

아두이노를 활용한 창문형 수경재배 모니터링 시스템

박영민
숙명여자대학교 기초공학부

The Arduino based Windowfarm Monitoring System

Young-Min Park

Division of Basic Engineering, Sookmyung Women's University

요약 본 논문은 아두이노를 기반으로 윈도우 팜 수경재배를 자동으로 모니터링하는 시스템의 구현에 관한 논문으로 4차 산업혁명의 아이콘으로 떠오르고 있는 아두이노의 오픈소스를 활용한다. 창문형 수경재배를 의미하는 윈도우 팜은 도시에서의 바쁜 일상에서 벗어나 식물을 재배하고 싶은 사람들의 욕망을 채울 수 있는 대안으로 제시되고 있다. 본 논문에서 제안한 시스템은 아두이노 우노 보드와 4채널 모터쉴드, 그리고 온습도, 조도센서, 리얼타임 클럭모듈을 이용하여 창문형 수경재배 환경을 실시간으로 자동 모니터링하는 시스템을 개발하였다. 수경재배를 위한 모듈은 다양한 형태로 발전되어 왔으나 대부분 일반전원과 모터 등을 활용하기 때문에 전력사용량이 높다. 그리고 자동으로 모니터링 하는 시스템이 아니기 때문에 관리자가 늘 시스템의 동작상태를 관리해야 하는 단점이 있다. 본 시스템은 IOT 센서로 활용되고 있는 온습도, 조도센서를 활용하여 식물의 성장환경에 가장 적절한 물공급 체계를 갖추고 있다. 또한 리얼타임 클럭모듈을 이용하여 계절과 시간에 맞는 물공급을 조절할 수 있다. 그리고 본 시스템은 라즈베리파이3와 아두이노 우노를 이용하여 Linux환경에서 스케치 코드로 구현하였다.

Abstract This paper is on the implementation of a system for automatically monitoring window farm hydroponics based on Arduino (utilizing Arduino's open source code) emerging as the icon of the Fourth Industrial Revolution. A window farm, which means window-type hydroponics, is offered as an alternative to fulfill the desires of people who want to grow plants aside from the busy daily life in the city. The system proposed in this paper was developed to automatically monitor a window farm hydroponics cultivation environment using the Arduino UNO board, a four-channel motor shield, temperature and humidity sensors, illumination sensors, and a real-time clock module. Modules for hydroponics have been developed in various forms, but power consumption is high because most of them use general power and motors. Since it is not a system that is monitored automatically, there is a disadvantage in that an administrator always has to manage its operational state. The system is equipped with a water supply that is most suitable for a plant growth environment by utilizing temperature, humidity, and light sensors, which function as Internet of Things sensors. In addition, the real-time clock module can be used to provide a more appropriate water supply. The system was implemented with sketch code in a Linux environment using Raspberry Pi 3 and Arduino UNO.

Keywords : Arduino, hydroponics, Open source, Monitoring, Window Farm

1. 서론

폰 노이만이 처음 제안한 프로그램 내장방식은 처리하고자 하는 명령어를 기억장치에 저장시켜두고 순서대로

하나씩 읽어서 처리하는 방식이다[1]. 이 방식은 현대에 이르기까지도 컴퓨터의 기본 원리로 자리잡고 있다. 컴퓨터의 성능이 발전하면서 세상이 할 수 있는 모든 일을 컴퓨터에 담는 과정으로 컴퓨터 기술이 발전되

*Corresponding Author : Young-Min Park (Sookmyung Women's Univ.)

Tel: +82-10-3648-1920 email: ympillow@sookmyung.ac.kr

Received February 28, 2018

Accepted May 4, 2018

Revised (1st April 2, 2018, 2nd May 3, 2018)

Published May 31, 2018

어 왔다. 이것은 전문가가 아니면 컴퓨터를 쉽게 활용하기 어렵게 만들었고, 사람들은 누구나 쉽게 컴퓨터를 다룰 수 있도록 하기 위한 노력을 시도하였다. 그 결과로 윈도우라는 운영체제가 탄생하였고, 요즘은 모두가 컴퓨터에 쉽게 접근하여 다양한 형태로 정보를 얻을 수 있는 시대가 되었다. 1988년 미국의 사무용 복사기 제조회사인 제록스의 마크 와이저가 '언제 어디에나 존재한다'는 뜻을 가진 '유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing)'이라는 용어를 사용하면서 컴퓨터가 할 수 있는 일을 세상 속으로 되돌리는 작업을 시도하게 되었다[2]. 여기에 유비쿼터스 센스 네트워크라는 개념이 도입되면서 똑똑한 단말기 하나만 가지고 있으면 세상 어느 곳에서도 자신이 원하는 정보를 마음껏 누릴 수 있는 시대로 발전하게 되었다.

