

농장 실시간 모니터링 및 제어 시스템 설계 및 구현

김정홍*, 장영식**, 김재수*

A Design and Implementation for a Realtime Monitoring and Controlling System in the Stockyard

Jeong-Hong Kim*, Young-Slg Kim**, Jae-Soo Kim*

요 약

최근 들어 IT 기술을 농업 현장에 적용하여 경쟁력을 키우려는 연구를 하고 있다. 가축을 대량으로 사육하는 농장은 거주 지역에서 멀리 떨어져 있기 때문에 관리의 효율성을 위해 실시간 모니터링 및 제어장치가 필요하다. 본 논문에서는 실시간으로 영상을 보면서 농장의 시설물을 제어하는 시스템에 대한 설계 및 구현을 기술하였다. 실시간 영상 스트리밍을 통해 설비의 작동을 확인함으로써 기존의 시스템에 비해 신뢰성을 확보하였다.

Abstract

We have recently studied the application of Information Technology to agricultural industry for competitive power. Because the big stockyards are far away from the house, we need a realtime monitoring and control system to manage it efficiently. This paper presented design and implementation for a realtime monitoring and controlling system that we can use to watch an movement of an electronic devices in the stockyards. Compared to other systems, we have more trust in our system by confirming an operation of devices through a realtime video streaming.

▶ Keyword : 유비쿼터스 농업(U-Farming), 모니터링 시스템(Monitoring System), 원격 제어(Remote Control), 무선통신(Wireless Communication)

• 교신저자 : 김정홍

• 투고일 : 2009. 09. 04. 심사일 : 2009. 09. 21. 게재확정일 : 2009. 10. 09.

* 경북대학교 컴퓨터정보학부 교수 ** 계명문화대학 컴퓨터학부 교수

※ 이 논문은 상주대학교 2007학년도 학술연구지원금에 의해 연구되었음.

I. 서론

가축 농장에서는 농장 외부의 동적으로 변하는 자연환경으로부터 가축 생육에 적합한 농장 내부의 환경을 조성하기 위해 많은 노력을 하고 있으나, 농장 내부 온도 및 바닥에 깔리는 유해가스로 환경정화에 대한 취약점이 노출되고 있다. 이러한 유해 환경은 가축 성장 발육을 저하시켜 농가 소득을 저하시킨다. 지금까지는 농장관리인이 농장에 머무르며 농장의 환경을 쾌적하게 만들기 위해 지붕 개폐기, 커튼 개폐기, 환풍기와 같은 설비를 직접 수작업으로 작동하였다. 이를 개선하기 위해 원격으로 농장설비를 제어하기 위한 장치들이 개발되었으나 기기 오동작으로 인해 보급은 미비한 상태이다.

최근 들어 광대역 통신망 구축이 농촌지역까지 확대되고 센서 네트워크 기술의 발달로 유비쿼터스 농업(U-Farming) 기술이 농업현장에 적용 시키려는 연구가 진행 중에 있다. [1][2] 이는 전통 산업인 농업 분야에 IT 기술을 융합하여 노동집약적인 농업에 인간의 노동을 덜어주고 생산성을 향상시키고자 한다. [3] 전화망을 통해 원격지에 있는 농장 관리 시설물을 제어하는 기술은 개발되었으나 현장의 상황에 대한 정보를 제공하기에는 대역폭의 한계로 인해 어려움이 있었다. 휴대폰을 이용한 양방향 원격 제어 시스템을 개발하였으나, 이는 농장 비닐하우스, 저온 창고 등 24시간 가동되는 기계에 현장 상황을 문자나 음성을 통해 실시간 모니터링하고 제어하는 시스템이다.

지금까지 개발된 시스템은 현장감을 주기 위한 영상 정보와 오디오 정보를 실시간으로 전달하기 어렵고, 원격 제어에 대한 기기의 동작을 실시간 영상으로 확인하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 원격 제어 시스템에서 제공하기 힘든 현장의 영상과 오디오 정보를 통해 현장감을 느끼면서 원격 제어가 가능하도록 시스템을 설계하고 구현하였다.

