

# 5G NR V2X 기반 센서 정보 공유 시스템 설계 및 성능 분석

지성호\*, 문 철\*\*

## Design and Performance Analysis of 5G NR V2X-based Sensor Data Sharing System

Seoungho Ji\*, Cheol Mun\*\*

---

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA160501)

---

### 요 약

3GPP 5G NR(New Radio)-V2X(Vehicle-to-Everything) 기반으로 자율주행 차량의 센싱 음영 영역까지 인지를 확장할 수 있도록 지원하는 SDSS(Sensor Data Sharing Service)와 SDSM(Sensor Data Sharing Message)가 표준화되고 있다. 본 논문은 RSU(Road Side Unit)가 주변 CV(Connected Vehicle)의 동적 상태 정보를 포함하는 BSM(Basic Safety Message)를 수신 및 융합하여 SDSM을 생성하고, RSU가 CAV(Connected Automated Vehicle)에게 SDSM을 브로드캐스팅하는 센서 정보 공유 시스템을 제안한다. 또한, 제안하는 시스템에 대한 5G NR-V2X 기반의 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 제안 시스템이 수행하는 SDSS를 통해 차량의 동적 상태 정보를 공유할 수 있는 공간적인 범위를 기존 LTE-V2X 기반 BSM 전송 방식보다 확장할 수 있음을 보인다.

### Abstract

Based on 3GPP 5G New Radio(NR) Vehicle-to-Everything(V2X), Sensor Data Sharing Service(SDSS) and Sensor Data Sharing Message(SDSM) are being standardized for autonomous vehicles to extend their awareness to the sensing shaded area. This paper proposes a sensor data sharing system in which a roadside unit(RSU) receives and fuses basic safety messages (BSMs) containing dynamic state information of neighboring connected vehicles(CVs) to generate SDSMs, and the RSU broadcasts SDSMs to connected automated vehicles(CAVs). Furthermore, the 5G NR-V2X-based system-level simulation of the proposed system shows that the spatial coverage of sharing dynamic state information of vehicles through SDSS performed by the proposed system can be expanded compared to the existing LTE-V2X-based BSM transmission scheme.

### Keywords

sensor data sharing service, 5G NR-V2X, sensor data sharing message, distributed congestion control

---

\* 한국교통대학교 교통에너지융합학과  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0212-1351>  
\*\* 한국교통대학교 전자공학과 교수(교신저자)  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2358-8375>

· Received: Oct. 31, 2023, Revised: Nov. 14, 2023, Accepted: Nov. 17, 2023  
· Corresponding Author: Cheol Mun  
Dept. of Electronics Engineering  
Korea National University of Transportation  
Tel.: +82-43-841-5361, Email: [chmun@ut.ac.kr](mailto:chmun@ut.ac.kr)

## 1. 서 론

3GPP는 Release 16에서 5G NR(New Radio) 기반의 V2X(Vehicle to Everything) 통신을 표준화하였다 [1]. SAE(Society of Automotive Engineers)는 V2X를 활용하여 자율주행 안전성과 효율성을 증가시킬 수 있는 협력자율주행(Cooperative Driving Automation) 서비스와 메시지를 표준화하고 있다[2]. 대표적으로 센서 정보 공유 서비스(SDSS, Sensor Data Sharing Service)를 표준화하고 있으며, 차량 또는 인프라에서 센싱한 동적 객체 정보를 센서 정보 공유 메시지(SDSM, Sensor Data Sharing Message)을 이용하여 공유함으로써 자율주행 차량의 온보드(On-board) 센서가 센싱하지 못하는 영역까지 인지를 확장할 수 있도록 지원 한다[2]. 또한, 5GAA(5G Automotive Association)는 SDSS에 필요한 V2X 통신의 물리계층과 MAC(Medium Access Control) 계층에서의 요구 성능을 패킷 송수신 가능 거리, 패킷 송수신 신뢰도, 패킷 전송 지연을 중심으로 요구 SLR(Service Level Requirement)을 정의하였다[3].

