

동적 LED 조명 시스템의 개발에 대한 연구

최종대*, 김효인*, 윤근영**

*경희대학교 대학원 건축공학과(rkaeld1@khu.ac.kr),
**경희대학교 건축공학과(gyyun@khu.ac.kr)

Research on Development of a dynamic LED lighting system

Choi, Jong-Dae*, Kim, Hyoin, Yun, Geun-Young**

*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Kyung Hee University(rkaeld1@khu.ac.kr),
*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Kyung Hee University(hyoinkim@khu.ac.kr),
**Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee University(gyyun@khu.ac.kr)

Abstract

Recently, from a saving energy and environmental lighting sources point of view, using LED lighting have been increased rapidly. The colors of light was applied to the control of dimmers that is composed of red, green, blue, and white(RGBW) to improve the quality of visual environment. Moreover this study has been processed to develop adjustable dynamic LED lighting system on SPD and definitize the various spectral power distribution and color temperature of light through the control of the four dimmers. It is possible to combine up to 432⁴ kinds of light. Measurement of illuminance of range on working surface was as 71,831 lux. Application of visual environment for occupants can be expected according to control of lighting performance.

Keywords : LED 조명 시스템(LED lighting system), 분광분포(Spectral power distribution), 색온도(Color temperature)

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

차세대 우리나라 산업을 이끌 주요품목으로 급부상중인 발광다이오드(Light Emitting Diode: LED)조명은 수은과 같은 유해 물질이 없고, 에너지 절약적이며, 친환경적인 조명이다. 또한 LED는 여러 분야에 걸쳐 대체광원의 역할이나 새로운 신제품의

동력원으로서 지속적인 발전을 거듭하고 있다.

RGB LED의 경우, 조명광의 색인 삼원색을 자유롭게 조절하는 것이 가능하다. 따라서 다양한 작업 목적에 대응하는 가변성 확보와 기능적 효율성 및 쾌적한 시환경 제공의 관점에서 다양하게 적용될 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같은 이유로 최근 작업공간의 쾌적한 조명환경 즉, 건강조명계획에 관한 연구가 증대되고 있다. 건강조명에서

가장 큰 영향을 미치는 요소인 빛은 생체리듬에 직접적인 영향을 미치는 요인 중 하나이며, 빛의 세기와 색온도, 빛의 파장 또한 인간의 행동이나 건강에도 영향을 줄 수 있다.

이에 본 연구에서는 가시광선 영역대의 빛의 파장별 강도 (Spectral Power Distribution: SPD)를 조절하는 동적 LED 조명 시스템을 개발하고, 광원의 파장별 빛의 강도, 색온도, 연색성 등 조명원적 성능을 파악하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 백색 LED와 RGB LED를 이용하여 SPD와 색온도에 따른 채실자의 심리적 건강의 향상을 위한 동적 LED 조명 시스템을 개발하였다. 또한 개발된 LED 조명 시스템으로 구현이 가능한 SPD, 조도, 색온도 등을 실측하였고, 이를 통해 광학적 요소의 구현 범위를 파악하고, 신뢰성을 검토하고자 하였다.

2. 연구방법론

2.1 LED 조명기기의 구성

본 연구에서는 가시광선 영역대의 SPD 및 빛의 색과 강도의 조절이 가능한 LED 조명 시스템을 개발하였다. 조광기를 사용하여, 발광부의 백색 LED 소자와 RGB LED 소자로 다양한 색과 강도의 빛을 입력되는 전력의 세기로 조절할 수 있다.

그림 1은 본 연구에서 사용한 LED 조명 시스템을 나타내는 도면이며, LED 조명 시스템은 전원장치와 백색 LED, 보내지는 전력을 조절할 수 있는 RGB LED 소자로 구성되어 있다. 조광기는 각각 백색, 적색, 녹색, 청색의 4개의 조절기를 가지고 있다. 조절기를 이용하여 2, 3, 4가지의 색의 조합이 가능하다.

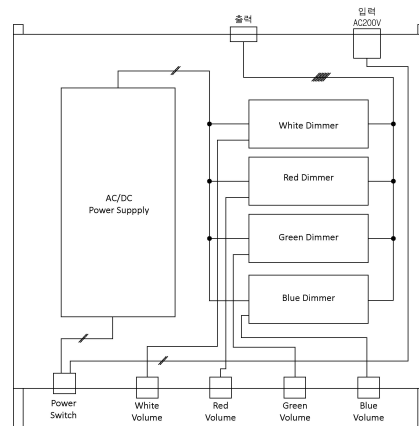


그림 1. LED 조명 시스템의 구성

RGB LED와 백색 LED 발광부 모두 빛의 강도를 조절할 수 있다. RGB LED 발광부는 주로 빛의 색을 구현하고, 백색 LED 발광부는 빛의 색을 유지하면서, 강도를 보정해주는 역할을 한다. 그림 2는 본 연구에 사용된 LED 조명 기구로 백색 LED 발광부 및 RGB LED의 배열의 일례를 나타내고 있다. 발광부는 길이 1.2m, 폭 0.3m의 직사각형 형태이며, 백색 LED 소자와 RGB LED 소자가 한쪽에 몰려서 배열되지 않고 교대로 번갈아가며 좌우로 길게 배열되어 있다. 이는 조명 장치로부터 전체적으로 광의 품질을 더 우수하게 방출하기 위함이다.

