

## WiBro용 Mobile 기술 동향

김영일 | 안동현, | 김현재 | 이용수 | 채수창 | 김석찬\* | 박동찬\*  
한국전자통신연구원, 부산대학교\*

### 요 약

최근 WiBro/WiMAX에서 기지국의 용량증대와 셀의 크기를 확장하는 것을 목적으로 하는 RS(Relay Station)에 대한 표준화가 IEEE 802.16j에서 이루어지고 있다. RS는 기존의 아날로그 중계와 달리 수신신호를 복조 및 복호화한 후 특정 처리과정을 거친 후 다시 부호 및 부호화하여 전송하는 기능을 갖는다. 초고속 휴대인터넷서비스를 제공하고 있는 초고속 무선인터넷서비스 시장에 대한 수요의 증대로 WiBro/WiMax시장의 활성화와 IEEE 802.16j에 대한 표준화의 진척에 따라 WiBro용 RS(Relay Station)상용제품이 조만간 출시 될 것으로 보인다. 본고에서는 WiBro용 MMR(Mobile Multi-hop relay)기술의 표준화 동향과 요소기술, MMR망의 성능분석에 대해서 기술한다.

### 1. WiBro MMR 기술 개요

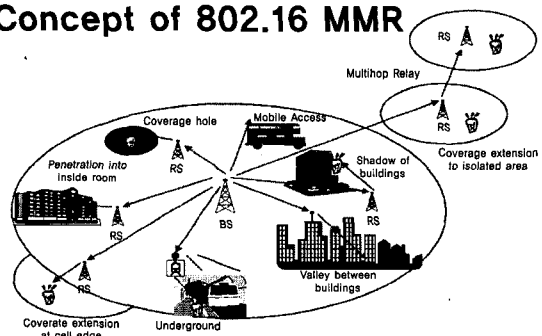
#### 1.1. WiBro MMR 네트워크 개요

WiBro망에 MMR을 도입하게 된 주된 이유는 WiBro 시스템의 주어진 서비스 수준을 만족시키면서 기지국의 서비스 커버리지를 확장시키고 가입자당 통신 throughput 과 통신 링크의 신뢰성을 확보하기 위한 것이다.

가입자 당 throughput, 시스템 용량, 시스템 신뢰성을 높이는 방법은 기존 셀의 가장자리 부근이나 셀 내의 전파 홀에 Relay Station (RS)을 설치하여 SINR 을 향상시켜 용량증가를

가져오는 것이다. 이를 위하여 MMR Relay Station (RS) 은 기존의 Analog Repeater(중계기, ICS)처럼 물리신호의 증폭과 잡음제거방식보다 보다 더 적극적으로 기지국 신호를 디지털 신호 수준에서 복조 및 재 변조하여 재 송신하는 보다 적극적인 방법을 사용한다. 때문에 기지국으로부터 Relay 홉 수를 증가시켜 통신 불능 지역 깊숙이 네트워크를 확장할 수 있다.

#### Concept of 802.16 MMR



(그림 1) 802.16 MMR개념도

#### 1.2 IEEE 802.16j 표준동향

##### 1.2.1 Relay Task Group 동향

MMR 관련 표준화는 IEEE 802.16j, Relay WG에서 2006년 5월부터 적극적으로 추진되고 있다. 2006년 3월 802의 EC에 의하여 MMR PAR가 승인된 후 지난 3월 미국 Orlando 회의까지 6차례에 걸쳐 표준회의가 열렸다. 2006년 5월3일 이스

라엘 TelAviv에서 열린 제 43차 회의에서는 802.16j의 추진 절차 및 스케줄 수립과 MMR 시스템 요구사항, Usage Model, 채널모델, 성능평가지표, 성능 평가방식 등에 대한 방향수립이 주요 내용이었다.

44차 회의는 미국의 San Diego 에서 열렸으며 MMR의 기본 개념모델과 표준추진 일정, 방법, 방향 등에 대한 것이 주된 내용이다. 주요 토의분야를 MMR Usage Model, Terminology, Evaluation methodology, Technical Requirement 로 구분하여 제출된 기고서를 중심으로 진행되었다. 44차 회의를 통해 Base Line Document를 완성하고 Table of Contents 를 45차 회의에서 결정하기로 하였다.

제 45차 회의는 캐나다의 Montreal에서 열렸다. 이 회의에서는 16j의 표준 문서의 목차 구성 및 내용에 대한 것이 주된 내용이다. 여기서 draft Table of Content가 결정되었다. #46차 회의는 미국의 Dallas에서 열렸다. 여기서의 중요한 기술적 진전은 MMR 프레임 릴레이 방식을 Access zone과 Relay zone으로 나누어 추진하기로 합의하였다.

2007년 1월 영국 런던에서 열린 47차 회의에서는 각 제안 기술방식들에 대한 Voting이 부분적으로 이루어 졌으며 TG 최초로 Draft Baseline document (IEEE 802.16j-06/026r2)가 완성되었다. Baseline document는 프레임 구조, MS/RS 네트워크 엔트리과정, 채널 설정, BW 요구절차, ARQ방식, Ranging 및 출력제어 등에 대한 기본사항을 주로 언급하고 있다.

2007년 3월 미국 올랜도에서 열린 48차 회의에서는 43건의 기고서가 채택되었고, 이를 기반으로 한 규격이 작성중에 있으며, 2007년 5월회의에서 Draft가 완성될 것으로 보인다.

### 1.2.2 RS 사용 모델

IEEE 802.16j의 IEEE 802.16j-06/015기고서에는 표준화 작업의 guideline을 목적으로 네트워크 요소 요구사항 정의와 지국의 셀반경 확장과 throughput향상을 위한 기능요구사항 정의를 위해 다양한 발전시나리오를 정의하였다. 이 기고서에는 4개의 RS 사용 모델이 다음과 같이 정의 되었다.

#### 가. Fixed Infrastructure RS Model

WiBro 서비스 사업자가 MR-BS 셀의 셀 커버리지를 확장하거나 가입자당 throughput을 높일 필요가 있는 경우 한대

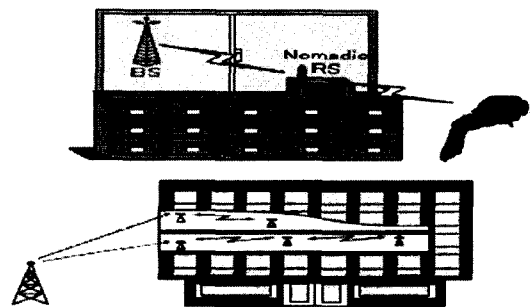
이상의 Relay Station을 사용하여 셀 커버리지를 기존의 셀 외곽지역까지 확장시키고 가입자당 출력을 높이고자 할 때 고려하는 모델이다.

