

유출지하수를 이용한 지하철 역사 내 대기오염물질 저감 이끼의자 설계

Design of moss chairs(MO:REST) for reducing air pollutants in subway stations using underground effluent



고정인, 박기문, 이성경, 이은경

Ko, Jeongin · Park, Kimun · Lee, Seong-Kyeong · Lee, Eun-Kyeong

Department of Environmental Engineering, University of Seoul

서론

<개발 배경>

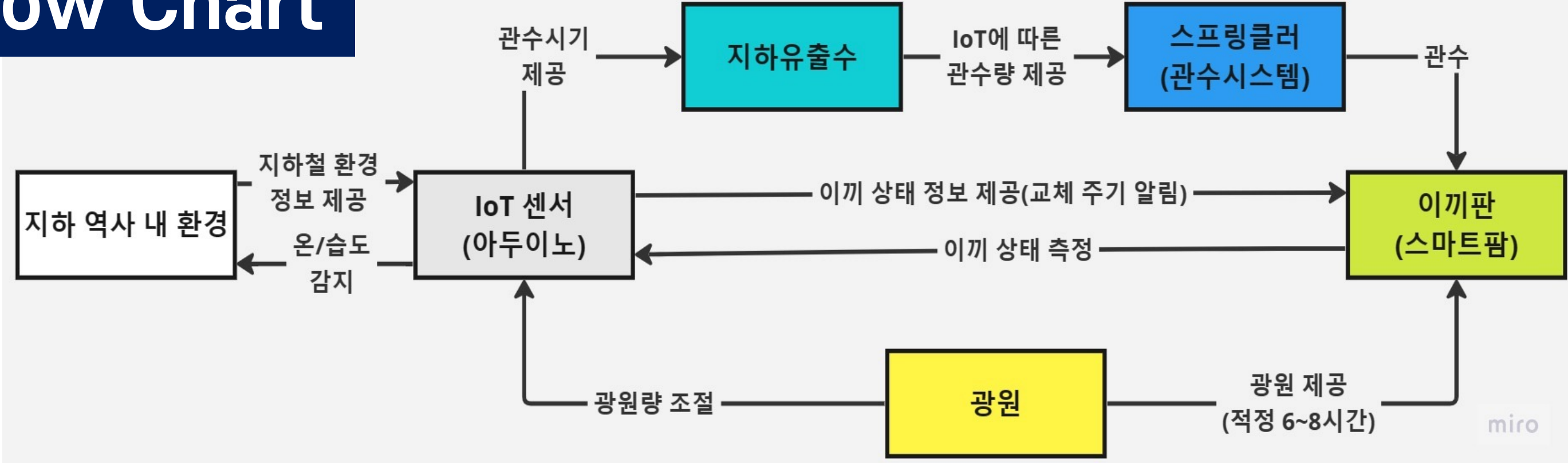
- 최근 그린인프라에 대한 관심으로 식물을 이용한 환경 친화적인 구조물이 이용되는 추세이다.
- 이끼는 대기오염저감효과 및 쿨링 효과가 뛰어나 많은 친환경적 건축물의 자재로 이용된다.
- 국내에 설치된 구조물인 SH 공사의 이끼타워는 이끼의 실외공간 배치 문제 및 이끼 교체 문제로 이끼가 갈변,사멸되는 등 이끼 관리 및 보수의 미흡함이 드러났다.

<개발 목표>

- 이끼 생장에 최적화된 광원/습도/온도 조성을 통해 이끼의 유지기간을 최대화하고, 이끼판을 매트 방식으로 하여 이끼의 교체를 편리하게 한다.
- 이끼매트의 교체가능한 특성을 이용해 기업과 제휴를 맺어 이끼판에 기업 광고를 제공하고, 이끼의자(MO:REST)의 유지비용을 충당한다.

→ 지하유출수 활용, 관수 후 버려지는 물 재활용, 이끼매트 사용기간 최대화를 통해 버려지는 자원을 최소화한 친환경적인 이끼의자(MO:REST)를 설계함을 목표로 한다.

