

통합 센서 모듈을 이용한 농업 환경 모니터링 시스템 개발

Development of Agriculture Environment Monitoring System Using Integrated Sensor Module

이은진*, 이권익*, 김흥수*, 강봉수**
제주대학교 첨단기술연구소*, (주)인투비**

Eun-Jin Lee(gen2002@hanmail.net)*, Kwoun-Ig Lee(kwounig@jejunu.ac.kr)*,
Heung-Soo Kim(sookh@jejunu.ac.kr)*, Bong-Soo Kang(yagagi@unitel.co.kr)**

요약

본 논문에서는 다양한 환경 센서를 이용하여 농작물 재배 환경에 필요한 정보를 수집하고 실시간으로 모니터링 할 수 있는 센서 네트워크 기반의 농업 환경 모니터링 시스템을 제안한다. 기존의 센서 네트워크 기반의 무선 센서 노드들은 대부분 각 센서들의 특성에 따라 별도의 변환/제어 모듈이 필요했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 시스템에서는 농작물 재배지에서 필요로 하는 정보를 얻기 위해 사용되는 여러 가지 센서들을 단일 노드에 통합할 수 있는 통합 센서 모듈을 개발한다. 또한 통합 센서 모듈에 맞는 센서 네트워크 모니터링 시스템을 개발한다. 개발된 시스템의 동작 상태를 검증하기 위해 테스트 환경에 통합 센서 노드를 설치하여 설치 환경 정보를 센싱할 수 있도록 하여 실시간으로 모니터링할 수 있게 하였다.

■ 중심어 : |유비쿼터스 센서 네트워크 | 통합 센서 모듈 | 농업 환경 모니터링 시스템 |

Abstract

In this paper, we propose the Agricultural Environment Monitoring System based on Sensor Network which can collect information of crop cultivation environment and monitor it in real-time by using various environment sensors. Existing wireless sensor nodes, based on the sensor network, require extra conversion/control module depending on the characteristics. To solve this problem, we developed an integrated sensor module which can integrate various kinds of sensors used to obtain the necessary information for the area under crop cultivation. In addition, we developed sensor networks monitoring system which is suitable for an integrated sensor module. To verify the operating status of the proposed system, an integrated sensor node is installed in the test environment so that it can sense information of the environment and monitor it in real-time.

■ keyword : | Ubiquitous Sensor Network | Integrated Sensor Module | Agriculture Environment Monitoring System |

1. 서론

최근 u-Farm을 구축하기 위하여 정부는 u-IT839 정책을 국가전략사업으로 선정하여 추진하고 있다. u-Farm이란 첨단 IT 기술을 활용하여 농·수·축산업의

생산, 품질, 물류 및 유통 관리 분야에 유비쿼터스 신기술을 적용한 것이다[1]. 유비쿼터스 IT 기술은 온실 자동 관리, 축사관리, 경지관리, 농산물 재배 환경 관리, 농산물이력추적시스템 등의 농·수·축산업의 다양한 분야에 걸쳐 연구 개발되고 있다. 이러한 다양한 분야 중

* 본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업의 지원으로 수행되었습니다.

접수번호 : #090923-007

접수일자 : 2009년 09월 23일

심사완료일 : 2009년 11월 23일

교신저자 : 이은진, e-mail : gen2002@hanmail.net

농작물 재배 환경 관리의 경우 대기 온·습도, 토양 온·습도, 일사량 센서 등의 다양한 센서를 이용하여 재배 환경 모니터링 시스템, 데이터 베이스 및 웹 서버를 이용한 자료 분석 및 실시간 정보 제공 기술, 농작물 재배 환경 자동 제어 기술 개발 등 유비쿼터스 센서 네트워크 기술(Ubiquitous Sensor Network, USN)의 연구가 이루어지고 있다[2].

