

스캐너 입력 컬러원고의 색변환을 위한 룩업테이블의 확장방법에 관한 연구

신춘범, 강상훈*

부경대학교 대학원 인쇄공학과, *부경대학교 화상정보공학부
(2002년 8월 5일 접수, 2002년 9월 17일 최종본 접수)

A Study on the Extending Method of LUT for Color Transformation of Scanned Color Original Copy

*Chun-Beom Shin, Sang-Hoon Kang**

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School of Pukyong National University,

*Division of Image and Information Engineering, Pukyong National University

(Received 5 August 2002, in final form 17 September 2002)

Abstract

Recently, the flatbed scanner is widely used to input color original copy in printing industry. In the process of RGB-to-CMY transformation for the scanned colors using the look-up table(LUT) based on the color gamut of the actual output device, however, the problem that some colors in the original out of the gamut cannot be printed, may occur. In this study, another color transformation method applicable to any kind of originals using the new LUT with extended gamut based on the ideal output device, was examined and proposed.

I. 서 론

최근 인쇄공정에서 평판스캐너와 디지털 카메라와 같이 다양한 입력장치의 사용이 보편화됨에 따라 컬러의 정보를 정확하게 표현하고 관리하는 시스템에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. ICC(International color consortium)¹⁾에서는 컬러 관리시스템(color management system, CMS)에 관한 표준을 제시하고 있으며, 이 표준을 기반으로 하는 여러 가지 CMS 소프트웨어들이 개발되어 있다. 이러한 소프트웨어에서는 입·출력장치의 측색적 색보정을 위하여 다중회귀분석법(polynomial

regression), 신경회로망(neural network), 룩업테이블(Look-up Table, LUT) 등과 같은 색변환 방식들이 사용되고 있으며, 이 방법들 중에서 룩업테이블 방식이 가장 우수한 것으로 알려져 있다.²⁻⁶⁾

그러나 인쇄공정에서 원고의 입력장치로 널리 사용되고 있는 평판스캐너를 통하여 입력되는 컬러원고의 RGB 신호를 룩업테이블을 이용하여 CMY 신호로 변환하는 과정에서 입력원고의 색역이 출력장치 색역을 벗어나는 부분이 나타나게 되어 인쇄가 불가능하게 되는 경우가 발생한다.⁷⁾

본 연구에서는 실제의 출력장치에서 재현 가능한 색역을 기초로 하여 작성된 룩업테이블을 사용함으로써 부분적으로 원고의 색변환이 불가능하게 되는 이러한 문제를 해결하기 위하여 이상적인 출력장치의 색역으로 룩업테이블의 색역을 최대한으로 확장하는 방법을 검토함으로써 모든 종류의 컬러원고에 대하여 적용 가능한 색변환 방식을 제안하고자 하였다.

II. 실 험

2-1 실제 출력장치의 색역을 기초로 한 LUT의 작성

실험에 사용된 LUT를 작성하기 위하여 C, M, Y의 망점면적률을 각각 10% 단계로 변화시켜 1,331개의 패치를 제작하여, 염료승화형 디지털 교정인쇄기인 '3M Rainbow 2730'을 사용하여 출력하였다. 출력된 인쇄물을 원고로 하여 'UMAX Power Look-III' 평판스캐너를 사용하여 중간톤을 조절하는 감마값을 인쇄용인 1.8로 설정하고, 최대 광학해상도를 1,200dpi로 설정하여 스캐닝 하였다.

스캐닝한 패치의 RGB 레벨값을 계산하기 위해서 본 실험에서 스캐닝한 모든 입력용 패치들을 로우파일 포맷(raw file format)으로 저장하고, 매트랩(Matlab)을 이용하여 각 패치의 RGB 레벨값을 계산할 수 있는 프로그램을 작성하였다. 이 프로그램을 통하여 각 패치의 모든 픽셀에 대한 RGB 레벨값을 계산하고 그 평균값을 구하였다.

