

◆특집◆ 스마트 홈의 기술 동향

# 스마트 홈에서 지능형 냉난방 제어 시스템을 위한 전력선 통신 동향

안영주\*, 황용연\*, 변기식\*

## Trend on Power Line Communication for Intelligent Heating and Air-Conditioning System in the Smart Home

Young Joo An\*, Yeong Yeun Hwang\* and Gi Sig Byun\*

**Key Words :** Power Line Communication(전력선 통신), Smart Home(스마트 홈), Home Network System(홈 네트워크 시스템), Home Automation System(홈 자동화 시스템)

### 1. 서론

현재 우리는 역사상 가장 큰 혁명이라고 하던 산업 혁명의 시기를 지나쳐 새로운 시대로 접어들고 있다. 기존의 대량 생산의 물질의 시대를 거쳐 정보와 지식이 새로운 부가가치 창출의 원천이 되는 지식 정보화의 시대로 접어들고 있는 것이다. 이러한 현상의 하나로 최근 신축되고 있는 건물들은 고객의 편의성과 안전성을 향상시킬 수 있는 스마트 홈(smart home)이라는 새로운 개념으로 건설되고 있는 추세이다.<sup>1</sup>

스마트 홈은 정보화 시대에서 가장 중요한 가치라고 할 수 있는 지식과 정보의 원활한 소통을 위한 정보 인프라를 제공할 수 있어야 하며 이를 토대로 단순한 주거 공간이 아닌 새로운 가치 창출의 공간이 될 수 있게끔 해야 한다. 따라서 스마트 홈 시스템은 고전적인 주거지의 개념에서 거주자가 요구하는 정보와 주거 환경을 충족시키기

위하여 Fig. 1 과 같은 홈 네트워크 시스템(home network system)과 홈 자동화 시스템(home automation system)을 포괄하는 새로운 개념이라고 할 수 있다.<sup>2</sup>

이러한 스마트 홈은 여러 가지 복합적인 기술의 융합으로 구현된다. 기본적으로 고객의 편의성을 충족시키기 위하여, Fig. 1 과 같은 냉장고, 전자레인지 등과 같은 가전 기기, TV, 오디오 등과 같은 멀티미디어 기기, PC 등과 같은 인터넷 기기들이 사용될 수 있어야 한다. 또한 고객의 편의성과 지능화에 대한 요구를 충족시키기 위하여, 가전 기기들을 홈 네트워크로 연결하여 가정 안 밖에서 단말기나 셀룰러폰, PDA 등을 이용하여 가전 기기를 원격으로 제어하거나 모니터링 하는 것도 가능해야 한다.

현재까지 여러 표준 기관이나 기업들에 의하

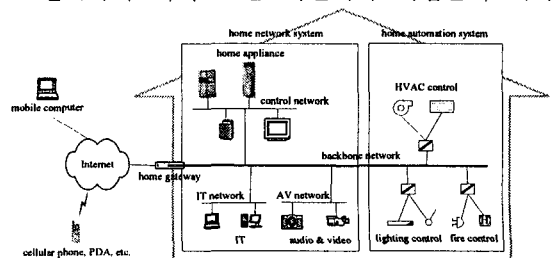


Fig. 1 Schematic diagram of home network system

\* 부경대학교 전기제어공학부  
Tel. 051-620-1639, Fax. 051-623-4227  
Email : gcleee@pknu.ac.kr  
제어 계측 특히, 가공 시스템의 자동화 및 네트워킹 분야에 관심을 두고 연구 활동을 하고 있다.

여 스마트 홈을 구성하기 위한 다양한 관련 분야가 연구되고 있다. 홈 네트워크에서 사용될 수 있는 Echonet, Konnex, LnCP, LonWorks 등과 같은 다양한 프로토콜에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 빌딩에 적용하기 위한 전송 매체에 관한 연구로써 무선이나, 기존의 Ethernet, 그리 최근에 Last a mile solution 이라고 불리우는 전력선 통신(PLC:Power Line Communication)에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.<sup>3</sup>

그러나 무엇보다도 스마트 홈은 첨단 IT 기술을 주거 공간에 결합하여 공간의 쾌적성과 효율성을 높인 디지털 시대의 건축물인 만큼, 건축에 IT, BT, NT 가 결합된 첨단 기술을 중심으로 주거 내에서의 인간 삶의 질을 향상시킬 수 있어야 한다. 실내 환경을 쾌적하고 편리한 상태로 유지하기 위해서 실내 환경 인자(온도, 습도, 냉난방, 음향, 조도 등) 및 에어컨, 히터, 가습기, 창문, 커튼 등이 외부 환경의 변화에 따라서 효과적으로 제어되어야 한다. 또한 에너지/환경 측면에서 제어 가능한 환경 요소뿐만 아니라 자연 에너지를 최대한 이용하는 채광과 환기를 통하여 쾌적한 실내 환경을 항상 유지할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 온습도 제어, 냉난방 설비의 최적 제어 및 관리, 자연 환기, 복합 센서 기술 및 통합적 홈오토메이션 기술 등이 요구된다.<sup>4</sup>

이러한 관점에서 본 논문에서는 스마트 홈에서의 PLC 기술 동향을 살펴보고, PLC 를 이용한 지능형 냉난방 제어 시스템에 관하여 서술한다.

