인공자연광을 이용한 지하역사 환경개선 방안 연구

A Study on Improvement of Means of Realization of Train Destination Equipment System

여 용 주 *　　윤 인 영 **

Yeo, Yong-Joo　　Yoon, In-Young

ABSTRACT

Using the artificial sun, namely the BIOSUN, we can control the sun light according to the latitude and longitude and for the seasonal changes and apply that to subway stations.

By doing this, we can expect three effects,

a. allowing the plants to grow inside the stations which will in turn contribute to improving air purity, controlling humidity, and reducing dust for pleasant environment,

b. pleasant environment will foster positive emotional responses of the passengers and that would increase the satisfaction, and

c. fostering good service for the citizenry and establishing an environmental friendly image of the Seoul Metro Subway System.

The purpose of this thesis paper is to contemplate on the uses of the artificial sun powered by the microprocessor of a Light Emitting Diode (LED) in controlling the light and how the light can be utilized in facilitating photosynthesis that would allow plants to grow inside subway stations.

---

1. 서 론

인공태양 BIOSUN을 이용하여 하루의 일조량을 위도와 경도에 맞게 하루를 완벽히 재생할 수 있고 심지어 4계절 마다 다른 해가 뜨는 시간과 해가 지는 시간을 정확히 하고 서서히 진행하도록 하며, 한낮에는 제어에 의해 가장 강력한 일조량을 만들 수 있는 인공태양 환경을 지하철 역사에 조성하여 식물을 성장시킴으로 역사내 공기질 향상, 습도 조절, 미세먼지 줄이기 등 쾌적한 환경조성으로 고객의 감성적인 효과에 의한 지하철 이용도 만족으로 대시민서비스 및 우리공사의 환경 친화적인 이미지를 제고 하고자 한다.

본 논고에서는 바이오 LED(Light Emitting Diode)를 마이크로프로세서가 제어하여 전력과 빛의 세기를 사용자 사양대로 프로그램 가능하여 식물에게는 광합성의 주원료로 할 수 있는 빛으로 이용될 수 있는 방법을 고찰하여 지하역사에서 식물을 성장시키는 시스템을 구현하는데 있다.

---

* 서울메트로, 기술연구소, 비회원

E-mail : yyz8522@seoulmetro.co.kr

TEL : (02)6110-5877　FAX (02)6110-5839

** 서울메트로, 기술연구소, 비회원

현대 도시 대중교통을 주도하는 도시철도 대부분의 역은 Ticket과 열차이용을 할 때 지하 1F 또는 그 이하의 지하층에 위치하여 지상에 비해 비교적 어두운 환경으로 되어 있는 것이 대부분이다.
이에 지하역사 환경을 쾌적하게 하고 서비스를 강화하기 위해서는 지상 환경과 비슷하게 지하 환경을 꾸밀 필요가 있을 것으로 예상된다. 특히 녹색 식물을 지하역사 환경에서 기르면 이용승객의 눈의 피로를 덜 뿐만 아니라 시각적인 효과로 지상과의 차이를 줄일수 있어 고객의 이용과 환경측면에서의 만족을 극대화 할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 녹색 식물을 기르기 위해서는 공급하기 비교적 쉬운 영양분, 수분이외에 공급이 비교적 어려운 일조량이 필연적으로 필요하게 된다. 이에 광량의 5000K ~ 7000K의 조도를 가지고 광합성에 필요한 광 성분을 가지며 나아가서 일조량을 자동 조절 할 수 있다면 광합성을 해야 하는 식물을 비교적 어렵지 않게 지하역사 환경에서 키우면서 대시민 서비스를 할 수 있을 것으로 예상하여 관련 자료를 수집하고 적합성 구현에 대해 연구하게 되었다.

본 논고에서는 도시철도 지하역사 환경에서의 녹색식물 기르기와 쾌적한 환경개선을 위한 노력을 더욱 돋보이기 위하여 IT(Information Technical)기술, MPU(Micro Processor Unit) 및 관련 응용기술(Application Technical)을 병행하여 건강하게 식물을 기르고 관리하여 도시철도의 지하역사를 이용하는 고객에게 쾌적한 환경을 제공하여 선진국보다 앞선 역사 환경을 구현하며 온실가스의 주역인 승용차를 도로에서 몰아내는 효과도 거둘 것으로 예상한다.

