

<2014년도 청원 학생 교과연구대회>
아두이노를 이용한 통합 가드닝 시스템
(Integrated Gardening System)

교과	수학, 과학, 정보
연구 주제	아두이노를 이용하여 자동으로 식물 생장을 돕는 통합 가드닝 시스템 제작하기
팀명	Smart Gardener
팀원	10815 성명호 (팀장) 10208 박건우 (부팀장) 10822 이재원 11133 장민혁

1, 실험의 목표와 내용

(1) 실험 동기

사막한 도시 속에서 살고 있는 많은 사람들이 자연과 조금 더 가까워지고자 집에서 식물을 기른다. 하지만 식물을 기르는 일이 쉽지만은 않다. 때로는 물을 주는 것을 잊거나, 햇빛을 충분히 받지 못하는 등 여러 가지 이유로 식물들이 죽곤 한다. 식물에 대한 지식이 많지 않다는 이유도 있지만, 바쁜 일상생활 속에서 식물에게 관심을 줄 시간이 부족하기 때문일지도 모른다. 이러한 환경 속에서도 식물을 조금이나마 더 쉽게 길러보고자 자동화된 식물 관리 시스템을 생각해보게 되었고, 마침 한번 만들어 볼만한 가치가 있는 것이라 생각되어 친구들과 제작하게 되었다.

(2) 실험을 통해 얻고자 하는 것

여러 전기 회로와 아두이노 등을 이용하여 식물의 최소한의 생존에 필요한 요소들을 자동으로 조절하는 통합 가드닝 시스템을 제작해보고자 한다. 이를 통해 일상생활에서 어느 정도의 수준까지 제작이 가능한 지 고려해보고 실생활에서의 유용성은 얼마나 되는지 알아보고자 한다. 추가적으로 개선해야할 사항과 다른 장치와의 연계성도 생각해본다.

(3) 간략한 실험 내용의 초기 구상

기본적으로 우리가 쉽게 프로그래밍하여 원하는 동작을 시행하도록 할 수 있는 아두이노를 기반으로 식물에게 필요한 최소한의 요소인 빛, 온도, 물을 관리하려고 한다. 식물에게 필요한 시간동안 LED나 발광 다이오드 등의 광원을 통해 빛을 공급하고, 온도 센서를 이용해 주변 온도가 특정 온도 이하로 떨어지게 되면 발열용 램프를 이용해 온도를 조절하게 한다. 두 개의 작은 납판을 토양에 꽂아 저항 값을 측정해 특정 저항 값 이하로 떨어지면 (수분의 양이 감소하면) 펌프나 물 배급장치가 자동으로 작동하여 여러 화분에 물을 분배한 뒤, 저항 값이 정상적으로 돌아오면 자동으로 꺼지게 한다. 이러한 모든 동작은 아두이

노를 통해 명령되어지고, 주기적으로 반복된다.

2, 실험 전 선행 조사

(1) 아두이노

1) 아두이노란 무엇인가?

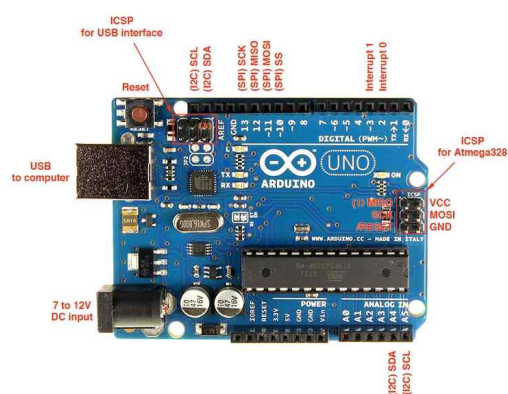


아두이노 (Arduino) 는 오픈소스를 기반으로 한 단일 보드로 된 마이크로 컨트롤러이다. 다수의 스위치나 센서로부터 여러 가지 값을 받아들여 LED나 모터 등을 이용하여 외부의 장치들을 통제할 수 있다. 그리고 어도비 플래시 등 일부 프로그램과도 연동이 가능하다. 아두이노는 다른 마이크로 컨트롤러보다 비교적 사용하기 편리하다. 전용 프로그램을 사용하여 USB를 이용해 소스 코드를 쉽게 업로드 할 수 있다. 그렇기 때문에 인기가 많고, 교육용 보드로 사용된다.

아두이노는 많은 종류가 있다. 가장 많이 알려지고 이용되는 Uno R3, Leonardo, Due, Micro, Nano, Mega, 와이파이 통신이 가능한 Yun, 소형화 된 Pro Mini 등 모두 모양과 기능이 조금씩 다르다.

기본적으로 Uno R3 보드에 대해서 알아보자.

- 마이크로 컨트롤러 : ATmega328
- 플래시 메모리 : 32KB (0.5KB는 부트 로더가 차지하고 있다)
- 클럭 : 16MHz



우선, 보드 내부는 5V로 동작하는데 전원공급 방법은 두 가지가 있다.

- USB 연결을 통해 5V전원을 공급
- 외부 전원 연결 단자를 통해 9V정도의 권장 전압을 공급 (배터리를 이용한다)

둘 다 연결될 경우 우선적으로 USB 전원을 사용한다.

사진의 위쪽을 보면 디지털 입·출력 핀이 14개 있다. 이 디지털 핀 들은 이진 신호(1과 0, 즉 ON과 OFF)를 사용한다. ON은 5V의 전압을 가지며, OFF는 0V의 전압을 가진다. 이중

몇몇 핀들은 부가적인 기능을 가지고 있다.

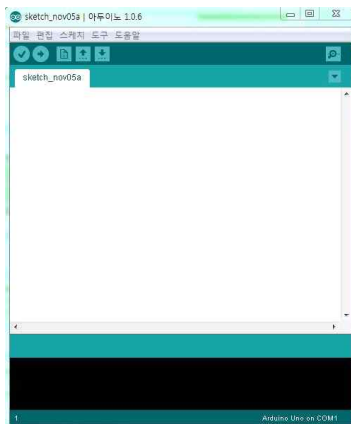
- 0, 1번 핀은 시리얼 통신에 사용됨
- 2, 3번 핀은 Interrupt 기능 (특정 신호가 발생할 때 정해진 동작 수행) 을 갖는다.
- '~' 표시가 있는 3, 5, 6, 9, 10, 11번 핀은 아날로그 출력을 할 수 있다.

오른쪽 밑에는 6개의 아날로그 핀이 있다. 주로 센서의 값을 읽어 들이는 역할을 하는데, 온도, 저항, 빛의 세기 등을 측정할 수 있다. 읽어 들인 값은 0부터 1023 사이의 숫자로 변환된다.

아두이노의 언어는 C언어의 문법을 기반으로 하고 있다. void setup(){}과 void loop(){}로 된 구조를 가지고 있는데, void setup(){}안에 들어가 있는 코드는 처음 한번만 실행되고, void loop(){}안에 들어간 코드는 무한 반복된다.

2) 아두이노의 사용

기본적으로 아두이노에 소스 코드를 업로드 하기 위해서는 컴퓨터에 아두이노 프로그램을 설치해야 한다. (<http://arduino.cc/en/Main/Software>) 그리고 아두이노를 USB선을 이용해 접속시킨다. 이 USB선은 전원 공급의 역할도 한다. 아두이노와 다른 요소들을 연결할 때는 브레드 보드를 이용하는 것이 편리하다. 브레드 보드에 요소들을 모두 배열하고, 필요한 부분을 전선으로 아두이노의 핀 부분에 알맞게 꽂아주면 회로가 완성된다. 소스 코드에서 회로의 센서에서 얻은 정보들을 출력하도록 설정했을 경우, 아두이노 프로그램 우측 상단의 시리얼 모니터를 통해 출력 값을 확인할 수 있다.



3) 아두이노의 이용 방향

소스 코드와 외부 요소들을 무궁무진하게 사용할 수 있어 생각하는 많은 것들을 실제로 만들 수 있다. 그렇기 때문에 식물 관리에 필요한 자동화 시스템을 구성하기에 아주 좋다고 생각한다. 식물의 상태를 체크하는 다양한 센서들의 값을 받아 조건에 따라 서로 다른 동작을 실행해 상태를 개선하고, 이러한 과정을 지속적으로 반복해 식물이 잘 자랄 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

(2) 기르려는 식물

어떤 식물이 이 실험에 적합한지 알아보자. 이 실험에 적합한 식물은 집 안에서 기르기 좋고 작은 식물이다. 이런 식물 중에는 미니 선인장, 미모사, 페퍼민트, 허브, 관상용 고추 등이 있다.

미모사는 키가 30cm 정도 자라고 가시가 나는 관목이다. 잎은 양치류 잎처럼 생겼으며,

꽃은 연보라색으로 작고 공 모양이며 술이 달려 있다. 열대지역에 널리 퍼져 있는 잡초이지만 온대지역에서도 귀화식물로 자라고 있으며 온실에다 심기도 한다. 미모사는 건드리면 움직이기도 하는데 이때 재빠르게 반응하는 것은 잔잎과 잎자루의 밑 부분에 있는 특수세포에서 수분이 빠르게 방출되기 때문이다.

