Regular paper
Journal of the KIECS. pp. 657-662, vol. 12, no. 4, Aug. 31 2017, t. 84, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.4.657

사물 인터넷을 이용한 식물재배시스템

이기영* · 김호현* · 정윤하* · 노한별* · 박용욱**

Plant Cultivation System Using the IoT

Gi-Young Lee* · Ho-Hyen Kim* · Youn-Ha Jeong* · Han-Hyul No* · Yong-Wook Park**

요 약

시간이 부족한 현대인들에게 식물은 정서적인 안정감을 주고 미세먼지와 같은 해로운 물질로부터 식물이 가지는 정화기능이 입증되면서 더 많은 관심을 받게 되었다. 본 연구에서는 일반적인 식물이 영향을 받는 요소(온도, 토양습도, 조도)등의 기준을 정해 전문적인 지식없이 쉽게 실내에서 키울 수 있는 식물 재배 시스템을 만들고 블루투스 기능을 이용하여 식물 관리에 필요한 간단한 온도, 습도 등의 정보를 제공하고 식물 관리에 필요한 노하우를 얻을 수 있는 컨텐츠를 제공해주는 시스템을 연구하였다.

ABSTRACT

For modern people who lack the time, the plants became more interested as they gave emotional stability and proved the purifying function of plants from harmful substances such as fine dust. In this study, we established a standard vegetation cultivation system that can easily grow indoors without any special knowledge, based on criteria such as temperature, soil humidity, and illumination. And we implemented a system that provides simple information needed for plant management by using Bluetooth function and provides contents that can get know-how necessary for plant management.

키워드

Sensor, Arduino, Plant Cultivation, IoT, Bluetooth
센서, 아두이노, 식물 재배, 사물 인터넷, 블루투스

Ⅰ. 서 론

식물은 실내환경의 오염원인 포름알데히드, 휘발성 유기화합물, 이산화탄소, 이산화질소, 이산화황, 미세먼지, 암모니아, 오존등의 오염물질을 흡수 제거하는 역할과 실내의 온습도조절, 전자파의 차단 등의 역할을 한다. 또한 인체 건강에서 생리적인 영향, 즉 뇌파의 변화로 인한 유익한 영향, 스트레스 저감, 호르몬 분비의 촉진 및 감소 등에 관하여도 영향을 끼친다[1]. 식물이 미세먼지와 같은 유해물질을 정화시키는 효능이 입증되면서 가정에서 주택가 마당이나 아파트 베란다에서 화분을 가꾸던 취미가 확대되어 '인도어가드닝(indoor gardening)'으로 정착되고 있다. 집안으로 들어온 화초들은 바쁜 현대인들에게 정서적인 안정감

* 남서울대학교 전자공학과 (yi5oyu@naver.com, rlaghgus@naver.com, boxer321@naver.com, 1onestar93@naver.com)
** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
· 접 수 일 : 2017. 06. 16
· 수정완료일 : 2017. 07. 13
· 게재확정일 : 2017. 08. 01
· Received : Jun 16, 2017, Revised : July 13, 2017, Accepted : Aug 01, 2017
· Corresponding Author : Yong-Wook Park
Dept. of Electronics, Namseoul University,
Email : pyw@nsu.ac.kr

을 주는 '반려식물'로 대접받고 있다[2-5].

각종 온라인몰에서 식물에 관련된 판매량은 2016년 지난해 같은 기간에 비해 G마켓의 경우 허브 식물 판매량은 77%, 미니화분 판매량은 59%, 공기정확식물들도 49% 증가했고, 자갈이나 색 모래의 판매량도 53% 증가했다. 옥션에서는 수경재배 판매량이 206%나 증가했고 공기정화식물은 50%, 미니화분 41% 실내정원을 가꾸는데 필요한 소품들도 76% 증가했다. 11번가에서는 다육식물, 공기정화식물, 원예상품들이 25% 상승했고 화병, 분재 등 소품도 18% 늘어났다. 또한 건강한 식재료에 대한 관심이 커지면서 주방에 놓고 키우면서 식재료로 활용도 할 수 있는 허브 화분의 매출은 15% 증가했다[6-10].

