

## IEEE 802.11 무선 LAN 표준화 동향

김영수(삼성종합기술원), 장경훈(삼성종합기술원), 최성현(서울대학교)

### I. 서론

개인용 휴대 단말, 노트북 등 휴대 기기의 광범위한 보급으로 사용자들은 사무실이나 회의실 등 한정된 장소에서의 통신을 넘어, 네트워크의 접속을 유지하면서 커피 전문점이나 공항 등 사용자가 원하는 장소로의 자유로운 이동에 대한 수요를 형성, 확대시키기 시작했다.

1990년대 후반 IEEE 802.11을 기반으로 한 무선 LAN의 사용이 늘어나면서 사용자의 기본적인 요구 사항들은 어느 정도 충족 되기 시작하였다. 최대 11 Mbps까지 지원을 하는 IEEE 802.11b가 보급되면서 이러한 무선 LAN 시장은 급속도로 성장하기 시작하였고, 2003년 최대 54 Mbps를 지원하는 IEEE 802.11g가 보급되면서부터는 유선에 버금가는 속도를 제공할 수 있게 되었다. 또한 최근의 무선 LAN 표준은 무선의 전송 rate을 높이기 위한 규격뿐만 아니라 데이터의 보안, 셀간의 이동, 안정적인 서비스의 제공 등 서비스의 품질 향상을 위한 규격으로 그 범위를 넓혀가고 있다.

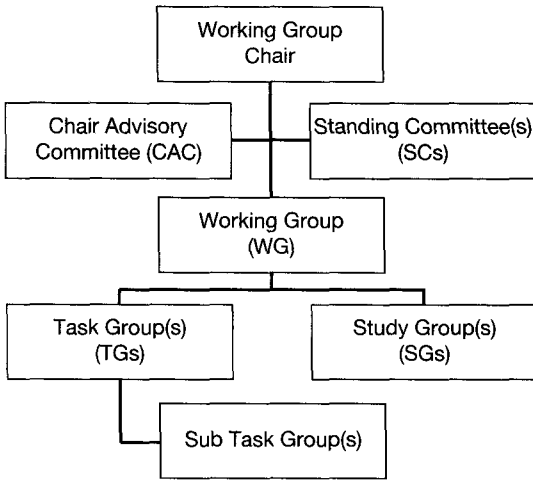
본 고에서는 이러한 무선 LAN 표준의 발전을 각 task group 별로 알아보려고 한다. 본 고의 제

II절에서는 무선 LAN의 표준화에 대한 개요를 알아보고, III절에서는 각 표준 규격을 담당하는 task group의 표준동향을, 그리고 마지막으로 IV절에서는 향후 전망에 대해서 알아보도록 구성하였다.

### II. IEEE 802.11 무선 LAN 표준화 개요

#### 1. 표준화 그룹의 구성

IEEE 802.11는 IEEE 802 Project 산하에 있는 Working Group(WG)으로 그림 1과 같은 조직 형태를 띠고 있다<sup>[2,3]</sup>. WG는 WG Chair를 중심으로 Chair의 정책적인 결정을 도와주는 Chair Advisory Committee(CAC), 상설 기구인 Standing Committee(SC), 그리고 각 세부 규격에 대한 작업을 진행하는 Task Group(TG)로 구성되어있다. 또한 현재 IEEE 802.11 WG내에는 새로운 규격에 대한 논의를 담당하는 Wireless Next Generation Standing Committee(WNG SC)라는 기구가 상설 운영되고 있다.



〈그림 1〉 IEEE 802.11 WG 구성

## 2. 표준화의 절차

IEEE 802.11 표준화 회의는 일년에 6번 열리는 face-to-face 회의(3번의 plenary 회의와 3번의 interim 회의로 구성)와 비정기적으로 열리는 전화 회의를 통해서 진행된다. 회의의 참석자들은 일정 요건(최근에 열린 4번의 plenary 회의 중 2번을 참석)을 갖추면 투표권을 가지게 되고, 이 투표권을 가지고 주요 사항들에 대해서 의사 결정권을 행사하게 된다.

무선 LAN 표준화의 절차는 다음과 같다.

