《主 題》

무선 LAN (Local Area Network)

이성원 · 조동호
(경희대학교 전자계산공학과)

□차 례□

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. IEEE 802.11 표준안 개요
Ⅲ. IEEE 802.11 PHY의 운용 방식
Ⅳ. IEEE 802.11 MAC의 DCF 운용 방식
Ⅴ. IEEE 802.11 MAC의 PCF 운용 방식
Ⅵ. 결 론

Ⅰ. 서 론

최근 무선 LAN에 대한 지대한 관심의 증가와 함께, WLL(Wireless Local Loop), low-tier PCS 등 비교적 고속이면서, indoor 서비스가 강화된 기술의 발전으로 인하여, 관련 기술의 빠른 발전과 표준화가 이루어지고 있다.

특히, 현재 제정 중인 ATM-Forum의 WATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode) 및 각종 초고속 무선 통신망의 서비스 목표가 일차적으로 무선 LAN 시스템을 목표로 진행됨에 따라 이 분야에 대한 연구가 매우 활발하게 시작되고 있다. 이러한 추세는 최근 휴대용 컴퓨터 및 이동 통신 장비들에 대한 사용자 요구의 증대 및 관련 회로, 부품 기술의 발달과 허가없이 사용할 수 있는 주파수 대역의 공개 등으로 인하여 관심이 증가하게 되었고, 이로 인하여 많은 무선 LAN 제품들이 개발되고 있는 점에 기인한다. 특히, 각종 서비스의 무선 통신화를 통하여 유선 LAN의 선로 유지 보수, 증설, 단말 장비 이전등의 어려움을 해결하기 위한 방안으로서 무선 LAN에 대한 필요성이 증대되고 있는 실정이다[1].

현재, 다양한 방안의 무선 LAN 시스템들이 개발되어 왔다. 그러나, 무선 LAN의 표준안은 IEEE 802.11 표준과 유럽 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 HIPERLAN(High Performance Radio Local Area Network)으로 양분되어 진행되고 있다.

무선 LAN의 표준이 정립된 이유는, 무선 LAN 제품들이 비인가 대역을 사용하고 자신의 제품에 의존하는 형태로 구현됨으로서 다른 회사 제품과의 호환성에 문제점을 유발시키기 때문이다. 이의 해결을 위해서 IEEE에서는 90년 7월 802.11 위원회를 설치하고 무선 LAN 표준을 위한 검토를 시작하였다. 업체에서 사용 가능한 주파수 대역의 정의를 통해서 상호간의 인식이 가능하도록 함으로서 다양한 환경에 적응하도록 하며, 아울러, 각종 서비스 및 관련 기술을 표준화하여 이기종 장비들이 상호 통신을 수행하는데 문제가 없도록 하는데 중점을 두고 있다[2].

ETSI에서 제정한 HIPERLAN의 경우는 유럽내의 무선 LAN 장비들이 표준화를 추진하는 과정에서 제정되었으며, 현재 HIPERLAN은 무선 ATM을 위한 타입 2가 연구중이다[3]. 아울러, HIPERLAN 타입 2에 기반한 광대역 이동 통신망에 대한 연구가 현재 진행중이며, 2000년 초에 정립될 예정이다.

본 원고에서는 무선 LAN에 대한 일반적인 내용들을 기반으로하여, 현재 표준안이 완성된 IEEE 802.11 무선 LAN 표준안의 MAC 계층에 대하여 보다 구체적으로 다루도록 한다. 이를 위하여 서론에 이어, 2장에서 IEEE 802.11의 주요 구성 요소를 기술하고, 3장에서 IEEE 802.11 PHY 계층의 기본 구조를 살펴본다. 아울러, 4장에서 IEEE 802.11 MAC에서 분산 접근을 위한 DCF 운용에 대하여 고찰하고, 5장에서 중

돌 방지 기능인 PCF에 기반한 운용을 다루고, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

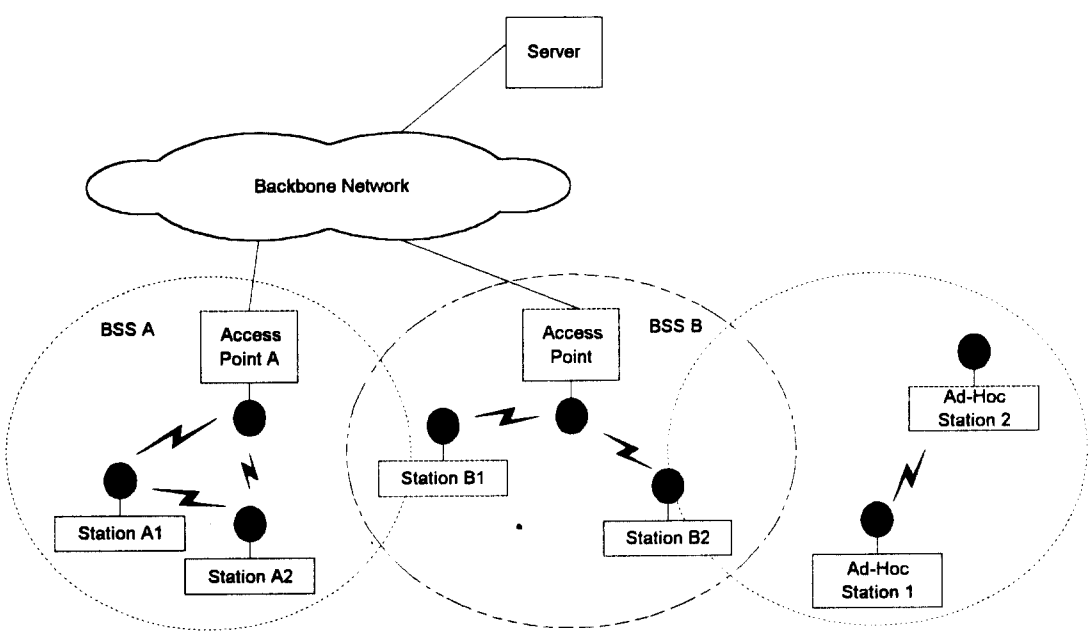
Ⅱ. IEEE 802.11 표준안 개요

IEEE 802.11 표준안은 무선 LAN 시스템들의 표준화를 통한 상호 연동을 추구하기 위하여 작성되었다. IEEE 802.11 WG의 설립은 802.3(CSMA/CD)/4(Token Bus) 위원회에서 추진하였으나, 무선 통신 고유의 문제로 인하여 802.11이 설립되었다. 현재 IEEE 802.11이 권고하는 내용은 802.11에 기반한 장비들이 ad-hoc 망 구조나 infrastrastructure 망 구조에 기반한 무선 LAN 환경에서 상호 연동되도록 하며, 비동기 MAC 서비스 데이타 유닛을 전송할 수 있는 기능을 MAC내에 규정하고, 802.11 MAC에 의하여 운용될 수 있는 다양한 물리 계층 신호 기술과 인터페이스 기능을 정의한다. 아울러, 다중 802.11 무선 LAN 망이 중첩된 구조에서 802.11에 기반한 장비들이 상호 운용되도록 하고, 전송되는 정보가 보호되도록 한다.

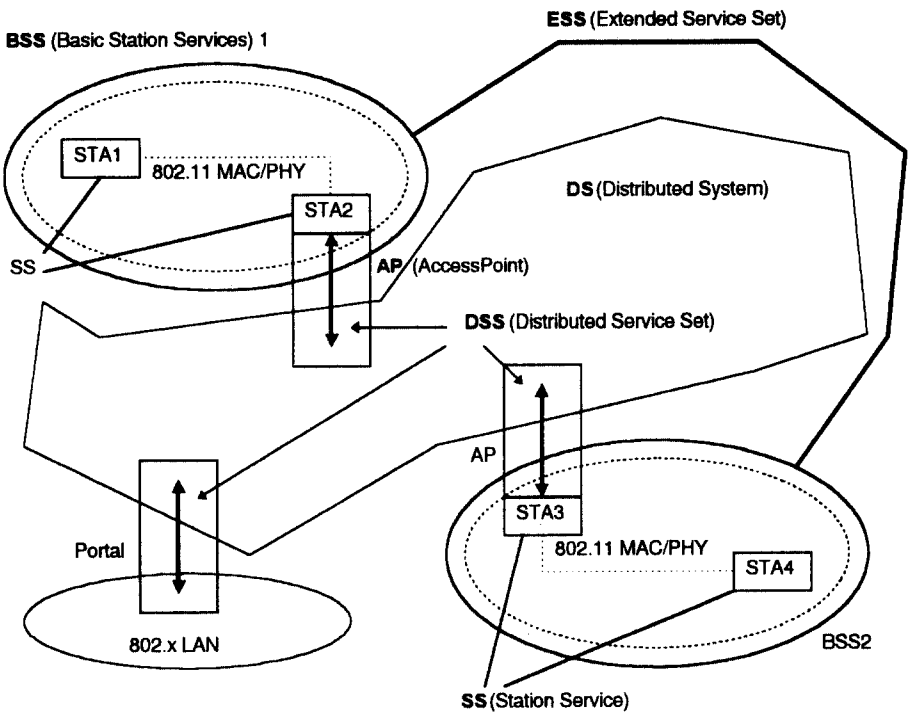
현재 권고된 IEEE 802.11 표준안은 1~2Mbps의 비교적 저속의 무선 LAN을 다루고 있다. 특히, 기본적으로 경쟁 방식에 기반한 데이타 서비스와 함께, 시간에 민감한 음성 서비스의 지원을 기본 배경으로 정립하고 있으며, 네트워크의 구조도 분산형 구조와 집중형 구조를 동시에 고려하고 있다.

