

자율주행을 위한 C-V2X 표준화 동향

정소이, 이동훈
조선대학교

요약

본고에서는 자율주행차의 경제적 가치가 증대되어 자율주행 기술의 핵심으로 자리 잡은 V2X (Vehicle to Everything) 통신의 중요성에 대해 논의한다.

WiFi 기반의 WAVE(IEEE 802.11p)와 셀룰러망 기반의 LTE-V2X(rel.14)간 기술 차이점에 대해 논의하고 3GPP release 15의 LTE-eV2X 기술의 특징을 release 14의 LTE-V2X와 비교하여 논의한다.

또한, 기존의 LTE-V2X와 비교하여 초고신뢰, 저지연 통신 그리고 대량연결을 중심으로 release 16 이상의 5G NR V2X의 개선된 기술을 포함한 표준화 동향에 대해 알아본다.

I. 서론

자율주행은 4차 산업혁명의 핵심기술 중 하나이다. 2000년대 후반 자동차에 ICT(Information and Communication Technology)가 접목되면서 제공해 주는 안전성과 편리성으로 자동차 산업의 가치가 높아졌고 그에 따라 최근 대학 및 연구기관, 기업에서 자율주행 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

자율주행의 기술에는 주행환경 인식 기술과 인공지능 시스템을 활용한 주행 전략 및 판단 기술 등이 있다. 이 중 자율주행 3단계 이상의 기술 발전에 관건인 통신 기반 솔루션의 V2X (Vehicle to Everything)의 연구가 필수적으로 이루어져야 한다.

V2X는 차량이 유선, 무선망의 통신을 통해 여러 기기와 차량을 연결하여 안전하게 도로 인프라와의 소통을 가능하도록 하는 기술이다.

〈그림 1〉은 차량과 주변 인프라 V2I(Vehicle to Infrastructure), 차량과 차량 V2V(Vehicle to Vehicle), 차량과 모바일 통신 V2N(Vehicle to Network) 그리고 차량과 보행자 V2P(Vehicle to Pedestrian)의 4가지 유형의 통신으로 구성된 V2X 기술을 나타낸다.

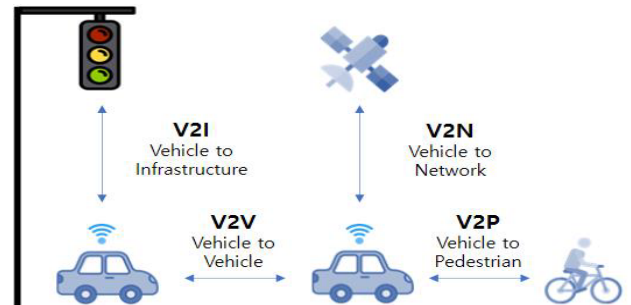


그림 1. V2X 기술

V2X 시장이 거대해지면서 자율주행 시장에서의 더 높은 지위를 얻기 위해 각국의 주요 기업들과 연구기관들은 V2X의 표준화를 위한 연구를 하고 있다. 또한, 스마트기기와 사물인터넷 IOT(Internet of Things) 등 다양한 단말들이 대중화되면서 초고속, 저지연 및 높은 전송 속도를 실현할 수 있는 5G 이동통신 시스템의 필요성이 높아졌다[2]. 현재 이동통신 분야에서 5G 네트워크 표준화 작업이 진행 중이며, 5G 표준화 작업은 이동통신 관련 표준화를 주도하는 3GPP가 중심이 되어 진행되고 있다.

본 논문에서는 V2X 표준통신 종류와 C-V2X의 LTE-V2X, LTE-eV2X 그리고 5G NR V2X에 대해 논의한다. 또한, 국내외 V2X 기술 동향에 대해 논의한다.

II. 본론

1. WAVE 및 LTE-V2X

V2X의 표준통신은 2가지로 분류할 수 있다. 짧은 거리를 전용으로 패킷을 고속으로 통신하는 시스템으로 WiFi를 기반에 두고 있는 DSRC (Dedicated Short Range Communication)과 LTE 및 5G의 셀룰러 이동통신을 기반으로 두는 C-V2X이다. 두 가지의 표준통신은 표준정책의 양자택일에 있어 논쟁이 되고 있다.