현재까지 ad-hoc 네트워크에서 V2V(Vehicular-to-Vehicular) 통신에 기반한 SDSS의 성능 분석[4]과 V2V 통신 기반 SDSS에서 네트워크 로드를 고려한 SDSM 생성 규칙[5]이 연구되었으나, RSU(Road Side Unit)를 이용한 V2I(Vehicular-to-Infrastructure) 통신에 기반한 SDSS와 이를 수행하기 위한 구체적인 시스템 설계 및 이에 대한 성능 분석 연구가 수행되지 않았다. 본 논문은 RSU가 주변 CV(Connected Vehicle)의 동적 상태 정보를 포함하는 BSM(Basic Safety Message)를 수신 및 디코딩하고 이를 융합하여 SDSM을 생성하고, RSU가 CAV(Connected Automated Vehicle)에게 SDSM을 브로드캐스팅하는 센서 정보 공유 시스템을 제안한다. 또한, 5G NR-V2X 기반의 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 제안하는 센서 정보 공유 시스템이 수행하는 SDSS를 통해 차량의 동적 상태 정보를 공유할 수 있는 공간적인 범위와 전송 지연 성능을 기존 LTE-V2X 기반 BSM 전송 방식과 비교 분석한다.

## II. 5G NR-V2X 사이드링크

### 2.1 5G NR-V2X 물리 계층

5G NR-V2X는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 통해 다양한 성능 요구 사항을 갖는 V2X의 응용 서비스를 수용할 수 있도록 설계되었다 [6]. 5G NR-V2X 사이드링크 물리계층은 가변 뉴머로로지(Flexible numerology), 유연한 시간-주파수 자원 구조 및 채널 구성을 기반으로 설계되었다.

그림 1은 5G NR-V2X를 위한 시간-주파수의 자원 구조를 나타낸다[6]. 5G NR은 자원할당의 효율성을 높이기 위해 가변 뉴머로로지를 도입하고 이를 통해 다양한 부 반송파간 간격(SCS, Sub-Carrier Spacing)과 유연한 프레임 구조를 제안한다[7]. SCS가 15kHz, 30kHz, 60kHz, 120kHz로 증가할 경우 시간 영역의 최소 자원할당 단위인 슬롯의 길이는 각각 1ms, 0.5ms, 0.25ms, 0.125ms로 감소된다. 슬롯 길이 감소를 통해 패킷 전송에서 발생하는 전송 지연을 감소시킬 수 있으며, 매우 낮은 저지연 성능이 요구되는 자율주행 서비스를 지원할 수 있다.

주파수 영역 무선자원은 RE(Resource Element), PRB(Physical Resource Block), 서브채널의 단위로 구성된다. 각 PRB는 동일한 SCS를 가지는 12개의 부 반송파로 이루어져 있으며 SCS가 변경되면 PRB의 대역폭 또한 변화하게 된다. 서브채널은 사이드링크를 위한 주파수 영역에서의 가장 작은 할당 단위이며 다수의 PRB 그룹으로 구성된다.

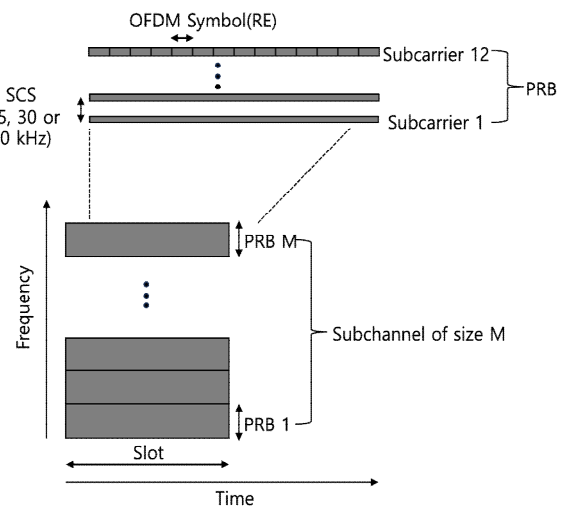


그림 1. 5G NR-V2X 시간-주파수 자원 구조  
 Fig. 1. 5G NR-V2X Time-Frequency resource structure

## 2.2 5G NR-V2X 자원 할당

5G NR-V2X는 셀룰러 기지국이 자원을 할당해주는 mode 1과 VUE(Vehicle User Equipment)가 단독적으로 자원을 선택하고 사용하는 mode 2로 나뉜다. 본 논문에서는 VUE가 셀룰러 커버리지를 벗어나더라도 V2X 통신이 가능한 mode 2만을 고려한다.

