

RGB 발광다이오드를 이용한 광색가변형 전구의 설계

송상빈*, 강석훈**, 여인선**

* 한국항공표지기술협회, ** 전남대학교 · HECS · POTRI

Design of a multi-color lamp using RGB LEDs

Sang-Bin Song*, Seok-Hoon Kang**, In-Seon Yeo**

*The Korea Association of Aids to Navigation, ** Chonnam National University · HECS-RRR · POTRI

Abstract - This paper proposes a multi-color lamp using RGB LEDs for color variation. The lamp has an internal controller circuit, so it can be directly connected to the existing incandescent lamp socket. It's main body is comprised of two PCB layers. The upper layer contains 44 LEDs and the lower one has a simple microcontroller-based PWM control circuit. Appropriate number of RGB LEDs are so chosen according to the color mixing theory that the overall LEDs represent a color temperature of 6500K. The lamp has functions of both ON/OFF control and PWM control, so is capable of color variation of over 100,000 colors and of more than 10 patterns.

1. 서 론

최근 고휘도 LED는 장수명, 고효율, 저출력, 내열성 등 거의 모든 면에서 일반 조명기기보다 훨씬 더 많은 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라, 고휘도 LED의 문제점으로 대두되고 있던 광출력과 배광특성이 향상되면서 조명분야나 기타 응용분야에 활발한 연구개발이 진행되고 있는 실정이다. 특히 고휘도 RGB LED는 각각의 광색을 혼합하여 다양한 광색을 가변하여 표현할 수 있는 특성을 가지고 있어서 많은 연구가 진행되고 있으나, 고휘도 RGB LED의 동작개수가 증가함에 따라 많은 수의 제어 부품이 필요하게 되고 각각의 LED 내부임피던스 차이 때문에 LED의 배열에 많은 영향을 주게 되어 광색가변효과와 제어특성이 변화하는 단점이 있다.

이 논문에서는 고휘도 RGB LED를 이용한 광색가변형 전구를 설계하기 위한 것으로, 고휘도 RGB LED의 광학적·전기적 특성을 분석한 결과를 토대로 RGB LED의 색도좌표(x,y) 및 휘도계수에 대한 광색혼색이론을 적용하여 RGB LED의 개수를 선정하였다. 또한 고휘도 RGB LED의 ON/OFF 및 PWM 제어에 의해 10만가지 이상의 다양한 가변색 조명의 구현과 10가지 이상의 광색 패턴 제어가 가능하고 전구의 한정된 면적에 적합하도록 콤팩트하게 설계된 제어회로를 구성하였다.

2. 본 론

2.1 고휘도 RGB LED의 특성

이 논문에서는 발산각 100° LED를 사용하였으며 기타 특성은 표 1과 같다.

표 1. 고휘도 RGB LED의 특성

Color	Peak Wavelength [nm]	I _F [mA]	V _F [V]	Light Intensity [mcd]
Red	625	20	2.0	354
Green	520	20	3.3	948
Blue	467	20	3.4	203

2.1.1 동작전압에 따른 고휘도 RGB LED의 특성

고휘도 RGB LED를 다양하게 광색가변하기 위하여 각각의 광색에 대한 광출력을 조절해야 하는데, 그 방법으로는 LED의 동작전압이나 전류를 제어하여 광출력을 제어할 수 있다. 그러나 고휘도 RGB LED의 동작전압이 약 1V이내에서 급격하게 변화하므로 광출력을 동작전압에 의해 제어할 경우 제어회로를 설계하는데 보다 복잡하고 어렵다는 문제점이 있다.

2.1.2 PWM제어에 따른 고휘도 RGB LED의 특성

고휘도 RGB LED에 대한 각각의 광출력 제어는 PWM 및 ON/OFF제어를 통하여 평균동작전류를 제어하는 방법을 주로 사용한다. 그림 2는 고휘도 RGB LED에 각각 정격전류 20mA를 흐르게 하고 Duty비를 0~100%까지 변화시켰을 때, 고휘도 RGB LED의 광출력을 나타내고 있다. 고휘도 RGB LED는 Duty비의 변화에 따라 선형적으로 변화하는 것을 알 수 있었으며, 고휘도 RGB LED의 광색가변제어는 PWM제어에 의해 다양한 광색을 표현할 수 있음을 알 수 있었다.

