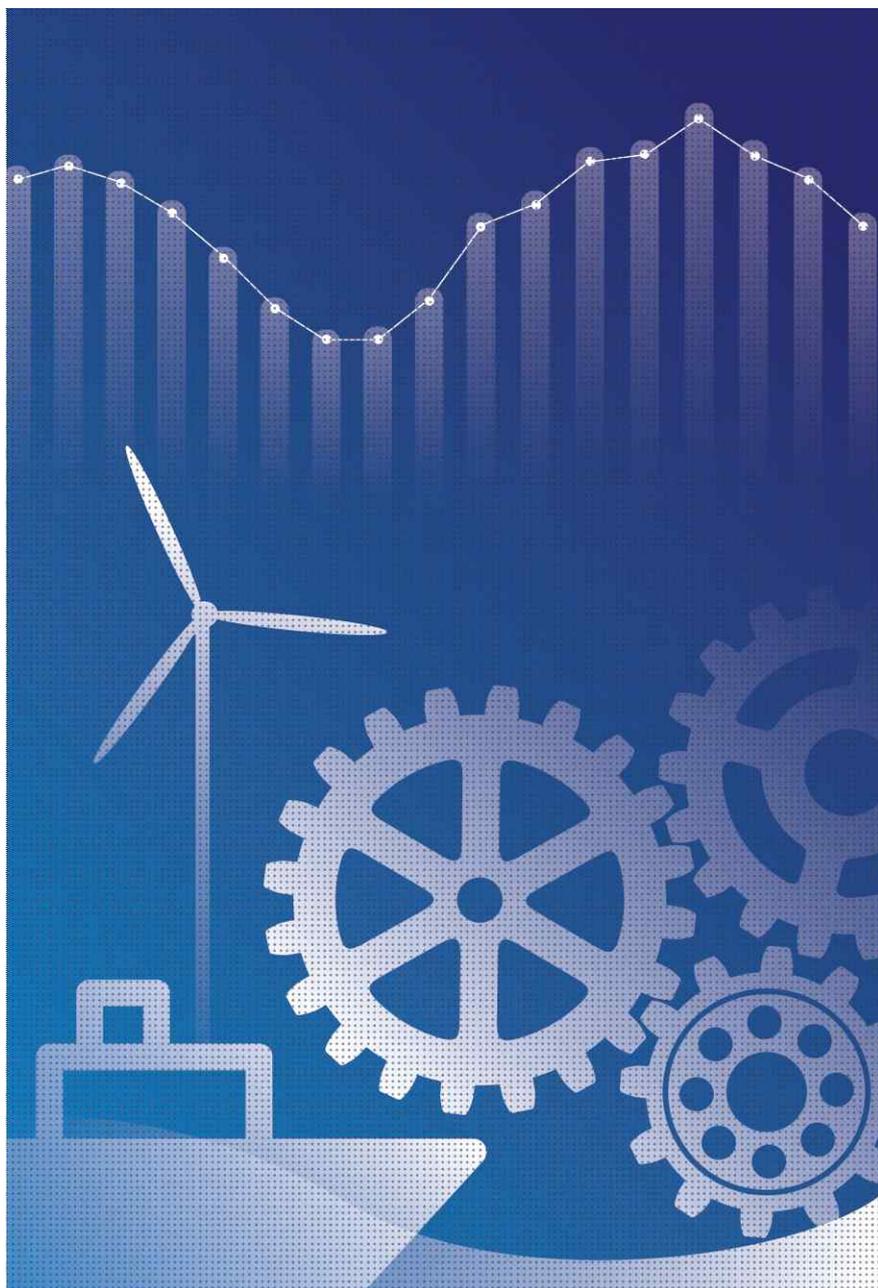


이슈보고서

산업경제팀

VOL.2022-이슈 (2022.12)

자율주행 자동차 기술 및 제도 동향



CONTENTS

<요약>

I. 자율주행 자동차 개요

II. 자율주행 기술

1. 자율주행 자동차 주요 기술
2. 전 세계 자율주행 자동차 개발 현황
3. 국내 자율주행 자동차 개발 현황

III. 자율주행을 위한 제도 도입 현황

1. 자율주행 자동차 제도의 고려사항
2. 주요국 입법 현황

IV. 시사점

작성

책임연구원 김호건 (6252-3610)



<요 약>

I. 자율주행 자동차 개요

자율주행은 운전자를 대신하여 주변 상황을 인지하고 판단하여 자동차를 제어하는 기술로 시스템의 자동화 정도에 따라 총 6단계로 구분

- 미국자동차공학회(SAE)는 자율주행 기술 수준에 따라 온전히 사람이 운전해야 하는 레벨 0부터 완전한 자율주행 기술인 레벨 5까지 총 6단계로 구분
- 레벨1~레벨2는 속도 제어, 차선 유지 등 시스템이 운전자를 보조하는 정도의 기능을 수행
- 레벨3 이상은 자율주행 시스템이 주도권을 가지며 필요시에만 운전자가 개입하는 단계
- 현재 판매되고 있는 자동차 자율주행 기술의 대다수는 레벨 1~2 수준으로 운전자 보조 역할을 수행

II. 자율주행 기술

레벨4 이상의 자율주행 경쟁력 강화를 위한 자동차 기업, IT기업, 부품기업간의 협력 관계 확대 중

- (웨이모) '18년 Waymo One 자율주행 자동차 서비스를 출시하였으며 '20년 자율주행 배송 및 차량 개발을 위해 물류 업체인 UPS 및 완성차 업체인 FCA와 협업 강화
- (인텔) 인텔은 '17년 모빌아이를 인수하고 BMW, 닛산 등 완성차 업체와 맵핑 기술(REM) 파트너십 구축
- (테슬라) 전기차 선두업체인 테슬라는 라이다 없이 카메라를 이용한 자율주행 기술을 개발하고 있으며 빅데이터 학습 및 연산을 위한 슈퍼컴퓨터 '도조(Dojo)' 공개
- (토요타) '19년 덴소, 아이신 세이키와 자율주행 연구소(TRI-AD)를 설립하고 28억 달러 규모의 투자를 발표하였으며 '20년 자율주행 스타트업 Pony.ai에도 4억 달러 투자
- (텐센트) 중국의 전기차 스타트업 니오와 자율주행 및 정밀지도 제작에 협력하기로 발표



미국, 유럽, 중국, 일본 등 주요국은 레벨3 이상의 자율주행 택시, 버스 등 시범 서비스 운영 중

- 미국은 캘리포니아, 오하이오, 플로리다, 버지니아 등에서 자율주행 버스, 택시 서비스 운영 중
- 프랑스, 독일 등 유럽 국가에서는 일반 도로에서 자율주행 서비스 운영
- 중국은 베이징, 충칭, 우한 등에서 무인 자율주행 서비스 시행
- 일본은 시골 등지에서 고령자의 이동을 돕기 위해 자율주행버스 실용화

한국은 '20년부터 자율주행 자동차 시범운영지구를 운영하고 있으며 서울 상암, 세종, 광주 등 6개 지구에서 11개 기업이 제공한 서비스 거리는 총 2.1만km

- '20년 서울 상암 등 6개 지구가 지정된 이후 '22년 16곳으로 확대
- 서울 여의도, 인천, 충남 등 시범운영지구 지정을 협의 중으로 향후 자율주행 자동차 시범운영지구는 더욱 확대될 전망
- 노면청소차 등 특장차(광주), 관광연계형 모빌리티(제주), BRT내 자율버스(충북·세종) 등 다양한 서비스 실증 진행