디지털 교정기에서 출력한 1,331개의 패치에 대하여 X-Rite사의 'Digital Swatchbook'을 사용하여 D_{50} 광원과 2° 시야에서 $L^*a^*b^*$ 값을 측색하였다.

이렇게 하여 구한 RGB, $L^*a^*b^*$, 및 CMY 값을 이용하여 입력장치인 스캐너에서 RGB를 $L^*a^*b^*$ 로 변환하기 위한 LUT-1과 출력장치인 디지털 교정기에서 다시 $L^*a^*b^*$ 를 CMY로 변환하기 위한 LUT-2를 작성하였다.

2-2 이상적인 출력장치의 색역을 기초로 한 LUT의 확장

실제 출력장치의 색역을 기초로 하여 작성된 LUT를 사용함으로써 부분적으로 원

고의 색변환이 불가능하게 되는 문제가 발생한다. 이것은 스캐너를 통하여 입력되는 원고의 RGB 신호가 <Fig. 1>의 그림 (a)와 같이 작성된 LUT-1의 RGB 색역을 벗어나기 때문에 $L^*a^*b^*$ 로 변환이 되지 않는다. 따라서, <Fig. 1>의 그림(b)와 같이 입력원고의 종류에 상관없이 모든 RGB 신호를 받아들일 수 있도록 하기 위해서는 LUT의 RGB 색역을 최대한으로 확장시킬 필요가 있다.⁸⁾

본 연구에서는 실제의 출력장치의 색역을 기초로 한 LUT-1의 RGB 색역을 확장하기 위하여 다중회귀분석법을 사용하였다. 다중회귀분석법은 입력값과 출력값 사이의 관계를 통계적인 접근방식으로 구하는 비교적 간단한 방식이다. LUT-1의 입력값 RGB와 출력값 $L^*a^*b^*$ 의 관계를 행렬식으로 표시하면 식 (1)과 같이 된다.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \times [M] = \begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 $[M]$ 은 회귀분석에 의해 구해지는 회귀계수로서 RGB와 $L^*a^*b^*$ 의 상관관계를 정의하는 색변환 행렬이다.

다중회귀분석법에서는 다항식의 차수를 높게 할수록 정확도가 높아지므로 본 연구에서는 다항식의 차수를 20차로 하여 색변환 행렬의 계산 프로그램을 작성하였다. 이 프로그램을 이용하여 색변환 행렬을 구하고 외삽법(extrapolation)을 이용하여 LUT-1의 RGB 색역을 16레벨 단계로 균등하게 샘플링하여 LUT-1의 색역을 최대한으로 확장시킨 LUT-1-E를 작성하였으며, 이들의 색역을 비교하여 도시하면 <Fig. 1>과 같다.

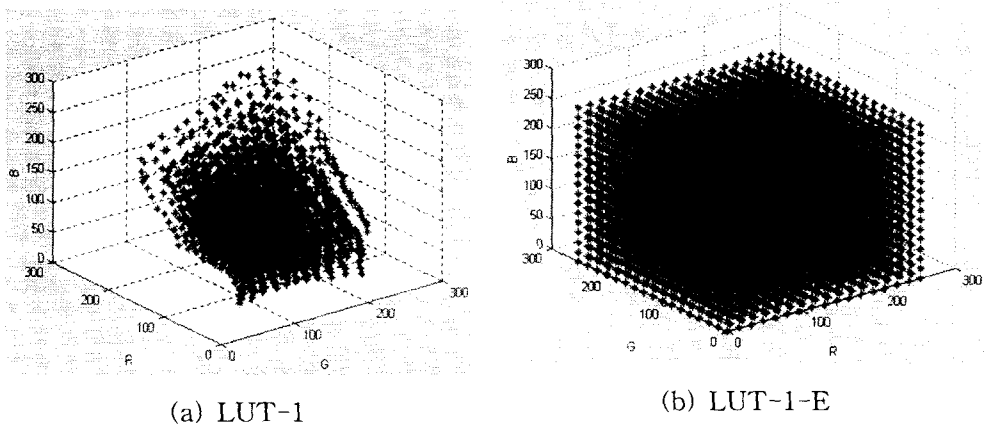


Fig. 1. Comparison of the RGB color spaces of LUT-1 and LUT-1-E.

