

에드혹 군집 무인기 네트워크에서 토폴로지 변화에 따른 클러스터 헤더 선정 기법

김태윤°

김재현°°

아주대학교 AI 융합네트워크학과°

아주대학교 전자공학과°°

Cluster Header Selection Method in Network Topology Change of UAV Ad Hoc Network

Tae-Yoon Kim°

Jae-Hyun Kim°°

Dept. of Artificial Intelligent Convergence Network°

Dept. of Electronics and Computer Engineering°°

Ajou University

xodbsxogjs@ajou.ac.kr

jkim@ajou.ac.kr

요 약

본 논문에서는 에드혹 군집 무인기 네트워크 환경에서 토폴로지 변화에 따른 클러스터 헤더 선정 기법에 대한 성능 분석을 수행한다. 임무에 따라 최적의 토폴로지가 존재하고 각 토폴로지의 특정 지점에 위치한 무인기를 헤더로 선정하는 방식을 제안한다. 성능 분석 결과 토폴로지 변화에 맞게 가장 적합한 클러스터 헤더를 선택한 경우가 랜덤으로 클러스터 헤더를 선정했을 때와 비교하여 전송 시간이 평균 $0.29s$ 감소하여 더 좋은 성능을 보였다.

1. 서론

무인기는 조종자가 탑승하지 않고 지상과의 통신을 통해 임무를 수행할 수 있어 인간이 접근하기 힘든 다양한 분야에서 많이 활용되고 있다 [1]. 하지만 무인기는 배터리를 사용하기 때문에 오랜 시간 동작이 불가능하다. 따라서 무인기의 단위 에너지 당 정보 비트를 최대화하기 위한 에너지 효율적인 통신을 고려하는 것이 중요하다 [2].

토폴로지가 변화하는 환경에서 클러스터 헤더를 임의로 선택할 경우 클러스터 헤더로서 적합하지 않은 위치에 존재하게 될 가능성이 발생한다. 이는 곧 에너지 효율성 저하로 이어지게 된다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 에드혹 군집 무인기 네트워크 환경에서 임무와 토폴로지 변화에 따라 특정 위치에 존재하는 무인기가 클러스터 헤더가 되는 방안을 고려한다.

2. 시스템 모델

본 논문의 시스템 모델은 N 개의 무인기로 구성된다. 무인기는 고정된 높이에서 호버링하고 정해진 반경에서 모든 무인기는 1-hop 통신이 가능하며 시작 위치는 랜덤으로 정해진다. 클러스터 내에서는 클러스터 멤버와 클러스터 헤더와의 통신만 존재하

는 에드혹 환경을 고려한다. 무인기의 채널 모델은 자유 공간 경로 손실 모델을 사용하였으며 수식은 다음과 같다.

$$PL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}\left(\frac{4\pi}{c}\right), \quad (1)$$

d 는 클러스터 멤버와 클러스터 헤더 사이의 거리이며, f 는 중심주파수, c 는 빛의 속도를 나타낸다.

3. 제안하는 클러스터 헤더 선정 기법

본 논문에서는 토폴로지에 따른 가장 적합한 클러스터 헤더 위치를 고정적으로 사용함으로써 전송 시간을 감소시켜 에너지 효율성을 높일 수 있도록 한다. 수행할 임무에 가장 적합한 토폴로지는 정해져 있다고 가정한다. 그림 1은 토폴로지에 따른 클러스터 헤더 선정 과정을 나타낸다. 예를 들어, 임무 x 를 입력 받는 경우 그에 맞는 토폴로지가 원형 토폴로지라고 할 때, 각 무인기는 가장 가까운 정해진 지점으로 이동한다. 이동 후 원형 토폴로지의 중심 지점인 center of the topology (C_t)와 가장 가까운 무인기가 클러스터 헤더가 되도록 설정한다. 다음 임무 y 를 입력 받은 경우, 그에 맞는 토폴로지가 선형 토폴로지라고 할 때, 각 무인기는 원형 토폴로지 에서 가장 가까운 선형 토폴로지 지점으로 이동한

