

Chapter
02

C-V2X 기반 커넥티드 차량을 위한 유즈케이스 분석 및 서비스 기술 개발 동향

송유승_한국전자통신연구원 책임연구원

I. 서론

차량용 통신 기술은 2006년 전기·전자공학자협회(IEEE)에서 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) 통신 기술이 소개되면서부터 현재까지 지속적인 진화가 거듭되고 있다. 사실상 국내의 경우 2000년 초반부터 고속도로 하이패스를 위한 차량용 근거리 통신 기술(Dedicated Short Range Communication: DSRC)을 상용화하기 시작하였으며 2021년을 기준으로 전체 등록 차량의 83% 이상의 보급률을 자랑하고 있다.

현재 차량용 통신 기술은 IEEE에서 제안하고 있는 IEEE 802.11 기반의 WAVE 및 NGV (Next Generation V2X) 통신 기술과 3GPP에서 제안하고 있는 LTE(Long Term Evolution) 및 NR(New Radio) 기반의 C-V2X(Cellular Vehicle to Everything) 기술로 나눌 수 있다. IEEE 기반 기술은 노매딕 환경에 적합한 무선랜 기술을 근간으로 물리계층을 수정하여 고속 이동 환경에서도 무선통신이 가능하게 하였으며 3GPP 기술은 이동통신 기술을 바탕으로 대용량 전송 및 지연시간을 최소화할 수 있도록 표준을 제정하였다[1][2].

차량용 통신 기술의 진화에 따라 데이터의 전송속도 및 지연시간에 맞는 다양한 서비스 및 유즈케이스들이 소개되었으며 유럽에서는 Day-1/1.5/2 등으로 구분하여 상용화

* 본 내용은 송유승 책임연구원(☎ 042-860-1802, yssong00@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

** 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음.
[2021-0-01140, 초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술개발]

서비스에 대한 로드맵을 제시하고 있다. Day-1 서비스로는 100ms 이내의 지연시간과 10Mbps 내외의 전송속도를 지원할 수 있는 WAVE 및 LTE-V2X(Rel.14) 통신 기술을 활용한 다양한 안전 서비스가 제시되었고, Day-1.5 서비스로는 이전보다 더 넓은 대역폭을 지원할 수 있는 LTE-V2X(Rel.15) 기반의 자율주행 및 안전운전 지원 서비스가 제안되었다. Day-2 서비스로는 sidelink의 경우 수십~수백Mbps급 데이터 전송속도와 10ms 이내의 지연시간을 보장할 수 있는 5G-NR-V2X 통신 기술을 기반으로 원격주행, 군집주행, 실시간 인지 공유 등의 커넥티드 자율주행에 적합한 서비스가 제안되었다 [3][4].

본 고에서는 차량용 통신 서비스에서 C-V2X Release 15 및 Release 16을 활용한 커넥티드 서비스를 중심으로 표준단체에서 제시하는 대표적인 유즈케이스들과 그에 따른 통신 요구사항을 II장에서 설명한다. 그리고 현재까지 차량용 통신 기술을 활용한 커넥티드 서비스 기술 동향에 대해 III장에서 살펴본다. 마지막으로 IV장에서 본 고의 결론을 제시한다.

II. 커넥티드 서비스를 위한 유즈케이스 및 요구사항

본 장에서는 차량용 통신 기술을 활용한 커넥티드 서비스 관련 유즈케이스를 정의한 대표적인 단체 3GPP, 5GAA 및 5GCAR 문서를 바탕으로 설명한다. 우선적으로 5G-NR-V2X 통신 기술을 활용한 대표적인 4가지 유즈케이스(군집주행, 원격제어, 센서 공유 및 첨단주행 분야)에 대한 유즈케이스 및 서비스 요구사항(Service Level Requirements: SLR)을 살펴본다. 그리고 나머지 안전, 편의 등과 같은 분야에 관한 유즈케이스 및 SLR을 설명한다.

군집주행의 경우 차량 간 혹은 차량과 인프라 간 통신을 통한 군집합류, 이탈, 제어 등의 메시지를 공유하고 전달한다. 표준단체에서 제시하는 유즈케이스 및 SLR은 [표 1]과 같다.

[표 1] 군집주행 서비스를 위한 SLR

구분	Use Case	Mode	Data Rate (Mbps)	E2E Latency (ms)	Reliability (%)	Comm. Range (m)
3GPP	eV2X support	V2V	< 1	< 25	> 90	80~350
	Information exchange	V2V, V2I	< 1	< 1(V2V) < 500(V2I)	-	
	Automated Co-driving	V2V	< 1	< 10~25	> 90	
	Information sharing for Level 3	V2V, V2I	2.5~2.75	20	-	
	Information sharing for Level 4/5	V2V, V2I	50~65	20	-	
5GAA	Platooning	V2V	< 1	50~100	-	180

* V2V(Vehicle to Vehicle), V2I(Vehicle to Infrastructure)

〈자료〉 Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services(Release16), document TR 22.886, 3GPP, Dec. 2018.

