

RGB LED를 이용한 LCD-Back Light Unit 설계

이현룡, 황경준, 김관규, 김용갑
원광대학교

LCD-Back Light Unit design of using with RGB LED

Hyun-Ryong Lee, Kyoung-Jun Hwang, Kwan-Gyu Kim, Yong-Kab Kim
Wonkwang University

Abstract - In comparison with CCFL, LED can have more various colours. The research into BLU to raise colour reproducibility is actively proceeding by using RGB LED. On this study, Direct BLU was designed by white LED and RGB LED. According to the result of the experiment, the colour uniformity degree of BLU model using white LED is better than RGB LED BLU. On the other hand, the colour reproducibility of RGB LED BLU is better than white LED. The research showed that the uniformity of white LED is 81.7% and RGB LED is 70.01%.

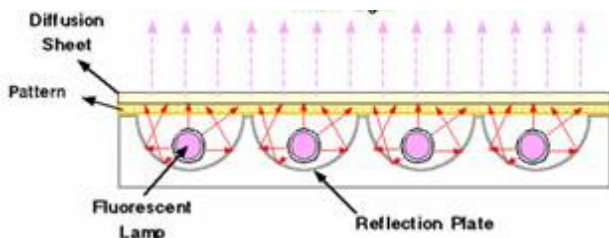
1. 서 론

평판 디스플레이에 대한 수요 증가와 함께 LCD 보급이 널리 확대되면서, 보다 고품질의 LCD가 요구 되어왔고[8], 최근 LCD TV의 화질을 한 단계 끌어올릴 수 있는 LED BLU 기술이 빠르게 발전, 차세대 광원으로서의 입지를 굳히고 있다[1]. LCD의 계속되는 연구 과정에는 조금 더 두께를 얇게 하는 동시에 더 넓은 시야각, 광원으로부터의 빛을 얼마나 더 효율적으로 사용할 수 있게 하는지 그리고 실제 색을 어떻게 표현할 수 있는지에 초점이 맞추어져 있고 이에 따라, 이를 만족하는 BLU(Back Light Unit)의 개발에 박차를 가하고 있다. 이를 위해 기존에 많이 사용되었던 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) 대신에 백색광을 구현하기 위해 Red, Green, Blue LED가 대체 광원으로 각광을 받고 있고 LED는 CCFL에 비해 더 풍부한 색을 표현 할 수 있어 RGB LED를 광원으로 사용하여 색재현성을 높이는(NTSC 대비 100%이상) BLU에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[3]. 또한 LED는 수은을 사용하지 않은 친환경으로써 환경규제에 벗어날 수 있다. 광학설계가 가능한 LightTools이라는 광학설계프로그램으로 광원을 이용한 반사판의 설계 및 렌즈 설계 등이 가능하며, 조명광학계에서 필요로 하는 광속, 조도, 광도, 휘도, 배광곡선, 색좌표, 색온도 등의 결과를 얻을 수 있다[4]. 본 연구에서는 백색 LED와, RGB 구성된 LED로 직하형 BLU를 설계하여 각각의 특성을 비교 평가하고자 한다.

2. 본 론

2.1 관계 이론

본 연구에 사용된 LCD backlight unit은 직하형(direct type)[5]이고 그림 1은 직하형 BLU의 기본구조를 나타내었다. 직하형 BLU에선 LGP가 없는 대신 균일한 편면광을 얻기 위해선 램프와 확산시트 간격을 어느 정도 이격하여 설치해야 한다. 확산시트 램프에서 방출된 빛은 반사판(reflector sheet)에 의해 반사된 빛과 함께 패턴 시트를 거쳐, 확산판(diffuser sheet)에 의해 최종적으로 사용자의 시야각 이내로 모아져 들어오게 된다.



〈그림 1〉 Direct BLU의 기본구조

LightTools는 광선의 복잡한 경로를 Monte Carlo 시뮬레이션에 근거한 광선추적 기법을 이용한다. Monte Carlo Ray Tracing은 다음의 수식으로 정의된다.

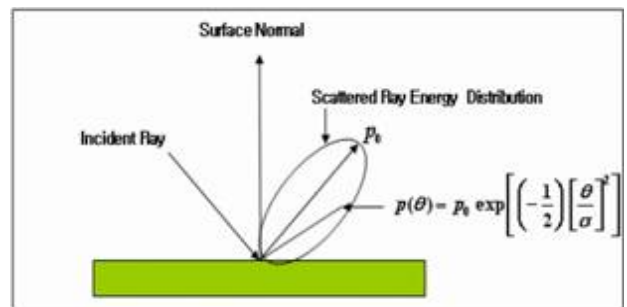
$$\sigma = \pi \int_0^\infty \int_0^\infty r^2 n_2(r) f(\lambda) Q_{sca}(a, m) dr d\lambda \quad (1)$$

$$L = -\ln(\text{random}1)/\sigma \quad (2)$$

$$F(\theta) = \frac{\int_0^\infty 2\pi l(\theta) \sin\theta d\theta}{\int_0^\infty 2\pi l(\theta) \sin\theta d\theta} \quad (3)$$

