

클러스터 이기종 셀룰러 네트워크에서 결합 셀 접속을 위한 하이브리드 자가구성 기법

황해광, 박진배, 최경준, 김종현, 이진녕, 김광순

연세대학교 전기전자공학과

Hybrid SON Scheme for Joint Cell Association in Clustered Heterogeneous Cellular Networks

Hae Gwang Hwang^o, Jin-Bae Park, Kyung Jun Choi, Jong Hyun Kim, Jinnyeong Lee, Kwang Soon Kim,

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

hwang819@dcl.yonsei.ac.kr, spacey2k@dcl.yonsei.ac.kr, kjchoi@dcl.yonsei.ac.kr

jhkim@dcl.yonsei.ac.kr, jnlee@dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

요 약

본 논문에서는 지금까지 연구된 이기종 셀룰러 네트워크 사용자 소속 알고리즘의 문제점인 네트워크 규모 증가에 따른 복잡도를 줄이기 위해 다수의 소형셀이 하나의 클러스터로 동작하는 상황을 고려하고 매크로셀과 클러스터 간의 사용자 접속 문제와 소형셀 간의 접속 문제로 나누어서 동작하는 하이브리드 사용자 소속 방식을 제안하고 모의 실험을 통해 성능을 확인하였다.

1. 서론

이기종 셀룰러 네트워크는 매크로셀 내의 트래픽 밀집 지역 및 음영 지역을 소형셀을 설치하여 해결함으로써 차세대 네트워크의 핵심 기술 중 하나로 여겨지고 있으며 소형셀과 매크로셀의 특성상 소형셀의 밀도가 증가할수록 매크로셀과 소형셀 간의 적절한 사용자 소속에 따른 트래픽의 균형이 중요해진다 [1][2].

이를 위해 다양한 사용자 접속 (User Association) 알고리즘이 제안되었으나 이들 알고리즘은 클러스터 이기종 셀룰러 환경에서 클러스터에서의 송신 방식을 고려하지 않기 때문에 최적의 셀 접속을 찾을 수 없으며 이를 고려하더라도 최적의 셀 접속 결과를 결정하기 위한 복잡도가 문제가 된다 [3].

본 논문에서는 사용자의 셀 접속을 결정하기 위해 클러스터의 상황을 고려하고 이에 따른 복잡도를 줄이기 위해 전체 최적화 문제를 매크로셀과 클러스터 단위에 대한 셀 접속과 소형셀 단위의 셀 접속으로 구성된 2 개의 최적화 문제로 나누는 사용자 접속 방법을 제안한다.

2. 시스템 모형

본 논문에서는 M 개의 안테나를 가지는 매크로셀과 N 개의 안테나를 가지는 소형셀들의 클러스터

과 단일 안테나를 가지는 사용자들로 구성된 이기종 네트워크 하향 전송 환경을 고려한다. \mathbf{B} 를 매크로셀 기지국의 집합, \mathbf{C} 를 전체 클러스터의 집합, \mathbf{B}_c 를 클러스터 $c \in \mathbf{C}$ 에 속하는 소형셀 기지국 집합으로 정의한다. 전체 사용자 집합 \mathbf{U} 에 대하여 매크로셀 기지국 (클러스터) \mathbf{d} 에 소속된 사용자 집합을 \mathbf{U}_d 로, 클러스터 c 의 소형셀 \mathbf{b} 에 소속된 사용자 집합을 \mathbf{U}_b 로 정의한다. 각 매크로셀과 클러스터는 중앙 제어부를 통해 관리되며 클러스터 내의 각 소형셀은 해당 클러스터 제어부를 통해 관리되고 각 클러스터 제어부는 인접한 매크로셀 기지국에 물리적으로 존재한다고 가정한다.

3. 하이브리드 셀 접속 기법

본 논문에서는 중앙 제어부에서 전체 사용자 사용자 집합 \mathbf{U} 를 매크로셀 기지국과 클러스터로 할당하고 각 클러스터 제어부에서 중앙 제어부에서 할당된 클러스터 사용자들을 클러스터 내 각 소형셀에 할당하는 하이브리드 셀 접속 기법을 제안한다. 그림 1은 하이브리드 셀 접속 기법을 위해 사용자, 매크로셀 (소형셀) 기지국, 중앙 제어부, 클러스터 제어부에서 서로 전달하는 정보를 나타낸다. 그림 1-(a)과 같이 각 사용자 \mathbf{u} 는 인접한 기지국 \mathbf{d} 와의 수신 SNR $\gamma_{u,d}$ 를 측정하여 현재 소속된 매크로셀 (소형셀) 기지국을 통해 중앙 제어부와 소형

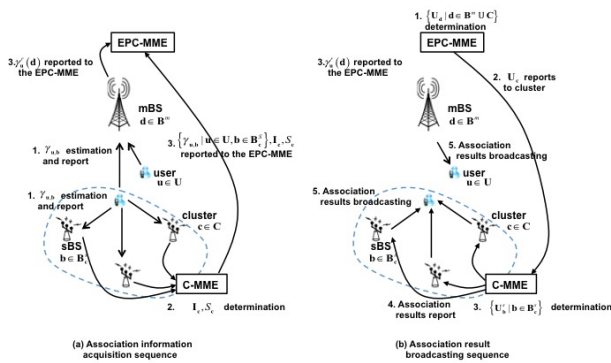


그림 1 사용자, 기지국, 제어부 간 정보 교환

셀의 해당 클러스터 제어부로 전달하고 클러스터 제어부는 중앙 제어부에서 클러스터로 사용자를 소속시킬 때 사용할 가중치 I_c 및 클러스터 내 소형셀들의 통신 방식을 반영하는 추가 정보 S_c 를 결정하여 중앙 제어부로 전달한다.

