

IEEE 802.15.3 Wireless PAN의 MAC에서 다중채널의 적용

준회원 이병주*, 정회원 이승형**, 최웅철***,
정광수****, 이장연*****, 조진웅*****

MAC Enhancement by Utilizing Multiple Channels in IEEE 802.15.3 High-Rate Wireless Personal Area Networks

Byung-Joo Lee* *Associate Member*, Seung Hyong Rhee**, WoongChul Choi***,
Kwangsue Chung****, Jang-Yeon Lee*****, Jin-Woong Cho***** *Reguler Member*

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN(Wireless Personal Area Network) 환경에서 다중 채널을 사용하여 향상된 성능의 MAC 프로토콜을 제안한다. IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN은 10m 내외의 거리에서 실시간 비디오 및 대용량 파일 전송을 목적으로 설계된 MAC과 PHY의 표준을 말한다. 현재 표준의 MAC 프로토콜은 하나의 무선 채널을 piconet 내의 모든 DEV가 공유하여 사용한다. 이 중 PNC(Piconet Coordinator)는 TDMA(Time Division Multiple Access)방식으로 DEV들에게 채널타임을 할당한다. 이런 경우 piconet내의 통신하는 DEV의 수가 많아지게 되면 superframe의 길이가 길어져 전송되는 데이터의 aggregate throughput이 떨어지고 QoS(Quality of Service)를 보장하지 못한다. 본 논문에서 하나의 piconet이 여러 개의 채널을 동시에 사용하여 aggregate throughput을 향상시키고 QoS를 보장하는 다중채널 MAC 프로토콜을 제안하고 시뮬레이션을 통해 향상된 성능을 증명한다.

Key Words : IEEE 802.15.3, WPAN, MAC, multi channel

ABSTRACT

This paper presents a multi-channel enhancement scheme for the MAC protocol of IEEE 802.15.3 High-rate WPAN(Wireless Personal Area Network). The current MAC protocol of the IEEE 802.15.3 High-rate WPAN is designed for sharing a single channel among DEVs of a piconet; that is, within a single piconet, PNC prevents interference through MAC layer assignment of time slots to other DEVs using time-division multiple access. When the number of DEVs that communicate with each other frequently, is increased in a single WPAN, the size of the superframe becomes inevitably large, and this may result in a significant throughput drop or a failure to provide QoS guarantee. A multi-channel enhancement scheme for the MAC protocol of IEEE 802.15.3 High-rate WPAN is proposed to significantly increase the aggregate throughput and more reliably provide the QoS guarantees in a piconet

* 광운대학교 전파공학과 (parang@kw.ac.kr),

** 광운대학교 전파공학과 (shrhee@daisy.kw.ac.kr),

*** 광운대학교 컴퓨터공학과 (wchoi@kw.ac.kr),

**** 광운대학교 전자통신공학과 (kchung@kw.ac.kr),

***** 전자부품연구원 선임연구원 (jylee136@keti.re.kr),

***** 전자부품연구원 무선 PAN기술사업단 단장 (chojw@keti.re.kr)

논문번호 : KICS2004-07-088, 접수일자 : 2004년 07월 08일

※ 본 연구는 정보통신부 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술 개발사업의 지원에 의한 것임.

I. 서론

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN의 표준은 2003년에 IEEE 802.15 working group에서 표준화가 되었다^[1]. 최근 휴대용 가전 및 통신기기들은 고화질 비디오 및 오디오, 대량의 음악 및 이미지 파일 전송 등, 대용량의 전송을 필요로 한다. 이를 위해 IEEE 802.15 TG3는 High-rate WPAN을 기반으로 55Mbps 정도의 속도로 10m 정도의 거리에서 2.4 GHz를 사용하는 PHY와 MAC에 관한 표준을 완료하였다. 이러한 개인영역에서 실시간 데이터의 전송을 목표로 하는 WPAN은 앞으로도 지속적으로 활성화될 것이라 예상된다.

