

IEEE 802.16e 시스템에서 망 지원을 이용한 효율적인 펨토셀 스캐닝 방안

정회원 최재인*, 남진규**, 서원경*, 종신회원 조유제*

An Efficient Femto-cell Scanning Scheme Using Network Assistance in IEEE 802.16e System

Jae-In Choi*, Jin-Kyu Nam**, Won-Keyong Seo* *Regular Members*,
You-Ze Cho*° *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 IEEE 802.16e 기반의 펨토셀 환경에서 이동단말이 매크로셀에서 펨토셀로 핸드오버를 수행할 때 발생하는 긴 스캐닝 지연 시간과 큰 배터리 소모를 줄이고자 한다. IEEE 802.16e 시스템에서는 이동단말이 핸드오버를 수행할 때 인접한 기지국들을 스캐닝 해서 적절한 후보 기지국들을 선정하는데, 펨토셀이 도입되면 인접한 펨토셀의 수만큼 추가적으로 스캐닝 동작을 수행하여야 한다. 따라서 이동단말의 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모가 증가하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 삼각 측위법과 펨토셀의 모니터링 메커니즘을 이용하여 이동단말의 위치로부터 가장 근접한 하나의 펨토셀을 찾는 방안을 제안한다. 이동단말은 선정된 하나의 펨토셀에 대해서만 스캐닝 동작을 수행하기 때문에 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모를 줄일 수 있다. 시뮬레이션을 통해 제안 방안으로 동작할 경우 실제 이동단말의 위치에서 가장 근접한 펨토셀을 찾을 수 있는 확률이 높음을 확인하였으며 스캐닝 대상 펨토셀을 줄임으로써 기존 방안보다 스캐닝 지연 시간이 현저히 줄어들었음을 확인하였다.

Key Words : IEEE 802.16e, Femtocell, Scanning, Handover

ABSTRACT

The femtocell is a miniaturized Base Station (BS) with low-cost and low-power using general broadband access network as backhaul. It is expected not only to improve indoor coverage but also to reduce a service charge. However, in IEEE 802.16e femtocells, when the Mobile Station (MS) scans neighbor BSs for handover, it takes a long time due to too many number of femto BSs. Also the size of the neighbor advertisement message that will be periodically sent by a serving BS is increased as the number of target femto BSs for scanning increases. In this paper, we proposed an efficient femtocell scanning scheme, using a triangulation mechanism and a femto BS monitoring scheme to reduce the number of scanning operations and the size of the neighbor advertisement messages. The proposed scheme can avoid wasting air resources and reduce scanning overheads by minimal scanning operation. The simulation results showed that the proposed scheme could improve scanning performance and avoid wasting air resources, compared with the conventional scheme of the IEEE 802.16e system.

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가위원회의 산업원천기술개발사업(정보통신)[KI001822]과 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업[NIPA-2010-(C1090-1011-0013)]의 일환으로 수행하였습니다.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 통신망연구실 (cji1206, morglory, yzcho@ee.knu.ac.kr), (° : 교신저자)

** 현대U&I (jinkyu.nam@hmm21.com)

논문번호 : KICS2010-08-416, 접수일자 : 2010년 8월 26일, 최종논문접수일자 : 2011년 1월 4일

I. 서 론

IEEE 802.16e (Mobile WiMax) 기술은 사용자들에게 인터넷 서비스를 개인의 휴대단말기를 통해 이동 중에도 어디에서나 즐길 수 있게 해준다. 하지만 IEEE 802.16e 기술은 높은 주파수 대역을 사용하기 때문에 실외에 설치되어 있는 기지국에서 송출된 전파가 유리창 또는 콘크리트 벽을 통과해 실내까지 도달하는 데 상당한 전파 감쇄가 발생되기 때문에 건물 내부에 위치한 사용자들에게 원활한 서비스 제공을 할 수 없다는 단점이 존재한다. 따라서 건물 내부에 위치한 사용자들에게 고속의 데이터 서비스 제공을 위한 새로운 방안이 필요하다.

최근 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 펠토셀의 도입이 빠르게 부각되고 있다. 펠토셀은 가정이나 사무실 등 가정용 인터넷라인을 통해 접속하는 10m~30m의 커버리지를 가지는 소형 기지국을 의미한다. 통신 사업자들은 펠토셀을 도입함으로써 저렴한 비용으로 무선 용량을 증대시키고 실내 음영지역을 해결할 수 있고 펠토셀 지역에서 요금할인 등의 마케팅 정책으로 가입자를 추가적으로 확보할 수 있다는 장점이 있다. 또한 사용자들은 펠토셀을 사용함으로써 실내에서 보다 저렴한 비용으로 고속의 서비스를 제공 받을 수 있다¹⁻³⁾. 하지만 펠토셀의 도입을 위해서는 매크로셀과 펠토셀 간의 간섭, 동기화 그리고 핸드오버 등 해결되어야 하는 몇 가지 문제점이 존재한다^{4,5)}. 특히 핸드오버 문제는 사용자들에게 끊임없는 양질의 서비스를 제공해 주기 위해 반드시 해결되어야 한다.

