

국가지능화 특집

인공지능(AI) 기반
자율주행차의 발전방향

김주성 • juskim@etri.re.kr

민수진 • sjmin@etri.re.kr

기술정책연구본부

최근 자동차 산업에서는 교통문제 해결과 비즈니스 가치창출에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대되는 자율주행차의 개발 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 그러나 아직 자율주행차는 가변적이고 돌발적인 주행 상황에 대한 대처능력이 부족하다. 이를 해결하기 위해서는 AI 알고리즘의 개선과 돌발상황에 대한 데이터 축적을 통해 AI의 주행능력을 개선해야 한다. 더불어 정밀지도, 센서 융합과 컨볼루션 신경망(CNN) 등의 적용을 통해 알고리즘의 한계를 보완할 수 있다. 완전자율주행차가 확산되기 위해서는 시스템 에러로 인한 사고의 설명 불가능성, 교통사고 발생 상황에서의 윤리적 난제, 사고발생의 책임과 데이터 수집과정에서의 개인정보 보호 문제 등 관련 문제들도 함께 해결되어야 할 것이다. 향후 완전자율주행은 운전을 위한 노동력을 대체함으로써 자동차를 다양한 비즈니스 가치와 생활 편의 서비스 제공을 위한 플랫폼으로 변화시킬 것이다. 이는 궁극적으로 자동차업계의 비즈니스 진화방향을 모빌리티 서비스로 전환시킬 것으로 기대된다.

* 본 보고서의 내용은 연구자의 견해이며 ETRI의 공식 의견이 아님을 알려드립니다.



1 개요

도시교통 문제는 도로혼잡으로 인한 사회적 비용을 넘어 인명피해를 초래한다는 점에서 사회적으로 반드시 해결해야 할 필요성이 있다. 전 세계적으로 교통사고는 연간 130만 명의 사망자를 발생시키고 있다. 우리나라의 경우 2018년을 기준으로 교통사고가 연간 21.7만 건이 발생하였으며, 이로 인한 사망자는 3,781명에 이른다.¹⁾ 이는 다른 OECD 회원국과 비교하였을 때 가장 높은 수준의 사망률이다. 도로교통공단에 따르면 교통사고가 초래한 사회적 비용은 우리나라 GDP의 약 1.8% 수준으로 추정된다. 이처럼 도시화에 따른 교통문제는 여전히 해결되지 않고 남아 있다.

최근 자동차 산업에서는 새로운 비즈니스 기회이자 교통문제 해결을 위한 트렌드로 CASE(Connected, Autonomous, Shared, and Electric car)가 대두되고 있다.²⁾ 자율주행차, 커넥티드카, 전기차, 공유차가 하나의 흐름으로 융합될 것으로 예상되는 가운데, 이 중에서도 자동차 산업에 핵심적인 가치를 제공하는 AI 기반 자율주행차를 둘러싼 개발 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 그러나 완전한 자율주행차가 상용화되기 위해서는 기술적 한계로 인한 안전 문제뿐만 아니라, 해킹 문제, 사고책임과 관련된 법·제도적 차원의 당면 과제들이 해결되어야만 한다.

2 자율주행차와 AI

자율주행차는 시스템이 운전자의 능력을 대체하여 목적지까지 스스로 주행하는 기술과 관련된 분야를 지칭한다. AI는 이러한 자율주행 시스템 및 관련 서비스의 구현을 위한 필수적 요소이다(그림1 참조). AI 기술력은 자율주행 시스템의 도로 및 주변환경 인식, 주행 판단과 같은 주행을 위한 알고리즘을 포함하여 운전자 상태인식 및 상호작용 등 안전과 편의를 위한 분야에 광범위하게 개입된다. 특히 딥러닝 기술은 인간의 개입이 필요 없이 데이터에 기초하여 스스로 학습하는 장점으로 인해 자율주행 개발에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

AI 기술과 결합된 자율주행은 안전을 강화한다는 점에서 중요하다. 자율주행기술은 단기적으로는 충돌방지 및 차선변경지원 등 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)을 통해 운전의 안전을 지원할 수 있으며, 나아가 장기적으로는 완전자율주행의 달성을 통해 도시교통 흐름의 최적화와 에너지효율 극대화를 제공할 것으로 기대된다.