본 논문에서는 가정에서 관상용 식물이나 채소를 전문적인 지식없이 쉽게 재배를 할 수 있게 어플리케이션으로 식물에 관한 정보를 공유할 수 있는 사이트를 제공하고 식물 성장일지를 기록할 수 있는 메모기능 등의 컨텐츠를 제공해 주고 온도, 토양습도, 물의 유무를 보여주며 스마트 식물 재배시스템이 작동하는 자동모드와 스마트 재배시스템이 작동하지 않고 센서 값만을 볼 수 있는 OFF모드로 관리하는 식물 재배 시스템을 연구하였다.

II. 시스템

2.1 시스템 구성

아두이노를 중심으로 조도센서, 토양습도센서, 온도센서, 수위센서를 통해 빛, 토양의 습도, 온도를 측정하여 아두이노에 블루투스 모듈에 의해 어플리케이션으로 출력된다. 모터 드라이브 모듈에 의해 LED, 워터펌프가 작동되고 릴레이 모듈에 의해 방열팬과 열전소자가 작동한다.

각 센서를 통해 측정된 수치에 따라 LED, 워터펌프, 열전소자를 동작시키는 시스템의 동작 흐름도를 보여주고 있다. LED는 조도센서에서 외부의 빛의 lux 값을 측정하여 100이하일 때 LED를 동작시키고 lux 값이 100까지 꺼지지 않는다. 워터펌프는 토양의 습도 값이 20%이하일 때 동작하고 물이 급수되어 토양의 습도가 90%이상이 되면 꺼진다. 열전소자는 식물 주위 온도가 10℃이하일 때 동작하고 35℃이상이 되면 꺼지도록 구성하였다.

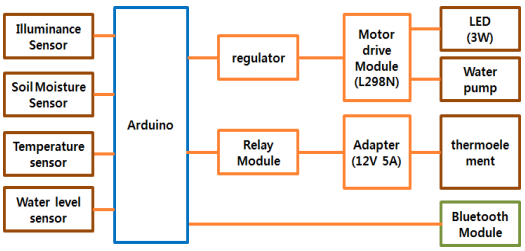

그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1 System configuration diagram

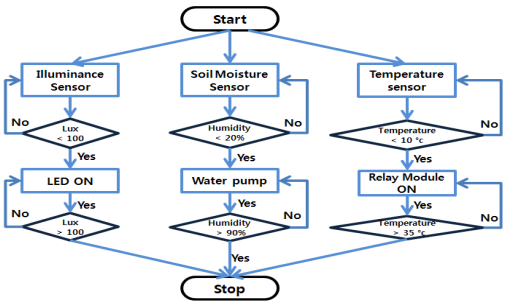

그림 2. 시스템 동작 흐름도
Fig. 2 System flowchart

2.2 식물성장에 필요한 요소

식물성장에 필요한 요소 중 광량은 식물이 외부로부터 받는 빛의 양이 적을 때 식물은 광합성을 하지 않아 성장을 할 수 없다. 식물이 성장하는데 필요한 최소 광량인 광보상점에 도달해야만 식물이 광합성 작용을 해 성장하게 된다. 실내에서 키울 수 있는 식물 중 싱고니움은 자연광 500lux이상에서 원활한 생장을 보이지만 자연광 100lux에서도 생육은 어느정도 가능하고 피키라의 경우 형광등 하에서 100lux에서도 생육이 가능하다. 스파티필럼의 경우, 자연광 100lux에서도 식물 전체가 고사하지 않고 크로톤의 경우 형광등 하에서 100lux에서도 생육이 가능하다. 그 외에 다른 식물(무화과, 세인트 폴리아, 난 등)들은 100lux 이하에서도 성장이 가능하다. 본 논문에서 조도 센서 값이 외부에서 받는 빛의 양이 100lux이하일 때 LED가 켜지게 되고 100lux이상일 때 꺼지게 된다. 식물이

적정 온도보다 낮은 온도에 있을 때 미치는 일차적 영향은 생장속도와 물질대사 속도의 감소다. 아열대 또는 열대식물들이 0~10℃의 온도에 노출되면 물질대사 속도(특히, 호흡과정)가 급격히 저하되며 수 시간 또는 수 일내에 식물체가 장애를 입거나 죽게 된다. 대개의 식물은 44~50℃의 고온에 노출되면 죽는다. 대한민국 역대 최고 기온은 2004.07.24 서울 38.4℃, 1942.07.28 대구 39.7℃, 1994.07.24 부산 35.8℃로 40℃가 넘는 곳이 없다. 본 논문에서 40℃이상에서 온도를 낮추는 시스템을 연구하지 않고 저온에서 식물이 죽게 되는 온도 10℃이하일 때 fan과 열전소자의 발열현상을 이용해 온도를 상승시켜 식물이 성장할 수 있는 온도 10℃~35℃까지의 환경을 만들어 주었다.

