

R,G,B LEDs의 Natural Color 조명색채 구현 방안에 대한 기초연구 (A Basic Study on the R. G. B LEDs for the Natural Color Realization)

정연홍* · 박병철** · 김현선* · 최안섭***

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 박사과정 · ***세종대학교 건축공학과 교수)
(Yeon-Hong Jung · Byoung-Chul Park · Hyun-Sun Kim · An-Seop Choi)

Abstract

This research is an experiment to examine on the realization of Natural Color using R, G, B LEDs and this experiment was performed to cover two different stages. 1) When Natural Color using R, G, B LEDs was realized without correction in first stage, all color(R, G, B, C, M, Y) series had highly range of error from 0.0200 to 0.1500. 2) When R, G, B of LEDs was mixed at the ratio of 1:4.5907:0.0601 for realization of white in second stage, white was not realized to excitation purity. The second stage was performed based on the three primary colors theory found out by Thomas Young in England and Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz in Germany.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라는 저탄소 녹색성장이라는 슬로건 아래 에너지 고갈과 환경오염을 유발하는 이산화탄소 배출, 수은 사용 등과 같은 문제를 해결하기 위하여 저에너지, 고효율, 친환경에 대한 관심이 급증하고 있다. 특히 정부가 6대분야 22개 중 LED 산업을 21세기 신성장동력 산업으로 육성하는 정책을 발표하였으며, 2012년 세계 3대 LED 생산국을 목표로 하고 있다[1].

기존의 조명과 달리 현재 LED 조명은 소비전력, 효율, 장수명, 고휘도, 형상의 자유, 다양한 컬러 연출, 친환경 등의 장점으로 신광원으로 각광받고 있다. 따라서 LED 조명의 적용범위가 늘어나고 있으며, 형상과 종류 또한 다양화 되고 있다. 이 중 R, G, B LED 조명기구는 Full Color 구현이 가능하여 조명의 색채 연출에 많이 사용되고 있다. 하지만 기존에 적용된 LED 조명은 색채 구현 범위가 광범위 하지만 빛의 3원색 Red, Green, Blue의 조명 색채를 주로 사용하면서 현란한 원색 조명에 대한 사람들의 거부감을 유발시키는 요소로 작용하기도 한다. 2009년 4월 12일자 KBS 취재파일4321 “한국은 야경 후진국”에 의한 방송조사에 따르면 지나치게 현란한 색채 조명과 안전을 고려하지 않은 조명시설물의 밝기에 대한 사람들의 거부감을 방영하기도 하였다.

본 연구에서는 “정연홍 외3명 R,G,B LED 조명기구를 이용한 Natural Color 구현에 관한 연구”의 선행

연구를 바탕으로 실험을 진행하였다[2]. 특히 선행연구에서 목적으로 진행하였던 색채조명 구현의 방법을 개선하기 위해 Natural Color의 R, G, B를 x, y 색도값으로 변환하여 색채조명의 오차범위를 규정하였다. 그리고 R, G, B LED 조명의 색채구현을 더욱 과학적인 방법으로 기초실험을 추가적으로 수행하였다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구는 기존 조명 색채연출에 사용되는 R, G, B LED 조명기구의 원색 조명 사용에 대한 거부감을 없애고, 각 사용 목적에 맞는 색채를 적절한 방법으로 컨트롤하여 사용할 수 있도록 다양한 색채구현에 대한 방법을 제시하기위한 기초연구이다. 이를 위해서는 기존에 사용되고 있는 조명 색채 중 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow 계열의 채도가 높은 색채조명에 사용되는 단순한 R, G, B 혼합 방법에서 자연의 이미지와 같은 파스텔톤 계열의 색채 조명 구현을 위한 R, G, B 혼합 방법이 필요하다. 이를 위해 자연의 이미지 사진으로부터 Natural Color의 R, G, B data를 추출하였고, 이를 R, G, B, LED 조명기구의 조명색채로 구현하기위한 기초 실험을 2차에 걸쳐 실시하였다.

1차구현은 색채구현 실험에 사용될 Natural Color 선정을 우선적으로 실시하였다. 그리고 Natural Color로 선정하여 추출한 R, G, B 값을 별도의 보정 없이 조명으로 구현하여 R, G, B LED 조명기구의 색채구현범위를 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 2차구현은 R, G, B 소자의 256단계에서 15단계별 조도 및 휘도를 측정하

여 R, G, B 조절을 통한 원하는 밝기를 발산하기 위한 추세선 공식을 도출하였다. 이는 각 R, G, B 소자별 총 광속 비율로 보정하기 위한 단계이다.

