

5G 네트워크를 이용한 V2X 영상 전송 프로토콜

이 석 원[°], 이 종 식^{*}

5G Network Based V2X Protocol for Video Transmission

Seokwon Lee[°], Jong-sik Lee^{*}

요 약

5G 이동통신은 높은 데이터 전송 속도, 낮은 지연 시간 그리고 신뢰도 높은 통신환경을 제공할 수 있다. 이러한 5G가 사용될 수 있는 대표적인 분야는 차량 사물 통신(V2X, Vehicle-to-Everything)으로 인포테인먼트 뿐만 아니라 차량과 보행자의 안전을 향상시키기 위해 5G가 적극적으로 활용될 수 있다. WAVE나 C-V2X는 브로드캐스팅 방식에 기반을 두어 적은 용량의 안전관련 메시지를 교환하는데 목표를 두고 설계되었기 때문에 영상 공유와 같은 대용량 데이터 전송이 요구되는 서비스의 지원이 불가하다. 따라서 본 논문은 기존의 V2X 통신 기술과 결합하여 5G 네트워크를 이용한 V2X 영상 전송 프로토콜을 제안한다.

Key Words : Vehicle-to-Everything, 5G, Indirect V2X, Video Transmission, V2N2V

ABSTRACT

5G can provide communication environment with higher data rate, lower latency and more reliable for mobile communication. Recently, the 5G connectivity is widely used not only to provide the infotainment for vehicle but also to improve the safety of vehicle and pedestrian. Conventional V2X, such as WAVE and C-V2X, cannot support real time video transmission since it is designed to share the basic safety messages via broadcasting. Thus, in this paper we design the V2X protocol for video transmission.

1. 서 론

C-ITS (Cooperative-Intelligent Transport System)란 도로 상 차량 간 통신 (Vehicle-to-Vehicle: V2X), 차량과 도로인프라 간 통신 (Vehicle-to-Infrastructure: V2I), 차량과 보행자 간의 통신 (Vehicle-to-Pedestrian: V2P), 그리고 네트워크를 이용한 차량과 응용 서버 간의 통신 (Vehicle-to-Network: V2N)을 통해, 내 차량의 상태 (위치, 속도, 차량 진단 정보 등), 신호등과 지도 등 정보와 차량 흐름과 상태, 보행자의 상태 (위치, 속도, 횡단 상태 등) 등의 다양한 정보를 통합적으

로 활용하여 교통사고율 감소와 교통 효율 증대를 얻고자 하는 지능형 교통 시스템이다^[1].

기존 ITS에서는 V2V, V2I, V2N, 그리고 V2P 로 대표 되는 V2X (Vehicle-to-Everything) 서비스 제공을 위한 통신기술로 IEEE802.11p에 기반을 둔 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 기술 활용을 고려해왔다. DSRC 기술은 IEEE1609.X WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 표준 규격 기술 적용을 통해 5.9GHz 비면허 대역 (Unlicensed band)에서 근거리 무선통신 기술로 다양한 C-ITS에 활용 되고 있다^[2].

※ 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 ‘범부처 Giga KOREA 사업’의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.GK20N0500, 자율주행·C-ITS 서비스를 위한 5G V2X 융합서비스 개발 및 실증)

[°] First Author and Corresponding Author : KT Infra R&D Lab. Institute of Convergence Technology, seokwon83.lee@kt.com, 정희원

^{*} KT Infra R&D Lab. Institute of Convergence Technology, jong-sik.lee@kt.com

논문번호 : KICS202001-017-B-RN. Received January 28, 2020; Revised February 22, 2020; Accepted February 25, 2020

최근 자율주행 차량의 연구개발이 가속화 되면서 C-ITS를 통한 정보 활용의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이에 기존에 기본 안전 (Basic safety) 관련 서비스뿐만 아니라 자율주행을 위한 LDM(Local Dynamic Map) 및 센서 데이터 공유, 클라우드 자율주행, 원격주행 등 안전기능 강화와 자율주행을 위한 5G의 활용 방안에 대한 연구가 진행 중 이다.

