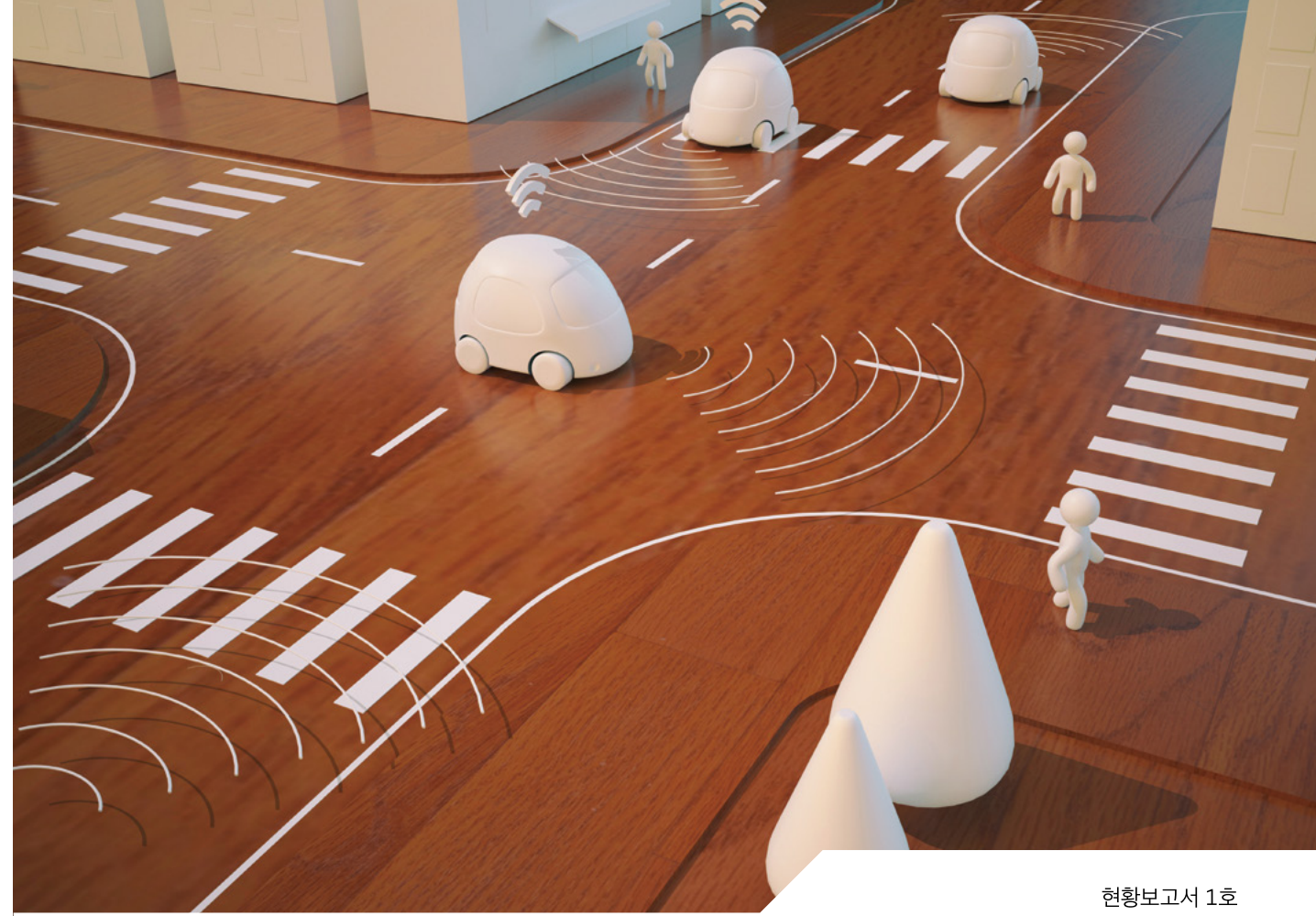




자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향



현황보고서 1호

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

- 센서·부품, V2X 보안인증, 대중교통 서비스, DSSAD 중심으로 -

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

- 센서·부품, V2X 보안인증, 대중교통 서비스, DSSAD 중심으로 -

CONTENTS



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.

- 04 Part 1. 센서·부품**
 - 1. **기술동향** 자율주행 인식·제어 부품 개발 동향 및 시험평가
한국자동차연구원 송광열 책임연구원
 - 2. **표준동향** 자율주행 인지에측 및 지능제어 부품 표준화 동향
한국전자통신연구원 윤현정 책임연구원

- 20 Part 2. V2X 보안인증**
 - 1. **기술동향** V2X 보안인증 관련 기술개발동향
한국전자인증 김형욱 박사
 - 2. **표준동향** V2X SCMS 표준화 동향 및 국가표준 개발 전략
순천향대학교 염홍열 교수

- 38 Part 3. 자율주행 대중교통 서비스**
 - 1. **기술동향** 자율주행 대중교통 서비스 기술 동향
한국자동차연구원 최유준 책임연구원
 - 2. **표준동향** 자율주행 대중교통 서비스 표준화 동향
한국교통연구원 문영준 박사/연구단장

- 52 Part 4. 자율주행정보 기록장치(DSSAD)**
 - 1. **기술동향** 사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 국내외 기술개발 동향
한국자동차연구원 권성진 센터장, 이재혁 연구원
 - 2. **표준동향** 자율주행 기록장치와 차량용 블랙박스 표준 간의 연계성 및 규제화
한국자동차연구원 유시복 센터장

Part 1

센서·부품



1. **기술동향** 자율주행 인식·제어 부품 개발 동향 및 시험평가
한국자동차연구원 송광열 책임연구원
2. **표준동향** 자율주행 인지에측 및 지능제어 부품 표준화 동향
한국전자통신연구원 윤현정 책임연구원



저자 인터뷰 영상 바로가기 ▶

1 기술동향 한국자동차연구원 송광열 책임연구원 자율주행 인식제어 부품 개발 동향 및 시험평가

아직 완벽하지 않은 자율주행 기술

세계 유수의 자동차 OEM이나 IT 기업들은 최근 인공지능 활성화 분위기에 편승해 자사의 자율주행기술 역량을 대대적으로 홍보하고 있다. 그리고 국내외 각종 연구소, 대학, 자율주행 스타트업도 마찬가지로 자율주행을 연구개발하고 있다. 하지만 자율주행 기술로 인한 사고가 발생하면서 소비자의 심리적 불안감도 높아지고 있는 것이 사실이다

실제로 2018년도에는 테슬라(Tesla) 모델 X가 고속도로 자율주행 중에 역광에 의해서 사고가 발생하여 사망자가 생겼고, 2018년도에 우버(Uber) 사의 자율주행차량이 길을 건너던 중 보행자 추돌사고가 발생하여 사망한 사건이 있었다. 이에 따라서 미국자동차협회(AAA, American Automobile Association)가 2018년 실시한 조사에 따르면 미국 운전자의 평균 73%가 무서워서 자율주행차를 탈 생각이 없으며, 자율주행차가 보행자 및 일반차와 도로를 공유하는 것에도 불안감을 느끼는 것으로 조사되고 있다.

하지만 미국도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)은 자율주행차량이 완벽하지 않더라도 조기에 시장에 투입하는 것이 장기적으로 교통사고 사망자 감소에 도움이 될 것으로 예상하고 있다. 2020년에 인간보다 10% 안전한 자율주행차량을 시장에 도입하면, 2040년에 완벽한 자율주행차를 시장에 도입할 때보다 약 52만 명을 더 살릴 수 있다고 분석하고 있다. 이러한 분석에 따라 자동차 OEM 및 IT 기업들은 계속 자율주행차량을 개발하고 있으며, 자율주행차량의 자율주행사고에서 핵심 문제로 떠오르는 인지센서의 한계성능 향상 및 오류를 보완할 수 있도록 다양한 차세대 센서 개발 및 안전도 이중화(Redundancy) 확보를 통해 자율주행차량의 안전도와 신뢰도를 확보하기 위해서 노력하고 있다.

【자율주행 사고 및 안전도 확보를 위한 센서의 증가】

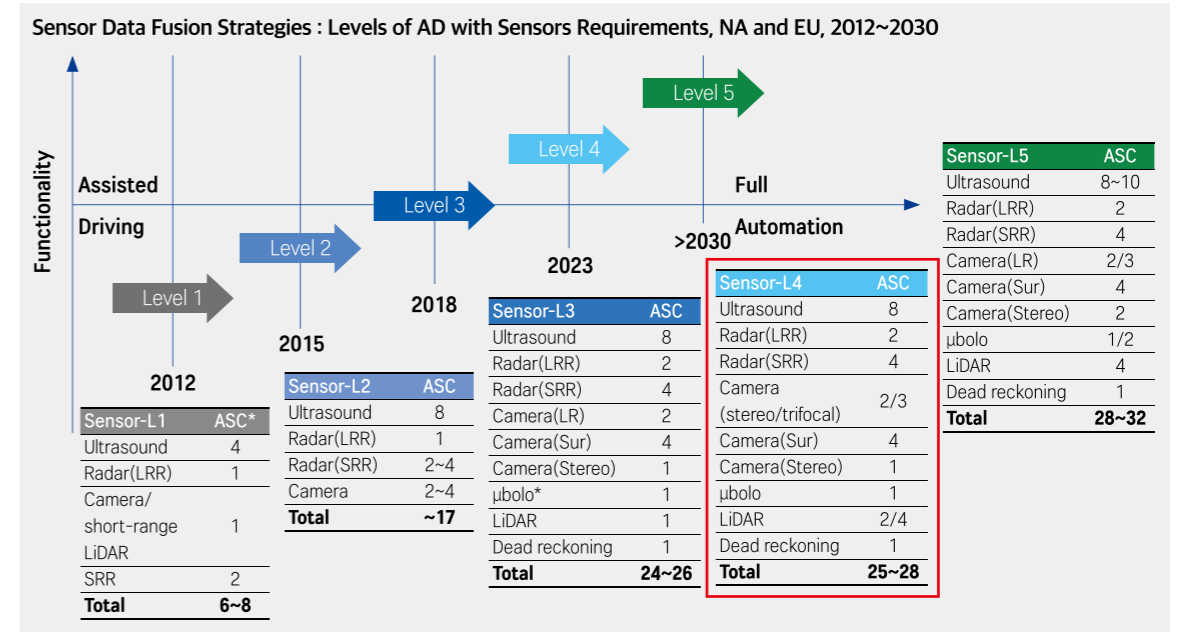


차세대 인식 및 제어 부품에 의한 성능 향상

자율주행 기술고도화에 따라 주행인식 성능 향상 및 신뢰도 확보를 위해 차량에 장착되는 카메라/라이다/레이더 등의 인지센서 개수가 급격히 증가하고 있다. 또한 사람이 운전하지 않는 레벨 4 자율주행 시에 안개 또는 야간에 장애물을 검출하기 위한 나이트비전용 열영상 또는 적외선 카메라(IR, Infrared camera)와 같은 μ bolometer 종류의 센서가 새롭게 장착될 것이 예상되고 있다. 따라서 향후 자율주행 레벨 4 수준의 차량은 초음파 8개, 장거리 레이더 2개, 근거리 레이더 4개, 스테레오 또는 Tri-focal 카메라 1개, 주변환경 카메라 4개, μ bolometer 1개, 라이다 4개 등 다양한 종류의 센서가 장착될 것으로 예상되고 있다.

【자율주행차량 레벨별 센서 장착 수량 및 종류】

*출처 : Frost&Sullivan



* ASC : Average Sensor Count (in the respective levels), μ bolo : thermal camera/IR sensor for night vision

다양한 센서 및 신규 센서들은 단일 센서에서 인식 기능을 수행하거나, 각 센서의 장단점을 보완할 수 있는 다양한 센서 융합전략 및 클라우드 연계전략을 통해서 인식성능을 향상시켜 나가고 있다. 또한 차량 전방 및 주변에 존재하는 정형, 비정형 객체에 대한 인식과 검출이 가능해야 하며 다양한 상황에 대한 해석이 가능해야 한다. 따라서 인간의 인지력에 준하는 고성능화 및 차별화된 차세대 센서에 대한 개발 요구가 높아지고 있다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 카메라 센서는 8메가픽셀급 이상의 고해상도화 및 인공지능 적용을 통해 인지기능이 향상되고 있으며, 일반도로뿐만 아니라 혼잡한 주차장 및 골목길 상황에서도 주변을 정확하게 인식할 수 있는 기술로 발전하고 있다. 또한 기존의 컬러 영역대에서 벗어나서 다양한 파장대의 신호를 검출할 수 있는 열영상 및 단파장 IR 센서를 개발하여 안개나 연기과 같은 카메라가 인식하기 어려운 상황에 대처할 수 있도록 인식 성능을 높이는 기술이 개발되고 있다.

【단파장 IR 카메라 기반 전방 안개상황 극복 기술】



*출처 : 트라이아이

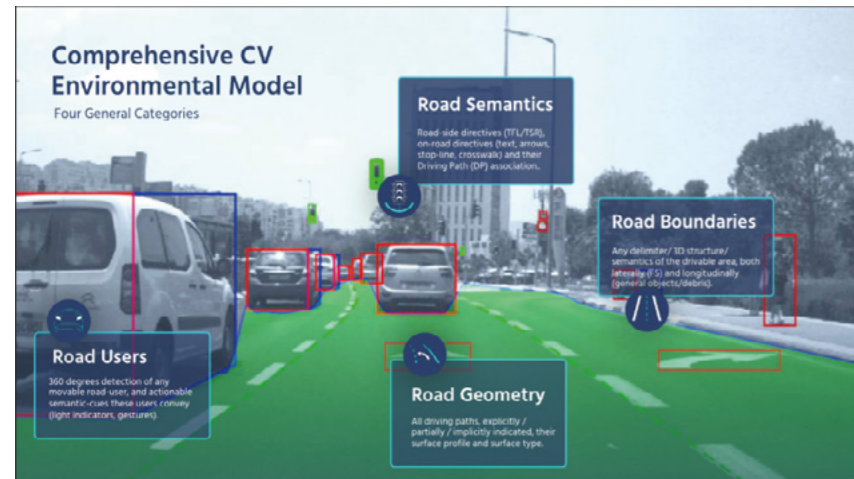
【열화상 카메라 기반 주변상황 인식】



*출처 : FLIR

특히 카메라 센서는 기존보다 더욱 많은 정보를 인식하기 위해서 인식 수준이 높아지고 있다. 따라서 도로 객체(Road Users), 도로 형상(Road Geometry), 도로 의미(Road Semantics), 도로 경계(Road Boundaries)에 대한 다양한 인식정보를 얻기 위한 기술이 개발되고 있다. 이에 따라서 카메라 융합 기반 3차원 인식 기술(VIDAR), 픽셀 기반 인식 기술(Scene segmentation), 차량 자세 및 크기 인식 기술(3DVD), 컷인 차량을 인식하기 위한 바퀴 인식 기술(Wheels), 타깃 차량 문열림 인식 기술, 다중 카메라 융합 기반 부분 객체 인식 및 추적 기술(Full image detection), 딥러닝 기반 거리 인식 기술(Range Net), 높이 인식 기술(Parallax Net) 등의 다양한 새로운 인식 기술을 개발하고 있다.

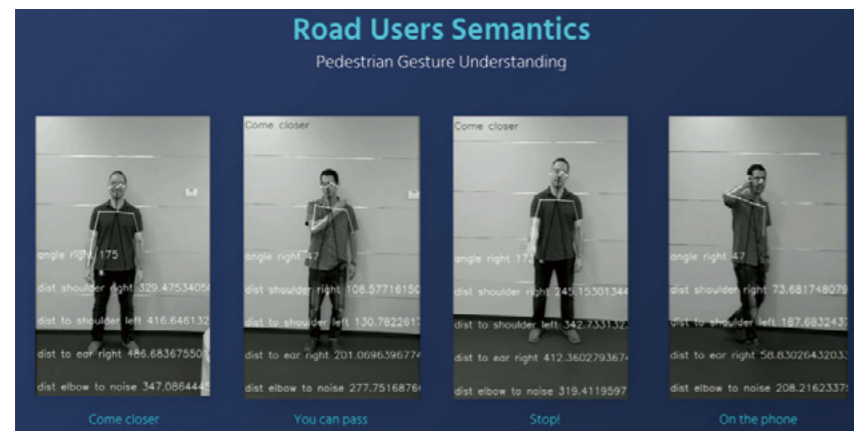
【 인식 대상 및 상세 인식 내용 】



*출처 : 모빌아이

특히 보행자의 경우 기존의 위치만을 인식했던 것에서 더욱 발전하여 교통경향, 어린이/성인, 노약자, 도로공사 작업자 등을 판별하는 것이 가능하고, 보행자의 시선의 지향방향 및 어깨와 다리의 자세를 인식하여 앞으로의 행동을 예측할 수 있는 기술로 발전 및 진화하고 있다.

【 보행자 행동 속성 인식의 예 】



*출처 : 모빌아이

레이더는 자율주행차량의 안전성을 확보하기 위해 기존 3D 정보인 거리, 방향각, 속도 검출에서 4D 정보인 거리, 방향각, 고각, 속도에 대한 정보를 감지할 수 있도록 개발되고 있다. 한 수준 높아진 정보를 검출하는 레이더는 4D 이미징 레이더(imaging radar)로 불리고 있으며, 라이다에 비해 해상도가 떨어지지만 환경변화에 강건하며 포인트 클라우드 추출 및 사물 리스트를 고해상도로 매핑 가능한 기술로 개발되고 있다. 이에 따라서 기존 레이더보다 정확도 및 해상력이 획기적으로 향상되어 타이어와 같은 작은 물체까지 검출할 수 있도록 개선되고 있다.

【 차세대 4D 이미징 레이더 기술 및 도로 객체(타이어) 인식 기술 】



*출처 : 모빌아이

라이다도 기계식 회전체로 인한 구조적 문제점 및 차량 신뢰성 확보에 있어서 많은 한계점을 갖고 있어 무회전 방식인 Solid-state 방식의 기술이 개발되고 있다. 해당 방식의 장점으로 인해 16채널 이상의 다채널화가 가능하여 해상도 및 분해능이 향상되었으며, 기존에 검출이 불가능했던 작은 객체에 대한 검출 성능이 향상되고 있다. 또한 거리검출 방식이 기존의 광반사 반송신호의 특징을 이용한 ToF(Time of Flight) 방식에서 주파수 변조 레이저 방식인 FMCW(Frequency-Modulated Continuous Wave) 방식으로 변경됨에 따라서 검출 거리가 향상되었고, 다른 라이다들의 간섭을 받지 않을 수 있게 되었다. 또한 기존의 3D 정보에서 거리, 방위각, 고각에서 차량의 속도까지 검출이 가능하여 4D 정보까지 검출할 수 있는 새로운 라이다, 차세대 센서로 변화하고 있다.

【 차세대 라이다 기술 】



*출처 : 모빌아이

앞에서 언급한 카메라, 레이더, 라이다 등의 성능이 향상된 차세대 센서들은 다양한 차량 OEM 및 IT 회사에 적용될 것으로 예상되고 있으며, 인공지능 적용에 따라서 인식 대상을 정확하게 검출(Detection)하고 차량제어(Respond)를 할 수 있도록 개발되고 있다. 이에 따라서 차세대 센서 및 제어 부품들이 정확하게 인식하고 제어할 수 있는지에 대한 평가 검증 기술들이 새롭게 개발되고 있으며, 미국도로교통안전국, Path 프로젝트, 웨이모(Waymo) 등에서 제안된 객체 및 상황 인지 및 반응(OEDR, Object and Event Detection and Response) 리스트에 따라 정확하게 인식하고 제어할 수 있는지에 대해서 평가 프로세스화 및 검증 기술을 개발하고 있다.

【 OEDR 요구 리스트 】

- Detect & Respond to Speed Limit Changes
- Detect & Respond to Encroaching, Oncoming Vehicles
- Perform Vehicle Following
- Detect & Respond to Relevant Stopped Vehicles
- Detect & Respond to Relevant Lane Changes / Cut-ins
- Detect & Respond to Relevant Static Obstacles in Lane
- Detect & Navigate Work Zones
- Detect & Respond to Relevant Safety Officials
- Detect & Respond to Relevant Access Restrictions
- Detect & Respond to Relevant Dynamic Traffic Signs
- Detect & Respond to Relevant School Buses
- Detect & Respond to Relevant Emergency Vehicles
- Detect & Respond to Relevant Pedestrians
- Detect & Respond to Relevant Pedalcyclists
- Detect & Respond to Relevant Animals
- Detect & Respond to Relevant Vehicle Cut-out / Reveal
- Detect & Respond to Relevant Vehicle Roadway Entry
- Detect & Respond to ODD Boundary Transition

*출처 : NHTSA, Waymo, Path 프로젝트

자율주행 고도화에 따른 사고 방지

현재까지 자율주행차량 사고의 원인으로 알려진 객체에 대한 오인식 및 미인식 이외에도 기존에 자율주행 테스트 상황으로 인식하지 못한 극히 특이하고 이상한 상황(Edge-case)에도 레벨 4 자율주행차량은 주행이 가능하여야 안전도를 확보할 수 있다. 이러한 안전도를 위협하는 경우는 대표적으로 4가지의 유형이 있을 수 있다.

- 1) 물리적 간섭 공격에 의한 인식 취약 상황 발생 : 외부 센서의 공격에 의한 인식 취약 상황 발생
 예시) - 외부 레이저에 의한 카메라 공격 및 인식오류 발생
 - 외부 간섭전파 또는 간섭광원에 의한 레이더 또는 라이다 신호 공격
 - 외부 프로젝터에 의해서 도로상에 가상의 표지판 또는 보행자 표시 공격
- 2) 적대적노이즈 공격에 의한 인식 오류 : 간단한 패치 또는 부가적인 그림을 통해서 인공지능 인식 오류를 발생시키는 상황
 예시) - 간단한 패치 부착에 의한 속도 제한이나 정지 표지판 미인식
 - 의도적인 노면차선 도색으로 End-to-End 인공지능의 도로 이탈
- 3) 인공지능 특이상황에 의한 인식 오류 : 일반적이지 않은 특이한 상황에 의한 인식오류 상황
 예시) - 도로상의 특이 객체(인형 탈, 도로 상의 비행기 등)에 의한 인식 오류 상황 발생
 - 특이 도로 형상(싱크홀 또는 물웅덩이 등)에 의한 사고 상황 발생
- 4) 단순 형상인식에 의한 인식 오류 : 전체 상황의 연관성에 의한 인식이 아닌 단순 형상 인식에 의해서 인식오류가 발생하는 상황
 예시) - 차량 또는 도로 상의 그림을 보행자 또는 자전거로 오인식하는 상황
 - 도로상의 마네킹이나 간판을 보행자로 인식하는 상황

【 자율주행차량의 인공지능화에 의한 인식한계상황의 예시 】

*출처 : Carnegie Mellon University

해당 상황들은 레벨 3 이하 자율주행 차량의 평가 상황에 고려되지 않아 시뮬레이션, 실험로, 실도로 평가 실험 중에 포함되지 않을 수 있는 상황들이다. 이러한 상황들은 사람이 주행하는 상황에서 일반적으로 만나기 어렵지만, 사람들은 일반적으로 해당 상황에서 사고가 나지 않는다. 하지만 이러한 상황을 자율주행차량이 직접적으로 맞부딪힌다면 어떻게 인식하고 반응할지 알 수 없으므로 사고가 발생할 수 있다. 따라서 기능 고장이 아닌 극히 발생하기 어려운 상황에 대해서도 인공지능 인식 성능 강건성 확보를 통한 인지 및 제어 부품의 안전도 확보가 필요하다.

인지 및 제어 관련 가이드라인과 시험평가

위에서 언급한 인지 및 제어 부품의 안전도 확보를 위해서 미국 연방 교통부는 2017년 9월 12일 '안전'에 관한 연방정부 차원의 가이드라인을 내놓았다. 이는 자율주행자동차에 대한 기술적 안전성에 관한 연방정부의 지침을 제시한 것으로 자율주행 차량의 인지 및 제어에 관한 가이드라인인 객체 및 상황 인지 및 반응(OEDR)에 대한 다음과 같은 권장 방안을 제시하였다.

- 1) 시스템 안전(System safety)
 자율주행 시스템 안전은 소프트웨어 개발(development) → 검증(validation) → 인증(verification) 프로세스에 중점을 두되, 각 프로세스에서의 행위 및 자료를 문서화하고 추적 가능하도록 투명성 확보가 중요하다. 그리고 각 프로세스는 ISO(국제표준화기구), SAE International(미국자동차기술자협회) 등과 같은 공인기관이 개발하여 항공, 우주, 군사 등 다른 사업분야에서 적용하고 있는 표준과 원칙을 채택하는 것을 권장한다.
- 2) 객체 및 상황 인지 및 반응(OEDR)
 자율주행시스템은 운행설계범위(ODD, Operational Design Domain) 내에서 객체 및 상황 인지 및 반응 기능을 수행할 수 있어야 한다. 따라서 OEDR 기능은 자동차의 안전한 운행에 영향을 줄 수 있는 다른 차량, 보행자, 자전거 탑승자, 동물 및 대상물 등을 인지하고 반응할 수 있도록 설계되어야 한다. 그리고 자율주행자동차에 대한 평가, 테스트, 유효성 확인프로세스 등에 대해 문서화할 것을 권장한다.

유럽에서는 페가수스 프로젝트를 통해 자율주행의 표준지침을 마련하기 위한 작업을 진행했다. 이 프로젝트는 2019년 6월까지 아우디, 폭스바겐 등의 제조업체 및 시험기관 등 총 17개 관련업체가 참여했다. 이 프로젝트는 가상-테스트베드-실제상황에서 자율주행차량의 시험주행을 위한 절차의 표준화를 목표로 하며, 다음 질문에서 출발했다. 1) 자율주행차에서 기대하는 성능 수준은 무엇인가? 2) 기대 성능을 갖추었다는 것은 어떻게 증명할 것인가? 이러한 목표를 달성하기 위한 하위 프로젝트는 다음과 같다.

- 1) 시나리오 분석 및 질 측정(Scenario Analysis&Quality Measures)
 - 좋다는 것이 얼마나 좋은 것인가?
 - 일반적으로 받아들일 수 있는 품질기준, 툴, 방법을 개발
- 2) 수행 프로세스(Implementation Process)
 - 어떠한 툴, 방법, 프로세스가 필요한가?
- 3) 시험(Testing)
 - 시험이 완벽한지는 어떻게 보장할 수 있는가?
 - 가상 또는 테스트베드에서는 무엇이 테스트될 수 있는가?
 - 실제 도로에서는 무엇이 테스트되어야 하는가?
- 4) 결과의 반영 및 인베딩(Reflection of Results&Embedding)
 - 컨셉을 지속적으로 유지 가능한가?
 - 프로세스를 어떻게 인베딩하는가?

미국 및 유럽뿐만 아니라 자율주행차량 개발, 적용을 고려하고 있는 다양한 나라에서는 이와 같이 자율주행 인지 및 제어관련 기술을 검증, 평가할 수 있는 다양한 방법에 대해서 개발이 진행 중이다.

검토 및 시사점

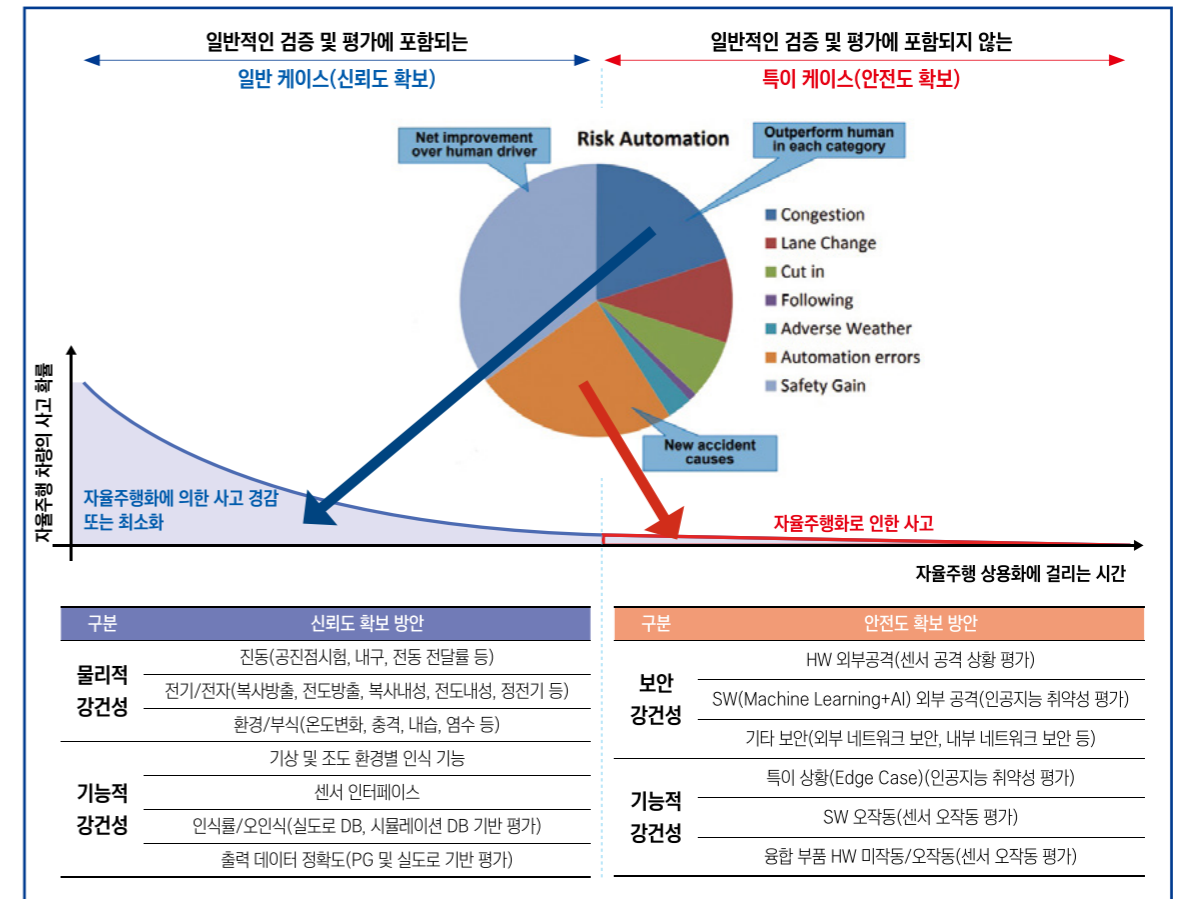
자율주행차량 사고 발생 방지 및 대중화를 위해서는 '센서-제어기-시스템'의 고도화 및 성능 확보를 위한 신뢰도 및 안전도 확보가 최우선적으로 필요하며, 이를 위해서 인지 및 제어 부품에 대한 정확한 성능 검증 및 표준화된 평가 프로시저 구축이 필요하다.

