

군집 무인기 에드혹 네트워크 환경에서 우선순위 기반 경합 창 조절 방식 설계

김태윤, 김재현*

아주대학교 AI융합네트워크학과, *아주대학교 전자공학과

{xodbsxogjs, *jkim}@ajou.ac.kr

Design of Priority-Based Contention Window Adjustment Scheme in Unmanned Aerial Vehicle Ad-Hoc Environment

Kim Tae-Yoon, Kim Jae-Hyun*

Department of Artificial Intelligence Convergence Network, Ajou Univ.,

*Department of Electronics and Computer Engineering, Ajou Univ.

요약

본 논문은 군집 무인기 에드혹 네트워크 환경에서 군집을 일정한 시간 간격으로 나누어 기지국의 통신 범위를 벗어나는 구간의 순서에 따라 우선순위를 부여하여 경합 창 크기를 낮게 조절함으로써 통신 효율을 높이는 priority based carrier sensing multiple access (PB-CSMA)를 설계하였다. 무인기 수를 증가시키면서 시뮬레이션을 수행한 결과, 기존의 CSMA 보다 제안하는 PB-CSMA에서 더 높은 전송 성공률을 보였으며 나누어진 구역 별로 전송 횟수의 공정성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

I. 서론

무인기 에드혹 네트워크 환경에서 medium access control (MAC) 프로토콜은 효율적인 통신을 위해서 매체들의 접근을 제어하는 중요한 역할을 한다 [1]. 하지만 무인기의 빠른 이동성과 잦은 토폴로지 변화로 인해서 일반적인 time division multiple access (TDMA), carrier sensing multiple access (CSMA)와 같은 프로토콜을 사용할 경우 성능이 저하될 수 있다. 따라서 무인기의 높은 이동성에 맞는 높은 효율을 낼 수 있는 MAC 프로토콜을 설계하는 것은 중요하다.

특정 구간을 정해진 시간동안 지나가는 군집 무인기 시나리오의 경우, 그 구간을 커버하는 기지국과의 효율적인 통신을 위해서 일반적인 CSMA 프로토콜을 사용 시 이를 보완할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 일정 구간을 정해진 시간동안 지나가는 군집 무인기 에드혹 네트워크 환경에서 군집을 일정한 시간 간격으로 나누어 기지국의 통신 범위를 벗어나는 구간의 순서에 따라 경합 창 크기를 조절하는 방안을 고려한다.

II. 본론

A. 시스템 모델

시스템 모델은 그림 1과 같이 N 대의 무인기와 특정 지역을 커버하는 1개의 기지국으로 구성되어있다. N 대의 무인기는 1-hop 통신이 가능하고 일정한 속도로 정해진 시간에 특정 구간을 지나가며, 이 구역은 여러 개의 구역으로 나뉜다. 이러한 각 구역에는 클러스터 헤더가 존재하고 나머지 무인기는 클러스터 멤버로 군집을 구성한다. 클러스터 헤더만이 기지국과 통신하고 클러스터 멤버는 클러스터 헤더에게 정보를 전송한다.

B. 군집 무인기 구역

정해진 시간에 특정 구간을 지나가는 시나리오에서 시간이 지남에 따라 기지국의 통신 범위를 벗어나는 무인기가 발생하게 된다. 이러한 무인기는 군집의 왼쪽(그림 1. 좌측)에 위치한 무인기 보다 기지국과 통신을 할 수 있는 시간이 제한적이다. 따라서 시간 간격에 따라 군집 무인기의 구역을

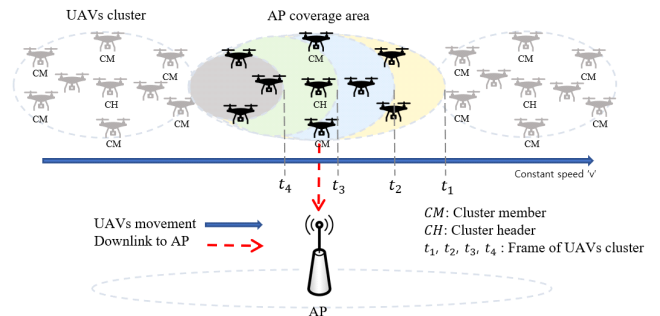


그림 1. 시스템 모델

나누어, 먼저 벗어나게 되는 구간 순서에 높은 우선순위를 부여하여 경합 창 크기를 낮게 조절함으로써 통신 효율을 높일 수 있도록 한다. 또한 랜덤하게 무인기를 배치하기 때문에 구역에 따라 무인기의 수가 다를 수 있다. 따라서 구역을 시간 간격에 따라 나눌 때 무인기 수의 비율에 맞게 간격을 설정하여 많은 수의 무인기가 통신을 할 수 있는 조건을 만족할 수 있도록 한다. 클러스터 헤더는 각 구간에서 무인기 간 거리와 기지국과의 거리의 합이 가장 적은 무인기를 헤더로 선정한다. 클러스터 멤버는 클러스터 헤더에게만 데이터를 전송하고 클러스터 헤더는 전송받은 데이터를 기지국에 대표로 전송하는 역할을 한다.

