

ICC Profile에 기반한 CCD 입력장치의 장치독립적 색재현에 관한 연구

송경철[†], 신춘범, 강상훈*

신창종합인쇄사[†], Lucky Printech, 부경대학교 공과대학 화상정보공학부*

(2005년 1월 7일 접수, 2005년 2월 4일 채택)

A Study on the Device Independent Color Reproduction of CCD Input Devices based the ICC Profile

*Kyung-Chul Song[†], Chun-bum Shin, Sang-Hoon Kang**

Shinchang Total Printing Co.[†], Lucky Printech,

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University*

e-mail : songnana@daum.net

(Received 7 January 2005, Accepted 4 February 2005)

Abstract

Most of flatbed scanners and digital cameras in prepress process utilize CCD technology. Device calibration and characterization process is needed to transform the device dependent color to the device independent color. ICC profiles for digital input devices encapsulate information relating the device values to CIELAB or CIEXYZ coordinates. The main purposes of this article is to evaluate some of the transformation methods based on ICC proposed device profiles and to propose optimal color transformation method for accurate color imaging in printing process.

1. 서 론

최근 오프셋 컬러 인쇄의 작업 공정이 디지털화 되어감에 따라 인쇄공정에서 평판 스캐너와 디지털 카메라와 같이 CCD를 기반으로 하는 다양한 입력장치의 사용이 보

편화되고 있으며, 이를 위하여 컬러의 정보를 정확히 표현하고 관리하는 시스템에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. 이러한 장치를 사용하여 원고를 입력하고 프린터나 인쇄기 또는 CRT 모니터를 통하여 디스플레이하거나 최종적으로 재현물을 생산할 때, 입·출력장치의 신호가 다르고 비선형적인 변환이 이루어지기 때문에 원고와 재현물의 색이 달라지게 된다.

본 연구에서는 인쇄산업에서 원고의 입력장치로 일반적으로 사용되는 평판스캐너, 디지털 카메라 등과 같이 CCD를 기반으로 하는 장치를 사용할 때, 정확한 색재현을 위해 ICC Profile을 사용한 여러 가지 장치독립적 색변환 방식을 비교하여 인쇄에 적합한 최적의 색변환 방법을 찾고자 하였다.

2. 입력장치의 장치독립적 색변환 방법

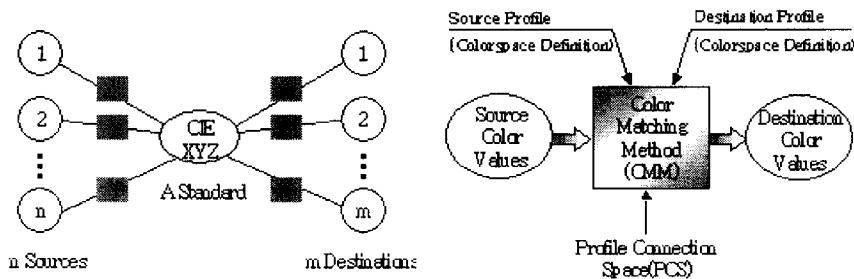


Fig. 1. Device independent color transformation and CMM.

고품위 인쇄물을 위한 정확한 컬러 재현을 위해서 출력장치 뿐만 아니라 원고의 입력장치인 CCD를 기반으로 하는 입력시스템에 대한 연구가 반드시 필요하며, 인쇄공정에 장치 독립적인 색변환 기술을 도입하지 않으면 안된다. 이러한 결과로 현재 컬러 매니지먼트의 핵심역할을 하고 있는 ICC 프로파일 규격이 만들어졌으며, 인쇄에서 사용하는 모든 컬러 매니지먼트 시스템에서 표준으로 사용하고 있다.¹⁾ Fig.1에서 ICC 프로파일을 이용한 장치독립적 색변환 방법을 도시하였다.

