클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼 설계 방안

백정현 · 허정욱 · 김현환 · 홍영신 · 이재수*

국립농업과학원 농업공학부

Research-platform Design for the Korean Smart Greenhouse Based on Cloud Computing

Jeong-Hyun Baek, Jeong-Wook Heo, Hyun-Hwan Kim, Youngsin Hong, and Jae-Su Lee*

Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract. This study was performed to review the domestic and international smart farm service model based on the convergence of agriculture and information & communication technology and derived various factors needed to improve the Korean smart greenhouse. Studies on modelling of crop growth environment in domestic smart farms were limited. And it took a lot of time to build research infrastructure. The cloud-based research platform as an alternative is needed. This platform can provide an infrastructure for comprehensive data storage and analysis as it manages the growth model of cloud-based integrated data, growth environment model, actuators control model, and farm management as well as knowledge-based expert systems and farm dashboard. Therefore, the cloud-based research platform can be applied as to quantify the relationships among various factors, such as the growth environment of crops, productivity, and actuators control. In addition, it will enable researchers to analyze quantitatively the growth environment model of crops, plants, and growth by utilizing big data, machine learning, and artificial intelligences.

Additional key words : agricultural information & communication technology(ICT), artificial intelligence(AI), big data, decision-making support service, smart farm

서 론

국내외 농업 환경은 농업 인구의 고령화, 귀농 인구의 증가, 급격한 기후 변화, 농식품 유통 구조의 다양화, 수자원의 고갈 및 한정된 경작지 등 다양한 변화 속에 놓여 있다(Guerrini, 2015). 최근 농업을 둘러싼 다양한 환경 변화에 대응하기 위해 재배 전반의 작업이력인 작물 생육정보, 생육환경 및 농작업 일지 등과 같은 사항들을 쉽게 기록, 저장 및 관리하여 작물 생산량과 작업 효율을 높이기 위한 스마트 온실 실용화에 대한 관심이 증가하고 있다.

스마트팜은 기존 농업인의 인적 비용 및 소요 자원을 줄이고, 농업인의 현장경험을 정량적으로 데이터화하여 농업의 지식 습득과 농업 전반에 걸쳐 발생할 수 있는 문제를 실시간으로 파악하고, 해결할 수 있도록 도움을 주기위한 기술이지만 국내 보급된 스마트 온실 이용자들(농업인, 운영자, 연구자 등)이 체감하고, 실제 이용 가능

한 스마트팜 서비스는 온실의 센서 데이터 모니터링과 환경 설정에 따른 제어기의 구동 등의 단순 제어 작업에 한정되어 있다(Yeo 등, 2016).

스마트팜의 데이터 수집 부분에서 스마트 온실 내부에 위치한 각 센서와 유·무선으로 통신하여 실시간으로 데이터를 수집, 제어 및 가시화하여 성능을 보강할 수 있는 연구(Li 등, 2014; Liu 등, 2017; Hameed 등, 2017)를 진행하였고, 온실내 센서 데이터 수집을 활용한 농가 적용 시범 사례도 국내외에서 진행되고 있다(IRS GLOBAL report, 2016). 스마트팜에서 수집된 데이터의 분석 및 활용 부분에서는 차세대 컴퓨팅으로 불리는 클라우드를 활용하여 의사결정지원 시스템을 적용한 다양한 서비스 관련 연구(Baek 와 Lee, 2014; Atole 등, 2017; Cañadas 등, 2017)를 수행하였다. 이러한 선행 연구를 한국형 스마트 온실에 적용 가능한 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 농가 시스템별로 분산 저장된 작물 생육정보, 생육환경 및 환경 제어 등과 같은 이종(heterogenous)의 데이터를 통합·저장해야 하는 빅데이터 플랫폼과 저장된 각종 작물, 환경 및 제어 데이터의 분석 및 처리를 위한 인공지능 플랫폼이 필요하다. 인프라(infrastructure) 구축 측면에서 빅데이터 플랫폼과 인공지능 플랫폼은 고사양

*Corresponding author: butiman@korea.kr

Received September 26, 2017; Revised January 17, 2018;

Accepted January 23, 2018

Table 1. Cloud infrastructure server specification.

