

휴대인터넷 물리 계층 및 MAC 계층 표준화 동향

한국전자통신연구원 윤철식

1. 개요

시내 주행속도(~60km/hr)로 이동 중에도 언제 어디서나 인터넷 접속 서비스를 지향하는 휴대인터넷 서비스는 정보통신부의 IT 8-3-9 전략 중 서비스 분야의 대표적인 서비스로서 추진되고 있다. 휴대인터넷은 2003년부터 HPI(High-speed Portable Internet) 이라는 프로젝트 명으로 한국전자통신연구원, 주요 제조업체 및 사업자를 중심으로 2.3 GHz 대역의 100 MHz의 대역폭을 사용한 TDD 방식의 시스템 개발을 위한 연구 개발이 추진되고 있다. 2003년 7월에는 한국정보통신기술협회(TTA)에 기술표준화 프로젝트그룹(PG 302)를 구성하고, 산하 무선접속실무반에서 물리계층(PHY) 및 매체접근제어계층(MAC) 규격을 개발하고, 서비스 및 네트워크 실무반에서는 서비스 및 네트워크 요구사항을 정의하며 참조모델을 정의하는 등 국내 표준화를 활발히 추진하고 있다. 또한, IEEE 802.16에서 국제 표준화 및 국내 표준과의 공조를 위한 노력을 경주하고 있다.

본고에서는 휴대인터넷과 관련한 국제 표준화 및 국내 표준화 동향에 대하여 소개하고, PHY 및 MAC 규격의 핵심적인 요소 기술에 대하여 개념 위주로 간략히 설명한다.

2. 국제 표준화 현황

광역 무선가입자망 기술의 개념에서 출발한 Wireless MAN(Metropolitan Area Network)은 도심 및 부심지에서의 고정수신 안테나와 가입자 장치(subscriber station)를 이용하여 10~66 GHz 대역의 Line-of-Sight 통신 환경에서의 서비스를 제공하기 위한 PHY 및 MAC 규격을 개발하기 위하여, 2000년 3월 IEEE 802 LAN/MAN Standard Committee(LMSC) 산하에 IEEE 802.16 워킹그룹(working group)을 결성하여 표준화 활동을 시작하였다. IEEE 802.16 워킹그룹은 상용 케이블 모뎀의 표준 규격인 DOCSIS(Data-Over-Cable Service Interface Specification)를 근

간으로 10~66 GHz 대역의 LOS 환경의 PHY 및 MAC 규격을 개발하였으며, 이는 IEEE Std. 802.16-2001으로서 승인되었다.

이후, 도심지 등에서의 NLOS(None-Line-of-Sight) 사용자 환경에서의 서비스 제공을 위하여 2~11 GHz 대역에서의 새로운 PHY 모드들이 추가로 개발되었으며(SCa, OFDM, OFDMA), MAC 규격에 있어서는 PHY에 따르는 수정사항을 제외한 대부분의 규격을 공유하는 개념으로 IEEE 802.16a(IEEE Std. 802.16a-2003) 표준화가 추진되었다. 그러나, 이 규격은 개선될 여지가 많았으며 수정사항(amendment) 관련 부분만을 기술함으로써 규격의 이해에 어려움이 많은 등의 문제점이 있었다.

따라서, 기존 single carrier 방식만을 지원하는 LOS 환경의 IEEE 802.16-2001 규격, 새로운 PHY 모드를 추가한 none LOS 환경의 IEEE 802.16a-2003 규격, 그리고 시스템 간 호환성을 위한 프로파일을 정의한 IEEE Std. 802.16c-2002 규격의 다수의 모드들을 그대로 유지하면서 이들 규격을 하나로 통합하고 성능 개선 및 규격의 불명료성의 해소, deployment의 용이성을 위한 수정 및 보완 작업을 하기 위한 Task Group-d(TGd)가 결성되었다. TGd는 활발한 표준화 작업을 통하여 2004년 10월 IEEE Std. 802.16-2004 규격을 승인하고 발간하였다.

또한, IEEE Std. 802.16-2004(TGd Specification)과의 역방향 호환성(backward compatibility)를 유지하면서, 단말의 이동성을 지원하기 위한 표준화 작업그룹(Task Group e: TGe)이 2002년 12월에 결성되어, 활발한 표준화 활동이 진행 중이다. 역방향 호환성의 의미는 고정형 규격을 지원하는 TGd 기반의 가입자 단말은 이동성을 지원하는 TGe 기반의 기지국에 의하여 서비스가 제공되어야 한다는 것과, 이동성을 지원하는 TGe 기반의 가입자 단말은 이동성을 제한하였을 때 고정형 TGd 기반의 기지국에 의하여 서비스가 제공될 수 있어야 한다는 것이다. TGe 표준화 범위는 2~

6 GHz 대역에서 허가 대역(licensed bands)에서의 이동성을 지원하기 위한 규격을 개발하는 것이었다. 휴대인터넷 시장환경의 변화와 다양한 시스템 간 호환성 제공의 필요성에 따라, 2003년 9월, IEEE SA(Standard Association)는 TGe(Project P802.16e)의 표준화의 범위를 정의하는 PAR(Project Authorization Request)의 수정을 승인하였다. 이에 따르면, TGe 표준화의 범위는 이동성의 지원을 위한 규격의 변경뿐만 아니라, 고정형 규격의 개선을 위한 여지를 남겨두었으며, OFDMA 모드에서의 확장성을 지원하기 위한 128, 512, 1024 FFT 모드의 추가 등을 반영하며, 이에 대해서는 하향 호환성(backward compatibility)의 유예 등이 포함된다.

