



## IEEE 802.11 무선 LAN의 표준화 동향 및 전망

한국전자통신연구원 전태현·최우용  
이우용·이석규

### 1. 서론

무선 LAN(Wireless Local Area Network)은 기존의 유선 케이블 망의 인프라를 이용하는 대신 무선 전파를 매체로 네트워크 내의 정보처리 기기 간 데이터의 교환을 장소에 구애 받지 않고 실현할 수 있는 시스템이다. 미국 전기전자공학회(IEEE)에서는 1997년 최대 2Mbps의 전송 속도를 지원하는 무선 LAN 표준인 IEEE 802.11을 최종 승인한 이후 11b/a/g/e 등 전송 속도 및 QoS(Quality of Service) 면에서 향상된 표준안들이 제정되어 왔으며 일부는 상품화가 되어 현재 가정, 사무실, 회의장 그리고 공항 및 호텔 등 사람들의 왕래가 빈번한 핫스팟(Hot Spot) 지역에서 널리 사용되고 있다.

본 고에서는 IEEE 802.11 무선 LAN 표준화 진행 상황과 표준 규격의 기술적 내용을 물리 계층(Physical Layer; PHY)과 매체 접근 제어(Medium Access Control; MAC) 관점으로 나누어 설명한다. 특히 MAC SAP(Service Access Point)에서 100 Mbps를 지원하기 위하여 throughput 향상을 목표로 활동 중인 IEEE 802.11 HTSG(High Throughput Study Group)의 현재까지의 표준화 진행 상황과 금년 9월에 새로이 구성될 IEEE 802.11 TGn의 표준화 활동 전망을 중심으로 기술한다.

### 2. IEEE 802.11 MAC 표준 규격

#### 2.1 IEEE 802.11

IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)를 기반으로 BSS(Basic Service Set) 내의 각 STA의 전송 시점을 결정한다. DCF와 PCF는 각

각 best effort 서비스와 실시간 서비스를 제공하기 위해 제안된 프레임 전송 방식으로서 여러 STA이 동일한 무선 채널을 접속하려고 할 때 충돌을 가능한 일으키지 않도록 STA 간에 접속 시점을 조절하는 방식이다. DCF는 STA 간의 접속 시점을 조절하기 위한 중앙 장치가 없이 각 STA이 CCA(Clear Channel Assessment)나 NAV(Network Allocation Vector)를 이용하여 독립적으로 무선 채널 접속 시점을 결정하는 방식이다. 이에 반해 PCF에서는 PC(Point Coordinator)가 존재하여 각 STA은 PC의 (polling) 프레임을 전송 받았을 때에만 프레임을 전송할 권리를 가진다. 따라서 높은 전송률을 요하는 STA 일수록 PC가 폴링을 자주함으로써 차별화된 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

DCF에서 각 STA은 DIFS(DCF Inter Frame Space)를 이용하여 채널 액세스를 하며 CCA에 의하여 채널 사용을 거부당할 경우 백오프 알고리즘을 사용한다. 만약 처음 DIFS내에 채널이 busy 상태가 되면 현재 채널의 사용이 끝나기를 기다렸다가 다시 채널 액세스를 시도한다. 그러나 채널 액세스의 실패로 인해 채널 액세스를 다시 시도할 경우 백오프 알고리즘을 사용하여 어떤 random 시간 동안 추가로 더 기다려야 한다. 이러한 기다리는 시간 동안 CCA에 의해 채널이 busy라는 것을 알게 되어 채널 액세스가 실패하면 DIFS+random 시간 동안 다시 기다리는 과정이 반복되게 된다.

PCF에서 각 STA은 PIFS(PCF Inter Frame Space)를 이용하여 채널 액세스를 시도한다. PIFS는 DIFS보다 하나의 slot time 만큼 작는데 이러한 이유로 PCF에 의해 채널 액세스를 시도하는 STA은 DCF를 사용하여 채널 액세스를 시도하는 STA 보다 채널 점유에 있어서 우선권을 가진다. 그러나 AP 이외의 다른 STA은 PCF에 의한 채널 액세스를 시도

할 수 없고 오로지 AP 만이 PCF에 의한 채널 액세스를 시도하여 어떤 일정 기간 동안 채널을 예약하고 필요할 경우 폴링 프레임을 STA에 전송하여 폴링 프레임 하나당 하나씩의 프레임을 전송할 기회를 해당되는 STA에 부여한다.

