

자수로봇을 위한 컬러매칭방법

이희만* 김지영** 서정만***

Color Matching Method for Stitching Machine

Hee-Man Lee * Ji-Young Kim ** Jeong-Man Seo ***

요약

본 논문에서는 자수로봇 제어를 위한 컬러처리 매칭방법을 제안하였다. 디자이너가 작업한 작품을 스캐너를 통하여 입력하거나 또는 컴퓨터 그림파일로 직접 입력받고 자수로봇을 통하여 재현하기 위하여 자수 로봇용 색실과 매칭되는 컬러를 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 선택한다. 본 연구에서는 사용 가능한 색실의 컬러 중에서 가장 유사한 색실을 찾는 방식으로 원본에 근접한 컬러를 찾는 방법을 제안하였다. CIE 컬러공간에서 근접한 컬러가 복수개인 경우 우월 컬러를 검출하기 위한 처리과정을 추가한다. 컬러 디더링 방법을 사용하면 좀더 충실한 컬러를 재현할 수 있을 것이다.

Abstract

In this paper, the color matching algorithm is proposed for stitching machine. The matched embroidery color threads are selected by using the proposed algorithm from a computer files which is designed on the computer or scanned from the drawings designed by an artist. The proposed algorithm finds the best matching nearest colors from the given embroidery color threads. The multiple candidates owing to have the equal distance in the CIE color space are further processed to find nearest dominant color. The color dithering method will be useful for reproducing original design with high fidelity.

*, ** 서원대학교 컴퓨터정보통신학부 교수

*** 한국재활복지대학 컴퓨터게임개발과 교수

I. 서론

자수는 섬유예술의 한 분야로 선을 기본으로 하여 표현하며, 특히 색상, 명도, 채도의 변화뿐만 아니라, 재질에 따른 광택과 질감의 변화까지도 효과적으로 이용하여 표현할 수 있는 것이 특징이다.

우리나라는 1980년에 접어들어 기계자수의 성황기를 맞으면서 낮은 가격과 대량생산의 가능으로 많은 부분에서 이용되고 있다. 컴퓨터 제조기술의 발달로 자수기도 다품종 대량생산이 가능하게 되었다. 그러나 우리나라는 아직 선진국의 자수기를 수입하여 사용하고 있을 뿐만 아니라 컴퓨터 자수기에 대한 소프트웨어 기술은 거의 없는 실정이고 전량을 외국 기술에 의존하고 있다. 그러므로 현재 국내에 유통(수입)되는 컴퓨터 자수기 및 소프트웨어는 수입의존도가 매우 높다. 본 논문은 자수로봇 제어를 위한 컬러처리 알고리즘에 관한 것으로 디자이너가 작업한 작품을 스캐너를 통하여 스캔하거나 컴퓨터 그림 파일로 입력 받고 디자인 작품의 컬러를 자수로봇을 통하여 재현하기 위하여 자수로봇용 색실과 최대 근사한 컬러를 찾아낸다.

II. CIE 컬러모델

1. CIE 컬러모델

CIE(Commission Internationale Del' Eclairage)는 컬러에 대한 표준을 제안하였다. CIE에서는 3가지 기본광원을 이용하여 인간이 인지하는 모든 파장에 대한 색상을 표시할 수 있는 컬러 좌표 표준안을 실험적 방법에 의하여 결정하였다. 그러나 가시광선 내의 어느 3가지 광원도 다른 모든 색을 만들어 낼 수는 없다. CIE에서는 단일파장 컬러의 색상을 보여주고 이 컬러와 같은 컬러가 되도록 RGB의 광의 세기를 조절하는 단자를 사용하여 RGB

의 매칭함수(matching function)를 구하는 실험을 하였다. 실험결과 RGB에 의해서 100% saturated된 광원을 표시하기 위해서는 음(negative)의 값을 사용하여야 한다.

