

# 이종망 환경에서의 간섭 완화를 위한 전력제어와 ABSF의 혼합운용 기법

김 호 진\*, 조 영 훈\*, 임 재 찬\*\*, 홍 대 형°

## Interference Mitigation by Joint Employment of Power Control and Almost Blank Subframes in Heterogeneous Networks

Hojin Kim\*, Younghoon Jo\*, Jaechan Lim\*\*, Daehyoung Hong°

### 요 약

본 논문에서는 이종망 환경에서 펠토셀에 전력제어를 적용하면서도 매크로셀 단말이 받는 간섭의 영향을 완화하도록 펠토셀에 ABSF(Almost Blank Subframes)를 추가적으로 적용하는 경우의 성능을 분석하였다. 모의실험을 통해 제안하는 방법으로 펠토셀의 용량 증대 등 설치 목적은 달성하면서도 매크로셀 단말에 미치는 간섭의 영향을 크게 줄일 수 있음을 확인하였다. 단, 전체 네트워크의 용량은 가능한 최대 용량에 비해 소폭 감소하였다.

**Key Words** : 펠토셀, 전력제어, ABSF, Heterogeneous Network

### ABSTRACT

We propose joint employment of power control

and almost blank subframes (ABSF) for femtocells to mitigate the interference of femto-cells to a macrocell in heterogeneous networks. We obtained improved performance in terms of both femtocells capacity and reduced interference by computer simulations while we have marginally decreased overall network capacity compared to possibly maximum capacity.

### I. 서 론

급증하는 데이터 트래픽을 수용하기 위한 방법 중 하나로 이종망(Heterogeneous Network)이 제시되었다. 특히 점점 더 많은 트래픽이 실내영역에서 발생할 것으로 전망되면서<sup>[1]</sup>, 더 많은 펠토셀들이 설치될 것으로 예상된다. 그러나 펠토셀의 수가 증가하면 그림 1과같이 펠토셀에 인접한 매크로셀 단말에 심각한 간섭을 일으킬 수 있다.

이러한 간섭 문제를 해결하기 위한 목적으로 전력 제어 기법, frequency domain 기법, time domain 기법, 그리고 resource allocation 기법이 제시되었다<sup>[2]</sup>. 제시된 기법들의 효과를 분석하는 관련 연구가 활발하게 진행되고 있으며<sup>[3-5]</sup>, 특히 time domain 기법 중 일부 프레임의 전송을 주기적으로 제한하는 ABSF (Almost Blank Subframes)를 적용하면 단순히 펠토셀의 전송전력만을 조절하는 방법보다 효과적이라는 연구도 진행되었다<sup>[6]</sup>.

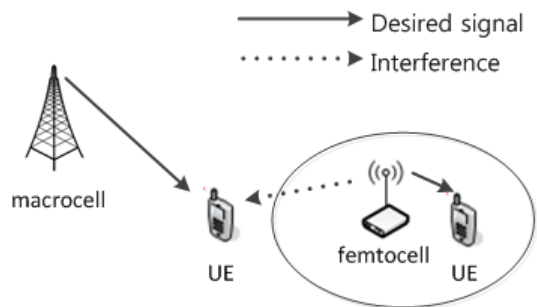


그림 1. 펠토셀이 매크로 단말에게 주는 간섭  
Fig 1. Interference from femtocell to macrocell user

\* 본 연구는 “미래부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업”, “2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2011-0009255)”의 지원을 받아 수행된 것임

• First Author : 서강대학교 전자공학과 통신시스템 연구실, hjkim06@sogang.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : 서강대학교 전자공학과 통신시스템 연구실, dhong@sogang.ac.kr, 중신회원

\* 서강대학교 전자공학과 통신시스템 연구실, yhjo87@sogang.ac.kr, 학생회원

\*\* 포항공과대학교 창의 IT 융합공학과 / 미래 IT 융합연구원, jclim@postech.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2013-11-509, 접수일자 : 2013년 11월 26일, 심사일자 : 2013년 12월 13일, 최종논문접수일자 : 2013년 12월 18일

본 논문에서는 간섭의 완화를 위해 펠토셀에 전력 제어뿐 아니라 ABSF를 추가로 적용하는 기법을 제시하였다. 이러한 방법으로 전체 네트워크 용량은 최대한 보장하면서 간섭의 영향으로 발생하는 매크로셀 단말의 outage를 최소로 줄이는 것을 목표로 하였다.

