

이기종 통합 센서형 스마트 태그 기능 구현을 통한 농작물 관리 기술 개발

김봉현*
서원대학교 컴퓨터공학과 교수

Development of Crop Management Technology through Implementation of Heterogeneous Integrated Sensor-type Smart Tag Function

Bong-Hyun Kim*
Professor, Department of Computer Engineering, Seowon University

요약 신품종 농작물 생육 환경 모니터링을 위해 보급형 스마트센서 태그 기술을 활용한 농업 생산 인프라 구축 및 농업 자원 관리 체계 강화가 필요하다. 또한, IoT 기술을 활용한 고품질의 신품종 농작물 개량 인프라 구축 및 모니터링 체계를 강화해야 하며, 신품종 작물 개량에 필요한 환경 모니터링을 위한 보급형 스마트 센서 (RFID UHF Sensor Tag) 기술이 스마트팜 환경에서 절실히 필요한 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 이기종 통합 센서 기반의 스마트 태그 기능을 구현할 수 있는 통합 센서를 구현하였다. 또한, 구현된 스마트 통합 태그와 스마트폰 연동을 통해 농작물을 실시간으로 관리할 수 있는 기술을 개발하였다. 이를 위해, RFID와 블루투스 통신이 가능한 통합형 안테나를 구성하였고, 블루투스 기능을 통하여 스마트폰에서 직접 정보를 수집할 수 있는 통신 방법을 병행하였다.

주제어 : 스마트팜, 농작물관리, 스마트 태그, 이기종 센서, 블루투스

Abstract In order to monitor the growth environment of new varieties of crops, it is necessary to build the agricultural production infrastructure and strengthen the agricultural resource management system using popular smart sensor tag technology. In addition, the infrastructure for improving high-quality new varieties of crops using IoT technology and the monitoring system must be strengthened. In other words, widespread smart sensor (RFID UHF Sensor Tag) technology for environmental monitoring required for improving new crop varieties is desperately needed in the smart farm environment. Therefore, in this paper, we implemented an integrated sensor that can implement smart tag functions based on heterogeneous integrated sensors. In addition, we developed a technology that can manage crops in real time through the implemented smart integrated tag and smartphone linkage. For this purpose, an integrated antenna capable of RFID and Bluetooth communication was constructed. In addition, a communication method that allows information to be collected directly from the smartphone through the Bluetooth function was used.

Key Words : Smart farm; Crop management; Smart tag; Heterogeneous sensor; Bluetooth.

*교신저자 : 김봉현(bhkim@seowon.ac.kr)

접수일 2024년 03월 04일 수정일 2024년 03월 18일 심사완료일 2024년 04월 03일

1. 서론

IoT 시대에 디바이스의 소형화, 경량화, 유지보수의 용이성은 중요한 이슈이며, 이에 따라 다양한 에너지 하베스팅 기술들이 개발되고 시장에 소개되고 있다[1].

스마트팜 환경을 활용한 에너지 하베스팅 기술로는 Photovoltaic, Vibration, Thermal, RF를 이용하는 방법들이 있으며, RF를 활용할 수 있는 무선 RFID 센서 태그도 이와 관련해 배터리를 사용하지 않고 환경을 이용하는 관점으로 최근 관심을 받고 있다[2][3].

생육환경의 효과적인 모니터링 수단의 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[4]. 하지만 이런 센서들은 배터리를 필요로 하여 해당 센서들을 유지관리하는데 많은 불편함과 비용이 들었다.

최근에는 이러한 비용 요소를 제거할 수 있도록, 배터리 없이 동작하는 RFID 센서태그들이 국외에서 최근 개발되어 소개되기 시작했다. 현재 토양의 습도 및 온도/습도 측정이 가능한 센서태그들이 소개되었으며 비교적 인식 거리가 짧아(약 1.5m 이내) 데이터 수신을 위해서는 이러한 제한을 고려해 Reader를 배치 또는 이동 운용해야 한다. 하지만, 향후 인식거리가 더욱 증가될 것으로 예상되며 이에 따라 활용성과 응용분야가 점차 증대될 것으로 예상된다.

