

농작물 생육 관리를 위한 스마트 멀티센서 및 환경 모니터링 시스템 Smart Multi-Sensor and Environment Monitoring System for Agriculture Growth Management

김영민*, 강의선**
(주)이에스피*, 숭실대학교 베어드학부대학**

Youngmin Kim(negkim@espsys.co.kr)*, Euisun Kang(kanges86@naver.com)**

요약

본 논문에서는 농작물의 생육 관리를 위하여 농작물에 설치된 센서 정보를 수집하고 모니터링 할 수 있는 스마트 멀티 센서와 환경 모니터링 시스템 소개하고자 한다. 기존의 농작물 모니터링 시스템에서는 각 센서의 정보를 취득하기 위해 센서를 종류별로 농작물에 설치하였다. 이 과정에서 각 센서들의 설치 비용이 발생하며 센서 설치 위치를 수동으로 설정해야 하는 번거로움이 있었다. 따라서 본 논문에서는 센서의 설치 비용을 최소화하기 위하여 센서들을 단일화한 스마트 멀티 센서를 설계 및 구현하였고 RFID 통신을 이용하여 설치된 스마트 멀티 센서의 위치 정보 및 센서 정보를 모니터링 할 수 있도록 설계하였다.

■ **중심어** : | 농작물 관리 | RFID | 스마트 멀티 센서 | 모니터링 시스템 |

Abstract

In this paper, we introduce smart multi-sensor and environment monitoring system for managing growth and development of the agricultural produces. This system is able to help to collect the sensor information about the growing environment and to monitor in wired and wireless environments. Existing systems installed each kinds of sensor to gather information. In this case, installation cost was incurred about each sensor and the position of sensor set up manually. Therefore, this paper designed and implemented smart multi-sensor that simplify sensors in order to minimize the cost for installing each sensor. In addition, this system is able to monitor position and data information of smart multi-sensor using RFID communication

■ **keyword** : | Agriculture Management | RFID | Smart Multi-sensor | Monitoring System |

1. 서론

인류가 정착하면서 시작한 농업은 인류의 발달과 함께 오랜 역사를 지닌 산업이다. 우리나라 역시 농경사회를 중심으로 문화가 형성되어 있으며 공동체 문화를

형성하는데 큰 역할을 제공하였다. 하지만 급격한 인구 감소, 자연재해, 경제적인 변화에 의해 농업 사회는 큰 위협에 맞닥뜨리고 있다. 인구의 감소는 농업인구의 고령화로 일손 부족과 농가소득의 감소 문제로 이어지고 있다. 이를 해결하기 위하여 최근 농업에 ICT 자동화

기술을 적용함으로써 농업 삶의 질을 향상시키려는 움직임이 활발히 나타나고 있다. 하지만 일반적으로 농작물 및 수목 관리는 관리자가 현장에 나가 농작물 및 수목의 생육 상태를 육안으로 확인한 다음 사무실에 돌아와 자신이 확인한 생육 상태를 별도의 기록지에 기록하는 것으로 관리되고 있다. 이런 관리 방법은 농작물 및 수목 관리에 대한 다양한 정보를 상호간 공유하기 어렵고, 해당 농작물에 대한 이력 관리와 생육 상황 관리를 위해서는 관리자 자신의 경험을 바탕으로 판단하여야 하는 단점이 있었다. 또한, 기존의 관리 방법은 넓은 지역과 다수 작물 및 수목을 관리하기에는 적합하지 않은 단점이 있었다. 이런 문제점을 해소하기 위하여 ICT 기술을 농업분야에 적용하여 스마트 농업으로 확산하기 위한 플랫폼을 구축하는 방안들이 연구되고 있다[1]. 뿐만 아니라 대규모 농장이나 온실 등에서 농작물 관리 시스템이 구현되는 경우, 토양의 함수비, 온도, 습도 등을 측정할 때 어느 위치에서 측정된 값인지를 명확히 구분하는 것이 중요하나, 기존의 연구에서는 측정 위치를 별도로 측정할 수 없기에 미리 정해진 위치에 필요한 센서들을 설치하고 그 위치를 등록하여야만 효율적인 관리가 가능하다는 문제점이 있었다. 따라서 본 논문은 IoT의 RFID 센서 솔루션을 활용하여 유무선상에서 확인 할 수 있는 모니터링 시스템을 구축하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 논문에서는 첫째, 설치된 센서들의 위치 파악 및 관리를 수월하게 하고 센서 정보를 유무선 상에서 제어 및 관리할 수 있는 농작물 모니터링 시스템을 소개하고자 한다. 둘째, 유동적으로 전원을 공급하고 각 센서들의 설비비용을 최소화하기 위해 RFID를 활용하여 센서들을 단일화한 스마트 멀티센서를 소개하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 스마트 농업 관리 시스템 기술 현황

IoT 기술의 발전으로 인해 농업 환경에 자동화, 정보화 기술을 도입하고 있다. 이런 변화를 스마트 농업(Smart Farming)[1]이라고 한다. 스마트 농업은 각종

센서와 카메라를 컴퓨터와 통신 기술과 결합하여 지능적으로 농작물을 재배하거나 관리할 수 있는 시스템을 의미한다. 스마트 농업을 위한 연구들은 크게 센서 제어 및 관리를 위한 모니터링 기술, 데이터 베이스와 감지를 통한 병충해 예방 기술과 수확시기를 예측하는 등 다양한 기술들로 발전하고 있다.