실시간 모니터링에는 영상, 음성, 온도 및 습도 등이 있으며, 실시간 제어는 농장에 설치된 시설물인 개폐식 지붕, 개폐식 커튼, 전등 등을 포함한다. 온도와 습도의 센서 정보를 수집하기 위해서는 정보량은 많지 않지만 긴 전송 수명과 일정 거리 이상의 커버리지를 제공하는 2.4 GHz Zigbee 무선 통신을 사용하였으며 [4][5], 실시간 오디오와 비디오 정보를 제공하기 위해서 MPEG-4 코딩 기술을 사용하였다. 유동 IP 문제는 시스템에서 자신의 IP를 모니터링 서버에게 알려줌으로써 해결하였다. [6][7]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 농업에 적용된 유비쿼터스 시스템 사례와 센서 노드의 정보를 수집하기 위한

무선 통신 기술에 대하여 설명하였고, 3장에서는 실시간으로 모니터링 하면서 시설물을 제어하기 위한 시스템 설계를 기술한다. 4장에서는 본 논문에서 구현한 시스템의 작동에 대한 시험을 기술하고, 마지막 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 농업에 적용된 유비쿼터스 시스템 사례 [1]

포도 농장에 고 품질의 와인을 생산하기 위해 포도 재배 환경 요소들을 측정하는 모니터링 시스템을 Intel Research Berkeley Lab 에서 구축하였다. 이 시스템은 포도 농장에 설치된 센서노드를 통해 온도, 습도, 조도와 같은 환경 데이터를 수집하고, 측정된 데이터를 통하여 자동으로 온도 및 습도를 조절하여 최적의 재배 환경을 제공한다. 이스라엘의 Phytech 사는 식물 생장정보 및 재배 환경을 모니터링 하는 센서를 개발하여 장미, 포도, 토마토 및 후추 등의 농장에 적용하였다. 센서들에 의해 수집된 정보들은 관수 주기, 관수량 등 재배법 개선 및 수확량을 예측하는데 사용되고, 온실의 경우에는 물 공급 및 온도 조절을 통해 최적의 재배환경을 제공한다.

한국의 동부 정보기술에서 구축한 재배관리 시스템은 농산물의 생장 환경 정보를 모니터링하고 제어하기 위한 USN과 개별 작물의 정보관리를 위한 RFID 시스템으로 구성되었다.

2. 무선 통신 기술

원격 제어에 사용되는 통신 기술로는 유선과 무선으로 나눌 수 있는데, 유선은 광 케이블, 동축 케이블 및 이더넷 케이블, 전화선, PLC등이 활용되며, 무선은 WLAN과 WPAN을 나누며 WLAN은 2.4GHz와 5GHz 대역으로, WPAN은 저속과 고속으로 나눌 수 있는데, 고속은 UWB, 저속은 ZigBee, Bluetooth, UWB 등이 있다. [8]

RF 송수신기와 센서(온도, 습도) 혹은 제어 대상 장치와의 결합을 통해 구성되는 무선 센서 장치 및 제어 네트워크는 정보량은 많지 않지만 긴 전송 수명과 일정 거리 이상의 커버리지를 필요로 한다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해서 IEEE는 2003년 5월 802.15.4 규격을 발표하였고, Zigbee Alliance에서는 IEEE에서 정의하는 PHY와 MAC에 네트워크와 보안 계층을 표준화 하였다.

WLAN은 정보통신 기기들 간에 근거리 무선 통신을 하는 것으로 중계장치인 AP(Access Point)를 경유하여 통신하는 Infra-structure 방식이며, WPAN은 개인 정보통신 기기 간에 무선으로 AP 없이 Ad-Hoc 네트워크 방식으로 기기들

간에 직접 통신하는 방식이다. 원격 제어를 위한 무선 통신들의 기술을 비교해 보면 다음과 같다.

