

**mmWave technology in 5G networking****01**

박동주 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장, 에릭슨엘지 Technical director

이동준 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장, KT 팀장

황성수 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장, 삼성전자 수석연구원

이준환 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장, ETRI 실장

정재훈 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장, LG전자 팀장

이현우 | 5G포럼 대외전략위원회 위원장, 단국대학교 교수

**5G 기술과 스마트시티 : 정의 및 비전****13**

김재현 | 5G포럼 스마트시티위원회 위원장, 아주대학교 교수

정소이 | 아주대학교 박사과정

**Rel-15 규격화 단계 3 주요사항****19**

원성환 | 네트워크기술위원회 위원, 노키아 벨 연구소 수석연구원

**C-V2X 기술 및 서비스 도입 방안****29**

박동주 | 5G포럼 교통융합위원회 간사, 에릭슨엘지 Technical Director

김영락 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, SKT 팀장

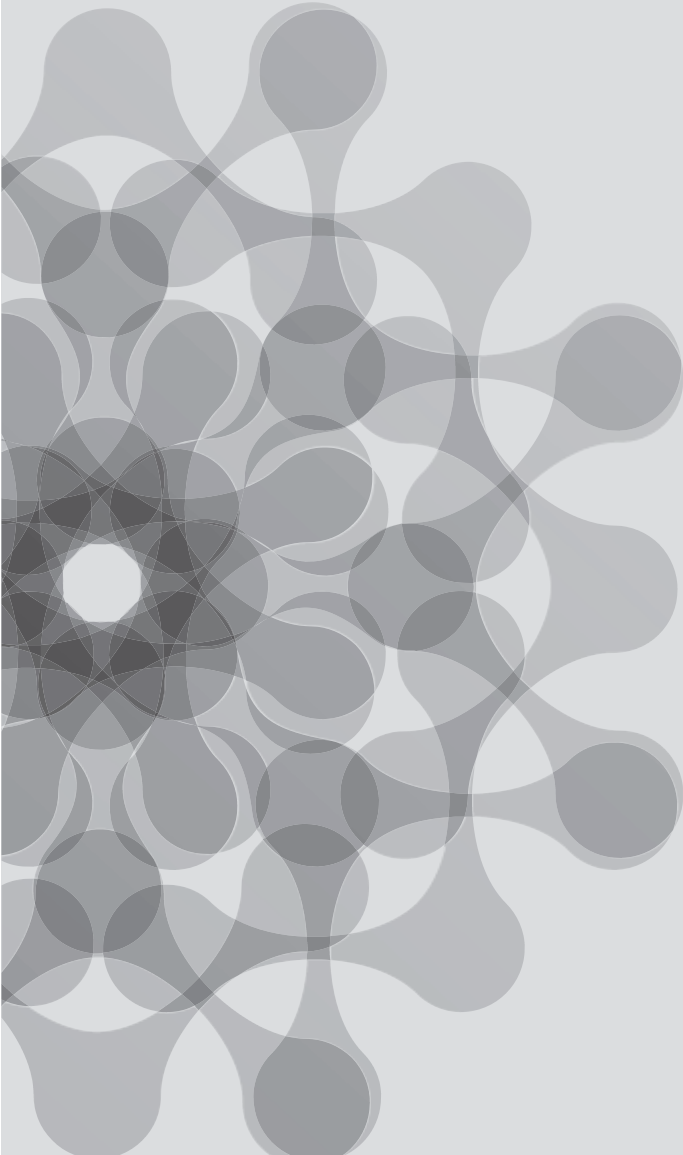
정제민 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, KT 팀장

정재훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, LG전자 팀장

강현정 | 5G포럼 교통융합위원회 간사, 삼성전자 수석연구원

황승훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, 동국대학교 교수

장경희 | 5G포럼 교통융합위원회 위원장, 인하대학교 교수



mmWave technology in 5G networking

박동주 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장,
에릭슨엘지 Technical director

이동준 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장,
KT 팀장

황성수 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장,
삼성전자 수석연구원

이준환 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장,
ETRI 실장

정재훈 | 5G포럼 대외전략위원회 부위원장,
LG전자 팀장

이현우 | 5G포럼 대외전략위원회 위원장,
단국대학교 교수



mmWave technology in 5G networking

Dongjoo Park | 5G Forum Global Strategy Committee Vice-Chair, Ericsson-LG Technical Director

Dongjun Lee | 5G Forum Global Strategy Committee Vice-Chair, KT Team Leader

Sungsoo Hwang | 5G Forum Global Strategy Committee Vice-Chair, Samsung Electronics

Junhwan Lee | 5G Forum Global Strategy Committee Vice-Chair, ETRI Principal Researcher

Jaehoon Chung | 5G Forum Global Strategy Committee Vice-Chair, LG Electronics Principal Research Engineer

Hyeonwoo Lee | 5G Forum Global Strategy Committee Chair, Dankook Univ. Professor

Key Words :

5G, mmWave, RAN architecture, backhaul, small cell

1. Introduction

It is well known that there is an increase in mobile data consumption owing to the various applications that run on smart phones and the increasing traffic from video services. Further, virtual reality/augmented reality services and high-resolution video services require high data rates from mobile networks. In addition, tactile internet, game, robot control, and vehicle communication applications require low end-to-end latency [1]. Sensors utilized at various industries such as energy, smart city, factory automation, and healthcare require a large number of devices that have long battery life and are connected to wireless communication networks. Fifth generation mobile communication

network (5G) evolves from people communication using smart phone to things communication such as robots, cars, machines and sensors. With mobility and digitalization of wireless communication systems, industries can transform to new evolved industries with value-added services. Every industry has their own business dynamics; therefore, 5G is expected to support industry diversity with a business support system. Some industries require excessive quality of service from the network such as reliability, availability, security, and quality of experience. Even with the increased quality of service, it is expected that the service provided by operators must be offered at a reasonable price.

To cope with these evolved requirements, a large number of technologies are under development for 5G, for example, higher frequency millimeter-wave large spectrum band, massive MIMO, beamforming, new air

interface, backhaul technology, small cells, local offloading such as device-to-device (D2D) communication, heterogeneous network, edge computing, software implementation with software defined network (SDN)/network function virtualization (NFV), flexible deployment, energy efficiency, self-organizing network (SON), traffic and radio resource management, network automation and intelligence, new radio (NR) network architecture, and network operation and management.

Millimeter-wave (mmWave) communication is a promising technology for 5G to increase data speed and throughput. The large bandwidth available at frequencies in the 30 GHz to 300 GHz range enable unprecedented connection speed to mobile users and traffic capacity to network operators. Owing to easy installation, low cost of ownership, and high performance, wireless technology is the preferred solution for backhaul. Small cell deployment is an appropriate solution for indoor and hot-spot area high throughput communication. mmWave communication is considered for access and backhaul solutions in small cells. Recently, the software implementation of RANs with SDN/NFV technology to support the high flexibility, low cost, and efficient management requirement is a popular research topic [2].

The development of mmWave technology should align with RAN architecture evolution trends and consider the application to small

cell and wireless backhaul. With the survey of RAN evolution trends, the spectrum status, and standardization of mmWave, the challenges of mmWave technology development can be recognized.

This article reviews technology trends of 5G RAN evolution to identify the role of mmWave in 5G RAN. Spectrum allocation and standard statuses of mmWave will be investigated from the perspective of mmWave application. Based on the results of this analysis, standardization and technology development challenges will be proposed.

2. RAN evolution overview related to mmWave

2.1 mmWave, Small cell and Backhaul

A large amount of spectrum is available in the mmWave frequency band (30 GHz to 300 GHz). 3GPP is currently working towards a global standard for 5G NR that will operate in frequencies from below 1 GHz up to 100 GHz. NR aims to open mmWave frequencies to boost network capacity and deliver ultra-high throughput services to a large number of mobile users [3], [4], [5]. Multiantenna transmission already plays an important role in current generations of mobile communication and will be even more central in the 5G era. Single-user MIMO and multi-user MIMO



leverage massive MIMO by dynamically transmitting data as highly focused beams and exploiting multipath propagation and spatial multiplexing to simultaneously send and receive more than one data signal over the same radio channel. By beam steering a highly focused beam, a stronger radio signal with higher data throughput is delivered over a greater distance using less energy. In particular, in the mmWave frequency band, massive MIMO and beamforming are considered a critical factor because of the compact size of the antenna. Small cell deployments are popping up worldwide as operators begin to see the value of boosting connectivity both indoors and outdoors. Small cells deliver superior connectivity to areas previously underserved by the macro network, thus enabling subscribers to receive a seamless and robust service wherever they are [6].

High capacity radio sites are expected to require backhaul in the 5 Gbps range, with extreme capacity sites in the 10 Gbps range in 5G network at 2025. Wireless backhaul with microwave and mmWave technology provides the advantage of easy installation, low cost of ownership, and high performance. 15 GHz, 23 GHz, and 38 GHz are popular for wireless backhaul, and higher frequencies such as E-band (70/80 GHz) are growing in popularity because of the large available bandwidth and low yearly average spectrum fee. In-band

backhaul, which uses the same frequency bands as the cellular system, is a technique for wireless backhaul with advantages such as the high frequency characteristics of low interference with beamformed radio signals. In combination with a wireline backhaul technique such as optic fiber, the backhaul can be considered for RAN architecture implementation [7]. Flexibility and resource optimization can be provided with the combined optimization of radio access networks (RAN) and backhaul. Especially, in-band wireless backhaul is suitable for flexible function deployment to meet 5G services requirements with the reconfiguration and adaptation of the connection path. In small cell environments, in-band mmWave backhauling can provide the optimum path to the required traffic with unified radio resource management of RAN and backhaul. mmWave backhaul can be configured according to service requirement such as low latency and high data rate with help from unified radio resource management, RAN function relocation, and fog computing.

2.2 RAN network architecture evolution with virtualization

The RAN is evolving into a heterogeneous and multitier architecture comprising nodes with different air interface technologies, power levels, capabilities, and/or backhaul

conditions [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Radio selection, radio resource management, and interference management in this new cellular RAN architecture is key to optimizing and balancing utilizations for different tiers. To support the highly flexible RAN architecture and topology, splitting RAN functions such as user plane and control plane separation is a prerequisite for RAN evolution. Flexible RAN function deployment such as centralized RAN and distributed RAN requires function splitting as in traditional RANs, considering backhaul capability, latency requirement, and network efficiency [15]. The capability to configure, scale, and reconfigure logical nodes through software commands enables the RAN to dynamically adjust to changing traffic conditions, hardware faults, as well as new service requirements. This capability will be achieved by software implementation of RAN with SDN/NFV to separate virtualized software implementation of RAN functions with general purpose or specialized hardware. Deployment flexibility with software implementation and function split enables operators to deploy and configure the RAN with maximum spectrum efficiency and service performance regardless of site topology, transport network characteristics, and spectrum scenario. Considering the hybrid automatic repeat request (HARQ) delay limit, the anchoring point of dual connectivity, hardware performance, and amount of data

at the interface, radio functions of the RAN can be grouped into two or three function blocks. Higher layers can be implemented on general purpose hardware and easily re-located; some parts are implemented on specialized hardware to relocate to designated locations but lower layers need dedicated hardware for implementation. SDN [2] provides data and control separation with the benefit of systematic abstraction, scalability, and deployment flexibility. NFV provides hardware-software separation with the virtualization of network functions implemented in industry-standard high-volume servers instead of proprietary hardware [16], [17], [18]. Cloud computing allows centralized data storage and processing and online access to computer resources through remotely deployed server farms and software networks. It aims to maximize the effectiveness of resource sharing. Cloud computing has limitations in meeting the strict latency requirements for time critical control functions. Fog computing [19] or edge computing can fill the gap with the network, computing, and storage resources at the edge of a network for a substantial amount of communication, storage, control, and configuration.



3. mmWave spectrum status

Federal Communications Commission (FCC) released Report and Order (R&O) and Future Notice of Proposed Rulemaking (FNPRM) titled “Use of spectrum bands above 24 GHz for mobile radio services,” in July 2016, which discusses the policy direction for entire spectrum utilization of the 10.85 GHz band for fixed wireless broadband services. The spectrum in the policy includes 3.85 GHz of the licensed band at 37 GHz (37.0 GHz to 38.6 GHz) and 39 GHz (38.6 GHz to 40.0 GHz) in addition to the A1 block (27.5 GHz to 28.35 GHz) of the local multipoint distribution service (LMDS) bands auctioned in 1998 (Auction 17) and 1999 (Auction 23) and the new 7-GHz-wide unlicensed band (64 GHz to 71 GHz), which can be utilized for offloading.

28 GHz of the 27.5 GHz to 28.35 GHz band is allowed for terrestrial application of wireless communication because of the following reasons: 1) There is no state level federal allocation history in USA; 2) International harmonization is possible with Korea and Japan; and 3) there are many requirements from the mobile communication academy and vertical industries of trial services. Geographical area licensing at the country level will be applied to the 28 GHz band that can be utilized for both fixed and mobile communications. Licenses will be allowed with priority to LMDS

license owners, which covers 75% of the US population at June 2016. Further, FCC considers that the large share of LMDS license owner's in the population will be helpful for the rapid deployment of 5G.

39 GHz of the 38.6 GHz to 40 GHz band was allocated for fixed point-to-point communication with backhaul purposes for services such as broadband PCS. 2,450 licenses were allowed for 172 economic areas (EAs) (Auction 30) in April 2000. Originally, this band comprised paired blocks with a 50 MHz size but it changed to 7 TDD-based 200 MHz blocks considering spectrum efficiency and high-speed communication. Licenses will be allocated based on the partial economic area (PEA) in the 39 GHz band. PEA-based licensing will be helpful for small operators' participation and rapid technology adoption because the PEA is smaller than the basic trading area (BTA) or EA larger than the county level in the case of the 28 GHz band. 37 GHz of 37 GHz to 38.6 GHz band was considered with the future possibility of combination with the 39 GHz band for realizing a contiguous wide band of a spectrum service, which is specified with the both purposes of terrestrial and satellite communication, but has not been utilized yet. 1 GHz of 37.6 GHz to 38.6 GHz band, which is contiguous to the 39 GHz band, comprises five blocks of 200 MHz bandwidth and a PEA level of licensing will be applied. 600 MHz of

the 37.0 GHz to 37.6 GHz band will continuously maintain the co-primary status.

In conclusion, based on FCC's policy direction, 28 GHz and 39 GHz bands will be mainly dedicated to 5G services owing to the 28 GHz band's international harmonization with Korea and Japan and the high population coverage.

The China Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) gathers opinions about the implementation of the 24.75 GHz to 27.5 GHz and the 37 GHz to 42.5 GHz mmWave spectrum bands in the 5G plan, interference, technical barrier, and roadmap. The Communication Authority of Hong Kong said that 26 GHz and 28 GHz bands would be the first batch of spectrum to be provided for 5G preparation.

The frequency bands of 27.5 GHz to 29.5 GHz including 11 candidate bands of WRC-19 have been investigated for coexistence with other radio stations. Targeting for 5G implementation in 2020, the Japan government plans to set the technical requirements in summer 2018 and to allocate the maximum bandwidth of 2 GHz in the frequency band of 28 GHz by the end of 2018, where the frequency range of 27.5 GHz to 29.5 GHz will be considered.

4. Challenges of mmWave technology development

mmWave technology occupies an important role in 5G. To maximize the performance of mmWave technology, there are challenges of technology evolution.

With the increased requirement for data rate and system capacity, backhaul is considered an important factor for performance, especially in a small cell of dense network. With the increased popularity of micro-wave and millimeter-wave wireless backhaul, radio resource management of access and backhaul communication must be considered together. Wireless backhaul is enhanced with channel bonding technology that combines high- and low-frequency bands to increase reliability. Channel bonding combination and/or high

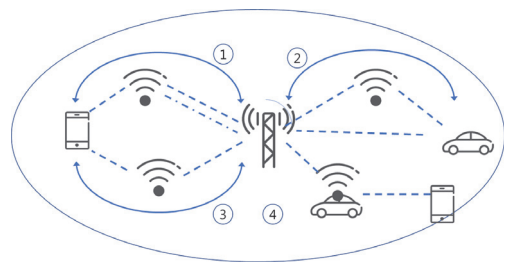


Figure 1 Variations of paths with wireless backhaul, small cell, D2D and macro access

frequency/low frequency combinations must be determined according to the access



communication status such as load, service types, and others, in addition to backhaul interface communication environment such as weather, amount of traffic, and so on. This direction of technology development will be essential especially for mmWave access communication due to the high traffic load and variation. This path option is described in number 1 of Figure 1.

To support the low latency requirement of the service, the optimum path selection mechanism in combination of mmWave RAN and wireless backhaul is a challenging problem. Optimum routing path can involve a multiple hop of small cells in a dense network or a direct link to a macro cell. To support optimum path selection, the backhaul network status must be reported to the centralized radio resource management (RRM) algorithm. The mechanism to monitor the backhaul condition in addition to mmWave access link needs to be standardized. The centralized RRM algorithm can determine the optimum path to support the low latency requirement of the service considering the path status such as access/backhaul link load, delay characteristics, and availability. This path option is described in number 2 of Figure 1.

In-band backhaul is the preferred solution when mmWave is applied owing to radio beam isolation using controlled spatial isolation of beamforming technology. In-band backhaul

with mmWave provides higher re-use of large bandwidth per channel, higher dense deployment supporting multi-hop backhaul with manageable interference between the hops. When in-band backhaul is applied to a small cell base station, a macro base station, which has optical connection to the core network, can be an anchor point of small cell base stations. In this case, scheduling channel resources across two domains, access and backhaul, are employed for joint optimization and integration of access and backhaul resources. This path option is described in number 3 of Figure 1.

D2D is considered as a method to improve network performance [24]. In some specialized cases such as vehicular communication, devices in D2D communication can be considered as a moving network. The equipment (or device) in the car can be operated as a relay of the in-vehicle passengers. As a network element of the D2D communication, the device can be equipped with network functions. The standardization process should consider a device as a network element. This path option is described in number 4 of Figure 1.

The capability to configure, scale, and reconfigure logical nodes through software commands enables the radio network to dynamically adjust to changing traffic conditions, hardware faults, as well as new service requirements. Radio function splitting

supports dynamic function deployment according to the requirements. When the wireless backhaul is applied, the radio function splitting and the decision of the location of radio functions must be determined according to the capabilities of wireless backhaul in addition to traffic condition, hardware faults, and service requirement. The joint optimization and integration of access and backhaul resources must consider the radio function splitting and fronthaul and backhaul status.