III. 센 서 실험

3.1 토양습도센서 실험

토양습도센서에서 0~1023까지 측정되는 전압값을 %로 바꿔 측정값을 확인하였고 작품에서 사용되는 토양습도센서가 공기 중과 마른 흙, 물 속에서 측정되는 값과 물 온도에 따라 측정되는 값을 비교하였다. 토양습도센서는 공기 중이나 마른 흙에서는 0%로 측정되었지만 물에서는 100% 이하의 값이 측정되었고 물 온도에 따라 다른 값이 변화하였다.

본 논문에서는 센서가 가지고 있는 오차와 온도에 따른 오차값이 존재해 습도 측정값이 100%로 측정되지 않아서 25℃기준에서 습도센서가 물 속에서 100%로 측정되게 프로그래밍하고 실험하였다.

3.2 조도센서 GL5528의 100lux값 계산

식물 중 무화과, 세인트 폴리아, 난 등은 100lux이하에서도 성장이 가능하다. 저항 1KΩ과 조도센서를 연결해 회로를 구성해 조도센서의 저항 변화에 따라 분배된 전압 값이 아두이노 시리얼 모니터에 나타난다. 조도센서(GL5528)의 광량과 저항의 관계를 로그함수로 나타낸 그래프이다. 100lux일 때 조도센서의 저항은 약 2KΩ~4KΩ를 나타내게 된다.

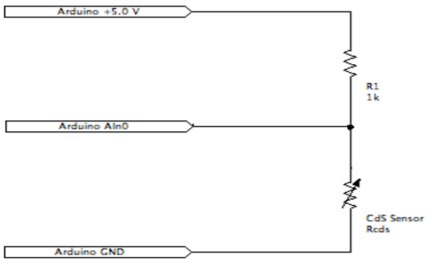

그림 3. 조도센서에 대한 회로도
Fig. 3 Circuit diagram for illumination sensor

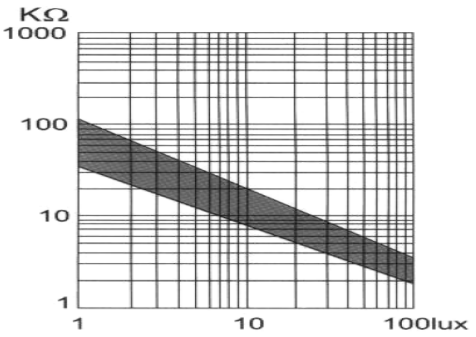

그림 4. 조도센서의 광량과 저항 관계
Fig. 4 Lux and resistance of illumination sensor

$$V = Rcds \times I + R1 \times I \quad (1)$$

$$I = \frac{V}{Rcds + R1} \quad (2)$$

$$Vcds = Rcds \frac{V}{Rcds + R1} \quad (3)$$

$$5 : 1023 = Vcds : Vcds \quad (4)$$

식 (1)은 전체 전압은 Vcds와 VR1를 더한 값과 같아 전체 전류 식 (2)를 구할 수 있고 식 (2)를 이용해 Vcds 식 (3)를 구할 수 있다. Vcds는 아두이노 시리얼 모니터에 나타는 값 0~1023을 식 (4)를 이용해 구할 수 있고 Vcds를 알면 Rcds를 구할 수 있다.

