

IEEE 802.16j 멀티 홉 릴레이 네트워크에서의 핸드오버 성능 향상을 위한 이동성 지원 MAC 프로토콜

(A Mobility Supporting MAC Protocol to Improve Handover
Performance in IEEE 802.16j Multi-hop Relay Networks)

양 현 채 [†] 이 미 정 ^{**}
(HyeonChae Yang) (MeeJeong Lee)

요약 IEEE 802.16j MR 네트워크는 데이터 처리율 향상과 커버리지 확대를 목적으로 IEEE 802.16 시스템에 RS (Relay Station)를 도입하였다. 그런데 현재 표준은 BS (Base Station)가 MS (Mobile Station)의 핸드오버를 제어하는 구조만을 채택하고 있어 무선 링크에서의 시그널 오버헤드가 크고 MS의 빠른 핸드오버 수행이 어려울 수 있다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위하여 MS 제어 기능을 가진 고성능 RS를 둔 MR 네트워크에서의 MS 핸드오버 프로토콜을 제안한다. 먼저 이와 같은 고성능 RS를 도입한 IEEE 802.16 시스템의 핸드오버 시나리오들을 체계적으로 분류하고, 802.16e MS가 이와 같은 MR 네트워크에서 끊임 없이 핸드오버를 수행할 수 있도록 하기 위한 MAC 계층 핸드오버 절차와 이에 관련된 관리 메시지를 정의하며 새로운 메시지의 전송 경로를 제안한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 핸드오버 프로토콜은 현재 표준인 802.16j/D1에 비해 무선 링크에 전송되어야 하는 MAC 관리 메시지 오버헤드를 줄였으며 기존 802.16e 네트워크와 802.16j/D1 보다 신속하고 안정적으로 핸드오버를 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

키워드 : IEEE 802.16j, 멀티 홉 릴레이, 핸드오버, 이동성

Abstract IEEE 802.16j MR networks introduce RSs (Relay Stations) within the IEEE 802.16 system in order to enhance the data throughput and extend the coverage. However, the current standardization defines that the BS (Base Station) controls MS's (Mobile Station's) handover, not only it induces the large signaling overhead but also handover latency could increase. In this paper, we propose a handover protocol in the MR networks where the high capability RSs that can process the MS's control functions are deployed. First, we classify the handover scenarios for the MR networks with the high capability RSs. Then, we define the MAC handover procedure, corresponding MAC management messages and the transmission routes for the proposed messages so that an 802.16e MS can perform seamless handover without noticing it is attached to an MR network. The simulation results show that the proposed handover protocol not only reduces the MAC management message overhead transferred through the wireless links compared to IEEE 802.16j/D1, which is the current standard for MR networks, but also performs the rapid and more secure MS handover than IEEE 802.16e and IEEE 802.16j/D1.

Key words : IEEE 802.16j, Multi-hop Relay, Handover, Mobility

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (IITA-2008-(C1090-0801-0036))

† 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터 정보통신공학과
sujean35@ewhain.net

** 종신회원 : 이화여자대학교 컴퓨터 정보통신공학과 교수
lmj@ewha.ac.kr

논문접수 : 2008년 1월 3일

심사완료 : 2008년 7월 8일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가된 일고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제35권 제5호(2008.10)

1. 서론

IEEE 802.16 워킹 그룹(Working Group)은 넓은 지역에서 저가의 서비스를 제공할 수 있는 WMAN(Wireless Metropolitan Area Network)을 표준화하였다. 현재 표준화 버전은 IEEE 802.16-2004[1]과 IEEE 802.16e-2005[2]가 있으며, 전자는 단일 BS(Base Station)와 고정 단말인 SS(Subscriber Station) 사이의 통신을, 후자는 BS와 이동 단말인 MS(Mobile Station) 사이의 통신을 정의한다. 802.16 시스템에서 높은 전송 속도를 제공하기 위해서는 심각한 전력소비와 셀 경계 영역에서 낮은 SNR(Signal-to-Noise Ratio)의 문제가 발생할 수 있으며[3,4], 지하나 지상 건물이 많은 도심에서는 전파가 닿지 않아 생성되는 음영지역의 문제가 심각할 수 있다. 이에 IEEE 802.16 워킹 그룹에서는 지난 2006년 3월, BS 건설 비용을 줄이는 동시에 커버리지를 확대하고 데이터 처리율을 향상시키기 위해 RS(Relay Station)를 IEEE 802.16 시스템에 도입하는 802.16j MR(Multihop Relay) 태스크 그룹을 승인했다[5]. MR 네트워크에서는 기존 IEEE 802.16 표준에 정의된 BS의 기능과 더불어 IEEE 802.16j에서 정의하는 기능을 갖춘 BS를 MR-BS라고 한다. RS는 MR-BS와 MS사이에서 사용자 데이터와 제어 정보를 중계하는 기기로 하나의 MR-BS가 여러 RS를 관리하게 된다[6]. 이웃 BS 및 MS와 정보를 교환하기 위해 유·무선 구간 통신 장비가 필요한 BS에 비해 RS는 무선 구간에서만 통신하므로 설치가 용이하고 상대적으로 복잡도가 낮은 장비이므로 저가 공급이 가능하여 경제적 이다. IEEE 802.16j 워킹 그룹에서는 MR 네트워크를 서비스 플로우의 삽입/삭제/갱신, 핸드오버 등의 MS 제어 기능을 모두 MR-BS가 처리하는 centralized MR 네트워크와 RS가 일부 MS 제어 기능을 담당하여 처리하는 de-centralized MR 네트워크로 분류 한다. 그리고 RS를 이동성 정도에 따라 고정형(fixed), 유목형(nomadic), 이동형(mobile)으로 분류하고 있으며[7,8], 성능에 따라서는 저성능(low capability)과 고성능(high capability) RS로 분류하고 있다. 표 1은 성능에 따른 RS의 기본 특징을 요약한 것이다[9].

Centralized MR 네트워크에서는 RS 스스로 SS/MS에 대해서 어떤 MAC 관리 절차도 수행할 수 없으며

전송 커넥션 관리 기능도 없으므로 MR-BS가 하위 모든 RS와 MS/SS에 대한 제어를 담당하고, 모든 RS는 단순히 MR-BS의 명령을 따르며 시그널을 릴레이하는 역할만을 담당한다[4]. 따라서 centralized MR 네트워크는 매우 단순한 RS만을 필요로 한다는 장점이 있지만 MR-BS는 SS/MS뿐 아니라 하위 RS에 대한 관리 및 제어 기능도 수행해야 하므로 MR-BS 자체의 부하가 크게 증가하게 된다. 그리고 무선 링크 상에 하위 RS 관리 메시지를 전송하기 위한 시그널링 오버헤드 또한 크다는 단점이 있으며 SS/MS가 생성한 모든 시그널이 멀티 홉 경로의 RS들에 의해 릴레이 되어 MR-BS에서 처리되는 방식은 낮은 응답 속도의 원인이 된다.

현재까지 진행된 802.16 시스템 기반의 MR 네트워크에 관한 주된 연구는 무선 자원의 효율적 사용 및 공유를 위한 다양한 방법[10-12]과 MAC 프레임 구조 정의 [4] 등에 관한 것이다. 그러나 802.16j 태스크 그룹에서 발표한 MR 네트워크의 기술적 요구사항[13]에 따르면 MR 네트워크에서는 사용자 이동으로 인해 MS의 액세스 스테이션(MR-BS 혹은 RS)이 바뀌어도 중단 없이 서비스가 제공되어야 하며 핸드오버 중에 패킷 손실이나 지연 최소화도 보장해야 하는데, 이에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 최근 발표된 IEEE 802.16j의 표준인 Draft 1(IEEE 802.16j/D1)[5]은 MS가 이용 가능한 핸드오버 타깃 스테이션에 대한 정보를 얻는 네트워크 토폴로지 획득 단계를 정의하였으나 centralized MR 네트워크 만을 기반으로 한다. 따라서 핸드오버 결정 및 개시와 수행, 종료 단계에 사용되는 모든 IEEE 802.16e에서의 MAC 관리 메시지가 MS와 MR-BS사이 멀티 홉 경로에서 교환되어 MR-BS에서 처리 되어야 하므로 앞서 설명한 바와 같이 시그널링 오버헤드가 크고 빠른 핸드오버 수행이 어렵다는 문제가 있다.

이에 반해 de-centralized MR 네트워크는 상대적으로 RS 비용이 증가한다는 단점이 있지만 RS가 MR-BS의 일부 제어기능을 담당하므로 핸드오버 처리를 위한 시그널링 오버헤드와 핸드오버 지연을 감소시킬 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 이 경우에는 802.16e와 802.16j/D1에 정의된 MAC 계층 핸드오버 절차와 MAC 관리 메시지만으로는 이동성을 지원할 수 없다. 왜냐하면 기존 802.16e 시스템에서는 MS와 BS 사이 1-홉의

표 1 성능에 따른 RS 분류

기능	고성능 릴레이	저성능 릴레이
프렐블 (Preamble) 전송	허용	불허
하향링크 제어 브로드캐스트 (MAP, DCD/UCD, MOB_NBR-ADV)	허용	불허
상향링크 레인징 처리	허용	불허
RS-MS 링크 제어	분산처리/ BS 중심적 조정	BS 중심적

액세스 링크 상의 통신만을 정의하고 있기 때문에 MR-BS와 하위 RS 간 혹은 RS와 RS 간에 설립된 멀티 홉 릴레이 링크에서 RS가 MAC 관리 메시지 생성을 위해 정보를 교환하고 수집하는 것이 불가능하고, 802.16j/D1는 centralized MR 네트워크를 정의하여 일반적으로 멀티 홉 거리에 있는 MR-BS만 MS의 핸드오버를 처리하도록 정의하므로 RS가 액세스 링크로 연결된 MS를 위해 MAC 관리 메시지를 생성할 수 없기 때문이다. 그러므로 현재 표준에서 정의하고 있는 centralized MR 네트워크에서의 시그널링 오버헤드와 핸드오버 수행 지연 문제를 개선하기 위해서는 de-centralized 접근을 통한 핸드오버 절차가 정의되어야 한다. 이를 위해 de-centralized MR 네트워크에서 새로운 관리 절차가 정의되어야 하는 핸드오버 시나리오들을 체계적으로 분류하고, MS가 IEEE 802.16j MR 네트워크에서도 핸드오버를 수행할 수 있도록 하기 위한 릴레이 링크에서의 MAC 관리 메시지를 정의함으로써 무선 링크상에 전송되는 시그널과 핸드오버 수행시간에 있어 최적화된 MAC 계층 핸드오버 절차를 제안하려 한다. 제안하는 MAC 관리 메시지는 IEEE 802.16e-2005[2]에 정의된 MAC 핸드오버 절차를 기반으로 하는 것을 전제한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 MR 네트워크에서 발생 가능한 핸드오버 시나리오를 분석하고 MS 핸드오버 시 de-centralized MR 네트워크에서 MAC 관리 메시지가 교환되는 경로에 대해서 제안한다. 3장에서는 de-centralized MR 네트워크에서 MS의 핸드오버 절차에 새로운 정의 되어야 하는 릴레이 링크를 위한 MAC 관리 메시지를 정의한다. 4장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 제안하는 de-centralized MR네트워크와 centralized MR 네트워크에서의 MS 핸드오버 성능을 비교·분석하며 5장에서 결론을 맺는다.