고정 인프라 형 RS는 서비스 제공자가 소유하며, 간단한 기능을 가지는 RS모델에서 좀 더 복잡한 기능을 제공하는 RS가 있을 수 있다. RS는 타워나 폴, 빌딩의 옥상이나 측면, 가로등 등의 위치에 고정적으로 부착.설치 된다. 따라서 MR-BS와 RS간 또는 RS와 RS간의 무선 링크는 LOS환경을 확보하는 형태로 대부분 고려하고 있지만 NLOS환경도 예외적으로 사용되도록 해야 할 것이다. 간단한 기능을 가지는 RS 모델은 고객의 의지에 따라 특정 폐쇄 지역이나 공공장소 등에 고정 설치되어 사용될 수 있다.

#### 나. In-Building Coverage RS Model

이 모델은 빌딩 내부, 터널, 지하철 역 등의 공간에 외부의 무선 통신 서비스 커버리지를 확장하고 높은 성능을 제공하기 위하여 전개하는 RS모델이다. 빌딩 내부나 터널 내에 커버리지 확대를 위하여 여러 대의 RS를 설치사용 할 수 있다.

옥내 형 RS는 서비스 제공자나 가입자가 직접 활용 할 수 있어야 하기 때문에 간단하고 저가로 공급 될 수 있어야 할 것이다. 채널 환경은 대부분 NLOS가 될 것이나 여러 개의 안테나를 사용하고 부착위치를 조정하여 LOS환경을 제공할 수 있으면 성능이 증대될 것이다.

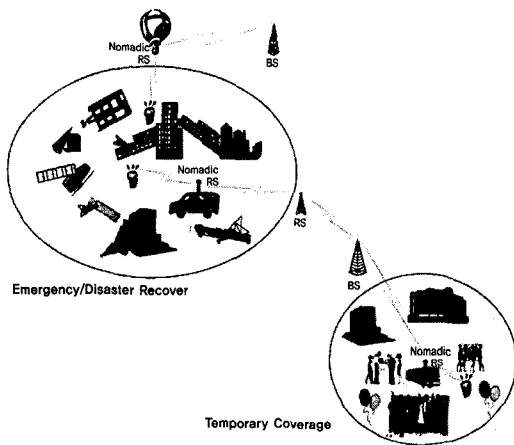


(그림 2) In-Building Coverage RS Model

#### 다. Temporary Coverage RS Model

이 모델은 MR-BS 와 고정 RS들에 의하여 충분한 커버리지 와 채널용량을 제공할 수 없을 때 이를 보완하기 위한 추가

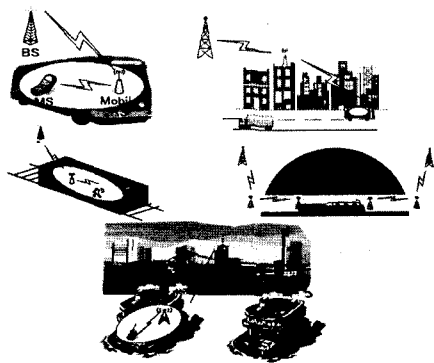
적인 커버리지와 추가적인 채널 용량을 확보하기 위하여 일시적으로 전개하는 데 사용되는 RS모델이다. 이 모델에서 요구되는 RS 형태는 대용량이면서 복잡한 구조와 작고 간단한 구조가 활용된다. 일시적 요구상황에 따라 전개되었다가 일시적 요구상황이 종료되면 시스템이 철수될 것이다. 이 모델의 사용이 요구되는 경우의 예로 비상시 또는 비상구난용 통신 링크제공이나 야외 행사나 스포츠 장소 등 일시적 통신수요 요구지역이다.



(그림 3) Temporary Coverage RS Model

#### 라. Vehicle Mounted RS Model

이동형 RS모델은 이동하는 차량에 탑재된 RS가 함께 탑재된 MS/SS들에게 자신과 인접한 고정 RS를 통하여 MR-BS 에



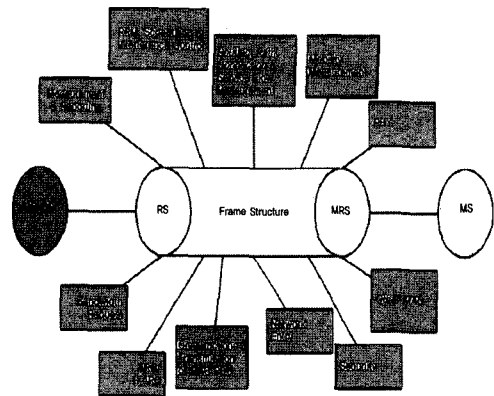
(그림 4) Mobile Vehicle Mounted RS Model

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.

## II. WiBro MMR 요소 기술

MMR망을 구성하는데 필요로 하는 기술 map은 다음의 그림과 같다. RS를 구성하는 주요기술로서는 프레임 구조, 멀티홉을 지원하기 위한 경로 설정 등을 위한 측정 및 보고 기술, 무선자원관리기술, 이동성관리 기술, 멀티홉상에서 ARQ/H-ARQ등을 지원하기 위한 기술, RS의 망 등록 기술, 보완기술 등을 들 수 있다. 본 절에서는 IEEE 802.16j 48차 회의까지 baseline document로 채택된 기고서의 내용을 기반으로 WiBro MMR망의 핵심 요소기술들에 대해서 분석하고자 한다.



(그림 5) RS 기술 MAP

### 2.1 Frame structure

WiBro MMR 시스템의 궁극적인 목표는 WiBro 기지국에 여러 개의 멀티 홉 Relay Station 들을 도입하여 커버리지를 확대시키거나 무선접속환경을 개선시켜 단말기에 대한 보

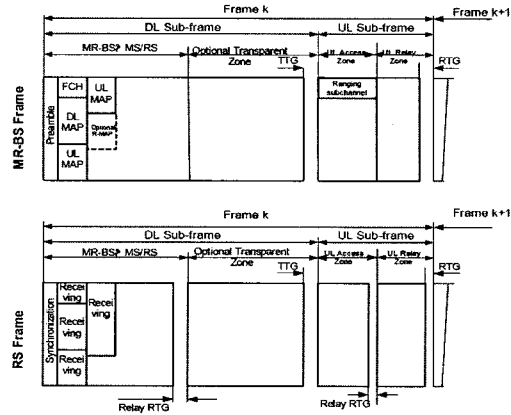
다 나은 서비스를 제공하고자 하는 것이다. 여기에서 하나의 WiBro기지국과 이에 종속되는 여러 대의 RS에 의하여 제공되는 cell영역을 MMR cell 이라고 한다.

