
고속 처리량을 위한 NS-2 기반 IEEE 802.11n MAC/PHY 연동 기법 분석

Analysis of IEEE 802.11n MAC and PHY Integration Method for High Throughput Performance based on NS-2

김주석*, 이윤호*, 송재수**, 김경석*
충북대학교 전파통신공학*, 한국전자통신연구원**

Joo-Seok Kim(kjs7205@naver.com)*, Yun-Ho Lee(paper9875@naver.com)**,
Jae-Su Song(heretic@etri.re.kr)**, Kyung-Seok Kim(kseokkim@cbnu.ac.kr)*

요약

최근 무선 인터넷 수요의 증가와 더불어 IEEE 802.11 WLAN의 표준화 작업도 활발히 진행 중이다. 고속처리량을 위한 IEEE 802.11n의 연구 동향은 크게 두 가지로 MAC 계층에서 패킷 간의 Aggregation을 통하여 시스템 처리량을 높인 결과와 PHY 계층에서 MIMO 시스템을 적용하여 데이터 전송속도를 높인 결과로 정리될 수 있다. 그러나 아직까지 MAC 계층과 PHY 계층의 연동을 고려하여 IEEE 802.11n의 성능 분석을 보인 결과는 발표되지 않았다. 본 논문에서는 IEEE 802.11n 시스템에서 MAC 계층과 PHY 계층의 연동을 고려하여 성능을 분석한다. MAC 계층에서의 A-MPDU 기법과 PHY 계층에서 MIMO 방식을 적용한다. 결과적으로 기존의 방식에 비해 데이터 전송속도의 증가와 처리량이 향상되었음을 보인다. 또한, MAC과 PHY의 연동을 고려하여 현실성 있는 시뮬레이터인 NS-2를 사용하기로 한다.

■ 중심어 : | IEEE 802.11n | HCF | A-MPDU | MIMO | 고속처리량 |

Abstract

IEEE 802.11 WLAN(Wireless Local Area Network) standard is currently developing with increased wireless internet demand. Study trends of IEEE 802.11n for high throughput show two aspects, enhanced system throughput using aggregation among packets in MAC(Medium Access Control) layer, and better data rates adapting MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) in PHY(Physical) layer. But, no one demonstrates IEEE 802.11n system performance results considering MAC and PHY connection. This paper adapts A-MPDU(Aggregation-MAC Protocol Data Unit) method in MAC layer and MIMO in PHY layer for IEEE 802.11n system. Consequently, Simulation results show enhanced throughput and data rates compared to existing system. Also, We use NS-2(Network Simulator-2) considering MAC and PHY connection for reality.

■ keyword : | IEEE 802.11n | HCF | A-MPDU | MIMO | Hight Throughput |

I. 서론

Wi-Fi라고도 불리는 무선 LAN은 유선 LAN의 전송

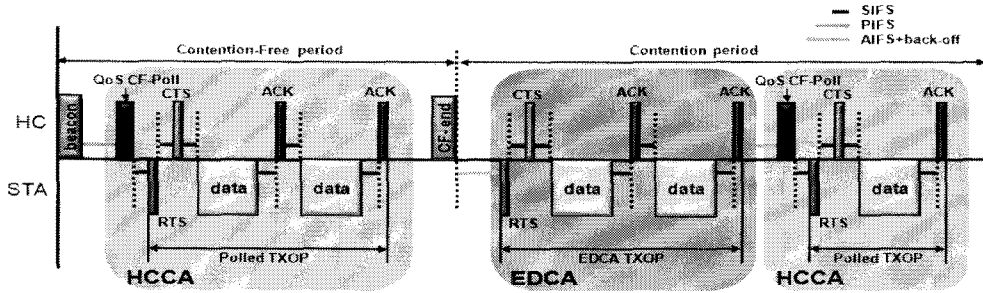


그림 1.HCF 슈퍼프레임 구조

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 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[1]. 특히 차세대 WLAN에 대한 표준은 2002년 초부터 TGn을 중심으로 진행되고 있으며 표준의 목표는 PHY(Physical) 계층에서의 데이터 전송속도의 증가 뿐 아니라 그 상위 계층에서의 전송 효율의 증대를 목표로 표준 제정 활동을 전개하고 있다. 구체적으로는 PHY(Physical) 계층에서의 단위 주파수 당 데이터 전송 효율과 MAC(Medium Access Control)과 그 상위 계층에서의 전송률의 목표를 100Mbps로 명시하고 있다[2]. 그러나 아직까지 MAC 계층과 PHY 계층의 연동을 고려하여 IEEE 802.11n의 성능 분석을 보인 결과는 발표되지 않았다.

