휴대인터넷 표준화 및 IEEE 802.16e 표준화 동향

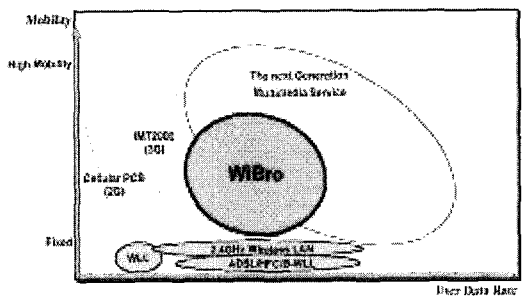
최형진 김대중 진병문

◈ 목 차 ◈

1. 서 론
2. 휴대인터넷 표준
3. IEEE 802.16 표준화 동향
4. 요약 및 결론

1. 서 론

최근 통신기술의 특징은 유선에서 무선으로, 협대역에서 광대역으로 진화되고 있으며, 이런 변화 속에서 휴대인터넷(WiBro, Wireless Broadband)은 통신기술 전·후 세대간을 연결할 수 있는 역할 및 통신시장을 발전시키는 매우 중요한 매체로서 자리매김하고 있다. 휴대인터넷은 2002년 12월 WLL (Wireless Local Loop)용으로 할당되었던 2.3GHz 대역이 휴대인터넷용으로 재 고시되고, 그림 1과 같이 기존의 초고속 유선 인터넷에서 벗어나 옥내외에서 정지 및 이동 중에서도 저렴한 가격으로 사용자에게 무선인터넷 접속을 제공하고자 하는 필요성에 부합하기 위해 정립된 서비스 개념이라 볼 수 있다.



(그림 1) WiBro 서비스 특징

* TTA 표준화본부

2. 휴대인터넷 표준

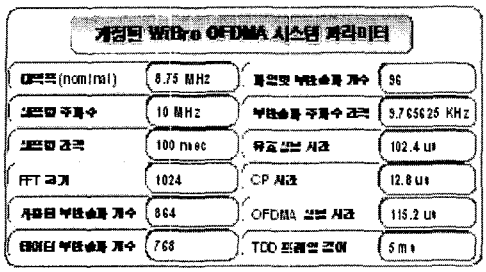
2.1 휴대인터넷 1단계 표준

휴대인터넷 1단계 표준은 2004년 6월 TTA 표준총회를 통해 공고되었다. 1단계 표준이 갖는 의미는 국내 휴대인터넷 산업을 위한 기술표준을 마련하고, 보다 빠른 상용화를 가능하게 하여 세계시장에서 주도권을 확보하는 기틀을 마련했다는 데 크게 기여했다는 점으로 볼 수 있다.

TTA PG302는 효율성 있는 휴대인터넷 서비스 제공을 위해 2004년 1월 아래 표 1과 같은 특징을

(표 1) 주요시스템 파라미터 및 필수요구사항

주요시스템 파라미터	
항목	값/방식
Duplexing	TDD
Multiple Access	OFDMA
Channel BW	10MHz
필수 요구사항	
항목	값/방식
주파수재사용계수	1
이동성	≤ 60 [km/h]
서비스영역	≤ 1 [km]
스펙트럼효율 [bps/Hz/cell(sector)]	최대 DL/UL=6/2 평균 DL/UL=2/1
핸드오프	≤ 150 [ms]
전송속도 (사용자당)	최대DL/UL=3/1[Mbps] 최소DL/UL=512/128[Kbps]



(그림 2) 1단계 개정 표준의 시스템 파라미터

갖는 기술방식들을 결정하였다. 다중화 방식, 다중접속방식, 채널대역폭, 가입자당 전송속도, 주파수 재사용계수 및 주파수 효율 등을 2.3GHz 휴대인터넷의 무선접속 주요 시스템 파라미터 및 필수 요구사항의 항목으로 결정하였으며, 각각의 세부 사항은 아래 표 1의 값/방식과 같다.

1단계 표준 이후에 국제표준화 일환으로 IEEE 802.16과의 Harmonization을 국내표준화와 병행하여 추진하였으며, 그 결과 2004년 12월에 1단계 표준의 개정 작업이 완성되었다. 물리계층은 프리앰블 변경, PUSC 지원 및 채널코딩 등의 8개 항목이, MAC계층은 변경된 물리계층에 따른 각각의 MAC 메시지 및 Sleep 모드/핸드오버 운영 등의 항목들에 대해 개정이 이루어졌다.

1단계 개정 표준은 아래 그림 2와 같은 시스템 파라미터 값을 갖는다.