2005년에는 이탈리아 북부 이브레아(Ivrea)라는 작은 도시의 예술과 IT를 융합해 가르치던 IDII(Interaction Design Institute Ivrea)라는 전문대학원에서 마시모 반지(Massimo Banzi) 교수가 공학도가 아닌 일반인 특히, 예술학도라도 접근하기 쉽고 저렴한 전자교육용 제품인 아두이노(Arduino)를 처음 개발하였다[3]. 지금까지 개발되어 온 컴퓨터와는 다르게 아두이노는 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 첫째, 아두이노 보드는 다른 마이크로 컨트롤러 플랫폼에 비해 저렴하다. 호환제품은 7천원 내외로 아두이노 UNO를 구입할 수 있으며, 각종 센서를 포함한 스타트키트도 5만원 내외로 구입할 수 있다. 둘째, 아두이노 소프트웨어는 윈도우즈, 맥OSX, 리눅스 운영체제 모두에서 작동하는 크로스 플랫폼을 제공한다. 그래서 어떤 운영체제를 가지고 있는 쉽게 아두이노를 활용할 수 있다. 셋째, 간단하고 명확한 프로그래밍 환경을 갖추고 있어서 초보자들이 사용하기 쉬울 뿐 아니라 여러 가지 다양한 시도를 하기 위한 유연성을 제공한다. 마지막으로, 아두이노 하드웨어 및 소프트웨어는 오픈 소스를 지향하고 있기 때문에 프로그래머들에 의해 작성된 확장 소프트웨어 라이브러리를 구할 수 있으며, 회로 설계자들이 손쉽게 자신만의 모듈을 만들고 개선할 수 있다.

아두이노는 다양한 센서를 활용하여 LED나 모터와 같은 출력장치를 제어할 수 있고, 서로 통신할 수 있는 기능을 제공하여 다양한 응용분야에 창의적인 산출물을 만들어낼 수 있는 환경을 제공하였다. 예를 들어 온습도계를 이용한 환경제어장치, 동작 감지기를 이용한 모니

터링 시스템, MP3모듈을 이용한 음악 재생기, 각종 센서를 활용한 스마트 홈 등 누구나 한번쯤 상상했던 것들을 현실에서 구현할 수 있는 방법을 제공하였다. 그 중에서도 도심에서 귀농의 꿈을 이루게 할 수 있는 창문형 수경재배 시스템을 자동화시키는 방법에도 아주 효율적으로 응용할 수 있다.

본 연구에서는 최근 활발하게 연구와 개발이 진행되고 있는 사물인터넷(IOT, Internet Of Things) 분야의 응용기술로서 윈도우 팜을 이용해 가장 효율적으로 식물용 가정이나 사무실 등의 실내에서 재배할 수 있는 IoT시스템을 개발하는데 목표를 두었다[4].