본 논문에서는 IEEE 802.11n에서 고속처리량을 위한 MAC과 PHY 계층의 기법들을 분석하고 NS-2 환경에서 적용하여 목표 처리량을 달성하는 시스템을 구현하였다. 2장에서 기본적인 IEEE 802.11n 시스템의 구조를 살펴보고, 3장에서 전송 효율을 높이기 위한 기법들을 다룬다. 4장에서는 이러한 기법들을 구현하기 위한 NS-2 환경에 대해 분석하고 5장에서 시뮬레이션을 통한 성능 검증 후, 6장에서 결론을 맺는다.

II. IEEE 802.11n 시스템 구조

차세대 WLAN의 표준으로 논의되고 있는 IEEE 802.11n 시스템은 PHY 계층에서 130Mbps 이상의 데이터 전송속도와 MAC 계층의 SAP(Service Access Point)에서 100Mbps 이상의 처리량을 요구하고 있다. 본 장에서는 IEEE 802.11n 시스템의 구성을 이루는 MAC 계층과 PHY 계층에서 본 연구에서 이용한 MAC 계층에서의 HCF기반의 EDCA/HCCA기법과 PHY 계층에서의 기본 구성과 WLAN MIMO TGn 채널에 대해 소개한다.

2.1 IEEE 802.11n 시스템의 MAC 계층

IEEE 802.11n에서 정의하는 MAC 계층의 QoS는 IEEE 802.11e의 방식을 따르는데 이는 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF 방식을 향상시킨 HCF 방식을 통하여 실현된다[3][4]. 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 1)을 사용하고 있다 [5].

EDCA 방식은 STA(Station) 간에 멀티미디어 데이터 통신을 할 때 패킷 간의 충돌을 피하는 것을 목표로 하는 DCF 방식에 기반 하여 QoS 보장을 위해 특정 트래픽의 종류에 대해 우선순위를 제공한다. 우선순위 제공 방법은 패킷이 MAC 계층에 도달하기 전에 IP 패킷 헤더에 있는 ToS(Type of Service) 필드의 값을 이용하여 AC(Access Category) 별로 멀티미디어 트래픽의

우선순위를 구분한다. 표 1은 EDCA 기반에서 AC 별로 우선순위를 나타낸다[6].

표 1. EDCA 구조에서 AC별 우선순위

Priority	AC	Designation
1	AC_BK	Background
2	AC_BK	Background
0	AC_BE	Best Effort
3	AC_BE	Best Effort
4	AC_VI	Video
5	AC_VI	Video
6	AC_VO	Voice
7	AC_VO	Voice

[표 1]과 같이 멀티미디어 트래픽이 각각의 트래픽 특성에 따른 우선순위가 구분이 되면 각각의 전송 큐로 전송된다. 각각의 전송 큐로 전송된 트래픽은 송신되기 전에 AC 별로 가상 충돌 처리기에서 우선순위를 비교하고 MAC으로 넘어오게 된다

HCCA 방식은 무선 매체접근에 대한 중앙관리를 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. [그림 1]과 같이 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.

EDCA TXOP의 경우 비컨 프레임에 의해, Polled TXOP의 경우는 QoS CF-Poll 프레임에 의해 스테이션에 통보된다. IEEE 802.11n MAC은 [그림 1]에서처럼 경쟁 구간에서도 QoS CF-Poll 프레임의 발생으로 HCCA가 EDCA보다 우선적으로 발생할 수 있는 구조를 가지고 있다.

2.2 IEEE 802.11n 시스템의 PHY 계층

IEEE 802.11n PHY 계층은 OFDM(Orthogonal Division Multiple Access) 기반에 MIMO를 적용하여 130Mbps 이상의 데이터 전송속도 증가를 목표로 하고 있다. 본 절에서는 TGn 그룹에서 제안한 IEEE 802.11n PHY 계층의 기본 구성 요소와 WLAN MIMO TGn 채널에 대해서 소개한다. [표 2]는 TGn에서 제안한 IEEE 802.11n PHY 계층의 채널 및 변조 파라미터를 나타낸다[7].

