

Multi-hop Relay의 물리계층 기술 동향

우경수 | 유현일 | 김영준 | 조용수
중앙대학교

요약

본 고에서는 mobile WiMAX 또는 WiBro 시스템에 릴레이의 도입으로 발생하는 프레임 구조의 변화, 기지국, 릴레이, 단말의 동기화, 핸드오버에 대하여 기술한다. 특히, 최근 IEEE 802.16j 등에서 진행되고 있는 최근까지의 연구결과를 바탕으로, 릴레이의 도입에 따라 발생하는 전파지연 현상, 프리앰블과 R-amble의 역할과 설계시 고려사항, 핸드오버 절차 및 릴레이의 결정 방식에 대하여 요약한다.

1. 서론

MMR(Mobile Multi-hop Relay)은 기지국(Base Station; BS)과 단말(Mobile Station; MS) 사이에 분산적으로 존재하는 한 개 또는 다수 개의 릴레이(Relay Station; RS)를 이용하여 전송 신뢰도를 높이거나 다중화 이득을 확보함으로써 대역 효율성을 향상시키기 위하여 이동통신시스템의 확장용으로 고려되고 있다[1][2]. MMR 기반의 이동통신망의 경우에는 BS와 MS간에 직접 통신도 가능하지만, 셀 경계에 있거나 전파 음영지역에 있는 MS들은 Fixed RS(Fixed Relay Station; FRS)의 중계를 거쳐 BS와 통신하게 된다.

이와 같은 FRS의 중계 기능을 통해 서비스 불능 지역 감소, 셀 커버리지 확대, 수율(throughput) 향상을 이룰 수 있다. 또한 MR-BS와 FRS는 무선으로 연결되고, 이들 장치에 어떤 MS가 접속되어 있는지를 인지하여 공간적으로 주파수 재사

용이 가능하다는 장점이 있다. 즉, MR-BS는 각 FRS에 접속된 단말들에 대한 자원 관리를 중앙 집중적으로 수행함으로써 MR-BS를 중심으로 하위에 다수 개의 마이크로 셀을 구성하는 형태가 된다[3][4].

릴레이 시스템은 데이터 중계 방식, 이동성, 다이버시티(diversity) 이득의 유무, 무선 접속 방식에 따라 분류될 수 있다. 첫째, 데이터 중계 방식에 따라 AF(Amplify and Forward) 방식과 DF(Decode and Forward) 방식으로 구분된다. 둘째, 이동성에 따라 FRS, Nomadic RS, Mobile RS로 구분된다. FRS는 셀 커버리지 확장, 데이터 수율 향상 등을 위해 사용되며, 낮은 운용비용(Operating Expenses; OPEX)이 장점이다. Nomadic RS는 전시회장이나 집회 등 일시적으로 일정한 장소에 많은 MS가 위치하는 경우를 사용되며, 쉬운 배치/제거가 장점이다. Mobile RS는 자동차나 기차와 같은 이동 차량의 내부에서 다수의 MS가 함께 이동하는 경우를 위해 사용된다. 셋째, 다이버시티 이득의 유무에 따라 단순(simple) 릴레이와 상호협력(cooperative) 릴레이로 구분된다. 상호협력 전송 방식의 한 예로 MR-BS와 RS 또는 다수 개의 RS를 이용하여 상호협력 다이버시티 이득을 얻는 경우를 들 수 있다. 마지막으로, 무선 접속 방식에 따라 Homogeneous 방식과 Heterogeneous 방식으로 구분된다. Homogeneous 방식은 MR-BS와 RS간, RS와 MS간의 무선 접속 방식이 동일한 경우이며, heterogeneous 방식은 MR-BS와 RS간, RS와 MS간의 무선 접속 방식이 다른 경우를 나타낸다. 최근 IEEE 802.16j에서는 mobile WiMAX 또는 WiBro 시스템과의 상호 호환성을 바탕으로 둔 MMR 표준화 작업이 진행 중이며, 프레임 구조(frame structure), 이동성 관리

(mobility management)등 8개의 Ad-hoc 그룹을 결성하여 각 그룹에서 기술 기고문(technical contribution)을 정리하는 단계에 있다. 본 고에서는 최근 IEEE 802.16j와 WINNER 등에서 진행되고 있는 MMR 관련 연구 중에서 최근까지의 프레임 구조, 동기화, 핸드 오버 관련 기술의 동향을 요약한다.

II. 프레임 구조

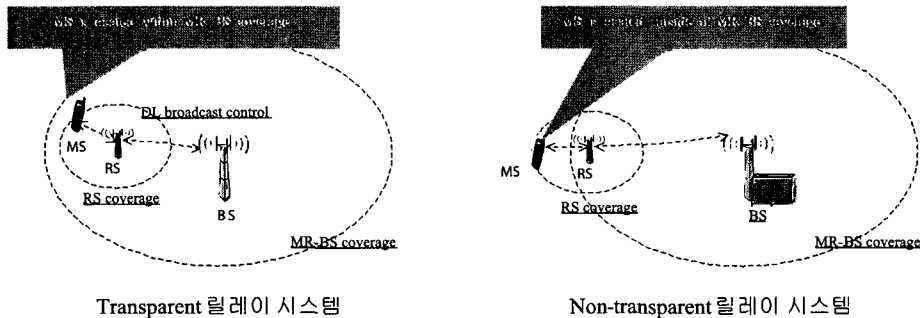
IEEE 802.16j에서 고려되고 있는 MMR 시스템은 transparent와 non-transparent 릴레이 시스템으로 크게 구분할 수 있다[5]. (그림 1)에서 나타난 바와 같이 transparent 릴레이 시스템은 RS와 연관된 MS가 MR-BS의 커버리지 내에 존재하고, MR-BS로부터 제어 신호를 RS의 릴레이(relaying) 없이 직접 수신할 수 있는 경우를 나타낸다. Non-transparent 릴레이 시스템은 MR-BS의 커버리지 밖에 MS가 존재하고, MS는 RS를 하나의 BS로 인식하며, RS는 하향링크 부프레임(downlink subframe)의 첫 부분에 프리앰블과 MAP을 전송해야 하는 경우를 나타낸다.