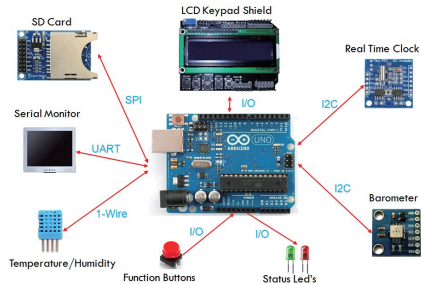


Fig. 1. Advantage of the capabilities of the Arduino

2. 관련 연구

2.1 아두이노 모니터링 응용분야

인터넷과 임베디드 기술의 발달은 사물인터넷을 세상에 출현시키는 출발점이 되었고, 오픈소스를 표방하는 기술자들의 공로로 다양한 산업 현장에서 사물인터넷을 응용한 기술들이 선보이고 있다. 그 중에서도 시스템의 정상 운영을 위해 서버실의 온도, 습도, 화재등과 같은 환경 관리를 자동화하고 24시간 독자적으로 환경을 모니터링하고 이벤트 발생 시 실시간으로 관련 담당자에게 알려주는 저비용의 시스템을 아두이노를 기반으로 개발하기도 하였다[7]. 이 논문에서는 온도와 습도를 일정한 범위 내에서 유지해야하는 컴퓨터 서버실의 환경을 모니터링하기 위하여 기존의 냉난방이 시스템을 아두이노와 온습도 센서를 이용하여 저비용으로 환경모니터링 시스템을 구현한 장점이 있는 반면, 모니터링 데이터를 원격지에 있는 DB서버에 저장하기 위한 별도의 시스템을 구성해야하는 단점을 가지고 있다.

새로운 ICT기술로 LED조명과과의 결합을 통해 획기적

에너지 절감이 가능하고 인간중심, 친환경, 그리고 사용자 요구환경에 부합되는 콘텐츠가 내장된 다기능 솔루션을 사용자 요구사항에 맞추어 실시간으로 제공하는 차세대 조명에 적용하기도 하였다[8]. 이 논문에서는 클라우드를 활용한 LED조명 제어 시스템 구축하기 위하여 클라우드컴퓨팅 환경을 이용하는 것이 특징이며, 이것을 위하여 무선모듈을 내장한 아두이노용 보드를 사용하였다. 사용자는 스마트 기기로 클라우드컴퓨팅 환경을 이용하여 LED조명을 켜거나 끌 수 있도록 하였다. 이 과정에서 사용한 아두이노용의 네트워킹 기능은 매우 한정적이며, 특정 포트의 정보를 제어할 수 있다는 점을 이용하여 LED를 제어하는 과정을 보여주었다. 이 논문에서는 아두이노용을 이용하여 원격지에서도 클라우드 컴퓨팅환경을 이용하여 아두이노 주변의 다양한 센서를 모니터링할 수 있다는 가능성을 보여주었지만, 이에 대한 추가적인 연구결과가 부족하다고 할 수 있다.

SKT의 스마트 팜 서비스는 비닐하우스 내부의 온도와 습도, 급수와 배수, 사료 공급 등을 원격 제어의 지능형 비닐하우스 관리시스템을 제공하고 있다. 이 시스템은 SKT가 보유하고 있는 무선통신망을 이용하여 시공간적 제약을 극복하고 다양한 분야에서 응용할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 오픈소스를 기반으로 개발되지 않았기 때문에 설치와 유지보수에 관한 비용이 상대적으로 많이 들어 일반화시켜 대중들에게 널리 보급하기에는 고비용의 문제점을 지적할 수 있다[9].

2.2 윈도우 팜(Window Farm)

2.2.1 수경재배와 윈도우 팜

수경재배는 말 그대로, ‘물에서 키우는 재배’를 뜻한다. 화초뿐 아니라, 과일과 채소 재배에도 널리 쓰인다. 화초 자체의 증산 작용과 더불어, 화기(화초를 심는 그릇)에서 바로 증발하는 수분이 더해져 메마른 실내 공기에 촉촉함을 더한다. 식물은 빨아들인 물 가운데 1%만을 생명 유지에 쓰고, 나머지는 증산 작용을 통해 공기 중에 배출한다.

윈도우 팜(Window farm) 역시 수경재배 방식이다[5]. 주렁주렁 매달아놓은 윈도우 팜 주변의 환경을 개선할 수도 있다. 삶의 질에 대한 관심이 높아지면서 많은 현대인들은 실내에서 식물을 직접 재배하고 싶은 욕구가 강하고, 실내재배의 이로움을 충분히 알고 있으나, 실내에 화분을 놓을 공간이 부족하거나, 바쁜 일상생활로 인해

키우지 못하는 경우가 대부분이다. 이런 점들에 착안하여 해외에서 처음 시작된 윈도우 팜 프로젝트는 현재 오픈 소스로 공유되어 세계 곳곳의 사람들에게 의해 활성화되고 있다. 그리고 식물재배의 원리를 더욱 발전시켜 윈도우 팜이란 새로운 개념이 도입되었다.