본 논문의 다중채널 MAC은 IEEE 802.15.3 PHY에서 정의한 3~4개의 무선 채널 중 사용 가능한 채널 자원을 full utilization 하는 방법을 제안한다. 하나의 piconet이 사용 가능한 채널 자원 모두 사용함으로써 네트워크의 throughput의 향상과 delay의 감소와 같은 성능 향상을 할 수 있다. 이를 위해서 PNC는 사용 가능한 채널의 리스트를 가지고 각각의 DEV들에게 사용할 채널을 beacon을 통해 알려줌으로써 하나의 piconet이 동시에 여러 개의 채널을 사용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN의 전체적인 내용을 설명하고, 표준에서 정의된 Single-Channel MAC 프로토콜에서 정의된 채널 사용 방법에 따라 채널을 사용하는 MAC의 동작에 대하여 설명한다. 제3장 다중채널 MAC 프로토콜에서는 본 논문에서 제안한 MAC 프로토콜의 동작에 대해서 설명한다. 제4장 시뮬레이션에서는 2장과 3장에 설명한 MAC 프로토콜의 성능을 비교하고 분석한다. 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

II. IEEE 802.15.3 High-rate WPAN

2.1 IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN은 piconet 단위로 네트워크를 구성한다. 하나의 piconet은 약 10m 정도 되는 범위에서 ad-hoc 네트워크를 구성하여 무선으로 통신을 하게 된다. 이렇게 구성된 네트워크를 통해 개인 통신 영역에서 무선으로 대용량 파일이나 실시간 비디오를 전송하게 된다. 이러한 High-rate WPAN은 멀티미디어 트래픽에 대한 QoS

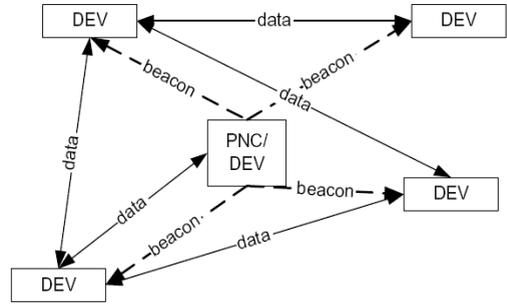


그림 1. Piconet 내의 디바이스
Fig. 1. Devices in a piconet

보장, 네트워크 configuration의 용이함, 에너지 사용의 효율성, 저비용·저복잡성을 갖는 MAC과 PHY의 디자인을 목표로 한다^[3].

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN을 구성하는 디바이스의 종류를 살펴보면, 첫째로 piconet의 관리와 다른 디바이스의 동기를 맞춰 주는 PNC(piconet coordinator)가 piconet마다 하나 존재하고 나머지는 일반 통신 디바이스로 DEV라고 정의한다. PNC의 역할은 자신의 piconet에 association한 DEV를 관리하고 beacon을 생성하여 브로드캐스트 함으로서 piconet 내의 DEV들의 동기를 맞추게 된다. Piconet에 속한 DEV들은 beacon 프레임을 받고 다른 DEV들과 동기를 맞춰 통신을 할 수 있다. IEEE 802.15.3 High-rate WPAN은 superframe이라는 주기를 가지고 통신을 한다. 이중 CTAP(Channel Time Allocation Period)는 TDMA방식으로 통신을 하며 이때 채널타임을 할당하는 역할을 PNC가 하게 된다.

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN은 그림 2와 같은 구조를 갖는 superframe이라는 주기로 통신을 한다. Superframe의 시작은 PNC가 생성한 beacon이 전송되고 그 이후에 CAP(Contention Access Period)가 위치한다. 이 CAP 구간에서는 piconet의 옵션으로 사용 여부가 결정되고 data와 command 프레임의 전송된다. 이 구간은 CSMA/CA 방법으로 무선 채널을 접근하게 된다. CAP 구간 다음에는

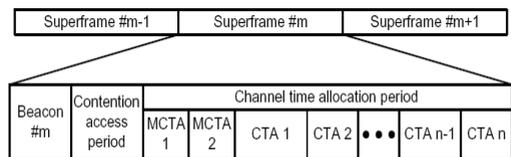


그림 2. Superframe의 구조
Fig. 2. Superframe format

CTAP가 위치하게 된다. 앞에서 언급했듯이 CTAP는 TDMA 방식으로 채널을 사용하게 된다. 여기서 CTA구간은 PNC가 각각의 DEV에게 할당해주는 채널 타임으로 실제 통신이 이루어지는 주된 부분이다.

