

# 펄토셀 시스템의 기지국간 셀 관리 및 핸드오버 방법

정희원 조 광 현\*, 종신회원 김 동 호\*°

## Cell Management and Handover Method in IEEE 802.16e-based Femto-cell Systems

Kwang-hyun Cho\* *Regular Member*, Dong Ho Kim\*° *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문은 펄토셀시스템(femtocell system)의 단말(mobile station)이 핸드오버(handover)하기 전에 이웃한 기지국(neighbor station)의 정보를 공유하는 셀 관리(cell management) 기법과 핸드오버 방법에 대해 제안한다. 펄토셀시스템에서는 셀관리를 위해 수많은 펄토셀의 정보를 MOB\_NBR-ADV 메시지에 포함하여 방송하는데, 단말과 기지국에서 MOB\_NBR-ADV 메시지를 처리할 때 일시적인 부하가 발생된다. 따라서 효율적인 동작과 핸드오버 성공률 개선을 위해 MOB\_NBR-ADV 메시지의 구성 및 전송방법을 제안한다. 또한, 셀 간 중첩된 영역에서 핸드오버의 핑퐁(ping-pong)현상을 막기 위해 히스테리시스 범위(hysteresis margin)를 이용한다. 그러나 수많은 펄토셀이 도입된 경우 기존의 히스테리시스범위 만으로 핑퐁현상을 막을 수 없다. 본 논문에서는 중첩된 셀의 개수가 증가하는 경우 히스테리시스범위가 커지는 방법과, 차등적으로 셀을 관리하여 불필요한 핸드오버의 횟수를 최소화하는 방법 등을 제안하였다. 컴퓨터 모의실험을 통해 성능 검증한 결과, 제안한 방식이 기존의 펄토셀 시스템의 셀 관리 및 핸드오버 방식에 비해 성능을 개선시키는 것을 확인하였다.

**Key Words** : femto-cell, handover, cell management, IEEE 802.16e

### ABSTRACT

In this paper, we consider a cell management and handover method in an IEEE802.16e based femto-cell systems. In a femto-cell system, Mobile Stations (MS) and Base Stations (BS) are temporarily overloaded during the process of MOB\_NBR-ADV message because it includes huge information of macro-cell and a large number of femto-cells. Also, MS can be handover into another cell frequently, i.e. ping-pong phenomenon, if it is located in a overlapped cell area. In a femtocell system, so-called ping-pong phenomenon will burden the network operation. In this paper, we propose construction of MOB\_NBR-ADV message and it provides fast scanning and efficient handover by means of preselecting the candidate target femto-cells. Also, an adaptive method of hysteresis margin for handover is proposed. The simulation results show that the proposed schemes improve the MS's handover-related performance in terms of scanning power and scanning time compared with the conventional managements scheme of femto-cell systems.

### I. 서 론

최근 스마트폰 사용자의 증가는 유선망과 이동통신 망에서의 데이터 사용을 증가시키고 있다. 최근의 데

이터 트래픽 증가로 인해 펄토셀(femtocell)에 대한 관심이 커지고 있으며, 3GPP LTE, IEEE802.16e 등의 이동통신시스템에서 실내의 통화 품질 향상과 전송률 증대를 위한 해결책으로 고려하고 있다. 여기서

\* 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램 (dongho.kim@snut.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-01-055, 접수일자 : 2011년 1월 25일, 최종논문접수일자 : 2011년 3월 21일

펠토셀이란 널리 상용화 되어 있는 광대역 유선 인터넷 망을 통해 이동통신 코어 네트워크에 접속하여, 맥내의 단말에게 무선 통신 서비스를 제공하는 초소형 기지국을 말한다. 이러한 펠토셀로 구성된 IEEE802.16e 펠토셀시스템은 실내외에 약 20~40미터의 커버리지를 갖는 다수의 펠토셀이 설치되어 운영된다. 소형 또는 중형의 사무실을 서비스 대상 지역으로 동시접속 가능한 인원을 약 4~10명 정도로 고려한다. 펠토셀의 도입으로 인해 사업자는 기존의 매크로기지국(Macro Base Station: MBS)을 설치하는 것보다 저렴한 가격으로 통화 품질과 서비스를 향상시키고 커버리지를 확대시킬 수 있으며 사용자는 단말기의 교체 없이 실내에서 고품질의 통화 및 데이터 서비스를 저렴한 비용으로 사용할 수 있다<sup>[1]</sup>. 하지만 펠토셀시스템은 매크로기지국으로만 구성된 IEEE802.16e 시스템과 달리, 매크로기지국의 서비스셀 내에 작은 서비스셀을 가지는 수많은 펠토기지국(Femto Base Station: FBS)으로 구성되어 있다. IEEE 802.16e 시스템에서 사용되는 기술을 펠토셀시스템에 적용하려면 MBS 신호와 FBS 신호 간 간섭문제와 동기화 문제, 핸드오버(handover) 방식 및 셀 선택 문제 등 여러 가지 기술적 문제를 해결해야 한다. 이들 중에서 특히 펠토셀의 네트워크토폴로지(network topology)를 관리하는 셀 관리 문제와 중첩된 펠토셀에서 핸드오버를 수행하는 방식은 서비스 품질(QoS)과 관련하여 반드시 해결해야 할 중요한 문제이다<sup>[2,11]</sup>.

셀관리(cell management) 측면에서는 펠토셀을 관리하기 위한 메시지를 생성하고 처리하는데 부하가 발생할 수 있다. 또한 셀 영역을 구분하여 기지국의 정보를 제공할 때, 적절하지 않은 기지국으로 핸드오버를 유발시킬 수 있는 정보를 제공할 수 있다<sup>[1]</sup>. 이 문제점은 셀 영역이 구분된 경계지점에서 두드러진다. 핸드오버와 펠토셀 관리와 관련하여 기존에 제안된 몇 가지 방식이 있다. [3]에서는 사용자의 트래픽 특성을 고려하여 단말에게 스캐닝 시간을 개별적으로 할당함으로써, 전체 스캐닝 시간을 줄이는 Adaptive Channel Scanning (ACS) 방식을 제안하였다. 하지만 펠토셀 도입으로 인해 단말이 스캐닝 할 전체 기지국의 수가 늘어날 경우, 기지국을 관리하기가 어려워 스캐닝 시간을 줄일 수 없다. [4]는 사용자의 선호도 및 과거 핸드오버 기록을 바탕으로 스캐닝 대상의 우선순위를 정함으로써 스캐닝 시간을 줄이는 Most Recently/Frequently Used (MRU/MFU) 방식을 제안하였지만 이 방식은 단말이 과거 핸드오버 기록을 갖기까지 시간이 필요할 뿐만 아니라 익숙한 경로가 아닌 일반적