IEEE 802.16e 시스템에서는 이동단말이 핸드오버를 수행할 때 인접한 기지국들을 스캐닝 해서 적절한 후보 기지국들을 선정하는데, 펠토셀이 도입되면 인접한 펠토셀의 수만큼 추가적으로 스캐닝 동작을 수행하여야 하기 때문에 이동단말의 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모가 증가하는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이동단말이 매크로셀에서 펠토셀로 핸드오버를 수행할 때 이동단말의 위치로부터 가장 근접한 하나의 펠토셀을 찾는 방안을 제안하여 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모를 줄이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 IEEE 802.16e 시스템에 펠토셀 도입으로 인한 문제점 및 이러한 문제점을 해결하기 위한 기존 연구 방안을 살펴본 후 제 3장에서는 2장에서 제기한 문제점을 해결하기 위한 새로운 펠토셀 관리 방안을 제안한다. 그리고 제 4장에서 제안 방안에 대한 성능을 평가하고 끝으

로, 제 5장에서 결론을 맺도록 한다.

II. 관련 연구

본 장에서는 기존 IEEE 802.16e 시스템에 펠토셀을 도입할 경우 발생할 수 있는 문제점을 설명하고 제기한 문제점을 해결하기 위한 기존 연구방안을 설명한다.

2.1 펠토셀 도입으로 인한 문제점

앞 절에서 살펴본 IEEE 802.16e 시스템의 핸드오버 절차를 펠토셀이 도입된 시스템에 그대로 적용할 경우에는 몇 가지 문제점이 발생 한다.

첫째, 하나의 매크로셀 커버리지 안에 배치될 수 있는 펠토셀 개수에는 제한이 없다. 따라서 그림 1과 같이 하나의 매크로셀 커버리지 안에는 수많은 펠토셀이 존재할 수도 있다. 매크로셀에서 펠토셀로의 핸드오버를 지원하기 위해서는 이동단말은 핸드오버를 수행하기 전에 스캐닝 동작을 위한 펠토셀의 정보 (BSID (Base Station Identifier), 주파수 정보, 프리앰블 정보 등)를 미리 가지고 있어야 한다. 따라서 이동단말에게 매크로셀과 펠토셀간의 핸드오버를 지원해 주기 위해서 서빙 기지국은 이동단말에게 MOB_NBR-ADV (Neighbor Advertisement) 메시지를 이용하여 이웃한 매크로셀의 정보뿐만 아니라 서빙 기지국 커버리지 안에 위치한 모든 펠토셀의 정보도 포함시켜 전달해야 한다. 이 경우, MOB_NBR-ADV 메시지의 크기가 펠토셀의 수에 따라 증가하여 무선자원의 낭비를 피할 수 없으며 이동단말이 저장해 두어야 하는 Neighbor List도 늘어나게 된다. 그리고 이동단말이

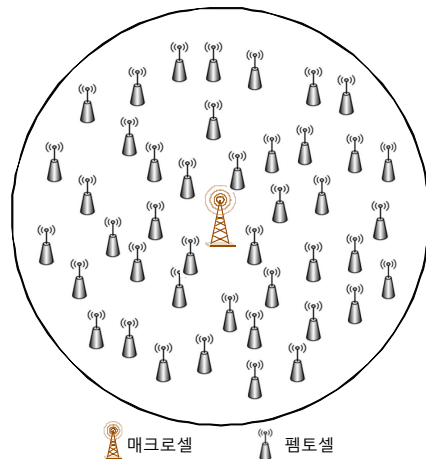


그림 1. 펠토셀이 도입된 후의 셀 배치

핸드오버를 위한 이웃 기지국 스캐닝 과정에서도 스캐닝 동작을 수행해야 하는 기지국의 수가 펠토셀의 수만큼 늘어나게 되어 이동단말의 배터리 소모 및 스캐닝 지연 시간의 증가를 야기한다. 그림 2는 일반적인 IEEE 802.16e 시스템에서 이동단말의 스캐닝 동작을 나타낸 그림이다^[6]. 펠토셀이 도입된다면 이동단말이 스캐닝 해야 하는 이웃 기지국의 수가 늘어남에 따라 스캐닝에 필요한 이동단말의 배터리 소비가 증가할 것이다. 또한 이동단말이 이웃 기지국을 스캐닝 하는 동안에는 서빙 기지국으로부터 데이터를 수신할 수 없기 때문에 이동단말의 throughput이 감소하게 된다. 특히 실시간 응용을 사용하고 있는 경우에는 문제가 더욱 심각해진다. 따라서 하나의 매크로셀 커버리지 안에 존재하는 수많은 펠토셀의 정보를 보다 효율적으로 이동단말에게 제공하는 방안이 필요하다.

