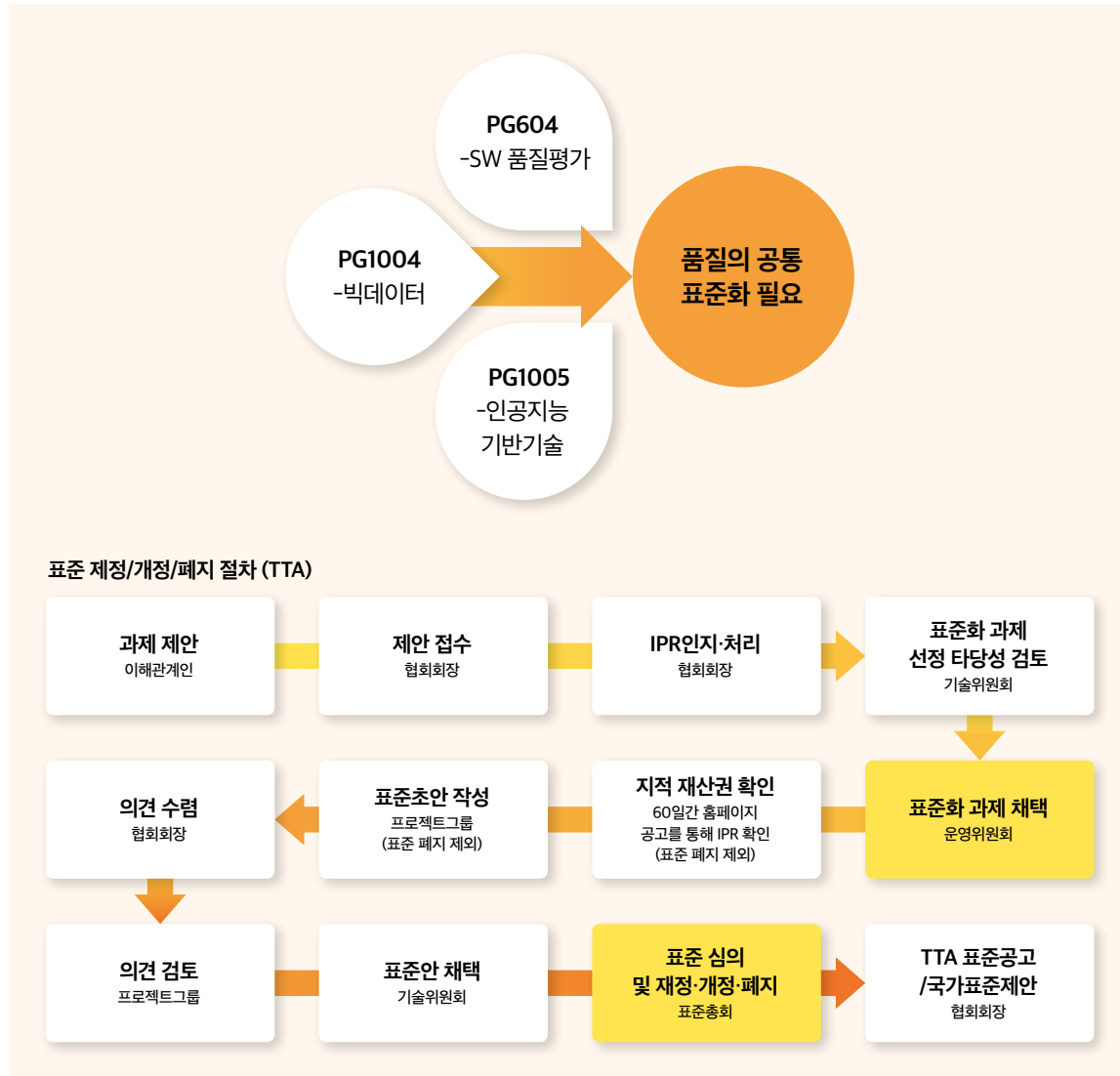
번호	표준분류	표준제목	발간일
1	핸드북	15.18 보안시스템 및 장비, 교정시설, 국토안보애플리케이션, 자율주행 안내 산업용 차량, 엑소스켈레톤, 엑소수트-2022(표준)	2022-11-30
2		15.08 보안시스템 및 장비, 교정시설, 국토안보애플리케이션, 자율주행 안내 산업용 차량, 엑소스켈레톤, 엑소수트-2021 (표준)	2021-11-30
3	KS표준	KS R 1176 도로 차량-자율주행자동차의 주차시스템-일반요구사항 및 활용사례	2017-08-30
4		KS R ISO TR 21959-1도로차량-자율주행맥락에서의 인간수행과 상태(제1부: 공통기본개념)	2021-06-17
5		KS X ISO TR 21718 지능형교통시스템-협력형 ITS 및 자율주행 시스템 2.0의 시공간적 데이터 사전	2019-12-26
6		KS X ISO 21717 지능형교통시스템-차로 내부분자율주행시스템(PADS)-성능 요구사항 및 시험절차	2019-12-26
7		KS X ISO TR 20545 지능형교통시스템-차량/도로용 경고 및 제어 시스템-자율주행차량시스템(RoVAS)/운전자지원시스템에 대한 표준화보고서	2019-12-26

국내에서는 2022년 말 처음으로 TTA PG604(SW품질평가 프로젝트 그룹)에서 '데이터 품질'과 관련된 표준이 제안되었다. 표준화 관점에서 자율주행뿐만 아니라 AI 및 데이터가 적용되는 모든 도메인에서는 현재가 매우 중요한 시기이다. 표준화를 진행하는 데 있어 가장 어려운 요소는 중복성을 회피하는 것인데 관점이 어디있느냐에 따라서 같은 용어 또는 내용이 서로 다르게 표현될 수 있기 때문이다. TTA 표준 기준에서 데이터 품질평가 부분은 크게 3개의 프로젝트 그룹과 연관성이 있으며 이와 관련된 표준화를 추진하고자 공통화를 진행해 표준이 만들어졌다.