한편, 2004년 7월 정보통신부의 휴대인터넷 추진 일정 및 기술 방식 확정 발표에 따라 WiBro 규격은 **IEEE 802.16-2004 및 IEEE P802.16e/D3 또는 이후 버전을 만족하는 규격**으로서 이중화 방식은 TDD(Time Division Duplexing)을 사용하고, 주파수 재사용 계수는 1을 만족하여야 하며, 채널 대역폭은 9 MHz 이상을 가지고, 이동성 시속 60 km/hr에 대하여 최소 전송 속도 상향전송속도(UL) 128 kb/s, 하향 전송속도(DL) 512 kb/s를 만족하여야 하며, 사업자 간 로밍을 제공하여야 하는 이상 5가지 요구사항을 만족하여야 하게 되었다. 따라서, WiBro 표준화는 국내 TTA 표준화 및 IEEE 802.16 TGe의 표준화 활동이 상호 규격 간 호환성을 유지하도록 공조하여야 하게 되었다.

IEEE 802.16 TGe에서는 이동성을 지원하기 위하여 핸드오버 및 sleep 모드 기능 제공뿐만 아니라, 단말의 절전 기능을 극대화시키며 광역에서 기지국간 끊김 없는 멀티캐스트/브로드캐스트 서비스를 제공하기 위한 MBS(Multicast & Broadcast Service) 및 idle 모드 기능, 착신 서비스를 고려한 페이징 기능, 그리고 보다 빠른 핸드오버를 제공하기 위한 FBSS(Fast Base Station Switching) 기능 등이 표준에 반영되었다. 또한, 고정형 시스템 및 이동 시스템에서의 보안 기능을 강화하기 위한 PKMv2(Privacy and Key Management version 2) 관련 제안들이 반영되었다.

최근에는 시스템의 성능을 향상시키기 위한 다중 안테나 관련 기술(AAS 및 MIMO: Adaptive Antenna System 및 Multiple-Input Multiple-Output)들이 다수 제안되고 채택되었으며, 보다 개선된 채널 코딩 방식이라고 볼 수 있는 LDPC 기술 등도 채택됨으로써 규격이 보다 다양한 기능을 제공하는 반면 복잡도를 더하게 되었다.

이처럼 다양한 기술들이 제안 및 논의됨에 따라, 당초 2005년 1월중 사실상 워킹그룹 수준에서의 표준화 완료 목표를 했던 일정이 다소 지연되었다. 현재, TGe 규격은 2차 sponsor ballot(스폰서 전자투표)를 앞두고 있으며, P802.16e/D6 버전이 제공된 상태이다. 2005년 3월 Session #36(미국, Atlanta) 회의의 결과에 따라, P802.16e/D7에 대한 recirculation ballot 및 Session #37(이태리, Sorrento, 2005. 5.2-5.5)에서의 resolution 결과를 바탕으로 RevCom(Review Committee)에 2005년 7월에 조건부 승인을 신청하게 된다. Session #37의 결과인 P802.16e/D8 문서에 대한 conformation ballot을 거쳐, 2005년 8월 RevCom 승인을 신청하게 될 것이다. 이렇게 진행되는 경우, IEEE SA에서의 정식 승인을 2005년 7월 중에 득하여, 2005년 8월에는 IEEE Std. 802.16e-2005가 출판될 것이다. 이는 IEEE 표준화 일정이 원래 계획에서 다소간 지연이 된 것으로 보아야 한다. 또한, 16e 규격의 기반이 되는 IEEE 802.16-2004에 대한 Corrigenda 작업그룹도 2005년 8월 중 완료를 목표로 추진중이다.

2006년 상반기중 WiBro 상용 서비스를 계획하고 있으며, IEEE 802.16 규격과의 호환성을 기본으로 제공하는 것을 목표로 하고 있는 한국의 입장에서는 가능한 IEEE P802.16e 표준화 일정이 조속히 마무리되고, 규격에 있어서의 오류의 해소, 명료성 및 일관성을 제공하기 위한 후속 작업이 조기에 완료되도록 하는 데에 최선의 노력을 경주하게 될 것이다.

한편, IEEE 802.16에서는 이 외에도 NetMan 작업 그룹에서 망 관리를 위한 MIB(Management Information Base) 규격을 개발하기 위한 TGf 및 망 측면의 절차 및 서비스(Management Plane Procedures and Services) 등을 정의하기 위한 TGg가 구성되어 활동하고 있다. 특히, TGg는 IEEE 802 계열 규격의 범위가 물리 계층 및 매체접근제어 계층만을 다룸으로써 제외되었던, 핸드오버, 페이징 및 위치 갱신, MBS 등의 서비스를 제공하기 위하여 필수적인 망 측면의 절차 및 메시지의 표준화도 범위로 삼고 있어서 TGe 표준화가 완료되면 보다 활발한 활동이 기대된다. 현재 TGf는 MIB 초안(Draft) 2 문서가 완료되었으며, TGg는 기준(baseline) 문서가 완료된 상태이다.

IEEE Std. 802.16-2004가 완료되었으나 규격상의 오류나, 기술 내용의 일관성의 유지 등을 수정/보완하기 위한 Maintenance 작업그룹 활동이 2005년 8월 중 완료를 목표로 활동 중이며, 현재 Corrigenda 초안 1 규격이 완료된 상태이다.

