

한국 오프셋 인쇄산업에 적합한 CMS 개발에 관한 연구

송경철[†], 강상훈

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2007년 5월 1일 접수, 2007년 5월 25일 최종 수정본 접수)

A Study on the Color Proofing CMS Development for the KOREA Offset Printing Industry

Kyung-Chul Song[†], Sang-Hoon Kang

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

(Received 1 May 2007, in final from 25 May 2007)

Abstract

The CMS(color management system) software was to enable consistent color reproduction from original to reproduction. The CMS was to create RGB monitor and printer characterization profiles and then use the profiles for device independent color transformation.

The implemented CMM(color management module) used the CIELAB color space for the profile connection. Various monitor characterization model was evaluated for proper color transformation. To construct output device profile, SLI(sequential linear interpolation) method was used for the color conversion from CMYK device color to device independent CIELAB color space and tetrahedral interpolation method was used for backward transformation. UCR(under color removal) based black generation algorithm was used to construct CIELAB to CMYK LUT(lookup table).

When transforming the CIE Lab colour space to CMYK, it was possible to involve the gray revision method regularized in the brightness into colour transformation process and optimize the colour transformation by black generation method based on UCR technique.

For soft copy colour proofing, evaluating several monitor specialism methods showed that LUT algorithm was useful. And it was possible to simplify colour gamut mapping by constructing both the look-up table and the colour gamut mapping algorithm to a reference table.

1. 서 론

최근 인쇄물은 다품종 소량생산의 특징과 함께 컬러화가 빠르게 진행되고 있으며, 소비자의 컬러에 대한 이해의 수준이 높아질수록 인쇄 품질 향상 요구도 증대되고 있다. 이에 따라 프리프레스과정에서 사용하던 재래식 방법인 CTF(Computer to Film)방식의 단점인 교정 시간이 길고 복잡한 공정이 점차 배제되고, 작업공정을 단축시킬 수 있고 이에 따른 재료비 절감을 유도할 수 있는 CTP(Computer to Plate)방식의 중요성이 부각되고 있다.¹⁾

현재 대부분의 인쇄장비들은 디지털화로 인하여 많은 부분들이 자동으로 관리되고 있고 색관리 시스템 역시 마찬가지이다. 먼저 색을 관리한다는 의미는 인쇄 교정 단계에서 고객이 요구하는 색과 실제 인쇄물이 얼마나 가깝게 재현될 수 있는지의 문제이다.

현재 국내 오프셋 인쇄산업에서 가장 많이 사용하고 있는 색관리 시스템인 컬러 매니지먼트 시스템(Color Management System : CMS)은 컴퓨터용 디지털 파일을 인쇄하거나 출력하는 모든 과정에서 정확한 색을 재현하기 위해 사용되고 있다.^{2),3),4)}

본 연구에서는 현재 국내에 사용중인 CMS의 기반인 ICC 프로파일을 근거로 국제적인 표준데이터가 아닌 국내 인쇄표준 컬러데이터를 구축함과 동시에 전문지식이 없어도 누구나 쉽게 CMS를 이용하여 정확한 색재현을 구현할 수 있는 프로그램 개발에 그 역점을 두었다.

CMS에서 정확한 색교정을 위해 참조할 표준 컬러 프로파일을 구축하기 위해 국산 오프셋 인쇄재료를 이용하여 테스트인쇄를 진행하였다. 하드카피 교정방식인 디지털 교정인쇄기의 색변환 방법에 1차원 룩업 테이블(lookup table)에 의한 회색 보정과 UCR(Under Color Removal)에 의한 블랙 생성법을 사용하여 최적의 CMYK 변환을 수행 하였으며, 상대적으로 작은 샘플수로 정확한 색변환 결과를 얻기 위해 단계적 선형변환에 의한 색변환 방법을 사용하였다.^{5),6),7),8),9),10)} 최적의 소프트 교정출력을 위해서는 기존의 색역 사상방법을 보완한 새로운 색역 사상방법을 제안하였다.

제안된 색변환 방식으로 색변환 모듈을 개발하고 최종적으로 국내 오프셋인쇄에 적합한 색교정용 CMS 소프트웨어를 제작하였으며, 제안된 CMS와 기존의 상용 CMS를 비교하여 그 효용성을 평가하였다.

2. 실 험

2-1. 교정인쇄용 CMS의 완성

제안된 색변환 방법을 사용하여 색변환 모듈을 구성하고 국내 인쇄환경에 적합한 소프트웨어 CMS software를 개발하였다.

