

하이브리드 V2X 통신시스템의 응용서비스 성능 평가를 위한 시나리오 설계 및 분석 연구

이성훈^{1*} · 이창교¹ · 변상봉¹ · 조수현² · 조현규²

Design and Analysis of a Scenario for Evaluating Application Service Performance of a Hybrid V2X Communication System

Sung-Hun Lee^{1*} · Chang-Kyo Lee¹ · Sang-Bong Byun¹ · Soo-Hyun Cho² · Hyun-Kyu Cho²

^{1*}Senior Researcher, Convergence Technology Research Division, Gumi Electronics & Information Technology Research Institute, Gyeongsanbuk-do Gumi, 39253 Korea

²Principal Researcher, Convergence Technology Research Division, Gumi Electronics & Information Technology Research Institute, Gyeongsanbuk-do Gumi, 39253 Korea

요약

자동차산업과 ICT 기술의 융합 분야는 크게 상용서비스 분야와 Cooperative - ITS (C-ITS) 서비스 분야로 나뉠 수 있다. C-ITS 서비스 분야는 더 안전한 운송, 더 친환경적이고 효율적인 교통, 및 더 예측가능하고 생산적인 이동성을 제공하는 것을 목표로 하는 분야로서 V2X 통신기술이 사용되고 있다. 최근 이슈가 되고 있는 자율주행자동차와 커넥티드 카의 융합을 위해서는 높은 데이터 전송율과 낮은 전송 지연, 그리고, 낮은 전송 오류율을 요구한다. 이를 위하여 최근의 WAVE와 C-V2X (LTE-V2X, 5G-V2X) 성능 비교에 관심이 증폭되고 있으며, 통신 기술별 응용서비스들이 연구되고 있다. 본 논문에서 하이브리드 V2X 통신시스템의 응용서비스 성능평가 방법에 대해 설계하였고, 패킷에러율 (PER) 성능의 감소는 차량속도가 아닌 통신 거리의 증가에 의해 발생하는 것으로 보이는 결과 등을 확인하였다.

ABSTRACT

The convergence of the automotive industry and the ICT technology can be broadly divided into the commercial service sector and the Cooperative-ITS (C-ITS) service sector. The C-ITS service sector is using V2X communication technology as a field that aims to provide safer transportation, more green and efficient transportation, and more predictable and productive mobility. The recent convergence of self-driving cars and connected cars requires high data rates, low transmission delays, and low transmission error rates. Interest in comparison of performance between WAVE and C-V2X (LTE-V2X, 5G-V2X) has been amplified and application services by communication technology are being studied. In this paper, we design the application performance evaluation method of Hybrid V2X communication system and confirm that the decrease of packet error rate (PER) performance is caused by the increase of communication distance, not the vehicle speed.

키워드 : 차량간 통신, 지능형교통시스템, DSRC, 자율주행, 커넥티드 카

Keywords : V2X, C-ITS, DSRC, Autonomous drive, Connected vehicle

Received 5 November 2018, Revised 3 December 2018, Accepted 20 March 2019

*Corresponding Author Sung-Hun Lee(E-mail:leesh@geri.re.kr, Tel:+82-54-460-9036)

