

프린터 미니드라이버에서의 ICC 프로파일 기반 칼라매칭

정 주 영, 김 춘 우
인하대학교 전기공학과

Color Matching by ICC Profile for Printer Mini-Driver

Joo-Young Jung, Choon-Woo Kim
Dept. of Electrical Engineering, Inha University
E-mail : g1991166@inhavision.inha.ac.kr

Abstract

One of the major factors determining the printing quality of a color printer is the color matching that is performed inside the printer driver. In this paper, the mini driver for the color printer is built using the Microsoft 98DDK. Also, the ICC profile proposed as the standard for the color management system is generated. The color matching capability of the mini driver with the ICC profile is examined and compared with that of the commercial printer driver.

1. 서론

인터넷의 발달로 인하여 칼라 영상의 통신이 늘어남에 따라 다양한 칼라 영상 기기에서 동일한 칼라를 재현하려는 필요성이 증가하고 있다. 예를 들어, 최근에 활발하게 이용되는 전자 상거래에서는 상품의 색상을 정확히 소비자에게 전달하는 것이 매우 중요하다. 특히, 가장 널리 사용되는 영상 기기 중 하나인 칼라 프린터에서의 정확한 칼라 재현은 칼라 프린터의 성능을 좌우하는 주요 평가 지표의 하나이다.

칼라 프린터의 경우 인쇄하려는 영상은 대부분 RGB좌표계로 표현되는데 반하여 프린터의 출력좌표계는 CMY 또는 CMYK좌표계이다. 칼라 프린터에 있어서 칼라 매칭이란 RGB좌표에서 CMY(CMYK)좌표로의 색좌표 변환을 의미한다. RGB 또는 CMY(CMYK)좌표계는 장치 의존적인 칼라 좌표계이다. 즉, 이들 장

치 의존적 칼라 좌표는 색채학적으로 칼라를 정확히 표현하는 좌표가 아니라 주어진 장치에서만 사용되는 코드로서의 의미를 지닌다. 따라서, 정확한 칼라 매칭을 위해서는 장치 독립적인 좌표계가 필요하며 대표적인 색좌표계로는 CIELab, CIEXYZ 및 CIELuv를 들 수 있다. 칼라 프린터에서의 칼라 매칭을 위해서는 RGB로부터 CMY(CMYK)로의 색좌표 변환을 직접 수행하거나 RGB에서 장치 독립적인 좌표계를 거쳐 CMY(CMYK) 좌표계로 변환하게 된다.

이와 같은 칼라 프린터에서의 칼라 매칭은 대부분 프린터 드라이버에서 수행된다. 가장 널리 사용되는 운영 체제인 Windows 운영 체제하에서 프린터를 통하여 영상을 출력하는 과정을 Windows printer system이라고 한다[1]. Windows printer system의 구성은 그림 1과 같으며 Windows GDI(Graphical Device Interface)와 프린터 드라이버, 프린터 스플러가 유기적으로 동작하여 영상을 출력한다. 응용프로그램은 DC(Device Context)를 생성하고 출력을 요청하게 되는데 DC에는 응용프로그램이 출력할 영상을 칼라 보정하여 저장한다.

현재 사용되고 있는 대부분의 칼라 프린터는 LUT(Look-up Table)에 의한 칼라 매칭을 채용하고 있다. 이와 같은 LUT는 프린터 드라이버 내부에서 제작사마다의 독자적인 칼라 매칭 알고리즘을 위한 데이터 파일로 사용된다. 하지만, 최근 들어 다양한 영상 기기 들간의 칼라 매칭 시스템 구현을 위한 국제적 표준화의 일환으로 ICC 프로파일의 제안된 바 있다[2]. 이와 같은 ICC 프로파일은 칼라 프린터뿐만 아니라 모든 칼라 영상 장치에 사용될 수 있는 표준안이다.