5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.

원격제어 또는 원격주행의 경우 차량의 카메라 정보, 차량의 상태 정보, 주행도로 환경 정보 등을 서버로 전송하고 원격 오퍼레이터 혹은 시스템은 차량에 적절한 제어 정보를 내려주게 된다. 데이터 업로드 시 대용량 전송이 요구되며 차량제어를 위한 정보는 높은 신뢰성 보장이 필요하다. 표준단체에서 제시하는 원격제어 관련 유즈케이스 및 SLR은 [표 2]와 같다.

[표 2] 원격제어(원격주행) 서비스를 위한 SLR

구분	Use Case	Mode	Data Rate (Mbps)	E2E Latency (ms)	Reliability (%)	Comm. Range(m)
3GPP	eV2X support for remote driving	V2I, V2N	1(DL), 20(UL)	5	99.999	-
	Teleoperated support	V2I, V2N	1(DL), 25(UL)	20	99.999	
5GAA	Infra based TOD	V2N	1(DL), 43(UL)	50	99.999	1,000
	Tele-operated Driving(TOD)	V2N	1(DL), 32(UL)	20	99.999	10,000
	TOD support	V2N	1(DL), 36(UL)	100	99.999	10,000
	TOD for automated parking	V2N	1(DL), 36(UL)	20	99.999	-
5GCAR	Remote driving	V2N	1(DL), 30(UL)	30	99.999	< 1,000

* V2N(Vehicle to Network), DL(Downlink), UL(Uplink)

〈자료〉 Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services(Release16), document TR 22.886, 3GPP, Dec. 2018.

5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.

5GCAR, "5GCAR scenarios, use cases, requirements and KPIs", Tech. Rep. 5GCAR/D2.1, Feb. 2019.

[표 3] 센서 공유 서비스를 위한 SLR

구분	Use Case	Mode	Data Rate (Mbps)	E2E Latency (ms)	Reliability (%)	Comm. Range(m)
3GPP	Sensor & State MAP sharing	V2I	25	10	90	500~1,000
	Collective perception of Env.	V2V	1(CV) 1,000(CAV)	100 3~50	99 > 99	
	Video data sharing for AV	V2V	10(case 1) 700(case 2)	50 10	90 99.99	100~400
5GCAR	See through	V2V	14	50	99	50~100
	HD map acquisition	V2I	3	50	99.99	< 1,000
5GAA	HD map collecting & sharing	V2I, V2V	16(DL), 47(UL)	100	99	80
	Infra assisted Env. perception	V2I, V2V	64	100	99.99	500

* CV(Connected Vehicle), CAV(Connected Automated Vehicle), AV(Automated Vehicle), HD(High Definition)
 <자료> Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services(Release16), document TR 22.886, 3GPP, Dec. 2018.
 5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.
 5GCAR, "5GCAR scenarios, use cases, requirements and KPIs", Tech. Rep. 5GCAR/D2.1, Feb. 2019.

센서 공유 서비스는 차량 간 혹은 차량과 인프라 간 취득한 객체 및 이벤트 정보를 주변 차량에 공유함으로써 차량의 인지 범위를 확대하고 인식 정확도를 개선할 수 있는 장점이 있다. 공유하는 정보의 형태에 따라 대용량 전송이 요구되며 서비스 형태에 따라 실시간성 보장을 위한 초저지연 성능이 필요하다. 센서 공유 관련 대표적인 유즈케이스

[표 4] 첨단주행 서비스를 위한 SLR

구분	Use Case	Mode	Data Rate (Mbps)	E2E Latency (ms)	Reliability (%)	Comm. Range(m)
3GPP	Info. sharing for level 2/3 AV	V2V, V2I	1	10	-	500
	Info. sharing for level 4/5 AV	V2V, V2I	53	100	-	
	Intersection safety information	V2I	1(DL), 50(UL)	20	-	
5GAA	Obstructed view assist	V2V, V2I	5	50	99	100~200
	Collect hazard & event for AV	V2V, V2I	1	20	99.9	300
5GCAR	Lane merge	V2N, V2I	1	30	99	> 350
	NW assisted VRU protection	V2N, V2I	1	60	99.99	> 70

* VRU(Venerable Road User)
 <자료> Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services(Release16), document TR 22.886, 3GPP, Dec. 2018.
 5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.
 5GCAR, "5GCAR scenarios, use cases, requirements and KPIs", Tech. Rep. 5GCAR/D2.1, Feb. 2019.

