바이오시스템공학(*Journal of Biosystems Engineering*) *Vol. 29. No. 2, pp. 159~166 (2004)*

시설재배를 위한 웹 기반의 원격 관리 시스템의 개발 및 성능평가

Development and Performance Evaluation of a Web-based Management System for Greenhouse Teleoperation

심주현 정회원 백운재 정회원 박주현 이석규

J. H. Shim W. J. Paek J. H. Park S. G. Lee

ABSTRACT

In this study, we have developed a web-based management system for greenhouse teleoperation. The remote control system consisted of a database, a web-server, a controller in greenhouse, and clients. The database in the server stored user's information and greenhouse conditions was used to manage user's login and conditioning data. The management system developed by using Java applet, which was a client program for effective and easy management of greenhouse, monitored the greenhouse in real time. Master and driver boards were installed in the greenhouse control unit. Database on flowering to collect and analyze data exchanged data with the server. The master board could be managed effectively by timer routine, repeat control within setting time, and algorithm of setting points. Also, the greenhouse conditions could be controlled by manual or remote controller(PC) through a web browser in internet. Furthermore, all of the control devices of the greenhouse were managed by remote control using PC and checked via camera installed in greenhouse. Finally, we showed the experimental results of the system which was installed in Pusan Horticultural Experiment Station.

Keywords : Greenhouse, Remote control, Teleoperation, Web-based system.

1. 서 론

오늘날의 산업현장은 점차 무인화 되어 가는 추세이며, 작업자는 무인 시스템의 상위 위치에서 시스템을 모니터링하고 조작하는 역할을 한다. 특히 원자력 폐기물 처리작업, 우주공간에서의 작업, 해저작업 등 사람이 직접 작업하기에 위험한 환경에서는 반드시 원격 제어가 요구되고 있으며, 산업현장 뿐만 아니라 일반 가정에서도 보다 편리하고 정확하고 시간과 장소에 구애를 받지 않는 제어를 요구하고 있다.

World Wide Web(WWW)에 기반을 둔 시스템은 기본적으로 원격지에서 컴퓨터상의 단말기를 통해 누구나 접근할 수 있는 용이성과 기존의 구축망을 그대로 이용할 수 있는 비용절감의 효과를 기대할 수 있다. 특히 WWW의 이용은 데이터베이스 등과 같이 양방향 통신으로 제어하고자 하는 제어대상의 정보를 획득하고, 그 정보를 바탕으로 시스템을 제어할 수 있으며, 이러한 과정을 반복적으로 수행하는 연속적인 작업을 가능하게 한다(Goldberg 등, 1995), (Eric 등, 1996).

자바는 네트워크나 소형 기기의 운용에 적합한 플랫폼으로 독립적이며 보안성을 가진 프로그래밍 언어이다. 또한 자바 기반의 자바 애플릿은 압축된 형태로 클라이언트로 전송되어 프로그램의 설치 없이 인터넷 브라우저에서 실행되는 강력하고 일목요연한 기능을 제공한다. 이러한 자바, 자바 애플릿 프로그램은 네트워크와 보안, 그리고 멀티쓰레드의 기능을 가지도록 고안되어 있어서, 네트워크를 통한 분산 소프트웨어와 데이터의 접근이 용이하다. 또한 자바 애플릿은 클라이언트에서 실행되므로 서버에서 발생되는 부하를 상당부분 줄여준다는 장점이 있다(Deital 등, 1999). 자바

This research was supported by the Yeungnam University research grants in 2003. The authors are J. H. Shim, W. J. Paek Graduate Students and S. G. Lee, J. H. Park, Professor, Yeungnam University; The corresponding author is S. G. Lee, Professor, School of Electrical Engineering and Computer Science, Yeungnam University. E-mail : < sglee@yu.ac.kr >.

를 이용하여 데이터베이스에 접속하여 DB관련 처리 기능을 제공하는 드라이버인 JDBC(Java Database Connectivity)를 이용하면 자바 애플릿에서 데이터베이스와 쉽게 연결할 수 있다. 이를 통해 데이터베이스와 연결된 사용자는 온실의 환경정보를 확인하고 온실을 관리하는데 활용할 수 있다.