III. 자율주행을 위한 제도 도입 현황

유럽, 미국, 일본 등은 레벨4 이상의 자율주행 자동차에 대비하여 자율주행의 정의, 책임자 구분 등 상용화를 위한 법안 및 가이드라인 마련

- (독일) 독일은 '13년부터 자율주행에 대한 논의를 시작하였으며 최근에는 도로교통법(Straßenverkehrsgesetz) 및 자동차 의무보험법(Pflichtversicherungsgesetz)을 개정하며 자율주행 제도적 환경 조성
- '21년 독일은 운전자 없는 자율주행 자동차를 정의하며 레벨4 이상의 자율주행 자동차 주행 요건을 마련
- 자율주행자동차 관련 당사자를 소유자, 기술감독관, 제조사로 구분하고 각각 시스템 보수, 시스템 상태 모니터링, 안전교육 및 안전·보안 증명 책임 부여
- (영국) 영국은 '18년 자율주행자동차 사고 시 보험처리를 위한 자율주행 및 전기 자동차법(Automated and Electric Vehicles Act) 시행
- 자율주행 자동차 사고 발생 시 피해보상을 보험사가 1차적으로 지급하도록 하여 피해 구제 장치를 강화하였으며 보험사는 책임에 따라 구상권 행사 가능



- (미국) '16년 소비자 교육·훈련, 윤리적 판단 등 자율주행 자동차의 입법 방향을 제시하였으며 '22년 도로교통안전국(NHTSA)은 자율주행 자동차 충돌 시 승객 안전보호 규정 마련(49 CFR 571)
- '22년 운전석에 없는 자율주행 자동차에서 좌석 위치에 따른 안전규정을 마련하여 승객이 마주 보는 실내 좌석 디자인 등이 가능해짐
- (일본) '19년 도로교통법과 도로운송차량법을 개정하며 자동운행장치로 자동차를 사용하는 행위를 '운전' 정의에 추가

한국은 '19년 자율주행자동차법, '20년 자동차손해배상보장법, '20년 자율주행자동차 윤리 가이드라인 등 자율주행 상용화를 위한 법과 제도 마련 중

- 자율주행차법은 자율주행자동차, 자율주행시스템, 정밀도로지도 등 관련 용어를 정의하고 자율주행자동차 이용촉진, 이용환경 조성 등의 내용을 포함하고 있음
- 자율주행자동차를 사용하는 사람은 자동차 운행으로 발생하는 사고 피해에 대해 손해배상 책임을 져야함
- '20년 국토교통부가 발간한 자율주행 윤리 가이드라인에서는 자율주행자동차 관련 설계자, 제작자, 관리자, 서비스 제공자, 이용자별 행동원칙 제시

IV. 시사점

산·학·연·관의 긴밀한 협업관계를 구축하여 자율주행 자동차 산업의 경쟁력 강화 필요

- 자율주행 자동차는 차체, 소프트웨어, 플랫폼, 인프라 등 폭 넓은 산업 생태계를 형성할 전망
- IT기업, 부품기업, 자동차기업간 협력관계 확대로 자율주행 자동차 생태계 경쟁력 강화
- 자율주행을 위한 지능형교통체계(C-ITS) 인프라를 구축하여 수준 높은 자율주행 환경을 조성

선제적인 법·제도 정비를 통하여 자율주행 자동차 상용화를 위한 환경 조성

- 레벨4 이상의 자율주행 자동차의 안전기준, 보험, 관리 등 제도 정비 필요
- 자율주행 자동차의 부품 및 소프트웨어 등 기존 자동차에 적용되지 않던 신 기술에 대한 안정성 인증 등 제도 마련 필요
- 자율주행 데이터의 개인정보 비식별화 수준 등 데이터 사용 및 활용을 위한 기준 마련
- 개인정보 침해·유출 등을 방지하기 위한 자율주행 데이터 등 관리제도 마련



I. 자율주행 자동차 개요

자율주행은 운전자를 대신하여 주변 상황을 인지하고 판단하여 자동차를 제어하는 기술로 시스템의 자동화 정도에 따라 총 6단계로 구분

- 미국자동차공학회(SAE)는 자율주행 기술 수준에 따라 온전히 사람이 운전해야 하는 레벨 0부터 완전한 자율주행 기술인 레벨 5까지 총 6단계로 구분
 - 자율주행의 단계가 높아질수록 시스템의 자동차 제어 권한이 커지는 형태
 - 레벨1~레벨2는 속도 제어, 차선 유지 등 시스템이 운전자를 보조하는 정도의 기능을 수행
 - 레벨3 이상은 자율주행 시스템이 주도권을 가지며 필요시에만 운전자가 개입하는 단계
 - 레벨4는 운전자의 개입이 불필요하나 특정 구간에서만 자율주행이 가능한 단계
 - 레벨5는 운전자 없이 모든 구간에서 자율주행이 가능한 자율주행 단계
- 현재 판매되고 있는 자동차 자율주행 기술의 대다수는 레벨 1~2 수준으로 운전자 보조 역할을 수행

자율주행의 단계별 구분

레벨 구분	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
운전자 보조 기능			자율주행 기능			
명칭	無 자율주행 (No Automation)	운전자 지원 (Driver Assistance)	부분 자동화 (Partial Automation)	조건부 자동화 (Conditional Automation)	고도 자동화 (High Automation)	완전 자동화 (Full Automation)
자동화 항목	없음(경고 등)	조향 or 속도	조향 & 속도	조향 & 속도	조향 & 속도	조향 & 속도
운전주시	항시 필수	항시 필수	항시 필수 (조향핸들 상시 잡고 있어야함)	시스템 요청시 (조향핸들 잡을 필요, 제어권 전환 시만 잡을 필요)	작동구간 내 불필요 (제어권 전환)	전 구간 불필요
자동화 구간	-	특정구간	특정구간	특정구간	특정구간	전 구간
시장 현황	대부분 완성차 양산	대부분 완성차 양산	7~8개 완성차 양산	1~2개 완성차 양산	3~4개 벤처 생산	없음
예시	사각지대 경고	차선유지 또는 크루즈 기능	차선유지 및 크루즈 기능	혼잡구간 주행지원 시스템	지역(Local) 무인택시	운전자 없는 완전자율주행

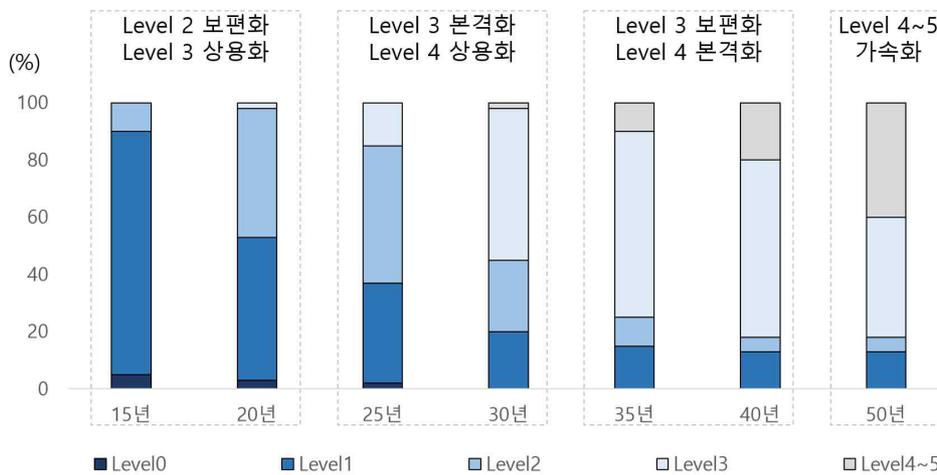
자료: 산업통상자원부



레벨 3 자율주행 기술은 현재 상용화 초기 단계로 2030년 이후 보편화 될 전망이며, 레벨 4 이상의 자율주행 기술은 2025년부터 상용화가 시작될 전망