및 SLR은 [표 3]과 같다.

첨단주행 서비스는 차량 혹은 인프라에서 인지한 객체 및 이벤트 정보를 실시간으로 주변 차량 또는 인프라에게 전달하여 주행 차량의 안전성을 향상시킬 수 있다. 따라서, 실시간 데이터 전송을 위한 지연시간 및 신뢰성 확보가 요구된다. 첨단주행 관련 대표적인 유즈케이스 및 SLR은 [표 4]와 같다.

지금까지 살펴본 대표적인 4가지 서비스 분야뿐만 아니라 커넥티드 차량을 위한 원격 안전 관리, 편의 정보 제공, 차량 흐름 효율성 개선을 위한 서비스 등 다양한 유즈케이스들이 제시되고 있다. 본 고에서는 대표적으로 5GAA에서 제시된 유즈케이스들을 [표 5]에서 간략하게 정리하여 설명한다.

[표 5] 5GAA C-V2X 유즈케이스에 따른 SLR

Class	Use Case	Mode	Data Rate (Mbps)	E2E Latency (ms)	Reliability (%)	Comm. Range(m)
Safety	Cooperative traffic gap	V2V	2	50~100	99.9	< 2,000
	Interactive VRU crossing	V2P	< 1	100	99.9	500
Management	SW update	V2I, V2N	< 35	> 10 min	99~99.9	> 100
Convenience	Automated valet parking (Joint authentication)	V2I	< 1	500	99	50
	Automated valet parking (Wake up)	V2I	< 1	500	99	1,000
	Awareness confirmation	V2V	< 1	20	99~99.9	1,000
	Cooperative curbside management	V2I, V2N	-	100~5,000	99.9	800~10,000
	Cooperative lateral parking	V2V	27	100	99.9	50
	In-vehicle entertainment	V2N	50~250	20~150	90~99	-
	Vehicle decision assist	V2V	< 100	100	99.9	500
Traffic efficiency	Bus lane sharing request	V2N	100~500	200	99	-
	Bus lane sharing revocation	V2N	100~500	200	99	-
	Continuous traffic flow	V2I	< 1	100	95	-
	Group start	V2I	< 1	10	99.999	1,500
Society	Accident report	V2N	2~1,500	-	99.99	-
	Patient Transport monitoring	V2N	1~8	150	99~99.999	-

<자료> 5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.

III. 커넥티드 서비스 기술 개발 동향

본 장에서는 C-V2X 기술을 자율주행차량 혹은 일반 차량에 활용하여 종래의 교통 문제를 완화하고 안정성과 편의성을 개선한 커넥티드 서비스 기술에 대해 살펴본다. 특히, 본 장에서 소개될 사례들은 Day-1 서비스의 안전 메시지를 통한 경고 서비스가 아니라 Day-1.5 이상의 협력형 자율주행 서비스에 가까운 시연 및 검증 사례들을 중심으로 서비스 개발 동향을 소개한다.

먼저, 국내에서 자율협력을 통한 화물차 군집주행 연구 및 기술 시연이 2021년에 영동선 및 중부내륙선 80km 구간에 걸쳐 진행되었다. 한국도로공사, 국민대, 현대자동차 등 13개 기관은 2018년부터 국토교통부 지원을 받아 4년간 V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 과제를 통해 시연에 성공함으로써 상용화의 발판을 마련하였다[8]-[10]. 연구 개발을 통해 V2X 기반 군집주행 차량제어 기술, 모바일 앱 기반 군집 운영 서비스 기술, 군집주행 상용화를 위한 법·제도 개선 등의 다양한 연구 성과를 창출하였다. 그 밖의 주요 특징은 [표 6]과 같다. 군집주행에 활용된 차량의 제원과 실제 시연 사진은 [그림 1]과 같다.

[표 6] V2X 기반 화물차 군집주행 시연 주요 특징

항목	주요 특징
통신 기술	WAVE V2X(V2V, V2I)
차량 플랫폼	트랙터 + 트레일러(현대 엑시언트)
인지 시스템	전방, 측·후방 레이더, 전방 및 AVM 카메라
HMI	클러스터 및 태블릿 PC
제어 시스템	군집주행을 위한 상위 제어(종·횡 방향 제어)
시연 구간	영동선(덕평IC~원주IC), 중부내륙선(서여주(휴)~여주JC), 약 80km
군집주행 속도/대수	80~90km/h, 화물트럭 4대
KPIs	차량 간격 12.5m, LV차량 전방화명 공유(See through)

<약어> HMI(Human Machine Interface), LV(Leader Vehicle)

<자료> 국토교통부 보도자료, 첨단자동차과, 2021.