5G 이동통신 대표 사용사례 (Use case)는 크게 수 Gbps급 전송 속도를 지원하는 서비스인 eMBB (enhances Mobile BroadBand), 수ms 수준의 저지연, 99.999% 수준의 신뢰도를 요구하는 서비스인 URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication), 수백만 단위의 단말 연결 밀도 지원하는 서비스인 mMTC (massive Machine-Type Communication) 세 가지로 구분된다. 이러한 5G의 대용량, 고신뢰도 통신 특성을 이용하여 공장자동화, IoT(Internet of Things), 임무 위급형(Mission critical) 서비스, 자율주행, V2X 등 새로운 산업 창출에 활용되고 있으며, 4차 산업 혁명에 핵심 원동력이 되고 있다. 특히 차량전용 네트워크 슬라이싱을 통해 자율주행과, V2X를 위한 요구사항 만족시키며 안정적인 5G 커버리지 제공이 가능하다³⁾.

종래의 V2X는 WAVE와 C-V2X 등 차량과 사물 간의 직접 통신 방식을 사용하고 있다. 최근 브로드캐스팅 기반 직접통신방식의 통신거리, 신뢰도 등의 한계를 극복하기 위해 5G 이동 통신망을 이용한 V2X 방식에 대한 논의와 다양한 실증이 진행되고 있다⁴⁾. NR-V2X는 자율주행, 군집주행, 원격주행 등 자율주행 특화 서비스들에 대한 사용 예를 정의하고 있고 표준화 진행 중이므로 현재 실증에 활용하기에는 어려움이 있다⁴⁾.

따라서 본 논문에서는 상용 5G 네트워크를 이용한 V2X통신 프로토콜을 제시한다. 구체적으로 차량 간 직접 통신과 5G를 동시에 사용하여 안전관련 메시지뿐만 아니라 실시간 영상 전송이 가능한 서비스 프로토콜이다. 본문의 구성은 다음과 같다. II장에서 차량을 위한 5G의 활용에 대한 소개를 하고, III장에서 V2X 기술비교와 네트워크를 이용한 V2N2X에 대한 비교를 한다. IV장에서는 5G 네트워크 기반 영상 전송 프로토콜에 대한 제시를 하고 V장에서 실증 결과에 대한 설명을 한다.

II. 차량을 위한 5G 기술

기존 차량에서 무선네트워크는 차량에 인포테인먼트(Infotainment)를 제공하는 것이 주 역할이었다. 자율주행 차량에서는 인포테인먼트 제공을 넘어 V2X, 정밀측위, 클라우드 자율주행 등 자율주행 핵심 기술에 활용되고 있다⁵⁾.

자율주행을 위해서 차량에 고화질 카메라, 라이다, 레이더와 같은 고성능 센서들이 장착된다. 차량에 장착된 센서들의 경우 아무리 고성능 장치일지라도 동작거리의 한계가 있기 때문에 무선네트워크를 통해 제공받는 주변 차량에 대한 정보, 교통인프라에 대한 정보를 활용하여 상황 판단능력과, 인지거리 및 정확도, 사가지대 위험 예측 기능을 획기적으로 개선할 수 있다. 또한 정밀 위치 측정 기술 (RTK), 실시간 정밀 지도 정보 및 자율주행 소프트웨어 업데이트 등을 통해 보다 안정적인 자율주행을 가능하게 한다.

본 장에서는 미래 차량에 적용되는 핵심 무선통신 기술을 5G Infra, V2X 로 구분하여 설명한다.

2.1 자율주행을 위한 5G Infra

자율주행 차에는 차량의 가속, 감속, 조향 등을 제어하기 위한 기계장치가 장착된다. 뿐만 아니라 인지를 위한 센서, 판단을 위한 IT장치가 큰 비중을 차지한다. 자율주행차량에 장착된 IT장치는 내부 네트워크를 구성할 뿐만 아니라 외부와의 무선네트워크를 이용하여 많은 정보를 송수신하여 자율주행에 활용한다.

자율주행을 위해 무선네트워크를 활용하는 서비스는 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 자율주행을 위한 소프트웨어 업데이트와 같이 대용량 데이터 전송 서비스인 OTA (Over-The-Air). 둘째, 차량에 실시간 지도나 교통정보를 제공, 그리고 차량 간 정보공유와 같이 실시간 (real-time)을 요구하는 서비스이다. 마지막으로 차량 간 영상, LiDAR와 같이 실시간성과 대용량 데이터 전송을 동시에 요구하는 서비스로 구분할 수 있다⁶⁾.