- 레벨3 자율주행 자동차는 벤츠 EQS, 아우디 A8, 혼다 Legend 등이 있음
- 현대, 스텔란티스 등의 완성차 업체도 레벨3 수준의 자율주행 자동차 출시 계획으로 레벨3 수준은 '30년부터 본격화될 전망
- 레벨 4 이상의 자율주행 기술 실현을 위해서는 하드웨어 및 소프트웨어 개발, 인프라 구축, 법적 토대 마련 등이 필요하며 '25년부터 버스 등에서 상용화가 될 전망

자율주행 단계별 성장 전망



자료: Glendale Analysis

운전자가 없는 레벨4 이상의 자율주행 기술은 지정된 구역에서 운행이 가능한 버스, 택시 등으로 시범 운행 중

- (버스·셔틀) 레벨4 이상의 자율주행 자동차는 정해진 노선을 이동하는 버스·셔틀에 우선 적용될 전망으로 네덜란드, 프랑스, 영국, 싱가포르, 중국 등 여러 국가에서 도심 자율주행 버스 서비스 중
- 한국은 '22년 서울 상암동, 청계천 인근에서 자율주행 버스 시범 서비스를 시작하였으며 '25년까지 자율주행 버스·셔틀 상용화 계획
- (로보택시) Waymo, GM, Lyft 등은 피닉스, 샌프란시스코, 라스베가스 등 미국에서 운전자가 없는 로보택시 운영 중
- 현대차와 카카오모빌리티는 강남 지역에서 임직원을 대상으로 로보택시 시범 서비스 중
- (트럭) 장거리 주행을 하는 상용트럭은 자율주행 기술 적용에 유리한 분야로 주요 개발 업체는 Waymo, Benz, Plus, Kodiak, TuSimple 등이 있음



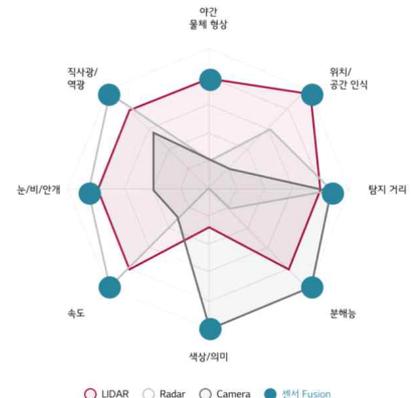
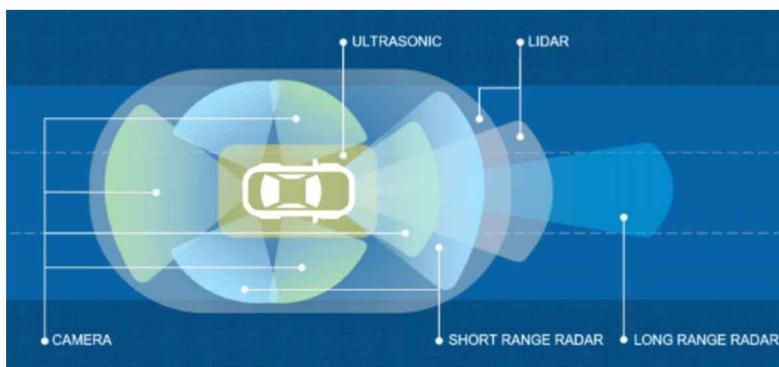
II. 자율주행 기술

1. 자율주행 자동차 주요 기술

(인지) 라이다, 레이더, 카메라 등의 센서 정보를 종합하여 주변 지형지물, 사람, 신호등, 차선 등을 파악할 수 있음

- (라이다) 라이다(Lidar: Light detection and ranging)는 주변으로 짧은 파장(905nm~1550nm)의 빛을 방출하고 사물에 반사되어 돌아오는 시간 및 위상차 등을 측정하여 사물과의 거리 등을 측정하는 센서
 - 라이다는 분해능(해상도)이 뛰어나고 3D이미지를 구현할 수 있으나 높은 가격을 형성하고 있으며 비·안개 등 기상 상황에 영향을 크게 받는다는 단점이 있음
- (레이더) 레이더(Radar: Radio detection and ranging)의 원리는 라이다와 같으나 파장이 긴 전자기파(3mm~30cm)를 이용하여 물체와의 거리·속도를 측정
 - 레이더는 저렴하면서도 날씨 등 외부 환경 영향을 크게 받지 않는다는 장점이 있으나 분해능이 떨어지는 단점이 있음
- (카메라) 신호등 색, 차선, 표지판 등 주변 사물의 색상을 인지할 수 있어 사람의 눈과 같은 역할을 함
 - 주변 사물의 질감, 색 등을 인지할 수 있으나 외부 환경(날씨, 낮·밤)에 크게 영향을 받으며 3D이미지 구현 및 사물과의 거리 측정이 어려움
- (센서퓨전) 여러 종류의 센서에서 수집한 정보를 모두 취합하여 주변 환경을 인지하는 기술로 각 센서별 장단점을 상호보완하는 기술

자율주행 자동차 센서별 탐지 범위 및 성능



자료: National Instruments, LG이노텍



(정밀측위) 정밀지도, 위성항법기술, 지능형교통체계, 센서 등을 통해 자동차의 정확한 위치를 파악

- (정밀지도) 도로의 차선, 신호등 위치, 표지판 등의 정적데이터와 공사구간, 혼잡도 등의 동적데이터로 구분하며 정확한 위치정보와 더불어 빠른 갱신주기가 요구됨
- (위성항법시스템) 위성을 이용하여 위치정보를 파악하는 기술로 터널, 지하 등 위성 신호 수신 품질이 떨어지는 지역에서는 사용이 어렵다는 한계가 있음
- 한국은 미국에서 개발한 GPS를 사용하고 있으나 약 10m의 오차가 있어 이를 줄이기 위한 보정시스템을 개발 중이며 cm급 위치정보를 제공하는 한국형 위성항법시스템 KPS 구축 계획 중
- (지능형교통체계) 지능형교통체계(C-ITS, Cooperative-Intelligent Transport System)는 교통 인프라 및 자동차간 통신 등을 통해 교통체계 운영 및 관리를 자동화하는 시스템으로 C-ITS와 연동하여 자동차의 실시간 위치를 파악할 수 있음
- C-ITS는 실시간 노면상태(결빙 등), 공사구간·혼잡 등 도로상황, 인프라-차량 통신 등 교통량 및 긴급상황에 따른 스마트 신호운영 등 제공
- (센서) 기상악화, 지하 등 외부요인에 의해 위성항법시스템을 사용하기 어려운 경우 차량 내 가속도센서, 자이로센서 등을 통해 현재 차량 위치를 추정할 수 있으며 카메라, 라이다, 레이더를 통해 들어오는 주변 표지판·지형지물을 정밀지도와 비교하여 위치 오차 보정 가능

