

매크로셀 이동국의 오수신 확률을 보장하는 스몰셀 기지국 전력 할당 기법

권태훈, 이송희, 이준우
 한국과학기술정보연구원 서울지역팀
 e-mail : kth78@kisti.re.kr

Power Allocation to Guarantee Tolerable Outage Probability of Macro-cell Mobile Station for Small-cell Base Station

Taehoon Kwon, Song Hee Lee, Joon Woo Lee
 Seoul Branch, Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)

요 약

스몰셀은 저전력으로 단거리에 작동하는 기지국을 설치하는 기술로서 저렴한 비용으로 매크로셀의 커버리지 확대와 트래픽 분산을 위한 해결책으로 주목받고 있다. 하지만, 스몰셀의 운영은 기존 매크로셀 구조의 변화를 야기함으로써 여러가지 문제점들을 발생시킨다. 이에 본 논문에서는 매크로셀 유저에게 허용된 오수신 확률을 보장하면서 최대의 전력을 할당할 수 있는 전력 할당 기법을 제안하였다.

1. 서론

스몰셀은 소규모 무선 접속 기지국을 설치함으로써 음영지역을 커버하고 데이터 분산효과를 거두기 위한 기술이다. 주로 매크로 기지국의 신호가 닿기 어려운 실내나 지하와 같은 음영지역과 사람들이 많이 모이는 핫스팟(Hot Spot)위주로 설치된다[1][2][3].

스몰셀 기지국은 매크로 기지국에 비해 제품 크기가 작고 저전력으로 운영되는 등 유지비가 저렴한 장점을 가지고 있다[3]. 따라서, 설치 및 운영이 용이하기 때문에 매크로 기지국을 경제적 및 효과적으로 보완하기 위한 기술로 각광받고 있다. 특히, 사물인터넷 환경의 대두와 함께 각종 무선기기가 언제 어디서나 쉽게 접속이 되어야 하는 접속용이성이 차세대 통신의 주요한 목표로 제시되고 있어, 향후 차세대 통신의 주요 연구 방향중 하나로 부각될 것으로 예상되고 있다.

스몰셀을 매크로셀과 함께 운영할 때 그 효과를 극대화하기 위해서는 주파수와 전력 등과 같은 무선자원을 효율적으로 관리하는 것이 중요하다. 특히, 스몰셀의 전력 증가는 스몰셀 자체의 용량은 증가시킬 수 있으나 매크로 셀의 유저들에게는 간섭으로 작용해 성능을 약화시킬 수 있는 만큼 전체 셀의 성능 관점에서 고려하는 것이 필요하다.

스몰셀과 매크로셀의 무선관리자원 시나리오는 여러 형태가 고민되고 있다. 이중 스몰셀의 경우에는 Plug-and-play 로 설치되어 기존의 매크로 셀 구조에서 자유롭게 동작할 수 있으며, 스몰셀의 설치로 인해 매크로 셀의 프레임 구조나 인프라 구조가 변경되어서

는 안된다는 시나리오도 제안되고 있다[4]. 이런 시나리오하에서는 스몰셀이 기존의 매크로 유저의 성능을 보장하는 범위내에서 동작해야 한다는 시나리오가 상당한 설득력을 가진다.

이에 본 논문에서는 매크로 유저에게 허용된 오수신 확률을 보장하는 스몰셀 기지국의 전력 할당 기법을 제안한다.

2. 제안된 알고리즘

본 알고리즘은 다음과 같은 가정아래 구성된다.

- 1) Macrocell 은 femtocell 의 설치 여부에 대한 고려를 하지 않는다.
- 2) Femtocell 은 distributed control 방식에 따라 설치 및 운영된다.
- 3) TDD (Time Division Duplex) 시스템을 가정한다.
- 4) 채널은 Rayleigh fading 을 가정한다.
- 5) 간섭은 인접 매크로 유저로부터의 간섭이 주로 들어온다.

먼저 알고리즘을 쉽게 설명하기 위해 <표 1>과 같이 변수(parameter)들을 다음과 같이 정의한다.

<표 1> 사용 변수 정의

Notations Summary			
SBS	Smallcell Base Station	SMS	Smallcell Mobile Station
MBS	Macrocell Base Station	MMS	Macrocell Mobile Station
L_{SM}	Loss-term between SBS and MMS	H_{SM}	Rayleigh Channel Model for

			SBS-MMS $\eta(0, \sigma^2)$
X_M	Transmitted symbols by MMS	N	Noise modeled by $\eta(0, \sigma^2)$
S	Number of samples	P_M	Power of MMS
L_{MM}^{Max}	Worst Loss-term between MMS and MBS	Υ_M^{Req}	Required SINR of MMS
P_{M-Out}^{Req}	Tolerable Outage Prob. Of MMS	ε	Error Margin

이에 제안된 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

- 상향통신(Uplink)시 스몰셀 기지국은 에너지 검출(Energy detection)을 다음과 같이 수행한다.