센서태그의 경우는 여러 가지 제약조건으로 단기간에 배터리를 배제한 센서태그를 사용할 수 있는 부분은 한정적일 것으로 전망하지만, 에너지하베스팅 기술의 발전에 따라 이의 무선 센서태그의 환경에너지 사용의 폭은 점차 증대될 것으로 판단된다. 또한 현재 출시되어 있는 온도, 습도, 압력 센서태그 외에도 다양한 측정 기능을 수행할 수 있는 센서태그가 출시될 것으로 예상된다[5].

이러한 상황속에서, 스마트팜 분야에서 신제품 농작물 생육 환경 모니터링을 위해 보급형 스마트센서 태그 기술을 활용한 농업 생산 인프라 구축 및 농업 자원 관리 체계 강화가 필요한 상황이다. 또한, IoT 기술을 활용한 고품질의 신제품 농작물 개량 인프라 구축 및 모니터링 체계를 강화하기 위한 노력이 지속되고 있으며, 신제품 작물 개량에 필요한 환경 모니터링을 위한 보급형 스마

트 센서 (RFID UHF Sensor Tag) 기술이 절실히 필요한 상황이다[6][7].

이를 해결하기 위해, 본 논문에서는 온도 및 습도 뿐만 아니라 토양의 수분 함량을 측정 할 수 있는 통합 센서 구성을 통하여 농장의 신제품 관리 방안을 설계하였다. 또한, RFID와 블루투스 통신이 가능한 통합형 안테나를 구성하였으며, 블루투스 기능을 통하여 스마트폰에서 직접 정보를 수집할 수 있는 통신 방법을 병행하였다. 이를 통해, 스마트폰과 RFID 센서 태그와 직접 블루투스 통신을 통하여 정보를 수신 할 수 있으며, 관리자의 의도에 따라 휴대용으로 이동하면서 정보를 수집, 이용, 제어할 수 있는 농작물 관리 기술을 개발하였다.

2. 기술 동향

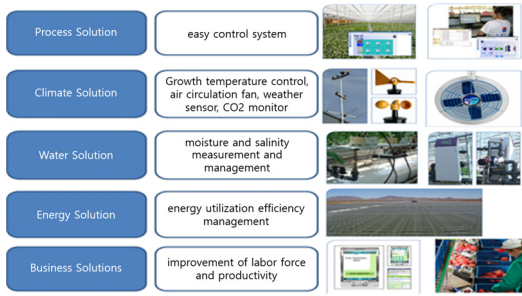
2.1 해외 농작물 관리 기술

해외의 경우, 농작물 관리 시스템의 전반적인 기술 개발이 대기업과 국책 연구소를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 유실수와 채소식물에 대한 연구에서 보호대상 식물 위주로 연구가 진행되고 있는 상황이다[8].

네덜란드, 일본, 이스라엘 등 선진 농업국들은 첨단 농업기술을 활용해 농업을 미래 식량 패권을 좌우할 중요한 국가경쟁산업으로 육성중에 있으며, 미국, 일본의 경우는 도심에 위치한 고층 빌딩형 식물공장(Vertical Farm) 위주의 연구개발도 활발하게 진행되고 있다.

주요 기술 현황을 살펴보면, 첨단 농업기술을 적용해 재배작물 품목을 확대, 농업생산성 향상, 경비절감에 초점을 맞춰 기술 개발이 진행되고 있으며, 기초적으로 농장의 생육 환경에 필요한 여러 가지 장비를 원격 제어하는 것으로부터 시작하여, 농작물 생육 환경과 관련된 빅데이터의 구축을 실행해 농업 생산성의 향상에 실질적인 지원을 할 수 있는 시스템이 구현되고 있다[9][10].