2.2 Single-Channel MAC 프로토콜

본 절에서는 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN 표준에 설명된 MAC의 채널 사용방법을 설명하고 문제점을 제시한다. 표준에 정의된 MAC 프로토콜은 기본적으로 하나의 piconet이 하나의 채널을 점유하여 통신을 한다. 이런 single-channel 환경에서 여러 개의 flow가 동시에 통신할 경우, DEV들이 요청한 CTA를 하나의 채널에 할당하기 때문에 superframe의 길이가 길어지게 된다. 이렇게 superframe의 길이가 길어지면 전체적인 aggregate throughput이 떨어지고 delay가 증가하게 된다. 그림 3처럼 요청하는 CTA의 개수가 n개가 되면 superframe의 길이가 길어지기 때문에 CTA의 주기가 길어져 다음 CTA까지 기다리는 시간이 길어진다. 결과적으로 QoS를 보장해주어야 하는 실시간 트래픽의 전송 지연이 발생한다. 또한 superframe의 길이가 길어지게 되면 beacon frame의 발생주기와 CAP, Management CTA의 주기 또한 길어지게 된다. 이는 piconet내의 DEV들의 동기를 맞추는 주기가 길어지게 되고 command 프레임을 보내는 기회가 줄어들기 때문에 piconet을 관리하는 실시간성이 떨어지게 된다. 이를 해결하기 위해 다음 장에 설명된 다중채널 MAC을 디자인 하였다.

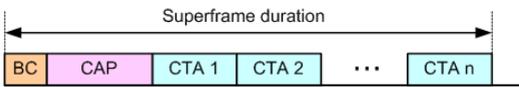


그림 3. Single-channel 모델
Fig. 3. Single-channel model

III. 다중채널 MAC 프로토콜

3.1. 연구 배경과 기존의 연구

1999년 WLAN의 표준이 마무리 된지 수년이 지났지만, WLAN에 대해서 학계의 연구는 계속되고 있다. WLAN에 대한 다양한 연구 중에 무선채널의 한정된 채널 자원을 좀 더 효율적으로 쓰는 방법에 대한 연구가 활발하다. 본 논문은 IEEE 802.11 WLAN의 한정된 채널 자원을 효율적으로 사용하는 방법에 기인하여 제안되었다. J. So와 Vaidya에 의

해 제안된 WLAN에서 다중채널을 사용하기 위한 방법은 다음과 같다^[2]. IEEE 802.11b는 기본적으로 2.4GHz의 주파수를 사용하고 11Mbps의 대역폭을 갖는 3개의 무선 채널을 제공한다. IEEE 802.11a의 경우는 5GHz 주파수를 사용하여 54Mbps의 대역폭의 4개 혹은 8개의 무선 채널을 제공한다. 이런 무선 채널을 다중채널로 사용하기 위해서 모든 노드는 PCL(Preferable Channel List)를 가지고 모든 채널의 정보를 HIGH, MID, LOW로 나누어 관리하게 된다. 또한 모든 노드는 절전모드에서 동작하는 것을 가정하고 있다. 제안된 방법에서는 WLAN의 절전모드에서 ATIM(Announcement Traffic Indication Message)를 사용하여 두 노드 사이의 채널을 결정하게 된다. WLAN은 무선 채널에 접근하기 위해서 RTS와 CTS를 사용하는 CSMA/CA를 사용한다. TDMA 방식으로 채널타임을 할당받아 사용하는 WPAN의 경우는 WLAN에서 사용한 방법을 그대로 적용하기 불가능하다. 이와 같은 다중채널 MAC을 WPAN 환경에 직접 적용하기위해 다음 절에 설명된 방법으로 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN의 MAC 프로토콜을 새롭게 디자인한다.

3.2 다중채널 MAC 프로토콜의 개요

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN의 다중채널 MAC 프로토콜은 하나의 piconet에서 동시에 여러 개의 채널을 사용함으로써 aggregate throughput과 delay의 이득을 얻는 것이 목표이다. 다중 채널 MAC에서 무선채널을 이용하는 것을 도시하면 그림 4와 같다. 그림 4에서는 하나의 piconet이 4개의 채널을 동시에 사용하여 12개의 CTA 요구가 있을 경우 채널 1부터 채널 4까지 4개의 채널에 각각 3개의 동일한 크기의 CTA를 할당하는 경우이다. 모든 CTA의 길이가 같은 경우, superframe의 길이는 beacon과 CAP 구간 그리고 3개의 CTA의 길이의 합이 된다. 이 길이는 single channel MAC을 사용했

