

이기종 셀룰러 네트워크에서 펌토셀 상향링크 용량을 증대시키는 기법에 관한 연구

권중형, 상영진, 김광순
연세대학교

{mercury628, yjmich, ks.kim}@yonsei.ac.kr

A Study on the capacity enhancement scheme of femtocell uplink in the heterogeneous cellular network

Jung Hyoung Kwon, Young Jin Sang, Kwang Soon Kim
Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

본 논문은 이기종 셀룰러 네트워크에서 폐쇄형 접속 방식에서 매크로 사용자가 펌토셀 사용자의 상향링크에 큰 간섭으로 작용하는 'Dead Zone' 이 발생하여 펌토셀 사용자의 성능을 주기적으로 감소시킬 경우 'Dead Zone' 문제를 해결할 수 있는 기법을 제안하고, 제안한 방법을 통하여 펌토셀 사용자의 상향링크 성능을 개선할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 보인다.

I. 서론

무선통신을 이용한 다양한 종류의 멀티미디어 서비스에 대한 수요의 증가로 셀룰러 시스템에서 데이터 트래픽은 계속 증가하고 있으며, 최근 스마트폰과 태블릿 컴퓨터와 같은 개인 멀티미디어 장비의 보급은 이러한 데이터 트래픽의 증가를 가속화시키고 있다. 이로 인한 데이터 트래픽 증가 문제를 해결하기 위하여 셀 내의 용량(Capacity)을 증가시키기 위한 방안을 연구해왔다.

셀 내의 용량을 증가시키는 여러 방법 중 기지국을 추가적으로 설치하여 데이터 트래픽을 수용하는 방법은 비용적인 측면에서 많은 비용이 소요되기 때문에 적합한 해결책이 될 수 없으며, 현재 운용중인 WiFi 를 이용하여 이동통신망 데이터 트래픽을 분산하여 데이터 트래픽을 수용하는 방법은 WiFi 가 기존의 이동통신망과 핸드오버(handover)가 되지 않으며, WiFi 에서 사용중인 2.4GHz 대역은 보안 문제와 기타 가전제품에 의한 주파수 간섭 문제도 존재하여 사업자가 네트워크의 품질 유지 관리가 어렵다는 단점이 있다. 이러한 문제점들에 대응하여 이동통신망내에서 매크로셀의 음영지역이나 데이터 트래픽이 폭증하는 임의의 지역에 기존의 매크로셀보다 작은 지역을 수용할 수 있는 펌토셀(Femtocell)과 같은 소형 기지국을 설치하는 이기종 셀룰러 네트워크를 구축하고 이를 통하여 데이터 트래픽 폭증을 해결하고자 하는 연구가 진행되고 있다 [1].

이기종 셀룰러 네트워크는 펌토셀 접속방식에 따라서 개방형 접속 방식과 폐쇄형 접속 방식으로 나뉘 수 있으며, 폐쇄형 접속 방식은 허가된 가입자들에게만 서비스를 제공받을 수 있으므로 이동통신 서비스 사업자가

보안과 망 품질을 최적으로 쉽게 유지할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 이러한 방식에서 상향링크의 경우에 펌토셀 사용자는 펌토셀 근처에 매크로 사용자가 존재할 경우 매크로 사용자로 인한 간섭으로 펌토셀 사용자의 SINR(Signal to Noise Ratio)이 좋아지지 않는 지역이 존재하게 된다. 이러한 지역을 'Dead Zone' 이라고 부르며, 이런 경우 매크로 사용자의 스케줄링에 따라 시스템의 성능이 주기적으로 열화한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 주파수를 각 계층별로 다르게 할당을 하는 방법, 각 계층 별 간섭을 적절히 조절하여 시스템 성능을 올리는 방법 등이 연구되고 있다 [2][3].

