

## BACnet/Zigbee 통합 시스템의 설계

박동규, 김세환, 홍승호  
한양대학교, 한양대학교, 한양대학교

### Design of BACnet/Zigbee Integrated System

D. K. Park, S. H. Kim, S. H. Hong  
Hanyang Univ, Hanyang Univ, Hanyang Univ.

**Abstract** - BACnet (Building Automation and Control Networks) 은 빌딩 자동화와 컨트롤 시스템 전용의 표준 데이터 커뮤니케이션 시스템이다. BACnet은 현재 데이터링크 레이어의 전송 미디어로 5개의 유선 프로토콜을 제공하고 있다. 최근 건물 통신망에 무선 기술에 대한 수요 및 필요성이 높아지고 있다. Zigbee 는 IEEE 802.15.4 를 기반으로 한 저 전력 무선 통신의 표준 프로토콜로써 유비쿼터스 센서 네트워크의 특징을 포함하고 있다. 본 연구에서는 BACnet의 데이터 링크 레이어의 확장된 무선 옵션으로 Zigbee를 포함하는 기술에 대해 연구하고 이를 기술한 실제 모델을 개발한다.

#### 1. 서론

지능형 빌딩 기술은 정보통신 기술과 자동화 기술의 융합을 통하여 빌딩의 냉난방, 환기, 조명, 방재 및 방범 기능 등을 자동화 하는 기술을 말한다. 지능형 빌딩 기술은 빌딩을 쾌적하고, 편리하며 안전하게 해주는 동시에 에너지 효율을 극대화하여 인간의 생활환경 성능을 향상시킨다.

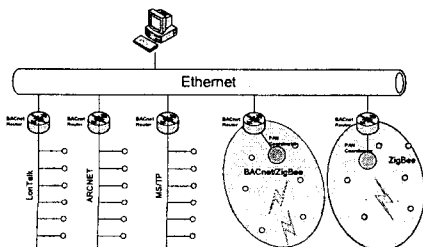
지능형 빌딩 시스템을 구현하기 위해서는 센서, 제어기, 구동기 등 다양한 종류의 기기(device)들이 통신망을 통하여 접속되어야 한다. 현재 지능형 빌딩 시스템에 사용되는 기기들은 다양한 제조업체에서 공급된다. 이기종의 기기들 간에 상호호환성이 보장되지 않는 경우에 시스템통합을 통한 다양하고 복합적인 기능을 구현하는데 있어서 많은 제약이 따를 수밖에 없으며, 따라서 디바이스들 간에 호환성 및 상호 동작성을 보장하기 위하여서는 개방형의 표준 통신망이 사용되어야 한다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 빌딩의 자동화 및 제어의 특화된 분야에 적용하도록 설계된 국제 표준 통신 프로토콜이 BACnet (Building Automation and Control Networks)이다. BACnet은 1995년 미국 ANSI/ASHRAE 표준으로 처음 제정된 이후 1999년에 KS 산업표준(KS X 6909)으로 제정되었다.

최근 유무선 통신 기술의 급격한 발달로 인해 유비쿼터스 컴퓨팅 및 유비쿼터스 네트워크 관련 기술의 중요성이 급증하고 있다. 특히 빌딩 및 홈 오토메이션 분야에서도 유비쿼터스 관련 기술의 발달로 인해 기술 융합을 통한 유무선 통합 시스템 구축에 대한 관심이 점차 증가하고 있는 추세이다.

BACnet에서는 현재 데이터 링크 계층의 프로토콜로 5가지의 유선통신망만을 채택하고 있다. BACnet 표준 규격서에는 무선 네트워크에 대한 규격이 제정되어있지 않아 유무선 통합 시스템으로의 확장에 제한이 있다. Zigbee는 저 전력 네트워킹을 위한 근거리 무선 통신 프로토콜이다.

