

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN을 위한 TCP 전송모드

이왕종^{0*}, 이승형^{*}, 전영애^{**}

광운대학교 전자공학과^{*}, 한국전자통신연구원 홈네트워크그룹^{**}
 woorihope@explore.kw.ac.kr⁰, shrhee@daisy.kw.ac.kr, yajeon@etri.re.kr

TCP Transmission Mode for the IEEE 802.15.3 High-rate WPAN

Wangjong Lee^{0*}, Seung Hyong Rhee^{*}, Young-Ae Jeon^{**}

Dept. of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University^{*},
 Home Network Group, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)^{**}

요 약

IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN(Wireless Personal Area Network)은 TDMA방식을 사용하여 10m내외에서 멀티미디어와 같은 실시간, 대용량 데이터의 전송을 목적으로 한 기술이다. TDMA방식을 사용하는 기술은 디바이스들이 통신을 하기 전에 미리 채널시간을 할당받아야 한다. IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN 환경에서 TCP stream을 전송할 경우 TCP ACK을 전송하기 위해 새로운 채널시간을 할당받아야 한다. 송신단은 전송할 데이터와 할당받은 채널시간이 남아있더라도 TCP ACK을 수신할 때까지 아무런 전송도 할 수 없게 된다. 본 논문에서는 High-rate WPAN환경에서 TCP stream을 효과적으로 지원하기 위해 송신단이 할당받은 채널시간동안 송신단과 수신단이 충돌없이 채널을 사용하여 네트워크의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.

들이면서 효과적으로 TCP를 전송하는 방법을 제안한다.

1. 서 론

IEEE 802.15.3 WPAN은 10m내외의 무선환경에서 멀티미디어와 같은 실시간, 고품질, 대용량의 데이터 전송을 목적으로 표준화된 기술이다. WPAN환경에 있는 디바이스들은 자신이 전송할 데이터에 따라 필요한 채널시간을 할당받아 통신을 하게 된다. Superframe내에서 자신이 통신하기를 원하는 시간을 PNC(piconet coordinator)로부터 할당받는다.

IEEE 802.15.3 High-Rate WAPN과 같이 TDMA방식을 사용하는 기술은 무선 노드들이 통신을 하기 전에 미리 채널시간을 할당받아야 한다. 이 할당받은 구간을 이용해서 통신이 이루어지게 되는데 UDP와 같이 Transport Layer에서의 ACK이 필요없는 방식에서는 송신단이 전송할 데이터가 있다면 주어진 채널시간에서 계속 전송이 가능하다. 하지만 TCP는 Transport Layer에서의 ACK이 필요하므로 할당받은 채널시간에서 TCP ACK을 받아야 계속해서 전송이 가능하다. 하지만 수신단이 ACK를 보내기 위해서는 수신단이 송신단에게 ACK를 전달하기 위해 할당받은 채널시간이 필요하지만 할당받은 채널시간이 없으므로 전송이 불가능하다. 이러한 TCP를 지원하기 위한 기존의 방법에는 uplink, downlink를 따로 두어서 사용하는 방법이 있는데 이 경우 두 개의 채널을 사용하므로 controller는 두 채널 모두를 관리해야 하므로 오버헤드가 커지는 단점이 있다.

또한 TCP전송을 위해 2개의 CTA를 할당하여 TCP 트래픽과 ACK이 사용할 CTA를 구분하는 방법이 있다. 그러나 이 경우 CTA의 낭비로 인하여 throughput이 현저하게 감소한다. 본 논문에서는 오버헤드나 CTA의 낭비를

2. TCP 트래픽 전송성능 향상 방안

IEEE 802.15.3 WPAN은 트래픽에 따라 CAP(contention access period)와 CFP(contention free period)를 통해 트래픽을 전송한다. 대용량 실시간 트래픽을 기반으로 표준화 된 IEEE 802.15.3 WPAN에서 실시간 트래픽이 아닌 경우 CAP에서 backoff timer를 통한 CSMA/CA 방식을 이용하여 통신이 이루어진다. CFP에서는 실시간 트래픽, command, 실시간 트래픽이 아닌 경우의 순으로 우선순위를 가지고 CTA를 할당받아 통신을 한다.

