

무선 센서 네트워크의 홈 네트워킹 적용을 위한 ZigBee 응용 연구

박병성*, 김종훈**, 조형기*, 김학배*

*연세대학교 전기전자공학과

** (주)이너스텍

e-mail: hbkim@yonsei.ac.kr

A Study on the ZigBee Application to Integrate Wireless Sensor Networks into Home Networking Environment

ByungSung Park*, JongHoon Kim**,

HyungGi Cho*, HagBae Kim*

*Dept of Electrical Engineering, Yonsei University

**Enustech Inc.

요 약

IEEE 표준인 802.15.4와 ZigBee는 적어도 기술적으로는 우리의 삶에 언제 어디서든지 네트워킹을 할 수 있게 해주는 청사진을 보여준다. 이것은 아주 간단하고, 본질적으로 네트워크에서 그 자체로만으로 작동하는 장치이고, 그리고 다수의 새로운 응용들을 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 현재 존재하는 홈 네트워킹상의 다른 응용들에게 가치를 부여 할 수 있을 것이다.

1. 서론

ZigBee는 낮은 데이터 전송률, 저가, 그리고 무선 데이터 송수신시 저 전력 소비를 목표로 하는 새로운 무선 표준이다[1]. ZigBee는 기존의 Bluetooth와 유사하지만, 그것은 더 간단하고 저 전력이다. 이 논문에서 우리는 오랫동안 초점을 맞춰오던 WPAN에서의 높은 전송률에 대해 논의 하지 않는다. 그 보다는 WPAN에서의 낮은 전송률, 구체적으로 ZigBee에 집중하고 있다. 지금까지 낮은 데이터 전송률의 응용들은 상대적으로 간과되었다. 실제로 낮은 데이터 전송률을 보이는 응용들은 높은 데이터 전송률을 보이는 것들보다 더 우리의 삶에 밀접한 영향을 끼친다. 높은 데이터 전송률의 응용들이 우리의 시간을 절약하는데 도움을 준다면, 낮은 데이터 전송률을 보이는 응용들은 우리의 삶을 절약하기 위한 전반적이고, 잠재적인 능력을 가지고 있다. 낮은 데이터 전송률에 가장 중요한 장애물은 특히 세계적인 표준을 기반으로 하는 분명한 기술들의 부족으로 여겨져 왔다. 그러나 임베디드 프로세서들과 무선 기

술들과 같은 연관된 분야에 발달뿐만 아니라 ZigBee의 출현으로 낮은 데이터 전송의 응용들이 앞으로 우리의 삶에 점점 더 중요해지는 역할을 담당하게 될 것이다.

ZigBee의 주요한 응용들은 개인적인 의료 도움과 산업에서의 제어 역할, Home Networking 그리고 무선 컨트롤과 모니터링과 같은 센서와 자동 컨트롤에 초점을 맞추고 있다.

2. IEEE 802.15.4

A. Physical Layer

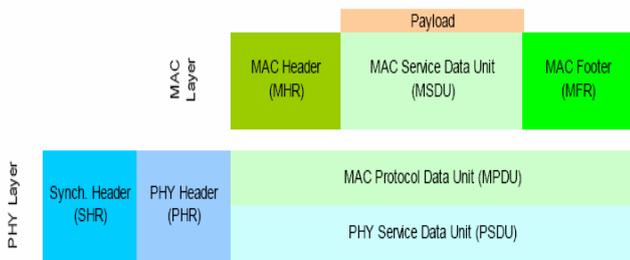
IEEE 802.15.4는 네트워킹 응용들의 넓은 범위를 가능하게 해주는 MAC과 결합하는 두 PHY 옵션들을 제공한다[2]. 두 PHY들은 프로토콜의 오버헤드가 낮은 직접 시퀀스 확산 스펙트럼 방법(DSSS)을 기반으로 한다. 두 PHY들 사이의 기본적인 차이는 주파수 대역이다. 2.4GHz 대역의 국제적인 이용은 큰 시장과 제조비용의 단가를 낮추는 점에서 확연한 이점을 제공하고, 868MHz와 915MHz 대역들은 늘

어나는 과잉현상과 2.4GHz 대역에 연관된 다른 간섭(전라레인지 등등) 대안을 제공하였다. 그리고 적은 지연 손실 때문에 주어진 링크 예산의 범위를 늘릴 수 있다는 장점이 있다.