한국도로공사, "V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 최종보고서", 2022.

박기홍, 이용기, "대형화물차 군집주행 연구 동향", Auto Journal 2021. 4.

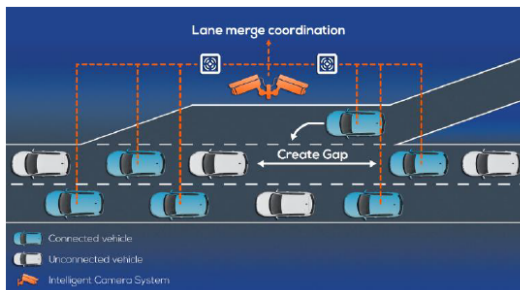


〈자료〉 국토교통부 보도자료, 첨단자동차과, 2021.

[그림 1] V2X 기반 화물차 군집주행 서비스 시연 및 차량 플랫폼

5GCAR 협회에서는 UTAC Teqmo 시험장에서 C-V2X 기술을 활용하여 차량 간 또는 차량과 인프라(이동 통신 기지국) 간 협력 주행 서비스를 시연하였다[11][12]. V2X 기술을 활용한 협력 인지의 대표적인 사례로 sensor sharing과 see through 서비스를 시연하였고, 협력 안전으로는 VRU 보호 서비스 그리고 협력 주행으로는 우합류 서비스를 시연하고 각각의 서비스에 대한 효율성과 정의된 KPI(Key Performance Index) 항목에 대한 성능 개선을 검증하였다.

먼저, 우합류 협력 주행 서비스의 경우, [그림 2]와 같이 진입하는 커넥티드 차량이 우합류 메시지를 전송하고 도로변에 설치된 인프라에서는 전체적인 차량 흐름을 파악하



〈자료〉 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.

[그림 2] V2X 기반 화물차 군집주행 서비스 시나리오 및 시연

여 커넥티드 차량에 대해 주행 가이드 정보(가감속 등)를 제공한다. 인프라에는 카메라가 탑재되어 있어서 일반 차량에 대한 주행 의도를 실시간 파악하게 된다.

교통약자(VRU) 보호를 위한 협력 안전 서비스는 횡단보도 주변에 주·정차된 차량이나 사물 등의 장애물에 의해 주행하는 차량이 보행자의 위치나 움직임을 제대로 파악하지 못하는 경우 접근하는 차량에 경고메시지를 발송하게 된다. 보행자 및 접근하는 차량의 통신장치는 주변 기지국과 통신을 통해 해당 서비스 구간에서 이동 궤적 추종 및 분석을 통해 충돌 예측을 수행한다. 이동 궤적의 정확도 개선을 위해 총 6개의 기지국 안테나가 사용되었다. VRU 안전 서비스에 대한 주요 특징 및 서비스 시나리오는 [표 8]과 [그림 3]에 정리하였다.

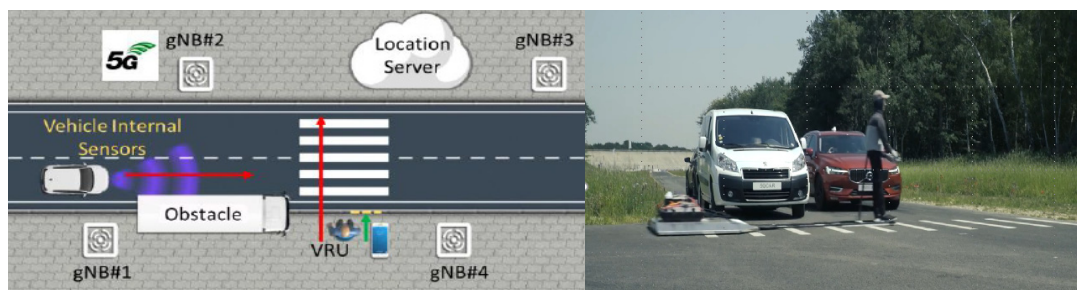
협력 인지의 대표적인 서비스로 sensor sharing을 통한 안전운행 서비스는 교차로

[표 8] V2X 기반 VRU 안전 서비스 주요 특징

항목	주요 특징
통신 기술	C-V2X(LTE-V2X) Uu
시스템 구성	VRU(통신장치 포함), 커넥티드 차량, 기지국(gNB)
인지 시스템	VRU, CV 및 gNB 간 ranging 시그널을 통한 localization 수행
HMI	운전자 안전 메시지 수신을 위한 서비스 태블릿 PC
KPIs	충돌 위험 문턱값을 90%로 세팅하고 precision과 recall 값을 계산하여 최종 충돌 확률값을 도출. Time window 값을 1~1.5 정도로 세팅할 때 최적의 정확도를 가질 수 있음을 보여줌

* gNB(gNodeB, 5G NR 기지국)

<자료> 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.