IEEE 802.11의 정식 명칭은 'Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications'으로서, 무선 LAN의 기술에서 OSI 1계층 물리계층 및 2계층인 데이타 링크 계층을 다루고 있다. 네트워크 구조에 있어서, 802.11은 〈그림 1〉과 같은 2가지 구조를 가질 수 있다.

802.11 스테이션들은 〈그림 1〉에서 나타나듯이, 다른 802.11 단말들과 여타의 다른 장비를 거치지 않은 구조로 직접 통신할 수 있다. 이러한 경우, 즉 802.11 무선 단말이 다른 무선 단말과 직접 통신의 가능한 경우는 Ad-Hoc 구조라고 하며, 관련된 지원 서비스들을 BSS(Basic Service Set)으로 규정한다. 만약, 직접 통신할 수 없는 경우에는 AP(Access Point) 기능을 지원하는 스테이션을 통하여 단말들간의 통신을 수행하도록 하며, 이 경우의 backbone 네트워크를 특별히 distribution system으로 지칭한다. 802.11에서는 그림에서 나타나듯이 복수개의 BSS들을 중첩되게 구성할 수 있으며, Ad-Hoc 구조와 AP를 사용하는 구



〈그림 1〉 IEEE 802.11 네트워크 구조도



〈그림 2〉 802.11 서비스 및 망 구성도

조도 함께 수용할 수 있다. 보다 구체적인 구성도가 〈그림 2〉에 나타나 있다.

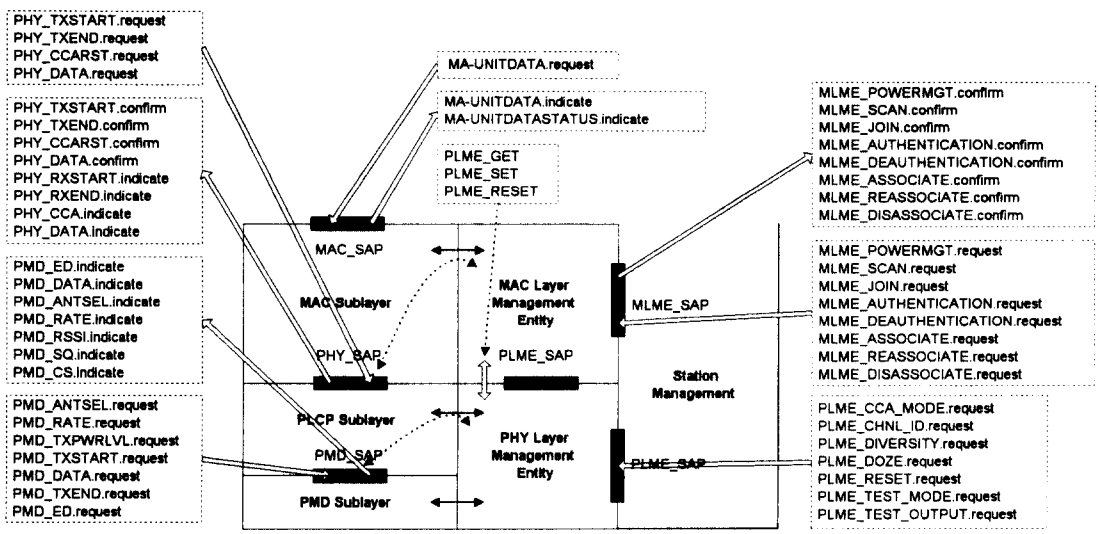
그림상에서 STA는 802.11 PHY와 MAC을 지원하는 무선 단말을 의미하며, AP(Access Point)는 무선 단말이 직접 통신할 수 없는 지역의 단말과 통신이 가능하도록 연결 역할을 수행한다. SS(Station Service)는 BSS내의 단말들간에 통신이 가능하도록 하는 기본 기능을 의미하며, BSS(Basic Service Set)는 하나의 CF(Coordination Function)에 의하여 운용되는 단말들의 집합으로서, 하나의 단말이 채널 관리를 담당한다. DSS(Distribution Service Set)는 중재자가 없이 각각의 단말이 경쟁적으로 채널에 접근하는 방식이다. Portal은 무선 802.11 LAN이 기존 802.x 유선 LAN과 연동하고자 하는 경우에 연동 기능을 담당하는 장비이고, 마지막으로 ESS는 BSS들의 집합, 혹은 유선 LAN과의 연동을 통하여 연결된 BSS들의 집합을 의미한다.

802.11이 정의하고 있는 서비스들은 크게 망의 구조적인 측면에서 분산적인 망 구조에서 처럼, 채널 중재자가 없는 경우에도 각 단말간의 직접통신이 가능하도록하는 기본 기능과 직접 통신할 수 없는 단말간의 통신을 지원하는 확장기능으로 정의할 수 있다. 이들에 대해서는 4장과 5장에서 각각 버다 구체적으로 다루도록 한다. 802.11에서는 전자의 경우는 SS(Station Service)로 후자의 경우를 DSS(Distribution Service Set)으로 지칭한다. 서비스의 종류 및 기능이 〈표 1〉에 나타나 있다.

802.11은 언급된 기능들과 서비스를 지원하기 위하여 〈그림 3〉과 같은 계층 구조와 계층간 인터페이스를 갖고 있다. 즉, 물리 계층은 실질적인 물리 전송 기능을 담당하는 PMD(Physical Medium Dependent) 부계층과 이의 제어를 담당하는 PLCP(Physical Layer Control Part)부계층, 그리고 이의 관리를 담당하는 관리 계층으로 구성되고, MAC 계층은 데이타의 실질적인 전송을 담당하는 MAC 부계층과 이의 관리를 수행하는 관리 계층으로 구성된다. 그리고, 각 계층간의 인터페이스는 그림에서 보여지는 SAP(Service Access Point)를 통하여 정의된다.

〈표 1〉 IEEE 802.11 서비스 종류 및 기능

구 분	서비스 종류	서비스 기능
SS (Station Service)	Authentication	스테이션 상호간의 식별 확인을 위한 서비스 (스테이션간 접속을 위한 authority 검사)
	Deauthentication	Authentication 해제 서비스
	Privacy	의도적인 채널 모니터링으로 부터 송수신되는 데이타를 감추기 위한 서비스
DSS (Distribution System Service)	Association	STA와 AP간의 연결 설정 서비스
	Disassociation	Association의 해제 서비스
	Distribution	DS간에 MSDU를 전달하기 위한 서비스
	Integration	802.x LAN과의 상호 운용 서비스
	Reassociation	현재의 AP에서 다른 AP로 이동하는 서비스



〈그림 3〉 IEEE 802.11의 각계층별 상호 관련도

각 계층간에 교환되는 메세지 프리미티브들과 관련하여 IEEE 802.11은 그림에서 나타나듯이 MA는 MAC과 상위 프로토콜간의 프리미티브를, PHY는 MAC과 PLCP간의 프리미티브를, PMD는 PLCP와 PMD간의 프리미티브를, MLME는 MAC 관리 계층과 SM간의 프리미티브를, 마지막으로 PLME는 SM과 PHY 관리 계층간의 프리미티브를 정의한다. 지금까지 설명된 MAC의 주요 동작 기능들 가운데 인증, associate관련 기능, 전력 제어, 채널 검색 등 다양한 기능들이 MLME의 프리미티브로 동작한다. 아울러, PHY, PMD 프리미티브들은 실질적인 전송을 위한 매체 접근 및 각종 정보의 교환을 정의하고, PLME는 물리적인 채널 관리를 수행하고, 마지막으로 MA는 상위 응용 계층과의 교환을 담당한다.

Ⅲ. IEEE 802.11 PHY 운용 방식

IEEE 802.11의 물리계층은 아래에 기술된 것처럼 infra-red, FHSS, DSSS의 세가지 기술이 권고되고 있다.

- 2.4GHz ISM Band FHSS
  (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- 2.4GHz ISM Band DSSS
  (Direct Sequence Spread Spectrum)

● Infra Red Light

즉, IEEE 802.11의 1차 목표는 전송속도가 1~2Mbps (기본: 1Mbps, 옵션: 2Mbps)이면서, 전송거리가 20m 수준인 경우를 목표로 한다. 아울러, 아키텍쳐는 분산/집중 제어 기능이 포함되고, 미디어측면에서 음성, 데이타 및 비동기 패킷의 전송이 가능하고, 핸드오프 지원이 수행되는에데 목표를 둔다. 특히, 물리적인 특성에서는 주파수가 2.4 GHz이면서 전송방식이 DSSS/FHSS/1R에 기반하는 방안이다. 그러나, 2차 목표로는 전송속도가 10Mbps 이상이고, 전송거리가 20m 수준이면서 주파수는 5GHz 혹은 이하 수준의 광대역을 이용하는 방안이 논의 중이다.