표 2. IEEE 802.11n PHY 계층 구성도

Channel Band(MHz)	Spatial Streams	Modulation Type	Coded bits Sub-carrier	Code Rate
20,40	1,2,3,4	BPSK	1	1/2
20,40	1,2,3,4	BPSK	1	3/4
20,40	1,2,3,4	QPSK	2	1/2
20,40	1,2,3,4	QPSK	2	3/4
20,40	1,2,3,4	16-QAM	4	1/2
20,40	1,2,3,4	16-QAM	4	3/4
20,40	1,2,3,4	64-QAM	6	2/3
20,40	1,2,3,4	64-QAM	6	3/4
20,40	1,2,3,4	64-QAM	6	5/6

기본 변조 방식은 BPSK부터 64-QAM까지 지원 가능하고, 채널 코드율은 1/2부터 5/6까지 지원 가능하다. 채널 대역폭은 20MHz, 송신 안테나의 개수와 Spatial Stream은 2개를 의무사항으로 정하고 있고, 채널 대역폭을 40MHz, 송신 안테나의 개수와 Spatial Stream은 3개 이상을 선택 사항으로 정하고 있다. 또한, 송신 안테나의 개수가 2가 넘어가는 경우 STC(Space Time Coding) 기법의 적용도 선택 사항으로 정하고 있다.

다음으로, WLAN MIMO TGn 채널 모델은 Saleh와 Valenzuela에 의해 제안된 클러스터 기반의 광대역 MIMO 무선 채널 모델로서 2GHz 및 5GHz의 실내용 WLAN 시스템 개발에 사용한다. 이 모델은 MIMO 구현 관점에서 상관 행렬을 이용한 안테나 간 상관 정도를 구현한 측면이 있고, 광대역 구현 관점에서 COST259 모델에 근거한 클러스터 개념이 도입된 부분이 있다. MIMO 채널의 특징은 실내 환경을 고려하여 LOS(Line Of Sight) 영향과 NLOS(Non Line Of Sight) 영향을 동시에 고려하는 점이다. 안테나 상호간의 페이

당은 주어진 상관 행렬에 따라 확률적으로 생성되며, 광대역 특성을 나타내는 다중 경로의 시간 지연은 복수의 클러스터를 통하여 구현된다[8].

III. 고속처리량을 위한 IEEE 802.11n 기법

이번 장에서는 앞 장에서 살펴본 IEEE 802.11n 시스템 구조에 처리량을 극대화시키기 위해서 MAC과 PHY에서 적용할 여러 가지 기법을 다룬다.

3.1 MAC에서의 A-MPDU 기법

IEEE 802.11n MAC은 기존 IEEE 802.11 MAC의 전송 오버헤드를 줄임으로써 보다 높은 처리율을 얻는 방향으로 표준화가 진행되고 있다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이, 기존의 802.11 MAC은 하나의 MPDU를 전송할 때마다 백오프 오버헤드와 ACK 프레임 전송에 기인하는 오버헤드(SIFS, ACK 프레임전송)가 발생한다. 또한 하나의 MPDU를 전송할 때 마다 PHY오버헤드도 추가된다. 이 때문에 802.11g 무선랜의 최대 PHY전송속도가 54Mbps임에도 불구하고, 최대 처리율은 그 절반도 되지 않는다.

이러한 오버헤드를 줄이기 위해 MAC에서 HCF를 기반으로 한 A-MPDU 방식을 적용한다([그림 2](b)). PHY는 PHY 계층의 오버헤드이고, MPDU 는 데이터 프레임이다. 또한, BA(Block Ack)는 Aggregation된 MPDU 들의 Ack을 블록화 한 프레임이고, BAR(Block Ack Request) A-MPDU의 끝을 알리는 프레임이다. 결론적으로 A-MPDU 방식은 MPDU들을 Aggregation하여 불필요한 오버

헤드인 SIFS(Shorter Inter Frame Space)와 Ack 프레임 전송을 방지하고, 높은 처리량을 얻고자 하는데 목표가 있는 것이다[9].

IEEE 802.11n의 MAC 계층의 aggregation 방안으로 A-MPDU 외에 A-MSDU 방식이 있다. A-MPDU는 하나 이상의 MPDU를 aggregation하여 구성하지만, A-MSDU는 우선순위(priority)가 같고 동일한 DA로 향하는 다수의 MSDU를 하나의 MSDU로 aggregation 하는 방법이다. 본 논문에서는 DA를 하나로 설정하여 성능을 테스트 했기 때문에 A-MSDU 방식은 적용하지 않고 A-MPDU 만 적용한다.

