

# WiBro기술이 IEEE 802.16 표준으로 채택되기까지

윤철식  
한국전자통신연구원

## 요약

WiBro 기술이 IEEE 802.16e 표준으로 채택되기까지의 과정은 크게, 국내표준이 우선되던 단계 (2002. 11 ~ 2004. 6.)와 IEEE 802.16을 중심으로 국제표준에 힘쓰던 단계 (2004. 7. ~ 2005. 12.)으로 나누어서 볼 수 있다.

첫 번째 단계는 정부에 의한 비활성화된 2.3-2.4 GHz WLL 용 주파수 대역의 회수 및 활용을 위한 WiBro 개념의 도입부터, ETRI를 중심으로 한 연구개발 프로젝트의 추진, TTA 내의 PG302 프로젝트그룹의 결성 및 적극적 국내표준화 활동을 통한 표준초안의 개발까지의 과정에 해당된다. 이 과정에서 개념의 창출부터, 요구사항의 정의, 방식의 선정, 규격 초안의 개발까지의 과정을 독자적으로 수행하였으며, 독자 기술에 의한 국내 기술의 개발 및 표준화를 바탕으로 국제표준화를 추진하기 위한 꿈과 도전의 시기였다고 할 수 있다.

두 번째 단계는 규모의 경제의 실현 및 국제표준의 중요성에 대한 인식에 따른 IEEE 802.16e를 중심으로 한 국제표준화의 추진을 통한 표준 IPR의 확보 및 시험 규격 등 제반 규격의 정비 등 세계 최초 상용화를 위한 표준선도의 시기였다고 할 수 있다. 나름 아쉬움이 없는 것은 아니나, 우리 힘으로 여러 난관들을 극복하고 상용화 및 IMT-2000 국제표준 채택을 통한 세계화의 실현 등을 위한 성숙의 시기였다고 할 수 있다.

이제 4세대 이동통신 표준화에서도 대한민국이 주도적인 역할을 수행해야 할 때이다. 좀 더 우리의 역량을 결집하고 발휘할 수 있도록 지혜를 발휘하여야 한다.

## 1. 서론

WiBro는 2003년 초고속 휴대인터넷 시스템 (HPI; High Speed Portable Internet System)에 대한 표준화 프로젝트가 시작된 이래, 2004년 12월, 세계 최초의 WiBro 개통 시연, 2006년 6월, 세계 최초로 휴대인터넷 서비스 (WiBro)의 상용화를 선언, 2007년 4월, 서울 전역 및 분당, 수원 지역 등으로의 서비스 지역을 확대하여 본격적인 서비스를 제공하고 있다. 2007년 10월에는 ITU 전파총회에서 IMT-2000의 6 번째 규격 (공식 명칭: OFDMA TDD WMAN)으로 공식 채택되었으며, 2007년 11월에는 세계전파통신회의(WRC-07)에서 WiBro 주파수대역인 2.3GHz (2.3~2.4GHz, 100MHz) 대역이 4세대 이동통신의 세계 공통 주파수대역으로 선정되었다. 우리 기술의 본격적인 세계 시장 진출을 위한 제반 여건들이 성숙되고 있다고 하겠다.

본 고에서는 이러한 WiBro 기술이 IEEE 802.16 표준으로 채택되기까지의 개략적인 과정 및 에피소드들을 소개하고자 한다.

## 11. 국내 표준이 우선시 되던 시기

2003년 7월, 국내 정보통신표준화 기구인 정보통신기술협회 (TTA; Telecommunication Technology Association) 산하에 PG302 휴대인터넷 프로젝트 그룹 (당시에는 PG05 이었으며, 이후 표준화 프로젝트 정비에 따라 PG302로 개명됨)을 결성하였으며, 2003년 9월 조정위원회의 구성 및 무선접속실무반·서비스네트워크실무반 등의 세부 조직의 구성을 완료하였다.