5. Conclusion

With the increased demand from 5G services, high speed, low latency, and a large number of devices are the new technology development direction for mobile network. mmWave will enable high speed and low latency communication with wider bands for RANs, backhaul, and D2D communication. Software implementation, multitier and heterogeneous network, small cell, and backhaul technology evolution in RAN evolution are tightly coupled with mmWave technology evolution. Nowadays, mmWave application to wireless backhaul, small cells are popularized and software implementation of RAN functions impacts mmWave technology implementation. mmWave spectrum allocation for 5G and standardization is underway. In this paper,

mmWave technology development and standardization direction were recognized: RAN and backhaul unified radio resource management, in-band mmWave access/backhaul joint optimization, D2D communication, and access/backhaul joint optimization with RAN function splitting.

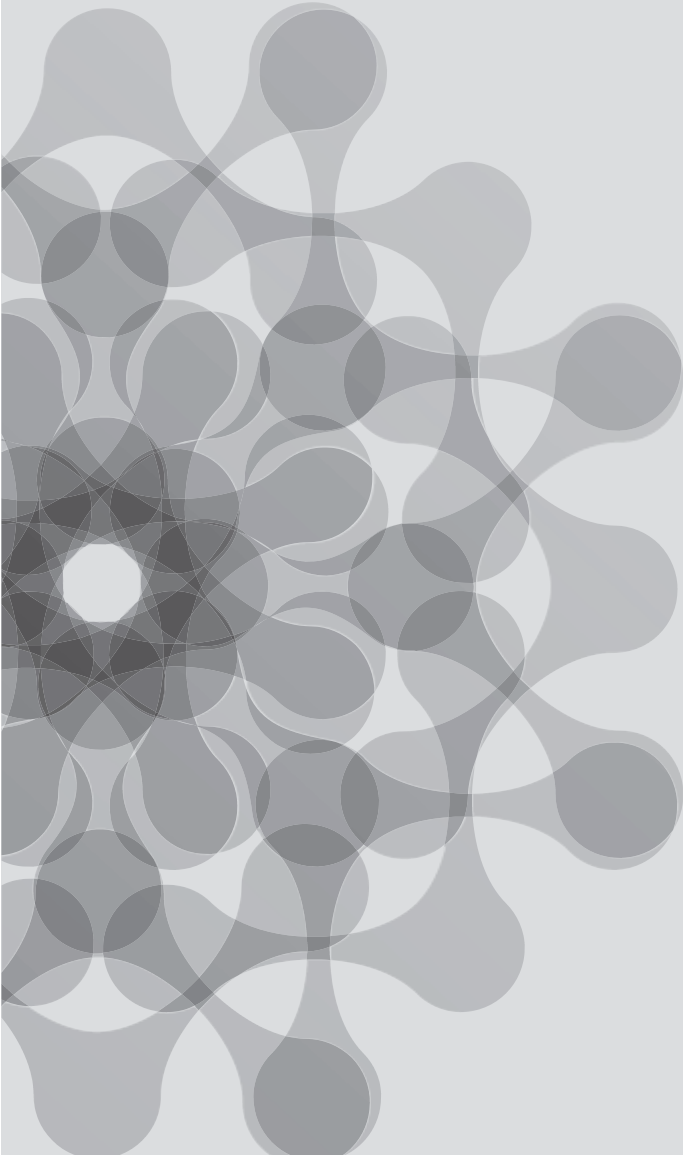
References

- [1] A. Aijaz, M. Dohler, A. H. Aghvami, V. Friderikos, and M. Frodigh, "Realizing the tactile internet: Haptic communications over next generation 5G cellular networks," *IEEE Wireless Comm.*, vol. 24, no. 2, April 2017, pp. 82-89.
- [1] ETSI NFV ISG, "Network Functions Virtualisation - Introductory White Paper," SDN and OpenFlow World Congress, Darmstadt-Germany, October 2012, pp. 22-24.
- [2] L. Wei, R. Q. Hu, Y. Qian, and G. Wu, "Key elements to enable millimeter wave communications for 5G wireless systems," *IEEE Wireless Comm.*, vol. 21, no. 6, Dec. 2014, pp. 136-143.
- [3] Y. Wang, J. Li, L. Huang, Y. Jing, A. Georgakopoulos, and P. Demestichas, "5G mobile: Spectrum broadening to higher-frequency bands to support high data rates," *IEEE Vehicular Technol. Magazine*, vol. 9 no. 3, Sept. 2014, pp. 39-46.



- [2] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, "Fog computing and its role in the internet of things," Proc. First Edition MCC Workshop on Mobile Cloud Computing, ACM, 2012, pp. 13-16.
- [3] S. Chen, F. Qin, B. Hu, X. Li, and Z. Chen, "User-centric ultra-dense networks for 5G: Challenges, methodologies, and directions," IEEE Wireless Comm., vol. 23, no. 2, Apr. 2016, pp. 78-85.
- [4] X. Ge, H. Cheng, M. Guizani, and T. Han, "5G wireless backhaul networks: Challenges and research advances," IEEE Network, vol. 28, no. 6, Dec. 2014, pp. 6-11.
- [5] P. Rost, et al., "Cloud technologies for flexible 5G radio access networks," IEEE Comm. Magazine, vol. 52, no. 5, May 2014, pp. 68-76.
- [6] P. K. Agyapong, M. Iwamura, D. Staehle, W. Kiess, and A. Benjebbour, "Design considerations for a 5G network architecture," IEEE Comm. Magazine, vol. 52, no. 11, Nov. 2014, pp. 65-75.
- [7] M. Peng, Y. Li, Z. Zhao, and C. Wang, "System architecture and key technologies for 5G heterogeneous cloud radio access networks," IEEE Network, vol. 29, no. 2, Apr. 2015, pp. 6-14.
- [8] A. Gupta and R. K. Jha, "A survey of 5G network: architecture and emerging technologies," IEEE Access, vol. 3, Aug. 2015, pp. 1206-1232.
- [9] J. C. Guey, P. K. Liao, Y. S. Chen, A. Hsu, C. H. Hwang, and G. Lin, "On 5G radio access architecture and technology [Industry Perspectives]," IEEE Wireless Comm., vol. 22, no. 5, Oct. 2015, pp. 2-5.
- [10] P. Rost, et al., "Mobile network architecture evolution toward 5G," IEEE Comm. Magazine, vol. 54, no. 5, May 2016, pp. 84-91.
- [11] P. Marsch, et al., "5G radio access network architecture: design guidelines and key considerations," IEEE Comm. Magazine, vol. 54, no. 11, Nov. 2016, pp. 24-32.
- [12] R. Baldemair, et al., "Ultra-dense networks in millimeter-wave frequencies," IEEE Comm. Magazine, vol. 53, no. 1, Jan. 2015, pp. 202-208.
- [13] T. Chen, M. Matinmikko, X. Chen, X. Zhou, and P. Ahokangas, "Software defined mobile networks: concept, survey, and research directions," IEEE Comm. Magazine, vol. 53, no. 11, Nov. 2015, pp. 126-133.
- [14] M. Richart, J. Baliosian, J. Serrat, and J. L. Gorricho, "Resource slicing in virtual wireless networks: A survey," IEEE Trans. Network and Service Management, vol. 13, no. 3, Sept. 2016, pp. 462-476.
- [15] X. Foukas, G. Patounas, A. Elmokashfi, and M. K. Marina, "Network slicing in 5G: Survey and challenges," IEEE Comm.

- Magazine, vol. 55, no. 5, May 2017, pp. 94-100.
- [16] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, "Fog computing and its role in the internet of things," In Proc. First Edition of the MCC Workshop on Mobile cloud computing, ACM, Aug. 2012, pp. 13-16.
 - [17] SP-150140, G timeline in 3GPP, TSG-RAN/-SA Chairmen, Mar. 2015
 - [18] 3GPP TSG-RAN TR38.913, Study on scenarios and requirements for next generation access technologies, Oct. 2016.
 - [19] 3GPP TSG-RAN TR38.900, Study on channel model for frequency spectrum above 6GHz, Sept. 2016.
 - [20] RP-170741, Way Forward on the overall 5G-NR eMBB workplan, 3GPP member companies.
 - [21] J. Qiao, X. S. Shen, J. W. Mark, Q. Shen, Y. He, and L. Lei, "Enabling device-to-device communications in millimeter-wave 5G cellular networks," IEEE Comm. Magazine, vol. 53, no. 1, Jan. 2015, pp. 209-215.



5G 기술과 스마트시티 : 정의 및 비전

김재현 | 5G포럼 스마트시티위원회 위원장, 아주대학교 교수
정소이 | 아주대학교 박사과정



5G 기술과 스마트시티 : 정의 및 비전

김재현 | 5G포럼 스마트시티위원회 위원장, 아주대학교 교수

정소이 | 아주대학교 박사과정

Key Words :

스마트시티, 5G 이동통신, 5G 스마트시티 정의,
5G 스마트시티 비전, 5G 스마트시티 필요성

1. 서론

5G 이동통신 기술이 확대되면서 미래에는 혁신적인 유무선 통신 플랫폼이 구축되어 산업의 경계를 넘어 다양한 분야에서 새로운 사업 모델이 가능해질 것이다. 특히 스마트시티는 4차 산업혁명에 대응하는 미래 성장동력의 핵심 분야로 다양한 융복합 산업에 미치는 파급 효과가 크며, 새로운 비즈니스 창출이 가능할 것으로 평가받고 있다. 5G 기술은 스마트시티의 인프라 운영의 효율성을 높이는 데 기여할 수 있으며, 사회 안전망 강화에 도움을 줄 것으로 전망된다.

본 이슈리포트에서는 이동통신 기술과 스마트시티의 발전을 이해하고, 스마트시티에서 5G 기술의 중요성을 기술하며, 5G 포럼에서 추구하는 스마트시티의 비전과 정의를 기술하고, 적용 가능한 5G 액세스, 네트워크 그리고 플랫폼 기술에 대하여 소개한다.

2. 이동통신 기술의 발전

과거 이동통신은 음성 서비스 중심의 3G 이동통신에서 데이터 서비스 중심의 4G 이동통신으로 발전하였다. 현재 이동통신은 다양한 맞춤형 실감 서비스 및 융복합 서비스 중심의 5G 이동통신으로 발전하고 있다. 5G 이동통신은 4G 이동통신보다 용량과 속도가 1,000배 증가한 통신 기술로 3GPP가 5G 표준화 절차를 주도하고 있다. 2018년 6월 Release 15 표준이 완성되었고, 2019년 12월 Release 16을 완성하는 것을 목표로 하고 있다. 3GPP의 Release 15와 16은 2020년 10월 ITU-R 5G 기술 표준화 일정에서 IMT-2020의 표준으로 제출함으로써 세계 공통의 5세대 이동통신 표준으로 확정된다. 현재 ITU-R 5세대 이동통신 기술 요구사항을 만족하는 Release 15를 기반으로 단말기, 기지국, 기간망 상용제품 개발 및 시험 검증이 활발히 진행되고 있으며, 2019년 5G 상용화를 예정하고 있다.

5G 시대를 열기 위해서는 첫째, 4G 대비 10배 이상의 디바이스를 효과적이고 경제적으로 수용해야 하며 둘째, 대용량 데이터를 처리하기 위해 무선망의 속도가 향상되어야 하며 셋째, 원격진료,

자율주행 등 생명과 직결된 응용 분야가 활성화를 위해 전송 지연을 대폭 낮춰야 한다. 이와 같은 5G 이동통신 기술을 바탕으로 가상현실(VR), 증강현실(AR), 자율주행, UHD/홀로그램 등 차원이 다른 새로운 서비스가 등장할 것으로 기대된다[1].

3. 스마트시티의 범위와 정의

과거 스마트시티의 구성 범위는 산업체, 학계 및 정부가 이해하는 서로 다른 관점에서 표 1과 같이 정의되고 있다. 최근의 스마트시티의 범위는 과거보다 구체적이며, 다양한 분야에서 확장되어 적용되고 있음을 보여준다. 특히 정보 통신 기술을 활용하여 시민의 삶의 질을 개선하고, 도시의 지속 가능성 향상에 중점을 두고 있다[2, 3].

표 1 기존 스마트시티의 범위

스마트시티의 범위	출처
IT 교육, IT 인프라, IT 경제, 삶의 질	Mahizhnan (1999) [4]
경제, 이동, 환경, 인력, 생활, 관리	Giffender et al. (2007) [5]
기술, 경제발전, 일자리 증가, 삶의 질 향상	Eger (2009) [6]
삶의 질, 지속 가능한 경제발전, 참여 정책을 통한 천연자원 관리, 경제적, 사회적, 환경적 목표 수렴	Thuzar (2011) [7]
도시의 경제 사회정치 문제, 환경의 사회적 문제, 상호연결, 계층, 통합, 응용, 혁신	Nam and Pardo (2011) [8]
경제, 인간, 사회, 환경, 제도	Barrionuevo et al. (2012) [9]
인적 자본, 인프라 자본, 사회적 자본, 기업 자본	Kourtit and Nijkamp (2012) [10]
스마트 거버넌스, 스마트 에너지, 스마트 빌딩, 스마트 이동, 스마트 인프라, 스마트 기술, 스마트 헬스케어, 스마트 시민	Frost&Sullivan (2014) [11]

스마트시티의 범위	출처
사람중심, 혁신성장 동력, 지속가능성, 체감형, 맞춤형, 개방형, 융합·연계형	4차산업혁명위원회 (2018) [12]
스마트 건물, 교육, 교통 수송, 행정, 공공안전, 시민참여, 관광, 예술 및 문화, 지속 가능한 인프라, 디지털 형평성 및 접근성, 도시 계획 및 토지 사용, 공중 보건 및 사회 서비스	IDC (2018) [13]

일반적으로 스마트시티는 도시의 효율적인 운영 및 관리를 위해 도시의 물리적 시설이 ICT 기술과 접목된 상태, 그리고 다양한 도시서비스가 제공되는 새로운 도시의 유형을 통칭하는 의미로 광범위하게 사용되고 있다. 과거 스마트시티에 대한 정의는 ICT와 도시 내 인프라를 연결하여 지능화하는 것에 초점이 맞춰져 있었다. 그러나 최근에는 단지 기술적인 측면을 넘어서 다양한 범위로 확장되어 삶을 증진하는 개념으로써 사용되고 있다[14]. 최근 국내외 스마트시티에 대한 정의는 표 2와 같이 논의되어왔다.

표 2 기존 국내외 스마트시티의 정의

구분	스마트시티의 정의
스마트도시법 [15]	도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 건설된 도시 기반시설을 바탕으로 다양한 도시서비스를 제공하는 지속 가능한 도시
EU [16]	디지털기술을 활용하여 시민을 위해 더 나은 공공서비스를 제공, 자원을 효율적으로 사용, 환경에 미치는 영향을 최소화하여 시민의 삶의 질 개선 및 도시 지속가능성을 높이는 도시
ITU와 유럽경제위원회 (UNECE) [17]	경제적, 사회적, 환경적, 문화적 측면에서 현재와 미래 세대의 요구를 보장하면서도 시민들의 삶과 질, 도시 운영 및 서비스 효율성, 경쟁력을 향상시키기 위해 정보통신 기술과 기타 수단을 사용하는 혁신적 도시



구분	스마트시티의 정의
ISO&IEC [18]	도시와 관련된 사람에게 삶의 질을 변화시키기 위해, 도시의 지속가능성과 탄력성을 향상시키고, 도시와 시민사회를 위해 도시운영 구성요소, 시스템, 데이터와 통합기술을 통해 개선시키는 도시
위키백과 [19]	도시 운영 및 서비스의 효율성을 최적화하고 시민들과의 연결을 위해 네트워크에 연결된 다양한 물리적 장치인 사물인터넷과 정보통신기술의 통합된 도시

4. 5G 기술과 스마트시티

스마트시티는 대규모 IoT 초연결 환경에서 데이터를 기반으로 구축된다. 사물의 정보를 수집하고, 수집된 대량 데이터는 초고용량 몰입형 콘텐츠 등으로 분석 및 가공되어 초광대역 5G 네트워크를 통하여 실시간으로 공유된다. 조사에 따르면 2025년 스마트시티 세계 시장은 약 2조 5700억 원으로 추정되는데, 이 금액은 향후 대규모 연결된 단말 및 시스템 사이에서 발생하는 방대한 양의 데이터를 실시간으로 처리할 수 있는 능력에 달려있다고 전망하고 있다[20]. 이렇듯 스마트시티에서 5G 통신 기술은 중요한 역할을 하고 있으며, 초연결, 초광대역, 고신뢰/초저지연 기술은 스마트시티를 구성하는 핵심 네트워크 기술이라 할 수 있다. 결론적으로 스마트시티가 추구하는 생태계 실현 및 인프라 구성을 위해서는 5G 통신 유무선인프라 기술이 필수불가결한 요소이다.

5G 포럼은 기존의 스마트시티의 범위에서 5G 기술 범위를 추가하여 새로운 스마트시티 비전을 제시한다. 5G 포럼에서 정의하는 스마트시티의 비전은 초광대역, 초연결, 초저지연/고신뢰의 5G 기술을 스마트시티에 적용하여 지능화된 첨단 시민

사회를 실현하는 것으로, 이를 통해 1) 지속적이고 진화 가능한 미래가치 지향 서비스, 2) 시민 중심의 체감형 맞춤형 실감 서비스, 3) 개방적이고 융합 연계 가능한 서비스를 제공하고자 한다. 결과적으로 5G 스마트시티 관련 산업 생태계를 조성하고 사회적 비용 절감을 위한 공공 가치 창출을 통해 시민의 삶의 질을 향상시키는 혁신 성장 사회를 구현하는 것이다. 5G 포럼은 스마트시티 도입 기반 마련을 위한 스마트시티 구조를 그림 1과 같이 정의하였다. 5G 포럼에서 정의하는 스마트시티 최종 비전을 수립하기 위해서는 구체적인 서비스 추진전략이 필요하며, 서비스가 구현되기 위해서는 5G 기술이 적용되어야 한다. 스마트시티 서비스를 위한 5G 기술은 각각 다음과 같다.