3.2 PHY에서의 SVD-MIMO 기법

MIMO 시스템이 송신 안테나의 개수가 M_T 이고, 수신 안테나의 개수가 M_R 로 구성된다고 가정한다. 만약 입력 신호가 x 이고, MIMO 채널의 채널 계수 행렬은 H , AWGN(Additive White Gaussian Noise)가 n 이라면 수신 신호는 다음 식(1)과 같다.

$$y = Hx + n$$

$$x \in C^{M_T}, H \in C^{M_R \times M_T}, n \in C^{M_R} \quad (1)$$

n 은 평균이 0이고 분산이 동일한 복소 가우시안 잡음이다. 또한, 복소 가우시안 잡음이기때 독립적인 실수부와 허수부를 원소로 갖는다.

MIMO 채널의 정보를 송, 수신부에서 모두 알고 있다고 가정하면 채널 계수 행렬 H 를 SVD 하여 다음 식 (2)과 같이 3개의 행렬로 분해할 수 있다.

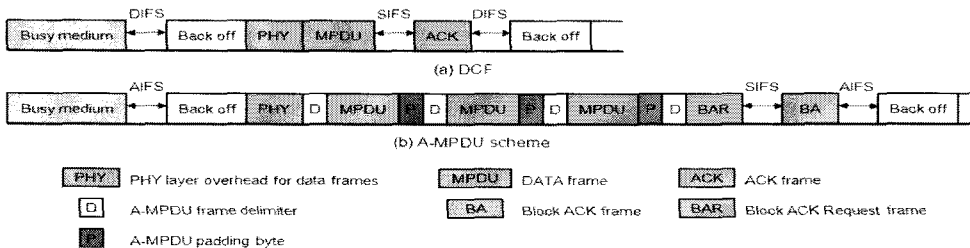


그림 2. DCF와 A-MPDU 방식의 비교

$$SVD(H) = U \sum V^H$$

$$U \in C^{M_R \times M_R}, V \in C^{M_T \times M_T}, \sum \in C^{M_R \times M_T} \quad (2)$$

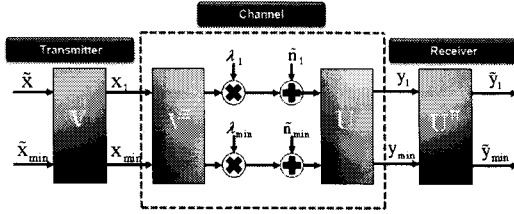


그림 3. SVD를 이용한 MIMO 채널 분해 기법

U와 V 행렬은 단일 행렬(Unitary Matrix)이고, \sum 는 특이치 값(Singular Value)을 오름차순으로 갖는 대각 행렬(Diagonal Matrix)이다. V^H 는 V의 복소 전치 행렬(Complex Conjugate Transpose Matrix)이다.

SVD의 분석을 위해서 채널 계수 행렬 H를 독립적인 직교 고유모드(Orthogonal Eigenmodes)로 분해할 수 있다. [그림 3]은 MIMO 채널을 독립적인 직교 고유모드로 분해하는 과정을 나타낸다.

이것은 송신부에서 입력 신호 x가 전송되기 전에 V 행렬과 곱해지는 것을 의미하고, 또한 수신부에서 출력된 신호가 U^H 와 곱해지는 것을 의미한다. 전반적인 SVD 전송 관계는 다음 식(3)과 같다[10].

$$\tilde{y} = U^H y = U^H (Hx + n) = \sum \tilde{x} + \tilde{n}$$

$$\tilde{x} = V^H x, \tilde{y} = U^H y, \tilde{n} = U^H n, \quad (3)$$

$$svd(H) = U \sum V^H$$

U^H 는 U의 복소 전치 행렬이다. 결과적으로, 입력 신호 벡터는 MIMO 채널에서 SVD 기법을 이용하여 독립적인 SISO 가우시안 서브 채널로 근사 할 수 있고, 각 서브 채널은 특이치 값 λ 에 의해서만 영향을 받는다는 것이다. 위의 내용을 정리하면 다음 식(4)과 같다.

$$\tilde{y} = \sum_{i=0}^{M_{\min}} \lambda_i \tilde{x}_i + \tilde{n}_i$$

$$M_{\min} = \min(M_T, M_R) \quad (4)$$

본 논문에서는 이번 장에서 살펴본 A-MPDU

방식과 SVD-MIMO 방식을 적용하기 위하여 NS-2 환경에서 MAC과 PHY를 구현하였다.