IEEE Std. 802.16-2004, IEEE P802.16e/D6, 그리고 IEEE P802.16/Cor/D1 규격은 WiBro 규격과의 호환성 제공을 위한 공조(harmonization)의 참조 규격이라고 볼 수 있다.

3. 국내 표준화 현황

국내 휴대인터넷 표준화는 2003년 7월 TTA 산하에 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG302)이 휴대인터넷 서비스를 위한 규격 개발을 목적으로 결성됨으로써 시작되었다. PG302는 산하에 2 개의 실무반(무선 접속 실무반, 서비스 및 네트워크 실무반)과 2 개의 Ad Hoc Group (IPR Ad Hoc Group, 국제협력 Ad Hoc Group)을 두고 있다. 무선 접속 실무반은 물리(PHY)계층과 매체 접근제어(MAC)계층 규격을 개발하는 것을 목표로 한다. 서비스 및 네트워크 실무반은 서비스 및 네트워크의 요구사항을 정의하며, 그에 따른 네트워크 참조 모델과 관련 요소 기술에 대한 표준 규격을 개발하는 것을 목표로 한다. 한편, IPR Ad Hoc 그룹은 관련 지적 재산권 취득 사례와 휴대인터넷 기술과 관련된 지적 재산권 현황을 분석하여 향후 그 취득 방안을 마련하기 위한 작업을 수행한다. 국제 협력 Ad Hoc은 국내 표준기술을 국제 표준 규격(IEEE 802.16)과 공조하기 위한 협력 방안을 수립하고 실행하는 역할을 수행한다. 또한, 이들 실무반과 Ad Hoc 그룹간의 효율적인 의견 조정과 전체 일정 등을 총괄 조정하기 위한 조정위원회를 별도로 두어 운영하고 있다.

무선 접속 실무반(PG3021)은 여러 차례의 실무반 회의를 거쳐 회원사 간의 의견 조율을 통하여 2.3 GHz 휴대인터넷의 무선 접속에 적합한 주요 방식, 파라미터 및 요구사항(요구사항 문서는 서비스 및 네트워크 실무반에서 작업)을 결정하고, 이를 만족하는 무선 접속 후보 기술을 선정하였다. 성능 평가를 위한 평가단을 구성하여, 기술평가 기준을 작성, 기준을 만족하는 것으로 제안된 기술들을 기준 문서로 선정하고, 시뮬레이션 결과 등을 종합하여 잠정 규격 초안을 승인하고, 보완 및 총회 승인 절차를 따랐다.

실무반에서는 무선 접속 주요 시스템 파라미터 및 필수요구사항을 선정하였으며, 그 기준을 표 1과 같이 제시하였다. 상기 기준을 만족하는 것으로 제안된 2 개의 표준안에 대하여, 제출된 시뮬레이션 결과 등을 바탕으로 평가단 회의를 거쳐 (주)삼성전자/한국전자통신연구원에서 제안된 규격을 2004년 3월 표준 초안으로 채택하고, 성능 향상에 대한 요소 기술의 반응을 통하여 2004년 6월 TTA WiBro Phase-I 규격(TTAS.KO-06.0064, 휴대인터넷 표준 - 물리계층 규격 및 TTAS.KO-06.

표 1 무선 접속 주요 파라미터 및 필수 요구사항

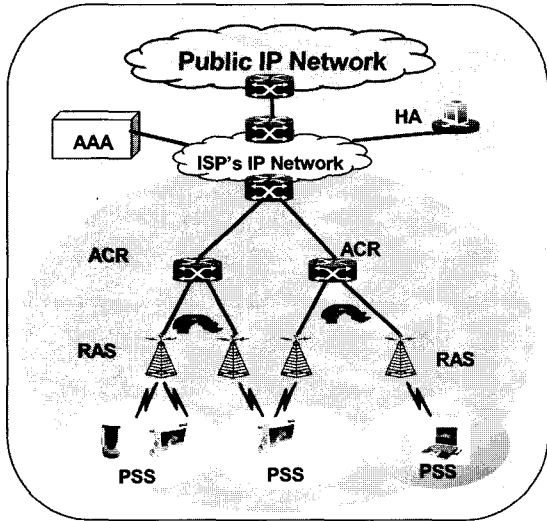
다중접속방식	OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)
채널대역폭	10 MHz
가입자당 전송속도	상향최소전송속도: 128 kb/s, 하향최소전송속도: 512kb/s
주파수 재사용계수	1
주파수효율	최대 주파수 효율: DL/UL = 6/2 (bits/sec/sector) 평균 주파수 효율: DL/UL = 2/1 (bits/sec/sector)
핸드오프	섹터간 핸드오프 및 기지국간 핸드오프 < 150 msec
이동성	최대 60 km/hr
서비스 커버리지	피코셀(Picocell): 100m 마이크로셀(Microcell): 400m 매크로셀(Macrocell): 1 km

0065 휴대인터넷 표준 - 매체접근제어 계층 규격)이 총회의 승인을 통하여 확정되었다.

