

고품질 컬러인쇄물의 색 교정 시스템 개발에 관한 연구

송경철, 강상훈

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

A Study on the Color Proofing System Development for High Quality Color Prints

Kyung-Chul Song, Sang-Hoon Kang

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

Abstract

The term color management system design, an ensemble of algorithm that provides a framework in which color information can be processed consistently throughout a digital imaging system. This is most commonly achieved through the use of special color transformation, known as device independent color transformation based on ICC device profiles. The purpose of this paper is to present some of the scientific principles of color management, and the original color management algorithms and solutions for digital soft color proofing system development.

1. 서 론

인쇄작업에서 컬러교정인쇄의 두 가지 목적은 인쇄를 하기 전에 인쇄물의 정확도와 외관을 점검하는 것으로서 고객이 기대하는 수준에 가깝게 완성된 인쇄물을 재현하는 것이지만, 전체 색재현 공정에 걸쳐서 내부적인 품질 검사 및 관리에도 사용된다.

본 연구에서는 ICC프로파일을 기반으로 한 장치 독립적 색변환(device independent color transformation)방법으로 원고의 입력에서부터 교정지가 출력되는 디지털 교정

장치까지 원고의 색상과 일치시키는 교정인쇄시스템을 개발하고자하며, 인쇄 작업시 디자이너와 인쇄소간의 원활한 대화를 위한 별색 확인용 컬러 팔레트를 개발하고자 한다.

2. 이 론

2-1. 교정인쇄와 컬러관리 방법

디지털 교정에는 소프트 교정방식(soft proof)과 하드카피 교정방식(hardcopy proof)의 두 가지로 나눌 수 있다. 소프트 교정지는 컬러 모니터 상의 화상 상태로 나타나며 저장되어있는 디지털 화상 원고로부터 직접 작성할 수 있으며 모니터 상에서 화상의 계조재현을 검사하므로 교정비용이 절감되며, 필요한 경우 멀리 있는 고객에게 전송하여 원격지 교정이 가능한 장점을 가진다. 그러나 실제 인쇄물은 CMYK의 감색혼합에 의해 형성되지만 모니터와 같이 RGB의 가색혼합으로 형성되는 화면의 화상은 다음의 fig. 1과 같이 실제 인쇄물과는 색재현영역이 달라 모니터에서는 재현되는 색이 인쇄 시에는 다르게 나타나는 단점을 가진다.

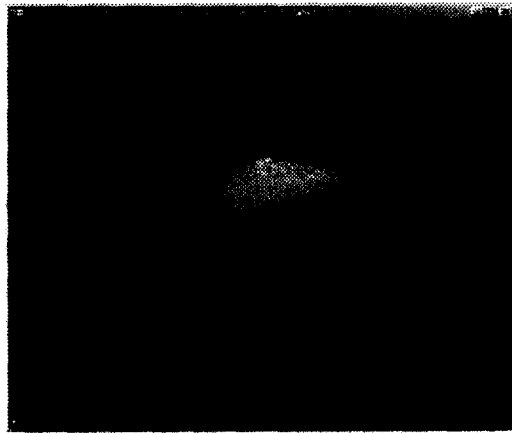


Fig. 1. Different color gamuts between monitor and printer (solid-printer, mesh-monitor).

색의 불일치 문제를 해결하기 위해서는 색 재현 장치 간에 다른 색 영역을 보정해주어야 하며 장치들 간의 표준색 공간을 제시, 이를 준수해야 한다. 각 장치의 색 특성을 정확히 분석·기록하고, 각 장치간의 색 영역의 불일치 현상을 해결해 표준색을 구현할 수 있도록 지원하는 보정기술이 필요하다.

이러한 기술을 색 일치 또는 색 보정 기술(Color Management Technologies)이라고 하며, 세계적으로 이러한 기술의 연구와 표준화 작업이 ICC(International Color Consortium)를 주축으로 활발히 진행되고 있다. 컬러 입출력 장치의 컬러 매니지먼트 시스템 운영에 있어서 호환성과 규격화를 위해 1993년에 8개의 산업체를 주축으로 설립이 된 ICC는 각 장치의 색 특성을 포함하는 ICC 프로파일의 규정을 마련, 제조사들이 이 규정에 맞춰 색 재현 장치들의 색 특성을 기록하는 프로파일을 제작하도록 하고 있으며, 모든 컬러 장치 제조사들이 ICC의 프로파일 규정에 따라 프로파일을 만들고 표준색 공간으로 색 보정을 실시한다면 색 불일치 문제는 해결할 수 있다고 제안하고 있다.

이러한 결과로 현재 컬러 매니지먼트의 핵심역할을 하고 있는 ICC 프로파일 규격이 만들어졌으며, 거의 모든 컬러 매니지먼트 시스템에서 표준으로 사용하고 있다.

