

유비쿼터스 센서 네트워크 LR-WPAN 성능 분석

김광덕* · 김동일

*동의대학교

A Study on LR-WPAN Ubiquitous Sensor Network

Kwang-deok Kim* · Dong-il Kim

*Dong-eui University

E-mail : kkd@deu.ac.kr

요 약

유비쿼터스 센서 네트워크에서는 무선 센서 네트워크 상의 센싱 장치를 통해 주변의 상태 정보를 습득하고 이를 처리한 후 무선 인터페이스를 통해 다른 노드로 전달하게 된다. 이런 과정에서 저전력, 저비용의 제한된 자원을 보다 효율적으로 사용 하는 것이 에너지 소비측면에서의 유비쿼터스 네트워크라 하겠다. 본 논문에서는 에너지 소비 측면에서 노드별 에너지 소비량을 ns-2 시뮬레이션을 통해 측정 분석 하였다.

ABSTRACT

In ubiquitous sensor networks(USNs), various sensing devices deployed in wireless sensor networks collect meaningful data from physical environments and the data are delivered to neighbor node through radio interfaces for further processing. In this processing, efficiently using of the limited source of low power and low cost is USNs on the point of energy consumption. In this paper, we measure and analyze the power consumption of LR-WPAN.

키워드

802.15.4, zigbee, WPAN, ubiquitous

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자 눈에 보이지 않으며, 언제 어디서나 사용가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상생활에 통합되는 것을 기본 전제로 한다. 또한 유비쿼터스 네트워크는 누구든지 언제, 어디서나 통신 속도 등의 제약 없이 이용할 수 있고 모든 정보나 콘텐츠를 유통시킬 수 있는 정보통신 네트워크를 의미하며, 이의 구현으로 기존의 정보통신 망이나 서비스가 가지고 있었던 여러 가지 제약으로부터 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 활용하여 새로운 서비스들을 개발 하려는 노

력이 진행 중이며, 이에 관련된 기술의 중요성도 급증하고 있다.[4]

최근 Wireless sensor networks(WSNs)의 많은 성장은 센서하드웨어 측면에서 이루어져 왔다. 또한 저비용, 저전력의 요구사항에 따라 적절한 네트워크 프로토콜 역시 디자인 되고 있다. 이러한 발전에도 불구하고 부족한 표준화진행과 상업적 상품의 부재가 나타나고 있다. 이러한 상황에 IEEE 802.15.4의 표준화 제정은 기업들의 관심을 끌기에 충분했다. 2003년 표준화된 IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 적은 데이터 송수신, 저비용을 추구하며 특히 전력소모를 최소화해야 하는 위한 유비쿼터스 센서 네트워크에 가장 좋은 적합성을 보인다. 저전력의 IEEE 802.15.4 PHY 및 MAC 계층 위에 가벼운 Zigbee Protocol Stack을

올려 전력 소모 측면에서 그 효율성은 매우 높으며 배터리 수명이 수개월에서 수년이 될 수 있다는 장점을 가지고 있어 복잡도가 높지 않은 POS(Personal Operation Space) 영역에서의 무선 접속을 용이하게 한다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4의 네트워크 구성과 LR-WPAN에서 데이터 전송률을 높이기 위한 Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance(CSMA/CA) 메커니즘에 대해 기술하고 beacon enabled 모드에서의 트래픽 발생 시 에너지 소비량과 노드별 에너지 소비를 비교하기로 한다.

II. 본 론

본론은 필요에 따라 3-4 개의 장으로 편집할 수 있습니다.