본 논문은 서론을 포함하여 5 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 스마트 홈 기술 동향과 전력선 통신 기술 동향에 대하여 다룬다. 3 장에서는 지능형 홈을 위한 지능형 냉난방 제어 시스템의 예를 살펴보고, 4 장에서는 PLC 기반 냉난방 제어 시스템의 구현에 관하여 설명한다. 마지막으로, 5 장에서는 결론과 향후 과제를 제시한다.

## 2. 스마트 홈 및 PLC 기술 동향

### 2.1 스마트 홈 기술 동향

유럽의 지능형 빌딩의 경우에는 실험 주택 및 모델 주택을 통해 현재까지 개발된 첨단 지능화 기술을 다수 보여주고 있음을 알 수 있다. 특히 단순한 지능화 기술뿐만 아니라, 친환경 요소를 동시에 고려하고 있어 첨단 기술과 친환경이라는

미래 지향적인 테마로 접근함을 보여주고 있다.

대표적으로 영국의 인티저하우스(integer house)는 1998 년 시범 주택 건설 이후, 최근에 20 층 규모의 아파트 리모델링까지 계속 이어지고 있는 사례이다. 여기서는 빌딩오토메이션, 에너지 절약 제어시스템, 자동 제어 난방 시스템, 중앙 도어 잠금 시스템, 지능형 케이블 시스템, 조명 제어 시스템, 노약자를 위한 시스템, 안전 및 보안 시스템을 포함한 친환경 시스템 등이 기반을 이루고 있다.<sup>5</sup>

네덜란드와 프랑스에서 개발하고 있는 지능형 빌딩은 보다 세분화된 거주 계층에 따라 특화된 지능화 기술을 사용하고 있는 것이 특징이다. 노인을 위한 지능형 빌딩에서는 안전과 사용상의 편의성을 높이는 단순화된 시스템 사용되며, 저소득층을 위한 지능형 빌딩에서는 주거비 절감을 위한 에너지 절감 및 관리 시스템이 적용되고 있다.<sup>6</sup>

우리나라보다 먼저 정보화 주택이라는 용어를 정의하여 인증 제도를 실시하고 있는 일본의 경우에는 비싼 인터넷 사용료 때문에 관련 회사의 모델하우스와 고급 주택을 중심으로 일부에만 지능형 빌딩 기술이 적용되고 있다. Fig. 3 과 같은 TRON 하우스 프로젝트라는 것으로 1990 년 시작된 첨단 주택 건설 프로젝트로, 컴퓨터 사회의 이상을 요구하면서 지능형 하우스의 진정한 가능성



Fig. 2 Integer House (England)



Front of the TRON Intelligent House

Fig. 3 TRON house (Japan)

이 무엇인지를 보여주는 프로젝트라고 할 수 있다. 이 프로젝트에는 다양한 정보 설비, 풍부한 음향 설비, 자동 제어 조리 시스템, 이동식 웨건, 비접촉식 위생 화장실, 자동 공기 조절 및 조명 조절 설비 등 최첨단 자동 제어 기술이 적용되어 있다. 무엇보다도 두드러진 특징은 이러한 복잡한 제어 기의 조작이 스위치, 컴퓨터 리모콘, BTORON 컴퓨터로 이루어져 노인이나 아이들도 조작이 가능하도록 되어있다는 것이다.<sup>7</sup>

미국의 경우 지능형 빌딩 관련 부분에서는 앞선 기술력을 가지고 있으나, 단독 주택은 인프라 비용으로 인해, 그리고 아파트는 저소득층이나, 노인, 소수 계층 등의 거주계층 특성으로 인하여 활발한 보급을 기대하기 어려운 결과를 보여주었다. 그러나 미국 조지아 대학에서 개발한 Awarehome 프로젝트의 경우, 고령자의 생활에 도움을 주는 지능형 빌딩을 구현하는 사례로 주목받았다. 사람의 인지 능력(human-like perception)이라는 개념을 이용하여 컴퓨터 비전과 RFID 를 이용한 indoor location tracking, 사람을 인식하여 대화가 가능하게 하는 giving the house a face, 가족들의 초상화를 담고 있는 digital family portrait 등의 세부 프로젝트는 지능형 빌딩에서의 다양한 서비스가 가능함을 보여주었다.<sup>8</sup>

