

고속 WPAN에서 Hybrid MAC을 이용한 성능 향상[☆]

A Study on Performance Improvement of High- Rate WPAN using Hybrid MAC

박 성 현* 이 승 형**
SungHyun Park SeungHyong Rhee

요 약

IEEE 802.15.3 HR-PAN은 PHY와 MAC으로 구성되어 있다. 그 중 MAC 기술은 부족한 채널 자원을 관리하는 중요한 역할을 한다. 기존 IEEE 802.15.3의 MAC 프로토콜에서 각 DEV에게 채널을 할당하는 방법은 네트워크의 상태나 주위 환경과 무관하게 고정된 형태이다. 이 논문에서 제안한 Hybrid MAC 프로토콜은 IEEE 802.15.3 HR-WPAN 환경에서 네트워크의 상태에 따라 TDMA 방식과 CSMA 방식을 유동적으로 사용할 수 있게 된다. 이 논문에서는 TDMA의 장점인 충돌 없는 전송시간의 보장과 CSMA의 장점인 높은 채널 사용률을 결합하여 802.15.3의 standard MAC보다 보다 높은 전송률을 보이는 Hybrid MAC을 제안한다.

Abstract

IEEE 802.15.3 HR-WPAN is designed to enable wireless connectivity of high-speed, low-power, low-cost multimedia-capable portable consumer electronic devices. For quality of service, the standard specifies the use of TDMA (Time Division Multiple Access). However, during low contention TDMA gives much lower channel utilization and higher delays than CSMA (Carrier Sensing Multiple Access) because in TDMA, a node can transmit only during its scheduled time slots whereas in CSMA, nodes can transmit at any time as long as there is no contention. By mixing CSMA and TDMA, Hybrid MAC becomes more robust to timing failures, time-varying channel conditions, slot assignment failures and topology changes than a stand-alone TDMA.

KEYWORD : IEEE 802.15.3 WPAN, Hybrid MAC, CSMA/CA, TDMA

1. 서 론

유비쿼터스(Ubiquitous)는 언제 어디서든 네트워크로부터 자신이 필요로 하는 정보를 얻을 수 있는 미래형 통신 기술이다. 언제 어디서나 네트워크에 접근할 수 있다는 점은 기존 사회 전반의 패러다임 변화를 가지고 올 것이라 예측 된다. 이를 위해서 최근의 정보통신 기술은 무선 정보 통신 기술 중심으로 발전하고 있다.

무선 정보통신 기술 중에서 IEEE 802.15.3 HR-WPAN(High Rate Wireless Personal Area Network)은 동영상, 고화질 정지화상, 고품질 음성 등 대용량의 멀티미디어 전송을 위한 개인 영역 무선 전송 기술의 표준이다. 높은 전송율과 QoS(Quality of Service)를 제공하기 위해 IEEE 802.15.3 HR-WPAN은 55Mbps까지의 데이터 전송율을 제공하고 TDMA 기반의 MAC 프로토콜을 채택하였다[1]. 앞으로 휴대용 가전 및 통신 기기들은 고화질 비디오 및 오디오, 대량의 음악 및 이미지 파일 전송 등 대용량의 전송을 필요로 하는 멀티미디어 트래픽을 지원하게 될 것이다. 높은 전송율을 특징으로 하는 IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 연구는 앞으로의 휴대용 기기의 발전에 큰 도움이 될 것이다.

한정된 무선 대역폭을 공평하고 효율적으로 공

* 정 회 원 : 이노와이어리스 시스템검증본부
nanta0906@hanmail.net

** 정 회 원 : 광운대학교 전파공학과 교수
rhee@kw.ac.kr

[2009/01/05 투고 - 2009/01/15 심사 - 2009/02/13 심사완료]

☆ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.
(IITA-2009-C1090-0902-0015)

유하게 하는 무선 MAC에 대한 연구는 1970년대 이후에 매우 광범위하게 연구되어 왔으며, 최근에는 멀티미디어 트래픽에 대해 고속의 QoS를 지원할 수 있는 MAC에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 여러 가지 무선 MAC 프로토콜들은 크게 경쟁 방식과 예약 방식으로 나눌 수 있으며, IEEE 802.15.3 MAC은 두 방식이 결합된 hybrid 방식으로 볼 수 있다. 경쟁 방식과 예약 방식은 네트워크 환경에 따라 성능의 개선의 차이를 나타낸다. 이러한 두 방식의 네트워크 환경에 따른 성능 변화를 개선하기 위한 방안으로 hybrid 방식에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.3 MAC 개선방안과 관련된 연구사례를 살펴본다. 2장에서는 HR-WPAN 프로토콜의 개요를 기술하고, 3장에서는 hybrid에 대한 연구에 대해서 살펴보고, 그 과정에서 도출된 경쟁 방식과 예약 방식의 문제점에 대해 기술한다. 4장은 IEEE 802.15.3 MAC의 성능 향상을 위한 hybrid MAC 프로토콜에 대해서 기술하고, 5장에서는 시뮬레이션을 통하여 IEEE 802.15.3 표준규격과 hybrid MAC의 성능을 분석·정리하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜

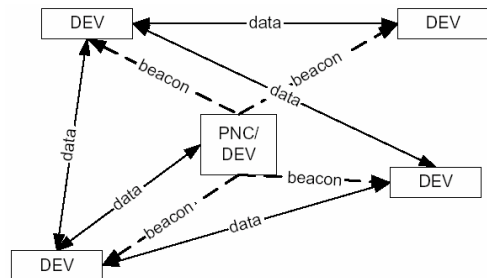
IEEE 802.15.3 MAC은 10m 이내의 좁은 범위에서 ad-hoc 네트워킹을 지원하고 멀티미디어 QoS를 보장해주는 기술이다. 앞으로의 휴대용 가전 및 통신기기들이 고화질 비디오 및 오디오, 대량의 음악 및 이미지 파일 전송 등 대용량의 전송을 필요로 하는 멀티미디어 트래픽을 지원할 것으로 예상된다(그림 1).

멀티미디어 장비 사이의 통신은 ad-hoc 타입의 peer-to-peer 연결 및 20Mbps 이상의 전송율과 QoS(quality of service) 보장을 필요로 한다. 이를 위하여 IEEE 802.15.3 표준안에서는 멀티미디어 트래픽에 대한 QoS를 지원하면서 ad-hoc 연결의 형성, 비디오와 고음질 오디오를 위한 55Mbps까지의 고속 전송을 요구사항으로 제시하고 있다.



(그림 1) IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 응용

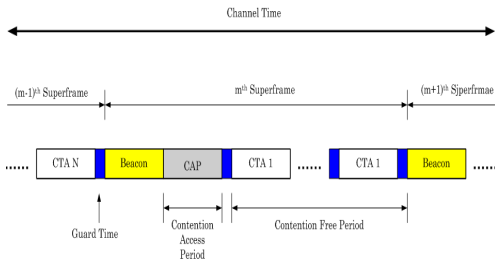
IEEE 802.15.3 MAC은 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 장비간의 통신을 위해 자원을 예약하는 방식을 사용한다. 자원 예약을 위해서 IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 기본 구성 네트워크가 되는 piconet은 중앙 관리 방식으로 구성된다. IEEE 802.15.3 WPAN의 piconet은 두 종류의 DEV(Device)로 구성된다. DEV는 네트워크를 구성하는 기본 장비이다. 이러한 장비 중에서 네트워크 관리를 위해 하나의 DEV는 piconet의 PNC(piconet coordinator) 역할을 수행한다. PNC는 beacon을 이용하여 piconet의 기본적인 타이밍을 관리한다. 또한 PNC는 QoS와 power save 모드를 관리하며, 보안이 구현된 경우에 piconet에 대한 접근을 제어한다.



(그림 2) IEEE 802.15.3 piconet의 구성

IEEE802.15.3 MAC 프로토콜에서 PNC는 데이터를 전송하기 위한 flow의 개수에 따라서 GTS(Guaranteed Time Slot)를 사용하여

CTA(Channel Time Allocation)를 할당한다. 데이터를 전송하기 위한 flow를 형성하고자 하는 DEV는 데이터 전송 이전에 PNC에게 자신이 통신하기 위해 필요한 시간 구간을 요청한다. PNC는 DEV의 요구에 대한 응답으로 DEV가 전용으로 사용할 CTA를 할당하고, 할당 정보를 실은 beacon을 브로드캐스트한다. DEV는 이러한 채널 예약 과정을 통하여 DEV가 충돌 없이 데이터를 전송할 수 있는 구간을 보장받을 수 있다. 할당 받은 CTA 시간 동안 DEV는 패킷을 보내게 된다.



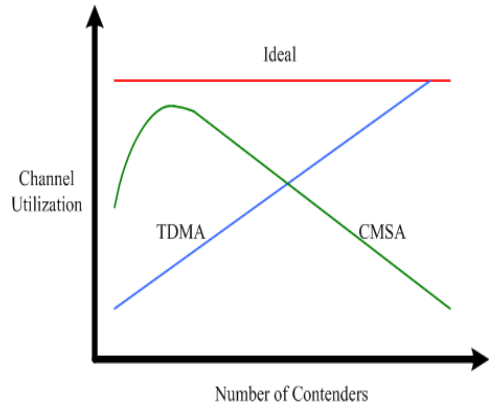
(그림 3) Superframe의 구조

멀티미디어 QoS의 지원을 제공하기 위해서 IEEE 802.15.3 표준은 TDMA 기반의 superframe 구조를 선택하였다. Superframe은 아래와 같이 세 부분으로 구성된다.