Specification	Node name	Controller	Compute01	Compute02	Storage
CPU		Xeon 8Core×2	Xeon 8Core×2	Xeon 8Core×2	Xeon 8Core×2
Ram		32G	128G	128G	24G
Disk		SSD 256G	HDD 1T	HDD 1T	SAS 4T
Network		1G 3ea	1G 2ea	1G 2ea	1G 2ea
GPU		-	Tesla K80 1ea	-	-
OS		Ubuntu Server 16.04 LTS			

의 처리 능력을 가진 서버가 필수적이며, 기존 온프레미스(on-premise) 방식의 연구 플랫폼 구축에도 많은 시간과 비용이 요구되는 문제점이 발생된다. 또한 서비스 측면에서도 스마트 온실에서 생산되는 각종 빅데이터 관리 문제와 관리자 중심 편의성에서 실사용자 중심의 모니터링 편의성 등의 스마트 온실 서비스 운용에 대한 문제점들이 제기되고 있다(Xin와 Fedro, 2016). 이러한 인프라 구축과 서비스 제공에 대한 문제는 정보통신기술이 융합한 새로운 개념인 4차 산업혁명이 등장함에 따라 기존의 농업 환경을 개선하고자 클라우드, 인공지능, 기계개발된 농업용 센서 및 네트워크 등을 결합하여 저장된 작물 생육 관련 제반 데이터를 분석하고, 분석 결과를 스마트팜에 적용시켜 농작업의 효율성과 다양한 데이터 기반 서비스를 제공하기 위한 클라우드 기반 서비스가 대안으로 제시되고 있다(Beecham Research, 2014; Michael와 Gregory, 2017).

본 연구에서는 스마트 온실 환경에 활용될 수 있는 서비스 구현과 연구를 위해 국내외 스마트팜 기술 사례 및 연구동향을 조사하고, 스마트팜의 공통적인 서비스 항목을 도출하였다. 도출된 항목은 기존 농촌진흥청에서 추진하고 있는 2세대 스마트 온실 플랫폼에 적용하고, 스마트 온실 관련 농가 서비스의 확대와 적용을 위해 클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼 설계 방안을 제안하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에서는 시설원예의 스마트 온실로 대상을 한정하였고, 국내외 스마트팜에 사물인터넷(internet of things, IoT), 정밀농업 및 클라우드 등을 개별 또는 병용한 주요 선행 연구 8건과 실제 스마트팜에 적용한 서비스 사례 8건을 조사하였다. 조사된 결과를 클라우드 기반 한국형 스마트 온실 플랫폼 설계에 적용하기 위해 데이터의 수집 방법과 관리, 수집된 데이터의 분석 방법 및 운영 플랫폼으로 분류하여 각 단계별 특성을 도출하였다. 도출된 특성을 데이터 수집, 데이터 관리, 작물생

Fig. 1. Cloud infrastructure topology.

육, 작물생육환경 및 운영 플랫폼의 5가지 키워드로 비교하였고, 스마트팜 운영 플랫폼의 개방성과 정보를 서비스화 할 수 있는 활용측면을 고려하여 클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼 설계 방안 및 각 기능별 6가지의 모듈을 제시하였다.

클라우드를 활용한 스마트 온실 연구 플랫폼의 구현을 위한 하드웨어는 서버(server), 스위치(switch) 및 라우터(router) 등으로 구성되며, 그 중 구현을 위해 사용된 서버 사양은 Table 1과 같고, 클라우드의 인프라 토폴로지(topology)는 Fig. 1과 같다. 컴퓨터 노드 01에는 인공지능 플랫폼이 구성된 가상머신을 별도로 구성하기 위해서 GPU(Tesla K80, inc. Nvidia)를 장착하였다.

각 노드별 운영체제는 우분투 서버(ubuntu server 16.04 LTS)를 사용했으며, 클라우드 구축시 사용한 가상머신의 하이퍼바이저(hypervisor)는 KVM(kernel-based virtual machine)을 사용하였다. 클라우드 플랫폼은 오픈스택 재단의 코드명인 뉴튼(OpenStack newton)버전을 사용하였다. 클라우드 플랫폼을 구축함에 따라 사용된 서비스는 노바(nova), 글랜스(glance), 키스톤(keystone), 뉴트론(neutron), 신더(cinder), 호라이즌(horizon)을 포함한 6종의 주요 서비스로 구성하였다. 그 외에 스마트 온실 내에서 전송되는 데이터의 분석과 관리, 저장에 필요한 서비스로 실로미터(ceilometer), 히트(heat), 사하라(sahara), 트로브(trove)등의 부가 서비스를 적용하였다.

