

자율주행 알고리즘

소재현 아주대학교 교통시스템공학과 조교수

1. 머리말

막연히 미래 언젠가는 볼 수 있으리라 여겨지던 자율주행 자동차가 이제는 자동차에 관심있는 사람이라면 대부분 한번쯤 보거나 경험해봤을 기술로 자리잡고 있다. 자율주행 자동차란 운전자 또는 승객의 조작 없이 스스로 운행 가능한 자동차를 말한다¹⁾. 이러한 자율주행 자동차의 개념은 1970년대 벤츠를 중심으로 제안되어 초보적인 수준의 연구가 진행되어 오다가 1990년대를 넘어서며 컴퓨터 연산능력 향상과 인공지능 기술 발전으로 본격적인 기술개발이 이루어졌다. 2000년대 들어 전문가들 사이에서 자율주행 자동차 관련 기술개발이 활발하게 이루어졌음에도 일반 대중 사이에서는 미래 교통수단의 하나로 막연한 기대감만 가지게 했던 자율주행 자동차가 이제는 개인승용 목적의 자율주행 자동차뿐만 아니라 자율주행 버스(셔틀), 자율주행 트럭 등 대중교통과 화물운송 목적의 차량 플랫폼으로 진화하고 있다. 매년 1월 미국 라스베이거스에서 열리는 세계 최대 가전 박람회 CES(Consumer Electronics Show)에서는 2016년부터 '자율주행'이 화두로 떠올라 2021년 CES까지도 많은 자동차 회사들의 다양한 자율주행 기반의 완성차가 전시되었고, 전세계 기술 변화를 이끌고 있는 글로벌 완성차 기업들과 ICT 업계는 2020년 이후 자율주행 자동차 기술이 비약적으로 발전할 것이라 예측하였다. 2012년 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 전문가그룹 예상에 따르면, 2040년이면 전 세계 차량의 약 75% 이상이 자율주행 자동차일 것으로 예측되었다²⁾. 본 고에서는 현실로 성큼 다가온 자율주행 자동차에 대하여 그 개념과 확산 전망에서 한 걸음 더 나아가 자율주행 자동차가 어떻게 주행되는지에 대한 주요 기능 구성과 주행 알고리즘에 대해 살펴보고자 한다.

