

Wireless Local Area Network 의 IEEE802.11 MAC 의 구현

홍두의* · 김언곤*

*한밭대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과

Materialize of the IEEE802.11 MAC for Wireless Local Area Network

Du-eui Hong* · En-gon Kim*

*Dept. of Inform. & Comm. Eng., Graduate School of Inform. & Comm.,

HANBAT National University

E-mail : dehong73@hotmail.com

요 약

현재 가장 각광을 받고 있는 무선기술인 무선랜(Wireless LAN) 기술의 핵심인 매체접속제어 알고리즘의 구현에 관한 연구로서, 모뎀, RF 와 host interface를 제어하는 핵심알고리즘인 MAC을 IEEE 802.11 spec에 제시된 기능을 H/W와 S/W를 이용하여 구현함으로써 기존의 상용 무선 AP(Access Point)와 고속의 송수신이 가능한 수준까지를 구현하였다.

실제 구현 시 상용제품을 가지고는 테스트가 불가능하여 모뎀 및 RF 부분만 모듈을 사용하여 실제 구현한 모듈을 테스트 하였다. 또한 실제 구현한 모듈은 채널상의 CRC 및 FCS 에러를 고려하여 설계하였으며, 추후 고속의 무선 랜 시스템 구축에 활용될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

It is as research about embodiment of MAC algorithm that is point of wireless LAN technology that is radio skill that is receiving present head of a family footlights, and embodied MAC that is algorithm that control modem RF and host interface to level that existent common use radio AP and send-receive of high speed are available that embody function that is presented to IEEE 802.11 specs using H/W and S/W.

When embody actually, tested module that embody actually using module modem and RF part because test is impossible after have common use product. Also, module that embody actually designed, and is expected to be utilized in radio LAN system construction of high speed late considering CRC and FCS error on channel.

키워드

IEEE802.11 MAC, SDL

1. 서 론

최근 유선랜의 단점을 극복하기 위해 각광받고 있는 무선랜의 매체제어 프로토콜(IEEE 802.11 MAC)의 표준을 분석하고, 하드웨어 및 소프트웨어를 이용하여 프로토콜의 기본기능을 구현하고자 한다.

이를 위해서 802.11 MAC의 프로토콜을 SDL을 기본으로 분석하여 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현해야 할 부분을 구분하여 실제 구현에 적용한다.

2장에서는 우선 무선랜 시스템의 기본적인 개념적인 개념을 설명하고 또한 무선랜 시스템에서의 PHY 와 MAC 을 구분해서 기본적인 개념을 설명한다.

3장에서는 세부적으로 MAC의 기능에 대해서 설명하고, IEEE 802.11 Spec을 바탕으로 세부 기능을 설명하며, 프레임 포맷에 대한 세부적인 설명한다.

4장에서는 앞에서 살펴본 스펙을 가지고 실제 구현을 하는 방법 및 사용 장비등에 관해 설명하며 하드웨어 및 소프트웨어의 구분을 가지고 구현하는

방법을 설명하며 또한 테스트 방법에 대하여 설명한다. 또한 구현 및 테스트 결과에 대하여 설명하며, 성능분석 및 미진한 부분에 관하여 설명하며 결론을 내려한다.

서의 운용 방법

- 무선 매체를 통해 전송되는 정보의 보호를 위한 절차 및 IEEE 802.11 기반 장비 들간의 인증을 위한 절차

II. 무선랜 시스템

케이블 대신 전파나 자외선을 이용하여 컴퓨터 통신을 가능케 하는 네트워크. 각 컴퓨터는 액세스 포인트라고 불리는 기지국과 무선으로 접속하여 이를 경유로 유선 랜이나 인터넷에 접속하는 방식을 사용하는 시스템을 무선랜 이라고 한다. 1997년 IEEE에서 802.11 무선랜 표준을 발표하고, WECA에서 여러 업체들로부터 생산되는 다양한 장비들간의 호환성을 보장하면서 무선랜은 빠르게 대중화되기 시작하였다. 무선랜을 구성하는 요소는 크게 두가지로 분류할 수 있는데 그 하나는 물리적 장치(PHY : Physical Layer) 이며 다른 하나는 매체 접속제어 장치(MAC : Medium Access Control) 이다.

