

5G가 열어가는 자율주행 세상

□ 박상우, 이석원, 이종식 / KT

요약

KT는 5G의 핵심서비스로서 자율주행차를 선정하고, 5G를 통한 자율주행 기술 개발에 중점을 두고 있다. 5G 자율주행 핵심 기술 3가지로 5G Infra, 차량사물통신(V2X, Vehicle-to-Everything), 정밀측위(RTK, Real Time Kinematic)를 정의하고 개발해왔다. 5G Infra를 통해 차량 서비스 별로 특화된 전용 슬라이스를 제공하고, 차량 이동 중에도 네트워크와의 연결이 끊기지 않도록 연속적인 5G 커버리지를 제공한다. V2X를 통해 자율주행차 센서 성능을 보완하고 정밀측위를 이용한 정확한 차량제어를 통해 자율주행 성능을 개선하여, 국내 최초로 대형버스의 자율주행을 가능하게 하였다. 5G 자율주행기술은 KT의 자율주행차에 탑재되어 있으며, 이를 바탕으로 5G 자율주행버스, 5G기반 자율주행차 원격제어 등의 다양한 서비스를 선보였다.

I. 서론

자율주행차는 말그대로 운전자가 조작하지 않아

도 차량 스스로 주변 환경을 인지하고 판단하여 주행하는 차를 의미한다. 최근 이러한 자율주행차에 대한 관심이 커지고 있어, 다임러, BMW 등의 자동차 제조사에서부터, 구글, 애플 등의 IT 기업, AT&T, NTT도코모 등의 통신사업자까지 다양한 산업군의 수 많은 업체들이 자율주행차 개발에 앞장서고 있다.

KT는 2015년부터 자율주행차 개발을 진행해 왔으며, 국내 최초로 중형버스 및 대형버스의 자율주행차 개발에 성공하여, 운행 허가를 취득하였다. KT는 5G 핵심서비스 중 하나로 자율주행차를 선정하고, 개발을 진행해 왔으며, 5G를 통한 자율주행 성능 개선에 중점을 두어 왔다. 또한, 평창동계올림픽 테스트 이벤트, 자율주행 성화봉송, 2018 평창동계올림픽 시범서비스, 판교 자율주행버스 체험행사, 영동대로 자율주행차 국민체감 행사 등에서 자율주행버스를 이용한 다양한 서비스를 선보임으로

써, 자율주행차 기술개발 뿐만 아니라 사람들이 자율주행차에 보다 친숙해지는 기회를 제공하는데 노력해 왔다.

본 고에서는 KT의 5G 자율주행 기술에 대해 보다 자세히 살펴볼 것이며, 이를 위해 다음과 같이 구성한다. II장에서 5G 자율주행차에 사용된 핵심 기술인 5G Infra, 차량사물통신, 정밀측위 기술에 대해 보다 자세히 살펴보고, III장에서는 5G 자율주행차를 이용한 대표적 서비스에 대해 논의하고, IV장에서 결론을 맺는다.

II. 5G 자율주행 기술

자율주행차에서 무선네트워크는 차량에 인포테인먼트(Infotainment)를 제공하는 역할을 넘어 V2X, 정밀측위 등 자율주행 핵심 기술에 다방면으로 활용되고 있다. 5G 자율주행차는 카메라, 라이더, 레이더 등의 고성능 센서들 외에 V2X를 통한 상황판단능력, 신호등 인지 거리 및 정확도, 사각지대위험 예측 기능을 획기적으로 개선하고, 5G 무선네트워크를 활용한 정밀 위치측정 기술(RTK), 실시간 정밀지도 정보 및 최신 자율주행 소프트웨어 업데이트 등을 통해 보다 안정적인 자율주행이 가능하다.

본 장에서는 KT 자율주행차에 적용된 핵심 5G 자율주행 기술을 5G Infra, V2X, 정밀측위로 구분하여 설명한다.

