IEEE 802.16e 기반의 펨토셀 시스템에서 빠른 스캐닝 및 효율적인 핸드오버를 위한 이웃 기지국 리스트 관리 기법

준회원 남 지 희*, 신 정 채*, 종신회원 윤 철 식**, 조 호 신*

Neighbor List Management to enable Fast Scanning and Efficient Handover in IEEE 802.16e-Based Femto-cell Systems

Jihee Nam*, Jungchae Shin* *Associate Members,*
Culsik Yoon**, Ho-Shin Cho* *Lifelong Members*

요 약

본 논문은 펨토셀이 도입된 IEEE 802.16e 시스템에서 효율적인 핸드오버를 위한 이웃 기지국 관리 기법을 제안하고 컴퓨터 모의 실험을 통해 성능을 평가한다. 제안하는 방식에서는 두 가지 기법을 사용하여 단말이 핸드오버를 위해 스캐닝 해야 하는 펨토셀의 수를 줄이고 이를 통해 빠르고 효율적인 핸드오버를 가능하도록 한다. 첫 번째 기법에서 매크로 기지국은 매크로셀을 다수의 구역으로 나누고 각 구역에 속한 펨토셀 정보를 구분하여 방송한다. 이를 수신한 단말은 자신이 속한 구역의 펨토셀만을 대상으로 스캐닝을 수행함으로써 핸드오버 소모 시간 및 전력을 줄일 수 있다. 두 번째 기법에서는 각 펨토셀이 자신으로부터 일정한 거리 내에 존재하는 주변 펨토셀들의 핸드오버 관련 정보를 직접 수집하고 방송함으로써 단말이 스캐닝할 펨토셀의 수를 줄일 수 있다. 컴퓨터 모의 실험 결과는 스캐닝 시 소모 시간 및 사용 전력, 그리고 스캐닝 효율 측면에서 제안한 방식이 기존 방식에 비해 상당한 성능개선이 있음을 보여준다.

Key Words : Femto-cell, Scanning, Handover, IEEE 802.16e

ABSTRACT

Recently, there are growing interests in femto-cell for providing indoor users with various broadband multimedia services more efficiently. The technical issues regarding femto-cell such as interference management, self-organization, and resource allocation are now being intensively studied and investigated by researchers worldwide. In this paper, two novel schemes of neighboring cell list (NCL) management are proposed for the IEEE 802.16e system where a macro-cell and huge number of femto-cells coexist. The proposed schemes, named MS location-based neighboring cell list management and BS type-based neighboring cell list management, enable a mobile station (MS) to perform fast scanning and efficient handover by means of preselecting the candidate target femto-cells with high possibility for handover. The simulation result shows 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 IEEE 802.16e system.

※ 본 연구는 2008년 한국전자통신연구원의 지원에 의해 수행되었음.
* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (jhnam@ee.knu.ac.kr, jcshin@ee.knu.ac.kr, hscho@ee.knu.ac.kr)
** 한국전자통신연구원 (csyoon@etrikre.kr)
논문번호 : KICS2009-04-144, 접수일자 : 2009년 4월 28일, 최종논문접수일자 : 2009년 5월 8일

I. 서 론

통신 시장의 경쟁 심화와 수익성 저하, 소비자 요구의 다양화와 통신비 부담 증가, 그리고 유무선 통신 기술의 발달은 다양한 유무선 통합 서비스 출현 및 발전을 촉진시키고 있다. 유무선 통합은 크게 유무선 융합(Fixed mobile convergence: FMC)과 유무선 대체(Fixed mobile substitution: FMS)로 구분된다. FMC는 듀얼 모드(Dual mode) 단말로 실외에서는 이동통신망을 통해, 실내에서는 유선 전화망 또는 internet protocol (IP) 망을 통해 통화하는 유무선 통합 서비스이다. FMS는 이동통신망을 이용하되 집안 등 특정 지역에서 이동통신 요금을 유선보다 저렴하게 설정하는 등 기존 단일 모드 단말을 통해 실내에서 유선 서비스의 일부를 대체하는 유무선 통합 서비스이다[1,2]. 펨토셀(Femtocell)은 기존 단일 모드 단말을 그대로 사용하면서 FMC와 비슷한 비용대비 효과를 갖는 기술로서 실내에서의 통화 품질 향상 및 전송률 증대를 위한 해결책으로 주목 받고 있다.

펨토셀이란 널리 상용화 되어 있는 광대역 유선 인터넷망을 통해 이동통신 코어 네트워크에 접속하여 옥내의 단말에게 무선 통신 서비스를 제공하는 초소형 기지국을 말한다. 펨토셀은 약 10~30미터의 커버리지를 가지며, 가정 및 소형 또는 중형의 사무실을 서비스 대상 지역으로 동시 접속 가능한 인원을 약 4~7명 정도로 고려한다. 펨토셀의 도입으로 인해 사업자는 기존의 매크로 기지국을 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[3]. 하지만 펨토셀을 상용화하려면 매크로 기지국 신호와 펨토셀 신호 간 간섭문제, 동기화 문제, 핸드오버 방식 및 셀 선택 문제 등 여러 가지 기술적 문제를 해결해야 한다. 이들 중에서 특히 핸드오버 방식 및 셀 선택 문제는 이동성 관리의 서비스 품질(Quality of Service: QoS)과 관련하여 반드시 해결해야 할 중요한 문제이다.

핸드오버 도중의 서비스 품질 향상과 관련하여 기존에 제안된 몇 가지 방식이 있다. [4]는 시스템 트래픽 특성을 고려하여 단말에게 스캐닝 시간을 할당함으로써 전체 스캐닝 시간을 줄이는 Adaptive Channel Scanning (ACS) 방식을 제안하였다. 하지만 이 방식은 펨토셀 도입으로 인해 단말이 스캐닝 할 전체 기지국의 수가 늘어날 경우, 스캐닝 시간을 줄이는 데 효과적이지 못하다. [5]는 사용자의 선호도 및 과거 핸드오버 기록을 바탕으로 스캐닝 대상의 우선 순위를 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 일반적인 경우에는 적용하기 힘들다. [6]은 여러 단말이 그룹을 지어 각자 스캐닝한 정보를 교환함으로써 스캐닝 시간을 줄일 수 있는 Fast Group Scanning (FGS) 방식을 제안하였지만 이 방식은 여러 단말이 그룹을 구성하는 과정이 복잡하다. [7]은 기존 시스템에 펨토셀을 도입한 환경에서 시스템 내 펨토셀들이 사용하는 프리앰블 인덱스의 최대차를 이용하여 펨토셀의 프리앰블 할당 및 단말의 빠른 스캐닝을 지원하는 방식을 제안하였다. 하지만 이 방식은 펨토셀의 유동적인 설치와 소멸을 지원함에 있어서 어려움이 있다.

현재 3GPP/3GPP2, IEEE 802.16m 등 여러 표준화 단체들이 펨토셀 도입을 위한 표준화 작업을 활발히 진행하고 있다[8]~[10]. 펨토셀 기술은 차세대 기술뿐만 아니라 기존 시스템에서도 도입이 가능하다. 3GPP/3GPP2와 같은 단체의 기술은 이미 넓은 시장을 가지고 있으나, IEEE 802.16 계열 기술은 아직 시장을 많이 확보하지 못한 상태다. 따라서 IEEE 802.16 계열 기술의 시장 확보 대책의 일환으로 인프라 설치 비용을 줄일 수 있는 펨토셀이 IEEE 802.16 시스템에 조기 도입될 것이라 예상된다.