무선랜의 PHY 에는 IEEE에서 제정한 IEEE 802.11b 규격을 따르는 2.4GHz 대역의 주파수를 사용하며 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 방식을 채택하고 있으며, IEEE 802.11g의 경우 2.4GHz 대역에서 OFDM 방식을 채택하고 있다. 또한 IEEE 802.11a 규격은 5.2GHz 혹은 5.8GHz 대역의 주파수를 사용하고 있으며 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용하고 있다. 데이터 링크 계층에서의 프로토콜은 IEEE 802.11을 따르고 있으며 인증 및 보안 규격 역시 IEEE 802.11 규격을 따르고 있다.

무선랜의 MAC은 IEEE 802.11a, b, g 모두 동일하며 동일한 매체제어 알고리즘위에 성격이 다른 PHY를 사용하여 1~54Mbps 까지의 전송속도를 가진다.

▷ IEEE 802.11에서의 서비스

총 9종류의 서비스를 정의하고 있으며 이들 중 6개는 STA들 간의 MSDU 전송을 지원하는데 쓰이고, 나머지 3개는 802.11 LAN에의 access 및 보안 control을 위한 것이다.

구분	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 모니터링으로부터 송수신되는 데이터를 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

표 3.1 IEEE 802.11 서비스 종류 및 기능

III. MAC의 세부기능

MAC Protocol 정의는 IEEE 802.11은 local area 내에서 움직일 수 있는 자동화된 기계나 단말장치들 간의 무선 통신을 제공하기 위한 규격으로, 다음과 같은 내용들을 포함한다.

- Ad Hoc 또는 infrastructure 망 내에서 동작하는 IEEE 802.11 호환 장치들이 가져야할 기능과 서비스
- 비동기 MAC service data unit(MSDU)의 전송 서비스를 지원하기 위한 MAC 프로시저들의 정의
- IEEE 802.11 MAC에 의해 control되는 PHY signalling technique과 인터페이스 기능
- 다수의 중첩되는 802.11 무선 LAN 망 내에

▷ Sublayer and Interfaces

IEEE 802.11은 언급된 기능들과 서비스를 지원하기 위하여 그림 3.2와 같은 계층 구조와 계층 간 인터페이스를 갖고 있다. 즉, 물리 계층에서는 실질적인 물리 전송 기능을 담당하는 PMD(Physical medium Dependent) 부 계층과 이의 제어를 담당하는 PLCP(Physical Layer Control part)부 계층, 그리고 이의 관리를 담당하는 관리 계층으로 구성되고, MAC 계층은 데이터의 실질적인 전송을 담당하는 MAC 부 계층과 이의 관리를 수행하는 관리 계층으로 구성된다. 그리고 각 계층 간의 인터페이스는 그림에서 보이는 SAP(Service Access Point)를 통하여 정의된다.

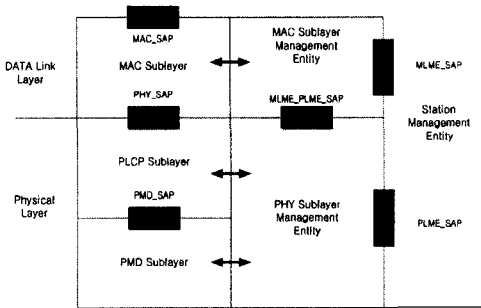


그림 3.1 IEEE 802.11 Sublayer & Interface

▷ Frame Formats

IEEE 802.11 MAC의 일반적인 프레임 포맷은 그림 3.3과 같으며, 2 octet의 frame control 필드와 역시 2 octet의 duration/ID 필드, 3개의 MAC address 필드와 sequence number 필드, 1개의 MAC address 필드, frame body, 그리고 오류검사를 위해 CRC 코드를 보내는 FCS(Frame Check Sequence) 필드로 구성된다.