본 논문에서 100lux값에 따라 LED가 켜고 꺼짐을 판단하므로 100lux일 때 Vcds의 디지털 값을 구해야 한다.

$$Vcds = 2K \frac{5}{2K + 1K} = \frac{10}{3} \quad (5)$$

$$Vcds = \frac{1023 \times (Vcds = \frac{10}{3})}{5} \quad (6)$$

$$Vcds = 682 \quad (7)$$

식 (5), (6)에 의해 Vcds(디지털값) 식 (7) 결과 682을 얻을 수 있었다. 하지만 아두이노에서 받는 전압 5V, 저항 R1의 오차, 조도센서 Rcds가 가지는 오차, 온도변화에 따른 조도센서의 오차 등 여러 요인에 의해 정확한 100lux의 값을 얻지는 못한다. 본 논문에서는 조도센서에 의해 측정되는 전압값이 682에 가까운값 700이상이 되면 LED가 켜지고 이하가 되면 LED가 꺼지는 시스템을 구현하였다.

3.3 수위센서 실험

수위센서는 공기 중에서 아두이노 시리얼 모니터에 나타나는 값은 0이고 물에 끝까지 담궜을 때 660~690 값이 측정되고 일부만 담궜을 때는 550~630값이 측정된다. 본 논문에서 사용되는 수위센서는 작은 범위의 수위만 판단할 수 있기 때문에 물의 존재 여부만 판단해 어플리케이션에 나타나게 한다.

Ⅳ. 실험 및 고찰

4.1 워터펌프 급수에 따른 토양습도 변화실험

작품에서 사용되는 흙의 양은 800ml로 고정한 후 워터펌프에서 급수되는 물의 양에 따라 변하는 토양습도센서의 값을 측정하였다. 본 논문에서 사용되는 워터펌프의 실효전압은 11.3V로 10초동안 250ml의 물을 급수한다. 토양의 습도는 토양의 토질과 물이 고르게 분포하지 못해 토양습도센서의 위치에 따라 다른 값이 측정되었다. 토양습도센서가 20%이하일 때 워터펌프가 10초안에 토양습도센서가 90%가 되는 물의 양 200ml를 급수한다.

표 1. 물의 양에 따른 토양습도
Table 1. Soil moisture according to the amount of water

State / Water(ml)	Soil Moisture(%)
0	0~1
50	30~74
100	70~90
150	84~93
200	92~103

4.2 조도 및 LED실험

럭스는 빛의 조명도를 나타내는 SI 단위이고 1lux는 열대의 위도를 덮는 보름달, 3.4lux는 맑은 하늘 아래의 어두운 황혼, 50lux는 거실, 80lux는 복도/화장실, 100lux는 매우 어두운 낮이다. 조도센서(GL5528)가 100lux이하일 때 LED가 켜지게 되고 100lux이하가 되면 LED가 켜진다. 조도센서가 100lux일 때 아두이노에서 측정되는 디지털값은 약 700이다. 5월 초 실외에서 측정되는 광량이 6시 이후 어두워지면 디지털 값이 700이상이 되는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 실외 광량의 디지털값
Table 2. The digital value of the outdoor illumination

State / Time(h)	Sunlight
	Vcds(digital value)
1	153
2	160
3	183
4	202
5	251
6	548
7	736
8	1017

4.3 열전소자 / 방열팬에 의한 온도 변화 실험

46x30x17cm 크기의 아크릴판으로 만들어진 식물재배 시스템을 보여 주고있다. 아크릴 박스의 온도 상

승에 따른 특성을 실험하였다. 열전소자와 방열팬에 의해 29℃에서 33℃로 상승하는 변화를 측정했다. 29℃에서 열전소자의 온도가 올라가지 않은 상태에서 방열팬에 의해 온도센서 주위온도가 감소하고 시간이 지나 열전소자의 온도가 상승해 뜨거운 바람이 나오는 것을 확인할 수 있었다.

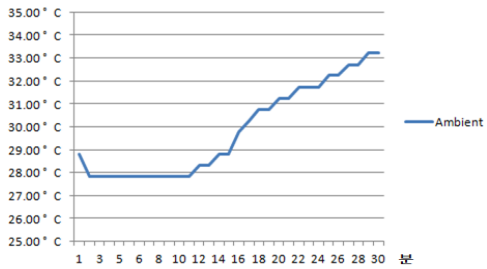

그림 5. 온도 변화 실험
Fig. 5 Temperature change experiment

그림 6은 본 연구에서 실험을 위하여 제작된 식물 재배 시스템을 보여주고 있다. 본 시스템에는 위에서 설명한 온도, 조도, 토양습도를 제어하기 위한 센서와 구동회로가 장착되어 있다.