2. MR 네트워크에서의 핸드오버 시나리오 및 MAC 관리 메시지 전달 경로

이 장에서는 본 논문에서 가정하는 MR 네트워크 환경을 설명하고 사용 용어를 기술하며, 발생 가능한 핸드오버 시나리오를 분류하고, 각 시나리오 별로 핸드오버 절차에 사용되는 MAC 관리 메시지들이 MR 네트워크 구성 요소 간 어떤 경로를 통해 전달되어야 할지를 정의한다.

2.1 네트워크 환경 및 용어 정의

본 논문에서는 프리앰블(preamble), FCH(Frame Control Header), DCD(Downlink Channel Descriptor), UCD(Uplink Channel Descriptor), DL-MAP, UL-MAP과 같이 일반적으로 BS가 방송하는 컨트롤 메시지를 각 RS도 전송한다고 가정하며, 고정형 혹은 유목형의 고성능 RS를 사용하는 de-centralized MR 네트워크 환경을 가정한다. 또한 MR 네트워크에서는 802.16(e)에서 정의된 MS/SS를 그대로 사용한다는 802.16j 워킹그룹의 결정[8]에 따라 MS가 인지하는 MAC 핸드오버 절차나 시그널링에는 수정이 요구되지 않는 핸드오버 절차를 제안한다. IEEE 802.16e-2005 표준에는 세 가지 방법의 핸드오버를 정의하는데 HHO(Hard Handover), MDHO(Macro Diversity Handover)와 FBSS(Fast BS Switching)가 그것이다. 본 논문에서는 IEEE 802.16e 표준에서 기본적으로 지원하는 HHO 절차만을 정의하기로 하며 소프트 핸드오버를 지원하기 위한 선택적 방법인 MDHO와 FBSS에 대한 내용에 대해서는 다루지 않는다.

표 2는 본 논문에서 사용하는 용어의 정의를 정리한 것이다[6]. MS와 액세스 링크를 통해 연결된 액세스 스테이션은 MS의 MAC 주소와 CID(Connection Identifier), SFID(Service Flow Identifier) 등의 정보를 유지하는데 이들 정보 중 CID는 MR-BS가 할당·관리하

표 2 용어정의

용어	기능
액세스 스테이션 (access station)	MS가 네트워크에 연결될 수 있도록 접근점을 제공하는 스테이션으로 BS, RS와 MR-BS가 가능하다.
서빙 스테이션 (serving station)	MS가 핸드오버나 초기화 시에 등록을 완료한 스테이션으로 BS나 MR-BS가 가능하다.
타겟 액세스 스테이션 (target access station)	MS가 핸드오버 후에 네트워크에 액세스 하려고 하는 스테이션으로 RS, BS와 MR-BS가 가능하다.
타겟 서빙 스테이션 (target serving station)	MS가 핸드오버 후에 등록을 하려고 하는 스테이션으로 BS 혹은 MR-BS가 가능하다.
IS (infrastructure station)	MS가 아닌 모든 스테이션을 의미하여 BS, MR-BS와 RS가 가능하다.
인접 스테이션 (neighbor station)	인접의 MS에 대해 액세스 스테이션을 제외한 스테이션의 하향 링크 전송이 액세스 링크를 통해 전달된다면 이를 인접 스테이션이라고 한다.
액세스 링크 (access link)	MS에서 시작하거나 종료되는 802.16의 상·하향 무선 링크를 뜻한다.
릴레이 링크 (relay link)	MR-BS와 RS 사이 혹은 RS 간에 존재하는 802.16j의 상·하향 무선 링크를 뜻한다.

므로 MR 셀 안에서는 유일한 값이며, intra MR-BS 핸드오버에 의해서는 변하지 않는 특징을 갖는다. 그리고 본 논문에서는 MS의 타깃 액세스 스테이션 (RS/MR-BS)과 현재 액세스 스테이션 사이에 릴레이 링크가 설립될 수 있는 환경을 가정한다.

2.2 MR 네트워크에서의 핸드오버 시나리오

본 논문에서는 MR 네트워크에서의 MS 핸드오버 절차를 정의하기 위해 먼저 RS가 도입된 MR 네트워크에서 발생할 수 있는 핸드오버 시나리오를 그림 1과 같이 7가지로 분류하였다. 이들 핸드오버 종류는 크게 intra MR-BS 핸드오버와 inter MR-BS 핸드오버로 분류할 수 있다. Intra MR-BS 핸드오버에는 같은 MR-BS가 제어하는 RS 사이 혹은 MR-BS와 하위 RS 간의 핸드오버가 해당하며(그림 1의 Case 1-3), inter MR-BS 핸드오버에는 서로 다른 MR-BS가 관리하는 RS 사이 혹은 MR-BS와 다른 MR-BS의 RS 사이 핸드오버가 있을 수 있다(그림 1의 Case 4-7). 핸드오버 시나리오 가운데 그림 1의 4번 케이스와 같이 MS의 현재 액세스 스테이션과 타깃 액세스 스테이션이 다른 MR-BS인 경우에는 IEEE 802.16e-2005에 정의된 핸드오버 절차를 그대로 사용할 수 있으나 나머지 6가지 케이스에는 새롭게 등장한 MR-BS와 RS사이 릴레이 링크를 고려해야 한다는 점에서 MR 네트워크에 적용하기 위한 새로운 핸드오버 절차가 정의되어야 한다.

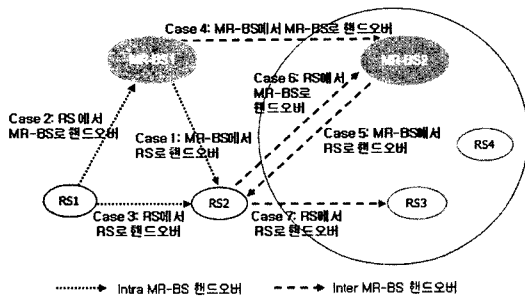


그림 1 MR 네트워크에서 핸드오버 시나리오

2.3 MAC 관리 메시지 전달 경로

IEEE 802.16e의 MAC 계층 핸드오버 절차를 살펴보면 서빙 BS와 타깃 BS 간에 핸드오버에 필요한 정보를 수집하기 위해 MAC 관리 메시지 교환이 이루어져야 한다. 예를 들어 네트워크 토폴로지 획득 단계에서는 인접 BS의 액세스 채널 정보를 획득하기 위해 BS 간 정보 교환이 이루어져야 하고, 핸드오버 결정 단계에서는 서빙 BS가 MS에게 가용 BS들에 대해 물리 계층 특유의 Preamble, 해당 BS로부터 기대할 수 있는 서비스 수준 등의 정보를 파악하여 알려주기 위해서 혹은

타깃 BS에게 핸드오버 할 MS의 정보를 알려주기 위해 BS 간 정보 교환이 이루어져야 한다. MS가 타깃 BS로 핸드오버를 완료하게 되면 이를 이전 서빙 BS에게 통보하기 위해 새로운 서빙 BS와 이전 서빙 BS 간 정보 교환이 이루어진다. IEEE 802.16e 네트워크에서는 현재 액세스 스테이션과 타깃 액세스 스테이션이 유선 백본으로 연결된 BS이기 때문에 이와 같은 액세스 스테이션 간 정보교환은 MAC 메시지로 정의되지 않았다. 그러나 MR 네트워크에서는 액세스 스테이션들이 반드시 유선 백본 망 링크로 연결된 것이 아니고 하나 혹은 둘 이상의 릴레이 링크로 연결되어 있을 수 있기 때문에 이와 같이 핸드오버에서 요구되는 액세스 스테이션 간의 정보 교환이 릴레이 경로를 통해 이루어지는 경우를 위한 MAC 관리 메시지에 관한 정의와 이들 MAC 관리 메시지를 어떤 경로를 통해 전달할 것인지에 대한 정의가 필요하다. 이에 이 절에서는 de-centralized MR 네트워크에서 액세스 스테이션 간에 핸드오버에 필요한 MAC 관리 메시지를 교환하는 경로를 제안하고, 다음장에서 각 핸드오버 단계 별로 릴레이 링크를 통해 액세스 스테이션 간 교환 되어야 할 MAC 관리 메시지를 구체적으로 정의하기로 한다.

핸드오버를 위한 정보 교환이 필요한 액세스 스테이션들 간에는 직접적으로 이들을 연결하는 1-홉의 릴레이 링크가 있는 경우도 있으나 그렇지 못한 경우도 있다. 본 논문에서는 전자의 경우에는 두 액세스 스테이션이 1-홉 릴레이 링크를 통해 통신하고 후자의 경우에는 언제나 MR-BS를 통해 통신하는 것을 전제로 하기로 한다. 그리고 MR-BS는 MR 네트워크 내에 있는 모든 MS의 정보를 관리하므로 inter MR-BS 핸드오버 시 새로운 서빙 MR-BS에 MS의 등록을 수행해야 하고 이전 MR-BS는 해당 MS의 정보를 폐기해야 한다. 따라서 inter MR-BS 핸드오버 처리를 위해서는 현재 액세스 스테이션과 타깃 액세스 스테이션 외에도 현재 서빙 MR-BS와 타깃 서빙 MR-BS의 통신이 이루어져야

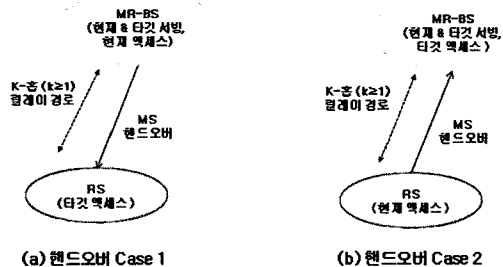


그림 2 핸드오버 Case 1, 2에 대한 MAC 관리 메시지 교환

한다. 이와 같은 전제하에서 그림 1의 각 핸드오버 시나리오 별로 현재와 타깃 액세스 스테이션 간 어떤 경로를 통해 MAC 메시지 교환이 이루어지는지 살펴보면 다음과 같다.