Flow Chart



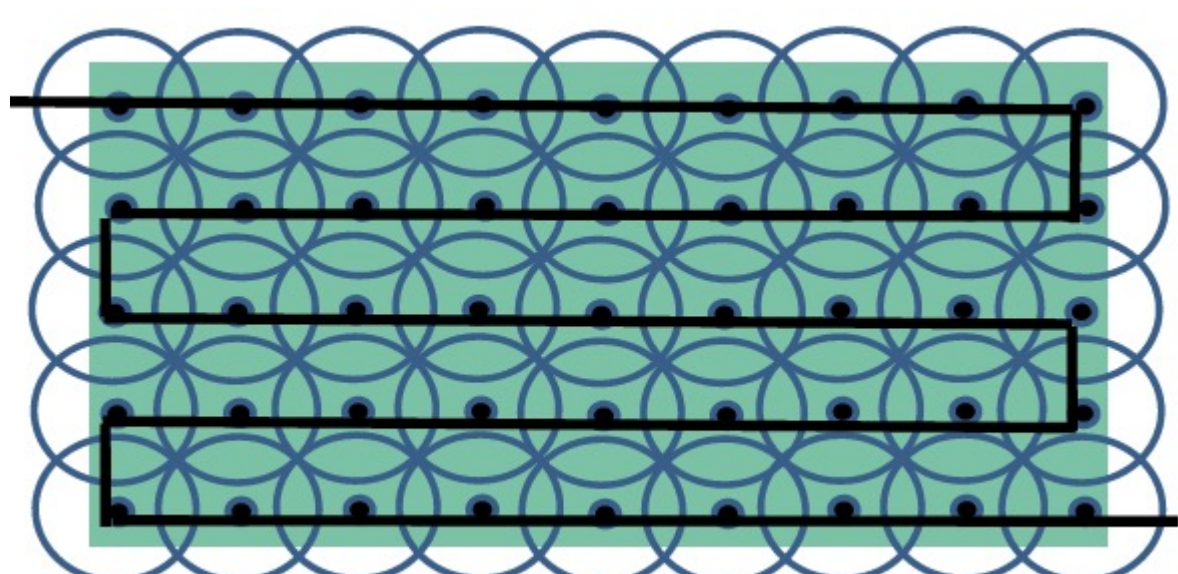
설계 내용

이론적 계산

미세먼지 제거 효율

MO:REST의 이끼 매트에 사용되는 이끼종은 쥐꼬리이끼가 타 이끼종과 비교했을 때, 대기오염물질 저감효과가 뛰어나 쥐꼬리 이끼로 선정하였다. 이끼판 규격이 가로*세로가 4*2m의 이끼 매트는 주변 공간의 미세먼지를 최대 77% 흡착·정화하고 반경 5m 까지 쿨링 효과를 제공한다. 계산하면, 연간 10kg 이상의 이산화탄소를 포집할 수 있다.

노즐 개수



분사 거리 30cm에서 분사 직경이 60cm인 저압포그 분사 노즐을 사용할 때, 총면적 8m²의 이끼판에 대하여 45개의 분무 노즐이 필요하다. 또한, 평균치 계산법을 사용하였을 때, 이끼판에 부딪히는 저압포그분무 유속은 다음과 같다.

$$Q = v \times A \quad (Q = \text{사용 유량}, v = \text{분무 유속}, A = \text{단면적})$$

$$Q = \frac{7.5 + 10}{2} = 8.75 \text{ L/h}, A = \frac{\pi}{4} \times (0.08\text{m})^2 = 0.50\text{m}^2$$

$$8.75 \text{ L/h} = 8.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h} = v \times 0.50\text{m}^2$$

$$\therefore v = 2.43 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

따라서, 노즐 분사 시작점과의 거리가 30cm, 위와 같은 분사 속도를 가지며, 분사 직경이 60cm인 노즐을 제작한다.

펌프 사양

이끼판 세로의 길이는 2m, 의자 높이는 50cm로 총 헤드는 2.5m이다.