【 자율주행의 품질 관점에서 AI + DATA + SW간 공통 고민 필요 】



【자율주행의 품질 관점에서 AI + DATA + SW간 공통 고민 필요】

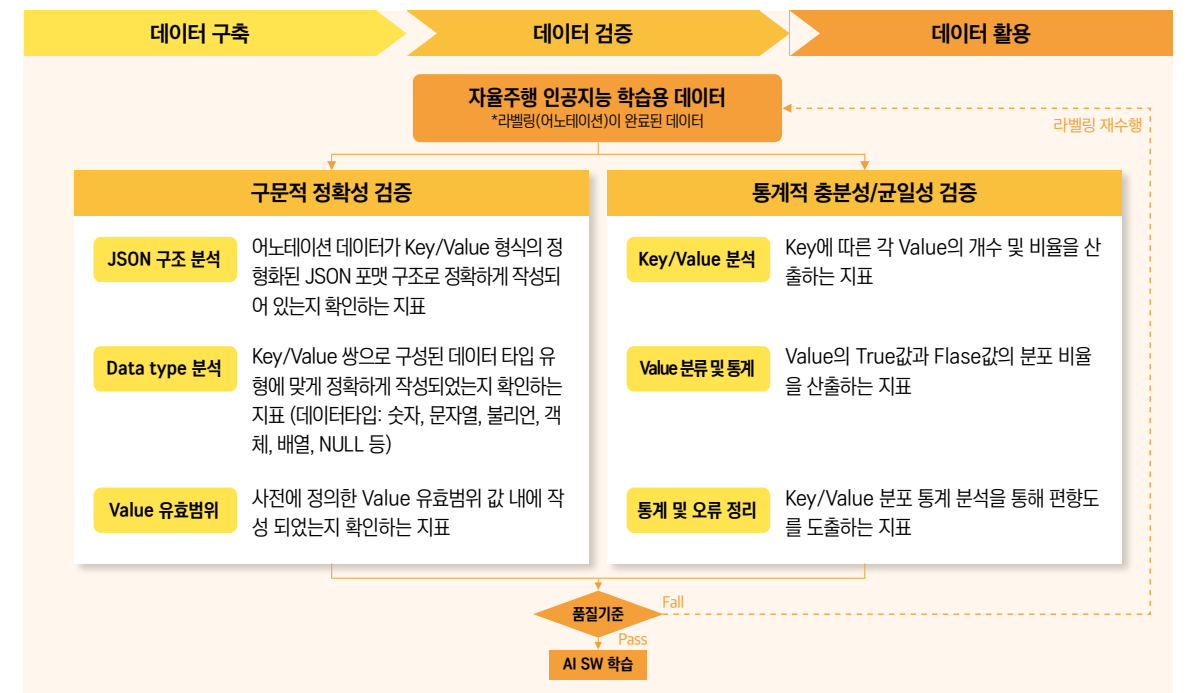


공동화를 위해 국내에서 가장 범용적으로 적용 및 배포된 한국지능정보사회지원(NIA)의 AI 데이터 품질관리 지표를 적용했다. NIA에서는 '데이터 품질관리', '빅데이터 품질관리', '인공지능 데이터 품질관리' 등 3개 부문으로 구분하여 내용을 제시했다. 국내외 표준 및 지침을 참고하고 최종적으로 TTA와의 협의를 거쳐 공유의 품질지표를 개발하여 배포했다. 데이터의 품질에 가장 기본적으로 필요한 요소를 확인한 결과 데이터 정확성을 파악할 수 있는 '구문 정확성'과 적합성을 확인할 수 있는 '통계적 다양성'이 필수 요소로 확인되었고 이를 신규 표준에 반영했다.

신규 표준에서는 국제표준에서 제시하고 있는 '생명주기'를 포함하여 '데이터 검증'에 초점을 맞추어 품질 평가 및 관리 체계를 제시했고, 각 세부 검증 항목별 3가지의 검증 및 분석 대상을 정의했다. 데이터의 라벨링(어노테이션)이 완료됨을 기준으로 구문정확성을 확인하기 위한 JSON 구조, 데이터 타입, Value값 유효범위를 검증 대상으로 정의했고 통계적 충분성을 확인하기 위한 Key/Value 분석, Value 분류 및 통계 제공, 관련 오류 정리 내용을 분석 대상으로 정의했다.

자율주행산업에서 SW 및 AI 데이터의 품질에 대한 중요성은 앞으로 더욱 커질 것이다. 특히 신뢰성이 중요한만큼 다양한 관점에서의 검증과 관리방안이 필요해 보인다. 이에 대한 기준 수립, 즉 표준화에 대한 요구가 더욱 커질 것으로 예상된다.

【자율주행 데이터 품질 검증 프로세스】



【구문정확성 및 통계다양성 평가 기준】

품질목표별 구문적 정확성 오류 데이터 검증 기준		통계적 충분성균일성 평가기준	
파일 오류	<ul style="list-style-type: none"> 검증 기준: 파일 오류 오류내용: 비정상적인 JSON파일로, 파일이 열리지 않는 경우 	1 Key/Value 분석 학습에 유용한 분류체계(카테고리)별 수량의 균일성 및 비율이 고려되었는가	
데이터 구조 오류	<ul style="list-style-type: none"> 검증 기준: 필수 Key 오류 오류내용: 필수 Key가 없는 경우 		
데이터 입력값 오류	<ul style="list-style-type: none"> 검증 기준: Value 유효값 오류 오류내용: Value 값이 설정한 유효값이 아닌 경우 검증 기준: Value 유효 범위 오류(숫자계열) 오류내용: Value 값이 설정한 유효 범위를 벗어난 경우 		2 Value 분류 및 통계 학습에 유용한 분류체계(카테고리)별 인스턴스 수량의 균일성 및 비율이 고려되었는가
데이터 형식 오류	<ul style="list-style-type: none"> 검증 기준: Value 타입 오류 오류내용: Value 값의 타입이 틀린 경우 	3 통계 및 오류 정리 Key/Value 분석, Value 분류 및 통계를 통해 도출된 결과를 바탕으로 통계 및 오류 정리	
기타 오류	<ul style="list-style-type: none"> 검증 기준: 기타 오류 오류내용: 정의된 오류들 이외의 오류가 발생한 경우 		