Phase-I 규격은 상당부분 국내 독자 규격의 성격을 가지고 있었으나, 협소한 국내 시장의 한계를 넘어서 규모의 경제에 따른 효과를 거두고 외국 시장에서의 진출을 위해서 그리고 외국 업체에 대한 시장 개방의 요구 등을 고려할 때 국제 표준화를 만족하여야 할 필요성이 제기되었으며, 2004년 7월 정보통신부의 휴대인터넷 추진 일정 및 기술 방식 확정 발표에 따라 WiBro 규격이 IEEE 802.16과 상호 호환성을 유지하여야 하는 것이 가장 중요한 요구사항 중의 하나가 되었다. 따라서, 무선 접속 실무반에서는 2004년 8월 TTA WiBro Phase-I 규격과 IEEE 802.16 규격과의 공통점 및 차이점을 분석한 Gap Document를 작성하고, 차이가 있는 부분에 대한 IEEE 802.16 표준에의 적극적인 반영을 지원하고, 미 반영된 부분에 대한 Phase-I 규격에의 적절한 반영을 통한 호환성을 제공하는 수정/보완된 TTA WiBro Phase-I Step-I 규격을 2004년 12월 작성/승인하였다. 주된 수정/변경은 IEEE 802.16에서의 mandatory 기능들을 수용하며, 성능 개선을 위하여 Phase-I 규격에 반영된 제한 요소들을 해소하는 것 등에 해당되었다.

서비스 및 네트워크 실무반에서는 서비스 및 네트워크 요구사항 및 네트워크 참조 모델 등을 정의하였다. 서비스 요구사항은 앞에서 기술한 바와 같은 셀의 형태 및 최소 전송 속도의 제공, 핸드오버 등의 이동성 제공, 다양한 서비스 클래스에 따른 QoS 제공, 인증 및 암호화, 그리고 타 망간의 연동 서비스에 대한 요구사항 등이 포함된다. 네트워크 요구사항은 주파수 효율성, 서비스 관점에서의 전송 속도 및 핸드오버 지연 시간 등이 제시되었다. 단말기 측면의 요구사항으로서는 단말기 전

력 소모 절약 기능 및 멀티캐스트/브로드캐스트 수신 기능 등이 추가로 제시되었다. 제어국 및 코어 네트워크 요구사항으로서는 망 관리, IP 기반의 이동성, 과금 관리 기능, 접속 제어 기능, 전송 제어 기능 등이 제시되었다. 한편, 네트워크 참조 모델 및 망 구성 예 등을 제시하였다. 이를 그림 1, 그림 2 및 표 2에 보였다.



PSS: Portable Subscriber Station
 RAS: Radio Access Station
 ACR: Access Control Router
 AAA: Authentication, Authorization, and Accounting
 HA: Home Agent

그림 1 망 구성 예

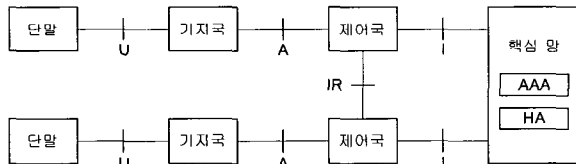


그림 2 망 참조 모델(제어평면)

PG302 휴대인터넷 프로젝트 그룹에서는 제조업체 및 사업자 간 시스템의 호환성을 극대화하고 조속한 상용화의 추진을 지원하기 위하여 2004년 12월 무선 접속 실무반 내에 WiBro IOT/CT Task Force를 구성하였다. 이에 따라, IOT/CT Task Force는 2005년 1/4분기까지 WiBro IOT profile을 작성 완료하고, 2/4분기까지 WiBro IOT/CT 규격을 작성하며, 3/4분기 중으로 수정 및 보완을 완료하여, 2005년 4/4분기 사업자 및 TTA를 중심으로 시험 규격 작성 및 호환성/적합성 시험이 이루어질 수 있도록 하는 계획으로 추진 중이다. 이에 따라, WiBro IOT Profile이 제안되어 논의되고 있으며, 기본 프로파일은 2005년 3월 중으로 확정될 예정이다. 다음은 논의 중인 WiBro 프로파일의 대표적인 항목이다.

표 2 제어 평면에서의 인터페이스 참조점

참조점	정의	비고
U	단말(PSS)과 기지국(RAS)간의 인터페이스	scope
A	기지국(RAS)과 제어국(ACR)간의 인터페이스	out-of-scope
IR	제어국(ACR)과 제어국(ACR)간의 인터페이스	out-of-scope
I	제어국(ACR)과 Core망 요소(AAA, HA 등)간의 인터페이스	out-of-scope

표 3 WiBro 규격의 주요 프로파일 항목(예)

항목	파라미터	비고
Frequency Bands	2.3 GHz	
Multiple Access	OFDMA	
Duplexing	TDD	
(Nominal) Channel Bandwidth	8.75 MHz	FA: 9 MHz Spacing
FFT Size	1024	
Sampling Frequency	10 MHz	
Sub-carrier Spacing	9.765625 kHz	
Symbol Duration	102.4 us	
Cyclic Prefix(1/8)	12.8 us	
TDD Frame Length	5 ms	42 symbols
DL/UL Ratio(symbols)	27:15*	
Modulation	QPSK/16QAM /64QAM(DL)	
Channel Coding	CC**, CTC	
ARQ	MAC ARQ, HARQ	

