

다동온실의 복합환경 제어를 위한 시스템 개발¹⁾

고학균 · 이대원* · 최창현* · 김채웅* · 김재민* · 권영삼** **

서울대학교 농공학과,

성균관대학교 *생물기전공학과, **원예연구소

Development of a System for Hybrid Environmental Control in the Multi-Greenhouses

Koh, Hak Kyun · Lee, Dae Weon* · Choi, Chang Hyun*

Kim, Chai Woong* · Kim, Jae Min* · Kwon, Young Sam**

Dept. of Agr. Eng., Seoul Nat'l Univ.

Dept. of Bio-Mechatronic Eng., Sung Kyun Kwan Univ.*

National Horticulture Institute**

Abstract

A Hardware system of hybrid environmental control was developed for using it in the multi-greenhouse. Now, an on/off control system is most utilized in protected cultivation, but a hybrid environmental control system is not yet. This system consists of a hardware to be divided by physical elements and a software for the hardware, a personal computer, a hybrid environmental control and a communication program for modules.

The hardware was made of several independent modules with independent CPU. Each module was made to slots, which are very convenient to mount and take off. Also, they are managed easily to repair, add, remove, and change of their function and expansion. The software for a personal computer was a menu driven program written in visual basic within a Windows environment for easy applications by a user. The hybrid environmental control software have operating factors operate continuously with temperature, humidity and others in greenhouse. Communication programs were used both 485 communication method for long distance communication between modules and CRC communication method for making easy to program, and less errors between personal computer and modules.

주 제 어 : 복합 환경제어, 하드웨어, 소프트웨어

Key words : hybrid environmental control, hardware, software

¹⁾ 이 논문은 1995년도 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

서 론

온실 환경제어를 위한 기술이 매우 빠르게 발전하고 있지만, 이를 제어하기 위한 시스템은 주로 온오프(On/Off)제어용 제어시스템이다. 지금까지 개발된 하드웨어를 보면, 각 입출력 단자는 하드웨어의 일정한 장소에 고정되어 있다. 그러므로 각각의 단자나 센서의 고장이 발생할 경우에 교환하거나 수리하는 과정에서 많은 어려움을 가지고 있다. 또한 같은 시스템을 가지고 다른 온실, 혹은 그로스챔버(growth chamber)등에 사용할 경우 시스템 전반에 걸친 수정 혹은 교환이 불가피하다. 뿐만 아니라 소프트웨어의 개발과정에서도 기존의 시스템에서 조그만 변화나 용도 변경이 필요할 경우에도 상당부분의 수정, 추가 및 삭제가 필요하며, 일반 사용자가 직접 변경하는 것은 거의 불가능하다.

본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해서 하드웨어 각 부분의 탈부착과 교체 및 수리가 용이하도록 모듈화하였고, 각각의 모듈에 독립적인 CPU를 부착하여 다른 모듈과의 영향을 최소화할 수 있는 독립적 구조로 설계하였다. 소프트웨어에서도 시스템의 수정, 추가, 삭제 등의 변화가 있을 경우에 사용자가 개인용 컴퓨터(PC)를 이용하여 유동적으로 변경할 수 있게 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 데이터의 입출력을 해주고 작동기기를 위한 콘트롤러(Controller)가 부착된 하드웨어와 사용자가 PC를 이용해서 각 하드웨어의 설정치를 지정 및 변경할 수 있는 제어용 소프트웨어로 구성하였다. 또한, 제어용 소프트웨어는 수집된 데이터를 받아보고 저장할 수 있으며, 직접 수동으로 작동기기를 제어할 수 있는 시스템 구동 소프트웨어, 그리고 PC와 모듈, 모듈과 모듈사이에 통신을 하여 데이터를 주고받을 수 있는 통신프로그램으로

구성하였다.