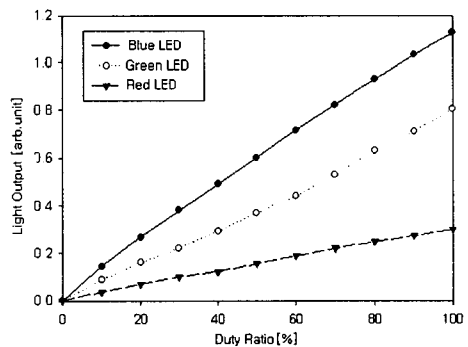


그림 1. 듀티비에 따른 고휘도 RGB LED의 광출력특성

2.2 고휘도 RGB LED의 동작개수 선정

고휘도 RGB LED를 사용하여 다양한 광색가변과 색온도 6500K 백색의 전구를 구현하기 위하여, 광색혼색이론을 이용하여 각각의 고휘도 RGB LED의 비율을 선정하고 전구의 한정된 면적에 적합한 고휘도 RGB LED의 동작개수를 결정하였다.

표 2. 백색광을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 비율

	Red	Green	Blue
x	x _r =0.682	x _g =0.167	x _b =0.131
y	y _r =0.318	y _g =0.675	y _b =0.071
LED 개수(개)	22	15	7

2.3 고휘도 RGB LED의 광색가변을 위한 제어회로

2.3.1 하드웨어 구성

광색가변을 위한 제어회로는 정류회로와 5V 직류전원 공급회로부, 발광다이오드 제어회로부, 스위칭회로부로 구성되어 있으며, 그림 3은 이러한 고휘도 RGB LED의 광색가변을 위한 제어회로를 나타내고 있다.

(1) 정류회로와 5V 직류전원공급회로부

고휘도 RGB LED에 안정적인 직류전압을 공급하기 위하여 AC 전원전압을 브리지 다이오드와 평활용 커패시터를 사용하여 한정된 전구 면적에 적당하도록 비교적 간단한 정류회로를 구성하였으며, 마이크로컨트롤러와 기타 제어소자에 안정적인 5V DC전압을 제공하여 설정된 프로그램에 따라 고휘도 RGB 발광다이오드가 정확히 동작하도록 5V 직류전원공급회로를 구성하였다.

(2) 발광다이오드 제어회로부

고휘도 RGB LED를 제어하기 위하여 마이크로컨트롤러(AT89C4051나 AT89C4051)를 사용하였다. 사용된 마이크로컨트롤러는 2개의 포트와 16비트 타이머/카운터를 가지고 있어서 다양한 프로그램 제어가 가능하고, 비교적 적은 수의 고휘도 RGB LED의 제어회로 소자가 필요하기 때문에 한정된 면적에서 사용하는 데 적합하다.

마이크로컨트롤러의 입출력신호는 P0포트에서 출력되는 3개의 출력 신호가 각각의 고휘도 RGB LED의 스위칭회로부와 연결되어 있어서 각각의 고휘도 RGB LED를 제어하도록 하였으며, 마이크로컨트롤러 P3포트의 1개 핀에 푸시버튼 스위치를 연결하여 입력신호에 의해서 광색패턴 제어가 가능하도록 하였다. 즉 입력신호가 High에서 Low로 변환될 때에 광색패턴이 변환되도록 하였다.

(3) 스위칭회로부

고휘도 RGB LED의 전압·전류를 조절하기 위한 스위칭부는 고휘도 LED의 특성을 제어하는 가장 중요한 부분이라고 할 수 있으며, 스위칭 트랜지스터를 이용하여 제어하기 때문에 트랜지스터를 포화영역에서 동작하도록 설계하여 마이크로컨트롤러의 스위칭 출력신호의 전류에 영향을 받지 않도록 설계하였다.

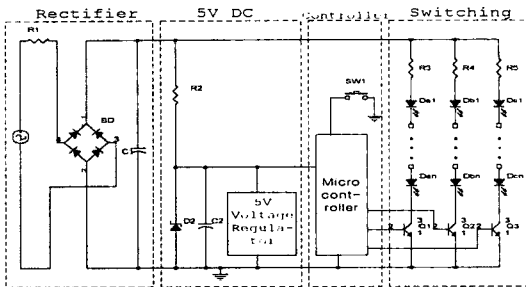


그림 2. 고휘도 RGB LED의 광색가변을 위한 제어회로

또한 각각의 RGB LED가 정격전류에서 동작할 수 있도록 저항(R3~R5)을 사용하여 전류를 제어하였고, 마이크로컨트롤러의 PWM 스위칭신호에 의하여 고휘도 LED의 밝기를 조절되도록 하였다.

또한 스위칭회로부의 고휘도 RGB LED의 조합은 직렬조합으로 구성하였으며, 이는 각각의 고휘도 RGB LED의 PWM제어에 의한 동작전류의 변화가 서로 상호영향을 주게 되는 것을 방지하기 위함이다.