페퍼민트의 줄기는 뿌리에서 나와 곧추서거나 위로 올라가며, 땅에 뿌리를 내리며 퍼져나간다. 잔털이 있는 잎은 마주보기로 뽕족하게 나며, 잎줄기가 있고, 톱니 모양의 가장자리에는 5~8쌍의 잎맥이 있다. 꽃은 보라색으로 6~7월에 잎겨드랑이에서 수상꽃차례로 핀다. 종 모양의 꽃받침은 5편으로 갈라지며, 4편으로 갈라진 꽃부리는 꽃받침보다 길다. 저온 다습에는 강하지만 고온 건조에는 약하며, 토질은 비옥하고 보수력이 있는 다소 습한 땅이 좋다. 고대 이집트에서는 페퍼민트를 식용과 약용 및 방향제로, 고대 그리스에서는 향수의 중요한 성분으로, 그리스와 로마에서는 향수 외에도 원기 강화제와 목욕 첨가제로 사용하였다. 정신적 피로와 우울증, 신경성 발작 등에 효과가 있고, 더울 때에는 차갑게 해주고 추울 때에는 따뜻하게 해주는 성분이 점액의 유출을 막아주고 해열과 발한을 돕는다. 감기 · 천식 · 기관지염 · 콜레라 · 폐렴 · 폐결핵 · 식중독 · 신경통 등에 효과가 있다.

미니 선인장에는 여러 가지 종류가 있는데 우리 가정에서 많이 기르는 선인장과에는 다육식물이 있다. **미니선인장 (다육식물)**은 잎이나 줄기 속에 많은 수분을 가지고 있는 식물로, 체표에는 각피가 발달한 것이 많으며, 건조한 지방이나 소금기가 많은 지방에 자란다. 다육식물의 종류에는 황채옥 선인장, 신천지 선인장, 소청 선인장, 산취 선인장, 비모란 선인장, 금호 선인장, 공작 선인장 등이 있다.

허브라는 단어는 푸른 풀을 의미하는 라틴어 Herba에서 왔다. 향과 약초라는 뜻으로 써오다가 BC 4세기경 그리스 학자인 테오프라스토스가 식물을 교목 · 관목 · 초본 등으로 나누면서 처음으로 허브라는 말을 쓰게 되었다. 예로부터 진통 · 진정 등의 치료뿐만 아니라 방부나 살충을 위한 약초로서 중요한 역할을 해왔다. 고대 이집트에서는 BC 2,400년경 귀족이 죽으면 시체가 썩는 것을 막기 위해 커민 · 아니스 · 카시아 · 시나몬 · 마조람 등의 향유를 발라 미라를 만들었다고 한다. 향은 꽃이 필 때 가장 강하기 때문에 이 때 채취하여 냉장보관하거나 응달에서 말려 밀폐용기에 보관해서 사용한다. 비타민과 미네랄이 풍부하고 각종 약리 성분으로 소화 · 수렴 · 이뇨 · 살균 · 항균 등의 작용을 하므로, 따뜻한 물에 녹여 차로 마시거나 고기나 생선, 내장류의 냄새를 없애고 단맛 · 매운맛 · 쓴맛 · 신맛 등의 맛에 변화를 줄 수 있어 특히 서양에서 많이 사용한다. 음식 이외에 허브를 이용하는 예로서, 카페인이 전혀 없는 허브 차는 혈액순환이 잘 되고 위가 상쾌해져 기분이 느긋해지는 효과가 있으며, 향을 이용한 아로마서로피는 스트레스를 받았거나 피곤할 때 또는 피부가 거칠어졌을 때 미용 효과를 높일 수 있다.

관상용 고추(화초고추)는 한 나무에서 여러 가지 색상의 열매가 달리고 모양도 다양해서 관상용으로 많이 재배되기도 한다. 보통 고추열매는 밑을 향해 달리지만, 관상용 고추들은 거의 하늘을 향해 달려있어 “화초하늘고추”라 불리기도 한다. 화초고추의 종류에는 열매가 위로 향하고 줄기의 끝에 모이는 야쓰부사, 열매가 가늘고 끝이 뽕족한 다까노즈메, 관상용으로 많이 재배되는 화초하늘고추(꽃고추), 아우로라고추 등이 있다. 그 밖에 잎과 열매의 모양새로 애기고추, 노랑고추, 무늬있고추 등으로 불리기도 한다.

이중에서 우리는 미니 선인장, 관상용 고추를 키우려고 한다.

(3) 식물 성장에 필요한 요소

식물이 자라려면 여러 가지 요소들이 필요하다. 대표적으로 **빛, 물, 흙**이 있다.

그렇다면 이런 것들이 식물에 어떤 영향을 주기에 식물이 살아 갈수 있는 것일까? 먼저, 식물은 물, 이산화탄소, 빛을 흡수해서 다른 요소들을 생성해 낸다. 이런 과정을 **광합성**이라고 한다. 광합성은 지구상의 생물이 빛을 이용하여 화합물 형태로 에너지를 저장하는 화학 작용으로, 지구상의 생물계에서 볼 수 있는 가장 중요한 화학 작용의 하나이다. 지구상의 모든 생물은 삶을 유지하기 위해 **에너지**를 필요로 한다. 박테리아의 번식을 비롯하여 콩이 싹을 틔우고 나무가 자라며, 우리가 태어나 숨을 거두는 순간까지의 이 모든 삶의 과정은 에너지에 직접적으로 의존하여 일어난다. 우리가 일상생활에서 자동차를 움직이고 전기 기구를 사용하며 온갖 산업 시설을 가동시키기 위해서 석유, 석탄을 연소시킬 때, 혹은 원자의 분열에서 생겨나는 에너지를 빌려 쓰듯이, 생물이 존속하기 위한 기본 조건은 간략히 말하자면 에너지라 볼 수 있다. 에너지의 전환과 저장은 생물의 최소 단위인 세포에서 일어나며, 에너지는 화합물 형태로 저장된다. 모든 생물은 광합성으로 생성된 산물을 생체 내 연료로 사용하고 있으며 이것을 공급하는 방법이 엽록체에서 일어나는 광합성이다. 광합성으로 에너지를 얻는 생물을 광 영양 생물이라고 한다.



식물이 생존하려면 일반적으로 흙이 필요하다. 물론 물에서 자랄 수 있는 부레옥잠, 연꽃, 붓어마름, 검정말 등의 식물 종들도 있지만 지구상의 대부분의 생물은 흙에서 자라기 때문이다. 그런데 식물은 흙에게 일방적으로 받기만 할까? 그건 아니다. 나무가 없었다면 흙은 지금과 같은 생명력을 절대 가질 수 없었을 것이다. 흙은 원래 미네랄이라고 부르는 무기물로 구성되어 있다. 그런데 이 무기물은 영양분이 되지 않는 것이다. 결국 지표면의 흙에 영양을 공급하는 것은 흙 자체가 아니라 동물의 배설물, 식물이 떨어뜨린 나뭇잎 등이 썩는 과정을 통해서 만들어지는 것이다. 그런데 이 썩음의 현상은 저절로 일어나는 것이 아니라, 여기에 수많은 박테리아와 균류의 작용이 더해져야만 한다. 이 눈에 보이지도 않는 생명체들은 흙 속에서 활동을 하며 알갱이를 분해시키고 영양소를 다시 만들어내는데, 이 분해 작용이 없었다면 지구는 지금쯤 쓰레기로 가득 차 생명체가 살지 못했을 것이다. 그렇다면 식물이 가장 좋아하는 흙은 어떤 흙일까? 정원사들은 가장 이상적인 정원을 위한 흙으로 부엽토를 꼽는다. 숲 속 아름답리나무가 우거진 곳에서는 짙은 밤색의 흙이 마치 스펀지처럼 폭신하게 자리 잡고 있는 것을 볼 수 있다. 이것이 바로 부엽토로 수십, 수백 년 동안 떨어진 나뭇잎을 박테리아와 균이 분해시켜 쌓아놓은 영양 덩어리라고 할 수 있다. 또, 부엽토가 폭신한 이유는 공기층이 잘 형성되어 있기 때문인데 이 공기층 덕분에 수분이 달아나지 않고 잘 머물 수 있다. 흙이 수분을 오래도록 머금을 수 있다는 건 식물의 뿌리에게는 더할 나위 없는 조건이다. 일단 뿌리를 통해 충분히 수분을 공급받을 수 있고, 또 연약

한 잔뿌리는 공기층을 통해 잘 뻗어나갈 수 있어 식물이 건강하게 자랄 수 있는 기반이 되기 때문이다. 이러한 특성을 가지고 있는 부엽토는 우리가 식물을 기르기 가장 적합해 보이기 때문에 우리는 이번 실험에 부엽토를 사용하기로 했다.

