

Chapter

01

미래 모빌리티의 기반, 자율주행차 상용화 동향

손주찬_한국전자통신연구원 책임연구원

2012년 3월, 시각장애인을 태운 구글의 자율주행차가 시내도로에서 목적지까지 성공적으로 자율주행하는 동영상이 유튜브에 공개되어 세상을 놀라게 한 이래, 자율주행기술은 IT 빅테크 및 플랫폼 업계의 모빌리티 분야로의 진출을 상징하는 의미를 넘어서 완성차 업계에는 자율주행차 중심으로 재편될 미래차 산업에서 생존을 위해 반드시 확보해야 할 핵심기술로 확고하게 자리잡아 왔다. 치열한 기술개발 경쟁 속에서 많은 기업들이 2020년 초 또는 중반까지 운전자가 없는 레벨 4 자율주행차 상용화를 이루겠다고 공언하였으나 돌발 상황을 제외하고는 운전자의 전방주시가 필요 없는 레벨 3 자율주행차 시제품조차 내놓은 기업은 아직 없고 수년 이내 기대하기도 어려운 실정이다. 본 고에서는 이와 같이 당초 전망보다 늦어지고 있는 국내외 자율주행차 상용화 동향에 대해 살펴보면, 관련된 이슈에 대해 알아보고자 한다.

I. 서론

자율주행차는 매년 130만 명 이상의 사망자가 발생하는 교통사고 사고원인의 94%를 차지하는 전방주시 태만, 졸음운전, 판단 오류, 교통법규 위반 등 운전자의 부주의와 착오로 인해 발생하는 교통사고의 획기적인 저감을 목표로 한다. 이와 함께, IT 인프라와 연계하여 도로의 교통흐름을 최적화하고 정체구간과 정체시간에서의 차량집중을 분산시킴으로써 러시아워와 도로의 물리적/구조적 특성으로 발생하는 상습적인 도로 정체를 개선할 것으로 기대된다. 미래에 차량주행의 완전한 자동화를 실현할 경우, 운전자 개입 없이도 레벨 4 이상의 로봇택시와 로봇셔틀 서비스가 가능해져 도시외곽, 농촌 등 인구희소지역과 여객운송 서비스 종사인력이 부족한 대중교통 취약지역 거주자들에게 수요 맞춤형 모빌리티 서비스를

* 본 내용은 손주찬 책임연구원(☎ 042-860-5660, jcsohn@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

보다 안전하고 저렴한 비용으로 제공하는 공익적인 파급효과도 있을 것으로 전망된다.

그러나 미래 모빌리티의 핵심기술 확보를 위한 구글, 인텔, 엔비디아 등 글로벌 IT 빅테크 업계와 완성차 업계의 막대한 투자에도 불구하고 2020년 초반까지 레벨 4 이상 완전자율주행차 상용화는 도달 시기를 예측하기 어려울 정도로 완전자율주행차를 실현하는데 해결해야 할 기술적 난제는 아직 완전한 규명조차 이루어지지 않은 것이 현실이다.

본 고에서는 이와 관련하여 자율주행차의 구성요소와 지지부진한 자율주행차 상용화와 관련한 자율주행차 안전규제 동향, 국내외 상용화 동향과 관련 이슈에 대해 살펴보고자 한다.

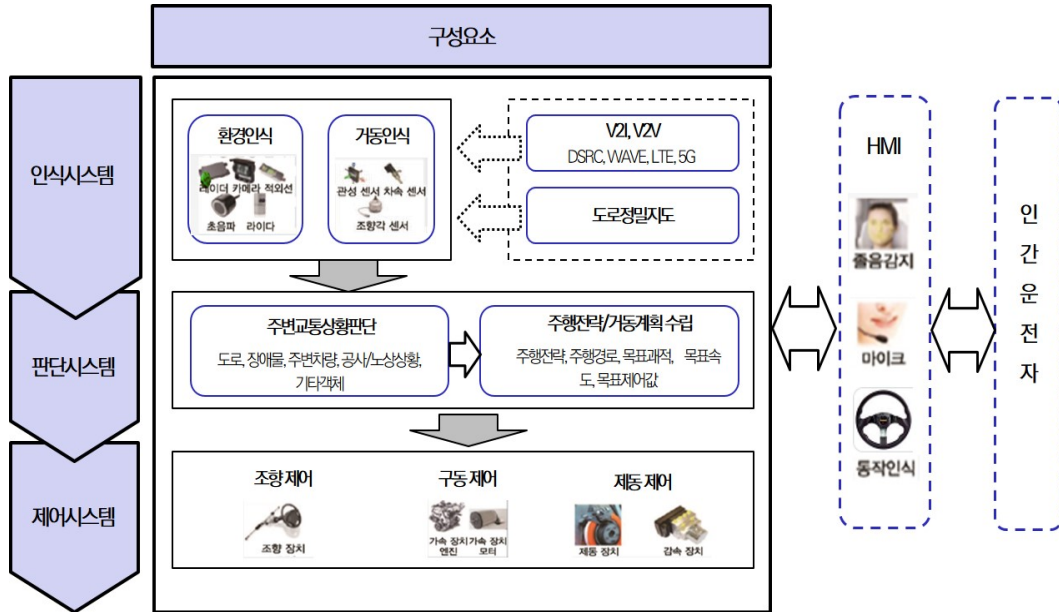
II. 자율주행차 개요

1. 자율주행차 구성요소

자율주행차(Autonomous Driving Vehicle)는 차량 내외부에 탑재된 라이다/카메라/레이다 등을 이용하여 자율주행차량이 주행하는 주변 도로와 주변 차량/이륜차/보행자 등 도로사용자(road user), 교통신호등/노면 및 교통표식을 인식하고, GPS 신호와 융합하여 차량의 위치를 결정하며, 자율주행차량의 전후방/좌우측방에서 주행하는 도로사용자의 이동속도/경로정보를 토대로 교통 상황을 판단하여 목적지까지 주행경로를 계산하여 자동차 스스로 가감속 및 진행 방향에 대해 거동 제어하여 목적지까지 자동주행하는 자동차이다.