2-3 실험 절차

<Fig. 2>는 본 연구의 실험 과정을 요약하여 도시한 것이다.

LUT-1, LUT-2 및 LUT-1-E와 4면체 보간법을 사용하여 색변환 한 결과를 확인하기 위하여 스캐너 캘리브레이션용 사진원고인 'IT8.7/2(KODAK Q60)' 표준컬러 입력타겟에서 그레이와 스킨컬러 부분을 제외한 228개 샘플을 입력원고(original patch)로 사용하였다.

이 사진원고를 평판스캐너로 입력하여 염료승화형 디지털 교정기로 출력한 인쇄원고(dye sublimation proof)를 작성하였다. 이 원고를 평판스캐너로 스캐닝하여 입력된 RGB 신호를 LUT-1을 사용하여 $L_1^*a_1^*b_1^*$ 으로 변환한다. 이때, LUT-1의 색역 안에 포함되는 샘플패치(in-gamut)는 LUT-2를 사용하여 $L_1^*a_1^*b_1^*$ 를 CMY로 변환하여 디지털 교정기로 출력한 다음, 분광측색계(spectrophotometer)를 사용하여 측색값 $L_2^*a_2^*b_2^*$ 를 구하고, 원고의 측색값 $L^*a^*b^*$ 와 비교하여 색차 ΔE_{ab^*} 를 계산하였다.

한편, LUT-1의 색역을 벗어난 샘플패치(out-of-gamut)들은 LUT-1-E를 사용하여 색변환을 하게되므로 모든 종류의 원고에 대하여 적용이 가능하게 된다.

