

IEEE 802.11e 무선 MAC 기술 및 표준화 동향

Trend of IEEE 802.11e Wireless MAC Technology and Standardization

정영식 (Y.S. Chung)	센서네트워크킹연구팀 책임연구원
김유진 (Y.J. Kim)	센서네트워크킹연구팀 선임연구원
허재두 (J.D. Huh)	센서네트워크킹연구팀 팀장

목 차

-
- I. 서론
 - II. 무선 MAC 기술
 - III. IEEE 802.11 표준화 동향
 - IV. 결론

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-047-01, 무선 홈네트워크 기반 HD급 멀티미디어 시스템 개발]

1997년에 IEEE 802.11 WG에서 1~2Mbps급의 전송속도를 가지는 근거리 무선 LAN에 대한 규격을 시작으로, 최근 100Mbps 이상 고속의 데이터 전송속도를 지원하는 규격에 이르기까지 무선 LAN에 대한 기술이 지속적으로 발전되고 있다. 최근 무선통신 분야에서는 다양한 멀티미디어 데이터를 고속으로 전송하는 응용서비스가 증가하고 있으며, 이러한 서비스를 지원할 수 있는 무선 QoS MAC 기술이 IEEE 802.11e에서 표준화되었다. 본 고에서는 무선 LAN 관련 국제 표준화기구인 IEEE 802.11 WG에서 진행되고 있는 표준화 내용 중에서 802.11e에서 표준화한 QoS MAC 기술을 중심으로 MAC 기술 및 관련 표준화 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

I. 서론

Wi-Fi라고도 불리는 무선 LAN은 유선 LAN의 전송 방식을 무선 환경에 맞도록 변화시킴으로써, 이더넷이나 토큰 링과 같은 전통적인 유선 LAN 기술의 이점과 기능을 무선 주파수(radio frequency) 기술을 이용하는 무선 망 환경에서 제공하여 사용자에게 자유로운 이동성을 보장하고 LAN 설치 비용도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

무선 LAN은 전파를 전송매체로 사용하므로 단말기가 빈번히 이동하는 경우나 배선의 설치가 어려운 환경에서 단기간 사용을 목적으로 하는 경우에 유용하게 사용된다. 무선 LAN 시스템의 특징으로는 일반 이동전화 단말기가 발산하는 전력보다 낮은 전력의 사용, 전세계적으로 인정된 비허가 주파수 대역(license-free radio)의 사용, 신호간섭이 존재하는 곳에서도 수신강도가 강한 속성을 가지는 대역 확산 기술(spread spectrum techniques)의 이용 등을 들 수 있다[1]-[3]. 그러나, 무선 LAN은 가정 내에서 전체 네트워크를 수용할 수 있는 구조로 설치되기에는 주파수 간섭이나 전달 영역 한계의 모호성, 보안 및 데이터 노출에 의한 불안전성 등의 문제점들이 지적되기도 한다.

무선 LAN의 구축방식은 두 가지로, 일정한 공간 안에서 유선 망과 연결 없이 무선 LAN 카드를 장착한 2대 이상의 스테이션들이 직접 연결하는 독립

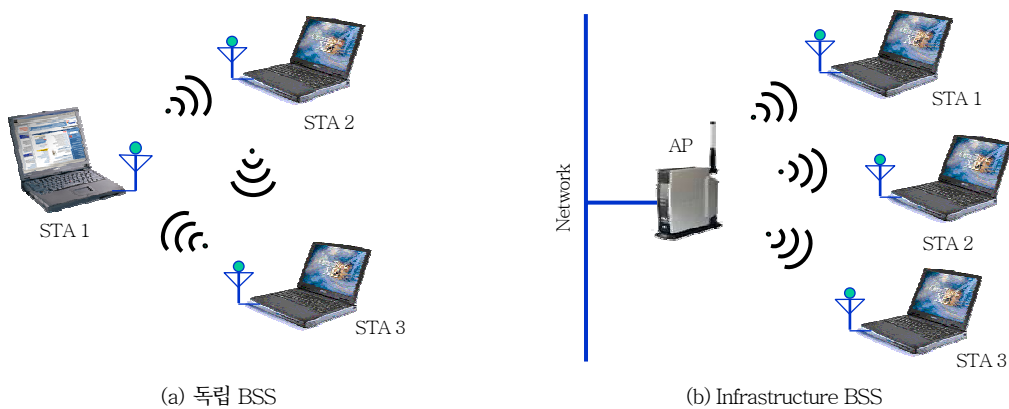
BSS(또는 ad-hoc network) 방식(그림 1a)과 유선 망과 브리지 기능을 수행하는 액세스 포인트에 여러 대의 스테이션들을 연결시키는 infrastructure BSS (또는 infrastructure networking) 방식(그림 1b)으로 구분된다.

무선 LAN 기술은 크게 PHY 계층과 MAC 계층 두 부분으로 구성되어 있다. IEEE 802.11 WG(약칭 802.11) 내에서는 PHY 또는 MAC 계층에 특성화된 기술에 따라 TG이 구성되고, 각 TG별로 표준화가 진행되고 있다[4].

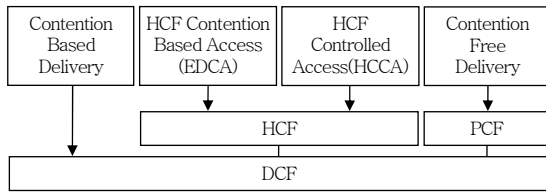
본 고에서는 무선 LAN의 MAC 기술에 대한 소개와 802.11에서 진행되고 있는 최근 표준화 동향을 살펴보고자 한다. II장에서 QoS MAC을 포함한 무선 LAN의 전반적인 MAC 기술에 대한 내용을 소개하고, III장에서는 무선 LAN의 표준화 동향에 대하여 살펴보고, 마지막으로 IV장에서 결론을 맺고자 한다.