자율주행차는 주변 환경을 인식하고 도로 상에 이동/정지하는 도로사용자를 정밀하게 인식함을 목적으로 다양하게 구비된 센서 부품 및 센서 신호 데이터를 해석하는 ‘인식시스템’, 해석된 신호 데이터를 참조하여 주변 교통 상황을 판단하고 주행경로를 계산하여 차량의 속도와 거동 방향을 계획하는 ‘판단시스템’, 계획된 경로를 차량의 조향장치와 가감속장치 또는 조향과 가감속을 전자 제어하는 ECU에 전달하여 차량이 계획대로 거동되도록 통제하는 ‘제어시스템’이라는 3단계의 핵심시스템으로 구성된다.

‘인식시스템’이 채택하는 광학/전파 등 센서부품 인식범위의 한계, 비/눈/안개, 열악한 조도 등 악천후 및 주변 환경 노이즈는 그릇된 센서신호 데이터를 생성시키고 노이즈가 포함된 신호를 해석할 경우 인식 오류의 발생과 이로 인해 안전하지 않은 차량거동을 일으키는 원인으로 작용된다. 이를 개선 보완하는 수단으로 WAVE, LTE, 5G 통신시스템과 센서가 내장된



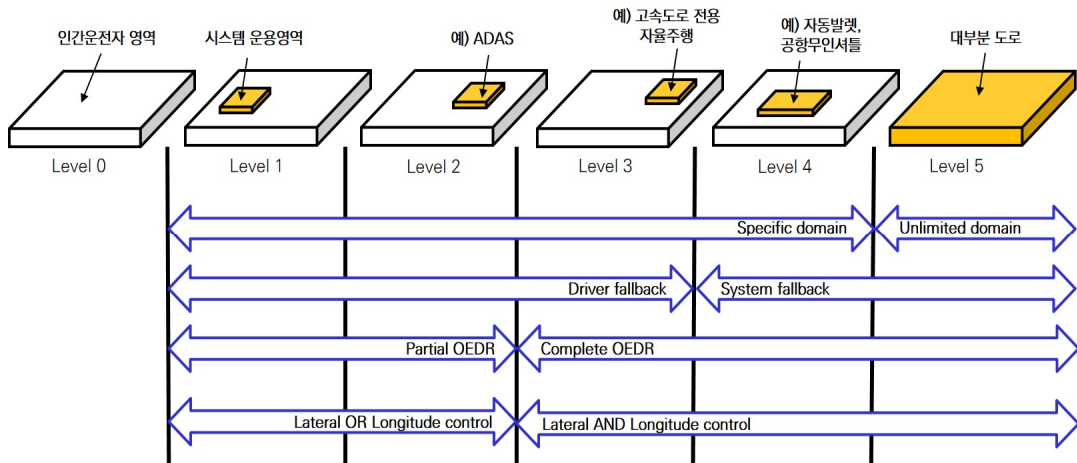
〈자료〉 슈어소프트테크, “완전 자율주행 자동차의 기술 및 미래”, 2017. 6. 8.

[그림 1] 자율주행차 시스템의 구성요소

통신 인프라를 도로와 차량에 설치하여 신호등의 현시정보, 주변 노면 상의 교통정보를 자율주행차량에 제공하여 인지 오류 발생을 저감하는 “V2X 시스템”이 자율주행의 필수 요소에 포함될 수 있다. V2X 시스템과 함께 도로정밀지도(HD Map)는 자율주행차량이 목적지까지 찾아 가거나 차변 변경, 교차로 등지에서 좌우회전 등에 필요한 자차의 종횡 방향 위치를 수 센티미터 이내로 정밀하게 측정하기 위해 센서로부터 입수되는 도로 데이터와 맵 매칭 시 참조할 수 있는 필수 요소로 폭넓게 채택되고 있는 기술이다.

2. 자율주행차 자동화 수준

자율주행차 수준은 국제자동차기술자협회(SAE)가 분류한 6단계의 분류 기준[1]이 주로 인용된다. 운전자가 차량의 모든 거동제어하는 것을 관장하는 레벨 0부터 특정 도로환경에서 차선유지, 차간거리유지를 1개 기능 또는 2개 기능이상을 복합 지원하는 레벨 1~2, 특정 도로/도로환경조건(Operational Domain Design: ODD)에서 평상시에 운전자가 주행상황에 주의를 집중하지 않고 자동차가 스스로 교통 상황을 파악하며 차량을 제어하며 돌발



〈자료〉 NHTSA, "A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios," 2018. 9. p.28.

[그림 2] 자율주행차 자동화 수준 예시

상황 시 운전자가 차량을 직접 제어하는 레벨 3는 조건부 자율주행으로 정의된다. 특정 도로 /도로환경조건에서 돌발 상황에서도 운전자 개입 없이 자율주행시스템이 차량을 제어하여 대처하는 레벨 4는 지구상의 대부분의 도로에서 운전자의 개입이 없이 자율주행을 지원하는 레벨 5와 구별된다.