둘째, 이동단말이 펠토셀로 핸드오버를 시도하는 타이밍이 새롭게 정의 되어야 한다. 기존 IEEE 802.16e 시스템에서는 이동단말이 현재 접속된 서빙 기지국으로부터 수신한 무선신호의 세기가 특정 임계값보다 낮을 경우, 보다 좋은 서비스를 제공해 줄 수 있는 기지국을 찾기 위한 스캐닝 동작을 수행하게 되고 스캔 결과를 바탕으로 적절한 기지국을 찾아 핸드오버를 시도하게 된다. 하지만 펠토셀 환경에서는 이동단말이 현재 접속된 서빙 기지국의 신호세기와 상관없이, 주위에 접속 가능한 펠토셀이 존재한다면 펠토셀로 핸드오버를 수행하는 경우도 고려되어야 한다.

가지의 이웃 기지국 관리 기법을 제안하였다.

첫 번째는 단말 위치 기반의 이웃 기지국 리스트 관리 방안이다. 서빙 기지국은 자신의 영역을 다수의 구역으로 나누고 각 구역에 속한 펠토셀의 정보를 구분하여 방송하고 이동단말은 서빙 기지국과 이웃 기지국을 스캐닝하여 자신의 위치를 추정하여 자신이 속한 구역의 펠토셀 정보만을 선택적으로 수신하는 방안이다.

두 번째 방안으로는 기지국 유형별 이웃 기지국 리스트 관리 방안이다. 매크로셀은 이웃한 매크로셀의 정보만을 방송하고 펠토셀은 자신과 인접한 펠토셀의 정보를 전송하는 방안으로 이동단말은 가장 큰 신호세기를 제공하는 하나의 매크로셀과 하나의 펠토셀을 선택하여 주기적으로 각 셀에서 방송하는 MOB_NBR_ADV 메시지를 수신하는 방안이다.

[7]에서 제안한 두 방안 모두 이동단말은 자신과 인접한 펠토셀의 정보만을 수신하기 때문에 스캐닝 동작 시 발생하는 배터리 소모 및 스캐닝 지연 시간을 줄일 수 있다. 하지만 이동단말의 위치에 따라 이동단말과 인접한 펠토셀의 수가 일정하지 않기 때문에 펠토셀이 많이 존재하는 지역에서는 여전히 불필요한 스캐닝 오버헤드가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 불필요한 스캐닝 오버헤드를 줄이기 위해 이동단말의 위치와 가장 근접한 최적의 펠토셀 하나만을 선정하여 이동단말이 스캐닝 동작을 수행하는 방안을 제안한다.

III. 제안 방안

펠토셀은 일반적으로 실내에 설치되기 때문에 펠토셀이 존재하는 실내에 어느 정도의 시간 동안 머무르는 이동단말만이 펠토셀로의 핸드오버를 수행하여야 한다. 만약 이동단말이 펠토셀의 커버리지 안으로 들어온 후 곧바로 펠토셀의 커버리지 밖으로 나가버린다면 이동단말은 펠토셀로의 핸드오버를 수행할 필요가 없다. 이 경우에 이동단말이 펠토셀로의 핸드오버를 수행하게 된다면 곧바로 다시 펠토셀에서 매크로셀로의 핸드오버를 수행해야 하기 때문에 핸드오버를 수행하지 않은 것 보다 더 못한 결과를 초래한다. 따라서 제안 방안에서는 불필요한 핸드오버 시도를 피하기 위해서 이동단말이 어느 정도의 시간 동안은 이동하지 않고 머물러 있을 경우에만 펠토셀로의 핸드오버를 수행하도록 한다. 또한 적절한 대상 기지국을 찾기 위한 이동단말의 스캐닝 동작 시 발생하는 배터리 소모 및 스캐닝 오버헤드를 줄이기 위하여 단말의