5G 네트워크 슬라이싱 기술을 이용하면, 서비스 요구사항에 따라 별도의 전용 네트워크를 구성하여 서로 다른 요구사항을 지닌 다양한 서비스들을 동시에 효율적으로 제공할 수 있다. 네트워크 슬라이싱이란 물리적으로 하나의 네트워크를 논리적인 가상 네트워크로 분리하여 서로 다른 서비스의 요구사항을 만족할 수 있는 서비스 전용 네트워크를 제공하는 기술이다. 여기서 서비스에 특화된 각각의 전용 네트워크를 네트워크 슬라이스라 한다. 또한 엣지 클라우드 기술

을 적용할 경우, 저지연이 보장되는 네트워크 슬라이스를 사용함과 동시에 단말과 물리적으로 가까운 위치(엣지)에 서비스 서버가 위치함으로써, 전송 지연을 큰 폭으로 줄일 수 있게 된다.

2.2 Vehicle-to-Everything

자율주행 차는 일반적으로 라이다, 레이더, 카메라 등 다양한 센서를 이용하여 도로상태, 장애물, 교통정보 등을 인지한다. 자율주행 차의 센서는 차량에 근접한 주변 상황은 비교적 정확하게 인지하나, 차량을 기준으로 수십 ~ 수백 미터 떨어진 거리에서 주변 상황 인지는 센서 성능에 따라 정확도가 달라진다. 또한, 센서에서 수집한 정보를 바탕으로 자율주행차가 필요로 하는 정보를 가공해야 하기 때문에, 센서로부터 도출된 정보에는 오차가 존재하며, 센서의 인지능력은 센서와 사물 사이에 가시거리(LOS, Line Of Sight)가 확보되지 않는 경우 센서 동작범위의 한계를 갖는다. 반면, V2X는 차량과 차량(V2V, Vehicle-to-Vehicle), 교통 인프라(V2I, Vehicle-to-Infrastructure) 및 무선 네트워크를 통한 교통정보 센터(V2N, Vehicle-to-Network) 간 직접 메시지를 교환하는 방식이다. 메시지는 차량 운행, 교통상황, 경고 등 주행에 필요한 다양한 정보를 포함하고 있으며, 메시지를 정상적으로 수신할 경우 그 정보에 대한 오차가 존재하지 않는다. 또한, 메시지의 전파 거리가 길기 때문에, 자율주행 차 센서 동작범위 너머의 상황에 대한 인지 정보 역시 제공한다⁷⁾.

V2V는 자율주행 차 인접 차량에서 습득한 센서 정보를 WAVE, C-V2X(Cellular V2X)의 PC5와 같이 차량간 직접 통신 인터페이스를 통해 전달받아 지연 없이 인지 범위의 향상뿐만 아니라 협력 자율주행에 활용될 수 있다. V2I, V2N은 차량 간 직접 정보 교환이 아닌 통신 인프라와 네트워크를 이용하기 때문에 교통정보서버와 연동이 가능하며, 자율주행 차의 센서나 V2V 통신 커버리지 밖의 교통 상황에 대한 정보를 제공 받을 수 있다⁸⁾. 따라서 센서를 통해 얻을 수 없는 정보를 활용할 수 있으며 낮은 성능의 센서를 부착한 차량의 센서 기능을 보완함으로써 자율주행이 가능하게 한다.

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

III. 차량을 위한 5G 기술

현재 V2X 통신 기술은 차량 간, 또는 차량과 인프라 간 직접 통신 방식 (WAVE나 C-V2X의 PC5 인터페이스)과 네트워크를 이용한 간접 통신 방식 (Uu 인터페이스)로 구분된다. 직접 통신 방식의 V2X의 경우 차량이나 인프라(RSU)에서 주변 차량에 V2X 메시지를 브로드캐스트(Broadcast) 방식으로 정보공유가 이루어지며 불특정 다수 차량에 데이터를 전송하는 최선형(best-effort) 서비스를 제공한다.

본 장에서는 V2X를 위한 통신기법들에 대한 비교를 하고 이를 이용하여 구성할 수 있는 네트워크 활용 시나리오를 살펴본다.¹⁾

3.1 V2X 기술 비교

앞서 설명한 바와 같이 기존 차량 통신 표준화는 IEEE802.11p 기술을 기반으로 하는 WAVE계열과 3GPP LTE 기술을 기반으로 하는 C-V2X로 나뉜다. WAVE는 5.9GHz 부근 ITS대역에서 10MHz단위 채널을 이용하거나 두 채널을 묶어 20MHz 채널 단위로 전송 가능하다. PHY계층은 OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) 전송을 기본으로 하며 MAC 계층은 CSMA/CA(Carrier-Sense Multiple Access Collision Avoidance) 다중접속 방식을 사용한다. C-V2X는 시간-주파수 분할 자원할당 방식을 사용하여 자원 분할의 자유도를 통해 수신에너지 확보가 용이한 특성이 있다.