1. 새로운 규격에 대한 요구가 있으면 의견을 같이 하는 사람들이 모여서 Bird of Feather (BoF) 를 형성하고, 의견을 정리하여 WNG SC에 발표를 한다.
2. 발표된 의견에 대해서 논의를 한 후, 투표를 통해서 Study Group (SG) 을 형성한다. 형성된 SG는 Task Group의 형성을 위한 일련의 작업에 착수한다. SG이 준비해야 하는 문서는 project의 시장성과 기술적인 내용을 기술한 five Criteria 와 project의 범위와 목적 등을 기술한 Project

Authorization Request (PAR)이다.

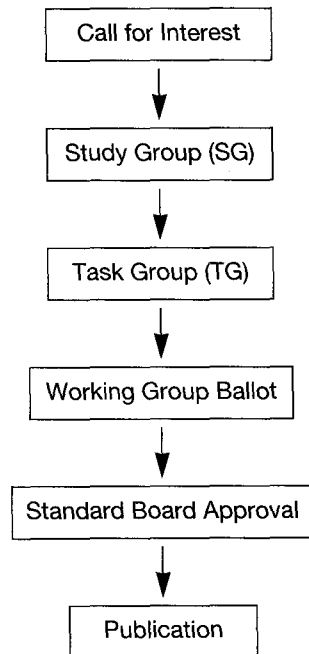
3. SG에서 만든 문서들이 WG에서 투표를 통해서 승인을 받게 되면 본격적으로 Task Group (TG)로 활동을 시작하게 된다.

4. TG는 각 그룹의 목적에 맞는 draft를 작성하게 되는데, 이 때에는 각 참여 회사에서 제안한 여러 제안 기술들이 경쟁을 하게 된다.

5. 경쟁을 통해서 완성된 TG draft는 다시 WG에서 Letter Ballot (LB)이라는 형식의 전자 투표를 거쳐서 WG draft로 승인을 받게 된다.

6. LB를 통과한 WG draft는 IEEE Standard Association (SA)의 지원자들이 실시하는 Sponsor Ballot이라는 형태의 전자 투표와 standard board의 승인을 통해서 규격으로 출판되게 된다.

그림 2는 IEEE 802.11의 전체 표준화의 절차를 개략적으로 표현한 것이다.



〈그림 2〉 IEEE 802.11 표준의 절차

### III. IEEE 802.11 무선 LAN 표준화 동향

본 절에서는 초창기 무선 LAN의 형성에서부터 현재 진행 되고 있는 표준화 그룹들에 대한 간략한 소개를 하고자 한다.

무선 LAN 표준화는 무선 LAN의 전송률을 높이기 위한 성장기와 다양한 응용을 위한 성숙기의 두 시기로 구분할 수 있다. 성장기에는 주로 물리 계층의 무선 전송의 속도를 높이는 데에 주력하였고, 현재에까지 이르는 성숙기에는 무선 데이터의 보안, 무선 네트워크의 관리 등 보다 다양한 측면에서의 발전을 도모하고 있다.

그림 3은 각 task group의 형성과 완료 시기를 도식화 하고 있다<sup>[4]</sup>.

#### 1. 표준의 성장기

##### 가. IEEE 802.11

IEEE 802.11은 1991년에 활동을 시작하여 2.4GHz 주파수 대역에서 동작을 하는 무선 LAN 기본 규격을 정의하였다<sup>[1]</sup>. 본 규격은 1997년에 Infrared (IR)과 Frequency Hopping (FH), 그리고 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)의 3개의 물리 계층(PHY)과 Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance(CSMA/CA)를 기본으로 한 단일 매체 접속 계층(Medium Access Control: MAC)을 정의하였다. 본 규격에서 정의한 MAC은 경쟁을 기반으로 한 무선 LAN의 기본적인 특징을 잘 나타내고 있다.

##### 나. IEEE 802.11a(Higher Speed PHY Extension in the 5GHz Band)

IEEE 802.11a는 UNII(5GHz) 밴드에서 동작하는 PHY를 정의한 규격으로써, 1999년에 완

료되었고 Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM) 방식을 이용하여 최소 6 Mbps에서 최대 54Mbps까지 8가지의 PHY 전송률을 새로이 정의하였다. 이러한 IEEE 802.11a는 IEEE 802.11b와 비슷한 시기에 표준화가 완료 되었으나, 기술적인 이유로 인하여 상대적으로 뒤늦게 시장을 형성하게 된다.