2. 녹조환경 조성

식물이 성장하기 위해서는 물, 빛이 필요하며 엽록체에 있는 엽록소에서 물과 인산화탄소 그리고 빛 에너지를 이용하여 녹말이나 포도당 등의 양분을 합성하는데 이 과정을 광합성이라고 한다. 식물이 성장하기 위해 지하역사에서의 태양광의 공급은 쉽지가 않다.

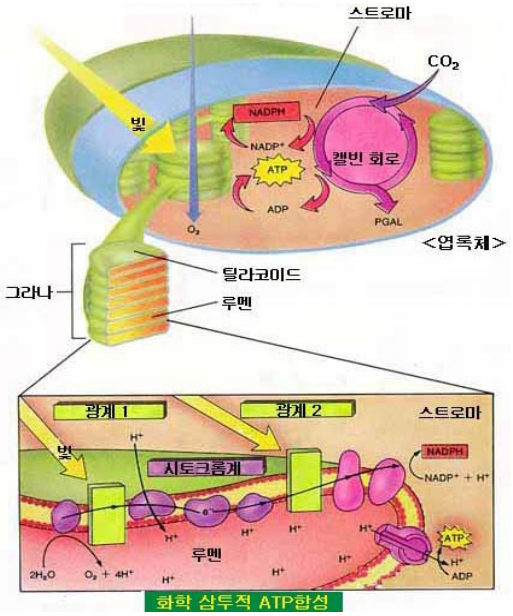

그림 1. 광합성과 ATP

빛의 세기는 광합성의 속도에 가장 큰 영향을 미친다. 우리가 알고 있듯이 낮에는 이산화탄소를 흡수하던 식물도 빛이 없는 밤에는 호흡작용에 의해 이산화탄소를 방출하기 시작한다. 아침이 되어 다시 빛이 점점 강해지면 광합성 량이 함께 증가하게 되는데 어느 한계가 되면 광합성의 양은 일정해지는데 이 한계를 '광포화점'이라고 말한다. 빛의 세기가 약할 때는 온도 증가가 광합성 속도 증가에 아무런 영향이 없지만 빛의 세기가 강할 때는 최적온도까지 온도가 10℃ 상승할 때마다 광합성 속도가 약 2배씩 증가하다가 40℃ 이상에는 광합성 속도가 급격하게 느려진다. 광합성 속도의 그래프와 효소의 반응속도와 온도와의 관계 그래프는 비슷한 경향성을 보이는데 이는 두 반응이 모두 효소에 의해 진행되는 반응이기 때문이다.

이렇게 빛의 세기와 주변 온도에 의해 식물이 잘 자라고 이산화탄소(CO2)를 흡수하여 지하환경에서 쾌적한 환경을 녹조식물을 통하여 얻을 수 있다. 하지만 빛의 세기를 강하게 하면 광합성이 잘 되지만 현시점에서는 조명의 빛을 강하게 할수록 전기소모가 많고 형광등과 같은 조명은 한계가 있기 때문에 강한 빛의 발산에 제약을 받는다.

이에 밝은 새로운 광원이 필요하며 빛의 량을 시간대 별로 조절할 수 있도록 제어장치가 필요하며 정밀하게 응용하기 위해 Embedded System으로 구성하여 절전과 강한 빛을 내기위하여 고급 IT 기술로 구현해야 한다.

2.1 광합성을 위한 필요기술

지하역사 환경에서 식물을 키우기 위해서는 관리자가 영양분과 물은 정해진 규칙에 따라 혹은 육안으로 판단하여 공급이 가능하지만 빛은 좀 다르다. 외부의 태양광을 케이블이나 다른 매체를 통하여 그대로 옮기는 것이 가장 좋다고 할 수 있으나 현실적으로는 구현이 어려우며 효율이 떨어지는 광통신 케이블을 이용하여 전달하는 방법은 한계에 부딪칠 수 밖에 없게 된다. 이에 본고에서는 High Power LED(Light Emitting Diode)를 이용하여 식물의 광합성을 도모하고 궁극적으로는 지하역사 환경에서 식물을 비교적 손쉽게 관리하고 잘 자랄 수 있도록 하기 위해 IT(Information Technical)와 BT(Bio Technical)기술을 결합하여 구현하고자 한다.

2.2 환경 조성 설계

태양광선은 적외선, 가시광선 자외선으로 구성되어 있으며 본고에서는 x, y선은 거론하지 않았다. 가시광선은 사람의 눈을 통해 시각을 인지 할 수 있도록 하는 빛이며 파장은 810~380nm(실용적으로 750~390nm)의 40~80Hz의 진동을 하는 전자기파이다.