1) 네트워크 토폴로지

IEEE 802.15.4 표준은 다중 peer-to-peer와 one-hop star 토폴로지를 지원한다. 스타 토폴로지에서는 Full Function Device(FFD)가 활성화된 후 자신만의 고유 네트워크를 개설할 수 있으며, 또한 PAN Coordinator도 될 수 있다. 모든 스타 네트워크는 서로 독립적으로 운용된다. 따라서 이웃하는 네트워크와는 다른 PAN ID를 사용해야 한다. PAN ID가 최초 선택되게 되면, PAN Coordinator는 자신의 네트워크에 참여 하려는 모든 종류의 디바이스들을 수용할 수 있다. 반면에 peer-to-peer 토폴로지의 경우, 디바이스는 무선 전파가 미치는 범위 안에 있는 다른 디바이스와 통신 할 수 있다. 해당하는 채널에서 가장 먼저 통신하고 있는 디바이스가 PAN Coordinator가 된다. 다른 구조를 가지는 토폴로지들은 peer-to-peer를 응용하여 구성 될 수 있다.

2) CSMA/CA 메커니즘

LR-WPAN에서는 네트워크 구성 따라 두 종류의 채널 액세스 방식을 제공한다.

beacon enabled 모드에서는 slotted CSMA/CA 채널 액세스 방식이 사용된다. PAN 안에 있는 모든 디바이스들의 backoff 슬롯들은 PAN Coordinator에서 맞춰진다. 디바이스에서 Contention Access Period(CAP) 동안 데이터 프레임 전송을 원할 때마다, 다음 backoff 슬롯의 경계에 데이터프레임을 위치시킨 후 backoff 슬롯의 개수만큼 대기한다. 만약 채널이 임의의 backoff 이후에도 busy라면, 디바이스는 다시 채널에 대한 액세스를 시도하기 전에 또 다른 임의의 backoff 슬롯의 개수만큼 대기한다. 만약 채널이 idle이면, 디바이스는 다음의 가용 backoff 슬롯 경계에 전송을 시작한다.

데이터 프레임이나 MAC 명령 프레임의 성공적인 수신과 검증은 ACK 명령으로써 확인 시킬 수 있다. 만약 수신 중인 디바이스에서 어떤

이유로 수신된 데이터 프레임은 처리 할 수 없다면, 메시지는 확인되지 않는다. 생성자가 일정 주기 이후에도 ACK를 받지 못하면 그 전송이 실패했다고 간주하고 재전송을 한다. 만일 몇 번의 재시도 후에도 수신하지 못한다면, 생성자는 연결을 종료하거나 또다시 재시도 할 수 있다.

non-beacon enabled 모드에서는 unslotted CSMA/CA 채널 액세스 방식이 사용된다. 디바이스에서 데이터 프레임이나 MAC 명령 프레임의 전송을 시도 할 때마다, 임의의 시간 대기하게 된다. 이때 채널이 backoff 시간이후에도 busy하다면 디바이스는 다시 채널에 액세스를 시도하기 전에 또다시 임의의 시간만큼 대기 한다.

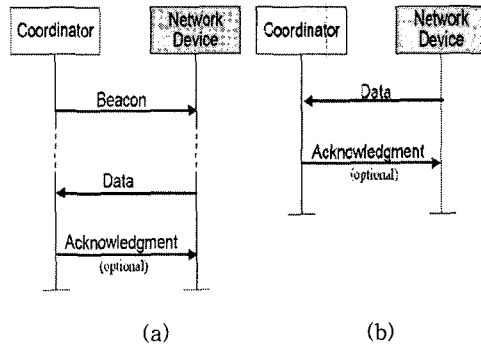


그림1 beacon과 non-beacon 통신[9]

beacon enabled 모드에서는 Coordinator로의 데이터 전송을 원하면 가장 먼저 beacon을 listen 한 노드가 데이터를 전송 할 수 있다. 반면 Non-beacon enabled 모드에서는 소비 전력을 비대칭적으로 일어난다는 단점이 있다. 한 노드가 트래픽을 발생하여 전력을 소비하는 동안 대부분의 노드들이 sleeping 상태에 있게 된다.