- Beacon : 타이밍의 할당과 관리 정보의 교환
- Contention access period (CAP) : Command 혹은 asynchronous 데이터의 전송
- Contention free period (CFP) : Command, isochronous 스트림 및 asynchronous 데이터의 전송에 사용되며, CTA(Channel Time Allocation) 및 MCTA(Management CTA)로 구성

Beacon 구간에서 PNC는 네트워크 관리를 위한 정보가 담긴 beacon을 전송한다. Beacon의 전송은 각 superframe의 시작 때마다 전송된다. CAP는

QoS가 필요 없는 짧은 데이터 혹은 command 전송에 사용된다. Superframe의 나머지 부분은 CFP 부분이다. CFP 부분은 CTA들로 구성되어 있다. CTA는 beacon을 통해서 PNC가 각 DEV에게 할당된다. 하나의 CTA구간에서는 하나의 DEV가 충돌 없이 몇 개의 프레임 전송할 수 있다.



(그림 4) TDMA와 CSMA의 채널 사용율의 변화

CFP구간에서 사용하는 TDMA 방식은 DEV 간에 경쟁과 충돌 없는 전송을 제공하며 동일 주파수대를 시간으로 분할하여 신호가 겹치지 않도록 상호 통신을 하는 다중 접속 방식이다. TDMA는 보장된 전송을 할 수 있다는 이점 때문에 IEEE 802.15.3 HR-WPAN, Cellular Network, 휴대 인터넷 등의 이동 무선 환경에서 응용되어 사용되고 있다. 하지만 간헐적인 데이터를 사용하는 경우나 보내려는 데이터의 양이 비교적 적을 경우, 혹은 작은 네트워크에서는 할당된 CTA 시간을 모두 사용하지 않는 경우가 발생하게 된다. 예약 방식을 통해 우수한 QoS는 보장할 수 있지만, 채널의 효율성은 낮아지게 된다. TDMA에서 경쟁 DEV가 적어질수록 채널의 사용시간보다는 불필요하게 채널을 점유하고 있는 시간이 길어진다. 그러나 채널의 효율성만을 고려하는 경쟁 방식의 통신을 하는 멀티미디어 데이터를 전송하기 위한 네트워크의 QoS를 보장할 수 있게 된다. 이러한 각 프로토콜의 취약점을 보강하기 위해 두 개의 기술

을 혼합한 Hybrid MAC에 대한 연구가 지속되고 있다[2, 3, 4, 5].

3. Hybrid MAC 관련 연구

3.1 센서네트워크를 위한 Hybrid MAC

센서 네트워크에서 MAC 계층은 네트워크가 성공적으로 통신할 수 있도록 해주는 중요한 기능을 한다. 무선 센서 네트워크를 위한 MAC 프로토콜 중 S-MAC (Sensor-MAC)과 T-MAC (Timeout-MAC)은 CSMA와 TDMA를 결합한 hybrid MAC기술이다. 단일 주파수를 사용하는 MAC인 S-MAC의 가장 큰 특징은 경쟁기반을 가지면서 주기적인 sleep 시간을 가지는 것이다. S-MAC에서는 일정한 duty cycle 프레임을 사용하여 고정된 sleep 시간과 wakeup 시간을 되풀이 한다. 이 기술의 단점은 데이터 전송이 많을 경우에 주기적인 sleep으로 인한 지연시간이 발생하는 것이다. S-MAC을 보완한 T-MAC은 S-MAC과 동일하게 경쟁기반으로 주기적인 sleep과 wakeup 동작을 수행한다. S-MAC이 고정된 duty cycle 프레임을 사용하는 반면에 T-MAC은 시간 카운터를 사용하여 가변적인 duty cycle을 지원한다. 이러한 방식을 채택하면서 T-MAC은 S-MAC보다 일찍 sleep 모드가 가능하게 되어 불필요한 listening을 줄일 수 있다.

또 다른 hybrid MAC인 Z-MAC은 2홉 내의 지역 정보를 이용하여 owner 슬롯을 우선 할당하고 CSMA 방식으로 나머지 디바이스들이 슬롯을 획득하기 위해 경쟁함으로써 디바이스들 간의 충돌을 줄이는 방식이다[6].

센서 네트워크에서 Hybrid MAC은 효율적인 채널 관리뿐만 아니라 효율적인 전력관리를 위해서도 지속적인 연구가 진행되고 있다. intra-cluster통신에는 TDMA를, inter-cluster 통신에는 CSMA를 사용함으로써 전력 소모와 지연을 개선하기 위한 연구가 진행되었다[7].

또한 Hybrid MAC은 QoS와 확장성 향상을 위

하여 우선순위를 고려하여 경쟁 구간과 비경쟁 구간을 관리할 수 있다. 채널 예약을 통한 비경쟁 구간 확보는 혼잡한 네트워크 상황 가운데서도 QoS를 보장할 수 있으며, 저전력을 위한 주기적인 sleep 모드를 전환을 가능하게 한다[8].

3.2 WLAN을 위한 Hybrid MAC

WLAN을 위한 hybrid MAC인 PTDMA (Probabilistic TDMA)는 TDMA와 경쟁 기반인 CSMA를 적용시킨 MAC이다. PTDMA는 시간을 슬롯화 하여 나누고 owner와 non-owner 간의 확률 값을 다르게 적용 시켜서 전송의 우선권을 주어 통신하는 기술이다. 그러나 이 기술은 1홉의 환경에서는 뛰어난 성능을 보이지만 2홉의 환경에서는 좋지 않은 성능을 보인다. 그 이유는 RTS와 CTS에서 많은 overhead를 가지기 때문이다. 1홉 WLAN 환경에 적합한 PTDMA는 ad hoc 네트워크에서 가지는 문제점인 동기화 문제, 간섭의 불균형, 토폴로지의 변화를 다루고 있지 않다. 이러한 문제점으로 PTDMA는 1홉 이상의 환경에서는 좋은 성능을 보여주지 못한다[9].