인터넷 기술의 발달과 더불어 시스템의 규모 또한 소형화로 바뀌는 추세다. 대표적인 것 중의 하나가 임베디드 시스템(embedded system) 분야이다. 임베디드 시스템은 일반 PC에서 할 수 있는 대부분의 기능을 가지고 있다. 기존의 원격제어 장비들은 PC 혹은 PLC에 기반을 두고 있어 시스템 규모가 크다. 더구나 이러한 시스템은 몇몇 기능의 제어에만 사용될 뿐이다. 이에 비해 안정성과 유지 보수가 편한 임베디드 시스템으로 구성할 경우보다 간단하고 경량인 시스템이 되며 안정성 또한 높아진다.

또한 이러한 임베디드 시스템을 내장한 카메라 서버를 통해 온실의 환경을 직관적으로 모니터링 할 수 있다. 기존의 원격관련 시스템들은 제어장치들의 상태를 간단한 인터페이스로만 보여 주었다. 카메라 서버는 인터넷으로 온실의 영상을 사용자의 인터넷 브라우저에 띄워준다. 그리고 사용자는 카메라를 직접 제어하여 원하는 곳의 영상을 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 여러 장점을 가지고 있는 인터넷, 자바 기술 그리고 임베디드 시스템을 바탕으로 하여 국화 재배 온실을 원격지에서 모니터링 및 제어가 가능한 시스템을 설계하고 구현한다. 본 연구는 기존의 온실제어시스템을 원격제어 시스템으로 구현해 봄으로써 실제 시스템 적용 가능성을 확인하고, 또한 온실내부 환경요소인 온도, 이산화탄소 및 토양수분장력을 정확히 측정하고 제어하는 측정부와 제어부의 정밀도를 검증하기 위하여 수행하였다.

2. 제어 시스템

가. 원격 제어 시스템

Fig. 1 은 전체 시스템의 구성을 나타낸다. 실험은 부산원예시험장의 6m(W) × 27m(L) × 4m(H) 규모의 양지붕형 국화재배 유리온실에 시스템을 설치하여 실시하였다. 전체 시스템은 온실환경제어부, 서버, 클라이언트로 구성되어 있다. 온실환경제어부는 마스터보드(Fig. 2), 드라이버보드(Fig. 3), 임베디드보드(Embedded Board), 센서부(온도, 토양수분, CO_2), 제어대상기기로 구성되

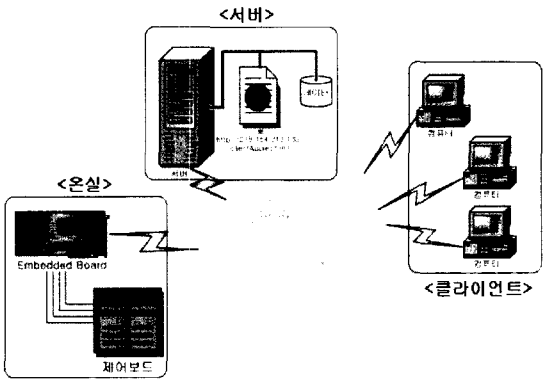


Fig. 1 The diagram of greenhouse control system.

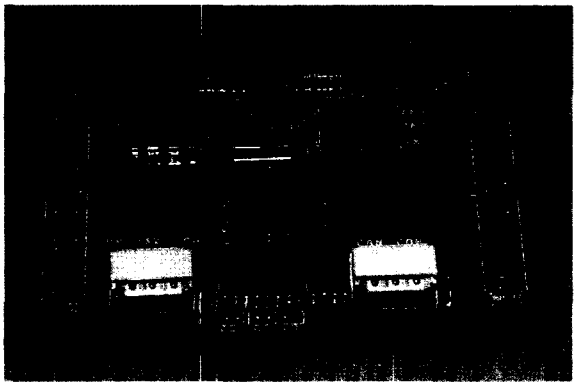


Fig. 2 The master board to control the whole system.

