

가상의 3차원 CIELAB 등거리 색표본을 이용한 색역사상

곽한봉, 오현수, *이철희, 서봉우, 안석출
부경대학교 화상정보공학부, *경운대학교 컴퓨터공학과

Color gamut mapping using fictive 3-D CIELAB equidistance sample

H.B.Kawak, H.S.Oh, C.H.Lee, B.W.Seo, S.C.Ahn

Divisin of Image & Information, Pukyong National University

*Department of Computer Engineering, Kyungwoon University

Abstract

Gamut mapping is a technique that acts on cross-media color reproduction to transform a color between devices for the purpose of enhancing the appearance or preserving the appearance of an image. Gamut mapping essentially produces color conversion error which depends the gamut mapping method, source and destination devices, and sample points for gamut modeling. For color space conversion between monitor colors and printer colors, empirical representation using sample measurements is currently widely utilized. Color samples are uniformly selected in the device space such as CMY or RGB, represented as color patches, and then measured. However, in the case of printer, these color samples are not evenly distributed inside the printer gamut and the color conversion error is increased. Accordingly, this paper introduces a equally distributed color sampling method in CIELAB space, a device-independent color space, to reduce color conversion error, and the performance is analyzed via color space conversion experiments using tetrahedral interpolation.

1. 서론

입/출력 장치의 모델링에 있어서 색변환의 정확성은 사용되는 색표본의 분포와 개수, 색 변환 방법에 따라 크게 좌우된다. 그 중에서도 사용될 참조테이블의 색 분포도는 출력색 예측에 커다란 영향을 미친다[1]. 잉크젯을 이용할 경우, 3차원 보간법을 이용한 색변환에서 CIELAB 색공간의 분포에 따라 조그만 오차에도 CMY 프린터 구동신호는 크게 달라지게 된다. 기존의 색 표본화 방법은 프린터의 구동신호인 CMY를 기준으로 등 간격으로 색 표본을 선택하게 된다.[2] 이상적인 프린터 출력 기법은 출력 도트가 정사각형이고 중첩이 없

다는 것을 가정하고 있으나, 실제 프린터의 도트는 정사각형이라기보다는 원에 가깝고 모양도 일정하지 않아서 도트의 겹침이 발생된다. 이러한 방법으로 색을 표본화 할 경우는 프린터의 여러가지 비 선형성 때문에 출력되는 색영역은 전체적으로 어두운 색영역으로 치우치게되며 이것은 색변환시 상대적으로 밝은 부분에서 많은 오차를 발생시키게 된다.

본 논문에서는 색 변환에서 생길 수 있는 이러한 색변환 오차를 최소화 하기 위해 장치 독립적인 색공간(CIELAB)에서 균등한 색표본이 되도록 하기 위하여 CMY를 선택하는 방법을 제안하며, 가상의 3차원 CIELAB 등거리 표본점을 이용해서 보간을 수행한다. 제안된 방법의 성능 평가를 위해 기존의 색역사상 방법에 이를 적용시켜 제안된 방법의 유용성과 타당성을 확인하였다.

2. 가상의 3차원 CIELAB 등거리 색표본점의 생성

초기 CIELAB 등거리 표본점을 생성시키기 위하여 기존의 방법으로 얻어진 프린터의 전체적인 체적에 대하여 먼저 휘도축을 3차원 좌표상의 거리가 7.0922 되도록 할당한다. 그런 다음 각 휘도평면에서 휘도축과 최대 채도값 사이의 거리가 휘도축과 등거리가 유지되도록 가상의 CIELAB 등거리 표본점 729개를 구성하며 3차원 분포도는 그림 1과 같다.

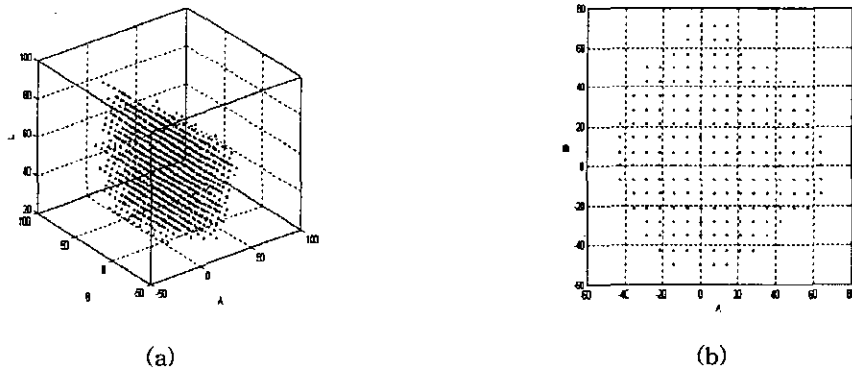


Fig. 1. 3D fictive CIELAB equidistance sample points
(a) CIELAB color sapce (b) CIELAB AB plane

3. 실험 및 결과

제안된 방법의 성능평가를 위해서 동일한 조건을 갖는 기존 및 제안된 방법으로 색표본을 구성하고 이를 이용하여 729개의 색표본을 무게 중심적 사면체 보간법[3][4]으로 CIELAB 입력에 대한 대응되는 CMY를 역으로 구한다. 그림 2는 구해진 CMY 및 이에 대응되는 측정된 CIELAB의 색분포도를 보여준다.