IV. IEEE 802.11n을 위한 NS-2 환경 분석

본 장에서는 NS-2 환경에서 IEEE 802.11n 시스템 구현을 위하여 MAC의 동작 순서도와 MAC/PHY 계층의 구축 및 연동 과정에 대해서 소개한다.

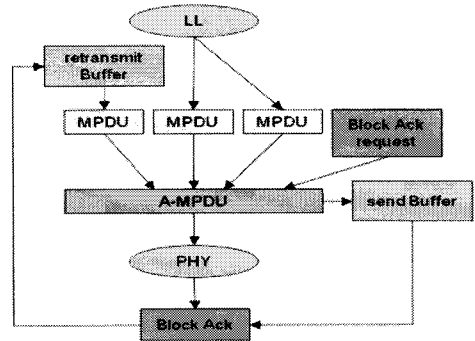


그림 4. IEEE 802.11n의 송신단 MAC 처리 절차

MAC에서는 데이터를 송수신하는 과정을 송신단과 수신단으로 나누어서 살펴볼 수 있는데, 무선링크를 획득한 노드는 데이터 전송을 위해 [그림 4]와 같은 절차를 거친다. 우선 데이터를 전송하기 위해 MPDU를 aggregation하기 위해 미리 retransmit Buffer의 내용을 체크한다. 이 버퍼는 재전송을 해야 하는 패킷들의 정보가 저장되어있다. 따라서 이 버퍼의 패킷을 먼저 처리한 후 Link Layer에서 내려온 패킷들을 모아 A-MPDU를 생성한다. 이때 여러 MPDU에 대한 Ack를 Block Ack request 프레임에 하나로 묶어서 처리한다. 이렇게 생성된 A-MPDU의 정보를 send Buffer라는 또 다른 버퍼에 저장한다. 이는 후에 전송 에러가 발생한 패킷의 정보를 확인하기 위함이다. 이렇게 생성된 A-MPDU를 PHY로 보냄으로써 MAC은 전송을 위한 절차를 마치게 되고 PHY은 수신단으로 패킷을 전송하게 된다.

후에 Block Ack request에 대한 응답으로 Block Ack

패킷을 PHY에서 받게 되면 앞서 A-MPDU 정보를 저장한 send Buffer와 Block Ack의 대조작업을 통하여 재전송을 위한 MPDU를 retransmit Buffer로 저장함으로써 다음 A-MPDU 패킷에 재전송이 되게 하는 과정을 거친다.

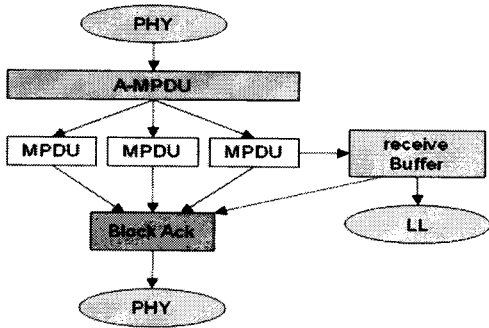


그림 5. IEEE 802.11n의 수신단 MAC 처리 절차

수신단에서는 [그림 5]와 같이 MAC에서 처리 절차를 수행한다. 무선링크를 통해 PHY로 수신된 A-MPDU를 다시 MPDU로 나누어서 receive Buffer에 저장된다. 이 버퍼는 연속된 MPDU를 성공적으로 수신했을 때 상위 계층으로 데이터를 보내게 되지만, 중간에 에러가 발생하게 되면 그 다음 패킷들을 저장하고 에러가 발생한 패킷의 정보를 Block Ack에 추가하게 되어 다음번 수신할 A-MPDU에 재전송되게 한다.

이렇게 송신단측과 수신단측이 서로 간의 데이터 전송과정을 유기적으로 연결함으로써 A-MPDU 기법을 처리하게 된다.

다음 [그림 6]은 MAC 계층과 PHY 계층의 연동을 고려한 시뮬레이션 과정이다.