프로그램 구성은 별색 교정용의 Color Pallet와 컬러 이미지 교정용의 Color Proofer로 크게 두 종류의 프로그램으로 구성되어 있다. 프로그램의 구현 환경은 Window NT나 XP 등의 Window OS계열을 목표로 하였으며, 프로그램의 개발에 사용된 언어는 Microsoft Visual C++로서, 3차원 렌더링을 위해서는 OpenGL을 사용하였다. 특히 Mac의 ColorSync에서 기본으로 지원하는 프로파일 확인기능을 포함시켜 작업자가 색변환에 사용되는 프로파일의 내부 데이터를 확인할 수 있도록 하였다.

2-2. RGB에서 CIELAB로 색변환 모듈

측정된 모니터의 그레이스케일 값으로부터 구해진 gamma, offset, gain 값을 1차색의 색도 좌표값과 함께 ICC 프로파일을 제작하고, CMS 모듈에서 ICC 프로파일을 참조하여 색변환을 실행하도록 하였다.¹¹⁾

RGB 채널의 톤재현 특성은 rgbTRCTag에 저장되므로 입력되는 RGB로부터 선형화된 RGB를 계산하는데 rgbTRCTag를 참조하였다.

1차원 룩업 테이블을 참조한 선형 보간 방법이 GOG나 GOGO에 의한 방법보다도 변환결과가 우수하므로 본 색변환 모듈에서는 색변환 방법으로 1차원 룩업 테이블과 선형 보간 방법을 기본 방법으로 하고 룩업 테이블이 없는 모니터 프로파일의 경우 GOG나 GOGO 방법을 사용하여 색변환이 이루어지도록 하였다.^{5),6),12),13)}

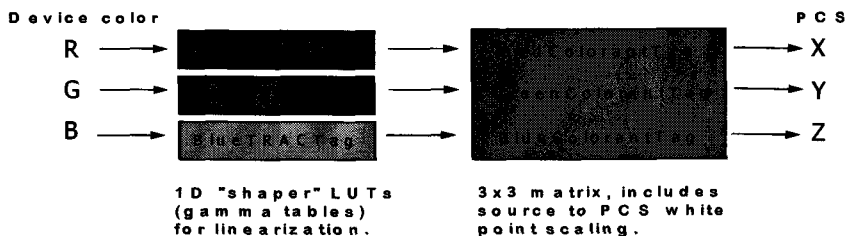


Fig. 1. RGB to PCS color transformation module.

Fig. 1은 본 색변환 모듈에서 적용된 색 변환방법을 도시한 것으로, 입력된 각각의 RGB신호는 모니터의 ICC 프로파일의 rgbTRACTag로부터 1차원 룩업 테이블을 추출하고 이러한 장치 특성 값을 참조하여 비선형 변환이 이루어진다. 비선형 변환후 다시 모

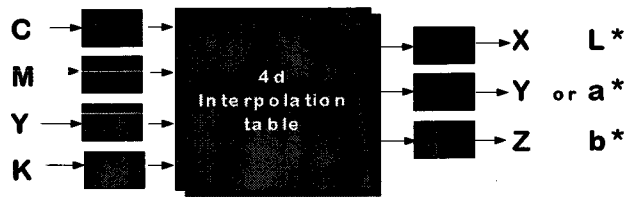
니터의 프로파일에서 추출한 rgbColorantTag로 구성된 3×3 매트릭스를 이용하여 XYZ 값으로 변환이 이루어진다.

CIELAB에서 RGB로 역변환의 경우 역행렬과 역 룩업 테이블을 적용한다.

2-3. CMYK에서 CIELAB로 색변환 모듈

본 연구에서는 ECI2002 타깃을 기반¹⁴⁾으로 출력장치의 프로파일을 생성하고 출력장치의 ICC 프로파일 Tag의 1차원 룩업 테이블과, 다차원 컬러 룩업 테이블을 참조하여 색변환을 수행하게 된다. 입력된 CMYK 신호는 CMYK Curve_A에서 참조한 1차원 룩업 테이블에서 선형 보간을 통해 선형화된 CMYK로 변환되고, 3차원 공간에서 선형변환을 통해 CIELAB 값으로 변환된다.^{9),10),15)}

Fig. 2에서 출력 장치의 프로파일로부터 참조한 1차원 룩업 테이블과 3차원 컬러 룩업 테이블을 사용하여 선형 보간 방법으로 CMYK 신호로부터 CIELAB 값으로 변환되는 과정을 도시 하였다.