2004년 1월에는 무선접속실무반 (PG3021)을 중심으로 여러 차례의 실무반 회의를 거쳐 회원사간의 의견조율을 통하여 2.3 GHz 휴대인터넷의 무선접속에 적합한 주요 방식, 파라미터 및 요구사항 (요구사항 문서는 서비스 및 네트워크 실무반에서 작업)을 결정하였다. 당시에는 외국의 비 표준 장비를 이용한 feasibility 검증을 위한 시험들이 활발히 진행되고 있었으며, PG302의 표준화 과정에서도 이들 외국 기술과 국내 독자 기술들이 서로 장단점 등을 주장하며 활발한 기술 논쟁을 벌였다.

그 중에서도 Duplexing 방식으로 TDD 방식과 FDD 방식 중 어느 것을 택해야 하는가에 대한 논의가 가장 격렬하였으며, 전송 방식으로 OFDMA 방식을 사용하는데 동의를 이끌어 낼 수 있었다.

당시 결정된 주요 시스템 파라미터는 <표 1>과 같으며, 이후 국제 표준과의 공조를 위한 규격 변경 시에도 상기 주요 파라미터는 유지되었다.

<표 1> WiBro 주요 시스템 파라미터 및 필수 요구사항

주요 시스템 파라미터		필수 요구사항	
항 목	값/방식	항 목	값 또는 방식
Duplexing	TDD	주파수재사용계수	1
		이동성	60 [Km/h] 보장
Multiple Access	OFDMA	서비스 영역	≤ 1 [Km]
		스펙트럼 효율 [bps/Hz/cell(sector)]	최대 DL/UL=6/2 평균 DL/UL=2/1
		핸드오프	≤ 150 [ms]
Channel BW	10MHz*	전송속도(사용자당)	최대 DL/UL=3/1 [Mbps] 최소 DL/UL=512/128 [Kbps]

\* 주주, nominal channel bandwidth 8.75 MHz 및 Carrier Spacing 9 MHz로 변경

이러한 주요 시스템 파라미터 및 필수 요구사항을 바탕으로 기술 제안을 받게 되었으며, 성능평가를 위한 평가단을 구성하여, 기술평가 기준을 작성하고, 기준을 만족하는 것으로 제안된 기술들을 제안 받았다. 그 중 하나가 ETRI-삼성전자 공동제안이며, 다른 하나가 포스데이터-엘벨의 공동 제안이었다.

두 가지 제안 모두 베이스라인으로 선정하고, 시뮬레이션 결과 등을 종합하여 ETRI-삼성전자 공동제안을 잠정규격 초안으로 승인하고 보완을 거쳐, 2004년 6월, 1단계 표준규격이 TTA 표준 총회에서 승인 (TTAS.KO-06.0064, 휴대인터넷 표준 - 물리계층 규격 및 TTAS.KO-06.0065, 휴대인터넷 표준 - 매체접근제어계층 규격) 되었다. PG302 구성 초기부터 의장단 및 관련 회원사 기술진의 거의 매주 또는 격주간의 기술 협의와 조정 과정을 거친 결과였다.

WiBro에 대한 국내 표준화 초기에는 국내 독자 기술을 개발을 통한 국내 표준화를 완료하고, 이를 바탕으로 상용화를 추진하여, 사실상의 국제 표준화의 추진 및 세계 시장 진출을 목표로 하여 규격 표준화를 진행하였다. 따라서, TTA Phase-I 규격에는 독자적인 기술요소가 보다 많이 반영되어 있었다. 그러나, 국내 시장의 한계성 및 발전의 제약에 대한 인식, 국제 표준을 따르지 않는 규격에 의한 국내 시장 보호에 대한 무역마찰 우려 등을 고려하여 IEEE 802.16 기반의 국제 표준화의 추진 및 호환성의 제공 등을 우선시하도록 전략을 변경하였다.

정부도 2004년 8월, 휴대인터넷 추진일정 및 기술방식 선정 발표에서 “휴대인터넷 기술은 IEEE Standard 802.16-2004 및 IEEE Standard 802.16e-2005 & IEEE Standard 802.16-2004/Cor1-2005<sup>1)</sup> 규격과의 호환성을 만족하는 규격으로서, 추가적인 5가지 요구사항 (이중화 방식은 TDD를 사용, 주파수 재사용계수 1 지원, 채널대역폭 9 MHz 이상, 이동성 시속 ~60 km/hr 이상 및 상/하향 최소 전송속도 각각 128 kbps/512kbps 만족, 사업자간 로밍 제공 등)을 만족하는 규격이어야 한다”고 명시하였다.