1. 5G Infra

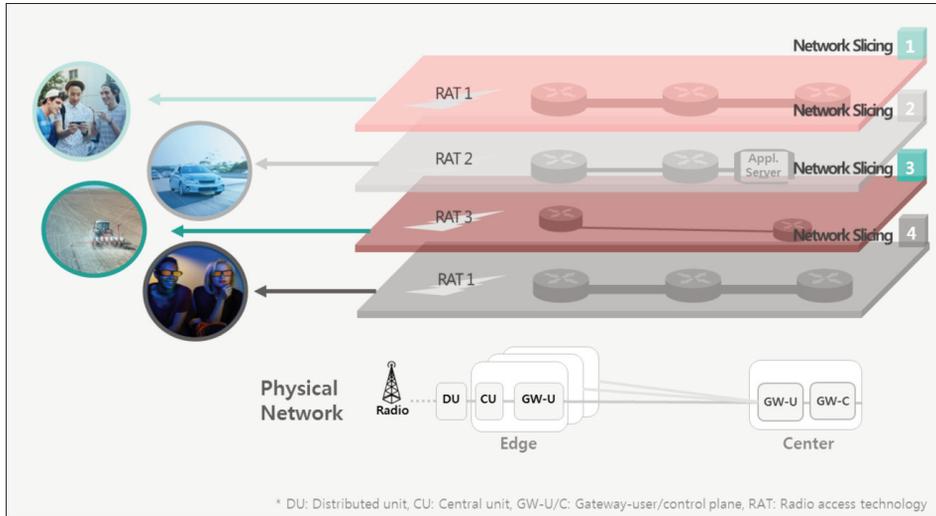
자율주행차는 제어를 위한 전통적 기계 장치와 인지, 판단을 위한 IT 장치를 탑재하고 있다. ‘움직

이는 컴퓨터’, 혹은 ‘새로운 모바일 플랫폼’이라는 별칭 아래 기존의 여느 IT 기기들과 마찬가지로 인터넷 연결이 필요하게 되었다. 자율주행차는 이동성을 전제하기 때문에, 무선네트워크와의 연결이 필수적이고, 현재 5G는 자율주행차량이 필요로 하는 무선네트워크 요구사항을 만족하는 가장 효율적인 통신 방법으로 고려되고 있다.

자율주행차가 무선네트워크 연결을 필요로 하는 서비스는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 차량 소프트웨어 업데이트(OTA, Over-The-Air), 차량 내 엔터테인먼트 등과 같이 대용량 데이터 전송 서비스다. 둘째, 차량간 정보 공유, 실시간 지도 정보 업데이트와 같이 실시간성(real-time)을 요구하는 서비스다. 마지막으로 차량간 영상 공유와 같이 실시간성과 대용량 데이터 전송을 동시에 요구하는 서비스가 있다.

5G 네트워크 슬라이싱 기술을 이용하면, 서비스 요구사항에 따라 별도의 전용 네트워크를 구성하여 서로 다른 요구사항을 지닌 다양한 서비스들을 동시에 효율적으로 제공할 수 있다. 네트워크 슬라이싱이란 <그림 1>과 같이 물리적으로 하나의 네트워크를 논리적인 가상 네트워크로 분리하여 서로 다른 서비스의 요구사항을 만족할 수 있는 서비스 전용 네트워크를 제공하는 기술이다[1]. 여기서 서비스에 특화된 각각의 전용 네트워크를 네트워크 슬라이스라 한다. 또한 <그림 1>과 같이 네트워크 슬라이싱에 엷지 클라우드 기술을 적용할 수 있다. 이 경우, 저지연이 보장되는 네트워크 슬라이스를 사용함과 동시에 단말과 물리적으로 가까운 위치(엷지)에 서비스 서버가 위치함으로써, 전송 지연을 큰 폭으로 줄일 수 있게 된다.

