

IoT-based Smart Greenhouse System

Jeong-Min Rho*, Jae-Yeon Kang*, Kyeong-Yeon Kim*, Yu-Jin Park*, Ki-Sok Kong*

*Student, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea

*Student, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea

*Student, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea

*Student, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea

*Professor, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea

[Abstract]

In this paper, we proposed a smart greenhouse system that can easily grow plants indoors without professional knowledge by using the criteria of factors affected by common plants (temperature, humidity, soil humidity), and implemented a system that can check the greenhouse state in real time and control the device remotely through mobile applications. Based on Raspberry pie and Arduino, the system measures the state of greenhouse in real time through sensors and automatically controls the device. After growing and experimenting with plants in a greenhouse for a certain period of time, it was confirmed that the environment suitable for each plant was maintained. Therefore, the smart greenhouse system in this paper is expected to improve plant cultivation efficiency and user convenience and also increase beginners' access to plants.

▶ **Key words:** Smart greenhouse, IoT, Remote control, Automated control, Raspberry Pi, Arduino

[요 약]

본 논문에서는 일반적인 식물이 영향을 받는 요소(온도, 습도, 토양습도)들의 기준을 이용해 전문적인 지식 없이 실내에서 식물을 쉽게 키울 수 있는 스마트 온실 시스템을 제안하고 모바일 어플리케이션을 통해 실시간으로 온실 상태를 확인하고 장치를 원격으로 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다. 라즈베리파이와 아두이노를 기반, 센서를 통해 온실 상태를 실시간으로 측정하고, 자동으로 장치를 제어하는 시스템이다. 일정 기간 온실에 식물을 길러 실험한 결과, 각 식물에 적합한 환경을 유지하는지를 확인하였다. 따라서 본 논문의 스마트 온실 시스템은 식물의 재배 효율과 사용자의 편의성을 향상시키고 초보자들의 식물에 대한 접근성도 높일 수 있을 것으로 기대된다.

▶ **주제어:** 스마트 온실, 사물인터넷, 원격 제어, 자동 제어, 라즈베리파이, 아두이노

-
- First Author: Jeong-Min Rho, Corresponding Author: Ki-Sok Kong
 - *Jeong-Min Rho (wudals0708@naver.com), Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University
 - *Jae-Yeon Kang (wodus0130@naver.com), Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University
 - *Kyeong-Yeon Kim (linda0626@naver.com), Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University
 - *Yu-jin Park (ui1184@naver.com), Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University
 - *Ki-Sok Kong (kskong@kpu.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University
 - Received: 2020. 10. 06, Revised: 2020. 11. 13, Accepted: 2020. 11. 17.

I. Introduction

‘반려식물’이라는 새로운 트렌드가 등장하면서 홈 가드닝 시장 규모가 점점 커지고 있다[1][2]. 하지만, 이 시장 자체가 1인 가구에 가장 각광받고 있기 때문에 집을 비우거나 외부 활동을 하는 시기에는 제대로 관리가 되지 않을 수 있다. 또한, 물을 주는 주기, 피해야 할 환경 등 반려식물에 대한 주의사항을 미리 숙지해야 하는 과정에서 어려움이 발생한다.

본 논문에서는 라즈베리파이와 아두이노, 사용자의 스마트폰과 웹 페이지를 이용하여 위와 같은 문제를 해결할 수 있는 여러 기능을 구현한 IoT 시스템을 다룬다. 시스템의 이름은 Greenery라고 명명한다.