USN 기반의 농작물 재배 환경인 경우 재배 환경에 필요한 정보를 얻기 위해 대기 온·습도, 토양 온·습도, 일사량 센서 등의 다양한 센서를 필요로 한다. 하지만 이 각각의 센서들은 특성에 따라 별도의 변환/제어 모듈을 갖는다. 그러나 넓은 농작물 재배 지역에 각각의 센서 모듈을 설치할 경우 설치 장소의 제한, 높은 설치 비용, 복잡한 센서 관리 등의 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 농작물 재배 환경 정보의 수집에 필요한 다양한 센서들의 변환/제어 모듈의 특성을 고려하여 하나의 통합된 센서 모듈을 개발한다. 또한 개발된 통합 센서 모듈의 동작 상태를 확인하기 위하여 검증용 시스템을 개발하며, 통합 센서 모듈에 맞는 센서 네트워크 모니터링 시스템을 개발한다. 개발된 농업 환경 모니터링 시스템은 농작물 재배 환경에 필요한 요소들의 상태 정보를 원격에서 모니터링할 수 있다.

II. 관련 연구

1. 유비쿼터스 센서 네트워크

USN은 다양한 센서를 설치하여 온도, 조도, 습도, 토양온·습도 등을 무선으로 실시간 감지, 관리 할 수 있는 기술이다.

USN은 많은 분야에 적용되고 있는데 그 예로 자연 현상 관찰과 기후 변화 관찰을 통해 기후변화 대응을 위한 기후 변화 센서 네트워크 시스템, 가전기기를 유무선 네트워크에 연결하여 지능화된 서비스를 제공하기 위한 지능형 홈 네트워크, 실시간으로 정보를 정확하게 생성하여 사람의 도움 없이 스스로 주변 환경 상황을 인식하여 맞춤형 예측 서비스를 실행할 수 있는

센서 네트워크 시스템 등이 개발되었다. 농작물 재배와 관리 센서 네트워크의 경우에는 온도, 토양, 일사량 센서 등을 이용하여 포도밭을 관리하는 농산물 재배 센서 네트워크 기술을 개발하였다. 또한 온실관리 및 농작물 재배시 병해충 예측관리 시스템 등 다양한 관리 시스템, 농산물 이력관리 시스템 등이 개발 되고 있다 [1][3-6].

2. 센서 네트워크 하드웨어

1998년 미국 UC Berkeley 대학에서 WeC라는 첫 번째 센서 네트워크 하드웨어 플랫폼을 개발한 후 매년 RENE, DOT, MICA, MICA2, MICA2 DOT, MICAz와 같은 센서 노드 하드웨어가 개발되었다[7]. 대부분의 센서 노드 하드웨어는 저 전력 단거리 무선 통신을 지향하는 8비트 마이크로 컨트롤러와 저속 RF 칩을 기반으로 구성되어 있고, 제한적인 메모리와 배터리 용량으로 인하여 복잡한 기능 구현에 제약이 따르기 때문에 자원의 활용과 기능 구현 간의 적절한 균형이 요구된다. 기존의 무선 네트워크가 높은 데이터 전송률 및 처리 성능을 기본으로 하는 컴퓨팅에 초점을 맞추었다면 무선 센서 네트워크는 대부분 짧은 시간 동안 적은 양의 전송만 수행하게 된다. 이처럼 저속의 데이터 전송 속도를 요구하는 애플리케이션에 적합하다. 또한 게이트웨이 보드는 MICA 계열인 MICAz, MICA2와 MICA2DOT 플랫폼을 장착하여 사용하는 인터페이스 보드이다. 센서 보드의 MTS(Mote sensor)계열과 센서 데이터 추출 보드의 MIDA(Mote Date Acquisition)계열들은 무선 Mote의 MICA, MICA2와 MICA2DOT 패밀리를 갖는다.

III. 농업 환경 모니터링 시스템

1. 시스템의 구조

[그림 1]은 농업 환경 모니터링 시스템의 전체적인 시스템 구조로 센서 부분, 서버 부분, 사용자 부분으로 구성된다.

