

컬러 이미지 센서를 이용한 LED 조명  
장치의 자연광 재현장치 구현  
Natural Lighting Environment Implementation By  
Lighting Led with Color image Sensor

장 태 북(Tae-bok Jang)<sup>1)</sup> 이상범(Sang-Burm Rhee)<sup>2)</sup>

요 약

본 논문에서는 기존의 조명장치에 비하여 광변환 효율이 높고 조도제어가 용이한 백색LED와 컬러LED를 조합한 LED 조명장치와 컬러센서를 결합하여 자연광에 가까운 조명환경 구현하는 방법을 제안한다, 제안된 LED와 컬러센서 입력장치를 조합한 장치를 이용하여 인간을 위한 최적의 작업환경을 구축할 수 있으며 광변환 또한 높은 조명장치로 효과적인 조도제어 및 여건에 맞는 환경에 최적화된 색온도 구현이 가능하다.

Abstract

This paper designed for natural lighting environment implementation with mixed color and white LED equipment. Lighting LED equipment Have a lot of advantage than traditional commercial lighting equipment. Such as high energy conversion efficiency and easy dimming control performance. This paper proposed LED lighting equipment with color sensor acquisition system can make best lighting environment for Human various kinds necessary.

논문접수 : 2009. 09. 29.  
심사완료 : 2009. 10. 20.

---

1) 정회원 : 단국대학교 전기전자공학부 박사과정

2) 종신회원 : 단국대학교 컴퓨터학과 교수

## 1. 서론

인간의 건강증진 및 최적의 작업환경 구현을 위하여는 태양으로부터 오는 자연광이 단연 으뜸이나 태양빛을 이용할 수 없는 위치 환경적 요인 또는 태양빛이 없는 야간 환경을 위하여 백열등 또는 형광등과 같은 인공적인 조명장치를 이용하고 있다.

기존의 조명장치는 광변환효율(조도/소비전력), 조명의 연색성(color rendering) 두가지 선택 요인중 한가지를 중시여기게 된다. 즉 백열등이 연색성 또는 색온도 측면에서 좋은 반면 광변환효율이 매우 낮고 이에 반하여 형광등은 광변환 효율이 매우 높으나 색온도와 조명의 연색성이 매우 나쁜 편이다. 이러한 이유로 색채의 감을 중용시 여기는 전시용 매장등에서는 할로겐 램프 또는 백열등이 주로 사용되고 있으며 조명을 위한 비용이 주요시 되는 사무실용 조명장치로는 형광등이 주로 사용되고 있다. 21세기에 들어서는 형광등의 연색성을 개선한 3파장 형광등 램프가 출현하여 일반가정용 조명장치로 주로 사용되고 있다.

최근에 들어서는 전세계적으로 지구의 환경개선을 위한 저탄소 녹색성장의 필요성을 충족할 조명기구로 LED 조명장치가 각광을 받고 있다. LED 조명장치의 가장 큰 장점으로는 광변환 효율이 기존의 조명장치와 대비하여 최소 30% 이상이며 향후 LED 반도체 기술의 비약적인 발전에 의하여 약 60~70% 이상의 광변환 효율이 얻어 질것으로 예상된다.

그러나 기존에 조명용으로 제조된 등기구를 살펴보면 가격적인 이유로 하여 백색 LED가 주로 사용되며 3색 컬러 LED 조합을 통한 조명장치는 연색성은 좋으나 비용적인 측면 및 광변환 효율 측면에서 기대에 미치지 못하는 실정이다. 이런 이유로 컬러 LED 조명장치는 전시 또는 특수 목적에 일부분 사용되고 있다.

본 연구에서는 두가지 LED 조명장치의 장점을 조합하여 비용 및 연색성 측면에서 효율성을 기할 수 있도록 하고 사물의 색을 정확하게 표현 할 수 있도록 하기위하여 필요에 따라 색온도

를 조절할 수 있는 컬러 센서와 조명장치를 결합한 LED 조명 장치를 구현하고자 하였다.

## 2. 광원 과 스펙트럼

태양으로부터 지구에 도달되는 빛의 스펙트럼을 보면 약400~800nm 파장을 가진 가시광선 영역과 가시광선영역보다 파장이 긴 적외선 영역과, 파장이 보다짧은 자외선영역으로 대별된다. 그림1에서 보듯이 태양으로부터의 자연광은 스펙트럼이 연속적인 분포를 가지고 있으며 이와 함께 짧은 파장을 가진 가시광선 영역의 Flux Density 가 높은 특성을 가지고 있다. 이와 함께 스펙트럼 Flux Density 의 변화가 일정한 기울기를 가진 연속적인 특성이 있다. 또한 가시광선 영역의 Flux Density 가 매우 집중된 특성이 있다. 이에 반하여 그림2에서 보듯이 인공적인 조명기기중 기존에 대표적으로 사용되고 있는 백열등과 형광등, 할로겐 램프의 스펙트럼 분포도에서 알수 있듯이 가시광선 영역에서의 Flux Density 가 매우 낮거나 Flux Density 변화가 특정 파장대에서 급격하게 변하는 특징을 볼 수 있다