네트워크와 응용 디자이너들에게 흥미가 될 만한 특이적인 PHY 두 번째 특성은 전송률이다. 다른 전송률은 다양한 목표를 달성하기 위해서 활용되어질 수 있다. 그것은 각각의 PHY에 강점들로 최적화된 응용들을 찾을 것을 기대하고 있다.

B. Mac Layer

MAC frame 구조는 간단한 프로토콜을 유지하는 동안 다른 응용들과 네트워크 토폴로지들의 요구들을 수용하기 위해서 매우 융통성 있게 유지한다. 일반적인 MAC frame의 형식은 (그림 1)에서 보는 것과 같다[2].

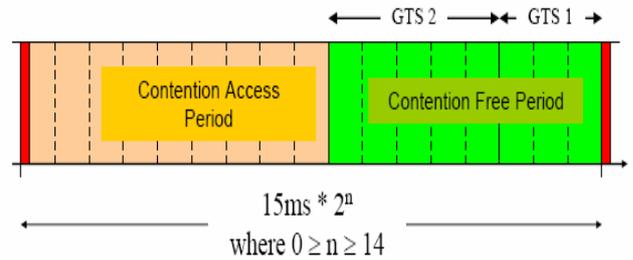


(그림 1) General Frame Structure

주소 영역의 크기는 0~20 byte로 다양하다. 이 융통성이 있는 구조는 패킷들을 짧게 유지함으로써 프로토콜의 효율의 증가에 도움을 준다. IEEE 802.15.4 MAC은 네 가지 다른 프레임 종류, 비콘 프레임, 데이터 프레임, MAC 명령 프레임, acknowledgement 프레임을 가지고 있다.

적은 신호지연들로 성취하기 위해서, IEEE 802.15.4는 선택적으로 superframe 모드에서 운영한다. superframe구조에서, PAN 코디네이터라고 불리는 전용의 코디네이터가 미리 정해진 주기로 superframe 비콘들을 전송한다. 두 비콘들 사이의 시간은 superframe의 지속기간동안 독립적으로 16개의 동일한 시간 슬롯들로 나누어져 있다. 디바이스는 슬롯에서 언제라도 전송할 수 있다[6]. 하지만 다음 superframe 비콘 전에 그것의 데이터 파일의 내용에 영향을 미치는 모든 전송은 완료 되어야만 한다. PAN 코디네이터는 적은 지연 전송 또는 전용의 대역폭을 요구하는 하나의 디바이스에 시간 슬롯을 할당한다. 이 같이 할당되어진 시간 슬롯들은 보장된

시간 슬롯(GTS)라고 불려지고, 함께 다음 비콘이 발생하기 전에 경쟁이 없는 기간(CFP)에 위치된다.



(그림 2) Optional Superframe Structure

3. ZigBee

A. Application Layer

IEEE 802.15.4를 기반으로 한 ZigBee Alliance는 Application support sublayer(ASP)와 ZigBee device object(ZDO) 그리고 제조자들이 정의한 Application object, 즉 프로파일들을 포함한 것이 Application layer다[3].