2.1.1 농작물 제어 및 모니터링 기술

농작물의 종류와 시설 환경에 따라 농작물의 생산량 및 품질이 달라진다. 기후에 따른 농작물의 온도, 습도에 대한 수치 조절이 필요하지만 현재는 농민이 비닐하우스나 농작물을 직접 육안으로 확인하고 관찰하며 온도와 습도를 조절하고 있다. 이를 위해 [2]는 습도에 민감한 버섯 생산과정에서 온도 조절이 가능한 환경자동제어시스템을 구축하였다. [3]에서는 온실 재배에 있어 병해충, 온도 습도를 관리 할 수 있는 모바일 기반의 원격 제어 시스템을 소개하였다. 그리고 [4]는 도심속에서 식물의 생육조건을 자유롭게 재배할 수 있는 식물공장을 소개하였고 빛, 온/습도, 이산화탄소, 바람등 인공적으로 제어가 가능한 시스템을 소개하여 산업화에 기여하고자 하였다. [5]는 무선 센서 네트워크를 활용하여 온도, 습도, 조도 센서의 정보들을 수집, 제어 그리고 모니터 할 수 있는 시스템을 소개하였다.

2.1.2 농작물 병충해 예방 기술

농작물의 병충해는 고품질 작물을 재배하는데 영향을 준다. 하지만 병충해 방지를 위해 농약을 살포하는 경우 유해한 약물에 사람이 노출되거나 과다 사용으로 인해 약물 낭비 및 환경오염 등의 문제점이 발생하고 있다. 그리고 이상 기후 현상에 의한 새로운 병충해에 대한 정보가 미흡하며 귀농 농민의 경우 병충해에 대한 정보 검색 및 텍스트 검색 방법에 의해 정확한 병충해 정보를 얻는것이 쉽지 않다. 이는 생산성 및 고품질 작물 수확률을 저하시키는 결과를 초래하고 있다. 이에 대해 [6]은 자동화 정량 방제 제어 시스템을 통하여 권장 농약 살포량에 따라 자동으로 방제할 수 있는 시스템을 소개하였다. 그리고 [7]은 병충해에 대한 즉각적인 정보제공을 위해 스마트폰을 활용하여 이미지 검색이

가능한 병충해 정보 검색 시스템을 연구하였다.

2.1.3 농작물 수확시기 예측 기술

과수 분야에서는 온도, 토양, 수분, 광등과 같은 환경 관리에 따라 과수의 수확시기와 수확량이 달라진다. 이를 위해 [8]은 과일의 색상과 무게 정보를 이용하여 과일의 수확 시기를 판단하여 예측할 수 있는 IoT 센서 기술을 이용하여 농작물 수확 최적기를 알 수 있는 기술을 소개하였다.

2.2 RFID 센서

IoT 시대에 디바이스의 소형화, 경량화, 유지보수의 용이성은 중요한 이슈이며 이에 따라 다양한 에너지 하베스팅 기술[9]들이 개발되고 시장에 소개되고 있다. 환경을 활용한 에너지 하베스팅 기술로는 Photovoltaic, Vibration, Thermal, RF를 이용하는 방법들이 있으며, RF를 활용할 수 있는 무선 RFID 센서 태그도 배터리를 사용하지 않고 자연환경을 이용하는 관점으로 최근 관심을 받고 있다. 효과적인 생육환경 모니터링의 일환으로 Passive RFID가 이용되어 왔으며 주로 토양수분, 온도, 토양전기전도도 등을 측정하는 센서들과 함께 활용되고 있다. 토양수분 측정을 통해 특정 구역에 물공급 효율성을 높일 수 있으며, 생육에 필요한 온도환경을 측정하고 토양전기전도도를 측정함으로써 작물 생육에 장애가 되는 염류집적 현상을 방지할 수 있다. 하지만 이런 센서들은 배터리를 필요로 하여 해당 센서들을 유지 관리하는데 많은 불편함과 비용이 들었다. 최근에는 이러한 비용 요소를 제거할 수 있도록, 배터리 없이 동작하는 RFID 센서들이 국외에서 개발되어 소개되기 시작하였다.