##### 다. IEEE 802.11b(Higher Speed PHY Extension in the 2.4 GHz Band)

IEEE 802.11b는 2.4GHz 대역 동작하는 기본 무선 LAN의 낮은 전송률(1Mbps와 2Mbps의 전송률을 정의)을 보완하기 위해서 시작한 규격이다. 본 규격에서는 높은 PHY 전송률을 위한 Complementary code keying(CCK) 방식을 이용하여 5.5Mbps와 11Mbps의 PHY 전송률을 제공하게 된다. 특히, 2000년 초기부터 무선 LAN의 사용이 급증하면서 IEEE 802.11b 시장이 크게 형성되었다. 또한, 기존 규격의 오류를 수정한 개정된 규격은 2001년 말 발표 되었다.

##### 라. IEEE 802.11g(Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band)

IEEE 802.11b의 보급이 시작된 2000년도 중순에 IEEE 802.11a 보다 상대적으로 낮은 전송률 극복의 필요성이 대두되기 시작하였다. 이러한 요구로 인해서 IEEE 802.11b가 동작하는 2.4GHz대역에서 11a의 OFDM 방식을 이용한 IEEE 802.11g 규격이 탄생하게 된다. 본 규격은 기존의 IEEE 802.11b와 공존할 수 있으면서 IEEE 802.11a의 높은 전송률을 제공할 수가 있다.

최근에는 이러한 무선 LAN의 3가지 PHY 기능(11a/b/g)을 모두 제공하는 dual band/tri-mode를 가진 기기들이 보급되고 있다.

마. IEEE 802.11n(High Throughput)

IEEE 802.11g 규격이 완성될 무렵, 물리 계층의 높은 전송률에 비해 상대적으로 낮게 나타나는 사용자의 체감 속도에 대한 논의가 본격적으로 이루어졌다. 실제로 54Mbps로 동작을 하는 IEEE 802.11a/g에서 사용자의 체감 속도는 약 25Mbps 정도의 낮은 수준에 머무르고 있는 편이다. 그러나 다양한 응용 프로그램 사용이 증가될 미래의 무선 LAN 환경을 감안하면, 사용자의 체감 속도 개선은 필수적이었다. 이러한 요구를 반영하기 위해서 실제 사용자의 체감 전송률이 100Mbps 이상이 될 수 있는 새로운 규격인 IEEE 802.11n이 시작되었다.

2007년 3월 현재 IEEE 802.11n은 두 번째 전자 투표가 진행 중인데, 본 규격에는 Multiple Input Multiple Output(MIMO)와 같은 PHY 기술과 Aggregate-MPDU, Power Save Multi-Poll(PSMP)와 같은 MAC 기술 등이 정의되어 있다.

2. 표준의 성숙기

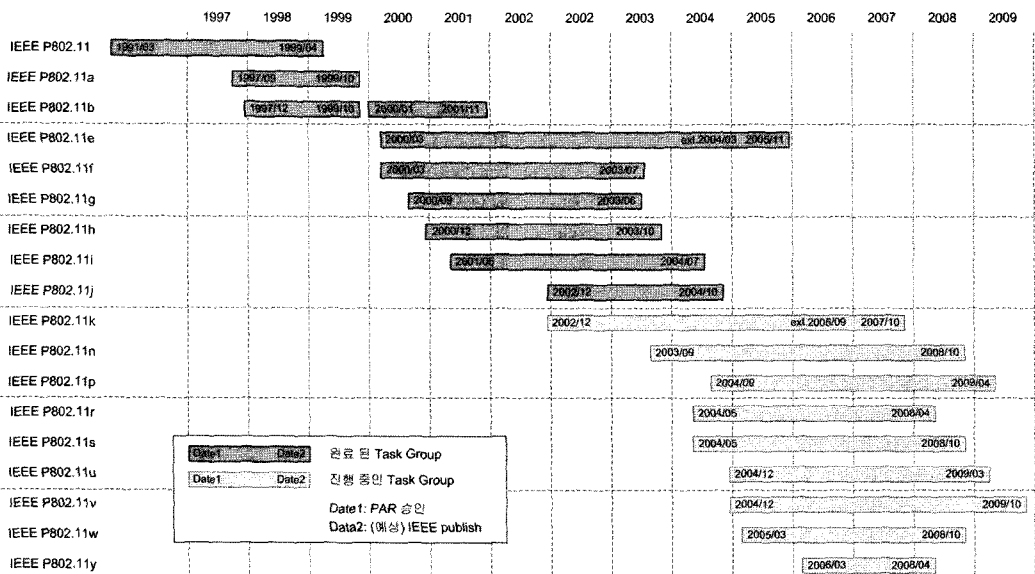
무선 LAN의 사용이 증가하면서 전송 속도뿐만 아니라 무선 LAN 사용의 편리성에 대한 요구가 생기게 되었다. 이를 위해서 여러 가지 task group들이 형성 되어 새로운 규격들이 만들어지고 있다.

