

자율주행 자동차 기술 동향

Technology Trends of Self-Driving Vehicles

안경환 (K.H. An) 자율주행시스템연구실 선임연구원
이상우 (S.W.Lee) 자율주행시스템연구실 선임연구원
한우용 (W.Y. Han) 자율주행시스템연구실 실장
손주찬 (J.C. Son) 산업IT 융합연구단 단장

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 ETRI지원사업의 일환으로 수행하였음
(10041417, ICT기반 차량/운전자 협력자율주행 시스템(Co-Pilot)의 판단/제어 기술 개발).

과거 드라마로 인기를 끌었던 전격 Z 작전에서 키트는 우리에게 자율주행 자동차라는 환상을 심어주었다. 이러한 자율주행 자동차가 이제는 꿈이 아닌 현실로 다가오고 있다. 자율주행 자동차에 대한 정의를 내려보면 운전자의 개입 없이 주변 환경을 인식하고, 주행 상황을 판단하여, 차량을 제어함으로써 스스로 주어진 목적지까지 주행하는 자동차를 말한다. 이러한 자율주행 자동차는 교통사고를 줄이고 교통 효율성을 높이며 연료를 절감하고 운전을 대신해줌으로써, 편의를 증대시킬 수 있는 미래 개인 교통수단이 될 것으로 기대된다. 본고에서는 자율주행 자동차의 기술 구성 요소와 관련된 기술 개발 동향에 대해서 기술하고, 자율주행 자동차가 실제 적용되기 위해 필요한 법적인 문제와 향후 전망에 대해서 살펴본다.

IT 융합기술 특집

- I. 서론
- II. 자율주행 기술 개요
- III. 자율주행 자동차 개발동향
- IV. 법 제도 문제
- V. 결론

I. 서론

주말이나 연휴에 꼭 막힌 도로에 갇혀 시간을 소비할 때, 장거리를 이동하면서 몸이 피곤하고, 잠이 올 때, 회식 후 음주로 인해 운전하지 못할 때, 목적지 근처에 도착했는데 주차를 하지 못해 방황할 때, 초보 운전이나 초행길에서 땀을 뻘뻘 흘리며 운전할 때면 누구나 한 번쯤 차가 알아서 운전을 해줬으면 하는 상상을 하게 된다. 그런데 이러한 상상을 현실로 만들고자 하는 노력이 자율주행 자동차란 이름으로 활발히 연구되고 있다.

자율주행 자동차란 운전자의 개입 없이 주변 환경을 인식하고, 주행 상황을 판단하여, 차량을 제어함으로써 스스로 주어진 목적지까지 주행하는 자동차를 말한다. 최근에는 이러한 자율주행 자동차가 교통사고를 줄이고, 교통 효율성을 높이며, 연료를 절감하고, 운전을 대신해줌으로써 편의를 증대시킬 수 있는 미래 개인 교통 수단으로 주목 받고 있다.

먼저 교통사고와 관련하여 우리나라 경찰청, 도로교통공단의 2009년 통계 및 미국 도로교통안전국(NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)의 2010년 통계를 살펴보면, 94%에 이르는 대부분의 교통 사고는 운전자의 부주의(전방 주시 태만, 졸음 운전, 안전거리 미확보 등)로 인한 사고라고 한다. 만약 센서나 통신을 통해 운전자의 인지 범위 및 반응시간을 향상시키거나 차량이 대신 운전을 한다면 전술한 운전자 부주의로 인한 많은 사고를 줄일 수 있을 것이다.

교통 효율성 및 연료절감과 관련하여, google의 자율주행 자동차로 유명한 세바스찬 스톨 교수에 따르면 미국에서는 출퇴근 시간에 교통체증으로 인해 평균 52분이 소비되고, 미국 전체로는 40억 시간과 휘발유 9억 리터가 낭비되고 있다고 한다. 만약 인프라에 설치된 센서를 통해 교통정보 및 신호 변경 정보를 수신하고, 차량 간 통신을 통해 안전 거리를 유지하며 도로를 주행한다

면 도로 용량을 높여 교통효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 많은 연료를 절감할 수 있을 것이다.

마지막으로 자율주행 자동차는 인구 고령화 추세에서 고령 운전자들의 운전을 돕거나, 장애우들의 운전을 대신해 주어 이동성을 높여줄 수 있으며, 택시나 대리운전, 주차장 내 범죄들로부터 여성운전자들을 보호할 수 있는 사회적인 기능을 가질 수 있다.

본고에서는 이러한 자율주행 자동차와 관련하여 II장에서 자율주행 기술의 정의 및 구성 요소에 대해서 알아보고, III장에서는 국내외 개발 동향에 대해서 알아본다. IV장에서는 자율주행 자동차가 실제 도로 환경에 적용되기 위해 필요한 법 제도에 대해서 살펴보고, V장에서 결론에 대해서 기술한다.

II. 자율주행 기술 개요

1. 자율주행 기술의 분류

먼저 본고에서는 자율주행 기술과 관련하여 혼재되어 사용되고 있는 용어에 대해서 아래와 같이 분류하여 사용하고자 한다.