다른 기술로는, Microsoft 의 Easy Living 기술이 있다. 이는 휴대용 단말기에 사용자가 원하는 컴퓨팅 자원을 제공하여 지능형 환경을 구축하고, 단말기가 없을 경우에도 사용자의 환경 조건을 고려하여 컴퓨팅 자원에 접근 가능하도록 하기 위한 프로젝트이다. 여기서는 공간에 있는 환경 정보와 지문 인식, 카메라 기술을 사용하여 신원을 파악하는 self-aware space, 컴퓨팅 자원을 장소와 시간에 관계없이 제공하는 casual access to computing, 물리적 공간의 확장성을 보장하는 extensibility 등의 특징을 보인다.<sup>9</sup>



Fig. 4 Awarehome Project (USA)

마지막 사례로는 MIT 의 House\_n Project 를 들 수 있다. 기존의 기술들이 컴퓨팅을 중심으로 한다면 이 프로젝트는 실 거주자의 의사를 반영하여 건물 건축시 벽면과 바닥 등에 센서를 장착하여 원하는 빌딩 시스템을 구축하는 차별을 가진다. 특히 집 내부 구조에 설치된 센서를 사용하여 거주자 행동을 인식하여 거주자 행동 정보를 이용하여 빌딩 네트워크로 연결된 가전기기들을 제어할 수 있다. 이는 거주자와 집이 상호 작용하는 환경을 제공 할 수 있음을 보여주고 있다.<sup>10</sup>

## 2.2 PLC 기술 동향

### 2.2.1 X-10 Protocol (X-10)<sup>11</sup>

계산 능력이 있는 IC 칩을 처음 개발한 것으로 알려져 있는 스코틀랜드 회사 Pico Electronics Ltd. 는 1976 년경 일반 가정에서 별도의 배선공사 없이도 원격지에서 조명이나 다른 가전 기기들을 제어할 수 있는 장치를 개발하기 위해서 X-10 이라고 명명되어진 프로젝트를 수행하였다. 이러한 X-10 프로젝트의 결과로 전력선을 이용하여 조명이거나 가전 기기들을 제어할 수 있는 모듈들이 개발되었으며, 1978 년에서 1979 년 사이에 상용화되어 일반 가정에 소개 되었다. 이 기술은 이미 안정화되어 있는 기술이며, 상용 제품들이 많이 출시되어 있는 상태이다. X-10 은 설치 및 사용이 편하고 전력선을 이용함으로써 배선 비용이 감소되는 큰 장점이 있으나, 한 제어 네트워크에서 256 개 이상의 제어가 어렵고, 제어 노드 기능이 명령의 전송과 수신 외에는 불가능하다는 단점이 있다. 따라서, 복잡하거나 고도의 제어 네트워크를 구축하기에는 다소 어려움이 있다.

### 2.2.2 LonWorks Protocol<sup>12</sup>

Mike Markkula 가 설립한 Echelon 사는 1991 년에 처음으로 제어 네트워크 제품을 생산하였으며, 3 년이 지난 1994 년 중반 경에는 1,000 개가 넘는 회사에서 Echelon 의 제어 네트워크에 관한 기술과



Fig. 5 X-10 Compact controller

제품이 사용되었다. LonWorks 라고 불리우는 이 제어 네트워크 기술은 건물 자동화와 관련한 회사들 사이에서 실질적 표준으로 인정받고 있으며, 물류 운송, 공장 제어, 에너지 관리, 원거리 통신과 같은 분야의 회사에서 이용할 수 있는 기술이다.

Echelon 에서 제공하는 LonWorks 기술은 통신 기능과 지능형 관리 기능을 자신의 제품에 도입하고자 하는 제조업자들을 위해서 개방형 구조로 설계되었다. 개방형 구조라는 LonWorks 기술의 특징으로 여러 기업들이 그들 자신의 기술을 개발하지 않고도 개발 도구, 소프트웨어, 하드웨어 등을 구입하기만 하면 자신의 제품에 필요한 기능을 추가할 수 있는 것이다. 이것은 제조업자들이 각각의 새로운 제품들마다 고유한 해결책을 찾아야만 했던 개발 초기의 상황을 상당히 개선시킨 것이다.

### 2.2.3 CEBus Protocol<sup>13</sup>

1984 년 경에 EIA(Electronics Industries Association)의 회원들이 기존의 X-10 이 가지고 있는 단순 제어 기능 외에도 더 많은 제어 기능을 포함하는 표준이 필요하다는 인식을 갖게 되었다. 그 후 6 년의 기간을 거친 후 국제적인 회사들을 대표하는 엔지니어들이 CEBus(Consumer Electronics Bus)라는 새로운 표준을 제안하게 되었으며, 1992 년에 이르러서 CEBus 표준이 완전한 틀을 갖추게 되었다.