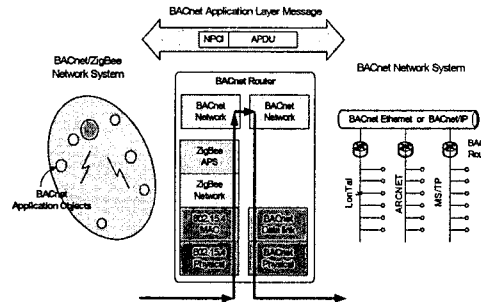
본 연구에서 제안하는 BACnet/ZigBee 프로토콜은 빌딩자동화 및 제어 통신망을 위한 국제표준인 BACnet에 ZigBee 무선 통신기술을 부가함으로써 기존의 BACnet 상호 운용성을 그대로 보장하면서도 BACnet의 활용범위를 더욱 확장시킬 수 있다. BACnet 프로토콜의 데이터링크 계층으로 ZigBee가 무선 솔루션으로 적용되는 경우 다음과 같은 장점이 있다. 첫 번째, ZigBee의 무선 네트워크의 장점으로 인해 배선구조에 독립적으로 시스템의 설치, 유지보수 및 확장이 용이해지게 된다. 또한 ZigBee의 이동성으로 인해 시스템의 변경 및 조율이 유리해진다. 두 번째, 공통된 BACnet의 AL, NL을 사용함으로써 기존 BACnet 프로토콜과의 상호운용성을 보장한다. 세 번째, BACnet NL를 통한 유무선 통합시스템의 구성이 가능해짐으로써 기존 BACnet 시스템에의 활용도를 높일 수 있다. 이러한 장점들로 인해 BACnet/ZigBee에 대한 개발이 필요성이 높아진다.



<그림 1> BACnet/ZigBee 기반 유무선 통합 시스템의 구조

#### 2. BACnet over ZigBee 프로토콜 제안

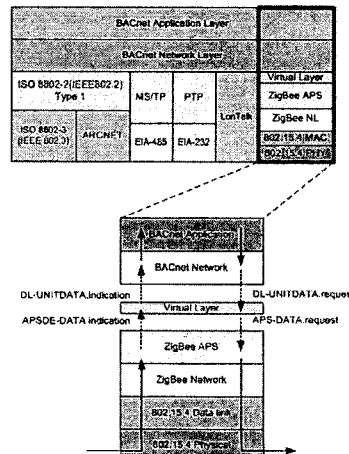
BACnet은 Ethernet, ARCNET, MS/TP, PTP, LonTalk의 5가지 옵션을 데이터링크 계층 프로토콜로 제공하고 있으나, 이러한 5가지 선택사항 중 무선을 대체로 한 데이터링크 계층은 포함되어 있지 않다. 그러나 최근 빌딩 자동화 분야에서도 무선 기술을 이용한 제어시스템에 대한 연구가 시작되고 있으며 ZigBee를 BACnet의 무선 전송 대체로 활용하기 위한 기술 통합이 진행 중에 있다. 본 연구에서는 다음 그림 1과 같이 무선 통신 프로토콜인 ZigBee를 BACnet의 데이터링크 계층으로 적용하기 위한 기술적 방법을 제안하고 이를 구현한다.



<그림 2> BACnet over ZigBee 기술

본 연구에서 제안한 BACnet/ZigBee 프로토콜은 그림 2에 보이는 바와 같이 기존의 BACnet 응용 계층과 네트워크 계층을 계속 유지하면서 ZigBee 네트워크 계층을 BACnet의 데이터 링크 계층으로 추가함으로써 기존 BACnet 시스템과의 상호 운용성을 보장하면서 동시에 ZigBee 무선 네트워크의 확장을 가능하게 한다.

이와 같이 두 프로토콜 각각의 필요한 기능을 담당하는 계층만을 구현하여 이들 간의 인터페이스를 조정하는 방식을 구현하기 위하여 Virtual Layer를 두었다. Virtual Layer에서는 BACnet의 주소와 ZigBee의 IEEE 주소를 매칭 시키며 각 프로토콜의 상태 변화를 체크하며 각 네트워크를 관리할 수 있는 기능을 포함한다. 이러한 방식은 규격 변화에 영향을 받지 않고 구현할 수 있으며 각 프로토콜의 필요한 계층만을 포함하기 때문에 개발이나 유지 보수 측면에서 효율적이다. 또한 각기 다른 네트워크의 주소를 가상 테이블로 연결하여 네트워크 특성을 그대로 보존할 수 있다.

