

# 빌딩자동제어시스템의 공조설비에 적용을 위한 Internet 기반 모니터링 및 제어시스템 구축

(Internet-Based Monitoring and Control System for Air handling Units in Building Automation System)

홍원표  
(Won-Pyo Hong)

한밭대학교

## Abstract

In this paper, a new distributed intelligent control module based on LonWorks fieldbus for air handling unit(AHU) of heating, ventilating and air-conditioning(HVAC) is proposed to replace with a conventional direct digital control(DDC) with 32 bit microprocessor. This article also addresses an Internet- based HVAC system architecture that combines Web technology and networking. The proposed control architecture has a excellent features such as highly compact and flexible function design, a low priced smart front-end and reliable performance with various functions. This also addresses issues in control network configuration, logical design of field devices by S/W tool, Internet networking and electronic element installation. Experimental results showing the system performance are also included in this paper.

## 1 서 론

고도의 경제성장과 유비쿼터스 네트워크가 중심이 될 지식정보사회의 출현으로 PC와 사람과의 연결되는 인터넷 세상을 넘어 사물속에 숨어있는 센서, 칩 컴퓨터를 네트워크에 연결하여 사물 인터넷(internet of the things)인 T2T(Things-to-Things)가 실현되어 공간-사물-사람-정보(web presence)의 기능적일체화가 이루어짐에 따라 빌딩과 홈의 작업환경의 경계가 허물어지고 주거환경도 큰 변화를 동반함으로써 공간, 사물, 사람, 그리고 활동을 하나로 연결하는 새로운 유비쿼터스사회·경제로의 진전이 2000년도부터 이미 시작되었다[1]. 한편 1980년대 프로세스 산업분야에 등장한 프랜트 감시의 일원화, 제어시스템의 통일화 등의 요구에서 프로세스 제어 시스템은 독립된 서브시스템간의 통합화 시스템으로 변모하였으며, 이 통합시스템은 컨트롤러/HMI(Human Machine Interface)/제어네트워크 등에 관해 중복배제와 기능의 공유에 의한 제어시스템의 코스트다운을 가능케 하였다. 더 나아가서 제어시스템은 감시제어를 중심으로 한 역할에서 경영관리 정보계와의 융합 등 토탈 코스트 다운을 담당하는 중핵으로 변모하고 있다[2]. 이제 인터넷 확산과 함께 인터넷 인프라를 이용한 애플리케이션에 모든 초점이 맞추어 지는 추세이다. 생산공장, 프랜트, 지능형 빌딩제어시스템도 인터넷이 연결되는 애플리케이션의 하나이다. 인터넷 확장 이전에는 인터넷 프로토콜이 개방적 구조로 되어 있고 많은 제조업자와 개발자가 하나의 인프라를 두고 여러 제품과 시스템을 구축하게 된 것으로 인터넷과 연결되는 디바이스, 가전기기가 지능을 갖추고 네트워크가 가능한 표준화 된 제품 많이 출시되고 있기 때문이다. 따라서 빌딩제어 네트워크에 있어서도 인터넷 솔루션을 검토할 때에는 개방형 솔루션과 함께 구성요소 각각이 지능을 갖춘 스마트한 분산제어 네트워크를 고려해야

한다[3]. 이러한 분산 제어네트워크의 구축이 전제된다면 가정, 공장, 프랜트, 빌딩, 상하수도, 방범(출입관리) 등의 설비를 인터넷과 연결하여 지역, 시간에 구애 없이 전세계 어디서나 설비, 자동점검, 원격 감시(전력량, 수요관리), 및 제어시스템을 저렴하게 구축할 수 있다. 특히 광범위하게 산재되어 있는 전력설비의 원격 감시, 수요관리 및 제어 있어서 획기적인 기술이 될 것으로 판단된다[4,5].

