

LonWork fieldbus 기반을 가진 HVAC 공기조화기용 고성능 지능형제어모듈 개발

(A Novel Development of Distributed Intelligent Control Module Based on the LonWorks Fieldbus for Air Handling Units in the Heating, Ventilating and Air Conditioning)

홍원표*

(Won - Pyo Hong)

요 약

본 연구에서는 프랜트 및 빌딩자동제어 분야에서 적용이 확대 되고 있는 LonWorks 필드버스를 이용하여 기존의 공기조화시스템을 제어하고 있는 DDC제어기를 대체할 수 있도록 필드버스에서 사용이 가능한 고성능 저가의 지능형 제어모듈을 개발하였다. 이는 필드버스 기반의 AHU 전용 지능형제어기를 새로운 설계기술로 개발하고 상품화를 실현하였다. 특히 S/W부분에서도 8 bit Neuron chip에 매우 콤팩트하게 내재된 고성능 응용프로그램도 개발하였다. 공조기의 실험시스템을 구축하여 개발된 전용 제어기를 실험한 결과 밸브, 댐퍼제어 및 감시기능이 기존 DDC 제어기보다 우수함을 확인하였다.

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) system with 32 bit microprocessor. 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 for showing the system performance are also included in this paper.

Key words : Neuron chip, DDC(Direct Digital Control), LonWorks, fieldbus

1. 서 론

1990년대부터 제어 및 자동화제어 공정의 필드에 설치된 센서, 제어기, 모터, 밸브, PLC, 로봇, NC메신 등

의 각종 필드 장비별 간에 실시간 통신기능을 제공하는 필드버스 네트워크가 출현하였다. 필드버스는 필드에 설치된 각종 제어 및 자동화 관련 장비들에서 생성된 데이터의 실시간 통신을지원하는 디지털 직렬통신망으로 첨단 분산제어 및 자동화시스템의 네트워크 구조상 가장 기본이 되는 네트워크이다[1-3]. 필드버스란 말 그대로 산업현장(Field)이란 말에 통신(Bus)이란 말이 합쳐서 고유명사화 된 것이다. 본 연구에서 사용하는 NCS(Networked Control System)는 필드버스를 네

* 주저자 : 한밭대학교 건축설비공학과 교수
Tel : 042-821-1779, Fax : 042-821-1175
E-mail : wphong@hanbat.ac.kr

접수일자 : 2003년 10월 31일
1차심사 : 2003년 11월 14일
심사완료 : 2003년 12월 3일

조명·전기설비학회논문지 제18권 제1호, 2004년 1월

트위크 기반으로 하는 제어시스템으로 필드버스와 같은 용어로 사용하고 있다. 아날로그 4-20[mA] 신호 전송은 변조신호를 사용하는 쌍꼬임선(Twist Pair: TP)에 의해 주로 1:1로 연결되어 사용되었다. 이러한 연결 방식은 전자파 노이즈에 덜 민감하고 오류의 감지가 쉬워서 제어시스템에 많이 사용되고 있지만 수많은 전선다발, 노이즈, 열, 설치비용, 관리문제 그리고 시스템의 업그레이드의 어려움 등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결을 위해 개발된 것이 각 필드기기 간의 직렬공통버스 통신시스템인 필드버스이다. 필드버스는 배선을 획기적으로 간소화하고 제어공정제어, 공장자동화 및 빌딩자동화 등에서의 신속한 처리가 요구되는 다량의 데이터를 효과적으로 처리 할 수 있으며 필드기기의 추가나 변경이 쉽고 시스템의 형태나 배치, 구성에 유연성을 제공한다. 자동화 디바이스 사이에 데이터를 전송하여 주변장치의 사용의 편리함을 목표로 유럽에서 개발된 필드버스는 현재의 4-20[mA]를 대체하는 기술로서 새로운 자동제어 분야이다. 아날로그 전송방식에서 센서는 프로세스 정보를 하나의 전기적 신호단위인 정보캐리어로 제공되며 정보의 내용은 부가적으로 정의된다. 디지털 신호처리는 마이크로프로세서를 소지하며 물리적인 측정효과에 힘입어 비선형을 쉽게 비교하며 고정밀 측정에 대한 정확성을 가능하게 한다. 개선된 측정기술 외에 부가적인 마이크로프로세서의 응용으로 지능형센서는 측정정보 이상의 것을 제공함으로써 센서 안에서 이미 측정값의 선행처리를 만든다. 예를 들면 탱크의 기하학적인 고려 하에 수위 신호의 선형화는 이 수위 신호로부터 볼륨측정을 가능하게 한다. 이 다변수 트랜스미터(Multi-variable Transmitter)라 불리우는 새로운 개념의 센서는 주 측정값 외에 부가적인 온도 값이나 유량, 밀도, 볼륨 등의 측정값을 제공한다[6]. 필드버스기반의 지능형제어모듈을 사용에 따른 시운전, 유연한 파라메타의 최적화나 에러 진단 등의 다양한 가능성을 제공함으로써 데이터 교환을 위한 양방향 전송을 쉽게 구현할 수 있다. 기존 4-20[mA] 신호를 이용하여 양방향 데이터 전송을 하고자할 때는 케이블로 인한 I/O모듈이 많이 요구되며 가격이 상승하고 또한 디지털기술의 응용으로 얻을 수 있는 정확한 측정값이 D/A, A/D 변환기로 인하여 손실이 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 대책으로 많은 회로 설계에 따른 비용부담이 증가하게 된다[7,8]. 디지털

