5G의 자율주행 시스템 활용 기술

DOI: 10.3938/PhiT.29.009

임 경 일

Fifth-Generation Technology in Autonomous Driving Systems

Kyung-Il LIM

Although many technological developments that are expected to be an inflection point for the autonomous driving industry have taken place in 2020, the commercialization of autonomous driving still needs much work. This manuscript describes the safety, reliability and economics issues associated with the technical problems facing the commercialization of autonomous driving, and it describes available alternatives as a result of the birth of '5G', next-generation communication technology.

자율주행 시대의 출발

IT(Information Technology)와 ICT(Information & Communication Technology) 시대를 넘어 급변하는 과학기술과 방대한 정보의 급류 속에서 '초연결'과 '인공지능' 그리고 '자율주행'이 이끄는 '4차 산업혁명'의 태동이 당장이라도 새로운 봄을 알릴 것 같은 2020년이 왔다. 2020년은 자율주행과 인연이 남다른 해이다. 최고의 자율주행 기술력을 보유한 구글을 비롯하여 많은 글로벌 완성차 업체가 2020년을 자율주행 산업의 변곡점으로 예상했었기 때문이다.^[1,2]

2009년 글로벌 IT 기업인 '구글'이 토요타의 하이브리드 차량인 프리우스를 기반으로 개발한 자율주행자동차를 소개하며 완전자율주행의 상용화와 관련된 야심찬 포부를 발표했다. 당시 구글의 발표는 두 가지 이유로 세상을 깜짝 놀라게 했는데, 첫 번째는 자율주행 상용화를 언급한 기업이 IT 기업인 구글이

Fig. 1. Google's Self-Driving-Car, 2009.^[4]

라는 점, 그리고 두 번째는 그 시기가 생각보다 가까웠다는 점이었다. 다소 비판적이던 당시의 반응에도 불구하고, 구글이 쏘아 올린 작은 총성은 자율주행과 관련 산업에 있어서 격변의 경쟁 시대의 문을 열었다.^[3]

세계 최대 가전박람회인 CES(International Consumer Electronics Show)에 유례없이 자동차가 등장해 세계인의 이목을 끌었으며, 그 자동차가 자율주행 기술을 갖고 있음은 의심할 바가 없었다. 진입장벽이 높은 자동차 산업의 벽이 자율주행이라는 신기술로 인해 새로운 패러다임으로 변화할 수 있음을 알리는 신호탄과 같았다. 자율주행과 CES의 만남은 산업과 산업의 경계를 모호하게 만들었으며 그 변화가 이미 시작되고 있음을 알리는 것과 같았다. 최신의 가전제품을 홍보하는 장(場)에서 최신의 기술력을 홍보하는 장(場)으로 CES 역시 탈바꿈하게 된 것이다.^[5]

자율주행과 관련된 산업이 순풍을 맞이했고 당장이라도 다가

REFERENCES

- [1] H. S. Jeon *et al.*, ETRI Creative Opinion Issue Report 03 (2015).
- [2] K. H. An *et al.*, Technology Trends of Self-Driving Vehicles 28(4), 35 (2013).
- [3] Y. I. Kong, KISDI STAT Report Communications policy 25(5), 57 (2013).
- [4] <https://waymo.com>.
- [5] H. S. Jeon, IITP report 04, 1 (2014).

저자약력

임경일 박사는 국민대학교 자동차전문대학원을 졸업(박사)하고 판교제로시티 제로셔틀 운영총괄을 맡았으며, 현재 차세대융합기술연구원, 지능형판단시스템연구실 연구실장을 맡고 있다. (kyungil.lim@snu.ac.kr)

Fig. 2. First self-driving car testing license of Google.^[6]

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

What does the human in the driver's seat have to do?

SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering.			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat."		
You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety.			When the feature requests, you must drive.	These automated driving features will not require you to take over driving.	

What do these features do?

These are driver support features			These are automated driving features		
These features are limited to providing warnings and momentary assistance.	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver.	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver.	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met.	This feature can drive the vehicle under all conditions.	

