

빌딩 오토메이션 시스템의 향상된 통합 방안

Advanced Integration of Building Automation System

임 채 성*, 심일주**, 장경배**, 백상민**, 유종일**, 정의국*, 박귀태**

(Chae Sung Leem & Il Joo Shim & Kyung Bae Chang & Sang Min Baek & Jong Il You & Eui Kuk Jung & Gwi Tae Park)

* 고려대학교 메카트로닉스학과 (전화:(02)927-1205, 팩스:(02)921-0544, E-mail : leemcs@elec.korea.ac.kr)

** 고려대학교 전기공학과 (전화:(02)927-1205, 팩스:(02)921-0544, E-mail : ijshim@korea.ac.kr)

** 고려대학교 전기공학과 (전화:(02)927-1205, 팩스:(02)921-0544, E-mail : lslove@korea.ac.kr)

** 고려대학교 전기공학과 (전화:(02)3290-3218, 팩스:(02)921-0544, E-mail : gtpark@elec.korea.ac.kr)

Abstract : System Integration is significant role in building, because it is that the more building system is integrated, the more they can save management costs and energy costs. Nowadays system protocols in building use BACnet, LonWorks, etc. to integrate effectively, but their interoperability is not perfect. Therefore, we propose system integration using Ethernet and TCP/IP for perfect harmony. When data network protocol, Ethernet and TCP/IP is used for control network, there are several problems. But there have been solved by many researches. therefore it is possible that building system integrate to use Ethernet and TCP/IP. Finally, we show that Ethernet and TCP/IP can be used for building automation system integration.

Keywords : control network, building automation, TCP/IP, integration

I. 서론

빌딩 제어 네트워크 시스템에서 각 시스템간의 상호 운영성이 보장된 통합은 빌딩 유지·관리의 편의성과 에너지 사용의 절감 등 여러 장점이 있기 때문에 중요하다. 이러한 통합은 실제 빌딩에 적용해 왔으며 더욱 호환성이 보장된 통합을 위한 연구가 계속 되고 있다.

이러한 연구 중 오픈 프로토콜의 사용으로 통합의 효율을 높이려는 연구가 있었다. 오픈 프로토콜의 사용은 서로 다른 제조업체 간의 상호 운영성을 보장하여 각 시스템을 서로 다른 업체에서 구현하더라도 하나의 시스템처럼 사용할 수 있다. 이에 새로운 제어용 오픈 프로토콜인 LonWorks와 BACnet이 개발되었고 이를 이용한 통합방안도 연구되었다[1][2]. 그러나 BACnet은 방대한 양의 guideline을 업자에게 제공하고 제품의 생산을 맡긴다. 업자들이 이 guideline에 맞추어 생산하는 것은 쉽지 않다는 단점이 있다. 또 LonWorks는 Nucon이라는 애설른 자체의 칩을 사용한다. 그로 인하여 구현은 쉽지만 뉴런 칩의 사용으로 업체에 종속된다는 단점이 있다.

또한 제어용 네트워크를 위해 범용인 Ethernet을 사용하려는 연구가 있었지만, 다른 프로토콜에 비해 비효율적이라는 결과가 있었다[4].

인터넷이 잘 발달된 국내의 경우 Ethernet과 TCP/IP의 보급이 잘 되어 있기 때문에 모든 빌딩에 TCP/IP가 설치되어 있는 실정이고, 현재 대부분의 빌딩 네트워크 시스템은 상부에 Ethernet과 TCP/IP를 사용하여 하부의 다른 프로토콜들을 통합하는 방식을 사용하고 있다.

본 논문에서는 이미 널리 보급된 Ethernet과 TCP/IP를 이용하여 빌딩의 각 시스템을 유기적으로 연동이 가능하게 통합하고자 한다.

본 논문 II장에서는 국내 빌딩의 시스템 통합 현황 및 문제점을 분석하고, III장에서는 빌딩 제어 네트워크로서 Ethernet과 TCP/IP를 사용할 경우 고려해야 할 요인들과 발생할 수 있는 문제들을 분석하고 해결 방안을 제시한다. IV장에서는 위의 내용들을 토대로 결론을 내린다.

II. Building System Integration의 현황

빌딩 오토메이션에서 각 시스템들의 통합은 매우 중요하다. 최적의 통합을 위해서 먼저 고려해야 할 인자는 프로토콜의 오픈이다. 이것은 서로 다른 업체의 시스템간의 상호 운영성을 보장한다.

서로 다른 시스템 업체들이 오픈 프로토콜을 이용하여 통합할 경우 모든 시스템들이 오픈 프로토콜로 한 개의 프로토콜처럼 연계되기 때문에 시스템 개별 관리에서 벗어나 통합 관리가 가능하고 각각의 시스템들의 다양한 연동으로 빌딩의 유지·보수·관리 및 에너지 비용이 절감할 수 있다.