따라서 본 논문은 펨토셀이 도입된 IEEE 802.16e 시스템에서 효율적인 핸드오버를 위한 이웃 기지국 관리 기법을 제안하고 컴퓨터 모의 실험을 통해 성능을 평가한다. 제안하는 방식에서는 두 가지 기법을 사용하여 단말이 핸드오버를 위해 스캐닝 해야 하는 펨토셀의 수를 줄이고 이를 통해 빠르고 효율적인 핸드오버를 가능하도록 한다. 첫 번째 기법에서 매크로 기지국은 매크로셀을 다수의 구역으로 나누고 각 구역에 속한 펨토셀 정보를 구분하여 방송한다. 이를 수신한 단말은 자신이 속한 구역의 펨토셀만을 대상으로 스캐닝을 수행함으로써 핸드오버 소모 시간 및 전력을 줄일 수 있다. 두 번째 기법에서는 각 펨토셀이 자신으로부터 일정한 거리 내에 존재하는 주변 펨토셀들의 핸드오버 관련 정보를 직접 수집하고 방송함으로써 단말이 스캐닝 할 펨토셀의 수를 줄일 수 있다. 컴퓨터 모의 실험 결과는 스캐닝 시 소모 시간 및 사용 전력, 그리고 스캐

닝 효율 측면에서 제안한 방식이 기존 방식에 비해 상당한 성능개선이 있음을 보여준다.

본 논문은 Ⅰ장의 서론에 이어 Ⅱ장에서는 기존 IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 절차와 펨토셀이 도입될 경우의 문제점에 대해 살펴본다. Ⅲ장에서는 Ⅱ장에서 제기한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 이웃 기지국 리스트 관리 기법에 대해 자세히 살펴본다. Ⅳ장에서의 모의 실험과 성능 분석을 통해 마지막으로 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 시스템 모델

2.1 기존 IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 절차

핸드오버(Handover)란 이동하는 단말(Mobile station: MS)에게 끊김없는 서비스를 제공하기 위해 기존 기지국과의 통신 링크를 해제하고 새로운 기지국과의 통신 링크를 설정하는 절차를 말한다. 이때 기존 기지국을 서빙 기지국(Serving Base Station), 새로운 기지국을 타겟 기지국(Target Base Station)이라 한다. 언제 발생할지 모르는 핸드오버에 대비하여 단말은 주기적으로 이웃 기지국과 동기를 맞추어 이웃 기지국의 무선 채널 상태를 알아내는 스캐닝(Scanning)을 수행한다. 단말이 스캐닝을 하는 동안 기지국은 단말로 향하는 데이터를 버퍼에 저장했다가 스캐닝 종료 후 단말에게 전송한다. 스캐닝 구간이 길어질수록 기지국이 저장해야할 데이터가 증가하며, 결과적으로 데이터 전송 지연과 버퍼 크기의 한계로 인한 데이터 손실을 초래함으로써 원하는 QoS를 보장하기 힘들어진다. 이를 방지하고자 기존 IEEE 802.16e 시스템의 각 기지국은 단말의 스캐닝을 지원하기 위해 이웃 기지국 방송 메시지(Mobile Neighbor Advertisement message: MOB_NBR-ADV)를 방송한다. MOB_NBR-ADV 메시지에는 서빙 기지국이 백본망을 통해 수집한 이웃 기지국의 채널 정보 및 셀 접속 정보-사용주파수, BSID (Base station identifier), 프리앰블 인덱스(Preamble index), DCD (Downlink channel descriptor) 등-가 담겨있다. 단말은 MOB_NBR-ADV 메시지 내의 채널 정보 및 셀 접속 정보를 이용하여 핸드오버를 위해 소모하는 스캐닝 시간 및 전력을 줄일 수 있다[11].

그림 1은 IEEE 802.16e 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 메시지에는 단말이 스캐닝 할 이웃 기지국의 BSID(혹은 인덱스), 스캐닝 유형, 스캐닝 시간 및 스캐닝 반복 횟수가 명시되어 있으며 MOB_SCN-RSP 메시지에는 상기 내용에 대한 응답(허락 및 수정)과 스캐닝 결

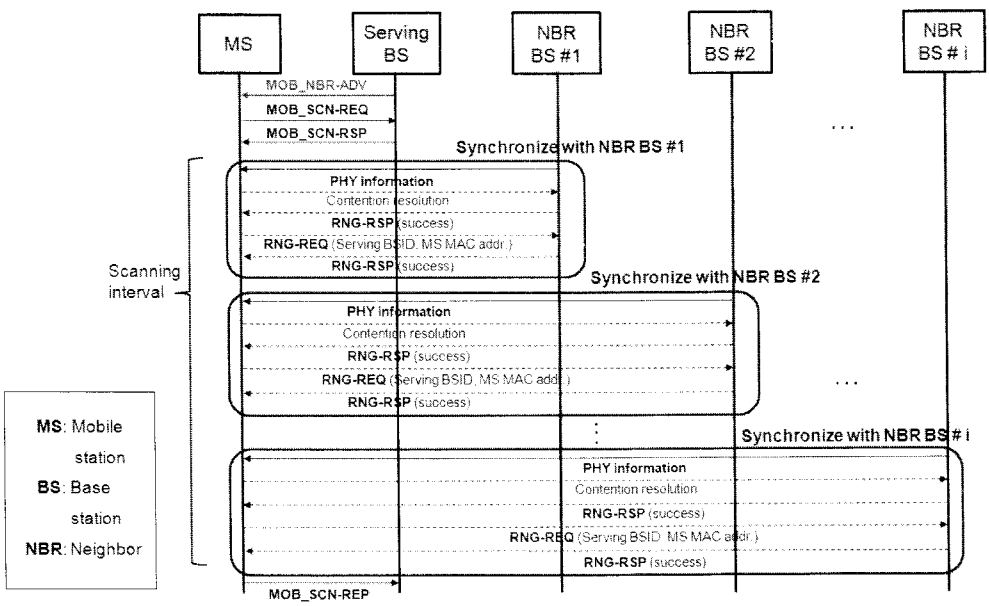


그림 1. IEEE 802.16e 시스템에서 단말의 스캐닝 절차

과를 보고할 것인지, 어떤 내용을 보고할 것인지 등에 대한 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[11].

2.2 펨토셀 도입 시 기존 방식의 문제점

그림 2는 기존 IEEE 802.16e 시스템에 펨토셀이 도입된 환경을 나타낸다. 이때 기존의 기지국을 매크로 기지국(Macro Base Station: MBS), 펨토셀의 경우 펨토 기지국(Femto Base Station: FBS)으로 구분한다. 기존의 방식대로라면 IEEE 802.16e 시스템에 그림 2와 같이 다수의 FBS가 배치될 경우, 그림 3과 같이 MBS가 방송해야 할 MOB_NBR-ADV 메시지의 양이 생성된 FBS 수에 비례하여 증가한다. 이는 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송하는 MBS에게 방송 부하로 작용할 뿐만 아니라

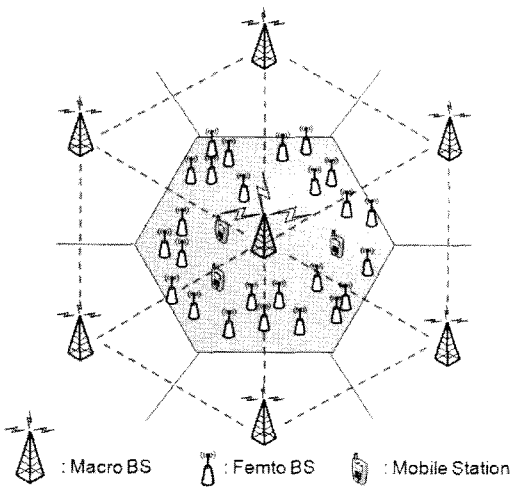


그림 2. IEEE 802.16e 시스템의 FBS 도입 시 셀 배치

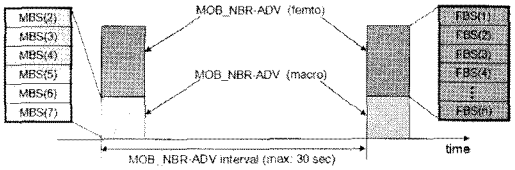


그림 3. IEEE 802.16e 시스템에 FBS 도입 시 MOB_NBR-ADV 메시지 양의 변화

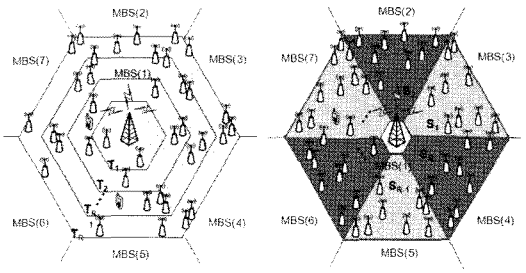
다량의 정보를 수신한 단말에게 스캐닝 시 필요한 전력 및 시간 소모 면에서 큰 부담이 된다. 따라서 단말의 불필요한 스캐닝을 막고 MBS의 방송 부하를 줄이기 위해 단말에게 유용한 MOB_NBR-ADV 메시지를 구성하도록 효율적인 이웃 기지국 리스트 관리 기법이 필요하다.