이 윈도우 팜은 창문을 이용하여 수경 재배 식물을 적당한 용기에 담고 물을 순환 시키는 물리적 구조를 통해 손쉽게 식물을 키울 수 있는 시스템이다. 윈도우 팜은 제작이 간단하고 차지하는 공간도 적다. 또한 자동으로 물을 순환 시키는 구조와 수경 재배 방식은 관리를 위한 시간적 노력을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.2.2 윈도우 팜의 구조

집안에서 즐기는 수경재배는 장소에 따라 여러 종류로 나뉜다. 베란다에 키우면 베란다 수경재배, 책상이나 선반 위에 키우면 데스크 수경재배. 그리고 창문에서 키우는 윈도우 팜(window farm)이다. 윈도우 팜은 주위에서 쉽게 구할 수 있으면서 집안에도 부담스럽지 않은 플라스틱 병이나 컵 등을 재활용하여 만들고, 창문에 세로 줄로 매달아 수증 재배를 할 수 있는 실내 식물재배 방법이다. 2009년 미국의 아티스트 Britta Riley와 Rebecca Bray가 뉴욕 ‘eyebeam center for art and technology’의 전속 아티스트로 있을 때 처음 개발한 것으로, 12번이나 개조하는 고된 협동 과정 끝에 그림 2와 같은 지금의 ‘윈도우 팜 프로젝트’가 자리를 잡게 되었다[6]. 윈도우 팜은 효율적으로 공간과 에너지를 쓸 수 있고, 수확률이 높은 먹거리를 키울 수 있어 현재 뉴욕에서 가장 인기 있는 실내 수경재배 방법이다.



Fig. 2. Example of Window Farm(www.ted.com) : A garden in my apartment, Britta Riley)

3. 윈도우팜 모니터링 시스템

3.1 윈도우팜 모니터링 시스템 제안

3.1.1 윈도우 팜과 아두이노

현재 오픈 소스로 공개된 윈도우 팜들은 디자인 면에서 소형화 되거나 다양한 형태의 모델이 소개되었지만 식물을 키우는 환경적 요소들에 의해 몇 가지 한계를 가진다. 첫째, 현재는 물을 일정 속도로만 돌리는 구조인데 식물의 경우 시간과 햇빛의 양에 따라 보충 되어야 할 물의 양이 다르다. 예를 들어 밤보다는 낮에, 비가 오는 날보다는 햇빛이 강한 날에 식물이 소비하는 수분의 양이 많기 때문에 그만큼 공급하는 양을 늘려주어야 한다. 둘째, 실내는 실외에 비해 주변 환경이 인공적으로 빠르게 변하는데 기존 시스템의 경우 이를 반영하기 어렵다. 이처럼 기존 기술은 식물을 재배하기 위한 환경을 고려하지 않은 채 일정 양의 물만 순환시키는 구조였다.

따라서 본 논문에서는 윈도우 팜에 아두이노를 활용한 IoT 기술을 접목시켜 실내에서 재배하는 수경재배 환경에서 발생하는 여러 문제점과 관계된 한계를 극복하고, 편리하고 스마트한 개인 자동화 창문형 수경재배 시스템을 구현하고자 하였다.

2.2.2 시스템 구성도

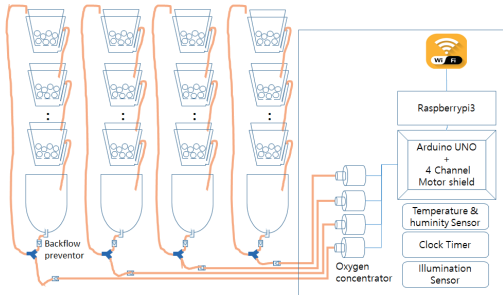


Fig. 3. Proposed system : Arduino based Windowfarm Monitoring System

본 논문에서는 초기 윈도우 팜 프로젝트에서 제안한 자유낙하 방식의 시스템을 개선하여 위치에너지와 역류 방지기의 압력 차이를 이용하여 맨 아랫단에서 최상단으로 물을 공급하는 구조를 채택하였다.

본 시스템에서 구현한 기술로는 크게 4가지가 있다. 첫째, 윈도우 팜 수경재배 시스템의 안정성을 높이기 위하여 물을 저장하고 하단으로 이동시키기 위한 컵 형태의 구조물을 3D프린터를 이용하여 자체 제작하였다. 이

렇게 제작된 컵 속에 언제나 쉽게 구할 수 있는 플라스틱 컵을 얹고 그 속에 식물을 저장하도록 하여 재배하고자 하는 식물을 언제나 교체하거나 다듬을 수 있도록 하였다.

