

BACnet/IP 프로토콜에서 BBMD의 결함허용 기능 구현

Implementation of Fault Tolerant BBMD Mechanism in BACnet/IP Protocol

조수운*, 홍승호**

(Su Un Cho, Seung Ho Hong)

Abstract - BACnet(Building Automation and Control networks) is a standard data communication protocol designed specifically for building automation and control systems. BACnet provides BACnet/IP Protocol for data communication through the internet. BACnet device transmits BACnet broadcast messages and BACnet/IP messages using conventional IP technologies. Specially, BBMD(BACnet Broadcasting Management Device) is used to deliver BACnet broadcast messages. In this study, we propose a mechanism of fault tolerant BBMD in the BACnet/IP protocol. The Fault Tolerant BBMD mechanism(FTBM) improves the connectivity of BACnet/IP networks by inheriting the operation of BBMD in the networks. The FTBM is implemented with added functions to the original BACnet/IP protocol so that it can be applied together with original BACnet/IP devices. We also prove the FTBM's backward compatibility with original BACnet/IP protocol using experimental analysis.

Key Words : BACnet/IP, BBMD, building control, communication protocol, fault tolerant

1. 서론

지능형 빌딩자동화 제어시스템은 실시간 모니터링과 제어를 요구한다. 빌딩 내 시설과 서비스에 대한 요구가 증가함에 따라 디지털 통신 네트워크는 지능형 빌딩자동화 시스템의 핵심 기술로 자리 잡았다. [1-3]. 한편, 정보통신 기술의 발전과 통신 인프라의 확산으로 인해 인터넷을 이용한 시스템의 원격 제어에 대한 관심과 요구가 증대되고 있다. 현재 빌딩 자동화 통신망의 표준 프로토콜인 BACnet(Building Automation and Control networks)[4-6]에서도 인터넷(IP)을 통한 데이터 통신 방식으로 BACnet/IP 프로토콜(Annex J)을 채택하고 있다.

본 연구에서는 BACnet/IP 프로토콜에서 BBMD(BACnet Broadcasting Management Device)의 결함허용 기능(FTBM, Fault Tolerant BBMD Mechanism)의 구현방법에 대해 소개한다. BACnet/IP 네트워크에서 BBMD의 동작 실패 시, 네트워크 상의 장치가 BBMD 기능을 상속받아 통신 링크를 유지하도록 하는 FTBM 소프트웨어를 개발하였다. 또한 실험 모델을 통해 결함허용 기능의 동작을 확인하였다. 본 논문에서 제시된 FTBM은 기존의 BACnet/IP 프로토콜에 최소한의 기능을 추가함으로써 간편하게 적용할 수 있으며, 기존의 BACnet/IP 프로토콜과 호환성이 보장된다.

2. BACnet과 BACnet/IP, BBMD의 개요

최근의 빌딩자동화와 제어 시스템들은 난방, 통풍 및 공기조절장치(HVAC), 조명, 화재 및 life-safety 시스템, 보안 및 이송장치 등의 다양한 빌딩 서비스를 제공한다. 폐쇄적인 네트워크 시스템은 빌딩 소유주들이 원하는 유연성 및 확장성과 같은 통합된 빌딩 기능을 하는데 있어서 호환되지 않는 중요한 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers)는 빌딩 자동화와 제어 네트워크에 있어서 다양한 LAN 기술을 제공하는 특별히 설계된 국제 표준 통신 프로토콜을 개발하였다.

BACnet 프로토콜에서는 인터넷을 통한 데이터 통신을 위하여 두 가지 방안을 제시하고 있다[4-6]. BACnet 디바이스는 IP패킷에 대한 처리기능이 없는 터널링 라우터(BTR, BACnet Tunneling Router)을 이용한 방식과 IP 어드레스 및 IP패킷에 대한 처리기능을 갖는 BACnet/IP 방식이다. 이 방식은 IP 서브넷 디바이스가 IP에 대한 처리를 수행하는 구조를 가지고, IP어드레스를 통한 직접적인 접근이 가능하게 됨으로 네트워크 트래픽 측면에서 BTR보다 효율적이다. 하지만 인터넷의 취약점인 브로드캐스팅 메시지 전달 기능을 해결하지 못하여, 별도의 BBMD 장치의 개념이 도입되었다. BBMD는 다른 네트워크 상의 BBMD들의 주소(BDT, Broadcasting Distribution Table)를 공유함으로써, Local 및 Remote Broadcasting 메시지에 대한 처리를 수행한다. 본 논문에서는 이러한 BACnet/IP 프로토콜의 BBMD 기능에 Fault Tolerant 기능을 확장한 FTBM의 알고리즘을 제안한다.