RMATINET

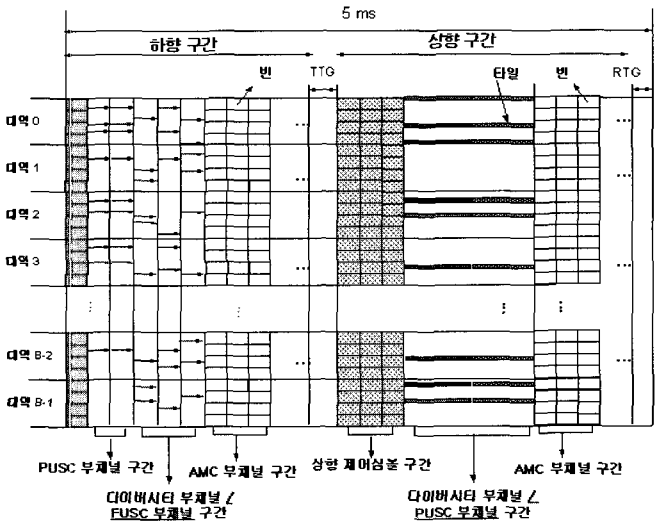
2.2 휴대인터넷 2단계 표준

TTA PG302는 MIMO(Multiple Input Multiple Output)와 스마트안테나와 같은 다중안테나 기술 등 요소기술의 도입을 통해 약 50Mbps급의 전송속도 지원이 가능한 성능향상 및 용량증대를 위한 2단계 표준을 준비하였다. 휴대인터넷 2단계 표준초안은 약 1년여 동안의 무선접속실무반(의장 : 중앙대 조용수 교수) 회의를 통해 2005년 4월에 작성이 되었고, 5월 초 PG302는 휴대인터넷 표준초안을 채택하였다. TTA 회원사 의견수렴을 거쳐, 최종적으로 지난 2005년 6월에 있었던 TTA 표준총회를 통해 최종 공고되었다.

본 고에서는 프레임 구조 및 추가된 요소기술 등의 사항을 위주로 2단계 표준의 내용을 간략히 살펴보도록 한다.

2.1.1 프레임 구조

하나의 프레임은 총 5ms의 길이를 갖는다. 하향



(그림 3) 프레임 구조

프레임과 상향프레임에 TTG와 RTG에 의해 전송이 구분되어진다. TDD를 이용하는 휴대인터넷 시스템에서 기지국 및 단말의 송수신 전체를 보호하기 위한 시간인 TTG와 RTG는 각각 87.2㎲와 74.4㎲의 값을 갖고, 프레임 중간과 마지막에 하향링크 및 상향링크 사이에 삽입된다. 기 제정된 1단계 표준에서는 TTG와 RTG는 121.2와 40.4㎲의 값을 가졌으나, 초기 레인징을 통한 단말의 타이밍 조절 시 셀 내 최단 거리 및 최장 거리에 위치한 단말들의 전송 신호 지연 시간을 감안하고, 제어채널의 성능의 향상을 위해 값이 변경되었다.

하향링크 프레임에는 PUSC 부채널, 다이버시티 부채널, FUSC 부채널 및 AMC 부채널이 위치하고, 상향링크 프레임에는 다이버시티 부채널, PUSC 부채널과 AMC 부채널이 존재한다. 하향링크에서 PUSC 부채널이나 다이버시티 부채널, FUSC 부채널 또는 AMC 부채널은 연속된 심볼로 구성된 별도의 전송구간을 갖는다. 하향링크의 PUSC 부채널은 두개의 심볼에 걸쳐 정의되며, 하나의 PUSC 부채널은 48개의 파일롯 부반송파와 48개의 데이터 부반송파로 구성된다. 하향링크의 다이버시티 부채널 또는 FUSC 부채널은 하나의 심볼에서 전체 대역에 분산되어 있는 48개의 부반송파로 구성된다. 상향링크에서 다이버시티 부채널, PUSC 부채널 또는 AMC 부채널은 연속된 심볼로 구성된 별도의 전송구간을 갖는다.

상향링크에서의 다이버시티 부채널에서는 3개의 연속된 심볼 구간에서 3개의 인접한 부반송파를 모아 구성한 타일이 다이버시티 부채널을 구성하기 위한 기본 할당 단위이다. 상향링크의 PUSC 부채널에서는 3개의 연속된 심볼 구간에서 4개의 인접한 부반송파를 모아 구성한 타일이 부채널을 구성하기 위한 기본 단위이다. 상향링크의 Optional PUSC 부채널 또는 PUSC 부채널은 여섯 개의 타일로 이루어져 있으며 각각의 타일은 전체 주파수 대역에 분산된다.

