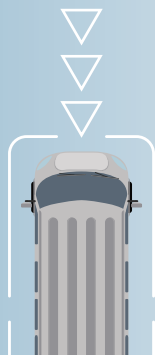
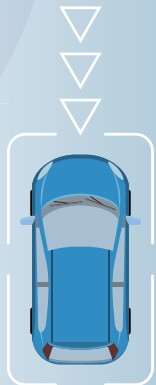




자율주행, 그 이상의 모빌리티  
생각하는 자동차



## 발간사

한국과학기술한림원에서 발간하고 있는 정책제안서인 차세대리포트는 우수한 젊은 과학기술인 그룹인 '한국차세대과학기술한림원(Young Korean Academy of Science and Technology, Y-KAST) 회원들의 목소리를 담아오고 있다.

2018년 '영아카데미, 한국과학의 더 나은 미래를 위한 엔진'을 주제로 차세대리포트 발간을 추진하던 당시 'Y-KAST라는 이름으로 모인 젊은 과학기술인들은 어떤 목적을 가지고, 어떤 일을 해나가야 하는지'에 대한 설문 조사와 소규모 인터뷰를 진행한 바 있다. 그 결과는 매우 인상적이었다. 이들은 성별, 전공 분야에 상관없이 'Y-KAST는 다음 세대 과학자들을 위해 기여해야 하며, 정부와 젊은 연구자들 사이의 통로로 기능해야 한다'고 목소리를 내었던 것이다.

발간 4년 차에 접어든 올해의 차세대리포트 역시 Y-KAST 회원들이 강조한 두 가지 역할 수행을 위한 작은 발판이 될 수 있기를 바라며 발간을 추진하였다. 이를 위해서 우선 주요 과학기술의 연구개발 동향과 이슈, 그리고 해당 분야에서 우리나라가 선도적 역할을 수행하기 위해 필요한 정책적 지원방향을 살펴보았으며, 나아가 이공계 인재들뿐만 아니라 국민들에게 도움이 될 수 있는 생생한 정보를 전달하고자 하였다.

이번에 발간하는 차세대리포트 2021-01호에서는 자율주행 자동차 기술의 현재와 미래를 살펴보고, 자율주행 자동차 상용화에 따른 사회·경제적 변화를 전망해 보고자 한다. 특히 자율주행 그 이상의 영역까지 개입하게 되는 기술이 구현될 경우 발생하게 될 사회·윤리적 이슈와 가치 판단의 문제 등도 함께 고민해보고자 하였다.

젊은 과학자들의 새로운 시각과 신선한 발상, 그리고 이들이 제안하는 기술과 정책의 방향성이 개인뿐만 아니라 국가의 미래를 이끌어갈 청소년들, 그리고 과학기술정책 입안자들에게 작은 이정표가 될 수 있기를 기대해 본다.

2021년 10월  
한국과학기술한림원 원장

한 민 구

### 펴낸곳

한국과학기술한림원  
031)726-7900

### 펴낸이

한 민 구

### 발행일

2021년 10월

### 홈페이지

www.kast.or.kr

### 기획·편집

배승철 한국과학기술한림원 정책연구팀 팀장  
이동원 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임  
조은영 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임

### 디자인·인쇄

경성문화사  
02)786-2999

이 보고서는 복권기금 및 과학기술진흥기금의 지원을 통해 제작되었으며,  
모든 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.



**배 명 진**

KAIST 수리과학과 교수

정반사(Regular reflection) 해의 음속원(sonic circle)에서의 최적패턴과 다차원 발산형 노즐에서 형성되는 천음속 충격(transonic shock)의 유일존재성·안정성을 규명하는 등 수리 유체역학 분야의 난제 해결에 도전하고 있는 차세대 연구자다. 이번 차세대리포트에서는 생각하는 자동차 구현을 위한 수학적 연구현황의 설명과 더불어 기술의 도입을 위한 정책적 아이디어를 제시했다.



**서 창 호**

KAIST 전기및전자공학부 교수

정보이론 및 인공지능(AI) 분야를 선도하고 있는 연구자로 최근에는 국제전기전자공학회(IEEE) 정보이론 소사이어티에서 수여하는 '제임스 매시 연구 - 교육 상'을 수상했다. 신뢰할 수 있는 인공지능(Trustworthy AI) 개발 연구를 진행하고 있으며, 정의로운 자동차 실현을 위한 기술적 현황과 정책적 고려사항에 대해 설명했다.



**조 기 춘**

건국대학교 스마트운행체공학과 교수

정밀지도 및 센서 융합을 통한 차량의 정밀 위치추적, 실시간 주행환경 업데이트를 위한 클라우드-엣지 업데이트 플랫폼 등 분야에서 탁월한 성과를 내고 있는 연구자다. 이번 차세대리포트에서는 생각하는 자동차가 가져올 사회·경제적 변화를 산업 구조와 사회적 비용 등의 측면에서 설명하였으며 변화에 대비하기 위한 각 주체들의 노력과 정책의 방향성 등을 제시하였다.



**조 민 수**

POSTECH 컴퓨터공학과 교수

컴퓨터비전 및 인공지능 분야에서 주목받고 있는 젊은 과학자다. 그래프 정합 및 학습 분야 연구에서 새로운 기법과 알고리즘을 개발하여 영상 분석 기술 발전에 크게 기여했으며, 그래프 학습, 의미론적 영상정합, 약지도 인식, 물체 발견, 심층 신경망 학습분야 등으로 연구영역을 넓혀가며 활발한 연구 활동을 하고 있다. 이번 차세대리포트에서는 이해하고 협력하는 자동차의 연구개발 현황, 그리고 기술적 난제들에 대해 설명했다.

들어가기 04

I. 이해하고 협력하는 자동차

1 이해와 협력을 위한 시스템 구조와 기능 07  
 2 자율주행 인공지능과 딥러닝 10  
 3 기술적인 난제들 11  
 4 자율주행이 여는 협력 운전의 미래 12

II. 정의로운 자동차

1 정의로운 주행 14  
 2 정의로운 규제 18

III. 생각하는 자동차: 미래의 기술과 사회변화를 준비하는 오늘

1 생각하는 자동차를 만드는 미래 기술: AI 기술 개발과 AI 윤리 19  
 2 생각하는 자동차가 가져올 경제구조 변화 예측 21

IV. 정의롭게 생각하는 자동차가 달리는 미래사회를 위한 준비

1 정부지원사업 현황 25  
 2 정의로운 자동차 실현을 위해 지금 우리가 고민해야 하는 문제들 25  
 3 미래사회 속 자율주행 자동차 그리고 자율주행 자동차 속 미래사회 26  
 4 차세대 리포트를 마치며 28

## 들어가기



우리가 사는 세상은 시속 수십 킬로미터 이상의 속력으로 움직이며 사람의 생명을 위협하는 1톤 내외의 큰 쇳덩어리들로 가득 차 있다. 이 물체는 전 세계에 약 15억 개가 있다고 추정되고, 이 물체에 의해 사망하는 사람들은 매년 100만 명이 넘는다. 우리는 이 큰 쇳덩어리를 ‘자동차’로 부르지만, 정작 이 자동차는 아직 스스로 판단하고 결정해서 움직이지 못하고 ‘운전자’인 사람이 조종하여 움직인다.

운전자로서의 사람은 어떠한가? 좁은 시야를 극복하기 위해 수시로 고개를 이리저리 돌려야 하고, 운전 중 탄생각을 하거나 휴대전화를 확인하는 등 사고를 유발할 수 있는 행동을 하며, 돌발상황에 대한 반응속도가 느려서 위험을 피하지 못해 사고를 겪기도 한다. 그리고 장거리 운전이나 늦은 시간의 운전으로 인해 피로를 느껴 운전 중에 졸기도 한다. 다른 운전자들과 협력하기보다는 내 갈 길이 바쁘다는 이유로 다른 차들을 배려하지 않으며, 주변 차로 인해 주행에 방해받았을 때는 쉽게 흥분해서 다른 운전자에게 위협적인 행동을 하기도 한다. 뿐만 아니라 교통법규를 위반하거나 음주운전을 해서 타인의 재산이나 신체, 심지어 생명에도 피해를 주기도 한다.

현재의 자동차가 진정한 의미에서의 ‘자동’차로 진화하기를 인류가 고대하는 이유는 사람의 본성이 갖는 한계 때문만은 아닐 것이다. 일반적으로 ‘운전’기술은 생존에 필요한 도구로 여겨진다. 그런데 운전기술을 습득하기 위해서는 적지 않은 시간과 노력이 필요하다. 그리고 운전기술을 습득하고 능숙해졌다고 할지라도 시간이 지나면 사람은 자신의 의사와 상관없이 사회의 통제에 의해 이 기술을 사용할 수 없게 된다. 그러므로 우리는 안전, 소요비용 그리고 편리함의 모든 측면에서 우리에게 유익하며, 진정한 의미에서 ‘자동화’를 실현할 수 있는 자동차가 필요하다. 그리고 이의 실현을 위해 산업계와 학계 모두 다양한 방식으로 기술개발을 위한 끊임없는 노력을 기울이고 있다.