가. IEEE 802.11e

(MAC Enhancements(QoS))

IEEE 802.11e는 음성 통신이나 화상 통신, 그리고 스트리밍과 같은 real-time 서비스의 안정적인 제공(Quality of Service: QoS)을 위한 규격이다.

본 규격은 기존의 채널 접근 방식인 Distributed Coordination Function(DCF)와 Point Coordination Function(PCF)를 향상 시킨 Enhanced Distributed Channel Access(EDCA)와 HCF Controlled Channel Access(HCCA) 등이 정의되었고, 이외에도 파워 제어를 위한 Automatic Power Save



〈그림 3〉 IEEE 802.11 Task Group의 Timeline

Delivery(APSD), 기존의 ACK의 성능을 향상 시킨 Block ACK(BA), 그리고 단말간의 직접 통신(Direct Link Setup: DLS) 등 다양한 방법을 정의하고 있다.

#### 나. IEEE 802.11h(Spectrum and Transmit Power Management Extensions in the 5 GHz Band in Europe)

IEEE 802.11h는 유럽 내 5GHz 비면허 구간에서의 동작을 위한 규격이다. 본 규격은 채널의 에너지 측정과 보고, 그리고 주파수의 동적인 선택(Dynamic Frequency Selection: DFS)과 송신 전력 제어(Transmit Power Control: TPC)를 정의하고 있다. 또한, 본 규격은 5GHz 구간을 사용하는 위성 통신이나 레이다 통신과의 간섭을 줄이는 것을 주 목적으로 한다. DFS는 AP가 레이다 통신을 하고 있는 채널을 피하고 위성 통신에게 전달되는 간섭을 줄이기 위해서 사용되고, TPC는 평균 전송 전력이 그 지역의 최대값보다 작게 함으로써 위성 통신에게 전달되는 간섭을 줄이기 위해서 사용된다.

#### 다. IEEE 802.11i

##### (MAC Security Enhancements)

무선 LAN이 널리 보급되면서 데이터의 보안에 대한 우려의 목소리가 높아지기 시작하였다. 이에 따라서 MAC에서의 보안을 위한 IEEE 802.11i 규격이 시작되었다. 본 규격의 최종본은 Wi-Fi alliance에서의 인증을 기준으로 Wi-Fi Protected Access 2(WPA2)로 불리기도 한다. 규격이 진행되던 초반에는 데이터 보안을 위해서 Wired Equivalent Privacy(WEP) 방식이 사용되었다. 그러나 표준화를 진행하던 중 WEP 방식의 문제점이 발견 되면서 이를 보완하기 위한 방법을 연구하게 되었다. 2004년에 완료된 IEEE 802.11i

규격에서는 좀더 보안이 강화된 Advanced Encryption Standard(AES) block cipher를 이용한 방법이 채택되었다. 기존의 WEP나 WPA는 RC4 stream cipher 방식을 사용하였다. 본 규격은 그 이외에도 인증을 위한 IEEE 802.1x와 four-way handshake 등을 지원한다.

#### 라. IEEE 802.11j

##### (4.9GHz-5GHz Operation in Japan)

IEEE 802.11j는 일본에서 사용이 가능하게 된 4.9GHz에서 5GHz의 주파수 구간에서의 동작을 정의한 규격이다. 본 규격은 AP가 더 좋은 성능이나 수용력 향상을 위해서 새로운 채널로 변경을 하거나 채널폭을 조정하는 것을 허용한다. 이러한 규격은 지역에 따라서 다르게 적용되는 주파수의 허용 규칙에 능동적으로 적응하는 표준의 모습을 보여준다. 참고로, 미국에서는 4.9 GHz 구간이 공공의 안전을 위한 무선 통신으로 사용되고 있다.

#### 마. IEEE 802.11k

##### (Radio Resource Measurement)

IEEE 802.11k는 무선 LAN의 무선 자원에 대한 정보를 측정하고 보고하는 방법을 정의하는 규격이다. 본 규격은 기존에 내부 정보로만 사용되던 무선 자원에 대한 정보를 AP 등에게 전달하는 방법을 정의하고 있다. 이러한 정보는 향후 단말의 로밍 혹은 인접한 AP간의 협력을 위해서 사용된다.