인 경우에는 적용하기 힘들다. 또한 기록된 내용과 다른 사용자의 상이한 패턴이 발생할 경우, 스캐닝 시간이 더 늘어날 수 있는 문제점이 있다. [5]는 여러 단말이 그룹을 지어 각각 스캐닝한 정보를 교환함으로써 스캐닝 시간을 줄일 수 있는 Fast Group Scanning (FGS) 방식을 제안하였지만, 이 방식 또한 여러 단말이 그룹을 구성하는 과정이 복잡하다. [6]은 기존 시스템에 펠토셀을 도입한 환경에서 펠토셀들이 사용하는 프리앰블 인덱스의 최대차를 이용하여 펠토셀의 프리앰블 할당 및 단말의 빠른 스캐닝을 지원하는 방식을 제안하였다. 하지만 이 방식은 펠토셀의 유동적인 설치와 소멸을 지원함에 있어서 어려움이 있다. 또한 최근 논의된 [1]은 셀터어링과 셀렉터링으로 셀을 영역별로 구분하여 관리하지만, 셀의 경계지역에서 좋지 않은 성능의 기지국으로 핸드오버가 발생할 수 있다. 이는 펠토셀의 증가에 따라 기하급수적으로 문제가 커지게 된다.

최근 매크로셀과 펠토셀 간의 핸드오버에 관한 연구는 많이 되고 있으나, FBS간 핸드오버는 아직 연구된 바가 별로 없다. 최근 스마트폰 등의 휴대용 단말기에서 대용량 멀티미디어서비스의 사용량 증가는 FBS간 끊임 없는 핸드오버의 필요성을 증가시키고 있다<sup>[10]</sup>. FBS간의 핸드오버는 MBS에서 FBS로의 핸드오버와 질차는 동일하나 작은 서비스 반경을 갖는 중첩된 셀이 많은 점을 고려해야 된다. FBS 간의 핸드오버와 MBS 간의 핸드오버 질차는 동일하다. 그러나 펠토셀시스템에서는 단말이 여러 펠토셀의 중첩된 위치에 있는 경우가 많다. 따라서 서비스를 이용하는 단말의 작은 위치의 변경으로도 잦은 핸드오버가 발생된다. 또한 작은 서비스셀은 주변신호의 간섭에 민감하여 불안정한 수신감도를 야기 시키고 불필요한 핸드오버를 발생시킬 수 있다. IEEE802.16e 기반 시스템에 펠토셀을 적용하기 위해서는 이러한 문제를 해결해야만 한다.

본 논문에서는 첫째, 핸드오버가 진행되기 전 단계에서 효율적으로 셀을 관리하는 방법과 둘째, 핸드오버가 진행되는 과정에서 발생하는 문제점을 논의하고 해결방안을 제안한다. 셀 관리 방법에서는 이웃기지국의 정보가 담긴 셀관리 메시지의 크기를 줄이면서 셀의 경계지역에서 발생하는 핸드오버의 정확성을 높이는 방안을 제안한다. 핸드오버 과정에서는 펠토셀시스템에서 자주 발생하는 셀 중첩 문제를 고려하여 중첩되는 셀의 개수를 히스테리시스 범위에 반영하고, 차등적으로 핸드오버를 관리하여 불필요한 핸드오버를 최소화하는 방안을 제안한다.

II장에서는 시스템 모델과 IEEE802.16e기반의 시스템이 펌토셀을 도입하면서 발생하는 셀 관리와 핸드오버의 문제점을 살펴본다. III장에서는 부하 분산형 셀관리 방법과 중첩된 셀을 고려한 차등적 핸드오버 방법을 제안한다. 그리고 IV장에서 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하고 V장에서는 결론을 맺는다.

## II. 시스템 모델

### 2.1 IEEE 802.16e 기반 펌토시스템의 셀관리와 핸드오버

핸드오버 과정에서 셀관리(cell management)란 핸드오버를 하기 위해 이웃기지국의 네트워크토폴로지를 분석하고 관리하는 것을 말한다. 기존 기지국인 서빙 기지국(serving BS)과 새로운 기지국인 타겟 기지국(target BS)으로 이동 중인 단말은 이웃 기지국(neighbor BS)의 정보를 수집하여 가장 좋은 기지국으로 핸드오버한다. 이때 핸드오버를 하기전의 셀관리에서, 이웃기지국의 정보를 수집하는 과정을 스캐닝(scanning)이라한다. 스캐닝 시간동안 기지국은 단말에게 가는 정보를 저장하고 있다가, 스캐닝이 끝나면 정보를 전달한다. 따라서, 스캐닝을 하는 시간이 클수록 기지국이 저장해야할 데이터량이 커지게 되어, QoS를 보장하기가 힘들어진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 이웃 기지국 방송 메시지(Mobile Neighbor Advertisement message)를 방송한다. MOB\_NBR-ADV 메시지에는 서빙 기지국이 백본망을 통해 수집한 이웃 기지국의 채널정보 와 사용주파수, BSID (Base station identifier), 프리앰블 인덱스(Preamble index), DCD (Downlink channel descriptor)등의 셀 접속 정보가 담겨있다. 단말은 MOB\_NBR-ADV 메시지 내의 채널 정보 및 셀 접속 정보를 이용하여 핸드오버를 위해 소모하는 스캐닝 시간 및 전력을 줄일 수 있다<sup>[1]</sup>. 단말은 MOB\_NBR- ADV 메시지를 통해 이웃기지국의 네트워크토폴로지정보를 알 수 있어, 가장 좋은 셀의 신호를 갖는 기지국으로 빠른 속도로 핸드오버 할 수 있다. 그림 1은 IEEE802.16e 시스템에서 단말의 스캐닝 절차를 나타낸다. 기지국으로부터 MOB\_NBR-ADV 메시지를 받은 단말은 주기적으로 혹은 필요에 의해 서빙 기지국에게 MOB\_SCN-REQ (Mobile Scanning Request) 메시지를 보내 이웃 기지국에 대한 스캐닝을 요청하고 기지국은 MOB\_SCN-RSP (Mobile Scanning Response) 메시지로 단말의 스캐닝 요청에 응답한다. MOB\_SCN-REQ 메시지에