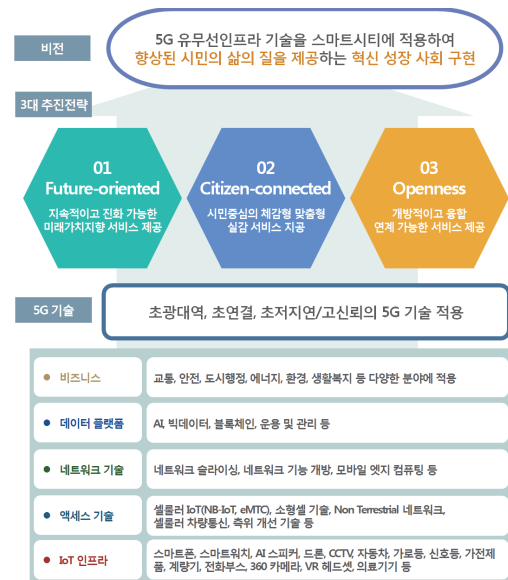


그림 1 5G 포럼의 스마트시티 구조 및 비전

4.1 액세스 기술

5G 스마트시티 서비스를 위한 IoT 디바이스는 도심 내 지하 공간부터 고층 빌딩의, 옥상, 공원, 수심 등 다양한 공간에서 사용 될 수 있기 때문에 기존 유선 통신 기술만으로는 한계가 있다. 또한 넓은 커버리지와 긴 수명의 배터리 기반 동작을 필요로 하는 경우가 많기 때문에 새로운 무선통신 액세스 기술을 필요로 한다.

4.2 네트워크 기술

5G 스마트시티는 복잡 분야에 대한 대규모 센서를 통해 축적된 빅데이터를 네트워크 인프라를 통해 실시간으로 공유 및 교환하며 다양한 분야에서 인프라를 효과적으로 관리해야 한다. 따라서 초광대역, 초연결, 초저지연/고신뢰 특성을 제공하는 5G 네트워크가 스마트시티의 공통 인프라로 요구되고 있다.

4.3 데이터 플랫폼 기술

5G 스마트시티 서비스는 클라우드 서비스 형식으로 제공될 각각의 개별 스마트 서비스들이 네트워크 슬라이싱을 통해 효율적으로 제공될 것으로 기대된다. 이들 개별 서비스들의 융합 서비스 제공 가능성, 자동화, 빅데이터 및 인공지능 도입 가능성을 고려하여 도시 단위에서 전체적인 운영 및 관리가 가능한 플랫폼과 구조가 필요하다.

마트시티의 범위 및 비전에 대해 소개하였다. 5G 스마트시티는 legacy 스마트시티와 비교하여 초연결, 초광대역, 고신뢰/초저지연 의 5G 이동통신의 요구사항을 가능하게 하는 액세스, 네트워크, 플랫폼 기술을 포함하고 있다. 궁극적으로 5G 스마트 시티가 추구하는 목표는 5G 유무선인프라 기술을 스마트시티에 적용하여 향상된 시민의 삶의 질을 제공하는 혁신성장 사회를 구현하는 것이다. 5G포럼 스마트시티위원회는 5G 스마트시티 생태계 조성을 위해 스마트시티 시범서비스 지역 내에 5G 스마트시티 솔루션을 제공하고, 타도시 확산이 가능하도록 필요한 요구사항을 도출하고 관련 기관과 소통하고 있다. 또한 5G 포럼 스마트시티 위원회에서는 스마트시티 내에서의 다양한 유무선 통신 기술적 내용 뿐만아니라 기술 표준화, 인증, 법적적인 이슈 등을 논의하고 있으며 백서 작업을 추진하고 있다. 향후 이슈 리포트에서는 위에서 언급한 내용을 한가지 씩 다루고자 한다.

References

- [1] 5G 포럼, “5G 생태계 백서,” 2018년
- [2] 한국정보통신기술협회, “4차 산업혁명 핵심 융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황,” 2018년 9월
- [3] 한국과학기술기획평가원, “스마트시티,” 2018
- [4] Mahizhnan A., “Smart cities: The Singapore case,” Cities, Vol. 16, No. 1, pp. 13-18, February, 1999
- [5] Giffender R. et al, “Smart cities: ranking of European medium-sized cities,” Vienna:

5. 결론

본 이슈리포트에서는 스마트시티에서 5G 기술의 필요성을 설명하고, 5G 포럼에서 추구하는 스



- Centre of Regional Science – Vienna UT,
February, 2007
- [6] Eger J. M., “Smart Growth, Smart Cities,
and the Crisis at the Pump A Worldwide
Phenomenon,” I-Ways, Vol. 32, No. 1, pp.
47-53, January, 2009
- [7] Thuzar M., “Urbanization in SouthEast Asia:
developing smart cities for the future?”
Regional Outlook, pp. 96-100, December,
2011
- [8] Nam T. & Pardo T. A., “Conceptualizing
Smart City with Dimensions of Technology,
People, and Institutions,” The Proceedings
of the 12th Annual International
Conference on Digital Government
Research, pp. 282-291, June, 2011
- [9] Barrionuevo J. M. et al, “Smart Cities,
Sustainable Progress,” IESE Insight, Vol. 14,
pp. 50-57, 2012
- [10] Kourtit K. & Nijkamp P., “Smart cities
in the innovation age. Innovation,” The
European Journal of Social Sciences,
Vol. 25, No. 2, pp. 93-95, April, 2012
- [11] Frost & Sullivan, “Global Smart City
Market,” 2013
- [12] 4차산업혁명위원회, “도시혁신 및 미래성장동
력 창출을 위한 스마트시티 추진전략,” 2018
년 3월.
- [13] <https://www.idc.com/ap/smartcities/>
- [14] KT경제경영연구소, “스마트시티에서의 5G의
역할,” 2018년 7월
- [15] 국가법령정보센터, “스마트도시 조성 및 산업
진흥 등에 관한 법률,” 2017년
- [16] [https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/
smart-cities](https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/smart-cities)
- [17] International Telecommunication Union(I
TU), “Smart sustainable cities: An analysis
of definitions,” October, 2014
- [18] ISO/IEC JTC 1, [http://www.iec.ch/dyn/www
w/f?p=103:14:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LAN
G_ID:12973,25](http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:14:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LAN
G_ID:12973,25)
- [19] <https://ko.wikipedia.org/wiki/>
- [20] Grand View Research, “Smart Cites Market
Size Worth \$2.57 Trillion By 2025,” Februar
y, 2018

Rel-15 규격화 단계 3 주요사항

원성환 | 네트워크기술위원회 위원, 노키아 벨 연구소 수석연구원



Rel-15 규격화 단계 3 주요사항

원성환 | 네트워크기술위원회 위원, 노키아 벨 연구소 수석연구원

Key Words :

SBI, UAC

1. 서 론

일반적으로 규격화 단계 3에서는, 규격화 단계 2에서 큰 틀이 잡힌 구조 및 기능에 대해, 실제로 구현할 수 있을 정도로 자세하게 해당 동작을 규격에 기술하는 것을 목표로 한다. 따라서, 규격화 단계 3에서 이뤄진 작업의 대부분은 본 보고서에서 다루기에 알맞지 않다. 이러한 까닭 때문에, 본 절에서는 Rel-15 규격화 단계 3에서 이뤄진 작업을 전체적으로 간추리기 보다, Rel-15 규격화 단계 3에서 주도권을 갖고 규격화 한 주요 작업에 대해 다룬다.

2. 서비스기반 인터페이스의 프로토콜

다음 그림은 서비스기반 인터페이스(service-based interface, SBI)의 프로토콜 계층을 보여준다.

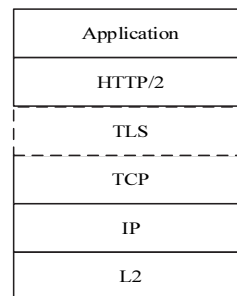


그림 1 SBI의 프로토콜 계층 [1]

모든 SBI는 하이퍼텍스트 전송 프로토콜(hypertext transfer protocol, HTTP) 버전 2 [2]를 쓴다. 또한, SBI의 응용계층 직렬화 프로토콜로는 제이슨(Java Script object notation, JSON) [3]이, 그리고 SBI의 인터페이스 정의언어로는 개방형 응용프로그래밍 인터페이스 규격(OpenAPI Specification) [4]이 채택되었다.

이러한 결정이 시사하는 점은, 두가지로 간추릴 수 있다. 첫째는 5세대 이동통신 시스템의 코어 네트워크(core network) 내 모든 인터페이스는 통일된 프로토콜을 쓴다는 것이고, 또한 그 통일된 프로토콜이 이동통신 시스템에 특화된 프로토콜이 아니라 정보통신 기술 업계에서 두루 쓰이는 프로토콜로 결정되었다는 것이다.

SBI 사용 시, 반드시 지원되어야 하는 HTTP 표준 헤더의 목록을 다음 두 표에 정리하였다.

표 1 HTTP 요청 시 반드시 지원되어야 하는 HTTP 표준 헤더

헤더 이름	쓰임새
Accept	허용되는 응답 미디어 종류를 알림
Accept-Encoding	허용되는 응답 콘텐츠 인코딩 방식을 알림
Content-Length	예상되는 페이로드 바디의 크기를 바이트로 나타냄
Content-Type	미디어 종류를 알림
User-Agent	클라이언트의 네트워크 개체 종류를 알림
Cache-Control	클라이언트가 서버로부터 응답을 받고자 하는 HTTP 캐시제어 지시어를 알림
If-Modified-Since	서버 재 입증 시 쓰일 수 있음
If-None-Match	콘텐츠 획득 시 쓰일 수 있음
If-Match	콘텐츠 수정 및 삭제 시 쓰일 수 있음
Via	HTTP 프록시를 거칠 시 쓰임
Authorization	인증 시 쓰일 수 있음

표 2 HTTP 응답 시 반드시 지원되어야 하는 HTTP 표준 헤더

헤더 이름	쓰임새
Content-Length	예상되는 페이로드 바디의 크기를 바이트로 나타냄
Content-Type	미디어 종류를 알림
Location	특정 리소스를 지시
Retry-After	후속 요청을 수행하기까지 기다려야하는 시간을 알림
Content-Encoding	응답 바디에 적용된 콘텐츠 인코딩 방식을 알림
Cache-Control	HTTP 응답 캐시 제어 지시어를 알림
Age	HTTP 프록시를 거칠 시 쓰일 수 있음
Last-Modified	조건부 GET 허용 시 쓰일 수 있음
ETag	조건부 GET, POST, PUT, PATCH, DELETE 허용 시 쓰일 수 있음
Via	HTTP 프록시를 거칠 시 쓰임
Allow	타깃 리소스에서 지원되는 메소드를 알림
WWW-Authenticate	요청 거절 시 쓰임

한편, 5세대 이동통신 시스템에 특화된 헤더가

정의되기도 했는데, 3gpp-Sbi-Message-Priority가 바로 그것이다. 이 헤더는 HTTP 메시지의 우선순위를 나타낸다.

앞서 설명한 헤더 관련 작업 내용을 보면 알 수 있듯, SBI에서의 HTTP 버전 2 사용의 원칙은, 일반적으로 HTTP 버전 2 규격 [2]에 기술된 바를 따르되, 5세대 이동통신 시스템에 특화된 사용방식에 대해서는 3GPP 기술규격을 따르는 것이다. 헤더 외의 5세대 이동통신 시스템에 특화된 HTTP 버전 2 사용방식은 3GPP 기술규격 29.500 [1]을 참고하기 바란다.

한편, 서비스기반 인터페이스를 통한 안전한 데이터 전송을 위해, 5세대 이동통신 시스템 내 모든 네트워크개체는 전송계층 보안(transport layer security, TLS)을 지원해야 하며, 5세대 이동통신 시스템은 TLS를 반드시 사용해야 한다.

3. 통합형 접근 제어

이 절에서 언급하는 접근 제어(access control)는 단말이 이동통신 시스템의 무선접속네트워크(radio access network, RAN)에 접근하는 것을 막거나 허락함으로써 조절하는 것을 뜻한다. 4세대 이동통신 시스템의 접근 제어는, 새로운 요구사항이 생길 때마다 기존의 요구사항에 따른 접근 제어 메커니즘에 또 다른 새로운 접근 제어 메커니즘이 올려져, 마치 누더기처럼 구성되어 있었다. 그리하여 5세대 이동통신 시스템에서는 이러한 단점을 극복하고자, 이제까지 알려진 모든 요구사항을 총망라 하면서 앞으로 새로운 요구사항이 나와도 이를 손쉽게 반영할 수 있는 접근 제어 메커니즘을 규격화



했고, 이를 통합형 접근 제어(unified access control, UAC)라 이름 지었다.

접근 제어는 두가지 방식을 통해 이뤄질 수 있다. 첫번째는 단말 스스로 RAN에 접근할지 말지 결정하는 방식(자발적 접근 제어)이다. 이 방식에서 단말은 RAN이 방송하는 정보를 바탕으로 결정을 취한다. 두번째는 단말이 RAN에 접근을 요청할 때 밝히는 접근 원인을 보고 RAN이 단말의 접근 요청을 거절할지 말지 결정하는 방식(반응적 접근 제어)이다.

자발적 접근 제어를 위해서 단말은 매 접근 시도(access attempt)마다 다음을 바탕으로 해당 접근 시도를 수행할지 말지 결정한다:

- 1) 단말의 접근 식별자(access identity);
- 2) 접근 시도의 접근 카테고리(access category);
- 그리고
- 3) RAN이 방송하는 접근 식별자 및 접근 카테고리 별 차단 정보(barring configuration).

여기서, 단말의 접근 식별자는 다음과 같이 결정된다.

단말은 하나 이상의 접근 식별자를 가질 수 있다. 예를 들어, 한 단말은 접근 클래스 11을 가지면서 MCS 용도로 쓰일 수 있다. 이 경우, 이 단말은 접근 식별자 2와 11을 갖는다.

그리고, 접근 시도는 다음과 같이 정의된다:

- 1) 휴지(idle) 모드에 있는 단말이 연결 모드로 전환해야 할 필요를 만드는 사건; 또는
- 2) 연결 모드나 비활성(inactive) 모드에 있는 단말에게 일어나는 다음 중 하나에 해당하는 사건:
 - a) 단말 내 통화 애플리케이션이 "음성 통화 개시", "영상 통화 개시" 지시자를 보냄;
 - b) 단말 내 문자 메시지 애플리케이션이 문자 메시지를 보내야할 필요성이 생김;
 - c) 세션을 생성하거나 수정할 필요성이 생김;
 - 그리고
 - d) 비활성 모드의 단말이 기 생성된 세션에 대해 보내야 할 데이터가 생김.

상술한 접근 시도가 생길 때마다, 해당 접근 시도는 다음의 표에 따라 접근 카테고리 값을 할당 받게 된다.

표 3 접근 식별자

번호	해당되는 단말
0	1, 2, 11 - 15에 해당하지 않는 단말
1	멀티미디어 우선권 서비스(multimedia priority service, MPS) 용도의 단말
2	미션 크리티컬 서비스(mission critical service, MCS) 용도의 단말
3 - 10	해당사항 없음; 추후 사용을 위해 남겨둠
11	접근 클래스(access class) 11에 해당하는 단말
12	접근 클래스 12에 해당하는 단말
13	접근 클래스 13에 해당하는 단말
14	접근 클래스 14에 해당하는 단말
15	접근 클래스 15에 해당하는 단말

표 4 접근 카테고리

번호	해당되는 접근 시도
0	네트워크 측에서 단말을 호출할 때 촉발된 접근 시도
1	자연 시간에 민감하지 않은 접근 시도
2	긴급통화 관련 접근 시도
3	코어 네트워크 시그널링 관련 접근 시도
4	음성 통화 관련 접근 시도
5	영상 통화 관련 접근 시도
6	문자 메시지 관련 접근 시도
7	그 밖의 데이터 통신 관련 접근 시도
8	RAN 시그널링 관련 접근 시도
9 - 31	해당사항 없음; 추후 사용을 위해 남겨둠
32 - 63	망 사업자에게 특화된 용도로 쓰일 수 있음

이로써, 단말의 접근 식별자와 접근 시도의 접근 카테고리를 추출해낸 다음에는, RAN이 방송하는 접근 식별자 및 접근 카테고리 별 차단 정보에 따라 실제로 해당 접근 시도를 막을지 말지를 결정한다.

한편 반응적 접근 제어를 위해서 단말은 자발적 접근 제어를 통과한 접근 시도에 따른 접근 요청에 대해 RAN에게 직접 접근 원인을 규명해야 한다. 이 경우, 규명된 접근 원인에 따라 RAN은 단말의 접근 요청을 거절할지 말지를 결정한다. 접근 원인은 다음과 같이 접근 식별자와 접근 카테고리에 의해 결정된다.

표 5 접근 원인: 신규 무선접속 기술(new radio, NR)이 무선접속 기술로 사용되는 경우

접근 식별자	접근 카테고리	접근 원인
0	0	네트워크 측에서 단말을 호출했기에 촉발된 접근 시도
	1	해당사항 없음
	2	긴급통화 관련 접근 시도
	3	시그널링 관련 접근 시도
	4	음성 통화 관련 접근 시도
	5	영상 통화 관련 접근 시도
	6	문자 메시지 관련 접근 시도
	7	그 밖의 데이터 통신 관련 접근 시도
1	아무 것이나	MPS 관련 고 우선순위 접근 시도
2	아무 것이나	MCS 관련 고 우선순위 접근 시도
11 - 15	아무 것이나	고 우선순위 접근 시도

표 6 접근 원인: 장기간 진화(long-term evolution, LTE)가 무선접속 기술로 사용되는 경우

접근 식별자	접근 카테고리	접근 원인
0	0	네트워크 측에서 단말을 호출했기에 촉발된 접근 시도

접근 식별자	접근 카테고리	접근 원인
	1	해당사항 없음
	2	긴급통화 관련 접근 시도
	3	시그널링 관련 접근 시도
	4	음성 통화 관련 접근 시도
	5	음성 통화 관련 접근 시도
	6	그 밖의 데이터 통신 관련 접근 시도
	7	그 밖의 데이터 통신 관련 접근 시도
1	아무 것이나	고 우선순위 접근 시도
2	아무 것이나	고 우선순위 접근 시도
11 - 15	아무 것이나	고 우선순위 접근 시도

단말은 상기 두 표 중 하나에 따라 정해진 접근 원인을 RAN에게 밝히고, RAN은 접근 원인에 따라 접근 제어를 수행한다.