4. Hybrid MAC을 통한 IEEE

802.15.3 HR-WPAN의 성능 향상

Hybrid MAC 프로토콜은 TDMA의 낮은 채널 효율성과 CSMA의 낮은 QoS 지원을 극복하기 위한 프로토콜이다. IEEE 802.15.3 HR-WPAN에서 데이터를 전송하고자 하는 DEV는 PNC가 전송하는 beacon을 통하여 데이터를 전송하기 위한 시간 구간인 CTA를 할당받는다. 기존의 IEEE 802.15.3 HR-WPAN에서 특정 DEV가 할당받는 CTA는 사용여부와 관계없이 다른 DEV가 점유하여 사용하지 못한다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 할당된 CTA가 사용되지 않는 시간동안 데이터를 전송하고자 하는 다른 DEV가 CTA를 점유하여 사용할 수 있도록 한다. 전송할 데이

터가 적어 데이터 전송 후 남은 CTA 구간이나, 전송할 데이터가 존재하지 않아 비어있는 CTA의 경우, CTA를 반환하여 전송범위 안에 있는 다른 DEV가 사용할 수 있도록 제안하였다[10]. 본 논문에서 제안한 Hybrid MAC 프로토콜에서 사용하는 용어를 다음과 같이 정의한다[11, 12].

- PoT packet(Permission of Transmission packet)
: 채널 사용 여부를 알려주기 위해 브로드캐스팅 되는 비교적 적은 정보 패킷
- 반환 DEV : CTA를 반환하는 DEV
- 반환 CTA : 반환 DEV가 같은 네트워크 안에 있는 다른 DEV에게 반환한 CTA
- 승인 DEV : 반환 DEV가 반환한 CTA를 CSMA/CA 과정을 통하여 점유하는 DEV
- 반환 : 반환 DEV가 CTA를 사용하지 않는다고 판단하여 PoT를 전송하는 행동

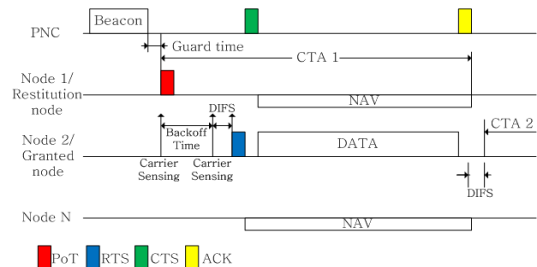
CTA를 할당받은 DEV가 보낼 데이터가 없다면 PoT(Permission of Transmission) 정보 패킷을 브로드캐스팅하게 된다. PoT 정보 패킷을 브로드캐스팅 한다는 것은 CTA의 반환을 의미한다. 즉 TDMA 모드에서 CSMA/CA로 채널 접속 방법을 바꾸겠다는 것이다. 따라서 PoT정보 패킷을 받은 동일 전파 범위에 있는 DEV 중 전송할 데이터가 있는 DEV는 캐리어 센싱(Carrier Sensing)을 통해서 채널의 사용 유/무를 확인 한다. 캐리어 센싱을 통해 채널 사용 여부를 인지하게 되면 각 DEV는 CSMA/CA를 사용하여 임의의 시간 후에 한 번 더 채널을 센싱하고 전송을 실행함으로 비어있는 CTA를 사용하여 데이터를 전송 한다. 비어있는 CTA를 최소화하게 됨으로써 한정된 자원의 효율성을 높일 수 있기 때문에 IEEE 802.15.3 표준안의 MAC보다 높은 전송율을 보이게 된다.

사용하지 않거나 혹은 데이터 전송 이후에 사용하지 않고 남아 있는 CTA 구간을 재사용하기 위해서는 CTA의 사용 여부를 확인할 수 있는 방법과 CTA를 사용할 대상자를 정하는 방법이 필

요하다. IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 성능향상을 위한 hybrid MAC에서는 CTA의 사용 여부를 확인 하기 위하여 CTA를 할당받은 DEV가 작은 크기의 정보 패킷(PoT)을 전송한다. PoT 패킷을 전송하여 자신이 할당받은 CTA를 반환한 반환 DEV는 해당 superframe내에서 자신의 CTA에 대한 우선순위를 잃게 된다. 반환된 CTA를 점유하는 대상을 결정하는 방법으로는, 채널의 효율성이 높은 CSMA/CA 방식을 사용한다. 전송할 데이터를 가지고 있는 DEV는 PoT 패킷을 수신하자마자 CSMA/CA 과정을 수행하며, 채널 점유를 위한 경쟁 상태에 돌입한다.

