

펨토셀 네트워크의 적응력 있는 접근제어

윤원준, 이지훈, 권태경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부

{wjyoon, jhlee}@mmlab.snu.ac.kr, {tkkown, yhchoi}@snu.ac.kr

Adaptive Access Control for a Femtocell Network

Wonjun Yoon, Ji Hoon Lee, Ted " Taekyoung" Kwon, Yanghee Choi

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea

요 약

최근 급증하는 무선 데이터 전송의 수요에 따라 셀룰러 네트워크에서 높은 데이터 전송률을 보장하기 위한 보완책으로 펨토셀의 중요성이 부각되고 있다. 펨토셀의 접근방식은 폐쇄형, 개방형으로 구분할 수 있는데 두 가지 방식은 각각 펨토셀의 이용효율성의 저하 또는 펨토셀 소유자의 이득을 침해하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 펨토셀 소유자 그룹의 이득을 보장하면서 펨토셀의 이용효율성을 높이기 위해 적응적인 펨토셀 접근제어방식을 제안하고 실용적인 알고리즘을 제시하여 성능평가 하였다.

I. 서 론

최근 스마트폰의 대중화로 셀룰러 네트워크에서는 높은 무선 데이터 전송률이 요구되고 있다. 하지만 급격히 증가하고 있는 무선 데이터 전송 수요를 고려할 때, 매크로셀의 신호가 좋지 않은 환경(예: 실내)에서 기존의 매크로셀만으로는 높은 데이터 전송률을 요구하는 무선 서비스의 QoS 보장이 힘들 것으로 예상된다. 그래서 가정용 소형 기지국이라고 할 수 있는 펨토셀은 매크로셀의 부담을 줄이고 높은 데이터 전송률을 제공하기 위한 좋은 보완책으로 각광받고 있다.[1]

그러나 펨토셀 사용자들에게 대용량 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 펨토셀의 접근정책이 매우 중요한 요소이다. 펨토셀의 접근제어 방식에는 크게 폐쇄형 접근방식과 개방형 접근방식이 있다. 폐쇄형 접근방식이란 펨토셀에 특정 사용자 그룹(주로 소유자 그룹)만 접근을 허용하는 방식이다. 폐쇄형 접근방식의 경우, 소유자 그룹은 높은 데이터 처리율을 기대할 수 있지만, 펨토셀 이용효율이 떨어지고, 근접한 위치에 있는 일반 사용자들의 신호 수신에 간섭현상을 초래하여 수신률을 떨어뜨리게 된다.[2] 개방형 접근 방식은 펨토셀에 연결을 시도하는 모든 사용자들에게 동등한 접근 기회를 제공하는 방식이다. 개방형 접근 방식의 경우에는 펨토셀을 이용하는 사용자뿐만이 아니라 매크로셀의 부담을 줄여 네트워크 전체 성능을 향상시킬 수 있는 반면, 일반 사용자들과 비교하여 펨토셀 소유자가 얻을 수 있는 이득이 없다는 단점이 있다. 최근 연구에서는 혼합형 접근방식이 제안되었다.[3][4] 혼합형 접근방식이란 특정 사용자 그룹과 일반 사용자들을 위한 펨토셀의 무선자원을 분리하여 사용자들에게 접근 기회를 제공하는 방식이다. 그러나 매크로셀의 트래픽 부담을 줄이기 위한 효율적이고

실용적인 알고리즘의 설계에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 논문에서는 펨토셀 소유자 그룹의 무선자원 이용에 이득을 보장해 주면서, 동시에 펨토셀의 이용효율을 높여 매크로셀의 부담을 줄이는 실용적인 펨토셀 접근 제어 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행한다.

II. 적응력 있는 펨토셀 접근 제어

2-1. 착안점

기본 아이디어는 폐쇄형 접근 방식과 같이 소유자 그룹에게 펨토셀의 무선자원을 우선 할당하는 것을 원칙으로 하되, 소유자 그룹에 의해 사용되고 있지 않는 펨토셀의 남은 무선자원을 최대한 활용하여 적응적으로 일반 유저에게 할당하는 것이다. 이렇게 함으로써 개방형 접근 방식의 단점이라고 할 수 있는 소유자 그룹의 이득을 침해하는 문제를 해결하고 폐쇄형 접근방식 수준으로 소유자 그룹에 이득을 보장해 줄 수 있다. 또한 펨토셀의 이용효율을 개방형 접근방식 수준으로 높일 수 있어 매크로셀의 부담을 줄여 전체 셀룰러 네트워크의 성능을 높일 수 있다.