(그림 2)는 transparent 릴레이를 위한 프레임 구조와 non-transparent 릴레이를 위한 프레임 구조의 예를 나타낸다[5]. 각 프레임은 하향링크(DownLink; DL) 전송 구간, TTG(Transmit Transition Gap), 상향링크(UpLink; UL) 전송 구간, RTG(Receive Transition Gap)으로 나누어진다. 하향링크 전송 구간은 하나의 프리앰블(preamble)과 프레임 제어 헤더(Frame Control Header; FCH), MAP, 데이터 전송 구간

으로 구성된다. 셀 ID와 세그먼트 정보를 포함하는 프리앰블은 MS와 RS가 초기 시간 및 주파수 동기, 셀 탐색, CINR (Carrier to-Interference-and-Noise Ratio) 추정을 위해 사용된다. MAP의 burst profile을 지시하는 DLFP(DownLink Frame Prefix)을 포함한 FCH는 프리앰블 뒤에 위치한다. FCH 뒤에 위치하는 MAP은 물리계층(PHysical layer; PHY)의 DL 과 UL의 데이터 할당 영역을 알려준다.

Transparent 릴레이의 경우 MS와 RS는 BS로부터 전송되는 프리앰블과 FCH, MAP을 에러없이 수신한다고 가정하기 때문에 MS와 RS는 BS와 모든 동기를 획득할 수 있다. 이러한 이유로 (그림 2(a))에서 나타난 바와 같이 transparent 릴레이 시스템에서 RS는 프레임 헤더를 전송하지 않고, BS로부터 수신된 데이터 신호를 복조 또는 복호한 후, 변조 또는 부호화하여 MS에 전송한다. 즉, 하향링크 구간 동안에 RS는 BS로부터 전송되는 신호를 수신하고 MS에 신호를 전송한다. 따라서, 하향링크 구간 동안 RS의 프레임 구조에는 불가피하게 transition gap이 포함되어야만 하고, 자원 효율성을 높이기 위하여 transition gap의 수를 최대한 줄일 수 있도록 고려된 프레임 구조의 예가 (그림 2(a))와 같다.

반면에, non-transparent 릴레이의 경우 MS는 BS로부터 프리앰블과 FCH, MAP을 수신할 수 없는 BS의 커버리지 밖에 존재를 하기 때문에 (그림 2(b))에 나타난 바와 같이 RS는 반드시 이러한 정보들을 BS가 송신하는 구간에 동일하게 전송해야만 한다. TDD 구조에서는 송신과 수신이 동시에 불가능하기 때문에, RS와 BS의 동기를 위하여 추가적인 프리앰블의 전송이 요구되며, BS에서 RS로의 데이터 전송을 위하여 RS를 위한 FCH, MAP 등이 추가적으로 요구된다. 현재



(그림 1) Transparent와 non-transparent 릴레이 시스템

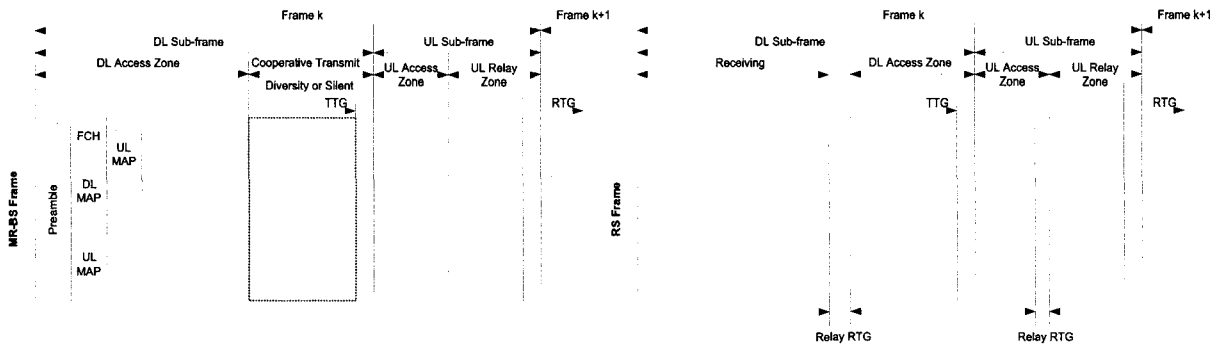
IEEE 802.16j에서는 RS를 위하여 추가적으로 필요한 프리앰블, FCH, MAP을 R-amble, R-FCH, R-MAP으로 정의하고 있으며, R-amble의 위치와 시퀀스에 대하여 협의 중에 있다. 또한, R-amble과 기존에 사용하던 프리앰블과의 혼란을 방지하기 위하여, 프레임의 앞 부분에 위치하는 프리앰블을 BS에서 전송을 하면 BS 프레임 시작 프리앰블(BS frame start preamble)로, RS에서 전송을 하면 RS 프레임 시작 프리앰블(RS frame start preamble)로 정의하고 있다.

(그림 3)은 transparent 릴레이 시스템에서 전파 지연의 영향을 나타낸다. (그림 3)에서 MS0와 MS1은 BS와 RS사이, MS2는 RS와 셀 경계 사이에 위치하고 있으며, MS0는 BS로부터 데이터를 수신하고, MS1과 MS2는 RS로부터 데이터를 수신한다고 가정하였다. 전송한 바와 같이 transparent 릴레이 시스템에서 MR-BS의 커버리지에 속해 있는 모든 MS와 RS는 BS와 동기를 획득한다.