또한 SC-FDMA(Single Carrier-Frequency Division Multiple Access) 방식을 통해 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. C-V2X와 WAVE 두 기술은 5.9GHz (ITS 주파수 대역)에서 전송 전력과 발사 전력등의 기술 기준에 대응할 수 있으며 기지국 및 이동 통신 네트워크 없이 무선 통신이 가능하다는 점에서 공통점이 있으나 다음과 같은 기술 차이점들을 가지고 있다.

- 1) 복수 단말 전송 자원할당 기법
- 2) 신호파형차이에 따른 평균대비 전력변화율
- 3) 물리계층 규격 적용 기술 및 성능 규격 지원

표 1에 정리한 바와 같이 WAVE와 C-V2X 모두 텍스트형태의 메시지 전송에 기반한 기본안전 서비스 제공이 가능하다. 하지만 저지연, 고용량 데이터 전송이 요구되는 서비스 요구조건은 만족시키기 어렵다.

1) 3GPP Rel.16 NR-V2X는 브로드캐스트 뿐만 아니라 유니캐스트, 그룹캐스트 방식 채택

표 1. V2X 통신 기술 비교: WAVE, C-V2X, 5G의 성능 및 요구사항에 대한 적합성 비교
 Table 1. V2X communication technology comparisons: performance and requirements comparisons of WAVE, C-V2X, 5G.

항목	WAVE (IEEE 802.11p)	C-V2X	5G
Data Rate	최대 27Mbps	최대 100Mbps	최대 20Gbps (eMBMS)
Reliability	98~99%	95~99%	99.9~99.999% (URLLC)
Latency	<100ms	<100ms	<10ms (URLLC)
Density	수백 대	수백 대	제곱 km 당 10 ⁶
Mobility	최대 200km/h	320km/h	최대 500km/h
Positioning	<50m	<50m	<0.1
Coverage	250~300m	1km	대략 수킬로미터
V2I & V2N	가능	적합	적합
차량 트래픽 혼잡 상황 대응	CSMA-CA 적용으로 전송 성능 열화	- 효율적 자원할당으로 높은 트래픽 용량 제공 - 기지국 SPS 스케줄링 지원 시 혼잡 상황 해소 지원 가능	

이에 네트워크를 단순히 교통정보 및 인포테인먼트 제공을 위한 애플리케이션 서버의 활용 측면에서 뿐만 아니라 5G 네트워크를 이용한 차량 간 통신, 차량과 사람간의 통신인 V2N2X (Vehicle-to-Network-to-Everything) [8]에 대한 연구 개발이 진행되고 있다. 간접적으로 데이터를 공유하는 방식을 위해서 Uu 인터페이스가 활용 된다. Uu인터페이스는 상용 통신망을 이용하여 기지국과 통신 단말 간의 통신 인터페이스를 의미한다. V2N2X는 Uu인터페이스를 보다 적극적으로 활용하는 서비스로 애플리케이션 서버의 개발과 실증의 형태로 연구 개발이 진행되고 있다^{9,10}. 앞서 설명한 바와 같이 5G의 저지연, 대용량 데이터 전송 특성을 활용한 자율주행, 원격 주행 등 발전된 V2X 서비스에 대한 요구가 늘고 있다.

일반적으로 셀룰러네트워크를 이용하는 LTE나 5G 기술의 커버리지는 전국적으로 음영지역이 거의 없을 정도로 안정성을 확보하고 있기 때문에 RSU구축이 필수인 직접 통신 방식만으로는 지원할 수 없는 지역에서 다양한 ITS 서비스 제공이 가능하다. 따라서 많은 제조사나 C-ITS 사업에서 WAVE와 5G/LTE 기술이 접목된 OBU의 개발/활용이 진행되고 있다. 특히 C-V2X보다 WAVE의 표준화가 먼저 완료됨에 따라

다양한 WAVE 사용에 (usecase)가 구현, 서비스 되었고, 이후 C-V2X 표준화 완료와 칩셋 (chipset) 개발이 됨에 따라 C-V2X를 적용한 OBU를 이용한 실증이 이루어지고 있다.