〈표 1〉에서 DSRC의 통신기술인 WAVE (Wireless Access

표 1. V2X 표준통신 비교

Sortation	WAVE	LTE-V2X
Communication Standard	IEEE 802.11p	3GPP Rel.14
V2V Use Frequency	5.9GHz	5.9GHz
Communication Delay	Within 500ms	Within 100ms
Communication Distance	500m(radius)	수 km(radius)
Running Speed	<200km/h	<160km/h
Transmission Speed	3Mbps - 27Mbps	3Mbps - 100Mbps
Conjugation	1. Collection/Provision of Traffic Information 2. Handing of charges such as tolls	1. Communication between terminals is based on PC5 interface standard 2. The base station connects to the network through the UU interface

in Vehicular Environments)는 2010년 5월 표준화되어 IEEE 802.11p 무선랜 기술을 변형한 기술로 V2V 사용 주파수 5.9GHz 대역에 최대 전송 속도는 3Mbps에서 27Mbps를 지원한다. C-V2X에서 LTE를 기반으로 하는 LTE-V2X는 2017년 3월 표준화되어, 3GPP Release 14를 통신규격으로 WAVE와 같이 5.9GHz 대역을 사용하지만, 최대 100Mbps의 전송 속도를 지원한다.

WAVE는 100ms 이내의 짧은 통신 지연으로 차량 간 통신을 지원하여 2차 사고를 미리 방지함은 물론, 도로의 교통 상황을 실시간으로 전달하여 교통량의 흐름을 능동적으로 제어하고 유지하도록 돕는다[3]. 500m 반경 이내의 거리와 최대 200km/h의 주행 속도로 DSRC 표준안이 마련되면서 오랫동안 ITS (Intelligent Transport System) 표준으로써 교통정보 수집 및 제공, 하이패스 등 여러 교통안전에 힘쓰고 있다. 안정성이 높은 기술인 WAVE는 차세대 C-ITS 환경을 지원하며 다양한 인포테인먼트의 응용을 끌어낼 가능성으로 국토교통부의 지지를 받고 있다. 하지만, 자주 끊기는 네트워크와 취약한 보안 등 기술적 한계에 있어 표준통신으로의 알맞은 역할을 하기엔 부족함을 보인다.

LTE-V2X는 <그림 2>에서 볼 수 있듯이 차량과 기지국 간 무선접속인 UU 인터페이스로 기존 LTE 네트워크를 이용하는 통신 서비스와 통신망을 거치지 않고 차량과 차량, 주변 인프라, 보행자가 직접적으로 연결되어 통신하는 PC5 인터페이스 규격의 서비스를 지원한다. LTE-V2X는 DSRC와 똑같은 100ms 이내로 통신 지연을 지원하지만 수 km/h로 더욱더 넓은 범위를 커버하여 사고 위험을 줄일 수 있다.

LTE-V2X 기술은 카메라, 레이더 등 ADAS (Advanced Driver

Assistance Systems) 센서로 V2V와 V2I 등 정밀지도를 통해 인지하고 판단하여 차량을 제어한다. 하지만 교차로 진입 차량과 전방 차량 앞의 상황을 인지하기 어려운 사각지대가 존재하고, 감지하는 범위나 검출 오류 등 인지능력의 한계가 존재한다. 따라서 현재 고 밀집 차량 환경에서의 저 지연 상황을 만족시키기 어려우므로 자율주행 기반 저 지연 V2X 응용에 있어 적절하지 않은 단점을 가진다.

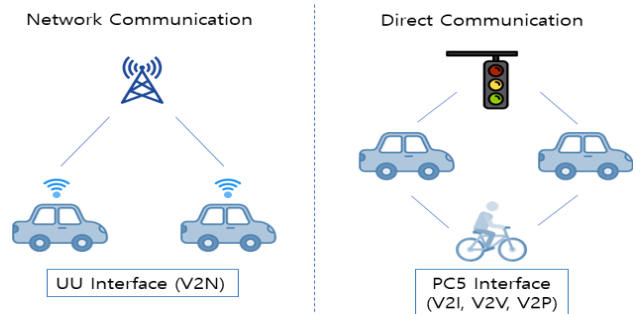


그림 2. UU, PC5 인터페이스

자율주행에 가장 필요한 것은 저 지연 특성이다. 20~30m 이 동 이내에 중요한 데이터를 송/수신하고 판단하여 대응하는 모든 과정이 1초 이내에 이루어져야 한다[4]. 이에 따라 WAVE와 LTE-V2X 간의 장점만을 넣어 초고속, 광대역 전송 속도를 위한 발전된 LTE-eV2X에 대한 표준화가 진행되었다.