Senior Researcher, Convergence Technology Research Division, Gumi Electronics & Information Technology Research Institute, Gyeongsanbuk-do Gumi, 39253 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.4.423>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 4차 산업혁명 시대의 도래가 언급되면서, 인공지능, AR/VR, 5G 이동통신, 자율주행차 등 새로운 기술과 서비스들의 출현 속도가 점점 빨라지고 있으며, C-ITS 분야도 새로운 기술들과 융합이 되고 있다. 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. C-ITS의 핵심적 중추 기능인 차량, 도로 장비, 보행자 및 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[1-3]. 이러한 추세를 반영하듯 기존에는 ITS나 차량들과의 연관성이 적은 업종에서도 ITS 관련 사업에 진출을 하는 기업들이 늘어나고 있다[4]. 세계 최대 무선통신 반도체 업체인 퀄컴 및 LG전자에서는 이동통신 기반의 V2X 등 차세대 커넥티드카 솔루션 개발을 시작하고 있다. 커넥티드카의 핵심은 이동통신기술이며, 4G(LTE-A)와 5G 통신 기술 및 서비스가 주요한 이슈가 되고 있다. 구글의 자율주행자동차와 테슬라의 오토파일럿 자동차 등의 사고를 보면 알 수 있듯이 도로 변 시설물들과 실시간 통신을 통하여 교통정보를 제공받으면 훨씬 더 안전한 자율주행자동차가 개발될 것으로 기대되고 있다. 따라서 자율주행자동차가 주행하면서 도로 인프라 및 다른 차량과 지속적으로 상호 통신하면서 교통상황 등 각종 유용한 정보를 교환 및 공유할 수 있도록 하는 V2X 통신이 주목받고 있다. 이는 자동차끼리 직접 또는 거리에 설치되어 있는 인프라와 전방 교통정보, 차량 접근, 충돌 가능성 등의 정보를 주고받고 사고가 예측될 시 자동차를 제어한다는 점에서 사고를 예방하거나 연속 사고 발생을 막는데 효과적이라 할 수 있다. V2X 통신 기술은 자율주행자동차의 핵심 기술 중 하나로서 이를 통해 자동차는 단순한 개인의 이동수단이 아니라 사회적 인프라로서의 역할도 수행하게 된다.

V2X 통신으로 WAVE, LTE 및 5G 통신이 거론되고 있는데, WAVE 통신기술은 실시간성, 신뢰성 및 보안성이 높고 실시간 V2V 통신이 가능해 교통사고 예방을 위한 안전데이터 전송에 유리하며, LTE 및 5G 등 상용 이동통신은 넓은 통신 거리, 빠른 전송속도의 장점으로

넓은 범위에서의 미디어 데이터 전송에 유리하다. 미국, 유럽 및 국내에서는 상시연결성 제공을 위해 WAVE 통신과 이동통신을 융합한 하이브리드 V2X 통신 시스템을 개발하여 각 통신의 장점을 최대한 활용하는 방향으로 진행하고 있다.

자율주행차는 운전자가 담당했던 인지/판단/제어 절차를 차량 센서를 통해 스스로 수행한다. 카메라, 라이다, 초음파, 측위센서로 주행환경에 대한 데이터를 수집하며, 각종 인식기술 및 지도정보 등을 종합하여 경로를 판단하고 최종적으로 조향, 가감속을 제어하여 자율주행을 수행하게 된다. 현재 수준인 LTE 수준에서는 승차 공유, 차량 공유, 택시 예약, 카풀 서비스 등의 이동성 서비스와 주문형, 주차, 정비, 세차, 주유 서비스 등이 제공되고 있지만, 향후 주문형 자율주행 교통 서비스, 자율주행 물류 배송 서비스, 자율주행 차량 관리 서비스, 자율주행 콘텐츠 서비스 등의 차세대 서비스로의 진화를 위해서는 5G의 도입이 필수적이며, 인텔 보고서는 2050년 관련 시장 규모를 3조 7천억 달러로 예상하고 있다[5-6].

본 논문의 구성을 다음과 같다. 2장은 관련연구로 하이브리드 V2X 통신시스템의 개발 동향에 대해 기술한다. 또한 최근의 WAVE와 C-V2X (LTE-V2X, 5G-V2X) 통신 기술별 응용서비스의 연구동향을 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 하이브리드 V2X 통신시스템의 응용 서비스 성능평가 방법에 대해 논한다. 마지막으로 4장에서는 결론에 대해 기술하고 본 연구가 갖는 의미 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

II. 본 론

2.1. 하이브리드 V2X 통신시스템 개발동향

WAVE(Wireless Access Vehicular Environment)는 차량 간 통신을 위한 표준이며 현재 WAVE는 미국의 국가 ITS의 기반이 되고 있기 때문에, 미국의 정부, 자동차 제작 회사 및 서비스 사업자들이 적극 참여하고 있다. LTE-V2X는 3GPP Rel.14에 반영된 기술로 D2D에서 단말간의 인터페이스로 정의하였던 PC5와 기지국과 단말간의 인터페이스를 이용한 서비스를 지원한다. 현재 전국적으로 구축되어 있는 LTE 망을 이용하여 대용량 교통정보 기반 교통 서비스를 제공함에 따라 경제성 면

