

主 題

유비쿼터스 네트워킹을 위한 광대역 무선 액세스 기술 및 발전전망

전파연구소 임재우, TeleCIS Wireless Inc. 김재우

차 례

1. 서론
2. 유비쿼터스를 위한 광대역 무선 액세스 기술의 필요성
3. 광대역 무선 액세스 기술현황
4. 유비쿼터스 광대역 무선 액세스 기술의 발전 전망
5. 결론

1. 서론

유비쿼터스화는 물리공간에 펼쳐져 있는 각종 사물에 센서와 컴퓨팅 기능을 심고 이를 네트워크로 연결시켜 실시간으로 유용한 상황정보를 자동으로 생성하고 활용될 수 있도록 사용자에게 전달할 수 있는 환경을 지향한다. 이러한 이상적인 개념은 유비쿼터스 정보사회 구현이란 관점에서 아직은 먼 미래에나 실현 가능할 것으로 느껴진다. 이는 유비쿼터스화라는 개념이 현재의 IT 관련 산업이 모두 고르게 성숙한 이후의 사회 모습에 대하여 결과론적으로 접근하기 때문인 것으로 보인다.

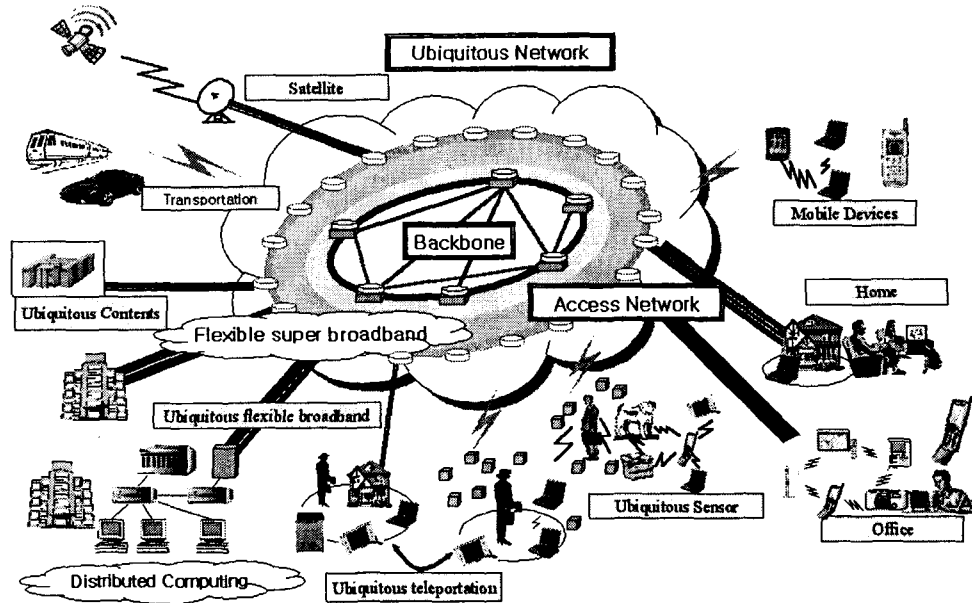
그러나 우리의 정보사회는 이미 유선과 무선의 정보인프라의 비약적인 발전으로 말미암아 유비쿼터스 네트워크를 실현하기에 세계제일의 인프라를 가지고 있다고 하겠다. 이미 단말 제조업체들과 통신사업자들을 주축으로 하는 다양한 비즈니스 모델을 통해 유비쿼터스화는 빠르게

진행되고 있다고 볼 수 있다. 언제 어디서 누구든지 어떠한 단말기로도 네트워크(인터넷)에 접속하도록 지원한다고 하는 것은 어느 하나의 기술로 구현 가능한 일은 아니며 현재와 미래에 도래할 다양한 유무선 IT 기술의 융합만이 유비쿼터스 시대를 가능케 할 것이다. 특히 무선을 이용하는 무선 액세스 기술 비중이 매우 크다고 할 수 있다.

본 원고에서는 유비쿼터스 네트워크를 위한 광대역 무선 액세스 기술의 현황을 ITU-R 및 IEEE802그룹의 관련 연구 활동을 중심으로 살펴 보았으며, 향후 기술의 발전 모습을 고찰하였다.

2. 유비쿼터스 네트워크를 위한 광대역 무선 액세스 기술의 필요성

언제 어디서 누구든지 어떤 단말기로 아무 네트워크에 접속해서도 원하는 모든 서비스를 이용



[그림 1] 유비쿼터스 네트워크

할 수 있는 (Anytime, Anywhere, Anybody, Anydevice, Anynetwork, Anyservice) 유비쿼터스의 이념을 추구하기 위해 유비쿼터스 네트워크는 유선망과 무선망, 고정망과 이동망, 방송망과 통신망, 센서 네트워크 등 수많은 종류의 망들이 하나로 연결되어 디바이스와 생활 가전기기들이 자유롭게 활용할 수 있도록 해준다. [그림 1]은 유비쿼터스 네트워크의 개념도를 나타낸다.

거미줄처럼 엉켜있는 인터넷의 Web환경이 성공한 이유는 인터넷에 접속된 임의의 Host가 인터넷상의 다른 임의의 Host와 통신이 가능하기 때문이었다고 이해할 수 있다. 이러한 Web 기술은 기존의 서버와 클라이언트 개념이나 공급자(ISP)와 소비자라는 기본 개념에서 벗어나 개인의 정보 단말끼리 직접 연결하고 검색하여 정보를 공유하는 개념의 Peer to Peer(P2P) 네트워크 형태로 발전하여 오고 있다. 저작권이 있는 디지털 콘텐츠를 보호해야 하는 측면에서는 부정적인 우려도 있는 반면에 유비쿼터스 네트워크가 추구

하는 기능을 구현하기 위한 기술적인 측면에서는 매우 긍정적으로 생각될 수 있다. 게다가 디지털 정보의 공유라는 개념을 확장하여 이제는 유무선 네트워크의 리소스까지도 공유가 가능하도록 하는 기술의 발전이 예상된다. [그림 1]의 유비쿼터스 네트워크 개념도에서도 표현하였듯이 미래 각종 사물까지도 센서와 컴퓨팅 기능이 내장되고 우리가 인지하지 못하는 사이에도 실시간으로 유용한 상황정보가 생성되며, 네트워킹 기술로 이와 같은 정보가 유용하게 공유됨을 알 수 있다.

유비쿼터스 네트워크에서는 모든 단말과 사물들이 연결되어야 하므로 모든 요소들이 고유의 식별정보를 가질 수 있는 IPv6의 주소체계가 필요할 것이다. 이를 위해서는 모든 망의 통신이 IP를 통해서 이루어지는 All-IP 망으로의 진화가 불가피할 것으로 예상된다. 또한 유비쿼터스 네트워크를 가능하게 하기 위해서는 다양한 멀티미디어 정보를 전달할 수 있는 광대역 네트워크가 필수적이다. 광대역 네트워크를 단말에게 제공하

[표 1] ITU-R SG8 작업반 구성 및 활동영역

SG8 – Mobile, Radiodetermination, Amateur and Related Satellite Services	
WP8A	Land mobile service excluding IMT-2000 : Amateur and amateur-satellite service
WP8B	Maritime mobile service including Global Maritime Distress and Safety System(GMDSS); Aeronautical mobile service and radiodetermination service
WP8D	All mobile satellite service and radiodetermination satellite service
WP8F	IMT-2000 and system beyond IMT-2000

기 위해서는 Backbone, 유선 가입자망, 무선 Hotspot 및 이동성을 보장하는 셀룰러 네트워크의 모든 부분이 광대역화 되어야 한다. 이를 위해서 [그림 1]에서와 같이 Home, Office, 호텔, 회의장, 쇼핑몰 등을 포함한 다양한 형태의 Hotspot에서 생성되는 다양한 유비쿼터스 정보의 네트워크를 위해서는 광대역 고속의 무선 LAN 기술이 현실적인 대안이 될 수 있으며, 높은 이동속도를 지원하기 위해서는 3GPP/3GPP2의 전송 속도보다 훨씬 높은 데이터 전송률을 제공하는 새로운 셀룰러 무선 액세스 네트워크의 설계 및 진화가 필요하다고 하겠다.