MMR cell 내에서는 MS에게 기존 접속방식의 변경 없이 완전한 호환성을 제공하는 것이다. 따라서 MS 의 입장에서는 기존의 WiBro 프레임 구조를 그대로 따르게 된다. 기지국과 RS 또는 RS와 RS간의 Relay를 위한 통신채널은 별도의 주파수 채널을 이용하거나 서브 캐리어 수준에서의 FDD 채널을 고정적으로 할당하여 사용하는 방법이 있으나 이는 자원활용의 비효율성 문제가 제기된다. 때문에 시간과 공간적 차원에서 RS채널과 단말기 채널이 공유되는 형태가 유리하다. 현재 관련 표준그룹인 Relay TG에서는 시간과 공간적인 차원에서 기지국-RS, RS-RS의 Relay 채널과, 기지국-MS, RS-MS의 Access 채널을 공유하는 개념으로 표준화가 추진되고 있다.

### 2.1.1 Transparent Frame Structure

Transparent Frame Structure 모드에서는 WiBro 프레임의 Preamble, FCH, MAP, UCD, DCD 등의 제어정보를 MMR cell 내의 모든 MS와 RS들이 BS에 동기화되어 직접 수신하여 공유한다. 즉, 프레임 제어정보는 셀 내에서는 모두 "Transparent" 하게 적용된다. Data 구간에서는 DL Sub-frame과 UL Sub-frame의 Data Burst 영역을 시간차원에서 여러 개로 Partition들로 나누어 Relay 간의 통신 채널로 사용하며 이를 이용하여 RS는 BS와 MS사이에서 Data Burst만 Relay 한다. 즉, RS는 Preamble과 MAP등의 프레임 제어정보는 전송하지 않는다. 따라서 RS를 통하여 BS와 Data Burst를 송/수신하는 MS라 할지라도 RS의 존재를 인식하지 못하게 된다. 때문에 Transparent Relay는 셀내의 음영지역을 극복하는 목적과 더불어 MS가 BS의 방송 커버리지 내에 있는 경우의 출력 향상에 초점이 맞추어져 있다.

(그림 6)의 프레임 구조를 이용하면 1-hop MS는 BS와 DL Access zone과 UL Access zone을 이용하여 직접 통신이 가능하다. RS를 통하여 DL Sub-frame을 통한 데이터 전달의 예는 먼저 MS는 BS의 Preamble과 MAP정보를 직접 수신하여 BS와의 동기를 구하며 RS는 DL Access zone을 통하여 데이터를 수신하여 이를 DL Relay zone을 통하여 MS로 전달한다. Transparent Frame Structure는 커버리지 확장의 한계



(그림 6) Transparent Frame Structure의 예

는 있으나 흡에 의한 지연시간이 없이 한 개의 프레임 내에서 데이터의 송수신이 완료되며 비교적 간단하게 운용될 수 있다. 또한 이 구조는 RS가 MS로 데이터 전송시 BS에서도 Relay zone을 통해 동일한 데이터를 전송하여 co-operative 기술을 적용하는 데 있어 유리한 구조이다.

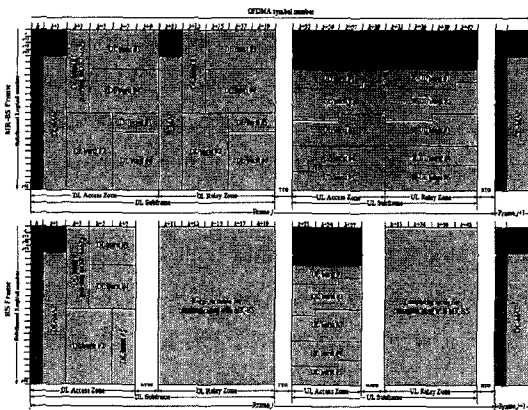
### 2.1.2 Non-Transparent Frame Structure

Non-Transparent Frame Structure에서는 프레임을 Access zone과 Relay zone으로 분할하여 구성된다. Access zone영역에서는 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 Sub-frame의 시작부분에 고유의 Preamble과 MAP정보를 전송한다. 따라서 MS는 Non-Transparent RS를 하나의 BS로 인식하게 된다. 하지만 RS는 BS와 MS사이의 모든 Data와 제어정보를 릴레이 하며 BS에 의한 중앙집중형 스케줄러에 의해 제어될 수도 있으며 RS 자신이 분산형 스케줄링의 주체가 될 수도 있다. Non-Transparent Relay는 BS의 방송 커버리지 밖에 위치한 MS에게 통신접속을 제공하는 데 유용하기 때문에 통신 커버리지 확장에 주된 목표이다.

(그림 7)의 예에서는 BS와 인접 RS들 사이에 서로 다른 PN sequence를 사용한다. BS의 DL relay zone에는 R-FCH와 R-MAP정보가 있어 해당 relay zone내의 DL burst를 제어한다. RS는 자신의 상위 RS또는 BS로부터 R-MAP 혹은 R-MAP을

생성하는데 필요한 정보 및 DL-Burst를 수신하여 다음 프레임에서 자신의 프레임 제어정보를 생성하고 Burst할당을 하게 된다.

Non-Transparent Frame Structure 하에서 멀티홉 링크를 구성하는 방법에는 단일 프레임방식과 멀티프레임 방식 모두가 가능하다. 단일 프레임 구성방식에서는 Relay zone을 여러개의 작은 zone으로 분할해서 relay link를 구성하는 하는 반면에, 멀티프레임 방식에서는 홀수개의 프레임에서는 RS가 relay zone영역에서 상위 BS/RS로부터 데이터를 수신하며, 짝수개의 프레임에서는 하위 RS로 데이터를 전송하게 된다.



