

전이중 드론을 활용한 중계 알고리즘 성능분석

이원재, 김재현 (아주대학교)

{ljmwon, jkim}@ajou.ac.kr

Performance Analysis of Relay Algorithm using Full-Duplex Drone

Won-Jae Lee and Jae-Hyun Kim (Ajou University)

요약

드론을 중계기로 활용하여 통신 반경을 증가시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) 기반 드론 중계 알고리즘은 대부분 반이중 통신에서 연구가 진행되었다. 드론에 전이중 통신 기술을 적용하면 수신과 동시에 중계 전송이 가능하며, 전송 시간을 단축시킬 수 있다. 본 논문에서는 전이중 드론을 활용한 중계 알고리즘을 제안하였다. 성능분석 결과, 기존의 중계 알고리즘에 비해 처리율이 향상되는 것을 확인하였다.

I. 서론

최근에는 드론을 중계기로 활용하여 통신 반경을 증가시키는 연구가 진행되고 있다 [1], [2]. 드론은 유연하고 신속하게 이동이 가능하다는 장점을 가지고 있으며 배터리로 운용되므로 지속적인 통신이 어렵다는 단점이 존재한다. 드론을 활용한 통신 방식에는 반이중 통신과 전이중 통신이 있다. 반이중 통신은 송신과 수신 중 하나만 가능하며 전이중 통신은 송신과 수신이 동시에 가능하다. 하지만 전이중 방식은 자신의 송신 신호가 간섭으로 작용하기 때문에 자기 간섭 제거 기술이 필요하다. 최근에는 자기 간섭 제거 기술이 개발됨에 따라 전이중 통신이 가능해졌다. 본 논문에서는 전이중 드론을 활용한 중계 알고리즘을 제안하였다. 성능분석 결과 기존의 중계 알고리즘보다 처리율 성능이 향상되는 것을 확인하였다.

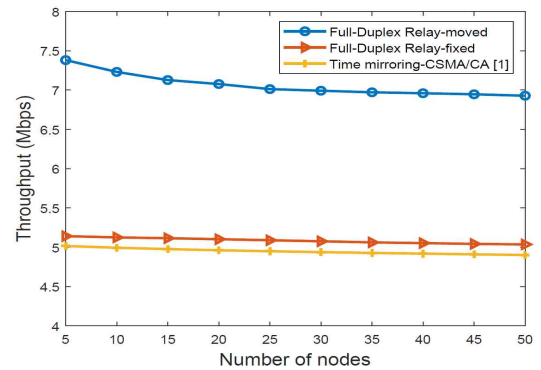


그림 1. 노드 개수에 따른 처리율 변화

II. 전이중 드론 중계 알고리즘

드론은 특정 위치에서 hovering 하고 있으며 통신 반경 안에서 노드들은 랜덤하게 배치되어 있다. 제안하는 중계 기법은 carrier sense multiple access with carrier avoidance (CSMA/CA) 기반으로 동작한다. 드론은 노드들과 request to send/clear to send (RTS/CTS)를 교환하는 과정에서 signal to inference plus noise ratio (SINR) 정보를 획득한다. SINR 정보를 활용한 전이중 테이블을 생성한다. 전이중 테이블은 전이중 쌍 정보를 포함하고 있으며 전이중 쌍을 맺기 위한 조건은 다음과 같다.

$$SINR_{i,j} > \gamma, \quad (1)$$

i, j 는 각각 업링크 노드와 다운링크 노드를 의미하며 γ 는 전이중 쌍을 맺기 위한 임계 값을 의미한다. 드론은 (2)번 수식을 이용하여 최적의 위치를 찾는다.

$$x^*, y^* = \arg \max_{x,y} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N SINR_{i,j} \quad (2)$$

s.t. $x, y \in R$,

x 와 y 는 드론의 2차원 좌표, R 은 드론의 통신 반경, N 은 노드의 개수를 의미한다. 드론은 최적의 위치로 이동을 한 후 중계 통신한다. 중계 통신을 하기 위해서는 노드들 중 하나가 채널을 차지해야 한다. Backoff를 사용하여 노드들은 채널 경쟁을 하며 채널을 차지한 노드는 업링크 노드가 되고 드론에게 RTS 패킷을 전송한다. 드론은 SINR 정보를 활용하여 다운링크 노드를 선택하고 선택한 결과를 CTS 패킷에 포함하여 전송한다. 업링크 노드는 드론에게 데이터 패킷을 전송하고 드론은 동시에 수신한 업링크 노드의 데이터 패킷을 다운링크 노드에게 중계 전송한다. 전송을 마친 후 다운링크 노드는 드론에게 ACK 패킷을 전송하고 드론은 노드에게 ACK 패킷을 순차적으로 전송한다.

III. 시뮬레이션 결과

그림 1은 노드 개수에 따른 중계 알고리즘의 처리율 변화를 나타낸다. 성능분석 결과 노드 개수가 증가할수록 충돌확률이 증가하기 때문에 처리율이 감소한다. 제안하는 알고리즘은 노드가 5개 일 때, 기존의 알고리즘에 비해 각각 43 %, 47 % 처리율 성능이 증가하였다. 제안하는 알고리즘은 SINR 임계 값을 넘도록 드론을 이동시키기 때문에 전이중 쌍 확률이 증가하므로 전이중 통신 확률이 증가하고 따라서 처리율이 증가한다.

IV. 결론

본 논문에서는 전이중 드론을 활용한 중계 알고리즘을 제안하고 성능분석을 수행하였다. 드론은 노드들과 전이중 쌍 매칭을 위한 최적의 위치로 이동하고 업링크 노드로부터 수신하는 데이터를 다운링크 노드에게 중계 전송한다. 성능분석 결과, 제안하는 중계 알고리즘의 성능이 기존의 중계 알고리즘의 비해 처리율 성능이 향상되는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 미래전투체계 네트워킹기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.(UD190033ED)

참고 문헌

- [1] H. Baek and J. Lim, "Time Mirroring Based CSMA/CA for Improving Performance of UAV-Relay Network System," *IEEE Systems Journal*, vol. 13, issue. 4, pp. 4478-4481, Dec. 2019.
- [2] Y. Takahashi, et al., "A Novel Radio Resource Optimization Method for Relay-Based Unmanned Aerial Vehicles," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 17, no. 11, pp. 7352-7363, Aug. 2018.