또한, 사과, 토마토 같은 농작물 뿐만 아니라 수산물 양식장, 양돈업 등에도 활발하게 기술 개발 및 적용이 진행되고 있으며, 스마트팜 기기를 설치하는 사업 이상으로 농작물 생육 정보를 바탕으로 IoT를 접목한 토털 농업 솔루션을 제공하는 사업이 성장하고 있는 추세이다. 그림 1은 네덜란드 Priva사의 농업 분야 토털 솔루션 구성을 사례로 나타낸 것이다.



[Fig. 1] Diagram of Priva's agricultural total solution in the Netherlands

대표적인 해외 농작물 관리 기술을 살펴보면, 미국의 경우, 포도원, 식물원, 삼나무 재배 모니터링 시스템이 대표적으로 활용되고 있으며, Intel Research Lab은 오리곤주 포도원의 토양의 온도 및 습도를 모니터링하여 품질 좋은 와인을 생산하기 위해 생장 환경 요소들을 감사하는 재배 환경 모니터링 시스템을 개발, 활용하고 있다. 또한, NASA는 캘리포니아주 Huntington 식물원의 온도, 습도, 조도, 산소량 등을 측정하여 온실 내/외부에 태양열을 사용한 센서를 사용하여 식물의 성장을 모니터링하는 시스템을 개발, 적용하고 있다.

호주의 경우, University of Western Australia에서 Banksia Woodland 평원에 토양의 온도와 습도를 모니터링하여 토양의 수분상태를 감시하여 식물에 대한 분포와 군집에 대한 모니터링을 수행하여 전반적으로 농작물을 관리하는 시스템을 개발, 활용하고 있다.

아일랜드의 경우는 Dublin city university에서 더블린 국립식물원에 식물의 생장 정보를 실시간으로 웹에 전송하여 어린이들에게 환경과 식물 성장과의 연관성을 교육할 수 있는 프로그램을 개발, 활용하고 있다.

2.2 국내 농작물 관리 기술

국내의 경우, 지자체 및 대학, 기업 등이 연계하여 유실수와 하우스 채소식물 중심으로 연구가 진행되었다. 2016년까지 스마트팜 분야의 핵심기술 국산화를 추진하면서 ICT 기술을 적용한 실용화 초기 상태를 구현하였고, 최근에는 3세대 이상의 스마트팜 기술이 보급되고 있다[11][12].

주요 기술 개발 및 현황을 살펴보면, 온실개폐 및 관수, 온/열풍기 가동, 농약 살포, 농장 보완관리 등 원격 재배 관리시스템으로써 주로 저가형 시스템을 보급하고 있으나, 실제적인 농업생산성 향상을 위해서는 농업 선진국에서 진행하고 있는 생육환경과 관련된 빅데이터 구

축과 이의 활용을 통해 실제적인 농업생산성 향상을 연계시킬 필요성이 제기되고 있다. 국내 51,000ha의 온실 가운데 약 15,000ha에 스마트팜 기술이 보급되어 있지만, 대부분 대농장 중심으로 비싼 네덜란드산 기술이 적용되어 있는 상황이다. 따라서, 단순한 환경정보 센싱뿐만 아니라 제어와 생육 환경과 관련한 빅데이터 구축을 통해 실제적인 농업생산성 향상을 위한 인프라로 활용해 나가야 한다[13][14].

현재, 경북 풍기의 사과 농작물 관리의 경우, 사과나무의 냉해 방지와 병충해 방지 및 저장소 감시를 위해 대기 중의 온습도와 관수 제어 및 실시간 카메라로 모니터링하여 냉해에 대한 과수 피해방지와 병충해 방지를 위한 모니터링 시스템이 활용되고 있다. 또한, 경북 경산의 포도 농작물 관리의 경우, 포도원의 개방형 비닐 하우스의 온습도 관리와 온풍기의 고장으로 인한 피해 방지와 하절기 천장 개방 시 강우로 인한 품질 저하 등의 실시간 모니터링하여 과수 최적성장 환경과 포도 품질 저하를 막기 위한 모니터링 시스템을 개발, 활용하고 있다. 마지막으로, 경기도에서는 채소 농작물 관리를 위해, 채소 식물과 버섯 식물이 자라는데 필요한 환경을 인공적으로 만들어 지역이나 기후조건에 상관없이 식물공장에서 물건을 생산하듯 연중 농산물을 자동으로 생산하는 시스템을 개발, 활용하고 있는 상황이다[15][16][17].

