

NR-V2X 네트워크에서 최적의 자원할당을 통한 효과적인 차량 안전 메시지 전송 기법

정소이(아주대학교 전자공학과), 김중헌(고려대학교 전기전자공학부) 김재현 (아주대학교 전자공학과)

sjung@ajou.ac.kr, joonghoen@korea.ac.kr, jkim@ajou.ac.kr

Effective Safety Message Transmission via Optimal Resource Allocation for NR-V2X Network

Soyi Jung (Ajou University), Joongheon Kim (Korea University) and Jae-Hyun Kim (Ajou University)

요약

본 논문은 NR-V2X (New Radio-Vehicle-to-Everything) 환경에서 기지국 없이 차량 안전 메시지를 브로드캐스팅 하는 경우 효과적으로 무선 자원을 사용하기 위한 스케줄링 기법을 제안한다. 제안하는 방식은 실시간으로 무선 자원을 사용하는 차량의 수를 예측하고 통신 불능확률을 최소화하기 위해 자원 중복 사용 계수를 조절한다.

I. 서론

완전 자율주행을 위한 주요 기술로서 차량 간 통신의 중요성이 언급되고 있으며 3GPP에서는 Release 14부터 LTE (Long Term Evolution) 기반의 V2X (Vehicle-to-Everything) 통신기술의 표준화를 제정하였다. 최근에는 5G NR (New Radio) 기반의 V2X 통신기술을 위한 Release 16의 표준 제정을 진행 중이다. LTE-V2X는 ITS (Intelligent Transport Systems) 서비스를 위하여 도로 안전 메시지를 반복적으로 전송하며 이때 종단간 지연 100 ms, 이내, 패킷 에러율 10 % 이내의 성능을 제공한다. NR-V2X는 ITS 서비스와 자율주행 서비스를 제공하며 군집주행, 고도주행, 원격주행, 센서확장 등을 지원하기 위해 종단간 지연 5 ms 이내, 패킷 에러율 1 % 이내로 성능을 크게 향상시키는 기술을 포함하고 있다. LTE-V2X에서는 브로드캐스트만 지원하였으나 NR-V2에서는 유니캐스트 및 그룹캐스트를 지원하는 것을 목표로 하고 있다. NR-V2X에서 전송 모드는 기지국이 자원을 할당하는 방식(Mode 1)과 커버리지 밖에서 차량이 직접 자원을 선택하는 방식(Mode 2)이 있다. Mode 1은 기지국과 차량 사이의 지연 시간이 발생하기 때문에 자율주행을 위해서는 Mode 2가 적합하다. 본 연구에서는 Mode 2에서 차량 안전 메시지를 전송하는 경우 도로 환경에 따라 주어진 통신 불능확률을 최소화하며 자원을 효율적으로 사용하며 위한 스케줄링 방법을 제안한다.

II. 제안하는 자원 스케줄링 기법

NR-V2X Mode 2에서 차량 단말은 자원 충돌을 최소화하기 위해 센싱을 통해 자원을 예약하는 SPS (Semi-Persistent Scheduling) 기법을 사용한다. 수신 차량은 PSSCH (Physical Sidelink Control Channel)에서 무선 자원을 선택하기 위한 제어 정보를 센싱하고, PSSCH (Physical Sidelink Shared Channel)을 통해 차량 안전 메시지를 전송한다. 이때 자원을 센싱하면서 S-RSSI (Sidelink Received Signal Strength Indicator)의 값을 측정하게 된다[1]. 실제 도로 환경은 구간과 시간에 따라 차량의 수가 동적으로 변화하게 되는데 S-RSSI 값을 통해 빈 자원의 수를 예측하고 무선 자원을 사용하는 전체 차량의 수를 예측할 수 있다. 예측된 차량의 수를 기반으로 자원 중복 사용 계수를 조절하는 것이 본 연구의 목적이다. 자원 중복 사용 계수는 자원의 충돌 확률과 통신 불능확률에 영향을 준다. 자원 중복 사용 계수를 증가시키면 통신 불능확률이 높아지지만, 자원 사용률 측면에서는 효율적이다. 반대로 자원 중복 사용 계수를 감소시키면 자원 충돌 확률이 감소하여 통신 불능확률은 낮아지지만, 그만큼 남은 자원이 많아 비효율적이다. 즉, 자원 사용률과 통신 불능확률 사이에는 tradeoff가 존재한다. 자원 사용률은 큐로 모델링 가능하며 통신 불능확률을 최소화하는 최적화 문제를 다음과 같이 정의한다.