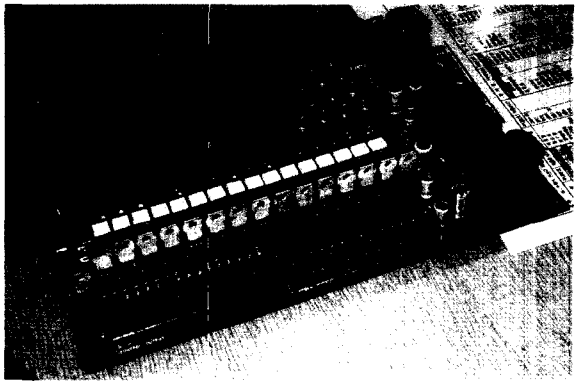


Fig. 3 The driver board for control motors.

어 있으며 임베디드를 통해 서버와 마스터보드를 연결하여 인터넷망을 통해 클라이언트와 통신을 한다. 서버 PC는 고정 IP를 부여하여 웹 서버, 데몬 프로그램 그리고 데이터베이스 서버를 운영한다.

마스터 보드는 드라이버 보드로부터 센서입력을 받고 제어신호를 보내며 제어 알고리즘과 함께 키 입력, 센서의 입력 값 및 디스플레이 처리 부분이 프로그램 되어있는 보드이며, AT89C51CC01 Controller, RS-232 통신을 위한 MAX232, CAN 통신을 위한 PCA80C250으로 구성되었다. 그리고 드라이버 보드는 전원, 키 입력, 디스플레이, 센서입력 그리고 제어출력 부분들이 있으며 단순히 마스터 보드로 정보를 보내거나 받아서 처리하는 역할을 하며, 각 센서들의 아날로그 출력 값을 입력으로 받기위해 74HC4067을 사용하였다.

데이터베이스 서버는 MySQL을 이용하여 구축하였으며 클라이언트 프로그램인 자바 애플릿에서는 JDBC를 이용하여 데이터베이스와 연동한다. 그러나 임베디드 보드에서는 직접 데이터베이스에 접속할 수 없기 때문에 서버 PC는 임베디드 보드에서 보내온 온실 환경정보를 소켓으로 받아 C API를 이용하여 데이터베이스에 저장한다. 이러한 중간매개의 역할을 하는 것이 데몬 프로그램이다.

데몬 프로그램은 온실과 클라이언트를 연결해주는 역할도 한다. 클라이언트에서는 제어, 기준값 그리고 모드 메시지를 소켓을 통해 데몬 프로그램에 보내 주면 데몬 프로그램은 이 메시지를 임베디드 보드로 전달해 준다. 또한 모드와 기준값 메시지는 데이터베이스의 해당 온실에 대한 정보가 저장된 테이블에서 모드 정보를 수정하는데 이용한다. 그 외에 클라이언트에서는 사용자ID, 패스워드, 테이블추가 그리고 테이블삭제 등에 대한 메시지를 데몬 프로그램에 보내어 데이터베이스와 연동하여 사용자 인증 및 테이블의 내용을 수정한다. 그리고 임베디드 보드에서는 현재의 센서값 및 상태 메시지를 데몬 프로그램을 통해 클라이언트로 전달한다.