KT의 5G Infra는 차량 이동성에 영향을 받지 않는 연속적인 5G 커버리지를 제공하고, 네트워크 슬



〈그림 1〉 네트워크 슬라이싱

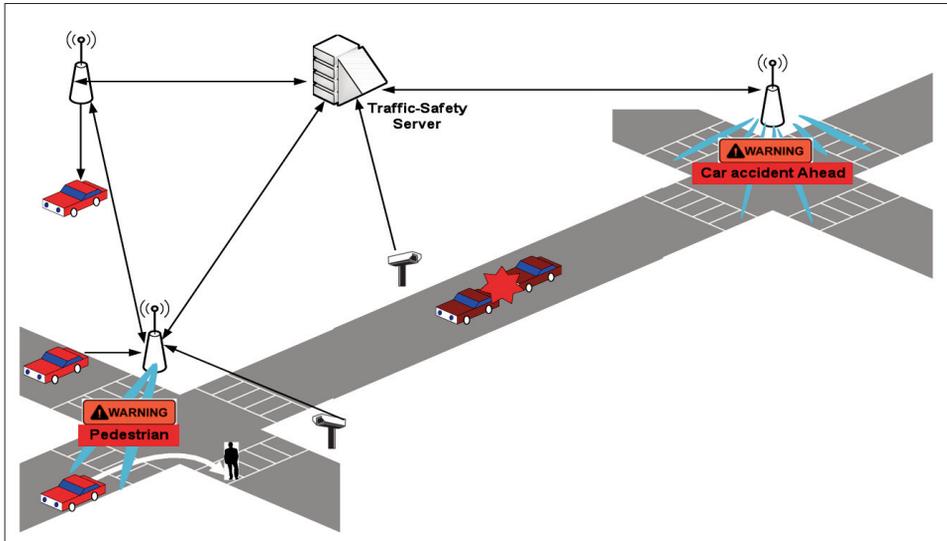
라이싱 기술과 엣지 클라우드 기술을 적용하여 차량 서비스에 특화된 전용 네트워크 환경을 제공하여, 자율주행차의 다양한 서비스 요구조건에 맞는 최적의 무선 통신 서비스가 가능하게 한다.

2. Vehicle - to - Everything

자율주행차는 일반적으로 라이다, 레이다, 카메라 등 다양한 센서를 이용하여 도로상태, 장애물, 교통정보 등을 인지한다. 자율주행차의 센서는 차량에 근접한 주변 상황은 비교적 정확하게 인지하나, 차량을 기준으로 수십~수백 미터 떨어진 거리에서 주변 상황 인지는 센서 성능에 따라 정확도가 달라진다. 또한, 센서에서 수집한 정보를 바탕으로 자율주행차가 필요로 하는 정보를 가공해야 하기 때문에, 센서로부터 도출된 정보에는 오차가 존재하며, 센서의 인지능력은 센서와 사물 사이에 가시거리(LOS, Line Of Sight)가 확보되지 않는 경우 센서 동작범위의 한계를 갖는다[2].

반면, V2X는 차량과 차량(V2V, Vehicle - to - Vehicle), 교통 인프라(V2I, Vehicle - to - Infra) 및 무선 네트워크를 통한 교통정보 센터(V2N, Vehicle - to - Network) 간 직접 메시지를 교환하는 방식이다. 메시지는 차량 운행, 교통상황, 경고 등 주행에 필요한 다양한 정보를 포함하고 있으며, 메시지를 정상적으로 수신할 경우 그 정보에 대한 오차가 존재하지 않는다. 또한, 메시지의 전파 거리가 길기 때문에, 자율주행차 센서 동작범위 너머의 상황에 대한 인지 정보 역시 제공한다[3].

V2V는 자율주행차 인접 차량에서 습득한 센서 정보를 DSRC(Dedicated Short - Range Communications), C - V2X(Cellular V2X)의 PC5와 같이 차량간 직접 통신 인터페이스를 통해 전달받아 지연없이 인지 범위의 향상뿐만 아니라 협력 자율주행에 활용될 수 있다. 〈그림 2〉와 같이 V2I, V2N은 차량간 직접 정보 교환이 아닌 통신 인프라와 네트워크를 이용하기 때문에 교통정보서버와 연동이 가능하며, 자율주행차의 센서나 V2V 통신 커버리지



〈그림 2〉 교통정보서버를 이용한 V2N 서비스[4]

밖의 교통 상황에 대한 정보를 제공 받을 수 있다 [4]. 따라서 센서를 통해 얻을 수 없는 정보를 활용할 수 있으며 낮은 성능의 센서를 부착한 차량의 센서 기능을 보완함으로써 자율주행이 가능하게 한다.