센서 부분은 통합 센서 모듈을 이용하여 데이터를 수

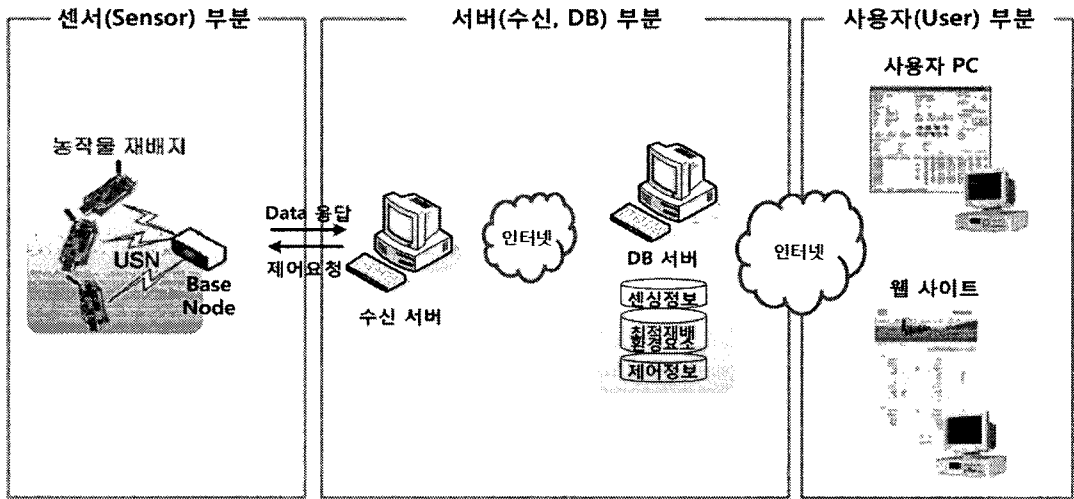


그림 1. 시스템의 구조

집하여 BN(Base Node)로 전송한다. 서버 부분은 수신 서버와 데이터베이스 서버로 구성되어 있다. 수신 서버는 센서 부분의 BN와 연결되어 있으며 BN에서 들어오는 데이터를 점검하고 데이터베이스 서버로 전송한다. 데이터베이스 서버는 수신 서버로부터 받은 데이터를 저장한다. 사용자 부분은 사용자가 서버에 저장된 데이터를 웹 인터페이스를 통해 원격지에서 실시간으로 데이터를 호출할 수 있는 웹 방식과 사용자 PC에서 동작하는 응용 GUI를 구현하였다. 이러한 서비스는 사용자가 실시간으로 언제 어디서나 농작물 재배 환경 정보를 모니터링할 수 있게 한다.

2. 센서 부분

센서 부분은 농업 환경에 필요한 요소를 수집하기 위해 다양한 센서 등을 하나의 모듈에 통합한 센싱 노드, 센싱 노드의 센싱 데이터를 수신·수집하기 위한 BN, 센싱 노드와 BN를 연결하기 위한 중계 노드로 구성된다. 센싱 노드는 통합 모듈에 부착된 각각의 센서가 요구하는 전원을 공급해주는 인터페이스 보드, 각각의 센서 데이터를 취득하기 위한 데이터 취득 보드, MCU-RF보드로 구성된다.

2.1 통합 센서 인터페이스 보드

통합 센서 모듈 내 다양한 센서들의 상이한 요구 전압을 공급하기 위한 인터페이스 보드가 필요하다. 센서 인터페이스 보드는 모듈 내 장치들의 필요한 전압을 공급하는 방법으로 step-up 변환을 거치는 방식과 step-down 변환을 거치는 방식을 사용한다. step-up 변환 방식은 가장 낮은 전압을 요구하는 장치의 전압을 기본 전압으로 하여 step-up 변환을 거쳐 각 장치에서 요구하는 전압을 공급한다. step-down 변환 방식은 가장 높은 전압을 요구하는 장치의 전압을 기본 전압으로 하여 step-down 변환을 거쳐 요구하는 전압을 공급한다. step-down 변환 방식은 모듈 내의 다른 장치 중 가장 낮은 전압을 요구하는 MCU 보드의 전압을 유지하기 위해 연결된 센서들의 동작이 이루어지지 않는 시점에도 step-down 변환을 해야 한다. 이는 유향 상태에서도 지속적으로 전력 소비가 이루어져야한다는 문제가 발생한다. 유향 상태의 지속적인 전력 소모는 센서 모듈의 동작 수명에 중요한 영향을 미치는 요인이다.

2.2 센서 데이터 취득 보드

데이터 취득 보드에 연결된 센서들의 제원은 [표 1]과 같다.