* 사업자 간 합의로 결정되어야 할 사안임

** FCH에 대해서는 Convolutional Coding이 Mandatory임

휴대인터넷 프로젝트 그룹에서는 TTA WiBro Phase-II 표준규격 개발을 위하여 요소 기술 제안 및 논의를 거쳐 2005년 6월까지 다중 안테나 기술 등 성능 향상을 위한 제안 요소 기술들을 포함하는 규격의 개정안을 개발한다는 목표로 표준화 활동을 추진하고 있다. Phase-II 표준화는 Phase-I에 대한 2단계 수정/보완 작업과 병행하여 추진키로 하였으며, 이에 따라 IEEE 802.16 규격과의 공조를 위한 규격의 수정/변경, 기능 및 성능 향상을 위한 규격의 개선 작업이 동시에 이루어지게 될 것이다. 2005년 2월 무선 접속 실무반 회의를 통하여 FRSS(Fast RAS Switching), idle 모드, 헤더 및 subheader 관련 수정, HARQ를 위한 normal MAP extension의 수정 등과 다중 안테나 기술인 AAS, MIMO, 그리고 LDPC 기술 등이 요소 기술로서 제안 채택되었다. 보다 신속한 표준 규격 개발을 위하여 실무반 내에 Editing Ad Hoc을 구성하여, 제조업체 및 연구 기관을 중심으로 규격 초안 작업을 수행하기로 하였다.

4. 물리 계층 및 매체접근제어 계층 규격

본 장에서는 휴대인터넷 표준 기술에 대한 이해를 높이기 위하여 그 기준이 되는 규격인 IEEE 802.16 (IEEE 802.16-2004, IEEE P802.16e/D6, IEEE P802.16/Cor/D1), TTAS.KO-06.0064R1(휴대인터넷 표준-물리 계층 규격) 및 TTAS.KO-06.0065R1(휴대인터넷 표준-매체접근제어 계층 규격)에 기술된 PHY 및 MAC 규격의 핵심 요소 기술에 대하여 개념 위주로 설명하고자 한다.

그림 3에 휴대인터넷 프로토콜 계층 구조를 보였다.

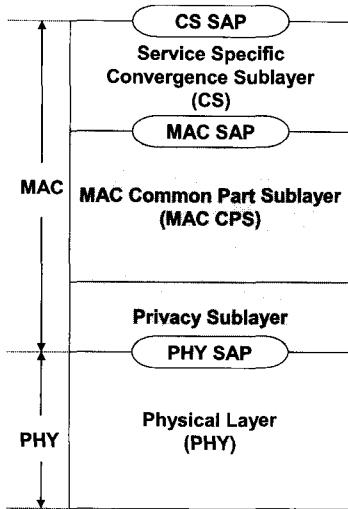


그림 3 휴대인터넷 프로토콜 계층 구조

4.1 물리(PHY) 계층 규격

WiBro 물리 계층 규격은 OFDMA/TDD PHY를 사용한다. IEEE 802.16에는 Single Carrier, OFDM, OFDMA의 다양한 PHY 모드가 존재하는데, 이 중에서 주파수재사용계수(Frequency Reuse Factor: FRF) 1(정보통신부의 휴대인터넷 기술 방향 결정시 5개 요구 사항 중 하나)을 사용할 수 있는 PHY 모드는 사실상 OFDMA PHY이기 때문이다. FRF 1을 사용함으로써, 인접한 기지국(또는 셀)에서 동일한 주파수 대역을 사용함으로써 CDMA에서와 유사한 유연한 셀 planning을 할 수 있게 되며, 이를 위하여 인접 셀간 상호 간섭을 균형되게 낮추는(interference averaging) 다이버시티 부채널화(diversity subchannelization) 개념을 사용한다. 이에 따라, 방송형 채널의 경우에 낮은 변조 및 채널코딩 수준(Adaptive Modulation & Coding level)을 적용하게 되지만, 사용자 버스트에 대해서는 각 사용자별 채널 환경에 최적화된 변조 및 채널 코딩 수준을 적용하여 전송할 수 있으므로 전반적인 시스템 성능을 보장할 수 있다고 보는 것이다.

OFDM PHY는 자원 할당에 있어서 한 심볼 구간에는 한 사용자에게만 자원을 할당할 수 있으므로 자원 할당의 최소 단위를 의미하는 granularity 측면에서 한계가 있으나, OFDMA PHY는 주파수축(subchannels) 및 시간축(symbols) 2차원적으로 자원 할당을 할 수 있으므로, granularity 측면의 장점이 있다. 즉, 전송당 작은 자원을 요구하는 실시간 성격의 서비스(예, VoIP 등) 제공시 유리하다.

채널 대역폭에 따른 적절한 FFT 크기를 적용하기 위한 확장성 규격을 지향한다. 9 MHz 채널 간격을 사용하는 WiBro 규격은 1024 FFT를 사용한다. 이는 동일한 반송파 간격(carrier spacing)으로서 다양한 대역폭에 적용할 수 있는 시스템이 가능하도록 한다. 즉, 동일한 수준의 설계 기술을 128 FFT/1.25 MHz, 512 FFT/5 MHz, 1024 FFT/10 MHz, 2048 FFT/20 MHz에 적용할 수 있다는 것이다.