2-2. 적응력 있는 접근 제어 알고리즘

알고리즘을 적용하기 위한 3 가지 요건을 가정한다. 첫째, 모든 서비스는 QoS 보장을 위한 최소 데이터 전송률(R_{min})과 최대 데이터 전송률(R_{max})를 가진다. 둘째, 사용자가 펨토셀에 접근시도를 할 경우 모든 사용자는 (R_{min} , R_{max}) 값을 펨토셀에 알려준다. 셋째, 펨토셀은 전체 무선 자원 중 남아있는 무선 자원과 소유자그룹이 사용하고 있는 무선자원, 일반 유저 그룹이 사용하고 있는 무선자원 정보를 구분하여 관리한다.

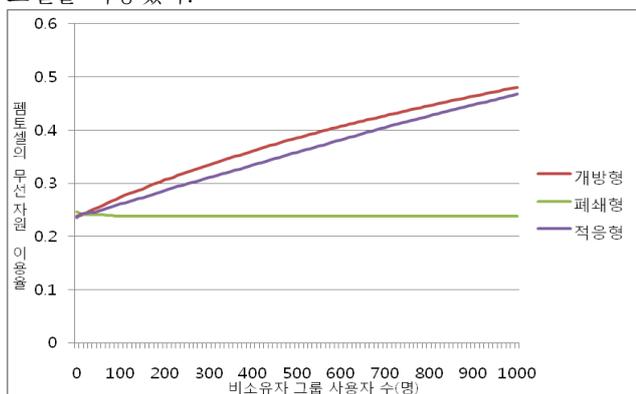
기본적으로 사용자가 펨토셀에 접근하면 펨토셀은 남아있는 무선 자원의 양과 R_{max} 를 비교하여 남은

무선자원 $\geq R_{max}$ 일 경우 사용자의 접근을 허용하고, R_{max} 만큼의 무선 자원을 할당한다. 만약 $R_{min} \leq$ 남은 무선자원 $< R_{max}$ 이면 접근을 허용하고 남은 무선자원을 유저에게 모두 할당한다. 남은 무선자원 $< R_{min}$ 이면 접근을 거부한다.

소유자 그룹에 속한 사용자가 펠토셀에 접근시도를 할 경우에, 펠토셀은 일반 사용자보다 항상 소유자 그룹의 사용자에게 무선 자원을 우선할당 한다. 남아 있는 무선 자원만으로 R_{max} 를 충족시키지 못할 경우 정책(예: FIFO 등)에 따라 일반 사용자가 쓰고 있는 무선자원을 회수하여 접근을 시도하는 소유자 그룹의 사용자에게 할당한다. 이렇게 함으로써 소유자 그룹의 사용자들은 폐쇄형 접근방식과 같은 무선 자원 할당 효과를 내는 동시에, 소유자 그룹의 사용자에게 의해 사용되지 않는 펠토셀의 무선자원을 버리지 않고 일반 유저에게 할당하여 폐쇄형 펠토셀과 비교하여 펠토셀의 이용효율을 크게 높이고, 그로 인해 매크로셀의 부담을 줄여 전체 셀룰러 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