에서도 효율성이 높을 것으로 예측된다. LTE 기반 V2X 통신은 3GPP Rel.12와 Rel.13 규격에서 Prose로 불리는 D2D 통신에 기반을 두며, 3GPP Rel.14 규격에서 표준화가 진행되었고, 상대 속도 500km/h의 높은 도플러(High Doppler)까지 지원하기 위해 하나의 서브프레임 안에 DMRS(Demodulation Reference Signal) 신호의 밀도를 2배로 증가시키다. 3GPP Rel.14에서 V2X 동작을 위한 시나리오를 정의하고, 성능 평가결과를 바탕으로 V2V, V2P 및 V2I/N을 지원하기 위한 기술들을 연구하였고 총 27종류의 서비스에 대한 Use Case가 도출되었으며, 도출된 서비스는 대부분이 충돌경고, 고장차량 경고, 차량정체 경고, 사각지역 보행자 경고 등 운전자 및 보행자의 안전 관련된 서비스가 주를 이루고 있으며, 차량 유지관리 및 차량 보수에 대한 필요 등을 알려주는 편의 기능도 포함된다.

3GPP는 LTE-V2X의 성능 개선을 통해 차량 군집(Vehicles Platooning), 확장된 센서(Extended Sensors), 진보된 드라이빙(Advanced Driving), 원격주행(Remote Driving) 등 다양한 Use Case를 정립하였다[7-10]. 3GPP Rel.15에서는 Rel.14 LTE-V2X의 기틀을 유지하면서 성능을 개선하기 위해 CA(Carrier Aggregation), 송신 다이버시티(Transmit Diversity) 등을 지원하여 수율(throughput)을 높이고, 통신 신뢰성을 향상하는 것을 목표로 표준을 진행하였다[11-12]. 추가적으로 3GPP NR(New Radio) 등의 5G의 기술을 기반으로 하는 eV2X의 표준화가 진행 중이고, 정립된 다양한 Use Case를 제공할 수 있다.

유럽의 ITS 단체인 ERTICO에서 C-ITS 서비스를 위한 기술 가이드에서 WAVE 통신 단독 구축보다는 셀룰라 이동통신과의 융합을 통해 경제성, 안전성, 신뢰성 및 편의성을 확보하도록 하이브리드 V2X 통신 검토를 권고하고 있다. 또한 미국도 CVRIA(Connected Vehicle Reference Implementation Architecture) 등 여러 프로젝트를 토대로 정부에서 의회로 지난 2015년 7월에 Report to Congress를 제출하였는데, 안전관련 서비스의 제공을 위해 현재 적용 가능한 WAVE(5.9GHz DSRC) 통신 기술을 활용하되, 짧은 지연시간과 빠른 접속이 필요하지 않은 소통 정보 제공, 길 찾기 서비스 등의 편의 관련 서비스는 셀룰라 통신 등 다른 통신수단의 적용이 가능하도록 하였다.

Table. 1 Performance Comparison of 5G, LTE, WAVE

Category	5G eV2X			LTE V2X	WAVE (DSRC)
	eMBB	URLLC	mMTC		
Data Rate	Very high (Max 20Gbps)	Middle	Low	High (Max 100Mbps)	Little high (Max 54Mbps)
Reliability	High	Very high	High	High	Middle
Latency	Middle	Very short (<10ms)	Middle	Middle (<100ms)	Middle (<100ms)
Density	Middle	Middle	Very high (per square km 10 ⁶)	Middle	Bad
Mobility	superprecision (Max 500 km/h)			High (Max 160km/h)	High (Max 200km/h)
Positioning	superprecision (<0.1m)			Precision (<50m)	Precision (<50m)
Coverage	Width (approximate within several kilometers)			Very wide (approximate kilometers)	Narrow (250m average to 350m)
V2I & V2N	Advantageousness			Advantageousness	inconvenience