## 2.2 IEEE 802.11e

IEEE 802.11e에서 새로이 추가된 주요한 기능인 EDCF(Enhanced Distributed Coordination Protocol), HCF(Hybrid Coordination Function) controlled channel access, distributed admission control에 대해 설명할 것이다.

### 2.2.1 EDCF

EDCF는 이름 그대로 기존의 DCF 프로토콜을 향상시킨 것으로써 4개의 AC(Access Category)에 대해서 TXOP Limit[AC], CWmin[AC], CWmax[AC], AIFS[AC]의 값들을 차별화 한다. TXOP Limit은 한번의 WM(Wireless Media)의 접속에 의하여 STA이 사용할 수 있는 최대 시간으로써 이 시간이 길수록 WM의 사용에 있어서 우선권을 가지게 된다. CWmin과 CWmax는 STA이 WM의 접속시 백오프 시에 사용하는 CW(Contention Window)의 최소값과 최대값으로써 이 값이 작을수록 WM의 접속에 있어서 우선권을 가지게 된다. AIFS(Arbitrary Inter Frame Space)는 STA(Station)이 WM를 접속하기 위해 사용하는 접속 시간으로써 이 시간 동안 연속적으로 WM가 물리적인 carrier sense에 의하여 idle하다고 판단되어야 한다. 따라서 이러한 시간이 작을수록 STA은 WM를 접속하는데 있어서 우선권을 가지게 된다.

EDCF는 각 AC의 트래픽에 대해서 서로 상대적인 QoS(Quality of Service)의 차별을 위한 것으로써 각 AC에 대해서 정확한 서비스 요구사항을 만족시킬 수 없는 방법이다. 이 것은 IP 망에서 상대적인 QoS 제공 방법인 DiffServ(Differentiated Service)에 비교될 수 있는 방법이다. 이에 반해 절대적인 QoS 제공 방법으로써는 다음에서 설명될 HCF controlled channel access 방법이 있다. 이 것은 IP 망에서 절대적인 QoS 제공 방법인 IntServ(Integrated Service)에 해당되는 방법으로써 MAC link 단위의 절대적인 QoS 제공 방법이다.

### 2.2.2 HCF Controlled Channel Access

HCF controlled channel access는 각 TS(Traffic Stream)의 서비스 요구사항을 MSDU(MAC Service Data Unit), size, service interval, inactivity interval, data rate, burst size, delay bound, surplus bandwidth allowance 등으로 정의할 때 HC(Hybrid Coordinator)의 폴링에 의하여 각 STA은 각 TS에 대해서 QoS를 만족시키기 위한 적절한 전송 기회를 할당 받게 된다. Inactivity interval은 TS이 active 상태를 유지하기 위해서 트래픽이 발생하여야 하는 최대 간격으로써 만약 inactivity interval 동안 트래픽이 발생하지 않으면 해당되는 TS은 삭제되어야 한다. 그리고 surplus bandwidth allowance는 재전송을 고려할 때 추가적으로 필요한 bandwidth의 요구량의 추가 비율으로써 일반적으로 1보다 큰 값을 가지게 된다.

### 2.2.3 Distributed Admission Control

앞에서 설명한 HCF controlled channel access는 CP(Contention Period)와 CFP(Contention Free Period)에서 모두 동작할 수 있다. 이러한 이유 때문에 CP에서는 EDCF에 의한 트래픽과 HCF controlled channel access에 의한 TS가 서로 충돌할 가능성이 존재하게 된다. 이러한 이유 때문에 HC의 centralized admission control에 의하여 수용된 TS의 안전한 전송을 보장하기 위하여 EDCF에 의한 트래픽 전송 시에 beacon으로부터 AC별 전송 가능 시간에 관한 정보(TXOPBudget[AC], Load[AC])를 받게 된다. EDCF에 의한 WM 접속 시에 이러한 정보로부터 추가 전송 가능 시간이 available 하지 않다고 판단되면 STA는 EDCF에 의한 전송을 포기하게 된다. 이러한 distributed admission control과 별도로 HC는 TS의 수용 여부를 결정하기 위한 centralized admission control이 필요한데 이 것은 현재 규격 초안에서는 자세히 규정하지 않고 있으며 각 회사의 구현 전략에 따라서 서로 다른 방법을 사용할 수 있도록 허용하고 있다. 따라서 이러한 centralized admission control에 대한 연구는 앞으로 계속적으로 이루어져야 한다.