3. 스마트 태그 기능 구현

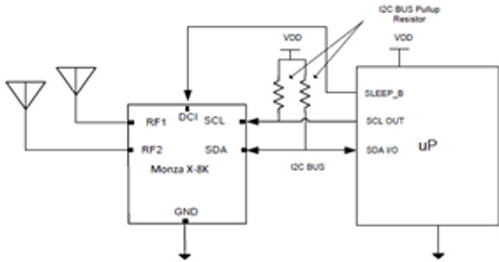
본 논문에서는 이기종 통합 센서 기반의 스마트 태그 기능을 구현할 수 있는 통합 센서를 구현하였다. 또한, 구현된 스마트 통합 태그와 스마트폰 연동을 통해 농작물을 실시간으로 관리할 수 있는 기술을 개발하였다. 이를 위해, 보급형 스마트 (UHF RFID용) 센서 태그 기능을 구현하고, 신뢰성 있는 온습도 센서 데이터 획득 기능을 구현하였다. 또한, 온습도 센서 및 ID 추출 스마트폰용 리더 기술을 개발하였다.

3.1 스마트 태그환경 감지 센서와의 연계 인터페이스 구현

I2C통신 방법에 의한 센서 감지부 모듈과 ISO-18000-6C태그 구현 기능과의 정보 인터페이스를 구현하였다. 이때, UHF RFID User Memory 영역에 저장될 수 있는 센서 정보는 EPC Code 16byte, Option 2byte, Temp 2byte, Hum 2byte 및 Soil Moisture

2byte로 정의하였다.

마지막으로, 센서 컨트롤러에서의 태그 칩에 정보 저장 기능이 가능한 펌웨어로 설계하였다. 그림 2는 스마트 태그 Soc 인터페이스 구성도를 나타낸 것이다.



[Fig. 2] Smart tag SoC interface diagram

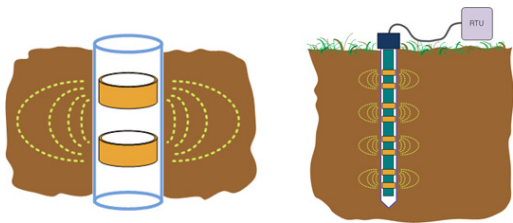
3.2 스마트 태그 온습도 센서 하드웨어 및 센서 정보 인식 소프트웨어 구현

온습도 변화 측정을 위한 회로 구현 및 펌웨어를 구성하였다. 이를 위해, 온도 센서 파트에서는 ON Chip 형태의 센서와 계측 센서 부분을 외부로 확장할 수 있는 구조로 구성하였으며, 습도 센서 파트에서는 습도 감지 센서 Cell 활용 변화 회로 구성 및 아날로그 to 디지털 구성을 통해 상대 습도 양자화를 구현하였다.

마지막으로, MCU를 통한 센서 정보를 태그 칩에 인터페이스할 수 있는 신호 구성을 통해 I2C 인터페이스를 구현하였다.

3.3 스마트 태그 토양 수분 감지 함수비 센서 구현

활동 전극을 구성하여 토양으로 송출되는 전기량이 수신되는 전극에 전기량을 감지함으로써 토양의 수분 함량 비율을 측정하였다. 또한, 온도 및 수분 분포에 따른 선형 구간을 취하여 비례 특성을 갖는 구간의 정보로 활용하였으며, 온도 및 측정 함수비 함량 비율 구간에 따른 Calibration이 가능하도록 함수비 센서를 구성하였다. 그림 3은 함수비 센서의 구조도를 나타낸 것이다.