표 1에서 DSRC는 WiFi와 유사한 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 기법을 기반으로 차량 밀도가 증가하면 급격히 성능이 열화되는 문제가 발생하는데 반해 LTE-V2X 및 5G eV2X는 보다 개선된 자원 할당 및 채널 접속 기법을 도입하고 보다 넓은 주파수 대역에서 동작하는 기능을 보유함으로써 해당 문제에 보다 강하며, V2I와 V2N 통신은 LTE 및 5G 기반 V2X는 기존 셀룰라 인프라를 활용하여 주행자가 상황 인식을 조금 더 잘 할 수 있는 것으로 예상하고 있다. 또한 위치 정밀도 30cm 근거하여 도로폭 3.5m, 일반적인 차폭 2m, 양쪽으로 0.75m의 여유를 둔 경우, 여유분의 1/2인 0.375m 정확도를 요구된다. 지연 10msec 근거는 최대 조향 횟수는 초당 10회, 10회의 오버샘플링을 가장하면 제어 정보 갱신 주기는 10msec 요구되고, 도심지에서의 차량 밀도는 6-12미터마다 1대의 차량이 존재, 각 방향으로 3개 차선이 존재하는 경우를 고려하

고 있다.

3GPP와 5GAA를 중심으로 고속도로와 혼잡 도심 도로 교통 상황을 반영한 복수 차량 이동 환경을 모델링하여 4G와 5G 표준화 기술 설계에 적용한 시뮬레이션을 수행한 연구결과에서는 정상 데이터 패킷 수신율 90% 기준유효 전송 커버리지를 IEEE802.11p 대비 LTE SL Tx mode 4가 최소 40% 이상 확보함을 보였다고 하지만 성능 편차는 상기 기술 간 환경 조건에 따른 차이점이 있으므로 주요 요인들에 대한 면밀한 검토가 필요하다 [13].

2.2. V2X 통신시스템 기반의 응용서비스

세계적으로 공공용도의 C-ITS 서비스를 제공하기 위한 주파수는 5.9GHz를 고려하고 있으며, 이 주파수에서 IEEE802.11p를 활용한 DSRC/ETSI ITS-G5 와 LTE 기반의 C-V2X(Cellular V2X) 기술인 LTE-V2X 기술이 공존하고 있다. 5.9GHz에서의 C-V2X서비스로 다양한 통신 방식들이 검토되고 있지만 안전 관련 응용서비스에서는 매우 낮은 전송지연을 지원해야 한다.

응용서비스 정의가 명확해야 통신반경, 서비스 대역폭, 주파수 등을 결정할 수 있으며 단순 교통정보, 안전 정보, 대용량 차량데이터 등 성격과 요구분석(Use Case)에 따라 공공측면의 보편적 제공 서비스 분류가 필요하다.

표 2는 일반적으로 대표적인 요구분석(Use Case)이며, 3GPP Rel.15 TR22.886에서는 일반주행(General), 군집주행(Platooning), 운전자 보조주행(Advanced driving), 원격주행(Remote driving) 등 25가지를 정의하였다. 국내에서는 자동차 정보를 연계한 교통 서비스가 디지털 운행기록계 정보를 이용하는 등 제한적으로 사용되고 있다.

현재 C-ITS에 활용하기 위한 차량 정보의 표준화는 이미 미국(SAE)과 유럽(ETSI)에서 메시지 표준으로 마련되어 있고 국내 표준화(ITSK)도 진행 중에 있다. 교통 부분에서는 정밀측위가 보장되는 위치정보, 개별차량의 상태정보, 많은 차량의 경로정보, 다양한 도로변 센서들의 정보(돌발 상황, 국지적 기상정보, 이벤트 정보 등) 등이 C-ITS 적용 이후에 얻을 수 있는 새로운 정보들이다. 이러한 수많은 정보는 새로운 서비스의 개발과 보다 세밀한 셀단위 교통운영관리, 교통정보의 신뢰도 향상 등을 기대할 수 있다.