4.1 반환 DEV가 할당 받은 CTA 구간에서 보내려는 데이터가 없을 경우

반환 DEV가 자신에게 할당된 CTA 구간에 보내려는 데이터가 없을 경우 그 정보를 알리는 PoT패킷을 브로드캐스팅 한다. 그 정보를 받은 다른 DEV는 CSMA/CA를 사용하여 채널에 접근하게 된다.

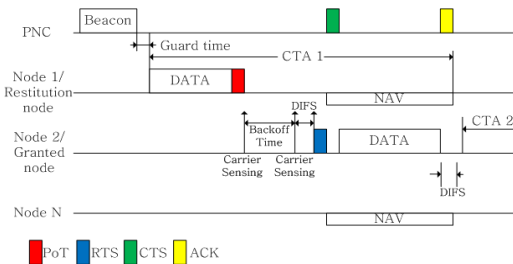


(그림 5) 반환 DEV가 할당 받은 CTA 구간에서 보내려는 데이터가 없을 경우

CSMA/CA를 사용하여 반환 CTA의 사용권을 얻게 된 승인 DEV는 CTS/RTS를 사용해서 채널을 예약(Reserve)하게 된다. CTS/RTS를 받은 전송거리 안에 있는 다른 DEV은 NAV (Network Allocation Vector)를 설정하고 RTS/CTS에서 받은 정보에서 지시하는 시간 동안은 패킷을 보내지 않는다. 만약 반환 DEV가 CTA를 반환 한 이후에

보낼 데이터가 발생 하었다고 해도 이미 반환했기 때문에 어떠한 우선권을 가지지 않는다. 그렇기 때문에 반환 DEV는 네트워크 안에 있는 다른 DEV와 함께 CSMA/CA에 참여하여 채널 사용권을 얻어내야 한다.

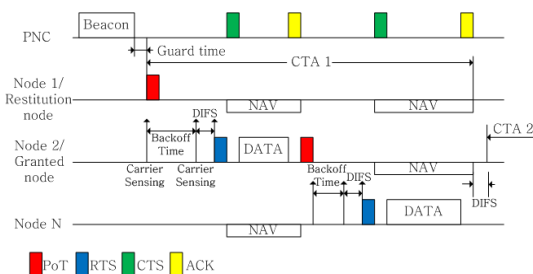
4.2 반환 DEV가 할당 받은 CTA 시간 보다 보내려는 데이터가 적을 경우



(그림 6) 반환 DEV가 할당 받은 CTA 시간 보다 보내려는 데이터가 적을 경우

반환 DEV가 데이터를 다 보낸 후에도 할당 받은 CTA의 시간이 남아 있다면 다른 DEV에게 채널에 대해서 접근을 해도 된다는 것을 알리는 PoT 정보 패킷을 브로드캐스팅 한다. PoT 정보 패킷을 받은 DEV는 CSMA/CA를 사용하여 반환 CTA의 기간 동안 채널에 접근한다. 그 이후의 방법은 case study 1과 똑같이 구동된다.

4.3 승인 DEV가 CTA 구간 사용 후에도 CTA 시간이 남을 경우



(그림 7) 반환 받은 DEV가 CTA 구간 사용 후에도 CTA 시간이 남을 경우

반환 DEV가 반환한 반환 CTA를 사용하는 수여받은 승인 DEV가 반환 CTA에서 자신의 데이터를 모두 보내고 나서도 반환 CTA의 시간이 남아있을 경우 수여받은 승인 DEV는 PoT 정보 패킷을 브로드캐스팅 한다. 보낼 데이터가 있는 다른 DEV는 CSMA/CA를 사용하여 채널에 접속한다. 그 이후의 방법은 case study 1과 똑같이 구동된다.

5. 시뮬레이션

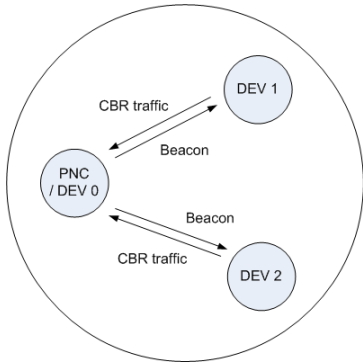
본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 IEEE 802.15.3 표준 MAC과 본 논문에서 제안한 Hybrid MAC의 성능을 비교 분석한다. 표준 MAC과 Hybrid MAC의 성능 비교를 위해 두 개의 토폴로지를 구성하여 다양한 성능 파라미터를 측정하였다.

5.1 시뮬레이션 환경

본 논문의 시뮬레이션은 ns2를 이용하여 수행하였다[13, 14]. 시뮬레이션을 위한 환경 변수는 <표 1>과 같이 설정하였다. 시뮬레이션에서 대역폭은 IEEE 802.15.3 표준안에서 정의하고 있는 11Mbps, 22Mbps, 55Mbps를 사용하였다. 데이터 전송율에 따른 성능 변화를 파악하기 위하여 데이터 전송율은 1~20Mbps 사이의 다양한 값으로 설정하였다.