## 3. IEEE 802.11 PHY 표준 규격

### 3.1 IEEE 802.11b

최초의 IEEE 802.11의 물리 계층 표준 규격은 2.4GHz 대역에서 세가지 전송 방식을 지원하였다.

이는 FHSS 방식과 DSSS 방식 그리고 IR 방식으로 최대 전송 속도 2Mbps까지 지원한다. 이러한 규격을 발전시켜 같은 주파수 대역에서 전송 속도를 높이라는 노력으로 완성된 규격이 IEEE 802.11b 표준으로서 이는 최대 11Mbps를 지원한다. 향상된 규격 11b에서 규정하는 전송 모드에는 4 가지가 있으며 이는 1, 2, 5.5 그리고 11Mbps이다. 이 중 1과 2Mbps 모드는 11칩으로 구성되는 바커(Barker) 코드를 사용하여 심벌을 형성한다. 첫번째 모드인 1Mbps 경우에는 BPSK 변조 방식을 사용하는 반면 2Mbps 경우에는 QPSK 변조 방식을 사용하여 데이터 전송 속도를 향상시킨다. 표준 11b에 새롭게 추가된 방식은 5.5와 11Mbps를 지원하는데 이는 바커 코드를 쓰는 대신 CCK(Complementary Code Keying)를 사용한다. CCK는 잡음 및 다중경로 환경에서 향상된 성능을 보이는 코드로서 5.5Mbps인 경우 4 비트, 11Mbps인 경우 8 비트를 사용하여 하나의 코드워드를 형성한다. 이러한 서로 다른 4개의 모드는 채널의 환경 및 전송 거리에 따라 적절히 선택되어 운영된다.

### 3.2 IEEE 802.11a

5GHz 주파수 대역에서 운영되는 무선 LAN 표준인 IEEE 802.11a는 1999년 완성되었으며 기존의 방식과는 달리 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하며 20MHz 주파수 대역에서 최대 전송 속도 54Mbps를 포함한 8개의 다른 전송 속도(6~54Mbps)를 지원한다. OFDM 방식은 유럽의 ETSI/BRAN의 무선 LAN 규격인 Hiperlan/2 그리고 현재 국내에서 초고속 유선 인터넷 서비스로 널리 쓰이고 있는 ADSL 시스템의 변조 방식으로 채택되고 있다. 다른 변조 방식과 비교하여 OFDM은 다중경로 전파전달로 인하여 발생하는 지연확산에 강한 특성을 가지고 있으며 광대역 전송 방식을 사용하는 시스템에서 문제가 되는 등화기 구현에 있어서도 강점을 가지고 있다. 이 표준에서 규정하는 OFDM 방식에서는 20MHz 주파수 대역을 64개의 부채널로 나누어 각 부채널(312.5KHz 대역) 별로 변조하여 데이터를 전송한다. 이 중 52개의 부채널만 사용되는데 48개의 부채널은 사용자의 데이터를 전송하는데 사용되며 4개는 pilot 신호를 전송하여 송신단과 수신단 사이의 반송파 주파수 오차나 샘플링 주파수 오차를 추적하여 보상해 주는 역할을 한다. 각 부채널 별로 데이터를 변조하는데 사용되는 방식으

로는 BPSK, QPSK, 16QAM 및 64QAM이 있으며 시스템의 성능을 높이기 위해 전방오류 정정 코드(Forward Error Correction; FEC)로서 컨볼루션 코드를 사용한다.