Table. 2 V2X Use Case

Use Case	Reliability (%)	Message Size (Bytes)	Latency (ms)	Data Rate (Mbps)	Range (m)	Maximum frequency (Hz)
Collective perception	set1	99	1600	100	-	40
	set2	99.999(e) 99.99(o)	1600	3	Preprocessed data: 50Mbps, raw data: 1Gbps	100
Video data sharing	set1	90	-	50	10 (720p & 30fps)	100
	set2	99.99	-	10	100-700(1280 x720p and 30fps)	500
Intersection safety information provisioning	-	450 (RSU: 50 packet/s)	-	0.5(DL) 50(UL)	-	-
Cooperative lane change(CLC)	set1	90	300-400	25	-	-
	set2	99.99	12k	10	-	-
Emergency trajectory alignment(EtrA)	99.999	-	3	30	500	-
Vehicle platooning	set1	90	300-400	25	-	-
	set2	-	50-1200	10	-	-
Sensor and state map sharing	90	-	10	25	-	-
Remote driving (up to 250km/h)	99.999	-	5	1(DL), 20(UL)	-	-
Automotive cooperative driving for short distance grouping	set1	90	300-400	25	-	-
	set2	99.99	1200every 25ms	10	-	80
Cooperative collision Avoidance(CoCA)	99.99	2k	10	10	-	-
Information sharing for limited automated driving	-	-	100	UE-UE : 0.55 UE - RSU : 0.5	278(u) 556(s) 694(a)	10
Information sharing for full automated driving	-	-	100	UE-UE : 53 UE - RSU : 50	139(u) 278(s) 347(a)	-
Information sharing for limited automated platooning	-	-	20	UE-UE : 2.75 UE - RSU : 2.5	278(u) 556(s) 694(a)	50
Information sharing for full automated platooning	-	-	20	UE-UE : 65 UE - RSU : 50	139(u) 278(s) 347(a)	-

(e) : emergency, (o) : otherwise
(u) : urban, (s) : sub-urban, (a) : Autobahn

단일 차량 또는 소수의 차량을 이용한 자율주행 시범 서비스인 경우 4G 이동통신 기술을 활용하여 대다수의 기능 구현 가능하지만 WAVE 기술은 상대적으로 짧은 전송 거리 및 낮은 전송 속도로 인해 제한적인 자율 주행 기능의 구현이 가능하다. 주변차량의 이동 정보 및 교통 인프라의 신호정보 등 모든 정보를 공유하는 V2X 통신 기술은 교통량에 상관없이 그 안정성이 확보되어야 한다. 그림 1에서는 도심 주행 환경은 교통량이 시간대 별로 급격히 변화하며, 이에 따라 공유되는 정보의 양도 크게 변하므로 교통량 변화에 강건한 성능 보장을 위해선 지연시간, 안정성, 통신범위, 정보량 등이 크게 향상된 통신 기술이 필요하다.



Fig. 1 Positioning by communication technology by self-driving function/service(Sources: Huawei)

III. 하이브리드 V2X 통신시스템의 응용서비스 분석 및 평가방법

3GPP에서 진행하고 있는 C-V2X (Cellular V2X)에서는 다양한 요구분석(Use Case) 중에서 차량 간 정보 공유를 100ms로 제안하였으며 이를 5G기반 자율자동차 데이터 분석 서비스의 5G 핵심성과지표(KPI: Key Performance Index)로 제시하였다. 표 3에서는 지연시간이 100ms로 요구하는 근거는 보험사에서 자율주행자동차 사고 발생 시 사고 책임을 정확히 판단하기 위해 사고 당시 상황을 100% 재현해야 할 필요가 있으며, 사고 발생 시의 주변 차량의 속도/거리/차량 자체의 ECU 정보 등의 정보를 실시간으로 공유하기 때문이다.

Table. 3 Requirements for sharing information in Rel.15

Use Case	Latency (ms)	Data Rate (Mbps)	Range (m)
Information sharing for full automated driving	100	UE-UE : 53 UE - RSU : 50	139(u) 278(s) 347(a)
(e) : emergency, (o) : otherwise (u) : urban, (s) : sub-urban, (a) : Autobahn			

C-ITS에서는 5.9GHz를 고려하고 있으며, 이 주파수에서 IEEE802.11p를 활용한 DSRC/ETSI ITS-G5와 LTE 기반의 C-V2X(Cellular V2X) 기술인 LTE-V2X 기술이 경쟁하고 있다.

그림 2에서는 사용 가능한 통신 기술인 IEEE802.11p / ETSI ITS-G5와 3G 및 4G 셀룰러 표준을 사용하는 것을 보여주고 있다.

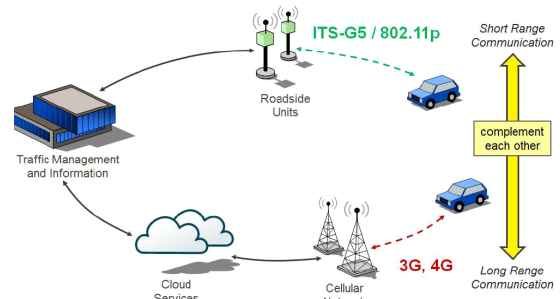


Fig. 2 Hybrid V2X Communication System-Based C-ITS (Sources: C-ROADS)

ITS 용도 지정 대역 (예, 5.9 GHz)은 공공 안전 서비스를 위한 위치기반 차량데이터 수집 정보교환을 하게 되며 V2X 기반 교통안전 서비스의 정확한 성능 평가가 이루어져야 한다[14].