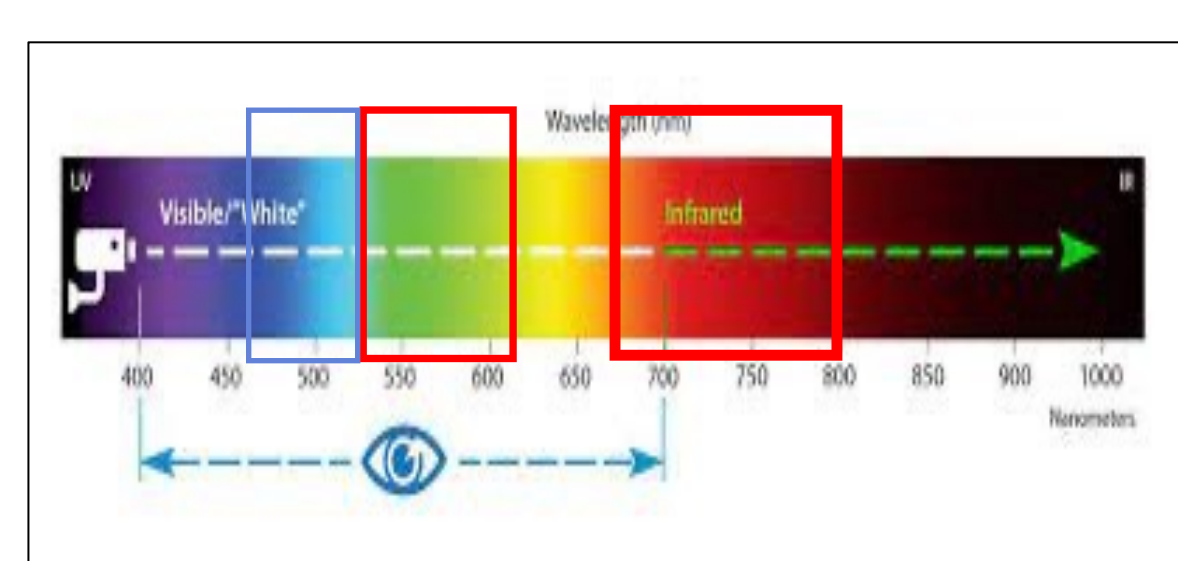
$$\text{수동력} = \rho \times H \times g \times v \times n$$

$$\text{수동력} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2.43 \times 10^{-6} \times 4 = 2.68 \text{ W}$$

$$\text{축동력} = \frac{\text{수동력}}{\text{펌프 효율}} = \frac{2.68 \text{ W}}{0.7} = 3.83 \text{ W}$$

API610 펌프에 대한 국제 표준 규격에 따르면 동력이 19kW 이하일 경우, 여유율은 0.25이다. 소요 동력 = 축동력 × (1 + α), 축동력 × (1 + 0.25) = 4.79 W
따라서, 5W 이상의 정격 모터를 선정하여 설계에 사용한다.

광원 파장 및 제어 시간



LED 파장을 제어하여 이끼가 최적 성장할 수 있는 광원을 제공하려 한다. 광합성을 촉진하는 Green Light 파장과 이끼의 유지보수에 긍정적 영향을 주는 Red+Far Red 파장을 증폭시키고, 해충이 좋아하는 Blue Light를 제거한 Spectrum을 가진 이끼 성장 LED를 제작한다.

또한, LED 광원을 이끼 최적 성장 광원 시간인 6~8hr/1day을 이끼매트에 제공한다.