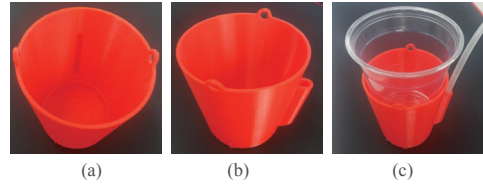


Fig. 4. Plant cultivation equipment used in this system made by 3D printer. (a)ring for connection. (b)waterspout in the side, (c)Completed for of water supplying equipment

그림 4를 보면, 식물을 재배하기 위한 컵을 담을 수 있는 장치를 3D프린터로 제작하였다. 그림3과 같은 형태의 시스템을 제작하기 위하여 컵의 상단에 고리를 만들었고, 컵의 측면에 홈을 만들어 공급된 물이 아랫단으로 내려올 수 있도록 하였다. (C)는 식물을 담은 컵을 3D프린터로 제작된 장치에 얻은 상태를 보여준다. 컵의 하단에는 3~5의 구멍이 뚫려져 있어서 상단에서 공급된 물이 맨 하단까지 흘러내릴 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 윗단에서 내려온 물이 컵속에 차게 되고 측면의 홈 높이보다 높이 찰 경우 호스를 통하여 아랫단으로 흘러내리게 된다.

둘째, 아두이노는 실행이후의 시간을 계산할 수 있으나 현재 시간을 인지하지는 못한다. 그래서 아두이노 보드에 DS1320 Real Time Clock Module을 추가하여 시간을 인식하는 기능을 포함시켰다. 시간 정보는 소프트웨어 타이머로 구현할 수 있지만 정확도가 떨어져 하드웨어로 제작된 타이머 모듈을 사용하였다. 이렇게 함으로써 현재 시간을 알 수 있으며, 계절과 월, 일, 시간을 구분할 수 있어서 시간과 관련된 정보를 활용하여 식물 재배에 가장 적절한 환경을 제공한다. 타이머 모듈에서 얻은 시간 정보를 활용하여 물을 공급하는 모터의 속도를 조정하고 시간대에 맞는 적절한 물 공급 시스템을 구축하였다. 그리고 사용자가 임의대로 환경을 조정할 수 있도록 모터 속도 제어 기능을 추가하였다.

셋째, 아두이노에 온도, 습도, 조도를 파악할 수 있는 센서를 사용하여 온도와 습도, 빛의 세기, 그리고 시간을 활용하여 각 환경별로 가장 적합한 재배환경을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 구축한 아

두이노 모니터링 시스템과 사용자간의 양방향 통신은 언제 어디서나 식물의 상태를 확인하고 식물 환경을 조절할 수 있는 환경을 만들어 주고 있다.

넷째, 아두이노를 개발하기 위한 환경으로 오픈소스 기반의 라즈베리파이3를 사용하였다. 이것은 본 시스템을 다시 오픈소스로 공급하여 지구 곳곳에서 다양한 모델로 발전시킬 수 있는 개발환경을 제공하기 위해서다. 라즈베리파이에서 시리얼모니터로 보내는 정보를 wifi를 통해 클라우드컴퓨팅 환경으로 모니터링 할 수 있는 데이터로 제공하였다. 이렇게 수집된 모니터링 정보를 웹에서 확인하고 조절할 수 있도록 함으로써 본 시스템을 쉽게 확장할 수 있고, 대규모로 구성하는 경우에도 원격에서 모니터링할 수 있는 시스템으로 확장시킬 수 있도록 구현하였다.

본 시스템에서 창문에 구현한 윈도우 팜은 4줄로 구성되어 있고, 한 줄당 4개씩 식물을 재배할 수 있는 구조를 택했다. 이것은 사무실이나 아파트의 창문에 윈도우 팜을 설치하는 경우 4개 정도가 가장 적절한 환경이기 때문이다. 경우에 따라서는 줄과 컵의 수를 사용자의 설치 환경에 맞게 재구성할 수 있다.

