

태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기

이준희¹, 김시윤¹, 김주한¹, 김효진¹, 이진아¹, 김인수²,
¹한국공학대학교 전자공학과, ²한전 KDNa7556641@naver.com, lbc2lbc2@hanmail.net, sps04033@naver.com, 3615kimhj@naver.com,
leejina1116@naver.com, diun81@daum.netIntelligent Self-Moving Vegetable Cultivator
Using Solar EnergyJun-Hui Lee¹, Si-Yoon Kim¹, Ju-Han Kim¹, Hyo-Jin Kim¹, Jina Lee¹, In-Soo Kim²,
¹Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea
²KEPCO Knowledge Data & Network Co

요 약

본 논문은 코로나19로 인해 발생하는 우울증을 개선하고 태양광 패널을 이용하여 친환경적으로 재배할 수 있는 “태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기”를 제안한다. 본 논문이 제안하는 주요한 특징은 다음과 같다. 첫째, 태양광 패널을 이용하여 재배기에 전원을 공급한다. 둘째, 카메라와 OpenCV를 이용하여 채소의 상태를 매일 확인 후 LED 색상을 조절하여 최적의 채소 성장 환경을 만든다. 셋째, 수위 센서와 모터 펌프를 이용하여 자동으로 물이 공급될 수 있도록 하고, 수온과 수질을 주기적으로 체크하는 등 Human task를 감소시킨다. 넷째, DC모터를 이용하여 실내·외로 자율이동을 하고, 액추에이터를 이용하여 채소가 햇빛을 최대한 많이 받아 성장할 수 있도록 한다. 제안하는 시스템은 가정에서 채소를 재배하는 방식에 IoT기술을 활용하여 사용자의 편의성을 증가시키고, 녹색식품을 통해 ‘코로나 블루’를 해소하고자 하는 사람에게 필요한 “태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기”의 개발을 목표로 한다.

1. 서론

전 세계적으로 코로나-19의 영향으로 인해 평소보다 심한 우울증 (일명 코로나 블루)를 겪는 사람들이 많아지고 있다. ‘20년 한국건강증진개발원의 전국 성인 남녀 1031명을 대상으로 ‘코로나19로 인한 건강 상태’ 조사에 따르면 40.7%가 코로나 블루를 “경험했다”고 답했다. 공기정화식물은 이러한 우울, 불안 및 스트레스 감소에 긍정적인 영향을 미친다.[1] 국내 약 70%의 도시화 진행에 따른 재배 공간 부족으로 스마트팜 시장의 커지며 LG 틱온, 웰스팜 미니 등 다양한 재배기가 판매되고 있다. 하지만 기존 재배기의 경우 실내에서 가정용 전원을 사용하여 전기 소비가 증가하고 LED만을 사용하여 채소의 자연광 흡수가 부족하다는 문제가 있다. 이에 본 논문은 이러한 점을 보완하기 위해 전원 공급을 하는 태양광 패널, 채소 상태 분석 및 자동 LED 제어, 자연광 흡수를 위한 실내·외 자율이동 기능을 제시한다. 또한, 가정에서 간편하게 건강한 채소를 친환경적이고 경제적으로 재배할 수 있으며, 동시에 우울감을 해소할 수 있는 ‘태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기’를 제안한다.

본 시스템의 주요 기능은 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 태양광 패널을 통해 충전된 배터리로 라즈베리파이와 각종 모듈에 전력을 공급한다. 둘째, 시간에 따라 재배기의 위치를 이동시키고 조도 센서로 일조량을 측정하여 재배기의 높이를 조절한다. 셋째, 카메라를 통해 채소의 성장 상태를 파악한다. 파악한 채소의 상태에 따라 LED 색을 조절, 물을

공급, 수질 상태를 측정 및 관리, 음악 재생 등을 통해 채소의 성장을 촉진한다. 넷째, 파악한 채소의 성장 상태와 관리 상태에 대한 정보를 사용자에게 제공한다.

위 네 가지 기능을 통해 식물의 성장을 관찰하고 직접 기른 채소를 섭취하여 안전 농산물에 대한 소비자의 욕구를 충족시키고 식습관을 개선하는 등 아이 교육에도 도움을 줄 수 있기에 홈 가드닝 시장의 활성화를 기대해본다.

2. 본론

2-1. 시스템 구성도

그림 1은 본 시스템의 전반적인 구성을 도식화한 구성도이다. ‘태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기’ 프로세스는 채소 상태 제어기와 채소 환경 제어기, 앱으로 구성된다. 채소 상태 제어기는 채소의 상태를 1일 1회 촬영하는 웹 카메라, 채소 상태에 따라 빛의 색을 바꾸는 LED, 웹 카메라로 촬영된 이미지를 OpenCV로 판단하여 LED를 제어하는 라즈베리파이로 구성되어 있다.

