

# 다중 센서를 이용한 스마트팜 특성 연구

권오훈\* · 강인창\* · 민동선\* · 임희범\* · 박용욱\*\*

A Study on the Smart Farm Characteristics Using Multiple Sensors

Oh-Hoon Kwon\* · In-chang Kang\* · Dong-Sun Min\* · He-Beom Im\* · Yong-Wook Park\*\*

## 요약

본 논문에서 식물 생산성 향상을 위해 온, 습도뿐만 아니라 조도까지 제어 가능한 스마트팜 동작 특성을 연구하였다. 연구된 스마트팜에서는 각 센서로부터 입력 값을 받아 제어부인 아두이노를 거쳐 제어부들이 동작할 수 있게 설계하였다. 그뿐만 아니라 스마트팜의 편리성을 극대화하기 위해서 블루투스 통신 모듈을 이용하여 모바일 폰에서도 제어가 가능할 수 있게 앱을 설계하였다. 연구를 통해 스마트팜의 자동화 기능이 식물이 자라기에 적합한 환경을 만들 수 있음을 확인할 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper, we studied properties of smart farms that can automatically control not only the temperature and humidity but also the illumination to improve plant productivity. The smart farm was designed to allow the controllers to operate through Arduino by receiving input values from each sensor. In addition, to maximize the convenience of smart farm, the Bluetooth communication module is used to control the smart phone. The study confirmed that the automation function of smart farms can create an environment suitable for plants to grow.

## 키워드

Arduino, Sensor, Plant, Smart Farm, BlueTooth

아두이노, 센서, 식물, 스마트 팜, 블루투스

## 1. 서론

4차 산업 혁명인 현대사회에서 자동화 기술은 지속적으로 발전하고 있고 이로 인해 많은 노동력과 시간을 필요로 하는 농업에 대한 관심이 낮아지고 있다. 이를 보완하기 위해, 농작물을 원격으로 자동 생산을 할 수 있다면 줄어들고 있는 농촌 인구 수로 인한 노동력 감소 문제를

완화시켜 줄 것이다.

통계청에서 2019년에 제공한 농가추이 자료에 따르면 농업 종사자 인구가 전체 인구의 20%에 가까웠던 1990년대 초반에 비해 현재 우리나라 농업 종사자 인구는 14% 줄어든 6%로 농업인구가 현격히 감소한 상황이다. 도심 지역에 인구 밀도가 집중되었고 이와 함께 농업인구의 고령화까지 진행되면서 이후 식량 위기가 다가올 가능성

\* 남서울대학교 전자공학과 (dhgns99@naver.com, dlscdk39@naver.com, kangeem78@naver.com, ssmallddk@naver.com)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2021. 06. 29  
• 수정완료일 : 2021. 07. 24  
• 게재확정일 : 2021. 08. 17

• Received : Jun. 29, 2021, Revised : Jul. 24, 2021, Accepted : Aug. 17, 2021

• Corresponding Author : Yong-Wook Park

Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University

Email : pyw@nsu.ac.kr

이 제기되고 있다. 또한 지구 온난화에 의한 기온 증가는 농작물 군락 내 기상환경의 불균형을 초래하며, 농업 생태계 악화로 인한 농작물의 생태적 교란 현상 초래, 생육 위축, 수량 및 품질 저하를 유발한다. 저수량 고갈 및 토양 수분 부족, 강우량의 계절적 편중 현상은 농업용수 확보에 한계 요인으로 작용하며, 집중호우와 폭우는 농업의 생산 기반인 토양을 크게 유실시킨다. 또한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 등 온실가스의 급증은 지구 온난화 현상의 주요 원인으로 농업 생태계 교란 및 기상이변을 초래하여 농작물의 피해를 증가시키고 있는 현실이다[1-4].

