

스캐너를 이용한 직물의 색상검사기 개발

조지승*, 정병목#, 박무진**

Development of Color Inspection System of Printed Texture using Scanner

Che Seung Cho*, Byeong Mook Chung# and Moo Jin Park**

ABSTRACT

It is very important to inspect the color of printed texture in the textile process. The standard colorimetric system used for the recognition of the color in the textile industry. It uses XYZ color system defined by CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), but is too expensive. Therefore, in this paper, we propose a color inspection system of the printed texture using a color scanner. Because the scanner uses RGB value for color, it is necessary the mapping from RGB to XYZ. However, the mapping is not simple, and the scanner has even positional deviation because of the geometric characteristics. To transform from RGB to XYZ, we used a NN (neural network) model and also compensated the positional deviation. In real experiments, we could get fairly exact XYZ value from the proposed color inspection system in spite of using a color scanner with large measuring area.

Key Words : Color Inspection(색상검사), Texture(직물), Scanner(스캐너), Neural Network Model(뉴럴네트워크 모델)

1. 서론

자동화된 비전 검사시스템은 컴퓨터 기술과 이미지 처리기술의 발전으로 CIM의 중요한 부분으로 자리잡고 있다. 색상검사의 경우에는 칼라 스캐너, 카메라 또는 측색계 등을 이용하여 측정할 수 있는데 최근에 칼라 스캐너와 카메라의 정밀도 향상으로 이들을 이용한 자동검사장치에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 관련연구를 살펴보면 C. Min, et al¹은 카메라를 이용하여 가죽 섬유 의 칼라와 몇 가지 특징을 획득하고 이를 SOM(Self organizing mapping) Neural Network(NN)을

이용하여 분류하였고, T. Asano, et al.²은 측색계를 이용하여 작업자가 수작업으로 검사하던 고정밀 칼라 CRT(Cathod Ray Tubes)스크린의 백색 균일성 검사를 칼라 카메라를 이용하여 자동화하였다. P. Alapuranen³와 T. Westman은 카메라로부터 나무표면의 영상을 획득하고 표면결함을 12 가지의 특징들로 분류하고 kNN 분류기를 이용하여 표면결함을 검사하였다. J. H. Nobbs^{4,5}와 C. Connolly은 칼라 비디오 카메라의 R(red), G(green), B(blue) 값을 CIE XYZ 과 CIE $L^*a^*b^*$ 으로 전환하여 측색계의 센서로 이용할 수 있음을 보였다. 그러나 안정하고 반복적인 측정값을 얻기 위해서는 카메라 제어와

접수일: 2003년 2월 19일; 게재승인일: 2003년 7월 11일

* 영남대학교 대학원 기계공학과

교신저자: 영남대학교 기계공학과

Email: bmchung@yu.ac.kr, Tel: (053) 810-2569

** (주)텍스텍

필요하다. H. Stokman⁶와 T. Gevers는 CCD 카메라를 이용하여 인쇄된 직물(textile)의 색상 측정에 이용될 수 있음을 보였다. M. J. Vrhel⁷과 H. J. Trussell는 칼라 스캐너의 RGB 값과 측색계의 CIE XYZ 값을 표준화된 선형적인 방법과 NN을 이용하여 매핑하고, NN을 이용한 비선형적 매핑 결과가 좋음을 보였다. 섬유 색상검사를 살펴보면 영세한 섬유 업체의 경우 고가의 장비를 사용할 수 없으므로 작업자의 경험에 의존해오고 있다. 하지만 품질의 균일화와 고급화를 위해 이러한 색상검사작업의 자동화가 요구되고 있다. 표준화된 디지털 장비에 의한 색상관리를 함으로서 개인적인 판단의 차이를 없애고 시간과 조명에 관계없는 일정한 색상관리가 가능하다. C. S. Cho, et al.⁸은 스캐너를 사용하여 섬유의 색차 관리를 자동화할 수 있음을 보였다. 여기서는 스캐너에서 획득한 RGB 데이터를 표준 색체계의 CIE XYZ 값으로 전환하기 위해 비선형 함수의 매핑에 유리한 NN 모델을 이용하였다. 하지만 스캐너는 측정위치에 따라 색상 값의 편차가 상당히 크게 나타났기 때문에 일부 제한된 영역에서만 사용할 수 밖에 없었다. 따라서 본 논문에서는 스캐너의 측정위치에 따른 RGB 값을 추가적으로 보정함으로써 어느 영역에서 색상을 측정하더라도 정확한 XYZ 값을 제시할 수 있는 방법을 제시한다.

