

IEEE 802.16 MMR 동향

Trend of IEEE 802.16 Mobile Multi-hop Relay

차세대 이동통신 특집

김영일 (Y.I. Kim)	Wibro무선시스템연구팀 팀장
신정채 (J.C. Shin)	경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 정보통신공학
조호신 (H.S. Cho)	경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 정보통신공학
안지환 (J.H. Ahn)	무선시스템연구그룹 그룹장
황승구 (S.K. Hwang)	이동통신연구단 단장

목 차

-
- I. 서론
 - II. 중계기 방식과 종류
 - III. MMR 기술 동향
 - IV. 결론

중계기(relay station)는 기존의 이동통신 시스템에서 음영 지역 해소를 위해 도입되어 현재 사용중인 기술이다. 중계기 기술은 단순히 증폭 후 전달(amplify-and-forward) 방식에서 디코딩 후 전달(decode-and-forward), 재구성/재조합 후 전달(reconfiguration/reallocation-and-forward) 등 지능화된 형태로 진화하고 있다. 특히, 차세대 이동통신 시스템에서 지능화된 다수의 중계기 도입은 기지국 증설 비용과 백홀(backhaul) 통신망의 유지 비용을 줄이는 동시에 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 위해 불가피할 것으로 예상된다. 이에 본 고에서는 중계기 방식과 종류 등 일반적인 사항에 대해 살펴보고, 최근 표준화 활동이 시작되어 이슈화되고 있는 IEEE 802.16 MMR의 동향에 관해 기술한다.

I. 서론

현재 표준화가 진행중인 3G LTE, IEEE 802.16, 802.20 등 다수의 차세대 이동통신 시스템의 공통적인 개발 목표는 향상된 데이터 전송 속도이다. 이를 구현하기 위해 OFDM, MIMO, 스마트 안테나 등의 최신 기술 등이 도입될 것으로 예상된다. 그러나, 제한된 송신 전력 하에서 높은 전송 속도는 낮은 E_b/N_0 를 가지게 되어 오류율을 증가시키고, 전송 가능 거리를 줄어든다. 또한, 기존의 이동통신 시스템에서 사용중인 2GHz 이하의 주파수 대역에 비해 높은 2~6GHz의 고주파 대역 사용이 불가피할 것으로 예상되어 도심 지역의 음영 지역(shadowing zone)이 증가할 것으로 보인다[1].

음영 지역 해소를 통한 커버리지(coverage) 확대와 데이터 처리율(throughput) 향상을 해결하기 위해 가장 쉬운 방법으로는 기지국의 수를 증가시키는 방법이 있다. 기존의 이동통신 시스템에서 기지국 커버리지는 통상 2~5km인데 반해 차세대 이동통신 시스템에서는 경우에 따라서 수백 미터에 불과할 것으로 예상되므로, 많은 수의 기지국 증설이 필요하다. 물론, 가입자의 수가 기지국 증설에 따라 선형적인 증가를 보인다면, 기지국 증설이 효과적일 수 있으나 선진국의 경우 가입자 수는 이미 포화상태에 다다른 점을 고려한다면 기지국 증설은 그리 효과적이지는 못하다. 이에 해결책으로 제시된 기술이 중계기(relay station)를 활용한 방식이다.

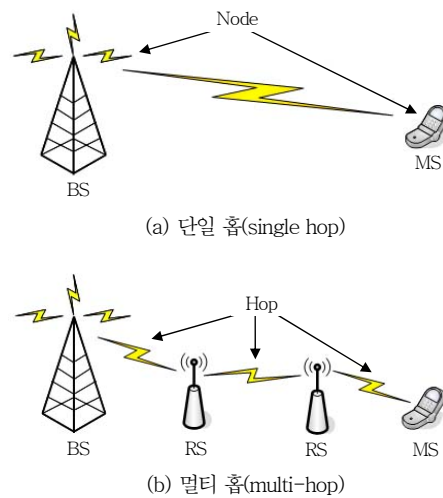
중계기(relay station)는 기존의 이동통신 시스템에서 음영 지역 해소를 위해 도입되어 현재 사용중인 기술이다. 중계기 기술은 단순히 증폭 후 전달(amplify-and-forward) 방식에서 디코딩 후 전달(decode-and-forward), 재구성/재조합 후 전달(reconfiguration/reallocation-and-forward) 등 지능화된 형태로 진화하고 있다. 특히, 차세대 이동통신 시스템에서 지능화된 다수의 중계기 도입은 기지국 증설 비용과 백홀(backhaul) 통신망의 유지 비용을 줄이는 동시에 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 위해 불가피할 것으로 예상된다. 이에 본 고