따라서, 본 연구에서는 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서로부터 내부 온도, 습도 및 빛의 값을 산출하여 그 값에 따른 스마트팜 내부 환경을 제어할 수 있는 다중 센서를 이용한 스마트팜 시스템을 설계하고 동작 특성을 연구하였다[5-8]. 그리고 블루투스 모듈을 이용하여 사람이 직접 제어하지 않고도 원격으로 스마트팜을 제어할 수 있도록 4차 산업혁명 기술인 IoT(Internet of things: 사물 인터넷), 정보통신기술을 활용해 시공간 제약 없는 식물 육성 환경을 만들어 줄어든 있는 농촌 노동력을 대체하고 농작물의 외부 환경적 요인들을 배제한 안정적인 생산성 향상을 목표로 다중센서를 이용한 스마트팜 특성 연구를 수행하였다[9-11].

## II. 다중 센서 동작 알고리즘

그림 1은 본 논문에서 연구한 스마트팜의 시스템 구성도이다. 시스템 설계를 위해서 LCD 디스플레이, 온도 센서, 토양습도 센서, 아두이노, 모터, 블루투스 모듈들이 사용되었다. 식물 주변에 부착된 센서들이 지속적으로 주변 환경을 체크하여 데이터 값을 산출하고 산출한 데이터를 아두이노로 전송하여 그 값을 LCD 디스플레이에 데이터 값을 시각적으로 보여준다. 온도 센서에서 보내는 데이터 범위를 섭씨로, 습도 센서와 조도 센서에서 보낸 데이터 범위를 백분율로 수치화한다. 코딩으로 설정한 값과 비교하여 출력부인 펌프, 쿨링팬, 히터에 HIGH, LOW 신호 값을 보냄으로써 식물 주변 환경을 식물 성장에 용이한 설정 수치로 맞춰지도록 동작하도록 설계하였다.

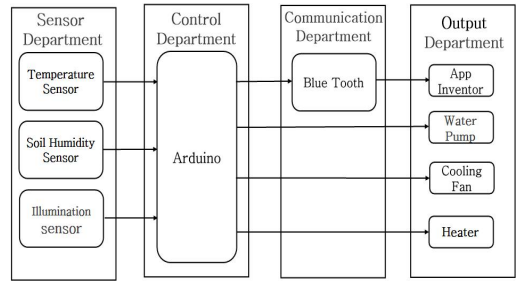


그림 1. 스마트팜 시스템 구성도  
Fig. 1 Configuration diagram of smart farm system

LED의 경우 식물 성장에 용이한 가시광선 영역을 지원하는 LED로 선정하였고 광량으로는 식물 광합성 및 생육 촉진에 용이한 적색광과 청색광을 합친 자색광으로 선정하였다. 스마트팜 제어 동작의 오류가 생길 것을 대비하여 스위치를 통해 자동제어 모드와 수동 모드를 선택할 수 있도록 하였고, 수동 모드에서 모터들을 ON/OFF 할 수 있도록 설계하였다. 통신부는 스마트폰을 사용하여 거리가 떨어진 곳에서도 현재 식물 주변의 온도, 습도, 조도를 실시간으로 확인할 수 있고 원격으로 스마트팜 제어가 가능하며 사용자가 다른 식물 환경을 원했을 경우 스마트폰에서 원하는 온습도를 입력하여 그에 따라 모터들이 동작하도록 구성하였다.

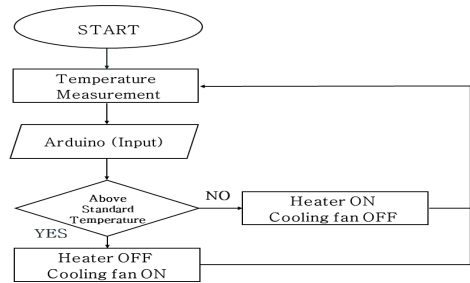


그림 2. 온도 센서 동작 알고리즘  
Fig. 2 Temperature sensor algorithm

그림 2는 센서의 현재 수치를 측정하여 그에 따른 모터 동작까지의 동작 알고리즘을 보여주고 있다. 스마트팜을 실행시킬 시 온도 센서에서 현재 주변 온도를 측정하고 측정된 데이터 값을 아두이노로 보내며, 아두이노에서 설정한 값과 측정된 값을 비교하여 주변 온도가 기준 이상일 때는 쿨링팬이 ON, 히터가 OFF가 되어 식물 주변 온도를 낮춰주고 기준 이하일 때는 히터가 ON, 쿨링팬이

OFF가 되어 주변 온도를 높여 적정 상태를 만들어 주도록 설계하였다.