2.3 모니터링 시스템 구현

2.3.1 물 공급을 위한 산소발생기 모듈

본 시스템을 실험하는 과정에서 5V로 구동하는 산소발생기 한 대당 한 줄을 담당하도록 하였다. 한 줄에는 보통 3~6개의 컵을 연결할 수 있다. 본 논문에서는 한 줄당 4개의 컵을 연결하여 총 16개의 컵이 사용되었고, 모터는 총 4대가 소요되었다. 4대의 모터를 동시에 구동하기 위해서는 아두이노 UNO의 전류가 부족하기 때문에 모터 구동을 담당하기 위한 4채널 모터셴드(DFROBOT Quad Motor Driver)를 추가하였기 때문에 아두이노 우노 보드를 위한 5V 전원과 모터셴드를 구동하기 위한 9V 어댑터를 같이 사용하였다.



Fig. 5. Oxygen concentrator connected to 4-channel motor shield

2.3.2 클럭타이머, 온습도센서와 조도센서

윈도우 팜에 연결된 4개의 산소발생기 모듈을 제어하기 위해 사용한 4채널 모터셴드는 리얼타임클럭과 온습도센서(DHT11), 조도센서를 사용하여 아두이노에서 모터로 출력되는 신호를 PWM방식으로 조절하여 모터에 제공되는 신호값을 0~255로 조정하도록 하였다. 아두이노는 출력으로 디지털 신호를 사용하지만 아두이노에서는 디지털 신호 값으로 아날로그 신호 값과 유사한 효과를 만들어내는 기술로써 PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 사용한다. 디지털 출력 핀 중에서 ~3,~5,~6,~9,~10,~11로 표시된 핀은 아두이노 스케치 코드에서 analogWrite() 함수를 사용하여 PWM방식의 출력을 만들 수 있다. 본 시스템에서는 0에서 255까지의 값을 조정하여 모터를 제어하도록 하였다.

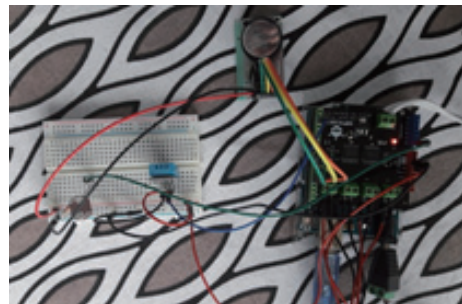


Fig. 6. Clock Timer, Temperature and humidity sensor, and Illumination sensor

2.3.3 모터 제어 알고리즘

아두이노 스케치 코드는 크게 하드웨어의 초기값을 설정하기 위한 setup() 함수와 알고리즘을 구현하는 loop()로 구성되어 있다. 본 시스템에서 사용하는 4채널 모터셴드와 클럭타이머, 온습도 센서를 위해 라이브러리 선언과 setup() 함수에 정의할 내용은 그림 7과 같다. 아두이노는 온습도 센서로부터 각각 온도와 습도를 실수형으로 전달받고, 조도값을 아날로그 핀으로 전달받는다. 리얼타임 클럭 타이머로부터 현재시간을 알 수 있기 때문에 계절과 시간, 온습도와 조도를 이용하여 가장 적절한 모터의 속도를 조정할 수 있다. 이렇게 모터의 속도를 조정함으로써 윈도우 팜에 공급되는 물의 양을 조절하여 식물의 성장환경을 조절할 수 있다.

```

// for Real time clock module
#include <DS1302.h>
#define SCK_PIN 9
#define IO_PIN 10
#define RST_PIN 13
DS1302 rtc(RST_PIN, IO_PIN, SCK_PIN);
// for Temperature and Humidity sensor
#include "DHT.h"
#define DHIPIN 2
#define DHITYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHITYPE)
// for illumination sensor
#define POT_PIN A0
// for 4 channel motor shield
int E[3] = {3, 5, 6, 9};
void setup() {
  for (int i=0; i<3; i++) {
    pinMode(E[i],OUTPUT); }
  // DS1302 Real time clock module
  rtc.halt(false);
  rtc.writeProtect(false);
  rtc.setDOW(TUESDAY);
  rtc.setTime(19,40,0);
  rtc.setDate(25,10,2017);
  // for serial monitoring
  Serial.begin(9600); }
    
```