사용자는 스마트폰 ‘Greenery’ 앱을 통하여 온실에 부착된 카메라를 통해 식물의 상태를 실시간으로 확인 가능하며, 온도, 습도, 각 식물의 토양습도, 조도, 물의 양 등 현재 온실 상태를 확인할 수 있다. ‘물주기’, ‘LED’, ‘쿨링팬’ 버튼을 눌러 식물에게 원격으로 물을 공급하거나 장치를 작동시킬 수 있다. 또한, 사용자가 LED와 쿨링팬 장치를 특정 시간에 예약하여 동작하게 한다. OpenAPI를 이용해 다양한 식물 품종의 생장 환경에 대한 정보를 제공하고, 제공 작물 별 정보를 토대로 자동 급수, 환풍, 광량을 조절한다. 물탱크에 물이 부족하게 되면 사용자 스마트폰으로 알림이 가게 되어 빠른 대처를 할 수 있게 된다. 온실의 상태는 DB에 저장된 센서 데이터를 조건에 맞게 서버에서 수신해 가공하여 그래프로 데이터를 시각화하였다. 또한, 웹 페이지를 통해 사용자는 앱의 주요 기능을 확인하고, 관리자는 사용자 관리와 장치 기록 등을 확인할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문과 관련된 제품들을 비교 분석하였다. III장에서는 실내 온실 관리 시스템에 대한 설계 및 구현 내용과 애플리케이션의 각 모듈에 대해 설명하였다. IV장에서는 실험 및 결과를 분석하고 V장에서는 연구 결과 및 향후 계획에 관해 설명한다.

II. Related Works

이기영의 논문[3]에서 제시한 식물재배시스템은 조도, 토양습도, 온도, 수위를 센서로 측정한다. 각 센서를 통해 측정된 수치에 따라 LED, 워터펌프, 열전소자를 동작시키는 방식이다. 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 조도센서, 토양습도센서 값이 각각 일정 이하가 되면 LED를 동

작시켜 밝기를 유지하고, 물을 급수한다. 온도가 일정 값 사이를 벗어나는 경우 열전소자를 동작시켜 식물의 생장을 돕는다. 그러나 식물의 종류나 계절에 따른 기준을 제시하지 않아 실사용 환경과는 다르다.

임유리의 논문[4]에서 제시한 스마트 식물 재배기는 일련번호를 통해 애플리케이션에서 사용자가 화분을 설정하면 설정에 따른 데이터를 활용하여 자동으로 LED를 작동시키고 급수한다. 그러나 식물 생장 통계자료가 부족해 계절이나 시간 변화에 따른 습도, 온도의 미세한 제어 기능을 고려하지 못하였다.

정영주의 논문[5] 자율 이동형 스마트 애완용 화분 시스템 개발에서 제시한 스마트 화분은 온도, 습도, 토양습도, 초음파, 조도센서로 데이터를 측정한다. 조도센서를 기반으로 햇빛을 추적하여 화분을 이동시키고 태양광 패널을 이용한 자가 충전을 통해 유선 전력 공급 없이 화분의 데이터 수집이 가능하다. 수집한 데이터를 확인하고 자동 급수가 가능하지만 이 시스템 또한 식물의 종류나 계절에 따른 기준을 제시하지 않는다.

고수정의 논문[6]에서 제시한 지능형 사물인터넷을 이용한 식물 생장 환경 예측은 토양 수분 센서로 식물의 수분량을 측정하고 아두이노를 이용해 값을 읽어와 식물의 수분 공급 주기를 예측하는 시스템이다. 수분의 단계를 측정하고 수분의 단계를 기반으로 수분 공급 주기를 예측해 현재 식물의 상태와 수분 단계, 수분 필요 주기를 애플리케이션에 출력한다. 이 시스템은 토양 수분 센서를 통한 데이터 수집을 통한 생장 환경 예측을 목적으로 해 식물 자동 관리 및 사용자 편의를 고려하지 못하였다.

본 연구와 관련된 상용제품 BOTANIUM[7], FlowerPower[8], Bloomengine[9]은 모두 블루투스 통신을 하며 온도, 습도 센서 등 센서 내장형 제품이다. 따라서 센서 부식의 위험이 있을 뿐만 아니라 WiFi 연결이 아니기 때문에 멀리 떨어져 있는 곳에서 원격제어가 불가능하다. 또한, 영상스트리밍이 제공되지 않기 때문에 사용자가 식물의 상태를 실시간으로 확인할 수 없다는 단점이 있다. 모든 제품이 스마트폰 앱을 제공하지만 다양한 편의 기능을 제공하고 있지는 않는다. 이에 반해 본 논문에서 다루는 Greenery는 식물 여러 개를 한 번에 관리할 수 있도록 온실로 확장하였고, 사용자 편의를 위한 IoT 기반의 다양한 기능들을 제공할 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 참고한 관련 연구 제품들을 아래와 같이 Table 1. 로 정리하였다.