먼저 핸드오버 Case 1이나 2와 같이 동일 MR 네트워크의 MR-BS와 RS사이의 이동일 경우에는 일반적으로 두 스테이션이 하나 이상의 릴레이 링크를 통해 연결되어 있으므로 현재 액세스 스테이션과 타깃 액세스 스테이션이 모든 MAC 관리 메시지를 이들 간의 멀티 홉 릴레이 경로를 통해 교환한다.

그리고 핸드오버 Case 3과 같이 동일 MR 네트워크에 속하는 RS 간 이동일 경우는 두 RS 간 1-홉 릴레이 링크의 존재 유무에 따라 메시지 전달 경로가 달라져야 한다. 두 RS 사이에 1-홉 릴레이 링크가 존재하는 경우는 두 액세스 스테이션 간 교환되어야 하는 MAC 관리 메시지는 그림 3과 같이 1-홉 릴레이 링크를 통해 전달된다. 즉, 스캐닝에 필요한 레인징 영역 조정에 사용할 메시지와 핸드오버 시작을 알려주는 메시지, 현재 액세스 스테이션이 타깃 액세스 스테이션에게 MS의 정보를 제공하기 위해 사용할 메시지는 모두 두 RS 사이의 1-홉 릴레이 링크를 통해서 전달한다. 그리고 핸드오버 완료를 나타내는 메시지는 현재 액세스 스테이션 뿐 아니라 멀티 홉 경로인 Path 1을 통해서 서빙 MR-BS에게까지 전송되어야 한다. 그림 4는 핸드오버 Case 3에서 두 RS 사이 1-홉 릴레이 링크가 존재하지 않는 경우에 해당하며 이때 모든 MAC 관리 메시지는 서빙 MR-BS를 경유하여 메시지가 전송되며 릴레이 경로인 Path 1과 2가 메시지 전달에 사용된다.

그림 5는 inter MR-BS 핸드오버에 해당하는 핸드오버 Case 5와 Case 6의 경우 MAC 관리 메시지 전달 경로를 나타낸 것이다. 현재 액세스 스테이션이 MR-BS이고 타깃 액세스 스테이션이 다른 MR 네트워크에 속한 RS인 Case 5의 경우 두 스테이션은 타깃 서빙 MR-BS를 경유하여 모든 MAC 관리 메시지를 전송하도록 한다. 핸드오버 Case 6과 같이 현재 액세스 스테이션이 RS이고 타깃 액세스 스테이션이 다른 MR 네트워크의 MR BS라면 항상 현재 서빙 MR-BS를 경유하

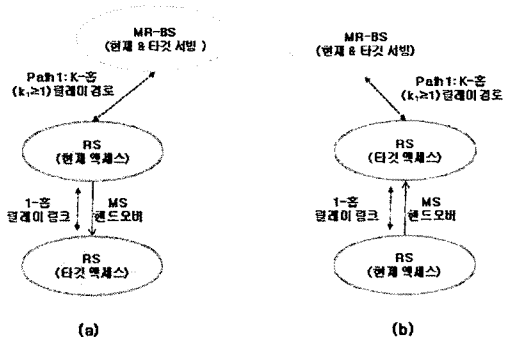


그림 3 두 RS 간 1-홉 릴레이 링크가 존재하는 경우의 핸드오버 Case 3에서 MAC 관리 메시지 전달 경로

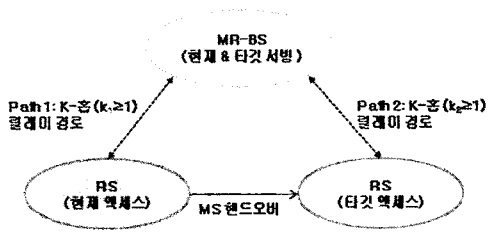


그림 4 두 RS 간 1-홉 릴레이 링크가 존재하지 않는 경우 핸드오버 Case 3에서 MAC 관리 메시지 전달 경로

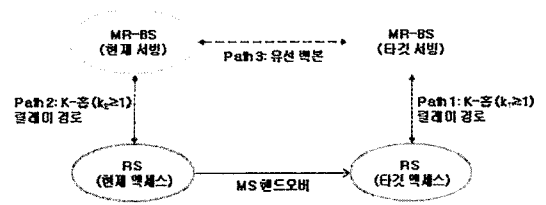


그림 6 핸드오버 Case 7에 대한 MAC 관리 메시지 교환

여 타깃 액세스 스테이션으로 MAC 관리 메시지가 전달되도록 한다.

마지막으로 MS가 서로 다른 MR-BS에 의해 관리되는 RS 사이에서 핸드오버 하는 핸드오버 Case 7의 경우에는 그림 6과 같이 모든 MAC 관리 메시지가 현재

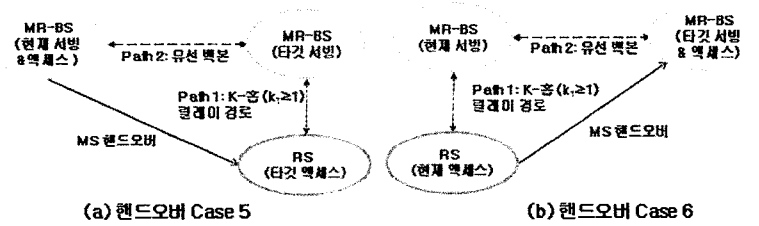


그림 5 핸드오버 Case 5, 6에 대한 MAC 관리 메시지 교환

서빙 MR-BS와 타깃 서빙 MR-BS를 경유하여 전달되도록 한다. 결과적으로 타깃 액세스 RS와 타깃 서빙 MR-BS 사이 릴레이 경로인 Path 1과 현재와 타깃 서빙 MR-BS 사이 유선 백본 경로인 Path 3, 현재 서빙 MR-BS와 현재 액세스 RS사이 멀티 홉 릴레이 경로인 Path 2가 메시지 전송에 사용된다.

3. MS 핸드오버 절차 및 릴레이 링크를 위한 MAC 관리 메시지

본 장에서는 802.16e에서 정의하는 핸드오버 절차의 각 단계별로 릴레이 링크를 통해 액세스 스테이션 간 교환되어야 할 핸드오버 관련 MAC 관리 메시지와 함께 이들 MAC 관리 메시지에 포함되어야 할 정보를 수집하는 방안 등을 제시한다.

3.1 네트워크 토폴로지 정보 획득

802.16e 시스템에서 MS는 핸드오버 타깃을 결정하기 위해 먼저 인접 BS의 액세스 채널 정보를 파악하는 네트워크 토폴로지 정보 획득 단계를 거치게 된다. 이를 위해 MS는 (1)BS가 주기적으로 방송하는 인접 BS의 액세스 채널 정보를 활용하거나, (2)서빙 BS에게 인접 BS의 스캐닝 구간 할당을 요청하여 직접 원하는 스테이션의 액세스 채널 정보를 파악한다. (1)의 방법으로 MS가 네트워크 토폴로지 정보를 획득할 수 있도록 하게 하기 위해서는 각 BS가 인접 BS들의 액세스 채널 정보를 가지고 있어야 한다. 802.16e에서는 이를 위해 각 BS가 백본을 통해 인접 BS들과 이에 관한 정보를 교환한다고 가정하고 있다. MR 네트워크에서 (1)의 방법을 적용하기 위해서는 액세스 스테이션들이 인접한 스테이션의 액세스 채널 정보를 파악할 수 있어야 하는

데 MR 네트워크에서는 IS들이 백본뿐 아니라 릴레이 링크를 통해서도 연결되어 있으므로 릴레이 링크를 통해서도 이 정보를 서로 교환할 수 있어야 한다.

IEEE 802.16j/D1[5]에서는 이와 같은 목적을 위해 각 RS가 인접 스테이션의 신호 세기(Received Signal Strength Indicator) 및 신호 대 간섭비(Carrier to Interference and Noise Ratio)를 측정하여 MR-BS에게 이를 보고하도록 하고, MR-BS가 각 RS의 위치 및 간섭에 따라 각 RS들에게 인접 스테이션의 정보를 담은 메시지를 릴레이 링크를 통해 개별 전송하도록 하였다. 논문에서는 de-centralized MR 네트워크 가정하에 각 RS 혹은 MR-BS가 릴레이 링크를 통해 인접 스테이션의 액세스 링크 정보를 수집하거나, 관심 있는 인접 스테이션의 액세스 링크 정보를 명시적으로 요청하여 정보를 획득하도록 한다. 전자를 위해 각 스테이션(RS/MR-BS)이 자신의 액세스 링크 채널 정보를 1-홉 릴레이 링크로 연결된 상향 혹은 하향 스트림 RS에게 전송하는 *NBR_ADV-INFO* 메시지(그림 7)를 제안하고, 후자를 위해 RS가 관심 있는 IS의 액세스 링크 정보를 MR-BS에게 직접 요청하는 *NBR_ADVINFO-REQ* (그림 8)를 제안하였다.

릴레이 링크를 통해 전송되는 *NBR_ADV-INFO* 메시지는 IS의 UCD, DCD 매개변수뿐 아니라 DCD 및 UCD의 구성 변경을 표시하는 카운터와 채널 대역폭 등에 이르는 매우 다양한 정보를 포함할 수 있다. 이에 표 3과 같이 TLV(Type, Length and Value) 인코딩을 정의하여 *NBR_ADV-INFO* 메시지가 다양한 IS의 액세스 링크 정보를 제공할 수 있도록 하였다. 그리고 Action Type 필드를 정의하여 제공된 액세스 스테이션 정보를

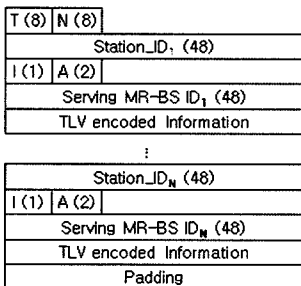


그림 7 NBR_ADV-INFO 메시지 포맷

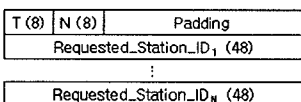


그림 8 NBR_ADVINFO-REQ 메시지 포맷

표 3 NBR_ADV-INFO 메시지 인코딩

이름	종류 (1byte)	길이 (bits)
PHY Profile ID	1	8
FA Index	2	8
BS EIRP	3	8
Preamble Index/ Subchannel Index	4	8
Scheduling Service Supported	5	8
HO Process Optimization	6	8
DCD Configuration Change Count	7	4
UCD Configuration Change Count	8	4
DCD_settings	9	variable
UCD_settings	10	variable
Neighbor BS trigger	11	variable
PHY Mode ID	12	8

T: Type
 N: N_Requested_Stations
 I: Serving_MR-BS_Indicator
 A: Action_Type
 *0: 추가 (MOB_NBR-ADV 메시지의 리스트에 해당 스테이션 추가)
 *1: 제거 (MOB_NBR-ADV 메시지의 리스트에서 제거)
 *2: 갱신 (해당 스테이션에 대한 정보 갱신)
 *3: 정보 (해당 스테이션에 대한 정보 전달)

추가하거나 기존 정보를 갱신 또는 삭제할 수 있도록 하였으며 서로 다른 MR-BS가 관리하는 인접 RS의 정보를 포함할 수도 있으므로 서빙 MR-BS를 명시할 수 있는 필드를 삽입하였다.