특히 레벨 4 자율주행 차량은 앞으로 새로운 유형의 센서 및 인식 정보가 다양화될 것이며, 수십 개의 다양한 센서가 서로 융합되어 주변상황을 인식하는 기술로 발전될 것이다. 이에 따라 기능과 성능 평가 시에도 다수-다종의 센서를 평가할 수 있는 기술이 새롭게 개발될 필요가 있다. 그리고 인지센서 오작동 및 악천후 등 기존 센서로 대응 불가능한 상황에 대한 한계 상황 극복이 필요하므로, 이러한 상황에 대한 다양한 표준 검증 시나리오 및 위험상황 모사 기반 성능평가 표준 검증 프로시저 구현을 통한 인지센서-지능제어 부품 신뢰도 확보가 중요할 것이다.

또한 레벨 4 자율주행은 인공지능 기반의 다양한 객체속성과 주행 및 판단의도 기술개발 등이 매우 보편화될 것으로 보이며, 이로 인해 인공지능SW의 단순오류 외에도 외부의 물리적 공격에 의한 오인식이 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 인지에측 및 지능제어 기술의 평가에 대한 표준화된 시험 및 평가 기준에 따른 안전도 확보가 중요하다.

따라서 레벨 4이상 자율주행 상용화를 위해서는 차량에 탑재하는 핵심 인지센서 및 각종 제어부품에 대한 기능성·안전성·신뢰성 검증과 확보를 위한 다양한 Use Case 및 시나리오 기반 시험·평가환경 구축, 개발·평가 표준프로세스 정립, 정량적 평가기술 등의 개발 및 정립이 매우 중요하다.

【 자율주행용 인지 및 제어 부품에 대한 신뢰도 및 안전도 확보 방안의 예시 】



2 표준동향 한국전자통신연구원 윤현정 책임연구원 자율주행 인지예측 및 제어 부품 표준화 동향

자율주행시스템에서 주변 환경을 인식하기 위한 인지예측 및 제어 부품에 관한 표준화는 환경인식 센서(레이더, 라이다, 카메라, 초음파)의 성능 요구사항 및 시험 방법에 관한 표준 개발, 인식 센서와 센서 데이터에 기초한 차량 주변의 장면을 해석하는 융합 장치 간의 인터페이스 표준 개발로 IEEE와 ISO에서 진행 중이다.

IEEE VT(Vehicle Technology) Society 산하 AVS(Automated Vehicles Standards) 위원회에서는 2020년부터 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 및 자율주행용 라이다와 레이더의 성능요구사항 및 시험 방법에 관한 표준화가 시작되었다. ITS(Intelligent Transport System) 위원회에서는 차량 ADAS 시스템의 이미지 품질에 관한 표준화가 2016년 시작되어 현재까지 논의 중이다.

【 IEEE 자율주행 인지센서 표준화 현황 】

	라이다(LiDAR)	레이더(Radar)	카메라(Camera)
프로젝트 번호	IEEE P2936	IEEE P3116	IEEE P2020
표준명	Standard for test methods of automotive LiDAR performance	Standard for automotive Radar performance metrics and testing methods for ADAS and ADS(Automated Driving System) applications	Standard for automotive system image quality
프로젝트 승인날짜	2020.9.25	2021.9.23	2016.12.12

차량용 라이다 성능 시험 방법에 관한 표준 : IEEE P2936

IEEE P2936은 차량용 라이다 성능 메트릭(Metric)을 측정하기 위한 테스트 방법을 정의하고, OEM 및 Tier 1 시스템 통합 및 부품 공급업체 간의 표준 기반 커뮤니케이션과 차량 라이다 성능 비교를 용이하게 하는 도구 및 테스트 방법을 규정한다.

IEEE P2936에서는 포인트 클라우드에 초점을 맞춘 LiDAR 성능 시험 방법을 정의하며, 범위(range) 정확도·정밀도·해상도, max/min 범위, 검출 확률, 각도 정확도·정밀도·해상도, 반사율 등이 포함된다. 테스트 방법에는 시나리오, 사용 사례, 도구, 환경 및 통계 방법이 포함된다.

표준 이해관계자

LiDAR makers, Automotive OEMs, Tier1 Suppliers, Autonomous Driving System Developers, Semiconductor Suppliers, 3rd Party Test and Assessment Centers

주요 참여기업 및 기관 (2021년도 현재)

- Beijing Baidu Netcom Science Technology Co., Ltd.
- Beijing Didi infinite Technology Development Co, Ltd.
- Beijing Sankuai Online Technology Co., Ltd.
- Hesai Technology
- NATIONAL INSTRUMENTS CORP. (NI)
- Shanghai Jiao Tong University
- Shanghai SH Intelligent Automotive Technology Co.,Ltd.
- Tsinghua University

최근 회의 정보

- 회의날짜 : 2021년 6월(6번째 회의)
- 주요 논의사항 : Single LiDAR 관련 정의 및 시험 방법, 테스트 시나리오

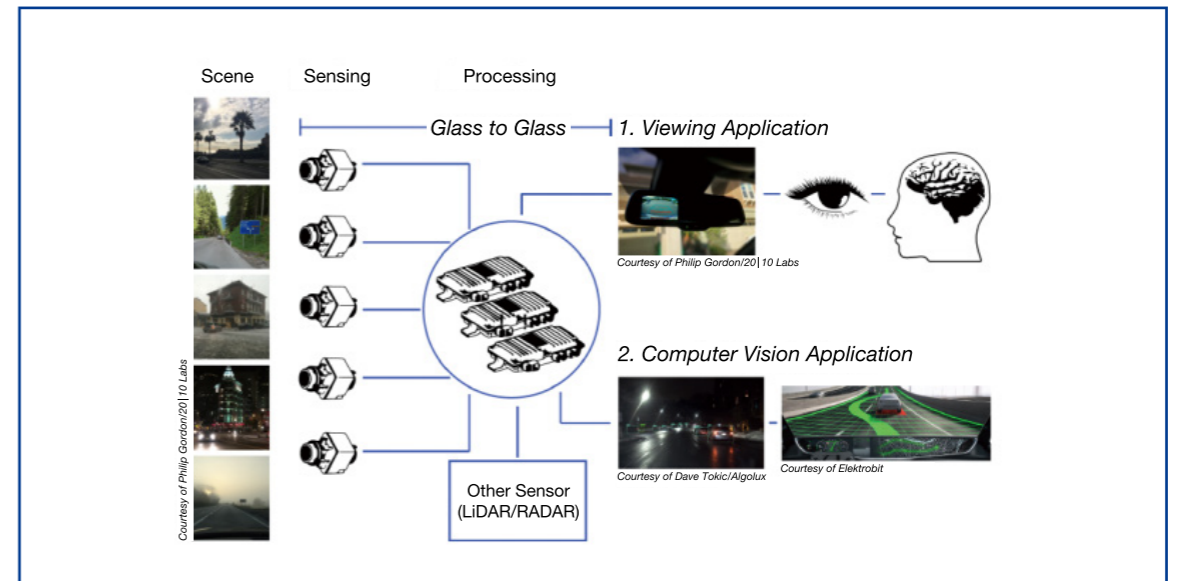
차량시스템의 이미지 품질에 관한 표준화 : IEEE P2020

IEEE P2020은 일관성을 보장하고 산업 간 기준점을 생성하기 위해 차량시스템에서 이미지 품질을 측정하고 테스트하는 방법과 성능 기준을 규정하기 위한 것이다.

IEEE P2020에서는 차량 ADAS 응용 프로그램의 이미지와 품질에 기여하는 기본 속성뿐만 아니라 이러한 속성과 관련된 기존 메트릭 및 기타 유용한 정보를 식별한다. 자동차 카메라 이미지 품질 속성을 측정하기 위한 표준화된 주요 테스트 방법을 정의하며, OEM과 Tier 1 시스템 통합업체 및 부품 공급업체 간의 자동차 ADAS 이미지 품질 관련 표준 기반 커뮤니케이션 및 비교를 용이하게 하는 도구 및 테스트 방법을 규정한다.

【 Multi-camera 기반 차량 시스템 구조 】

*출처 : IEEE P2020 White paper



표준 이해관계자

Automotive OEMs, Automotive Tier 1 suppliers, image processing software and hardware companies, optics companies, sensor manufacturers, safety certification bodies, end users (drivers).

주요 참여자(2021년도 현재)

300여 명이 참여하고 있으며, 대표 기업체는 다음과 같다 : 3M, NVIDIA, GM, 인텔, 퀄컴, 보쉬, OmniVision Technologies, 파나소닉, On Semiconductor, Continental, Valeo, 폭스바겐 등. 국내기업에서는 삼성, 현대자동차가 참여하고 있음

IEEE P2020 subgroup



- Subgroup 0 — Image quality requirements/specifications standards
- Subgroup 1 — LED flicker standards
- Subgroup 2 — Image quality for viewing
- Subgroup 3 — Image quality for computer vision
- Subgroup 4 — Camera subsystem interface
- Subgroup 5 — Image quality safety
- Subgroup 6 — Customer perception of image quality

차량용 레이더 표준 : ETSI EN 303 396

ETSI EN 303 396 Short Range Devices: Measurement Techniques for Automotive and Surveillance Radar Equipment 표준은 자동차 및 감시(Surveillance) 레이더 장비가 해당 환경에서 목표물을 탐지하고 특성화할 수 있는 저전력 밀리미터 파장 장치에 관한 것이다. 본 표준에서는 ACC(Adaptive Cruise Control), BSD(Blind Spot Detection), 주차지원 및 충돌 예방을 위한 차량 ADAS와 트래픽 모니터링을 위한 고정형 인프라 레이더 등을 포함한다.

ETSI EN 303 396 표준은 자동차 및 감시 레이더 장비에 적용할 수 있는 적합성 측정을 위한 가능한 측정 기법 및 절차를 규정한다. 또한 시험 조건(극한 상황에서의 시험 조건), 테스트를 위한 설정 및 절차, 테스트 결과 해석에 대한 방법 등을 포함한다.

ADAS와 ADS 응용을 위한 차량용 레이더 성능 기준 및 시험 방법 : IEEE P3116

IEEE P3116은 ADAS 및 ADS 애플리케이션의 차량용 레이더 품질에 기여하는 기본 속성을 다룬다. 레이더를 안전에 중요한 시스템 내에서 안전 중요 구성요소로 지정하고, 다양한 자율주행 기능에서 레이더를 안전하게 배치하는 데 필요한 성능 메트릭을 정의한다. 여기서 레이더 센서는 범위, 속도 및 각도 분해능과 같은 정적인 특징을 가진 센서일 뿐만 아니라 사용 사례와 다양한 시험 시나리오에 따라 특정 요건을 충족해야 하는 시스템으로도 고려된다.

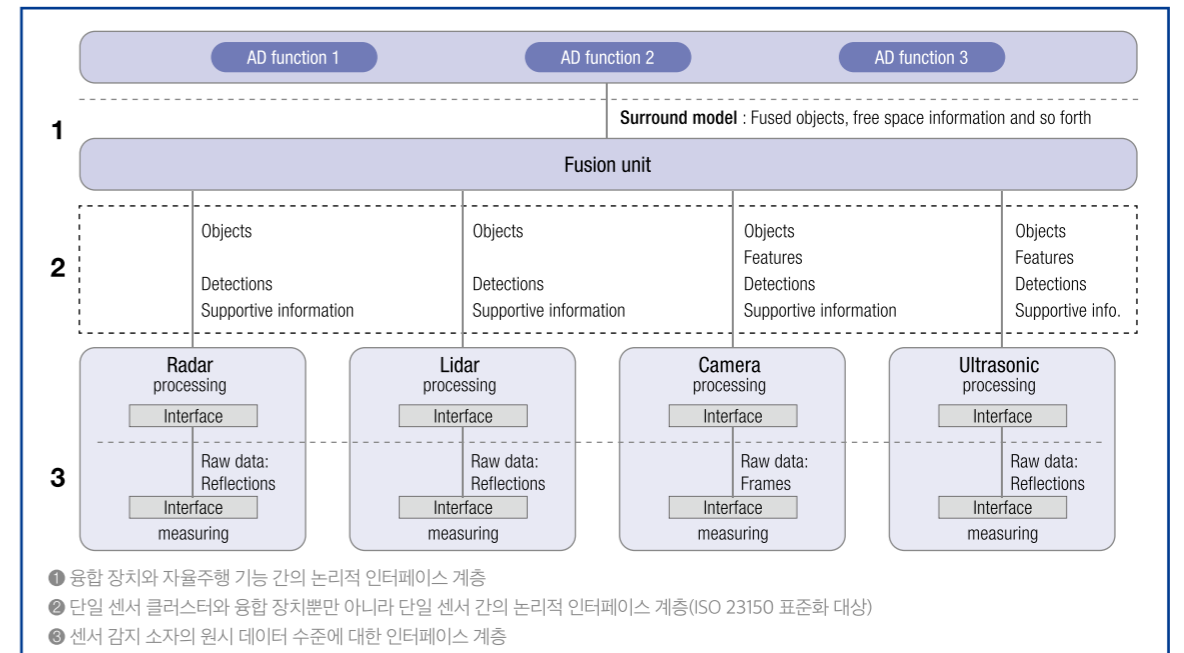
이 표준은 정적 매개 변수와 동적 또는 시나리오 관련 성능 메트릭을 모두 지정한다. 전자는 범위, 속도 및 각도 분해능, 또는 최소 탐지 가능 범위 및 가시 범위(FoV)를 포함하며, 후자는 특정 기능에서 다른 궤도로 여러 개의 표적을 해결할 수 있는 레이더의 기능에 해당한다. 이러한 측정 기준을 평가하려면 통일된 테스트 솔루션이 필요하다. 이 표준은 재현성을 높이고 균일한 이해를 만들어 내며 다양한 유형의 레이더 센서 간에 비교 가능한 검증 결과를 만드는 자동차 레이더의 평가 및 테스트 방법을 소개한다. 표준화된 시험 방법의 주요 목적 중 하나는 자동차 레이더 표적 시뮬레이터(RTS)와 같은 시험 장치의 핵심 요건을 정의하는 것이다. 이 표준의 마지막 부분은 동일한 차량에 장착된 레이더와 차량 사이의 간섭 효과를 다루고, 레이더의 성능에 미치는 간섭 영향을 조사한다. 또한 다양한 레이더에 구현된 간섭 완화 기술의 평가를 위한 표준화된 방법을 제공한다.

자율주행을 위한 인지센서와 융합 장치 간 인터페이스 : ISO 23150:2021

ISO TC22(도로차량) SC31(데이터통신) WG9(센서인터페이스)에서는 2021년 ISO 23150 표준을 발간하였다. ISO 23150:2021 Road vehicles — Data communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions — Logical interface는 차량 내 환경 인식 센서(예를 들면, 레이더, 라이다, 카메라, 초음파)와 서라운드 모델을 생성하고, 센서 데이터에 기초한 차량 주변의 장면을 해석하는 융합 장치 간의 논리적 인터페이스를 규정한다. 인터페이스는 모듈식/의미론적 표현으로 설명되며 센서 기술별 정보에 기반한 지형지물 및 검지 수준에 대한 정보뿐만 아니라 객체 수준(예를 들면, 잠재적 동적 객체, 도로 객체, 정적 객체)에 대한 정보를 제공한다. 이 표준은 전기/기계 인터페이스 사양을 제공하지 않는다. 원시 데이터 인터페이스 또한 제외된다.

[아키텍처 : 센서들/센서 클러스터 - 융합 장치 - 자동 주행 기능]

*출처 : ISO 23150:2021

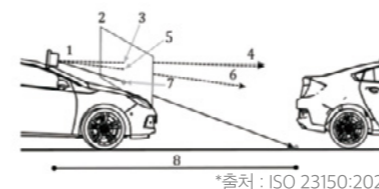


주요 표준화 참여국 및 기업

- (독일) 보쉬, ZF, Hella, TWT GmbH, Valeo, Contiential, Veoneer,
- (미국) 포드, NXP, (일본) DENSO, 소니, 닛산, Hitachastemo,
- (중국) CATARC, 화웨이, (벨기에) melexis, (스웨덴) 볼보

ISO 23150 표준은 독일 BMW사와 TWT GmbH사가 주도하여 개발되었고 주요 내용으로는 센서와 센서 클러스터에서 융합 장치 간 인터페이스 정의, 인터페이스 내 헤더/엔터티 정의, 객체/피처(feature)/검지 수준으로 구분하여 관련 엔터티 속성 정의, 인지 대상을 표현하기 위한 좌표계 및 축시스템 규정, 인지 대상 위치 확인을 위한 기준점 및 차량 좌표계 정의, 센서 진단을 위한 헬스(Health) 정보를 포함하고 있다.

[카메라 센서 거리 측정 예시]



*출처 : ISO 23150:2021

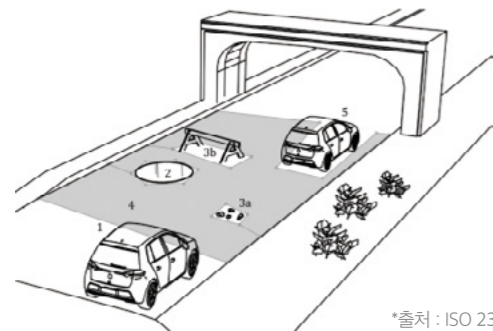
센서-융합 유닛 간 데이터 인터페이스 표준은 개발자 측면에서 각기 다른 제조사 인터페이스에 대한 부합화 노력을 줄여 개발 노력과 비용을 절감하고, 차량에서 센서 교체를 용이하게 하여 복잡한 센서 설정을 피하고 신기술 통합을 촉진할 수 있다. 표준 인터페이스를 통해 유효성 검사가 완료된 센서 데이터는 자율주행 기능 시뮬레이션 및 머신러닝(AI)에도 활용 가능하다는 이점이 있다.

ISO 23150 Ver.2.0을 위한 개정작업 중

ISO 23150 Ver.1.0 표준은 2021년 5월 발간되었지만, 여러가지 추가 보완사항들이 있어서 현재 Ver.2.0 표준을 위한 개정작업이 진행 중이다. 주요 이슈 사항으로는 교통표지판 및 빈 공간(Free space) 객체 정보를 추가하기 위한 인터페이스 및 속성 정보를 정의하고 있다. 또한, 중국(화웨이)에서는 추가 PMO(Potentially Moving Object) 유형이 제안돼 이를 반영하여 표준안이 수정 중이다. 추가 PMO 유형은 다음과 같다.

- 특수차량 PMO : 앰불런스, 경찰차, 소방차 등 특수차량
- 추가 Light 유형 : 경찰차 경고등, 차량 경고등을 포함하는 Light 유형 분류
- 교통 제어 제스처 PMO : 경찰 교통 수신호 분류

【 Free space 유형의 예시(정적, 동적 객체로 제한된 빈 공간 예시) 】



- 1) ego-vehicle
- 2) static object <Hole>
- 3a) static object <small stone>
- 3b) static object <barrier>
- 4) free space area shape
- 5) PMO <vehicle>

*출처 : ISO 23150 Ver.2 개정판

AUTOSAR 플랫폼에서 센서 데이터 접근 API : AUTOSAR Adaptive Platform R19-11

이 규격에서는 AUTOSAR Adaptive Platform 서비스에 속하는 클러스터 센서 인터페이스의 기능 설명 및 인터페이스 대해 규정한다. 센서 인터페이스는 서비스 인터페이스를 통해 센서를 AUTOSAR Adaptive 컴퓨팅 장치에 연결하는 역할을 한다. 센서 인터페이스는 ISO 23150:2021에서 정의된 논리적인 인터페이스를 기반으로 한다. 센서 사양에서 다루는 유형은 카메라 센서, 라이더 센서, 레이더 센서, 초음파 센서이고 센서 데이터 보고에는 세 가지 수준, 즉 검지, 피쳐(feature), 객체 수준으로 구분한다. 데이터 보고 인터페이스 외에도 센서를 지원하는 인터페이스, 즉 센서 상태 및 성능 인터페이스도 정의한다.

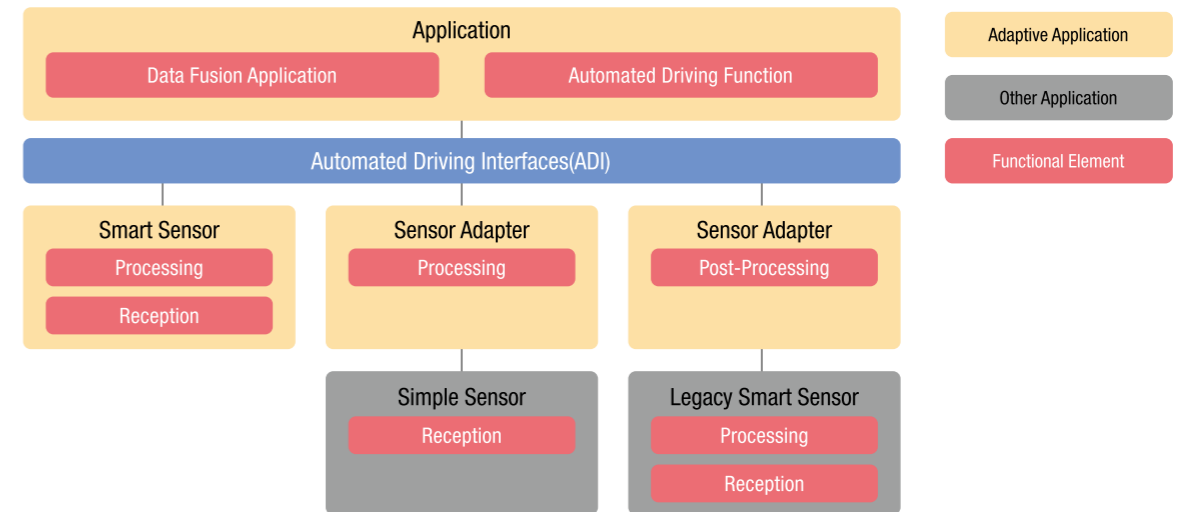
자율주행 인터페이스(ADI)는 AUTOSAR Adaptive 응용 프로그램의 공통 인터페이스 역할을 한다. 센서 정보는 플랫폼이 아닌 서비스에 의해 제공된다. 센서 인터페이스는 ara.com 미들웨어를 통해 클라이언트 애플리케이션에 노출된다. 통신 관리는 ID 및 액세스 관리를 사용하여 특정 서비스 인터페이스에 대한 요청의 권한을 확인한다. 즉 통신 관리는 호출자가 요청된 특정 센서의 서비스에 액세스할 수 있는지 여부를 확인한다. 다음 그림은 ADI를 통해 통신하는 기능 요소들을 나타낸다.

개방형 시뮬레이션 인터페이스(OSI)와 AUTOSAR ADI는 ISO 23150를 지원한다. 즉, 센서 데이터 교환을 위한 정보 및 기준데이터를 ISO 23150 표준을 기반으로 정의한다. OSI(Open Simulation interface)*는 가상 시나리오에서 자율주행 기능의 환경 인지를 위한 일반적인 소프트웨어 인터페이스이다. OSI는 개발 구성요소의 모듈화, 통합성 및 상호 교환성을 보장하는데, 이는 환경 시뮬레이션 모델, 센서 모델, 감지된 환경 또는 센서 퓨전용 논리 모델 및 자율주행 기능용 모델일 수 있다. 관련 추가 정보는 아래 사이트에서 확인할 수 있다.

* <https://github.com/OpenSimulationInterface/open-simulation-interface>

【 ADI를 통해 통신하는 기능 요소들 】

*출처 : AUTOSAR Adaptive Platform R19-11



국내 표준화 기반 조성 및 국가표준 추진

국내에서는 자율주행차의 핵심 부품군에 대한 산업 표준을 추진하여 완성차 업체와 부품사 간 협력 생태계를 조성하고 국내 자율차 실증단지 등에서 성능 실증 수행에 대한 목표를 제시하기 위한 자율주행차 표준화 포럼 산하 소부장(소재·부품·장비) 국가표준 작업반이 신설되었다. 소부장 국가표준 작업반에서는 개별 센서별 프로젝트 그룹을 운영하여 표준안을 개발하여 국가표준 제정을 목표로 표준화를 진행할 계획이다. 향후 자율차 부품에 대한 안전성 및 성능 요구사항에 대한 국제표준화에 대응하기 위한 국내 표준안 정립 및 대응 준비가 될 수 있을 것으로 전망한다.

【 소부장 국가표준 작업반 활동 】



Part 2

V2X 보안인증

1. **기술동향** V2X보안인증 관련 기술개발동향
한국전자인증 김형욱 박사
2. **표준동향** V2X SCMS 표준화 동향 및 국가표준 개발 전략
순천향대학교 엄홍열 교수

저자 인터뷰 영상 바로가기 ▶



1 기술동향 한국전자인증 김형욱 박사

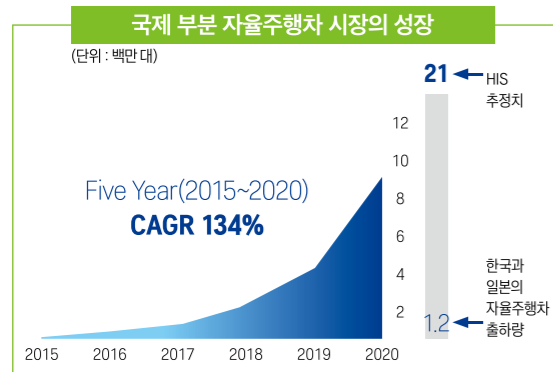
V2X보안인증 관련 기술개발동향

자율협력주행 인증관리체계는 공개키기반구조(PKI, Public Key infrastructure)를 활용하여 도로와 차량 간의 통신 시 안전한 통신 환경을 구축하기 위한 필수 체계다. 본고에서는 자율협력주행 기술의 시장 전망과 국내외 업계 동향 및 국내 정책을 살펴보고 CAMP SCMS와 IEEE 1609.2.1을 분석한 내용을 설명한다.

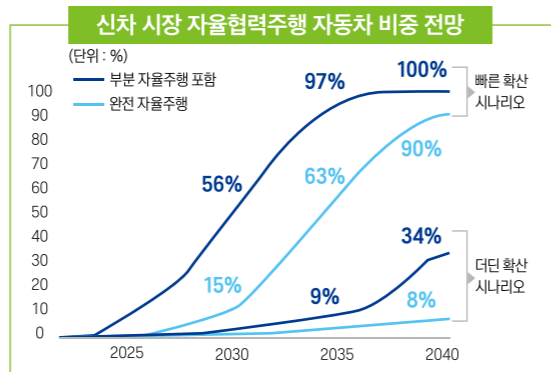
자율협력주행 기술 핵심과 시장전망

자율협력주행 자동차는 V2X(Vehicle to Everything), 환경 인식, 위치 인식 및 맵핑, 판단, 제어 등 5가지 기능적 핵심기술로 구성되어 있다.¹⁾

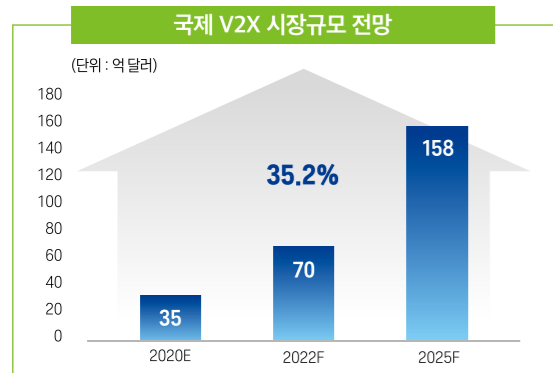
V2X는 자율협력주행 차량이 주변 차량, 주변 인프라와의 데이터 교환을 통해 확보한 정보를 제공하는 기술이며 환경 인식은 레이더, 라이더, 카메라, 센서 등을 활용하여 근거리 환경을 인식하는 기술로서 정적 장애물(가로등, 전봇대 등)과 동적 장애물(차량, 보행자 등), 도로 표시 등을 인식하는 기술이다. 위치 인식 및 맵핑은 차량 절대 위치 GPS(Global Positioning System), IPS(Indoor Positioning System) 등 위치 인식 및 맵핑을 위한 센서 사용을 말한다. 판단은 목적지 이동 계획 수립, 장애물 출현 시 회피 경로 탐색, 주행 상황별(차선 변경, 회전, 추월, 유턴 등) 필요한 행동을 스스로 판단하는 것을 말하며 제어는 운전자가 지정한 경로대로 주행하기 위한 조향, 속도 변경, 기어 등 제어를 통해 돌발적인 상황에 대처할 수 있도록 고도화된 액추에이터 제어를 말한다.



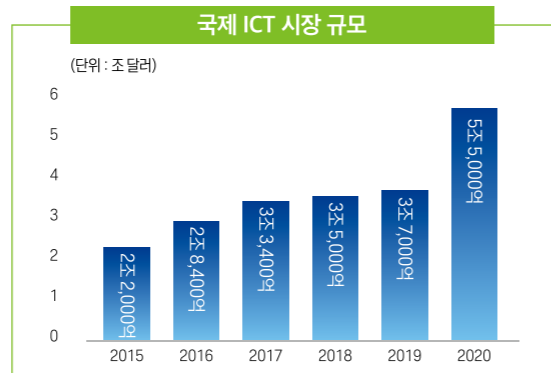
*출처: KT경영연구소, Mckinsey 보고서 재정리(2017)



*출처: KT경영연구소, Mckinsey 보고서 재정리(2017)



*출처: 삼정KPMG 경제연구원, 자율주행이 만드는 새로운 변화(2020)



*출처: IDC, Worldwide Black Book 3rd Platform Edition(2017)

2025년 이후부터 자율협력주행 자동차가 등장하여 2040년 이후에는 시장이 완전 자율주행 가능한 차량 중심으로 재편될 것으로 예상하고 있다. 신차 시장의 자율협력주행 자동차의 비중은 빠른 확산 시나리오의 경우 2040년 전체의 90%가 완전자율주행 가능 차량으로 예상되며 더딘 확산 시나리오의 경우 신차 시장의 자율협력주행 자동차의 비중은 2040년 전체의 8%에 이를 것으로 예상되고 있다.