그림 2. 자연환경

또한 빛에는 가시광선의 적색광보다 파장이 긴 적외선(750~1000 nm), 가시광선의 자색광보다 파장이 짧은 자외선(100~390nm)도 포함된다. 지구 표면에 도달하는 태양에너지는 상층기권에 있는 오존층에 의해 방어되어 자외선 10%, 가시광선45%, 적외선 45%의 분포를 보통 맑은 날에 가지게 된다.

이 자연상태의 태양광은 DC 전류를 흘러 발광(發光)하게 하는 비교적 저렴한 가격의 LED를 이용하여 구현 할 수 있다. 하지만 LED는 제어가 되지 않은 상태에서 항상 ON 되면 식물의 성장에 악영향을 주며 전기소모에 비해 식물성장의 효과가 떨어져 적절히 식물을 효과적으로 기르기 위한 별도의 쾌적한 환경이 필요하다.

이에 빛을 내는 소자 LED를 PWM(Pulse Width Modulation) 방식으로 제어하여 원하는 밝기를 얻을 수 있으며 시간 축에 따라 변하는 Energy를 면적에 비교하여 제어함으로서 정확히 식물에 필요한 광합성량을 조절 구현할 수 있게 된다.

또한 지하역사 환경에서는 외부에 비해 보다 많은 양의 빛이 단위기간당 필요한 정오가 되는 시점인 오후 1시부터 2시까지 Impulse 제어를 하여 LED를 통해 순간 Energy를 생성하게 하여 식물의 광합성을 좀 더 증대 할 수 있어야 한다.

(1) 태양조명장치 블록도와 구성도

① 전원공급부

가정용 또는 산업용의 전원을 입력하여 DC를 얻기위해 SMPS(Switched-mode power supply)를 사용하며 상용주파수(60Hz)를 정류 필터하여 직류전원을 생성한다.

② 공급된 전원에 의하여 발광하는 광원

다양한 광원소자를 사용할 수

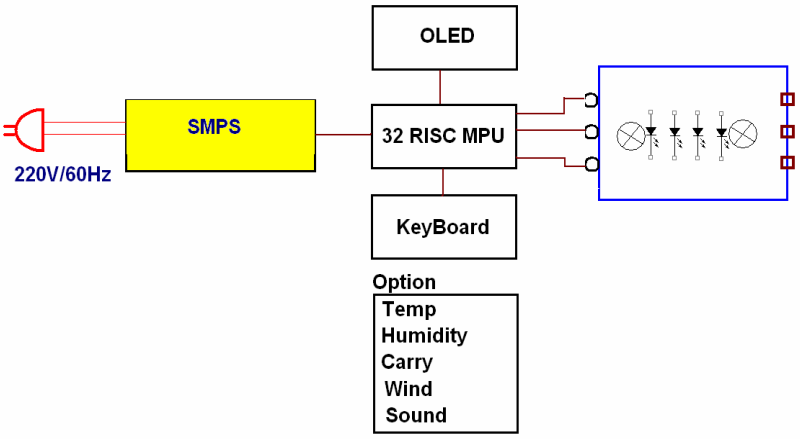

그림 3. 인공태양 제어장치 블록도

있지만 전류소비가 적고 유해 물질이 발산하지 않는 LED(Light emitting diode)를 사용하였다. 또한 식물의 Type에 의해 모듈을 선택 할 수 있도록 75개와 45개를 조합에 의해 배치하도록 한다.

③ 사용자 제어신호를 입력하는 입력부
태양조명장치의 전원을 제어하거나 선폭에너지면적제어 방식인 PWM(Pulse Width Modulation)에 의해 광량을 조절하기 위해 광량조절 프로그램의 선택 등 사용자의 정보를 입력하는 부분

④ 문자정보, 설정정보, 시계, Data 등을 출력하는 출력부이며 태양조명장치의 동작을 모니터 가능 부분

⑤ 광원의 광량을 제어하는 MPU

(2) 제어알고리즘

① 데이터베이스
식물의 생태학적 알고리즘이 내장되어 잇다. 예를 들어 과실을 맺는 식물과, 꽃, 식물은 양분을 저장하고 개화하는 시기에 따라 일조량이 다르므로 관련 식물을 효과적으로 제어하기 위한 구체적인 일조정보를 가지는 부분이다

② 타이머
하루동안의 광량 변화정보, 낮과 밤의 경계에 따른 광량 변화정보, 또는 봄, 여름, 가을, 겨울 등 계절에 따른 광량 변화정보를 입력하며 타이머는 비교적 정확한 시계로 구현되며 시계 입력과 설정이 디지털시계와 비슷하게 제어 할 수 있어 세팅된 시각으로 부터 카운팅하여 현재 시각 및 날짜정보를 제공한다.

