

네트워크를 이용한 온실 감시 시스템의 개발

Development of a Greenhouse Monitoring System Using Network

임정호	류관희	진재용
정희원	정희원	정희원
J. H. Lim	K. H. Ryu	J. Y. Jin

ABSTRACT

This study was carried out to design, construct, and test a greenhouse monitoring system for the environment and status of control devices in a greenhouse from a remote site using internet. The measuring items selected out of many environmental factors were temperature, humidity, solar radiation, CO₂, SO_x, NO_x concentration, EC, pH of nutrient solution, the state of control devices, and the image of greenhouse. The developed greenhouse monitoring system was composed of the network system and the measuring module. The network system consists of the three kinds of monitors named the Group Monitor, the Client Monitor and the Server Monitor. The results of the study are summarized as follows.

1. The measuring module named the House Monitor, which is used to watch the state of the control device and the environment of the greenhouse, was developed to a embedded monitoring module using one chip microprocessor.
2. For all measuring items, the House Monitor showed a satisfactory accuracy within the range of $\pm 0.3\%FS$. The House Monitors were connected to the Group Monitor by communication method of RS-485 type and could operate under power and communication fault condition within 10 hours. The Group Monitor was developed to receive and display measurement data received from the House Monitors and to control the greenhouse environmental devices.
3. The images of the plants inside greenhouse were captured by PC camera and sent to the Group Monitor. The greenhouse manager was able to monitor the growth state of plants inside greenhouse without visiting individual greenhouses.
4. Remote monitoring the greenhouse environment and status of control devices was implemented in a client/server environment. The client monitor of the greenhouse manager at a remote site or other greenhouse manager was able to monitor the greenhouse environment and the state of control devices from the Server Monitor using internet.

Keywords : Green house monitoring system, Client/Server system, Remote monitoring, Internet.

This research was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry (Project No : 99 - 3008). The article was submitted for publication in July 2002, reviewed in January 2003, and approved for publication by the editorial board of KSAM in February 2003. The authors are Kwan Hee Ryu, Professor, Je Yong Jin, former Assistant, Jung Ho Lim, Research Assistant, Dept of Agricultural Engineering, Seoul National University, Suwon, Korea. The corresponding author is K. H. Ryu, Professor, Dept of Agricultural Engineering, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea; E-mail : <ryukh@snu.ac.kr>

1. 서 론

첨단온실은 농업의 경쟁력 확보를 위한 기술집약형 농업의 한 대안으로 제시되고 있으며 이미 환경감시 및 제어를 위한 많은 연구가 진행되었고 실용화도 많이 이루어져 컴퓨터에 의한 환경제어와 재배관리가 이루어지고 있다. 그러나 많은 첨단온실에서 아직도 제어시스템의 안정성과 신뢰성의 문제로 첨단 제어장비를 제대로 활용하지 못하고 있는 실정이다.

첨단온실의 계측 및 제어장치 분야에 대한 연구는 이미 30년 전부터 이루어져 컴퓨터를 이용한 제어가 이루어지고 있다. Jacobson (1989) 등은 컴퓨터를 이용하여 실시간으로 온실환경을 감시하는 시스템을 개발하였으며 국내에서도 홍(1995)은 복합 환경제어 시스템을 개발하였다. 또한 작물과 온실환경간의 관계를 구명하여 모델화하거나 온실내 제어장치들의 제어 전달함수의 모델을 수립하여 활용하는(Nielsen and Madsen, 1995) 연구와 신경회로망, 퍼지, 유전알고리즘 등 인공지능기법을 온실환경제어에 적용하는 연구가 진행되고 있다(Do Segner, 1997; Linker et al., 1998) 그러나 실제 제어시스템의 안정성 제고를 위한 온실 상태 감시시스템의 구축에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다.

한편 급속히 발전하는 정보통신시스템은 산업계 전반에 중대한 변화를 가져왔다. 새롭게 향상된 하드웨어에 의해 진행된 클라이언트/서버 환경의 혁명적인 변화는 정보의 공유와 저장, 이동을 비약적으로 발전시키고 있다. 광역 네트워크(WAN)는 무제한의 대역폭으로 넓혀 이제 곧 10배나 빠른 LAN 속도로 상호 연결된 수백만의 서버가 존재하는 네트워크가 지구상에 구축될 것이다.