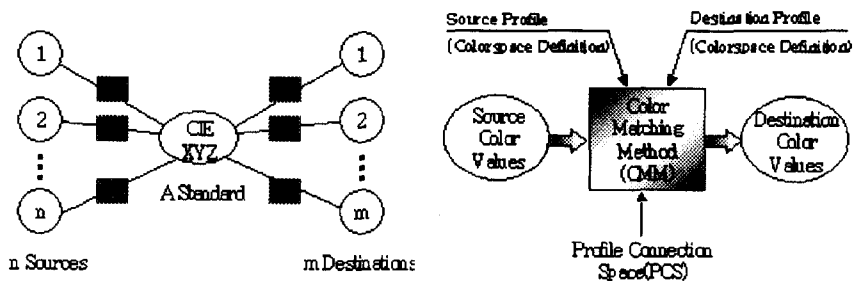


Fig. 2. Device independent color transformation and CMM.

2-2. ICC 프로파일의 소개

ICC 프로파일은 컬러 디바이스(스캐너, 모니터, 프린터)의 컬러 특성을 기술하는 데이터 파일이다. 컬러 매니지먼트 시스템은 이러한 프로파일을 사용함으로써 컬러 디바이스들 사이의 컬러 일치를 유지시키게 된다. 프로파일에는 텍스트 형태의 기술(記述)과 각 컬러 값을 변화시킬 것인가에 대한 수치적 데이터의 설정 값들이 포함되어 있다. 또한, 수치적 데이터는 컬러 매니지먼트 모듈이 디바이스 컬러를 ICC 프로파일 연결 공간(Profile Connection Space: PCS)에 의해 정의된 컬러 공간으로 변화시키기 위한 매트릭스 값과 테이블을 포함하고 있다.

디바이스의 기술은 컬러 디바이스의 특성 값들을 설정하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들면 스캐너의 RGB 값이 CIE XYZ 값으로 변환시키기 위해 설정 값을 제공하게 된다. CIE XYZ 처럼 PCS 공간으로 사용될 컬러 공간으로는 CIELAB와 CIE XYZ의 두 개의 공간으로 한정하며 각 프로파일은 상호변환에 호환성을 가지고 있다. 또한 디바이스 프로파일은 디바이스의 수치적 설정치를 반드시 포함하고 있어야 하며, 그 외에 디바이스 관측조건과 색역 특성이 포함될 수 있다.

프로파일의 기본 구성은, 128byte의 헤더, 태그 테이블(tag table), 태그 요소 데이터(tag element data)로 이루어져 있으며 fig. 3에 전체적 구조가 나타나 있다. 이 중에서 태그 테이블에는 각 태그 데이터의 바이트 수와 해당 데이터가 존재하는 데이터 어드레스가 포함되어 있다.

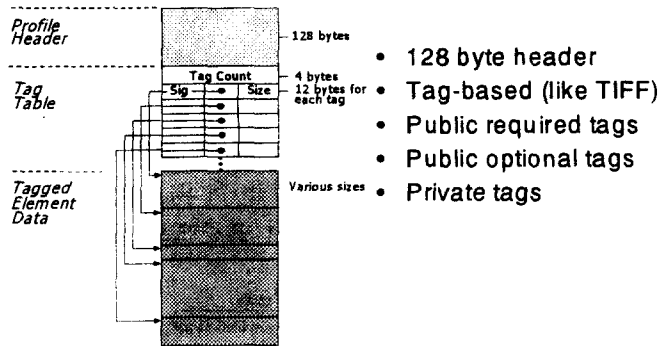


Fig. 3. ICC profile tag data structure.

ICC 프로파일에 사용되는 tag는의 종류는 아래의 table 1과 같다.

Table 1. ICC profile tag name list

AToB0Tag	colorantOrderTag	measurementTag	ps2CRD2Tag
AToB1Tag	colorantTableTag	mediaBlackPointTag	ps2CRD3Tag
AToB2Tag	copyrightTag	mediaWhitePointTag	ps2CSATag
blueMatrixColumnRag	crdInfoTag	namedColor2Tag	ps2RenderingIntentTag
blueTRCTag	deviceMfgDescTag	outputResponseTag	redMatrixColumnTag
BToA0Tag	deviceModelDescTag	preview0Tag	redTRCTag
BToA1Tag	deviceSettingTag	preview1Tag	screeningDescTag
BToA2Tag	gamutTag	preview2Tag	screeningTag
calibrationDate TimeTag	grayTRCTag	profileDescriptionTag	ucrbgTag
charTargetTag	greenMatrixColumnTag	profileSequenceDescTag	viewingCondDescTag
chromaticAdaptationTag	greenTRCTag	ps2CRD0Tag	viewingConditioTag
chromaticityTag	luminanceTag	ps2CRD1Tag	