액세스 스테이션인 RS가 관심 있는 IS의 액세스 링크 채널 정보를 서빙 MR-BS에게 요청하는 경우 사용하는 NBR_ADVINFO-REQ 메시지는 1-홉 이상의 릴레이 링크를 거쳐 RS로부터 MR-BS로 전달된다. 이때 NBR_ADVINFO-REQ를 MR-BS로 전달하는 상향 스트림 RS는 메시지에 요청된 IS 리스트 중 자신이 액세스 링크의 정보를 가지고 있는 스테이션이 있다면 해당 정보를 NBR_ADV-INFO 메시지에 실어 하향 스트림 RS에게 전달하고 나머지 IS만을 실은 NBR-ADVINFO-REQ를 다시 작성해 MR-BS를 향해 상향 스트림 RS로 계속 전달하도록 하였다. 결과적으로 중간 RS들로부터 요청된 모든 IS의 정보를 제공할 수 있는 경우는 NBR_ADVINFO-REQ 메시지가 더 이상 MR-BS로 전송되지 않아도 되며 응답시간 및 제어 메시지 오버헤드를 줄일 수 있다.

IEEE 802.16e 시스템에서 MS가 (2)의 방법으로 네트워크 토폴로지 정보를 파악하는 경우, MS는 서빙 BS에게 인접 BS의 스캐닝 구간 할당을 요청하고 이를 통해 얻은 레인징 영역에서 원하는 인접 BS의 타이밍 오프셋과 전력 조절 값을 직접 파악한다. MS가 인접 BS와의 스캐닝 구간을 요청할 때 각 후보 BS에 대해 세가지의 결합 단계(Association Level) 중 하나를 지정

하여 스캐닝 모드를 결정할 수 있다. 결합 단계 0을 지정하면 MS는 후보 BS와 경쟁방식 레인징을 수행해야 한다. 반면 결합 단계 1혹은 2를 지정하면 MS는 후보 BS로부터 전용의 레인징 영역을 할당 받아 경쟁 없이 후보 BS와의 레인징을 수행할 수도 있다. MS가 결합 단계 1 혹은 2를 지정했을 때 MS가 후보 BS에 대한 전용 레인징 영역을 할당 받도록 하기 위해서는 서빙 BS가 각 후보 BS들의 레인징 영역 정보를 수집해 이들이 중첩되지 않도록 조정한 뒤 MS에게 알려주어야 한다. 즉, 서빙 BS가 백본을 통해 후보 BS에게 레인징 영역 정보를 요청하고 이를 받을 수 있어야 한다. MR 네트워크에서는 액세스 스테이션과 후보 스테이션이 릴레이 링크로 연결되어 있을 수 있으므로 이와 같은 경우 릴레이 링크를 통해 결합 정보를 요청하고, 그 답을 받을 수 있는 MAC 관리 메시지가 정의되어야 한다. 이에 액세스 스테이션이 릴레이 링크를 통해 특정 후보 액세스 스테이션에게 MS 전용 레인징 영역을 요청하는 ST_SCN-REQ 메시지(그림 10)와 해당 스테이션이 할당된 레인징 영역 정보를 제공하는 ST_SCN-RSP 메시지(그림 11)를 정의하였다.

IEEE 802.16j/D1[5]에는 MR-BS가 릴레이 링크를 통해 RS에게 결합 매개변수를 요청하는 MR_ASC-REQ 메시지와 해당 RS가 MR-BS에게 이를 제공하는 MR_ASC-RSP 메시지가 있다. 본 논문에서 정의한 ST_SCN-REQ와 ST_SCN-RSP 메시지는 802.16j의 MR_ASC-REQ, MR_ASC-RSP 메시지와 유사한 역할

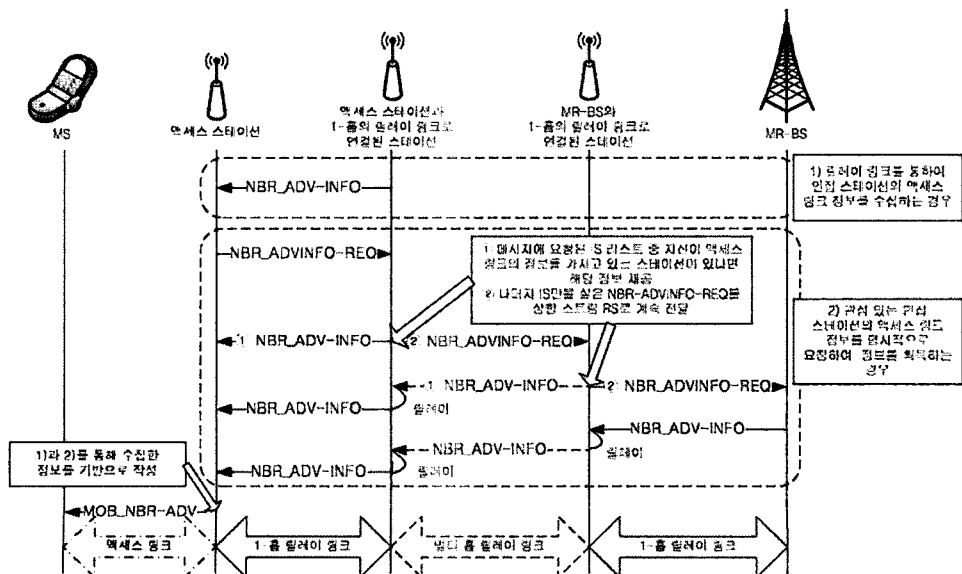


그림 9 액세스 스테이션이 RS일 때의 인접 스테이션 방송

T (8)	N (8)	Padding
Current Station ID (48)		
Requested MS ID (48)		
R (3)	Recommended Station ID ₁ (48)	
R (3)	:	
R (3)	Recommended Station ID _N (48)	

그림 10 ST_SCN-REQ 메시지 포맷

T (8)	R (3)	V (8)	C (8)	O (8)	P
Recommended Station ID (48)					
Current Station ID (48)					
Associated MS ID (48)					

그림 11 ST_SCN-RSP 메시지 포맷

T: Type
 N: N_Recommended_Station
 R: Scanning Type
 V: Rendezvous Time
 C: CDMA Code
 O: Transmission Opportunity Offset
 P: Padding

을 수행하므로 이들 메시지를 기반으로 한다. 그러나 MR_ASC-REQ 메시지는 centralized MR 네트워크에서 MR-BS가 RS에게만 전송하는 메시지로 MS가 같은 MR 셀 내의 RS와 결합을 요청하거나 혹은 다른 MR 네트워크에서 서빙 MR-BS에게 하위 RS와 결합을 요청할 경우에 전송되고 응답인 MR_ASC-RSP 메시지는 RS에서 MR-BS로만 전송 된다. 반면 de-centralized MR네트워크에서는 RS는 스스로 MAC 관리 메시지를 생성할 수 있으므로 본 논문에서는 MS가 요청한 결합 단계가 1 이상이라면 후보 액세스 스테이션의 ID를 포함하는 ST_SCN-REQ 메시지를 RS 혹은 MR-BS가 생성할 수 있도록 하였다.

Centralized MR 네트워크에서는 MR-BS가 각 후보 액세스 스테이션에게 결합을 위한 레인징 영역을 요청하고 이 결과를 조합하지만 de-centralized MR 네트워크에서는 현재 액세스 스테이션이 결합을 위한 레인징 영역을 요청하고 그 결과를 수집한다. 이에 ST_SCN-REQ와 ST_SCN-RSP 메시지에는 액세스 스테이션으로서 MS의 스캐닝 요청을 처리하는 스테이션의 ID를 포함하여 후보 액세스 스테이션이 할당할 레인징 영역 정보가 액세스 스테이션으로 전달될 수 있도록 하였다. 그리고 현재 액세스 스테이션과 후보 액세스 스테이션이 멀티홉 릴레이 링크를 통해 연결된 경우 ST_SCN-REQ 메시지는 2.3절에서 설명한 경로를 통해 전달되는데 두 액세스 스테이션 사이에서 전송되는 제어 메시지의 오버헤드를 줄이기 위해 ST_SCN-REQ 메시지는 레인징

영역 제공이 요청되는 후보 액세스 스테이션의 리스트를 포함하여 전송되도록 한다. 그리고 전송 경로 상의 스테이션은 자신이 후보 액세스 스테이션 중 하나라면 레인징 영역을 할당하여 응답하고 나머지 후보 액세스 스테이션에 대한 레인징 영역 요청만을 다음 스테이션으로 전송하도록 하였다.