클라이언트는 일반농가, 연구소 그리고 대학교 연구실 등으로 구성되며 인터넷 망을 통해 서버와 연결된

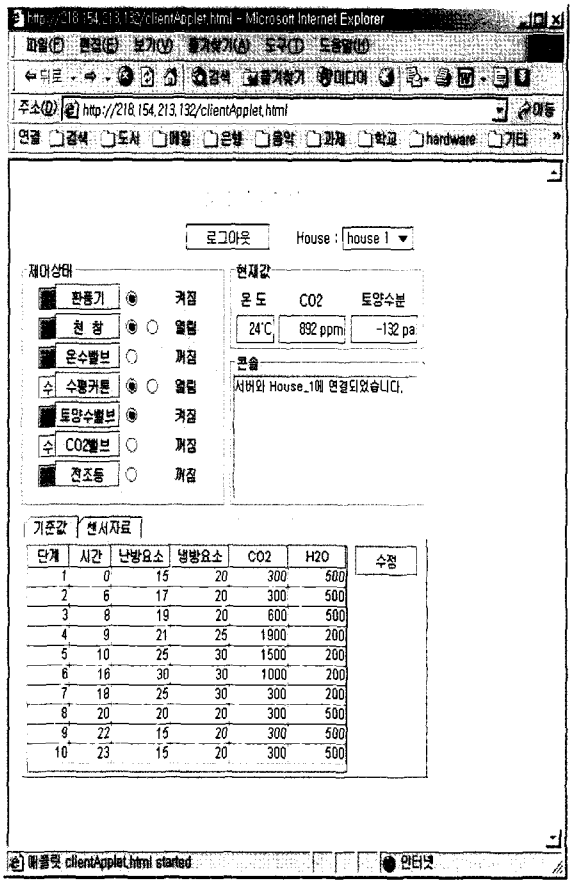


Fig. 4 Window for client program.

다. 클라이언트 프로그램은 Fig. 4 와 같다.

Explorer창에는 자바 애플릿 부분과 온실내부 영상이 동시에 표시된다.

CAMPBELL사의 CR10X에 사용된 온도, CO_2농도, 토양수분장력센서는 각각 CAMPBELL사의 107 Probe, VAISALA사의 GMW20, SEDEC사의 SKM850T였고 개발된 제어보드에 사용된 센서는 각각 ALALOG DEVICE사의 AD592CN, GMW20, SKM850T 센서였다. 또한 토양수분장력 측정의 정밀도 검증은 실제 토양수분장력측정기의 측정값과 비교하여 검증하였다.

나. 온실 제어 알고리즘

1) 타이머 알고리즘

온실내부의 야간온도를 유지하기 위해 수평커튼을 지면에서 2m정도 높이로 24V 1HP DC모터를 이용하며 온실의 중앙을 중심으로 양방향으로 열리고 닫힐 수 있

도록 설치하였고, 수평커튼이 야간에는 닫히고 주간에는 열릴 수 있도록 타이머 알고리즘을 이용하였다.

Fig. 5의 (a)와 같이 매 초마다 현재 시간과 설정된 시간을 비교하여 열려야 될 시간인지 닫혀야 될 시간이지 판별하여 제어신호를 출력한다. 사용자는 온실에 설치된 제어기의 타이머가 켜지고 꺼지는 시간을 10분 단위로 설정 할 수 있고 설정된 시간은 타이머 기능을 하는 제어장치에 적용된다.

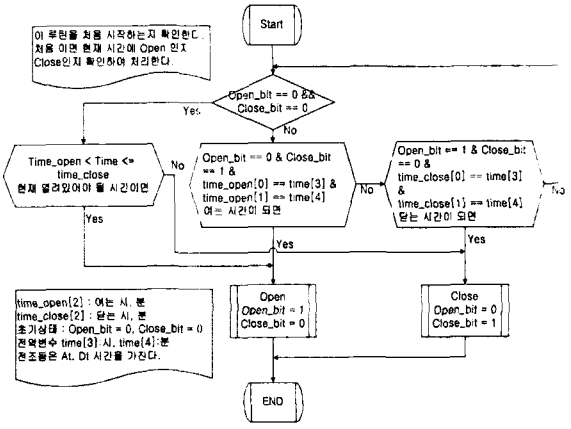
2) 설정 시간내 반복 알고리즘

일장을 제어하기 위한 전조등은 220V 100W 백열등을 온실의 중앙과 양측에 일정간격으로 10개씩 설치하였고 평상시에는 꺼져 있고 사용자가 설정한 시간이 되면 반복적으로 켜짐/꺼짐 동작을 계속하기 위해 설정시간내 반복알고리즘을 적용하였다. 사용자는 반복의 켜짐시간과 꺼짐시간을 설정할 수 있다. 반복 구간은 하루에 한 번으로 설정할 수 있다. 설정 시간내 반복 알고리즘의 순서도는 Fig. 5의 (b)와 같다.