앞서 보인 세개의 표를 정독 하면, 다음의 의문이 생길 수 있다.

- 1) 지연시간에 민감하지 않은 접근 시도를 상징하는 접근 카테고리 1은 정의되었는데, 이에 해당하는 접근 원인은 왜 존재하지 않는가?
- 2) 접근 시도의 접근 카테고리가 망 사업자에게 특화된 용도로 쓰이는 접근 카테고리로 결정된 경우에는 어떻게 접근 원인을 정하는가?
- 3) LTE에서는 NR과 달리 왜 다음의 접근 원인이 정의되어 있지 않은가: 영상 통화 관련 접근 시도; 문자 메시지 관련 접근 시도; MPS 관련 고 우선순위 접근 시도; MC 관련 고 우선순위 접근 시도?

첫째, 지연시간에 민감하지 않은 접근 시도를 상징하는 접근 카테고리 1은 정의되었는데, 이에 해당하는 접근 원인은 존재하지 않는 까닭은, Rel-15 기반 5세대 이동통신 시스템이 지연시간에 민감하지 않은 데이터 통신을 위해 특화되지 않



았기 때문이다. 애초에 접근 카테고리 1 자체를 정의하지 않으려 했으나, 5세 대 이동통신 시스템과 4세대 이동통신 시스템을 모두 지원하는 단말이 4세대 이동통신 시스템에서 지연시간에 민감하지 않은 접근 시도 용 단말로 설정된 경우, 이러한 단말의 5세대 이동통신 시스템 내 접근 시도를 알맞게 분류하기 위해 정의했다. 다만, 접근 원인은 직접 RAN으로 전달되는 정보이므로 지연 시간에 민감하지 않은 접근 시도 관련 접근 원인은 정의하지 않았다. 접근 카테고리가 1이고, 단말의 접근 식별자가 0에 해당하는 경우, 접근 원인을 고르기 위해서 접근 카테고리 1을 접근 카테고리 3-7 가운데 적절한 접근 카테고리를 선택한다.

둘째, 접근 시도의 접근 카테고리가 망 사업자에게 특화된 용도로 쓰이는 접근 카테고리로 결정된 경우, 접근 원인을 결정하기 위해 단말은 따로 접근 카테고리 0-8 가운데 하나를 고른다. 따라서 이렇게 따로 고른 접근 카테고리를 사용하여 접근 원인을 결정한다. 단말이 이렇게 따로 접근 카테고리 0-8 가운데 하나를 고르는 방식은 망 사업자의 지시에 따른 것일 수 있다.

셋째, LTE에서는 NR과 달리 기존의 프로토콜을 유지시키면서 5세대 이동통신 시스템의 코어 네트워크로의 연결을 지원해야 하기 때문에 몇가지 제약이 있다. 접근 원인의 새로운 값 정의에도 제약이 있어, 영상 통화 관련 접근 시도; 문자 메시지 관련 접근 시도; MPS 관련 고 우선순위 접근 시도; MC 관련 고 우선순위 접근 시도 관련 접근 원인은 정의하지 못 했다.

통합형 접근 제어 관련 설명을 마치기에 앞서, 한가지 눈 여겨 볼만한 것은, 접근 식별자와 접근 카테고리 모두에 추후 사용을 위해 남겨둔 값들이

정의되어 있다는 것이다. 이에 따라 앞으로 새로운 요구사항이 생기면, 해당 요구사항에 따라 새로운 접근 식별자 또는 접근 카테고리를 정의하고 다시 접근 식별자 및 접근 카테고리 조합에 따라 접근 원인이 어떻게 정의되는지 정하면 새로운 요구사항을 만족시킬 수 있다.

4. 세션 관리 관련 혼잡 제어

세션 관리 메시지를 주고 받으면서 네트워크는 혼잡 제어를 수행할 수 있다. 이러한 혼잡 제어는 크게 두 분류로 나눌 수 있다: 데이터 네트워크 명(data network name, DNN) 기반 혼잡 제어, 슬라이스 기반 혼잡 제어.

DNN 기반 혼잡 제어는 네트워크 측에서 특정 DNN과 관련된 혼잡을 감지하는 데서 시작한다. 네트워크는 DNN 기반 혼잡 관리 타이머를 단말별 그리고 DNN 별로 관리한다. 단말이 긴급 서비스 용 세션이 아님에도 불구하고 DNN을 제공하지 않은 경우에는, 네트워크가 직접 선택한 DNN에 대해 혼잡 제어를 수행한다.

네트워크로부터 DNN 기반 혼잡 제어를 명령 받은 단말은 단말 내 DNN 혼잡 관리 타이머인 T3396을 시작 시킨다.

네트워크는 T3396의 값을 전달함으로써 DNN 기반 혼잡 제어를 명한다. 이 T3396의 값이 세션 설립 과정에서 전달되었을 때, DNN 기반 혼잡 제어는 단말이 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지에 담은 DNN에 대해 이뤄진다. 만약 단말이 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지에 DNN을 포함시키지 않았다

면, DNN 기반 혼잡 제어는 DNN을 포함시키지 않는 세션 관리 요청에 대해 이뤄진다(이런 경우도 앞으로 편의 상 무(無) DNN에 대해 DNN 기반 혼잡 제어가 이뤄진다고 하겠다).

상술한 대로 단말이 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지에 어떤 DNN을 넣었는지 혹은 안 넣었는지에 따라 DNN 기반 혼잡 제어가 목표하는 DNN이 결정되기 때문에(네트워크가 내려주는 것이 아님) 단말은 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지에 담았던 DNN 그리고 DNN을 담았는지 혹은 안 담았는지를 기억해야 한다.

단말이 긴급 서비스를 위한 세션을 요청할 때에는 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지에 DNN을 포함시키지 않는 것을 원칙으로 한다. 그러나 긴급 서비스에 대한 지연을 최소화하기 위해, 무 DNN에 대해 DNN 기반 혼잡 제어가 이뤄지고 있는 경우, 긴급 서비스를 위한 세션을 요청할 때 DNN을 포함시키지 않고 PDU SESSION ESTABLISHMENT REQUEST 메시지를 보내더라도 DNN 기반 혼잡 제어를 적용하지 않는다.

T3396의 값이 세션 갱신 과정 혹은 세션 해제 과정에서 전달되었을 때에는 DNN 기반 혼잡 제어는 기존 세션과 연계된 DNN에 대해 이뤄진다.

고 우선순위 단말에서 T3396이 돌아가고 있는 경우에는, 단말은 DNN 기반 혼잡 제어를 무시할 수 있다.

한편, 슬라이스 기반 혼잡 제어는 네트워크 측에서 특정 슬라이스와 관련된 혼잡을 감지하는 데서 시작한다. 네트워크는 슬라이스 기반 혼잡 관리 타이머를 단말 별, 슬라이스 별로 관리하며, 추가적으로 DNN 별로도 타이머를 관리할 수 있다. 단

말이 긴급 서비스 용 세션이 아님에도 불구하고 슬라이스 식별자(single network slice selection assistance information, S-NSSAI) 혹은 DNN을 제공하지 않은 경우에는, 네트워크가 직접 선택한 S-NSSAI 혹은 DNN에 대해 혼잡 제어를 수행한다.

네트워크로부터 슬라이스 기반 혼잡 제어를 명령 받은 단말은 단말 내 슬라이스 혼잡 관리 타이머인 T3584 또는 T3585를 시작 시킨다. T3584는 S-NSSAI와 DNN의 조합에 대한 슬라이스 기반 혼잡 제어 타이머이고, T3585는 S-NSSAI에 대한 슬라이스 기반 혼잡 제어 타이머다.

T3584와 T3585의 값 결정 및 관리는 T3396과 비슷하게 이뤄진다. 다만 T3396은 DNN을 대상으로 하고, T3584와 T3585는 각각 S-NSSAI와 DNN의 조합, S-NSSAI을 대상으로 한다는 점이 다르다.

그리고 T3396은 33-시리즈 타이머라서 4세대 이동통신 시스템 및 그 이전 이동통신 시스템에서도 계속 유효하지만, T3584와 T3585는 35-시리즈 타이머이기 때문에 5세대 이동통신 시스템에서만 유효하다.

5. 로밍 단말 조종

로밍 단말 조종 기능이란, 단말이 가입한 이동통신 사업자의 망(home public land mobile network, HPLMN)이, 로밍 중인 단말에 대해, "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 안전하게 편집할 수 있도록 하는 메커니즘을 뜻한다. 이전 세대 이동통신 시스템에



서는 HPLMN이 로밍 중인 단말의 정보를 안전하게 편집할 수 없었다.

그림 2에 로밍 단말이 로밍 사업자의 망(visited public land mobile network, VPLMN)에 등록할 때 HPLMN이 "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 안전하게 전달하는 과정을 도시하였다.

해당 과정을 요약하자면, 다음과 같다. 단말이 REGISTRATION REQUEST 메시지를 전달하고 (과정 1) HPLMN의 사용자 정보관리 개체(user data management, UDM)에게까지 등록 관련하여 필요한 정보 요청이 전달되면(과정 2), HPLMN은

"사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 전달하기로 결정을 내릴 수 있다. 그리고 이어 일어나는 과정 4, 6을 통해 "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 전달할 수 있다. 이때 이 정보를 중간에 있는 VPLMN에서 수정할 수 있으므로, 단말에게 보안 검사를 수행하도록 하는 지시자를 보낸다.

단말은 보안 검사가 성공적으로 완료되면 보안 검사가 성공적으로 수행되었다는 지시자를 REGISTRATION COMPLETE 메시지를 통해 VPLMN에 전달하고 (과정 9), VPLMN은 최종적으로 Nudm_SDM_Info 서비스를 이용해 HPLMN의 UDM에 이를 알린다.

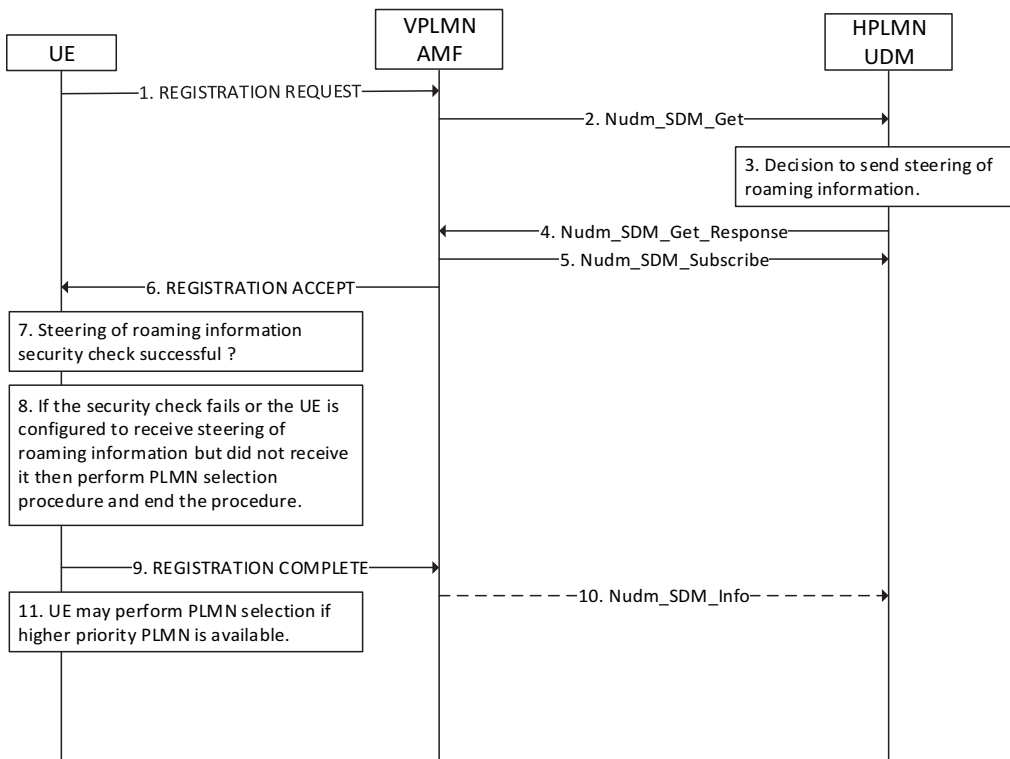


그림 2 VPLMN에 등록 시, "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 안전하게 전달하는 과정 [5]

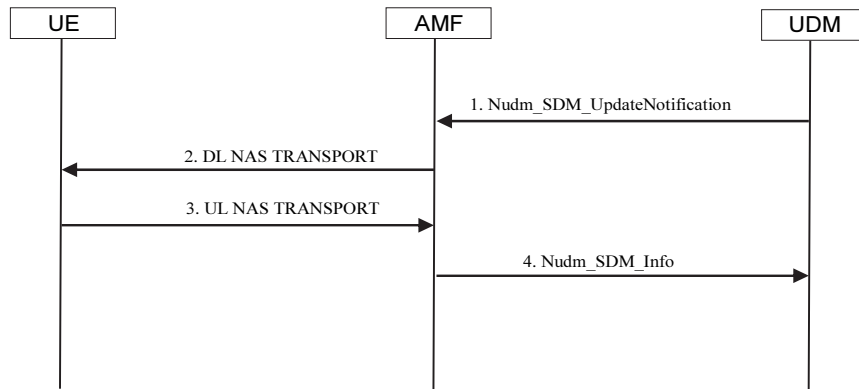


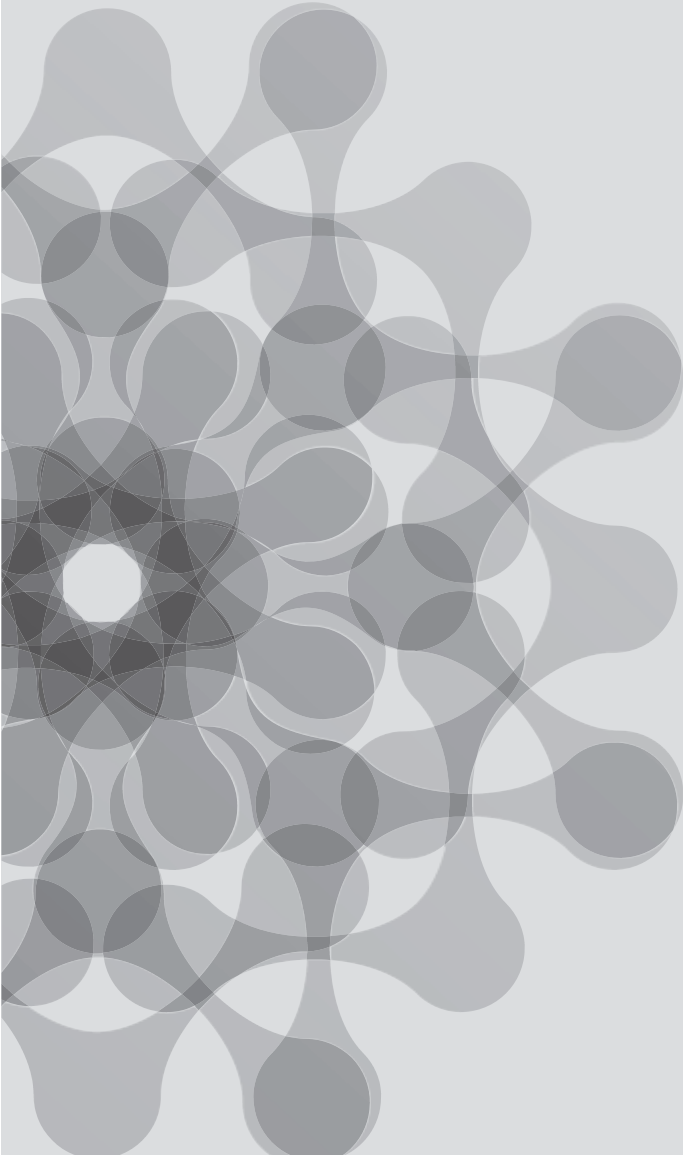
그림 3 VPLMN에 이미 등록한 뒤, "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"를 안전하게 전달하는 과정 [5]

만일 보안 검사에 실패하면, 단말은 VPLMN을 신뢰하지 않고, VPLMN에 등록하지 않는다. 또한, HPLMN은 단말의 가입자 정보에 로밍 중일 때 "사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"가 편집될 것인지 아닌지를 표시해 둘 수 있고, 이러한 편집 여부 정보는 단말의 심카드에도 설정될 수 있는데, 단말의 심카드에 이러한 설정이 있는데, 해당 정보에 대한 변경 관련 정보가 내려오지 않으면 VPLMN을 신뢰하지 않고, VPLMN에 등록하지 않는다.

"사업자에 의해 제어되는 망 및 접근 기술 선택에 필요한 정보"는 반드시 VPLMN에 등록할 때에만 전달될 수 있는 것은 아니다. 그림 Z에서 확인할 수 있듯, Nudm_SDM_Notification 서비스, Nudm_SDM_Info 서비스 및 DL NAS TRANSPORT 메시지, UL NAS TRANSPORT 메시지를 통해 전달될 수도 있다.

References

- [1] 3GPP TS 29.500: "5G System; Technical Realization of Service Based Architecture; Stage 3".
- [2] IETF RFC 7540: "Hypertext Transfer Protocol Version 2 (HTTP/2)".
- [3] IETF RFC 8259: "The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format".
- [4] OpenAPI: "OpenAPI 3.0.0 Specification".
- [5] 3GPP TS 23.122: "Non-Access-Stratum (NAS) functions related to Mobile Station (MS) in idle mode".