따라서 도로의 소통정보, 위험에 대한 안전정보를 제공하기 위해 도로를 주행하는 차량의 차량단말기(OBU : On Board Unit)로부터 위치기반 차량데이터인 차량의 상태정보와 위치정보, 운행정보를 실시간으로 수집하고 ITS 센터의 서버에 저장되어야 한다. 이러한 V2X 기반 응용서비스의 성능 검증을 하기 위한 중요한 시험 항목으로는 신뢰성(Reliability)과 보전성(Retainability)이 요구된다.

신뢰성(Reliability)은 특정 지연 내에서 설정된 바이

트의 전송 성공 확률로 정의할 수 있다. 무선 프로토콜 계층 2/3 SDU(Service Data Unit) 진입 점에서 무선 프로토콜 계층 2/3 SDU(Service Data Unit) 입구 점으로 특정 데이터 패킷을 특정 채널 품질에서 전달하는 데 걸리는 시간 측정이 중요하다. 또한 보전성(Retainability)은 사용자가 서비스에 연결된 상태에서 원하는 지속 기간 동안 단말기가 서비스를 유지할 수 있는 네트워크 성능을 평가로 CDR(Call Drop Rate), 통화 설정 완료율을 의미한다.

따라서 V2X기반 응용서비스가 실제 도로상에서 정확하고 효과적으로 운영되는지 검증은 위해서는 차량과 인프라 간 및 차량 간 통신성능 분석이 필요하다. 차량 주행 중에 고속의 단문메시지 교환을 수행하므로 통신시스템에서 요구하는 높은 데이터 전송율, 낮은 전송 지연, 낮은 전송 오류율을 지원해야 한다. 본 논문에서는 WAVE와 LTE-V2X 통신을 통하여 도로 주행시 차량 속도가 높아지면 차간 거리가 길어져서 통신거리에 따른 패킷에러율(PER, Pack Error Rate)을 분석하였다.

최대통신범위는 통신형태에 따라 다르게 계산하지만 전방최대통신거리와 후방최대통신거리는 시험구간 내에서 수신된 메시지들의 통신거리 중 가장 긴 통신거리로 결정된다. 따라서 각 패킷별 통신거리를 구하기 위해서, 각 개별 수신로그라인에 저장된 송신좌표와 수신좌표의 차이를 계산하며, 도초 단위의 경도/위도 값을 다음 수식에 대입하여 계산한다. 결과는 미터 단위의 거리 값이다. 각 패킷 별로 통신거리를 분석한 후, 시험구간 내에서 수신된 패킷들에 대한 통신거리 계산 결과 중 가장 긴 통신거리를 최대통신거리로 선정한다.

$$MaxDist_i = MAX(D_i(Msg_k)) \quad 1 \leq k \leq R_xMsgNum_i \quad (1)$$

수식 1의 $MaxDist_i$ 는 장치 i 로부터 수신된 메시지들 중 가장 긴 통신거리이며, $D_i(Msg_k)$ 는 장치 i 로부터 수신된 k 번째 메시지의 통신거리이고 $R_xMsgNum_i$ 은 장치 i 로부터 수신된 메시지 수이다.

평균 PER은 시험구간 내에서 수신된 메시지들 중 유효통신거리 내에서 수신된 메시지들 전체를 대상으로 다음과 같이 계산한다.

$$AvgPER_i(R_v) = 100 - \frac{R_xMsgNum_i(R_v)}{ExMsgNum_i(R_v)} \times 100 \quad (2)$$

수식 2의 $AvgPER_i(R_v)$ 는 전체 유효통신구간(R_v) 내에서 장치 i 로부터 수신된 메시지들에 대한 평균 PER이고, $R_xMsgNum_i(R_v)$ 는 R_v 내에서 장치 i 로부터 수신된 메시지들의 수, $ExMsgNum_i(R_v)$ 은 R_v 내에서 장치 i 가 송신한 메시지들의 수이다.