3. 농작물 생육 관리를 위한 환경 모니터링 시스템 설계

3.1 시스템 구성도

IoT 기술을 활용하여 농작물의 개량 및 생육을 효과적으로 관리하기 위한 환경 모니터링 시스템의 구성은

[그림 1]과 같다. 농작물 생육 관리를 위한 환경 모니터링 시스템은 크게 농작물 센서와 센서 노드들로부터 데이터를 수집하는 게이트웨이(gateway) 그리고 스마트폰이나 컴퓨터를 이용하는 사용자에게 각 센서의 정보를 전달하는 서버로 구성된다. 농작물 센서는 함수비 센서내에 온도와 습도 센서를 내장하여 단일화하였으며 수집된 센서 데이터를 무선통신망을 이용하여 게이트웨이에 전달한다.

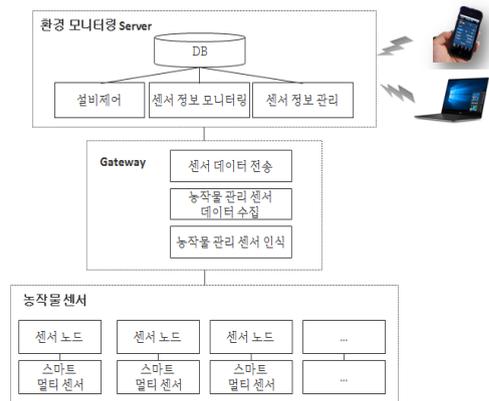


그림 1. 농작물 관리를 위한 환경 모니터링 시스템

게이트웨이는 각 농작물 센서들로부터 전달받은 센서 데이터들을 서버에 업로드하고 센서의 위치 및 센서 ID 정보를 관리한다. 즉 농작물 센서 그룹 중 특정한 어느 하나의 그룹에 속하는 센서들에서 측정된 값을 RFID 통신을 이용하여 각각 수집한 후, 망(mesh) 통신을 이용하여 서버에게 센서 정보를 전달하는 역할을 담당한다. 서버는 게이트웨이로부터 전달받은 센서 데이터들을 DB에 저장한 후 사용자 요청이 있는 경우 해당 정보를 제공한다.

3.2 농작물 센서의 센서노드

스마트 농업 환경 모니터링 시스템에서 농작물을 관리하기 위한 농작물 센서의 내부 구조는 [그림 2]와 같다.

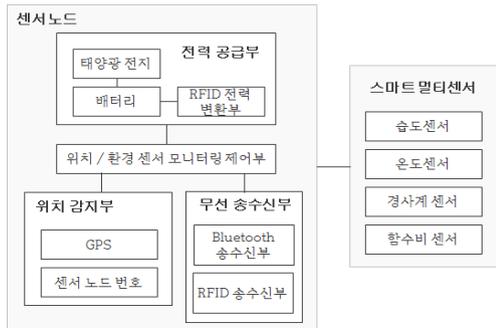


그림 2. 농작물 센서의 내부 구조

농작물 센서는 크게 센서 노드와 스마트 멀티센서 노드로 나뉜다. 여기서 센서 노드는 전력 공급부, 무선 송수신부, 위치 감지부로 구성된다. 전력 공급부는 위치감지부, 제어부, 무선 송수신부의 동작에 필요한 전원을 공급하는 역할을 담당하는 곳이다. 넓은 구간에 설치되는 센서의 개수를 고려할 때 별도의 외부 전원 없이도 작동에 필요한 전력을 확보하는 것이 가능하도록 탈착 방식으로 설계하였다. 전력 공급부에는 주기적 혹은 간헐적으로 측정을 수행하며 전달되어야 하는 데이터의 양이 적으므로 게이트웨이로부터 전달되는 RFID 수신 신호를 전력으로 바꾸어 배터리에 저장하는 RFID 전력 변환기를 포함하여 구성하였다. 즉 게이트웨이로부터 전달되는 RFID 신호를 안테나를 통하여 수신한 후 수신 신호의 일부를 전력으로 변환하여 배터리에 저장한 후 작동에 필요한 전원으로 이용하도록 구성하였다. 또한 센서가 매설된 농장의 특성을 고려할 때 발생한 전력을 배터리에 저장하기 위하여 태양광 전지를 포함하여 구성하였다. 제어부는 스마트 멀티센서부로부터 측정된 값을 무선 송수신하여 게이트웨이에 전달하는 역할을 담당한다. 센서 노드에는 무선 송수신부를 두어 각 센서 노드들 간에 무선 통신이 가능하도록 하였다. 무선 통신 기술로는 Zigbee통신[10]을 적용하였다. 게이트웨이의 거리가 멀어지면 무선통신의 장애가 발생함으로 게이트웨이의 Zigbee통신에서 Mash기능을 활용하여 가까운 게이트웨이의 정보를 연계한 후 다음 게이트웨이로 전달 할 수 있도록 하였다. 대규모 농장에서 농작물 관리 시스템이 구현되는 경우 많은 개수의