II. 무선 MAC 기술

802.11 규격의 핵심요소는 모든 PHY 위에 올라갈 수 있는 MAC으로, 사용자 데이터를 공기 중으로 전송하는 것을 제어하는 기술을 말한다. MAC 프로토콜은 기본적으로 충돌을 회피할 수 있는 반송과 감지 다중접속(CSMA/CA) 방식을 이용하는 DCF에 기반을 두고 있으며, 무선 매체를 접근하는 데 있



(그림 1) 무선 LAN 구조



(그림 2) MAC 프로토콜의 Coordination Function 구조

어서 스테이션과 스테이션 사이의 우선순위를 고려하지 않는다[5]. 이러한 특성은 다양한 형태의 데이터 전송을 반영하지 못하고 QoS를 지원하기 어려운 문제를 가지고 있으며, 이를 해결하기 위해 HCF 전송방식이 제안되었다[6]. 이 외에도 802.11에서는 액세스 포인트에서 스테이션에 대한 전송 서비스를 직접 제어하는 PCF 전송방식을 정의하고 있으나, 구현된 상용 제품이 거의 없어서 효율적인 면은 거의 없는 상황이다[5](그림 2) 참조).

1. DCF 전송방식

DCF 전송방식은 전송매체에 대한 접근을 제어하기 위하여 CSMA/CA 방식을 사용하고 있다. CSMA/CA 방식은 집중화된 제어기 없이 분산 환경에서 경쟁 기반 매체접근 제어방식을 사용한다[2]. DCF MAC을 사용하는 스테이션들은 채널의 상태를 관찰하고 있다가 채널이 DIFS 동안 사용되지 않는 상태가 지속되면, 해당 스테이션은 임의 백오프 시간(random backoff time) 후에 전송을 시도하게 된다. 이 방법은 두 개 이상의 스테이션이 동시 전송으로 발생하는 충돌 현상을 방지하는 역할을 하며, 이를 충돌 회피(collision avoidance)라고 한다.

● 용어해설 ●

임의 백오프 시간(random backoff time): 채널이 DIFS 또는 EIFS 동안 기다린 후, 프레임 전송을 시작하기 전에 기다리는 시간

$$\text{백오프 시간} = \text{Random}() \times \text{SlotTime} \text{ ----- (1)}$$

- Random() = [0, CW] 사이의 정수 값
- CW는 CWmin과 CWmax 사이의 정수 값

CW 값은 초기 CWmin 값(보통 $2^5-1=31$)부터 2의 그 다음 제곱수에 1을 뺀 값으로 CWmax 값(보통 $2^{10}-1=1023$)까지 증가함.

DCF 전송방식에는 데이터 프레임을 전송하기 전에 제어 프레임(RTS, CTS)을 교환하여 미리 채널을 점유하는 RTS/CTS 액세스 모드가 있다. 이러한 방법은 데이터 프레임 전송시 발생할 수 있는 충돌을 상대적으로 짧은 제어 프레임에 의한 충돌로 대체시킴으로써 채널의 낭비를 줄일 수 있는 이점이 있다.

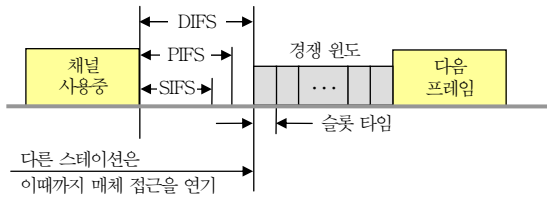
가. 반송파 감지 방법

DCF에서 반송파를 감지하는 방법으로는 물리적 반송파 감지(physical carrier sense) 방법과 가상 반송파 감지(virtual carrier sense) 방법 등 두 가지가 있다. 물리적 반송파 감지 방법은 물리계층에서 채널 상태를 감지하여 MAC 계층에 알려주는 방식이며, 가상 반송파 감지 방법은 채널 점유시간을 주변 스테이션들에게 방송하여 미리 채널을 예약하는 방식이다. 전송채널을 확보한 스테이션 또는 액세스 포인트는 RTS/CTS 또는 데이터 프레임 내에 이러한 채널 점유시간을 기록하여 전송하며, 이를 받은 타 스테이션들은 이 시간 동안 채널이 사용중임을 판단하고 채널 점유 경쟁을 하지 않게 되어 충돌을 회피하게 된다.

나. IFS

두 프레임 사이의 시간 간격을 IFS라고 정의한다. 스테이션은 반송파 감지 방법을 사용하여 표준에서 정의한 IFS 동안 채널이 사용되는지를 판단한다. DCF MAC은 네 가지 IFS를 정의하고 있고, 이에 의해 무선 매체를 점유하는 우선권이 결정된다. IFS는 스테이션의 비트율과는 관계가 없으며, PHY에 따라 특정한 값이 설정된다. IFS의 종류는 다음과 같으며, 길이에 따른 관계는 (그림 3)과 같다.

- SIFS: RTS/CTS, ACK 프레임 전송시 사용. 최고 우선순위
- PIFS: PCF 프레임 전송시 사용
- DIFS: DCF 프레임 전송시 사용
- EIFS: 프레임 전송 오류 발생 시에만 사용하며, 고정 간격이 아님



(그림 3) 프레임간 간격 관계

만약 프레임 전송이 실패하면 현재 설정된 경쟁 윈도우(CW) 값의 다음 단계 값을 가지게 되며, 이 값이 CWmax가 되면 더 이상 증가하지 않고 CWmax로 유지하게 된다. 프레임 전송실패 시에는 스테이션의 재시도 카운터 값도 하나씩 증가하게 되고, 표준에서 설정된 재시도 한계치를 초과하게 되면 그 프레임은 버려진다. 프레임 전송이 성공되었을 때나 버려질 때에는 경쟁 윈도우 값을 CWmin 값으로 재설정하게 된다.

2. PCF 전송방식

DCF는 CSMA/CA 방식을 기반으로 하기 때문에 데이터의 실시간 전송을 보장하기 어렵다. 그래서, 802.11에서는 실시간 데이터 전송시 QoS를 제공하기 위한 방법으로 PCF 방식을 제안하였다[5]. 비 경쟁 전송 서비스라고도 하는 PCF는 매체의 전체 전송기간을 독점하여 사용하는 것이 아니고, DCF 방식의 경쟁기반 서비스와 교대로 사용하도록 되어 있다(그림 4 참조).

PCF는 BSS의 액세스 포인트 내에 구현되어 있는 포인트 조정자(point coordinator)가 폴링(polling) 방식을 사용하여 각 스테이션들이 매체를 점유할 수 있는 권한을 제어하게 된다. PCF 내의 IFS (PIFS)를 DCF IFS(DIFS) 보다 작은 값으로 설정하여 프레임 전송에 우선권을 주고 있다.