표 1. 무선 통신 기술
Table 1. Wireless Communication Technology

방식	주파수 대역	전송 속도	전송 거리	용도
WLAN	2.4G/5GHz	54M/ 600Mbps	50~100m	무선인터넷
UBM	3.1~10.6GHz	200M/ 480Mbps	10m	HD A/V전송
저속 UWB	3.1~10.6GHz	1Mbps	50m	가전기기제어 위치인식
Bluetooth	2.4GHz	1Mbps	10m	무선헤드셋 음성전송
ZigBee	868/915MHz 2.4GHz	20/80Kbps 250Kbps	30m 100m	가전기기제어 원격모니터링
RFID	125K/13.56MHz 400M/900MHz	30Kbps	5m 능동형100m	물류, 제고관리

III. 시스템 설계

농장 실시간 모니터링 및 제어 시스템의 구성도는 그림 1에 나타나 있는 것처럼, 모니터링 서버, 공유기, 영상 카메라, 센서 게이트웨이, 센서 노드, 제어 노드, 제어 모듈로 이루어져 있으며, 각 시스템 구성요소별 기능은 다음과 같다. [9][10][11]

- 모니터링 서버 : 센서 네트워크를 이용하여 수집된 정보를 센서 게이트웨이로 부터 전송 받아 웹 서버로 전달하고, 웹 서버로 부터 수신한 사용자의 명령을 관리 서버를 통해 센서 게이트웨이로 전달한다. 수신한 센서의 정보를 처리하여 이상이 발생하면 사용자에게 SMS 메시지를 보낸다.
- 영상 카메라 : 농장의 오디오와 비디오 정보를 실시간으로 사용자의 단말장치로 보낸다.
- 센서 게이트웨이 : 온도/습도 노드에서 수신한 정보를 모니터링 서버로 전달하고, 모니터링 서버에서 받은 사용자의 원격 제어 명령을 제어 노드에 전달한다.
- 제어 노드와 제어 모듈 : 제어 노드에서 수신한 명령에 따라 농장설비 장치를 제어한다.

농장 실시간 모니터링 시스템은 농장의 자동화 시스템과 제어 모듈을 통해 연결되며, 다양한 농장 설비에 대한 제어와 농장 설비의 확장을 위해 제어 모듈은 쉽게 확장 가능하도록 설계하였다. 영상 카메라와 모니터링 서버 간에는 전송 속도를 높이기 위해 유선 통신망을 사용하며, 온도 노드, 습도 노드, 제어 노드는 농장 내에 설치가 용이하도록 IEEE 802.15.4를 따르는 Zigbee 통신을 사용하였다.

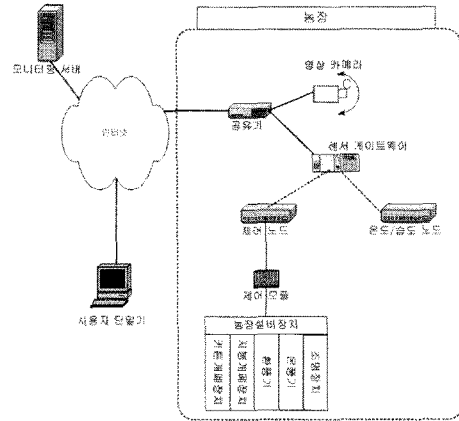


그림 1. 시스템 구조
Fig. 1. System Architecture

1. 모니터링 서버

모니터링 서버 프로그램은 사용자의 인터페이스를 담당하는 웹 서버와 농장에 설치된 제어 노드, 온도/습도 노드와 통신하기 위한 농장관리 서버로 구성된다.

1.1 농장관리 서버

농장에 설치된 시스템은 유동 IP를 통해 모니터링 서버에 연결된다. 농장관리 서버는 그림 2의 메시지 흐름도에 따라 농장에 설치된 센서 게이트웨이, 영상 카메라와의 연결을 설정하기 위한 처리와 주기적인 정보 수집 그리고 웹 서버로부터 받은 사용자의 명령을 농장의 제어 노드로 전달하는 기능을 가진다.