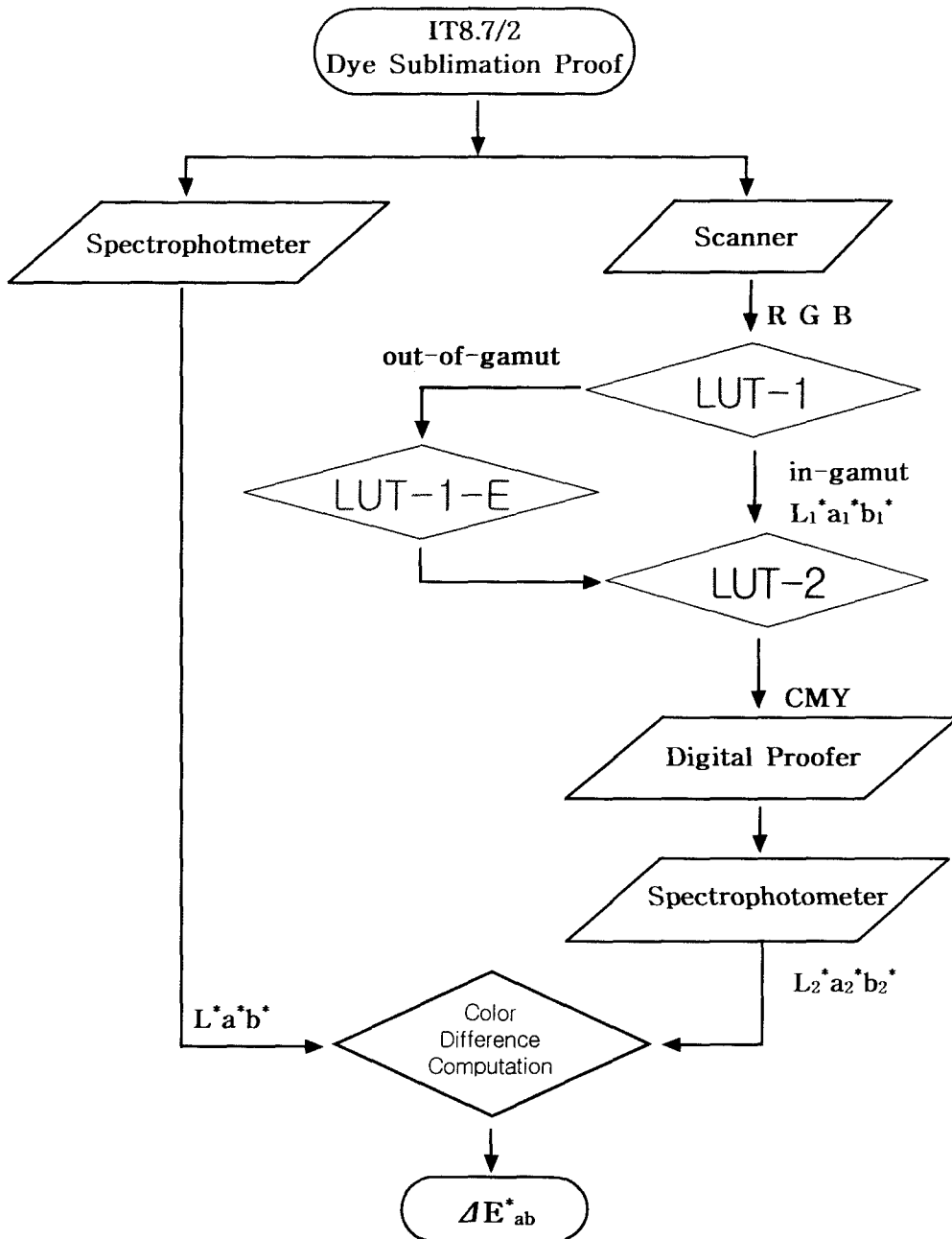


Fig. 2. Schematic diagram for experimental procedure.

III. 결과 및 고찰

3-1 LUT-1을 이용한 색변환 결과

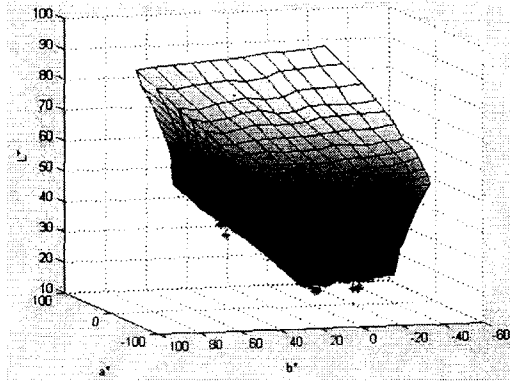


Fig. 3. Original color patches out of the L*a*b* color spaces of LUT-2.

<Fig. 3>은 입력장치로 사용한 스캐너에 대하여 RGB-to-L*a*b* 변환을 하기 위해 작성된 LUT-1과 4면체 보간법을 이용하여 입력원고로 사용한 228개의 패치로 구성된 스캐너 캘리브레이션용 표준컬러입력 타겟 IT8.7/2를 사용하여 색변환을 할 때, 스캐너의 색역을 벗어나는 45개의 패치에 대한 색을 측정하여 LUT-2의 L*a*b* 색 공간에 도시한 것이다. 이와 같이 스캐너의 색역을 벗어나는 부분이 발생하는 원인은 원고의 색역이 <Fig. 1>의 그림 (a)와 같이 본 연구에서 작성한 LUT-1의 RGB 색역을 부분적으로 벗어나므로 RGB-to-L*a*b*의 색변환이 이루어지지 않기 때문이다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위해서는 LUT-1의 색역을 확장시킬 필요가 있는 것이다.