2. 자율주행 시스템 구성

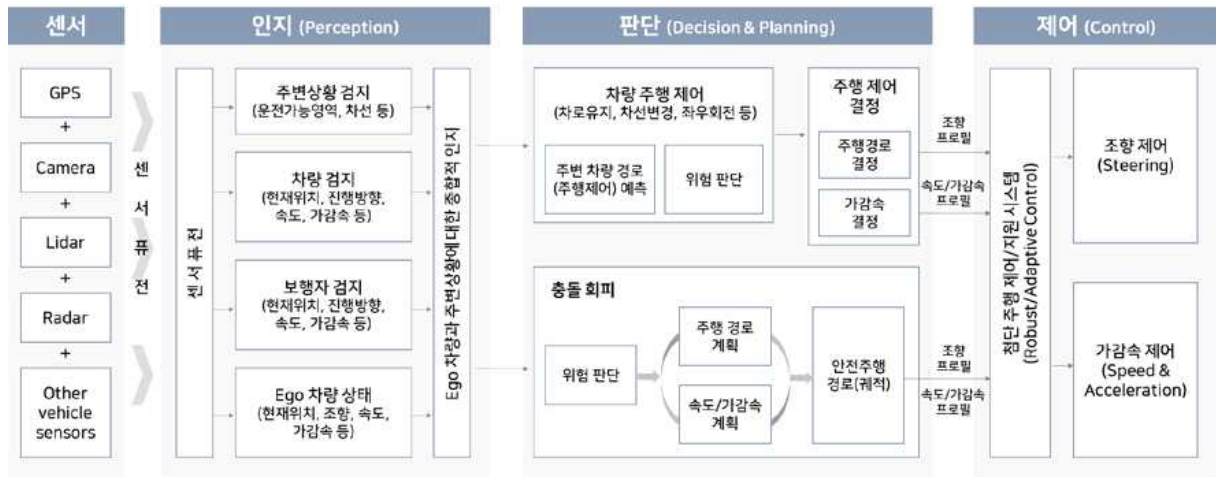
2.1 자율주행 알고리즘의 개요

자율주행 자동차는 운전자를 대신하여 자율주행시스템이 자동차를 운행하기 때문에 운전자가 자동차를 주행하기 위해 필요한 모든 행동들을 대신할 수 있어야 한다. 또한, 자동차가 주행하는 교통환경은 차량뿐만 아니라 보행자, 자전거, 전동킥보드 등 다양한 객체가 서로 상호작용하는 복잡한 환경이기에 예기치 않은 변수에 대응하고 순간적으로 빠른 판단이 필요한

1) 자동차관리법 제2조 제1호의3

2) Ondrus et al.(2020). How Do Autonomous Cars Work?. Transportation Research Procedia, 4 4 (2020), pp.226-233.

상황이 자주 발생할 수 있다. 이를 위해 자율주행 자동차는 사람운전자와 같이 인지된 각종 교통상황 정보를 종합하고 상황을 고려해 빠른 판단을 내릴 수 있는 기능이 필요하다. 이를 자율주행 자동차의 인지-판단-제어의 3가지 과정으로 일반적으로 정의한다. 자율주행 자동차는 차량에 장착된 각종 센서로부터 수집된 데이터를 종합하여 상황을 '인지'하고, 인지된 상황에 근거하여 차량을 어떻게 제어하고 주행해야 할지 '판단'하며, 이러한 주행제어 측면의 판단에 근거하여 차량을 '제어'한다.



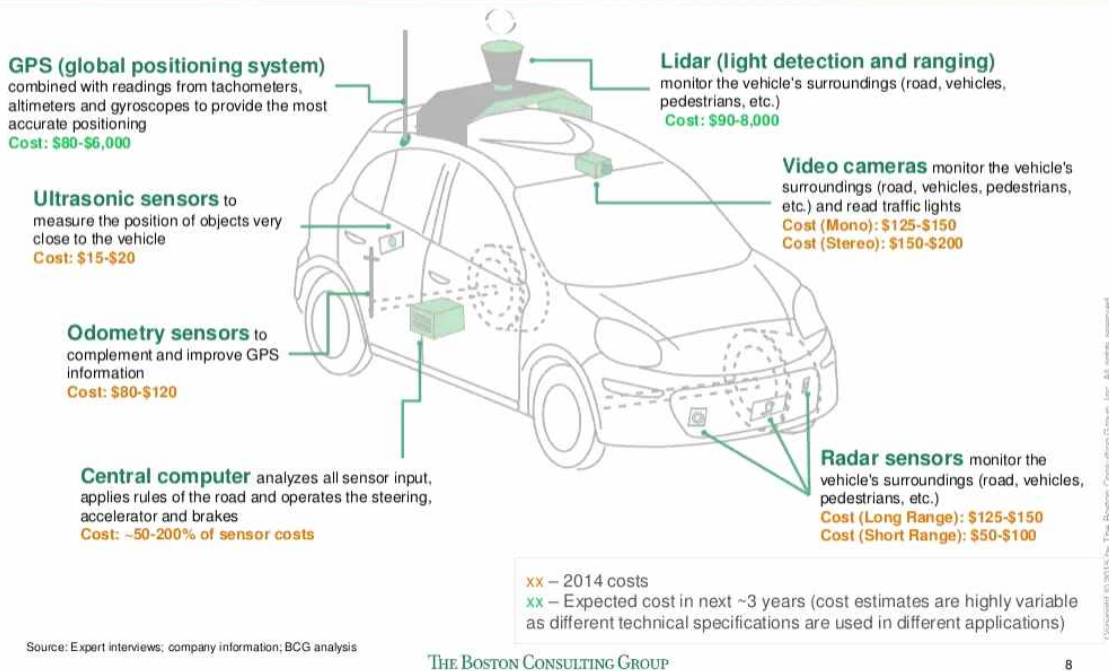
[그림 1] 자율주행 알고리즘 아키텍처

2.2 자율주행 알고리즘 아키텍처

2.2.1 인지 (perception)