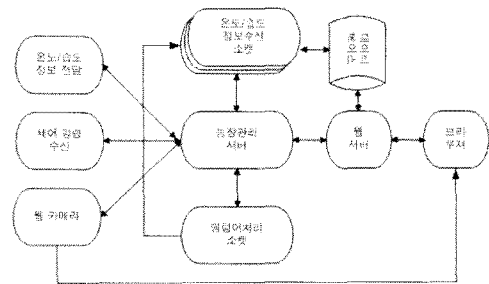


그림 2. 농장관리 서버 메시지 흐름도
Fig. 2. Message Flow in Farm Management Server

연결 설정 처리는 농장에 설치된 온도 노드가 기동을 시작할 때 센서 정보를 받은 센서 게이트웨이는 온도/습도 정보 수집 소켓을 생성하고 이를 농장관리 서버로 전달한다. 농장관리 서버는 새로운 접근 시도가 있는 경우, 정보 패킷과 제어 패킷을 분리하여 처리한다. 정보 패킷인 경우 IP와 MAC

address를 분리하고, 동일한 MAC address를 갖는 소켓이 존재하는지 검사한다. 만일 존재한다면, 기존의 소켓 관리 데이터베이스에서 해당 객체를 제거하고, 새로이 생성된 객체를 소켓 관리 데이터베이스에 추가한다. 농장에 화재가 발생되어 전달된 온도 정보가 허용치를 넘어서면 웹 서버에 등록된 휴대폰 번호로 농장에 이상이 있음을 SMS 메시지 통해 관리인에게 통보한다.

웹 브라우저를 통해 사용자의 제어명령을 전달받은 웹 서버는 소켓 통신을 통하여 농장관리 서버에 메시지를 전달한다. 사용자의 요구시 마다 소켓을 생성하여 전달하고, 전달과정이 종료되면, 소켓을 닫는다. 즉, 웹 페이지를 통해 전달되는 메시지는 지속적인 관리를 하지 않아도 되므로 명령어 메시지인 경우 서버는 소켓을 닫고, 전달된 ID를 이용하여 센서 게이트웨이의 MAC address를 찾는다. 찾은 MAC address를 이용하여 연결 관리 데이터베이스로부터 저장된 소켓들 중 필요한 소켓을 찾고, 패킷을 전달한다.

1.2 웹 서버

웹 서버는 농장 관리인이 원격에서 농장을 모니터링하고 농장의 시설물을 제어하기 위한 인터페이스를 제공한다. 웹 서버는 사용자가 농장을 관리하기 위해 필요한 정보를 입력하여 사용자 등록과 수정처리, 등록된 웹 서버에 접속할 때 거쳐야 하는 인증 처리, 농장 관리/제어를 처리 기능을 수행한다.

(1) 회원 등록/수정 처리

사용자는 농장 관리/제어 프로그램을 이용하기 위해 반드시 회원 등록과정을 거쳐야 한다. 회원 등록 페이지는 농장에서 사용되는 센서 게이트웨이와 영상 카메라의 MAC 주소를 등록하여야 한다. 이 주소는 유동 IP 환경에서 사용자와 자신의 농장을 매핑하기 위해 사용한다. 또한 사용자의 휴대폰 번호를 기입하면, 농장에 불이 나거나 습도가 높아지거나 하면 SMS를 통해 이에 대한 응급상황을 전송한다.

(2) 사용자 인증 처리

사용자는 농장 관리/제어를 위해 사용자의 ID와 패스워드를 웹 서버로 전달하고, 웹 서버는 사용자 관리 테이블을 조사하여 인증할 것인지 아닌지를 결정한다.

(3) 농장 관리/제어 처리

농장 관리/제어는 카메라를 이용하여 농장을 관찰하는 농장 관찰부와 제어 모듈에 명령을 전달하는 농장 시설물을 제어하는 제어부로 나뉜다. 관찰부에 존재하는 특정 버튼을 클릭하면 웹 서버는 웹 클라이언트 객체를 생성하여 서버가 사용자 관리 테이블에 저장한 IP로 정의된 URL을 전달함으로써 카메라를 제어할 수 있다.