Table 1. Related Products

Product	Advantages	Disadvantages
BOTANIUM[7]	- Automatic watering	- No WiFi option - No video streaming - No App to check the condition of the plant
Flowerpower [8]	- Check the condition of the plant through the App	- No WiFi option - No video streaming - No Automatic watering
Bloomengine [9]	- Check the condition of the plant through the App - Automatic watering	- No WiFi option - No video streaming

III. System Design & Implementation

3.1 Developmental Environment

본 논문에서는 아두이노와 라즈베리파이를 사용하여 실내 온실 관리 시스템을 개발한다. 온·습도 센서와 토양 습도 센서, 조도 센서를 이용하여 온실의 상태를 측정하며, 원격으로 제어 가능한 자동 급수 기능과 온실 환기 및 식물에 바람을 일으켜 생장에 도움을 줄[10] 쿨링팬, 식물생장용 LED 제어 기능, 온실 스트리밍 및 급수용 물통의 수위를 측정하여 부족 시 알림 기능 등을 개발한다. 농사로의 OpenAPI[11]를 이용하여 식물 생장에 적합한 환경을 조성하였다.

소프트웨어 개발 환경은 Table 2. 와 같다.

Table 2. Software development environment

Software	Information	Version
Cloud Server	AWS EC2	
Raspberry Pi	Raspbian OS	ver 4.14
Back-end Language	Python	ver 2.7.13
DBMS	MySQL	ver 5.7.24
Android Development Tool	Android Studio	ver 3.4.2
Arduino Development Tool	Arduino IDE	ver 1.8.10
Web Server	Apache Tomcat	ver 9.0.26
Web	Eclipse	ver 4.11

Table 3.은 본 연구를 위한 HW 개발환경이고 Fig. 1. 은 온실 시스템의 하드웨어 설계 회로도이다.

Table 3. Hardware development environment

Hardware	Function & Role
Arduino UNO	Arduino Board
Raspberry Pi 3 B	Raspberry Pi Board
HS-WATER-SENSOR	Water level sensor for water tank level measurement
DHT11	Temperature and humidity sensor for measurement in greenhouse
GL5537	Light sensor for measuring light intensity
DM456	Soil moisture sensor for measuring soil moisture
SZH-GNP155	Water pump for automatic feedwater
Water Tank	Storage of water for plants
8MP CAMERA	Camera board for checking real-time images of the greenhouse
HB122	LED grow light for suitable growth environment of plants
DC 5V	Cooling fan for greenhouse ventilation

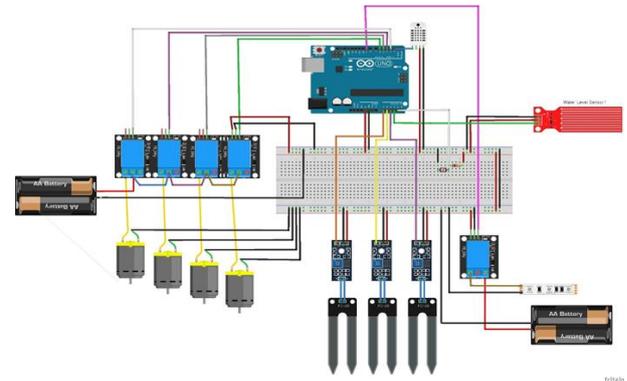


Fig. 1. Hardware circuit diagram for sensor control

시스템 개발을 위한 하드웨어 주요 부품은 1개의 아두이노 우노 보드와 1개의 라즈베리파이 보드, 3개의 DC 모터이다. Arduino UNO 보드는 수위 센서, 온습도 센서, 조도 센서, 토양 수분 센서를 연결하여 온실의 데이터를 측정하고 급수용 DC모터, 식물생장용 LED, DC 쿨링팬의 제어를 담당한다. 식물생장용 LED는 식물에 유익한 청색 파장과 적색 파장을 발생시켜 식물 생장에 도움을 주는 LED[12]이다. 토양수분센서 DM456은 토양 내 수분량에 따른 저항의 변화를 0~1023 범위 내에서 환산해 출력한

다. 수위 센서 HS-WATER-SENSOR는 물탱크의 수위를 측정하고 수위가 일정 수준을 벗어나면 사용자 앱의 알림 기능을 통해 물 부족 상황을 알린다. Raspberry Pi 3 B는 Wi-Fi를 이용해 클라우드 서버 AWS EC2와 통신 외부에서 앱과 통신이 가능하다. 라즈베리파이는 온실 상태 실시간 스트리밍 및 아두이노에서 측정한 센서 데이터를 서버에 전송[13]하는 역할을 한다.

