한국산학기술학회논문지
Vol. 11, No. 9 pp. 3446-3450, 2010

학생들의 생활공간인 교실에 감성조명 적용을 위한 LED 형광등 개발연구

한상석[1*]
[1]전주용덕초등학교

Emotional Lives of Students in the Classroom Space LED Fluorescent Lamp for Sensitivity Lighting

Han Sang-Seok[1*]
[1]**JeonJu YoungDeok ElementarySchool**

요 약 본 논문은 친환경적이며 차세대 광원인 LED 광원을 이용한 감성조명 LED 형광등을 개발하여 학생들의 학교생활 공간인 교실에 필요한 안정성과 활동성을 주는 교실조명을 만들어 보고자 하는데 목적이 있다. 감성조명 LED 형광등의 설계는 색상변환용 제어 컨트롤러, LED램프에 안정한 전원을 공급하기 위한 구동시스템, LED램프 및 램프를 구성하기 위한 PCB판, 케이스 등으로 구성하여 설계하였다. 설계된 감성조명용 LED 형광등의 시제품을 개발하였으며, 실험을 통하여 개발된 시스템의 동작과 필요한 색상을 얻을 수 있음을 증명하였다.

Abstract This study aims to make class lighting that gives classroom to stability and activity. For the purpose, we develop a emotional lighting LED using LED source which is a environment-friendly and the lighting fo the next generation. We composed emotional lighting LED as controller for color conversion, power supply for supplying LED lamp a stable power, PCB board for LED lamp and lamp and case. We developed designed emotional lighting LED and proved that the system works and one can get intended color

Key Words : LED, Sensitivity Lighting

1. 서론

조명기기는 여러 가지 다양한 종류가 있지만 현재 세계적으로 이슈화 되고 있는 친환경 측면 즉 수은이 없는 조명기기로 기존의 백열등보다 훨씬 효율적인 LED 조명이 차세대 광원으로 각광을 받고 있다.

LED가 에너지 효율적이라는데 대해서는 이의를 제기할 사람이 없겠지만, 대부분 실외 및 행사용 조명 어플리케이션에 국한되 왔다. 특히 자라나는 학생들의 생활공간인 교실의 조명은 학습에 많은 영향을 미치고 있으나 형광등으로 감성조명을 하기에는 역부족이라 할 수 있다.

따라서 학생들의 학교생활에 있어서 안정감과 활동성을 주는 파장대 빛을 발생하는 LED 감성조명 형광등을 개발하여 효율적인 공부를 하도록 교실조명을 해야 할 필요성이 있다. 따라서 교실 전체에 안정감을 느낄 정도의 편안한 조도를 유지시키면서 공간을 밝혀주고 집중력을 높이기 위하여 과목별로 필요한 색상을 조사할 수 있도록 색상 변환이 가능한 제어 콘트롤러, 안정된 전원공급 장치, 통신모듈, PCB판, 케이스 등 LED 감성조명 시스템을 개발하였다.

2. 본론

2.1 감성조명과 학습효율

빛은 우리 인간에게 뇌파, 학습 환경 및 업무 환경 등 다양한 분야에 영향을 미친다. Yerkes-Dodson의 법칙에 의하면 두뇌 감성 수준과 학습의 효율성에 관한 인자심

*교신저자 : 한상석(hanssda@nate.com)
접수일 10년 08월 16일 수정일 (1차 10년 08월 31일, 2차 10년 09월 06일) 게재확정일 10년 09월 08일

리학의 법칙으로 인간의 두뇌가 가장 적절한 상태에 있을 때 학습 효율이 높다고 한다. 또한 우리의 뇌는 캘빈도에 따라 사용하는 부분이 다르고 빛의 양에 따라 그 효과의 차이가 크다. 일반적으로 700lx 정도의 빛을 사용하면 생각과 판단이 빨라지는 것처럼 수학 공부를 할 때는 두뇌 회전을 빠르게 하는 조명을 써야하고, 문학 공부를 하기 위해서는 감성을 자극하는 조명을 써야 학습 능력을 최대한으로 끌어올릴 수 있다. 표 1은 교과에 따른 학습능률이 향상되는 색온도를 나타낸 것이며 표 2는 뇌파에 따른 두뇌 활동 상태를 나타낸 것이다[1].

