

## 웹을 통한 온실 원격 관리 시스템의 개발

### Development of Web-based Management System for Greenhouse Teleoperation

심 주 현\*, 백 운 재\*\*, 박 주 현\*\*\*, 이 석 규\*\*\*\*

\* 영남대학교 전기공학과(전화:(053)810-3923, 팩스:(053)813-8230, E-mail : deepwide@yumail.ac.kr)

\*\* 영남대학교 전기공학과(전화:(053)810-3923, 팩스:(053)813-8230, E-mail : gdcloud@yumail.ac.kr)

\*\*\* 영남대학교 전자정보공학부(전화:(053)810-2491, 팩스:(053)813-8230, E-mail : jessie@yu.ac.kr)

\*\*\*\* 영남대학교 전자정보공학부(전화:(053)810-2487, 팩스:(053)813-8230, E-mail : sglee@yu.ac.kr)

**Abstract :** In this paper, we have developed the web-based management system for greenhouse teleoperation. The remote control system consists of database, web-server, controller in greenhouse, and clients. The database in the server stores user informations and greenhouse conditions, and is used to manage user login and conditioning data. The management system developed by using Java applet, which is a client program for effective and easy management of greenhouse, monitors the greenhouse in real time. Master and driver boards installed in greenhouse control unit. Database on flowering to collect and analyze data exchanges data with the server. The greenhouse can be managed effectively by timer routine, repeat control within setting time, and algorithm of setting points. Also, the greenhouse conditions can be controlled by manual or remote controller (PC) through web browser in internet. Furthermore, all of the control devices of the greenhouse are managed by remote control using PC and checked via camera installed in greenhouse.

**Keywords :** Web-based system, greenhouse, teleoperation, remote control.

#### 1. 서론

최근 들어 급속한 인터넷 기술의 발달로 인하여 오프라인에서만 가능했던 일들이 온라인상에서도 가능해지고 있다. 인터넷은 일반 생활뿐만 아니라 산업현장에서도 많은 영향을 미치고 있다. 특히 원자력 폐기물 처리작업, 우주공간에서의 작업, 해저작업 등 사람이 직접 작업하기에 위험한 환경에서는 반드시 원격 제어가 요구되고 있다. 원격 제어에 있어서 인터넷은 안정성과 편리성 그리고 누구나 접속이 가능한 용이성을 동시에 제공하므로 인터넷을 이용한 원격 제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2].

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 발생하는 부하를 상당부분 줄여준다는 장점이 있다[3]. 자바를 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 사용자

는 온실의 환경정보를 확인하고 온실을 관리하는데 활용할 수 있다.

인터넷 기술의 발달과 더불어 시스템의 규모 또한 소형화로 바뀌는 추세다. 대표적인 것 중의 하나가 Embedded System 분야이다. Embedded System은 일반 PC에서 할 수 있는 대부분의 기능을 가지고 있다. 기존의 원격제어 장비들은 PC 혹은 PLC에 기반을 두고 있어 시스템 규모가 크다. 또한 이러한 시스템은 몇몇 기능만 제어에 사용될 뿐이다. 이에 비해 안정성과 유지 보수가 편한 Embedded System으로 구성할 경우 보다 간단하고 경량인 시스템이 되며 안정성 또한 높아진다.

또한 이러한 Embedded System을 내장한 카메라 서버를 통해 온실의 환경을 직관적으로 모니터링 할 수 있다. 기존의 원격관련 시스템들은 제어장치들의 상태를 간단한 인터페이스로만 보여주었다. 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 Embedded System을 바탕으로 하여 국화 재배 온실을 원격지에서 모니터링 및 제어가 가능한 시스템을 설계하고 구현한다. 본 논문에서는 기존의 온실제어시스템을 원격제어 시스템으로 구현해 봄으로써 실제 시스템 적용 가능성을 확인한다. 또한 온실내부 환경요소인 온도, 이산화탄소 및 토

양수분장력을 정확히 측정하고 제어하는 측정부와 제어부의 정밀도를 검증한다.