2. 색상공간

2.1 CIE XYZ 색상공간

인간의 망막에는 3 가지 타입의 원추체가 존재한다는 가정⁹이 널리 받아들여지고 있다. 3 가지 성분은 색상을 묘사하는데 필요충분 조건이다. 따라서 모든 인지 가능한 색상들은 3 차원 공간에 나타낼 수 있다.

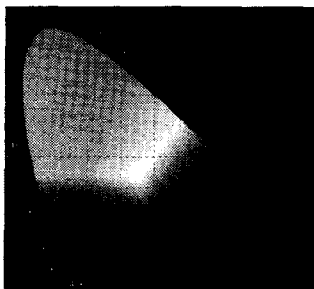


Fig. 1 2-D x y color space

색상 공간의 축은 임의로 선택할 수 있는데 CIE XYZ 공간이 색상측정에 많이 쓰이고 있다. CIE XYZ 공간상의 각각 별개의 점들은 유일한 색상 인지(perception)에 대응된다. 이 공간에서 밝기를 제외한 순수한 색상 성분(색상과 채도)은 그림 1의 x, y 색도 좌표계로 나타낼 수 있다.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (1)$$

2.2 색상 공간의 변환

RGB 색상공간은 Red, Green 그리고 Blue 축으로 나타낸다. RGB 값을 CIE XYZ 값으로 변환관계는 식 (2)에 나타낸 것처럼 3×3 행렬 변환을 통해 매핑¹⁰ 되기도 하지만 이들 관계가 선형이 아니기 때문에 이렇게 해서는 정확하게 나타낼 수가 없다. 즉 RGB와 XYZ 사이의 관계는 유일하지 않고 비선형적이다. 따라서 보다 정확한 XYZ 값으로의 변환을 위해서 비선형 NN 모델을 사용하였다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

3. 색상검사 알고리즘

색상검사의 품질은 스캐너의 안정성에 따라 크게 의존하므로 적절한 스캐너의 선택이 중요하다. 실험을 통해 측정값의 변화가 적고 또한 측정 시간에 따라서 값의 편차가 적은 HP Scanjet5470c을 선정하였다. RGB에 대응하는 XYZ 값은 Color-Eye 3100 측색기를 사용하여 구하였다. 실험에 사용된 색종이는 색차계를 사용하여 정밀하게 만들

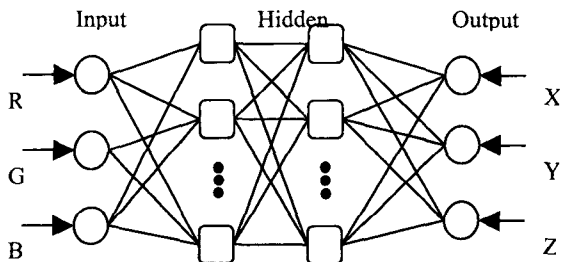
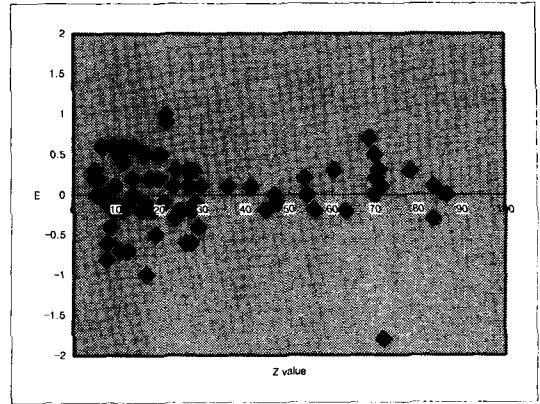


Fig. 2 Learning Model using N.N.