전송 시에는 주 측정값이 디지털로 전송되고 센서와 구동기의 연결은 하나의 버스라인에 함께 연결됨으로써 케이블절감으로 인한 I/O 모듈수가 적어지게 되어 가격적인 장점 뿐 만 아니라 지능형장비 활용으로 인한 다양한 솔루션을 얻을 수 있다. 따라서 본 연구는 기존의 32[bit] DDC(Direct Digital Control) 제어를 사용하고 있는 공기조화용 제어기를 8bit 필드버스용 칩으로 매우 저렴하고 콤팩트하게 개발하는 데 목적이 있다. 공조기는 빌딩 전력의 전기에너지 사용에 30%를 상회하고 빌딩설비의 온도와 습도 조절에 근간이 되는 설비로 그동안 DDC 방식으로 제어 되어 왔으나 필드의 제어디바이스가 증가로 I/O배선이 대폭적으로 증가하여 매우 복잡한 설비를 구축할 수밖에 없었다. 이를 효과적으로 대처하기 위하여 필드버스의 장점을 부가한 콤팩트형 필드버스기반의 새로운 제어모듈을 개발하였다. 주 프로세서는 8[bit] Neuron 칩으로 구현했으며 이 칩에 29개의 I/O를 사용할 수 있도록 설계하였다. 현재 그 성능 파악하기 위하여 실험시스템을 구축하여 실험결과를 분석하고 있으며 그 결과 매우 우수한 특성을 보이고 있다. 또한 다양한 응용프로그램을 탑재하고 있어 기존에 수행하고 있는 에너지절약프로그램은 물론이고 필드 데이터를 제공할 수 있어 빌딩설비의 센서의 코스트 절감에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

2. 제어기의 설계 및 구현

2.1 하드웨어 구조

종래에 빌딩 산업에는 일반적으로 DDC는 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 평가하고자 AHU 실험 시스템을 구축하였다. 제어네트워크는 LonWorks를 상위 Data 네트워크는 LAN를 이용할 수 있도록 i-Lon 100 서버[9]를 이용하여 Web 시스템을 구축하였다. 이 Web 서버는 PC에서 필드데이터를 모니터링하는 인터페이스 카드없이 저렴하게 구성할 수 있다