차세대 지능형교통체계(C-ITS) 개요



자료: 국토교통부



(판단) 주변 상황, 현재 위치, 교통량을 고려하여 주행 속도, 최적 경로 등을 결정

- (객체 인식) 센서를 통해 들어온 정보에서 보행자, 차량, 신호등, 표지판, 차선 등을 구분하고 시간에 따라 상태 변화를 추적하는 기술
 - 가로수, 표지판 등 정적 객체로부터 정보를 얻어 차량의 정확한 위치를 파악하고 자동차의 속도 및 경로 결정
 - 차량, 자전거 등 시간에 따라 위치가 변하는 동적 객체의 미래 위치를 예측하고 충돌을 방지하기 위한 주행 판단 필요
- (SoC) SoC(System on Chip)은 CPU, GPU, 메모리, 통신 등을 칩 하나에 담은 반도체로 수집한 정보를 처리하고 판단하는 역할 수행
 - 실시간 정보를 빠르게 처리하고 안전한 주행 판단을 할 수 있어야 하며 낮은 소비 전력 요구
- (슈퍼컴퓨팅) 자동차가 주행하면서 수집한 방대한 양의 데이터를 관리하고 처리하기 위해서는 높은 수준의 연산 처리 능력이 필요
 - 수집한 데이터를 통해 인공지능 성능을 향상하여 예측 정확도를 높여 안전한 자율주행 실현
- (경로최적화) 교통혼잡, 에너지 소비 등을 고려하여 출발지에서 도착지까지 도달하는 최적의 경로를 생성하는 알고리즘 개발이 필요함

(제어) 상황에 따라 가속·감속, 제동, 조향 등 자동차를 제어하여 안전하게 목적지 도달

- (안전) 속도제어, 차선변경 등 일상적인 주행을 비롯하여 긴급상황시 급제동·방향전환 등의 상황에서도 2차사고를 예방하는 등의 안정적인 제어 기술 필요
 - 주행 속도에 따라 조향각도 및 제동 정도가 달라지므로 각 시스템을 통합 제어하는 시스템으로 안정성 향상
 - 긴급상황에서 과도한 조향 및 급제동을 하기 전 내부 탑승자에게 경고를 하여 사고에 대비할 수 있게 하는 등의 안전장치도 필요
- (편의) 노면 상태에 따라 현가장치를 자동으로 조절하여 승차감 향상



자율주행 시스템 구성



주) -V2X(Vehicle to Exverything): 차량과 다른 차량, 인프라 등과 통신하며 정보를 교환하는 기술로 차량-차량(V2V), 차량-인프라(V2I), 차량-보행(V2P), 차량-모바일기기(V2N) 등이 있음
 - ADAD(Advanced Driver Assistance System): 첨단 운전자 보조 시스템으로 전방 충돌, 차로 이탈 등을 방지해주는 기술

자료: 경북테크노파크



2. 전 세계 자율주행 자동차 개발 현황

레벨4 이상의 자율주행 경쟁력 강화를 위한 자동차 기업, IT기업, 부품기업간의 협력 관계 확대 중

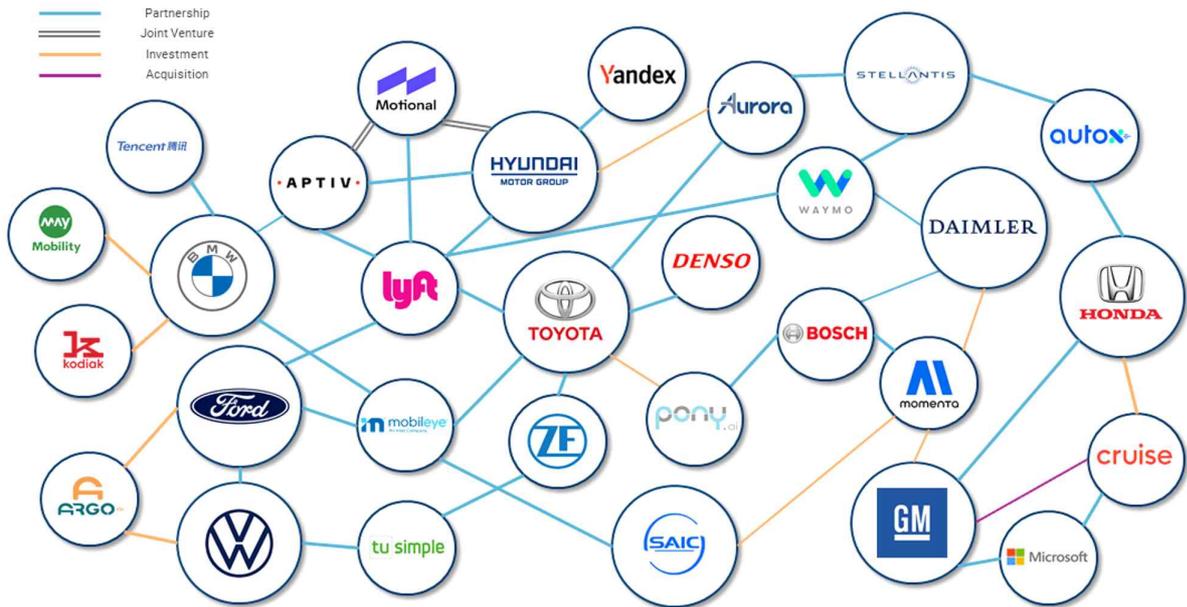
- (웨이모) '18년 Waymo One 자율주행 자동차 서비스를 출시하였으며 '20년 자율주행 배송 및 차량 개발을 위해 물류 업체인 UPS 및 완성차 업체인 FCA와 협업 강화
- (인텔) 인텔은 '17년 모빌아이를 인수하고 BMW, 닛산 등 완성차 업체와 맵핑 기술(REM) 파트너십 구축
- (아마존) 전기차 스타트업 리비안과 자율주행 기술 스타트업 오로라 이노베이션에 투자하였으며, '20년 자율주행 기술 스타트업 죽스(Zoox) 인수
- (엔비디아) '16년 자율주행용 컴퓨팅 플랫폼을 공개하였으며 메르세데스-벤츠와 자율주행 자동차 개발 협력 확대
- (GM) '19년 자율주행 스타트업 크루즈를 인수하였으며 혼다와 파트너십을 체결하고 자율주행 자동차 '오리진' 발표
- (테슬라) 전기차 선두업체인 테슬라는 라이다 없이 카메라를 이용한 자율주행 기술을 개발하고 있으며 빅데이터 학습 및 연산을 위한 슈퍼컴퓨터 '도조(Dojo)' 공개
- (토요타) '19년 덴소, 아이신 세이키와 자율주행 연구소(TRI-AD)를 설립하고 28억 달러 규모의 투자를 발표하였으며 '20년 자율주행 스타트업 Pony.ai에도 4억 달러 투자
- (콘티넨탈) 콘티넨탈은 장거리 라이다 솔루션 개발을 위해 라이다 스타트업 AEye에 투자하였으며 텍사스에 1억 유로 규모의 레이더 센서 공장 건설 발표
- (바이두) '17년 자율주행 플랫폼 아폴로를 출시하고 베이징, 상하이, 광저우 등에서 테스트를 실시하였으며 지리자동차와 합작하여 '지두 자동차' 설립
- (디디추싱) '17년 실리콘밸리에 자율주행 기술 연구소를 세우고 캘리포니아, 상하이, 베이징 등에서 테스트 진행 중
- (텐센트) 중국의 전기차 스타트업 니오와 자율주행 및 정밀지도 제작에 협력하기로 발표