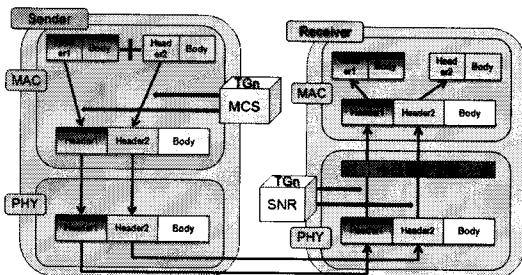


그림 6. NS-2 에서의 MAC과 PHY의 연동 방법

MAC 계층에서 MIMO 시스템을 고려하여 2개 이상의 패킷이 내려올 때 시뮬레이션에서는 각각의 패킷에 대해 지연된 채널의 정보를 기반으로 MCS 레벨을 선정하여 하나의 패킷의 헤더에 모두 담아서 PHY 계층으로 보내준다. PHY 계층에서는 각 패킷의 MCS 레벨과 현재 채널의 SNR을 기반으로 패킷의 수신 여부를 판단한다. MAC 계층에서는 수신된 패킷을 기준으로 처리량을 측정한다.

V. 실험 및 결과

본 논문에서는 고속처리량이 가능한 IEEE 802.11n 시스템 적용을 NS-2를 이용하여 성능을 분석한다. 본 장에서는 A-MPDU의 방식을 두고 있는 MAC 계층과의 연동을 고려하여 MIMO 시스템을 위한 PHY 계층의 시뮬레이션 파라미터 선정 과정과 구조에 대해 소개한다.

[표 2]는 NS-2 시뮬레이션에서 설정한 시스템 파라미터이다. 데이터 전송률은 고속 환경에 맞추어 54Mbps로 설정하였고, MPDU 크기는 256bytes로 고정하였다. 캐리어 주파수는 IEEE 802.11n의 표준에서 선정한 5.29GHz를 선택하고, MIMO 시스템을 고려하여 송. 수신 안테나의 개수는 2개인 경우와 4개인 경우를 고려한다.

표 2. 시스템 파라미터

Parameters	Value
Data Rate	54 Mbps
MPDU size	256 bytes
Slot Time	9 us
SIFS	16 us
Preamble Length	96 bits
Carrier Frequency	5 GHz
Number of Tx Antennas	2 / 4
Spacing Tx	1
Number of Rx Antennas	2 / 4
Spacing Rx	0.5

또한 IEEE 802.11n 시스템을 위한 MIMO 채널 모델에서 Path Loss에 따른 수신 전력(Received SNR)의 값 분석을 위해 Link Budget 이론을 적용한다[11].

TGn 채널에서의 Path Loss는 다음 식(5)과 같이 정리된다.