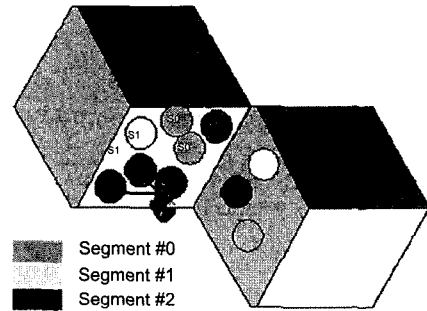
(그림 7) Non-Transparent Frame Structure의 예

Non-Transparent Frame구조에서는 RS가 망에 진입시 MS모드로 동작하여 MR-BS와 동기를 맞춘 후에는 RS모드로 진입하게 되며, RS모드로 동작시에는 MR-BS와 동일한 위치에서 MS와 통신을 시작하게 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 Relay링크로 송신하는 시점에 R-amble을 전송하는(가변적인 위치) 방법 모두가 가능하다.

### 2.1.3 Virtual Relay Group

RS는 위에서 언급한 바와 같이 Transparent Frame구조에

서는 Preamble/MAP 정보를 송신하지 않지만, Non-Transparent Frame구조에서는 Preamble/MAP 정보를 송신하게 되어 음영지역과 같이 RS셀 영역이 작은 지역으로 MS가 이동시 잦은 핸드오프가 발생하게 된다. 이와 같은 단점을 보완하고 co-operative 전송기능을 달성하기 위해 RS를 그룹화(Virtual Relay Group)시키고, 이 그룹내에 있는 RS들은 해당 그룹내에 있는 다른 MR-BS 혹은 Non-Transparent RS가 전송하는 preamble과 동일한 preamble을 전송하거나 이에 전송을 하지 않게 된다.



(그림 8) Virtual Relay Group 예

## 2.2 Network Entry

### 2.2.1 MS network entry

WiBro시스템과 달리 WiBro MMR망에서는 단말기가 MMR망에 진입하여 등록절차를 수행하는 과정에 RS가 개입하게 되므로 새로운 프로토콜 절차가 규정되어야 한다. IEEE 802.16j에서 논의되고 채택된 망등록절차에 대한 기고서를 분석하면 다음과 같다. IEEE 802.16j에서는 망 등록(network entry) 및 초기화 절차(initialization)에 대해서 규정하고 있다. 망 등록절차에서는 transparent RS 시스템에서의 MS network entry 절차, centralized scheduling을 갖는 non-transparent RS의 MS network entry절차, distributed scheduling을 갖는 non-transparent RS의 MS network entry절차 등으로 나뉘지며, 별도로 RS가 MR-BS로의 초기 진입을 위한 initialization 절차가 반영되어 있다[7][8][9].

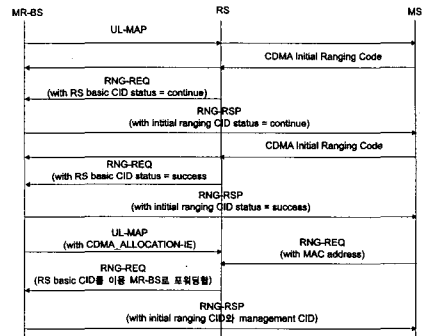
Transparent RS 시스템에서의 MS network entry 절차를 살펴보면, MS는 downlink channel을 스캔하고 RS에 동기를

맞춘 후 UCD 메시지 파라미터를 획득한다. MS가 initial ranging 절차를 시작하기 위해 CDMA code를 보내면 MR-BS 혹은 몇 개의 RS가 MS가 송신한 해당 code를 수신하게 된다. RS가 충분한 신호세기를 갖는 code를 받는 경우 MR-BS로 RS basic CID를 가지고 RNG-REQ를 보낸다. 만약 한 프레임에 여러 개의 code들을 받는다면 해당 정보를 모두 갖는 RNG-REQ를 보내야 한다. 만약 MR-BS가 ranging code를 받는 경우 T48 timer 기간 동안 같은 ranging code를 갖는 RNG-REQ를 기다려야 하며 만약 T48 timer가 종료되면 채널 측정정보에 따라 가장 적합한 path를 결정하여야 한다. MR-BS는 RNG-RSP를 MS에 initial ranging CID를 가지고 송신한다. 이때 RNG-RSP는 선택된 path의 RS에서 측정된 adjustment 정보를 담아야한다. 만약 ranging code가 성공적으로 수신되면 RS는 CDMA-Allocation-IE에 의해 전송된 RNG-REQ를 수신 후 MR-BS로 포워딩 한다. MR-BS는 해당 initial ranging CID와 management CID를 갖는 RNG-RSP를 송신한다. (그림 9)는 상기 해당 절차에 대한 절차를 도시한 것이다.

MR-BS에서 중심적으로 스케줄링을 수행하는 (centralized scheduling) MRR망에서 non-transparent RS의 MS network entry 절차를 살펴보면, MS는 downlink channel을 스캔하고 RS에 동기를 맞춘 후 UCD 메시지 파라미터를 얻는다. RS가 continue 상태의 CDMA code를 받는 경우 RS는 access link를 통해서 MS에 RNG\_RSP를 보내야 한다. 이를 위해 RS\_BR\_header를 MR-BS로 보내며 MR-BS는 RS\_BR\_header를 받고 RNG\_RSP를 위한 자원할당과 RS\_DL\_MAP\_IE를 이용하여 RS에게 알린다. 이 절차는 periodic ranging과 handover ranging에 사용될 수 있고 periodic ranging의 경우 RS가 success 상태의 CDMA code를 받을 경우 사용된다. 만약 한 프레임에서 continue 상태의 여러 code들을 받을 경우 RS는 받은 code의 개수의 정보를 갖는 RS\_BR header를 MR-BS에 보낸다.

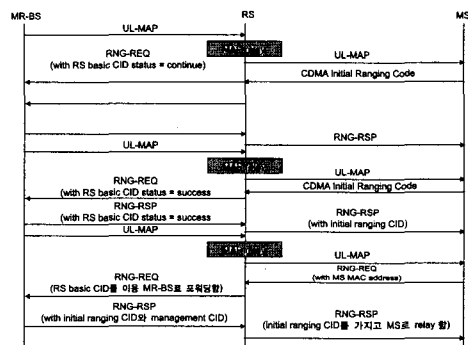
만약 RS가 success 상태의 CDMA code를 받는 경우 RS basic CID를 갖는 RNG-REQ를 MR-BS에 보낸다. 또한 RNG-REQ의 ranging indicator값을 1로 세팅한다. RS가 한 프레임에 여러 code들을 받을 경우 RS는 모든 code들의 정보를 갖는 RNG-REQ 메시지를 MR-BS에 보낸다. MR-BS가 success 상태에서 RNG-REQ를 받을 경우 CDMA allocation IE와

RNG-RSP를 갖는 RS UL-MAP을 RS로 보낸다.