장치독립적 색재현을 위하여 장치의 보정, 장치의 특성화 그리고 색변환이 순차적으로 이루어져야 한다. 장치의 특성화 데이터를 각 장치의 ICC 프로파일에 포함할 수 있으므로 ICC 프로파일에 기반한 색변환이 인쇄산업에서 정확한 색재현을 위해 널리 이용되고 있다. CCD 입력장치를 특성화하고 컬러 데이터를 변환하기 위한 방법으로는 sRGB 규격에 의한 변환방법, 회귀분석에 의한 선형변환방법, LUT(Look-up Table)와 보간(Interpolation)법을 이용한 색 변환이 일반적으로 사용된다.²⁾

3. 실험

입력된 이미지의 RGB값을 장치 독립적 색공간인 XYZ나 Lab로 변환하기 위한 방법으로 본 연구에서는 ICC에서 제안된 방법으로 3차원 LUT를 이용한 보간방법, 비선형 1-D LUT와 선형 3×3 매트릭스를 이용한 색 변환방법, sRGB 색변환 방법등 3가지 색 변환 방법을 비교 분석하였으며, Fig.2에 도시하였다.^{3)~6)}

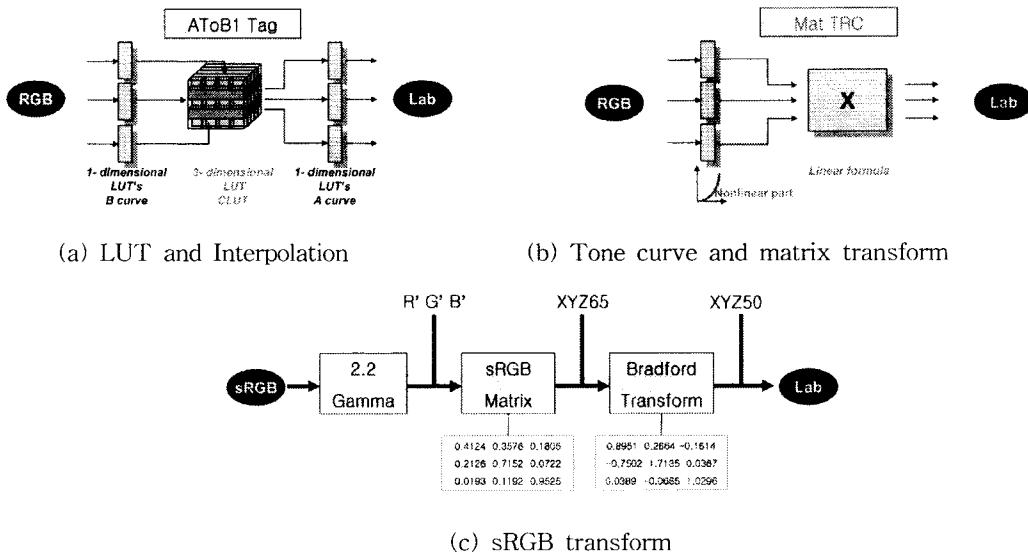


Fig. 2. Color transformation methods for RGB to Lab color spaces.

실험에 사용된 입력장치는 Fuji사의 2058 평판 스캐너와 Sony사의 F707 디지털 카메라를 사용하였다. 입력장치의 특성화를 위해 288개의 color patch로 이루어진 Fuji IT8.7/2 target을 스캐너의 표준 입력 타겟으로 사용 하였으며, 디지털 카메라를 위해 240개의 color patch로 이루어진 Macbeth ColorcheckerDC를 표준 입력 타겟으로 사용하였다.



Fig. 3. Color targets used to characterizing the input devices.

입력장치의 ICC 프로파일을 생성하기 위해 표준 타겟을 Gretag macbeth사의 Spectroscan을 이용하여 D50광원 2°시야 조건에서 측색하고 입력장치에서 입력된 RGB 값과 측색된 Lab값을 Gretag macbeth사의 프로파일 Maker Professional 5.0 program을 사용하여 인쇄용 고정밀 ICC 프로파일을 생성하였다.⁷⁾ Fig.4에서 입력장치의 ICC 프로파일을 생성하는 것을 도시하였다.

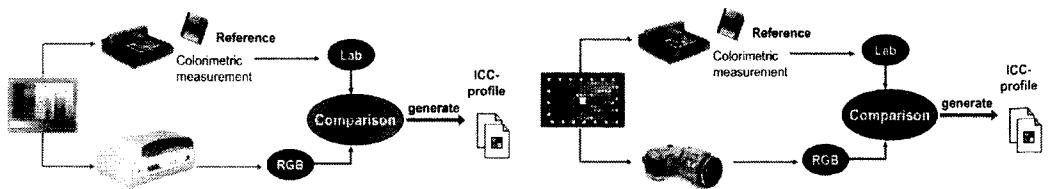


Fig. 4. ICC profile generation for scanner and digital camera.