$$\Theta = F^{-1}(\text{random}2) \quad (4)$$

Monte Carlo Ray Tracing에서 광선의 진행 길이(L)과 산란각(θ)는 위의 식에 따라 결정된다. σ는 감쇠상수, F(σ)는 산란가의 확률 밀도 분포 함수, r은 입자의 반지름, λ는 입사광의 파장, n₂(r)은 입자 밀도, f(λ)는 파장의 밀도 분포함수이다. 식 (1)에서 크기 파라미터(a)는 2πr/λ로 정의되고, 상대 굴절률(m)은 n_s/n_m은 각각 입자와 그의 매트릭스의 상대적인 굴절률이다. random1, random2는 0과 1사이에서 선택된 임의의 수이다. 이 방법은 BLU에서 LGP의 산란 입자에 의해 광선이 산란되는 것을 계산 할 수 있게 해준다[5]. 또한 대부분의 diffuser sheet는 Gaussian scattering 분포를 가진다. 이것을 식으로 나타내면 아래 다음과 같다[6,8].



〈그림 2〉 Gaussian 산란 분포

$$P(\theta) = P_0 \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta}{\sigma}\right)^2\right] \quad (5)$$

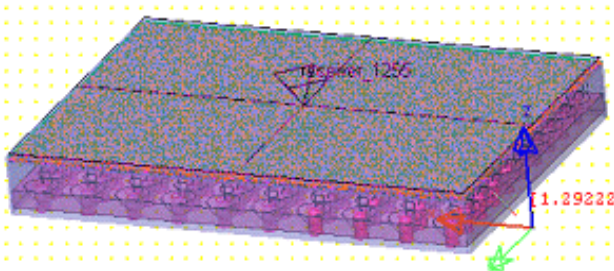
P(θ) : Intensity in the θ direction

P₀ : Intensity in the specular direction

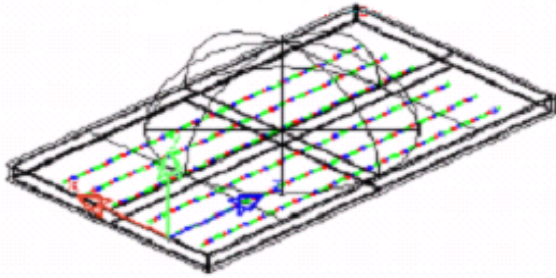
σ : Angular scattering width

2.1.1 백색LED와 RGB LED를 이용한 Wide 직하형 BLU 설계

그림 3, 4와 같이 백색 LED와 RGB LED를 이용하여 각각 22" Wide 직하형 BLU를 설계하였다. BLU에 사용된 구성 품들의 사양은 다음과 같다. 먼저 Diffuser Sheet는 Haze 40%, 투과율 96%이고 Diffuser Plate는 PMMA 재질을 가지며 내부에 1000nm 크기의 Beads를 단위 mm당 3000개의 산란체를 랜덤하게 섞어주어 Real Scattering을[6] 유도하였다. RGB LED 직하형 BLU 경우 Red, Blue, 2개의 Green LED를 각각 10mm의 간격으로 배열, 하나의 세트를 만들어 백색광을 만들었다. 이때 각 LED의 Photometric Power는 Red : 0.85147lm, Green : 1 lm, Blue : 0.21738 lm으로 최적화 하였다. 최적화 방법으로는 Green의 Power 1 lm으로 고정한 뒤 수차례의 시뮬레이션을 반복하여 결과를 얻어내었다.

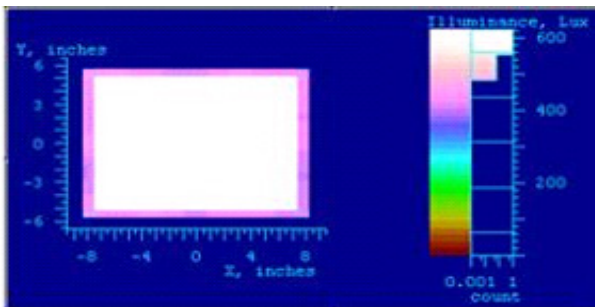


〈그림 3〉 백색 LED BLU 설계

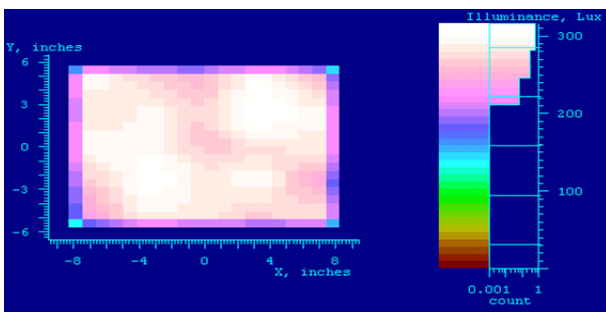


〈그림 4〉 RGB LED 직하형 BLU 설계

그림 5와 6은 RGB LED 직하형 BLU Illuminance 값과 Uniformity를 나타내었다. 그림 5는 Uniformity가 72.01%이고, 그림 6은 81.7%의 Uniformity를 확인할 수 있었다.