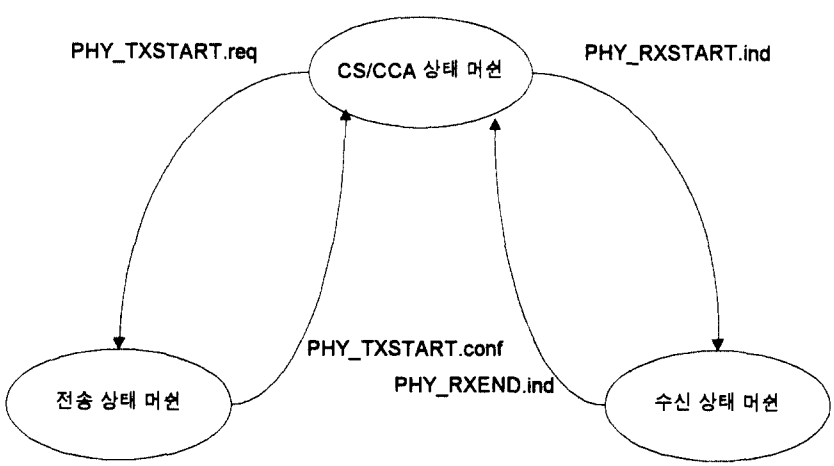
IEEE 802.11 물리계층은 내부적으로 PLCP와 PMD의 계층 구조를 가지고 있다. 이와 관련하여 물리계층을 구성하는 두계층 가운데 첫번째로 PLCP(Physical Layer Convergence Procedure)는 응용부의 기능을 물리 계층으로 매핑하는 기능을 제공한다. 따라서, MAC의 프레임은 PLCP를 통하여 물리적인 전송 형태로 변환되고, 이를 통하여 서로 다른 물리 구조상에서도 동일한 서비스의 제공이 가능하다. 두번째로 PMD(Physical Medium Dependent)는 하나 이상의 노드들간의 물리적인 전송 방식에 대한 사항을 다룬다. 따라서, 서로 다른 물리 서브 계층은 각각의 특성을 지원하는 PLCP를 가진다.

IEEE 802.11 물리계층이 지원하는 서비스는 상위 MAC에 대한 지원과 함께 세가지 물리 방안 동작 모드에 대한 지원이다. 특히, PMD 이상에 대한 프리미티브들은 주로 데이타의 전송 및 채널 감지를 위한 것으로서 크게 peer-to-peer, sublayer-to-sublayer, 그리고 PMD SAP에 대한 서비스로 나뉘어 진다. Peer-ro-peer에서 지원되는 서비스 프리미티브는 하나로서 MAC에서 혹은 MAC으로의 데이타 전송을 위한 PHYDATA, request/indicate/confirm/response이다. 아울러, sublayer-to-sublayer간의 통신을 위해서는 전송의 시작을 알리는 PHYTXSTART.request/confirm과 끝을 알리는 PHYTXSTART.request/confirm이 있으며, 프레임의 수신 시작을 알리는 PHYTXSTART.indicate가 있으며, 수신의 종료를 알리는 PHYRXEND.indicate가 있고, 채널의 상태를 요청하고 응답하는 PHYCCARST.request/confirm과 PHYCCA.indicate가 있다.

PMD가 각각의 물리 전송 방식에 대한 기능이라면, 이들에 대하여 상위의 서비스와 매핑을 지원하는 PLCP는 보다 복잡한 계층으로서 〈그림 4〉와 같은 상태 천이 레벨을 가진다.

CS/CCA는 PMD/PLCP가 MAC과 함께 CSMA/CA를 지원하기 위한 주요 기능부로서 채널의 상태를 점검하는 carrier-sense, clear-channel-assessment 기능을 의미한다.

PLCP가 전송을 수행하는 경우는 상위의 MAC에서 데이타 전송을 요청하는 경우로서, 이 경우는 MAC에서 PHY의 PLCP로 PHY_TXSTART.req를 요구한다. 이에 따라 PLCP는 안테나를 설정하고, 전력을 on하는 절차를 수행하게 되고, 기본 속도로 제어 신호가 송수신되도록 준비한다. 이에 따라서,

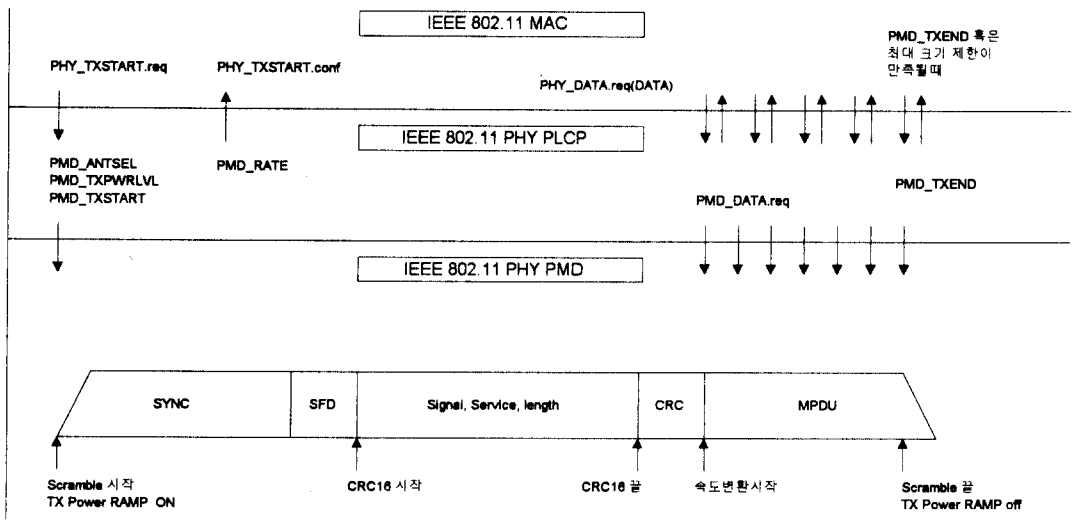


〈그림 4〉 IEEE 802.11 PLCP의 상태 천이도

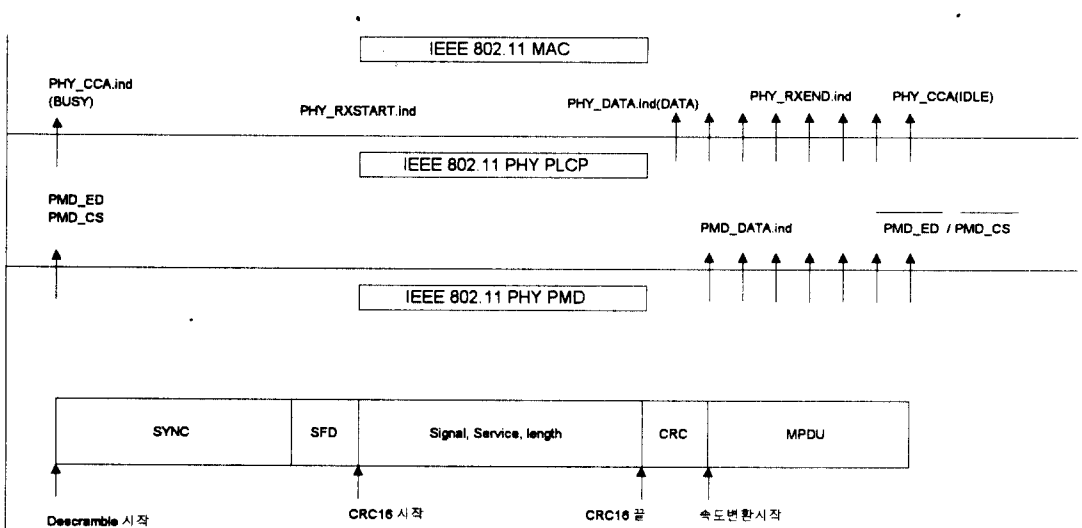
PMD에서는 SYNC 시퀀스를 전달하고, PHY_TESTART.conf를 통하여 이루어진다. 전송이 완료되는 경우는 상위 MAC에서 PHY_TXEND를 송신하고 이를 수신한 PLCP가 전력을 off하도록 함으로서 PMD의 송신 기능을 종료한다. PLCP의 송신부 절차가 〈그림 5〉에 나타나 있다.

PLCP의 수신시에는 앞서의 송신시의 역으로서 수신신호의 검출을 통한 MAC으로의 알람으로 시작되어 연속적인 신호의 상위 MAC으로의 전달을 수행한다.

수신시의 PHY PLCP, PMD 계층의 동작은 〈그림 6〉과 같다.



〈그림 5〉 전송시의 PLCP 동작



〈그림 6〉 수신시의 PLCP 동작

Ⅳ. IEEE 802.11 MAC의 DCF (Distributed Coordination Function) 운용 방식

DCF는 가장 기본적인 IEEE 802.11의 운용 방식으로서, CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)에 기반한 단말들의 통신을 가능하도록 한다. 이 방식에서는 무선 매체의 사용 여부 및 랜덤 백 오프, 그리고 전송된 프레임의 즉각적인 ACK(Acknowledgement)응답을 통하여 통신을 수행한다. 송신된 프레임에 대하여 ACK 응답을 수신하지 못하는 경우는 송신단에서 일정 시간 후에 재전송을 시도하도록 한다.

