

---

# 웹기반의 온실환경 원격 모니터링 시스템 구축

김경옥\* · 박경욱\* · 김종찬\* · 장문석\* · 김응곤\*\*

## Establishment of Web-based Remote Monitoring System for Greenhouse Environment

Kyeong-og Kim\* · Kyoung-wook Park\* · Jong-chan Kim\* · Moon-suk Jang\* · Eung-kon Kim\*\*

### 요약

본 논문에서는 온실에 Green U-IT 기술을 적용하여 기온센서, 토양센서, 수분센서 등 환경제어기기를 컴퓨터로 연동시켜 실시간으로 작물 성장환경을 관리하는 원격 모니터링 시스템을 제안한다. 온실의 환경 정보를 데이터베이스에 저장하고 저장된 식물의 성장환경을 직선회귀분석법과 DIF 분석을 이용하여 최적의 성장 환경정보를 사용자가 원하는 항목으로 비교 분석하여 모니터링 한다. 온실 환경 제어시스템을 웹 환경과 연동하여 원격으로 제어함으로써 각 사용자들이 농가에 직접 방문하지 않더라도 원격으로 실시간 온실의 환경을 제어할 수 있다. 따라서 최적의 성장환경을 지속적으로 제공하여 농가의 생산 효율성을 증대시킬 수 있다.

### ABSTRACT

This paper proposes a remote monitoring system, which manages crops' growth environment on a real-time basis by applying to greenhouses Green U-IT technology connecting environment control equipment such as temperature sensors, soil sensors, and moisture sensors with computers. Information on greenhouses' environment is stored in a database, and by utilizing linear regression analysis and differential item functioning (DIF) analysis, optimal information on growth and environment is extracted from stored information in the form of items desired by users, and compared, analyzed, and monitored. By linking greenhouse environment control system with web environment and remotely controlling the system, users do not need to visit farmland and can remotely control greenhouses' environment on a real-time basis. Therefore farmhouses' production efficiency may be enhanced by continuously providing optimal growth environment for plants.

### 키워드

u-농업, 자동온실제어, 온실관리시스템, , 모니터링시스템, USN, 유비쿼터스

### 1. 서론

인터넷 기술의 발달로 인하여 최근 웹을 통해 온실

을 관리하는 시스템을 구성하여 직접 농가가 온실에 찾아가지 않아도 측정, 제어 그리고 모니터링 할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다. 유비쿼터스 컴퓨

---

\* 순천대학교 컴퓨터학과(isakim800@gmail.com)

\* 순천대학교 컴퓨터학과(seaghost@nate.com)

\*\* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터학과 (kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 20

\* 순천대학교 컴퓨터학과(xelfiria@nate.com)

\* 순천대학교 컴퓨터학과(jang@sunchon.ac.kr)

심사(수정)일자 : 2011. 01. 21

게재확정일자 : 2011. 02. 09

팅은 대표적인 IT 기술로 정부, 군대, 헬스, 농업 등 사회 전 분야에 적용되고 있다. 그러나 농업분야에서는 다른 산업에 비해 유비쿼터스 컴퓨팅을 통한 삶의 질 향상이라는 면에서 혜택을 받지 못하고 있는 실정이다. 기존 온실 모니터링 시스템의 경우는 사용자가 항상 원격지에 상주해야 하는 번거로움이 있으며, 기계 오작동으로 인한 위험이 존재한다. 따라서 대부분의 사용자는 야간이나 외부에 있을 때에는 매우 불편하다[1][2].

본 논문에서는 Green U-IT 기술을 적용한 원예시설 웹 기반의 온실 환경 원격 모니터링 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 온실 내/외부에 부착된 기온 센서, 토양센서, 수분센서 등의 각종 센서들로부터 환경 정보 및 생체정보 수집한다. 모니터링 시스템은 수집된 센서 데이터를 직선회귀분석 및 DIF분석 등을 통해 최적의 성장환경을 위한 온도 및 습도정보를 웹을 통해 제공한다. 따라서 사용자들은 실시간으로 온실의 환경데이터와 최적의 성장환경을 위한 정보를 이용하여 온실에 적합한 온도와 수분을 원격 제어할 수 있다. 그러므로 냉해 및 고사로 인한 손실을 사전에 예방하고 쾌적한 성장환경을 지속적으로 제공하여 농가의 생산 효율성을 증대시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 국내외 온실 모니터링 시스템에 대해서 기술하고, 3장에서는 웹기반의 온실 환경 관리 시스템을 설계한다. 그리고 4장에서는 구현된 시스템을 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 국내 농산물 재배환경 관리 시스템

현재 복합 환경 기술 수준은 네델란드의 70%정도이며, 국내 재배농가의 현장에 맞은 정밀한 제어 알고리즘과 시스템의 제어는 매우 높은 수준에 도달하였다. 그러나 에너지 및 급액시스템과 성장환경관리의 통합적인 시스템 개발은 현재 이뤄지지 않고 있다는 문제점이 있다.