클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼에 필요한 모듈의 데이터 수집은 농촌진흥청 스마트 온실 테스트베드의 1세대 한국형 스마트 온실 시스템(Lee 등,

Table 2. Data collection items for the testbed of Korean Smart greenhouse.

Integrated Environment Control System	
Outer weather info.	Temperature, humidity, wind speed & direction, solar radiation quantity, rainfall
Inner weather info.	Temperature, humidity, CO ₂ , solar radiation quantity
Root info.	Soil temperature & humidity, EC, pH
Fertilizer/Drainage	Temperature, flow rate, EC, pH
Alarm info.	Intrusion, fire, warning system
Actuator control info.	Side & roof window, screen, irrigation, ventilation, airflow fan, fertilizer system, cool & heat system, light etc
Growth Information	
Instrumentation(Robot)	(Growing point) Growth, flowering, fruiting, amount, quality, periodic pattern
Instrumentation(Human)	Height, leaf number, leaf length & width, lateral shoot, stem length, flower number, flowers of bud, distance between growing point and bud, distance of buds, fruit number, disease/pest etc

2016)에서 수집되는 데이터를 기반으로 하였으며, 온실에서 수집되는 이중 데이터인 작물 생육환경, 생육정보, 구동기 제어 등을 정량적으로 분석하기 위해 사용자 인터페이스(interface)와 데이터 입출력 및 저장 기능 모듈(module)을 제공하도록 하였다.

스마트 온실 내·외부 센서, 양액기, 구동기 및 계측 등으로 수집되는 주요 데이터 항목은 Table 2와 같으며, 생육데이터로 수집되는 대상 작물은 ‘모모타로’ 토마토 (*Solanum lycopersicum L.*)이며, 토마토 생육데이터의 수집 방법은 주기별로 인위적 계측과 촬영 영상의 깊이를 측정할 수 있는 카메라(realsense, inc., intel)를 부착한 로봇으로 계측하여 수집하였다. 로봇으로 주기별 촬영된 영상 이미지는 인공지능을 활용하여 메타데이터(metadata)로 분석되어 저장된다. 사람과 로봇의 데이터 중복 수집은 로봇 계측을 통해 수집된 정량적 생육데이터의 이상치(outlier)를 판별하고, 데이터의 보정을 위해 인위적 계측 값을 수집하였다.

결과 및 고찰

1. 스마트 온실 데이터의 수집과 관리

스마트 온실 시스템의 단말에 위치한 각종 센서 및 제어 구동기 데이터는 정확하고 신뢰성있는 입출력이 전제가 되어야 한다. 안정적인 데이터를 수집하고 처리하기 위해 임베디드 방식의 IoT 게이트웨이의 연구(Li 등, 2014; Liu 등, 2017)가 있었고, Liu 등(2017)은 ZigBee를 기반으로 수집한 데이터의 안정성과 정보의 신뢰성에 대한 연구를 수행하였다. 또한 온실 내·외부의 제어기에서 발생할 수 있는 오류를 퍼지이론을 이용하여 예측하고 작물생육 환경의 성능 보장을 할 수 있도록 하는 서비스 연구도 수행되었다(Hameed 등, 2017). 국내 데이터 수집은 통신망과 IoT 플랫폼을 활용하여 스마트 온실