NR-V2X mode 2에서 VUE의 무선 자원 선택은 LTE-V2X mode 4의 SB-SPS(Sensing-Based Semi-Persistent Scheduling)와 유사한 방식을 사용한다. VUE는 RC(Reselection Counter) 동안 동일한 무선 자원을 선택하여 주기적으로 패킷을 전송한다. RC의 값은 5~15 사이의 랜덤한 값으로 초기에 설정되며 패킷을 한번 보낼 때마다 1씩 감소한다. RC의 값이 0이 되면 VUE는 현재 사용하고 있는 무선 자원으로 계속해서 패킷을 전송할 것인지 아니면 새로운 무선 자원을 선택하여 패킷을 전송할 것인지를 확률적으로 결정한다.

새로운 무선 자원을 선택할 경우, VUE는 SB-SPS 알고리즘을 통해 과거 1100ms 동안의 센싱 윈도우에서의 RSRP(Reference Signals Received Power) 측정과 SCI(Sidelink Control Information) 디코딩을 통해, 다른 VUE의 무선 자원 사용 현황을 확인한다. VUE는 SCI로부터 다른 VUE에 의해 예약된 무선 자원을 확인하고, 해당 무선 자원을 후보 자원 집합에서 제외하는 과정을 거치게 된다. 또한 측정된 RSRP가 RSRP 임계 값보다 큰 자원의 경우에도 후보 자원 집합에서 제외된다. 이와 같이 결정된 후보 자원 집합에 속하는 후보 자원의 수가 너무 적을 경우 RSRP 임계값을 3dB 높여 다시 후보 자원 집합을 만들게 된다. 여기서, 후보 자원이 전체 무선 자원 중에 얼마나 남아있어야 하는지에 대한 비율은 TB(Transport Block)의 우선순위에 따라 20%, 35%, 50%로 설정 가능하다. 후보 자원 집합이 결정되면 새로운 자원을 선택해야 하는 VUE는 후보 자원 집합 중의 자원을 무작위로 선택하여 사용한다.

### III. 센서 정보 공유 시스템 설계

#### 3.1 SDSM(Sensor Data Sharing Message) 설계

SDSM은 SAE J3224에서 표준화하고 있으며[8], VUE나 RSU에서 센싱한 다수의 객체들에 대해 객체 별 위치, 방향, 속도와 같은 동적인 상태 정보와 특징 정보를 전송할 수 있도록 정의되었다. 따라서, SAE J3224와 SAE J2735[9]를 참조하여 VUE나 RSU에서 센싱한 N개의 객체들에 대한 정보를 포함하는 하나의 SDSM의 페이로드(payload)를 표 1과 같이 설계할 수 있다. SDSM의 Common Data 필드에는 메시지를 전송하는 주체에 대한 정보를 포함하고 있고 Object Data 필드에는 센싱된 N개의 객체에 대한 Common Data 필드와 Optional Data 필드로 이루어져 있다. Object Data의 Common Data 필드에는 센싱된 객체 ID, 센싱된 객체의 위치, 속도, 방향 등의 정보를 포함하고 있으며 Optional Data에는 보행자 혹은 차량이 아닌 도로 사용자 유형, 도로 위의 장애물 등의 정보를 포함한다.

표 1. SDSM 페이로드  
Table 1. SDSM payload

SDSM payload	
SDSM common data	28 bytes
Object common data * N	24 bytes * N
Object optional data * N	34 bytes * N

#### 3.2 인프라 기반 센서 정보 공유 시스템 설계

차량의 자동운전시스템은 온보드 센서를 이용하여 주변 교통 상황을 인지하고 경로 결정에 대한 판단 및 제어를 수행한다. 차량의 온보드 센서는 가시영역만을 센싱할 수 있기 때문에, 센서 음영 지역에 대해서는 상황 인지가 불가능하다[10]. 이를 해결하기 위해 각 VUE가 LTE-V2X를 기반으로 자기 차량의 동적 상태 정보가 포함된 BSM을 V2V 통신을 통해 주기적으로 브로드캐스팅하는 기술이 제안되고 성능이 분석되었다[11]. 각 VUE들은 주변 VUE들이 송신한 BSM을 디코딩하여 주변 차량들의 이동 상태 정보를 파악함으로써, 인지 범위를 온보드 센서의 음영 지역까지 확장할 수 있다. 다만, V2V 통신은 주로 NLOS(None Line-of-Sight) 무선 채널을 통해 전송되어 높은 경로 손실(Pathloss)이

발생하기 때문에, 요구 패킷 송수신 신뢰도와 패킷 지연을 만족시키는 패킷 송수신 가능 거리가 도심 환경에서 수십 미터 이내로 제한된다는 문제점이 발생한다.