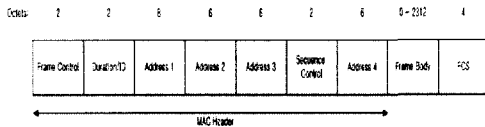


그림 3.2 IEEE 802.11 무선 LAN의 프레임 구조

이들 필드 중 프레임의 제어를 위한 frame control 필드는 다시 그림 3.3과 같이 구성된다.

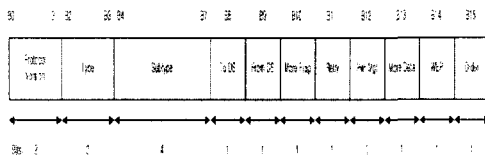


그림 3.3 Frame Control Field

Frame Control 필드를 구성하는 각각의 내용들은 다음과 같은 용도로 사용된다.

- Protocol Version : 버전, 현재의 버전은 '0'
- Type : frame의 기본 분류를 나타낸다. Data, Management, Control의 세 종류가 있다.
- Subtype : frame의 부 타입을 나타낸다.
- ToDS : Distribution System으로 전달되는 frame인 경우 '1'로 설정된다.
- FromDS : Distribution System으로부터 전달된 frame인 경우 '1'로 설정된다.
- MoreFrag : Fragmentation된 frame으로 한 MSDU의 마지막 fragment가 아닌 경우 '1'로

설정된다.

- Retry : 재전송되는 frame이면 '1'로 설정된다.
- PwrMgt : Power Management Mode가 Power-Save 모드인지 Active 모드인 지를 나타낸다.
- WEP : frame의 body가 암호화 되어 있는지 아닌지를 나타낸다.
- Order : 순서를 바꾸어 전달 가능한 frame인가를 나타낸다.

▷ MAC Coordination Function

IEEE 802.11 MAC의 다중접속 방법을 CSMA/CA(Carrier Sensing Multiple Access with collision Avoidance)라고 한다. 이것은 ethernet의 CSMA/CD(Carrier Sensing Multiple Access with collision Detection)를 기반으로 고안된 것으로 유선에서의 충돌 감지 방법이 무선 매체에서는 용이하지 않으므로 충돌 회피 방법을 사용한다. CSMA/CA 기능을 지원하기 위해서 802.11기반 장비의 MAC은 DCF(Distributed Coordination Function)기능을 가진다. 802.11 장비들은 이 기능을 이용, 서로 공평한 방법으로 경쟁하여 무선 매체를 점유할 수 있으며, 무선 매체의 점유 사실을 파악하여 전송을 연기할 수 있다.

802.11 MAC은 기본 기능인 DCF 이오에 PCF(Point Coordination Function)기능을 선택적으로 가질 수 있다. 이는 DCF와 달리 매체 점유를 통제하는 PC(Point Coordinator)가 있어서 PC가 각 STA의 매체 점유를 제어한다. IEEE 802.11 규격에서는 DCF와 PCF를 동시에 사용할 수 있도록 허용한다. 그림 3.4는 802.11 MAC의 이러한 구조를 나타낸다.

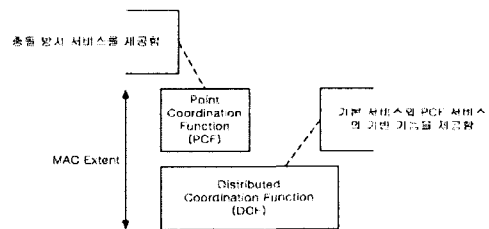


그림 3.4 MAC architecture

▷ DCF

DCF는 각각의 STA들이 스스로 전송이 가능한지를 판단하도록 한다. 이는 가장 기본적인 IEEE 802.11의 운용 방식으로서, CSMA/CA에 기반한 단말들의 통신을가능하도록 한다.

이 방식에서는 무선 매체의 사용 여부 및 random backoff, 그리고 전송된 frame의 즉각적인 ACK(ACKnowledgement)응답을 통하여 통신을 수행한다. 송신된 frame에 대하여 ACK응답을 수신하지 못하는 경우는 송신 단에서 일정 시간 후에 재전송을 시도하도록 한다.