3.2 Hardware and Software Configuration

아래의 Fig 2.는 스마트 온실 시스템 구성도이다. 시스템은 여러 센서가 연결된 Arduino UNO R3, Raspberry Pi 3B와 데이터의 처리 및 저장 역할을 하는 AWS EC2 서버로 구성되어 있다. Arduino는 Raspberry Pi와 Serial[14]통신을 통해 데이터를 송수신하고, Raspberry Pi와 서버는 Web Socket[15]통신을 이용한다. 사용자는 안드로이드 어플리케이션 Greenery를 통해 시스템을 이용할 수 있다.

소프트웨어는 식물 설정 모듈, 자동 급수 모듈, 장치 예약 및 작동 모듈, 스트리밍 모듈, 기타 모듈로 구성된다.

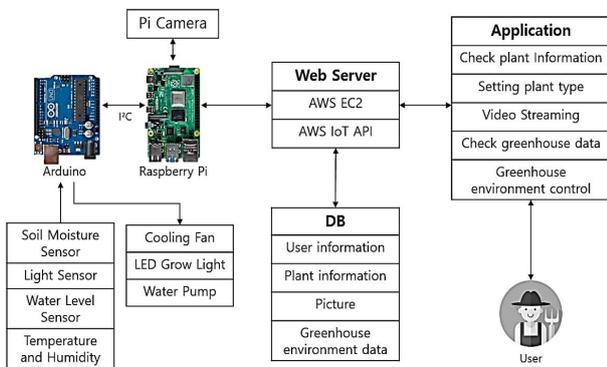


Fig. 2. System configuration diagram

3.3 Plant Setting Module

사용자가 온실에서 기르고자 하는 식물을 Greenery 앱의 ‘식물 목록 및 정보’ 메뉴에서 찾아 볼 수 있다. 식물에 대한 정보를 확인 할 수 있으며 온실에서 기를 식물을 선택할 수 있다. 식물 선택 및 기본 정보 입력을 마치면 OpenAPI의 식물 데이터가 웹 서버로 전송되고 데이터베이스에 저장되면서 온실에 있는 식물을 관리할 준비를 하게 된다. 서버는 주기적으로 사용자의 식물 목록과 정보를 확인하고 온실의 환경을 조절할 수 있도록 구현하였다. Fig 3.은 식물 정보를 확인하는 화면이다.



Fig. 3. Plant selection activity of Greenery App

3.4 Automatic Water Module

온실에 수용 가능한 화분 3개에 맞춰 시스템에 구성된 워터펌프는 3개이며 각각 토양 수분 센서와 함께 구성되어 있다. 자동 급수 모듈은 두 가지 방식으로 작동한다. 첫 번째 방식은 Greenery 앱의 각 식물별로 ‘물주기’ 버튼을 통해 급수 명령을 앱, 서버, 라즈베리파이, 아두이노의 워터펌프 순으로 전달하여 해당 식물에 일정량 급수한다.

두 번째 방식은 사용자가 온실 관리 모드를 자동으로 선택해 놓았을 경우이다. 1분 간격으로 데이터베이스에 저장된 사용자 설정 식물의 정보와 현재 온실의 식물 상태를 비교하여 토양 습도의 기준을 충족시키지 못하면 급수를 진행하도록 구현하였다.

Fig 4.는 자동 급수 기능의 순서도이다.