3. 실 험

3-1. RGB to PCS(XYZ)변환 방법

입력된 이미지의 RGB값을 장치 독립적 색공간인 XYZ로 변환하기위한 방법으로 본 시스템에서는 ICC에서 제안된 비선형 1-D LUT화 선형 3×3 matrix를 이용한 색변환

알고리즘을 사용하였다. 본 알고리즘은 CRT모니터나 LCD모니터를 위한 색변환 방법으로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 출력 장치 중 디스플레이 장치의 경우 빛의 혼합에 의한 가산 혼합으로 색재현이 이루어지므로 선형 변환으로도 좋은 색변환 결과를 기대할 수 있다. 일반적으로 사용되는 sRGB 색변환의 경우도 3×3 matrix에 의한 색변환 방법을 사용하고 있다. 인쇄산업의 경우 sRGB 색변환방법으로는 정확한 색변환 결과를 얻을 수 없으므로 본 연구에서는 Berns(1993)등이 제안한 gamma 변환을 통한 비선형 변환과 모니터의 primary color의 삼자극치를 통한 선형 변환을 통한 장치 독립적 색변환 방법을 사용 하였다. 측정된 그레이스케일 값으로부터 구해진 gamma, offset gain 값을 primary color의 색도 좌표값 과 함께 ICC profile로 만듦으로써, CMS module에서 작성된 ICC profile을 참조하여 색변환을 실행 하도록 하였다.

그레이 스케일의 재현 특성은 rgbTRCTag에 저장되므로 입력되는 RGB로부터선형화된 RGB를 계산하는데 rgbTRCTag를참조하였다. 1-D LUT를 참조한 선형 보간 방법이 parametric curve에 의한 방법보다도 변환결과가 우수하므로 본 색변환 모듈에서는 기본 색변환 방법으로 1-D LUT와 선형 보간 방법을 기본 방법으로 하고 LUT가 없는 monitor profile 의 경우 parametric curve 방법을 사용하여 색변환이 이루어지도록 하였다.

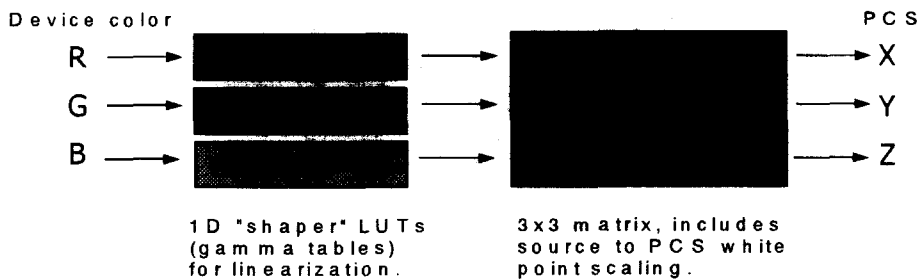


Fig. 4. RGB to PCS color transformation method.

Fig. 4에서는 본 색변환 모듈에서 적용된 색변환방법을 도시한 것으로, 입력된 각각의 RGB신호는device의 profile을 참조하여1-D LUT를 통하여 선형화된 RGB로 변하게 되고 다시선형 matrix를 통하여 장치 독립적 색공간인 XYZ값으로 변환됨을 알 수 있다. Device profile에서 rgbTRACTag로부터 1-D LUT를 추출하고 이러한 장치 특성 값을 참조하여 비선형 변환이 이루어진다. 비선형 변환후 다시 device profile에서 추출한 rgbColorantTag로 구성된 3×3 matrix를 이용하여 선형 변환하면 XYZ 값으로 변환 할 수 있다.

모니터의 경우 PCS-to-RGB 변환이 필요한데 이 경우 inverse matrix와 inverse LUT를 적용한다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [M] \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = [M]^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

3-2. CMYK to PCS(Lab)변환 방법

본 연구에서 출력 장치용 profiling target으로 사용한 ECI2002 target은 fig. 5,와 같이 1485개의 patch로 이루어져 있으며 Random Target 과 Visual Target으로 구분된다. 본 target은 기존의 ISO 12642에서 제안한 IT 8.7/3 target의 928개 patch 보다도 많은 1485개의 patch로 구성되어 고정밀의 profile을 생성 할 수 있게 되었다.

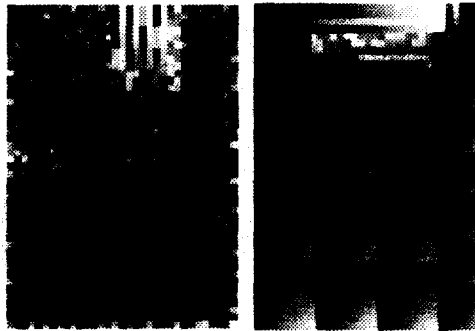


Fig. 5. ECI2002 random and visual target.