자율주행을 위한 첫 번째 필수 기능은 사람의 눈과 귀 역할을 하는 카메라, 레이더, 라이다 등 센서 기술을 활용한 '인지'이다. 인지기술은 자율주행 자동차의 상황 판단 및 차량 제어의 기반이 되는 데이터를 수집하고 분석하는 기술이기에 정확하게 정보를 수집하여 센싱된 객체를 정확하게 판별해내는 능력이 그 어떤 것보다 중요하다. 센서를 하나가 아니라 여러 개 사용하는 이유 역시 정확한 인지를 위해서이며, 앞에서 언급된 센서만으로 정확한 정보를 파악하기 힘들거나 센싱된 정보를 검증해야 할 경우에 대비해 디지털맵, GPS, V2X 무선통신을 함께 사용하기도 한다. 가령, 센서를 통해 인지된 교통표지 정보에 대해 디지털맵을 통해 확인하고, 교통신호정보를 V2X 무선통신에 의해 수신하는 등 센서만으로 판단 내리기 어려운 상황에 대비하여 인지시스템의 구성을 다중화하는 것이다. 이 과정에서 다양한 센서로부터 수집되는 방대한 양의 정보를 빠른 시간 내에 처리해야 하므로, 이를 위한 차량시스템반도체 및 초고속통신인프라의 중요성 역시 높아지고 있다.

Hardware: Some sensor costs are on the critical path

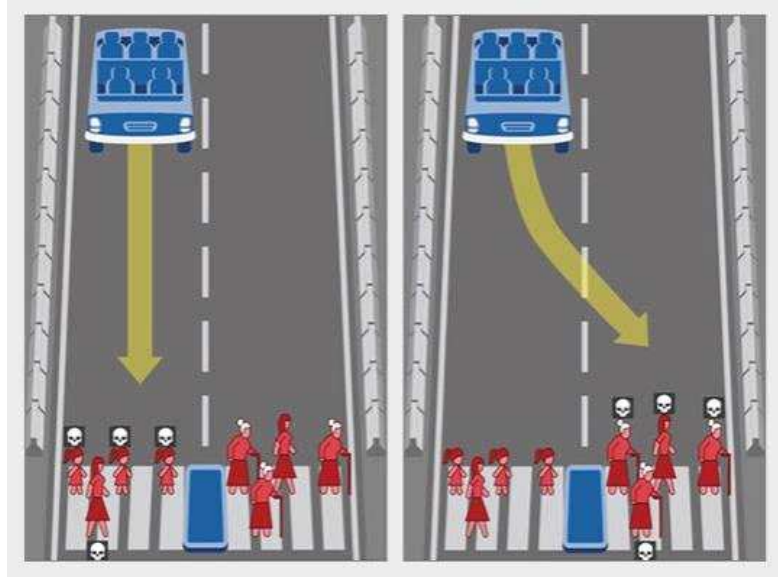


[그림 2] 자율주행자동차 센서 구성

2.2.2 판단 (decision & planning)

자율주행을 위한 두 번째 필수 기능은 인지된 상황정보에 근거한 차량제어 및 경로설정을 결정하는 '판단'이다. 일반적으로 자율주행 자동차의 판단기술은 주어진 상황에서 차량의 경로를 생성하는 기술로 이해할 수 있다. 예를 들어 차량의 전방에 정지차량, 보행자, 장애물 등이 인지되었을 때, 이를 피해갈 것인지 혹은 그대로 주행할 것인지 등을 판단하고, 전방위험상황을 회피한다고 할 때 그대로 정지할 것인지 혹은 차선변경을 할 것인지 등에 대한 다양한 경로대안을 고려하여 최적의 선택을 내리게 된다. 이를 위해 자율주행 알고리즘은 수많은 경로대안에 대해 충돌확률, 차량 내 승객 안전성, 이동효율성 등 다양한 측면의 효과를 분석하여 최적의 단일한 경로대안을 산출하게 된다.