또한 빌딩의 원격관리 및 군관리는 웹을 통한 자원과 에너지 관리, 보수유지관리 자산관리 및 정보관리 등 생산성 향상과 빌딩을 중앙에서 통합적으로 감시, 관리하는 시스템을 실현시킬 수 있게 됨으로서, 현재 기간통신망사업자는 인터넷과 관련된 IDC(internet Data Center)사업체를 설립하여 활발한 서비스 사업을 실시하고 있다[6].

그럼에도 불구하고 현재 대부분 제어시스템이 다수의 공급자에 의하여 기기 및 시스템이 서로 다른 프로토콜과 디바이스의 애플리케이션 프로그램이 사용, 즉 폐쇄된 시스템이 주류를 이루고 있고, 또한 분산제어 시스템에서의 정보가 각 기기에 분산되어 있어 정보계 네트워크에 접속된 컴퓨터에 시스템 전체를 관리하는 원격감시 제어 시스템을 구축하는 것은 어려운 실정이다[4,5,8]. 이는 시스템 선택과 향후 확장시 많은 문제점을 유발하고 사용자 중심의 빌딩자동화 시스템에 대한 요구와 함께 표준 통신망에 대한 필요성이 강하게 제기되어 왔다.

최근 빌딩제어시스템에서 이러한 상호운용성(interoperability)을 구현하기 위하여 BACnet과 애쉬론사가 개발한 LonWorks등의 국제 표준에 따른 개방시스

템 아키텍처를 지향하고 있다. 특히 LonWorks시스템은 모든 디바이스에 의해 공유되는 프로토콜을 통하여 통신할 수 있는 기술이다. 통신용 트랜시버와 메카니즘이 표준화되어 있고 오브젝트모델, 프로그래밍/ 문제해결도구가 LonWorks 디바이스간의 보다 빠르고 상호운용가 능한 설계 및 구현을 가능케 한다. 또한 LonWorks의 지능분산, 상호운용가능성 및 수평적 구조(flat architecture)는 멀티벤더의 환경을 구축해주고 시스템 제공자 및 사용자 모두에게 융통성과 유지보수의 용이 성을 제공해 준다. 따라서 폐쇄적이고 하나의 벤더에 의존적이던 종래의 시스템이 보다 저렴한 설치비용, 보 다 저렴한 유지보수비용 및 강화된 기능과 확장성이 보 장되는 새로운 제어용 네트워크시스템이라 할 수 있다 [4]. 따라서 본 연구에서는 기존의 32bit DDC 제어 기를 사용하고 있는 공기조화용 제어기를 8bit 필 드버스용 칩으로 매우 저렴하고 콤팩트하게 개발 하였다. 공조기는 빌딩 전력의 전기에너지 사용에 30%를 상회하고 빌딩설비의 온도와 습도 조절에 근간이 되는 설비로 그동안 DDC 방식으로 제어 되어 왔으나 필드의 제어디바이스가 증가되어 I/O 배선이 대폭적으로 증가하여 매우 복잡한 설비를 구축할 수 밖에 없었다. 이를 효과적으로 대처하기 위하여 필드버스의 장점을 부가한 콤팩트형 LonWorks 필드버스기반의 새로운 제어모듈을 개 발하였다. 주 프로세서는 8bit Neuron 칩으로 구 현했으며 이 칩에 29개의 I/O를 사용할 수 있도록 설계하였다. 이 지능형 모듈은 Web 서버인 i-LON 100으로 Ethernet에 연결하여 Web 브라우저 로 제어 및 모니터링 할 수 있는 인터넷 기반 공 조설비 제어시스템도 구축하였다. 현재 그 성능 파 악하기 위하여 실험시스템을 구축하여 실험결과를 분석하고 있으며 그 결과 매우 우수한 특성을 보 이고 있다. 또한 다양한 응용프로그램을 탑재하고 있어 기존에 수행하고 있는 에너지절약프로그램은 물론이고 다양한 필드 데이터를 제공할 수 있어 빌딩설비의 센서의 코스트 절감과 빌딩의 원격관 리 등에 크게 기여할 것으로 판단된다.