*클래스 및 인스턴스 분포 및 계산 방법에 대해서는 자율주행 전문가 자문을 통해 데이터별 적정 기준 선정 필요

2

표준동향 GIST 이용구 교수

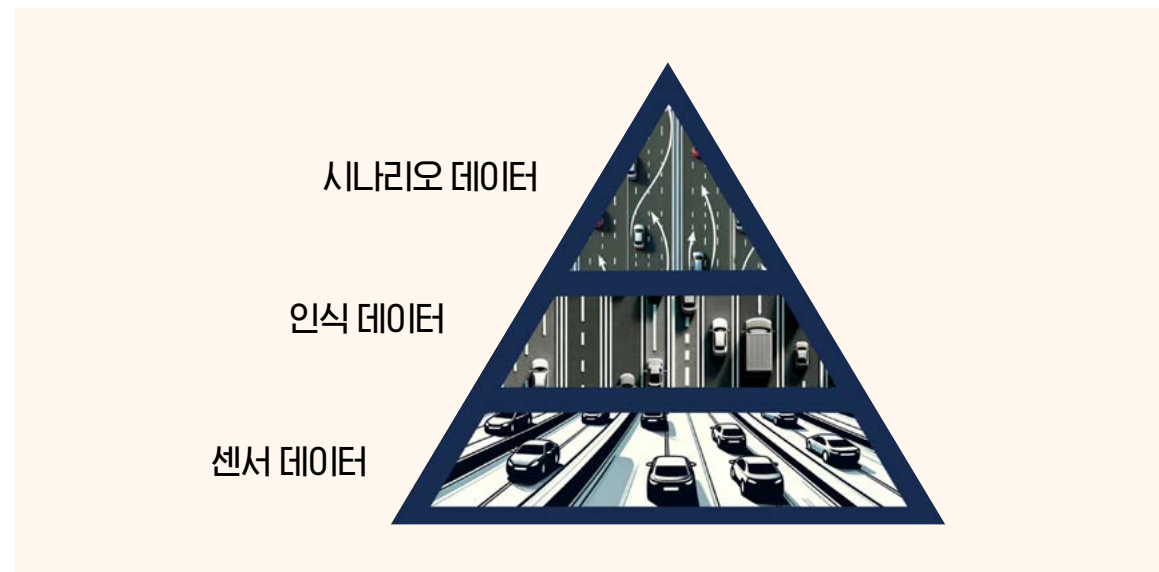
자율주행 데이터 표준화 동향

1. 자율주행 데이터 종류

인공지능의 비약적인 발달로 다양한 응용서비스가 시장에 출몰되고 있다. 이러한 서비스 중에서 사회에 가장 많은 변화를 불러올 자율주행 기술 관점에서 인공지능 학습에 필수적인 데이터 표준화가 중요해지고 있다.

자율주행에서 생성되는 데이터는 각종 센서(sensor)에서 측정되는 원시(raw) 센서데이터, 이를 일차적으로 가공하여 얻게 되는 도로상 객체들로 이루어진 인식데이터 그리고 에고(ego) 차량과 도로상 객체들의 궤적 정보를 나타내는 운전 시나리오(driving scenario) 데이터로 나누어 볼 수 있다. 이러한 센서, 인식, 시나리오의 세 가지의 단계로 이루어진 데이터는 그림 1과 같은 피라미드 구조로 이해할 수 있다.

【그림1. 자율주행 데이터의 피라미드 구조】



피라미드의 맨 아래 밑단은 자율주행차 전방 카메라의 시선으로 바라본 영상이며 이를 처리하여 조감도(Bird Eye View)를 만든다. 조감도는 카메라에서 촬영한 영상과 달리 하늘에서 바라본 이미지이며 도로상 주행에서 주의해야 할 객체(차, 보행자, 자전거, 차선)들을 알기 쉬운 인접관계(전·후·좌·우)와 거리로 보여준다. 자율주행차는 대부분 이러한 조감도를 기반으로 도로를 인식한다.

피라미드 가운데에서 조감도를 보여주고 있으며 실제로 이를 컴퓨터상에서 나타낼 때는 자율주행차 제작사의 독자적인 데이터 형식으로 표현한다. 피라미드 최상단에 위치하는 내용은 인식한 도로상의 물체들이 어떠한 궤적으로 향후 움직일지 시간상의 변화이다. 이러한 움직임 정보를 시나리오 데이터라고 하며 해당 자율주행차의 독자적인 형식으로 표현된다.

데이터 표준화의 관점에서 본다면 피라미드 하단은 표준화 형식이 비교적 쉬어 데이터의 교환도 큰 어려움이 없다. 하지만 중간 및 상단의 인식데이터와 시나리오 데이터 같은 경우 아직 표준화에 대한 동의를 이루이지 않았다. 드라이빙 시뮬레이터의 데이터 호환 목적으로 몇 가지 사례가 있으며 ASAM(Association for Standardization of Automation and Measurement Systems)의 사례들로 내용을 알고자 한다. 복잡도 측면에서 본다면 시나리오 데이터가 월등히 어려우며 표준화를 얻기 위한 산업계의 동의(consensus)가 어려울 것으로 예상된다.