어진 색종이를 사용하였다. 그림 2 는 RGB 와 XYZ 값의 N.N 학습모델을 나타내고 있다.

XYZ 값에 대한 평균오차를 0.2 로 두어 77 가지 색종이에 대한 전체 합 오차를 46.2(0.2×3×77) 로 설정하였다. 학습에 사용된 영역은 전체 스캐닝 영역(210×297 mm)에서 RGB 값이 일정하게 나타나지 않고 특히 스캐너의 중심영역(110×150 mm) 보다 가장자리 영역에서의 값의 편차가 비교적 크기 때문에 중심영역 안의 일정한 위치(50×25 mm) 에서 값을 취해 학습을 하였다. 그림 3 은 N.N 학습 후 77 가지 색종이에 대한 XYZ 값의 오차분포를 나타낸다. XYZ 값의 범위는 0 에서 100 까지 이며, 밝은 색상은 높은 값을 가진다. 학습결과를 보면 어두운 색상보다 밝은 색상에서 비교적 높은 오차를 가짐을 보여주고 있다.



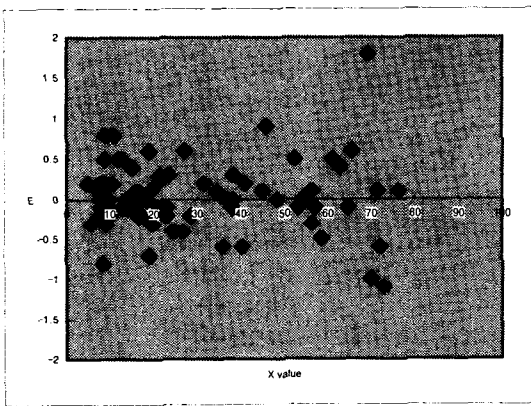
(c) Error distribution about Z value

Fig. 3 Error distribution after NN training

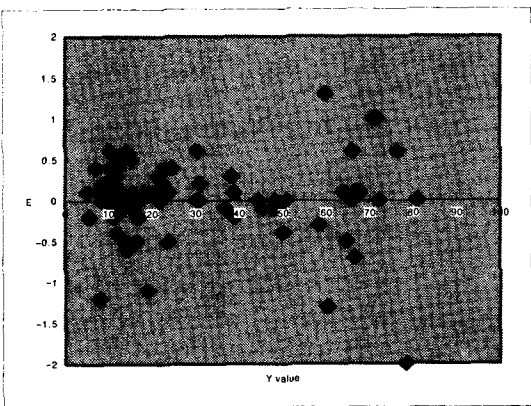
4. 스캔 위치를 고려한 색상검사

N.N 학습 시 일정한 위치에서 구한 RGB 값을 학습에 반영하였기 때문에 학습영역 이외의 영역에서의 RGB 값으로부터 XYZ 값을 매핑하면 정확한 색상을 얻을 수 없다. 따라서 NN 학습 시 측정 위치를 학습의 입력에 반영하면 스캐너의 전체 영역에서 일정한 색상 값을 구할 수 있다.