센서들이 설치되어야 하므로 미리 정해진 위치가 아닌 사용자가 자유로이 설치한 후 추후 설치 위치를 측정하여 게이트웨이와 전달하는 것이 가능하도록 해야 한다. 이를 위하여 센서노드에 GPS를 포함하므로써 자신의 위치를 파악할 수 있고, 게이트웨이는 RFID통신을 통하여 센서정보를 수집하고, GPS의 좌표와 함께 자신의 위치를 서버에 전송하게 하였다. GPS의 좌표 연산은 3개의 위성에서 수신된 위성의 위치와 GPS간의 통신 시간을 통하여 전파의 수신 시간을 거리로 환산한 후 위성 3개 위치에 대한 삼각 측량법에 의하여 [그림 3]처럼 현재 GPS수신의 좌표를 연산 할 수 있다. 삼각 측량법 [11]은 원의 방정식을 이용하여 원의 교차점을 찾는 방식으로 GPS에서 지원한다.

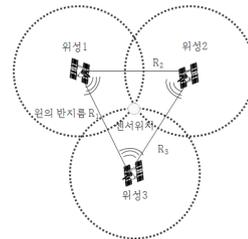


그림 3. GPS 삼각측량법을 이용한 센서 위치 추적

3.3 센서 단일화를 위한 스마트 멀티센서

[그림 2]의 스마트 멀티센서부는 농작물 환경에 대한 정보를 직접 측정하는 센서이다. 본 논문에서는 강우의 침투에 의한 지반포화도 변화 및 유효용량 감소에 따른 지반 경사도 변화등을 효과적으로 측정할 수 있는 스마트 멀티 센서를 제작하였다. 그 이유는 기존의 측정 방식이 각각의 단일 센서에 의해 개별 측정함에 따라 설치 시 비용 증가와 센서별 별도의 장치로 측정해야 하는 번거로움이 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 개선할 수 있는 함수비 센서를 기반으로 멀티센서를 제작하였다. 구성 센서는 총 3개 항목으로서 체적함수비, 온도/습도, 경사계 센서를 단일화하여 동시에 측정이 가능한 멀티 계층(layer)구조로 [그림 3]처럼 구성하였다. 또한 센싱 항목간의 다른 측정방식을 고려하여 3가지 타입의 측정요소를 위한 측정회로를 일체화하여 One board로 구성하였으며 제작한 이동식

측정 장치 1개를 통해 3가지 항목 센서값을 동시에 수집할 수 있고 연속측정이 가능하도록 하였다.

3.3.1 스마트 멀티센서 구조

본 논문에서 소개하는 스마트 멀티센서의 구조는 [그림 4]와 같다.

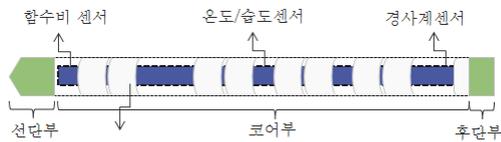


그림 4. 스마트 멀티 센서 구조

선단부는 뾰족한 Corn 모양으로 구성되어 센서 설치 시 토양 내부로 센서의 진입이 용이한 형태로 하였다. 중앙에 위치하는 코어부 기구는 Ring구조로 고정 이격없이 정확하게 이루어질 수 있도록 Hook 구조로 설계하였다. Layer Back Board는 센서코어의 수에 따라 1~4 Layer까지 장착을 조절할 수 있도록 Back Board 형태로 제작하였으며, 현장 환경에 따라 층별 구성의 변경이 가능하도록 설계하였다. 센서는 하나 이상의 그룹으로 구분되어 설치되며, 토양에 일부가 삽입되도록 구성되어 있다. 토양 밖에는 습도, 기온과 경사계 센서가 위치하도록 설치하였다. 함수비 센서는 지면에서 약 30cm 정도 삽입하여 함수비값을 측정할 수 있도록 설계하였으며 후반부에 센서 노드와 연결할 수 있도록 하였다.