일례로 기존 양산차량에 채택이 확산되고 있는 차선유지(LKS)와 긴급제동(AEB), 차간거리유지 등 2개 이상 기능을 동시에 지원하는 첨단운전지원시스템(ADAS)은 레벨 2에 해당된다. 레벨 3 자율주행차는 돌발 상황 발생 시 운전자가 차량제어에 개입을 해야 하지만 레벨 4부터는 자율주행차량 스스로 돌발 상황 또는 돌발지역으로부터 빠져나와 탑승객을 안전한 지역까지 이동시키거나 목적지까지 주행을 완료해야 한다. 레벨 3의 대표 예시로는 운전자의 전방주시 의무가 없는 전용도로/고속도로 자율주행을 들 수 있으며, 현재까지 양산된 차량 중에는 테슬라 차량에 장착된 NOA(Navigate on Autopilot)가 가장 근접한 기술이다. 레벨 4는 미국 애리조나 피닉스시 일부지역에서 상업용 무인운전자 택시 서비스를 제공하는 구글 웨이모의 로보택시를 들 수 있다.

III. 자율주행차 안전 가이드라인 동향

최근 수년간 실도로에서 주행하는 자율주행 시험차량이 일으키는 인명 교통사고로 인해 자율주행차량의 안전성에 대한 의구심이 높아지고 있다. 이에 대응하여 미국, 유럽 각국 정부기관은 자율주행차 안전성을 높이려는 규제, 평가기준 제정을 진행하고 있다.

자율주행차 안전대책 개발 시 주로 참조되는 미국 전미도로교통국(NHTSA)의 자율주행차 안전가이드라인 2.0은 자율주행차의 안전성 확보를 위한 비규제적 접근방식으로 자율주행차를 개발하는 대학/연구기관/기업에게 레벨 3 이상의 자율주행차 개발 시 참조해야 할 자율주행차의 안전한 사용과 실험을 위한 모범사례에 대해 자발적 지침 영역과 기술적 지침영역 12개 항목을 담고 있다[2]. 12개 지침 항목은 시스템안전성-운영설계영역-사물 및 사건 감지와 대응-Fallback-최소위험 대비책(MRC)-검증 방법론-인간과 기계 인터페이스(HMI)-사이버시큐리티-충돌 내구성-충돌 후 ADS 동작-데이터 저장-소비자 교육 훈련-연방법/주법/지방자치법규로 구성되어 있다.

유럽의 경우, 유엔 유럽경제위원회(UNECE)의 “Functional Requirements for Automated/Autonomous Vehicles[3]”를 통해 전후방 제어, 주변 환경 모니터링, 최소위험 운전, 제어권 전환 및 HMI 등 자율주행차의 요구기능에 대한 안전 기준을 제정하였으며, 싱가포르에서는 국토청(Land Transport Authority: LTA)이 TR68[4]을 제시하는 등 국가별로 자율주행차의 안전성 확보를 위해 관련 표준, 지침, 가이드라인을 개발하여 자율주행차 개발 시 적용을 권장하고 있다.

국내의 경우, 국토부는 자율주행차 상용화 개발 시 반드시 거쳐야 할 자율주행차의 일반도로 시험주행을 합법적으로 시행할 수 있는 임시면허를 발급하기 위해 “자율주행 임시운행 허가제도”를 2016년에 도입하였다. 2020년 말까지 국내외 완성차 업체, IT 업체 등 산·학·연 기관을 대상으로 약 120여대의 자율주행차에 대해 임시운행 허가를 발급하였다. “자율주행 임시운행 허가제도”와 함께 국토부는 소형차에서 대형 밴, 소형/중형 셔틀에 이르기까지 다양한 차량 플랫폼을 활용하는 자율주행차 상용화가 진행되는 상황을 감안하여 레벨 4 이상 자율주행차 상용화에 대한 제도 기반이 완비되기 전 단계까지 적용할 수 있는 안전 지침 제공을 목적으로 미 NHTSA의 안전가이드라인을 참조하여 총 13개 안전항목으로 구성된 “레벨 4 자율주행차 설계·제작 가이드라인”을 2020년 12월에 공개하였다[5].

IV. 국내 상용화 개발 동향

본 장에서는 민간투자가 극히 부진한 상황에서 정부의 재정지원에 주로 의존하는 국내 자율주행차의 상용화 개발 현황에 대해 국책사업을 중심으로 살펴본다.

1. 자율주행차 상용화 R&D 국책사업

정부는 센서부품, 인공지능 등 민간 투자로 확보하기 어려운 핵심기술 분야를 대상으로 산업부, 과기부, 국토부 등 부처별 개별사업과 부처공동의 국책 R&D 사업을 추진하고 있다. 대표적으로 산업부의 “자동차전용도로 자율주행 핵심기술개발사업(2016~)”과 산업부/국토부/과기부/경찰청이 공동으로 추진하고 있는 “자율주행 기술개발 혁신사업(2020~)”이 있다.

2016년부터 착수한 “자동차전용도로 자율주행 핵심기술개발사업”은 시내도로에서 차선 유지/변경과 가감속을 제어하는 SAE 레벨 2 ADAS와 자동차 전용도로에서 레벨 3 자율주행 차에 필요한 고해상도 다채널 카메라와 비전인식 모듈, 보급형 DGPS 등 자율주행 8대 핵심 부품과 5대 자율주행시스템을 TRL7 수준까지 확보함을 목표로 한다[6].

산업부/국토부/과기부/경찰청 부처합동 “자율주행 기술개발 혁신사업(2021~2027)”은 자율주행 핵심부품에 집중된 “자동차전용도로 자율주행 핵심기술개발사업” 범위를 확장하여 레벨4 자율주행차 상용화를 달성하기 위해 인공지능, 소프트웨어 기술을 접목하는 자동차-ICT-도로교통 융합신기술·서비스 개발을 목표로 한다[7]. 당 사업은 도심도로, 자동차 전용도로, 비정형 도로 등지에서 다양한 이동/정지 객체에 대응하여 주행하고, 차량/클라우드/도로교통 등 인프라를 융합 활용하는 교통 융합 서비스를 목표로 한다. 당 사업 분야는 “차량 융합 신기술”, “ICT융합 신기술”, “도로교통융합 신기술”, “서비스 창출”, “생태계 구축” 5개 분야로 1조 1,000억 원 투자규모로 53개의 세부과제와 373개의 기관이 참여하고 있다.

