

백홀망의 제한이 있는 이기종망에서의 셀연계기법의 필요성에 관한 연구

이형열, 상영진, 박진배, 권중형, 강재원, 김광순*

연세대학교 전기전자공학부

neolee@yonsei.ac.kr, yjmich@yonsei.ac.kr, spacey2k@yonsei.ac.kr,
goodream@dcl.yonsei.ac.kr, kjwvic@yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

A Study on the Necessity of Cell Association Scheme in constrained backhaul heterogeneous networks

Lee Hyung yeol , Sang Young Jin, Park Jin bae, Kwon Jung hyung,

Kang Jae won, Kim Kwang soon *

Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

미래 통신 시스템은 매크로(macro) 기지국 뿐만 아니라 전송 전력, 기지국 커버리지(coverage), 설치 목적 등이 서로 다른 피코(pico), 펠토(femto), 릴레이(relay), 기지국들이 산재되어 있는 이기종망(heterogeneous network)가 될 것이다[1]. 이러한 중첩된(overlaid) 기지국들을 효과적으로 이용한다면 기지국의 커버리지, 전송 용량, 공간적인 재사용(spatial reuse) 등의 여러 가지 측면에서 이득을 볼 수 있을 것이다. 이에 본 논문에서는 이기종망에서의 기지국에 따른 백홀망 제한을 고려해야 하는 필요성에 대해 알아보고 이를 고려하여 백홀망을 고려한 셀 연계 기법 적용하였을 때 어느 정도의 성능 향상을 얻을 수 있을지를 알아보기로 한다.

I. 서 론

미래 통신 시스템은 더욱 진보된 전송 기법 및 망 관리 기법 등으로 절대적인 전송률을 높이거나 다양한 종류의 기지국들을 설치하여 셀 커버리지(coverage)를 줄임으로써 단위 면적당 주파수 효율성을 높여서 시스템의 전체적인 성능을 향상시키는 방향으로 나아가고 있다[1]. 이렇게 여러 가지 기지국들이 산재되어 있는 망을 이기종망(heterogeneous network)이라고 하는데 이러한 이기종망에는 매크로(macro) 기지국 뿐만 아니라 전송 전력, 기지국 커버리지, 설치 목적 등이 서로 다른 피코(pico), 펠토(femto), 릴레이(relay) 기지국들이 무계획적으로 흩어져 있다. 비록 이러한 기지국들의 특성이 서로 다르지만 이러한 중첩된(overlaid) 기지국들을 효과적으로 이용한다면 기지국의 커버리지, 전송 용량, 공간적인 재사용(spatial reuse) 등의 여러 가지 측면에서 이득을 볼 수 있을 것이다. 그러나 앞서 언급했듯이 이러한 기지국 들은 기지국마다 특성 및 목적이 다르기 때문에 이러한 성질을 고려해야 한다. 특히, 피코나 펠토 기지국들은 백홀(backhaul)망의 전송 용량이 매크로 기지국에 비해 작기 때문에 이를 고려한 전송 전략이 필요한 실정이다. 또한, 이 기지국들은 매크로 기지국과 같은 주파수 대역을 사용하기 때문에 기지국간 간섭의 문제 등을 야기하여 시스템 전체적인 성능 저하의 요인이 될 수 있다. 이에 이러한 문제를 해결하기 위해 특정 사용자가 보통은 수신 SINR이 가장 높 기지국에 연결되어 서비스를 받지만 이기종망 같이 주변에 여러 기지국들이 많을 때는 셀 간 간섭 및 기지국의 트래픽(traffic load)를 줄이기 위해서 주변 다른 기지국에 연결되어 시스템의 전체적인 성능을 향상 시키고 사용자 자신도 안정적인 서비스를 받기 위해 고안된 기법 중 하나로 셀 연계(cell association) 기법이 있다[1-2].

이에 본 논문에서는 앞서 언급한 이기종망에서의 기지국에 따른 백홀망 제한을 고려해야 하는 필요성에 대해 알아보고 이를 고려하여 백홀망을 고려한 셀 연계 기법 적용하였을 때 어느 정도의 성능 향상을 얻을 수 있을지를 알아보기로 한다.