운전 자동화 단계는 자율주행 시스템이 운전에 관여하는 방식과 비중에 따라서 총 6단계로 분류된다.<sup>1</sup>

1 Automated Driving - Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016, 2018.

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 필요x, 제어권 전환시만 잡을 필요)	작동구간 내 불필요 (제어권 전환x)	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
운전자와 시스템의 역할	운전자는 상황을 파악하고 운전함	운전자는 상황을 파악하고 운전함	운전자는 상황을 파악하고 운전함	운전자가 시스템의 요청 시 운전함	운전자가 시스템에 개입하지 않음	시스템의 역할
예시	사각지대 경고	스마트 크루즈 컨트롤, 차로 유지 보조 등	고속도로 주행 보조, 원격 스마트 주차 보조 등	교통 혼잡 시 저속주행, 고속도로 주행, 자동차로 변경 등	시스템이 정해진 도로와 조건 하에 운전함	시스템이 모든 도로와 조건 하에 운전함

- Level 0 주행 중 안전을 위해 시스템이 충돌방지 보조와 충돌경고 등을 수행
- Level 1-2 주행모드에서 조향과 속도 조절을 통해 일부 주행 보조
- Level 3 자동차 스스로 차선을 변경하고 장애물을 피하거나 앞차를 추월
- Level 4 비상시에 시스템이 주행제어, 자율주행이 가능한 지역의 제한이 있음
- Level 5 지역 제한 없이 완전한 자율주행 가능한 무인자동차

출처: 현대자동차 홈페이지 및 국제자동차기술자협회(SAE) 자료 재가공

위의 기준에 따르면 현재 앞서가고 있는 자동차 회사들은 Level 3까지 기술을 구현하였고, 도심 자율주행이 가능한 Level 4 기술의 상용화를 목표로 달려가고 있다.

우리가 기대하는 미래의 자동차와 가장 가까운 것은 아마 운전자의 개입이 전혀 필요 없는 Level 5의 자율주행 자동차일 것이다. 자율주행 시스템의 핵심기술 중 하나인 인공지능 기술이 급격하게 발전하고 있는 현재, 인류는 운전 자동화 단계 Level 5의 자동차 상용화에 큰 기대를 걸고 있다.

주변 환경을 정확하게 인지하고 주변 자동차들과 협력하는 자동차의 시대는 어떻게 준비되고 있을까? 이번 차세대 리포트에서는 ‘생각하는 자율주행 자동차’ 기술의 현주소를 살펴보고 기술개발의 미래를 전망해보고자 한다. 더 나아가 인간 윤리의 이상(理想)을 실현할 수 있는 ‘정의로운 자동차’의 모습에 대해 논의하고 이를 위해 필요한 것이 무엇인지, 어떤 정책이 필요한지 생각해보고자 한다.

‘자율주행 자동차’의 상용화라는 꿈이 실현된다면 미래 모습은 어떻게 변할 것인가? 이에 대한 예측 및 준비를 철저히 하는 것 역시 미래 세대를 위한 우리의 역할이다. 이런 측면에서 이번 차세대 리포트에서는 ‘생각하고 정의로운 자율주행 자동차’의 상용화가 미래 사회 경제에 어떻게 영향을 끼칠지를 예상해보고, 이를 위해 어떤 현재의 우리는 어떤 준비를 해야 하는가를 정책적인 측면에서 논의할 것이다.



## 이해하고 협력하는 자동차



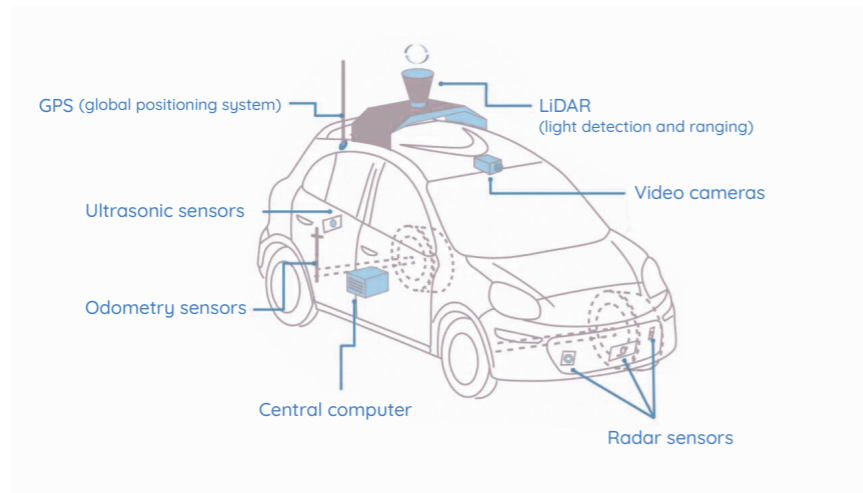
### 1 이해와 협력을 위한 시스템 구조와 기능



자율주행 자동차 시스템의 핵심 인공지능 기술은 센서, 통신, 계산, 저장, 제어 등의 모듈로 이루어진 하드웨어 구조 위에서 구성되고 센트럴 컴퓨터를 통해 처리되는데, 특히 빠른 반응속도와 정확도를 요구하는 주행상황의 특성을 반영하여 모두 실시간 처리에 특화된 시스템 구성을 가진다. 그 주요 기능들은 크게 세 가지로 구분할 수 있는데, 다양한 센서들을 통해 주변환경과 물체들을 파악하는 인지(perception), 인지 결과를 바탕으로 앞으로 미래에 일어날 상황을 미리 파악하는 예상(forecasting), 인지와 예측을 바탕으로 행동을 결정하는 계획(planning) 기능이 이에 해당한다.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Workshop on Autonomous Driving, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2021. <http://cvpr2021.wad.vision/>

그림 1 자율주행을 위한 인지시스템 하드웨어 구성



출처: <https://www.wired.com/2015/04/cost-of-sensors-autonomous-cars/>

**인지(perception)** 기능은, 주변 환경에 대한 일차적인 정보를 추출하기 위한 카메라(camera), 레이더(radar), 라이다(LiDAR), 오도메트리(odometry), GPS 등의 센서를 통해 이루어지고, 각각의 센서가 가지는 장단점을 보완하기 위해 최소 두세가지 정도의 센서들을 결합(fusion)하여 전후좌우로 배치함으로써 정확도와 감지범위를 높인다. 또한, 사람이 운전할 때 네비게이션을 활용하듯이, 컴퓨터도 미리 생성해둔 지도 정보를 함께 활용하여 환경 인식을 돕도록 하는 것이 일반적이다. 인지 기능은 이러한 통합적인 센서 정보를 바탕으로 영상 및 신호처리 기술을 통해 도로, 인도, 차선, 횡단보도 등 기본적인 주행환경을 인식 및 분할하여 주행이 가능한 공간을 파악하고, 신호등과 교통표지판을 인식하여 주행 제한 요소를 판단하며, 자동차, 사람, 자전거, 오토바이, 동물, 장애물 등 주변 물체들을 탐지 및 추적하여 주변 상황지도를 만드는 역할을 한다.<sup>3</sup> 이와 동시에 주변 물체들과의 거리와 속도 등 기본적인 물리적 상태를 파악하는 기능도 포함한다.

3 A. Geiger, P. Lenz and R. Urtasun, "Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite," 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012.

**예상(forecasting)** 기능은 현재 상황의 인지 결과를 바탕으로 향후 발생할 상황을 예측한다. 주행환경 내에서 자율적으로 움직이는 물체들, 즉 자동차와 사람 등의 미래 경로를 예측하는 것이 그 핵심이며, 이는 주행이라는 역동적인 상황에서 주변 물체와의 상호작용을 고려해서 미리 대처하고 주행 계획을 결정하는데 필수적인 기능이다. 자연스럽게 속도를 조절하는 기본적인 주행 기능도 앞차의 속도 변화를 예측할 수 있어야 기능 구현이 가능하다. 차선변경만 하더라도 앞뒤 자동차들의 움직임을 제대로 예측해야 가능하기 때문이다. 이처럼 주변 자동차와 보행자들의 돌발상황에 대처하여 안전하게 주행하기 위해서는 사물들의 복잡한 상호작용을 고려하여 앞으로 눈앞에 벌어질 일들을 빠르게 예상하는 것이 필요하다.<sup>4</sup>

그러나 예상은 인지와는 달리 직접적인 관찰이 불가능한 미래의 사건들을 알아내는 것이기에 각각 다른 발생확률을 가지고 있는 다양한 사건의 후보군을 고려해야 하는 매우 어려운 문제이다.