AI 알고리즘의 발전으로 자율주행차 시장도 급성장할 전망이다. Allied Market Research (2018)에 따르면 레벨 3 수준의 자율주행 시장은 2026년까지 4,476억 달러 규

1) 도로교통공단(2019), 교통사고 통계분석.

2) 中西孝樹, 하규수 역(2019), 2030 CASE 자동차산업혁명, (주) 골든벨.

모로 성장할 전망이다, 레벨 4 수준의 자율주행 시장은 2020년 이후 확대되면서 2026년까지 1,059억 달러 규모에 이를 것으로 전망된다.³⁾ 유럽, 미국 등 각국의 신차에 대한 안전장치 의무화 등 규제 강화 추세도 이러한 성장세에 기여하고 있다.

그림 1 자율주행 수준별 AI 적용 예시

	2016 2017 2020 2025				
	1	2	3	4	5
자율주행 레벨	차량 동작의 핵심 기능 중 하나를 시스템이 수행 (운전자 모니터링)	차량 동작의 두 가지(또는 그 이상) 핵심 기능을 시스템이 수행 (운전자 모니터링)	특정 조건 하에서 시스템이 차량 제어 (요청 시 운전자 개입 필요)	시스템이 자동모드에서 차량을 안전하게 제어 (운전자 개입 없음)	모든 조건 하에서 시스템이 차량을 적절하게 제어 (운전자 필요 없음)
수행 수준	적응형 순항제어 긴급제동	혼잡구간 주행지원 차선유지지원	최소한의 운전자 개입으로 도시/고속도로로 주행	최소한의 운전자 개입으로 도시+고속도로로 주행 완전자율주차	완전 자율주행
AI 적용 분야 예시	-	-	- 주행환경(차선, 주변 차량, 보행자, 교통 신호, 도로표지판 등) 감지 - 주행 시나리오 변화 학습 및 개선 - 맞춤형 위험경고 - 주행상황 기반 운전 패턴 분석 ...	- 주행환경 감지 및 상황 이해 - 주변동체(차량, 보행자, 자전거 등) 행동 예측 - 장애물 회피 경로 생성 - 사고위험 예측 - 경로추종 자율조향 및 제동 ...	- 무인 운송 서비스 - AI에 의한 전체 주행 시스템 관리 - 자율주행차량 간 충돌회피를 위한 상호협상 ...

3 자율주행차의 당면과제

최근 CASE를 기반으로 이동 서비스를 개발하려는 다양한 시도들이 나타나고 있다. 싱가포르에서는 공유차량과 자율주행택시가 빠르게 도입되어 그랩, 우버 등 공유차량이 일반 택시의 1.5배 수준에 이른다. 싱가포르는 전기차 공유서비스를 적극적으로 확대하고 있으며, 2022년에는 도심에 자율주행 전기버스를 운행할 계획이다. 스타트업 누토노미는 싱가포르에서 2016년부터 자율주행택시 시범서비스를 시작한 바 있다.

구글 웨이모는 2018년에 미국 애리조나 주 피닉스시에서 자율주행택시를 상용화하였다. 요금은 차량공유업체 서비스 이용금액과 유사한 수준이다(15분 동안 5km 이동에 약 8,500원 소요). 2019년 7월에는 캘리포니아 주에서 자율주행 택시 허가를 받았다. 비록 자율주행 관련기술에서 가장 앞서 있기는 하지만 아직은 인간 운전자가 탑승한 상태에서 자율주행 모드로 운행되며, 시스템이 상황통제에 실패하는 경우 인간운전자에게 통제권을 넘기는 수준에 머물러 있다.

뿐만 아니라 우버와 테슬라의 자율주행차에 의한 사망사고가 반복적으로 발생하면서 자율주행이 인간 운전자보다 안전한가에 대한 논란이 지속되고 있다. 현재 대부분의 자율주

3) Allied Market Research(2018.05.), Global Autonomous Vehicle Market: Opportunity Analysis and Industry Forecast 2019-2026.