## 2. 제어네트워크와 데이터 네트워크의 결합 방식

빌딩제어네트워크는 산업분야의 제어네트워크와 마찬가지로 제어와 감시의 대상이 컨트롤디바이스, 즉, 시설 을 운영하는 데 필요한 제어기와 하부센서, 조작기와 같은 필드장비들이다. 이를 제어하기 위한 피드백 정보 나 각 노드간의 명령이나 상태 등 소량의 데이터를 교환하여 네트워크 전체 또는 그룹단위로 고도로 조직화 된 제어를 한다. 이는 컴퓨터, 프린트, 파일서버 등의 사 이에서 고속, 대용량 데이터 교환을 목적으로 하는 데

이터 네트워크와 구분된다. 데이터 네트워크의 입장에 서 제어네트워크는 하나의 고립된 영역과도 같다. 인 터넷의 발달과 함께 데이터 네트워크의 인프라에 제어 네트워크를 연결하는 방법으로 여러 솔루션이 있다. 그 대표적인 방식을 데이터 서버형과 프로그램 서버형으로 개념적인 구분을 할 수 있다.

### 2.1 데이터서버 Web 이용 방식

이 방식은 Web 서버에서 제어측의 상태·데이터를 수집하여 클라이언트인 감시용 PC에 제공하거나 감시 용 PC에서 제어기기측으로 정보를 지시하는 방법이다. 구체적으로 그림 1의 라우터(웹서버)방식과 게이트웨이 방식이 있다.

#### (1) 라우터 솔루션

이 방식은 제어네트워크와 데이터 네트워크 인프라 에 연결되어 데이터 네트워크 고속 통신 매체를 통하여 제어와 모니터링에 대한 거리의 제한을 해결하고 보다 좋은 서비스를 창출할 수 있게 한다. 그러나 이를 구성 하기 위해서 제어네트워크의 프로토콜은 반드시 개방적 이고 신뢰성이 입증되어야하고, 분산제어 어플리케이션 을 구현할 수 있는 솔루션이어야 하며, 여러 통신 매체 를 연결하여 사용할 수 있어야 하며, 광역망 연결에 라 우팅이 가능한 프로토콜, 및 대형 네트워크를 구성 할 수 있는 어드레싱이 가능한 프로토콜이어야 한다. 그림 1의 (a)와 같이 네트워크로부터의 액세스와 독립하여 로컬측에서 데이터를 수집하고 감시용 PC에서는 서버 안에 있는 데이터로서 서비스하는 Web을 이용하는 대 표적인 방식으로 본 연구에서 이 방식을 적용하였다.

#### (2) 게이트웨이 솔루션

이 솔루션은 빌딩 제어네트워크에서 기존의 업체별 폐 쇄적이고 독자적인 서브시스템을 하나로 통합할 때 주 로 사용되는 것이다. 게이트웨이라는 일종의 번역용 컨 트롤러를 구현하여 시스템을 상위에 연결할 때 사용하 던 솔루션이었다. 이러한 게이트웨이는 폐쇄적인 양쪽 시스템에 대한 일종의 작은 창구 역할을 하도록 하지만, 이를 구현하는 데 적지 않는 비용이 소요되고 처리 할 수 있는 정보가 제한적일 수밖에 없다. 또한 해당시스 템에 맞춤형으로 제작되어야 하므로 유지보수가 특정 개발 업체의 기술에 종속되는 불편함을 갖고 있다. 게이트웨이 이하의 시스템은 여전히 벤더별 폐쇄적이고 독자적인 네트워크로 게이트웨이에 의하여 블럭킹되는 솔루션은 제어네트워크와 데이터 네트워크의 연결 솔류 션이 될 수 없다는 한계를 가지고 있다. 그림 1 (b)가 프로토콜 변환기인 게이트웨이 서비스 방식이다.

