

상향 링크 간섭 제거를 위한 LDPC 이레이저 복호기를 이용한 펠토셀 시스템

*상영진, **김광순

*연세대학교, **연세대학교

*yjmich@yonsei.ac.kr, **ks.kim@yonsei.ac.kr

A femtocell system with LDPC erasure decoding for uplink interference cancellation.

*Young Jin Sang, **Kwang Soon Kim

*Yonsei Univ., ** Yonsei Univ.

요 약

본 논문은 제한된 사용자의 접속을 허락하는 펠토셀 기지국이 매크로셀 커버리지 내에 설치되는 경우에 있어서 매크로셀 사용자로부터의 상향 링크 간섭을 제거하기 위한 펠토셀 기지국에 대한 논문이다. 본 논문에서는 매크로셀과 겹치는 부채널을 최대한 피하는 방향으로 자원을 할당을 함과 동시에 일부 부채널로 들어오는 큰 간섭 신호를 LDPC 이레이저 복호기를 이용하여 제거함으로써 펠토셀 기지국에 인접한 곳에서 매크로셀이 통신을 하더라도 펠토셀 기지국이 작동하고 있음을 보여주고 있다. 즉 펠토셀의 상향 링크 간섭은 LDPC 이레이저 복호기를 이용해서 충분히 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

현재 사용되고 있는 매크로셀 기반의 통신 시스템은 기지국으로부터 먼 거리에 있거나 밀폐된 건물 안에 있는 사용자들은 상대적으로 취약한 품질의 신호를 수신하는 경우가 많았다. 이러한 실내에서의 음영지역 문제를 해결하기 위해 최근에 펠토셀 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 일반적으로 펠토셀 이라함은 DSL 라우터나 케이블 모뎀 등과 같은 정도의 크기로 옥외 매크로셀 이동통신 기지국에 비해 극히 소형인 기지국을 의미한다. 유무선 통합 서비스는 기존에도 제안된 적이 있지만, 이러한 시스템의 경우는 사용자는 통합 서비스를 위한 이중 모드 단말을 별도로 구입해야 했으며, 자연스러운 핸드오버가 아닌 수동적인 모드 전환 방식을 사용해야 했다. 펠토셀 시스템은 각 사용자가 별도의 이중 모드 단말기를 사용하는 것이 아니고 기존의 매크로셀에서 사용하는 단말기를 사용함으로써 사용자 입장에서도 펠토셀 기지국 설치 이외의 별도의 비용이 들지 않는 것을 그 특징으로 한다. 즉 기존의 사용자는 펠토셀을 설치함으로써 옥내의 유선망을 이용한 통신을 할 수 있으므로 더 저렴한 비용으로 서비스 품질의 향상을 가지고 올 수 있다.

하지만 이러한 펠토셀 기지국을 도입하는데 있어서는 고려해야 하는 사항들이 여러 존재하고 있다. 펠토셀은 매크로셀 영역 안에 계층적으로 설치되는데 이 경우에 있어서 주파수 할당 문제가 발생한다. 펠토셀이 매크로셀과 같은 주파수 대역 또는 다른 주파수 대역을 할당 받음에 따라 간섭 문제가 발생한다. 이러한 간섭 문제는 펠토셀의 사용자의 인증 문제에 따라 또 다른 양상을 보여준다. 펠토셀이 모든 사용자의 접속을 가능하게 하면 간섭 문제는 일종의 핸드오버 문제로 해결이 가능하다. 하지만 펠토셀이 등록된 사용자만 사용 가능한 경우에는 펠토셀 사용자와 매크로셀 사용자간의

간섭 문제가 심각한 성능 열화를 가지고 올 수 있다.

제한된 사용자만 허락하는 펠토셀 기지국과 매크로셀 기지국이 서로 같은 주파수 대역을 사용하기 경우에, 펠토셀 기지국은 주변의 매크로셀 사용자로부터의 높은 간섭 신호를 받을 수 있으며, 반대로 매크로셀 사용자는 펠토셀 기지국으로부터 큰 간섭을 받을 수 있다..

본 논문에서는 IEEE 802.16e 기반의 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 환경에서 상향 링크에서 자원 할당 기법 및 LDPC (Low Density Parity Check) 코드 이레이저 복호기 (Erasure Decoder)를 이용한 상향 링크 간섭 제거한 경우에 상향 링크 성능에 대해서 알아보도록 한다.

