

웹과 스마트폰 기반의 온실 환경 제어 시스템 개발 Development of Greenhouse Environment Monitoring & Control System Based on Web and Smart Phone

김동역¹⁾ · 이운용¹⁾ · 강동현²⁾ · 강인철³⁾ · 홍순중³⁾ · 우영회¹⁾ *

D. E. Kim¹⁾, W. Y. Lee¹⁾, D. H. Kang²⁾, I. C. Kang³⁾, S. J. Hong³⁾ and Y. H. Woo¹⁾ *

Abstract

Monitoring and control of the greenhouse environment play a decisive role in greenhouse crop production processes. The network system for greenhouse control was developed by using recent technologies of networking and wireless communications. In this paper, a remote monitoring and control system for greenhouse using a smartphone and a computer with internet has been developed. The system provides real-time remote greenhouse integrated management service which collects greenhouse environment information and controls greenhouse facilities based on sensors and equipments network. Graphical user interface for an integrated management system was designed with bases on the HMI and the experimental results showed that a sensor data and device status were collected by integrated management in real-time. Because the sensor data and device status can be displayed on a web page, transmitted using the server program to remote computer and mobile smartphone at the same time. The monitored-data can be downloaded, analyzed and saved from server program in real-time via mobile phone or internet at a remote place. Performance test results of the greenhouse control system has confirmed that all work successfully in accordance with the operating conditions. And data collections and display conditions, event actions, crops and equipments monitoring showed reliable results.

Key Words : Greenhouse Environment Monitoring, Remote Control, Smart Phone
Protected horticulture

* 교신저자 : 한국농수산대학 (54874, 전라북도 전주시 완산구 콩쥐팍쥐로 1515)

Korea National College of Agriculture & Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea 54874

Tel : +82-63-238-9150, E-mail : wooyh612@korea.kr

¹⁾ Korea National College of Agriculture & Fisheries, Jeonju 54874

²⁾ National Academy of Agricultural Science, Iseo, Wanju 55365

³⁾ Rural Development Administration, Iseo, Wanju 54875

I. 서론

시설재배는 유리온실이나 플라스틱 하우스와 같은 인공시설 하에서 인위적으로 재배환경을 조절하면서 작물을 재배함으로써 원하는 시기에 작물을 수확할 수 있는 장점이 있다. 또한 연중 작물을 재배함으로써 고도의 토지생산성을 가져오고 작업자가 쾌적한 환경조건과 작업공정이 자동화된 시설에서 쉽고 편하게 작물을 생산할 수 있어 노동생산성을 끌어올릴 수 있다. 정부에서는 90년대 이후 UR·FTA 등 농업분야 개방화 대책의 일환으로 원예시설의 현대화 사업, 시설원예품질개선사업, 농어업 에너지이용효율화 사업을 꾸준히 실행해오고 있다. 그 결과로 시설원예 농가의 규모화, 전문화가 진행되고 있다.

농업 ICT 융합기술이란 기존의 농업 기술에 정보화 기술, 자동제어 기술, RFID, USN 유무선 통신, 모니터링 기술, 복합 환경제어, 농축산물 이력추적 등 ICT 기술을 농업에 적용시켜 농업의 생산·유통·소비 전 과정에 걸쳐 생산성과 효율성 그리고 품질을 향상시키는 기술이다.

ICT 기술은 농산업 분야에도 그 영역을 확장하고 있으며, 새로운 기술은 농가 인구감소와 고령화, 노임, 운영비 증가와 같은 문제를 극복할 가능성 있는 해법을 제시할 수 있을 것으로 기대되고 있다(Ahn et al., 2015). 무선센서 네트워크 기술을 활용하여 각종 생장환경 정보들을 수집하고 모니터링 할 수 있는 무선센서 네트워크 기반의 온실환경 모니터링 시스템(Lee, 2013), 온실환경 제어시스템을 웹 환경과 연동하여 원격으로 실시간 온실의 환경을 제어하는 웹기반의 온실환경 원격 모니터링 시스템(Kim et al., 2011; Maliappiset al., 2008)등 연구 개발이 활발히 진행되고 있다(양 등, 2012; 조 등, 2011).

원예시설이 고도화되면서 작물생육에 적합한 정밀한 환경조절이 생산성 및 품질향상을 가져오게 되지만 기기들이 복잡해지고 다양해지면서 기

기의 오작동, 고장 등으로 인해 재배작물에 피해를 가져올 위험성도 동시에 내포하고 있다. 원예 시설과 식물공장의 환경을 관측하고 작물의 상태 관찰이 가능하며, 온도가 조절범위를 벗어난 경우, 작동기 고장 등 발생 시 관리자에게 통보해주는 기능을 갖춘 시스템이 필요하다.