사실상 TTA의 요구사항 및 주요 시스템 파라미터 및 필수 요구사항으로 합의한 사항을 반영한 것이었다.

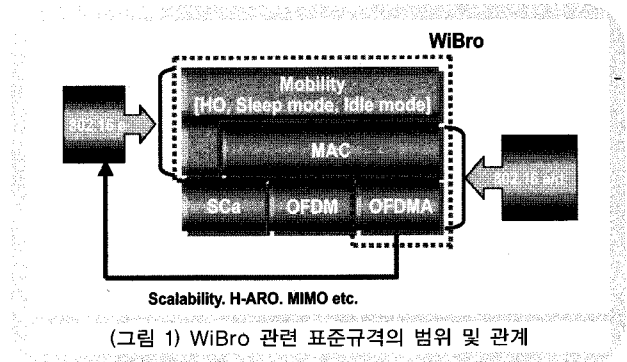
<sup>1)</sup> 정책 결정 당시는 “IEEE P802.16/D5 및 IEEE P802.16e/D3 및 이후 버전”이라는 표현을 사용하였으나, 이후 16d 및 16e, 그리고 Corrigendum 규격의 표준화가 완료됨에 따라 보다 정확하게 상기와 같이 표기하는 것이 적절함.

### III. 국제 표준에의 반영을 위한 총력전을 펼치던 시기

2004년 6월 이후에는 1단계 규격에 반영된 또는 발굴한 국내 기술을 최대한 IEEE 802.16d 및 IEEE 802.16e에 반영하여 조속히 표준규격을 완성시키고, 상용화를 추진하느냐 하는 것이 지상 과제였다.

삼성전자와 인텔을 주축으로 한 대규모 업체들의 공조를 통한 IEEE 802.16 규격에의 커다란 변화 및 적극적인 표준화 참여는 그 동안 주목 받지 못했던 IEEE 802.16이 주요 표준화 대상으로 변화하게 하는 결정적인 계기가 된다<sup>3)</sup>. 특히, 2004년 3월 Orlando 회의에서의 대역폭에 따른 Scalable OFDMA 개념의 도입 (대역폭에 따른 128, 512, 1024 FFT 모드의 추가 및 이에 대한 역방향 호환성의 유예 등)은 10 MHz 대역폭의 1024 FFT가 주요 요소가 되게 하였으며, 이후 WiMAX Forum에서의 프로파일 채택과정에서도 적용된다<sup>3)</sup>. 당시 16d 규격은 Sponsor Ballot 단계에 있었으므로 규격에 결정적인 변화를 도입하기가 사실상 불가능한 시기이었음에도 시장 주도적 메이저 업체들의 주도로 가능하였으며, 802.16 표준화의 주도세력이 과거 Runcom 등 기술력을 보유한 중소 업체 중심에서 다국적 대기업 및 셀룰러 계열의 기술과 경험을 확보하고 있는 업체를 중심으로 옮겨오는 계기가 된다. 이후 우리나라 업체들 (삼성전자, ETRI, LG전자, Posdata, KT, SKT 등)의 활약이 두드러지게 되어 회원수 측면에서 뿐만 아니라 기고서의 양과 질 측면에서도 802.16e 표준화를 사실상 주도했다고 할 수 있을 만큼의 국제표준화에 있어서의 성과를 거두게 된다<sup>4)</sup>. WiBro와 관련된 표준 규격들 간의 관계는 (그림 1)과 같다.

IEEE 802.16 TGe에서는 이동성을 지원하기 위한 Handover 및 Sleep Mode 기능 제공 뿐만 아니라, 단말의 절



전 기능을 극대화시키며 광역에서 기지국간 seamless한 멀티캐스트/브로드캐스트 서비스를 제공하기 위한 MBS (Multicast & Broadcast Service) 및 Idle Mode 기능, 착신 서비스를 고려한 Paging 기능, 그리고 보다 빠른 핸드오버를 제공하기 위한 FBSS (Fast Base Station Switching) 기능 등이 주로 우리나라의 회사들을 중심으로 제안되고 표준에 반영되었다. 또한, 고정형 시스템 및 이동 시스템에서의 보안 기능을 강화하기 위한 PKMv2 (Privacy and Key Management version 2) 관련 제안들도 반영되었다. 시스템의 성능을 향상시키기 위한 다중안테나 관련 기술 (AAS 및 MIMO; Adaptive Antenna System 및 Multiple-Input Multiple-Output)들이 다수 제안되고 채택되었으며, 보다 개선된 Channel Coding 방식이라고 볼 수 있는 LDPC 기술 등도 채택됨으로써 규격이 보다 다양한 기능을 제공하는 반면 복잡도를 더하게 되었다.