운전자 보조(Driver Assistance) 기술은 종방향 또는 횡방향 중 한가지에 대해서 운전자에게 경고하거나 제어를 도와주는 기술을 말한다. 예를 들어 ACC(Advanced Cruise Control)의 경우 종방향에 해당하는 속도는 시스템이 제어하고, 횡방향에 해당하는 조향은 운전자가 담당하거나, 자동 주차처럼 조향은 시스템에 의해서 자동으로 이루어지고 속도 조절만 운전자가 하는 시스템을 들 수 있다.

그 다음으로 자동주행(Automated Driving) 기술을 들 수 있다. 자동주행 기술은 종횡 방향 모두에 대해 제어를 도와주는 기술을 말한다. 단, 전제 조건으로 항상 운전자가 주변 상황을 계속 모니터링하고 있다가, 언제든지

지 운전에서 다시 개입할 수 있다는 가정을 가지고 있다. 예를 들어 고속도로에서 ACC와 LKS(Lane Keeping System)를 합쳐놓은 서비스의 경우 앞 차와의 간격을 유지하며, 현재 차선을 계속해서 추종하다가 필요에 따라 운전자가 언제든지 제어를 가로챌 수 있다.

그 다음 무인자동차(Unmanned Vehicle, Driverless car) 또는 자율주행(Self-driving, Autonomous Driving) 기술을 들 수 있다. 현재는 두 가지를 혼용해서 사용하기도 하나 본고에서는 사람이 탑승하지 않는 국방과 같은 분야에서 무인으로 임무를 달성하는 차량을 무인 자동차라 하고, 일반 승용차와 같이 항상 사람이 탑승한 상태에서 목적지까지 주행하는 차량을 자율주행 자동차라 구별한다. 앞에서의 자동주행과 자율주행의 차이는 운전자가 항상 개입을 할 수 있도록 준비해야 하는지 아닌지에 따라 구별한다. 자율주행 차량의 경우 운전자가 신문을 보거나, 잠을 자거나 상관없이 차량이 자율로 주행하는 개념으로 앞서 자동주행과 구분된다.

〈표 1〉 자율주행 기술 구성 요소

기술	설명
환경인식	-레이다, 라이다, (스테레오) 카메라 등의 센서 사용 -정적장애물, 동적장애물(차량/보행자 등), 도로표식(차선, 정지선, 횡단보도 등), 신호등 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑	-GPS/INS*/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용 -자차의 절대/상대 위치 추정
판단	-목적지까지의 경로 계획 -장애물 회피 경로 계획 -주행 상황별 행동 판단 (차선유지, 차선변경, 좌우회전, 저속차량 추월, 유턴, 비상정지, 갓길정차, 주차 등)
제어	-주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가속, 기어등 액츄에이터 제어
인터랙션	-HVI*를 통해 운전자에게 경고 및 정보제공, 운전자로부터 명령 입력 -V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

* INS (Inertial Navigation System)

* HVI(Human Vehicle Interaction)

2. 자율주행 기술 구성 요소

자율주행을 위해서는 아래 〈표 1〉과 같이 주행 환경 인식, 위치인식 및 맵핑, 판단, 제어, 인터랙션 기술을 필요로 한다.

현재까지의 자율주행 자동차 기술은 고가의 라이다나 GPS(Global Positioning System)를 활용하여 주변 환경을 인식하고, 자차의 위치를 추정하고 있다. 또한 인식 정보 처리 및 판단을 위해 여러 대의 컴퓨터 클러스터를 이용해 분산처리를 하고 있다. 조향이나 속도, 기어 제어를 위해서는 모터나 센서를 추가하는 등 개조를 통해 제어하고 있다. google 자율주행 차량의 경우에도 수 억 원의 장비가 탑재되어 있는 실정이다.

III. 자율주행 자동차 개발 동향

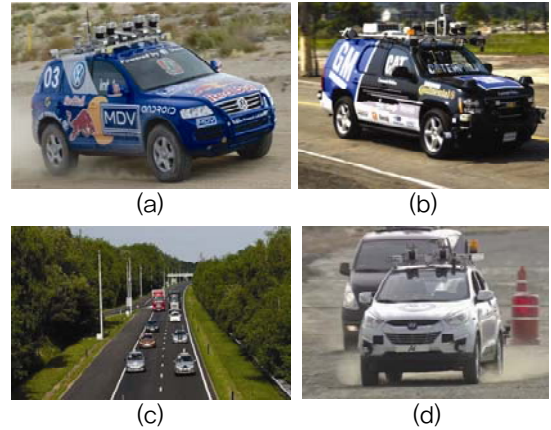
1. 자율주행 자동차 대회

자율주행 자동차 또는 무인 자동차 기술은 대회를 통해 많은 관심과 기술이 발전된 측면이 있으므로 이 절에서는 국내외 관련 대회들에 대해서 소개한다. 〈표 2〉는 국내외 자율주행 관련 대회와 해당 대회의 미션을 보여 주고 있다.