동부 정보기술에서 구축한 재배관리 시스템[3]은 농산물의 성장 환경정보를 모니터링하고 제어하기 위한 USN과 개별 작물의 정보관리를 위한 RFID 시스

템으로 구성되었다.

성장환경 모니터링을 위해 품종 별 원예시설에 온도, 습도, 조도 등을 측정할 수 있는 다수 개의 센서 노드를 설치하고 관리 서버와 무선 랜으로 연결된 베이스 스테이션으로 센싱 정보를 전송하도록 하였다 [4].

RFID 시스템은 개별 작물의 정보관리 및 비닐하우스 정보를 위해 구축되었다. RFID 태그를 비닐하우스 및 개별 작물이나 그룹에 부착하고 사용자는 휴대용 RFID 리더를 이용하여 작물에 설치된 태그를 읽도록 하였다. 그래서 서버의 데이터베이스에 저장되어 있는 작물 정보 및 센서데이터 값을 현장에서 실시간으로 검색하고 필요한 데이터를 입력하거나 수정할 수 있다[5][6]. 관리서버는 수집된 성장 환경 정보를 저장하고 이를 RFID 시스템을 이용하여 사용자에게 실시간으로 제공한다. 그러나 수집된 정보는 최적의 성장 환경 제공을 위해 성장 환경 조절장치를 제어하는데 사용된다.

### 2.2 국외 농업환경에 적용된 모니터링 시스템

Intel Research Berkeley Lab[2]에서는 센서에 의한 자동 온도, 습도, 일조량 조절 시스템을 개발하여 미국 오리곤 주 포도원에서 품질 좋은 와인을 생산하기 위해 성장환경 요소들을 측정하는 모니터링 시스템을 구축하였다[7].

포도원에 설치된 mote 센서노드[8]는 온도, 습도, 조도와 같은 환경데이터를 수집하고, 포도원에서 발생하는 활동을 감지한다. 수집된 데이터는 농장 작업자의 삽에 설치된 센서노드에 기록되고, 헛간에 삽을 갖다 놓으면 삽에 기록된 데이터는 중앙 데이터베이스로 업로드 되게 된다. 측정된 데이터를 통하여 시간대별로 최고온도와 최저온도를 계산하고, 토양의 습기를 측정하여 물을 공급한다.

이스라엘의 Phytch[9]사는 식물 성장정보 및 재배환경을 모니터링하는 센서와 소프트웨어를 개발하여 장미, 포도, 토마토 및 후추 등의 농장에 적용하였다.

센서들에 의해 수집된 정보들은 관수 주기, 관수량 등 재배법 개선 및 수확량 예측에 이용되고, 온실의 경우에는 자동 물공급 및 온도조절도 가능하게 하였다. 토마토 농장에 적용된 센서들은 전자측수기, 성장 측정 센서, 줄기변화 감지 센서, 잎 온도 센서, 환경

센서, 토양습도측정 센서들로 구성되어 진다.

그러나 이스라엘 히브리농대는 식물의 잎 두께가 물의 양을 좌우한다는 점을 착안하여, 잎의 두께를 측정 필요한 양 만큼 적시에 물 공급자동 관제 시스템 (Smart Irrigation Control System)을 개발하였다.

이와 같이 센서를 이용한 많은 연구들이 진행되면서 농업용 센서, 로봇(무인헬기, 모심기로봇) 등이 개발되고 있으며, 이를 이용한 다양한 응용들이 개발되고 있다[10].

### III. 웹기반의 온실 환경 관리 시스템

본 논문에서 제안하는 웹기반의 온실 환경 관리 시스템의 개략도는 그림 1과 같다. 온실 내·외부에서 수집된 각종 센싱 정보들은 농가별 터미널 프록시 서버들로 전송되고 이를 데이터베이스에 저장한다. 서버는 정보 분석을 통해 각종 통계 및 예측정보들을 생산자들에게 제공한다. 또한 수집된 센싱 데이터를 개별 농가별로 비교 분석하여 실시간 환경요소들에 대한 정보를 생산자들과 관련 컨설턴트, 생산자들에게 제공한다.