채소 환경 제어기는 다양한 센서들을 통해 조도, 수온, PH, 수위, 거리 정보를 상단 라즈베리파이를 통해 서버에 송신한다. 서버에서 얻은 센서값에 따라 기준 수치에 맞게 태양 전지판에서 얻은 전력으로 재배기의 높이를 액추에이터로, 수위를 모터 펌프로 제어한다. 또한, 수온과 날씨, 시간, 장애물과의 거리를 바탕으로 재배기가 자율적으로 이동한다.

앱에서는 서버에서 값을 수신받아 채소 상태 및 환경 정

보를 확인하고, 블루투스 연결을 통해 액추에이터 높이 수동 제어가 가능하다. 이러한 과정이 실시간으로 이루어짐으로써 채소 동해, 발병을 예방할 수 있다.

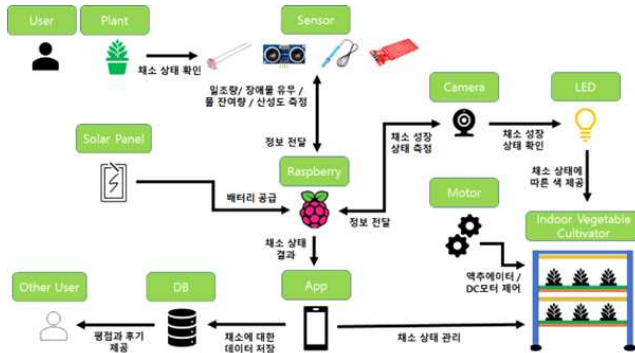


그림 1. 시스템 구성도

2-2. 시스템 기능

본 논문의 시스템은 재배기의 채소 상태 관리, 채소재배기 환경 조성, 조도에 따른 높이 조절과 회전 3가지를 제시한다.

첫째, 사용자가 스마트폰 앱을 사용해 재배가 가능한 채소의 항목, 특징, 후기를 바탕으로 재배할 채소를 선택할 수 있다. 선택한 채소를 재배하는 동안 채소 상태에 따라 LED의 색상을 변경해준다. LED의 파장 별 효과가 다른데, 청색(430~440nm)은 잎 두께와 광합성 효율을 증대하고 적색(650~700nm)은 신장효과 촉진과 광합성 작용 최대 시켜 주어 식물의 생장에 도움을 준다. [2] 1일 1회 카메라로 촬영한 채소의 상태를 분석하여 채소 상태에 가장 적합한 색상으로 LED를 바꿔준다.

둘째, 재배기 각층에 제공되는 물의 수위가 최소 수위보다 낮으면 펌프를 통해 자동으로 물을 보충한다. 수질은 PH 농도에 영향을 받기 때문에 PH 농도를 엽채류가 가장 잘 자랄 수 있는 PH 6.65로 맞춘다. 이때, 베이킹소다와 구연산을 사용한다.

셋째, 채소에 햇빛을 최대로 공급할 수 있도록 일조량이 가장 많은 위치와 높이로 시간에 따라 스스로 이동을 한다. 채소재배기의 동작 현황 확인 및 제어는 전용 앱을 통해 할 수 있다.

2-3. 모바일 흐름도

그림 2는 모바일 흐름 과정을 도식화한 것이다. 로그인 후 재배기 연결 화면에 진입하고 사용할 재배기와 블루투스 연결을 한다. 재배기 사용이 처음일 경우에는 채소 선택 화면으로 넘어가며 4가지 채소 (로메인 상추, 비타민, 바질, 애플민트) 중 하나를 선택한다. 선택한 채소에 대한 정보와 타 사용자들의 평점 확인 후, 채소를 선택하고 채소의 별명을 설정해 주면 홈 화면에 진입한다. 홈 화면에는 주요 기능인 채소 및 재배기 상태 보러 가기 버튼이 있으며 부가적으로 재배기 총 전망, 날씨를 확인할 수 있다. 채소 보러 가기 버튼을 누르면 재배 중인 채소 성장 단계 및 상태, LED 색을 확인할 수 있고 최근 촬영된 채소 사진을 볼 수 있다. 재배기 보러 가기

버튼을 누르면 재배기의 위치, 수온, 수질을 확인 및 재배기의 실내·외 이동제어 가능하다.

사용자가 재배를 완료한 후 선호도 조사를 하고 DB에 저장하여 추후 타 사용자에게 채소 만족도 평점을 제공한다.