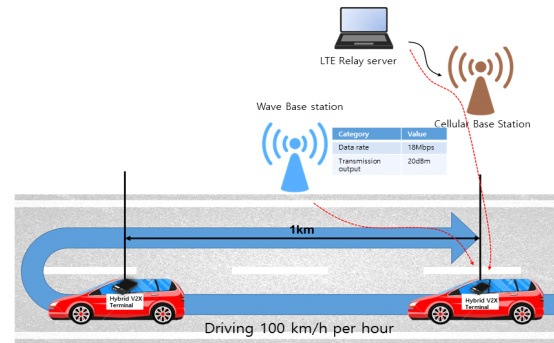


Fig. 3 Performance Test Structure of Hybrid V2X Communication Systems

자율주행을 위한 안전메시지와 대용량 정보를 동시 전달할 수 있는지 여부를 검증하기 위한 시험으로 WAVE와 LTE-V2X 통신을 통하여 각각의 데이터를 전송하고 하이브리드 V2X 단말기에서 통합하여 수신되는 데이터량을 측정하였다. 시험에서는 한 개의 WAVE 기지국과 LTE 기지국이 사용되며, 기지국 전후 500m 구간을 시속 80km/h로 왕복 주행하여 나타나는 결과를 평균하여 처리량(Throughput)을 측정한다. 또한 차량은 동시에 LTE-V2X 기지국을 통해 LTE-V2X 서버의 트래픽 측정 서버에 접속하여 데이터를 수신하며 처리량(Throughput)을 측정하면 된다.

그림3에서는 하이브리드 V2X 통신 시스템 성능 측정 및 확인을 위해 시험 시나리오와 같이 센터, 기지국(WAVE, LTE), 하이브리드 통신 단말기를 배치하고, 송신 모드를 18Mbps로 설정하여 기지국 전후를 왕복 주행하면서 시험하는 것을 보여주고 있다. 시험결과는 누적 수신량(Mbits)와 누적 평균 전송량(Mbit/sec)로 계산한다. 그림 4은 하이브리드 통신 단말에서는 수신된 패킷으로부터 측정된 결과값을 보여주고 있다.

```

L1ETRSEC,790.00-791.00,14.080000,14.700000,18.025986,10263.760000,13.605120,500.000000,7979.679375,13.450820,E
WAVTRSEC,791.00-792.00,8.080000,8.430000,17.670236,4881.289063,E.462769,500.000000,3899.087500,E.562874,E
L1ETRSEC,791.00-792.00,15.600000,16.400000,17.670236,10279.360000,13.608649,500.000000,7994.279375,13.455554,E
WAVTRSEC,792.00-793.00,7.994976,9.370000,17.638762,4889.278487,E.465174,500.000000,3507.041875,E.565770,E
L1ETRSEC,792.00-793.00,16.800000,17.600000,17.638762,10296.160000,13.613692,500.000000,8041.079375,13.463152,E
/*Spec#3: Interrupt - the client has terminated
    
```

Fig. 4 Test result log of Hybrid V2X Communication Systems

V2X 통신시스템에서 데이터량과 통신형태에 따라 필요한 전송용량 차이로 인해 발생하는 패킷에러율을 분석하였고 데이터의 길이가 길어질수록 성능은 급격히 감소하며, 통신속도가 증가할수록 동일 크기의 데이터를 전송하는데 소요되는 시간이 짧으므로, 충돌 확률이 감소하여 패킷에러율이 증가함을 알 수 있었다.

IV. 결 론

자율주행자동차의 안전 주행을 위해 실시간 교통정보를 전송하기 위한 상시연결성, 신뢰성 등의 확보를 위해 WAVE 통신, 4G 및 5G 통신 등 다양한 통신 방식의 융합이 필요한 것에 대해 세계적으로 공감대가 형성되었으며, 미국, 유럽 및 한 국을 중심으로 활발하게 하이브리드 V2X 통신 개발 및 서비스 시행이 진행되고 있다.