“차량융합 신기술” 분야는 자율주행 사고유발 원인을 저감하기 위해 차량-인공지능소프트웨어 융합에 요구되는 영상인식 상황인지, 예측 기술, 차량탐재 측위 기술, 주행안전 설계 기술, 승용차/버스/트럭 등 차량플랫폼 적용 기술, 차량부품 시험기준/표준평가기술 등이 개발대상이다. “ICT융합 신기술” 분야는 운전자 개입이 없이 시내도로를 주행하는 레벨 4 자율주행의 안전을 강화하고 지능을 고도화하는데 요구되는 클라우드 기반 자율주행 인공지능 소프트웨어 기술, 대용량 데이터의 실시간/전처리 기술, 자율주행 소프트웨어 평가 검증

모델, 자율주행 서비스 검증 시뮬레이션 기술을 포함한다. “도로교통융합 신기술” 분야는 도로 및 교통안전시설 등 교통 인프라 정보와 자율주행차를 연계하여 안전을 고도화하기 위한 도로와 도로상의 교통표식 등 시설물에 대한 인식 성능 개선 등 자율주행 레벨 4를 위한 도로 인프라 기술, 빅데이터 기반의 교통 관리 및 운영 기술, 자율주행 차량 테스트베드 구축을 포함한다. 상기 3대 융합신기술 핵심 분야와 함께 대중교통 중심의 자율주행 신산업 창출과 교통약자 이동지원을 목표로 하는 “자율주행 서비스”와 자율주행 산업 생태계 기반에 필요한 안전성 개발과 국제표준 및 시험평가 표준 등을 개발하는 “자율주행 생태계 구축”도 당 사업에서 달성하려는 목표이다.

2. 자율주행차 실증 사업

자율주행 핵심기술과 함께 실도로 자율주행 데이터 확보 없이 상용화에 요구되는 안전 수준에 도달하는 것은 사실상 불가능하다. 시스템 분석 설계 시 고려하지 못한 에지케이스의 발견, 대규모 주행 데이터를 참고한 주행 성능 및 안전성 개선, 실환경에서 주행안전성 평가 및 확인 등 주행안전을 결정하는 인식 판단 시스템에 대한 성능 평가와 개선에서 실도로 실증은 빠져서는 안 될 요소이자 과정이다. 이와 관련된 정부 부처와 지자체의 규제특례 하에 진행되고 있는 대표적인 자율주행차 실도로 실증사업에 대해 살펴본다.

국토부는 2020년 5월부터 시행된 ‘자율주행자동차법[8]’에 따라 2020년 11월에 서울, 충북-세종, 세종, 광주, 대구, 제주 6개 지역과 2021년 4월에 2차로 경기 판교 지역을 자율주행 유상 서비스를 실증할 수 있는 규제특례가 부여되는 ‘시범운행지구’로 지정하였다[9]. 7개 지역에 지정된 특정지구에서 민간기업은 여객·화물 유상운송 허용, 임시운행허가시 자동차 안전기준 면제, 비도로관리기관의 도로 공사·관리 허가 등 특례를 부여받아 유상운임으로 실증할 수 있다.

2차로 지정된 경기 판교지역을 포함하여 7개 시범운행지구의 대표 서비스는 광주의 무인 청소차와 함께 자율주행차로 개조된 밴, 미니버스를 도로정밀맵과 C-ITS와 연계하여 교통 거점과 주거지역, 상업 지역의 정해진 경로를 정기적으로 운행하는 자율주행셔틀 서비스를 제공하는 방식으로 시범 서비스를 진행할 예정이다.

중소벤처기업부는 여러 부처에 걸쳐 있는 실증 관련 규제를 일괄 임시면제하는 특례를 통해 2019년 세종 자율주행 서비스 규제자유특구, 2020년 광주 무인청소차 규제자유특구

[표 1] 자율주행차 시범운행지구별 도입서비스 및 범위

지자체	시범운행지구 범위	대표 서비스
서울	- 서울 상암동 일원 6.2km ² 범위	- DMC역↔상업·주거·공원지역 간 셔틀 서비스
충북·세종 (공동)	- 오송역↔세종터미널 구간 BRT 약 22.4km 구간	- 오송역↔세종터미널 구간 셔틀(BRT) 서비스
세종	- BRT 순환노선 22.9km - 1~4생활권 약 25km ² 범위	- 수요응답형 정부세종청사 순환셔틀 서비스
광주	- 광산구 내 2개 구역 약 3.76km ²	- 노면청소차, 폐기물수거차
대구	- 수성알파시티 내 약 2.2km ² 구간	- 수성알파시티 내 셔틀 서비스 (삼성라이온즈파크↔대구미술관)
	- 테크노폴리스 및 대구국가산단 약 19.7km ² 범위	- 테크노폴리스, 국가산단 일원 수요응답형 택시 서비스
	- 산단연결도로 약 7.8km 구간	
제주	- 제주국제공항↔중문관광단지(38.7km) 구간 및 중문관광단지 내 3km ² 구간	- 공항 픽업 셔틀 서비스(제주공항↔중문관광단지)
경기 판교 (2차 지정)	- 판교역↔판교제1테크노밸리 및 경기기업성장센터 약 7km 구간	- 수요응답형 택시 서비스(제1테크노밸리) - 자율주행셔틀 서비스(기업성장센터↔제1테크노밸리)

〈자료〉 국토교통부, “자율주행차시범운행지구지정 보도자료”, 2021. 4.