Fig. 7. Library initialization for Arduino UNO

윈도우 팜에는 식용과 약용으로 쓰일 수 있는 다양한 식물을 재배할 수 있기 때문에 각 식물마다의 적정 성장 환경에 대한 정보를 바탕으로 필요할 때마다 모터제어 테이블을 조정한다. 모터의 속도를 제어하기 위한 신호를 생성하는 방법이 그림 8과 표 1에 나타나있다. 그림 8에서 모터의 속도(*motor_speed*)를 구하기 위해 센서로 입력받은 값을 기반으로 *func_choosingMotorSpeed()*로부터 계산된 값을 이용하였다. 본 시스템은 특정 작물만을 재배하기 위한 시스템이 아니기 때문에 다양한 작물에 대한 정보를 바탕으로 표 1과 같은 형태의 성장환경 테이블을 생성할 수 있다.

```

void loop() {
  float temp = dht.readTemperature();
  float humid = dht.readHumidity();
  int pot_val = analogRead(POT_PIN);
  motor_speed = func_choosingMotorSpeed();
  for (int i=0; i<4; i++) {
    M_advance(i, motor_speed);
    delay(delayTime);
    .....}
}
void M_advance(int motorNo, int Speed) {
  analogWrite(E[motorNo], Speed);
  .....
}
    
```

Fig. 8. Algorithm for Arduino & 4-CH motor shield

Table 1. An example for Table of Motor Speed used in *func_choosingMotorSpeed()*

index	Condition				motor speed
	1) Time	2)Temperature	3)Humidity	4)Illumination	
0	A.M. 6~9	~5℃	0~20%	~2,000	8
1	A.M. 9~12	5~10℃	30~40%	2,000~5,000	10
2	P.M. 12~3	10~15℃	40~50%	5,000~10,000	20
3	P.M. 3~6	15~20℃	50~60%	10,000~15,000	15
4	P.M. 6~9	20~25℃	60~70%	15,000~20,000	10
5	P.M. 9~12	25~30℃	70%~	20,000~25,000	8
6	A.M. 12~6	30℃~		25,000~	5
7	for 5 minutes after every O'clock	-	-	-	255

식물은 빛의 세기가 셀수록 잘 자라지만, 광포상점과 광포화점 사이에서 빛의 세기를 적절하게 조절해주는 것이 가장 중요하다. 일반적으로, 2,000~20,000 Lux 정도가 식물의 재배환경에 가장 적절하다. 그래서 표 1에서 시간은 7가지로 구분하고, 온도 또한 실내공간이라는 것을 가정하여 7단계로 구분했다. 그리고 습도는 20%에서 70% 이상에 대해 6단계로 구분하였다. 조도는 2,000Lux에서 25,000Lux 사이를 5,000Lux 단위로 단계를 구분하였다.

표 1은 시간과 온도, 습도, 조도를 조합하여 모터의 속도를 결정하기 위한 예를 보여주고 있다. 이 표의 입력은 $7 \times 7 \times 6 \times 7 = 2,058$ 가지 경우의 수가 나온다. 이 값을 참고하여 윈도우 팜이 설치되는 곳의 환경과 재배하고자 하는 작물의 종류에 따라 적절한 값을 선택하기 위한 함수(*func_choosingMotorSpeed()*)를 구현하면 가장 최적의 모터 속도를 선택할 수 있다.

특별히, 표 1의 7항목은 모터에서 발생하는 산소가 고무 튜브를 통해 윈도우 팜으로 공급되는 동안 고무 튜브에 식물로부터 나오는 분비물로 인해 이끼가 생기거나 압력 차이에 의해 산소 공급이 중단되는 경우가 발생하기도 한다. 그래서 매 시간 정각이 되면 5분 동안 최대속도 255로 모터를 회전시켜 고무튜브 사이의 이물질을 걸러내는 과정을 거친다. 이때 최대 속도로 물을 공급한 후 약 1분 정도는 모터 속도 값을 0으로 조정하여 잠시 쉬게 하는 것도 시스템의 안정도를 높일 수 있는 방안이다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 오픈소스 기반의 아두이노를 활용하여 창문형 수경재배 환경을 자동으로 모니터링하고 제어할 수 있는 시스템을 제안하였다. 윈도우 팜은 바쁜 일상 속에서 신선한 식물을 섭취하고 싶은 현대인의 욕망을 직접적으로 채워줄 수 있는 대안으로 제시되어 활용되고 있다. 하지만 다양한 기후변화에 실시간으로 대응하지 못하는 단점을 가지고 있으며, 대부분 외부에 타이머를 설치하여 밤과 낮을 구분하여 물공급량을 조절하는 정도에 그치고 있다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 아두이노에 연결된 온습도 센서, 조도센서, 그리고 클럭 타이머를 활용하여 계절, 날짜, 시간과 실내환경에 가장 적합하게 물을 공급할 수 있다. 이 시스템을 이용하여 실내공간에서도 식용식물과 약용식물을 대량으로 재배할 수 있다. 또한 오픈소스를 이용하여 손쉽게 구현할 수 있고 신선한 식물을 재배함으로써 산소발생량을 높혀 실내환경을 개선하는데도 큰 역할을 할 수 있다.