3.2 핸드오버 결정 및 개시

IEEE 802.16e에서 핸드오버를 위하여 서빙 BS는 MS에게 백본을 통해 수집한 이용 가능한 타깃 BS의 정보를 제공해야 한다. 이 정보를 통해 MS는 타깃 BS를 선택하여 핸드오버를 개시하게 된다. MR 네트워크에서도 핸드오버 결정 및 개시를 위해 타깃 스테이션의 정보를 MS에게 알려줄 수 있어야 하므로 이를 위해 현재 액세스 스테이션이 타깃 액세스 스테이션으로부터 핸드오버 관련 정보를 수집할 수 있는 방안이 있어야 한다. MR 네트워크에서는 현재와 타깃 액세스 스테이션이 일반적으로 1-홉 이상의 릴레이 링크를 통해 연결되어 있으므로 릴레이 링크를 통해 이와 같은 정보를 요청하고 제공할 수 있는 MAC 관리 메시지를 정의하였다. 그림 12는 현재 액세스 스테이션이 타깃 액세스 스테이션의 핸드오버 관련 정보를 요청하는데 사용하는 HO_INFO-REQ 메시지이다. HO_INFO-REQ 메시지에서 현재 액세스 스테이션은 IEEE 802.16e에 정의된 서비스 플로우 관리 인코딩을 사용하여 MS 서비스 플로우의 상향링크와 하향링크에 대한 스케줄링과 연관된 매개변수를 제공하고, MS가 핸드오버 할 수 있는 타깃 액세스 스테이션의 정보를 요청한다. 그림 13은 해당 타깃 스테이션이 현재 액세스 스테이션에게 이에 관한 정보를 제공하는 HO_INFO-RSP 메시지이다. HO_INFO-RSP는 타깃 액세스 스테이션의 액세스 채널 정보, MS에게 제공할 QoS 예측 값인 SLP(Service Level Prediction), 타깃 액세스 스테이션이 MS에게 할당하여 MS와 초기 레인징 시 MS를 식별하는데 사용할 HO_ID 값, MS가 네트워크 진입 시 생략 가능한 프로세스를 표시하는 HO Process Optimization 비트맵 등의 타

T (8)	R (8)	Padding
Current Access Station ID (48)		
MS ID (48)		
Recommended Target Station ID ₁ (48)		
S (1)	N (8)	
N개의 Service Flow management Encodings (IEEE 802.16e의 11.13절)		
:		
Recommended Target Station ID _N (48)		
S (1)	N (8)	
N개의 Service Flow management Encodings (IEEE 802.16e의 11.13절)		

T: Type
 R: N_Recommended
 S: SF_indicator
 N: N_SF

그림 12 HO_INFO-REQ 메시지 포맷

T (8)	Padding
Recommended Target Station ID (48)	
Current Access Station ID (48)	
MS ID (48)	
TLV encoded information	

그림 13 HO_INFO-RSP 메시지 포맷

표 4 HO_INFO-RSP 메시지 인코딩

이름	종류 (Ibyte)	길이 (bits)
Service Level Prediction	1	8
Preamble Index/ Subchannel Index	2	8
HO Process Optimization	3	8
HO_authorization_policy_indicator	4	1
HO_authorization_policy_support	5	8
HO_ID	6	8
Network Assisted HO supported	7	1

깃 액세스 스테이션에 관한 다양한 정보를 표현해야 한다. 특히 현재 액세스 스테이션이 RS인 경우 SLP는 타깃 서빙 MR-BS와 타깃 액세스 스테이션인 RS 사이의 멀티 홉 경로에서 측정해야 하기 때문에 MR-BS와 타깃 액세스 스테이션 사이 일시적인 릴레이 경로를 설립하여 SLP를 측정할 수도 있다. 이들 정보는 표 4와 같이 TLV 인코딩을 HO_INFO-RSP 메시지에 정의하여 전달 되도록 한다.

제안한 메시지들의 전달 경로는 기본적으로는 2장에서 제안한 방법을 따르면 되지만 일반적으로 MR-BS가 하위 RS의 상태 정보를 파악하고 있기 때문에 MR-BS가 타깃 액세스 스테이션으로서의 RS 정보를 대신 제공하도록 함으로써 HO_INFO-REQ에 대한 HO_INFO-RSP를 좀 더 신속하게 제공할 수도 있다. 즉, 그림 14와 같이 현재 액세스 스테이션이 RS일 때 RS2가 경로 ③을 사용하여 MR-BS2에게 타깃 액세스

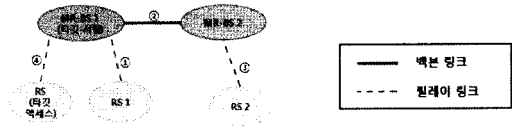
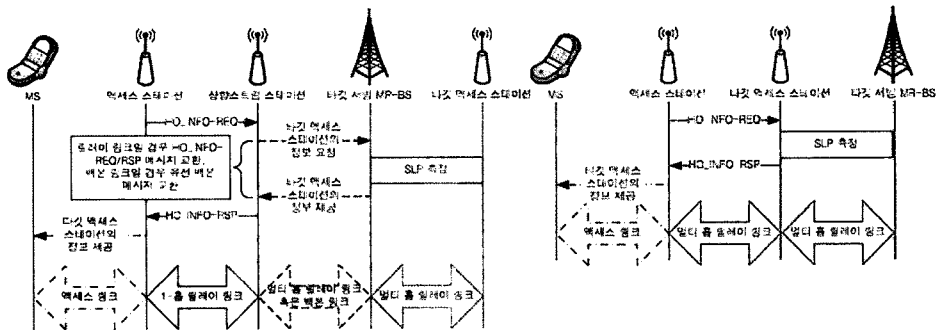


그림 14 MR-BS가 하위 RS에 대한 정보요청을 제공하는 경우

스테이션에 대한 정보를 요청하거나 MR-BS2가 자신의 필요에 의해 타깃 서빙 MR-BS인 MR-BS1을 경유하여 타깃 액세스 RS에게 정보를 요청할 경우 혹은 타깃 액세스 스테이션으로서의 1-홉 릴레이 링크가 없는 RS1이 타깃 액세스 스테이션 정보를 획득하기 위해 타깃 서빙 MR-BS1을 경유하여야 할 경우 타깃 서빙 MR-BS1이 타깃 액세스 스테이션인 RS에 대한 정보요청을 대신 처리한다면 릴레이 링크 ④에서 MAC 관리 메시지 교환 없이 타깃 액세스 RS의 정보 획득이 가능하다.

3.3 핸드오버 수행

802.16e 네트워크에서 MS는 타깃 BS와 네트워크 진입 절차를 수행하기 위해 타깃 BS의 하향링크와 동기를 맞춰 상·하향링크의 매개변수를 획득하고 초기 레인징 절차를 완료한다. 레인징 단계에서 타깃 BS는 MS의 핸드오버 시도를 파악하고 백본을 통해 현재 서빙 BS로부터 MS의 정보를 얻어 오게 된다. MR 네트워크에서도 MS의 초기 레인징 절차를 완료하기 위해 타깃 액세스 스테이션이 릴레이 링크를 통해 현재 액세스 스테이션으로부터 MS의 정보를 획득할 수 있어야 한다. 이를 위해 타깃 액세스 스테이션이 사전에 액세스 스테이션이 제공한 MS의 정보를 수신하지 못한 경우 그림 16의 MS_INFO-REQ 메시지를 릴레이 링크에 전송하여 현재 액세스 스테이션에게 MS의 정보를 요청하고



(a) 타깃 액세스 스테이션이 현재 액세스 스테이션의 상황 혹은 하향 스트림 스테이션이 아닌 경우

(b) 타깃 액세스 스테이션이 현재 액세스 스테이션의 상황 혹은 하향 스트림 스테이션인 경우

그림 15 액세스 스테이션이 RS일 경우 이용 가능한 인접 스테이션의 정보를 수집·제공하는 방법

이에 대한 응답 메시지인 그림 17의 *MS_INFO-RSP* 메시지를 통해 해당 MS의 정보를 파악하도록 하였다. MS에 관한 정보란 MS의 Basic CID, Primary Management CID, Secondary Management CID, 서비스 플로우 재생성에 관련된 정보 등을 포함한다. *MS_INFO-REQ*와 *MS_INFO-RSP* 메시지에서는 information indication field의 각 비트를 세팅함으로써 전송 받길 원하는 정보를 표시하거나 제공하는 정보를 표시할 수 있도록 하였다. 특히 타깃 액세스 스테이션이 서빙 MR-BS인 intra MR-BS 핸드오버의 경우 이미 MS에 대한 정보를 유지하고 있으므로 현재 액세스 스테이션으로부터 MS의 정보를 얻어오기 위한 시그널링은 필요하지 않지만 홉 단위의 ARQ를 수행하고 ARQ 블록 시퀀스 번호나 MAC SDU(Service Data Unit) 시퀀스 번호가 연속 가능한 커넥션을 포함하고 있는 경우에는 ARQ 상태 정보가 타깃 액세스 MR-BS에 제공되도록 한다. 그리고 MS 정보를 획득한 타깃 액세스 스테이션이 RS인 경우 타깃 액세스 스테이션은 타깃 서빙 MR-BS와 타깃 액세스 스테이션 사이 멀티 홉 커넥션을 설립하도록 해야 한다.

타깃 액세스 스테이션은 SLP, Basic과 Primary CID, HO Process Optimization 매개변수 값을 다음과 같이 설정하여 MS와 초기 레인징 절차를 완료하게 된다. 타깃 액세스 스테이션이 RS인 경우에는 타깃 서빙 MR-BS와 타깃 액세스 RS간 설립된 멀티 홉 경로를 통해 SLP 값을 측정하도록 하고, MR-BS가 타깃 액세스 스테이션이라면 IEEE 802.16e-2005에서 정의된 방법을 따라 SLP 값을 설정한다. Intra MR-BS 핸드오버의 경우 MS는 동일한 Basic과 Primary CID값을 사용할 수 있으므로 타깃 액세스 스테이션은 *MS_INFO-RSP* 메

시지를 통해 획득한 MS의 Basic CID와 Primary CID 정보를 단순히 MS에게 전송(forward)하면 되지만 inter MR-BS 핸드오버의 경우에는 타깃 서빙 MR-BS가 MS의 Basic CID와 Primary CID를 새로 할당해야 한다. 이때 타깃 액세스 스테이션이 RS라면 새로 할당된 MS의 CID 값을 타깃 액세스 RS에게 전송하여 MS와 초기 레인징 절차를 수행할 수 있도록 하였다. 그리고 intra MR-BS 핸드오버를 처리할 때 MS가 지원할 수 있는 물리 계층 매개변수 등의 정보는 서빙 MR-BS가 제공하고 MS에게 할당된 IP주소는 변경되지 않으므로 HO Process Optimization 비트맵의 0-7, 9, 10번을 세팅하여 기본 제공 능력 협상, 단말 인증 및 키 교환, 네트워크 주소 획득 등의 네트워크 진입 프로세스를 단축할 수 있지만 inter MR-BS 핸드오버인 경우 HO Process Optimization 비트맵 세팅은 IEEE 802.16e의 MAC 계층 핸드오버에서 정의한 바를 따라 결정되도록 한다.