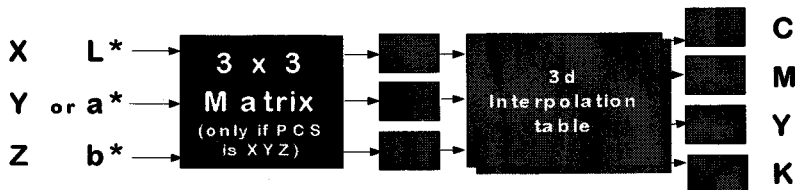
Device to PCS

A To B nTag (n=0, 1, 2 depending upon the rendering intent specified)

Fig. 2. CMYK to PCS color transformation module.

2-4. CIELAB에서 CMYK로 색변환 모듈

CIELAB에서 CMYK 값으로 변환하기 위한 색변환 모듈은 보간 방법으로 4면체보간 방법을 사용하였으며, Fig. 3에서 출력 프로파일의 A 커브에서 4개의 1차원 룩업 테이블을 참조하여 선형 보간방법으로 회색보정 변환이 이루어진다.^{16),17)}



PCS to Device

B To A nTag (n=0, 1, 2 depending upon the rendering intent specified)

Fig. 3. PCS to CMYK color transformation module.

3. 결과 및 고찰

3-1. CMYK에서 CIELAB로 색변환 결과

디지털 교정인쇄기의 CMYK에서 CIELAB로 색변환을 위해 룩업 테이블과 보간방법을 이용한 색변환을 수행하였다. 룩업 테이블의 제작을 위해 표준 타겟으로 ECI2002 타겟을 사용하였으며 단계적 선형보간 방법으로 색변환을 수행 하였다.

디지털 교정인쇄기의 캘리브레이션 결과를 확인하기 위해 Gretag-FOGRA의 CMS 1D를 20회 출력하여 측색한 후, 첫회 출력본을 기준으로 하여 각 출력물의 색차를 계산하여 Table 1에 나타내었다. 본 연구에 사용한 3M사의 염료승화형 교정인쇄기의 경우 반복 출력 정밀도가 0.398 정도의 색차를 나타내어 아주 우수한 캘리브레이션 특성을 나타내었다.

단계적 선형 보간에 의한 색 변환의 효용성을 확인하기 위해 룩업 테이블의 제작에 참여하지 않은 2,500 개의 CMYK 값으로 테스트 인쇄한 후 2,500개의 패치의 CMYK에 대해 계산된 CIELAB 값과 실측된 CIELAB 값 사이의 색차를 계산하여 Fig. 4(a)와 Table 1에 도시하였다. 제안된 방식으로 색 변환을 수행한 결과 2,500개 색에 대한 평균 색차가 1.33, 최대색차가 5.09정도로서 아주 우수하게 나타났으며 Fig. 4(b)의 히스토그램을 통해 확인할 수 있었다.

Fig. 4(c)에서는 디지털 교정인쇄기의 캘리브레이션 결과와 2,500개의 테스트 색상에 대한 색차를 누적분포함수로 나타내었다.

선행 연구에서는 1,331개의 CMY 룩업 테이블과 4면체 보간법으로 동일 장치에서 색변환을 수행한 결과 평균색차가 1.25 정도로 나타났으나, 본 연구에서는 Black까지 포함한 1,286개의 CMYK 룩업 테이블만으로 1.33 정도로 나타나 ECI2002 타겟의 Black량에 따른 비균등 샘플링과 단계적 선형보간 방법을 사용한 색변환이 상대적으로 작은 샘플링으로 우수한 색변환 결과를 기대할 수 있음을 확인하였다.

3-2. CIELAB에서 CMYK로 색변환 결과

디지털 교정 출력장치의 CIELAB에서 CMYK 값으로 색변환을 위해 본 연구에서는 4면체 보간법과 UCR에 기초한 Black 생성 알고리즘을 사용하였다. 색변환 효용성을 확인하기 위하여 실제로 인쇄된 Mactheth colorchecker 24색의 CIELAB 값을 측색하고, 측색된 CIELAB 값을 입력하여 CMYK 값을 계산하였다. 계산된 CMYK 값으로 다시 교정 출력하여 교정인쇄물의 CIELAB 값을 측색하고, 입력된 CIELAB 값과 측정된 교정인쇄물의 CIELAB값 사이의 색차를 비교하여 색변환 결과를 비교하였다.