[Fig. 3] Moisture content sensor structure diagram

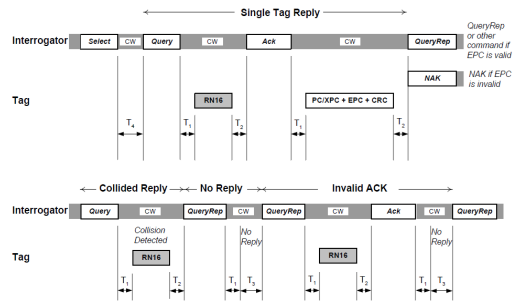
3.4 스마트 태그 에너지 절감 하드웨어 설계 및 자가 충전 기능 구현

시스템 전원 구동을 위한 에너지 공급은 전원 배터리 및 태양열을 활용하여 구현하였다. 먼저, 전원 구동용 배터리는 리튬 이온, 리튬 폴리머 배터리로 구성하였다. 배터리는 교체가 가능한 형태로 구성하였으며, 저온 및 고온 특성에서 효율이 최소화된 특성을 갖는 배터리로 선정하였다. 또한, 슈퍼 캐패시터를 이용한 전원 운용의 효율을 확대시켰다.

다음으로, 태양열을 활용한 방식은 태양전지를 적용하여 상시적으로 배터리를 충전하는 방식으로 구성하였다. 센서의 저가격, 소형화를 위하여 모듈 형태를 구성하였으며, 센서 정보 취득 상황에 따라 추가 및 제거가 가능하도록 구성하였다.

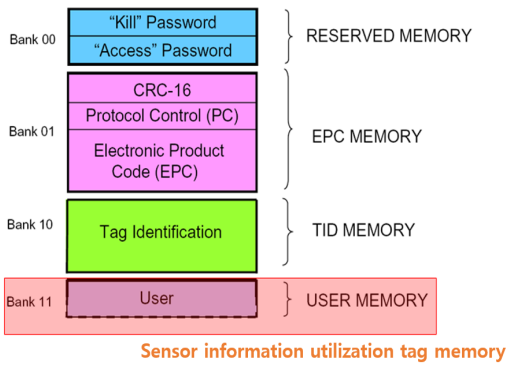
3.5 리더 안테나 내장을 통한 정보 획득 기술

안티콜리전 및 RFID 리더 인식이 가능한 Protocol 구현 가능성을 검토하였다. 그림 4는 스마트 태그 인식 플로우를 나타낸 것이다.



[Fig. 4] Smart tag recognition flow

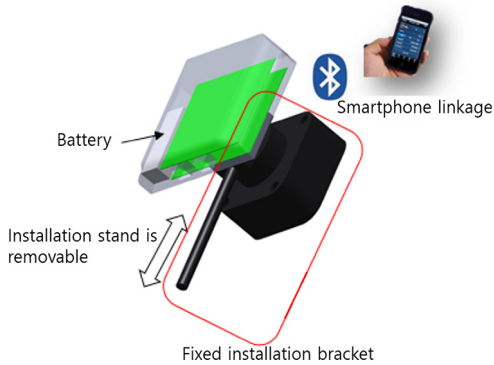
또한, 리더 인식을 위한 태그 메모리를 구성하였다. EPC Class 1 Gen 2 규격을 만족하는 RFID 태그는 USER [Bank11], TID[Bank10], EPC[Bank01], Reserved[Bank00]로 구분하였다. EPC 영역에서는 실질적인 ID가 저장되며 그 외 CRC, PC값이 추가되도록 하였다. Reserved 영역에서는 Kill과 Access Password로 구분하였으며, TID 영역에서는 태그의 고유 ID정보를 가지고 있는 메모리로 제작사, 태그 모델번호 등이 저장되어 있으며 읽기만 가능하도록 하였다. 마지막으로, USER 영역에서는 사용자가 원하는 데이터를 저장할 수 있도록 하였다. 그림 5는 스마트 태그 메모리 인식을 위한 구성도를 나타낸 것이다.