3.2 Vehicle-to-Network-to-Everything

직접통신을 위한 V2X 모델을 통해 V2V와 V2I 서비스가 제공된다. V2V를 통해 기본안전메시지를 (BSM, Basic Safety Message) 송수신하여 전방추돌 경고(FCW, Forward Collision Warning), 교차로 이동 지원 (IMA, Intersection Movement Assist), 긴급 정지차량 경고 (Emergency Stop Warning) 등에 활용한다. 또한 노변기지국으로부터 교통신호정보 (SPaT, Signal Phase and Timing), 여행자 정보 (TIM, Traveler Information Message), 도로 상황경고 (Road Side Alert) 등을 직접통신을 통해 수신하여 주행에 활용할 수 있다. 여기에서 V2X에서 셀룰러 통신 모델은 교통상황에 대한 정보와 인포테인먼트 용도로 활용된다.

반면 V2N2X는 보다 적극적으로 네트워크를 활용하는 기술이다. 그림 1에서와 같이 차량 간 직접통신 뿐만 아니라 네트워크를 이용하여 기본안전메시지를 전달 할 수 있으며 셀룰러 기지국이 기존 RSU 기능을 대체하여 차량에 다양한 정보를 제공하는 역할을 한다. 또한 보행자의 스마트폰과 차량 간 V2N2P 통신을 통해 보행자 안전을 위한 다양한 서비스 제공이 가능하다. 표 1에서와 같이 5G는 전송률, 신뢰도, 지연, 지원단말 수 등에서 기존 V2X기술의 요구조건을 만족하여 보다 안정적으로 V2X 서비스 제공이 가능하며 다양한 서비스로 확대가 가능하다.

본 논문에서는 앞서 설명한 직접 통신 방식과 네트워크를 이용한 간접 통신 방식을 활용한 실시간, 대용량

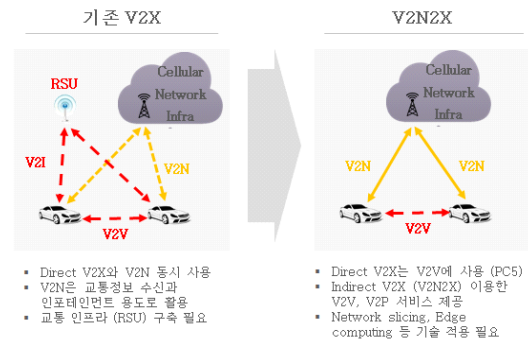


그림 1. V2X와 V2N2X 개념 비교
 Fig. 1. Concept of V2N2X

V2X 영상 전송 서비스를 위한 프로토콜을 제안한다.

IV. 네트워크를 이용한 V2X 영상전송 프로토콜

본 장에서는 5G-V2X 영상 전송 프로토콜을 제안한다. 구체적으로 기존 V2X 통신기술과 5G 네트워크를 동시에 활용하여 차량 간 기본안전 V2X 메시지뿐만 아니라 영상과 같은 고용량, 실시간 데이터를 안정적으로 송수신할 수 있는 방법을 제안한다.

네트워크를 이용한 V2X 서비스를 위해서는 5G 단말과 V2X 서버 간 연결 설정 (connection setup)이 필요하다. 5G 단말은 서버에 TCP/IP socket 방식으로 연결되어 주기적으로 V2X 메시지를 전송하며, 서버는 단말의 위치에 따른 수신 단말을 특정하는 역할을 한다.

그림 2는 제안하는 차량 간 직접통신과 네트워크를 이용한 간접통신 방식을 활용하여 데이터를 전송하는 모델이다. 제안하는 프로토콜 검증을 위하여 직접 통신에는 C-V2X, 간접 통신에는 5G 스마트폰을 활용하였으며 이후로 직접통신은 PC5, 간접통신은 Uu로 지칭한다.

동시 전송방식은 동일한 메시지를 Uu와 PC5를 통하여 동시에 전송하는 방식이다. PC5가 갖는 커버리지의 한계 및 브로드캐스트 방식으로 인한 데이터 손실을 막기 위해 Uu를 통해 동일한 메시지를 동시에 전송함으로써 셀룰러 통신망 커버리지 내 데이터 전송이 가능한 Uu의 장점을 활용한 방식이다. 위급한 상황이 발생하는 경우 V2X 메시지를 송신하는 이벤트 기반 서비스의 QoS 증대에 활용될 수 있다. 이 방식은 모든 데이터를 PC5와 Uu를 통해 동시 전송하기 때문에 고용량 데이터 전송 보다는 텍스트 형태의 메시지 전송에 적합하다.

