

WiBro 기반 Mobile Multi-hop Relay 표준 기술 동향

Standardization Trend for Mobile Multi-hop Relay Based on WiBro Standard

이동통신과 방송기술 개발 현황 특집

김영일 (Y.I. Kim)	WiBro시스템연구팀 팀장
안동현 (D.H. Ahn)	WiBro시스템연구팀 책임연구원
채수창 (S.C. Chae)	WiBro시스템연구팀 선임연구원
김현재 (H.J. Kim)	WiBro시스템연구팀 선임연구원
이용수 (Y.S. Lee)	WiBro시스템연구팀 선임연구원

목 차

-
- I . 서론
 - II . 주요기술 표준 동향
 - III . 결론

무선이동통신 시스템에서 셀 용량과 셀 영역을 확장하기 위한 기술로 Mobile Multi-hop Relay 기술에 대한 연구와 표준화 작업이 한창 진행되고 있다. 특히 고속으로 이동인터넷서비스를 제공할 수 있는 WiBro(Mobile WiMAX)에 적용할 수 있는 멀티홉 기술이 IEEE 802.16j에서 표준화 작업이 진행되고 있다. 본 고에서는 IEEE 802.16j에서 추진되고 있는 멀티홉릴레이 기술에 대한 동향과 이에 소요되는 핵심기술에 대해서 소개하고자 한다.

I. 서론

셀 용량 증대와 서비스 영역 확장을 통해 WiBro 서비스의 품질을 증대시키는 MMR 기술에 대한 표준화 작업이 2006년 3월부터 IEEE 802.16j에서 추진되어 오고 있다. IEEE 802.16j TG에서는 RS 사용모델(usage model)과 evaluation methodology 문서를 정의하고, 이에 기반하여 표준화 작업을 추진하여 2007년 7월 #50차 회의 결과를 통해서 P802.16j/D1에 대한 Letter Ballot을 진행하였으나 부결되었으며, 2007년 11월 #52차 회의 결과를 토대로 P802.16j/D2에 대한 Letter Ballot #28a를 진행하였으나 역시 부결되었고, 2008년 1월 #53차 회의 결과를 토대로 P802.16j/D3에 대한 Letter Ballot #28b를 진행하여 83%의 찬성으로 통과되었으며, 2008년 3월의 #54차 회의에서 P802.16j/D4에 대한 Letter Ballot #28c를 진행하고 Sponsor Ballot을 추진하기로 의결하였으나 EC에서 Sponsor Ballot으로 진입하는 것이 부결된 상태이다. 본 고에서는 현재까지 진행되고 있는 draft 규격을 기반으로 주요 기술에 대한 표준화 동향에 대해서 기술하고자 한다.

II. 주요기술 표준 동향

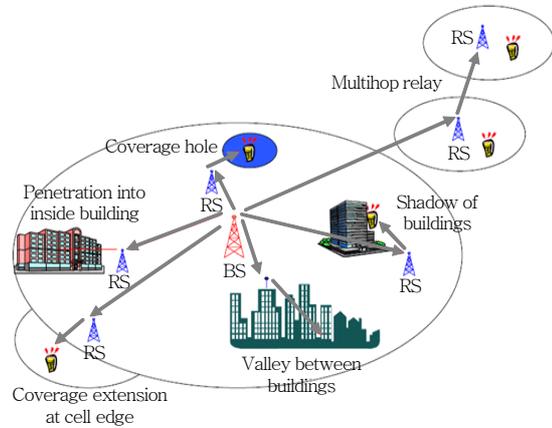
1. Usage Model

IEEE 802.16j에서는 규격의 표준화를 위한 기술의 범위를 정하기 위해 다음과 같은 4가지 기본 사용 모델을 정의하고 이에 준하여 표준화 작업을 추진해 오고 있다.

가. Fixed Infrastructure RS Model

서비스 사업자가 MR-BS 셀의 셀 커버리지를 확장하거나 가입자 당 스루풋을 높일 필요가 있는 경우 한 대 이상의 RS를 사용하여 셀 커버리지를 기존의 셀 외곽지역까지 확장시켜 사용하는 모델이다.

RS는 타워나 폴, 빌딩의 옥상이나 측면, 가로등 등



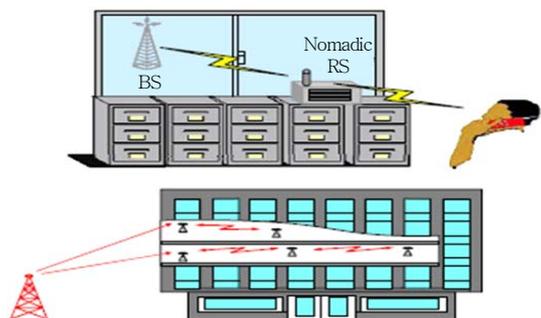
(그림 1) Fixed Infrastructure RS Model

의 위치에 고정적으로 부착 설치된다. 따라서 MR-BS와 RS간 또는 RS와 RS간의 무선 링크는 LOS 환경을 확보하는 형태로 대부분 고려하고 있지만, NLOS 환경도 예외적으로 사용되도록 해야 할 것이다(그림 1) 참조).

나. In-Building Coverage RS Model

이 모델은 빌딩 내부, 터널, 지하철 역 등의 실내 공간으로 무선 통신 서비스 커버리지를 확장하고 높은 성능을 제공하기 위하여 전개하는 RS 모델이다.

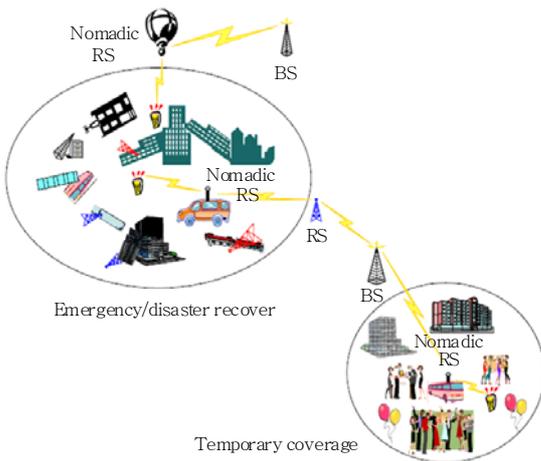
옥내형 RS는 서비스 제공자나 가입자가 직접 활용할 수 있어야 하기 때문에 간단하면서 저가로 공급될 수 있어야 할 것이다. 채널 환경은 대부분 NLOS가 될 것이나 여러 개의 안테나를 사용하고 부착위치를 조정하여 LOS 환경을 제공할 수 있으면 성능이 증대될 것이다(그림 2) 참조).



(그림 2) In-Building Coverage RS Model

다. Temporary Coverage RS Model

이 모델은 MR-BS와 고정 RS들에 의하여 충분한 커버리지와 채널용량을 제공할 수 없을 때 이를 보완하기 위한 추가적인 커버리지와 추가적인 채널 용량을 확보하기 위하여 일시적으로 전개하는 데 사용되는 RS 모델이다. 이 모델에서 요구되는 RS 형태는 대용량이면서 복잡한 구조와 작고 간단한 구조가 활용될 수 있다. 일시적 요구사항에 따라 전개되었다가 일시적 요구사항이 종료되면 시스템이 철수될 것이다. 이 모델의 사용이 요구되는 경우의 예로 비상시 또는 비상구난용 통신 링크제공이나 야외 행사나 스포츠 장소 등 일시적 통신수요 요구지역이다 ((그림 3) 참조).