<그림 1>은 실험적으로 구한 RGB 매칭함수(matching function)이다. 그러므로 음의 값을 사용하지 않는 한 이 기본광원만으로는 인간이 인지하는 가시영역의 모든 파장에 대한 색상을 표시할 수 없다. 즉 현재 사용되는 TV 화면 및 컴퓨터 모니터는 인간이 인지하는 모든 컬러를 표현하는데 한계가 있다[1].

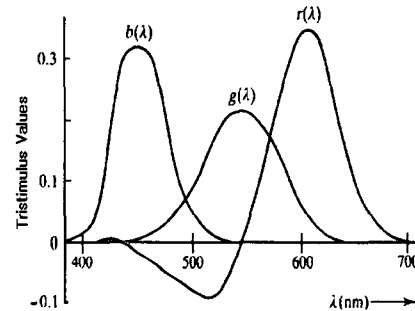


그림 1. RGB 컬러매칭함수
Fig. 1 RGB Color Matching Function

음의 값을 피하기 위해서 CIE는 비실현적이지만 가상의 기본 광원을 표준으로 정하였다.

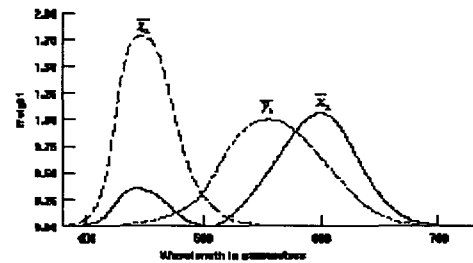


그림 2. CIE 컬러매칭함수
Fig. 2 CIE Color Matching Function

<그림 2>는 CIE의 기본광원에 대한 매칭함수(matching function)이다. CIE 컬러매칭함수(color matching function)는 가시영역(380nm~780nm)의 파장의 빛에 대한 표본 집단의 사람들의 색상인지의 평균값 측정에 의해 결정되었다[2].

$$X = k \sum_{\lambda=380}^{780} \bar{x}_{\lambda} P(\lambda) \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = k \sum_{\lambda=380}^{780} \bar{y}_{\lambda} P(\lambda) \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = k \sum_{\lambda=380}^{780} \bar{z}_{\lambda} P(\lambda) \dots\dots\dots (3)$$

위의 수식에서 자체 발광하는 광원의 k 값은 680이다. CIE Y 값은 광원의 밝기에 대한 측정이 되며 X, Y는 스펙트럼의 컬러 정보를 나타낸다. 그러므로 컬러정보는 절대값보다는 상대적인 값이 사용된다. 정규화 된 컬러의 정보는 다음과 같이 계산된다.

$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \dots\dots\dots (4)$$

$$y = \frac{Y}{(X+Y+Z)} \dots\dots\dots (5)$$

$$z = \frac{Z}{(X+Y+Z)} \dots\dots\dots (6)$$

$x+y+z=1$ 관계식으로부터 $z=1-(x+y)$ 를 구할 수 있으므로 컬러는 일반적으로 x, y 값으로만 표현된다.



그림 3. CIE 컬러매칭함수
Fig. 3 CIE Color Matching Function

(그림 3)은 정규화 된 x, y 좌표공간 상에 CIE 컬러 영역을 표시하고 또한 SMPTE RGB 기본광원(primary colors)을 표시한 것이다. 혀 모양의 가장자리 부분의 색은 채도(saturation)가 100%인 순수한 color를 의미하며 삼각형 영역은 RGB 기본광원(primary colors)에 의해 표현 가능한 색상의 영역을 나타낸 것으로 모든 색상을 표현하지 못하며 특히 채도가 100%인 컬러를 표현할 수 없음을 알 수 있다.