또한, 온실환경 제어 시스템을 웹 환경과 연동하여 각 사용자들이 농가에 직접 방문하지 않더라도 온라

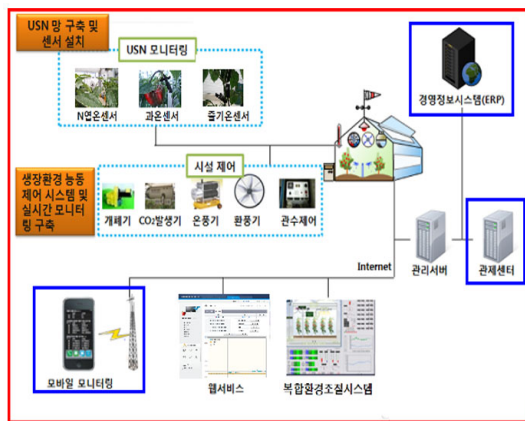


그림 1. 웹기반 온실환경 관리 시스템 개략도

Fig. 1 Schematic diagram of a web-based management system for greenhouse environment

인을 이용하여 실시간으로 온실의 환경 정보를 확인

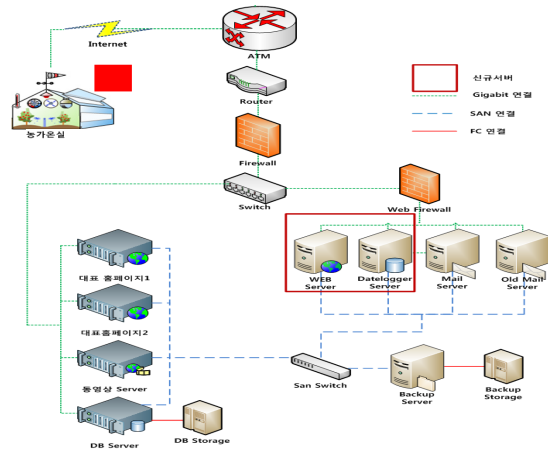


그림 2. 온실환경 원격 모니터링 시스템

Fig. 2 Web-based remote monitoring system for greenhouse environment

할 수 있도록 구축하여 시간적, 공간적인 제약으로부터의 해결책을 제시하며, 다양한 온실환경 정보를 온라인 상에 구축함으로써 저비용, 고효율을 얻을 수 있다. 온실환경을 위한 원격 모니터링 시스템의 하드웨어적 구성도는 그림 2와 같다. 온실 내에 설치된 다양한 USN 센서로부터 환경 데이터를 수집하고 온실 데이터베이스에 저장한다. 이러한 환경 데이터를 분석하여 재배작물의 최적 생장환경을 분석하고 온실에 설치된 개폐기, 온풍기, 관수 및 환풍기 등과 같은 시설물들을 제어하여 최적의 생장 환경을 유지하도록 한다.

#### 3.1 USN 망 구축 및 센서 설치

식물의 생장환경 정보를 수집하기 위하여 온도센서, 습도센서, 외부 일사량센서로 구성되는 기상 센서군과 CO<sub>2</sub> 센서, 양액 측정센서(EC,pH, 급액량, 폐액량 등)를 우선으로 온실 내에 설치하고 USN 미들웨어 소프트웨어를 통하여 각각의 노드를 메쉬 토폴로지 형태로 관리한다. 무선으로 온실 내의 엽온, 과온, 줄기온도에서 발신되는 데이터를 수집하기 위하여 USN 망을 온실의 끝단에는 게이트웨이를 설치하였다.

#### 3.2 제어 시스템

식물의 재배온실에 환경제어를 위한 환기 및 난방 시스템, 에너지 절감을 위한 보온시스템, 외부광도에

따른 차광커튼제어, 시설내부의 공기유동을 조절하는 유동팬 시스템, 온수난방수의 온도 조절 시스템과 생산온실에 설치된 모든 모터의 작동시간 및 제어회수 등이 저장 될 수 있게 UI 서버에 DB를 구축하고 웹 기반 서버에 전송 및 저장한다.

### 3.3 자료 분석 및 복합환경 제어 시스템

생장환경 모니터링 및 제어관련 자료를 그림 3과 같이 데이터베이스로 구축하고 식물의 생장환경 및 생체정보를 관리자에게 제공한다. 저장된 데이터베이스에서 관리자가 원하는 항목을 추출 및 비교 분석할 수 있도록 하기 위해 생장환경 및 생산량에 통계를 제공한다. 또한 직선회귀 분석과 DIF분석 모듈을 통해 현재의 생장환경을 기반으로 앞으로의 생산량을 예측하고 최적의 생장환경에 대한 정보를 제공받도록 하였다.