내·외부 데이터를 수집한다. ICT 핵심장비 25종의 단체 표준을 통해 센서 및 구동 제어기의 종류에 상관없이 통신규격, 프로토콜(protocol), 데이터 규격 및 프레임(frame) 구성을 통해 데이터를 수집하고, 핵심부품 및 장비의 호환성 향상에 중점을 두고 진행되었다. 이러한 주요 선행 연구와 사례는 온실에서 수집되는 데이터의 정확한 입출력과 데이터 무결성을 보여주고 있으며, 현재 농촌진흥청 스마트 온실 테스트베드는 센서 노드의 데이터 수집과 제어 노드를 독립적으로 관리할 수 있도록 하는 Power Line Communication(PLC)나 임베디드 시스템(embedded system) 형태의 복합환경제어기를 통해 데이터 통신과 제어가 된다(Lee 등, 2016). 국외의 경우 환경 제어 유무에 따라 노지 재배와 유리온실형으로 분류가 되며, 그에 따라 데이터 수집방법과 농가 서비스가 다르게 제공된다. 노지 재배의 주요 데이터의 수집은 정보 취득 위치에 따른 토양 함수율, 작물 생육상태, 기후 및 병해충을 측정하는 센서, 위성을 활용한 Global Positioning System (GPS)과 드론의 영상촬영 및 수확량 정보 등을 활용한다. 유리온실의 경우는 자연광과 인공광을 활용하여 작물 생육환경을 인위적으로 제어하며, 센서 및 구동 제어기로부터의 정확한 데이터 수집을 통해 최적의 작물 생육환경 모델 생성과 제어에 중점을 두고 있다. 각 재배 환경별로 작물 생육 관련 토양, 수분, 환경 데이터의 확보를 통해 최적의 작물 생육환경을 유지하게 하는 의사결정지원시스템과 드론을 통한 작물의 모니터링, 관리 개선 및 농업기술과 나노기술을 융합한 연구개발에 집중하고 있다(RDA, 2014).

국내외 스마트팜의 데이터 수집 방법에 대한 주요 선행 연구와 실제 적용 사례는 데이터 취득 위치에 따라서 수집되는 데이터의 정확한 시간에 따른 입출력과 전송된 데이터의 손실 여부를 통해 데이터 무결성을 보장하는 데 중점을 두고 있다. 다양한 환경 조건을 가진 농

가에서 수집되는 데이터를 활용하여 지역적 특성과 환경에 따라 최적화된 작물생육 환경모델 및 제어기의 구동 모델 등의 연구를 수행하고, 스마트 온실 경영 농가에 신뢰성 있는 정보 서비스를 제공하기 위해서는 한국형 스마트 온실에서 수집되는 데이터의 무결성을 검증하고 제공할 수 있는 기능을 가진 데이터 수집, 제어 및 관리 모듈이 플랫폼 설계에 적용되어야 한다.

2. 스마트 온실 데이터의 분석과 플랫폼

스마트 온실에서 수집되는 데이터는 센서로 부터 수집되는 정형 데이터와 영상을 통한 비정형 데이터로 크게 분류가 되며, 이러한 데이터는 특정 시간 및 이벤트 등에 따라 수집이 되고 있다. 수집된 데이터는 데이터의 특성에 따라 분류되어 데이터베이스에 저장되고, 스마트 온실의 개선 및 활용 등을 위한 연구나 농가 서비스의 정보로 변환되어 활용된다. 이러한 온실에서 수집되는 데이터의 처리 및 분석을 위해서는 관련 목적에 맞는 플랫폼이 연구 종사자 및 농가에 서비스되어야 한다. 데이터의 분석에 필요한 연구 데이터는 농업 현장에 종사하는 농민의 영농기술(Atole 등, 2017)과 온실의 작물생장에 생육 환경 감지, 환경 설정에 대한 관리 및 작물에 영향을 미치는 환경변수를 도출한 데이터(Cañadas 등, 2017) 등이 전문가 시스템 데이터베이스에 각 데이터 특성에 맞게 전처리(pre-processing)되어 저장되어 있어야 한다. 전처리된 데이터는 규칙이나 이벤트 기반 등의 실시간 의사결정지원 알고리즘에 적용하여 작물생육 모델, 생육환경 모델, 제어 구동 모델 및 예측 모델 등을 결과로 도출하며, 도출된 모델을 스마트 온실 제어 시스템에 주기적으로 갱신한다. 데이터 분석 및 처리 플랫폼에서 제공되어야 할 서비스는 데이터의 통합 저장을 위한 데이터베이스, 수집된 데이터의 전처리 기능, 인공지능 플랫폼을 활용한 병해충 예측 모델 및 최적의 생육환경모델 등과 의사결정지원 서비스가 필요하다.