특히, 원예시설에 적용되는 원격 제어시스템은 24시간 내내 항상 켜져 있어야 하고 고온다습한 환경조건 하에 설치되므로 무엇보다도 안전이 최우선이다. 농민들이 원격제어에 대한 불안감을 해소하지 못한다면 원격제어는 제대로 활용되지 못할 뿐만 아니라 사용한다 하더라도 단순히 온·습도 등 환경을 모니터링하고 장치의 원격 감시와 경보 알림용도 정도로 사용할 것이다. 농가에서 원격 제어시스템을 안심하고 사용하기 위해서는 제어성과 안정성이 우수하고 원격지에서도 시스템의 이상 유무를 확인하고 비상상황을 통보하고 제어할 수 있는 시스템이어야 한다.

따라서, 본 연구는 감시 및 제어 기능과 안정성을 높인 온실제어시스템을 개발하고 인터넷과 스마트폰을 통해 원격 통신망을 구현하고 비닐하우스에 적용하여 그 성능을 검증하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시스템 구조 설계

온실 환경 제어 시스템의 구조는 로컬 서버를 중심으로 관제 및 제어가 이루어지며, 원격에 설치된 관리 서버를 통해 알람 메시지 처리, 라이선스 체크, 로컬서버 백업, 원격 업데이트 등의 부가 기능을 수행하도록 설계하였다. 관제 및 제어 수행은 통합 제어 RTU(원격단말장치)와 제어 Gate Way(G/W)를 통해 수행하며, 로컬 서버는 통합 제어 RTU와의 통신을 통해 관련 정보를 수집하고 표시하도록 설계하였다(Fig. 1).

온실 환경 제어 시스템은 APM 기반의 서버에

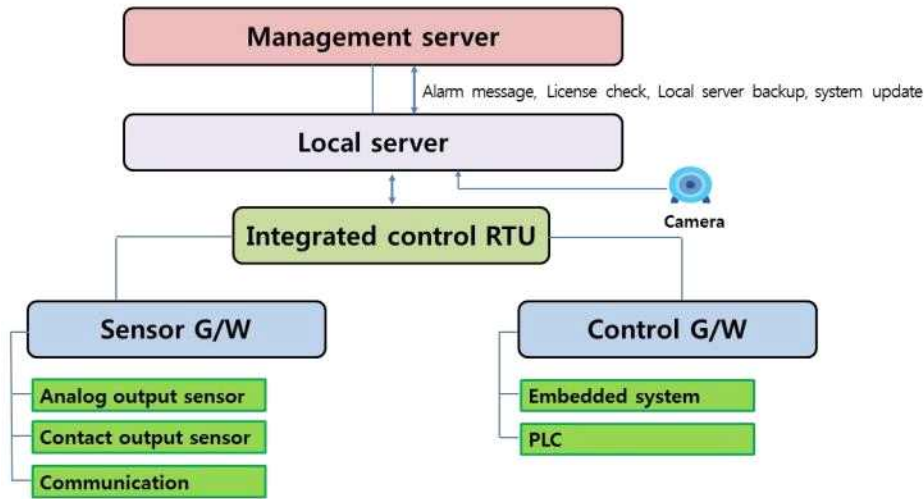


Fig. 1 Plan of system structure for the greenhouse monitoring and control.

서 구동되며, 디바이스와의 통신은 자바기반의 통신 데몬을 통해 이루어지고 클라이언트 PC와의 통신은 HTTP API를 통해 이루어지도록 설계하였다. 또한, 대부분의 기능은 로컬서버를 통해 구현되지만 알람메시지 처리와 라이선스 체크는 메인 서버를 통해 이루어지도록 하였다. 시스템은 메모리를 공유하는 방식으로 다양한 기종과 통신을 수행하며, HTTP 프로토콜을 통해 웹, 스마트폰 등 다양한 관제 디바이스에 자동화된 UI를 제공하도록 설계하였다(Fig. 2).

2. 시스템 구성

온실 환경 제어 시스템은 온실 내외 환경 모니터링과 제어 현황 데이터가 TCP/IP를 통해 서버로 전송되며, 상위 서버에서도 관제하고 여러 곳을 관리하고 운영할 수 있는 시스템으로 사용자가 원격제어에 대한 불안감 없이 언제든지 편리하게 이용할 수 있도록 최대한 안전장치를 구비하도록 구성하였다.

제어 및 관제의 안정성을 위해 로컬서버는 원격에 설치하지 않고 온실 내부에 설치하는 방식으로 하였다. 센싱 데이터의 수집 및 제어는 상대적으로 안정성이 떨어진 외부 인터넷망의 장애 여부와 상관없이 내부 로컬망의 이더넷 통신을 통해 이루어질 수 있도록 구성하였다.