IEEE 802.15.3 WPAN에서의 실시간 트래픽이 아닌 TCP 트래픽 전송은 CAP를 이용하는 방식과 CFP를 이용하는 방식으로 전송이 가능하다. 실시간 트래픽이 아닌 트래픽이 CAP 구간을 이용할 경우 송신단과 수신단은 backoff timer를 통한 CSMA/CA방식으로 충돌없이 전송을 하게 된다.

IEEE 802.15.3 WPAN의 경우 Transport layer의 ACK이 없는 실시간을 트래픽을 기반으로 표준화되었기 때문에 송신단과 수신단 사이에 하나의 CTA만 정의될 경우 Transport layer의 ACK의 전송이 불가능하여 통신이 이루어질 수 없다.

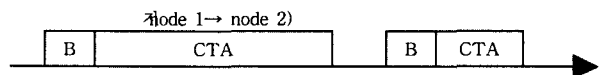


그림 1. IEEE 802.15.3의 CTA Allocation

Transport layer의 ACK를 사용하는 TCP 트래픽의 전송을 위해서는 두 개의 CTA를 할당하여 사용하거나 할당된 CTA의 flow 방향을 양방향으로 설정하는 경우를 생각할 수 있다.

TCP 트래픽을 CFP에서 전송할 경우 송신단이 PNC로부터 송신단과 수신단의 통신을 위한 CTA를 할당받아야 한다. Transport Layer에서의 ACK를 필요로 하는 TCP 트래픽을 전송하기 위해서 송신단과 수신단은 각각 TCP 트래픽(TCP Data)을 위한 CTA와 Transport Layer의 ACK을 위한 CTA를 할당 받아야 한다. 이러한 경우에 송신단은 자신이 트래픽을 전송할 수 있는 CTA가 남아 있더라도 ACK를 받기 전까지 아무런 동작도 하지 못하여 CTA의 낭비를 초래하게 된다.

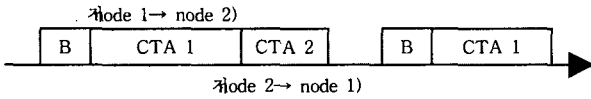


그림 2. 2개의 CTA를 이용한 TCP 트래픽 전송

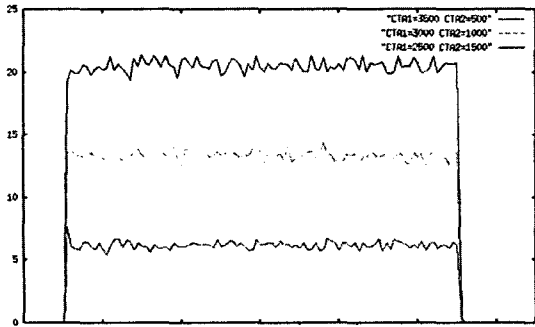


그림 3. 2개의 CTA를 이용한 TCP 트래픽 전송 결과

그림 3은 하나의 Superframe내에서 TCP 트래픽을 위한 CTA와 Transport layer에서의 TCP ACK을 위한 CTA를 각각 할당하여 전송하는 경우이다. 두 CTA의 크기를 조절하면서 throughput의 변화를 측정하였다. CTA의 크기를 조절하더라도 CTA의 낭비가 발생하여 CAP를 이용한 경우보다 throughput이 많이 낮아졌음을 볼 수 있다.

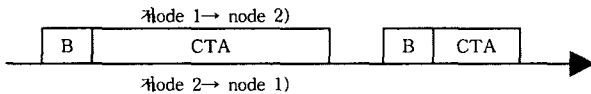


그림 4. 하나의 CTA에 양방향 flow를 설정

TCP 트래픽의 전송에서 효율성을 높이기 위해서 송신단이 할당받은 CTA에서 송신단과 수신단이 충돌없이 트래픽을 전송하는 방식을 사용한다. IEEE 802.15.3 WPAN에서의 CTA는 CTA의 내의 flow 방향이 정하여져 단방향으로의 트래픽 전송이 가능하다. 따라서 하나의 CTA를 할당받아 송신단과 수신단이 양방향으로 통신하기 위해서는 CTA를 할당받는 과정에서부터 할당받는 CTA에

서 양방향 통신을 할 것임을 주변의 PNC와 주변의 DEV에게 알려주는 과정이 필요하다.