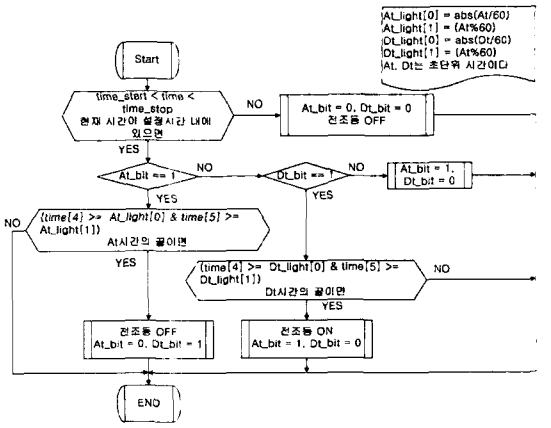
3) 설정점 알고리즘

온도, CO_2농도, 토양수분장력과 같은 환경요소들을 제어하기 위해 온도센서는 AD592를 이용하여 식물체의 끝 부분에 설치하였고, CO_2 센서는 GMW20을 이용하여 온실 중앙쪽 국화에 설치하였고, 토양장력센서는 SKM85T 센서를 지중 20cm의 깊이로 설치하였다. 설정점 알고리즘은 각 환경요소의 센서 값을 제어보드가 전송받아 사용자 설정값과 비교하여 제어보드에서 오차값에 따른 제어신호를 각 제어기기에 보내는 방법이다.

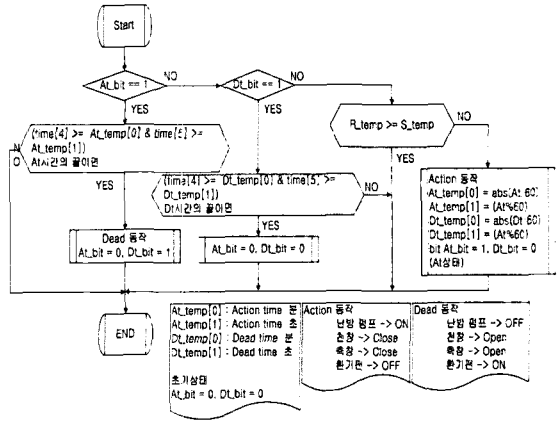
온도제어의 경우 난방과 냉방으로 나누어진다. 난방은 온수펌프 밸브와 같이 온실 내부온도가 설정온도 보다 낮을 경우 작동하여 온실 내부온도를 상승시키는 역할을 한다. 냉방요소는 온도가 설정온도 보다 높을 경우 천창 및 환풍기를 작동하여 온실 내부 온도를 하강시키는 역할을 한다. Fig. 5의 (c)와 같이 장치들의 상태는 Action과 Dead로 구별된다. Action 상태는 현재 장치가 동작을 하고 있는 상태를 나타내며, Dead 상태는 현재 장치가 동작을 멈춘 상태를 나타낸다.



(a) Timer



(b) Repetition in setting time



(c) Setting point

Fig. 5 Sequence Diagram.

3. 결과 및 고찰

제어기기의 정밀도 검증 실험은 부산원예시험장의 Fig. 6과 같은 6m(W) × 27m(L) × 4m(H) 규모의 양지붕형 국화재배 유리온실에 시스템을 Fig. 7과 같이 설치하여 실시하였다.

Fig. 6 Greenhouse for chrysanthemum.

Fig. 7 The controller installed in the experimental greenhouse.

가. 측정부의 정밀도 검증

개발된 제어기의 측정부가 정확하게 동작되어야지 측정값에 따라 온실의 환경을 정확히 제어할 수 있다. 이를 위해 개발된 제어기내의 측정부의 정밀도 검증은 기존의 온실에서 많이 사용되어 검증된 CAMPBELL사의 CR10X datalogger의 측정값과 개발된 제어기의 측정값의 비교시험을 통해 이루어졌다.

측정부의 정밀도 검증을 위해 모든 센서는 온실의 중앙에 설치하였다. 제어보드에서 각각의 센서를 읽는 간격은 3분 이였고, 이 값을 CR10X의 값과 비교하였다.

