

기존의 논문에서 주장한 색 재현성에 관한 신경망사용의 단점은 학습도중 지역해에 빠지거나 최적의 학습데이터를 추출하기 어렵고 학습시간이 오래 걸린다는 것으로 요약해 볼 수 있으며(김 등, 2003, 김 등, 1998), 장점은 신경망사용으로 인해 입·출력 정보만으로 색보정을수행 할 수 있다는 점(김 등, 2003)과 비선형관계에 있는 색좌표간의 변환에 신경망의 사용이 효율적이라는 것이다(서, 1997).

따라서 본 연구에서는 RGB 좌표계를 XYZ 색좌표계로 변환하는 방법에 대해서 신경망을 이용한 경우와 등색함수를 이용한 경우를 비교하여 보다 정확한 결과를 도출할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 광센서 모듈의 설계 및 제작과 실험방법

가. 광센서 모듈의 설계 및 제작

본 연구에서 개발한 광센서 모듈은 발광부는 RGB Chip LED(E1S27, TOYODA GOSEI, Japan), 수광부는 RGB 칼라센서(TCS230, TAOS Inc., USA)를 사용하여 구성하였다(Fig. 1). 광센서 모듈은 RGB Chip LED에서 발광하는 광을 RGB센서에서 색지의 칼라를 정확하게 획득하기 위해 국제조명위원회(CIE)에서 추천하는 광검출방식 중 수직으로 조사하고 반사되는 광을 45° 각도에서 검출하는 방법(Berns, 2000)을 적용하여 제작하였다(Fig. 2). 발광부는 광원으로 저전력으로도 안정적인 적색, 녹색, 청색의 파장 특성을 나타내는 RGB Chip LED를 이용하였다. 주처리부는 마이크로프로세서(ATmega128, Atmel)를 사용하여 구성하였다. 측정 과정에 대한 프로세스는 프로그램에 의해 선택적으로 RGB Chip LED를 점등하고 센서에서 출력되는 RGB에 대한 각각의 주파수값을 200msec 주기로 측정하였다. 측정된 결과는 RS-232C 통신을 통해 컴퓨터로 전송하도록 프로그램 하였다. 칼라센서는 RGB필터를 내장하고 있어 프로그램에 의해 RGB필터를 선택적으로 사용할 수 있고 결과가 주파수로 출력되기 때문에 노이즈에 강한 장점이 있다.

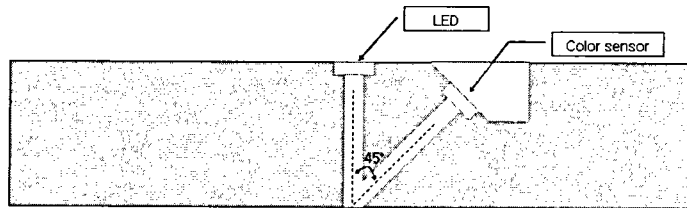


Fig. 1 Schematic diagram of Photo-Module

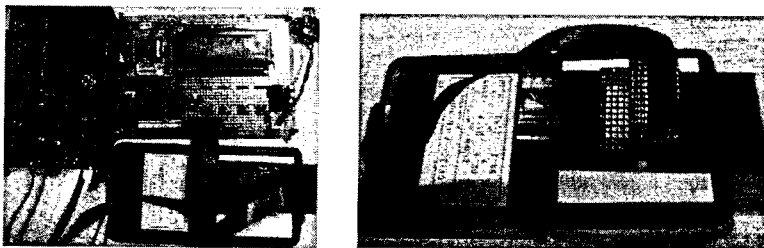


Fig. 2 Implemented Overall System(Left) and Photo-module(right)

나. 명암보정

명암보정(shading)은 광원의 불균일성, 외란 등 여러 가지 요인에 의해 발생하는 오차를 보상하여 측정치들이 항상 균일한 특성을 나타내도록 하기 위해 칼라센서로 획득한 RGB 데이터를 신경망의 입력값으로 사용하기 전에 식(1)을 이용하여 명암보정을 하였다.

$$F = \frac{\text{Measured data} - \text{Black reference}}{\text{White reference} - \text{Black reference}} \quad (1)$$

식 (1)에서, F : 명암보정 결과 출력되는 신호, Measured data : 광모듈에 의해 측정된 색지의 실제측정치, Black reference : 광모듈의 전원을 끈 상태에서 측정한 값, White reference : 광원의 발광특성을 보상하기 위해서 광원이 켜있는 상태에서 색지의 백색을 측정한 값.