에서는 중계기 방식과 종류 등 일반적인 사항에 대해 살펴보고, 최근 표준화 활동이 시작되어 이슈화되고 있는 IEEE 802.16 MMR의 동향에 관해 기술한다.

II. 중계기 방식과 종류

중계기(Relay Station: RS)는 기지국(Base Station: BS)과 단말(Mobile Station: MS) 사이를 이어주는 중계자 역할을 하는 기기이다. (그림 1)의 (a)는 중계기를 통하지 않고 기지국과 단말이 직접적(directly)으로 통신하는 경우이고, (b)는 기지국과 단말을 중계기가 이어주는 경우를 나타낸다. (a)의 경우 일반적으로 단일 홉(single hop)이라 부르고, (b)의 경우 홉의 수에 따라 다르지만 일반적으로 멀티 홉(multi-hop)이라 부른다.

중계기 또는 중계 방식은 이동성(mobility), 데이터 전달(forwarding), 다이버시티(diversity), 무선 접속 기술 방식(access technology) 등에 따라 분류할 수 있다. 먼저, (그림 2)와 같이 이동성에 따라 고정형(fixed), 유목형(nomadic), 이동형(mobile)으로 분류할 수 있다[2]. 고정된 형태의 중계기는 가장 일반적인 형태이며 많이 사용되는 형태이다. 유목형 중계기는 각종 이벤트나 전시회 등 한시적(tem-



(그림 1) 단일 홉과 멀티 홉 중계 방식의 토폴로지

poral)으로 많은 가입자가 모이는 경우에 설치하여 원활한 서비스를 제공한다. 이동형 중계기는 기차, 버스 등에 사용자가 단체로 움직이는 경우에 유용하게 사용될 수 있으며, 네트워크 모빌리티(Network mobility, NEMO) 개념으로 생각할 수 있다.

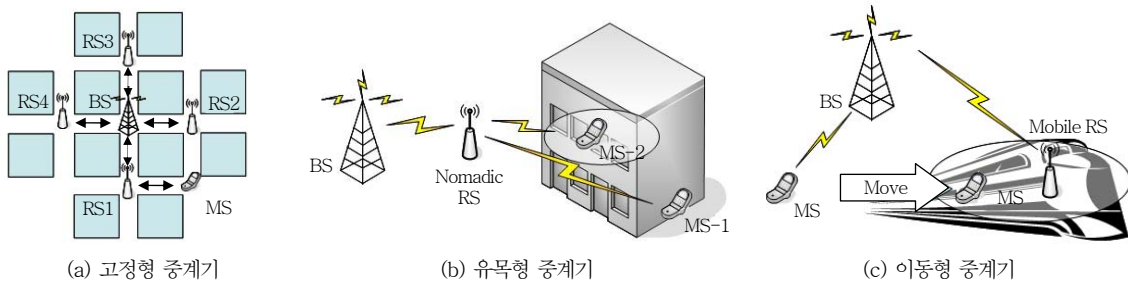
데이터 전달 방식에 따라 증폭 후 전달, 디코딩 후 전달, 재조합/재구성 후 전달 등으로 나눌 수 있다. 우선 증폭 후 전달 방식은 기존 중계기 시스템에서 사용하던 방식으로 단순히 RF 전력을 증폭하여 단말에게 전달하는 방법으로 구현이 비교적 단순하지만 잡음(noise) 또한 증폭되는 단점이 있다. 디코딩 후 전달 방식은 신호 전달에 앞서 디코딩을 통해 에러 검출 등의 기능을 수행하고 다시 인코딩(reencoding)하여 전달하는 방식이다. 증폭 후 전달 방식에 비해 지능화된 중계기로 볼 수 있으며 구조가 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 재조합/재구성 후 전달 방식은 중계기가 기지국의 일부 역할을 담당하는 것으로 기지국으로부터 할당 받은 무선 자원을 중계기와 단말 사이의 채널 상태에 적합하도록