## II. 원격 제어 시스템 구축

### 1. 제어시스템의 구축 및 운용

그림 1은 전체 시스템의 구성을 나타낸다. 시스템은 총 3 부분으로 나누어진다. 모든 요소들은 인터넷 망에 연결되어 서로 통신을 한다. 서버 PC는 고정 IP를 부여하여 웹 서버, 데몬 프로그램 그리고 데이터베이스 서버를 운영한다.

온실의 제어보드는 마스터 보드와 드라이버 보드로 구성되며 Embedded Board를 통해 서버와 연결하여 통신을 한다. 마스터 보드는 드라이버 보드로부터 센서입력을 받고 제어신호를 보내며 제어 알고리즘과 함께 키 입력, 센서의 입력 값 및 디스플레이 처리 부분이 프로그램 되어있는 보드이다. 그리고 드라이버 보드는 전원, 키 입력, 디스플레이, 센서입력 그리고 제어출력 부분들이 있으며 단순히 마스터 보드로 정보를 보내거나 받아서 처리하는 역할을 한다.

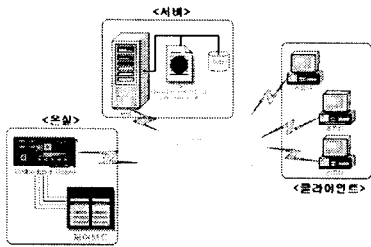


그림 1. 시스템 구성.  
Fig. 1. System Diagram.

데이터베이스 서버는 MySQL을 이용하여 구축하였으며 클라이언트 프로그램인 자바 애플릿에서는 JDBC를 이용하여 데이터베이스와 연동한다. 그러나 Embedded Board에서는 직접 데이터베이스에 접속할 수 없기 때문에 서버 PC는 Embedded Board에서 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 보내주면 데몬 프로그램은 이 메시지를 Embedded Board로 전달해준다. 또한 모드와 기준값 메시지는 데이터베이스의 해당온실에 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 수

정한다. 그리고 Embedded Board에서는 현재의 센서값 및 상태 메시지를 데몬 프로그램을 통해 클라이언트로 전달한다.

클라이언트는 일반농가, 연구소 그리고 대학교 연구실 등으로 구성되며 인터넷 망을 통해 서버와 연결된다. 클라이언트 프로그램은 그림 2와 같다. Explorer창에는 자바 애플릿 부분과 온실내부 영상이 동시에 표시된다.

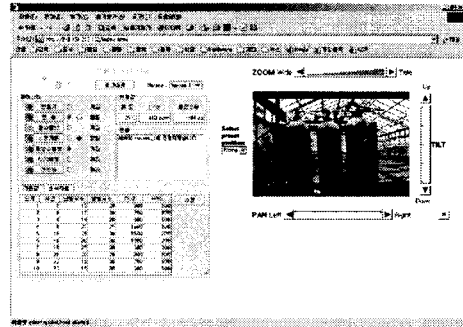


그림 2. 클라이언트 프로그램  
Fig. 2. Client Program

## III. 온실 제어 알고리즘 개발

### 1. 타이머 루틴

온실내 장치 중 수평커튼과 같이 야간에는 닫히고 주간에는 열리게 제어하기 위해 타이머 기능을 하는 제어 방법이 필요하다.

### 2. 설정 시간내 반복제어

전조등과 같은 장치를 제어할 때는 평상시에는 꺼져 있고 사용자가 설정한 시간이 되면 반복적으로 켜짐/꺼짐 동작을 계속한다. 그리고 설정한 꺼짐 시간이 되면 전조등이 꺼진다. 켜짐과 꺼짐 간격 시간은 사용자가 설정할 수 있도록 설계되어 있다.