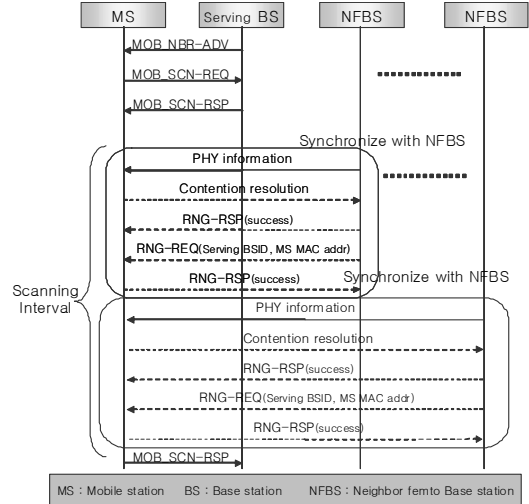


그림 1. IEEE802.16e기반 펌토셀시스템 스캐닝 절차

형, 스캐닝 시간 및 스캐닝 반복횟수가 명시되어 있으며 MOB\_SCN-RSP 메시지에 상기 내용에 대한 응답(허락 및 수정)과 스캐닝 결과를 보고할 것인지, 어떤 것을 보고할 것인지 등의 내용이 명시되어 있다. 그림 1의 실선으로 표시된 과정은 매 스캐닝 시 필수로 수행되며 점선으로 표시된 과정은 스캐닝 유형에 따라 수행되는 선택사항이다. MOB\_SCN-REQ/RSP 메시지 송수신 과정에서 가장 중요한 것은 단말과 기지국이 스캐닝 구간(Scanning interval)을 설정하는 것이다. 이 구간 동안 기지국은 단말에게 수신되는 데이터를 버퍼에 저장했다가 스캐닝 구간이 종료되면 단말에게 전송하고 단말은 MOB\_NBR- ADV 메시지에 포함된 채널 정보를 이용하여 이웃 기지국의 방송 메시지 수신 절차 없이 각 기지국의 채널 상태를 조사한다. 스캐닝 종료 후, 단말은 각 이웃 기지국의 CINR, RSSI 등 스캐닝 결과를 저장하여 핸드오버에 대비하고 필요하다면 MOB\_SCN-REP (Mobile Scanning Report) 메시지를 통해 서빙 기지국에게 스캐닝 결과를 보고한다<sup>[1]</sup>. 스캐닝 결과를 받은 단말기는 이웃 기지국의 네트워크 토폴로지를 분석하고 핸드오버를 준비한다. 핸드오버의 실행은 기지국에 의해 시작되는 BS-initiated 핸드오버와 단말기에 의해 시작되는 MS-initiated 핸드오버로 나눌 수 있는데, 본 논문에서는 BS-initiated 핸드오버와 끊임없는 서비스를 제공하는 소프트 핸드오버(soft handover)를 가정한다. 핸드오버는 2.2.2장에서 자세히 살펴본다.

### 2.2 펌토셀 도입 시 발생하는 문제점

펌토셀시스템은 기존 무선시스템과 달리 신호 커버

리지가 작고, 많은 수의 공인 혹은 사설의 비허가 펠토셀로 구성된다. 따라서 펠토셀시스템은 다수의 펠토셀 네트워크토폴로지 정보를 빠른 속도로 관리해야 하며, 다수의 중첩되는 셀의 반경 안에서 잦은 핸드오버를 하지 않고, 최소한의 핸드오버를 해야 한다. 펠토셀을 기존 IEEE802.16e 기반 시스템에 그대로 적용된다면 단말기와 기지국은 수많은 펠토셀을 관리하기 위해 상당히 많은 자원을 소모해야 한다. 또한 단말기가 많은 수의 펠토셀에 중첩되어 있으면 잦은 핸드오버로 인하여 전력이 손실되고, 데이터에 지연이 발생되어 서비스품질을 보장할 수 없게 된다.

2.2.1 셀관리 문제점

그림 2는 IEEE 802.16e 시스템에 펠토셀을 도입했을 때 방송되는 MOB\_NBR-ADV 메시지를 나타낸다. MOB\_NBR-ADV 메시지는 이웃하는 MBS, 와 이웃FBS에 대한 정보를 포함하며, 다수의 펠토셀이 배치될 경우, 매크로기지국이 방송해야 할 MOB\_NBR-ADV 메시지의 양이 생성된 펠토셀의 수에 비례하여 증가하게 된다. 따라서 많은 양의 이웃하고 있는 펠토셀의 정보를 하나의 메시지로 전달하게 됨으로써, MOB\_NBR-ADV 메시지를 방송하는 MBS에게 방송 부하로 작용할 뿐만 아니라 다량의 정보를 수신한 단말에게 스케닝 시 필요한 전력 및 시간 소모 면에서 큰 부담이 된다. 이러한 문제점으로 인하여 그림 3과 같이 셀티어링과 셀섹터링으로 셀을 영역별로 구분하여, MOB\_NBR-ADV 메시지를 관리하는 방법이 최근 논의되었다<sup>[1]</sup>. 단말에게 전체의 기지국정보를 제공

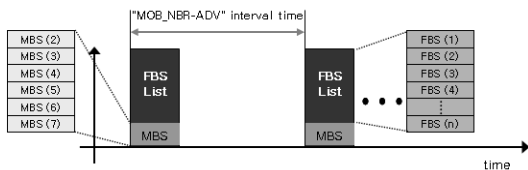


그림 2. MOB\_NBR-ADV 메시지

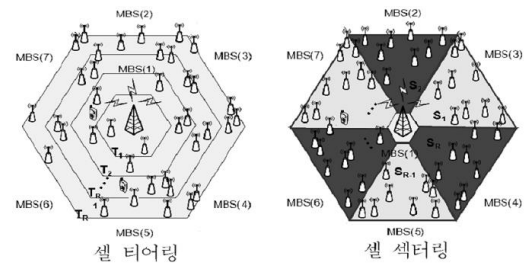


그림 3. 셀 티어링, 셀 섹터링 셀 관리 방법<sup>[1]</sup>

하는 것이 아니라 단말이 속한 영역의 정보만 제공하여 MOB\_NBR -ADV메시지의 크기를 줄일 수 있다.

하지만 셀의 영역별로 이웃기지국 방송 메시지를 방송하는 경우, 단말과 가까운 거리에 위치하고 좋은 품질의 신호를 송출하는 FBS가 다른 MBS 경계지역에 위치한다면, 핸드오버를 하지 못하는 문제점이 있다. 즉 단말은 셀 경계지역에 있는 좋은 채널품질의 신호를 송출하는 펠토셀의 존재를 알지 못할 수가 있다. 그 결과 단말은 좋지 않은 성능의 기지국으로 핸드오버가 발생할 수 있으며 이러한 문제점은 펠토셀의 증가에 따라 기하급수적으로 커지게 된다.

