

## 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 사용자의 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 ( $\lambda$ : 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  $f_{R,HCPP}(r) \approx 2\pi r \lambda_{HCPP} e^{-\lambda^* A}$ 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 변경해야 하는 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.

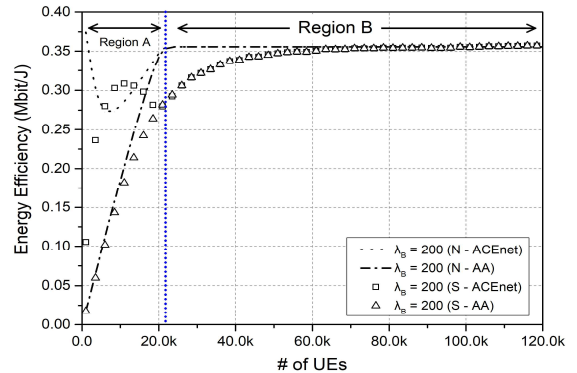


그림 1. 사용자 적응적 기지국제어 알고리즘(ACEnet)과 기지국을 제어하지 않는 알고리즘(AA)의 에너지 효율비교

## 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.