2. LTE-eV2X

<그림 3>은 3GPP에서 정의한 LTE-eV2X의 서비스 요구사항이다. LTE-eV2X는 <그림 3>과 같이 고도 주행과 군집 주행, 센서 확장과 원격 주행의 서비스를 제공한다. 고도 주행은 3~100ms의 시간 지연으로 최대 55Mbps 데이터 전송률을 요구하며, 도로 내 차량이 아주 짧은 간격으로 뒤 차량이 앞 차량을 따라 자동으로 주행하는 서비스인 군집 주행은 25에서 최소 10ms의 시간 지연에 70Kbps~65Mbps로 데이터 전송률을 요구한다[5].

센서 확장은 각 차량이 지닌 각종 센서로 얻은 정보나 상황을 주변에 공유하여 상황을 인지할 수 있도록 영역을 확장하는 서비스로 최대 1,000Mbps의 속도로 교통안전에 필요한 서비스이다. 원격 주행이란 차량 내부가 아닌 외부에 있더라도 운전자가 통신 기능을 사용하여 원격으로 차량을 주행시키는 서비스이다. 위성파와 지상국과의 전송률이 25Mbps이고 반대의 경우 1Mbps 속도로 데이터를 전송할 수 있도록 요구된다[5].

LTE망을 사용하지만 기존 LTE-V2X보다는 성능이 더 발전된 LTE-eV2X는, 통신 오류가 10⁻⁵ 이하, 차량당 100Mbps 이상

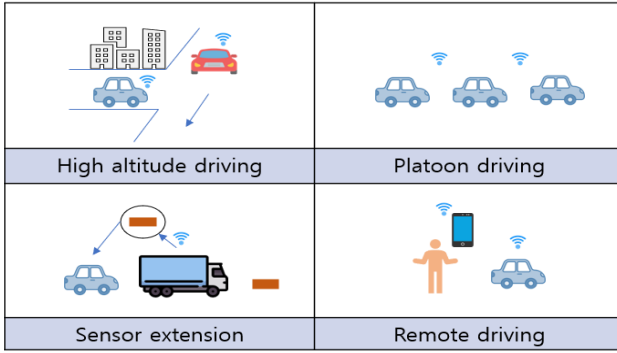


그림 3. eV2X의 서비스 사항

의 전송 속도 그리고 상대 위치를 0.1m 이내로 측정 가능한 정확도를 제공한다. LTE-eV2X는 <표 2>의 LTE-V2X와 비교하여 10ms 이하의 전송 지연과 지연 시간만이 아닌 신뢰도에 따른 서비스 차별화를 가진다. 또한, 단일 Carrier를 이용한 LTE-V2X와는 달리 최대 8개 Carrier로 구성된 Carrier Aggregation 기술로 채널을 확대하고 단말 간 내부 시간 지연을 낮추어 높은 데이터 전송률을 지원한다.

표 2. V2X 표준통신 비교

Sortation	LTE-V2X	LTE-eV2X
Communication Standard	3GPP Rel.14	3GPP Rel.15
Target Service	LTE V2X service support	5G V2X service support
Delay Requirements	20ms	10ms below
Service QoS Support	Differentiate service according to latency	Differentiate service according to latency and reliability
Set Up Transport Support	UU and PC5 interfaces	Same as LTE V2X
Transceiver Carrier Configuration	Single carrier	Support for carrier aggregation (Up to 8 Carriers)
Maximum Transfer Rate	100Mbps	Supports higher data rate than LTE V2X (Data rate difference according to carrier aggregation capability)

Carrier Aggregation은 서로 다른 여러 개의 주파수 대역을 묶어 하나의 주파수처럼 속도를 끌어 올리는 기술이다[6]. <그림 4>와 같이 기존 LTE 기술은 한 번에 하나의 주파수 대역에서만 데이터를 받을 수 있으며 최대 데이터 속도 역시 해당 대역의 대역폭으로 제한된다.