그림 3의 관찰부는 카메라로부터 직접적으로 농장 영상을

받아 화면에 표시하며, 농장 제어부에 표시된 특정 버튼을 클릭하면, 웹 서버는 버튼에 대한 클릭 이벤트를 발생시켜 관리 서버에게 명령어를 전달한다.

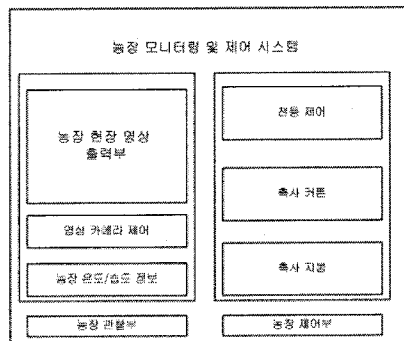


그림 3. Web Server User Interface
Fig. 3. 웹 서버 사용자 인터페이스

2. 센서 게이트웨이

센서 게이트웨이는 온도 노드와 습도 노드에서 수신한 정보를 농장관리 서버에게 전달하고, 농장관리 서버에서 받은 사용자의 원격 제어 명령을 제어 노드에 전달한다. 그림 4는 센서 게이트웨이의 하드웨어 구성도를 나타내며, 네트워크 접속은 연결 지향적 구조로 설계되어 있어, 한번 서버와 연결되면 네트워크의 오류나 강제적인 종료가 아니라면 지속적으로 그 연결을 유지한다.

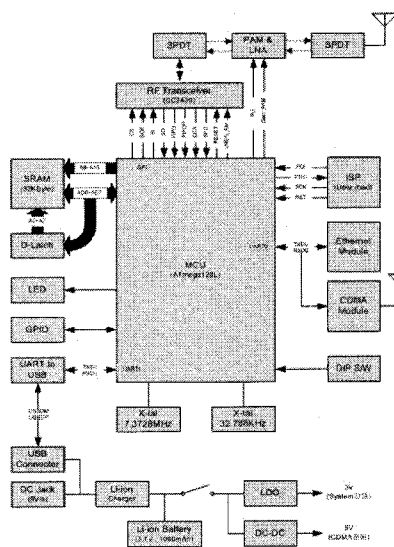
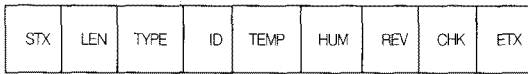


그림 4. 센서 게이트웨이 하드웨어 구조
Fig. 4. Sensor Gateway Hardware Architecture

센서 게이트웨이와 관리 서버간의 메시지는 그림 5와 같이 정보 전달 메시지와 제어 명령 메시지 두 가지 종류로 나눌 수 있으며 이들의 형태는 다음과 같다.



(a) Information Message Format



(b) Control Message Format

그림 5. 메시지 형태
Fig. 5. Message Format

3. 제어 노드

제어 모듈은 제어 노드와 RS232 통신으로 연결되어, 제어 명령을 받으면 Relay통해 농장의 시설물인 지붕, 커튼, 조명 장치를 제어하며 제어 모듈의 하드웨어 구성도는 그림 6과 같다. 설비 제어를 위해 제어 모듈로 전달되는 패키지구조는 그림 5의 (b)의 제어 메시지 형태를 따르며 패키지에 사용되는 명령어와 코드 값은 표 2와 같다.