2.2.2 핸드오버 문제점

일반적으로 핸드오버 상황에서 소위 핑퐁(ping-pong)현상을 방지하기 위해 히스테리시스 마진(hysteresis margin)을 고려한다. IEEE802.16e 시스템에서 서빙셀의 신호와 이웃셀의 신호, 그리고 히스테리시스 마진(hysteresis margin)을 고려하여 핸드오버를 수행한다. 펠토셀시스템은 작은 커버리지를 갖는 많은 수의 펠토셀로 구성된다. 따라서 그림 4와 같이 서비스를 이용하는 단말의 위치변경으로 인해 잦은 핸드오버가 발생된다. 또한 작은 서비스 커버리지는 주변 신호의 간섭에 민감하여 불안정한 수신감도를 야기하고, 비효율적인 핸드오버를 발생시킨다. 그 결과 서비스의 품질은 떨어지고, 단말기의 전력이 손실되며, 기지국과 단말기의 메시지 처리를 가중시켜 불필요한 부하가 발생할 수 있다.

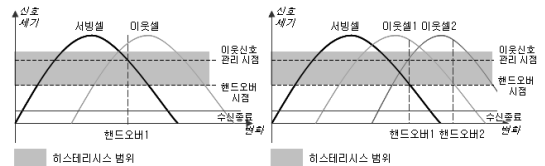


그림 4. IEEE802.16e시스템에서 중첩된 셀의 핸드오버

III. 부하 분산형 셀관리와 중첩된 셀을 고려한 차등적 핸드오버 방법 제안

본 장에서는 II장에서 설명한 펠토셀시스템의 셀 관리 및 핸드오버의 문제점에 대한 해결방안을 제시한다.

3.1 부하 분산형 셀 관리 방법제안

그림 5는 셀섹터링과 셀티어링의 영역을 구분한 그림이다. 매크로기지국의 셀을 섹터로 구분한 후, 구분

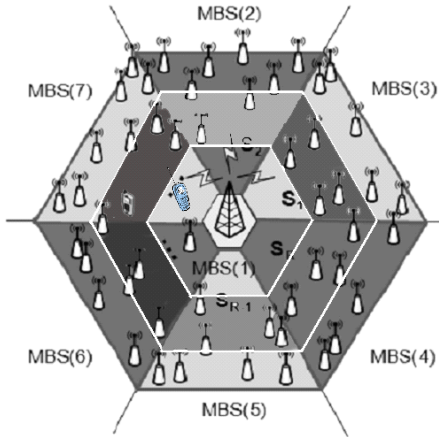


그림 5. 셀 섹터링과 티어링 영역으로 구분된 펠토셀 시스템

된 셀을 각각 티어로 다시 영역을 구분하였다. IEEE802.16e기반의 시스템에서는 매크로기지국에서 MOB\_NBR-ADV 메시지를 하나의 메시지로 구성하여 단말기에게 방송한다. MOB\_NBR-ADV 메시지를 하나의 메시지로 구성하면 MOB\_NBR-ADV의 데이터량이 커지게 되고 단말과 기지국에서는 메시지를 처리하기 위해 일시적으로 부하가 발생한다. 따라서 [1]의 논문에서는 그림 6과 같이 MBS와 FBS의 데이터를 시간으로 분할하여 전송한다. 단말은 자신이 속한 영역의 섹터 또는 티어의 정보만 선별하여 획득한다. 그러나 단말이 섹터 또는 티어의 경계지역에 있을 때 다른 셀(또는 섹터)의 좋은 채널환경을 갖는 FBS를 인식하지 못하여, 핸드오버가 적절하게 되지 못하는 문제점이 있다. 이는 펠토셀시스템과 같이 기지국이 많을 때 문제가 커진다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 단말이 위치한 섹터의 정보를 단말에게 제공하고, 추가적으로 이웃한 섹터에서 단말과 인접한 셀티어 정보를 적절하게 단말에게 제공해 준다. 그림 7은 제안된 셀 관리 방법의 예를 보여준다. [1]의 방식과 비교하여 단말이 획득해야 할 이웃한 셀 섹터의 티어 정보가 추가되어 데이터량은 커지지만,

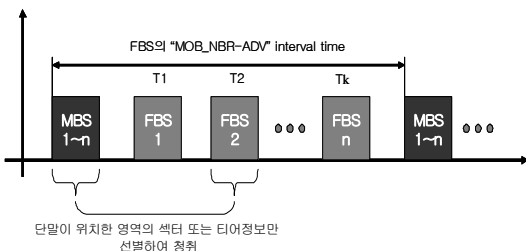


그림 6. 시간 분할 방송되는 MOB\_NBR-ADV (단말은 자신이 위치한 영역의 정보만 획득)<sup>[1]</sup>

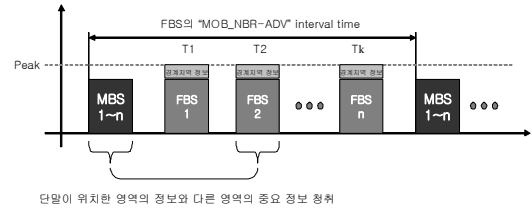


그림 7. 제안된 MOB\_NBR-ADV (단말은 자신이 위치한 영역과 경계지역의 정보 획득)

그림 8과 같이 이웃한 경계지역의 정보를 제공하여 핸드오버의 성공률을 증가시킬 수 있다.

그림 7은 그림 6과 비교하여 이웃한 셀 섹터의 티어 정보가 추가되는 차이점을 볼 수 있다. 셀관리를 위한 MOB\_NBR-ADV 메시지는, 단말과 기지국이 메시지를 처리할 때 발생하는 일시적인 부하를 조절하기 위해 MOB\_NBR-ADV의 데이터량에 한계값을 적용하여, 시간으로 분할하여 방송한다. 한계값은 MBS와 FBS에 접속한 단말기의 접속자 수와 서비스 트래픽의 양 등을 분석하여 기지국이 결정한다. 그리고 이웃한 FBS의 정보는 단말기가 사용할 수 있는 확률이 높은 셀의 정보가 우선적으로 방송될 수 있도록 메시지를 구성한다. 그리고 운영측면을 고려하여 특정 셀의 정보를 우선적으로 전송할 수 있도록 한다. 예를 들어 이웃한 펠토셀이 7개이고, 한계값(peak value)이 4이면 우선순위가 높은 이웃한 펠토셀의 정보 4개를 먼저 MOB\_NBR-ADV에 포함하여 방송하고, 나머지 펠토셀의 정보를 MOB\_NBR-ADV에 포함하여 그 다음으로 방송한다. 서빙기지국은 오프셋 형태의 셀 접속 정보(Downlink MAP)로 단말이 청취해야할 메시지를 지정한다<sup>[7]</sup>. 이때 단말은 자신에게 필요한 영역의 정보를 선별하려면 펠토셀시스템에서 자신의 위치를 알아야 한다. 단말의 위치를 알기 위해 프리앰블 신호의 거리에 따른 감쇄비율과 GPS 등을 이용한다.