국내외의 스마트팜 플랫폼은 서비스 제공을 통해 데이터 수집과 저장을 하며, 저장된 데이터를 분석하여 보완된 서비스를 다시 제공하는 클라우드 플랫폼에서 선순환적인 생태계 구축을 목표로 연구를 수행하고 있다. 국내 통신사중의 하나인 KT와 중소기업 씨드림은 IoT 플랫폼 센서에서 데이터를 수집하고 클라우드 기반 솔루션에서 분석 및 시설장비의 원격제어 등을 하며, 작물 재배 현황 관리를 위한 웹 서비스를 제공하고 있다(IRS global report, 2016). 그리스의 가이아(Gaia) 스마트팜(Kapnias와 Ilias, 2016)과 일본 후지쓰의 아키사이(Akisai)는 수집한 데이터를 클라우드 시스템에서 분석 및 예측을 수행한 후 각 농가에 최적의 작물 생육환경을 제시해주는 의사결정 서비스를 제공한다. 자체적인 플랫폼을 제공하

Fig. 2. Comparing with domestic and international smart farm cases.

고 있는 네덜란드의 프리바(Priva)는 유리온실의 내부 환경을 작물 생육모델에 맞춰 일정하게 유지하는 복합환경 제어 시스템을 서비스로 제공하고 있다(IRS global report, 2016).

3. 클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼

한국형 스마트 온실에 적용할 수 있는 서비스는 국외의 유리온실보다 외부 환경에 쉽게 노출이 되는 비닐온실이기 때문에 작물의 생육환경을 분석하는 단계부터 고려해야 할 환경제어요인이 많다. 온실 내·외부 환경요인 분석과 제어의 상관관계를 도출하는 것은 환경제어 모델과 생육환경 모델에 가장 큰 어려움에 해당한다.

Fig. 2는 국내외 스마트팜을 5가지 키워드로 비교한 것으로, 국외의 각 항목을 기준으로 봤을 때, 데이터 수집, 데이터 관리 및 플랫폼 측면은 국내 농업 ICT 기술의 보급으로 격차가 크지는 않지만, 외부 환경 요인에 따라 제어요인이 많은 스마트 온실의 작물 생육모델과 생육환경모델은 국외에 비해 많이 뒤떨어져 있다. 이는 국내 스마트팜 서비스를 농가에 제공함에 있어 크게 영향을 미치는 요인이 되며, 국외 대비 부족한 작물 생육 모델과 생육환경모델의 연구를 위해서는 다양한 연구 환경을 제공할 수 있는 클라우드를 활용한 데이터의 통합 저장과 분석을 위한 연구 플랫폼이 필요하다.

Fig. 3은 2세대 한국형 스마트 온실 시스템 구조를 온실의 다양한 환경조건에 따라 농업 관련 연구 환경을 제공할 수 있도록 클라우드를 활용하여 설계했다. 클라우드 플랫폼에 온실에서 수집되는 정형·비정형 데이터를 전처리 후 데이터베이스에 저장하고, 저장된 데이터를 분석할 수 있는 기계학습 및 인공지능 플랫폼을 구성하였다. 분석 플랫폼에서는 스마트 온실 관련 연구의 도출

클라우드 기반 한국형 스마트 온실 연구 플랫폼 설계 방안

Fig. 3. Layout of the cloud-based research platform for Korean smart greenhouse.

된 결과를 서비스할 수 있도록 제시하였다.

Fig. 4는 선행 연구와 적용 사례에서 공통적으로 서비스되는 항목을 기반으로 국내 스마트 온실의 다양한 환경 조건을 분석하기 위해서 클라우드 기반 스마트 온실 연구 플랫폼 구축에서 필요한 6가지 모듈을 제시하였다.

데이터 관리 인프라 모듈은 스마트 온실에서 생성되는 내·외부의 대기 환경 센서, 작물 근권부 환경 센서, 제어기 구동, 생육 계측정보 등에 대한 정형적 데이터와 작물 생체 이미지나 영상에 관련된 비정형 데이터를 저장하는 데이터베이스를 생성하고 관리하는 기능을 한다. 이를 통해 농가 경영에 관련된 기초정보, 기상데이터나 농산물 가격변동 등의 외부 공공데이터 응용프로그램 프로그래밍 인터페이스(application programming interface)를 활용하여 저장할 수 있다.

제어 구동 관리 인프라 모듈은 온실내 구동 제어와 작물 최적 생육환경모델을 기반으로 통합 제어하고, 온실

내 복합환경제어기와의 통신 인터페이스와 생육환경 모델을 갱신할 수 있어야 한다. 환경제어는 단순제어, 복합제어 및 지능제어로 분류하고, 1세대 한국형 스마트 온실은 단순제어와 복합제어 모델을 구현하여 운영하였다. 2세대 한국형 모델에 추가되는 지능제어의 경우는 작물 모델 관리 인프라 모듈에서 온실내 구동기의 제약 조건, 우선순위, 전력 및 시간비용, 제어 효율 및 제어 요소간의 상관분석 결과로 최적의 제어 값을 받아 온실내 제어기를 구동할 수 있다.