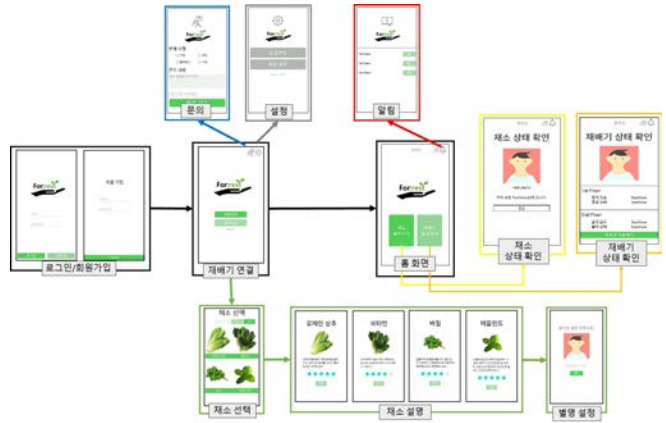


그림 2. 모바일 흐름도

2-4. OpenCV로 파악하는 채소 상태와 질병

채소의 상태와 질병을 분석하기 위해, 웹 카메라와 OpenCV를 이용한다. 먼저, 그림 3에 보이는 것처럼 채소 사진의 초록색과 검은색의 픽셀 수를 히스토그램으로 나타내어 채소의 성장 상태(초·중·말기)와 질병 유무를 파악한다. 5000픽셀 이하이면 초기, 45000픽셀 이하이면 중기, 나머지는 말기로 분류한다. 검은색의 픽셀 수가 2000픽셀 이상이면 질병이 있음을 표시한다. 확인된 채소의 상태와 질병 유무를 앱에 나타내 사용자가 확인할 수 있게 한다.

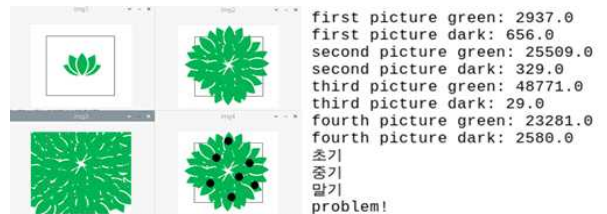


그림 3. OpenCV로 파악한 채소 상태와 질병 유무

2-5. 하드웨어 구성 및 기능

2-5-1. 자율 이동 시스템

그림 4는 재배기의 자율이동(H/W) 흐름을 도식화한 것이다. 우선 시간이 낮 시간대 (07-18시)일 경우, 공공데이터 API를 통해 날씨를 파악한다. 날씨가 맑다면 채소가 성장하기에 적합한 최저 온도인 15도 이상인지를 파악하고, 만족하면 자율이동을 시작한다. (위 3개 조건 중 하나라도 만족하지 않는다면 채소재배기는 실내에 위치함). 초음파 센서는 재배기의 정면, 우측면, 후면에 각각 1개씩 부착하여 이동 경로에 장애물 유무를 파악하고 장애물이 감지되면 재배기의 이동을 멈추게 하여 사고를 방지한다. 실외에서 재배기의 이동은 시간에 따라 움직이도록 하였다.

재배기가 실외에서 자율이동을 시작하면 1시간에 한 번씩 180

도 회전한다. 태양의 이동에 따라 재배기는 좌측에서 우측으로 시간에 따라 이동한다(이는 자연광을 최대로 공급하기 위함). 먼저, 베란다에 위치하면 좌측 끝으로 이동 후 시간 측정을 시작한다. 10시 이후 베란다의 중심로 이동하고, 15시 이후 베란다의 가장 우측으로 이동하게 된다. 18시 이후 기존에 지정된 실내의 위치로 이동하여 일조량이 적을 때 실내에서 LED를 통하여 식물이 끊임없이 빛으로부터 영양분을 공급받을 수 있도록 한다.

조도 센서는 상단(A)과 하단(B)에 각각 위치하여 일조량을 측정한다. 두 조도 센서가 측정한 일조량을 percentage로 환산하여 A, B의 값이 10%를 초과하고, A-B가 50%이면 액추에이터를 통해 재배기 높이를 상승시킨다. 만일 B-A가 50%이면 액추에이터에 모터 드라이버를 통해 신호를 반대로 입력하여 재배기의 높이를 하강한다.