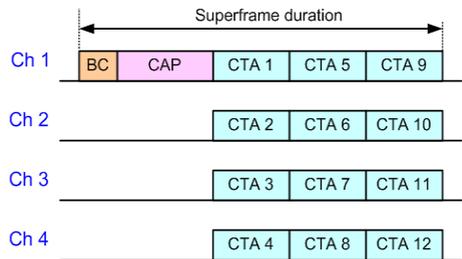


그림 4. 다중채널에서 채널타임 할당의 예
Fig. 4. Example of CTAs in the multi-channel MAC

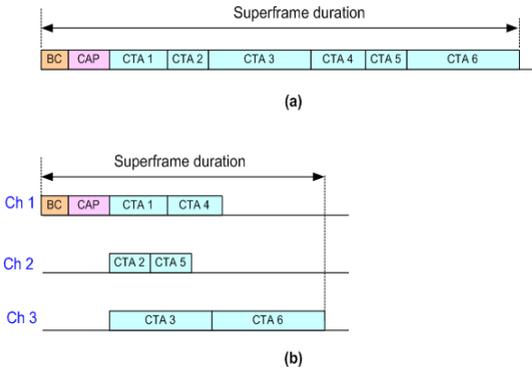


그림 5. 다양한 크기의 CTA요청이 있을 경우
 (a) single-channel MAC (b) 다중채널 MAC
 Fig. 5. Different CTA size (a) single-channel MAC (b) Multi-channel MAC

을때 보다 매우 짧게 된다. 즉 4개의 채널을 사용함
 으로 약 4배 정도의 aggregate throughput의 이득이
 있을 것이라 예상된다. 또한 superframe의 길이가
 줄어들므로 delay도 약 1/4로 줄어들게 된다.

그림 5은 DEV들이 요청하는 채널타입의 크기가
 다를 경우에 다중채널의 동작을 나타낸다. 그림
 5(a)는 single-channel MAC 프로토콜을 사용했을
 경우 채널 타임 할당을 보여준다. 앞 장에서 설명한
 것과 같이 하나의 채널에 모든 CTA가 할당된 형태
 이다. 그림 5(b)는 같은 CTA 요청이 있을 경우 다
 중채널 MAC 프로토콜을 사용하여 3개의 채널을
 동시에 사용한 경우이다. 다중채널의 경우 single-
 channel MAC 보다 superframe이 짧은 것을 볼 수
 있다. 하지만 채널 1과 채널 2에서 superframe 구
 간동안 채널 자원을 전부 사용하지 못하고 낭비하
 는 것을 볼 수가 있다. 이런 경우 낭비되는 채널자
 원을 보다 효율적으로 사용하기 위해서는 다음 절
 에서 설명하는 채널 스케줄러가 필요하다.

3.3 채널 스케줄러

다중 채널 MAC 프로토콜의 PNC는 미리 사용
 가능한 채널을 스캔하여 piconet에서 사용할 채널
 리스트를 가지고 있다. CTA를 할당할 시에 이 채널
 리스트와 채널 스케줄러의 스케줄링 과정에 의
 해서 CTA가 할당될 채널이 결정된다.

RR(round-robin) 스케줄러는 사용 가능한 채널을
 하나씩 옮겨 가면서 round-robin 방식으로 채널타입
 을 할당한다. 임의의 채널타임 요청이 있을 경우
 RR 스케줄러를 사용하게 되면 3개의 채널을 사용
 할 때 그림 6(a)와 같이 CTA가 할당된다. 이렇게
 RR 스케줄러에서 3개의 채널을 사용한 경우 채널

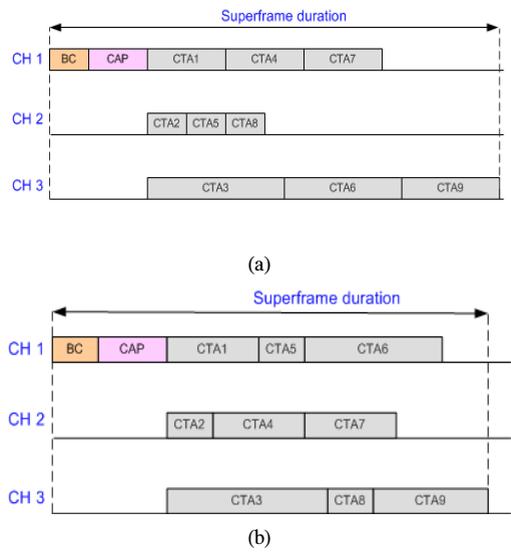


그림 6. 채널 3개를 사용할 경우 (a) RR 스케줄러 (b) SJF
 스케줄러
 Fig. 6. Scheduler with 3 channels (a)RR scheduler (b) SJF

1과 채널 2에서 채널 낭비가 있게 된다.