3. 유비쿼터스를 위한 광대역 무선 액세스 기술전망

3.1 ITU-R의 관련 연구활동

현재까지 ITU(International Telecommunication Union)에서는 유비쿼터스만을 위한 광대역 네트워크 연구의 구체적인 활동은 없다. 그러나 그간 ITU의 연구활동 중 미래 유비쿼터스 네트워크 환경을 구현하기 위해 필요한 기술적 이슈 사항을 중심으로 다루고자 한다.

ITU-R의 무선 액세스를 연구하는 연구반으로

는 Study Group 8 (SG8)과 Study Group 9 (SG9)가 있으며, 특히 IMT-2000으로 활동이 활발한 SG8의 Working Party 8F(WP8F)에서는 "IMT-2000 and System beyond IMT-2000"의 제반 무선 기술표준을 담당하며, 장기적인 전망과 관련된 주파수 소요를 고려하여 IMT-2000의 개선과 4세대 이동통신의 기술적 밑그림을 개발 중에 있다. [표 1]은 ITU-R SG8의 무선 액세스 망 작업반 구성과 활동영역을 나타낸 것이다. WP8A에서는 IMT-2000을 제외한 이동통신 시스템에 대한 연구를 수행 중에 있으며, 특히 지능형교통망인 ITS(Intelligent Transport System)의 DSRC (Dedicated Short Range Communication)라는 단거리 전용 통신의 기술표준이나 PPDR (Public Protection and Disaster Relief)이라는 공공 안전 재난통신 시스템의 기술 표준 등 다양한 새로운 이동통신 시스템의 기술적 사항 및 주파수 문제를 담당하는 작업반이다. 그리고 1997년 1월부터 활동 중인 Joint Rapporteur Group 8A-9B (JRG8A-9B)에서는 [그림 2]에서와 같이 이동무선 서비스와 고정 무선 서비스를 각각 연구하는 ITU-R의 SG8과 SG9의 공통 관심 대상이었던 무선 LAN을 포함한 다양한 무선 액세스 시스템에 관한 연구를 공동으로 수행 중에 있으며, Task [FREQ], Task [CHAR], 그리고 Task [RLAN]의 3개 작업반 및 1개의 Ad-hoc

[표 2] ITU-R JRG8A/9B 작업반 구성 및 연구범위

	Core Network	Access Network				
		Fixed Application				Nomadic Application
	Radio-Relay	FWA in General	HDFS	HAPS	HFR	RLAN
Performance and Availability	WP9A					JRG 8A-9B
System and Characteristic RF Channel Arrangement	WP9B					JRG 8A-9B
Sharing with other Service	WP9D					
Sharing with FSS	WP4-9S					

Liaison인 Joint Task Group 1-6-8-9 (JTG 1-6-8-9) 그룹으로 구성되어 활동 중이다.

JRG8A-9B에서는 기본적으로 ATM 및 IP 기반의 서비스를 지원하는 광대역 이동 무선 액세스의 표준화를 다루고 있으며, 특히 광대역 무선 LAN을 100Mbps급 이상의 고속 전송률과 고정 터미널 뿐만 아니라 이동성을 지원할 수 있는 시스템으로 정의하고 이와 관련한 시스템에 초점을 맞추고 있다. 여기서는 기존 무선 LAN의 개념과 범위를 확장하여 "이동 무선접속 (Nomadic Wireless Access: NWA) 시스템"이라는 보다 넓은 의미의 시스템을 정의하고 있다. 이와 같은 NWA 시스템은 현재 광대역 유선망의 기반이 되고 있는 ATM과 IP 프로토콜을 지원할 수 있어야 하며, 이에 따른 광대역 서비스를 제공하기 위한 충분한 주파수 대역의 확보도 매우 중요한 문제로 보고 있다.

3.1.1 System beyond IMT-2000

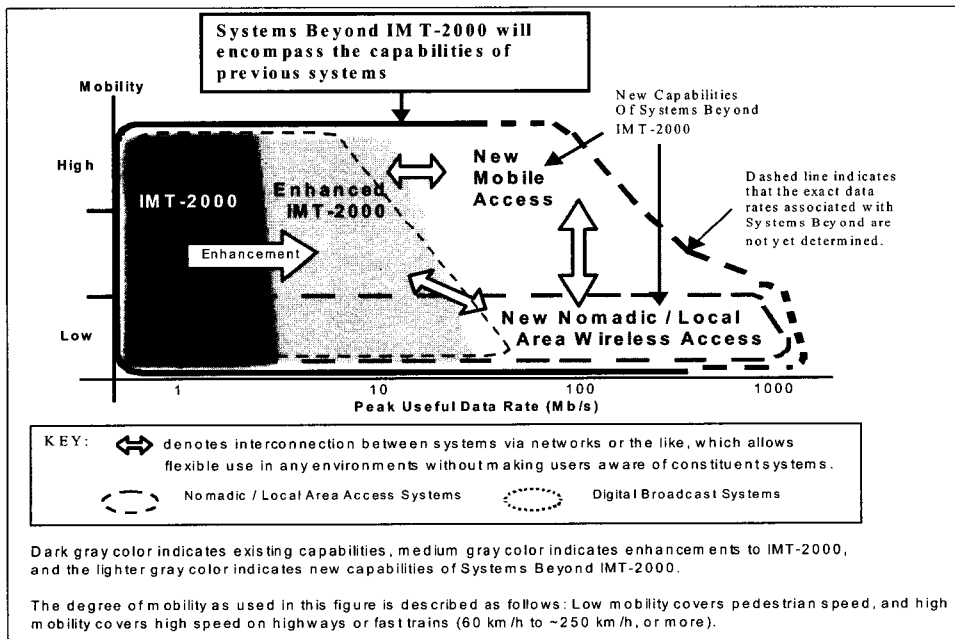
ITU-R SG8에서는 1999년 말까지 초기 IMT-2000 시스템에 대한 표준화 작업을 수행해왔던 TG8/1을 해체하고 2000년 이후의 위성 및 지상 부분을 모두 포함한 IMT-2000의 발전과 IMT-

2000 이후 시스템에 대한 비전과 목적의 정립을 위해 WP8F를 조직하여 활발하게 연구하고 있다. [표 3]은 ITU-R SG8의 WP8F구성과 활동영역을 나타낸다.