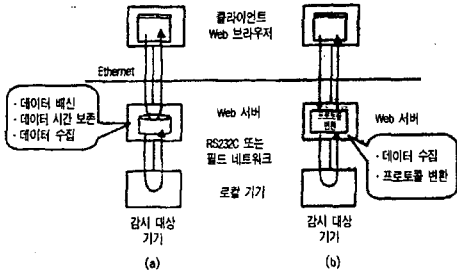


그림 1. 데이터 Web 서버형

### (3) 디바이스 웹서버

이 방법은 개별디바이스에 웹서버를 설치하는 것으로 데이터 네트워크에서 제어네트워크를 바라볼 때 가장 쉽게 생각할 수 있는 솔루션이다. 개별제어 네트워크 컴포넌트에 데이터 링크 망을 연결하는 것인 데 비효율적이며 제어네트워크와 데이터 네트워크는 용도와 목적이 다르기 때문에 이 구성 역시 제어네트워크와 데이터 네트워크 통합에는 적절한 방법이 아니다.

### 2.2. 프로그램 서버형 Web 이용방식

최근 제어기기는 Ethernet에 접속할 수 있는 사양을 가진 것도 많아지고 있고 이들을 감시용 PC에 전용 애플리케이션 소프트웨어(드라이버)를 인스톨하여 감시할 수 있다. 그림 2에서와 같이 감시용 PC에 전용 애플리케이션을 탑재하지 않고 감시용 소프트웨어를 Web 서버에 보관한다. 감시용 PC는 맨 처음 Web 서버의 홈페이지를 액세스하여 제어기기의 통신용 프로그램이나 화면표시 프로그램을 다운로드하여 감시용 PC는 그 프로그램을 이용하여 제어기기와 직접 통신하는 방식이다. 감시시스템을 스타트하는 시점에서는 Web 서버나 소프트웨어 용량 등이 기동시간에 영향을 미치나 제어기기와 통신이 시작되면 감시용 PC의 능력이 시스템 성능이 되고 고성능으로 된 PC의 능력을 충분히 이끌어낼 수 있는 구성이다.

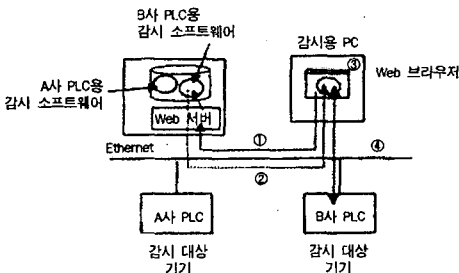


그림 2. 프로그램 Web 서버형

BACnet, LonTalks를 기반으로 하는 분산제어네트워크는 라우터(웹서버)를 사용하여 고속 데이터 네트워크에 연결된다. 즉, 제어네트워크 입장에서 Ethernet 백본 채널이 형성되는 것이다. 따라서 중앙감시반의 모니터링과 제어는 데이터 네트워크의 어느 지점에서나 로컬에서 제어네트워크 구성할 때 사용했던 동일한 틀을 사용하여 네트워크를 감시, 제어 및 유지보수 등의 구성작업이 가능하다.

### 3. 제어기의 설계 및 구현

종래에 빌딩 산업에는 일반적으로 DDC(Direct Digital Control)는 HVAC, 전력, 조명, 방범, 방재, 엘리베이터 및 주차장 설비에 널리 사용되었다. [6]에서 개발한 각종 제어 모듈을 기반으로 이의 성능을 개선하고 빌딩산업의 HVAC 분야의 핵심 부분인 AHU(Air Handling Unit)를 제어하기 위한 전용 Module로써 DDC를 대체할 수는 8 bit Neuron Chip을 이용하여 고성능 AHU의 제어모듈을 개발하고 이의 성능을 평가하고 저 AHU 실험 시스템을 구축하였다. 제어네트워크는 LonWorks를 상위 Data 네트워크는 LAN를 이용할 수 있도록 i-Lon 100서버[9]를 이용하여 Web 시스템을 구축하였다. 이 Web 서버는 PC에서 필드데이터를 모니터링하는 인터페이스 카드없이 저렴하게 구성할 수 있다