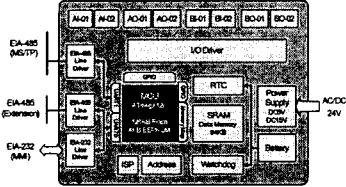


<그림 2> BACnet over ZigBee 프로토콜 구조

### 3. BACnet over ZigBee 프로토콜 구현

#### 3.1 BACnet 프로토콜 구현

본 연구에서 BACnet 부분을 담당하는 BACnet 필드 제어기는 원 칩 마이크로 컨트롤러를 이용해 BACnet 네트워크 계층, 응용 계층 기능 및 기본적인 응용 프로그램 기능이 구현되었다. BACnet 부분을 담당하는 MCU로는 Atmel사의 Atmega128을 적용하였다. Atmega 128은 128KB의 플래시 메모리를 내장하고 있으며 8비트 버스를 통해 최대 64KB까지 외부 메모리를 사용할 수 있다. BACnet 프로토콜의 네트워크 계층, 응용 계층 및 응용 프로그램은 128KB의 내부 플래시와 32KB 외부 SRAM을 통해 구현되었다.



〈그림 3〉 BACnet 제어기 하드웨어 구조

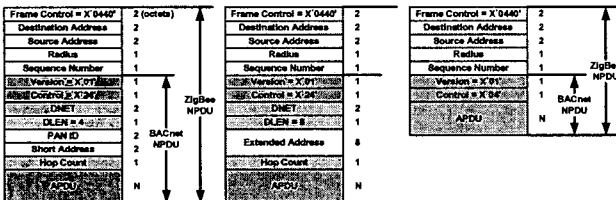
#### 3.2 ZigBee 프로토콜 구현

본 연구에서 ZigBee 부분을 담당하는 BACnet 필드 제어기는 Radio Pulse사의 MG2400 칩 및 Mango-ZDK를 이용하여 구현하였다. MG2400은 IEEE802.15.4 및 ZigBee에 적합한 2.4GHz RF 트랜시버와 Hardwired MAC과 8051 마이크로 컨트롤러 코어를 내장하고 있다. 본 하드웨어의 8051 부하 코어는 64KB 프로그램 메모리와 4KB 데이터 메모리를 원칙적으로 포함하고 있으며 이 안에 ZigBee 스택인 Mango-ZDK 및 Application이 포함된다.

#### 3.3 BACnet over ZigBee 프로토콜 구현

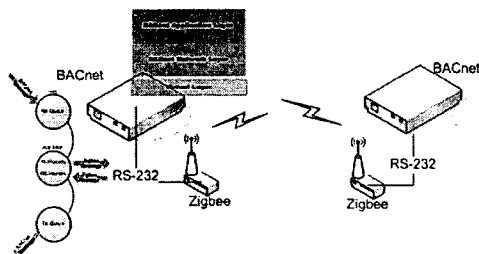
BACnet의 네트워크 계층, 응용계층과 응용 프로그램을 포함하는 컨트롤러와 ZigBee의 물리계층, MAC계층, 네트워크계층, 어플리케이션 계층, 및 어플리케이션 보조 하부계층을 포함하는 ZigBee 노드는 RS-232로 연결된다. 두 네트워크의 연결 및 관리를 담당하는 Virtual Layer는 상대적으로 하드웨어 자원이 풍부한 BACnet 제어기에 포함된다.

BACnet 프로토콜에서는 하나의 데이터 프레임의 전송을 위해 최대 APDU(Application Protocol Data Unit)의 길이를 50, 128, 206, 480, 1024, 1476 옥텟으로 규정하고 있다. ZigBee의 데이터 링크 계층인 IEEE802.15.4규격에서는 저속, 저전력, 저용량의 특징을 위해 전체 데이터 프레임의 MAC Payload 부분을 102옥텟으로 정의하고 있다. ZigBee의 8옥텟 NPCI(Network Protocol Control Information)와 BACnet의 14옥텟 NPCI를 제외하면 하나의 데이터프레임을 통해 전송 가능한 최대 APDU 크기는 80옥텟이 된다. 따라서 본 BACnet/ZigBee 모델에서는 최대 APDU 길이를 BACnet의 정의에 의거한 50옥텟으로 정의하고 50 옥텟 이상의 응용 계층 메시지는 기존 BACnet에서 정의하고 있는 응용계층에서의 세그멘테이션 기능에 따라 분할 전송 되도록 하였다.