아르고시, 우버 등은 단기적으로 수익성 확보가 어려운 자율주행 시스템에 대한 개발 중단 및 전략 변경

- 아르고시는 폭스바겐과 포드의 투자를 받은 자율주행 스타트업으로 우수한 기술력을 인정받고 있었으나 '22년 사업 중단 선언
 - 폭스바겐과 포드는 레벨4 이상의 자율주행 자동차 완성에는 긴 시간이 소요될 것으로 예상하며 투자 중단 발표
 - 포드와 폭스바겐은 레벨3 수준의 자율주행 기술 개발로 전략 변경
- '20년 우버는 자율주행사업부 ATG(Advanced Technologies Group)를 자율주행 스타트업 오로라 이노베이션에 매각 결정
 - 팬데믹으로 인한 경영난, ATG의 재정적자로 우버는 오로라 이노베이션에 ATG를 40억 달러에 매각하고 추가적인 투자를 통해 오로라 지분 26% 확보
- '22년 블룸버그는 애플의 자율주행 기술 목표가 '전 구간 완전 자율주행'에서 '고속도로에서만 완전 자율주행'으로 축소되었으며 출시 시기도 '25년에서 '26년으로 연기되었다고 보도

자율주행 기술 파트너십



*Based on 2020 revenue (Statista.com)

CBINSIGHTS

자료: CB Insights



미국, 유럽, 중국, 일본 등 주요국은 레벨3 이상의 자율주행 택시, 버스 등 시범 서비스 운영 중

- 미국은 캘리포니아, 오하이오, 플로리다, 버지니아 등에서 자율주행 버스, 택시 서비스 운영 중
 - 웨이모, 크루즈, 모셔널 등의 업체는 운전자 없는 자율주행 택시 서비스 운영 중
- 프랑스, 독일 등 유럽 국가에서는 일반 도로에서 자율주행 서비스 운영
 - 자율주행 기업 나브야(Navya)는 파리 등에서 무인셔틀 서비스 중
 - 자율주행 기업 이지마일(EasyMile)은 독일 베를린, 프랑크푸르트 등에서 무인셔틀 서비스 운영
- 중국은 베이징, 충칭, 우한 등에서 무인 자율주행 서비스 시행
 - 바이두는 베이징, 충칭, 우한에서 자율주행 서비스 허가를 받았으며 향후 상하이 등으로 확장할 것으로 전망
- 일본은 시골 등지에서 고령자의 이동을 돕기 위해 자율주행버스 실용화
 - 소프트뱅크의 자율주행 자동차 개발회사인 SB 드라이브는 오키나와에서 자율주행 버스 실증

'21년¹⁾ 캘리포니아 차량관리국에 따르면 26개의 업체가 총 658만km 자율주행 테스트를 수행하였으며 안전을 위해 운전자가 개입하는 등 자율주행 시스템이 정지된 사례는 2,676건이 보고됨

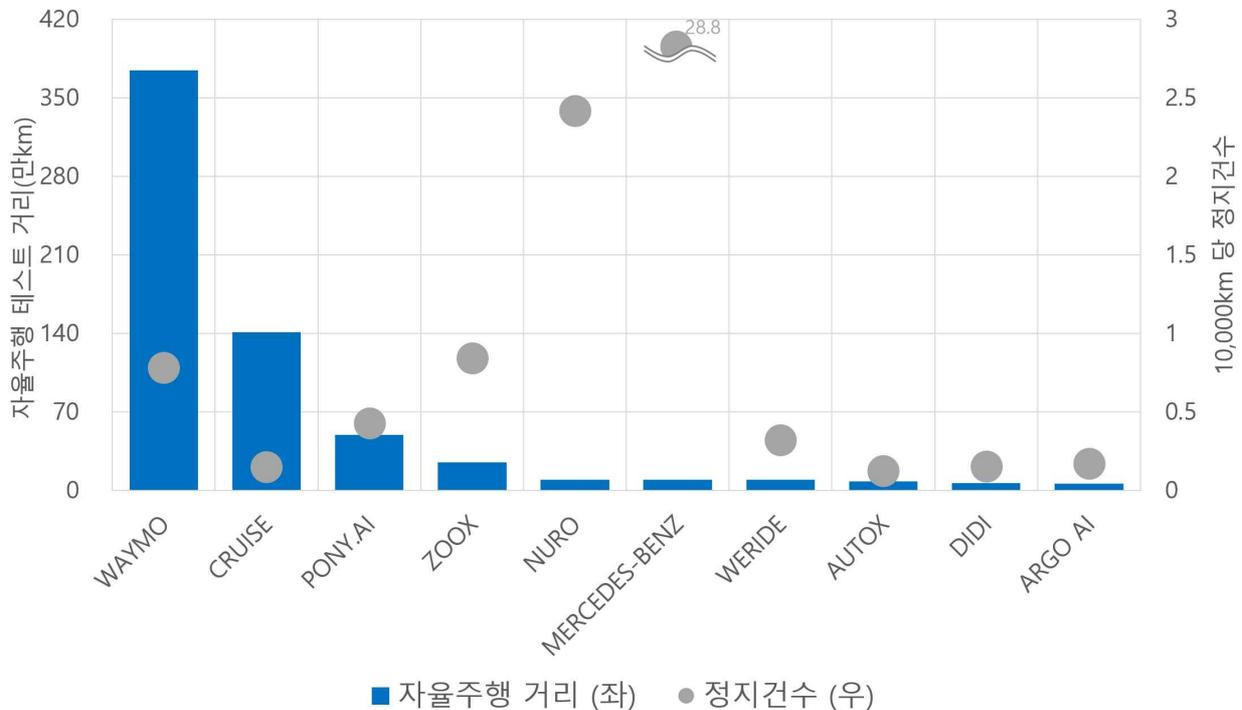
- 캘리포니아 차량관리국은 자율주행 테스트 허가를 내준 업체의 주행거리 및 자율주행 오류에 대한 보고서를 공개하고 있음
- 가장 긴 자율주행 테스트 운행거리를 기록한 업체는 미국의 웨이모로 총 374만km를 테스트하였으며 뒤를 이어 크루즈가 141만km를 테스트
 - 완성차 업체로는 메르세데스 벤츠, 토요타, 닛산이 각각 9.4만km, 2.2만km, 0.1만km를 테스트

1) 2020년 12월부터 2021년 11월까지의 자율주행 테스트 자료



- 자율주행 테스트 중 시스템이 운전자에게 제어권을 넘기거나 운전자가 개입하는 등 시스템이 정지된 사례는 총 2,676건이 보고됨
 - 속도 조절, 장애물 발견, 차선 유지, 다른 차량의 끼어들기, 보행자 안전 등을 위해 운전자가 개입하며 자율주행 시스템을 정지한 사례가 주된 시스템 정지 요인
- 중국의 자율주행 자동차 스타트업인 AutoX가 1만km 당 0.12번으로 가장 적은 주행거리 당 정지 건수를 기록
 - 뒤를 이어 크루즈와 디디가 각각 1만km 당 0.15건의 자율주행 시스템 정지 건수를 기록
 - 자율주행 테스트 거리 상위 10개 업체 중 가장 많은 자율주행 시스템 정지 건수를 기록한 업체는 메르세데스 벤츠로 1만km 당 28.8건의 오류 발생