3, 실험 내용

(1) 실험 준비물

1) 준비물



A: 씨앗 + 모종

B: 글루건

C: 아크릴 판

D: 과학상자 6호

E: 전동 드라이버, 드릴

F: 아두이노

G: 전선

H: 구리판

I: 펜치

J: 땀납

K: 인두

L: 펌프

M: LED, 저항

N: 다이오드

O: 브레드 보드

P: 우유곽

Q: 페트병

R: 볼트, 너트, 와셔

2) 재료 구입처

이름	제품 이름	가격	수량	구입처
저항(220 Ω)	1/4W 5% Axial Resistor 221J (220Ω)	10원	10	디바이스 마트 http://www.devicemart.co.kr/
저항(10KΩ)	1/4W 5% Axial Resistor 103J (10KΩ)	10원	10	
LED(R)	5AG3HD00	40원	30	
LED(G)	5AR3PD00	40원	30	

3) 재료의 용도

저항 : 펌프 또는 구리판과 아두이노 사이의 전압을 조절해주는 역할

LED : 빛이 잘 들어오지 않는 곳에서 태양빛을 대신해준다

(2) 실험 계획

1) 진행 날짜

날짜 \ 내용	한 일
10월 19일	대략적인 제작 계획, 준비물 구매, 간단한 설계, 소스코드 제작
10월 26일	물 공급 장치 제작, 아두이노 회로 제작, 추가 준비물 구매, 씨앗 싹 틔우기
11월 2일	구조 변경, 빛 공급 장치 제작, 물 공급 장치 개선 및 추가 제작, 모종 심음(싹 틔우기 실패)
11월 5일	보고서 작성 분담, 작성 시 유의사항 전달

2) 조원의 역할

조원 \ 내용	맡은 일
성명호(팀장)	역할 분담, 제작 일정 관리, 프로젝트 윤곽 잡기, 소스코드 작성과 편집, 빛 공급 장치 설계·제작, 보고서 작성

박건우(부팀장)	프로젝트 윤곽 잡기, 소스코드 작성과 편집, 빛 공급 장치 설계·제작, 준비물 구매, 장소 제공, 보고서 작성
이재원	간단한 설계, 물 공급 장치 제작, 보고서 작성
장민혁	간단한 설계, 물 공급 장치 제작, 보고서 작성

(3) 실험 내용

1) 실험 과정

<제작 중 겪었던 문제와 실패>

물 배급장치, 화분을 만드는 과정에서 우리는 많은 실패를 겪어야 했다. 물 배급 장치를 만들 때 처음에는 큰 PET 병과 휴지 심을 연결해서 물이 흐르도록 기울여서 전자석이나 다른 무언가로 물을 제어하려 했다. 하지만 전자석으로 수압을 견디기는 힘들었다.



오른쪽 사진의 큰 PET 병의 윗부분에 구멍을 뚫어서 물을 채워 넣고, 입구 부분에 전자석을 붙여서 물을 조절하고, 왼쪽의 큰 우유팩에 물을 들어가게 해서 빨대를 통해서 화분(작은 우유팩)으로 들어가게 만들려고 했다. 하지만 전자석이 수압을 견디지 못하고 아두이노가 신호를 보내지 않아도 물이 새거나 정확하게 균형을 맞출 수 없는 등 많은 문제점들이 발견되거나 또는 예상 되어서 새롭게 다시 만들었다.

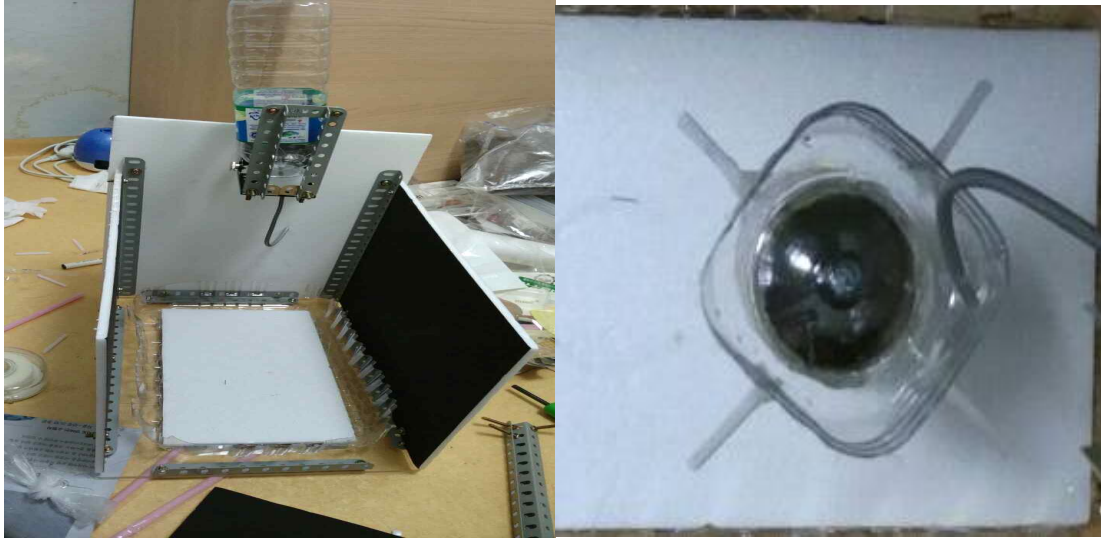
<과정>

① 바닥 만들기



우선, 화분을 받칠 판을 만들었다. 아크릴 판에 구멍을 뚫어서 화분의 받침이 될 만한 것을 붙였다.

② 물 배급 장치와 틀 만들기



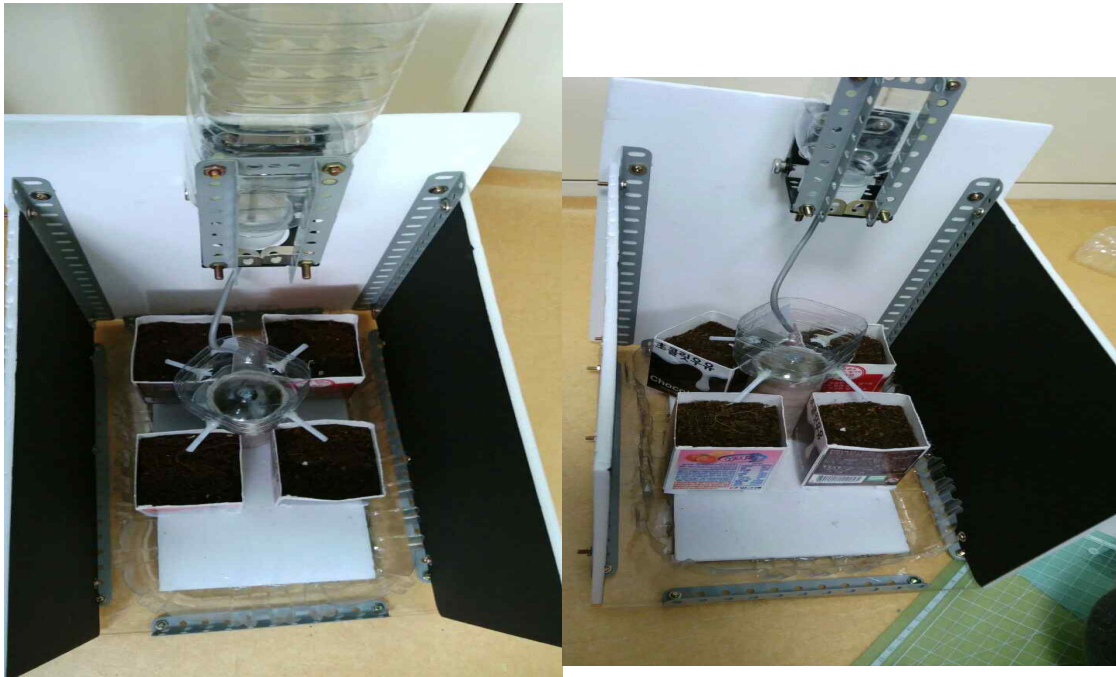
주위에 우드 락을 붙여서 멋도 있게 하고 물을 배급해 줄 수 있는 통도 달수 있게 했다. 물을 배급하는 통은 과학상자의 부품들로 물통을 받칠 만한 것을 만들고 거기에 물통을 끼웠다. 오른쪽 사진은 왼쪽의 호스로부터 물이 내려오면 물을 받아서 갈래로 나뉘게 하여 4개의 화분에 일정한 양의 물을 주는 역할을 한다. 4개의 빨대가 서로 높이, 기울기, 길이가 다 같도록 일정하게 만들어야 한다. 그러기 위해서 끊임없이 수정하고 또 수정해서 결국 4갈래의 물이 똑같이 떨어질 수 있도록 만들었다. 그리고 오른쪽 사진에서 물이 튀기지 않도록 선을 벽에 붙였다.