본 시스템의 기본구조는 그림 1과 같고 각각 독립적인 모듈구조로 되어있으며, 하나의 메인 모듈에 여러 개의 서브모듈을 연결할 수 있도록 구성하였다. 하나의 메인모듈에 각 8개의 서브모듈을 연결시킬 수가 있으며, 서브모듈이 어떠한 용도인지에는 상관없이 슬롯형태로 제작하여 확장 및 탈부착에 용이하도록 하였다.

메인모듈의 CPU는 80c196, 서브모듈의 CPU는 87c51을 사용하였다. 메인모듈은 부팅(Booting)시에 필요한 부팅용 ROM과 수집 자료를 일시 저장하는 RAM이 있다. 자료저장 RAM은 환경설정치와 각 모듈의 특성을 나타내는 각 단자의 모듈내 번지가 입력되어 있는 RAM과 각종 데이터를 수집해주는 RAM(Data Gathering RAM)으로 구성하였다. 각 메인모듈과 연결되는 서브모듈은 하나의 제어블록으로 분리시킬 수 있도록 하였다. 특히 본 연구에서 개발된 시스템은 다동온실의 제어 또는 다량의 센서입력과 작동기기의 출력이 필요로 할 때는 모듈의 수에 제한을 받지 않고 쉽게 확장시킬 수 있도록 하였다.

소프트웨어는 시각적 효과가 좋고 사용자의 편리성을 위하여 윈도우용 프로그램을 사용하였다. 프로그램 구성은 현재의 온실상황을 한 화면에 모두 보여줄 수 있는 실시간 환경상황 모드와 수집된 자료를 시간과 종류별로 열람 및 저장할 수 있는 자료수집모드, 그리고 환경설정모드, 하드웨어설정모드, 수동모드로 구성하였다. 하드웨어 설정모드에서는 각각 고유의 번지만을 가지고 있는 각종 모듈 종류와 사용범위 및 방법 등을 설정해 줄 수 있으며, 하나의 모듈만을 확장, 교환 또는 용도 변경시에는 이 모드에서 변경이 요구되는 모듈의 번지만을 지정하여 변경하면 되도록 설계하였다.

시스템에서는 환경제어 로직(Logic)을 RAM에 입력시켜 설정치에 따라서 각종 작동기기를 자동으로 동작시키도록 하였다. 사용한 제어로직은 기존의 방식처럼 작동기별 환경 설정이 아닌 온실 전체의 온습도를 기준으로 시퀀스 제어를 하였다. 다동온실의 경우에 제

어 로직을 독립된 메인모듈에 저장시켜 각각의 다른 환경설정치와 입출력인자에 구애를 받지 않고, 독립적인 환경제어를 할 수 있도록 하였다. 그림 2는 환경제어 로직의 기본 구성을 나타낸다.

데이터의 송수신을 위한 통신프로그램은 RS232 통신과 485통신을 사용하였고, 각 메인모듈에는 SIO 통신칩을 부착하여 원활한 통신이 이루어 질 수 있도록 하였다. 각 메인모듈의 연결시 순서에는 상관이 없으며, 각각을 직렬로 연결시키고 각 모듈의 고유번호를 지정해 주면 PC와 연결되어 있는 메인모듈을 통해서 각 모듈의 자료를 받아볼 수 있도록 하였다.