Ⅲ. 제안하는 이웃 기지국 리스트 관리 기법

3.1 단말 위치 기반의 이웃 기지국 리스트 관리

제안하는 첫 번째 관리 기법은 MBS가 셀 티어링(그림 4-a) 혹은 셀 섹터링(그림 4-b)을 통해 자신의 서비스 영역을 다수의 영역으로 구분하고, 수집한 FBS의 정보를 각 구역별로 나누어 MOB_NBR-ADV 메시지를 구성하는 방식이다. 이 관리 기법에서 MBS는 기존의 시스템과 마찬가지로 백본망을 통해 자신의 이웃 MBS 정보와 FBS 정보를 수집한다. FBS는 설치와 동시에 백본망을 통해 MBS와 연결되어 자신의 위치 및 사용 주파수, BSID, 프리앰블 등 자신의 셀 접속 정보를 알린다. 이때 MBS는 이웃 MBS로부터 받은 셀 접속 정보와 FBS로부터 받은 셀 접속 정보를 구분하여 저장할 수 있다고 가정한다. 이는 간단히 기지국 유형에 따라 BSID나 프리앰블을 구분하여 할당함으로써 구현이 가능하다.

3.1.1 MOB_NBR-ADV 메시지 구성



(a) 셀 티어링 b) 셀 섹터링

그림 4. 매크로셀 구역을 나누는 예

제안하는 기법에서는 MOB_NBR-ADV 메시지를 '매크로셀 메시지(MacMSG)'와 '위치별 메시지(PosMSG)' 두 가지로 구분한다. MacMSG는 이웃 MBS 정보로 구성된 MOB_NBR-ADV 메시지로서 모든 단말이 자신의 위치와 무관하게 반드시 획득해야 하는 메시지이다. PosMSG는 각 구역에 속하는 FBS 정보로 구성된 MOB_NBR-ADV 메시지로서 각 단말이 자신의 위치에 따라 선택적으로 획득하는 메시지이다. MBS는 백본망을 통해 이웃 MBS와 셀 내 FBS의 위치 정보를 알 수 있고 기지국 유형에 따라 셀 접속 정보를 구분할 수 있기 때문에 어려움 없이 두 종류의 MOB_NBR- ADV 메시지를 구성하여 그림 5와 같이 주기적으로 방송한다. 그림 3과 그림 5를 비교해 보면, 제안하는 기법의 경우 MOB_NBR-ADV 메시지 방송 주기(MOB_NBR-ADV interval) 내에서 MBS가 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송하는 총 횟수는 증가했지만 한 번 방송할 때의 MOB_NBR-ADV 메시지 양은 현저히 줄었음을 알 수 있다. 단말은 MBS가 방송하는 여러 개의 MOB_NBR-ADV 메시지 중 MacMSG와 자신에게 필요한 PosMSG를 선택적으로 획득한다.

3.1.2 MOB_NBR-ADV 메시지 송수신

초기 망 진입 시 단말은 가장 최근에 접속했던 MBS의 셀 접속 정보를 이용하거나 별도의 이웃 기지국 리스트를 사용하지 않는 풀 스캐닝(Full-scanning)을 통해 서빙 MBS를 찾는다. 단말은 서빙 MBS와 정상 동작을 하면서 MOB_NBR-ADV 메시지를 획득하기 위한 정보를 얻는다. IEEE 802.16e 시스템에서는 휴지 모드(Idle Mode)의 단말이 활동 모드(Active Mode)로 신속히 전환할 수 있도록 MOB_NBR-ADV 메시지의 다음 방송 시점을 오프셋 형태로 셀 접속 정보(Downlink MAP)와 함께 제공한다[11]. 그 외에도 서빙 MBS의 셀 접속 정보는 방송 주기 MOB_NBR-ADV interval을 제공한다. 이 제안 기법에서는 위와 같은 정보를 MOB_NBR-ADV 메시지 두 개 중 MacMSG와 관련된 정보로 사용한다. 따라서 단말은 서빙 MBS와의 통신을 통해 MacMSG의 도착 시점을 알고 그에 맞춰 MacMSG를 획득한다.

단말이 자신에게 필요한 PosMSG, 즉 자신과 같은 구역의 FBS 정보로 구성된 PosMSG를 획득하려면 먼저 매크로셀 내 자신의 위치를 알아야 한다. 단말이 자신의 위치를 알기 위해 필요한 정보는 프리앰블 신호의 거리에 따른 감쇄 비율과 매크로셀 구역의 총 개수이다. 현재 표준문서에서는 지원하지 않지만 규격을 일부 변경한다면 위와 같은 정보 또한 MBS가 셀 접속 정보와 함께 주기적으로 방송하여 단말이 셀 접속 시 획득할 수 있다. 단말은 서빙 MBS로부터 받는 프리앰블 신호 세기를 통해 거리를 알아내고, 이웃 MBS들로부터의 프리앰블 신호 세기를 통해 방향을 알아내어 매크로셀 내 자신이 속한 구역을 추정한다. 이웃 MBS들로부터의 프리앰블 신호 세기는 먼저 수신한 MacMSG를 이용하여 스캐닝하면 알 수 있다. 그 외에도 단말은 GPS 수신 혹은 TDoA 측량 등 다양한 방법을 통해 자신이 속한 구역을 알아낼 수 있다. 단말은 주기적으로 자신의 위치를 갱신함으로써 필요한 PosMSG를 선택적으로 수신한다.

단말이 PosMSG를 획득하는 과정은 다음과 같다. 매크로셀을 그림 4-a와 같이 나누었다고 가정하고 그림 5를 참고하자. MacMSG의 매회 방송 시점을 t_0, 위치별 MOB_NBR-ADV interval(Divided MOB-NBR-ADV interval)을 $t_{divided-interval}$, 티어 인덱스를 T_r이라 하면, 단말이 PosMSG를 획득하는 시점 t는 다음과 같이 주어진다.

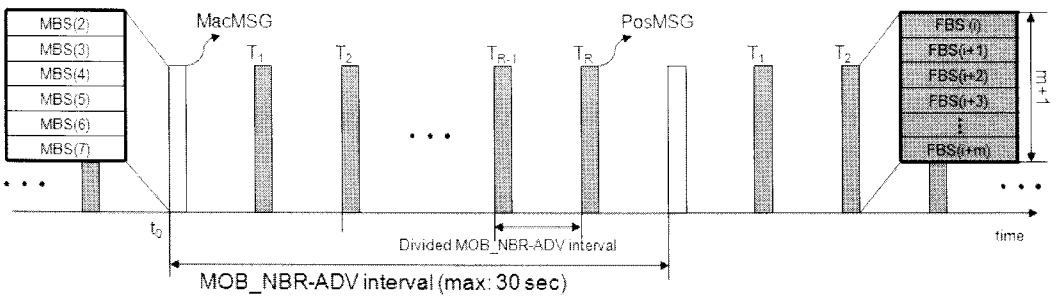


그림 5. 구역별 MOB_NBR-ADV 메시지 전송

$$t = t_0 + (t_{divided-interval} \times T_r) \quad (1)$$

$$t_{divided-interval} = \frac{t_{interval}}{R+1} \quad (2)$$

여기서 T_r은 단말이 속한 구역의 인덱스를 의미하며, R은 매크로셀의 총 구역 수를 의미한다. Divided MOB_NBR-ADV interval은 MOB_NBR-ADV interval ($t_{interval}$)과 매크로셀의 총 구역 수를 이용하여 구할 수 있다. 매크로셀 구역을 그림 4-b와 같이 나누었을 경우에는 티어 인덱스 대신 섹터 인덱스를 사용하여 같은 방법으로 PosMSG를 획득한다.