C-V2X 기술 및 서비스 도입 방안

- 박동주 | 5G포럼 교통융합위원회 간사,
에릭슨엘지 Technical Director
- 김영락 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장,
SKT 팀장
- 정제민 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장,
KT 팀장
- 정재훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장,
LG전자 팀장
- 강현정 | 5G포럼 교통융합위원회 간사,
삼성전자 수석연구원
- 황승훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장,
동국대학교 교수
- 장경희 | 5G포럼 교통융합위원회 위원장,
인하대학교 교수



C-V2X 기술 및 서비스 도입 방안

박동주 | 5G포럼 교통융합위원회 간사, 에릭슨엘지 Technical Director

김영락 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, SKT 팀장

정제민 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, KT 팀장

정재훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, LG전자 팀장

강현정 | 5G포럼 교통융합위원회 간사, 삼성전자 수석연구원

황승훈 | 5G포럼 교통융합위원회 부위원장, 동국대학교 교수

장경희 | 5G포럼 교통융합위원회 위원장, 인하대학교 교수

Key Words :

5G, 융합, 교통, 자동차, vertical 산업

1. 서론

자동차 산업은 전기자동차, 자율주행자동차, 공유경제, C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems)를 활용한 도로교통시스템 등 다양한 기술적, 사업적 변화를 맞이하고 있다. 구글(Google)은 적극적으로 자율주행자동차에 대한 도로 시험을 진행하고 있으며 이미 2016년 10월에 320만 킬로미터의 주행 시험을 진행한 것으로 보도 되었다. 테슬라(Tesla)는 자율주행 기능을 탑재한 전기자동차를 출시하였으며, BMW와 Mercedes Benz는 반 자율주행 기능을 탑재한 자동차를 출시하고 있다. 대부분의 자동차회사들이 2020~2021년에는 자율주행 기능을 탑재한 자동차의 실용화를 하겠다고 천명하고 기술 개발 및 도로에서의 시험을 진행 중이다. 최근의 자율주행자동차의 추세는 다양

한 빅데이터를 확보하여 인공지능(AI)을 적용한 분석을 통해 자율주행의 안전성과 효율을 높이는 방향의 연구가 적극 진행되고 있다. C-ITS 분야에서는 기존에 성공적으로 추진된 ITS 시스템에 차량, 보행자, 도로 안전시설(교통신호체계, 도로시설물 등), 클라우드 서버 상의 앱 등을 통신 시스템으로 연결하여 다양한 데이터를 활용한 한 차원 높은 협력적 지능형 교통시스템으로 진화하고 있다. 자율주행자동차와 C-ITS를 통해 도로 시스템의 효율을 향상시키고, 차량 운행의 안전성을 획기적으로 높일 수 있을 것으로 기대하고 있다.

자율주행자동차와 C-ITS라는 두 자동차 산업의 변화 방향에서 공통적으로 중요한 역할을 담당하고 있는 것이 통신시스템, 특히 무선통신시스템이다. IEEE 802.11p 표준에 기반을 둔 WAVE(Wireless Access Vehicle Environment)는 차량 간 통신을 포함한 V2X(Vehicle-To-Everything) 통신을 위한 기술로 개발되었다. 최근에는 이동통신에 널리 사용되고 있는 LTE 기술을 활용한 V2X 기술이 3GPP를 중심으로 표준화 되었으며, 전송속도

향상, 사물통신, 저지연 통신과 고 신뢰성 기술을 바탕으로 다양한 산업과의 융합을 지원하는 목표를 가지고 개발되고 있는 5G는 그 기술적 진보와 함께 네트워크 구조의 변화를 통해 자동차 산업을 포함한 다양한 산업에서 이동통신시스템을 보다 쉽게 활용할 수 있도록 진화하고 있다. 이에 따라 세계 각국은 LTE와 5G의 이동통신시스템을 활용하여 C-ITS를 구축해 가는 방향으로 선회하고 있다. 본 고에서는 3GPP에서 최근 표준화된 LTE-V2X 기술과 그 진화 형태인 5G에서의 기술 개발 현황을 중심으로 이동통신에서의 C-ITS 지원 현황과 시사점을 살펴보고자 한다.

2. 자율주행 자동차와 C-ITS

자율주행 자동차 산업은 교통/환경 분야 공공 이익 강화와 4차 산업혁명에서 이종 산업 간 기술 융복합의 제1 첨병으로서 국가 산업경쟁력 신규 창출의 중요 수단으로 발전하고 있다.

- 공공 이익 강화 분야: 교통안전, 교통 효율, 대기 환경
- 산업 융복합 요소: 자동차/도로 기술과 ICT (통신, 센서, 컴퓨터) 기술 간 자율주행 자동차는 단계 1에서 단계 5를 향해 발전하고 있으며 국내는 2020년 자율주행 단계 3의 상용화를 국가 목표로 추진하고 있다. (일부 차량 업체는 자율주행 단계 3에서 바로 단계 5 실현으로의 개발 선언)
- 단계 0 비 자동화: 일련의 주행 보조 기능 제공 없이 운전자 수동 주행 전개
- 단계 1 운전자 보조: 운전자 완전 통제 하에

주행 보조 기능 제공, 차선이탈 방지, 크루즈 컨트롤

- 단계 2 부분 자동화: 운전자 부분 통제 하에 주행, 감속 제어 기능 제공, 스마트 크루즈 컨트롤
- 단계 3 조건부 자동화: 운전자 통제 우선권에 하에 조건 충족 시 자율 주행 전개, 도로 상황 파악 및 분석 기능, 현 기술실현 단계
- 단계 4 고도 자동화: 차량 통제 우선권이 운전자로부터 차량 자율주행 제어 장치로 이관, 위기 상황에서 운전자 개입 가능
- 단계 5 완전 자동화: 운전자 개입 가능성을 배제하고 차량 통제 우선권을 차량 자율주행 제어 장치로 완전 이관, 최종 자율주행 단계 자율주행 발전단계의 단계 3에서의 안전성 강화뿐만 아니라 단계 4/5로 도약 발전하기 위한 핵심 기술로서 교통 정보의 효과적 교환 및 공유와 이를 수집, 관리, 통제하는 C-ITS 구축이 필수적으로 요구된다.

- C-ITS 정보 교환 주체: 차량, 도로 ITS 장비 (Road Side Unit), 보행자
- 교통 정보센터를 통한 차량, 교통, 도로 정보의 종합적 수집, 관리, 통제

C-ITS의 종래 주요 서비스는 도로·교통안전과 자율주행 지원을 목적으로 구성되었으나, 최근 5G의 적용을 통한 정밀 맵, 차량 인포테인먼트 등을 지원하는 진보된 서비스들이 제시되고 있다.

국내 국토교통부 추진 C-ITS 사업은 C-ITS 기반 교통안전·지능화 서비스에 대한 국가 추진 계획이 수립되어 진행 중이며, 5G 적용에 따른 진보된 신규 서비스들의 편입이 필요하다.

C-ITS의 핵심적 중추 기능인 차량, 도로 장비,



보행자, 교통 정보 센터 간 정보 교환 및 공유를 효과적으로 지원하는 무선 통신 기술을 V2X(Vehicle-to-Everything)이라 하며 이에 대한 글로벌 무선 통신 규격 표준화가 진행되고 있다.

- IEEE802.11p 무선통신 기술 기반: WAVE (IEEE), ITS-G5 (ETSI)
- 3GPP 셀룰러 무선통신 기술 기반: C-V2X

3. 기술 동향

기존 기술인 WAVE와 C-V2X의 소개와 C-V2X의 PC5를 중심으로 WAVE와의 비교를 진행한 후 현재 표준화가 완료된 LTE-V2X와 LTE-eV2X, NR-V2X로의 진화에 대해 살펴본다.

WAVE(Wireless Access Vehicle Environment)는 2016년에 개정된 IEEE 기술 표준으로 물리계층과 MAC계층 프로토콜은 IEEE802.11p를 차용하고 네트워크 계층과 상위응용계층 프로토콜과 보안 규격을 IEEE1609.1~4 표준으로 구성하고 있다.

C-V2X는 3GPP에서 제정된 자율주행 차량용 무선 전송 기술 표준으로 이동통신 기지국과 단말 간 종래의 상향/하향링크 (Uu 인터페이스)와 더불어 차량 단말 간 직접 통신 링크 (PC5 인터페이스; Sidelink(SL))를 지원하고 있다.

- PC5 인터페이스 상의 전송 기법으로 전송자원 결정을 기지국이 수행하는 Tx mode 3와 단말이 직접 수행하는 Tx mode 4로 구분

WAVE와 C-V2X는 그림 1의 ETSI ITS 프로토

콜 구조 기준으로 네트워크 및 전송 계층 이상의 상위 프로토콜은 공유하도록 설계할 수 있으며, 결국 Radio Access 계층 (물리계층 및 MAC계층) 기술 간 차이로써 시스템 기술 비교가 가능하다.

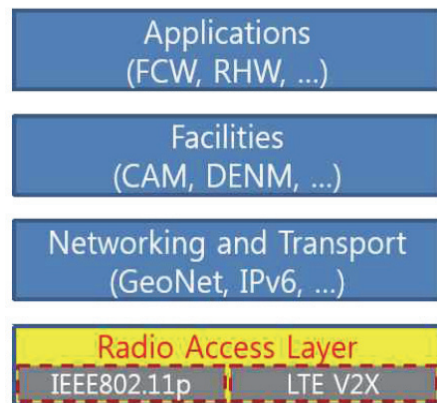


그림 1 ETSI ITS프로토콜 구조 기반 Radio access 계층 기술 정합 관계

- WAVE Radio Access 계층 기술: IEEE802.11p
- C-V2X Radio Access 계층 기술: 3GPP LTE PC5 mode 4

상기 두 Radio Access 기술은 5.9 GHz(ITS 주파수 대역)에서의 전송 전력과 발사 전력 등의 기술 기준에 대응할 수 있으며 기지국 및 이동통신 네트워크 없이 무선 통신이 가능하다는 점이 공통점이나, 다음과 같은 기술 차이점을 가지고 있다.

- 차이점 #1: 복수 단말에 대한 전송 자원 할당 기법

802.11p는 비동기 기반의 시간 분할 형태의 단말 전송자원 할당을 수행하며 단말 수가 많은 상황에서 개별 단말이 확보하는 전송 시간이 줄어들게 되어 전송에 사용되는 에너지가 같이 감소한다. 반

면 LTE PC5 mode 4는 시간 분할과 동시에 주파수 분할 형태의 단말 전송자원 할당을 수행하며 단말 수가 많은 상황에서 802.11p 대비 상대적으로 효율적인 전송자원 할당이 가능한 관계로 전송 사용 에너지 확보가 용이하다.

- 차이점 #2: 무선 신호 파형 상의 평균 대비 전력 변화율 (PAPR: Peak-to-Average Power Ratio)

시간 축에서 신호 파형 상의 PAPR이 큰 경우, 송신기 신호 증폭기 (파워 앰프) 상의 실제 전송 전력을 최대 출력에 근접하게 높일 때 순시적 신호 전력이 최대 출력 기준을 초과하여 출력 증폭 신호의 왜곡이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 그림 2와 같이 전송 신호의 평균 전송 전력을 상대

적으로 낮게 운용하면 전송 커버리지가 줄어들어 RSU 구축 비용을 증가시킨다.

802.11p는 높은 PAPR이 발생하는 다중 캐리어 OFDM 기반 신호 파형을 사용하는데 반해 LTE PC5 mode 4는 상대적으로 PAPR이 낮은 단일 캐리어 FDMA를 사용하여 송신기 신호 증폭기가 제공하는 최대 전력에 근접한 실제 전송 전력 사용이 가능하다.

- 차이점 #3: 물리계층 규격 적용 기술 및 성능 규격 지원

상기 외 다중 안테나 지원, 채널 코딩, 단말 성능 규격 지원 등의 측면에서 802.11p와 LTE PC5 mode 4 간 차이를 표 1로 정리한다.

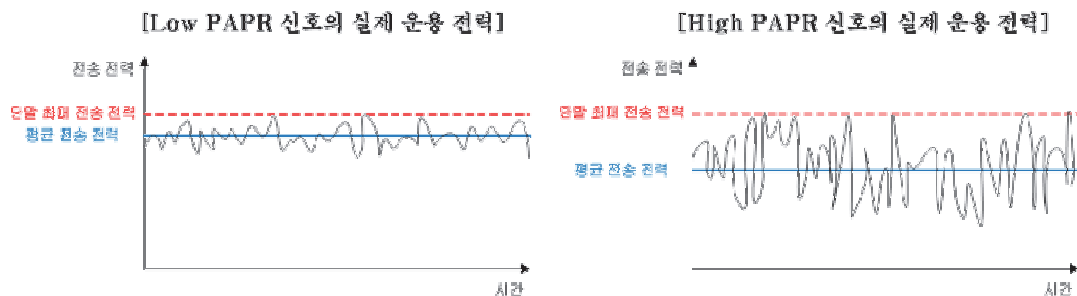


그림 2 PAPR에 따른 실제(평균) 전송 전력 운용 한계

표 1 802.11P와 LTE PC5 mode 4 간 물리계층 기술 규격 차이

차이점	802.11p	LTE PC5 mode 4
다중 안테나 적용	관련 기술 규격 없음	2개의 수신 안테나 의무화
채널 부호화 방식	Convolutional coding	Turbo coding
단말 성능 규격 지원	독자 성능 규격 부재로 인해 상위 표준/규제를 통한 정지 상태의 수신 성능 기준 마련 고려 중	다양한 이동환경에서의 단말 수신 성능 요구사항을 규격화 함



• 차이점 #4: 복수 차량 이동 환경에서의 유효 커버리지 성능

3GPP와 5GAA를 중심으로 고속도로와 혼잡 도심 도로 교통 상황을 반영한 복수 차량 이동 환경을 모델링하여 4G와 5G 표준화 기술 설계에 적용한 시뮬레이션을 수행한 결과, 정상 데이터 패킷 수신율 90% 기준 유효 전송 커버리지를 802.11p 대비 LTE PC5 mode 4가 최소 40% 이상 확보함을 확인하였다. 이러한 성능 편차는 상기 기술 간

차이점 #1~3으로 인한 수신 신호 품질 및 에너지 확보의 차이가 주요 요인으로 분석되고 있다. 반면 802.11p 적용 WAVE의 하드웨어 실증 테스트가 현재 진행되고 있으나, 대부분 단일 차량 내지 소수 차량 기준으로 실행되고 있어 실제 혼잡 상황의 상용 환경에서의 성능과는 괴리가 클 것으로 예상된다. 상기 기술 비교 내용을 요약하면 표 2와 같다.

표 2 802.11p와 LTE PC5 mode 4 기술 비교 요약

비교점	802.11p	LTE PC5 mode 4	분석 결과
자원 할당 방식	시간 분할	시간-주파수 분할	〈: 자원 분할 자유도로 수신 에너지 확보 용이
신호 파형	OFDM(high PAPR)	SC-FDMA(low PAPR)	〈: 높은 전송 전력 확보
다중 안테나 송수신	기술 규격 미지원	2 Rx. 안테나 의무	〈: 수신 품질 강화 가능
채널 부호화	Convolutional Coding	Turbo Coding	〈: 수신 성능 개선
단말 성능 규격	독자 규격 부재	이동 환경 성능 규격	〈: 개발 요구 기준 확보
유효 전송 커버리지	- 다중 차량 환경 시뮬레이션을 통해 데이터 패킷 수신율 90% 기준으로 LTE PC5 mode 4가 최소 40% 이상의 커버리지 이득 확보 검증 - 최근 WAVE HW 실증 테스트는 상용 차량 혼잡 상황을 반영하지 못함.		

표 3 WAVE, C-V2X 성능 비교

항목	WAVE(IEEE 802.11p)	LTE-V2X	5G-V2X(LTE-eV2X, NR-V2X)
Data Rate	최대 27Mbps	최대 100Mbps	최대 20Gbps (eMBB)
Reliability	95~99%	95~99%	99.9~99.999% (URLLC)
Latency	< 100ms	< 100ms	< 10ms (URLLC)
Density	가능	가능	적합(제공 km당 10^6대:mMTC)
Mobility	가능(최대 200km/h)	가능(160km/h)	가능(최대 500km/h)
Positioning	부적합(< 50m)	부적합(< 50m)	가능(< 0.1m)
Coverage	가능(평균 250~300m)	적합(대략 수 킬로미터)	적합(대략 수 킬로미터)
V2I & V2N	가능	적합	적합

3GPP에서는 LTE V2X 서비스와 5G 적용을 전제한 5G V2X 서비스를 각각 LTE-V2X 기술과 LTE-eV2X 및 NR-V2X 기술 규격화를 통해 지원하도록 표준화를 진행하고 있으며 그림 3의 일정으로 진행되고 있다. 그림 상의 각 표준화 단계 별

LTE-V2X, LTE-eV2X, NR-V2X 기술들에 대한 주요 차이점들을 표 4로 정리한다.

3GPP C-V2X 기술 표준과 지원 가능한 자율주행 자동차 발전 단계와의 관계를 그림 4에 도식화한다.