2. 좌표의 변환

공학적인 면에서 RGB 컬러는 표준화된 3개의 기본광원의 조합에 의해서 표현되고 기술되며(3), CIE 컬러 공간에서는 삼각형 내부가 된다. 삼각형 내부의 컬러는 3개의 기본 광원에 의한 선형 가산의 결과이다. 그러므로 삼각형 내부 컬러에 대한 기본 광원의 상대적 비율은 수식 (7)의 J 벡터 값이 된다.

$$\begin{bmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ z_r & z_g & z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_r \\ J_g \\ J_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (7)$$

수식 (7)을 이용하여 특정 표준 시스템의 백색에 대한 J_w 벡터를 쉽게 구할 수 있다. 예를 들면 SMPTE 표준 시스템의 백색의 CIE 좌표는 (0.3127, 0.3291, 0.3582) 이므로 $J_w = [J_{wr}, J_{wg}, J_{wb}]^T = [0.205, 0.387, 0.4066]^T$ 이다. R=G=B=1의 조건이 RGB공간에서 백색이 되므로 수식 (7)은 수식 (8)와 같이 변경된다.

$$\begin{bmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ z_r & z_g & z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_{wr}R \\ J_{wg}G \\ J_{wb}B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

위의 수식(8)과 수식(4)(5)(6)을 이용하여 RGB값의 컬러를 CIE 공간의 x, y, z 로 변환가능하다(4).

3. 백색컬러의 보정

스캐너를 통하여 입력된 영상은 다른 컬러 입력장치들과 마찬가지로 백색에 대한 보정이 요구된다. 스캐너를 통하여 입력작업을 하기 전에 스캔 대상에 따라 적절히 백색 조절을 하여야한다. 그 이유는 백색의 조절을 정확히 조절하지 않고 스캔된 영상의 컬러를 자수로봇 색실의 컬러와 매칭을 시도하는 경우 부정확한 매칭이 이루어지기 때문이다. 그러므로 스캔작업이 종료된 후에도 백색 조절을 할 수 있는 방법이 필요하다(5).

백색의 조절은 색온도와 밀접한 관계가 있다. 색온도라는 것은 물체가 가시광선을 내며 빛나고 있을 때 그 색이 어떤 온도의 흑체가 복사하는 색과 같이 보일 경우, 그 흑체의 온도와 물체의 온도가 같다고 보고 그 온도를 물체의 색온도라고 한다. 물체의 온도가 낮으면 붉은 색의 비율이 많고 온도가 점점 상승될수록 청색의 비율이 높아진다. 이 체계는 광선의 파장을 비교 측정하는 기준으로 사용되기도 하며 영상입력 장치의 화이트 밸런스를 조절하는 기본적인 기준이 된다(6).

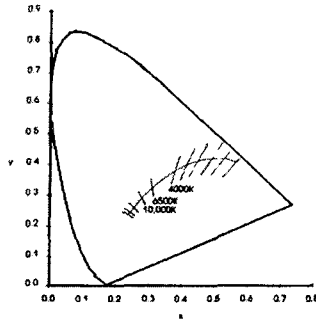


그림 4. 흑체복사의 궤적
Fig. 4 Loci of Block Body Radiation

〈그림 4〉는 흑체복사의 온도에 따른 궤적을 보인 것이다. 스캔된 영상의 컬러는 〈그림 4〉의 흑체복사의 궤적에 따라 백색의 위치를 변화하면서 정확한 컬러의 보정을 할 수가 있다.

III. 자수로봇 색실의 컬러매칭

디자이너에 의해 고안된 그림을 자수로봇을 이용하여 작품을 제작하기 위하여서는 디자인 된 그림을 컴퓨터에 입력하기 위한 스캐닝 작업을 필요로 한다. 물론 디자인 작업이 컴퓨터의 소프트웨어를 이용한 경우에는 스캐닝 작업이 필요 없다. 컴퓨터에 입력된 영상은 백색보정을 하고 이를 자수로봇을 통하여 제작하기 위하여 이용 가능한 레이온 색상 실과 매칭작업을 하여야 한다. 기존에는 수작업으로 매칭(대조)작업을 하였으나, 이 작업을 컴퓨터에 의해 자동화를 하기 위한 컬러매칭 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