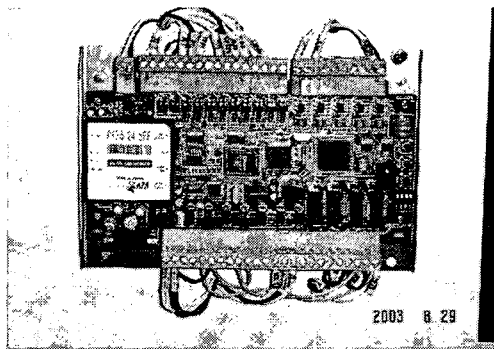


그림 3. 고성능 AHU 지능형제어 모듈

기본 접점과 Scheduler가 내장되어 있어 보다 편리하게 AHU를 제어할 수 있도록 하였다. 그림 3은 본 연구에서 개발한 고성능 제어 모듈이다. 기본적으로 29개의 I/O channels를 가지고 있으며 또한 RTC(real time clock) 스케줄러와 AHU 제어, 디지털 스케줄러, 및 RTC Function block(FB)

이 내재되어 있다. 표 1은 본 연구에서 개발한 AHU 제어기의 상세한 사양을 나타낸 것이다.

표 1 AHU 제어기의 사양

Table 1. Specification of AHU controller

Items	Specification
Hardware	Processor type : FT3150 Processor Clock : 10MHz Memory:32K SRAM,32K ROM Communication Protocol: LonTalk Transceiver Type : FT-X1(Smart) Operating Voltage :AC/DC 18-36V I/O Channels : <ul style="list-style-type: none"> <li>· Analog Input : 11</li> <li>· Analog Output : 5</li> <li>· Digital Input : 7</li> <li>· Digital Output : 4</li> </ul>
Scheduler	Real Time Clock
F.B.	AHU FB, Digital Scheduler RTC Controller

#### 4. 실험시스템 구성

LonWorks 네트워크의 특징기기를 제어하기 위한 제어 모듈을 개발하고 그 성능을 시험하기 위하여 구성하였다. 일반적으로 지능형제어 모듈은 제어대상이 되는 센서나 조작기를 대상으로 그룹 및 각각을 제어하기 위하여 필요한 제어모듈형과 조작기 및 센서에 전용으로 제어하기 위하여 제어기를 제어 디바이스 내에 일체화 시킨 센서 및 조작기 전용제어기를 개발할 수 있는 이 제어기는 고가의 센서 및 조작기(밸브)를 대상으로 정밀한 제어가 필요하고 제어 디바이스가 현장에 광범위하게 분포되어 있을 경우 개발하여 사용할 수 있다. 본 연구에서 개발한 제어모듈은 제어 포인트들이 집중되어 있는 AHU, VAV(variable air volume) units 및 냉각시스템 보일러시스템과 같은 단독 기기전용으로 사용하는 데 목적이 있다. 이 모듈은 제어 및 모니터링을 효과적이고 저가의 제어 모듈로 구성할 수 있을 뿐만 아니라 필드버스의 장점인 선로의 wiring을 매우 콤팩트하게 구성할 수 있기 때문에 시스템 구성 후 유지관리도 매우 효과적이어서 시스템 신뢰성이 크게 개선되는 장점을 가지게 된다. 그림4는 이 실험장치의 블록 다이어그램을 나타낸 것이며 그림 6은 모듈의 성능을 시험하기 위하여 제작된 AHU의 실험시스템이다. 여기에 i·Lon 100은 web server로 LonWorks 네트워크에서 제어 및 모니터링한 데이

터를 Web 기반제어를 가능케하는 장치이다.