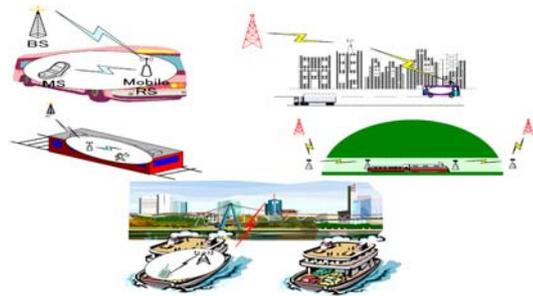


(그림 3) Temporary Coverage RS Model

라. Vehicle Mounted RS Model

이동형 RS 모델은 이동하는 차량에 탑재된 RS가 함께 탑재된 MS/SS들에게 MR-BS에 효과적으로 접속할 수 있는 서비스를 제공하는 모델이다. 탑재 RS는 자신과 함께 탑재된 단말들에게 고정된 액세스 링크를 제공하는 것이다.

이동형 RS는 그룹 이동성을 지원하기 위하여 대부분 복잡한 형태를 가질 것이다. 이동 RS가 탑재될 탑재체는 기차, 버스, 여객선이 대표적이다((그림 4) 참조).



(그림 4) Mobile Vehicle Mounted RS Model

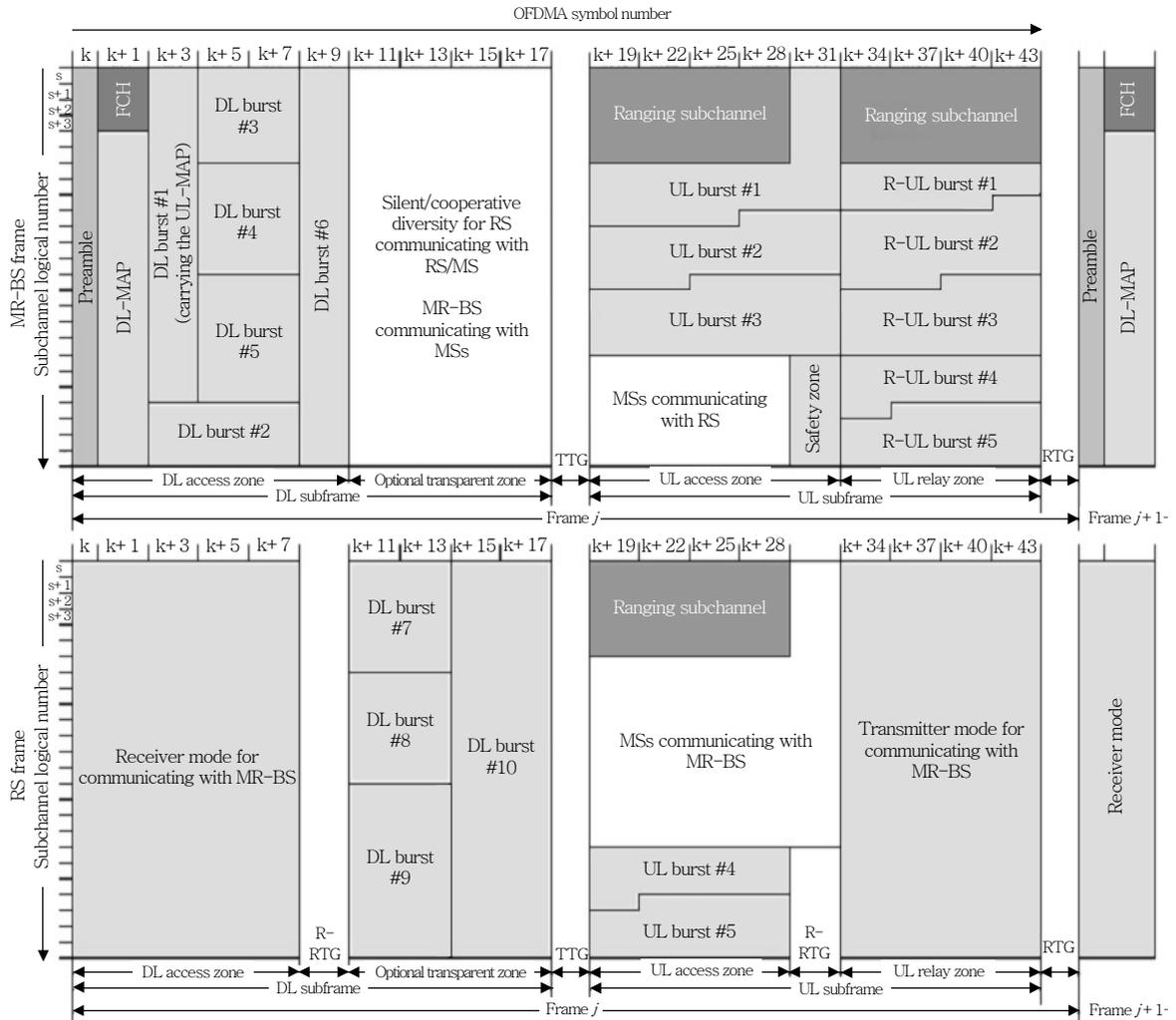
2. 프레임 구조

가. Transparent/Non-transparent Relay

멀티 홉 중계 기능을 수행하기 위한 주요한 기반 기술로서 프레임 구조를 들 수 있으며, 프레임 구조는 다음과 같이 transparent 구조와 non-transparent 구조로 정의되어 있다.

1) Transparent Frame Structure

Transparent frame structure 모드에서는 Wi-Bro 프레임의 preamble, FCH, MAP, UCD, DCD 등의 제어정보를 MMR cell 내의 모든 MS와 RS들이 BS에 동기화되어 직접적으로 공통 수신하여 공유한다. 즉, 프레임 제어정보는 셀 내에서는 모든 RS나 MS/SS들에게 “Transparent”하게 적용된다. 데이터 구간에서는 DL subframe과 UL subframe을 access zone과 RS와 MS 간의 통신을 위한 transparent zone으로 나누어 사용한다. RS는 access zone을 통해 MR-BS에서 수신한 데이터를 transparent zone을 통해 MS로 전송을 하게 된다. RS는 preamble과 MAP 등의 프레임 제어정보를 전송하지 않는다. 따라서 RS를 통하여 BS와 data burst를 송/수신하는 MS라 할지라도 RS의 존재를 인식하지 못하게 된다. 때문에 transparent relay는 셀 내의 음영지역을 극복하는 주 목적과 더불어, RS가 MS로 데이터 전송시 MR-BS에서도 transparent zone을 통해 동일한 데이터를 전송하여 cooperative 기술을 적용하여 throughput을 향상시킬 수 있다((그림 5) 참조).