본 장에서는 여러 빌딩에 채택된 통합 방식의 장·단점을 분석하고, 이런 방식들의 단점을 보완하기 위한 새로운 방안을 제시하고자 한다.

1. 하부의 각 업체 프로토콜을 상부의 TCP/IP로 통합하는 방식

그림 1은 현재 국내 빌딩의 대부분이 사용하고 있는

방식으로써 하부의 각 시스템에는 업체 자체 프로토콜을 사용하고, 이들을 통합하기 위해 게이트웨이를 사용하여 상부의 TCP/IP와 연결한 방법이다.

이 방식의 사용으로 각 시스템의 통합관리는 가능하게 되었다. 그러나 공급업체의 고유 프로토콜은 개방하지 않기 때문에 유지·보수 및 시스템의 확장에 어려움이 있다. 또한 시스템간의 서로 다른 프로토콜 사용으로 시스템간의 유연성이 부족하여 다양한 연동서비스가 불가능하고, 이로 인하여 유지·보수 및 에너지 비용의 절감 효과는 적다.

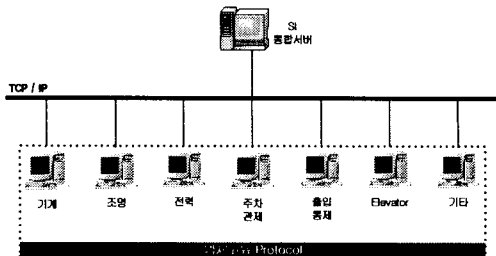


그림 1. TCP/IP를 이용한 각 업체 프로토콜의 통합

Fig. 1. Integration of vendor protocol using TCP/IP

2. 하부의 LonWorks 상부의 TCP/IP로 통합하는 방식

이 방식은 업체 고유 프로토콜의 비개방으로 인해 발생하는 방식 1의 여러 단점들을 보완하기 위해 상부의 TCP/IP와 하부에 여러 오픈 프로토콜 중 LonWorks를 사용한 방식이다.

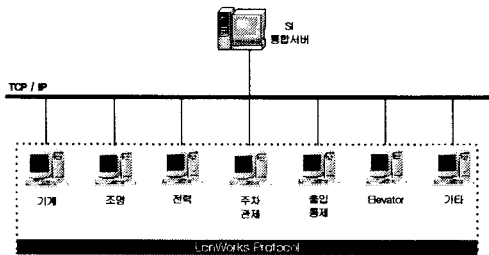


그림 2. TCP/IP를 이용한 LonWorks의 통합

Fig. 2. Integration of LonWorks Using TCP/IP

이 방식은 각 시스템의 동일한 프로토콜의 사용으로 각 설비 사이의 상호 호환성이 보장되어 다양한 연동서비스가 가능하고 유지·보수·관리 및 에너지 비용을 절약할 수 있다.

LonWorks를 구현하기 위해서는 뉴런칩을 사용해야 한다. 뉴런칩의 사용으로 하드웨어의 구성은 용이하고 실용화되어 있는 제품들이 많기 때문에 빌딩 네트워크 시스템에 적용하기 편리하다. 그러나 LonWorks에서 하드웨어의 구현에 사용되는 애럴론의 뉴런칩과 이를 프로그래밍하기 위한 특정 소프트웨어가 필요하

기 때문에 한 업체에 종속되어야 하는 단점이 있다.

3. 하부의 BACnet를 상부의 TCP/IP로 통합하는 방식

그림 3은 상부의 TCP/IP와 하부에 여러 오픈 프로토콜 중 BACnet을 사용한 방식이다. 이 또한 방식 2와 같이 상호 호환성이 보장되어 방식 1의 여러 단점들을 보완할 수 있다.

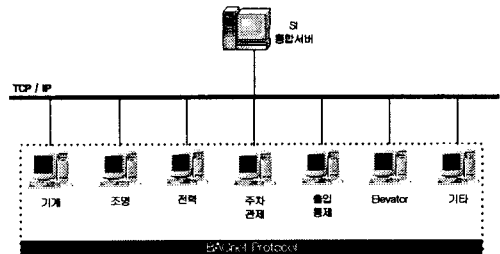


그림 3. TCP/IP를 이용한 BACnet의 통합

Fig. 2. Integration of BACnet Using TCP/IP

그러나 BACnet은 개발업체에서의 시스템 개발이 쉽지 않고, 각 시스템별 개발업체가 많지 않기 때문에 출시된 제품의 수가 적다. 따라서 빌딩 네트워크 시스템 구현이 어렵다.

그리고 BACnet은 master-slave방식을 사용하기 때문에 peer-to-peer방식을 사용하는 LonWorks에 비해 경로가 복잡해지고, 트래픽이 많아진다.