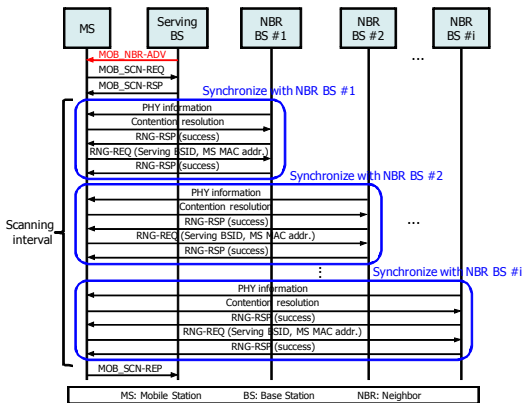


그림 2. IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 절차

2.2 기존 연구 방안

앞 절에서 제시한 IEEE 802.16e 기반의 펠토셀 환경에서의 문제점을 해결하기 위해^[7]에서는 펠토셀 환경에서 빠른 스캐닝 및 효율적인 핸드오버를 위한 두

위치와 펠토셀의 모니터링 메커니즘을 이용하여 실제 이동단말과 가장 가까운 펠토셀을 찾는 방안을 제안한다.

3.1 망 지원을 이용한 펠토셀 스캐닝 방안

제안 방안에서는 이동단말이 펠토셀이 존재하는 실 내에 들어 올 경우 현재 이동단말과 가장 근접한 하나의 펠토셀을 찾음으로써 불필요한 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모를 줄이고자 한다. 이를 위하여 이동단말의 정지 상태를 파악 한 뒤 삼각 측위법을 이용하여 단말의 위치를 추정하고 펠토셀의 모니터링 메커니즘을 이용하여 최적의 펠토셀을 찾아낸다. 제안 방안은 펠토셀 정보 요청, 스캐닝 대상 펠토셀 선정, 선정된 펠토셀 스캐닝을 통한 핸드오버 수행 여부 판단의 3 가지 동작으로 나뉘고 각 동작에 대한 설명은 아래와 같다.

3.1.1 펠토셀 정보 요청

IEEE 802.16e 시스템에서는 서빙 기지국이 이동단말에게 MOB_NBR_ADV 메시지를 이용하여 이웃한 매크로셀에 대한 정보를 주기적으로 전송한다. 따라서 이동단말은 자신의 주위에 펠토셀의 존재를 알 수 없다. 이동단말이 펠토셀의 정보를 얻기 위해 제안 방안에서는 이동단말이 자신의 상태가 정지라고 판단하면 인접한 펠토셀의 정보를 얻기 위해 서빙 기지국에게 펠토셀의 정보를 요청한다. 이동단말은 서빙 기지국의 MOB_NBR_ADV 메시지를 바탕으로 주기적으로 이웃한 매크로셀을 스캐닝한다. 스캐닝 결과가 이전에 스캐닝 결과와 큰 차이가 없다면 이동단말은 특정지역에서 머물러 있다고 판단하고 이웃한 매크로셀들을 스캐닝한 결과를 서빙 기지국에 보고함과 동시에 펠토셀의 정보를 요청한다.

3.1.2 스캐닝 대상 펠토셀 선정

서빙 기지국으로 동작하는 매크로셀은 이동단말의 펠토셀 정보 요청을 받으면 이동 단말로부터 보고 받은 두 개이상의 이웃한 매크로셀들의 스캐닝 결과(RSSI (Received Signal Strength Indicator), CINR (Carrier to Interference and Noise Ratio), Relative delay 등)를 이용하여 단말의 위치를 추정하게 된다. 이때 단말의 위치는 Relative delay (서빙 기지국과 주변 기지국 하향연결 프리엠펙 사이의 상대적 전파 지연시간)를 이용하는 TDoA (Time Difference of Arrival) 방식과 RSSI 정보를 이용하는 방식 등의 삼각 측위법을 이용하여 추정할 수 있다⁸⁾. 매크로셀은

자신의 영역 내에 존재하는 모든 펠토셀의 위치를 알고 있기 때문에 추정된 이동단말의 위치를 기준으로 인접한 펠토셀 리스트를 생성한다. 이 후 매크로셀은 선정된 펠토셀들에게 이동단말의 up-link 신호를 모니터링 하라는 요청을 한다. IEEE 802.16e 시스템에서는 DL-MAP (Downlink MAP), UL-MAP (Uplink MAP) 메시지를 이용하여 각 이동단말 별로 동적으로 할당된 하향링크 및 상향링크의 sub-channel 정보를 지정 한다. 따라서 특정 이동단말의 UL-MAP 정보를 알 수 있다면 해당 이동단말의 up-link 신호를 모니터링 할 수 있다. 하지만 펠토셀이 이동단말의 up-link를 모니터링 할 경우, 이미 펠토셀에게 접속되어 있는 단말들에게 서비스를 제공하는 데 끊김 현상이 발생할 수 있기 때문에 본 논문에서는 듀얼 인터페이스를 가지고 있는 펠토셀을 고려하였다. 첫 번째 인터페이스는 이미 펠토셀에 접속된 이동단말들에게 서비스를 제공하기 위한 용도로 사용되고 두 번째 인터페이스는 아직 펠토셀로 접속되지는 않았지만 펠토셀 주위에 존재하는 이동단말의 up-link 신호를 모니터링 하기 위해 사용된다고 가정한다.