### 2.1 스펙트럼 연속성과 색상

태양으로부터의 자연광 아래에서 인간의 시각 정보는 숲, 식물, 잔디의 녹색, 하늘과 물의 푸른색, 일출과 일몰의 붉은색과 보라색, 가을 들판의 갈색 등 우리주변의 자연속 색상을 보고 구별하고 그에 영향받게 된다. 인간은 빛의 스펙트럼에 의해 만들어지는 색깔 자체가 특정 신경 화학물질과 호르몬 분비를 촉진시키며, 우리의 감정을 변화시키고 각성 시키거나 진정 시키며, 기억을 촉발시키기도 한다. 어떤 색상

은 자율신경계를 각성시키는 반면, 다른 색상은 고요하게 만드는 효과를 나타내는 것이다. Fashion design, 또는 휴대폰 또는 MP3 Player 같은 전자제품이나 TV set 같은 제품의 외형색상은 구매자의 구매욕구 유발요인이 되므로 특별히 색깔의 미묘한 차이에 주의할 필요가 있다. 이러한 이유로 자연광에 가까운 조명의 구현은 그 필요성이 매우 높은 편이다.

색	파장	스펙트럼	공급을 위한 부(레이저)
자외선	360	자외선	높은 강도
비이온화	380		
	400nm		
	420		
	440		
	450		
	480		
블루그린	500nm	430nm (블루레이저)	HD DVD용, MAMMOG, HD DVD용, MPSSL
그린	520		
가시광선 (인공적으로 생성 가능)	540	가시광선	
황록	560		
노랑	580nm		
	620		
오렌지	640	650nm	MO, PO, DVD용, CD-RW, DVD용, 소형 Laser포인팅
적도	660		630-650nm(650nm), 5mW Class II (III A) Laser
	680		
붉은 적도	700nm		
	720		
	740		
	760		
적외선	780	적외선 780nm	CD용, CD-R용, 블루레이레이저기
	800nm	< Photo TR	PNA2520(PN25)
	820	< (대시광)	Beam light 830nm, 50mW (Class II Laser)
	830		광단파장계량기(FT-2.3)
	850		
	1000nm		
	1300nm	1.3um	광단파장계량기(FT-3C)
적외선	1500nm(1.5um)	적외선 1.5um	

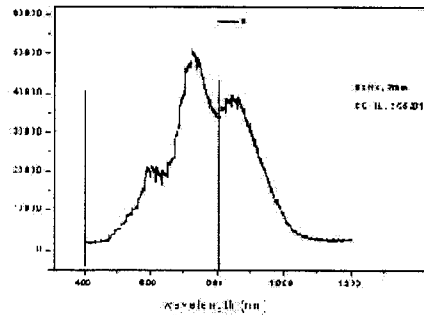
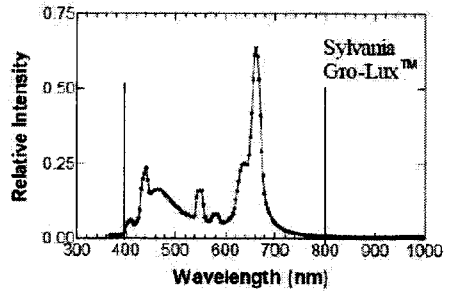
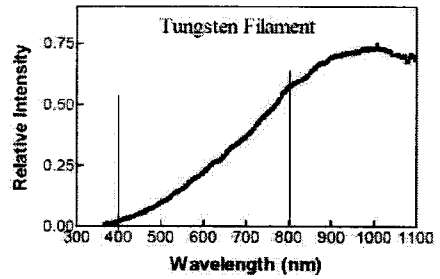