자율주행차에서 센서는 주변 상황을 인지하기 위한 필수 요소이나, 주변 모든 상황을 인지하기는 어렵다. V2X 기술은 센서와는 다른 방식으로 자율주행 차량에 주변 정보를 전달함으로써, 센서의 부족한 성능을 보완해 주는 역할을 하기 때문에, 센서와 함께 사용된다면 보다 안전한 자율주행이 가능하게 된다.

3. 정밀측위

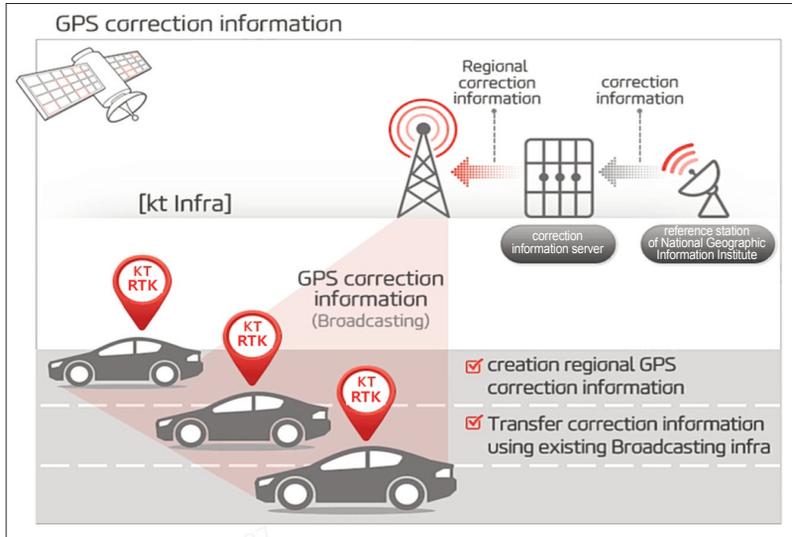
자율주행차는 실시간으로 자신의 위치를 계산하고, 이를 기반으로 차량을 자체적으로 제어하기 때문에, 위치를 측정하는 기술은 필수적이다. 또한,

협력자율주행, 군집주행 등 발전된 자율주행기술을 적용하기 위해서는 0.1m~0.5m 이내의 높은 측위 정확도가 요구된다[5]. 따라서 자율주행차의 위치 측정에는 다양한 센서들이 융합되어 사용되며, GNSS(Global Navigation Satellite System)¹⁾는 그 중 하나의 필수적인 센서로 고려될 수 있다.

GNSS의 위치 측정 정확도는 측정에 사용하는 위성 및 주파수 개수, 거리 측정 방식 등에 따라 달라지게 되는데, 그 정확도는 사용하는 주파수 개수와 위치를 측정하는 방식에 따라 달라진다. 자율주행차에서 요구하는 위치 정확도를 측정할 수 있는 수신기는 정밀측위 수신기인데, 이는 일반 수신기와 다음과 같은 차이점이 있다.

첫째, 위치 측정에 사용하는 주파수의 경우, 일반적인 수신기는 1개인 반면에 정밀측위 수신기는 2개~3개의 주파수를 측정에 사용한다. 최근에는

1) GNSS는 인공위성에서 발신하는 전파를 이용해 지구 전역에서 물체의 위치를 측정하는 위성항법시스템으로 미국의 GPS(Global Positioning System), 러시아의 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System), 유럽의 Galileo, 중국의 Beidou, 일본의 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System)를 포함한다.



〈그림 3〉 정밀측위 구조도

단일 주파수를 사용하는 정밀측위 수신기가 있으나, 일반적이지는 않다. 둘째, 거리 측정 방식의 경우, 일반적인 수신기는 위성과 수신기 사이의 의사 거리를 이용하는 반면에, 정밀측위 수신기는 위성과 수신기 사이의 반송파를 이용한다. 반송파를 이용한 거리 측정 방식의 경우, 수신기가 수신한 위성 정보와 GNSS 기준국에서 전달 받은 정보를 동시에

이용해야 하며, 이러한 시스템 개념도는 〈그림 3〉과 같다. 전국에 구축되어 있는 GNSS 기준국을 이용하여 지역별로 필요한 GNSS 보정정보를 생성하며, 생성된 보정정보는 LTE/5G 무선 네트워크를 이용하여 자율주행차에 실시간으로 전달된다. 이때, GNSS 보정정보를 이용하면 전리층/대기권/위성오차 등의 오차를 함께 제거할 수 있어 보다 정확



〈그림 4〉 정밀측위기반 실외자율주차



〈그림 5〉 실내자율주차

한 위치 산출이 가능하다.