표 2. 명령어 값
Table 2. Command Value

종류	WEB 버튼	Command	Output(Relay)
지붕	좌-상승	0x10	01(On-)0ff)
	좌-정지	0x11	02(On-)0ff)
	좌-하강	0x12	03(On-)0ff)
	우-상승	0x13	04(On-)0ff)
	우-정지	0x14	05(On-)0ff)
	우-하강	0x15	06(On-)0ff)
커튼	좌상-OPEN	0x20	07(On),08(Off)
	좌상-STOP	0x21	07(Off),08(On)
	좌상-CLOSE	0x22	07(Off),08(On)
	좌하-OPEN	0x42	09(On),10(Off)
	좌하-STOP	0x24	09(Off),10(Off)
	좌하-CLOSE	0x25	09(Off),10(On)
	우상-OPEN	0x26	11(On),12(Off)
	우상-STOP	0x27	11(Off),12(Off)
	우상-CLOSE	0x28	11(Off),12(On)
	우하-OPEN	0x29	13(On),14(Off)
	우하-STOP	0x43	13(Off),14(Off)
	우하-CLOSE	0x2B	13(Off),14(On)
전등	1-ON	0x30	15(ON)
	1-OFF	0x31	15(OFF)
	2-ON	0x40	16(ON)
	2-OFF	0x41	16(OFF)

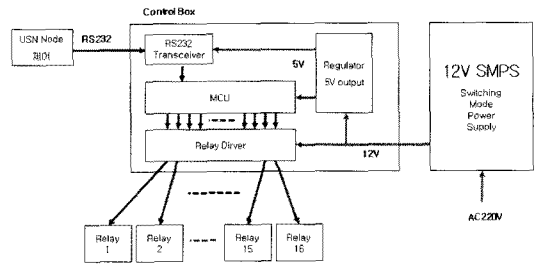


그림 6. 제어 노드 하드웨어 구성도
Fig. 6. Control Node Hardware Architecture

IV. 구현 및 시험

사용된 Zigbee module은 IEEE 802.15.4 규격의 2.4GHz 의 높은 주파수를 갖는 CC2420 칩을 사용하고 Atmega128L 을 MCU로 사용하였다. 센서 노드는 Tiny OS를 사용하며, 이는 400 바이트 정도의 코드를 가지는 소형 운영체제이다. 센서 노드는 효율적인 전력소모 제어를 하기 위해서 평상시에는 SLEEP 상태에 있다가 인터럽트가 발생하면 이벤트로 처리되어 WAKE-UP되는 이벤트 기반의 어플리케이션으로 구성된다. 그림 7은 축사 현장에 설치한 영상 카메라, 센서 게이트웨이, 제어 노드를 나타낸다.

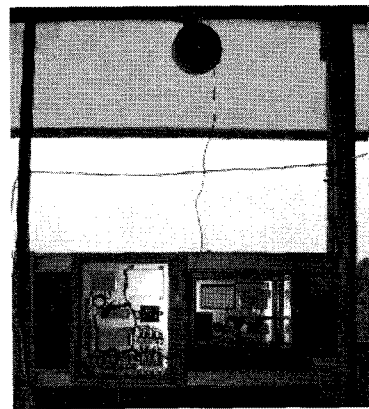


그림 7. 축사에 설치된 웹 카메라, 센서 게이트웨이와 제어 노드의 사진
Fig. 7. Photograph of Web Camera, Sensor Gateway and Control Node in the Stockyard

그림 8은 모니터링 서버의 회원정보 수정 처리를 나타낸다. 그림 9에서는 농장의 현재 상태에 대한 영상, 현재 농장의 온도(20°C) 정보, 습도(76%) 정보와 제어 명령에 따라 천정의 개폐 장치가 열렸다 닫히는 동작 모습을 나타낸다.