직선회귀 분석과 DIF분석을 통해 개별 환경 조건의 상호 관련성을 고려함으로써 복합적으로 장치를 구동 할 수 있다. 기존의 센서 데이터를 통한 생장환경과 직선회귀 분석과 DIF분석으로 최적으로 예측된 지식을 기반으로 제어 기준을 설정하고, 작물재배에 가장 적당한 온실의 환경에 맞는 제어 기준에 맞추어 작동기를 움직이게 한다. 이와 같은 과정이 반복되면 지속적으로 반복함으로써 온실은 최적의 생장환경으로 유지된다. 그러나 여러 가지의 환경 조건을 최적으로 유지하기 위해서는 복합적으로 판단하고, 작동기도 복합적으로 가동시켜야 한다.

온실 환경 제어 방식으로는 하루 24시간을 최대 6개의 주기로 분할하여 각 주기마다 환기, 난방, 천정 등 작동 기기의 설정 값을 독립적으로 입력할 수 있으며, 각 주기의 시작 시간은 천문시(일출, 일몰)과 고정시를 기준으로 설정할 수 있다. 또한 외부 기상 환경(일사량, 풍향, 풍속 외온, 감우, 습도)을 바탕으로 실내의 온습도 설정 조건을 최적화 시킬 수 있다.

또한, 전기 판넬에 연결된 온실의 각종 작동기기를 수집된 센서값을 바탕으로 제어기에 입력된 제어 프로그램과 연동하여 실시간 제어하고 제어값을 저장하고 온실 내부에서의 CO<sub>2</sub> 농도를 계측 및 제어한다.

## IV. 구현 결과

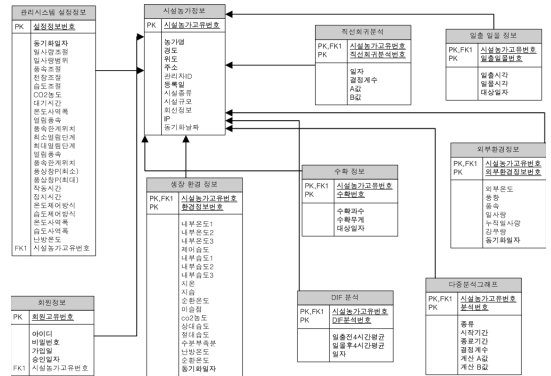


그림 3. 데이터 스키마  
Fig. 3 Data schema

본 논문에서 제안한 시스템은 원격지에서 대상 온실의 온실 상황을 모니터링 할 수 있도록 웹을 이용해 사용자가 온실 환경을 모니터링 및 원격 제어 할 수 있다. 온실 환경 제어값을 설정 후 자동으로 온실 환경을 제어하여 농가를 방문하지 않고도 원격모니터링 시스템을 활용하여 별도의 정보 분석 과정을 거치지 않고 다양한 시설농가 정보를 습득 및 활용할 수 있다. 이러한 원격 모니터링 시스템을 이용하여 각 사용자가 인터넷을 통하여 편리하게 각종 센싱 계측 정보를 확인할 수 있다. 그림 4는 센서들이 보내온 온실 환경 데이터를 웹으로 모니터링하는 화면이다.

또한 정보 분석을 통해 온실 환경 및 생산량에 대한 각종 통계와 예측정보들을 제공한다. 그림 5는 직선회귀 분석과 DIF분석을 통해 수확량 및 온도차에 대한 분석을 웹으로 모니터링하는 화면이다.

## V. 결론

본 논문에서는 원예시설 내/외부 환경 정보, 생체 정보 수집을 위한 각종 센서설치 및 센서네트워크를 구축하여 여러 정보를 다이나믹하게 수집 분석하여 작물의 최적 생장환경관리를 위한 온실용 복합 환경 제어 시스템을 구축하여 생장환경 정보 활용을 위한 웹 기반의 온실 환경 원격 모니터링 시스템을 구축하였다. 또한 식물의 생육 환경을 최적의 생육 조건으로



(a) 환경 센서 데이터 수집 정보  
(a) Environmental data collection information



(a) 직석회귀 분석 예제  
(a) An example of linear regression analysis



(b) 환경 데이터 관리 정보  
(b) Environmental data management information



(b) DIF 분석 예제  
(b) An example of DIF analysis

그림 4. 환경 센서 데이터 모니터링  
Fig. 4 Environmental sensor data monitoring

그림 5. 환경 센서 데이터 분석  
Fig. 5 Environmental sensor data analysis

조성하기 위해 외부 기상센서에서 수집된 정보를 바탕으로 실내 센서값을 모니터링하고 복합 환경 제어 프로그램을 탑재한 제어를 이용해 각종 시설 기기들을 조작하고 조작으로 인한 변화된 환경을 모니터링하고 제어하는 일련의 과정을 거치면서 최적화된 환경을 유지할 수 있었고 온실 환경정보를 제공함으로써 생산자들의 의사결정 지지 및 생산 효율을 증가시킬 수 있다.