[Fig. 5] Smart tag memory recognition structure diagram

3.6 리더 블루투스 통신을 위한 스마트폰 연동

스마트폰 연동을 위해 블루투스 모듈을 리더 내부에 장착하여 스마트폰으로 ID정보를 전송하도록 구성하였다. 또한, 리더와 직접 접촉이 가능한 스마트폰 앱을 개발하여 블루투스를 통한 연동을 수행하였다. 그림 6은 블루투스 연동 기능을 나타낸 것이다.



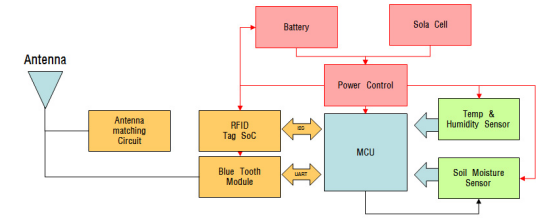
[Fig. 6] Bluetooth linkage function

4. 스마트 태그 개발

농작물 관리용 스마트 태그는 지상용 스마트 태그와 토양 감지용 스마트 태그로 구분하여 개발하였다. 지상용 스마트 태그는 고온 및 이상기후 감지에 사용되도록 하였고, 토양 감지용 스마트 태그는 토양의 성분을 감지하는데 사용되도록 하였다.

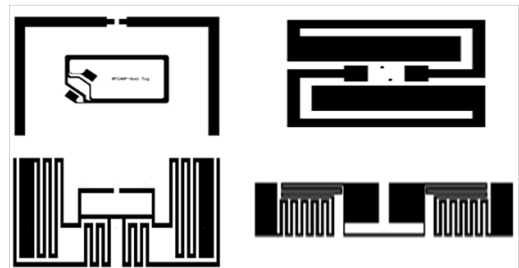
스마트 태그는 EM4325 RFID SoC를 활용하여 태그를 구성하였으며, ISO/IEC 18000-6C 규격에 만족하도록 하였다. 그림 7은 스마트 태그 구성을 위한 블록다이

어그램을 나타낸 것이다.



[Fig. 7] Smart tag structure diagram

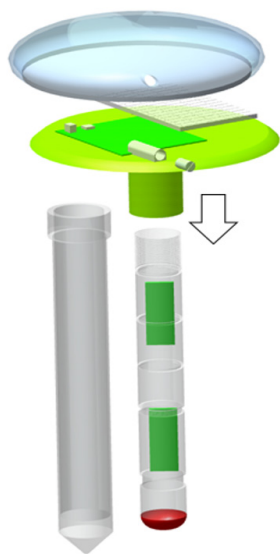
또한, 스마트 태그 및 블루투스 안테나를 설계, 구현하기 위해, 스마트 태그 솔루션에 적합한 안테나 패턴을 구성하였다. 외부 케이스 적용 시 변화된 빔폭 및 안테나 특성을 고려하여 튜닝하였고, 통신 거리 확보를 위한 안테나 Gain을 확보하였다. 설계된 스마트 태그 기구물 사이즈에 부합한 안테나 크기로 구성하였으며, 블루투스 통신이 가능한 안테나로 구현하였다. 그림 8은 스마트 태그 안테나 구성도를 나타낸 것이다.



[Fig. 8] Smart tag antenna structure

마지막으로, 스마트 태그의 이동식 설치가 가능한 구조의 기구를 개발하였다. 이를 위해, 태양전지 적용이 가능하도록 윈도우 창을 구현하였고, 방수를 고려한 케이스를 설계, 개발하였다. 또한, 토양의 함수비 측정을 위한 지면 직접 삽입이 가능한 봉 형태의 케이스로 구성하였으며, 배터리 교체 및 유지 보수가 가능할 수 있도록 케이스를 구성하였다.