저자 소개

* 準 會 員 : 漢陽大學 電子電氣制御計測學科 碩士課程

** 正 會 員 : 漢陽大學 전자컴퓨터공학부 教授 · 工博

3. Fault Tolerant BBMD 기능 설계

BACnet/IP 네트워크에 존재하는 여러 IP 서브넷에는 브로드캐스트 기능을 담당하는 BBMD가 각 서브넷마다 유일하게 존재한다. IP 서브넷에 연결된 BACnet/IP Device(B/IP 장치)들은 BBMD를 통해 외부 네트워크와 메시지를 교환한다.

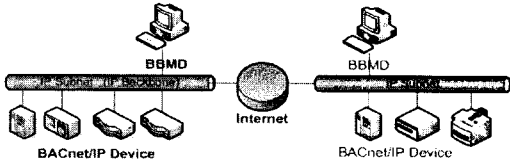


그림 1. B/IP Network 모형도

기본 BACnet/IP 네트워크에서 IP 서브넷은 위와 같은 [그림 1]의 구조와 같이 구성된다. BBMD는 IP 서브넷에 최초 설치된 브로드캐스팅 처리 장치를 의미하며, B/IP 장치는 IP 서브넷에서 BACnet 메시지를 생성하여 송수신 할 수 있는 장치를 의미한다. B/IP 장치 및 BBMD는 기존의 BACnet에서 지원하고 있는 LAN과 다른 형태의 주소체계(IP)를 처리해야 하므로 BACnet Device와 다른 계층구조(BVLL, BACnet Virtual Link Layer)를 가진다. 이 계층은 브로드캐스트 메시지 전송과 Direct 메시지 전송을 위해 별도의 제어 명령(BVLC, BACnet Virtual Link Control)을 사용한다.

그런데, 이런 단일 IP 서브넷의 BBMD가 동작에 실패할 경우, Local에 연결된 Device들은 BACnet Broadcasting 메시지를 송수신하지 못하게 됨으로 제한된 기능만을 수행하게 된다. 즉, 브로드캐스팅 메시지 교환 측면에서 일시적인 고립 상태에 놓이게 된다. 본 논문에서는 이런 문제점을 보완하기 위해 감시 및 백업기능[7-8]을 추가한 Fault Tolerant BBMD의 기능을 설계하였다. 아래 [그림 2]와 같이 FTBM은 BBMD와 상속에 수행하는 별도의 B/IP 장치인 Backup BBMD들간에 상호 작용을 통해 백업 기능을 수행한다. Backup BBMD는 BBMD가 정상상태일 경우 B/IP 장치로 동작하며, 동작 실패의 경우 BBMD로 동작할 수 있다. 그 메커니즘의 개요는 다음과 같다.

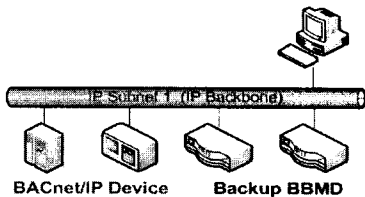


그림 2. Backup BBMD 모형도

먼저, BBMD의 동작이 실패된 경우, 그 상황을 Local에 있는 Backup BBMD가 감지하고, BBMD의 기능을 상속(백업)받아 통신 링크를 유지하도록 하였다. 기능 상속을 담당할 Backup BBMD들은 관리자가 입력한 Backup Parameter Info.(BPI)에 의해 최초 상속받을 자격을 얻게 된다. BBMD는 자신이 소유한 BDT 및 Parameter 정보를 Backup BBMD들에게 전송하고, 정상 상태를 알리는 메시지를 주기

적으로 전송한다. 한편, Backup BBMD장치들은 Local에 동작 중인 BBMD를 주기적으로 감시하고, 일정 시간동안 BBMD로부터 아무런 메시지 수신 및 응답이 없을 경우 BBMD의 동작 실패를 감지한다. 이때 BPI 중 시간정보를 사용하며, 각 3개의 타이머 동작을 통해 BBMD 기능을 상속 받는다. 이 동작에 대한 시스템 상태도는 다음 [그림 3]과 같다.