CSMA/CA는 채널의 실질적인 상황을 이용할 수도 있으며, 각종 제어 명령을 사용함으로써 가상적인 방식으로도 운용이 가능하다. 가상적인 운용 방식은 RTS, CTS와 같은 채널 점유 시간이 포함된 제어 프레임들을 사용함으로써 충돌을 방지한다. Directed frame의 경우도 이러한 점유 시간 필드를 사용함으로써 ACK를 고려한 채널 예약이 가능하다. 특히, RTS/CTS를 이용하는 방안은 복수의 BSS들이 중첩되어 같은 채널을 사용하여 운용되는 환경과 AP로부터의 전송은 수신할 수 있으나, 다른 BSA에 속한 STA로부터의 전송을 수신하지 못하는 경우에 효과적인 성능을 제공한다. 그러나, 이러한 RTS/CTS방안은 Broadcast나 Multicast traffic에 사용되지는 않으며, 아울러 추가적인 overhead로 인하여 작은 메시지들을 주고 받는 상황에서는 성능 저하를 초래할 수도 있다.

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

▷ CSMA/CA

Carrier를 검출하기 위해서 802.11에서는 두 가지 방법을 사용한다. 하나는 물리적으로 사용 주파수의 전계 강도를 측정하는 직접적 방법이고, 다른 하나는 전송중인 frame의 duration 값을 보고 매체의 점유 기간을 파악하는 간접적 방법이다. 물리적인 CSMA방식은 PHY를 통하여 이루어진다. 가상적인 CSMA의 경우는 MAC에 의하여 제어되며, 전송한 바와 같이 frame에 duration값을 포함하여 그 시간 즉 NAV(Network Allocation Vector)기간 동안 매체 점유를 예약하는 방식이다. 그러나 NAV가 0이 된 이후에도 PHY의 CCA(Clear Channel Assessment)기능을 이용하여 WM이 가용한지를 검사하여 최종 전송 여부를 결정하게 된다.

IV. MAC의 구현 및 결론

위에서 언급한 기능 이외에도 스펙상에 기술된 내용이 많지만 중요기능을 위주로 실제 구현을 시도한 부분을 중점적으로 설명하겠다. 일단 개발 플랫폼은 FPGA 와 마이크로프로세서를 이용하여 개발하기로 방향을 잡았다. 그래서 찾아낸 솔루션이 ALTERA사의 Excalibur 라는 device 이다.

이 device는 100만게이트의 FPGA와 ARM9 core를 모두 가지고 있다.

아래의 그림 4.1은 SDL을 참고로 하여 기능적인 block별로 나누어 보았다.

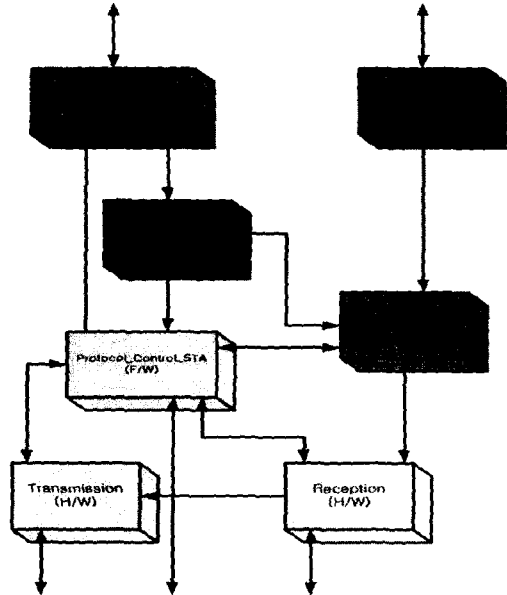


그림 4.1 MAC 구현 block도

실제 block도중 구현 대상인 block은 Protocol_Control_STA, Transmission과 Reception block이 되겠다. 그 외의 나머지 부분은 드라이버 단에서 처리해주는 부분이 되겠다. 하지만 드라이버 단은 언급을 하지 않겠다. 그림에서 F/W라고 되어있는 부분은 ARM core의 firmware에 구현될 block이 되며, H/W라고 되어있는 부분은 FPGA에서 구현될 block이 되겠다.