본 논문은 현대인들이 추구하는 나만의 농장을 아파트, 주택, 빌딩 사무실 등에서도 손쉽게 구현할 수 있는 사물인터넷(IOT) 시스템을 아두이노와 오픈소스를 이용하여 구현했다는 것에 의미가 있다. 또한 식물의 성장환경에 가장 적합한 환경을 제공하기 위하여 농업기술센터와 산학협력 연구를 진행하는 것도 매우 유익한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

향후 발전과제로는 창문형 수경재배로 실내온도를 섭씨 2도 이상 낮출 수 있다는 주장에 대하여 오랜 시간 동안 다양한 곳에서 모니터링한 데이터를 축적하여 보다 정밀한 실내환경 개선효과에 대한 연구를 진행할 수 있다. 또한 실내 온도를 낮추는 과정에서 에어컨 사용량을 줄일 수 있고, 이것은 에어컨 실외기에서 배출하는 프레온 가스 배출량을 줄일 수 있기 때문에 온실가스 배출감소로 이어질 수 있다. 이러한 효과에 대해 정밀한 연구를 진행하여 전 지구적인 지구온난화 문제에 대처하는 방안을 제시할 수도 있을 것이다. 본 시스템을 대규모로 운영하는 경우에는 클라우드 시스템을 이용하여 원격에서 웹으로 관리할 수 있는 솔루션을 개발하여 창업 아이템으로 발전시킬 수 있다.

References

- [1] Allison, Joanne, Stored-program Computers, retrieved 24 August, 2011.
- [2] Poslad, Stefan, Ubiquitous Computing Smart Devices, Smart Environments and Smart Interaction. Wiley. ISBN 978-0-470-03560-3, 2009.
- [3] "Arduino - Introduction", arduino.cc.
- [4] "Internet of Things Global Standards Initiative", ITU. Retrieved 26 June 2015.
- [5] <http://windowgardeners.org/about>
- [6] <https://www.ted.com/talks>
- [7] Hyo-Seung Lee, Jae-Chul Oh, "Design and Implementation of a Small Server Room Environment Monitoring System by Using the Arduino", *Journal of the KIECS*, vol. 12, no. 2, pp. 385-390, Apr. 30 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.2.385>
- [8] Xu Hao, Chul-Won Kim, Design and Implementation of LED Lighting Control System Using Arduino Yun and Cloud in IoT, *Journal of the KIECS*, vol. 11, no. 10, pp. 983-988, Oct. 31 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2016.11.10.983>
- [9] K. Min, "Market policy trend analysis of Internet of Things (IoT)," *Korea Information Security Agency: Internet & Security Issues*, vol. 2012, no. 9, pp. 3-33, Sept. 2012.

박 영 민(Young-Min Park)

[정회원]



- 1993년 2월 : 영남대학교 공과대학 전산공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 영남대학교 공과대학 전산공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 영남대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1995년 1월 ~ 1995년 11월 : 대우통신(주) 종합연구소 연구원
- 1995년 12월 ~ 1999년 7월 : 삼성전자(주) 정보통신연구소 전임연구원
- 2000년 3월 ~ 2010년 1월 : 경운대학교 모바일공학과 조교수
- 2014년 9월 ~ 2016년 2월 : 고려대학교 교육문제연구소 연구교수
- 2016년 8월 ~ 현재 : 숙명여대 기초공학부 특임교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 컴퓨터구조, 사물인터넷(IOT), 인문/공학 융합 교육, 오픈소스 대안교육