그림 3은 식물을 키우는 스마트팜 내부의 햇빛 여부를 조도 센서에서 현재 조도를 측정하여, 측정된 데이터 값을 아두이노로 보내고 받은 데이터 값을 백분율로 수치화하였다. 아두이노에서 측정된 값과 설정 값을 비교하여 기준 이하일 경우, 햇빛을 대체할 수 있도록 LED가 ON이 되도록 설계하였고 기준 이상일 경우, 햇빛을 받고 있는 상태로 인식하여 LED가 OFF 되어 동작을 멈춘다. 위 기능은 계속 순환하도록 설계하였다.

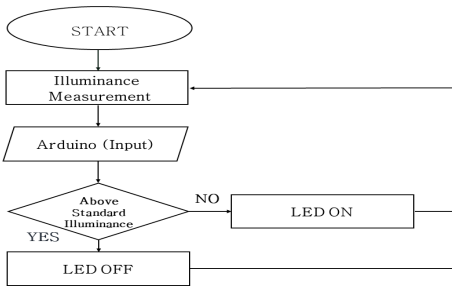


그림 3. 조도 센서 동작 알고리즘  
Fig. 3 Illuminance sensor algorithm

그림 4는 Arduino 제어 알고리즘의 구성도를 보여주고 있다. 스마트팜을 처음 실행시켰을 때 모드 1인 자동제어가 실행된다. 자동제어란 식물 성장에 용이하게끔 설정한 값을 기준으로 유지하도록 모터들이 동작하는 기능이다.

자동제어의 오류 발생을 대비하여 Switch 기능을 추가함으로써 모터들을 ON/OFF 시킬 수 있도록 모드 2 기능을 추가하였다. 스마트폰을 사용하여 제어할 경우 스위치 모드의 자동제어 기능과 ON/OFF 기능 작동은 기본적으로 할 수 있도록 설계하였다. 목표 제어는 이미 코딩 설계에서 설정온도, 습도, 조도가 정해지는데, 이를 보완하기 위하여 사용자가 스마트폰을 이용하여 원하는 각각의 값을 입력하여 모터들을 제어할 수 있도록 기능을 추가하였다[6].

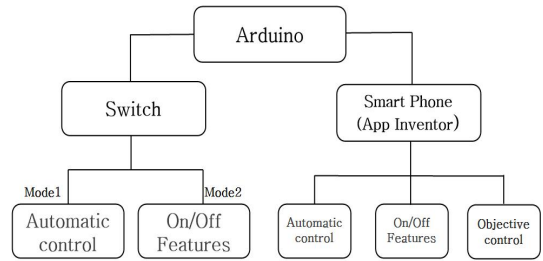


그림 4. Arduino 제어 알고리즘  
Fig. 4 Arduino control algorithm

### III. 실험 및 고찰

그림 5는 스마트팜 동작특성을 연구하기 위하여 제작된 스마트팜 사진을 보여주고 있다. 제작된 스마트팜은 제어부인 아두이노와 동작 특성을 표시하는 LCD 그리고 온도, 습도 등의 동작을 제어할 수 있는 수동 스위치로 구성되어 있다. LCD 디스플레이를 통해 각 센서들의 동작 값을 바로 확인할 수 있고 스위치 모드 작동 시에는 자동모드와 수동 모드의 변화를 LCD를 통해 확인할 수 있다.