단말은 PosMSG를 수신할 시점 계산에 필요한 위와 같은 정보들을 처음 MBS와의 통신을 통해 획득하고 저장한다. 단말은 FBS로 핸드오버를 한 후에도 저장한 정보를 이용하여 자신에게 필요한 PosMSG가 방송되는 시점을 계산하고, 그에 맞춰 서빙 FBS와 스캐닝 구간을 설정하여 MBS로부터 MOB_NBR-ADV 메시지를 획득한다. 만약 단말이 FBS가 아닌 이웃 MBS로 핸드오버를 하면, 단말이 저장했던 이전 MBS의 정보는 삭제된다. 단말은 새로운 서빙 MBS로부터 MOB_NBR-ADV interval과 매크로셀 내 총 티어(혹은 섹터)의 개수, 그리고 다음 번 MacMSG의 방송 시점 등에 대한 정보를 다시 획득하여 사용한다.

첫 번째 제안 기법에 따른 단말의 스캐닝 절차는 기존 IEEE 802.16e 시스템에서의 그것과 거의 같으므로 그림 1을 참고한다. 다른 점은 첫째, 스캐닝 할 이웃 기지국(NBR BS)의 종류가 MBS와 FBS 두 가지라는 것과 둘째, NBR BS 수가 구분한 구역 내에 생성된 FBS 수만큼 증가하므로 스캐닝 구간이 늘어난다는 것이다.

3.1.3 기대효과

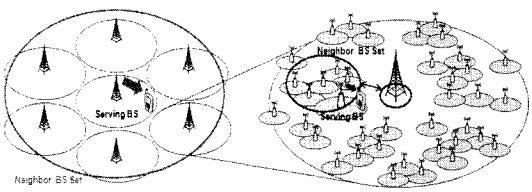
첫 번째 제안 기법의 MOB_NBR-ADV 메시지 방송 및 구성 방법은 기존의 방법에 비해 메시지 전송 주기가 짧고 하나의 MOB_NBR-ADV 메시지에 담기는 FBS 정보의 양이 적다. 따라서 제안하는 기법은 MBS가 한 시점에 받는 많은 양의 방송 부하를 시간적으로 고르게 분포시키는 효과가 있으며, 단말이 다량의 FBS 정보를 습득하지 않도록 하여 불필요한 스캐닝으로 인한 전력 및 시간 소모를 줄이는 효과가 있다. 하지만 FBS 도입으로 늘어난 MBS의 부하를 시간적으로 분산시키더라도 MBS가 방송해야 할 전체 메시지의 양은 여전히 늘어난 FBS의 수에 비례하며 오히려 MOB_NBR-ADV 메시지를 여러 번 방송함으로 인해 MBS의 MAC overhead가 증가한다.

3.2 기지국 유형별 이웃 기지국 리스트 관리

제안하는 두 번째 관리 기법은 기지국 유형별로 이웃 기지국 리스트를 관리하는 것이다. 이 방식에서는 첫 번째 관리 기법과 달리 MBS 뿐만 아니라 FBS 또한 이웃 기지국 정보를 방송한다. 즉, 모든 기지국은 자신의 이웃 기지국 정보를 담은 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송하는데 그 메시지의 내용이 기지국 유형에 따라 다르다. 그림 6과 그림 7에서 볼 수 있듯이 MBS는 이웃 MBS 정보를, FBS는 자신을 포함하는 MBS 정보와 이웃 FBS 정보를 수집하여 방송한다. 첫 번째 관리 기법과 마찬가지로 각 기지국은 백본망을 통해 자신의 셀 정보를 이웃에게 알리고 이웃 기지국의 셀 정보를 수집한다.

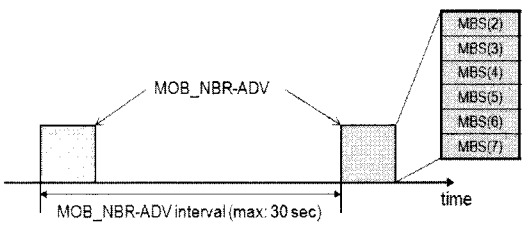
3.2.1 MOB_NBR-ADV 메시지 구성

단말은 초기 망 진입 과정에서의 풀 스캐닝을 통해 수신 세기가 가장 큰 MBS와 FBS 각각의 셀

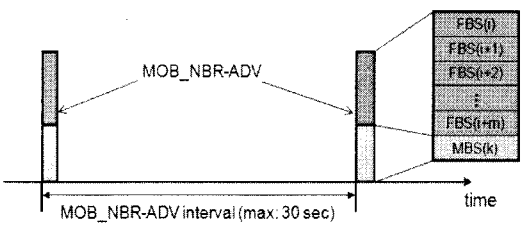


(a) MBS의 경우 (b) FBS의 경우

그림 6. 기지국 유형별 이웃 기지국 정보 수집 범위



(a) MBS가 방송하는 MOB_NBR-ADV 메시지



(b) FBS가 방송하는 MOB_NBR-ADV 메시지

그림 7. 기지국 유형별 이웃 기지국 정보 수집 범위

접속 정보를 저장한 뒤, 둘 중 하나를 서빙 기지국으로 선택한다. 그리고 스캐닝 구간동안 두 기지국 모두로부터 MOB_NBR-ADV 메시지를 획득하고, 두 개의 MOB_NBR-ADV 메시지에 각각 포함된 이웃 MBS와 이웃 FBS를 모두 스캐닝한다. 단, 이것을 지원하기 위해서 단말은 신호 수신 과정에서 MBS와 FBS를 구분할 수 있다는 가정이 필요하다. 한 예로, 기지국 유형에 따라 프리앰블을 구분함으로써 단말은 신호 수신 시 MBS와 FBS를 구분할 수 있다.

기지국 유형별 이웃 기지국 리스트 관리 기법에 따른 단말의 스캐닝 시나리오를 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 단말은 초기 망 진입 시 풀 스캐닝을 통해 수신 신호 세기가 가장 큰 MBS와 FBS4의 셀 접속 정보를 얻고 둘 중 하나를 서빙 기지국으로 정한다. 이때, 서빙 기지국을 정하는 기준은 CINR이나 RSSI, 채널 상태, 서비스 트래픽 정도 등 여러 가지가 될 수 있는데 그림 8에서는 단말이 FBS4의 서비스 커버리지(R_{femto}) 밖에 있으므로 MBS의 신호 세기가 FBS4의 신호 세기보다 더 크게 수신될 것이라 예상하여 MBS를 서빙 기지국으로 정하였다. 여기서 서비스 커버리지란 기지국과 단말의 통신 QoS를 보장하는 범위를 말한다. 단말의 서빙 기지국은 아니지만 단말에게 FBS 정보가 담긴 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송할 수신 세기가 가장 큰 FBS를 아나운서 FBS(F_A)라 정의한다. 그리고 F_A가 이웃 FBS의 정보를 수집하고 방송할 Neighbor 범위를 R_{nei}라 정의한다. 따라서 그림 8의 FBS4는 F_A이며 FBS4가 방송하는 MOB_NBR-ADV 메시지에는 자신의 R_{nei}내에 존재하는 4개의 FBS와 1개의 MBS 정보가 들어있다. MOB_NBR-ADV 메시지나 MAP과 같은 방송메시지는 신뢰도 높은 변조와 채널코딩(Modulation and Coding Scheme: MCS) 등급으로 전송이 되기 때문에 신호 대 잡음비(Sigmal to Noise Ratio: SNR)가 낮더라도 수신이 가능하다. 즉, 단말은 FBS의 R_{femto} 내에 있지 않더라도 그 FBS의 R_{nei}내에 있으면 FBS가 방송하는 MOB_NBR-ADV 메시지를 수신할 수 있다. 제안하는 방식에서 각 FBS는 모두 F_A가 될 수 있으며, 예로 FBS7의 MOB_NBR-ADV 메시지의 내용을 그림 8에 나타내었다. 서빙 기지국이 FBS인 경우에도 FBS의 MOB_NBR-ADV 메시지 내용은 R_{nei}에 의해 결정된다.