재구성 및 재할당하는 방식이다. 앞의 두 방식에 비해 중계기의 비용 및 복잡도가 높은 것이 단점이며, 채널 상태에 따른 최적의 자원 운용이 가능하다.

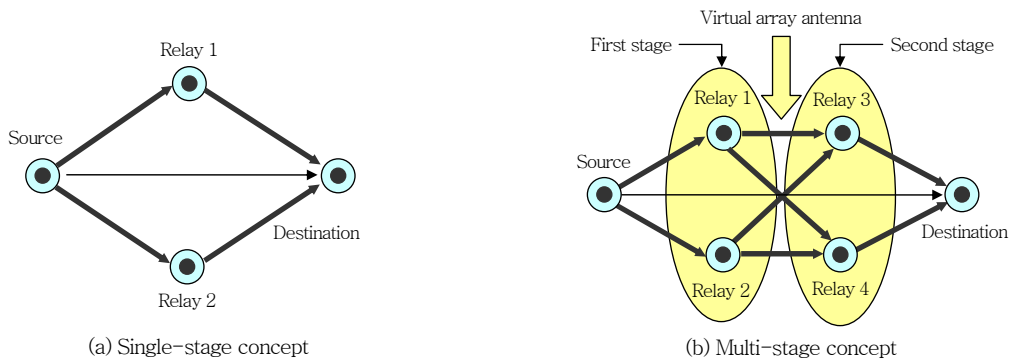
다이버시티 특성에 따라 중계기는 일반적인 중계 방식과 상호 협조형 중계(cooperative relay) 방식으로 나눌 수 있다. 일반적인 중계 방식은 하나의 경로(path)를 따라 전달되는 형태인데 반해, 상호 협조

● 용어해설 ●

네트워크 이동성(NEMO, NETwork MObility): 기차와 비행기 그리고 선박 같은 이동 수단에 탑승한 많은 승객들이 하나의 네트워크를 구성하여 움직이는 경우 승객들의 이동성을 지원하는 기술이다. 각각의 호스트가 이동하는 개념이 아닌 네트워크 자체가 이동하며 승객들에게 투명한 이동성을 제공하는 것을 목표로 한다. IETF(Internet Engineering Task Force)의 NEMO 워킹 그룹을 중심으로 표준화 작업이 활발히 진행되고 있으며 이동성 지원 방안 표준화, 경로 최적화 문제, 멀티-호밍(Multi-homing), 핸드오프(Hand-off) 등의 성능 향상 방안이 주된 해결과제이다.



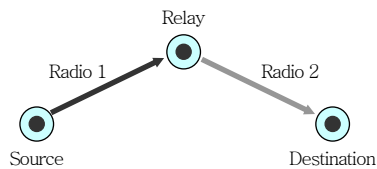
(그림 2) 이동성에 따른 중계기 분류



(그림 3) Cooperative Relay 개념

형 중계 방식은 전파의 브로드캐스팅(broadcasting) 되는 성질을 이용하여 다이버시티 이득을 얻고자 제안된 방식이다. (그림 3)과 같이 단일-단계(single-stage)와 다수-단계(multi-stage)로 생각할 수 있다. 특히 다수-단계 방식은 분산된(distributed) MIMO 방식 혹은 가상 배열 안테나(virtual arrays antenna)로 해석 가능한 방식이다. 원활한 상호 협조형 중계 방식 도입을 위해서는 중계기간의 동기(synchronization), 채널 상태 정보(channel state information) 등이 필요하다.