DARPA는 2015년까지 미 육군 장비의 1/3을 무인장비로 대체하기 위한 목적을 가지고 있었으며 이를 위한 기술 개발 활성화를 위해 DARPA 무인차 대회를 개최하게 된다. 2004년도에 개최된 대회에서는 〈표 2〉와 같이 사막과 초원 구간에서 대회를 개최했으나 참가팀 중 아무도 완주하지 못했고, 이듬해 벌어진 대회에서는 google 자율주행 자동차로 유명한 세바스찬 스티븐 교수가 이끄는 스탠포드 대학 Stanford Racing팀의 Stanley 차량이 6시간 54분의 기록으로 우승하였다(그림1)참조). 2007년도에 벌어진 DARPA Urban Challenge에서는 캘리포니아 Victorville 공군기지에서

〈표 2〉 자율주행 대회 미션

대회	대회미션
DARPA Grand Challenge (2004) [1]	사막과 초원으로 구성된 약 140마일 구간을 10시간 내 주행
DARPA Grand Challenge (2005) [1]	On-road, off-road로 구성된 약 132마일 구간을 10시간 내 주행 (게이트 통과, 긴 터널통과, 협로통과, 장애물회피, 협로 주행 등 포함)
DARPA Urban Challenge (2007) [1]	모의 도심환경 내 60마일을 6시간 이내 통과 (교차로, 주차, 유턴, 합류, 추월, 교통법규 준수 등 포함)
GCDC (2011) [2]	블록된 상황 회피, Platooning, 동시가속, 교차로 협력주행 등의 시나리오에서 총 시간, 교통용량, 안정성 등을 평가
현대기아 무인자율주행자동차 연구 경진대회 (2010) [3]	현대자동차 남양연구소 시험장 총4km, 폭5-10m 포장/비포장도로에서 9개 미션 수행 (게이트 통과, 터널 통과, 횡단보도 일시정지, 제한속도 준수, 정지차량 1대 회피, 협로 통과, 도로 중앙장애물 회피, 긴초터미 회피, 정지차량 2대 회피)
현대기아 무인자율주행자동차 연구 경진대회 (2012) [3]	현대자동차 남양연구소 시험장 총3.4km 구간 20분 내 통과 (횡단보도 신호등 인지/정차, 돌발 이동장애물 인지/정차, 서행차량 추월, 탑승 대기자 인지/정차, GPS 활용 불가 코스 주행, 차단봉 인지/정차, 교차로 신호등 인지, 복합장애물 회피 주행, 정차구역 인지/정차)
무인자율주행 자동차 경진대회 (2013 예정) [4]	총 5km 미만, 폭 5-20m도로에서 10개의 미션 수행 (신호등 인식/주행, 교통표지판 인식, 과속방지턱 인식, 낙하물 인식, 바리게이트 인식, 복합장애물 인식, 보행자 인식, 협로차선 인식, 교차로 진입차량 인식, 정지차량 및 삼각대 인식)



(그림 1) Stanford Stanley(a), CMU Boss(b), KIT Annieway(c), 한양대 A1(d)

주행 기술에 대한 대학의 연구활성화와 연구인력 저변 확대를 위해 대학을 대상으로 2년마다 무인 자율주행 자동차 연구경진대회를 열어오고 있다. 2010년 대회에서는 최종 11개 팀이 경쟁하여 한양대 A1팀, 서울대 SNUCLE팀, 국민대 NOVA팀 등이 우수한 성적으로 입상하였으며, 2012년에 개최된 대회에서는 한양대 A1팀이 2회 대회 연속으로 우승을 차지하였고(그림1참조), 첫 출전한 충북대가 가장 적은 수의 센서를 이용하여 2위를 차지하여 파란을 일으키기도 했다. 또한 2013년 10월에는 산업통상자원부가 주최하고 자동차공학회 및 자동차부품연구원이 주관하는 무인 자율주행 자동차 경진대회가 영암 F1경기장에서 예정되어 있다.

모의 도심환경을 배경으로 개최되었으며, CMU Tartan Racing팀의 Boss 차량이 4시간 10분으로 통과하여 우승을 차지하였다(그림1참조).

유럽에서는 단일 차량 자율주행이 아닌 V2X(Vehicle to X)통신을 기반으로 한 협력 자율주행을 목표로 2011년도에 GCDC(Grand Cooperative Driving Challenge) 대회가 개최되었으며, 독일 KIT(Karlsruhe Institute of Technology)의 AnnieWay팀이 우승을 차지하였다(그림1참조).

국내에서는 현대기아자동차가 2010년부터 무인 자율

2. 주요 자율주행 관련 프로젝트

1987~1995년간 유럽에서는 무인차와 관련하여 역대 최고 프로젝트 비용이 투입된 EUREKA PROMETHEUS (PROgramme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety.)가 수행되었다. 1994년 Bundeswehr University Munich의 Ernst Dickmanns교수팀은 Daimler-Benz와 함께 VaMP, Vita-2 차량을 이용해 운전자의 개입이 있는 반자율주행으로 파리의 다차선 고속도로에서 최대 130km/h의

속도로 1,000km 이상을 주행하였다. 또한 1995년에는 S-Class Mercedes-Benz 차량을 이용하여, 최대 175 km/h의 속도로 독일 뮌헨에서, 덴마크 코펜하겐까지 1,590km를 주행하였다.