3.3.2 FDR 방식의 유전을 측정 기법을 이용한 체적함수비 측정회로 설계

토양 수분을 감지하기 위한 함수비 센서는 황동 전극을 구성하여 토양으로 송출되는 전기량이 수신되는 전극에 전기량을 감지함으로써 토양의 수분 함량 비율을 측정할 수 있다. 또한 온도 및 수분 분포에 따른 선형 구간을 취하여 비례 특성을 갖는 구간의 정보로 활용될 수 있도록 온도 및 측정 함수비 함량 비율 구간에 따른 보정이 가능하게 구성하였다. 센싱 코어에서 운영하는 주파수는 16Mhz대역의 microwave를 적용하였다. 함수

비 센서의 외부 케이스는 토양의 면과 접촉하게 되는 부분으로서 Access tube라고 부르며, Access tube의 재질 및 두께에 따라 체적함수비의 민감도가 결정된다. FDR 방식은 wave 방식을 통해 체적함수비를 측정하는 방식이므로 스틸(Steel) 계열의 소재는 사용할 수 없으며 플라스틱 또는 아크릴 계열의 소재가 주파수 노이즈를 발생시키지 않는 소재이다. 또한 케이스의 두께는 센서 측정거리와 연계되는 특성이므로 얇지만 설치를 고려하여 적당한 강도를 가질 수 있는 두께로 선정하였다. 본 논문에서는 여러 소재들 중 아크릴 계열의 파이프를 제작하여 멀티센서의 access tube로 적용하였으며 두께는 약 2mm, 길이는 약 700mm 정도로 설계하였다. FDR(Frequency Domain Reflectometry) 측정방식 [12]은 방사된 microwave가 토양을 주회하여 수신되는 주파수의 변화를 측정하는 것이며 공극내 존재하는 수분의 양에 따라 변하는 유전율의 변화를 capacitance 성분 측정으로 체적함수비를 산출할 수 있다. 주파수의 변화에 따른 capacitance 값은 실제 성능 시험을 통해 산출한 calibration factor 연산식에 대입하여 체적함수비로 산출할 수 있으며, 계층별로 전원제어를 통한 순차 측정으로 층간 간섭을 최소화하도록 운용 펌웨어를 제작하였다.

3.3.3 지중온도 측정을 위한 온도/습도센서 선형회로 설계

온도센서 모듈은 온도에 따라 저항값이 변하는 특성을 갖는 센서모듈이며 온도 1℃의 분해능을 갖는 센서를 제작하기 위해서는 미세한 저항 변화를 측정할 수 있는 회로 구성이 필요하며 이를 위해 미세저항 측정용 휘트스톤 브리지 회로(Wheatstone Bridge Circuit)[13]의 적용은 필수이다. 본 논문에서는 휘트스톤브리지 회로를 비롯해 고감도 24bit ADC를 내장한 PT100 전용 IC chip 회로를 선정하여 미세 저항 측정을 할 수 있도록 온도 측정 회로를 구성하였다. 멀티센서에 적용한 온도 측정용 회로는 4개의 센서를 동시에 측정 가능하도록 구성되어 있으며, PGA(Pin Grid Array) 설정 범위에 따른 정밀도 범위 설정 및 ADC(Analog-Digital Converter) 분해능, sampling rate를 설정할 수 있도록

하였다.

3.3.4 사면의 경사도 측정을 위한 경사면 센싱 회로 설계

경사계 센서 모듈은 멀티센서에 1ea가 하단부에 위치하며 층별로 구성하지 않았다. 이는 스마트 멀티센서의 구조상 -자의 일체화구조를 갖는 케이싱 때문에 하나의 경사센서가 각 Layer의 경사도와 동일한 각도를 갖기 때문이다. 따라서 스마트 멀티 센서에서는 Layer별로 다중으로 구성된 체적 함수비 센서와 온도센서, 그리고 함수비 멀티센서 하단부에 단일로 배치된 경사면 센서로 구성하였다.

4. 농작물 생육 관리를 위한 스마트 멀티센서 및 환경 모니터링 시스템 구현

4.1 스마트 멀티센서의 정밀도 실험

본 논문에서는 자체 설계한 스마트 멀티센서의 온도, 습도, 함수비 센서에 대한 정밀도를 확인하기 위하여 이미 상용화된 타 제품과 동일 환경에서 비교 실험하였다.

4.1.1 온도/습도 시험 방법 및 결과



그림 5. 온도/습도 센서의 설치 블록도

스마트 멀티센서의 온도/습도에 대한 정밀도 시험을 위해 [그림 5]의 설치 블록도와 같이 개발된 농작물 센서의 센서 노드와 스마트 멀티센서를 연결한 후 데이터 값을 측정하기 위하여 노트북을 Bluetooth로 연결하였다. 비교 장비로는 K사의 HD11D[14]와 비교하였다. 실험을 위하여 오븐 챔버를 20℃~30℃, 30℃~40℃, 40℃~50℃의 3가지 상태로 가열하였고 10분 후 5회씩 3가

지 온도별로 측정을 진행하였다. 먼저 온/습도 비교 장비의 온도 값을 측정하고 개발된 스마트 센서 온도 값을 노트북을 이용하여 측정하였다. 온/습도 판정조건으로 온/습도 비교 장비의 온도 값과 개발된 스마트 멀티센서 온도 값을 비교하여 오차 범위가 ±1℃ 이내에 측정되는지 확인하였다. 그 결과 다음 표와 같이 온도는 ±0.5℃의 오차를 보였고 습도는 ±1.1%의 오차 결과를 얻을 수 있었다.