행차들이 고속도로와 같이 정해진 규칙으로 대응할 수 있는 주행은 곧 잘 수행하지만 불규칙적으로 돌발 상황이 발생하는 시내 주행에서의 대처능력은 현저히 떨어지는 실정이다. 예를 들어 급히 멈춘 앞의 앞차를 피하기 위해 앞차가 옆 차선으로 빠져버린 경우, 인간 운전자라면 쉽게 제동을 거는 상황이지만 자율주행차는 아직 이런 돌발적인 상황에 대한 유연성이 떨어진다. 이처럼 AI기반 자율주행차의 경우 시스템이 정상적으로 작동하는 상황에서도 에러가 발생할 수 있다. 이는 AI가 축적된 데이터를 학습하여 통계적으로 일반화된 확률적 답을 구하기 때문이다.

결국 루틴한 주행에서는 음주운전, 졸음운전, 난폭운전을 예방하기 때문에 인간 운전자보다 안전하지만, 아직 인공지능이 학습하지 못한 돌발 상황에서는 사고 위험이 인간 운전자보다 현저히 높다고 할 수 있다. 가디언의 2016년 1월 12일자 기사에 따르면 2014년부터 2015년까지 29대의 웨이모 차량이 총 68.2만km를 주행하는 동안 자율주행 모드가 에러를 감지하고 인간에게 272번 통제권을 넘겼다. 인간 운전자가 위험을 감지하고 운전대를 잡은 횟수는 69번이었으며 이 중 13번은 인간이 개입하지 않은 경우 사고가 발생할 상황이었다.

자율주행 중 생명을 잃을 수도 있는 에러가 발생한 경우 에러의 원인을 설명하기 힘든 ‘설명 불가능성’도 이슈가 되고 있다. 기존의 전통적인 컴퓨터 프로그램과 달리 인공지능은 방대한 데이터를 바탕으로 패턴을 학습하여 확률적인 답을 찾기 때문에, 도출된 답의 원인을 인간의 힘으로는 찾기 어려운 문제가 있다. 이에 따라 ‘Deep Explanation’ 등 인간과 소통하고 협업할 수 있는 ‘설명가능한 AI’에 대한 연구가 등장하고 있으며, 자율주행 시스템에 대한 응용도 기대할 수 있을 것이다.

사회적 합의를 통한 교통사고 발생과 관련된 윤리적·법적 기준의 도출도 난제이다. 사람이 운전 전에 전혀 개입하지 않는 레벨5 수준의 자율주행차가 상용화되기 위해서는 사고가 예측되는 시점에서 자율주행차가 누구를 구할 것인가에 대한 윤리적 문제가 해결되어야 한다. 또한 사고발생시 과실 책임에 대한 법적 기반이 약하다. 자율주행 상용화를 위해서는 다양한 상황에서 발생할 수 있는 사고의 책임을 누구에게 어디까지 부과해야 하는가에 대한 치밀한 법적·제도적 기준이 없다.

자율주행을 위한 데이터 수집이 개인의 프라이버시를 침해한다는 우려도 지속적으로 제기되고 있다. 또한 자율주행차 운전자의 행태 데이터, 자율주행 카메라에 의해 촬영된 행인과 운전자들의 데이터와 관련된 프라이버시 침해 문제와 데이터의 소유권에 대한 이슈도 법적 쟁점이 될 수 있다.

4 자율주행차의 향후 발전방향

알고리즘 개선과 더 많은 데이터를 통한 학습은 자율주행에서 AI의 에러 확률을 낮추고

신뢰성을 높일 것이다. 시내 주행에서 마주할 만한 돌발 상황에 대한 데이터를 더 많이 축적시키면 시간이 지남에 따라 주행 능력이 향상될 수 있다. 다만 이런 학습방식이 자율주행의 안전성을 100% 보장할 수 있는가 하는 것은 별개의 문제이다. 데이터가 축적됨에 따라 특정 영역의 신뢰도가 향상될 수 있겠지만, 매우 가변적이고 예외성이 높은 도로에서는 데이터 축적을 통해 신뢰도를 끌어올리는 데 한계가 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 AI 프로세스의 연산능력이 개선되고 자율주행 센서 가격이 내려가면서 자율주행차의 상대적인 자율성은 계속 향상될 것이다. 이에 따라 향후에는 딥러닝 기술의 완성도가 자율주행차의 경쟁력을 좌우할 것으로 보인다. 특히 자율주행차에는 딥러닝중 사물의 피처를 자동으로 잡아내면서 이미지 인식에 뛰어난 성능을 보이는 컨볼루션 신경망(CNN, convolutional neural network) 기술의 적용이 활발하게 이루어지고 있다. 컨볼루션 신경망은 이미지의 특징이나 피처를 잡아내는 필터의 집합체로서, 이 필터를 인간이 설계할 필요 없이 자동적으로 찾아주는 장점을 지니고 있다.⁴⁾