<자료> 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.

[그림 3] V2X 기반 VRU 안전을 위한 협력 서비스 시나리오 및 시연

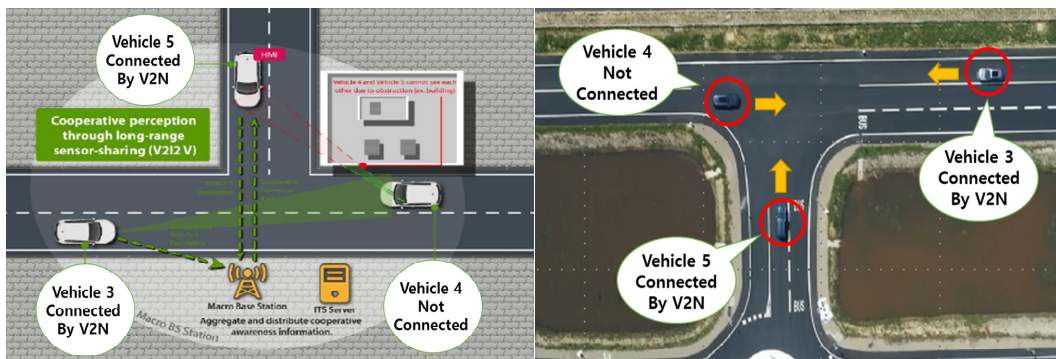
진입 시 주변 건물 등에 의한 시야 방해로 인해 타 차량의 접근을 인지하지 못하는 경우 인프라가 진입 차량에 안전 메시지를 전달함으로써 차량간 충돌을 방지하거나 긴급 제동을 줄일 수 있도록 하는 서비스이다. [그림 4]와 같이 교차로에 진입하는 커넥티드 차량(vehicle 5)은 접근하는 일반 차량(vehicle 4)이 건물에 가려서 인식 불가능한 상황일 때, 반대편 커넥티드 차량(vehicle 3)이 레이더 등의 센서를 통해 일반 차량(vehicle 4)의 접근을 감지하고 주변 인프라에게 정보를 제공하고 인프라에서는 차량의 움직임을 추적하여 위험도를 분석하여 안전한 교차로 진입을 할 수 있도록 커넥티드 차량(vehicle 5)에 안전 메시지를 제공한다. sensor sharing 안전 서비스에 대한 주요 특징 및 서비스 시나리오는 [표 9]와 [그림 4]에 정리하였다.

[표 9] V2X 기반 sensor sharing 서비스 주요 특징

항목	주요 특징
통신 기술	C-V2X(LTE-V2X) Uu
시스템 구성	커넥티드 차량(LiDAR 포함), 일반 차량, 기지국(gNB)
인지 시스템	sensor sharing 된 차량 정보 및 CV 차량의 움직임에 대한 이동 궤적 추적
HMI	안전 메시지 수신을 위한 서비스 태블릿 PC
KPIs	- 협력 인지 OFF 경우 진입 차량의 감속은 $-5\sim-6\text{m/s}^2$ - 협력 인지 ON 경우 진입 차량의 감속은 $-2\sim-1\text{m/s}^2$ 로 감소/개선

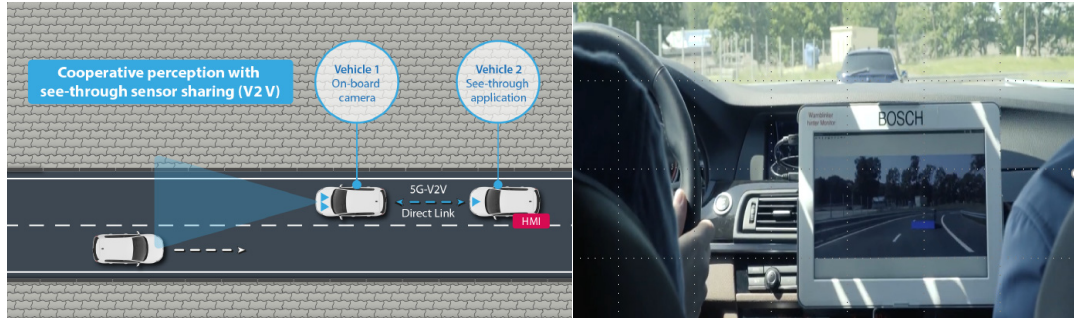
* LiDAR(Light Detection And Ranging)

<자료> 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.



<자료> 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.

[그림 4] V2X 기반 sensor sharing 서비스 시나리오 및 시연



〈자료〉 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.