그림2 백열등 및 형광등, 할로겐 램프 스펙트럼 분포도

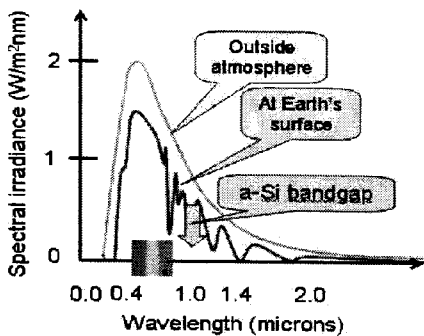


그림1. 태양광의 스펙트럼 분포도

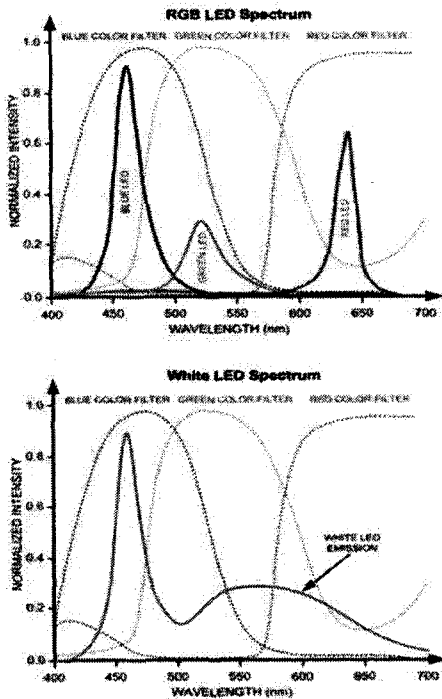


그림 3. 컬러LED 와 백색LED 스펙트럼 분포도

### 3. 구현(Implementation)

본 논문에서 구현하고자 하는 컬러 LED 와 백색LED 조합은 그림4 와 같이 하여 주요 광원으로는 백색LED를 사용하고 컬러 LED 로는 백색 LED 로 부족한 전스펙트럼 영역을 보완하는 역할을 하도록 고안하였고, 특히 일반적으로 사용되는 백색LED 는 주로 청색 LED 특성을 많이 가지고 있어서 이를 이용하였다. 이는 그림3의 청색 LED 전스펙트럼을 보면 알 수가 있다. 또한 녹색 LED 방사특성이 RED 와 Blue(White) LED 방사특성에 절반에도 미치지 못하는 특성이 있어서 Full Color 구현을 위하여 백색 과 적색 녹색 LED 의 비율을 1대 1.2대 2의 비율로 LED를 배열에 사용하였다.

아울러 청색LED를 사용하지 않고 백색LED를 사용한 이유는 적색 LED 와 녹색LED 스펙트럼 간의 갭을 기존의 조명용 백색 LED 스펙트럼이 보완하는 이유와 조명용 백색LED 의 시장 가격이 대량생산을 통한 가격 경쟁력을 가지고 있기 때문이다. 이렇게 조합된 LED Module을 Drive 하기 위하여 PWM 조도 제어가 가능한 MB16650 과 제어용 Controller 로는 Microchip dsPIC30F2010과 같은 Duty Cycle 제어를 통한 Color 제어목적의 PWM 전용 제어포트가 있고 Sensor 로부터의 각각의 컬러 스펙트럼 정보를 받기 위하여 노이즈 환경에서 안정적으로 정보를 전송 가능한 CAN 통신 방식이나 RS485 방식을 적용하며, 색온도 보정용 컬러정보 입력 장치로는 hamamatsu 의 12bit 정밀도 3color s9706 컬러 이미지 센서와 i2c Port 가 내장되고 CAN Port 가 내장된 dsPIC30F2010 같은 산업용 Micom 이 사용 가능할 것이다. 본 논문에서 적용된 시스템 구성도는 그림5와 같다.

color sensor spectrum sensitivity 특성을 고려하여 할로겐 표준조명을 이용하여 스펙트럼 Spectrum 특성을 교정하고 이를 이용하여 LED 조명기구와 Color Sensor Unit은 조명기구의 방사특성과 일반적인 조명기구와 바닥의 높이를 고려하여 조명기구의 수직하 2M 아래에 배치한다. 그림5 와 같이 PC를 통하여 필요로 하는 색온도 및 휘도를 화면상의 록업테이블에서 지정하면 RS232 Port를 통하여 Control Board 로 전송되며 전송된 색온도 정보에 비례한 LED Module Duty rate 가 제어되며 이렇게 출력된 빛은 컬러센서로부터 I2C Port를 통하여 Data Acquisition Unit 로 3초 간격을 가지고 Color Spectrum 정보를 입력받는다. 입력된 스펙트럼 Data는 CAN Network을 통하여 Control Unit 로 전송된다. 수신된 스펙트럼 Data와 실험을 통하여 교정된 Color 조합 Table을 이용하여 각각의 Red, Green, 그리고 White Led Module 의 Duty cycle을 조절하여 원하는 스펙트럼을 얻을때까지 3초 간격으로

교정된다. 교정이 완료되면 약 1분 간격으로 스펙트럼 정보를 획득하여 주위 환경적인 요인(열, 외부광원)에 의한 변형에 대하여 재교정작업이 이루어진다.

