

BFS 알고리즘을 적용한 독립형 가로등 LED 사용시간 연장 알고리즘 연구

김재진*

A study on the algorithm for extending the usage time of a stand-alone street light LED using the BFS algorithm

Kim Jaejin

〈Abstract〉

In this paper, to expand the use of standalone street lights, an algorithm for controlling LED energy consumption was proposed.

The proposed method uses an LED module of a standalone street light divided into n zones. This is a method of reducing total power consumption by preventing the increase in power consumption due to high heat generation by weakly operating the entire LED according to the illuminance. When the amount of sunlight decreases, the whole LED operates weakly and then brightens, and unlike streetlight that act as streetlight, a method of dividing LEDs by area and limiting the number of LEDs operating according to illumination intensity was proposed. This is a way to use a lot of time with limited battery capacity by reducing the generation of heat that consumes the most power in streetlight. It is also a method of continuously changing the initial usage area to improve the total usage time of the LED substrate.

As a result of the experiment, it was found that the proposed method extends the service time because it generates less heat than the conventional stand-alone streetlight.

Key Words : Stand-Alone Streetlight, LED, Battery, Power Consumption, Using Time

I. 서론

최근 신재생에너지를 사용한 전기설비에 대한 연구와 관심이 증가되고 있다. 독립형 가로등은 주로 배터리 충전 기술에 대한 연구가 진행되었다[1, 2]. 태양광 발전을 이용하여 배터리를 충전시키기 위해서는 짧은 시간에 효율적으로 많은 량의 충전이 가능하

도록 연구가 진행되었다.

배터리를 사용하고 있는 대부분의 시스템에서 배터리의 충·방전에 대한 정보는 중요하다. 효율적인 배터리 관리를 위해서 SOC(State of Charge) 및 SOH(State of Health)의 정확한 추정이 중요한 문제이다[3-5].

그러나 이러한 방법은 충전에 관련된 연구로 독립형 가로등의 경우 사용하는 전력을 양을 감소시키는

* 강동대학교 전기전자과 교수

것이 배터리의 용량을 줄이고 충전시간도 단축하여 전체적으로 기능을 개선할 수 있는 중요한 요소가 된다. 또한 1~10W 고효율 LED를 수십 개 배열하여 가로등에 필요한 50~200W의 LED 모듈을 만들어 사용한다. 그러나 입력에너지의 80~90%가 열로 방출하여 LED 수명을 급격히 감소시키는 요인이 된다[6].

따라서 방열판과 냉각팬을 이용한 강제 대류 냉각 방식에 대해 많은 연구가 진행되었다. 그러나 냉각팬의 수명이 수천 시간으로 LED의 수명에 비해 매우 짧다는 문제가 있다. 수냉식과 열전소자를 이용한 방법도 제안되고 있으나 제작비와 냉각시스템의 수명, 유지비용에서 매우 비효율적이므로 기계적인 냉각 부품 사용은 어려운 실정이다[7-9].

본 논문에서는 BFS(Breadth First Search) 알고리즘을 이용하여 독립형 가로등의 LED에서 발생하는 열을 감소시켜 제한된 배터리의 용량으로 LED의 사용시간을 연장할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

II. 관련연구

2.1 가로등용 LED

가로등용 LED는 일반적으로 1W급 이상 고휒력 LED를 사용하는 것이 일반적이다[10]. LED 가로등은 LED의 용량에 따라 사용되는 LED 수가 결정되며 <그림 1>은 60W의 동일한 출력을 갖는 LED 헤드들의 종류를 나타내었다.



<그림 1> 60W LED 가로등 헤드

<그림 1>의 (a)는 하나의 LED로 구성되어 있으며

(b)는 고휒도 LED로 구성된 가로등 헤드이며 (c)는 작은 용량의 LED들을 연결한 것으로 208개의 LED로 구성되어 있다.

<그림 1>의 (c)와 같이 행과 열로 구성된 다수의 LED로 구성된 가로등용 LED 모듈에 있어 LED는 다음 (식1)과 같이 정의할 수 있다.