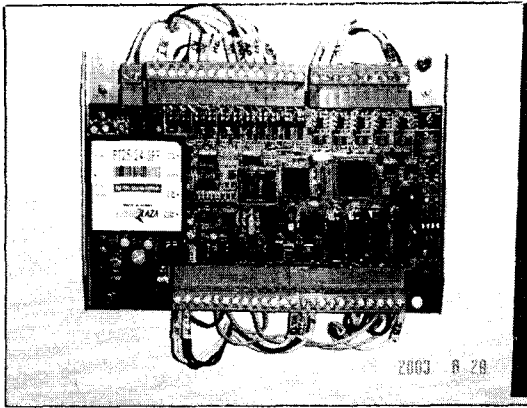


그림 1. 고성능 AHU 지능형제어 모듈
Fig. 1. Intelligent control module for AHU

기본 접점과 Scheduler가 내장되어 있어 보다 편리하게 AHU를 제어할 수 있도록 하였다. 그림 1은 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 내장되어 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"> · Analog Input : 11 · Analog Output : 5 · Digital Input : 7 · Digital Output : 4 |
| Scheduler | Real Time Clock |
| F.B. | AHU FB, Digital Scheduler RTC Controller |

2.2 소프트웨어 구성

RTC FB(Function block)에서는 현재 사용되고 있는 AHU의 제어 및 모니터링 기능뿐만 아니라 설정값 및 센서값의 조정 및 보상등도 매우 용이하게 할 수 있도록 구성하였다. 그림 2는 이 제어기에 설계되어 있는 냉난방 제어 로직의 한 예를 나타낸 것으로 이 이외에도 일반적으로 DDC에 구성할 수 있는 모든 제어 및 모니터링 로직을 포함하고 있다[10]. 그림 3은 AHU Controller Function Block을 나타낸 것으로 AHU를 운용하기 위한 전체적인 구성을 설정하는 곳이다. 사용개소에 따라 필요없는 제어기기를 쉽게 변경하여 재구성할 수 있도록 설계하였다. 여기에는 AHU의 종류, 속성 설정, 디지털 I/O, Analog 입력, 및 출력을 선택하여 사용시설의 환경에 맞게 제어하고자 하는 Sensor와 Actuator를 선택할 수 있다. 그림 4는 AHU에 내장된 모든 기능의 사용여부를 선택하고 제어설정값을 변경하며, 각각의 제어 Parameter를 변경하여 사용자가 원하는 제어를 할 수 있도록 한다.

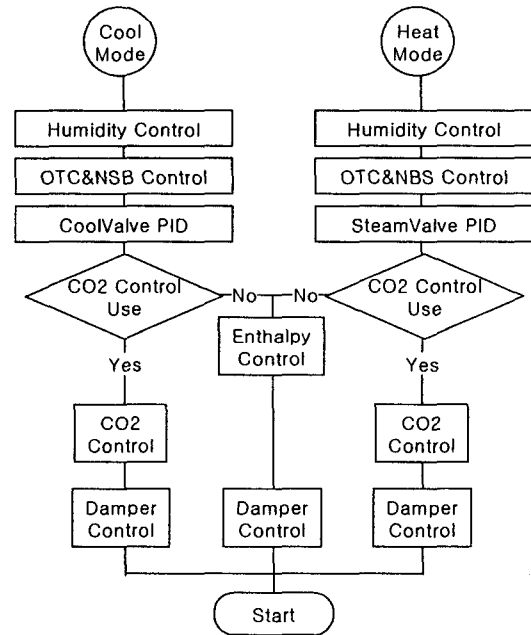


그림 2. AHU의 난방 및 냉방의 제어 로직
Fig. 2. Flow chart of control logics of AHU heating and cooling