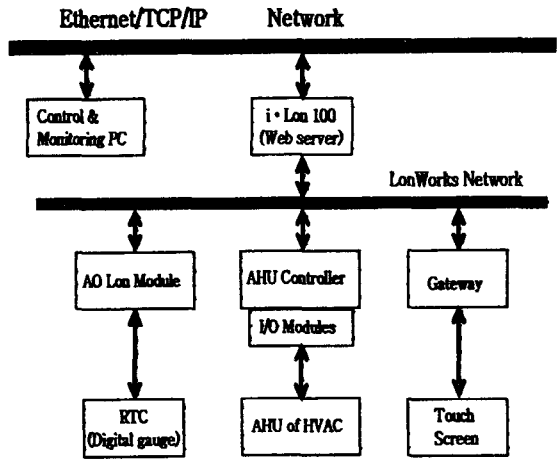


그림 4. 실험시스템 블록 다이어그램

#### 5. LonWorks 네트워크에서 i·Lon의 웹서버 구축 및 Java Script 프로그램 작성

그림 5는 AHU의 실험시스템에 구축된 Web 서버 전경이다 이 서버는 PC와 LonWorks와의 인터페이스 없이 Ethernet를 통하여 PC와 직접 연결될 수 있는 기기로 Web에서의 모니터링 및 제어시스템을 구축할 때 매우 저렴하고 강력한 네트워크 구성이 가능하게 한다.

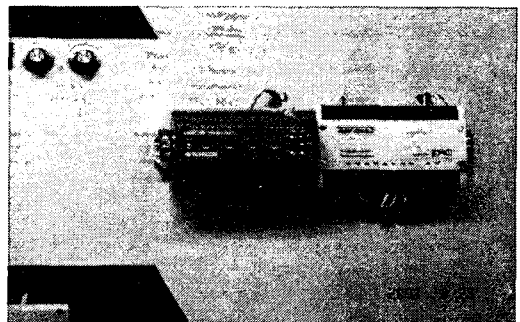


그림 5. Web server 전경

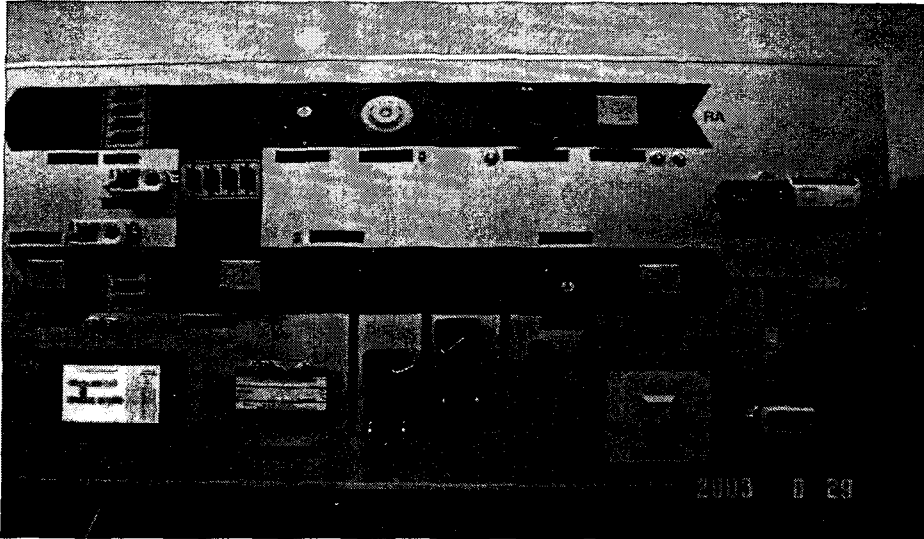


그림 6 AHU 실험시스템 전경

LonMaker for Window에서 i·LON에 모니터링과 제어하기 위한 네트워크 변수를 지정하기 위하여 이 틀에는 i·LON shape가 없기 때문에 “ 디바이스 이미지를 드래킹하여 일반적인 i·LON 디바이스를 생성하고 동일한 틀로 i·LON FB를 만든 후 모니터링과 제어하고자하는 NV를 생성하여 네트워크 NV와 바인딩한다. 이때 바인딩하는 대상NV의 HeatBeat를 0으로 설정한다.