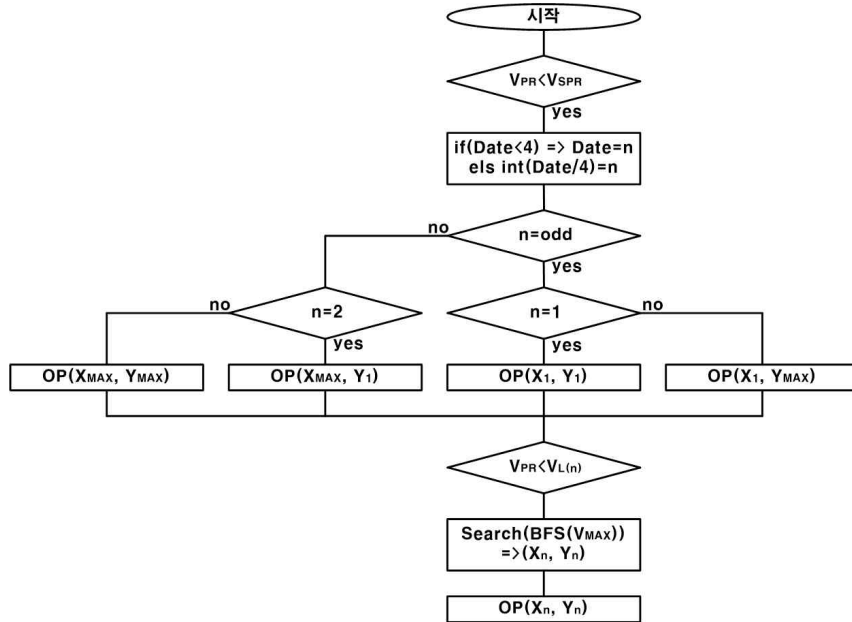
$$\begin{aligned} \text{LED 행렬(LED}_{\text{matrix}}) &= [X_N, Y_N] & (\text{식 1}) \\ X_N &: X_1, X_2, \dots, X_{\text{MAX}} (\text{X축의 LED}) \\ Y_N &: Y_1, Y_2, \dots, Y_{\text{MAX}} (\text{Y축의 LED}) \end{aligned}$$

2.2 독립형 가로등의 LED 동작

독립형 가로등의 LED 모듈은 가로등에 부착된 조도 센서에 의해 일정한 조도 이하로 태양빛이 약해지면 동작을 시작한다. 일반적인 동작은 설정된 조도를 유지할 수 있도록 LED 모듈 전체가 동시에 동작되며 주변 조도가 낮아질수록 점점 밝아지도록 설정되어 있는 것이 대부분이다. 이러한 동작은 LED 모듈 전체의 열을 상승시키는 결과를 초래하여 LED의 수명을 단축시키는 원인이 된다.

따라서 LED의 수명을 연장하기 위한 방법으로 LED의 동작을 전체가 아닌 1개씩 증가시키면서 동작 시켜야 한다. 가로등을 구성하고 있는 1개의 LED이 구동되기 위한 조건은 다음 (식 2)와 같다.

$$\begin{aligned} L_{\text{ON}} &= (V_{\text{SPR}} - V_{\text{PR}}) > L_{\text{PR}} & (\text{식 2}) \\ L_{\text{ON1}} &: 1개의 LED 동작 \\ V_{\text{SPR}} &: \text{LED 가로등 동작 설정 조도} \\ V_{\text{PR}} &: \text{현재 조도} \\ L_{\text{PR}} &: 1개 LED의 조도 \end{aligned}$$



<그림 2> BFS 알고리즘을 적용한 LED 사용시간 연장 알고리즘

III. BFS 알고리즘을 적용한 LED 사용시간 연장 알고리즘

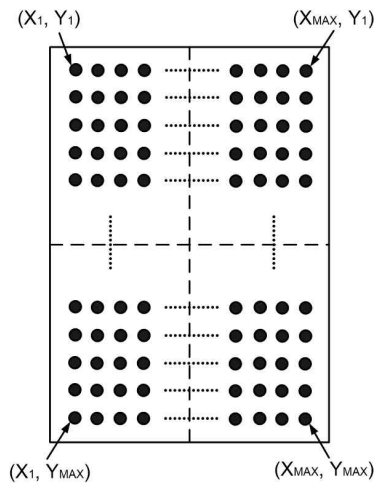
홀수일 때에는 좌측상단과 좌측하단을 사용한다. LED 블록의 영역은 <그림 3>에 나타내었다.