### 3. 설정점 제어

온도, 토양수분장력 그리고 CO<sub>2</sub>와 같은 환경요소들을 제어하는 방법으로 설정점 제어 방법을 사용한다. 온도의 경우 난방요소와 냉방요소로 나누어진다. 난방요소는 온수펌프밸브와 같이 온도가 설정온도 보다 낮을 경우 작동하여 온실 내부온도를 상승시키는 역할을 한다. 냉방요소는 천창 및 환풍기와 같이 온도가 설정온도 보다 높을 경우 작동하여 온실 내부 온도를 하강시키는 역할을 한다.

#### IV. 제어기의 정밀도 검증

##### 1. 측정부의 정밀도 검증

측정부의 검증은 Campbell사의 CR10X에서 측정된 값과 비교하였다. 그림 3과 4는 개발된 제어기에서 온도와 이산화탄소 측정이 정확하게 되고 있음을 나타낸다. 온도가 높아질 때, 온도가 낮아질 때 그리고 온도가 일정하게 유지될 때 모두 CR10X에서 측정한 온도와 개발된 제어기의 값이 거의 같이 변화되는 것을 알 수 있다. 또한 온실내부의 이산화탄소의 양이 높아질 때 그리고 낮아질 때 모두 CR10X에서 측정한 값과 거의 같게 측정됨을 알 수 있다. 토양수분장력측정의 정밀도 검증은 실제 토양수분장력측정기의 측정값과 비교하여 검증하였다.

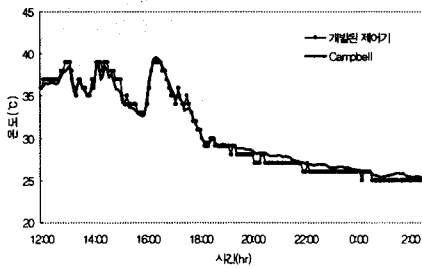


그림 3. 온도 비교  
Fig. 3. Temperature compare

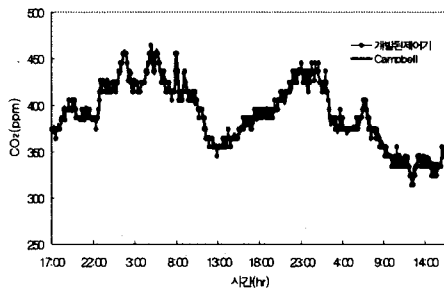


그림 4. CO<sub>2</sub> 비교  
Fig. 4. CO<sub>2</sub> compare

##### 2. 제어부의 정밀도 검증

타이머 알고리즘으로 수평커튼을 제어하였을 때 정확한 시간에 열리고 닫히는 것을 확인할 수 있었으며 시간내 반복제어 방법으로 전조등을 제어하였을 때 정확한 시간 구간동안 설정된 간격으로 켜짐/꺼짐을 반복하는 것을 확인하였다.

그림 5는 설정점 온도 제어를 하였을 때 온실 내부의 온도 변화를 시간에 따라 나타내고 있다. 33℃에서 26℃로 낮아지는데 40분, 26℃에서 31℃로 높아지는데 60분 그리고 31℃에서 26℃로 낮아지는데 20분이 소요되었다. 온도를 낮출 때 보다 높일 때 더 많은 시간

이 소요됨을 알 수 있다.

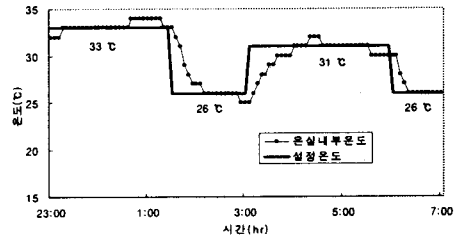


그림 5. 설정점 제어를 적용했을 때 온도 변화  
Fig. 5. Using control algorithm for setting points variation of temperature

그림 6은 이산화탄소를 설정점 제어를 적용했을 때 온실내부의 이산화탄소 변화량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 투입되는 이산화탄소의 압력은 4kg/cm<sup>2</sup>으로 하였다. 위쪽 그래프를 보면 이산화탄소 설정점을 1600ppm과 1300ppm으로 하였을 때 가장 제어가 잘됨을 알 수 있다. 그러나 설정점을 400ppm으로 하였을 때 변화의 폭이 심한 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 이산화탄소가스의 주입시 압력과 주입 시간이 고농도로 제어할 때 적합하게 설정되어 있기 때문이다. 저농도에서 다시 실험한 결과는 아래쪽 그래프와 같다.