3) IEEE 802.15.4 Superframe 구조

IEEE 802.15.4 LR-WPAN에서는 CSMA와 TDMA의 두 가지 특성을 모두 가진 superframe이 선택적으로 사용되어진다. Superframe은 CAP와 Contention Free Period(CFP)로 구성되어있다. 또한 Beacon Order(BO) 값과 Superframe Order(SO) 값에 의해

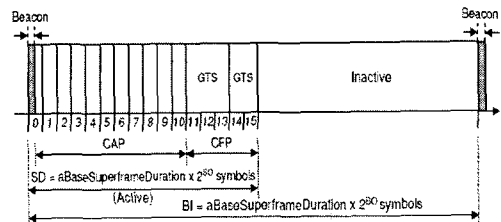


그림 2 IEEE 802.15.4 beacon enabled 모드에서의 superframe 구조[1]

서 superframe Duration(SD) 구간과 Beacon Interval(BI) 구간을 가지게 된다.

SD와 BI의 길이는 다음과 같이 정의 된다.

$$SD = aBaseSuperframeDuration * 2SO$$

$$BI = aBaseSuperframeDuration * 2BO$$

SD구간 동안은 BI 구간과 상관없이 항상 16개의 슬롯으로 할당된다. 이 구간은 다시 CAP와 CFP 구간으로 나누어지며, CFP 구간은 최대 7개 슬롯까지 할당 될 수 있다.

BO와 SO는 MAC Primitive Information Base(PIB)에 저장된 각각 macBeaconOrder, macSuperframeOrder이며 0에서 14사이의 값을 갖는다. 이 값들이 15가 되면 non-beacon enabled PAN으로 동작하게 되고 superframe 구조를 갖지 않게 된다.

CAP 에서는 slotted CSMA/CA 채널 액세스 방식을 통해서 데이터를 직접 송수신 할 수 있지만 주기적인 데이터 전송이 요구 될 경우에는 Coordinator에게 요청하거나 Coordinator가 디바이스에게 beacon을 통하여 이 구간에 Guaranteed Time Slot(GTS)을 할당 받을 수 있게 된다.

표 2 시뮬레이션 설정 값

구성 옵션	구성 값
채널 타입	WirelessChannel
무선 전파 모델	TwoRayGround
네트워크 인터페이스	IEEE 802.15.4
MAC 타입	IEEE 802.15.4
큐 개수	150
크기	50 x 50 m2
송신범위	15 m
응용모델	FTP
노드 수	7
노드간 거리	10 m
Beacon 모드	Enabled
Duration	900 sec
초기에너지	1
수신전력	0.3
송신전력	0.3
실험시간	100 sec

III. 시뮬레이션

1) 실험환경

실험 매개 변수는 표1 시뮬레이션 설정 값과 같이 구성 하였다. ns2의 에너지 소비모델을 이용하여 각 노드별 에너지 소비량을 ns2를 이용하여 측정하였다. 한 개의 PAN Coordinator와 여섯 개의 디바이스로 그림 3과 같이 토폴로지를 구성 하였다. 각 노드간 거리는 10m를 유지하고 있으며, 이들의 송수신 전파 도달 범위는 15m로 설정 하였다.

시뮬레이션이 시작하면 PNC는 beacon을 발생 시켜 새로운 PAN을 생성 한다. 그 후 순차적으로 디바이스들이 PAN에 association 하게 된다.

7.0, 7.3, 7.5 초가 되면 PNC에서 각각 1, 3, 5번 노드로 데이터 전송을 시작 한다.

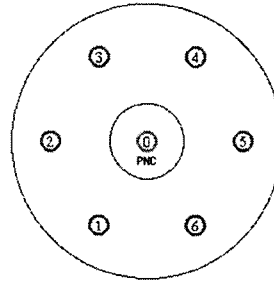


그림 3 실험 환경 형상

2) 실험결과

이 실험에서는 시간에 따른 각 노드들의 에너지 소비량을 측정하였다. 시뮬레이션이 시작하면 PNC는 beacon을 발생시켜 새로운 PAN을 생성 한다. 그 후 트래픽이 발생하는 7.0 초부터 급격히 떨어지는 에너지 소비량을 그림 4와 그림 5를 통해 알 수 있다. 0번과 1번 노드의 데이터 전송으로 다른 노드들과 비교해서 더 많은 에너지를