1995년 미국 CMU Navlab에서는 'No Hands Across America Project'를 통해 3,000마일을 98.2%를 자율주행 하였다. 조향은 뉴럴 네트워크를 이용해 자동으로 제어했으나 가감속은 운전자에 의해서 이루어졌다.

2003~2005년에는 EU FP6의 일환으로 NETMOBIL 프로젝트가 수행되었다. 자동화된 차량의 개발 및 데모를 위한 CYBERCARS, CYBERMOVE 프로젝트와 PRT(Personal Rapid Transit)을 위한 EDICT 프로젝트, 운전자 보조와 자동유도시스템을 위한 STARDUST 프로젝트가 포함되어 있다.

2006~2011년 EU FP7에서 NETMOBIL의 후속 프로젝트로 CityMobil 프로젝트가 진행되었다. 이 프로젝트에서는 3개의 실제 테스트 사이트에서 자동화된 운송 시스템을 테스트하는 것이 목적이었다. CityMobil에서는 자동주행이 가능하다고 입증되는 전용차선의 개념인 eLane이 제안되었다.

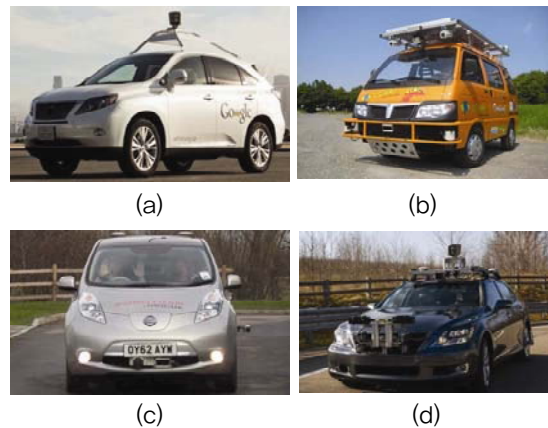
HAVEit 프로젝트[5]는 "Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport"의 약자로 장기간의 비전을 가지고 자율주행을 실현하고자 하는 목적을 두고 2008년부터 시작된 프로젝트로, 유럽지역 17개의 산학이 참여하였다. 프로젝트에서 개발된 서비스로는 공사나 정체구간에서 자동화된 보조(ARC: Automated assistance in Roadworks and Congestion), 군집주행(AQuA: Automated Queue Assistance), 일시 자동주행(TAP: Temporary Auto Pilot), 능동 녹색 주행(AGD: Active Green Driving) 서비스가 개발되었다.

3. 주요 기관별 개발 현황

Google은 DARPA 무인차 대회에서 우승한 Stanford

대학의 리더의 세바스찬 스톤 교수와 CMU의 Chris Urmson 교수를 포함한 핵심 연구원들을 영입하여 자율주행자동차를 개발하고 있다((그림2)참조). google차에는 가장 핵심 기술인 google 지도가 탑재되어 있으며, 차량 앞과 뒤편에 4개의 레이더가, 천장에는 3차원 라이다, GPS/INS/Encoder가, 실내에는 전방을 주시하는 2개의 카메라가 설치되어 차량, 보행자, 도로, 신호 등을 인식하며 자동으로 주행한다. google은 이미 토요타 프리우스 및 렉서스 RX450h차량 등 십여 대의 차량을 이용하여 캘리포니아 도로와 샌프란시스코 도로에서 42만 km(지구 12바퀴 거리)의 테스트 주행을 하였다. 세바스찬 스톤은 다음 단계로 출근길을 주행하며 테스트할 예정이라고 밝혔으며, 고속도로상의 사슴과 같은 동물이나, 눈이 덮인 도로, 경찰 수신호와 같은 실재상황에서는 해결해야 할 상황이 너무 많다고 밝히고 있다.

이탈리아 Parma 대학의 Alberto Broggi 교수팀은 PROMETHEUS 프로젝트의 참가를 시작으로 무인차 연구를 시작했으며, 이후 ARGO 프로젝트와 DARPA 대회에 TerraMax 차량으로 참가하기도 했다. 또한 2010년 VIAC(Vislab Intercontinental Autonomous Challenge)를 통해 이탈리아 파르마에서 중국 상하이까지 16,000km를 주행하기도 하였다((그림2)참조).



(그림 2) Google 차량(a), Parma대학 차량(b), Oxford 대학 차량(c), Toyota 차량(d)

최근 2013년 Oxford 대학의 Mobile Robotics Group 은 자율주행 차량의 가격을 낮추는 것을 목표로 자율주행 차량을 개발했다고 발표했다(그림2)참조. 닛산 리프를 개조한 차량은 2개의 스테레오 카메라와 두 개의 레이저 스캐너, 3대의 컴퓨터를 이용하여 과거에 지나온 길을 학습하여 위치를 추정하는 기술을 사용했다. 또한 향후 155달러 정도로 시스템 가격을 낮출 수 있을 것으로 내다봤다.