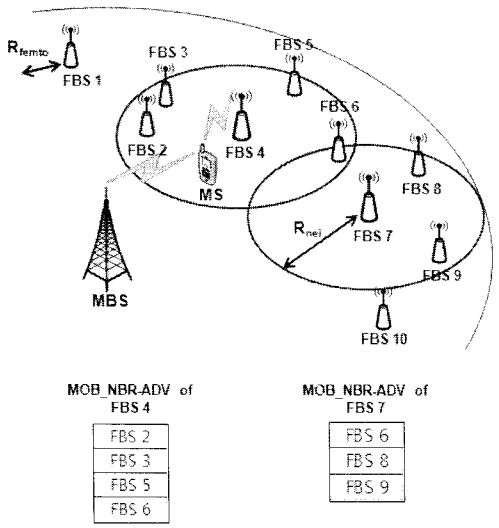


그림 8. 두 번째 제안 기법의 적용 시나리오

3.2.2 MOB_NBR-ADV 메시지 송수신

두 번째 제안 기법에 따른 단말의 스캐닝 절차는 그림 9와 같다. 그림 9는 그림 8과 마찬가지로 서빙 기지국이 MBS인 경우의 단말의 스캐닝 절차를 나타낸다. 단말은 서빙 기지국인 MBS와 통신을 하다가 주기적으로 혹은 스캐닝의 필요성을 느끼면 MOB_SCN-REQ/RSP 메시지 송수신 후, 스캐닝을 수행한다. 앞서 3.1.2에서 설명했듯이 각 기지국은 MOB_NBR-ADV 메시지의 다음 방송 시점을 오프셋 형태로 셀 접속 정보와 함께 제공한다. 따라서 단말은 수신 세기가 가장 큰 MBS와 FBS의 다음 MOB_NBR-ADV 메시지 방송 시점을 각각 알 수 있다. 단말은 필요한 MOB_NBR-ADV 메시지의 다음 방송 시점을 포함하도록 스캐닝 구간을 설정함으로써 해당 기지국의 MOB_NBR-ADV 메시지를 수신한다. 그림 9에서 단말은 서빙 기지국과 약속한 스캐닝 구간 동안 서빙 기지국의 MOB_NBR-ADV 메시지 내의 이웃 기지국뿐만 아니라 획득한 FBS의 MOB_NBR-ADV 메시지 내의 이웃 기지국을 모두 스캐닝한다. 서빙 기지국 유형의 차이 일뿐, 서빙 기지국이 FBS인 경우에도 단말의 스캐닝 절차는 그림 9를 따른다. 단말의 이동 또는 주변 상황의 변화 등으로 인해 각 기지국으로부터 단말까지의 수신 신호 세기가 가변적이므로 단말은 매 스캐닝 종료 후, 수신 신호 세기가 가장 큰 기지국 정보를 갱신해야 한다.

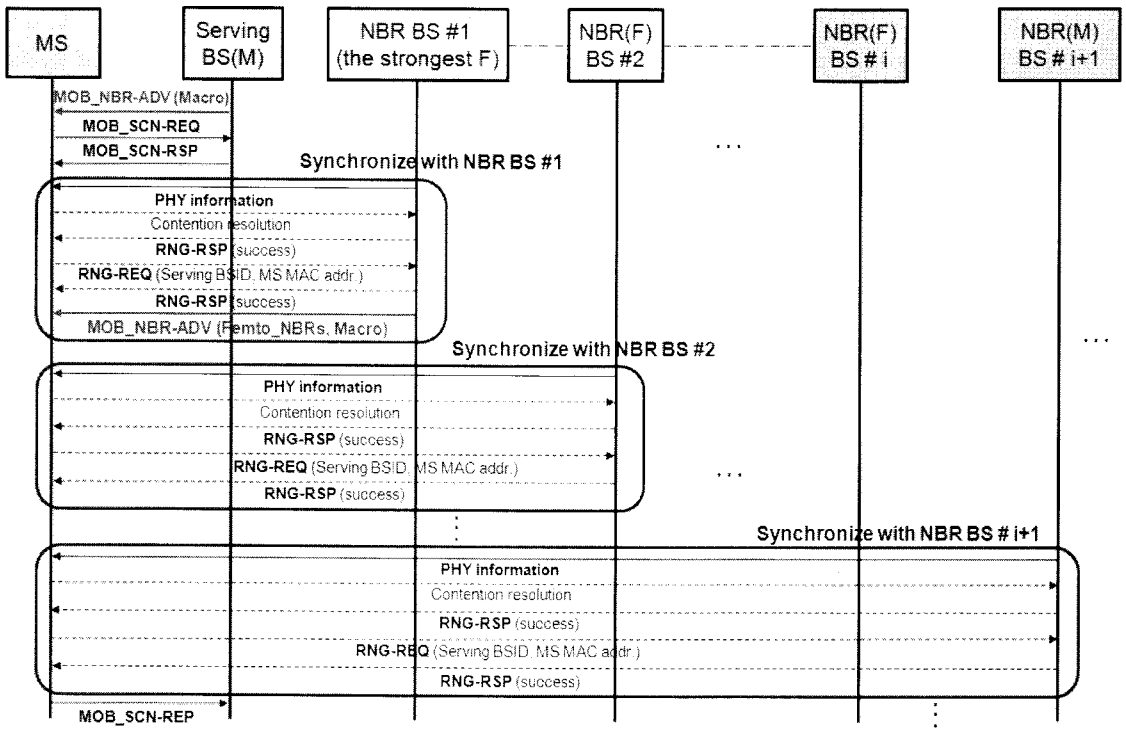


그림 9. 서빙 기지국이 MBS일 경우 단말의 스캐닝 절차

3.2.3 기대효과

제안하는 두 번째 관리 기법의 목적은 MBS의 부하를 감소시키는 데 있다. 앞서 말했듯이 이 기법에서는 MBS 뿐만 아니라 FBS 또한 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송한다. 특히, 기지국 유형별로 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송하기 때문에 MBS가 방송하는 메시지의 양은 늘어난 FBS의 수와 무관하다. 즉, 제안하는 두 번째 관리 기법은 MBS의 부하를 FBS로 전이함으로써 MBS의 부하를 감소시킨다. MBS의 부하를 나누어 받은 FBS는 그 수가 많기 때문에 각 FBS가 받는 부하는 상대적으로 MBS보다 훨씬 적을 뿐만 아니라 FBS가 방송할 이웃 FBS의 범위(R_{nei}) 설정에 따라 FBS의 부하를 조절할 수 있기 때문에 큰 부담이 되지 않는다. 또한 FBS가 이웃 FBS 정보를 알려주기 때문에 단말은 자신의 이웃 기지국에 대한 보다 정확한 정보를 얻을 수 있다.

Ⅳ. 모의 실험 및 결과 분석

실험 환경으로는 하나의 매크로셀 내에 다수의 FBS가 설치된 환경을 고려한다. 매크로셀은 반경 1km, 펨토셀은 반경 10m~100m의 원형 셀로 가정하였고, 매크로셀 내의 FBS 배치가 균일 분포를 따르도록 하였다. 단말의 이동 모델로는 Gauss Markovian Model을 사용한다[12].

기존의 IEEE 802.16e 시스템에서는 여러 모드의 스캐닝을 지원하지만 본 논문에서는 초기 레인징(Ranging)을 지원하지 않는 'Association 없는 스캐닝 모드'를 가정한다. 각 FBS를 스캐닝하는데 소요되는 시간과 전력은 모두 동일하고 이를 정규화(1시간 단위, 1전력 단위)하여 나타낸다. 따라서 단말이 스캐닝한 FBS 개수를 측정함으로써 각 방식에 따른 스캐닝 소모 시간 및 전력을 간단히 비교할 수 있다. 이때 MBS가 사용하는 여러 개의 주파수 채널을 FBS 또한 사용하도록 허락하되 각 FBS는 하나의 주파수 채널만을 사용한다고 가정한다.

