

802.15.3 piconet 에서의 에너지 소비

측정을 위한 simulator 구현§

조원근^o* 최웅철* 이승형** 정광수**

광운대학교 컴퓨터학과* 광운대학교 전자정보공학부**

falltrap@cs.kw.ac.kr wchoi@daisy.kw.ac.kr {rhee, kchung}@kw.ac.kr

A simulator for estimating energy-consumption of the IEEE 802.15.3-based piconet.

WonGeun Jo^o* WoongChul Choi* Seung Hyong Rhee** KwangSue Chung**
 Department of Computer Science, KwangWoon University*
 Department of Electronics Engineering, KwangWoon University**

요 약

본 논문에서는 802.15.3 piconet의 에너지 소비량을 측정하는 시뮬레이터의 구현에 대해 얘기하고자 한다. 에너지 소비를 줄이는 것은 무선 네트워크에서 가장 중요한 이슈중의 하나이다. 하지만 현재 piconet의 에너지의 소비량 또는 piconet의 생존시간을 측정해주는 simulator는 아직 나와 있지 않다. 그래서 에너지 소비를 줄이기 위한 알고리즘을 개발 하였을 때, simulator의 부재로 인해 성능의 측정이나 알고리즘의 효율성을 측정 하는 것에 어려움을 가지고 있다. 따라서 이에 관련한 simulator의 구현은 필수적인 상황이다. 본 논문에서는 piconet에서의 전체 에너지의 소비량과 에너지 소비에 따르는 piconet의 생존시간을 측정할 수 있는 simulator를 구현 하고자 한다.

1. 서 론

IEEE 802.15.3(High-rate WPAN)은 최근 많은 연구가 이루어지고 있다. WPAN은 근거리에서 이동장치들(DEVs) 간에 높은 속도와 낮은 에너지 소비를 가능하게 한다. 특히, WPAN은 Ultra-Wideband(UWB)의 MAC의 자원을 담당하고 있다. IEEE 802.15.3은 Time Division Multiple Access(TDMA)를 베이스로 하고 있다. IEEE 802.15.3에서의 통신은 piconet이라는 특별한 네트워크상에서 이루어지며, piconet은 서로 다른 device(DEV)간에 one hop으로 통신 가능한 많은 DEV를 연결할 수 있는 무선 네트워크를 정의한다. piconet에서 DEV중 하나는 piconet의 system timing, QoS, power management(PM)등의 기능을 제어하는 PNC(piconet coordinator)의 역할을 담당하게 된다. PM은 DEVs를 위한 중요한 기능이다. PM의 목적은 DEV들이 에너지 소비를 최대한 줄이기 위해 sleep mode에 있는 상태를 최대한 하기 위함이다. 이에 관련한 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 또한 DEV의 에너지 소비를 줄여 piconet전체의 생존시간을 늘리는 방법의 연구도 함께 진행 되고 있다. 현재 IEEE 802.15.3에서의 PNC의 선택은 DEV의 능력치에 대해서만 고려하고 있다. 즉, 앞으로 PNC의 역할을 수행하는 과정에서 DEV가 소비하게 될 power에 대해서는 고려되지 않고 있다. 이것은 topology에서 DEV의 위치에 상관없이 가장 능력이 좋은

DEV가 PNC의 역할을 수행한다는 것을 의미한다. piconet에서 PNC는 많은 기능을 수행하기 위해 superframe이라는 frame을 주기적으로 전송하며, 이는 piconet에서 다른 DEV들 보다 PNC의 에너지 소비가 많다는 것을 의미한다. PNC의 많은 에너지 소비는 piconet의 생존시간에 영향을 줄 수 있으며, 이는 PNC를 결정하는 알고리즘의 선택이 piconet의 생존시간을 결정하는데 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 본 논문에서는 piconet안에서 PNC의 결정 알고리즘의 수정에 따라 piconet의 생존시간 및 에너지 소비량을 측정할 수 있는 simulator를 구현하여, simulation할 수 있는 방안을 마련하고자 한다.

2. 관련 연구

802.15.3에서 time은 복수의 superframe으로 나누어진다. Superframe은 그림1과 같이 제어정보가 기술되는 beacon, 랜덤 액세스 제어가 실행되는 CAP(Contention Access Period), 그리고 데이터가 수납되는 CTAP(Channel Time Allocation Period)라는 세 종류의 블록으로 구성되어 있다.