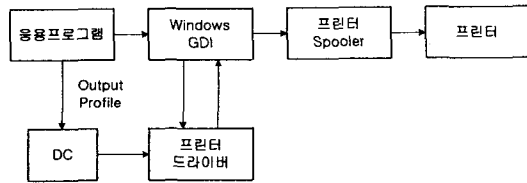


그림 1. Windows printer system

본 연구에서는 먼저 Microsoft 98DDK를 이용하여 칼라 프린터용 미니 드라이버를 제작하였다. 개발된 미니드라이버에 ICC 프로파일을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우의 칼라 재현 성능을 비교 평가하였다. 또한, 상용 드라이버의 칼라 매칭 성능과도 비교하였다. 마지막으로 색채학적으로 자체 제작된 LUT를 사용한 경우와도 그 성능을 비교하였다.

본 논문의 2장에서 프린터 미니드라이버에 대하여 설명하고 3장에서는 ICC 프로파일에 대하여 설명한다. 4장에서는 칼라 재현성을 평가하기 위한 실험과 그 결과를 설명하고 5장에서는 결론을 도출하였다.

2. 프린터 미니드라이버

프린터 드라이버는 Windows printer system의 한 구성 요소로 동작한다. Windows printer system에서의 출력과정은 응용프로그램이 DC를 생성하여 영상을 저장하고 Windows에서 영상 장치의 입출력을 담당하는 GDI를 호출하여 출력을 요청하면서 이루어진다. 이때 GDI는 DC에 저장된 영상을 프린터에서 출력할 수 있는 형태로 가공하기 위하여 프린터 드라이버를 호출한다. 여기서 프린터 드라이버는 GDI의 지시를 받아 영상을 처리하는 역할을 한다. 프린터 드라이버에서 처리된 영상은 프린터 스폰러를 통하여 프린터에 보내어져 출력이 이루어진다.

Windows printer system에서 프린터 드라이버는 GDI가 요구하는 기능을 함수로 작성하여 구성한 것으로 DLL(Dynamic Link Library) 파일 형식으로 되어 있다. 이러한 프린터 드라이버는 제작하는 방법에 따라 GDI에서 요청하는 모든 함수를 직접 구현하여 제작하는 프린터 풀드라이버(printer full-driver)와 기본적인 구조와 함수는 Microsoft사에서 제공하는 유니드라이버를 사용하고 개발자가 특별히 구현하려는 기능을 수정하거나 callback function으로 추가하여 완성하는 프린터 미니드라이버(printer mini-driver)로 나눌 수 있다[3].

미니드라이버의 제작은 Microsoft 98DDK와 Visual

C++1.52를 사용한다. 98DDK에서는 프린터 드라이버를 개발하는 도구인 Unitool이라는 프로그램을 제공하며 Visual C++은 Unitool을 이용하여 구성된 소스를 컴파일하는데 사용된다. 드라이버 개발자는 Unitool 프로그램을 이용하여 새 프로젝트를 생성하고 프린터의 해상도와 종이의 크기 및 종류, 칼라 모델 등의 드라이버 기본 데이터를 입력한다. 또한, Minidriv.c 파일을 수정하고 Unitool에서 생성된 프로젝트에 포함되어있는 C code에서 callback function을 작성한다. Minidriv.c 파일은 기본적으로 유니드라이버에서 제공하는 함수(Unidrv.dll)를 연결하고 있으며 사용자가 수정하여 사용할 수 있다. 컴파일되어 완성된 미니드라이버는 DLL 파일 형식이며 이를 Windows에 설치하여 사용한다.

3. ICC 프로파일

영상 장치간의 칼라 매칭을 위한 표준으로 제안된 ICC 프로파일은 디지털 카메라, 스캐너, 모니터, 프린터와 같은 각 영상 장치에서 사용하는 기기 종속적인 좌표와 장치 독립적인 칼라 좌표간의 변환관계를 정의한다. 여기서 장치 독립적인 칼라 좌표를 PCS(Profile Connection Space)로 하여 서로 다른 영상 장치간의 칼라 매칭을 할 수 있는 방법을 제공한다. ICC 프로파일은 영상장치의 종류에 따라 스캐너와 디지털 카메라와 같은 입력 장치의 칼라 보정에 사용되는 입력장치 프로파일과 모니터의 칼라 보정에 사용되는 표시장치 프로파일, 프린터의 칼라 보정에 사용되는 출력장치 프로파일 등으로 구분된다.