1) TCP 트래픽의 전송을 알리는 송신단

TCP 트래픽을 전송하고자 하는 DEV는 PNC에 채널시간을 요구할 때 자신이 사용할 트래픽이 TCP임을 알린다. 이 때 사용되는 필드는 기존 MAC frame의 수정없이 그대로 사용된다. 이미 예약되어 있는 reserved field의 첫 번째 bit를 TCP enable bit로 정의해서 사용한다.

2) PNC

PNC는 TCP 트래픽의 전송을 원하는 DEV의 요구를 받아들였다면 그림 5처럼 beacon내의 CTA IE 내에 있는 stream index field를 이용하여 송신단과 수신단이 TCP 트래픽을 전송할 것을 알린다. 이 때 기존의 MAC에서 정의한 stream index를 그림 6처럼 약간 수정한다.

Channel time allocation block				
CTA duration	CTA location	Stream index	SrcID	DestID

그림 5. stream을 정의하는 stream index field

0x00 : asynchronous data 0xFD : MCTA traffic 0xFE : unassigned stream	⇒	0x00 : asynchronous data 0x01 : TCP stream 0xFD : MCTA traffic 0xFE : unassigned stream
---	---	--

그림 6. TCP트래픽을 위한 stream index value

3) 송신단과 수신단의 동작원리

그림 7은 No ACK policy가 적용될 경우 전송과정을 나타낸다. 우선 송신단은 MAC fragment를 보내자마자 ①처럼 송신상태로 수신상태로 전환해서 수신단이 전송할 ACK이 있는지 잠시 listen상태를 유지한다. 채널이 idle함을 감지하면 다시 송신상태로 전환해서 MAC fragment를 계속해서 전송한다. 이 과정이 계속 반복되다가 ②의 시점에 수신단이 ACK을 전송할 경우 송신단은 listen상태에서 수신상태로, 수신단은 송신상태로 변하고 ACK을 전송한다. ACK의 전송이 끝난 후 수신단은 다시 수신상태로 돌아와 송신단이 보내는 MAC fragment를 수신하게 된다. ③의 시점에 수신단이 보낼 ACK이 있다면 수신단의 상태는 송신상태로 바뀔 것이다.

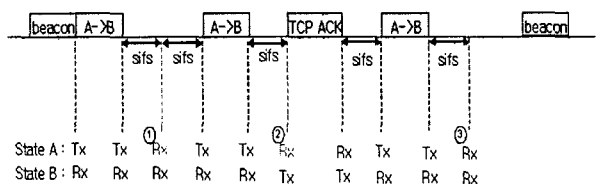


그림 7. No ACK Policy 적용시 TCP 전송

Immediate ACK policy가 적용될 경우는 그림 8처럼 그림 7과 비슷하게 동작을 한다.

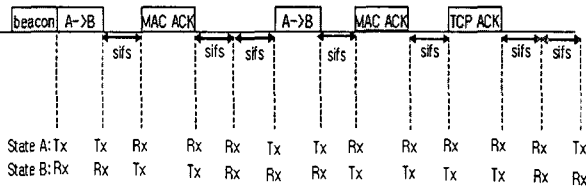


그림 8. Immediate ACK policy 적용시 TCP 전송

3. 시뮬레이션

제안된 TCP 전송방식의 성능향상을 알아보기 위해 NS-2 시뮬레이터를 통한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 3개의 node를 이용하여 하나의 PNC를 구성하고 두 개의 node가 각각 송신단과 수신단으로 하나의 TCP 트래픽을 전송하는 경우를 가정하였다. CTA를 여러 개로 나누어 사용할 경우에도 CTA의 총 크기는 4000이 되도록 설정하였다.

TCP 전송의 Throughput비교 모델은 그림 9과 같다.