두 번째로 i·LON에 IP정보를 설정하기 위하여 시리얼 케이블로 PC와 i·LON의 console 포트에 연결하고 하이퍼터미날을 사용하여 i·LON을 액세스하고 여기에 IP주소 서브넷 마스크, 게이트웨이, FTP유저, FTP패스워드를 설정 i·LON을 리부트(reboot) 시킨다.

마지막으로 웹페이지를 작성하기 위하여 LonMaker for Window 틀로 i·LON shape에 설정한 NV명을 조회하고 업데이트하는 HTML 문서를 작성한다. 작성된 HTML 파일을 i·LON과 FTP로 접속하여 Web/Form 폴더에 복사한 후 웹브라우저를 이용하여 어디서나 i·LON 주소를 치면 i·LON이 공급하는 네트워크 정보를 어디서나 얻을 수 있다. Web 서버는 AHU 가상 실험시스템에 각각 설치하였다.

본 연구에서는 i·LON 메모리에 홈페이지와 관련한 HTML 문서(본 연구에서는 Java Script로 작성)를 작성하여 웹브라우저에 해당 i·LON의 주소를 입력하여 i·LON 홈페이지를 클릭하면 원격센터의 화면에 두 실험서브 시스템을 웹브라우저에서 매우 간단하게 감시제어를 할 수 있도록 하였다. 그림 7은 Java script로 작성한 AHU 실험시스템 웹 페이지이다. 즉, 현재 실험중인 Web 브라우저 화면에 AHU를 감시 및 제어할 수 있도록 구성된 Web 페이지이다. 이 그림의 구성은 크게 3개의 페이지와 1개의 제어 창으로 구성되어 있으며 제어 창에는 AHU의 기동정지, 온도제어 즉 냉·난방제어 및 습도제어를 할 수 있도록 구성하였다. LonTalk 프로토콜을 Ethernet/TCP/IP프로토콜로 변환시키는 gateway와 Web 서버는 Echelon i·Lon 100(72101)을 사용하였다.

AHU의 자동과 수동 전환, 기동정지 온도, 습도 및 인버터를 설정하도록 프로그램을 작성했다. 또한 Web 카메라를 설치하여 화상으로 동작 및 운전 상태를 감시하도록 하였다