무선 접속 방식에 따른 중계기는 동질적(homogeneous) 구성과 이질적(heterogeneous) 구성으로 나뉜다. 동질적 구성은 BS와 RS 사이의 무선 접속 방식이 RS와 MS 사이의 방식과 동일한 경우를 말한다. 이질적 구성은 (그림 4)와 같이 BS와 RS 사이의 무선 접속 방식이 RS와 MS 사이의 방식과 상이한 경우를 말하며 통신 환경에 가장 적합한 통신 시스템을 선택하여 통신할 수 있다. 통신 가능한 후보 기술들을 BS, RS, MS 모두 물리 계층에서 갖추고 있어야 하며 ABC 개념이 포함되어 있다[4].



(그림 4) Heterogeneous Relay 개념

Ⅲ. MMR 기술 동향

1. IEEE 802.16 MMR 표준화 현황

IEEE 802.16 MMR SG은 <표 1>과 같이 2005년 7월 22일에 38차 정기회의에서부터 정식 SG로 승인을 받아 6개월간의 활동이 이뤄졌다[4]. 2006년 1월 41차 회의에서 제출한 PAR이 최근 집행부의 승인을 받아 2006년 3월 30일 IEEE 802.16j Relay TG 이름으로 정식 프로젝트 그룹화되었다.

2. Relay 모드와 Mesh 모드

IEEE 802.16에서 지원하는 네트워크 토폴로지는 PMP 모드와 Mesh 모드가 있다. 802.16-2004와 16e에서 필수 사항으로 명시된 PMP 모드는 기지국을 중심으로 다수의 단말이 접속하는 트리 구조를 가지며 모든 트래픽은 기지국을 통해서만 내부 또는 외부로 전달된다. 이에 반해, Mesh 모드는 802.16-2004의 OFDM 모드에서만 사용될 수 있는 선택적 사항으로, 단말간(inter-MS)의 통신이 기지국을 거치지 않고 이웃 단말들에 의해 라우팅되어 직접적으로 이루어지는 구조를 가진다[2],[5],[6].

<표 2>는 MMR과 Mesh 네트워크의 차이점을 정리한 것이다[2]. MMR은 PMP 모드를 따르므로 트리 구조를 가지지만 Mesh는 이웃하는 다수의 노드들 간에 네트워크가 형성되는 구조를 가진다.

<표 1> IEEE 802.16 MMR SG 일정표

연도	월	802.16 Session	Actions
2005년	7월	#38 Plenary*	Propose to form SG - Approved
	9월	#39 Interim**	SG: 1st meeting
	11월	#40 Plenary	SG: 2nd meeting
2006년	1월	#41 Interim	SG: 3rd meeting - Complete a PAR
	3월	#42 Plenary	PAR approved - 16j Relay TG
	5월	#44 Interim	TG: 1st meeting
	7월	#45 Plenary	TG: 2nd meeting
	9월	#46 Interim	TG: 3rd meeting
	11월	#47 Plenary	TG: 4th meeting

* Plenary session: 정기 총회, ** Interim session: 임시 총회

〈표 2〉 Mesh 네트워크와 Relay 네트워크의 비교

	Relay network		Mesh network	
	Infrastructure	Client	Infrastructure	Client
Network topology	Tree		Multi-connection to other nodes	
Purpose	Coverage extension Throughput enhancement		Inter-BS communication for backhaul	Inter-SS/MS communication (such as ad-hoc mode)
Who is the repeater?	Fixed RS Nomadic RS Mobile RS	Nomadic RS SS/MS that has relay function	All of BS/RS	All of SS/MS
Licensed band?			Business use: Licensed band Other one: Unlicensed band	