【자율주행 인프라 및 정책 동향】

국가	미국	EU
현황	<ul style="list-style-type: none"> 세계자율협력주행 기술 패러다임 주도 최고 수준의 ICT 기술 혁신 역량 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 각국의 통합 교통 체계화를 위한 협의 서로 다른 의사 결정 및 정책 환경 차이 반영
인프라 현황	<ul style="list-style-type: none"> 오픈이노베이션을 활용한 교통 인프라 혁신 추진 스마트 콜롬버스 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 교통 인프라에 대한 장비 스펙 표준화 작업진행 표준화 중심으로 혁신을 추진
정책과 규제	<ul style="list-style-type: none"> 적극적인 R&D 지원 프로그램 운영 모빌리티 혁신 가속화 	<ul style="list-style-type: none"> 표준화 기반 입법화 시간 소요 多 각국의 서로 다른 정책과 입법 환경에 기인

V2X 기술 및 서비스에 대한 수요 증가로 자율협력주행 확산이 예상되며 V2X 기술 시장규모는 ICT(Information and Communications Technology)와 자율주행 관련 기술 융합으로 급격히 늘어나고 있다. 자율협력주행 시 도로·교통안전, 차량 위치·상태 정보가 공유되고, 개인정보보호 필요성이 증가하므로 인증관리체계의 필요성이 증대되고 있다.

해외 자율협력주행 인증관리체계는 2011년 미국교통부(U.S.DoT)에서 V2V(Vehicle to Vehicle) 가이드라인을 발표하면서 연구가 시작되었고 2013년 미국도로교통안전국(NHTSA)에서 V2X 보안 인증관리 인프라 개발 및 모듈 탑재 의무화 추진에 대한 로드맵을 발표하였다. 2016년 IEEE 1609.2에서는 V2V, V2I(Vehicle to Infrastructure) 간 통신 보안을 위한 표준으로 차량 인증서 등의 기술 표준을 포함하여 발표하였고, 미국민관공동협의체(CAMP, Crash Avoidance Metrics Partners)는 미국 자율주행 V2X 보안 인증 관리 운영체계 SCMS(Security Credential Management System) 구성안을 발표하였으며 EU집행위원회는 CCMS(C-ITS Security Credential Management System) 구성안을 발표하였다. 2018년 미국교통부는 V2X 운영 모델 및 거버넌스 체계화를 위한 기관분리 원칙을 포함한 미국교통부 SCMS 거버넌스 모델을 발표하였고 2020년 IEEE Standard Association에서 V2X 국제 표준 IEEE 1609.2.1로 제정되었다. 세계 각국은 자율협력주행 산업의 활성화 및 공공성 확보를 위한 다양한 정책·법률 수립을 추진하고 있고, 자율주행 인프라 도입에 있어 공공기관과 민간 기업이 함께 참여할 수 있는 협의체를 구성하고 적극적으로 협력을 추진하고 있다.

국내외 자동차업계 동향

해외 자동차업계는 ICT 업계, 통신업계, AI 기술 특화 기업 등과 협업 및 인수를 추진 중이며 V2X 모듈 장착을 포함한 완전 자율주행차에 2025년까지 도달하는 것을 목표로 연구개발 및 실증을 적극 진행 중에 있다.

2012년 볼보가 V2X 기반 군집 주행 개발을 시작으로, 2016년부터 각 자동차 기업들이 V2X 기술개발 및 실증을 추진하였으며 2019년부터 폭스바겐, 포드, GM 등 미국과 유럽의 주요 자동차업체들이 V2X모듈을 장착한 상용차를 출시 중에 있다.

한국은 2020년 1월 국토교통부가 세계 최초로 3단계 부분 자율주행차 안전 기준 도입³⁾과 함께 현대자동차가 2022년까지 3단계 자율주행 기술을 적용한 양산차를 개발하여 시장에 출시 예정⁴⁾이다.

또한 2027년까지 자율주행 레벨 4 상용화를 목표로 고속도로 및 지역거점에 상용 자율협력주행이 가능⁵⁾하도록 인프라 완비에 대한 내용을 미래자동차 산업발전 전략국가 로드맵에 발표하였다.

자율협력주행 시 실시간 공유되는 교통 상황·안전 정보, 차량 위치·상태 정보의 해킹을 방지하는 V2X 통신보안의 중요성이 확대되고 있으며 자율협력주행 자동차는 V2V, V2I 통신의 운영 안전성 확보 기술개발 및 제도개선을 진행하고 있는 상황이다.

1) 국토교통부, KAIA 미래공존형 자율주행 혁신사업 기획 보고서, 2020

2) kt경영연구소, Mckinsey 보고서 재정리, 2017

3) 국토교통부, 세계 최초 부분자율주행차(레벨3) 안전기준 제정, 2020.1.3

4) 현대자동차그룹, [현대차 CEO 인베스터 데이] 레벨3 자율주행 기술 2022년부터 모든 양산차 적용, 조선Biz, 2020.12.10

5) 미래자동차 산업발전전략, 2030 국가 로드맵, 2020

【 V2X관련 해외 자동차업계 동향 】

업체	주요 동향 ⁶⁾
포드	<ul style="list-style-type: none"> 2020년 EVOS 모델에 V2X 모듈 탑재하여 발표 2021년 Google과 커넥티드카 공동 기술 개발 협약 체결
GM	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 실리콘밸리에 자율주행차 연구개발센터 건립 발표 2020년 뷰익 Electra 모델에 V2X 모듈 탑재하여 발표
폭스바겐	<ul style="list-style-type: none"> 2019년 8세대 골프 모델에 V2X 모듈 탑재하여 유럽 최초로 V2X 상용차 출시 2021년 전기차 ID.4 모델에 V2X 모듈을 장착하여 출시
벤츠	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 V2X 기술을 Car-to-X 통신 기술로 명명하여 자체 기술개발 현황 및 방향 소개 2020년 A클래스 차량에 V2X 모듈을 탑재하여 Car-to-X 기술로 발표
BMW	<ul style="list-style-type: none"> 2020년 삼성전자-하만 V2X 모듈 장착 실증 수행 2021년까지 V2X 모듈 탑재를 포함한 완전 자율주행차 생산 계획
아우디	<ul style="list-style-type: none"> 2016년 V2X 기반 신호등 정보 시스템 TTS(Traffic Technology Services) 개발 2021년 미국 조지아주에서 V2X 활용하여 스쿨버스 및 스쿨버스 정류장 통신 실증
볼보	<ul style="list-style-type: none"> 2012~2016년 V2X 기반 차량 군집주행 기술 개발 및 실증 2020년 V2X 기술 차이나유니콤과 공동 개발 계획 발표
르노-닛산	<ul style="list-style-type: none"> 2016년 마이크로소프트와 커넥티드카 공동 기술 개발 협약 체결 2018년 에릭슨, 퀄컴 테크놀로지스와 V2X 기술 및 통신 실증 사업 수행
도요타	<ul style="list-style-type: none"> 2015년 V2X 모듈 장착 차량 시범 생산 2017년 미국 자회사에서 V2X 모듈 포함한 레벨4의 자율주행 실험차량 개발

국내 정책 및 투자 동향

자율협력주행 자동차 활성화를 위한 V2X 인증관리체계는 2018년부터 국토교통부 정책에 따라 본격적인 기술 개발 및 실증이 시작되었다. 2020년 한국판뉴딜 SOC 디지털화 과제로 미래자동차 확산 및 시장 선점전략에 자율협력주행 인증관리체계 과제가 포함되었고 완전자율주행 상용화 기반을 마련하기 위하여 자율협력주행 인증관리센터 구축을 완료할 예정이다.

자율협력주행 V2X 통합 최적화 기술 개발을 위하여 2021년부터 ICT융합신기술 중 하나로 국고와 민간 투자가 진행 중에 있으며 V2X 통합 최적화 기술에 대한 투자는 2021년 25.1억 원, 2022년 45.1억 원, 2023년 70억 원, 2024년 74억 원으로 꾸준히 증가할 예정이다. 상시연결 양방향 통신(V2X) 시스템 개발에 2016~2020년까지 연평균 13.9억 원이 투입되었으며 하이브리드 V2X 통신시스템 개발은 2015~2020년까지 연평균 13.7억 원이 투입되었고 환경인식센서 및 V2X기반 주변 객체(차량, 보행자, 이륜차)의 경로 예측 원천기술 개발에 2016~2020년까지 연평균 13억 원이 투입되었다.⁷⁾

완전자율주행 상용화 경쟁 속에서 국내 기반 역량을 확보하기 위해 자율협력주행 인증관리체계 구축을 진행하고 있는 상황이다.

V2X보안인증체계 실증사업

완전자율주행차 상용화를 목표로 차량-차량, 차량-인프라 간의 통신기술운영 안전성 확보를 위한 시험환경 및 시범 서비스를 추진 하였다. 자율협력주행 시, 도로교통안전, 차량 위치-상태 정보가 공유되며, V2X 해킹 등의 위협으로 차량과 인프라의 원격 조작이 나 공격이 가능하고 조작된 정보 전파, 위치정보 침해 등 위협 요인이 존재한다.

이런 이유로 자율협력주행 시 실시간 공유되는 교통 상황-안전 정보, 차량 위치-상태 정보의 해킹을 방지하는 V2X 통신보안의 중요성이 확대되었다. 이를 바탕으로 2018년 V2X 보안인증관리체계 실증사업 정보화 전략을 수립하였고 이를 기반으로 2019년 V2X

6) 삼성KPMG 경제연구원, 라스 레거 NXP CTO 인터뷰, ZDNetKorea, 2020.11.5

7) 한국과학기술평가원, 자율주행 기술개발 혁신사업 예비타당성조사 보고서, 2020

보안인증체계 실증사업을 추진하여 현재 운영 중이며 2020년 V2X 보안인증체계 구현방안을 수립하였다.

2021년 국가자율협력주행 인증관리체계 BPR/ISP사업을 통해 2027년 완전자율주행 세계 최초 상용화를 목표로 인증관리체계 실증 및 검증을 통한 국가 자율협력주행 기반을 마련하는 중에 있다.

【 국내 자율협력주행 인증관리체계 정책 추진 경과 】

시기	주요 내용	주관
2018.3~12	V2X 인증관리체계 정보화전략계획 수립	국토교통부
2019.2	V2X 인증관리체계 실증사업 추진계획 수립	국토교통부
2019.10~2020.7	V2X 보안인증체계 실증사업-구축 감리	국토교통부
2019.10~2020.7	V2X 보안인증/체계 실증시스템 운영 및 검증	국토교통부
2020.7	한국판뉴딜 SOC 디지털화 교통인프라 과제로 선정	정부부처합동
2020.7~12	V2X 기기 검인증 인증기관 실증시스템 개발	국토교통부, ITS-K
2020.7~12	국가 V2X 인증관리체계 구현방안 수립	국토교통부
2020.10	미래자동차 확산 및 시장 선점전략에 과제 포함	정부부처합동
2021.1	2021년 한국판 뉴딜 추진 계획 발표 (SOC 디지털화 과제)	정부부처합동
2021.6	2027년 완전자율주행 세계 첫 상용화 C-ITS 인프라 조성 집중 지원 (자율협력주행 인증관리센터, 통합관리센터 구축 등) 제5회 재정운영전략회의	기획재정부
2021.6	자율주행차 법안 개정안 (V2X 인증센터 구축 운영 필요성 포함) 본회의 통과	국회 본회의

【 V2X 보안인증체계 실증사업 】



- 완전자율협력주행 시 실시간 공유되는 교통상황-안전정보, 차량 위치-상태 정보의 해킹을 방지하는 V2X 통신보안 중요성 확대
- 자율협력주행 시, 도로교통안전, 차량 위치-상태 정보가 공유되며, V2X 해킹 등을 통한 차량-인프라 원격 조작, 조작된 정보 전파, 위치 정보 침해 등 위협 요인이 존재



- 완전자율주행차 상용화를 목표로 '차량↔차량, 차량↔인프라' 통신기술 운영 안전성 확보를 위한 시험 환경 및 시범 서비스 추진

2018

V2X 보안인증관리체계 실증사업 정보화 전략 수립(2018.3~12)

국내 정부정책과 국외 동향을 고려하여 국가 V2X 보안인증체계 도입을 위한 목표와 전략 수립

2019

V2X 보안인증체계 실증사업 추진(2019~2020)

- 환경 구축
 - 자동차인프라의 인증서 발급 및 관리가 가능한 실증센터 구축
- 실증 운영 및 검증
 - 인증서 생성-발급-갱신-폐기까지 Life-Cycle 관리, 실제 도로환경에서 인증서의 보안성능 검증
 - C-ITS 실증사업(서울, 제주, 세종대전 간 고속도로)과 연계하여 운영
 - 미국 CAMP SCMS PoC(2016)를 준용하여 설계 및 필수기능만 검증
- 제도 마련
 - 국가 V2X 보안인증체계 제도화 방안, 구체적 기술 기준 및 통신 단말기 인증 표준제도 마련

2020

V2X 보안인증체계 구현 방안 수립(2020.7~12)

- 운영 모델 도출
 - 자율협력주행 인증관리체계 추진 계획(안) 마련
 - 기관별 운영 모델 도출, 조직구성(안) 마련

【 V2X보안인증체계 구성 기관 역할 】

구분	구성 기관 역할
Electors	<ul style="list-style-type: none"> PKI 계층 구조에서 Root CA를 안전하고 신뢰성 있게 교체 및 갱신하기 위한 투표권 행사
PG	<ul style="list-style-type: none"> 정책 파일과 인증기관 정보를 모든 구성요소에 배포 Policy Generator
Root CA	<ul style="list-style-type: none"> 최상위 인증기관으로 자가 서명된 인증서 사용 ICA, MA, CRL Generator, PG에 인증서 발급 Root Certificate Authority
ICA	<ul style="list-style-type: none"> 보안인증체계 구성기관 지정(기관인증서 발급) 구성기관 지정을 위한 심사 및 상시적 관리 감독 Intermediate Certificate Authority
ECA	<ul style="list-style-type: none"> OBU와 RSU에 등록인증서 발급-관리 Enrollment Certificate Authority
DCM	<ul style="list-style-type: none"> 등록인증서 발급 가능 장치 정보 관리 및 요청 처리 Device Configuration Manager
LOP	<ul style="list-style-type: none"> 차량의 지리적 위치를 인식하지 못하도록 위치정보 제거 Location Obscurer Proxy
RA	<ul style="list-style-type: none"> 인증서 발급 요청 접수 및 중계, 등록인증서에 대한 Blacklist 관리 Registration Authority
PCA	<ul style="list-style-type: none"> 보안(익명·실명, 응용) 인증서 발급 및 관리 Pseudonym Certificate Authority
LA	<ul style="list-style-type: none"> 인증서 발급 및 폐기 시 Linkage Value를 생성-제공 Linkage Authority
MA	<ul style="list-style-type: none"> 이상행위 탐지, CRL 생성-배포, 보고서 접수-관리, 인증서 폐지 요청-관리 Misbehavior Authority
CRL Store	<ul style="list-style-type: none"> CRL에 대한 저장 및 배포 Certificate Revocation List

V2X 보안인증체계 실증시스템에서는 자율협력주행 인증관리체계에 대한 국제표준(IEEE 1609.2)과 미국연방교통부와 CAMP가 2016년 설계한 SCMS의 PoC(개념 증명)에서 운영 업무 및 구성방안이 정의된 내용을 반영하여, 국가 V2X 보안인증체계의 구성요소와 담당 역할을 정의하였다. V2X 보안인증체계 실증시스템에서는 기능(컴포넌트)별 역할 및 업무를 정의하였다.

OBU(On Board Unit)는 등록인증서 발급을 ECA기관에 요청하고 ECA는 등록인증서 발급 요청 정보 확인 후, 등록인증서를 OBU에게 제공한다.

제공받은 인증서를 기반으로 OBU는 RA기관으로부터 정책 파일을 받은 후, 익명인증서를 RA기관에 요청한다. RA기관은 요청받은 내용을 검증 후, PCA기관에 익명인증서 발급을 요청하고 PCA 기관은 내용을 확인 후, RA를 통해 OBU에게 익명인증서를 제공한다. 등록인증서 갱신 시점에 OBU는 RA기관에 등록인증서 갱신을 요청한다. RA기관은 등록인증서 갱신을 위한 정보확인 및 ECA에 갱신 요청을 수행하고 ECA는 갱신 요청 정보를 검증한 후 등록인증서를 생성하여 RA를 통해 OBU에게 인증서를 제공한다.

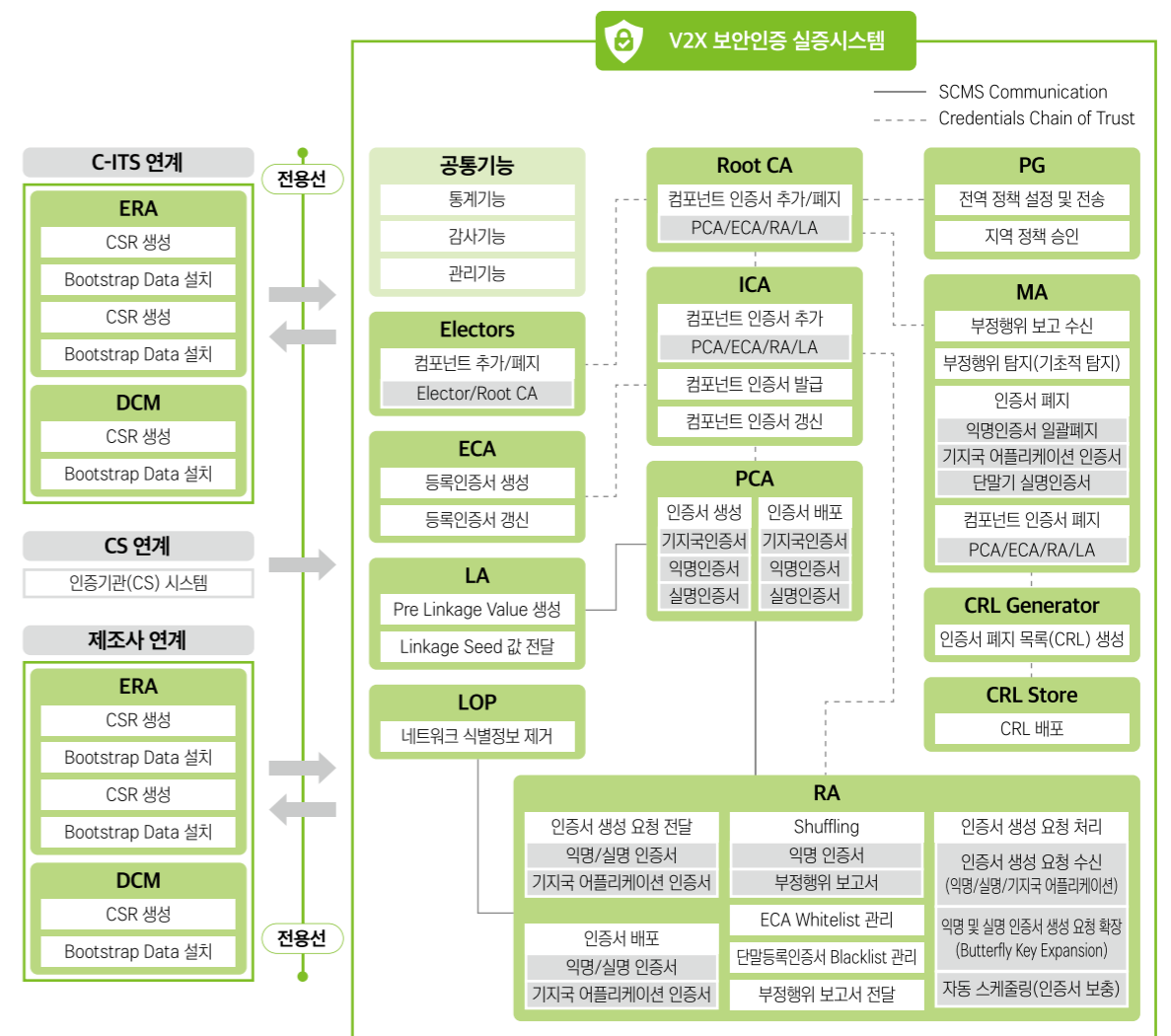
MA기관에서는 등록인증서 폐지 결정 후 블랙리스트를 RA에 등록 요청 및 확인하는 역할을 수행하며 CRL Generator에 등록인증서 폐지 요청 및 CRL 업데이트 후 CRL Store에 저장한다.

OBU는 BSM(Basic Safety Message)메시지에 대한 이상징후 판단 후, RA에게 보고서를 작성하고 암호화하여 전송한다. RA기관은 이상행위보고서를 다른 이상행위보고서와 서플하여 MA에게 전송하면 MA기관은 보고서를 확인하여 이상-부정행위 판단 후, 블랙리스트 등록을 RA기관에 요청한다.

RA기관은 블랙리스트에 등록하고, MA기관은 CRL Generator에 인증서 폐지를 요청하며 CRL Generator는 폐지요청 정보 확인 후, CRL 정보를 업데이트하여 MA기관에 전송하는 형태로 실증시스템이 구성되어 있다.

전자서명 알고리즘은 ECDSA⁸⁾ 전자서명키의 지원 커브 및 관련된 표준, 전자서명 생성 규칙 내용을 반영하였고 대칭키 알고리즘의 경우 AES⁹⁾ 알고리즘을 반영 및 해쉬 알고리즘은 SHA-256을 적용하여 구현하였다.

【 실증시스템 어플리케이션 구성도 】



8) ECDSA(Elliptical Curve Digital Signature Algorithm) : 타원곡선암호화

9) AES(Advanced Encryption Standard) : 대칭키 암호화 알고리즘

IEEE 1609.2.1과 CAMP SCMS 분석

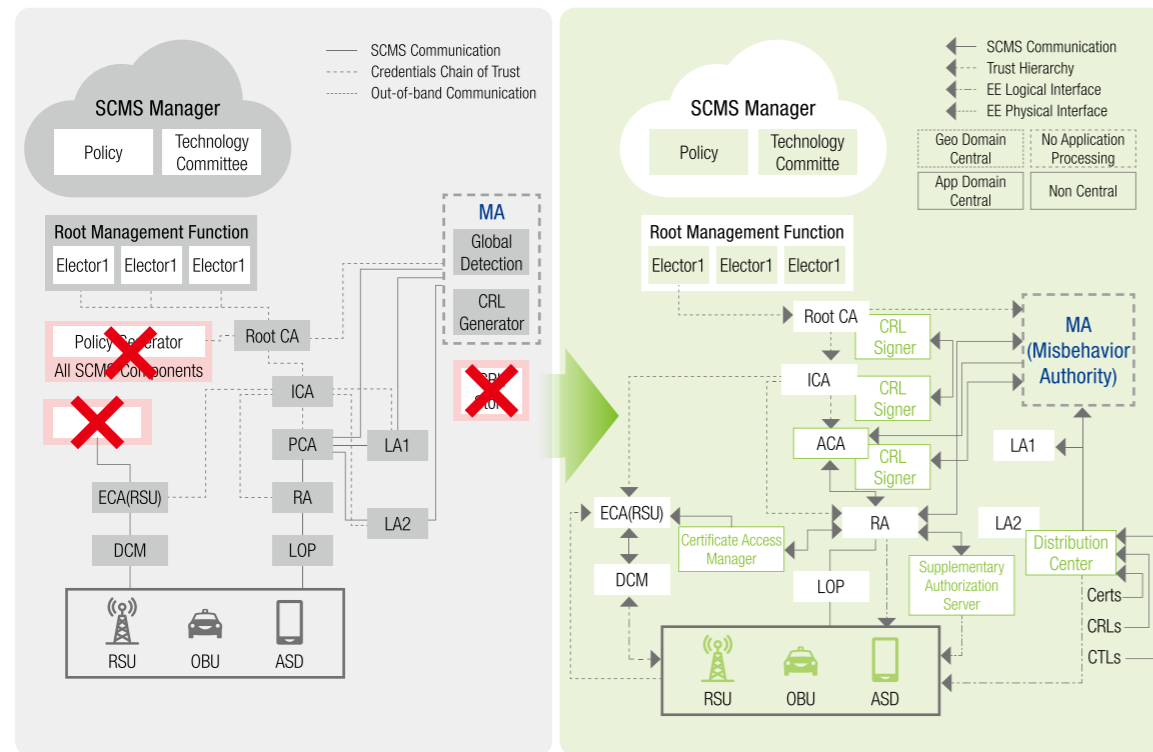
IEEE 1609.2.1은 IEEE1609.2의 개정판이나 확장판이 아니라 디지털 인증서를 만들고 관리하는 PKI 인프라, 즉 SCMS에 관해 새롭게 정의된 표준이다.

IEEE 1609.2.1은 IEEE에서 CAMP SCMS 및 중국·유럽의 VPKI 모델을 참조하여 설계한 표준안이며, 기존 CAMP SCMS보다 효율적이며 확장할 수 있는 인증서 관리 서비스가 가능한 특징이 있다. IEEE 1609.2.1의 정식 명칭은 'IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Certificate Management Interfaces for End Entities'이다.

2019년 최초의 draft 버전이 릴리즈된 이후 2020년 9월 24일 릴리즈 버전을 2020년 12월에 최종 버전으로 공개한 상태이다. IEEE 1609.2.1은 CAMP SCMS를 출발점으로 삼아 효율적이고 강력하며 확장 가능한 인증서 관리 서비스를 제공하는 것이 목적이다.

기관 구성의 변경된 점은 MA의 인증서 폐지 결정을 받아 인증서 폐지 목록(CRL)을 생성하던 CRL Generator가 사라지고, 각 CA기관이 발급한 인증서는 각 CA기관에 설치된 CRL Signer가 인증서 폐지 목록을 생성하는 형태로 변경되었으며 네트워크 부하 감소를 위해 인가가 필요 없는 데이터를 단말에 배포하는 DC(Distribution Center)기관이 추가되었고 효율적 인증서 배포·관리를 위한 ACPC(Activation Codes for Pseudonym Certificates) 도입에 따른 CAM(Certificate Access Manager)이 추가되었으며 간편한 인증 관리를 위한 SAS(Supplementary Authorization Server) 도입과 정책기관인 PG(Policy Generator)기관이 삭제되었다. 익명/실명/기 지국 인증서의 개념이 인가인증서로 통합되며, PCA의 명칭이 ACA(Authorization Certificate Authority)로 변경되었다.

[IEEE 1609.2.1과 CAMP SCMS 분석]



국가자율협력주행 인증관리체계 구축을 위한 시사점

자율주행 레벨4에 해당하는 자율협력주행 자동차의 상용화 경쟁 속에서 국내의 기반 역량을 확보하기 위하여 자율협력주행 인증 관리체계 구축이 필요하다.

공유차량 기술과 시장 동반 성장을 통해 자율협력주행 인증관리체계 개발이 더 빠르게 진행될 것으로 예상된다.

세계적으로 V2X 보안인증에 대한 국제 IEEE 1609.2.1 표준을 완전히 구현하여 활용하고 있는 사례는 아직 없으며 한국에서 국제 IEEE 1609.2.1 표준을 선제적으로 구현하여 활용한다면 세계 최초로 국제 표준을 구현한 사례가 될 수 있다.

V2X 인증관리체계에 대한 국내 표준화 제정 및 구축 경험을 통하여 해외시장 진출을 지원하는 교두보가 될 것이다.

그러나 아직 넘어야 할 산이 많다. MA에서 이상행위를 탐지하기 위한 정의가 미흡하고 MA 구현방안에 대한 상세 기능 정의가 필요하다. 또한 완성차업체와 OBU 단말장치에 대한 인증서 발급, 설치, 폐기 등의 주요 프로세스 마련과 통신 방식에 대한 이슈와 문제 점도 많이 존재하지만 부처 간의 협업체계를 구축하여 효율적인 방법을 찾아낸다면 자율협력주행 인증체계가 우리 생활에 깊숙이 스며들어 하나의 필수 구성요소로 자리 잡을 것으로 기대해 본다.