C. PB-CSMA

통신을 위한 MAC 프로토콜은 CSMA를 기반으로 한다. 일반적인 CSMA인 IEEE 802.11 distributed coordination function의 경우 binary exponential backoff를 사용하고, 모든 노드들의 initial backoff counter는 경합 창 최소 범위에서 랜덤하게 부여 받는다 [2]. 노드마다 각각의 backoff counter를 가지게 되고 시간이 지남에 따라 모든 노드들의 backoff counter가 1씩 줄어든다. 먼저 backoff counter 값이 0이 되는 노드가 전송을 하게 되는데 동시에 backoff counter 값이 0이 되면 동시에

전송을 시도하기 때문에 충돌이 발생하게 된다. 이러한 경우 충돌이 일어난 두 노드의 backoff stage를 한 단계 높이고 경합 창 범위를 지수배로 증가시킨 후 그 안에서 랜덤하게 backoff counter 값을 뽑아 앞서 설명한 동일한 과정을 진행한다. backoff stage의 최댓값을 설정해두어 만일 가장 높은 stage에 위치하는데 충돌이 발생하는 경우 더 이상 stage를 늘리지 않고 해당 stage의 경합 창 범위 안에서 다시 랜덤하게 backoff counter 값을 부여하게 된다. 노드가 전송에 성공하면 backoff stage는 초기 값으로 돌아가고 최소 경합 창 범위 내에서 다시 랜덤하게 backoff counter 값을 부여하는 방식으로 프로토콜이 작동된다. 하지만 이러한 프로토콜의 경우 정해진 시간에 특정 구역을 지나가는 시나리오에서 비효율적일 수 있다. 따라서 이러한 시나리오에서 더 좋은 성능을 보일 수 있도록 우선순위에 기반 하여 경합 창 크기를 부여하는 우선순위 기반 CSMA 프로토콜인 priority based CSMA (PB-CSMA)를 제안한다.

PB-CSMA의 경우 위에서 설명한 CSMA의 backoff 알고리즘을 기반으로 하지만 시작 단계에서 initial backoff counter 값을 부여할 때 경합 창 최소 범위에서 랜덤으로 부여하지 않고 기지국 통신 범위를 벗어나게 되는 구역의 순위에 따라 차등적으로 backoff counter 값을 부여한다. 기지국 통신 범위를 벗어나게 되는 구역을 그림 1과 같이 순서대로 t_1, t_2, t_3, t_4 라고 할 때 t_1 구역에 존재하는 무인기의 경합 창 크기는 경합 창 최소 범위 안에서 랜덤으로 설정하고 t_2, t_3, t_4 각각은 t_1 의 경합 창 범위의 거듭제곱의 크기로 증가시킨다. 즉 만일 경합창의 최소 범위가 0 ~ 15 라고 가정했을 때 CSMA의 경우 모든 무인기들에 0 ~ 15 범위 사이의 값으로 랜덤하게 backoff counter 값을 부여하지만, PB-CSMA의 경우 t_1 구역에 존재하는 무인기는 동일하게 0 ~ 15 범위 사이의 값으로 랜덤하게 backoff counter 값을 부여하고, t_2 구역에 존재하는 무인기는 16 ~ 31 사이의 더 높은 값을 랜덤하게 부여하여 t_1 구역의 무인기들이 더 높은 확률로 먼저 통신을 할 수 있도록 한다. 다른 구간도 동일하게 적용되어 우선순위에 따라 통신이 가능할 수 있도록 한다.

다음과 같은 방식으로 상대적으로 적은 시간동안 통신을 해야 하는 구간은 더 높은 확률로 충돌을 줄여 전송할 수 있도록 할 수 있다.