기업/시민 홍보 방안



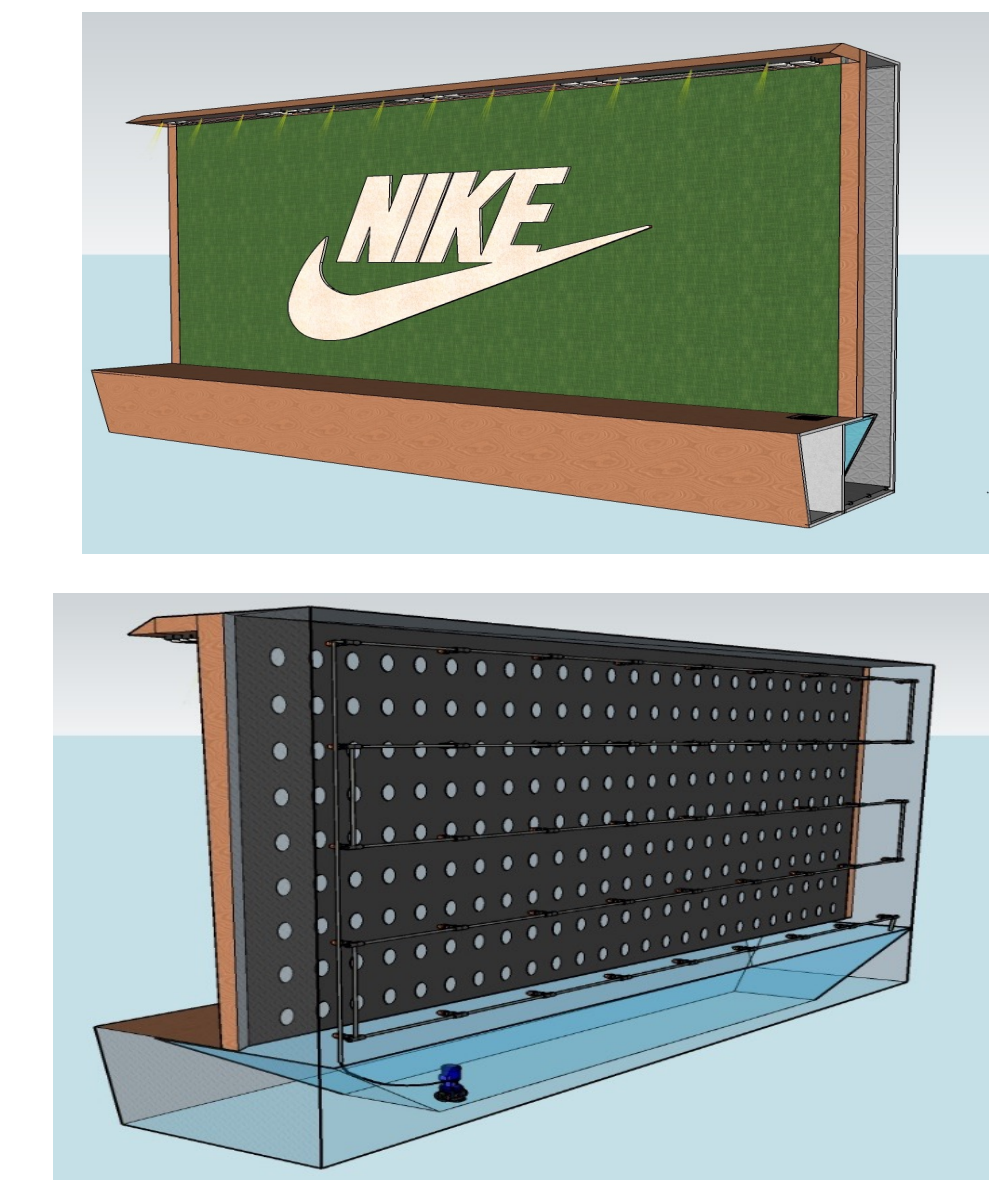
지하철 역사 내 광고판 1개에서 발생하는 수익은 약 월 300만원이다. 또한, 기업에 친환경 이미지를 제공하는 점을 고려하여 300만원을 정도의 기업 광고료를 측정해 MO:REST의 유지에 소요되는 비용 및 기타 비용을 충당한다.

또한, MO:REST 하단에 QR 코드를 부착하여 제휴하는 기업에 대한 홍보를 진행하고, 시민들에게 지하 유출수, 그린인프라와 같이 생소한 개념에 대해 알리고자 한다.