Fig. 8과 Fig. 9는 개발된 제어기에서 온도와 이산화탄소 측정이 정확하게 되고 있음을 나타낸 것이다. 온도가 높아질 때, 온도가 낮아질 때 그리고 온도가 일정하게 유지될 때 모두 CR10X에서 측정된 온도와 개발된 제어기에서 측정된 값이 거의 같이 변화되는 것을 알 수 있다. 또한 제어기의 이산화탄소 농도 측정값도 온실내부의 이산화탄소의 농도가 높아질 때 그리고 낮아질 때 모두 CR10X에서 측정된 값과 거의 같게 측정됨을 알 수 있다.

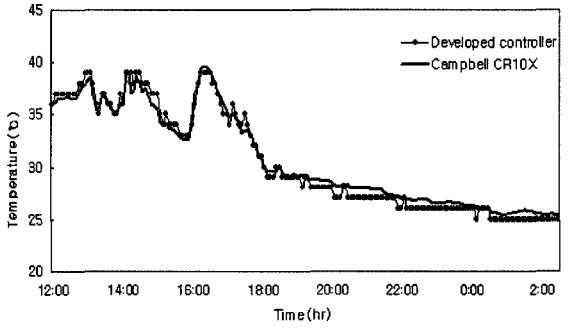


Fig. 8 Temperature comparison between CR10X and prototype.

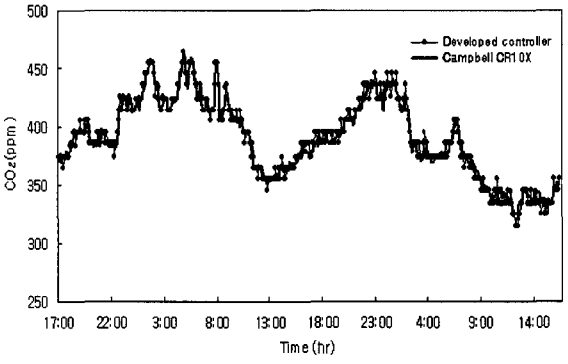


Fig. 9 CO_2 comparison between R10X and prototype.

나. 제어부의 정밀도 검증

온실의 중앙을 중심으로 양방향으로 열리고 닫히는 수평커튼을 제어하였을 때 정확한 시간에 열리고 닫

히는 것을 확인할 수 있었으며 일장제어를 위해 온실의 중앙과 양측에 설치된 전조등을 제어하였을 때 정확한 시간 구간동안 설정된 간격으로 켜짐/꺼짐이 반복되는 것을 확인하였다.

설정점 온도 제어를 하였을 때 온도센서는 AD592를 이용하여 식물체의 끝 부분에 설치하였고, Fig. 10은 온실 내부의 온도 변화를 시간에 따라 나타내고 있다. 온도 설정점 제어시 냉방장치에 의한 온도제어는 초기온도가 33℃, 31℃에서 설정값을 동일하게 26℃로 주었을 때 도달시간은 각각 40분과 20분이 소요되었고, 난방장치에 의한 온도제어는 초기온도가 26℃에서 설정값 31℃에 도달하는데 걸리는 시간은 60분이 소요되었지만 온도제어가 잘 이루어지고 있었다. 본 실험은 겨울에 실시되었으며, 결과가 좀 더 의미가 있기 위해서는 실험 당시 외부 온도의 측정이 필요했다.

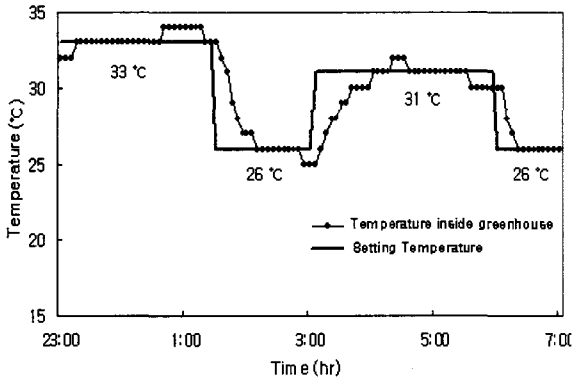
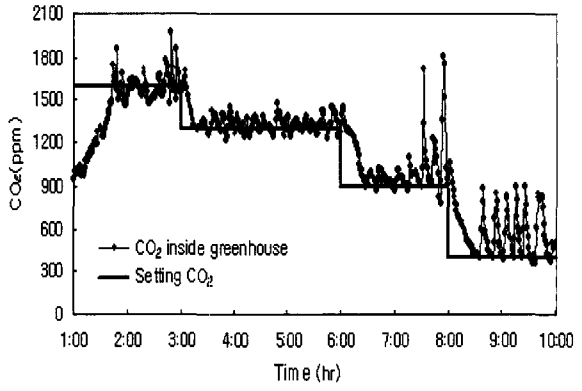