LonWork fieldbus 기반을 가진 HVAC 공기조화기용 고성능 지능형제어모듈 개발

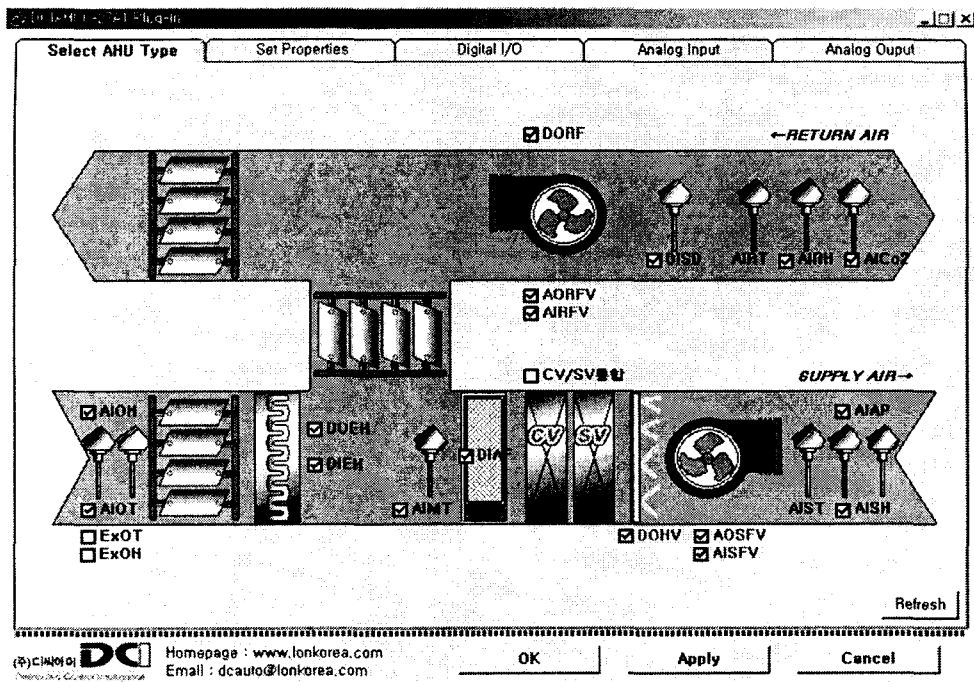


그림 3. AHU 제어기 Plug-In Guide
Fig. 3. Plug-In guide of AHU controller

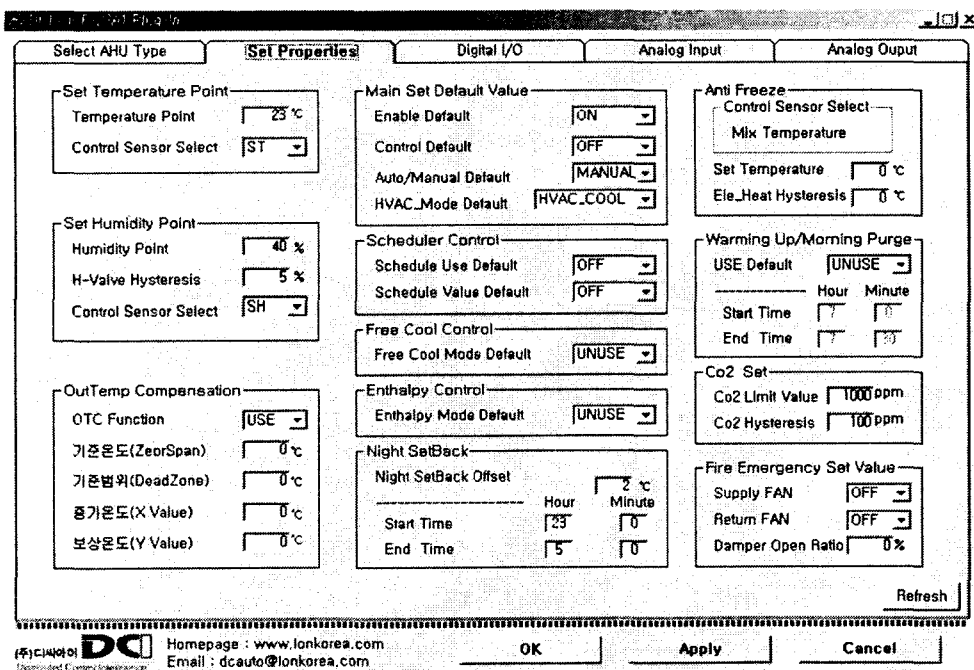


그림 4. AHU의 동작기능설정을 위한 function block
Fig. 4 Function block for setting controlling function of AHU

단, 제어 할 Sensor가 없는 경우 제어기능 부분은 자동으로 적용되지 않는다. 즉, 습도 제어에 필요한 Sensor : 습도밸브(DOHV)가 있어야 하며, 습도기준을 정하기 위한 Sensor가 하나는 존재해야 하므로 AISH와 AIRH 중 하나는 꼭 사용을 해야 습도제어를 할 수 있다.