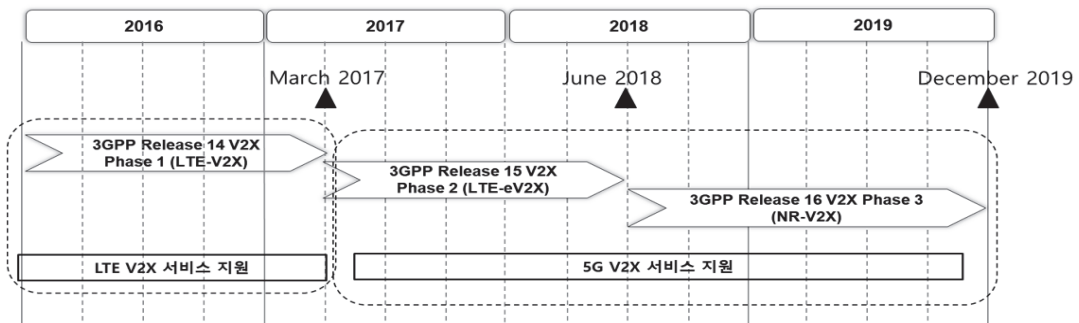


그림 3 3GPP V2X 기술 표준화 일정

표 4 3GPP V2X 표준화 기술 별 주요 차이점

LTE-V2X	LTE-eV2X	NR-V2X
LTE V2X 서비스 지원	5G V2X 서비스 지원 (LTE-V2X 서비스 지원 포함)	
3GPP Release 14 (2017년 3월 완료)	3GPP Release 15 (2018년 6월 완료)	3GPP Release 16 (2019년 12월 완료 목표)
전송 자원 선정: 기지국 스케줄링 (mode 3) 또는 단말 스스로 선택 (mode 4)	전송 자원 선정 방법은 LTE-V2X와 동일	2018년 8월부터 기술 논의 시작 NR-V2X 기술은 LTE-eV2X 보다 강화된 서비스 성능 요구사항을 지원할 수 있어야 함
지연시간 (latency)에 따라 서비스 차별화	지연시간 및 Reliability에 따라 서비스 차별화	
단일 Carrier	Carrier Aggregation 지원 (최대 8개 carrier)	
20 msec 지연 시간 (Over-the-Air 무선 지연)	10 msec 지연 시간 (Over-the-Air 무선 지연)	
	LTE-V2X 보다 높은 데이터 전송을 지원 (단말의 carrier aggregation 능력에 따라 다름)	
	LTE-V2X와 공존	LTE-V2X 및 LTE-eV2X와 공존

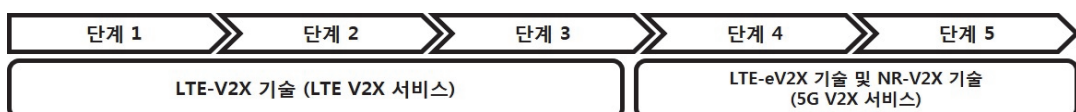


그림 4 3GPP C-V2X 기술, 서비스와 자율주행 발전 단계 간 지원 관계



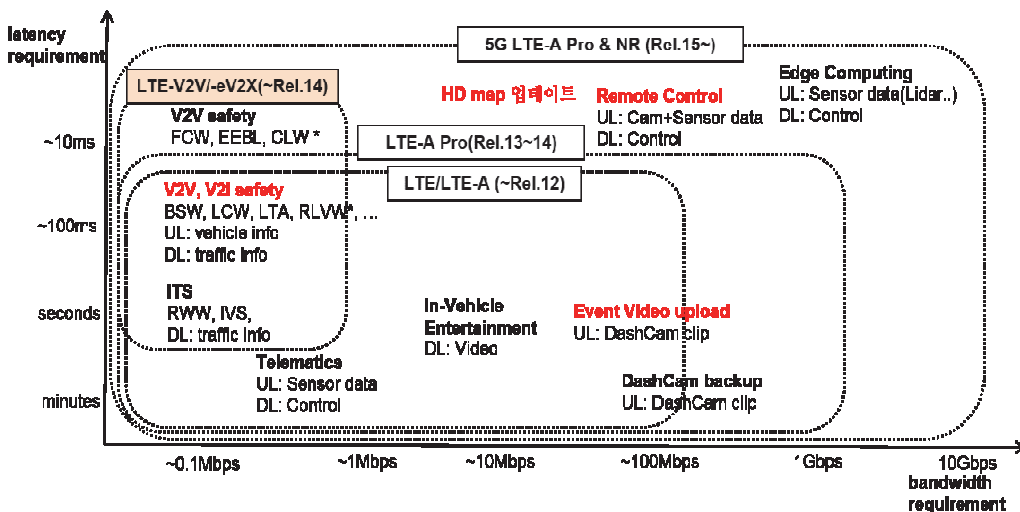
3GPP에서 정의한 C-V2X 기술 표준화 대상 서비스 별 성능 요구사항들을 표 5와 같이 정의한다. 성능 요구 사항 중 지연 및 전송 대역의 요구조건 기준으로 현재까지 3GPP에서 표준화 완료된

LTE-V2X/eV2X를 비롯한 LTE, LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro, NR의 지원 가능한 서비스들을 그림 5에 도식한다.

표 5 3GPP C-V2X 기술 별 서비스 성능 요구사항

요구사항	LTE-V2X	5G-V2X(LTE-eV2X & NR-V2X)
최대 지연 시간	100 msec 20 msec (특정 이벤트) 1000 msec (3GPP망 경유시)	3~100 msec
Reliability+	80~95%	90~99.999%
메시지 크기	50~300 Bytes (주기성) 1200 Bytes (이벤트성)	300~12000 Bytes
최대 차량 속도	250 Km/h (절대 속도) 500 Km/h (상대 속도)	250 Km/h (절대 속도) 500 Km/h (상대 속도)
최소 유효 서비스 범위++	20~320 미터	50~1000 미터

+ Reliability는 정해진 시간 (= 최대지연시간)에 유효 서비스 범위에서 X bytes 크기의 메시지 데이터 패킷이 성공적으로 수신될 확률
++ 최소 유효 서비스 범위는 차량 속도와 반응 시간 및 차량 수 밀도에 비례하여 결정됨.



[인체 지연 인식 시간 (참조)]
100m 달리기 선수 통상 250ms
청각인지 80ms - 제어 20ms = 100ms 이하면 실격
일반인의 시각 인지+마우스조작 200~250ms
펜싱선수 청각 311ms, 시각 404ms
선수평균 청각 250ms, 시각 300ms, at best 100ms

* FCW: Forward Collision Warning
EEBL: Emergency Electric Brake Light
BSW: Blind Spot Warning
CLW: Control Loss Warning
LCW: Lane Change Warning
LTA: Left Turn Assistant
RLVA: Red Light Violation Warning
RWW: Road Work Warning
IVS: In-Vehicle Signage
VTL: Virtual Traffic Light

그림 5 지연 및 전송 대역 요구조건 기준 3GPP 표준화 기술/서비스

4. V2X 주파수 및 정책 동향

대부분의 국가에서 5.9 GHz 대역이 ITS 용도로 지정되었다. 우리나라를 비롯하여 미국/유럽은 5.9 GHz ITS 대역을 특정 무선통신 기술에 제한하지 않는 방향으로 주파수 할당을 추진하고 있는 반면, 중국은 C-V2X 단일 기술 적용으로 추진 중이다. 추가적으로 5.9 GHz 대역에 인접한 6 GHz 대역 중 500MHz 대역을 ITS 용도 허용하는 방안

과 63 GHz mmWave 대역에서 1GHz 대역을 할당하는 방안이 일부 지역(유럽)과 표준화 단체를 통해 고려되고 있다.

- 5G V2X 서비스 (자율 주행, Extended Sensors 등)에서 요구되는 고속 데이터 전송을 지원하기 위해 추가적인 ITS 주파수 할당이 요구된다.

주요 국가들의 ITS 주파수 할당 현황은 표 6에 요약한다.

United States	Europe	China
- 5.9 GHz band in 1999 - IEEE 802.11p based system - Ann Arbor Safety Pilot(2012-2013) 3,000 DSRC OBU's - US DOT: mandating V2V in new vehicle model as early as 2020 - NHTSA notice of proposed rulemaking (NPRM) 13th Dec. 2016 but no F/up actions	- 5.9 GHz band in 2008 - Technology neutral - ETSI CCN ITS standardization ready for initial deployment (M/453) (2013) - C-ITS deployment in 2019 (EC) - Hybrid communication solution - Evolve to 5G in the future	- 5.9 GHz band under study (2017) - (In favor of LTE based technology) - Government driven - Major driving force for 3GPP V2X - Large field trials planned in 2017

그림 6 C-ITS정책 동향 요약 (미국/유럽/중국)

표 6 각국 ITS 주파수 할당 현황

	주파수 대역	출력 Power	비고
한국	5.855~5.925 GHz (70MHz)	Max. Power = 20 dBm (100mW) Max. EIRP = 33 dBm (2W)	- 10MHz Channelization - 국립전파연구원 고시 제 2016-21호 및 대한민국 주파수 분배표 (2017년) 참조 - 기술 중립 (2017년 주파수 분배표에서 DSRC 명시 삭제되고 현재 ITS 용도 주파수로 명시됨)
미국	5.850~5.925 GHz (75MHz) [5.850~5.855 GHz (5MHz) 예비]	RSU Max. Power = 28.8 dBm (750mW) Max. EIRP = 23/33/40/44.8 dBm (10MHz 채널별 구분됨)	- 10MHz Channelization - 현 FCC Title 47 §90.375~377에 DSRC 사용 명시 - FCC는 5.9 GHz 밴드를 Wi-Fi와 공유할 수 있도록 재분배를 고려 중 - "V2V 차량의 무탑재" 관련 NPRM은 미결정 상태이며 장기 미결의제로 분류될 가능성이 높고 향후 언제 결정될지는 미정
유럽	5.855~5.925 GHz (70MHz) [5.855~5.875 GHz (20MHz): ISM 기기와 공유]	Max. EIRP = 33 dBm	- ETSI 24 EN 302 571 V2.1.1에 ITS-G5 (802.11p 기반 유럽 프로토콜) 사용 명시 - 5.905~5.925 GHz에서 CBTC (urban rail), ITS-G5, LTE-V2X 공존 연구 진행 중
일본	755.5~764.5 MHz (ITS Connect) 5.770~5.850 GHz (ETC/ETC2.0)	-	- ETC2.0: 5.8 GHz대역에서 통행료 징수(Toll) 용도 일부 대역 제외한 나머지 대역을 Advanced ITS 용도로 검토 중
중국	5.905~5.925 GHz	-	- 공산부는 2018년 10월에 5.9GHz 대역 20MHz(5.905~5.925)를 LTE-V2X 직접통신링크 기반의 IOV(Internet of Vehicle) 용도로 공시



주파수대역 별 용도를 살펴보면 ITS 용도 지정 대역 (예, 5.9 GHz)은 공공 안전 서비스에 사용하고, 상용 셀룰러 대역은 통신 사업자가 제공하는 서비스에 활용하고 있다.

- 교통 정보 제공, 소프트웨어 및 펌웨어 업데이트, 인포테인먼트 서비스 등 mmWave 대역 (ITS 용도 지정 또는 상용 셀룰러)을 제한된 이동성 지원 환경에서 활용 가능하다.
- 차량 정차 시 사용 가능한 고속 데이터 서비스 (소프트웨어 및 펌웨어 업데이트, 지도 업데이트)

각국의 C-ITS 정책 동향을 살펴보면 2008년 8월 EC는 Decision 2008/671/EC를 통해 5,875 - 5,905 MHz를 ITS 안전 용도로 지정하고 ITS 보급 확대를 위한 ITS Action Plan (COM (2008) 886)을 채택하였다. 2010년 7월 유럽 전역의 ITS 확대를 위한 법률 체계로서 Directive 2010/40/EC를 채택하였다. 2014년 11월 각국 담당 부서 간 협력을 위한 C-ITS Deployment Platform을 출범하여 2014년부터 2016년까지 Phase 1 기간 동안 공통 비전을 개발하고 기술, 법률, 상용화 이슈와 관련된 정책 권고를 개발하였으며 2016년 1월 expert report를 발간하였다. Phase 1의 결과물을 발전시킨 Phase 2는 2017년 9월 완료되었다. 유럽 내 5G 개발과 상용화 및 산업 적용을 촉진하기 위해 2016년 “5G for Europe: An Action Plan”을 채택하였다. Radio Spectrum Committee는 2017년 10월 CEPT에 5.9 GHz 대역에서의 ITS 확대를 위한 연구를 요청하였다. 여기에는 5,905 - 5,925 MHz를 활용한 CBTC (Communication-Based Train Control, urban rail에 해당)과 ITS-G5, LTE-V2X의 공존에 대한 내용을 포함한다. CEPT

는 2019년 3월까지 본 연구를 완료할 예정이다.

미국은 최초로 5.9 GHz 대역을 DSRC 기술 기반의 ITS 서비스 용도로 할당하였다. 2017년 1월 US DOT (US Department Of Transportation)은 모든 신규 생산된 light vehicle은 V2V 통신을 갖추어야 한다는 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)을 발간하였다. 이 NPRM은 IEEE 802.11p 기술을 강제할 것을 제안하였으며 최종 rule이 채택되고 2년 이후부터 적용하는 내용을 담고 있다. 하지만 US DOT는 언제 최종 rule이 실행될지에 대해 명시하지 않고 있으며, 이 NPRM은 당분간 진행되지 않을 것으로 간주되고 있다. 이와 별개로 US DOT에서는 신호등 등 도로 시설물과 차량 간 통신을 지원하기 위한 기술을 교통 설계자들이 채용할 수 있는 지침(가이드라인) 마련을 위해 Federal Highway Administration Infrastructure Deployment Guidelines를 발간했다가 취소하는 등의 정책적인 혼란을 보이고 있다.

중국에서는 MIIT(Ministry of Industry and Information Technology)를 중심으로 5.9 GHz 대역에서 70 MHz 주파수를 ITS 서비스 용도로 할당하기 위한 작업을 진행 중이다. 2016년 11월에는 5,905 - 5,925 MHz의 20MHz를 6개 도시 지역에서의 C-V2X trial 용도로 허용한 바 있다. 2018년 6월-7월까지 5,905 - 5,925 MHz의 C-V2X 용도 의견수렴을 진행하였다. 또한, 대규모 실증 사업을 바탕으로 2020년 상반기 경에는 세계 최초의 C-V2X 기반 C-ITS 서비스의 상용화가 진행될 수 있을 것으로 예측되고 있다. 공신부는 2018년 10월에 5.9GHz 대역 20MHz (5,905~5,929MHz)를 LTE-V2X 직접통신링크 기반의 IOV(Internet of Vehicle)용도로 공시하

였고 이 규제는 2018년 12월 1일부터 적용될 예정이다.

일본은 5.8 GHz 대역을 ETC(Electronic Tolling Collection)이라는 고유 기술에 사용하고 있다. Toyota는 12개시에 “ITS Connect”라는 고유 기술을 적용하였으며, 760 MHz 대역에서 9 MHz를 사용하여 V2V와 V2I 서비스를 제공하고 있다. 하지만 V2I 기반 “ITS Connect”서비스를 제공하기 위한 RSU의 보급은 소수에 불과한 실정이다. 일본 총무성은 C-V2X 기술 기반의 ITS 서비스를 위한 5.9GHz 대역의 추가 ITS 지정 작업을 추진중이며, 2018년 3월부터 2020년 3월까지 5.9GHz 대역에서 다른 통신기술과의 공존 및 간섭연구도 진행하고 있다.

세계적으로 진행되고 있는 C-ITS 실증 사업 현황은 다음과 같다.

Audi, Vodafone, Huawei: MWC2017 (2017년 2월, 바르셀로나)에서 세 회사는 4G 기반의 V2V, V2I 서비스를 선보였으며, “see through”, 신호 등 경고, 보행자 경고, 비상 브레이크 경고 등의 서비스 데모를 진행하였다.

Audi, Ericsson, Qualcomm, Swarco, Kaiserslautern Univ.: ConVeX (A9) (2017년 1월, 독일) A9 고속도로에서 진행된 trial에서 3GPP Rel. 14 기반 C-V2X 기술의 성능 (신호 도달 범위, 신뢰성, 지연시간 등)을 시험하고 있다. 이를 통해 안전도 향상과 교통 흐름의 최적화, 승객에 대한 서비스 향상 등의 성능을 확인하고 있으며, 그 결과는 정책 수립과 표준 제정에 반영할 예정이다.

Ericsson, Orange, Qualcomm, PSA Group: Towards 5G (2017년 2월, 프랑스) 초기 단계 시험에서 5G로의 진화를 염두에 둔 C-V2X 기술의

적용 가능성을 실제 도로 환경에서 확인하고 있다. Use case는 “see through”와 비상차량 접근 경고에 집중하고 있으며, 이 두 서비스에 대해 지연 시간, 고해상도 비디오 전송에서의 네트워크 기반 C-V2X 서비스의 실시간 적용 가능성을 확인하고 있다.

Vodafone, Bosch, Huawei: Mobilifunk (A9) (2017년 2월, 독일) 본 실험에서 V2V 직접 통신 성능과 저지연 특성을 확인하고 있으며, 추가적으로 IEEE 802.11p 기반의 기술과 C-V2X 기술의 비교를 진행하고 있다.

Jaguar Land Rover, Vodafone 외: UK CITE (2016년 6월, 영국) UK CITE의 목적은 connected and autonomous vehicle의 테스트를 위한 진보된 환경을 구축하는 것이다.

Audi, Deutsche Telekom, Huawei, Toyota: DT (A9) (2016년 7월, 독일) A9 고속도로에서의 실험을 통해 V2V 기능을 장착한 차량에서의 trial 시나리오들을 시험하고 있다.

Continental, Deutsche Telekom/T-Systems, Nokia, Fraunhofer: Car2X (A9) (2015년 11월, 독일) 본 trial에서는 고속도로에서의 차량이 위험 정보를 LTE 망을 이용하여 전송하는 시나리오를 보여주고 있으며, 이 시나리오는 초저지연 특성이 필수이며 이를 지원하기 위해 Deutsche Telekom의 망은 Mobile Edge Computing 기술을 장착하였고 향상된 position-locating 기술을 적용하여 20 ms 이내의 전송을 달성하였다.

CMCC, Continental, Nokia, Fraunhofer: Car2X (2016년 11월, 중국 Wuzhen) 2016 World Internet Conference에서 C-V2X 기술을 적용하여 비상 브레이크 경고, Cooperative



Passing Assistant 등의 서비스를 시연하였다.

Ericsson, BMW, Deutsche Bahn, Deutsche Telekom, Telefonica, TU Dresden 와: 5G-Connected Mobility (2016년 11월, 독일) A9 고속도로에서 700 MHz 대역을 사용하여 5G를 활용한 다양한 C-V2X 서비스를 실제 환경에서 테스트하고 있다. 여기에는 실시간 서비스, 동영상 기반의 대용량 서비스, 안전 서비스 등이 포함되며, 각 서비스들은 network slice 기술을 통해 그 특성을 유지할 수 있도록 지원되고 있다. 이 테스트는 A9 고속도로의 차량 뿐 아니라, A9과 병행하는 철도에서도 테스트 되고 있다.

China Mobile, SAIC Motors, Huawei: National Intelligent Connected Vehicle Testing Demonstration Base (2016년, 중국) Connected vehicle, autonomous vehicle에 대한 테스트와 연구 개발, 인증을 수행하기 위해 상해에 구축된 테스트 베드로서 전체 면적은 100Km2에 이를 계획이다.

Qualcomm, Ford, AT&T, Panasonic, Nokia, Ericsson 외 (2018년, 미국) 미국에서는 Qualcomm과 Ford를 중심으로 C-V2X에 대한 다양한 데모가 수행되었으며, 많은 지역에서 trial에 대한 계획이 발표되었다. 여기에는 Panasonic이 참여하는

V2V에 대한 적용과 Nokia가 참여하는 San Diego에서의 trial 계획 등이 있으며 Ericsson은 5G 기술의 적용 가능성을 보인 바 있다.