V2X 통신의 패킷 송수신 가능 거리는 V2X 통신에 의한 인지 범위를 결정하기 때문에, 패킷 송수신 가능 거리의 증가는 인지 범위 확대에 의한 자율주행의 안전성 및 효율성을 증가시키는 매우 중요한 성능 요구 사항이다. 패킷 송수신 가능 거리 증가를 위해, 본 논문에서는 RSU가 주변 VUE의 동적 상태 정보를 포함하는 BSM을 수신하고 융합하여 SDSM을 생성하고, 이를 RSU가 주변 VUE들에게 SDSM을 브로드캐스팅하는 센서 정보 공유 시스템을 제안한다.

그림 2는 제안하는 센서 정보 공유 시스템을 보여준다. VUE는 LTE-V2X와 NR-V2X가 각각 10MHz 주파수 대역의 C-ITS(Cooperative Intelligent Transportation System) 서비스 채널과 협력자율주행 서비스 채널에서 개별적으로 동작하는 이중 모드의 동작 상황을 가정한다. 각 VUE들은 LTE-V2X 기반으로 10MHz 대역의 C-ITS 서비스 채널을 통해 자차의 동적 상태 정보를 포함한 BSM을 100ms 주기로 브로드캐스팅 하며, RSU가 해당 BSM들을 수신한다. RSU는 BSM들로 부터 획득한 다수 객체들의 이동 상태 정보를 융합하여 SDSM을 생성하고 해당 SDSM을 NR-V2X 기반으로 10MHz 대역의 협력자율주행 서비스 채널을 통해 다시 RSU 주변의 차량들에게 브로드캐스팅한다.

RSU는 다수의 VUE들과 LOS의 무선 채널을 확보할 수 있도록 폴대나 신호등에 설치되기 때문에, VUE로부터 BSM을 수신하거나 VUE에 SDSM을 전송할 때, V2V의 NLOS 무선 채널 보다 낮은 경로 손실을 보장할 수 있다. 따라서, RSU에서 BSM을 수신할 수 있는 거리가 증가하고, RSU가 SDSM을 송신할 수 있는 거리 또한 증가하게 된다. 이를 통해 각 VUE에서 생성된 이동 상태 정보를 공유할 수 있는 공간적인 거리를 기존 LTE-V2V 기반 BSM 브로드캐스팅보다 증가시킬 수 있다.

반면에 RSU 기반의 SDSM을 활용한 센서 정보 공유 방식은 VUE에서 RSU로 BSM을 전송하고 RSU에서 VUE로 SDSM을 전송하는 두 단계로 이루어

어지기 때문에, 각 단계에서 100ms의 주기로 메시지가 전송된다면 총 200ms가 소요되어 기존 LTE-V2V 기반 BSM 브로드캐스팅 보다 2배의 전송 지연이 발생한다. 따라서, RSU 기반의 SDSM에서 발생하는 전송 지연을 줄이기 위해, NR-V2X에 의해 브로드캐스팅 되는 SDSM의 전송주기를 수십 ms 정도로 줄이도록 설계한다. 예를 들어, SDSM의 전송주기를 20ms로 설계할 경우, 두 단계에서 소요되는 전송 지연을 120ms가 되므로 RSU 기반의 SDSM을 활용한 센서 정보 공유 방식에서 발생하는 전송 지연 증가를 100ms에서 20ms로 감소 시킬 수 있다.

또한, SDSM의 전송주기를 줄일 경우 SDSM에 포함되는 객체 수가 감소하기 때문에, SDSM의 페이로드가 감소한다. 하나의 SDSM은 단일 슬롯내에서 전송되어야 하기 때문에, SDSM의 페이로드가 증가할수록 높은 MCS(Modulation and Coding Scheme)를 사용해야 한다. 예를 들어, RSU에 수신되는 주변 차량의 BSM의 수가 약 100개라고 가정하면 SDSM의 100ms 전송주기 경우 페이로드가 약 2,400byte가 되고 이를 단일 슬롯에서 전송하기 위해 MCS 인덱스 21을 사용해야 한다. 반면에 전송주기를 20ms로 할 경우, 페이로드가 20% 수준인 500byte로 감소하기 때문에 BSM과 같은 MCS 인덱스 7을 사용할 수 있다. MCS 인덱스가 낮을수록 높은 PER(Packet Error Rate) 성능을 가지므로, 패킷 송수신 신뢰도가 개선 가능 하다.