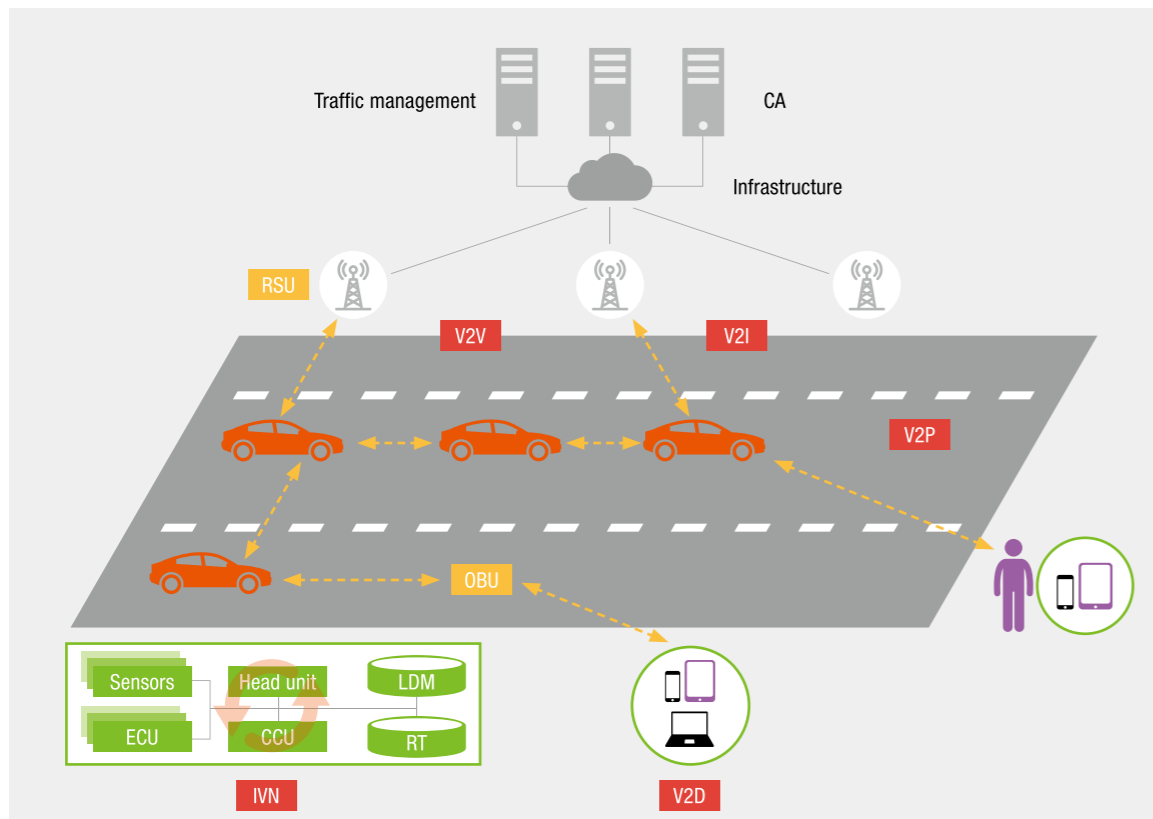
2 표준동향 순천향대학교 염홍열 교수 V2X SCMS 표준화 동향 및 국가표준 개발 전략

자율협력주행(Connected-Automated Driving) 서비스는 자율주행자동차가 V2X(Vehicle to Everything) 통신을 기반으로 도로의 각종 교통상황 정보, 차량 센서 및 제어정보 등을 공유하여 제공된다. 본고에서는 자율협력 주행을 위해 차량과 차량, 차량과 인프라 등의 통신을 안전하게 하기 위한 V2X SCMS(Security Credential Management System, 보안인증관리체계)의 개요와 주요 표준화 기구의 표준화 동향을 살펴보고, 한국 KS 표준을 개발하기 위한 일정과 전략을 제시한다.

V2X 보안 통신 개요

V2X 통신은 다음 그림과 같이 차량과 차량(V2V, Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라(V2I, Vehicle to Infrastructure), 차량과 디바이스(V2D, Vehicle to Device), 차량과 보행자(V2P, Vehicle to Pedestrian) 등의 통신을 포함한다. 통신 영역에 따라 차량 외부 통신과 차량 내부 통신으로 구분할 수 있다.

【V2X 통신 유형】



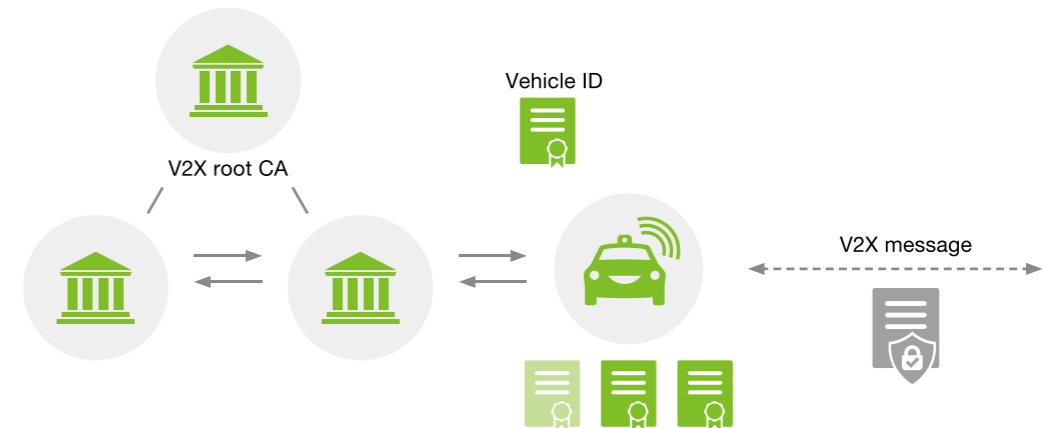
*출처 : ITU-T X.1372 (2020-3), Security guidelines for vehicle-to-everything (V2X) communication

차량 내 네트워크(IVN, In-Vehicle Network)로 알려진 차량 내부 네트워크에는 센서 및 ECU(전자 제어 장치)와 같은 차량 구성 요소가 포함된다. 차량 외부 통신은 V2V, V2I, V2D 및 V2P 통신으로 분류된다. 온보드유닛(OBU, On-Board Unit)은 차량에 장착된 무선 통신 장치이고 RSU(Road-Side Unit)는 도로에 있는 무선 액세스 장치다. 인프라는 RSU와 트랙픽 관리, 모니터링 시스템, 인증 기관(CA)과 같은 백엔드 설비로 구성된다. RSU는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 백엔드 설비에 연결된다. 예를 들어 V2V 통신의 목적은 차량 간에 정보를 공유하고 전송하여 사고를 예방하는 데 이용된다. V2V 기술 구현 방식에 따라 차량에 사고 위험이 있음을 알리는 경고가 표시될 수 있다.

V2X 통신에 나타날 수 있는 위험은 전송 중인 데이터의 위변조, 분산서비스거부공격, 기밀성 훼손공격으로 인한 차량과 연관되는 차량 관련 개인정보 또는 위치정보의 노출 등이다. 이러한 공격이 공격을 방지하기 위한 대표적인 V2X 보안 요구 사항은 다음과 같다.¹⁰⁾

- 인가(Authorization) : 차량은 V2V 통신에 참여할 수 있는 권한이 있어야 한다.
- 소스 인증(Source Authentication) : 차량은 수신된 브로드캐스트 메시지의 발신자가 유효한 ID를 갖는 실체인지 확인할 수 있어야 한다.
- 메시지 무결성(Message Integrity) : 수신된 브로드캐스트 메시지의 무결성을 확인하여 전송 중에 내용이 변경되지 않았는지 확인해야 한다.
- 재생 공격 방지 : V2V 방송 메시지의 신선도를 보장하여 수신 차량이 새로 생성된 메시지만 수신하도록 하여 재생 공격을 방지한다.
- 부인 방지(Non-Repudiation) : 차량이 메시지를 브로드캐스팅하면 나중에 잘못된 동작이 감지되는 경우 해당 작업을 거부할 수 없어야 한다. 이 속성을 통해 수신 차량은 브로드캐스트 메시지 생성에 책임이 있는 제삼자에게 증명할 수 있다.

【PKI를 이용한 안전한 V2X 통신】



V2X SCMS

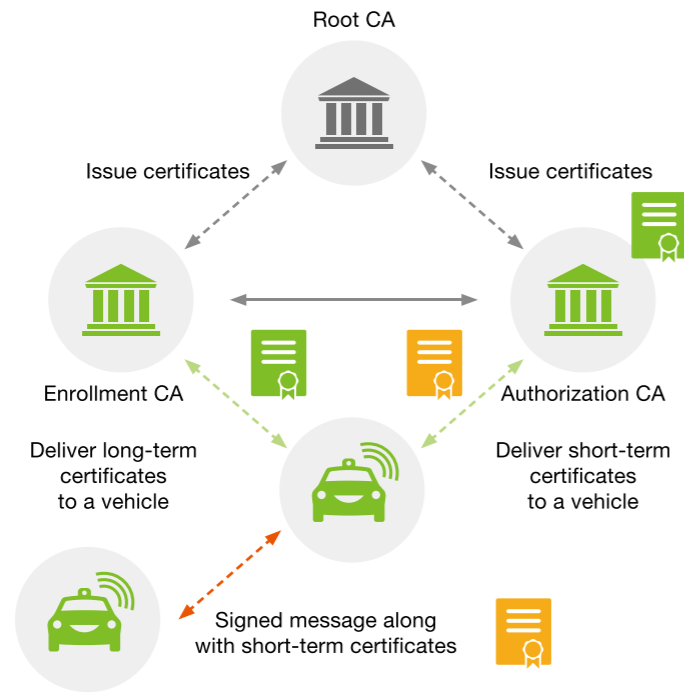
V2X 보안 요구사항을 만족하는 현실적 방법은 공개키기반구조(PKI, Public Key Infrastructure)를 활용하는 것이다. 공개키기반 구조는 ITU-T X.509 국제표준¹¹⁾에 근거하며, 공개키 암호 알고리즘의 공개키 무결성과 진정성을 제공하기 위해 디지털 인증서(Certificate)를 생성, 관리, 배포, 사용, 저장 및 폐지하는 데 필요한 정책, 하드웨어, 소프트웨어 및 절차의 집합이다. 공개키기반구조를 이용하면 교환되는 모든 메시지를 디지털 서명함으로써 메시지의 진정성(Authenticity)과 무결성, 부인 방지 요구사항을 만족한다. 또한 차량이 동일한 인증서를 사용하게 되면 차량 위치를 추적할 수 있게 된다. 차량 위치 프라이버시를 제공하기 위해 인증기관의 기능은 차량의 신원을 확인하는 등록 인증기관(Enrollment CA)과 등록인증기관에서 발행된 인증서를 이용해 차량을 인증한 후 여러 개(최대 3,000여 개/3년)의 단기 가명 인증서를 발행하는 인가 인증기관(Authorization CA)으로 구분된다. 다음 그림은 간단한 V2X SCMS 기본 구조이다.¹²⁾

10) ITU-T X.1372 (2020-3), Security guidelines for vehicle-to-everything (V2X) communication

11) ITU-T X.509 (10/2019), Information technology - Open Systems Interconnection - The Directory: Public-key and attribute certificate frameworks

12) Heung Youl Youm, Strategy to develop cybersecurity standards for autonomous driving/V2Xcommunications in Korea, The 1st Korea-US Standards Forum, December 2, 2021

【 간단한 SCMS 구조 】¹³⁾



이러한 체계를 SCMS라 하며, IEEE 1609.2 국제표준에서는 V2X 통신을 위한 차량의 위치 보호와 통신의 진정성을 제공하기 위해 디지털 인증서(Digital Certificate)를 기반으로 한다. 신뢰 확장을 위해 인증기관과 연관된 실체들은 다음과 같이 구성된다.

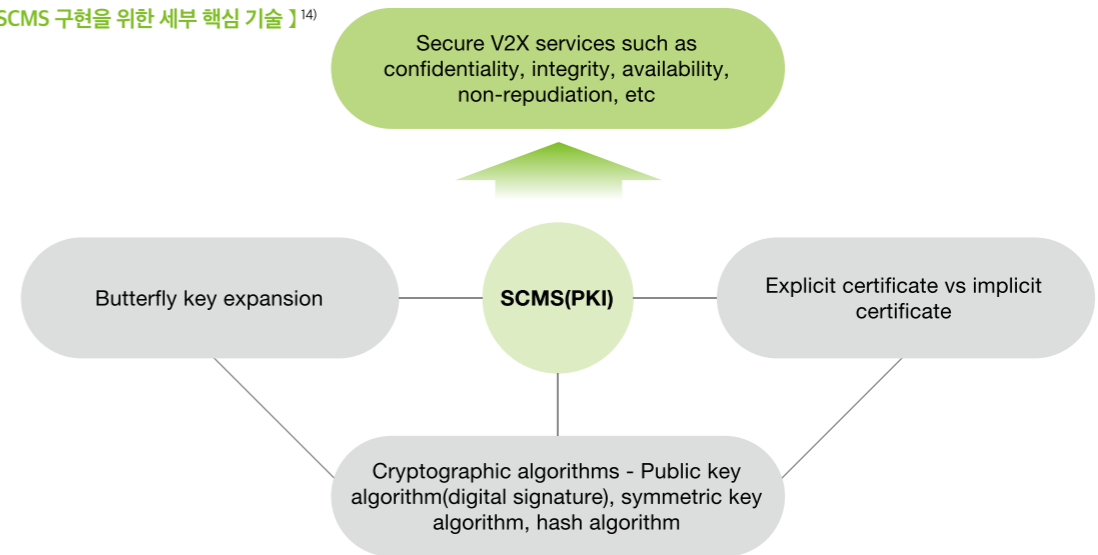
- 루트 인증기관(CA) : 각 CA 계층 구조(EA 또는 AA용)의 정상에는 계층 구조 내의 모든 인증서의 궁극적인 신뢰 루트인 루트 인증 기관이 존재한다.
- 등록 인증기관(Enrollment CA) : 차량의 신원을 확인한 후 장기 수명의 등록(신원) 인증서를 발행한다.
- 인가 인증기관(Authorization CA) : 등록 인증기관에 의해 발행된 등록 인증서를 이용해 차량의 신원을 확인하고, 신원이 확인되면 단기 수명의 가명 인증서(Pseudonym Certificate)를 차량에 발행한다.
- 차량(Vehicle) : 차량은 인가 인증기관으로부터 받은 단기 가명 인증서를 이용해 V2X 통신 메시지의 서명문을 생성해 교환되는 메시지의 진본성을 확인한다.

V2X SCMS의 목적은 공개키 암호 기법을 사용하므로, 각 개체의 공개키의 무결성과 진본성을 확인하고, 이를 통해 V2X 통신의 기밀성, 무결성, 부인 방지 등의 보안 요구사항을 만족하며, 이를 위해서는 다음과 같은 세부 기술 요소들이 활용되어야 한다.

- 공개키 기반구조(PKI) : 디지털 인증서를 생성, 관리, 배포, 사용, 저장 및 취소하는 데 필요한 정책, 하드웨어, 소프트웨어 및 절차의 집합이다. SCMS는 안전한 V2X 통신을 제공하기 위한 일종의 도구다.
- 버터플라이 키 확장(Butterfly Key Expansion) : 버터플라이 키 확장은 차량이 한 번에 하나의 인증서만을 발행받는 것이 아니라 한 번에 여러 개(예시 : 300개)의 가명 인증서를 받을 수 있는 새로운 인증서 발행 방법이다.
- 암묵적 인증서 및 명시적 인증서 : 명시적 인증서 방식은 루트 인증기관과 인가 인증기관까지 인증경로와 인가 인증기관의 인증서를 이용해 수신된 메시지의 디지털 서명문을 검증한다. 이에 반해 암묵적 인증서 방식은 서명문 검증을 위해 요구되는 공개키가 암시적 인증서의 데이터에서 재구성되어 그 공개키로 디지털 서명문을 '암묵적으로' 검증한다. 인증서가 변경되면 이에 대응되는 개인키를 찾는 것이 불가능하여 디지털 서명문 검증을 위해 재구성된 공개키가 무효화된다.
- 암호화 알고리즘 : 다양한 디지털 서명 알고리즘, 해시 알고리즘, 공개키 알고리즘 등이다.

13) Heung Youl Youm, Strategy to develop cybersecurity standards for autonomous driving/V2Xcommunications in Korea, The 1st Korea-US Standards Forum, December 2, 2021

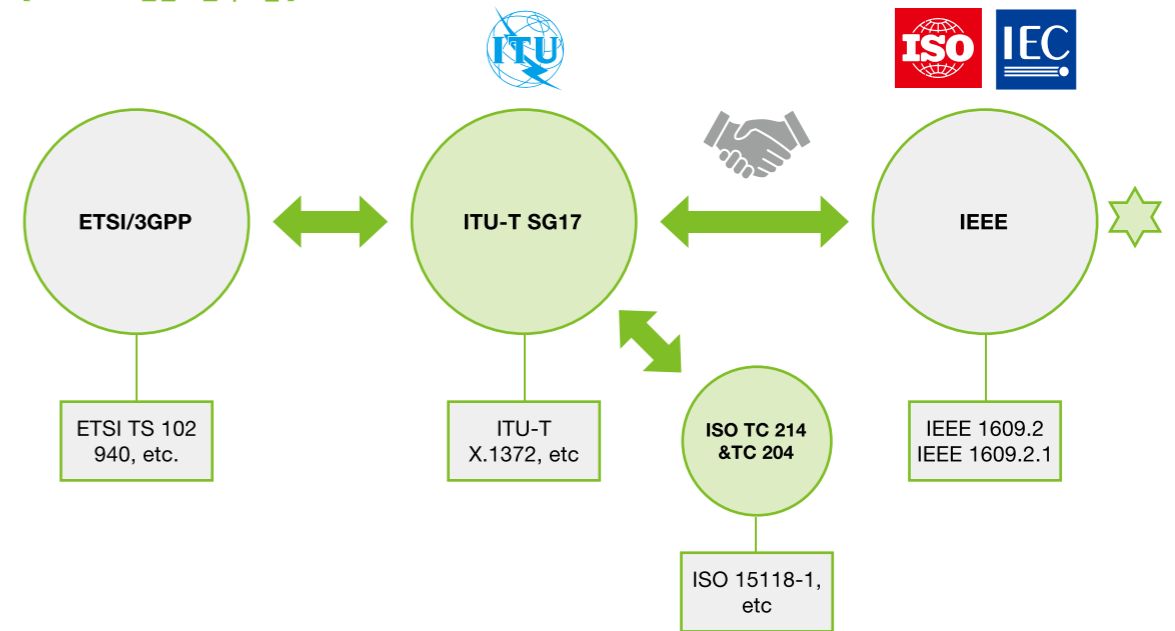
【 SCMS 구현을 위한 세부 핵심 기술 】¹⁴⁾



국내외 표준화 현황

V2X 통신과 관련된 국제표준을 개발하고 있는 표준화 기구는 다음 그림과 같이 ITU-T SG17¹⁵⁾, IEEE¹⁶⁾, ETSI¹⁷⁾/3GPP 등이다.

【 V2X SCMS 관련 표준화 그룹 】



14) Heung Youl Youm, Strategy to develop cybersecurity standards for autonomous driving/V2Xcommunications in Korea, The 1st Korea-US Standards Forum, December 2, 2021

15) ITU-T SG17: security at <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/17/Pages/default.aspx>

16) IEEE SA at https://standards.ieee.org/standard/1609_12-2019.html

17) ETSI TECHNICAL COMMITTEE (TC) INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (ITS) at <https://www.etsi.org/committee/its>

다음 표는 이들 표준화 기구에서 개발된 V2X 보안 인증관리체계와 연관되는 표준 목록이다.

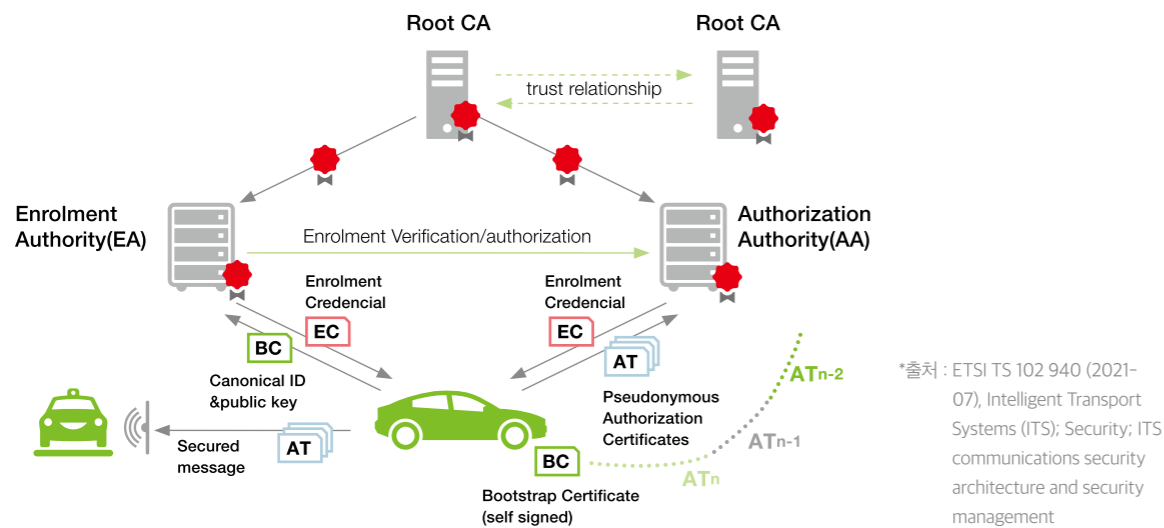
【 V2X 보안 통신 및 SCMS 관련 국제표준 】

	표준 번호	표준 제목	채택 일시
IEEE	IEEE 1609.2	응용 및 관리 메시지를 위한 보안 서비스	2016.1
	IEEE 1609.2.1	최종 실체를 위한 인증서 관리 인터페이스	2020.12
ETSI	ETSI TS 102 940	ITS 보안 구조 및 보안관리	2021.7
	ETSI TS 102 941	신뢰 및 프라이버시 관리	2021.1
ITU-T SG17	X.1372	V2X 통신 보안 가이드라인	2020.3

ETSI TS 102 940 SCMS¹⁸⁾

ETSI TS 102 940에서 정의된 ETSI SCMS 구조는 다음과 같다.

【 ETSI SCMS 구조 】



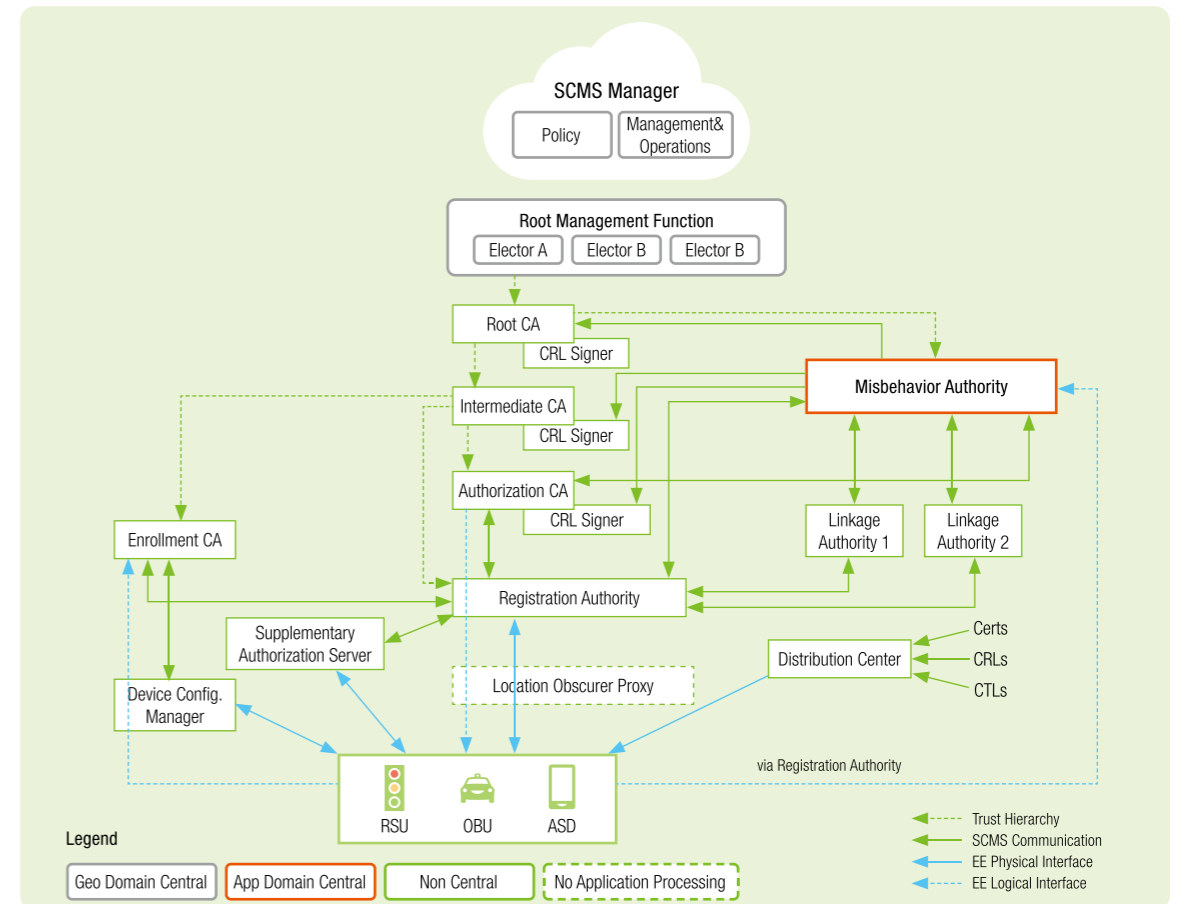
- 루트 CA : 각 CA 계층 구조(EA 또는 AA용)의 정상에는 해당 공개키기반구조 영역 내의 모든 인증서에 대한 궁극적인 신뢰 루트인 루트 CA가 존재한다.
- 신뢰 목록 관리자(Trust List Manager) : 루트 인증기관 간의 신뢰를 확장하기 위해 신뢰할 수 있는 최상위 인증기관의 자체 서명된 루트 인증서를 모아둔 신뢰 목록을 생성하고 관리한다.
- 등록 기관(Enrollment Authority) : 차량을 인증한 후 신원 증명 인증서인 등록 인증서를 발행한다.
- 인가 기관(Authorization Authority) : 차량의 등록 인증서를 이용해 신원을 확인한 후 해당 차량에게 다수의 단기 수명의 인가 인증서(Authorization Certificate)를 발행한다.
- 차량 : 차량은 V2X 통신에 단기 인증서를 사용해 V2X 통신을 보호한다.

18) ETSI TS 102 940 (2021-07), Intelligent Transport Systems (ITS); Security; ITS communications security architecture and security management

IEEE 1609.2.1 SCMS

IEEE 1609.2.1에 설명된 SCMS 주요 구성 요소는 다음 그림과 같다.

【 IEEE SCMS 구조 】



- 루트 인증기관(RCA, Root Certification Authority) : SCMS에 있는 인증서 체인의 루트 및 최상위 인증기관으로 ICA, PG 및 MA에 대한 인증서를 발급한다.
- 중간 CA(ICA) : 루트 CA가 트래픽 부하를 많이 받는 것을 방지하기 위한 보조 CA로 루트 CA에서 인증서를 발급받는다.
- 등록 기관(RA, Enrollment Authority) : 차량의 요청을 확인 및 처리하며 폐지된 차량에게 새로운 가명 인증서를 발급할 수 없도록 한다.
- 배포 센터(DC) : RA와 유사하게 인증서 및 CRL과 같은 공개 정보를 배포하는 SCMS의 구성 요소이다.
- 등록 CA(ECA, Enrollment CA) : 차량에 대한 등록 인증서를 발급하고 다양한 지리적 지역, 제조업체 또는 장치 유형에 대한 가명(인가) 인증서를 요청하는 데 사용할 수 있다.
- 인가 CA(ACA, Authorization CA) : 장치에 단기 수명의 가명 인증서를 발급한다. 각 PCA는 특정 지역, 특정 제조업체 또는 장치 유형으로 제한된다.
- 이상행위 기관(MA, Misbehavior Authority) : 잠재적인 이상 행위를 탐지한 차량에게 이상행위 보고서를 수신 및 처리한다. 또한 장치의 인증서를 인증서폐지목록(CRL)에 넣는다.

- 연결 기관(LA) : 인가 인증기관으로부터 최종 실체의 프라이버시를 보존하면서 가명 인증서의 효율적인 폐지를 위해 연결값 계산 프로세스에 입력을 제공하는 SCMS 구성 요소이다.
- LOP(Location Obscure Proxy) : 요청 장치의 위치를 숨기고 네트워크 주소가 위치에 연결되지 않도록 소스 주소를 변경한다.
- 정책 생성기관(PG): RA에 대한 전역 정책 파일의 업데이트를 유지한다. 전역 정책 파일에는 전역 구성 정보와 SCMS의 모든 신뢰 체인이 포함된 전역 인증서 체인 파일이 포함된다.

KS V2X 국가표준 확보 전략 및 추진 계획

먼저 2023년 초를 목표로 한국 자율주행차 표준화 포럼 산하의 보안인증작업반(WG)에서 개발 중인 V2X 보안인증체계의 국가표준 개발 주요 전략은 다음과 같다.¹⁹⁾

- 자율주행차 표준화 포럼의 V2X 보안인증에 대한 작업반에서 산학연 전문가에 의해 개발된다.
- V2X SCMS 표준을 먼저 개발하고 다른 지원 표준(암호화 알고리즘 프로파일과 함께 제공)은 나중에 필요 시 개발한다.
- 'IEEE 1609.2.1 - WAVE - 최종 개체를 위한 인증서 관리 인터페이스' 국제표준을 국가표준의 기반 문서로 활용한다.
- 차량 생애주기 관리에 대한 국내 규정 및 운영 측면을 반영하도록 수정한다.
- 모든 기술적 현안을 식별하고 가능한 옵션은 한국 실정에 맞도록 선택한다.
- ITU-T SG17, ETSI, IEEE, ISO TC에서 개발한 모든 기존 표준을 분석해 개발 시 활용한다.
- 기존 국제표준화 기구의 표준 격차를 식별하고 필요 시 개선 및 추가를 위해 해당 SDO에 추가 국제표준화를 추진한다.
- 정부가 지원하는 다른 V2X 시험사업에서 수행할 테스트 및 성능 결과를 고려한다.
- 1999년 발효된 디지털 서명법에 따라 PKI 공인 인증 서비스에 대한 지난 20년의 경험을 활용한다.

국가표준 개발 상세 일정은 다음과 같다.

【 V2X SCMS 국가표준 개발 일정 】²⁰⁾



- 2021년 7월 7일 자율주행차 표준화 포럼 산하에 V2X 보안 인증 작업반 설립
- V2X SCMS의 1차 초안은 2022년 1분기까지 준비
- V2X SCMS에 대한 2차 최종안은 2022년 2분기까지 완성되어 포럼에 제출하여 승인 예정
- 자율주행차 표준화 포럼에서 2022년 10월 30일까지 2차 최종안 채택한 후 해당 초안을 산업표준화위원회에 제출
- 2022년 11월부터 산업표준화법에 따라 설치된 산업표준위원회에서 심의 절차 개시
- KS SCMS 국가표준은 2023년 초 최종 채택 추진

19), 20) Heung Youl Youm, Strategy to develop cybersecurity standards for autonomous driving/V2Xcommunications in Korea, The 1st Korea-US Standards Forum, December 2, 2021

IEEE 1609.2.1 국제표준 상세 내용

한국 V2X SCMS KS 표준의 바탕이 될 IEEE 1609.2.1 표준²¹⁾의 상세 내용은 다음과 같다.