SAIC Motor, China Mobile, China Unicom, ZTE, Ford, Huawei (2017년, 중국) 중국에서는 C-V2X의 서비스와 기술에 대한 다양한 데모와 trial이 진행 중이다. China Mobile은 SAIC Motor와 함께 상해에서 LTE-V2X에 대한 데모를 진행했으며, China Unicom, ZTE 등은 Ford와 함께 V2P 서비스를 통해 충돌 방지 데모를 보였다. 정부와 FAW는 Wuxi에서 LTE-V2X의 데모를 진행했으며, Beijing Nebula Link는 도시 지역 데모 환경에서 V2X 적용을 실험하였다. Huawei와 RIOH는 북경에서 LTE-V2X에 대한 데모를 진행하였다. China Mobile은 2018년 TongZhou(5개 지역, 5Km), YiZhuang(25Km2), ChongQing(20-30 intersections), ShangHai(13-30 sites, 5Km2), WuXi(200 open intersections) 등에서 다양한 C-V2X 적용을 시험할 예정이며, 2020년까지 10000대 규모의 차량을 100Km2 이상의 지역에서 테스트할 예정이다.

전 세계적으로 진행 중인 C-V2X Trial의 특징을 표 7에 정리한다.

표 7 글로벌 C-V2X trial 현황 요약

참여자	데모 시나리오	비고
Deutsche Telekom (DT), Continental, Fraunhofer, Nokia Networks	Real-time V2N2V (<20ms latency)	DT의 LTE 망에서 edge computing 적용
Audi, DT, Huawei, Toyota, other automotive OEMs	C-V2X	LTE 기술 기반 필드 테스트
Audi, Ericsson, Qualcomm, SWARCO Traffic Systems, University of Kaiserslautern	C-V2X	Connected vehicle to everything of Tomorrow (ConVeX) 컨소시엄을 결성하여 C-V2X 데모 진행

참여자	데모 시나리오	비고
Ericsson, BMW Group, Deutsche Bahn, DT, Telefonica Deutschland, Vodafone, TU Dresden 5G Lab Germany, Federal Highway Research Institute (BAST), Federal Regulatory Agency (BNetzA)	C-V2X	5G-connected mobility 컨소시엄을 구성하여 5G 기반 실 환경에서의 C-V2X use case 시험. 700MHz 대역 사용
Vodafone, Bosch, Huawei	C-V2X (direct V2V)	특히 IEEE 802.11p와 비교하여 매우 낮은 지연 시간을 가지는 서비스에 대한 LTE trial을 진행
'Towards 5G' partnership (Ericsson, Orange, PSA Group, Qualcomm)	C-V2X	LTE와 5G 기반의 C-V2X 기술 테스트를 진행하고 있으며, 특히 MBB (mobile broadband) 트래픽에 network slice, LTE-V2X 적용을 통한 교통 트래픽 효율성 향상 등 다양한 use case 발굴을 진행 중
UK Connected Intelligent Transport Environment (UK CITE) (Vodafone, Jaguar Land Rover)	C-V2X, IEEE 802.11p	실제 환경의 테스트 환경을 구축
National Intelligent Connected Vehicle Testing Demonstration Base, Shanghai (China Mobile Communications Corporation, SAIC Motor, Huawei)	C-V2X	Connected car에 대한 R&D, 테스트, 시험, 인증 환경 구축을 진행 중. 100Km2에 달하는 환경을 구축할 계획임
Michigan, USA (Ford Motor Company, Qualcomm)	C-V2X	Connected Vehicle Safety Pilot 의 일환으로 LTE 기반 direct mode 통신을 활용한 automated vehicle 테스트를 진행함
San Diego, Regional Proving Ground (AT&T, Ford, Nokia, Qualcomm, supported by the San Diego Association of Governments)	C-V2X	자동차에 장착된 장비와 이동통신 기지국, RSU의 통신에 의한 C-V2X의 비용 효율성에 대한 검증 진행

5. V2X Use Case

C-V2X 기술을 사용한 use case에 대해 3GPP에서는 LTE-V2X 기반의 use case와 5G NR기반의 use case로 나누어 정의하고 있다.

3GPP Rel.14 TR 22.885는 V2V, V2I, V2P, V2N 등 27가지 use case를 정의한다. V2V, V2I, V2P, V2N에 대한 3GPP의 정의는 TS22.185에서 찾을 수 있다.

V2V application은 서로 인접한 단말이 서로 V2V application 정보를 교환하는 경우이다. 3GPP에서 V2V application 정보를 포함하는 메시지의 전송은 네트워크 사업자에 대한 가입과 인증을 필요로 한다. 이런 가입자의 단말은 통신 라

디오 네트워크 (E-UTRAN, NR-RAN) 의 서비스 영역 내에 존재하는지 여부와 상관없이 전송이 허용된다.

V2I application을 지원하는 단말은 V2I application 정보를 포함하는 메시지를 RSU나 지역에 위치한 application 서버에 전송한다. RSU나 지역에 위치한 application 서버는 하나 이상의 V2I application을 지원하는 단말에 V2I application 정보를 포함하는 메시지를 전송한다. V2P application은 서로 인접한 단말이 서로 V2P application 정보를 교환하는 경우이다. 3GPP에서 V2P application 정보를 포함하는 메시지의 전송은 네트워크 사업자에 대한 가입과 인증을 필요로 한다. 이런 가입자의 단말은 통신 네트워크 (E-UTRAN, NR-RAN) 의 서비스

영역 내에 존재하는지 여부와 상관없이 전송이 허용된다. V2P application 정보는 차량 내의 V2X application을 지원하는 단말에 의해 전송되거나 취약 도로 사용자 (VRU: Vulnerable Road User)가 지참하고 있는 V2X application을 지원하는 단말에 의해 전송된다.

V2N application을 지원하는 단말은 V2N application을 지원하는 application 서버와 통신을 수행한다. 이 경우 단말과 서버는 통신 네트워크 시스템 (EPS, 5GS) 를 통해 통신한다.

V2V, V2I, V2P, V2N의 use case를 표 8부터 11까지 정리한다.

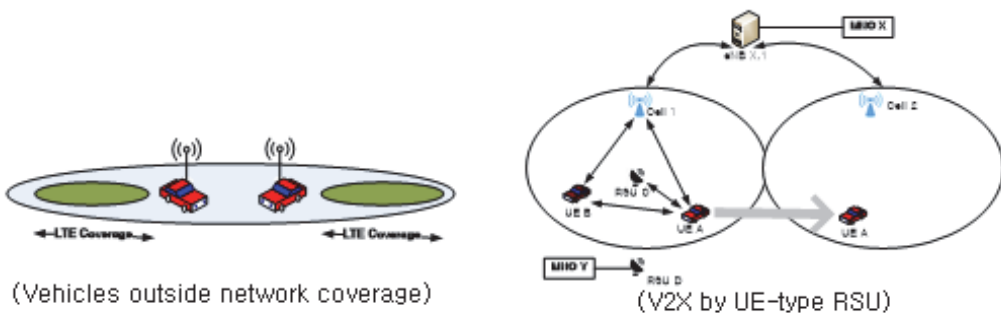


그림 7 대표적인 V2V use case

표 8 V2V use case 설명

Use Case	설명
Forward collision warning	전방 충돌 경고: 동일한 차선 및 주행 방향에 있는 차량과의 후미 충돌을 운전자에게 경고하여 충돌을 피하거나 완화하는데 도움
Control loss warning	제어 손실 경고: 대상차량의 제어 손실 이벤트를 주변 차량들에게 브로드 캐스트, 이벤트 수신시 적절히 운전자에게 경고
Emergency vehicle warning	긴급 차량 경고: 주변 긴급차량의 안전 운행을 돕기 위해, 긴급차량의 위치, 속도, 방향 정보를 획득
Emergency stop	긴급 제동: 비상 정지한 차량에 접근하는 주변차량에게 보다 안전한 동작 경고
Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)	협력 크루즈 컨트롤: CACC 차량 그룹에 합류하고 그룹 탈퇴하는 시나리오를 제공. 참여차량에 편의 및 안전 혜택 제공, 도로 혼잡 및 연료 효율성 개선
Wrong way driving warning	잘못된 방향으로 진행 중인 차량을 경고하여 주변 차량에게 안전한 동작 경고 제공
V2X message transfer under MNO control	이동통신망 커버리지 내에서 V2V서비스를 지원하는 차량이 V2X메시지를 다른 주변 차량들로 전송
Pre-crash sensing warning	사전 충돌 감지 경고: 피할 수 없는 충돌이 감지된 후 차량 속성을 교환하여 절박하고 피할 수 없는 충돌 가능성을 경고
V2X areas outside network coverage	하나 이상의 차량이 이동통신망 커버리지 밖에 있을 때 V2X 메시지를 다른 주변 차량들로 전송
V2X by UE-type RSU	V2X를 지원하는 차량이 UE-type RSU를 발견하고 통신하는 시나리오
Privacy in the V2V communication environment	V2V 통신 환경의 개인 정보 보호 및 익명성은 사용자가 V2V 시스템을 채택하는데 매우 중요한 요구사항. 메시지 자체의 보안조치가 필요

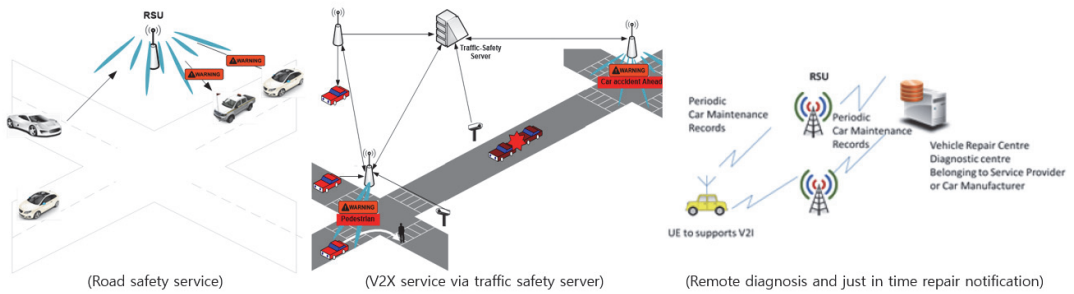


그림 8 대표적인 V2I use case

표 9 V2I use case 설명

Use Case	설명
Emergency stop	긴급 제동: 긴급 상황 발생시 RSU에서 긴급 제동 정보 제공함으로써 보다 안전한 동작 경고
Queue warning	대기열 경고: 도로상의 차량 대기열로 잠재적 위험 야기 및 트래픽 지연 가능성 경고. 다른 차선의 정보까지 제공함으로써 충돌의 가능성 최소화 및 완화
Road safety services	도로 안전 서비스: 도로변에 설치된 RSU를 통해 V2I서비스를 지원함으로써 도로 안전 상황 경고
Automated parking system	자동 주차 시스템: 대도시 지역의 차량에게 주차 장소가 있는지 여부, 거리 또는 공공주차장의 실시간 정보 제공
V2X Road safety service via infrastructure	RSU 및 교통 안전 서버와 같은 인프라 장치가 도로 안전을 위해 교통 안전 관련 메시지를 생성 및 배포
Curve speed warning	커브길 속도 경고: 운전자에게 적절한 속도로 커브길 운행하도록 경고
Remote diagnosis and just in time repair notification	RSU가 인터넷에 접속할 수 있는 경우에 차량의 현재 상태를 로컬 또는 원격 진단 센터에 보고할 수 있도록 함

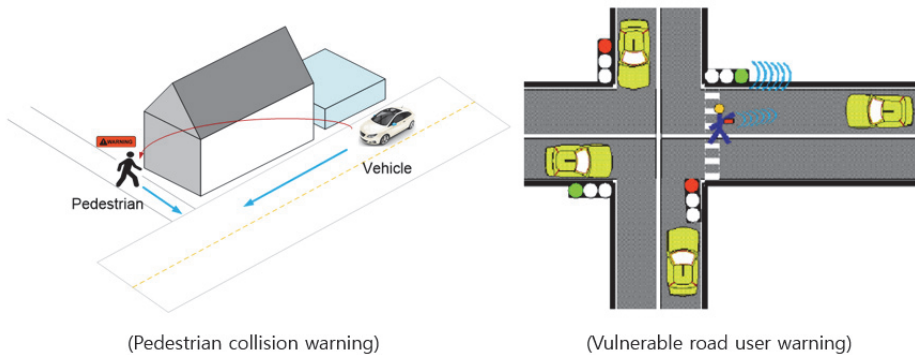


그림 9 대표적인 V2P use case

표 10 V2P use case 설명

Use Case	설명
Pedestrian collision warning	보행자 충돌 경고: 취약한 도로 보행자에게 정보 제공. 보행자 또는 자전거 타는 사람에게 위험한 상황이 발생했을 때 경고 제공
Vulnerable Road User (VRU) safety	취약한 도로 보행자 안전: 차량과 보행자가 V2P 기능을 모두 갖추고 차량이 보행자의 존재를 감지하고 임박한 위협이 있는 경우, 운전자에게 경고
Pedestrian road safety via V2P awareness messages	인식 및 안전 관련 V2P 브로드 캐스트 메시지 전송할 수 있는 보행자 단말 정의. 보행자 단말은 위치, 속도 등을 주기적으로 전송

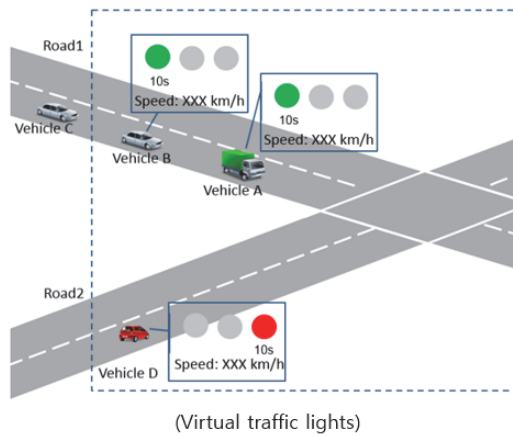


그림 10 대표적인 V2N use case

표 11 V2N use case 설명

Use Case	설명
V2N traffic flow optimisation (virtual traffic lights)	교통 트래픽 흐름 최적화: 교차로에 접근 중인 차량들의 방향, 속도, 트래픽 상황을 기반으로 대상차량에게 교차로 접근시의 적절한 속도를 제시함. 불필요한 감속 또는 정지를 막고 트래픽 흐름을 최적화할 수 있음
V2X minimum QoS	V2X 메시지 전송 자원이 부족한 경우에는 우선순위가 높은 차량 (예, 긴급 차량)에 V2X 메시지 우선 전송 기회를 제공
Use case for V2X access when roaming	로밍 지역에서 V2X 기능 지원
Mixed use traffic management	V2X 시스템은 차량 밀도, 속도, 접근 각도 및 기상 조건과 같은 변화하는 속성에 적응할 수 있도록 유연하게 관리
Enhancing positional precision for traffic participants	현재의 GPS보다 위치 오차를 줄임. 지도와 도로의 위치고정점으로 위치 오차를 줄임. 차선 구분 등에 이용 가능
V2N use case to provide overview to road traffic participants and interested parties	우수한 서비스 커버리지를 제공하는 3GPP 이동통신망을 활용. 기존의 이동통신기타국을 이용하여 V2V 커버리지를 넘어서는 지역에도 메시지 전송

3GPP Rel.15 TR 22.886은 General, Platooning, Advanced driving, Remote driving, Extended Sensors 등 25가지 use case로 정의된다. General의 대표적인 use case와 설명을 표 12에 정리하였다. Platooning의 경우 그룹핑, 군집 차량의 차선 변경 협력되었으며, Platooning의 대표적인 use case와 설명을 그림 12 및 표 13에 정리하였다. Advanced driving의 대표적인 use

case와 설명을 그림 13 및 표 14에 정리하였으며, Remote driving의 대표적인 use case와 설명을 그림 14 및 표 15에 정리하였다. Extended sensors는 비디오 데이터 공유, 센서 및 지도 공유한다. Extended sensors의 대표적인 use case와 설명을 그림 15 및 표 16에 정리하였다.

국내에서는 표 17과 같은 대표적인 C-ITS를 정의하고 이에 따라 사업이 추진 중이다.