ITU에서는 System beyond IMT-2000에 대한 Vision을 Future Development of IMT-2000 (시기 2005년경)과 Beyond IMT-2000 System (시기 2010년경)의 두 가지 Phase로 구분하고 있다. 데이터 전송률에 관하여서는 Enhancement of IMT-2000의 경우에는 30MHz를 지원하고, Beyond IMT-2000 Systems의 경우에는 이동시에는 100Mbps, 정지시에는 1Gbps까지 전송 가능한 이동통신 시스템의 개발 완성을 전망하고 있다. 4세대 시스템의 중요한 요소로는 고속 데이터의 전송 핵심기술 외에 셀룰러 등 무선 네트워크의 진화 발전 이외에 WLAN (Wireless LAN: IEEE802.11), WPAN (Wireless Personal Area Network: IEEE802.15) 그리고 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network: IEEE802.16)과의 결합을 목표로 하는 기술적인 과제도 포함한다. [그림 2]는 IMT-2000과 System beyond IMT-2000의 Vision 개

[표 3] ITU-R SGB의 WP8F 구성 및 활동영역

WP8F Structure : IMT-2000 and System beyond IMT-2000		
WG SERV	IMT-2000의 진화와 비례 비전 연구 WRC-2007을 대비한 2010년의 시장분석 및 주파수 소요량 산출방법 2010년경 새로운 무선접속에서 가능한 응용서비스 연구	Mr. K. J. Wee (Korea)
WG SPEC	주파수 관련 WG으로 IMT-2000 관련 주파수 문제, IMT-2000과 타 서비스 및 FDD와 TDD간의 간섭 및 공존에 대한 연구	Mr. F. Soares (Brazil)
WG TECH	WRC-2007을 대비한 무선접속기술의 경향과 잠재능력 예측 IMT-2000 무선기술 권고안의 개발 및 업데이트	Ms. S. Cao (China)
WG DEV	개도국의 IMT-2000의 전개와 관련된 요구조건 연구 WRC-2007을 대비한 주파수 조사	Mr. B. Baudhuri (India)
WG SAT	IMT-2000 위성부문 요소와 관련된 WP8F, WP8D 협력	Mr. F. Allemant (France)
WG WRC	WRC-2007을 위한 CPM 보고서 작업 System beyond IMT-2000을 위한 주파수 소요량 연구 및 분배 연구	Ms. C. Dilapi (USA)



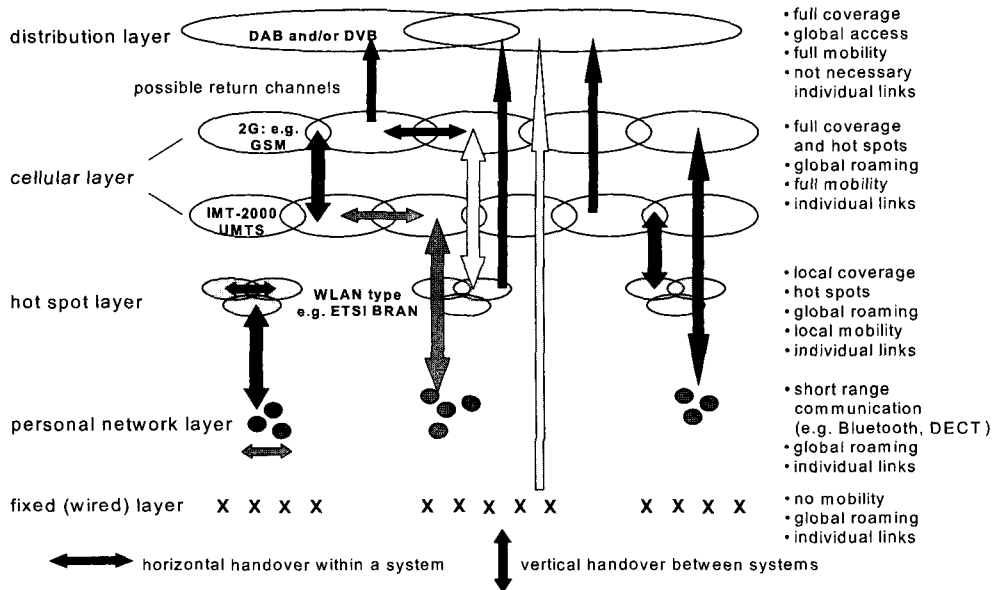
[그림 2] Beyond IMT-2000의 Vision 개념도

념도를 나타낸 것이다. WP8F의 향후 일정으로는 올해 6월에 개최 예정인 WRC-2003에서 차기 WRC에 의제 상정을 통하여 2007년경에 개최 예정인 WRC에서 Beyond IMT-2000의 새로운 요소를 위한 주파수 분배를 위하여 서비스 요구사항 및 주파수 소요량에 관한 연구를 진행

하고 있으며, 주파수 분배 이후 Beyond IMT-2000 무선 접속 기술의 요구사항 및 표준화 작업을 2010년까지 마무리하여, 2010년 경에는 Beyond IMT-2000 서비스 개시와 2015년 경에는 Market에 보편화될 것을 목표로 하고 있다. 궁극적인 Beyond IMT-2000의 개념은 사용

자의 환경에 따라 언제 어디서나(Ubiquity) 이 종 시스템과의 연동을 통하여 최적의 통신서비스(가격, 품질, 전송속도)를 제공하는 목표를 가지고 있다고 하겠다. 이를 위한 상호 보완형태의 무선 액세스 플랫폼의 개념도를 [그림 3]에 나타내었다.

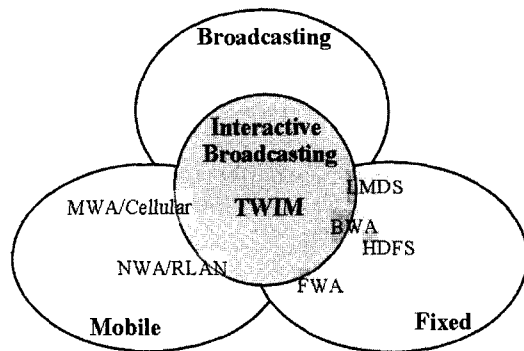
는 기능을 제공하는 시스템이며, 멀티미디어 정보 전달 기능을 갖는 시스템을 말한다. [그림 4]는 TWIMS의 기본 개념을 나타낸다. 기존의 고정서비스의 한 부분으로 여겨지던 FWA는 현재 ITU-R에서 논의 중인 TWIMS에 있어서 고정서비스를 주 서비스 영역으로



[그림 3] 상호보완 형태의 액세스 시스템 구성

3.1.2 TWIMS(Terrestrial Wireless Interactive Multimedia System)

ITU-R에서는 'System beyond IMT-2000' 이라는 이동통신과 비슷한 개념의 '지상무선 대화형 멀티미디어 시스템'에 대한 초기 연구가 Joint Task Group 1-6-8-9(JTG 1-6-8-9)를 중심으로 진행 중에 있다. TWIMS (Terrestrial Wireless Interactive Multimedia System)는 WRC-2000에서 유럽 측의 제안에 의해 도입된 Next Generation System으로, 이동, 고정, 방송 서비스를 동시에 제공하는 지상 시스템이다. 사용자와 서비스 간, 사용자와 사용자 간의 양방향성을 지원할 수 있



[그림 4] TWIMS의 기본 정의

하지만 이동서비스의 기술을 도입하여 고정과 이동서비스 영역 구분이 없는 개념을 도

입시키고 있다. 게다가 방송서비스와 이동통신 서비스의 영역도 융합된 개념으로 접근하고 있다. 이러한 차세대 통신 서비스를 위한 새로운 기술 개발의 필요성으로 현재 관련 연구가 JRG 8A-9B에서 기술적인 분야를 수행하고 있다. TWIMS 시스템의 특징으로는 광대역 무선 액세스와 양방향 전송, 다양한 QoS의 지원 및 비대칭 트래픽 지원 등을 정의하고 있으며, Universal Personal Service의 즉각적이며, 유연한 구현을 위한 광역의 기간망의 구현이 핵심적인 사항이다.