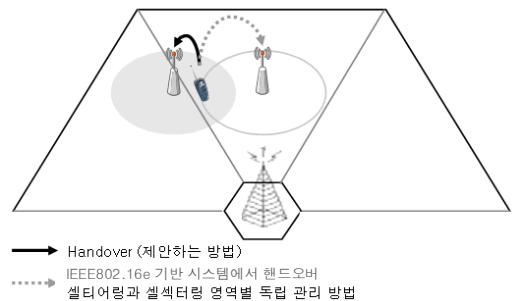


그림 8. IEEE802.16e 기반 시스템에서의 핸드오버와 제안하는 셀 관리 방법에서의 핸드오버 비교

본 논문의 제안된 기술은 그림 8과 같이 단말이 경계 지역에 위치해도, 다른 영역의 섹터에 있는 가까운 펌토셀로 성공적으로 핸드오버가 될 수 있다.

### 3.2 중첩된 셀을 고려한 차등적 핸드오버 제안

본 절에서는 단말과 기지국간의 핸드오버를 위해 MOB\_NBR-ADV 메시지를 교환할 때, 단말이 중첩된 셀에 위치하는 상황을 고려하고, 핸드오버에 적합한 셀 별로 우선순위를 할당하여 핸드오버하는 방법을 제안한다. 그림 9는 제안된 핸드오버의 예제이다. 점선으로 표시된 부분은 기존 IEEE802.16e 기반 시스템에서 핸드오버 기술이 적용된 부분이며, 기존의 핸드오버 기술에서 제안된 핸드오버 기술로 변화될 때 차이점을 설명하기 위해 나타내었다. 우선, 매크로 기지국의 서빙셀에서 새로운 펌토셀로 이동하는 것을 가정한다. IEEE802.16e기반 시스템에서는 서빙셀의 신호보다 이웃한 펌토셀의 신호가 크고, 그 차이가 히스테리시스 범위를 넘으면, 이웃한 FBS의 셀로 핸드오버된다<sup>[2]</sup>. 단말이 핸드오버된 새로운 서빙기지국은 단말기의 USIM(Universal Subscriber Identity Module)등의 식별정보를 분석하고, 서빙기지국과 단말기는 가장 높은 우선순위로 서로를 간주한다. 그리고 등록된 단말기의 정보를 인접한 FBS와 공유한 후, 단말기의 중첩된 셀의 핸드오버 우선순위를 정한다. 마지막으로 중첩된 셀의 개수를 히스테리시스 마진 값에 반영한다. 이 정보는 MOB\_NBR-ADV에 포함

되어 방송된다. 단말기는 사용하고 있는 셀보다 인접한 셀의 신호품질이 일시적으로 좋더라도, 즉시 핸드오버하지 않고 중첩된 셀을 고려한 히스테리시스 범위 만큼 상태를 유지한다. 그리고 히스테리시스 범위를 넘으면 핸드오버 한다<sup>[9]</sup>. 핸드오버가 발생하는 경우는 다음과 같은 수식으로 일반화 될 수 있다.

$$RSS_{serv} < RSS_{Neigh} - (|VH|) \quad (1)$$

$$VH = RSS_{serv} + \mu \quad (2)$$

현재 서비스되고 있는 서빙셀의 수신신호( $RSS_{serv}$ )가 이웃한 셀의 수신신호( $RSS_{Neigh}$ )에서 히스테리시스 범위(Variable Hysteresis margin:  $VH$ )를 차감한 값보다 작은 값이 타임아웃(time-out) 시간만큼 유지될 때 이웃한 셀로 핸드오버가 된다.  $VH$ 는 서빙셀의 수신신호( $RSS_{serv}$ )에 중첩된 셀의 개수가 반영된 핸드오버 기대치( $\mu$ )의 합이다. 즉 중첩된 셀의 개수가 많을수록 히스테리시스 범위는 커지게 된다. 그림 10에서 왼편의 그림에 이웃셀 2가 중첩되면서, 히스테리시스 범위가 커진 것을 오른편 그림에서 볼 수 있다. 그림 4와 그림 10의 예제를 비교하면 차이점을 알 수 있다. 그림 4와 그림 10의 왼편 그림은 두 개의 중첩된 셀에서의 핸드오버의 시점을 보여주며, 동일한 수의 핸드오버를 반복한다. 그림 4와 그림10의 오른편 그림에서는 하나의 중첩된 셀이 추가되었다. 그림 4는 히스테리시스 범위가 동일하여 핸드오버가 2번 발생한다. 하지만 그림 10은 중첩된 셀이 히스테리시스 범위에 반영되어 핸드오버가 1번 발생한다. 즉 기존 IEEE802.16e기반 시스템의 핸드오버에 비하여 본 논문에서 제안한 방법이 핸드오버가 발생하는 횟수를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 중첩된 셀의 증가에 따라 크게 차이가 난다.

이러한 중첩된 셀을 히스테리시스범위에 반영하여 핸드오버를 줄이는 제안된 방법을 통해 불필요한 핸드오버를 상당히 줄일 수 있다. 하지만 매크로기지국