그리고 영국의 토마스 영과 독일의 헤르만 헬름홀츠가 발견한 삼원색 이론 "Three components theory"을 통해 Red, Green, Blue를 일정비율 섞으면 White를 구현 할 수 있으며, 비율을 달리하면 다양한 색을 만들어 낼 수 있다는 것에서 착안하여 실험을 진행하였다. 그리고 2차구현 실험에 사용된 R, G, B의 비율은 국제조명위원회(CIE)의 표준 등색함수의 정의에 따른 값으로 백색광과 등색이 되는 명도계수 값이며, 1:4.5907:0.0601의 R, G, B비율을 표준으로 사용하였다[3]. 하지만 본 연구에 사용된 R, G, B LED 조명기구에 표준값을 대입할 경우 색채구현의 오차범위가 매우 크다. 따라서 실험에 사용된 R, G, B 소자의 특성을 반영하여 White를 구현한 결과 1:4.5907:0.18352와 같은 비율을 도출하여 Natural Color의 2차 색채구현 실험을 진행하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 선행연구 고찰

본 연구의 선행연구로 Dispalty 공학과 관련된 색채현상과 LED 조명환경 평가 및 색관련 이론 등에 관한 연구가 진행되고 있다. 디지털 색채계획을 위한 색채 시지각 효과에 관한 연구에서는 공간구성에 영향을 미치는 색채 시지각 효과에 관한 색적용 및 인간의 감성반응에 미치는 영향에 대해 실험하였다. 이를 통해 색채가 주는 심리효과로 고명도, 저채도에 가까울수록 심리적 자극이 적어지며, 저명도 및 중명도 및 고채도에 가까울수록 강한 자극을 미치는 것으로 조사하였다[4]. LED 조명에 의한 색채 및 실내 조명환경 평가 실험실 구축에 관한 연구에서는 기존광원과 LED광원의 차이점을 분석하였고, 조명에 따른 색 편차, 조명 분위기의 변화 등을 실험할 수 있는 실험실의 구성안을 제시하였다[5].

1차색의 지각범위에 관한 연구에서는 의복디자인에 사용되는 색의 지각범위에 대하여 실험을 실시하였으며, 빨강의 지각범위는 상당히 넓게 분포되어 있었고, 노랑의 지각범위는 중간정도의 범위에 분포되어 있었으며, 파랑의 지각범위는 약간 넓은 범위에 분포되어 있는 것으로 조사하였다[6]. R, G, B LED 조명기구를 이용한 Natural Color의 구현에 관한 연구에서는 자연의 이미지에서 R, G, B 값을 추출하여 이를 조명의 색으로 구현하기 위한 방안을 제시하였다[2].

위와 같이 실제 색채 시지각, 실내조명환경 평가 등과 같은 연구는 활발히 진행되고 있으나, R, G, B LED

조명기구를 이용한 색채조명의 구현 방법에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 현재 많은 적용이 이루어지고 있는 R, G, B LED 조명기구를 통해 R, G, B, C, M, Y에 대한 원색조명이 아닌 파스텔톤 계열의 색채조명 구현을 위한 연구가 필요하다.

2.2 CIE 표색계

CIE 색표시계는 현색계에 근거한 먼셀 색표시계 등과 혼색계에 근거한 CIE 색표시계가 있다. 먼셀 색표시계의 경우 현실적인 색표를 갖고 있기 때문에 색표 값만으로 직관적 이해가 편리하나, 임의의 색표시를 위해서는 약간의 보정작업이 필요하여 그 정확도는 떨어진다고 할 수 있다. 한편, CIE 색표시계는 국제조명위원회(CIE: Commission Internationale de l'Éclairage)가 1931년의 회의에서 기준으로 만든 것으로 혼색계를 대표하는 표색계이다.







CIE 색표시계에는 RGB표색계와 XYZ 표색계가 있으며, RGB 표색계는 CIE 표색계의 기본이 되며, XYZ 표색계는 수학적 취급이 용이하기 때문에 편의적으로 RGB 표색계를 수학적으로 변환하여 도출한 것이다. 또한 CIE 표색계는 분광 측색 방법의 활용에 의해 높은 정확도를 얻고, 또 임의의 색자극에 대해 그 색을 나타낼 수 있는 특징이 있어 공업적·정량적인 응용에 많이 사용되고 있다[3].

