

# 변조 기법과 데이터 전송률에 따른 DSRC의 신뢰성 실증에 관한 연구

권동윤, 김정태, 김대원, 구석주, 최신욱, 최지웅\*  
대구경북과학기술원 정보통신융합전공

{kwondy0131, knight27.kim, eodnjs1851, tjrw330, lmy0829, \*jwchoi}@dgist.ac.kr

## Reliability of DSRC Communication Depending on the Modulation Scheme and Data Rate

Dongyoon Kwon, Kyungtae Kim, Daewon Kim, Seokjoo Koo,  
Sinuk Choi, and Ji-Woong Choi\*

Department of Information and Communication Engineering  
Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)

### 요 약

본 논문은 V2X (Vehicle-to-Everything) 통신 기술인 DSRC (Dedicated Short Range Communication)가 적용된 RSU (Road Side Unit)와 OBU (On-Board Unit)를 각각 육교와 차량에 배치하여 실제 주행 환경을 모사한 뒤, MCS (Modulation and Coding Scheme)를 조정하며 실증을 통해 PDR (Packet Delivery Ratio)을 분석한다. 또한 측정된 PDR을 토대로 V2X 시나리오에서 요구되는 통신 QoS (Quality-of-Service)를 만족하는 통신 범위를 비교한다.

### I. 서론

V2X (Vehicle-to-Everything) 기술은 차량이 다른 차량 (V2V), 인프라 (V2I), 또는 보행자 (V2P) 등의 객체와 무선으로 정보를 교환하는 차량 외부 무선 통신 기술이다 [1]. V2X의 핵심 기술로는 대표적으로 Wi-Fi 기반의 DSRC (Dedicated Short Range Communication)와 셀룰러 통신망 기반의 C-V2X (Cellular V2X)로 나뉜다. V2X를 통해 운전자에게 차량 및 교통에 대한 정보를 실시간으로 전달함으로써 발생하는 기대 효과로는 주행 안정성 향상, 교통 효율 및 환경 오염 개선 등이 있다.

한편, 국내에서는 V2X의 표준 기술로 DSRC와 C-V2X 중 어떤 기술을 사용할지 결정되지 않았다. 따라서 실증을 통해 두 기술의 성능에 대한 정확한 비교가 이루어진다면 어떤 기술이 국내 도로 환경에서 경쟁력이 있는 기술일지 판단에 도움을 줄 수 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 V2X 실증의 첫 단계로, 두 기술 중 DSRC의 통신 QoS (Quality-of-Service) 분석을 수행한다. 먼저, V2X 장비인 RSU (Road Side Unit)와 OBU (On-Board Unit)를 각각 인프라와 차량에 배치하여 실제 도로 주행 환경을 모사한다. 다음으로는 실제 차량을 주행하며, MCS (Modulation and Coding Scheme)의 조정에 따른 PDR (Packet Delivery Ratio)을 측정하고, V2X 시나리오 중 99%의 통신 신뢰성이 요구되는 '위험 지역 경고'를 만족하는 범위를 분석한다.

### II. 본론

본 연구에서는 그림 1과 같이 2.8 km 거리의 직선 도로 환경에서 RSU, OBU 장비를 각각 A, B 지점에 설치하고 DSRC의 신뢰성을 분석하기 위한 실증을 수행하였다. RSU는 그림 2 (a)와 같이 4.8 m 높이의 육교 위에 사다리를 배치하여 설치했고 (총 높이: 약 6 m), OBU는 그림 2 (b)와 같이 차량의 지붕에 설치했다. 사용한 장비는 Ettifos사의 ETF-GR-01과 ETF-GO-01이다. RSU와 OBU의 안테나

이득은 각각 8 dBi와 3 dBi이다. 두 장비의 송신 전력은 23 dBm이며, 수신 감도는 -90.4 dBm이다.

실증은 다음과 같이 수행된다. 차량이 B 지점에서 A 지점을 향해 약 2.8 km 거리를 약 50km/h 속도로 주행하는 동시에, 차량에 설치된 OBU가 속도 정보와 GPS (Global Positioning System) 좌표 정보가 포함된 BSM (Basic Safety Message)을 송신하고 RSU가 BSM을 수신한다. BSM은 SAE (Society of Automotive Engineering)에서 V2X 표준으로 정의된 메시지이며, 차량의 방향, 속도, 위치 등의 정보가 포함된다. 표 1은 DSRC의 MCS에 따른 매개변수를 정리한 표이다 [2]. 동일한 부호화율로 실증을 수행하기 위해서 MCS 0, MCS 2, MCS 4를 선정하였다.

실증 결과 분석을 위한 기준으로, V2X 관련 단체인 5GAA (5G Automotive Association)에서 정의한 V2X 시나리오의 통신 QoS 요구 사항을 선정했다. 예를 들어 '긴급 제동 경고', '위험 지역 경고', '차선 변경 경고' 등의 V2X 시나리오에서 요구하는 통신 QoS로는 통신 가능 범위, 지연 시간, 신뢰성 등이 있다 [3]. 여기서 안전에 민감한 시나리오일수록 높은 수준의 통신 QoS가 요구된다. V2X가 주행 안정성 향상을 위해 도입되는 기술인만큼, 신뢰성이 중요한 파라미터로 판단되어 본 논문에서는 보낸 패킷의 개수 대비 수신한 패킷의 개수를 나타내는 PDR을 기준으로 DSRC의 MCS에 따른 신뢰성을 분석했다.