온실 환경 제어 시스템은 온실의 환경 정보를 취득하는 센서와 센서G/W로 구성된 센서부와 온실의 환경을 제어하는 PLC, 이더넷 통신을 통해 환경 정보 데이터와 구동부의 작동상태를 수집하고 외부 서버와 연계되어 환경정보와 제어정보를 전달하는 로컬서버, 천.측창, 커튼 등을 작동시키는 구동부, 재배작물과 작동부 감시를 위한 카메라 등으로 구성하였다. 로컬서버는 인터넷을 이용하여 외부의 서버와 연결되도록 구성하였다. 센서 계측값은 센서G/W에서 디지털 값으로 변환되고 TCP/IP를 통해 로컬서버로 데이터가 송신된다. 로컬 서버는 PLC와 농가의 운영 PC에도 데이터를 송신한다(Fig. 3).

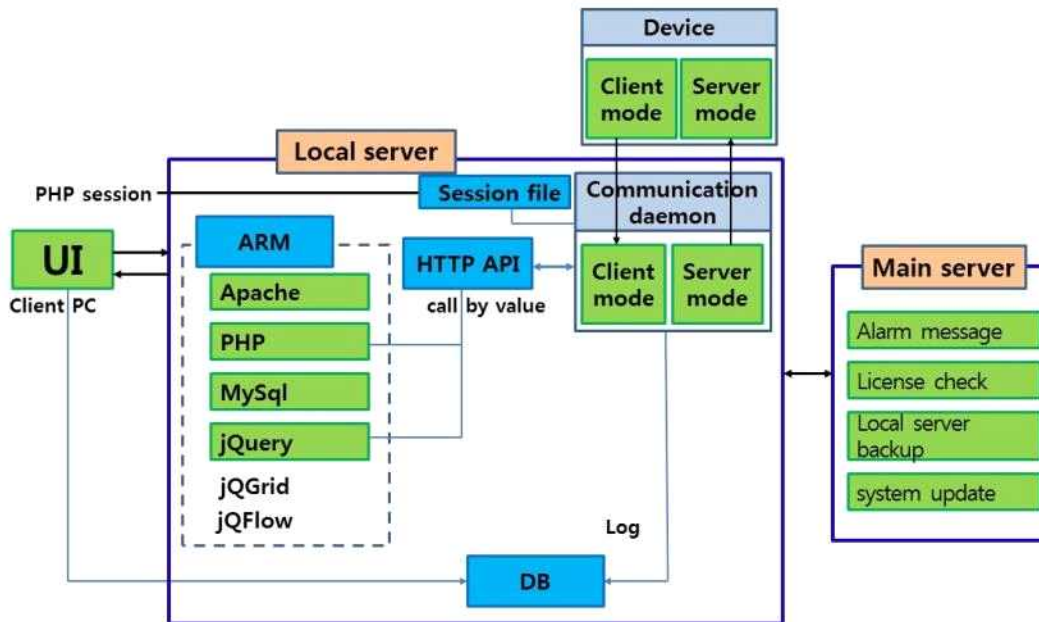


Fig. 2 Design of system structure for the greenhouse monitoring and control.

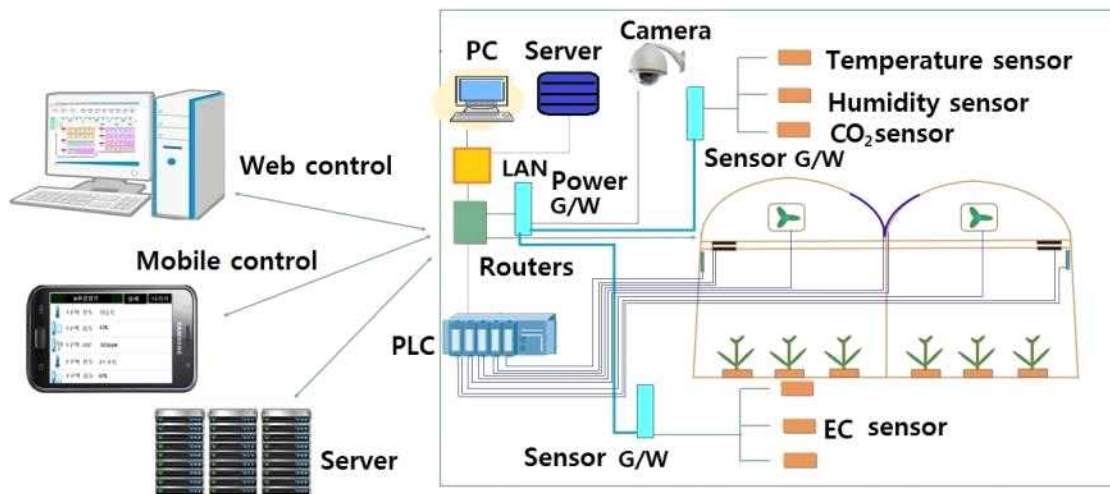


Fig. 3 The structure of the greenhouse monitoring and control system.