MMR 시스템은 PMP 모드에서 기지국과 단말 사이에 위치하여 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 목표로 한다. 이에 비해 Mesh는 기지국간(inter-BS)의 통신에 있어 백홀망을 거치지 않고 통신과 단말들간의 직접 통신이 가능하게 하는 데 목표를 두고 있다. 물론, MMR 네트워크에서 다수의 RS를 거쳐 신호가 전달되는 경우 RS간(inter-RS)의 통신이 발생하지만, 반드시 기지국을 통해서 상대방(destination)에게 전달되므로 Mesh 네트워크와는 분명한 차이점이 있다. 신호 증폭의 주체는 MMR의 인프라 관점에서 FRS, NRS, MRS의 형태가 가능하며, 클라이언트 관점에서는 MMR 기능을 탑재한 단말이 역시 증폭기(repeater) 역할을 수행할 수 있

다. 이에 반해 Mesh는 모든 단말간 그리고 기지국간의 통신이 가능하므로 신호 증폭의 주체는 역시 모든 단말과 기지국이 될 수 있다.

Mesh 모드 역시 장점을 가지고 있지만, 물리 계층과 MAC 계층에서 PMP 모드와의 호환성 부족, 특히 802.16e의 단말에서는 Mesh 모드를 지원하지 않는 등의 이유로 IEEE 802.16j Relay 프로젝트에서는 Mesh 모드를 제외하여 PMP 모드에서의 MMR을 중심으로 표준화가 진행될 것으로 예상된다.

3. IEEE 802.16j Relay 프로젝트

MMR을 지원하기 위한 MS, RS, BS의 표준화 요구 사항은 <표 3>과 같이 정리할 수 있다[4]. 우선, MS는 기존의 방식과 기능을 그대로 사용하고 새로이 추가되는 기능은 없다. 즉, MS는 RS의 존재를 느낄 필요 없이 마치 BS와 직접 연결이 된 것처럼 행동하면 된다. RS는 PMP 모드와 MMR 모드를 지원할 수 있어야 한다. 또한, 다수의 RS로부터 도착하는 트래픽을 취합(aggregation)하여 BS로 전송할 수 있어야 한다. 기존의 BS가 MMR 모드를 지원하는 MMR-BS로 지능화되기 위해서는 FRS, NRS,

● 용어해설 ●

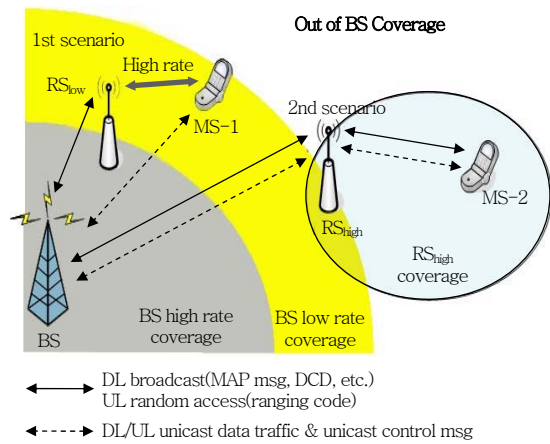
메시 네트워크(Mesh Network): PMP(Point-to-Multi-Point) 방식이 반드시 인프라를 통해 통신이 가능한데 비해 메시 네트워크는 인프라를 통하지 않고 단말간의 통신이 가능한 기술이다. 광대역 전송과 이동성을 필요로 하는 시스템에 적용 가능하며 멀티 호핑(Multi-hopping) 또는 무선 중계기에 의한 커버리지 확장이 용이하다. IEEE 802.11s, 802.15.5, 802.16a 등의 표준화 작업이 수행중에 있다.

MRS 등 다양한 형태를 가진 다수의 RS로부터 도착하는 트래픽 취합 기능이 필요하며, BS-RS 간의 통신을 위한 새로운 MAC 프로토콜이 추가되어야 한다.