MS가 새로운 액세스 스테이션과 성공적으로 레인징을 수행하면 액세스 스테이션에 MS를 등록해 IP 제어 패킷이 필요한 MS에게 Secondary Management CID를 할당하는데 이 CID 역시 intra MR-BS 핸드오버 시에는 지속적으로 같은 값을 사용할 수 있으므로 타깃 액세스 스테이션이 MS에게 종전과 동일한 CID를 전송하면 되지만, inter MR-BS 핸드오버 시에는 MR-BS가 새로운 CID를 할당하고 타깃 액세스 스테이션이 RS인 경우 새로운 CID를 타깃 액세스 RS에게 전송하도록 하여 MS와 등록 절차를 수행하도록 한다.

3.4 핸드오버 종료

IEEE 802.16e에서 MS가 타깃 BS를 결정하여 핸드오버를 수행하게 되면 서빙 BS에게 해제 요청을 보낸다. MS의 해제 요청을 받은 서빙 BS는 MS의 MAC

T (8)	H (1)	HI (8)	I (4)	Padding
Target Access Station ID (48)				
Current Access Station ID (48)				
MS ID (48)				

그림 16 MS_INFO-REQ 메시지 포맷

T (8)	H (1)	HI (8)	I (4)	N (8)	P
Target Access Station ID (48)					
Current Access Station ID (48)					
MS ID (48)					
BCID (16)		PCID (16)		SCID (16)	
SFID ₁ (32)			CID ₁ (16)		
TLV encoded information ₁					
⋮					
SFID _N (32)			CID _N (16)		
TLV encoded information _N					

그림 17 MS_INFO-RSP 메시지 포맷

- T: Type
- H: HO_ID_Indicator
- HI: HO_ID
- I: Information field indicator
 - Bit #0: Basic CID
 - Bit #1: Primary Management CID
 - Bit #2: Secondary Management CID
 - Bit #3: CID_Update
 - Bit #4: Reserved
- BCID: Basic CID
- PCID: Primary Management CID
- SCID: Secondary Management CID
- N: N_CID
- P: Padding
- TLV encoded information: ARQ 매개변수

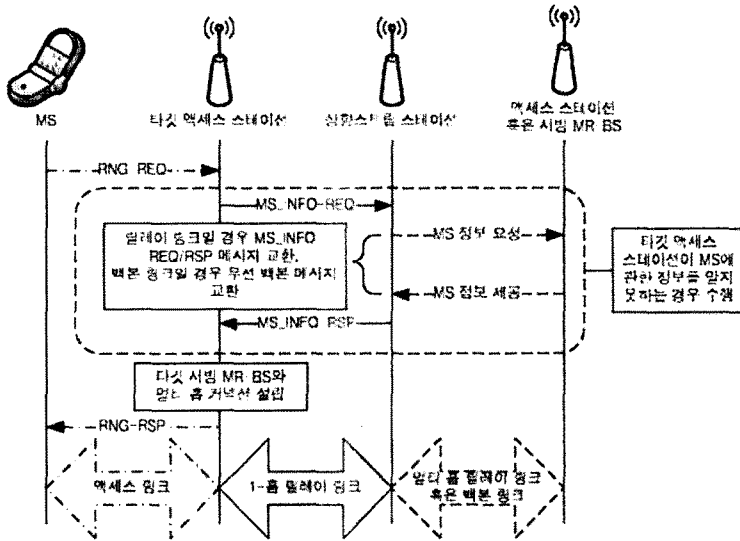


그림 18 타깃 액세스 스테이션이 RS인 경우의 초기 레인징 절차 수행

컨텍스트 및 PDU(Protocol Data Unit)를 유지하는 최대 시간을 설정하는 "Resource_Retain_Time" 타이머를 작동하고, 백본을 통해 타깃 BS에게 MS에 관한 정보를 전달한다. MR 네트워크에서도 MS가 액세스 스테이션에게 현재 액세스 스테이션 해제를 지시하면 액세스 스테이션은 MS가 현재 핸드오버 상태임을 인지하여 "Resource_Retain_Time" 타이머를 작동하고 MS가 지목한 타깃 액세스 스테이션에게 요청 받지 않은 MS-INFO-RSP 메시지를 전송하여 MS의 정보를 제공하도록 하였다. 요청 받지 않은 MS-INFO-RSP 메시지를 통해 타깃 액세스 스테이션이 해당 MS와 초기 레인징을 수행할 때 필요한 MS의 정보를 미리 파악하게 되면 초기 레인징 시 타깃 액세스 스테이션이 현재 액세스 스테이션에게 MS 정보를 요청하는 MS-INFO-REQ 메시지를 전송하지 않아도 되므로 레인징에 소요되는 시간을 단축할 수 있다. 현재 액세스 스테이션이 RS인 경우 액세스 스테이션은 MS가 현재 액세스 스테이션 해제를 통지했을 때 이를 서빙 MR-BS에게도 전달하여 서빙 MR-BS도 MS가 핸드오버 상태임을 인지하도록 하였다. MS가 핸드오버 상태임을 인지하게 되면 서빙 MR-BS도 "Resource_Retain_Time" 타이머를 작동하여 이 기간 동안만 MS에 관련된 정보를 유지하게 된다. 단, intra MR-BS 핸드오버인 경우에는 핸드오버 이후에도 MS의 MR-BS가 변경되지 않으므로 MR-BS는 현재 액세스 스테이션 해제를 지시하는 메시지를 받아도 이 타이머를 작동하지 않도록 하였다.

또한 802.16e 네트워크에서 서빙 BS가 백본을 통해 MS가 타깃 BS로 성공적인 핸드오버를 수행했음을 알

려주는 것과 같이 MR 네트워크에서도 릴레이 링크를 통해 새로운 액세스 스테이션이 이전 액세스 스테이션, 이전 서빙 MR-BS와 서빙 MR-BS에게 MS의 핸드오버 완료 여부를 알릴 수 있도록 하기 위해 새로운 MAC 관리 메시지인 HO_CPL (그림 19 참조)을 정의하였다. 새로운 액세스 스테이션과 이전 액세스 스테이션 사이에 1-홉 릴레이 링크가 존재하지 않는 모든 경우 2.3절에서 정의한 방법대로 새로운 액세스 스테이션이 이전 액세스 스테이션에게 이 메시지를 전송하여 전송경로 사이에서 이 메시지를 받는 서빙 MR-BS는 MS를 정상 작동 상태로 인지하게 되고 이전 액세스 스테이션은 핸드오버를 완료한 MS의 MAC 컨텍스트 및 MAC PDU를 폐기하도록 한다. 그리고 inter MR-BS 핸드오버인 경우 HO_CPL 메시지 전송 경로에 있는 이전 서빙 MR-BS 또한 MS의 MAC 컨텍스트 및 MAC PDU를 폐기해야 한다. 새로운 액세스 스테이션과 이전 액세스 스테이션 사이에 1-홉 릴레이 링크가 존재하는 intra MR-BS 핸드오버의 경우라면 HO_CPL 메시지를 각각 이전 액세스 스테이션과 서빙 MR-BS에게 전송하여 이전 액세스 스테이션은 MS의 MAC 컨텍스트 및 MAC PDU를 폐기하고 서빙 MR-BS는 MS를 정상 작동 상태로 인지하도록 하였다.

T (8)	F (1)	Padding
Old Access Station ID (48)		
New Access Station ID (48)		
MS ID (48)		

T: Type
 F: Forward_Indicator
 MR-BS가 이 메시지를 예전 액세스 RS에게 전달할 필요가 있는지 여부를 나타냄. 예전 액세스 RS와 새로운 액세스 RS 간 1-홉 릴레이 링크가 없을 때 이 비트가 세트됨

그림 19 HO_CPL 메시지 포맷

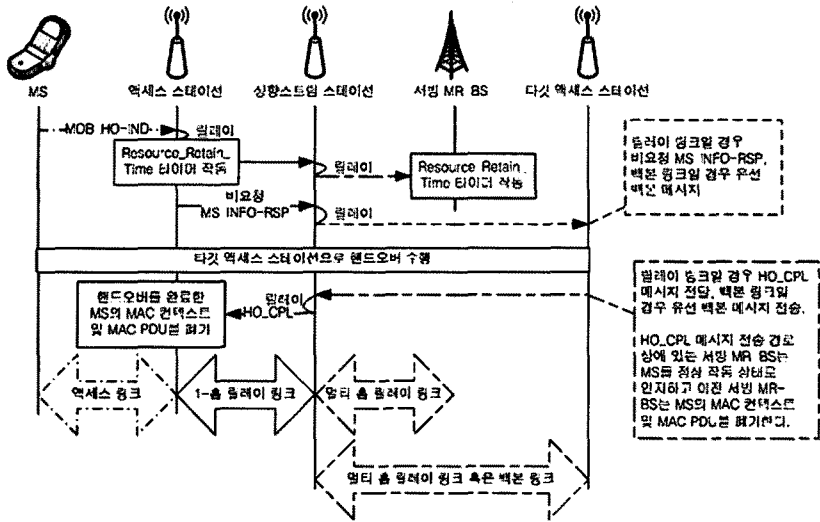


그림 20 두 RS 사이 핸드오버일 경우의 종료 방법

4. 성능평가

제안하는 de-centralized MR 네트워크에서의 MS의 핸드오버 성능과 802.16j/D1에서 정의한 centralized MR 네트워크에서의 MS 핸드오버 성능을 비교하기 위해 QaulNet 4.0 Developer를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 제안하는 방안의 구현을 위해서 IEEE 802.16e 시스템 모델인 Advanced Wireless Library에 RS를 추가하였다. 이 RS는 액세스 링크를 통해 연결된 MS의 핸드오버를 처리하기 위해 MR-BS 및 RS사이 설립된 릴레이 링크에서 제안한 방법을 통해 핸드오버 관련 정보를 교환하게 된다. 표 5는 시뮬레이션에서 사용된 매개변수를 나타내고 있으며 IEEE 802.16e, IEEE 802.16j/D1에서 정의하는 centralized MR 네트워크 그리고 제안한 핸드오버 프로토콜을 사용하는 de-centralized MR 네트워크를 대상으로 MS의 이동 속도와 MR-BS의 부하 그리고 MR 네트워크에 사용된 RS의 수를 3개와 6개로 변화시켜 보면서 실험하였다. 성능 측정치로는 평균 핸드오버 수행 시간, 핸드오버 실패율과 릴레이 링크에서의 핸드오버 오버헤드를 사용하였다.