제안 방식과의 성능 비교를 위해 기존의 IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 방식을 함께 시뮬레이션 하였다. 기존의 방식은 MBS가 셀 내에 있는 모든 기지국 정보를 MOB_NBR-ADV 메시지로 구성하여 방송하는 방식이다. 사용된 성능분석 파라미터와 성능 분석을 위한 시뮬레이션 변수 및 변화 범위를 정리하여 각각 표 1, 표 2와 같이 나타내었다.

표 1. 성능분석 파라미터 정의

파라미터	정의
N_f	단말이 한 번 스캐닝 시 조사하는FBS의 개수
M_{MS}	하나의 단말이 수신하는이웃 기지국 정보 메시지 양
P_{hit}	가장 좋은 품질의 신호를 보내는 이웃 기지국이 스캔 대상에 포함될 확률
E_s	가장 좋은 품질의 신호를 보내는 이웃 기지국을 스캐닝한 비율

표 2. 시뮬레이션 변수와 변수 변화 범위

시뮬레이션 변수	변화 범위		기본값
매크로셀 내 FBS의 개수 (개)	20, 40, 60, …, 200		100
FBS의 서비스 커버리지 (m)	10, 20, 30, …, 100		50
단말의 평균 이동 속력 (m/s)	0.5, 1.5, 2.5, …, 5.5		1 (보행자기준)
MOB_NBR-ADV 메시지 방송 간격 (sec)	5, 10, 15, …, 30		15
매크로셀 구역 개수 (개)	티어	1, 2, …, 5	2
	섹터	1, 2, 3, …, 10	5

4.1 단말 위치 기반의 이웃 기지국 리스트 관리

그림 10은 매크로셀 내 FBS의 개수에 따른 M_{MS}의 변화를 나타낸다. 첫 번째 제안 기법에서 단말은 수신한 MOB_NBR-ADV 메시지를 기반으로 스캐닝을 하기 때문에 매크로셀 내 FBS의 개수에 따른 M_{MS}와 N_f의 변화 그래프는 거의 동일하다. 그림 10에서 기존의 IEEE 802.16e 스캐닝 방식의 경우, 매크로셀 내의 모든 FBS 정보를 구역 분할 등의 구분없이 모두 방송하기 때문에 매크로셀 내 FBS 수와 M_{MS}는 동일하다. 하지만 제안 기법의 경우, MOB_NBR-ADV 메시지에는 단말이 속한 구역의 FBS 정보만 담겨있으므로 섹터 수를 바꾸며 시뮬레이션 한 결과가 항상 기존의 방식보다 적은 양의 FBS를 스캐닝함을 알 수 있다. 이는 곧 단말의 스캐닝 시 소모 시간 및 사용 전력이 감소됨을 의미한다.

하지만 구역을 많이 나누는 것이 언제나 좋은 것은 아니다. 그림 10에서 섹터 수가 7개인 경우와 9개인 경우를 비교해 보면, M_{MS}가 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 매크로셀 구역을 적절하게 나누면 M_{MS}가 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 11에서처럼 P_{hit}의 문제가 발생한다.

기존의 방식에서 단말은 매크로셀 내 모든 FBS를 스캐닝하므로 매 스캐닝 시 가장 가까운 FBS가 존재하게 된다. 따라서 그림 11의 IEEE 802.16e 그래프는 P_{hit}가 1이다. 반면 제안한 기법의 매크로셀 구역 수에 따른 그래프를 보면, 앞서 말했듯이 구역을 많이 나눌수록 P_{hit}가 현저히 낮아진다. P_{hit}가 낮다는 것은 단말이 획득한 PosMSG에 단말과 가장 가까운 FBS의 정보가 포함되지 않았음을 의미한다. 다시 말해, 어떤 FBS가 단말과 가장 가까이

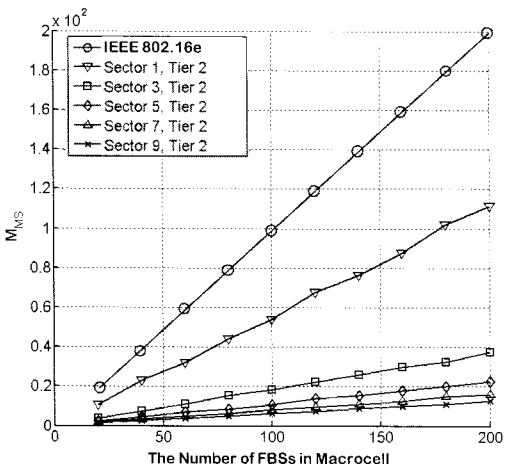


그림 10. 매크로셀 구역(섹터)과 셀 내 FBS 수에 따른 M_{MS} 변화

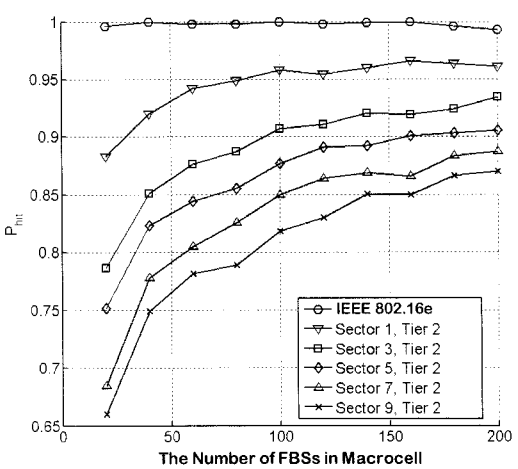


그림 11. 매크로셀 구역(섹터)과 셀 내 FBS 수에 따른 P_{hit} 변화

있음에도 불구하고 단말과 다른 구역에 존재하기 때문에 단말이 수신한 PosMSG 내에 포함되지 않은 경우이다. 이것은 특히 단말이 구역의 경계부분을 지날 때 많이 발생하기 때문에 구역을 많이 나눌수록 P_{hit}가 낮아지고, 그 값을 높이기가 힘들다. 매크로셀 내 FBS 수를 증가시키면 P_{hit}을 높일 수는 있지만 구역을 나눔으로서 생기는 경계를 줄일 수는 없다. P_{hit}를 높이기 위한 하나의 대안으로 매크로셀 구역의 경계 부분을 겹치도록 하여, 겹쳐지는 부분에 있는 FBS 정보를 경계면에 닿아있는 양쪽 구역 모두의 MOB_NBR-ADV 메시지로 구성하는 방법이 있다.

그림 12의 E_s는 셀 내 FBS 수가 증가할수록 낮아진다. 이것은 E_s의 정의가 스캐닝한 FBS 중에 단말과 가장 가까운 FBS가 존재하는, 즉 스캔이 적중한 효율이기 때문에 스캐닝할 FBS의 수가 많아질수록 E_s가 낮아진다. 매크로셀 구역 수에 따른 그래프를 보면 P_{hit}와는 달리 구역을 많이 나눌수록 E_s가 개선되는 것을 볼 수 있다. 구역을 많이 나눌수록 P_{hit}는 낮지만 단말이 스캐닝하는 FBS 수가 적기 때문에 E_s가 높다. 기존의 방식이 거의 1에 가까운 P_{hit} 그래프로 가장 높은 적중률을 보임에도 불구하고 가장 낮은 E_s 성능을 보이는 것은 단말이 스캐닝한 FBS 수가 매우 많음을 의미한다. 그만큼 스캐닝 시의 시간 및 전력 낭비가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 trade-off의 성격을 갖는 P_{hit}와 E_s를 동시에 고려함으로써 제안 기법을 유용하게 사용할 수 있다.