(그림 5)와 <표 4>는 RS 도입의 목적에 따른 2가지 시나리오를 설명하고 있다[4]. 먼저 첫번째 시나

<표 3> IEEE 802.16j Relay Project Scope

Entity	New function
Mobile station	<ul style="list-style-type: none"> No change
Relay station	<ul style="list-style-type: none"> Supports PMP & MMR links Supports aggregation of traffic from multiple RSs MAC protocol to support multi-hop communication between RSs
Base station	<ul style="list-style-type: none"> Add support for MMR links Add support for aggregation of traffic from multiple RSs MAC protocol to support multi-hop communication between BS and RS



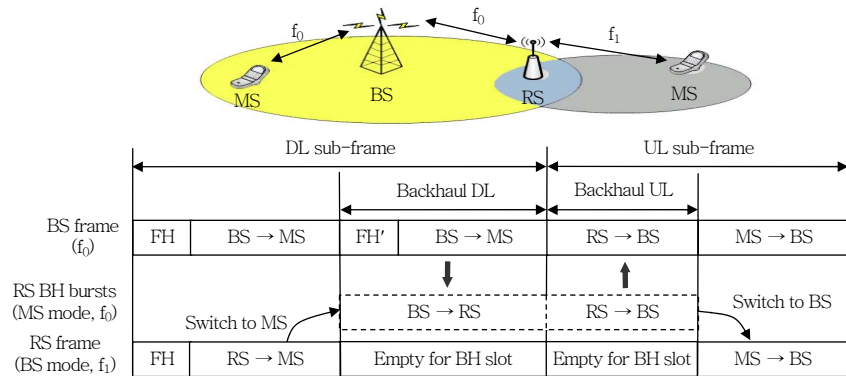
(그림 5) RS 도입 목적에 따른 2가지 시나리오

리오를 살펴보면, MS의 위치가 BS 영역 내에 있지만 낮은 신호 품질 때문에 BS의 브로드캐스팅된 제어 정보만을 직접 수신할 수 있는 경우, RS는 단지 데이터 채널을 증폭하여 단말에게 전달할 수 있다. 이 경우, 셀 영역의 확대 측면보다는 사용자 데이터 처리율 향상이 목표라 할 수 있다. 다이버시티 측면에서 상호 협조형 중계 방식으로 볼 수 있다. 또한 RS-MS 링크를 기지국이 직접 제어하는 방식이므로, 중앙집중식(centralized)이라 할 수 있다. 두번째 시나리오는 BS 영역 밖에 위치하여 서비스를 받지 못하는 MS를 위해 도입한 RS가 셀 커버리지를 확대시키는 경우를 나타낸다. 제어 채널과 트래픽 채널 모두 RS에서 증폭하여 MS와 BS간의 통신이 가능하게 해주는 방식이다. 초기 망 진입, 레인징(ranging) 등의 과정을 RS가 MS를 대신하여 수행한다. RS-MS 링크를 RS가 직접 제어하는 분산된 형태를 가진다. 또한, 첫번째 시나리오에 비해 상대적으로 RS의 복잡도(complexity)와 성능(capability)이 높아야 한다[4].