그림 3은 MCS에 따른 PDR의 실증 결과를 비교한 그래프이다. 거리에 따른 PDR의 변화를 확인하기 위해



그림 1. RSU 및 OBU 배치도



(a) RSU 설치 환경 (육교)



(b) OBU 설치 환경 (차량)

그림 2. V2X 모듈 설치 환경

표 1. DSRC의 MCS에 따른 매개 변수

MCS	Modulation	Data rate (Mbps)	Coding rate
0	BPSK	3	1/2
1		4.5	3/4
2	QPSK	6	1/2
3		9	3/4
4	16-QAM	12	1/2
5		18	3/4
6	64-QAM	24	2/3
7		27	3/4

RSU와 OBU 간의 거리를 200 m 구간으로 나눈 뒤, 구간별로 PDR을 측정하였다. 그림 3의 결과를 통해 RSU와 OBU 간의 거리가 멀어질수록 PDR이 감소하며, MCS가 높아질수록 PDR이 감소함을 확인하였다. 전자의 현상은 BSM의 송신 과정에서 거리에 따라 전력이 감쇄되는 path loss 때문인데, 거리가 멀어질수록 path loss로 인해 더 많은 전력이 감쇄되어 이러한 현상이 발생한다. 또한 후자의 현상이 발생하는 원인은 동일 잡음 대비 성능이 변조 지수에 따라 감소하기 때문이다. 변조 지수가 높아질수록 성상도 상에서 심볼 간의 간격이 좁아져 비트에 오류가 발생할 확률이 증가하므로, 16-QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation) 변조 기법을 사용하는 MCS 4의 PDR이 가장 떨어지는 결과를 보인다.

그림 3의 결과를 토대로 5GAA에서 정의한 V2X 시나리오에서 요구하는 신뢰성을 만족하는 범위를 MCS에 따라 분석을 진행하였다. 분석을 위한 기준으로 300 m 통신 범위 내에서 99%의 PDR을 만족해야 하는 '위험 지역 경고' 시나리오를 선정하였다.

보간법을 이용해 99%의 PDR을 달성하는 범위를 계산하면 MCS 0의 경우 약 2450 m, MCS 2는 약 2150 m, 그리고 MCS 4는 약 1021 m임을 확인하였다. 모든 MCS가 300 m 내에서 99%의 PDR을 만족하므로 '위험 지역 경고' V2X 시나리오를 수행할 수 있음을 확인했고, 또한 MCS의

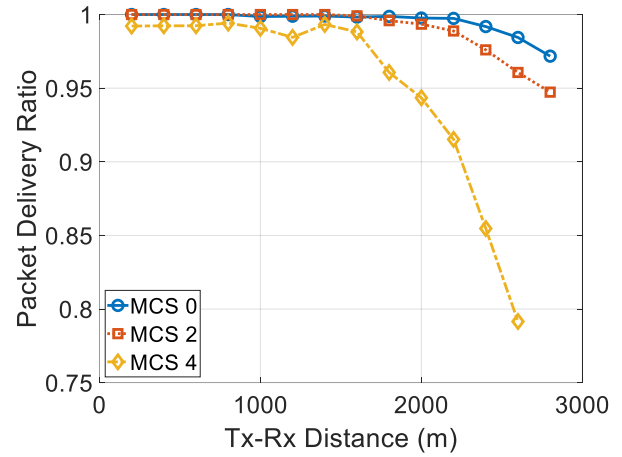


그림 3. RSU-OBU 간의 거리에 따른 PDR 결과

조절에 의해 data rate가 증가할수록 통신 가능 범위가 축소됨을 확인했다.

본 논문의 실험 결과는 DSRC의 Class 3 송신 출력 등급 (33 dBm EIRP에서 400 m까지 송신 가능)을 상회했다. 이는 먼저, RSU의 높이가 약 6m로 높았기에 Two-ray pathloss model을 근거로 통신 범위가 안테나 높이에 비례하여 넓어지기 때문이다. 다음으로는 그림 2 (a)와 같이 OBU와 RSU 간의 통신 채널이 NLoS (None Line-of-Sight)가 거의 발생하지 않았기 때문이다.

### III. 결론

본 논문에서는 OBU가 장착된 차량이 RSU 방향으로 주행하는 환경에서 MCS의 조정에 따른 DSRC의 PDR을 실증을 통해 확인하였다. 실증 결과를 통해 특정 V2X 시나리오에서 요구하는 PDR을 만족하는 범위를 MCS에 따라 비교하였다. 비교한 결과, MCS에 따라 PDR을 만족하는 범위가 다르므로 RSU와 OBU 간의 거리가 달라짐에 따라 적합한 MCS 조정이 필요함을 확인하였다. 금번에 수행한 실험을 바탕으로, 추후 교차로, 고속도로 등 더욱 복잡한 주행 환경에서도 실험을 수행할 계획이다. 또한 본 논문에서는 DSRC 기술에 대한 실증만 수행하였지만, 추후에 C-V2X 방식도 실증을 진행해서 DSRC와 C-V2X의 신뢰성을 비교할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2021년도 과학기술정보통신부에서 지원하는 DGIST 일반사업 (21-CoE-IT-01)과 정부 (과학기술정보통신 부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No.2021R1A2C200841)을 받아 수행된 연구입니다.

### 참고 문헌

- [1] Z. MacHardy, A. Khan, K. Obana and S. Iwashina, "V2X Access Technologies: Regulation, Research, and Remaining Challenges," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 20, no. 3, pp. 1858-1877, thirdquarter 2018.
- [2] J. B. Kenney, "Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, July 2011.
- [3] 최지웅, 최신욱, "자율주행차와 이동통신의 기술 개발 동향 및 서비스 발전 방향," *모빌리티연구*, 1(1), 39-56, 2021.