

차세대 차량 통신 기술 동향 분석 연구

서두옥

국민대학교

clickseo@kookmin.ac.kr

A Study on the Trend Analysis of Next-Generation Vehicle Communication Technology

Seo Doo Ok

Kookmin Univ.

요 약

차세대 차량 통신 기술은 차량과 무선 통신망이 결합된 대표적인 자동차IT융합 기술을 의미하고, 사물 간 통신을 바탕으로 차량 충돌 사고 방지, 자율주행 구현, 인포테인먼트 서비스 등의 다양한 목적을 위해 해당 서비스 시나리오에 적합한 기술들이다. 본 논문에서는 군집주행, 원격주행 등 한층 고도화된 자율주행 서비스를 구현하는 데 필요한 기술로 초고속·초저지연·고신뢰성을 제공할 수 있는 차세대 차량통신 기술들로 5G-NR-V2X 중심의 C-V2X, 저궤도 위성통신을 활용한 6G 그리고 자율주행과 양자암호통신 기술들에 대해서 살펴본다.

I. 서 론

차량 통신은 통신 대상에 따라 차량 대 차량(V2V, Vehicle-to-Vehicle), 차량 대 인프라(V2I, Vehicle-to-Infrastructure), 차량 대 네트워크(V2N, Vehicle-to-Network), 차량 대 보행자(Vehicle-to-Pedestrian) 등을 포괄하여 통칭하는 차량 대 만물(V2X, Vehicle-to-Everything) 통신의 영역을 대상으로 한다.[1] 특히 자율주행 자동차의 한계를 보완해 줄 수 있는 기술로 중요한 역할을 하고 있다.



<그림 1> C-V2X(Cellular Vehicle-to-Everything)[1]

본 논문에서는 군집주행, 원격주행(ToD, Tele-operated Driving) 등 한층 고도화된 자율주행 서비스를 구현하는 데 필요한 기술로 초고속·초저지연·고신뢰성을 제공할 수 있는 차세대 차량통신 기술 개발에 대해서 살펴본다.

II. 5G-NR-V2X

3GPP 표준단체에서는 Release 14 및 Release 15 표준에 해당하는 차량 간의 직접 통신(Direct Communication) 기술을 이용하여 안정성을 향상시킬 수 있도록 LTE 기반 C-V2X 표준 기술을 도입하였다. 5G-NR-V2X

는 5G NR(New Radio) 기술을 기반으로 하여 차량용 통신으로 범위를 확장하였다. 5G NR 기술을 기반으로 서비스 범위, 가용 주파수, 성능 향상 등의 다양한 부분에서 진화가 이루어지고 있다. 5G-NR-V2X(Release 16)는 단말간 직접 통신 인터페이스를 의미하는 사이드링크 기술을 크게 강화 하였으며 2020년 표준화가 완료되었다.[2][3] 개선 또는 새롭게 지원되는 기능은 기존 브로드캐스트 방식뿐만 아니라 유니캐스트와 그룹캐스트까지 다양한 전송 방식을 지원한다. 또한 HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest) 재전송 기능 지원, 전력 제어 기능 향상, 다양한 주파수 대역의 지원, 자원 할당 등이 있다.[4][5]

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3GPP Specification Release Date		3GPP Release 16	3GPP Release 17	3GPP Release 18	3GPP Release 19	3GPP Release 20					

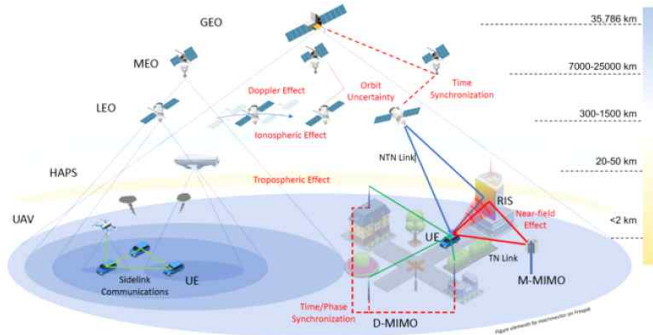
<그림 2> 3GPP Specification Release Date[1]