(그림 9) Transparent RS시스템의 MS network entry 절차

RNG-RSP를 받은 RS는 MS ranging indicator를 0으로 세팅하고 initial ranging CID를 갖는 메시지를 포워딩하며 MS가 RNG-RSP에 success 상태를 받은 경우 RNG-REQ 메시지를 CDMA Allocation IE에서 할당받은 자원으로 보낸다. Initial ranging CID를 갖는 RNG-REQ를 수신한 RS는 이를 RS basic CID로 MR-BS에게 포워딩한다. MR-BS가 RS basic CID와 MS MAC Address를 갖는 RNG-REQ를 받은 후 MR-BS는 MS에 basic 및 primary management CID를 할당 하고 RS basic CID 및 위의 정보를 갖는 RNG-RSP를 보낸다. RNG-RSP를 받은 RS는 initial ranging CID를 갖는 MS로 릴레이 한다.



(그림 10) Centralized scheduling을 갖는 Non-transparent RS의 MS network entry 절차

### 2.2.2 RS network entry

RS가 MR-BS로의 초기 진입을 위한 initialization 절차를 살

퍼보면, MR-BS 시스템에서 RS는 이동성을 가질 수 있으므로 만약 하나의 RS가 인접 RS 혹은 BS와 coverage가 겹치고 같은 preamble segment를 사용한다면 co-channel interference가 일어나며 MS는 Cell-ID, FCH, MAP등을 복호할 수 없다. 따라서 간섭을 완화시키기 위해 initial RS network entry 절차시 RS preamble segment를 할당하는 방법을 규격에서 제안하였다. RS preamble segment 구성을 위해서 다음 두 가지 절차를 수행한다.

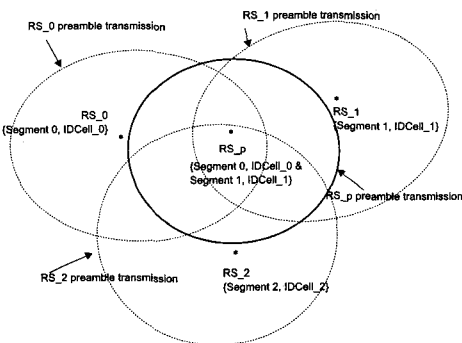
1. initial RS neighbor detection

MR-BS영역 내에서 전원이 켜진 RS는 initial ranging으로 network entry 절차를 수행한다. 이 경우 RS는 potential RS로서 동작하고 network entry 및 cell selection 후에 인접한 곳에 RS 혹은 BS가 존재하는지 preamble를 검출하며 그 결과를 MR-BS에게 보고한다. Potential RS가 어떠한 임계값보다 큰 인접 preamble 신호를 찾는다면 MR-BS는 해당 potential RS에 co-channel interference가 최소화되게 하는 segment를 할당한다.

2. Initial RS preamble segment assignment

MR-BS는 potential RS가 마치 MS같이 동작하도록 요구하고 인접 RS preamble를 스캔 하도록 한다. Potential RS는 검출된 모든 인접 preamble를 보고하고 MR-BS는 potential RS에게 적당한 segment를 할당한다.

만약 potential RS가 모든 segment들의 preamble를 검출하는 경우 MR-BS는 다음의 3가지 방식중 어느 한 방식으로 RS를 설정한다. 첫째, potential RS를 relay로 동작하지 못하도



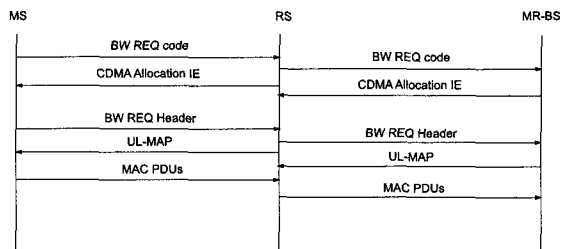
(그림 11) RS의 Cooperative relay 동작 모드

록 한다. 두 번째, cooperative-diversity relay로 potential RS를 세팅한다. 세 번째, transparent RS 모드로 동작하도록 potential RS를 설정한다.[9]

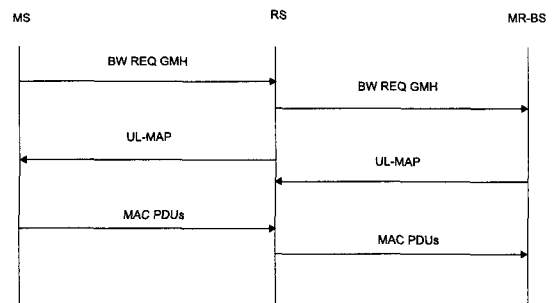
2.3 BW request

단말과 RS, MR-BS간의 통신을 위한 대역폭 할당요구 및 할당하는 방법은 크게 분산방식과 집중방식으로 구분된다. 먼저 분산방식에서는 각 MR-BS와 RS는 각각 자신이 제어하는 링크에 대해 자신의 결정을 반영하여 MAP을 만들고 대역폭 할당을 결정한다. RS로부터의 bandwidth request는 stand-alone bandwidth request header 혹은 piggyback 방식으로 전달되며, stand-alone bandwidth request header일 경우 poll에 대한 응답 혹은 contention-based CDMA bandwidth request 절차에 대한 결과로서 수행된다[7].

먼저 (그림 12)과 같이 RS는 relaying traffic에서 지연을 줄이기 위해 도착하는 실제 packet을 기다리는 대신 downstream station중 하나로부터 BW request header를 받는 즉시 BW request header를 보낸다.



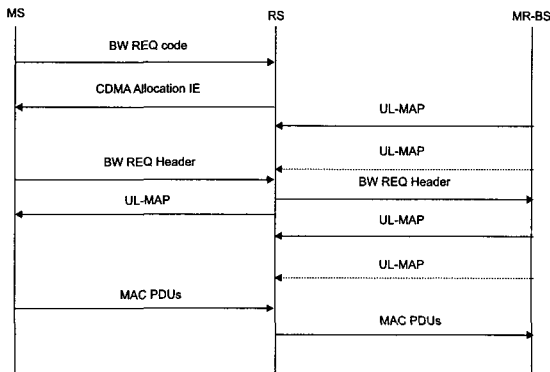
(그림 12) R-UL에서 BW request ranging code의 빠른 전송을 통한 traffic relaying의 latency를 줄이는 방법



(그림 13) 패킷이 도착전에 R-UL의 BW request header를 전송함으로써 traffic relaying의 latency를 줄이는 방법

RS bandwidth request는 특정 connection을 참고할 수 있지만 RS가 upstream station으로부터 받은 각 bandwidth grant는 RS identifier로 연결되어야 한다. 따라서 RS는 upstream station으로부터 받은 각 bandwidth allocation의 MAC PDU를 스케줄 해야 한다. 또한 MR-BS와 RS는 downstream RS 혹은 그 그룹에 bandwidth request header를 전송하기 위한 목적으로 bandwidth를 할당할 수 있다.