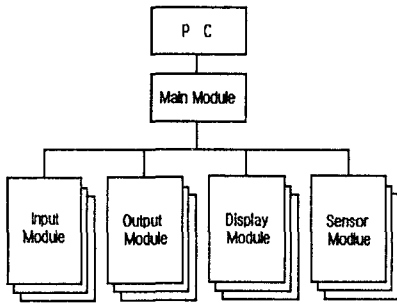


Fig. 1. Basic constructure of the system

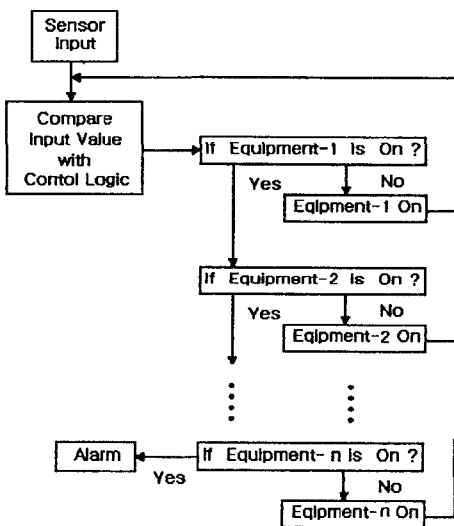


Fig. 2. Basic concept of the environmental control logic

소프트웨어 개발

시스템의 소프트웨어는 PC를 통한 시스템 구동용 소프트웨어, 하드웨어 RAM에 저장시켜놓는 하드웨어 구동용 소프트웨어, PC와 하드웨어 또는 하드웨어와 하드웨어간의 원활한 자료의 송수신을 위한 통신 소프트웨어, 환경제어 로직 구동용 소프트웨어로 분류할 수 있다. 환경제어 로직 구동용 소프트웨어는 추가 및 변경사항이 있을 때 MODEM등을 통하여 수정할 수가 있다.

1) PC용 소프트웨어

PC용 소프트웨어는 비주얼베이직(Visual Basic)을 사용하여 윈도우용 프로그램을 개발하였다. 윈도우용 프로그램은 시각적 효과가 뛰어나며, 제작시에 설계, 작성 및 수정이 용이하며 사용자가 사용하기에 편리하기 때문에 본 연구에서도 사용자가 윈도우용 프로그램을 이용할 수 있도록 하였다. 제작한 PC용 소프트웨어의 기본 구성은 그림 3과 같다.

a. 초기화면

처음에 직렬포트 번호를 선택할 수 있게 하였고, 그 후에 여러 가지 모드를 선택할 수 있는 메인화면이 나온다. 모드의 종류는 현재상황, 자료수집, 환경설정, 하드웨어 설정, 도움말 모드로 분류할 수 있다.

b. 현재상황 모드

현재 온실의 환경 및 생체정보자료 그리고 작동기기들의 동작상태들을 한 화면에서 모두 볼 수 있다. 온실내부의 실내 센서 입력값들과 외부 기상을 나타내는 외부환경 센서 입력값들을 표시하여 주고 있다.

작동기기 동작상태는 창 종류와 커튼등 개폐

의 동작을 하는 것들은 "열림" 또는 "닫힘"으로 표시를 해주고, 나머지는 "동작" 또는 "멈춤"으로 표시해 주도록 하였다. 동작기기의 동작상태를 나타내주는 표시란은 색을 두가지로 분류하여서 그 동작기기가 수동모드인지, 자동모드인지를 쉽게 알 수 있도록 하였다. 또한 작동기기들의 동작상황을 글자로만 표시하지 않고 그림으로 단순화함으로써 현재 상황을 쉽게 알아 볼 수 있도록 하였다. 현재상황 모드의 화면은 그림 4와 같다.

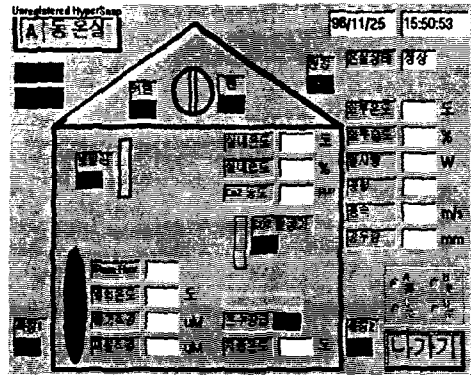


Fig. 4. Monitor Screen of PC for real-time mode

c. 환경예약 모드

기존 시스템의 경우 환경설정은 각 작동기기 별로 온도와 시간을 설정해 주는 방식이었다. 그러나 본 연구에서는 온실내 환경을 기준으로 환경설정을 하도록 구성하였다. 온실내의 환경은 실내 온도와 습도를 기준으로 제어하도록 구성하였으며, 제어인자로서는 실내 최고온도와