여기서 측정된 CIELAB값은 가상의 표본점들과는 완전히 일치하지는 않지만 비교적 균일한 분포를 가진다. CMY예측에 있어서 색표본의 수를 늘여서 좀 더 정확한 색이 예측된다면 가상의 CIELAB 표본점과 더욱 가까운 데이터를 얻을 수 있다.

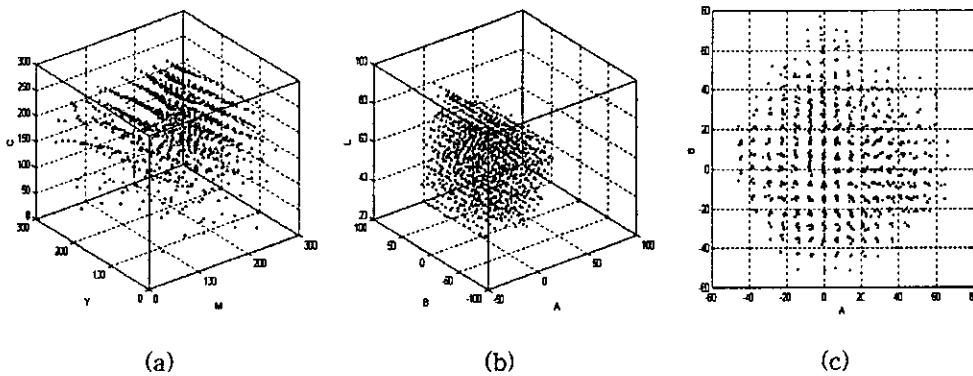
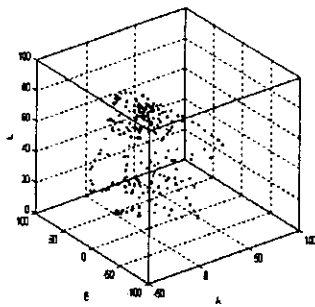


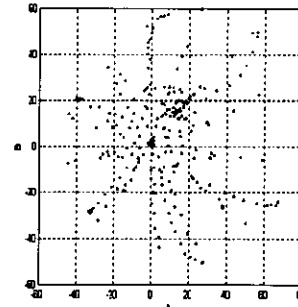
Fig. 2. LUT with 3D fictive CIELAB equidistance sample points
 (a) CMY space (b) CIELAB color space (c) CIELAB AB plane

테이블을 얻은 다음 색역사상을 하게 되는데 색역사상시 프린터의 색역에 대해 먼저 전체적인 경계를 구하게 된다. 그리고, 색역사상 방법과 방향에 있어서는 입출력 장치 및 이미지의 내용에 따라 적당한 방법이 선택되어야 하며 색역사상은 색상각도(hue angle)에 대한 최대 색도점을 닷점으로 설정하는 방법을 사용하였다.[5][6] 테스트에 사용될 샘플은 Fuji color target IT8.7/1과 모니터 패치를 이용해서 테스트한다. Fuji color target의 경우 264개 중 84개가 프린터 색역 외부에 존재하고, 실측한 모니터의 경우는 216개 중 158개의 색이 프린터 색역 외부에 존재한다. 테스트 샘플의 색분포도는 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 색 표본을 출력하기 위해 사용된 프린터는 Epson Photo Stylus이고, Blue noise mask[4]을 사용해서 하프토닝한 후 PCL(Printer control language)을 이용해서 360dpi 해상력으로 출력한 후 측색기 (TECHKON SP820 λ)로 D65, 2도시야의 관측조건으로 측정한다. 표 1과 그림 10은 테스트 원고와 재현된 샘플간의 평균 및 최대, 최소 색차를 나타내며, 이에 사용된 색차공식은 식 (1)과 같다.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta E)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$



(a)



(b)

Fig 3. Color distribution of Fuji color target in the CIELAB

(a) CIELAB color space (b) CIELAB AB plane

Table 1. Color difference comparison with Fuji color target

() represents the maximum color difference

Test Color	Average color difference for conventional method	Average color difference for proposed method
Skin Colors	2.96 (3.77)	1.74 (3.82)
Gray Ramps	4.04 (13.52)	2.95 (9.23)
Primary Color Ramps	5.31 (44.03)	3.96 (21.25)
Entire Color Difference	4.44 (44.03)	3.21 (21.25)

Table 2. Color difference comparison with monitor patches

() represents the maximum color difference

Test Color	Average color difference for conventional method	Average color difference for proposed method
216 colors	15.57(60.92)	13.38 (54.97)