이처럼 다양한 기술들이 제안 및 논의되고, 참여 회원사 및 회원들의 증가에 따른 Comments 및 Contribution 들의 증가에 따라 표준 규격의 완성이 지연되었다<sup>5)</sup>. 2004년 10월 처음 시작된 Sponsor ballot 과정은 무려 1년여에 걸쳐 진행되어 2005년 12월 7일 IEEE P802.16e/D12를 최종 버전으로 하여 IEEE SA Standard Board에서 최종 승인되었다. 이후,

02\_ 당시 WiFi의 성공적인 추진을 성사시킨 Intel이 구체적인 협력 파트너로서 삼성전자 등과의 전략적 제휴를 통한 WiMAX 참여 및 활성화를 주도함으로써 IEEE 802.16 및 WiMAX는 비약적인 발전을 가져오게 된다.  
 03\_ 기존에는 2048 FFT 모드가 mandatory 모드로서 정의되어 있어, 10 MHz 이하 대역에서의 구현에 부담을 주고 있었다. 이외에도, HARQ 관련 기능의 채택, MAP overhead를 감소시키기 위한 개선된 MAP IE 방식의 수용 등 규격의 개선 작업이 빠르게 진행된다. 당시 규격의 중요한 골격의 변화를 가져올 수 있는 요소들이 다수 제안되고 채택되었다.  
 04\_ 16e의 표준 기고들이 가장 활발하게 제안되던 시기에는 우리나라 회사 및 연구기관의 기고가 전체의 절반을 넘어서는 경우도 많았다. 회원수 측면에서도 상경수에 달해, 1인 1표제의 성격을 가지는 IEEE에서 국내 업체들의 영향력을 극대화 시킬 수 있었다. 최근에는 화웨이, 중흥통신 등 중국 업체들의 대규모 표준화 참여로 중국의 표를 무시할 수 없는 상황이다.  
 05\_ 한 번의 Sponsor Ballot에 제기된 Comment의 수가 무려 4천여 개를 넘어서는 경우도 있었다. 이를 위한, 별도의 comment에 대한 일괄적 처리를 위한 Ad Hoc 또는 별도의 e-mail voting 등을 수행하기도 하였으며, Interim 회의와 Plenary 회의 중간에 별도의 ad Hoc 회의를 가지거나 conference call을 통한 사전 조율된 기고서만 회기 중에 처리하는 등 표준화 일정 단축을 위한 거의 모든 방안들이 다 동원되었다고 할 수 있다.

완료된 IEEE Std. 802.16-2004 규격에 대하여, 규격상의 오류나, 기술 내용의 일관성의 유지 등을 위한 규격의 수정/보완을 목표로 하는 Corrigendum 규격과의 통합과정을 거쳐, 2006년 2월, IEEE Standard 802.16e-2005 & IEEE Standard 802.16-2004/Cor1-2005로 발간되었다<sup>96</sup>.

국내 TTA 표준 규격도 IEEE 802.16 과 상호 호환성을 유지하기 위하여 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<sup>97</sup>, 미 반영된 부분에 대한 Phase-I 규격에의 적절한 반영을 통한 호환성을 제공하는 규격 개발작업을 지속적으로 추진하여 2005년 12월, 표준 규격의 승인 (2.3 GHz 휴대인터넷 표준규격, TTAS.KO-06/0082R1) 및 발간을 하게 된다<sup>98</sup>.

이로서, WiBro는 국내 기술의 국제 표준 반영을 통하여 IEEE 802.16과 호환 (Mobile WiMAX 프로파일 중 Band Class 1인 2.3 GHz 주파수 대역의 8.75 MHz Bandwidth로서 완전한 Subset 규격에 해당됨)되는 국제 표준규격으로서 세계 최초로 상용화를 이루게 된다.