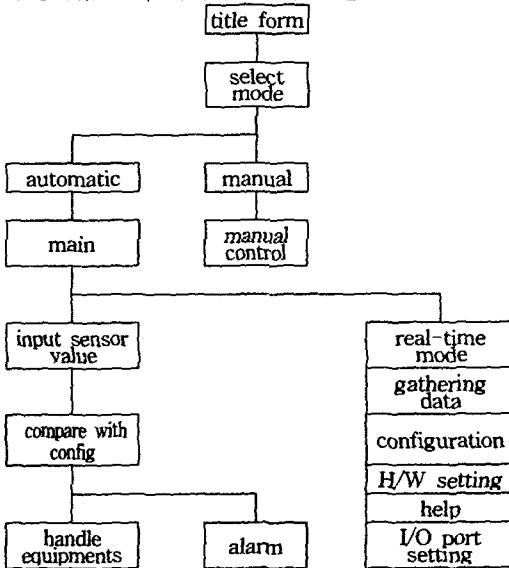


Fig. 3. Basic structure of the software for PC

최저온도, 실내 최고습도와 최저습도가 있다. 이러한 예약값들은 환경제어 로직에 의하여 실내 온도와 습도를 적정 수준에서 유지될 수 있도록 하였다.

최대허용풍속을 설정함으로써 천창을 포함하는 모든 창종류의 개폐가능 여부를 결정할 수 있도록 하였으며, 측창개폐 허용풍속을 따로 설정할 수 있도록 하여 바람의 세기에 영향을 많이 받는 측창의 개폐여부를 결정할 수 있도록 하였다. 또한 강우시 허용풍속을 설정하여 비가 오는 경우에 온실내로 비가 들어오지 않도록 하였다. 식물 뿌리부분의 적정한 온도 유지를 위하여 적정 지중온도를 설정할 수 있으며, 지중온도가 설정치 이하인 경우에는 온수를 공급하도록 하였다.

예약값들을 입력시킨 후에 설정 버튼을 누르면, 해당하는 온실에 있는 콘트롤러의 RAM에 저장되고 환경제어 로직에 의하여 온실의 환경을 제어할 수 있도록 하였다.

d. 자료보기 모드

환경정보 및 생체정보의 수집간격은 사용자가 임의로 조정할 수 있다. 또한, 한 화면에 표시되지 않은 수집된 정보들은 수직 스크롤바와 수평 스크롤바를 이용하여 원하는 위치에 있는 자료를 빠르게 탐색하여 열람할 수가 있도록 하였다. 온실의 상황이 제어 로직의 범위를 벗어나거나, 정전 등의 특정 상황에 의하여 온실내에 경보가 발생하였을 때는 그 경보의 유무를 저장하였다가 각 시간대별로의 온실 상황을

표시하도록 하였다.

자료보기 모드는 현재 축적되어 있는 상황의 열람이외의 기능들을 수행할 수 있는 서브모드들을 포함하고 있으며, 그 종류는 구간보기 모드와 동작상황 모드, 자료저장 모드, 파일보기 모드가 있다.

특별한 지정이 없을 경우, 자료보기 모드는 현재 시간을 기준으로 하루동안의 자료를 보여 주게 된다. 구간보기 모드에서는 하루 이전의 자료 또는 원하는 일부 구간만을 열람할 수 있다. 한 번에 약 6만줄의 자료를 읽어올 수가 있기 때문에 자료수집 간격을 10분으로 하였을 때, 8개월간의 자료를 한꺼번에 열람할 수가 있다.