III. 성능 분석

MATLAB 시뮬레이션을 통해 성능분석을 진행하였다. 무인기는 1 km 반경에서 랜덤하게 분포시켰고 단말의 개수는 40 ~ 200 개로 증가시키면서 1000회 반복하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시스템 파라미터로 data rate는 1 Mbit/s, data size는 256 bytes로 설정하였고 slot size는 256 bytes로 설정하였다. RTS, CTS, ACK 크기는 각각 20, 14, 14 bytes로 설정하였고 DIFS와 SIFS는 각각 50 μ s, 10 μ s로 설정하였다. 경합 창 크기의 최소 범위는 0~15로 설정하였고 최대 범위는 512 ~ 1023으로 설정하였다.

그림 2는 기존 CSMA를 이용한 군집 무인기 에드혹 통신과 PB-CSMA를 이용한 통신의 구역에 따른 전송 성공 횟수를 비교한 결과이다. 무인기 대수가 증가할수록 충돌이 많아지기 때문에 두 경우 모두 감소하는 모습을 보였지만 일반 CSMA의 경우 모든 구역에 최소 경합 창 범위에서 랜덤 값으로 backoff counter 값을 부여하였기 때문에 기지국 통신범위를 먼저 벗어나는 구역이 통신 성공 횟수가 적은 것을 확인할 수 있다. 하지만 PB-CSMA의 경우 구역에 따라 우선순위를 부여하였기 때문에 무인기 수가 증가할수록 비슷한 횟수로 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 무인기 대수가 적을 때 가장 먼저 벗어나는 구역의 전송 시도가 많은 것은 상대적으로 경합 창 범위가 좁고 무인기 대수가 적어 충돌이 많이 발생하지 않아 전송 성공 횟수가 많은 것으로 보인다. 그림 3은 CSMA, PB-CSMA 두 경우의

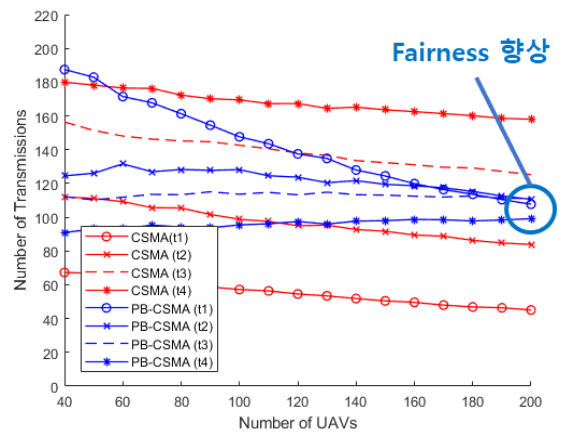


그림 3. CSMA와 PB-CSMA 구역별 전송 횟수

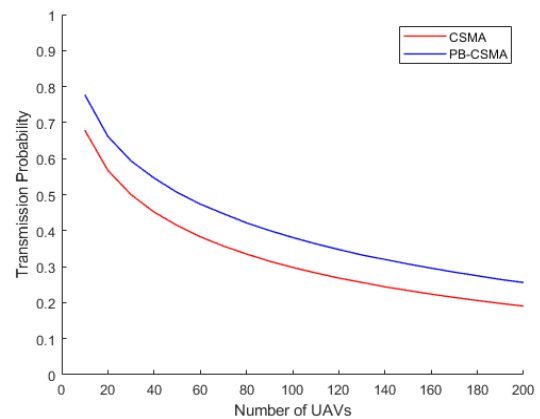


그림 2. CSMA와 PB-CSMA 전송 성공률

전송 성공확률을 비교한 것이다. 무인기 대수가 증가할수록 두 프로토콜 모두 성능이 감소하는 모습을 보이지만 PB-CSMA의 성능이 모든 구간에서 더 좋은 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 군집 무인기 에드혹 네트워크 환경에서 군집을 일정한 시간 간격으로 나누어 기지국의 통신 범위를 벗어나는 구간의 순서에 따라 경합 창 크기를 조절하는 방안을 고려했던 PB-CSMA를 설계하였다. 시뮬레이션 결과 PB-CSMA가 기존의 CSMA보다 더 좋은 성능을 보인 것을 확인할 수 있었다. 또한 기존의 CSMA는 먼저 기지국의 통신 범위를 벗어나게 되는 구역의 순서에 따라 전송 횟수가 달라 공정성이 좋지 않지만 PB-CSMA의 경우 무인기 대수가 증가함에 따라 전송하는 횟수가 점차 비슷해지는 경향을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 광운대학교 초소형무인기 전송신호처리 특화연구실을 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] S. Cao and V. C. S. Lee, "A Novel Adaptive TDMA-Based MAC Protocol for VANETs," in *IEEE Communications Letters*, vol. 22, no. 3, pp. 614-617, 2018. Mar.
- [2] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 18, no. 3, pp. 535-547, 2000 Mar.