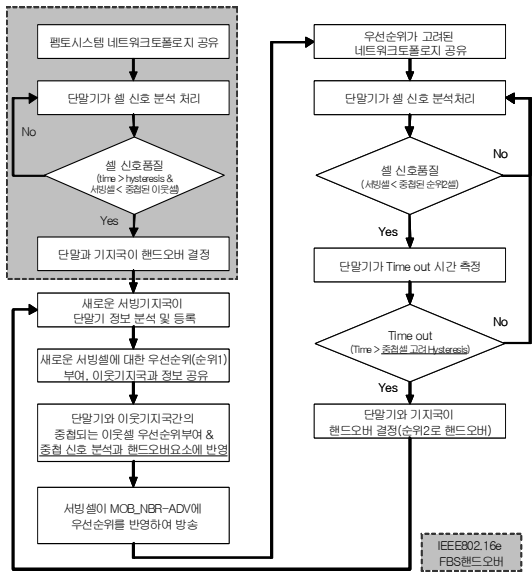


그림 9. IEEE802.16e기반 핸드오버에서 본 논문에서 제안하는 핸드오버로 적용되는 예제의 순서도

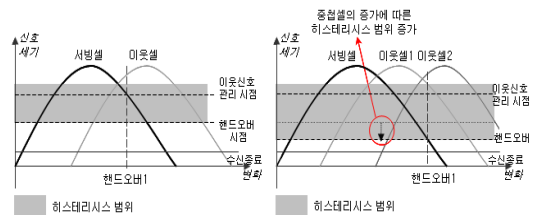


그림 10. 중첩된 셀을 히스테리시스범위에 반영한 핸드오버

과 펠토셀의 구분, 인가 및 비인가 펠토셀의 구분을 위해 셀 별 우선순위를 부여하고 차등적으로 핸드오버가 관리될 필요가 있다. 또한 인접셀 간의 간섭으로 인해 히스테리시스범위를 초과한 신호의 차이가 발생하여 불필요한 핸드오버가 발생할 수 있다. 따라서 셀 별로 우선순위를 부여하고 차등적으로 핸드오버되는 방법을 본 제안에 포함한다. 그림 11과 같이 무선단말기가 사용하기에 가장 적합한 셀을 A, 다음의 순위를 B, C로 가정하자. 무선단말기는 가장먼저 A셀로 핸드오버가 이뤄진다. 그리고 A, B, C셀의 경계선으로 단말기가 이동하거나, 일시적으로 A셀의 신호가 B나 C셀의 신호보다 좋지 않더라도 히스테리시스마진 값만큼, 최대한 우선순위 1인 A셀을 이용한다. 그러나 일정한 시간이 지나도 A셀의 신호가 B나C셀보다 수신감도가 낮거나, 셀을 이용하지 못할 정도로 상태가 좋지 못하면, 우선순위 2인 B셀로 핸드오버가 된다. 핸드오버된 B셀은 우선순위 1로 변경되고, A셀은 우선순위 2가 되어 관리된다. 이때 셀의 우선순위 값은 무선단말기의 이용 빈도에 따라 설정되거나, 사용자와 관리자가 정책적으로 설정할 수 있다.

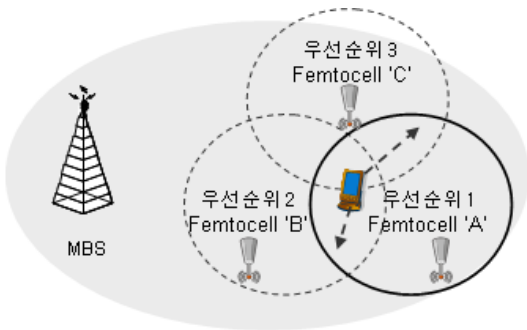


그림 11. 제안된 우선순위 셀별 차등적 핸드오버

#### IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 셀관리 방법과 핸드오버의 성능을 분석해 보았다. 시뮬레이션 환경은 Windows XP에 Cygwin(ver.1.7.5)을 설치하여 가상 Unix환경을 만들고, NS2(ver.2.31), NAM(ver.1.13)을 설치하였다. 실험 환경으로는 하나의 매크로셀 내에 다수의 FBS가 설치된 환경을 고려한다. 매크로셀과 FBS는 동일한 주파수를 사용하며, 매크로셀은 반경 1km, 펠토셀은 반경 10m ~ 20m의 원형 셀로 가정하였고, 매크로셀 내의 FBS 배치가 균일 분포를 따르도록 하였다. 단말의 이동 모델로는 Gaussian Markovian Model을

사용한다. 기존의 IEEE802.16e 시스템에서는 여러 모드의 스캐닝을 지원하지만 본 논문에서는 초기 레인지(Ranging)를 지원하지 않는 ‘Association 없는 스캐닝 모드’를 가정한다. 각 FBS를 스캐닝하는 소요되는 시간과 전력은 동일하고 이를 정규화(1시간 단위, 1전력 단위)하여 나타낸다<sup>18)</sup>.

기존 방식과의 성능을 비교하기 위해 기존 IEEE802.16e 시스템의 스캐닝 방식을 함께 시뮬레이션하여 분석하였다. 시뮬레이션의 환경변수는 표 1, 표 2와 같이 나타내었다.

표 1. 성능분석 파라미터 정의

파라미터	정의
Nf	단말이 한번에 스캐닝하는 FBS 개수
MMS	단말 하나가 수신하는 이웃 기지국 정보 메시지의 크기
Phit	가장 좋은 품질의 신호를 보내는 이웃기지국을 스캔한 확률

표 2. 시뮬레이션 변수와 변수 변화 범위

시뮬레이션변수	변화범위	기본값
매크로셀 내 FBS의 개수(개)	24, 48, ..., 96	24
FBS의 서비스 커버리지(m)	5, 10, ... 20	10
단말의 평균 이동속력(m/s)	0.5, 1.5, 2.5, ... 5.5	1 (보행자기준)
MOB_NBR-ADV 메시지 방송간격(sec)	5, 10, 15, ..., 30	15
매크로셀 구역 개수(개)	섹터링: 1, 2, 4, 12	2

#### 4.1 부하 분산형 셀관리 방법 시뮬레이션

그림 12는 매크로셀 내 펠토셀의 개수에 따른 MMS의 변화를 나타낸다. 기존 IEEE802.16e기반 시스템의 방식과 [1]에서 제안된 셀섹터링 또는 티어링 영역으로 구분하여 관리하는 방식, 그리고 본 논문에서 제안하는 방식을 비교하였다. [1]의 방식은 IEEE802.16e기반 시스템의 방식과 대비하여 셀섹터링 또는 티어링영역으로 구분하여 관리하는 경우, MOB\_NBR-ADV 메시지에는 단말이 속한 구역의 FBS 정보만 담겨있으므로 메시지의 데이터량이 상대적으로 적다. 섹터링 수를 바꾸며 시뮬레이션 한 결과 도 항상 IEEE802.16e 기반 시스템의 방식보다 적은 양의 펠토셀을 스캐닝함을 알 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방식 또한 IEEE802.16e 기반 시스템의 방

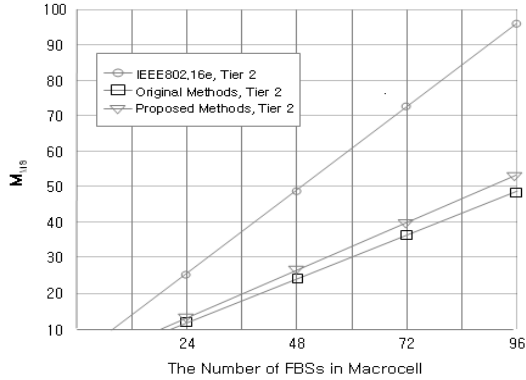


그림 12. 매크로셀 구역(섹터링)과 셀 내 FBS수에 따른 MMS의 변화

식과 대비하여 항상 적은 양의 펠토셀을 스캐닝할 수 있다. 하지만 단말에게 MOB\_NBR-ADV 메시지를 보낼 때 셀섹터와 셀티어의 정보 뿐만 아니라 단말기가 위치한 이웃섹터의 인접한 셀티어링 정보가 포함되어 있어, 셀섹터링 또는 셀티어링영역을 구분하여 관리하는 [1]의 방식보다는 데이터량이 조금 크게 나타났다.