영상과 같은 고용량 데이터 전송방식은 두 가지로 구분 된다. 첫 번째, 그림 3의 Announce 방식은 PC5

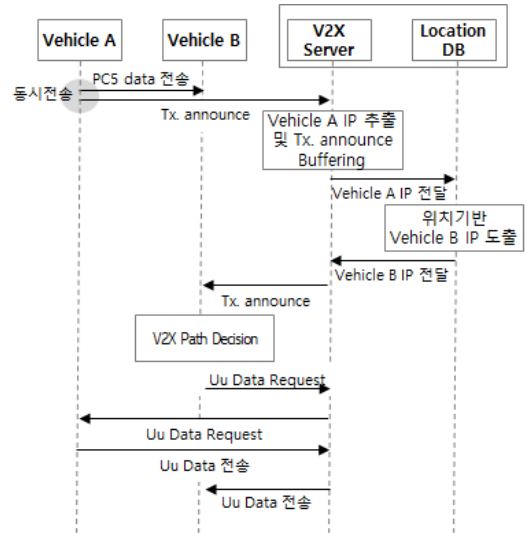


그림 3. Announce 방식
Fig. 3. Announce scheme

를 통해 V2X 메시지를 전송함과 동시에 Uu를 통해서 메시지 전송에 대한 알림을 보내는 방식이다. 알림메시지에는 송신하는 차량의 상태정보와 대용량 데이터 전송 여부를 포함하며 수신한 차량은 필요에 따라 데이터 수신여부를 송신 차량에 전달하여 대용량 데이터를 수신한다. 이때 5G 네트워크는 알림메시지와 데이터를 중계하는 역할을 한다. 두 번째, 그림 4의 Request 방식은 Announce의 주체를 송신 차량이 아닌 V2X 서버가 되는 방식이다. PC5 인터페이스를 통해서 BSM을 전송함과 동시에 Uu인터페이스를 이용하여 서버에 현재 상황에 대한 대용량 센서 데이터를 전송한다. 서버는 주변의 차량에 대용량 센서 데이터 공유가 있음을 알리고 수신을 원하는 차량은 서버로부터 이를 수신 받는다.

Announce 방식과 Request 방식의 가장 큰 차별점은 상향링크 트래픽을 줄일 수 있는지 여부이다. Request 방식은 상향링크 보다는 주변차량에서 판단에 따라 데이터를 수신하는 방식이기 때문에 불필요한 다운로드를 줄일 수 있다. 반면에 상향링크 데이터는 필요와 상관없이 차량에서 이벤트가 발생하면 서버로 대용량 데이터를 올리기 때문에 저지연이 필요한 데이터 보다는 LDM이나 관제와 같은 실시간, 대용량 데이터를 활용하는 서비스에 적합하다. Announce 방식의 경우 주변 차량에 PC5또는 Uu를 통해 상황에 대한 알림을 우선 보낸 후 대용량 데이터를 보낼지 여부를 판단하기 때문에 상향링크 데이터 사용을 줄일 수 있다.

1. 동시전송 방식	2. Announce 방식	3. Request 응답 방식
PC5와 Uu를 이용하여 메시지 동시 전송	대용량 데이터 전송이 필요한 상황을 주변차량에 전파 하고 요청이 있을 때 전송	대용량 데이터 전송이 필요 시 서버에 전송하고 요청한 차량이 데이터를 서버로부터 수신함
다수의 차량이 대용량 데이터 전송 시 Traffic 수용불가	대용량 데이터 수용이 가능함	DL traffic 감소

그림 2. 차량 직접 통신 인터페이스와 네트워크를 이용한 간접 통신 인터페이스를 이용한 영상 전송 프로토콜 비교
Fig. 2. V2X video transmission protocols using indirect communication interface.