한편 자율주행 개발업체들은 자율주행 센서의 한계를 보완하기 위해 고정밀 지도 SW업체를 경쟁적으로 인수하거나 투자하고 있다. 정밀지도가 자율주행 센서의 오류 발생과 인지 한계를 보완함으로써 자율주행의 성능에 기여할 수 있기 때문이다. 정밀지도를 활용하는 경우 기존 자율주행 센서와 지도의 정보를 매칭시킴으로써 보다 정교한 주행환경 인지가 가능하다. 또한 기존의 단일센서의 한계는 센서융합(sensor fusion) 기술을 통해 보완되는 추세이다. 예를 들어 악천후 시 기존의 카메라가 감지하지 못하는 장애물을 레이더와 카메라를 융합한 센서를 통해 식별할 수 있다.

비록 기술적 한계가 보완되더라도 완전한 자율주행(레벨 5)이 상용화되기 위해서는 앞서 제기된 사고책임 및 개인정보와 관련된 법·제도적 기반 등의 마련이 요구된다. 이후 자동차 산업의 패러다임이 모빌리티 서비스로 전환될 것으로 예측되는 가운데, 자율주행 및 AI, 데이터 관련 규제가 기술의 완성도 및 소비자 선호와 더불어 자율주행의 확산에 영향을 가장 크게 미치는 요인이 될 것으로 보인다. 자율주행의 확산을 촉진하기 위해서는 자율주행 테스트에 대한 규제 간소화 및 관련 법적 근거 마련(‘운전자’에 대한 재정의 등)과 동시에 자율주행사고 예방 및 재발 방지를 위한 엄격한 법적 장치를 균형감 있게 마련할 필요가 있다.

아직 보완되어야 할 이러한 다양한 기술적·제도적 과제들이 있음에도 불구하고, 자율주행은 미래 도시의 교통체계와 이동성(mobility)에 막대한 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 자율주행은 기존 사용자들이 운전과 주차를 위해 소비하던 노동력을 대체함으로써 자동차를 서비스화(servitization)하는 한편, 사용자를 운전에서 자유롭게 함으로써 자동차를 다양한 생활 편의서비스 제공을 위한 플랫폼으로 변화시킬 것이다. 전문가들은 이러한 변화가 인구가 밀집된 도시를 중심으로 먼저 시작될 것이며, 사람의 이동과 물류 배송 분야

4) 민영익(2019), 프레디쿠스(Predicus), 클라우드나인.



에서 신규진입자들을 위한 다양한 비즈니스 기회가 발생할 것으로 보고 있다.⁵⁾

아직 완전한 자율주행이 개발되지 않았지만, 여행자를 포함한 도심 내 통행자들에게 point-to-point 이동성을 제공하는 모빌리티 서비스는 세계 곳곳에서 출현하고 있다. 핀란드 헬싱키 벤처기업 마스 글로벌(Maas Global)은 모빌리티 서비스 개념을 모바일 앱에 적용한 뽀(Whim)의 상용화에 세계 최초로 성공하였다. 뽀는 단순한 자동차 공유를 넘어 자전거, 지하철, 버스, 택시 등 다양한 교통수단을 통합하여 이용자에게 최적의 경로를 제공하는 월정액 앱 서비스이다. 뽀는 도시 내 승용차 이용률을 낮추고 이동서비스를 합리적이고 편리하게 제공하는 것을 목표로 한다. 마스 글로벌은 이러한 서비스의 개념을 서비스로서의 모빌리티(MaaS, Mobility as a Service)라고 명명하였다.