Example Features

• automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning	• lane centering OR • adaptive cruise control	• lane centering AND • adaptive cruise control at the same time	• traffic jam chauffeur	• local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed	• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions
---	---	---	-------------------------	--	---

For a more complete description, please download a free copy of SAE J3016: https://www.sae.org/standards/content/J3016_201806/.

Fig. 3. Levels of Driving Automation, SAE.^[7]

을 자율주행의 상용화를 맞이하기 위해 사회적으로 제도 정비 등의 준비를 해야 한다는 목소리도 힘을 얻었다. 아직은 시기 상조라는 우려의 목소리도 여전히 존재했으나 변화의 흐름을 막기에는 역부족이었다.

법과 제도 측면에서 가장 큰 변화는 자율주행자동차에 대한 인증이라는 부분에서 이뤄졌고 그 처음은 구글이 네바다주에서 세계 최초 자율주행 허가번호판을 선보이는 것이었다. SAE (Society of Automotive Engineers)와 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)가 각자 정의하던 자율주행 기술의 정의는 새롭게 하나의 기준으로 정의됐으며 자율주행 실증을 목적으로 기존에 없던 거대 프로젝트도 하나씩 세상에 선보이게 된다.

미국에서 출발한 거대 프로젝트는 자동차 산업의 강국들이 모인 유럽에도 영향을 미쳤으며 유럽연합의 조직성과 자동차 산업의 영향력을 바탕으로 발 빠르게 미국을 쫓았다. 아시아에서는 중국이 막강한 자본력을 바탕으로 선두주자와의 격차를 좁히려 했으며 거대 프로젝트의 출범으로 탄력을 받았다.

자율주행의 현재

자율주행 시대의 출발을 알리던 2000년도 초반부터 자율주

Fig. 4. A Test Site for Self-Driving Cars, Mcity.^[8]

Fig. 5. Bidu's Apollo Project L4 minibus.^[9]

행 시대의 변곡점이라 예상했던 2020년도에 이르기까지 약 10년의 세월 동안 자율주행 기술력은 크게 발전했다. 기존 자동차업계는 이미 상용화 중인 ADAS에 자율주행기술을 접목한 방향으로 자율주행자동차의 청사진을 제시하고 업계 영향력을 유지하고 있다. 대표적인 예로써 전방 차량과의 차간 거리 보조 장치 수준이었던 크루즈컨트롤은 현재 반자율주행모드 주행 기능으로 상용화되고 있다. 새로운 진영의 구글 및 테슬라는 완전자율주행의 구현 및 적용이라는 새로운 비전을 제시하고 상용화 및 상용서비스를 선보였다.^[10]

최근에는 머신러닝 기술의 발전으로 딥러닝 기술이 세계의 이목을 끌었으며 인공지능 및 자율주행 분야에도 시너지 효과

REFERENCES

- [6] <https://www.theverge.com/2012/2/17/2804284/google-self-driving-cars-nevada-approval>.
- [7] <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>.
- [8] <https://cores.research.umich.edu/core/mcity/>.
- [9] <http://apollo.auto/>.
- [10] <https://waymo.com/journey/>.

Fig. 6. Nvidia's BB8 Self-Driving Car.

를 일으켰다. 딥러닝 기술은 자율주행 분야에서 인지 및 판단 부분에 큰 영향을 미쳤으며 이를 활용한 다양한 시도가 진행됐다.^[11]

자율주행 기술 발전은 다양한 분야의 기술과 산업에 많은 영향을 미쳤고 우리 생활에도 조금씩 스며들고 있다. 하지만 여전히 자율주행자동차를 일반도로에서 찾기는 쉬운 일이 아니며 상상과 현실은 타협점을 찾지 못하는 것 같다.

자율주행의 상용화

기술의 상용화라는 것은 사용자의 필요 즉, 수요에 의해 공급되고 사용에 어려움이 없다는 것을 의미한다. 자율주행의 상용화 역시 이러한 보편성을 갖추어야 한다. 자율주행 상용화를 앞당기기 위한 파일럿 프로젝트들이 진행되고 있고 관련 서비스가 선보이기도 하지만 보편적인 체감 수준은 좀 더 시간이 필요할 것으로 보인다.