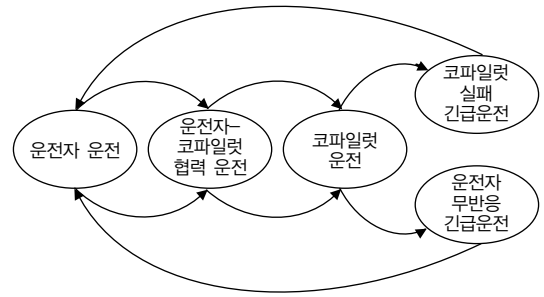
자동차 제작회사들도 최근 자율주행 자동차를 테스트하거나 상용화 계획을 밝히고 있다. 특히 토요타와 아우디는 CES(Consumer Electronic Show) 2013에서 (그림 2)와 같은 자율주행 차량을 소개하였다. 토요타는 렉서스 LS 600h모델에 GPS, 레이더, 라이다, 카메라를 장착하여 자율주행하는 차량의 소개했으며, 아우디는 전후방에 총 12개의 센서를 이용해 원격조정으로 주차할 수 있는 무인 주차 기술을 선보였다. 기존 자동차 회사들이 모터쇼가 아닌 최대 전자제품 전시회에서 자율주행자동차를 선보였다는 것은 향후 자동차가 IT와 접목해 나가려는 패러다임 변화의 의미도 가지고 있다.

4. ETRI 개발 현황

ETRI에서는 자율주행과 관련된 기술 개발로 차량 자동유도 시스템과 자동 발렛파킹 시스템, 코파일럿 시스템을 개발하고 있다.

차량 자동유도 시스템[6]은 인프라 센서기반으로 장애물 및 주행 상황정보를 수집하고, 수집된 정보 및 주행 경로를 V2X통신을 통해 차량에 전달하여 차량에 설치된 제어 장치를 통해 차량을 유도 주행하는 기술이다. 특정 캠퍼스 내 또는 교차로와 사고 다발지역 같은 한정된 구간 내에서 제어 차량을 출발지에서 목적지까지 안전하게 자동으로 유도하는 시스템이다.

자동발렛파킹 시스템은 주차장 내 설치된 인프라를 이용하여 공주차면을 인지하고, 주차장 맵과 함께 주차면 할당 정보를 차량으로 전송하면, 차량이 스스로 해당



(그림 3) 코파일럿 운전 제어권 전이

주차면까지 주행하여 직각/평행 주차등을 수행하는 시스템이다. 자동발 렛파킹 시스템은 백화점이나 테마파크와 같은 곳에서 주차에 소요되는 시간 및 비용을 줄일 수 있으며, 향후 카셰어링과 같은 응용에도 활용 가능한 기술이다.

코파일럿 시스템은 다중센서 및 차량 통신기술(V2X)을 기반으로 주행 상황 및 운전자 상태(정상, 졸음, 부주의, 무반응)를 판별하여 차량의 운전 제어권을 결정함으로써, 운전자를 보조하거나 제한된 환경에서 스스로 운전하는 자동차와 운전자 간 협력형 주행 시스템을 말한다. 운전 제어권이란 차량을 운전할 수 있는 권한(차량 액추에이터 제어)을 의미하며, 사람에게 주어질 수도 있고, 코파일럿 시스템에게 주어질 수도 있다. 코파일럿 시스템에서는 이러한 운전 제어권의 위치 및 조건에 따라 (그림 3)과 같은 상태 다이어그램에 의해 동작된다.

(그림 3)에서 운전자 운전은 운전자가 수동운전을 하는 모드이며, 운전자-코파일럿 협력 운전 모드는 종/횡 방향 제어를 운전자와 코파일럿 시스템이 나누어 맡는 모드이고, 코파일럿 운전 모드는 자율주행 모드이다. 또한 코파일럿 시스템이 동작 중 내부 모듈에 실패가 발생할 경우 코파일럿 실패 긴급 운전 모드로 들어가 긴급 정지등 비상 동작을 실시하게 된다. 만약 코파일럿 시스템이 향후 자율주행이 불가능한 구간 출현을 예상하여 운전 제어권을 운전자에게 넘기려고 시도하는데 운전자가 이를 수용하지 않을 경우 운전자 무반응 긴급 운전

모드로 빠져 긴급 갓길정차등을 수행하게 된다.

코파일럿의 개념은 현재 또는 가까운 미래에 실제 도로 환경에서 전구간 자율주행은 힘들다는 가정아래 출발하며, 운전자가 운전을 더 잘할 수 있는 구간(공사구간, 사고발생 구간, GPS음영구간 등 예외상황)에서는 운전자가 직접운전하고, 코파일럿이 더 잘할 수 있는 구간 및 상황 (운전자 졸음상태, 주행환경이 비교적 단순하고 센서의 정확도 및 신뢰도가 높은 구간 등)에서는 자율주행을 실시한다는 개념이다.

IV. 법 제도 문제

현재 자율주행 자동차와 관련된 법 제정에서 가장 앞서 있는 나라는 미국이다. 미국은 <표 3>에서와 같이 12개 주에서 법령을 이미 제정했거나 심사 중에 있다.