표 1. 통합 센서 모듈에 사용된 센서 제원

센서 종류	품명	제조사	정밀도		공급 전압[V]
			온도	습도	
대기 온습도	SHT11	Sensirion	±0.4°C	±3%RH	2.4~5.5
일사량	SP-110	Apogee	±5% (1일 누적일사량)		
토양 습도	ECH20 EC-5	Decagon	±2%		4
토양 온도	MODEL 6470	Davisnet	±0.5°C		-

센서 데이터 취득 보드는 [표 1]의 각 센서들이 수집한 센싱 데이터를 증폭하고, MCU의 ADC 포트에 전달하는 역할을 수행한다. 또한 동작 특성이 상이한 센서들의 접속을 위하여 직류 구동 회로, 교류 구동 회로 및 증폭 회로에 대한 부분을 고려하여 센서 데이터 취득 보드를 설계 및 구현한다.

2.3 통합 센서 모듈

[그림 2]는 통합 센서 모듈의 보드 구성으로 그림에서와 같이 인터페이스 보드 상에 MCU-RF 보드가 2개의 30핀 B-to-B (board to board)와의 접속을 통하여 인터페이스 보드에 연결되며, 센서 데이터 취득 보드는 14핀 핀 헤더 소켓과 커넥터에 의해 인터페이스 보드에 연결된다.

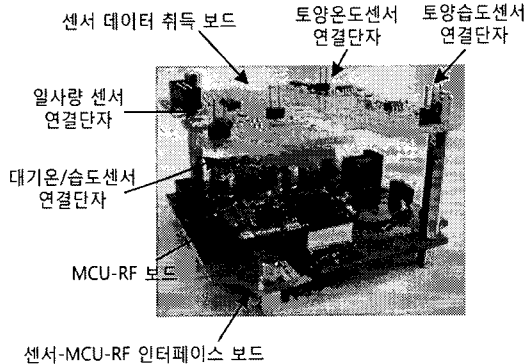


그림 2. 통합 센서 모듈 보드 구성

토양 온도 센서, 토양 습도 센서 그리고 일사량 센서는 센서 데이터 취득 보드 상부의 핀 헤더와 각각 연결된다. 대기 온·습도 센서는 [그림 2]에 보이는 센서 데이

터 취득 보드의 아래쪽 면에 구성된다. 인터페이스 베이스 보드에는 센서의 추가 확장을 위한 외부 센서 연결용 ADC 포트와 5V 및 9V 전원 공급이 가능한 단자가 포함되어 있다. 통합 센서 모듈의 크기는 외부 케이스를 선정할 후 케이스에 적합하게 제작하였으며, 외부 케이스의 크기는 가로와 세로의 길이가 동일하게 76.8mm이다.

3. 서버 부분

서버 부분은 통합 센서 모듈에서 들어오는 데이터 패킷을 변환하고, 변환된 데이터 값을 이용하여 센서 네트워크 연결 상태 및 농작물 재배 환경 정보를 분석하여 저장한다.

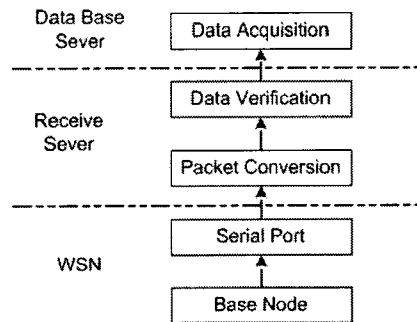


그림 3. 서버의 데이터 처리 과정

[그림 3]은 서버 부분에서의 데이터 처리 과정을 나타낸 것이다. 단일 센서의 경우 센싱한 하나의 센싱 값만 서버로 들어온다. 그러나 통합 센서 모듈의 경우에는 여러 센서의 센싱 값이 합쳐진 하나의 데이터로 들어오게 된다. 이 데이터를 수신한 수신 서버는 각각의 센서별 센싱 값을 추출한다.

추출한 각 센서별 센싱 값은 센서값 변환식을 이용하여 실제 값으로 변환한다. 하지만 센서의 경우 변환식만을 이용하여 실제 값을 얻기는 힘들다. 예를 들어, 옥외에 설치된 온도 센서의 경우 센서를 보호하기 위한 케이스 때문에 일사량이 많아지는 12시~16시 사이에 케이스 내의 온도가 상승하여 실제 온도보다 높게 나타나게 된다. 본 논문에서는 대기 온·습도 센서의 정확한 센싱 값을 얻기 위해 기상청의 데이터를 기준으로 하여 보정식을 개발한다. 대기 온도 센서는 일사량이

