

관찰환경에 따른 소프트카피의 대응적 색재현

곽한봉, 안성아, 서봉우, 이영호, 안석출
부경대학교 공과대학 화상정보공학부

Corresponding Color Reproduction on CRT between Illuminated Environment viewing Conditions

H.B.Kawak, S.A.Ahn, B.W.Seo, Y.H.Lee, S.C.Ahn

Division of Image & Information, College of engineering Pukyong National University

Abstract

A various color device became generalization. Therefore, request about expression of correct color is increased. Device independent color reproduction system acquires and reproduce color of object regardless characteristic of Input/Output device. Human visual system is partially adapted to the CRT monitor's white point and the ambient light. The visual experiments were performed on the effect of the ambient lighting under mixed chromatic adaptation.

In this paper, It was found that human visual system is 40% to 60% adapted to CRT monitor's white point light and the rest to ambient light

I. 서 론

정보화 시대를 맞이하여 네트워크를 통한 이미지 전송, 홈쇼핑 등 주위조명에 상관없는 색 재현 시스템이 요구되고 있다. 이러한 시스템의 색 재현은 CRT와 같은 디스플레이 장치에 재현된다. CRT에 재현된 색은 같은 신호라 할지라도 (색순응의 영향 때문에) 관찰광원에 따라 각각 다르게 지각된다. 색순응과 그 응용으로 하드카피와 소프트카피의 현색적 일치에 대한 연구가 많이 보고된 바 있고^{1)~3)}, F. H. Imai⁴⁾는 다양한 관찰조건에서 CRT에 재현된 내시경 이미지의 현색적 색재현 방법⁵⁾을 보고하였으며, Naoya Katoh는 사무실 환경의 조명광원과 CRT에 대한 순응비율을 다르게 적용시켜 소프트카피와 하드카피의 칼라 매칭에 관한 연구³⁾가 보고되었다.

본 연구에서는 모니터의 Whitepoint와 일반 사무실 환경의 White point에 대한 순응비율을 밝히기 위해서 암흑상태의 모니터와 일반적인 사무실 환경에서의 순응비율에 대해 현색적 색재현 실험을 하고 기억색과 일반적인 이미지에 대한 순응비율에 대하여 실험을 하였다.

II. 현색 모델링³⁾

현색모델링은 세 단계로 이루어져 있다.

1. Contrast 변화에 대한 보상
2. 추상체 신호에 대한 삼자극치(XYZ)로 변환
3. 색순응에 대한 보상 단계로 이루어진다.

1. LMS 변환

삼자극치(XYZ)는 사람의 시각 시스템의 추상체신호를 통하여 변환된다.

Hunt 변환 매트릭스를 기반으로 하여 XYZ는 식(1)로부터 LMS로 변환되어진다.

여기서 Hunt 변환 매트릭스는 등에너지광(E)을 사용함에 의해 표준화 되었다.

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.38971 & 0.68898 & -0.07868 \\ -0.22981 & 1.18340 & 0.04641 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. 색 순응 보상

주위환경에 따른 현색의 변화를 위해 사람의 시각계는 각 채널별로 추상체 감도가 변화한다. 그렇지만, 사람의 추상체는 주위환경의 white point에 대해서 완전하게 변화하지 못하

고 불안정하게 변화한다. 그러므로, 이에 대한 색 순응 보상이 필요하다.

불완전하게 순응된 white point L', M', S' 는 식(2)같이 Hunt 현색 모델⁵⁾의 불완전 순응 계수 P_L, P_M, P_S 를 사용하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} L'_{(CRT)} &= L_{n(CRT)} / P_L \\ M'_{(CRT)} &= M_{n(CRT)} / P_M \\ S'_{(CRT)} &= S_{n(CRT)} / P_S \end{aligned} \quad (2)$$

또한, 식(3)에 의해서 P_L, P_M, P_S 를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_L &= (1 + Y_{mon}^{1/3} + l_E) / (1 + Y_{mon}^{1/3} + 1/l_E) \\ P_M &= (1 + Y_{mon}^{1/3} + m_E) / (1 + Y_{mon}^{1/3} + 1/m_E) \end{aligned} \quad (3)$$

$$P_S = (1 + Y_{mon}^{1/3} + s_E) / (1 + Y_{mon}^{1/3} + 1/s_E)$$

$$l_E = 3 \cdot L_{n(CRT)} / (L_{n(CRT)} + M_{n(CRT)} + S_{n(CRT)})$$

$$m_E = 3 \cdot M_{n(CRT)} / (L_{n(CRT)} + M_{n(CRT)} + S_{n(CRT)}) \quad (4)$$

$$s_E = 3 \cdot S_{n(CRT)} / (L_{n(CRT)} + M_{n(CRT)} + S_{n(CRT)})$$

여기서, Y_{mon} 은 모니터 White point에 대한 절대 휘도 값을 나타낸다.