본 논문에서는 중계 기술을 접목한 새로운 방식의 펌토셀 기법을 제안하고자 한다. 매크로 사용자가 펌토셀 주변에 존재하여 발생하는 'Dead Zone' 으로 인하여 펌토셀 사용자의 상향링크 성능이 열화될 경우 펌토셀 기지국이 프레임 구조를 변경하여 매크로셀 사용자의 데이터 트래픽을 중계전송을 하는 기법을 제안한다. 또한, 본 논문에서 제안한 전송하는 방법을 통하여 'Dead Zone' 문제를 해결할 수 있으며 이에 따라 펌토셀 사용자의 상향링크 성능을 개선할 수 있음을 보인다.

II. 본론

본 논문에서는 그림 1 과 같이 이기종 셀룰러 네트워크에서 매크로 기지국과 펌토셀 기지국이 혼재해 있는 경우를 고려한다. 이러한 시스템에서 'Dead Zone' 문제가 발생할 경우, 펌토셀 기지국은 본 논문에서 제안한 방식을 사용하여 성능 향상이 있는지를 판단하여 기지국

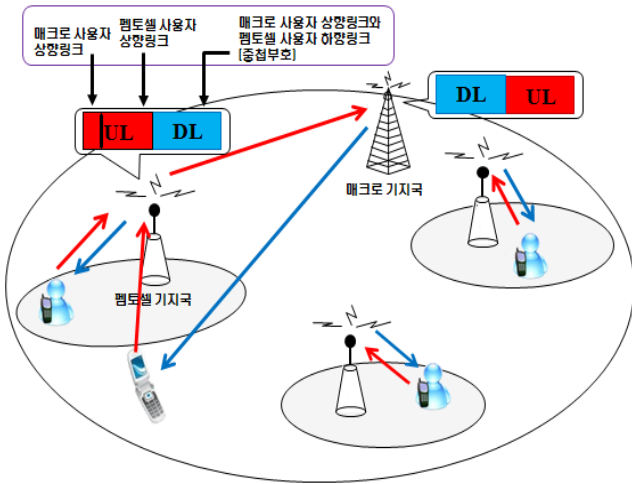


그림 1. 제안하는 시스템 모형

이 효율적으로 동작 모드를 변경하여 동작하게 된다.

페토셀의 기지국이 매크로셀 사용자의 데이터를 중계하는 중계기 역할을 하기 위해서는 그림 1 과 같이 페토셀의 프레임 구조를 역으로 바꾸어서 전송하는 기법을 제안한다. 이러한 방식을 사용할 경우 매크로 계층의 하향링크시 페토셀 계층의 상향링크를 통하여 페토셀 사용자의 상향링크와 매크로 사용자의 상향링크의 1 번째 링크를 생성하고, 매크로 계층의 상향링크시 페토셀 사용자의 하향링크와 매크로 사용자의 2 번째 링크를 중첩 부호를 통하여 각 사용자의 데이터를 전송한다.

이기종 셀룰러 네트워크에서 매크로셀 기지국과 페토셀의 기지국이 네트워크 상에 배치되어 있으며, 각 기지국은 스케줄링 알고리즘에 따라 사용자를 스케줄링하고 있을 경우, 아래의 수식을 만족할 경우 그에 해당하는 페토셀의 기지국은 프레임구조를 역으로 바꾸어 중계기 모드로 변경하며, 매크로 사용자의 데이터와 페토셀 사용자의 데이터를 전송한다.

$$E\left[\left(1-\delta\left(\bar{h}_{mM}^C, \bar{h}_{mF}^N\right)\right) \cdot R_{f,F_j}^N\left(\bar{h}_{fF}^N\right)\right] > E\left[R_{f,F_j}^C\left(\bar{h}_{fF}^C\right)\right] \quad (1)$$