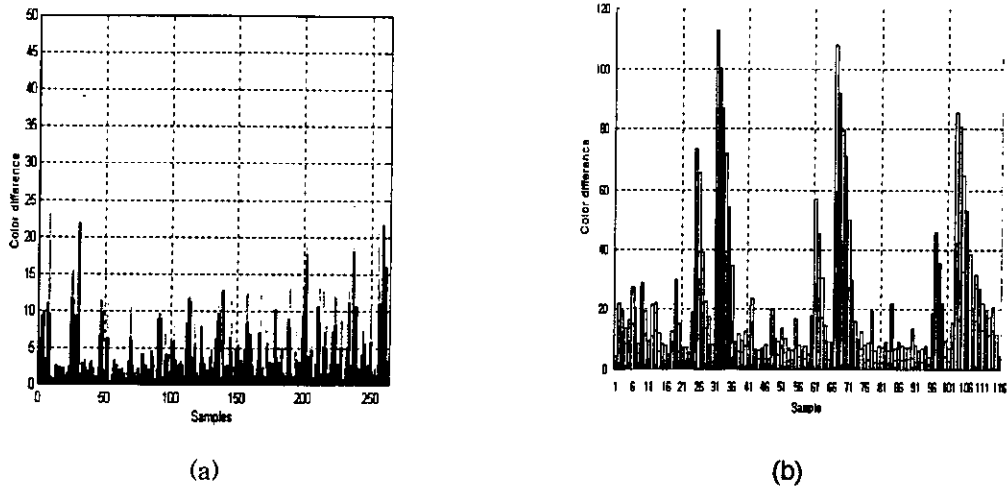


Fig 8. Color difference comparison
 (a) Fuji color target (b) Monitor patches

결과에서 제안된 방법은 색변환에 있어서 시각적으로 민감한 그레이 벨런스라든지 중요한 특정색인 피부색 및 컬러 램프에 있어서 모두 기존의 방법과 비교해서 평균색차와 최대색차가 감소되는 것을 알 수 있다. 색역사상이 이루어진 부분에 있어서는 색차의 크고 작음은 그리 중요하지 않다. 시각적으로 더 나은 결과를 얻는 것이 필요하다. 그러나 색차라는 것은 인간의 눈과의 상관관계가 거의 같다는 결과[7]가 있으므로 객관적인 색차의 비교를 통해서 제안된 방법은 기존의 방법보다 더 나은 결과를 제공한다고 볼 수 있겠다.

4. 결론

프린터 모델링을 위한 색 표본 선택에서 표본의 크기 및 분포는 색공간의 변환시 성능을 좌우하게 된다.

따라서, 본 논문에서는 색표본 생성시 장치의 색역을 잘 나타내면서 색변환시 발생하는 오차를 최소화하는 색보정용 색표본 생성 방법과, 3차원 가상의 CIELAB 등거리 표본점을 이용한 보간법을 제안 했다. 결과에 있어서 CIELAB 색공간에서 색샘플들의 좌표가 비 균등한 기존의 방법과 비교적 균일한 영역이 얻어지는 제안된 방법과 성능을 비교해본 결과 제안된 방법은 동일한 조건으로 평균 및 최대 색차를 감소 시켰다. 기존의 방법은 색역의 비 균일함 때문에 생기는 색변환 오차에서 제안된 방법에 비해 많은 색차를 수반한다. 이러한 이유는 제안된 방법은 색표본의 분포가 어느 정도의 일정한 거리를 가지기 때문이다. 사면체 보간법 같은 경우 사면체 크기가 어느 정도의 일정한 크기를 가지기 때문에 비 균일한 크기를 갖는 기존의 방법과 비교하면 보간시 생기는 오차가 많이 줄어들게 된다. 그리고 가상의 CIELAB 등거리 표본점을 이용함으로써 역변환시 생기는 계산적인 시간을 줄이게 되고 역변환의 수월성의 제공한다. 제안된 색표본 생성 방법은 여러 가지 비선형적인 출력 특성을 갖는 장치의 모델링 및 색보정에 널리 사용될 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

- [1]. Henry R. Kang, Color Technology for Electronic Imaging Devices, SPIE Optical Engineering Press, 1997.
- [2]. "Colorimetric color reproduction based on three dimensional uniform printer color gamut" Korean Society of Color Studies, pp6-9, June. 2000.
- [3]. P.C. Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up-table model and interpolation," Journal of Electronic Imaging, Vol. 2(1), pp. 53-61, Jan. 1993.
- [4]. Jon Yngve Hardeberg and Francis Schmitt "Color Printer Characterization Using a Computational Geometry Approach" The Fifth Color Imaging Conference, Color Science, Systems and Application, pp. 96-99, Nov. 1997
- [5]. T. Mitsa and K. J. Parker, "Digital halftoning technique using a blue-noise mask" , J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 9, No. 11, pp. 1920-1929, Nov. 1992.
- [6]. J. Morovic and M.R. Luo, "Cross-Media Psychophysical Evaluation of Gamut Mapping Algorithms" Proc. AIC color 97 Kyoto, 1997.
- [7]. Naoya Katoch, ITO and Shin "Three-dimensional gamut mapping using various color difference formulae and color spaces" Journal of Electronic Imaging, vol. 8(4), pp. 365-379, October 1999.
- [8]. 4.Jong-Pil Kim, Eul-Hwan Lee, Suk-Chul Ahn, "Development of CIE $L^*a^*b^*$ -CMYK color conversion system by Neural Network," Journal of the Korean Printing Society, Vol. 16, 4.