다. 실험방법

표준색지 샘플에 대해 색도계(CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 측정한 XYZ값과 신경망을 통하여 변환된 XYZ값, 등색함수를 통해 계산된 XYZ값을 서로 비교하였다. 이를 위하여 본 연구에서 이용한 표준색지는 펜톤® 프로세스 가이드(무광 SWOP, 9913, PANTONE®, Inc. Printed in U.S.A.)를 사용하였다. 표준색지에서 광센서모듈을 이용하여 White reference 값과 실험에 사용할 1002개 샘플의 RGB값을 획득하였다. 또한 표준장비인 색도계를 이용하여 광센서모듈의 샘플과 동일한 색에 대해 XYZ값을 획득하였다. 한 샘플당 광센서모듈로 5번의 데이터를 획득하여 최고값과 최저값은 버리고 나머지 3개의 값을 평균을 취하여 RGB데이터를 획득하였고, 색도계의 XYZ값은 한 샘플당 3번의 데이터를 획득하여 평균값을 계산하여 획득하였다. 표준장비(색도계)는 1931년 CIE XYZ 색공간 특성을 지닌 좌표계로 설정하였고, 표준광원은 C이고 표준관찰자는 2°이다.

신경망의 입력값은 광센서모듈로 획득한 1002개중 501개의 RGB 데이터를 입력값으로 하였고 표준장비인 색도계에 의해 획득된 1002개의 XYZ 데이터 중 501개를 목표값으로 하여 훈련시켰다. 신경망 구성에 사용되지 않은 RGB 값 501개와 색도계의 XYZ 값 501개를 신경망의 검증용으로 사용하였다. 신경망을 통해 변환된 XYZ 값의 정확도를 검증하기 위해 색도계를 통해 획득한 XYZ값과 신경망을 통해 변환된 XYZ 값의 차이와, 색도계를 통해 획득한 XYZ와 CIE에서 제안하는 등색함수를 통하여 변환된 XYZ 값의 차이의 평균과 표준편차를 보았다. 또한 색차 비교를 위해 XYZ 색좌표계뿐만 아니라 xy 2차원 평면에서 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 계산하여 검증을 하였다.

신경망에 의한 RGB에서 XYZ로의 색좌표계 변환은 6-6-3의 노드를 갖는 은닉층이 3개인 신경망을 구성하여, 광모듈로부터 획득된 RGB데이터를 입력으로 하고 표준장비에 의해 획득된 XYZ를 목표값으로 설정하였고, 오차가 0.0001이 될 때 까지 학습시켰다. 본 연구에서 사용한 역전파 신경망 구조는 Fig. 3과 같다.

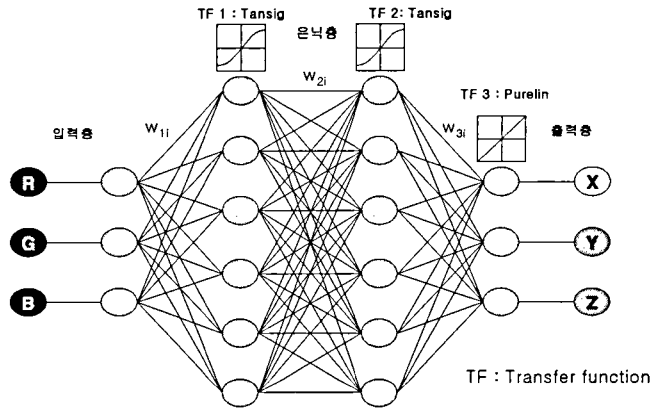


Fig. 3 The Structure of proposed Neural Net

등색함수에 의한 RGB에서 XYZ로의 좌표계변환은 CIE에서 제안한 RGB에서 XYZ로의 등색함수의 행렬공식을 이용하여 구현하였다(식 2, 3, 4, 5).