③ 화분 만들기



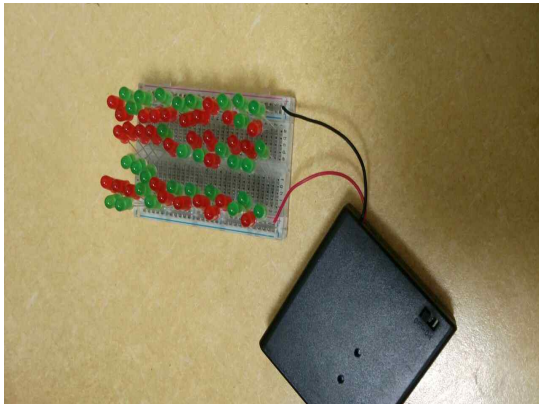
이 사진에 보이는 우유팩들은 식물을 심을 화분들이다. 작은 우유팩을 각자 1개씩 준비해서 적당한 크기로 잘랐다. 물이 빠지게 하기 위해서 바닥에 구멍을 뚫었고, 물이 흐를 공간을 마련하기 위하여 밑 부분에 우드 락을 잘라서 붙였다.

④ 바닥, 화분, 물 배급 장치 연결하기



이렇게 만들어서 화분에 흙을 넣고 조립해 보니 대략적인 형태가 완성되었다.

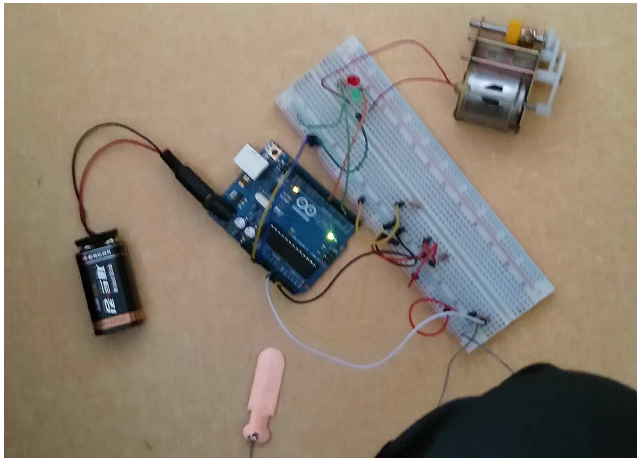
⑤ 빛 장치(발광 다이오드, LED 이용) 만들기



이것은 LED이다. 작은 브레드 보드에 LED를 병렬연결로 60개 정도 꽂았다. 처음에는 LED도 물을 조절하는 것처럼 아두이노를 이용해서 자동으로 점등여부를 조절하려고 했지만 굳이 그럴 필요가 없을 것 같아서 항상 켜두기로 하였다. 이 장치는 식물의 위쪽 부분 천장에 부착하였다.

* 발광다이오드(LED)란 갈륨, 비소 등의 화합물에 전류를 흘려 빛을 발산하는 반도체소자이다. LED는 아래 위에 전극을 붙인 전도물질에 전류가 통과하면 전자와 정공이라고 불리는 플러스 전하입자가 이 전극 중앙에서 결합해 빛의 광자를 발산하는 구조다. 이 물질의 특성에 따라 빛의 색깔이 달라진다. 전력소비가 백열전구의 20%에 불과한데다 수명이 10만 시간(형광등의 100배)에 달해 한번 설치하면 교체나 유지보수가 거의 필요 없다는 것이 최대 장점이다.

⑥ 아두이노 (습도센서)



아두이노에 습도센서, 온도 센서, 펌프를 연결한 후 소스 코드를 업로드하여 동작을 확인하는 사진이다. 사진 속의 모터는 펌프의 작동 여부를 확인하기 위해 잠시 연결해 놓은 것이다. 두 개의 납판은 같은 화분의 흙 속에 꽂아준다.

⑦ 펌프



펌프를 큰 물통과 물을 조절하는 작은 물통 사이에 연결한다.

⑧ 모든 장치 연결하기



지금까지 만들었던 모든 장치들을 연결해서 시스템을 완성했다. 이 사진에서는 아직 식물을 옮겨 심지 않은 상태이다. (싹을 따로 띄워 옮겨 심으려 했지만, 싹이 트지 않아 어쩔수 없이 모종을 심었다.)

(4)실험 결과

예상한 실험 결과 : 식물이 충분하게 물과 빛을 공급받으며 눈에 띌 정도로 성장할 것을 예상하였다.

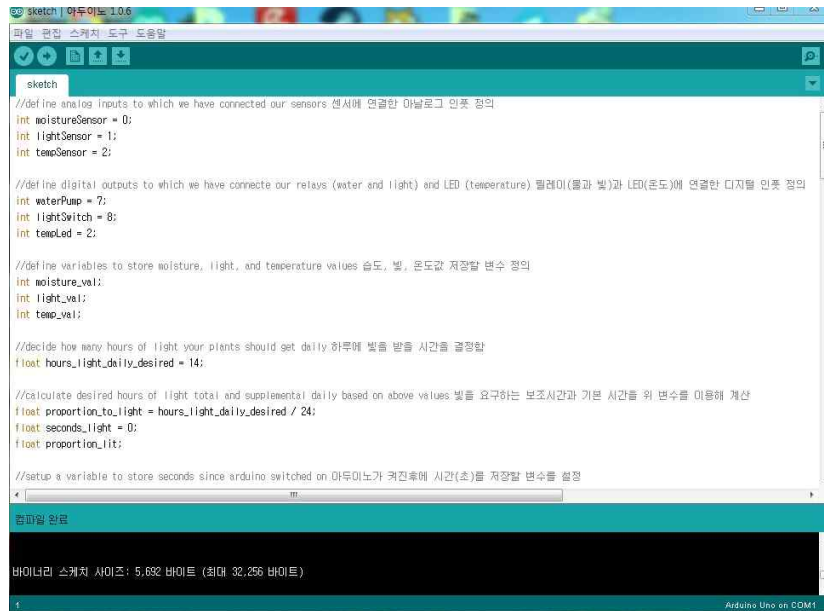
실제 결과 : 많이 자라지 않았으며 상태가 아주 좋지는 않아 보였다.

그렇게 된 이유 : 식물이 자라기 위한 조건에는 충분한 빛, 온도, 물, 양분이 있어야 한다. 그러나 실험을 진행한 장소는 방 안이어서 온도와 빛이 충분히 공급되지 않았으며 (LED로는 한계가 있었던 것 같다) 중간에 프로그램의 오류로 인하여 일시적으로 물 공급이 중단되었었다. 전체적인 시스템의 불안정함이 느껴지기도 했다.

(5)실험에 대한 설명과 추가연구

1) 아두이노

여러 가지 센서의 값들을 활용하기 위하여 아두이노를 사용했다. 그렇기에 센서의 값들을 이용하는 코드를 작성해야 했다. 익숙하게 다룰 수 있는 C언어와는 약간 달라 여러 가지 서적들과 웹 사이트의 도움을 받아 비슷한 소스코드를 추가, 변형, 삭제하여 우리가 필요한 코드를 작성했다. (처음에는 최종 완성된 시스템과 계획 된 것이 달라 코드 사이에 필요 없는 요소들과 동작 명령을 포함한 것들이 꽤 있다. 하지만 실제 사용한 코드를 그대로 분석하기 위해 수정하지 않았다. 메모리의 효율적인 사용 측면과 코드 가독성에서는 좋지 않지만, 정상적인 작동에는 전혀 문제가 없었다. 코드 중간 중간에 간단한 주석을 삽입 했다.)



소스코드를 자세히 살펴보도록 하자.

```
int moistureSensor = 0;
```

```
int lightSensor = 1;
```

```
int tempSensor = 2;
```

센서를 연결한 아날로그 입력을 정의해준다.

```
int waterPump = 7;
```

```
int lightSwitch = 8;
```

```
int tempLed = 2;
```

펌프와 LED, 발열용 램프에 연결한 디지털 입력을 정의해준다.

```
int moisture_val;
```

```
int light_val;
```

```
int temp_val;
```

습도, 빛, 온도 센서에서 받아들이는 값을 저장할 변수들을 선언한다.

```
float hours_light_daily_desired = 14;
```

하루에 빛을 받을 시간을 설정한다.(14시간)

```
float proportion_to_light = hours_light_daily_desired / 24;
```

```
float seconds_light = 0;
```

```
float proportion_lit;
```