[표 1] 학습능률 향상 색온도

교과	영역	색온도(K)	파장대	비고
수학, 과학	수리적	7600~8000	28Hz	β파
국사, 윤리	암기형	4200~4600	20Hz	β파
실과, 음악, 미술	창조적	2200~2600	10Hz	α파

[표 2] 학습능률 향상 색온도

뇌 파	두뇌 활동 상태
베타(β)파	흥분, 긴장
알파(α)파	긴장 이완, 명상 상태
세타(Θ)파	창의적 상태, 초학습능력상태
델타(δ)파	깊은 수면 상태

색온도가 높을수록 뇌의 활동성과 집중력이 커지고, 색온도가 낮으면 감성이 활발해진다. 따라서 학습 효과에 미치는 영향은 두뇌의 정보 처리량과 기억력, 집중력 등을 최대로 발휘할 수 있는 적정 수준의 상태는 알파파나 세타파와 같은 상대적으로 낮은 뇌파가 발산되는 두뇌 상태이다. 기본적인 생활 영역에서는 6,000K, 휴식 시간은 3,000K 등 색온도가 학생들의 시각을 통해 뇌에 전달되도록 하여 알파파(α)와 베타파(β)를 활성화 되도록 하면 학습효율의 증감을 결정지을 수 있다[2].

2.2 감성조명 LED 형광등 시스템 설계

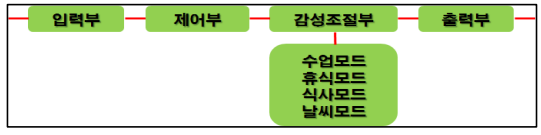
2.2.1 색상변환용 제어 컨트롤러

LED 감성조명을 위한 색온도 및 CMS(color management system) 제어는 RGB 광색혼합이론을 적용하여 색온도 알고리즘을 설계하였으며, 이러한 RGB 광색혼합이론은 백색을 구현하기 위한 빛의 3원색인 RGB에 대한 자극치 X, Y, Z 함수를 이용하여 색도좌표 x, y값으로 표현하도록 하였다. RGB 광색혼합이론을 이용하여 색온도 알고리즘을 구현하기 위하여, 우선 RGB LED의 색도좌표(x, y) 및 휘도계수(Y)가 정해지면 이로부터 혼합광에 대한 색도좌표를 가법혼색이론을 적용하여 구하였다.

LED를 조광을 통해 광색 제어하기 위해 각 LED의 듀티비를 고려하였다. 동일한 광색의 LED를 일정한 듀티비(duty ratio) Ti(i=r,g,b)로서 디밍하였으며 듀티비로써 광색을 제어하여 원하는 색도좌표를 갖는 혼합광을 얻도록 하였다.

LED를 이용한 평판조명(BLU포함)에 있어서 LED의 광량에 대한 조절은 전체적인 휘도의 균일도를 나타내기 때문에 중요한 위치를 차지한다. 따라서 전체적으로 휘도가 균일하지 않을 경우에는 화면으로 표출되어 화면의 불균일성을 나타내게 된다. 또한 색온도가 일정한 값을 유지해야 한다. 일정한 색온도가 유지되지 않을 경우 화면을 볼 때 마다 색상이 다른 화면을 봐야 하기 때문에 사용자의 입장에서는 불편을 초래할 수 있다. 그래서 휘도의 조절과 색온도를 유지시킬 수 있는 제어기능이 필요하게 된다. 그래서 이러한 기능들을 제어할 수 있는 IC를 선정하여 휘도조절과 색온도 조절을 할 수 있는 LED 조명 시스템을 설계하게 되었다[3,4].

여러 개의 LED 램프의 색상을 조절할 수 있는 컨트롤러는 반도체 스위칭 소자를 이용하여 제어회로를 구성한다. 그림 1은 Controller Layout을 나타낸 것이다.

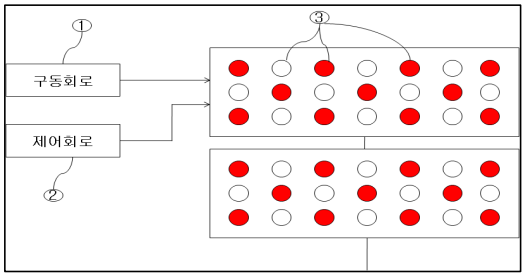


[그림 1] Controller Layout

입력부는 구동시스템의 전원부로 AC 전원을 DC 전원으로 변환하는 장치이며, 감성제어부에서 원하고자 하는 데이터 값을 기억하고 있다가 제어모드에서 신호가 들어오면 제어회로에서는 프로그램에 의하여 제어회로가 원하는 칼라 LED의 색상값에 해당하는 제어신호를 출력부에 보내어 칼라 LED의 색상을 조절한다. LED 모듈의 디밍 처리는 프로세서 내부의 PWM 출력 기능을 이용하는 방식으로 구성하였다. 프로세서 내부 타이머 기능을 이용하는 PWM 출력은 정밀도 면에서 매우 우수한 PWM 출력 방식으로 내부레지스터를 세팅(Setting)하는 이 방법은 레지스터의 기능을 충분히 이해하여 우선시 되도록 하였다[5-7].