SJF(Shortest Job First) 스케줄러는 PNC가 각 채널
 마다 할당 채널 타임의 양을 관리하고 가장 적은
 양의 채널타입이 할당된 채널에 CTA 요청을 할당
 한다. 임의의 순서로 CTA 요청이 있을 경우 할당
 된 CTA는 그림 6(b)와 같다. 이때 RR 스케줄러를
 사용했을 경우보다 채널 자원의 낭비가 적고 super-
 frame의 길이가 짧아지기 때문에 RR 스케줄러보다
 aggregate throughput과 delay의 이득을 얻을 수 있
 다. RR 스케줄러와 SJF 스케줄러는 서로 장단점을
 갖는다. 우선 RR 스케줄러는 스케줄링 방법이 간단
 하고 구현이 쉬워 PNC 디바이스에 오버헤드를 주
 지 않는다. 반면에 요청한 채널타입의 크기가 다양
 할 경우는 효율적으로 채널 자원을 사용할 수 없다.
 이에 비해 SJF 스케줄러는 PNC가 채널 리스트에
 현재 남은 채널자원의 양을 유지해야하는 오버헤드
 가 있지만, 다양한 CTA 요청이 있더라도 RR 스케
 줄러보다 효율적으로 채널 자원을 관리할 수 있다
 는 장점이 있다. 다음 장 시뮬레이션을 통해 RR 스케
 줄러와 SJF 스케줄러의 성능 비교를 통해 두 채널
 스케줄러를 비교한다.

그림 7은 DEV가 PNC에게 채널타입을 요청하고
 요청한 내용을 채널 스케줄러를 통해 결정된 내용
 을 DEV에게 알려주는 과정을 보여준다. 이때 PNC
 는 요청한 sender DEV 외에도 이 traffic을 받는
 receiver DEV에게도 할당된 채널의 내용을 알려주

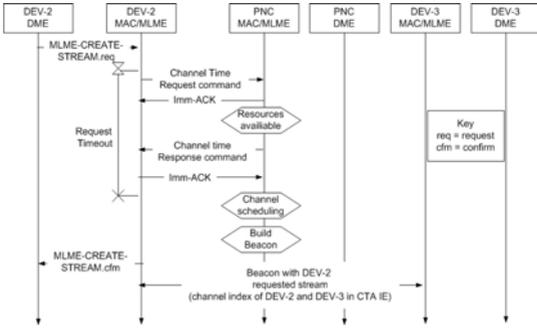


그림 7. 채널타임 할당 과정
Fig. 7. Message sequence chart for channel time allocation

게 된다. 이렇게 beacon을 통해서 얻는 CTA 정보를 보고 DEV는 할당된 CTA 시간에 해당 채널로 이동하여 통신을 하게 된다.

IV. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에 사용한 ns-2 시뮬레이터는 현재 전 세계적으로 연구 목적으로 가장 범용적으로 사용하는 시뮬레이션 프로그램이다^[7]. C++와 OTcl 언어로 구현된 ns2 시뮬레이터는 CMU Monarch 프로젝트를 통해 무선 환경과 이동환경이 구현되었다^[6]. IEEE 802.15.3 High-rate WPAN 환경에서 시뮬레이션 하기 위해서 Intel에서 구현한 MAC 소스 코드를 수정하여 다중채널 MAC을 구현하였다^[4,5]. 시뮬레이션의 기본적인 환경은 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN 표준 문서에 정의된 내용을 기반으로 설정하였다. 자세한 시뮬레이션 환경은 표 1에서 보여준다. 시뮬레이션은 몇 가지 가정을 두고 수행하였다. 첫째로 통신 환경은 하나의 piconet만 존재하는 환경이다. piconet 주위에 다른 piconet이 없고, piconet