이러한 네트워크는 시시각각 변화하는 온실의 환경정보와 제어장치의 작동상태를 실시간으로 데이터화하여 빠르게 전달할 수 있으며 인터넷이란 거대한 망을 이용하여 사용자 위치의 한계를 벗어나 온실의 환경요인과 제어장치의 상태에 대한 정보를 이용하고 관리할 수 있다.

본 연구에서는 온실의 각종 환경정보를 통합적으로 관측할 수 있도록 모듈화된 시스템을 개발하고 컴퓨터 네트워크 기술의 적용을 통하여 원격지의 온실 환경정보와 제어장치의 작동 상태를 실시간으로 감시할 수 있는 네트워크 시스템을 개발하여 원격지의 온실 시스템 작동상태를 분석 평가함으로써 온실의 안정성을 높일 수 있도록 하였다.

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 온실의 환경정보와 종말작동장치의 작동상태를 측정하는 모듈화된 감시시스템을 개발한다.
- 2) 원격 감시 시스템에 적당한 통신 시스템 및 프로토콜을 이용하여 인터넷 기반 클라이언트/서버 시스템을 구성한다.
- 3) 개발된 클라이언트/서버 형태의 분산처리 시스템을 이용하여 온실의 환경을 원격으로 감시하는 방법을 제시하고 구현한다

2. 재료 및 방법

가. 온실의 생육환경 감시 시스템구성

온실의 상태를 감시하고 관리하기 위하여 감시 항목을 개별온실의 내부 생육환경, 제어장치 상태, 온실 내부영상, 외부환경으로 구분하여 감시 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다.

개별 온실의 내부 생육환경과 제어장치 상태는 단일 칩 마이크로프로세서를 이용한 계측모듈을 제작하여 감시하도록 하였다. 계측모듈은 하우스 모니터(House Monitor)라고 이름지었으며 다수의 온실을 감시하기 위하여 개별 온실마다 하우스 모니터

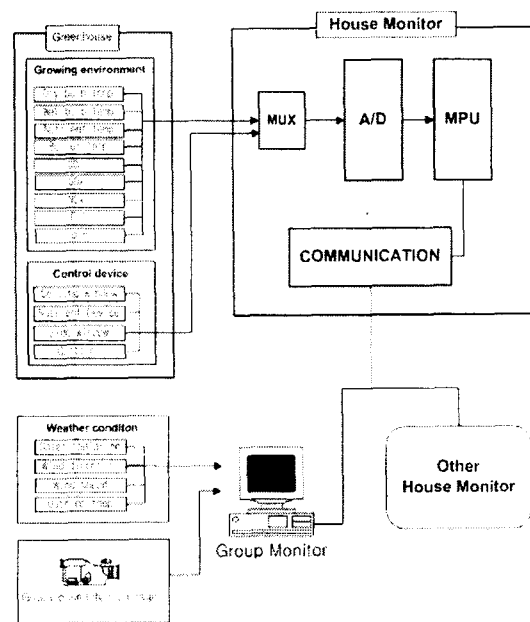


Fig. 1 Schematic diagram of the greenhouse monitoring system.

를 설치하고 내부 생육환경을 계측하여 전체 온실을 관리하는 PC에 관측한 데이터를 전송하도록 구성하였다.

다수의 하우스 모니터로부터 데이터를 수집하는 PC는 그룹 모니터(Group Monitor)라 이름지었다. 외부 기상환경은 개별 온실마다 측정할 필요가 없기 때문에 그룹 모니터에서 관측하도록 하였으며, 개별 온실의 내부 영상을 획득하도록 구성하였다.

나. 감시 항목의 설정 및 측정 방식

지상부 환경으로 온도, 습도, 일사량, CO₂ 농도와 근근부 환경인 EC, pH, 양액온도를 감시 항목으로 선정하였으며 이에 연관된 온실제어장치의 종말작동장치의 상태인 측창과 천창의 개폐정도를 측정하도록 하였다.

또한 실용화된 온실의 가온 설비로 대부분 증유나 경유를 연료로 사용하는 온풍난방기나 보일러가 사용되고 있어 작업자와 작물에 치명적인 독성가스의 배출가능성이 있으므로 유해가스인 SO_x, NO_x를 측정하도록 하였다. 농업기계화연구소의 '시설원예용 환경제어장치의 규격표준화 연구' 등을 참조하여 상용 온실의 내부환경을 감시하기 위한 하우스 모니터의 측정대상과 요구성능은 표 1과 같다.

