

IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN에서

공간 재활용에 의한 성능향상

조용성⁰ 이승형 정광수 최응철

광운대학교 전자공학과

cavalier@explore.kw.ac.kr, shrhee@daisy.kw.ac.kr

Performance Enhancement of IEEE 802.15.3

High-Rate WPAN by Spatial Reuse

Yongsung Jo⁰, Seung Hyong Rhee, KwangSue Chung, WoongChul Choi

Dept. of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University

요 약

IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN(Wireless Personal Area Network)는 10m내외의 무선 환경에서 실시간 비디오, 고품질 오디오 및 대용량 파일 전송을 가능케 하는 기술이다. 하나의 네트워크를 piconet 단위로 구성하고 하나의 piconet에는 PNC(piconet coordinator)가 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식으로 DEV(device)들에게 채널타임을 할당한다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN 환경에서 하나의 piconet 에 존재하는 각각 통신을 하려는 DEV 들이 서로의 신호에 간섭을 받지 않을 만큼 떨어져 있다면 한 개의 채널타임을 각각의 DEV 들에게 동시에 할당하여 여러 DEV들이 동시에 통신을 하는 공간 재활용방식을 통해 네트워크의 성능을 향상하는 방법을 제안하고 MAC의 공간재활용방식을 통한 네트워크의 성능향상 방법을 연구한다.

1. 서 론

IEEE 802.15.3 WPAN[1]의 표준은 개인 주변 영역에서 소비자 가전기기 또는 통신 디바이스들 간의 저전력, 저복잡도, 저비용, 고속의 무선 연결을 제공하기 위한 PHY와 MAC의 규격이다. piconet 내의 각 디바이스들은 자신이 가지고 있는 데이터의 종류에 따라 superframe 내의 CAP(contention access period)와 CFP(contention free period)에서 통신을 하게 된다. non realtime traffic 들은 CAP에서 CSMA/CA를 통해 통신을 하게 되고 realtime traffic과 command, non realtime traffic이 우선순위에 따라 CFP에서 통신을 하게 된다.

IEEE 802.15.3 WPAN 표준은 한 개의 piconet 내에서 여러 디바이스들이 통신을 하려해도 CAP에서 각 디바이스가 CSMA/CA를 통해 채널을 점유하거나 CFP에서 TDMA 방식을 사용하여 각 디바이스들에 채널타임을 할당해 준다. 각 채널타임에서는 할당 받은 디바이스만이 통신이 가능하기 때문에 같은 piconet 내의, 채널타임을 할당받은 디바이스와 멀리 떨어져 서로간의 신호가 영향을 미치지 못하는 디바이스가 통신을 하려해도 채널타임을 할당받지 못한 채널타임이 할당될 때까지 기다려야 하는 경우가 발생하게 된다.

이러한 경우 CFP에서 전송되어야 할 실시간 비디오, 오디오 등의 데이터가 지연된다면 실시간 데이터라는 특징상 전달이 원활히 이루어지지 않아 네트워크 성능이라는

측면 뿐 아니라 QoS 측면에서도 상당한 손실을 입게 된다. 실시간 비디오 데이터 전달의 QoS 측면에서는 이미 Application-Aware MAC scheme[2] 등 연구된 것이 있으나 본 논문에서는 시각을 달리하여 성능향상 방법을 알아보도록 한다.