하지만 Carrier Aggregation 기술을 접목하면서 세 개의 주파수 대역에서 동시에 데이터를 받을 수 있어 사용자 데이터 속도가 증가하며 지연 시간이 단축된다. 따라서 Carrier Aggregation 기술은 LTE-eV2X 주파수 영역에서의 핵심기술이다.

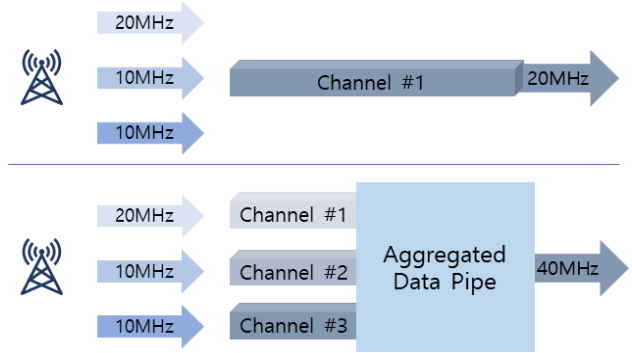


그림 4. Carrier Aggregation 개념도

3. 5G NR V2X

5G 이동통신은 크게 세 가지 기술진화 방향을 목표로 두고 있다. 첫 번째, 이용자당 최대 20Gbps까지 데이터 속도를 높여 빠르게 제공하는 초광대역 서비스, 두 번째, 실시간 반응 속도가 필요한 서비스를 대비하여 10ms에서 최소 1ms 수준으로 하는 초고 신뢰, 저 지연 통신, 세 번째, 1km² 면적 당 백만 개의 연결 지원을 목표로 하는 대량연결이다.

5G NR V2X는 3GPP에서 논하는 release 16 이상을 표준으로 release 15인 LTE-eV2X의 향상된 통신으로써 NR(New Radio) 및 D2D(Device to Device)를 기반한 고신뢰 통신이다.

표 3. LTE 및 5G 통신 비교

Sortation	LTE-eV2X	5G NR V2X
Communication Standard	3GPP Rel.15	3GPP Rel.16, 17 or higher
Focus	eMBB mobile speed	URLLC, IIOT Connection
Applicable Service	Initial commercial service	Enterprise (B2B) 5G Convergence Service
Communication Types	Broadcast support	Broadcast, Unicast Groupcast support
Positioning	<50m	<0.1m
Coverage	Several km	Within a few kilometers

<표 3>은 LTE-eV2X와 5G NR V2X의 통신을 비교하는 표이다. LTE-eV2X는 초광대역 이동통신인 eMBB(enhanced Mobile BroadBand) 모바일 속도에 중점을 두어 eV2X의 초기 상용 서비스를 구축해 나갔다면 5G NR V2X는 URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communications)와 IIOT (Industrial Internet of Things)의 초연결, 초고 신뢰 등에 중점을 두어 기업용뿐만 아니라 5G 융합 서비스로 확장 범위를 넓힌다.

그뿐만 아니라, 통신의 적용 범위와 위치 범위를 수 km 이내

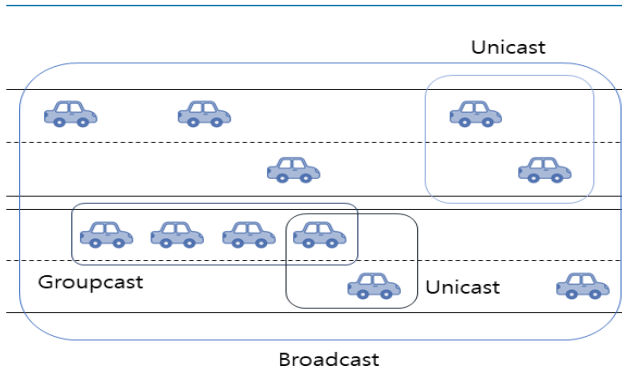


그림 5. 5G NR V2X 통신유형

및 <0.1m로 가까운 거리에서 빠르고 정확하게 데이터를 받을 수 있는 특징이 있다. 이때, LTE-eV2X는 오직 Broadcast만을 지원하지만, 5G NR V2X는 Broadcast뿐만 아니라 Unicast 및 Groupcast의 다양한 전송 방식을 지원한다.