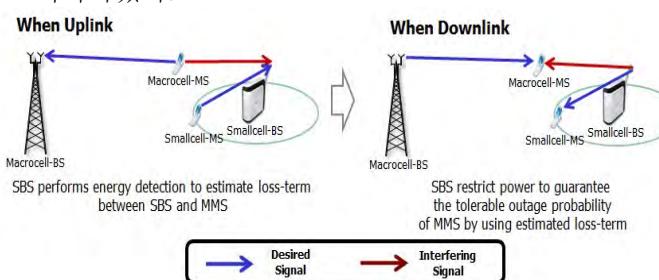
$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S |\sqrt{L_{SM}} H_{SM} X_M + N|^2 \\ &\approx L_{SM} E[H_{SM}^2] E[X_M^2] + E[N^2] \quad (1) \\ &= L_{SM} P_M \sigma^2 + \sigma^2 = \left(\frac{L_{SM} P_M}{\sigma^2} + 1\right) \sigma^2 \end{aligned}$$

- 전송이 일어나지 않는 경우 지속적인 에너지 검출을 수행하여 잡음분산(noise variance)값을 쟁신한다.
- 위의 과정을 통해 얻은 변수들을 이용하여 아래와 같이 스몰셀 기지국을 위한 전력할당값을 계산한다. 해당 식은 [5]의 오수신 확률을 참고하여 쉽게 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_F &= \frac{P_M L_{MM}}{\Upsilon_M^{Req} L_{SM}} \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{P_{M-Out}^{Req}} - 1 \right)} \right) \quad (2) \\ &\approx \frac{P_M L_{MM}^{Max}}{\Upsilon_M^{Req} L_{SM}} \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{(P_{M-Out}^{Req} + \varepsilon)} - 1 \right)} \right) \end{aligned}$$

- 하향통신(downlink)시 계산된 전력할당값을 이용하여 전력제어를 시행한다.

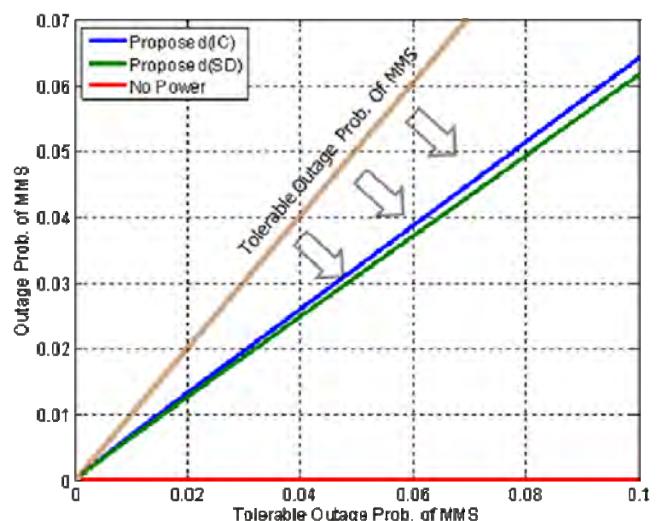
그림 2에 제안된 알고리즘을 쉽게 이해할 수 있도록 도식화하였다.



(그림 1) 제안된 알고리즘의 개요

3. 실험 결과

제안된 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 [6]의 실험환경변수를 참고하여 매크로셀 유저의 허용 오수신 확률을 변화시키면서 실제 매크로셀 유저의 오수신 확률을 관찰하였다. 여러 마진은 허용 오수신 확률의 0.3 배를 적용하였다. 결과적으로 제안된 실험방법은 (그림 2)와 같이 MMS의 유저들의 오수신 확률을 잘 보장함을 확인할 수 있다. 또한, 제안된 방법은 식(2)에서 알 수 있듯이 MMS의 유저들의 오수신 확률이 보장하는 한도내에서 SMS에 최대 파워를 할당하기 때문에 허용된 조건하에서 SMS의 오수신 확률을 최소화함을 쉽게 확인할 수 있다.



(그림 2) MMS의 허용된 오수신 확률 대 MMS의 실제 오수신 확률 그래프

참고문헌

- [1] 왕한호, 류탁기, 홍대식, “스몰 셀과 HetNet 전송용량”, 전자공학회지, 제 41 권, 제 12 호, pp.1093-1101, 2014년 12월.
- [2] 신재승, 신연승, 김영진, “3GPP Home (e)NodeB 기술 동향”, 정보통신 연구진흥원, 주간 기술 동향, 주간 기술 동향 통권 1336 호, 2008년 3월.
- [3] Vikram Chandrasekhar and Jeffrey G. Andrews, “Femtocell Networks : A Survey”, IEEE Communications Magazine, Vol. 46, pp. 59-67, Sept. 2008.
- [4] 권태훈, 임성묵, 박성수, 김영주, 홍대식, “펩토셀에서의 간섭 관리 기법”, 한국통신학회지, 제 26 권, 제 11 호, p.36-43, 2009년 10월.
- [5] T. Kwon, S. Lim, S. Choi, and D. Hong, “Optimal duplex mode for DF relay in terms of outage probability,” IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 59, No. 7, pp. 3628-3634, Sept. 2010.
- [6] Motorola, “Transmission Power Control Schemes for Home NodeBS,” in 3GPP TSG RAN WG4 # 48/R1-081877, August. 2008.