【그림 2. GIST GLAD 연구실의 인공지능을 이용하여 원시데이터(카메라 영상)에서 추출한 다양한 도로상의 객체】

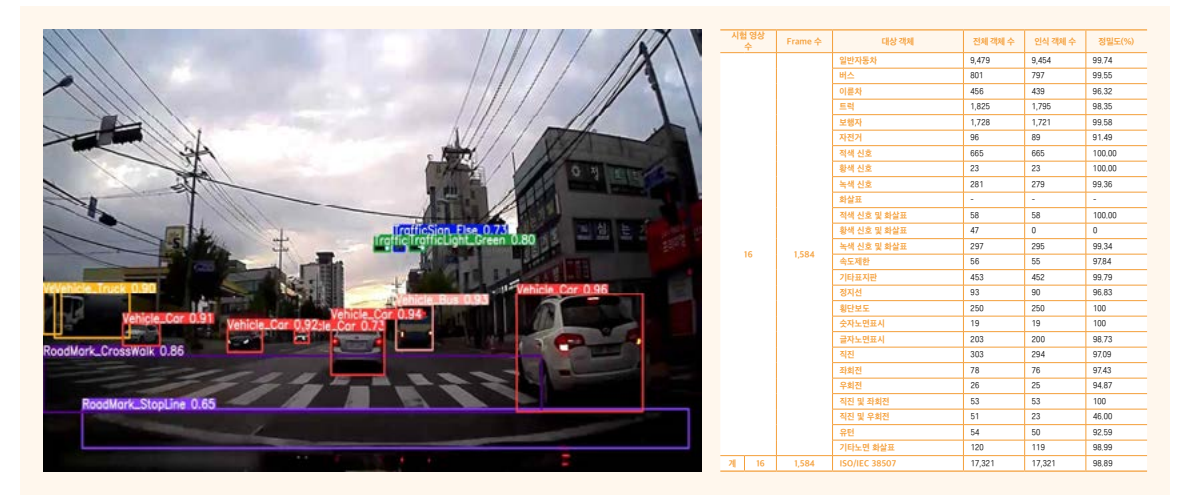


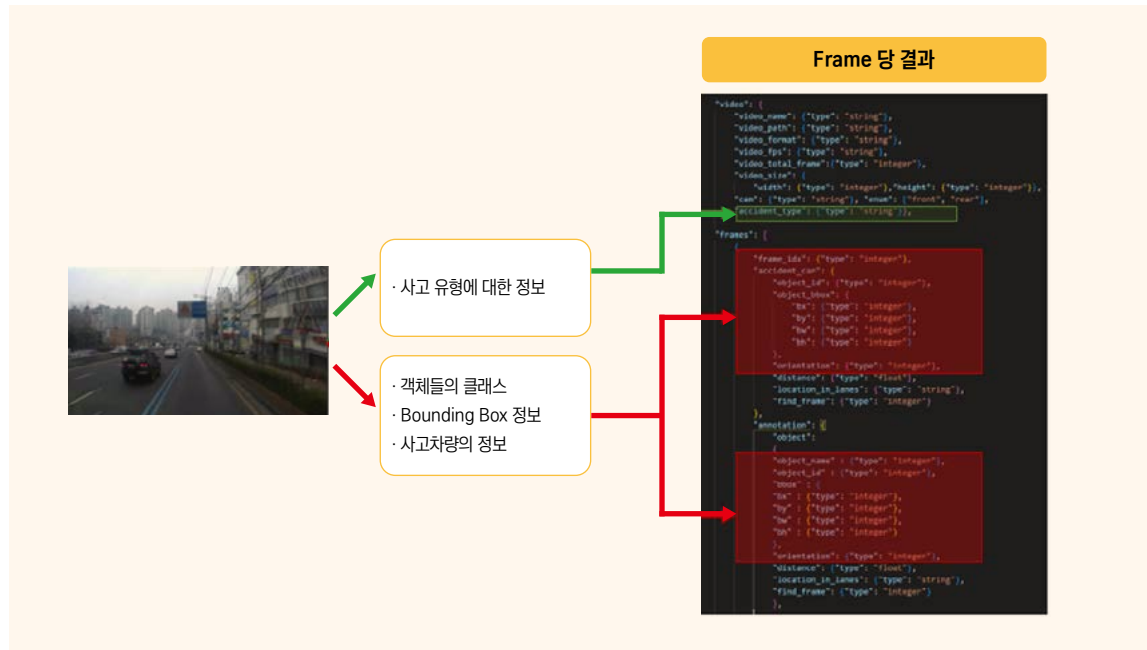
그림 2는 자율주행에서 데이터 크기가 가장 크고 많은 정보를 담고 있는 카메라 원시데이터이다. 수 분간의 영상을 촬영한 후 각 프레임에서 개체를 추출하고 이를 도표화해서 나타낸 것이 오른쪽 표이다. 오른쪽 표와 같이 도로상의 객체는 매우 다양하다. 이러한 객체를 인식하기 위해서는 지도 학습(supervised learning)이 사용되는데 지도 학습을 위해서는 큰 노력을 들여 이미지와 이미지상의 모든 도로상의 객체를 박스와 객체의 클래스(class)로 표현하고 있는 학습데이터를 구축해야 한다.

【그림 3. GIST GLAD 연구실의 인공지능을 이용하여 에고 차량과 상대 차량의 궤적 시점을 달린 조감도로 표현한 결과와 이에 대한 궤적을 JSON 형태로 저장한 결과】



도로상의 객체가 인식되었다면 시간이 흐름에 따라 객체들이 어떻게 움직이는지 추적하는 게 중요하다. 자율주행차는 고속으로 움직이기 때문에 도로상의 객체가 수 초 후 어떤 위치로 이동하게 될지 끊임없이 예측해야 한다. 이런 예측을 통해 자율주행차의 계획 알고리즘이 차량을 어떤 방향으로 얼마만큼 가속할지, 또는 충돌을 피하고자 제동을 할지 등을 판단할 수 있다. 자율주행을 하는 차량을 보통 에고(ego) 차량이라고 하는데 에고 차량과 주변의 모든 움직이는 물체들의 궤적을 상시 추적해야 하며 이러한 추적을 토대로 에고 차량의 움직임을 예측할 수 있다. 그림 3에서는 파란색 궤적이 에고 차량의 궤적이고 노란색의 궤적이 불행하게도 충돌하게 되는 상대(target) 차량의 궤적이다. 그림 3과 같은 상황은 사고의 경우이고 이러한 사고를 방지하기 위해 에고 차량의 움직임을 상시 수정해야 한다. 그림 3의 우측은 이러한 궤적을 계산한 후 데이터화한 파일이다. 이러한 차량들의 궤적이 기록된 파일을 보통 운전 시나리오 파일이라고 하는데 시나리오 파일은 JSON 또는 XML 방식으로 기록되는 것이 일반적이다. 여기서는 JSON 형태로 기록하고 있다.

【그림 4. GIST GLAD 연구실의 인공지능을 이용하여 예고 차량과 상대 차량의 충돌 시 해당 시나리오의 사고 유형을 추론한 결과】



시나리오 데이터는 원시데이터에 비해 크기가 작지만 차의 운행 일지와 같으며 자율주행차의 주행 중 판단을 위해 매우 중요하다. 특히 자율주행차의 판단능력을 향상하기 위해 다양한 경우의 시나리오 데이터를 확보해야 하며 자율주행차 면허를 시험하는 용도로도 향후 사용될 것이다.