〈그림 4〉는 자율주행차가 정밀측위 수신기에만 의존하여(센서 도움 없이) 자율주차를 하는 모습이다. 차량 옆으로 한 뼘 정도 여유가 있는 공간에 안정적으로 주차할 수 있을 만큼 정확하게 자율주행 차량이 제어된다. 하지만, GNSS 기술 특성상 정밀 측위 수신기도 도심지나 지하에서 위치 측정 정확도가 저하되기 때문에, GNSS에만 의존하기 보다는 다양한 센서를 융합하여 사용하게 된다. 가속도/자이로 센서, 카메라, 라이다 등이 보조적으로 사용되는 센서이며, 이는 위치 측정만이 아니라 장애물 인지를 위한 필수적인 센서들이다. 〈그림 5〉는 다양한 센서가 사용되어 GNSS를 이용하기 어려운 지하에서 자율주차를 시도하는 모습이다.

자율주행차가 자신의 위치를 정확하게 인지하는 것은 안전한 자율주행을 위한 필수 요소이며, 이러한 위치 측정은 다양한 센서가 융합되어 이루어진다. 그 중, GNSS에 기반한 정밀 위치 측정은 중요한 요소이다.

III. 5G 자율주행 서비스

이 장에서는 KT가 5G 자율주행차를 이용하여 선보였던 대표적인 실증 서비스인 5G 자율주행버스와 5G기반 자율주행차 원격제어에 대하여 좀 더 자세히 알아본다.

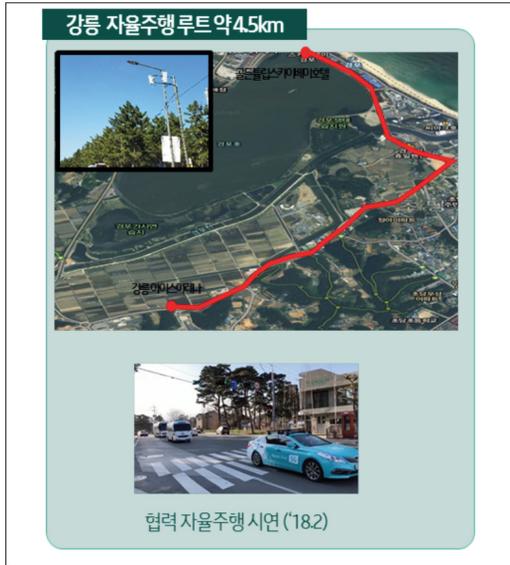
1. 5G 자율주행버스

5G 자율주행버스는 2018 평창동계올림픽에서 5G 시범서비스를 위해 개발되었다. 〈그림 6〉과 같이 5G 자율주행버스는 카메라, 라이다, 레이더 등의 센서들 외에 KT 5G 무선네트워크를 활용한 정밀 측위기술과 V2X 기술을 통한 상황판단능력, 신호등 인지 거리 및 정확도, 사각지대위험 예측 기능을 획기적으로 개선함으로써 보다 안정적인 자율주행이 가능하다.

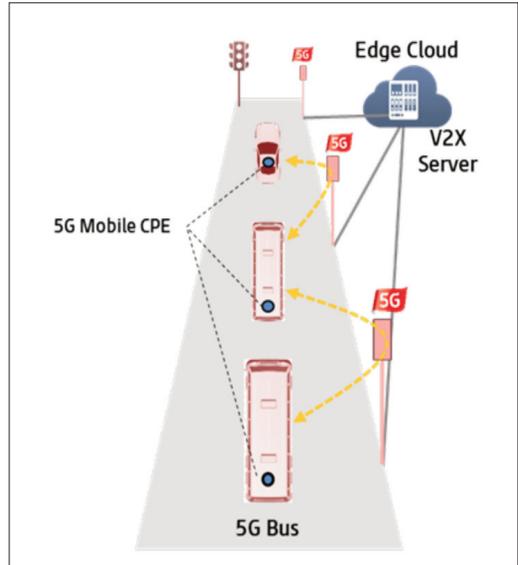
KT는 5G 자율주행버스를 이용하여 2018 평창동계올림픽 기간동안 일반인, 기자, 올림픽 관계자들



