

V2X 서비스를 위한 위성 기반 Cell-Free 네트워크에서의 핸드오버 연구

이윤성, 송치현, 오준석, 허동현, 나인호*, 조성래

중앙대학교, *군산대학교

yslee@uclab.re.kr, chsong@uclab.re.kr, jsoh@uclab.re.kr, dhur@uclab.re.kr, ihra@kunsan.ac.kr, srcho@uclab.re.kr

Handover Scheme in Cell-Free Networks with Satellite for V2X Service

Yunseong Lee, Chihyun Song, Junsuk Oh, Donghyeon Hur, Inho Ra*, Sungrae Cho

Chung-Ang Univ., *Kunsan Univ.

요약

도로에서 높은 처리량과 원활한 연결을 적용하기 위해 차량 네트워크가 다가오는 6G에서 핵심적인 역할로 부상하고 있다. 그러나 전통적인 네트워크에서 일반적인 셀 구조로 인해 기존의 eV2X는 여전히 높은 핸드오버 속도를 유발한다. 따라서 본 논문에서는 V2X(Vehicle to Everything) 서비스를 위한 셀 없는 네트워크에서의 적응적 핸드오버 방식을 제안한다.

I. 서론

차량 네트워크는 온로드 사용자에게 원활한 연결과 높은 처리량을 제공할 수 있다. V2X 통신은 차량 간 통신과 차량 대 차량(V2V), 차량 대 인프라(V2I) 및 차량 대 보행자(V2P)로서의 모든 엔트리 간 통신을 가능하게 하는 기술 중 하나이다. 3GPP LTE 릴리즈 14에서 차량 통신은 기존의 셀룰러 네트워크를 사용하는 셀룰러-V2X(C-V2X)로 정의된다. C-V2X는 셀룰러 네트워크를 통한 안전 서비스를 위한 데이터 전송을 지원한다. 그러나 제한된 LTE 용량으로 인해 C-V2X는 5G 차량 네트워크에 적합하지 않다. 따라서 3GPP 5G 릴리즈 15에서 차량 통신은 높은 데이터 전송률과 신뢰성을 향상시키기 위해 향상된 V2X(eV2X)로 정의된다. eV2X는 사고 예방, 원격 주행, 군집 주행 및 데이터 스트리밍과 같은 다양한 서비스를 가능하게 하기 위해 높은 데이터 전송률, 높은 신뢰성 및 낮은 지연 시간을 필요로 한다. 예를 들어, 차량 군집 주행을 지원하기 위해 차량과 도로 측면 장치(RSU) 간의 정보 공유 지연 시간은 20ms 미만이어야 한다. 결과적으로 모든 eV2X 애플리케이션의 서비스 품질(QoS)은 차량이 어디에 있는 충족되어야 한다. 그러나 차량의 빠른 속도와 RSU와 차량 간의 거리로 인해 eV2X는 몇 가지 과제를 안고 있다.

II. 본론

eV2X환경에서는 차량이 고속으로 이동하기 때문에 차량은 잦은 핸드오버에 직면하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존 작업에서는 다양한 핸드오버 방식을 제안하였다[1-3]. 그러나 전통적인 네트워크에서 규칙적인 셀 구조로 인해 기존 eV2X는 여전히 높은 핸드오버 속도로 이어진다. eV2X에서 원활한 통신을 보장하기 위해 셀 경계가 제거된 곳에서 Cell-Free 거대 다중 입력 다중 출력(MIMO)이 적합하다. Cell-Free 거대 MIMO에서 분산 액세스 포인트(AP)는 중앙 처리 장치(CPU)에 연결되며 CPU는 자원 제어를 담당한다. 전통적인 네트워크와 비교하여 UE는 하나의 AP에 의해 서비스되지 않고 모든 AP에 의해 동시에 서비스된다. 그러나 프론트홀에서 UE로의 전송을 위해 모든 AP와 CPU 간에 채널 정보를 교환하는 것이 발생하기 때문에 계산 및 전력 소비 오버헤드를 증가시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 UE가 모든 AP가 아닌 다중 AP에 의해

서비스를 받는 사용자 중심 방식이 제안된다. 사용자 중심 Cell-Free를 위한 네트워크 토폴로지를 나타내기 위해 가상 셀을 보로노이 테셀레이션으로 모델링한다. UE는 다중 AP를 통해 원활한 연결을 수행하기 때문에 UE가 Cell-Free에서 완전히 다른 AP 세트에 이동할 때 핸드오버가 발생한다. 즉, 대상 AP 세트가 UE를 서비스하는 적어도 하나의 AP를 포함하는 경우 핸드오버가 발생하지 않는다.