3. 성능시험

온실 환경 제어시스템 성능시험은 각 기기에 대해 작동조건에 해당하는 설정 값을 입력 후 작동여부를 조사하였다. 작동기기 상태 정상표시 여부는 구동부를 수동으로 열림 닫힘 동작을 반복하면서 모니터링 표시 상태와 구동부 위치를 조사하였다. 응답속도 테스트는 비닐하우스 작동기기를 대상으로 스마트폰으로 수동제어 하며 응답 성능을 측정하였다. 제어동작 지연시간은 스마트폰을 이용한 수동제어 시 커튼, 순환 팬의 제어명령 후 동작을 시작하는데 걸리는 시간을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 제어 시스템 설치

온실 환경 제어시스템의 성능검증은 진주시 대곡면 1,500평 규모의 7연동 비닐하우스에 설치하여 실시하였다. 비닐하우스는 동서방향의 온도 구

배가 있어 2구역으로 나누어 관리하며, 내부장치로 천창, 2중 천창, 측창, 수평커튼 2중, 수직커튼 2중, 공기순환 팬이 설치되어 있고 기계장치로는 온풍난방기, 양액공급 장치, CO₂공급 장치가 설치되어 있다.

시스템 성능검증을 위하여 온실 내부의 온도, 습도, CO₂를 측정하는 지상부 측정 센서와 배지 EC, 배지 수분, 배지 온도를 측정하는 근권부 측정 센서를 설치하였다. 센서 G/W는 통합형으로 온도와 습도, CO₂를 통합하고 배지온도, 배지수분, 배지 EC를 통합 구성하였으며, 데이터 송신은 PoE에 의한 TCP/IP통신을 통해 이루어지도록 구성하였다.

현장제어반은 안전성을 높이고 온실제어상태를 운영자가 선택할 수 있도록 원격 자동제어, 로컬 자동제어, 로컬 수동제어를 절환할 수 있도록 하였다. 또한 각각의 천창, 측창, 커튼 등 어느 한 부분에 이상이나 고장이 발생할 경우 그 부분만 제어동작이 이루어지지 않고 나머지 다른 부분은 정상동작을 할 수 있도록 각각에 절환스위치와 퓨즈를 설치하였다.

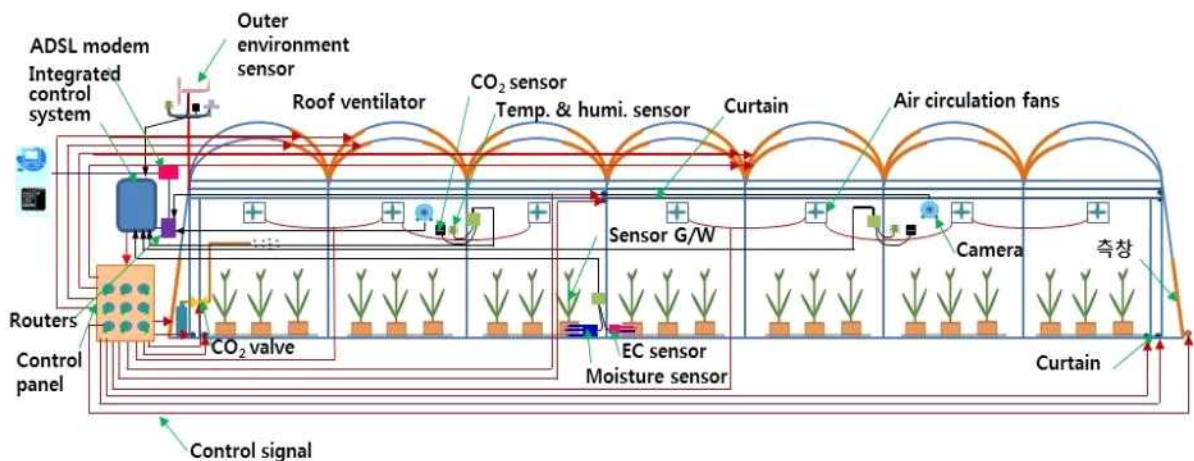


Fig. 4 Installation of the greenhouse monitoring and control system.



Fig. 5 Views of the greenhouse monitoring and control system.