표 1. 시뮬레이션 환경
Table 1. Simulation environments

시뮬레이션 요소	값
네트워크 대역폭	50 Mbps
Flow의 개수	1~12 개
요청한 CTA의 크기	4000 μ s, 고정, random
트래픽 생성 속도	20 Mbps
packet의 크기	10000 byte
MAC 프레임의 최대 크기	2048 byte
에러율	0 %
시뮬레이션 시간	10 sec

net에 속해있는 child piconet이나 neighbor piconet이 없는 환경이다. 둘째로 모든 통신은 peer-to-peer 방식으로 이루어진다. DEV는 반드시 다른 DEV 하나와 통신을 하고, 동시에 서로 다른 2개 이상의 DEV와 통신하지 않는다. 셋째로 모든 DEV는 통신하기 이전에 piconet의 등록을 마치고 통신을 한다. 시뮬레이션 중간에 piconet에 association하는 DEV나 disassociation하는 DEV는 존재하지 않는다.

4.2 시뮬레이션 결과

본 절에서는 앞 절에서 설명한 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 모델을 통해서 측정된 시뮬레이션 결과를 그래프를 통해서 보여준다. 본 논문에서 제안한 멀티채널 MAC 프로토콜과 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN 문서에 정의된 single-channel MAC 프로토콜의 성능을 비교하고 분석하는 것이 본 절의 내용이다.

앞 장에서 설명했듯이 다중채널 MAC을 사용함으로써 크게 이득을 얻는 것 중 하나가 aggregate throughput이다. aggregate throughput은 네트워크를 통해서 전송된 전체 데이터의 양을 말한다. Aggregate throughput의 비교를 위해서 사용한 트래픽의 종류는 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽으로 매 시간당 같은 양의 데이터를 전송한다. 그림 9는 piconet이 사용 가능한 채널의 개수에 따라서 flow의 개수를 증가시켜 가면서 aggregate throughput을 측정하였다. 다중채널 MAC을 사용하더라도 piconet이 사용할 수 있는 채널이 하나뿐이라면 single-channel과 같은 성능을 보이게 된다. 그림 9의 결과에서 50Mbps의 네트워크 대역폭을 사용하기 때문에 하나의 채널을 사용할 경우에 flow의 개수가 증가하더라도 약 40Mbps 정도의 aggregate throughput을 보인다. Piconet이 하나 이상의 채널을 동시에 사용하게 되면 aggregate throughput이 증가하게 된다.

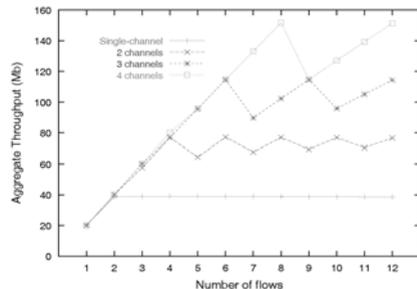


그림 9. Aggregate throughput의 측정
Fig. 9. Measurement of aggregate throughput

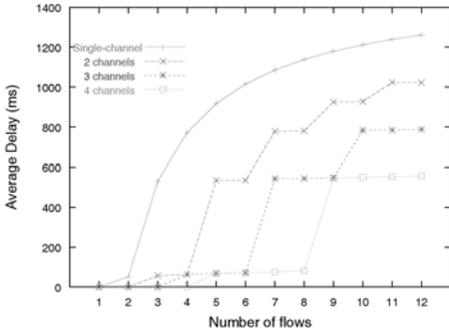


그림 10. 평균 delay의 측정
Fig. 10. Measurement of average delay

그림 10은 앞 절과 같은 조건에서 평균 delay를 측정하여 다중채널 MAC과 single-channel MAC의 평균 delay를 비교하였다. Flow의 개수를 1개부터 12개까지 증가시키면서 시뮬레이션을 수행했다. 이때 측정되는 delay는 queue에서 기다리는 시간과 다음 superframe에 전송되기 위해서 기다리는 시간이 모두 포함된다. 만약 무선 채널에 에러가 있다면 데이터가 중간에 drop되어 재전송 하는 시간까지 포함된다. 그림 10의 결과에 나타나듯이 사용하는 채널의 개수가 증가하게 되면 평균 delay가 감소하는 것을 볼 수 있다. 8개의 flow를 전송할 경우에 single-channel MAC 프로토콜의 평균 delay는 4개의 다중채널을 사용할 때보다 10배 이상인 것을 알 수 있다.