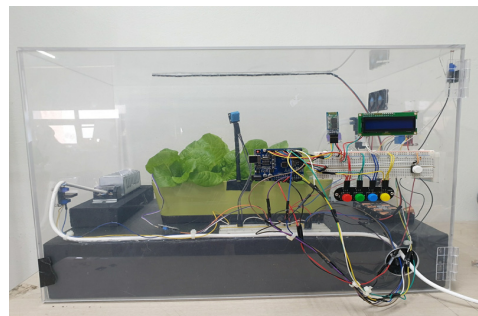


그림 5. 제작된 스마트팜 사진  
Fig. 5 Photo of manufactured smart farm

그림 6은 원격 제어를 위한 모바일 앱을 보여주고 있다. 온 스마트팜 제어 시 아두이노로부터 온도, 토양 습도, 조도 센서의 데이터를 받아 실시간으로 표시한다. 미리 설정한 센서 값을 통해 사용자가 원하는 식물 환경을 조성하기 위해 시스템을 구현하였다. 그림 6은 원격 제어용 앱 인벤터 초기 화면으로서 제어 모드 선택을 통해 사용자가 원하는 제어 모드를 고를 수 있다. 또한 자동제어를 선택할 경우, 자동제어 실행 동시에 현재 주변 환경을 측

정하여 미리 코딩으로 설정한 값과 비교하여 동작하도록 모바일 앱을 구현하였다.

다음으로 버튼 제어를 선택할 경우, 각 해당 모터들을 ON/OFF 할 수 있도록 설정하였다. 다른 식물 육성 환경을 만들어야 할 경우 목표 제어 화면을 통해 사용자가 원하는 온도와 습도 값을 입력하여 제어할 수 있도록 앱 프로그램을 설정하였다.

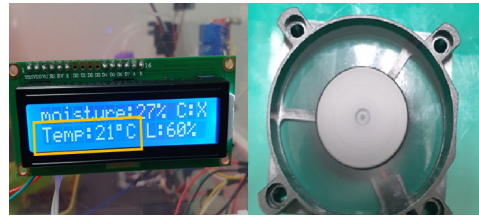


그림 7. 쿨링팬 사진  
Fig. 7 Photo of cooling fan

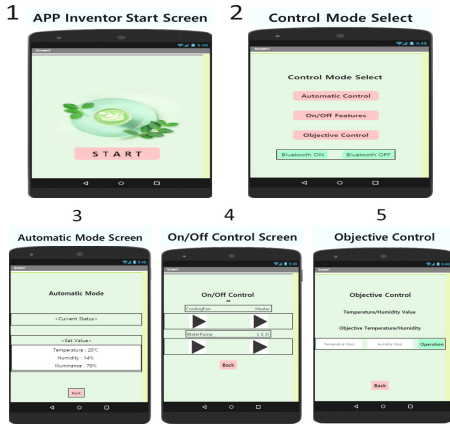


그림 6. Mobile App 화면  
Fig. 6 Mobile app screen

온습도 센서의 온도 값은 섭씨 단위로 측정하였다. 온도 값에 따라 스마트팜 내부의 설치된 쿨링팬과 히터 동작 여부를 확인하기 위하여 주변온도 보다 낮은 온도로 설정함으로써 모터들의 동작 실험하였다. 또한 온도 변화에 따른 모터들의 성능 확인하기 위하여 임의적인 온도를 설정하여 각 쿨링팬과 히터의 온도 변화 성능 실험을 하였다.

자동모드 동작 중 센서로부터 측정된 값과 아두이노에 설정된 온도 값을 비교하여 그에 따른 쿨링팬의 작동 여부를 확인하는 실험을 하였다. 그림 7과 같이 실험을 통해 스마트팜 내부 기준 온도를 20°C로 잡았을 때 기준 온도보다 미만일 시 쿨링팬은 미작동하였고, 적정 온도인 20°C일 경우 다음 동작까지 대기 상태이며, 기준 온도보다 초과했을 경우 쿨링팬이 동작하여 스마트팜 내부 온도를 낮춰줬다.