2. 공간재활용방법의 제안

IEEE 802.15.3 WPAN은 superframe 이라는 단위주기를 통신을 하는데 beacon frame, CAP, CFP로 구성이 되어있다. CAP 에서는 CSMA/CA를 통해 각 DEV 가 채널을 점유하게 되고 CFP 내의 CTA는 PNC가 각 DEV에게 TDMA 방식으로 할당을 해주게 된다. 채널타임의 할당을 원하는 DEV는 채널 자원을 할당받지 못하게 된다면 통신을 하지 못하게 되거나 child piconet, neighbor piconet을 구성하여 parent piconet의 채널 자원의 일부를 할당받아 사용하게 된다. 이러한 경우에 채널 자원을 할당받지 못했던 DEV가 채널 자원을 할당받은 DEV와 충분한 거리가 떨어져 있다면 서로에 미치는 간섭이 작기 때문에 동시에 통신을 하더라도 무관한 경우가 많다. IEEE 802.15.3 표준에서 DEV들은 beacon과 CAP, MCTA(Management CTA)구간에서는 자신의 최대 출력으로 통신을 하고 CTA 구간에서는 두 DEV가 결정된 적정출력[3]으로 통신을 하게 된다. 그림 1과 같은 네트워크 상황이라면 현재의 표준으로는 CFP의 특정 시간에 하나의 DEV만 채널을 할당 받게 되어 있다. 이런 경우 멀리 떨어져 있는 DEV가 채널을 사용하더라도 할당 받

은 DEV의 채널에는 영향이 없지만 현재 표준의 MAC에서 이를 지원하지 않는다.

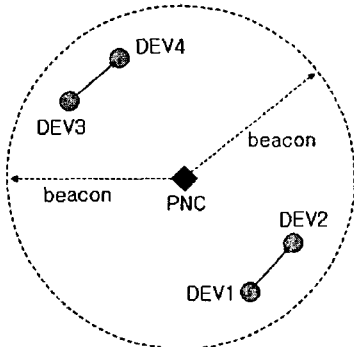


그림 1. piconet 내의 통신 DEV가 멀리 떨어진 경우

이런 경우 두 쌍의 DEV가 통신을 동시에 할 수 있다면 aggregate throughput의 이득과 부족한 채널 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 공간 재활용 방식의 구성은 그림 2에서 표시되어지는 challenge 구간, busytone 구간, 그리고 Beacon에 포함되어 있는 CTA IE의 channel status field로 구성되어 있다.

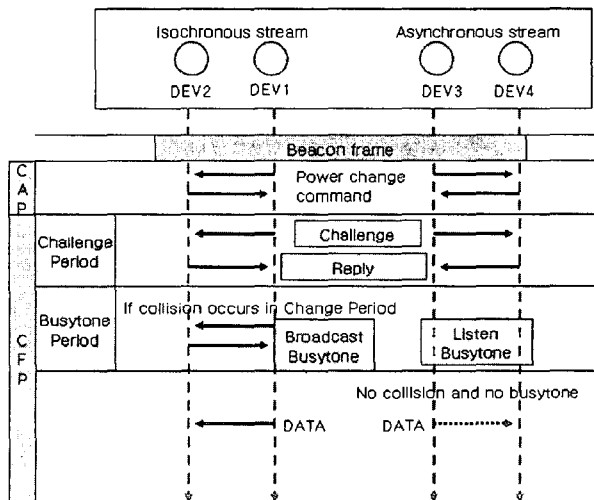


그림 2. 공간재활용방법

1) Challenge 구간

현재 표준에서는 통신에 사용되는 데이터를 real time traffic 인 isochronous stream 과 non realtime traffic 인 asynchronous stream 으로 구분한다. 이 challenge 구간은 isochronous stream 이 할당받은 CTA 앞에 위치하고, 이 구간에서 isochronous stream 을 가진 DEV 의 송신 DEV와 asynchronous stream 의 송신 DEV는 challenge 구간의 시작과 함께 challenge data를 자신의

수신측에 보내는 동작을 한다. 이 challenge data를 받은 수신측은 이 데이터를 다시 송신측에 보냄으로 응답한다. 두 개의 stream에 대한 challenge data의 교환이 서로의 간섭 없이 잘 이루어 졌다면, 실제 통신을 진행해도 간섭이 없는 것으로 판단한다. challenge 구간에서는 carrier sensing 방법으로 채널 자원의 재사용의 가능성을 검사하게 된다.