[그림 5] V2X 기반 see through 서비스 시나리오 및 시연

See through 기술은 협력 인지의 서비스로 특히 곡선구간에서 저속 차량을 추월하는 경우 매우 유용한 서비스이다. 실시간으로 고화질의 영상정보를 후방 차량에 전송하고 후방 차량은 영상 처리를 통해 앞 차량에 의해 가려진 부분을 수신된 영상으로 복원처리함으로써 운전자 혹은 자율차에 신속하고 정확한 판단 및 제어를 할 수 있도록 한다. [그림 5]에서는 선행 차량(vehicle 1)이 후행 차량(vehicle 2)에게 반대편 차선에서 접근하는 차량에 대해 차량 간 통신을 통한 영상을 전송함으로써 추월 판단을 할 수 있도록 협력하는 서비스 시나리오 구성 및 시연 상황을 보여준다. [표 10]에서는 see through 서비스에 대한 특징을 설명한다.

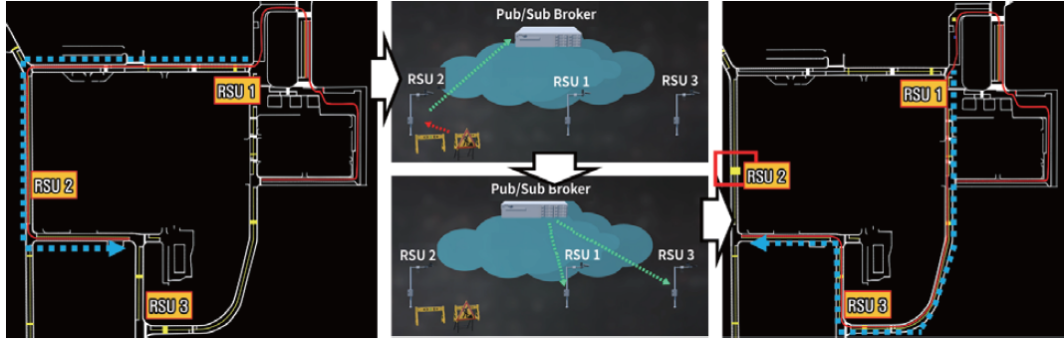
인프라와 자율주행차량 간 협력 인지를 통한 자율주행 서비스 연구 및 시연이 2021년

[표 10] V2X 기반 see through 서비스 주요 특징

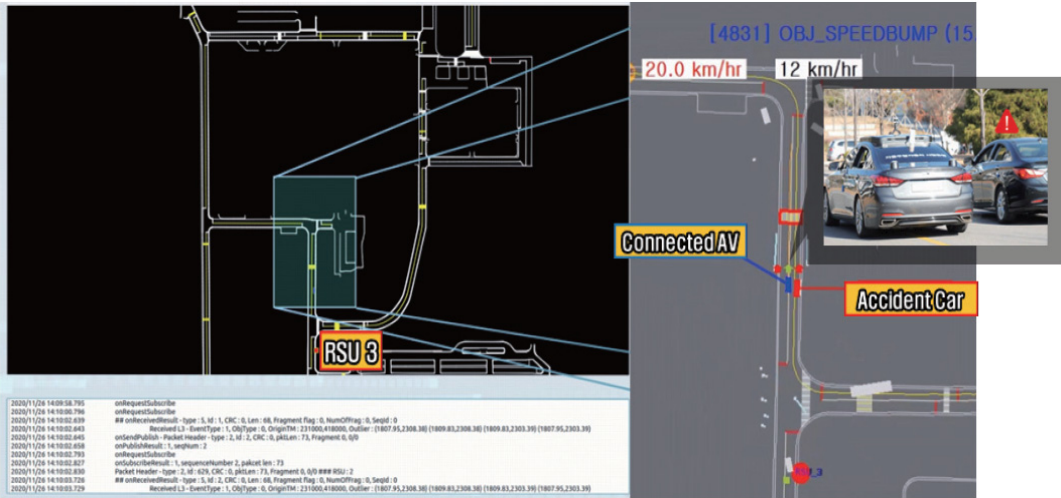
항목	주요 특징
통신 기술	C-V2X(LTE-V2X) PC5(side link)
시스템 구성	커넥티드 차량
영상정보	~12Mbps, 4K/30fps video streaming
HMI	수신 영상 디스플레이 및 영상 처리 시스템
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> - 지연시간 최소화를 위해 slot 길이 0.25ms 사용 - Lab. test에서 12Mbps, 실제 서비스에서는 6Mbps이며 차량 간 멀어질수록 전송 요구 영상 크기의 감소로 인해 데이터양이 감소. 평균 RTT 값은 3ms 이내를 만족

* fps(frame per second), RTT(Round Trip Time)

〈자료〉 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.