ICC 프로파일에서는 장치의 칼라 좌표와 PCS의 칼라 좌표와의 관계를 정의하기 위하여 그림 2에 나타낸 것과 같이 Shaper/Matrix Processing Model 또는 Matrix/Tabulated Function Processing Model을 사용한다. Shaper/Matrix Model은 3개의 1차원 TRC(Tone Reproduction Curve) 테이블과 3×3 매트릭스를 사용하여 칼라 좌표를 변환하는 방식으로 칼라특성이 선형인 장치에 주로 사용된다. Matrix/Tabulated Function Processing Model은 비선형의 복잡한 변환 관계를 정의하기 위하여 Tabulated Function을 사용한다[4].

ICC 프로파일의 기본 구조는 그림 3과 같다. 프로파일 헤더에서는 프로파일 버전과 프로파일 종류, 사용되는 칼라 좌표, 프로파일이 만들어진 날짜와 같은 일반적인 정보를 담고 있으며 칼라 특성과 칼라 보정 방법 등의 기능이 정의되어있는 태그가 태그 테이블로 구성되고 태그테이블 뒤로 태그에서 사용되는 데이터가 구성된다.

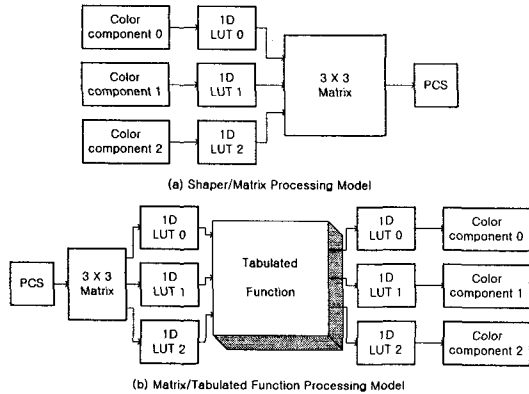


그림 2. ICC Profile Processing Model

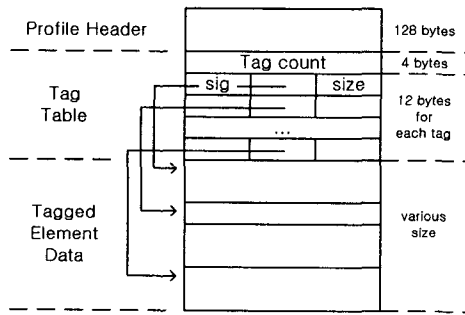


그림 3. ICC 프로파일의 기본 구조

프린터의 칼라 보정에 사용되는 출력장치 프로파일의 경우 프린터 드라이버의 입력인 RGB 영상을 칼라 보정하려는 프린터 드라이버로 출력하여 그 측정 $L^*a^*b^*$ 값을 PCS로 하여 RGB 값과의 관계를 정의하여 칼라 보정에 사용된다. RGB로부터 CMY(CMYK)로의 변환은 드라이버 내부에서 수행된다.

4. 실험 및 결과

본 연구에서는 미니 드라이버를 제작하고 미니 드라이버와 ICC 프로파일을 사용한 경우의 색채 재현 실험을 수행하였다.

4.1. 미니드라이버 제작

미니드라이버를 작성하기 위하여 Microsoft 98DDK와 Visual C++1.52를 설치하고 프린터 드라이버의 컴파일 환경을 만들기 위하여 98DDK의 \inc 폴더의 master.mk 파일에서 C16_ROOT 변수값이 Visual C++1.52가 설치된 폴더가 되도록 수정하였다. 다음은

Unitool 소프트웨어를 이용하여 InhaDrv라는 프로젝트를 생성하였다. 그리고 Unitool을 이용하여 새로 만들어진 프로젝트에 프린터의 기본 데이터를 입력하였다.