하지만 구역을 많이 나눠서 셀 관리 하는 것이 언제나 좋은 것은 아니다. 그림 12에서 펠토셀의 수가 적을 경우를 비교해 보면, MMS가 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 매크로셀 구역을 적절하게 나누면 MMS가 감소하여 단말이 스캐닝에 소모하는 시간 및 전력을 줄이는 효과가 크지만, 필요 이상으로 많이 나누면 처음만큼의 효과를 기대할 수 없으며 오히려 구역을 많이 나눔으로 인해 그림 13과 같은  $P_{hit}$  문제가 발생한다.  $P_{hit}$ 는 단말기와 가까운 기지국으로 핸드오버가 될 수 있는 확률이다. IEEE802.16e기반 시스템의 방식에서 단말은 매크로셀 내 모든 펠토셀을 스캐닝하

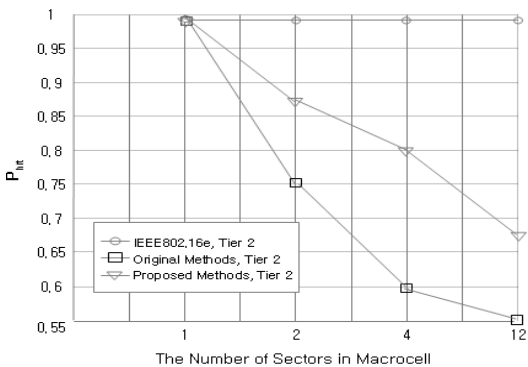


그림 13. 매크로셀 구역(섹터링)과 셀 내 FBS수에 따른  $P_{hit}$ 의 변화

므로 매 스캐닝 시 가장 가까운 펠토셀기지국이 존재하게 된다. 따라서 IEEE 802.16e 그래프는  $P_{hit}$ 가 1이다. 반면 [1]에 제안된 방식은 구역을 많이 나눌수록  $P_{hit}$ 가 현저히 낮아진다.  $P_{hit}$ 가 낮다는 것은 단말이 획득한 영역 정보에 단말과 가장 가까운 펠토셀기지국의 정보가 포함되지 않았음을 의미한다. 다시 말해, 어떤 펠토셀기지국이 단말과 가장 가까이에 있음에도 불구하고 단말과 다른 구역에 존재하기 때문에 단말이 수신한 영역정보에 포함되지 않는 경우이다. 이것은 특히 단말이 구역의 경계부분을 지날 때 문제가 많이 발생한다. 본 논문에서 제안한 셀관리 방법에는 단말기가 위치한 이웃섹터의 인접한 티어링 정보를 단말기에 제공함으로써 [1]에서 제안된 방식의 문제점을 보완한다. 그림 13에서와 같이 [1]의 제안된 방식보다  $P_{hit}$  높아졌다.

#### 4.2 중첩된 셀을 고려한 차등적핸드오버 시뮬레이션

제안된 핸드오버의 실험은 2.3GHz 주파수 대역에 768개의 sub-carrier를 사용하는 OFDMA/TDD 시스템을 사용한다. 정육각형의 매크로셀에서 표 2와 표 3과 같은 조건으로 실험하였다<sup>11</sup>. 하향과 상향링크에서 적응 변조 및 부호화에 필요한 신호대 간섭 MCS (modulation and coding scheme) 기준을 따른다. ITU-R M.1225의 Vehicular A(VEH-A) 채널 모델을 사용했다. 기지국과 단말기의 링크와 펠토셀과 단말기의 경로 감쇄는 modified COST231

Hata 모델을 사용하고, 기지국과 펠토셀 링크의 경로 감쇄는 adove rooftop 모델을 사용한다. 모든 기지국은 하나의 안테나만을 사용하고 전방향성 안테나를 사용한다. 트래픽 발생은 full buffer model을 가정하고, 자원 할당을 위해 프레임 단위로 round-robin 스

표 3. 핸드오버 파라미터

파라미터	값
shadowing 표준편차	6.5 dB
전송전력	43 dBm
FBS 중첩셀	1, 8, 16, 24, 32
핸드오버 파라미터	- IEEE802.16e 히스테리시스 구간: 3.5dB - 제안된 핸드오버의 히스테리시스 구간: 3.5dB(중첩셀의 개수의 증가에 따라 $\Delta$ 0.2dB) - 서빙셀 drop/핸드오버 시점: 1.5dB/5.5dB - 핸드오버소요시간이 20ms 초과하면 핸드오버 실패로 간주



케줄링에 의해 사용자를 선택한다. 단말의 이동성에 따른 채널 불일치 (channel mismatch)를 반영하기 위해 2개 프레임에 해당하는 채널 피드백(feedback) 지연시간을 가정한다. 본 절에서는 기존 IEEE802.16e 기반 시스템과 제안된 핸드오버의 성능을 비교한다. 성능 비교의 척도로는 핸드오버 과정에서 발생하는 핑퐁현상(ping-pong)의 발생률, 핸드오버 실패율을 확인한다.