그림 2의 ①②는 구동회로와 제어회로로 ③의 붉은색은 칼라 LED 램프와 백색 LED 램프의 배치도하여 구동 및 제어토록 하였다. 일렬로 배치되어 있는 제품은 1. 백색만 on시키고, 2. 백색은 on RGB는 백색이 되도록 조

정, 3. 백색 on RGB 256값으로 조정하여 Data를 취득하도록 하였다.



[그림 2] 램프의 배치도

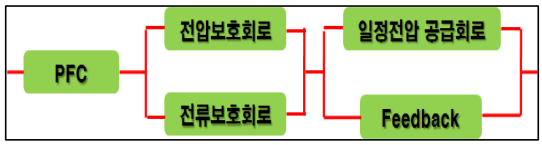
LED 전구는 대략적으로 [그림 2]와 같이 구조로 설계하였다. LED 전구에 적용되는 구동회로의 주요 설계 요건은 작은 면적에 맞는 간단한 회로 설계가 중요하므로 전구용 구동회로는 fly-back 타입으로 구성하였으며, 스위칭 소자와 제어 IC가 일체되는 소자를 적용하여 공간의 활용을 넓히는 방법을 적용하였다. 또한 LED모듈 특성에 적합한 50W급 LED구동회로 개발로 최대 구동전력이 60W 이하·회로효율이 88% 이상이며 EMI, LED 보호기능, 출력특성 등 전기안전규격을 만족하도록 하였다.

복잡했던 기존의 방식을 개선해 단순화한 제어회로와 LED모듈 특성을 반영한 구동회로로 태양광과 같은 자연스러운 색온도를 표현하게 하였다.

2.2.2 LED 램프에 안정한 전원을 공급하기 위한 구동 시스템

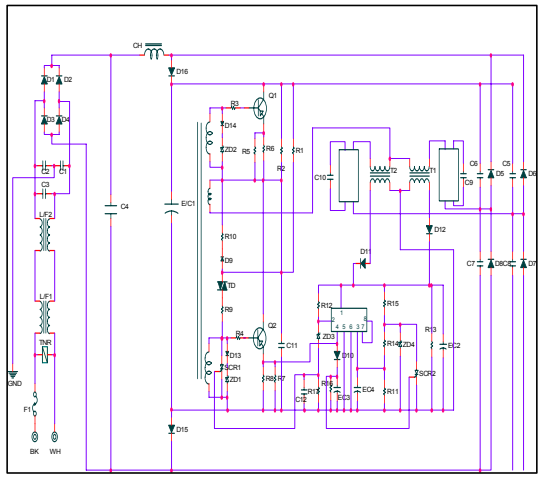
부하의 변화 또는 입력전압의 변동에 대해서 LED 배열에 일정 전압 또는 일정전류를 공급하기 위해 능동회로를 사용하였다. 이들 회로는 광출력이 부하의 상태나 입력전압의 변동에 무관하도록 하였으며 일정하게 유지되게 하였다.

그림 3은 램프를 구동하기 위한 구동시스템의 Layout이다. 구동시스템은 LED의 전기적인 특성상 정전압 제어가 필수이며 정전압 제어시 광원부의 온도 상승과 출력저하의 문제를 깊이 고려하여 전원 공급 장치의 운용상 안정성을 확보하기 위하여 인버터 방식 전원 공급 장치를 설계하여 적용함으로써 기존의 방식보다 광원부에 인가되는 전압이 비교적 높고 관통하는 전류량이 적어 제품의 수명 연장 및 열화 방지의 효과가 있도록 하였다. 또한 PFC 역율보상회로, 전압 및 전류에 대한 보호회로, 일정전압을 위한 전압 보상회로를 구성하였다.



[그림 3] 구동 시스템 Layout

[그림 4]는 램프의 구동시스템의 도면으로 아래처럼 구성하였다.



[그림 4] 구동시스템 도면

다양한 광색 LED의 광출력을 변화시켜 광색 및 색온도 제어를 통한 감성조명 실현과 LED 구동회로 설계를 위한 절차는 사용되는 LED 특성을 정확히 측정하고 이를 바탕으로 조명상황에 맞는 소비전력 및 동작개수를 결정하며, 이 동작개수에 대한 LED 어레이 회로 토폴로지(Topology)를 결정하였다. 펄스구동회로, 즉 변조된 펄스를 광 신호로 바꾸는 회로는 LED의 접합온도가 감소되어 LED의 광속 유지율의 향상을 가져오고, 변조회로가 전지에 의하여 전력을 공급받을 경우에 변조회로의 전력소모가 감소하기 때문에 전지가 갖고 있는 유효 수명을 늘릴 수 있는 현재 많이 쓰이고 있는 방법으로 하였다.