**계획(planning)** 기능은 인지 단계와 예상 단계에서 얻어진 결과를 바탕으로 최적의 주행을 실행할 수 있도록 행동 과정을 설계하는 것이다. 계획은 핸들, 엑셀, 브레이크, 경적 등을 제어하는 것부터 최적의 여행 경로를 결정하는 것까지 광범위한 작업을 포함한다. 예상 단계에서 얻어진 결과를 바탕으로 다양한 사건의 발생 시나리오를 고려하여 위험도를 최소화하는 운전 경로와 과정을 결정하는 것은 계획 과정의 핵심 요소라 할 수 있다. 인지 기능 및 예상 기능과는 달리 계획 기능은 자동차의 제어와 직결되어 있음과 동시에 다양한 '목적'에 대하여 열려 있는 문제이기 때문이다. 여기서 '목적'이란 주행 과정과 관련된 모든 사항을 결정하는 데에 있어서 어떤 '목적'을 달성하는 것을 목표로 삼을지에 대한 것이다. 주행시간과 주행거리 중에 어느 것을 단축할 것인가? 탑승자, 보행자, 다른 자동차의 안전 중에 어느 것을 얼마만큼 더 우선시할 것인가? 초보운전자나 구급차에게 양보를 할 것인가? 횡단하는 보행자를 기다릴 것인가 먼저 지나갈 것인가? 이와 같은 다양한 문제들이 주행 계획에 반영될 수 있으며 그만큼 수많은 선택의 가능성이 열려 있는 것이다.

4 S Ettinger et al., "Large Scale Interactive Motion Forecasting for Autonomous Driving : The Waymo Open Motion Dataset," Arxiv 2021.

## 2 자율주행 인공지능과 딥러닝



최근 자율주행 인공지능 시스템의 대부분은 '딥러닝(deep learning)'으로 불리는 심층신경망(deep neural network) 모델에 기반을 둔 학습 기법을 사용하고 있다. 고전적인 인공지능 기법은 운전을 위한 결정 과정을 여러 부분으로 나누어 각 부분에 대한 모듈을 개발하고, 이것들을 순차적으로 연결하여 시스템을 만드는 모듈 기반 파이프라인을 따라 구현한다. 예를 들어 센서와 지도 정보를 받는 모듈, 물체 탐지와 추적을 수행하는 모듈, 예측을 수행하는 모듈, 운전 경로를 결정하는 모듈 등이 각각 개별적인 모델을 따로 설계하고 학습하여 결합하는 방식이다. 이 기법은 운전 단계의 다양한 사전지식과 정보를 결합하고 동작 결과를 해석하기 쉽다는 장점이 있다. 그러나 개발 단계가 복잡하며, 모듈결합 단계에서 오차가 누적되는 경우 최종단계에서 예상하지 못한 문제가 발생할 가능성이 높다는 단점을 가지고 있다. 또한, 각각의 모듈들이 마지막 출력에 해당하는 최종 문제의 해결에 도움이 되지 않는 방향으로 학습될 가능성이 있어서 학습효과 면에서 좋지 않다. 그러나 딥러닝(deep learning)이라 불리는 심층신경망 기법은 각각의 모듈을 학습 가능하게 만들어 이들을 깊게 쌓아 연결하는 것과 동시에 최종 문제의 해결과 직결된 목적함수를 가지고 입력과 출력 사이의 모든 레이어들을 동시에 학습하는 종단간 훈련(end-to-end training) 방식을 도입함으로써 기존 인공지능 기법의 문제점을 해결하고 성능을 획기적으로 향상해 왔다. 이러한 심층신경망은 학습 과정에서 결정해야 하는 수많은 변수들을 가지고 있기 때문에 학습 과정에서 대량의 데이터를 필요로 한다. 이 각각의 데이터는 입력과 정답출력에 해당하는 쌍으로 이루어져야 하고 이 정답의 정확도가 학습의 효과를 결정짓기 때문에 자율주행 관련 회사들은 양질의 학습데이터를 생산하기 위해 많은 인력과 비용을 투자하고 있다. 학계에서는 사람이 제공해야 하는 정답 데이터를 크게 줄이면서도 학습효과를 높이는 비지도(unsupervised) 및 약지도(weakly-supervised or semi-supervised) 학습기술과 메타러닝(meta-learning) 기법 등이 활발히 연구되고 있으나 그 학습효과와 정확도에 있어서 여전히 갈 길이 먼 상황이다.<sup>5</sup>

아직까지는 높은 정확도와 안정성을 요구하는 자율주행 산업현장에서는 거의 대부분 사람이 만든 정답 데이터를 필요로 하는 지도학습(supervised learning) 기법에 크게 의존하고 있는 실정이며, 자율주행에 있어서도 양질의 학습데이터는 관련 기술력의 중요성 못지않게 중요도가 높은 자원이 되고 있다.

## 3 기술적인 난제들



심층신경망과 딥러닝 인공지능 기술의 발전으로 인해 자율주행 자동차의 시대는 가시권에 들어왔지만 안전한 자율주행 자동차를 위해 해결해야 할 기술적인 문제들은 여전히 남아있다.

### 결과의 신뢰성 문제

대용량 데이터를 활용해 수많은 변수를 학습하는 심층신경망 모델의 판단 구조에서는 최종 결정에 이르기까지의 과정 중 중간 단계에서 어떤 계산이 일어나는지를 확인하고 해석하는 것이 상당히 까다롭다. 발생한 결과에 대해서는 그 과정과 원인에 대한 설명이 가능해야 하는데, 특정한 결정 또는 결과가 어떤 과정을 통해서 만들어졌는지를 확인하기가 어렵다는 것은 시스템의 문제점을 보완하는 것을 어렵게 만들 뿐 아니라 결과에 대한 신뢰의 문제로도 이어지게 된다. 결과에 따라 치명적인 사고가 발생할 수도 있는 운전의 경우 이 문제는 더욱 심각할 수 있다. 이러한 이슈와 관련하여 결과에 대한 투명한 설명을 가능하게 하는 인공지능(explainable AI) 기술은 최근 학계와 산업계의 큰 화두가 되고 있다.

### 환경 적응성 문제

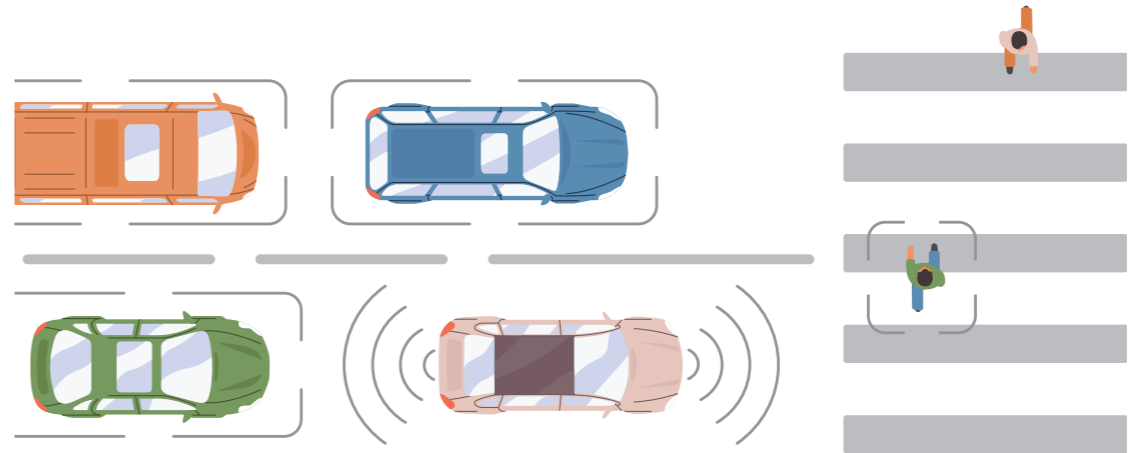
주행환경은 시간과 공간에 따라 다양한 변화를 겪는다. 밤낮에 따라 변하며, 날씨와 계절에 따라서 도로의 환경은 크게 달라지기도 한다. 또한 지역이 바뀌면 교통법규와 도로환경이 달라지기도 하며, 동일 지역 내에서도 시대에 따라 도로의 연결과 교통 인프라, 교통법규가 달라지기도 한다. 때문에 특정한 환경에서 학습된 자율주행 인공지능은 이러한 변화에 적응하지 못해 잘못된 판단을 내릴 가능성이 있으므로, 해당 지역의 도로환경에 자동으로 적응하는 기술이 필요하다. 주행환경의 변화는 비단 자동차의 인지 기능에 영향을 주는 것뿐만 아니라 앞서 언급한 예상(forecasting) 기능과 계획(planning) 기능에도 영향을 준다. 주변 자동차들의 주행패턴은 날씨와 지역에 따라

5 Y. LeCun and I. Misra, "Self-supervised learning: The dark matter of intelligence," 2021. <https://ai.facebook.com/blog/self-supervised-learning-the-dark-matter-of-intelligence/>

달라지기 때문에 주행계획 또한 이에 적응할 필요가 있다. 학습의 일반화 능력과 관련된 이러한 연구는 영역 일반화(domain adaptation)와 메타러닝(meta learning) 기술을 통한 해결방법이 연구되고 있다.