CSMA/CA는 채널의 실질적인 상황을 이용할 수 있으며, 각종 제어 명령을 사용하므로서 가상적인 방식으로는 운용이 가능하다. 가상적인 운용 방식에 대해서는 본 내용을 진행하면서 보다 구체적으로 접근하도록 하며, 이 경우는 RTS(Request To Send), CTS(Clear To Send)와 같은 채널 점유 시간이 포함된 제어 프레임들을 사용하므로서 충돌을 방지한다. Directed 프레임의 경우도 이러한 점유 시간 필드를 사용하므로 ACK를 고려한 채널 예약이 가능하다.

특히, RTS/CTS를 이용하는 방안은 복수의 BSS들이 중첩되어 같은 채널을 사용하여 운용되는 환경과 AP로 부터의 전송은 수신할 수 있으나, 다른 BSA에 속한 STA로부터의 전송을 수신하지 못하는 경우에 효과적인 성능을 제공한다. 그러나, 이러한 RTS/CTS 방안은 브로드 캐스트나 멀티 캐스트 트래픽에 사용되지는 않으며, 아울러, 부가적인 오버헤드로 인하여 작은 메세지들을 주고 받는 상황에서는 성능 저하를 초래할 수도 있다.

채널 점유 방안 및 접근 방안과 함께, IEEE 802.11에서는 다중 속도를 지원한다. 따라서, 단말들은 자신이 운용할 수 있는 속도들을 기본 속도와 부가 속도로 설정하여 지원하며, RTS/CTS의 전달시에는 모든 단말이 지원 가능한 기본 속도를 이용하여 송수신한다.

가. CSMA(Carrier Sensed Multiple Access) 방안

물리적/가상적 CSMA 방식은 모두 채널이 현재 사용중인지 아닌지를 점검하는 방식으로서, 물리적 혹은 가상적으로 채널이 사용중인 경우는 채널의 상태를 busy 상태로 나타낸다. 물리적인 CSMA방식은 PHY를 통하여 이루어 진다. 가상적인 CSMA의 경우는 MAC에 의하여 제어되며, 일반적으로 NAV(Net Allocation Vector)라고 불리운다. 이는 NAV 방식이 채널의 점유 시간을 패킷에 포함하여 예약하는 방식으로서, 앞으로 전달될 프레임들의 채널 예약 정보를 미리 주고 받는 방식이다. NAV를 이용하는 방안의 경우도 실질적인 프레임의 전달을 위해서는 물리계층의 CSMA를 이용한다.

나. MAC 레벨 응답

일반적인 경우에 IEEE 802.11에서의 프레임 전송은 긍정 응답을 수신하므로 에러의 발생 유무를 점검한다. ACK의 수신이 없는 경우는 수신단에서 에러가 발생한 것을 의미하며, 재전송이 요구된다. 아울러, ACK 송신시의 에러 발생도 가정할 수 있으나, 이는 전달한 데이타 프레임의 에러 유무와 구분할 수 없으므로 동일하게 처리된다.

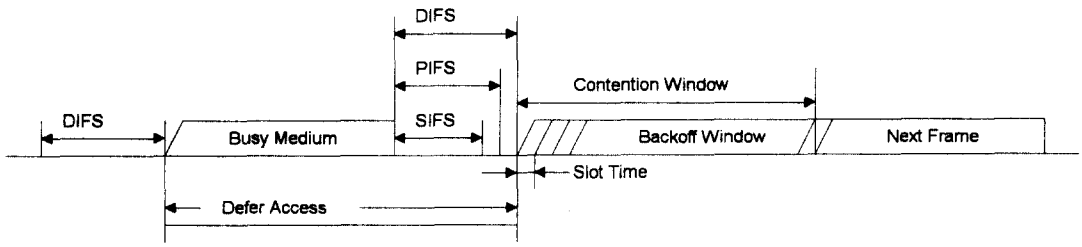
다. IFS(Inter Frame Space)

IFS는 프레임간의 시간 간격에 대한 사항으로서, IEEE 802.11은 이들 IFS를 검출하므로서 채널의 사용 유무를 점검한다. 현재, 4종류의 IFS들이 CSMA/CA의 동작 방식을 위하여 사용되고 있다. 각각의 IFS들은 채널의 전송 속도와 무관하게 시간의 함수로 정의되며, PHY에 대하여 고정값을 가진다. 따라서, 이러한 값들은 PHY MIB에 저장된다. IFS들 및 채널의 일반적인 상황이 <그림 7>에 나타나 있다.

SIFS(Short IFS)는 ACK, CTS, 분할된 MSDU의 데이타 프레임, PCF에 의하여 호출된 STA, 그리고 PCF에 의한 충돌 방지 시간에 전달되는 프레임들에 사용된다. SIFS는 <그림 7>에서 나타나듯이 가장 작은 시간을 요구하므로, 가장 높은 우선 순위를 가지는 프레임을 전달하기 위하여 사용된다.

PIFS(PCF IFS)는 CFP(Contention Free Period)시에 PCF에 대한 우선순위 부여의 목적으로 사용된다. 따라서, PCF에 의한 채널 운용이 이루어지고 있는 경우에 사용된다.

DIFS(DCF IFS)는 가장 긴 사간으로서 우선 순위가 가장 낮은 프레임의 전송에 사용된다. 즉, DCF에 기반한 데이타와 관리 프레임의 전송에 사용된다. 이 경우에 물리계층으로부터의 에러 검출 및 MAC CRC 에러 검출시에는 추가로 EIFS의 시간 동안 채널 접



〈그림 7〉 IFS 상관도

근을 삼가한다.

EIFS는 물리 계층으로부터의 에러 보고 및 MAC의 수신 CRC 에러 검출시에 이용되며, 가상 방안에서도 물리적인 CSMA와 동일한 방안으로 동작한다. 이는 가상 방식의 NAV값에 영향을 끼치지 않으며, 에러 발생 프레임이 종료되는 물리적인 시간에 시작된다. 즉, EIFS의 복적은 발생할 수 있는 에러 프레임에 대한 비연결형 응답을 지원하기 위해서이다.

라. 랜덤 백오프 시간

랜덤 백오프가 필요한 이유는, CSMA/CA 방식에서 DIFS 가간동안의 채널 해제가 검출된 이후에 모든 노드가 동시에 채널 접근을 수행하면 충돌이 발생하므로 이를 방지하기 위한 추가적인 지연요소로 사용된다. 따라서, 모든 노드들은 통계적인 fairness 지원을 위하여 가변적인 랜덤 지연을 이용한다. 이를 구하는 식이 다음과 같다.

$$INT(CW \times Random()) \times SlotTime \quad \text{---------- (1)}$$

윗식에서 CW는 MIB에 정의된 aCWmin과 aCWmax값 사이의 정수를 의미한다. SlotTime은 하나의 슬롯 시간을 나타내는 aSlotTime MIB 값을 의미하며, CW값은 aCWmin 값에서 출발하여 충돌이 발생함에 따라 일반적으로 2배씩 증가하게 되고, aCWmax값이 상한선으로 사용된다. 아울러, CW값은 성공적인 프레임의 전송을 통한 CTS/ACK 프레임의 수신을 통하여 재초기화된다.

마. DCF 엑세스 절차

DCF 의 기본 방식은 CSMA/CA에 기반하지만, 이의 적용 방식에서 DCF와 PCF간에 차이를 나타낸다.

(1) 기본 동작

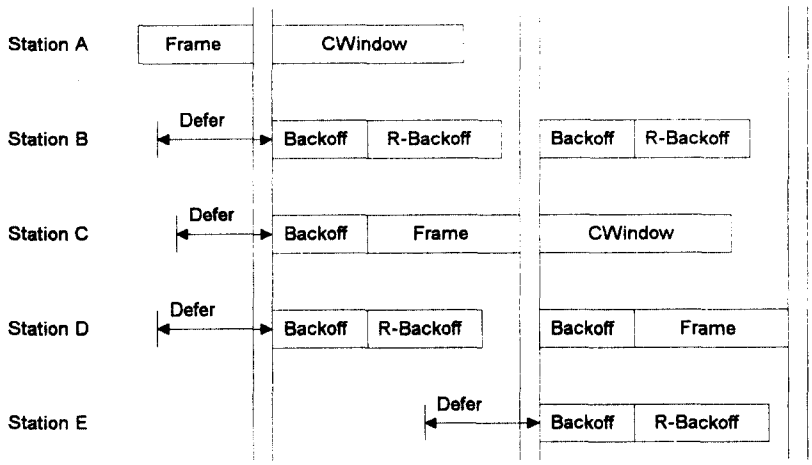
DCF 기본 동작은 STA가 언제 프레임을 전송할지를 결정하는데 사용된다. DCF의 동작은 가장 기본적인 IEEE 802.11 노드의 운용방식으로서 DIFS의 시간동안 채널이 사용되지 않거나, 수신한 프레임의 에러 검출 후 EIFS의 시간이 지난후에 이루어 진다.

(2) 백 오프 절차

백 오프는 프레임을 전달하고자 하는 노드가 채널이 사용중임을 검출하거나, 전송의 실패가 검출되는 시기에 발생한다. DIFS 혹은 EIFS의 시간이 지나는 동안에 채널이 사용중이지 않으면, 노드는 앞서의 식(1)을 통하여 랜덤 시간을 구한후, 이 시간동안의 랜덤 백 오프를 수행한다. 랜덤 백오프 시간 동안에 채널의 사용이 검출되지 않고, 채널이 사용중이지 않은 것으로 간주될때 프레임의 전송을 수행한다. 이와 관련된 프레임 전송 예제가 〈그림 8〉에 나타나 있다.