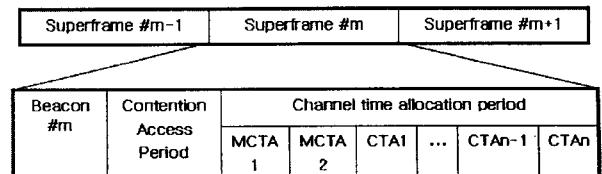


그림 1 IEEE 802.15.3의 superframe구조

§ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 [R01 - 2002 - 000 - 10934 - 0 (2005)] 의 지원에 의해 수행되었음.

이 중 CAP는 필수가 아니라 MCTA(Management CTA)라는 형태로 이용되는 경우도 있다. 이 경우 CAP 영역은 CSMA/CA를 기반으로 랜덤 액세스 제어가 이루어지는데 반하여 MCTA는 슬롯알로하(Slotted Aloha) 방식을 이용하게 된다. Beacon은 데이터를 보낼 때 필요한 제어정보를 가지고 있으며, CAP에서는 DEV가 piconet 참여나 CAP 할당 요구 패킷등이 경쟁을 한다. 그 후 경쟁에서 선택된 서비스에 해당하는 payload(사용자 데이터)를 보낼 수 있는 time 구간이 CTAP에 할당된다. 스트리밍과 같은 동기 데이터도 CTAP 안에서 CTA을 할당 받아 전송할 기회가 주어지는 경우도 있다. 비동기 데이터를 보낼 때도 각각의 크기에 따라 적절하게 요구되는 대역에서 전송할 수 있다. 즉 네트워크 전체에서 100Mbps 전송능력이 있다고 하면 '그 중 30Mbps를 사용하도록' 혹은 '15Mbps를 사용하도록' 이라는 선언을 하고, 그 다음 데이터 프레임이 전송된다. 데이터를 송신하는 CTA에는 두 종류가 있다. 첫 번째는 동적 CTA(Channel Time Allocation)이다. 동적 CTA의 위치는superframe마다 바뀌는 것이 허용되며, DEV는 beacon을 수신하지 못하게 되면 송수신을 하지 못한다. 두 번째는 pseudo-static CTA로, superframe마다 절대적인 전송 타이밍이 변하지 않으며, beacon을 몇 번 수신하지 못해도 정해진 타이밍에 데이터를 송수신할 수 있다. 물론 standard에서 정해진 횟수 이상 연속으로 beacon을 인식 하지 못하면 해당 CTA는 사라지게 된다[2].

Ad hoc 네트워크인 piconet의 전송 범위는 보통 10m 내외 이다. piconet은 PNC로서 동작 가능한 DEV가 beacon을 송신 하면서 시작되며, 시작되어진 piconet 안에서 모든 DEVs사이의 통신은 그림2처럼 one hop으로 통신이 가능하다.

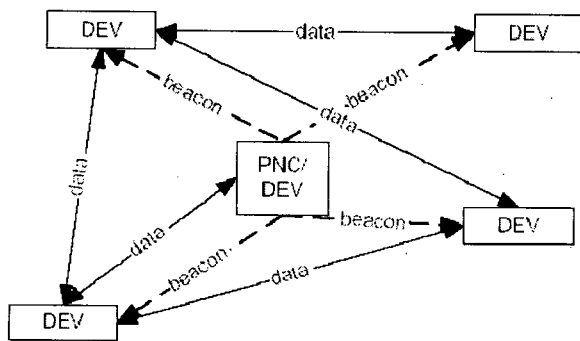


그림 2 piconet network topology

PNC가 piconet을 떠날 때나 혹은 다른 DEV에게 PNC의 역할을 위임하고자 할 때, PNC는 piconet안의 모든 DEV의 PNC capabilities 필드의 정보를 평가하여 현재 piconet에서 가장 최적의 PNC능력을 가진 새로운 PNC를 선택하고, PNC의 기능을 위임한다. 이것을 PNC handover라고 한다. 또한 piconet은 PNC가 동작을 멈추고 piconet에서 PNC를 수행 할 수 있는 DEV가 없다면 PNC는 piconet의 다른 DEVs에게 이를 알리기 위해