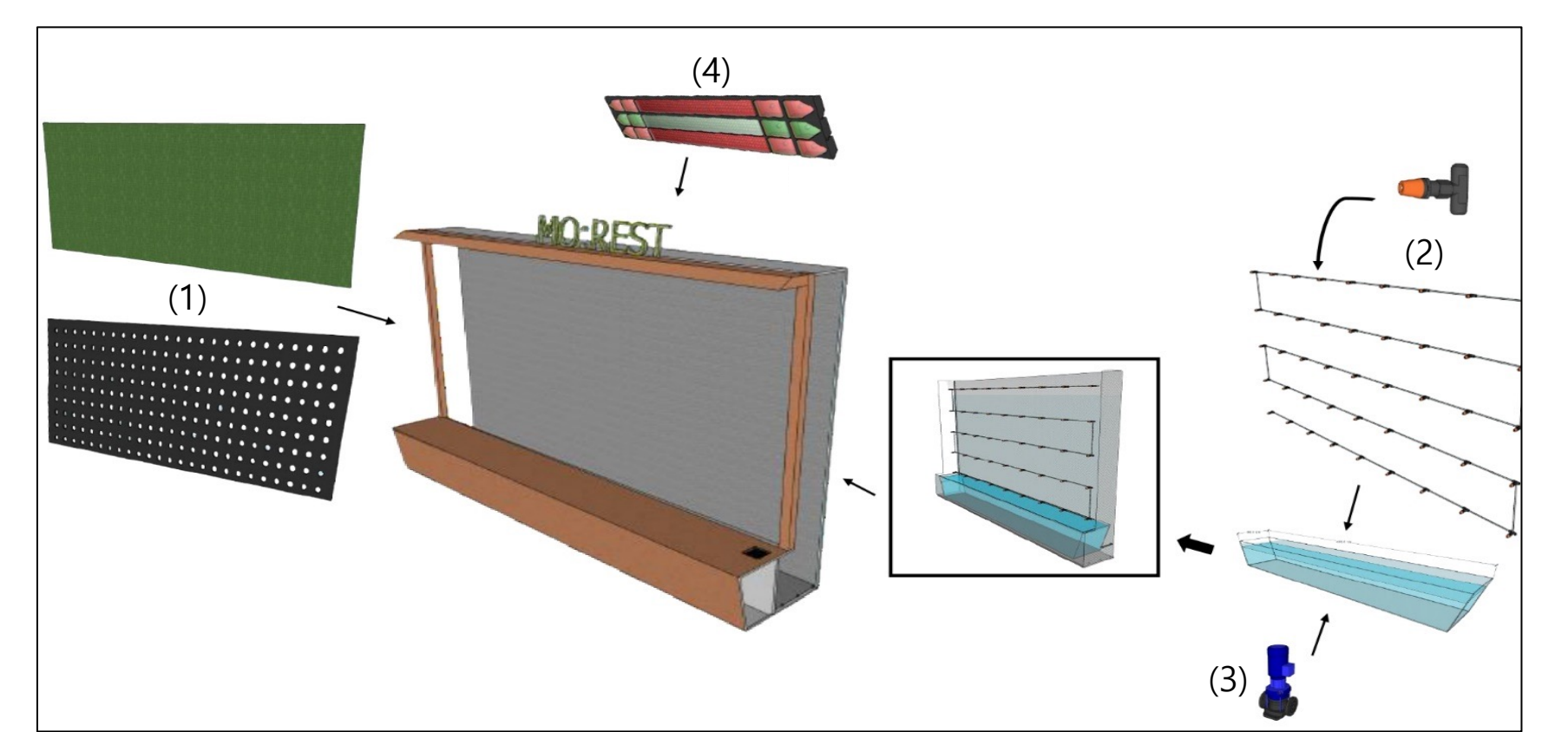
상세 구조

도면 및 조립순서

전/후면도



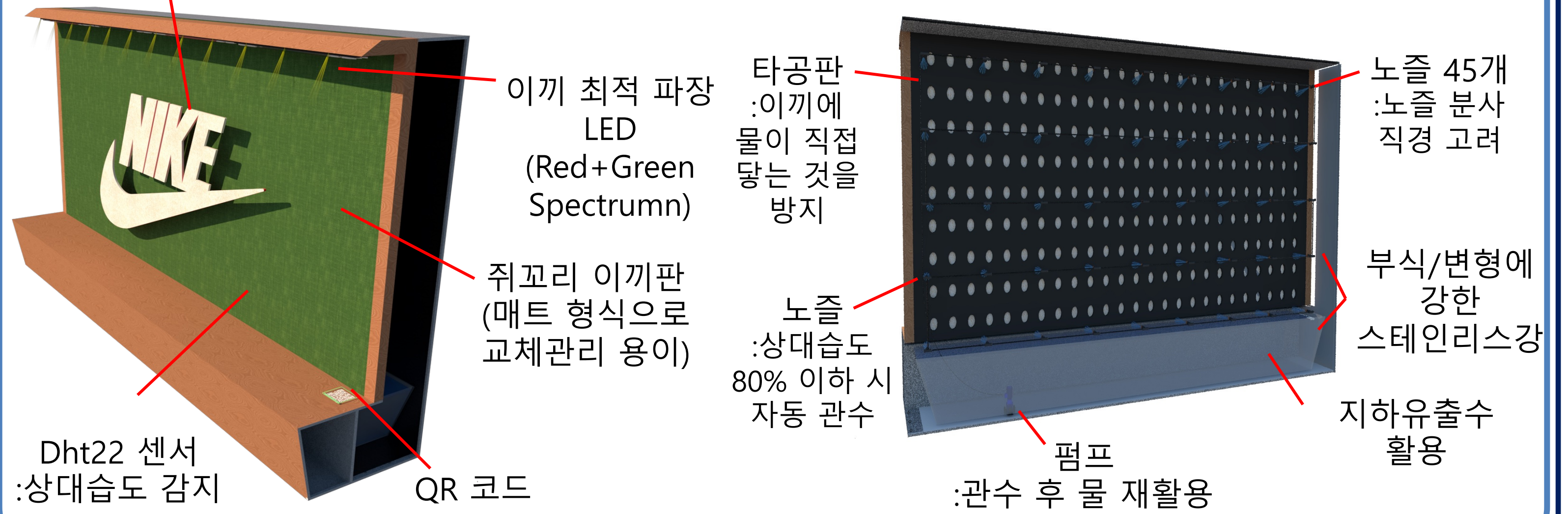
조립 순서



- 1) 이끼매트와 타공판을 결합해 의자틀에 끼운다.
- 2) 스프링클러와 노즐을 호스에 연결한다.
- 3) 수조 물을 위로 끌어올리기 위한 워터펌프를 수조 내부에 부착한다.
- 4) 이끼 생장에 최적화된 LED를 아크릴판 위에 부착한다.
- 5) Dht22 센서는 이끼매트에 고정, 아두이노는 의자 옆면에 부착한다.