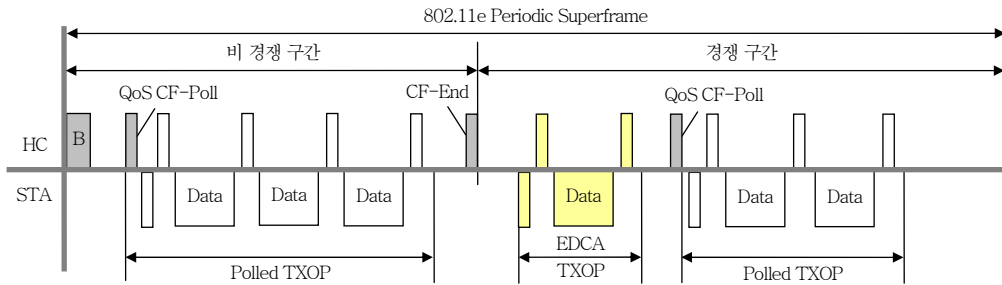
(그림 4) 수퍼프레임 구조

PCF 방식에서 데이터를 전송하기 위해서는 무선 LAN 상에서 DCF와 PCF를 같이 사용할 수 있는 수퍼프레임(superframe)을 만들어 주어야 한다. 수퍼프레임에는 DCF 방식을 사용할 수 있는 경쟁 구간(contention period)과 PCF를 사용할 수 있는 비 경쟁 구간(contention free period)으로 나누어지게 된다. 포인트 조정자가 비 경쟁 구간의 시작에서 매체를 감지하였을 때 사용하지 않는 상태이면 동기를 맞추어 주는 비컨(beacon) 프레임을 전송하고, 이를 받은 스테이션은 NAV를 갱신함으로써 PCF 매체를 사용할 수 있다. PCF의 경우 실시간 트래픽을 위해 제안된 방법이나, 액세스 포인트에서 폴링 리스트 갱신에 대한 부담이 크다는 단점을 가지고 있다.

3. HCF 전송방식

802.11e에서 정의하는 MAC 계층의 QoS는 DCF와 PCF 방식을 향상시킨 HCF 방식을 통하여 실현된다. HCF는 DCF에 의해 제어되는 경쟁 구간과 PCF에 의해 제어되는 비 경쟁 구간 동안 QoS 데이터를 전송할 수 있는 방식으로, EDCA라는 경쟁기반 채널접근 방법과 HCCA라는 컨트롤 채널접근 방법(그림 2 참조)을 사용하고 있다[6]. EDCA는 8개의 사용자 우선순위에 따른 트래픽을 4개의 AC로 매핑하여 서비스를 제공하는 prioritized QoS를 지원하며, HCCA는 액세스 포인트와 스테이션 사이에 지원하고자 하는 트래픽의 특성을 파라미터로 구분하여 각 특성에 맞는 QoS 서비스를 제공하는 parameterized QoS를 정의한다. EDCA와 HCCA는 DCF와 PCF를 사용하는 기존 802.11 MAC과도 호환이 된다.

802.11e MAC에 새롭게 추가된 중요한 개념이 TXOP이다. QoS 전송에 참여하는 스테이션은 EDCA와 HCCA 등 두 가지 채널접근 방법을 사용하여 일정한 기간동안 트래픽을 전송할 수 있는 TXOP를 얻을 수 있다. TXOP 획득은 EDCA 경쟁에서 성공하거나 액세스 포인트로부터 QoS CF-Poll 프레임을 받음으로써 가능해지는데, 전자는 EDCA TXOP로 후자는 Polled TXOP라고 한다(그림 5 참조).



(그림 5) HCF 수퍼프레임 구조

이와 같이 TXOP라는 개념을 이용해 임의의 한 스테이션이 프레임 전송할 수 있도록 일정 시간을 부여하거나 강제적으로 전송시간을 제한할 수 있다. TXOP의 전송 시작시간과 최대 전송시간은 액세스 포인트에 의해 결정되는데, EDCA TXOP의 경우 비컨 프레임에 의해, Polled TXOP의 경우는 QoS CF-Poll 프레임에 의해 스테이션에 통보된다.

가. 경쟁기반 채널접근 방법(EDCA)

EDCA 방식은 8개의 사용자 우선순위를 가진 트래픽에 차별화된 채널접근 방법을 제공하고 있다 [3]. 우선순위를 포함하는 QoS 데이터 프레임의 전송을 위해 EDCA는 네 개의 AC를 정의하고 있다. 응용 프로그램에서 서로 다른 사용자 우선순위를 가지고 MAC 계층으로 도착하는 트래픽을 해당 AC로 <표 1>과 같이 매핑하고, 각 AC별로 차별화된 전송을 제공하고 있다. 모든 AC는 각각의 전송 큐와 AC 파라미터를 가지는데, AC간 우선순위의 차이는 서로

다르게 설정된 AC 파라미터 값으로부터 구현된다.

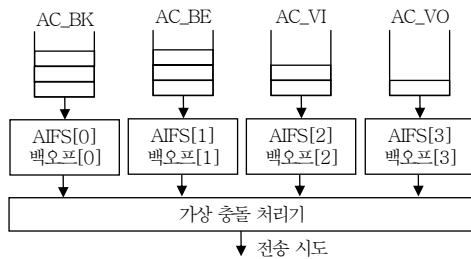
EDCA는 AC에 속한 프레임 전송하기 위한 경쟁에 있어 DCF가 사용하는 DIFS, CWmin, CWmax 대신에 각각 AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]를 사용하며(그림 3) 참조), 그 값은 액세스 포인트에서 비컨 프레임에 실려 각 스테이션으로 전달된다. AIFS[AC]와 CWmin[AC]의 값이 작을수록 높은 우선순위를 가지며, 이에 따라 채널접근 지연이 짧아져 주어진 트래픽 환경에서 보다 많은 대역을 사용할 수 있게 된다.

프레임 전송 도중 스테이션간 충돌이 발생할 경우, 새로운 백오프 카운터를 생성하는 EDCA의 백오프 과정은 기존의 DCF와 유사하며, AC별 차별화는 다른 EDCA 파라미터를 사용하여 처리하도록 한다. 이런 EDCA 파라미터들은 다양한 사용자 우선순위 트래픽의 채널접근을 차별화하는 데 사용되는 중요한 수단이 되고 있다. 각 AC별 파라미터를 포함하는 EDCA 파라미터 값의 적절한 설정은 네트워크 성능을 최적화하는 동시에 트래픽의 우선순위에 의한 전송 효과를 크게 해준다. 따라서, 액세스 포인트는 네트워크에 참여한 모든 스테이션에 공평한 매체 접근 보장을 위해 EDCA 파라미터에 대한 전체적인 관리와 조정 기능을 수행해야 한다.