본 논문에서는 LED 모듈의 열 발생을 최대한으로 억제하여 LED 가로등의 사용시간을 연장할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 설정된 조도를 맞추기 위해 동작하는 LED를 1개씩 개별로 동작시켜 발생하는 열을 줄이는 방법이다. 또한 동작되는 LED의 사이를 최대한으로 멀게 하여 열 간섭을 줄이는 방법이다.

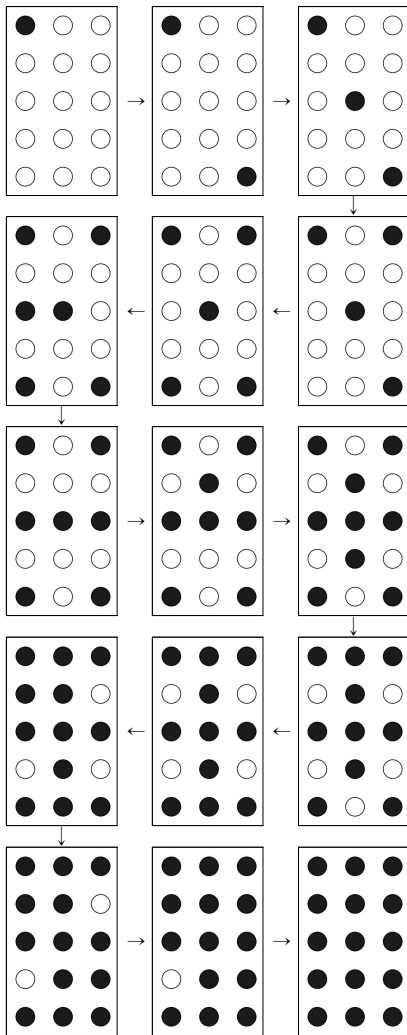
제안한 알고리즘은 <그림 2>에 나타내었다.

<그림 2>에서 V_{PR} 은 센서에서 감지되는 현재의 조도 값이며 설정된 조도의 값은 V_{SPR} 로 정의한다. V_{SPR} 는 가로등이 전체적으로 점등되었을 때의 조도이다. $V_{PR} < V_{SPR}$ 이면 가로등이 점등되는 조건으로서 전체 LED 블록을 1/4로 나누어 짝수일 때와 홀수 일 때로 나누어 점등되는 블록을 나누어 진행한다. 짝수일 때에는 LED 블록의 우측상단과 우측하단을 사용하며



<그림 3> LED 블록 영역

조도에 따라 LED 구동이 필요한 상황이 되어 점등



<그림 4> 3×5 LED 블록 운영 순서

해야 할 영역이 설정되면 필요한 LED의 수를 결정하여야 한다. 필요한 LED의 수를 결정하기 위해 LED 하나의 조도를 알아야 한다. 하나의 LED 조도는 V_L 로 정의한다. 필요한 LED 수가 결정되면 사용영역의 LED를 점등하며 BFS 알고리즘을 이용하여 사용하고 있는 LED와 가장 먼 거리에 있는 LED를 점등하여 LED에서 발생하는 열에 의한 열의 간섭과 히트싱크(Heatsink)를 방지하여 LED의 사용 시간의 연장과

소모 전력을 줄일 수 있도록 한다.