앞 장에서 설명한 채널 스케줄러는 RR 스케줄러와 SJF 스케줄러를 사용하여 시뮬레이션을 수행했다. 이때 DEV가 요구하는 채널타입의 양은 동일한 크기를 갖는 것이 아니라 특정한 편차를 갖는 랜덤 값을 사용했다. 즉 편차가 1000 μ s일 경우에 전체 요청한 CTA의 평균은 4000 μ s가 되고, 각각의 CTA는 랜덤한 값이 된다. 이렇게 편차를 1000 μ s에서 3000 μ s까지 바꿔가면서 다양한 크기의 CTA 요청이 있을 때 두 스케줄러의 성능을 측정했다. 결과에서 보듯이 요청하는 CTA의 편차가 작을 경우에는 두 스케줄러가 비슷한 성능을 보인다. 하지만 편차가 큰 CTA 요청, 즉 다양한 크기의 CTA 요청이 있을 경우에는 SJF 스케줄러가 보다 높은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

그림 12 에러 모델을 적용하여 시뮬레이션을 한 결과를 보여준다. 시뮬레이션 시 적용한 에러 확률은 사용하는 채널의 개수가 증가함에 따라 비례하여 증가한다는 가정 하에 적용하였다. BER 10⁻⁶의 경우 전체 MAC 프레임의 약 1.6%에 해당하는

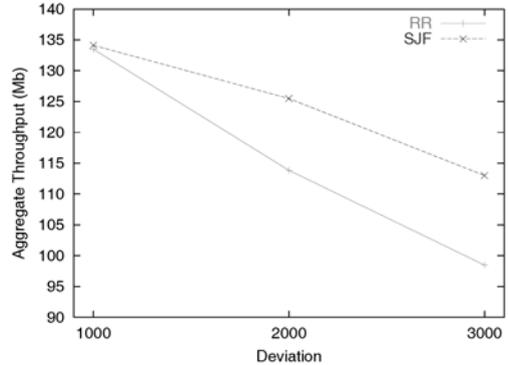


그림 11. 채널 스케줄러에 따른 aggregate throughput
Fig. 11. Aggregate throughput using different channel schedulers

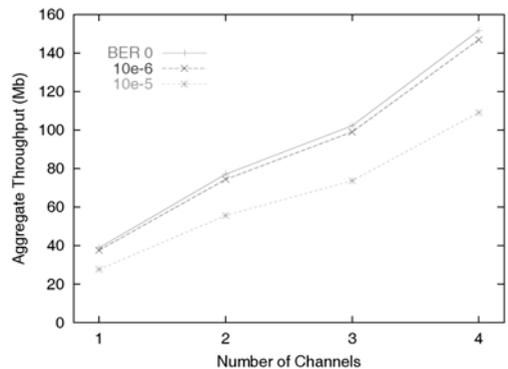


그림 12. 에러가 있는 환경에서 aggregate throughput
Fig. 12. Aggregate throughput in error channel

MAC 프레임에 에러가 발생한다. BER 10⁻⁵의 경우는 보다 많은 MAC frame들이 error가 발생하여 throughput이 더욱 많이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이렇게 error가 있더라도 다중채널 MAC에서 사용하는 경우 표준에서 정의한 single-channel MAC 프로토콜을 사용한 경우보다 aggregate throughput이 증가하는 것을 볼 수 있다.

V. 결과

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN 환경에서 다중채널을 사용하는 MAC 프로토콜을 디자인하여 성능을 향상시키고 이를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 무선 네트워크에서 중요한 자원인 무선 채널을 효율적으로 사용하는 MAC 프로토콜을 설계함으로 개인무선통신의 주요 전송 데이터인 실시간 비디오와 고음질 오디오와 같은 실시간 데이터의 전송지연을 줄일 수 있다. 또한 대용량 파일과 같이 큰 데이터를 전송할 경우 높은 전송 효

율을 보장할 수 있다.