빛을 요구하는 추가 시간과 총 시간을 계산하여 저장한다. 불이 켜져 있었던 시간과 빛을 받은 시간을 저장할 변수를 선언한다.


```
float start_time;
float seconds_elapsed;
float seconds_elapsed_total;
float seconds_for_this_cycle;
아두이노의 작동 시간에 관한 변수들 선언
```

```
void setup(){
Serial.begin(9600)
시리얼 포트를 연다.
pinMode (waterPump, OUTPUT);
pinMode (lightSwitch, OUTPUT);
pinMode (tempLed, OUTPUT);
digitalWrite (waterPump, LOW);
digitalWrite (lightSwitch, LOW);
digitalWrite (tempLed, LOW);
물과 빛, 온도 핀을 OFF상태의 핀으로 설정한다.
seconds_elapsed_total = 0;
시작 시간을 설정한다.
}
```

```
void loop(){
moisture_val = analogRead (moistureSensor);
Serial.print ("moisture sensor reads ");
Serial.println ( moisture_val );
delay (1000)
습도 센서로부터 값을 읽고, 시리얼 모니터에 "moisture sensor reads (moisture_val)"을 출력한다.
```

```
light_val = analogRead ( lightSensor );
Serial.print ("light sensor reads ");
Serial.println ( light_val );
delay (1000)
빛 센서의 값을 읽고, 시리얼 모니터에 "light sensor reads (light_val)"을 출력한다.
```

```
temp_val = analogRead ( tempSensor );
Serial.print ("temp sensor reads ");
Serial.println ( temp_val );
delay (1000);
온도 센서의 값을 읽고, 시리얼 모니터에 "temp sensor reads (temp_val)"을 출력한다.
```



```
Serial.print("seconds total = ");
Serial.println( seconds_elapsed_total );
delay(1000);
Serial.print("seconds lit = ");
Serial.println( seconds_light);
delay(1000);
Serial.print("proportion desired = ");
Serial.println( proportion_to_light);
delay(1000);
Serial.print("proportion achieved = ");
Serial.println( proportion_lit);
delay(1000);
일조량과 빛에 관한 값들을 모두 출력한다.
```

```
if (moisture_val < 850)
{
digitalWrite(waterPump, HIGH);
}
```

```
while (moisture_val < 850)
{
delay(10000);
}
```

```
digitalWrite(waterPump, LOW);
```

습도 센서 값이 850 미만으로 떨어지면 물 펌프를 켜고 850미만일 때 계속 상태를 유지하다가, 850이상으로 올라가면 물 펌프를 끈다.

```
if (light_val > 900)
{
seconds_light = seconds_light + seconds_for_this_cycle;
}
```

빛 센서 값이 900 초과일 때의 빛을 비춘 시간을 측정한다.

```
if (light_val > 900)
{
digitalWrite (lightSwitch, LOW);
}
```

빛 센서 값이 900 초과이면 빛 스위치를 끈다.

```

if (proportion_lit > proportion_to_light)
{
digitalWrite (lightSwitch, LOW);
delay (300000);
}

```

빛을 비춘 시간이 필요 시간보다 많을 경우 5분 동안 빛 스위치를 끈다.

```

proportion_lit = seconds_light/seconds_elapsed_total;

```

빛이 켜져 있던 시간의 비율을 확인한다.

```

if (light_val < 900 and proportion_lit < proportion_to_light)
{
digitalWrite(lightSwitch, HIGH);
delay(10000);
}

```

빛 센서 값이 900미만이고, 필요한 빛의 양보다 비춘 양이 적을 경우 빛 스위치를 켜다.

```

if (temp_val < 850)
{
digitalWrite(tempLed, HIGH);
}

```

온도 센서 값이 850 미만이면, 열 공급용 전구(삭제된 요소)를 켜준다.

```

}

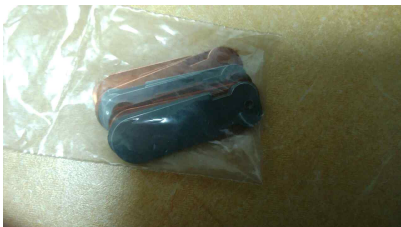
```

void loop()의 끝

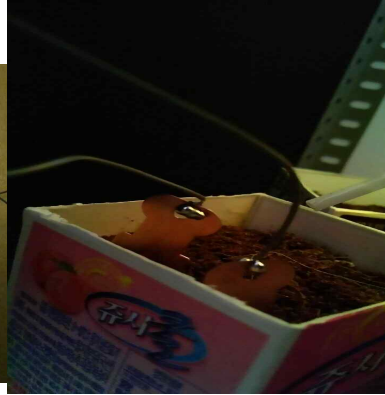
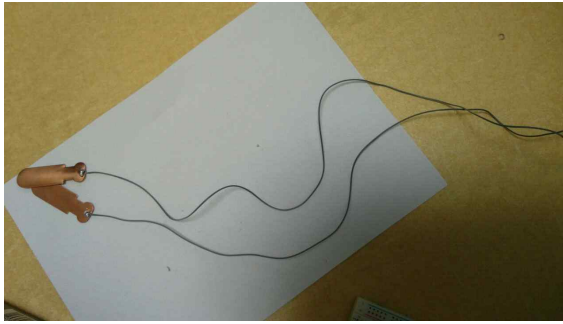
2) 센서와 동작

① 습도 센서

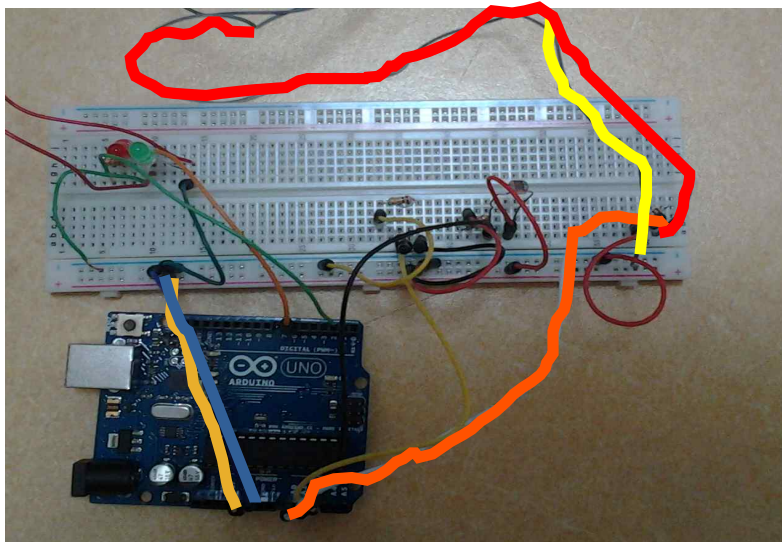
습도 센서는 금속선 끝에 납 조각을 붙인 것 두 개를 흠에 꽂아 흠에 수분에 따른 전류의 흐름을 측정하여 습도를 계산한다.



이렇게 생긴 납판과 금속선을 납땜한 후 흠에 꽂아주었다.



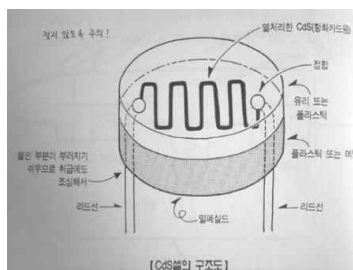
메인보드와의 배선



- ㄱ. 아두이노 아날로그입력 5V 핀에 노란선, GND(접지)핀에 하늘색 선을 연결하고 각각 브레드 보드 가로줄의 (+)와 (-)에 꽂아준다.
- ㄴ. 주황색 선을 갈색 저항 다리 밑에 꽂고 분홍색 선을 저항의 반대쪽 다리 밑과 -줄에 꽂아 준다.
- ㄷ. 빨간 선과 노란 선은 구리판에 연결 하고 주황색 선 밑과 -줄에 각각 꽂아 준다.

② 빛 센서

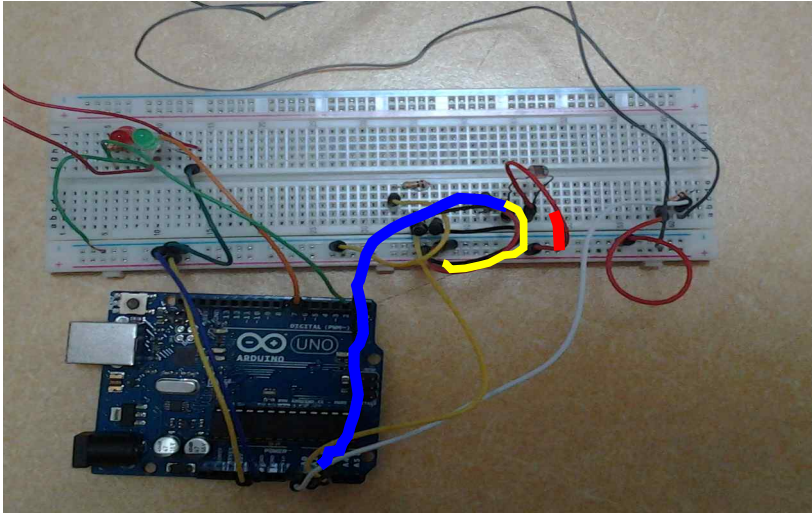
브레드 보드에 포토셀을 연결하여 빛을 감지하도록 했다.



포토셀이란 광전 효과를 이용하여 빛 에너지를 전기로 바꾸는 장치이다. 황화카드뮴 셀이라고도 하며 빛을 많이 받으면 저항이 감소하고, 주변이 어두워지면 저항이 증가하여 전기

의 흐름을 방해한다.