그림 21은 각 MR 네트워크가 6개의 RS를 사용할 경

우 전체 네트워크의 구성을 나타낸 것으로 MR-BS와 하위 RS는 최대 2홉으로 연결된다. RS가 3개인 MR 네트워크는 6개의 RS로 구성된 MR 네트워크에서 3개의 RS를 선택하여 MR 네트워크를 구성하고 최대 홉수가 1이라고 가정하였다. 그리고 IEEE 802.16e는 RS가 없는 MR 네트워크를 가정하였으므로 결과적으로 본 실험에서 하나의 BS가 담당해야 하는 영역은 일반적인 IEEE 802.16e 네트워크에서 BS가 처리할 수 있는 범위보다 약 9.7% 증가하게 되었다. 그리고 세 가지 경우에

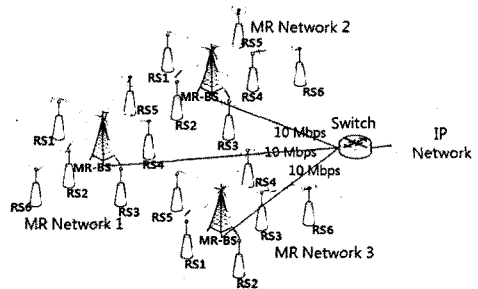


그림 21 6개의 RS를 갖는 MR 네트워크

표 5 시뮬레이션 매개변수

매개변수	값	매개변수	값
BS-RS 거리	0.7 x 셀 반지름	Multiplexing	TDD
최대 홉 수	2	PHY	OFDM
셀의 수	3	Pathloss	Two Ray
Frequency	2.5 GHz	Shadowing	Constant (Mean 4.0 dB)
채널 대역폭	20 MHz	Fast fading	NO
최대 전력 (BS/RS/MS)	43/33/20 dBm	Frame Duration	20 ms
안테나 높이 (BS/RS/MS)	50/30/1.5 m	Antenna gain	12/12/0 dBi

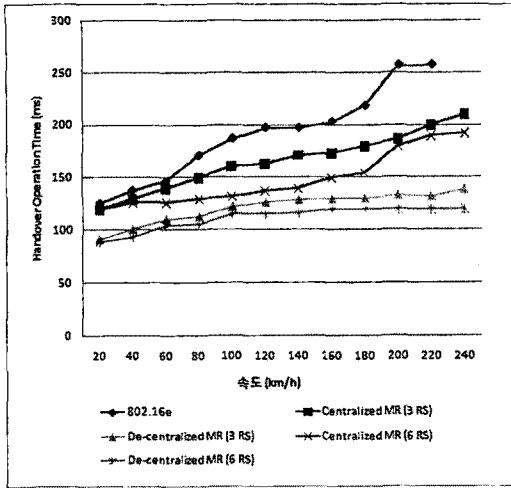


그림 22 802.16e 및 MR 네트워크에서 MS의 이동 속도에 따른 평균 핸드오버 수행 시간

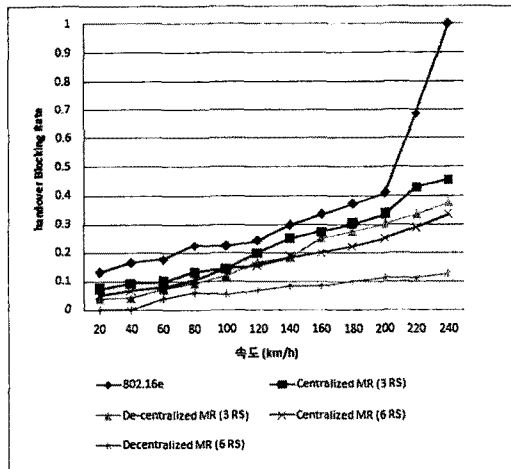


그림 23 802.16e 네트워크와 MR 네트워크에서 MS의 이동 속도에 따른 핸드오버 실패율

대해 공통적으로 각 MR-BS를 연결하는 백본망의 대역 폭은 10Mbps로 설정하였고 MS는 동일한 경로를 따라 이동하도록 하였다.

그림 22와 그림 23은 각각 IEEE 802.16e 네트워크와 centralized MR 네트워크, 그리고 de-centralized MR 네트워크에서의 MS 이동 속도에 따른 평균 핸드오버 수행시간, 핸드오버 실패율을 나타낸다. 현재 IEEE 802.16e 네트워크에서는 최고 120km/h의 속도로 이동하는 사용자의 이동을 지원[16]하고 있으며 802.16j MR을 포함하는 차세대 802.16 시스템에서는 저속(0-15km/h)으로 이동하는 사용자뿐 아니라 고속(15-120km/h), 초고속(120-350km/h)으로 이동하는 사용자의 핸드오버

까지 지원하는 것을 목표로 하고 있다[17]. 이에 본 실험에서는 MS가 802.16 워킹 그룹에서 제시한 저속과 고속 그리고 초고속으로 이동 할 때의 핸드오버 수행 시간을 측정하였다. 핸드오버 수행 시간은 MS가 새로운 액세스 스테이션과 네트워크 진입 과정을 수행하는 핸드오버 수행 단계에 소요되는 시간으로 정의하였고, 이 시간 동안 de-centralized MR 네트워크는 3.3절에서 제안한 절차를 따르게 된다. 결과를 통해 IEEE 802.16e 네트워크에서의 핸드오버 지연이 가장 길고 핸드오버 실패율이 가장 높은 것을 알 수 있는데 이는 RS가 없는 셀 경계 영역으로 MS가 이동할 경우 신호가 닿지 않거나 약하기 때문에 핸드오버 수행에 걸리는 시간이 길어지고 최악의 경우 핸드오버 실패로 이어질 수 있기 때문이다. 또한 같은 수의 RS를 사용하는 MR 네트워크에서의 핸드오버 수행시간과 실패율을 비교하면 de-centralized MR 네트워크가 centralized MR 네트워크에 비해 MS의 이동 속도의 증가에도 낮은 핸드오버 수행 시간과 실패율을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 centralized MR 네트워크에서는 액세스 스테이션이 아닌 MR-BS가 MS를 제어하기 때문에 액세스 스테이션이 RS인 경우, 핸드오버에 관련된 제어 메시지가 멀티 홉 릴레이 경로를 거쳐 MR-BS와 교환되어야 하므로 긴 응답지연으로 핸드오버 수행시간이 증가하고 최악의 경우 핸드오버 실패로 이어질 수 있기 때문이다. 특히 제안한 프로토콜을 사용하는 de-centralized MR 네트워크에서의 핸드오버 수행시간은 차세대 802.16 시스템이 요구하는 150ms 이내 핸드오버[17]를 만족하고 있으나 6개의 RS를 사용하는 centralized MR 네트워크는 속도가 160km/h, 3개의 RS를 사용하는 centralized MR 네트워크는 속도가 80km/h 이상으로 증가하는 경우에는 이를 만족하지 못함을 알 수 있다. 그리고 centralized MR 네트워크와 de-centralized MR 네트워크 모두 6개의 RS를 사용할 경우 3개의 RS를 도입한 경우에 비해 평균 핸드오버 지연과 실패율이 감소하는 경향을 나타낸다. 이것은 MR 네트워크가 증설된 RS를 통해 더욱 확장된 서비스 영역에서 안정적 세기로 MS와 메시지를 교환할 수 있기 때문이다. 이를 통해 릴레이 링크에서의 전달로 인한 지연이 네트워크의 원활한 서비스를 방해하지 않는 범위에서 RS의 증설은 네트워크 내의 약한 신호 영역을 보완하는데 도움이 될 뿐 아니라 안정적으로 메시지를 전송할 수 있는 구간을 늘림으로써 신속하고 정확하게 핸드오버를 수행하는데 도움이 됨을 알 수 있다.

그림 24는 MS의 이동 속도에 따라 핸드오버를 수행하기 위해 릴레이 링크에 전송되어야 하는 평균 MAC 관리 메시지 수를 홉 단위로 측정된 결과이다. 결과를

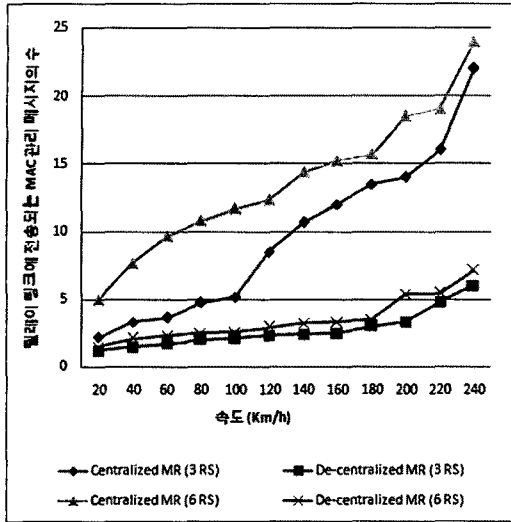


그림 24 릴레이 링크에서의 MAC 관리 메시지 오버헤드

통해 MR 네트워크가 사용하는 RS의 수가 증가하면 릴레이 링크를 통해 전송되어야 하는 MAC 관리 메시지의 수도 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 본 실험에서 3개의 RS를 사용하는 MR 네트워크의 경우 최대 홉 수는 1로, 6개의 RS를 사용할 경우 최대 홉 수는 2로 가정하였으므로 6개의 RS를 사용하는 MR 네트워크의 경우 네트워크의 최대 홉 수와 사용된 RS의 수가 증가하여 MAC 관리 메시지는 멀티 홉 릴레이 경로를 통해 전달될 가능성이 높아졌기 때문이다. 3개의 RS를 사용하는 MR 네트워크에 비해 6개의 RS를 사용하는 MR 네트워크는 낮은 핸드오버 실패율과 핸드오버 수행시간을 보였지만 릴레이 링크를 통해 전송되어야 하는 MAC 관리 메시지의 수는 증가하는 것으로 미루어 MR 네트워크의 RS 증설은 신속하고 안정적인 핸드오버를 가능케 하나 무선 릴레이 링크에서의 오버헤드는 증가하는 결과를 초래함을 알 수 있다. 따라서 릴레이 링크에서의 전달로 인한 오버헤드가 네트워크의 원활한 서비스를 방해하지 않으면서 신속하고 안정적인 핸드오버를 할 수 있는 적정 수준의 RS 증설이 필요하다. 그리고 같은 수의 RS를 사용하는 centralized MR 네트워크와 de-centralized MR 네트워크를 비교하면 de-centralized MR 네트워크에서 MS 핸드오버 수행 시 릴레이 링크를 통해 전달되는 평균 MAC 관리 메시지 수가 감소하는 경향을 보이는 것으로 미루어 MR 네트워크가 제안한 핸드오버 프로토콜을 사용할 경우 무선 릴레이 링크에 전송되는 MAC 관리 메시지 수를 줄여 한정된 무선 자원을 더욱 효율적으로 사용할 수 있음을 알 수 있다.