펠토셀들은 서빙 기지국과 통신을 하고 있는 이동단말의 up-link 신호를 모니터링하여 그 결과를 서빙 기지국에게 보고한다. 서빙 기지국은 각 펠토셀로부터 보고된 모니터링 결과를 바탕으로 스캐닝 대상 펠토셀들을 결정한다.

3.1.3 스캐닝을 통한 핸드오버 수행 여부 판단

매크로셀은 앞에서 설명한 최적의 펠토셀 선정 메커니즘에 의해 선정된 하나의 펠토셀 정보를 이동단말에게 전송하고 이 정보를 바탕으로 이동단말은 펠토셀에 대한 스캐닝 동작을 수행한다. 이 후 이동단말은 스캐닝 결과에 따라 펠토셀로의 핸드오버 수행 여부를 결정한다. 여기서 만약 펠토셀로의 핸드오버가 부적합하다고 판단했을 경우, 이동단말은 서빙 기지국에게 새로운 펠토셀의 정보를 재 요청한다. 이것은 인접한 펠토셀이 존재하지만 삼각측위법의 오차로 인해 적합한 펠토셀을 찾지 못했을 경우가 존재하기 때문이다. 이동단말의 펠토셀 정보 재요청 메시지를 받은 매크로셀은 이전에 모니터링에 참여했던 펠토셀을 제외한 새로운 펠토셀 리스트를 선정하여 앞에서 설명한 최적의 펠토셀 선정 메커니즘으로 새로운 하나의 펠토셀을 선정하여 이동단말로 재전송한다. 제안 방안에서는 이러한 동작을 3회 까지만 반복하고 그래도 적합한 펠토셀을 찾지 못한다면 이동단말 주위에 펠토셀이 없는 것으로 간주한다. 성능 분석 결과 제안

방안을 3회 반복하면 대부분의 경우 가장 근접한 펠토셀을 찾을 수 있는 것으로 측정 되었으며 자세한 설명은 제 4장에서 언급하도록 한다.

3.2 제안 방안의 동작 절차

본 절에서는 이동단말이 스캐닝 동작을 수행할 경우 발생하는 배터리 소모 및 스캐닝 오버헤드를 줄이기 위하여 삼각측위법과 펠토셀의 모니터링 메커니즘을 이용하여 실제 이동단말과 가장 가까운 펠토셀을 선정하는 방안의 동작 절차에 대해서 설명한다. 그림 3은 본 논문에서 제안하는 방안의 절차를 나타낸 그림이며 자세한 동작 절차는 아래와 같다.

- 1) 펠토셀은 전원이 켜지면 자동으로 자신을 관리할 매크로셀을 찾게 되고 적절한 매크로셀을 찾으면 Femto Information (FEM_INF) 메시지를 선택된 매크로셀에게 전송한다. 여기서 FEM_INF 메시지 안에는 일반적으로 IEEE 802.16e 시스템에서 기지국들 간에 백본망을 통해 주기적으로 주고받는 주파수정보, BSID, DCD, UCD, 프리앰블정보 등과 함께 펠토셀의 위치정보 (Assisted GPS 이용)가 포함된다. FEM_INF 메시지를 받은 매크로셀은 자신의 커버리지 안에 위치한 모든 펠토셀의 위치를 알 수 있다.
- 2) 서빙 기지국은 이동단말에게 이동성을 지원하기 위해 이웃한 매크로셀의 정보만을 포함한 MOB_NBR_ADV 메시지를 주기적으로 전송한다.
- 3) 이동단말은 MOB_NBR_ADV 메시지에 있는 이웃 기지국 정보를 바탕으로 주기적으로 이웃한 매크

로셀을 스캐닝 하고, 스캐닝 결과를 이용하여 현재 자신이 정지한 상태인지를 모니터링 한다. (이전에 스캐닝한 RSSI 값과 현재 스캐닝한 RSSI 값이 큰 차이가 없다면 정지상태로 판단한다.)