2.3.2 소프트웨어 구성

그림 4는 마이크로컨트롤러 제어프로그램의 동작 플로차트를 나타낸 것으로서, 먼저 AT89C52의 내부 타

이머 인터럽트 함수를 구성하여 기본시간주기 설정함수로써 고휘도 발광다이오드의 ON/OFF 및 Duty주기를 결정하였다. 그리고 외부 선택스위치 SW1이 High에서 Low로 변화할 때, 즉 선택스위치가 초기 동작하였을 때 순차적 모드별로 광색 및 가변색 패턴 제어가 선택될 수 있도록 구성하였다.

다음으로 광색 및 가변색 패턴 제어를 위한 고휘도 발광다이오드의 ON/OFF 및 Duty비에 대한 기본적인 함수를 설정하였으며, 이러한 기본 함수는 각각의 RGB 발광다이오드를 일정한 Duty비(100Step 단위)로 동작할 수 있도록 하는 함수와 부드러운 가변색 패턴 제어가 가능하도록 각각의 발광다이오드가 ON/OFF 동작을 연속적인 Duty비(예 ON → OFF, 100% → 0%)로 변화하도록 하는 함수로 구성하였다. 그리고 Main함수로써, 이러한 기본함수를 바탕으로 약 10개이상의 모드를 설정하여 선택스위치의 동작에 따라 연속적으로 모드가 선택되고 그 모드에 맞게 발광다이오드가 동작되도록 구성하였다.

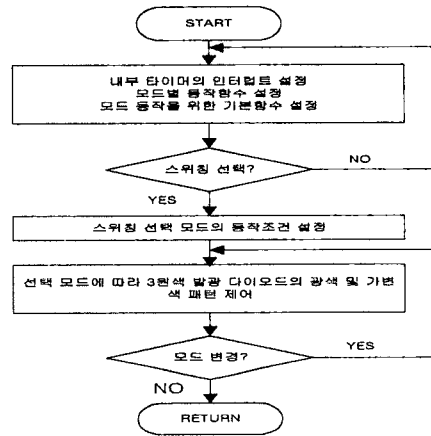


그림 3. 소프트웨어의 동작 플로차트

2.4 실험결과 및 고찰

광색혼합이론을 바탕으로 RGB LED의 비율에 의해 선정된 고휘도 적색 LED 22개, 고휘도 녹색 LED 15개, 고휘도 청색 LED 7개를 사용하고, 이러한 고휘도 RGB LED를 입력 스위치의 동작에 의하여 10가지 이상의 광색가변 프로그램에 따라 ON/OFF와 PWM 제어할 수 있는 마이크로컨트롤러 제어회로를 구성하였다. 또한 고휘도 RGB LED에서 발생된 광색을 적절하게 혼합될 수 있도록 투과율 78%인 벌브를 사용하여 백열전구와 대체할 수 는 크기로 광색가변형 전구를 제작하였다.

제작된 광색가변형 전구는 백색광을 선택하였을 경우에 색온도 6200[K] 색도좌표 ($x = 0.309, y = 0.336$)인 백색광을 얻을 수 있었으며, 선택스위치 SW1의 동작에 의하여 10가지 이상의 광색패턴이 제어됨으로써 다양한 광색과 다이내믹한 광색가변이 이루어짐을 알 수 있었다.

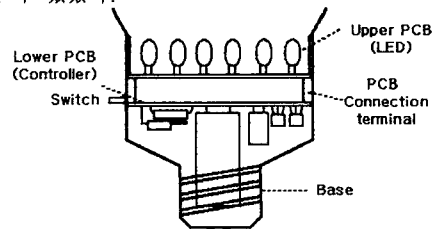


그림 4. 광색가변형 전구의 구조

그림 5는 10가지 이상의 광색패턴 제어에 대한 하나의 실례로써, 청색(B) → 노란색(RG) → 녹색(G) → 보라색(BR) → 적색(R) → 청녹색(BG) → 청색(B)으로 가변되도록 고휘도 RGB LED의 듀티비를 변화시킬 경우 광색가변형 전구에서 나타나는 색도좌표값의 변화를 보이고 있다. 그림 5에서 알 수 있듯이, 원하는 광색으로 부드러운 광색가변이 일어나고 있음을 알 수 있었다. 또한 그림 6에 보이는 동작전압에 따른 고휘도 RGB LED의 특성에서도, 듀티비가 낮아질수록 즉 인가전압이 낮아질수록 색좌표의 변화폭이 점점 커지는 것을 알 수 있었다.