TWIMS 시스템의 향후 5 - 10년 후의 발전 전망에 의하면, [표 4] 에서의 구현 기술 예시 자료에서도 언급하였듯이, 다양한 광대역 무선 네트워크 기술인 MWA, FWA, NWA, RLAN, IMT-2000 등이 하나의 시스템으로 통합된 다중

모드 시스템의 형태로 발전할 것으로 예상하고 있다. 이런 집합적 시스템의 출현에 따라 각각의 시스템에 대한 트래픽의 예상이 어려운 문제로 대두되고 있으며, 특히 가시거리 직진과 통신이 불가능한 도심지는 물론 비도심 지역이나 원거리 지역에서의 원활한 서비스 제공을 위해 1 GHz 이하의 주파수 대역 확보 및 광대역의 글로벌 주파수 확보 또한 현실적으로 당면한 중요한 과제라 하겠다. 이러한 통합된 다중 모드 시스템의 구현을 위한 핵심기술의 기능 요구사항으로 가변적인 다단계 변조방식의 지원과 다양한 전송률, 서비스 클래스의 지원을 필요로 하며, 동적 RF 채널의 할당과 다중대역 지원 또한 TWIMS 핵심기술 요구사항으로 언급되고 있으며, 현실적인 구현기술로 SDR (Software Radio Define) 기술이 대두되고 있다.

[표4] TWIM 구현을 위한 예시 시스템의 기술적 특징

System		Transmitted Data Rate	Typical Frequency Range
Cellular/MWA	Pre IMT-2000 systems	14.4kbit/s	0.8-2GHz
	IMT-2000	2 Mbit/s(pico cells) 384kbit/s(micro cells) 144kbit/s(macro cells)	0.8-2.7GHz
	Systems beyond IMT-2000	(under study)	
TICS		Up to 1Mbit/s	2 to 6GHz
RLAN/Wireless Home Networks		Up to 54Mbit/s	0.9-6GHz
Personal area networks		(under study)	(under study)
FWA/BWA		56kbit/s up to 312Mbit/s	1 to 66GHz
LMCS/LMDS/MMDS/MVDS/MCS/MWS		up to 156Mbit/s	2 to 6GHz, above 20GHz
Broadcasting	Sound (Digital)	up to 1.8 Mbit/s(static) 448kbit/s(mobile)	
	Television (Digital) SDTV/EDTV/HDTV	up to 32Mbit/s(static) 500kbit/s(mobile)	

3.1.3 RLAN(Radio Local Area Network)

초기 무선LAN의 필요성은 미국의 자동차 생산공장에서 작업라인 간의 효율적인 공정 관리를 목적으로 고려되었으며, 지속적인 기술 개발과 무선 네트워크에 대한 수요에 힘입어 이더넷 표준을 담당하던 IEEE802 그룹을 통한 무선 LAN 표준 개발이 1991년부터 본격적으로 시작되었다. 이렇게 시작한 표준화는 1997년 7월 최초로 2.4 GHz대역의 IEEE802.11 규격을 제정하였으며, 1999년 IEEE802.11b와 IEEE802.11a라는 고속 데이터 전송모드를 갖는 규격이 발표되고, ISM 밴드의 2.4GHz대 무선 LAN 제품이 출시되면서 현재의 무선 LAN 시장을 주도하게 되었다.

이와는 다르게 유럽에서는 1999년 12월 유럽의 표준화 단체인 ETSI에서 BRAN (Broadband Radio Access Network) 연구 Project를 통해 개발된 HiperLAN/1 규격을 발표하였으며, 그 이후 HiperLAN/2와 HiperAccess, HiperMAN의 표준을 발표하게 되었다. 이러한 민간 산업계 표준 활동을 반영 하듯이 ITU에서도 무선 LAN에 대한 연구가 1997년부터 시작되었고, ITU-R의 JRG 8A-9B에서 SG8과 SG9의 공통 관심 대상이었던 무선 LAN을 포함한 다양한 무선 액세스 시스템에 관한 연구를 공동으로 수행하게 되었다.

ITU-R의 연구의제 중 142-2/9 (연구명: Radio Local Area Networks)와 212-2/8 (연구명: Nomadic Wireless Access (NWA) Systems including Radio Local Area Network (RLAN) for mobile applications)이 해당 과제 제목이다. [표 5]는 5GHz대 주파수를 활용할 수 있는 RLAN을 포함한 무선 액세스 시스템에 대한 기술적인 특징을 정의 (권고안 ITU-R M.1450)한 사항이다. 이는

5GHz 대역을 활용할 수 있는 시스템을 주로 정의한다. ITU-R에서 진행 중인 5GHz대역에 이용 가능한 무선 액세스 시스템의 실제 사용 용어로는 "Wireless Access System including RLAN"으로 표현하고 있다. 2003년도 6월부터 제네바에서 개최될 예정인 WRC-2003에서 JRG8A-9B Task[RLAN]의 RLAN을 위한 5GHz대 국제 주파수 (Radio Regulation의 Article 5) 분배에 대한 결정이 예상된다. 이는 WRC-2003 의제 1.5와 1.6에 해당하는 사항으로 우리 나라에서도 그간의 5GHz대 주파수 확보에 대한 최종 대응을 준비 중에 있다. 5,150- 5,350MHz와 5,470-5,725MHz 대역의 총 455MHz대역을 무선 LAN을 포함한 무선 액세스 시스템 용으로 분배가 예상됨에 따라, 5GHz대역을 이용한 다양한 이동 무선 접속 시스템 기술 개발과 활발한 응용이 예상된다.

글로벌 로밍을 통한 세계단일 통화권을 시도한 IMT-2000 시스템도 미국의 국제 주파수 분배에 대한 이견으로 힘들었던 경험이 있다. 5GHz대역에 대한 국제 주파수 분배에 대한 합의는 미국의 기존업무(미 국방성, 위성 사업자 등) 이용자 측의 부정적인 입장으로 난관을 겪었으나, 을 초 WECA (Wireless Ethernet Capability Alliance)를 중심으로 산업계의 의견을 수용한 미국 정부의 입장선회로 특별한 이변이 없는 한 국제적인 합의 하에 5GHz대 국제주파수 분배가 예상된다. 기존 RR (Radio Regulation)의 국제주파수 분배표를 수정하기 위한 그간의 활동들은 JTG 4-7-8-9를 중심으로 진행되어 왔으며, 을 초 있었던 SG8과 JRG8A-9B 회의에서 관련 권고안 ITU-R M.[JRG8A-9B.RLAN.DFS] 등이 승인됨에 따라 WRC-2000 이후 그간의 3년간의 준비과정이 WRC-2003 6월 제네바 회의에서 결실을 맺게 될 전망이다.