- 4) 만약 이동단말이 정지한 상태라면 이동단말은 스캐닝한 결과 (이웃 매크로셀들의 Relative delay, RSSI 등)를 FEMTO_REQ 메시지에 포함시켜서 서빙 기지국에게 전송함으로써 인접한 펠토셀의 정보를 요청한다.
- 5) 서빙 기지국은 FEMTO_REQ 메시지에 포함된 이웃 매크로셀들의 스캐닝 결과 (Relative delay, RSSI 등) 값을 이용하여 이동단말을 대신해 [8]의 TDoA와 같은 측위법으로 이동단말의 위치를 추정한다. 추정된 이동단말의 위치와 가장 근접한 N개의 펠토셀을 선정하여 이동단말의 up-link 정보 (UL-MAP)를 포함한 UL_MON_REQ 메시지를 전송하여 이동단말의 up-link를 모니터링 하도록 요청한다. 이 때 up-link를 모니터링하는 펠토셀의 수 N을 정하는 방법으로 매크로셀 영역에 설치되는 펠토셀의 수 등을 고려해 N을 일정한 값으로 고정하는 방법과 이동단말과 펠토셀의 추정거리가 펠토셀의 커버리지 보다 작은 경우만 인접 펠토셀 리스트로 포함시키는 것과 같이 N을 유동적으로 정하는 방법 등을 사용할 수 있다.
- 6) UL_MON_REQ 메시지를 받은 펠토셀들은 UL_MON_REQ 메시지에 포함된 이동단말의 up-link 정보를 바탕으로 이동단말의 up-link를 모니터링하고 그 결과 (RSSI)를 UL_MON_RSP 메시지를 이용하여 서빙 기지국에 응답한다. (각 펠토셀에서 측정된 이동단말의 up-link 신호 세기를 비교하여 이동단말과 각 펠토셀 사이의 상대적인 거리를 추정할 수 있다.) 이 때 펠토셀의 접속 모드에 따라 이동단말의 접속 가능 여부가 달라질 수 있다. 따라서 UL_MON_RSP 메시지에 이동단말의 펠토셀 접속 가능 여부를 나타내는 A-flag (Accessibility flag)를 두고 접속 가능이면 on으로 접속 불가능이면 off로 설정한다. 펠토셀이 OSG (Open Subscriber Group) 접속 모드나 CSG (Closed Subscriber Group) 접속 모드 중 허용된 단말에 대해서는 UL_MON_RSP 메시지에 up-link를 모니터링한 결과와 A-flag를 on으로 설정해서 응답하고 CSG 접속 모드 중 허용되지 않은 단말에 대해서는 UL_MON_RSP 메시지에 off로 설정한 A-flag만 포함시켜 응답한다.
- 7) 서빙 기지국은 모니터링하는 N개의 펠토셀로부터

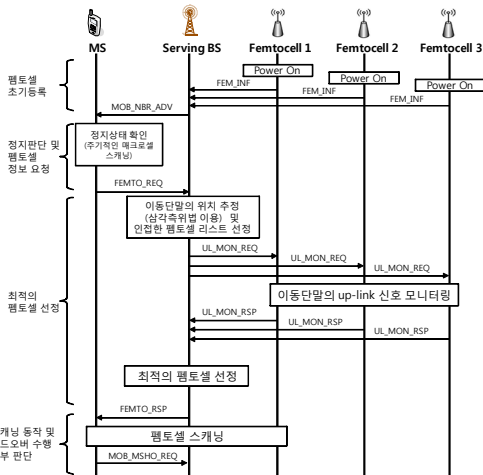


그림 3. 제안 방안의 동작 절차

수집된 결과를 바탕으로 이동 단말이 접속 가능하면서 가장 높은 신호세기를 갖는 펠토셀을 이동 단말의 실제 위치와 가장 가까운 것으로 판단하여 해당 펠토셀의 정보만을 FEMTO_RSP 메시지에 포함시켜 이동 단말에게 전송한다.

- 8) 이동 단말은 서빙 기지국으로부터 전송 받은 FEMTO_RSP 메시지에 포함된 하나의 펠토셀에 대해서만 스캐닝 동작을 수행한다.
- 9) 이동 단말은 스캐닝 결과를 바탕으로 매크로셀에서 펠토셀로의 핸드오버를 수행할지 결정한다. 이후의 동작은 IEEE 802.16e 표준과 동일한 절차로 핸드오버를 수행한다⁶⁾.

제안 방안은 서빙 기지국이 이동 단말에게 주기적으로 전송하는 MOB_NBR_ADV 메시지에 이웃한 매크로셀의 정보만 포함하기 때문에 무선 자원의 낭비를 줄일 수 있다. 이동 단말의 경우에도 저장해 두어야 할 이웃 기지국 리스트가 줄어든다. 또한 펠토셀로의 핸드오버를 위한 스캐닝 동작을 수행할 때에도 이동 단말과 가장 가까운 곳에 위치한 하나의 펠토셀에 대해서만 스캐닝 동작을 수행하기 때문에 스캐닝 동작 의해 발생하는 배터리 소모 및 스캐닝 지연 시간을 감소시킬 수 있다.