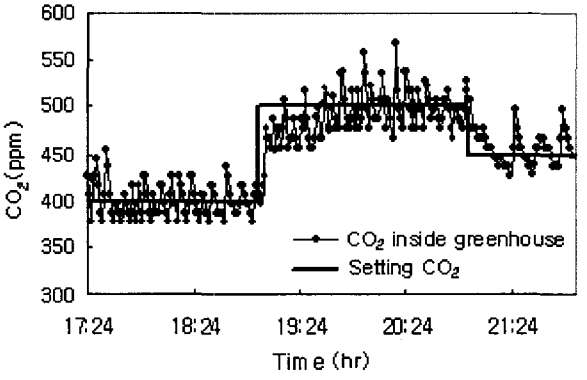
Fig. 10 Variation of air temperature for setting points using control algorithm.

설정점 이산화탄소농도 제어를 하였을 때, 이산화탄소측정센서는 GMW20를 이용하여 온실 중앙쪽 국화에 설치하여 측정하였고 CO_2 공급기는 CO_2 압축용기와 연결되어 전자밸브를 통해 배관을 통해 온실의 중앙과 양 끝에 설치되어 있는 분출구를 통해 분사되도록 하였다. 이산화탄소 분사압력은 제어기 설계전의 국화의 생장반응을 실험한 데이터를 이용하여 산정하였다.

Fig. 11의 (a)와 (b)는 이산화탄소를 설정점 제어를 적용했을 때 온실내부의 이산화탄소 변화량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 공급하는 CO_2 압력을 4kg/cm^{2}로 설정하여 제어하였을 때는 초기농도 1600ppm에서 설정값 1300ppm에 도달하는 시간은 18분, 1300ppm에서 900ppm 도달시간은 26분, 900ppm에서 400ppm 도달시간은 37분이 소요되었지만 CO_2 농도의 제어가 잘 이루어지고 있었다. Fig. 11의 (a)를 보면 이산화탄소 설정점을 1600ppm과 1300ppm으로 하였을 때 가장 제어가 잘 됨을 알 수 있으나, 설정점을 400ppm으로 하였을 때 변화의 폭이 심한 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 이산화탄소 가스의 주입시 압력과 주입 시간이 고농도로 제어할 때 적합하게 설정되어 있기 때문으로 판단된다. 저농도에서 다시 실험한 결과는 Fig.11의 (b)의 그래프와 같다.



(a) Control in high concentration



(b) Control in low concentration

Fig. 11 Variation of CO_2 for setting points using control algorithm.

이산화탄소 설정점을 400ppm, 500ppm 그리고 450ppm으로 순차적으로 변화시키기 위해 각 구간에서 380ppm, 480ppm 그리고 430ppm 보다 낮을 때 이산화탄소 밸브를 설정점 제어 방법에 따라 제어하였다. 그리고 한번 분출시 5초 동안 이산화탄소 밸브를 열어 이산화탄소 가스를 분출하고 2분 동안 경과 후에 다시 측정하도록 하였다. 500ppm으로 설정되는 구간의 앞부분에서 500ppm에 도달하는데 많은 시간이 소요되는 것을 보여준다. 이는 다음 측정 때까지 2분을 기다려야 하는데 이 시간이 길기 때문에 느리게 변화되는 것을 나타내고 있다.

설정점 토양장력 제어를 하였을 때, 토양수 공급은 220V 1HP 전동기와 전자식 관수밸브를 이용하였으며 이랑사이로 관수용 호스가 지나가게 하였다. 토양장력 측정센서는 SKM850이고 설치는 관수 호스 사이의 중앙에 설치하였으며 20cm 깊이로 설치하였다.