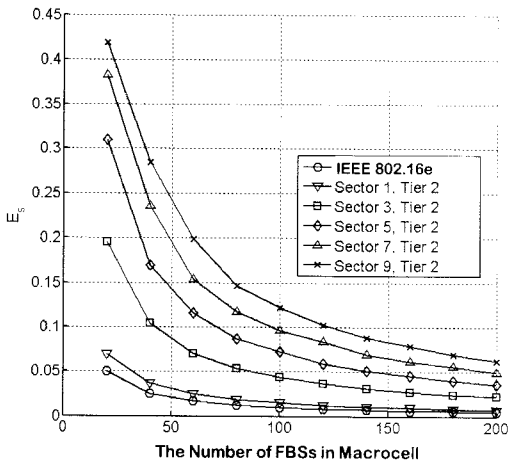


그림 12. 매크로셀 구역(섹터)과 셀 내 FBS 수에 따른 E_S 변화

4.2 기지국 유형별 이웃 기지국 리스트 관리

두 번째 제안 기법에서도 첫 번째 제안 기법과 같은 실험 환경을 고려하되 R_{nei}를 조절함에 따라 큰 성능 차를 보일 것으로 예상되므로 이를 주요 분석 사항으로 해석하고자 한다. 이를 위해 필요한 몇 가지 용어와 파라미터를 추가로 정의하였으며 추가된 성능분석 파라미터와 성능 분석을 위한 시뮬레이션 변수 및 변화 범위를 정리하여 각각 표 3, 표 4와 같이 나타내었다. 여기서, 풀 스캐닝은 앞서 3장에서 살펴본 바와 같이 가용한 모든 주파수를 대상으로 스캐닝하는 경우로 정의한다.

두 번째 제안 기법에서 단말은 F_A로부터 받은 MOB_NBR-ADV 메시지를 기반으로 스캐닝을 한다. 하지만 매크로셀 내 FBS의 수가 적고 R_{nei}의 크기가 작은 환경에서는 단말이 FBS로부터 필요한 정보를 얻을 수 없기 때문에 F_A로부터 단말까지의 거리가 R_{nei} 이상 떨어져 있는 경우 단말은 초기 망 진입 과정과 같이 풀 스캐닝을 한다고 가정한다. 따라서 N_{T-scan}과 N_{F-scan}, 그리고 N_{M-scan} 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$N_{T-scan} = N_{F-scan} + N_{M-scan} \quad (3)$$

N_{T-scan}에서 N_{F-scan}과 N_{M-scan}이 차지하는 비율을 그림 13과 그림 14에 나타내었다. 단말이 F_A로부터 MOB_NBR-ADV 메시지를 수신할 수 있는 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 메시지 기반

표 3. 추가된 용어 및 성능분석 파라미터

파라미터	정의
N_{T-scan}	단말이 매크로셀을 빠져 나갈 때까지 시행한 총 스캔 횟수
N_{F-scan}	단말이 매크로셀 내 모든 FBS를 대상으로 시행한 풀 스캐닝 (Full-scan) 횟수
N_{M-scan}	단말이 F_A로부터 받은 MOB_NBR-ADV 메시지를 기반으로 시행한 스캔 횟수

표 4. 추가된 시뮬레이션 변수와 변수 변화 범위

시뮬레이션 변수	정의	변화 범위
R_{nei}	FBS가 정보를 수집 및 방송하는 이웃 FBS의 범위	100, 200, …, 500

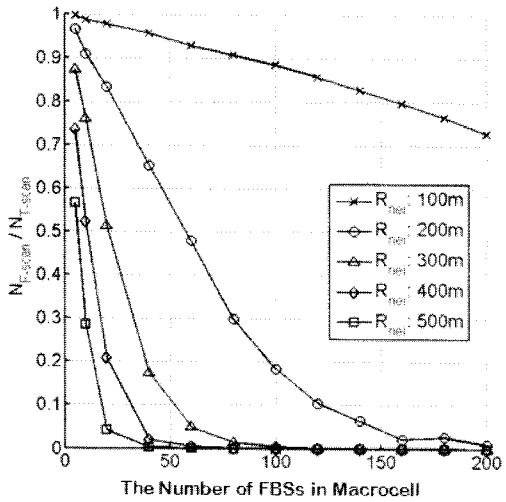


그림 13. 매크로셀 내 FBS 수와 R_{nei}에 따른 N_{F-scan} 비율 변화

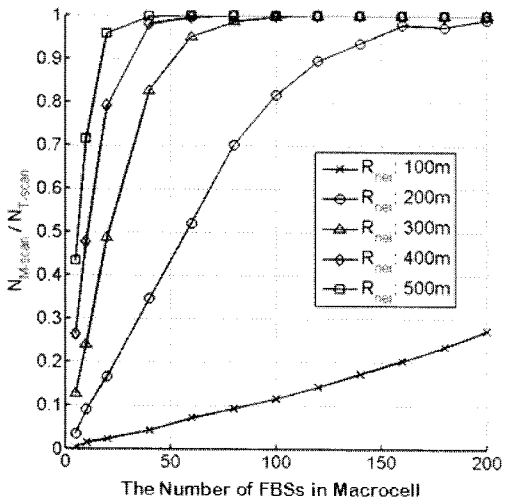


그림 14. 매크로셀 내 FBS 수와 R_{nei}에 따른 N_{M-scan} 비율 변화

스캐닝과 풀 스캐닝을 각각 수행하므로 N_{F-scan}과 N_{M-scan}은 보수의 관계로 나타났다. 매크로셀 내 FBS 수가 많을수록 F_A로부터 방송 메시지를 획득할 가능성이 커지므로 N_{M-scan} 비율이 증가하고 N_{F-scan}은 감소한다. 같은 이유로 R_{nei}가 커질수록 N_{M-scan} 비율이 증가하고 N_{F-scan}은 감소한다.

그림 15는 매크로셀 내의 FBS 수와 R_{nei}에 따른 N_f의 변화를 보여준다. 매크로셀 내의 FBS 수

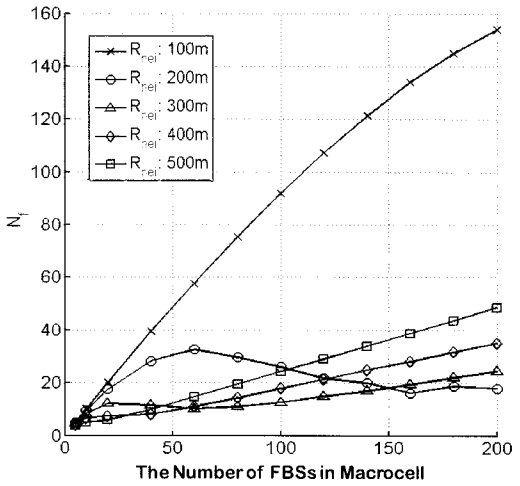


그림 15. 매크로셀 내 FBS 수와 R_{nei}에 따른 N_f 변화

가 많아질수록 N_f가 증가할 것이라고 예상하였으나 R_{nei}가 200m와 300m인 경우, 결과 값이 증가하다가 감소하고 다시 증가하는 특이한 경향을 보였다. 이것은 그림 13, 그림 14의 N_{F-scan}과 N_{M-scan}을 통해 분석이 가능하다. 상대적으로 MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 방송되는 FBS의 수보다 매크로셀 내 모든 FBS의 수가 더 많기 때문에 단말이 메시지 기반 스캐닝을 할 때보다 풀 스캐닝을 할 때 N_f가 더 큰 값을 가진다. 즉, N_{M-scan}보다 N_{F-scan}의 비중이 클수록 N_f 그래프의 기울기가 더 큰 값을 가진다. 그림 15에서 R_{nei}가 200m일 경우와 300m의 경우, 매크로셀 내 FBS의 수가 적을 때는 N_{F-scan}의 비중이 커서 큰 기울기로 증가하다가 FBS 수가 많아질수록 N_{M-scan}의 비중이 커져서 FBS 수가 적을 때 보다 N_f 값이 줄어들기 때문에 $N_{F-scan} = N_{M-scan}$인 지점부터 그래프가 감소하게 된다. 그리고 N_{M-scan}이 거의 1에 가까이 수렴하는 지점부터는 N_f가 방송 메시지에 포함되는 FBS 수에 비례하기 때문에 매크로셀 내 FBS 수가 많아질수록 그래프가 증가한다. R_{nei}가 100m인 경우는 단말이 대부분 풀 스캐닝을 하게 되어 N_f가 매크로셀 내의 FBS 수와 유사한 값을 가지며 증가하고, 반면 R_{nei}가 500m인 경우는 단말이 대부분 메시지 기반 스캐닝을 하기 때문에 N_f는 방송 메시지에 포함되는 FBS 수에 비례하는 형태로 증가한다.