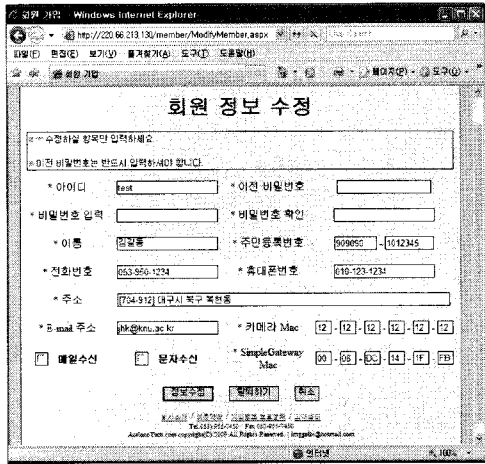
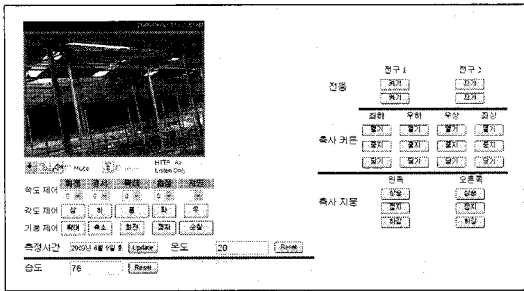
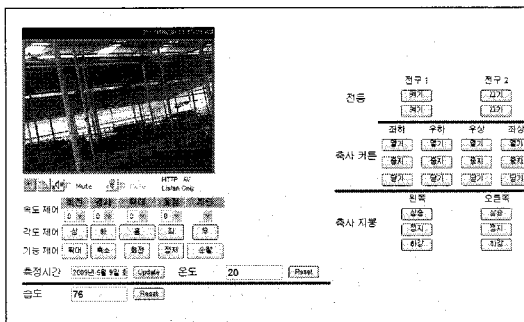


그림 8. 회원 정보 수정
Fig. 8. Modification to the Member Information



(a) Open a Roof

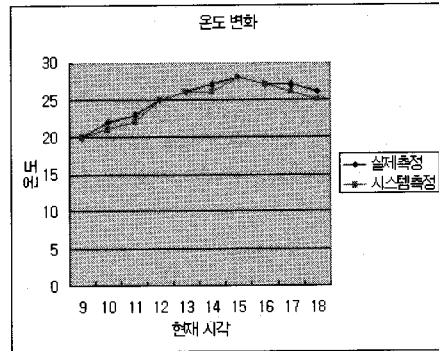


(b) Close a Roof

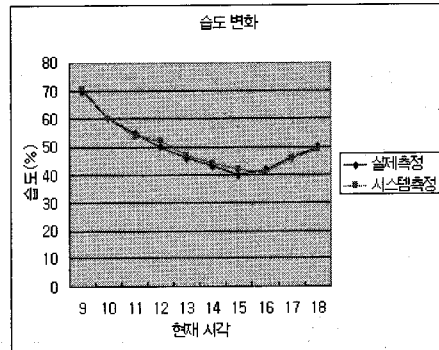
그림 9. 개폐 작동
Fig. 9. An Operation of Opening and Closing

구현한 시스템의 온도/습도 센서 노드를 통해 얻은 온도와 습도 값의 변화와 실제로 농장 현장에서 온도계와 습도계를 사용하여 측정한 값과의 비교 그래프가 그림 9에 나타나 있다. 그림 10에 나타 난 바와 같이 구현한 시스템에서의 제공하는 값이 실제로 측정한 값과 거의 일치함을 확인 하였고

이를 통해 구현한 시스템이 정상적으로 동작함을 알 수 있다.



(a) Comparing Temperature



(나) Comparing Humidity

그림 10. 측정값 비교
Fig. 10. Comparing Measurement Values

유비쿼터스 농장을 구현하기 위해 많은 시제품이 제작되었으며, 이들 시스템과 본 논문에서 구현한 시스템과의 특징을 비교 하면 표 3과 같다.

표 3. 다른 시스템과의 기능 비교
Table 3. Compared with Functions of Other Systems

	A사	B사	개발 시스템
온/습도 측정	0	0	0
오디오/비디오 정보	0	x	0
카메라 팬/틸트	x	x	0
전등 제어	0	0	0
지붕 개폐	x	x	0
커튼 개폐	0	x	0
응급상황대처	0	0	0
인터넷 접근	0	x	0
설비의 동작확인	문자	문자	영상