【 V2X SCMS 국제 표준 상세 내용 】

	상세 내용
제1장 범위	디지털 인증서를 사용하는 최종 실체의 디지털 인증서에 대한 프로비저닝과 관리를 지원하는 인증서 관리 프로토콜을 규정
제2장 정규적 참조	-
제3장 용어 및 약어	-
제4장 SCMS 구조	SCMS, 계층적 인터페이스 구조 등
제5장 보안 세션	물리 보안, TLS, SO/TS 21177
제6장 Web API	OAuth 2.0 인가, SCMS REST API v2(등록 인증서 요구, 인가 인증서 요구, 인가 인증서 다운로드, 후속 등록 인증서 요구, 후속 등록 인증서 다운로드, 이상 행위 보고서 제출, 인증서 체인 파일 다운로드 (인증서 신뢰 목록 포함) 등)
제7장 데이터 구조-ASN.1	IEEE 1609.2에서 유래된 데이터 구조(인증서, 인증서 유형, 해시 알고리즘 등), SCMS PDU 구조, 보호된 PDU 구조, 인증서 프로파일 등
제8장 데이터 구조-파일	인가 인증서 다운로드 파일, 후속 등록 인증서 다운로드 파일, 인증서 체인 파일, 복합 인증서 폐지 목록 파일, CTL 파일 등
제9장 암호학적 구성	버터플라이 키 및 SCMS 구조, 버터플라이 키 메커니즘, ACPC와 SCMS 구조, ACPC 활성화 코드를 위한 라이브러리, 해시 트리 등
제10장 특정 SPDU 검증 조건	서명된 인증서 요구 유효성
제11장 IEEE 1609.2의 확장 및 변경	추가 암호 알고리즘(ECDSA over the curve NIST p384, SHA-384 등)
부록 A, B, C, D, F, G, H, I	-

▶ 참고문헌

1. ETSI TS 102 940 (2021-07), Intelligent Transport Systems (ITS); Security; ITS communications security architecture and security management
2. ETSI TS 102 941 (2021-01), Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Trust and Privacy Management
3. ITU-T X.1372 (2020-3), Security guidelines for vehicle-to-everything (V2X) communication
4. IEEE 1609.2-2016, IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments--Security Services for Applications and Management Messages
5. IEEE 1609.2.1-2020, IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)--Certificate Management Interfaces for End Entities
6. ITU-T X.509 (10/2019), Information technology - Open Systems Interconnection - The Directory: Public-key and attribute certificate frameworks
7. Heung Youl Youm, Strategy to develop cybersecurity standards for autonomous driving/V2Xcommunications in Korea, The 1st Korea-US Standards Forum, December 2, 2021
8. ITU-T SG17: security at <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/17/Pages/default.aspx>
9. IEEE SA at https://standards.ieee.org/standard/1609_12-2019.html
10. ETSI TECHNICAL COMMITTEE (TC) INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (ITS) at <https://www.etsi.org/committee/its>

21) IEEE 1609.2.1-2020, IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)--Certificate Management Interfaces for End Entities

Part 3

자율주행 대중교통 서비스

1. **기술동향** 자율주행 대중교통 서비스 기술 동향
한국자동차연구원 최유준 책임연구원
2. **표준동향** 자율주행 대중교통 서비스 표준화 동향
한국교통연구원 문영준 박사/연구단장

저자 인터뷰 영상 바로가기 ▶



1 기술동향 한국자동차연구원 최유준 책임연구원 자율주행 대중교통 서비스 기술 동향

최근 코로나 팬데믹 장기화 및 사회 고령화의 가속화에 따라 사회구성원의 생활패턴 변화는 다양한 분야에서 일어나고 있다. 특히 세계 각국은 코로나 확산 방지를 위하여 전 국민의 백신 접종율을 높이기 위하여 해외입국자에 대한 자가격리 의무화, 코로나 19 위험국가 지정, 방역패스 시행 등 다양한 정책을 내놓고 있으며, 이에 따라 개인의 위치정보는 더 이상 개인정보 보호 대상이 아닌, 공공정보이자 공유대상으로 변화하고 있다. 또한 사회 고령화의 가속화에 따라 농어촌 지역 및 도시외곽에서의 교통소의 지역은 점점 늘어나고 있으며, 대도시 역시 급격히 증가하는 인구유입에 따라 극심한 교통정체 현상을 겪고 있다. 이처럼 세계 각국의 국가 및 사회구성원 관리 시스템의 변화에 따라 대중교통과 연계된 자율주행서비스도 기존 지능형교통시스템(ITS, Intelligent Transportation System) 또는 차세대 지능형교통시스템(C-ITS, Cooperative Intelligent Transportation System)과 연계된, 협력 커넥티드 자율 모빌리티(Cooperative Connected Automated Mobility) 서비스를 한 단계 더 고도화한 새로운 형태의 자율주행 서비스로 진화하고 있다. 이러한 서비스는 크게 보행자, 킥보드 및 자전거와 같은 퍼스널 모빌리티 탑승자 등 취약한 도로 이용자(VRU, Vulnerable Road User)의 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스와 교통약자(장애인, 노약자 등) 이동지원을 위한 자율주행 대중교통 모빌리티 서비스로 분류된다.

본고에서는 이러한 시대적 배경 하에 국내 및 국외 자율주행서비스와 관련된 기술개발 동향과 산업동향을 분석하고, 나아가 이와 관련된 국내 연구개발과제 내용 및 현황을 소개한다.

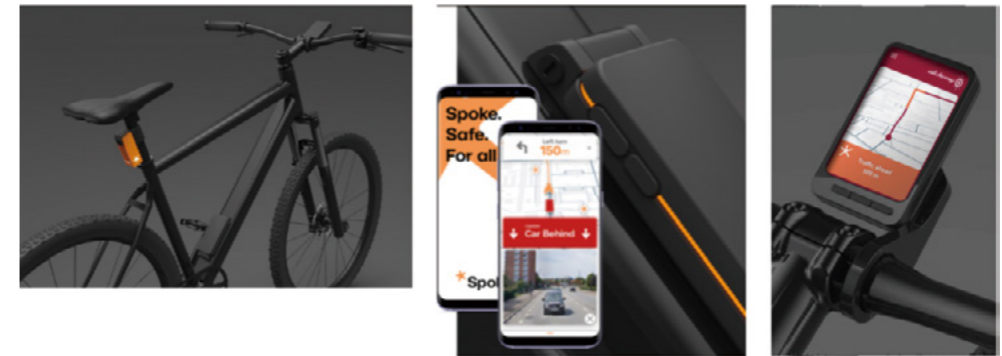
취약한 도로 이용자(VRU) 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스

미국 도로안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)에 따르면 2019년 일반 공도에서 자동차와 VRU(자전거 및 이륜차 이용자 등 취약한 도로 이용자)간의 교통사고로 47,000여 명의 자전거 사용자와 84,000여 명의 이륜차 사용자가 부상을 당했으며, 약 6,000명이 사망했다²²⁾²³⁾. 이동통신망을 기반하는 V2X 기술인 C-V2X(Cellular Vehicle to Everything)는 일반 공도에서의 VRU의 사고를 획기적으로 줄일 수 있는 기술 중 하나로 평가받고 있다. 특히 지난 2020년 9월 미국의 연방통신위원회(Federal Communications Commission)가 결정한 5.9GHz 주파수 중 30MHz를 C-V2X 기반 도로 안전 어플리케이션에 할당함으로써 C-V2X 기반 VRU 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스 기술이 개발되고 있다²⁴⁾.

지난 2021년 8월 퀄컴과 모빌리티 안전 플랫폼 회사인 Spoke는 C-V2X 기술을 자전거 또는 스쿠터와 같은 개인용 이동수단(PM, Personal Mobility)을 이용하는 사람과 커넥티드 자동차(CV, Connected Vehicle) 그리고 도로 인프라에 적용하여 각자의 상태정보와 위험정보를 상호 교환하는 기술인 VRU2X(Vulnerable Road User to Everything)를 공개하였다. Spoke는 퀄컴의 C-V2X 기술을 적용함으로써 VRU(자전거, 스쿠터 등 PM 이용자)와 VRU 주변의 CV 간의 안전정보를 실시간 상호 교환하도록 함으로써 도로상에서 VRU와 CV 간 상호 안전도를 증대시킬 것으로 전망했다. 2022년 상용화를 목표로 하고 있는 VRU2X는 일부 글로벌 자동차제조사에 채택한 퀄컴의 HW(Hardware) Chipset인 Snapdragon 2150과 C-V2X SW(Software) 플랫폼인 9150 C-V2X 플랫폼을 각각 적용하고, 5.9GHz 주파수를 이용하는 직접 통신 방식을 사용함으로써, 일반적인 Cellular 네트워크 없이도 VRU, CV 그리고 도로 인프라(RSU, Road Side Unit) 간 안전과 관련된 다양한 정보교환 서비스를 제공한다²⁵⁾. Spoke는 2021년 9월 Amazon Web Service(AWS)와의 전략적 제휴를 통한 3S(Speed, Scalability and Security) 기반의 VRU 이동지원 안전서비스 제공 전략을 발표했다²⁶⁾. 또한 2021년 10월에 개최된 Hamburg ITS World Congress 2021에서는 C-V2X 뿐만 아니라 5G/LTE 통신을 적용함으로써 VRU와 주변 CV 간 다양한 안전정보(영상정보, 주행정보 등)를 상호 교환하는 기술을 포함하는 VRU 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스의 고도화 전략을 발표했다.

22) NHTSA, Traffic Safety Facts 2019 - A Compilation of Motor Vehicle Crash Data, 2019
 23) NHTSA, Traffic Safety Facts - 2019 Data, Sep. 2021 (Revised)
 24) <https://www.fiercewireless.com/regulatory/fcc-votes-to-open-5-9-ghz-for-wi-fi-c-v2x>
 25) <https://www.prnewswire.co.uk/news-releases/spoke-and-aws-collaborate-to-save-lives-of-bicyclists-motorcyclists-scooter-riders-and-other-mobility-users-885985948.html>
 26) <https://iotnowtransport.com/2021/08/13/79444-spoke-and-qualcomm-technologies-collaborate-to-transform-safety-for-cyclists-and-light-mobility-users/>

[Spoke의 VRU2X]



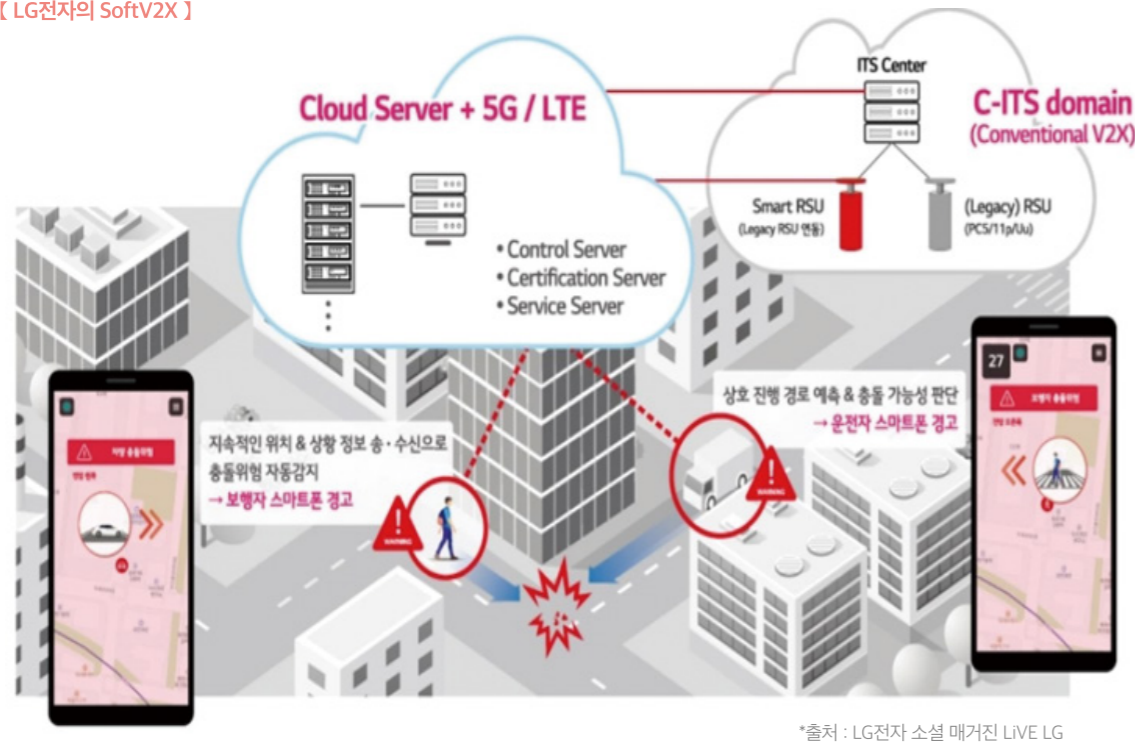
*출처 : Spoke 홈페이지(위), ITS World Congress 2021 발표자료(아래)

LG전자는 2021 서울 스마트 모빌리티 엑스포를 통하여 2021년 6월 보행자의 안전을 위해 개발 중인 스마트폰 기반의 VRU 이동지원 솔루션 SoftV2X를 공개했다. SoftV2X는 LTE, 5G 등 셀룰러 망을 이용하는 VRU 이동지원 서비스로 자전거, 킥보드를 이용자(VRU)와 차량 간 뿐만 아니라, 차량과 차량 간 발생할 수 있는 충돌위험 정보를 예측하고, 예측된 충돌위험 정보를 스마트폰을 통하여 사전에 제공함으로써 교통사고가 일어날 가능성을 최소화한다. SoftV2X는 사용자들의 위치 정보를 이용하여 획득한 현재 위치, 이동 방향, 속도 등 사용자 상태정보를 LTE, 5G 등 셀룰러 망을 통하여 실시간으로 클라우드 서버에 전송한다. 클라우드 서버는 전달받은 상태정보로부터 각 사용자 주변에 위치한 사용자의 상태정보를 선별하여 다시 사용자들에게 보내준다. 사용자의 스마트폰에 설치된 SoftV2X 앱은 클라우드 서버로부터 수신한 사용자 주변에 위치한 VRU 및 차량의 상태 정보를 분석하고, 사용자와의 충돌위험을 감지한 경우 스마트폰에 화면, 소리, 진동 등으로 경고메시지를 송출한다. 또한, C-ITS와 연동이 가능한 클라우드 서버는 VRU 및 차량 내 탑승한 SoftV2X 사용자의 실시간 위험도 분석을 위하여 C-ITS로부터 차량 운행, 도로 상황, 교통 신호 등에 대한 정보를 수집하고 분석한다. 또한 AI(Artificial Intelligence) 기반의 스마트 CCTV와 연계하여 스마트폰에 SoftV2X 전용 앱을 설치하지 않은 VRU나 차량과의 충돌 위험도 감지한다. SoftV2X는 스마트폰을 이용한 모바일 앱 서비스이지만 상태정보 전송 및 수신을 위하여 V2X 통신 표준인 J2735 메시지 표준을 적용한다. 따라서 기존 C-ITS 서비스에 활용되는 차량용 WAVE 통신 단말(OBU, On Board Unit) 및 신호등과 같은 교통시설물에 설치되어 도로 교통정보를 교환하는 도로인프라(RSU)와 연계 서비스가 가능하다. 이러한 기술적 우위를 바탕으로 기존 RSU에 SoftV2X 기능을 추가한 스마트 RSU를 발표했다²⁷⁾.

LG전자는 2020년 10월과 2021년 5월, 한국자동차연구원, 한국교통연구원과의 협업을 통하여 우정사업본부의 우편배달용 자율주행 셔틀과의 연계를 통한 5G 통신 기반 VRU 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스를 세계 최초로 시연하였다. 본 시연에서는 LG전자가 세계 최초로 개발한 5G NR(New Radio) Release 15 규격을 만족하는 차량용 5G 단말에 적용된 SoftV2X 기술을 우편배

27) <https://live.lge.co.kr/lge-soft-v2x/>

【 LG전자의 SoftV2X 】



*출처 : LG전자 소셜 매거진 LIVE LG

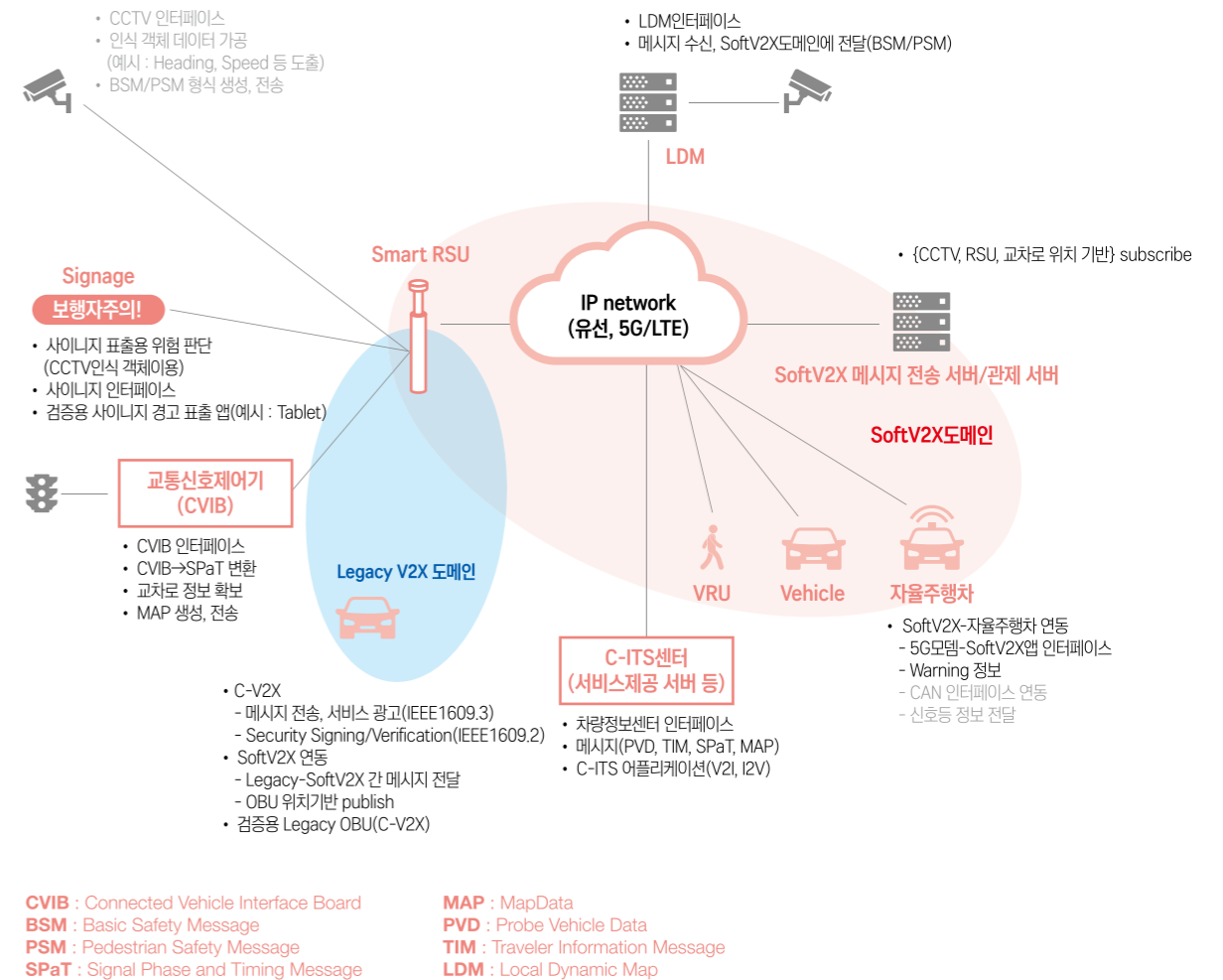
달용 자율주행 셔틀과 연계함으로써 우편배달용 자율주행 셔틀이 대학, 아파트 내 위치한 VRU(보행자, 킥보드 탑승자)와 혼재된 상황 속에서 안전한 서비스를 제공할 수 있는 V2P(Vehicle to Pedestrian) 통신 기반 VRU 안전지원기술과 회전 교차로 내 자율주행 셔틀과 일반 차량 간 충돌방지를 위한 V2V(Vehicle to Vehicle) 통신 기반 자율주행 안전지원 기술을 실증하였다. 또한 2021년 5월~7월 동안 2021년 세종 규제자유특구혁신사업육성 비R&D 사업화 지원 기업지원사업의 일환으로 세종시 도담동 및 집현동 자율주행 셔틀 운행구간에서 세종시 일반시민을 대상으로 VRU(보행자 및 킥보드 탑승자) 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스를 실증하였다. 본 실증에서는 스마트폰을 보유하고 있지 않은 VRU(학생)를 고려하여 AI 기반 스마트 CCTV와 연계된 SoftV2X 기반 VRU 이동지원 서비스를 제공하였다. 뿐만 아니라 비신호 교차로에서 합류하는 일반차량과 자율주행 셔틀 간 안전도 향상을 위하여 도로 인프라에 설치된 라이더 센서를 통하여 획득한 비신호 교차로에서의 일반차량의 이동정보를 SoftV2X와 연계하여 자율주행 셔틀에 제공하는 자율주행 연계 안전서비스를 실증하였다²⁸⁾.

교통약자(장애인, 노약자 등) 이동지원 자율주행 모빌리티 서비스 기술

세계적으로 자율주행기반 대중교통관련 서비스는 대형버스, 미니버스 그리고 택시를 중심으로 연구개발 및 서비스 실증이 진행되고 있다. 특히 25km/h 미만으로 주행하는 저속 자율주행 셔틀은 정해진 구간을 저속으로 주행하는 형태의 서비스 제공을 목적으로 프랑스의 Navya와 Easymile, 미국의 Local Motors 그리고 뉴질랜드의 OHMIO와 같은 중소, 중견기업을 중심으로 개발되고 있다. 미국과 유럽은 저속 자율주행 셔틀을 이용하여 도심운행 차량 감차, 차선수 감소, VRU를 위한 도로 확대, 교통약자(노약자 및 장애인) 이동복지 제공 등의 목적으로 다양한 자율주행 모빌리티 서비스 기술을 선보이고 있다. 미국의 자율주행 차량 회사인 Phantom Auto는 세계 최초로 자율주행차량이公道상에서 처리하기 힘든 상황에서 원격 운전자가 개입하는 기술을 시연하였으며, 2018년 3월 캘리포니아주 차량교통국(DMV, Department of Motor Vehicles)이 위급 상황 하에서 자율주행 차량 내 안전 운전자 없이도 자율주행을 테스트할 수 있는 법규를 통과시킴에 따라公道상에서 원격제어차량을 이용한 다양한 이동지원 서비스 상

28) 한국교통연구원, LG전자 2021년 세종 규제자유특구사업육성(비R&D) 사업화지원 기업지원 결과 보고서, 2021. 07
29) <https://www.cnet.com/roadshow/news/phantom-auto-pioneers-remote-driving-technology/>

【 LG전자의 SoftV2X 기반 VRU 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스 지원 시스템 】



*출처 : 2021년 세종 규제자유특구사업육성(비R&D) 사업화지원 기업지원 결과 보고서

용화를 준비 중이다²⁹⁾. 유럽은 자율주행 셔틀 서비스의 개발 및 활용을 위하여 CityMobil2라는 프로젝트를 EU 회원국에 지원함으로써 4년 간 6만 명 이상 탑승하는 실증성과를 거두었으며, 특히, 공공 교통수단이 도달하지 못하는 지역에서 주요 정류장까지의 운송을 제공함으로써 시민의 교통 소외문제를 해소할 수 있을 것이라는 의미 있는 결과를 도출하였다. 일본은 향후 5천 개 이상으로 증가할 인구 1만 이하 과소지역에서 수익성 악화로 인한 대중교통 붕괴현상에 대비하여 자율주행 셔틀 버스를 이용한 자율주행 모빌리티 서비스를 제시하였으며, 도요타는 다목적 모빌리티 서비스 자율주행 셔틀인 e-Palette를 2021 도쿄올림픽을 통하여 최초로 공개하고, 수송, 쇼핑샵, 무인택배 등 다양한 교통약자 이동지원 자율주행 모빌리티 서비스 기술을 선보였다.

국내의 경우 교통소외지역은 도심지 대비 대중교통 배차간격이 길고, 운행노선이 적어 일반시민들에 제공되는 대중교통의 효율성과 이용률이 떨어진다는 특징이 있다. 교통소외지역에 거주하는 교통약자의 이동지원을 위하여 수요대응형 이동지원 서비스를 제공하고 있으나, 늦은 밤 또는 휴일 등 운전자가 없는 시간대에 서비스 이용이 제한되는 등 한계를 갖고 있다. 또한, 고령화 시대를 대비하여 긴급상황 발생 시 교통 소외 지역 내 교통약자의 신속한 이동지원 서비스 수요가 점점 증가하고 있는 추세이다. 정류장, 고정 노선 및 운행스케줄을 기반으로 하는 기존 대중교통체계 역시 장거리 노선과 노선의 편중 및 중복, 시민의 이용패턴 대비 대중교통 배차 운영의 불일치, 정류장과 거주지간의 접근성(First mile/Last mile) 문제 등 다양한 문제를 내포하고 있다. 이러한 기존 대중교통

【 EU의 CityMobil2 프로젝트(위)와 일본의 과소지에서의 자율주행 기반 대중교통 제공 계획(아래) 】



*출처 : 2021년 세종 규제자유특구사업육성(비R&D) 사업화지원 기업지원 결과 보고서

체계가 갖는 다양한 문제를 극복하기 위해서는 수요기반, 동적노선, 수요기반형 배치운영 등 새로운 형태의 이동지원 서비스 기술이 필요하다.

이러한 국내 교통소외지역에서의 교통약자 이동지원 서비스 확대와 실시간 수요에 대응하는 대중교통 서비스 제공을 위하여 저속 자율주행 셔틀을 완전자율주행(레벨 4)의 형태로 운영하며 일반公道에서의 대중교통 연계 라스트 마일 서비스, 실시간 수요 대응형, 개별 이용자 맞춤형 서비스를 제공하고 있다. 뿐만 아니라 무인우편배달 및 무인상점 서비스 등 언택트 사회를 위한 다양한 자율주행 서비스 기술에 대한 연구개발 및 실증이 진행되고 있다. 이러한 연구개발 및 실증의 일환으로 국토교통부는 2021년 자율주행 기술개발 혁신사업의 일환으로 이동자 편의 증진을 위한 다양한 서비스 기술개발에 지원을 시작하였다. 2021년 시작된 사용자 편의증진 서비스는 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발과 실시간 수요대응형 자율주행 대중교통 모빌리티 서비스 기술개발로 분류된다.

2021년부터 2026년까지 총 69개월간 150억 원의 정부 예산이 투입되는 자율주행 기술개발 혁신사업의 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발과제는 초고속무선통신 및 인공지능을 활용한 관제센터 교통약자 이동지원 자율주행 차량 원격제어 기술 개발, 인공지능 기반 교통약자 이동지원 자율주행 차량 교통소외지역 이동지원 서비스 운영 기술 연구, 딥러닝 기반 교통약자 편의시설 안내 서비스(음성/영상) 및 차내 노령자 케어기술 개발 연구, 그리고 교통약자 이동지원 서비스를 위한 서비스 특화형 자율주행 시스템 개발 및 리빙랩 실증을 연구 목표로 한다. 이러한 연구 목표 달성을 위하여 95% 이상의 차량주행상황 정보공유 정확도, 95% 수준의 인프라 기반 차량 위험감지 정확도, 95% 수준의 차량 수동운전 전환상황 감지 정확도, 95% 수준의 차량 원격제어 운행 정확도를 주요 성과 지표로 제시하고 연구 기간 내 40,000km의 실증거리 달성을 목표로 한다.

2021년부터 2027년까지 총 81개월간 180억 원의 정부 예산을 투입하는 자율주행 기술개발 혁신사업의 실시간 수요 대응 자율주행 대중교통 모빌리티 서비스 기술 개발과제는 실시간 수요에 대응하고 환승 없이 Door-to-door(D2D) 레벨의 대중교통 서비스를

제공할 수 있는 동적노선 기반 자율주행 대중교통 운영 기술 개발, 이용자들의 평균적 니즈가 아닌 개별 이용자들의 모빌리티 니즈를 맞출 수 있는 개인기반(Personalized&Customized) 자율주행 대중교통 서비스 기술 개발, 그리고 자율주행 대중교통 모빌리티 서비스 특화(공공성 강화)형 자율주행 시스템 개발 및 리빙랩 실증을 목표로 한다. 이러한 연구 목표 달성을 위하여 20% 수준의 현행 운행계획 대비 운행횟수 절감률 달성, 10% 수준의 현행 운행계획 대비 운행대수 절감률 달성, 10% 수준의 대중교통 수단분담률 증가율 달성을 주요 성과 지표로 제시하고 연구 기간 내 60,000km이상의 실증거리 달성을 목표로 한다.