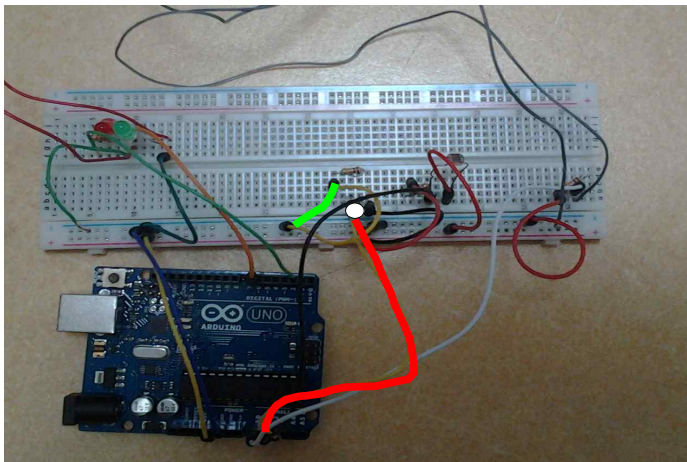
메인보드와의 배선



- ㄱ. 황화 카드뮴 셀을 브레드 보드의 서로 다른 가로줄 두 군데에 꽂는다.
- ㄴ. 황화 카드뮴 셀 옆에 갈색 저항을 연결한다.
- ㄷ. 황화 카드뮴 셀 한쪽 다리와 브레드 보드의 (+)에 빨간 선을 연결 한다.
- ㄹ. 황화 카드뮴 셀의 다른 한쪽 다리에 파란 선을 연결 한다.
- ㅁ. 저항의 다른 쪽 다리와 브레드 보드의 (-)에 노란색 선을 연결한다.

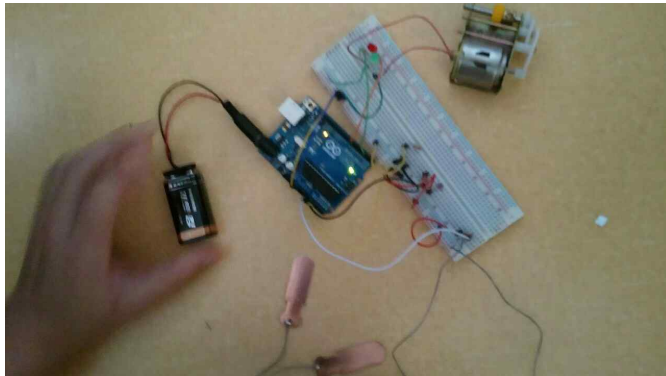
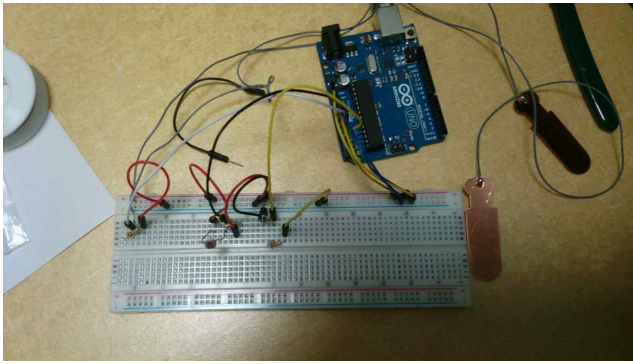
③ 온도 센서

메인보드와의 배선



- ㄱ. 서미스터를 브레드 보드의 서로 다른 줄 두 군데에 걸쳐 꽂는다.
- ㄴ. 서미스터가 꽂힌 가로줄 한쪽과 보드의 (+)세로줄을 파란색 선으로 연결한다.
- ㄷ. 서미스터의 반대쪽 끝이 꽂힌 가로줄과 다른 가로줄을 갈색 저항으로 연결한다.
- ㄹ. 아두이노 아날로그 입력 2번 핀을 빨간 선으로 연결한다.
- ㅁ. 저항의 반대편과 GND핀을 초록 선으로 연결한다.

④ 전체적인 연결 사진



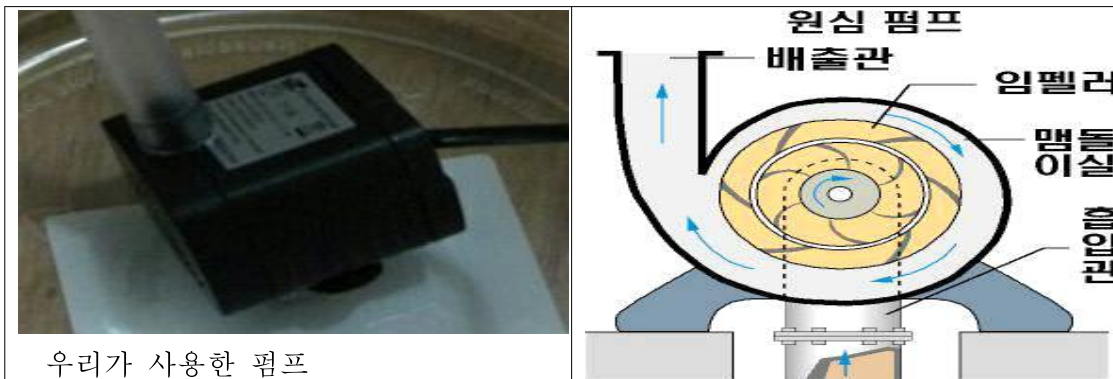
아두이노에 소스 코드 업로드, 외부 전원 연결까지 완료한 상태. 테스트를 위해 임시로 모터 연결하여 저항 값에 따른 동작을 확인하였다.

3) 물 배급 매커니즘

자연에서 식물은 자연스럽게 물을 얻지만 실내에서 사람이 키우는 식물은 직접 물을 주지 않으면 죽을 수밖에 없다. 하지만 이 장치를 이용하면 사람이 직접 물을 주지 않고도 식물에게 물을 공급할 수 있다. 자동으로 물을 공급하는 것이 조금 어려워 보여도 실제로는 간단하다. 우리는 아두이노를 이용해서 습도 값을 측정해서 값의 변화에 따라 물을 조절할 수 있게 제작했다. 그렇다면 아두이노가 물 공급을 명령했을 때 어떻게 통에 담겨있는 물이 화분까지 공급될 수 있을까?

가장 중요한 것은 펌프이다. 펌프가 없다면 물이 이동할 수 있는 통로가 없고, 아두이노가 아무리 명령을 내려도 실질적으로 물을 공급할 수 있는 수단이 없다. 그렇기에 펌프는 장치의 핵심이다. 옆에는 물을 줄 수 있는 물조리 개가 있고, 뇌가 물을 주라고 우리 몸에 명령을 해도 손이 움직이지 않으면 물을 줄 수 없다. 이처럼 손의 역할을 해 주는 것이 바로 펌프이다.

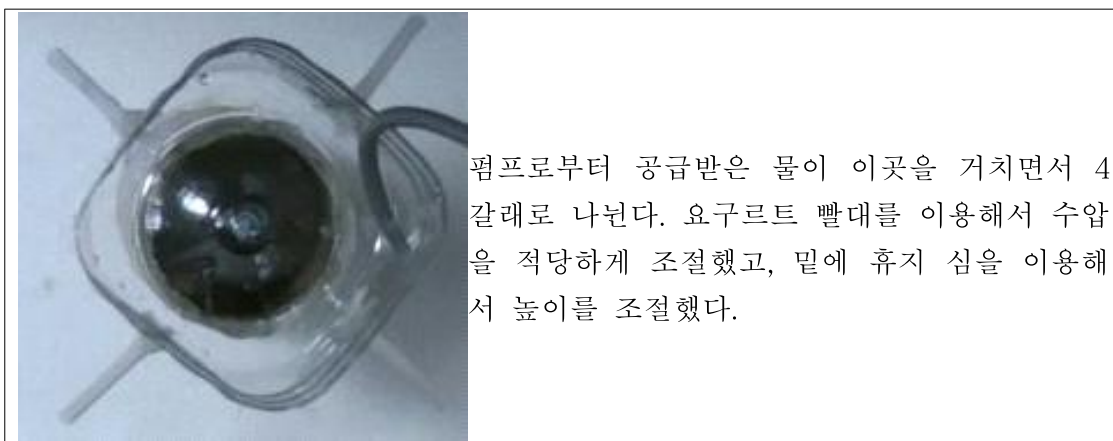
그럼 펌프에 대해서 알아보자. 펌프의 사전적 의미는 수도 시설이 없는 곳에서, 사람이 손잡이를 상하로 움직임으로써 그 압력으로 땅속에 수직으로 박혀 있는 관을 통해 지하수를 밖으로 끌어내는 기구. 또는 압력을 통하여 액체나 기체를 빨아올리거나 이동시키는 기계이다. 또한 펌프는 낮은 압력에서 더 높은 압력으로 액체를 움직이며 에너지를 시스템에 추가함으로써 압력의 차이를 만들어낸다.



