

설계한 색채계 필터가 색좌표 측정에 미치는 오차 분석

Error Analysis of Chromaticity Coordinates Measurement for a Set of Color matching Function Filters

전지호, 조재홍, 박철웅*, 박승남*
 한남대학교 물리학과, *한국표준과학연구원
 geojeon705@hotmail.com

색이란 일정한 분광분포를 갖는 광원의 빛이 눈에 들어와 어떠한 감각을 일으키는 자극을 말하는 것으로 색은 인간의 개별적 시감측성에 의하여 다른 색으로 인지될 가능성이 있기 때문에 1931년 국제조명위원회(CIE)에서 인간의 시감을 분석하여 파장에 따라 3가지 시감분포를 갖는 등색함수(color matching function) \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} 를 정의하였다. 이렇게 정의된 등색함수를 가지고 어떠한 빛의 색을 수치화하여 보다 객관화시켰으며 이 색을 표현하기 위해 1931년 CIE2도야시법인 x, y, z계(KSA0066)와 1960 CIE USC의 UV색좌표계가 많이 쓰이고 있다.⁽¹⁾

이 연구에서는 기존에 판매되고 있는 색 필터를 조합하여 등색함수를 최적 설계하기 위한 프로그램을 개발하고, 그 결과를 제시하였다. 최적화를 위해서는 기존의 필터들 중에서 찾고자 하는 투과곡선에 맞는 필터들을 선택하고, 그 필터들의 두께를 곡선맞춤 변수로 사용하여 비선형 최소제곱법으로 결정하였으며, 조합 필터의 성능은 각 삼자극치와 불일치정도를 나타내는 f_1' 을 사용하여 비교하였다. f_1' 은 다음의 식으로 구하였다.

$$f_1' = \frac{\int_0^\infty |s^*(\lambda)_{rel} - \bar{t}_i| d\lambda}{\int_0^\infty \bar{t}_i(\lambda) d\lambda} \times 100\%$$

여기서, $\bar{t}_i(\lambda)$ 는 삼자극치이고, $s^*(\lambda)_{rel}$ 은 규격화된 상대 분광 반응도로 일반적으로 D₆₅표준광원 ($S(\lambda)_{D_{65}}$)을 사용하여 다음과 같이 계산하였다.⁽²⁾

$$s^*(\lambda)_{rel} = \frac{\int_0^\infty S(\lambda)_{D_{65}} \bar{t}_i(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty S(\lambda)_{D_{65}} s(\lambda)_{rel} d\lambda} s(\lambda)_{rel}$$

최초 개발한 프로그램을 가지고 삼자극치와 분광분포가 일치하는 색 필터 조합을 찾는 과정에서 실용성을 높이기 위해 각 자극치의 필터 조합을 4개 이하로 맞추었고, 두께는 0.1 mm로 제한을 두었으며, 실리콘 포토다이오드(Si Photodiode: S1337 series)까지 감안하여 필터를 설계하였다. 그 결과 설계된 색 필터의 분광분포는 그림1과 같다.

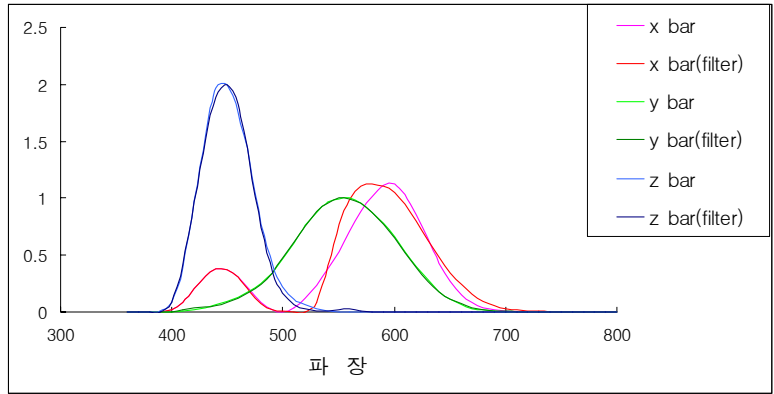


그림 1. CIE 삼자극치와 설계한 색 필터의 삼자극치

이렇게 설계된 색 필터를 가지고 여러 광원의 색 좌표를 측정하기 위해 D₆₅표준광원을 사용하여 각각의 자극치에서 발생할 수 있는 색 보정계수를 계산하였고 그 결과 $a_x=1.0601$, $a_y=0.9992$, $a_z=2.0331$ 을 얻었다. 이 계수를 이용해 CRT의 RGB에 대한 색좌표를 계산 값과 설계한 필터로 측정한 값의 오차는 표1과 같은 값을 얻었다. 그림2는 표1의 색 좌표 값들을 CIE x-y 색 도표에 찍어 놓은 것으로 Red 영역으로 갈수록 더 멀어지는 걸 알 수 있다. 이것은 그림 1에서 보는 것과 같이 \bar{x} 의 Red영역에 대한 필터 조합에서 많이 어긋나 있기 때문이다. 이 실험은 위에서 말한 것과 같이 기준에 나와 있는 색 필터를 이용하여 조합을 했고 그 결과 \bar{x} 의 Red영역의 필터 조합에서 상용 필터의 한계가 있었기 때문이다. 좀 더 정밀한 색도계를 제작하기 위해서 간섭필터의 특성을 이용하여 필터를 조합함으로써 색 필터의 단점을 보완하려고 한다.

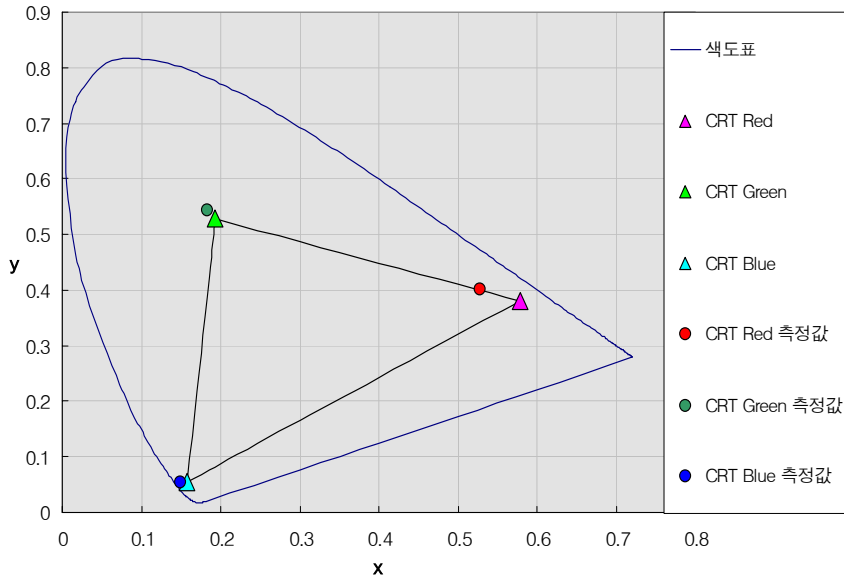


그림 2. CRT의 RGB 색좌표와 측정후 색좌표 비교

	CRT		측정 오차	
	x	y	x	y
R	0.578	0.381	-5.0E-02	2.1E-02
G	0.193	0.528	-1.1E-02	1.6E-02
B	0.158	0.055	-8.5E-03	4.5E-04

표 1. CRT의 색좌표 값

참고문헌

[1] 이인원, “광측정 및 복사측정(KRISS-91-165-ET)”, 표준과학연구원, 대전 (1991).
 [2] Casimer DeCusatis, “Handbook of Applied Photometry”, Springer-Verlag New York (1996).