무선 자원의 측정에 대한 규격은 무선 LAN의 공급자들의 요구에 의해서 시작되었는데, 이러한 정보는 Voice-over-IP(VoIP), video-over-IP, 위치 정보, 센서 등 좀더 정확한 측정을 필요로 하는 단말들을 위해서 사용된다.

#### 바. IEEE 802.11p(Wireless Access for the Vehicular Environment)

현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11p는 차량간의 통신이나 차량과 노변의 다른 기기와의 통신을 위한 규격으로써, 최대 200 km/h로 이동하는 차량에 대한 통신을 정의한다. 5.9 GHz 대역(5.85-5.925 GHz)을 사용하는 본 규격은 미국의 Intelligent Transportation System(ITS)의 Dedicated Short Range Communications(DSRC)를 기반으로 하고 있다. 또한 본 규격에서는 collision avoidance, traveler information, toll collection, commercial vehicle operations, transit operations, 그리고 traffic management 등의 기술을 주로 다루고 있다.

#### 사. IEEE 802.11r(Fast BSS Transition)

현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11r은 동일한 네트워크(i.e., Extended Service Set(ESS)) 안에서 단말이 움직이는 환경에서 셀(i.e., Basic Service Set: BSS)간의 이동을 정의한다. 본 규격은 단말들이 셀을 이동할 때에도 VoIP 등의 서비스를 안정적으로 제공할 수 있도록, 보다 빠른 BSS transition을 정의하고자 한다.

#### 아. IEEE 802.11s(ESS Mesh Networking)

현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11s는 무선LAN 환경에서 Wireless Distribution System(WDS)를 이용하여 AP 간에 무선랜으로 통신을 하는 Mesh 네트워크를 구성하는 것을 목표로 하고 있다. 기존의 무선LAN 규격은 WDS를 구성할 수 있는 4개의 주소를 정의하고 있으나, 이를 이용하는 방법은 정의하고 있지 않다. 본 규격은 AP들이 자생적으로 multi-hop 구조를 형성할 수 있는 프로토콜을 제공하고자 한다.

#### 자. IEEE 802.11u(InterWorking with External Networks)

현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11u는 무선 LAN과 외부 네트워크의 interworking을 정의한다. 본 규격은 IETF, 3GPP, 3GPP2와 같은 외부 네트워크가 무선 LAN과 연동을 하려고 할 때에 사용할 수 있는 범용 interface를 제공하고자 한다.

#### 차. IEEE 802.11v

##### (Wireless Network Management)

IEEE 802.11k에서는 단말에서 측정된 여러 정보를 AP가 수집하는 것을 정의하고 있으나, 가져온 정보를 이용하는 것에 대해서는 정의하고 있지 않다. 따라서 현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11v는 이러한 정보를 이용하여 무선 네트워크를 관리하는 데에 중점을 두고 있다. 또한 Access Point Management Information Base(AP MIB)의 작성에 대해서도 정의하고 있다.

#### 카. IEEE 802.11w

##### (Protected Management Frames)

IEEE 802.11i는 데이터 frame을 위한 보안을 정의하는 데에 반하여 management frame에 대한 보안을 정의하고 있지 않기 때문에 악의가 있는 공격으로부터 안전하지 못하다는 취약점을 가지고 있다. 따라서 현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11w는 이러한 취약점을 극복하기 위하여 action management frame, deauthentication, 그리고 disassociation frame 등의 management frame의 보안을 제공하고자 한다. 이러한 frame의 보안을 data integrity, data origin authenticity, replay protection, 그리고 data confidentiality 등을 포함한다.

### 타. IEEE 802.11y

#### (3650-3700MHz Operation in USA)

현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.11y은 미국 지역에서 최근 사용이 허가된 3,650-3,700MHz 대역에서 무선 LAN이 동작할 수 있는 방법을 정의한다. 위의 주파수 구간은 무선 LAN 단말 이외에도 다른 기기들이 사용되기 때문에 기존의 무선LAN에서 사용되는 기술 이외에도 아래와 같은 기술들이 추가로 필요하다.