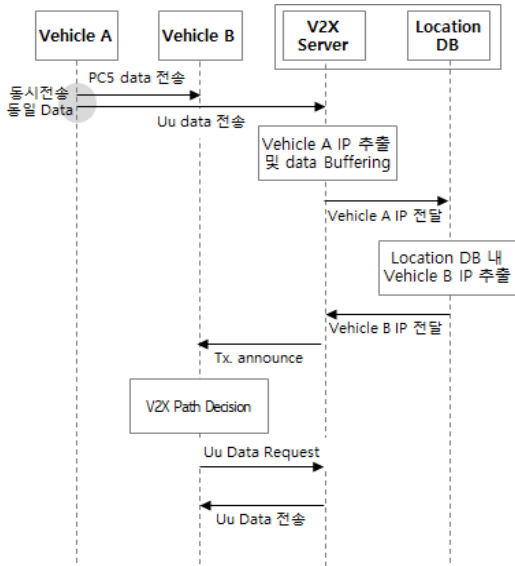


그림 4. Request 응답 방식
Fig. 4. Request and response scheme



그림 5. 5G-V2X 실증을 위한 단말 구성: 5G 스마트폰(좌)과 C-V2X OBU (우)를 연동하여 차량간 안전 메시지와 영상 전달
Fig. 5. 5G-V2X test device: 5G smart phone (left side) and C-V2X OBU (right side)

V. 실험

프로토콜 구현을 위해 그림 8과 같이 5G 커넥티비티를 제공하는 스마트폰과 C-V2X OBU로 구성된 단말 세트를 차량에 장착하며, 스마트폰과 OBU는 유선 인터페이스로 연결된다. 실증에 활용되는 스마트폰은 5G 커넥티비티 제공뿐만 아니라 메시지 생성과 전송, 수신 메시지를 분석하여 운전자나 자율주행 차량에 경고를 주는 역할을 한다.

앞서 설명한 프로토콜 중 Announce 방식의 프로토콜을 이용하여 차량 간 실시간 영상 전송을 검증하였다. 차량은 선행차와 후행차량으로 구분되며 선행차량에서 긴급정지, 급제동과 같은 상황을 BSM을 통해

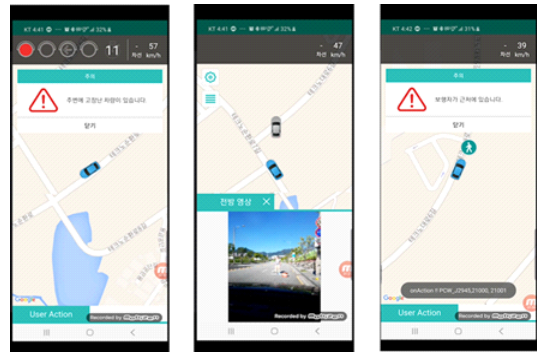


그림 6. V2X 실증 결과: (좌)후행 차량은 주행 경로 상에 긴급 정지차량이 있음을 수신 (중)선행차량으로부터 영상 수신 (우)V2N2P를 통한 보행자 안전 서비스
Fig. 6. V2X field trial results: (left) emergency stop vehicle warning, (center) receive the live video stream from the emergency stop vehicle, (right) V2N2P safety service

후행차량에 알린다. 본 테스트에서는 별도의 Announce 메시지를 사용하지 않고 BSM을 네트워크를 통해 전달하는 V2N2V 방식을 활용하였으며 수신한 BSM으로부터 선행차의 이상에 대해 인지한 후행차량은 실시간으로 선행차의 전방영상을 요청한다. 구체적인 다음과 같이 동작한다.

- 1) Vehicle A 영상 전송 이벤트 발생
- 2) Vehicle A C-V2X와 5G를 통해 각각 BSM과 영상전송에 대한 알림 메시지 전송
 - C-V2X를 통해 긴급제동, 동작 이상 등의 정보를 Vehicle B에 전달
 - V2X 서버에 영상 데이터 송신을 알림
- 3) V2X Server는 Vehicle A의 주변차량 정보를 바탕으로 목적차량 (Vehicle B)을 특정하고 주변차량으로부터 영상이 전송됨을 알림
- 4) Vehicle B는 Vehicle A로부터 받은 V2V 메시지를 통해 정보를 확인하고 영상 전송 요청
- 5) Vehicle A는 Vehicle B의 영상 전송 요청에 따라 사고 관련 영상을 전송하고 Vehicle B는 수신

프로토콜의 과정 2)에서 차량의 상태를 OBD (On Board Diagnosis) 를 통해 취득하고 이를 BSM에 반영하여 전송한다. 이와 동시에 영상 데이터를 V2X 서버에 보낼 수 있음을 알린다. 직접 서버에 영상 데이터를 전송하지 않는 것은 불필요한 데이터 사용을 줄이고 Vehicle A와 관련 있는 인접차량의 요청에만 영상을 제공하기 위함이다. 과정 3)에서 V2X 서버는 PVD를 통해 지속적으로 수집하는 차량의 정보를 이