사업을 착수하였다[10]. 세종 자율주행 서비스 특구는 일반도로 연계형 고속 자율주행셔틀, 주거단지 연계형 저속 자율주행셔틀, 도심공원 자율주행셔틀 서비스 등 3개 실증지역을 대상으로 기성 미니버스, 승용 SUV를 개조하거나 저속 EV무인셔틀을 제작하여 실증 중이다.

BRT 및 일반도로 실증을 담당하는 특구사업자 오토노머스에이투지는 교통사고 없이 레벨 3 자율주행으로 BRT 5,770km와 시내도로 3,300km의 누적거리를 기록 중이다. 언맨드슬루션은 자체 제작한 EV 무인셔틀을 이용하여 시민체험단을 탑승시키는 방식으로 세종 중앙공원을 대상으로 레벨 4 자율주행으로 100km의 누적거리를 주행했다.



[실증구간 ①: BRT 및 일반도로]

[실증구간 ②: 주거지역]

[실증구간 ③: 도심공원 실증]

〈자료〉 중소벤처기업부, “중소벤처기업부고시 제2019-41호, 세종 자율주행실증 규제자유특구 지정”, 2019. 8.

[그림 3] 세종 자율주행 서비스 규제자유특구 실증 구간

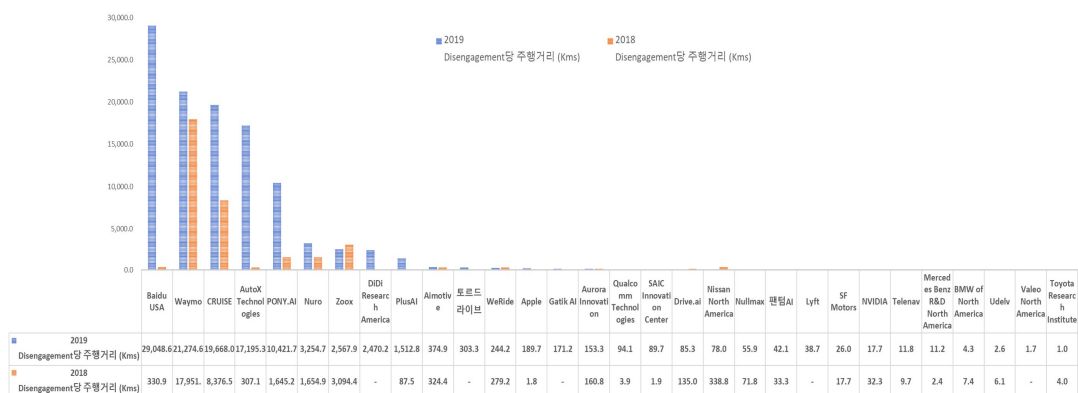
2020년에 지정된 광주 무인청소차 규제자유특구에서는 광산구북구 내 산업단지/주거단지 30.65km² 구역에서 시속 5km로 운전자 탑승 없이 자율주행하며 노면을 청소하거나 쓰레기를 수거하는 레벨 4 무인 노면청소차와 무인 쓰레기수거차에 대한 실증을 진행 중이다.

V. 해외 상용화 개발 동향

1. 자율주행 기술의 글로벌 각축장, 미국 캘리포니아 실증 동향

캘리포니아주 자동차관리국의 2019년 자율주행 제어권 해제 보고서[11]에 따르면, 제어권 해제 횟수 단일기준으로는 바이두가 18,050마일 당 1회로 타사 대비 수치상 최고기록을 나타냈다. 하지만 2018년에 205마일 당 1회 기록에 비해 지나치게 상승한 제어권 1회 해제당 마일리지 데이터 그리고 투입 실험차량이 4대로 누적거리 10만 마일로서 타사 대비 크게 부족한 실증 데이터의 규모면에서 데이터의 신뢰도가 높은 편이 아니다.

구글 웨이모는 시내도로, 자동차전용도로에서 2018년 11,154마일 당 1회, 2019년 13,219마일 당 1회를 기록하여 2018년 대비 18.5% 수준의 제어권 해제 성능 개선을 보였다. GM 크루즈는 2019년 12,221마일 당 1회로 135%의 개선을 기록하여 구글 웨이모에 근접하는 성능을 보이고 있다. 중국계 스타트업 AutoX는 실험차량 8대로 10,684마일 당 1회, 중국계



〈자료〉 State of California DMV, "2019 Disengagement reports," 2020. 2.

[그림 4] 2019년 미 캘리포니아주 자율주행차량 제어권 해제 현황

스타트업 Pon.AI는 실험차량 22대로 6,475마일 당 1회를 기록하는 등 최근 중국계 자율주행 스타트업의 기술 약진이 두드러지고 있다.

제어권 1회 거리와 함께 제어권 해제 주체가 시스템인가 시험운전자인가에 따라 기술수준에 대한 평가가 달라질 필요가 있다. 이는 자율주행시스템이 돌발 상황을 스스로 인식하는 자동해제의 빈도가 높을수록 평상시 운전자의 전방주시가 필요하지 않게 되어 레벨 3 자율주행 상용화에 근접하다고 평가할 수 있기 때문이다. 이 점에서 최근의 누적거리 당 자율주행 제어권 해제 횟수의 지속적인 감소에도 불구하고, 제어권 해제의 주된 원인이 도로 상의 차량, 보행자와 관련된 인식오류로 시험운전자가 강제로 제어권을 가져오는 경우가 아직도 대다수 발생하고 있는 점을 감안하면 “일반도로에서 운전자의 전방주시가 필요 없는 레벨 3 자율주행차” 기술 수준에 도달하려면 상당한 기술 발전이 요구된다고 평가할 수 있다.