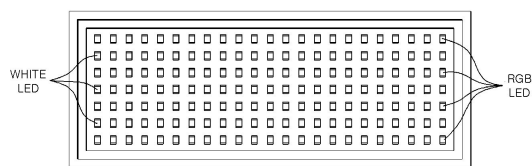


그림 2. LED 조명 시스템의 발광부

LED 발광부에 사용된 LED 소자의 특성은 표 1과 같다. 최대 70,000시간을 사용할 수 있으며 백색 LED 소자와 RGB LED의 소자의 크기는 동일하며, 5,000~8,000mcd 범위의 광도를 백색 LED는 구현할 수 있다. 파장 분포의 피크점은 RGB LED의 경우에 적색 소

자는 618~635nm, 녹색 소자는 520~535nm, 청색 소자는 455~475nm에서 나타난다.

2.2 실험실 개요

그림 3은 LED 조명이 설치된 실험실의 모습의

표 1. LED 소자의 특성

크기	5.5×5.0×1.6 mm (L×W×H)		
수명	최대 70,000 시간		
기타	백색 LED	광도[mcd]	5,000~8,000
	RGB LED	파장분포 피크점 [nm]	· 적색: 618~635 · 녹색: 520~535 · 청색: 455~475

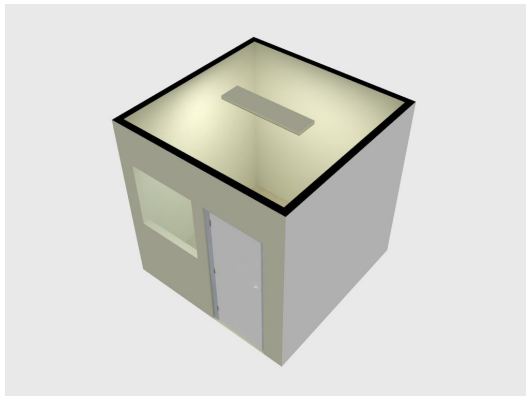


그림 3. 실험실 모습

그림이다. 크기는 2.4m(W) × 2.4m(D) × 2.68m(H)이며, 0.9m(W) × 0.9m(H)의 창을 가진다. 실 천장의 중앙에 LED 조명을 설치하였고, 실 내부의 벽체는 LED 조명에서 방출되는 빛의 색을 그대로 나타나게 하거나 가장 비슷하게 나타날 수 있도록 흰색으로 마감하였다. 또한 외부로부터의 빛이 내부로 들어오지 않는 구조가 바람직하기 때문에 실험실의 창문을 흰색의 판을 사용하여 차단하였다. 창문을 차단시킨 이유는 조명기구의 특정 기능을 제대로 수행하기 위함이다. 마감재는 반사율은 벽이 0.79, 창문의 차단판이 0.75, 바닥이 0.30이다.

2.3 측정방법

표 2는 본 연구에서는 LED 조명의 성능을 분석하기 위하여 사용된 측정기기이며, 조도의 측정을 위해 Topcon IM-5를 이용하여 작업면의 수평면 조도 및 벽체, 창문의 차단판, 바닥의 반사율을 측정하였고, 파장, 색온도, 연색성 등의 측정은 AVASpec-3648 UV/VIS Spectrometer를 사용하였다. 실험자는 LED 조명의 중앙의 하단부에서 작업면의 높이인 0.85m에서 측정을 하였다.

표 2. 측정요소와 측정기기

측정요소	측정기기	기기특성
조도, 반사율	 Topcon IM-5	· 측정범위: 0.01~199,990 lux
		· 정밀도: ±2% rdg + 1 digit
SPD, 색온도, 색좌표, 연색지수	 AVASpec-3648 UV/VIS Spectrometer	· 측정면 : 수평면, 수직면
		· 파장: 200~1,100nm
		· 레졸루션: 0.025~20nm
		· 미광: <0.1%
		· 감광도: 14,000(counts/μW)/ms
		· 통합시간: 10μs - 10 minutes
		· 측정면 : 수평면, 수직면, 발광면