- Specification of new regulatory classes (802.11j의 확장)
- Sensing of other transmitters (802.11a의 확장)
- Transmit Power Control (802.11h의 확장)
- Dynamic Frequency Selection (802.11h의 확장)

## IV. 향후 전망

앞 절에서 기술한 것과 같이 IEEE 802.11 무선 LAN 표준화는 성장기와 성숙기를 거쳐서 다양한 분야의 규격을 만들고 있다. 앞으로는 이렇게 만들어진 표준 규격들을 사용자의 필요에 따라서 적절하게 적용하는 방안이 필요하다. 예를 들면, 가전 기기나 handheld 단말에 통신 기능을 추가 하려고 한다면, 기기의 전력 소모나 이동성 등에 따라서 적절한 무선 LAN 규격을 적용해야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] IEEE Std 802.11, International Standard [for] Information Technology-Telecommunications and

information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE 802.11-1999, 1999.

- [2] Stuart J. Kerry, "Policies and Procedures of IEEE Project 802.11TM," IEEE 802.11-06/0812r3, July 2006.
- [3] "IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs," <http://www.ieee.org/802.11>, Online Link.
- [4] "Official IEEE 802.11 Working Group Project Timelines - 02/07/2007," [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm), Online Link.

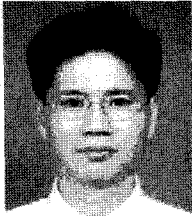
### 저자소개



김 영 수

1997년 2월 고려대학교 정보공학과 학사  
 2000년 3월 The Ohio-State University Computer & Information Science 석사  
 2005년 2월 서울대학교 전기 및 컴퓨터 공학부 박사 과정 수료  
 2000년 7월 - 2004년 2월 삼성종합기술원 연구원  
 2004년 3월 - 현재 삼성종합기술원 전문연구원  
 주관심분야 : 무선통신, 메체접속제어 기술, IEEE 802.11 무선LAN 기술, Cognitive Radio 기술

## 저자소개



장경훈

1993년 2월 고려대학교 전자공학과 학사  
 1995년 2월 고려대학교 전자공학과 석사  
 1998년 2월 고려대학교 전자공학과 박사  
 1998년 3월 - 1999년 2월 고려대학교 정보통신공동  
 연구소 연구조교수  
 1999년 3월 - 2001년 2월 삼성전자 중앙연구소 책임  
 연구원  
 2001년 3월 - 현재 삼성종합기술연구원 전문연구원  
 주관심분야 : 무선통신 시스템, 무선랜 기술, Cognitive  
 Radio 기술



최성현

1992년 2월 한국과학기술원 학사  
 1994년 2월 한국과학기술원 석사  
 1999년 12월 The University of Michigan 박사  
 1999년 9월 - 2002년 8월 Philips Research  
 USA, Senior Member  
 Research Staff  
 2002년 9월 - 현재 서울대학교 전기공학부, 부교수  
 주관심분야 : QoS support, resource management,  
 emerging applications, and cross-  
 layer optimization for various types  
 of wireless networks (WLAN, WPAN,  
 and WMAN)

## 용어해설

## MIMO (multi Input multi output)

기지국과 휴대 단말기의 안테나를 2개 이상으로 늘려 데이터를 여러 경로로 전송하고 수신단에서 각각의 경로로 수신된 신호를 검출해 간섭을 줄이고 각각의 전송 속도를 낮출 수 있는 기술. 차세대 이동 통신 4G의 핵심 기술 중 하나로 손꼽히고 있다.

## 4세대 이동통신

1세대의 음성, 2세대의 디지털 음성, 3세대의 패킷 데이터 서비스에 이어 유선과 동등한 수십~수백 Mbps의 전송속도와 방송과 통신이 통합된 멀티미디어 서비스, 언제 어디서나 유비쿼터스의 환경, IP를 바탕으로 각종 기존 통신망과의 끊김없는(seamless) 연결, 그리고 낮은 투자비와 사용자 위주의 저렴한 사용료를 새로운 기술 개발에 의해 실현한다는 것이 주 목표이다.

무선 기술로는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이 가장 유력하며, IP기반의 패킷 데이터, 스마트 안테나, MIMO(Multi Input Multi Output), Broadcasting 등 3세대 방식에서 개발된 여러 가지 기술들이 총합될 것으로 보이며, WCDMA 진영에서는 3세대의 투자 대신에 직접 4세대로의 진입을 고려하는 사업자들도 있다. 현재 ITU-T SSG에서는 SBI2K 시스템의 CN(Core Network) 관련 표준화를, ITU-R WP8F에서는 무선접속기술에 대한 표준화 작업을 진행 중이다.