최근 우버와 리프트와 같은 자동차 공유업체도 자전거, 킥보드 공유업체 등을 인수하는 등 최근 모빌리티 서비스에 진출하려는 움직임을 활발히 보이고 있다. 벤츠, 도요타 등 완성차업체들도 Maas 개념을 도입하여 모바일 앱을 중심으로 모빌리티 서비스 사업을 추진하고 있다. 이러한 추세를 볼 때 자율주행차를 포함한 자동차업계 비즈니스의 진화방향이 궁극적으로 모빌리티 서비스로 전환될 것으로 판단된다.⁶⁾

5 정책적 시사점

자율주행차는 이동수단의 소유보다는 사용을 중요하게 만드는 동시에, 자동차의 가치와 기능의 측면에도 큰 변화를 가져올 것으로 기대된다. 자율주행차는 자동차를 ‘이동수단’에서 ‘생활공간’으로 변모시키며, 차량 내에서 운전 중심으로 이루어지던 모든 기능을 변화시킬 것이다. 이에 따라 소비자들은 확장된 라이프스타일을 위해 자율주행차의 ‘연결성’을 요구할 것이다. 이러한 예측을 반영하여 CES 2019에서는 자율주행 차량 내부의 엔터테인먼트 영역이 새롭게 이슈가 되었다. 현대기아차를 포함하여 BMW, 아우디 등 완성차업체들뿐 아니라 SK텔레콤, 삼성, LG 등 통신 및 IT업체 등 여러 업체들이 차량 내 디스플레이, 증강현실(AR), 가상현실(VR), AI 개인비서 관련 기술들을 선보였다. 많은 국내 전문가들은 차량 고속통신 및 휴먼 인터페이스 기술, 자율주행 관련 디지털 인프라 기술, 보안 및 개인 프라이버시 강화를 위한 기술, 미래 통합 교통 서비스 개발 등을 향후 중점적으로 추진하여야 할 핵심 기술개발과제로 보고 있다.

다만 전문가들 사이에서도 자율주행차의 수요와 도심 내 차량 공유수준에 대한 향후 전망은 아직 하나의 방향으로 좁혀지지 않고 있다. 일각에서는 자율주행이 이동을 서비스화하고 자동차의 가격을 높이면서 자동차 소유의 종말을 가져올 것이라고 주장한다. 다른 한편에서는 완전자율주행이 구현되더라도 사회적 지위 등의 이유로 자동차 소유를 선호하는

5) McKinsey&Company(2018), Reserve a seat: The future of mobility is arriving early.

6) 김주성, 민수진(2019), 지능형 자동차 산업의 발전 동향 및 핵심 기술개발분야, ETRI Insight Report.

사람들이 여전히 있을 것이라고 본다.

많은 전문가들은 자율주행차 관련산업에서 소비자와 더불어 정부 및 지자체 차원의 규제가 자율주행차 확산에 가장 핵심적인 역할을 할 것이라고 보고 있다. 소유 여부를 떠나 자율주행차 확산 여부 관점에서 보면 미래에 도시들은 모빌리티 온디맨드를 기반으로 자율주행차가 진취적으로 도입되는 도시, 보수적인 규제를 기반으로 자율주행차를 점진적으로 수용하는 도시, 대중교통을 중심으로 스마트 모빌리티 서비스를 구축하는 스마트시티의 형태 중 하나가 될 것으로 예상된다.

자율주행차를 기반으로 한 모빌리티 서비스의 확산은 소비자의 기대 및 행동 변화, 산업 가치사슬의 붕괴, 대중교통 분야의 경쟁 강도 증가와 같은 변화를 가져올 것이다. 이에 따라 지속적인 기술 개발을 위해 소비자의 니즈의 진화방향에 대한 이해와 예측이 요구된다. 나아가 대중교통의 경쟁력을 강화하고 공공교통 수단이 공유차량, 자전거 등 다른 교통 솔루션과 하나의 통합 플랫폼으로 연결되어야 할 것이다.



www.etri.re.kr

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인 "ICT R&D 경쟁력 제고를 위한 기술경제 및 표준화 연구"를 통해 작성된 결과물입니다.

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