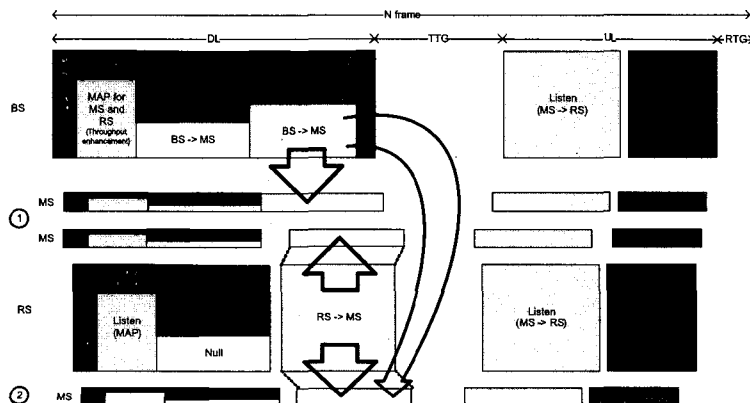
즉, MS0는 BS와 동기를 획득하고, BS로부터 데이터를 연속적으로 수신하기 때문에 획득한 시간 동기과 실제 데이터 전송구간에서의 시간 동기에는 오차가 발생하지 않는다. 그러나, MS1과 MS2는 BS와 동기를 획득하고 RS를 통하여 데이터를 수신하기 때문에 BS-MS의 직접 링크의 전파 지연과 RS를 통하여 전송되는 신호의 전파 지연 사이의 차이로 인하여, BS로부터 전송된 프리앰블을 이용하여 획득한 시간

III. MMR 동기화 기술 동향

1. 전파 지연(Propagation Delay)



(그림 2) Transparent와 non-transparent 릴레이를 위한 프레임 구조



(그림 3) Transparent 릴레이 시스템에서 전파 지연의 영향

동기와 실제 데이터 전송구간에서의 시간 동기 사이에 오차가 발생한다.

이와 같이 transparent 릴레이 시스템에서 릴레이(relaying)으로 인한 전파 지연의 영향은 MS의 위치에 의존적이며, BS와 동기를 획득하더라도 릴레이로 인하여 추가적인 전파 지연 현상이 항상 발생한다. 또한, BS와 RS 또는 다수의 RS의 상호협력 전송 시에도 동일한 현상이 발생한다. 상호협력 방식에서 원하는 다이버시티 성능을 얻기 위해서는 모든 송신단이 심볼 타이밍과 반송파 주파수가 동일해야 한다.

그러나, MS는 BS로부터 전송되는 프리앰블을 이용하여 시간 동기를 획득하는 반면에 RS와의 시간 동기는 획득할 수

없기 때문에 수신 신호들 사이의 전파 지연 차이로 인하여 자연스럽게 STO(symbol timing offset)가 발생하게 된다[6].

반면에, non-transparent 릴레이 시스템에서 MR-BS의 커버리지 밖에 위치한 MS는 RS와의 동기를 획득하고, RS로부터 데이터를 전송받기 때문에, MS 관점에서 릴레이로 인한 추가적인 전파 지연 현상이 발생하지 않는다.

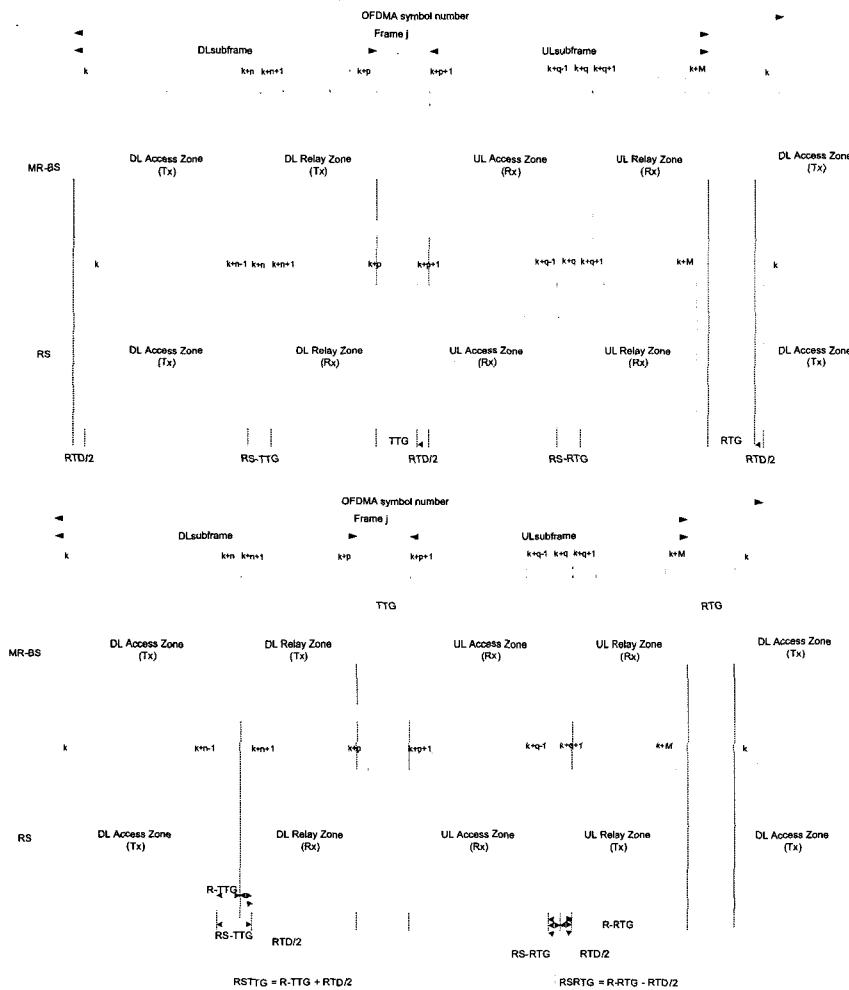
(그림 4)는 RS의 하향링크 전송 시작 시간에 따른 RS-TTG와 RS-RTG의 변화 정도를 나타낸다[7]. (그림 4(a))에서 나타난 바와 같이 RS의 하향링크 전송 시작 시간이 BS와 RS 간 전송 지연 시간만큼 보상되지 않았을 경우에는 RS-TTG와 RS-RTG는 1심볼 구간으로 고정된다. 반면에 (그림 4(b))에서 나타난 것처럼 RS의 하향링크

전송 시작 시간이 BS와 RS 간 전송 지연만큼 보상된 경우, 즉 BS의 하향링크 전송 시작 시간과 RS의 하향링크 전송 시작 시간이 동일한 경우, (그림 4(a))의 경우보다 RS-TTG 구간은 RTD(Round Trip Delay)/2만큼 길어지고, RS-RTG 구간은 RTD/2만큼 짧아진다.