색변환 결과를 Fig. 5에서 24개 색에 대한 색차와 히스토그램, 누적분포 함수곡선으로

비교하였고 그 결과를 Table 2에 도시하였다.

제안된 방식으로 색 변환을 수행한 결과, 평균색차가 1.05이며 최대색차가 2.40정도로 색 변환결과가 아주 우수하게 나타났다.

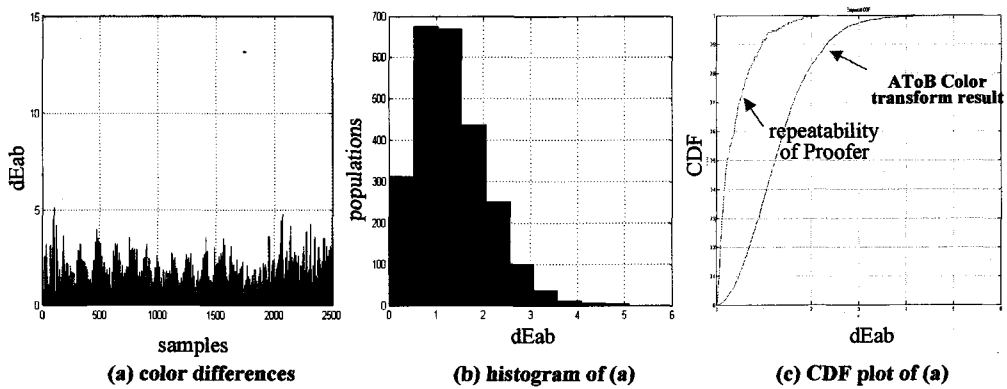


Fig. 4. CMYK to CIELAB color transformation results for proposed method.
 (a) color difference (b) histogram of (a) (c) CDF plot of (a)

Table 1. Digital Color Proofing Device Calibration and Color Transformation Results

dEab94	Average	Std	Max	Min
CMYK LUT	1.3316	0.7396	5.0954	0.0251
Calibration	0.3987	0.4031	2.1361	0.0156

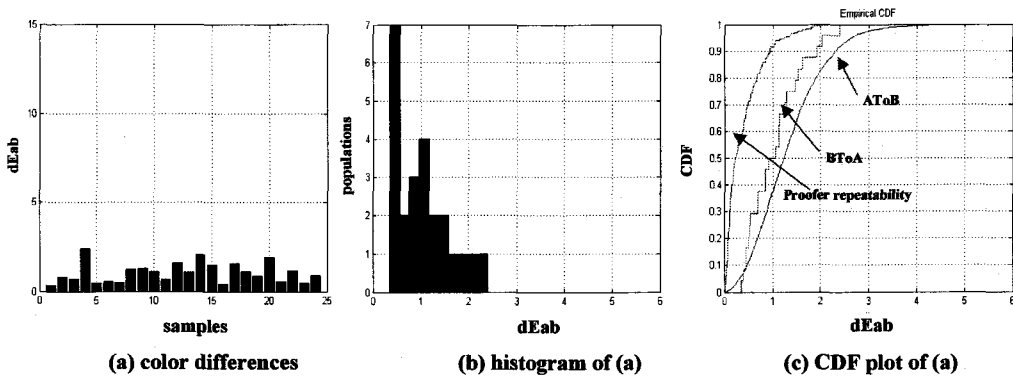


Fig. 5. CIELAB to CMYK color transformation results for proposed method.
 (a) color difference (b) histogram of (a) (c) CDF plot of (a)

Table 2. CIELAB to CMYK Color Transformation Result

	Average	Std	Max	Min
dEab94	1.0499	0.5613	2.4006	0.3490

3-3. 제안된 교정인쇄용 CMS의 색변환 평가결과

기존의 윈도우 기반의 소프트웨어에서 널리 사용하는 Adobe Color Engine(ACE)을 사용한 색변환 결과와 본 연구에서 제안한 방식으로 색변환 한 결과를 Fig. 6에서 8가지 측색값과 계산값 사이의 색차와 누적분포 함수곡선으로 비교하였으며, Table 3에 정리하였다.