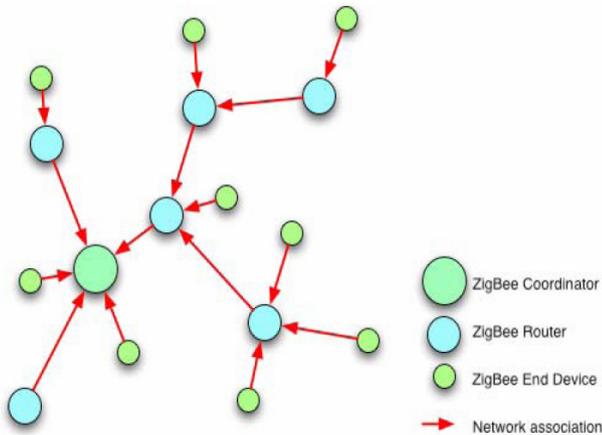
바인딩, 디바이스, 서비스 디스커버리와 같은 일반적인 ZigBee 디바이스의 특징들은 ZDO에서 역할을 담당하고 있다. ZigBee device profile은 디바이스 description, 클러스터들을 정의함으로써 수행된다. Zigbee device profile에서의 디바이스 description과 클러스터들은 모든 Zigbee device들에 제공되어지는 능력들을 정의한다. Device Profile들은 client/server topology로 가정하고 두 환경설정들의 한 가지에서 디바이스를 설명한다. Client는 디바이스 Profile 메시지를 통하여 요청한다. Server는 요청들을 처리하는 Device Profile 메시지를 통하여 요청들이 해결 되는 것이다. 또 응답을 다시 보내는 역할을 한다.

B. Network Layer

Network layer는 MAC layer의 정확한 연산을 확신하게 하는 상호관계를 제공, 그리고 Application layer에 적당한 서비스 인터페이스를 제공하기를 요구되어지고, Network layer의 역할은 네트워크에 접속하거나 떠나는 것을 포함한다[3].

Network layer는 IEEE 802.15.4위에 논리적인 네트워크 토폴로지로 구성된다. 그 네트워크 토폴로지는 디바이스들 간의 어떤 관계든 상관없이 중간 매개 노드의 도움을 통하여 다른 노드들과 통신을 할 수 있게 하기 위하여 Multi-hop이 될 수 있다. 하나의 ZigBee 코디네이터는 새로운 네트워크를 시작하

고, 새롭게 연관된 디바이스들 사이에 주소를 할당할 책임이 있다. ZigBee의 개인영역 무선 통신은 $4096(=2^{12})$ 개의 디바이스들까지 허용이 된다. 기본적인 네트워크 토폴로지를 (그림 3)과 같다.



(그림 3) Network Structure in ZigBee

C. Security Layer

Security Layer에서의 Security Service는 key 확립, key 전송, frame 보호 그리고 디바이스 관리를 위한 방법들을 제공한다. 이 서비스들은 ZigBee 디바이스에서의 security 정책들을 실행하기를 위하여 building block들을 형성한다.

Stack의 MAC, NWK, 그리고 APS layer들에 안전한 전송에 대한 책임을 위해서 security 메커니즘들을 포함한다. 게다가, 응용 sub-layer들은 security 관계들의 유지와 그리고 설립을 위해 서비스들을 제공한다[3].

Security 목적 때문에, ZigBee에서는 trust center의 역할이 중요하다. trust center는 네트워크와 end-to-end 응용 사이의 구성, 운영을 목적으로 key들을 배치하기 위한 것이다. 네트워크의 모든 멤버들은 정확하게 하나의 trust center를 인정하고, 각각의 secure network에 하나의 trust center가 있다.

4. 홈 네트워킹에서 무선 센서 네트워크의 향상 필요성

Home networking에 사용되어지는 전형적인 sensor들과 actuator들은 형광등 스위치들, 조명 스위치들, 스탠드, 전기, 온도, 빛과 움직임 발견, 가스 측정, 침입, 현재의 상태 기타 등등을 포함한다.