〈그림 6〉 5G 자율주행차 센서 구성



〈그림 7〉 자율주행 시연 루트



〈그림 8〉 군집자율주행을 위한 5G 네트워크 구성도[6]

을 대상으로 자율주행차 체험행사를 진행하였다. 체험행사에서는 〈그림 7〉과 같이 강릉올림픽 경기장 주변 약 4.5km구간에서 자율주행을 하였으며, 〈그림 8〉과 같이 Edge Cloud에 V2X 서버를 구현함으로써, 초저지연 정보 교환이 가능한 5G 네트워크를 구성하였다. 이를 이용하여, 3대의 자율주행 차량이 각 차량의 운행모드, 속도, 조향, 위치 등 차량 정보와 도로 교통 신호 정보를 공유함으로써 안정적인 군집 자율주행을 진행하였다. 또한, 차량 내부에 장착된 투명디스플레이, UHD디스플레이, 홀로그램 등을 이용하여 버스가 주행하는 동안 5G 기술로 즐길 수 있는 다양한 엔터테인먼트를 소개하였다.

2. 5G기반 자율주행차 원격제어

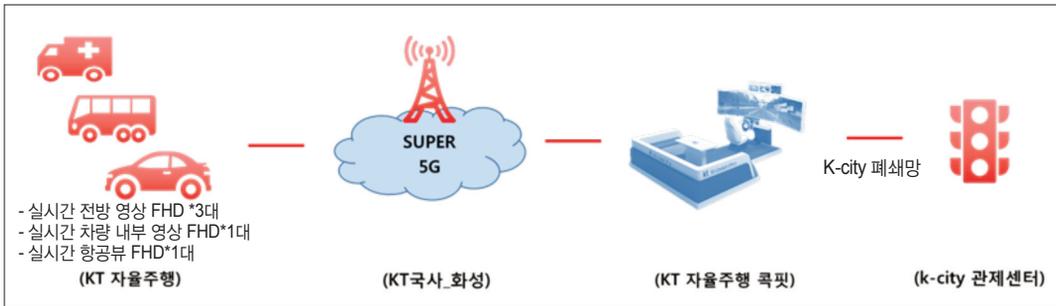
KT는 5G기반의 자율주행차 원격제어 시스템을 개발하고, 이를 바탕으로 자율주행 기술검증 테스트

트베드인 K-city에서 관련 서비스를 선보였다. 서비스는 자율주행차 운전자에게 위급상황이 발생하였을 경우, 관제센터에서 자율주행차와 교통시스템을 원격에서 제어하여, 가장 가까운 거리에 위치한 구급차가 운전자를 빠르게 병원으로 이송하는 시나리오이다.

〈그림 9〉는 관제센터내의 5G 자율주행 원격제어 시스템이며, 5G기반 V2X 통신을 통해 차량 및 도로 인프라를 모니터링하고 원격에서 제어한다. 도로 위에서 발생한 사고를 실시간으로 파악하며, 주행 중인 차량 내 위급상황이 발생할 경우 관제센터에서 원격제어를 통한 즉각적인 개입으로 차량 사고를 최소화하는 시스템이다. 관제센터에서 차량과 5G기반 초고화질 영상통화가 가능하며, 필요시 의료진과의 연결이 가능하다. 또한, 주변의 구급차 위치를 실시간으로 파악하여, 근접한 구급차를 호출하고, 자율주행차의 경로를 원격에서 지정하여 구급차를 만날 수 있는 최적 경로를 설정하며, 차량의



〈그림 9〉 KT의 5G 자율주행차 원격제어 콕핏 및 시연 시나리오



〈그림 10〉 5G 자율주행차 원격제어 네트워크 구성도

빠른 이동을 위하여 원격에서 교통신호를 제어한다.