본 연구에서는 ECI2002 target을 기반으로 출력장치의 profile을 생성하고 출력장치의 ICC profile Tag의 cmykCurve_A와B를 참조하고, multi dimensional CLUT를 참조하여 색 변환을 하는 방법을 사용 하였다. 각각의 cmykCurve_A와B의 1-D LUT로 입력된 CMYK 신호는 선형 보간을 통해 선형화된 CMYK로 변환되고, 3차원 공간상에서 무게 중심 법에 의한 tetrahedral interpolation을 거쳐 Lab로 변환된다. 다음의 그림에서 보간 방법을 도시하였다.

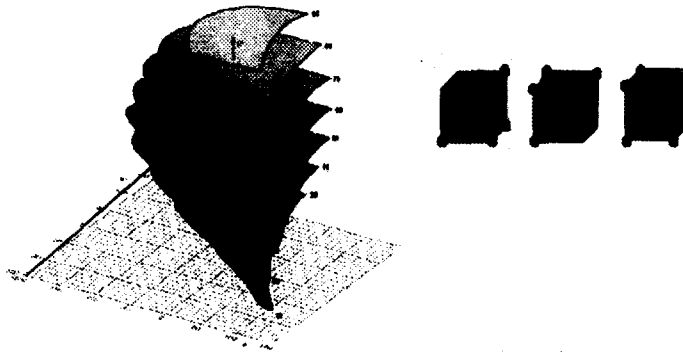
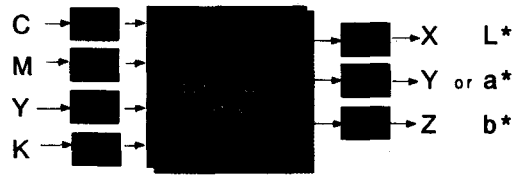


Fig. 6. Tetrahedral interpolation in CIE Lab color space.

Fig. 7에서 출력 장치의 profile로부터 4개의 1-D LUT를 참조하여 4차원 공간에서 선형 보간 방법으로 장치 독립적 색공간인 Lab 공간으로의 변환을 도시 하였다.



Device to PCS
AToBnTag (n=0, 1, 2 depending upon the rendering intent specified)

Fig. 7. CMYK to PCS color transformation method.

3-3. PCS(Lab) to CMYK 변환방법

장치 독립적 색공간(Lab)에서 CMYK 값으로 변환하기 위하여 CMYK-to-PCS변환의 역변환 방식으로 3-D tetrahedral 보간 방법과 4개의 1-D 보간을 통하여 변환이 이루어진다.

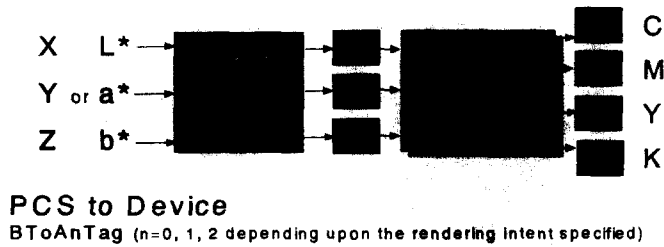


Fig. 8. PCS to CMYK color transformation method.

3-4. 색역 사상방법(Gamut Mapping Method)

출력 장치의 색변환을 위하여 중요하게 고려해야 하는 단계가 색역 사상방법이다. 기본적으로 ICC에서는 perceptual, relative, saturation, absolute의 4가지 색역 사상 방법(rendering intent)을 제시하고 있다.

본 연구에서는 색역을 사상함에 따라 화상의 콘트라스트가 감소하는 단점을 보완할 수 있는 VACSLIN 방법을 Saturation Rendering Intent방법으로 사용 하였으며, perceptual rendering Intent를 위해 gamut compression방법을 사용하였다. Colorimetric rendering intent를 위해서 3차원 공간에서 최소 색차 법을 이용한 방법을 사용하였다. 특히 absolute colorimetric intent를 위해서는 색 변환과정에서 종이의 white point를 고려하기 위해 XYZ에서 Lab로의 변환 시 다음의 단계를 추가 하였다. 입력된 XYZ₁은 ICC에서 제안된 absolute colorimetric rendering intent를 위해 종이의 white point로 보정된 XYZ₂로 변환된다.