서버는 1.8GHz 듀얼코어로 울프데일 E7600과 동일한 연산 성능을 가지며, 2G RAM, 320G HDD, 이더넷 2포트의 성능을 지닌 (주)엔칩의 ES2를 사용하였다. 서버는 수년간 중단 없이 안정적 가동을 담보해야하기 때문에 산업용 서버 규격에 따라 구성하였다. 센서G/W와 파워G/W는 엠코피아의 UbiMas-PU, UbiMas-MTU를 사용하였다. PLC는 LS산전 XGK-CPUS를 이용하였으며, 기기와의 통신을 위해 RS232, Profibus 통신, 이더넷 통신용 통신모듈로 구성하였으며, Profibus 통신으로 DI 96채널, DO 64채널 확장 구성하였다. 카메라는 H.264/MPEG-4/MJPEG 영상 압축방식과 IPv6를 모두 지원하며, 4CIF급 (704×480) 고화질 화면을 30fps 속도로 전송할 수 있고, 멀티 스트리밍을 통해 영상 감시 및 녹화 전송이 동시에 가능하고 광학 12배(3.6~44.3mm), 디지털 16배 줌을 장착한 삼성테크윈의 SNP-3120VH를 사용하였다. 정전 시 최대 30

분간 모니터링 유지가 가능하도록 하는 UPS는 POWERCOM사의 500VA용량의 BNT500A를 사용하였다(Table 1).

2. 제어 시스템 구현

온실 환경 제어시스템은 현장제어와 원격 제어 간의 충돌을 방지하기 위해 원격/로컬 상태 구분을 위한 선택 스위치와 원격제어에 따른 안전성을 확보하기 위한 안전장치를 마련하였다. 각 내부장치를 동작시키는 전자개폐기, 조작스위치로부터 상태를 수집하며, 모터 등 과부하 발생 시 과부하 계전기의 TRIP신호를 감지하여 운영자의 컴퓨터와 스마트폰으로 경보가 보내지도록 구현하였다.

제어대상은 천창, 이중천창, 측창, 측면커튼, 수직커튼 상하, 순환팬, 냉·난방기 등이다. 제어내용은 시스템에 접근하여 설정할 수 있도록 하였다.

Table 1. Specifications of the greenhouse monitoring and control system

Item	Manufacture & Model	Specification
Server	. Enship, ES2	.Intel 1037U 1.86GHz dual core .DDR3 1066MHz, 2GB .160G HDD .10/100/1000 Ethernet
Power Gate Way	.Mcopia, UbiMas-PU	.Power over Ethernet(PoE)
Sensor Gate Way	.Mcopia, UbiMas-MTU	.4ch. Analog Input .10/100Mbps Ethernet
PLC	.LSIS Co., XGK-CPUS .LSIS Co., XGP-ACF2 .LSIS Co., XGL-EFMT .LSIS Co., XGL-CH2A .LSIS Co., XGL-PMEC .LSIS Co., GPL-D22A .LSIS Co., GPL-RY2A	.128 Ksteps . AC 110/220, DC5V 6A .Open Ethernet .RS-232C 1ch., RS-422/485 1ch. .Profibus-DP, Master .DC 24V 16ch. Input .DC 24V/AC 110V/220V, 16ch Relay
Camera	. Samsung Co., SNP-3120VH	.H.264/MPEG-4/MJPEG .30fps in 704*480 .12x Optical Zoom, 16x digital Zoom
UPS	. Power Com, BNT500AP	.500VA

센서에서 계측된 값은 센서 G/W에서 디지털 값으로 변환되어 실시간으로 로컬서버와 PLC로 전송되고 로컬서버에서는 운영 PC, 외부 관제 서버, 스마트폰으로 전송되도록 하였다. 자동으로 운영될 때는 전송된 데이터를 기준으로 제어알고리즘을 통해 구동부에 제어 명령을 내리도록 하였으며, 외부의 접속 PC와 스마트폰으로 제어명령을 내리면 로컬서버와 PLC로 전달되어 구동부 동작이 수행되도록 구현하였다.

온실 환경 제어시스템은 안정성을 높이기 위해 카메라 관제 기능을 통합하여 원격에서 관리자가 제어의 결과나 현재의 제어대상의 상태를 육안으로 확인하면서 제어할 수 있도록 구성하였다. 인터넷이 연결된 PC의 웹브라우저와 스마트폰에서 카메라 영상을 통해 원격으로 관제할 수 있도록

하였다. 또한, 카메라의 틸트와 줌 기능을 이용하여 제어 수행 시 자동으로 카메라의 앵글을 제어 대상으로 향하게 하여 제어결과를 바로 영상으로 확인할 수 있도록 하였다. 카메라는 자동화조건에 따라 자동제어 되며, 필요시 원격으로 대상기기를 수동제어 할 수 있도록 구현하였으며, 오류가 발생하면 주위에 연락하여 응급조치할 수 있도록 구현하였다(Fig. 6).