[표 5] 광대역 RLAN 응용을 위한 기술사항

RLAN Standard	IEEE std 802.11b	IEEE std 802.11a	ETSI BRAN HIPERLAN Type1 ETS 300-652	ETSI BRAN HIPERLAN Type 2
Access method	CSMA/CA,SSMA	CSMA/CA	TDMA/EY-PMA	TDMA/TDD
Modulation	CCK(8-complex chip spreading)	16, 64-QAM-OFDM BPSK, QPSK-OFDM 52 subcarriers	GMSK/FSK	16, 64-QAM-OFDM BPSK, QPSK-OFDM 52 subcarriers
Data rate	1, 2, 5.5 and 11 Mbit/s	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 and 54 Mbit/s	23 Mbit/s(HBR) 1.4 Mbit/s(LBR)	6, 9, 12, 18, 27, 36, 48 and 54Mbit/s
Frequency band	2,400-2,483.5MHz	5,150-5,250MHz 5,725-5,825MHz 5,250-5,350MHz	5,150 to 5,350MHz 5,470-5,725 MHz	5,150-5,350MHz 5,470-5,725MHz
Channelization	25/30 MHz spacing 3 channels	20 MHz channel spacing (8+4) channels	23.5294 MHz(HBR) 1.4 MHz(LBR)	20 MHz channel spacing 19 channels in the 2 bands
Maximum Tx power	1,000 mW e.i.r.p. 100 mW e.i.r.p. 10 mW/MHz e.i.r.p. density	5,150 to 5,250 MHz 10 mW/MHz 200 mW e.i.r.p. in 20 MHz channel 5,250-5,350 MHz e.i.r.p. 1 W 5,725-5,825 MHz e.i.r.p. 4 W	5,150-5,350MHz e.i.r.p. 200 mW maximum indoor use only. 5,470-5,725 MHz e.i.r.p. 1 W	5,150-5,350 MHz e.i.r.p. 200 mW max indoor use only. 5,470-5,725 MHz e.i.r.p. 1 W
Sharing consideration	CDMA allows orthogonal spectrum spreading. CSMA/CA provides "listen before talk" access etiquette	OFDM: provides low power spectral density. CSMA/CA provides "listen before talk" access etiquette. IEEE 802.11a are standardizing DFS and TPC	In 5,150-5,250 MHz e.i.r.p. density limit (Rec.ITU-R M.1454) In 5,250-5,350MHz and 5,470-5,725 MHz (DFS & TPC)	OFDM provides low power spectral density. DFS and TPC are required
Minimum receiver sensitivity		6 Mbit/s: -82dBm 54 Mbit/s: -65 dBm 10% PER 1,000 Byte PDU		6 Mbit/s: -85dBm 54 Mbit/s: -68dBm 10%PER 54 Byte PDU

3.1.4 FWA(Fixed Wireless Access)

xDSL, HFC등과 같은 유선을 이용한 초고속 인터넷과 마찬가지로 가입자 맥내로 무선 액세스 서비스를 제공하기 위한 점 대 다중점 시스템이 급격하게 발전하고 있다. 여기서 무선 액세스라는 정의는 ITU-R의 권고안 F.1399에서 정의된 바와 같이 종단 사용자의 Core 네트워크에 무선을 이용하여 접속하는 것을 말하며, 사용자의 이동성에 따라 고정서비스, 이동서비스, 고정위성 서비스, 이동위성 서비스 등으로 분류될 수 있다. 특히 FWA 시스템에서는 음성, 저속 및 고속 데이터, 대화형 광대역 서비스의 지원이 가능하도록 발전되고 있으며, 부호화, 변조 및 다중접속 방식의 기술발전에 따라 주파수 공유 및 주파수

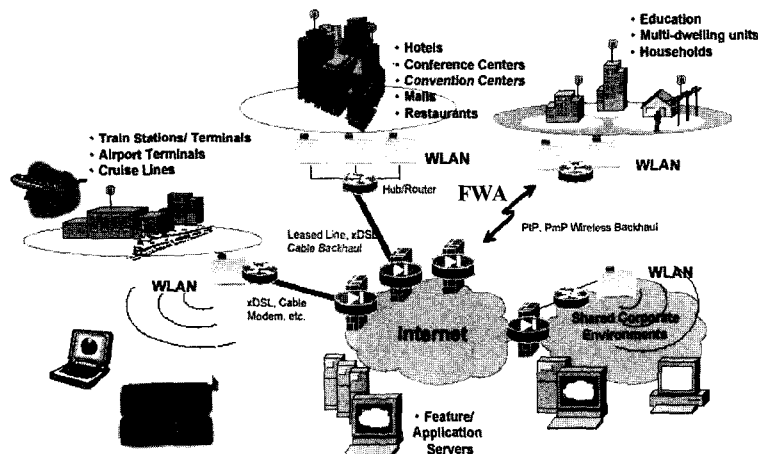
자원의 이용효율 극대화를 통한 매우 경제적인 시스템 구현이 가능할 것으로 전망된다. 기존의 무선업무를 위해 할당된 대역과 주파수 공유가 가능하며, 이에 따른 주파수 공유 기법이 지속적으로 연구되고 있다. [표 6]은 JRG8A-9B에서 연구 중인 5GHz 대역에서의 FWA 시스템의 특징을 나타낸 것이며 [그림 5]는 RLAN과 FWA를 이용한 무선 액세스망 구성도를 나타낸 것이다.

3.2 IEEE802 관련 연구 활동

IEEE802 그룹은 IEEE 학회 내의 컴퓨터 통신망 표준화를 담당하는 위원회이다. 미국 표준협회(ANSI)에 의해 국가 표준 개발을 위촉 받은

[표 6] 5GHz대역 FWA 시스템의 특징

	Base station	Remote station
Transmit e.i.r.p./Power	2Watt/ 0.2Watt	2W / 0.067W
Antenna Gain/Characteristics	10 dBi/Rec. ITU-R 권고 F.1336 Section 2.1	15 dBi /Rec. ITU-R 권고 F.1336 Section 2.3
Bandwidth	20 MHz	20 MHz
Polarization	Vertical or Horizontal	Vertical or Horizontal
Receiver Noise Figure	8 dB	8 dB
Active Ratio	90%	10%



[그림 5] RLAN과 FWA를 이용한 무선 액세스망 구성도

미국 전기전자학회(IEEE)에서는 1980년 IEEE802 위원회를 구성하여 구내 정보 통신망(LAN)의 표준화를 추진하고 있다. 이 위원회가 개발한 전송 속도 1Mbps에서 20Mbps의 4개 LAN 표준은 1985년 ANSI에서 미국 표준으로 채택된 후에 국제 표준화 기구(ISO)에 제출되어 1987년 ISO 8802 표준으로 채택되었다. 이 위원회 산하의 소위원회는 [표 7]과 같이 구성되어 있다. 표준마다 IEEE802.1, 2와 같이 번호가 붙는데, IEEE802 표준 LAN 프로토콜 참조 모델은 OSI 기본 참조 모델의 계층화 개념을 바탕으로 하고 있으며, 주로 OSI 모델의 7계층 가운데 하부 2개 계층까지

표준화하였다. 본 원고에서는 유비쿼터스를 위한 광대역 무선 액세스 망과 관련 있는 IEEE802.11, IEEE802.16과 최근 만들어진 IEEE802.20 을 중심으로 살펴보았다.

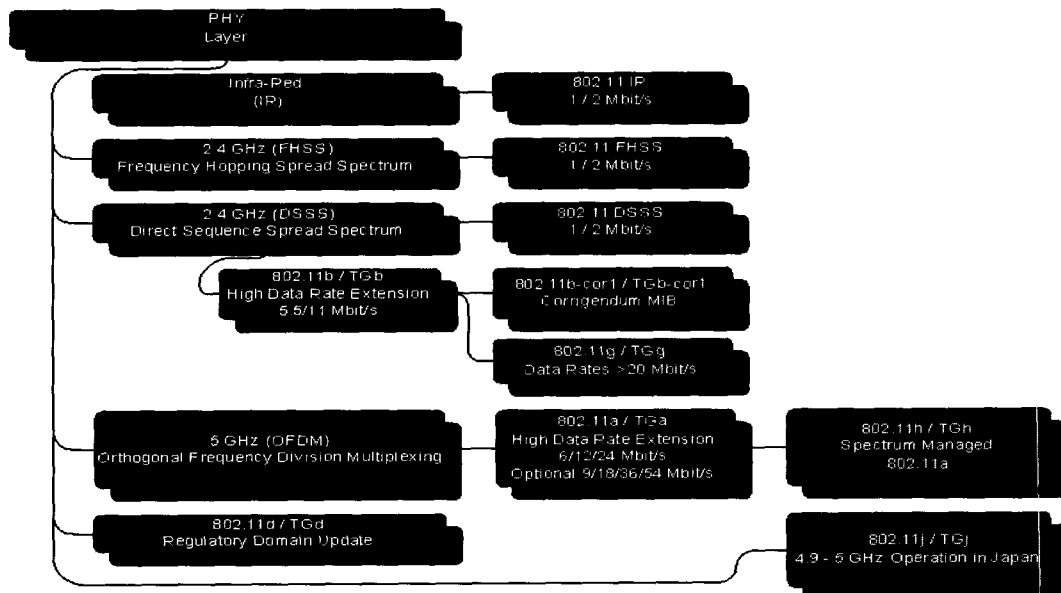
3.2.1 IEEE 802.11

최근에 무선 액세스 기술로 가장 주목 받고 있는 무선 LAN은 수 백 m 이상의 Coverage와 고속의 전송 속도를 보장하면서 무선의 편리성을 제공하여 세계적으로 수요가 급증하고 있다. 무선 LAN의 표준으로는 IEEE802.11과 ETSI의 HiperLAN이 있으나 시장에서는 IEEE802.11 관