부품 설명

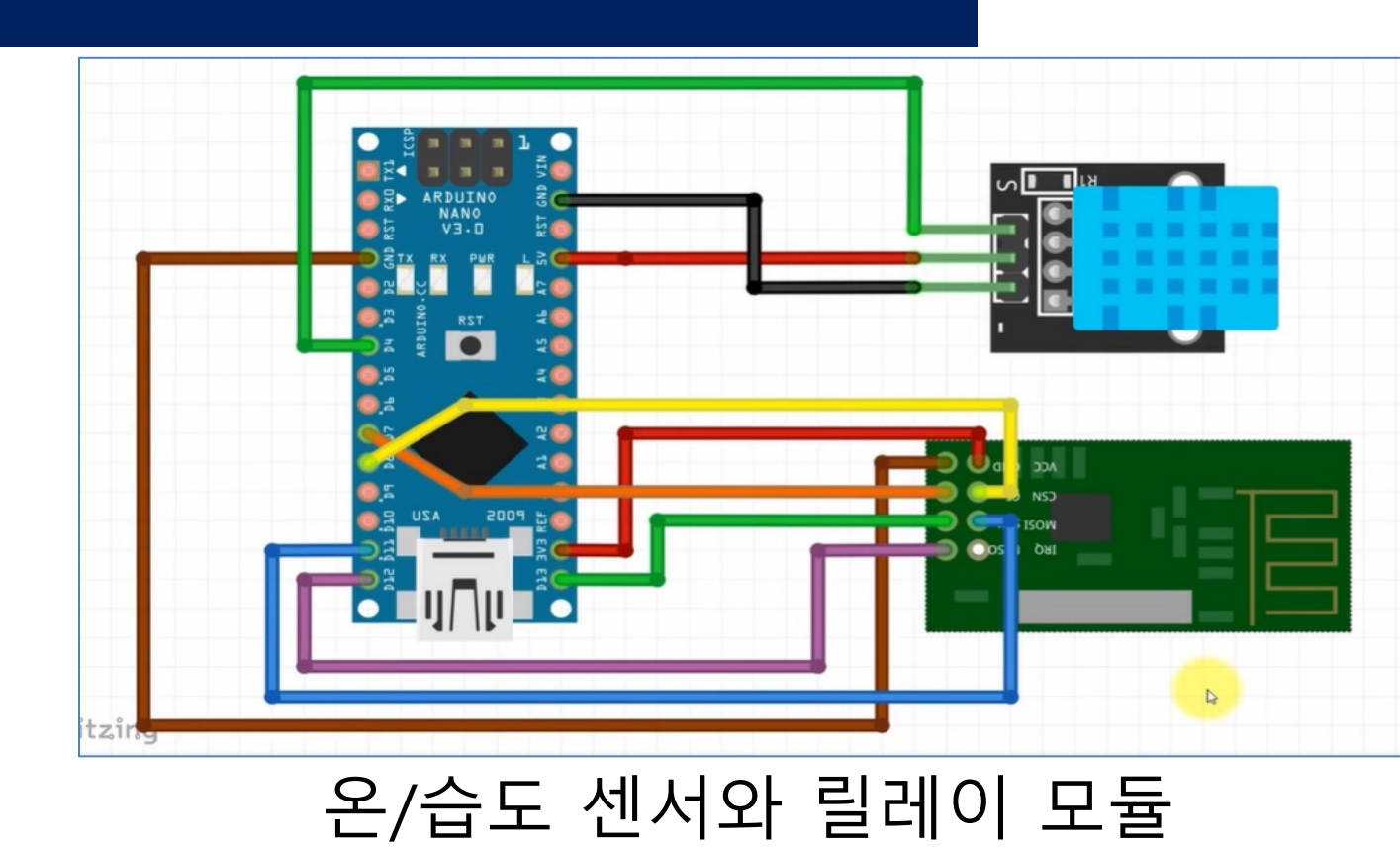
기업 제휴 광고 (유지관리비 제공)