### 3.3 IEEE 802.11g

2.4GHz 대역에서 운영되는 IEEE 802.11b 무선 LAN 표준을 확장시켜 같은 주파수 대역에서 20Mbps 이상의 전송 속도를 지원하는 새로운 방식의 표준 제정을 위한 Study Group이 2000년 3월에 구성되었다. 이 SG에서 논의된 PAR와 5C가 통과된 후 새로운 Task Group TGg의 활동이 2000년 9월에 정식으로 시작되었다. 제안된 전송방식에 대한 비교 검토 후 2001년 3월에는 TI 사가 제안한 PBCC 방식과 Intersil 사가 제안한 OFDM 방식이 채택되었다. 표준의 첫번째 초안은 2001년 11월에 완성되었으며 이는 기존의 11b 방식인 CCK와 새롭게 제안된 OFDM 방식과 PBCC 방식을 바탕으로 한다. 2003년 5월에 Draft 8.2의 규격이 통과되었으며 이 표준안에 따르면 CCK와 OFDM이 필수방식이며 DSSS-OFDM과 PBCC는 선택방식이다. IEEE RevCom은 이 규격안을 2003년 6월에 최종 승인하였다. 이로서 5GHz 대역의 802.11a 시스템에 이어서 2.4GHz 대역에서도 최고 전송 속도 54Mbps를 지원하는 무선 LAN 운영이 가능해졌다. 위에서 설명된 IEEE 802.11 계열의 무선 LAN 표준이 지원하는 데이터 전송 속도가 표 1에 정리된다.

표 1 IEEE 802.11 무선 LAN의 데이터 전송 속도 및 전송방식(괄호안은 선택방식)

전송 속도	802.11b (2.4GHz)	802.11a (5GHz)	802.11g (2.4GHz)
1	Barker		Barker
2	Barker		Barker
5.5	CCK(PBCC)		CCK(PBCC)
6		OFDM	OFDM(DS-OFDM)
9		(OFDM)	(OFDM,DS-OFDM)
11	CCK(PBCC)		CCK(PBCC)
12		OFDM	OFDM(DS-OFDM)
18		(OFDM)	(OFDM,DS-OFDM)
22			(PBCC)
24		OFDM	OFDM(DS-OFDM)
33			(PBCC)
36		(OFDM)	(OFDM,DS-OFDM)
48		(OFDM)	(OFDM,DS-OFDM)
54		(OFDM)	(OFDM,DS-OFDM)

### 4. IEEE 802.11 HTSG(TGn) 표준화 동향

High Throughput Study Group(HTSG; 의장 Jon Rosdahl)은 IEEE 802.11 표준을 향상시켜 high throughput을 지원하는 표준을 만들기 위한 study group으로서 2002년 9월에 처음 회의를 시작하여 2003년 3월 미국 달라스 회의에서는 새로운 Task Group인 TGn을 만들기 위한 5 Criteria와 PAR(Project Authorization Request)의 개정안에 대한 논의가 있었으며 2003년 5월 회의를 통하여 study group 내에서 자체 승인과 IEEE 802.11 WG(Working Group)의 승인을 받은 상태이다. IEEE 802.11 WG는 위의 두 문서를 IEEE 802.11 Executive Committee(ExCom)에 전달하였으며 ExCom에서는 2003년 7월 회의에서 이를 검토할 예정이다. ExCom의 승인 후 NesCom과 IEEE SA Standards Board의 승인이 확정 예상되는 시점인 2003년 9월 회의부터 공식적인 TG 활동의 시작이 예상된다. 위에서 언급한 5 Criteria와 PAR에 대한 내용은 다음과 같다.