이 중 가장 먼저 법안을 통과시킨 네바다주 법안(Chapter 482A, Autonomous Vehicles)의 특징을 살펴보면, 면허의 주체에 차량도 포함할 수 있도록 하며 (그림 4)와 같이 붉은색 번호판에 미래의 차를 의미하는 ∞

<표 3> 미국 자율주행 관련 법령 제정 현황[7]

법령제정 완료 주	네바다(2011년 6월) 플로리다(2012년 4월) 캘리포니아(2012년 10월)
법안 심사 중인 주	워싱턴DC, 하와이, 미시간, 뉴햄프셔, 오레곤, 텍사스, 워싱턴, 오클라호마, 콜로라도 (이상 9개주)



(그림 4) 면허를 받은 Google의 자율주행 차량

표시와 하단에 ‘autonomous vehicle’을 표시하도록 하고 있고 두 명의 탑승자를 의무화하고 있다.

그러나 현재의 법안들은 주로 자율주행 자동차의 도로 시험을 허용하기 위한 법안으로 도로 주행 테스트를 위한 준수사항, 신청절차, 자격요건 등을 주로 다루고 있으므로[7], 향후에 실제 상용화된 자동차가 주행하기 위해서는 자율주행 자동차를 위한 세부적인 성능 및 안전기준에 관한 법령이 제정되어야 할 것이다.

유럽에서는 미국과 같이 자율주행 관련 법안을 제정하고 있지는 않으나, ADAS(Advanced Driver Assistance System) 및 자율주행 관련 프로젝트를 진행하면서 비엔나 도로교통 협약(Vienna Convention on Road Traffic)[8]에 개발 내용이 위배되지 않는지를 주로 점검하고 있다. 비엔나 도로교통 협약은 1968년 UN에서 협약국간 도로 교통 및 안전과 관련된 교통법규를 표준화하기 위해 제정 및 선포한 협약으로 아일랜드, 스페인, 영국 등을 제외한 대부분의 유럽연합국들이 가입한 상태이다 (현재 우리나라는 비엔나협약이 국제적으로 효력 있는 협

<표 4> 비엔나 도로교통 협약 중 관련 조항[9]

조항	내용
8조(Article 8): 운전자(Drivers)	1항. 모든 이동하는 차량(vehicle) 또는 집합적 차량(combination of vehicles)에는 운전자가 있어야 한다. 3항. 모든 운전자는 필요한 신체적, 정신적 능력을 소유하고 있어야 하며, 운전시에 적합한 신체적, 정신적 상태에 있어야 한다. 5항. 모든 운전자는 항상 차량을 제어하거나 동물을 가이드 할 수 있어야 한다.
13조(Article 13): 속도 및 차간거리 (Speed and distance between vehicles)	1항. 모든 차량의 운전자는 적절한 주의를 기울이고, 필요한 운전조작을 하기 위해 모든 상황에서 차량을 통제해야 한다. 운전자는 지세, 도로 상태, 적재 상태, 날씨 상태, 교통 상태와 같은 환경에 지속적으로 주의를 기울여 속도를 조절해야 하고, 가시성이 좋지 않을 때 속도를 늦추거나 멈추어야 한다. 5항. 다른 차량의 뒤에서 이동하는 차량의 운전자는 충돌을 회피하기 위해 충분한 거리를 두어야 한다.

약임을 승인하였으나 가입하지는 않음). 비엔나 협약 중 자율주행 자동차와 관련된 조항은 <표 4>와 같다.

유럽의 프로젝트를 통해 연구한 결과에 따르면 비엔나 협약이 ADAS나 자율주행 시스템에 제한된 영향을 줄 것이라는 의견이 많았다[10].

먼저 현재 ADAS의 경우 on/off 스위치를 통해 운전자가 제어를 오버라이드 하는 기능을 제공하고 있고, 제조사들이 마케팅 전략을 통해 모든 주행 상황에서 기능이 동작하는 것은 아니라고 주장함으로써 비엔나 협약에서 이야기 하는 운전자가 항상 제어할 수 있어야 한다는 부분을 해결하고 있다.

자율주행의 경우에도 여러 가지 단계가 존재할 수 있는데, 운전자가 전혀 제어에 관여할 필요가 없는 완전한 자율주행은 비엔나 협약의 범위 밖에 해당하나 그 이외에는 운전자가 언제든지 개입할 수 있으므로, 비엔나 협약에 따른다고 말할 수 있을 것이다. 유럽에서 이루어지는 자율주행 관련 연구들은 중형방향이 자동으로 이루어지더라도 언제든지 운전자가 개입할 수 있는 자동주행 단계를 대상으로 주로 연구가 이루어지고 있다.

또한 비엔나협약이 제정될 당시 (1968년)에는 동물이 마차를 끄는 경우도 있었다는 상황을 생각한다면, 조항에 대한 해석 또는 개정의 여지도 고려해볼 수 있을 것이다. 비엔나협약의 Annex 5에는 이미 면제를 허용하는 경우가 있는데, 협약국의 국내에서 기술의 발전 추세를 따라가기 위해 실험에 사용되는 차량이나 특별한 조건하의 특별한 차량에 대해서는 면제를 허용해 주고 있으므로, 자율주행자동차를 위한 시험의 목적은 허용된다고 생각할 수 있을 것이다.

