

UAV를 활용한 음영지역 주변 상공 통신 성능 실측 및 분석에 관한 연구

최동락, 유용재, 박세웅*

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신연구소

{drchoi, yjyoo}@netlab.snu.ac.kr, *sbahk@snu.ac.kr

A Study on UAV-based Measurement and Analysis of Communication Performance in the Vicinity of Signal Shadow Areas

Dongrak Choi, Yongjae Yoo, Saewoong Bahk*

Department of Electrical and Computer Engineering, INMC, Seoul National University

요약

본 논문은 무인 항공기 (UAV)를 활용하여 음영지역 주변 상공에서 통신 성능에 대해 현장 측정을 진행하고, 데이터를 분석한다. 실제 통신 음영지역에서 실험을 진행하였으며, 고도와 위치에 따른 상공에서의 통신 성능 변화를 측정하였다. 분석 결과를 토대로 음영지역에 대한 네트워크 확장 및 네트워크 신뢰성 강화에 대한 시사점을 제시한다.

I. 서론

통신 기술의 발전으로 안정적이고 신속한 통신 인프라의 중요성이 강조되고 있다. 특히, 상용망의 확장과 커버리지 향상은 현대 사회에서 빠른 소통과 정보의 교환을 가능하게 한다. 그러나 통신 음영지역은 여전히 통신 신호의 안정성과 신뢰성에 문제를 제기한다.

본 연구에서는 무인 항공기 (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs)를 활용하여 음영지역과 주변 상공을 현장에서 측정하고 분석함으로써, 해당 지역에서의 네트워크 동작을 파악한다. UAV의 경우 지상의 기지국과 LoS (Line of Sight) 확보가 용이하여 더 신뢰성 있는 링크를 확보하기 용이하다 [1]. 이러한 특징을 활용하여 음영지역과 주변 상공에서의 통신 성능을 비교한다.

본 연구는 실제 환경에서의 데이터 수집을 중심으로 하며, UAV를 활용하여 효과적이고 정확한 측정을 실시한다. 측정 실험을 통해 주변 상공의 위치에 따라 통신 성능의 변화를 관찰하고, UAV 위치 변화를 통해 최적 통신 품질이나 목표를 달성할 수 있는지 확인한다[2]. 또한 주변 상공으로부터의 네트워크 확장 가능성을 제시하여 통신 인프라 구축 방안을 모색하고자 한다.

II. 본론

1) 실험 환경

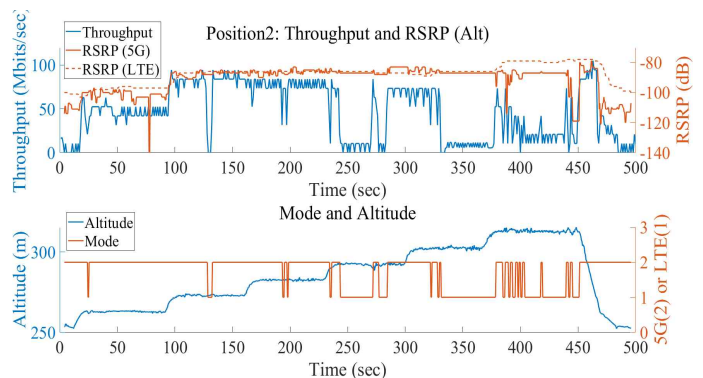
본 연구의 실험은 실제 국내 상용망 음영지역에서 진행되었다. 해당 음영지역의 경우 산 속 골짜기에 위치해 있어 지형적인 요인으로 인해 주변 기지국 (BS)로부터 지원을 잘 받지 못하는 곳이었다.

실험 측정은 Galaxy S22 Ultra를 사용하여 iPerf3[3]와 customized application을 통해 throughput과 Reference Signal Received Power (RSRP), Global Positioning System (GPS), 통신 모드에 대한 정보를 추출하였다. 상용망과의 통신은 non-standalone 방식으로 5G NR과 4G LTE 방식이 모두 사용되었다. 통신 방식의 경우 5G NR에 우선적으로 연결되지만, 5G NR의 연결 상태가 좋지 않다면 4G LTE로 통신 방식이 바

뀌게 되는 형식으로 결정된다. 주변 상공의 통신 성능을 관측하기 위해 Galaxy S22 Ultra를 Argosdyne사의 Aquilar 1 드론에 탑재하여 비행하였으며, Ground Control System (GCS)를 통해 경로를 입력하고 자동으로 비행하였다. Galaxy S22 Ultra와 상용 기지국 간의 통신은 uplink (UAV to BS) 방향으로 진행되었다.