### 돌발 상황 대처 문제

주행환경은 개별 운전자들이 현실에서 관찰하기 힘든 기이하고 치명적인 돌발 상황들이 종종 발생하는 곳이기 때문에 자율주행 인공지능은 이에 충분히 대처할 수 있어야 한다. 하지만, 이러한 상황들은 일반적으로 일어날 확률이 아주 낮기 때문에 학습과정에서 무시될 가능성이 높다. 일반적인 데이터 집합은 대부분이 일상적인 상황들에 대한 데이터로 채워져 있기 때문에 드물게 발생하지만 치명적일 수 있는 상황에 대한 대처보다는 일반적인 상황에 중점을 두고 학습이 진행되며, 이미 데이터 취득단계에서도 돌발 상황에 대한 충분한 데이터를 구하는 것 자체가 대단히 어려운 일이다. 이와 관련하여 복잡하고도 미묘한 주행상황을 충분히 표현하여 데이터를 확보할 수 있는 시뮬레이션 환경이 대안으로 연구되고 있다. 그러나 대처능력을 충분히 획득하는 데는 더 많은 연구가 필요하다. 특히 자율주행 자동차의 인지능력과 예상능력을 교란시키려는 의도적이고 악의적인 공격이 존재할 수 있으므로, 이에 대한 방어 및 대처능력을 갖추기 위한 노력도 지속적으로 이루어져야 한다.



## 4 자율주행이 여는 협력 운전의 미래



자율주행 인공지능 기술을 통해 지금의 비효율적이고 위험한 교통 환경을 바꿀 수 있다는 기대가 커지고 있다. 인지, 예상, 계획 기능을 통해 주행 전체를 관장하는 자율주행 인공지능의 계산적인 특성 덕분에 운전자의 개별적이고 암묵적인 선택에 맡겨졌던 많은 문제는 이제 보편적이고 명시적인 계산 문제로 바꾸어 접근하여 해결할 수 있을 것이다. 특히 자율주행 인공지능은 주의력을 분산시키지 않으면서도 교통 상황 정보를 빠르게 처리하고 주변 자동차들과 긴밀하게 통신할 수 있어서 자율주행 자동차의 보편화를 통해 집단인지, 집단예상, 집단계획이 가능해지게 될 것이다. 내 자동차가 보지 못하는 사각지대와 원거리 위험요소들을 다른 자동차를 통해 인지하고 예상할 뿐 아니라, 주어진 도로환경을 고려하여 주변 교통효율을 최대화하고 위험을 최소화하는 주행방법을 계획하여 함께 실행할 수 있다면 얼마나 좋을까? 이러한 자율주행 자동차 간의 '협력' 운전은 앞으로 우리의 교통 환경을 획기적으로 바꾸게 될 것이다.

## II 정의로운 자동차

미래의 자동차는 상황을 이해할 뿐만 아니라 판단해야 하므로, 현재의 우리는 미래의 자동차가 어떤 목적을 가지고 움직일지에 대해 결정해야 한다. 특히, 앞서 언급한 '협력'하는 자율주행 자동차의 보편화를 통해 이상적인 주행환경을 실현하기 위해 우리는 반드시 '정의로운 자동차'에 대해 고민해야 한다. 한 사람이 무탈하게 잘 살기 위해서는 각 상황에 유연하게 대처할 수 있는 합리적인 사고능력만 있어도 충분하지만, 여러 사람이 함께 어우러져 살아가기 위해 규범과 윤리를 만들고 지켜야 한다.

완전자율주행단계(Level 5) 뿐 아니라 Level 3과 Level 4와 같이 중간단계에 있는 자율주행 자동차의 '정의로운' 주행에 대한 고민은 꼭 필요하다. 왜냐하면 운전자를 감시하고 운행을 판단 및 규제하는 인공지능 자동차의 또 다른 역할을 기대할 수 있기 때문이다. 본 장에서는 정의로운 주행과 규제를 위해 필요한 기술이 무엇이며, 야기될 수 있는 사회적인 문제는 무엇인지 살펴보고자 한다.



## 1 정의로운 주행

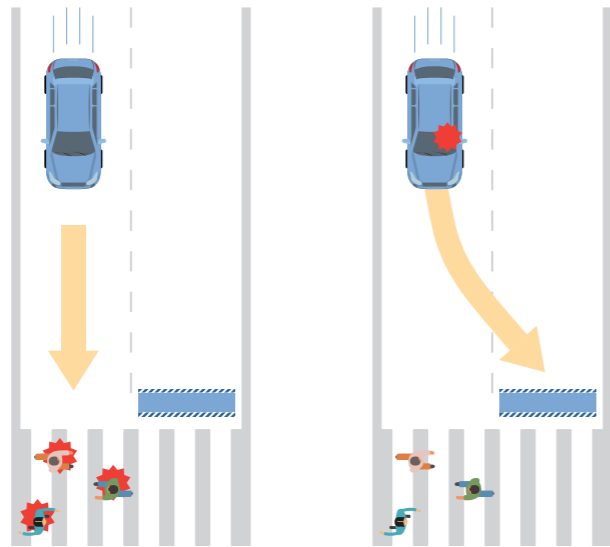


점점 더 사람 같아지는 인공지능, 이를 기반으로 한 자동차 기술은 앞으로 더욱 발전하고 보편화될 것이다. 사람을 돕고, 사람이 해야 할 일을 대신하며 더 나아가 통제까지 하는 자동차의 시대가 도래할 것이다. 이미 운행과 주차를 돕는 기술이 많이 나와 있듯이, 가까운 미래에는 운전을 대신하는 자율주행 자동차가 분명히 상용화될 것이다. 이러한 시대에 자동차가 가져야 할 덕목 중 하나, 그것은 바로 ‘정의’다. 인명사고를 줄이기 위해 정의롭게 판단하고 주행하는 기술은 꼭 필요하다. 사회가 정의로운 경찰을 원하듯, 운전자를 감시하고 운행을 판단 및 규제하는 인공지능 자동차는 반드시 정의로워야 할 것이다. 정의로운 주행, 정의로운 규제, 이를 위해 필요한 기술이 무엇인지, 혹은 필요한 사회적 합의가 있다면 그것은 무엇인지, 다음 예시를 통해 살펴보고자 한다.

### 자율주행 자동차를 위한 정의 기준 수립의 어려움

미국 하버드대학의 정치철학자, 마이클 샌델(Michael Sandel)의 《정의란 무엇인가(Justice)》에서 소개된 “트롤리 딜레마”의 예를 살펴보자.<sup>6</sup>

그림 2 트롤리 딜레마



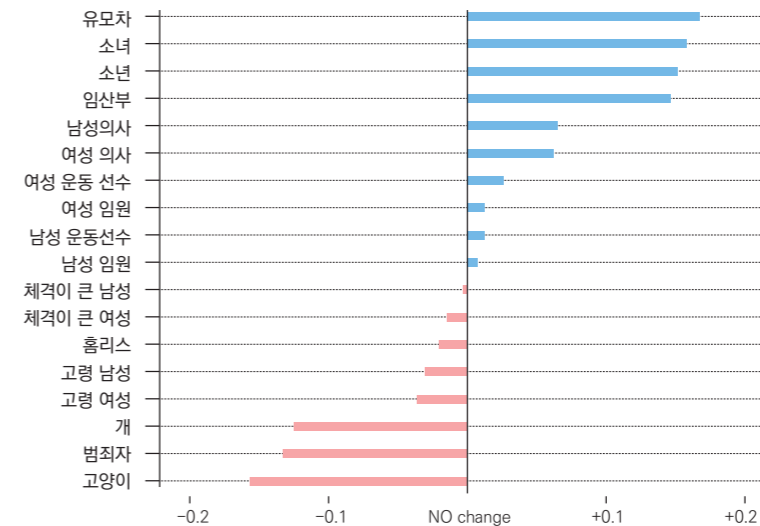
출처: E. Amad et al, 2018.

6 마이클 샌델, “정의란 무엇인가”, 와이즈베리, 2014.

<그림 2>는 주행하던 자동차의 브레이크가 고장 난 상황에서 만약 자동차가 직진하면 도로 위에서 보행 중인 노인 3명이 다치고, 보행자를 피해 방향을 틀면 탑승자 3명이 다치는 경우이다. 이 상황에서 자율주행 자동차는 어떤 선택을 해야 정의로운 선택이라고 할 수 있을까? 이러한 문제는 자율주행 자동차의 등장과 시작된 새로운 문제가 아니라 아주 오래전부터 인류가 고민한 문제라는 것을 우리는 잘 알고 있다. 이 문제에 대한 ‘정답’을 찾기 위해 인류는 오랜 시간 고군분투했지만, 지금까지도 모두가 동의할 수 있는 답을 구하지는 못했다. 그렇다면 자율주행 자동차는 이 문제를 어떻게 풀어야 할까? 어떤 선택이 윤리적으로 타당한 것일까? 인공지능 자동차 시대에 정답은 ‘데이터’에 숨어있다. 왜냐하면 데이터를 통해 인공지능을 학습시키기 때문이다. 즉 정의롭다고 판단되는 데이터를 수집하는 것이 핵심기술이라 할 수 있다.