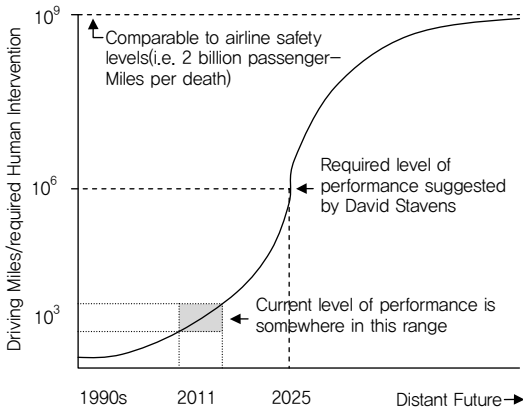
현재 우리나라에서는 앞서 언급한 법적인 문제에 대한 준비가 부족한 실정이다. 기업이나 학교, 연구소 등은 google이 그랬던 것처럼, 자율주행 차량이 도로에 나가기에 충분한 안전성을 가지고 있다는 것을 보여주기 위한 기술의 확보 및 레퍼런스 축적이 필요하고, 정부에서는 미래 성장동력인 자율주행 자동차를 활성화하기

위해서 하루 빨리 자율주행 자동차 규격, 성능, 안전성 기준과 도로 시험주행 관련 기준, 사고 발생시 보험 및 배상 책임 기준을 마련하는 것이 필요하다. 또한 참고문헌[11]에서 언급한 것처럼 자율주행 차량을 위한 운전 면허증을 생각해볼 수 있을 것이다. 일반 운전면허증을 취득할 때 처럼 자율주행과 관련된 제반사항에 대한 교육을 실시한 뒤 자율주행 차량 면허증을 취득하게 한다면 도로내 일반 차량과 자율주행 차량이 섞여서 주행할 때 발생하는 문제점을 줄일 수 있을 것이다.

V. 결론

자율주행 자동차가 언제쯤 상용화될 수 있을 것인가에 대한 여러 전망들이 존재한다. 이러한 전망들은 자율주행 차량이 어떤 목적으로 사용되는가에 따라 그 시기가 달라질 수 있을 것이다. 예측하기 어려운 도로상황과 안전문제가 존재하는 일반 도로에서의 주행보다는 군사적인 목적으로 사용되는 무인 전투 차량이나 농지 경작을 위한 무인 농기계와 같이 비교적 안전 문제 제약 조건이 덜한 특수 차량에서는 그 시기가 좀 더 빨리 질 수 있을 것이다.

참고문헌 [12]의 전망에 따르면, 자율주행 자동차가 최소한 사람정도의 운전 능력을 가질 때를 상용화가 가능한 시점으로 잡았고 이 시기 예측을 위해 무어의 법칙을 활용 하였다. 미국 2008년 교통 사고 통계에 의하면 대략 10^6 마일의 수배 정도마다 한 번 정도 심각한 사고가 발생한다고 한다. 자율주행 자동차의 경우 사고 통계가 없으므로, 사람이 운전해 개입했을 때를 사고가 발생 시점으로 가정할 수 있는데, 현재 자율주행 자동차의 수준 (DARPA 및 google차)은 (그림 5)와 같이 대략 10^3 마일마다 한 번 정도 사람의 개입이 필요하다. 만약 자율주행 자동차의 기술 수준이 반도체에서 유명한 무어의 법칙 (1년 6개월에 한번 2배씩 증가)을 따른다고 가정하면, 2025년경에 대략 사람 정도의 운전 성능을 보인다고 볼 수 있다. Standford 무인차연구실의 David



(그림 5) 자율주행 자동차의 상용화 시점 예측[12]

stavens 는 10^6 정도에 한번 정도 사고가 나는 정확도가 되면 자율주행 자동차가 대중화 될 것으로 예측하고 있다 (참고로 비행기는 대략 10^9 정도에 한번 사고가 나는 수준임).

향후 자율주행 차량을 일반인들이 사용하기 위해서는 다음과 같은 문제들이 해결되어야 할 것이다.

첫째는 자율주행 자동차에 사용되는 센서, 컴퓨터, 네트워크 장비등의 가격과 관련 인프라가 구축되는 데 소요되는 비용 및 시간 문제이다. 레이더, 라이다, GPS/INS 등 핵심 센서 및 주변 장비들의 가격이 상용화 되기에 적합한 수준으로 내려가기 위해서는 장시일이 필요할 것으로 예상되며, 노변에 설치되어 인식정보, 맵, 신호 변경 정보등을 제공하는 인프라의 구축 또한 시간이 소요될 것으로 전망된다. 만약 자율주행 차량의 도입시기를 앞당기기 위해 앞서 언급한 eLane과 같은 전용차선이 도입된다면 그 시기를 앞당길 수 있을 것이다.