표 1. 환경에 따른 토양 습도 측정  
Table 1. Soil humidity according to environment

	Humidity	
	Sensor Value	%
Air	1003 ~ 1015	1 ~ 2
Dry Soil	820 ~ 880	14 ~ 20
Wet Soil	500 ~ 510	50 ~ 51
Water	250 ~ 346	66 ~ 70

이를 통해 자동모드 작동 시에 온도 값의 변화에 따라 쿨링팬이 적절히 동작하는 것을 확인하였다. 워터 펌프에 의한 토양 습도 변화를 토양 습도 센서로 측정하여 식물 성장에 적절한 습도를 측정하는 실험을 하였다. 물속, 공기 중, 건조 상태의 흙, 젖은 상태의 흙을 각각 토양 습도 센서를 통해 측정된 토양의 습도 특성은 표 1과 같다. 이를 통해 자동화 시스템에서 워터 펌프의 작동 기준을 설정하였다.

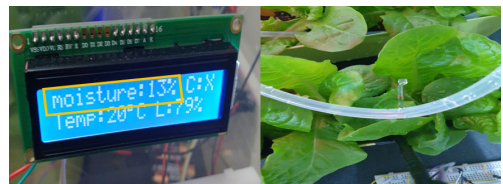


그림 8. 워터 펌프 동작 사진  
Fig. 8 Photo of water pump

그림 8과 같이 자동모드 작동 중 센서로부터 아두이노에 입력된 습도 값의 변화에 따른 워터 펌프의 작동 여부를 확인하는 실험을 수행하였다. 습도가 15% 초과일 때 워터 펌프는 미작동하고, 15%일 때는 동작 대기 상태, 15% 미만일 때는 워터 펌프가 작동하였다. 이를 통해 자동모드로 동작 시에 습도 값의 변화에 따라 워터 펌프가

적절히 동작하는 것을 확인하였다. 스마트팜 외부, 즉 자연환경에서 식물 성장에 필요한 조도 값 정도를 시간 단위로 측정하여 식물 성장에 적절한 햇빛의 조도 값을 측정하는 실험을 하였다. 조도 센서를 사용하여 실외에서 햇빛의 조도를 측정한 결과 식물 성장에 적절한 조도는 13 ~ 18시의 경우, 70% 이상의 조도 값을 유지했고 19시 이후부터 조도 값이 감소하는 것을 확인하였다. 실험을 통해 자동화 시스템에서 조도 값이 70% 미만일 경우에만 LED가 동작하도록 시스템을 구현하였다.

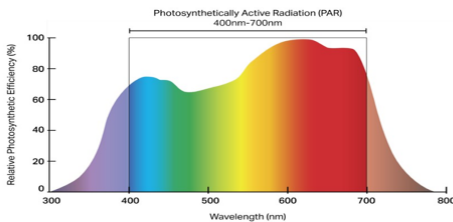


그림 9. LED 가시광선 파장  
Fig. 9 Wavelength of LED visible light

그림 9는 본 연구에서 사용한 LED의 파장 특성이다. 본 연구에서는 그림 9의 가시광선 파장 특성에서 식물 성장에 가장 우수한 성장 특성을 갖는 가시광선 파장으로 660(nm)를 지원하는 LED를 선정하였고 광량 으로는 식물 광합성 및 생육 촉진에 용이한 적색광과 청색광을 합친 자색광으로 선정하여 조도에 따른 연구를 수행하였다.