5G 원격제어 시스템은 차량 정보를 보다 신속, 정확하고 안정적으로 전송하는 KT의 5G 네트워크 슬라이싱 및 SUPER 5G 기술, 자율주행차의 정확한 관제 및 안정적인 주행을 위한 정밀측위 기술, V2X 메시지의 유효성을 보장하기 위한 보안 기술 등이 적용되었으며, 〈그림 10〉은 5G 자율주행 원격제어 시스템을 위한 네트워크 구성도이다.

KT는 5G 자율주행차 원격제어 서비스를 통해 자율주행차를 이용한 새로운 서비스를 선보였으며, 향후 K-city가 단순한 자율주행차 기술개발뿐만 아니라, 자율주행차를 이용한 다양한 서비스 개발 및 실증에도 활용될 수 있다는 가능성을 보여주었다.

IV. 결론

우버, 리프트, 지엠, 볼보 등 많은 업체들이 자율주행 상용화 시점을 2020년 전후로 예상하고 있고, 구글 웨이모는 미국 애리조나주 피닉스에서 자율주행 택시 서비스에 들어갔다[7]. 하지만 테슬라 자율주행 사고, 웨이모 자율주행 사고, 우버 자율주행차 보행자 사망사고 등 크고 작은 자율주행차 사고가 이어지고 있고, 이러한 사고는 사용자에게 자율주행차에 대한 부정적인 인식을 심어주어 조기 상용화에 걸림돌이 되고 있다.

5G 자율주행차의 핵심기술인 5G Infra, V2X 기술, 정밀 측위 기술은 기존 자율주행차의 부족한 부분을 보완함으로써 자율주행의 안전성을 높이는데

기여할 것으로 예상된다. V2X는 차량 센서의 취약점을 보완하며, 정밀지도 정보를 실시간으로 업데이트하고, 자율주행차량 소프트웨어를 최신으로 유지함으로써 보다 안전한 자율주행이 가능할 것으로

기대한다. 현재 자율주행차를 위한 핵심기술에 대한 연구개발 및 시연테스트가 꾸준히 진행되고 있으며, 이러한 노력은 자율주행차의 상용화에 한걸음 더 내딛는 원동력이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] <https://www.netmanias.com/ko/post/blog/8292/5g-data-center-iot-network-slicing-sdn-nfv/5g-and-e2e-network-slicing>
- [2] 김종덕, 권기구, 이수인, 라이다 센서 기술 동향 및 응용, ETRI 전자통신동향분석, 2012, 27.6, pp.134-143
- [3] L. Hobert et al, "Enhancements of V2X Communication in Support of Cooperative Autonomous Driving," in IEEE Communications Magazine, vol.53, no.12, pp.64-70, Dec. 2015
- [4] Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services (Release 14), document TR 22.885 V14.0.0, TSG RAN, 3GPP, Dec. 2015
- [5] Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release 15), document TR 22.886 V15.2.0, TSG RAN, 3GPP, Dec. 2018
- [6] Misun Ahn, Jemin Chung, Jaeyeon Park외 다수, 5G Trial in the Pyeongchang Olympic Games, IEICE, 2018.11, Vol.101, No.11
- [7] <https://news.joins.com/article/23188196>

필자 소개



박상우

- 2004년 : 중앙대학교 전자전기공학부 학사
- 2005년 : 삼성전자
- 2008년 : Texas A&M, College Station, Electrical Engineering 석사
- 2012년 : Texas A&M, College Station, Electrical Engineering 박사
- 2013년 ~ 현재 : KT
- 주관심분야 : LTE/5G, GNSS, V2X, 자율주행



이석원

- 2008년 : 연세대학교 전기전자공학부 학사
- 2018년 : 연세대학교 전기전자공학부 박사
- 2018년 ~ 현재 : KT
- 주관심분야 : V2X, 자율주행, 5G 네트워크

필자소개



이종식

- 1996년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1998년 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1998년 ~ 현재 : KT
- 주관심분야 : 3G, Mobile WIMAX, LTE, 5G