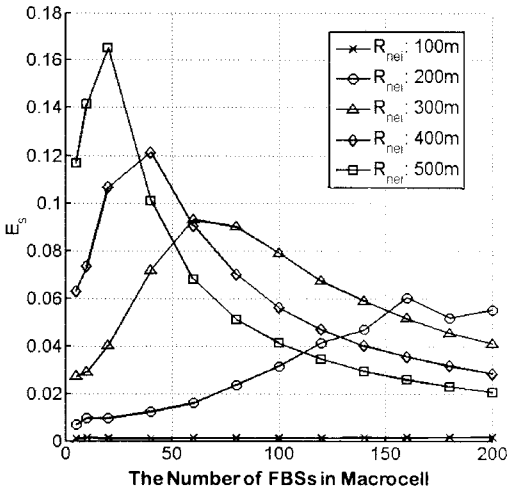


그림 16. 매크로셀 내 FBS 수와 R_{nei}에 따른 E_s 변화

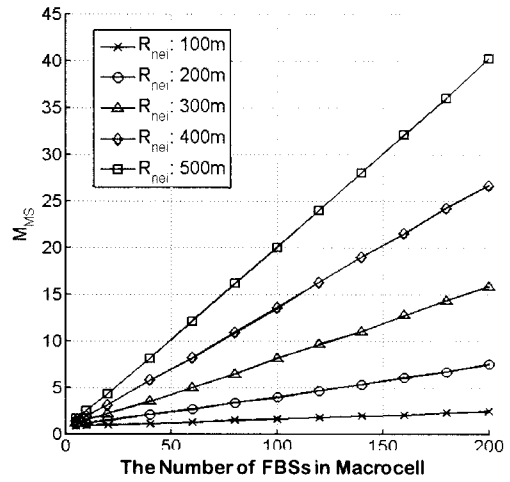


그림 17. 매크로셀 내 FBS 수와 R_{nei}에 따른 M_{MS} 변화

그림 16은 매크로셀 내의 FBS 수와 R_{nei}에 따른 E_s의 변화를 보여준다. 각 R_{nei} 그래프에 대해 E_s가 최대가 되는 셀 내 FBS 수가 존재함을 알 수 있다. 즉, 셀 내 FBS 수에 따라 E_s가 최대가 되는 R_{nei}를 결정할 수 있다. 예를 들어, 매크로셀 내 FBS 수가 100개일 경우 R_{nei}의 크기를 300m로 설정하는 것이 가장 효과적으로 스캐닝하는 것이다. 이처럼 제안하는 기법을 이용하면 각 R_{nei}의 크기와 매크로셀 내의 FBS 수, 그리고 E_s의 관계를 통해 최적의 성능을 갖는 환경을 찾을 수 있다.

그림 17에서는 매크로셀 내의 FBS 수에 비례하여 M_{MS}가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 R_{nei}에 포함되는 FBS의 수가 평균적으로 매크로셀 내의 FBS 수에 비례함을 보여준다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 펨토셀이 도입된 IEEE 802.16e 시스템에서 단말이 스캐닝 할 대상 펨토셀의 수를 줄임으로써 빠른 스캐닝과 효율적인 핸드오버를 지원하는 이웃 기지국 관리 기법을 제안하였다. 모의실험 결과 첫 번째 제안 기법의 경우, 매크로셀을 다수의 티어와 섹터로 나누어 스캐닝할 이웃 펨토셀 수를 줄임으로써 스캐닝 시 소모 시간과 사용 전력을 줄일 수 있었다. 두 번째 제안 기법의 경우, 기지국 유형에 따라 다른 내용으로 구성된 MOB_NBR-ADV 메시지를 방송함으로써 단말의 스캐닝 시 소모 시간과 전력을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 MBS의 방송 부하를 FBS에게 분산시키는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 적중률은 기존 IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 방식과 같도록 유지하면서 스캐닝 효율을 증가시킬 수 있었다. 두 제안 방식 모두 기존의 IEEE 802.16e 시스템의 스캐닝 방식보다 소모 시간 및 사용 전력, 그리고 스캐닝 효율 측면에서 우수한 성능을 보였다.

하지만 첫 번째 기법의 경우, 스캐닝을 위해 MBS가 방송해야 할 전체 메시지의 양은 구역 분할로 인해 커질 수 있고 또한 단말의 위치를 MBS로부터 정보를 받아서 결정하는 것이 부정확할 수 있는 점, 그리고 MBS가 모든 FBS의 위치 정보를 기억해야 하는 MAC overhead가 발생하므로 향후 이러한 점을 개선시킬 필요가 있다. 그리고 두 번째 기법의 경우, 셀 전체에서 발생하는 방송 메시지의 양이 증가하여 매크로-펨토 또는 펨토-펨토 간의 간섭량이 증가할 것으로 보인다. 따라서 이를 조절하여 성능 개선을 위해 적합한 R_{nei} 설정 등의 과정이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 류원, 이현우, 이병선, "유무선 복합 컨버전스 서비스 동향 및 전망", *정보통신연구진흥원, 주간기술동향*, 1318호, pp.25-34, 2007년 10월.

[2] 노미진, 김주성, "유무선 통합 시대의 펨토셀 동

향 및 비즈니스 모델", *전자통신동향분석*, 제 23권, 제 2호, pp.91-97, 2008년 4월.

[3] 이재학, "WCDMA Femto Cell", *정보통신연구진흥원, 주간기술동향*, 1337호, pp.1-11, 2008년 3월.

[4] R. Rouil and N.Golmie, "Adaptive Channel Scanning for IEEE 802.16e," *in Proc. IEEE Military Communications Conference*, pp. 1~6, Oct., 2006.

[5] P. Boone, M. Barbeau, and E.Kranakis, "Strategies for Fast Scanning and Handovers in WiMax/802.16," *in Proc. International Conference on Access Networks*, pp.1-7, Aug., 2007.

[6] J-K. Choi, N. Hao, and S-J. Yoo, "Fast Group Scanning Scheme with Dynamic Neighbor Base Station List in IEEE 802.16e Networks," *in Proc. IEEE International Conference on Computer and Information Technology*, pp.646-651, Jul., 2008.

[7] J. Kim and D-H. Cho, "An Efficient Scheme for Scanning Neighbor Indoor BSs in Indoor Cell Coexisted OFDMA Cellular Systems," *in Proc. JCCI2009*, Apr., 2008.

[8] 3GPP TR 25.820 V8.2.0, "3GPP Home NodeB Study Item Technical Report," Sep. 2008.

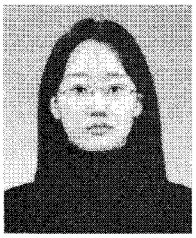
[9] 3GPP TR R3.020, "Home (e)NodeB; Network aspects," May, 2008.

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

[11] 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.

[12] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," *Wireless Communications and Mobile Computing*, Vol.2, No.5, pp.483-502, Sep., 2002.

남 지 희 (Jihee Nam) 준회원



2008년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학사

2008년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 석사과정

<관심분야> 이동통신시스템, Femtocell, Mobile WiMAX

신 정 채 (Jungchae Shin) 준회원

2002년 8월 경북대학교 전자전기공학부 공학사

2004년 8월 경북대학교 대학원 정보통신학과 공학석사

2004년 9월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<관심분야> 무선인지 기술, 멀티홉 릴레이, Mobile WiMAX

윤 철 식 (Culsik Yoon) 종신회원

1988년 서울대학교 사범대학 물리교육과 이학사

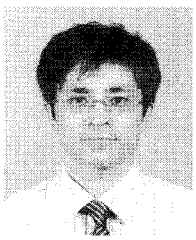
1990년 포항공과대학원 물리학과 이학석사

2000년 서강대학교 전자공학과 박사수료

1993년~현재 한국전자통신연구원 이동통신연구본부 무선접속기술연구팀장

<관심분야> MAC protocol 표준화, 시스템엔지니어링

조 호 신 (Ho-Shin Cho) 종신회원



1992년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사

1994년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1999년 3월~2001년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원

2001년 3월~2003년 2월 한국항공대학교 전자정보통신컴퓨터공학부 전임강사

2003년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수

<관심분야> 이동통신시스템, 무선자원관리, 트래픽 제어, 수중음향센서네트워