그림에서 나타나듯이, 처음에 A 노드가 프레임을 전송하는 것을 볼 수 있다. 이 경우 노드 B/C/D는 전송할 프레임이 있으나, 채널 사용이 검출되었으므로 defer 상태로 들어간다.

채널의 사용이 DIFS동안 없는 것으로 검출될 경우 노드 B/C/D는 각각의 CW 값을 가지고 랜덤 백 오프 한다. 이때 예제 상에서는 C노드가 가장 작은 CW 값을 가지므로 전송이 이루어지고, 다른 노드들은 다시 defer/DIFS/back-off의 시퀀스에 따라 baskoff를 수행한다.



〈그림 8〉 백오프 절차

DCF의 방안에서 한가지 주의할 사항은 프레임을 전송한 노드의 경우 다음 프레임이 이미 버퍼링이 되어 있어도 다시 채널 접근을 위한 랜덤 백 오프를 수행한다는 점이다. 이는 다른 노드들과의 fairness 문제를 해결하기 위한 방안으로서 모든 노드가 동등한 권한으로 채널에 접근하게 하기 위한 목적이다.

(3) 재전송 한계치와 복구 절차

IEEE 802.11에서 프레임에 발생된 에러의 복구는 프레임을 전송한 노드에 의하여 검출되고 복구되어 진다. 재전송 절차는 따라서, 오류의 검출시에 구동되며 재전송 반복 횟수의 최대치에 도달할때 까지 이루어 진다. 아울러, 프레임의 재전송은 초기에 전송할 때와 동일한 절차를 따르므로 일반 프레임들과 동일한 절차로 전달된다. 만약, 재전송 반복 최대 횟수까지 재전송에 실패하는 경우는 해당 프레임의 전송을 포기하고 폐기한다.

(4) NAV의 운용

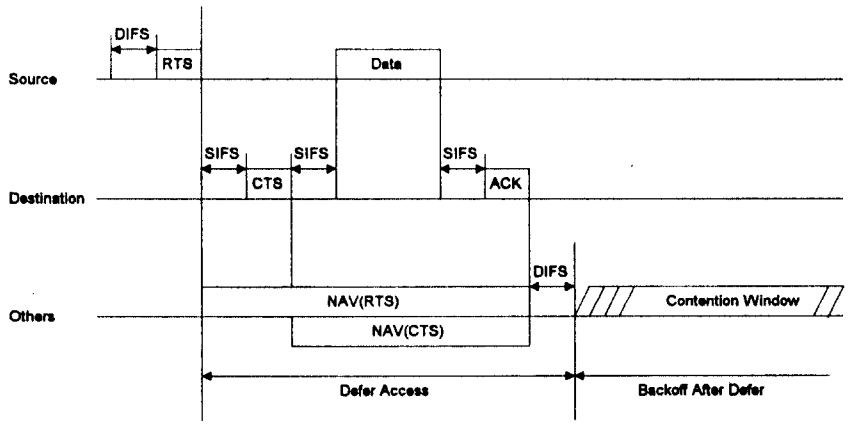
성공적으로 프레임을 수신하는 경우는 수신한 프레임의 채널 예약 시간 필드를 보고 NAV값을 갱신한다. NAV의 제어는 1 msec 단위로 이루어 진다. 특히, NAV의 갱신은 수신한 NAV 값이 현재 가지고 있는 NAV보다 크고, 프레임의 수신 주소가 해당 노드의 프레임이 아닌 경우에 이루어 진다. NAV를 이용하는 예제로서, RTS의 채널 예약 필드를 수신한 노드들과 이보다 작은 CTS의 채널 예약 필드를 수신한 노드들의 NAV에 따른 동작이 〈그림 9〉에 나타나 있다.

그림에서 나타나듯이, RTS/CTS를 수신한 노드들은 해당 msec 단위의 시간동안 채널에 대한 접근을 수행하지 않는다. 아울러, NAV의 설정은 송신노드에서 이에 대한 응답 시간등, 모든 상황을 계산하여 설정하여야 한다.

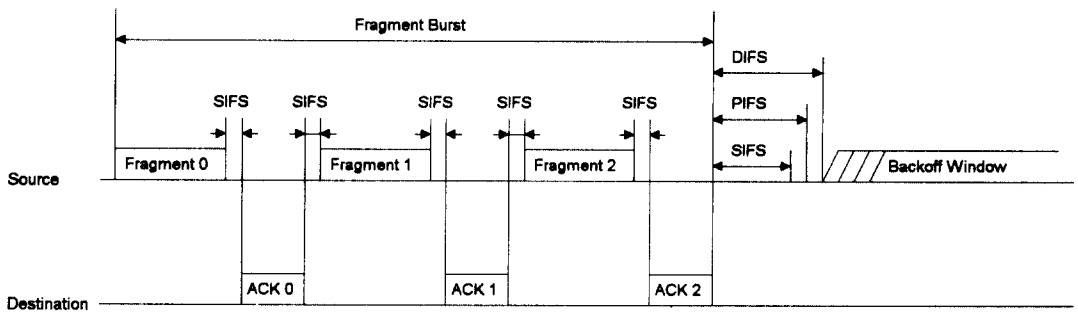
(5) 채널 제어

본 항목에서는 하나의 긴 프레임이 여러 작은 부분들로 나뉘어져 전달되는 절차를 보여준다. 하나의 프레임이 여러 MPDU로 분할되어 전달되는 경우에는 전달되는 프레임 마다 시퀀스 번호가 부여된다. 아울러, 부분들이 모두 전달될때까지 연속적으로 SIFS 단위의 데이타 송신과 ACK를 수신한다. 이에 관련된 내용이 〈그림 10〉에 나타나 있다.

그림에서 나타나듯이 송신측은 분할된 MPDU프레임을 전달하고, 이를 수신한 노드는 SIFS 시간내에 ACK를 전달한다. ACK를 정상적으로 수신한 송신단에서는 다시 연속적으로 분할된 프레임을 전달하게 된다.



〈그림 9〉 RTS/CTS/DATA/ACK와 NAV 설정에 따른 동작 예



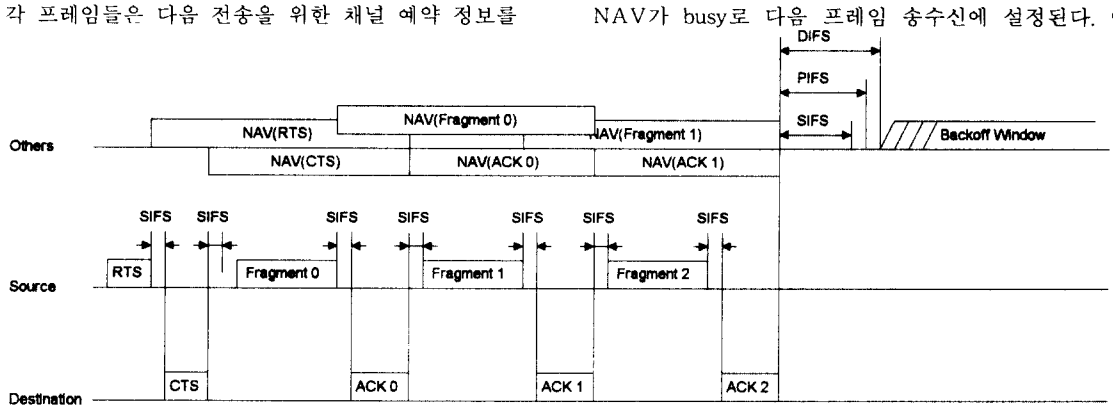
〈그림 10〉 MSDU의 분할에 따른 MPDU 전달

(6) 프레임 분할을 위한 RTS/CTS 동작

RTS/CTS에 의하여 프레임 전송이 시작되는 절차가 〈그림 11〉에 나타나 있다. 앞에서 언급한 것처럼 RTS/CTS에 의한 방식에서는 프레임내에 채널 예약을 위한 정보 필드를 가지고 있다.

각 프레임들은 다음 전송을 위한 채널 예약 정보를 가지고 있다. 즉, 가장 처음 전달되는 RTS 프레임에는 첫번째 ACKO가 끝날때 까지의 예약 시간 정보가 포함되며, 이를 수신한 노드들은 NAV를 갱신한다. 아울러, 첫번째 전송되는 CTS 프레임에도 첫번째 ACKO의 마지막까지의 시간을 예약 필드로 포함한다.