[표 7] IEEE802 위원회 산하 소위원회

명칭	Mission
IEEE802.1	HILI(High-level Layer Interface)
IEEE802.2	LLC(Logical Link Control)
IEEE802.3	CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
IEEE802.4	Token Bus
IEEE802.5	Token Ring
IEEE802.6	MAN(Metropolitan Area Network)
IEEE802.7	BBTAG(Broadband Technical Advisory Group)
IEEE802.8	FOTAG(Fiber Optics Technical Advisory Group)
IEEE802.9	IS LAN(Integrated Service LAN)
IEEE802.10	LAN Security
IEEE802.11	Wireless LAN
IEEE802.12	Demand Priority (100VG-Any LAN)
IEEE802.13	Not use
IEEE802.14	Cable Modem Working Group
IEEE802.15	WPAN (Wireless Personal Area Network)
IEEE802.16	Broadband Wireless Access
IEEE802.17	RPR (Resilient Packet Ring)
IEEE802.18	Radio Regulatory TAG Regulatory Activities
IEEE802.19	Coexistence Mechanisms for WLAN, WPAN, and WMAN
IEEE802.20	Mobile Broadband Wireless Access

IEEE802.11의 표준화 활동은 크게 물리 계층 부분과 MAC 계층으로 나눌 수 있다. IEEE802.11의 물리 계층 관련 WG의 activities는 [그림 6]과 같다. 현재 IEEE802.11의 물리 계층의 무선 LAN은 2.4GHz의 대역에서 11 Mbps의 전송속도를 지원하는 IEEE802.11b 물리 규



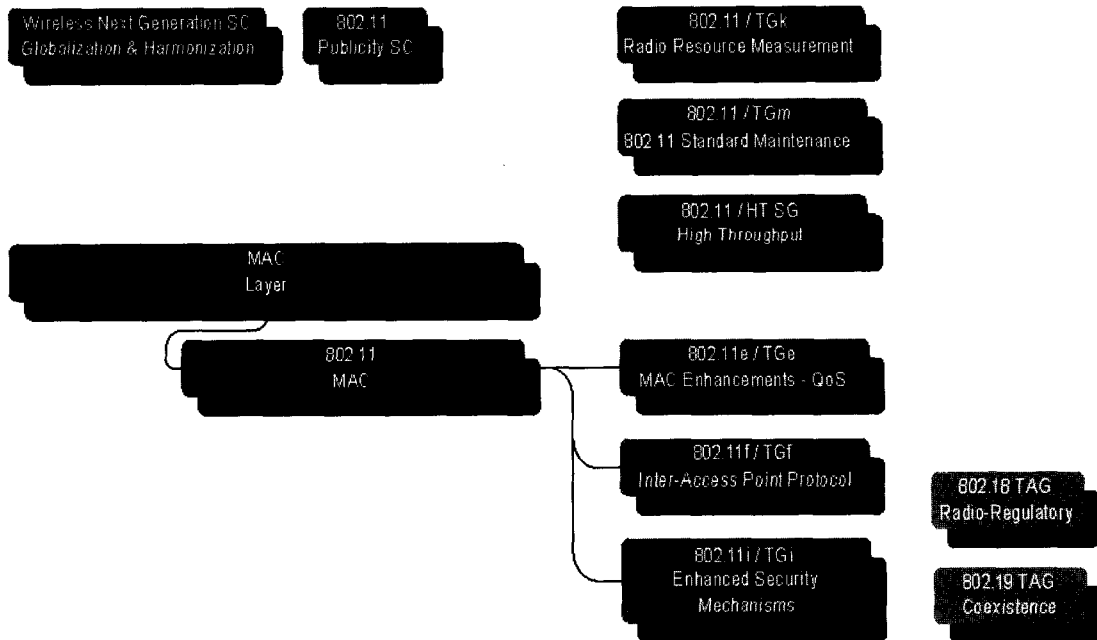
[그림 6] IEEE 802.11 Activities- Physical layer

격의 제품과 5GHz의 대역에서 OFDM 전송 기술을 사용하여 54Mbps까지 전송속도를 지원하는 IEEE802.11a 규격의 제품이 시장에 나오고 있다. 표준회의에서 활동하는 WG은 2.4 GHz 대역에서 20Mbps 이상의 데이터 전송속도를 보장하기 위한 11g와 유럽과 일본에서의 규제 요건을 만족시키기 위한 11h, 11j가 있다. IEEE802.11의 MAC 계층과 관련 연구 그룹의 활동은 [그림 7]와 같다.

적은 [표 8]과 같다.

3.2.2 IEEE 802.16

IEEE802.16 WG은 무선 MAN(Metropolitan Area Network)에 대한 물리 계층과 MAC 계층의 표준을 다룬다. 고정 BWA를 위한 표준으로 출발하였으나 현재는 이동성까지 고려하는 802.16e의 TG가 2002년 12월 IEEE 표준위원회로부터 승인되어 활동 중이다. 802.16의 TG에는



[그림 7] IEEE 802.11 Activities MAC layer and others

기존의 802.11 MAC 프로토콜을 보완하기 위해서 QoS 지원 기능을 제공하는 11e와 인증 및 보안 기능을 강화하기 위한 11i가 활동하고 있으며 AP사이의 프로토콜을 제정하는 11f를 통하여 다른 업체의 AP 장비끼리의 호환성을 제공한다. 그 외에 수 백 Mbps의 높은 데이터 전송률을 제공하기 위한 연구를 수행하는 802.11n (HTSG)도 활동중이다. IEEE 802.11의 물리 계층과 MAC 계층 및 기타 연구 그룹의 범위와 목

TG1, TGa, TG2, TGc, TGC, TGd, TGe가 있으며 이중 TG1에서는 10 - 66GHz 대역에서 무선 접속 규격인 IEEE802.16 표준을 작성하여 2001년 12월에 승인을 받았고, 2002년 4월에 규격을 발표하였다. BWA 시스템의 공존(coexistence)에 관한 권고 표준을 작성하여 규격이 완료되었으며 2 ~ 11GHz 대역에 대한 air interface 규격은 802.16a에서 표준화가 완성되었으며, coexistence에 대한 규격도 담당하고 있다. TGC에서는