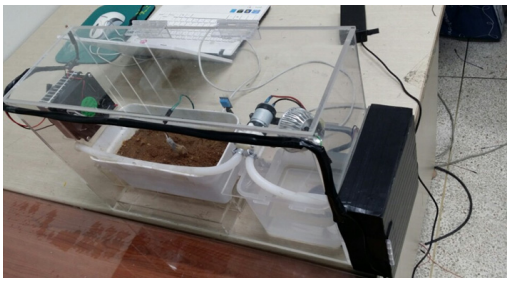

그림 6. 식물 재배 시스템
Fig. 6 Plant cultivation system

그림 7은 식물 재배 시스템의 동작을 제어할 수 있는 동작 어플리케이션을 보여주고 있다. 스마트 시스템을 이용하여 토양의 온도, 습도 등의 정보를 확인할 수 있고 또한 재배 시스템을 자동 및 수동으로 동작할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

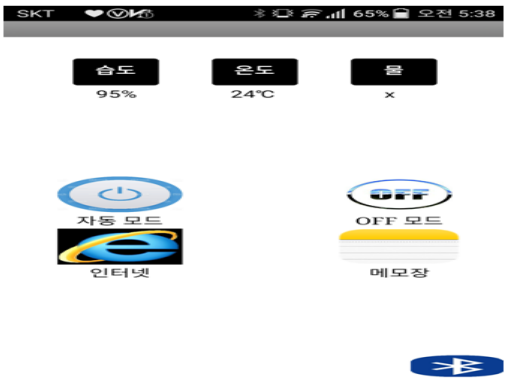

그림 7. 어플리케이션
Fig. 7 Application

Ⅴ. 결 론

식물 성장에 필요한 요소(온도, 조도, 토양습도)에 대한 실험을 통해 기준값을 정하고 일반적인 식물들이 성장할 수 있는 스마트 시스템을 연구하였다. 블루투스 기능을 이용해 온도, 토양습도에 대한 정보를 확인하고 물의 유무를 확인할 수 있게 표시해주며 스마트 식물 재배시스템이 작동하는 자동모드와 스마트 재배시스템이 작동하지 않고 센서의 값만 볼 수 있는 OFF모드로 관리하는 시스템을 연구하였고 메모 기능으로 식물일지를 기록하거나 식물에 필요한 노하우를 제공해줄 수 있는 웹사이트를 연결하는 등 식물 관리를 할 수 있는 컨텐츠를 제공하였다. 본 논문에서 기준값을 정할 때 센서가 가지는 오차, 온도, 실험 환경에 따라 변하는 값등 여러 가지 오차값에 의해 정확한 기준을 세우지는 못했다. 오차값이 적은 부품을 사용하면 더 신뢰할 만한 결과가 얻어질 것이다.

References

[1] K. Choi, “Growth Responses of Indoor Plants according to Light Source and Light Intensity,” *J. of People Plants and Environment*, vol. 8, no. 2, 2005, pp. 73-80.
[2] 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.
[3] S. Ahn, W. Shim, J. Lee, O. Kwon, and K. Noh, "Trends Detection of Display Research Areas by Bibliometric Analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1343-1351.
[4] 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.
[5] K. Choi and S. Lee, "Growth Responses and Introduction Plan of Interior Landscape Plants under Light Intensity of Fluorescent Light and Sunlight," *J. of the Korean Institute of Landscape Architecture*, vol. 33, no. 4, 2005, pp. 119-128.
[6] E. Lee, Y. Cho, and Y. you, "The Effects of the Elevated CO2 Concentration and Increased Temperature On Growth and Yield of Rice," *Korean J. of Environment and Ecology*, vol. 2015, no. 1, 2015, pp. 27-31.
[7] 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.
[8] 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," *J. of Korean Society for Indoor Environment*, vol. 4, no. 1, 2007, pp. 1-13.
[9] 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.
[10] 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

이기영(Gi-Young Lee)

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)

김호현(Ho-Hyen Kim)

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)

정윤하(Youn-Ha Jeong)

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)

노한별(Han-Hyul No)

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)

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