2. 레벨4 로보택시를 지향하는 구글 웨이모

구글 웨이모는 워싱턴·캘리포니아·애리조나 등 미국 본토 내 공용도로에서 2,000만 마일 이상의 자율주행 누적거리를 넘었으며, 실도로에서 돌발 보행자, 난폭 운전, 사고 등 상황을 포함하는 4만 종 이상 가상 시나리오를 만들어서 시험주행중이다. 2017년부터 시뮬레이터 'Carcraft'로 구축한 오스틴·마운틴 뷰 등지를 모사하는 가상도시 공간 내에 구축된 150억 마일의 가상도로를 대상으로 시뮬레이션도 병행중이다. 웨이모의 자율주행차량은 차량 루프 및 전면/측면/후면에 탑재된 4개의 라이다 센서를 이용하여 도로 상의 객체를 검출 인식하고 도로정밀지도와 매칭하는 융합 측위 방식으로 10cm 이내의 오차로 자차 위치를 인식한다. 루프에 탑재된 360도 원거리 고해상도 카메라 비전시스템은 신호등 인식, 공사구간 및 스쿨버스, 응급차량 등 컬러 인식이 효과적인 도로 상의 객체 인식에 활용되고 있다[12].

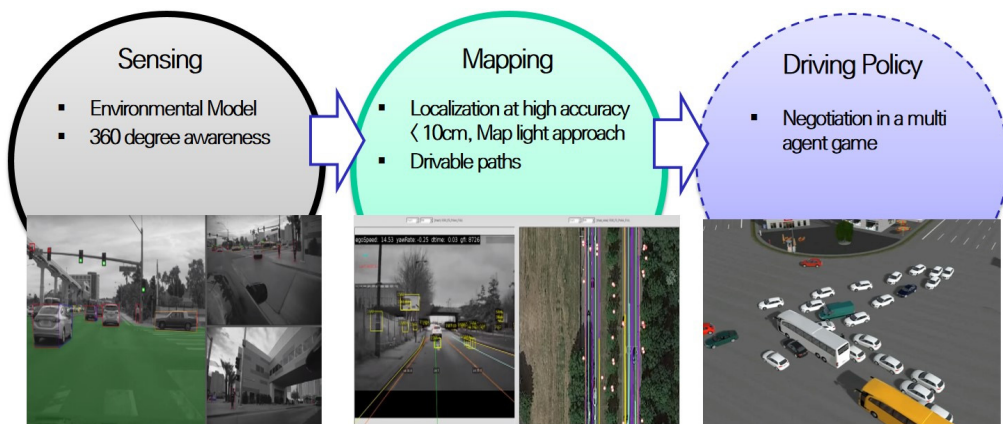
웨이모는 2020년 12월에는 미국 애리조나주 피닉스 이스트밸리에서 약 1,500명의 시범 서비스 참여시민을 대상으로 운전자가 탑승하지 않는 완전자율주행 로보택시 서비스를 세계 최초로 상용화하였으나, 10년이 넘는 기술 축적과 수조원을 넘는 투자에도 불구하고 웨이모의 로보택시 서비스는 피닉스 시내 일부지역에서 더 이상 확장되지 못하고 있다. 타 지역의 다양한 주행환경조건(ODD)으로 확장하기 위해서는 각기 다른 도로의 형태나 지형, 다양한 종류의 차종과 예상하기 어려운 보행자와 차량의 움직임, 눈/비 등 기상 변화와 같은 사전에 설계하기 어려운 수많은 변수에 대처해야 하는데 이런 복잡한 상황에 대처하기에는 실도로

에서의 안전성 검증과 주행데이터 학습이 아직 부족하기 때문이다.

3. 최고의 ADAS 바탕으로 자율주행 양산에 도전하는 인텔 모빌아이

글로벌 완성차 27개 기업에 차량용 ADAS를 공급하여 세계시장의 80%를 장악하고 있는 모빌아이는 양산 차량에 탑재된 ADAS로부터 수집되는 데이터를 활용하여 자율주행 인식기술을 향상시키고 있다. 수집된 데이터로부터 차선, 도로경계, 로드마크, 교통표지판 등 도로상의 다양한 랜드마크를 인식하여 km 당 10kb 저장용량과 측위오차 10cm 수준의 경량형 도로지도데이터를 구축하고 이를 주행차량에 실시간 전송하여 자율주행차량의 측위에 이용하는 클라우드 맵 소싱 기술을 개발하고 있다[13].

모빌아이는 자사가 보유한 ADAS 카메라 비전 기술 강점을 활용하여 8대의 카메라 비전, 12개의 초음파 센서를 인식 센서로 활용하여 대당 1만~1만 5,000달러 수준의 로보택시의 상용화를 목표로 한다. 자율주행시스템 양산비용과 서비스 확장성 면에서 모빌아이는 카메라 비전 위주의 인식기술을 채택하고 양산차량을 이용하여 클라우드 소싱 방식으로 도로정밀지도를 구축하는 전략을 취한다는 점에서 고가의 센서부품과 대용량 도로정밀지도에 의존하는 웨이모, GM크루즈 등 타사 기술 대비 양산에 좀 더 유리하다고 평가할 수 있다.



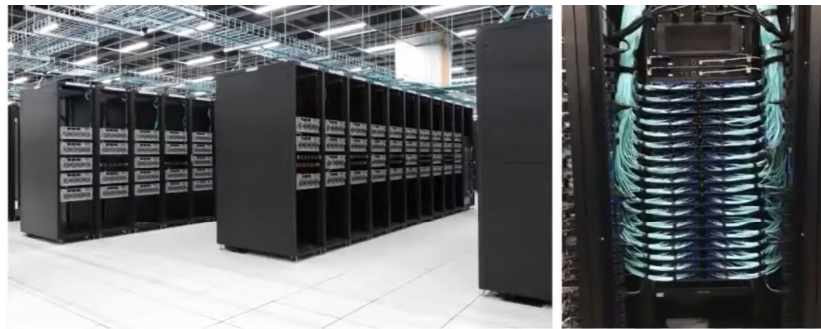
〈자료〉 Amnon Shashua. Mobileye, "The Three Pillars of Autonomous Driving," 20th International Congress on Advances in Automotive Electronics, 2016. 6.