자율주행 자동차의 판단기술을 얘기할 때 나오는 이슈 중 하나가 트롤리 딜레마(trolley dilemma)이다. 트롤리 딜레마란 선로 변환기를 손에 쥔 사람이 선로를 변경하면 1명이 죽지만 5명을 살릴 수 있고, 선로를 변경하지 않으면 1명을 살리지만 5명이 죽을 수밖에 없는 상황에서 하나를 선택해야 하는 사고 실험이다. 트롤리 딜레마는 운전자의 지시 없이 원하는 목적지까지 알아서 주행해야 하는 자율주행 자동차가 '판단' 측면에서 경험하게 될 대표적인 악의 상황으로 여겨진다. 미국 매사츄세츠 공대(Massachusetts Institute of Technology) 연구팀의 '자율주행차가 누군가를 죽이도록 설계되어야 하는 이유(Why Self-Driving Cars Must Be Programmed to Kill)'라는 논문에서는 자율주행차 버전의 다양한 트롤리 딜레마를 소개하고, 합당한 의사결정에 대한 논의가 필요하다고 주장하였다. 이들 MIT 연구진은 모랄머신(moral machine)이라는 웹사이트를 통해 자율주행차와 같은 인공지능의 윤리적 결정에 대한 사회적 인식의 수집하고 있다.



[그림 3] 트롤리 딜레마 (trolley dilemma)

2.2.3 제어 (control)

자율주행을 위한 세 번째 필수 기능은 주변 교통상황에 대한 상황 판단에 근거한 '제어'이다. 자율주행 자동차의 제어는 눈, 귀와 같은 감각기관을 통해 수집된 정보를 두뇌가 판단하여 팔이나 다리 등을 통해 움직이게 하는 것에 비유할 수 있으며, 이는 차량 측면에서의 감속, 가속, 정지, 회전 등으로 표현되곤 한다. 차량의 제어는 자율주행의 마지막 단계로 차량의 파워 트레인, 브레이크, 스티어링 등을 통해 수행된다. 예전에는 기계적인 힘에 의해 조작되던 것들이 최근에는 차량 내부통신규격인 CAN 통신에 의해 MDPS모터, 엔진제어기 등에 기반한 전자제어 방식으로 변화하고 있다. 자율주행 시스템에서는 스마트크루즈 컨트롤시스템(SCC, Smart Cruise Control), 차선유지 지원시스템(LK AS, Lane Keeping Assist System)등의 첨단안전 차량제어시스템 등을 통해 앞에서 언급한 차량의 기계적인 장치에 기반한 더욱 안전하고 효율적인 차량제어를 지원한다.