WiBro OFDMA의 채널은 전 주파수 대역에 산재되어 있는 부반송파들로 구성되는 다이버시티 채널과 인접한 부반송파들로 구성되는 band AMC 채널로서 구분된다. WiBro는 동일한 프레임워크 내에서 단말의 채널 상황에 따라 다이버시티 채널 및 band AMC 채널을 선택적으로 적용함으로써 시스템의 성능을 향상시키기 위한 규격을 제공한다. 다이버시티 채널은 기본 모드로서 단말의 이동 속도가 큰 경우에 주로 사용될 것으로 생각되며, 시간에 따른 채널의 변화가 크므로 전체 반송파 대역에 산재되어 있는 부반송파들로 구성되는 부채널을 사용하며, 인접 기지국간 간섭을 평균적으로 상쇄시키는 기법을 사용함으로써 주파수 다이버시티 및 시간 다이버시티를 동시에 얻고자 하는 것이다. 반면, 단말의 이동성이 작고 채널이 안정되어 있는 경우에는 특정한 주파수 대역에 우수한 채널 특성을 보이는 주파수 선택성(frequency selectivity)을 활용하여, 우수한 채널 특성을 보이는 인접한 부반송파들로 구성된 band AMC 부채널을 사용함으로써 전송 속도를 높이는 효과를 얻고자 하는 것이다. 단말의 이동 속도가 큰 경우에 유용할 것으로 판단된다. 단말에서 측정하여 보고한 채널 상황에 기초하여 다이버시티 채널 또는 band AMC 채널을 선택하여 통신을 함으로써 안정적이고 시스템 성능을 향상시키도록 하는 기법을 사용한다. band AMC 채널은 AAS (Adaptive Antenna System)를 적용하기에 유리하다.

한편, 기존 셀룰러 방식의 음성 중심의 이동 통신 시스템인 CDMA에서는 모든 단말에게 동일한 전송 속도를 제공하기 위하여 필요한 최소한의 전송 전력으로써 전송함으로써 시스템의 간섭을 줄여서 보다 많은 사용자

를 수용하고자 하는 기본적인 접근 방식을 가지고 있는데 반해, 패킷 데이터 중심의 WiBro에서는 부반송파에 최대 출력(부반송파 당 에너지 밀도)을 제공하되 채널 상황을 최대한 반영하여 순간적으로 전송 가능한 최대 전송 속도로 전송함으로써 시스템의 처리율을 높이기 위한 AMC를 적용하는 것을 주요 기법으로 사용한다. 이를 위해서는 신속한(이동성에 따른 coherence time 이내의) 채널 품질 정보의 측정 및 보고가 이루어지고 이에 따른 AMC의 적용이 이루어져야 한다. 따라서, WiBro에서는 최대 매 프레임마다 최소한의 오버헤드로서 단말의 채널 품질 정보를 보고하기 위한 CQI(Channel Quality Indicator) 채널을 사용한다. CQI 채널을 통하여 단말은 최대 매 프레임(5 msec)마다 CQI 값을 기지국에 보고하며, 기지국 스케줄러는 이를 활용하여 신속한 AMC 수준을 적용할 수 있다. 현재 채널 상황에서 가장 높은 코딩 이득을 얻을 수 있는 Transport Format을 사용하여 전송하는 CTC(Convolutional Turbo Code) 방식을 사용하며, CINR의 측정의 신뢰성 및 보고 및 적용시까지의 채널의 가변성의 문제를 극복하기 위하여 H-ARQ(Hybrid ARQ) 방식을 사용한 time diversity 효과 및 soft combining에 따른 이득을 얻는 방식을 취한다.

4.2 매체접근제어(MAC) 계층 규격

PHY 계층 규격은 채널 코딩 및 변복조 등과 관련된 일반적인 전송과 관련된 내용을 기술하는데 반해, 현대 인터넷의 MAC 계층 규격은 시스템의 운용에 필요한 전반적인 절차 등을 기술한다고 할 수 있다. MAC 계층은 특정서비스수렴부계층(Service Specific Convergence Sublayer), MAC 공통부계층(MAC Common Part Sublayer: CPS), 그리고 프라이버시부계층(Privacy Sublayer)의 세 부계층으로 다시 세분화된다. IEEE 802 계열의 규격은 PHY 계층과 MAC 계층만을 기술하므로, 현대인터넷의 경우 MAC 계층의 상위에는 바로 IP 계층이 존재한다고 볼 수 있다.

수렴부계층은 외부 IP망으로부터의 CS SAP(Service Access Point)을 통하여 수신된 데이터와 MAC SAP을 통하여 수신된 MAC SDU(Service Data Unit) 데이터를 변환/매핑해 주는 역할을 수행한다. 외부망으로부터 수신된 SDU들을 적절한 MAC service flow 및 CID들과의 매핑을 수행한다. 또한, 페이로드헤더억압(payload header suppression)을 수행한다.

MAC CPS는 대부분의 시스템 접속과 관련된 주요 기능을 처리한다. 예를 들면, 대역폭 할당, 연결의 설정/관리, 특정 MAC 연결들의 QOS 관리, ARQ 기능, 스

케줄링 및 MAC PDU 구성 등이 이에 해당된다.

프라이버시 부계층은 단말 인증(단말기의 인증서를 사용하는 RSA 기반의 인증 절차 수행), 키 분배, 그리고 데이터 암호화를 수행한다. EAP에 기반하는 사용자 인증 절차의 수행은 MAC 계층의 상위인 응용 계층에서 수행한다.

본 절에서는 MAC 계층을 구성하는 대표적인 기능들에 대하여 간략하게 소개한다.