3. LED 파장조절기의 성능분석

3.1 조합별 파장 분포

LED 소자의 색의 조합에 대한 대표적인 SPD는 그림 4와 같다. 조절기의 전력값을 각각 최대로 하였을 때 SPD는 그림 a, b, c, d 이고, 전력값이 최대일 때, 각각의 소자에서는 다른 파장의 피크점을 가지는데 적색 LED 소자는 634nm, 녹색 LED 소자는 517nm, 청색 LED 소자는 455nm에서 나타난다. 그러나 백색 LED 소자의 경우는 2개의 피크점을 가지는데 456nm에서 최대값을 가진다. 그림 e는 적색 LED 소자와 녹색 LED 소자, 청색

LED 소자의 전력값을 모두 최대로 한 경우이고, 이 때 3가지의 피크점이 나타나며, 456nm에서 값이 가장 크다. 그림 f는 백색 LED 소자와 RGB LED 소자의 전력값을 최대로 한 경우, 3개의 피크점을 가지며, 4가지의 색의 파장이 모두 혼합되어 나타났다.

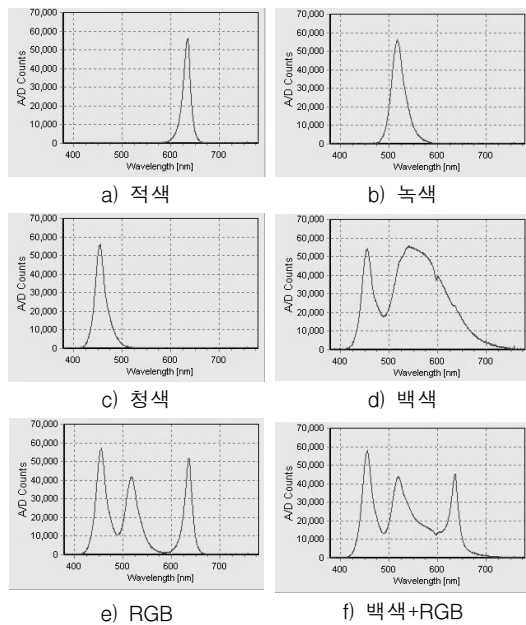


그림 4. LED소자의 색 조합에 대한 대표적인 SPD

3.2 조도

본 LED 조명시스템에서 1.83m 떨어진 작업면에서 백색 LED와 RGB LED를 조합하여 출력하였을 때, 수평면 조도는 최소 7 lux, 최대 1,831 lux로 나타났고, 최소 1 lux 단위로 조절이 가능하다.

3.3 색온도

본 LED 조명을 이용하면 다양한 색온도 구현이 가능하다. LED 조명 시스템을 사용하여 대표적인 색온도 구현을 위한 색좌표의 연색지수(Color Redition Index: CRI)를 측정 한 것이 표 3과 같다. 광색의 색온도가 3,300K 미만일 경우에는 따뜻한 인상을 주

며, 5,300K 이상일 경우에는 시원한 인상으로 분류되며, 자연광은 일몰, 출몰, 정오일 때 태양의 색온도와, 구름의 양에 따른 하늘의 색온도를, 인공광원은 백열등, 백색 형광등, 주황색 형광등의 색온도를 선정하여 비교하였다. 그림 5는 표 3을 CIE 1931의 색도도 (Chromaticity diagram)에 나타낸 것이다. E 점은 이상적인 무채색의 경우이고, E와 거리가 멀수록 색의 순도는 높고, E 점과 연결한 직선이 만나는 파장의 색에 따라 색상이 결정된다.

표 3. 대표적인 색온도 구현을 위한 색좌표와 연색지수

	색온도 (K)	x	y	CRI	광색의 인상	예
1	2,000	0.303	0.169	16	따뜻함	태양 (일몰, 출몰), 촛불
2	3,000	0.415	0.358	54		백열등(200W)
3	3,300	0.404	0.363	53	중간	
4	4,500	0.250	0.158	4		백색 형광등
5	5,000	0.356	0.499	62		태양(정오)
6	5,300	0.338	0.360	89		
7	6,500	0.301	0.411	84	시원함	얇게 고루 구름 낀 하늘, 주황색 형광등
8	8,000	0.308	0.263	21		약간 구름 낀 하늘
9	12,000	0.291	0.245	45		맑고 깨끗한 하늘

그림 6은 색온도가 5300K로 모두 동일한 경우의 색좌표와 SPD이다. 즉, 동일한 색온도일지라도 백색 LED와 RGB LED의 전력의 세기에 따라 432⁴가지의 조합이 가능하므로, 다양한 색좌표를 구현할 수 있다. 또한 연색지수의 값도 다양하지만 92로 높은 값을 가지는 조합이 있다.