송신노드에게 ACK 응답이 전달되지 않는 경우는, NAV가 busy로 다음 프레임 송수신에 설정된다. 이



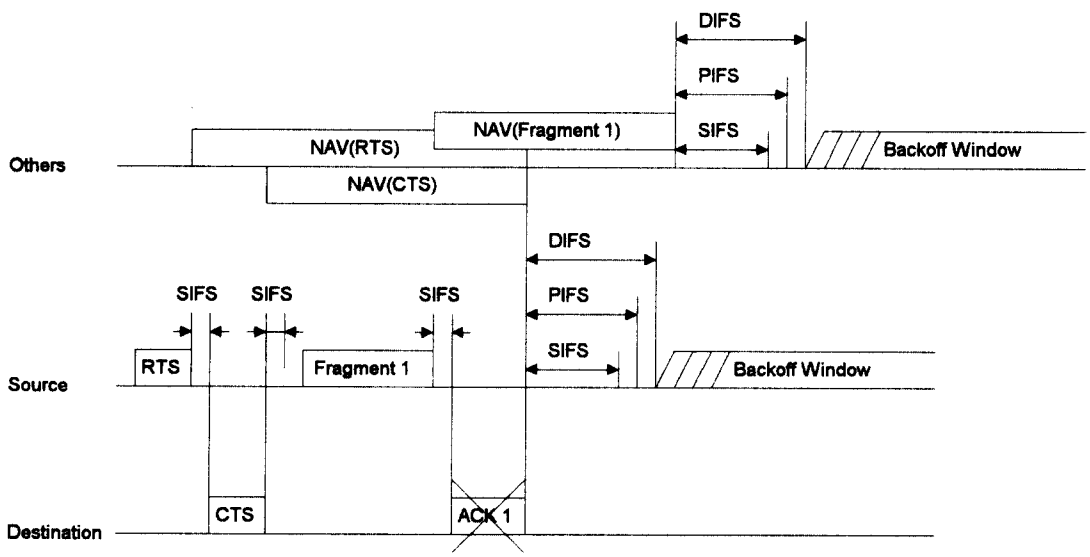
〈그림 11〉 RTS/CTS에 의한 MSDU의 분할 전송

는 가장 최악의 시나리오로서, 〈그림 12〉에 나타나 있다.

만약, 응답이 수신되지 않는다면, 다른 노드들은 자유롭게 채널로 접근하며, 더이상 NAV를 갱신하지 않는다. 따라서, 모든 노드들은 그림에서와 같이 일정 IFS후에 채널에 대한 정상적인 접근을 수행한다.

CTS 프레임은 RTS에 대한 응답으로서 전송된다. AP로 전송한 노드의 경우도 동일하게 해당 프레임을 수신하게 된다. Ap를 통하여 멀티 캐스트 혹은 브로드 캐스트를 수행하는 경우는 프레임내의 source 주소를 검사하여 자신의 주소로 설정되어 있는 경우는 수신한 프레임을 삭제한다.

broad/multi-cast 프레임의 전달에 있어서는 MAc 수준의 에러 제어 및 복구는 지원하지 않는다. 따라



〈그림 12〉 RTS/CTS 방안에서의 전송단 우선순위 부여와 ACK의 손실

CTS의 채널 예약 시간 정보 필드는 RTS의 필드에 저장되었던 시간에서 RTS 프레임과 SIFS만큼의 시간이 감해진 정도로 설정된다.

바. 브로드 캐스트와 멀티 캐스트

본 절에서는 PCF의 중재가 없는 경우에 기본적인 DCF기능을 통하여 멀티 캐스트 혹은 브로드 캐스트 전송을 수행하는 방안에 대하여 다룬다. 이 경우 프레임의 길이에 관계없이 RTS/CTS 절차는 수행되지 않는다. 또한, 수신한 프레임에 대한 ACK 응답 전송도 수행하지 않는다.

AP를 이용하여 전송하는 경우는 프레임 내의 ToDS 비트를 설정하는 작업을 시작으로하여 프레임을 AP로 전달한다. 이때 AP는 수신된 프레임을 자신이 속한 BSS내의 모든 노드들에 전달한다. 따라서, 서, 이들에 대한 신뢰성은 감소한다.

사. 응답 절차

ToDS 비트가 설정된 프레임의 경우는 AP가 수신한 프레임에 대한 ACK를 수행하고, 기타 노드로 전송된 프레임의 경우는 해당 노드에서 ACK를 전송한다. 특히, unicast에 대해서만 ACK 송신이 이루어 진다. 주의할 사항은 프레임을 수신한 후 SIFS 시간내에 채널의 사용 유무에 상관없이 ACK를 송신한다는 점이다.

아. 중복 검출 및 복구

MAC 수준의 에러 기능으로 인하여 수신단에서는 중복된 프레임의 수신이 가능하며 따라서, 중복된 프

레임의 처리는 수신단에서 이루어 져야 한다. 중복된 프레임의 검출을 위해서는 SCF(Sequence Control Field)가 사용되며, 하나의 MSDU가 여러 MPDU로 분할되는 경우는 모든 MPDU가 MSDU와 동일한 번호를 갖게된다.

자. DCF 타이밍 관계

IFS 규정간의 관계는 매체의 시간 차이로 정의된다. 아울러, IFS를 규정하기 위한 각종 MIB 값들이 PHY에 정의되어 있다. 이를 표현한 그림이 〈rmfla 13〉에 나타나 있다.

그림에서도 나타나 있듯이 PHY MIB에 고정적으로 정의되어 있는 aSIFSTime와 aSlotTime 변수는 다음과 같은 값을 가진다. 이는 aSIFSTime에서는 물리적인 동작 지연과 MAC 구동을 위한 지연을 의미하며, aSlotTime은 신호 측정을 위한 지연을 의미한다.

aSIFSTime = aRxRFDelay + aRxPLCPDelay + aMACPrcDelay + aRxTxTurnaroundTime

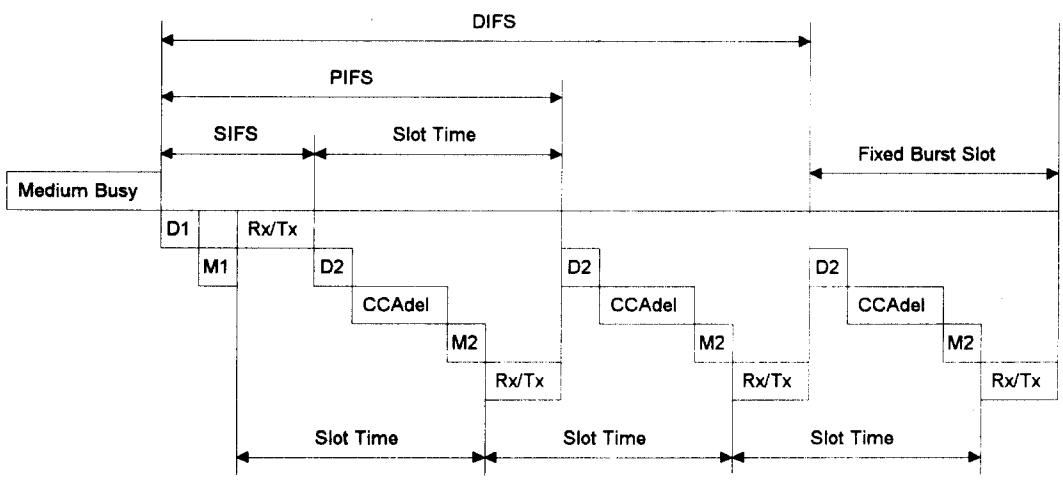
aSlotTime = aCCAAsmmtTime + aRxTxTurnaroundTime + aAirPropagationTime + aMACPrcDelay

PIFS와 DIFS의 값도 다음과 같이 계산된다. 식에서 PIFS는 SIFS에 aSlotTime이 추가된 지연을, DIFS는 하나의 aSlotTime이 더 추가된 구도를 보인다.

PIFS = aSIFSTime + aSlotTime
DIFS = aSIFSTime + aSlotTime × 2

EIFS는 SIFS와 DIFS 프레임에 대한 응답을 1Mbps에서 송신하는데 요구되는 시간을 기반으로하여 계산된다. 이는 에러발생에 대한 지연으로서, MAC의 응답 관련 변수인 aACKSize에 기반하여 다음과 같이 계산된다.

EIFS = aSIFSTime + (8 aACKSize) + aPreambleLength + aPLCPHdrLngth + aDIFSTime



D1 = aRxRFDelay + aRxPLCPDelay
Rx/Tx = aRXTXTurnaround Time
CCAdel = aCCAAssessment Time

D2 = D1 + Air Propagation Time
M1 = M2 = aMACPrcDelay

〈그림 13〉 DCF 타이밍 관계도

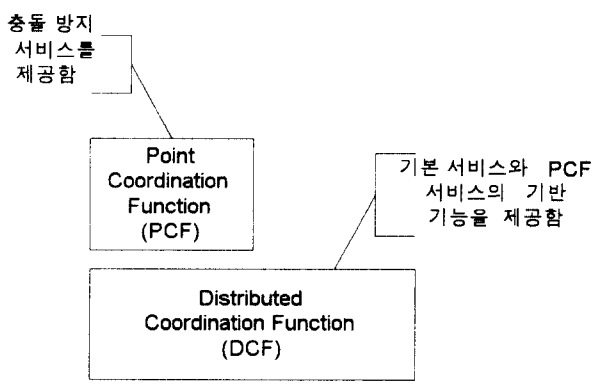
Ⅴ. IEEE 802.11 MAC의 PCF (Point Coordination Function) 운용 방식

PCF는 충돌 방지 전송 방안을 제공한다. PCF 능은 AP에서 동작하며, AP에서의 지원 유무는 옵션으로 이루어 진다. 모든 노드는 DCF에 기반한 PCF 기능을 인식할 수 있으며, 자신의 NAV를 첫번째 CFP(Contention Free Period)의 시작에서 설정한다.

PCF의 동작 특성은 모든 노드들이 PC(Point Coordinator)가 운용하는 BSS내에서나 PC기반 BSS에 associated되어 있으며, PCF에 의한 프레임 송수신이 이루어 지는 경우에 국한된다.