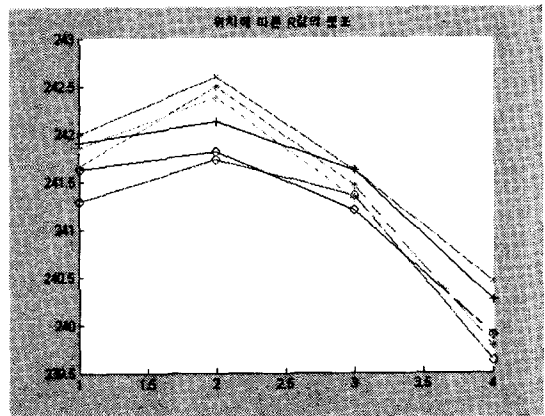
그림 4 는 측정위치에 따른 R, G 그리고 B 값의 분포를 나타낸다. 동일한 색상이 각각 다른 영역에서 일정한 편차를 가짐을 나타낸다. 스캐너의 상단에서 하단으로 갈수록 전반적으로 색상 값이 커짐을 나타내고 또 스캐너의 중앙에 위치한 영역



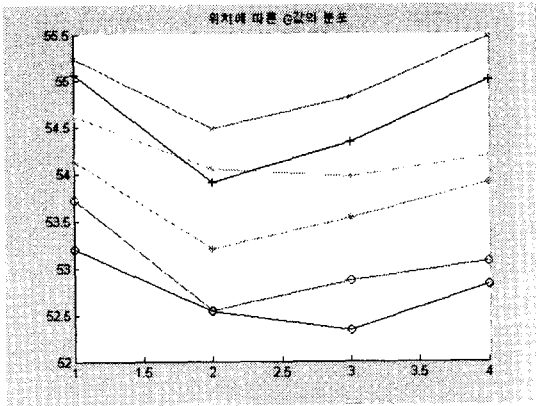
(a) Error distribution about X value



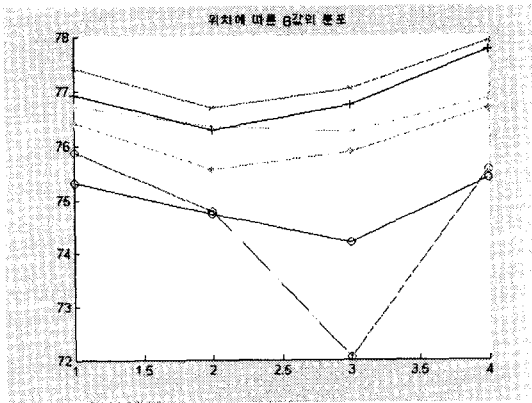
(b) Error distribution about Y value



(a) Distribution of R values



(b) Distribution of G values



(c) Distribution of B values

Fig. 4 Distribution of RGB values according to measuring position

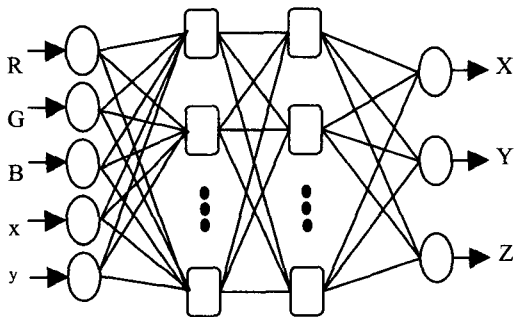


Fig.5 Model of neural network

과 외각 영역의 값에서도 일정한 편차가 있음을 볼 수 있다. 네트워크 구조는 5 개의 입력, 3 개의 출력 그리고 2 개의 은닉층으로 구성되어 있다. 입력

은 R, G, B 값과 측정위치(x, y)로, 출력은 XYZ 값으로 이루어진다. 은닉층의 개수는 학습 시 좋은 결과를 얻은 10×10 개로 구성하였다. 그림 5 는 NN 모델을 나타내고, 표 1 은 학습 조건을 나타내었다.