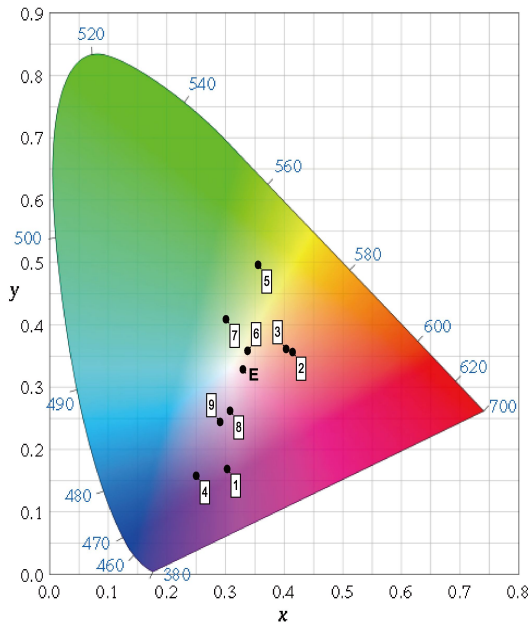


그림 5. 대표적인 색온도의 구현

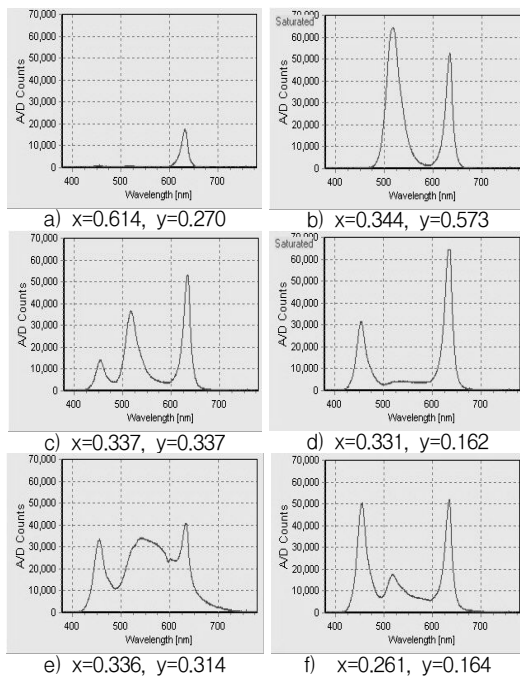


그림 6. 색온도 5,300K을 구현할 수 있는 여러 조합의 SPD

4. 결 론

본 연구에서는 재실자의 건강과 공간의 특성에 따라 시작업 성능에 미치는 영향을 분석하기 위한 광원의 SPD 및 색온도의 조절이 가능한 조명 시스템을 개발하였다. 조명원적 성능을 본 조명 시스템에서 분석하였으며 요약하면 다음과 같다.

- (1) 빛의 SPD와 색온도를 다양하게 구현하기 위해서 조광기의 백색 LED, 적색 LED, 녹색 LED, 청색 LED의 4개의 전력의 세기를 조절하였다. 최대 432⁴가지의 빛을 각각 개별적인 조절에 의한 조합이 가능하며, 최소, 최대 조도는 7 lux, 1,831 lux이다.
- (2) 개발된 LED 조명 시스템은 대표적인 자연광원과 인공광원의 색온도 외에 다양한 색온도를 표현할 수 있다. 이와 같은 빛의 조합의 다양성 때문에 SPD, 조도, 연색지수 등이 다른 여러가지의 빛을 얻을 수 있다.
- (3) 빛의 SPD와 색을 자유롭게 조절할 수 있기 때문에, 재실자의 생리적·지적 기능의 향상을 위한 추후 연구에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.
- (4) LED 소자만을 이용한 조명 시스템이 아닌, 할로겐램프나 다른 기존 광원 조합, 자연광의 결합을 통하여 양질적으로 우수한 광원을 얻을 수 있을 것이다.
- (5) 인간의 생체리듬을 정상적으로 유지하기 위한 시환경을 조성하는데 본 연구에서 개발된 동적 LED 조명 시스템이 적용될 수 있으며, 또한 재실자의 주관적·심리적 반응 및 행태에 빛의 특성이 미치는 영향을 분석하는 연구에 적용될 수 있다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2010-0007722).

참 고 문 헌

1. 장우진, 황명근, 박승욱, 이성남, 노재엽, 조현민, LED조명기술개론, 도서출판 아진, 2009
2. 신화영, 정인영, 김정태, LED 광원과 형광광원의 색온도 변화에 따른 작업면의 분위기에 대한 주관적 반응 평가
3. Loe, D., Trezenza, P., The design of lighting, Taylor & Francis, p.27, 1998
4. Figueiro, M.G., Rea, M.S., Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset(DLMO) in high school students, Neuroscience Letters, Vol.31, No.1, pp.92~96, 2010
5. Morita, T., Tokura, H., Effects of lights of different color temperature on the nocturnal changes in core temperature and melatonin in humans, Applied Human Science, Vol.15, No.5 pp.243-246, 1996