과정을 통하여 시험 인증 방안에서도 일치를 보게 된다.

WiBro의 상용화는 기술 개발, 표준화, 시험 인증 등 모든 면에서 참조할 만한 대상이 없는 상태에서 추진된 것으로 회의적인 시각도 많았던 것이 사실이나, 정부의 강력한 IT839 정책 추진 의지, 학계 등을 중심으로 한 여론 주도 및 다양한 의견의 조율, 연구기관 및 제조업체의 긴밀한 협조 체제에 의한 기술개발 및 표준화 협력, 사업자를 중심으로 한 서비스 개발 및 사업 추진 의지 등이 결합되어 이루어낸 것이라 더욱 값지다고 말할 수 있다.

우리의 손으로 꽃 피운 기술이 더욱 발전할 수 있도록 여러분의 지속적인 관심과 격려를 바란다.

### 약 력



윤철식

1988년 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업 (이학사)  
 1990년 포항공대 물리학과 석사과정 졸업 (이학석사)  
 2000년 서강대학교 전자공학과 박사과정 수료  
 1993년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 근무  
 (책임연구원, WiBro표준연구팀장)  
 2006년 ~ 현재 TTA PG302 IOT/CT 실무반 의장  
 관심분야: MAC Protocol 표준화, 시스템 엔지니어링

## IV. 맺음말

WiBro 기술은 우리나라가 가장 먼저 상용화를 추진함에 따라, 시험 인증을 위한 규격의 개발도 선도적으로 수행할 수 밖에 없었다. IOT/CT 실무반에서는 국내 주요 업체들과 공동으로 기본 기능에 대한 시험 항목 및 절차서 등의 작성을 추진하였으며<sup>99</sup>, 이후 WiMAX Forum과의 Harmonization

96. Corrigendum 활동은 원칙적으로는 editorial 및 규격 내의 consistency를 유지하기 위한 수정만으로 제한되지만, IEEE 802.16의 유래가 없을 정도로 신속히 진행된 표준화 과정에서의 규격의 완성도 제고 및 일부 규격 개선을 위한 요소들도 반영되었으므로, 사실상 Corrigendum 규격을 반영해야만 상용에 적합하게 된다. Corrigendum 표준화 과정에서는 WiMAX 주요 회원사들을 중심으로 WiMAX Forum을 통해 사전 Harmonization 과정을 거쳐 IEEE 802.16에 제안되는 새로운 형태의 기고 방식이 시도되었으며, 지금도 여전히 영향력을 발휘하고 있다.

97. 표준화 회의에서 통상적인 종료시간을 지나 밤 12시가 넘도록 연장된 회의 후, 이견을 가진 타사 연구자와의 harmonization을 위하여 호텔방을 옮겨 다니며 의견을 조율하고, 다시 조율된 의견을 반영한 수정안을 작성하고, 다음날 comment resolution을 하는 경우가 다반사 이었으며, 이 것이 대체로는 합의를 통하여 채택으로 이어지는 경우도 있지만, 개발 중인 시스템에 적용되는 방식과 상이한 경우, 개인적으로는 제안의 기술적 우월성을 인정하면서도 직접 관련 없는 이유를 들어 결국은 반대 입장에 서서 채택에 실패하는 경우도 있었다.

98. IEEE 802.16 규격의 난해한 속성과 다양한 모드의 존재로 인하여 802.16 표준화 활동을 직접 수행하지 않는 중소기업 등에서는 규격의 이해에 많은 어려움을 겪었으므로 통합된 형태의 국문 표준규격에 대한 요구가 많았다. 이를 위한 별도의 번역 정리 및 편집 작업 등이 별도로 수행되었으며, 중요한 단계마다 관련 연구원들이 3~4일씩 철야작업을 통하여 국문 규격의 업데이트 작업을 진행하였다.

99. IOT 시험 규격 개발하는 과정에서 국내 업체간에도 규격의 이해 및 적용에 차이점들을 조율하고 반영하였으며, 사업자 입장에서도 상용장비에 대한 검증 용도로 활용하는 등 상용화 촉진에 기여하게 된다.