II. 시스템 모델

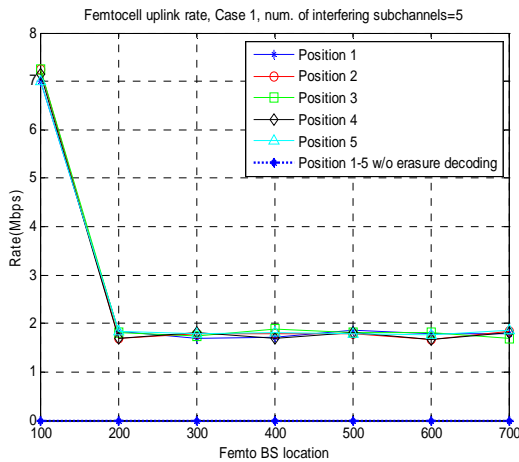
본 논문에서는 펠토셀 기지국과 매크로셀 기지국 모두 IEEE 802.16e OFDMA 시스템을 사용하고 있으며 펠토셀과 매크로셀은 같은 주파수 대역을 사용하고 있다 [2]. 본 펠토셀 영역 내에서 매크로셀 사용자가 존재하고 있는 경우에 펠토셀의 동작 방법에 대해서 보여주도록 한다. 이러한 경우 펠토셀 상향 링크 사용자는 높은 간섭의 영향을 받게 된다. 하지만 이러한 매크로셀 단말이 펠토셀 영역 내에 많이 존재하는 것은 아니다. 본 논문에서는 이와 같은 경우에, 간섭을 주는 매크로셀 단말의 부채널과 겹치는 부채널이 적도록 펠토셀 부채널을 할당하도록 한다. 즉 매크로셀 사용자가 특정 부채널을 시간에 따라 할당 받는 경우, 펠토셀 사용자는 주파수축으로 퍼진 채널을 사용함으로써 서로 겹치는 부채널을 최소화하도록 한다. 이와 함께 펠토셀 사용자는 사용하는 부채널을 시간과 주파수축으로 펼침으로써 매크로셀과의 간섭을 최소화하는 방향으로 사용 주파수 채널을 할당하도록 한다.

본 논문에서 펠토셀 단말은 오픈-루프 전력 조절을

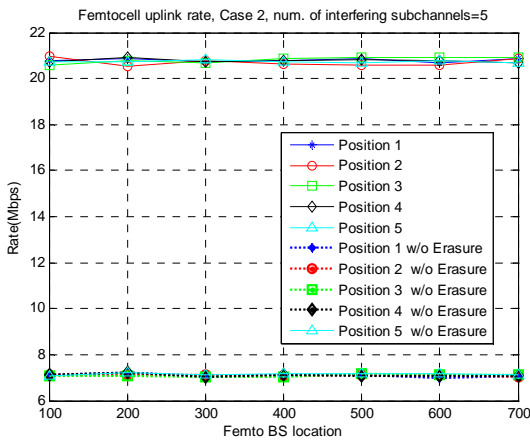
통해서 매크로셀 사용자에게 비해서 매우 낮은 전력으로 펠토셀 기지국과 통신한다. 매크로셀 단말도 매크로셀 기지국과 가까이 존재하는 경우에는 낮은 전력으로 송신하며, 매크로셀 기지국과 먼 곳에 존재하는 경우에는 높은 전력으로 송신한다. 펠토셀 단말이 전력 조절을 함과 동시에 펠토셀 기지국은 LDPC 이레이저 복호기를 이용하여 높은 간섭이 들어오는 신호를 지워서 해당 심볼의 LLR (Log-likelihood ratio)을 0 으로 만들어버린다 [3]. 이러한 이레이저 복호기를 사용함으로써 펠토셀 영역 안에 매크로셀 단말이 존재하고 있더라도 펠토셀 기지국은 커버리지를 확보할 수 있다.