동작상황 모드에서는 일정기간의 센서값 이외에도 작동기기의 동작상황을 나타내줄 수 있다. 각 측정시간으로부터 측정되는 간격별로 작동된 작동기기명과 그 작동기기의 동작상태를 표시해 준다. 작동기기들의 동작상황과 각종 센서값들의 자료들을 비교, 검토함으로써 온실의 상황이 사용자가 원하는 대로 유지, 작동되고 있는지를 확인할 수 있다.

자료저장 모드와 파일보기 모드에서는 현재 열람하고 있는 자료들을 파일로 저장시킨 후 원할 때에 그 파일을 불러와 열람할 수가 있다. 온실의 각종 자료들을 날짜별로 구분하여 저장해 놓으면 편리하게 데이터 검색 및 분석을 할 수 있다.

e. 수동모드

환경제어 로직에 의한 제어가 불가능한 경우, 사용자는 제어용 PC를 이용하여 온실내 작동기기를 직접제어할 수 있도록 하였다. 창은 열림 또는 닫힘 중에 작동기기를 멈출 수 있게 하여 전개나 전폐의 상황이 아닌 경우의 제어도 가능하도록 하였다. 또한 창의 수동 개폐시 갑작스러운 모터의 반전을 방지하기 위하여 "열림" 중에는 "닫힘"을 "닫힘" 중에는 "열림"을 사용할 수 없도록 구성하였다. 하드웨어적으로는 각종 창에 리미터스위치를 장치하여 수동동작

시 전개나 전폐가 되었을 때 특별한 동작을 가지지 않아도 자동으로 멈추게 하였다.

f. 하드웨어 설정모드

환경제어 로직에 사용되는 자료나 온실내의 작동기기 동작에 필요한 간단한 옵션들을 설정해 줄 수가 있다. 또한 하드웨어가 가지고 있는 고유번지에 따른 용도와 사용범위, 사용방법, 개수 등을 지정할 수 있게 하였다.

정전시 온실내의 최고온도와 최저온도를 설정하여 비상동력을 이용하여 온실을 제어할 때에 정상적인 상태보다 작은 온도폭을 가지고 최소한의 작동기기를 동작할 수 있게 하여 전력의 소비를 최소화하였다. 창의 작동시에 한번 움직일 때의 작동시간을 표시하여서 온실내의 환경을 좀더 점진적이고 효과적으로 제어할 수 있게 하였다. 창의 제어시에 실내의 온도차를 3단계로 구분하여서 환경제어 로직을 한 번 수행할 때 필요한 시간을 설정해 주도록 하였다. 또한 자료수집 주기를 사용자가 직접 설정하게 하여서 자료의 수집간격을 필요에 따라서 길거나 짧게 해 줄 수 있게 하였다.

작물의 광합성은 빛의 영향이 가장 크다. 따라서, 본 연구에서는 일출시간과 일몰시간을 보름 간격으로 입력을 시켜서 커튼의 작동을 유도할 수 있게 하여 식물의 광합성을 최대화할 수 있게 하였다.

하드웨어상의 각종 입출력단자들의 번지별로 그에 따른 특성을 설정해 줄 수 있게 하여서 하드웨어에서 변경이 있을시에 복잡한 수리를 하지 않고도 소프트웨어적으로 극소 부분만을 수정 또는 추가하여 변경된 시스템에 직접 사용할 수 있게 하였다.

2) 환경제어 로직의 개발

환경제어 프로그램은 PC로 프로그램하여 하드웨어의 RAM에 저장시켜 작동시킨다. 하드웨어 설정모드에서 설정해주는 제어주기에 맞

추어서 한 번씩 각종 제어장치를 제어한다. 본 연구에서 사용되는 제어방식은 온실내의 온도와 습도만을 제어해 주는 시퀀스제어 방식이다. 환경설정 모드에서 설정해 주는 최고온도, 최저온도, 최고습도, 최저습도를 이용하여 적정 온습도가 유지될 수 있도록 구성하였다.