2018년 MIT, 하버드·브리티시 컬럼비아·토루즈 대학의 공동연구팀은 “모럴머신(Moral Machine)”이라는 온라인 조사 플랫폼을 개발하여 정의로운 선택에 대한 답을 찾고자 했다.<sup>7</sup> 모럴머신은 데이터 수집을 위한 온라인 플랫폼으로 <그림 2>과 같은 딜레마 상황을 연출하여 수많은 온라인 사용자로부터 정의로운 결정에 대한 답을 수집하고자 했다. <그림 2>에서 자율주행차가 직진하는 경우 고령자들이, 좌회전할 경우에는 젊은 사람들이 사망하거나 다치게 된다. 고령자들이 사망하는 경우에는 자율주행차가 도로 벽에 부딪히지 않지만, 좌회전하는 경우에는 인사사고뿐 아니라 벽에 부딪혀 탑승자가 다치거나 사망할 수도 있다. 즉 딜레마 상황인 것이다.

그림 3 모럴머신 평가 결과에 따른 객체별 우선순위



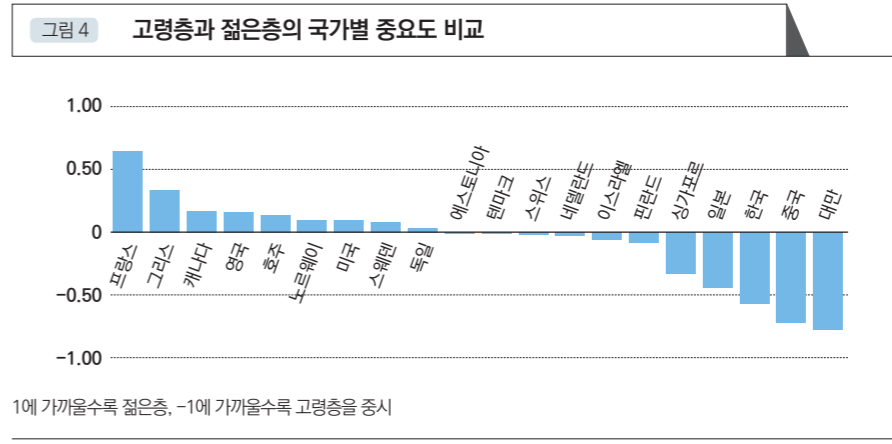
숫자가 클수록 높은 우선순위를 나타냄

출처: E. Amad et al, 2018.

연구진은 트롤리 전차 문제와 유사한 딜레마 상황 4,000만 개를 준비하여 이를 18개월에 걸쳐 233개 국가의 230만 명을 대상으로 데이터를 수집하였다. 즉, 다양한 나라, 계층, 인종으로부터 빅데이터를 수집하여 이를 통해 정의가 무엇인지 일종의 공론화된 답을 내고, 이를 정의롭게 판단하는 인공지능 구현을 위한 초석으로 사용하고자 했던 것이다. 일례로 <그림 3>은 연구를 통해 밝혀진 각 객체에 대한 우선순위를 보여준다. 애완동물보다는 사람, 소수보다는 다수의 사람들, 범죄자보다는 기업 임원 등 사회적인 기여가 높은 사람의 안전과 생명을 더 중시한다는 것을 볼 수 있다. 우리가 일반적으로 생각하는 윤리적인 기준과 비슷한 결과이다. 이 연구의 사례는 데이터가 더욱 많이 쌓일수록 보다 거시적인 관점에서 공론화된 윤리기준이 도출될 수 있을 것이라는 기대를 갖게 한다.

하지만 이러한 방식으로 빅데이터를 얻기 위해 18개월의 긴 시간, 230만 명의 인력이 투입되었다. 다시 말하자면 긴 시간과 많은 자본의 투입이 필요하다는 한계가 있는 것이다. 뿐만 아니라 데이터 편향성의 문제가 있을 수 있다. <그림 4>는 고령층과 젊은 연령층에 대한 각 국가별 중요도 분석결과를 보여준다. 프랑스나 그리스의 경우 젊은층을 중시하며 (+1에 가까울수록 젊은층 중시), 이와 반대로 우리나라, 중국, 대만의 경우 고령층을 더욱 중시한다는 것을 알 수 있다.<sup>8</sup> 인종, 국가별로 각기 다른 윤리기준과 문화가 있기에 예상 가능한 결과이지만 데이터 수집 과정에서 샘플링 바이어스(sampling bias)가 있다면 특정 집단만의 지엽적인 의견이 반영될 위험이 있다. 또한 특정 계층에 유리하게 누군가 임의적으로 데이터를 조작하는 데이터 포이즈닝(data poisoning) 문제도 발생할 수 있다.

7 E. Amad, S. Dsouza, R. Kim, J. Schulz, J. Henrich, A. Shariff, J. Bonnefon and I. Rahwan, "The Moral Machine experiment," Nature 563, 59—64, 2018.  
 8 차두원모빌리티연구소, "한국인들의 모럴머신 결과 특징은?", 블로그 <https://brunch.co.kr/@dwcha7342/28>



### 정의로운 자동차 개발과 AI 윤리(AI Ethics)

다행히도 데이터 수집의 어려움, 데이터 편향성, 데이터 포이즈닝의 한계를 인정하고 이를 알고리즘으로 해결하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 최근 인공지능 분야에 새로운 연구 주제가 등장했는데, 바로 'AI 윤리(AI Ethics)'라는 주제이다. 특히 편향된 데이터로도 알고리즘을 이용하여 인위적으로 공정성을 보장하고자 하는 '알고리즘적 공정성(Algorithmic Fairness)'라는 세부분야가 각광을 받고 있다. 이 분야에 많은 연구 결과들이 나오고 있는데, 백인·흑인과 같은 인종에 상관없이 공정한 판결을 내리는 정의로운 AI 판사 개발이 그 예이다.<sup>9</sup> 또한, 악의적인 데이터 조작에도 악영향을 받지 않고 동작하는 정의로운 기술이 개발되었다.<sup>10</sup>

하지만 위와 같은 연구에도 한계가 있다. 알고리즘으로 정의로운 판단을 유도하기 위해서는 정의에 대한 개념이 확립되어 있어야 하기 때문이다. 즉, 공론화된 정의를 얻어내기 위해 각기 다른 계층의 다양한 사람들이 모여 서로 토론하고 합의를 거쳐 정의에 대한 개념을 확립하는 일이 필요하다. 법률학자, 인문학자, 사회학자, 인공지능 전문가들이 힘을 합쳐 정의에 대한 개념을 확립하고, 이를 바탕으로 인공지능을 개발하는 일이 남아있다. 이를 위한 구체적인 정책 방안에 대해서는 다음 장에서 논의하겠다.

9 J. Cho, G. Hwang and C. Suh, "A fair classifier using kernel density estimation," NeurIPS (국제인공지능신경망학회), 2020.  
 10 Y. Roh, K. Lee, S. E. Whang and C. Suh, "FR-Train: A mutual information-based approach to fair and robust training," ICML (국제머신러닝학회), 2020.

## 2 정의로운 규제



위에서 이미 언급했듯이, 완전자율주행단계(Level 5)에서의 정의로운 주행뿐 아니라 Level 3, Level 4와 같이 사람의 개입을 허용하는 중간단계에서도 인공지능 자동차의 역할을 고려해야한다. 경찰관처럼 운전자를 감시하고 운행을 판단하거나 규제해야 하는 상황이 있을 수 있기 때문이다.

### 부적절한 운전자의 운전시도 통제

자동차 시스템에 의해 수행되는 정의로운 규제의 첫 번째 예는 음주 혹은 피로도를 측정하여, 즉 운전자의 상태를 모니터링함으로써 운전을 규제하는 경우다. 만약 운전자가 음주상태에서 시동을 걸려고 할 때 이를 통제하는 것은 정의로운 규제라고 할 수 있다. '바이오 센싱' 및 이를 기반으로 하는 인공지능 기술이 바로 그것이다. 운전자의 심박수, 땀 분비량, 체온 등을 다양한 센서를 이용해 수집하고 그 결과를 이용하여 음주 혹은 피로도 여부를 판단하는 인공지능 기술을 고려해 볼 수 있는데, 이러한 기술은 현재의 기술로도 충분히 구현이 가능하다.

### 주행 중 부적절한 행동에 대한 운전자 규제

운전자가 주행 중에 신호를 위반하거나 혹은 사고를 내는 상황에서 이를 목격한 사람은 없지만 자동차 시스템이 이러한 상황을 감지하는 것은 가능하다. 자동차가 경찰의 역할, 즉 정의로운 규제를 할 수 있는 상황인 것이다. 이를 위해 필요한 기술 역시 '센싱' 및 이를 기반으로 한 인공지능 기술이다. 전후방 카메라, 레이더, 라이다 등의 센서를 활용하여 사고의 유무, 혹은 발생한 사고가 인명사고 인지 여부 등을 인공지능 기술로 판별할 수 있으며, 이러한 기술 역시 현재의 기술로 충분히 개발 가능하다.