- 단계 1 : 디자인한 영상의 한 점 픽셀의 RGB 컬러 정보를 읽는다.
- 단계 2 : RGB 좌표를 수식(8)과 수식(4)(5)(6)을 이용하여 CIE 좌표 (x_1, y_1) 로 변환한다.
- 단계 3 : 단계 2에서 구한 CIE 좌표 (x_1, y_1) 와 자수로봇용 여러 색실의 CIE 컬러 좌표 중에서 거리가 가장 근접한 색실을 선택한다.
- 단계 4 : 단계 3에서 선택된 색실의 좌표가 1개인 경우

단계 10을 실행하고, 선택된 색실의 좌표 (x_i, y_i) 가 복수개인 경우 단계 5를 수행한다.

단계 5 : 백색의 CIE 좌표 (w_x, w_y) 와 단계 2에서 얻어진 좌표 (x_1, y_1) 을 연결하는 직선 $Z_1 = m_1x + b_1$ 을 계산한다.

$$m_1 = (y_1 - w_y) / (x_1 - w_x), \quad b_1 = y_1 - m_1x_1$$

단계 6 : 복수개의 선택된 CIE 좌표 (x_i, y_i) 를 지나고 직선 $Z_1 = m_1x + b_1$ 과 직교하는 직선 Z_2 를 구한다.

$$Z_2 = m_2x + b_2 \quad m_2 = -1/m_1 \quad b_2 = y_i - m_2x_i$$

단계 7 : 직선 Z_1 과 Z_2 가 교차하는 좌표 (x_3, y_3) 를 구한다.

단계 8 : 선택된 색실 (x_i, y_i) 와 (x_3, y_3) 간의 거리를 구한다.

단계 9 : 복수로 선택된 다른 색실의 경우에도 단계 5에서 단계 8까지를 반복하고 가장 거리가 짧은 색실을 선택한다.

단계 10 : 모든 디자인한 영상의 픽셀에 대하여 매칭되는 색실을 찾은 경우 알고리즘을 종료한다.

상기에서 기술한 단계 5-9 부분은 CIE 평면상에서 같은 거리의 색실이 여러 개 존재하는 경우를 처리한 것이다. 〈그림 5〉와 같이 좌표 (x_1, y_1) 로 부터 같은 거리, 즉 원주 위에 복수개의 $P_1 \dots P_i$ 색실이 존재하는 경우 직선 Z_1 과 가장 근접한 거리에 있는 색실을 선택하게 함으로서 우월과장(dominant frequency)이 가장 유사한 색실을 선택하게 한다.

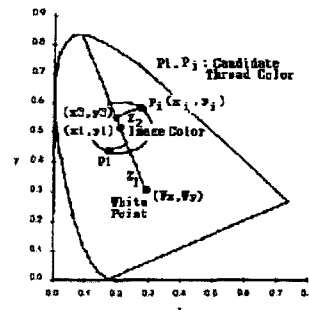


그림 5. 컬러매칭 방법
Fig. 5 Color Matching Method

V. 실험결과

본 논문의 컬러매칭 알고리즘을 Visual C++6.0으로 구현하였으며 인텔 펜티엄 IV 1.7GHz, Windows XP환경에서 실험하였다. 자수로봇에 사용되는 색실은 동일산자(주) 제품의 마라톤 레이온 색실을 사용하였다. <그림 6>은 동사의 자수로봇용 색실의 예이다. 자수로봇에 사용되는 색실은 회사 고유의 컬러번호만 있을 뿐 컬러좌표를 알 수가 없었다. 그러므로 색실의 샘플을 스캐너로 입력받고 보정을 한 후 CIE 좌표를 계산하여 테이블에 저장하였다. 이용가능한 색실의 수를 사용자가 선택 제한하도록 하고, 자수로봇을 위한 디자인 영상을 본 논문에서 제시한 알고리즘을 통하여 이용 가능한 자수 실에서 매칭되는 색실을 구하였다. <그림 7>은 5개의 색실을 이용한 컬러 매칭결과를 보인 것이다. 컬러매칭 처리를 한 영상을 여러 사람에게 보여 주어 평가한 결과 92점의 평균점수를 얻어 본 알고리즘의 유용성을 높게 평가받았다.