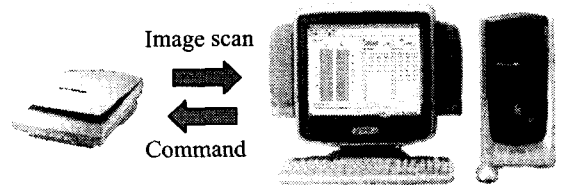
Table 1 Learning condition

Parameter	Value
No. of inputs	5
No. of outputs	3
No. of hidden layers ^(1,2)	10
Learning rate	0.001

5. 실험 장치 및 결과

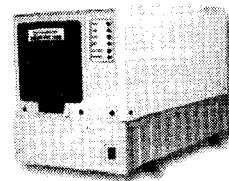
그림 6 은 직물의 색상검사를 위한 전체 시스템을 나타내었다. 검사 장치는 스캐너, PC 로 구성되며, 스캐너로부터 검사시편에 대한 영상정보를 획득하고, PC 는 획득된 영상에서 RGB 색상을 분리한 다음 N.N 학습을 통해 XYZ 색상정보로 매핑하고 결과를 분석하고 저장한다. 또한 학습된 실험 결과는 모니터를 이용하여 출력한다. 색상측정기는 Color-Eye 3100 Spectro-photometer 측색기 모델이다. 측색광원은 D65(상관색 온도 6504K 인 낮은 태양광 분포를 나타낸 광원)를 사용하고 측정 색상에 대해 XYZ 값을 출력한다.

측정위치는 편의상 영상공간을 24 개(4×6)의 영역으로 나누었다. 각각의 영역은 각 영역의 중심으로 일정 크기 만큼 영상을 획득하였다. 각각의



(a) HP scanjet5470c

(b) Personal computer



(c) Color-Eye 3100 Spectrophotometer

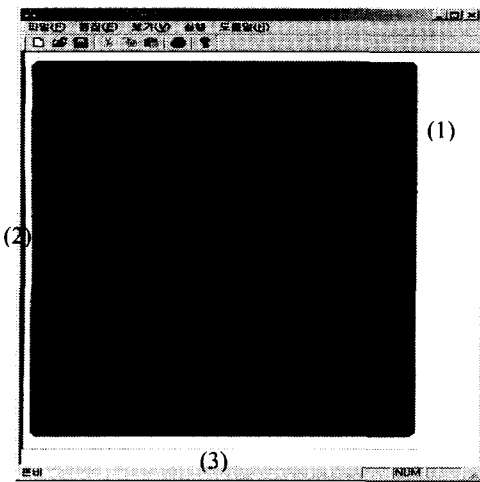
Fig. 6 Experimental device

획득된 영상은 평균값을 구한 후 평균 값과 중심 위치가 NN의 학습의 입력 값으로 이용된다.

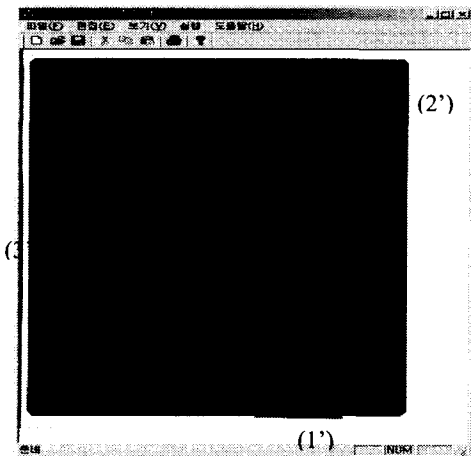
표 2는 3 가지 색상에 대한 측색기로부터 측정한 값으로 NN 모델의 출력 값이다.

Table 2 XYZ values measured from spectrometer

	X	Y	Z
(a)	23.02	14.05	4.91
(b)	8.8	15.71	12.64
(c)	7.92	11.4	19



(a) Experiment : case A



(b) Experiment : case B

Fig. 7 Model of neural network

그림 7은 NN 학습에 사용된 색상을 나타내고 NN 학습 후 임의의 측정 위치에서 색상 값을 읽어 들인 후 이를 XYZ 색상 값으로 변환하는 예를 나타내었다. 그림 7의 (a)에서 보면 (1)는 적색, (2)는 녹색 그리고 (3)은 청색계열을 색상을 나타내고 있다. 그림 7의 (b)에서 (1'), (2') 그리고 (3')색상은 (1), (2), (3)를 다시 임의의 위치로 이동한 후 XYZ 색상 값으로 변환하는 예를 보여준다.