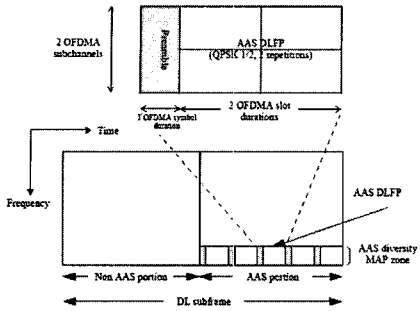
또한 휴대인터넷 2단계 표준에서는 성능향상을 위해 스마트안테나(AAS)와 MIMO 등의 다중안테나 기술이 반영되었다. 참고로 아래 표 2는 AAS와 MIMO에 대한 특성을 간략히 보여준다.

(표 2) AAS와 MIMO 특성 비교

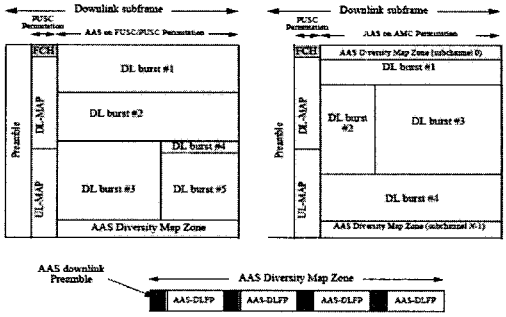
구분	AAS	MIMO
Pilot Preamble	Per Beam	Per ANT.
Ch. State Information	Necessary (Closed loop)	Necessary or Not (Closed or Open loop)
RF Calibration	Adative BE(Yes) Pre defined BF(No)	Adaptive Precoding(Yes) Codebook Precoding(No)
Favorable Conditions	Near LOS Macro cell	Rich Scattering Pico cell/indoor
General Design Approach	Coverage Enhance BS Throughput	Link Reliability(TD) SS Data Rate(SM)

2단계 표준에서의 성능향상을 위해 AAS와 관련한 주요 특징은 AAS DL/UL IE를 통한 영역구분에 의해 non-AAS 단말과 AAS 단말을 모두 지원 가능하다는 것이다. 또 AAS SDMA DL/UL IE를 통해 자원할당 및 H-ARQ 기능을 지원하고, Orthogonal DL/UL SDMA Preamble 도입을 통한 공간채널 추정 성능을 개선함으로써 SDMA 동작의 개선을 이끌어내었다. 또한 Coverage 확장을 위해 AAS DLFP를 이용하였고, 빔 형성 이득을 갖고 H-ARQ 정보를 지원하는 개인 맵을 할당하였다. 그리고 Sounding Symbol 및 UL AAS Preamble Boosting의 운영을 통해 공간채널 추정을 효율적으로 하게 되었다.

AAS 구조는 AAS DL 영역은 규정된 심볼 경계상에서 개시하며, 다음 영역 혹은 프레임 마지막이 시작할 때까지의 모든 부채널로 구성되어 있다. PUSC, FUSC 및 선택적 FUSC 순열에서 DL 프레임의 최상 번호화 된 두 개의 부채널이 RAS의 재량으로 AAS 다이버시티-맵 영역에 전용될 수 있다. AMC 순열 영역에서는 주어진 AMC 부채널에서 모든 파일럿 부반송파 및 데이터 부반송파를 위하여 동일한 안테나 빔 형식이 사용된다. AMC 순열에서 AAS DL 영역의 첫 번째 및 최종 부 채널이 RAS의 재량으로 AAS 다이버시티-맵 지역에 전용될 수 있다. AMC 순열에 있어서 AAS 다이버시티