그림 25와 그림 26은 MR-BS의 부하에 따른 MS의

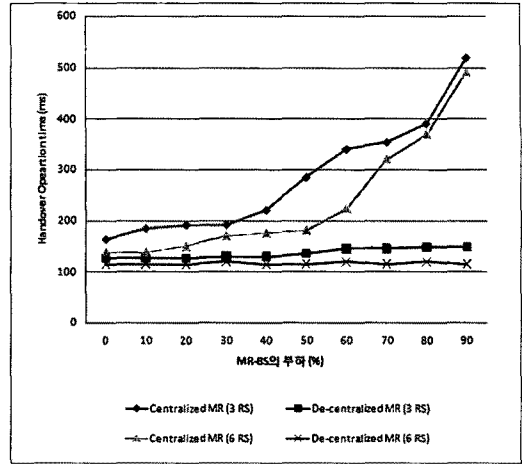


그림 25 MR-BS의 부하에 따른 평균 핸드오버 수행 시간

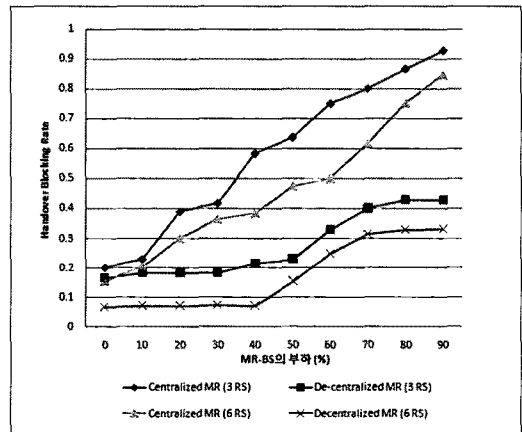


그림 26 MR-BS의 부하에 따른 핸드오버 실패율

핸드오버 수행시간과 핸드오버 실패율의 변화 추이를 나타낸다. 본 실험에서는 MR-BS의 부하를 변화시키기 위해서 MR-BS에게 할당된 링크 용량의 특정 비율만큼을 차지하도록 백그라운드 트래픽을 지속적으로 발생시켰으며 MS는 120km/h의 속도로 이동 하도록 하였다. Centralized MR 네트워크는 같은 수의 RS를 사용하는 de-centralized MR 네트워크에 비해 긴 핸드오버 수행시간을 나타낼 뿐 아니라 높은 핸드오버 실패율을 보이는 것으로 보아 centralized MR 네트워크의 MR-BS 부하가 증가할 경우 MS는 안정적인 핸드오버 수행이 어려울 것으로 예상된다. 이는 centralized MR 네트워크에서는 모든 하위 RS 및 MS를 MR-BS가 관리하여 제어 메시지에 관련한 응답은 MR-BS만이 전송하므로 MR-BS의 부하가 증가하면 MS의 요청에 대해 신속한 응답이 불가능하므로 핸드오버 지연이 증가하기 때문이다. 그리고 지연이 증가하여 각 메시지의 타이머 동안에

응답이 도착하지 않을 경우 MS는 재전송 횟수만큼 메시지를 전송할 수 있는데 이렇게 재전송된 메시지는 MR-BS의 부하를 더욱 심각하게 만들 우려가 있으며, 재전송 횟수를 초과한 메시지는 핸드오버 실패의 원인이 된다. 이는 핸드오버 실패로 인한 무선 자원이 낭비될 가능성이 높아짐과 동시에 HHO를 기본적으로 지원하는 802.16 시스템에서는 서비스 중단 시간이 길어질 수 있음을 의미한다. 이에 반해 de-centralized MR 네트워크는 같은 수의 RS를 사용하는 centralized MR 네트워크에 비해 낮은 핸드오버 수행시간을 보인데 이어 상대적으로 낮은 핸드오버 실패율을 유지하므로 MR-BS의 부하 증가에도 MS는 안정적으로 핸드오버를 수행할 수 있을 것이다. 이는 de-centralized MR 네트워크에서는 액세스 스테이션이 직접 MS의 핸드오버를 처리하므로 상대적으로 MR-BS의 부하에 영향을 덜 받기 때문이다. 그리고 centralized와 de-centralized MR 네트워크를 통해 6개의 RS를 사용하여 보다 확장된 서비스 영역에서 핸드오버를 수행할 경우 3개의 RS를 사용하는 MR 네트워크에 비해 짧은 수행시간과 낮은 핸드오버 실패율을 보이므로 MS는 3개의 RS를 사용하는 MR 네트워크에 비해 6개의 RS를 사용하는 MR 네트워크에서 더욱 신속하고 안정적인 핸드오버를 수행할 것으로 예상된다. 따라서 릴레이로 인한 지연이 MS의 원활한 서비스를 방해하지 않는 범위 내에서 RS를 증가하면 RS가 일부 제어 기능을 담당함으로써 MS는 MR-BS의 부하가 증가해도 신속하고 안전하게 MR 네트워크로 핸드오버를 수행할 수 있을 것이다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 고성능 RS를 도입한 802.16 시스템인 MR 네트워크에서 IEEE 802.16e의 표준을 따르는 MS가 신속하고 안정적으로 수행할 수 있는 핸드오버 프로토콜을 정의 하였다. 제안하는 방안에서는 de-centralized 접근 방법을 통해 일반적으로 멀티 홉 거리에 있는 MR-BS가 아닌 액세스 스테이션이 MS의 요청을 직접 처리하여 신속하게 핸드오버를 수행할 수 있도록 하였다. 또한 MR 네트워크에서 발생할 수 있는 핸드오버 시나리오를 체계적으로 분석하고 이들을 모두 수용할 수 있는 핸드오버 프로토콜을 제시하여 802.16e의 MS가 MR 네트워크임을 인지 하지 않고도 핸드오버할 수 있는 방안을 마련하였다. 그리고 핸드오버 절차에서 무선 링크를 통해 전달되는 메시지의 수와 크기를 줄일 수 있는 메시지의 전송 경로 및 전달 방법을 제시하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 MR 네트워크는 IEEE 802.16e 네트워크에 비해 낮은 핸드오버 지연과 실패율을 보여 더욱 넓은 영역에서 고속으로 이동하는

단말의 핸드오버를 지원할 수 있음을 알 수 있었다. 특히 제안한 프로토콜을 사용하는 de-centralized MR 네트워크는 centralized MR 네트워크에 비해 MS의 이동속도와 MR-BS의 부하가 증가해도 낮은 핸드오버 실패율과 핸드오버 수행 시간을 유지하였고, 핸드오버를 위해 릴레이 링크에 전송하는 MAC 관리 메시지 오버헤드를 줄여 신속하고 안정적으로 수행이 가능한 효율적 핸드오버 프로토콜임을 알 수 있었다. 그리고 centralized MR 네트워크와 de-centralized MR 네트워크 관계 없이 3개의 RS를 도입한 MR 네트워크에 비해 6개의 RS를 도입한 MR 네트워크가 낮은 실패율로 신속하게 MS의 핸드오버를 수행할 수는 있었으나 릴레이 링크에 전송해야 하는 MAC 관리 메시지의 수는 증가하는 것을 알 수 있었다. 따라서 릴레이로 인한 지연이 네트워크의 원활한 서비스를 방해하지 않도록 적정 수준으로 RS를 증설한다면 MR 네트워크의 약한 신호를 보완하여 더욱 빠른 핸드오버 수행과 낮은 실패율을 기대할 수 있을 것이다. 이러한 핸드오버 지연 및 실패율과 릴레이 링크에서의 MAC 관리 메시지 오버헤드 간의 관계를 고려하여 MR 네트워크에 증설할 적정 수준의 RS를 찾는 것이 추후 과제로 남아 있다.

참고 문헌

- [1] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System," Oct. 2004.
- [2] IEEE Standard 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access System," Feb. 2006.
- [3] Ralf Rabst et al., "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," IEEE Comm. Magazine, Vol.42, Issue 9, Sep. 2004, pp. 80-89.
- [4] Christian Hoymann et al., "Multihop Communication in Relay Enhanced IEEE 802.16 Networks," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2006 IEEE 17th International Symposium on, Sept. 2006.
- [5] IEEE 802.16j/D1 "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access System Multihop Relay Specification," Aug. 2007.
- [6] IEEE C802.16j-06/041r2, "Harmonized definitions and terminology for Mobile Multihop Relay," July 2006.
- [7] IEEE C802.16j-06/049r1, "Technical requirements for 802.16j," July 2006.
- [8] IEEE 802.16mmr-06/006, "IEEE802 Tutorial: 802.16 Mobile Multihop Relay," March 2006.

- [9] IEEE C802.16j-06/022, "Proposed Functional Requirements for IEEE 802.16 TGj," May 2006.
- [10] Y. Sun et al., "Study of Radio Resource Sharing for Future Mobile WiMAX Applications with Relays," 2007 IEEE Mobile WiMAX Symposium, March 2007.
- [11] Shiang-Jiun Lin et al., "Resource Scheduling with Directional Antennas for Multi-hop Relay Networks in Manhattan-like Environment," 2007 IEEE Mobile WiMAX Symposium, March 2007.
- [12] Haruki Izumikawa et al., "MAP Multiplexing in IEEE 802.16 Mobile Multi-Hop Relay," PIMRC 2006, Sept. 2006.
- [13] IEEE C802.16j-06/016, "Proposed Technical Requirements for IEEE 802.16 Relay TG," Sep. 2006.
- [14] J. Nicholas Laneman, "Cooperative Diversity in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior," IEEE transactions on information theory, Vol.50, No.12, DEC. 2004.
- [15] Harold H. Sneessens et al., "Soft Decode and Forward Improves Cooperative Communications," 3G 2005-Sixth IEE International Conference on 3G and Beyond, London, 7-9 Nov. 2005.
- [16] IEEE S802.16e-03/03, "Initial PHY Proposal for 802.16e + Coexistence of Fixed and Mobile Services," January 2003.
- [17] IEEE 802.16m-07/002r2, "Draft IEEE 802.16m Requirements," June 2007.



양 현 채

2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업(학사). 2008년 이화여자대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과 졸업(공학석사). 관심 분야는 Mobility management in IEEE 802.16 networks, Media Independent Handover (MIH)

이 미 정

정보과학회논문지 : 정보통신
제 35 권 제 1 호 참조