우리가 사용한 펌프

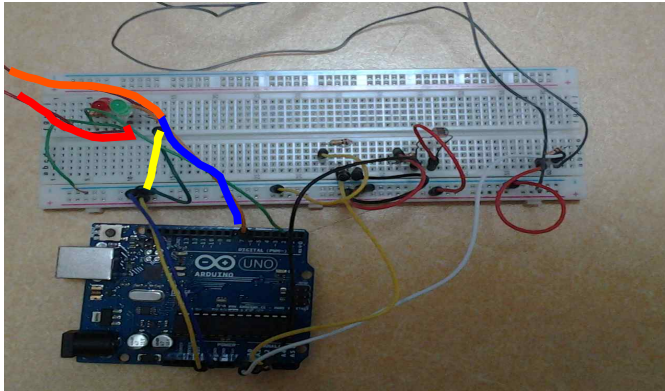
펌프의 원리에 대해 간단히 알아보자. 토리첼리의 실험에서 긴 시험관을 수은 안에 완전히 가라앉혀 막힌 쪽을 수직으로 세우면 수은이 관내를 상승하게 된다. 그리고 약 76cm의 높이에서 정지한다. 시험관 안은 공기가 전혀 없기 때문에 무압 상태인데, 수은은 대기압에 눌러 시험관 내를 상승하게 된다. 수은의 무게와 대기압에 의한 힘이 맞닿는 지점까지 이르면 평형상태가 되어 수은의 상승이 멈추게 된다. 수은이 76cm 상승한 위치가 대기압과 같은 0.76mHg 가 된다. 수은 대신 물을 이용하면 약 10m정도를 상승하게 된다. 바꾸어 말하면, 시험관 안에 발생한 진공에 의해 액체가 흡입되었다고 할 수 있으며, 이것이 펌프가 액체를 흡입하는 원리이다. 즉, 펌프란 기계적으로 진공과 고압을 만드는 장치라고 정의할 수 있다.

펌프 이외에도 물을 배급하는데 중요한 장치들이 있다. 사실 물 배급 장치를 만들면서 가장 힘들었던 것은 물이 4개의 화분에 골고루 뿌려지게 하는 것이다. 이 장치를 만들기 위해서 많은 시간 동안 여러 번의 시행착오를 겪어야 했다. 물이 골고루 뿌려지려면 실험 과정에서 설명한 것처럼 빨대 4개의 길이, 높이, 기울기가 정확히 같아야 한다. 조금이라도 다르면 한쪽은 물을 너무 많이 받아서 썩어서 죽을 것이고, 다른 한 쪽은 물이 없어서 말라 죽을 것이다.



펌프로부터 공급받은 물이 이곳을 거치면서 4 갈래로 나뉜다. 요구르트 빨대를 이용해서 수압을 적당하게 조절했고, 밑에 휴지 심을 이용해서 높이를 조절했다.

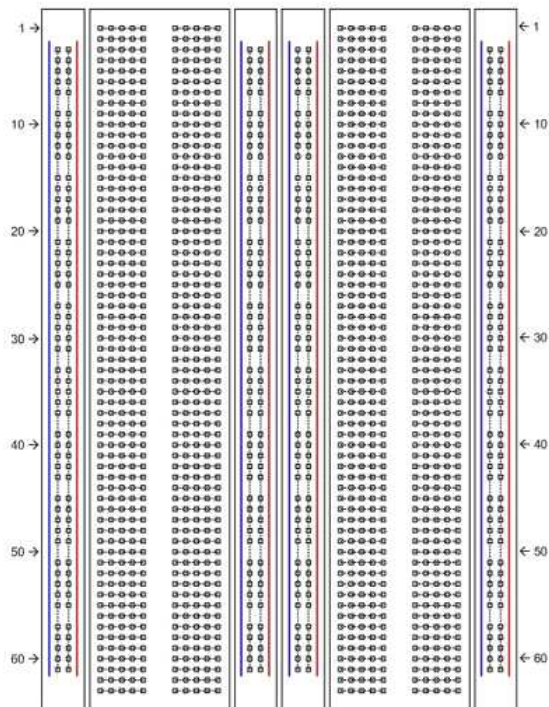
펌프의 메인보드 배선



- ㄱ. 다이오드 1개를 브레드 보드의 빈 가로줄 두 군데에 꽂는다.
- ㄴ. 다이오드 양 극에 빨간 선, 파란 선, 주황 선을 연결한다.
- ㄷ. 아두이노의 GND핀과 다이오드의 음극을 노란 선으로 연결한다.
- ㄹ. 펌프의 양 극을 빨간 선, 주황 선으로 연결 한다.
- ㅁ. 파란선의 다른 한쪽을 아두이노 디지털 출력 7번 핀에 꽂는다.

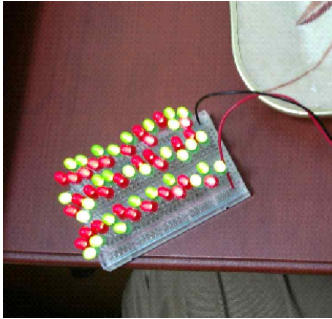
4) 빛 공급 매커니즘

빛 공급은 브레드 보드에 LED를 병렬로 약 60개를 연결 하여 실험 장치 상부에 부착하였다. 우선 브레드 보드가 무엇인지 알아보자.



브레드 보드는 양쪽에 (+)와 (-)가 쓰여 있는 줄과 a, b, c, d, e 가 쓰여 있는 줄로 구분된다. 그림에서 볼 수 있듯이 (+)는 빨간 줄로, (-)는 파란 줄로 표시하고 있다. 이 두 줄은 내부에 세로로 연결이 되어있으며 ‘버스’라고 부른다. 가로로 나 있는 5개의 구멍은 5개씩 서로 연결되어있으나, 위의 5칸과 아래의 5칸은 연결되어있지 않다. 조명 시스템은 약 60개

의 LED를 브래드 보드에 연결한 것인데 60개를 직렬로 연결하게 되면 밝기가 어두워지므로 병렬로 연결하였다. 브래드 보드에서의 병렬연결은 서로 연결되지 않은 두 개의 단자에 연결하는 것이다. 60개를 다 꽂은 사진이다.



5) 식물 성장



싹을 따로 틔우고 옮겨 심으려 했지만, 일주일도 넘도록 싹이 트지 않았다. 그래서 급하게 모종을 심었다. 그래서 시간의 부족으로 장기적인 식물의 성장은 관찰하지 못했다. 중간에 펌프의 작동 문제 등이 있어 원활한 성장에는 약간의 지장이 있을 수 있었다. 하지만 식물의 생명유지에는 큰 지장이 없는 듯 했다.

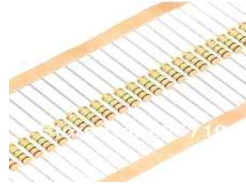
6) 기타 요소에 대한 추가 연구

① 전선: 전력 또는 전기 신호를 보내기 위해 사용하는 선류를 통틀어 이른다. 전선이나 케이블의 종류에는 절연전선, 코드, 캠타이어 케이블, 고압 케이블, 저압 케이블 및 나전선 등이 있다. 도체로는 연동 및 경동, 알루미늄 합금, 동합금 등이 사용된다. 절연체나 보호 피복 재료로는 천연고무, 합성고무, 합성수지 등이 사용되고 있으나 최근에는 합성수지의 발달로 대부분 합성수지가 사용되고 있다. 이러한 전선이나 케이블은 그 종류가 대단히 많을 뿐 아니라 종류에 따라 특성에 차이가 있으므로, 설계나 사용 과정에서는 사용 목적에 적합한 것을 선정하여야 한다. 오랜 세월이 경과해도 전기저항이 증가하는 등의 특성 변화는 없다. 우리가 이번 실험에 사용한 구리 전선은 전기저항이 낮고 유연성 및 가공성이 뛰어나다는 특징이 있다.

② 저항:



(10k Ω 저항기)



(220 Ω 저항기)

저항을 얻기 위해 사용하는 부품으로, 전자 회로를 구성 하는 중요한 소자이다. 저항의 단위는 Ω(옴)이다. 저항기에 따라 최대 허용전력이 다른데, 그 이유는, 저항기에서 소모되는 전력이 열에너지로 전환되기 때문이다. 이 열에너지 때문에 저항기의 온도가 상승하게 되는데, 저항기의 허용 온도를 초과하는 경우 저항기가 타버리게 된다. 저항기의 종류는 다양하다. 크게 고정 저항과 가변 저항으로 나눌 수 있다.

<고정저항>

1. 탄소피막저항 : 높은 정밀도와 함께 허용오차는 $\pm 0.1\%$ 이다.
2. 솔리드저항 : 전자 회로용 저항기이다. 탄소 가루, 무기 충전제, 페놀 수지를 혼합하여 막대 모양으로 소결한 것으로 피막 저항기보다 성능은 떨어지지만 값이 싸서 많이 쓰인다.
3. 권선저항 : 높은 온도에도 버틸 수 있는 실리콘이 코팅되어 있어 안전성이 높다. 전기 유도를 하지 않는 곳에서 주로 쓰인다. 저항 범위가 넓으며, 허용오차는 $\pm 0.05\%$ 이다.
4. 금속피막저항 : 탄소피막저항기와 같이 높은 정밀도와 함께 허용오차는 $\pm 0.1\%$ 이다. 하지만 탄소피막저항기와 다르게 크기가 작다.

<가변저항>

1. 가변저항(일반형) : 주로 원형이며 손으로 돌려 저항 값을 조절할 수 있다.
2. 반 고정 저항 : 드라이버를 사용하여 저항을 조절할 수 있는 홈이 있다.