V. 결론

본 논문에서는 원격지에서 농장을 실시간으로 모니터링하고, 영상과 오디오 및 센서를 통해 수집되는 정보를 실시간으로 확인하면서 각종 장치들에 대한 원격 제어를 할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 지금까지 개발된 농장 자동화 시스템은 제한된 영상 이미지와 몇 가지의 설비 제어 기능을 제공하였지만 본 논문에서 구현한 시스템을 통해 농장 관리인은 농장 현장을 실시간 영상과 오디오 정보를 통해 관찰함으로써 원격지에서도 현장감을 느낄 수 있고, 자신이 제어한 각종 장치에 대한 동작 여부를 영상으로 즉시 확인 할 수 있어 시스템에 대한 신뢰성을 가지게 될 것이다. 구현한 시스템에서의 제공하는 온도과 습도 값이 실제로 측정된 값과 거의 일치함을 확인 하였고 이를 통해 구현한 시스템이 정상적으로 동작함을 알 수 있다.

제어 모듈은 센서 게이트웨이와 Zigbee 무선 통신으로 접속되기 때문에 농장 규모에 따라 제어모듈의 수만 증가시키면 되므로 시스템의 확장이 용이하다. 또한 농장 관리를 위한 시간적 공간적 구축을 해결할 수 있어 앞으로 유비쿼터스 농업 구현을 위한 시스템으로 활용 될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

- [1] 이명훈, 신창선, 조용운, 여현, "유비쿼터스 농업에서의 온실환경 통합관리 시스템," 정보과학회지, 제 27권, 제 6호 21-26쪽, 2009년, 6월.
- [2] 김태홍, 유성은, 김재언, 김대영, "USN 기반의 u-Farm 농작물 재배환경 관리 시스템," 한국농업정보과학회 학술 발표회, 2007.
- [3] 이광희, 안춘모, 박광만, "전통산업과 IT 산업의 융합화 분석," 전자통신동향분석, 제 23권, 제 2호, 13-22쪽, 2008년
- [4] "Zigbee v1.0 Specification," Zigbee Alliance
- [5] Bob Heile, "Emerging Standards: Where does Zigbee fit," Zigbee Alliance, 10, 2004.
- [6] Behrouz Forouzan, "Introduction to Data Communications and Networking," McGrawHill, 2000.
- [7] James F. Kurose, KeithW. Ross, "Computer Networking," Addison Wesley, 2003.

- [8] IEEE, "802.15.4 Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)," IEEE Computer Society, Oct, 2003.
- [9] Hyun-joong Kang, Meong-hun Lee, Hyun Yoe, "Design of efficient routing method for USN based Large-scale Glass Greenhouses," Software Engineering Research, Management & Applications, 2007. SERA 2007. 5th ACIS International, pp. 523-528, Aug. 2007.
- [10] Jenna Burrell, Tim Brooke, Richard Beckwith, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production," Pervasive Computing, IEEE, Vol.3, Issue 1, pp. 38-45, Jan. 2004.
- [11] Masaru Mizoguchi, Shoichi Mitsuishi, Tetsu Ito, Seishi Ninomiya, Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu, Takuji Kiura, Kei Tanaka, Hitoshi Toritani, Hiromasa Hamada, and Kiyoshi Honda, "Realtime Monitoring of Farmland in Asia using Field. Server," International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 2008.

저자 소개



김 정 홍

1986 : 경북대학교 공학사.
 1988 : 경북대학교 공학석사.
 1988-1996 : 한국전자통신연구원
 2001 : 충남대학교 공학박사.
 1996 - 현재 :
 경북대학교 컴퓨터정보학부 교수
 관심분야: 유비쿼터스 임베디드 시스템



장 영 식

1983 : 경북대학교 공학사.
1993 : 경북대학교 공학석사.
1983-1994 : 한국전자통신연구원
2009 : 경북대학교 공학박사.
1979 - 현재 :
계명문화대학 컴퓨터학부 교수
관심분야: 임베디드시스템, 마이크로
프로세서



김 재 수

1985 : 경북대학교 공학사.
1987 : 중앙대학교 공학석사.
1987-1996 : 한국전기연구소
1999: 경상대학교 공학박사.
1996 - 현재 :
경북대학교 컴퓨터정보학부 교수
관심분야: 센서네트워크, 무선통신