자율주행 테스트 거리 및 정지 건수



자료: California DMV



3. 국내 자율주행 자동차 개발 현황

전장, 인프라, 소프트웨어, 보안 등 다양한 분야에서 자율주행 관련 연구개발이 이루어지고 있음

- (현대차) 자율주행 기업 애플티브와 합작법인 '모셔널'을 설립하고 차량 호출 서비스 업체인 리프트와 함께 미국 라스베이거스에서 무인택시를 운영하고 있으며 '23년 상반기 자율주행 레벨3 수준의 자동차 출시 계획
- (삼성전자) '17년 커넥티드 카 시스템 업체인 하만을 80억 달러에 인수하였으며 라이다 개발에 착수하는 등 전장사업 강화 계획
- (LG이노텍) 카메라, 레이더, 라이다, 통신 모듈 개발 등 센서퓨전 역량 보유
- (만도) '19년 만도의 '하키'는 레벨4 수준의 자율주행 시험 운행에 성공하였으며 라이다, 레이더, 카메라 모듈 등 생산
- (네이버랩스) 자율주행 기술, 자율주행을 위한 정밀 지도 제작·최신성 유지, 디지털 트윈 구축 등 다양한 연구 수행 중
- (통신사) 도시와 협력하여 자율주행을 위한 통신 인프라를 구축
 - (SKT) '22년 6월 SKT는 서울시와 상암지역 차세대 지능형교통체계(C-ITS) 실증사업의 일환으로 신호정보, 위험 알림 등의 정보를 관제할 수 있는 시스템 구축
 - (KT) '22년 11월 KT는 대구광역시에서 카카오모빌리티, 한국자동차연구원, 현대오트모에버, 뉴빌리티, 오토노머스에이투지와 자율주행 서비스 '달구벌자율차' 개시
 - (LG U+) '21년 11월 LG U+는 세종시에 자율주행 자동차 실시간 현황, V2X(Vehicle to Everything) 인프라 관리 등 관제센터 구축
- (스타트업) 자율주행은 다양한 하드웨어 및 소프트웨어가 필요한 기술로 포티투닷, 오토노머스에이투지, 서울로보틱스, 아우토크립트, 에스오에스랩 등 많은 스타트업이 생겨나고 있음
 - 국내 스타트업은 라이다 개발, 통신보안, 모빌리티 솔루션 등 다양한 분야에서 완성차 업체 등과 파트너십을 맺는 등 성과를 내고 있음



한국은 '20년부터 자율주행 자동차 시범운영지구를 운영하고 있으며 서울 상암, 세종, 광주 등 6개 지구에서 11개 기업이 제공한 서비스 거리는 총 2.1만km

- '20년 서울 상암 등 6개 지구가 지정된 이후 '22년 16곳으로 확대
- 서울 여의도, 인천, 충남 등 시범운영지구 지정을 협의 중으로 향후 자율주행 자동차 시범운영지구는 더욱 확대될 전망
- 노면청소차 등 특장차(광주), 관광연계형 모빌리티(제주), BRT내 자율버스(충북·세종) 등 다양한 서비스 실증 진행
- 국토교통부는 서비스 활성화를 위한 행정적·재정적 지원방안을 검토 예정으로 밝혀 향후 자율주행 서비스 확대가 기대됨

자율주행 자동차 시범운영지구 현황

연번	지구(지자체)	사업 유형	공간 범위	실증착수
1	서울	상암	수요응답형 셔틀, 택시 등 · 서울 상암동 일원 6.2Km ² 범위	'21.11
2		강남	수요응답형 셔틀, 택시 등 · 강남구-서초구 일원(20.4km ²)	'23.상
3		청계천	수요응답형 셔틀 등 · 종로구 청계천 일원(8.8km)	23.상
4	경기	판교	수요응답형 셔틀, 택시 등 · 경기도 분당구-수정구 일원(1.34km ²)	23.상
5		시흥	수요응답형 셔틀 등 · 배곧동, 정왕 일원(12.8km)	23.상
6	강원	강릉	수요응답형 셔틀 등 · 강릉역~올림픽파크 일원(15.8km)	23.상
7		원주	수요응답형 셔틀 등 · 혁신도시 반곡관설동(10km)	23년중
8	충북·세종	BRT 버스 등	· 오송역↔세종터미널 BRT노선(22.4km)	'22.1
9	세종	수요응답형 셔틀, BRT 등	· BRT 노선(22.9km, 1~4생활권 25km ²)	'20.12
10	광주	공공정보수집차량, 무인청소차 등	· 광산구 평동산단 등(4.4km ² 14.2km)	'21.2
11	대구	수요응답형 셔틀, 택시 등	· 테크노폴리스 등(19.3km ² 22.6km)	'22.1
12	제주	수요응답형 셔틀, 택시 등	· 제주공항↔중문관광단지(38.7km) 등	'21.12
13	전북 군산	수요응답형 셔틀 등	· 고군산군도·새만금산단(41.6km)	23년중
14	전남 순천	수요응답형 셔틀 등	· 순천역~순천만국가정원(9.2km)	23.상
15	부산	수요응답형 셔틀	· 기장군 오시리아 관광단지(4.75km)	23년중
16	전북 익산	수요응답형 셔틀	· 익산 KTX역 ↔ 시외터미널 등(10.7km)	23년중

자료: 국토교통부



III. 자율주행을 위한 제도 도입 현황

1. 자율주행 자동차 제도의 고려사항

(안전) 자율주행 자동차에 탑재되는 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 안전기준 수립이 필요함

- 자율주행 자동차에 대한 정기검사 기준 및 자율주행 안전 기준 마련 필요
 - 자동차 소프트웨어 임의 변경 검사 등 새로운 검사 체계 마련
- 차량-인프라, 차량-차량 등 통신에 대한 인증 및 보안에 대한 기준 필요
- 센서, 통신, 자율주행 소프트웨어 등 시스템 고장에 대한 알림 장치 필요
- 운전자가 없는 자율주행에 대한 허용 요건 마련 필요
 - 부분 자율주행은 위급상황 시 운전자가 즉각 자동차의 주행 통제권을 넘겨 받는 등의 대응 매뉴얼 필요
- 자율주행시 국가별로 상이한 교통법규를 준수하여야 함
- 부분적으로 운전자의 개입이 필요한 레벨3~4단계 수준의 자율주행 자동차의 면허 발급 요건에 대한 논의 필요
 - 운전자가 주도권을 갖고 자동차 운전을 해야하는 상황이 있으므로 현 수준의 면허에 더해 비상시 대응 능력 등이 필요