[그림 5] 모빌아이의 자율주행시스템 개발 방향

4. 퓨어비전과 방대한 데이터 확보로 상용화에 근접해 가는 테슬라

대부분 기업이 정밀 측위와 도로/주행환경인식에 수천만 원 이상의 고가 능동광학센서 라이다를 기본 센서로 탑재하는 것과는 달리 테슬라는 카메라 비전 인식 “Pure Vision”만을 채택하고 있다. 이를 통해, 방대한 카메라 영상 데이터를 학습을 통해 물체의 깊이를 측정하여 3D 형상을 구현하는 “의사 라이다(Pseudo-LiDAR)”를 구현하여 고가의 라이다, 레이다 등 센서부품을 단순화하고 단가절감을 모색하고 있다. 카메라 비전 센서로의 단일화는 라이다-레이다-카메라 비전 등 신호융합 시 특성이 서로 다른 신호 특성으로 유발되는 인식결과의 모호성으로 발생하는 도로 및 도로 상의 객체와 표식 인식 오류를 줄여 나가는 것도 목표이다[14]. 그리고 라이다로 구축된 도로정밀지도 없이 차량용 네비게이션 지도(GPS 맵)를 참조하여 카메라 비전으로 차량 주변의 도로 환경을 인식하고 이를 GPS맵에 매칭하여 차량의 위치를 결정하여 자율주행하는 방식은 라이다로 구축된 대용량의 도로정밀지도를 사용하지 않는 모빌아이의 도로지도 구축방법과 유사하여 확장성면에서 주목할 필요가 있다.

상용화 과정 상에서 필수적인 실도로 주행데이터의 경우, 테슬라는 2021년 상반기에 자율주행시스템 베타버전 FSD 9.0을 자사 엔지니어와 일반시민으로 구성된 2,000명에게 배포하여 주행패턴과 돌발 상황에 대한 데이터를 취득하고 있다. 이를 통해, 취득된 실도로 주행 데이터를 자사의 슈퍼컴퓨터에 입력하여 해당 상황에 대해 학습시키고 개선된 부분을 OTA



Our latest cluster (1 of 3):
 720 nodes of 8x A100 80GB. (5760 GPUs total)
 1.8 EFLOPS (720 nodes * 312 TFLOPS-FP16-A100 * 8 gpu/nodes)
 10 PB of “hot tier” NVME storage @ 1.6 TBps

〈자료〉 Andrej Karpathy. Tesla, CVPR 2021 Workshop on Autonomous Vehicles, 2021. 6.

[그림 6] 주행데이터 학습을 담당하는 테슬라의 in-house 슈퍼컴퓨터

를 통해 배포하여 성능 평가와 개선을 진행하고 있다. 테슬라는 그간 판매한 차량 120만 대로부터 수집되는 도로/주행/돌발 영상과 데이터를 약 50억 마일 이상 보유하고 있으며, 이를 학습할 수 있는 세계 5번째의 성능을 보유한 슈퍼컴퓨터 ‘도조(Dojo)’를 자체 구축하였다. ‘도조’는 8개의 엔비디아 GPU를 장착하고 1.8 엑사플롭스(EFLOPS)의 성능을 보유하고 있는데, 이를 통해 실주행 상황에서 벌어질 수 있는 복잡하고 다양한 주행 시나리오를 훈련하는 데이터 세트를 생성하여 신경망 DNN을 발전시켜 나가고 있다.

5. IT 인프라와 연계하여 로보택시를 구현하려는 중국 바이두

바이두는 자체 개발한 아폴로(Apollo)라는 자율주행플랫폼을 탑재한 자율주행차량 레벨 4 로보택시를 개발하여 2020년 이후 베이징에서 100대 가량에 의한 유상 여객 서비스를 시범운영하고 있으며, 2025년까지 100만 대의 자율주행차 상용화를 목표로 하고 있다. 바이두의 로보택시는 C-V2X 인프라와 연계하는 차량-도로 협력 자율주행 방식으로 인식-판단 수준을 향상시켜 자율주행의 안전성을 높이는 방법을 채택하고 있다. 이는 자율주행차에 이중화 삼중화되어 탑재되는 센서 구성을 단순화하거나, 센서가 지니는 인식범위의 한계를 보완하기 위해 C-V2X 통신망이 설치된 노변장치에 인식센서를 부착하여 자동차-도로-클라우드를 결합하는 레벨 4 자율주행을 상용화하려는 전략이다. 차량-도로 협력 자율주행을 지원하는 바이두의 “아폴로-에어”는 시내도로의 열악한 환경에서의 신호등 인식 노이즈 해소, 사각지대 주변 차량의 위치 및 거동정보 제공 등을 통해 좁은 길 유틸, 맞은 편 도로 이용차선 변경, 안전한 교차로 교행 등 실상황에서 발생하는 다양한 에지케이스에 대한 대처 능력을 향상시키는 것이 목적이며, 자율주행 장애 발생 시 원격차량 관리 기능을 지원한다[15].

중국 정부는 민간기업의 자율주행 상용화를 지원하기 위해 베이징/허베이, 충칭, 항저우, 상하이 등지를 “지능형 커넥티드카 시험 도시”로 지정하고, 클라우드, 5G 기술을 활용하여 레벨 4 자율주행 시험허가구역으로 지정하였다.