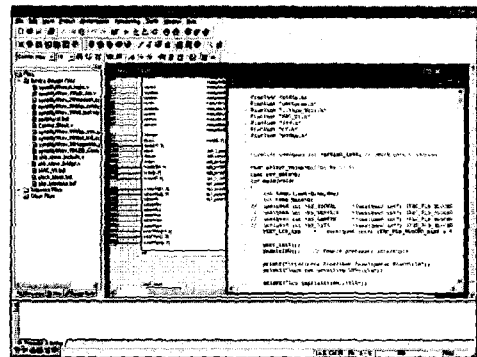


그림 4.2 구현 시 사용하는 tool

그림 4.2는 FPGA 로직 및 ARM firmware 구현 시 사용하는 quartusII라는 tool이다. 이 tool을 이용하여 구현하였으며, FPGA logic의 검증은 ModelSim을 사용하였으며, Firmware의 개발 및 디버깅에는 MultiICE라는 tool을 사용하였다.

위에서 언급한 block 중 Transmission과

Reception block은 802.11b를 지원하는 RF module 을 가져다 interface하여 테스트를 하였다. 우선은 기본 기능인 송/수신을 테스트 하였으나 RF module의 결함으로 1, 2Mbps는 송수신이 되었으나 5.5, 11Mbps mode에서는 송수신이 되지않았다. 그래서 2Mbps mode로 테스트를 수행하였다. 송/수신 테스트는 상용AP와 수행하였다. MAC에서 사용하는 여러 frame 중에서 management frame 의 beacon 을 가지고 수신 테스트를 수행하였다. PHY에서 올라오는 PLCP frame의 수신 및 CRC 와 frame 상의 데이터를 분석하여 firmware단으로 MPDU frame을 넘기는 작업을 완료하였다. Transmission 과 Reception block에서 전달받은 데이터를 분석 및 드라이버단에 전송할 데이터와 자체 처리할 frame을 구분하여 처리하는 Protocol Control block을 구현하였다.

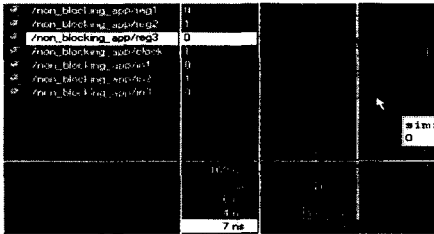


그림 4.3 각 부분별로 시뮬레이션 장면

위의 그림 4.3에서 보는 바와같이 각각의 부분을 선 시뮬레이션후 결과를 분석한뒤 각 block을 통합하여 전체를 시뮬레이션 후 실 board에

downloading 하여 결과를 검증하는 방식으로 진행하였다. PLCP block 부분의 설계와 검증을 마쳤으며 윗단의 Protocol Control 부분은 일부 기본 기능만 구현이 되었다. 기본 DCF 일부기능이 구현되었으며, PCF 부분은 구현 대상에서 제외되었다. 상용 제품에서도 PCF부분은 제외가 되었었기 때문에 이번 구현에서도 제외하였다.

실제 AP와의 수신 테스트 시 Beacon의 간격을 AP에서 조절할 수 있기 때문에 Interval을 조절하여 수신테스트를 하였다. 대략적으로 1, 2Mbps mode 에서는 90% 이상의 수신률을 나타냈으나 5.5 11Mbps mode 에서는 수신률이 5% 이하로 나타났다.

결론을 이야기 하자면 MAC 은 각 block 이나 module 간의 제어를 하는 것으로 각 부분이 불안정할 시 영향을 많이 받으므로 이번 연구결과는 더욱 시간을 가지고 발전시켜 나가야 할 거라고 생각을 한다. Frame 제어 및 일부 데이터의 전송이 성공함에 만족하며, 모뎀 및 RF module이 불완전하여 완벽한 테스트를 해보지 못한 것이 아쉬움으로 남지만 개발 가능성을 느꼈으며 또한 원천기술개발을 시도 했다는 것에 큰 의미를 두고 싶다.

참고문헌

- [1] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, Standard IEEE 802.11b, September 1999.
- [2] Intersil Inc., <http://www.intersil.com>
- [2] ALTERA Inc., <http://www.altera.com>