2) Busytone 구간

busytone 구간은 challenge 구간과 isochronous stream 의 CTA 사이에 위치하게 된다. 두 DEV가 challenge data가 전송될 때 collision이 발생하거나 간섭이 심하게 되면 challenge 데이터의 교환이 제대로 이루어 질 수 없다. 이런 경우 채널 자원의 재활용을 할 수 없게 되므로 challenge 구간에서 검사한 결과를 busytone 신호를 보내서 isochronous stream을 전송하는 DEV가 asynchronous stream을 전송하는 DEV에게 알려주게 된다. 이 경우 isochronous stream은 busytone과 상관없이 자신의 CTA에 전송을 하게 되고 asynchronous stream의 DEV는 busytone 구간에서 busytone 신호를 listen 하게 되면 isochronous stream의 CTA에서 자원의 재활용을 할 수 없다.

3) CTA IE의 channel status field

CTA IE는 beacon에 포함된 부분으로 PNC가 piconet 내의 모든 DEV에게 channel 자원 사용정보를 알려주게 된다. 이 CTA IE에 channel status field를 추가하고 그 중 한 bit를 reuse enable bit로 정의하여 자원 재활용을 시도할 CTA를 알려주게 된다.

3. 시뮬레이션

제안된 공간 재활용방식의 효과를 알아보기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 NS-2[4]를 사용하였으며 IEEE 802.15.3 WPAN 환경에서 그림 1의 예와 같은 네트워크를 구성하고 DEV1과 DEV2는 CBR 데이터를, DEV3과 DEV4는 MPEG 데이터를 주고받는 설정을 하였다.

| flow | source | destination | traffic |
|------|--------|-------------|---------|
| 1 | DEV1 | DEV2 | CBR |
| 2 | DEV3 | DEV4 | MPEG |

표 1. 노드 설정

시뮬레이션은 IEEE 802.15.3 표준과 제안된 공간 자원 재활용방식의 특성을 나타내기 위해 약간의 특징을 두고 수행하였는데 그림 4에 나타난 throughput 그래프는 한 개의 superframe 을 그림 3에 나타난 바와 같이 CAP 구간과 CFP 구간을 절반씩 할당하여 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 이 시뮬레이션에서 flow1인 CBR 데이터는 non realtime traffic으로 설정되어있고 CAP 구간에서 통신을 수행하게 되며 CFP 구간에서는 realtime traffic인

MPEG 데이터가 통신을 수행하게 된다.

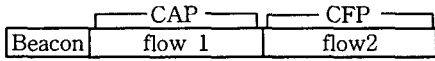


그림 3. 첫 번째 시뮬레이션의 superframe 사용

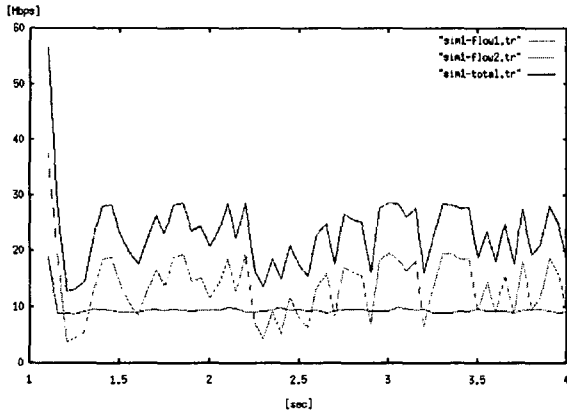


그림 4. superframe을 반씩 사용할 경우

그림 7에 나타난 throughput 그래프는 앞에서 수행했던 시뮬레이션과 마찬가지로지만 non realtime traffic 이고 asynchronous stream인 flow1이 CFP 구간에서도 채널 자원재활용방법을 사용해 CTA를 할당 받아 통신을 수행함으로써 앞서 수행한 시뮬레이션보다 더욱 높은 aggregate throughput을 나타내고 있다.