그림 14는 단말기가 중첩된 펠토셀에 있을 때 핸드오버의 실패율을 보여준다. IEEE802.16e기반 시스템은 중첩되는 셀이 증가할수록 핑퐁현상이 매우 증가함을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안된 핸드오버에서는 중첩되는 셀이 증가할수록 핑퐁현상의 증가폭이 적어짐을 알 수 있다. 이는 중첩된 셀의 개수가 히스테리시스구간을 넓혀 히스테리시스구간 만큼 핸드오버하지 않고 서빙셀을 이용하기 때문이다. 따라서

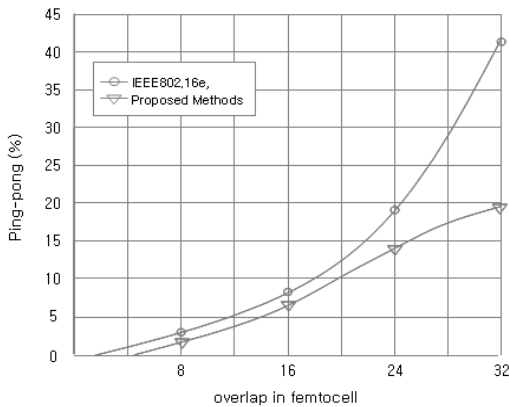


그림 14. 단말기에 중첩된 펠토셀이 증가함에 따른 핑퐁 발생률

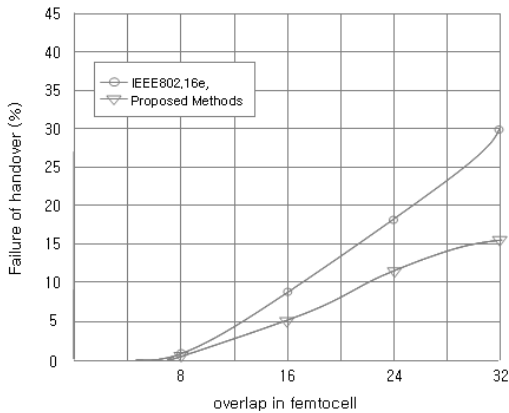


그림 15. 단말기에 중첩된 펠토셀이 증가함에 따른 핸드오버 실패율

핸드오버가 될 때 발생하는 지연시간이 줄어 그림 15과 같이 핸드오버의 실패율도 IEEE 802.16e기반 시스템에 비해 적어짐을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 펠토셀시스템의 서비스 과정을 핸드오버를 위해 네트워크토폴로지 정보를 공유하는 셀관리 과정과 핸드오버 과정으로 나눠 문제점을 지적하고 해결방안을 제안했다. 셀관리 과정에서, MOB\_NBR-ADV 메시지를 방송할 때 셀의 경계지역에 위치한 기지국의 정보를 포함하도록 설계했다. 따라서 단말기는 다른 영역에 있는 품질이 좋은 셀로 핸드오버가 가능하였으며, 그 결과 핸드오버의 성공률(Phit)이 개선된 것을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다. 핸드오버가 되는 과정에서, 중첩된 셀이 증가할수록 히스테리시스 범위가 넓어져 핸드오버가 되는 횟수를 줄였다. 또한 중첩된 셀을 차등적으로 관리하는 방안을 제안했다. 그 결과 핸드오버의 핑퐁현상을 줄여 핸드오버의 실패율을 감소시켰다.

차후 연구과제는 다음과 같다. MOB\_NBR-ADV 메시지를 방송하는 과정에서 단말이 있는 섹터와 이웃한 섹터의 인접한 셀터어링 정보를 제공한다. 이때 인접한 셀터어링 정보의 범위를 한정하는 연구가 필요하다. 그리고 MOB\_NBR-ADV 메시지를 분할하여 방송할 때 우선적으로 포함될 펠토셀 정보를 제공하는 방법에 관한 연구가 필요하다. 핸드오버과정에서는 차등적으로 핸드오버를 수행할 때 셀별 우선순위를 설정하는 방법과 중첩된 셀의 개수를 고려한 히스테리시스 범위를 설정하는 구체적인 방법에 대한 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] 남지희, 신정채, 윤철식, 조호신, "IEEE 802.16e 기반의 펠토셀시스템에서 빠른 스캐닝 및 효율적인 핸드오버를 위한 이웃 기지국 리스트 관리 기법" 한국통신학회논문지, 34권 제6호, 445-457, 2009. 6
- [2] 염홍주, 김화성, "초고속 휴대 인터넷 망에서 서비스 품질 보장을 위한 핸드오버 메커니즘," 한국통신학회논문지, 제31권 제7호, 656-665, 2006. 7.
- [3] 오종민, 송승호, "Femtocell 시스템 구조 및 망 적용시 고려사항", 한국통신학회지, 26권 11호, pp3-8, 2009. 11

[4] 3GPP TR 25.820 V8.2.0, "3GPP Home NodeB Study Item Technical Report," Sep. 2008.

[5] 3GPP TR R3.020, "Home (e)NodeB; Network aspects," May, 2008.

[6] IEEE C80216m-08\_1157r1, "Proposed Updates to IEEE 802.16m System Requirements to Reflect Operators Requirements on Femtocells"

[7] IEEE 802.16e 2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment 2: Physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed band and corrigendum 1", Feb., 2006.

[8] T.Camp, J.Boleng, and V.Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Networks Research, "Wireless Communications and Mobile Computing, Vol.2, No5, pp.483-502, Sep., 2002.

[9] 김원익, 백승권, "히스테리시스 범위 결정 방법 및 핸드오버 트리거링 방법, 그리고 이를 수행하는 이동국", 대한민국, 특허등록번호 100922003 (2009.10.08)

[10] 김준식, 박남훈, 김영진, "펌토셀 기술 동향", 전자통신동향분석 제 24권 제3호, pp.32-43, 2009. 6

[11] 김홍숙, 이찬용, 박남훈, "LTE SON 기술 동향 분석", 전자통신동향분석 제25권 제6호, 2010. 12

[12] 정의창, 류현석, 강충구, "핸드오버 게이트웨이 시스템: 차세대 셀룰러 이동망에서의 셀 경계 성능 향상을 위한 표준기술, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, 2009. 11

[13] 정운호, 김동희, "3GPP LTE 시스템에서 셀 간 부하 차이를 고려하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방법에 의한 하드 핸드오버", 방송공학회논문지 제15권 제4호, pp.487-497, 2010

조 광 현 (Kwang-hyun Cho)

정회원



2003년 2월 동명대학교 정보통신공학과(공학사)  
2005년 2월 부경대학교 정보통신 공학(공학석사)  
2008년 9월~현재 서울과학기술대학교 방송통신융합공학과 박사과정

2005년 3월~현재 KT네트웍스 기술연구소

<관심분야> 디지털 방송, IPTV

김 동 호 (Dong Ho Kim)

종신회원



1997년 2월 연세대학교 전자공학과 학사  
1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
2004년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
2004년 9월~2007년 2월 삼성

종합기술원 4G무선기술랩 전문연구원

2006년 3월~2007년 2월 삼성전자 통신연구소 책임연구원

2007년 3월~현재 서울과학기술대학교 매체공학과 조교수

<관심분야> 이동방송 및 이동통신시스템, 통신이론, 오류정정부호