만약 MR-BS가 RS에 규칙적으로 poll할 경우 RS는 bandwidth의 부족한 것을 아는 즉시 bandwidth request header를 relay uplink 상으로 전송할 수 있다. 따라서 relay 시 delay를 줄일 수 있다. RS는 downstream station으로부터 데이터를 받자마자 bandwidth CDMA ranging code를 보냄으로써 traffic relaying latency를 줄일 수 있다.



(그림 14) RS polling을 통한 traffic relaying의 latency를 줄이는 방법

Centralized bandwidth allocation을 갖는 시스템의 경우 MR-BS는 모든 링크에 대해 bandwidth allocation을 결정하고 station이 MR-BS로 packet을 전달하기 전에 해당 station의 bandwidth request는 MR-BS로 먼저 도달되어야 하며 station으로부터 MR-BS의 path를 따라 bandwidth allocation이 만들어진다. MR-BS는 RS CDMA ranging code를 각 RS에 unique하게 할당하여야 하며 RS CDMA ranging code는 initial ranging 절차 동안 RNG-RSP안의 RS CDMA codes TLV를 보냄으로 RS에 할당된다.

RS CDMA ranging code set은 MR-BS에 MS의 BW request header를 전달하기 위한 용도로 할당되어야 한다. MR-BS

가 해당 code를 받으면 MS로부터 MR-BS로 BW request header를 포워딩하기 위한 BW allocation을 생성한다. 이는 MR-BS가 RS로부터의 경로를 알아야하며 각 RS의 처리시간을 알아야 한다.

## 2.4 Mobility Management

MRS(Mobile RS)의 MR-BS간의 핸드오버는 preamble이 MR-BS간에 다른 경우와 같은 경우로 나누어 고려한다. 즉, Serving MR-BS와 Target MR-BS의 preamble이 다른 경우는 MRS만이 핸드오버를 수행하는 것으로서 MS들의 핸드오버는 종료된다. 한편, 핸드오버하려는 MR-BS간의 preamble이 동일할 경우에는 핸드오버를 수행한 후에 MRS의 간섭을 피하기 위하여 MRS가 Serving MR-BS와 다른 preamble을 Target MR-BS에 요청해서 받는다. 이를 위하여 Target MR-BS는 MOB\_MSHO-REG 메시지에 preamble index TLV를 포함하여 MRS로 보낸다.

## 2.5 Routing & Path management

802.16e 규격에서는 기지국과 각 단말기간의 접속(Connection)은 CID(Connection ID)에 의해 구별되어 수행된다. 한편 MMR망에서는 MR-BS와 MS 사이에는 하나 또는 그 이상의 RS들이 존재할 수 있다. 따라서 MR-BS와 MS 사이의 중간에 있는 RS들의 경로설정이 필요하다. 경로는 RS를 확인할 수 있는 것들의 조합순서로 구성된다.

현재까지는 Centralized scheduling을 수행하는 MR-BS에서의 간단한 2가지 path management 방법들이 채택되었다. 즉, MR-BS가 경로들을 따라서 모든 RS들에게 적절한 경로정보를 제공하는 방법과 Connection Management의 일부분으로서 경로정보를 embedding함으로써 경로를 결정하는 방법 등이 있다.

첫 번째 방법에서는 MR-BS가 RS에게 CID에 의해 구별되는 Connection 사이에 mapping 정보를 제공해서 경로를 결정하는 것으로 RS는 경로에 따른 routing table과 경로와 CID 사이의 mapping 관계를 만든다. 그리고 두 번째 방법에서는 각각의 RS는 자신이 책임질 수 있는 CID의 범위를 할당받는다. 그리고 상위노드가 CID 범위의 superset을 제어하고 어떤 하위노드(RS 또는 MS)는 CID 범위의 부분집합을 할당받는다. 이러한 체계적인 구조 때문에 relay경로는 목



표지점의 CID 들에 기초하여 결정되며 각각의 RS 들은 자신의 패킷을 인식할 수 있고 또한 해당되는 station 으로 전달할 수 있다.

### 2.6 H-ARQ

멀티홉을 지원하기 위해 고려되는 H-ARQ 기술 내용은 다음과 같다. DL HARQ의 동작을 위해 MR-BS는 relay link를 통해 UL ACK채널에 포함되어 있는 orthogonal code를 수신하여 해당 RS를 인식하여 DL 전송 실패에 대한 HARQ 패킷 스케줄링을 수행한다. 따라서 MR-BS는 centralized scheduling을 기본적으로 지원해야 한다. Relay link상에서 DL전송 실패는 UL ACK채널의 Orthogonal code에 의해서 구별된다. 즉, MR-BS는 ACK/NAK신호에 포함되어 들어오는 Orthogonal code의 도움으로 재전송이 필요한 RS를 구분한다. 이러한 방식은 ACK/NAK신호에 포함된 Orthogonal code를 사용하므로 RS수가 증가하여도 추가적인 bandwidth가 요구되지 않는다.

RS는 UL HARQ동작모드시 Relay link 상에서 수신한 UL 전송 패킷이 정상수신된 경우에는 상위 RS에게 수신한 패킷과 Orthogonal code로서 encoded ACK를 전달한다. 만일, 수신이 정상적이지 않을 경우에는 상위 RS에게 수신 패킷을 전달하지 않고 encoded NAK만을 보낸다.