그림 4. 인공태양 시험

③ 달력
달력정보는 봄, 여름, 가을, 겨울과 12개월에 따른 광량 정보는 물론 해지고, 뜨는 시간에 대핸 정보와 일조량이 최대로 되는 종합적인 날씨 정보를 가지고 있게 되어 자동적으로 효율적인 식물 관리가 된다.

④ MPU(Micro Processor Unit)타이머와 달력으로부터 제공된 시각 및 날짜정보에 대응하는 일조정보를 데이터베이스로부터 도출하고 프로그램 제어에 의해 광량 모듈을 면적에너지 제어하고 궁극적으로는 빛의 세기와 시간을 제어하게 되어 녹조식물을 건강하게 유지하도록 한다.

(3) 제어기술

광원을 제어하기 위해서는 스위치를 이용하여 On, Off 제어가 필수적이다. 대용량의 전류 제어가 가능하도록 MOSFET를 사용하여 스위칭제어 되며 Digital Pulse를 Program과 MPU의 내부 타이머에 의해 발생되어야 제어가 순조롭다.

Pulse 제어에는 주파수(Frequency)제어가 있는데 [그림 5. 주파수제어]처럼 구성했을 경우는 비교적 손쉽게 회로 구성을 할 수 있는 장점이 있는 반면 깜밖임이 발생하여 눈의 피로가 가중되고 제어가 곤란하다는 단점이 있다.

이에 반해 PWM제어(Pulse Width Modulation Control)방식은 구현이 어렵지만 면적에 의한 에너지를 제어하기 때문에 정밀한 스위칭 펄스 발생이 용이하다. 이를 광원과 연결하게 되었을 경우 4계절 매시간, 매분 단위로 과량을 정확히 표현할 수 있게 된다.

이렇게 기후 조건과 광량의 PWM을 이용하여 세밀한 제어를 하기 위해서는 Micro Processor가 필요하며 프로그램 저장 방식에 의해 System Clock이 50MHz 정도가 되게한다. 이때 사용되는 마이크로프로세서는 ARM사의 Cortex-M3이며 RISC 32bit MPU에 해당한다. MPU에는 Timer에 의해 초

단위의 시간과 윤년을 포함한 달력이 프로그램 되고 PWM 엔진제어가 원할 하도록 함수로 구현되어 있다.