이와 같은 다중채널 MAC 프로토콜은 WPAN의 디바이스로 사용되는 핸드폰이나 PDA와 같은 개인 무선 단말기와 디지털 텔레비전, DVD 플레이어, 디지털 캠코더, 디지털 카메라와 같은 가전제품에 적용할 수 있다. WPAN의 디바이스에 적용하게 되면, 같은 공간에서 무선자원을 효율적으로 사용하므로 같은 시간 더 빠르고, 더 많은 데이터 전송이 가능하다는 것을 시뮬레이션을 통해 증명하였다.

현재 IEEE 802.15.3a High Rate Alternative PHY working group에서는 UWB를 사용하여 더 빠른 전송을 가능한 PHY에 대한 표준화가 진행 중이고, 이 PHY를 효율적으로 사용하는 MAC에 대해 연구 중이다. 또한 TG5에서는 WPAN Mesh Networking에 대한 연구가 활발하다. 이렇게 PHY와 네트워크의 형태가 바뀌게 되면 이에 적합한 MAC 또한 수정된다. 현재 이렇게 새롭게 디자인되는 MAC에 다중채널 MAC을 적용하는 방법에 대해 연구를 수행중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN), IEEE standard, Sep. 2003
- [2] J. So and N. Vaidya, "A Multi-channel MAC Protocol for Ad Hoc Wireless Networks," Technical report, Jan 2003
- [3] J. Karaoguz, "High-rate wireless personal area networks," *IEEE Communications Magazine*, pp. 96-102, Dec. 2001
- [4] <http://www.winlab.rutgers.edu/~demirhan>
- [5] R. Mangharam and M. Demirhan, "Performance and simulation analysis of 802.15.3 QoS," IEEE Doc 802.15-02/297r1, July 2002
- [6] The CMU Monarch Project, "Wireless and mobile extension to ns," Snapshot Release 1.1.1, Carnegie Mellon University, Aug. 5, 1999
- [7] K. Fall and K. Varadhan (Editors), *The ns Manual*, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, Oct. 2001, Available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

이 병 주 (Byung-Joo Lee)

준회원



2002년 2월 광운대학교 컴퓨터공학과 졸업
2004년 2월 광운대학교 전자공학과(석사)
2004년 3월~현재 광운대학교 전자공학과 박사과정
<관심분야> WPAN, WLAN, WSN

이 승 형 (Seung Hyong Rhee)

정회원



1988년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
1990년 2월 연세대학교 전자공학과(석사)
1999년 2월 The University of Texas at Austin(공학박사)
2000년~현재 광운대학교 전자

공학과 교수

2002년 3월~현재 한국이더넷포럼 무선 TAG 위원장
2003년 1월~현재 정보통신기술협회 표준화 전문가
2004년 1월~현재 OSIA 협동이사
<관심분야> WPAN, WLAN, WSN

최 응 철 (WoongChul Choi)

정회원



1989년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업
1991년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
2001년 5월 The University of Illinois(공학박사)
2002년 9월~현재 광운대학교

컴퓨터공학부 교수

<관심분야> WLAN, WPAN

정 광 수 (Kwangsue Chung)

정회원



1981년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업
1983년 2월 KAIST 전자공학과(석사)
1991년 1월 The University of Florida(공학박사)
1997년~현재 광운대학교 전자

통신공학과 교수

2004년 1월~현재 OSIA 협동이사
<관심분야> 인터넷 프로토콜, QoS, 멀티미디어통신

이 장 연 (Jang-Yeon Lee)

정회원



1996년 2월 한양대학교 전자
통신공학과 졸업
2002년 2월 한양대학교 전자
통신전파공학과(석사)
1996년~2000년 삼성전자 정보
통신본부 주임연구원
2002년~현재 전자부품연구원 무

선PAN 기술사업단 선임연구원

<관심분야> WPAN, WLAN, Embedded H/W

조 진 웅 (Jin-Woong Cho)

정회원



1986년 2월 광운대학교 전자통
신공학과(학사)
1988년 2월 광운대학교 전자통
신공학과(석사)
2001년 2월 광운대학교 전자통
신공학과(박사)
1989년~1993년 동양정밀(OPC)

중앙연구소 주임연구원

1999년 일본 Electrotechnical Lab 초빙연구원

2000년~2003년 디지털 라디오 방송 추진위원회 위원

1993년~현재 전자부품연구원 무선PAN기술사업단
단장

<관심분야> 무선PAN통신시스템, DAB시스템