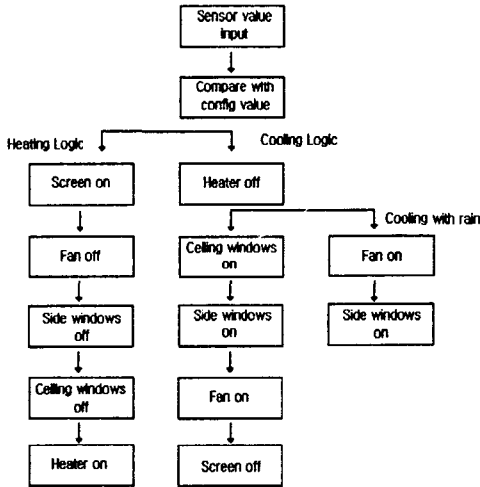


Fig. 5. A Control order of the hybrid environment

그림 5는 온실 환경의 제어순서를 나타낸다. 센서로부터 입력받은 실제값들을 설정치들과 비교를 한 후 온도와 습도 모두가 적정치에 있으면 그대로 제어 로직을 빠져나가도록 하였다. 제어의 종류는 크게 고온고습, 저온, 적온저습, 적온고습일때로 구분하였다. 제어 로직을 다 수행한 후에도 온실상태가 원하는 적정상태가 이루어지지 않았을 때에는 경보를 발생시키며, 이를 사용자가 알 수 있게 하여 필요한 조치를 취할 수 있도록 하였다. 또한 지중온도 비교에 의한 지중온도의 가온과 일출 및 일몰 시간에 따른 커튼의 개폐에 관한 로직을 실내의 온습도 제어 로직과 별도로 하였다.

통신프로그램 개발

온실의 환경제어 시스템에서 통신프로그램은

필수적이라 할 수 있다. 센서값들과 작동기기 동작신호를 하드웨어에서 주고 받아야 하며 사용자가 PC에서 하드웨어와 각 온실의 상황들, 그리고 수집된 자료의 열람 및 편집을 위해서는 반드시 원활하게 통신이 되어야 한다. 이 연구에서는 통신을 수행할 때 비교적 빠른 속도를 요구하지 않기 때문에 비동기 시리얼 통신을 사용하였다. 통신의 기본사양을 표 1에 나타내었다.

Table 1. Basic contents of a communication

Contents	Description
Baud Rate	9600 BPS
Parity Bit	None
Data Length	8 Bit
In Buffer Size	500 Byte
Out Buffer Size	500 Byte
RThreshold	1
Stop Bit	1 Stop Bit
Protocol	Z-Modem Protocol
Error Check	CRC or BCC etc.

통신프로그램을 행함에 있어서의 기본적인 구성은 헤더(Header)와 데이터 블록, 그리고 에러체크 신호로 되어있다. 1회 전송에 헤더를 포함하여서 500바이트(Byte)가 넘지 않도록 하여 전송도중에 발생하는 자료의 손실을 최소화시키고, 에러체크를 정확하고 빠르게 할 수 있도록 하였다. 전송도중에 1 비트(Bit)라도 손실이나 변형이 발생되면 온실내에 심각한 사태가 생길 우려가 있기 때문에 에러체크에 신중을 기해야 한다.

에러체크 방식의 종류는 PC와 하드웨어 사이에는 작성이 쉽고 단거리 통신에 유리한 CRC 에러체크를 사용하였고, 하드웨어와 하드웨어 사이에는 장거리 통신에 유리한 BCC 에러체크를 사용하였다. CRC나 BCC 모두 32비트로 체크해 주어서 헤더나 데이터 블록 뒤에 4 바이트로 전송해 주었다.