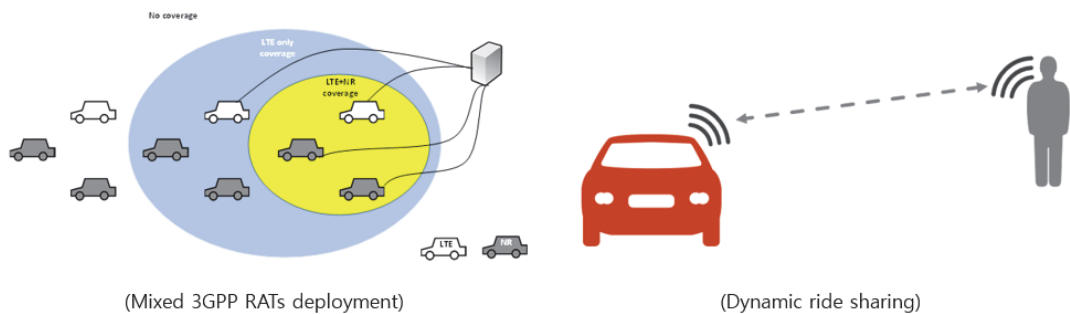


그림 11 대표적인 general use case

표 12 General use case 설명

Use Case	설명
Communication between vehicles of different 3GPP RATs	OEM 업체에 따라 일부 차량에는 LTE만 지원하는 모듈이 장착되어 있지만 다른 차량에는 NR(New Radio)을 지원하는 모듈이 장착 될 수 있다. NR차량이 LTE차량과 통신 할 수 없는 경우 LTE차량은 V2X 기능이 없는 차량으로 간주됨
Multi-PLMN environment	일부 5G V2X use case에 대해 즉각적인 메시지 전송 요구사항이 설정되면, 관련된 모든 차량 및 UE-type RSU가 가입자인지 여부에 상관없이 동일한 수준의 서비스가 제공되어야 함
Use case on Multi-RAT	사용자가 V2X 애플리케이션을 시작하면 해당 V2X 애플리케이션의 메시지를 주변의 다른 차량에 전송
Use case out of 5G coverage	V2X 응용 프로그램을 지원하는 단말은 다중 RAT 모델(5G, LTE)을 갖추고 있음
Dynamic ride sharing	차량을 다른 사용자와 공유하려는 의도를 알릴 수 있음. 보행자 또한 이동하려는 목적지 등의 정보를 공유할 수 있음
Tethering via vehicle	차량이 탑승자, 보행자에게 네트워크 액세스를 제공하는 테더링 기능을 함
Proposal for secure software update for electronic control unit	자동차 전자 제어 장치(ECU)는 자동차 시스템 내의 전자 장치를 제어하는 소프트웨어 모듈의 총칭으로 스티어링 휠에서부터 브레이크 및 자동차 주행에 이르기까지 다양하며 정기적인 소프트웨어 업데이트가 필요한 자동차의 핵심 부분이다. 소프트웨어 업데이트는 주요 보안 감사의 대상이며 자동차 업계에서 중요한 이슈임

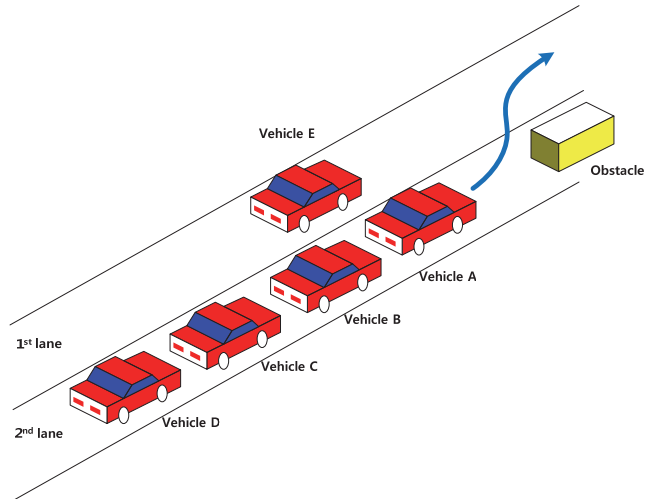


그림 12 대표적인 platooning use case

표 13 Platooning use case 설명

Use Case	설명
eV2X support for vehicle platooning	차량들이 객차가 연결된 기차처럼 움직이도록 차량 그룹을 운영
Information exchange within platooning	차량들이 도로주행 중에 동적으로 군집주행그룹을 구성
Automated cooperative driving for short distance grouping	차량 그룹은 통신을 통해 협력 주행할 수 있음. 그룹 차량들은 차선 변경, 합류, 주행 및 그룹 조인/탈퇴를 수행
Information sharing for limited automated platooning	표1의 단계 3 자율주행과 같은 수준의 자율 군집주행에 해당됨. 짧은 차간 거리(예: 2초 미만 * 차량 속도)를 가정할 때, 간략하고 대략적인 수준의 데이터 교환으로 충분
Information sharing for full automated platooning	표1의 단계 4/5 자율주행과 같은 수준의 자율 군집주행에 해당됨. 짧은 차간 거리(예: 2초 미만 * 차량 속도)를 가정할 때, 고해상도 데이터 교환이 요구
Changing driving-mode	차량 협력 수준에 따라 주행 모드는 일반적으로 자율 주행, 호송, 군집주행의 세 가지로 분류. 각 주행모드 간 전환을 지원하여 사고 위험을 줄일 수 있는 프로세스가 활성화

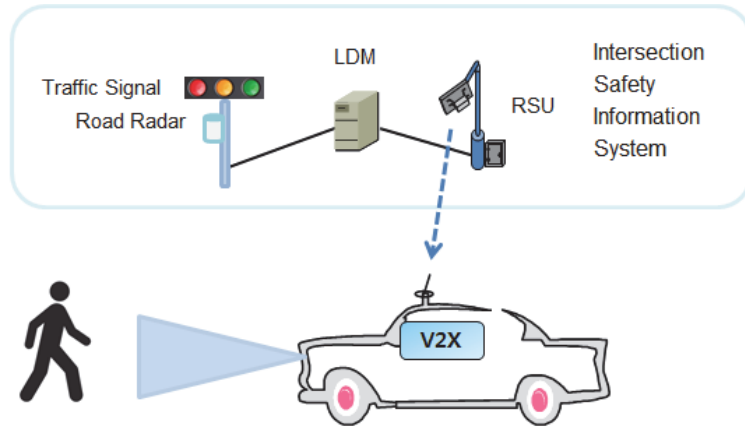


그림 13 대표적인 advanced driving use case

표 14 Advanced driving use case 설명

Use Case	설명
Cooperative Collision Avoidance(CoCA)	차량이 사고 가능성을 더 잘 판단하고 차량을 제어할 수 있도록 일반적인 CAM/DENM 안전 메시지 외에 센서 데이터, 제동 및 가속 명령 등을 C-V2X 통신을 통하여 교환
Information sharing for limited automated driving	표 1의 단계 2/3와 같은 수준의 자율주행에 해당됨. 짧은 거리가 아닌 차간 거리(예: 2초 이상 * 차량 속도)를 가정할 때, 대략적인 수준의 데이터 교환으로 충분
Information sharing or full automated driving	표 1의 단계 4/5와 같은 수준의 자율주행에 해당됨. 짧은 거리가 아닌 차간 거리(예: 2초 이상 * 차량 속도)를 가정할 때, 고해상도 데이터 교환이 요구
Emergency trajectory alignment	Emergency Trajectory Alignment(EtrA) 메시지는 협력적인 자율 주행을 보완한다. EtrA를 통한 협력주행은 위험한 운전 상황에서 교통안전을 더욱 향상시킬 수 있도록 도와주기 위한 기능
Intersection safety information provisioning for urban driving	차량이 교차로를 통과 할 때 교통사고를 예방하고 협력적인 자동 주행 기능을 돕기 위해 차량에 안전 정보를 제공
Cooperative lane change (CLC) of automated vehicles	다중 차선 도로에서 안전하고 효율적인 차선 변경을 보장하려면 차량 간의 궤도 계획 교환이 필요함. 협력 차선 변경은 차량 간 궤도 정보를 교환하여 조향, 가속/감속을 돕는 시나리오
3D video composition for V2X scenario	특정 지역에서 주행하는 차량들이 카메라로 촬영된 비디오 정보를 서버로 전송하고, 서버는 수신된 비디오 정보들을 처리하여 해당 지역의 3D 비디오를 생성함. 3D 비디오는 사고 발생 분석, 자동차 경주를 시청하는 end-user에게 공유 등에 활용

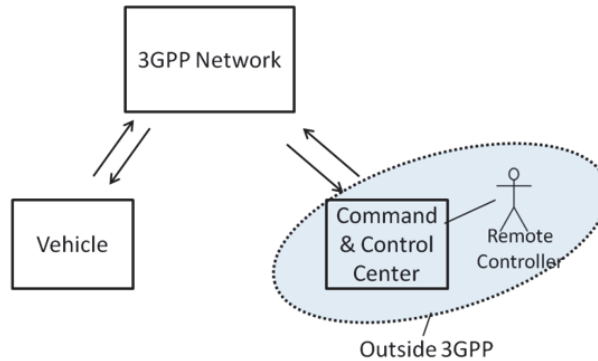


그림 14 대표적인 remote driving use case

표 15 Remote Driving use case 설명

Use Case	설명
eV2X support for remote driving	차량이 원격 운전자 또는 클라우드 컴퓨팅에 의해 원격 제어됨.
Teleoperated support (TeSo)	한 명의 운전자가 짧은 시간 동안 여러 대의 자율 차량들을 원격으로 제어 가능

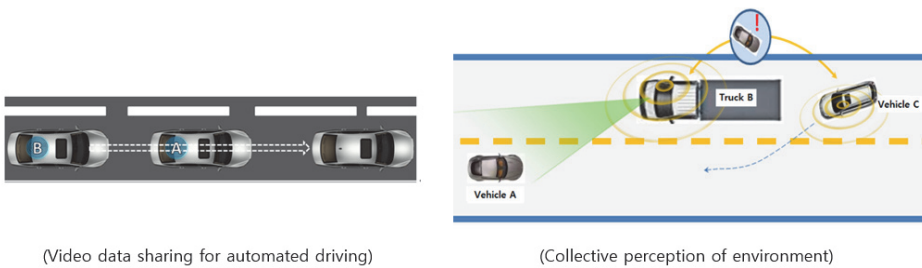


그림 15 대표적인 extended sensors use case

표 16 Extended Sensors use case 설명

Use Case	설명
Automotive: sensor and state map sharing	가공되지 않은 또는 처리된 센서 데이터를 공유하여 주변 상황에 대한 맵을 구축, Local dynamic map의 확장 use case
Collective perception of environment	차량들은 실시간 정보(차량의 센서 정보 또는 UE-type RSU의 센서 정보를 기반으로)를 교환
Video data sharing for automated Driving(VaD)	트럭 뒤에서 주행하는 것과 같이 운전자의 시야 확보에 제약이 있는 경우, 앞 차량으로부터 전송되는 전방의 비디오 데이터는 대상차량에게 도로 교통상황을 제공할 수 있으며 보다 안전한 운전을 돕는다. 비디오 데이터는 UE-type RSU가 수집, 전송

표 17 국내 C-ITS use case

서비스분야	핵심기능	설명
기본정보 수집제공	위치기반 차량데이터 수집	차량단말기로부터 차량의 상태정보와 위치정보, 운행정보를 수집하고 센터 서버에 저장'
	위치기반 교통정보 제공	센터에서 가공된 소통정보 등 위치기반 교통정보를 도로 주행하는 차량단말기에 제공
요금징수	스마트 통행료 징수	유료도로 통행의 경우 요금지불을 위해 정차하지 않고 속도를 유지하면서 지불(기존 HI-PASS와 다른 시스템으로 실제 통행과금이 없는 시범서비스)
안전(주의) 운전지원	도로 위험 구간 정보 제공	잠재적 위험 및 실시간 돌발상황에 대해 전방상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	노면상태, 기상정보 제공	차량 주행에 위험을 끼치는 노면상태나 기상에 대해 상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	도로 작업구간 주행 지원	차량 주행 중인 도로의 작업(공사, 청소 등) 상황에 대해 상황정보 및 안전운행 정보 제공
교차로 안전통행 지원	교차로 신호위반 위험 경고	교차로 통과 차량에게 교차로 신호 현시정보 가공을 통해 사고발생, 신호위반 피해 예방
	우회전 안전운행 지원	교차로 접근로 주행차량이 우회전하는 경우 발생하는 상충에 기인하는 충돌사고 예정
대중교통 안전지원	버스 운행관리	버스 운행정보 수집으로 실시간 버스운행 관리를 통해 운송서비스 품질 및 안전성 증대
	엘로우버스 운행관리	엘로우버스 승하차 운행상황을 주변차량에 전파해 주의 운전을 유도
보행자 상시 Care	스쿨존 실버존 속도제어	스쿨존 진입 차량에게 경고와 규정 속도 운행 유도하고 실시간 운영 및 안전정보 제공
	보행자 충돌방지 경고	교차로 또는 도로구간 주행시 횡단 보행자 및 자전거와 충돌사고 예방
차량간 사고예방	차량 추돌방지 지원	차량위험상황이나 저속차량에 의한 차량 상황을 실시간으로 수집, 통보해 2차사고 예방
	긴급차량 접근 경고	긴급 차량의 구간, 구조현장 도착시간 단축을 위해 긴급차량 주행상황을 전방차량에 전달
	차량 긴급상황 경고	도로 주행 차량의 고장, 사고 발생으로 뒤 차량의 직접 또는 2차사고 예방

6. 망 구축 방안 비교

전용망 및 상용망을 활용하여 V2X 서비스 네트워크를 구축하는 3가지 방안을 제안하고 각 방

안을 비교하여 설명한다. V2X 서비스 네트워크의 구축 방안은 표 18에서 정리하고, 각 방안에 대한 비교는 표 19에서 정리하였다.

표 18 V2X 서비스 네트워크 구축 방안

	1안	2안	3안
정의	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, RSU와는 5.9GHz V2I 통신, 그 외 V2N(Uu) 통신은 LTE 이용	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, 그 외 V2I/N 통신은 LTE 이용	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, 그 외 V2I/N 통신은 5G 이용
개념도	1안 (C-V2X+LTE(Uu)) ▪ RSU 설치로 교통정보G/W 기능 ▪ V2V: 5.9GHz C-V2X ▪ V2I: 5.9GHz C-V2X ▪ V2N: LTE(인포테인먼트)	2안 (C-V2X + LTE) ▪ LTE망으로 C-V2X 일부수용 ▪ V2V: 5.9GHz C-V2X ▪ V2I/N: LTE(인포테인먼트+교통)	3안 (C-V2X + 5G) ▪ 5G망으로 C-V2X 일부수용 ▪ V2V: 5.9GHz and/or 밀리미터파 C-V2X ▪ V2I/N: 5G(인포테인먼트+교통)

표 19 V2X 서비스 네트워크 구축 방안 비교

	1안	2안	3안
장점	- 저지연 교통정보 전송	- QoS 제어 및 보안성 향상 - RSU 추가투자비 없음	- 초저지연 (Short TTI, Edge Cloud, Network Slice 적용) - RSU 추가투자비 없음
단점	- 다수 단말시 간섭(V2V/V2I 채널 공유시)커버리지 한계 - RSU 추가투자비 발생	- 교통정보 전송시 추가 지연 발생 가능성 (1안 대비)	- 적용시기 늦음

또한 C-V2X의 투자비를 RSU와 연계하여 분석하면 다음과 같다.

- RSU를 설치하지 않고 상용 이동통신망을 이용하는 경우: 국내 커넥티드 카 시장 규모는 그림 16의 BI 인텔리전스의 커넥티드 카 출하량과 Strategic Analytics의 세계시장 대비 국내시장 비율로부터 산출되며, 국내 시장규모 18년 151만대, 19년 222만대, 20년 326만대 예상된다. 전 세계 커넥티드 카 출하량 중 국내 시장비율(4.73%) 반영된다. 국내 통신3사 LTE IoT망 기준 월회선당 요금은 11,000원이나, V2X 요금제는 IoT 요금의 20%~80% 예상되며, 정부/OEM/통신사 간 협상 결과에 달라진다. 예상 비용은 RSU를 설치하지 않고 상용 이동통신망을 이용하는 경우에는 (장비가+구축비)는 발생하지 않으며 운용비용만 고려될 수 있다.

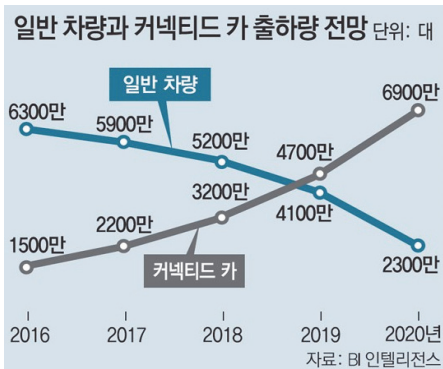


그림 16 전 세계 커넥티드 카 출하량

- 도로주변에 RSU 설치하는 경우: 서울시내 도로와 전국 특별·광역시 도로기준으로 나누어 분석하는 것으로 가정했을 때, 1Km 당 1대 RSU 구축 가정하며 구축비 중 전원, 지주설치 등 공사비 2,000만원 가정한다.

RSU 1대 당 가격 1,000만원으로 산정(WAVE RSU 가격 참고)되며 연간 운영비는 (장비가+구축비)의 15%이다.

- 신호제어기에 RSU 설치하는 경우: '서울시내/전국'으로 나누어 신호제어기 1개당 1대 RSU 구축하는 것으로 가정했을 때 신호제어기와 신호등 간 거리가 RSU 커버리지보다 작은 것으로 나타났다. RSU 1대 당 1,000만원, 구축비 1,500만원 가정했을 때 연간 운영비는 (장비가+구축비)의 15%로 책정된다. 구축 및 운용비용은 표 20, 21, 22에 나타난다.

표 20 RSU 설치하지 않고 상용 이동통신망 이용하는 경우 예상 비용

(단위: 억원)

기간	2018년	2019년	2020년
예상 차량 대수	151만대	222만대	326만대
예상 운영비용	398~1,595	586~2,344	860~3,443

표 21 도로주변에 RSU설치하는 경우 예상 비용

(단위: 억원)

	연장 (Km)	장비가	구축비	장비가+구축비	연간 운영비
서울시내	1,027	102	205	308	46
전국 특별·광역시	4,761	476	952	1,428	214
고속도로	4,438	443	887	1,331	199
합계	10,226	1,023	2,045	3,067	460

표 22 신호제어기에 RSU 설치하는 경우 예상 비용

(단위: 억원)

	신호 제어기 수	장비가	구축비	장비가+구축비	연간 운영비
서울시	3,897	389	585	974	146
전국	40,000	4,000	6,000	10,000	1,500



7. 결론

자율주행과 C-ITS에 이동통신을 활용하는 방향은 전 세계적으로 진행 중이다. 우리나라에서도 이동통신 기술의 적용을 적극적으로 고려해야 한다. 최근 표준화가 완성된 LTE-V2X 기술은 경쟁 기술인 IEEE 802.11p에 비해 기능과 성능에서 많은 장점을 가지고 있으며, IEEE 802.11p와 혼재하여 사용하거나, IEEE802.11p가 적용된 시스템에서 물리계층의 교체만을 통해 더 좋은 성능으로 기존의 서비스를 사용할 수 있다. 또한, 새로 적용되는 시스템에서는 5G까지 미래 진화를 고려하여 LTE-V2X를 적용하는 것이 향후 사업성에서 유리할 것이다. 5G는 특히 우리나라에서 적극 추진 중인 이동통신 기술이다. 5G에서의 핵심 기술 개발을 지금까지 적극적으로 추진해 왔으며 mmWave 등 핵심 기술 분야에서 상당한 성과를 이룬 바 있다. 이런 선도적 위치를 활용하여 이제 5G를 활용한 산업간 융합에 적극 나설 때이다. 이를 위해서는 5G를 자동차 산업에 적용하는 테스트 베드의 구축이 시급하다. 테스트 베드는 융합에서 발생하는 신기술과 새로운 사업 모델에 대해 개방형 혁신을 가능하게 하여 자동차 및 교통 관련 산업의 국제 경쟁력 향상과 이동통신 산업 활성화에 크게 기여할 것이다.

5G Forum Issue Report

- 발행년월일 : 2018년 12월 28일
 - 발행및편집 : 5G Forum
 - 주 소 : 서울시 금천구 가산디지털2로 108, 1101호(가산동, 뉴티캐슬)
 - 홈 페 이 지 : www.5gforum.org
-

「5G포럼 이슈리포트」의 내용은 무단 전재 및 복사를 금하며, 인용할 경우 그 출처를 반드시 명시하여야 합니다.

ISSN 2586-1395