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S & 0 & 0 \\ 0 & S & 0 \\ 0 & 0 & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$S = \frac{\text{illumination whitepoint}}{\text{media whitepoint}} \quad (4)$$

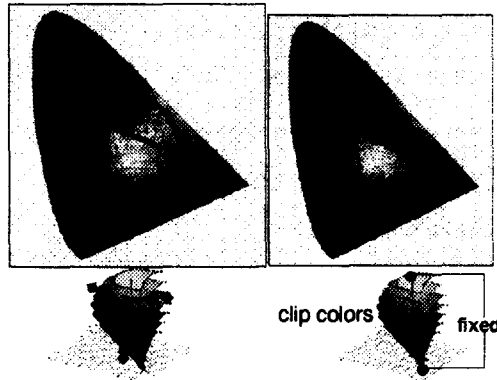


Fig. 9. Different gamut mapping methods (a) gamut compression (b) gamut clipping.

일반적으로 인쇄물의 색상을 모니터에서 확인 하고자 하는 soft proofing의 경우에는 colorimetric rendering intent가 바람직하며, 사진출력일 경우 perceptual rendering intent가 바람직하다. 본 시스템 에서도 출력 장치로의 색변환시 4가지의 색역 사상 방법을 사용자가 선택하여 사용할 수 있도록 구성 하였다.

3-5. 색 순응 모델 (Chromatic Adaptation Model)

일반적으로 hard copy 인쇄물의 경우 D50의 표준광원 아래에서 교정 인쇄물과 본 인쇄물의 색상의 일치를 판별 하게 된다. 그러나 CRT 모니터와 같은 디스플레이 장치는 D50 표준광원과 다른 약 6500K 나 9300K 의 색온도를 가지는 영상으로 색 재현이 이루어진다. 이 경우 관찰 환경에 따라서 사람이 인식하는 색이 다르게 된다.

따라서 이와 같이 hard copy 와 soft copy 사이의 색의 불일치를 고려 해 주는 방법이 색순응 모델(CAT : chromatic adaptation model)을 이용하는 방법이다.

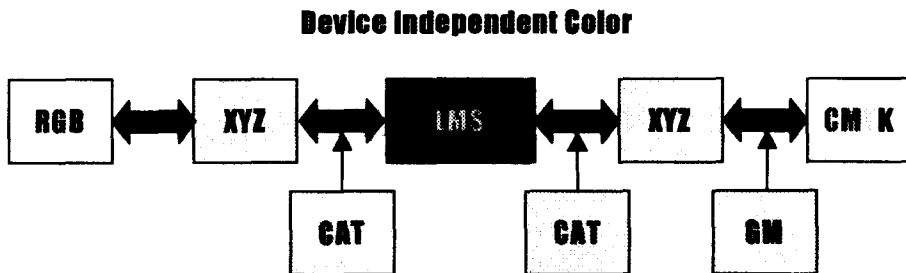


Fig. 10. Chromatic adaptation transformation.

여러 가지 색순응 모델이 제안되고 있으나 본 연구에서는 bradford CAT 방법을 사용하였다. 입력되는 XYZ_{in} 은 선형 변환 matrix CAT에 의해 출력장치의 XYZ_{out}으로 변환된다.

$$\begin{bmatrix} X_{out} \\ Y_{out} \\ Z_{out} \end{bmatrix} = [CAT] \begin{bmatrix} X_{in} \\ Y_{in} \\ Z_{in} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Matrix CAT은 입력 장치의 백색 점과 출력 장치의 백색 점을 관찰환경에 독립적인 추상체 응답으로 변환하는 선형변환 matrix 이다.

$$\begin{bmatrix} L_{in} \\ M_{in} \\ S_{in} \end{bmatrix} = [M_{CAT}] \begin{bmatrix} X_{win} \\ Y_{win} \\ Z_{win} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} L_{out} \\ M_{out} \\ S_{out} \end{bmatrix} = [M_{CAT}] \begin{bmatrix} X_{wout} \\ Y_{wout} \\ Z_{wout} \end{bmatrix} \quad (7)$$

여기서 입력 광원 아래에서의 추상체 응답특성 LMS_{in}과 출력 광원 아래에서의 추상체 응답특성 LMS_{out}은 bradford transformation matrix M_{CAT} 과의 곱에 의해 구해지며, 비선형 계수가 없을 경우 다음과 같이 대각 행렬로 표현 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{out} \\ Y_{out} \\ Z_{out} \end{bmatrix} = [M_{CAT}] \begin{bmatrix} L_{out}/L_{in} & 0 & 0 \\ 0 & M_{out}/M_{in} & 0 \\ 0 & 0 & S_{out}/S_{in} \end{bmatrix} [M_{CAT}]^{-1} \begin{bmatrix} X_{in} \\ Y_{in} \\ Z_{in} \end{bmatrix} \quad (8)$$

본 연구에서 사용된 정변환과 역변환에 사용된 bradford CAT matrix는 다음과 같다.

$$[M_{CAT}] = \begin{bmatrix} 0.8951 & -0.7502 & 0.0389 \\ 0.2664 & 1.7135 & -0.0685 \\ -0.1614 & 0.0367 & 1.0296 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$[M_{CAT}]^{-1} = \begin{bmatrix} 0.986993 & 0.432305 & -0.008529 \\ -0.147054 & 0.518360 & 0.040043 \\ 0.159963 & 0.049291 & 0.968487 \end{bmatrix} \quad (10)$$

색 순응변환을 사용함으로써 색온도 6500K의 CRT모니터에서 표준광원 D50에서 재현된 인쇄물을 효과적으로 재현 할 수 있게 되었다.