(그림 5) Transparent Frame Structure의 예

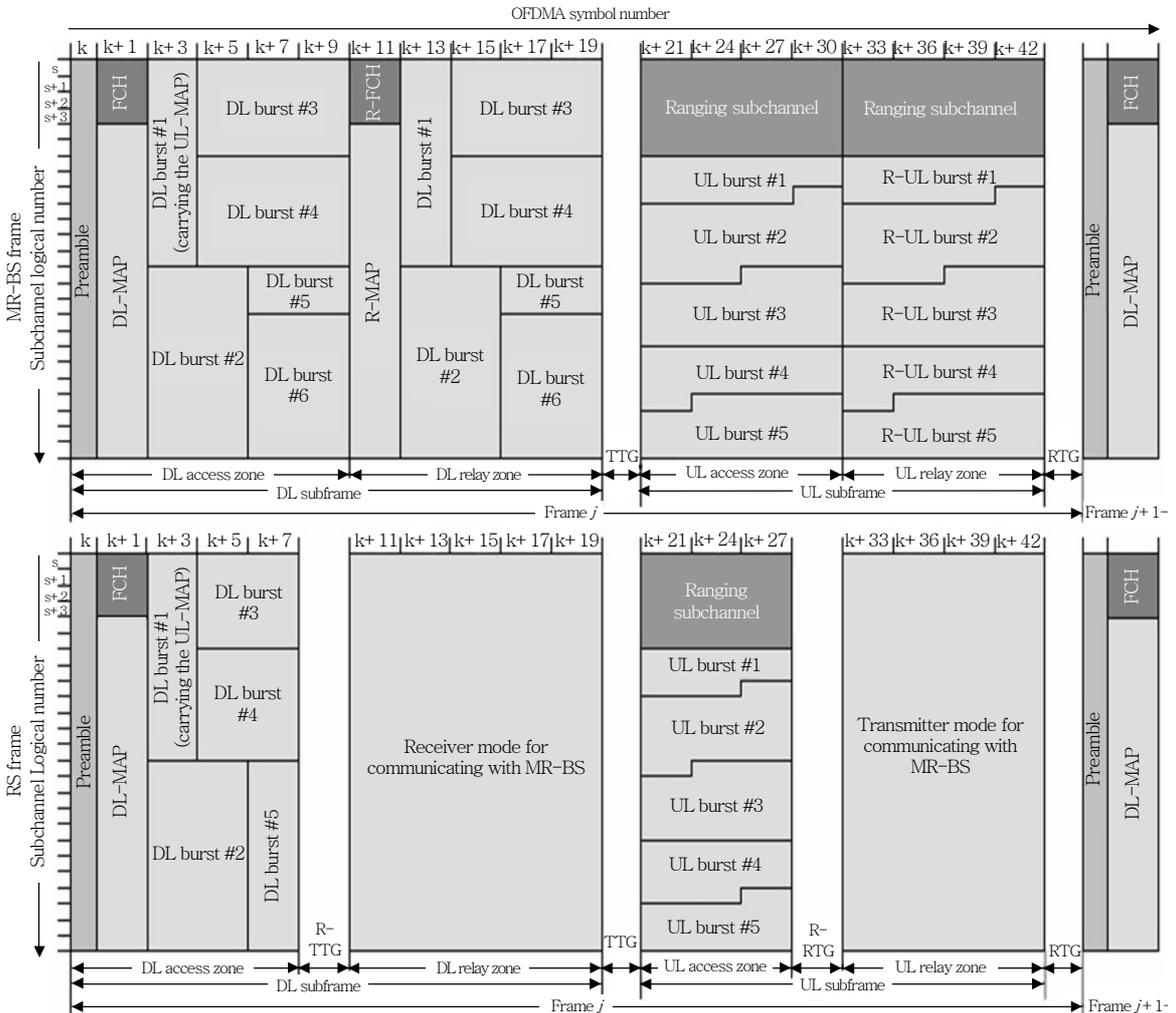
2) Non-transparent Frame Structure

Non-transparent frame에서는 프레임이 access zone과 relay zone으로 분할되어 구성된다. Access zone 영역에서는 MR-BS/RS가 MS와 통신을 수행하며, relay zone에서는 MR-BS/RS가 하위의 RS와 링크를 구성하여 통신을 하게 된다.

Non-transparent frame structure 하에서는 RS는 상위 BS와 인접 RS들 사이에서 서로 다른 프레임 제어정보를 가지며 DL subframe의 시작부분에 RS 고유의 preamble과 MAP 정보를 전송한다.

따라서 MS는 non-transparent RS를 하나의 BS로 인식하게 된다. 하지만 RS는 BS와 MS 사이의 모든 데이터와 제어정보를 릴레이하고 BS에 의한 중앙집중형 스케줄러에 의해 제어될 수도 있으며 RS 자신이 분산형 스케줄링의 주체가 될 수도 있다.

(그림 6)의 예에서는 BS와 인접 RS들 사이에서 서로 다른 PN sequence를 사용한다. BS의 DL relay zone에는 R-FCH와 R-MAP 정보가 있어서 해당 relay zone 내의 DL burst를 제어한다. RS는 자신의 상위 RS 또는 MR-BS로부터 R-MAP 혹은 R-MAP을 생성하는 데 필요한 정보 및 DL burst를 수

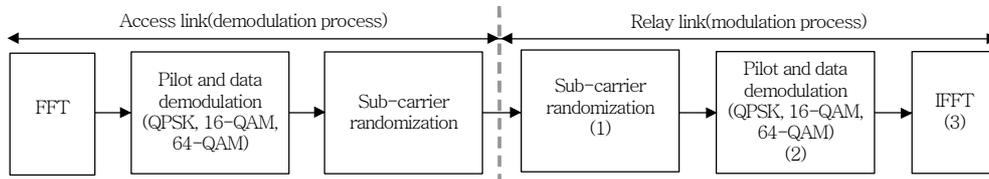


(그림 6) Non-transparent Frame Structure의 예

신하여 다음 프레임에서 자신의 프레임 제어정보를 생성하고 burst 할당을 하게 된다.

Non-transparent frame structure 하에서 멀티홉 링크를 구성하는 방법에는 단일 프레임 방식과 멀티프레임 방식 모두가 가능하다. 단일 프레임 구성방식에서는 relay zone을 여러 개의 작은 zone으로 분할해서 relay link를 구성하는 반면에, 멀티프레임 방식에서는 홀수 개의 프레임에서는 RS가 relay zone 영역에서 상위 MR-BS/RS로부터 데이터를 수신하며, 짝수 개의 프레임에서는 하위 RS로 데이터를 전송하게 된다.

Non-transparent frame 구조에서는 RS가 망에 진입시 MS 모드로 동작하여 MR-BS와 동기를 맞추는 후에는 RS 모드로 진입하게 되며, RS 모드로 동작 시에는 MR-BS와 동일한 위치에서 MS와 통신을 시작하기 때문에 MR-BS와 동기를 지속적으로 유지하기 위해서 relay zone에서 주기적으로 R-amble을 전송하게 된다. R-amble을 전송하는 방법에는 DL subframe 마지막 일정한 위치에서 전송하는 방법과 relay zone을 분할하여 사용시 해당 RS가 relay 링크로 송신하는 시점에 R-amble을 전송하는(가변적인 위치) 방법 모두가 가능하다.