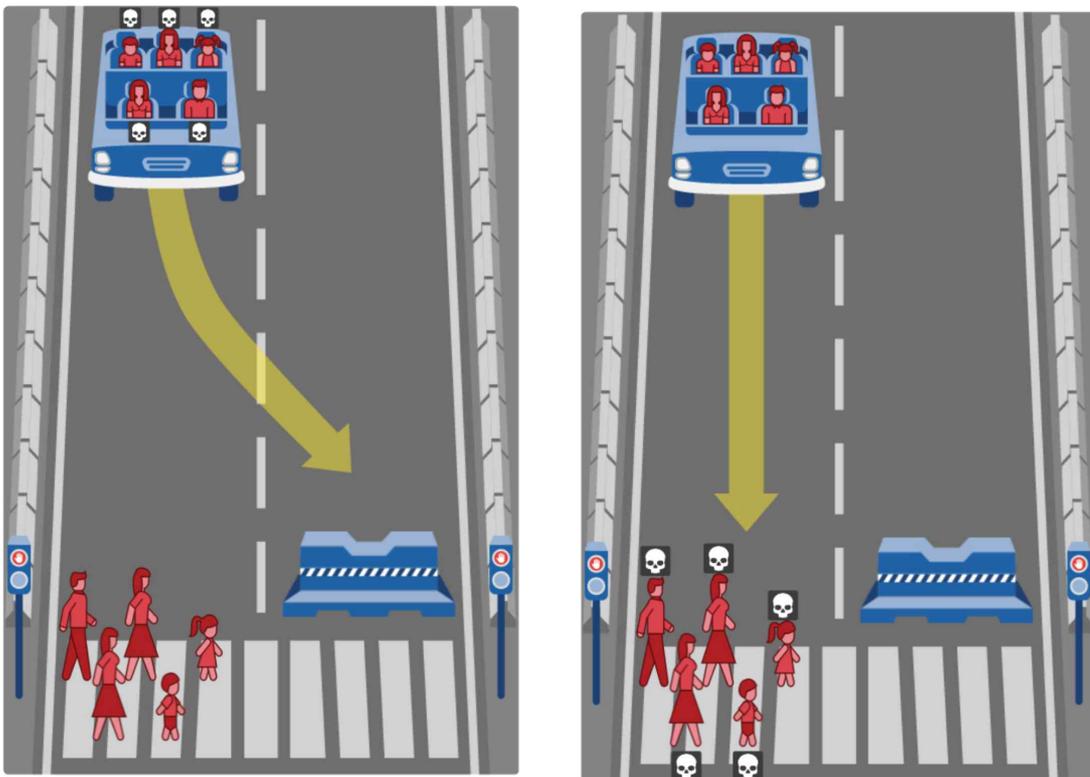
(책임) 자율주행 자동차는 인프라 결함, 소프트웨어 오류, 센서·차량 고장, 운전자 조작 미숙 등 다양한 사고원인이 발생할 수 있어 사고 시 책임소재를 가르기 어려운 측면이 있음

- 자율주행 단계에 따른 자율주행 시스템 관여 정도, 자동차의 주요 운행 주체에 따라 책임 분배를 할 수 있어야 함
 - 자율주행 시스템과 사람 중 자동차를 운전하는 주체에 대한 판단 필요
 - 운전자가 시스템을 신뢰하여 자율주행 상태로 운행하던 중에 보행자에게 상해를 입힌 경우 운전자의 과실 여부 판단 요건 마련
- 자율주행 자동차 사고 발생의 명확한 원인을 파악하기 위한 기록장치 필요



- 자율주행 자동차 운행 중 센서 등을 통해 수집하는 정보의 관리 주체 판단
 - 자율주행시 수집한 정보 및 자동차의 주행정보는 자율주행 기술 발전에 활용할 수 있으나 프라이버시 침해가 있어 데이터 비식별화가 필수적
 - 사고를 피할 수 없는 '트롤리 딜레마²⁾' 상황 등에서 자율주행 시스템의 판단 지침 마련
 - MIT는 자동차의 브레이크 고장 등으로 충돌을 피할 수 없는 상황에서 운전자, 보행자(남녀노소) 중 보호 대상을 결정하는 딜레마 상황에 대한 견해 조사
 - 전체적으로 성인보다 아이를 보호하려는 경향이 강했으며 문화에 따라 남녀노소, 보행자 대 운전자 등 우선 보호 대상에 차이가 발생하여 일관적인 기준 적용 불가능
- * 윤리적딜레마 예시: 1) 보행자와 충돌 vs 방향을 꺾어 벽과 충돌 (운전자 부상·사망)
2) 어린아이 보행자와 충돌 vs 성인 보행자와 충돌

자율주행 자동차의 윤리적 딜레마



자료: Moral Machine (MIT)

2) 트롤리 딜레마: 브레이크가 고장난 트롤리가 그대로 주행하면 5명과 충돌하고 선로를 변경하면 1명과 충돌하는 윤리적 딜레마를 대표하는 사례로 자율주행 자동차의 경우 운전자 대 보행자 희생 등의 예시가 있음



2. 주요국 입법 현황

유럽, 미국, 일본 등은 레벨4 이상의 자율주행 자동차에 대비하여 자율주행의 정의, 책임자 구분 등 상용화를 위한 법안 및 가이드라인 마련

- (독일) 독일은 '13년부터 자율주행에 대한 논의를 시작하였으며 최근에는 도로교통법(Straßenverkehrsgesetz) 및 자동차 의무보험법(Pflichtversicherungsgesetz)을 개정하며 자율주행 제도적 환경 조성
 - 독일은 '17년 '자율주행자동차 교통의 윤리적 원칙'을 발표하며 사고 상황에서 성별, 연령, 종교적 차별을 금해야 한다는 가이드라인을 제시
 - '21년 독일은 운전자 없는 자율주행 자동차를 정의하며 레벨4 이상의 자율주행 자동차 주행 요건을 마련
 - 자율주행자동차 관련 당사자를 소유자, 기술감독관, 제조사로 구분하고 각각 시스템 보수, 시스템 상태 모니터링, 안전교육 및 안전·보안 증명 책임 부여
- (영국) 영국은 '18년 자율주행자동차 사고 시 보험처리를 위한 자율주행 및 전기 자동차법(Automated and Electric Vehicles Act) 시행
 - 자율주행 자동차 사고 발생 시 피해보상을 보험사가 1차적으로 지급하도록 하여 피해 구제 장치를 강화하였으며 보험사는 책임에 따라 구상권 행사 가능
- (미국) '16년 소비자 교육·훈련, 윤리적 판단 등 자율주행 자동차의 입법 방향을 제시하였으며 '22년 도로교통안전국(NHTSA)은 자율주행 자동차 충돌 시 승객 안전보호 규정 마련(49 CFR 571)
 - '16년 입법 과제는 안전, 보안, 사생활 보호, 사고 대처 및 검증 등 자율주행 자동차에 필요한 성능 지침 제시
 - '22년 운전석이 없는 자율주행 자동차에서 좌석 위치에 따른 안전규정을 마련하여 승객이 마주 보는 실내 좌석 디자인 등이 가능해짐
- (일본) '19년 도로교통법과 도로운송차량법을 개정하며 자동운행장치로 자동차를 사용하는 행위를 '운전' 정의에 추가
 - '22년에는 정상운행이 불가능한 상황에서 자동차 스스로 정지할 수 있도록 하여 레벨4 이상의 자율주행 운행 규정
 - 자율주행 업무종사자를 운행기록장치 책임이 있는 특정자동운행 실시자, 주행 모니터링 및 사고대처 업무를 담당하는 특정자동운행 주임자, 현장 대처 및 부상자 구호 등의 역할을 하는 현장조치업무 실시자 등으로 구분하여 책임 규정