4. 상부와 하부를 TCP/IP로 통합하는 방식

위의 방식 1,2,3의 단점을 해결하기 위한 방안으로 빌딩 시스템 전체를 TCP/IP로 통합하는 방식을 제안하고자 한다.

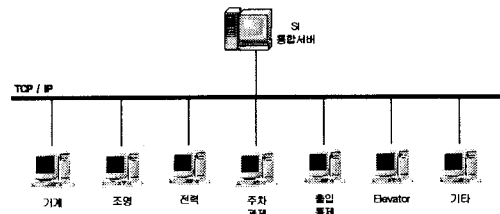


그림 4. TCP/IP를 이용한 통합

Fig. 4. Integration Using TCP/IP

TCP/IP는 오픈 프로토콜 중 연구 개발이 가장 활발하고 인터넷이 잘 발달된 국내에서는 흔히 쓰이고 있다. 기술·개발자도 많기 때문에 하드웨어 구현이 쉽고, 출시된 제품도 많다. 이 프로토콜은 peer-to-peer 방식과 master-slave방식 모두를 지원하기 때문에 경로를 간단하게 할 수 있다. 또한 현 빌딩에서 인터넷

은 반드시 필요하기 때문에 이미 설치된 TCP/IP를 이용한 통합은 설치비용 또한 절감할 수 있다.

빌딩 전체를 오픈 프로토콜인 TCP/IP로 통합하였을 때 유지·보수·시스템의 확장이 보장되고 에너지 비용도 절감할 수 있다. 그리고 TCP/IP는 특정 프로세서와 소프트웨어에 종속되지 않기 때문에 방식 1,2의 단점은 개선된다.

이 방식의 통합은 위의 단점들을 모두 해결하였지만 데이터 네트워크 프로토콜인 TCP/IP를 제어 네트워크로 사용하면 새로운 문제점들이 발생한다. 다음 장에서는 이 문제점을 분석하고 해결하기 위한 방안을 제시한다.

III. Ethernet과 TCP/IP를 이용한 빌딩 제어 네트워크

향상된 통합을 위해 TCP/IP로 빌딩 전체 시스템을 구축한다면 기존 방식의 문제점을 해결할 수 있고 보다 효율적인 운영·관리가 가능하다.

빌딩의 시스템을 TCP/IP로 구현하려고 할 때 물리 계층의 선택에 따라 성능이 달라지는데 우리는 가장 범용인 Ethernet을 사용하고자 한다.

데이터 네트워크 프로토콜인 Ethernet과 TCP/IP를 빌딩 제어 네트워크로 사용할 때 데이터 네트워크와 제어 네트워크는 서로 다르기 때문에 그 차이로 발생하는 문제점들을 고려해야 한다.

제어 네트워크는 데이터 전송 용량은 작지만, 전송 빈도가 높기 때문에 발생할 수 있는 지연문제, 중요한 데이터 전송 시 패킷 손실 문제, 혼잡상태에서의 우선권 문제와 시스템 제어의 우선권 문제, 전송매체 선택의 문제가 해결되어야 한다.

1. 높은 전송빈도에 따른 지연

Ethernet은 CSMA/CD를 사용하는 비결정적(non-deterministic) 프로토콜이기 때문에 충돌이 일어났을 때 임의의 시간을 기다리고 재전송한다. 이 때 임의의 시간만큼 지연이 발생하게 된다. 최악의 경우 재 전송에서도 충돌이 발생하여 지연이 계속 반복될 수 있다. 이 문제점은 Switched Ethernet의 사용으로 충돌을 피할 수 있고 IPv6의 사용으로 충돌시 IP 패킷의 우선권에 따라 전송할 순서를 정함으로써 충돌로 생기는 지연문제를 향상시킬 수 있다[3][4][5][6][7].

ARP와 라우팅 과정에서 채널의 사용량도 지연에 영향을 준다. 노드가 추가 또는 제거될 때, 토폴로지 또는 경로가 바뀔 때 ARP와 라우팅은 주기적으로 갱신해주어야 한다. 이러한 과정에서 채널을 사용해야 하기 때문에 지연이 증가하지만, 빌딩과 같은 소규모의 장소와 노드와 경로의 변화가 거의 없는 장소에서는 물리주소와 논리주소의 mapping 정보를 가지고 있는 Static mapping 방식과 패킷이 이동할 경로를 테이블로 가지고 있는 Static routing table 방식을 사용하여 ARP와 라우팅의 채널 사용량을 낮춰 지연을 줄일 수

있다[7].

2. 패킷 손실

Ethernet은 메시지 충돌 후 임의의 시간 후에 메시지를 재 전송하지만 제한된 시간동안 재전송이 성공하지 못하면 이 패킷을 버린다. 만약 버려진 패킷이 중요한 제어 정보라면 제어 시스템에서 비 효율적이다. 그러나 트래픽이 심한 경우, 패킷이 중요한 제어 데이터가 아니라면 패킷 손실은 채널을 비어 있는 상태로 만들어 네트워크를 최상으로 유지할 수 있기 때문에 오히려 시스템을 안정하게 한다[5].