- CV/SV 통합 : 냉/온 밸브를 하나의 밸브로 사용할 때 선택한다. 이곳을 선택하면 SV는 자동으로 없어지며, 제어 대상밸브는 CV로 변경된다.

- nciUseUnuse[2] (1=CV/SV통합사용, 0=CV와 SV 모두 사용)

- DORF : Return FAN의 사용여부이며, 사용하지 않을 경우에는 AORFV와 AIRFV I/O는 자동으로 제어대상에서 제외된다.

- 기본적으로 SF와 RF에는 DO접점(Run/Stop) 1개와 DI접점(Run/Stop상태, Trip상태) 2개는 기본 적용된다.

- Damper, Supply FAN, Supply Temp, Return Temp는 기본적으로 사용하는 장치이므로 삭제할 수 없도록 되어 있다.

- Refresh 버튼 : AHU Device에 있는 CP 값을 읽어 화면을 갱신(update)시켜준다.

3. 실험시스템 구성

LonWorks 네트워크의 특정기기를 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 뿐 만 아니라 필드버스의 장점인 선로의 wiring을

매우 콤팩트하게 구성할 수 있기 때문에 시스템 구성 후 유지관리도 매우 효과

적이어서 시스템 신뢰성이 크게 개선되는 장점을 가지게 된다. 그림5는 이 실험장치의 블럭다이어그램을 나타낸 것이다. 여기에 i-Lon 100은 web server로 LonWorks 네트워크에서 제어 및 모니터링한 데이터를 Web 기반제어를 가능케하는 장치이다.

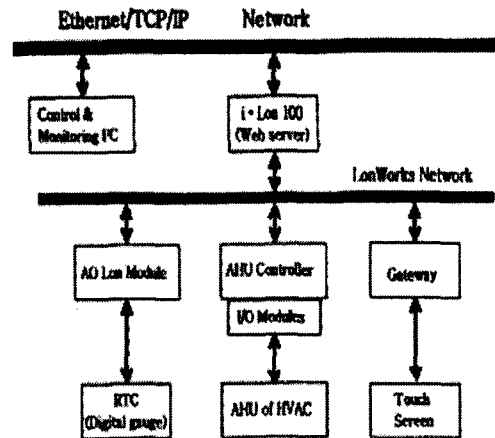


그림 5. 실험시스템 블럭다이어그램
Fig. 5. Block diagram of experimental system

3.1 AHU 제어로직에 의한 실험

중앙감시반에서 급기팬을 기동시키면 공조가 시작되며 크게 밸브제어와 댐퍼제어 및 모니터링과 센서로 그림 5와 같이 구성하였으며 각각의 항목에 대한 설명은 아래와 같다.

(1) 공기내의 밸브제어는 아래와 같다.

가) 냉난방밸브: 환기덕트(또는 room)에 설치된 온도 감지기의 검출온도에 의하여 냉난방밸브를 비례제어하여 실내온도를 일정하게 유지시킨다.

나) 가습제어 환기덕트 또는 실내에 설치된 습도 감지기의 검출습도에 의하여 가습밸브를 비례, ON-OFF제어 하여 실내 습도를 일정하게 유지시킨다.

다) 예열밸브 : 외기덕트에 설치된 온도감지기의 검출온도에 의하여 예열밸브를 비례제어하여 동파방지를 담당한다. 본 연구에서는 S/W만 구성하여 실험이 가능하도록 하였다.