VI. 결론: 상용화 전망과 제언

자율주행차와 관련된 교통사고, 기술적 난제로 인해 2020년대 초반에 레벨 4 이상 자율주

행차가 상용화될 것이라는 낙관적 전망과는 달리, 가까운 미래에도 일부 도로에서 운전자 개입 없는 레벨 4 이상 자율주행차 상용화에 도달하기 어려울 것이라는 회의적인 시각이 커지고 있다. 대부분 도로에서 자율주행이 가능한 레벨 5 자율주행차 상용화는 2070년대 이후에나 가능할 것이라는 보수적 전망[16]이 현실에 가깝다고 할 수 있다.

상용화 지연의 주된 이유로는 일차적으로 주행 안전의 가장 기본적인 핵심요소인 센서와 센싱 데이터에 대한 인식 오류이다. 그러나 기본적 인식오류가 개선되더라도 다양한 차종과 보행자, 자전거 등 도로 사용자(road user)가 얹혀서 주행하는 도로상황과 물리적 도로조건, 기상조건, 돌발 상황 등 자율주행시스템에 설계 반영된 시나리오보다 훨씬 복잡한 주행상황에 대해서는 완벽에 가까운 인식과 상황판단이 필요하다. 이와 함께 주변차량 거동예측의 어려움, 규명되지 않은 에지케이스 등 안전하고 효율적인 자율주행차 실현의 여정에서 풀어야 할 난제는 차고 넘친다. 이에 대해 모빌아이는 자율주행차가 연 30~40명이 사고로 사망하는 항공기 수준의 안전성을 확보하기 위해서는 300억 km의 거리를 검증해야 하며 이를 위해 약 400만 명 정도의 시험운전자를 갖추어야 할 것으로 예상하고 있다.

막대한 투자자금과 전문인력을 확보하고 있는 해외의 자율주행차 선도국의 상용화는 철저하게 상업 논리로 민간에 의해 주도되고 있다. 레벨 3 수준에 근접한 기술을 확보한 웨이모, GM크루즈, 모빌아이, 테슬라 등은 2010년대 후반부터 실증차량 또는 양산차량을 대량 투입하여 실도로 주행 데이터를 확보하고 이를 통해 오류를 개선하고 운영범위 조건과 주행 시나리오를 확대해 나가고 있다. 이에 비해 국내의 경우는 투자자금과 전문인력 면에서 절대적인 열세로 자율주행 핵심기술 수준은 레벨 2에 머무르고 있으며, 실도로 주행데이터는 해외 선도기업 대비 0.1% 수준에도 이르지 못하고 있다. 최근 정부지원으로 진행되는 여러 실증사업을 통해 실도로 주행 데이터를 확보해 가고 있으나 한정된 정부의 투자규모와 전문인력 부족으로 해외와의 기술격차를 줄이기에는 한계가 있다. 이런 점에서 자율주행차에 늦게 뛰어든 중국 바이두의 자율주행차-V2X 간 협력자율주행을 통한 로보택시 구현 전략을 참고할 필요가 있다. 당분간 상당한 수준의 개선이 어려운 인식 및 판단시스템의 결함을 도로 인프라 센서를 통해 보완하여 주행안전성과 시스템의 신뢰성을 향상시키는 방법이 필요하다. 그런 점에서, 통신시스템 개발에만 매몰되었던 그동안의 V2X 개발에 대한 철저한 반성과 협력자율주행 기술 확보를 통해 국내 수준에 맞는 현실적인 상용화 전략의 채택이 필요하다.

한정적인 정부재정에 의존하는 방식도 장기간 막대한 투자가 요구되는 레벨 3 이상의 자율주행차의 상용화 성공에 도달하기에는 역부족이란 현실도 인식해야 한다. 민간투자를 활성화하여 인공지능, 소프트웨어 고급인력을 확충하고 창업을 촉진하는 방식이 효과적이다. 민간투자를 활성화하기 위해 농촌, 도시외곽, 지방도시 등 교통취약지역에 대해 모빌리티 수단으로 자율주행차량을 우선 도입하여 초기시장을 조성할 경우, 민간 VC 투자는 저절로 조성되어 국내 자율주행차의 상용화를 촉진할 것으로 기대된다.

● 참고문헌

- [1] SAE International, "SAE J3016, SAE Levels of Driving Automation," 2018, 2021.
- [2] NHTSA, "Automated Driving System 2.0, A Vision of Safety," 2018.
- [3] UNECE FRVA, "Functional Performance Requirements for Automated Driving Systems and ADS-Equipped Vehicles," 2020. 2.
- [4] Singapore Land Transport Authority(LTA), "Technical Reference for autonomous vehicles," <https://cetran.sg/tr68/>
- [5] 국토교통부, "레벨4 자율주행자동차 제작, 안전 가이드라인 보도자료", 2020. 12.
- [6] 한국과학기술기획평가원, "자동차전용도로 자율주행 핵심기술개발사업 2014 예비타당성조사 보고서", 2016. 5.
- [7] 한국과학기술기획평가원, "자율주행 기술개발 혁신사업 2019 예비타당성조사 보고서", 2020. 6.
- [8] 법제처 국가법령정보센터, "자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률", 2019. 4.
- [9] 국토교통부, "자율주행차시범운행지구지정 보도자료", 2021. 4.
- [10] 중소벤처부, "규제자유특구 지정현황", <http://rfz.go.kr/?menuno=158>
- [11] State of California DMV, "2019 Disengagement reports," 2020. 2.
- [12] Waymo, "Safety Report," 2021. 2.
- [13] Mobileye, "Road ExperienceManagement," <http://www.mobileye.com/our-technology/rem/>
- [14] Andrej Karpathy. Tesla, CVPR 2021 Workshop on Autonomous Vehicles, 2021. 6.
- [15] Baidu, "V2X Intelligent Vehicle Infrastructure Cooperation Solution," <https://www.apollo.auto/v2x/index.html>
- [16] Steven E. Shladover, "Practical Challenges to Deploying Highly Automated Vehicles," Drive Sweden, 2018. 5.