새로운 TGn에서는 기존의 IEEE 802.11 PHY 및 MAC을 변경하여 MAC 데이터 서비스 접근점(MAC SAP)에서 적어도 100Mbps의 전송 속도를 가지는 표준의 제정을 목표로 한다. 이러한 고속의 전송 속도를 지원하는 새로운 표준에서의 일부방식은 기존의 802.11a나 802.11g 무선 LAN 방식과 상호운영이 가능한 것을 목표로 한다. 비허가 대역에서의 주파수 효율 측면에서 볼 때 이러한 전송 속도를 지원하기 위해 가장 전송 속도가 높고 요구되는 사용모델에서는 PSDU(PLCP Service Data Unit) 수준에서 적어도 3bits/sec/Hz를 목표로 하고있다. 이러한 목표를 달성하기 위해 먼저 TGn은 사용모델, 채널모델 그리고 관련 MAC과 응용분야의 정의에 관한 논의를 할 것이다. 현재 예상되는 사용모델은 핫스팟(Hot Spot), 사업장 및 택내 등이며 이 외 다른 사용범위도 포함될 수 있다. 특정한 사용모델 내에서 중요한 사항들에 대한 특징들을 정의하고 비교 검토할 수 있는 기준을 만드는 일도 활동범위에 포함된다. 선택된 사용모델에서 정의되어야 할 사항들은 MAC 상위계층에서의 데이터 전송 속도, 통신가능 거리, 총 네트워크 용량, 전력 소모량, 주파수 대역 유연성, 구현에 소

요되는 비용 및 복잡도, 기존의 무선 LAN 표준과의 호환성 그리고 기존의 기기들과의 상호공존성 등이다. 다음 단계로는 기술적인 요구조건을 반영하는 평가기준을 만들며 이 과정에서 각 단체 및 업체들이 제안하는 방식을 미리 정의된 평가방법을 통해 채택 여부를 결정하게 된다. 현재 예상되는 802.11n 표준의 완성은 2005년 말이다. TGn의 운영을 위하여 IEEE 802.11 Working Group 는 TGn의 의장으로 Texas Instruments 사의 Matthew B. Shoemake를 선출하였다. Dr. Shoemake는 현재까지 TGg 의 의장으로 활동하고 있다.

Dallas에서 열린 HTSG의 2003년 5월 회의에서는 121명이 참석하였으며 12개의 기고서가 발표되었다. 또한 TGn에서 향후 논의되어야 할 사항 중 일부인 사용모델, 채널모델, 그리고 관련 MAC과 응용에 관한 가정들을 찾아내고 정의하는 일들이 논의 되었으며 그 결과로서 2개의 특별위원회(Special Committee)가 구성되었다. 특별위원회에서는 TGn을 위한 새로운 시스템에 대한 선정 및 비교 기준을 정하는 일이 수행될 예정이다. 여기에는 사용모델 특별위원회와 채널모델 특별위원회가 있다.

사용모델 위원회의 역할은 home, enterprise, hot-spot의 각 환경에서 적용 가능한 채널모델, 서비스 반경, STA의 수, STA에서 사용 가능한 application의 종류와 각 application의 상세한 traffic spec.을 정하는 것이다. 특히 사용모델에서 필요한 채널모델은

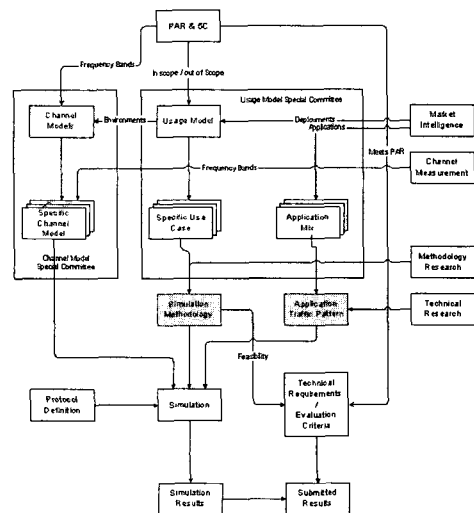


그림 1 사용모델 선정 과정

사용모델 위원회와 별도로 진행 중인 사용모델 위원회에서 연구 중이다. 다음 그림 1은 사용모델 위원회의 역할을 통하여 IEEE 802.11n에서 사용할 최종적인 사용모델 선정 과정을 나타낸 것이다.