생성된 입력장치의 ICC 프로파일에서 Tag부분의 정보를 Matlab 7.0 프로그램에서 추출하였다. 색 변환에 필요한 redTRC tag, greenTRC tag, blueTRC tag를 사용하였고, TRC curve와 매트릭스에 의한 선형변환방법에서는 식(1)과 같이 1-D LUT와 선형보간법으로 입력된 RGB를 측색된 휘도에 선형화된 RL, GL, BL으로 변환한 후, 회귀분석방법으로 RL, GL, BL과 측색값 Lab의 상관관계에서 회귀분석법으로 3×3 매트릭스를 계산하고, 계산된 매트릭스를 사용하여 입력되는 RL, GL, BL을 Lab로 변환하였다.^{8) 9)}

$$\begin{bmatrix} RL \\ GL \\ BL \end{bmatrix} [M] = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

sRGB의 경우 다음의 식(2)와 식(3)을 사용하여 입력된 RGB를 gamma=2.2로 선형화된 RL, GL, BL로 변환후 3×3 매트릭스를 이용하여 표준광원 D65조건에서의 XYZ₆₅를 계산하였고, 광원조건을 D50으로 변경하기 위해 Bradford 매트릭스를 이용하여 XYZ₅₀를 계산한 후 Lab를 계산하였다.

$$\begin{bmatrix} RL \\ GL \\ BL \end{bmatrix} = \left(\frac{\left(\frac{R, G, B}{255} \right) + 0.055}{1.055} \right)^{2.4} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} RL \\ GL \\ BL \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9525 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (3)$$

3차원 LUT 와 tetrahedral보간법에 사용될 루업 테이블은 $17 \times 17 \times 17$ 개의 등 간격으로 구성된 것으로서, AToB0 tag에서 추출하여 입력된 RGB신호를 장치독립 Lab로 tetrahedral 보간법으로 색 변환하였다.

색 변환의 정확도를 검증하기 위해 측색된 Lab값과 계산된 Lab값과의 색차 ΔEab 를 비교하였다.

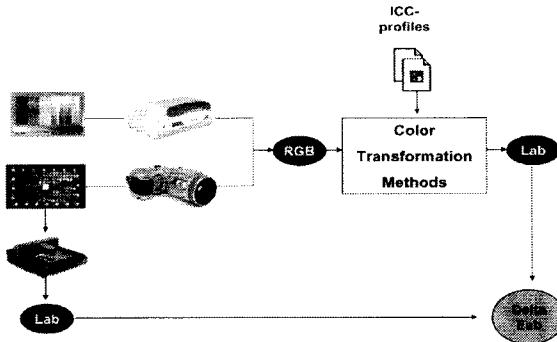


Fig. 5. Workflow for evaluating color transformation error.