작물 모델 관리 인프라 모듈은 기계학습과 인공지능 플랫폼에서 분석된 연구 결과들을 관리하는 기능을 하며, 데이터 처리 방법에 따라 일괄 처리(batch processing)와 실시간 처리(streaming processing)로 분류한다. 일괄 처리는 스마트 온실로부터 주기별 수집된 여러 작물 생체 정보와 생육, 수량, 품질에 대한 추정의 편차, 구동제어, 작물의 병·해충 분석, 진단 및 학습 등의 모델링을 수행

Fig. 4. Platform modules for the design of Korean smart greenhouse.

하기 위해 클라우드에서 빅데이터 플랫폼과 GPU기반의 인공지능 플랫폼을 연구 환경으로 지원한다. 실시간 처리는 스마트 온실내 근 실시간(near real-time)으로 수집되는 제어 구동 데이터, 센서 활동 로그 데이터, 이벤트 메시지 등을 기반으로 분석되기 때문에 복합 이벤트 처리를 하도록 구성하고, 분석된 결과를 웹을 통해 시각화를 한다. 분석 결과는 정보 공유로 활용할 수 있도록 보정한 변수의 값과 실험 기록을 데이터베이스에 저장한다.

농가 경영 관리 모듈은 수집된 데이터와 연계하여 작물 생산량, 소요비용, 인적 관리 등을 분석할 수 있는 프로그래밍 어플리케이션 서버를 농업 전문 연구자에게 지원한다. 세부 기능으로 생육, 환경, 구동 제어의 예측 모델 및 지식기반 전문가시스템을 기반으로 스마트 온실의 환경 설정 모델을 설정할 수 있는 인터페이스가 있다.

지식기반 전문가시스템은 기존 선진농가의 현장 경험과 관련 연구기관의 작물 생육정보를 저장하고, 연구 플랫폼에서 공통적으로 활용할 수 있는 통합 데이터베이스 관리 모듈이다. 주요 기능으로 농가 경영 관리 인프라 모듈과 내부 네트워크로 연동되어 최종 사용자에게 의사결정을 지원할 수 있는 데이터베이스 API가 있다.

농가 중심 대시보드는 클라우드 기반 연구 플랫폼을 통해 분석한 작물별 생육모델, 생육 환경모델 및 제어기 구동 모델 등의 결과를 최종 사용자에게 서비스하는 기능을 한다. 대시보드의 주요 제공 서비스는 농가 스마트 온실 내·외부의 특정 이벤트에 따른 실시간 통지, 농가 경영관리에 필요한 비용평가, 수익 및 편익 평가, 주기별 작물 재배에 따른 환경과 생육 정보의 상관성, 개별 농가 비교분석, 연차 분석, 실내 환경 및 구동 데이터의

가시화, 데이터 보관 및 원격지원 등이 있다.

한국형 스마트 온실 연구(RDA, 2016)는 2014년부터 토마토, 국화 등의 시설작물 생육모델 개발을 추진했으며, 온실내 작물 생육에 관련된 다양한 환경 분석 요인과 데이터 통합 및 분석 인프라 환경의 미비로 해외 연구에 비해 그 격차가 심했지만, 클라우드 기반 스마트 온실 연구 플랫폼 구축에 따라 작물 생육모델 개발 및 농가 서비스 제공에 가속도가 붙을 것으로 예상된다. 한국형 스마트 온실에서 수집된 통합 데이터 및 분석을 위한 연구 환경을 클라우드 플랫폼에서 서비스하기 때문에 농업관련 연구자는 데이터의 분석을 통한 모델 연구에만 집중할 수 있을 것이며, 스마트 온실 농가는 다양한 작물재배 관련 서비스 및 온실 경영 정보서비스 등을 이용할 수 있을 것이다.