그림 1에서 사용모델 선정 시에 반영되는 성능 척도로는 MAC SAP에서의 throughput, 서비스 반경, network capacity, power consumption, spectral efficiency, complexity, backward compatibility, coexistence가 있는데 각 성능 척도의 구체적인 값은 IEEE 802.11n에서 표준화 활동을 통하여 구해져야 한다. 그리고 IEEE 802.11n에 제안된 각 사용모델의 이러한 성능 척도를 시뮬레이션을 통하여 구하기 위해서는 시뮬레이션 입력 파라미터가 되는 각 STA의 application의 traffic spec.이 필요하다. 그러나 이러한 traffic spec.을 구하는 작업은 기존의 발표 자료를 통하여서는 구하기가 어려워 현재 Wi-Fi Alliance, 1394, Cablelabs, WiMedia, Wi-Max, 802.1, 802.15, 802.17, 802.16, 802.19, MMAC, Wireless USB, ETSI BRAN H2, IETF, DVB Association, ISO/IEC-MPEG, PASS-ONE, Cometa 등의 단체에 liaison을 통하여 contribution을 요청하고 있다. 그리고 사용모델 위원회에서는 동일한 BSS 내의 legacy STA와 HT STA의 동시 서비스를 위한 coexistence가 필요한 경우를 사용모델에 반영하기 위한 작업을 하고 있다.

채널모델 위원회는 기존의 802.11 채널모델과 상호호환 가능한 차세대 무선 LAN 용 채널모델을 개발하는데 그 목적이 있다. 새롭게 만들어질 채널모델은 현재 차세대 무선 LAN 전송방식의 하나의 후보로 거론되고 있는 다중안테나 기술을 채택한 시스템을 평가하는데 사용될 것이다. 예정 완성목표는 2003년 9월이며 이때까지 위원회에서 논의될 사항들은 2.4GHz 및 5GHz 대역에서 다중안테나 채널모델을 위한 파라미터의 결정을 포함한다. 다중안테나를 가정한 채널모델은 클러스터 접근방법을 사용하며 경로감쇠, 도플러 효과로 인한 채널의 시간에 따른 변화, 지연확산, 안테나간의 상호상관관계 등에 대한 파라미터 등을 포함한다. 또한 인접채널, 동일채널간, 혹은 레이더나 블루투스 등의 시스템들과의 간섭에 관한 모델 등도 포함된다. 현재 논의되고 있는 모델은 사무실 및 택내, 중형 및 대형 사무실 그리고 공장 과 같은 사업자에서의 채널환경을 포함하고 있다.

## 5. 차세대 무선 LAN을 위한 MAC 프로토콜 및 PHY 전송방식

### 5.1 차세대 무선 LAN을 위한 MAC 프로토콜

고속의 차세대 무선 LAN 서비스를 위하여 IEEE 802.11n에 제안될 수 있는 MAC 프로토콜 기술로는 기존의 IEEE 802.11 혹은 IEEE 802.11e의 MAC 프로토콜을 수정하여 고속의 데이터 서비스에 보다 적합하도록 하는 MAC 프로토콜과 adaptive modulation을 지원하기 위한 MAC 프로토콜 그리고 backward compatibility를 지원하기 위한 MAC 프로토콜 등이 있다. 각 경우에 대해 살펴보면 다음과 같다.

MAC SAP에서의 MAC throughput을 향상시키기 위하여 기존의 MAC 프로토콜은 RTS, CTS 프레임, ACK 프레임, MPDU 헤더, 백오프 등의 overhead를 줄이기 위하여 개선될 전망이다. MAC throughput은 MPDU 내의 payload 전송량을 의미하므로 이러한 overhead를 줄임으로써 실질적으로 MAC throughput을 향상시킬 수 있을 것이다.

Adaptive modulation을 위하여 MAC 프로토콜에서 지원할 수 있는 것은 STA에서 각 부반송파 별로 수신된 SNR(Signal to Noise Ratio) 값을 MPDU로 구성하여 AP에 feedback 하는 것과 feedback된 SNR 값과 사용자의 전송 품질을 고려하여 적절한 modulation 방식을 선정하는 것이다. 하지만 이것은 수신 SNR을 feedback 하기 위하여 과도한 overhead를 가져 온다는 점에서 SNR 정보 전달 방식을 효율적으로 설계할 필요가 있다.