그리고, 모니터와 주위 환경의 혼합에 의한 색순응에 대해 보상하여야 한다. 일반적으로 사용하는 모니터의 상관 색온도(CCT)는 6500K이며, 일반적인 사무실 환경의 상관 색온도는 4900K이므로 사람의 추상체는 모니터와 주위 환경의 광원에 각기 다른 순응비율로 혼합된다.

$$\begin{aligned} L'_{n(CRT)} &= R_{adb} \cdot \left(\frac{Y_{mon}}{Y_{adb}} \right) \cdot L_{n(CRT)} + (1 - R_{adb}) \cdot \left(\frac{Y_{sur}}{Y_{adb}} \right) \cdot L_{n(Ambient)} \\ M'_{n(CRT)} &= R_{adb} \cdot \left(\frac{Y_{mon}}{Y_{adb}} \right) \cdot M_{n(CRT)} + (1 - R_{adb}) \cdot \left(\frac{Y_{sur}}{Y_{adb}} \right) \cdot M_{n(Ambient)} \\ S'_{n(CRT)} &= R_{adb} \cdot \left(\frac{Y_{mon}}{Y_{adb}} \right) \cdot S_{n(CRT)} + (1 - R_{adb}) \cdot \left(\frac{Y_{sur}}{Y_{adb}} \right) \cdot S_{n(Ambient)} \\ Y_{adb} &= R_{adb} \cdot Y_{mon} + (1 + R_{adb}) \cdot Y_{sur} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, R_{adb} 는 모니터 white point에 대한 순응비율이고, Y_{sur} 은 환경조명의 절대 휘도이다. 만약, 순응비율이 1.0일 때, 사람의 시각 시스템은 모니터에 대해 100%로 순응을 하게 되고, 순응 비율이 0.0일 때는 환경에 대해 100% 순응을 하게 된다.

여기서, 순응비율을 0.0~1.0까지 0.1단계로 변화시키면서 시각실험을 하여, 시각실험에 의한 최적의 순응비율을 식(5)에 적용시킨다.

3. Contrast 보상

소프트 카피 이미지의 콘트라스트 변화는 주위 환경의 조명에 의해서 일어난다.

주위환경 조명의 중요한 효과는 지각되는 이미지의 Contrast의 변화를 준다.

암흑에서의 CRT와 조명광원에서의 CRT는 동일한 Contrast라도 다르게 느끼게 되므로, 각기 다른 조명광원에서 2개의 CRT는 contrast의 보상이 필요하다.

주로 Contrast의 차이는 CRT 상에서 조명광원이 CRT의 표면에 반사됨으로써 일어나며, 이에 대한 보상은 식(6)에서와 같이 보상된다.

$$\begin{aligned} X'_{(CRT)} &= X_{(CRT)} + R_{bk} \cdot X(Ambient) \\ Y'_{(CRT)} &= Y_{(CRT)} + R_{bk} \cdot Y(Ambient) \\ Z'_{(CRT)} &= Z_{(CRT)} + R_{bk} \cdot Z(Ambient) \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, R_{bk} 는 CRT 표면의 반사율을 나타낸다. 실험에서 R_{bk} 는 약 0.08정도로 나타났다.

III. 이미지 변환

이미지변환은 아래의 그림1에 나타내었다. 순응모델에 있어서는 2가지의 관측조건 모니터의 white point에 대한 절대 휘도, 주위광원에 대한 white point의 절대 휘도가 필요하다.

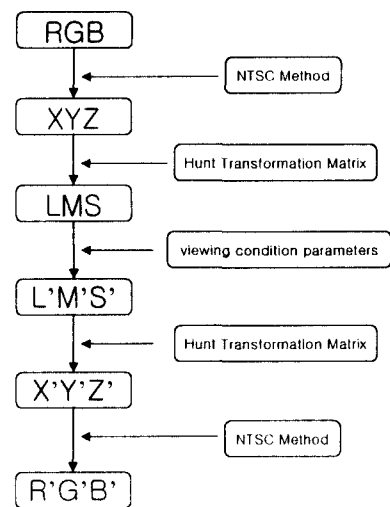


Fig. 1 Flowchart of Image transformation

1. Red, Green, Blue (RGB) 데이터는 NTSC 변환매트릭스를 통하여 XYZ로 변환된다.
2. XYZ는 Hunt 매트릭스 변환을 통하여 LMS로 변환된다.
3. LMS 데이터는 관측조건에 대한 변수를 가지고 순응모델을 사용하여 L'M'S'로 변환된다.
4. L'M'S'는 Hunt 매트릭스 역변환을 통하여 다시 X'Y'Z'로 변환된다.
5. X'Y'Z'는 NTSC 변환매트릭스를 통하여 R'G'B'로 변환된다.