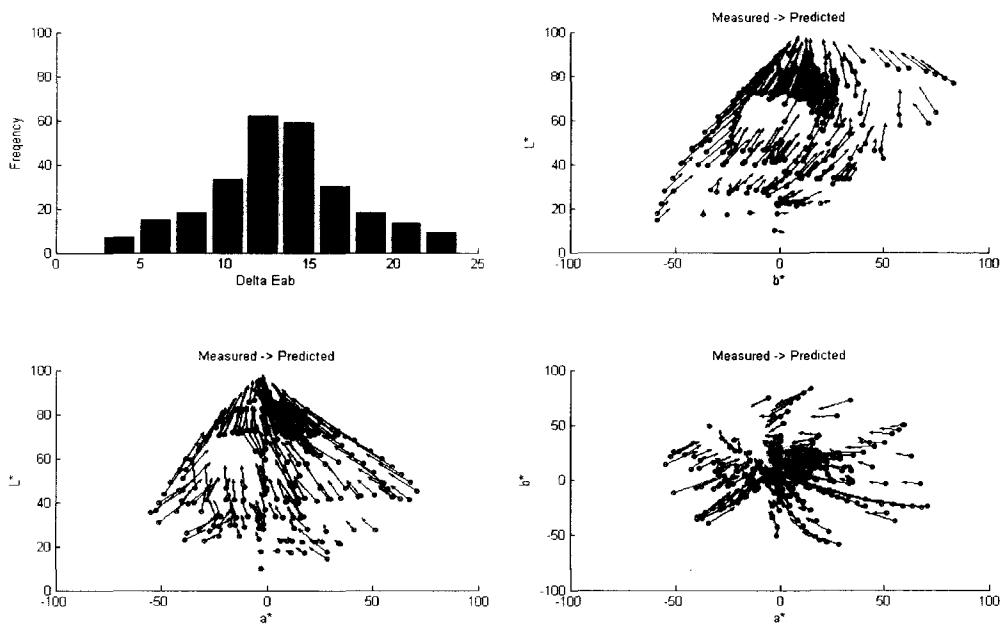
4. 결과 및 고찰

3-1. 스캐너의 색변환 결과

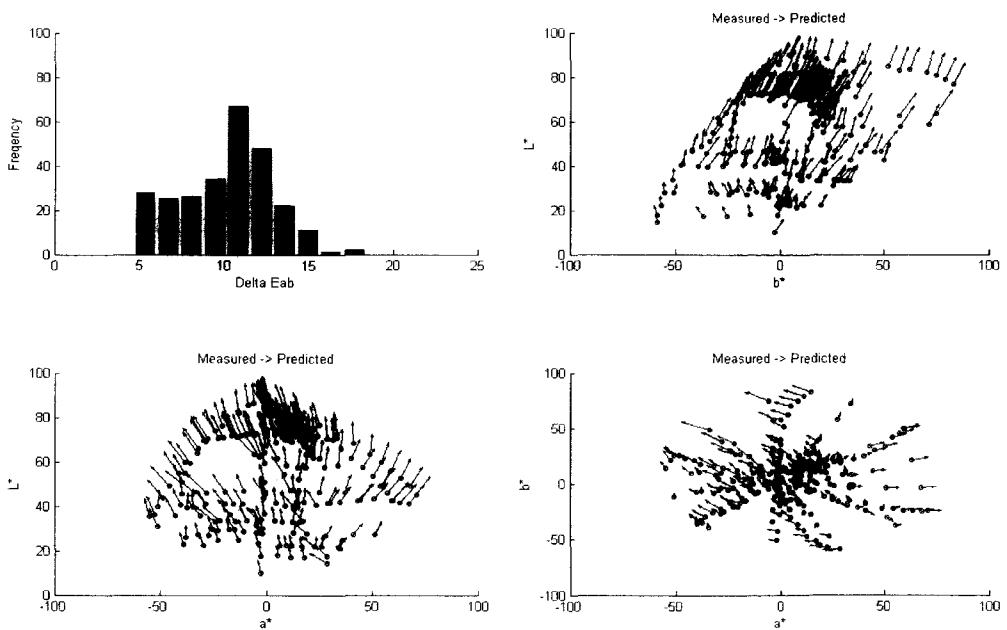
스캐너에서 사용한 색변환 방식에서 3가지 색변환 방식에서 모두 색상이나 채도의 차이보다 명도의 차이가 크게 나타남을 확인하였다. sRGB방법의 경우 평균색차가 13.26으로 색변환 결과가 좋지 못하였다 이에 비하여 같은 3×3 매트릭스에 의한 선형변환이지만 22개의 gray patch의 RGB와 측색된 휘도값으로 TRC(Tone Reproduction Curve)를 구성하고 입력된 RGB를 R,G,B TRC로 구성한 1차원 LUT와 선형보간법으로 선형화된 RGB신호를 계산하고 3×3 매트릭스에 의한 선형변환하는 matTRC방식의 경우 색차가 감소함을 알 수 있다. AToB0 tag에서 추출한 LUT와 보간법을 사용한 경우 색차가 5정도로 변환 결과가 가장 우수하게 나타났다. LUT법의 경우 색상변화는 작게 나타났지만 원고보다 밝게 재현되는 단점이 확인되었다.