그러나 위와 같은 자동차 시스템에 의한 운전자 규제는 사회적인 문제를 발생시킬 수 있다. 자동차 시스템이 운전자를 상시 모니터링하는 것을 인권 침해로 생각할 수 있기 때문이다. 운전을 하지 못할 정도의 피로도를 판단하는 것 또한 주관적으로 해석될 수 있어 이에 대한 사회적 합의가 필요하다. 이를 위한 방안에 대해서는 마지막 장에서 다루도록 하겠다.



# '생각하는 자동차' 미래의 기술과 사회변화를 준비하는 오늘



이해와 협력의 기능을 갖추고 정의로운 윤리 규범에 따라 운행하는 자율주행 자동차의 실현을 위해 필요한 기술은 무엇이며, 또한 이런 기술들이 실현된다면 우리가 맞이하게 될 미래사회의 변화상이 무엇인지 생각해보고자 한다.

## 1 생각하는 자동차를 만드는 미래 기술: AI 기술 개발과 AI 윤리



심층신경망과 딥러닝 인공지능 기술은 최근 수년간 비약적인 발전을 이루었으며, 이로 인해 자율주행 자동차의 기술 수준도 급격하게 향상되고 있다. 그러나 수집된 데이터의 해석과정을 제대로 이해하지 못하는 불완전한 상황 속에서 주어지는 결과만을 활용하여

자율주행 기술을 구현하는 것에 대한 우려가 큰데, 이를 해결하기 위한 학계의 노력은 계속되고 있다. 특히 자율주행 자동차가 미래에 안전한 교통 환경 조성에 기여하기 위해서는 현재 기술개발의 부족한 부분을 보완해 갈 수 있는 긴밀한 산학협력이 필요하다. 이해하고 협력하여 안전하고 효율적으로 주행을 할 수 있는 자동차를 위해서 아래의 세 가지 기술의 필요성을 앞서 설명한 바 있다.



설명 가능한 인공지능 (Explainable AI)



영역 일반화(domain adaptation)와 메타러닝 (meta learning) 기술



돌발상황 대처 기능 향상을 위한 시뮬레이션 환경의 활용

위의 기술개발과 더불어 최근 중요한 주제로 떠오르는 것이 바로 정의로운 자동차의 구현을 위한 AI 윤리다. 정의로운 주행과 규제의 기반이 되는 AI 윤리는 사람으로 하여금 운전이라는 번거로운 일을 하지 않아도 자동차가 주는 생활의 편리함을 누릴 수 있게 함과 동시에 인공지능을 활용함에 있어서 인간의 윤리관과 가치를 온전하게 보존할 수 있도록 하는 매우 중요한 요소이다. 이와 동시에 AI 윤리의 확립은 전 인류의 동의를 얻을 수 있을 정도의 보편적인 가치관을 수립하는 일인데, 이는 매우 어려운 일임을 우리는 잘 알고 있다. 더 나아가 윤리라는 가치관을 기계가 학습할 수 있도록 데이터를 매개체로 사용하는데 있어서 데이터의 수집 및 분류, 데이터의 정당성과 보편성에 대한 평가를 어떻게 할 것인지에 대해서는 앞으로도 더 진지하게 고민해야 할 문제다.

최근 해석학, 위상수학 등의 다양한 수학 분야의 전문가들도 인공지능 기술개발을 위해 활발한 연구를 하고 있다. 과연 데이터의 수집 및 학습의 효율성을 높이고 인공지능에 의해 도출된 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 공학과 자연과학의 융합 그리고 협력을 통한 연구는 어떻게 기여할 수 있을까? 아직 이 질문에 대해 정확한 답을 얻기에는 다소 이르긴 하지만, 다양한 분야의 전문가들이 다양한 방법으로 딥러닝 인공지능 기술개발에 매진하고 있는 것은 사실이다. 물론 이 연구들이 정의로움을 갖춘 Level 5의 자율주행 자동차의 완성으로 이어지기 위해서는 앞으로 더 많은 시간이 필요할 것이다.

## 2 생각하는 자동차가 가져올 경제구조 변화 예측



자율주행 자동차의 기술이 완성되어 생각하며 정의롭게 운행하는 자동차가 상용화되고, 본인이 원한다면 누구나 자율주행 자동차를 사용할 수 있는 시대가 온다면 우리 사회는 어떻게 변하게 될까? 영리를 목적으로 하지 않고 개인이 전적으로 사용하는 ‘자가용’으로서의 자동차에 초점을 맞춰 미래사회의 경제구조의 변화를 예측하고, 이로 인해 발생할 수 있는 사회문제에 대해서 논의해보겠다.

현재 시점에서 경제적인 측면을 따져 본다면 개인 소유의 자가용은 그다지 매력적이지 않다. 통계청의 2019년 자동차 주행거리 통계에 따르면 개인 명의로 등록된 승용차 1대 당 1일 평균 주행거리는 전국 단위 기준 33.2 km이며, 서울을 기준으로 보면 29.5 km이다.<sup>11</sup> 즉, 개인이 소유한 승용차는 하루에 30여km, 그리고 약 한 시간 정도만 운행되고 그 외의 시간에는 주차장 등에서 자리를 차지하고 있다. 자동차 소유에 따라 발생하는 감가상각과 유류비, 유지보수비, 세금, 보험료 등의 유지비용을 고려했을 때 우리는 자가용의 편리함을 누리기 위하여 값비싼 대가를 치르고 있는 셈이다. 이러한 문제점을 인지한 사람들은 자동차를 소유하는 대신에 공유하고 있다. 공유하는 자동차는 운영비 절감뿐만 아니라 주차 공간의 활용도 제고, 에너지 절약, 탄소 배출 감소 등을 달성하여 자동차 소유와 관련된 자산의 효율을 극대화할 수 있다.

### 현재의 공유하는 자동차

자동차의 공유경제가 가능하게 된 배경에는 ICT(Information & Communication Technology)와 스마트폰 기술의 발달이 있다. 이 기술들은 공유를 원하는 사용자가 어디서나 스마트폰을 통해 낮은 인터넷 비용으로 자동차 공유 플랫폼에 접속하여 자동차를 공동으로 이용할 수 있는 환경을 만들어 주었다. 현재 이러한 스마트폰 기반 자동차 공유플랫폼 기술을 통하여 다양한 형태의 자동차 공유가 진행되고 있으며 크게 셰어링(sharing)과 헤일링(hailing)으로 분류할 수 있다. 셰어링은 자동차 자체를 공유하는 카셰어링(car-sharing)과 이동을 공유한다는 의미의 라이드셰어링(ride-sharing)으로 분류되는데, 카셰어링(예:쏘카, 그린카)은 하나의 자동차를 여러 운전이 가능한 사람이 필요할 때 공유한다는 의미이다.

11 [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=426&tblId=DT\\_42601\\_N003&conn\\_path=12](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=426&tblId=DT_42601_N003&conn_path=12)

## 미래의 공유하는 자동차

ICT와 스마트폰 기술이 다양한 방법의 자동차 공유를 가능하게 해주었지만, 이런 방식의 공유 자동차를 이용하기 위해서는 운전자가 필요하다. 하지만 자율주행 Level 5의 운전자가 전혀 필요 없는 완전자율주행기술은 자동차의 공유 형태를 더 높은 차원으로 끌어 올릴 것으로 예상된다. 이러한 완전 주행 기술은 현재 웨이모(구글), GM 및 수많은 스타트업 기업을 필두로 연구 개발되고 있다. 운전자가 없는 완전자율주행기반의 자동차 공유는 자동차의 소유를 궁극적으로 감소시킬 수 있는 방법으로 이야기되고 있으며, 여러 측면에서 우리 사회에 큰 영향을 미칠 것으로 예측된다.

## 공유 자동차의 보편화가 가져올 미래사회 경제구조의 변화 예측

자동차를 소유하지 않고 공유하는 자율주행 자동차의 사용이 보편화되는 사회는 어떠한 모습일까?

### • 교통 체증에 의해 발생하는 사회적 비용의 절감

사용자는 경로를 계획하고 결정하는 권한을 자율주행 시스템에 부여함으로써 중앙 자율주행 시스템이 도시 전체의 교통 흐름을 계산 하여 도출한 최적화된 경로로 운행이 가능해지며, 이를 통해 교통 체증에 의해 발생하는 사회적 비용을 절감할 수 있다. 하지만 이로 인하여 정보의 중앙 통제 및 개인 정보 보호 문제가 발생할 수 있다.

### • 공간 분배의 변화

자율주행 공유 자동차로 인하여 한 도시 내에서 필요한 자동차의 수가 줄어들게 될 것으로 예상된다. 이에 따라 기존의 많은 교통량을 수용하기 위해 필요했던 넓은 도로와 교통 인프라, 각 건물마다 필수적으로 할당해야 하는 주차장 공간을 공원이나 주거시설, 오락시설 등 사람을 위한 공간으로 새롭게 활용할 수 있다. 또한, 사람들이 주차공간을 찾아 헤매는 시간을 줄임으로써 교통사고 및 탄소배출 등을 줄일 수 있는 부가적인 효과도 기대할 수 있다.