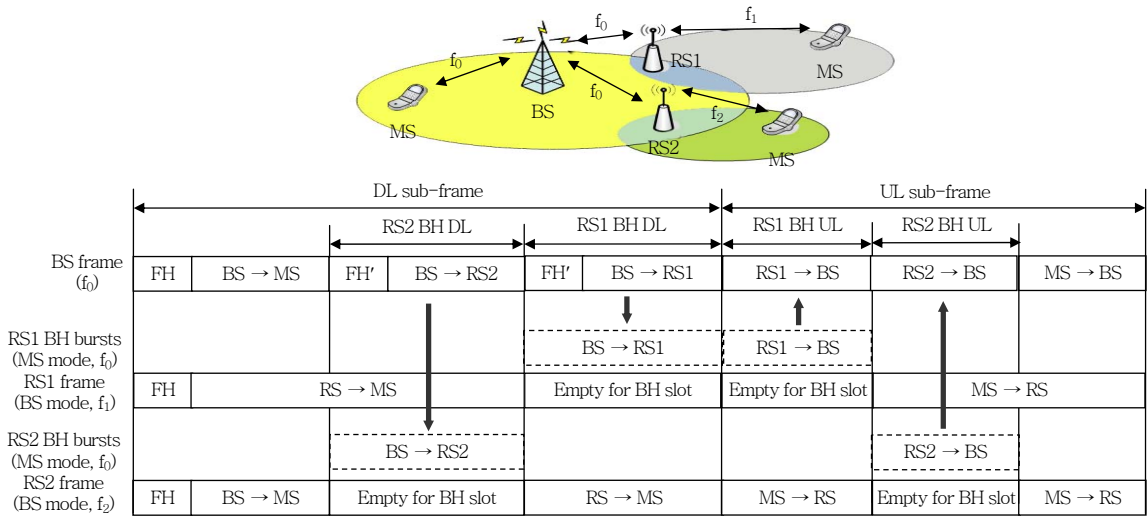
(그림 6)은 MMR 모드를 지원하기 위한 프레임 구조와 간단한 RS 배치를 예시한다. BS-RS와 RS-MS 링크는 서로 다른 반송파 주파수를 사용하며 모든 BS와 RS 사이의 정확한 동기가 필요하다. RS는 시간 영역에서 BS 모드와 MS 모드를 교대로 수행한다고 가정한다. RS의 BS 모드는 BS로부터 수신한 신호를 MS 또는 RS에게 재송신하는 경우와 MS 또는 RS로부터 상향링크 신호를 수신하는 경우를 말한다. MS 모드는 BS로부터 신호를 수신하는 경우와 MS 또는 RS로부터 수신한 상향링크 신호를

<표 4> RS 도입 목적에 따른 2가지 시나리오 비교

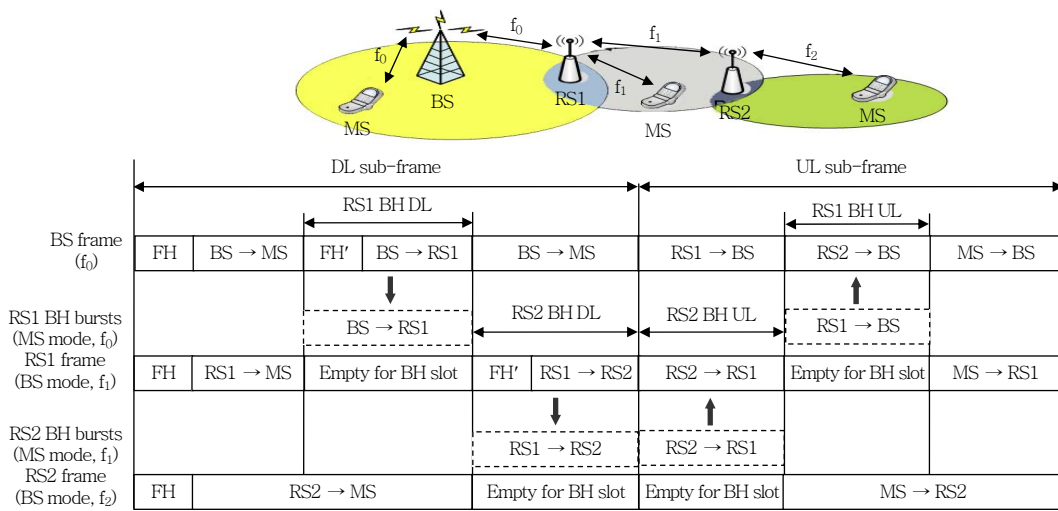
	1st Scenario(Centralized control)	2nd Scenario(Distributed control)
Objective	Higher user throughput at low SINR region	Cell coverage extension
Relaying channels	Only unicast traffic channel	Both broadcast control channel and unicast traffic channel
RS capabilities	<ul style="list-style-type: none"> Low capability Relay data traffic only Control messages are provided through a direct link from BS RS-MS link control by BS 	<ul style="list-style-type: none"> High capability Transmit DL control messages Provide MS with Network_Entry procedure on behalf of BS RS-MS link control by RS



(a) 1개의 RS 사용 시 프레임 구조



(b) 2개의 RS를 사용한 경우의 프레임 구조



(c) 멀티-홉 RS를 사용한 경우의 프레임 구조

(그림 6) RS 배치에 따른 프레임 구조의 변화

BS에게 재송신하는 경우를 말한다. 프레임 헤더(Frame Header: FH)는 중계기를 거치지 않고 통신하는 MS/SS를 위한 제어 신호들이며 프리앰블(preamble), FCH, DL/UL-MAP, D/UCD 등으로 구성된다. FH'은 모든 RS에게 전달되는 동일한 프레임 헤더 정보이며 FH에 비해 단순화된(simplified) 정보들을 전송한다. 또한, 여기서 백홀은 BS-RS간의 통신을 나타낸다[7].