그림 4에서는 시나리오 데이터를 확장하여 주행의 형태에 대한 메타데이터를 저장하고 있는 예를 보여주고 있다. 여기에서는 사고 유형을 예로 들고 있으나 용도에 따라 추상적이고 고급화된 동작을 서술할 수도 있다. 간단한 예로 차선 변경 중에서의 추돌 등이 가능할 수 있다. 시나리오는 간단한 내용부터 고차원적인 내용까지 모두 가능하다. 고차원적인 시나리오는 추상화 기법을 써서 여러가지 간단한 시나리오를 한 번에 표현할 수 있다. 예고 차량과 다른 차선에서 예고 차량의 후미에서 달리고 있는 타깃 차량이 예고 차량을 추월한 후 예고 차량의 앞쪽으로 차선을 변경 후 급정지 하는 경우와 같이 고차원적인 운전 형태에 대한 정보도 추가할 수 있다. 위 시나리오가 고차원적인 이유는 여러가지 다른 간단한 시나리오로 해석할 수 있기 때문이다. 타깃 차량이 예고 차량의 좌측이나 우측에서 시작할 수 있기 때문에 이러한 두 경우를 모두 포함하고 있고 따라서 추상화를 이용하여 하나의 시나리오를 간단한 두 시나리오로도 나눌 수 있다.

II. 자율주행과 관련된 중요한 표준

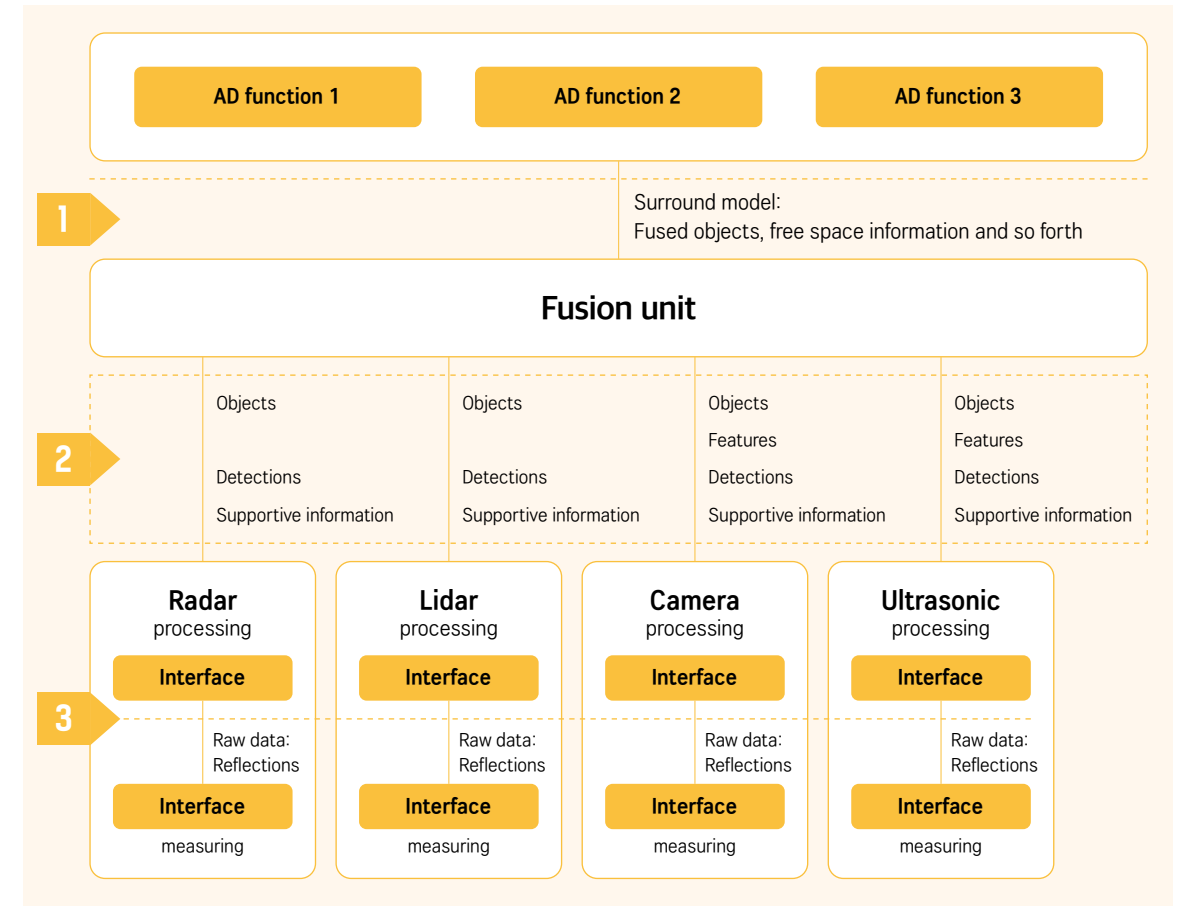
1. 센서데이터 표준

현재 센서데이터 표준과 연관이 높은 것은 IEEE에서 추진하고 있는 EDR(Event Data Recorder)과 DSSAD(Data Storage System Automated Driving)이다. 해당 표준은 사고 분석 관점에서 개발되었으며 표준에서는 특정한 데이터 포맷을 정의하기보다는 더욱 추상적인 요구사항을 담고 있다. ISO나 SAE에서 더욱 구체적인 데이터 포맷 및 이의 표준화에 대한 작업을 진행 중인 것으로 알려졌다. 그러나 합의된 표준이 발표되지는 않았다.

EDR 경우 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)가 장착되지 않은 차량에도 적용되며 지역마다 규정이 있어 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서는 EDR을 통해 저장해야 할 데이터에 대해서 적시하고 있다. 자율주행과 관련이 더 높은 DSSAD 경우, ADAS 차량에도 적용할 수 있으며 ACC(Adaptive Cruise Control), LDW(Lane Departure Warning) 같은 이미 많은 고급 차량의 지능형 운전 보조 장치의 사고를 조사하는 데 큰 역할을 하고 있다. 제공되는 정보는 특정 제조사마다 고유하며 표준화된 데이터 포맷은 없는 상황이다.