(그림 7) M&F 과정

나. Direct Relay

Transparent 모드의 프레임 구조는 동일 프레임에서 트래픽 데이터를 디코딩한 후 인코딩하여 중계하는 데 충분한 시간 간격이 제공되고 있지 않다. 이 프레임 구조에서 중계하는 데 걸리는 시간을 단축할 수 있도록 하기 위하여 direct relay zone이 사용된다. Direct relay zone에서 중계기는 그 하위의 중계기 또는 단말기에 하나의 동일한 프레임 시간 내에서 트래픽 데이터를 바로 중계할 수 있게 된다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 중계기는 신호 재생성 방식으로서 변조 및 전달 방식(M&F)을 적용한다.

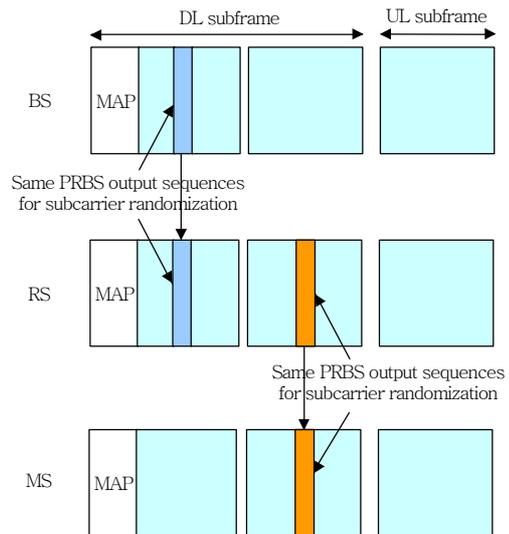
1) M&F 과정

(그림 7)은 M&F 과정을 도시한다. M&F를 사용하여 중계하기 위하여 중계기는 access zone에서 수신한 데이터를 복조하고, 이 신호를 바로 transparent zone(relay zone)에서 데이터를 변조하여 생성된 신호를 중계한다. 중계기는 OFDM 심볼 오프셋 값을 변경하여 변조과정을 수행해야 하는데 (그림 7)의 (1) sub-carrier randomization block에 의하여 이미 복조된 심볼에 대하여 오프셋 값을 변경하여 변조 과정을 수행한다. 그리고, 그림의 (2) the pilot and data modulation(QPSK, 16-QAM, 64-QAM) block에 의하여 변조 지수를 변경한다. 끝으로, 그림의 (3) IFFT block을 수행하면 모든 M&F 과정이 종료된다.

이 과정은 최소 1 OFDM 심볼 시간 동안 처리할 수 있어서 다음 프레임에서 중계하지 않고, 동일한 현재 프레임 시간 내에 있는 relay zone을 통하여 바로 재전송함으로써 직접 중계할 수 있다. 이것은 상향 링크에도 마찬가지로 적용된다.

2) 랜덤 데이터 생성

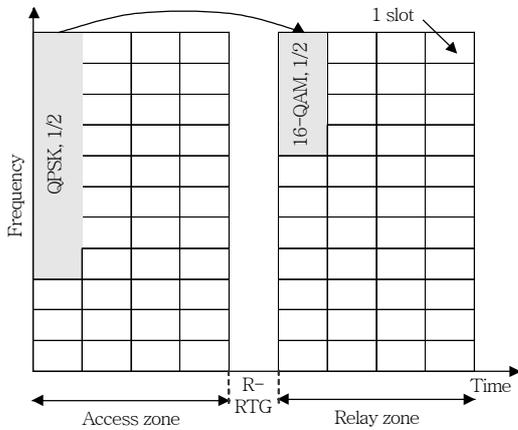
기지국과 중계기에서 M&F가 적용될 때, transparent 모드의 프레임 구조에서 access 영역과 relay 영역의 데이터는 (그림 8)과 같이 서로 다른 OFDM 심볼 오프셋 값을 가진다. 따라서, access 영역의 데이터를 복조 후에 심볼 오프셋 값을 적용한다. 그리고 relay 영역에서 PRBS의 출력 데이터 열은 서로 다른 출력 열을 얻게 된다.



(그림 8) M&F를 사용할 때 PRBS 출력 열 변화

3) 변조 지수의 변경

Access 영역과 relay 영역 사이에 변조 지수를 변경하기 위하여 QPSK, 16-QAM 그리고 64-QAM의 변조 지수는 각각 2, 4 그리고 6의 값을 사용한다. 예를 들어, access 영역에서 QPSK 복조된 데이터를 relay 영역에서 16-QAM으로 변조하고자 한다면, 2비트 단위로 심볼화된 데이터를 4비트 단위로 재심볼화 및 매핑을 수행한다. 이리하여 (그림

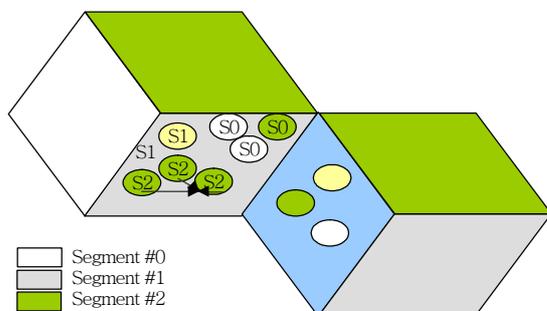


(그림 9) 변조 지수의 변경 예

9)와 같이 QPSK가 16-QAM으로 변경되었기 때문에 access zone의 슬롯 개수가 relay zone에서는 1/2배로 감소한다. 결국 (그림 9)에서는 M&F 방식을 사용할 때, access zone과 relay zone 사이의 중계 데이터에 대한 변조 지수를 변경할 수 있음을 보인 것이다.

다. Virtual Relay Group

위에서 언급한 바와 같이, RS는 transparent frame 구조 하에서는 preamble/MAP 정보를 송신하지 않지만, non-transparent frame 구조에서는 preamble/MAP 정보를 송신하게 되어 음영지역과 같이 RS 셀 영역이 작은 지역으로 MS가 이동시 잦은 핸드오프가 발생하게 된다. 이와 같은 단점을 보완하고 cooperative 전송기능을 달성하기 위해 RS를 그룹화(virtual relay group)시키고, 이 그룹 내



(그림 10) Virtual Relay Group 예

에 있는 RS들은 해당 그룹 내에 있는 다른 MR-BS 혹은 non-transparent RS가 전송하는 preamble과 동일한 preamble을 전송하거나 아예 전송하지 않게 된다(그림 10) 참조).

3. Routing, Path Management

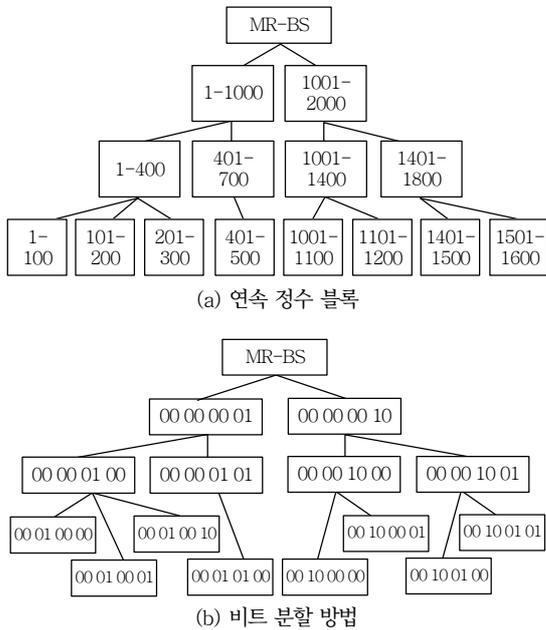
멀티 홉 중계기능을 수행하기 위해서는 다수의 RS간에 경로설정을 수행하여야 한다. 이를 위해서 토폴로지 확인이나 업데이트 프로세스에서 획득한 토폴로지 정보에 기초해 MR-BS는 업 링크와 다운 링크 양 방향으로 MR-BS와 액세스 RS 사이의 경로에 대해 경로설정 계산을 수행한다.