beacon 메시지 안에 pnc shutdown information element를 포함함으로써 piconet을 종료 하게 된다[3]. IEEE 802.15.3에서 무선 노드의 생존시간을 결정하는 가장 중요한 요소는 배터리의 양이다. 이 배터리의 소모를 줄이기 위해서 가장 많이 쓰이는 방법은 전송 power를 줄이는 방법, 그리고 전송기를 sleep상태로 만드는 방법이 있다. IEEE 802.15.3 standard에서는 두 가지 방법 모두를 지원 하고 있으며, DEVs 사이에 통신은 전자의 방법, power saving(PS) mode의 지원을 통해 후자의 방법을 사용하고 있다. IEEE 802.15.3에서 최대 전송 파워는 표1과 같다[4].

표 1 Maximum transmit power levels

Geographical Region	Power limit
Japan	10mW
Europe	100mW EIRP 10mW/MHz peak power density
USA	50mV/m at 3m in at least a 1MHz resolution bandwidth

3. 구현

본 논문에서 piconet의 PNC위치에 따라 변하는 piconet의 생존시간과 piconet 자체의 효율성을 simulation하기 위해 구현에서 고려되었던 사항은 다음과 같다. 첫째, 노드는 PNC를 결정하기 위해 고려되는 모든 사양이 동일하며 단지 배터리의 양만 다르다. 둘째, 노드는 임의의 위치에서 랜덤하게 생성되며 생성된 piconet은 다른 알고리즘으로 테스트가 가능 하다. 셋째, piconet상의 모든 DEV의 receiver의 배터리 소모량은 일정하다. 넷째, 노드사이의 통신 거리에 따라 transceiver의 배터리 소모량은 달라진다.

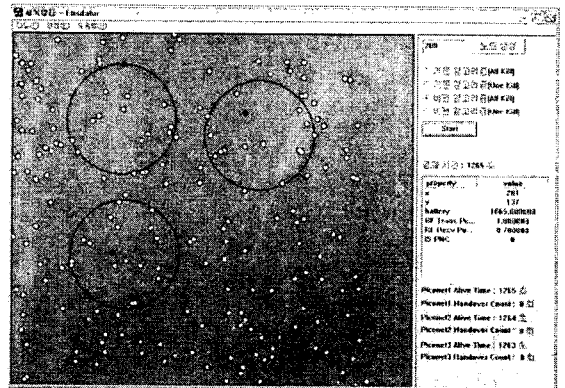


그림 3 simulator에서 생성된 piconet과 node

PNC는 배터리의 양이 가장 많은 노드로 결정되며 통신은 802.15.3의 기본 바탕인 TDMA를 이용하여 구현되어진다. 단위 시간, 즉 superframe 주기 동안 트래픽이 발생한

노드의 송신이 이루어지며, 이것은 CTAP구간을 simulation한다. superframe 주기 사이에 있는 CFP구간은 여기서는 고려하지 않았다. superframe은 최대 전송 파워로 이루어지며, 각각의 DEV 사이의 통신은 거리에 비례하여 계산 하였다. 즉, 최대 전송 파워를 1이라 하고 하면 1이라는 에너지를 소비하는 전송 범위는 10m가 되는 것이다. 이런 방법으로 각 노드들 사이의 거리를 측정하여 전송시 소모되는 배터리의 양을 계산하였다. 하나의 superframe구간 동안 소모되는 배터리의 양은 표2 와 같다. 또한 piconet의 생존 시간을 알기위해 PNC는 자신의 배터리가 모두 소모하기 직전에 handover과정을 거쳐 다른 DEV로 PNC를 교체 하였다.