3. 소프트웨어 구현

외부의 관제 서버는 최종적으로 정보를 수집, 가공, 관리하기 위하여 IPv4/IPv6 프로토콜을 이용하여 통합제어장치, 서버와 연결되도록 하였다. 환경제어 소프트웨어 UI는 브라우저 기반의 동적 모듈 위젯방식으로 구현하였다. 내외부 센서 실시

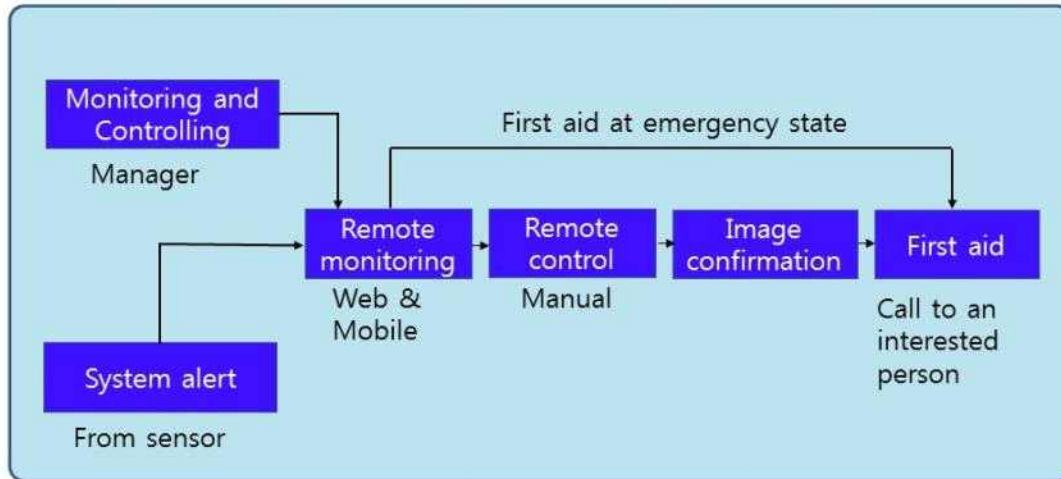


Fig. 6 The control process of the camera for greenhouse monitoring.

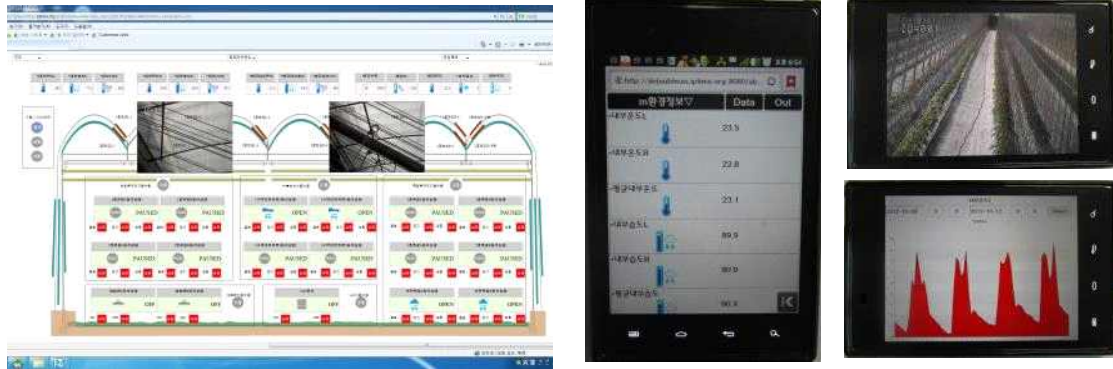
간 모니터링, 천창 등 제어장치 제어, 카메라 영상화면 관제 등을 통합 제공하도록 구현하였으며, 장치별 실시간 차트 기능과 보고서 기능, SMS 알람기능을 제공하도록 구현하였다.

서버는 Linux Kernel 2.6이상인 SULinux로 운영체제를 이용하였다. 원격 관제 및 제어를 위해 온실 내부에 있는 로컬서버에 Apache 2.0.63 이상의 웹서버를 설치하였다. 데이터 처리를 위한 DB로는 MySQL 5.0 이상을 이용하였다(Table 2).