또한, UHF RFID 리더 Zigbee 통합 안테나 개발을 위해 Zigbee 및 UHF 패치 안테나를 구성하였다. 이를 통해, 상호간의 간섭을 최소화하는 기능을 구현하였고, 안테나 빔폭 및 안테나 Gain을 확보하였다. 그림 9는 최종 스마트 태그 기능이 구현된 기구물을 나타낸 것이다.



[Fig. 9] Smart tag mechanism

최종적으로, 개발 기술을 적용한 성능 실험을 수행하였다. 성능 실험 환경은 기존의 온도, 습도, 함수비 측정 계와의 데이터 비교를 통해 실험을 수행하였다. 또한, 센서 및 리더 인식거리 실험에서는 Lab 환경에서의 인식거리를 측정하는 방식으로 상용화 제품과의 데이터 비교를 통해 실험을 수행하였다. 실험 결과, 온도, 습도 및 함수비 측정 정밀도가 기존 기술 대비 2배 정도의 향상율을 나타냈다. 즉, 온도 정밀도는 ± 5 에서 ± 2 로 오차 범위가 감소되었으며, 습도 정밀도는 ± 5 에서 ± 2.5 로 오차 범위가 감소되었다. 또한, 함수비 측정 정밀도는 ± 6 에서 ± 4 로 오차 범위가 감소되었다. 센서 태그 및 리더 인식거리 실험에서도 센서 태그 인식거리는 기존의 4m에서 5m로 향상되었으며, 리더 인식거리도 기존의 8m에서 10m로 향상된 결과를 도출하였다.

5. 결론

최근 몇 년 동안 정보 기술의 발전으로 농작물 관리 시스템이 발전을 거듭하고 있다. 이러한 시스템은 주로 농업 분야에서 농작물을 효과적으로 관리하고 생산성을 높이기 위해 사용되고 있다. 대표적으로, 센서와 IoT 기술을 활용하여 농작물의 상태를 실시간으로 모니터링하고 데이터를 수집하며, 이를 통해 작물의 성장, 토양 상태, 습도, 온도 등을 모니터링할 수 있다. 또한, 수집된 데이터를 기반으로 농작물의 성장 및 수확 시기를 예측

하는 분석 기능을 제공하여, 농작물 생산 일정을 최적화하고 수확량을 최대화할 수 있다. 이러한 기술들을 통해, 농작물에 대한 상세한 정보, 예를 들어 작물 종류, 재배 방법, 질병 관리 등에 대한 정보를 제공하여 농부들이 더 나은 결정을 내릴 수 있도록 지원하고 있다.

이러한 환경 조성을 위해 필요한 것이 다양한 기능을 통합한 스마트 태그의 개발 및 활용이다. 이를 위해, 본 논문에서는 이기종 통합 센서 기반의 스마트 태그 기능을 구현할 수 있는 통합 센서를 구현하였다. 또한, 구현된 스마트 통합 태그와 스마트폰 연동을 통해 농작물을 실시간으로 관리할 수 있는 기술을 개발하였다. 최종적으로, 보급형 스마트 (UHF RFID용) 센서 태그 기능을 구현하고, 신뢰성 있는 온습도 센서 데이터 획득 기능을 구현하였다. 또한, 온습도 센서 및 ID 추출 스마트폰용 리더 기술을 개발하였다.