표 2 superframe구간 동안 소모되는 배터리의 양

DEV	소모된 배터리양
PNC	1
transceiver	receiver DEV와 거리 : 10 = x : 1
receiver	0.7
idle	0.65

또한 본 논문에서는 비교를 위해 802.15.3 standard를 바탕으로 한 구현 이외에 수정된 알고리즘을 PNC를 결정하는 것을 simulation하였다. 사용된 알고리즘은 다음과 같다. PNC의 전송 파워를 최소화 하기 위해 piconet상에서 가장 중심에 있는 DEV에게 PNC의 역할을 위임 하는 것이다. 802.15.3 standard에서는 superframe의 전송 파워는 최대 였으나 수정된 알고리즘에서 PNC는 자신과 가장 멀리 떨어진 DEV에게 송신이 가능한 power로 superframe을 전송 한다. 여기서 piconet상의 중심 DEV를 구하기 위해 topology상의 모든 노드의 거리에 대한 표준 편차를 구해 표준 편차의 값이 가장 적은 노드에게 PNC의 역할을 위임하였다. 표준 편차를 구하는 방법은 다음과 같다. n개의 DEV에 대해 DEVn에 대한 거리는 xn이다. n개의 DEV에 대한 거리의 평균은 m으로 나타낸다. 그래서 표준 편차 S의 값은 (1) 과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - m)^2 + (x_2 - m)^2 + \dots + (x_n - m)^2}{n}} \quad (1)$$

이 알고리즘을 적용시 소모되는 배터리의 양은 표 3과 같다.

표 3 수정된 알고리즘 적용 시 소모되는 배터리의 양

DEV	소모된 배터리양
PNC	가장 멀리 있는 DEV와 거리 : 10 = x : 1
transceiver	receiver DEV와 거리 : 10 = x : 1
receiver	0.7
idle	0.65

4. 시뮬레이션

테스트는 DEV의 개수에 따라 각각의 알고리즘에 대해 총

17번이 행해 졌으며 각각의 테스트 결과는 그림4와 같다. DEV의 수가 증가될수록 piconet 전체의 배터리의 양이 증가하므로, 이에 따라 piconet의 전체 생존 시간 또한 길어지는 것을 볼 수 있다. 또한 PNC의 superframe 전송 파워를 줄임으로 인해 효율이 증가 한 것을 확인 할 수 있다. 이외 에도 piconet에서의 모든 DEV가 살아 있는 시간의 증가를 확인 할 수 있었다. 결과에서 수정된 알고리즘이 성능 향상에 기여 하는 것을 알 수 있었다.

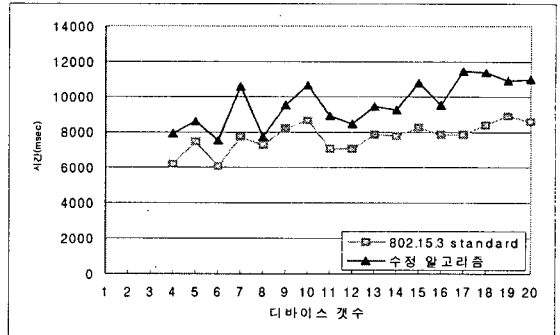


그림 4 각각 노드의 개수로 형성된 piconet 유지 시간

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 piconet의 생존시간 및 에너지 소비량을 측정하는 simulator를 구현하고 테스트 해보았다. 테스트 결과 비교적 만족스러운 결과를 얻을 수 있었으며 향후 새로운 알고리즘을 테스트하기 위한 기반을 마련 할 수 있었다. 하지만 본 simulator에서는 IEEE 802.15.3 standard 문서의 다양한 기능을 모두 구현하지는 못하였다. 향후 piconet의 이동 노드를 고려하여, 동적인 topology상에서의 다양한 알고리즘의 테스트 및 성능을 측정 할 수 있도록 simulator의 기능을 추가 및 보완 하고, piconet의 확장인 dependent piconet, child piconet, neighbor piconet을 추가적으로 구현하여, 실제 topology를 구성하여 테스트한 결과에 가까운 결과를 보일 수 있도록 발전 시켜야 하겠다.

6. 참고 문헌

[1] Zihua Guo, Richard Yao, Wenwu Zhu, Xin Wang, Yong Ren : "Intra-Superframe Power Management for IEEE 802.15.3 WPAN", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, 2005

[2] Jeyhan Karaoguz : "High-Rate Wireless Personal Area Networks," IEEE Communications Magazine, 2001

[3] IEEE Draft P802.15.3/D08 : "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN-TM)," Nov. 2001.

[4] Stefano Vasagni, Marco Conti, Silvia Giordano, Ivan Stojmenovic : "Mobile ad hoc networking", WILEY-INTERSCIENCE, 2004