(표 1) 시뮬레이션 환경 변수

환경 변수	설정값
Number of DEVs	3 / 11
Number of flows	2 / 5
Bandwidth [Mbps]	11 / 22 / 55
Traffic	CBR
Packet Size [byte]	1024
Data rate [Mbps]	1 ~ 20
CTA [μ s]	4000 / 20000
Simulation Time [s]	10



(그림 8) 시뮬레이션 토폴로지(2flows)

5.2 시뮬레이션 결과

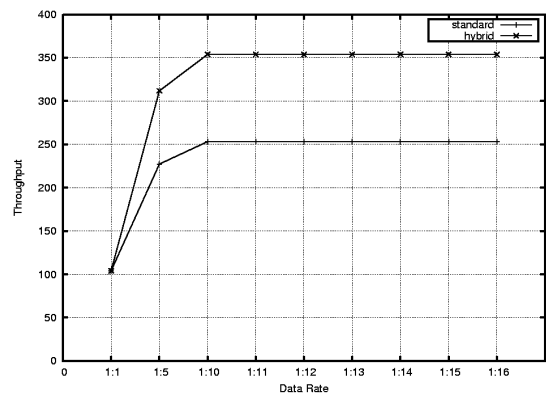
첫 번째 시뮬레이션 토폴로지는 그림 8과 같다. DEV0은 piconet의 PNC이자, DEV1과 DEV2의 수신자로 동작한다. DEV1과 DEV0 사이의 데이터 전송율은 1Mbps로 고정하고, DEV2와 DEV0상의 전송율은 1Mbps에서 20Mbps까지 변화시켰다.

데이터 전송율의 증가는 네트워크의 aggregation throughput의 향상을 가져온다. 그러나 각 CTA의 구간은 한정되어 있기 때문에 네트워크 대역폭 이상의 전송율로 데이터를 보내는 경우에 일정한 성능을 나타내게 된다. 11Mbps의 대역폭을 제공하는 경우와 22Mbps의 대역폭을 제공하는 경우, hybrid MAC이 높은 선을 보여준다(그림 9, 11). Hybrid MAC이 성능을 향상하기 위하여, 사용되지 않는 CTA 구간에서는 CSMA/CA 프로토콜로 데이터를 전송한다. 채널의 효율성을 극대화시킴으로 hybrid MAC은 표준화 MAC이 데이터를 전송하고 낭비하는 구간을 효과적으로 사용한다. Flow의 throughput을 나타내는 그래프에서 TDMA방식을 사용하는 반환 DEV의 flow1에 대한 throughput은 일정한 반면, 반환된 CTA 구간을 CSMA/CA 방법으로 사용하는 승인 DEV인 flow2의 throughput은 증가한다(그림 10, 12). 하지만 여기서도 한정된 CTA의 구간으로 인하여 계속해서 증가하는 형태를 보이지 않고 일정한 값을 보이

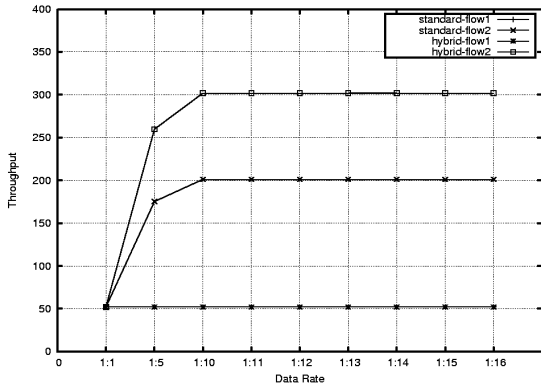
게 된다.

그림13은 1개의 PNC와 10개의 DEV로 구성된 시뮬레이션 토폴로지를 보여준다. 시뮬레이션에서 piconet의 대역은 55Mbps로 정의하였다. 5개의 flow는 각각 1Mbps, 5Mbps, 9Mbps, 13Mbps, 17Mbps의 전송율로 데이터를 전송한다. IEEE 802.15.3 표준안에서는 5개의 flow에 대해서 각 4000 μ s씩 총 20000 μ s의 CFP 구간을 할당한다. Hybrid MAC은 경쟁 과정의 DIFS, backoff time, RTS/CTS 교환으로 인한 오버헤드가 발생하여 할당된 CTA를 모두 사용하지 못한다(그림 14). 그러나 표준안에의 고정 CTA 방식의 경우 데이터 전송이 발생하지 않는 경우, 전체 CTA 구간을 낭비하게 된다. 이러한 낭비는 성능의 심각한 감소요인으로 작용하게 된다.