CEBus 개발의 주요한 동기는 가정 내에 있는 전자 제품들이 제조업체와는 상관없이 상호 통신을 할 수 있는 통일된 저렴한 방법을 개발하고, 일반 가정에 새로운 제품이나 서비스를 공급하는데 비용이나 혼란을 최소화시킬 수 있도록 하자는 것이다. 또한 하나의 멀티미디어 네트워크 표준으로 가정 내에 설치되어 있는 다양한 제품들을 제어할 수 있도록 하며, 가정 내에 있는 기기나 장

치들을 제어하면서 불필요한 요소를 최소화하는 것이다.

CEBus 에서 가장 주목할 만한 사항은 호환성에 있다. 즉, 모든 CEBus 제품은 언제나 다른 CEBus 기반 제품들과 호환성을 가지고 있어서, 제어를 위한 네트워크 내에서 상호 이해가 가능한 언어를 이용해서 통신을 하고 필요한 제어 기능을 수행하게 된다. CEBus 표준은 제품을 만드는 제조업체에게 기기의 주소를 하드웨어 자체에 할당해 주며, 그 주소는 40 억 개까지 할당이 가능하다. 그리고 많은 수의 잘 정의된 객체 지향의 제어를 위한 언어를 제공하고 있어서 불륨을 높이거나 빨리 감기, 되감기, 잠시 멈춤, 지나가기, 그리고 온도 1 도씩 높이기 등의 다양한 명령어를 제공한다.

### 2.2.4 ZZBus Protocol<sup>14</sup>

전력선 통신 홈 네트워크를 위한 국내 기술로는 플레넷의 260bps 급 (Z256 Protocol)과 9.6Kbps (iZ256 Protocol)급의 전력선 통신기술이 있다. 플레넷은 자체 기술로 개발한 양방향 전력선 통신 프로토콜에 대해 특허를 보유하고 있으며, X-10 호환 기종의 CDMA PLC Chip 과 CEBUS 호환 기종의 Spread Spectrum PLC Chip 을 상용화하고 있다. 이 기술은 기존 전력선 통신 Protocol 이 가지는 여러 단점을 개선하여 안정성을 보장하고, 가정 내에 이미 설치되어 있는 전기 배선을 이용하여 가정 내 모든 가전 기기를 네트워크화하며, 기기의 동작 상태를 확인, 제어할 수 있게 하는 네트워크 및 제어 프로토콜이다.

ZZBus protocol 은 CSMA/CDCA 기법과 CSMA/CDCA 기법을 지원하고 있다. CSMA/CDCA 기법은 전력선에 동시에 데이터가 송신될 때, 즉 충돌이 감지되면 송신을 중단하고, 전력선이 empty 시 재전송 하는 기법이다.

### 2.2.5 BACnet protocol<sup>15</sup>

BACnet 이란 "Building Automation and Control

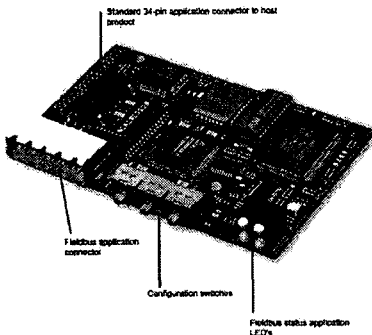


Fig. 6 Embedded LonWorks Slave Module

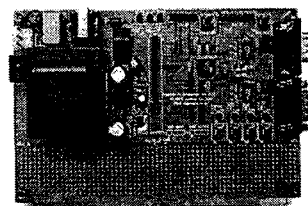


Fig. 7 ZZBus Module

NETworks"에 사용되는 통신 프로토콜로 정의되며, 현재 빌딩 자동화 통신망 관련 규격으로 전세계적인 표준으로 제정된 규격이다. 이미 1995 년 미국의 ANSI/ASHRAE 135 규격으로 제정되었으며, 1999 년 유럽 표준 ENV 1805-1 으로 승인되었고 국내에서도 1999 년에 빌딩 자동화용 통신망의 KS 규격(KS X 6909)으로 제정되었다.

특히 BACnet 은 빌딩 관리자와 시스템 사용자 그리고 제조업체들로 구성된 단체에서 인정하는 비독점 표준 프로토콜로서, 융통성, 대상 지향적 접근을 통해 시스템 공급업체들 간의 상호 호환성 문제를 해결한 기술이다.