2. 프리앰블 전송 방식에 따른 RS 종류

MMR을 고려한 이동통신 시스템에서도 모든 MS는 BS 또는 RS로부터 동기 획득을 위한 프리앰블 및 제어 신호를 수신할 수 있어야 한다. 이를 위한 RS의 프리앰블 및 제어 신호의 전송 방식에 따라 RS를 <표 1>에서 나타낸 바와 같이 세 가지로 분류할 수 있다[8]. RS Type I은 MR-BS와 모든 RS가 각각의 고유한 자원을 이용하여 독립적인 프리앰블 및 제어신호를 전송하는 Non-SFN(Single Frequency Network) 방식이다.

이러한 경우 모든 송신단은 각 송신단의 영역 내에 존재하는 MS를



(그림 4) Non-Transparent 릴레이 시스템에서 전파 지연의 영향

제어하고 독립적인 BCH(Broadcasting CHannel)을 전송한다. RS Type II는 MR-BS와 모든 RS는 동일한 자원을 사용하여 동일한 프리앰블을 전송하는 SFN 방식이다. 이 경우 MS는 각 송신단에서 수신되는 프리앰블을 구별할 수 없고, BCH 정보의 위치 구분이 불가능하다. 또한 모든 송신단이 같은 자원을 이용하여 독립적인 정보를 전송하면 서로 간섭으로 작용하기 때문에 모든 송신단이 동일한 BCH를 전송해야 한다. RS Type II를 사용하는 MMR 시스템에서는 다이버시티 이득이 존재하지만 전파 지연으로 인한 시간 동기문제가 발생할 수 있다. 프리앰블이나 제어 정보와는 달리 파일럿을 SFN의 형태로 사용하게 된다면 인접 송신단에서 수신되는 신호의 간섭으로 채널 추정 성능 열화가 발생할 수 있다. 이 경우 직교코드와 같은 신호를 전송하지 않으면 MS는 각각의 송신단으로부터 수신된 파일럿을 구분할 수 없게 되어 BS와 MS간 또는 RS와 MS간 경로의 CQI(Channel Quality Indicator) 측정이 어려워지는 단점이 존재할 수 있다. 핸드오버를 수행할 때, RACH(Random Access CHannel)에 동일한 자원을 사용하게 되면, 다수의 MS가 송신한 RACH가 서로 충돌할 확률이 증가하게 된다. 그리고 RACH에 대한 응답을 위하여 동일한 자원을 사용하게 되면 충돌 확률이 증가하고, 고유한 자원을 사용하는 경우에는 RS가 증가할수록 자원 효율성이 감소한다. RS Type III는 RS Type I과 II와 달리 RS는 프리앰블을 전송하지 않고, 단지 MR-BS만이 모든 MS가 수신할 수 있는 프리앰블을 전송하는 방식이다. 즉, RS Type III은 전송한 transparent 릴레이 시스템에서의 RS와 동일한 형태이다.

〈표 1〉 MMR 시스템에서 프리앰블 및 제어 신호의 전송 방식에 따른 RS의 종류

RS Type I	RS Type II	RS Type III
MR-BS와 모든 RS는 각각의	MR-BS뿐만 아니라 모든	MR-BS만이 모든 MS가
고유한 자원을 이용하여	RS가 동일한 자원을 사용하여	수신할 수 있는 프리앰블
독립적인 프리앰블 전송	동일한 프리앰블 전송	전송

3. 프레임 시작 프리앰블

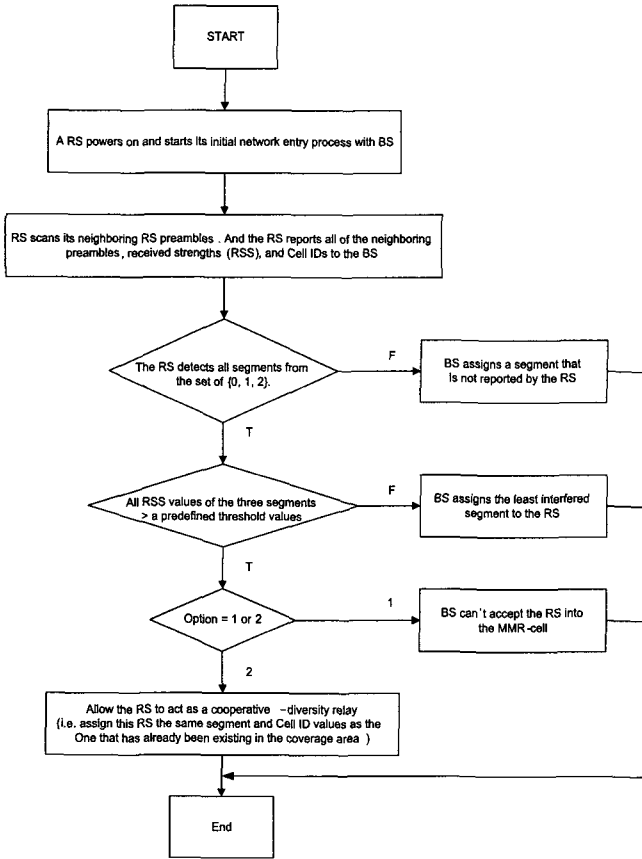
IEEE 802.16e 시스템은 하향링크 프레임의 첫 번째 심볼로서 프리앰블을 사용한다. 프리앰블은 총 114개의 시퀀스를 가지며 32개의 Cell ID와 3 섹터를 구분할 수 있다. MS는 프리앰블 심볼을 이용하여 하향링크 프레임의 시작위치를 검출하고 BS와 초기동기(시간 및 주파수 오프셋 검출과 셀 및

세그먼트 탐색 등) 과정을 수행한다. MMR 시스템에서 RS는 전 절에서 기술한 바와 같이 프리앰블 전송 방식에 따라 다음 세 가지 중의 한 형태로 동작한다.