가열기, 환기장치, 공기조화기(HVAC)와 조명 시스템들은 일반적으로 기업에서 에너지 소비의 가장 많은 부분을 차지한다. 그러므로 중앙 통제 시스템

에서 정보를 집적해주는 센서들의 많은 부분에 초점이 맞춰지고 있다. 동적 센서와 온도 센서들 같은 경우의 디바이스들은 HVAC 시스템을 정확하게 제어할 수 있도록 도와주고, 조명 센서들은 주어진 공간에서 필요로 하는 조명 밝기를 결정해준다. 게다가, 전기 안전장치와 조명 시스템을 위한 중계기에 제어신호를 제공하고 HVAC 제어기를 알맞게 조절하여 실행하게 하는 많은 수의 actuator들이 있다.

설명되어진 구성요소들은 완화된 처리량 요구를 공유하고, 배터리로 운영되는 센서들이 언제 어디서나 배치를 위한 적은 파워 소비를 요구한다. 그리고 홈 네트워크 환경에서의 네트워킹 토폴로지가 매우 변화기 쉬운 구조이기 때문에 네트워크를 확장을 가능하게 해주는 communication link의 비용을 적게 사용해야 할 필요가 있다[10]. 이 특징들이 홈 네트워킹에 ZigBee의 사용을 추천하기에 매우 적절하다. 게다가 ZigBee alliance에서 제안되어진 ad-hoc 네트워크의 사용은 자기 스스로 mesh 네트워크를 구성하여 무선 센서 네트워킹의 활용을 더 매력적으로 만드는 것을 가능하게 한다.

5. 홈 네트워킹에서 무선 센서네트워크 향후과제

홈 네트워킹에서 무선 센서 기술의 접목은 이 산업의 발전을 위해 경주해야 할 것이 많다.

A. 파워 소비

홈 네트워킹 응용들은 빈번하게 배터리 교체를 요구하는 센서 디바이스들의 사용에 적합하지가 않다. 비록 ZigBee는 무선 송수신이 활성화 되어 있는 동안 파워의 소비를 적게 하기 위하여 고안되었을 지라도, 배터리로 작동하는 네트워크 디바이스들은 배터리 수명을 2~5년 동안 달성하기 위해서 대략 1% duty-cycle 사용을 요구한다. 이것은 응용들의 신호지연 요구에서 동기화를 유지하기 위한 ad-hoc network 방법론에 도전 하는 것이다.

B. 무선 보안

무선 통신 메시지들의 널리 퍼지는 성질은 무선 매개물들에게 네트워크에서의 도청 가능성, 서비스의 부정적인 공격, 중개자의 간섭 그리고 다른 종류의 위험요소들 때문에 본질적으로 보호되지 않는다. 비록 ZigBee는 128bit에 이르는 key들과 함께 AES 알고리즘의 사용을 통해서 높은 안정성을 이행할지라도, 상위 프로토콜 layer들에 작동하는 안정성 구

조는 안정화된 키 운영에 확신과 메시지 무결성, 비밀성, 그리고 원천 인증 방법론들에 적합할 필요가 있다. 게다가, 특별한 홈 네트워킹 응용을 위한 올바른 안전 수준의 선택은 무선 네트워크 시행에 있어서 가장 중요하다. 전체적인 네트워크 신호 지연에 직접적인 영향을 끼치는 송신, 수신에 두 측면 모두에서 무선 전력 소비의 직접적인 영향은 메시지의 길이가 길어지면 길어질수록 안전 수준은 높아져야 한다는 것이다.

ZigBee Alliance은 상업적, 산업적인 응용들을 무선 센서 네트워킹의 접목시키려고 노력한다. 또한, 그 이슈에 대한 일을 줄이기 위해 무선 센서 네트워크를 허가할 방법론을 만들려고 활발한 작업을 하고 있다.

