

위성-지상 통합망에서 다중빔 전송률 분할 다중접속기법의 전송률-형평성 성능 분석

이주환, 이정우, 신원재*

서울대학교, *아주대학교

jhlee@cml.snu.ac.kr, junglee@snu.ac.kr, *wjshin@ajou.ac.kr

Max-Min Fairness of Multi-Beam Rate-Splitting Multiple Access for Integrated Satellite-Terrestrial Networks

Juhwan Lee, Jungwoo Lee, Wonjae Shin*

Seoul National Univ., *Ajou Univ.

요약

최근 위성 기술의 급발전과 함께 위성-지상 통합망이 커버리지 확대면에서 많은 각광을 받고 있다. 그러나, 위성에서 지원하는 다중 빔에서의 빔 간 및 빔 안에서의 간섭, 지상 셀 안에서의 간섭과 위성망과 지상망 간 간섭 문제가 존재한다. 이는 지상 단말의 전송률을 낮게 하여 지상의 단말 간 형평성 있는 네트워크 구성을 어렵게 한다 [2]. 본 논문에서는 다중 빔 전송률 분할 다중접속기법(rate-splitting multiple access, RSMA)을 이용하여 위성-지상 통합망에서의 간섭을 부분적으로 디코딩하는 기술을 다루며 지상 사용자 간 전송률-형평성 성능이 대폭 향상됨을 시뮬레이션을 통해 확인한다.

I. 서론

최근 우주 기술의 발전과 함께 위성망과 지상망을 통합한 위성-지상 통합망이 기존 지상 기지국이 지원하지 못하는 영역까지 커버리지 확대 가능하다는 면에서 각광 받고 있다 [1]. 반면 이 위성-지상 통합망은 위성의 다중 빔 간 및 빔 안에서의 간섭, 지상 셀 안에서의 간섭과 위성망과 지상망 간 간섭 문제가 존재한다. 이는 지상 단말의 전송률을 낮게 하여 지상의 단말 간 형평성 있는 네트워크 구성을 어렵게 한다 [2]. 본 논문에서는 다중 빔 전송률 분할 다중접속기법(rate-splitting multiple access, RSMA)을 이용하여 위성-지상 통합망에서의 간섭을 부분적으로 디코딩하는 기술을 다루며 지상 사용자 간 전송률-형평성 성능이 대폭 향상됨을 시뮬레이션을 통해 확인한다.

II. 본론

가. 시스템 모델 및 제한 가법

위성-지상 통합망에서 지상 기지국은 유네캐스트, 위성은 멀티캐스트 통신으로 지상의 다중 셀룰러 및 위성 단말들을 각각 서비스한다. 위성 단말은 지상 기지국의 커버리지 밖에 위치한다고 가정하여, 지상 기지국과 위성 단말 간 간섭은 무시한다. 따라서, 본 논문에서 고려한 위성-지상 통합망은 다중 빔에서 인접 빔 간 및 빔 안에서의 간섭, 지상 셀 안에서의 간섭, 위성망 및 지상망 간 동일한 주파수대역 사용으로 인한 간섭이 존재한다.

다중 빔 전송률 분할 다중접속기법을 적용하여 기지국의 메시지는 셀룰러 공유 및 사적 메시지로 분할되고, 이는 각각 셀룰러공유 및 사적 스트림으로 인코딩된다. 또한, 위성의 메시지는 슈퍼공유, 위성공유 및 사적 메시지로 분할되고, 이는 각각 슈퍼공유, 위성공유 및 사적 스트림으로 인코딩된다. 지상 셀룰러 단말은 슈퍼공유 스트림 및 셀룰러공유 스트림을 순서대로 순차적 간섭제거기법으로 디코드 및 제거하고, 이후 사적 메시지를 디코드한다. 또한 위성 단말은 슈퍼공유 스트림 및 위성공유 스트림을 순서대로 순차적 간섭제거기법으로 디코드 및 제거하고, 이후 사적 메시지를 디코드한다. 아울러, 각 스트림에 해당하는 빔포밍 벡터를 위성, 기지국의 파워 제약에 맞추어 최적화하여 위성-지상 통합망에서의 간섭을 제어할 수 있다.

나. 시뮬레이션

28GHz의 주파수대역에서 기지국 파워 30dBm과 위성고도 500km를 가정하였다.

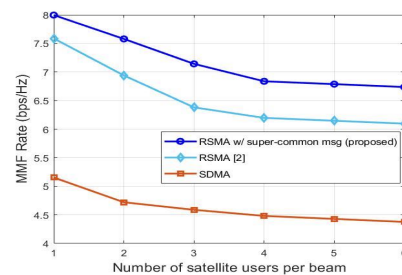


그림 1. 각 빔 당 위성단말 수에 따른 전송률-형평성 비교

그림 1은 본 논문에서 제안하는 슈퍼-공유메시지를 도입한 다중 빔 전송률 분할 다중접속기법을 슈퍼공유메시지가 없는 전송률 분할 다중접속기법과 공유 메시지가 없는 공간분할 다중접속기법(space division multiple access, SDMA)과 각 빔 당 위성단말 수에 따라 비교하여 우수한 간섭 제어 및 전송률-형평성(max-min fairness rate, MMF Rate) 성능을 나타냄을 보여준다.

III. 결론

본 논문은 다중 빔 전송률 분할 다중접속기법을 통한 위성-지상 통합망에서의 간섭 제어를 다뤘고, 전송률-형평성 면에서 우수한 성능을 가짐을 확인했다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(Nb.2022R1A2C4002065, 2021R1A4A1030775)과 정보통신기획지원(Nb. 2021-0-00260), 삼양전자(MEM210728-0001), INMAC, EK21-plus의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] H. Zhang, *et al.*, "Multicast beamforming optimization in cloud-based heterogeneous terrestrial and satellite networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 69, no. 2, pp. 1766-1776, 2019.
- [2] L. Yin, *et al.*, "Rate-Splitting Multiple Access for Satellite-Terrestrial Integrated Networks: Benefits of Coordination and Cooperation," *arXiv:2111.14074*, 2021.