4.1.2 함수비 시험 방법 및 결과

함수비 센서의 데이터 값을 측정하기 위해 3개의 용기에 0~10%, 10~20%, 20~30%가 되도록 각각 모래를 넣은 후 상온 측정실에서 보관하였다. 스마트 멀티센서의 함수비 센서를 실험하기 위해 [그림 6]과 같이 개발된 농작물 센서의 센서 노드와 스마트 멀티센서를 연결한 후 Bluetooth로 연결된 노트북에서 함수비 값을 확인하였다.



그림 6. 함수비 센서의 설치 블록도

표 1. 온도 정밀도

시험항목	비교장비	멀티센서(온도)	오차
조건 1 (20~30)℃	23.6	24.2	0.6
	23.7	24.3	0.6
	23.7	24.3	0.6
	23.8	24.3	0.5
	23.7	24.4	0.7
산술평균	23.7	24.3	0.6
조건 2 (30~40)℃	32.9	32.5	0.4
	33.0	32.5	0.5
	33.0	32.5	0.5
	33.1	32.5	0.6
	33.1	32.5	0.5
산술평균	33.0	32.5	0.5
조건 3 (40~50)℃	45.6	46.1	0.5
	45.7	46.1	0.4
	45.7	46.1	0.4
	45.7	46.1	0.4
	45.7	46.1	0.4
산술평균	45.7	46.1	0.4

표 2. 습도 정밀도

시험항목	비교장비	멀티센서(습도)	오차
조건 1 (20~30)°C	32.5	33.2	0.7
	32.4	33.2	0.8
	32.3	33.7	1.4
	32.3	33.7	1.4
	32.2	33.7	1.5
신술평균	32.3	33.5	1.2
조건 2 (30~40)°C	20.3	18.8	1.5
	20.3	18.8	1.5
	19.7	18.8	0.9
	19.6	18.8	0.8
	19.6	18.8	0.8
신술평균	19.9	18.8	1.1
조건 3 (40~50)°C	10.5	9.5	1.0
	10.5	9.5	1.0
	10.5	9.5	1.0
	10.5	9.5	1.0
	10.5	9.5	1.0
신술평균	10.5	9.5	1.0

그리고 비교 장비로는 K사의 HD11D[15]와 비교하였다. 실험을 위해 스마트 멀티 센서와 비교 장비를 각 용기에 삽입하고 용기별 5회로 측정하였다. 판정 조건으로는 함수비 비교장비인 ProCheck의 함수비 값과 개발된 스마트 센서 함수비 값을 비교하여 오차 범위가 ±4% 이내에 측정되는지 확인하였다. 그 결과 [표 3]과 같이 ±1.46% 오차 결과를 확인할 수 있었다.

표 3. 함수비 정밀도

시험항목	비교장비	멀티센서(함수비)	정밀도
조건 1 (0~10)%	4.0	5.0	1.0
	3.9	5.0	1.1
	3.9	5.0	1.1
	3.9	5.0	1.1
	3.9	5.0	1.1
신술평균	3.9	5.0	1.1
조건 2 (10~20)%	19.4	18.0	1.4
	19.5	18.0	1.5
	19.5	18.0	1.5
	19.6	18.0	1.6
	19.5	18.0	1.5
신술평균	19.5	18.0	1.5
조건 3 (20~30)%	29.2	31.0	1.8
	29.1	31.0	1.9
	29.2	31.0	1.8
	29.2	31.0	1.8
	29.2	31.0	1.8
신술평균	29.25.0	31.0	1.8

4.2 농작물 환경 모니터링 화면 설계

4.2.1 농작물 센서 정보 관리의 구현결과

넓은 농작물에 모니터링 시스템을 구축하는 경우 많은 개수의 센서들이 설치되어야 하므로 사용자가 자유롭게 센서를 설치한 후 서버에서 센서 정보를 관리할 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 관리자가 센서의 위치에 따른 정보를 쉽게 취득하고 각 게이트웨이와 센서 정보를 관리할 수 있는 화면을 구현하였다. [그림 7]은 메인 서버의 사용자 인터페이스 화면으로써 1개의 게이트웨이에서 관리되고 있는 2개의 농작물 센서에 대한 각 센서의 위치와 센서들의 정보를 시각적으로 구현한 화면이다. 위와 같이 각 센서 정보를 일괄적으로 확인하기 위해서는 게이트웨이와 농작물 센서 정보를 등록해야 하는데 이는 [그림 8]과 [그림 9]처럼 등록할 수 있다.