【 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발 로드맵 】

	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년
교통약자 유형별 요구사항 분석 및 정의							
교통약자 이동지원 서비스 유스케이스 개발							
교통약자 이동지원 자율주행차량(fleet) 기반 주행상황 정보 실시간 공유기술 개발							
센터 기반 교통약자 이동지원 차량(fleet) 관제 및 원격제어 기술 개발							
교통약자 이동지원 자율주행 차량(fleet) 주행상황별 실시간 사고예측 및 대응기술 개발							
교통약자 이동지원 모빌리티 서비스를 위한 교통약자 데이터 모델 개발							
차내 교통약자 맞춤형 서비스 기술 개발							
서비스 공공성 강화 및 정책지원 기술 개발							
시스템 통합 및 검증 고도화							
서비스 운영 1차 실증 (핵심기능 위주)							
서비스 종합실증 (리빙랩 운영 실증)							

*출처 : 2021년 자율주행 기술개발 혁신사업 보완 기획서

【 실시간 수요 대응 자율주행 대중교통 모빌리티 서비스 기술개발 로드맵 】

	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년
AI 기반 실시간 동적노선 최적화 기술 개발							
개별 이용자 맞춤형 자율주행 대중교통 통행지원 기술 개발							
실시간 주요내용 자율주행 대중교통 모빌리티 운영관리시스템 개발							
모빌리티 서비스 공공성 강화 및 정책지원 기술 개발							
서비스 평가 및 이용자만족도 조사							
리빙랩 공모							
서비스 검증 및 보완, 실증 빅데이터 공유							

*출처 : 2021년 자율주행 기술개발 혁신사업 보완 기획서

결론

코로나 팬데믹의 확산과 사회고령화의 가속화, 대도시 내 인구증가 등 사회구조의 급격한 변화에 따라 기존 ITS 및 C-ITS 기반 자율주행 서비스는 변화된 사회구성원의 생활패턴, 교통수단 이용방식 및 교통수요를 반영한 고도화된 교통서비스 개발 필요성이 증가하고 있다. 보행자, 킥보드 및 자전거와 같은 퍼스널 모빌리티 탑승자 등 취약한 도로 이용자(VRU)의 이동지원을 위한 자율주행 안전서비스와 교통약자(장애인, 노약자 등) 이동지원을 위한 자율주행 대중교통모빌리티 서비스로 대변되는 미래 대중교통 자율주행 서비스는 국내 자율주행 서비스 시장뿐만 아니라 글로벌 자율주행 서비스 시장에서도 기술경쟁력을 갖도록 설계되고 개발되어야 한다.

국내 대중교통 자율주행 서비스가 글로벌 시장에서 경쟁력을 유지하기 위해서는 관련 기술에 대한 표준과 연계한 기술개발이 필요하다. VRU의 이동지원을 위한 자율주행 안전 서비스의 경우 ETSI ITS를 통하여 SoftV2X 기술 기반 서비스 표준화(TR 102 692) 및 SoftV2X 기능을 고려한 3rd Party 서버와 RSU 연관 표준을 포함하는 다양한 유스 케이스에 대한 표준화(TR 103 300-1)가 진행되고 있다. SAE AA TC에서는 SoftV2X 지원을 위해 기존 message framework, use case 표준(개정) 작업을 진행 중이다. 5GAA에서는 VRU PRO WI에서 SoftV2X 관련 주요 기술 및 성능 검증 결과 발표, 5GAA 기술 보고서 반영 중이며, CPTW WI에서는 SoftV2X 연관 PTW(Powered Two Wheel) 특화 서비스/솔루션 표준을 제정하고 있다. TTA PG1104에서는 LG전자와 SKT의 제안에 따라 Cloud-based V2X service platform 표준화가 진행되고 있으며, LG전자, SKT, KT, LG U+의 공동 작업을 통하여 2022년 표준 발간을 예상하고 있다. ITS 국제 표준기구인 ISO TC204의 경우 WG17(노매딕 디바이스)에서 2021년 10월 VRU를 지원하는 커넥티드 자율주행 모빌리티를 위한 서비스와 관련된 SWG17.1(Sub Working Group)이 제안되었다. 자율주행 대중교통 지원서비스의 경우 ISO TC204 WG8(대중교통)에서는 자율주행 버스의 연결성 및 안전 기능에 대한 표준(ISO 21734)을 개발 중에 있으며, WG14(첨단안전자동차)에서는 저속자율주행시스템에 대한 원격지원 시스템과 관련된 표준을 제안하였으며(ISO PWI 7856), 5GAA에서는 2020년 C-V2X 기반 원격제어차량, 원격발렛파킹 등 교통약자 이동지원을 위한 자율주행 대중교통모빌리티 서비스에 대한 유스케이스와 서비스 레벨 요구사항을 정의한 기술보고서를 개정 및 발간하였다. 국내에서는 국가기술표준원 주관으로 추진 중인 자율주행차 표준화 포럼의 7분과(모빌리티 서비스)를 통하여 자율주행 모빌리티 기반 다양한 서비스 표준화 로드맵을 구축 중에 있다.

정부는 자율주행과 관련된 다양한 핵심기술을 확보하고, 레벨 4 수준의 자율주행 기술을 2027년까지 확보하기 위하여 국내 자율주행 관련 기업과 연구기관에 많은 재정적 지원을 하고 있다. 향후 국내 자율주행 서비스 관련 기업 및 연구기관이 앞서 기술한, 국내외에서 자율주행 대중교통 관련 다양한 표준과 연계된 서비스 개발 및 실증을 통하여 글로벌 기술과의 상호 호환성을 확보함으로써 세계 시장을 선도할 수 있기를 기대한다.

▶ 참고문헌

1. NHTSA, Traffic Safety Facts 2019 - A Complicaion of MOrtor Vehicle Crash Data, 2019
2. NHTSA, Traffic Safety Facts - 2019 Data, Sep. 2021 (Revised)
3. <https://www.fiercewireless.com/regulatory/fcc-votes-to-open-5-9-ghz-for-wi-fi-c-v2x>
4. <https://www.prnewswire.co.uk/news-releases/spoke-and-aws-collaborate-to-save-lives-of-bicyclists-motorcyclists-scooter-riders-and-other-mobility-users-885985948.html>
5. <https://iotnowtransport.com/2021/08/13/79444-spoke-and-퀄컴-technologies-collaborate-to-transform-safety-for-cyclists-and-light-mobility-users/>
6. <https://live.lge.co.kr/lg-soft-v2x/>
7. 한국교통연구원, LG전자, 2021년 세종 규제자유특구사업육성(비R&D) 사업화지원 기업지원 결과 보고서, 2021. 07
8. <https://www.cnet.com/roadshow/news/phantom-auto-pioneers-remote-driving-technology/>

2

표준동향

한국교통연구원 문영준 박사/연구단장

자율주행 대중교통 서비스 표준화 동향

지난 수십 년간 전 세계적으로 차량 수요가 폭발적으로 증가하여 대도시를 중심으로 심화되는 교통혼잡, 교통사고 및 대기오염 등 교통문제를 해결하기 위해 미국, 일본, 유럽 등과 같은 선진국에서는 이미 1980년대 중반부터 지능형교통시스템(ITS, Intelligent Transportation System)을 도입하여 왔다. 또한 지속적인 관련 신기술 연구개발과 국제표준화를 추진함으로써 국제시장 선점을 위한 노력을 지속해 오고 있다. 우리나라는 기존 도로망의 효율 극대화 및 교통관리 시스템 최적화를 통해 교통혼잡을 완화시키고 물류비를 절감하기 위해 1997년 ITS 국가 기본계획안 수립을 시작으로 지난 25년간 약 2조 원 이상의 예산을 들여 고속도로와 국도를 중심으로 ITS를 구축하였고 약 40여 개의 도시들도 각각의 특성에 맞는 ITS 사업을 추진하여 왔다. 이렇듯 ITS가 전국적으로 구축되고 전 국민을 대상으로 서비스가 제공된 것은 1990년대 중반부터 전 세계적으로 추진된 ITS 국제표준인 ISO/TC204 참여를 통해 국내표준이 정립되었기 때문이다.

그러나 최근 코로나 팬데믹으로 인한 사회 및 생활패턴의 변화는 기존 교통체계 및 ITS 분야에 새로운 도전으로 나타나고 있다. 대중교통 기피현상으로 인한 자가용 이용의 꾸준한 증가로 도로혼잡이 가중되고 도심 내 주차난이 심각할 것으로 예상되지만, 차량 운행제한 등 적극적인 교통수요관리정책과 출퇴근 시간의 유연관리제 등의 전면적인 도입에는 한계를 보이고 있다. 또한 기존에 운영되던 대중교통의 고정노선과 고정시간 기반 운행방법을 특정 이용자 그룹의 수요 맞춤형(On-Demand) 서비스, 즉 지역 및 시간 기반 비고정노선 운행방법으로 전환하는 기술의 필요성도 제기되고 있다. 기존 3밀(밀집, 밀폐, 밀착) 기반의 대중교통으로 대표되는 교통수단에 대한 통행선택은 개인화, 디지털화, 자율화 등의 스마트 기술로의 전환 요구로 나타나고 있고, 개인교통수단 기반의 모빌리티(PM, MM, 자율주행 셔틀 등) 도입 활성화로 전환이 빠르게 진행될 것으로 예상되고 있다.

본고에서는 ITS 국제표준화 기술위원회인 ISO/TC204에서 추진되고 있는 대중교통 분야의 자율주행 관련 국제표준화 동향을 설명하고, 최근 코로나 팬데믹과 지구온난화로 인해 교통 분야에서 새롭게 관심이 집중되고 있는 자율주행 대중교통 기반의 새로운 교통서비스인 지속가능형 스마트 모빌리티 서비스 국제표준화 추진방향에 대해 설명한다. 여기에는 현재 범부처 자율주행 기술개발 혁신사업 중 자율주행 서비스 분야의 R&D로 진행되는 실시간 수요대응 대중교통 모빌리티 서비스 기술개발 및 교통약자 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발에 연관된 국제표준 방향도 포함된다.

대중교통 자율주행 분야 국내외 표준화 동향

ISO/TC204 기술위원회는 아시아와 유럽의 지원을 받아 1991년 12월 미국에 의해 설립이 제안되었으며, 1992년 9월 ISO의 설립 승인을 받았다. 1993년 4월 미국 워싱턴 DC에서 회의가 처음 개최되었으며, 한국을 포함한 18개의 정회원국인 Participating-members와 28개의 비회원국인 Observing-members로 구성되어 시작되었다. 현재는 정회원국 27개국과 옵서버국 26개 국가로 구성되어 있다.

ISO/TC204 조직은 의장과 사무국, 분야별 표준개발을 위한 Working Group(WG)과 ISO 내부 및 외부기관의 Liaison Group으로 구성된다. TC204 기술위원회 산하에는 의사결정에 참여하는 정회원국 대표로 구성된 총회와 표준(안) 작업을 하는 20개의 워킹그룹(WG)이 있다. 현재는 13개 그룹만이 가동 중이며, 시스템 아키텍처(WG1), 지도정보(WG3), 전자지불(WG5), 물류수송(WG7), 대중교통(WG8), 교통관리(WG9), 여행자 정보(WG10), 차량주행경고 및 제어(WG14), 근거리 및 광역 전용통신(WG16), 노마딕 및 모바일 디바이스(WG17), 협력형 시스템(WG18), 모빌리티 통합(WG19), 인공지능/빅데이터 지원(WG20) 등 지능형교통시스템 및 서비스 전반에 대한 국제표준을 제정하는 WG들로 구성되어 있다.

이 중에서 대중교통 자율주행 기반의 새로운 교통서비스인 지속가능형 스마트 모빌리티 서비스 국제표준화 추진과 관련된 분야는 WG5, WG8, WG14, WG17, WG19 등이다.

WG5는 전자통행료징수(ETC, Electronic Toll Collection), 전자요금징수(EFC, Electronic Fee Collection)에 관한 표준개발을 주도하고 있다. 대표적 표준은 DSRC를 위한 EFC-응용인터페이스 정의(ISO 14906) - GNSS/CN을 위한 응용인터페이스 정의(ISO/DTS 17575) 등이 있다. WG8은 대중교통관련 정보 표준화를 주도하고 있으며 표준화 작업은 버스, 열차, 트램 및 긴급차량을 대상으로

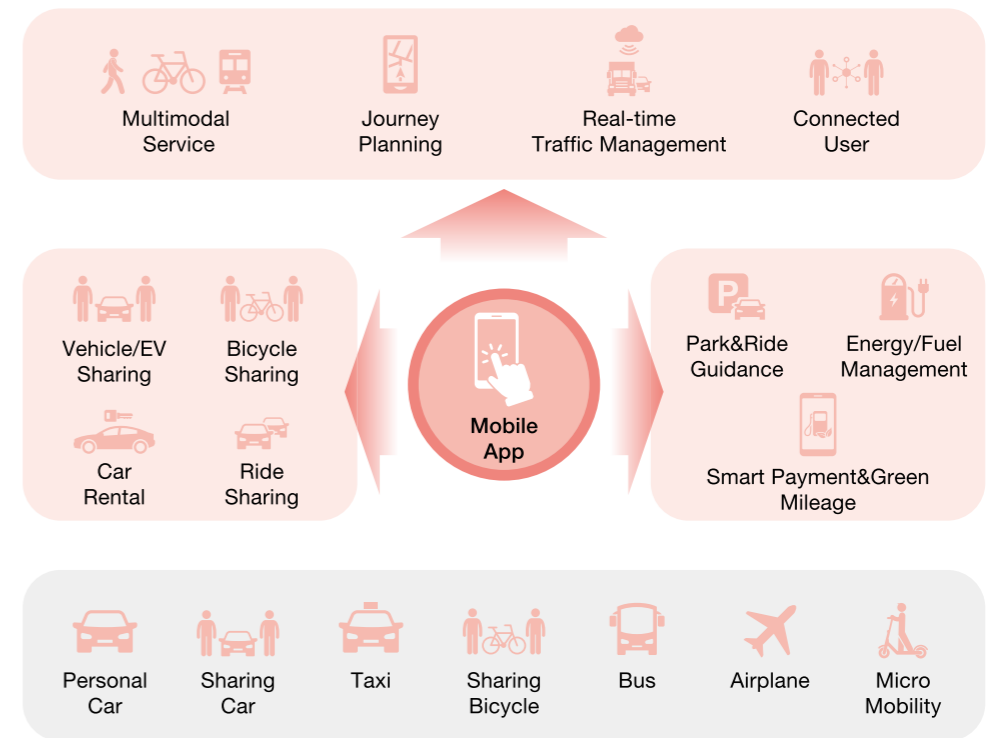
하고 있다. 최근 통합 모빌리티 서비스에 대한 표준을 확장하기 위해 WG5 및 WG17과 협력하고 있다. WG14는 운전자의 운전부담 감소, 편의증진, 위험인지, 사고회피, 피해감감을 위한 다양한 차량, 인프라 경고 및 제어시스템의 표준 개발을 주도한다. 특히 자율주행자동차의 1단계 및 2단계 기능인 첨단주행안전시스템에 관한 적응형순항제어(ACC, Adaptive Cruise Control), 차로유지제어장치(LKAS, Lane Keeping Aid System) 등이 표준으로 제정되었고, 우리나라에서 필자가 주도한 신호교차로 신호위반경고장치(Cooperative Intersection Signal Violation Warning System: CIWS, IS 26684)가 협력형 자율주행의 기능으로 표준 제정이 이루어졌다. 필자가 컨비너인 WG17은 ITS 서비스를 위한 Nomadic 및 Portable 장치에 관한 표준 개발을 주도하며, 해당 WG는 대부분 한국이 표준개발을 담당하고 있다. 최근 친환경성 기반의 Mobility Integration에 대한 이슈를 바탕으로 Green ITS를 신규 아이템으로 선정하여 표준화를 추진 중에 있다. 대표적인 표준으로는 스마트폰과 차량 간 정보연계 및 인터페이스 표준(TR 10992, IS 13184, IS 13185 등)이 있고 실내 경로안내를 위한 표준(IS 17438) 시리즈가 개발되었다. WG19는 지능형교통체계(ITS) 분야에서 개인이동수단(PM) 및 공유수단을 비롯한 대중교통체계 및 수송 인프라를 이용자 중심으로 융복합한 개념으로 통합모빌리티 시스템 및 서비스를 정의하고, 이를 구체적으로 구현하는 소위 Mobility as a Service(MaaS) 혹은 Mobility on Demand(MoD), Mobile All Transit (MAT) 등으로 서비스 사업이 진행되고 있어 이에 대한 국제표준을 추진한다. 2018년 만들어진 WG19는 유럽의 CEN/TC278에서 Urban Mobility를 담당하는 WG17과 연계하여 국제표준을 추진하고 있다. 그러나 현재 범부처 자율주행 기술개발 혁신사업 등 자율주행 서비스 분야의 R&D로 진행되는 실시간 수요대응 대중교통 모빌리티 서비스 기술개발 및 교통약자 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발에 직접적으로 연관된 국제표준은 아직 진행되고 있지 않다.

대중교통 자율주행 기반 지속가능 스마트 모빌리티 국제표준화 추진 계획

최근 에너지 한계로 인한 자동차 산업의 대변혁과 지구온난화에 따른 온실가스 배출 규제 등이 전 세계의 환경 이슈로 제기되면서, 교통부문의 친환경 저탄소 녹색성장 패러다임 전환을 위한 다양한 정책과 기술이 등장하고 있다. 친환경 저탄소 녹색성장 패러다임 전환을 위해서는 전기자동차 등 새로운 교통수단과 공유기반의 연계교통 시스템 도입 및 스마트폰을 이용한 모바일 교통 스케줄 서비스 등 다양한 미래 기술 기반의 신개념 교통시스템을 글로벌 정책으로 적용하여야 한다. 따라서 관련 H/W 및 S/W 시스템, 서비스 등에 대한 상호운용성, 호환성 및 적합성을 보장하는 국제적인 규약 및 기본성능요구사항 등을 정의하는 노력이 매우 필요한 시점이다. ICT와 자동차의 접목을 통하여 이용자의 다양한 요구 및 기후 환경 변화에 대응 가능한 맞춤형 이동서비스를 통합적으로 제공하는 도심형 Mobility Integration 서비스는 대중교통, 개인용 이동수단, 공유차 등 전기차 중심의 다양한 교통수단을 ITS 기반으로 통합·관리하는 이용자 맞춤형 신교통서비스로 빠르게 진화하고 있다. 기존 공급자 위주 서비스에서 개인 통행 일정 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 이용자 중심의 시스템으로 교통체계를 전환하기 위하여 차량-도로의 정보통신 인프라와 ITS, 텔레매틱스, 유비쿼터스 정보체계와의 연계가 이루어지고, 복합교통수단의 실시간 운영관리는 물론, 개별 이용자의 통행 관리가 가능하도록 Connected 정보화 기반으로 차량, 도로, 사람의 상호 연계가 이루어지고 있다. 최근 ISO/TC204 WG17에서 진행되어 2020년 국제표준으로 발간된 본 표준은 궁극적으로 개인 승용차 이용 중심의 비효율적 교통체계를 대중교통 자율주행 기반의 지속가능한 공유형 교통체계로 전환하는 도심 모빌리티 통합서비스(Urban Mobility Integration)를 제공하기 위해 우리나라가 주관하여 제시하였다.

최근 자동차와 도로 간 연계기술, 정보통신기술 등의 급속한 발전으로 차량/도로 경고 및 제어시스템, ITS 전용통신시스템(CALM), 모바일 디바이스 응용시스템 등에 대한 새로운 기술 수요를 국제표준화로 추진하는 노력이 활발히 진행되고 있다. 개인 승용차를 기반으로 한 공급자 중심의 비효율적인 교통체계(교통수단 및 시설)를 이용자 개인 통행스케줄 맞춤형으로 최적화된 공유형 도시 교통서비스로 전환하는 소위 Urban Mobility Integration 서비스 도입이 필요하고, 전 세계적으로도 활발한 연구개발이 진행 중이다. 전기자동차 등 새로운 교통수단과 공유 기반의 연계교통시스템 도입 및 스마트폰을 이용한 모바일 교통 스케줄 서비스 등 다양한 미래 교통기술 기반의 신개념 교통시스템을 국제적인 정책으로 적용하기 위해 시스템, 서비스 등의 상호 운용성, 호환성 및 적합성을 규정하고 기본성능 요구사항 등을 정의하는 국제적인 규약이 요구된다. 따라서 ITS 국제표준을 다루는 ISO/TC204에서는 기존 교통수단과 공유개념의 교통수단, 도로 및 환승센터 등 교통 인프라를 통합하여 이용자 개인 중심의 맞춤형 서비스로 제공하기 위한 국제표준개발을 추진하기 위해 우리나라 제안으로 ISO/TC204 내에 신규 Working Group(WG19 : Mobility Integration)이 구성된 바가 있다. 또한 ISO/TC204는 분과위원회(SC, Sub Committee) 구성을 통한 구조개편에 대한 논의가 활발히 진행되고 있

【 Urban Mobility Integration 개념도 】

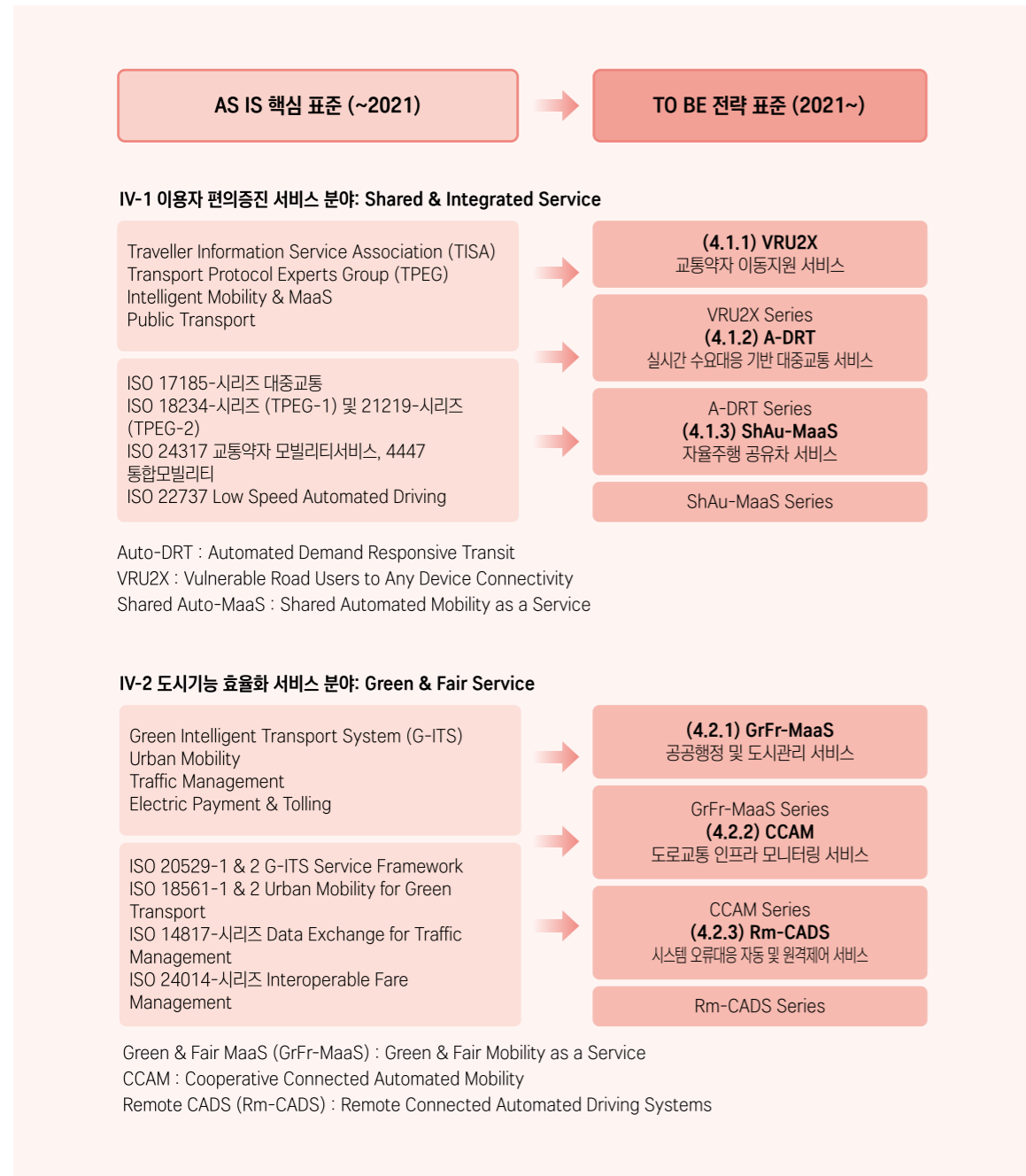


어, Urban Mobility Integration 분야에서 우리나라가 우위를 선점할 수 있도록 과제를 통한 지속적인 활동이 필요하다. 기존 ITS는 통신 인프라를 통한 교통정보 및 차량관리 서비스를 제공하는 교통시스템 운영자 중심의 서비스로, 서비스의 제공 및 활용 범위가 제한적이며 이용자 입장에서 원하는 통행목적에 따른 편리하고 안전한 교통연계 정보를 제공하지 못하는 한계를 지니고 있다. 개인 승용차 이용 중심의 비효율적 교통체계를 대중교통, 셔틀, 공유차량 등 다양한 교통수단, 지속가능한 공유형 교통체계로 전환하여 친환경성이 접목된 도시 맞춤형 공유교통서비스(Urban Mobility Integration) 제공을 위한 국제표준을 개발하기 위해서는 참여국(P-멤버국)들의 동의와 지지, 참여가 반드시 필요하다. Mobility Integration 서비스와 관련된 국제표준의 추진을 주도하기 위해서는 ISO/TC204 내 WG8(대중교통), WG14(첨단안전자동차), WG17(노매딕 디바이스), WG19(Mobility Integration) 등의 다른 WG와의 연계체계 확보가 매우 중요하다. 정부를 비롯한 공공기관 주도로 진행된 ITS 산업을 Mobility Integration 서비스를 구현·적용하는 방향으로 관련 WG와의 연계체계를 수립하고, 특히 높은 수준의 우리나라 IT 기술을 응용한 표준개발을 통해 전 세계적으로 실질적인 Mobility Integration 관련 표준의 우위를 점할 수 있다. 또한 활발히 논의되고 있는 TC204의 SC 구성 및 구조개편과 관련하여 우리나라가 적극적인 구조개편 제안을 추진하고 논의를 이끌어가고 있는데, 이와 관련한 지속적 주도권을 갖기 위해 다수의 WG Convenor 및 각국 Head of Delegate와의 우호적 관계가 필수적이다. 기존의 국내외 표준화 동향 및 기술동향을 분석하여 기존 ITS 분야의 벤치마킹을 통해 적용 가능한 모든 방안을 검토하고 기존 관련 표준의 활용도를 평가하여 우수 사례를 분석하고, 이를 토대로 Urban Mobility Integration 서비스 요구사항과 아키텍처 도출 및 국제표준화를 실행하여 표준 활용도의 극대화를 위한 전략을 적용할 필요가 있다.

지속가능 스마트 모빌리티 핵심표준 활용을 위한 주요 표준 로드맵 구성(안)

현재 국가기술표준원 주관으로 추진 중인 자율주행차 표준화 포럼은 총 7개 분과로 나뉘어 추진되고 있는데, 이 중 자율주행 기반의 모빌리티 서비스 분야인 제7분과에서는 대중교통 자율주행 기반으로 향후 추진이 필요한 모빌리티 서비스 관련 표준에 대한 방향을 핵심표준과 전략표준으로 구분하여 아래와 같은 로드맵 구성(안)으로 제시하고 있다.

【자율주행 기반 모빌리티 서비스국제표준 핵심표준 및 전략표준 로드맵(안)】



지속가능 스마트 모빌리티 분야 관련 표준 확보 전략

대중교통 자율주행 기반으로 추진 예정인 모빌리티 서비스 분야의 표준 확보 전략은 자율주행 기술개발 R&D 추진과 연계하여 이용자 편의증진 서비스 및 도시기능 효율화 서비스로 구분하여 전략 방향을 제시할 수 있다.

이용자 편의증진 서비스의 경우 자율주행자동차의 도입으로 인한 대중교통, 공유교통 및 교통약자를 포함하는 모든 이용자(자용 이용 사용자 제외)들에게 편의증진을 위한 이동지원 및 실시간 수요대응과 공유형 서비스의 지원에 관한 내용을 포함한다. 해당 표준 분야는 모빌리티 서비스 산업의 발전과 더불어 시장 확산 및 다양한 업체의 참여가 확대될 것으로 기대된다. 이에 따라 Vulnerable Road User(VRU)의 통신연계 기반 이동지원 서비스 표준(VRU2X), 자율주행 기반 실시간 수요대응 대중교통지원 서비스 표준(A-DRT), 그리고 자율주행 기반 공유형 Mobility as a Service(ShAu-MaaS) 등 3개 세부 분야로 전략적 추진이 필요하다. 이렇게 되면 기존 자동차 OEM, 자율주행 셔틀 업계, 지역 대중교통공사, MaaS 업계 등이 표준 개발에 참여하면서 혜택을 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다. 표준 추진의 결과로 나타나는 시장의 성과는 자율주행 셔틀 등 다양한 대중교통 자율주행수단의 보급 확대와 통합 MaaS 솔루션 및 서비스 어플리케이션 국제시장 견인 등을 들 수 있다. 자율주행 기술개발 R&D와의 연계는 아래의 표와 같다.

【자율주행 기반 이용자 편의증진 서비스의 R&D 연계 전략】

R&D 중분류	R&D 소분류(관련 기술개발 과제)
IV-1. 이용자 편의증진 서비스 기술개발	IV-1-1. 교통약자 이동지원 서비스 기술개발
	IV-1-2. 실시간 수요대응 기반 대중교통 서비스 기술개발
	IV-1-3. 자율주행 공유차 서비스 기술개발

도시기능 효율화 서비스의 경우 도시 교통에서 최근 핵심적인 문제로 제기되는 지구온난화를 대비하여 친환경 대중교통 자율주행 기반으로 녹색교통관리 및 공정한 도심교통운영 등에 대한 국제적인 합의를 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 스마트 모빌리티 기반의 도심 교통관리 및 운영 부문에 대한 새로운 산업확산 및 시장도입 확대로 연결될 것으로 전망된다. 이에 따라 Green&Fair Mobility as a Service 표준(GrFr-MaaS), Cooperative Connected Automated Mobility 교통류 운영관리 표준(CCAM), 자율주행 기반 자율 및 원격지원 서비스 표준(Rm-CADS) 등 3개 세부 분야로 전략적 추진이 필요하다. 이렇게 되면 교통관리시스템 업계, 교통류 운영제어시스템 업계, MaaS 업계 등이 표준 개발에 참여하면서 혜택을 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다. 표준 추진의 결과로 나타나는 시장의 성과는 자율주행 셔틀 등 다양한 자율주행수단의 보급 확대와 교통신호제어/운영관리시스템, 통합 MaaS 솔루션 및 어플리케이션 등을 들 수 있다. 자율주행 기술개발 R&D와의 연계는 아래의 표와 같다.