[공사 구간 협력 인지 자율주행 서비스]



[사고 차량 협력 인지 자율주행 서비스]

<자료> 송유승, 민경옥, 최정단, “인프라 협력 자율주행 서비스를 위한 프로토콜 및 시스템에 관한 연구”, 정보와 통신, June, 2021.

[그림 6] V2X 기반 인프라 협력인지 서비스 시나리오 및 시연

ETRI 연구소 주행 도로에서 수행되었다[13]. RSU(Road Side Unit) 3기가 연구소 내 캠퍼스의 주요 교통 구간에 설치되어 있고, Pub/Sub 프로토콜을 통해 중앙 서버와 네트워크로 연결되어 있어서 RSU 간 이벤트를 포함한 여러 정보를 공유하고 있다. [그림 6]과 같이 인프라 협력 자율주행 서비스에서는 공사 구간 정보를 RSU 2가 이벤트로 감지하고 RSU 1과 정보를 공유하게 된다. RSU 1 통신 구역에 있는 자율주행차량은 당초 RSU 2구역을 경유하려던 주행 경로를 변경하여 RSU 3번 위치로 우회하여 목적지

까지 주행하게 된다. 두 번째 시나리오에서는 RSU 3번 통신 반경에 있는 고장 차량이 V2X를 통해 자신의 위치정보를 V2I로 전송하고 RSU 1번은 자율주행차량에 사고 차량 정보를 미리 알려줌으로써 교차로 인근 차량의 이벤트 인지가 힘든 상황에서 더욱 안전하게 자율주행을 할 수 있도록 협력하게 된다. 인프라 협력 인지 서비스의 주요 특징은 [표 11]과 같다.

[표 11] V2X 기반 인프라 협력 인지 서비스 주요 특징

항목	주요 특징
통신 기술	C-V2X(LTE-V2X), PC5(side link)
시스템 구성	클라우드 서버, RSU, 커넥티드 차량(사고 이벤트 차량), 자율주행차
서비스 메시지	자율주행 요청 및 제공 메시지, 도로 및 주행 이벤트 메시지, RSU 간 정보 공유 메시지 등
KPIs	RSU 간 협력을 통해 주행 경로 추천을 통한 주행 효율성을 증대하고 RSU와 커넥티드 차량 간 협력을 통해 고장 차량 이벤트 인식 정확도를 개선함으로써 자율주행 서비스 품질 향상

* RSU(Road Side Unit)

<자료> 송유승, 민경욱, 최정단, “인프라 협력 자율주행 서비스를 위한 프로토콜 및 시스템에 관한 연구”, 정보와 통신, June, 2021.

마지막으로 살펴볼 차량 간 V2V 통신을 활용한 협력 주행 서비스는 미국자동차공학회 SAE J3216에서 정의한 협력 주행의 형태를 참조하여 비신호 교차로 및 다차로 주행 도로에서 차량간 협력 주행을 시연하였다[14][15].

[그림 7]에 (좌) 시나리오에서는 무신호 교차로에서 긴급차량이 진입하는 커넥티드 자율주행차량에 양보 요청을 통해 차량 간 주행 협력으로 직진 혹은 비보호 좌회전을



<자료> 송유승 외 4명, “초고속 V2X 기반 자율협력 주행 서비스 기술 개발”, 한국ITS학회 추계학술대회, 2023. 11.

[그림 7] V2X 기반 차량 간 협력 주행 서비스 시나리오 및 시연

[표 12] V2X 기반 차량 간 협력 주행 서비스 주요 특징

항목	주요 특징
통신 기술	C-V2X(LTE-V2X), PC5(side link)
시스템 구성	커넥티드 일반 차량, 커넥티드 자율주행차량
서비스 메시지	협력주행을 위한 메시지(BSM, CNM, CMM, EDM 등)
HMI	커넥티드 일반 차량에서 활용되는 협력주행용 서비스 단말
KPIs	V2X를 통한 협력 주행 메시지 송수신 지연시간(~10ms), V2X 수신 응용 처리 시간(~5ms) 및 주행전략 판단 처리시간(~10ms) 등 소요 시간 발생

* BSM(Basic Safety Message), DNM(Driving Negotiation Message), DMM(Driving Maneuver Message), EDM(Emergency Driving Message)

(자료) 송유승 외 4명, “초고속 V2X 기반 자율협력 주행 서비스 기술 개발”, 한국ITS학회 추계학술대회, 2023. 11.

수행하는 상황을 설명한다. 또한, [그림 7]에 (우) 시나리오에서는 저속으로 주행하는 커넥티드 차량을 자율주행차량이 추월하기 위해 상호 협력 주행하는 시연 장면을 설명한다. 주요 특징은 [표 12]와 같다.