802.11e MAC에 정의된 4개의 AC별 전송 큐는 하나의 스테이션 내에서 무선 매체접근을 위해 개별적인 EDCA 경쟁 개체로서 역할을 수행한다(그림 6) 참조). 하나의 AC는 자신의 AIFS 값을 가지고 독립된 백오프 카운터를 유지한다. 만약 동시에 백오프를 마친 AC가 하나 이상 존재할 경우에는 AC 간

<표 1> 사용자 우선순위와 AC 매핑

우선순위	사용자 우선순위	802.1D Designation	Access Category(AC)
↓ 낮음	1	BK	AC_BK
	2	-	AC_BK
	0	BE	AC_BE
	3	EE	AC_BE
	4	CL	AC_VI
	5	VI	AC_VI
	6	VO	AC_VO
↑ 높음	7	NC	AC_VO



(그림 6) EDCA 4 채널 참조 모델

의 충돌은 가상 충돌 처리기(virtual collision handler)에 의해서 조정된다. 가장 높은 우선순위를 가진 AC에 있는 프레임이 먼저 전송되며, 다른 AC들은 경쟁 윈도우 값을 증가시켜 다시 백오프 카운터를 갱신한다.

TXOP의 시작은 EDCA 규칙에 따라 채널에 접근하였을 때 발생한다. 만약 한 AC에 두 개 이상의 프레임이 쌓여 있을 때, EDCA TXOP를 얻게 된다면 EDCA MAC은 여러 개의 프레임 전송을 시도할 수 있다. QoS 스테이션이 이미 한 프레임을 전송하였고, 남은 TXOP 시간 내에 같은 AC에 있는 다음 프레임의 전송과 이에 대한 ACK까지 받을 수 있다면, QoS 스테이션은 그 프레임에 대한 전송을 SIFS 시간간격 뒤에 시도하게 된다.

TXOP 제한 값은 QoS 액세스 포인트에서 QoS 스테이션으로 전달된다. 만약 전송하려는 데이터 프레임의 크기가 TXOP 제한 값을 초과하게 될 경우, QoS 스테이션은 그 프레임을 여러 개의 작은 프레임으로 fragmentation하여 TXOP 제한 값을 초과하지 않는 범위 내에서 전송하도록 한다.

나. 컨트롤 채널접근 방법(HCCA)

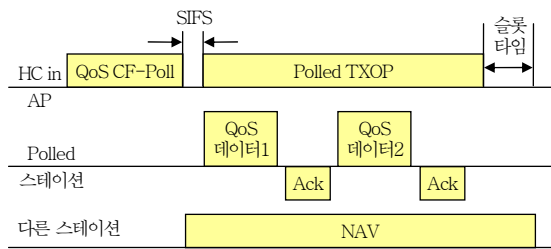
HCCA 프로토콜은 무선 매체접근에 대한 중앙 관리를 위해 액세스 포인트에 위치하는 HC를 사용한다. HC는 무선 매체를 중앙에서 통합적으로 관리하기 때문에 스테이션 간에 무선 매체접근에 대한 경쟁을 줄일 수 있으며, 데이터 프레임 교환을 짧은 전송 지연시간(SIFS)으로 유지할 수 있어서 네트워크의 효율성을 증가시킨다.

HC는 QoS 지원을 위해 응용 서비스로부터 요구되는 특정 트래픽에 대한 QoS 특성을 파라미터로 정의하여 전송지연과 스케줄링을 제어한다. 파라미터화된 QoS 트래픽을 전송하기 전에 HC에서는 트래픽 스트림(traffic stream)이라는 가상 연결(virtual connection)을 먼저 설정한다. 트래픽 스트림은 스테이션에서 액세스 포인트로의 업 링크, 액세스 포인트에서 스테이션으로의 다운 링크 또는 스테이션에서 스테이션으로의 직접 링크 모두에 해당될 수 있다. 액세스 포인트와 스테이션 간에 트래픽 스트림을 설정하기 위해서는 프레임 크기, 평균 전송 속도 등의 트래픽 특성, 그리고 지연시간과 같은 QoS 요구 파라미터들이 상호 협상 과정을 통해 교환된다.

HC가 스테이션에 QoS CF-Poll 프레임을 전송할 경우, 해당 스테이션에게 허용된 서비스 제공 시간인 TXOP 제한 값이 QoS 제어 필드에 포함된다. 즉, HC는 TXOP를 사용해 매체접근 시간의 할당을 제어하는 기능을 수행한다. TXOP 제한 값은 TSPEC에 의해 결정된다. TSPEC은 스테이션에 의해 요청되며, 액세스 포인트는 네트워크 상황에 따라 TSPEC의 요청을 허용 또는 거절할 것인가를 결정한다.

일단 트래픽 스트림이 설정되면, HC는 설정된 트래픽 스트림에 요구되는 무선 대역을 액세스 포인트와 스테이션 간에 할당함으로써 계약된 QoS를 제공한다. HCCA의 비 경쟁 주기에서는 HC가 매체에 대한 전체적인 제어권을 가지고 있으며, 경쟁 주기에서도 필요하다면 PIFS 만큼의 지연시간 이후에 QoS CF-Poll 프레임을 전송함으로써 매체의 제어권을 획득하게 할 수 있다.

TXOP를 소유한 polled 스테이션은 QoS CF-Poll 프레임을 받음으로써 QoS CF-Poll 프레임에 지정된 TXOP 제한 값만큼의 시간 동안 채널 접속에 대한 권한을 갖고 여러 개의 프레임을 전송한다. 이때, 다른 스테이션도 비록 자신들에게 해당되지는 않지만 QoS CF-Poll 프레임을 받은 후에는 TXOP 시간과 일정 시간을 합해 자신의 NAV를 설정하며,



(그림 7) Polled TXOP 타이밍

이 시간 동안은 채널 접속에 대한 경쟁을 하지 않는다(그림 7) 참조).