이동수단으로써 자율주행이 아니더라도 큰 불편함이 없고 소비자 친화적인 새로운 방식의 교통 서비스가 선보이는 것도 자율주행 상용화의 필요성을 더 작게 만드는 이유 중의 하나이다. 그럼에도 자율주행 상용화의 시대는 다가오고 있다. '자동으로 운전이 가능한 이동수단'에서 멈추지 않고 패러다임의 변화를 가져올 또 하나의 기술이 태동하고 있기 때문이다.

자율주행과 함께 새로운 패러다임 변화를 가져올 기술은 4차 산업혁명의 기반이라 불리는 '초연결성'이다. '초연결성'은 말 그대로 모든 것을 연결짓는 힘을 의미하고 초연결성의 핵심에 차세대 통신기술인 5G가 있다.

자율주행 상용화가 직면한 문제는 크게 '기술적 측면'과 '소비적 측면'이라 할 수 있다. 기술적 측면에는 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성 그리고 경제성이 자리 잡고 있고, 소비적 측면에서는 자율주행의 필요성 그리고 새로운 가치창출이 답을 찾고 있다.

본 원고에서는 자율주행 상용화가 맞이한 문제에 대해 알아보고 이를 극복하는 대안으로 '초연결성'의 핵심인 5G 차세대 통신기술을 어떻게 접목해 활용할 수 있는지에 대해 기술적 측면에 관해서 기술한다.

5G와 자율주행

대통령 직속 4차산업혁명 위원회에서는 '4차 산업혁명'을 '인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명'이라 정의하고 'AI, BIG DATA 등 지능정보 기술로 촉발된 새로운 세상, 4차 산업혁명 시대를 만들어가고 있다'라고 소개하고 있다.^[12]

5G는 차세대 통신기술로써 4차 산업혁명의 기반인 초연결을 구현하는 핵심 기술이다. 초연결을 가능케 하는 5G의 특징은 4G 통신기술보다 월등히 향상된 속도와 저지연성 그리고 이 두 가지가 보장된 상태에서 많은 기기의 연결이 가능하게 만드는 것이다.^[13,14]

1. 기술적 측면

앞서 언급된 바 기술적 측면에서 해결돼야 할 부분은 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성 그리고 경제성의 확보이다. 자율주행은 인지, 판단, 그리고 제어의 역할을 통해 이뤄진다. 인지는 크게 '환경인지'와 '객체인지'로 나뉘며 환경인지는 측위(Localization)와 관련이 있으며 객체인지는 검출(Detection)과 관련 있다. 객체인지 과정은 사람의 눈과 같은 역할을 한다고 할 수 있다. 인지 과정이 어려운 것은 센서로부터 수집되는 다양한 데이터를 바탕으로 객체의 분류 및 인식 그리고 추적 및 추정의 역할까지 이뤄져야 한다는 점이다. 인지의 첫 과정이 센서로부터의 데이터 획득이기 때문에 필요한 데이터에 따라서 센서의 종류와 개수 등이 가변적이라고 할 수 있다. 게다가 장착되는 플랫폼에 따라서 장착 위치와 개수는 더욱 유동적일 수밖에 없다.

'제어'는 정확한 판단을 기본 삼아 이뤄지는 결과이며 정확한 판단을 위해서는 판단을 위해 필요한 정보들의 신뢰성이 확보돼야 한다. 정보의 신뢰성은 곧 안전과 직접적인 연관이 있으며 도심지 환경에서는 더더욱 외부환경에 대한 높은 신뢰도의

REFERENCES

- [11] Bojarski, Mariusz *et al.*, End to End Learning for Self-Driving Cars, Nvidia (2016).
- [12] <https://www.4th-ir.go.kr/>.
- [13] J. T. Song *et al.*, Telecommunications Review 25(6), 884 (2015).
- [14] T. K Noh *et al.*, ETRI J. 31(1), 78 (2016).

Fig. 7. The HD-Map used by 'ZERO-Shuttle' in Pangyo area.