(그림 6)의 (a)는 단순히 1개의 RS를 사용하여 신호를 전달한 경우이다. RS가 백홀 구간 즉, BS의 신호를 수신할 때와 송신할 때 MS 모드로 전환되고 BS로부터 받은 신호를 영역 내의 MS에게 전달하거나 또는 MS로부터 신호를 받을 때는 BS 모드로 전환된다. (b)는 2개의 RS를 동시에 사용하여 신호를 전달한 경우이다. (a)의 경우와 동일하게 각각의 RS에게 전달되는 상/하향링크 신호들은 시간 영역에서 서로 다른 위치를 차지하여 전송된다. (c)는 1개의 RS가 다른 RS에 연결되어 신호가 전달되는 경우이다. BS는 RS2의 데이터를 RS1을 통해 송수신한다. 따라서, RS1은 BS로부터 신호를 송수신할 때 MS 모드로, RS2의 신호를 송수신할 때 BS 모드로 각각 동작한다.

IV. 결론

본 고에서는 중계기 방식과 종류 등 일반적인 사항에 대해 살펴보고, 최근 표준화 활동이 시작된 IEEE 802.16 MMR 기술 동향에 관해 기술하였다. IEEE 802.16j Relay TG로 정식 승인을 받은 상태이며, 향후 활발한 표준화 활동이 기대된다. 트리 구조의 MMR 링크 구조는 OFDM 기반의 Mesh 모드와는 차별성을 가지며, PMP 모드와의 후방향 호환성(backward compatibility)을 유지해야 한다. 중계기 형태는 고정형, 유목형, 이동형이 예상되며, 중계 기능을 갖춘 사용자 단말도 상황에 따라 중계기로 사용될 수 있다. 물리 계층에서는 MMR에 적합한 향상된 프레임 구조가 필요하며, MAC 계층에서도 역시 새로운 프로토콜의 제안이 요구된다. 향후

표준화 단계에서 단말기 구조의 변경은 없으며, 주로 중계기와 기지국에 관한 새로운 표준이 제정될 것으로 예상된다.

약어 정리

ABC	Always Best Connected
D/UCD	Downlink/Uplink Channel Descriptor
DL/UL-MAP	Downlink/Uplink-MAP
FCH	Frame Control Header
FRS	Fixed Relay Station
LTE	Long-Term Evolution
MAC	Media Access Control
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMR	Mobile Multi-hop Relay
MRS	Mobile Relay Station
NRS	Nomadic Relay Station
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PAR	Project Authorization Request
PMP	Point-to-Multi-Point
SG	Study Group
SS	Subscriber Station
TG	Task Group

참고 문헌

- [1] Ralf Pabst et al., "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," *IEEE Comm. Magazine*, Vol.42, Issue 9, Sep. 2004, pp.80-89.
- [2] IEEE C802.16-05/013, "Mobile Multi-hop Relay Networking in IEEE 802.16," July 2005.
- [3] Song Chong, "Wireless Relay and Mesh Network," KICS 12th Wireless Communications Workshop, Feb. 2006, pp.145-174.
- [4] IEEE 802.16mmr-06/005, "802.16 Mobile Multihop Relay Tutorial," Mar. 2006.
- [5] 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.

[6] IEEE Standard 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," Feb. 2006.

[7] IEEE C802.16mmr-05/025, "A Frame Structure for Mobile Multi-hop Relay with Different Carrier Frequencies," Nov. 2005.