〈그림 4〉 BACnet/ZigBee 모델의 데이터 프레임 형태

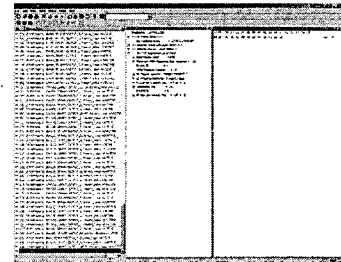
ZigBee의 APS에 BACnet End Point를 두고 BACnet 기능에 따른 Profile을 생성하였으며 MSG 방식을 사용하였다. 이와 같은 방식을 사용할 BACnet/ZigBee 디바이스가 하나의 End Point로 동작하므로 기존의 ZigBee 기기와 BACnet/ZigBee 기기가 공존이 가능하다. Virtual Layer를 위해 ZigBee Msg 방식을 사용하여 BACnet 프레임, 시작 및 목적 주소를 정의하였다. BACnet 제어기에서 BACnet 메시지의 데이터 내용, 시작 및 목적 주소를 Virtual Layer로 보내면 Virtual Layer에서는 주소 변환 및 각 장치의 상태를 파악하여 ZigBee 디바이스에 RS-232로 전송한다. ZigBee는 이를 각 메시지 필드에 적용 후 통신을 수행한다.



〈그림 5〉 개발된 BACnet/ZigBee 전체 시스템 구조

#### 3.4 호환성 검증

BACnet VTS(Visual Test Shell)을 이용해 네트워크 상의 메시지들을 분석함으로써 BACnet 프로토콜의 유효성 및 상호 운용성을 테스트 하였다. 개발된 BACnet/ZigBee 컨트롤러에서 두 개의 Binary Output Object에 Write Property Service를 일정시간마다 Active/Inactive 하도록 수행하는 BACnet 어플리케이션을 작성하였으며 각 Object의 동작 수행을 검증하였다. 또한 이를 VTS에 연결하여 BACnet 메시지를 분석하였으며 검증하였다.



〈그림 6〉 VTS를 통해 수신된 BACnet/ZigBee의 BACnet 서비스

### 4. 결 론

본 연구에서는 ZigBee를 BACnet에 적용하기 위해 BACnet의 하위 서비스로 ZigBee를 두고 각 계층과 계층 사이의 프리미티브를 활용하여 인터페이스를 제공하였으며 그 사이에 Virtual Layer를 두어 두 네트워크 사이의 주소 변환 및 네트워크 관리를 하도록 하였다. 이러한 방식을 BACnet 컨트롤러와 ZigBee를 이용하여 실제 모델을 개발 하였으며 VTS를 통하여 통신의 동작을 검증하였다.

이와 같은 방식의 BACnet/ZigBee 프로토콜의 장점은 다음과 같다. 첫째, 무선 네트워크의 장점으로 인해 설치가 배선에 종속되지 않음으로 시스템의 설치, 유지보수 및 확장이 용이해지게 된다. 두 번째, BACnet은 모바일 네트워크의 장점으로 인해 설치된 장치의 위치를 자유롭게 이동할 수 있게 되어 시스템의 변경 및 조율이 유리해지게 된다. 세 번째, 기존 BACnet 프로토콜과의 상호 운용성을 보장함으로써 사용자 중심의 개방형 프로토콜인 BACnet의 장점을 유지할 수 있게 되며 네 번째, Virtual Layer를 두어 BACnet과 ZigBee의 네트워크 특성은 그대로 유지하며 기존 네트워크와의 공존이 가능하게 한다.

추후 ZigBee의 각 네트워크 파라미터 및 네트워크 방식에 따른 BACnet/ZigBee의 네트워크 특성 변화를 보다 명확히 분석하고 실제 모델에 적용하여 검증할 필요가 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 원광호, 김재호, 유준재, "[표준기술 동향] 지그비(ZigBee)", 한국정보통신기술협회(TTA) 저널, 제94호, pp. 112 - 121, 2004. 07.
- [2] ANSI/ASHRAE Standard 135-2004, "BACnet: A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks", American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers Inc. Atlanta, GA, 2004.
- [3] IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - specific requirements: Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs).
- [4] ZigBee Alliance Board of Directors, "ZigBee Document 053474r13", ZigBee Alliance, December. 2006.
- [5] ZigBee Alliance, "ZigBee, BACnet Create Interoperable Wireless Building Control Applications", <http://aec.ihs.com/news/ZigBee-bacnet-interoperability.htm>, May.2006.

#### Acknowledgement

This study was supported by grant from Basic Research Program of the Ubiquitous Sensor Network Research Center (USNR) funded by Gyeonggi Regional Research Center (GRRC) plan.