또한, 하나의 블록에서도 전에 사용한 LED의 위치 정보를 저장하여 사용할 LED의 위치를 변경하여 사용할 수 있도록 한다. LED의 사용 순서는 전에 사용한 LED들의 위치를 고려하여 사용하지 않은 LED들 중에서 거리가 가장 먼 LED가 동작 될 수 있도록 구성한다. 3×5 LED로 구성된 하나의 블록에서 사용되는 LED의 위치는 <그림 4>에 나타내었다.

<그림 4>와 같이 운영 순서는 알고리즘에 의해 4개의 블록을 나누어 좌측과 우측 중에서 한쪽을 사용할 경우 상단 블록에 대한 운영 결과이다. 하단은 <그림 4>의 반대 순서로 점등된다.

IV. 실험 결과

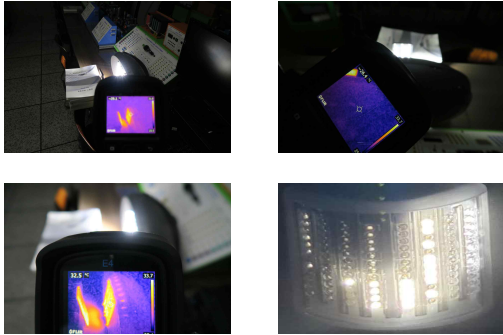
본 논문에서 제안한 LED 가로등 사용시간 연장 알고리즘에 대한 실험으로 사용한 가로등의 규격은 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> LED 가로등 규격

제조사	이비테크(주)
모델명	SL150-220HS
용량	150W
광효율[lm/W]	118.4
상관색온도[K]	4,969
LED 패키지	SPHWH1L3D30DD4RTM3
LED 컨버터	SLA-150H

실험에 사용한 장비는 AC전력 공급기는 GWINSTEK사의 APS-7050E를 사용하였다. 또한 열 측정용 열화상 카메라는 FLIR E4를 사용하였다.

<표 1>의 가로등과 실험 장비를 이용하여 실험한 모습은 <그림 5>에 나타내었다.



<그림 5> 실험

<그림 5>에서 일반적인 가로등 방식에 대해 열화상 카메라를 이용하여 열을 측정하였다. 또한 알고리즘을 적용한 LED에 대한 열도 측정하였다. 실험은 조도에 따라 점등되는 LED의 수와 발생되는 온도를 측정하였다.

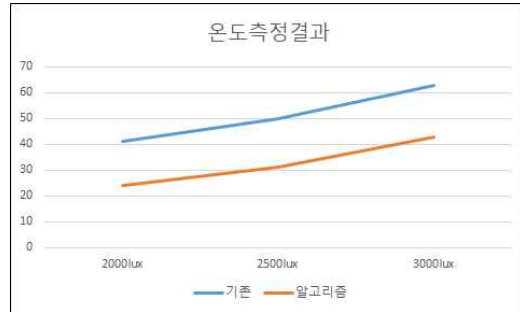
실험의 조건으로 거리는 1m로 설정하였으며 조명의 각도는 130°로 설정하였다. 조도는 2,000lux에서 3,000lux까지 조도를 점차적으로 변화시켜 측정하였으며 <표 2>의 측정결과는 2,000lux와 2,500lux, 3,000lux에 대한 측정 결과는 나타내었다. 측정된 온도에 대한 결과는 <그림 6>에 나타내었다.

<표 2> LED 가로등 실험 결과

필요조도 (lux)	LED 수		온도(°C)	
	기존	알고리즘	기존	알고리즘
2,000	96	40	41	24
2,500	96	50	50	31
3,000	96	60	63	43

실험에 사용된 가로등의 LED는 조건에 맞춰 계산된 결과 1개가 약 50.9lux의 값을 가지고 있어 알고리즘에 맞춰 위치의 변화는 있으나 전체 조명의 밝기에는 영향이 없는 것으로 나타내었다.