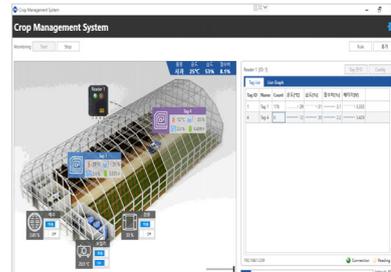


그림 7. 데이터 관리 메인 서버 UI 화면



그림 8. 게이트웨이 추가 화면

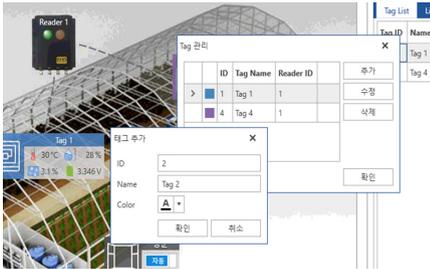
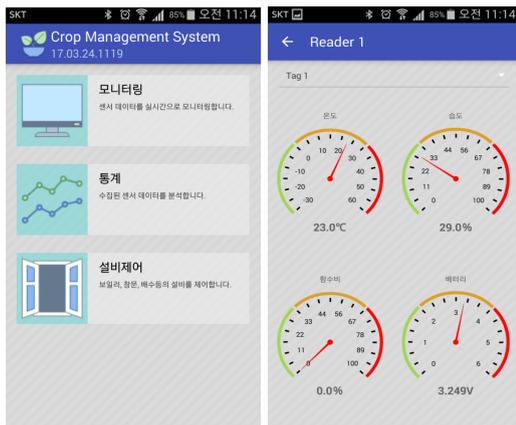


그림 9. 농작물 센서 추가 화면

4.2.2 농작물 센서 모니터링 구현 결과

본 논문은 측정되는 센서 정보를 게이트웨이가 취합하여 서버로 전송함으로써 사용자가 각 센서의 정보를 관리, 관찰할 수 있는 모니터링 시스템을 제공한다.

모니터링 시스템의 테스트를 위하여 하나의 게이트웨이에 4개의 농작물 센서를 관리하도록 설치한 후 측정된 데이터 값을 확인하였다. 각 농작물 센서에 대한 온도/습도, 함수비 정보는 스마트폰 상에서 확인 가능하다. 이를 위해 본 논문에서는 안드로이드 기반의 앱을 구현하였다. 무선통신기술을 이용하여 앱에 접속시 로컬 서버에 기록되어 있는 데이터베이스의 정보에 접근하여 각 센서에 대한 정보를 확인할 수 있다. 이때 스마트폰의 크기를 고려하여 하나의 게이트웨이에 속해있는 여러 개의 농작물 센서 중 하나의 센서 정보를 선택하여 확인할 수 있도록 하였다.



(a) 초기 화면 (b) 모니터링 결과 화면

그림 10. 스마트폰을 이용한 모니터링 UI 화면

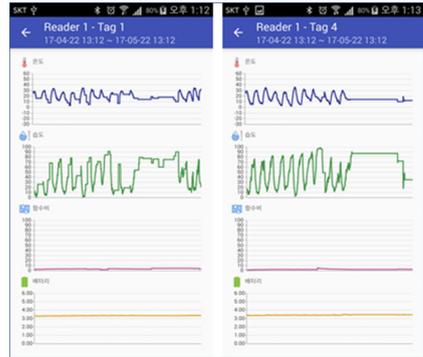


그림 11. 통계화면을 이용한 특정 시간대의 센서 정보 출력 화면

스마트폰 앱은 [그림 10]의 (a)처럼 모니터, 통계, 설비 제어로 메뉴가 구성되어 있다. [그림 10]의 (b)화면은 모니터링을 클릭했을 때 1번 게이트웨이의 1번 농작물 센서에 대한 각 센서 값을 그래픽으로 확인한 그림이다.

[그림 11]은 [그림 10]의 (a)에 있는 통계를 클릭했을 때 1번 게이트웨이의 1번과 4번 농작물 센서에 대한 일정 기간에 대한 온도, 습도, 함수비, 배터리의 정보에 대한 변화 추이를 각각 그래프로 표현한 그림이다. 비닐하우스 농작물의 경우 농작물 센서 정보에 따라 냉/난방 등의 제어가 필요하다. [그림 12]의 설비 제어는 비닐하우스에 자동화 시스템이 되어 있는 경우 냉/난방 및 환기, 배수를 위한 상태를 확인하여 On/Off를 설정하는 화면이다.