많아지는 12~16시 사이에 상승하는 온도를 보정하기 위해 일사량 센서의 값을 이용하여 보정식을 개발한다. 일사량 센서 SP 110 스펙에 따른 일사량 센싱값의 변환식은 식(1)과 같다. 여기서 Sv는 센서의 센싱값이다.

$$PYR = Sv \times 2.5 / 4095 \times 1000 \quad (1)$$

또한 대기온도 센서 SHP 11 스펙에 따른 센싱값의 변환식은 식(2)와 같다.

$$T_A = -39.60 + 0.01 \times Sv \quad (2)$$

대기 온도의 보정식은 일사량 센서값인 식(1)을 이용하여 대기온도 센서값인 식(2)를 변환한다. 그 식은 식(3)과 같다.

$$T_c = T_A \times (14.08775 - 1419127 \times e^{PYR/276.6826}) \quad (3)$$

대기 습도는 일사량이 많아질 경우에는 건조해지고 일사량이 적어지면 습해지는 통합 센서 모듈 케이스의 문제를 해결하기 위해 내부와 외부가 통풍이 가능하도록 한다. 또한 보정된 대기 온도의 값을 이용하여 대기 습도의 값을 보정한다. 대기 습도의 경우 SHP 11 스펙에 따라 식(4)의 상대 습도와 식(3)의 대기 온도 보정식을 이용하여 대기 습도의 변환식을 식(5)와 같이 구한다.

$$H = -4 + 0.0405 \times Sv + (-2.8 \times 10^{-6}) \times Sv^2 \quad (4)$$

$$H_A = (T_c - 25) \times (0.01 + 0.8 \times 10^{-4} \times Sv) + H \quad (5)$$

또한 토양 온·습도는 디지털 토양 온·습도계를 기준으로 토양 온·습도 센서 MODEL 6470와 ECH₂O EC-5의 스펙에 따른 센싱값의 변환식인 식

(6), 식(7)을 보정하기 위하여 센서의 가변 저항의 값을 조정한다.

$$T_S = -45.1762 + 42.04994 \times Sv \quad (6)$$

$$H_S = ((0.00119 \times Sv - 0.401) \times 100) / 0.6 \quad (7)$$

개발된 보정식을 사용하여 센싱값을 실제값으로 변환하며, 변환된 값을 이용하여 통합 센서 모듈 내의 각 센서들의 상태와 농작물 재배 환경 정보를 분석한다. 또한 센서 노드 ID와 부모 노드 ID 정보를 이용하여 네트워크의 연결 상태를 분석한다. 이렇게 데이터 패킷을 변환·분석하기 위해서 본 논문에서는 수신 서버 검증용 모니터링 시스템을 개발한다.

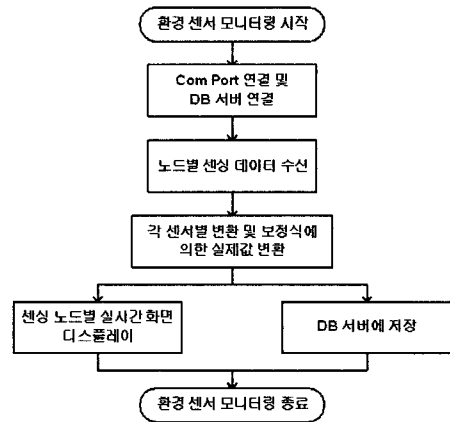


그림 4. 수신 서버 검증용 모니터링 프로그램 흐름도

[그림 4]는 서버 검증용 모니터링 시스템의 동작 흐름도를 나타낸 것으로 농작물 재배 환경 센서 모니터링을 시작하게 되면 COM 포트를 연결하여 BN를 동작시키고, 수신한 센싱 값들을 저장하기 위하여 데이터베이스 서버를 연결한다. 수신 서버는 BN에 연결된 포트를 통하여 통합 센서 모듈에서 수집한 데이터 패킷을 수신한다. 수집한 데이터를 변환하고 본 논문에서 개발한 보정식을 사용하여 실제 값으로 변환한다. 변환된 실제 값은 수신 서버에서 실시간으로 모니터링하고 데이터베이스 서버로 업로드하여 저장한다.

IV. 구현 및 비교분석

1. 구현환경

본 시스템의 동작 상태를 검증하기 위해 [그림 5]과 같이 통합 센서 노드를 간이 설치하였으며, 베이스 노드를 수신 서버에 연결하였다.