위의 알고리즘을 조합하여 ICC profile을 기반을 둔 색 교정방식의 전체적인 구조를 다음의 그림에 도시 하였다.

Color Management workflow - ICC Spec.

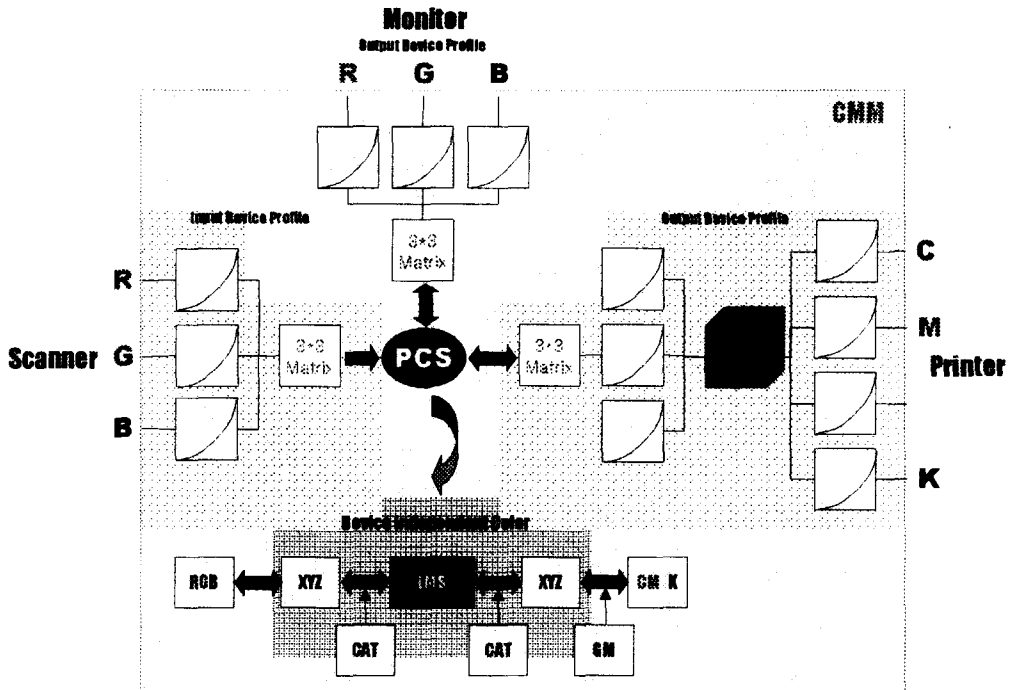


Fig. 11. CMM Architecture.

4. Color management software의 완성 결과 및 고찰

4-1. 별색 교정용 Color Pallet 개발

인쇄 작업시 디자이너와 인쇄소간의 원활한 대화를 위한 별색 확인용 소프트웨어로서 개발된 것이 "color pallet" 이다. 먼저 input profile 과 output profile을 선택하면, color pallet에서는 일반 상용 소프트웨어에서 입력한 RGB값을 입력 하거나 별색으로 지정한

pantone color chip을 선택 하게 되면 인쇄된 색상으로 미리 확인 할 수 있으므로 디자이너가 실제 인쇄에서 어떠한 색으로 인쇄될지 인쇄전에 확인할 수 있게 된다. 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.

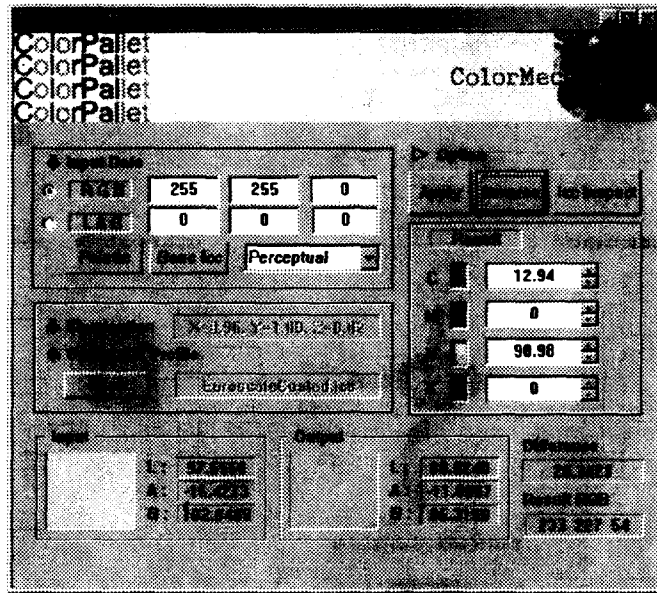


Fig. 12. ColorPallet software graphical user interface.