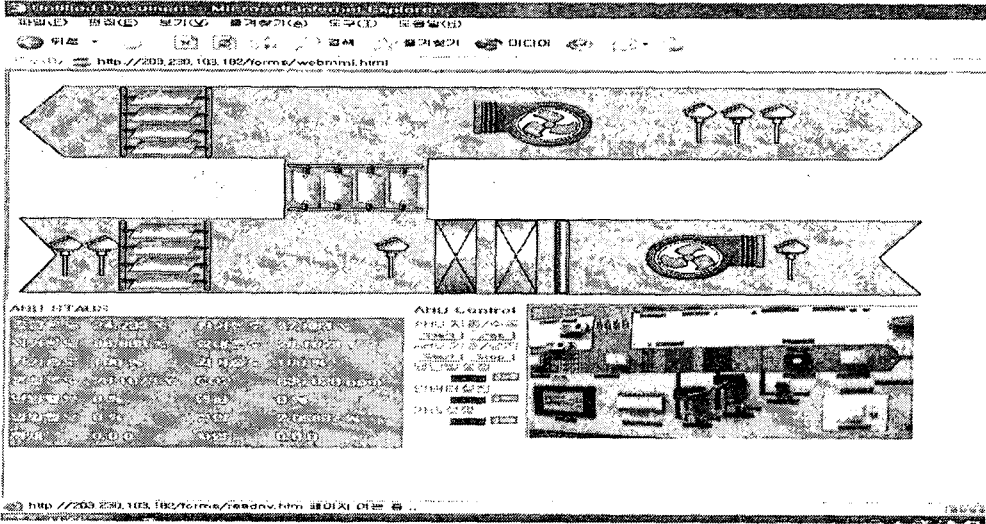


그림 7. AHU의 Web 페이지

## 6. 결 론

본 연구에서는 플랜트 및 빌딩자동제어 분야에서 적용이 확대 되고 있는 LonWorks 필드버스를 이용하여 기존의 DDC제어기로 적용되고 있는 공기조화시스템의 제어기를 대체할 수 있도록 필드버스에서 사용이 가능한 고성능 저가의 지능형 제어모듈을 개발하였다. 또한 공조설비의 인터넷 기반 제어 및 모니터링 시스템을 구축하여 매우 저렴하고 안정된 결과를 도출하였다. 또한 특히 S/W부분에서도 8 bit Neuron chip에 매우 콤팩트하게 내재된 고성능 응용프로그램도 개발하였다. 이 제어기의 성능을 시험하기 위하여 실험시스템을 구축하고 다양한 실험을 수행하였으며 아래와 같은 결론을 도출하였다.

(1) 개방 분산형 LonWorks 시스템의 제일 문제점인 지능형제어기모듈을 개발하였으며 2개의 실험 시스템을 통하여 얻은 연구결과는 정보네트워크(IP 네트워크)와 제어네트워크(빌딩, 홈)를 매우 신뢰성이 높고 경제적인 방법으로 통합할 수 있음을 확인하였으며, 개발된 제어 모듈은 에쉬루사의 LonPoints보다 기능과 신뢰성 면에서 우수함을 확인하였다.

(2) 공조설비의 가상기기를 이용하여 실험시스템을 구축하고 i·LON 웹서버를 통하여 인터넷과 막힘 없는 통합시스템을 구축하였다. 그리고 원격으로 감시·제어하는 웹페이지를 구축하였다.

(3) 특히 이 시스템은 근거리 및 원격에서 동일한 툴(tool)을 사용하여 관리할 수 있고 기존 제어 네트워크에 i·LON서버만 설치하면 됨으로써, 원격진단과 유지보수도 웹사이트에서 가능해져 매우 경제적인 감시제어 시스템을 구축하여 운용할 수 있다.

## References

- [1] 하원규외 2인, "유비쿼터스 IT혁명과 제3공간", 전자신문사, 2003.
- [2] W.P. Hong, "Implementation of Open Network and Building Management System for Intelligent Building Control system", Journal of KIIEE, Vol. 17, No.1, pp.52-65, 2003.
- [3] S.H. Hong "Trend of Fieldbus Technology", Journal of ICASE Vol. 3, No. 11, pp. 13-18, 1998.
- [4] W.P. Hong, "Integration Trend of Intelligent Building System" in view point of Open Building Automation System, Journal of KIIEE, Vol. 14, No. 2, pp. 13-27, 2000.
- [5] M.Furutsuki, et al., "Network Based Control System Suitable for Distributed water Treatment Facility", SICE 2002 Aug.5-7, Osaka, pp. 3122-3126, 2002.
- [6] G.Y. Tian, "Design and Implementation of Distributed Measurement System Using Fieldbus-Based Intelligent Sensor",

- IEEE Transaction on I&M, Vol. 50, No. 5, pp.1197-1203. 2001.
- [7] W.H. Hong, " Advanced Performance of Controller and Development of Combustion Model for the Distributed Control System of a Boiler of Internal Power Plant" EESRI Mid-term Repotr I,,2002.
- [8] W.H. Hong, " Advanced Performance of Controller and Development of Combustion Model for the Distributed Control System of a Boiler of Internal Power Plant" EESRI Mid-term Repotr II,,2003.
- [9] P. Madan, " Overview of Control Networking Technology". The white Paper of Echelon Co.
- [10] Echelon Co., "iLON 100 Internet server user guide", <http://www.echelon.com>.
- [11]V. Boed< " Control Automation for Facilities Managers: application Engineering", CRC press, 1999.
- [12] Echelon Co.. Neuron C Reference Guide . 1999.
- [13]Echelon Co., "Neuron C Programmer's Guide", Revision 4.