3. Natural Color 구현 실험

3.1 실험의 개요

본 연구는 Natural Color 구현을 위한 실험으로 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow 계열에서 각 3개씩 색채를 선정하여 총 18개의 색채를 선정하였다. 그리고 선정된 Natural Color를 측색적으로 비교적 정확한 색채조명으로 구현하기 위하여 1, 2차에 걸친 기초실험연구를 수행하였다. 다음 표 1은 Natural Color를 구현 및 검증에 위한 조명시스템 장비의 개요를 나타낸다.

표 1. R, G, B LED 조명시스템 및 측정 장비
Table 1. R, G, B LED system

측정기간	측정장소	
2009.08.10.~2009.08.31.	S대학교 연구실	
		
LEDs 조명기구 박스	RGB BAR 2 TYPE 조명	
		
M사 휘도계	M사 색차계	C사 카메라

3.2 Natural Color 1차구현

R, G, B LED 조명기구를 이용한 1차구현 실험은 Natural Color 선정, R, G, B data 추출, 보정값 없는 R, G, B data의 입력을 통한 색채구현으로 나누어 진행되었다. Natural Color의 선정에 앞서 자연의 이미지를 디지털 카메라로 촬영하였고, 사진 파일인 JPEG파일로 저장하여 Photoshop CS에서 임의의 이미지 선별과정을 통해 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow 계열별 각 10개의 R, G, B data를 추출하였다[7]. 표 2는 R, G, B data 추출 방법을 나타낸다.

표 2. R, G, B 추출 방법
Table 2. R, G, B sampling method

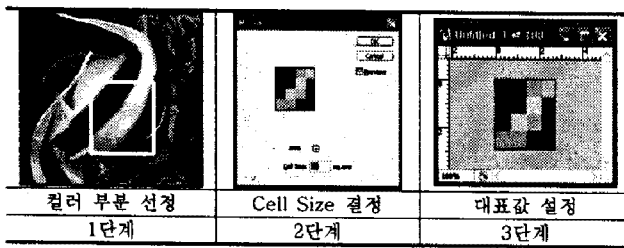
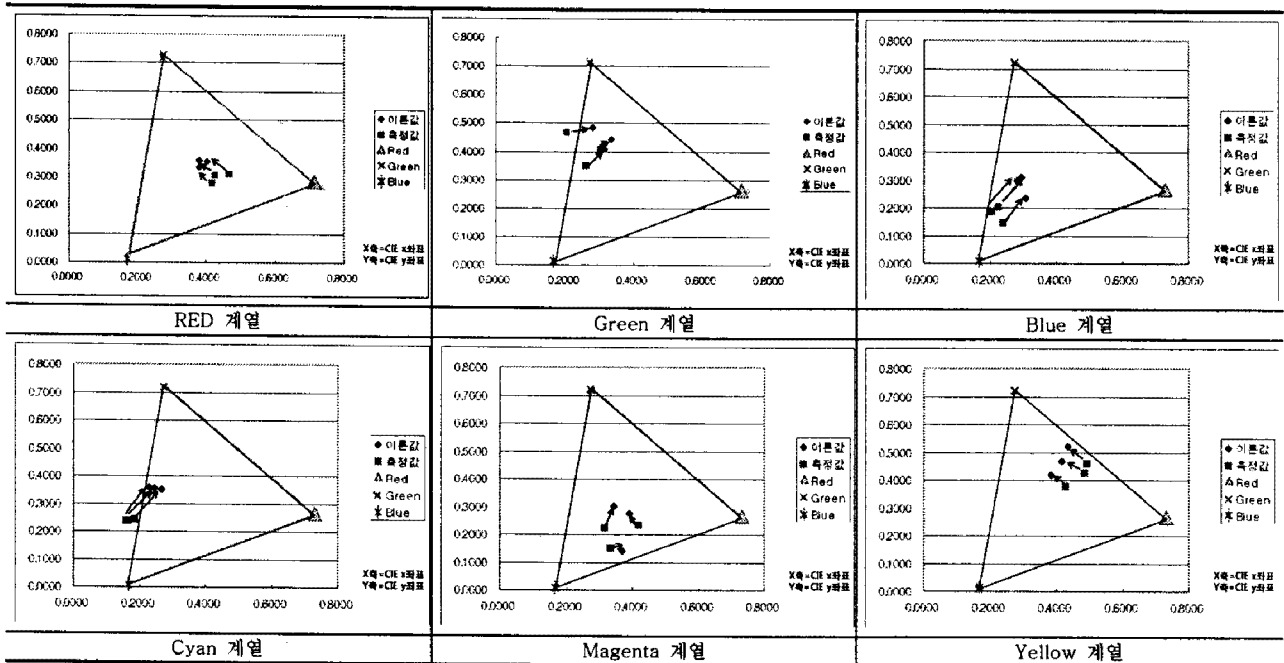