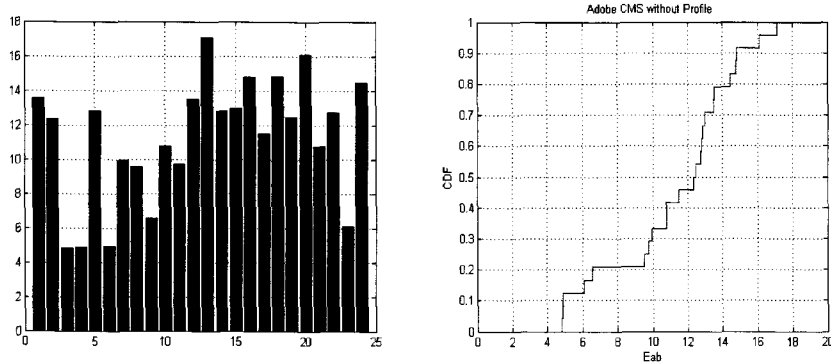


Fig. 6. Lab to CMYK color transformation results without printer profile using conventional CMM (a) color difference (B) CDF plot.

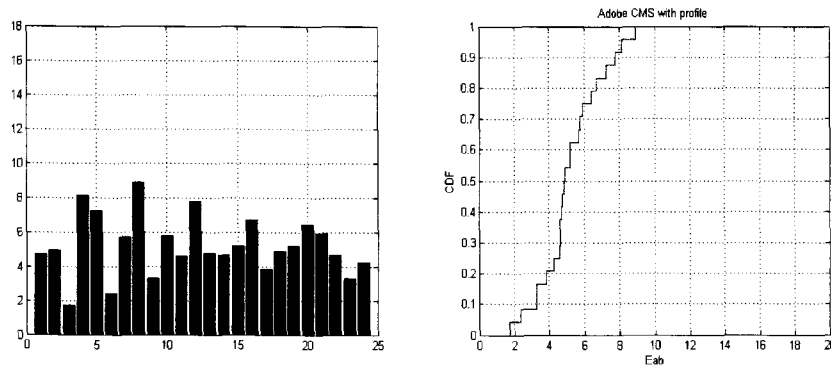


Fig. 7. Lab to CMYK color transformation results with printer profile using conventional CMM (a) color difference (B) CDF plot.

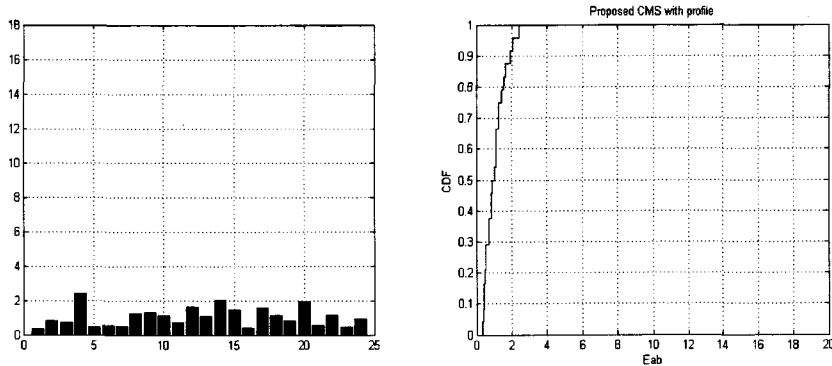


Fig. 8. Lab to CMYK color transformation results with printer profile using proposed CMM (a) color difference (B) CDF plot.

Table 3. Lab to CMYK Color Transformation Result

	Conventional CMM without Profile	Conventional CMM with Profile	Proposed CMM with Profile(CMY)	Proposed CMM with Profile(CMYK)
Average	11.2435	5.2026	1.2868	1.0499
Max.	17.0993	8.87	2.4675	2.4006
Min.	4.8258	1.7225	0.4874	0.3490
Std.	3.5766	1.7409	0.5271	0.5613

교정인쇄기의 프로파일을 참조하지 않고 미국 윌전인쇄 프로파일을 참조로 하여 색 변환한 결과를 나타낸 Fig. 6에서는 평균색차가 11.24 정도로서 상당히 색차가 크게 나타났다. 디지털 교정인쇄기의 ICC 프로파일을 사용하고 Adobe사의 색변환 엔진을 통해 색변환 한 결과는 Fig. 7에서와 같이 평균색차가 5.20정도로 나타나 정확한 색교정을 위해서는 사용되는 장치의 프로파일을 참조하여 출력하는 경우만이 정확한 색 교정 결과를 기대할 수 있음을 확인하였다.