II. 본론

A. 시스템 모델

본 논문에서는 매크로 기지국과 펠토 기지국이 확률적인 기하구조(stochastic geometry)를 가지는 2계층 이기종망 상향링크(Uplink) OFDMA 시스템을 고려하였다. 이 때 매크로와 기지국은 면적 밀도(inensity)가 λ 인 균일 포아송 점 과정(Poisson point process)를 따른다 [3]. 사용자들의 자원 할당의 최소 단위는 부반송파들의 묶음인 부채널(subchannel)으로 하고 사용자들에게는 Round Robin 자원 할당 방식으로 N 개의 부채널이 할당된다. 이 때 각 사용자들의 SINR(Signal to Noise Interference Ratio)과 전송률(data rate)는 다음과 같이 정의 된다.

$$SINR_{k,i} = \frac{h_{k,i} (d_{k,i})^{-\alpha_k}}{\sigma^2 + I_{k,i}} \quad (1)$$

$$I_{k,i} = \sum_{j \in \Phi / b_0} h_{k,i,j} (d_{k,i,j})^{-\alpha_j} \quad (2)$$

$$r_{k,i} = \frac{W}{N_k} \ln(1 + SINR_{k,i}) \quad (3)$$

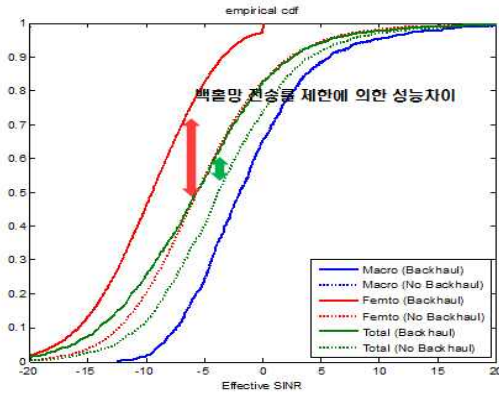


그림 1 백홀망 전송률 제한에 따른 성능 저하

여기서 기지국과 사용자간의 채널은 평균이 1인 Rayleigh fading이라고 가정하고 기지국의 파워는 $1/\mu$ 이라고 한다. 따라서, 이 때 채널과 전성 파워를 합한 성분인 h 는 평균이 $1/\mu$ 인 exponential 랜덤 변수로 모델링 된다. 또한, 기지국과 사용자와의 거리는 d , 잡음 전력은 σ^2 , 간섭신호의 전력은 I , path loss exponent는 α 라고 정의한다. 또한, 셀의 색인(index)는 k , 사용자의 색인은 i 이다. W 는 전체 시스템에서 사용하는 대역폭을 나타낸다.

B. 셀 연계 기법 및 실험 결과

앞서 언급한 대로 매크로와 펌토의 기지국은 백홀망의 제한이 있다. 즉, 각각의 기지국은 사용자들로부터 오는 데이터를 백홀망을 통해서 중앙망(core network)로 보낼 수 있는 전송률에 한계가 있다는 것이다. 이러한 특성 때문에 특정 셀 내의 사용자들의 채널 상태가 좋아서 총합 전송률이 백홀망의 전송률보다 높게 되면 전체 시스템의 총 전송률은 감소하게 된다. 그림 1은 백홀망 전송률 제한에 따른 성능 저하를 매크로 기지국, 펌토 기지국, 전체 기지국의 관점에서 본 실험 결과이다. 실험 계수들은 표 1에 정의 되어 있다.

실험 계수	값
매크로, 펌토, 사용자 PPP 계수	$1/(\pi*500^2)$, $1/(\pi*150^2)$, $100/(\pi*500^2)$
매크로, 펌토 전력(송신 SNR)	100dB, 90dB
펌토 백홀망 제한	15Mbps
부채널 수(N)	50
실험 영역	10km * 10km
시스템 대역폭(W)	10MHz
pathloss exponent	4

여기서 매크로, 펌토 기지국의 전력은 송신 SNR기준이며 $d=1$ 일 때의 값을 나타낸다. 또한, 여기서 effective SINR이라 함은 특정 기지국에서 서비스를 받는 특정 사용자의 관점에서 현재 가능한 전송률 기준으로 계산한 SINR을 나타낸 것이다. 그림 1의 그래프에서 알 수 있듯이 백홀망의 제한이 있는 펌토 기지국의 성능 저하가 현저한 것을 effective SINR분포를 통해 확인할 수 있다.