[표 8] IEEE 802.11 관련 주요 Activities

구분	범위와 목적
802.11a	- 5GHz의 비허가 대역에서 OFDM을 사용하여 54Mbps의 전송속도를 지원 - 1999년 표준 완성
802.11b	- 2.4GHz의 비허가 대역에서 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)를 사용하여 11Mbps의 전송속도를 지원 - 1999년 표준 완성
802.11e	- QoS(Quality-of Service) 지원을 위한 802.11 MAC 프로토콜 개선 - HCF(Hybrid Coordination function) 도입 - Direct Link Protocol, Block Ack, QoS를 위한 프레임 포맷 개선
802.11f	- Multi-vendor의 AP(Access Point)들의 interoperability를 위한 AP사이의 데이터 교환 프로토콜(Inter-AP Protocol)
802.11g	- 2.4GHz 대역에서 11b보다 높은 20Mbps 이상의 전송률을 지원하기 위한 물리 계층 규격 - 기존의 11b 물리계층과 11a의 OFDM을 이용한 물리계층의 공존 방안 개발
802.11h	- 유럽의 5GHz 비허가 대역에서 규제 요건을 만족시키기 위한 DFS(Dynamic Frequency Selection)과 TPC(Transmit Power Control) 방안 개발
802.11i	- 기존의 WEP(Wired Equivalent Privacy)을 이용한 security를 강화하기 위해서 새로운 알고리즘 적용 - TKIP(Temporal Key Integrity Protocol), AES-CCMP(Counter-Mode/CBC-MAC Protocol) 알고리즘 사용 - IEEE 802.1X 적용
802.11j	- 일본에서 4.9GHz-5GHz대역을 사용하기 위한 802.11 MAC과 802.11a PHY의 수정 - 2003년 1월 첫번째 미팅 가짐
802.11k	- Radio Resource Measurement 방안 - Roaming, coexistence와 같은 서비스 제공을 위한 외부 인터페이스 제공 - 2003년 1월 첫번째 미팅 가짐
802.11n (HTSG)	- High throughput을 제공하기 위한 802.11 표준의 개선 방안 연구 - 2002년 9월 첫번째 미팅 가짐
WNG SC	- Wireless Next Generations Standing Committee - WLAN과 이종 망간의 연동 고려
Publicity SC	- IEEE 802.11의 표준을 더욱 잘 알리기 위한 방안을 연구하는 standing committee

Conformance standards를 개발한다. TGe에서는 이동성을 지원하는 BWA를 위한 물리 계층과 MAC 계층의 수정사항에 대한 표준을 다룬다. IEEE 802.16에 관한 표준화 그룹별 설명은 [표 9]와 같다.

IEEE 802.16 WG에서 초기의 목적이었던 고정

망에서의 BWA에 관한 표준은 모두 완성되었으며 conformance에 관한 규격만 남아있다. 그러나 이동성을 고려한 BWA를 다루는 802.16e가 승인되어 관련 규격 제정을 고려하고 있으므로 이 부분에 대한 관심이 필요하다.

[표 9] IEEE 802.16의 표준화 Task Group

Task Group	구분	범위 및 내용, 프로젝트 상태
TG 1	802.16	- 10-66 GHz 대역에서의 air interface 표준 - 2002년 4월 표준 발표
TG a	802.16a	- 2-11GHz 대역에서 Fixed Broadband Wireless Access System을 위한 air interface, MAC 표준 연구 - 2003년 4월 표준 발표
TG 2	802.16.2	- Coexistence s - 2001년 9월 표준 발표
	802.16.2a	- Coexistence - 2003년 5월 표준 승인 예정
TG c	802.16c	- Detailed System Profiles for 10-66GHz - 2003년 1월 표준 발표
TG C	802.16.1	- 10-66GHz 대역의 PICS(Protocol Implementation conformance Statements) - 2003년 6월 표준 승인 예정
	802.16.2	- 10-66GHz 대역의 test suite structure와 test purposes (TSS&TP) - 2002년 12월 PAR(Project Authorization Request) 승인
	802.16.3	- 10-66GHz Radio Conformance tests - 2003년 3월 PAR 승인
TG d	802.16d	- 2-11GHz 대역의 interoperability profiles - 2003년 12월 PAR 승인
TG e	802.16e	- Mobile Wireless MAN - 2003년 12월 PAR 승인

3.2.3 IEEE 802.20

IEEE802.20 MBWA(Mobile Broadband Wireless Access) WG은 처음에 802.16 WG아래의 SG로 있었으나 2002년 12월 11일에 IEEE 표준화 위원회에서 승인되어 독립적인 WG으로 분리되었다. IEEE802.20 WG의 목적은 IP 기반의 서비스 제공에 최적화된 air interface 규격을 개발

하는 일로서 기업과 개인의 요구를 만족시키는 유비쿼터스 무선 광대역 액세스 망을 지원함을 목표로 한다. IEEE802.20에서는 3.5GHz 이하의 라이선스 대역에서 최대 250Km/h의 이동성을 보장하는 광대역 무선 액세스 망을 위한 물리 계층과 MAC 계층의 규격을 만든다. IEEE802.20 MBWA의 특성은 [표 10]와 같다.

[표 10] MBWA 시스템의 특성

Characteristics	Value for 1.25Mhz	Value for 5Mhz
Mobility	Up to 250km/h	
Sustained spectral efficiency	1b/s/Hz/cell 이상	
Peak user data rate (Downlink)	1Mbps 이상	4 Mbps 이상
Peak user data rate (Uplink)	300 Kbps 이상	1.2 Mbps 이상
Peak aggregate data rate per cell (Downlink)	4 Mbps 이상	16 Mbps 이상
Peak aggregate data rate (Uplink)	800 Kbps 이상	3.2 Mbps 이상
Airlink MAC frame RTT	10 ms 이하	
Spectrum (Maximum operating frequency)	3.5 GHz 이하 Licensed spectrum	
Cell Sizes	Appropriate for the ubiquitous metropolitan area networks and capable of reusing existing infrastructure	
Security Support	AES(Advanced Encryption Standard)	
Spectrum (Frequency Arrangements)	FDD(Frequency Division Duplexing) and TDD(Time Division Duplexing)	

IEEE802.20 MBWA가 추구하는 성격은 IEEE802.16e 표준이나 3세대 셀룰러 이동통신망과는 차이가 있으며 이는 [표 11]에서 확인할 수 있다.

IEEE802.20 표준화는 이제 시작단계에 있으며 실제적인 첫번째 회의를 지난 2003년 3월 미국 텍사스의 달라스에서 가졌으며 많은 업체들이 참석하여 MBWA가 제공하는 기술에 큰 관심을 보였다. 주로 Flarion과 Arraycomm과 같은 무선 인터넷 액세스를 위한 솔루션을 가지고 있는 회사들에서 주도적으로 회의를 이끌어 갔려고 하였으나 Qualcomm, NTT DoCoMo와 같

은 거대 통신 업체들의 반발로 인하여 앞으로의 표준화 과정이 순탄하지는 않을 것으로 보인다. IEEE802.20 MBWA의 표준은 우리 나라에서도 이슈가 되고 있는 2.3GHz 휴대 인터넷의 기술과 여러 면에서 유사하므로 이에 대한 지속적인 관심이 필요하며 표준화 과정의 적극적인 참여가 요구된다.