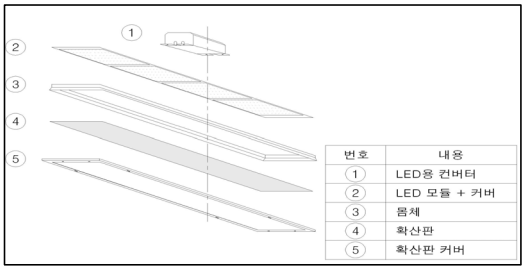
LED 배열(Array) 방식은 직·병렬배열로 각각의 개별 LED의 불량 발생에 대해 최소한의 광출력 변화를 실현하기 위한 방식을 사용하였다.

2.2.3 시제품의 등기구 구성

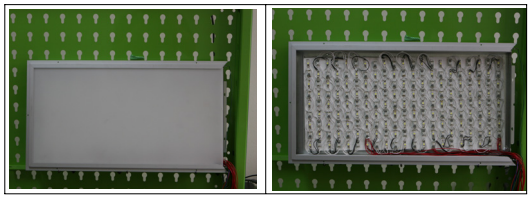
LED 조명은 배광이 고르지 못하며 직하조도는 과도하게 밝고 또한 발광 효율 저하의 특성도 가지고 있다. 따라서 이를 개선하기 위하여 다양한 등기구와 확산판의

적용을 통하여 배광을 효율적으로 개선하도록 하였다.

그림 5처럼 LED 램프 부착 PCB판을 고정하고 빛의 직진성을 확산성으로 하기 위한 확산판 및 케이스는 알루미늄으로 구성하였고 작업의 효율성을 위한 조립 방법을 고안하였다. 교실 분위기에 어울리도록 구성하여 최고의 투과율을 가질 수 있도록 그림 6처럼 시작품을 제작하였다.



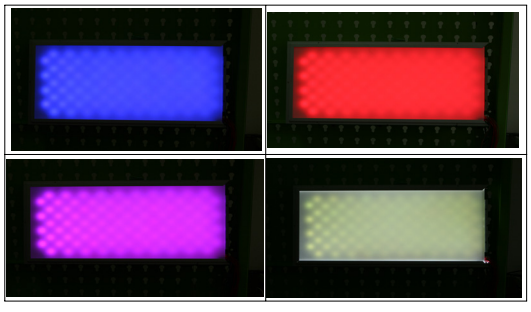
[그림 5] 등기구의 구성



[그림 6] 등기구 시제품

2.3 감성조명 LED 형광등의 실험 결과

감성조명용 LED 개발을 위한 성과를 검증하기 이하여 그림 6처럼 실제 제작한 시제품을 이용하여 실험을 실시하였다. 실험은 백색 LED와 색깔을 변환할 수 있는 칼라 LED의 RGB의 값을 변환하여 실시하여 콘트롤러가 정상적으로 동작하는 지의 여부를 판단하였으며, 학습 효과에 필요한 감성조명용 색상이 적절하게 조사되는 지를 알아본 결과 그림 7 처럼 색상이 조사되는 것을 볼 수 있었다.



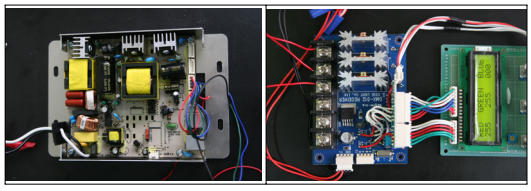
[그림 7] 감성조명 색상의 변환

2.3.1 안정적인 전원공급 장치

LED 램프에 안정적인 전원을 공급하기 위하여 제작한 전원공급 장치는 감성조명용 LED 형광등에 안정한 전압과 전류를 공급하여 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.

2.3.2 감성조명용 색상 구현

학습 효율을 향상 시키고 안정적인 수업 분위기를 형성하기 위한 색온도에 대한 실험을 실시하였다. 그림 8의 콘트롤러로 백색 LED와 칼라 LED의 RGB 값을 변환하여 우리가 원하고자 하는 색온도를 연출 할 수 있다는 것을 확인 하였다. 안정기의 재료는 Capacitor, Diode, Zener Diode, Comparator, Smpsmosfet, Fuse, Resisitor, SCR 등은 구동시스템 도면에 의해 자체 제작하였다.