Backup BBMD State Transition Diagram

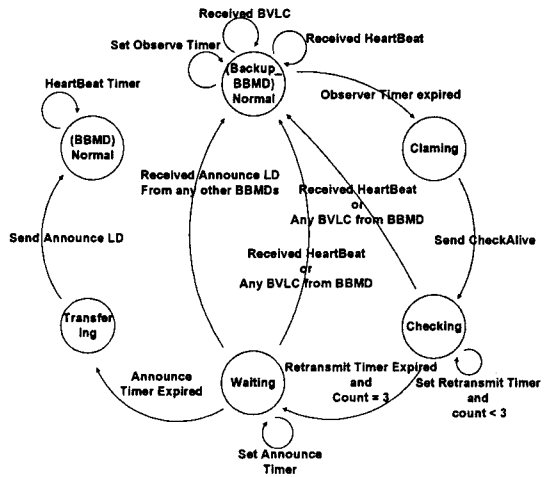


그림 3. Backup BBMD State Transition Diagram

3-1. Backup BBMD State

Backup BBMD들은 다음과 같은 상태와 조건을 통해 BBMD를 감시하여, BBMD 기능 선포를 위한 경쟁과정을 수행한다.

- Backup BBMD Normal State : Backup BBMD가 관리자로부터 상속 자격을 부여받은 후, B/IP 장치로서의 기능과 BBMD를 감시하는 기능을 수행하는 상태이다. 주기(Observe Time)적으로 타이머를 동작시켜 BBMD로부터 메시지 수신을 감시하며, 수신 시 타이머를 Reset한다.
 - Observer Timer가 timeout 되면 Claming상태로 천이.
- Claming State : BBMD의 동작 이상을 감지하고, 확인 메시지(CheckAlive)를 BBMD에게 전달하기 위한 상태이다.
 - 확인 메시지를 한번 전송한 후 Checking상태로 천이.
- Checking State : 입력된 재전송 횟수만큼 확인 메시지를 재전송하는 상태에서 전송 후 timeout count를 증가시키고, Retransmit Timer를 반복 동작시킨다.
 - Retransmit Timer가 timeout 되고 그 횟수가 3회가 된 경우 Waiting 상태로 천이. (Default Retrycount value : 3)
 - 확인 메시지 전송도중 BBMD로부터 HeartBeat 메시지 또는 어떠한 BVLC 메시지 수신 시 Normal상태로 천이.
- Waiting State : BBMD의 동작 실패를 확인한 상태로서, BBMD 기능을 선포하는 메시지를 전송하기 위해 Announce Timer를 동작시키고 timeout까지 기다리는 상태이다. 이 값은 Node No. × Announce Time 으로서 BPI정보로 입력 받은 값이다.
 - 선포 메시지 전송도중 BBMD로부터 HeartBeat 메시지 또는 어떠한 BVLC 메시지 수신 시 Normal상태로 천이.
 - 상속 자격이 부여된 다른 Backup BBMD로부터 Announce

LD 메시지를 수신한 경우, 상속을 포기하고 Normal 상태로 천이.

- Announce LD Timer가 timeout되면 Transferring 상태로 천이.

• Transferring State : Local B/IP 네트워크에서 자신보다 시간 우선순위가 높은 Backup BBMD가 없음을 확인한 상태이다.

- 선포 메시지를 전송한 후 BBMD Normal 상태로 천이.

• BBMD Normal State : B/IP 네트워크에서 BBMD 기능을 수행하는 상태이다. Local Backup BBMD들에게 HeartBeat Timer를 동작시키며, 주기적으로 정상동작 상태를 알리며 BBMD로서의 기능을 수행한다.

3-2. BVLC for Backup Operation

다음 BVLC들은 기존 BBMD의 BVLC function 영역을 달리하여 추가한 메시지로 기존의 BBMD 메시지 전송에 지장을 주지 않는다. 이 BVLC를 통해 사용되는 BPI 정보는 HeartBeat Time, Retransmit Time, Reference BBMD's IP Address, RetryCount, Backup BBMDs' Node Number & IP Address이다.

- IM_BBMD : Local Network에 현재 BBMD 주소 전송
- Active : Backup BBMD에게 상속 권한 부여
- Backup BDT : Backup BBMD에게 BDT 전송
- Backup FDT : Backup BBMD에게 FDT 전송
- Backup PARAMETER : Backup BBMD에게 Parameter 전송
- HeartBeat : Backup BBMD에게 주기적으로 BBMD 상태 알림
- CheckAlive : BBMD에게 상태 확인 요청 기능
- Announce_LD : Backup BBMD에게 BBMD기능 선포
- Announce_FD : 등록된 Foreign Device에게 BBMD기능 선포

4. 실험 모델

4.1 실험 모델 구성

BACnet/IP 네트워크에서 단일 IP 서브넷의 BBMD와 Backup BBMD간 상속 기능을 검증하기 위하여 실험모델을 구성하였다.