첫 번째, RS(Type III)는 프레임 시작 프리앰블을 전송하지 않는 transparent 릴레이로 동작한다. Transparent 릴레이 시스템에서 MS는 RS와 동기를 획득하지 않기 때문에 전파 지연에 의한 STO이 발생할 수 있다[6]. 두 번째, RS(Type II)는 BS와 같은 프레임 시작 프리앰블을 전송하는 협력적 릴레이 시스템으로 동작한다[9]. 협력적 릴레이 시스템에서 BS와 RS로부터 MS에 전송되는 신호는 다중 경로 신호로 간주될 수 있다. Transparent 릴레이 시스템과 협력적 릴레이 시스템은 RS가 네트워크에 진입하였을 때 할당받을 세그먼트가 없는 상황에서 유용하게 사용될 수 있다. 세 번째, RS(Type I)는 BS와 다른 프레임 시작 프리앰블을 전송하는 릴레이 시스템으로 동작한다. 이 경우 MS는 RS를 독립적인 기지국으로 인식한다.

위 세 번째 RS(Type I)의 경우에는 RS에게 프레임 시작 프리앰블 시퀀스를 어떻게 할당할 것인지가 이슈가 된다[9]. IEEE 802.16j 시스템에서는 IEEE 802.16e와의 호환성을 위하여 IEEE 802.16e에서 정의된 프리앰블을 RS가 사용해야 한다. 이 때 사용되는 프리앰블의 세그먼트(segment)에 따라 하향링크 DL PUSC에 FCH와 DL-MAP을 포함하는 서브채널(sub-channel)이 할당되기 때문에, RS가 BS와 같은 세그먼트의 프레임 시작 프리앰블을 전송하면 채널 간섭이 발생할 수 있다[10]. 최근 BS와 RS 프레임 시작 프리앰블의 할당 방법으로 2-Tier(19개의 셀) 밖에서 프리앰블 시퀀스를 재사용 방법이 고려되고 있다. 이 때 RS 프레임 시작 프리앰블은 인접 RS와 BS 프레임 시작 프리앰블과의 세그먼트 아이디어가 충돌이 발생되지 않도록 재사용된다. RS가 MS의 동기를 위해 전송할 프레임 시작 프리앰블을 결정짓기 위한 과정의 예가(그림 5)에 주어진다.

(그림 5)에 나타난 바와 같이 Nomadic RS 또는 FRS는 네트워크에 진입하여 MS와 유사하게 BS와 초기동기를 수행한 후, 19셀 내의 BS와 다른 RS의 프리앰블을 탐색하여 해당 BS에 보고한다. BS는 한 섹터 내에서 다른 RS 또는 해당 BS와 세그먼트 번호가 겹치지 않는 프리앰블 시퀀스를 RS에게 할당한다. 이 때 모든 세그먼트가 할당되어있는 상태이면 프레임 시작 프리앰블을 할당하지 않음으로써 transparent



(그림 5) RS 프레임 시작 프리앰블 결정 과정

RS로 동작하거나 인접 RS와 같은 프레임 시작 프리앰블을 할당함으로써 협력적 릴레이로 동작한다.

4. R-amble의 위치 선정

RS는 BS과 마찬가지로 MS의 동기를 위해 프레임 시작 프리앰블을 전송한다. TDD구조에서 RS는 프레임 시작 프리앰블을 전송하면서 동시에 BS로부터 전송되는 프리앰블을 수신할 수 없기 때문에 RS가 BS와 동기를 획득하기 위한 시퀀스가 필요하다.

이와 같이 RS와의 동기를 위해 BS로부터 전송되는 시퀀스를 R-amble이라 한다. RS 또한 하위 RS의 동기를 위해 R-amble을 전송해야 한다. 이 때문에 하향링크 프레임에서 R-amble의 위치에 따라 transition gap의 overhead가 발생하게 되며, R-amble의 위치, 전송 주기와 탐색 주기가 현재 논의

중에 있다[11]. R-amble은 하향링크 프레임 구간 중 할당된 릴레이 영역(zone)에 관계없이 고정적인 위치에서 전송되거나 할당된 릴레이 영역에 따라 유동적인 위치에서 전송될 수 있다[12][13]. R-amble이 고정적인 위치에서 전송되는 경우는 하향링크 프레임 구간 중 마지막 심볼 또는 상향링크 프레임 구간의 마지막 심볼에서 전송되는 경우가 고려되고 있다.

하향링크 프레임 구간 중 마지막 심볼을 R-amble로 사용하는 경우 릴레이 영역과 액세스 영역의 비율에 관계없이 고정된 위치에서 동기화를 할 수 있다는 장점이 있으나, 옵션으로 채택되어 있는 공동 동기 채널(common synch channel)을 사용할 수 없다는 단점이 있다.

R-amble이 하향링크 프레임 구간 중 할당된 릴레이 영역에 따라 유동적인 위치에서 전송되는 경우, 공동 동기 채널을 사용할 수 있는 장점이 있으나 릴레이 영역과 액세스 영역의 비율이 변할 때마다 R-amble의 위치가 변화되는 어려움이 있다.

5. R-amble 시퀀스

R-amble은 BS와 RS와의 동기 또는 상위 RS와 하위 RS와의 동기를 위해 전송된다. 즉, R-amble을 이용하여 RS는 프레임 검출, 시간 및 주파수 동기, 셀 탐색과 세그먼트 아이디를 검출해야하며, 필요에 따라 인접 RS의 프리앰블 또한 탐색해야한다.