3-2 LUT-1-E를 이용한 색변환 결과

<Fig. 4>는 LUT-1의 RGB 색역을 다중회귀분석법을 사용하여 최대한으로 확장 시킴으로써 기존의 LUT-1에 비하여 색역이 확장된 상태를 비교하여 도시한 것이다. 이와 같이 확장된 룩업테이블 LUT-1-E를 사용함으로써 <Fig. 3>에 도시된 바와 같이 원고패치 중에서 LUT-1의 색역을 벗어나서 색변환이 불가능한 패치들도 색변환이 가능한 것으로 나타났다.

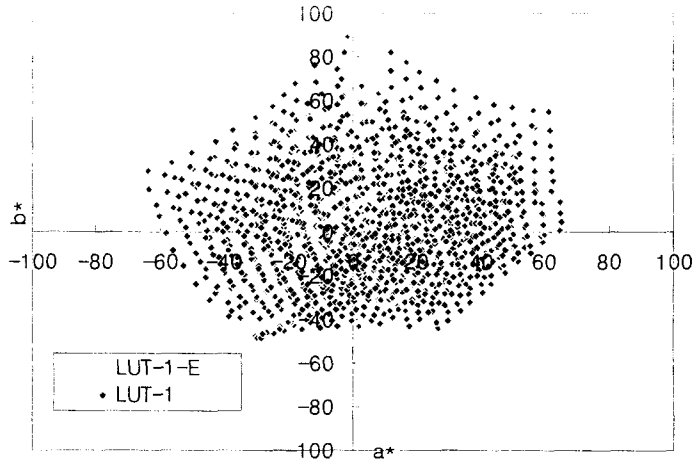


Fig. 4 Comparisons of LUT-1-E with LUT-1 in $L^*a^*b^*$ color space.

그러나 <Fig. 4>에서 나타난 바와 같이 전체적인 색역은 넓어졌지만 $-a^*$ 와 $-b^*$, 즉 G(green)와 B(blue) 사이의 색역은 상대적으로 적게 확장된 것을 알 수 있다. 이것은 이 영역에서는 본 연구에서 사용한 평판스캐너의 색역이 상대적으로 좁기 때문으로 생각되며, CIELAB나 CIELUV와 같은 CIE 균등색공간의 균등성이 완전하지 못하며, 특히 이 영역에서 불균등이 심하기 때문에 이 영역의 색변환에서 색상의 변화가 발생한다는 Masahiko^{9, 10)} 등의 연구 결과와도 관련이 있는 것으로 보인다.

<Table 1>은 평판스캐너를 통하여 IT8.7/2 표준컬러 입력타겟에서 그레이와 스킨컬러 부분을 제외한 228개의 샘플원고를 입력하여 LUT-1과 LUT-1-E의 RGB 색역을 최대한으로 확장시킨 LUT-1-E를 사용하여 색변환을 하고, 디지털 교정기를 사용하여 출력한 인쇄물과 입력원고 사이의 색차를 나타낸 것이다. 원고의 색역중에서 스캐너의 색역에 포함되는 183개의 원고패치들은 LUT-1을 통하여 색차가 4.1정도로 비교적 양호한 색변환이 이루어졌으나, 스캐너의 색역을 벗어나는 45개의 패치들은 색변환이 불가능하므로 이 패치들에 대해서는 색역을 확장시킨 LUT-1-E를 사용하여 색변환을 하였다. 그 결과 색차는 7.5정도로 그다지 우수한 편이 아니지만, 이와 같이 기존의 LUT-1으로는 색변환이 불가능한 패치들에 대해서도 색변환이 가능함을 확인하였다. 이 경우에 228개의 전체 패치에 대한 평균색차는 4.8정도로 기존의 LUT-1에 대한 색차 4.1과 상당히 근접한 것으로 나타났다.