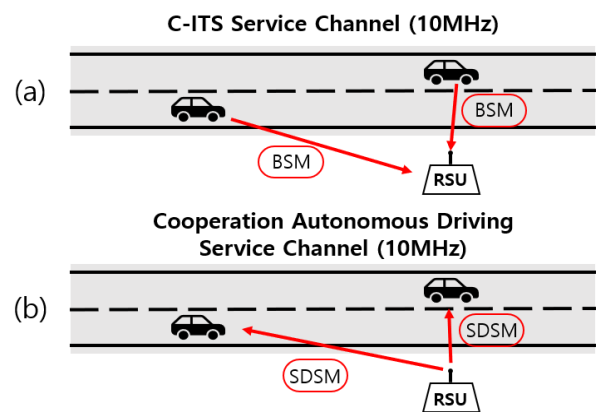


그림 2. RSU 기반 센서 정보 공유 시스템  
Fig. 2. RSU-based sensor data sharing system

#### IV. 성능 분석

5G NR-V2X 기반의 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다. 시뮬레이션은 매트랩 기반의 동적 시뮬레이터인 WiLabV2Xsim을 기반으로 제안하는 시스템을 구축하여 수행하였다[12]. 표 2는 시뮬레이션의 주요 파라미터들을 나타낸다. 도심 환경을 묘사하는 Urban Grid 모델을 사용하였으며 250m x 433m 크기의 nBlock이 2X2 형태로 구성된 시뮬레이션 맵을 사용한다[13]. RSU의 높이는 5m로 설정하고, RSU와 VUE간의 통신 환경은 LOS로 가정하였으며, VUE와 VUE간의 통신 환경은 LOS와 NLOS가 혼재된 환경으로 가정하였다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터  
Table 2. Simulation Parameters

Parameters	Settings (BSM // SDSM)
Simulation time	30s
Center frequency	5.9GHz
Bandwidth	10MHz (BSM) // 10MHz (SDSM)
SB-SPS threshold	-94 dBm
Number of RSU	9
Message size	350 bytes BSM(TTI:100ms) 2300 bytes SDSM(TTI:100ms) 1200 bytes SDSM(TTI:50ms) 500 bytes SDSM(TTI:20ms)
MCS index	7 ( $Q_m = 2$ , BSM) 21( $Q_m = 6$ , SDSM, 100ms) 13( $Q_m = 4$ , SDSM, 50ms) 7 ( $Q_m = 2$ , SDSM, 20ms)
Path loss model	BSM -WINNER II, Senario B1 (NLOS + LOS) SDSM -WINNER II, Senario B1 (LOS)
Road environments	nBlock 2x2 Size
Vehicle speed	60km/h
Vehicle density	264 Vehicles within Urban Grid
TTI	BSM (100ms) SDSM (100ms, 50ms, 20ms)

경로 손실 모델은 Winner+ B1을 사용하였으며 그림 3은 RSU와 VUE, VUE와 VUE 사이의 평균 경로 손실을 나타낸다. 송신 전력은 23dBm, 송수신 안테나 이득은 각각 3dB, 대규모 페이딩 마진은 3dB, 소규모 페이딩 마진을 20dB로 가정할 경우, SPS 임계값 -94dBm을 기준으로 최대 허용 가능한 경로 손실은 100dB가 된다. 경로 손실 100dB 이하를 만족시키는 VUE-VUE간의 거리는 약 25m로 매우 작은 반면에, 경로 손실 100dB 이하를 만족시키는 VUE와 RSU간의 거리는 약 250m로 송수신 가능거리가 10배 정도로 증가함을 확인할 수 있다.