Fig. 12는 온실 내부의 토양수분장력의 변화량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 온실 내부의 토양수분장력을 -100HPa로 설정하기 위해 -120HPa 보다 낮을 때 관수 밸브를 설정점 제어 방법에 따라 제어하였다. 관수 후 토양에 물이 스며드는 시간을 고려하여 여러 번의 실험을 통해 얻은 관수방법은 한번 분출시 30초 동안 관수 밸브를 열어 관수를 하고 측정시간을 30분 경과 후 다시 측정하도록 하였다. 초기의 토양수분 장력은 오버슈터가 발생하여 -70HPa까지 높아지지만 5시간정도 흐른 후에는 안정되는 것을 볼 수 있다.

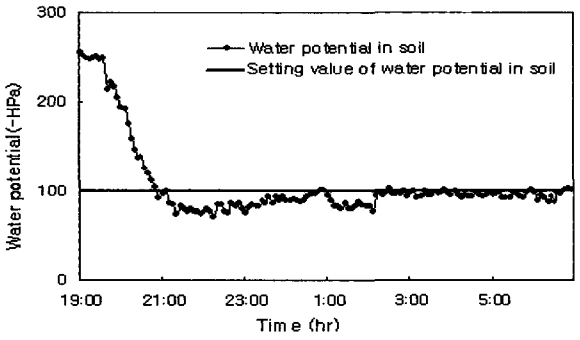


Fig. 12 Variation of water potential in soils for setting points using control algorithm.

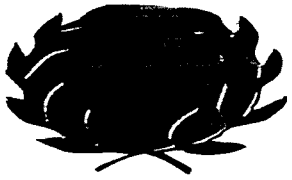
4. 요약 및 결론

본 연구는 원격지에서 웹을 통해 온실을 관리하는 시스템을 구성하여 직접 농가가 온실에 찾아가지 않아도 측정, 제어 그리고 모니터링 할 수 있도록 하는데 목적이 있다. 이러한 시스템을 개발하여 온실내부의 여러 환경요소를 측정하고 제어해 본 결과, 현장에 본 시스템을 설치하고 운용하였을 때 농가에 높은 생산성을 가져다 줄 것으로 보인다. 또한 측정 데이터들이 데이터베이스에 저장되며 이를 통해 데이터들을 분석하면 생산량 및 품질을 향상시킬 수 있는 각 환경요소들의 제어 설정점을 찾을 수 있을 것이다. 특히 외제 고가 측정 시스템을 저렴한 국산 측정기로 대체하여 만족할 만한 결과를 얻었다는 것도 의의가 있다.

참 고 문 헌

1. 박병훈. 2001. WWW을 이용한 온실 원격 제어 시스템, 영남대학교 석사학위논문.
2. 박장환 저. 1990. 필드버스 입문, 도서출판 동서.
3. 박창욱, 박병훈, 이상협, 이석규, 이달해. 1999. WWW을 이용한 이동로봇의 원격제어, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 3033-3035.
4. 이명진, 문재철, 강순주. 1998. 인터넷상에서 WWW을 이용한 무선 비행체 원격 제어, 제어·자동화·시스템공학회 합동 학술 발표회 논문집, pp191-195.
5. 이상협. 2001. 웹을 이용한 홈 오토메이션 시스템의 개발, 영남대학교 석사학위논문.
6. 허원석, 이승준, 박병훈, 이강화, 이석규. 2001. 웹 기반의 온실자동화에 관한 연구, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2479-2481.
7. Engineering Web Technologies for Embedded application. IEEE Internet Computing, May · June, 1998.
8. Sun Microsystems. 1996. Java Remote Method Invocation Specification bata draft, Dec.

9. SENA Technologies, Starter Kit and Manual for the HelloDevice 1300.
10. http://www.sena.com
11. http://www.kookilmech.co.kr
12. http://www.atmel-wm.com
13. http://java.sun.com



학 위 취 득

성 명 : 김 유 호
생 년 월 일 : 1964년 11월 19일
취 득 학 위 명 : 공 학 박 사
학 위 수 여 대 학 : 충북대학교
학위취득년월일 : 2004년 2월 25일
학 위 논 문 : 수분조절 현미의 물성 및 도정특성