Table 1. Color Differences between Measured and Predicted

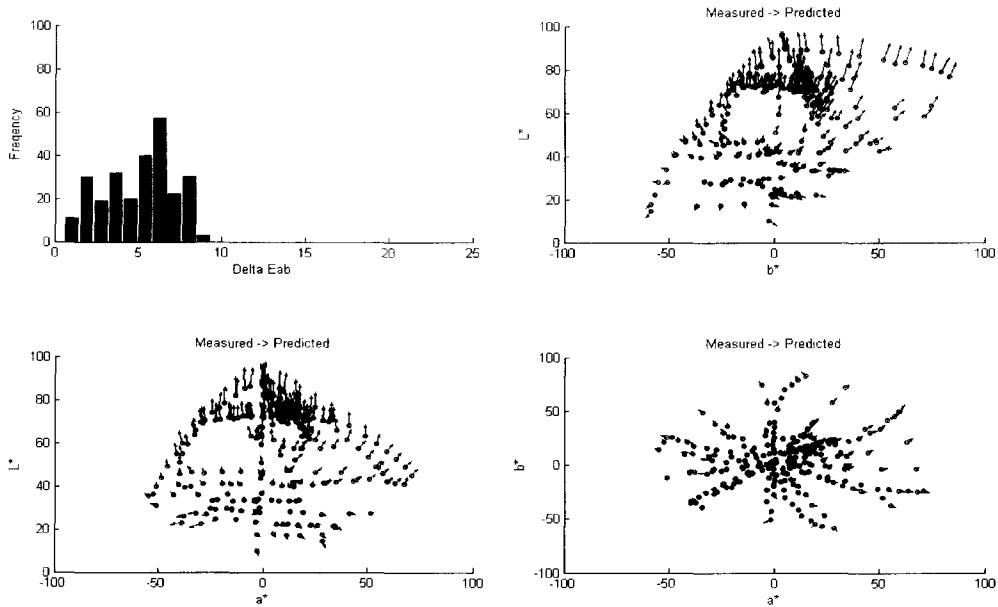
	Mean ΔEab	Mean ΔL	Mean ΔC	Mean ΔH
sRGB	13.26	8.79	6.23	5.83
matTRC	10.09	8.17	3.96	3.34
AToB0	5.02	3.84	1.72	0.87



(a) sRGB method



(b) matTRC method



(c) 3D LUT and interpolation method

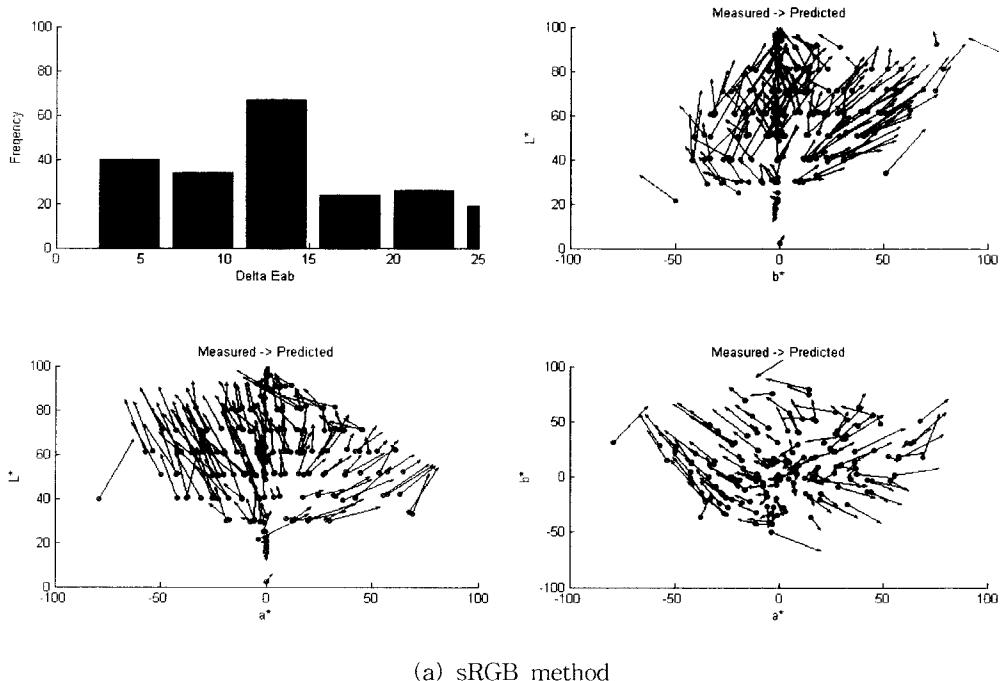
Fig. 6. Scanner RGB to Lab color transformation results (color difference histogram and measured and predicted colors in L-b*, L-a, a-b planes).