이 과정에 MS는 개입하지 않으므로 R-amble은 프레임 시작 프리앰블과 다른 시퀀스를 사용해도 되지만 현재 IEEE 802.16j에서는 같은 시퀀스 또는 약간 변형된 시퀀스의 사용이 논의되고 있다. 같은 시퀀스를 사용할 경우 새로운 시퀀스를 설계하지 않아도 되며 RS가 기존 알고리즘을 재사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이 경우 R-amble 또한 시간 영역에서 약 3번 반복되는 특성이 있으므로 MS가 초기동기를 수행하는 과정에서 R-amble을 검출할 수 있다. 따라서 R-amble 시퀀스는 MS의 초기동기 과정에서는 BS로 잘못 검출되지 않으면서 프레임 시작 프리앰블을 어떻게 재사용할 지가 설계시 고려해야 할 사항이다.

가장 간단한 방법으로는 총 114개의 프리앰블 시퀀스를 고유 프레임 시작 프리앰블과 R-amble로 일정하게 할당하

는 것이다[14]. 이 경우에는 MS의 초기동기 과정에서 RSamble이 잘못 검출되지 않는다는 장점이 있지만 사용 가능한 프리앰블의 개수가 줄어드는 단점이 있다. 또 다른 방법으로는 BS가 R-amble을 프레임 시작 프리앰블에 비해 낮은 전력으로 전송하는 방법을 고려할 수 있다[15]. 이 경우 MS는 한 프레임 구간동안 프레임 검출을 수행하면서 2개의 자기상관 값을 검출하지만 프레임 시작 프리앰블의 자기상관 값과 R-amble의 자기상관 값의 차이로 인하여 프레임 시작 프리앰블을 검출한다.

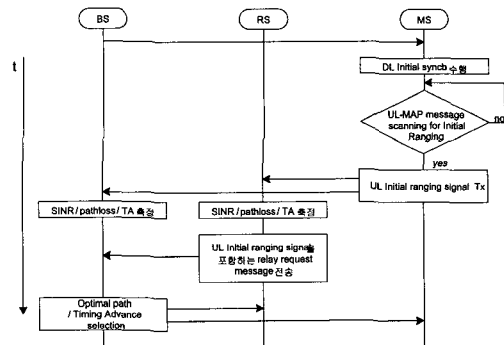
그러나 고속 페이딩 환경에서는 R-amble과 프레임 시작 프리앰블에서의 채널 환경이 변화하기 때문에 R-amble을 잘못 검출할 수 있는 단점이 있다. 이 경우 false alarm을 확인하기까지 상위계층 복조 과정을 수행해야하기 때문에 오버헤드가 크며 많은 시간이 소요될 수 있다. 또 다른 방법으로 R-amble의 시퀀스를 프레임 시작 프리앰블과 낮은 상호상관을 갖도록 변경할 수 있다[16][17]. 이때 변경된 R-amble은 프레임 시작 프리앰블의 PAPR 특성과 상호상관 특성이 동일하지만 프레임 시작 프리앰블과 낮은 상호상관 특성을 갖는다[17].

6. RS 선택 방법

MS는 초기 네트워크에 진입하거나 핸드오버를 수행하기 위해서는 신호를 전송받을 RS 또는 BS를 선택해야 한다. RS를 선택하는 기준으로서 MS와 각 RS간의 거리, 경로 손실, SINR 등을 고려할 수 있다. MS와 각 RS간의 거리를 기반으로 RS를 선택하는 경우 MS와 각 RS간의 타이밍 동기화 과정을 통해 간단히 결정할 수 있으나 인접 간섭과 음영지역을 전혀 고려할 수 없다는 단점이 있다. 반면에 SINR 기반의 RS 선택 방법에는 음영지역과 인접 간섭이 모두 고려되어 있는 기준이다. RS 선택을 위하여 신호 측정 방법으로서 다음 세 가지의 방법을 고려할 수 있다. 첫 번째는 상향링크 구간에서 MS가 전송한 파일럿 신호를 각 RS가 측정하여 BS에 보고하는 상향링크 기반의 측정 방법이다. 일반적으로 RS의 수보다 MS의 수가 훨씬 많으므로 MS의 수에 따라 측정하여야 하는 오버헤드가 증가하는 단점이 있다. 두 번째는 하향링크에서 MS가 각 RS로부터 전송된 파일럿 신호의 강도를 측정하고 해당 BS에 보고하는 하향링크 기반의 측정 방법이다. 하지만 FDD 시스템에서는 하향링크와 상향링크의 경로

손실이 다르므로 앞서 두 가지 방법으로는 신호의 강도를 정확히 측정했다고 할 수 없다. 세 번째는 앞서 두 가지 방법을 결합한 하향링크와 상향링크 기반의 측정 방법이다. 하향링크와 상향링크 기반으로 신호의 강도를 측정하므로 FDD방식에서도 앞서 2가지 방식보다 신뢰할 수 있는 신호의 강도 측정이 가능하다. 또한 핸드오버 수행 시 call drop/rejection이 줄어들 수 있으나 복잡도가 증가한다.

각 RS가 같은 파일럿을 사용하거나 transparent 릴레이 시스템의 경우에는 MS가 각 RS를 구분할 수 없으므로 상향링크 기반의 신호 강도 측정과 RS 선택기법을 고려한다. (그림 6)는 상향링크 기반의 RS 선택 과정을 보여준다. MS가 상향링크 구간에서 레인징(ranging) 신호를 전송하면 각 RS와 BS는 SINR과 타이밍을 측정하며 BS는 그 측정된 결과를 바탕으로 최적의 RS 경로를 선택한다.