결국 HC는 계약된 QoS 요구사항을 만족하기 위해 QoS CF-Poll 프레임의 적절한 전송을 스케줄링 할 필요가 있다. 무선 매체는 시간 또는 위치에 따른 채널의 조건이 다양하기 때문에 효율적인 스케줄링 알고리즘을 만드는 것은 QoS를 지원하는 데 있어서 중요한 요소가 된다. 우수한 스케줄링 알고리즘은 QoS 계약을 위반하지 않으면서 보다 많은 트래픽 스트림을 허용해 무선 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있다.

다. 블록 ACK 및 DLS

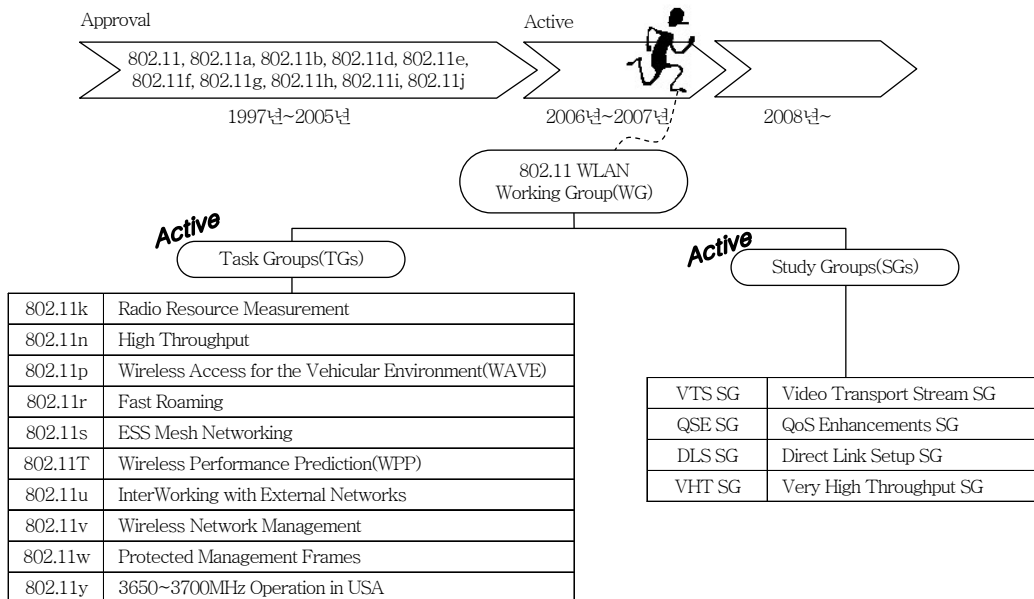
EDCA와 HCCA 채널 접근방식 외에도 802.11e

의 향상된 MAC 프로토콜에서는 기존의 802.11 MAC 프로토콜의 stop-and-wait와 ARQ를 기반으로 하는 프레임 전송방식으로 인한 채널 낭비를 극복하기 위해 블록 ACK 기법을 정의하고 있다[6]. 블록 ACK 기법은 하나 이상의 QoS 데이터 프레임을 SIFS 간격으로 전송하고, 이를 수신한 수신 QoS 스테이션은 하나의 블록 ACK 프레임을 전송하는 방식으로 채널을 보다 효율적으로 사용할 수 있는 방법이다. 또한, 동일한 BSS 내의 스테이션으로 데이터를 전송하는 경우에도 항상 액세스 포인트를 경유해야 하는 기존의 전송방식은 전송 지연에 민감한 다양한 트래픽을 효과적으로 지원할 수 없다. 따라서, 802.11e에서는 QoS 스테이션들 사이에 직접 데이터를 송·수신할 수 있는 DLS 기능을 정의하고 있다[6].

III. IEEE 802.11 표준화 동향

1. 2007년도 표준화 동향

미국 전기전자학회(IEEE)에서 1997년부터 현재 까지 승인된 무선 LAN 표준은 추가문서(amend-



(그림 8) 2007년도 802.11 무선 LAN WG에서 활동중인 TG와 SG

ment)를 포함하여 10여 개에 이르고 있다. 2006년부터 현재까지의 표준화 동향 추세는 2003년부터 시작된 TGn(802.11n)을 중심으로 (그림 8)과 같이 10개의 TG와 4개의 SG로 구성되어 있다[4].

현재 활동중인 10개의 TG들과 4개의 SG들은 기존 표준과의 호환성을 가지면서 고속의 PHY 계층과 이를 지원하는 QoS MAC 계층을 기반으로 추가적인 표준화 작업이 이루어지고 있다.

특히, 2005년도 말에 승인된 802.11e는 무선 LAN에서 QoS를 지원하기 위한 표준으로 우선순위 기반의 QoS 방법을 사용하는 EDCA 기능과 파라미터화된 QoS 방법을 사용하는 HCCA 기능을 정의하고 있다. 추가적인 기능들로 일부 경쟁 구간을 제거하여 전송효율을 높이는 CFBs, 앞에서 언급한 블록 ACK, DLS, 그리고 기존 802.11의 전원 절약 방법을 개선한 APSD 등의 기능이 있다[6]. 이러한 802.11e는 최근 활발히 활동중인 TG와 SG에 많은 참고가 되고 있어 향후 MAC 계층 기술 발전에 중요한 표준으로 인식되고 있다.

2. 활동중인 TG별 기술 동향

가. TGk

무선 LAN의 전파 자원 측정에 관하여 제안된 표준이다. 액세스 포인트 또는 무선 LAN 스위치가 모든 클라이언트들에게 자신들의 통계정보를 요청할 수 있는 기능을 제공한다[4]. 개략적인 동작을 보면, 액세스 포인트는 스테이션 기능을 하는 클라이언트가 액세스 포인트로부터 멀어지고 있음을 판단하여 클라이언트에게 다른 액세스 포인트에 접속하도록 준비하는 정보를 준다. 이 경우 클라이언트는 액세스 포인트에게 가장 가까이에 있는 액세스 포인트 목록을 요청하게 되며, 액세스 포인트는 근처의 액세스 포인트 목록을 보내게 된다. 클라이언트는 즉각적으로 근처의 액세스 포인트 목록 중 가장 연결되기 좋은 액세스 포인트에 접속을 하게 된다. 이러한 방법은 현재 연결된 액세스 포인트와 거리가 멀어져 연결상태가 좋지 않을 경우 빠르게 다른 액

세스 포인트에 접속하게 하여, 끊김 없는 무선 서비스를 가능하게 한다. 현재 802.11k draft 7.0에 대한 보완작업이 진행중이다.