통신중에 헤더의 시작을 알리거나 데이터 전송의 끝을 알리는 등의 특수문자와 순수 데이터 사이에 혼돈을 막아주기 위하여 데이터 전

송시에 특수문자 체크를 해 준다. 다른 문자로 바꾸어서 전송을 해주고 바뀐 문자 앞에는 특수문자라는 신호를 해 주는 또하나의 특수문자를 추가해 주어서 원래의 데이터와 특수문자간의 혼돈을 피하도록 한다. 수신측에서는 이러한 신호를 받았을 때에 바뀐 데이터를 원래의 값으로 복원하여서 사용하게 된다. 헤더에는 자료의 종류와 위치를 알리기 위하여 메인(Main) 콘트롤러의 번호와 모듈번호, 모듈내의 단자 번호를 지정해 줄 수 있도록 하였다. 헤더의 종류는 총 6가지를 사용하였으며, 필요에 의해서 더 추가할 수 있다. 헤더의 종류와 그 사용용 표 2에 나타내었다.

Table 2. Kinds of a header

No.	Kind	Purpose	Direction
0	ZRQINIT	Start of a communication	Pri.>Sec.
1	ZRINIT	A success receipt a ZRQINIT	Pri.<=Sec.
3	ZACK	A success receipt data	Pri.>Sec.
6	ZNAK	A failed receipt data	Pri.<>Sec.
18	ZCOMMAND	Send and receive in host and receiver	Pri.<>Sec.
8	ZFIN	Finish a communication	Pri.>Sec.

하드웨어 개발

제작된 하드웨어의 특징은 크기가 작고 경량이기 때문에 설치 및 이동시에 편리하고 무정전 전원장치(UPS) 기능을 이용하여서 갑작스러운 정전시에 작물의 피해를 최소화시킬 수 있다. 이 외에 본 하드웨어의 가장 큰 특징으로는 각 부분을 모듈화 시켜 제작함으로써 제작 및 수리, 확장이 용이하다는 것이다. 제어 박스의 내부가 그림 10에 나타나있다.

각 모듈에는 독립된 CPU를 장착하여 별도로 운용이 되며 각 모듈사이에서는 통신프로그

램을 이용하여 정보를 입출력시키기 때문에 통신프로그램의 변화가 없다면 각 모듈의 역할과 범위 등의 더 많은 독립성과 확장성을 가진다. 각 메인모듈에는 입력모듈, 출력모듈, 센서모듈, 디스플레이모듈이 연결되어 있으며, 각 모듈에는 통신칩이 부착되어서 각 모듈사이의 정보교환을 원활하게 하였다. 각각의 입출력 단자들은 그들을 포함하는 하나의 그룹단위로 구성되며 각자의 고유번지를 가지고 구동 소프트웨어에서 지정해주는 데로 입출력을 담당한다. 소프트웨어 상에서 사용할 단자의 개수를 지정해 줄 수 있으므로 현재 사용하지 않는 단자에 메모리를 할당하지 않아도 된다. 따라서 기존의 시스템보다 더 많은 자료를 한번에 저장할 수가 있다. 하드웨어의 각 부분이 모듈화 되어 있고 각 모듈에는 독립된 CPU가 장착되어 있으므로 시설의 크기나 규모, 용도에 따라서 하드웨어의 크기와 용량이 정해진다. 따라서 호환성이 뛰어난 뿐 아니라 가격면에서도 경제적이라 할 수 있다. 각 모듈에 있는 원칩은 완전 독립적이어서 다른 모듈들간의 간섭을 줄일 수가 있다. 각 모듈의 위치와 순서에는 상관없이 제작이 되었으며 향후에 하드웨어용 프로그램의 수정 및 추가사항이 있을 때 쉽게 만들어서 원거리로 보낼 수가 있다.

전원이 갑작스럽게 끊겼을 경우에 별도로 제작되는 특정제어모드로 전환이 되어서 반드시 필요한 작동기기만을 제한하여 동작을 시키도록 하였다. 온도에 민감한 작물의 생장에 있어서 이러한 정전등의 비상시에 구동되는 시스템과 특정제어모드는 반드시 필요하며, 특정제어모드로 전력소모를 최소화시킬 수 있다.