본 논문에서는 V2X 통신 기반 차량 시스템은 기존 차량시스템과는 달리 개발 및 평가에 실제 도로 주행 환경과 통신환경이 복합적으로 고려되어야 하기 때문에 실차 환경에서 다양한 시나리오에 대한 검증과 평가가 어렵다. 그러나 V2X 자율주행 서비스 제공 위한 차량 정보 전송 데이터 등에 대한 고신뢰도 통신 성능 시험이 요구되므로, 본 연구 결과를 통해서 응용서비스 기능 평가 시나리오들을 도출하여 성능분석 및 검증으로 활용할 수 있으리라 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by 2019 Autonomous car key technology development projects by KEIT and MOTIE, Republic of Korea. [10080063, Development of Hybrid V2X Communication Module for Autonomous Driving]

REFERENCES

- [1] Apostolos Papathanassiou, and Alexey Khoryaev, "Cellular V2X as the Essential Enabler of Superior Global Connected Transportation Services," *IEEE 5G Tech Focus*, vol. 1, no. 2, June. 2017.
- [2] NGMN Alliance. Perspectives on Vertical Industries and Implications for 5G [Internet]. Available: <http://www.ngmn.org>.
- [3] Peter. Lam. (2017, March). Smart Mobility Consortium & Vehicle - to- Everything (V2X), Hong Kong's Smart Mobility Consortium [Internet]. Available: <https://www.hkt.com/staticfiles/PCCWCOrpsite/>
- [4] ETSI, "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3 : Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service," ETSI TS 102 637-3 V1.1.1, 2010.
- [5] GSM Association. Cellular-Vehicle to Everything (C-V2X) [Internet]. Available: <https://www.gsm.com>.
- [6] 5G Forum, 5G Convergence Service Scenarios Report [Internet]. Available: <https://www.5gforum.org/opensource>.
- [7] 3GPP, "Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services (Release 14)," TR 22.885 v14.0.0, December. 2015.
- [8] 3GPP, "Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers (Release 14)," TR 22.891 v14.2.0, September. 2016.
- [9] 3GPP, "Service requirements for V2X services - Stage 1 (Release 14)," TS. 22.185 V14.3.0, March. 2017.
- [10] 3GPP, "Vehicle-to-Everything (V2X) services based on LTE - User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 14)," TR 22.891 v14.2.0, March. 2017.
- [11] 3GPP, "Service requirements for enhanced V2X scenarios (Release 15)," TS 22.186 v15.0.0, March. 2017.
- [12] 3GPP, "Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release 15)," TR 22.886 v15.1.0, March. 2017.
- [13] B. G. Kim, H. Y. Yoon, J. H. Yi, S. G. Park, and S. H. Choi, "Comparison of 3GPP LTE-Based V2V Communication and IEEE 802.11p Communication in Urban environments," in *Proceeding of Annual Symposium on Korea Institute of Communication Science*, pp. 151, Jun. 2018.
- [14] H. K. Jung, S. H. Yoon, S. G. Jin, and S. H. Jang, "Analysis of V2X Communication Performance of Large Vehicle on Expressway," in *Proceeding of Annual Symposium on Korea Institute of Communication Science*, pp. 500-501, Nov. 2016.



이성훈(Sung-Hun Lee)

구미전자정보기술원 선임연구원
광운대학교 컴퓨터공학과 공학박사
광운대학교 전자공학과 공학석사
※관심분야 : 무선통신네트워크, Cross-layer network design



이창교(Chang-Kyo Lee)

구미전자정보기술원 선임연구원
금오공과대학교 모바일공학과 공학석사
※관심분야 : 이동통신 네트워크, 전기전자



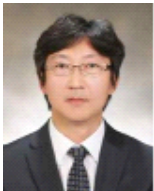
변상봉(Sang-Bong Byun)

구미전자정보기술원 선임연구원
금오공과대학교 전자공학과 공학박사
※관심분야 : SoC, 영상처리, 시리얼 인터페이스



조수현(Soo-Hyun Cho)

구미전자정보기술원 센터장(책임연구원)
금오공과대학교 컴퓨터공학과 공학박사
금오공과대학교 컴퓨터공학과 공학석사
※관심분야 : 무선통신기술, 네트워크 보안



조현규(Hyun-Kyu Cho)

구미전자정보기술원 본부장(책임연구원)
금오공과대학교 컴퓨터공학과 공학박사
금오공과대학교 컴퓨터공학과 공학석사
※관심분야 : 무선통신기술, 네트워크 보안