특히, PC로 부터의 CF-Poll(Contention Free Poll) 있으며을 인식하고 동작할 수 있는 가에 대한 여부는 노드들에 대한 옵션 기능이다. 이러한 프레임들은 CF-Poll에 응답할 수 있다면 CF-Pollable이라고 지칭되며, PC에 의하여 호출된다. 이 경우는 RTS/CTS교환은 이루어 지지 않으며, 다만 CF-Poll에 의하여 호출된 노드가 하나의 MSDU를 전송할 수 있다. 이를 수신한 노드는 즉각적으로 ACK 응답을 전송한다.

ACK를 수신하지 못하여 재전송이 요구되는 경우는 다음 CF-Poll을 노드가 수신하는 경우에 시도한다. 만약, 프레임을 수신한 노드가 DCF로만 동작하는 경우는 DCF 방식에 의한 응답을 전송한다. 참고로 PCF는 〈그림 14〉과 같이 DCF 기능을 기반으로 하여 동작한다.

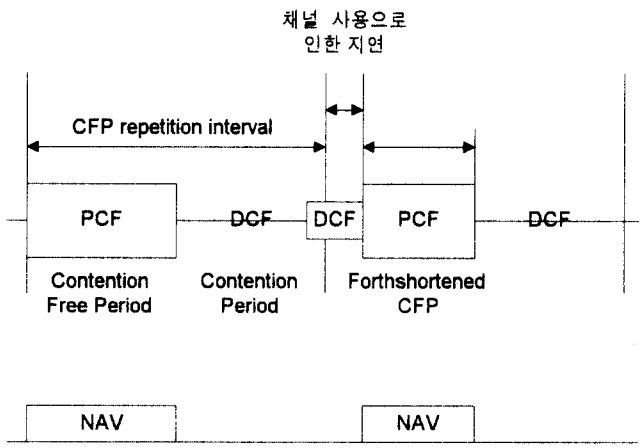


〈그림 14〉 PCF/DCF 관계도

하나 이상의 PC기반 BSS가 중첩된 환경에서 동작하는 경우는 PC간의 동작이 충돌을 발생할 수 있다. 따라서, 이 경우는 충돌을 방지 하기 위한 방안이 요구되며, 이는 본 장의 후반부에서 기술된다.

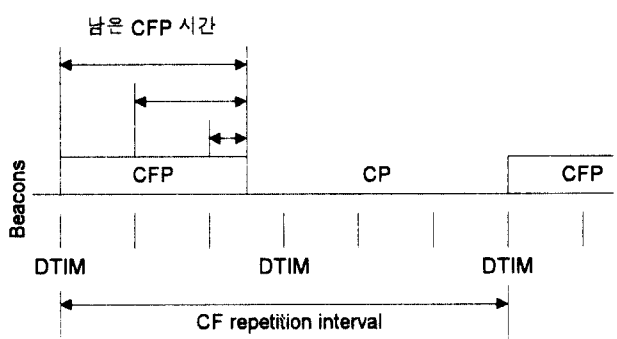
가. 충돌 방지 구조 및 타이밍

PCF는 CFP동안의 프레임 전송을 제어 한다. 각각의 CFP는 DTIM을 포함하는 Beacon 프레임으로 시작된다. 또한, CFP는 정의된 반복율에 의하여 반복적으로 발생되는데, 이와 관련된 내용이 〈그림 15〉에 나타나 있다.



〈그림 15〉 CFP/CP 개념도

PC는 CFP에 의하여 CFPrate로 반복적으로 생성되며, 이는 DTIM 인터발의 횟수로 나타내어 지는데, 이에 대한 사항이 〈그림 16〉에 나타나 있다.



〈그림 16〉 CFP 구간 구성도

아울러, 이러한 값은 BSS내의 다른 노드들과 Beacon 프레임의 CF 파라메타 집합의 요소로서 교환되는데, 이 요소는 Beacon과 Probe Response 프레임에만 삽입되며, PC 기능을 포함하는 노드에서만 송신된다.

CFP의 길이는 PC에 의하여 제어되며, MAC MIB의 aCFPMaxDuration에 정해진 상한선에 의하여 제한된다. 아울러, 정해진 반복 주기에 발생된 CFP가 채널의 사용 상태로 인하여 전송이 불가능한 경우는 현재의 CFP를 지연 시킨다. 지연 후에 발생된 CFP의 길이는 지연 시간 만큼 줄어든 채널 제어 시간동안 동작하는데, 이에 대한 사항은 앞서의 〈그림 15〉에 나타나 있다.

나. PCF 엑세스 절차

IEEE 802.11에서의 충돌 방지 기법은 BSS의 AP가 운용하는 PC에 의한 polling 방식에 의한다. PC는 CFP의 시작에서 채널 제어권을 획득하고 전송 프레임 사이에 DCF보다 작은 인터벌 크기를 사용하므로 채널의 지속적인 점유를 수행한다. BSS내의 모든 노드들은 자신의 NAV를 각 CFP의 시작에서 CFPMaxDuration으로 설정한다. 프레임들에 대한 응답은 Data+CF-ACK, CF-ACK, Data+CF-Poll+CF-ACK+CF-Poll의 절차로 이루어 지는데, 만약 노드가 PCF의 응답을 수행할 수 없는 경우는 DCF에 따른 응답을 수행한다.

(1) 기본 엑세스 방안

각 CFP의 초기 시작부에서 PC는 채널 상황을 점검한다. 채널이 하나의 PIFS만큼 사용되지 않는 다면, PC는 Beacon 프레임에 CF 파라메타 집합 요소와 DTIM 요소를 포함시켜서 전송한다. 초기 Beacon 전송후에 PC는 적어도 하나의 SIFS 후에 하나의 Data 프레임, CF-Poll 프레임, Data+CF-Poll 프레임, CF-End 프레임 가운데 하나를 전송한다. 만약 CFP가 null인 경우는 CF-End 프레임이 Beacon이후에 즉각 전송된다.

PC로부터의 프레임을 수신한 노드는 SIFS 이후에 응답한다. 이 경우 PCF에 따른 응답을 수행하지 못하는 노드들은 DCF에 따른 ACK 전송을 수행한다.

(2) CFP동안의 NAV 동작

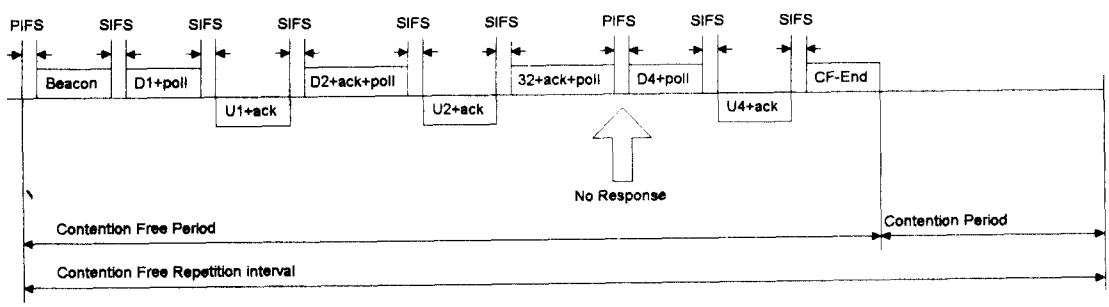
모든 노드들은 예정된 CFP의 시작 시간에서 자신의 NAV를 CFPMaxDuration으로 설정한다. 이후에는 Beacon 프레임의 CFDurRemaining 값을 통하여 노드들의 NAV를 갱신한다. CFP의 종료 시기에는 PC에서 CF-End, CF-End+ACk 프렘임을 전송하고, 이를 수신한 노드들은 CFP의 해제와 함께, NAV를 리셋한다.

다. PCF 전송 절차

PCF에 의한 전송은 크게 AP/PC로의 전송과 AP/PC로 부터의 송신으로 구분한다. CFP동안에 이들의 시퀀스와 PC로의 전송이 허용된 노드들은 PC에 의하여 제어되는데, PCF 전송의 예가 〈그림 17〉에 나타나 있다.

(1) PCF 노드가 송수신하는 경우의 PCF 동작

PC는 CFP의 시작을 알리는 Beacon 프레임으로부터 시작하여 CF-End로 마쳐지는 CFP 동안을 제어



〈그림 17〉 PCF 전송의 예

한다. 따라서, 모든 동작은 DCF의 참여를 방지하기 위하여 PIFS 인터벌로 운용되는데, PC는 다음과 같은 종류의 프레임을 노드들로 전달한다.