적 요

본 연구에서는 다동온실내 작물의 생체정보와 실내의 환경요인의 정보를 얻기 위하여 복합환경제어용 시스템을 개발하였다. 이를 원에 원구소에 설치하여 작동이 잘되는 것을 확인하였다. 앞으로 복합환경제어가 될 수 있도록 작

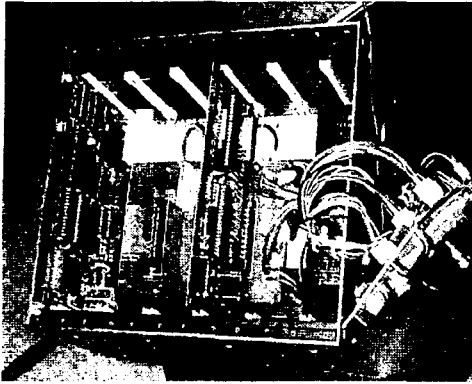


Fig. 6. Inside view of a control box

물에 대한 온실의 환경 및 생체정보에 관한 연구가 필요할 것이다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 하드웨어는 각 기능별로 완전한 독립구조로 된 모듈형태로 구성이 되며, 각 모듈이 슬롯형태로 제작되어 수리 및 수정이 용이하고, 이동이 편리한 장점을 가지고 있다.
2. PC에서 통신을 통하여 시스템의 규모를 조절할 수 있으며, 각 입력력 단자의 기능 및 범위를 조절할 수 있다. 또한 각 제어 블록 사이에도 통신이 가능하여 유동성과 확장성이 뛰어나다.
3. 환경제어 로직은 기존의 시스템에서 사용되었던 타이머를 이용한 작동기별로의 제어가 아닌 온실전체의 온도와 습도를 위주로 하여 시퀀스 제어를 하도록 구성하였다.

인용문헌

1. 경북대학교 농과대학. 1995. 원예작물 현대화시설 환경조절장치 및 제어기술 개발. 농촌진흥청 과제 2차년도 계속 보고서.
2. 권영삼. 1995. 국내 원예시설의 유형별 특성 및 발전방향. 한국시설원예연구회 국내의 원예시설의 특성과 시스템에 관한

- 심포지엄. pp. 109 - 125.
3. 권영삼. 1996. 온실환경조절의 현황과 전망. 영남대 농업기계화 학술 세미나.
 4. 나종래, 문세홍, 유영재. 1991. 인텔 8096 구조와 설계. Ohm사.
 5. 서원명, 민영봉. 1990. Microcomputer를 이용한 Greenhouse의 온도제어 System 개발에 관한 연구. 한국농업기계학회지 12 : 16-27.
 6. 송현갑, 금동혁, 류관희, 이기명, 이종호, 정두호. 1993. 시설원예자동화. 문운당.
 7. 안정거. 1991. 데이터 통신 개념. 정익사.
 8. 한국시설원예연구회. 1995. 「국내의 원예시설의 특성과 시스템에 관한 심포지움」 발표문.
 9. Jacobson, B.K., J.W. Jones and P.H. Jones. 1987. Tomato greenhouse environment controller :Real-time expert systems supervisor. ASAE. paper No. 87-5022.
 10. Parsons. J.E., J.L. Dunlap., J.M. Mckinion, C.J. Phence and D.N. Baker. 1980. Microcomputer-Based Data Acquisition and Control Software for Plant Growth Chamber (SPAR System). Transactions of the ASAE. 23(3) : 589-595.
 11. Perter Norton. 1995. Peter Norton's Visual Basic for Windows. 영진출판사.
 12. Timothy S. Monk. 김종환역. 1995. 윈도우즈 시리얼 커뮤니케이션. 인포북.