3-2. 디지털 카메라의 색변환 결과

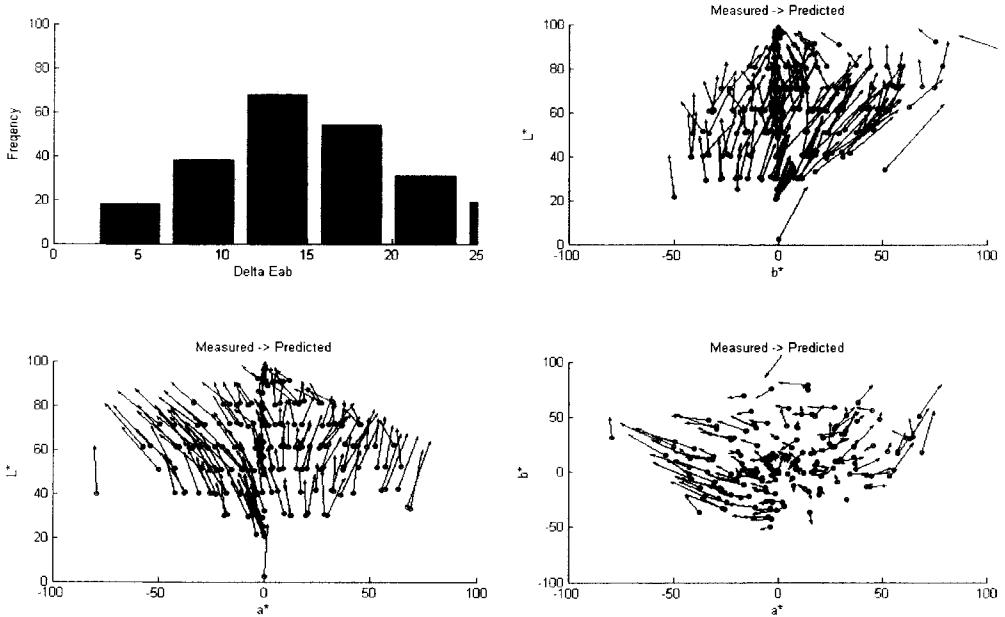
디지털 카메라의 경우 sRGB방법의 경우에서도 LUT와 보간법을 이용한 방법이 색변환 결과가 가장 우수 하였다. 그러나 매트릭스를 이용한 선형변환을 하는 sRGB나 matTRC 방법의 경우 색차가 16 정도로 상당히 크게 나타났다. 이것은 RGB와 Lab 사이의 선형적인 특성이 스캐너의 경우보다 작다는 것을 의미하며, 이것은 디지털 카메라의 특성이 아닌 표준 target을 촬영할 때 조명이 불균일하여 발생한 것으로 생각된다. 캘리브레이션 단계에서 충분히 고려하여 조명을 조정 하였지만, 같은 색의 상,하,좌,우 gray patch사이에 RGB 레벨값 차이가 발생 하였다. 그러므로 특성화 단계에서 이것을 보정할 수 있는 방법이 필요하다고 생각 된다.