가. RS 중계를 위한 경로 관리 방식

경로 관리를 사용할 경우 특정 RS에 속한 모든 하위 RS에 할당된 CID가 자신에 할당된 CID의 서브 세트가 되도록 MR-BS는 각 RS에 CID를 체계적으로 할당해야 한다. 연결표(connection table)에 종속된 RS의 모든 CID를 저장하지 않고도 RS가 연결 경로를 쉽게 파악할 수 있도록 체계적인 CID 구조를 채택하며 CID는 연속 정수 블록이나 비트 분할 방법을 사용해 체계적으로 할당된다. 연속 정수 블록 할당의 경우 종속된 RS에 할당된 CID는 CID의 연속적인 범위를 가지며, 이 범위의 하한과 상한 값에 의해 하위 RS의 CID 값의 범위가 정해진다.

비트 분할 할당의 경우는 MR-BS나 RS를 사용할 수 있는 RS의 최대 숫자가 k 배수인 RS에 대해 MR-BS는 오름차순으로 최저 k 비트를 설정한다. MR-BS에 도달하려면 n개의 홉이 필요한 RS의 경우 나머지 MR-BS는 RS의 도달 순서에 따라 CID의 k 비트를 이동하고 최저 k 비트를 증가시키며 할당한다.

(그림 11)은 체계적인 CID 할당에 관한 양쪽 방법의 예를 나타낸다. 위의 방식 중의 하나를 사용하여 MR-BS는 MR 셀 안의 모든 CID 할당을 관리해야 하며 MR-BS는 RS에 체계적인 CID의 범위를 포함함으로써 할당된 CID에 기초한 연결 경로를 지정



(그림 11) CID 범위 할당의 예

하게 된다. CID 정보가 MAP-IE나 MAC 헤더에 포함된 경우 RS는 하위 RS에 데이터를 전달할 수 있다.

나. 중계를 위한 경로 관리 절차

새로 연결된 MS나 RS 및 MR-BS 사이의 경로를 MR-BS가 파악하거나 이동에 의한 경로 업데이트를 확인한 경우 MR-BS는 이전 경로를 제거하고, 새 경로를 구축한 후 새 경로 정보를 경로에 있는 모든 RS에 알려야 한다. 경로 관리 절차는 다음과 같다. 먼저 새 경로를 확인해 계산하고 MR-BS가 등록 프로세스를 완료하면 MR-BS는 DSA-REQ 메시지를 송신해 경로 정보를 경로의 모든 RS에 배포한다. 이때 경로 정보와 할당된 고유 Path-ID를 포함해야 한다. MR-BS가 기존 경로를 제거하고자 할 경우 MR-BS는 Path-ID를 사용해 DSD-REQ 메시지를 송신한다. DSD-REQ 메시지를 수신하는 RS는 연결표의 항목 및 경로에 대한 CID 사이의 연결, 경로에 관련되는 모든 정보를 제거해야 한다. DSA/DSD-REQ를 수신하는 RS는 메시지에 명시된 운영을 수행한 후 하위 RS에 요청을 보내야 한다.

4. Mobility Management

가. HO 프로세스

중앙집중 제어방식의 MR 네트워크에서 MR-BS는 핸드오버 프로세스를 제어해야 한다. 중앙집중 일정계획이나 분산형 일정계획 모드에서 운영되는 RS는 MS와 MR-BS 사이의 핸드오버 관련 메시지를 중계해야 한다.

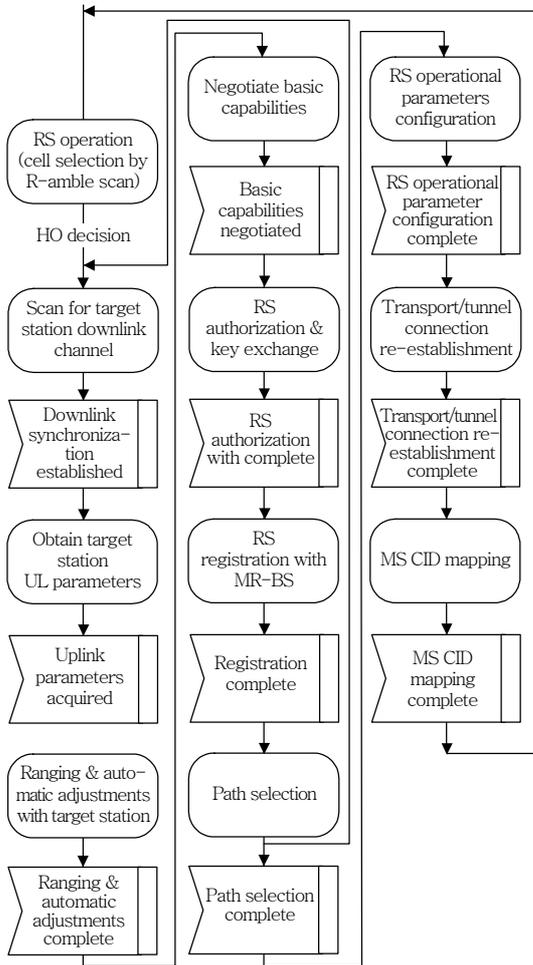
나. 이동 중계국 핸드오버

이동형 RS인 MRS의 이동성을 보장하기 위한 핸드오버(HO) 프로세스는 (그림 12)와 같다.

MRS HO 프로세스는 MS HO 프로세스를 위해 정의된 것과 같은 단계 외에 다음과 같은 단계가 추가로 구성된다.

- 경로 선택: 이 경로는 대상 MR-BS를 활성화해 경로 재선택을 수행한다. RNG-RSP의 MRS HO 최적화 TLV의 비트 #0이 설정될 경우 목표 MR-BS는 이 단계를 생략할 수 있다.
- MRS 운영 매개변수 구성: 이 단계에서 목표 MR-BS는 MRS 운영 매개변수를 다시 구성할 수 있다. RNG-RSP의 MRS HO 최적화 TLV의 비트 #1이 설정될 경우 목표 MR-BS는 이 단계를 생략할 수 있다.
- 전달/터널 연결 재확립: 이 단계를 통해 목표 MR-BS는 MRS를 위한 전달/터널을 다시 연결할 수 있다. RNG-RSP의 MRS HO 최적화 TLV의 비트 #2가 설정될 경우 목표 MR-BS는 이 단계를 생략할 수 있다.
- MS CID 매핑: 이 단계에서는 목표 MR-BS가 핸드오버를 수행하는 MRS에게 새 CID와 이전 CID의 매핑에 관한 정보를 알린다. 핸드오버 후 종속 MS에 MAC PDU를 전달하기 전 MRS는 이 정보를 사용해 새 CID를 이전 CID와 교환해야 한다.