수식 (1)은 페토셀 사용자의 상향링크 용량을 이용한 방식으로 중계기 모드로 변경할 경우와 변경하지 않을 경우를 비교하여 변경할 경우 페토셀 사용자의 상향링크 용량에 이득이 있는지를 비교하여 선택하는 알고리즘을 나타낸다. 위의 수식에서 $E[\cdot]$ 은 평균치를 나타내며, \bar{h}_{mM}^C 은 스케줄링 되는 매크로 사용자와 매크로 기지국 사이의 채널이득을 나타내며, \bar{h}_{mF}^N 은 매크로 사용자와 페토셀 기지국의 채널 이득을 나타낸다. $\delta\left(\bar{h}_{mM}^C, \bar{h}_{mF}^N\right)$ 을 중계기 모드로 변경하였을 경우 채널이득에 따른 페토셀 사용자의 상향링크와 매크로셀 사용자의 상향링크의 시간적 비율을 나타낸다. $R_{f,F_j}^N\left(\bar{h}_{fF}^N\right)$ 은 페토셀 사용자와 페토셀 기지국 사이의 채널이득이 \bar{h}_{fF}^N 일 경우의 용량을 나타내며, $R_{f,F_j}^C\left(\bar{h}_{fF}^C\right)$ 은 페토셀 사용자와 페토셀 기지국 사이의 채널이득이 \bar{h}_{fF}^C 일 경우의 용량을 나타낸다.

그림 2 는 매크로 기지국과 페토셀 기지국이 혼재되어 있는 이기종 셀룰러 네트워크 상황에서 기존의 네트워크 시스템과 본 논문에서 제안한 방식으로 페토셀이 상황에 따라 중계기 역할로 동작할 경우에 따른 페토셀 사용자의 상향링크 용량을 모의실험을 통하여 하위 10%

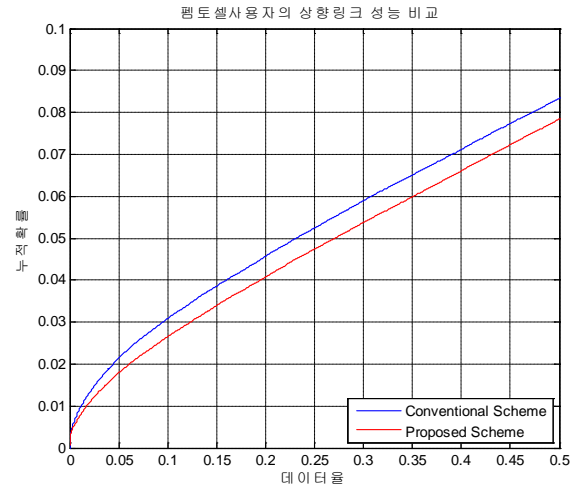


그림 2. 페토셀 상향링크 성능 비교

의 상향링크 용량을 비교하였다.

그림 2 의 결과와 같이 본 논문에서 제안한 방식이 'Dead Zone'으로 인하여 발생하는 매크로셀 사용자의 상향링크 간섭을 피할 수 있기 때문에, 페토셀 사용자의 성능을 개선할 수 있음을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 매크로셀과 페토셀이 혼재되어 있는 이기종 셀룰러 네트워크 시스템에서 상향링크시 매크로 사용자의 간섭이 페토셀 사용자에게 큰 간섭으로 작용하는 'Dead Zone' 문제를 해결하고자 페토셀 기지국이 중계기 역할을 통하여 상향링크의 매크로셀 사용자의 간섭을 극복하는 방법을 제안하였다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 페토셀 사용자의 상향링크 용량을 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2011-0011172).

참 고 문 헌

- [1] P. Lin, J. Zhang, Y. Chen, and Q. Zhang " Macro-Femto Heterogeneous Network : From Business Models to Technical Solutions" , *IEEE Wireless Commun. Mag.*, vol. 18, issue 3. pp. 64-70, Jun. 2011.
- [2] H. Wang and D. Hong " Capacity Enhancement Using Reversed-Pair TDD Frame in OFDMA Femto-Cell Systems" , in *Proc. IEEE VTC 2009-Fall*, Anchorage, USA. Sep. 2009.
- [3] S. Pyun and D. Cho " Resource allocation scheme for minimizing uplink interference in Hierarchical Cellular Networks" , in *Proc. IEEE VTC 2010-Spring*, Taipei, Taiwan. May 2010.