Backward compatibility를 위하여 현재의 MAC 프로토콜은 AP의 BSS 생성 과정, association/reassociation 과정에서 다음과 같이 변화가 있을 전망이다. 우선 IEEE 802.11n AP는 사용 가능한 여러 개의 channel 중에서 현재 서비스 중인 legacy STA의 수가 가장 작은 channel을 선정하여 BSS를 생성하고 남아 있는 legacy STA를 다른 channel로 이동하도록 명령한다. 이 때, legacy STA를 다른 channel로 이동시키기 위해서는 IEEE 802.11h가 AP와 STA에서 지원되어야 할 것이다. 그리고 IEEE 802.11n STA은 association/reassociation 과정에서 IEEE 802.11n AP를 우선적으로 scan하여 만약 IEEE 802.11n AP가 존재하는 경우 IEEE 802.11n AP와

association을 수행하고 그렇지 않은 경우 legacy AP와 association 과정을 수행할 것이다. IEEE 802.11n STA은 legacy AP로부터 고속의 데이터 전송과 같은 IEEE 802.11n 고유의 서비스를 받지 못하지만 기존의 legacy 무선 LAN 서비스를 받을 수 있을 것이다.

**5.2 차세대 무선 LAN을 위한 PHY 전송방식**

차세대 무선 LAN이 목표로 하는 고속의 전송 속도를 지원하기 위한 후보 기술로서 유력한 것은 다중 안테나를 사용하는 방식(Multiple Antenna)과 적응형 변조(Adaptive Modulation)를 사용하는 방식이다. 다중의 송수신 안테나를 사용하는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 시스템을 활용하여 무선 환경에서 채널의 용량을 증가시키고 시스템의 성능을 증가시키기 위한 노력으로 공간 다중화(Spatial Multiplexing) 기법과 시공간 부호화(Space-Time Coding)에 관한 연구가 최근까지 많이 진행되어 오고 있다. 또한 이러한 성능 증대 기법과 광대역 시스템에 적합한 OFDM 기법을 결합한 MIMO-OFDM 시스템이 최근 차세대 무선 전송방식으로 주목 받고 있다.

공간다중화는 독립적인 데이터 스트림을 다수의 송신 안테나를 통하여 동시에 병렬로 전송하고 수신단에서도 다수의 안테나를 사용하여 신호를 복원해 내는 방식으로서 이론적으로 송수신 안테나의 수가 동시에 증가할 때 시스템의 전송 속도도 선형적으로 비례하여 증가한다. 공간 다중화의 대표적인 신호복원 방식으로는 AT&T Bell Labs.에서 제안한 BLAST 방식이 있다.

시공간 부호화는 송신 다이버시티의 한 기법으로서 송신단에서 데이터가 전송되는 시간과 안테나에 적절한 부호화를 하여 동일한 데이터를 여러 개의 안테나를 통하여 동시에 전송하는 방식이다. 수신단 측에서는 중복되어 들어오는 신호를 결합하여 원래의

송신신호를 복원하는 과정에서 다이버시티 이득을 얻게 된다. 시공간 부호화에는 트렐리스 구조를 이용한 방식과 블록구조를 이용한 방법이 있는데 구현의 복잡도 면에서 블록구조인 시공간 블락부호(Space-Time Block Code)가 유리하다. 특히 Alamouti가 제안한 블록의 크기가 2인 부호는 송신 안테나가 2개인 경우 최대의 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.

마지막으로 적응변조 기법은 송신단에서 데이터를 전송하려는 채널의 상태를 고려하여 변조방식과 송신전력을 결정하여 신호를 전송하는 방법으로서 각 부채널이 동일한 페이딩(flat fading)을 겪는 OFDM 시스템과 적절히 결합되었을 경우 많은 성능 향상을 얻을 수 있다. MIMO 시스템에 적용될 수 있는 대표적인 적응변조방식에는 SVD(Singular Value Decomposition) 방식과 V-BLAST 방식이 있다. 위에서 설명된 방식들은 전송효율, 복잡도, 채널에 대한 의존도, 다이버시티 혹은 부호화 이득 등의 관점에서 최적화되어야 한다.