MRS의 이동성을 보장하기 위한 프로토콜 절차로서 “프리앰블 교환 없는 이동 RS 핸드오버 절차”,



(그림 12) MRS HO 프로세스

“프리앰블을 변경한 MRS 핸드오버(MR-BS 간) 절차”, “프리앰블을 변경한 MRS 핸드오버(MR-BS 내부) 절차”, “핸드오버 중 MS 드롭 절차”, “핸드오버 중 MRS 드롭 절차” 등이 규격에 정의되어 있다.

5. Hybrid ARQ

Hybrid-ARQ(이하 HARQ) 동작 방식은 trans-parent 모드와 non-transparent 모드에 따라서 동작 방식이 다르고, 스케줄링 방식에 따라서, 즉 centralized 스케줄링 방식과 distributed 스케줄링 방식에 의하여 동작이 서로 구분된다. 여기서는, 2008년 1월까지 표준화 회의에서 정리된 non-

transparent 모드의 centralized 스케줄링 방식에서 적용되는 HARQ 동작에 대하여 기술한다.

IEEE 802.16e에 규정된 대로 HARQ IE의 수신된 프레임인 i에서 (N)ACK 수신 지연 프레임, n에 대하여 i+n으로 계산될 수 있다. 그런데 멀티 홉 시스템에서는 홉 수에 따라서 중계기에 의하여 추가되는 지연 시간도 고려해야 한다.

또한, 중계기는 (그림 13)과 같이 HARQ 데이터의 처리 시간과 그에 따른 (N)ACK 전송 지연시간이 서로 다를 수 있다. 이것은 중계기와 단말기에서 채널 복호 시간이 서로 다를 수 있기 때문에 (N)ACK를 전송하기 위한 CRC 계산 시간이 서로 다를 수 있다.

따라서 멀티 홉 중계기 시스템에서의 (N)ACK 수신 지연시간은 다음 수식과 같이 계산된다.

$$n = \sum_{h=1}^H (p_h + q_h) + j$$

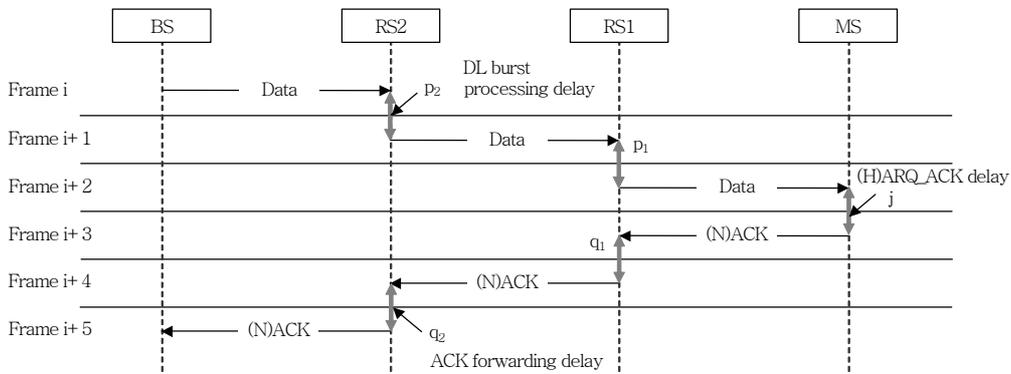
여기서, p_h 는 HARQ 데이터 처리 시간, q_h 는 (N)ACK 전송 지연 시간, H는 hop 수, 그리고 j는 16e의 (N)ACK 지연 시간이다.

(그림 14)는 (그림 13)에서 사용한 3-hop의 네트워크 토폴로지를 고려하여 HARQ 데이터의 초기 전송을 예를 보인다.

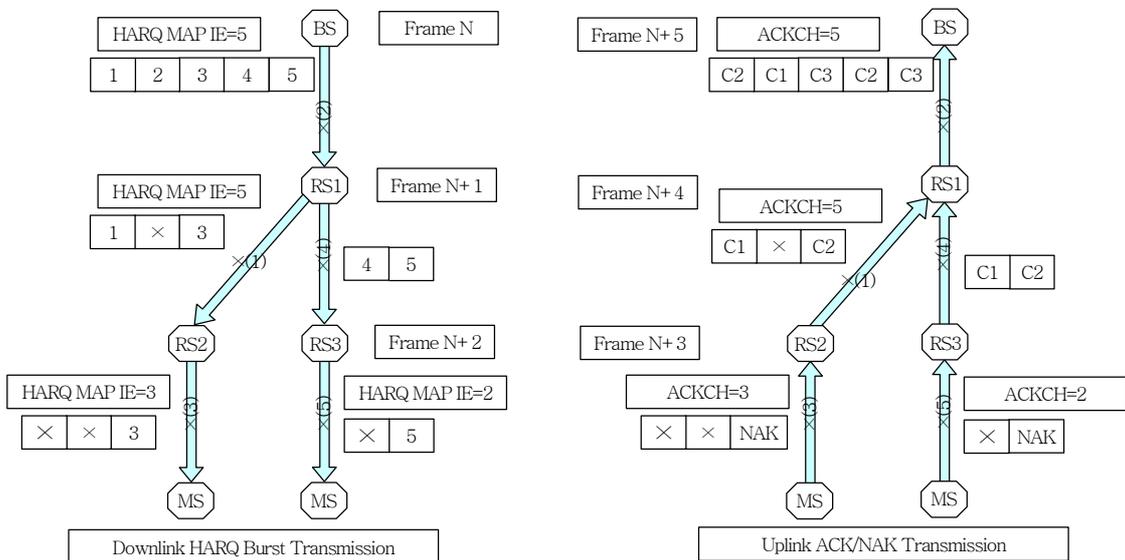
(그림 14)를 보면, 기지국은 5개의 HARQ burst를 3-hop 떨어진 단말기에 대하여 스케줄링 한다. Burst #2는 첫번째 relay link에서 수신 실패를 가정한다. 이것은 화살표상에 x(2)로 표시된다. 마찬가지로, 다른 HARQ burst들은 다른 relay link 및 access link에서 수신 실패를 가정하고 해당 화살표상에 나타낸다.

중계기 RS1이 HARQ burst #2의 수신을 실패할 경우 관련 IE의 CID를 basic CID로 바꾸고 (N)ACK를 보고할 때 그 burst에 대하여 C1 코드를 전송하기로 한다.