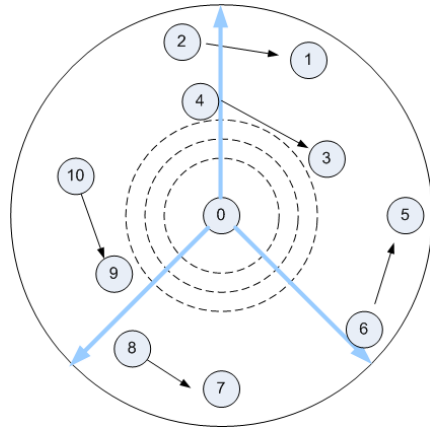
네트워크에 대역폭보다 훨씬 적은 양의 데이터 전송이 발생하는 경우, IEEE 802.15.3 표준의 MAC에서는 대부분의 CTA 동안 아무런 데이터 전송이 발생하지 않는다. 이 경우 CTA에 의한 낭비가 발생한다(그림 15). IEEE 802.15.3 표준안 MAC은 5Mbps에서 JFR(Job Fail Rate)이 급격히 높아진다. 표준 MAC은 CTA 구간이 엄격히 관리되어 다른 DEV의 점유를 허용하지 않는 반면에, hybrid MAC의 사용되지 않는 CTA 구간동안 다른 DEV의 전송을 허용함으로써 JFR을 낮추게 된다(그림 16).



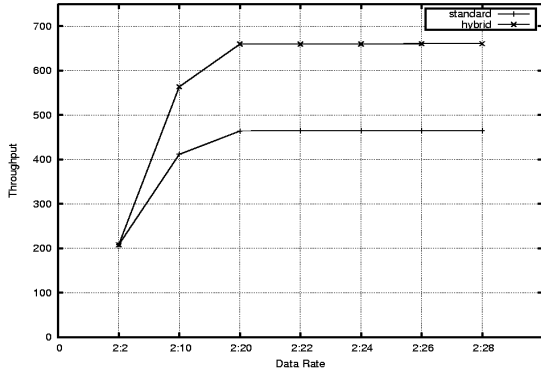
(그림 9) 전송율과 네트워크 성능(11Mbps)



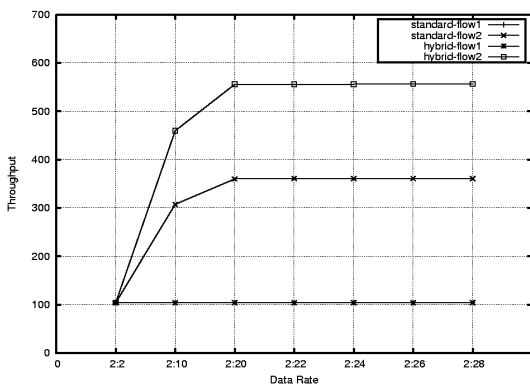
(그림 10) 각 flow의 성능(11Mbps)



(그림 13) 시뮬레이션 토폴로지(5flows)



(그림 11) 전송율과 네트워크 성능(22Mbps)

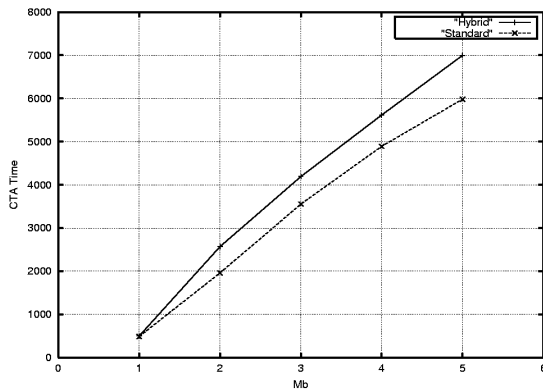


(그림 12) 각 flow의 성능(22Mbps)

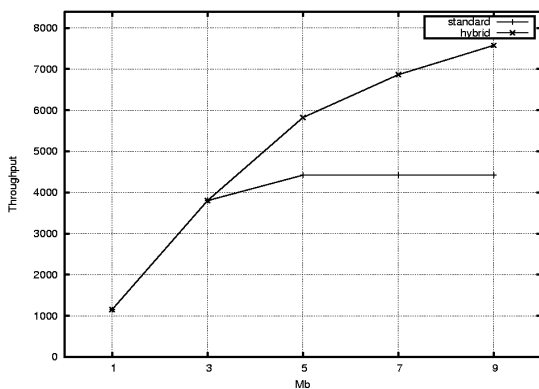
6. 결론

IEEE 802.15.3 HR-WPAN은 10m 이내의 단거리에서 ad-hoc 통신으로 멀티미디어와 같은 대용량 데이터를 전송하기 위한 기술로 부각되고 있다. 응용 분야에서 적용되면서 다양한 기술적인 요구 사항이 등장하고 있다. 한정된 무선 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 throughput의 개선, fairness의 증가, power saving 기능의 강화를 중심으로 성능을 향상을 위한 방안들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 다양한 성능 향상 이슈 가운데 제한적인 무선 채널의 효율성을 개선하기 위한 방안을 제시하였다. IEEE 802.15.3 표준안이 멀티미디어와 같은 고용량의 실시간 데이터 전송을 위하여 TDMA를 기반으로 한 예약 방식의 채널 관리 기법을 사용한다. 그러나 네트워크 상황에 따른 TDMA의 성능은 큰 폭의 차이를 보이게 된다. CTA를 할당받은 DEV가 전송할 데이터가 없거나, 짧은 시간동안만 데이터를 전송하는 경우 할당된 CTA구간동안 데이터 전송이 가능함에도 불구하고 다른 어떠한 DEV도 데이터를 전송할 수 없다. 또한 채널의 효율성이 우수한 경쟁 기반의 CSMA 기술을 적용하는 경우, 안정적인 통신이 기반이 되어야 하는 멀티미디어 데이터 전송