### 2.7 Cooperative Relay

Transparent Frame 구조의 경우 Relay의 일반적인 동작방법은 연속적인 프레임에 차례로 시간-주파수 자원을 할당하여 통신을 수행한다. 즉, RS가 MS와 통신하는 relay zone 동안에 MR-BS는 이와 동일한 시간-주파수자원을 사용하지 않는다. 그러나 RS가 MS와 통신을 수행하는 동안에 MR-BS가 동일한 데이터, 혹은 RS가 전송하는 데이터와 상관관계가 있는 데이터를 전송하는 경우 MS는 두 개의 소스로부터 정보를 받게 되어 더 나은 디코딩 성능을 얻을 수 있다. 이와 같이 협동릴레이 (Cooperative Relay)를 구성할 수 있는 것이 MMR망의 큰 장점이라 할 수 있다. 이를 달성하는 방식에는 다음과 같은 세 가지 방법이 있다. 첫 번째는 Cooperative Source Diversity 로써 다른 소스로부터 같은 신호를 보내는 방법이다. 두 번째 방법은 Cooperative Transmit Diversity 는 다른 소스로부터 신호를 space-time coding을 하고 보내는

것이고, 세 번째 방법은 Cooperative Hybrid Diversity 방법으로 Cooperative Source Diversity 와 Cooperative Transmit Diversity를 같이 쓰는 것을 말한다.

## III. WiBro MMR 성능 평가

WiBro MMR 시스템의 성능을 분석하기 위해 시스템 레벨 시뮬레이션을 수행하였다. 자세한 시뮬레이션 환경은 다음 표와 같다.

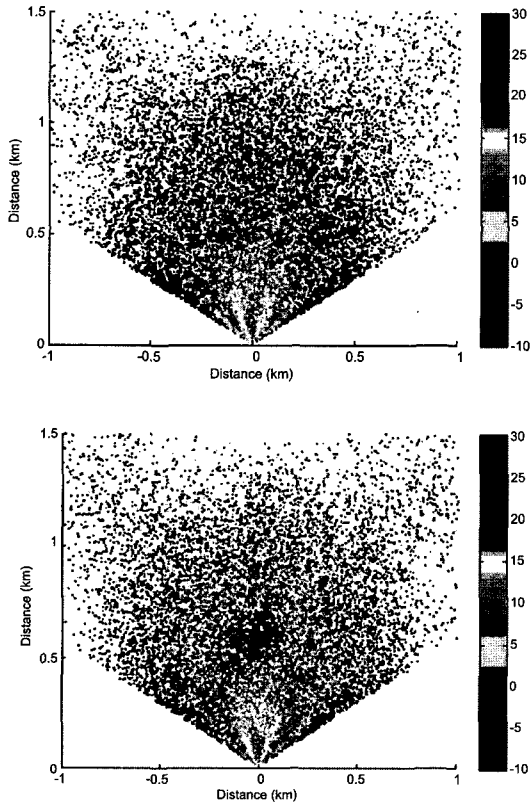
<표 1> 시뮬레이션 환경

세	목	내	용
셀 구성		Wrap-around 19 cells, 3 sectors per cell	
안테나 패턴		70 deg (-3dB) with 20 dB front-to-back ratio	
주파수		2.3 GHz	
셀 반경		1Km	
RS위치		600 m, 섹터 당 1 RS	
출력		기지국:20W, RS:6W	
DL:UL		2:1	
프레임 구조		Transparent relay	
자원할당		2 Symbol/User	
트래픽 모델/스케줄링		Full buffer/Round-robin	
Permutation		PUSC with all subchannels	
링크 레벨 모델링		EESM	
경로손실/쉐도우 모델		IEEE802.16j type E / 8dB	
다중경로 채널 모델		ITU-R Pedestrian B	
안테나 이득		기지국:14, RS:10, MS:0 dBi	
수신기 잡음		-174 dBm/Hz, 8 dB	

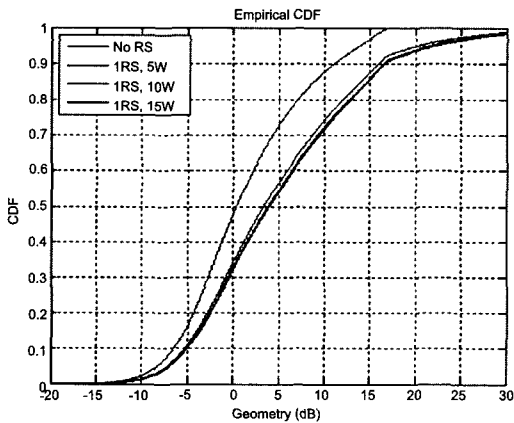
(그림 15)는 RS 유무에 따른 섹터 내에서의 geometry를 보여준다. 여기서 geometry는 셀 내의 어떤 위치에서의 평균 SINR을 의미하며, 송신 출력, 안테나 이득, 경로 손실, 쉐도잉, 수신기 잡음, 셀 및 섹터 간 간섭 등이 모두 고려된 값이다. 그림에서 RS를 설치함으로써 RS 근처의 geometry가 크게 개선됨을 볼 수 있다.

셀 및 섹터 경계에서 geometry가 나쁜 이유는 permutation 방식으로 PUSC with all subchannel을 사용하여 셀 간 간섭과 섹터 간 간섭이 크기 때문이다. 기지국 근처의 geometry가 20 dB를 넘지 못하는 것도 섹터 간 간섭 때문이다. 만약 섹터가 서로 다른 부채널을 쓴다면 셀 간 간섭과 섹터 간 간섭은 많이 줄일 수 있겠지만, 섹터의 평균 throughput은 크게 떨어지게 된다.

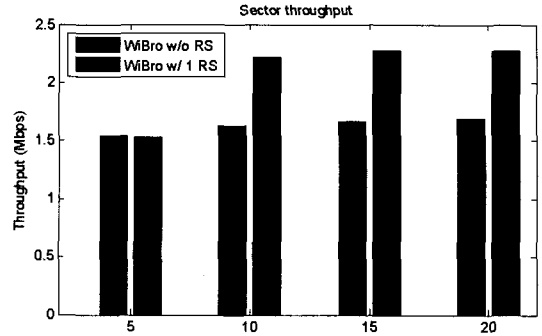
(그림 16) 은 RS의 송신전력에 따른 geometry의 CDF를 보여준다. 송신 전력을 높이면 간섭 신호의 세기도 함께 커지기 때문에 geometry가 거의 개선되지 않는다.