여기서 구한 전체 원고패치에 대한 평균색차 4.82는 원고의 입력장치인 스캐너를 통하여 RGB에서 $L^*a^*b^*$ 로의 색변환 과정에서 발생하는 평균색차 1.69와 출력장치인 염료승화형 디지털 교정기를 통하여 $L^*a^*b^*$ 에서 CMY로의 색변환 과정에서 발

생하는 평균색차 3.13을 더한 값이다. 이것은 본 연구와 유사한 선행연구¹¹⁾에서의 출력장치에 대한 색차와 비슷한 결과를 보여준다.

Table 1. Color differences (ΔE_{ab}^*) between the original and the print.

Original patches	RGB-to-Lab		Lab-to-CMY	Total
	LUT-1	LUT-1-E	LUT-2	
in-gamut (183 EA)	1.03	-	3.12	4.15
out-of-gamut (45 EA)	-	4.36	3.19	7.55
Total average (228 EA)	-	1.69	3.13	4.82

V. 결 론

인쇄공정에서 원고의 입력장치로 널리 이용되는 평판스캐너를 사용하여 컬러원고를 입력하고, 인쇄물의 색 교정에 널리 사용되는 염료승화형 디지털 교정기를 사용하여 인쇄물을 출력하는 컬러인쇄에 관한 일련의 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 실제의 출력장치를 기초로 하여 작성된 룩업테이블을 사용한 색변환에서는 원고의 색역 중에서 스캐너의 색역을 벗어나는 부분이 나타나서 인쇄가 불가능한 문제가 발생할 수 있지만, 본 연구에서 제안하는 이상적인 출력장치를 기초로 하여 색역을 최대한으로 확장시킨 룩업테이블을 사용함으로써 기존의 룩업테이블 방법에서는 색변환이 불가능한 원고 패치에 대해서도 색변환이 가능함을 확인하였다.

(2) IT8.7/2 표준컬러 입력타겟에 대한 인쇄공정에 룩업테이블의 확장방법을 적용함으로써 전체 인쇄공정에서의 색차 ΔE_{ab}^* 가 4.8정도의 허용가능 범위로 나타났으며, 따라서 본 연구에서 제안하는 룩업테이블의 확장방법이 컬러인쇄 공정에서 유용함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- (1) ICC Profile Format Specification Version 3.4, International Color Consortium, (1998)
- (2) Murooka, "The color target for color input scanner calibration", Electronic Imaging, pp. 205~211 (1993)
- (3) H. R. Kang, "Color Technology for Electronic Imaging Devices", SPIE Optical Engineering Press, (1997)
- (4) H. R. Kang, "Color scanner calibration", J. Imag. Sci. Tech., 36, pp. 162~170 (1992)
- (5) P. C. Hung, "Colorimetric calibration for scanners and media", Proc. SPIE 1448, pp. 164~174 (1991)
- (6) K. J. Heuberger, Z. M. Jing, and S. Persiev, "Color transformation and Look-up tables", Proc. TAGA, vol 2, pp. 863~881 (1992)
- (7) 신춘범, 강상훈, "룩업테이블을 이용한 스캐너 캘리브레이션에 관한 연구", 한국인쇄학회지, 제20권, 제1호, pp.79~90
- (8) 洪 博哲, "異なった畫像システム間の情報變換とその再現評價に關する研究", 千葉大學學位申請論文, pp. 38~39 (1995)
- (9) Masahiko Ito, Naoya Katoh, "Three-dimensional Gamut Mapping Using Various Color Difference Formulae and Color Spaces", SPIE, vol. 3648, pp. 83~95 (1999)
- (10) J. J. McCann, "Color Gamut Measurements and Mapping: The Role of Color Spaces", SPIE, vol. 3648, pp. 68~82 (1999)
- (11) 송경철, 강상훈, "Look-up Table을 이용한 컬러인쇄물의 교정방법에 관한 연구", 한국인쇄학회지, 제17권, 제1호, pp. 25~35 (1999)