제어화면은 운영자가 한눈에 알아보기 쉽게 온실의 모형과 부대 장치와 작동기기를 이미지화하여 동작 상태를 표시하도록 하였으며, 작동 버튼을 클릭하여 수동조작도 가능하도록 구현하였다. 관제는 온·습도, CO₂, 일사, 풍향, 풍속, 배지 온도배지 EC, 배지 수분량이 수집되도록 하였으며, 제어기기는 팬 등 작동기의 On-Off 상태, 천·측창, 커튼, 차광스크린 Open-Opening-Closing-Closed 상태가 모니터링 되도록 하였다. 영상은 JPEG 리프레쉬 방식을 적용하여 초당 1 프레임

Table 2. Specifications of the greenhouse monitoring and control system

Item	Specification
OS	Linux Compatible
Linux Kernel	2.6
Web Server	SULinux 2.0
DB Server	Apache 2.0.63
Java JDK	MySQL 5.5



(a) computer monitor

(b) smartphone

Fig. 7 Views of the greenhouse monitoring and control software.

정도를 표시하도록 하였다. 소프트웨어는 웹 브라우저를 이용한 HMI(Human Machine Interface) 구현으로 관리자 페이지를 통해 다수의 브라우저에서도 지원 가능하도록 하였다. 또한, 모바일 웹방식을 도입하여 안드로이드, 아이폰 등 운영체제와 상관없이 구동할 수 있도록 구현하였다(Fig. 7).

4. 성능시험 결과

온실 환경 제어시스템 성능시험은 각 장치에 대해 작동조건에 해당하는 설정값을 입력 후 작동여부를 조사하였다. 현재 시간과 온도 값 설정에 따른 천창, 측창, 커튼 구동부의 작동을 체크하였다. 천창, 측창, 수평커튼, 측면커튼의 작동 시험결과 조건에 따라 모두 성공적으로 작동함을 확인하였다(Table 3).

작동기기 상태의 정상표시 여부는 구동부를 수동으로 열림과 닫힘 동작을 반복하면서 모니터링 표시 상태와 구동부 위치가 일치하는가를 조사하였다. 천창, 측창, 커튼의 구동부 동작과 모니터링 정상동작여부를 조사한 결과 상한 리미트가

접촉되었을 때 열림 상태로 모니터링 되고 리미트가 떨어지면 닫히는 중으로 모니터링 됨을 확인하였다. 또한 하한 리미트가 접촉되었을 때는 닫힘 상태로 모니터링 되고 리미트가 떨어지면 열리는 중으로 모니터링 됨을 확인하였다(Table 4).

제어 소프트웨어 운영결과 데이터 수집 및 디스플레이 상태, 이벤트 출력, 영상모니터링 등 계측 및 제어성능 모두 양호하게 나타났다.

응답속도 테스트는 비닐하우스 작동기기를 대상으로 스마트폰을 이용해 수동으로 제어하며 응답성능을 측정하였다. 제어동작 지연시간은 스마트폰을 이용하여 수동제어 시 커튼, 순환 팬의 제어명령 후 동작을 시작하는데 걸리는 시간을 조사하였다.

스마트폰에 의한 수동제어 시 약 2~4초의 지연시간이 있는 것으로 나타났다. 제어 명령에 대한 오류는 전체 명령 중 약 0.2~0.5% 수준으로 발생하는 것으로 나타났다. 실험결과 최대 980개의 센싱 데이터를 동시 처리할 수 있는 것을 확인하였다(Table 5).

Table 3. Operation test results of the greenhouse control system on setting of temperature

Device	Operation	Conditions				Results
		Time Range	Values	Temperature Range	Values	
Roof windows	open	8~18	17	24~26	27	success
	×	8~18	17	24~26	25	success
	close	8~18	17	24~26	23	success
	close	8~18	19	24~26	27	success
	close	8~18	19	24~26	25	success
	close	8~18	19	24~26	23	success
Roof windows	open	8~18	17	24~26	27	success
	×	8~18	17	24~26	25	success
	close	8~18	17	24~26	23	success
	close	8~18	19	24~26	27	success
	close	8~18	19	24~26	25	success
	close	8~18	19	24~26	23	success
Side windows	open	8~18	17	24~26	27	success
	×	8~18	17	24~26	25	success
	close	8~18	17	24~26	23	success
	close	8~18	19	24~26	27	success
	close	8~18	19	24~26	25	success
	close	8~18	19	24~26	23	success
curtain	open	8~18	17	24~26	27	success
	×	8~18	17	24~26	25	success
	close	8~18	17	24~26	23	success
	close	8~18	19	24~26	27	success
	close	8~18	19	24~26	25	success
	close	8~18	19	24~26	23	success
Side curtain	open	8~18	17	24~26	27	success
	×	8~18	17	24~26	25	success
	close	8~18	17	24~26	23	success
	close	8~18	19	24~26	27	success
	close	8~18	19	24~26	25	success
	close	8~18	19	24~26	23	success