그리고 저항기에는 저항 값을 표시하기 위해 색 띠가 4개 그려져 있는데 맨 바깥쪽 색 띠와 두 번째 색 띠는 그에 맞는 숫자를 그대로 사용하고 세 번째 색 띠는 10의 지수로 읽는다. 네 번째 색 띠는 오차 범위를 나타낸다.

색	숫자	배수	오차
	0	$10^0 = 1$	
검정	1	$10^1 = 10$	1%
빨강	2	$10^2 = 100$	2%
주황	3	$10^3 = 1000 (1k)$	
노랑	4	$10^4 = 10,000 (10k)$	
녹색	5	$10^5 = 100,000 (100k)$	
파랑	6	$10^6 = 1,000,000 (1M)$	
보라	7	$10^7 = 10,000,000 (10M)$	
회색	8	$10^8 = 100,000,000 (100M)$	
흰색	9	$10^9 = 1,000,000,000 (1G)$	
금색	-	0.1	5%
은색	-	0.01	10%

③ 발광 다이오드:



흔히 LED라고 부른다. 반도체의 p-n 접합 구조를 이용하여 주입된 소수캐리어(전자 또는 정공)를 만들어내고, 이들의 재결합을 이용해 발광시킨다. 발광 다이오드는 순방향 강하전압을 이용한 것인데, 어느 전압 이상이 되면 전압 상승에 대하여 전류가 빠르게 흘러서, 전류량에 비례해서 빛이 발생하는 것을 말한다. 순방향 강하전압이 일반적인 다이오드보다 높다. 장점은 비교적 구조가 간단하기 때문에 대량생산이 가능하고, 저렴하며, 전구처럼 필라멘트를 사용하지 않기 때문에 작고 진동에 강하다. 게다가 수명이 길고, 점등하자마자 최대의 빛의 세기를 얻을 수 있다. 따라서 각종 전자기기의 표시용 램프, 숫자 표시장치와 계산기의 카드 판독기 등에 쓰이고 있다. 하지만 종류에 따라서 직접 눈으로 봤을 때 피해를 주는 것도 있으므로 주의해야 하며 극성이 있어 어노드와 캐소드를 반대로 인가했을 경우 발광하지 않는다. 또한 역방향 내전압이 낮으며 파괴되기도 쉽다. 발광색은 사용되는 재료에 따라서 다르며 자외선 영역에서 가시광선, 적외선 영역까지 발광하는 것을 제조할 수 있다. 아래는 여러 발광 다이오드를 구성하는 소재와 색상이다.

알루미늄, 갈륨, 비소 - 적외선, 빨간색

갈륨, 비소, 인 - 빨간색, 오렌지색, 노란색

인듐 질화 갈륨, 질화 갈륨, 알루미늄 질화 갈륨 - (오렌지색, 노란색) 녹색, 파란색

인화 갈륨 - 빨간색, 노란색, 녹색

셀렌화 아연 - 녹색, 파란색

알루미늄, 인듐, 갈륨, 인 - 오렌지색, 노란색, 녹색

④ 서미스터:

미세한 온도에도 물질의 저항이 변화하는 성질을 이용한 전기적 장치이다. 열 가변저항기라고도 하며, 주로 회로의 전류가 일정 이상으로 오르는 것을 방지하거나, 회로의 온도를 감지하는 센서로써 이용된다. 그래서 온도를 감지하는데 쓰이는 체온계나 온도계, 습도계, 기압계, 풍속계 등에서 쓰인다. 서미스터는 크게 NTC, PTC, CTR로 나눌 수 있다.

- 1) NTC: 온도가 오르면 저항 값이 떨어지는 특성이 있다. NTC는 주로 규모가 작아 세밀한 장소와 빠른 온도변화 측정에 알맞아 가전기 · 자동차 · 농축수산 · 공업 계측용의 온도 센서로 많이 사용되고 있다.



- 2) PTC: 온도가 올라가면 저항 값이 올라가는 특성이 있다. 온도 센서로도 쓰이는데, 주 용도는 자기가열의 시간지연과 전류제한 효과를 이용한 지연동작, 자연소자장치 및 정온발열체이다. 흔히 쓰이는 구조는 디스크 형이다.



3) CTR: 특정한 온도에서 저항 값이 급격하게 바뀌는 것이 특징이다. 이 저항 급변 특성이 이상온도의 감지 및 정 온도에서 작동하는 온도 센서로 이용되고 있다.



⑤ 황화 카드뮴 셀:



황화 카드뮴의 광전도 효과를 이용한 광센서이다. 즉, 빛을 비추어 주면 저항 값이 감소하여 전류를 흐르게 하고 빛을 차단하면 저항 값을 증가시켜 전류를 흐르지 못하게 하는 원리이다. 그래서 사진의 노출계, 어두워지면 자동적으로 점등하는 자동점멸기, 텔레비전의 자동휘도 조정장치, 선박이나 공장의 염연 검출장치, 각종 계측기 등에 자주 쓰인다. 또한, 저렴한 수법으로 간단히 제작할 수 있는 것도 특징이다. 그러나 응답시간이 다소 더디고, 안전하게 사용 가능한 주위온도는 60°C 정도까지이며, 가스 연소 화염의 검출에는 부적당해 안정성에는 문제가 있다. 황화카드뮴 셀의 제조법은 황화카드뮴 분말과 약간의 불순물을 자기 또는 유리 기판 위에 도포한 후, 이것을 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ 로 가열하여 소결하는 방법을 많이 사용한다.

4, 총 평가

(1) 실험에서 얻은 것

실생활에서 유용하게 쓰일 수 있는 자동화 시스템을 적은 비용을 들여 만들 수 있었다. 이것은 가드닝 이외에도 여러 다른 용도로도 제작할 수 있어 HA(Home Automation)과 같은 미래의 흐름에 어느 정도 가까이 다가갔다는 의의가 있다.

실험 중 힘든 점도 많았고, 완성할 수 있을까 의문이 들기도 했지만, 모두 힘을 합쳐 원하는 것을 만들어 냈다. 초기의 아이디어보다는 약간 기능이 떨어지지만, 우리 스스로 만들어 냈다는 것이 자랑스롭다. 하지만 시간의 비효율적 사용과 식물 문제로 장치에 대한 충분한 평가를 하지 못했다는 것이 아쉽다.

(2) 실험 중 힘들었던 점과 반성

성명호 : 모두 스케줄이 달라 모일 시간을 내기 힘들었다. 처음에 완벽하게 계획을 세운 후 시작했어야 하는데 너무 성급했기에 제작에 아쉬운 점이 많았던 것 같다. 제작 과정 중 사진을 찍지 않고 넘어간 부분이 있었던 것도 아쉽다.

박건우 : 펌프 제어를 할 때 전압은 적절한 값이 나오는데 전류가 약해 펌프가 원활하게 작동되지 않아 힘들었다.

이재원 : 처음부터 설계를 하고 그것에 맞춰 나갔어야 했는데 그러지 못해 시간이 오래 걸려 아쉽다.

장민혁 : 처음에 정확하게 어떻게 만들 것인지 정해놓고 만들기 시작했어야 했는데 의욕이

앞서서 빨리 만들려고 하다가 며칠 동안 한 것들이 헛수고가 되기도 했다. 다음에 이런 것을 할 기회가 오면 그때는 처음에 확실히 어떻게 할지 구상해놓고 만들 것이다.

(3) 느낀 점

성명호 : 바쁜 일정에도 잔피를 부리지 않고 따라와 준 친구들이 고맙다. 조원이 많지 않아 한 사람이 해야 할 일이 많았음에도 모두들 제 시간에 맡은 일을 완료해 주었다. 평소에 관심이 있어 조금씩 공부해 두었던 프로그래밍을 직접 해볼 수 있어 즐거웠고, 많은 물품을 사용하지 않고도 생각했던 것들을 실제로 구현해 낼 수 있다는 자신감이 생겼다. 식물을 관찰할 시간이 부족해 장치에 대한 정확한 평가를 하지 못해 아쉽다.

박건우 : 아두이노를 가지고 있었고, 프로그래밍도 할 줄 알았지만 제대로 사용해 본 적이 없었다. 그러나 이번 기회에 아두이노를 활용하여 무언가를 제어해 볼 수 있었기에 성취감을 느꼈다.

이재원 : 아두이노라는 생소한 기계로 처음엔 어려웠지만 많은 것을 공부할 수 있었고 앞으로로도 다양하게 사용해보고 싶은 생각이 들었다.

장민혁 : 이번 교과연구를 진행하면서 가장 크게 느낀 것은 무언가를 구상하고 만들어서 실행에 옮기는 것이 생각보다 정말 재미있었다는 점이다. 또 몇 번의 실패가 성공에 꼭 필요하다는 것도 느낄 수 있었다. 마음이 맞는 친구들과 함께 누가 강요해서가 아니라 우리가 자의적으로 무언가를 만들고 실험했다는 것이 정말 즐겁고 뿌듯했다.

5, 참고 문헌

위키피디아

네이버 지식백과