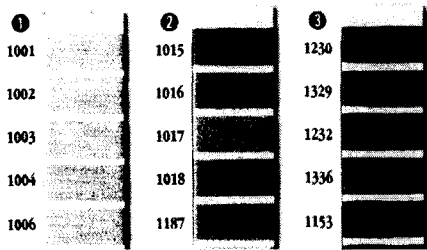
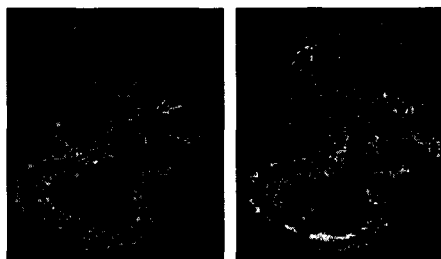


그림 6. 자수로봇에 사용되는 색실의 예
Fig. 6 Color Threads for Stitching machine



(a) 디자인 원본 (b) 매칭처리 영상
그림 7. 컬러 매칭 결과

Fig. 7 Color Matching Result

VI. 결론

본 연구는 자수로봇 제어를 위한 컬러처리 알고리즘을 개발하고 구현하였다. 디자이너가 작업한 작품을 스캐너를 통하여 스캔하거나 컴퓨터 그림 파일로 입력받고 디자인 작품의 컬러를 자수로봇을 통하여 재현하기 위하여 자수로봇용 색실과 매칭되는 컬러를 본 논문에서 제안한 알고리즘을 통하여 선택한다. 자수로봇에서 사용 가능한 색실의 수는 한정되어 있으므로 이용 가능한 색실 중에서 디자인 원본의 색상과 가장 근접한 색실을 선택하므로 디자인 원본과는 다소 차이가 난다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 구현하여 실험한 결과 비교적 근사한 컬러를 매칭할 수 있어 자수로봇 제어에 매우 유용함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 이용가능한 색실의 컬러 중에서 가장 유사한 색실만을 찾는 방식으로 원본에 근접한 컬러를 재현하기 위하여 많은 색실을 사용하여야 한다. 그러므로 이용 가능한 색실을 조합하여 원본의 색을 합성하는 방법을 개발하여 좀 더 원본에 충실한 컬러를 재현하는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Wyszecki, G., & Stiles, W. S., "color Science (2nd ed.)", New York, Wiley, 1982.
- [2] Andrew S. Glassner, "Principles of Digital Image Synthesis", Morgan Kaufmann Pub., 1995.
- [3] 허성준, "이미지 모자이크의 병렬 디스플레이 상에서의 구현", 한국과학기술원, 석사학위논문, pp30-32, 1999.
- [4] <http://ceiba.cc.ntu.edu.tw/thu-02/Color Rendering of Spectra.htm>

- [5] Andre Redert, "Correspondence Estimation in Image Pairs", IEEE Signal Processing Magazine, vol. 16, no. 3, pp.29-46, 1999.
- [6] G. Murch, IEEE CG&A, "Physiological Principles for the Effective Use of Color", pp.49-54, Nov., 1984.

저자 소개



이 희 만

1994 Texas A&M E.E. Ph.D
1996 ~ 현재 서원대학교 컴퓨터
정보통신학부 부교수



김 지 영

1984 SUNY Binghamton C.S.
Ph.D
1988 ~ 현재 서원대학교 컴퓨터
정보통신학부 교수



서 정 만

2003. 2 충북대학교 컴퓨터공학
과 공학박사
2002 ~ 현재 한국재활복지대학
컴퓨터게임개발과 교수