

멀티셀 A2G 통신 시뮬레이터 기반 접속 지연 제한에 따른 랜덤 접속 프로토콜 성능 분석

이준승, 이예린, 이승민, 이호원
한경대학교 전자전기공학부

{2016265102, qkek0379, julsin1, hwlee}@hknu.ac.kr

Performance Analysis of Random Access Protocols According to Access Delay Bound Based on Multi-cell A2G Communication Simulator

Lee Jun Seung, Lee Ye Lin, Seungmin Lee, and Howon Lee
Hankyong National University

요약

최근 다중 UAV(unmanned aerial vehicle) 네트워크에서 효율적인 데이터 송수신을 위한 랜덤 접속 프로토콜에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. UAV들이 각자의 서비스에 따라 임무를 수행하는 경우, 각각의 UAV들은 지상제어국과 효율적으로 패킷을 송수신할 수 있어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 멀티셀 A2G(air-to-ground) 통신 시뮬레이터를 기반으로 다중 UAV 무선 네트워크에서 효율적인 패킷 송수신을 위한 다양한 랜덤 접속 프로토콜들을 소개하고, 매트랩 시뮬레이션을 통해 접속 지연 제한에 따른 랜덤접속 프로토콜들의 성능을 비교 분석해본다.

I. 서론

최근, UAV를 이용한 서비스가 급속도로 증가함에 따라 다수의 UAV가 운행되는 환경에서 지상제어국(ground control station, GCS)이 UAV를 신속 정확하게 식별하는 것은 매우 중요하다 [1]-[3]. 이에 따라 본 논문에서는 UAV의 효율적 식별을 위해 사용될 수 있는 다양한 랜덤접속 프로토콜들을 소개하고, 시뮬레이션을 통해 접속 지연 제한(access delay bound)에 따른 각 프로토콜들의 성능을 비교 분석해 본다.

II. UAV 패킷 송수신을 위한 랜덤접속 프로토콜

본 논문에서는 멀티셀 A2G(air-to-ground) 통신 시뮬레이터를 기반으로 다중 UAV 무선 네트워크에서 패킷 송수신 성능을 비교 분석하기 위하여 단방향 패킷 전송 기반의 랜덤접속 프로토콜과 양방향 패킷 전송 기반의 랜덤접속 프로토콜에 대하여 살펴본다 [4]. 단방향 프로토콜 중 하나인 ONE-WAY 프로토콜은 각 UAV는 패킷당 한 번만 전송을 수행하고, 재전송은 하지 않는다. 또한, 단방향 프로토콜이기 때문에 GCS로부터 ACK를 수신하지 못한다. 즉, ONE-WAY 프로토콜에서는 각 UAV들이 자신의 패킷 전송 성공 여부를 확인할 수 없다. 또한, ONE-WAY-UR 프로토콜은 기본적인 동작이 ONE-WAY 프로토콜과 동일하지만, 자신의 패킷 전송 성공과 관계없이 접속 지연 제한 시간이 만료될 때까지 패킷 재전송을 수행한다.

양방향 프로토콜 중 하나인 FS-ALOHA 프로토콜의 프레임은 "Request", "Response", "ACK" 슬롯으로 구성된다. FS-ALOHA 프로토콜의 경우, 고정된 개수의 "Response" 슬롯 개수를 가지고 있으며, 한 프레임이 완료되면 해당 프레임에서 패킷 전송에 실패한 UAV들만 다음 프레임에서 재전송을 수행한다. UAV들은 최대 재전송 횟수가 될 때까지 전송을 수행하거나 접속 지연 제한 시간이 만료되면 해당 패킷에 대한 전송을 종료한다. 또한, MDFS-ALOHA 프로토콜의 프레임은 기본적으로 FS-ALOHA 프로토콜과 동일한 구조를 가지고 있지만, "Response" 슬롯의 개수를 정할 때, GCS가 자신과 인접 셀들에서 패킷 전송을 수행해야 하는 UAV의 개수를 통합적으로 고려하여 결정한다.

III. 시뮬레이션 결과 분석

본 시뮬레이션에서는 모든 UAV들이 전송에 성공하거나, 제한된 접속 지연 제한 또는 최대 재전송 제한에 도달하는 경우 해당 iteration이 종료된다. 타임 슬롯 길이는 50ms, GCS간의 거리는 200m로 설정하였다. 한 프레임 내에서 "Request" 슬롯, "Response" 슬롯, "ACK" 슬롯의 개수는 각각 2개, 7개, 1개로 설정하였다. 7개의 셀 환경을 고려하였으며 접속 지연 제한에 따른 각 프로토콜의 평균 드론 성공 확률(average drone success probability)에 대한 결과를 살펴보았다. 평균 드론 성공 확률은 (한 iteration 동안 식별된 드론의 개수)/(모든 드론의 개수) 으로 계산한다.

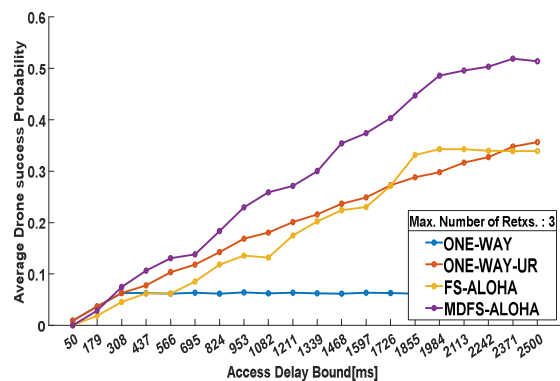


Fig. 1. Avg. drone success probability vs. access delay bound

그림 1에서 접속 지연 제한은 2500ms로 설정하였으며, 1000번의 iteration을 수행하였다. ONE-WAY, ONE-WAY-UR, FS-ALOHA, MDFS-ALOHA의 평균 드론 성공 확률이 각각 6%, 36%, 34%, 51%인 것을 확인할 수 있다. 이때, "Response" 슬롯이 가변적인 MDFS-ALOHA의 특성으로 다른 프로토콜에 비해 평균 드론 성공 확률이 더 높은 결과 값을 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1F1A1063606).

참고문헌

- [1] 6G Flagship, "Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence," in 6G Research Visions 1, pp. 1 - 36, Sep. 2019.
- [2] H. Yu, H. Lee, and H. Jeon, "What is 5G? emerging 5G mobile services and network requirements," MDPI Sustainability, vol. 9, pp. 1 - 22, Oct. 2017.
- [3] S. Lim, S. H. Chae, and H. Lee, "RE-ORA: Residual Energy-Aware Online Random Access for Improving the Lifetime of Slotted ALOHA-Based Swarming Drone Networks," IEEE Access, vol. 9, pp. 45504-45511, Mar. 2021.
- [4] D. K. Klair, K.-W. Chin, and R. Raad, "A Survey and Tutorial and RFID Anti-Collision Protocols," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 12, no. 3, pp. 400-421, Apr. 2010.