그림 5. 통합 센서 노드 간이 설치 사진

[그림 5]과 같이 설치된 통합 센서 노드에서 수집된 데이터는 수신 서버 검증용 모니터링 시스템을 통하여 확인할 수 있도록 하였다. 또한 수집한 데이터를 데이터베이스 서버에 저장할 수 있도록 하였다.

데이터베이스 서버에 저장된 데이터는 사용자 PC와 웹 환경을 통해 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하였다. 사용자 PC에서의 모니터링 환경은 Visual C++ 언어를 이용하여 구현하였으며, 웹에서의 모니터링 환경은 JSP 언어로 구현하였다.

2. 구현결과

[그림 6]은 수신 서버 검증용 모니터링 시스템 화면이다. 이 시스템은 포트 연결 및 동작 상태를 확인할 수 있는 부분, 수신된 데이터의 변환이 정확히 이루어졌는지를 확인할 수 있는 부분, 각각의 센싱 노드의 동작 상태 및 개별 센싱 정보를 확인할 수 있는 부분인 세 부분으로 구성하였다.

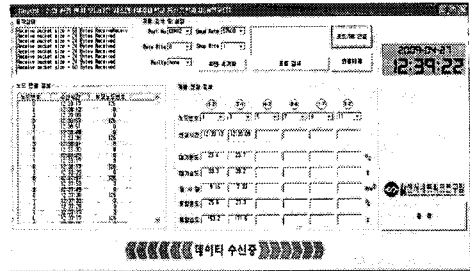


그림 6. 수신 서버 검증용 모니터링 화면

[그림 7]은 사용자가 실시간으로 농작물 재배 환경 정보 확인을 위한 사용자 PC에서 데이터베이스 서버로 원격 접속하는 사용자 원격 모니터링 프로그램의 구성을 나타내었다. 사용자 원격 모니터링 프로그램은 데이터베이스 서버로의 접속을 관리하는 부분, 센서로부터 취득한 데이터를 실시간으로 확인할 수 있는 부분 그리고 날짜 및 검색 조건에 따라 데이터베이스 서버에 저장된 데이터를 검색 및 관리하는 부분으로 구성하였다.

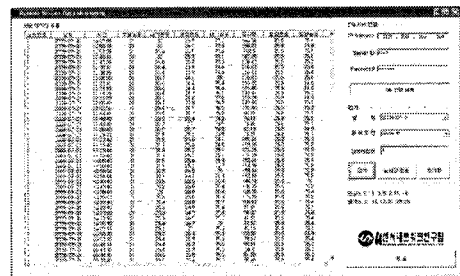


그림 7. 사용자 원격 모니터링 화면

[그림 8]은 사용자가 웹을 이용하여 실시간으로 농작물 재배 환경 정보를 얻기 위해 서버로 원격 접속하는 사용자 웹 서비스 화면의 구성을 나타내었다.

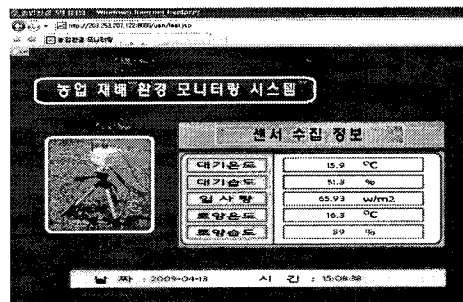


그림 8. 사용자 웹 연동 화면

3. 국내·외 시스템의 비교분석

3.1 국내 시스템

농업 환경 센서를 이용한 국내 모니터링 시스템의 연구·개발 사례는 서종성 외 [1-4][7][8] 등이 있다. 이들 연구·개발 사례 중 [그림 9]에 농업 환경 모니터링 시스템을 나타낸다. 이 시스템에서 사용된 센서는 온·습도 센서, 조도 센서, 일사량 센서, pH 센서, EC센서 및 외부기상(풍향, 풍속 및 강우량)센서 등이다. 그리고 각각의 센서는 독립된 하나의 무선 통신 모듈을 이용하여 센싱 정보를 전송하게 된다.