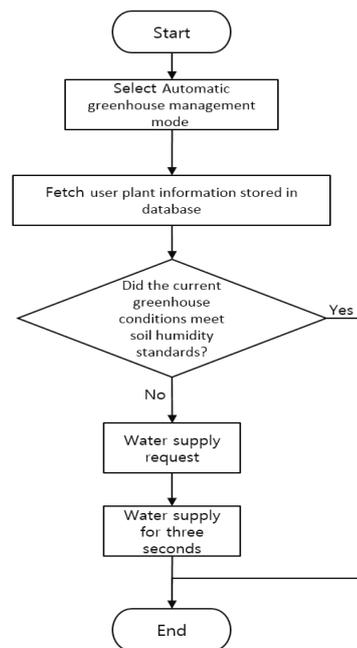


Fig. 4. Flowchart of automatic feed water function

사용자가 Greenery 앱을 통해 작동 시킬 수 있는 기능은 식물별 급수, LED와 쿨링팬의 On/Off 기능이다. LED와 쿨링팬의 경우 원하는 작동 시각을 설정하면 서버로 데이터를 전달하여 데이터베이스에 저장한다. 서버의 현재 시각과 데이터베이스에 저장된 예약 시간을 비교하여 해당 시간이 되면 각 장치가 작동되도록 구현하였다. 자동 급수 모듈과 마찬가지로 사용자가 온실 관리 모드를 자동으로 선택해 놓았을 경우는 현재 온실의 습도와 기준 습도를 비교하여 자동으로 쿨링팬이 작동하도록 구현하였다.

3.5 Streaming Module

스트리밍 모듈은 파이카메라로 온실 내부영상을 촬영해 UV4L[16] 서버를 통해 송출하고, Greenery 앱에서 웹 뷰를 통해 실시간으로 영상을 출력하는 기능을 담당한다.

Fig 5.는 온실 내부 영상이 출력되는 모습이다.



Fig. 5. Streaming activity of Greenery App

3.6 Other Module

기타 모듈에는 로그인 및 로그아웃, 온실 상태 확인, 차트, 자동 관리 설정 기능이 있다. 온실 상태 확인은 5분 간격으로 측정되는 온실 온·습도, 토양 습도, 물통 수위를 확인할 수 있는 기능이다. 차트는 온실 상태 확인을 위해 측정된 값들이 데이터베이스에 저장되어 원하는 기간의 데이터를 꺾은선 그래프로 출력하여 확인할 수 있도록 구현하였다.

Fig 6.은 일주일 치의 온도를 확인할 수 있는 차트 액티비티이다. 그래프의 가로축은 온도가 측정된 날짜를 나타내고 세로축은 온도 값을 나타내는 그래프이다. 습도와 수위도 같은 방식으로 확인이 가능하다.



Fig. 6. Chart activity of Greenery App

3.7 Actual implementaion of the system

Fig 7.은 시스템의 실제 구현 모습이다. 온실 외부 뒤쪽에는 아두이노와 릴레이모듈, 외부전력이 부착되어 있고, 위쪽에는 라즈베리파이와 연결된 카메라가 부착되어 있다. 온실 내부에는 화분 3개까지 수용이 가능하며 각 화분 별로 토양 습도 센서와 워터펌프와 연결된 호스를 장착할 수 있다. 온실 내부에는 온·습도 센서, 조도센서, 식물생장용 LED, 쿨링팬이 부착되어있고, 외부에는 자동 급수용 물통과 수위를 측정할 수위센서 및 워터펌프가 부착되어 있다.



Fig. 7. Actual implementation of the system

IV. Experiments and Results

본 논문에서는 장치가 사용자의 설정과 온실 상태에 따라 정확하게 작동하는지 확인하고자 앱에서 자동 급수 동작까지 걸린 시간과 급수량을 측정하였고, 온실 자동 관리 상태에서 식물의 종류 별로 정해진 동작을 수행하는지에 대한 실험을 진행하였다.

Table 4.는 앱에서 ‘물주기’ 버튼을 클릭했을 때 자동 급수 장치가 동작할 때까지 걸린 시간과 한 번에 공급되는 물의 양을 측정한 실험 결과를 나타낸 표이다. 실험을 8회 실시하였을 때 앱에서 온실의 자동 급수까지 평균 2.4초가 걸렸고, 평균 급수량은 100ml이고 오차범위는 ± 10 ml를 넘지 않았다.