【그림 5. ISO 23150 아키텍처(architecture)】

출처 : <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:23150:ed-2:v1:en>



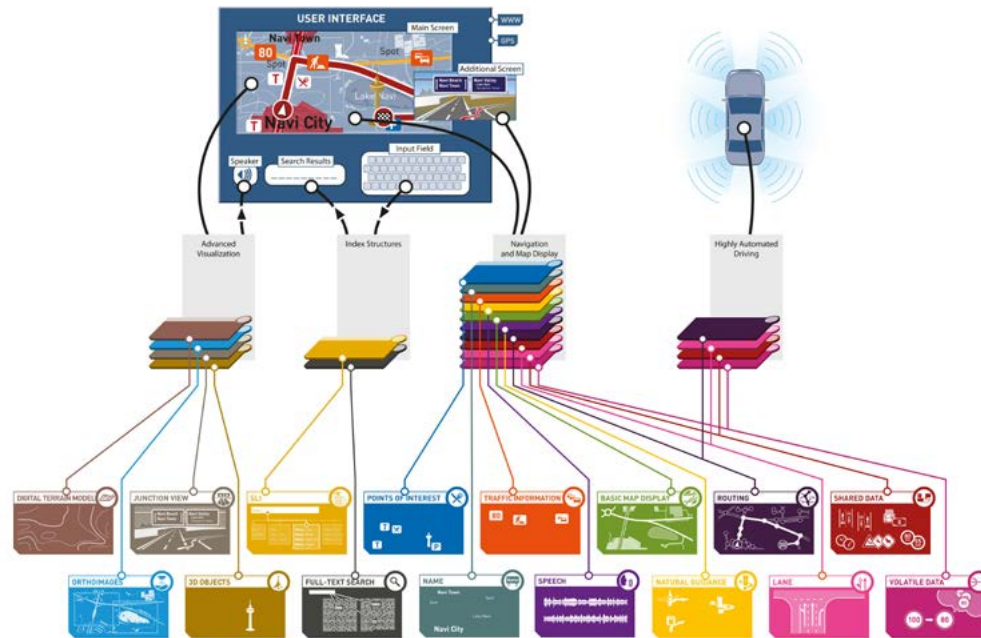
자율주행차는 다양한 센서를 사용하는데 이때 측정 대상 객체는 하나이더라도 복수의 센서를 사용해 두 개 이상의 다른 형태의 센서 측정값을 낼 수 있다. 그림 1의 피라미드 밑단의 센서데이터가 카메라와 라이다 두 가지 센서로부터 동시에 측정되는 경우, 중간층의 인식 데이터는 두 가지 센서데이터를 융합해 계산해야 하는데 센서와 데이터융합 유닛과의 통신 규약을 ISO 23150에서 정의하고 있다.

그림 5의 위에서 두 번째 레이어가 융합레이어를 도시하고 있고 개념적으로 하단의 네 가지 센서(Radar, Lidar, Camera, Ultrasonic) 데이터를 융합 레이어가 동시에 받아서 한 가지 인식 데이터로 상부의 데이터 프로세서(function)에 전송하고 있다. ISO 23150은 이러한 융합에 대한 표준을 설명하는 데 있어서 센서 데이터도 다루고 있지만 구체적인 센서 유형별 차이에 따른 표준은 표시하고 있지 않다. 이는 센서데이터가 비교적 간단한 형식이어서 데이터를 변환하는 데 큰 노력이 들지 않기 때문이다.

2. 인식데이터 표준

【그림 6. NDS(Navigation Data Standard)의 구성 블록】

출처 : https://en.wikipedia.org/wiki/Navigation_Data_Standard



자율주행차는 인식한 객체들을 저장하거나 동적으로 생성되는 주변에 대한 지도에 경로를 위치시키고 계산해 수 초 내에 충돌이 발생할 가능성이 있음을 미리 인지하고 이를 바탕으로 자율주행차의 경로를 수정해야 한다.

NDS(Navigation Data Standard)는 자동차 내비게이션 표준 데이터 포맷으로 현대자동차 등이 회원이다. NDS.Live 규격은 자율주행에서 필요로 하는 정밀지도에 대한 데이터 모델, 저장 포맷, 통신 규약 등을 정의하고 있다. 해당 지도는 차선, 위치 데이터, 장애물 데이터와 도로 네트워크를 포함하고 있으며 경로 탐색 정보도 제공하고 있다.

【그림 7. OpenDRIVE의 구성요소】

출처 : <https://www.asam.net/standards/detail/opendrive/>

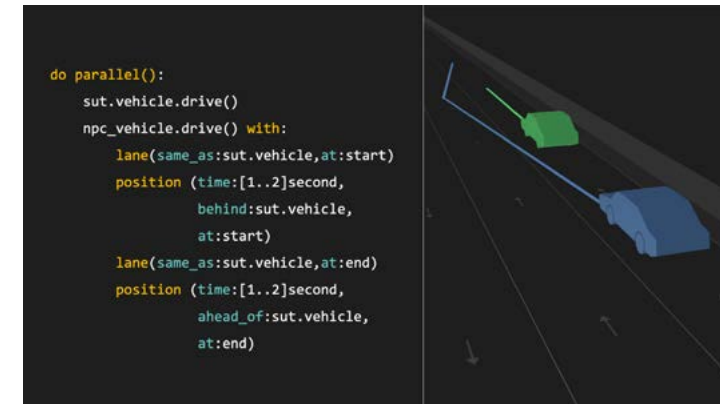


NDS보다 규모가 작지만 ADAS 시험을 위한 도로 규격 등을 정의하는 데 사용하는 OpenDRIVE라는 표준도 있다. ASAM에서 관리하는 OpenDRIVE는 작은 지역의 도로 네트워크를 정밀하게 나타낼 수 있으며 OpenCRG라는 미세한 도로 표면까지 표현할 수 있는 규격과 결합하면 고도로 정교한 시험 규격과 동시에 시뮬레이션 환경 등에 사용될 수 있다.

3. 시나리오 데이터 표준

ASAM은 또한 그림 1의 최상부 시나리오 데이터의 표준인 OpenSCENARIO도 규정하고 있다. 해당 표준은 운전과 교통 시나리오를 포함하고 있으며 실용적인 목적은 ADAS 시험과 자율주행 시험 평가를 위한 규격이다. 해당 표준은 지금까지 살펴본 표준과 다르게 동적이라는 것이 특징이다. OpenSCENARIO는 도로상의 차, 보행자 등의 객체를 정의하고 있으며 이러한 객체들이 상호작용하여 발생할 수 있는 도로상의 다양한 교통 시나리오를 정의할 수 있다.