나. TGn

TGn은 적어도 100Mbps 전송속도를 가지는 차세대 무선 LAN 규격을 만들기 위한 것으로, MIMO 방식 등의 새로운 물리계층 적용과 함께 기존의 PHY와 MAC과도 호환이 가능하다[1]. 현재 draft 2.0은 승인된 상태이며, 이미 시장에는 draft 1 또는 pre-11n이라는 이름으로 관련업체의 제품이 출시되어 140~160Mbps의 전송속도를 제공하고 있다. MIMO 기술의 사용으로 안테나의 수를 증가시키면 200Mbps 이상의 속도도 가능할 것으로 보인다. 현재의 추세라면 표준화는 2008년 가을에 최종표준이 승인될 것으로 예상하고 있다. TGn에 적용된 MAC 기술은 802.11e QoS MAC 기술에 근간을 두고 있어 현재 QSE SG에서 심층적인 연구가 이루어지면 추가 문서작업도 예상이 된다.

다. TGp

WAVE라고도 불리는 TGp는 802.11을 개선시켜 10ms의 상당히 짧은 latency를 가지게 하고, 최소 200km/h의 속도에서 반경 1km를 커버하며, 큰 빌딩들 사이의 멀티패스 환경에서 운송수단(자동차 등)과 길거리의 장치 또는 운송수단 간에 5GHz의 주파수 대역을 사용한 통신을 지원하는 ITS 응용 시스템의 PHY 및 MAC 표준을 연구한다[4]. WAVE 또한 DSRC를 지원하는데 이 경우 가장 하위계층은 IEEE 802.11p를 고려하나 상위계층은 DSRC에서 정의된 IEEE 1609.1~1609.4의 표준을 적용한다. 공식적인 표준화 일정은 2009년 4월까지로 정해져 있다.

라. TGr

'Fast roaming'을 제공하기 위한 것으로 빠른 BSS 전환을 가지도록 한다. 원래 TGr은 셀룰러 망

을 사용하는 대신에 무선 인터넷 망에서 이동전화기를 가지고 VoIP와 같은 응용서비스를 실시간으로 지원하기 위한 목적으로 시작되었다. 이러한 응용서비스의 핸드오프는 최대 50ms 이상을 초과할 수 없는데, 현재의 802.11의 로밍 지연은 평균 수백 ms가 걸리고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 TGr은 802.21(handover)과도 연계하여 현재 draft 6.0에 대한 수정 작업중이며, 공식적인 표준화 일정은 2008년 4월까지로 정해져 있다.

마. TGs

TGs는 기존 802.11에 메시 네트워킹(mesh networking)을 추가한 것으로, 애드혹(ad-hoc) 망에서 무선 디바이스들이 상호 통신을 하도록 정의하고 있다[4]. 또한 “radio-aware metrics over self-configuring multi-hop topologies” 기술을 사용하는 액세스 포인트 간에 브로드캐스트/멀티캐스트와 유니캐스트를 지원하도록 한다. 802.11s 메시 망에서 사용되는 디바이스를 메시포인트(MP)라고 부르며, MP들은 다른 MP와 라우팅 프로토콜을 이용하여 메시 경로를 설정한다. TGs에서는 기본적으로 HWMP 라우팅 프로토콜을 제공하며, 다른 벤더에서 제공하는 RA-OLSR과 같은 라우팅 프로토콜의 사용도 허락하고 있다. HWMP는 AODV(IETF RFC 3561) 라우팅과 트리-기반 라우팅을 결합한 것과 유사하고, RA-OLSR은 OLSR(IETF RFC3626)을 기반으로 하는 프로토콜이다. 현재 draft 초안 작업중이며, 공식적인 표준화 일정은 2009년 4월까지로 정해져 있다.

바. TGT

IEEE 802.11T는 WPP라고 부르며, IEEE 802.11 제품에 관한 시험방법과 측정기준을 정하는 일을 한다[4]. 여기서 대문자 T를 사용하는 것은 802.11T의 성격이 “recommend practice”이며 표준으로서의 성격이 아니기 때문에 대문자 T를 사용하도록 한다. 현재 draft 0.14에 대해 작업중이며, 공

식적인 표준화 일정은 2008년 1월까지로 정해져 있다.

사. TGu

TGu에서는 기존의 802.11 표준에 외부 망과의 상호 연동성을 향상시키기 위한 기능을 추가하는 작업을 한다[4]. 현재의 802.11은 사전에 인증을 받은 사용자만이 이용 가능한 망이나, 802.11u는 사전에 인증을 받지 않은 사용자도 망의 사용을 가능하게 하도록 한다. 즉, 외부 망(예, 핫스팟 로밍 동의자) 이용자가 현재의 망에 들어오게 할 수 있는 방법이라든가 비상호출(emergency call) 시에 망에 접근을 허락하게 하는 방법 등을 제안하고 있다. 현재 802.11과 3GPP SA2와의 상호 연동방안을 논의중이며, 공식적인 표준화 일정은 2009년 3월까지로 정해져 있다.

아. TGv

Wireless network management라고 하며, 실시간 모니터링과 시스템 관리에 관한 작업을 한다 [4]. 현재 draft 0.13에 대해 검토중이며, 관련 내용에는 BSS transition management for network load balancing, co-located interference reporting, event reporting, flexible broadcast/multicast service, multicast diagnostics reporting, multiple BSSID support, multiple SSID, proxy ARP, presence and location 등에 대하여 논의중에 있다.

자. TGw

Protected management frames에 관한 표준으로, 기존의 802.11 MAC에 보안관리 프레임(security of management frames) 기능을 향상시키기 위한 작업을 진행중이다[4]. 기존 802.11 MAC은 보호되지 않은 프레임 안에 관리정보를 송신하여 보안에는 취약하였다. 이러한 문제를 해결하고자 하는 802.11w의 노력은 802.11i를 확장시킬 것으로 예

상되며, 802.11u와 802.11r과의 상호 연동까지 확장을 고려하고 있다. 현재 draft 2.0에 대해 작업중이며, 공식적인 표준화 일정은 2008년 3월까지로 정해져 있다.