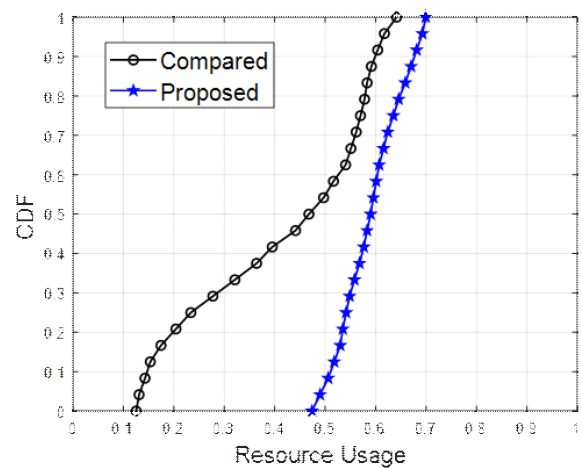


그림 1. 전체 자원사용량

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{\tau=0}^{t-1} P_{out}(\alpha(t), \eta(t)) \\ & \text{Subject to} \quad \text{queue stability} \end{aligned} \quad (1)$$

최적화 수식 (1)은 평균 통신 불능확률 P_{out} 을 최소화하면서 큐의 안정성을 보장하는 것을 목표로 한다. 이때 $\alpha(t)$ 는 자원 중복 사용 계수, $\eta(t)$ 는 시간에 따른 차량 수 추정값을 나타낸다. 최적화 수식 (1)은 리아프노프 제어 기법을 적용하여 문제를 해결한다[2]-[3]. 즉, 센싱 단계에서 추정된 차량 수를 이용하여 매 시간 단위마다 큐의 안정성을 추구하면서 시 평균 통신 불능확률을 최소화하는 자원 중복 사용 계수를 결정한다.

III. 성능평가 결과

성능평가 환경은 3GPP TR 36.885에서 고속도로 시나리오를 참고하였다. 그림 1은 3GPP에서 제시하는 표준 자원 스케줄링 방식 (Compared)과 제안하는 자원 스케줄링 방식(Proposed)에서 자원 사용량을 나타낸다. 제안하는 방식은 실시간 도로 교통량의 변화에 따라 리아프노프 최적화 기법을 적용하여 차량 안전 메시지를 중복하여 전송하기 때문에 전체 자원 사용량 측면에서 우수한 성능이 도출된다.

IV. 결론

본 논문에서는 NR-V2X 환경에서 도로 교통량의 변화에 따라 전체 무선자원을 효과적으로 사용하면서 통신 불능확률을 최소화하기 위한 스케줄링 방법을 제안하였다.

참 고 문 헌

- [1] S. Jung, H.-R. Cheon, and J.-H. Kim, "Reducing consecutive collisions in sensing based semi persistent scheduling for cellularV2X," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, Honolulu, Hawaii, USA, September 2019, pp. 1 - 5.
- [2] S. Jung, J. Kim, and J.-H. Kim, "Intelligent active queue management for stabilized QoS guarantees in 5G mobile networks," IEEE Systems Journal, vol. 15, no. 3, pp. 4293 - 4302, September 2021.
- [3] J. Kim, G. Caire, and A. F. Molisch, "Quality-aware streaming and scheduling for device-to-device video delivery," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 24, no. 4, pp. 2319 - 2331, August 2016.