먼저 단말에서는 여러 가지의 연결 식별자(Connection Identifier: CID)가 사용된다. 초기 접속 단계에서 기지국에 단말의 고유 식별자인 MAC 주소에 매핑된 basic CID(기본 연결식별자)가 이후 해당 기지국에서 단말을 고유하게 식별하기 위한 용도 및 보다 빠른 응답을 요구하는 트랜잭션 시 사용하기 위하여 할당된다. 또한, 지연 요구사항에 있어서는 좀 더 여유가 있는 MAC 관리 메시지(MAC Management Messages)들의 식별을 위하여 일차 관리 연결식별자(primary management CID)가 할당 및 사용된다. 일차 연결식별자는 인증 메시지 및 동적자원할당(DSA: Dynamic Service Addition) 관련 메시지들에서 사용된다. IP망을 통한 SNMP 기반의 단말의 원격 제어를 위하여 이차 관리 연결식별자(secondary management CID)가 할당될 수도 있다. Secondary CID는 선택사양으로서 단말의 제공 능력 협상 과정에서 사용 여부가 결정된다. 이들 관리 연결식별자들은 MAC 계층의 관리 목적으로 주로 사용되며, 사용자 트래픽의 서비스별 구분을 위한 transport CID들이 다수 할당되어 사용될 수 있다. transport CID들은 DSA 과정을 통하여 할당되며, QoS를 달리하는 다수의 연결마다 각기 다른 transport CID들이 할당될 수 있다. 이 외에도, 여러 단말에 의하여 공통적으로 사용되는 연결식별자들로서, 초기 접속의 레인징(ranging) 시 사용되는 Initial Ranging CID, 주기적 레인징 시 특정 그룹의 단말에 대한 폴링의 용도로 사용되는 multicast polling CID, 방송용 관리메시지의 전송 시 사용되는 broadcast CID, MBS(Multicast and Broadcast Service)의 서비스 별 식별자의 용도로 사용되는 Multicast CID 등이 정의된다. 모든 연결식별자는 16 비트의 길이를 가지며, 특정한 번호의 영역이 할당된다.

MAC PDU의 구성은 MAC 관리용 PDU 및 사용자 데이터의 전송용 PDU의 구성으로 나뉜다. 기본적으로 MAC PDU에는 6 바이트의 헤더가 붙게 되며, 대표적인 MAC 헤더에는 일반 MAC 헤더와 대역폭 요청 헤더가 있다. 그림 4와 그림 5에 이들 헤더의 형식을 보였다.

현대인터넷 MAC 규격은 상위 계층에서 수신된 SDU

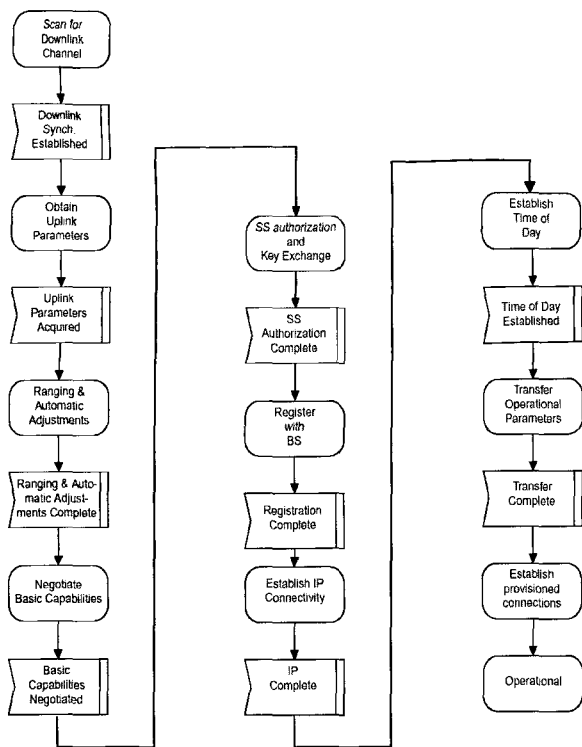


그림 8 네트워크 접속 절차

가 할당되며(또는 그 대체 수단으로서의 pre-provisioned 연결 설정 과정을 통한 default transport 연결 설정 수행), 이를 통한 IP 연결성 과정이 수행되고, 단말에서 사용될 IP 주소가 설정된다. Mobile IP 또는 DHCP를 통한 IP 주소 설정이 수행될 수 있다. 필요한 경우, time of day 및 operational parameter download 과정이 수행될 수 있으며, 이 과정이 모두 완료되면 정상 동작 상태가 되며, 이 때부터 사용자 서비스를 위한 DSx 과정이 수행될 수 있다.

레인징 과정은 802.16 기반의 규격에서 중요한 절차 중의 하나로서 초기 레인징에 대한 일반적인 절차도를 그림 9에 보였다. OFDMA PHY 규격에서는 CDMA 코드 기반의 레인징에 뒤이어서 메시지 기반의 레인징 절차가 수행된다. 코드 기반의 레인징을 수행한 단말을

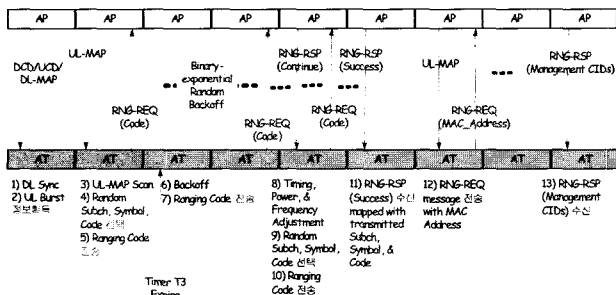
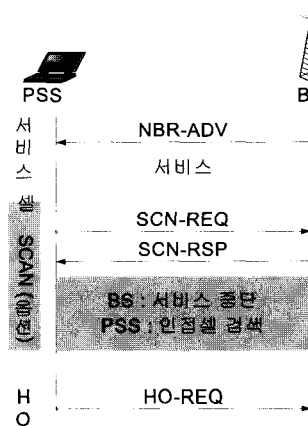