(그림 6) 상향링크 기반의 RS 선택 과정

IV. MMR에서의 핸드오버

1. MMR에서의 핸드오버 결정

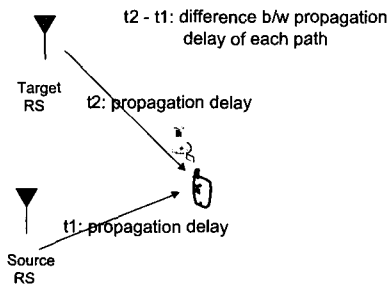
핸드오버의 결정은 크게 네트워크 기반과 단말 기반으로 나눌 수 있다. 즉, RS 선택 과정을 기반으로 최적의 경로를 탐색한 후 최종 선택을 네트워크에서 결정 또는 단말이 결정하는 것이다. 단말이 핸드오버를 결정하는 경우 인접 RS의 부하(load) 정보를 알 수 없는 단점이 존재하지만, 핸드오버를 실패하는 경우에 단말이 스스로 송신단을 선택할 수 있는 장점이 있다. 네트워크 기반 핸드오버의 장점으로는

인접 RS의 부하를 알 수 있다는 것과 단말 기반의 핸드오버에 비해 하향링크 제어 정보가 감소한다는 것이다. 또한 네트워크 기반의 핸드오버 결정을 고려하며 단말이 핸드오버를 실패하는 경우에 단말 기반의 핸드오버를 수행하는 두 방식의 결합된 기법이 있다.

2. MMR에서 핸드오버시 타이밍 조절

(그림 7)은 MS가 서빙(serving) RS와 타겟(target) RS에서 수신되는 신호의 전파지연을 보여 준다. 핸드오버시 네트워크가 서로 동기가 맞아있는 상황과 동기가 맞지 않는 상황에 따라 상향링크 타이밍 조정(UL timing alignment) 방법이 달라지게 된다. 전자의 경우 상향링크 타이밍 조정은 다음과 같이 이루어진다. MS는 타겟 RS와 서빙 RS의 전파 지연을 모두 측정하고 측정된 결과의 차를 이용하여 타겟 RS로의 핸드오버시 필요한 타이밍 조정 값을 간단하게 측정할 수 있다.

하지만 네트워크간 서로 동기가 맞아있는 상황에서는 전송한 바와 같이 transparent MMR 시스템에서 인접 심볼간 간섭이 발생하는 단점이 있다. 후자의 경우 서빙 RS와 타겟 RS로부터 전송되는 신호의 타이밍 차이가 CP(Cyclic Prefix) 길이보다 큰 경우와 CP길이보다 작은 경우로 다시 구분할 수 있다. 타이밍 차이가 CP길이보다 큰 경우에서의 상향링크 타이밍 조정 방법은 다음 세 가지 방법이 존재한다. 첫 번째는 RACH을 단말이 송신하면 RS가 측정해서 다시 MS에게 알려주는 방법이다. 간단한 방법이지만 핸드오버 수행 시간이 긴 단점이 있다. 두 번째 방법은 MS에게 타겟 RS로 전송하는 특정한 자원을 할당하는 것이다. 핸드오버 수행 시간은 첫 번째 방법보다 짧은 장점이 있지만 MS에게 특정한 자



(그림 7) 서빙 RS와 타겟 RS에서 수신되는 신호의 전파지연 예시

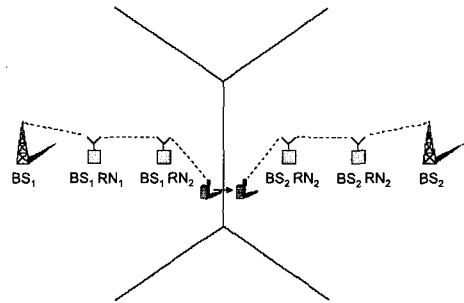
원을 할당해야 하는 단점이 있다. 세 번째 방법은 타겟 RS가 핸드오버 수행 전에 MS가 전송하는 신호를 미리 측정하는 것이다. 이 방법은 앞의 두 가지 방법보다 핸드오버 수행 시간이 더 짧은 장점을 가지나, 셀 간 핸드오버의 경우 서빙 RS에서 타겟 RS로 전송되는 신호가 필요한 단점이 있다. 타이밍 차이가 CP길이보다 작은 경우에는 MS가 타이밍 조절을 할 필요가 없으며 수신단에서 처리가 가능하다.

3. MMR에서의 핸드오버 종류

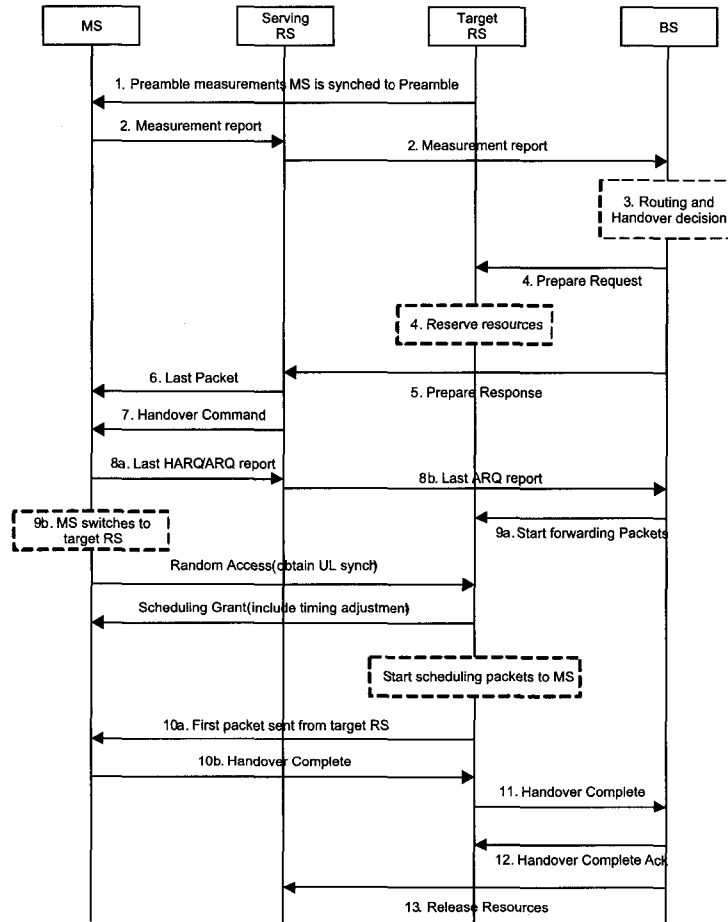
이동통신시스템에서의 이동성 관리(mobility management)는 active mode와 idle mode로 구분할 수 있으며, 본 절에서는 active mode에 대해서만 기술한다[8]. MMR 기반의 이동통신시스템에서 핸드오버의 종류는 크게 셀 내(intra-cell) 핸드오버와 셀 간(inter-cell) 핸드오버로 구분할 수 있다. 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버에서 구체적인 종류는 <표 2>에 주어져 있다. (그림 8)은 3-hop MMR 시스템의 예를 보여준다. (그림 9)는 셀 내에서 RS간 핸드오버 절차의 예를 보여준다. 핸드오버 준비가 완료되었다는 정보를 BS가 직접 서빙 RS에 알려줄 수도 있으나 이 그림에서는 타겟 RS가 서빙 RS에게 알려주는 경우를 보여준다. 이 그림에서 핸드오버 결정 후에 타겟 RS에서 MS가 송신한 RACH를 이용하여 UL 시간 동기를 획득하는 절차를 보여준다.