(그림 4) AAS DL Scan IE에 할당된 예

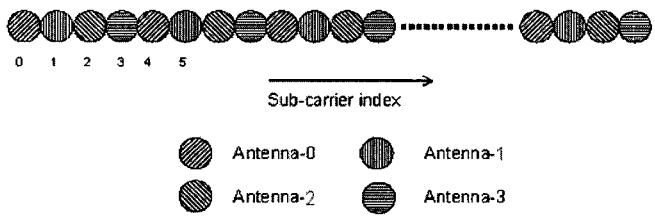


(그림 5) AAS DLFP에 대한 할당 예

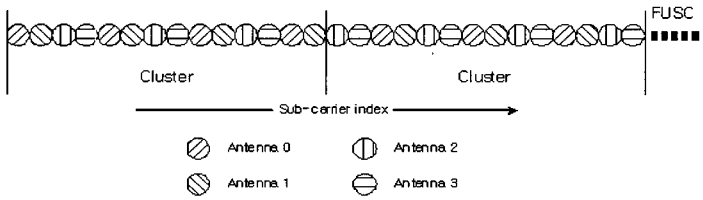
맵용 개별 부 채널은 세 개의 부호에 의한 두 개의 빈(bin)으로 구성되어 있다. 3 개의 심볼 타일 당 2 개의 빈은 AAS DL 영역에서 모든 AMC 순열에 사용된다. 부 채널들이 다이버시티-맵 영역에 사용될 경우, 그 것들은 정상적인 DL-MAP에 할당되지 않는다. 이러한 부 채널은 물리적 구조가 그림 4에서 보여지는 AAS-DLFP를 전송하기 위해 사용될 것이다. AAS 다이버시티-맵 영역이 AAS 영역에 포함되지 않는 경우 이러한 부채널은 통상적인 통화 목적으로 사용될 수 있으며 DL-MAP 메시지에 할당될 수 있다.

DL(혹은 UL)에서의 AAS 부분은 FUSC/PUSC 순열 혹은 선택적 AMC 순열 중 하나에 의해 전송될 수 있다. 그림 5는 이러한 두 가지의 경우 각각에 대한 DL 부 프레임의 예를 보여 준다. 그리고 IEEE 802.16e에 채택된 MIMO Midamble은 다중 안테나에 매핑되는 하나의 OFDM 심볼로 구성되고, 상호 중복되지 않는 부반송파들은 송신 안테나에 할당되게 된다. FUSC 및 optional-FUSC에서의 안테나에 대한 부반송파 매핑은 그림 6과 같이 표시된다. 부반송파 인덱스는 왼쪽 보호 대역 후의 첫 번째부터 시작되고, DC 부반송파는 전송 이전에 널을 제외한 번호 매기기로 포함된다.

PUSC에서는 부반송파 순열 및 그룹화는 데이터에 대해 동일하게 유지된다. 반면 모든 부반송파들이 Pilot으로 사용되며, 단지 하나의 심볼이 Midamble로 사용된다. 그림 7은 Midamble PUSC의 구조를 나타낸다.



(그림 6) Midamble FUSC 구조



(그림 7) Midamble PUSC 구조

또한 IEEE 802.16과의 Harmonization을 위해 2단계 표준을 2005년 12월 최종 개정하였다.

3. IEEE 802.16 표준화 동향

LAN 및 MAN의 물리 계층 및 MAC 계층에 대한 표준 개발을 담당하고 있는 IEEE 802 LMSC (LAN MAN Standards Committee) 중 IEEE 802.16WG은 광대역 무선접속(BWA) 부분의 표준화를 추진하고 있다.

WG 결성 초기부터 최근까지 IEEE 802.16은 10~66GHz 대역의 LOS 통신 환경에서 고정 BWA (FBWA) 서비스 제공을 위한 IEEE 802.16-2001 규격을 개발하였고, 이후 non-LOS 환경에서 2~11GHz 대역에 한해 SCa, OFDM 및 OFDMA의 물리계층 방식을 제공하는 IEEE 802.16a 규격을 2003년에 완성하였다. 또한 다양한 방식을 제공하는 이들 규격들은 802.16TGd의 활동을 통해 통합/개선되어 2004년 10월 IEEE 802.16-2004 규격으로 승인받게 되었다.

IEEE 802.16TGd는 IEEE 802.16TGa/c 표준의 수정을 통한 2~11GHz 대역에서의 물리계층에 대한 전송기술을 표준화한다. SCa, OFDM 및 OFDMA를 지원할 수 있으며, 3가지의 물리계층 기술을 지원하기 위한 공통 MAC 프로토콜 등의 보완 및 추가되어 있다. IEEE 802.16d는 2004년 3월 회의에서 국제적인 Grand Alliance를 통해 국내에서는 삼성과 ETRI, 국외에서는 인텔, 런콤 등의 WiMAX 멤버사들과의 국제협력으로 기술향상을 이루어 기존의 단말기의 이동성을 보장할 수 없었던 문제점을 극복할 수 있는 계기를 마련하였다. 또한 2004년 5월 회의를 통해, IEEE 802.16d 표준의 마무리 작업이 진행되었으며, 최종적으로 2004년 10월에 공고되었다.