이러한 백홀망의 제한 조건이 있을 때의 성능 저하에 관한 실험은 셀 연계 기법 필요성은 암시한다. 즉, 특정 사용자가 해당 기지국에서 서비스를 받는 사용자가 많을 경우 무조건 가장 SINR이 높은 기지국으로 연결되어 서비스를 받는 기존 시스템의 경우에 기지국 백홀망의 제한으로 인해 두 번째로 높은 SINR을 갖는 기지국에 연결되는 것보다 오히려 낮은 데이터

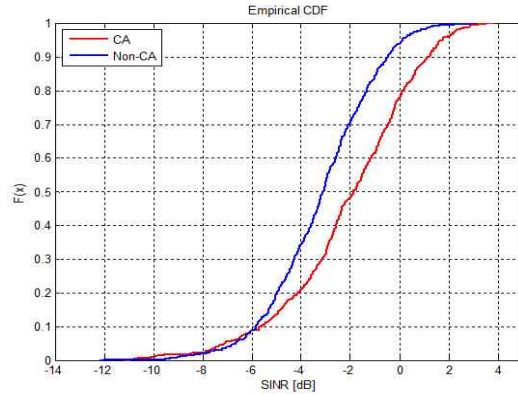


그림 2 백홀망을 고려한 셀 연계 기법에 따른 성능 향상

전송률을 할당 받게 될 수도 있고 이는 전체 시스템이 효율을 떨어뜨리게 된다. 또한, 이렇게 된다면 해당 기지국을 통해 서비스를 받는 다른 사용자들 역시 한정된 자원을 나누어 사용해야 하므로 전송률 측면에서 성능 저하를 경험하게 된다. 따라서, 백홀망의 전송률을 고려한 셀 연계를 통해 특정 사용자가 실질적으로 가장 높은 데이터 전송률을 보장 받을 수 있는 기지국에 연결된다면 자신의 전송률도 높고 해당 기지국에서 서비스를 받는 다른 사용자들도 자원적으로 여유가 생기므로 시스템의 성능이 향상되는 결과를 가져 올 것이다. 이에 대한 실험 결과가 그림 2에 나타나 있다. 그래프에서 Non-CA(Non-cell association)는 특정 사용자가 단순히 가장 높은 SINR을 보장해주는 기지국에 연결했을 때의 effective SINR의 분포를 본 것이고 CA(Cell association)는 백홀망을 고려해서 셀 연계 기법을 사용한 경우에 effective SINR의 분포를 나타낸 것이다. 그래프에서도 알 수 있듯이 백 홀망을 고려한 셀 연계 기법을 사용했을 경우에 성능 향상이 현저하게 나타나는 것을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 이기종망에서의 기지국에 따른 백홀망 제한을 고려하는 필요성에 대해 알아보고 이를 고려하여 백홀망을 고려한 셀 연계 기법 적용하였을 때 어느 정도의 성능 향상을 얻을 수 있을지를 알아보았다. 실험을 통하여 백홀망의 제한이 있는 펌토 기지국의 성능 저하가 현저한 것을 effective SINR분포를 통해 확인할 수 있었으며 특정 사용자가 백홀망을 고려해서 셀 연계 기법을 사용한 경우에 effective SINR의 분포 관찰을 통해 백 홀망을 고려한 셀 연계 기법을 사용했을 경우에 성능 향상이 현저하게 나타나는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-001 1172)

참 고 문 헌

[1] Has-Shin Jo, Young Jin Sang, Ping Xia, Jeffery G. Andrews, "Outage Probability for Heterogeneous Cellular Networks with Biased Cell Association," Globecom. 2011. (accepted for presentation)

[2] R. Madan, J. Borran, A. Sampath, N. Bhushan, A. Khandekar, Tingfang Ji, "Cell Association and Interference Coordination in Heterogeneous LTE-A Cellular Network," IEEE JSAC in comm., vol.28, No.9, Dec., 2010.

[3] Dietrich Stoyan, Wilfrid S Kendall, Joseph Mecke, *Stochastic Geometry and its applications*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Ltd, 2008.