5G NR V2X의 통신유형으로 하나의 네트워크 목적지에 one-to-one으로 메시지를 직접적으로 전송하는 방식인 Unicast, 한 번의 송신으로 동시에 여러 컴퓨터에 메시지를 전송하는 Multicast, 그리고 둘 이상의 수신자와 통신하기를 바랄 때 그 근처에 있는 수신자와의 특정 부분 집합과 통신하는 Groupcast를 지원한다. 각 Unicast와 Groupcast는 <그림 5>에서 확인할 수 있다.

그 밖에도 5G NR V2X는 다양한 주파수 및 대역폭을 지원하면서 데이터 채널의 전송시간 간격을 최대한 줄이기 위해 부반송파 간격을 15kHz에서 최대 120kHz까지 늘리고, 14심볼 단위의 스케줄링 대신 미니 슬롯(mini-slot)이라는 개념을 추가로 도입하여 2, 4, 7개의 심볼을 스케줄링 단위로 정의하였다[7].

<그림 6>은 같은 14심볼 단위의 스케줄링이지만 각 슬롯을 활용하여 부반송파 간격이 30kHz일 때 0.5ms의 시간 간격, 60kHz일 때 0.25ms의 시간 간격으로 줄어짐을, 2 심볼 미니 슬롯부터 15kHz일 때 0.2ms의 시간 간격, 7 심볼 미니 슬롯

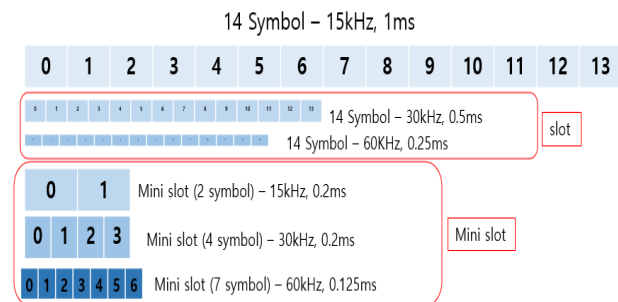


그림 6. 슬롯 및 미니 슬롯

60kHz일 때 0.125ms의 시간 간격으로 줄어짐을 나타낸다. 여기서 스케줄링이란 컴퓨터의 자원을 보다 효율적으로 활용하여 시스템의 성능을 개선하기 위해 작업 순서를 결정하는 일을 나타낸다.

부반송파 간격이 크면 심볼 주기가 짧아져 데이터 전송 시간이 빨라지고, 소량의 데이터를 저 지연으로 전송할 수 있다. 또한, 같은 주파수에 대해 서로 다른 부반송파 간격을 적용하여 다양한 서비스를 동시에 지원할 수 있다[8].

이때, 각 슬롯의 구조는 단일 서브 채널에서 물리 사이드링크 공유 채널 PSSCH(Physical Sidelink Shared Channel), 물리 사이드링크 제어 채널 PSCCH(Physical Sidelink Control Channel) 및 물리 사이드링크 피드백 채널 PSFCH(Physical Sidelink Feedback Channel)를 수용하도록 설계된다.

이전 LTE-eV2X에서는 데이터 수신 성공 여부와 관계없이 무조건 2번씩 전송하는 Blind 방식을 사용하였다. 하지만 Blind는 비효율적이므로 5G NR V2X에서 기존 유 무선 통신에서 사용되던 에러 제어 방식인 FEC(Forward Error Correction)와 ARQ(Automatic Repeat Request)의 혼합형인 HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request) 방식을 지원했다. 그리고 HARQ의 동작 중, 새롭게 정의된 PSFCH 채널을 통해 <그림 7>과 같이 데이터 복호 성공 여부에 대한 피드백을 송신 단말에 전달해줌으로써 필요한 경우 송신 단말이 재전송 동작하도록 해주어 사이드링크 전송 신뢰성을 높였다[9].

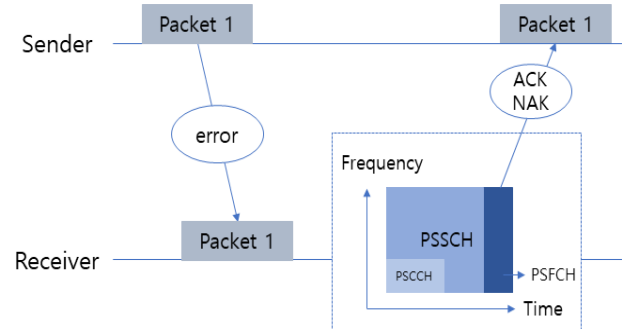


그림 7. PSFCH를 통한 HARQ 동작수행 과정

III. 결론

자율주행 4단계 이상의 발전을 위해 DSRC 및 C-V2X 통신의 단일 표준화를 결정하는 것은 매우 중요한 일이다. 단일 표준화를 따라 각 기업이 방향성을 잡고 빠르게 통신 성능과 기술 개발에 집중하고 주력할 수 있기 때문이다. 그에 따라 3GPP의