또한 최근 IEEE 802.16WG에서 가장 활발한 활동을 보이고 있는 IEEE 802.16e는 고정통신인 IEEE 802.16d를 기반으로 하여, 이동성 기능을 추가한 광대역 이동통신 시스템의 표준화를 추진하고 있다. 2005년 후반기에 IEEE 802.16e/D12까지 표준화 작업을 하였으며, 최종적으로 2005년 12월 7일, 최종 규격으로 승인되었다. IEEE 802.16e는 2002년 12월부터 활동하여, 6GHz 이하 주파수 대역에서 IEEE 802.16-2004 규격에 대한 이동성을 제공하기 위한 물리계층과 MAC계층에 대한 표준화를 진행하였다.

본 IEEE 802.16WG은 앞서 살펴본 휴대인터넷과 매우 유사한 특성을 지니고 있어, TTA PG302는 2004년 1월부터 IEEE 802.16WG과 협력관계를 구축하여 휴대인터넷의 국제표준화 추진활동을 진행하였으며, IEEE 802.16e의 승인/완료에 따라 국내 휴대인터넷 기술이 국제표준으로 반영되는 쾌거를 이루었다.

4. 요약 및 결론

본 고를 통해 휴대인터넷 1단계 및 2단계 표준의 주요 기술적 특징과 IEEE 802.16의 표준화 활동을 간략히 살펴보았다. 또한 국내 기술이 IEEE 802.16으로 국제 표준화에 반영되는 큰 성과도 이루어 국제 표준화에 선도에 이바지 하였고, 이러한 활동들을 통해 2006년 상반기부터 시작될 휴대인터넷 서비스를 성공적으로 수행, 한국이 국제적인 주도권을 갖고 관련 분야의 시장을 이끌 것으로 예상되며, 이를 통해 이동 광대역 무선접속 기술 분야의 강대국으로 우뚝 설 수 있을 것으로 기대된다.

약 어

- AAS : Adaptive Anttena System
- AMC : Adaptive Modulation and Coding
- BW : Bandwidth
- BWA : Broadband Wireless Access
- CP : Cyclic Prefix
- DLFP : Downlink Frame Prefix
- DL/UL : Downlink/Uplink
- FFT : Fast Fourier Transform
- FRSS : Fast RAS Switching
- FUSC : Full Usage of the Subchannels

· H-ARQ : Hybrid-Automatic Repeat Request
· IE : Information Element
· IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
· LDPC : Low Desity Parity-check Code
· LOS : Line-of-Sight
· MAC : Medium Access Control
· MIMO : Multiple Input Multiple Output
· OFDM : Orthgonal Frequency Division Multiplexing
· OFDMA : OFDM Access
· PUSC : Partial Usage of the Subchannels
· RAS : Radio Access Station
· RTG/Receive/Transmit Transition Gap
· SC : Single Carrier
· SDMA : Spatial Division Multiple Access
· TDD : Time Division Duplexing
· TTA : Telecommunications Technology Association
· TTG : Tranmit/Receive Transition Gap

참 고 문 헌

[1] TTA 휴대인터넷 2단계 표준(TTAS.KO-06.0082/R1), 2005.06.29
[2] 휴대인터넷 표준 및 상호호환성 시험 Profile, 대한전자공학회, 최형진/윤철식/이성춘/조용수/홍대형, 2005.06
[3] 휴대인터넷 표준 및 향후 고려사항, 한국통신학회, 김대중/최형진/진병문, 2004.07
[4] 휴대인터넷 서비스 제공을 위한 IEEE 802.16 표준화 동향, 대한전자공학회, 예충일/조석헌/차재선/윤철식, 2006.06
[5] WiBro 성능개선을 위한 다중안테나 기술, 한국통신학회 휴대인터넷 기술 및 서비스 워크숍, 황인석, 2005.04.13
[6] IEEE 802.16 홈페이지(www.ieee802.org/16)

◐ 저 자 소 개 ◑

최 형 진
2002년 경희대학교 전파통신공학과 학사
2002년~현재 TTA 표준화본부 전파방송팀 과장
2003년~현재 TTA PG302 무선접속실무반 및 IOT/CT TF 간사

김 대 중
1993년 전남대학교 공학사
2005년 경희대학교 정보통신공학 석사
1993년~2001년 무선관리단 검사본부 연구개발팀 연구원
2001년~현재 TTA 표준화본부 전파방송팀 팀장

진 병 문
1976년 서울대학교 전기공학과 학사
1983년 서울대학교 전자계산공학과 석사
1996년 KAIST 전산공학과 박사
1977년~1980년 대우전자 개발실
1980년~2001년 한국전자통신연구원(ETRI) 표준연구센터 센터장
2001년~현재 TTA 표준화본부 본부장