또한 발생되는 열이 감소되어 배터리의 소모 전력



<그림 6> 온도 측정 결과

을 줄이고 전체적으로 사용할 수 있는 시간이 길어지는 결과를 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 BFS 알고리즘을 적용하여 독립형 가로등 LED의 사용시간을 연장할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

제안된 방법은 n개의 구역으로 나뉜 독립형 가로등의 LED 모듈을 사용한다. 조도에 따라 전체 LED를 약하게 동작시켜 열이 높게 발생되어 소모 전력이 증가되는 것을 방지하여 총 전력 소비를 줄이는 방법이다. 일조량이 감소하면 LED 전체가 약하게 작동하다가 밝아져 가로등 역할을 하는 가로등과는 달리 LED를 영역별로 구분하여 조도에 따라 동작하는 LED의 수를 제한하는 방법을 제안하였다. 가로등에서 소모 전력을 가장 많이 차지하는 열의 발생을 줄여 제한된 배터리 용량으로 많은 시간을 사용할 수 있는 방법입니다. 또한 초기 사용 면적을 지속적으로 변경하여 LED 기판의 전체 사용 시간을 개선하는 방법이기도하다.

실험 결과 제안된 방법은 기존의 독립형 가로등에 비해 발생되는 열이 적어 서비스 시간을 연장하는 것으로 나타났다.

LED의 배치에 관한 조건을 적용하여 LED 가로등에서 발생하는 열을 줄일 수 있는 LED의 배치에 관한 연구도 같이 병행하여 독립형 가로등의 단점인 제한된 배터리 용량에 따른 전체 사용시간을 연장할 수 있는 방법에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 황세중, "MPPT로 제어되는 태양전지판 배터리 충전기에 대한 연구," 우석대학교대학원 석사학위논문, 2017.
- [2] 김수한, "태양전지와 배터리를 이용한 LED 가로등 전원 시스템 개발," 경북대학교대학원 석사학위논문, 2012.
- [3] Martin Coleman, Chi Kwan Lee, Chunbo Zhu and William Gerard Hurley, "State-of-Charge Determination From EMF Voltage Estimation : Using Impedance, Terminal Voltage, and Current for Lead-Acid and Lithium-Ion Batteries," IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol.54, no.5, 2007, pp.2550-2557.
- [4] 김재진, "독립형 하이브리드 가로등의 BESS 연구," (사)디지털산업정보학회논문지, 제15권, 제4호, 2019, pp.1-8.
- [5] 강진구, "효율적 전력 관리를 위한 독립형 가로등의 ESS 설계 및 구현," (사)디지털산업정보학회논문지, 제12권, 제2호, 2016, pp.1-6.
- [6] 양상모, "LED 가로등의 광특성 및 수명 연장을 위한 증발 잠열 냉각에 관한 연구," 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 2010.
- [7] 어익수, 양해술, 최세일, 황보승, "펠티어 소자를 이용한 40[W]급 LED 조명기구의 방열에 관한 연구," 한국산학기술학회논문지, 제8권, 제4호, 2007, pp.733-737.
- [8] 박영무, "열전반도체를 이용한 열펌프의 열역학적 성능 해석," 한국에너지공학회지, 제2권, 제1호, 1993, pp.95-103.
- [9] 이동렬, "펠티에 소자 및 히트싱크를 이용한 최적 냉각성능에 관한 연구," 한국동력기계공학회지, 제10권, 제4호, 2006, pp.65-70.
- [10] 김경식, "방열과 배광 최적화를 위한 모듈형 LED 가로등 개발에 관한 연구," 서울벤처대학원대학교 박사학위논문, 2012.

■ 저자소개 ■



김 재 진
Kim, Jae Jin

2001년 3월~현재
강동대학교 전기전자과 교수
2003년 2월 청주대학교 전자공학과(공학박사)
1995년 8월 청주대학교 전자공학과(공학석사)
1993년 2월 청주대학교 전자공학과(공학사)

관심분야 : 저전력알고리즘, CAD,
신재생에너지
E-mail : dkimjj@gangdong.ac.kr

논문접수일 : 2020년 11월 23일
수정일(1차) : 2020년 12월 8일
수정일(2차) : 2020년 12월 15일
게재확정일 : 2021년 1월 5일