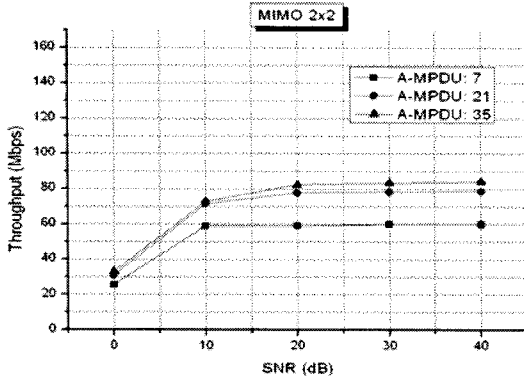


그림 7. MIMO 2by2 환경에서 SNR과 A-MPDU packet size에 따른 처리량

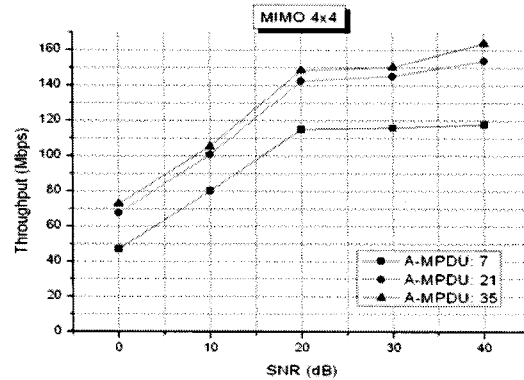


그림 8. MIMO 4by4 환경에서 SNR과 A-MPDU packet size에 따른 처리량

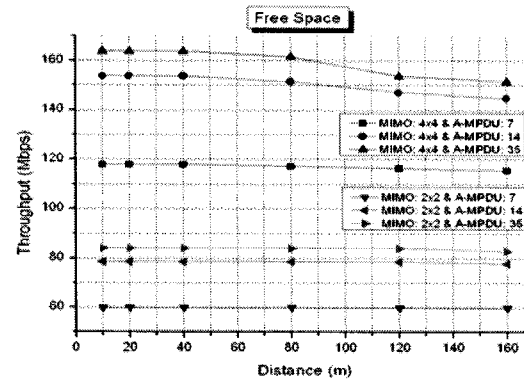


그림 9. Free Space 적용 시 처리량 비교

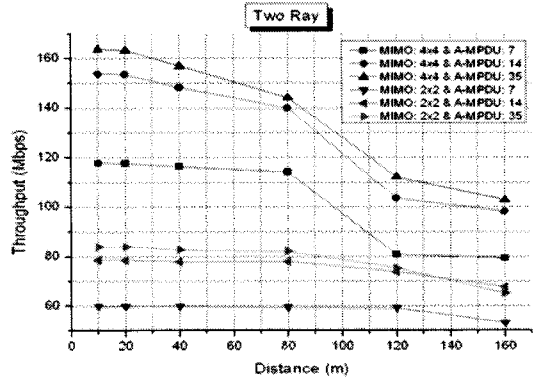


그림 10. Two Ray 적용 시 처리량 비교

$$L_{Path} = \begin{cases} 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right), & \text{where } d < d_{BP} \\ 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d_{BP}}{\lambda}\right) + 35\log_{10}\left(\frac{d}{d_{BP}}\right), & \text{where } d \geq d_{BP} \end{cases} \quad (5)$$

d_{BP} 는 Break-Point Distance로 LOS가 NLOS에 의 해 영향을 받지 않는 최대한의 거리이고, d 는 실제 송. 수신부 간의 거리이다. d_{BP} 가 d 보다 크면 자유공간 (Free Space) Path Loss 모델을 적용하고, d_{BP} 가 d 보다 작으면 이중반사(Two Ray) Path Loss 모델을 적용 한다.

[그림 7]은 MIMO 2by2환경에서 TGn 채널의 SNR과 A-MPDU에서 aggregation하는 패킷의 수를 변화시키 며 측정한 그래프이다. 결과를 보면, SNR이 커질수록, aggregation하는 패킷의 수가 늘어날수록 처리량도 증 가하는 결과를 보인다. SNR이 0dB일 때 30Mbps의 성 능을 보이다가 10dB에서 약 60Mbps이상으로 큰 성능 증가폭을 보인다. 20dB부터는 성능이 약 60~80Mbps로 일정함을 볼 수가 있다. 20dB 정도의 채널 환경에서 시 스템이 최적의 성능을 보이고 있음을 나타낸다.

[그림 8]은 같은 환경에서 MIMO 4by4로 설정한 결 과이다. 채널 환경이 좋아짐에 따라 처리량 역시 증가 하는 결과를 보인다. 10dB 이상의 SNR에서 시스템이 100Mbps의 성능을 보인다. 성능의 증가폭은 20dB정도 부터 115~160Mbps로 완만해짐을 볼 수 있다. 최대 처 리량이 160Mbps 이상으로 IEEE 802.11n 시스템 성능

요구사항인 100Mbps를 웃도는 결과를 보였다.

MIMO 환경에서 2by2와 4by4를 비교하였는데, TGn 채널은 SISO환경을 고려하지 않기 때문에 SISO 환경의 성능은 비교대상에서 제외하였다.

TGn 채널은 단말의 이동성을 고려하지 않고, 단말의 거리에 따른 Path Loss를 고려함으로 Link Budget 이론을 적용하여 거리에 따른 처리량을 분석한다. [그림 9]는 MAC에서 Aggregation되는 패킷의 수를 변화시키며, 송수신 안테나의 개수를 2개와 4개로 설정했을 경우의 처리량을 나타낸다. 안테나 개수가 2인 경우 최대 83Mbps, 최소 65Mbps를 보장하고, 4인 경우는 최대 164Mbps, 최소 105Mbps를 보장하는 것을 볼 수 있다.

[그림 10]은 Two Ray 적용 시 성능을 나타낸다. [그림 9]의 Free Space적용 시 거리에 따른 성능 변화폭이 적은데 반해 Two Ray 적용 시 성능 감소폭이 더 크다. Two Ray적용 환경이 Free Space에 비해 열악함을 확인할 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 최근 IEEE 802.11n 국제 표준회의를 통하여 활발히 진행되고 있는 차세대 무선 LAN 표준의 기술 및 표준화 동향의 기술적 특징들을 분석하였고, MAC과 PHY 계층의 연동을 통한 고속처리량 달성을 위해 NS-2를 이용하여 시뮬레이션 검증을 하였다.