라) 재열밸브 : 실내에 설치된 온도감지기의 검출

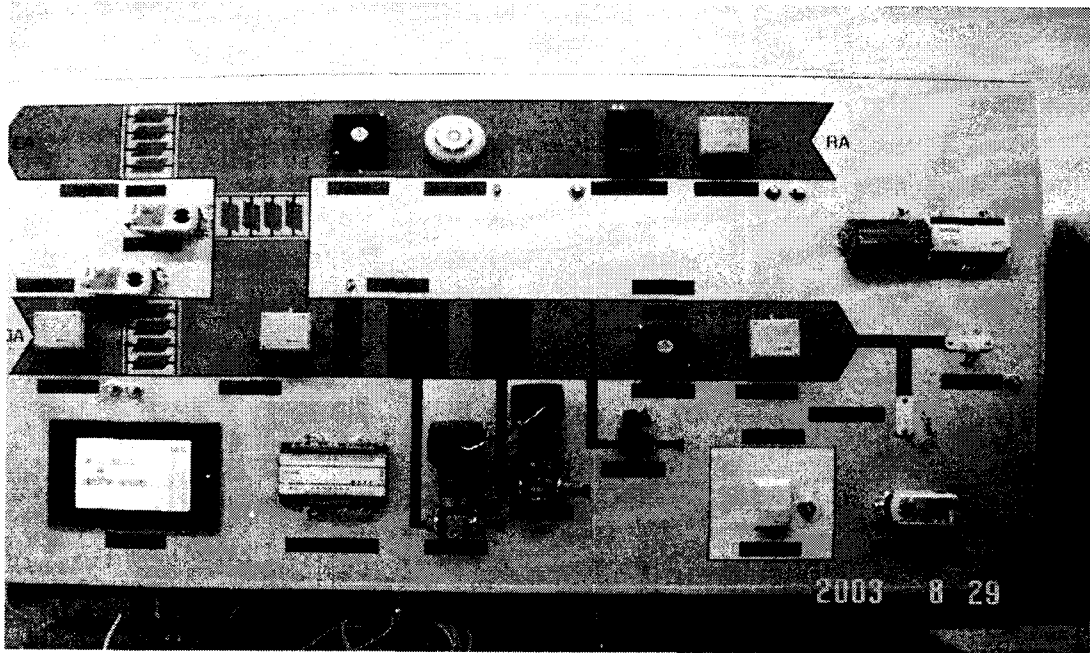


그림 6. AHU 실험시스템 전경
Fig. 6. View of AHU experimental system

온도에 의하여 재열밸브를 비례 제어하여 실내온도를 일정하게 유지시킨다.

마) 냉난방밸브 : 급기덕트에 설치된 온도감지기의 검출온도에 의해 냉난방밸브를 비례제어하여 토출공기 온도를 일정하게 유지시킨다.

(2) 공기조화기내 댐퍼제어는 아래와 같다.

가) 환절기시 : 외기, 배기, 환기 댐퍼는 엔달피제어에 의한 상호 연동 비례 제어

나) 동하절기 : 외기, 배기댐퍼는 최소개도치 open, 환기댐퍼는 역동작.

다) 워밍업시 : 외기, 배기댐퍼는 Full close, 환기 댐퍼는 Full open 되어 실내일정온도도달까지 유지 후 동절기 동작을 취함.

라) 외기댐퍼 비례제어 : 환절기 외기냉방시 환기 덕트에 설치된 온, 습도 감지기와 외기에 설치된 외기 온, 습도감지기와 엔달피를 연산 비교하여 외기 엔달피가 실내 엔달피보다 낮을 경우 엔달피제어로 에너지절약 및 실내상태를 쾌적하게 유지시킨다.

마) 환기덕트에 설치된 이온 감지기(SD)는 연기가 감지되면 급기팬을 정지시키고 중앙 감시반에 화재

경보 신호를 보낸다.

(3) 급기팬 정지시 아래와 같이 정상(Normal) 상태를 유지한다.

- 가) 환기팬 : Off,
- 나) 냉방밸브 : Closed, 난방밸브 : Closed
- 다) 기습밸브 : Closed
- 라) 외기댐퍼 : Closed, 배기댐퍼 : Closed
- 마) 혼합댐퍼 : Open, 예열밸브 : Open
- 바) 재열밸브 : Closed

(4) 컴퓨터와 Touch screen에 의한 중앙감시반은 아래와 같은 사항을 관제한다.