정보가 판단을 위한 정보로써 필요하다. 센서의 성능이 고성능의 인지를 위한 필수조건으로 봐도 무방하며 딥러닝 기술의 발전으로 인지 성능에 긍정적인 효과를 불러일으켰으나 고성능 센서에 더 큰 효과가 있는 것은 어쩌면 당연한 일이다.

자율주행 안전성 확보와 신뢰성 확보를 위해 최신의 알고리즘이 적용돼도 센서의 성능과 개수가 상당 부분 관계가 있음은 부정할 수 없다. 하지만 센서는 자체의 검출 한계를 가지며 이를 극복하기 위해 추가의 센서를 사용하는 것은 자율주행 상용화 측면에서 경제성을 망가뜨리는 악순환을 초래한다. 이러한 문제를 극복하고 기술의 완성도를 높이기 위한 대안이 5G 기술의 지원으로 가시화되고 있다.^[15]

2. 고정밀지도

고정밀지도(HD Map)는 자율주행기술이 발전하고 무대가 도시환경으로 거론되면서부터 꾸준히 개발 중인 분야이다. 기존의 디지털 지도와의 차별점은 3차원 고정밀(오차범위 10~20 cm)의 Cloud Point, GNSS 정보 및 다양한 인프라 정보를 함께 제공하는 것이다. 이렇게 제공이 가능한 이유는 정밀지도 구축 방법의 특이점 때문인데 MMS(Mobile Mapping System)라는 특수차량을 기반으로 데이터 취득 후에 후보정 과정을 거치기 때문이다.

고정밀지도는 도심지 자율주행의 기반이라 할 수 있다. 측위(Localization)는 위치와 방향에 대한 정보를 의미하며 주행의 시작과 과정 그리고 마무리 단계에 이르기까지 매우 중요한 기준 정보가 된다. 도시환경은 고층의 빌딩과 구조물로 인해 GNSS(Global Navigation Satellite System) 정보의 정밀도가 방해받을 수 있다. 도시환경의 측위 정밀도를 높이기 위한 연구는 다방면에 이뤄지고 있지만, 대표적인 방법은 고정밀지도와 실시간 센서 데이터의 매칭을 통한 방법이다.^[16]

고정밀지도의 또 다른 장점은 동적 정보의 반영이다. 기존의 지도는 정적인 정보만이 제공됐지만, 고정밀지도는 정적 정보뿐만 아니라 동적인 정보 제공을 가능하게 한다. 동적 정보는

Fig. 8. The HD-Map used by 'ZERO-Shuttle' in Pangyo area. (Extended Ver.)

도로상에서 갑자기 발생한 사고와 같은 정보, 예상 주행 경로의 교통량, 현재 주행 경로상의 특이사항 등 다양한 정보들로 구성될 수 있다. 자율주행 과정에서 외부환경을 인지할 수 있는 유일한 방법이 장착된 센서였지만 이러한 동적 정보들로 자율주행에 필요한 많은 정보를 사용할 수 있게 되는 것이다.^[17]

동적 정보의 제공은 지능형교통체계(Intelligent Transportation Systems, ITS)를 넘어 협력지능형교통체계(Cooperative Intelligent Transportation Systems, C-ITS)로 확장되면서 효과적인 공간정보의 수집 및 배포를 목적으로 유럽에서 LDM(Local Dynamic Map)이 개발됐다. LDM은 건물 및 구조물과 같은 고정정보, 보행자 및 차량과 같은 동적 정보를 정적이고 일시적이며 동적인 상태 모두 관리 제공하는 데 목적이 있다. 효과적인 관리를 위해 네 개의 레이어를 나눠 관리하는데 각각의 레이어는 1) 정적 전자지도 데이터, 2) 일시적 성향의 정적 정보 데이터, 3) 일시적 성향의 동적 정보 데이터, 4) 동적 데이터로 구성된다.

최근에는 LDM의 개념과 구조를 활용하되 1번 레이어의 정적 지도 데이터를 고정밀지도로 적용하는 방안에 대해 논의되고 있으나 첫 번째, MMS를 활용한 고정밀지도 구축에 많은 시간과 비용이 드는 점. 두 번째로 모든 고정밀지도를 저장 후 운용하기에는 데이터가 너무 커 확장성이 떨어지는 문제를 안고 있다.