【자율주행 기반 도시기능 효율화 서비스의 R&D 연계 전략】

R&D 중분류	R&D 소분류(관련 기술개발 과제)
IV-2. 도시기능 효율화 서비스 기술개발	IV-2-1. 공공행정 및 도시관리 서비스 기술개발
	IV-2-2. 도로교통 인프라 모니터링 서비스 기술개발
	IV-2-3. 시스템 오류대응 자동 및 원격제어 서비스 기술개발

▶ 참고문헌

1. 문영준 외, 미래 교통체계 운영실험기반 구축 - 자율주행 기반 스마트 모빌리티 실험환경 기획, 한국교통연구원 연구총서, 2017
2. 문영준, 이동의 자유 - 자율주행 혁명, 크라운출판사, 2019
3. 문영준 외, Urban Mobility 국제표준화. 표준기술력향상사업 보고서, 2020
4. 국가기술표준원, 자율주행차 표준화 포럼 - 모빌리티 서비스 분야 로드맵(안), 2021

Part 4

자율주행정보 기록장치 (DSSAD)

- 기술동향** 사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 국내외 기술개발 동향
한국자동차연구원 권성진 센터장, 이재혁 연구원
- 표준동향** 자율주행 기록장치와 차량용 블랙박스 표준 간의 연계성 및 규제화
한국자동차연구원 유시복 센터장

저자 인터뷰 영상 바로가기 ▶



1 기술동향 한국자동차연구원 권성진 센터장, 이재혁 연구원

사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 국내외 기술개발 동향

자율주행은 4차 산업혁명의 대표적 분야로 차세대 성장 동력으로 지목되고 있다. 정부 역시 '2027년 세계 최초 자율주행 상용화'를 목표로 자율주행기술개발혁신사업을 추진하고 있으며, 다가오는 자율주행 시대에 맞춰 법·제도 등 다방면에서의 혁신을 시도 중에 있다. 본고에서는 자율주행자동차의 교통사고 분석 관점에서의 이슈 및 필요사항을 정리하고, 국내 기술개발 동향을 소개한다.

자율주행 교통사고 사례

최근 자율주행자동차의 교통사고가 연일 발생함에 따라, 자율주행에 대한 소비자의 불신이 커져가고 있다. 2016년 5월, 미국 플로리다주에서는 테슬라의 모델S가 자율주행 모드인 '오토파일럿' 상태에서 도로를 주행 중 트레일러와 충돌하여 운전자가 사망하는 사건이 발생하였다³⁰⁾. 해당 사건은 차량에 탑재된 카메라 센서가 트레일러 측면의 하얀색 부분을 인식하지 못하고, 이로 인해 자율주행 시스템이 제동 제어를 하지 못하여 발생한 사고로 추정된다. 미국 연방교통안전위원회(NTSB)는 "자율주행모드로 주행을 하더라도 차량에 탑승한 운전자는 전방을 주시할 의무가 있다"며, 책임 소재가 자율주행시스템이나 제조사가 아닌 운전자에게 있다고 판단하였다. 유사하게, 2018년 3월에도 우버의 자율주행모듈이 탑재된 볼보 XC90 차량이 미국 애리조나주 템피 일대를 주행 중 교차로를 건너던 보행자를 치어 사망하게 한 사고가 발생하여 언론에 보도되었다³¹⁾. 해당 차량에 탑재된 자율주행 시스템은 2016년 당시 사고 난 테슬라 차량에 비해 보다 진보한 기술이 적용된 만큼 미국 연방교통안전위원회에서는 해당 사고에 대한 책임 소재 판단에 신중한 입장이다.

앞서 소개한 자율주행 사고사례를 통해, '자율주행 상용화 시대'를 맞이하기 전 우선적으로 갖추어야 하는 2가지 요소를 추론해볼 수 있다. 첫째, 자율주행 교통사고 분석을 위해 사고 당시의 운행 정보를 기록하고 저장할 수 있는 장치가 필요하다. 자율주행자동차는 주변 환경을 인식하는 센서뿐만 아니라 주행 경로를 생성하고, 차량을 제어하는 시스템 등 다양한 첨단 기술의 집합체이다. 따라서, 자율주행 교통사고의 책임 소재를 판단하기 위해 주행 당시 센서에서 출력되는 원시 데이터와 시스템에서 판단 및 제어를 위해 후처리하는 데이터에 대한 일련의 정보들이 저장장치 내에 기록되어야만 한다. 두 번째로 필요한 요소는 자율주행 운행 정보를 기록하는 상기 장치와 연계하여 데이터를 추출하고, 이를 통해 사고를 분석할 수 있는 시스템이다. 일반 차량과 달리 자율주행자동차는 통신 오류, 알고리즘 오류 등 다양한 원인에 의해 사고가 발생할 수 있다. 교통사고 당시 자율주행자동차의 운행 정보를 바탕으로 교통사고를 과학적으로 분석하여, 사고에 대한 책임 소재 및 과실 유무를 판단할 수 있어야 한다.

다음 장에서는 앞서 소개한 2가지 요소와 관련한 국내외 표준 및 기술 동향에 대해 살펴본다.

사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 표준 동향

기존 비자율주행 차량의 경우, 교통사고 재현 및 분석을 목적으로 사고기록장치(EDR, Event Data Recorder)라는 장치를 차량 내에 별도로 탑재하고 있다. 사고기록장치란 차량의 충돌 및 사고와 관련된 정보를 저장하는 장치로 일종의 사고정보 기록용 블랙박스라고 할 수 있다.

사고기록장치에 저장되는 데이터 항목, 저장 기간, 수집 주기 등 세부 기준은 제조사별, 국가별로 상이하며, UNECE에서는 신규 국제기준을 개정하기 위해 WP.29 산하에 EDR/DSSAD IWG(Informal Working Group)를 결성하여 운영 중에 있다. EDR 관련 신규 규정³²⁾은 1958 협정에 따라 2022년 3월 승용자동차(M1)/경차(N1)에 대해 우선 적용될 예정이다. 국내에서도 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙' 제56조의 제2항에 의거하여 사고기록장치를 탑재하는 경우, 필수 데이터 항목 15종과 선택 데이

30) 김기환, 정종문, 테슬라, 햇빛에 흰색 식별 오류 돌발상황 약점도, 중앙일보, 2016.7.2
31) 송형석, 보행자 첫 사망사고... 우버 자율자동차 안전·책임소재 논란, 한국경제, 2018.3.20

【자율주행자동차 교통사고 사례】



*출처 : <https://www.joongang.co.kr/article/20251575>
<https://www.hankyung.com/it/article/2018032081821>

터 항목 30종에 대한 수집 기준을 제시하고 있다. 해당 규칙에 따라 국립과학수사연구원, 자동차안전연구원 등 교통사고를 조사하는 공인 기관에서는 사고 의뢰 접수 시 사고기록장치에 저장된 Pre-crash, Post-crash 데이터를 활용하여 과학적 사고분석을 수행하게 된다. 사고기록장치와 유사하게 자율주행자동차에는 사고 당시 운행 정보를 기록하기 위한 저장 장치인 자율주행기록장치(DSSAD, Data Storage System for Automated System)가 별도로 탑재될 예정이다.

UNECE WP.29 산하 EDR/DSSAD IWG에서는 자율주행기록장치에 대해 기존 사고기록장치와는 다른 기능적, 성능적 요구사항을 제시하고 있다. 현재 ALKS(Automated Lane Keeping System)에 대한 자율주행기록장치의 요구사항과 수집 데이터 항목 및 방법 등을 포함한 신규 규정은 ALKS가 적용된 전체 차량 타입(M/N)을 대상으로 2022년부터 적용될 예정이다³³⁾. 향후 보다 확대된 운영설계 영역(ODD, Operational Design Domain)을 포함하는 레벨 4 이상의 자율주행 시스템에 대한 자율주행기록장치의 요구사항은 2022년부터 추가적으로 논의될 계획이다. 현재 EDR/DSSAD IWG에서 진행되는 회의의 경우, 주로 유럽이 주도하고 있으며, 일본, 중국, 한국 등 다양한 국가에서 참석하고 있다. 국내에서도 UN Regulation 157을 차용하여 공표한 국토교통부령 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙' 제111조의 3에 의거, 자율주행기록장치에 대한 기준을 수립하고 있다.

【사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 표준 동향】

구분	EDR	DSSAD
목적	사고분석 및 재현	연구 및 법적 책임 판단 활용, 모니터링
데이터 기록 조건 및 기간	트리거에 의한 데이터 기록	주행 전주기에 따른 데이터 기록
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> 1단계 : 경차, 승용차 (R.E.3 기준 M1, N1) 2단계 : 대형차 (R.E.3 기준 M2, M3, N2, N3) 	<ul style="list-style-type: none"> 1단계 : 모든 차량 타입 (ALKS가 포함된 자율주행 레벨 3~4)
데이터 항목	사고분석 관련 데이터 • 차량속도 및 감속 • 차량 연료 점화장치 • 차량 엔진 스로틀 • 에어백 발동 • 기타	차량제어 관련 데이터 • ADS 작동 여부(시스템 주행, 운전자 주행) • 시스템 주행 중 운전자 주행 전환 요구 • 운전자 주행 중 시스템의 개입 여부 • 시스템 주행 중 운전자의 개입 여부 • 기타

*출처 : UNECE WP.29 EDR/DSSAD IWG

32) SG-EDR-16-02 Common Elements Working Document, SG-EDR-16/EDR-DSSAD IWG 15th Session Web Meeting, 2021.10.5
33) ProposalforamendmentstoECE/TRANS/WP.29/GRVA/2021/3, SG-DSSAD-04, 2021.6.2

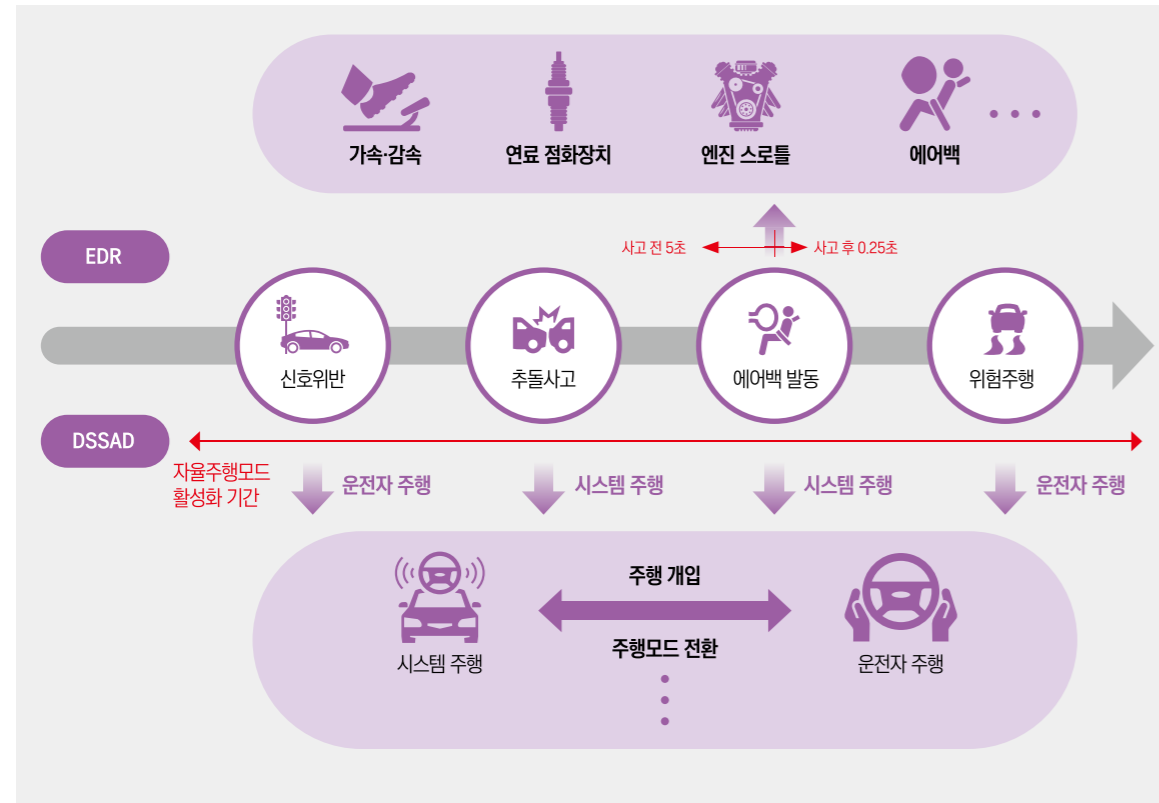
사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 기술 동향

현재 일반 차량에 탑재되는 사고기록장치는 상용화되어 있으며, 이와 연동하여 사고 데이터를 추출할 수 있는 장비 또한 제조사별로 자체 개발하여 사용 중에 있다. 국내의 경우 현대, 기아 차량에 탑재된 사고기록장치와 연동 가능한 데이터 추출 장비인 VCI(Vehicle Communication Interface)가 대표적인 예이다. 해외 차종에 대해서도 사고 데이터를 추출하기 위한 장비가 개발되었으며, 보쉬의 CDR(Crash Data Retrieval)이 가장 보편적으로 활용되고 있다.

사고기록장치는 에어백 전개, 트리거 임계값 초과 등 사고로 판단되는 이벤트가 발생하게 되면 에어백제어모듈(ACM, Airbag Control Module)이나 엔진 전자제어모듈(ECU, Engine Control Unit) 등에 내장된 데이터를 기록하게 된다. 에어백과 같은 비가역 안전장치가 전개된 경우 해당 데이터는 비휘발성 메모리(ROM, Read-Only Memory) 내 영구 저장되며, 기타 경미한 사고 데이터는 휘발성 메모리(RAM, Random Access Memory)에 저장된다. 비휘발성 메모리의 저장 용량이 가득 차게 되면, 사고기록장치는 선입선출(FIFO, First-In First-Out) 원칙에 따라 가장 먼저 저장된 데이터 위에 새로운 데이터를 덮어 쓰게 된다. 사고기록장치 내 기록된 사고 데이터는 전 세계 공용 규격인 온보드 진단기(OBD, On Board Diagnostics) 단자를 통해 추출 가능하며, 에어백 모듈과 직접 연결하여 취득할 수도 있다. 에어백 모듈은 차중, 연식, 제조사마다 상이한 관계로, 에어백 모듈 내 기록된 데이터는 해당 모델의 전용 케이블을 통해 추출 가능하다.

이에 비해, 자율주행기록장치 및 이와 연동 가능한 데이터 추출 장비에 대한 상용화 사례는 아직 파악된 바 없으며, 구체적인 기술 사양에 대해서는 현재 논의 중에 있다. 다만, 향후 발생하게 될 교통사고의 책임 소재뿐만 아니라 법규 위반 등 다양한 사회적 이슈에 대한 논란이 예상됨에 따라, 자율주행기록장치는 자율주행 모드가 활성화되면 운행 정보를 지속적으로 저장 장치 내에 기록해야 하며, 최소 수개월 정도의 용량을 확보해야 할 것으로 보인다. 또한, 고용량 데이터 추출을 위해 기존 사고기록장치에서 사용되는 온보드 진단기 단자 외 차세대 통신 인터페이스에 대한 고려가 필요하다.

【 사고기록장치 및 자율주행기록장치 관련 기술 동향 】

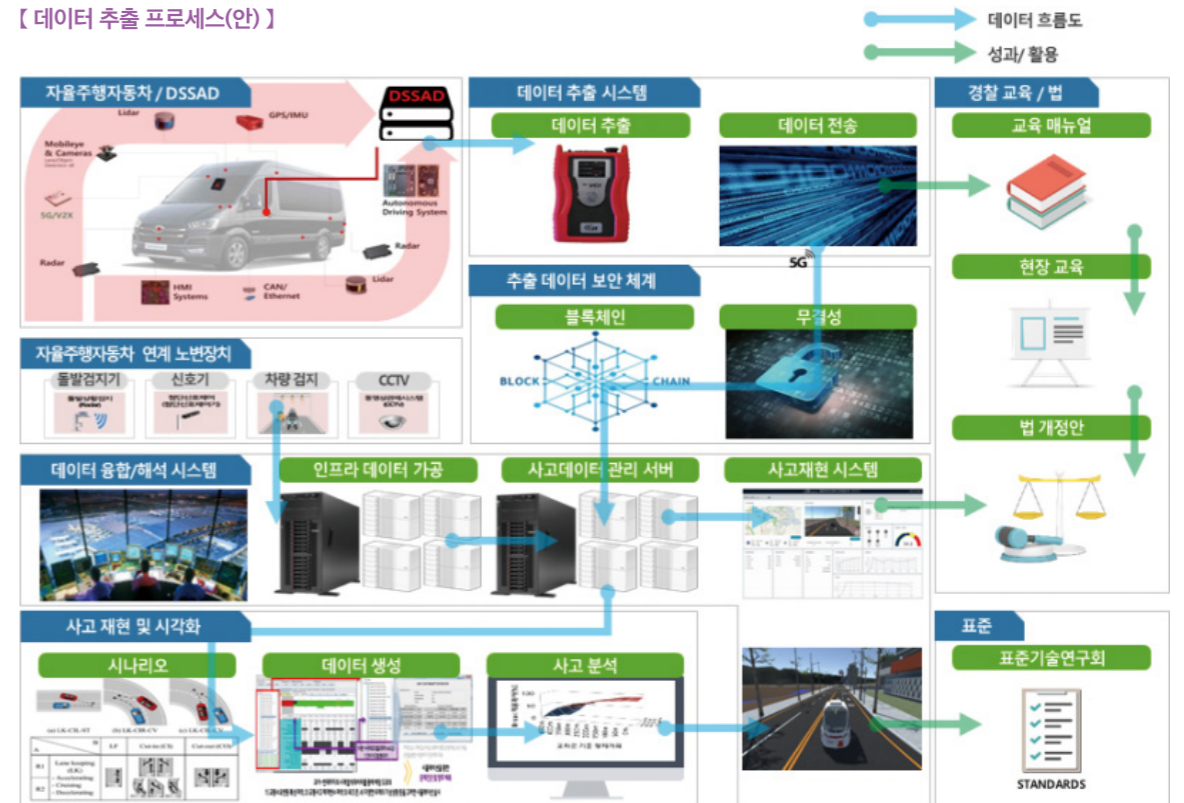


자율주행기록장치 데이터 추출 및 분석시스템

자율주행 기술의 비약적 발전에 힘입어 선진국들은 '자율주행자동차 상용화 시대'를 대비한 관련 법제도 개편 및 핵심 원천기술 확보에 박차를 가하고 있다. 특히, 자율주행자동차 상용화 시 사고 과실 판단 등 사회적 책임에 대한 다양한 논란이 예상됨에 따라, 이를 해소하기 위한 교통사고 분석 기술에 대한 관심이 나날이 높아지고 있다. 정부 역시 사고분석 분야의 기술개발 필요성을 인지하고 있으며, 자율주행 교통사고에 대한 과학적 수사 프로세스를 구축하기 위해 범부처 자율주행기술개발혁신사업 내 관련 과제를 통해 혁신을 도모하고 있다. 본 장에서는 해당 사업 내 경찰청 소관 과제로 수행 중인 자율주행기록장치 데이터 추출 및 분석시스템 개발에 대해 소개한다³⁴⁾. 대표 연구 수행 분야는 1) 데이터 추출 시스템 개발, 2) 데이터 융합-해석 시스템 개발, 3) 보안 시스템 개발, 4) 법 개정안 및 표준 제정으로 총 4가지로 구성된다.

첫 번째, 데이터 추출 시스템 개발 분야에서는 향후 개발 완료 예정인 자율주행기록장치 및 기존 사고기록장치와 연계 가능한 데이터 추출 장비를 개발한다. 추출된 데이터는 사고 분석을 위해 데이터 융합-해석 시스템으로 전송되어야 하는데, 데이터 연동을 위해 사용될 통신 네트워크는 유/무선 등 다양한 방식을 고려 중에 있다. 추출 장비의 하드웨어 샘플이 2021년 개발 완료되었으며, 2022년 미들웨어를 탑재한 1차 시제품 개발이 완료될 것으로 예상된다.

【 데이터 추출 프로세스(안) 】



34) 자율주행 기술개발 혁신사업 상세 기획연구 보고서, 2020.11.30

【 데이터 융합-해석 시스템 개념도 】



두 번째로 데이터 융합-해석 시스템 개발 분야에서는 사고 관련 데이터를 수집하고, 이를 해석하여 분석할 수 있는 기술을 개발한다. 교통사고의 과학적 분석을 위해서는 차량에 저장된 운행 정보뿐만 아니라 사고 당시 발생 장소 인근에 설치된 인프라에서 수집된 정보 등 사고와 관련된 전반적인 데이터 간 융합이 필요하다. 따라서, 본 시스템 내에는 추출 장비와 인프라에서 실시간으로 전송되는 정보를 저장-관리하는 DB서버, 이 기종 장비에서 수집된 데이터의 비교-분석을 위한 데이터 동기화 기술, 사고 분석 및 재현을 위한 데이터 시각화 기술 등이 적용된다. 상기 기술은 향후 자율주행 교통사고를 조사하고 분석하는 경찰관 및 보험사 등에서 책임 소재 및 과실 비율 판단을 위해 활용 가능할 것으로 보인다. 해당 시스템은 한국자동차연구원 대경본부가 구축 중인 대구 자율주행 테스트베드와 연계하여 구축 및 운영할 계획이다. 1차 구축은 2023년으로 계획되어 있으며, 향후 요소 기술의 최적화 및 고도화를 통해 2025년 최종 개발이 완료된다.

세 번째로 보안 시스템과 관련하여, 데이터 무결성 검증 기술과 네트워크 접근 제어 등 전체 시스템에 대한 전반적인 보안 기술에 대해 연구한다. 사고 관련 데이터의 경우, 사건 처리와 직결되는 증거로 활용될 수 있기에 외부 침입자로부터 위변조 및 정탐이 불가하여야 한다. 따라서, 블록체인 기반의 다중 노드를 데이터 추출 시스템 및 데이터 융합-해석 시스템 내 분산 적용하고, 추적 기록을 해시 테이블에 저장하여 확인할 수 있는 시스템을 본 분야에서 개발할 계획이다. 또한, 비허가 장치와 외부 침입자에 의한 네트워크 공격을 원천 차단하기 위해 소프트웨어 정의 경계(SDP, Software Defined Perimeter) 등 추가 보안 솔루션을 구축한다.

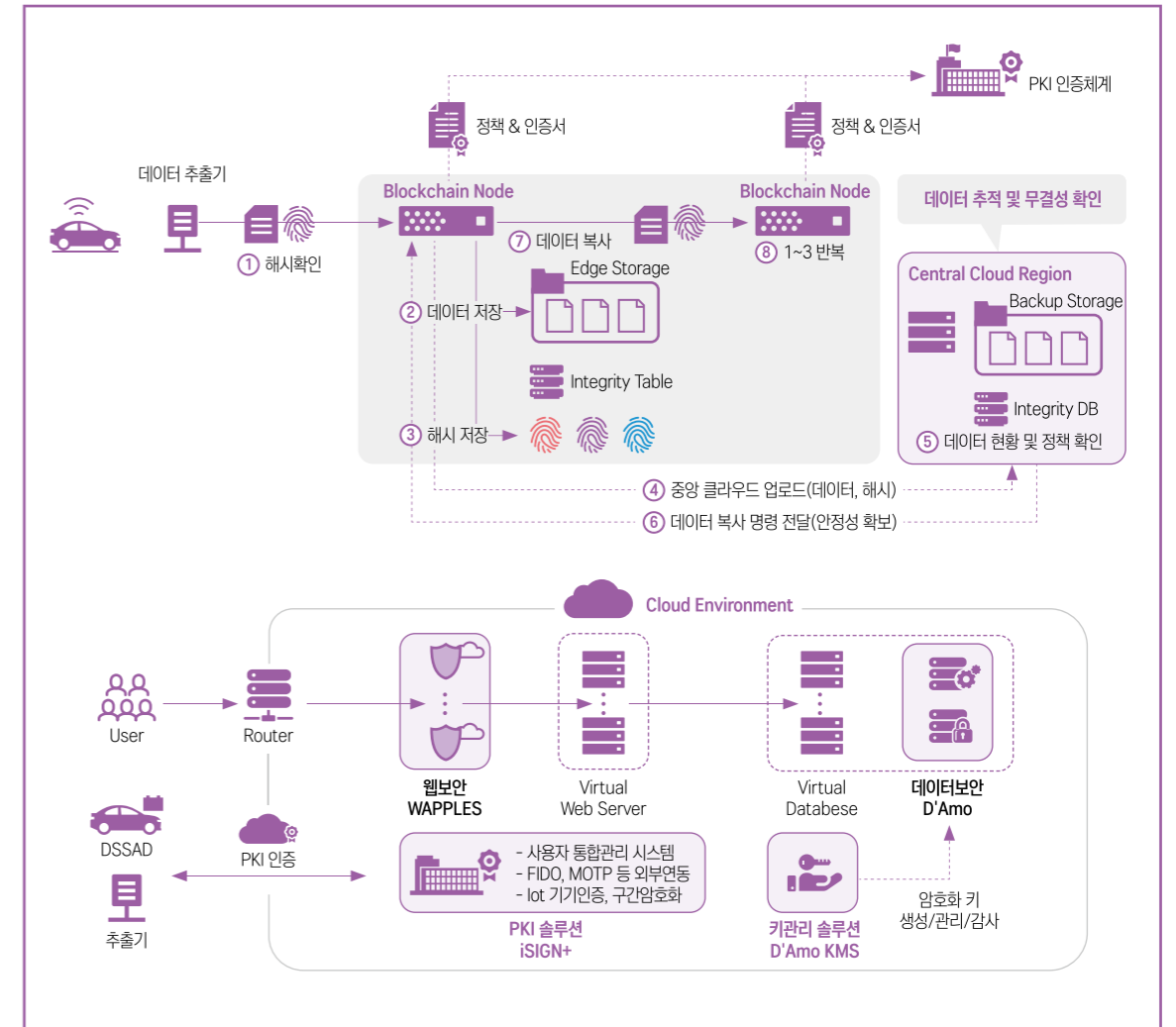
마지막으로, 자율주행 교통사고 분석을 위해 국내 관련 법규 검토 및 표준 제정을 추진한다. 자율주행기록장치를 활용한 교통사고 조사-분석 건수가 급증할 것으로 예상됨에 따라, 도로교통법, 자동차관리법, 교통안전법 등 관련 법규 개정 및 법적 처리절차에 대한 정립이 필요하다. 특히, 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 일부 개정령 시행에 따라 부분 자율주행시스템의 안전기준 적용 대상을 명확히 하고, 자율주행기록장치에 대한 기준 신설을 추진할 계획이다. 또한, 본 과제에서 개발되는 데이터 추출 시스템, 데이터 융합-해석 시스템 등에 대한 일반 요구사항을 단체 표준으로 제안하고 최종적으로 표준위원회 심의를 거쳐 제정하는 것을 목표로 한다.

상기 연구를 통해 2025년 개발 완료되는 자율주행기록장치 데이터 추출 및 분석 시스템은 향후 경찰청에서 교통안전 정책을 수립하고 사고원인에 대한 과학적 조사체계를 구축하는 데 많은 도움이 될 것으로 예상된다. 본 과제를 통해 구축되는 자율주행 교통사고 분석 프로세스가 전 세계적으로 귀감이 되는 레퍼런스로 활용되기를 기원한다.

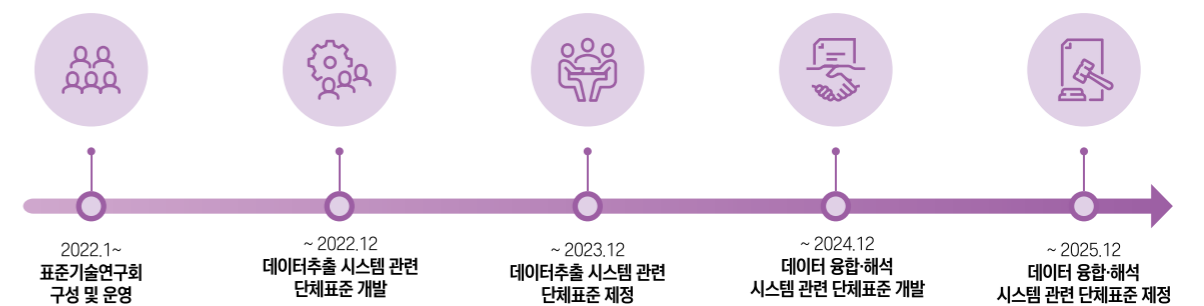
【 대구 자율주행 테스트베드 구축 현황 】



【 보안 솔루션 】



【 자율주행기록장치 관련 표준 개발 프로세스(안) 】



2 표준동향 한국자동차연구원 유사복 센터장

자율주행 기록장치와 차량용 블랙박스 표준 간의 연계성 및 규제화

최근 자율주행 레벨 3 시스템이 상용화에 이르러, 자율주행 사고원인 분석과 관리를 위한 자율주행 기록장치에 관심이 높아지고 있으며, 관련 국가 연구개발 과제도 활발하게 진행 중에 있다. 본고에서는 기존의 차량용 블랙박스 및 운행기록장치와 자율주행 기록장치의 차이점 및 연계성을 알아보고, 표준과 규제 간의 연계성을 고찰해 보고자 한다.

기존 차량용 블랙박스 3종의 정의 및 차이점

블랙박스는 차량의 사고 전후 상황을 저장하여 사고원인을 파악하는 데 사용하는 부품으로, 주로 항공기에서 먼저 발전한 것으로 알려지고 있다. 자동차에 대조적으로 받아들여지는 블랙박스는 아래와 같은 3가지 종류를 지칭한다.