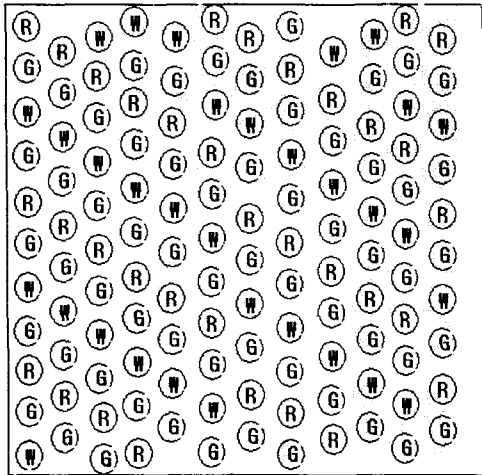


그림 4 제안된 Led 조합

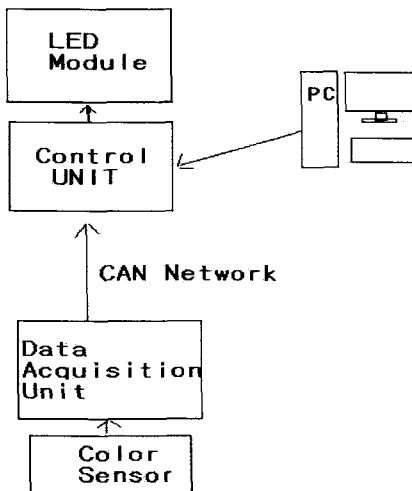


그림 5 자연색 구현LED 조명 제어 장치 구성도

▣ Spectral response

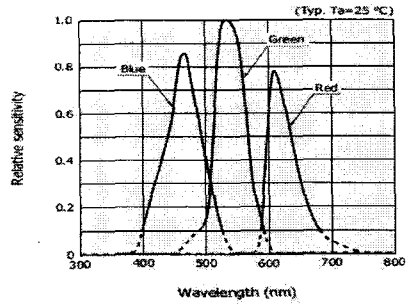
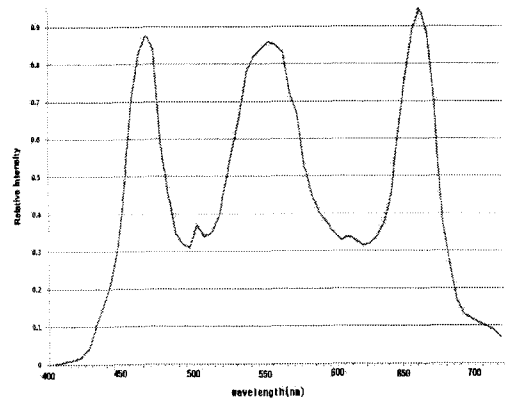


그림 6. 컬러 센서 스펙트럼 감도 특성

본 제안에서 사용된 컬러 LED 조합 모듈로부터 얻을 수 있는 방사 스펙트럼은 그림7과 같으며 Cyan 컬러 LED 추가등 스펙트럼 특성을 보다 개선하면 보다 완벽한 특성이 얻어질 것으로 예상된다.

그림7 LED 조합모듈 스펙트럼분포



5. 결론

본 논문에서 제안한 LED 조명 장치의 자연광 구현 시스템은 비용 대비 효율성 측면에서 좋은 결과를 기대할 수 있으며 아울러 컬러 조명을 이용한 치료 목적, 또는 상품 디자인이나 보다 원색에 가까운 색분리도 필요로 하는 장소에서 효과적으로 사용할 수 있을 것을 예상

할 수 있으며 향후 장소가 넓은 범위의 자연광 구현을 위한 무선 Zigbee Network 또는 멀티포트 CAN Network 구축을 통한 조명시스템 구축의 가능성을 짐작하여 볼 수 있었다. 아울러 시안컬러LED 등의 추가 적인 조합을 통하여 보다 자연광원에 가까운 LED 조명기기의 설계가 가능함을 예측 할 수 있었다.

## 참고문헌

[1]. LNK603-606/613-616 LinkSwitch-II Family. Energy Efficient, Accurate CV/CC Switcher for Adapters and Chargers. Power Integrations Inc.

[2]. DI-185 Design Idea. LinkSwitch-II. Low Component Count, Isolated 350 mA, 4.2 W LED Driver. Power Integrations Inc.

[3]. DI-186 Design Idea. LinkSwitch-II. High Efficiency Low Cost, Non-Isolated 350 mA, 4.2 W LED Driver. Power Integrations Inc.

[4]. A. Kitai, Luminescent materials and their applications, John Wiley & Sons Ltd, 2008

[5] E. F. Schubert, Light emitting diodes and solid state lighting in  
<http://www.LightEmittingDiodes.org>

[6]. J. Y. Tsao, Light Emitting Diodes (LEDs) for General Illumination - an OIDA Technology Roadmap Update 2002 (available at <http://www.netl.doe.gov/ssl/publications.html>)

[7]. S. Coe-Sullivan et al., Nano Letters, 2008. 12.

[8]. K. S. Cho et al., Nature Photonics, 2009. 5. 24