### 3. 지능형 냉난방 시스템의 적용 사례 <sup>16</sup>

본 절에서는 지능형 홈에 적용된 네트워크 기반 냉난방 시스템에 대한 사례 분석을 설명한다. 2 장에서 기술하였던 스마트 홈을 위한 전반적인 기술 동향에 대한 이해를 바탕으로 현재 그런 빌딩의 개념으로 소개되고 있는 일본의 대표적인 2 개의 건물을 선정하여 지능형 빌딩에 적합한 냉난방 시스템 관련 기술과 기반 통신 기술에 대해 서술한다.

## 3.1 Kinden Tokyo HQ Building (Tokyo, Japan)

### 3.1.1 냉난방 시스템

이 사례에서는 냉난방 시스템을 구축함에 있어 빙축열 시스템 적용 및 공조열원 2 차측 수(水) 수송시스템에 개별 분산형 밸브리스 방식 적용을 하였다. 특히 조도 센서에 의한 천장 조명의 주광 이용 제어, 초기 조명 보정 제어 기능까지 적용함으로써 에너지 절약을 실현하였다.

구체적으로 살펴보면 지하 1 층에 위치한 열원 기계실에 가스 냉온수발생기 및 빙축열 설비(샤베트식)의 복합 열원을 설치하여 냉수 및 온수를 안정적으로 공급할 수 있는 시스템을 구축하였다. 배관 방식은 냉수, 냉온수 4 배관 방식을 채택하였다. 2 차 펌프 대체용으로 개별 분산 밸브리스 VWV(Valve-less Variable Water Volume)방식을 채택하였다.

특히 기준층 공조 시스템의 경우 냉방을 위해서는 VAV 방식에 의한 천장 취출, 난방은 덤퍼를 전환함으로써 바닥 취출(정풍량)이 가능하도록 하였다. 시스템 개념을 Fig. 8 에 나타내었다.

### 3.1.2 통신 시스템과 제어 시스템

지능형 빌딩을 이루는 통신 시스템으로는 공조 제어를 중심으로 한 Lonworks 와 BACnet 이 사용되었다.

먼저, Lonwork 기술은 "노드(node)"라 불리는 지능형 소자(Intelligent devices)들로 구성되어 제어, Monitoring, Sensing 등의 기능을 수행하는데 탁월한 성능을 보이는 기술이다. 특히, Lonwork 기술은 Neuron Chip 이라고 불리는 CPU 에 의해 구현되며 LonTalk Protocol 을 사용하여 서로 통신을 한다. 노드들은 각각의 CPU 를 가지고 있기 때문에 스스로 통신 및 Application 을 수행할 수 있어서 Kinden Tokyo HQ Building 에서는 공조의 최적화된 제어를 가능하게 하여 지능형 빌딩의 구현을 용이하게 하였다.

다음으로, BACnet 은 빌딩 자동화용국제표준으로서, Kinden Tokyo HQ Building 에서는 Object 라고 하는 개체를 통해 상호 자료를 교환함으로써 서로 다른 공급업체에서 만든 제품 상호간에 원활한 통신이 가능하게 되었다. 그리고 이렇게 정의된 Object 에 동작하는 기능들을 표준화하여 거대한 규모의 제어를 유기적으로 연결하여 지능형 빌딩을 구축하였다.

## 3.2 Eco-Village Matsudo, (Chiba-Prefecture, Japan)

### 3.2.1 냉난방시스템

이 사례는 가족동과 독신자동에 대한 각각의 특성을 고려하여 상이한 계획으로 설비한 것이 특징이다. 에너지 절약과 유지 관리비 관점에서 각기 다르게 접근하여 세대 내에 재실자가 있는 가족동과 야간에만 재실자가 있는 독신자동에 채용되는 설비 시스템을 다르게 설계하여 효율적인 시스템을 구현하였다.

가족동의 각 세대에는 냉난방과 급탕을 위해 Fig. 9 와 같은 "Home Ice" 시스템이라고 하는 다기

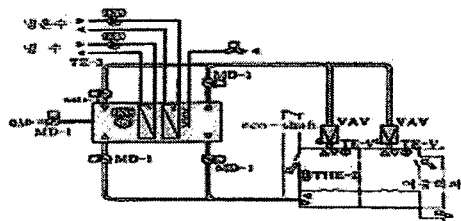


Fig. 8 Schematic Diagram of HVAC system

능 히트 펌프와 빙축열조를 일체화한 소형빙축열 공조 설비를 새로이 개발, 도입하여 공조 부하가 야간으로 shift 될 수 있도록 배려하였고, 가족동의 각 세대 발코니에 설치된 Home Ice 로부터 덕트를 2층 바닥 내부로 통하게 하여 실내를 공조하였다.