- 가) 급기팬 기동/정지 및 운전 상태 감시
- 나) 환기팬 기동/정지 및 운전 상태 감시
- 라) 필터차압감시 및 상태감시
- 마) 화재경보 감시
- 사) 환기 온습도 감시
- 아) 실내온도 감시
- 자) 혼합기 온도감시
- 아) 급기 온, 습도 감시

(5) VAV(variable air volume) 공기조화기의 구현

할 수 있는 제어로직 기능(inverter 제어기능)

3.2 실험항목을 통한 AHU 제어기 성능평가

본 연구실에서 설치 운전 중인 AHU의 실험장치는 3.1의 제어 실험항목을 시험 한 결과 제어기는 전 실험항목에서 우수하게 동작했으며 현재 대학원 자동제어 실험과 학부 BAS 실험 장치로 사용하고 있다. 현장에서 오퍼레이터가 제어 및 설정을 할 수 있도록 Touch screen 실험항목에 대한 연구를 계속하고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 프랜트 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. 이는 필드버스 기반의 AHU 전용 지능형제어기를 새로운 설계기술을 개발하고 상품화를 실현하였다. 특히 S/W부분에서도 8[bit] Neuron chip에 매우 콤팩트하게 내제된 고성능 응용프로그램도 개발하였다. 이 제어기의 성능을 시험하기 위하여 실험시스템을 구축하고 다양한 실험을 수행하였으며 아래와 같은 결론을 도출하였다.

(1) 빌딩자동제어의 공기조화기에 적용할 수 있는 필드버스 기반의 8[bit] Neuron chip를 이용한 전용제어기를 개발하였다.

(2) 이 제어기는 응용프로그램을 매우 콤팩트하게 구성하는 새로운 기술을 적용하여 사용자에게 제어 디바이스의 속성결정, 제어설정 및 AHU type 선정 등을 매우 간편하게 실현할 수 있도록 하였다.

(3) 이 개발된 제어기는 기존의 32[bit] DDC 시스템을 대체할 수 있는 성능을 가지고 있어 공조 제어시스템 구성 시 제어선로가 간소화되고 시공 및 유지보수가 매우 용이하여 저렴한 제어시스템 구축이 가능하게 되었다.

앞으로 touch screen 노드를 구성하는 연구와 함께 새로운 지능형 알콜리즘을 탑재하기위한 연구도 수행할 예정이다.

The authors wish to thank the Electrical Engineering & Science Research Institute and Hanbat National University for their support in producing this paper.

References

- [1] W.P. Hong, " Implementation of Open Network and Building Management System for Intelligent Building Control system" Journal of KIIE, Vol. 17, No.1, pp.52-65, 2003.
- [2] S.H. Hong" Trend of Fieldbus Technology",Journal of ICASE Vol. 3, No. 11, pp. 13-18, 1998.
- [3] WP Hong, " Integration Trend of Intelligent Building System in view point of Open Building Automation System", Journal of KIIE, Vol. 14, No. 2, pp. 13-27, 2000.
- [4] MFurutsuki, et al., " Network Based Control System Suitable for Distributed Water Treatment Facility", SICE 2002 Aug.5-7, Osaka, pp. 3122-3126, 2002.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [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 Reporter II,,2003.
- [8] P. Madan," Overview of Control Networking Technology", The white Paper of Echelon Co.
- [9] Echelon Co., "i-LON 100 Internet server user guide", <http://www.echelon.com>.
- [10]V. Boed< "Control Automation for Facilities Managers: application Engineering", CRC press, 1999.
- [11] Echelon Co., Neuron C Reference Guide , 1999.
- [12]Echelon Co., "Neuron C Programmer's Guide", Revision 4.

◇ 저자소개 ◇

홍원표 (洪元杓)

1978년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979-1980년 한전전력연구원 선임연구원. 현재 한밭대학교 건축설비공학과 교수. 본 학회 편수이사, 설비공학회 에너지분과 위원회 위원.