III. 모의 실험

본 논문에서의 매크로셀 단말이 펠토셀 안에 존재하고 있는 경우 (Case 1)와 펠토셀 외부에 존재하고 있는 경우 (Case 2)에 펠토셀 기지국의 상향 링크 성능에 대해서 모의 실험하였다. 매크로셀 기지국과 펠토셀 기지국은 1024 FFT 포인트 OFDMA 시스템을 사용하고 있으며, 10MHz 같은 주파수 대역을 사용하고 있다. Position 1 에서 Position 5 는 셀 내부에 존재하고 있는 지점이며, Position 1 에서 Position 5 로 갈수록 펠토셀 외곽으로 가는 지점이다. 현재 펠토셀이 사용하는 부채널중 큰 매크로셀 간섭이 미치는 부채널수는 5 개다.



[그림 1] 매크로셀 사용자가 펠토셀 내부에 있는 경우 펠토셀 위치에 따른 상향 링크 성능



[그림 2] 매크로셀 사용자가 펠토셀 내부에 있는 경우 펠토셀 위치에 따른 상향 링크 성능

[그림 1]은 매크로셀 단말이 실내에 있는 경우 (Case 1)의 경우에 있어서 펠토셀의 위치에 따른 펠토셀

의 상향 링크 성능을 보여주는 그림이다. [그림 1]은 간섭을 일으키는 부채널이 존재하고 있더라도 이레이저 복호기를 사용하는 경우에는 펠토셀이 작동 할 수 있음을 보여주고 있다. 펠토셀의 위치가 매크로셀에 가까워 질수록 매크로셀 사용자는 낮은 전력으로 송신할 수 있으므로 좀 더 좋은 성능을 보여준다. 만약에 이레이저 복호기를 았는 경우에는 매크로셀 단말이 펠토셀 영역안에 있는 경우 펠토셀 사용자는 높은 간섭으로 인하여 통신하기 어렵게 된다. [그림 2]는 매크로셀 단말이 펠토셀 외부 영역에 인접해 있는 경우 (Case 2)의 펠토셀의 위치에 따른 펠토셀의 상향 링크 성능을 보여주는 그림이다. 매크로셀 단말이 펠토셀 영역 근처에 존재하고 있더라도 펠토셀 사용자에게는 큰 간섭을 일으키지 않는 것을 확인할 수 있다. 매크로셀 단말이 펠토셀 영역 외부에 인접해 있더라도 펠토셀 단말은 통신가능하나 이레이저 복호기를 사용하는 것에 비해서 낮은 전송률을 보여주고 있다. 매크로셀 상향 링크 단말이 펠토셀 주위에 존재하는 경우는 이레이저 복호기를 사용하지 않더라도 통신이 가능하지만 이레이저 복호기를 사용하지 않는 경우는 이레이저 복호기를 사용한 경우 비해 약 70% 정도의 성능 열화를 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 제한된 사용자의 접속만을 허락하는 펠토셀 기지국이 매크로셀 영역 내에 설치 되는 경우에 있어서 펠토셀 기지국의 상향 링크 성능을 알아 보았다. 매크로셀 사용자 중에서 펠토셀에 큰 간섭을 주는 단말의 부채널은 매우 제한적이다. 그러므로 펠토셀은 매크로셀의 간섭을 최대한 피하도록 부채널을 시간축으로 할당 또는 시간축과 주파수축에 걸쳐서 부채널을 할당함으로써 간섭을 최소화하는 방향으로 부채널을 할당한다. 그리고 펠토셀 기지국에서는 LDPC 이레이저 복호기를 사용하여 매크로셀 사용자로부터 들어오는 간섭을 제거하는 경우 펠토셀이 매크로셀 사용자가 펠토셀 근처에 존재하고 있더라도 충분한 커버리지를 확보 할 수 있음을 보여줬다. 이레이저 복호기를 사용하지 않는 경우 매크로셀 사용자가 펠토셀 내부에 있는 경우에는 통신이 불가능하였다. 하지만 이레이저 복호기를 사용하는 경우에는 매크로셀 사용자가 펠토셀 내부에 존재하고 있거나 또는 펠토셀에 인접해 있다고 하더라도 펠토셀 기지국은 충분한 커버리지를 확보할 수 있다.

참고문헌

- [1] Femtocell forum, <http://www.femtoforum.com>
- [2] IEEE 802.16e/D5-2004, Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands, November 2004.
- [3] Y. H. Kim, K. S. Kim and J. Y. Ahn, "Erasure decoding for LDPC-coded FH-OFDMA system in downlink cellular environments," *Electronics Letters*, vol. 40, no. 22, pp 1433- 1434, October 2004.

감사의 글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2009-C1090-0902-0005)