기존의 색변환 모듈을 사용하지 않고 본 연구에서 제안한 방식으로 교정 출력한 결과 Black을 생성하지 않고 CMY만으로 출력하더라도 평균 색차가 1.2868 정도로 우수하게 나타났으며, Black 생성 알고리즘을 통해 CMYK로 출력한 결과 Fig. 8에서와 같이 평균 색차가 1.0499 정도로 색차를 상당히 감소시킬 수 있었다.

이상의 결과로부터 기존의 CMS에서 사용하는 프로파일과 색 변환 엔진을 사용하는 방식보다도 본 연구에서 제안된 방식으로 룩업 테이블을 제작하고 색변환 하는 방식에서

우수한 색변환 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

CMYK 10% 단계로 임의의 14,641색을 입력하여 본 연구에서 제안된 방식으로 CMYK에서 CIELAB로 정변환 과정을 통해 입력된 CMYK 값에 대한 첫 번째 Lab1 값을 계산하고, Lab1값을 제안된 역변환방식으로 CMYK2 값을 계산한 후, CMYK2 값을 다시 정변환 하여 두 번째 Lab2 값을 계산하였다. 계산된 Lab1 값과 Lab2 값 사이의 색차를 비교하면 전체 색변환 과정에서 발생하는 보간 오차를 확인할 수 있으며 이를 CIELAB 공간에 도시한 것이 Fig. 9이다.

본 연구에서 제안된 방식으로 정변환과 역변환을 반복적으로 수행한 결과 평균색차가 1.20 정도로 나타나 교정인쇄용 컬러 매니지먼트 시스템에서 사용될 색변환 방식으로 제안된 방식이 유용함을 확인하였다.

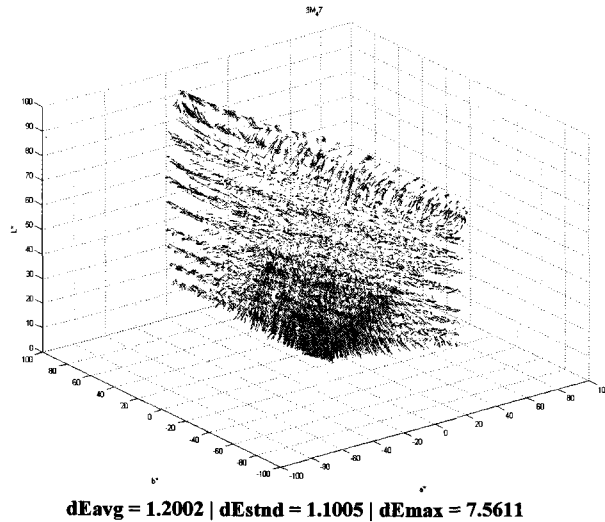


Fig. 9 CIELAB to CMYK color transformation results for proposed method

국내오프셋인쇄공정에서 동일 잉크와 용지를 사용하더라도 인쇄업체간 평균 4.5 정도의 색차를 나타나는 것으로 확인되었으며, 그 결과를 Fig. 10에서 교정인쇄장치에서의 색변환 결과와 함께 누적분포함수 곡선으로 비교하였다.

일반적으로 인쇄산업에서 CMYK의 색 변환용으로 널리 사용하는 ACE(adobe color engine)만으로는 실제 생산 환경에서 인쇄물에 근접한 컬러 교정인쇄가 어렵다는 것을 확인할 수 있었으며, 본 연구에서 제안한 방식을 사용함으로써 실제 국내 오프셋 인쇄산업에 적합한 색교정이 가능함을 확인하였다.

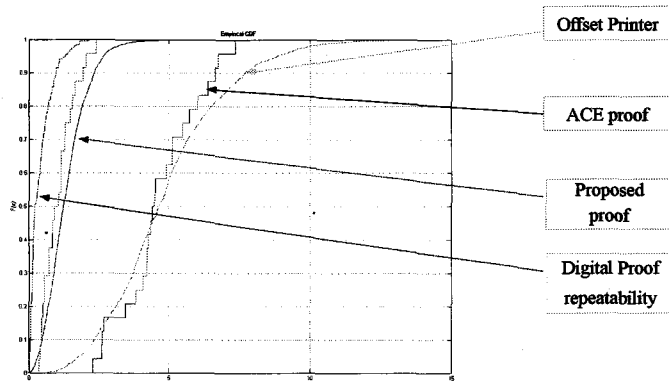


Fig. 10. CDF(cumulative distribution function) plot of different CMMs.