다. 하우스모니터 시스템

하우스 모니터의 마이크로프로세서는 8 bit CMOS로 내부에 A/D회로, EEPROM, RAM, 8개의 pull up port 등을 가지고 있으며 RISC CPU로 빠른 실행속도를 가지고 있는 Microchip의 PIC16F877을 사용하였다.

사용자는 스위치를 통하여 RTC(Real Time Clock)의 시간을 설정할 수 있고 그룹 모니터를 통하여 개별 측정 데이터에 대한 상한값과 하한값을 설정할 수 있어 측정 데이터의 적정범위를 검사할 수 있도록 하였다.

하우스 모니터는 측정대상에 특화된 회로를 이용하여 임의로 측정항목을 변경할 수 없는 구조로 11개의 Analog 신호와 3개의 On/Off 신호를 주기적으로 계측하여 외부 EEPROM에 측정 데이터와 RTC로부터 얻은 계측시간을 하나의 패킷으로 저장하고 그룹 모니터의 요구에 따라 측정된 데이터를 RS-485 통신으로 전송한다. 측정 데이터는 LCD를 통하여 표시되며 사용자가 입력한 데이터의 적정범위를 벗어나면 경고등과 Buzzer로 경보를 발생하고, 그룹 모니터에 정보신호를 전송하도록 하였다.

하우스 모니터는 RS-485 통신을 이용함으로써 원거리의 그룹 모니터와 데이터 손실 없이 측정된 데이터를 전송할 수 있으며 다수의 하우스 모니터를

Table 1 Measuring range and desired properties

Measurement Item	Range	Power supply	Output	Resolution	Accuracy
Dry-bulb temp	-10~60℃	3.4V	ΔR	0.1℃	±0.1℃
Wet-bulb temp	-10~60℃	3.4V	ΔR	0.1℃	±0.1℃
Boiler temp	-10~60℃	3.4V	ΔR	0.1℃	±0.1℃
Nutrient temp	-10~60℃	3.4V	ΔR	0.1℃	±0.1℃
Solar radiation	0 ~1.6 kw/m ²	24V	4~20mA	0.1kW/m ²	±25W/m ²
SO _x	0~20ppm	12~30V	4~20mA	0.2ppm	±0.2ppm
NO _x	0~20ppm	12~30V	4~20mA	0.2ppm	±0.2ppm
CO ₂	0~2000ppm	12~30V	4~20mA	4ppm	±35ppm
EC	0 ~ 10mS/cm	12~24V	4~20mA	0.1mS/cm	±0.2mS/cm
pH	0 ~ 14 pH	12~24V	4~20mA	0.1pH	±0.1pH
Ceiling window	0 ~ 100%	0~ 5V	ΔR	1°	±5°
Side window	point of contact	5V	On/Off	-	-
Curtain	point of contact	5V	On/Off	--	--
Nutrient device	point of contact	5V	On/Off	--	-

그룹 모니터에 연결할 수 있다.

하우스 모니터는 신호처리 회로부와 마이크로프로세서 회로부를 분리하여 계측의 신뢰성 및 안정성을 높였고 각 회로를 독립적으로 개선 발전시킬 수 있도록 하였다.

그림 2와 3은 제작된 하우스 모니터의 내부와 외부 모습이다.

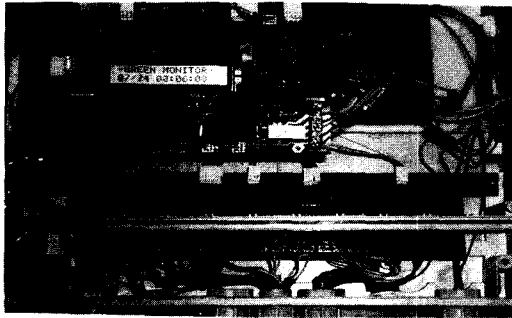


Fig. 2 Internal appearance of the House Monitor.