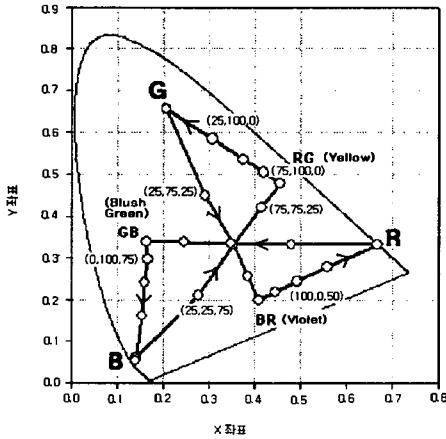
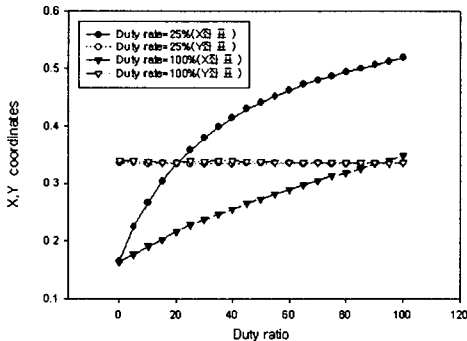
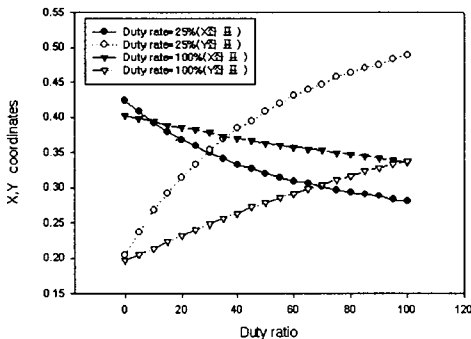


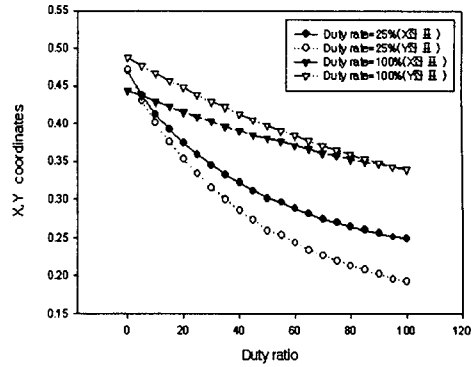
그림 5. 고휘도 RGB LED의 광색가변 경로



(a) R-LED 듀티비 변화(G,B=25,100%)



(b) G-LED 듀티비 변화(R,B=25,100%)



(c) B-LED 듀티비 변화(R,G=25,100%)

그림 6. 듀티비에 따른 색도좌표의 변화

3. 결 론

이 연구에서는 고휘도 RGB LED와 광색가변 제어회로에 적절한 광색을 혼합할 수 있는 벌브를 사용하여 광색가변 전구를 설계한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 고휘도 RGB LED의 광학적 특성 분석과 광색혼합이론을 통하여 안정적인 광색가변과 색온도 6500K의 백색을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 비율에 따른 각각의 고휘도 RGB LED의 개수를 선정할 수 있었다.
2. 한정된 전구의 면적에 적합하고 고휘도 RGB LED를 안정적으로 PWM 제어하여 LED의 광출력을 제어할 수 있는 마이크로컨트롤러를 이용한 제어회로를 구성할 수 있었다.
3. 고휘도 RGB LED의 ON/OFF 및 PWM제어에 따른 특성 데이터를 가지고, 사용자가 원하는 약 10가지 이상의 광색패턴 제어에 따라 약 10만가지 이상의 광색을 가변하는 프로그램을 구성하여 안정적인 백색광과 광색가변을 나타내는 전구를 설계할 수 있었다.

이 연구는 한국과학기술재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

(참 고 문 헌)

- [1] Yu Ri Song, et al., "The study on optimal design and optical properties of LED module for full-color displays", International conference on properties and applications of dielectric materials, pp.56-959,1997.
- [2] Xichao Mo, et al., "Consecutive PWM driving video LED display system," IEEE International Symposium on Circuit and System, pp.1437-1439, 1997.
- [3] Na Young Sun, et al., "A new driving method and circuits of the passive matrix organic electroluminescent display for cellular phone applications," International Display Workshops 2000, pp.829-832, 2000.
- [4] Gerd O. Mueller, et al., "Light emitting diodes for solid state illumination," International Display Workshops 2000, pp.821-824, 2000.
- [5] Young-su Yu, et al., "A study of on color variable technique using high brightness LEDs", 대한전기학회 2001년도 하계학술대회 논문집, pp.2585-2587. 2001.