III. 성능 평가

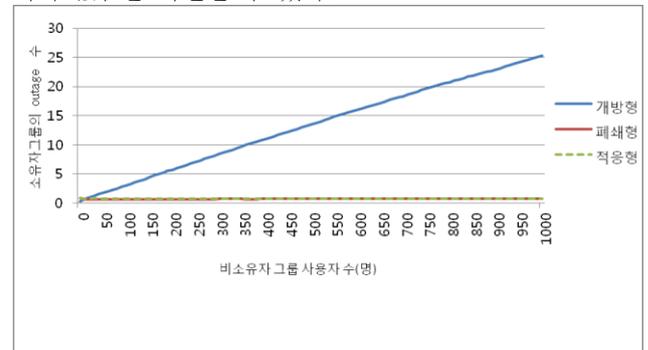
성능 평가를 위하여 폐쇄형, 개방형, 적응형 접근제어 방식을 가진 펠토셀을 각각 시뮬레이션 하여 비교하였다. 펠토셀간 간격을 60m 로 설정하여 100 개의 펠토셀을 10*10 형태의 격자로 고정배치 하였다. 각 펠토셀의 소유자 그룹 사용자를 각각의 펠토셀 주변 20m 반경에 2~4 명씩 무작위 배치하였고, 일반 사용자는 전체 (600*600)m² 공간에 0 명에서 1000 명으로 증가시켜가며 무작위 배치하였다. 사용자들은 VoIP 50%, P2P 20%, Video 20%, FTP 10% 의 확률로 4 가지 서비스 중 1 가지 서비스를 이용하도록 하였고, 각 서비스 별로 다른 (R_{min} , R_{max}) 값을 갖는다. 이러한 환경에서 시뮬레이션 하여 스냅샷 한 결과를 20 회 반복하여 평균을 계산하였다. 무선 채널 환경은 log-normal 분포를 따르는 웨도잉이 포함된 간단한 경로 손실 모델을 사용했다.



[그림 1] 접근제어방식에 따른 펠토셀의 이용효율성 측정 실험 결과

첫 번째 실험에서는 비소유자 그룹 사용자의 수를 증가시켜가며 펠토셀의 무선자원 이용률을 측정하여 [그림 1]에 표현하였다. 적응형 펠토셀은 모든 사용자들에게 접근을 허용하는 개방형 펠토셀에 비해 무선자원 이용효율성이 거의 떨어지지 않는 것을 알 수 있다. 반면, 폐쇄형 펠토셀은 비소유자 그룹 사용자의 접근을 허용하지 않기 때문에 비소유자 그룹 사용자 수의 증가에 관계없이 거의 일정한 펠토셀 무선자원 이용률을 보인다.

두 번째 실험에서는 비소유자 그룹 사용자 수를 증가시켜가며 전체 공간에서의 펠토셀 소유자 그룹 사용자들의 outage 수를 측정하였다. [그림 2]에서 알 수 있듯 개방형 펠토셀은 비소유자 그룹의 사용자 수가 증가함에 따라 모든 사용자들이 동등한 자격으로 경쟁하여 무선 자원을 이용하기 때문에 소유자 그룹 사용자들의 펠토셀 접근 실패의 횟수가 점차 많아짐을 알 수 있다. 반면 적응형 펠토셀의 경우, 비소유자 그룹 사용자의 접근을 전혀 허용하지 않는 폐쇄형 펠토셀 수준으로 비소유자 그룹 사용자 수의 증가와 관계없이 소유자 그룹 사용자는 펠토셀에 접근 실패하는 경우가 거의 없음을 확인할 수 있다.



[그림 2] 접근제어방식에 따른 펠토셀의 소유자 그룹 사용자 outage 수 측정 실험결과

IV. 결론

본 논문에서 제안한 적응력 있는 펠토셀 접근제어 알고리즘은 개방형과 폐쇄형 접근제어방식의 단점인 소유자 그룹 사용자에게 대한 이득 침해 문제와 낮은 펠토셀의 이용률 문제를 해결하고 소유자 그룹 사용자에게 대한 이득을 폐쇄형 접근제어 수준으로 높이고, 펠토셀의 이용효율을 최대화함으로써 셀룰러 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2010-(C1090-1011-0004))

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참고 문헌

[1] V. Chandrasekhar and J. G. Andrews, " Femtocell networks: A survey," *IEEE Communication Magazine*, vol. 46, no. 9, pp. 59- 67, September 2008.

[2] D. Choi, P. Monajemi, S. Kang, and J. Villasanor, " Dealing with Loud Neighbors: The Benefits and Tradeoffs of Adaptive Femtocell Access," in *IEEE Global Telecommunications Conference (Globecom)*, Dec. 2008, pp. 1- 5

[3] A. Valcarce, D. L'opez-P'erez, G. de la Roche, and J. Zhang, " Limited access to OFDMA femtocells," in *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Symposium (PIMRC)*, Tokyo, Japan, September 2009.

[4] G. de la Roche, Alvaro Valcarce, D. L'opez-P'erez, and J. Zhang, "Access Control Mechanisms for Femtocells," *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no.1, pp. 33-39, July 2009.