- 1) 운행기록장치(DTG, Digital Tachograph) : 자동차의 운행 전반을 지속적으로 기록. 대부분 버스 및 택시 등 개인정보 유출 이슈가 없는 상용차에 장착
- 2) 사고기록장치(EDR, Event Data Recorder) : 사고 전후 데이터를 기록하며, 차량의 내부 네트워크에 연결하여 안전벨트, 브레이크 등의 데이터를 취득
- 3) 사고영상기록장치(EVDR, Event Video Data Recorder) : 사고 전후의 영상을 기록하는 장치. 우리나라에서 주로 블랙박스로 불리는 제품임

항목	운행기록장치(DTG)	사고기록장치(EDR)	사고영상기록장치(EVDR)
사용 목적	사업용 차량 및 운전자 주행관리를 통한 사고예방 및 연료절감	사고예방 및 원인규명	사고예방 및 원인규명
필수저장 항목	주행속도, 가속도(X, Y), 주행거리, 주행시간, 정차시간, 엔진RPM, 차량위치, 브레이크	속도 변화(X, Y), 차량 속도, 스톱포지션, 브레이크, 안전벨트(운전석)	전방 카메라, 가속도(X, Y), 사고기록정보 생성 시각, 제품개체식별 번호, GNSS 정보
장착 대상	영업용 차량(택시, 버스, 트럭)	전 차량	전 차량
국내 표준	KS R 5072(2002년), 교통안전법 55조(시행령 45조)	KS R 5076(2007년)	KS R 5078(2011년)
국제/단체 표준	ISO 16844	IEEE 1616	IEC 63005(우리나라가 주도)
관련 기관	국토교통부, 교통안전공단	산업통상자원부, 국가기술표준원	산업통상자원부, 국가기술표준원

전자식 운행기록장치(DTG)

운행기록장치는 버스, 택시 등 사업용자동차에 대해 의무장착하는 제품이다. 운행하는 동안의 데이터를 지속적으로 저장하기 때문에, 개인정보 이슈로 인해 개인용 차량에 장착하는 사례는 많지 않다. 우리나라뿐만 아니라 많은 선진국에서도 운행기록장치를 의무장착하고 있다. 우리나라에서는 2011년 1월 1일부터 신규 등록 사업용 차량에 의무장착되었으며, 기존차량은 2012년과 2013

년에 의무장착하도록 된 바 있다. 관련 내용은 교통안전법 55조(시행령 45조)에 나타나 있다. 운행기록장치의 표준규격에 대한 관리는 국토교통부 산하 교통안전공단이 담당하며, 데이터 취합 및 분석, 관리 상의 전문적인 내용은 자동차안전연구원(KATRI)에서 진행하고 있다. 운행기록장치는 속도, 브레이크 가속페달 사용, 차량의 위치정보, 운전시간 등 운전자의 운행특성을 기록하여 과속 및 급가속/급감속과 같은 난폭운전을 예방하여 사고저감과 연비향상에 도움을 주는 것으로 분석되고 있다. 교통안전법 55조에 나타난 장착 대상은 아래와 같다. 운행기록장치의 기술적 규격은 교통안전법 시행규칙 제29조의3(운행기록장치의 장착) ①의 별표4에 상세히 나타나 있다.

- 1) 여객자동차 운수사업법에 따른 여객자동차 운송사업자
- 2) 화물자동차 운수사업법에 따른 화물자동차 운송사업자 및 화물자동차 운송가맹사업자
- 3) 도로교통법 제52조에 따른 어린이통학버스(제1호에 따라 운행기록장치를 장착한 차량은 제외한다) 운전자

국내에서는 2002년 KS 5072로 표준이 개발 및 제정된 바 있으나 법안에 규격이 명기되면서 표준이 사문화된 바 있고, 국제표준은 아래와 같이 개발되었다.

- ISO 16844-1:2013 Road vehicles — Tachograph systems — Part 1: Electrical connectors
- ISO 16844-2:2011 Road vehicles — Tachograph systems — Part 2: Electrical interface with recording unit
- ISO 16844-3:2004/COR 1:2006 Road vehicles — Tachograph systems — Part 3: Motion sensor interface — Technical Corrigendum 1
- ISO 16844-4:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 4: CAN interface
- ISO 16844-6:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 6: Diagnostics
- ISO 16844-7:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 7: Parameters
- KS R 5072 자동차용 전자식 운행 기록계(법규제로 진행됨에 따라 폐지, DTG에 해당)

【 디지털 운행기록장치 사례 】



*출처 : 전자신문, 디지털오토모빌

사고기록장치(EDR)

사고기록장치는 개인용 차량을 포함한 차량에 의무장착을 고려하던 제품으로, 국가마다 제품화 형태는 차이가 있다. EDR의 Event는 특정 이벤트, 즉 교통사고를 지칭한다. EDR은 1993년 미국 챔프카 시리즈(CART)와 1997년 포뮬러원 그랑프리 레이싱 차량사고 분석을 위해 처음 도입되었다. 현재 미국과 유럽에서는 의무장착하고 있다. 미국은 DOT의 NHTSA에서 신차에 대한 사고기록장치 의무장착을 시행하면서 IEEE 1616 표준을 준용하였다(DOT NHTSA 49 CFR Part 563 [Docket No. NHTSA-2006-25666], RIN 2127-AI72 Event Data Recorders, 2006년). 장착의 형태는 초기에는 EDR이 별도의 ECU 형태로 나타난 바도 있으나 최근에는 에어백이나 다른 ECU에 통합되어 제품화되는 추세이다.

국내에서도 2013년과 2016년 자동차관리법이 개정되면서 사고기록장치 장착 및 정보제공이 가능해진 바 있다. 사고기록장치에 대한 법적 정의는 다음과 같다. 사고기록장치란 자동차의 충돌 등 국토교통부령으로 정하는 사고 전후 일정한 시간 동안 자동차의

운행정보를 저장하고 저장된 정보를 확인할 수 있는 장치 또는 기능을 말한다(자동차관리법 제2조(정의)). 자동차관리법과 시행규칙에 따르면, 자동차 제작사 및 판매자는 사고기록장치의 장착여부를 자동차 구매자에게 알려야 한다. 또한 자동차 소유자나 운전자 등이 사고기록장치 기록내용을 요구할 경우 15일 이내에 직접 또는 우편으로 기록내용을 제공해야 한다. 사고기록장치에 대한 기술적 규격은 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제56조의2(사고기록장치)의 별표 5의25에 나타나 있다.

자동차관리법의 관련 내용

제29조의3(사고기록장치의 장착 및 정보제공)

- ① 자동차제작·판매자등이 사고기록장치를 장착할 경우에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 장착하여야 한다.
- ② 자동차제작·판매자등이 제1항에 따라 사고기록장치가 장착된 자동차를 판매하는 경우에는 사고기록장치가 장착되어 있음을 구매자에게 알려야 한다.
- ③ 제1항에 따라 사고기록장치를 장착한 자동차제작·판매자등은 자동차 소유자 등 국토교통부령으로 정하는 자가 기록내용을 요구할 경우 다음 각 호의 정보를 제공하여야 한다.
 - 1. 해당 자동차의 사고기록장치에 기록된 내용
 - 2. 이 법 또는 관계 법령에 따라 제1호의 내용을 분석한 경우 그 결과보고서
- ④ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 사고기록장치의 장착기준, 장착사실의 통지, 기록정보 및 결과보고서의 제공방법 등 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

관련 표준은 아래와 같다.

- IEEE 1616 - IEEE Approved Draft Standard for Motor Vehicle Event Data Recorder (MVEDR)
- SAE J1698-1 - Event Data Recorder - Output Data Definition
- SAE J1698-2 - Event Data Recorder - Retrieval Tool Protocol
- SAE J1698-3 - Event Data Recorder - Compliance Assessment
- KS R 5076 자동차용 사고 기록 장치 (EDR)

【 차량용 EDR 사례 】



*출처 : airbagcrash.com, LiSKE

사고영상기록장치(EVDR)

사고영상기록장치는 우리나라에서 독립적으로 발전된 제품으로, 우리나라가 종주국이라고 할 수 있다. 일찍이 우리나라에서는 CCTV 시장이 확대되면서 영상전송 및 영상저장 기술이 발전한 바 있고, 차량에 카메라를 장착하여 교통사고 분쟁을 해결해 보자는 방향으로 기술이 발전된다. 국내에서도 초기에는 차량용 사고영상기록장치 시장이 형성되지 않다가, 한 지자체에서 택시에 이를 설치하는 데 보조금을 지급하면서 여러 지자체로 확산되었고, 이후 개인용 차량으로 급속히 확대된 바 있다. 이는 안전과 치안 등 여러 가지 효과를 기대한 바 있다. 국내에서는 2008년 4.7만 대 이후 2014년 200만 대 수준이 정점이었다. 국가기술표준원에서는 영상기록의 특성상 보안 관련한 이슈제기와 함께 4만 원대 이하의 해외 저가 저질 제품의 시장교란 이슈 등에 대응하기 위해 국가표준의 필요성이 대두됨에 따라 블랙박스 표준기술연구회를 운영하여 KS 표준을 제정하고 시험기준과 KS 인증을 부여한 바 있다. 이를 통해 단기간 내에 국내시장의 해외 저가 저질 제품이 사라지는 효과를 보았다. 사고영상기록장치 장착효과가 나타나고,

제품 품질이 향상됨에 따라 해외수출이 늘어났다. 블랙박스 세계시장은 2025년 59억 4천만 달러로 추정하며(2019년 보안뉴스, 그랜드 뷰 리서치), 중국의 경우 차량용 블랙박스 시장이 2010년 287만 대에서 2018년 2,621만 대로 추정되고 있다. 우리나라에서는 상기와 같이 KS 5078 표준이 먼저 제정되었고, 우리나라가 해당 제품의 종주국임을 기반으로 국제표준에 제안하여 출판이 이루어진 바 있다. 국제표준은 국가기술표준원의 면밀한 지원으로 IEC TC100에서 우리나라가 담당하여 제안 및 개발되었으며, KS 5078 표준의 후반부에 수록된 시험 관련 상세 내용이 여러 국가들의 동의를 얻기에 난항이 있을 수 있으므로, 손쉬운 동의가 가능한 전반부의 EVDR에 대한 정의와 기능 등을 IEC 63005-1로 먼저 추진하여 제정하고, 후반부의 시험 관련 상세 내용을 수록한 IEC 63005-2 표준을 순차적으로 제정하는 전략으로 추진하였다. 사고영상기록장치는 차량을 구매한 후 장착하는 제품이므로 자동차 부품으로 분류되지 않고 일반 전자제품으로 분류된다. 최근에는 완성차에서 출고 시 옵션으로 장착되어 판매되는 제품이 나타났으며, 소비자 반응이 좋은 것으로 알려지고 있다. 관련 표준은 아래와 같다.

- IEC 63005-1:2017 Event video data recorder for road vehicle accidents - Part 1: Basic requirements
- IEC 63005-2:2019 Event video data recorder for road vehicle accidents - Part 2: Test methods for evaluating the performance of basic functions
- KS C 5078 자동차용 사고영상기록장치 (EVDR)

【 국내에 판매 중인 블랙박스 제품의 예 】



*출처 : 다나와

자율주행 기록장치의 필요성

자율주행 관련 기술개발이 먼저 활발해진 캘리포니아주에서는 2012년 9월 자율주행 테스트를 허용하는 법률안을 제정하였고 (Senate Bill 1298 Chapter 570, Status of 2012), DIVISION 16.6. Autonomous Vehicles에서 자율주행자동차 관련 a) 용어정의, b) 일반도로 시험주행 요건, c) DMV(Department of Motor Vehicle) 인증에 의한 일반도로 시험주행 요건, d) DMV 세부지침 마련 등을 포함하고 있다. 이 중 c) DMV 인증에 의한 일반도로 시험주행 요건에는 (1) 자율주행기술제조자에 의한 인증서에 아래 사항을 요구하고 있다. 아래 항목 중 (G) 항이 자율주행 데이터의 기록을 명기하고 있다는 것을 알 수 있다.

- (A) 운전자에 의한 결합·분리가 쉬운 자율주행기술 메커니즘 장착
- (B) 자율주행기술 작동 시, 자동차 내부의 시각 표출장치 포함
- (C) 자율주행기술이 작동되는 동안 발생하는 자율주행기술의 고장 시 운영자에게 경고 제공
- (D) 자율주행차는 운영자가 브레이크, 엑셀 페달, 스티어링 휠 등 다양한 방식으로 운전제어권을 이양받을 수 있도록 하며, 자율주행 작동 중지를 알려야 함
- (E) 자율주행차의 자율주행 기술은 FMVSS(Federal Motor Vehicle Safety Standards)에 나타난 모든 안전규격과 성능요건을 만족해야 함
- (F) 자율주행 기술은 어떠한 FMVSS 또는 차량에 적용되는 타 표준과 성능요건을 무효화하지 않음
- (G) 자율주행차는 분리된 구조로, 타 차량 또는 보행자와의 충돌 이전 최소 30초 자율주행 기술 센서 데이터를 취득 및 저장해야 함. 자율주행 기술 센서 데이터는 외부의 다운로드 장치가 데이터를 추출하기 전까지 읽기 전용 형태(Read-only format)로 저장되어야 하며, 충돌 후 3년 간 보관되어야 함

우리나라에서는 각국의 법률 등을 참조하여 '자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정'이 제정된 바 있다(2018

년 4월 개정). 이는 운행기록장치와 영상기록장치의 장착에 대한 내용을 포함하고 있다.

자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정의 관련 내용

제17조(운행기록장치 등) 자율주행자동차에는 교통안전법 제55조제1항에 따른 운행기록장치를 장착하여야 하고, 운행기록장치 또는 별도의 기록장치에 다음 각 호의 항목을 저장하여야 한다.

1. 자율주행시스템의 작동모드 확인
2. 제동장치 및 가속제어장치의 조종장치 작동상태
3. 조향핸들 각도
4. 자동변속장치 조종레버의 위치

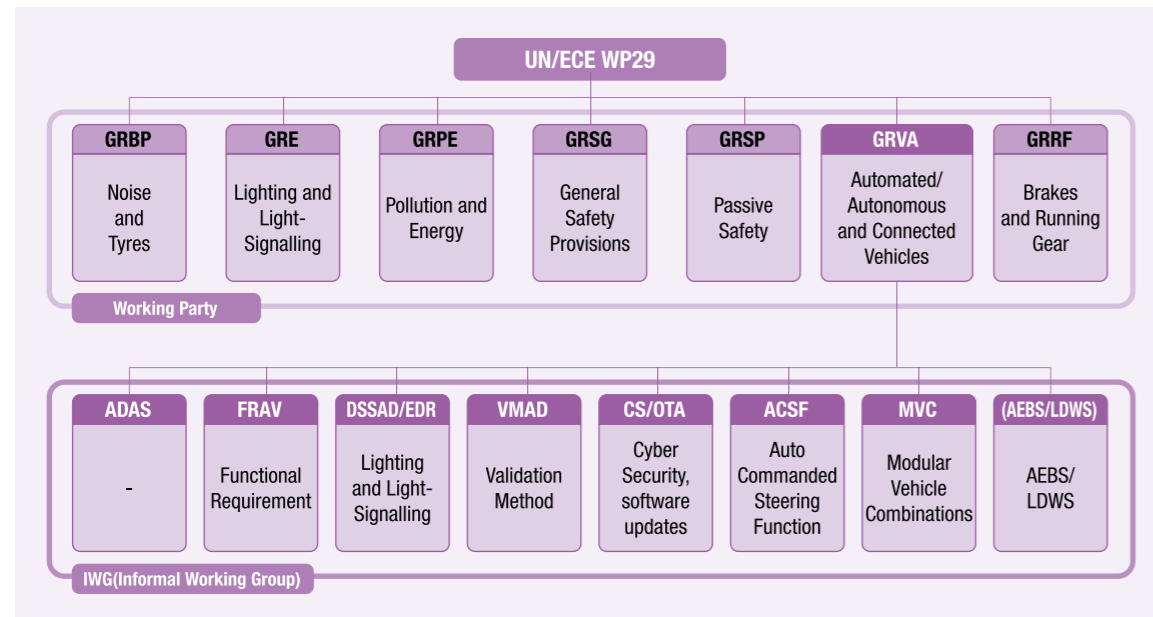
제18조(영상기록장치) 자율주행자동차를 도로법 제2조에 따른 도로에서 주행할 때에는 다음 각 호의 위치에 해상도 1280x720(초당 24프레임) 이상의 영상기록장치를 설치하여 사고 전후 주행상황을 확인할 수 있어야 한다.

1. 핸들, 변속레버 등의 운전석의 조종장치 작동여부 확인이 가능한 위치
2. 주행차로의 전방시야각이 130° 이상으로 좌·우측 차로의 주행상황 확인이 가능한 위치
3. 주행차로의 후방시야각이 120° 이상으로 좌·우측 차로의 주행상황 확인이 가능한 위치

상기와 같이 자율주행차량의 도로 주행을 허가하면서 안전과 관리에 대한 필요성이 대두되어 자율주행 관련 데이터를 기록할 필요성이 각계에서 제기되었고, 이는 먼저 사고기록의 형태로 나타났으나 곧 운행 데이터 전반을 기록해야 할 필요가 있다는 의견이 받아들여지게 되는 것을 볼 수 있다.

자율주행 기록장치 규제의 추진

자동차와 관련된 규제의 최상위 논의 기구인 UN/ECE WP29에서는 자율주행 이슈의 대두로 GRVA라는 Working Party가 구성된 후 ADAS 및 여러 가지 자율주행 관련 사항을 다루는 IWG가 구성되게 된다. 이 중 하나인 DSSAD/EDR IWG에서 자율주행기록장치에 해당되는 DSSAD를 담당한다.



DSSAD(Data Storage for Automated Systems)는 자율주행 기록장치로 번역될 수 있으며, 자율주행에 필요한 On/Off, 제어권전환, MRM, 고장 등의 내용을 저장하도록 되어 있다. DSSAD는 그림에 보는 바와 같이 DSSAD와 EDR을 함께 담당하는 IWG에서 작업을 하고 있다. 현재 20여 차례의 회의를 거쳐 주요 내용이 개발된 상황이다. 문건의 형태는 EDR에 대한 규정과 DSSAD를 담고 있는 ALKS(Automated Lane Keeping Systems) 규정 두 가지가 구성되어 있다.

UN Regulation No. 157 ALKS와 DSSAD, UN Regulation No. 160 EDR

DSSAD는 UN Regulation No. 157 ALKS(이하 R.157)의 8장에 수록된 내용이다. R.157에서 정의하고 있는 저속용 ALKS는 운전자에 의해 활성화되고 60km/h 이하의 속도로 운전자의 추가적인 입력 없이 긴 시간 동안 차량의 종방향 및 횡방향 거동을 제어하여 차선 내에서 주행하는 시스템이다. 시장에서 TJA(Traffic Jam Assist)로 지칭하는 제품이라고 볼 수 있다. R.157은 범위, 정의, 인증, 시스템 안전 및 고장안전 대응, HMI 및 운전자 정보, OEDR, DSSAD, 사이버 보안 및 SW 업데이트, 차량 개조 및 인증, 적합성 인증, 벌칙 등을 내용으로 하고 있다.

- UN Regulation No. 157 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to Automated Lane Keeping Systems

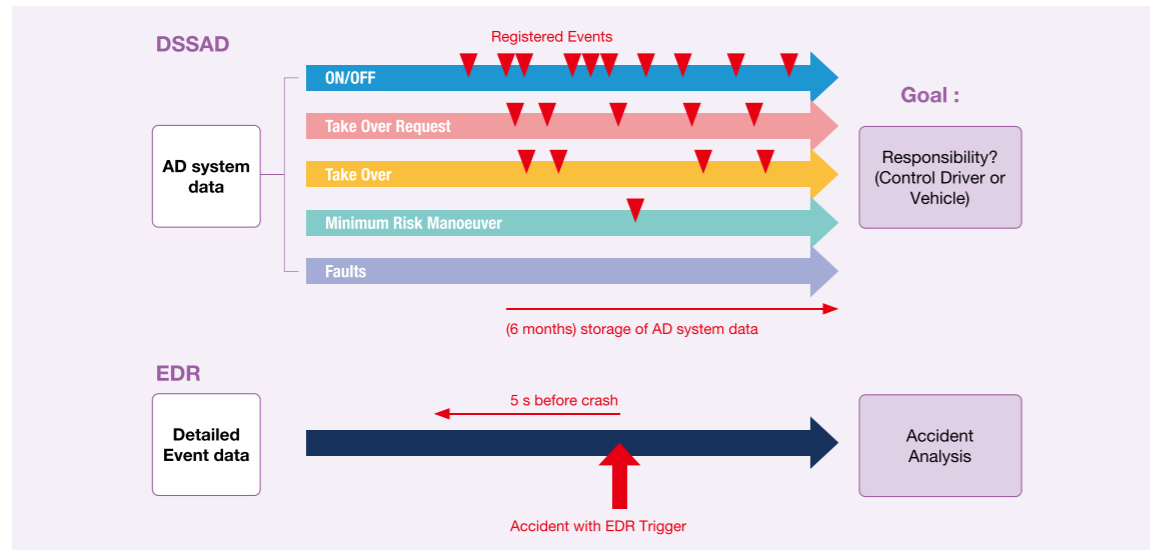
이 중 DSSAD는 아래와 같이 나타나 있다. 내용이 많지 않아 원문을 그대로 인용한다. 자료는 WP29 홈페이지에 공개되어 있다. ALKS는 아래 스펙을 만족시키는 DSSAD를 장착하도록 요구하고 있으며, 저장해야 하는 항목은 아래와 같다.

- a) 시스템의 활성화
- b) 운전자, 조향장치, 조향장치를 잡고 있는 상태에서의 가속 및 감속 등 상황에서의 시스템의 정지
- c) 예정된 이벤트, 예정되지 않은 이벤트, 운전자 미대응, 운전자 부재, 시스템 고장, 브레이크/가속 입력으로 인한 오버라이드 등 시스템의 상태전환
- d) 운전자 입력의 축소 및 무시
- e) 긴급 기동의 시작
- f) 긴급 기동의 종료
- g) EDR 트리거 입력(주, 사고발생을 뜻함)
- h) 금지된 충돌 관련 사항
- i) 시스템의 MRM 작동
- j) 심각한 ALKS 고장
- k) 심각한 차량 고장

DSSAD의 특징 중 하나는, 저장 항목에 나타난 바와 같이 기존의 EDR과 DTG의 특성을 모두 갖는다는 것이다. 즉, 사고 전후 상황을 저장하기도 하지만 사고 이외에 자율주행 시스템의 작동 관련 사항들을 전반적으로 저장하기 때문에 운행 중 데이터를 상당히 저장하는 운행기록의 특성도 일부 갖는 것을 알 수 있다.

국내에서는 4개 부처 공동으로 진행하는 자율주행 기술개발 혁신사업 내에 DSSAD와 관련한 분석기술 개발 과제가 있고, 산업통상자원부 과제 중에 해당 기술을 개발하는 과제가 있다. 우리나라에서는 사고분석을 담당하는 경찰청에서 DSSAD 관련 내용을 KS 표준으로 추진하고, 이를 기반으로 도로교통법 등과 연계하여 제도권 내에서의 법제도로 규정한 후 인증체계를 구축하는 방향이 바람직할 것으로 전망된다.

【 EDR과 DSSAD의 차이 및 필요성 】



*출처 : Needs and Requirements of EDR for Automated Vehicles, AZT Automotive GmbH - Allianz Center for Technology, www.unece.org

【 DSSAD 원문(UN Regulation No. 157 ALKS의 8장) 】

8. Data Storage System for Automated Systems

8.1. Each vehicle equipped with ALKS (the system) shall be fitted with a DSSAD that meets the requirements specified below. The fulfilment of the provisions of paragraph 8 shall be demonstrated by the manufacturer to the technical service during the inspection of the safety approach as part of the assessment to Annex 4. This Regulation is without prejudice to national and regional laws governing access to data, privacy and data protection.

8.2. Recorded occurrences

8.2.1. Each vehicle equipped with a DSSAD shall at least record an entry for each of the following occurrences upon activation of the system:

- (a) Activation of the system
- (b) Deactivation of the system, due to:
 - (i) Use of dedicated means for the driver to deactivate the system;
 - (ii) Override on steering control;
 - (iii) Override by accelerator control while holding steering control;
 - (iv) Override by braking control while holding steering control.
- (c) Transition Demand by the system, due to:
 - (i) Planned event;
 - (ii) Unplanned event;
 - (iii) Driver unavailability (as per para. 6.1.3);
 - (iv) Driver not present or unbuckled (as per para. 6.1.2.);
 - (v) System failure;
 - (vi) System override by braking input;
 - (vii) System override by accelerator input.
- (d) Reduction or suppression of driver input;
- (e) Start of Emergency Manoeuvre;
- (f) End of Emergency Manoeuvre;
- (g) Event Data Recorder (EDR) trigger input;
- (h) Involved in a detected collision;
- (i) Minimum Risk Manoeuvre engagement by the system;
- (j) Severe ALKS failure;
- (k) Severe vehicle failure.

8.3. Data elements

8.3.1. For each event listed in paragraph 8.2., the DSSAD shall at least record the following data elements in a clearly identifiable way:

- (a) The occurrence flag, as listed in paragraph 8.2;
- (b) Reason for the occurrence, as appropriate, and listed in paragraph 8.2.;
- (c) Date (Resolution: yyyy/mm/dd);
- (d) Timestamp:
 - (i) Resolution: hh/mm/ss timezone e.g. 12:59:59 UTC;
 - (ii) Accuracy: +/- 1.0 s.

8.3.2. For each event listed in paragraph 8.2., the R15XSWIN for ALKS, or the software versions relevant to ALKS, indicating the software that was present at the time when the event occurred, shall be clearly identifiable.

8.3.3. A single timestamp may be allowed for multiple elements recorded simultaneously within the timing resolution of the specific data elements. If more than one element is recorded with the same timestamp, the information from the individual elements shall indicate the chronological order.

8.4. Data availability

8.4.1. DSSAD data shall be available subject to requirements of national and regional law.

8.4.2. Once the storage limits of the DSSAD are achieved, existing data shall only be overwritten following a first in first out procedure with the principle of respecting the relevant requirements for data availability. Documented evidence regarding the storage capacity shall be provided by the vehicle manufacturer.

8.4.3. The data shall be retrievable even after an impact of a severity level set by UN Regulations Nos. 94, 95 or 137. If the main on-board vehicle power supply is not available, it shall still be possible to retrieve all data recorded on the DSSAD, as required by national and regional law.

8.4.4. Data stored in the DSSAD shall be easily readable in a standardized way via the use of an electronic communication interface, at least through the standard interface (OBD port).

8.4.5. Instructions from the manufacturer shall be provided on how to access the data.

8.5. Protection against manipulation.

8.5.1. It shall be ensured that there is adequate protection against manipulation (e.g. data erasure) of stored data such as anti-tampering design.

8.6. Availability of DSSAD operation

8.6.1. DSSAD shall be able to communicate with the system to inform that the DSSAD is operational.

DSSAD와 달리 EDR은 UN Regulation No. 160(이하 R.160)으로 별도의 규정이 제정되었다. 전술한 바와 같이 EDR과 DSSAD는 같은 IWG에서 다루어지고 있다. R.160은 EDR 규정의 범위, 정의, 인증 신청, 인증, 요건, 차량 형식 개조 및 인증 연장, 적합성 인증, 벌칙 등을 수록하고 있다. R.160은 사고기록장치에 대한 보다 상세한 내용을 담고 있다. 해당 규정은 완성 후 회원국들에게 규제로 적용될 것으로 전망된다.

- UN Regulation on uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the Event Data Recorder

결론

자율주행 기록장치는 학계와 산업계에서 그 필요성이 오랜 기간 논의되던 제품으로, 자율주행 시스템 탑재 차량에 의무적으로 장착되게 될 것으로 전망된다. 자율주행 기록장치의 형태는 DSSAD를 기준으로 시장에서 형성될 것이며, DSSAD는 기존의 EDR 기술에 근간하므로 UN Regulation No. 160 EDR 규정에 준하여 기능이 개발될 것으로 전망된다.

자율주행 기록장치의 데이터 저장은 무결성과 암호화 기능을 갖춰야 할 것이며, 보안 키 관리 주체의 선정 및 운영, 데이터의 위변조에 대한 판단, 법적 증거자료 채택을 위한 법적도적 장치 마련 등 앞으로 추진해야 할 일이 많이 있다.

UN Regulation No. 157 ALKS와 UN Regulation No. 160 EDR에 나타난 문구는 규정(규제)의 특성상 선언적인 부분이 많기 때문에, 제품화를 위한 가이드라인으로써 KS 표준을 개발하고 국내 규격을 통일하는 작업이 규정의 완료 이전에 선행되는 경우 우리나라 자율주행 산업 발전에 기여할 수 있을 것이다.

▶ 참고문헌

1. ISO 16844-1:2013 Road vehicles — Tachograph systems — Part 1: Electrical connectors
2. ISO 16844-2:2011 Road vehicles — Tachograph systems — Part 2: Electrical interface with recording unit
3. ISO 16844-3:2004/COR 1:2006 Road vehicles — Tachograph systems — Part 3: Motion sensor interface — Technical Corrigendum 1
4. ISO 16844-4:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 4: CAN interface
5. ISO 16844-6:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 6: Diagnostics
6. ISO 16844-7:2015 Road vehicles — Tachograph systems — Part 7: Parameters
7. KS R 5072 자동차용 전자식 운행 기록계(법규제로 진행됨에 따라 폐지, DTG에 해당)
8. IEEE 1616 - IEEE Approved Draft Standard for Motor Vehicle Event Data Recorder (MVEDR)
9. KS R 5076 자동차용 사고 기록 장치(EDR)
10. 캘리포니아주법 Senate Bill 1298 Chapter 570
11. 자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정
12. UN Regulation No. 157 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to Automated Lane Keeping Systems
13. UN Regulation No. 157 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to Automated Lane Keeping Systems(DSSAD는 이 R157 규제의 8장에 수록됨)
14. KS R ISO/SAE PAS 22736:2021 도로 차량 운전자동화시스템의 용어와 정의

자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향

- 센서 부품, V2X 보안인증, 대중교통 서비스, DSSAD 중심으로 -

발행처 한국표준협회

발행일 2021년 12월 31일

발행인 강명수

편집 한국표준협회미디어

주소 (06152)서울시 강남구 테헤란로 69길 5 DT센터 9층

TEL 02-6240-4700~9

FAX 02-6919-4012