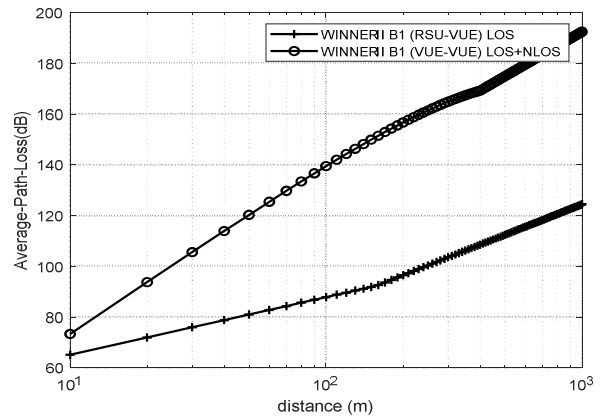


그림 3. Winner+ B1 평균 경로 손실  
Fig. 3. Winner+ B1 average path loss

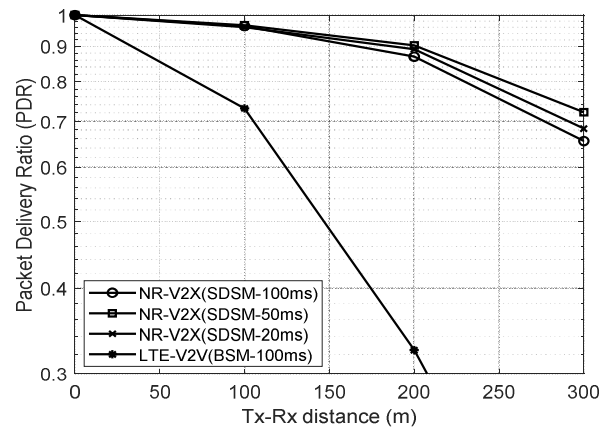


그림 4. NR-V2X SDSM과 LTE-V2V BSM의 PDR 비교  
Fig. 4. Comparison of PDR between NR-V2X SDSM and LTE-V2V BSM

제안하는 센서 정보 공유 시스템의 성능을 패킷 송수신 신뢰도를 나타내는 PDR과 패킷 지연을 나타내는 IPG(Inter Packet Gap) 측면에서 분석한다.

그림 4는 제안하는 NR-V2X SDSM과 LTE-V2V BSM 방식의 PDR의 성능을 비교한 그래프이다. 패킷의 전송 성공률을 나타내는 PDR 90%를 기준으로 LTE-V2V BSM의 경우 송수신 가능 거리가 약 30m 정도로 커버리지가 매우 작은 반면, 제안하는 NR-V2X SDSM의 경우 SDSM 전송주기가 100ms, 50ms, 20ms 일 때 커버리지가 약 170m ~ 200m로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 제안하는 NR-V2X SDSM과 LTE-V2V BSM 방식의 평균 IPG를 비교한 그래프이다. LTE-V2V BSM의 경우 차량 간에 직접적으로 BSM을 전송하는데 소요되는 전송 지연이 100ms에서 송수신기간 거리가 증가할수록 약간 증가하는 것을 확인할 수 있다. 반면에 NR-V2X SDSM의 경우 VUE에서 RSU로 BSM을 전송하고 RSU에서 VUE로 SDSM을 전송하는 두 단계로 구성된다. SDSM의 전송주기를 BSM과 같은 100ms로 설정한 경우 패킷의 전송지연이 LTE-V2V BSM 방식의 거의 2배인 200ms 이상으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. SDSM의 전송주기를 50ms와 20ms로 감소시킬 경우, NR-V2X SDSM에서 발생하는 전송 지연이 따라서 감소함을 확인할 수 있다. 특히, SDSM의 전송주기를 20ms로 할 경우, NR-V2X SDSM의 전송 지연이 120ms로 LTE-V2V BSM의 100ms와 비교하여 전송 지연 증가가 미미한 반면에, PDR 90% 기준으로 송수신 가능 거리가 190m로 LTE-V2V BSM의 30m 보다 약 634% 증가함을 확인할 수 있다.

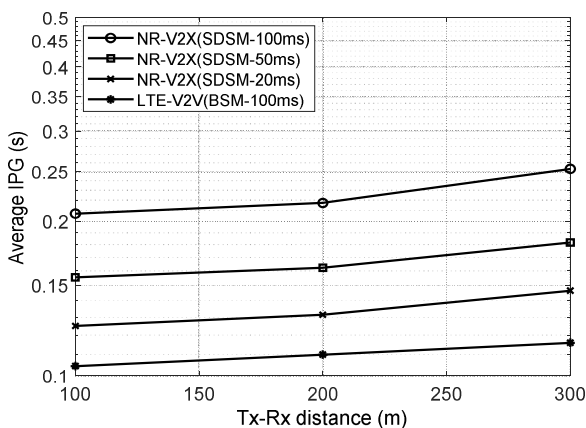


그림 5. NR-V2X SDSM과 LTE-V2V BSM의 IPG 비교  
 Fig. 5. Comparison of IPG between NR-V2X SDSM and LTE-V2V BSM