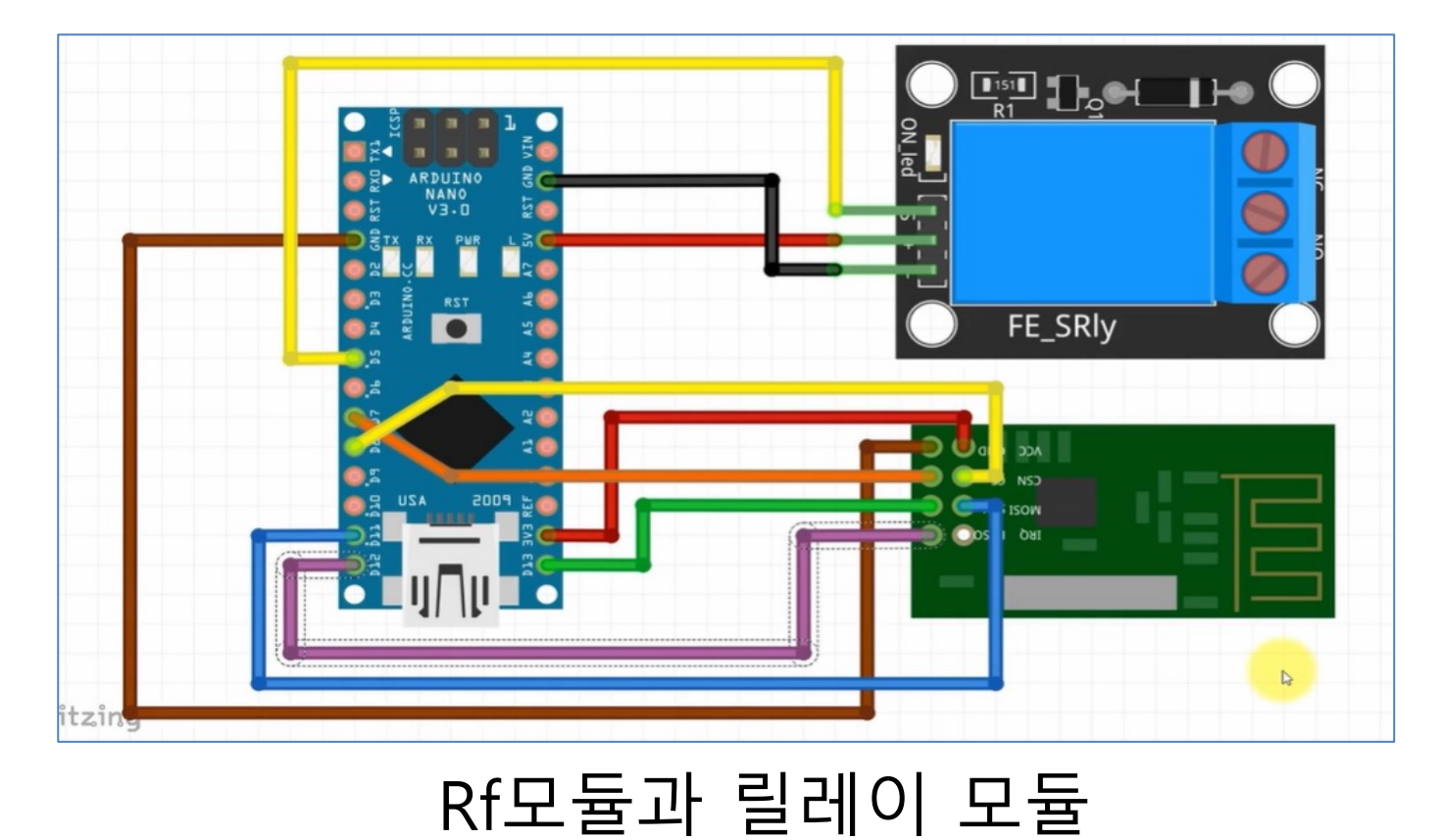
프로토타입



소프트웨어 설계



온/습도 센서와 릴레이 모듈



Rf모듈과 릴레이 모듈

기대효과

<기술적 기대효과>

- IoT 기술을 활용해 이끼의 최적 물질대사 환경을 조성하여, 이끼의 대기오염물질 최대 저감 능력 확보와 성장 조건 유지를 통한 유지·보수 및 교체 관리가 용이하다.
- 대기오염물질 저감 및 피톤치드와 같은 천연공기를 배출하여 공기질 개선이 가능하다.
- 도시 지하 공간을 심미적으로 조성함으로써 미적으로 향상시켜 시민 스트레스를 저감한다.

<경제적/사회적 기대효과>

- 이끼 의자를 통한 환경에 대한 공동체 의식이 증가한다.
- 기업 홍보 유치를 통한 경제성 제고 및 친환경 기업에 대한 홍보가 가능하다.
- 대기 저감 능력이 뛰어난 이끼 및 그린인프라, 지하유출수에 대한 홍보를 통한 관심이 증가한다.