IV. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 방안의 성능 평가를 위해서 다음과 같은 망 환경을 고려하였다. 반경 1km의 커버리지를 가지는 하나의 매크로셀 영역 안에 다수의 펠토셀을 랜덤한 위치로 분포시켰고 OSG 접속모드인 경우만 고려하였다. 매크로셀 내에 위치한 펠토셀의 수와 모니터링에 참여하는 펠토셀의 수를 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 서빙 기지국의 이동 단말의 위치 추정을 위해서 이동 단말의 실제 위치를 중심으로 실제 와이브로 망에서 무선측위를 수행하여 얻은 측위오차⁸⁾를 적용하여 이동 단말의 추정 위치를 모델링 하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

이동 단말은 핸드오버를 위한 스캐닝 동작을 수행할 때 매크로셀 영역 안에 존재하는 펠토셀의 수와 상관없이 자신이 접속할 수 있는 펠토셀 중에서 가장 가까이 위치한 하나의 펠토셀 정보가 필요하다. 따라서 시뮬레이션 결과로는 실제 이동 단말과 가장 근접한 펠

토셀과 제안 방안으로 동작했을 경우 선정된 펠토셀이 동일할 적중률 (hit rate)을 측정하였다.

그림 4는 이동 단말의 up-link 신호를 모니터링하는 펠토셀의 수 N에 따른 적중률을 나타내었다. 시뮬레이션 결과 매크로셀 영역 안에 위치한 펠토셀의 수가 적을수록 그리고 모니터링에 참여하는 펠토셀의 수가 증가 할수록 적중률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 적중률이 높을수록 이동 단말이 서빙 기지국으로부터 전송 받은 FEMTO_RSP 메시지에 포함된 펠토셀의 정보와 이동 단말의 실제 위치와 가장 근접한 펠토셀의 정보가 동일할 확률이 높음을 의미한다.

그림 5는 매크로셀 영역안의 펠토셀 수에 따른 적중률을 기존의 방안과 비교하여 나타낸 그림이다. IEEE 802.16e 방안의 경우 모든 펠토셀을 스캐닝하기 때문에 적중률이 1이 되고 [7] 방안의 경우 매크로셀 구역을 많이 나눌수록 어떤 펠토셀과 단말이 가장 가까이 있음에도 불구하고 서로 다른 구역에 존재하는 경우가 많이 발생하기 때문에 구역을 많이 나눌수록 적중률이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 제안 방안의 경우 그림 4와 마찬가지로 매크로셀 영역 안에 위치한 펠토셀의 수가 적을수록 그리고 모니터링에 참여하는 펠토셀의 수가 증가 할수록 적중률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션에서 수행된 모든 경우에서 10개의 펠토셀이 모니터링에 참여했을 경우 0.9이상의 확률로 최적의 펠토셀을 찾을 수 있음을 보여주었으며 20개의 펠토셀이 모니터링했을 경우에는 1에 가까운 적중률을 보여주었다. 또한 20개의 펠토셀이 모니터링했을 경우에 [7] 방안 보다 항상 좋은 적중률을 보이고 10개의 펠토셀이 모니터링에 참여하는 경우 펠토셀의 수가 120개 이내인 경우에 [7] 방안