3-4. 별색 교정인쇄용 color pallet

인쇄작업 시 디자이너와 인쇄소간의 원활한 대화를 위한 별색 확인용 소프트웨어로서 개발된 것이 Fig. 11의 "color pallet"이다. 먼저 입력 프로파일과 출력 프로파일을 선택 하면, color pallet에서는 일반 상용 소프트웨어에서 입력한 RGB값을 입력 하거나 별색으로 지정한 Pantone color chip을 선택함으로써 인쇄된 색상으로 미리 확인 할 수 있는 기능을 가지고 있다.

또한 Pantone color chip을 지원함으로써, Pantone color 색상이 국내에서 사용되는 특정 잉크로 인쇄시 필요한 CMYK 량을 자동으로 계산해 줌으로써 디자인 작업시 정확한 CMYK 색상입력이 가능하게 된다.

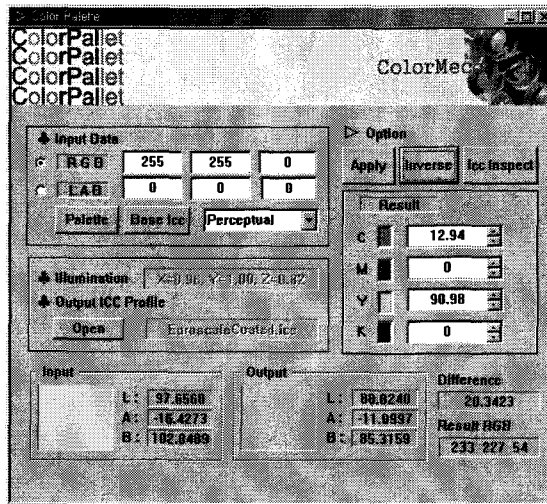


Fig. 11. ColorPallet software.

3-5. 이미지 교정인쇄용 color proof

Fig. 12의 "color proof"는 ICC 프로파일 V4.0을 기반으로 개발된 CMM모듈을 탑재한 인쇄용 컬러 교정 시스템으로써, 기본적으로 인쇄전의 TIFF나 JPEG, BMP 파일로 된 RGB 이미지를 인쇄후의 색상으로 미리 보여주는 기능을 가지고 있다.

또한 용도에 따라서 Fig. 13과 같이 여러 가지 rendering intent를 선택하여 변환 할 수 있으며, Mac의 Colorsync에서 지원하는 기능중의 하나인 적용될 프로파일의 정보를 미리 확인하는 기능을 가지고 있어서 프로파일의 세부정보를 디자이너가 확인 할 수 있다.

Fig. 14와 같이 모니터와 프린터의 색역을 확인할 수 있는 기능인 OpenGL을 이용하여 3차원으로 색역을 rendering 해 볼 수 있는 기능이 포함되어 있어 시각적으로 입출력 장치의 재현성을 확인 할 수 있도록 하였다.

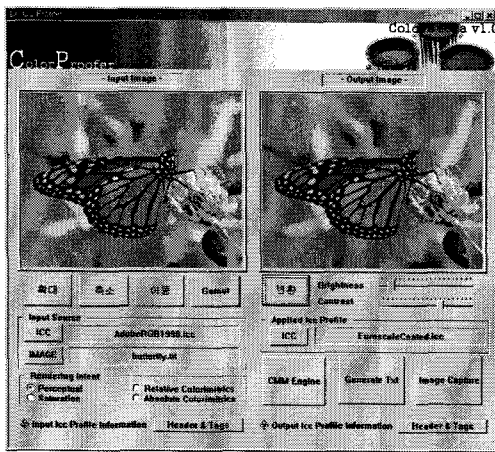


Fig. 12. ColorProof soft copy proofing software.

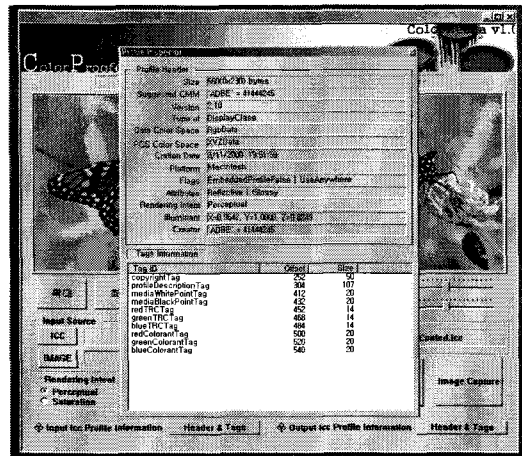


Fig. 13. Profile inspection function.