## V. 결 론

본 논문은 RSU가 주변 CV의 BSM을 수신하고 융합하여 SDSM을 생성하고, RSU가 CAV에게 SDSM을 브로드캐스팅하는 센서 정보 공유 시스템을 제안하고 성능을 분석하였다. 제안하는 NR-V2X 기반 SDSM 방식이 기존 LTE-V2V BSM 전송 방식에 비해 패킷 전송 지연이 100ms에서 120ms로 약 20% 정도 증가 하지만, PDR 90% 기준 송수신 가능 거리가 30m에서 190m로 크게 증가한다. 따라서, 제안하는 센서 정보 공유 시스템은 차량의 동적 상태 정보를 공유할 수 있는 범위를 기존의 LTE-V2V BSM 전송 방식보다 최대 634% 확장시킬 수 있으며, 메시지 전송주기를 조절하여 전송 지연을 최소화할 수 있다.

## References

- [1] M. Harounabadi, D. M. Soleymani, S. Bhaduria, M. Leyh, and E. Roth-Mandutz, "V2X in 3GPP Standardization: NR Sidelink in Release-16 and Beyond", IEEE Communications Standards Magazine, Vol. 5, No. 1, pp. 12-21, Mar. 2021. <https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.001.2000070>.
- [2] SAE International, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motor Vehicles", J3216, Jul. 2021.
- [3] 5GAA Automotive Association, "C-V2X Use Cases Methodology, Examples and Service Level Requirements", White Paper, Oct. 2020.
- [4] Z. Shen, X. Zhang, and D. Yang, "Performance Analysis of Extended Sensor Sharing in Vehicular Ad Hoc Networks", Proc. International Symposium on Antennas and Propagation, Busan, Korea, Oct. 2018.
- [5] G. Thandavarayan, M. Sepulcre, and J. Gozalvez, "Analysis of Message Generation Rules for Collective Perception in Connected and Automated Driving", Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Paris, France, pp. 134-139, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1109/IVS.2019.8813806>.

- [6] M. H. C. Garcia, et al., "A tutorial on 5G NR V2X communications", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 23, No. 3, pp. 1972-2026, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1109/COMST.2021.3057017>.
- [7] B.-J. Lee, S.-L. Ju, N.-I. Kim, and K.-S. Kim, "Performance Analysis of High-Speed 5G MIMO System in mmWave Band", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 18, No. 5, pp. 103-109, Oct. 2018. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.5.103>.
- [8] SAE International, "V2X Sensor-Sharing for Cooperative and Automated Driving", J3224 Aug. 2022.
- [9] SAE International, "V2X Message Set Dictionary", J2735, Nov. 2022.
- [10] S.-S. Lee, J.-H. Kim, S.-H. Lee, and J.-T. Kim, "A Study on Improvement of Pedestrian Care System for Cooperative Automated Driving", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 21, No. 2, pp. 111-116, Apr. 2021. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2021.21.2.111>.
- [11] J.-Y. Choi and C. Mun, "Performance Evaluation of Joint MAC and PHY Layers for IEEE 802.11p V2V Communications", The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 15, No. 1, pp 77-83, Jan. 2017. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2017.15.1.77>.
- [12] Web page of WiLabV2Xsim, <https://github.com/V2Xgithub/WiLabV2Xsim>, [accessed: Oct. 07, 2022]
- [13] ETSI TR 138 913 V14.2.0, "5G; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies", May 2017.

## 저자소개

지 성 호 (Seungho Ji)



2022년 2월 : 한국교통대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2022년 2월 ~ 현재 :  
한국교통대학교  
교통에너지융합공학과(공학석사)  
관심분야 : V2X 통신, 무선통신

문 철 (Cheol Mun)



1995년 2월 : 연세대학교  
전자공학과(공학사)  
1997년 2월 : 연세대학교  
전자공학과(공학석사)  
2001년 2월 : 연세대학교  
전자공학과(공학박사)  
2003년 8월 ~ 현재 :  
한국교통대학교 교수  
관심분야 : 협력자율주행, V2X 통신, 무선통신시스템