Table 4. Water supply time and quantity

Number	Time (second)	Water Suply (ml)
1	2	98
2	2.6	107
3	2.2	98
4	2.4	95
5	2.9	103
6	2.3	100
7	2.2	93
8	2.6	100

온실의 상태와 식물의 종류에 따라 자동 급수가 진행되는지에 대한 실험은 온도와 습도가 일정하게 유지되는 공간에서 진행되었다. 실험에 사용된 식물은 칼란코에와 히포에스테스이고 육묘에 있어서 적정 환경은 농사로의 OpenAPI[11]에서 제공하는 내용으로 각각 Table 5.와 Table 6.으로 정리하였다. 적절한 토양 수분량은 문장으로 제공되어 개발 단계에서 기준을 정하여 시스템을 설계했다. 토양 표면이 말랐을 때는 토양 수분도가 40% 이하가 되었을 경우 관수하고, 토양을 촉촉하게 유지하는 상황에서는 토양 수분도 70% 이하일 경우 관수하도록 하였다.

Table 5. Environment suitable for Kalanchoe

Name	Conditions
temperature	23~26 °C
humidity	70 %
water supply	Sufficient irrigation when the soil surface is dry

Table 6. Environment suitable for Hypoestes

Name	Conditions
temperature	21~25 °C
humidity	70 %
water supply	Keep the soil moist. Be careful not to submerge in water.

온실의 온도와 습도가 칼란코에와 히포에스테스에 적절한 상태로 유지된 상태에서 실험을 진행하였다. 칼란코에는 9월 5일 48%의 수분량으로 시작하여 9월 14일에 51%의 수분량을 기록하였고 히포에스테스는 9월 5일 76%의 수분량으로 시작하여 9월 14일에 75%의 수분량을 기록하였다. 약 10일간 식물별 토양 수분도를 기록한 결과 두 식물 모두 적절한 토양 수분도를 유지되고 있는 것을 통해 자동 온실 관리 모드가 사용자가 설정한 식물 데이터를 토대로 제대로 작동하는 것을 확인하였다. Table 7.은 측정된 온도, 습도, 토양 습도를 나타내는 표이다.

Table 7. Environment suitable for Plants

Date	Temperature (°C)	Humidity (%)	Kalanchoe Soil Moisture (%)	Hypoestes Soil Moisture (%)
9/5	24	78	48	76
9/6	24	75	41	70
9/7	25	78	39	81
9/8	24	75	52	75
9/9	24	72	46	71
9/10	23	76	42	83
9/11	24	76	37	77
9/12	23	73	53	73
9/13	24	75	50	83
9/14	24	72	51	75

V. Conclusion

온실 관리를 위한 기존 국내 외 기술을 분석한 결과, 현재 시중에 판매되고 있는 온실 관리 제품들에 비해 와이파이 이용이 가능하고 그를 통해 온실 원격 조정 및 온실 스트리밍이 가능하다. 또한 식물에 맞는 성장 환경을 조절해주는 장점을 가지고 있다. 이러한 점들이 Greenery 시스템의 효용성을 나타낸다.

이에 본 논문에서 다루는 원격 온실 관리 시스템은 기존 제품들의 단점을 보완하여 블루투스가 아닌 와이파이를 이용하여 식물을 관리하고, 영상 스트리밍을 통해 식물의

생장 과정을 확인 가능하며, 여러 종류의 식물을 선택할 수 있는 기능을 추가하였다. 또한, 관리자 페이지를 제작하여 서버관리자가 온실의 장치 상태 확인 및 회원을 관리할 수 있도록 하였다.

현재 식물에 관한 데이터는 농사로의 OpenAPI[11]에 의존하고 있으나 그 정보는 실험 및 결과에서 언급한 것처럼 일부 데이터를 정확한 수치가 아닌 문장으로 설명하는 부분이 존재한다는 단점이 있다. 또한 식물은 주변 온도와 습도, 광량 등 생육 환경마다 다른 점[17]이 분명 존재한다. 이에 앞으로의 연구는 지능형 사물인터넷을 이용한 식물 생장 환경 예측[6]과 같은 방향으로 기존 데이터를 기초로 하되 센서들을 통해 수집한 데이터를 분석하여 동적으로 온실의 환경을 조절할 수 있도록 알고리즘을 설계하는 방향으로 나아가고자 한다.