그림 12. 설비제어 정보 출력 UI 화면

5. 결론 및 향후과제

IoT 기술을 활용하여 농업 기술을 자동화하는 과정에서 발행되는 센서 설치 비용 및 센서의 위치 설정을 해결하기 위하여 본 논문은 농작물의 생육 관리를 위한 스마트 멀티 센서와 환경 모니터링 시스템을 설계 및 구현하였다. 이 과정에서 함수비, 온도, 습도, 경사도 센서의 단일화를 시도하였으며 전원공급을 유동적으로 유지하기 위해 RFID 통신기술을 적용하였다. 또한 RFID 통신기술을 이용하여 각 센서 단위에서 자신의 설치 위치를 감지하여 전달할 수 있도록 하였으며, 사용자가 토지의 상태나 특성 등에 따라 자유롭게 센서들을 설치하여도 정확한 측정위치를 파악하여 효율적으로 측정값을 관리할 수 있도록 하였다. 본 논문은 앞으로 생육상태를 지속적으로 모니터링하기 위하여 모니터링의 세부 항목을 추가 및 수정하고 작물 재배 상태에 대한 데이터를 정기적으로 산출하여 농작물 생산성 향상에 도움이 되었는지에 대하여 분석하고자 한다. 이를 토대로 향후 스마트 멀티 센서를 산사태 환경 모니터링에 활용 할 수 있도록 성능 및 동작성에 대한 연구를 계속해서 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 이준영, 김신호, 이새봄, 최형진, 정재진, “스마트 농업 확산을 위한 IoT기반 개방형 플랫폼의 필요성 및 구축 방안 연구,” 멀티미디어학회논문지, 제17권, 제11호, pp.1313-1324, 2014.
- [2] 안우영, 이현창, “농작물 육성에 필요한 환경 자동 제어 시스템,” 한국정보통신학회논문지, 제20권, 제11호, pp.2167-2171, 2016.
- [3] 안병태, “유비쿼터스 기반의 농작물 원격 제어 시스템 연구,” 한국정보기술학회논문지, 제11권, 제6호, pp.77-84, 2013.
- [4] 전병찬, 박창근, “임베디드 시스템을 이용한식물 재배 관리 시스템 구현,” 한국지식정보기술학회 논문지, 제10권, 제4호, pp.435-444, 2015.
- [5] 이영동, “무선센서네트워크 기반 온실환경 모니터링 시스템 구현,” 한국정보통신학회논문지, 제17권, 제11호, pp.2686-2692, 2013.
- [6] 오승호, 양성욱, 김현찬, 김도현, 도양희, “고품질 작물 재배를 위한 자동화 정량 방제 제어 시스템 개발,” 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제17권, 제3호, pp.267-274, 2017.
- [7] 강주희, 정세훈, 노선식, 소원호, 심춘보, “u-Farm을 위한 모바일 기반의 농작물 재배 현장 중심형 스마트 병해충 정보검색 시스템 설계 및 구현,” 제10권, 제10호, pp.1145-1156, 2015.
- [8] 오정원, 김행곤, “IoT Sensing을 이용한 농작물 수확 시기 예측 시스템 아키텍처 개발,” 예술인문사회융합멀티미디어논문지, 제17권, 제6호, pp.719-729, 2017.
- [9] D. Arseny, Z. Regan, and P. Zoya, “Power Management System for Online Low Power RF Energy Harvesting Optimization,” IEEE Transactions on circuits and systems, Vol.57, No.7, 2010.
- [10] IEEE Standard 802.11b, Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications:Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Bandm, IEEE 345 East 47th Street, New York, USA, 1999.
- [11] 박명오, *RSSI 측정 신뢰도를 고려한 무선 센서 네트워크 기반 위치 추적*, 한양대학교 대학원, 석사 학위 논문, 2012(8).
- [12] E. Veldkamp and J. J. O'Brien, “Calibration of a frequency domain reflectometer sensor for humid tropical soils of volcanic origin,” Soil Science Society of America Journal, Vol.64, No.5, pp.1549-1553, 2000.
- [13] 최병희, 류창하, “휘트스톤 브리지 회로의 원리에 대한 이해,” 대한화학발표공학회, 제35권, 제2호, pp.9-17, 2017.
- [14] <http://www.kimo.kr>
- [15] <http://www.decagon.com>

저 자 소 개

김 영 민(Youngmin Kim)

정회원



- 2014년 8월 : 숭실대학교 IT 경영학과(석사)
- 2013년 8월 ~ 현재 : (주)이에스피 대표

<관심분야> : RFID, IoT 플랫폼, 생체 신호 인식 및 처리

강 의 선(Euisun Kang)

정회원



- 2002년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 숭실대학교 미디어학과(공학박사)
- 2007년 ~ 현재 : 숭실대학교 베어드학부대학 교수

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 이미지 프로세싱