<표 2> MMR 시스템에서의 핸드오버 구분

셀 내 핸드오버	셀 간 핸드오버
(BS _i) to (BSRS _x) (BSRS _x) to (BS _i) (BSRS _x) to (BSRS _y)	(BS _i) to (BS _j) (BSRS _x) to (BS _j) (BSRS _x) to (BSRS _y) (BS _j) to (BSRS _y)



(그림 8) 3-hop MMR 시스템의 예



(그림 9) MMR 시스템에서 셀 내에서의 RS간 핸드오버 절차

V. 결론

의 설계 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 고에서는 MMR의 도입으로 발생하는 프레임의 구조의 변화, BS, RS, MS의 동기화, 핸드오버를 위한 고려 사항을 최근까지의 IEEE 802.16j를 기반으로 기술하였다. 특히, MMR 시스템에서 RS의 도입에 따라 발생하는 전파지연 현상, 프리앰블과 R-amble의 역할과 설계시 고려사항, 핸드오버 절차와 RS 결정 방식에 대하여 기술하였다.

본 고에서 주로 고려하였던 IEEE802.16j는 IEEE 802.16e와의 호환성에 따른 제약 때문에 불가피하게 비효율적인 구조와 방법을 사용할 수 밖에 없는 경우도 존재하나, 4G 등의 차세대 MMR 기반 이동통신시스템에서는 이를 고려한 최적

- [1] R. Pabst et. al., "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 42, pp. 80-89, Sept. 2004.
- [2] H. Wu, C. Qiao, S. De, and O. Tonguz, "Integrated Cellular and Ad Hoc Relaying Systems: iCAR," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 19, pp. 2105-2115, Oct. 2001.

- [3] J. Cho and Z.J. Haas, "On the Throughput Enhancement of the Downstream Channel in Cellular Radio Networks Through Multihop Relaying," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 22, pp. 1206-1219, Sept. 2004.
- [4] N. Esseling, B.H. Walke, and R. Pabst, "Performance Evaluation of a Fixed Relay Concept for Next Generation Wireless Systems," *PIMRC*, Vol. 2, pp. 744-751, Sept. 2004.
- [5] IEEE C802.16j-07/023r3, "Frame Structure for Transparent Relay Mode," Jan. 2007.
- [6] K. S. Woo, H. I. Yoo, Y. J. Kim, H. Lee, H. K. Chung, Y. S. Cho, "Synchronization and Channel Estimation for OFDM System with Transparent Multi-hop Relays," *VTC*, Apr. 2007.
- [7] IEEE C802.16j-07/266r4, "On the Issue of Frame Alignment and Gaps," Mar. 2007.
- [8] IST-4-027756 WINNER II D3.5.1 v1.0, "Relaying Concepts and Supporting Actions in the Context of CGs," Oct. 2006.
- [9] IEEE C802.16j-07/040, "Fixed and Nomadic Relay Station Preamble Segment Assignment Scheme," Jan. 2007.
- [10] IEEE C802.16j-07/088, "Moving Relay Station Preamble / Segment Selection," Jan. 2007.
- [11] IEEE C802.16j-07/237, "On the Use of Amble for the Relay Link," Mar. 2007.
- [12] IEEE C802.16j-07/136r4, "On the use of Postamble for Relay Link," Jan. 2007.
- [13] IEEE C802.16j-07/015, "Relay Amble Position," Jan. 2007.
- [14] IEEE C802.16j-06/150, "Proposed Modifications to the PN Sequence used by the Base Stations and Relay Stations in a MR enabled Network," Nov. 2006
- [15] IEEE C802.16j-07/017, "Relay Amble Sequence," Jan. 2007.
- [16] IEEE C802.16j-07/0141, "Postamble Sequence Design for Supporting Relay Zone Synchronization," Jan. 2007.
- [17] IEEE C802.16j-07/223, "Relay Amble Modulation Series," Mar. 2007.

약 력



2004년 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2006년 중앙대학교 전자전기공학부 공학석사
 현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 관심분야: 디지털 신호처리, DAB, DMB모뎀, MIMO

우 경 수



2005년 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2007년 중앙대학교 전자전기공학부 공학석사
 현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 관심분야: 디지털 신호처리, 무선 모뎀, Relay

유 현 일



2005년 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2007년 중앙대학교 전자전기공학부 공학석사
 현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 관심분야: 디지털 신호처리, 무선 모뎀, Relay

김 영 준



1984년 중앙대학교 전자공학과 공학사
 1987년 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1991년 University of Texas AT Austin 전기 및 컴퓨터공학과 공학박사
 1992년 - 현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수
 2001년 한국전자통신연구원 이동통신단 초빙연구원
 2003년 - 현재 TTA 2.3GHz 휴대인터넷(WiBro), 무선접속 실무반 의장
 관심분야: MIMO-OFDM 모뎀, MMR

조 용 수