하절기에는 냉방 수요와 외기 온도를 조건으로 하여 빙축열을, 동절기에는 난방 수요와 야간의 온도를 조건으로 하여 온수 축열을 할 수 있도록 하였다. 또한 야간에는 급탕 히트 펌프를 가동하여 저장조로서 시판되는 전기온수기를 이용하였다. 하절기 냉방시 혹은 제빙시에는 배열 이용 급탕, 온배열이 발생되지 않는 시기에는 히트 펌프 급탕에 의해서 45℃까지 급탕 가열을 고효율적으로 할 수 있다.

독신자동은 야간에 공조 부하가 집중되므로 각 세대 공조 설비는 축냉식으로 하지 않고 통상의 룸 에어컨(패키지형 에어컨)을 사용토록 하였다. 또한 급탕 방식은 히트펌프 급탕기에 의한 중앙집중식 급탕 방식을 채택하여 하절기에는 히트 펌프 급탕기로부터 배출되는 냉풍을 회수, 각실에 설치된 void 벽 내부로 냉기를 통풍시켜 벽을 통한 구체축열과 복사 냉방 효과를 얻을 수 있는 구체축열 복사냉방시스템 “wall cool”을 개발하여 적용하였다.

**3.2.2 통신 시스템과 제어 시스템**

Fig.10 은 지능형 빌딩 통신시스템으로 Lonworks 를 기본으로 하고 Ethernet 을 백본으로 사용하는 사례이다. Ethernet 을 백본으로 적용하여 아래 그림과 같이 공조, 전력, 조명과 같은 빌딩의 전반적인 관리를 제공하고 있다.

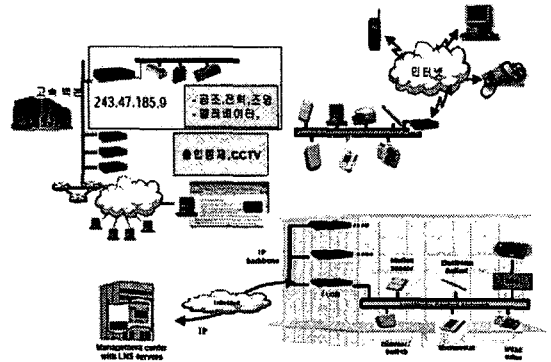


Fig. 10 Building Management System using Ethernet

**4. 지능형 냉난방 제어 시스템을 위한 PLC 구현 사례**

**4.1 지능형 냉난방 제어 시스템의 레이아웃**

먼저 스마트 홈에서 냉난방 시스템은 크게 중앙집중식과 개별 냉난방 방식으로 나눌 수 있다. 여기에서, 개별 제어 방식은 중앙집중식보다 설치성과 운전비용 면에서 보다 우수한 특징을 나타내고 있다. 특히, 대부분의 기존의 빌딩에서는 관리의 용이함으로 인해 중앙집중식을 선호하였으나, 최근에 급속도로 발전한 통신 시스템의 지원으로 개별 제어 방식으로도 충분한 관리가 가능하게 되었다.<sup>17</sup> 또한, 3 장에서의 사례에서 살펴볼 수 있듯이 최근의 지능형 빌딩의 경우 개별 제어 방식을 사용하여 설치성과 운전 비용뿐만 아니라 에너지 절감의 효과도 기대할 수 있게 되었다. 따라서 본 논문에서는 개별 제어 방식을 이용하여 지능형 냉난방 제어 시스템을 구성하였다.

본 논문에서는 Fig. 11 과 같은 각 방의 온도 조절 시스템을 설계하였다. 거실에는 멀티 온도 조절기를 설계하여 각각의 거실과 방들을 제어할 수 있으며, 각 방에는 각 방 온도 조절기라고 하는 개별 제어기를 설계하여 보일러와 연결된 밸브 제어기에서 제어를 수행하도록 하였다. 마지막으로, 멀티 온도 조절기와 각방 온도 조절기는 PLC 를 이용하여 상호 연결되도록 하였다.