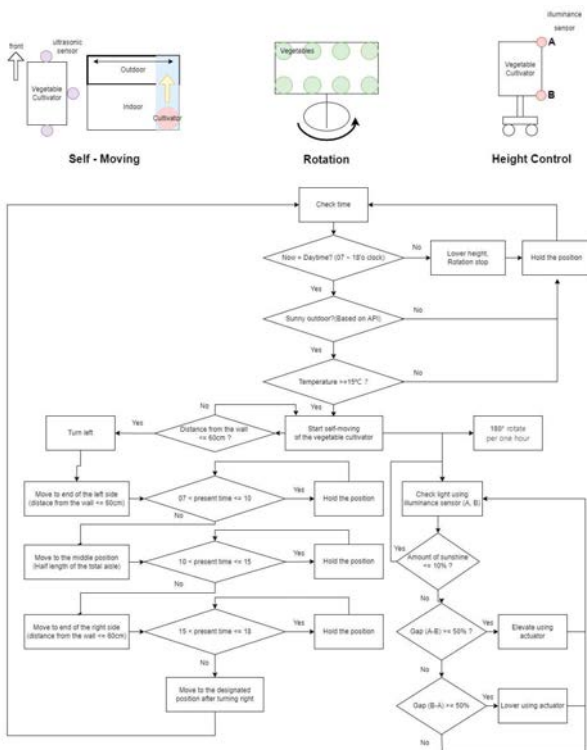


그림 4 자율이동 알고리즘

2-5-2. 수경 재배 시스템

수경 재배를 자동으로 제어해주는 시스템이며 수위 및 수질 조절로 나뉜다. 수위 조절 시스템은 센서를 통해 수위를 실시간으로 측정한다. 수위가 바닥으로부터 4cm 이하인 경우 (바닥부터 스펀지가 3cm 떨어져 있고, 스펀지는 최소 30~50% 물에 잠겨야 하므로 해당 수치로 결정함.), 수위가 4.75cm 이상이 될 때까지 모터 펌프로 물을 공급한다.

수질 측정 시스템은 1시간마다 PH 센서를 통해 PH 농도를 측정하여 수질을 확인한다. 수질은 PH 농도에 영향을 많이 받으며, 엽채류(상추)를 기준으로 6~6.5가 식물 생장에 가장 좋은 PH 농도이기에 해당 농도를 벗어나면 구연산, 베이킹소다를 이용해 PH 농도를 조절해준다. 물의 PH

농도가 6.0 미만이면 베이킹소다를 공급하고 6.5 이상이면 구연산을 공급하여 재배기의 수질을 조절한다.

3. 구현 결과

그림 5-1과 5-2는 ‘태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기’의 전반적인 형태를 나타낸다. 재배기에 전원을 공급하는 태양광 패널, 채소의 상태를 확인하는 웹 카메라, 햇빛의 역할을 하는 LED, 물 공급을 결정하는 수위센서, 자동으로 물을 공급하는 모터 펌프, 수질 및 수온을 측정하는 수온센서와 PH센서, 자율이동을 위한 DC모터, 햇빛을 최대한 많이 제공하기 위해 높이 조절을 하는 액추에이터, 일조량을 측정하는 조도센서로 그림과 같이 구현하였다. 또한, 측정된 수온과 수질 등은 앱을 통해 실시간으로 확인할 수 있다. 추가로 분석한 채소의 상태에 따라 효과적인 파장의 조명을 공급한다. 결과적으로 지능형 자율이동과 최적의 채소 성장 환경 관리를 통해 친환경적이고 채소의 성장을 극대화하는 채소재배기를 구현했다.

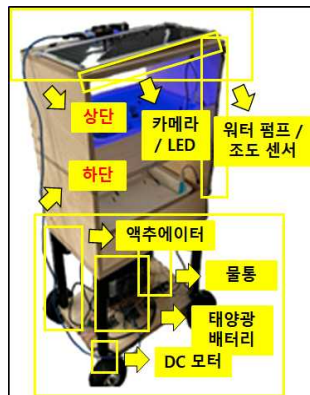


그림 5-1. 채소재배기

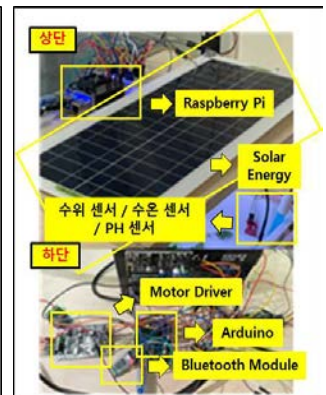


그림 5-2. 결선도

4. 결론

본 논문에서 제시하는 ‘태양광 에너지를 활용한 지능형 자율이동 채소재배기’는 스스로 채소를 관리하고 햇빛의 이동 경로에 따라 자율이동이 가능한 채소재배기이다. 최근 코로나19로 인해 가정 내 스마트 팜에 대한 관심이 높아졌다. 제시한 제품을 시장에 출시함으로써 가정에서도 친환경적으로 편리하게 건강한 채소를 손쉽게 재배할 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgement

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] I-Jin Choi, “Effects of Air Quality Improvement and Worker Stress Reduction in Office Space Using Air Purification Plants”, Hort. Sci. Technol. 39, 2021
 [2] 심수빈, “상추 생육에 적합한 식물공장의 LED 광환경에 관한 문헌연구”, 農業科學研究, Vol.36, No.2, 2008