C-V2X Release 17까지의 기술 발전 과정과 이전 기술과의 차이점에 대해 살펴보았다. 현재 중국과 미국이 C-V2X를 표준화로 채택하여 스마트시티를 구축하고 있는 만큼 정부와 관련 기관 등 적극적인 참여로 국제 표준화 선점이 필요하다.

4차 산업혁명 시대를 지원하는 핵심 기반으로써 5G 네트워크를 활용한 C-V2X의 상용화가 활발히 이루어지고 있는 가운데, 차세대 융합 서비스가 전 지역에 안정적으로 자리 잡기 위해 5G 한계점을 충분히 이해해야 한다. 또한, 각 관련 기관과 기업은 기존 차량 통신을 넘은 고주파수와 높은 전송률, AI 기반의 네트워크 전국화, 지상뿐만 아닌 공중과 해상을 아우르는 3D 입체 통신 등의 통신을 포함하는 C-V2X의 기술 개발에 주력해야 할 것이다.

또한, 자율주행기술이 발전함에 따라 차량의 지능화, 해킹 등으로 사람들의 안전에 위협이 되는 만큼 생성된 V2X의 신뢰성과 이를 이용하는 이용자의 익명성이 보장되어야 할 것이다. V2X는 다양한 서비스와 데이터 기술을 가진 통신으로써 자율주행 시장이 넓어질수록 자율주행의 사고 위험성을 줄이고 IT(Information Technology)산업을 이끌어나갈 것 기대한다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C1092138).

참 고 문 헌

- [1] S. H. Yoon, H. J. Jo, S. W. Kwak, J. C. Lee and H. S. Lee, "Prediction of Traffic Signal and Longitudinal Control Method for Autonomous Vehicles using V2X," Korean Society of Intelligence Systems, vol. 30, no. 3, pp. 173-180, July 2020, (<https://han.gl/szqoe>)
- [2] S. H. Park, J. K. Park, "Standardization Trends Analysis of 5G Mobile Communication Technology," The Institute of Electronics and Information Engineers, Summer Comprehensive Academic Conference, pp. 1,376-1,379, June 2015, (<https://lrl.kr/du9T>)
- [3] T. W. Hwang, "Trends in the development of V2X vehicle communication technology based on IT convergence," Korea Communications Agency, Journal of Communications & Radio Spectrum no. 54, pp. 4-19, Oct. 2012
- [4] T. H. Lim, "Trends in autonomous driving and V2X communication technology," Institute for Information & communication Technology Planning & evaluation, Weekly technology trend no. 1820, pp. 2-11, Dec. 2018, (<https://url.kr/3r1nus>)
- [5] H. B. Seo, "Trends in eV2X communication technology for autonomous driving services," Telecommunications Technology Association, TTA Journal vol. 173, pp. 41-45, Oct. 2017, (<https://url.kr/jwl657>)
- [6] ETRI, "Resolving communication blind spots through small base stations," ETRI Webzine, vol. 63, June 2016, (<https://url.kr/lhkaju>)
- [7] O. S. Park, S. K. Kim, G. Y. Park, W. R. Shin and J. S. Shin, "Technical Trends of Ultra-Reliable Low-Latency Communication for 5G," ETRI, Electronics and Telecommunications Trends vol. 34, no. 6, pp. 42-50, Dec. 2019, (<https://lrl.kr/Y4p>)
- [8] J. W. Shin and J. S. Shin, "5G mobile communication technology," Korean Robotics Society, Robots and Humans vol. 16, no. 2, pp. 14-21, April 2019, (<https://lrl.kr/Y4o>)
- [9] G. S. Noh and H. S. Chung, "Trends in the development of next-generation vehicle communication technology," Institute for Information & communication Technology Planning & evaluation, Weekly technology trend no. 2031, pp. 2-12, Jan. 2022, (<https://url.kr/3r1nus>)