Table 3 RGB values measured from scanner

	R	G	B
(a)	245.60	52.01	76.01
(a')	247.27	54.89	78.85
(b)	49.32	122.94	121.56
(b')	48.85	121.85	119.71
(c)	21.87	85.77	141.11
(c')	21.04	85.73	141.06

Table 4 XYZ values measured from scanner

	X	Y	Z
(a)	23.42	14.14	4.46
(a')	23.55	14.29	4.21
(b)	8.71	15.82	12.53
(b')	8.75	15.76	12.54
(c)	7.72	11.39	19.04
(c')	7.77	11.35	19.02

표 3은 실험에 사용된 각각의 색상에 대한 RGB 출력 값이고, 표 4는 각 색상에 대한 RGB 값을 학습된 NN 모델을 이용하여 XYZ 값으로 나타내었다. 표 2의 측색기로부터 획득한 값과 비교해 보면 측정 위치를 학습에 반영한 결과 위치에 따라서 RGB 값의 편차가 존재하더라도 정확한 XYZ 출력 값을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

6. 결론

스캐너를 이용하여 인쇄된 직물에 대한 색상 검사방법을 제시하였다. 섬유는 색상은 주변의 조명 환경에 큰 영향을 받기 때문에 외부 조명의 영향을 차단하는 덮개가 있어서 주위로부터 영향을 받지 스캐너를 이용하였다. RGB 값은 각각의 스캐

너에 따라 다르고, RGB 와 XYZ 값 사이의 관계는 비선형적이므로 NN 매핑 모델을 이용하였다. 스캐너로부터 획득된 값은 측정 위치에 따라 일정한 편차를 가지므로 NN 학습 시 측정위치를 학습의 입력 값으로 사용하여 측정위치에 따른 오차를 보정함으로써 0.5%이내의 정밀한 결과 값을 얻을 수 있다.

후 기

이 논문은 2003 년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. Min, C. and Liqun, H., "Neural Network Based Computer Leather Matching System," IEEE Int. conf. on Intelligent Proc. Systems, pp. 377-380, October 1997.
2. Asano, T., et al, "Automated Color Inspection System for Color CRT Display," Int. conf. on Industrial Electronics, Control, Instrumentation, and Automation, Vol. 3652, pp. 725-729, 1992.
3. Alapuranen, P. and Westman, T., "Automatic Visual Inspection of Wood Surfaces," 11th IAPR Int. conf. on Pattern Recognition, Vol. 16, pp. 371-374, 1992.
4. Nobbs, J. H. and Connolly, C., "Camera-based Colour Inspection," Sensor Review, Vol. 20-1, pp. 14-19, 2000.
5. Nobbs, J. H. and Connolly, C., "Color Measurement by Video Camera," Journal of the Society of Dyers and Colorists, Vol. 111, pp. 373-375, 1995.
6. Stokman, H. and Gevers, T., "Color Measurement of Printed Textile using CCD Camera," Vol. 37, No. 12, pp. 1733-1744, 1997.
7. Vrhel, M. J. and Trussell, H. J., "Color Scanner Calibration via a Neural Network," IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 79, pp. 3465-3468, 2000.
8. Cho, C. S., Chung, B. M. and Park, M. J., "Color Inspection of Printed Texture using Scanner," Joint Symposium between Sister Universities in Mechanical Engineering, Kyongju, pp. 236-237, 2002.
9. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., Digital Image Processing, Addison Wesley Longman, pp. 236-237, 1992.
10. Sproson, W. N., Colour Science in Television and Display Systems, Adam Hilger, 1983.