적 요

본 연구는 농업 및 정보 통신 기술의 융합을 기반으로 국내의 스마트 농장 서비스 모델을 검토하고 한국의 스마트 온실을 개선하기 위해 필요한 다양한 요인을 조사하기 위해 수행되었다. 국내 스마트 온실의 작물 생육모델 및 환경모델에 관한 연구는 제한적이었고, 연구를 위한 인프라를 구축하는 데는 많은 시간이 필요하다. 이러한 문제의 대안으로 클라우드 기반 연구 플랫폼이 필요하다. 제한된 클라우드 기반 연구 플랫폼은 통합 데이터, 생육 환경모델, 구동기 제어 모델, 스마트 온실 관리, 지식 기반 전문가 시스템 및 농가 대시보드 모듈을 통해 통합적 데이터 저장 및 분석을 위한 연구 인프라를 제공한

다. 또한 클라우드 기반 연구 플랫폼은 작물 생육환경, 생산성 및 액추에이터 제어와 같은 다양한 요인들 간의 관계를 정량화하는 기능을 제공하며, 연구자는 빅데이터, 기계 학습 및 인공지능을 활용하여 작물 생육 및 생장 환경 모델을 분석할 수 있다.

추가 주제어 : 농업 ICT, 인공지능, 빅데이터, 의사결정지 원서비스, 스마트팜

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호:PJ0120 5901)의 지원에 의해 이루어진 것임

Literature cited

- Atole, A., A. Asmar, A. Biradar, N. Kothawade, S. Sarode, and R. G. Khope. 2017. IoT based smart farming system. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*(www.jetir.org), April 2017, 4(4):29-31.
- Baek, J.H., and H.L. Lee. 2014. Design and implementation of crop-environmental control cloud systems based on growth patterns. *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Database Society Journal*, 30(2):57-66 (in Korean).
- Beecham Research. 2014. Towards smart farming – agriculture embracing the IoT vision. <https://www.beechamresearch.com/files/BRL%20Smart%20Farming%20Executive%20Summary.pdf>.
- Cañadas, J., J. A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, and I. M. del Águila. 2017. Improving automatic climate control with decision support techniques to minimize disease effects in greenhouse tomatoes. *Information Processing in Agriculture*, 4(1):50-63.
- Gartner. 2017. Artificial intelligence, machine learning, and smart things promise an intelligent future. www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/.
- Guerrini, F. 2015. The future of agriculture? smart farming. *Forbes*, <http://www.forbes.com/sites/federicoguerrini/2015/18/the-future-of-agriculture-smart-farming/#5708f01a337c>.
- Hameed, I., E. I. El-Madbouly, and M. I. Abdo. 2017. Reconfigurable adaptive fuzzy fault-hiding control for greenhouse climate control system. *International Journal of Automation and Control*, 11(2):164-187.
- IRS Global Research. 2016. IoT-based smart agriculture and smart farm market forecasts and core technology development trends. <http://www.irsglobal.com/>.
- Kapnias, D., P. Ilias. 2016. Automated classification of land cover for the needs of CAP using Sentinel data. 22nd CPA/ IACS conference, 24-25 Nov. 2016, Lisbon(Portugal).
- Lee, J.S., Y.G. Hong, G.H. Kim, D.H. Lee, S.R. Han, and D.H. Im. 2016. A study on development of cloud system for the smart greenhouse automatic control. *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 19 Nov. 2016 Fall Conference. 61:559-560 (in Korean).
- Li, G., W. Zhang, and Y. Zhang. 2014. A design of the IOT gateway for agricultural greenhouse. *Sensors & Transducers*, 172(6):75.
- Liu, Y., and C. Bi. 2017. The design of greenhouse monitoring system based on ZigBee WSNs. In *Computational Science and Engineering (CSE) and Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, 2017 IEEE International Conference. 1(2):430-433.
- Michael J. O'Grady, and Gregory M.P. O'Hare, 2017, Modeling the smart farm, information, processing in agriculture, ISSN 2214-3173, <http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.001>.
- Rural Development Administration(RDA), 2016, Big-data utilization for smart farm proper management (Tomato) p.66-72 (in Korean).
- Xin, J.N., and F. Zazueta. 2016. Technology trends in ICT – towards data-driven, farmer-centered and knowledge-based hybrid cloud architectures for smart farming. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(4):275-279.
- Yeo, U.H., I.B. Lee, K.S. Kwon, T.H. Ha, S.J. Park, R.W. Kim, and S.Y. Lee. 2016. Analysis of research trend and core technologies based on ICT to materialize smart-farm. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 25(1):30-41 (in Korean).