

초밀집 네트워크에서 에너지 효율 향상을 위한 사용자 밀집도 기반 클러스터링을 이용한 기지국 제어 기법

이원석 (한경대학교), 정방철 (충남대학교), 이인호 (한경대학교), 이호원 (한경대학교)*

longtimep@hknu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr, ihlee@hknu.ac.kr, *hwlee@hknu.ac.kr

BS Control Scheme with User Density-Based Clustering for Improving Energy Efficiency in Ultra Dense Networks

Wonseok Lee (HKNU), Bang Chul Jung (CNU), In-Ho Lee (HKNU), Howon Lee (HKNU)

요약

본 논문에서는 초밀집 네트워크 환경에서 네트워크 에너지 효율 향상을 위하여 사용자 위치기반 클러스터링 기법을 이용한 기지국 모드 (Awake/Sleep) 제어 기법을 제안한다. 제안한 기법의 성능 평가를 위하여 균일 기지국 분포 및 비균일 사용자 분포를 가정하고 사용자의 밀집도를 기반으로 해당 위치에 속해 있는 기지국을 분류한다. 분류된 기지국들을 기반으로 나뉘어진 네트워크 영역 별로 기지국의 어웨이크/슬립 모드를 적응적으로 제어한다. MATLAB 시뮬레이션을 통해 제안 방안과 기존 방안에 대한 에너지 효율을 비교 분석한다.

I. 서론

ITU-R WP5D에서는 5G의 요구사항으로 20 Gbps의 최대 전송률, 500 km/h의 이동성, 1 ms의 전송 지연, 4G 대비 100배의 에너지 효율 등 핵심 성능 파라미터들을 도출하였다 [1]. 본 논문에서는 초다중 기지국, 초다수 단말을 고려한 초밀집 네트워크에서의 에너지 효율 향상을 그 목적으로 하고 있다. 본 논문에서는 네트워크에 존재하는 사용자 밀집도에 따라서 기지국 조절 반응이 결정되며, 이 반응을 통해 기지국의 어웨이크/슬립 모드가 결정된다. 사용자가 특정 지역에 밀집된 비균일 분포를 고려하기 위해 전체 네트워크를 여러 개의 서브네트워크로 구분하여 기지국 모드를 제어한다. 각 서브네트워크는 사용자들의 밀집도 기반 클러스터링을 통해 구분될 수 있다. 성능 분석을 위해 MATLAB 시뮬레이션을 수행하였고, 기존 방안으로 모든 기지국의 어웨이크 모드 (Always Awake, AA)와 서브네트워크를 구성하지 않고 전체 네트워크에 대해 기지국을 제어하는 방안 (Fixed Thinning, FT)을 고려하였다.

II. 사용자 밀집도 기반 클러스터링을 이용한 기지국 제어 기법

II-1. 서브네트워크 구성을 위한 사용자 밀집도 기반 클러스터링
서브네트워크를 구성하기 위해 사용자를 밀집도 기반으로 클러스터링 한다. 클러스터링을 위해 반경 (r)과 반경 이내의 사용자의 개수 (n)를 설정한다. 기지국을 분류하는 과정은 다음을 따른다.

- ① 네트워크에서 군집을 구성하기 위해 반경 r 이내에 사용자의 개수가 n 이상인 경우 핵심 사용자로 결정.
- ② 핵심 사용자를 기준으로 반경 r 이내에 다른 핵심 사용자는 같은 군집으로 형성하고 나머지 사용자는 외곽 사용자로 결정.
- ③ 군집에 따라 외곽 사용자를 연결하여 서브네트워크 영역으로 결정.
- ④ 전체 네트워크에서 각 서브네트워크 영역에 속해 있는 기지국을 분류.

II-2. 사용자 개수 기반 기지국 어웨이크/슬립 모드 제어 알고리즘[2]
기지국 제어를 위해 네트워크는 전체 사용자 수 (N_U), 전체 기지국 개수 (N_B), 기지국 용량 (C_B), 기지국 간 거리 ($d_{i,j}$) 정보를 알고 있다고 한다. 서브네트워크 별로 기지국 제어를 수행하며, 기지국의 어웨이크/슬립 모드 결정은 다음의 알고리즘 과정을 따른다.

- ① N_U/C_B 를 통해 필요로 하는 기지국 개수 (N_R) 계산.
- ② 주변 기지국 중 슬립 모드로 변경해야 하는 기지국 개수 $\tilde{N}_R = (N_B - N_R)/N_R$ 도출.
- ③ 전체 기지국 중 슬립 모드 기지국의 비율 $R_d = \tilde{N}_R/N_B$ 도출.
- ④ 기지국 간 거리 ($d_{i,j}$) 누적 분포 함수에서 R_d 에 해당하는 거리를 제거 반경으로 결정.
- ⑤ 제거 반경 이내에 있는 다른 기지국 슬립 모드로 결정하는 과정을 서브네트워크에 존재하는 기지국에서 반복적으로 수행.

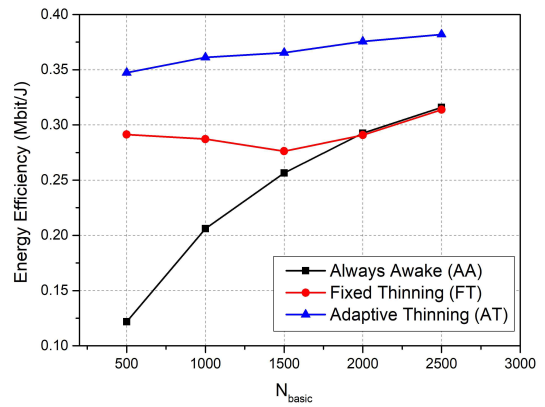


그림 1. 에너지 효율 시뮬레이션 결과: AT vs. AA vs. FT

III. 시뮬레이션 결과 분석 및 결론

사용자 수가 4개의 서브네트워크에 따라 지수적으로 증가하는 환경($2 \times N_{basic}$, $4 \times N_{basic}$, $8 \times N_{basic}$, $16 \times N_{basic}$)을 가정하였다. 여기서, N_{basic} 은 서브네트워크 별 기본 사용자 수이다. AA 알고리즘에서는 모든 기지국이 어웨이크 상태이기 때문에 가장 낮은 에너지 효율 결과를 보인다. FT 알고리즘에서는 서브네트워크를 구성하지 않기 때문에 사용자가 비균일하게 분포된 네트워크에서 사용자 밀도에 따른 정확한 기지국의 제어를 할 수 없다. 하지만, 전체 네트워크에 대한 사용자 밀도를 고려하기 때문에 AA 알고리즘보다 높은 에너지 효율을 가진다. 그림 1에서와 같이, $N_{basic}=2000$ 이후로는 FT 알고리즘이 AA와 같은 결과를 가진다. 이 점은 N_R 이 N_B 와 같아지는 상황을 의미한다. 또한, 제안 방안인 AT 알고리즘은 클러스터링 알고리즘을 기반으로 사용자의 밀집도에 따라 네트워크 영역을 서브네트워크로 구분한 후, 이 영역을 기반으로 기지국을 제어하기 때문에 AA와 FT 알고리즘에 비해 높은 에너지 효율을 가진다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. GK18S0400, 개방형 5G 표준 모델 개발)

참고 문헌

[1] ITU-R, "IMT vision-framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," ITU-R WP 5D working document, Oct. 2013.

[2] W. Lee, B. C. Jung, and H. Lee, "ACEnet: Approximate Thinning-Based Judicious Network Control for Energy-Efficient Ultra-Dense Networks," MDPI energies, vol. 11, no. 5, pp. 1-11, May 2018.