3GPP Release 17에서는 전력 절감을 위해 사용되는 DRX 기능을 지원하며, 최적의 자원 할당을 위하여 IUC(Inter-UE) 매커니즘을 통한 협력 방식으로 개선하였다. 또한 네트워크 커버리지 외부에 있는 단말이 인접한 단말을 통해 네트워크에 연결될 수 있게 하는 UE-to-Network(U2N) 릴레이 기능을 지원한다. Release 18에서는 여러 주파수 대역을 묶어 사용할 수 있는 Carrier Aggregation(CA) 기술을 처음 적용하였으며, 비면허 스펙트럼에서의 사이드링크 지원을 명시하도록 표준화가 진행되었다. 또한 전송 경로 중 하나의 품질이 저하될 경우에도 다른 경로를 통해 데이터가 전송될 수 있도록 멀티 경로 릴레이를 지원한다. 마지막으로 현재 3GPP에서 진행되고 있는 Release 19 표준화 작업은 5G 기술의 성능을 더욱 향상시키고 다양한 산업과 새로운 서비스 모델을 지원함과 동시에 향후 6G로 나아가는 디딤돌 역할을 하며 통신 기술의 진화 과정에서 중요한 전환점이 될 것으로 기대된다.[5]

III. V2N(NTN): 6G 위성통신

차량 통신에서 6G 위성 통신은 자율주행, 도심항공교통(UAM) 등 미래 모빌리티 서비스의 핵심 인프라로 주목받고 있다. 특히 저궤도 위성통신을 활용한 6G 통신망은 기존 기지국 한계를 극복하고, 초고속·초저지연·고신뢰성의 통신을 위하여 5G-NR-V2X보다 더욱 진화된 차량 통신 인프라 및 단말 기술이 필요할 것으로 예상된다. 또한 데이터 전송 속도가 1Gbps 이상 필요할 것으로 예측되며 이에 따라 기존 FR1 위주의 동작을 하는 5G V2X로는 만족시키지 못할 것으로 보인다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 기술들은 대용량과 고신뢰 저지연 특성을 동시에 만족시키기 위해서는 저주파-고주파 대역을 동시에 고려한 캐리어 결합 방식 및 스케줄링 기법에 관한 연구가 필요하다. 또한 AI 기반 센서 퓨전(Sensor fusion)과 높은 이동성을 고려한 빔 관리 기법 적용을 위한 고려도 필요하다.[3]

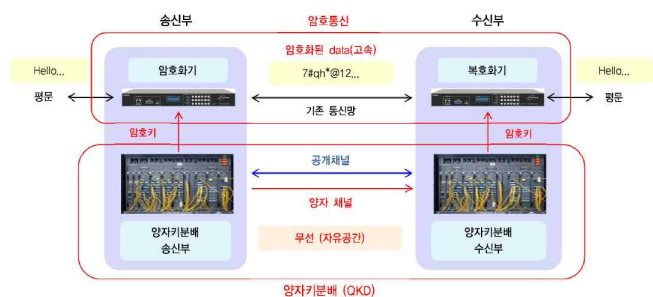
마지막으로 6G 차세대 통신 시스템에서 지원할 지상망과 저궤도 위성을 포함한 비지상망이 통합된 TN-NTN 통합 네트워크를 활용한다면 기존 통신 커버리지 내에 존재하는 단말에게는 보다 정밀한 위치 정보를 제공할 수 있으며, 커버리지 외에 존재하는 경우에도 저궤도 위성 네트워크를 활용한 정밀 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 이를 위하여 비지상 네트워크(NTN, Non-Terrestrial Network)와의 협력 통신이 가능하도록 차량에는 지상 네트워크와 비지상 네트워크에 모두 연결할 수 있도록 다중 연결성을 구성할 수 있다.[4][6]



<그림 3> TN-NTN 통합 네트워크 기반 초공간 항법 기술[6]

III. 자율주행과 양자 암호 통신

자율주행차 상용화가 본격화되면서 통신망 보안이 핵심 과제로 떠올랐다. 양자암호통신은 차세대 고성능 양자컴퓨터로도 해킹이 어려워 대용량 데이터를 수집·전송하는 자율주행차의 보안 리스크를 획기적으로 줄일 수 있는 기술이다. 해의 해킹 사례처럼 보안 위협이 큰 만큼 양자암호통신은 자율주행의 안전·신뢰성을 위한 필수 기술로 평가된다.



