

# 동적 교통 환경에서의 NR-V2X 집단적 인식을 위한 중복완화규칙 성능 분석

박기웅, 조한신\*

한밭대학교, \*한양대학교

20181469@edu.hanbat.ac.kr, \*hsjo23@hanyang.ac.kr

## Performance analysis of redundancy mitigation rules for NR-V2X collective perception in dynamic traffic environments

Kiwoong Park, Han-shin Jo\*

Hanbat National University, \*Hanyang University.

### 요약

Collective Perception Message (CPM)은 주변 환경에서 센서로부터 인식된 객체를 전송하는 메시지이다. CPM은 센서 정보를 통해서만 생성되어 정보 중복성문제가 발생하며, 이를 해결하기 위해 Redundancy Mitigation Rules (RMR)을 사용한다. 본 논문은 New Radio Vehicle to Everything (NR-V2X) 통신 기술에서 채널의 혼잡도가 급격하게 변화하는 동적 교통환경에 RMR을 사용하여 통신성능 분석을 진행한다. 그 결과 Distance-Based RMR의 R\_Redundancy의 파라미터를 100m로 설정했을 때 가장 높은 PDR 성능을 보였다.

### I. 서론

자율주행 차량은 주변의 운전 환경에 대한 정보를 얻기 위해 다양한 온보드 센서(라이더, 카메라, 레이더)를 사용한다. 이러한 Line-of-Sight (LOS) 센서는 주변 환경이나 건물에 의해 인식 범위가 제한되며 센서의 한계를 극복하기 위해 Vehicle to Everything (V2X) 통신이 필요하다. V2X를 통해 도로의 차량, 물체 정보를 교환하여 인식 범위를 확장하기 위해 European Telecommunications Standards Institute (ETSI)에서는 Collective Perception Service (CPS)에 대한 표준화를 완료하였다 [1].

Cellular-V2X (C-V2X)는 5.9GHz 대역에서 Long-Term Evolution (LTE) 통신 프로토콜을 기반으로 차량 간 통신을 위해 3rd Generation Partnership Project (3GPP)의 Rel. 14/15를 통해 표준화되었다. 추후 New Radio-V2X (NR-V2X)는 5G 기반으로 3GPP의 Rel. 16부터 표준화가 진행되었다. NR-V2X는 대역폭이 제한적이며 이러한 무선 채널에서 CPS를 구현하는 것은 주요 과제 중 하나이다. 한정적인 무선 자원에서는 일반적인 센서에서 생성된 원시 데이터를 전송하기에는 충분하지 않다. 따라서 CPS에서는 Collective Perception Message (CPM)을 통해 원시 데이터가 아닌 주변 차량으로부터 수집된 안전 관련 정보를 사용하여 데이터 크기를 줄인다. 하지만 CPM 생성 빈도와 객체 수 증가에 따라 무선 채널 사용량이 증가하여 표준에서는 CPM에 포함할 객체 수를 줄이기 위해 Perceived Object Container (POC) 포함 규칙을 사용한다. 그러나 이러한 규칙은 각 차량의 센서의 정보를 통해서만 사용되며 수신한 정보를 고려하지 않기 때문에 정보 중복성 문제가 발생한다. 이러한 정보 중복성을 제어하기 위해 Redundancy Mitigation Rules (RMR)를 사용한다.

본 연구에서는 교통 시뮬레이션을 활용하여 동적이면서 현실적인 환경을 모델링하여 NR-V2X에 2가지 RMR을 적용하여 성능 분석을 진행한다.