[그림 8] 구동시스템과 색상 구현 콘트롤러

표 3은 LED 용 형광등 실험 방법 및 취득 Data는 감성조명을 얻을 수 있는 다양한 방법의 실험을 거쳐 얻어진 것이다. 일렬로 배치되어 있는 제품은 1. 백색만 on시키고, 2. 백색은 on RGB는 백색이 되도록 조정, 3. 백색 on RGB 256값으로 조정하여 Data를 취득한 것이다.

[표 3] 일렬배치 제품의 실험

순번	백색 LED 측면	제작한 백색 및 RGB				취득 Data		
		백색 LED	RGB 값			색온도 (K)	연색성	광속 (lm)
			R	G	B			
1	On	On	0	0	0	9235	78.6	2013
2	On	On	255	255	255	14366	87.2	2805.6
3	On	Off	255	255	255	16824	79	1520.5
4	Off	On	0	0	0	13222	78.1	1249.1
5	Off	On	255	255	255	26866	-109.3	2022.8
6	Off	Off	255	255	255	30000	-275.7	773.1

2.3.3 감성조명 적용을 위한 교실 환경

색온도 가변형 LED 평판 조명의 적용으로 학습 능률 및 교실 생활 여건 향상에 도움을 주고 학습 모드별 LED 등 색온도 변화가 가능토록 하였다. 직접 조명을 위한 교실 천정과 간접조명을 위한 벽면에서 빛을 발생하게 하고, 칠판 주위에 빛의 색상이 변환 가능하도록 LED램프

를 구동 하였을 때, 교실 바닥과 벽, 그리고 칠판 등의 교실 공간에 빛이 투사되고 투사 된 빛에는 학생들의 정신적 안정감, 활동성을 갖는 파장대 빛의 색상이 포함되도록 하였다.

3. 결론

학생들의 생활공간에 적용할 감성조명 LED 형광등의 개발은 학생들의 학업 분위기 쇄신 및 학습 능률 효과에 크게 기여할 수 있을 것이다. 이를 위하여 본 논문에서는 적용할 수 있는 가능성을 실험과 개발을 통하여 알아본 결과 제어 콘트롤러를 통하여 교과목에 필요한 색상을 구현할 수 있었으며, 전원 구동장치를 통하여 백색 LED와 칼라 LED에 안전적인 전압이 공급 되고 있음을 알 수 있다. 향후 개발된 시스템을 보완하여 교과목 또는 영역별 에 필요한 색온도를 연출할 수 있도록 하고, 개별 시스템 보다는 교실 전체 공간을 감성 조명 교실로 연출 할 수 있도록 하면 학생들이 안정하고 편안한 분위기에서 수업할 수 있어 학습 능률도 향상될 것으로 기대된다. 따라서 성능과 효율이 좋은 감성조명 LED시스템 개발에 더 많은 연구를 하여야 할 것이다.

참고문헌

[1] 홍근주, 건국대학교, 산업대학원, “ 컬러테라피가 스트레스와 뇌파변화에 미치는 영향”, 2009, 2

[2] “白色 LED 照明技術의 すべて” 工業調査會, 田口常正

[3] 파워오브 컬러, 교보문고, 모던 워커

[4] 권기수 외, “전압제어 링 발진기를 이용한 LED 구동 회로 및 조명제어기설계”, 조명전기설비학회논문지, 제24권, 제4호, pp.1-9, 4월, 2010.

[5] 장우진 외, “고출력 LED 및 고체 광원 조명 기술”, 아진.

[6] 천우영 외, “직하형 LED BLU의 구동 및 제어회로에 관한 연구”, 조명전기설비학회논문집, pp 119-124, 11월, 2007.

[7] 한수빈, “LED 조명용 전원의 설계기술 현황”, 조명전기설비학회지 제17권 제2호, 2003.

[8] “LED Lighting Management Solutions", National Semiconductor, 2008.

[9] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, "Fundamentals od Power Electronics" : Second Edition, 2001.

[10] Steve Winder, "Power Supplies for LED Driving", Newnes, 2008.

한 상 석(Sang-Seok Han) **[정회원]**

- 1991년 2월 : 전주교육대학교 실과교육 학사
- 2002년 2월 : 전주교육대학교육대학원 실과교육과 석사
- 2008년 2월 : 전북대학교 메카트로닉스 공학과 박사
- 2004년 11월 ~ 현재 : 전주교육대학교 시간강사 및 전주용덕초등학교 교사

<관심분야>
전기공학, 제어공학, 시스템공학