MAC 계층에서는 QoS를 보장하기 위해 HCF방식을 적용하면서 100Mbps의 처리량 달성을 위해 A-MPDU 알고리즘을 사용하였고, PHY 계층에서는 실내용 무선 LAN 환경을 고려한 Indoor MIMO TGn 채널 모델 적용하여 순시 SNR을 활용함과 동시에 MIMO(송, 수신 안테나의 개수가 2와 4인 경우)로의 확장을 통해 전송 속도 측면에서 최대화를 이루고, MAC에서 100Mbps의 처리량을 달성하는데 바탕이 되었다.

이 논문에서 패킷의 aggregation과 MIMO환경에 중점을 두고 MPDU size를 고정하여 성능을 측정하였지만 이 값을 여러가지로 변화시켜 성능을 측정한다면 좀 더 다양한 성능을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구 방향으로 다양한 환경에서의 성능 검증은 목표로 하고 있고, 미래에 더욱 발전될 무선 기술에서는 더 높은 처리량을 요구할 것은 분명하므로, 이 기술을 토대로 다양한 기법들을 적용하여 보다 개선된 시스템 성능을 도출하고자 한다.

참고문헌

- [1] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>, IEEE 802.11.
- [2] 송경희, 최은경, 이석규, 방승찬, "IEEE 802.11n 차세대 무선랜 기술 동향", 한국통신학회지(정보통신), 제23권, 6호, 2006(6).
- [3] IEEE Std 802.11a, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: High Speed Physical Layer in the 5GHz Band," 1999.
- [4] IEEE Std 802.11-1999(Reaff 2003), "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," 1999.
- [5] 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.
- [6] Y. S. Yoo and J. D. Huh, Sensor Networking Application Research Team, ETRI, "Priority based 802.11e EDCA Algorithm and Performance Evaluation for Multimedia Data Transfer," 제4회 정보통신 표준화 우수 논문집 (우수상).
- [7] J. Lorincz and D. Begusic, "Physical Layer Analysis of Emerging IEEE 802.11n WLAN Standard," Advanced Communication Technology 2006, Vol.1, pp.186-194, 2006(2).
- [8] 정현규, 이광천, "차세대 이동통신 무선 채널모델 연구동향", 전자통신동향분석 제21권, 제3호,

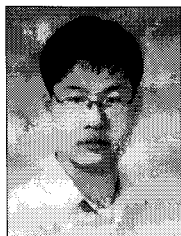
2006(6).

- [9] B. Ginzburg and A. Kesselman, "Performance Analysis of A-MPDU and A-MSDU Aggregation in IEEE 802.11n," Sarnoff Symposium 2007, pp.1-5, 2007(5).
- [10] G. Lebrun, J. Gao, and M. Faulker, "MIMO Transmission Over a Time-Varying Channel Using SVD," IEEE Wireless Communication, Vol.4, pp.757-764, 2005(3).
- [11] S. M. Shin and Y. S. Lim, "Link Budget Analysis for a Wireless Local Loop," Proceedings of 4th Workshop on Mobile Multimedia Communications, 2007(9).

저자 소개

김 주 석(Joo-Seok Kim)

정회원



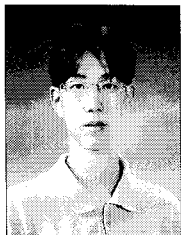
- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업
- 2009년 2월 : 충북대학교 전과공학과 대학원(공학석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과통신공학과 대학원(박사과정)

과정)

<관심분야> : Cross Layer, Scheduling, CR, WLAN

이 윤 호(Yun-Ho Lee)

준회원

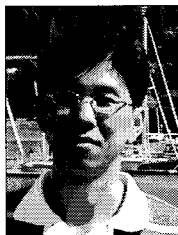


- 2008년 2월 : 충북대학교 정보통신과 졸업
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과공학과 석사 과정

<관심분야> : Cross-Layer, MIMO-OFDM, WLAN

송 재 수(Jae-Su Song)

정회원



- 2001년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학과 대학원 졸업(공학석사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 이동통신연구본부 선임연구원

<관심분야> : CR, MAC design for heterogeneous networks

김 경 석(Kyung-Seok Kim)

정회원



- 1989년 1월 ~ 1998년 12월 : 한국전자통신연구원 무선통신연구단 선임연구원
- 1999년 1월 ~ 2002년 3월 : University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업 (공학박사)

학박사)

- 2002년 2월 ~ 2004년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원
- 2004년 9월 ~ 2005년 2월 : 전북대학교 생체정보공학부 전임강사
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 부교수

<관심분야> : 전과감시, SDR, CR, MIMO-OFDM, DSA, UWB, Cross Layer, Scheduling, WLAN