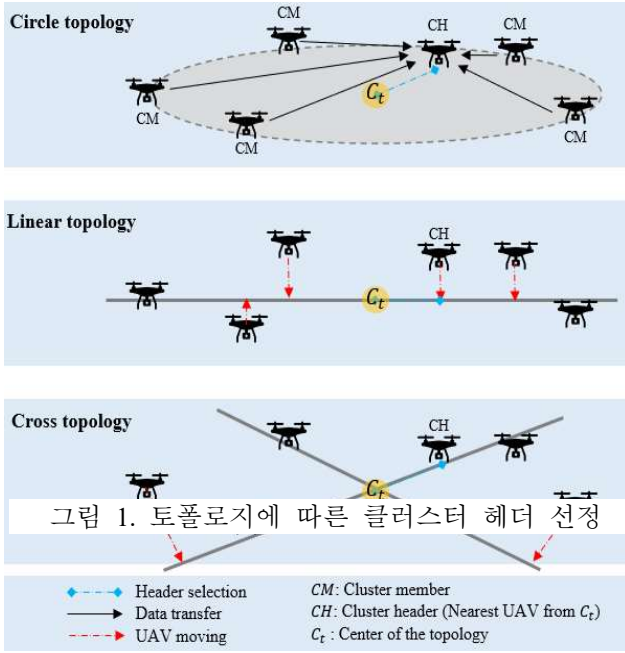


그림 1. 토폴로지에 따른 클러스터 헤더 선정

다. 그리고 앞서 원형 토폴로지와 마찬가지로 선형 토폴로지의 중심 지점인 C_t 와 가장 가까운 무인기를 클러스터 헤더로 선정하게 된다. 동일한 과정으로 가위표 토폴로지로 변경될 경우도 고려한다. 선정 후 signal to noise ratio (SNR)을 수식 (2)와 같이 계산한다.

$$SNR = P_t - PL(d_{node}) - N, \quad (2)$$

P_t 는 전송 파워를 의미하고 N 은 노이즈를 의미한다. 앞서 구한 SNR로 각 무인기의 data rate를 수식 (3)과 같이 계산한다.

$$Data\ rate = B \log_2(1 + SNR), \quad (3)$$

B 는 대역폭을 의미한다. 각 무인기의 data rate를 구하고 정해진 data size에 따른 전송속도를 측정한다.

3. 성능 분석

MATLAB 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 수행하였다. 무인기의 위치는 반경 0.5 km 안에서 랜덤하게 분포하였으며 단말의 개수는 10 ~ 100 개로 증가시키면서 1000 회 반복하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 파라미터는 표 1 과 같다 [3], [4].

그림 3은 토폴로지 변화에 따른 제안하는 클러스터 헤더 선정 방식(직선)과 클러스터 헤더 랜덤 선택방식(점선) 두 가지 경우의 전송시간 비교 결과를 나타낸다. 원형, 선형, 가위표 세가지 토폴로지 경우를 비교하였다. 모든 토폴로지에서 제안한 방법이 랜덤으로 헤더를 선정한 방법보다 더 짧은 전송 시간을 보임을 확인할 수 있었다. 이는 랜덤으로 헤더를 선정할 경우 다른 무인기와의 거리가 비효율적일 수

표 1. System parameter

Parameter	Value	Parameter	Value
f	2 GHz	B	1 MHz
c	3×10^8 m/s	Data size	70 bytes
P_t	30 dBm	Time slot	2 ms

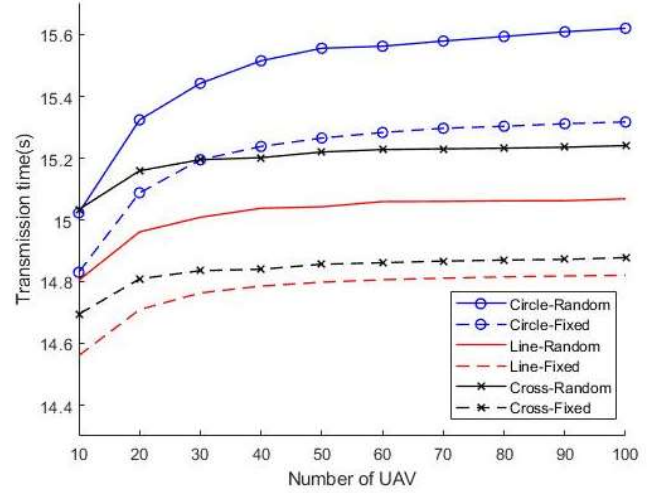


그림 2. 토폴로지에 따른 전송 시간 변화

있기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 애드혹 군집 무인기 네트워크 환경에서 토폴로지 변화에 따른 클러스터 헤더 선정기법에 대한 성능을 분석하였다. 클러스터 헤더를 토폴로지 중심에 고정하여 선정하는 기법은 랜덤으로 클러스터 헤더를 선정하는 방식과 비교해 보았을 때 원형, 직선, 가위표 형태의 3 가지 토폴로지 모든 경우에서 더 짧은 전송 시간을 보였다.

6. 참고 문헌

- [1] 국경완, “무인항공기(드론) 기술동향 및 시장동향,” 한민족과학기술자네트워크, 2019년 9월.
- [2] Y. Zeng and R. Zhang “Energy-efficient UAV communication with trajectory optimization,” *IEEE Trans. On Wireless Commun.*, vol. 16, pp. 3747 - 3760, Mar. 2017.
- [3] 조준우, 김재현, “비계층 클러스터 방식을 활용한 다중 UAV 전력 소모 최소화 위치 선정 기법,” *한국통신학회논문지*, 43(8), pp. 1263-1269, 2018년 8월.
- [4] J. Kakar, “UAV communications: spectral requirements, MAV and SUAV channel modeling, OFDM waveform parameters, performance and spectrum management,” Virginia Tech Master Theses [16970], May 2015.