**6. 결 론**

최근 유선 및 무선 초고속 인터넷 서비스의 보급과 함께 그 중요성이 강조되고 있고 3세대 및 차세대 이동통신 망과의 연동을 통한 통합 서비스로서의 가능성을 주목 받고 있는 무선 LAN 표준화 동향 및 관련 변복조 및 전송 프로토콜 기술을 IEEE 802.11 표준을 중심으로 설명하였다. 먼저 IEEE 802.11의 MAC 계층의 기본동작 원리와 이로부터 진화한 기술로서 QoS의 지원을 목표로 하고 2003년 하반기 표준완료를 목표로 하는 IEEE 802.11e 규격을 간략하게 설명하였다. PHY 계층의 소개에서는 우선 2.4GHz 대역에서 IEEE 802.11 규격의 변조 기술로서 기존의 2Mbps 급을 지원하는 규격 및 진보된 기술을 채택한 11b 규격을 설명하였으며 OFDM 방식과 CCK 방식을 모두 채용한 IEEE 802.11g 규격에 대해서 소개하였다. 또한 5GHz 대역에서 54Mbps를 지원하는 표준인 IEEE 802.11a 규격에 대해서도 그 기반 기술을 중심으로 설명하였다. 마지막으로 차세대 무선 LAN 표준인 IEEE 802.11n의 최근 동향 및 향후 전망 그리고 차세대 무선 LAN 기술로 고려되고 있는 전송방식에 대해 간략한 소개를 하였다.

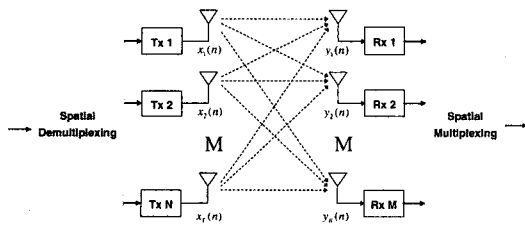
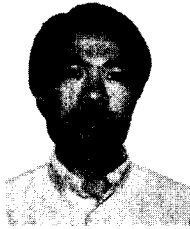


그림 2 공간다중화 시스템을 위한 구조도

### 참고문헌

- [1] IEEE Std 802.11, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE, 1999.
- [2] IEEE Std 802.11a, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications, High Speed Physical Layer in the 5 GHz Band, IEEE, 1999.
- [3] IEEE Std 802.11b, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band, IEEE, 1999.
- [4] IEEE Std 802.11e/D4.3, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Medium Access Control(MAC) Enhancements for Quality of Service(QoS), IEEE, 2003.
- [5] IEEE Std 802.11g, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Further Higher Data Rate Extension in 2.4 GHz Band, IEEE, 2003.
- [6] IEEE 802-11-02-798r7, Draft PAR for High Throughput Study Group, IEEE, 2003.

#### 전 태 현



1989 연세대학교 전기공학과(학사)  
 1993 University of Minnesota, MN, MS in Electrical Engineering  
 1997 University of Minnesota, MN, Ph.D. in Electrical Engineering  
 1997~1998 Motorola, San Jose, Staff Engineer  
 1998~2001 Texas Instruments, San Jose, Member of Technical Staff  
 2002~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

#### 최 우 용



1992 포항공과대학교 산업공학과(학사)  
 1994 포항공과대학교 산업공학과(석사)  
 1997 포항공과대학교 산업공학과(박사)  
 1997~2001 현대전자 통신연구소 선임연구원  
 2001~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

#### 이 우 용



1989 고려대학교 전자공학과(학사)  
 1991 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)  
 1997 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)  
 1997~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

#### 이 석 규



1986 광운대학교 전자공학과(학사)  
 1997 Polytechnic University, NY, MS in Electrical Engineering  
 2000 New Jersey Institute of Technology, NJ, Ph.D. in Electrical Engineering  
 1991~1994 한국전자통신연구원 연구원  
 2000~현재 한국전자통신연구원 이동통신연구소 무선LAN모뎀연구팀장  
 E-mail : sk-lee@etri.re.kr