표 4. R, G, B, C, M, Y 계열별 이론값과 측정값
Table 4. Theory value and measuring value of R, G, B, C, M, Y series



3.3 Natural Color 2차구현

2차구현은 R, G, B 소자의 총광속 비율로 보정하는 방법이다. 이는 영국의 토마스 영과 독일의 헤르만 헬름홀츠가 발견한 삼원색이론 “Three components theory”을 통해 Red, Green, Blue를 일정비율 섞으면 White를 구현 할 수 있으며, 비율을 달리하면 다양한

색을 만들어 낼 수 있다는 것에서 착안한 것이다. 또한 2차구현 실험에 사용된 R, G, B의 비율은 국제조명위원회(CIE)의 표준 등색함수의 정의에 따른 값으로 백색광과 등색이 되는 명도계수 값이며, 1:4.5907:0.0601의 R, G, B비율을 표준으로 사용하였다[2]. 하지만 본 연구에 사용된 R, G, B LED 조명기구에 CIE 등색함수 표준값을 대입할 경우 색채구현의 오차범위가 매우 크다. 따라

표 3. Natural Color의 R, G, B 값
Table 3. R, G, B value of Natural Color

색채 번호	Red 계열			Green 계열		
	R	G	B	R	G	B
1	107	49	35	79	130	60
2	230	113	40	17	237	74
3	221	143	97	160	243	71
번호	Blue 계열			Cyan 계열		
	R	G	B	R	G	B
1	123	88	188	11	145	140
2	52	145	255	70	194	230
3	124	158	206	40	240	233
번호	Magenta 계열			Yellow 계열		
	R	G	B	R	G	B
1	105	80	101	169	157	74
2	193	10	187	222	219	38
3	199	71	214	240	234	72

각 계열별 Natural Color의 보정값 없이 R, G, B LED 조명기구 컨트롤 프로그램에 R, G, B data를 입력하여 구현하였다. 원래 색상이 가지고 있는 x, y 이론값과 R, G, B data를 입력하여 x, y 측정값을 비교·분석하였다. 다음 표 4는 임의의 샘플을 R, G, B, C, M, Y 계열별 3개씩 선정한 색채 구현 오차범위를 나타낸다.

서 실험에 사용된 R, G, B 소자의 특성을 반영하여 White를 구현하였다. 다음 식 1은 2차구현의 보정을 위한 R, G, B 값의 조도 추세선 공식을 나타낸다.

$$\begin{aligned} R: y &= 0.1075 \times x^2 - 0.1007 \times x \quad [R^2 = 1.000] \\ G: y &= 0.1540 \times x^2 - 0.0681 \times x \quad [R^2 = 0.999] \\ B: y &= 0.0337 \times x^2 - 0.0242 \times x \quad [R^2 = 0.999] \end{aligned} \quad (1)$$

그 결과 1:4.5907:0.18352와 같은 비율을 도출하여 Natural Color의 2차 색채구현 실험을 진행하였다. R, G, B의 명도계수 혼합비율 결정은 R, G, B 각 소자별, 256단계의 조도값 측정을 통해 구하였다. 그림 1은 R, G, B 소자의 256단계별 조도값의 변화량을 나타낸다.

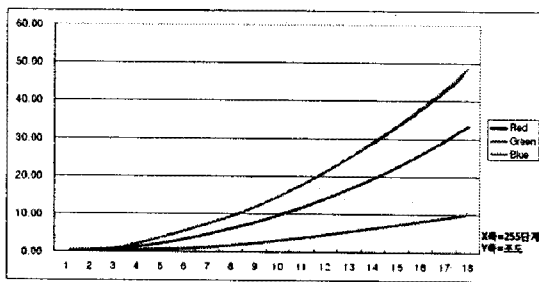


그림 1. R, G, B의 조도 곡선
Figure 1. Illumination curve of R, G, B

CIE 표준 등색함수의 정의에 따른 백색광 R, G, B 혼합의 이론값을 실험에 사용된 R, G, B LED 조명기구를 통한 보정식을 대입하여 구한결과 각 R, G, B값은 141, 255, 56으로 나타났다. 다음 그림 2는 2차 실험의 White 구현결과를 나타낸다.