4. 유비쿼터스 광대역 무선 액세스의 기술 전망 및 발전방향

[표 11] 이동성 지원 무선 액세스 표준의 특성 비교

구분	802.16e	802.20 MBWA	3G
End-user	<ul style="list-style-type: none"> - High data rate fixed wireless user with adjunct mobility service - Symmetric data services - End-user devices for fixed subscribers(CPE) and PC cards for mobile devices - Support of low-latency data and real time voice services 	<ul style="list-style-type: none"> - Fully mobile, high throughput data user - Symmetric data services - End-user devices initially PC Card enabled data devices - Support of low-latency data services 	<ul style="list-style-type: none"> - Voice user requiring data services - Highly asymmetric data services - End user devices initially data enabled handsets - Lack of support for low latency services
Service Provider	<ul style="list-style-type: none"> - Evolving off Fixed Wireless service providers and WISPs adding mobility as enhancements to service offering - Local/Regional mobility and roaming support 	<ul style="list-style-type: none"> - Wireless Data Service provider Greenfield start or evolving Cellular carrier - Global mobility and roaming support 	<ul style="list-style-type: none"> - Cellular voice service provider evolving to data support - Global mobility and roaming support
Technology	<ul style="list-style-type: none"> - Extensions to 802.16a MAC & PHY - Optimized for and backwards compatible with fixed stations - Licensed bands 2-6GHz - Typical Channels BW>5MHz - Packet oriented architecture - Channelization and control for multimedia services with QoS - High efficiency data uplinks and downlinks - Low latency architecture 	<ul style="list-style-type: none"> - New PHY & MAC optimized for packet data and adaptive antennas - Optimized for full mobility - Licensed bands below 3.5GHz - Typical Channel BW < 5MHz - Packet oriented architecture - Channelization and control for mobile multimedia services. Mobile-IP based - High efficiency data uplinks and downlinks - Low latency data architecture 	<ul style="list-style-type: none"> - W-CDMA, cdma2000 - Evolving of GSM or IS-41 - Licensed bands below 2.7GHz - Typical Channel BW<5Mhz - Circuit oriented architecture evolving to packet on the downlink - Channelization and control optimized for mobile voice services - Medium efficiency data downlink a, low efficiency uplinks -High latency data architecture

IEEE802.20은 ITU의 System beyond IMT-2000과 상당히 연관이 깊으며, 이는 IEEE802.20에 참여한 회사들의 국제 표준 전략에서 알 수 있다. 자사가 보유한 무선 통신기술을 IEEE 표 첫 번째 회의인 2003년 3월 텍사스 달라스 회의 중에 반영시켜 향후 Beyond IMT-2000의 ITU

표준화 활동을 유리한 입지로 이용하기 위한 전략이 있다고 하겠다. 지금까지 살펴본 광대역 무선 액세스 기술의 공통적인 특징으로는 현재의 초고속 광대역의 유선 액세스 환경을 그대로 무선으로 연계하여 유선망에서 이용한 정보 서비스 환경을 그대로 무선에서 이용할 수 있도록 하는 유무선 통합 네트워크망을 구현하는 기술로 발전하고 있다. 향후에도 지속적으로 유무선 통합 네트워크망을 확충함에 있어 중복성을 배제하고 효율성을 극대화하여 네트워크의 개방화와 지능화가 이루어져야 할 것이다. 정보통신부에서는 KT와 하나로통신에게 무선 가입자 회선(WLL) 용으로 할당했던 2.3GHz 주파수 대역을 '언제 어디서나 고속으로 무선 인터넷에 접속할 수 있는 휴대 인터넷' 용으로 활용하기 위하여 우리나라 실정에 맞는 단일 기술 표준을 채택하여 주파수를 할당한다는 방침을 밝힌 바 있다. 또한 국내 장비업체들이 장비개발을 병행하여 2.3GHz의 기술 표준에 대한 외산 의존도를 줄일 계획을 가지고 있다. 5GHz 대역(5.150~5.350, 5.470~5.725 GHz) 주파수는 2003년 6월 열리는 세계전파통신회의(WRC) 회의에서 무선 액세스(무선 LAN포함) 용도로 국제 분배가 예상된다. 이는 현재 ISM대역인 2.4GHz대역 기반 무선LAN 서비스의 한계인 다른 업무와의 주파수 간섭 및 유효 채널 부족 등의 문제를 극복할 수 있을 것으로 예상되며, 총 555MHz(ISM 대역 포함)이라는 광범위한 대역이 범 세계적으로 확보되므로 무선LAN을 포함한 다양한 무선 액세스 기술이 개발되고 발전될 전망이다. 이는 유비쿼터tm 구현을 위한 광대역 무선 액세스 기술 발전에 기폭제 역할을 하리라 생각한다. 현재 광대역 무선 액세스 기술은 무선 LAN과 2G/3G의 셀룰러 이동통신망 그리고 BWA 및 Mobile BWA와 같이 서로 다른 환경에서 고유의 특성을 가진 여러 기술들이 존재한다. 그러나 유비쿼터스 네트워크로 진화를 하

기 위해서는 이와 같은 광대역 무선 액세스 기술들이 융합되어 결국은 IPv6를 사용하는 All-IP 기반의 유무선 통합망으로 진화될 것이다. 이때에 사용자는 다중 모드 단말의 무선 액세스 기술에 대해서 전혀 신경을 쓰지 않고 다양한 서비스를 이용할 수 있을 것이다.

5. 결 론

우리나라는 초고속 인터넷 망의 구축과 이동통신 기술에서 세계적인 수준을 가지고 있어 유비쿼터스 네트워크를 구현하기 위해서 다른 어느 나라보다도 좋은 조건을 가지고 있다. 특히, 유비쿼터스 네트워크의 핵심 기술의 하나인 광대역 무선 액세스 분야의 기술에 더욱 초점을 맞추어 기술 개발과 지원을 아끼지 않아야 한다. 광대역 무선 액세스 기술을 제공하는 IEEE802.11 무선 LAN 기술과 IEEE802.16 BWA 및 IEEE802.20 MBWA와 같은 표준화 단체는 각각의 환경에 맞는 고속의 데이터 전송률을 보장하기 위해 물리계층과 MAC 계층의 표준을 제정하고 있으나 기술적 진보를 위한 연구 개발의 여지가 충분하다. 광대역 무선 액세스 망은 미래의 첨단 핵심 기술로 자리 잡을 것이며 이 분야의 기술 선점을 통해 유비쿼터스 시대를 선도할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] <http://www.itu.int>
- [2] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [3] <http://grouper.ieee.org/groups/802/16/>
- [4] <http://grouper.ieee.org/groups/802/20/>
- [5] <http://wirelessman.org/>
- [6] Mobile Broadband Wireless Access Systems: Approved PAR, 802

- .20-PD-02, Dec. 11, 2002.
(<http://grouper.ieee.org/groups/802/20/Documents.htm>)
- [7] MBWA and 802.16e: Two Markets-Two Projects, 802m_ecsg-02/15, <http://grouper.ieee.org/802/20/Documents.htm>)
- [8] 조동호, "차세대 정보통신망으로서의 유비쿼터스 네트워크의 진화방안," SK Telecommunications Review, 제 13권, 1호, pp. 79-90, 2월 2003.
- [9] ETRI 정보기반 연구팀 기술경제부, '미일의 유비쿼터스 IT관련 예산 및 정책동향,' 2003년 1월
1993. 3 ~ 1997. 2 : 수원대학교 정보통신 공학과 조교수
1997. 3 ~ 2001. 2 : 부산대학교 전자공학과 부교수
1993. 3 ~ 2001. 12 : 삼성전자 기술자문
2000. 2 ~ 현재 : TeleCIS Wireless, Inc. 대표이사



임 재 우

1995. 2
경원대학교 전자공학과 학사
1997. 2
경원대학교 전자공학과 대학원 석사
2002. 3 - 현재 연세대학교 전기전자공학 대학원 박사과

정 재 학

1997. 6 - 현재 정보통신부 전파연구소 근무 중

관심분야 : 주파수 자원관리, 전파채널 모델, 5GHz대 및 2.3GHz대 무선접속 기술,

김 제 우(金濟佑)

사진 생략

1983. 2 서울대학교 전자공학과 학사
1985. 2 한국과학 기술원 전기전자공학과 석사
1990. 2 한국과학 기술원 전기전자공학과 박사.
1990. 3 ~ 1993. 3 : 삼성전자 선임 연구원