이후의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에 제시하는 전력제어 및 ABSF의 혼합기법을 설명한다. 3장에서는 적용기법의 성능을 모의실험으로 보이며 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 적용기법

전체 네트워크 용량의 증가를 위해서는 트래픽의 비중이 높을 것으로 예상되는 펠토셀의 용량이 중요하다. 펠토셀의 전송전력이 클수록 바람직하며 특히 전송전력이 최대가 되는 경우 최대 용량을 얻을 수 있다. 그러나 한편으로 매크로셀 단말에 미치는 간섭의 영향도 크게 되는 문제가 있다. 따라서 펠토셀의 전송전력을 펠토셀의 용량뿐 아니라 매크로셀 단말이 받는 간섭의 영향을 함께 고려하여 설정해야 한다. 본 논문에서는 이를 고려하여 펠토셀의 전송전력은 펠토셀의 용량을 최대값의 일정비율( $\alpha$ ) 이내로 유지하는 범위에서 가능한 한 작게 설정하였고 추가적으로 매크로셀 단말이 받는 간섭의 영향을 줄이기 위해 펠토셀에 ABSF를 적용하였다. 이 때 ABSF의 적용으로 펠토셀의 용량이 감소하게 되므로 ABSF 비율을 적절히 조절하는 것이 필요하다.

## III. 성능분석

적용기법의 성능을 확인하기 위해 모의실험을 구성하고 수행하였다.

### 3.1 모의실험 환경

모의실험 환경 및 파라미터는 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 모의실험 참고문서<sup>[7]</sup>에 따라 구성하였다. 매크로셀과 펠토셀은 각각 urban macro/dual strip 모델로 배치하였다. Urban macro 모델은 총 57개의 매크로셀이 세 개의 섹터와 두 개의 tier로 배치되는 모델이며 dual strip 모델은 펠토셀 40개가 그림 2와 같이 배치되는 모델이다. 펠토셀 클러스터의 위치는 매크로셀 환경이 좋지 않아 펠토셀의 설치가 필요한 지점으로 설정하였다.

그 외에 모의실험에 적용한 파라미터를 표 1에 정리하였다.

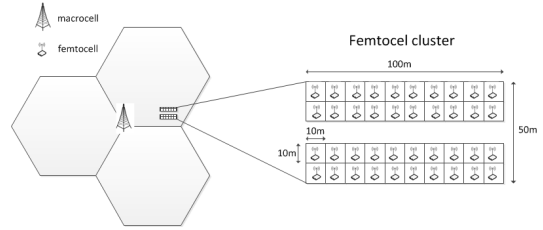


그림 2. 모의실험 환경  
Fig 2. Simulation model

표 1. 모의실험 파라미터  
Table 1. Simulation parameters

Parameter	Value
Center frequency	2GHz
ISD	500m
Macrocell TX power	46dBm
Femtocell TX power	min:-20dBm max:20dBm
Macrocell Antenna Pattern	Table A.2.1.1-2 <sup>[4]</sup>
Femtocell Antenna Pattern	Omni-directional
Pathloss, wall pen.	Table A.2.1.1.2-8 <sup>[4]</sup>

### 3.2 성능지표

#### 3.2.1 시스템 용량

펠토셀과 매크로셀에 속한 단말의 평균 전송속도를 도출하고 아래의 식(1)과 같이 계산하여 시스템 용량 비교를 위한 지표로 삼았다.

$$C_{total} = \gamma C_{femto} + (1 - \gamma) C_{macro} \quad (1)$$

여기서  $C_{femto}$  와  $C_{macro}$  는 각각 펠토셀과 매크로셀에 속한 단말이 겪는 평균 전송속도이며  $\gamma$  는 전체 트래픽 중 펠토셀 트래픽이 차지하는 비율이다. 본 논문에서는  $\gamma$  를 0.9로 적용하였다<sup>[1]</sup>

#### 3.2.2 Outage

매크로셀 및 펠토셀 단말에 outage가 발생하는 기준 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)을 -6dB로 가정하였다. 매크로 단말의 경우 ABSF의 적용에도 불구하고 SINR이 항상 기준값 이하인 경우를 outage로 간주하였으며 펠토셀 단말은 펠토셀이 전송 중인 구간에서 SINR이 기준값 이하인 경우를 outage로 간주하였다.