둘째는 현재의 기술로 해결되지 않은 복잡한 인식 및 판단 문제를 들 수 있다. 세바스찬 스톰이 google차가 아직 해결하지 못한 문제로 꼽은 경찰 수신호, 동물, 눈 또는 비가 올 때의 인식, 다양한 교통사고 케이스등 실제 도로 환경에서는 개발할 당시에 예측하지 못하거나 실험하기 어려운 다양한 주행환경이 존재하므로, 이를 위한 기술개발 및 해결책이 필요하다.

셋째는 실제 운전자들은 수행하고 있는 주위와의 커

뮤니케이션을 들 수 있다. 실제 운전자는 다른 차량의 의도를 예측하고, 차량 내에서 수신호를 통해 양보하며, 주변 보행자와 시선을 마주치거나 수신호를 하는 등 끊임없이 주변과 커뮤니케이션을 통해 운전하는 데, 자율주행 차량에서도 이러한 부분을 고려할 필요가 있다.

넷째는 자율주행 차량 사고 시 책임 소재와 관련된 법적 문제, 보험 관련 문제가 있다. 완전 자율주행 차량이 교통사고가 났을 때, 책임소재가 제조사에게 있는지, 운전자에게 있는지에 대한 명확한 해석이 필요하다. 만약 자동차 및 부품 제조사들에게 책임을 지운다면 법적인 부분이 향후 제조사들의 개발에 걸림돌이 될 수 있다.

다섯째는 대중들의 자율주행 자동차에 대한 수용성이다. 인터넷뱅킹이나 전자상거래가 처음에는 대중들에게 수용될 수 있을 지 의문이었으나, 얼리 어답터들의 레퍼런스가 축적되어 안전성이 입증되고 나서부터 널리 보급되었듯이, 자율주행 자동차도 일반인들이 구매하기 위해서는 최소한 숙련된 운전자만큼의 성능을 가지고 있다는 레퍼런스를 축적하여 일반인들을 설득할 필요가 있을 것으로 생각된다.

자율주행 자동차가 보편화되는 미래 사회는 많은 경제적, 문화적 변화가 있을 것으로 예상된다. 모든 사람들이 운전면허증을 가질 필요도 없을 것이고, 부모 없이도, 아이들이 차량을 타고 이동할 수 있을 것이다. 차량이 스스로 기름을 채우고, 수리하러 가서 항상 운행할 수 있도록 준비할 수도 있으며, 스쿨존이나 사고 위험지역등에서는 강제로 준법 주행을 하게 할 수도 있을 것이다. 이러한 미래 자동차가 하루 빨리 현실화 되길 기대해 본다.

용어해설

라이다(Lidar) 레이저 펄스 쏘아 반사되어 돌아오는 시간을 측정하여 반사체와의 거리를 측정하는 장치

레이더(Radar) 전자파를 대상물을 향해 쏘아 반사파를 측정하는 장치로 대상물의 거리나 형상을 측정하는 장치

액추에이터(Actuator) 시스템을 움직이거나 제어하는데 쓰이는 물리적 장치로 유압, 압축공기, 전기등을 이용하는 구동장치를 일컫음.

약어 정리

ARC	Automated assistance in Roadworks and Congestion
ACC	Advanced Cruise Control
ADAS	Advanced Driver Assistance System
AGD	Active Green Driving
AQuA	Automated Queue Assistance
CES	Consumer Electronic Show
GCDC	Grand Cooperative Driving Challenge
GPS	Global Positioning System
HVI	Human Vehicle Interaction
INS	Inertial Navigation System
LKS	Lane Keeping System
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
TAP	Temporary Auto Pilot
V2X	Vehicle to X
VIAC	Vislab Intercontinental Autonomous Challenge

참고문헌

[1] DARPA Urban Challenge, [http://en.wikipedia.org/wiki](http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge_(2007))

/DARPA_Grand_Challenge_(2007)

- [2] GCDC, <http://www.gcdc.net>
- [3] 현대기아 자율주행자동차 경진대회, <http://avc.hyundai-ngv.com>
- [4] 무인자율주행 자동차 경진대회, <http://autonomous.ksae.org/>
- [5] HAVEit 프로젝트, <http://www.haveit-eu.org/>
- [6] 안경환 외, "IT 융합기반 자동유도 기술개발 동향," 전자통신동향분석 제26권, 제6호, 2011, pp.47~57.
- [7] 공영일, "google카(Google Car) 사업 동향과 전개 방향," 방송통신정책, 제25권, 제5호, 2013, pp.57~70.
- [8] Vienna Convention on Road Traffic, <http://www.unec.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/crt1968e.pdf>
- [9] 박종훈 외, "전세계 완성차 업체들의 무인 자동차 개발 경쟁," 주간기술동향, 2013, pp.25~35.
- [10] SMART 64 Study Report, http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/studies/automated/reportfinal.pdf
- [11] J.D. Rupp and A.G. King, "Autonomous Driving-A Practical Roadmap," SAE Technical Paper, 2010, doi:10.4271/2010-01-2335
- [12] M.M. Matthew and L. Beverly, "Autonomous Vehicles for Personal Transport: A Technology Assessment," working paper series, 2011, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1865047