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 기다린 후 다시 측정하도록 하였다. 500ppm으로 설정되는 구간의 앞부분에서 500ppm에 도달하는데 많은 시간이 소요되는 것을 보여준다. 이는 다음 측정 때 까지 2분을 기다려야하는데 이 시간이 길기 때문에 느리게 변화되는 것을 나타내고 있다.

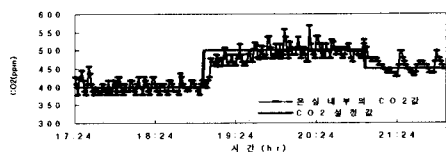
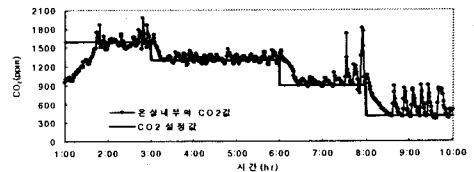


그림 6. 설정점 제어를 적용했을 때 CO<sub>2</sub> 변화  
Fig. 6. Using control algorithm for setting points variation of CO<sub>2</sub>

그림 7은 토양수분 설정점 제어를 하였을 때 온실 내부의 토양수분장력의 변화량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 온실 내부의 토양수분장력을 -100HPa로 설정하기위해 -120HPa 보다 낮을 때 관수 밸브를 설정점 제어 방법에 따라 제어하였다. 그리고 한번 분출시 30초 동안 관수 밸브를 열어 관수를 주입하고 30분 동안 기다린 후 다시 측정하도록 하였다. 그림 7의 초반부에는 오버슈터가 발생하여 -70HPa 까지 높아지지만 5시간정도 흐른 후에는 안정되는 것을 볼 수 있다.

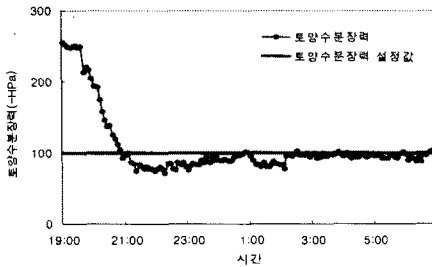


그림 7. 설정점 제어를 적용했을 때 토양수분 변화  
Fig. 7. Using control algorithm for setting points variation of water potential in soils

## V. 결론

본 논문은 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 제어해본 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.

## 참고문헌

- 스텝 학회 합동 학술발표회 논문집, pp191-195, 1998.
- [6] 박창욱, 박병훈, 이상협, 이석규, 이달해, "WWW을 이용한 이동로봇의 원격제어", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 3033-3035, 1999.
- [7] 이상협, "웹을 이용한 홈 오토메이션 시스템의 개발", 영남대학교 석사학위논문, 2001. 2.
- [1] K.Goldberg, M.Mascha, S.Genter, C.Sutter, N.Rothenberg, J.Wiegley, "Desktop teleoperation via the World Wide Web", Proc. of IEEE Int, Conf.Robotics and Automation, May, 1995.
- [2] Eric Paulos, John Canny, "Delivering Real Reality to the World Wide Web via Telerobotics", Proc. of IEEE Int, Conf.Robotics and Automation, April, 1996.
- [3] H. M. Deital, P. J Deital, "Java how to program 3rd", Prentice Hall, 1999.
- [4] 박병훈, "WWW을 이용한 온실 원격 제어 시스템", 영남대학교 석사학위논문, 2001. 2.
- [5] 이명진, 문재철, 강순주, "인터넷상에서 WWW을 이용한 무선 비행체 원격 제어", 제어·자동화·시