3. 자율주행에서의 인공지능의 역할

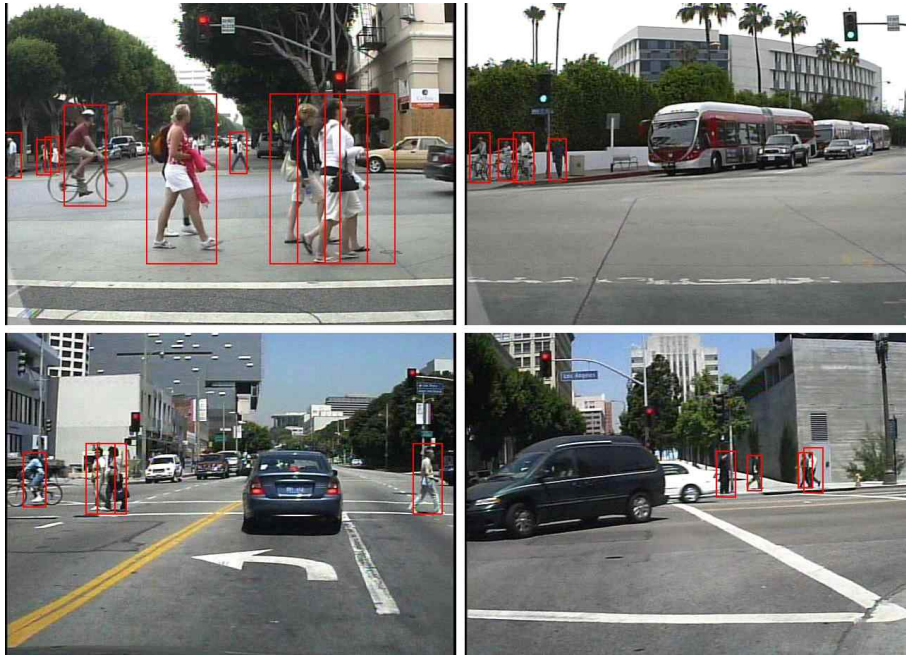
자율주행에서의 인공지능의 중요성과 역할은 날로 높아지는 추세이다. 특허청에 의하면 자율주행 분야 인공지능기술 관련 특허가 2011년 10건 이하이던 것이 2018년 128건, 2019년 200건, 2020년 155건을 기록하는 등 급증하고 있다. 자율주행 분야 전체 특허 중 인공지능기술 관련 특허의 비중 역시 2016년 이전엔 1% 이하이던 것이 2019년 5%를 넘어섰다. 이러한 추세는 자율주행 분야에서의 인공지능기술의 중요성을 반영한 결과라 볼 수 있으며, 최근 자율주행 자동차 관련 사고가 증가하면서 인공지능을 통해 안전하고 효율적인 자율주행을 지원하고자 하는 기술수요가 반영되었다 볼 수 있다. 비록 최근 10년간 자율주행 분야에서의 인공지능 관련 특허가 자율주행의 핵심기술인 인지·판단·제어 기술보다 교통제어와 같은 인프라연계기술 분야에서 더 많이 출원되었지만, 인지·판단·제어 기술에 한정해서 보면 인지기술 28%, 판단기술 18%, 제어기술 8%로 인지 분야 특허 출원이 가장 많은 것을 볼 수 있다.

<표 1> 국내 특허출원 현황('11~'20)

전체	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	총계
자율주행 기술(건)	1,980	2,400	2,469	2,430	2,864	2,860	3,023	3,481	3,802	4,082	29,391
인공지능 기반(건)	6	7	15	5	10	31	60	128	200	155	617
인공지능 기반 출원비율(%)	0.30%	0.29%	0.61%	0.21%	0.35%	1.08%	1.98%	3.68%	5.26%	3.80%	2.10%

3.1 센서수집정보를 통한 객체 인식

자율주행의 가장 중요한 첫걸음은 주변 교통상황 및 객체들에 대한 정확한 판별 및 상황이해이며, 인공지능은 이러한 주변 사물의 인지에 활용된다. 인공지능은 자율주행 자동차의 각종 센서들이 수집한 정보를 기반으로 빠른 시간 내에 데이터로부터 사물의 종류와 형태를 넘어 그 의미까지 이해하여 사물인식정보를 추출한다. 자율주행은 운전자가 아닌 자율주행시스템이 상황을 인식하여 즉각적인 반응을 수행해야 하므로, 주변사물에 대한 높은 정확도의 인식율과 실시간 처리가 핵심이며, 이렇게 신속성과 정확성을 모두 만족해야 하므로 기술 구현의 난이도가 매우 높을 수밖에 없다. 대부분의 자율주행 자동차 제작사들이 카메라, 레이더, 라이다, 초음파, 적외선 센서 등 다양한 센서를 복합적으로 활용(fusion)하여 사물을 인식해 온 반면, 최근 딥러닝 기반의 인공지능 기술이 빠르게 발전하면서, 카메라를 통해 수집되는 정보에 기반하여 인간의 시각으로 인식하기 어려운 사물들까지도 더 정확하고 빠르게 인지해내는 기술 수준에 도달하였다. 딥러닝 기반의 인공지능 기술은 단순히 주변 사물을 인식하는 수준을 넘어 사물들의 움직임 및 의미를 해석하는 수준으로 발전하였다. 차량의 진행방향, 보행자의 움직임, 교통표지의 의미 등과 같이 인식된 사물들의 의도(intention)를 이해하는 수준에까지 오른 것이다. 즉, 인공지능기술이 발전하면서 카메라 영상과 같은 단일 센서 정보만으로도 인공지능 알고리즘을 통해 사물을 정확하게 인지할 수 있다는 것이다.