동일한 과정이 다른 중계기 RS2와 RS3에도 적용된다. (N)ACK를 상위 중계기나 기지국에 전달하는 동안에 중계기는 Cx 동작을 수행하고 (N)ACK 코드를 전송한다. 이때 사용되는 (N)ACK의 전송 코



(그림 13) DL Burst의 처리에 따른 지연 시간(p)



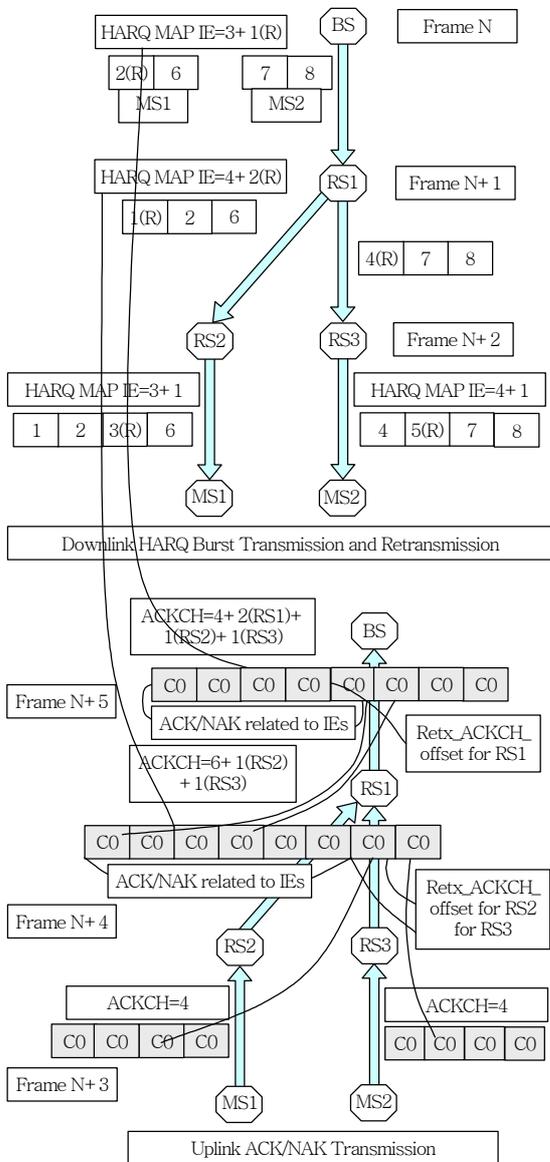
(그림 14) HARQ 데이터의 초기 전송의 예

드는 <표 1>과 같다. 중계기가 NACK C_x를 수신한다면, 그 다음 상위의 중계기나 기지국에 전송할 때는 NACK C_{x+1}을 전송한다. 기지국은 X+1 hop에서 수신 실패가 발생했음을 알 수 있고, 수신 실패한 해당 링크에 대해서만 재전송하도록 스케줄링 한다.

(그림 15)는 새로운 burst 전송에 따른 HARQ 재전송 과정을 나타낸 것이다. 재전송은 수신 실패한 링크에 대해서만 재전송이 수행된다. 기지국은 새로운 burst(6, 7과 8)를 스케줄 한다. 또한, 첫번째 hop(그림 14)의 frame N 참조)에서 실패한 burst #2를 재전송한다. 중계기 RS1은 두번째 hop(그림 14)의 frame N+1 참조)에서 수신 실패한 2개의 재

<표 1> 멀티 홉 중계기의 HARQ를 위한 UL ACK/ NACK 전송 코드

Link Distance	ACK/NAK 1-bit Symbol	Vector Indices per Tile Tile(0), Tile(1), Tile(2)	Code #
Any Distance	0(ACK)	0, 0, 0	C ₀
1	1(NAK)	1, 1, 1	C ₁
2	1(NAK)	2, 2, 2	C ₂
3	1(NAK)	3, 3, 3	C ₃
4	1(NAK)	4, 4, 4	C ₄
5	1(NAK)	5, 5, 5	C ₅
6	1(NAK)	6, 6, 6	C ₆
7	1(NAK)	7, 7, 7	C ₇



(그림 15) HARQ Burst의 재전송과 새로운 전송

전송 burst(#1과 #4)를 가지며, 4개의 burst를 전달해야 하므로 모두 6개의 burst를 전송한다.

6개의 burst 중에 3개는 RS2 중계기를 위한 것이고, 또 다른 3개는 RS3 중계기를 위한 것이다. 그리고 burst #3과 #5는 RS2와 RS3에서 각각 재전송(그림 14)의 N+2 frame 참조) 데이터이다.

N+3 프레임에서 단말기는 (N)ACK 코드를 802.16e HARQ 과정으로 보낸다.

N+4 프레임에서 중계기들은 상위 중계기로부터 수신한 burst에 대한 (N)ACK를 전송한다.

한편, 재전송 패킷에 대한 (N)ACK는 HARQ_ACKCH_region_allocation_for_Relay_Data IE에 들어 있는 Retx_ACKCH_offset에 의하여 지정된 별도의 영역을 통하여 전송할 것이다.

따라서 중계기 RS2는 재전송 burst #3에 대하여 (N)ACK는 Retx_ACKCH_offset에 지정된 영역에서 전송하고, RS3은 재전송 burst #5에 대하여 (N)ACK는 Retx_ACKCH_offset에 지정된 영역에서 전송한다.

중계기 RS1은 RS2와 RS3로부터 재전송 burst에 대한 (N)ACK를 수신할 것이다. 중계기 RS1은 자신의 Cx 동작을 수행하고 재전송 burst에 대한 (N)ACK를 중계하기 위하여 자신의 재전송에 대한 (N)ACK를 추가한다.

기지국은 DL HARQ 수행을 위하여 (N)ACK가 수신되는 시간을 계산하여 동일한 n값을 가지는 access RS에 연결된 단말기들에 대하여 centralized 스케줄링을 수행할 수 있다.

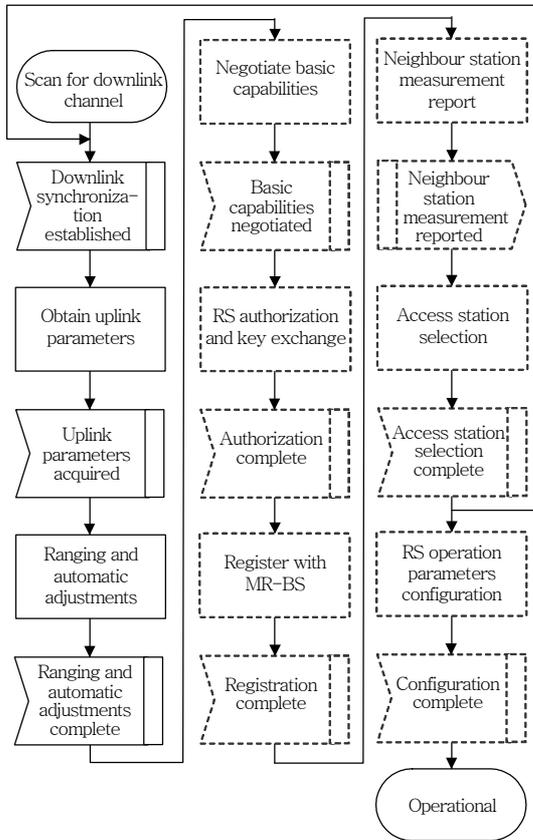
UL HARQ 수행 방법도 DL HARQ와 유사한 방식으로 설명될 수 있다.

6. Network Entry

R-MAP 메시지는 OFDMA-PHY를 위한 MR-BS나 RS의 릴레이 링크에서 다운링크와 업링크에서 데이터 버스트의 사용을 정의한다. 모든 네트워크 진입 절차는 PMP 운영 및 MR 지원을 받는 PMP 운영에 적용된다. SS와 RS의 초기화 절차는 (그림 16)과 같다.