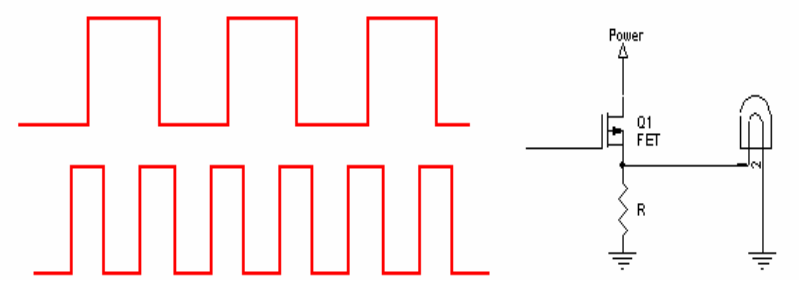

그림 5. 주파수제어

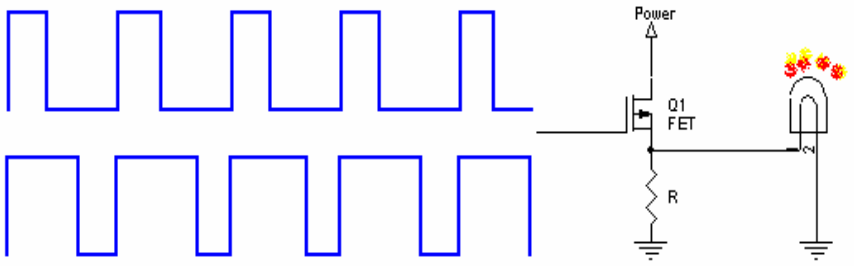

그림 6. PWM Processor

계절마다 다르지만 오후 1~2시 사이에는 약 6500K 정도의 빛이 필요하다. 이유는 정오가 되면 우리나라의 북반구 위치와 태양가지의 거리가 가장 최소가 되기 때문인데 이를 제어하기 위해서는 PWM 방식 이외에 Impulse 기법의 기술 구현이 필요하다. 비교적 짧은 1~2시간의 제어를 위해 앞에서 다룬 펄스로 제어 할 경우는 상당히 밝은 빛이 나오지 않을뿐 아니라 광원의 수명을 현저히 떨어트리기 때문이다. Impulse 제어는 Flash처럼 섬광에 의한 광원제어를 하기 때문에 전류, 전압이 30% 이상된 High Power가 필요하다.

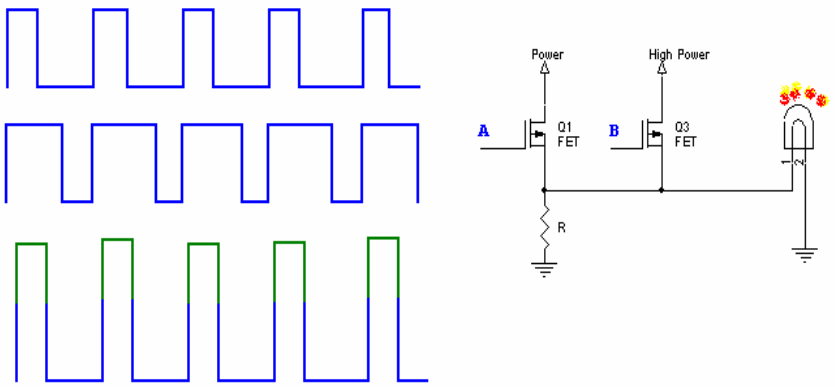

그림 7. PWM과 Impulse Processor

(4) 개발의 목표 및 내용

① 저 소비전력 상태의 최대 7000K 이상의 밝은 광원을 발생할 수 있도록 LED를 이용한 광 모듈을 개발하고, 개발된 광 모듈을 이용하여 식물의 광합성 촉진을 위한 일조량 조절 가능 장치 개발 및 광 모듈에 포함된 UV(Ultra Violet) 광원의 세기와 시간 조절장치 개발

② 개발기술의 평가방법 및 평가항목

평가항목	단위	'08.10현재 현황		개발목표치	비 고
		국외(영국)	국 내		
1. 빛의밝기	K(칸델라)	12,000	5,000	7,000	칸델라측정/계측기
2. PWM제어	K	1M	300	500	주파수 측정/계측기
3. Power	A	-	-	0.01	계측기
4. 효율	%	97	80	80	역률 관련 계측기
5. EMI	dB	30이하	30이하	30이하	EMC 목표

※ 연구결과를 전문기관에 시험 의뢰중

※ 한반도의 최대 광량은 5,500K임

3. 결론

본 연구 자료를 토대로 도시철도의 지하역사에 적용을 하면 빛의 일조량이 절대적으로 부족한 환경에서도 식물의 광합성이 가능하여 이용승객들이 녹색 식물을 즐길 수 있으며 또한 공기질 개선에 도움을 주는 효과도 발생할 것이다.

나아가서 영양분과 수분이 적절히 공급된다면 과실은 물론 열대우림에서 광량이 많이 필요한 일반 환경에서는 도저히 키우기 힘든 식물도 서식할 수 있도록 환경조성이 가능하며 현재 지구 온난화로 기후를 예측하기 힘이 들고 조건에 따라 일조량이 부족한 Plant가 생기고 있어 이런 장소에 개발된 BIOSUN을 이용하여 적도 부근에만 서식하는 고가의 식물의 Plant가 가능할 것이다

따라서 도시철도 지하역사의 공간적으로 가능한 부분에 한하여 Demo 공간으로 활용하여 서울시에서 일정 부분 야심차게 키웠던 보리나 일조량이 많이 필요한 오이나 방울토마토를 키워 이론과 실체가 맞는지 실험할 계획이다.

참고문헌

[1] 생물2, 교학사, 2004
[2] Development Manual, FirmwareBank, 2008
[3] 광합성, 조명, 일광욕을 위한 태양조명장치, 특허출원08-84756, 2008
[4] High Power LED, Ninex, 2007