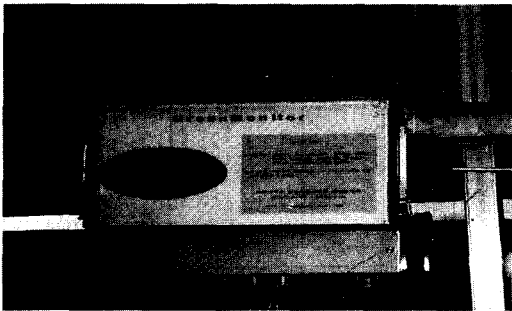


Fig. 3 External appearance of the House Monitor.

라. 전원 및 데이터 백업

안정적인 감시 시스템 구축을 위하여 정전, 통신선로 이상 등이 발생할 경우에도 최소한 수 시간동안 온실의 상태를 계속해서 감시하고 정보를 저장할 수 있도록 하우스모니터 내에 배터리를 이용한 안정적인 전원공급 장치 및 보조 기억 장치를 개발하였다.

정전 등 전원공급이 두절될 경우 D3의 순방향 전압강하보다 낮은 전압이 발생되어 D3을 통하여 자동으로 배터리의 전원으로 전환되어 온실의 온도 등 주요항목을 계속하고 전원공급이 복귀되면 D3

에 의하여 배터리의 연결이 차단되어 자동으로 외부전원으로 전환되어 R4를 통하여 배터리를 충전하도록 그림 4와 같은 회로를 개발하였다.

보조 기억장치부는 정전, 통신 두절 등이 발생 등을 대비하여 내부에 64Kbyte 용량의 EEPROM (24LC256 2개)을 장착하여 정보를 저장할 수 있도록 하였다.

정전, 기기 이상, 통신 두절 등이 발생하면 이를 하우스모니터에서 자동으로 인식하여 이상상황의 발생시간, 이상내용 등을 저장하여 시스템이 정상적으로 복귀되면 이상상황에서의 온실의 상태를 통신 프로토콜을 통해 확인 전송하여 확인 할 수 있도록 개발하였다.

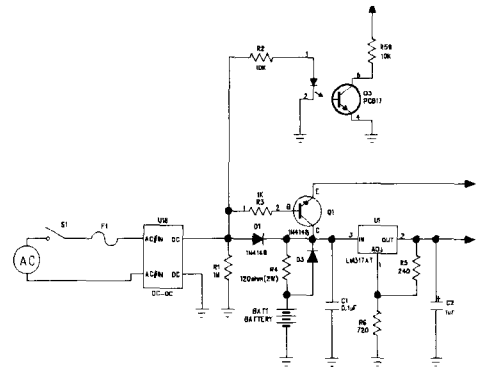


Fig. 4 Circuit of battery backup.

그림 5는 하우스 모니터와 그룹모니터간의 통신 흐름도를 나타낸 것이다.

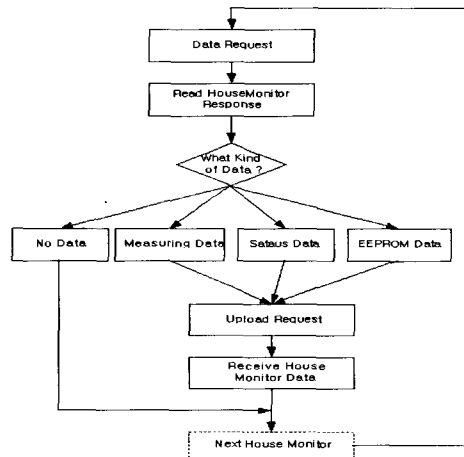


Fig. 5 Communication between Group-Monitor and House Monitor.

마. 원격 감시 시스템

원격 감시 시스템은 네트워크로 연결된 원격지에서 온실의 상태를 파악할 수 있도록 개발하였다. 네트워크 감시 시스템은 그림 6과 같이 하우스 모니터를 직접 관리하는 그룹 모니터와 온실의 데이터를 원격지에서 파악할 수 있는 클라이언트용 프로그램인 클라이언트 모니터(Client Monitor), 그리고 이들을 관리하는 서버용도의 서버 모니터(Server Monitor)로 구성하였다.

온실의 원격 감시를 위한 PC용 프로그램은 Delphi 5.0으로 개발하였으며 TCP/IP 통신체계를 기반으로 한 클라이언트/서버 시스템으로 구성하였고 각 프로그램의 기능에 따라 고유한 포트번호를 설정하였다.