절차는 다음과 같은 단계로 분할할 수 있다.

- a) DL 채널을 찾아 BS와 동기화 한다.
- a1) 접속국을 선택한다(RS에만 해당).
- b) Tx 매개변수를 확보한다(UCD 메시지에서).
- c) 범위결정을 수행한다.
- d) 기본 성능을 조정한다.
- e) SS/RS를 인증하고 키 교환을 수행한다.



(그림 16) RS 네트워크 진입절차

- f) 등록을 수행한다.
- f1) R 링크 매개변수를 확보한다(RS에만 해당).
- g) IP 연결성을 확립한다(SS에만 해당).
- h) 지연 시간을 파악한다(SS에만 해당)
- i) 운영 매개변수를 전달한다(SS에만 해당).
- j) 연결을 확립한다(SS에만 해당).
- k) 인접국 측정 보고서를 확보한다(RS에만 해당).
- l) 접속국을 선택한다(RS에만 해당).
- m) 운영 매개변수를 구성한다(RS에만 해당).

단계 e)는 선택적으로 수행할 수 있다. 단계 g), h) 및 i)는 SS에서 선택적으로 수행할 수 있다. 단계 a1), k), l)은 선택적으로 수행할 수 있다. MR-BS는 RNG-RSP 메시지에서 RS 네트워크 진입 최적화를 위해 RS에게 단계 a1), k), l), m)을 생략하도록 지시할 수 있다.

7. MAC PDU 생성/전송

MAC PDU를 전달하는 방식은 크게 터널 모드(터널 패킷 모드, 터널 버스트 모드), 버스트 기반 전달 모드, CID 기반 전달 모드로 구분된다. 2홉 구조의 transparent RS의 경우 버스트 기반 전달이나 CID 기반 전달을 사용할 수 있으며, 2홉 구조내 non-transparent RS의 경우 터널 패킷 모드나 CID 기반 전달 모드를 사용할 수 있다. 복수 홉 구조의 non-transparent RS의 경우 터널 패킷 모드와 CID 기반 전달 모드를 centralized RS 및 distributed RS에 사용할 수 있지만, 터널 버스트 모드는 distributed RS에만 사용할 수 있다. 전달 모드에 있어 centralized 및 distributed 방식의 RS는 단일 경로에 있어 혼합 사용하면 안된다.

가. 터널을 사용한 송신

네트워크 진입을 수행한 후 MR-BS와 access RS 사이에 하나 이상의 터널을 구성할 수 있다. 터널을 횡단하도록 할당된 모든 MAC PDU는 그 터널을 통해 송신해야 하며 터널 모드에는 두 가지가 존재한다. 터널 패킷 모드의 경우 터널을 통과하는 MAC PDU는 터널의 T-CID나 MT-CID가 있는 릴레이 MAC 헤더로 캡슐화 된다. 캡슐화된 MAC PDU가 있는 패킷을 터널 패킷이라고 한다. 동일한 터널을 횡단하는 여러 개의 MAC PDU는 터널 패킷안으로 합쳐질 수 있으며 터널을 송신하는 RS는 MAC PDU를 터널 패킷으로 캡슐화하며, 터널의 수신 RS는 릴레이 MAC 헤더를 제거한다. 터널 버스트 모드의 경우는 터널을 통해 송신된 MAC PDU는 릴레이 MAC 헤더를 첨부하지 않고 PHY 버스트에서 합쳐져 송신한다. 이 모드에서는 터널의 T-CID나 MT-CID는 DL-MAP IE에 지정되어지며 PHY 버스트가 송신되는 터널을 확인하여 접합하여야 한다.

나. 통신국 CID를 사용한 송신

RS가 터널을 사용하지 않고 수신 데이터를 전달할 수 있는 방식에는 두 가지가 있다. CID 기반 전달

및 버스트 기반 전달 방식으로 구분된다. CID 기반 전달 방식에서는 MAC PDU 헤더 내 CID에 기초해 수행된다. 서비스 흐름 설정 중 다음 홉 RS에 관한 정보가 상위 RS에 제공되고, centralized RS의 버스트 기반 전달 방식에서는 MAP IE에서 알려주는 버스트에 기초하여 전달이 이루어지며, 수신 RS가 중계하도록 데이터 버스트는 RS 일차 관리 CID와 함께 송신해야 한다. 이때 DL_Burst_Transmit_IE와 UL_Burst_Receive_IE를 사용해야 한다. DL_Burst_Transmit_IE는 DL 데이터 중계 정보를 설명하며 UL_Burst_Receive_IE는 UL 데이터 중계 정보를 설명한다. DL_Burst_Transmit_IE를 뒤따르는 DL MAP IE의 경우 RS는 이러한 IE가 정의한 할당으로 데이터를 전달해야 하며, 이 경우 전달한 데이터는 RS 일차 관리 CID를 사용하는 DL 버스트 안에 수신된다. UL_Burst_Receive_IE 후 UL MAP IE의 경우 RS는 이러한 IE가 정의한 할당으로 데이터를 수신한 다음 UL 릴레이 구역에서 UL-MAP IE가 정의한 다음 가용 할당으로 MR-BS에 데이터를 전달해야 한다.

III. 결론

본 고에서는 셀 용량 증대와 서비스 영역 확장을 통해 WiBro 서비스의 품질을 증대시키는 MMR 기술에 대한 IEEE 802.16j 표준화 작업의 기술 동향과 주요 핵심기술에 대해서 기술하였다. 본 고에서 기술한 주요기술은 향후 최종규격에서도 포함될 것으로 예상되며, 본 기술을 적용한 RS를 개발하여 WiBro 망에 적용하는 경우 WiBro 서비스의 활성화와 더불어 국내외 정보통신 산업의 발전에 크게 기여할 것으로 예상된다.

● 용어해설 ●

RS(Relay Station): 멀티 홉 중계기지국(MR-BS: Multihop Relay Base Station)에 종속되어 다른 RS 혹은 단말기에 통신로를 제공해주는 장치. RS는 하위의 RS 혹은 단말기의 관리와 제어기능을 수행한다. RS와 단말기의 무선인터페이스는 기지국과 단말기 사이의 인터페이스와 동일함

약어 정리

CID	Connection IDentifier
DSA-REQ	Dynamic Service Addition REQuest
HARQ	Hybrid ARQ
HO	Handover
M&F	deModulation-And-Forward
MMR	Mobile Multi-hop Relay
MOB_MSHO-REQ	MS HO request message
MR-BS	Multihop Relay Base Station
MR	Mobile Relay
MT-CID	Management Tunnel CID
PMP	Point to Multi Point
RNG-RSP	Ranging Response
RS	Relay Station
SBC-REQ	SS Basic Capability Request
T-CID	Tunnel CID

참고 문헌

- [1] IEEE 802.16j, P802.16j/D3(Multihop Relay) to IEEE Std 802.16, Mar. 2008.
- [2] IEEE 802.16j, C802.16j-07/526r3, Sep. 2007.
- [3] IEEE 802.16j, C802.16j-07/524r2, Sep. 2007.
- [4] IEEE 802.16j, C802.16j-08/526r3, Jan. 2008.
- [5] IEEE 802.16j, C802.16j-08/027, Jan. 2008.