【그림 8. OpenSCENARIO 2.0】 출처 : <https://www.foretellix.com/openscenario-2-0/>



OpenSCENARIO 1.0은 XML 방식으로 제공되었다. XML이 편집도구가 많고 계층구조를 표현할 수 있어 초기에는 호응이 좋았으나 사용자들의 불평이 있었다. XML 방식이 도로 교통, 특히 등장하는 자동차들의 궤적을 그리면서 파일 크기가 커지고 XML 구문의 가독성이 떨어져서 편집이 불편했기 때문이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 교통이라는 도메인에 특화된 독립적인 DSL(Domain-Specific Language)을 사용하게 되었고 표현과 편집이 편리해졌다. DSL은 ANTLR로 그 구문이 정의되어 있어서 파서(parser)를 제작하기 용이하여 DSL을 데이터 표준 매개체로 활용하여 다양한 응용프로그램이 개발될 것으로 예상된다. 이러한 단순한 편리성은 표면적인 개선이었고 근본적인 장점은 복잡한 시나리오를 서술할 수 있다는 점이다.

그림 8에서 살펴보면 에고 차량(sut) 후미에서 출발한 상대 차량(npv_vehicle)이 시작할 때는 에고의 뒤로, 종료할 때는 에고의 앞으로만 가는 것으로 정의되어 있으나 추월을 어느 방향으로 할지에 대한 구체적인 서술이 없다. 물론 현재 상황으로 본다면 왼쪽 차선으로만 추월할 수 없지만 지도를 바꿀 수 있음을 생각한다면 도로의 차선이 많아짐에 따라 왼쪽이나 오른쪽 차선 변경이 모두 가능하게 된다. 이러한 다양한 가능성을 나타낼 수 있어 무수히 많은 시나리오를 예측할 수 있어 서술된 추상적 표현이 수많은 구체화된 시나리오로 구현될 수 있다.

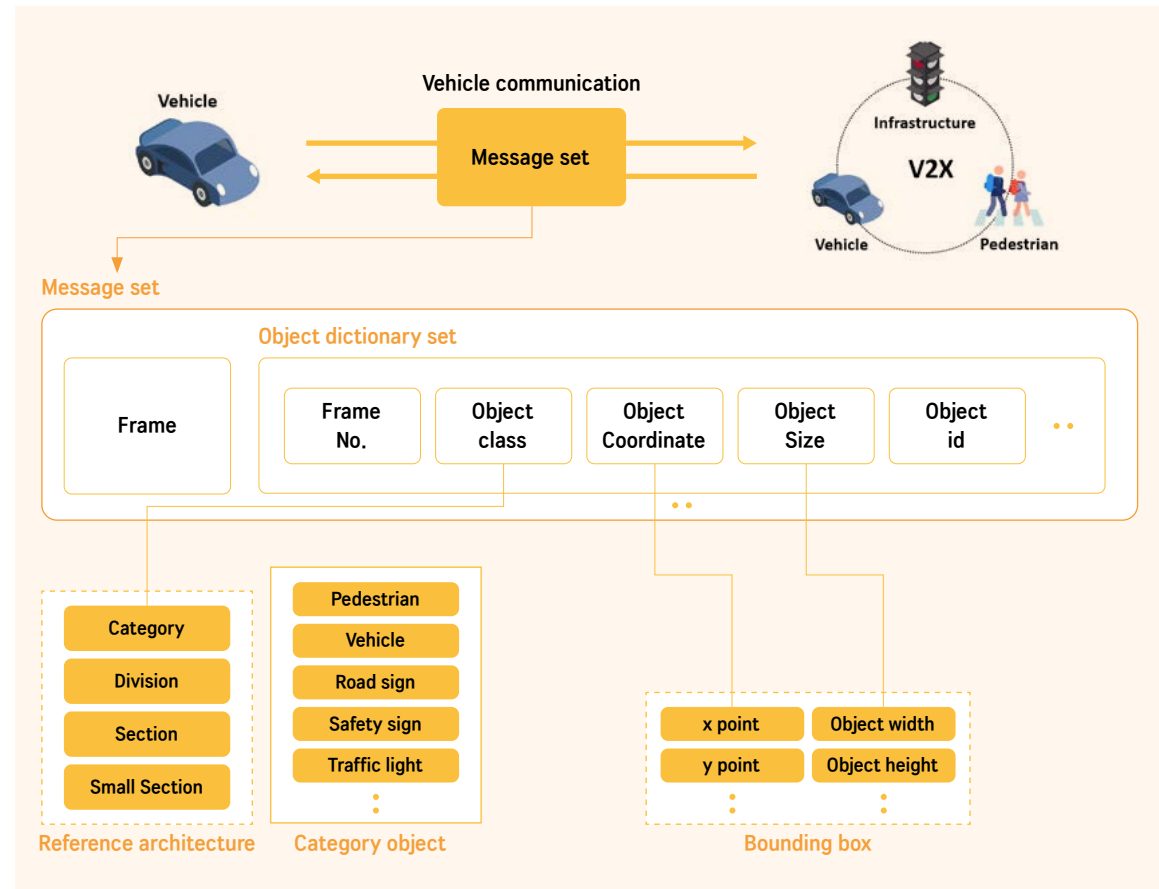
【그림 9. V2X 통신】

출처 : <https://www.haasalert.com/news/v2x-explainer>



자율주행 데이터 표준화에서 또한 중요한 것이 차량과 그 밖의 모든 물체 간의 통신표준이다. 그림 9에서는 차량과 차량, 자전거를 탄 사람, 주변기차국 그리고 신호등과 통신하고 있는 상황을 표현하고 있다. 이를 V2X(Vehicle-to-Everything)라고 한다. 해당 기술은 자율주행차가 보유하고 있는 센서데이터가 부족함에도 RSU(Road Side Unit)라고 하는 도로상에 설치된 센서가 부착된 기차국과 다른 차량과의 통신을 통해 더욱 넓은 영역의 센서데이터를 획득할 수 있다는 큰 장점이 있다. 이때 사용되는 표준은 특정 주파수를 사용하고 낮은 레이턴시(latency)상의 고도로 안정된 환경에서 데이터를 주고받는 DSRC(Dedicated Short Range Communications), 휴대용 단말기 통신망인 LTE나 5G를 사용하는 C-V2X(Cellular V2X)가 있다.