만약 이 메시지가 버려지면 안되는 중요한 메시지라면 IPv6의 우선권을 두어 충돌로 생기는 지연을 방지하고 충돌로 인한 패킷 손실의 문제점을 해결 할 수 있다. 따라서 Ethernet과 TCP/IPv6를 이용할 경우 패킷 손실 문제는 향상되고, 시스템을 안정하게 할 수 있다.

3. 우선권

제어 네트워크에서는 각 디바이스를 제어할 때 시스템의 효율적인 운영을 위해 제어 데이터에 우선순위를 두고 제어를 한다.

일반 데이터 네트워크 프로토콜인 Ethernet과 TCP/IPv4에서는 우선권을 지원하지 않지만 IPv6에서는 우선권을 지원하기 때문에 IPv6의 우선권을 사용하면 시스템의 효율적으로 운영을 할 수 있고, 혼잡상태에서 우선순위의 패킷을 먼저 전송하기 때문에 제어 네트워크에서 메시지 전송이 효율적으로 사용될 수 있다.

4. 전송매체

TCP/IP를 사용할 경우 물리 계층의 종류에 따라 제어 네트워크의 성능이 달라진다. Ethernet(CSMA/CD), ControlNet(토큰버스), CAN(CSMA/AMP)들을 비교했을 때 Ethernet은 가장 범용이기는 하지만 우선권의 부재와 높은 전송빈도에 따른 지연, 충돌에 의한 혼잡상태에서의 패킷 손실 그리고 신뢰성 없는 전송으로 다른 두개의 프로토콜에 비해 제어 네트워크로써 적합하지 않다[4]. 그러나 상위 계층의 프로토콜을 TCP/IPv6로 사용할 경우 TCP의 흐름 제어에 의해 신뢰성을 보장받고 IPv6에 의해 우선권을 갖을 수 있다. 또한 위의 1, 2에서 제시한 방법으로 지연과 패킷손실의 해결이 가능하다.

IV. 결론

각 시스템별 상호 운영성이 보장되어 각 시스템이 서로 원활히 연동되기 때문에 빌딩 오토메이션이 잘 구성된 건물은 유지 관리비, 에너지 비용을 절감할 수 있다. 이를 위해서는 빌딩 오토메이션에 쓰인 네트워크 프로토콜들의 개방이 필요하다. 빌딩 오토메이션

시스템에서 이미 제시된 방식들의 단점들을 보완하기 위해 현재 사용되는 오픈 프로토콜 중 가장 범용적이고 연구가 활발한 Ethernet과 TCP/IP만을 사용하여 통합하는 방안을 제안하였다.

제어 네트워크로서 Ethernet의 사용에 대한 연구는 오래전부터 계속 되어왔지만, 지연, 패킷 손실의 문제와 이로 인한 신뢰성의 부족, 우선권의 부재로 Ethernet의 사용이 부적합하다는 연구가 있었다[4][5].

상위 계층의 프로토콜에 TCP/IPv4를 이용한다면 신뢰성은 보장될 수 있지만 우선권을 적용한 제어는 해결되지 않는다. 그러나 상위 계층의 IPv6의 우선권을 사용한다면 시스템 제어의 우선권 문제가 해결되고 지연과 패킷손실의 문제점도 더욱 향상된다.

따라서 빌딩 오토메이션 시스템에서 Ethernet과 TCP/IPv6을 이용한 통합은 효율적이고, 한 개의 오픈 프로토콜을 사용하기 때문에 상호 운영성을 보장한다.

향후 빌딩 제어 네트워크의 트래픽 및 성능을 평가하기 위한 빌딩 제어 네트워크 시뮬레이터 엔진을 개발하여 본 논문에서 제안한 새로운 통합 방식과 기존의 통합 방식을 비교·분석하여 본 논문의 결론을 검증하고자 한다.

참고문헌

- [1] <http://www.echelon.com>
- [2] <http://www.bacnet.org>
- [3] Max felsler, "Ethernet TCP/IP in Automation A Short Introduction to real-time Requirement", IEEE 2001
- [4] Feng-Li Lian, James R.Moyne, and Dawn M. Tibury, "Performance Evaluation of Control Networks", IEEE Control System Magazine, 2001
- [5] Wei Zhang, Michael S. Branicky, and Stephen M. Philips, "Stability of Networked Control System", IEEE Control System Magazine, 2001
- [6] Nicolas Krommenacker, Divoux, Eric Rondeau, "Using Genetic Algorithms to Design Switched Ethernet Industrial Networks", IEEE, 2002
- [7] Forouzan, "TCP/IP protocol suite"