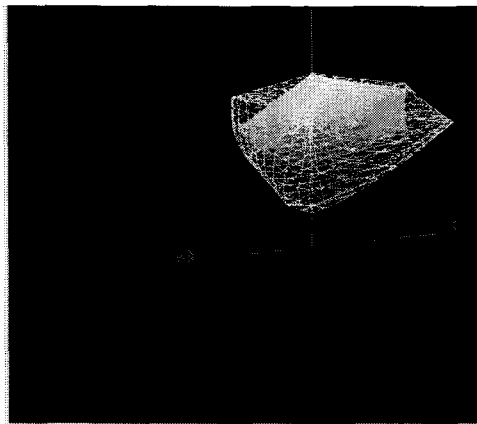


Fig. 14 3D gamut rendering function in ColorProof.

4. 결 론

본 연구에서는 국내 오프셋인쇄에 널리 사용하는 국내 인쇄재료를 이용하여 실제 인쇄환경에 가까운 컬러 프로파일을 구축하였으며, 기존의 CMS 소프트웨어의 단점을 보완하기 위해 최적의 색 변환 알고리즘을 사용하여 국내 오프셋 인쇄에 적합한 색 교정용 CMS 소프트웨어를 개발하였고, 국내 오프셋 인쇄에 사용되는 용지와 잉크에 따른 18종의 ICC 프로파일 데이터베이스를 사용하여 색 교정을 수행한 결과 기존의 CMS보다 우수함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- (1) H. A. Fenton, & F. J. Romano, "Computer to Plate", Pittsburgh, Pennsylvania, *Proc. TAGA* (1998).
- (2) M. Has, & T. Newmam, "Color management: current practice and the adoption of a new standard" (1995).
- (3) G. G. Field, "Color and its reproduction", 2nd rev.pr. Pittsburgh, Pennsylvania, USA: Graphic Arts Technical Foundation, 381, ISBN 0-88362-088-X (1992).
- (4) H. A. Fenton, & F. J. Romano, "On-Demand Printing", Pittsburgh, Pennsylvania, *Proc. TAGA* (1995).
- (5) R. S. Berns, & R. J. Motta, & M. E. Gorzynski, "CRT colorimetry. Part I: theory and practice", *color Res. Appl.* 18, 299~314 (1993).
- (6) R. S. Berns, "Methods for characterizing CRT displays", *Displays*, **16(4)**, 173~182. ISSN 0141-9382 (1996).
- (7) R. Y. Chung and Y. Komori, "ICC based CMS & Its color matching performance", *Proc. TAGA* (1998).
- (8) R. Rolleston and R. Balasubramanian "Accuracy of various types of Neugebauer model", IS&T/SID Color Conference (1993).
- (9) A. U. Agar and J. P. Allebach, "A Minimax Method for Sequential Linear Interpolation of Nonlinear Color Transformations", 4th, CIC, 1~5 (1996).
- (10) J. P. Allebach, J. Z. Chang, and C. A. Bouman, "'Efficient Implementation of Nonlinear Color Transformations", *Proc. IS&T/SID Color Imaging Conf.*, 143~148 (1993).
- (11) "'International Color Consortium', International Color Consortium profile format",

- <URL:ftp://sgigate.sgi.com/pub/icc/ICC34.pdf> (1998).
- (12) R. J. Motta, "An analytical model for the colorimetric characterization of color CRTs", M. S. thesis, Rochester Institute of Technology (1991).
- (13) P. Bodrogi, "Accurate colorimetric calibration of CRT monitors", *Displays*, **16(3)**, 123~133 (1995).
- (14) ECI2002, <URL:http://www.ECI.org/>
- (15) K. Kanamori, T. Fumoto, and H. Kotera, " A color transformation algorithm using prism interpolation", *IS&T 8th International Congress on Ad. NIP*, 477~482 (1992).
- (16) K. Sayangi, "Black Printer UCR and UCA", *Proc. TAGA*, 402 (1986).
- (17) T. J. Cholewo, "Conversion between CMYK spaces preserving black separation", Lexington, KY, USA, Lexmark International, inc.