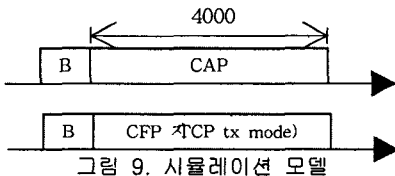


그림 9. 시뮬레이션 모델

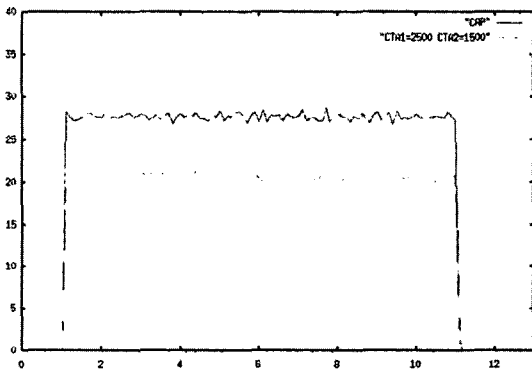


그림 10. CAP구간을 이용한 TCP 전송

그림 10은 CAP 구간을 이용한 TCP 트래픽 전송의 throughput을 보여준다. 각 노드들은 자신의 Queue 상태를 확인하여 전송한 트래픽이 있을 경우 backoff timer를 이용한 CSMA/CA방식을 통하여 자신이 트래픽을 전송할 시간을 확보하게 된다. IEEE 802.15.3 WPAN의 표준화 문서는 Superframe내에 beacon구간과 CAP, CFP구간을 설정하여 두었다. 그러나 NS-2에는 CAP구간이 따로 정의 되어있지 않으므로 다른 시뮬레이션과의

결과 비교를 위하여 Superframe내의 전구간을 CAP로 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

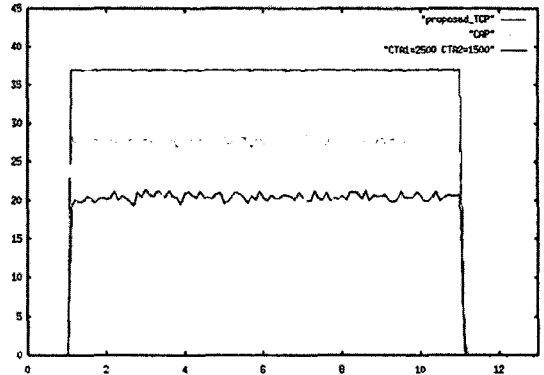


그림 11. 송수신단의 상태변화를 이용한 TCP 전송

그림 11에 나타난 그래프는 본 논문에서 제안한 TCP 전송방식을 이용한 결과이다. 세 개의 그래프는 각각 CAP 구간을 이용한 전송방식, 2개의 CTA를 이용한 전송방식, 그리고 본 논문에서 제안한 TCP 전송방식을 나타낸다. 그림 11을 통하여 본 논문에서 제안한 DEV의 상태변화를 이용하여 하나의 CTA내에서 충돌없이 통신하는 과정을 통하여 CTA의 낭비가 줄어들어 다른 방식을 이용한 전송보다 확연히 throughput가 증가하였음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 실시간 데이터 전송을 기반으로 표준화된 IEEE 802.15.3 WPAN에서 Transport layer에서 ACK을 필요로 하는 TCP 데이터를 전송하기 위한 방식을 제안하였다. CAP 구간을 이용하거나 두 개의 CTA를 할당하여 전송하므로 생기는 CTA의 낭비를 줄이기 위해 하나의 CTA내에서 송신단과 수신단이 충돌없이 통신을 할 수 있는 MAC을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 볼 수 있듯이 하나의 CTA내에서 송신단과 수신단의 상태 변화를 통해 충돌없이 TCP 트래픽을 전송이 네트워크의 throughput측면에서 큰 이득을 줄 수 있다.

참고 문헌

- [1] IEEE Standards Part 15.3: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs).
- [2] H. Balakrishnan, S. Seshan, E. Amir and R. Hh. katz., "Improving TCP/IP Performance Over Wireless Networks," In Proceedings of ACM MOBICOM '95, Nov. 1995.
- [4] The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation), <http://www.isi.edu/nsnam/ns>