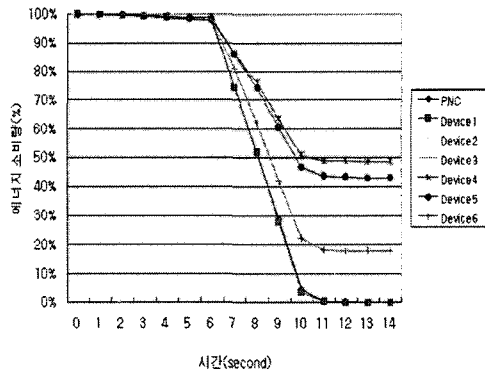


그림 4 에너지 소비에 따른 시간별 에너지 잔량

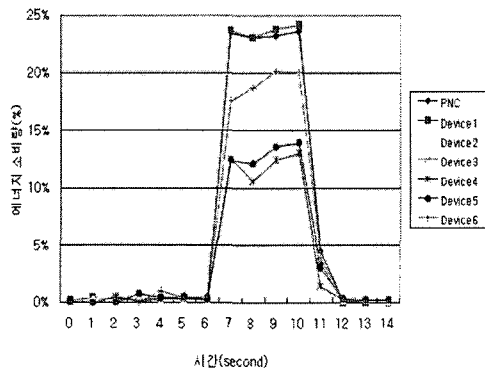


그림 5 단위시간에 따른 노드별 에너지 소비

소비 하는 것을 알 수 있다. 이 전송의 영향으로 2번과 6번 노드 역시 3, 4, 5번 노드들 보다 더 많은 에너지 소비량을 보인다. 12초 이후 데이터를 전송 중이던 0번과 1번 노드의 배터리 수명이 끝이 나고 이후 PAN Coordinator를 찾을 수 없는 노드들은 채널 스캐닝만 하게 된다. 0번과 1번 사이의 데이터 전송으로 지연된 7.3, 7.4에 발생해야 했던 데이터 전송 역시 PAN Coordinator의 부재로 전송 할 수 없게 되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 스타 토폴로지에서도 IEEE 802.15.4 LR-WPAN에서의 전력소비를 알아보았다. 데이터 전송을 하는 노드와 그 이웃 하는 노드 들 역시 에너지 소비는 각기 차이를 두고 있다 그리고 직접적인 데이터 전송이 없을 지라도 그 POS에 속한다면 PAN에서의 노드들의 에너지 소비 역시 고려해야 할 대상이 될 것이다.

차후 전력 소비를 줄이기 위한 채널 액세스 연구가 진행 될 것이다.

참고문헌

- [1] J. Zheng and M. J. Lee, " A Comprehensive Performance Study of IEEE 802.15.4" IEEE Press Book, 2004
- [2] IEEE Std 802.15.4: Wireless Medium Access Control and Physical Layer specification for Low Rate Wireless Personal Area Networks, Dec. 2003.
- [3] B. Bougard, F. Catthoor, D. Daly, A. Chandrakasan, and W. Dehaene. Energy efficiency of the IEEE 802.15.4 standard in dense wireless microsensor networks: Modeling and improvement perspectives. IEEE DATE 2005, pages 196 - - 201, March 2005.
- [4] 원광호, 김재호, 유준재, "지그비(zigbee)" TTA 저널, 2004.
- [5] ZigBee Alliance Web Site. <http://www.zigbee.org>
- [6] IEEE 802.15 Working Group for WPAN Website, <http://grouper.ieee.org/groups/802.15/index.html>
- [7] G.Lu, B. Krishnamachari, and C.S.Raghavendra, " Performance evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for low-rate low power wireless networks," in Proc.IEEE Int. Performance Computing and Communication Conf.(IPCCC' 04),Phoenix,AZ, April 2004, pp701-706
- [8] Jin-Shyan lee, " An Experiment on

Performance Study of IEEE 802.15.4 Wireless Networks," in Proc. IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Catania, Italy,Sept. 2005, vol. 2, pp. 451-458

[9] Specification of 802.15.4, Draft 18, Feb. 2003.