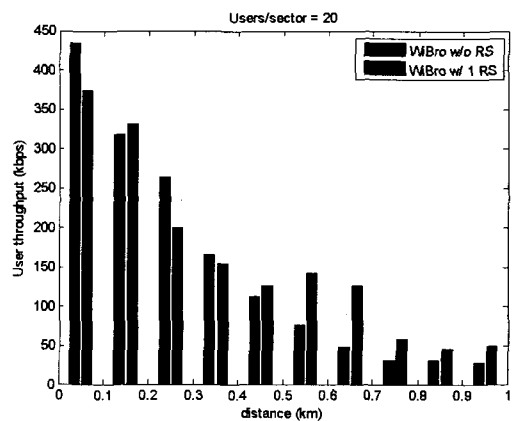
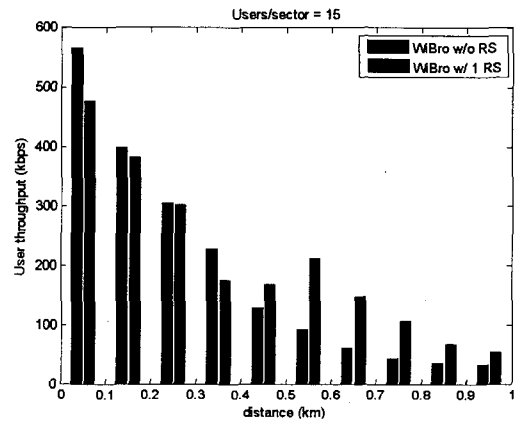
(그림 15) 섹터 내에서의 geometry: RS가 없는 경우(위), RS가 있는 경우(아래)



(그림 16) RS의 송신 전력에 따른 geometry의 CDF



(그림 17) 사용자수에 따른 섹터 당 평균 throughput



(그림 18) 거리에 따른 MMR망의 사용자 당 평균 throughput: 사용자 = 15 명 (위), 사용자 = 20명 (아래)

(그림 17)은 RS를 설치하면 섹터 당 throughput이 얼마나 개선되는지 보여준다. 섹터 당 사용자수가 10 이상이면 평균 throughput이 약 35% 증가함을 볼 수 있다.

(그림 18)은 섹터 당 사용자수가 15와 20인 경우에 기지국으로부터의 거리에 따른 사용자당 평균 throughput을 보여준다.

RS를 설치하는 경우에 RS 근처와 셀 가장자리에서 사용자당 throughput이 크게 향상되는 것을 볼 수 있다. 하지만 기지국 근처에서는 사용자 throughput이 줄어드는데, 이것은 transparent 프레임 구조의 릴레이존 때문에 사용자당 할당되는 자원의 양이 줄어들고, 또한 기지국 근처에서는 RS로 인한 이득을 얻을 수 없기 때문이다.

하지만 RS 근처와 셀 가장자리에서는 RS 설치로 인해 평균 SNR이 많이 높아지기 때문에, 할당되는 자원의 양이 줄어들더라도 throughput이 크게 개선된다.

## IV. 결 론

본 논문에서는 WiBro망에 Multi-hop relay기능을 도입하게 된 배경과 향후 RS의 발전 시나리오에 대해서 기술하였다. 더불어 IEEE 802.16j 표준화 활동에 대해서 기술하였고, WiBro MMR망의 요소 기술을 현재 진행되고 있는 표준화 관점에서 기술하였다.

또한 RS를 도입할 때의 성능분석을 통해 RS개발의 타당성에 대해서 기술하였다.

향후 WiBro 망에 MRR기능을 도입하는 경우 경제적으로 셀 용량을 증대시키고, 더불어 셀 영역을 확장하게 되어 WiBro시장이 활성화 될 것으로 예측 된다.

- [3] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리계층 및 매체접근 제어 계층", 2005. 06. 30
- [4] IEEE Standards 802.16-2004, "802.16 Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", October 2004
- [5] IEEE Standards P802.16e, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", Jun 2005
- [6] IEEE Standards P802.16e/D9, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", Jun 2005
- [7] Baseline Document for Draft standard for Local and Metropolitan Area Networks,"Part 16: Air interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Multihop Relay Specification", 802.16j-06/026r2, Feb 2007
- [8] M. Okuda, "MS network entry for non-transparent Relay Station with Centralized Scheduling", IEEE C802.16j-07\_008r3, IEEE 802.16 meeting #48, orlando, March 2007.
- [9] Peter Wang, "Fixed and Normadic Relay Station Preamble Segment Assignment Scheme", IEEE C802.16j-07\_040r5, IEEE 802.16 meeting #48, orlando, March 2007.
- [10] Sungjin Lee, "Relaying RNG-REQ/RSP for MS Network Entry", IEEE C802.16j-07\_260r1, IEEE 802.16 meeting #48, orlando, March 2007



- [1] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리계층", 2004. 10. 15
- [2] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 매체접근제어 계층", 2004. 10. 15

약 력



김 영 일

1985년 경희대학교 전자공학 학사  
 1988년 경희대학교 전자공학 석사  
 1996년 경희대학교 전자공학 박사  
 1985년 ~ 1986년 삼성전자  
 1988년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원,  
 WiBro시스템연구팀 (팀장)  
 1994년 정보통신기술사  
 1995년 전기통신기술사  
 관심분야: 무선통신, 이동통신



안 동 현

1986년 울산대학교 산업공학 학사  
 1992년 한국과학기술원 산업공학 석사  
 1986년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
 관심분야: 근거리 무선 통신, Ad hoc 통신



김 현 재

1998년 인하대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 2000년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(석사)  
 2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단  
 선임연구원  
 관심분야: 시스템구현, 이동통신모뎀구현



이 용 수

1996년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1998년 경북대학교 전자공학과 졸업(석사)  
 1998년 ACN Technology  
 1999년 ~ 2000년 국방과학연구소 연구원  
 2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단  
 선임연구원  
 관심분야: 무선통신, 이동통신

약 력



채 수 창

1995년 인천대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1997년 인천대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)  
 1997년 ~ 2000년 (주)현대전자 정보통신연구소 연구원  
 2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단  
 선임연구원  
 관심분야: VLSI설계, 채널코딩 및 기저대역 모델



김 석 찬

1993년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1995년 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 졸업(석사)  
 2000년 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 졸업(박사)  
 2000년 한국전자통신연구소(ETRI) 연구원  
 2000년 ~ 2001년 Princeton 대학교 박사 후 과정  
 2001년 ~ 2002년 Lehigh 대학교 박사 후 과정  
 2002년 ~ 2006년 부산대학교 전자공학과 조교수  
 2006년 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 부교수  
 관심분야: 이동통신, 신호처리



박 동 찬

2001년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 2004년 부산대학교 전자공학과 졸업(석사)  
 2004년 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야: OFDMA, MMR, Coded modulation