차. Tgy

CBP SG에서 출발하여 Tgy로 발전하였다. 미국 연방통신위원회(FCC)는 기존의 인공위성을 이용한 서비스로 예약되었던 3.65~3.7GHz 주파수 대역을 일반 사용자에게 사용허가를 내주었는데, Tgy는 legacy 802.11에서 광대역 무선 서비스(broadband wireless services)를 추가하기 위한 작업을 하고 있다. 또한, Tgy는 간섭회피 기술에 관한 표준도 진행중이며, 현재 draft 3.0에 대해 작업중에 있다.

3. 802.11 SG별 기술 동향

가. VTS SG

대용량 고속전송 물리계층의 발전으로 최근 pre-802.11n 제품에서는 최대 200Mbps 이상의 속도를 가지는 제품들이 출현하고 있다. 이러한 802.11n의 고속 PHY 계층과 이를 지원하기 위한 MAC 계층은 데이터 전송속도를 효율적으로 높이기 위한 방법을 정하고 있다.

그러나, 비디오 전송을 주된 목적으로 802.11을 사용한다면 우선순위에 대한 제한된 정의, 각 내부 계층간의 정보공유 부재, 부족한 QoS 파라미터, 그리고 영상 콘텐츠에 특화된 전송방법 부재 등 다양한 문제점을 가지게 된다. 이러한 다양한 문제점은 802.11e에서 정의하는 EDCA, HCCA, CFBs, BA 와 DLS 기능을 이용하면 서비스 품질의 증가는 가져올 수 있으나, HD급 또는 Blu-Ray급의 고화질을 전송할 경우에는 비디오 전송에 최적화된 802.11e MAC을 개발할 필요가 있게 된다. 이러한 필요성은 2005년 말부터 IEEE 802.11 표준회의에서 지속적으로 언급되어 2007년 5월 회의장소에서 VTS SG로 첫 미팅이 이루어졌다. VTS SG는 802.11AVB와

의 협력을 진행중이며, 현재 PAR/5C 관련 주제로 다음과 같은 내용을 다룬다.

- Enhancements to 802.11e mechanisms to render them effective for transport streams
- QoS management mechanisms
- Optimizations to make medium access more deterministic
- Forward error correction techniques that are effective for 802.11
- Resiliency mechanisms to mitigate interference
- Heuristics for retransmission, packet drop, etc
- Channel dynamics estimation and adaptation techniques

나. QSE SG

Wi-Fi Alliance가 WMM 규격을 만들 때 산업체의 의견을 받아 802.11e의 draft 버전을 기반으로 만들었다. 이후 IEEE 위원회에서는 802.11e를 WMM의 superset으로 승인을 했으며, 이로 인해 WMM의 규격과 802.11e의 규격의 차이가 발생하게 되었다. 802.11e에서 정의한 EDCA 기능을 제외한 다른 기능들이 WMM 규격에 정의되어 있지 않음으로 인해 프레임 구조가 차이가 나서 호환성에 문제가 발생하게 되었다. 산업체에서는 한 개의 표준이 유리하므로 WMM과 802.11e를 통합할 필요성을 제기하였으며, 이러한 필요성으로 QSE SG가 만들어져 2007년 5월에 첫 미팅을 가졌다.

다. DLS SG

802.11e에서 이미 정의된 DLS는 BSS 안에서 스테이션 간의 직접적인 통신을 지원하도록 하는 기능이다. 이 경우 802.11e 액세스 포인트는 DLS 기능을 처리해야 한다. 그러나, 기존 액세스 포인트의 경우 DLS 기능이 없어 802.11e 스테이션과 기존 액세스 포인트가 공존하는 망인 경우 DLS를 사용할

수 없게 되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고자 DLS SG가 만들어졌다. 현재 검토되고 있는 주요 내용은 DLS 요청 관련 프레임에 데이터 프레임 내에 캡슐화하여 보내는 방법이 검토되었으며, 2007년 5월 회의에서는 LG전자기술원에서 direct transmission protection, DLS timeout value 와 best path selection 방법 등을 제안하였다.

라. VHT SG

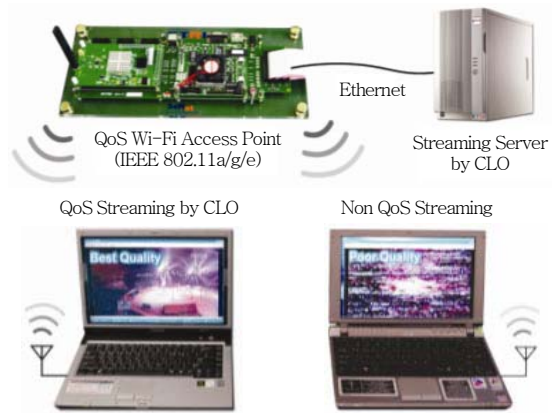
VHT SG는 현재 802.11n에서 지원하는 300Mbps (bandwidth: 20MHz) 또는 600Mbps(bandwidth: 40MHz)의 속도를 넘어서 무선으로 1Gbps 이상의 고속 처리율을 제공하자는 목적으로 2007년 3월 회의에서 SG로 승인되었다.

1Gbps 무선 처리율 제공을 위해 다양한 의견들을 취합하는 과정에 있다. 예를 들어, carbon nano tube antenna arrays, network coding, FEC, new bands, superposition coding, 그리고 advanced interference e cancellation 등의 기술적용 여부와 spectral efficiency, range, robustness, coverage, interoperability, coexistence 등의 측면에서 다양한 의견을 모으고 있다.

특히 IMT-Advanced와의 관계를 유념하며 VTS SG와의 관계 협조를 강조하고 있다. 현재는 PAR/5C 작성을 목적으로 회의가 진행중이며, 2010년 이후에 표준화 완성을 목표로 하고 있다.

4. Wi-Fi 기반 무선 스트리밍 QoS 제어 기술

ETRI(한국전자통신연구원)는 인텔과 국제 공동 연구(2005년부터 2006년까지 수행)를 통하여 802.11 기술을 비디오 스트리밍에 적용하기 위해 실제 거주환경에서 PHY와 MAC 계층의 측정뿐만 아니라 상위 계층인 비디오 스트리밍 애플리케이션 계층까지 포함시켜 측정하였다. 여기서 얻어진 결과를 (그림 9)와 같이 Wi-Fi 기반 무선 스트리밍 QoS 제어 기술 개발에 적용하였다.