- Data : PC로부터 poll되지 않은 노드로 데이타를 전송하기 위하여 사용되며, 이전 송수신에 대한 응답은 없다.
- Data+CF-ACK : PC로 부터 해당 수신 노드가 poll되지 않은 경우에 데이타의 전달을 위하여 사용되며, PC가 CF-Pollable 노드로 부터 수신한 프레임의 응답을 SIFS내에 전달하기 위하여 사용한다.
- Data+CF-Poll : PC로 부터 해당 수신 노드로 데이타를 전달하면서, 해당 노드가 현재의 CFP 시간에 데이타 전송을 수행하도록 지시한다.
- Data+CF-ACK+CF-Poll : PC로 부터 해당 수신 노드로 데이타를 전달하면서, 해당 노드가 현재의 CFP 시간에 데이타 전송을 수행하도록 지시하고, PC가 CF-Pollable 노드로 부터 수신한 프레임의 응답을 SIFS내에 전달하기 위하여 사용한다.
- CF-Poll : PC가 전송할 데이타는 없으며, 다만 해당 노드가 현재의 CFP에 데이타를 송신하도록 제어한다.
- CF-ACK+CF-Poll : PC가 전송할 데이타는 없으며, 다만 해당 노드가 현재의 CFP에 데이타를 송신하도록 제어하고, PC가 CF-Pollable 노드로 부터 수신한 프레임의 응답을 SIFS내에 전달하기 위하여 사용한다.
- CF-ACK: PC가 CF-Pollable 노드로 부터 수신한 프레임의 응답을 SIFS내에 전달하기 위하여 사용한다.

PC는 non-CF-Pollable, non-PowerSave 노드들에 대해서도 프레임을 전송할 수 있다. 이들은 SIFS내에 ACK를 통한 응답을 전송한다. PC는 브로드 캐스트 혹은 멀티 캐스트 프레임의 전송이 가능하며, PowerSave, 노드들을 위해서 PC는 Beacon이 시작된 직후에 해당 노드들에 대한 브로드 캐스트 혹은 멀티 캐스트 프레임을 버퍼링 해두었다가 전송한다.

CF-Pollable 노드들은 PC로 부터의 directed 프레임과 전송된 CF-Poll 명령 이후에 SIFS내에 전송할 프레임을 송신한다. 수신단이 non-CF-Pollable 노드의 경우는 DCF에 기반한 ACK를 수행한다. MAC 레벨의 응답은 CF-Poll을 수신한 노드가 응답으로서 Data+CF-ACK를 전송하여 수행한다. 앞서의 〈그림 17〉에서 U1은 D1에 대한, D2는 U1에 대한 응답을 수행하는 것을 볼 수 있다.

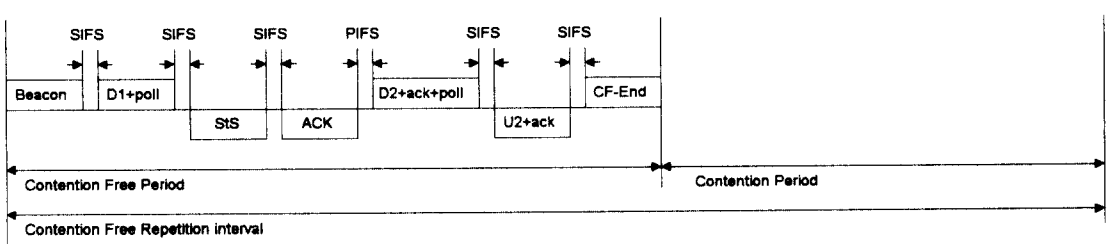
(2) PCF 노드가 송수신하지 않는 경우의 PCF 동작

CF-Pollable 노드는 PC로 부터 CF-Poll을 수신하면, BSS내의 특정 노드로의 전송이 가능하다. 만약, 해당 데이타 프레임이 AP로 전달되는 것잉 아니라면, 데이타 전송과 응답은 DCF에 기반한 방안에 따르며, 이 경우 RTS/CTS 방안은 수행되지 않는다. PC는 ACK 이후에 PIFS 수준의 지연이 지나면 다시 채널 제어를 수행한다.

노드간의 데이타 전송 방안이 〈그림 18〉에 나타나 있다.

(3) 중복된 PC-BSS에서의 동작

PC는 지금까지 설명한 것처럼 CSMA/CA의 랜덤



StS = 노드간에 전송되는 프레임
D = PC로부터 전송되는 프레임
U = PC로 전송되는 프레임

〈그림 18〉 노드간의 충돌 방지 전송 방안

백오프 절차를 수행하지는 않는다. 또한, 다중의 PC-BSS가 같은 채널에 존재하는 경우 충돌의 우려가 있다. 따라서, 충돌의 방지를 위하여 이러한 상황에서는 CFP의 시작에서 백오프 절차를 추가한다. 즉, 즉각적인 CFP의 시작이 아닌 CFP의 시작 지점에서 랜덤 지연후에 백오프를 수행한다. 따라서, 다중의 PC들이 통계적 다중화를 통한 채널 제어를 수행할 수 있다.

Ⅵ. 결 론

본 원고에서는 IEEE 802.11 권고안의 물리 계층과 MAC 계층을 구체적으로 살펴보았다.

현재 무선 LAN에 관련된 수요는 매우 급격하게 증가하고 있다. 따라서, 앞으로 무선 자원의 광대역화 및 고속 통신화와 함께, 차세대 무선 LAN 기술의 주요한 기술로 가장 먼저 등장하는 분야는 이동 단말의 이동성을 지원하는 방안이다. 특히, 초고속 무선 LAN의 연구가 진행됨에 따라 ATM에 기반한 인터페이스를 지원하는 무선 LAN의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 초고속 무선 LAN에서는 대부분이 유선의 인터페이스를 무선 네트워크 인터페이스상에서 그대로 유지하면서, 이동 단말이 인터넷에 연결되거나, 기존의 유선 호스트 및 서버로 부터 정보를 주고 받는 분야의 연구가 진행중이다. 이 경우, 고려되어야할 사항은, 이동 단말이 시간이 지남에 따라 유선 네트워크에 접속된 연결 부분이 변경된다는 점이다.

이러한 구조는 네트워크 측면에서는 망의 구조를 변경하는 것이며, 이때, 이동 단말은 연결의 끊어짐이 없이 서비스의 지속적인 지원을 요구하게 된다. 따라서, 현재 기존의 인터넷 서비스를 그대로 사용하면서 이동성 지원이 가능하도록 하기 위한 제반 기술이 연구되고 있는데, 이 가운데 이동성을 지원하는 프로토콜을 이용하여 이동 멀티미디어 인터넷 서비스를 지원하는 구조가 제안되고 있다[4],[5].

무선 LAN의 발전에 있어서 다음으로 중요한 연구 분야는 ATM 기반 구조에 따른 단순한 데이타의 전송에서 진일보하여 음성, 데이타, 비디오 등의 다양한 멀티미디어 서비스 지원이 가능하도록 유연성 있는 구조를 가지도록 하고, 다양한 QoS 요구 조건을 만족시키는 연구이다. 이를 위해서는 효율적인 대역 할당이 필요하고, 서비스의 투명성 있는 제공을 위하여 기존 ATM의 VBR(Variable Bitrate)/CBR(Constant Bitrate)/ABR(Available Bitrate)/UBR(Unspecified Bitrate)트래픽의 지원이 요구된다. 아울러, 유무선 연동 구조를 지원하여야 하므로, 유선망의 ATM과 별도의 수정 없이 연동이 가능하여야 한다. 또한, 터미날 가격이 저렴해야 하고, 효율적이며 확장이 용이한 네트워크 구조가 요구된다.

마지막으로 언급할 수 있는 무선 LAN의 발전 방향은 IMT-2000의 지원 유무이다. 현재, 모든 이동 통신의 최종 목표가 IMT-2000을 통한 통합과 더나아가 유무선 통합 서비스로 촛점이 모아지고 있으므로, IMT-2000 시스템과 연결이 가능한 무선 LAN 구조 및 각종 프로토콜 스택, 그리고 관련 기술의 표준화가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] Richard 0. LaMaire, Arvind Krishna, Pravin Bhagwat, James Panian, "Wireless LANs and Mobile Networking: Standards and Future Directions", IEEE Communications Magazine, vol.34, no.8, pp.86-94, August 1996

[2] IEEE, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", June 1996, draft

[3] ETSI TC-RES, "Radio Equipment and Systems (RES): High PErformance Radio Local Area Network (HIPERLAN); Functional Specificatiosn", ETSI, 06921 July 1995, draft

[4] Pravin Bhagwat, Charles Perkins, Satish Tripathi, "Network Layer Mobility: An Architecture and Survey", IEEE Personal Communications Magazine, vol.3, no.3, pp.54-64, June 1996

[5] G. Sfikas, R. Tafazolli, B. G. Evans, "ATM Cell Transmission over the IEEE 802.11 Wireless MAC Protocl", pp. 173-177, PIMRC' 96

[6] Harshal S. Chhaya, Sanjay Gupta, "Performance of Asynchronous Data Transfer Methods of IEEE 802.11 MAC Protocol", IEEE Personal Communications Magazine, vol.3, no.5, pp.8-15, October 1996

[7] 이성원, 조동호, "무선 LAN(Local Area System)", 한국통신학회 제14권 제3호 pp. 109~123, 3월 1997년

이 성 원

• 1994년 : 경희대학교 전자계산공학과 졸업
• 1996년 : 경희대학교 전자계산공학과 석사 졸업
• 1996년~현재 : 경희대학교 전자계산공학과 박사과정
• 관심분야 : 통신 프로토콜, 무선 LAN, 무선 ATM, FPLMTS 등임

조 동 호

• 1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
• 1981년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
• 1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
• 1985년 3월~1987년 2월 : 한국과학기술원 통신공학연구실 선임연구원
• 1987년 2월~현재 : 경희대학교 전자계산공학과 교수
• 관심분야 : 이동통신망, IMT-2000, 무선 ATM, 통신망 보안, 통신망 관리, 멀티미디어 시스템 등임