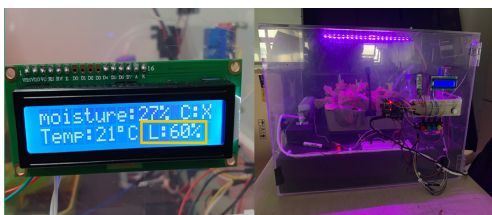


그림 10. LED 동작 사진  
Fig. 10 Photo of LED

자동모드 작동 중 센서로부터 아두이노에 입력된 조도 값의 변화에 따른 LED의 작동 여부를 확인하는 실험을 하였다. 그림 10과 같이 실험을 통해 조도 값이 70% 초과 일 때 LED는 미작동하고, 70%일 때는 동작 대기 상태, 69% 이하일 때는 LED가 동작하였다. 이를 통해 조도 값의 변화에 따라 LED 동작을 확인하였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 “스마트팜”이라는 자동제어 식물 성장 시스템을 연구하였다. 스마트팜은 크게 온도, 습도, 조도를 받아들이는 센서부와 여기로부터 나온 값들에 의해 제어부인 아두이노를 이용하여 출력 특성을 제어하였다. 스마트팜을 좀 더 편리하게 제어하기 위하여 아두이노에 블루투스 모듈을 연결하여 스마트폰으로도 원격으로 제어할 수 있도록 하였고 식물 성장에 용이한 환경으로 확인된 온도 20℃, 습도 15%, 조도 80%을 설정하여 동작특성을 연구를 진행하였다. 온/습도 및 조도 제어가 가능한 스마트팜 연구를 통하여 사람이 지속적으로 식물을 관리할 필요가 없을 뿐만 아니라, 스마트폰으로 원격 제어가 가능하여 생산성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 향후 제어 대상을 늘리고 동작 특성도 개선하기 위한 지속적인 성능 개선 연구를 진행할 것이다.

※ 위 논문은 “2021년 봄철학술대회 우수논문”입니다.

#### References

- [1] N. Yoo, “Development of Smart Farm System for Minimizing Carbon Emissions,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1231-1236.
- [2] K. Choi, “Growth Responses of Indoor Plants according to Light Source and Light Intensity,” *Journal of People Plants and Environment*, vol. 8, no. 2, 2005, pp. 73-80.
- [3] Y. Koo, “Analysis on Big data, IoT, Artificial intelligence using Keyword Network,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 6, 2020, pp. 1137-1144.
- [4] Y. Kim, Y. Oh, and E. Kim, “Development of LPWA-Based Farming Environment Data Collection System and Big Data Analysis System,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 4, 2020, pp. 695-702.



- [5] J. Kim, "An Effective Data Distribution Scheme in Sensor Network for Internet of Things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 7, 2015, pp. 769-774.
- [6] K. Kim and K. Park, "Establishment of Web-based Remote Monitoring System for Greenhouse Environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, 2011, pp. 77-83.
- [7] E. Lee, Y. Cho, and Y. you, "The Effects of the Elevated CO<sub>2</sub> Concentration and Increased Temperature On Growth and Yield of Rice," *Korean Journal of Environment and Ecology*, vol. 15, no. 1, 2015, pp. 27-27.
- [8] H. Jang, S. Kang, and C. Pak, "Influences of Psychological Effect and Importance Perception from the Visual Image of the Indoor Plants upon the Repurchasing Intention," *J. of People Plants and Environment*, vol. 14, no. 2, 2011, pp. 123-131.
- [9] J. Yang, H. Kim, J. Park, K. Kim, C. Park, D. Shin, and Y. Lim, "The health effect of house-plant - Focused on Housekeepers and Asthma Patients," *Korean Society for Indoor Environment*, vol. 4, no. 1, 2007, pp. 1-13.
- [10] K. Kim and E. Kim, "Cycle-by-Cycle Plant Growth Automatic Control Monitoring System using Smart Device," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 745-750.
- [11] D. Ryu, "Development of BLE Sensor Module based on Open Source," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 3. 2015, pp. 419-424.

## 저자 소개



### 권오훈(Oh-Hoon Kwon)

2016년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학  
※ 관심분야 : 통신시스템, 디스플레이공학



### 강인창(In-Chang Kang)

2016년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학  
※ 관심분야 : 통신시스템, 전력전자



### 민동선(Dong-Sun Min)

2016년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학  
※ 관심분야 : 통신시스템, 자동제어



### 임희범(He-Beom Im)

2016년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학  
※ 관심분야 : 통신시스템, 반도체공학



### 박용욱(Yong-Wook Park)

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)  
1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)  
2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서