본 연구를 통해 개발된 Colormecca 프로그램 중 색 교정용 프로그램인 ColorPallet 프로그램의 색 변환 정확성을 확인하기위해 인쇄 현장에서 널리 이용되는 photoshop 프로그램과 비교하였다. Macbeth color checker 유채색부분 18색의 측색 Lab값을 입력으로 하고 ACM(Adobe Color Management) 색변환 모듈을 이용하여 인쇄물의 Lab 값으로 변환하고, 같은 입력 Lab값을 본 프로그램에서 사용한 CMM(Color Matching Method)으로 인쇄물의 Lab값으로 변환하여 그 색차를 서로 비교한 것이 fig. 13. 이다.

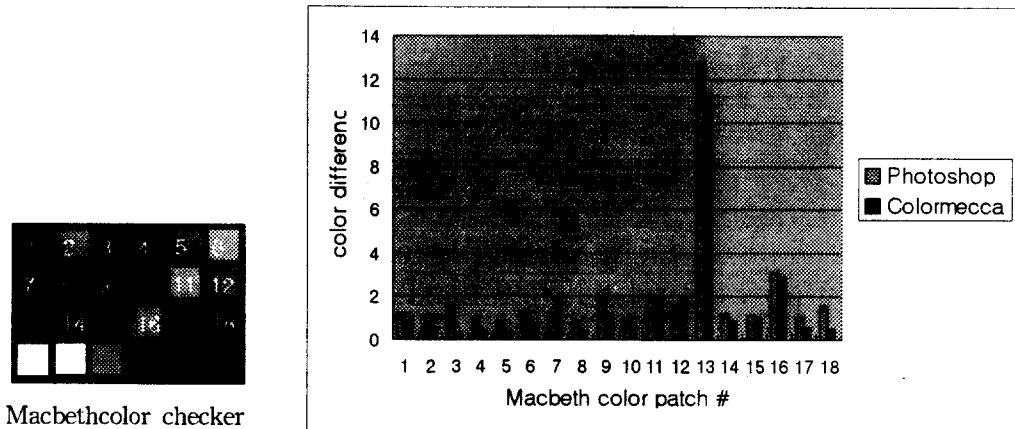


Fig. 13. Comparison of color transform results between Photoshop ACM and Colormecca CMM using Macbethcolor checker.

Photoshop 프로그램에서 사용하는 ACM의 경우 에서는 CIELab 평균 색차가 2.02 정도로 나타났으나 본 프로그램에서 사용한 CMM을 사용할 경우 1.57정도로 색차가 감소하는 것으로 나타났다. 이로써 동일한 프로파일을 참조 하더라도 본 프로그램의 내부 연산결과가 우수함을 확인 하였다.

4-2. 이미지 교정용 Color Proof 개발

"Color Proof"는 ICC profile format V4.0을 기반으로 개발된 CMM모듈을 탑재한 인쇄용 컬러 교정 시스템으로써, 기본적으로 인쇄전의 Tiff 나 JPEG, BMP 파일로 된 RGB 이미지를 인쇄후의 색상으로 미리 보여주는 기능을 가지고 있다. Photoshop 프로그램에서 색 교정한 결과와 시각적으로 비교할 때 실제 이미지에서는 거의 차이가 나지 않았으나, ICC profile format V4.0에서 제안된 여러 가지 기능이 완벽하게 제공 되므로 실제 색 교정에 유용하게 사용 할 수 있다.

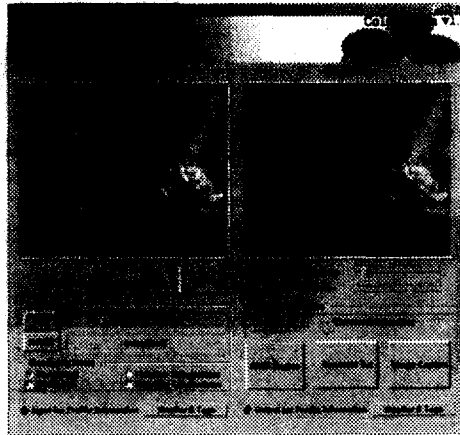


Fig. 14. Soft proofing function in “ColorProof” software.