**4.2 냉난방 시스템을 위한 전력선 통신 모델 구현 예**

구현된 전력선 통신 모델은 132 KHz 대역에서 디지털 데이터에 따라 반송 주파수를 편이시키는

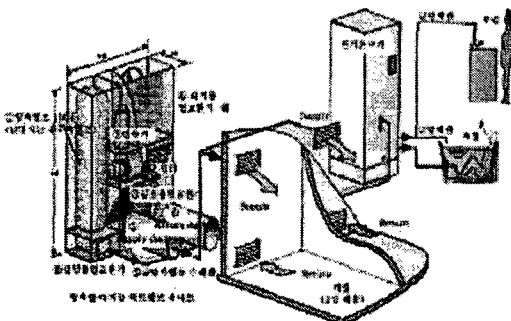


Fig. 9 Schematic Diagram of home Ice System

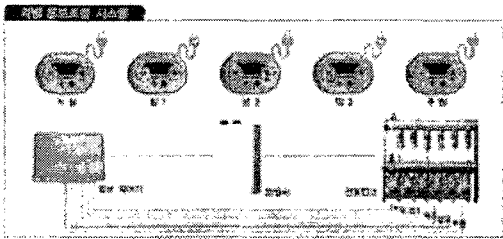


Fig. 11 Example of Intelligent Heating System

FSK 방식을 사용하였다. 또한, 고기능 디지털 데이터의 전력선 전송을 위하여 마이크로프로세서가 내장된 구조로 설계함으로써, 별도의 장치 없이 전력선 통신의 경험이 부족한 엔지니어들에게도 쉽게 시스템간의 정보 전달 및 제어가 이루어지도록 하여 다음과 같은 조건을 만족 할 수 있도록 하였다.

- (1) 모뎀은 내부 마이크로컨트롤러(MCU)에서 데이터 송수신 처리를 하여야 한다.
- (2) 사용자는 RS232C 또는 UART 인터페이스를 이용하여 데이터를 전송할 수 있어야 한다.
- (3) 모뎀은 반이중(Half Duplex) 전송 방식으로 데이터 송, 수신 시 적절한 타이밍이 필요하다.
- (4) 전송속도는 4800bps 로 하여야 한다. 구현된 전력선 통신 모뎀은 Fig. 12 와 같이 크게 세 부분으로 구성되어 있다.

먼저 모뎀 영역은 Fig. 13 과 같이 기본적으로 전송 부분과, 수신 부분으로 나누어져 있으며 데이터 전송 시에는 FSK 변조를 거쳐 DAC(Digital Analog Converter)를 하게 되고, 노이즈 제거를 위한 필터를 거쳐 보내지게 되며 수신은 이의 역순으로 이루어지게 된다.

다음 영역은 인터페이스와 제어 로직 부분으로, 기본적인 전력선 통신의 상태 신호와 인터페이스 관리, 레지스터 관리의 기능을 수행하게 된다. 또한 여기서 전압 레귤레이션과 전류 보호기

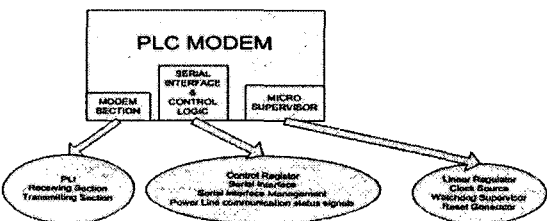


Fig. 12 Schematic Diagram of PLC modem

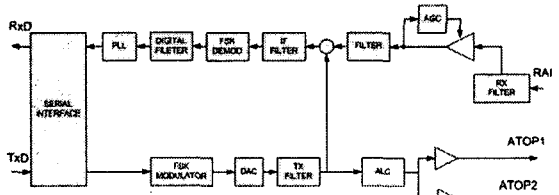


Fig. 13 Function of modem section

능을 위한 회로를 추가하여 Fig. 14 와 같이 구성 하였다.

마지막으로 마이크로 슈퍼바이저 영역은 기본적인 클록 소스와 왓치독(watch dog)을 수행하며 리셋 제너레이터를 관찰하게 된다. 이러한 조건을 만족하기 위해서 마이크로 프로세서로 64KB 의 플래시 메모리와 , 64KB 의 RAM 을 가지고 10-bit 200 MIPS 의 속도를 가지는 32bit RAM 의 940 T RISC core 를 선정하였다. Fig. 15 에 구현 회로를 나타내었다.

본 논문에서는 이상과 같은 기능을 가지도록 하드웨어를 설계하였으며, Fig. 16 과 같이 전력선 통신 모뎀 프로토타입을 제작하였다. 구현된 전력선 통신 모뎀은, 노이즈에 대한 강인성과 안정적인 데이터 전송을 보장하기 위한 신뢰성을 향상시키기 위한 개선 작업을 거쳐 4800bps 의 전송 속도를 보장한다.