C. 네트워크 토폴로지

이전에 언급했던 것과 같이, ZigBee는 Multi-hop을 수용 할만한 ad-hoc 네트워크 layer들의 형성을 허가하기 위해 필요한 특징들을 제공한다. 자신 스스로가 네트워크를 구성할 수 있는 ad-hoc의 영역은 상대적으로 새롭다. 그리고 존재하는 ad-hoc 네트워크 layer는 모든 무선 센서 네트워크 응용들에 적용되는 세 가지 제약 조건인 하드웨어 리소스 간결성, 신호지연 제어, 그리고 파워 소비를 효과적으로 협력 할 수 있다.

D. 주목하는 이슈

ZigBee 디바이스들은 인증되지 않은 868/915 MHz 주파수나 2.4GHz 산업, 과학, 의료 (ISM) 주파수에서 운영될 수 있다. 후자는 IEEE 802.11.b (WLAN) 그리고 IEEE 802.15.1(Bluetooth)와 같이 다른 IEEE 802 무선 디바이스들에 의해 사용되어지는 운영 주파수대와 같다. IEEE 802.15.4와 IEEE 802.11.b 표준들은 우선적인 응용들을 제공한다. 이 두 표준들을 기반으로 하는 무선 디바이스들은 상호연관성이 있는 경향이 있으며, 그러므로 공존하려고 하는 그들의 능력은 전체적인 네트워크 실행을 저하시킬 운영 상태들을 결정하는 방식으로 특성화 되어질 필요가 있다.

6. 결론

향후 WPAN 계열의 ZigBee 솔루션은 유비쿼터스 컴퓨팅, 네트워크 환경을 구축하는데 광범위하게 이용될 것으로 보인다. 또한, 현재까지 소형, 저가, 저

전력을 지원하는 무선통신 및 응용 Profile에 대한 표준화가 완료된다면, 앞으로 도래할 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 자율적인 sensing, 저전력 통신 기능 제공 및 수천 개 이상의 노드 객체들이 자율적인 무선 센서 네트워크를 구성하여 언제 어디서나 제공해주는 다양한 정보 서비스를 이용하여 편리함을 제공해 줄 수 있는 많은 응용분야에 ZigBee 솔루션이 활용되리라고 판단된다. 본 논문에서는 ZigBee 표준을 분석하였으며, 무선 센서 네트워크의 기술을 홈 네트워킹에 접목 시킬 수 있는 가능성에 대해 알아보았다.

IEEE 802.15.4를 이용한 저가의 무선 네트워킹 솔루션이 홈네트워킹 응용에 요구되어지는 능력들을 제공해야 될 것이다. 게다가 홈 네트워킹 응용을 위한 완벽한 솔루션을 전달하기 위해서는 이 영역에 필요로 하는 것들을 정확히 파악하고, 그것에 대해 노력해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Web site : <http://www.ZigBee.org>
- [2] IEEE Standard 802, part 15.4: Wireless MAC and PHY Specifications for LR-WPANs, 2003.
- [3] ZigBee Alliance ZigBee Document 053474r06, Version 1.0, Dec. 2004
- [4] B. Rose, "Home Networks: A Standard Perspective,"IEEE Commun. Mag., vol. 39, 2001.
- [5] Sean Middleton, "IEEE 802.15.4 WPAN Low Rate Study Group PAR", IEEE P802.15-00, 2000
- [6] Callaway Ed. and Paul G. "A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area networks" IEEE Commun Mag, 2002
- [7] B. Rose, "Home Networks: A Standard Perspective,"IEEE Commun. Mag., vol. 39, no. 12, Dec. 2001.
- [8] Jose A. "On the use of IEEE802.15.4 to enable wireless sensor networks in building automation" IEEE international symposium vol. 3, 2004.
- [9] A. Alheraish, "Design and implementation of home automation system," IEEE Transaction on Consumer Electronics, vol. 50, pp.1087-1092, 2004.
- [10] J. Gutierrez, "IEEE 802.15.4 : A Developing Standard for Low-Power, Low-Cost Wireless Personal Area Networks," IEEE Network, vol. 15, 2001.