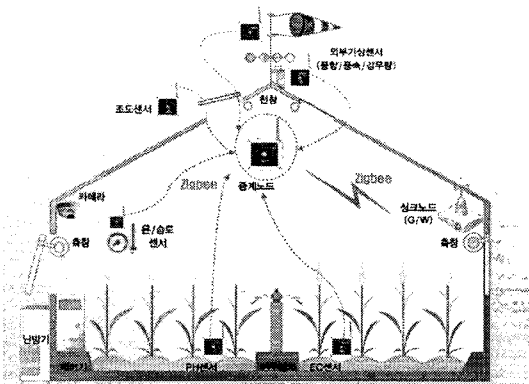


그림 9. 농업 환경 모니터링 유사 시스템의 적용 사례

[그림 9]의 기존에 연구된 시스템과 본 연구에서 개발한 시스템을 비교해 보면 공통점으로는 필요한 환경 정보를 수집하기 위해 필요한 센서를 선택하여 사용한다는 것이다. 차이점으로는 기존의 시스템의 경우 본 연구에서 개발한 시스템의 경우 여러 종류의 환경 센서가 하나의 통합 센서 모듈을 이용하는 것이며, 이러한 점은 무선 통신 모듈, 센서 콘트롤러 및 배터리 양을 줄일 수 있어 비용면에서 센서를 제외한 기존의 시스템보다 대략 1/5정도 절감할 수 있다. 이를 정량적으로 비교하기 위해 [표 2]와 같이 나타낸다. 본 연구에서 개발한 시스템은 농업 환경뿐만 아니라 적용 환경에 따라 센서 교체가 가능하다는 장점 또한 가진다.

표 2. 기존 시스템과 개발된 시스템의 비교

비교 항목	기존 시스템	개발된 시스템
센서 종류	대기 온·습도 토양 온·습도 일사량	대기 온·습도 토양 온·습도 일사량
통신 모듈의 수	5개	1개
센서 콘트롤러	5개	1개
외장형 안테나	5개	1개
배터리의 수 (AA, 1.5V)	30개 (5개/모듈)	6개

3.2 국외 시스템

농업 환경 센서를 이용한 국외 모니터링 시스템의 연구·개발 사례로는 Jenna Burrell et al. [5][6][9-13] 등이 있다. 이들 연구 중 Jenna Burrell et al. [5][6][9][10]은 국내 시스템과 유사한 사례로 하나의 센서가 독립된 하나의 무선 통신 모듈을 갖는다. 국내 시스템과는 다른 몇 가지 시스템 Leong Boon Tik et al. [11-13]은 본 연구와 유사하게 필요한 센서들을 통합하는 센서 보드를 개발하여 사용하고 있다. Leong Boon Tik et al.의 시스템과 본 연구에서 개발한 시스템과의 다른 점은 본 시스템의 경우 시스템에서 사용하는 모든 센서를 하나로 통합하는 센서 모듈을 개발한 반면에 Leong Boon Tik et al.의 경우 사용하는 센서 모두를 통합하는 것이 아니라 센서 보드의 특성이 유사한 센서(빛, 대기 온도, 대기 습도)를 통합하거나 단순히 대기 온도 센서와 다른 하나의 센서를 통합하는 센서 모듈을 개발하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 다양한 농작물 재배 환경에 필요한 환경 정보를 얻기 위해 여러 요소들을 한번에 취득할 수 있는 통합 센서 모듈을 개발하였다. 그리고 개발된 통합 센서 모듈을 이용한 모니터링 시스템을 구현했다.

본 시스템의 수신 서버 검증용 모니터링 시스템은 농업 종사자들도 쉽게 센서 노드의 동작 상태를 확인 할 수 있게 하였다. 또한 통합 센서 모듈의 센서 추가 확장을 위하여 모니터링 시스템의 수정을 용이하게 할 수 있게 구현하였다.

기존의 센서 노드는 농업 환경 정보를 얻기 위해 필요한 센서들을 노드별로 농작물 재배지에 많은 양이 설치된다. 그러므로 설치비용이 높아지게 되고 센서 노드 점검, 배터리 교체 등의 센서 노드 관리가 어려워지게 된다. 본 논문에서 개발한 통합 센서 모듈은 이러한 높은 설치비용을 줄일 수 있게 하였으며, 센서 노드의 관리도 편리하게 해주었다. 또한 통합 센서 모듈은 센서의 추가 확장이 가능하도록 구현되어 본 논문에서 사용한 센서 외의 다른 환경 정보를 취득하기 위해 필요한 센서의 추가도 용이하다.