Table 2. Color Differences between Measured and Predicted

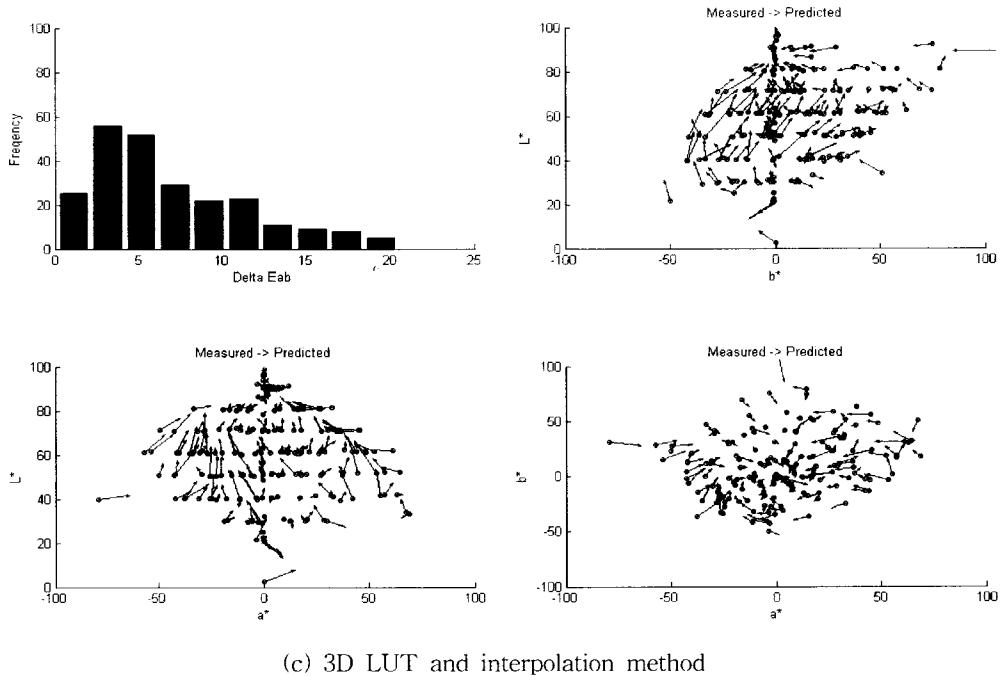
	Mean ΔE_{ab}	Mean ΔL	Mean ΔC	Mean ΔH
sRGB	15.84	10.41	8.14	5.01
matTRC	15.96	12.45	6.78	5.05
AToB0	6.93	3.74	3.90	2.79



(a) sRGB method



(b) matTRC method



(c) 3D LUT and interpolation method

Fig. 6. Digital camera RGB to Lab color transformation results (color difference histogram and measured and predicted colors in L-b*, L-a*, a-b* planes).

5. 결 론

인쇄산업에서 원고의 입력장치로 널리 사용되는 평판스캐너, 디지털 카메라는 모두 CCD 소자를 기반으로 하는 장치들이며 이 장치들을 통해 원고를 입력한 후 장치의 ICC 프로파일에 기반하여 여러 가지 방법으로 장치독립적 색 변환을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) CCD를 기반으로 하는 인쇄원고의 입력장치인 스캐너와 디지털 카메라의 색변환을 위해서는 sRGB 색변환이나 matTRC방법보다 LUT를 이용한 방법이 유용함을 확인 하였다.
- 2) LUT 방법의 경우 색상변화보다 휘도의 변화가 색차에 미치는 영향이 크므로 이를 보정할 방법이 필요함을 확인 하였다.
- 3) 동일한 CCD를 기반으로 하는 입력 장치지만 특히 디지털 카메라의 경우는 캘리브레이션 단계에서 조명의 불균일성이 프로파일 구축 결과에 큰 영향을 주므로 주의를 요하며, 이를 보정할 방법이 특성화나 색변환 단계에서 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2002학년도 부경대학교 발전기금 재단의 지원에 의하여 연구 되었습니다

참 고 문 헌

- 1) "ICC Profile Format Specification". *The International Color Consortium*, November, Version 3.4, See <http://www.color.org/>. (1997).
- 2) Henry R. Kang. "Color Technology for Electronic Imaging Devices". SPIE Optical Engineering Press (1997).
- 3) K. Kanamori, T. Fumoto and H. Kotera, "A Color Transformation Algorithm using RISM Interpolation", *IS&T's 8th International Congress on Advances in NIP Technologies*, p. 164~174 (1992).
- 4) P. C. Hung, "Colorimetric calibration for scanners and media," *SPIE, Vol. 1448 Camera and Input Scanner Systems*, p. 164~174 (1991).
- 5) K. Kanamori, H. Kotera, "Color Correction Technique for Hard Copies by 4-Neighbors Interpolation Metho", *J.of IS&T*, Vol. 36, No. 1, pp. 73-80 (1992).
- 6) Po-Chi Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up table model and interpolation", *Journal of Electronic Imaging*, Vol.36, No.1, p. 53~61, January (1993).
- 7) R. W. G. Hunt. "The Reproduction of Colour". *Fountain Press* (1995).
- 8) P. Roetling, "Integrating scanners into color systems," *IS&T and SID's Color Imaging Conference*, p. 92~94 (1993).
- 9) Jon Yngve Hardeberg. "Acquisition and reproduction of colour images: colorimetric and multispectral approaches". Ph.D dissertation, 'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, France (1999).