또한 용도에 따라서 여러 가지 rendering intent를 선택하여 변환 할 수 있으며, 윈도우 기반에서는 지원되지 않으나, Mac OS의 Colorsync에서 지원하는 기능중의 하나인 적용될 profile의 정보를 미리 확인하는 기능을 가지고 있어서 profile의 세부정보를 작업자가 확인 할 수 있다.

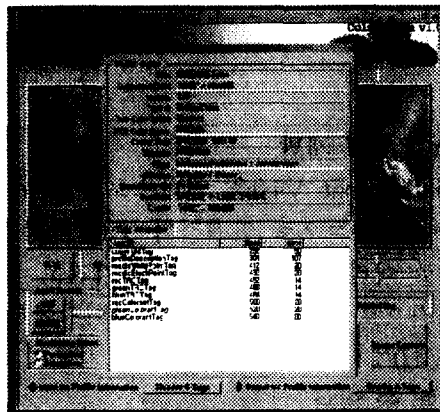


Fig. 15. Profile inspecting function in “ColorProof” software.

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



Fig. 16. Device gamuts 3D Rendering function in “ColorProof” software.

5. 결 론

국내 인쇄환경이 다품종 소량 생산체제로 변하고 인쇄물의 컬러화가 진행됨에 따라서 색 관리의 필요성이 인쇄업계의 주요 관심사가 되고 있다. 인쇄공정의 색 관리를 위해서는 기본적으로 인쇄 장치에 대한 측색적인 색 관리가 필수적이나, 현실적으로는 전문 인력의 부재와 측정 장비 및 색 관리 소프트웨어의 구매 부담으로 인하여 color management system의 도입이 늦어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 표준 color profile 규격인 ICC profile을 이용한 CMS module과 색 교정용 소프트웨어를 개발함으로써 색 관리 software를 국산화 하였으며, 디자인 및 인쇄 현장에서 모니터를 이용하여 실제 국내 인쇄에서 널리 사용되는 인쇄 색에 가장 근접한 색 교정 방법을 제시하고 그 유용성을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2002학년도 한국과학재단 지역대학 우수과학자육성 지원연구(R05-2002-000-01393-0)의 연구비에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Jan Morovic, "To Develop a Universal Gamut Mapping Algorithm", Ph.D. Thesis, University of Derby (1998).
- 2) Karen M. Braun, "Development and Evaluation of Six Gamut Mapping Algorithms for Pictorial Images", 7th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications, p. 144~148 (1999).
- 3) Karen M. Braun, "Gamut-Mapping Techniques for Business Graphics", 7th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications, p. 149~154 (1999).
- 4) Jan Morovic and M. Ronnier Luo, "Cross-Media Psychophysical Evaluation of gamut Mapping Algorithms", Presented at AIC'97 Kyoto 29. 05 (1997).
- 5) Ethan D Montag and Mark D Fairchild, "Gamut mapping : Evaluation of Chroma Clipping Techniques for Three Destination Gamuts", 6th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications, p. 57~61 (1998).
- 6) Masayoshi Shimizu, Satoshi Semba, Shohi Suzuki, "Gamut Mapping Algorithms Suitable for Implementation to Device Profiles", 6th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications, p. 169~172 (1998).
- 7) Mashiko Ito, Naoya Katoh, "Three-dimensional Gamut Mapping Using color difference Formulae and Color space", Color Imaging : Device Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts IV, SPIE, p. 83~95 (1999).
- 8) Po-Chieh 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).
- 9) P. C. Hung, "Colorimetric calibration for scanners and media," SPIE, Vol. 1448 Camera and Input Scanner Systems, p. 164~174 (1991).
- 10) P. Roetling, "Integrating scanners into color systems," IS&T and SID's Color Imaging Conference, p. 92~94 (1993).
- 11) K. Kanamori, T. Fumoto and H. Kotera, "A Color Transformation Algorithm using PRISM Interpolation", IS&T's 8th International Congress on Advances in NIP Technologies, p. 164~174 (1992).
- 12) Gunter Wyszecki and W. S. Stiles. "Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae". John Wiley & Sons, New York, 2 edition (1982).

- 13) Jon Yngve Hardeberg. "Acquisition and reproduction of colour images: colorimetric and multispectral approaches". Ph.D dissertation, 'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, France (1999).
- 14) Roy S. Berns, Ricardo J. Motta, and Mark E. Gorzynski. "CRT colorimetry. part I : Theory and practice". Color Research and Application, 18(5): p. 299~314 (1993).
- 15) Henry R. Kang. "Color Technology for Electronic Imaging Devices". SPIE Optical Engineering Press (1997).
- 16) "ICC Profile Format Specification". The International Color Consortium, November , Version 3.4, See <http://www.color.org/> (1997). .
- 17) R. W. G. Hunt. "The Reproduction of Colour". Fountain Press (1995).