온실 환경 제어시스템을 웹 환경과 연동하여 각 사용자들이 농가에 직접 방문하지 않더라도 원격으로 실시간 온실의 환경 정보를 볼 수 있도록 하였으며

이러한 원격 모니터링 시스템을 이용하여 각 사용자가 인터넷을 통하여 편리하게 각종 센싱 계측 정보를 확인할 수 있도록 함으로써 노동력 절감에 대한 확실한 비용절감 효과를 얻을 수 있다.

향후 U-IT기반 원예시설 원격 모니터링 시스템을 타 작물시설로 확대 적용해 나갈으로서 영농시스템의 보급을 진행해 나가고자 한다.

**감사의 글**

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

**참고 문헌**

- [1] 민영봉, 박중훈, 이상옥, 정대상, "온실의 복잡한 경제제어 시스템의 구성", 경상대학교 시설 원예 연구, pp151-165, 1994.
- [2] 김문기, "마이크로 컴퓨터를 이용한 온실 환경 제어", 경상대학교 시설 원예 연구, pp.261-331, 1994.
- [3] 민영봉, 박중훈, 이상옥, 정대상, "온실의 복잡한 경제제어 시스템의 구성", 경상대학교 시설 원예 연구, pp151-165, 1994.
- [4] 김문기, "마이크로 컴퓨터를 이용한 온실 환경 제어", 경상대학교 시설 원예 연구, pp.261-331, 1994.
- [5] 동부정보기술, 동부한농화학, UCT, "농산물 품질향상을 위한 USN 기반의 재배환경 모니터링 시스템," 2005.
- [6] Jenna Burrell, Tim Brooke, Richard Beckwith, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production, "Pervasive Computing, IEEE, Vol.3, Issue 1, pp.38-45, 2004.
- [7] 이성태, 김영봉, 이영한, 이상대. "토양의 EC 수준에 따른 관비공급 농도가 시설토마토 수량과 토양의 염류집적에 미치는 영향", 한국 환경농학 회지, 제 25권, 제1호, pp. 64-70, 2006.
- [8] Chang-sun Shin, Yong-woong Lee, Meong-hun Lee, Jang-woo Park, and Hyun Yoe, "Design of Ubiquitous Glass Green Houses," ISORC 2009.
- [9] 서종성, 강민수, 김영곤, 심춘보, "센서네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현, 한국 인터넷 정보학회 제 9권 3호, pp.129-139, 2008.
- [10] 이명훈, 신창선, 조용운, 여현, "유비쿼터스 농업에서의 온실 환경 통합관리 시스템", 정보과학회 지 제 27권 제6호, pp. 21-26, 2009.

**저자 소개**

**김경옥(Kyong-og Kim)**



2005년 한려산업대학교 사회복지학과 졸업(문학사)  
2008년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2010년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 (박사과정)

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, USN, RFID, 증강현실

**박경욱(Kyoung-wook Park)**



1996년 순천대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1999년 전남대학교 대학원 전산 통계학과 졸업(이학석사)

2004년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(이학박사)

※ 관심분야 : 병렬 및 분산처리, 그래프 이론, 알고리즘

**김종찬(Jong-chan Kim)**



2000년 순천대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학사)

2002년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2007년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)

※ 관심분야 : 영상처리, 그래픽스, 디지털콘텐츠, HCI, SNG



**장문석(Moon-suk Chang)**

1983년 광운대학교 전자계산학과  
졸업(공학사)

1985년 광운대학교 대학원 전자계  
산학과 졸업(공학석사)

1995년 광운대학교 대학원 전자계산학과 졸업  
(공학박사)

현재 순천대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야 : 인공지능, 컴퓨터 그래픽스



**김응곤(Eung-kon Kim)**

1980년 조선대학교 전자공학과 졸  
업(공학사)

1986년 한양대학교 대학원 컴퓨터  
공학과 졸업(공학석사)

1992년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업  
(공학박사)

현재 순천대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미  
디어, HCI