## 5. 결론

본 논문에서는 스마트 홈의 개별 냉난방 제어 시스템을 구성하고 있는 핵심 기술을 통신 시스템과 친환경 제어 기술로 나누어 기술 동향을 살펴 보았다. 다음으로, 에너지 효율성을 극대화할 수 있는 냉난방 제어 시스템 개념 설계 및 레이아웃 설계를 위하여 기존 빌딩의 냉난방 시스템 분석을 수행하였다. 사례 분석과 관련된 연구를 토대로 하

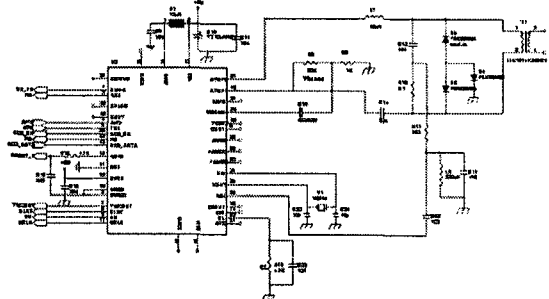


Fig. 14 Circuit of Serial Interface and Control Logic Section

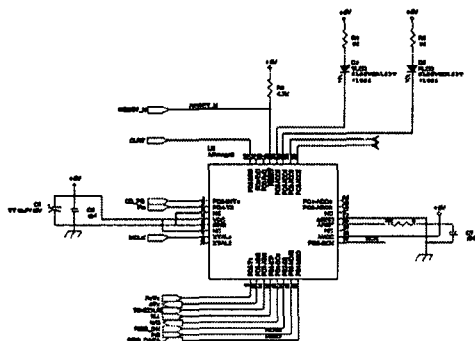


Fig. 15 Circuit of Micro Super Vision Section

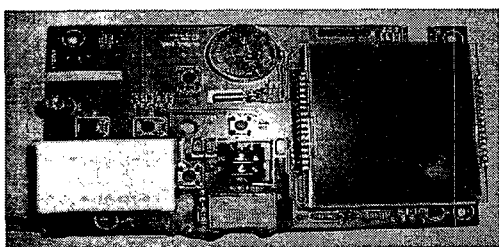


Fig. 16 Prototype of PLC modem

여 냉난방 제어를 위한 개별 제어 시스템과, 전력선 통신을 기반으로 하는 시스템을 설계하였다.

또한, 132 KHz 대역에서 반송 주파수를 편이시키는 FSK 방식의 전력선 통신 모듈 구현에 관한 예를 제시하였다.

마지막으로 본 논문에서 제시한 전력선 통신을 이용한 스마트 홈의 개별 냉난방 제어 시스템은 다음과 같은 장점을 지닌다.

- 전력선 통신을 이용한 지능형 냉난방 제어 시스템은 제어 통신을 위한 별도의 통신선이 필요없이 기존에 포설된 가정의 전기선을 활용할 수 있는 장점이 있다.
- 또한, 시설을 위한 공정이 필요 없이 가정에 설치된 콘센트에 꽂아 사용할 수 있기 때문에 설치의 효율을 높일 수 있으며, 유지 보수가 용이하다.
- 특히, 전력선 통신을 이용한 지능형 냉난방 제어 시스템은 보일러를 각 방에서 온도 제어 함으로써 보일러의 효율적인 운전이 가능하며, 에너지 절감 효과를 가져온다.

### 참고문헌

1. Choi, J., Shin, D. and Shin, D., "Research and implementation of the context-aware middleware for

controlling home appliances," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1, pp. 301-306, 2005.

2. Lee, K. S., Lee, K. C., Lee, S., Oh, K. T. and Baek, S. M., "Network configuration technique for home appliances based on LnCP," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 49, No. 2, pp. 367-374, 2003.
3. Wacks, K., "Home Systems Standards : Achievements and Challenges," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 152-159, 2002.
4. Yim, M. S. and Lee, C. K., "Development of intelligent housing and construction of information super-highway for information society," Magazine of the SAREK, Vol. 28, No.3, pp.175-185,1999.
5. [http://www.integerproject.co.uk/integer\\_ireland.html](http://www.integerproject.co.uk/integer_ireland.html)
6. <http://www.smart-homes.nl>
7. <http://tronweb.super-nova.co.jp/tronintlhouse.html>
8. Abowd, D. G., Atkeson, G. C., Bobick, F. A., Essa, A. I., MacIntyre, B., Mynatt, D. E. and Starner, E. T., "Living laboratories: The future computing environments group at the georgia institute of technology," ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.215-216, 2000.
9. Brumitt, B., Meyers, B. and Krumm, J., "Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving," IEEE International Workshop on Visual Surveillance, pp. 3-10, 2000.
10. Intille, S. S., "Designing a home of the future," IEEE Pervasive Computing, April-June, pp. 80-86, 2002.
11. <http://www.x10pro.com/>
12. <http://www.echelon.com>
13. <http://www.cebuse-celle.de>
14. <http://www.planet-int.co.kr/>
15. <http://www.bacnet.org/>
16. Choi, D. H., "Case study on green building – Focus on office and home in Japan," Korea green building council Autumn conference , pp.36-53, 2003.
17. Shin, K. W., Kim, Y. T. and Lee, Y. S., "A Study on the Control of Solenoid Valve for Heating by using Power Line Communication(PLC)," Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, Vol. 9, No. 8, pp. 647-650, 2003.