【그림 10. 자율주행 객체 분류체계 개요】



GIST는 그동안 자율주행자동차 데이터셋 구축을 진행하며 얻은 경험을 토대로 도로상 객체 표현 방법에 대한 기술 신규 아이템을 국제전기통신연합 전기통신표준화 부문(ITU-T)에 제안했다. 그림 10은 제안한 표준 내용으로 핵심은 Message이다. 이는 프레임별로 도로상 인식된 객체와 이들의 위치를 표현하고 있다. GIST가 제안한 자율주행을 위한 도로상 인지처리용 데이터 표현 방법 FSTP.OC-VC는 한국, 미국, 중국, 독일, 캐나다 등 총 27개국이 참여한 국제회의에서 국제전기통신연합 전기통신표준화 부문의 기술 문서 신규 아이템으로 채택되었다. 본 표준 기술문서는 인공지능(AI) 데이터셋의 형태를 체계적이며 확장성 있게 관리할 수 있다. 또한 V2X 통신 프로토콜뿐만 아니라 스마트 시티, 디지털 포렌식, 자율주행 학습용 데이터 등 다양한 분야에 활용될 수 있다.

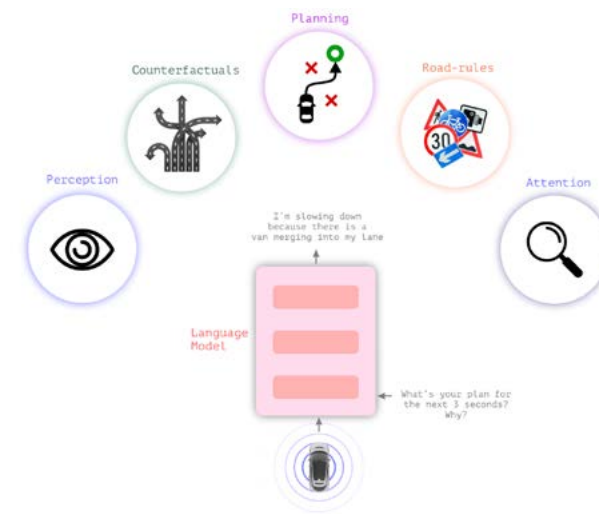
III. 시사점

자율주행차는 센서, 인식, 시나리오 데이터로 구분할 수 있다. 현재 관련 국제표준은 센서데이터에 대한 요구사항을 적시한 EDR/DSSAD 표준, 다양한 센서데이터로 데이터를 융합하는 융합 유닛에 대한 ISO 23150 표준, 정밀지도에 대한 NDS 표준, ADAS 테스트

트에서 사용되는 도로 규격 표준인 OpenROAD/OpenCRG, 도로상의 차량간의 움직임을 서술하는 OpenSCENARIO, 그리고 도로 상에서 차와 RSU간의 통신을 규정한 C-V2X 등이 있다. 국내에서 제안된 국제표준 신규 아이템으로는 자율주행 객체 분류체계를 규정한 GIST의 FSTP.OC-VC가 있다.

현시점에서 볼 때 자율주행차 데이터 표준은 매우 더디게 발전하고 있는 것이 사실이며 이는 자율주행이 산업체에 의해 견인되고 있는 것과 무관하지 않다. 각국 정부에서는 자율주행 제조사들에 더 많은 자율주행 데이터를 개방할 것을 요구하고 있으며 이는 자율주행차에 의해 발생하는 교통사고의 원인을 분석하는데도 필수적이다. 장차 자율주행이 보급되고 다양한 응용서비스들이 개발되려면 현재 개별 제조사들이 관리하는 자율주행 데이터 포맷을 표준화하는 것이 매우 중요하다.

【그림 11. 거대언어모델을 이용한 주변 상황 인식】 출처 : <https://wayve.ai/thinking/lingo-natural-language-autonomous-driving/>



최근 등장한 LLM(Large Language Model)이 영상 이외에도 사용됨으로 인해 자율주행의 인식에 대해 자연어의 서술이 가능해지고 있다. Wayve사는 영상을 통해 인공지능이 도로상의 객체들에 대한 인식은 물론이거니와 고차원적인 시나리오 판단까지 가능함을 보여주고 있다. 그림 11은 가운데 LLM이 도로를 관찰하고 상황에 맞게 판단(미니벤이 진입함으로 서행)하는 것을 나타내고 있다. 최근 발표된 GPT4-V 모델의 유료 서비스로 일반연구실 수준에서도 자율주행 인식에 LLM을 적용할 수 있게 되었다. 향후 이러한 자율주행 언어데이터가 점차 증가할 것으로 예상할 수 있으며 자율주행 데이터가 딱딱한 구조화된 형태가 아닌 인간이 자연스럽게 이해할 수 있는 언어로 서술되어 더욱 편리한 미래가 도래할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. "IEEE Standard for Data Storage Systems for Automated Driving," in IEEE Std 1616.1-2023, 2023
2. ISO 23150 Data communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions 2023
3. <https://nds-association.org/>
4. <https://www.asam.net/standards/detail/opendrive/>
5. <https://www.asam.net/standards/detail/opencrg/>
6. <https://www.asam.net/standards/detail/openscenario/>
7. The Definitive ANTLR 4 Reference, Terence Parr, Pragmatic Bookshelf 2013
8. Sungjae Lee and Yong-Gu Lee, "FSTP.OC-VC: Proposal for a new technical paper "Requirements of object classification dictionary set for V2X communication," International Telecommunication Union, 2022
9. On the Road with GPT-4V(ision): Early Explorations of Visual-Language Model on Autonomous Driving, Licheng Wen et al. <https://arxiv.org/abs/2311.05332>, 2023

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

자율주행 시뮬레이션, 원격지원, 데이터 중심으로

발행처 한국표준협회

발행일 2023년 12월 31일

발행인 강명수

편집 한국표준협회미디어

주소 (06152)서울시 강남구 테헤란로 69길 5 DT센터 9층

TEL 02-6240-4700~9

FAX 02-6919-4012