### • 운송산업의 구조변화

운송산업에도 많은 변화가 발생할 것이다. 우선, 택시나 버스 등의 대중교통 시스템 운영을 위해 사람 운전자가 필요하지 않기 때문에 대중교통 운전기사들의 일자리가 감소하게 될 것이다. 물론 대중교통 시스템이 현재와는 다른 방식으로 운영된다면 운전자 대신 자동주행 시스템이 안전하게 운영되도록 지속적으로 모니터링 하는 등 새로운 방식의 작업을 필요로 하는 일자리가 등장할 것이다. (물론 인공지능 기술개발 및 상용화에 의해 발생하는 일자리 변화는 사회 전반에 발생할 것임을 우리는 이미 잘 알고 있다.)

### • 자동차 관련 산업의 변화

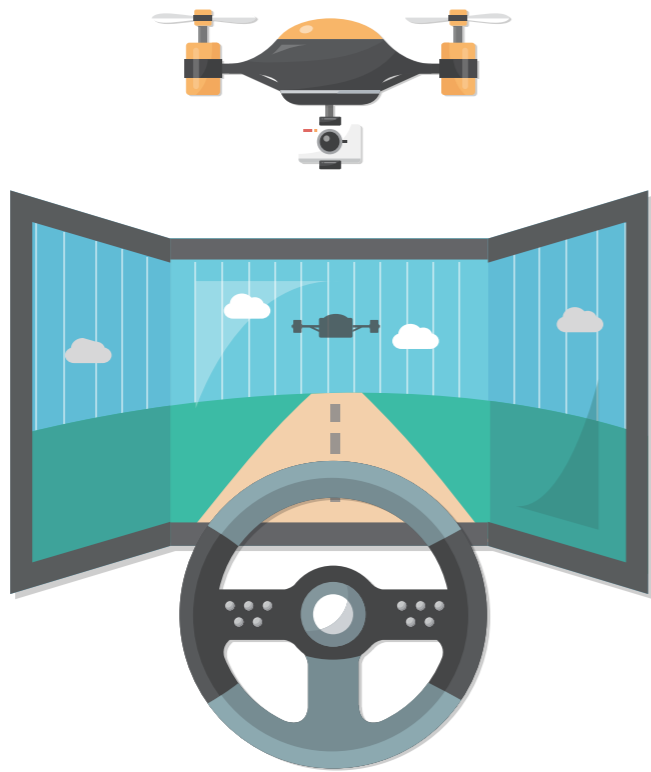
개인의 자동차 소유가 필요 없게 되면 자동차 산업은 제조업체와 공유플랫폼 제공 업체 사이의 거래로 이루어지게 된다. 이로 인해 많은 자동차 영업소들이 문을 닫게 되고 차량 판매 중개인들이 직업이 위협을 받을 수 있다. 자동차 정비 또한 개인 단위가 아니라 공유플랫폼 업체 단위로 이루어지게 될 가능성이 높기 때문에 작은 규모의 정비 업소들도 문을 닫을 위험이 있다.

### • 자동차 보험의 변화

자율주행 공유 자동차 사회에서 가장 크게 영향을 받게 될 분야는 아마 보험 관련 분야일 것이다. 자율주행으로 인하여 교통사고가 크게 줄어들게 될 경우 새로운 비즈니스 모델을 찾아야 하며, 고객의 범위도 기존의 개인 소유자 중심에서 공유플랫폼 기업으로 바뀌어야 할 것이다.



# 정의를롭게 생각하는 자동차가 달리는 미래사회를 위한 준비



우리나라 정부는 4차 산업혁명 진행에 발맞추어 정책적으로 빅데이터, 인공지능, 무인 운송, 초연결 등 핵심 요소 기술에 많은 지원을 하고 있다. 자율주행 자동차는 이러한 4차 산업혁명의 핵심기술을 융합할 수 있는 플랫폼으로서 현재 자율주행기술의 연구 및 개발 지원을 위하여 다양한 국가사업들이 실행되고 있다. 먼저, 활발하게 추진 중인 정부지원사업 현황에 대해 알아보고, '정의롭게 생각하고 협력하는 자율주행 자동차'의 상용화를 위해 현재 우리에게 필요한 것이 무엇인지 살펴보고자 한다.

## 1 정부지원사업 현황



- 먼저 자동차 제조업체, 부품 공급업체, 기술기업이나 연구소들에서 연구 중인 자율주행 자동차 시제품의 시험을 위하여 자율주행 임시 운행 허가, 규제자유특구 지정 및 자율주행시험장 구축 등 여러 제도적 지원체계를 마련
- 자율주행기술개발혁신사업단(2021 출범)  
과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 국토교통부, 경찰청 등 4개 부처 공동추진  
목표: 2027년까지 자율주행 Level 4단계의 상용화를 통하여 자율주행 산업의 국가 경쟁력을 높이고, 미래시장 선점을 위한 차량 융합 신기술, ICT 융합, 도로교통 융합, 자율주행 서비스 및 자율주행 생태계 구축
- 자율주행차데이터표준화위원회: 우리나라 도로와 교통 상황을 반영한 자율주행 관련 차량, 인프라, 서비스 데이터의 국가표준화
- 디지털 뉴딜 정책과 더불어 자율주행 자동차를 위한 데이터·네트워크·인공지능(D.N.A) 생태계 강화를 위한 적극적 노력<sup>12</sup>
- 앞으로 상용화될 자율주행 자동차가 우리 사회에 정립된 윤리 기준에 따라 제작 및 운행될 수 있도록 하는 기본 규범인 자율주행 자동차 윤리 지침을 제정을 위하여 노력 국토교통부 연내 자율주행차 윤리 지침 제정

위에서 언급한 바와 같이, 우리나라가 자율주행 자동차 산업에서 우위를 차지하기 위해 국가 차원에서 기술개발에 박차를 가하고 있는 것임에는 틀림없다. 그렇다면 우리가 더 고민해야 하는 문제는 무엇일까? 먼저, AI 윤리에 대한 확립 및 교육 활성화에 대한 심도 있는 고민과 접근이 필요하다. 그리고 자율주행 자동차 기술이 Level 5 수준으로 완성되었을 때 그 이후에 다가오는 미래사회의 변화에 적응하기 위한 사회정책 수립이 이뤄져야 한다.

## 2 정의로운 자동차 실현을 위해 지금 우리가 고민해야 하는 문제들



### AI 윤리 확립과 AI 윤리 교육의 확대

앞서 언급한 정의로운 주행에서 핵심으로 '정의에 대한 올바른 개념 확립'과 '이를 AI

기술에 접목시키는 능력 배양'을 언급했다. 윤리성을 배제한 채 AI 기술이 발전한다면 위험한 인공지능, 나아가 기계가 인간을 지배하는 무서운 세상이 도래할 수 있을 것이다. 현재 많은 대학에서 학부생을 대상으로 인공지능과 빅데이터에 대한 교육뿐 아니라, AI 윤리 교육을 정규과목으로 운영하고 있다. 가까운 미래에 도래할 AI 기술 보편화 시대를 준비하는 지금, 학부생 대상의 AI 윤리교육의 콘텐츠 개발에 더욱 힘쓰는 한편 나아가 초중고 교육과정에도 학생들에게 AI 윤리 교육을 수행하거나 또는 관련 개념을 자연스럽게 수용할 수 있는 능력을 키우기 위한 다양한 방식의 교육프로그램 개발이 필요할 것이다.

### 자율주행 자동차의 '정의로운 통제'를 보장하려면?

운전하기 부적합한 상태의 사람이 운전을 하려고 할 때 자율주행 시스템이 이를 통제하는 것, 또는 주행 중 운전자가 교통법규를 위반하거나 또는 사고를 났을 때 운전자의 돌발행동을 통제하는 것 등 현재의 기술로 충분히 실현 가능한 자율주행 자동차의 운전자 통제 기능에 대해서 앞서 언급한 바 있다. 이 기능의 유용성과 효율성이 높을 것으로 예상되지만 반대로 이러한 통제 기능이 일으킬 수 있는 사회적인 문제나 역기능에 대해 진지하게 고민해야 한다. 특히 운전자 통제를 위해 자동차 시스템이 운전자를 상시 모니터링하는 것을 인권 침해라 볼 수 있으므로 이에 대한 기술 조율과 사회적 합의가 필요하다. 그리고 이를 기반으로 하는 규제 방안이 마련되어야 한다. 이 목적을 달성하기 위해서는 다양한 분야의 전문가들이 함께 모여 발생 가능한 모든 사회문제에 대해 진단하고, 각 문제에 대한 해결책을 마련하기 위해 끊임없는 논의와 협력을 이어가야 한다. 그리고 최종적으로 공론화된 사회적 합의를 이끌어내기 위해서는 다양한 계층의 의견을 포용하려는 정부의 적극적인 노력이 필요하다. 기술적인 측면에서는 인공지능 오동작에 대비한 안전장치를 마련해야 한다. 인공지능이 오동작하여 운전자가 억울하게 처벌을 받게 되거나 위협에 빠지는 상황이 발생해서는 안 될 것이다. 다시 말하자면 빠르게 앞서 나가는 기술과 더불어 사회적인 안전장치가 동시에 마련되는 것이 중요하다.