핸드오버의 단순화된 상태로 인해 대부분의 작업은 달성 가능한 속도와 핸드오버를 개선하기 위해 적절한 가상 셀 크기를 찾는 데 중점을 둔다. 그러나 가상 셀이 기하학적으로 분할되기 때문에 가상 셀의 가장자리에서 처리량 저하 문제가 발생한다. 따라서 사용자 중심의 Cell-Free eV2X를 위해 기존 자원 할당 기술에 대한 대안이 필요하다. eV2X에서 원활한 통신을 보장하기 위해 셀 경계가 제거되는 Cell-Free 거대 다중 입력 다중 출력(MIMO)이 적합하다[4]. Cell-Free 거대 MIMO에서 분산 액세스 포인트(AP)는 중앙 처리 장치(CPU)에 연결되며 CPU는 자원 제어를 담당한다. 전통적인 네트워크와 비교하여 UE는 하나의 AP가 아니라 모든 AP에 의해 동시에 서비스된다. 그러나 프론트홀에서 UE로의 전송을 위해 모든 AP와 CPU 간에 채널 정보를 교환하는 것이 발생하기 때문에 계산 및 전력 소비 오버헤드를 증가시킨다. 이 문제를 해결하기 위해 UE가 모든 AP가 아닌 다중 APs[5]에 의해 서비스를 받는 사용자 중심 방식이 제안된다. 본 논문에서는 Cell-Free 통신을 위한 적응형 핸드오버 방식을 제안한다.

우리는 차량 군집 주행, 고급 주행 및 원격 주행 애플리케이션에 대한 정보가 차량과 RSU 간에 전달되는 eV2X 서비스 시나리오를 고려한다. Cell-Free eV2X 통신 모델에서는 모든 RSU와 차량이 단일 안테나를 사용한다고 가정한다. RSU는 프론트홀 링크를 통해 하나의 CPU에만 연결해야 하며, 모든 CPU는 백홀 링크를 통해 네트워크에 연결한다. 본 연구에서는 미래에 지배적인 서비스가 될 사용자 중심 Cell-Free에서 스트리밍 서비스, 자율 주행 서비스 또는 군집 주행 서비스와 같은 eV2X 응용 서비스를 대상으로 한다. 이러한 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 시스템 관점에서 낮은 백홀 트래픽이 제공되어야 하는 최소 SINR 요구 사항이 보장되어야 한다. 사용자 중심 Cell-Free에 대한 기존 연구는 AP

할당에 대한 몇 가지 과제를 제시한다. 우리는 가상 셀이 네트워크 상태에 의해 동적으로 변경될 수 있다고 가정한다. 가상 셀도 전통적인 셀과 같은 경계를 가지므로 특정 영역의 일부 UE는 다중 RSU로부터 감쇄된 신호를 수신한다. 특히 가상 셀의 RSU 수는 UE의 SINR에 영향을 미친다. 예를 들어 K가 2일 때 높은 K에 비해 낮은 백홀 트래픽과 핸드오버가 보장된다. 그러나 가상 셀의 낮은 밀도와 UE와 RSU 사이의 거리로 인해 항상 높은 SINR을 보장하는 것은 어렵다. 한편, K가 증가하면 사용자 중심 Cell-Free는 더 높은 SINR을 지원하지만 높은 백홀 트래픽과 핸드오버가 발생한다. 따라서 대부분의 기존 작업은 처리량과 핸드오버를 개선할 K를 결정하는 데 초점을 맞추었다. 일부 UE가 가상 셀의 가장자리에 위치할 때 달성 가능한 비율을 고려하지 않는다. 그러나 정적인 K 방식은 개별 셀 문을 고려하지 않는다. 우리는 네트워크가 초기화 될 때, 모든 가상 셀은 정적 RSU를 K로 구성한다. 우리는 가상 셀이 동적으로 추가 RSU를 획득할 수 있다고 가정한다. 그리고, 평균 달성 가능한 비율을 최대화하도록 문제 공식을 설계하며 이를 강화 학습으로 해결한다.

III. 결론

본 논문에서는 사용자 중심 네트워크를 위한 핸드오버 문제를 소개한다. 향후 작업에서는 강화 학습 기법을 사용하여 제하며 이를 해결하고 성능을 평가한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2024-RS-2022-00156353, IITP-2024-RS-2023-00258639)

참 고 문 헌

- [1] Sun, Peng, Noura AlJeri, and Azzedine Boukerche. "An energy-efficient proactive handover scheme for vehicular networks based on passive RSU detection." *IEEE Transactions on Sustainable Computing* 5.1 (2018): 37-47..
- [2] Aljeri, Noura, and Azzedine Boukerche. "A two-tier machine learning-based handover management scheme for intelligent vehicular networks." *Ad Hoc Networks* 94 (2019): 101930.
- [3] Tan, Kang, et al. "Intelligent handover algorithm for vehicle-to-network communications with double-deep Q-learning." *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 71.7 (2022): 7848-7862.
- [4] H. Q. Ngo, A. Ashikhmin, H. Yang, E. G. Larsson, and T. L. Marzetta, "Cell-free massive mimo versus small cells," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 3, pp. 1834-1850, 2017.