[그림 4] 딥러닝 기술을 활용한 사물 인식

3.2 학습을 통한 안정적 주행 지원

인공지능은 규칙 기반(rule-based)의 자동화 된 차량제어를 넘어 안전하고 효율적인 차량주행 방법을 스스로 학습하며 주행능력을 향상시키고 있다. 그간 대부분의 자동화된 차량제어시스템에 적용되어 온 규칙 기반 제어방식은 다양한 상황 시나리오에 기반한 정교한 제어모형을 모두 개발해야 하고, 미리 정의된 시나리오가 아닌 상황에 직면하거나 주행환경이 상이한 다른 국가 등에 적용될 경우 사전에 정의되어 입력된 차량제어규칙이 적용되기 어려운 비효율성이 존재하였다. 자율주행 자동차는 다양한 교통상황에 모두 대응할 수 있어야 하기 때문에, 이러한 규칙 기반 차량제어방식은 자율주행 자동차에 있어 한계가 분명하다 할 수 있다.

최근 딥러닝 기반의 인공지능 구현을 통해 인간 운전자의 차량제어방식을 학습하여 인간운전자에 버금가는 또는 이를 넘어서는 학습 기반 자율주행 알고리즘이 개발되고 있다. 딥러닝 기반 인공지능 기술이 차량제어방식을 학습하는 절차는 사람이 운전을 배울 때 다양한 교통상황을 경험하는 것과 비슷하다. 방대한 양의 주행데이터를 학습하여 어떤 상황에서 어떻게 차량을 제어하면 어떤 결과로 이어지는 등의 일련의 차량제어과정을 익힌다. 따라서, 안정적인 자율주행을 위해서는 인공지능이 다양한 교통상황 및 예측하기 어려운 상황에도 대응이 가능하도록 최대한 많은 주행데이터를 확보하는 것이 관건이라 할 수 있다. 딥러닝 외에도 강화학습(reinforcement learning) 기반 인공지능 기술역시 자율주행 알고리즘 개발에 적용되고 있다. 강화학습은 2016년 구글 딥마인드에서 개발한 알파고와 바둑 천재 이세돌 프로와의 대국을 통해 국내에 널리 알려진 바 있다. 강화학습은 딥러닝과 달리 많은 양의 데이터 또는 인간의 개입이 없이 알고리즘 개발자가 설정해놓은 성공과 실패에 대한 보상(reward) 함수에 의해 최적의 솔루션을 찾아가는 인공지능 기술이다. 인공지능은 보상함수에 근거하여 수백만 번의 차량제어에 대한 시행착오와 보상을 통해 보상을 극대화할 수 있는 최적의 차량제어 방법을 학습하게 된다.



※출처 : LG경제연구원(2017), 딥러닝 기반의 인공지능 자율주행 기술 경쟁의 핵심을 바꾼다

[그림 5] 딥러닝과 강화학습

4. 맺음말

자율주행 자동차는 인간처럼 주변 상황을 인지할 수 있어야 하며, 인간처럼 주어진 상황인지에 기반하여 어떻게 행동할 것인가를 판단하여, 결과적으로 인간보다 더 나은 주행을 할 수 있어야 한다. 따라서 인간의 지능과 생각체계를 모사한 인공지능은 자율주행 분야에서 선택이 아닌 필수가 되어가고 있다. 기존의 자동차에서 기계적인 성능과 규칙 기반의 차량제어 모델링이 핵심이었다면, 자율주행 자동차는 데이터 기반의 학습에 의한 자가진화형 자율주행 인공지능 기술이 핵심이 되었다. 자율주행의 인지-판단-제어기능의 핵심인 인공지능 기술은 하드웨어가 아닌 소프트웨어 기술로서, 우리나라가 가진 고급 인력자원을 통해 얼마든지 발전시킬 수 있는 분야이다. 미래에는 인공지능을 선도하는 자가 자율주행을 선도할 것으로 보인다. 따라서 자율주행을 위해 인공지능 기술과 인력에 대한 투자가 절실한 시점이다.

※ 출처: TTA 저널 제197호

(코로나 이슈로 각 표준화기구의 표준화회의가 연기·취소됨에 따라 TTA 저널로 대체합니다)