GNSS 음영이 심한 관교지역의 경우 GNSS 단독으로는 주

REFERENCES

- [15] J. D. Choi *et al.*, Broadcasting and Media Magazine 24(1), 63 (2019).
- [16] J. S. Kum *et al.*, Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers 37(9), 23 (2019).
- [17] K. O. Kim, Monthly KOTI Magazine on Transport 19-25 (2015).

행 가능한 측위 데이터를 얻기 어렵다. 관교에서 실증목적으로 운영 중인 제로셔틀의 경우에도 고정밀지도를 기반으로 실시간으로 얻어지는 3차원 LiDAR 데이터의 매칭을 통해 현재 위치를 추정한다. 이는 제로셔틀의 주행 가능한 구역이 고정밀지도가 구축된 영역에 한정된다는 것을 의미하기도 한다. 더 넓은 운영을 위해서는 해당 지역의 고정밀지도가 필요하며 이렇게 확장된 고정밀지도 전체를 갖고 주행하는 것은 시스템 부하로 작용하기 때문에 권장되는 방법은 아니다. 따라서 신규로 업데이트되는 고정밀지도가 클라우드 방식 등으로 기존 데이터에서 확장되고, 운행하면서도 고정밀지도를 실시간으로 참조할 수 있는 대안이 마련돼야 한다.

3. 인프라 협력주행

자율주행 기술의 발전은 교통인프라 환경에도 영향을 미쳤다. 수동적이며 정적인 데이터 제공에서 능동적이고 동적인 정보를 제공함으로써 자율주행자동차뿐만 아니라 모든 교통환경의 편의와 안전을 추구하는 형태로써 변화를 거듭하고 있다.

앞서 언급된 LDM이 바로 이러한 변화에서 발생한 아이디어로 ITS를 거쳐 현재는 C-ITS 단계로 진화하고 있다. C-ITS로의 변화는 자율주행에 있어서 인프라 협력주행을 가능하게 한다. 기존의 교통인프라는 일방적인 정보의 제공 또는 수집의 역할이었지만, C-ITS에서는 점차 정보의 상호 의사소통이 가능하기 때문이다.

인프라 협력주행을 활용할 경우 자율주행 분야에서 기대하는 바는 다음과 같다. 첫째는 제3의 눈 역할 즉, 자율주행자동차에 장착된 센서 이외에 또 다른 외부환경 데이터를 활용할 수 있다. 해당 데이터의 경우는 원시데이터(Raw-Data)가 아닌 처리된 결과 데이터 형식이므로 자율주행자동차가 받은 정보에 대해서 신뢰도 판단에 대해 고민할 필요가 없다는 장점이 있다.^[17,18]

두 번째는 고정밀지도에서 제공하고자 하는 동적 정보를 생산할 수 있다. 인프라 협력주행을 위해 설치된 다양한 인프라 장비들은 유무선 통신 기능을 탑재하고 있기 때문이다. 따라서 큰 규모의 시스템이 여러 가지 역할을 처리하게 하기보다는 구체적이고 세분화된 시스템으로써 다양하게 적용될 수 있도록 환경 구축을 해야 한다.

마지막으로 이상적인 인프라 협력주행 환경이 구축된다면 자율주행자동차는 외부환경 인지에 대해 선택과 집중을 할 수 있다. 현재 운영 중인 자율주행자동차는 발생 가능한 모든 위험에 대비해야 한다는 압박 속에 있다고 볼 수 있다. 이는 안전성과 수집 데이터 신뢰도 확보로 연결되고 많은 센서를 장착하고 운영하는 결과를 낳는다. 그럼에도 불구하고 센서는 자체의 한계와 장착된 위치의 한계로 본디 제 역할을 전부 수행

Fig. 9. Concept of C-ITS in intersection.

Fig. 10. Concept of C-ITS by using LDM.

하지 못하는 경우도 발생하게 된다.