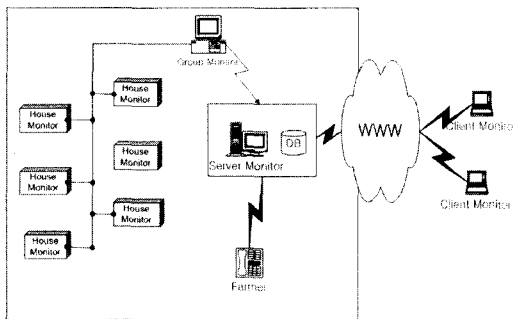


Fig. 6 Schematic diagram of the remote monitoring system.

3. 결과 및 고찰

가. 하우스 모니터 계측성능

계측장치에 인가할 해당 물리량의 표준 신호원을 개발한 계측장치의 정확도 이상으로 물리적으로 구현하는 것이 어렵고 센서 및 발사기의 규격이 제조사에 의해 명시되어 있기 때문에 신호처리 회로의 검증만을 수행하였다.

개발된 하우스모니터의 계측성능 시험은 Yokogawa Electric Corporation의 CA100 교정기를 이용하여 측정값의 정밀도, 안정성, 분해능, 직선성을 평가하였고 결과는 표 2와 같다.

정밀도 평가를 위해서 영점교정과 스패교정을 수행한 후 CA100을 이용하여 영점신호와 스패신호를 10회씩 번갈아 인가하면서 출력값을 측정하고 결과

Table 2 Performance of house monitor

Items	Result
Precision	$\pm 0.3\%$ FS
Linearity	$\pm 0.3\%$ FS
Stability	$\pm 0.5\%$ FS
Resolution	Meet to desired properties (ref. table 1)

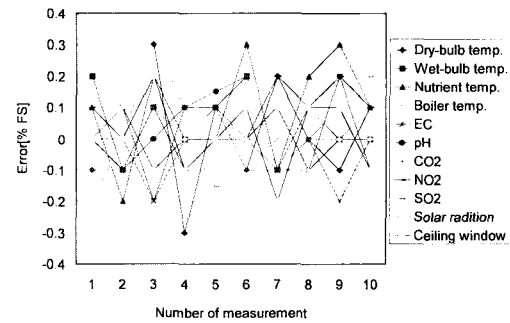


Fig. 7 Precision of the house monitor.

그림 7과 같이 $\pm 0.3\%$ FS 이내의 정밀도를 나타내었고 안정성 평가를 위하여 교정을 수행한 후 스패 값에 대하여 24시간동안 출력값을 기록한 결과 최대 $\pm 0.5\%$ FS 이내였다.

나. 전원 및 데이터 백업 성능

개발된 시스템을 서울대학교 농업생명과학대학 농장의 온실에 설치하여 전원 및 데이터 백업에 대한 평가를 수행한 결과 개발된 하우스 모니터는 통신 두절 및 시스템 이상시 14시간 동안 외부 EEPROM에 데이터를 저장하고 통신 복귀 시 EEPROM에 저장된 데이터를 손실없이 전송하였으며 정전시 내부 배터리에 의해 최소 10시간 이상 안정적으로 전원을 공급함으로써 주요 데이터에 대한 안정적인 계측을 수행하였다.

다. 원격 감시 시스템 성능

개발된 원격 감시 시스템은 원격지에서 온실의 내부 환경과 종말 작동장치의 상태를 확인할 수 있도록 개발된 것으로 시스템을 3개의 계층으로 구성함으로써 시스템의 확장이 용이하고, 견고성, 유연성이 뛰어나도록 하였다.

그룹 모니터와 클라이언트 모니터는 동일한 인터

페이스를 통하여 온실의 정보를 파악할 수 있도록 하였으며 그룹 모니터는 하우스 모니터의 데이터를 획득하고 A/D 교정값 설정 등을 할 수 있도록 구성하였다. 클라이언트 모니터는 원격지에서 다수의 사용자의 접속이 이루어지므로 서버에 접속시 ID와 비밀번호를 통하여 해당 온실의 정보에 접근할 수 있도록 하였다.

그림 8과 같이 감시 모드를 수행하면 온실의 환경 계측 자료는 좌측의 두 개의 그래프로 나누어 표시하고 외부기상환경인 풍향 풍속은 우측의 직관적인 그래프로 표시하도록 하였다. 온실 제어장치의 상태는 우측 하단의 점점 램프의 ON/OFF로 장치의 동작 상태를 나타내며 동시에 온실 내부 영상을 보여주어 온실의 직관적인 상태 관찰이 용이하도록 하였다.