Table 4. Test results of limit switch operation and displaying status on motor operation of each apparatus

Limit switch	Contact status	Condition monitoring	Results
Upper	Contact	OPEN	OK
	Non-Contact in opening operation	Closing	OK
	Non-Contact in closing operation		
Lower	Contact	Close	OK
	Non-Contact in closing operation	Opening	OK
	Non-Contact in opening operation		

Table 5. Performance test results of the greenhouse control system controlled by smartphone

Item	Performance
Control command errors(%)	0.2~0.5
Response time for smart phone control(s)	2~4
Simultaneous data collection number(ea)	980

IV. 적 요

본 연구는 원예시설의 원격제어에 대한 불안감을 해소하고 신뢰성을 확보하기 위하여 감시 및 제어 기능과 안정성을 높인 ICT기반 온실제어시스템을 개발하고 비닐하우스에 적용하여 그 성능을 검증하고자 하였다.

온실 환경 제어 시스템은 온실의 환경 정보를 취득하는 센서와 센서G/W로 구성된 센서부와 온실의 환경을 제어하는 PLC, 이더넷 통신을 통해 환경 정보 데이터와 구동부의 작동상태를 수집하고 외부 서버와 연계되어 환경정보와 제어정보를 전달하는 로컬서버, 천, 축창, 커튼 등을 작동시키는 구동부, 재배작물과 작동부 감시를 위한 카메라 등으로 구성하였다.

온실 환경 제어 시스템은 현장제어와 원격 제어 간의 충돌을 방지하기 위해 원격/로컬 상태 구분을 위한 선택 스위치와 원격제어에 따른 안전성을 확보하기 위한 안전장치를 마련하였다. 즉, 각 내부장치를 동작시키는 전자개폐기, 조작 스위치로부터 상태를 수집하며, 모터 등 과부하 발생 시 과부하계전기의 TRIP신호를 감지하여 운영자의 컴퓨터와 스마트폰으로 경보가 보내지도록 구현하였다.

소프트웨어는 웹 브라우저를 이용한 HMI (Human Machine Interface) 구현으로 관리자 페이지를 통해 다수의 브라우저에서도 지원 가능하도록 하였다.

또한, 모바일 웹방식을 도입하여 안드로이드, 아이폰 등 운영체제와 상관없이 구동할 수 있도록

록 구현하였다.

제어화면은 운영자가 한눈에 알아보기 쉽게 온실의 모형과 부대 장치와 작동기기를 이미지화하여 동작 상태를 표시하도록 하였으며, 작동 버튼을 클릭하여 수동조작도 가능하도록 구현하였다.

온실 환경 제어 시스템 성능시험결과 천창, 측창, 수평커튼, 측면커튼은 작동 조건에 따라 모두 성공적으로 작동함을 확인하였다.

또한, 소프트웨어의 데이터 수집 및 디스플레이 상태, 이벤트 출력, 영상모니터링 등 계측 및 제어성능 모두 양호하게 나타났다.

V. 참고문헌

1. Ahn, K. A., W. H. Jung, J. Y. Byeon, Y. C. Choe. 2015. Data analysis of a multi-climate controller in tomato greenhouse production and the implications of ICT convergence: The TOMGRO model. Science & Engineering Research Support soCiety 95: 55-60.
2. Choi, Y., S. Joung. 2014. A Design and Implementation of Mobile based Smart Green House System. Journal of the KIECS 9(4): 475-482. (In Korean)
3. Kim, K., K. Park, J. Kim, M. Jang, E. Kim. 2011. Establishment of Web-based Remote Monitoring System for Greenhouse Environment. Journal of the KIECS 6(1): 77-83. (In Korean)
4. Lee, Y. 2013. Implementation of Greenhouse Environment Monitoring System based on Wireless Sensor Networks. J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng. 17(11) : 2686-2692. (In Korean)
5. Maliappis, M.T., K.P. Ferentinos, H.C. Passam and A.B. Sideridis. 2008. A Web-based Greenhouse Intelligent Management System. World Journal of Agricultural Sciences 4(5): 640-647.
6. Pawlowski, A., J. L. Guzman, F. Rodríguez, M. Berenguel, J. Sánchez, S. Dormido. 2009. Simulation of Greenhouse Climate Monitoring and Control with Wireless Sensor Network and Event-Based Control. Sensors 9: 232-252.
7. 양재수, 정창덕, 홍유식, 안병익, 황선일, 최영훈. 212. 지능을 이용한 온실제어시스템. 전자공학회 논문지 제 49 권 CI 편 제 2 호 : 29-37.
8. 조승일, 김종찬, 반경진, 김치용, 김응곤. 2011. u-IT 기반의 생장환경 관리 시스템. 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집. 362-364.