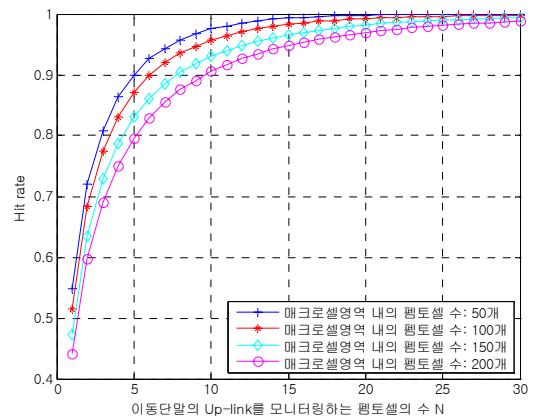


그림 4. 모니터링하는 펠토셀 수에 따른 Hit rate

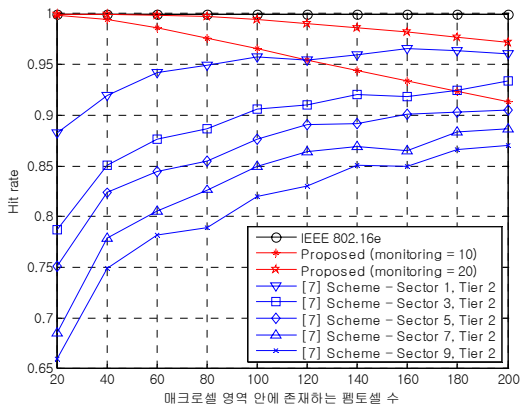


그림 5. 매크로셀 내의 펠토셀 수에 따른 Hit rate

보다 좋은 적중률을 가지는 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 펠토셀의 수에 따른 제안 방안의 스캐닝 시도 횟수를 기존 IEEE 802.16e 표준, [7] 방안과 비교한 그래프이다. 기존 IEEE 802.16e 표준방안에서는 매크로셀 영역안에 위치한 모든 펠토셀의 정보를 MOB_NBR_ADV 메시지에 포함시켜 전송하기 때문에 이동단말은 스캐닝 동작을 수행할 때 이웃 기지국 리스트에 존재하는 모든 펠토셀을 스캐닝 한다. [7] 방안 역시 기존 IEEE 802.16e 방안에 비해서는 스캐닝 시도 횟수가 줄어들었음을 확인할 수 있지만 펠토셀의 개수가 많아질수록 스캐닝 오버헤드 역시 늘어나는 것을 확인할 수 있다.

시뮬레이션 결과 제안 방안은 IEEE 802.16e 방안에 비해 조금 낮은 적중률을 갖지만 20개의 펠토셀이 모니터링에 참여하는 경우에 [7] 방안 보다는 높은 적중률을 갖는 것을 확인하였다. 반면에 스캐닝 오버헤드 측면에서는 제안 방안이 IEEE 802.16e 방안이나

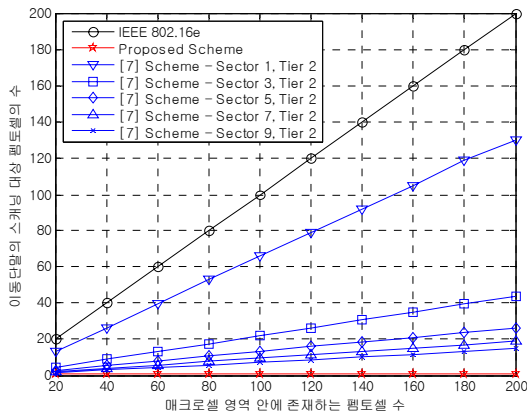


그림 6. 기존 방안과 제안 방안의 스캐닝 횟수 비교

[7] 방안에 비해서 상당한 오버헤드 감소를 확인할 수 있다.

하지만 제안 방안의 경우에는 이동단말이 스캐닝 동작을 수행할 때 FEMTO_RSP 메시지에 포함되어있는 하나의 펠토셀만 스캐닝 하기 때문에 기존 방안과 비교해서 스캐닝 지연 시간 및 배터리 소모를 줄일 수 있다. 하지만 제안 방안의 경우, 이동단말의 움직임에 따라 오버헤드가 발생할 수도 있다는 단점이 있다. 이동 중인 이동단말이 특정 위치에서 정지를 하면 펠토셀의 정보를 서빙 기지국에 요청하게 되는데, 이 경우 정지할 때 마다 제한한 알고리즘이 동작하기 때문에 불필요한 동작이 발생 할 수도 있다는 문제점이 존재한다.

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.16e 시스템에 펠토셀을 도입하면 발생할 수 있는 스캐닝 오버헤드를 줄이기 위해 망 지원을 이용한 펠토셀 관리 방안을 제안하였다. 제안 방안에서는 이동단말의 정지 상태를 파악 한 뒤 삼각 측위법을 이용하여 단말의 위치를 추정하고 펠토셀의 모니터링 메커니즘을 이용하여 최적의 펠토셀을 찾아 스캐닝 함으로써 스캐닝 오버헤드를 줄일 수 있다. 시뮬레이션을 통해 IEEE 802.16e 기반의 펠토셀 환경에서 이동단말과 가장 근접하게 위치한 펠토셀을 찾을 수 있는 적중률을 측정 하였으며, 10개의 펠토셀을 모니터링하는 경우에도 90% 이상의 적중률을 확인할 수 있었다. 또한 제안 방안을 기존 IEEE 802.16e 방안, [7] 방안과 비교해 본 결과 이웃 기지국 리스트에 있는 펠토셀의 수를 줄임으로써 불필요한 스캐닝 오버헤드를 줄일 수 있음을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] ITU-R, "Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000," Recommendation M.1225, 1997.
- [2] V. Chandrasekhar and J. Andrews, "Femtocell: Survey," *IEEE Communications Magazine*, Vol.46, No.9, pp.59-67, 2008.
- [3] 노미진, 김주성, "유무선 통합 시대의 펠토셀 동향 및 비즈니스 모델," *전자통신동향분석*, 제23 권, 제2호, pp.91-97, 2008.
- [4] 차용주, "WiBro Femtocell 표준 기술동향," *TTA 저널*, 2009.