### 3.3 모의실험 결과

모의실험을 이용하여  $\alpha$ 가 0.95, ABSF 비율이 1/8 인 경우의 결과를 도출하고 표 2에 보였다. II절에서 설명한 방법으로 펠토셀의 전송전력을 정하고 도출한 성능결과를 표 2에 PC1으로 보였다. 비교를 목적으로 ABSF를 적용하지 않고 매크로 단말의 outage가 0이 될 때까지 펠토셀의 전송전력을 감소시킨 경우의 결과를 PC2로 표기하고 표 2에 함께 보였다. 본 논문에서 확인하고자 하는 펠토셀 전송 전력 조절 및 ABSF 추가적용 기법의 결과 또한 표 2에 함께 보였다.

PC1과 PC2를 비교하면 PC2에서는 매크로셀 단말의 outage를 0으로 만들면서 시스템의 용량은 242.80Mbps에서 164.33Mbps로 32.3% 감소하였다. PC1과 ABSF를 동시에 적용하는 경우 시스템의 용량을 단지 12.0% 줄이면서 매크로셀 단말의 outage를 0%로 만들 수 있음을 알 수 있다. 따라서 본 논문의 적용기법은 전체 네트워크 용량을 고려함과 동시에 매크로셀 단말이 받는 간섭도 효과적으로 완화시키는 방법임을 확인할 수 있다.

표 2.  $\alpha=0.95$ , ABSF 비율이 1/8일 때의 모의실험 결과  
Table 2. Simulation result when  $\alpha=0.95$ , ABSF ratio 1/8

	System Capacity (Mbps)	Macrocell outage(%)	Femtocell outage(%)
PC1	242.80	7.59	0.00
PC2	164.33	0.00	0.00
Proposed (PC1 +ABSF)	213.45	0.00	0.00

## IV. 결 론

전체 네트워크의 용량과 매크로셀 단말의 outage를 함께 고려하는 기법으로 펠토셀에 전력제어와 ABSF를 혼합하여 적용하는 방법의 성능을 도출하고 분석하였다. 모의실험을 통해 확인한 결과 본 논문에서 제시한 기법이 네트워크 전체 형평성 및 용량 측면에서 우수한 방법임을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 모든 펠토셀에 ABSF를 적용하여 성능을 분석하였다. 간섭을 더욱 효과적으로 제어하는 방법으로 일부 펠토셀에만 ABSF를 적용할 수도 있으며 이에 대한 추후 연구도 필요하다.

## References

- [1] M. Chowdhury et. al., "Network evolution and QoS provisioning for integrated femtocell/macrocell networks", *Int'l J. Wireless & Mobile Networks*, vol. 2, no. 3, Aug. 2010.
- [2] R1-104968, Summary of the Description of Candidate eICIC Solutions, Madrid, Spain, Aug. 2010.
- [3] H. Choi, S. Jang, J. Lim, and D. Hong, "An power setting scheme for throughput improvement in LTE based femtocell networks," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 367-368, Feb. 2011.
- [4] D. Tsolkas, N. Passas, and L. Merakos, "Alleviating control channel interference in femto-overlaid LTE-advanced networks", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 51, issue 10, pp. 192-200, Oct. 2013.
- [5] S. Xu, J. Han, and T. Chen, "Enhanced inter-Cell interference coordination in heterogeneous networks for LTE-Advanced", in *Proc. IEEE VTC spring*, pp. 1-5, May 2012.
- [6] Y. Wang and K.I. Pedersen, "Time and power domain interference management for LTE networks with macro-cells and HeNBs", in *Proc. IEEE VTC fall*, pp. 1-6, Sept. 2011.
- [7] 3GPP TR 36.814 v9.0.0, E-UTRA: Further advancements for E-UTRA physical layer aspects, Mar. 2010.