중앙 제어부는 수집한 SNR 과 각 클러스터에서 전달 받은 추가 정보 $\{I_c, S_c | c \in C\}$ 를 이용하여 사용자가 클러스터에 소속되었을 때의 전송률을 예측하여 전체 사용자를 매크로셀과 클러스터로 소속시키기 위한 기하 평균을 최대화하는 최적화 과정을 수행하고 그 결과를 해당 매크로셀 및 클러스터에 전달한다. 클러스터 제어부는 중앙 제어부에서 전달 받은 클러스터에 소속된 사용자들을 각 소형셀 기지국으로 나누기 위한 최적화 작업을 수행한다. 클러스터 제어부는 중앙 제어부에서 예측한 사용자가 클러스터에 소속되었을 때의 전송률이 아닌 클러스터 환경 및 통신 방식 등을 고려하여 실제 소형셀에 사용자가 소속되었을 때의 전송률을 예측하고 중앙 제어부와 마찬가지로 기하합을 최대화하는 최적화 과정을 통해 각 소형셀에 소속되는 사용자들을 결정한다. 이 과정에서 클러스터 제어부는 중앙 제어부에서 사용하는 최적화 메트릭을 보정하기 위한 추가정보 $\{I_c, S_c\}$ 를 업데이트 한다.

4. 모의 실험

그림 2는 표 1의 파라미터에 대해 제안한 하이브리드 셀 접속 기법의 성과와 [3]의 분산 알고리즘을 통해 전체 네트워크에 대한 최적화로 결정된 셀 접속 기법에 따른 평균 전송률의 분포를 나타낸 것이다. 매크로셀은 단일 셀로 4명의 사용자에게 대한 Zero-forcing 을 가정하고 소형셀은 해당 클러스터 내의 전체 소형셀에 대한 Joint zero-forcing 을 통해 전송한다고 가정한다. 그림 2는 제안하는 하이브리드 셀 접속 기법이 근사화된 클러스터 환경을 추가적으로 반영함으로써 전체 네트워크에 대한 기존 단일 셀 접속 방식보다 동일한 전송 기법을 사용하였을 때 셀 접속 방법에 따른 추가적인 성능 향상이 발생하는 것을 알 수 있다.

5. 결론

송신전력 (매크로, 소형)	46dBm, 30dBm
소형셀 클러스터 수	3, 5
클러스터 내 소형셀 수	5
매크로셀 영역당 사용자	500
매크로셀, 소형셀 안테나	4, 2

표 1 모의실험 네트워크 파라미터

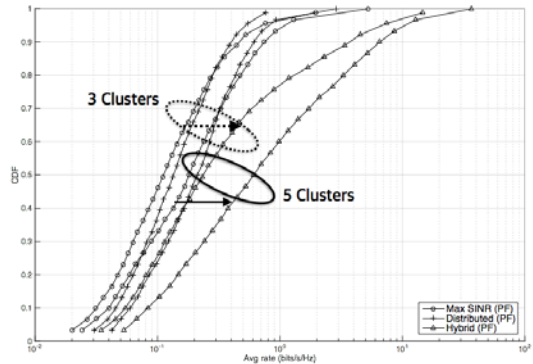


그림 2 사용자 소속 방법에 따른 전송률 비교

본 논문에서는 클러스터 이기종 셀룰러 네트워크의 전체 사용자들을 매크로셀과 클러스터로 구분하고 클러스터에 속한 사용자들에 대해 다시 클러스터 내 소형셀들에 대한 셀 접속을 결정하는 하이브리드 자가 구성 기법을 제안하고 모의 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구원 홍성터의 정보통신·방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2014-044-006-004, 고성능, 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발]

참고 문헌

- [1] J. G. Andrews, S. Buzzi, W. Choi, S. Hanly, A. Lozano, A. C. K. Soong, and J. C. Zhang, "What will 5G be?" *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 32, no. 6, pp. 1065-1082, Jun. 2014.
- [2] J. G. Andrews, H. Claussen, M. Dohler, S. Rangan, and M. C. Reed, "Femtocells: past, present, and future," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 30, no. 3, pp. 497-508, Apr. 2012.
- [3] Q. Ye, B. Rong, Y. Chen, M. Al-Shalash, C. Caramanis, and J. G. Andrews, "User association for load balancing in heterogeneous cellular networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 12, no. 6, pp. 2706-2716, Jun. 2013.
- [4] S. Corroy, L. Falconetti, and R. Mathar, "Dynamic cell association for downlink sum rate maximization in multi-cell heterogeneous networks," in *Proc. 2012 IEEE ICC*, pp. 2457-2461