## 3 미래사회 속 자율주행 자동차 그리고 자율주행 자동차 속 미래사회



### 스마트시티와 자율주행 자동차

인공지능과 빅데이터가 핵심 산업기술로 부상하게 되면서 미래사회를 그리는 청사진에는 '스마트시티'라는 단어가 빠질 수 없을 것이다. 스마트시티에서는 사람과 물자의 운송을

책임질 수단으로 자율주행 자동차가 유력하게 주목받고 있다. 스마트시티 내 모든 교통 제어 시스템 및 자율주행 자동차 등이 연동된다면 도시 내의 사람과 물류의 이동 효율성이 극대화될 것이다. 따라서 자율주행 자동차 기술개발 정책을 수립함에 있어서, 자율주행 기술 개발에만 집중할 것이 아니라, 시야를 더 넓혀 도시 단위를 대상으로 하는 정책을 염두에 두어야 한다. 미래에 모든 자동차가 완전 자율주행 기능을 수행할 수 있다면 결국 자동차는 개인 소유보다는 기업이나 정부가 관리해야 할 이동 수단 중 하나로 자리 잡게 될 것이다. 즉, 대중교통수단과 개인교통수단의 경계가 모호해질 것이며 궁극적으로는 마스(MaaS: Mobility as a Service) 시대가 오게 될 것이다. 마스(MaaS)는 항공, 기차, 지하철, 트램, 버스 등 다양한 교통수단과 자율주행 자동차를 통합하여 사용자에게 최적의 통합 경로를 제공할 수 있는 '서비스로서의 이동 수단'을 의미한다. 이러한 자율주행을 포함한 마스(MaaS) 산업의 발전을 위해서 자율주행 정책에 더하여 사회 전체적으로 이동 수단을 융합할 수 있는 정책 연구가 필요하다.

### 자율주행 자동차 기술 전문인력 양성

자율주행과 전기 자동차 시대에는 '자동차'하면 엔진, 변속기, 타이어보다 모터, 배터리, 센서, 소프트웨어, 서비스 등이 떠오른다. 즉, 자동차의 기술 핵심이 기존 내연 기관에서 전기·자율주행으로 변화하게 될 것이며, 이 변화에 적응하기 위해서는 자동차를 생산·개발하고 유지보수하기 위한 기술자들은 기존 자동차 공학에서 배우는 것과는 완전히 다른 교육을 받아야 한다. 정부는 앞으로 전문인력들이 자율주행을 비롯하여 다양한 모빌리티 플랫폼에 대한 변화에 적응할 수 있도록 소프트웨어, 모빌리티 하드웨어, 인공지능, 빅데이터 등 다양한 기술의 기초부터 응용까지 배울 수 있는 교육 시스템 구축에 정책적 지원을 아끼지 말아야 한다.

### 자동차 산업에 바라는 점

자동차 제조업체들은 자율주행이라는 새로운 기술과 이로 인해 등장하게 될 새로운 서비스를 빠르게 흡수할 수 있도록 유연해져야 한다. 기존 자동차 업체들은 관련 기술과 상품, 고객을 보수적으로 지켜왔으며 새로운 기업들이 신기술과 서비스를 기반으로 자동차 산업에 진출하기에는 큰 기술적·시장적 장벽이 있었다. 이 장벽은 인공지능, 로봇, 통신, 공유경제 등 빠르게 변화하고 있는 기술이 자율주행 자동차에 신속하고 유연하게 적용되는 것을 방해할 수 있다. 자율주행 자동차의 활성화를 위해서 자동차 기업들은 기존 사업을 지키기에만 급급해서는 안 되며 다양한 분야들의 새로운 기술과 경향을 빠르게 흡수하고 적용할 수 있도록 유연한 태도를 보여야 한다.

## 4 차세대리포트를 마치며



이번 차세대리포트를 마무리하면서 마지막으로 강조하고자 하는 점은 융합연구의 중요성과, 장기적이며 모험적인 연구에 대한 국가적 차원의 지원 필요성이다. 즉, 더욱 개방적인 사고를 바탕으로 융합연구가 추진되어야 하며, 국가에서는 장기적, 모험적 연구를 위한 연구개발 환경을 조성하고 적극 지원해야 한다. 분야를 막론하고 이제 한 분야의 전문가가 파격적이고 혁신적인 신기술을 하루아침에 만들어 세상에 내놓는 시대는 지나갔다. 지금까지 계속 강조해왔던 ‘정리롭게 생각하고 협력하는 자율주행 자동차’의 개발 및 상용화를 위해서는 인공지능 및 빅데이터, 기계공학 전문가, 도시공학 전문가뿐만 아니라 사회문제 해결에 기여할 수 있는 법률학자, AI 윤리 확립을 위해 필요한 인문학 분야 및 정책개발 전문가 등의 협력이 필요하다. 더 나아가 자동차 기술개발과는 전혀 무관해 보이는 자연과학 분야의 전문가와의 협력에 대해서도 개방적인 인식이 필요하다. 최근에는 딥러닝의 내부 메커니즘에 대한 이해, 빅데이터의 수집 및 분석, 교통 흐름의 효율적 운영을 위한 수리모델링 등이 수학 분야에서 중요한 연구주제로 떠오르고 있다. 실제로 ‘인공지능 수학’이 수학 분야의 주요 연구 분야 중 하나로 자리 잡고 있으며, 기존의 타 분야 연구자들이 인공지능 연구에 다양한 방법으로 참여하고 있다. 그럼에도 불구하고 분야 간 의사소통의 어려움, 중요한 문제에 대한 정보공유 부족 등으로 인해 ‘자율주행 자동차’를 포함한 다양한 미래 핵심기술 개발사업에 적극적인 기여를 하지 못하는 안타까운 실정이다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 근본적으로 단기간에 많은 실적을 요구하는 연구지원 운영 정책의 개선이 필요하다. 또한 공유하는 자동차 문화가 보편화되면, 한정 생산되는 초고가 자동차에 대한 수요도 함께 증가할 수 있다. 이러한 변화가 생기게 된다면 자동차의 디자인이 지금보다 훨씬 더 중요한 가치를 지니게 될 것이다. 그러므로 미래의 자동차 산업발전을 위해서 자동차 생산 과정에 예술 및 디자인 분야 전문가들이 적극 참여한다면 자동차 산업의 부가가치 생산성을 훨씬 향상시킬 수 있을 것이다.

인공지능 기술, 그 기술을 이용한 자율주행 자동차의 개발과 상용화는 분명 우리에게 멋진 미래를 선사할 것이다. 그러나 인류가 기계에 종속되지 않고 인공지능 기술을 주도적으로 사용하며, 이로부터 새로운 국가적 차원의 부가가치 창출을 유도해 가기 위해서는 보다 거시적이고 광범위한 차원의 융합연구 및 기술개발의 토양이 마련되어야 할 것이다.

### 차세대리포트

2018 젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(上)  
젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(下)  
과학자가 되고 싶은 나라를 만드는 방법  
영아카데미, 한국 과학의 더 나은 미래를 위한 엔진  
10년 후 더 건강한 한국인을 위해 필요한 과학기술은 무엇인가?

2019 머신러닝, 인간처럼 보고 생각하고 예측하라  
수소사회, 과학기술이 만들어가는 미래  
양자기술, 과학은 끝없이 증명할 뿐이다

2020 뉴로모픽칩, 인간의 뇌를 담은 작은 반도체  
대학의 미래, 젊은 과학자의 시선으로 바라보다  
암과의 전쟁, 정복을 향한 꿈의 치료법  
디지털 헬스케어, 건강관리의 새로운 패러다임

### 한국과학기술한림원은,

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다. 1,000여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

### 한림석학정책연구는,

우리나라의 중장기적 과학기술정책 및 과학기술분야 주요 현안에 대한 정책자문 사업으로 한국과학기술한림원 회원들이 직접 참여함으로써 과학기술분야 및 관련분야 전문가들의 식견을 담고 있습니다. 한림연구보고서, 차세대리포트 등 다양한 형태로 이루어지고 있으며 국회, 정부 등 정책 수요자와 국민들에게 필요한 정보와 지식을 전달하기 위하여 꾸준히 노력하고 있습니다.

### 한국과학기술한림원 더 알아보기

홈페이지  
www.kast.or.kr

블로그  
kast.tistory.com

포스트  
post.naver.com/kast1994

페이스북  
www.facebook.com/kastnews







**KAST** 한국과학기술원  
*The Korean Academy of Science and Technology*

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42  
Tel 031-726-7900 Fax 031-726-7909 E-mail [kast@kast.or.kr](mailto:kast@kast.or.kr)