$$r = (R/255)^{2.2}, g = (G/255)^{2.2}, b = (B/255)^{2.2} \quad (2)$$

$$X = (0.6070*r + 0.1740*g + 0.2000*b)*100 \quad (3)$$

$$Y = (0.2990*r + 0.5870*g + 0.1440*b)*100 \quad (4)$$

$$Z = (0.0000*r + 0.0660*g + 1.1120*b)*100 \quad (5)$$

4. 결과 및 고찰

XYZ 색공간에서 색차계와 신경망을 통한 XYZ값 차이의 평균은 7.5203, 표준편차는 6.9090으로 나타났으며, XYZ 색공간에서 색차계와 등색함수의 XYZ값 차이의 평균은 28.0986, 표준편차는 7.3657로 나타났다. 검증을 위하여 사용한 xy평면에서의 유클리디안 거리는 색차계와 뉴럴네트워크의 xy값 차이의 평균은 0.0422, 표준편차는 0.0273 으로 나타났으며, 색차계와 등색함수의 xy값 차이의 평균은 0.0574, 표준편차는 0.0441로 나타났다.

이를 종합적으로 표시하면 표 1과 같고, 칼라샘플의 총 501개의 데이터 결과 중 가시적 효과를 위해서, 등간격상 위치하는 10개 데이터만을 표시하였다. Fig. 4는 유클리디안 거리를 xy 평면상에서 나타내었고, Fig. 5는 xy 평면상에서 색도계값과 신경망간의 계산 결과의 차와 색도계와 등색함수 계산결과의 차를 각각 도시하였다.

Table 1. The results of color difference(XYZ) and Euclidean distance(xy)

[value : average (Standard deviation)]

XYZ		xy	
Colorimeter-Neural network	Colorimeter-Color matching function	Colorimeter-Neural network	Colorimeter-Color matching function
7.5203 (6.9090)	28.0986 (7.3657)	0.0422 (0.0273)	0.0574 (0.0441)

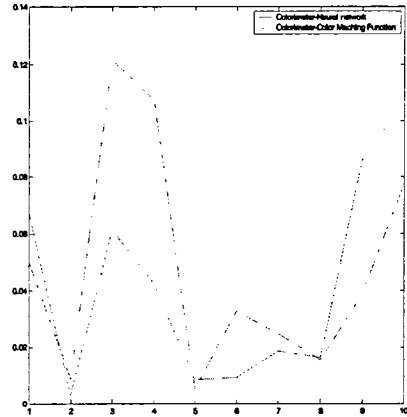
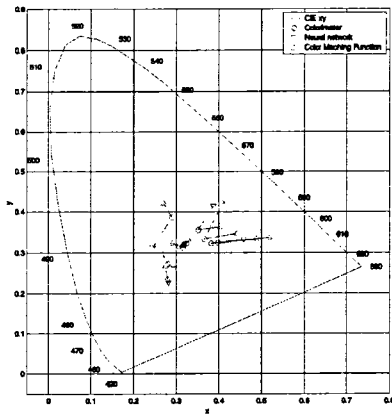


Fig. 4 Euclidean distance in xy plane Fig. 5 Color differences of two methods

5. 요약 및 결론

본 연구는 광센서모듈을 이용하여 RGB에서 XYZ 색좌표로의 변환에 신경망을 이용한 방법이 CIE에서 제안한 등색함수를 사용했을 때 보다 색재현성 면에서 우수하다는 것을 검증하였다. 향후 연구로는 색재현성 향상을 위해 색보정(correction)에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

1. 김기련, 전계록, 2003, 색 보정 및 색 좌표 변환 기법을 이용한 요분석 시스템의 구현, 대한의용생체공학회, 의공학회지, 24권, 3호, pp.183-192.
2. 김재형, 2001, 요분석 스트립의 정색반응에 대한 색도좌표 보정, 한국전기전자재료학회, 2001년도 추계학술대회논문집, pp.320-323.
3. 김홍기, 강병호, 윤창락, 김진서, 한규서, 조맹섭, 1998, 원색 재현을 위한 스캐너의 신경회로망 모델링, 한국감성과학회 98춘계학술발표논문집, pp.135-140.
4. 김석철, 1996, 신경망을 이용한 비선형 색 변환에 관한 연구, 한국인쇄학회지14권, 제2호, pp.115-128.
5. Roy S. Berns, 2000, Billmeyer and Saltzman's Principles of color technology, Wiley, pp.82-95.
6. M. J. Vrhel, 1999, Color scanner calibration via a neural network, IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 6, pp.3465-3468.
7. 서봉우, 1997, 신경망에 의한 CIE L*a*b*-CMY의 비선형 색변환, 한국인쇄학회, 15권, 1호, pp.57-69.