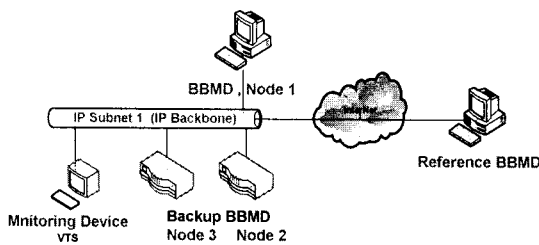


그림 4. 실험 모델 구성도

4.2 실험 과정

본 실험에서는 하나의 Local Network에서 최초 동작을 수행하는 BBMD 1대, 백업을 수행할 Backup BBMD 2대, 전체 BBMD와 Backup BBMD간 동작을 모니터링 할 수 있는 VTS 1대를 사용했으며, 구성도는 위 [그림4]와 같다.

BBMD 및 Backup BBMD는 모두 같은 소프트웨어를 실행시킨 후, VTS를 통해 Local Network에서 송수신되는 BVLC 메시지를 확인하여 동작중인 BBMD를 확인하는 방법을 통해 최초 BBMD의 상속 동작을 실험하였다. 실험의 진행에

따라 다음의 상태로 나눌 수 있다.

- BBMD 동작 정상 상태 (VTS 결과 : BBMD = Node 1)
 - 관리자는 BBMD의 입력창을 통해 BPI를 입력한다.
 - 입력완료 후, BBMD는 Backup BBMD에게 상속 자격을 부여하고, 소유하고 있는 BDT, FDT, BPI 정보를 전송한다.
 - BBMD는 주기적으로 Backup BBMD에게 HeartBeat을 전송한다.
- BBMD 동작 Fail 상태
 - 관리자는 BBMD에서 실행중인 프로그램을 멈춘다.
 - 두 대의 Backup BBMD는 BBMD의 동작 실패 상태를 각각 근사한 시간을 두고 인식한다. (오차 10ms 이내)
 - Backup BBMD의 타이머 동작에 의한 경쟁과정이 수행된다. Node 2번에서 Announce LD 메시지가 발생한다.
- BBMD로서의 기능 전환 상태 (VTS 결과 : BBMD = Node 2)
 - 새로운 BBMD는 주기적으로 HeartBeat을 전송한다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 BACnet/IP 네트워크에서 BBMD의 동작 실패시 Local의 다른 Device를 이용한 BBMD의 결합허용 기능을 제안하고, 이를 실험적으로 검증하였다. FTBM은 BACnet/IP 네트워크의 연결성을 향상시킨다. 본 논문에 제시된 FTBM은 BACnet/IP 프로토콜의 BBMD 기능과 BBMD 결합허용 기능을 실제로 구현하였고, 이는 기존의 프로토콜에 최소한의 추가를 통해 간편하게 적용할 수 있었다.

향후 위와 같은 실험 모델의 확장을 통해, 관리자 입력 파라미터(BPI)의 관계를 수학적으로 분석하고, 가장 효율적인 FTBM 시스템 파라미터의 최적화된 값을 찾아야 할 필요가 있다. 따라서 이를 위한 다양한 실험환경을 구축하고, 그 실험결과를 분석할 것이다.

참고 문헌

- [1] ISO 7498, *Information processing systems Open Systems Interconnection Basic Reference Model*
- [2] Seung ho Hong, Won Seok Song, "Study on the Performance Analysis of Building Automation Network", Proc. ISIE 2003, 2003. 6.
- [3] Seung Ho Hong, Won Seok Song, Young Chan Kwon, *Implementation of BandWidth Allocation Scheme in the MS/TP Protocol*, 대한전기학회 논문지 2004. 11.
- [4] ANSI/ASHRAE Standard 135-2001, *BACnet: A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks*, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers Inc. Atlanta, GA
- [5] KS X 6909 *Building Automation and Control Network (BACnet)*, Korean Standards Association, 1999
- [6] <http://www.bacnet.org/Tutorial/BACnetIP/default.html>
- [7] International Standard IEC 61158-4. Third Edition 2003-05(E), *Digital Data Communications for measurement and control Fieldbus for use in industrial control systems, Part 4: Data link protocol specification*
- [8] *Foundatin fieldbus Technical Overview*, FD-043 Revision 3.0