REFERENCES

- [1] Ja-Yeon Park, “[Now Is The Generation of Pet Plant] ① Are there only 'Pet'? There's also a 'Pet Plant!'”, *Economic Review*, 2018.10.11., <http://www.econovill.com/news/articleView.html?idxno=347385>
- [2] Ja-Yeon Park, “[Now Is The Generation of Pet Plant] ② The Pet Plant Market Is Growing”, *Economic Review*, 2018.10.11., <http://www.econovill.com/news/articleView.html?idxno=347387>
- [3] Gi-Young Lee, Ho-Hyen Kime, Youn-Ha Jeong, Han-Hyul No, Yong-Wook Park, “Plant Cultivation System Using the IoT”, *Journal of the KIECS*, PP. 657-662, Vol. 12, No. 4, 2017, DOI: <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.4.657>
- [4] Yu-Lee Lim, Eun-Byeol Lim, Tai-Woo kim, “Implementation of The Smart Plant Growth Chamber With Arduino ” *Journal of The Korea Internet of Things Society* PP. 27-36, Vol. 2, No. 2, 2016, DOI: <https://doi.org/10.20465/KIOTS.2016.2.2.027>
- [5] Young-Ju Jeong, Dongmahn Seo, “Development of a Smart Flowerpot System with Autonomous Mobility”, *KIISE Transactions on Computing Practices*, Vol. 26, No. 2, pp. 64-73, 2020, DOI: <https://doi.org/10.5626/KTCP.2020.26.2.64>
- [6] Su-jeong Ko, “Predicting Plant Biological Environment Using Intelligent IoT”, *Journal of Digital Contents Society* Vol. 19, No. 7, pp.1423-1431, 2018, DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2018.19.7.1423>
- [7] BOTANIUM, <https://botanium.se/>
- [8] Flowerpower, <https://support.parrot.com/global/support/products/parrot-flower-power>
- [9] Bloomengine, <https://bloomengine.net/>
- [10] Ji-Wan Hong, “Study on the Plant Growth Variation According to Change of Luminous Flux LED Light in Plant Factory”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* Vol. 21, No. 3 pp. 304-311, 2020, DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.3.304>
- [11] Nongsaro Open API, <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psz/psza/contentMain.ps?menuId=PS03954>
- [12] Ji-Wan Hong, “Study on the Plant Growth Variation According to Change of Luminous Flux LED Light in Plant Factory”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* Vol. 21, No. 3 pp. 304-311, 2020, DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.3.304>
- [13] Young-Seok Cho, “A Study on Greenhouse Remote Control using IOT Technic”, *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, PP. 123-124, Vol. 24, No. 2, 2016.
- [14] To connect raspberry Pi with Arduino, <https://www.raspberrypi.org/help/>
- [15] Socket Programing, <https://python.flowdas.com/howto/sockets.html>
- [16] UV4L, <http://www.linux-projects.org/uv4l/>
- [17] Dae-Ho Jung, Hyo-In Yoon, Jung Eek Son “Development of A Three-Variable Canopy Photosynthetic Rate Model of Romaine Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Plant Factory Modules Using Light Intensity, Temperature, and Growth Stage” *Protected Horticulture and Plant Factory*, Vol. 26, No. 4:268-275, 2017, DOI: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2017.26.4.268>

Authors



Jeong-Min Rho is currently an undergraduate student of the Department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. Her research interests include Embedded and IoT.



Jae-Yeon Kang is currently an undergraduate student of the Department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. Her research interests include Embedded and IoT.



Kyeong-Yeon Kim is currently an undergraduate student of the Department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. Her research interests include IoT, app and web development.



Yu-Jin Park is currently an undergraduate student of the Department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. She is interested in IoT, embedded system and application development.



Ki-Sok Kong received his BS and MS from Seoul National University in 1984 and 1986. He received his PhD from KAIST in 1999. He worked at Samsung Electronics, TriGem Computer(Solvit Inc.) and ETRI. respectively.

He is currently a professor at the department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. His research interests include Operating System, Real-time System, Embedded System and IoT,