### II. Collective Perception Service (CPS)

CPS는 주변 환경에서 인식된 객체를 CPM을 통해 주변 차량과 공유하

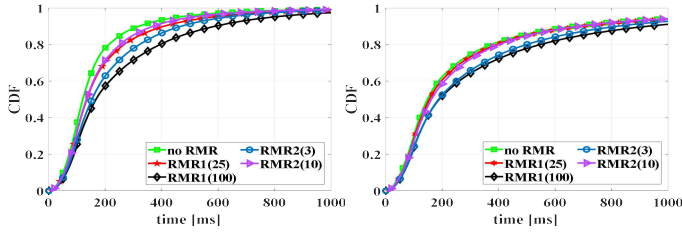
는 것이 목적이다. CPM의 데이터 구조는 차량의 종류, 위치 등의 기본정보를 담은 Management Container (MC), 차량의 크기, 방향, 속도의 정보가 담긴 Station Data Container (SDC), 각 센서의 정보를 담은 Sensor Information Containers (SIC), 감지된 객체의 동적 상태 및 속성이 포함된 POC, 센서 감지 영역 내의 여유 공간 영역인 Free Space Addendum container (FSAC) 총 5가지의 컨테이너로 구성된다 [2]. SIC는 1초에 한번만 포함되며, POC의 경우 객체가 다음 조건 중에 하나라도 만족하면 CPM에 포함된다.

- ① 송신기의 CPM에 포함되지 않았으며 물체가 새로 감지되었다.
- ② 객체가 마지막으로 송신기의 CPM에 포함된 이후 물체의 위치가 4m 이상 변경되었다.
- ③ 객체의 속도가 마지막으로 송신기의 CPM에 포함된 이후 0.5m/s 이상 변경되었다.
- ④ 객체의 방향이 마지막으로 송신기의 CPM에 포함된 이후 4° 이상 변경되었다.
- ⑤ 객체가 이전에 1초 이상 전에 송신기의 CPM에 포함되었다.

또한, CPM 생성규칙에 따라 SIC를 전송하거나 POC가 비어 있지 않을 때 CPM이 생성되며 생성 간격은 100~1,000ms를 만족해야 한다.

### III. Redundancy Mitigation Rules (RMR)

이전 POC 생성규칙은 수신한 정보를 고려하지 않고 각 차량의 센서의 정보를 통해서만 CPM을 생성한다. 이러면 서로 다른 차량이 동일한 객체에 대해 유사한 정보를 전달하는 정보 중복성의 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 수신받은 CPM의 정보를 바탕으로 다음 조건에 따라 RMR를 적용한다. RMR 사용하면 채널 부하 감소와 평균 메시지 크기가 감소하는 이점이 있다.



(a) raw=0~100

(b) raw = 100~200

그림 1. 통신 범위(raw)에 따른 IPG CDF

표 1 시뮬레이션 파라미터

	CAM	CPM
시뮬레이션 시간	100s	
메시지 사이즈	300 byte	156~786 byte
MCS index	3	3~8
차량수	200 veh	
도로길이	2000 m	
도로 차선 수(왕복)	6 차선	
채널 모델	winner+B1	
통신 범위(raw)	0~100,100~200 m	
W,R,N_Redundancy	1 s, {25,100} m, {3,10}	

### III-1. Distance-Based RMR

최근 시간  $W\_Redundancy$  동안  $R\_Redundancy$  범위 내의 차량으로부터 객체를 포함하는 CPM을 이미 수신한 경우 해당 객체를 필터링한다.

### III-2. Frequency-Based RMR

최근 시간  $W\_Redundancy$  동안 동일한 객체에 대한 정보를 포함하는 과거 CPM 수가  $N\_Redundancy$  임값보다 큰 경우 객체를 필터링한다.

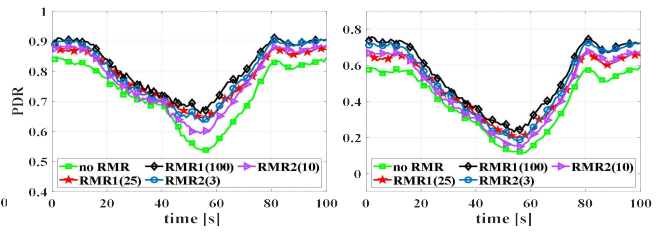
### IV. 시뮬레이션 결과

교통 시뮬레이션 Simulation of Urban MObility (SUMO)를 통해 신호등이 있는 직선도로 환경을 구현하여 차량 트랙픽 및 도로를 만들었으며 200대의 차량이 25~80초에서 정체되는 시나리오를 가정하였다. NR-V2X 통신성을 분석하기 위해 MATLAB 기반의 WiLabV2X을 활용하였으며, 표 1은 해당 시뮬레이션에 이용된 파라미터이다.