IV. 결론

차량용 통신 기술은 2006년 IEEE에서 WAVE 기술 표준을 제정한 이후 지금까지 엄청난 속도로 진화를 거듭하고 있다. 특히, ICT 분야 혁신적인 기술을 선도적으로 관련 산업을 상용화해 온 한국의 경우 2000년 초반 하이패스를 시작으로 현재 최첨단 C-ITS 서비스 상용화에 박차를 가하고 있다. 본 고에서는 차량용 통신 기술의 진화에 따른 다양한 유즈케이스와 서비스 요구사항을 살펴보았다. 특히, WAVE 기술 기반 Day-1 서비스의 단순 경고나 주의 등의 안전 메시지를 넘어서 C-V2X(LTE-V2X, 5G-NR-V2X) 기술을 중심으로 대표적인 4가지 서비스(군집주행, 원격제어, 센서 공유 및 첨단주행) 분야에 대해 다양한 표준단체의 유즈케이스와 서비스 요구사항을 비교하여 분석하였다. 차량용 통신 기술이 점차 자율주행차량과 연계된 서비스로 발전함에 따라서 고신뢰, 초저지연 및 대용량의 데이터 전송 등의 네트워크 요구사항이 점차 높아지고 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 차량용 통신 기술을 활용한 커넥티드 서비스 기술 개발에 있어서 국내외 대표적인 사례들을 살펴보았다. 해외의 경우 5GCAR 협회를 중심으로 대표적인 4가지 유즈케이스에 대한 시연을 통해 C-V2X 기술의 효용성을 입증하였다. C-V2X 기술의 장점인 Uu 및 PC5 인터페이스를 통해 더욱 다양한 서비스 제공 및 서비스 지역 확대가 기대된다. 국내에서는 2021년 WAVE 기술을 활용한 군집주행을 시작으로 현재 C-V2X 기반 자율협력 주행 연구 개발을 진행하고 있으며 V2X 기술을 통해 더욱 안전하고 효율적인 자율주행 서비스 개발이 예상된다. 최근 5G-NR-V2X 기술을 활용한 통신장치 및 서비스 성능 검증 과제가 과기부를 중심으로 진행되고 있어서 향후 자율주행 서비스 발전에 크게 기여할 것으로 전망된다.

차량용 통신 기술은 차량의 다른 센서와 융복합적으로 사용되어 상호 보완적이면서 정확한 주행환경을 인식 및 공유할 뿐만 아니라 사물·사람 간 소통을 위해 반드시 요구되는 기술인 만큼 앞으로도 통신 기술에 따른 서비스 진화는 계속될 것이다.

● 참고문헌

- [1] IEEE802.11, IEEE standard for information technology.telecommunication and information exchange between systems local and metropolitan area networks specific requirements Part11: Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2012.
- [2] 3GPP TR 38.885 V16.0.0, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Study on NR Vehicle-to-Everything(V2X) (Release 16), 2019. 3.
- [3] TTAR-06.0223/R1, C-ITS 및 자율주행 서비스를 위한 셀룰러 차량통신(C-V2X) 기술 주파수 소요량(기술 보고서), Oct. 2021.
- [4] 송유승, “차량용 통신 기술 진화에 따른 응용 서비스 개발 동향”, TTA Journal vol.206, 2023.
- [5] Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release16), document TR 22.886, 3GPP, Dec. 2018.
- [6] 5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume III, Jan. 2023.
- [7] 5GCAR, “5GCAR scenarios, use cases, requirements and KPIs”, Tech. Rep. 5GCAR/D2.1, Feb. 2019.
- [8] 국토교통부 보도자료, 첨단자동차과, 2021.
- [9] 한국도로공사, “V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 최종보고서”, 2022.

- [10] 박기홍, 이용기, “대형화물차 군집주행 연구 동향”, Auto Journal 2021. 4.
- [11] 5GCAR, Deliverable D5.2, The 5GCAR Demonstrations, V1.1, 2019.
- [12] 5GCAR, Deliverable D2.1, 5GCAR Scenarios, Use cases, Requirements and KPIs, V2.0, 2019.
- [13] 송유승, 민경욱, 최정단, “인프라 협력 자율주행 서비스를 위한 프로토콜 및 시스템에 관한 연구”, 정보와 통신, June, 2021.
- [14] 송유승 외 4명, “초고속 V2X 기반 자율협력 주행 서비스 기술 개발”, 한국ITS학회 추계학술대회, 2023. 11.
- [15] SAE J3216, “Taxonomy and Definition for Terms and Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motor Vehicles”, May 2020.