그림 9 초기 레인징의 예

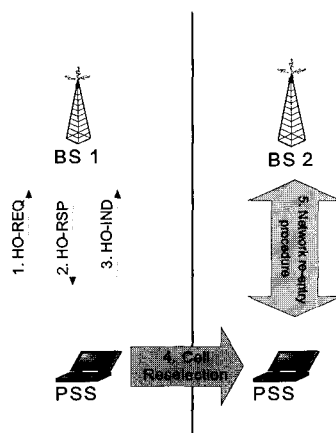
식별하기 위하여 CDMA_Allocation_IE가 사용된다.

휴대인터넷에서는 차량 이동 속도로 이동 중에도 연속적인 서비스가 제공되어야 하므로, 핸드오버의 기능이 매우 중요한 요소가 된다. 핸드오버 절차는 주기적인 또는 CINR 기준에 도달한 이벤트에 따른 인접 셀을 탐색하기 위한 스캐닝 과정 및 이후의 핸드오버 메시징 과정으로 나뉘어진다. 그림 10 및 그림 11에 보였다. 단말은 NBR-ADV 메시지를 통하여 수신된 인접 셀 정보를 이용하여 스캐닝 구간 동안 인접 셀을 탐색하여 해당 인접 셀에 대한 CINR 수준을 측정하고(구현에 따라서는 동일 주파수의 경우에는 별도의 스캐닝 구간을 설정하지 않을 수도 있음), 핸드오버를 개시할 기준에 도달한 경우 핸드오버 절차를 개시한다. 핸드오버를 개시하면, 단말은 인접 기지국의 CINR 측정 결과에 바탕한 후보 기지국들을 기지국에 보고하고, 서빙(serving) 기지국은 후보 기지국들에 해당 단말에 대한 동일한 서비스 수준 및 인증모드 등에 대하여 기지국간 통신을 통하여 정보



PSS-initiated HO

그림 10 인접 셀 탐색 과정 및 핸드오버 절차의 개시



Inter-BS HO (PSS-initiated)

그림 11 단말에서 개시하는 핸드오버의 예

를 주고 받는다. 적절한 기지국이 선택되면, 기지국은 HO-RSP 메시지를 통하여 핸드오버의 적정 기지국을 추천하게 되며, 단말은 HO-IND 메시지를 통하여 핸드오버를 수행할 최종 목표 기지국을 선정하였음을 통보하고, 이후에는 서빙 기지국과의 통신이 단절된다. 핸드오버 절차를 신속하게 수행하기 위한 핸드오버 최적화(handover optimization) 개념이 도입되었으며, 이것을 적용할 수 있는지의 여부는 단말 및 기지국의 능력에 따른다.

이 밖에도 인증 및 암호화 모드에 따른 PKMv1 및 PKMv2의 기능, 단말의 전력 소모를 최소화하기 위한 sleep 모드 운용 관련 절차, 끊임없는 방송 서비스를 제공하기 위한 MBS 서비스 관련 규격, 그리고 착신 서비스 및 그에 따른 전력절약을 위한 idle 모드 및 위치 등록 절차 등도 규격에 기술된다.

5. 결 론

WiBro 서비스는 한국에서 세계 최초로 상용화되는 공중 사업자망을 통한 이동 무선 환경에서의 무선 인터넷 접속 서비스로서 그 기술적 및 경제적 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다.

표준화 관련해서는 완성도 높은 규격의 조기 확정과 프로파일의 통일 및 그에 따른 호환성/적합성을 보장하기 위한 시험 규격의 개발 등이 주요한 해결과제이며, 이에 따르는 장비 및 다양한 형태의 단말기의 개발, 서비스 콘텐츠의 개발, 셀설계에 따르는 문제점의 해결 등 많은 제조업체 및 사업자가 준비해야 할 일 또한 많다고 할 것이다.

참고문헌

- [1] 정보통신부, 휴대인터넷 기술방식 확정발표, 2003. 7.
- [2] IEEE Standard 802.16-2001, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 2001. 12.
- [3] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 2004. 10.
- [4] IEEE P802.16e/D6, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems - Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands," 2005. 2.
- [5] TTA, TTAS.KO-06.0064R1, "휴대인터넷표준 - 물리계층," 2004.12.
- [6] TTA, TTAS.KO-06.0065R1, "휴대인터넷표준 - 매체접근제어계층," 2004.12.

윤철식



1988. 2 서울대학교(학사)
 1990. 2 포항공대 대학원(석사)
 2000. 2 서강대학교 대학원(박사수료)
 1993. 2~현재 ETRI 이동통신연구단
 휴대인터넷표준연구팀장
 관심분야 : Standardization of WiBro &
 4G: System Engineering of Mo-
 bile Communication Systems
 E-mail : csyoon@etri.re.kr

• Korean Database Conference 2005(KDBC2005) •

- 일 자 : 2005년 5월 20~21일
- 장 소 : 고려대학교(서울)
- 주 최 : 데이터베이스연구회
- 내 용 : 논문발표 등
- 상세안내 : <http://www.sigdb.or.kr/>