〈그림 5〉 백색 LED 직하형 BLU Illuminance



〈그림 6〉 RGB LED 직하형 BLU Illuminance

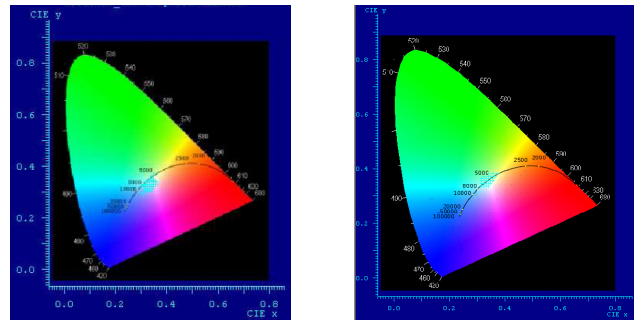
〈표 1〉 백색 LED 직하형 BLU CIE 색좌표

	x	y
Min	0.30822	0.30632
Max	0.35141	0.35162
Ave.	0.33391	0.32857

〈표 2〉 RGB LED 직하형 BLU CIE 색좌표

	x	y
Min	0.23999	0.28088
Max	0.40259	0.47223
Ave.	0.31125	0.34097

표 1, 2는 각각 두 모델의 CIE 색좌표의 최솟값과 최댓값 그리고 평균 값을 나타내었다. 표 1이 표2의 비해 색차 값이 작은 것을 알 수가 있다. 이는 CIE 색좌표계에 색에 대한 정량화 값(CIE x, y)의 차이 (Max - Min)가 작을수록 색 균일도가 좋다는 것을 의미한다[7]. CIE에 대한 결과는 그림 7과 같다.



RGB LED BLU 백색 LED BLU
〈그림 7〉 LED 직하형 BLU CIE xy 색 좌표

3. 결 론

본 논문에서는 직하형 BLU를 백색 LED와, RGB LED를 사용하여 설계 후 그 성능을 비교 하였다. 설계기준은 두 모델 모두 22" Wide를 기준으로 하였고, 사용되는 Prism sheet나 Diffuser sheet 등의 모든 광학 필름들은 동일한 조건으로 시뮬레이션 하였다. 백색 LED를 사용한 BLU 모델의 LED는 기존에 판매중인 제품의 사양을 사용하였고, 두번째 모델 또한 기존에 판매중인 제품의 사양을 사용하였다. 백색광 구현을 위해 Red, Green, Blue LED를 사용 색 혼합을 시도하였다. 이때 각 LED의 파장과 파워는 임의의 값을 선택하여 수차례의 시뮬레이션을 거쳐 최적화된 값을 추가 수정하여 사용하였다. 두 시뮬레이션 결과 Illuminance와 Uniformity는 백색 LED가 RGB LED 직하형 BLU에 비해 향상 된 결과를 확인 하였고, 두 모델의 색 혼합 결과인 CIE 색도도 두 모델 백색광의 혼합을 이루었다. 하지만 백색 LED 직하형 BLU 모델에 비해 RGB LED 직하형 BLU 모델의 색재현 범위가 더 넓은 것을 확인할 수 있었다. 더 넓은 면적을 가진다는 말은 더 풍부한 색을 표현할 수 있다는 의미이다. 백색 LED와 RGB LED로 BLU 설계 시 기초 자료로 활용 될 것으로 예상된다.

4. 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 고재현, "대화면 액정표시장치용 백라이트 유닛의 신광원 개발동향", 한국광학회 2005년도 하계학술발표회 논문집, pp. 146 (2005)
- [2] Kashima et. al., "Back Lighting Device for a Panel", US Patent 5, 093, 765 (1992).
- [3] 김홍기, 외5명 "LED를 이용한 새로운 개념의 LCD 백라이트 유닛" 한국광학회 하계학술발표회 2006
- [4] 여인선, 김완호, 박준석 "LightTools를 사용한 LED의 조명광학설계", 전남대학교 논문집, 2001
- [5] Takamitsu, "Highly-efficient Backlight for liquid crystal display having no optical films", Applied Physics Letters, Vol.83 No.13, 2003
- [6] 박경주, 권진혁 "LCD Backlight unit의 구조분석 및 Angular Luminance의 최적화" 영남대학교, 석사 학위 논문, 2005
- [7] 정찬성, 박성찬 "기하학적 구조물을 이용한 LCD TV용 LED Backlight Unit 설계 및 해석", 단국대학교 석사 학위 논문, 2005
- [8] 이현룡, 황경준, 이성진, 김용갑 "LightTools를 사용한 22 Inch wide 직하형 LCD-BLU 휘도분포의 균일화 설계", 대한전기학회 전기물성응용부분회 추계학술 대회 논문집, 2006