용하여 Vehicle A 주변의 Vehicle B를 특정하고 Vehicle B에 영상 전송을 알릴 수 있다. 개인정보 보호를 위하여 차량 ID는 주기적으로 변경되며 서버에서도 변경사항을 추적하지 않는다^[11]. 따라서 서버는 영상전송 요청이 있을 경우에 한해 주변 차량의 정보를 통해 수신할 수 있는 차량을 특정하고 그 차량에 영상 전송 의사를 확인하는 형태로 개인 정보를 보호할 수 있다. 뿐만 아니라 네트워크를 이용하는 방식의 경우 HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) 등 재전송 방식을 적용할 수 있어 전송의 신뢰도 향상을 얻을 수 있다.

그림 6의 가장 좌측 그림과 같이 주변에 긴급정지 차량이 있음을 운전자에게 알리고 경로상 차량이 정지 차량이 있으면 실시간으로 영상을 재생하여 안전 운전을 유도한다. 본 실증을 통해 네트워크를 이용한 V2N2X 메시지 수신 지연은 수십 ms 이하로 V2X 요구사항은 만족한다. 현재 상용 5G를 이용하였으나 향후 네트워크 슬라이싱과 엣지 컴퓨팅을 적용할 경우 수 ms 이하의 지연으로 대용량 데이터 전송서비스 제공이 가능하다.

VI. 결 론

본 논문에서는 5G 네트워크를 이용한 V2X 영상 전송 프로토콜을 제안한다. 제안한 프로토콜은 기본 안전관련 메시지뿐만 아니라 영상이나 센서 정보 등과 같은 대용량 메시지를 전송하기 위해서 제안되었다. 제안한 프로토콜은 C-V2X OBU와 5G 스마트폰 단말 연동을 통해 실제 차량에 적용될 수 있음을 보였다.

References

[1] A. Festag, "Cooperative intelligent transport systems standards in Europe," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 12, pp. 166-172, 2014.

[2] J. B. Kenney, "Dedicated short-range communications(DSRC) standards in the United States," in *Proc. IEEE*, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, Jul. 2011.

[3] S. Chen, J. Ju, Y. Shi, Y. Pena, J. Fang, R. Zhao, and L. Zhao, "Vehicle-to-everything (V2X) services supported by LTE-based systems and 5G," *IEEE Commun. Standards Mag.*, vol. 1, no. 2, pp. 70-76, Jun. 2017.

[4] "Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services," 3GPP TR 22.886, V15.3.0, Sep. 2018.

[5] S. Kumar, S. Gollakota, and D. Katabi, "A cloud-assisted design for autonomous driving," in *Proc. First Ed. MMC workshop on Mob. Cloud Comput.*, pp. 41-46, 2012.

[6] S. Park, S. Lee, and J. Lee, "5G is opening the world of autonomous driving," *Broadcasting and Media Mag.*, vol. 24, no. 1, pp. 23-32, 2019.

[7] L. Hobert, et al., "Enhancements of V2X communication in support of cooperative autonomous driving," in *IEEE Commun. Mag.*, vol. 53, no. 12, pp. 64-70, Dec. 2015.

[8] "5GAA V2X Terms and Definitions," 5GAA TR A-170188.

[9] M. Mikami and H. Yoshino, "Field trial on 5G low latency radio communication system towards application to truck platooning," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E102.B, no. 8, Feb. 2019.

[10] M. Muhammad and G. Ali Safdar, "Survey on existing authentication issues for cellular-assisted V2X communication," *Veh. Commun.*, vol. 12, pp. 50-65, 2018.

[11] V. Kumar and W. Whyte, "Performance analysis of existing 1609.2 encodings v asn. 1," *SAE Int. J. Passeng. Cars-Electron. Electr. Syst.*, vol. 8, no. 2, pp. 356-363, 2015.

이 석 원 (Seokwon Lee)



2008년 : 연세대학교 전기전자공학부 졸업
 2018년 : 연세대학교 전기전자공학부 박사
 2018년~현재 : KT 융합기술원 <관심분야> 5G 네트워크, V2X, 자율주행

[ORCID:0000-0002-8742-2446]

이 종 식 (Jong-sik Lee)



1996년 : 서울대학교 전기전자
공학과 졸업

1998년 : 서울대학교 전기전자
공학과 석사

2018년~현재 : KT

2020년~현재 : KT 융합기술원 인
프라연구소장

<관심분야> 3G, Mobile WiMAX, LTE, 5G