2) 실험 결과

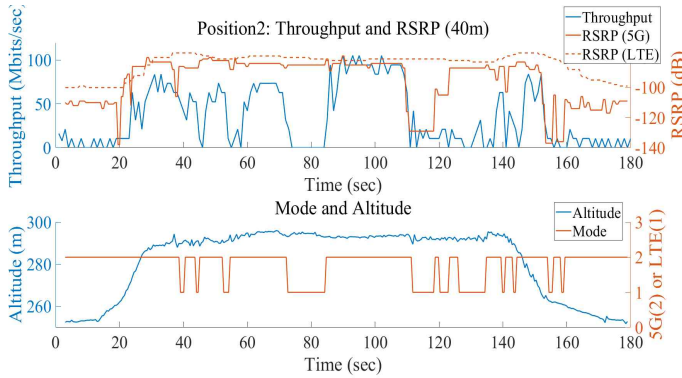
실험은 두 가지로 진행되었다. 실험 1에서는 지상으로부터 10m 간격의 고도를 일정 시간 동안 비행하며 음영지역과 수직 방향의 상공 통신 성능을 측정하였다. 실험 2는 동일한 고도에서 수평방향으로 정사각형의 궤도를 그리며 UAV를 비행하게 하며 통신 성능을 측정하도록 했다. (모드 관련 설명) 각각의 실험 결과는 다음과 같다.



실험 1. 고도에 따른 통신 성능 변화 비교

실험 1 그래프를 살펴보면, 비행 전의 시간대인 0초 부근과 비행 종료 시점인 470초 이후에서의 throughput이 굉장히 낮은 것을 살펴볼 수 있다. 하지만 수직으로 10m 상승하게 되면 throughput과 RSRP가 개선되는 모습을 살펴볼 수 있다. 또한 실험 1의 아래 그래프는 UAV의 고도와 통

신 방식을 살펴볼 수 있다. 통신 방식의 경우, 5G NR을 사용할 시에 2, 4G LTE를 사용할 시에 1을 나타내도록 하였다. 해당 그래프를 보면, 고도 달라짐에 따라 5G NR과 4G LTE 통신이 바뀌는 모습을 관찰할 수 있는데, 이는 5G 통신 신호가 불가하여 4G LTE로 통신 방식이 전환되었음을 알 수 있다. 이를 통해 throughput이 높은 5G 통신이 가능한 지역과 불가능한 지역이 있음을 시사할 수 있다. 이는 UAV 위치를 변경함에 따라 최적의 통신 품질이나 목표를 달성할 수 있다는 점을 확인할 수 있다.



실험 2. 위치에 따른 통신 성능 변화 비교

실험 2에서 실험 1과 마찬가지로 비행 전의 시간대인 0~20초 부근과 비행 종료 시간대인 160~180초 부근에서 throughput이 굉장히 낮은 것을 볼 수 있다. 실험 2에서는 고도를 40m로 고정하여 정사각형 궤도로 비행을 하였다. 실험 2 그래프의 throughput 부분을 살펴보면 성능이 잘 나오는 지역과 아닌 지역을 찾아볼 수 있다. 이러한 결과를 보이는 이유에는 통신 방식이 달랐기 때문이다. 5G NR을 사용하는 경우에는 높은 throughput을 보이지만, 4G LTE로 통신하는 경우에는 대체로 낮은 throughput을 보인다. 이를 토대로 주변 상공에서 통신 서비스가 잘 되는 지역과 아닌 지역이 있음을 시사한다.

두 실험을 종합하여 살펴보면, 지형적 요인으로 인해 지상 부근에서 상용 기지국의 지원을 받지 못하는 음영지역의 경우, 주변 상공에서는 통신 성능이 좋은 곳이 있다는 점을 알 수 있다. 또한 상공에서 5G NR의 경우 위치에 따라 지원되는 곳과 아닌 곳이 존재하므로 throughput이 UAV의 공중 위치에 따라 차이가 난다는 점을 알 수 있다. 이를 토대로 UAV를 활용하여 적절한 위치에서 상용 기지국의 전파를 릴레이하면 음영지역으로의 네트워크 확장을 기대할 수 있을 것으로 시사된다.

III. 결론

본 논문에서는 상용망 음영지역과 주변 상공의 통신 성능을 실측 및 분석하였다. 두 가지 실험을 통해 음영지역에서의 통신 성능을 측정하고, UAV를 활용하여 주변 상공에서의 통신 성능 또한 측정하였다. 두 가지 실험을 바탕으로 음영지역의 주변 상공에서 고도와 위치에 따라 통신 성능이 상이함을 지적하였다. 이러한 분석을 토대로 음영지역에 대한 네트워크 확장 및 네트워크 신뢰성 강화에 대한 시사점을 제시한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2024-2021-0-02048)

참고 문헌

- [1] D. Ryoo, S. Baek, Y. Lee, S. Kang, B. Kim and S. Bahk, "Reinforcement Learning based Real Time Aerial BS Positioning for Dense Urban 5G Mobile Network," 2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju, Korea (South), 2020, pp. 431-433, doi: 10.1109/ICTC49870.2020.9289086.
- [2] Cho, You-Ze. "UAV positioning for throughput maximization." EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2018.1 (2018): 1-15.
- [3] iPerf3, Open Source, URL: <https://iperf.fr/>