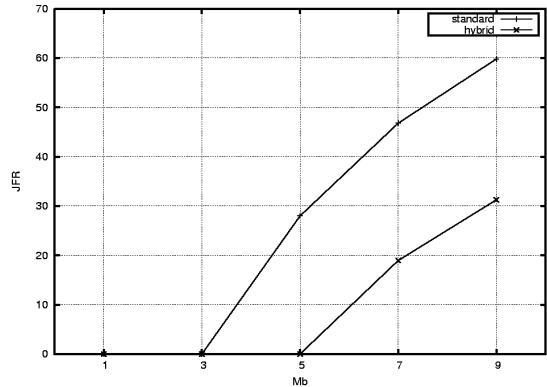
성능이 급격히 낮아지게 된다. Hybrid MAC의 네트워크 상황에 따라 동적으로 TDMA와 CSMA/CA를 적용함으로써, 채널 효율성과 QoS를 개선할 수 있다. 본 논문에서는 센서네트워크와 같은 이중 네트워크에서 적용되고 있는 hybrid MAC에 대해 살펴보고, IEEE 802.15.3 MAC에 hybrid MAC을 적용함으로써 기존 MAC과의 성능 개선을 비교·분석하였다. 채널 효율성 이슈뿐만 아니라 에너지 관리 방안과 같이 IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 성능 개선을 위한 다양한 연구 이슈에 대한 많은 연구가 필요하다.



(그림 14) Hybrid MAC의 CTA 효율성



(그림 15) 네트워크 성능(55Mbps)



(그림 16) Job Fail Rate(55Mbps)

참고 문헌

- [1] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN), IEEE, Draft P802.15.3/D17, Feb. 2003
- [2] A. El-Hoiydi, "Spatial TDMA and CSMA with Preamble Sampling for Low Power Ad Hoc Wireless Sensor Networks," In ISCC, pages 685-692, Jul. 2002
- [3] A. Ephremides and O. A. Mowa, "Analysis of a hybrid access scheme for buered users-probabilistic time division," In IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-8, No. 1, pages 52-61. IEEE, Jan. 1982
- [4] B H Davies, T R Davies, "The application of packet switching techniques to combat net radio", Proceedings of the IEEE, Vol 75, No 1, Jan. 1987
- [5] F A Tobagi, L Kleinrock, "Packet switching in radio channels: part I - the hidden terminal problem in carrier sense multiple access and the busy tone solution", IEEE Trans Comms, vol 23 pp 1417-1433, Dec. 1975
- [6] Injong Rhee, Ajit Warriar, Mahesh Aia and Jeongki Min "Z-MAC : a Hybrid MAC for Wireless Sensor Networks", SenSys'05, Nov. 2005

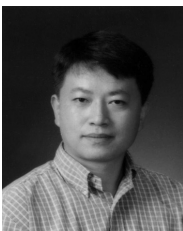
- [7] M. Shakir, I. Ahmed, P. Mugen and W. Wang, "Cluster Organization based Design of Hybrid MAC Protocol in Wireless Sensor Networks," In Networking and Services, pages78, Jun. 2007
- [8] H. Cho, M. Cho, J. Chung and W. Jeong, "A Centralized Hybrid MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," In Intelligent Sensors Sensor Networks and Information, pages 455-460, Dec. 2007
- [9] B A Sharp, E A Grindrod, D A Camm "Hybrid TDMA/CSMA Protocol for self managing Packet Radio Networks", Universal Personal Communications, Nov. 1995
- [10] 박성현, 이병주, 이승형, 정광수. "IEEE 802.15.3 HR-WPAN에서 전송율 향상을 위한 Hybrid MAC," 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 2007년 7월
- [11] Yuefeng Zhou, David I. Laurenson, Stphen McLaughlin "A Novel Piconet Coordinator Selection Method for IEEE802.15.3-Based WPAN", International Workshop on Wireless Ad Hoc Networks, IWWAN 2005, May 2005
- [12] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks," IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, vol.12, no.3, Jun. 2004
- [13] R. Mangharam and M. Demirhan, "Performance and simulation analysis of 802.15.3 QoS," IEEE Doc 802.15-02/297r1, Jul. 2002
- [14] The CMU Monarch Project, "Wireless and mobile extension to ns," Snapshot Release 1.1.1, Carnegie Mellon University, Aug. 5, 1999

● 저 자 소 개 ●



박 성 현

2005년 광운대학교 전자공학부(공학사)
 2007년 광운대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
 2008~현재 이노와이어리스 시스템검증본부
 관심분야 : 무선네트워크, 와이맥스
 E-mail : nanta0906@hanmail.net



이 승 형

1988년 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1990년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1999년 The University of Texas at Austin (공학박사)
 2000~현재 광운대학교 전파공학과 교수
 관심분야 : 무선네트워크(WPAN, W-LAN, WSN)
 E-mail : rhee@kw.ac.kr