(그림 9) Wi-Fi 기반의 무선 스트리밍 QoS 제어 기술 시연

802.11e 기반의 QoS MAC을 FPGA로 설계하여 구성한 QoS Wi-Fi 액세스 포인트는 기존 액세스 포인트와는 달리 각 계층의 정보를 상위계층에서 참고할 수 있는 계층간 최적화(CLO) 기술을 적용하여 설계하였다. 이는 무선 채널환경에서 적응적인 비디오 스트리밍을 가능하게 하기 위해서이다. 이러한 응용계층의 비디오 스트리밍 기술과 802.11e 기반의 QoS MAC 설계 기술을 더하여 사용자는 콘텐츠와 서비스별로 각각 QoS 제어가 가능하다. ETRI에서 개발한 기술은 2007년 3월 미국에서 개최된 IEEE 802 표준회의에서 VTS SG 멤버들에게 소개되었다.

IV. 결론

지금까지 다양한 멀티미디어 데이터를 고속으로 전송하는 서비스를 지원할 수 있는 IEEE 802.11e의 무선 QoS MAC 기술을 중심으로 802.11의 무선 LAN MAC 기술에 대하여 알아보았다. 무선 LAN의 응용 분야가 홈네트워크 분야뿐만 아니라 텔레매틱스, USN, 지능형 로봇 등과 같이 다양한 분야에 적용되고 있으며, WiBro, WiMedia, 블루투스, Zig-Bee 등과 같은 다양한 기술 및 응용과 상호연동을 모색하고 있는 등 무선 LAN 기술의 사용이 점차 확산되어 가는 추세에 있다. 따라서, 앞으로의 무선

LAN 기술은 지금보다 고속의 전송속도를 지원하는 MAC 및 PHY 기술로 발전할 것이며, 데이터 전송의 신뢰성과 안전성을 높일 수 있는 기술과 특정 응용 분야에 특화된 서비스를 제공하기 위한 계층간의 최적화 기술 등이 함께 발전할 것으로 예상된다[7].

무선 LAN 기술의 표준화에 있어서는 국제 표준화기구인 IEEE 802.11 WG에서 현재 진행되고 있는 TG별 표준화 동향과 SG에서 진행중인 내용들에 대하여 살펴보았다. 아울러, 802.11e의 무선 QoS MAC의 응용 기술로 ETRI에서 개발한 Wi-Fi 기반 무선 스트리밍 QoS 제어 기술에 대하여 알아보았다. 지금 SG에서 진행중인 내용에도 있지만, 앞으로는 비디오나 음성과 같은 복합 멀티미디어 데이터를 특정 응용 분야에 서비스하기 위한 전송 방법 및 기술에 대한 표준화가 지속적으로 이루어질 것으로 예상된다. 이들 복합 멀티미디어에 대한 서비스는 꾸준히 늘어날 것으로 예상되며, 이들을 지원하기 위한 기술 및 표준화로 계속 발전될 것으로 기대된다.

● 용 어 해 설 ●

IEEE(미국 전기전자학회, Institute of Electrical and Electronics Engineers): “인류의 이익을 위한 전자기술 및 과학의 개발과 활용을 촉진하고, 동업자들의 발전과 회원들의 행복을 도모하는 - 세계에서 가장 큰 기술 전문가 모임”이라고 정의하고 있다. IEEE는 표준의 개발을 추진하고, 여러 종류의 저널을 발행하며, 많은 지역에 지부를 두고 있다.

ARQ(Automatic Repeat Request, 자동 재전송 요구): ARQ는 수신측이 송신측에게 손상된 데이터를 재송신해 줄 것을 요구하는 에러 통제 프로토콜이다. 외장형 모뎀의 경우, ARQ는 모뎀의 상태를 나타내는 표시등 중 하나로써, 전송에러가 발생하면 ARQ가 자동으로 송신자에게 재전송해 줄 것을 요청한다.

약 어 정 리

AC	Access Category
ACK	Acknowledgement
AIFS	Arbitration InterFrame Space
AODV	Ad hoc On-Demand Distance Vector

APSD	Automatic Power Save Delivery
ARQ	Automatic Repeat Request
BSS	Basic Service Set
CBP	Contention Based Protocols
CF-Poll	Contention-free Poll
CFBs	Contention-free Bursts
CLO	Cross Layer Optimization
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CTS	Clear to Send
CW	Contention Window
DCF	Distributed Coordination Function
DIFS	DCF IFS
DIFS	DCF InterFrame Space
DLS	Direct Link Setup
DSRC	Dedicated Short Range Communications
EDCA	Enhanced Distributed Channel Access
EIFS	Extended IFS
FBMS	Flexible Broadcast/Multicast Service
FCC	Federal Communications Commission
HC	Hybrid Coordinator
HCCA	HCF Controlled Channel Access
HCF	Hybrid Coordination Function
HWMP	Hybrid Wireless Mesh Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFS	InterFrame Space
ITS	Intelligent Transportation System
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
MP	Mesh Points
NAV	Network Allocation Vector
PAR	Project Authorization Request
PCF	Point Coordination Function
PHY	Physical Layer
PIFS	PCF IFS
PIFS	PCF InterFrame Space
QoS	Quality of Service
QSE	QoS Enhancements
RA-OLSR	Radio Aware Optimized Link State Routing
RTS	Request to Send
SG	Study Group
SIFS	Short IFS
SIFS	Short InterFrame Space
TG	Task Group

TSPEC	Traffic Specification
TXOP	Transmission Opportunity
VHT	Very High Throughput
VTS	Video Transport Stream
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
WG	Working Group
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WMM	Wi-Fi Multimedia
WPP	Wireless Performance Prediction

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.11b, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Higher Speed Physical Layer(PHY) Extension in the 2.4GHz Band," 1999.
- [2] IEEE Std 802.11a, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: High Speed Physical Layer in the 5GHz Band," 1999.
- [3] IEEE Std 802.11g, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band," 2003.
- [4] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>, IEEE 802.11.
- [5] IEEE Std 802.11-1999(Reaff 2003), "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 1999.
- [6] IEEE Std 802.11e, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Amendment 8: Medium Access Control(MAC) Quality of Service Enhancements," 2005.
- [7] Junwhan Kim and Jaedoo Huh, "Link Adaptation Strategy on Transmission Rate and Power Control in IEEE 802.11 WLANs," *In Proc. IEEE VTC*, Sep. 2006.