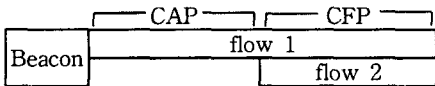


그림 5. 두 번째 시뮬레이션의 superframe 사용

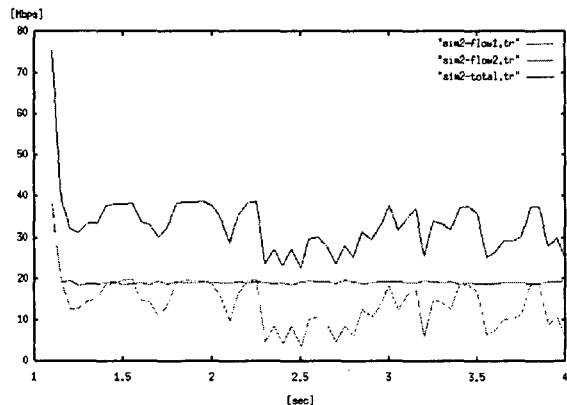


그림 6. CFP에서 공간 재활용 방식을 적용

그림 7에 나타난 그래프는 각각 앞의 두 실험의

aggregate throughput 을 나타낸 결과이다. CAP와 CFP를 isochronous stream과 asynchronous stream이 각각 사용할 경우보다 CFP에서 공간 자원 재활용으로 두 개의 flow가 통신을 진행함으로써 각각 통신을 진행할 경우보다 더욱 나은 performance를 가짐을 확인할 수 있다.

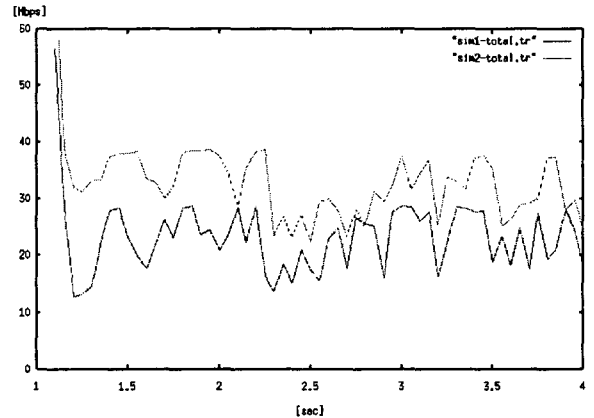


그림 7. aggregate throughput의 비교

4. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 WPAN piconet에서 공간적으로 멀리 떨어져 있음으로 서로의 간섭이 없음에도 채널타임을 할당 받지 못해 통신을 하지 못하고 기다려야 하는 단점을 보완하여 CTA 구간 앞에서 carrier sensing을 하여 통신 가능여부를 판단한 후 가능하다면 한 번에 여러 개의 디바이스들이 통신을 수행하는 MAC을 제안하였다. 시뮬레이션에서 보았듯이 서로간의 간섭이나 충돌이 없는 거리라면 동시에 여러 개의 디바이스가 통신을 수행하는 것이 네트워크의 throughput이나 사용자의 QoS 측면에서도 훨씬 큰 이득을 줄 수 있을 것이다. 본 논문에서 나타낸 결과는 간단한 특징만을 적용시켜 수행한 것이지만 더욱 복잡한 네트워크, 더욱 많은 디바이스들의 동시 통신이 가능해진다면 더욱 많은 throughput의 이득을 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN)
- [2] Seung H. Rhee, K. Chung, Y. Kim, W. Yoon, and K. S. Chang "An application-aware MAC scheme for IEEE 802.15.3 high-rate WPAN," IEEE WCNC, Mar. 2004
- [3] Jerey P. Monks, Vaduvur Bharghavan, and Wen-mei W. Hwu "A Power Controlled Multiple Access Protocol for Wireless Packet Networks," IEEE INFOCOM 2001
- [4] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>