향후에는 본 개발 기술에 대한 실용화 단계에서의 성능 점검, 보완 및 고도화를 통해 상용화가 가능한 기술로 활용될 수 있도록 기존의 모니터링 시스템과 토양 통합 센서와의 연계 시스템으로 개량된 농작물을 관리하는 기술 개발을 진행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] M.S. Choi, "Smart Farm Control System for Improving Energy Efficiency," *Journal of Digital Convergence*, Vol.19, No.12, pp.331-337, 2021.
- [2] S.H. Han and H.K. Joo, "Smart farm development strategy suitable for domestic situation -Focusing on ICT technical characteristics for the development of the industry6.0," *Journal of Digital Convergence*, Vol.20, No.4, pp.147-157, 2022.
- [3] Y.H. Kim and J.H. Lee, "Technology and Service Trends for Ensuring Safety in Smart Manufacturing," *Journal of Innovation Industry Society*, Vol.1, No.3, pp.123-128, 2023.
- [4] C.W. Bang and B.K. Lee, "Design of Emergency Notification Smart Farm Service Model based on Data Service for Facility Cultivation Farms Management," *Journal of Advanced Technology Convergence*, Vol.1, No.1, pp.1-6, 2022.
- [5] O.H. Kwon, I.C. Kang, D.S. Min, H.B. Im and Y.W. Park, "A Study on the Smart Farm Characteristics Using Multiple Sensors," *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, Vol16, No4, pp.719-724, 2021.
- [6] B.H. Shin and H.K. Jeon, "ICT-based Smart Farm Design," *Journal of Convergence for Information*

Technology, Vol.10, No.2, pp.15-20, 2020.

- [7] H.S. Kim, H.C. Kim, M.J. Kang and J.W. Jwa, "Data Processing and Analysis of Non-Intrusive Electrical Appliances Load Monitoring in Smart Farm," Journal of IKEEE, Vol.24, No.2, pp.632-637, 2020.
- [8] M.H. Ahn, "Study on multiple case analysis about startup business model types and components: Focusing on leading overseas smart farm companies," Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship, Vol.18, No.6, pp.41-55, 2023.
- [9] Bustamante, M. J. "Using sustainability-oriented process innovation to shape product markets," International Journal of Innovation Management, Vol.24, No.8, pp.204-213, 2020.
- [10] Foss, N. J. and Saebi, T. "Fifteen Years of Research on Business Model Innovation: How Far Have We Come, and Where Should We Go?," Journal of Management, Vol.43, No.1, pp.200-227, 2017.
- [11] S.O. Kim and S.C. Park, "A Study on Economic Feasibility Analysis for Commercialization of LED Plant Factories Based on IT Convergence & Integration," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.31, No.6, pp.34-43, 2017.
- [12] A.K. Moon, E.R. Lee and S.H. Kim, "Development of Microclimate-based Smart farm Predictive Platform for Intelligent Agricultural Services," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol.26, No.1, pp.21-29, 2021.
- [13] M.S. Choi, "A Study on the Efficient Implementation Method of Cloud-based Smart Farm Control System," Journal of Digital Convergence, Vol.18, No.3, pp.171-177, 2020.
- [14] D.R. Jin, Y.H. Kim and H.M. Park, "Case Study of Vertical Farms Using Japanese Buildings," KIEAE Journal, Vo.18, No.2, pp.47-56, 2018.
- [15] M.S. Jung and E.H. Kim, "An Analysis of Investment Determinants of Korean Accelerators: From the Perspective of Business Model Innovation," Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship, Vol.17, No.5, pp.1-16, 2023.
- [16] S.H. Kim and C.S. Lee, "An analysis of OTT operator competitiveness via OTT platform business model development," Journal of Digital Convergence, Vol.19, No.10, pp.303-317, 2021.
- [17] J.S. Oh, D.J. Kim and H.K. Choi, "Analyze the Type of Business Model Innovation of a Manufacturing Enterprise in a Smart Manufacturing Environment," Journal of The Korea Society of Information Technology Policy & Management, Vo.12, No.3, pp.1729-1735, 2020.

김 봉 현(Bong-Hyun Kim)

[정회원]



- 2009년 2월 : 한밭대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 2015년 2월 : 경남대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 서원대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

빅데이터분석, IoT 응용서비스, 인공지능, 신호처리