V2X 차량은 Cooperative Awareness Message (CAM) [3], CPM 두 가지의 메시지를 생성한다. 표 1과 같이 CAM은 메시지 크기가 일정한 주기적 메시지이며 CPM은 [2]에 따라 itsPduHeader, MC, SDC를 합쳐서 121byte, SIC는 센서당 35byte, POC는 객체당 35byte로 메시지 크기가 일정하지 않은 비주기적 메시지로 생성된다. 또한 센서는 차량의 정보를 부정확성 없이 이상적으로 인식하며 Field of View (FOV)를 150m와 360°로 가정했다. 결과는 RMR이 적용되는 CPM의 성능만 평가하였다.

그림 1은 통신 범위에 따른 Inter Packet Gap (IPG)의 CDF를 나타내며 IPG는 데이터 패킷 간의 전송 간격이다. 통신 범위가 0~100m인 (a)에서는 IPG가 0.8일 때 noRMR은 214ms, RMR1(R=25)은 268ms, RMR1(R=100)은 395ms로 R의 파라미터가 크면 IPG 성능이 떨어지며 RMR2(N=3)는 322ms, RMR2(N=10)는 254ms로 N의 파라미터가 크면 IPG 성능이 증가한다. 통신 범위가 100~200m인 (b)에서는 (a)와 같이 R, N의 파라미터에 따라 IPG 성능이 변화한다.

그림 2는 통신 범위에 따른 시간별 Packet Delivery Ratio (PDR)이며



(a) raw=0~100

(b) raw = 100~200

그림 2. 통신 범위(raw)에 따른 시간별 PDR

PDR은 전송된 패킷 중 수신에 성공한 비율이다. (a)는 통신범위가 0~100ms인 경우이며 no RMR의 성능이 제일 낮은 지점인 56초 기준에서 noRMR은 53.8%, RMR1(R=25)은 67%, RMR1(R=100)은 65.2%로 RMR을 사용하지 않았을 때 가장 낮고 RMR1은 IPG와 반대로 R의 파라미터가 크면 PDR 성능이 증가한다. RMR2(N=3)는 64%, RMR2(N=10)는 60%로 RMR2역시 IPG와 반대로 N의 파라미터가 크면 PDR의 성능이 감소한다. 통신범위가 100~200m인 (b)에서는 PDR 성능이 전체적으로 낮지만 (a)와 같은 PDR 성향을 띤다.

### V. 결론

본 논문은 채널의 혼잡도가 급격하게 변화하는 동적 교통환경에서 정보 중복성을 줄여 채널 부하 감소와 메시지 사이즈 감소를 위해 CPM의 RMR을 적용하여 통신성을 분석한다. 시뮬레이션 결과 Distance-Based RMR의  $R\_Redundancy$ 의 파라미터를 100m로 설정했을 때 객체 필터링이 가장 많았으며 이에 따라 낮은 IPG를 보였지만 가장 높은 PDR 성능을 보였다. 차량 정체로 인해 채널 혼잡도가 급격히 변화하는 상황에서도 RMR을 사용하였을 때 채널의 부하가 낮아져 PDR의 성능이 증가하였다. 향후 다양한 채널 환경에서 요구하는 Quality of Service (QoS)를 만족할 수 있는 적응적인 RMR을 개발할 계획에 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-01053, 다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술개발)

### 참고 문헌

- [1] ETSI TS 103 324 V2.1.1 "Intelligent Transport System (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Collective Perception Service; Release 2" June. 2023
- [2] ETSI, TR 103 562 V2.1.1, "Intelligent Transport Systems (Its); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Analysis of the Collective Perception Service (CPS); Release 2", Dec. 2019.
- [3] ETSI, EN 302 637 - 2 V1.4.1, "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service", Apr. 2019.