하단의 상태 정보창에는 현재 주고받는 데이터의 종류 및 하우스 모니터와 외부기상 측정장치, 영상 입력장치의 상태와 네트워크의 상태 등 각종 정보를 사용자에게 제시한다.

환경정보를 표출한 그래프는 측정항목 전체를 제시하지만 항목별 선택을 통하여 개별 데이터를 표시할 수 있으며 y축의 스케일 조정으로 확대, 축소를 할 수 있어 측정 데이터의 변화 상태를 자세히 관찰할 수 있도록 하였다.

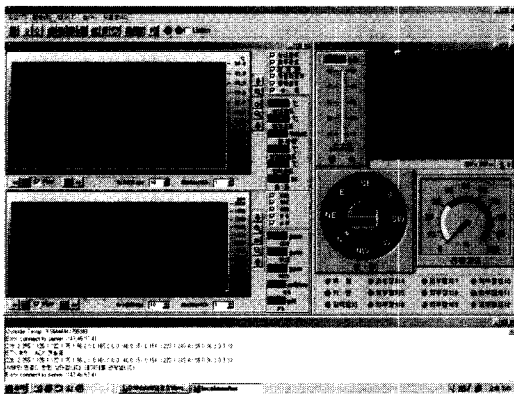


Fig. 8 Display on the Group Monitor.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 인터넷을 이용한 온실의 원격감시 시스템 개발을 위한 목적으로 수행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 온실의 내부 환경 계측을 통합적으로 관리하고 향후 원격제어를 위한 틀을 제공하기 위하여 단

일 칩 마이크로프로세서인 PIC16F877을 이용하여 모듈화된 계측 모듈로서 하우스 모니터(House Monitor)를 개발하였다.

2) 하우스 모니터의 계측성능은 $\pm 0.3\%$ FS 이내의 정밀도를 가지며 RS-485 통신을 이용하여 다수의 하우스 모니터를 연결하여 다수의 온실 상태를 파악할 수 있도록 하였으며 정전 및 통신 두절에서도 최소 10시간 이상 안정적으로 데이터를 계측하고 전송할 수 있었다.

3) 저가형 PC 카메라를 이용해서 온실의 내부영상을 획득하여 온실의 내부상황을 직관적으로 파악할 수 있도록 하였다.

4) 네트워크로 연결된 원격지에서 다수의 사용자가 자신의 보고자 하는 온실의 상태를 감시할 수 있는 원격 감시 시스템을 클라이언트/서버 형태로 개발하여 온실의 원격 감시를 수행하였다.

5) 그룹모니터, 서버 모니터, 클라이언트모니터로 계측화된 분산처리 환경의 시스템을 구축하여 시스템의 수정과 변경이 용이하며 향후, 분산 데이터베이스 시스템과 연계, 원격 제어 시스템의 통합으로 첨단온실을 통합적으로 관리하고 활용할 수 있는 기반을 마련하였다.

참 고 문 헌

1. Seginer, I. 1997. Some artificial neural network applications to greenhouse environmental control. *Computer and Electronics in Agriculture* Vol(18): 167-186.
2. Jacobson, B. K., P. H. Jones, J. W. Jones and J. A. Paramore. 1989. Real-Time Greenhouse Monitoring and Control with an Expert System. *Computer and Electronic in Agriculture*. 3:273-285.
3. Linker, R., I. Seginer and P. O. Gutman. 1998. Optimal CO₂ control in a greenhouse modeled with neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture* Vol(19):289-310.
4. Nielsen, B. and H. Madsen. 1995. Identification of Transfer Functions for Control of Greenhouse Air Temperature. *Journal of Agricultural Engineering Research* Vol 60, Issue 1:25-34.
5. Hong, S. H. 1995. Automatic Control of Growth Environment for Plant Factory. Doctorate thesis, Seoul National University (In Korean).
6. Jeun, J. G., G. W. Kim, B. G. Oh and J. H. Yun. 2000. Study on the standardization of environment control system for greenhouse. *Proceedings of the KSAM 2000 winter conference* Vol.5(1): 202-207, 2000 (In Korean).