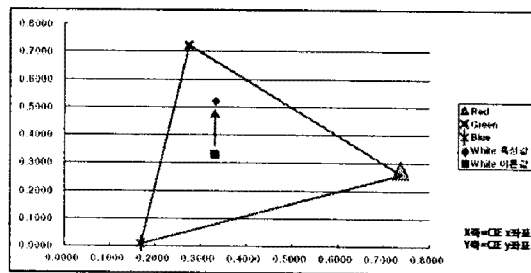


그림 2. White 구현값
Figure 2. Realization of white value

자극 순도 (excitation purity) P_e 는 주과장과 색좌표상의 관계를 나타내며 단색광 자극에 가까운 정도를 나타낸다. 다음 식 2는 자극순도 계산방법을 나타낸다.

$$\begin{aligned} P_e &= WF_1 / WD \\ &= (X_1 - X_w) / (X_d - X_w) \\ &= (Y_1 - Y_w) / (Y_d - Y_w) \end{aligned} \quad (2)$$

4. 결론 및 향후 연구계획

본 연구는 기존 경관조명 및 실내 인테리어 조명에 사용되는 원색조명에 대한 사람들의 거부감을 없애고 사람들이 선호하는 자연의 이미지를 모티브로 조명색채로 구현하기위한 기초연구이다. R, G, B LED 조명기구의 Natural Color 구현을 위해 2차에 걸친 기초실험 연구결과는 다음과 같다.

1) Natural Color의 1차구현은 선정된 18개의 색채 R, G, B data를 보정없이 색채구현 프로그램에 입력하여 조명색으로 구현하였다. 그 결과 0.0200이하의 x, y 색도도값 오차를 나타낸 것은 Green 3번으로 조사되었다. 반면 17개의 색채는 비교적 높은 오차를 보여 정확한 색채를 구현할 수 없었다.

2) 2차구현은 CIE 백색광의 등색함수의 광속비율로 보정하여 R, G, B LED 조명기구를 통해 Natural Color로 구현하였다. 그 결과 이동된 White 좌표의 자극순도는 1.37로 조사되었다. 또한 색채 구현 오차는 0.1892로 Green의 단색광 자극값 0.3903과 매우 가까운 수치이다. 따라서 CIE의 백색광 등색함수의 광속비를 적정 보정수치로 볼 수 없고, White 좌표의 오차범위가 매우 크기 때문에 정확한 색채구현을 할 수 없었다. 그리고 0.1892로 단색광 자극인 Green의 오차값 0.3903과 비교하면 Green과 Yellow의 단색광 좌표에 더 가까운 결과를 나타냈다.

향후 본 연구를 바탕으로 R, G, B LED 조명기구의 더욱 정확한 조명색의 구현을 위한 3차실험을 할 것이다. 이를 통해 원색조명의 구현으로 인한 사람들의 거부감을 줄이고, Natural Color 사용에 따른 은은하고 부드러운 LED 색채조명의 구현 방안으로 제시할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No.20090073528)이며, 본 연구의 저자의 일부는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았다.

참고문헌

- [1] EU RoHS 지침 사후대응 매뉴얼, 중소기업청, 2007.
- [2] 정연홍 외 3명, R, G, B LED 조명기구를 이용한 Natural Color 구현에 관한 연구, 한국조명전기설비학회 논문집, 2009. 05.
- [3] Noboru Ohta, 색채공학, 도서출판국제, 2003.
- [4] 김병수 외 2명, 디지털 색채계획을 위한 색채 시지각 효과에 관한연구, 대한건축학회 논문집 제24권 제3호 2008. 03.
- [5] 정승균 외 2명, LED 조명에 의한 색채 및 실내 조명환경 평가 실험실 구축, 한국조명전기설비학회 논문집, 2009. 05.
- [6] 이정옥 외 2명, 1차색의 지각범위에 관한 연구, 한국조명전기설비학회 Vol. 13, No. 4 1999.
- [7] 박효철, 한국전통 건축의 배색특성에 관한연구, 중앙대학교 대학원 석사논문, 2002.