

초밀집 네트워크에서 에너지효율 향상을 위한 능동 사용자 밀도 기반 적응적 기지국 제어 방안

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

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

Active User Density Based Adaptive BS Control Scheme in Energy-Efficient Ultra Dense Networks

Wonseok Lee (HKNU), Bung Chul Jung (CNU), Howon Lee(HKNU)

요약

5G 기반 초밀집 네트워크 환경에서 에너지 효율은 가장 중요한 요구사항 중 하나이다. 본 논문은 능동 사용자 밀도 기반 적응적 기지국 제어를 통해 네트워크의 에너지 효율을 향상시키는 것을 그 목적으로 한다. 제안 방안에서는 능동 사용자 밀도에 따라 thinning 반경이 결정되며, 이 반경을 기반으로 thinning 동작이 적용된다. 반복적인 thinning 동작의 수행을 통해 능동 사용자 밀도에 따라 기지국의 awake/sleep 모드에 대한 적응적 제어가 가능하다. Stochastic geometry 기반 수학적 분석과 MATLAB 시뮬레이션을 통해 에너지 효율성 측면에서 제안 방안과 기존 방안의 성능을 비교 분석하였다.

I. 서론

ITU-R에서는 20 Gbps의 최대 전송률, 100~1000 Mbps의 사용자 체감 전송률, 4G 대비 3배의 주파수효율, 4G 대비 100배의 에너지 효율 등을 5G 네트워크 요구사항으로 정의하고 있다 [1]. 기지국과 사용자간의 밀도가 매우 높은 형태의 초밀집 네트워크는 5G 요구사항을 만족시킬 수 있는 매우 중요한 기술 중 하나이다. 네트워크에서 기지국이 소비하는 에너지 소비량이 전체 소비량의 80% 이상이기 때문에, 기지국에 대한 효율적인 제어가 매우 중요하다 [2]. 따라서, 본 논문에서는 스몰 셀 환경에서 능동 사용자 밀도에 따라 thinning 반경을 결정하고, 이에 따라 적응적으로 기지국의 awake/sleep 모드를 결정한다. Stochastic geometry 기반 수학적 분석과 MATLAB 시뮬레이션을 통해 에너지 효율성 측면에서 제안 방안과 기존 방안의 성능을 비교 분석하였다.

II. 능동 사용자 밀도 기반 적응적 기지국 제어 방안

II-1. HCPP 기반 시스템 모델

기지국과 사용자는 밀도 (λ : intensity)를 가지는 poisson point process (PPP)를 통해 생성된다. $P(n) = \frac{(\lambda S)^n}{n!} e^{-\lambda S}$ 은 특정영역 S에 n명의 기지국 (사용자)가 있을 확률을 의미한다. 사용자와 기지국과의 거리 R에 대한 확률 밀도 함수 (PDF)는 반경 r에 기지국이 0명이 있을 확률을 통해서 도출된다. 거리 R이 반경 r보다 클 확률은 $P[R > r] = e^{-\lambda \pi r^2}$ 이며, 이를 통해 거리 R에 대한 누적 분포 함수 ($P[R \leq r] = F_R(r) = 1 - e^{-\lambda \pi r^2}$)를 정의할 수 있다. 누적분포함수를 이용하여 거리 R에 대한 PDF를 도출할 수 있으며, 다음과 같다.

$$f_{R,PPP}(r) = dF_R(r)/dr = 2\pi\lambda r e^{-\lambda \pi r^2} \quad (1)$$

Hard core point process (HCPP)는 thinning 반경 (r_t)이 내에 있는 점을 제거하며, PPP를 통해 생성된 점 그룹 (G_{PPP})에서 새로운 점 그룹 (G_{HCPP})을 생성한다. HCPP의 과정은 다음과 같다.

- ① PPP에 의해 생성된 점 그룹 (G_{PPP})에 0~1사이의 랜덤 난수를 할당.
- ② PPP 점 그룹에서 불특정 기준 점을 중심으로 thinning 반경 (r_t)이 내에 있는 다른 점을 확인.
- ③ 불특정 기준 점의 랜덤 난수와 thinning 반경 (r_t)이 내에 있는 다른 점들의 랜덤 난수를 비교하여, 기준점보다 그 값이 작은 점을 제거. HCPP에서 사용자와 기지국과의 거리 R에 대한 pdf는 $f_{R,HCPP}(r) \approx 2\pi\lambda_{HCPP} e^{-\lambda^* A}$ 로 근사화 된다 [3]. 기지국 영역은 보로 노이 다이어그램에 의해서 구분되며, 사용자는 가장 가까운 기지국이란 통신을 한다. 그 밖의 기지국은 간섭을 발생시키는 기지국으로 고려한다.

II-2. Thinning 반경(r_t) 결정 알고리즘

본 알고리즘을 수행하기 위해 네트워크는 사용자 개수 (N_U), 기지국 개수 (N_B), 기지국 용량 (C_B), 기지국 간 거리 ($d_{i,j}$) 정보를 알고 있다고 한다. 따라서, 네트워크에 필요로 하는 기지국의 개수(N_R)는 N_U/C_B 를 통해 구할 수 있고, 이를 통해 주변 기지국 중 sleep 모드로 변경해야하는 기지국 개수 ($\tilde{N}_R = (\lambda_B - N_R)/N_R$)를 구할 수 있다. $\tilde{N}_R$ 을 전체 기지국의 개수 (N_B)로 나누어주면 비율 (R_d)을 알 수 있으며, 기지국 간 거리 ($d_{i,j}$) 누적 분포 함수에서 R_d 에 해당하는 거리를 thinning 반경(r_t)으로 결정한다.

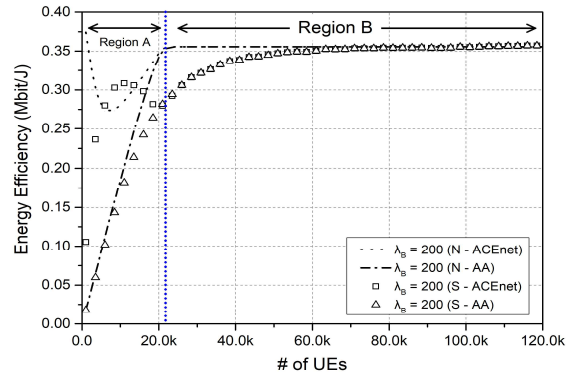


그림 1. 사용자 적응적 기지국제어 알고리즘(ACENet)과 기지국을 제어하지 않는 알고리즘(AA)의 에너지 효율비교

III. 시뮬레이션 결과 분석 및 결론

알고리즘이 동작할 수 있는 영역 A에서는 제안하는 알고리즘을 통해 네트워크의 에너지 효율을 증진시킬 수 있다. 따라서, 이를 통해 네트워크 사업자는 사용자 개수에 따라 적응적으로 기지국을 제어할 수 있으며, 에너지 효율을 높일 수 있다. 포화된 이후에는 AA (Always Awake) 알고리즘과 동일한 성능을 가진다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2016R1D1A1B03935902)

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] G. Auer et al., "How much energy is needed to run a wireless network?," Wireless Commun., vol. 18, no. 5, pp. 40-49, Oct. 2011.
- [3] G. Alfano, M. Garetto, and E. Leonardi, "New insights into the stochastic geometry analysis of dense CSMA networks" IEEE INFOCOM 2011, pp. 2642-2650, May. 2011.