이상적인 인프라 협력주행은 현재 자율주행 시스템이 안고 있는 부담을 나누고, 더욱 효율적인 환경을 제공할 수 있다. 검출 불가능 지역의 불확실성을 확실성으로 제공 가능하며 갑작스레 마주할 정보를 미리 제공할 수 있다. 이는 자율주행자동차에 필요 이상의 센서들을 줄이거나 더 효율적인 시스템 구축 기회를 제공하는 것과 같다. 결과적으로 더 안전하고 신뢰도 있으며 경제적인 수 있다.

자율주행의 상용화가 직면한 문제를 기술적 측면에서 간략하게 소개했고, 대안으로 ‘고정밀지도’와 ‘인프라 협력주행’을 제시했다. 제시한 두 가지 대안을 완성하기 위해서는 5G 기술이 무엇보다 필요하다.

두 가지 대안은 공통점을 갖는데 그 공통점은 ‘동적 데이터’와 ‘연결성’이다. 고정밀지도가 측위 분야와 동적정보 제공기능이 가능하지만, 대용량 데이터의 빠른 전송이 불가능하다면 구현할 수 없는 이상으로 남을 것이고 인프라 협력주행이 자율

REFERENCES

- [18] J. H So *et al.*, The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences 35(5), 37 (2018).

Fig. 11. Hybrid V2X Equipment of 'ZERO-Shuttle'.

주행자동차의 부담을 나눌 수 있지만, 실시간에 준하는 처리 결과 전송 및 수많은 인프라 장치들이 동시에 작동할 수 없다면 이 역시도 이상으로 그칠 것이다.

대용량의 동적 데이터를 실시간에 준하게 송수신할 수 있으며 수많은 장비의 연결성을 가능하게 만드는 역할이 '5G' 통신 기술의 특징이자 장점이며 기술적 측면의 대안을 완성할 수 있는 이유이다.

제2 판교에 위치한 '제로시티'는 자율주행 실증단지로서 이런 부분의 필요성을 인지하고 해결하기 위한 인프라 설계 및 실험 검증을 수행하고 있다. 통합관제센터는 제1 판교와 제2 판교에 구축된 IoT 인프라 시설과 기존 인프라 시설의 데이터를 모니터링 및 저장하고 운행 중인 자율주행 플랫폼의 데이터를 LTE 통신으로 받을 수 있다. IoT 인프라 시설 및 자율주행 플랫폼은 상호 통신 및 통합관제센터에 데이터 송수신을 위해 유무선 통신 기능을 갖추고 있으며 자율주행 플랫폼의 경우 V2I, V2V 서비스 확장을 위해 자체 개발된 제로시티

Fig. 12. Concept of ZeroCity. (Pilot site for Self-Driving Cars)

V2X 단말기를 사용한다. 제로시티 V2X 단말기는 4세대 통신인 LTE 망과 WAVE 통신 방식 두 가지 통신방법 모두 사용할 수 있는 하이브리드 단말기이다.

자율주행의 미래

자율주행의 상용화가 갖는 의미를 한 가지로 표현하는 것은 어렵지만, 누구나 보편적으로 자율주행 기술을 누릴 수 있는 시대라는 것은 큰 의미일 것이다. 상용화를 실현하기 위해서 기술적 측면의 문제, 그리고 이를 해결할 수 있는 대안, 그리고 실현하기 위한 5G 기술의 필요성을 기술했다.

기술적 측면 이외에도 소개하지 못한 소비적 측면 등 해결해야 할 더 많은 문제가 있는지도 모른다. 하지만 그 시작은 새로운 기술로써 기술적 차원의 근본적인 문제를 해결하는 것으로 생각한다. 5G 기술은 자율주행 기술처럼 이제 막 세상에 선보인 신기술이 분명하지만, 자율주행 기술만으로 해결하지 못하는 몇 가지 주요 난제를 해결할 가능성을 보여준다.

2020년 자율주행자동차의 상용화는 현실화되지 못했지만, 상용화에 더욱 가까워진 큰 도약의 한 걸음이 진행 중인 것은 분명하다.