한국은 '19년 자율주행자동차법, '20년 자동차손해배상보장법, '20년 자율주행자동차 윤리 가이드라인 등 자율주행 상용화를 위한 법과 제도 마련 중

- 자율주행차법은 자율주행자동차, 자율주행시스템, 정밀도로지도 등 관련 용어를 정의하고 자율주행자동차 이용촉진, 이용환경 조성 등의 내용을 포함하고 있음
- 5년마다 자율주행 교통물류 기본계획을 수립하여야 하며 시범운영지구 지정·운영·관리·평가, 정밀도로지도 구축, 인력양성 등을 할 수 있음
- 자율주행자동차 사고 원인 규명을 위한 자율주행정보 기록장치 부착을 의무화
- 사고를 조사하고 기록장치 정보 수집·이용 등의 업무를 수행하는 자율주행자동차사고조사 위원회 구성 등의 내용 포함
- 자율주행자동차를 사용하는 사람은 자동차 운행으로 발생하는 사고 피해에 대해 손해배상 책임을 져야함
- 자율주행 결함으로 인한 사고에 대해서는 보험회사 등이 책임자에게 보험금 등을 구상할 수 있음
- '20년 국토교통부가 발간한 자율주행 윤리 가이드라인에서는 자율주행자동차 관련 설계자, 제작자, 관리자, 서비스 제공자, 이용자별 행동원칙 제시
- 행동원칙은 투명성, 제어 가능성, 책임성, 안전성, 보안성으로 구성
- 설계자는 자율주행 자동차의 운행기록, 제작자는 인증기준 충족, 관리자는 사고 사후조치, 서비스 제공자는 개인정보 보호, 이용자는 불법 개조 금지 등 행위주체별 행동원칙 제시

주요국 자율주행 제도 현황

	제도 현황	주요내용	현재 운행가능 수준	
			레벨3	레벨4
	·연방자율주행차정책(FAVP) 자율주행 단계별 가이드라인 제시 (2016.9) ·연방자동차안전기준 규칙 개정 (2022.3.10.)	·각 주 정부의 법에 따라 레벨3 이상 차량 주행 허용 ·기존 제어장치 장착하지 않은 자율주행차 허용	운행 가능	운행 가능
	·레벨4 실용화를 위한 자율주행법 제정(2021.5)	·무인자율주행차 허용	운행 가능	운행 가능
	·도로운송차량법 개정 완료(2019.5) ·자율주행차 안전기준 공포(2020.3)	·레벨3 제도 정비 ·혼다 레벨3 자율주행 시스템 시판 승인	운행 가능	임시 운행 가능
	·자율주행차 분야 선제적 규제혁파 로드맵(2018) ·자동차손해배상보장법 개정(2021.4)	·2027년까지 레벨4 자율주행 상용화 목표 추진 ·자율주행 기록장치 설치 의무화 등	운행 가능	임시 운행 가능

자료: 한국경제연구원



IV. 시사점

산·학·연·관의 긴밀한 협업관계를 구축하여 자율주행 자동차 산업의 경쟁력 강화 필요

- 자율주행 자동차는 차체, 소프트웨어, 플랫폼, 인프라 등 폭 넓은 산업 생태계를 형성할 전망
- IT기업, 부품기업, 자동차기업간 협력관계 확대로 자율주행 자동차 생태계 경쟁력 강화
- 자율주행을 위한 지능형교통체계(C-ITS) 인프라를 구축하여 수준 높은 자율주행 환경을 조성
- 사이버 보안 기준 및 통신 시스템 해킹 등에 대한 대응책 마련 필요

금리 인상, 경기 침체 등으로 자율주행 관련 투자가 줄어들며 자율주행 기술개발 속도는 다소 둔화될 것으로 예상

- 아르고AI 사례와 같이 사업중단을 선언하는 등 수익성 확보에 어려움을 겪는 자율주행 관련 기업은 사업 전략을 수정하거나 사업을 축소·중단할 것으로 예상
- 이에 따라 자율주행 관련 업체의 인수합병이 활발하게 진행될 것으로 예상
- 향후 자율주행 시스템을 완성하는 기업은 높은 시장 장악력을 보일 전망
- 자율주행 서비스 지역 확대, 서비스 유료화, 보조금 등 자율주행 자동차의 상용화까지 관련 업체의 사업 환경 조성 필요
- 자율주행 셔틀, 무인 배달 등 다양한 서비스로 자율주행 대중화 및 산업 생태계 조성
- 자율주행 기업의 장기적인 기술개발 및 투자를 위한 사업화 지원 및 상용화 촉진 정책 필요

선제적인 법·제도 정비를 통하여 자율주행 자동차 상용화를 위한 환경 조성

- 레벨4 이상의 자율주행 자동차의 안전기준, 보험, 관리 등 제도 정비 필요
- 자율주행 자동차의 부품 및 소프트웨어 등 기존 자동차에 적용되지 않던 신 기술에 대한 안정성 인증 등 제도 마련 필요
- 자율주행 자동차의 센서 및 소프트웨어 상태 등 정비 기준 수립 필요



- 자율주행 자동차 관련 면허제도 신설 등 기존 제도 정비 필요
- 자율주행 자동차 사고 시 책임 소재, 피해 보상 등 제도적 장치 마련
- 자율주행 데이터의 개인정보 비식별화 수준 등 데이터 사용 및 활용을 위한 기준 마련
- 개인정보 침해·유출 등을 방지하기 위한 자율주행 데이터 등 관리제도 마련
- 자율주행 자동차의 윤리적 딜레마 문제 등 사회적 합의 도출



<참고문헌>

1. 산업통상자원부(2021), 자율주행 레벨 4+ 상용화 앞당긴다!
2. 한국통신학회(2015), 자동차용 정밀 측위 기술 동향
3. 한국모빌리티학회(2021), 자율주행을 위한 인공지능 기술 동향 및 발전 방향
4. 경북테크노파크(2020), 지능형 자율주행차 산업 동향 및 전망
5. 숭실대학교 법학연구소(2016), 자율주행자동차의 법적 쟁점과 입법 과제
6. 국회입법조사처(2017), 자율주행자동차 관련 국내외 입법·정책 동향과 과제
7. 국회입법조사처(2021), 독일 자율주행자동차 상용화 관련 법률의 개정 내용과 시사점
8. 국회입법조사처(2018), 영국의 자율주행자동차 보험 관련 법률 제정
9. 국회입법조사처(2022), 운전자가 없는 자율주행을 고려한 일본의 도로교통법 개정 동향과 시사점
10. 국회입법조사처(2016), 최근 미국의 자율주행자동차 관련 법·제도 변화 내용과 시사점
11. 국회도서관(2022), 완전 자율주행차 충돌시 이용자 보호에 관한 미국의 입법례
12. 한국모빌리티학회(2022), 자율주행차의 사회적 수용성 연구: 소비자 및 법/제도 중심으로
13. 한국경제연구원(2022), 자율주행 상용화 본격화, 한국도 규제개선 속도내야
14. 국토교통부(2022), 자율차 시범운영지구 '20년 도입 이후 최초 운영성과 평가
15. 국토교통부(2020), 자율주행자동차 윤리가이드라인
16. 정보통신기획평가원(2020), ICT R&D 기술로드맵 2025 자율주행차
17. CB Insights(2020), 40+ Corporations Working On Autonomous Vehicle
18. California DMV(2021), Disengagement Reports