향후 연구로는 본 논문에서 개발한 농업 환경 모니터링 시스템을 실제 환경에 설치하여 농작물의 재배 환경 정보를 데이터베이스로 구축하는 것이다. 또한 구축된 데이터베이스 서버의 자료를 이용하여 고품질의 농작물을 재배하기 위한 서리 방지, 수분 공급 등의 제어가 가능한 지능형 농작물 재배 시스템을 개발하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 서종성, 강민수, 김영근, 심춘보, 주수중, 신창선, "센서네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현", 한국인터넷정보학회, 제9권, 제3호, pp.129-139, 2008.
- [2] 고영삼, "지역간 격차해소를 위한 지역혁신 관점의 u-농촌 모델 연구", 한국지역정보학회지, 제10권, 제4호, pp.165-195, 2007.
- [3] 나선웅, 이상정, 김동균, 최영길, "무선 센서 네트워크를 이용한 지능형 홈 네트워크 서비스 설계", 한국컴퓨터정보학회, 제11권, 제5호, pp.183-193, 2006.
- [4] 유재준, 장병태, "센서 네트워크 모니터링 프로그램의 설계 및 구현", 한국정보과학회, pp.358-362, 2008.
- [5] B. Jenna, B. Tim, and B. Richard, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production," Published by the IEEE CS and IEEE ComSoc, pp.38-45, 2004.
- [6] C. Xianghui, C. Jiming, Z. Yan, and S. Youxian, "Development of an integrated wireless sensor network micro-environmental monitoring system," ISA Transaction, pp.247-255, 2008.
- [7] 이기욱, 성창규, "유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 상황 정보 모니터링 시스템 구현", 한국컴퓨터정보학회, pp.259-265, 2006.
- [8] http://uflower.gg.go.kr/jsp/intro/sys_intro_3.jsp
- [9] J. A. Lopez Riquelme, F. Soto, J. Suardiaz, A. Iborra, and J. A. Vera, "Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain," Computers and Electronics in Agriculture 68, pp.25-35, 2009.
- [10] Andrzej Pawlowski, Jose Luis Guzman, Francisoc Rodriguez, Manuel Berenguel, Jose Sanchez, and Sebastian Dormido, "Simulation of Greenhouse Climate Monitoring and Control with Wireless Sensor Network and Event-Based Control," Sensors 2009, Vol.9, pp.232-252, 2009.
- [11] B. T. Leong, T. K. Chan, and P. Sellappan, "Monitoring of an Aeroponic Greenhouse with a Sensor Network," IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.9, No.3, pp.240-246, 2009.
- [12] A. Teemu, V. Reino, and E. Mohanned, "Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network," IEEE/ASME International Conference on, pp.403-408, 2008.
- [13] Othman Sidek, Muhammad Qayum Omar, Hashim Edin, Khairu Anuar Mohamed Zain, and Muhamad Azman Miskam, "Preliminary Infrastructure Development for Greenhouse Accounting of Malaysian Rainforest Using Wireless Sensor Network," European Journal of Scientific Research, Vol.33, No.2, pp.249-260, 2009.

저자 소개

이 은 진(Eun-Jin Lee)

정회원



- 1999년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과(박사과정)

<관심분야> : 센서 네트워크, MAC 프로토콜, 임베디드 시스템

이 권 익(Kwoun-Ig Lee)

정회원



- 1992년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 1997년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학박사)

<관심분야> : 센서 네트워크, 모바일 및 RFID 프로토콜, 임베디드 시스템

김 흥 수(Heung-Soo Kim)

중신회원

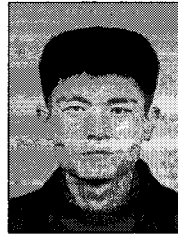


- 1980년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1987년 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 교수

<관심분야> : 마이크로파 능동회로, 안테나, RF 회로 설계 기법

강 봉 수(Bong-Soo Kang)

정회원



- 1996년 2월 : 명지대학교 전자공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학박사)

▪ 2009년 4월 ~ 현재 : (주)인투비 기술연구소 소장
<관심분야> : 안테나 및 전파전파, 전자파 수치해석, 안테나 설계, 센서 네트워크