<그림 3> 양자암호통신 시스템 구성도[7]

QKD(Quantum Key Distribution)는 자연의 양자 물리학 법칙을 기반으로 하여 신호를 주고받는 송수신 양방향에서 동시에 양자 암호키를 생성

및 분해하는 기술로 도청이 원천적으로 불가능한 무조건적인 안전성을 보장하는 기술이다. PQC는 수학적 난제를 활용해 양자컴퓨터가 이를 풀어내는 데 오랜 시간이 걸리도록 하는 암호화 방식이다.[7]

국내에서 경기도는 차세대융합기술연구원(서울대와 경기도 공동출연법인), SK브로드밴드 등이 참여한 민관연 컨소시엄을 구성해 판교 자율주행센터에서 ‘판타G버스’를 대상으로 2년간 실증 사업에 나선다. 실증의 목표는 자율주행차와 관제센터 간 실시간 통신망에 양자암호통신 기술을 적용해 보안성을 높이는 것이다. 특히 양자암호 핵심 기술인 양자키분배(QKD)와 양자내성암호(PQC) 기반 보안 모듈을 동시에 적용하는 방식은 세계적으로도 앞선 시도로 평가받고 있다.

IV. 결론

지난 수년에 걸쳐 C-V2X 기술은 LTE 기반 Release 14에서부터 표준이 시작되었다. Release 16 이후 5G-NR-V2X가 개발되어 Release 18을 거쳐 대부분의 표준 기술 개발이 완료된 상황이다. 5G 이후 6G 이동통신이 상용화될 시점에서는 무인 완전자율주행 등 5G V2X보다 더욱 진화된 차량 통신 인프라 및 단말 기술이 필요할 것으로 예상된다. 또한 자율주행차 상용화가 본격화되면서 통신망 보안이 핵심 과제로 떠올랐다. 양자암호통신은 자율주행의 안전·신뢰성을 위한 필수 기술로 자율주행의 보안 리스크를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 5G Automotive Association(5GAA), "C-V2X(Cellular Vehicle-to-Everything)", 2025, (<https://5gaa.org/c-v2x-explained/>).
- [2] Gaurang Naik, Biplav Choudhury, Jung-Min Park, "IEEE 802.11bd & 5G NR V2X: Evolution of Radio Access Technologies for V2X Communications," IEEE Access, Volume 7, pp.70169-10184., May 2019.
- [3] M. H. C. Garcia, A. Molina-Galan, M. Boban, J. Gozalvez, B. Coll-Perales, T. Sahin, and A. Kousaridas, "A tutorial on 5G NR V2X Communications," IEEE Communications Surveys & Tutorials, 23(3), 3Q, pp.1972-2026, 2021.
- [4] 노고산, 정희상, "차세대 차량 통신 기술 개발 동향," 정보통신기획평가원, 주간기술동향, pp. 2-12, Jan. 2022.
- [5] 자율주행WG, "C-V2X 표준, 서비스 및 검증기술 동향 백서", 차세대 모빌리티위원회, 6G 포럼, pp. 17-25, Jan. 2025.
- [6] "초공간 개방형 네트워크 동향 백서", 초공간개방형네트워크위원회, 6G 포럼, pp. 37-47, May. 2025.
- [7] 윤천주, 고해선, 김갑중, 최병석, 최준선, "무선 양자암호통신 시스템 및 부품 최신 기술 동향", 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, pp. 94-106, May. 2018.