III. 주관적 평가

본 논문에서 각각의 순응비율로 재현된 이미지를 모니터상에 디스플레이한 후, 각기 다른 관찰환경에 대해 10명의 일반 관찰자가 관찰환경에 순응시켜 주관적 평가실험을 하였다. 관찰자와 모니터와의 거리는 약 50cm 정도로 하였다. 그리고, 관찰자는 변환된 이미지와 원본 이미지를 비교 판단하여 원본 이미지에 가장 가까운 이미지를 선택하도록 하였다. 단, 관찰자는 실험 시간에 대해 제한을 두지 않았다.

실험에 사용된 이미지들은 일반적인 이미지와 기억색인 파일 이미지를 가지고 실험을 하였다.

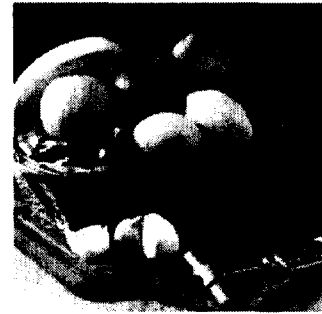


Image C

Fig. 1 Images used for the visual experiments.

IV. 결과 및 고찰

주관적 평가 결과, 관찰환경에 대한 색순응 영향을 40%, CRT에 대한 색순응 영향을 60%의 순응비율을 적용한 이미지를 10명의 관찰자 중에서 가장 많이 선택하였다. Fig. 1의 (a)는 원본 이미지이고, (b)는 조명광원에 40%, CRT에 60%의 순응비율이 적용된 이미지이다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 두 이미지의 색상은 서로 다르지만 관찰 조건에 대해 관찰자에게 지각되는 색은 서로 일치한다는 것을 알았다.



Image A



Image B



a) Original image



b) corresponding image

Fig. 2 Original image and corresponding image according to adaptation ratio.

참고 문헌

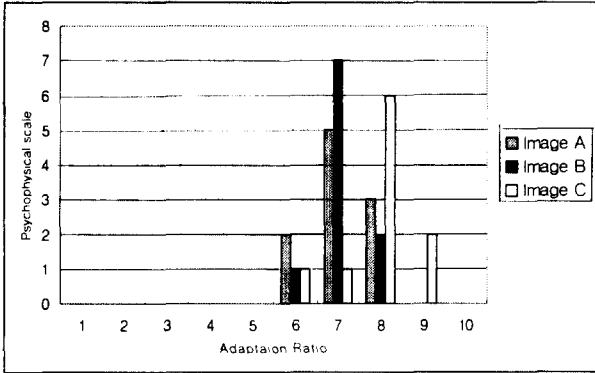


Fig. 3 Results of experiment

1. M. D. Fairchild. "Color Appearance Models", Addison Welsely Press, pp. 201-204. (1998)
2. S.C.Ahn, H.E.Choi, Y.Miyake, "Color Image Reproduction Based on Spectral Reflectance Information", KES'99, pp.117~120 (1999).
3. Katoh, N., "Appearance match between softcopy and hard copy under mixed chromatic adaptation", Proc. of the IS&T/SID Color Imaging Conference: Color Science, Systems and applications, 22-25 (1994).
4. Francisco Hideki Imai, Color Reproduction of Facial Pattern and Endoscopic Image Based on Color Appearance Models, Graduate School of Science and Technology, pp.77~92, (1996)
5. M. D. Fairchild. "Color Appearance Models", Addison Welsely Press, pp. 247-265. (1998)

V. 결론

사람의 시각 시스템은 모니터의 Whit Point에 약60~70%에 순응을 하며 나머지 30~40%는 조명광원의 Whit Point에 순응하는 것을 알 수 있었다.

그리고, 이미지 A와 B에서는 위의 순응비에 의해 일치하는 것을 알 수 있었는데 이미지 C에서는 사람의 기억색 즉 사과는 더욱더 빨간색을 선호하고 오렌지는 더욱진한 오렌지색을 선호하여 순응비율이 모니터의 Whit Point에 약70~90%에 순응을 하며 나머지 10~30%는 조명광원의 Whit Point에 순응하는 것을 알 수 있었다.

위 실험을 통하여 암흑상태의 모니터와 형광등 조명상태의 모니터와 현색이 일치됨을 알 수 있었다.

본 연구에 있어서 실물과 같은 색을 필요로 하는 인터넷을 통한 홈쇼핑, 전자 상거래, 의료 이미지, 전자 박물관 등에서 유용하게 이용될 것으로 보여진다.