여기서 Mini-Driver Data와 Model Data, Page Control, Cursor Movement, Page Size, Resolution, Color Model은 필수 입력 사항이며 헤프토닝을 직접 구현하기 위한 callback function을 사용하기 위하여 Mini-Driver Data의 Major Revision은 3으로 Color Model의 sPlanes과 sBitsPixel은 1과 24을 입력하였다. 기본 데이터 설정 후에는 Minidrv.c 파일에서 Enable 함수에 cd.fnOEMDump = fnDump 코드를 추가하였다.

다음에는 InhaDrv 프로젝트에 포함된 InhaDrv.C 파일에 fnDump 함수를 작성하여 TRC와 주거리 기반 이진 문턱값 변조 오차 확산 방법[5]을 이용한 헤프토닝, 포매팅을 구현하여 미니드라이버를 완성하였다.

4.2. 색채 재현 성능 평가 실험

본 연구에서는 세 가지의 서로 다른 형태의 색 보정 과정에 의한 색채 재현 성능 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 프린터는 Canon BJC6000이었으며 측색에 사용된 기기는 GretagMacbeth사의 Spectrophotometer이었다.

첫 번째, 그림 4(a)와 같이 색채학적으로 작성된 $L^*a^*b^*$ -to-CMYK LUT를 이용하여 색채 재현 실험을 실시하였다. 두 번째, 실험에 사용된 프린터의 상용 드라이버에 ICC 프로파일을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 각각에 대하여 색채 재현 실험을 하였다. 이 실험은 그림 4(b)에서 프린터 드라이버가 상용 드라이버인 경우에 해당된다. 마지막은 그림 4(b)의 프린터 드라이버가 본 연구에서 제작된 미니 드라이버인 경우이다. 이 경우에도 제작된 미니 드라이버에 ICC 프로파일을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 각각에 대하여 색채 재현 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 ICC 프로파일은 Kodak Color flow 소프트웨어로 작성하였다.

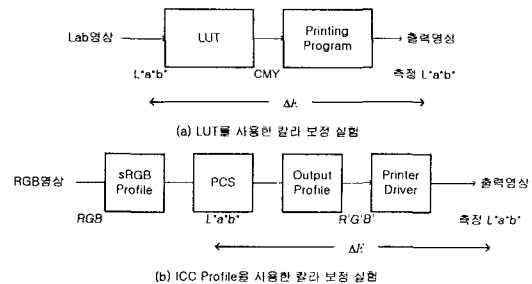


그림 4. 칼라 재현성 비교 실험

4.2.1. L*a*b*-CMYK LUT에 의한 칼라 보정 실험

실험에 사용된 L*a*b*-to-CMYK LUT의 제작 방법은 [6]에 자세히 설명되어 있다. 색채 재현 성능 평가를 위한 입력으로는 IT8.7-2 차트의 L*a*b* 측정값을 갖는 영상을 사용하였다. 입력 L*a*b* 영상은 LUT를 통하여 칼라 보정된 CMYK좌표값으로 변환되고 별도의 프린팅용 프로그램[7]을 통하여 출력되었다. 프린팅 프로그램에서는 주거리 기반 이진 문턱값 변조 오차 확산 방법을 이용한 헤프토닝을 사용하였다. 출력된 영상으로부터 출력 L*a*b*좌표를 측정하고 입력으로 사용한 L*a*b*값과의 색차를 식 (1)의 색차식을 사용하여 계산한 후 평균을 구하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^{**})^2 + (a^* - a^{**})^2 + (b^* - b^{**})^2}$$

(1)

L^*, a^*, b^* : 원영상의 색좌표 값
 L^{**}, a^{**}, b^{**} : 출력영상의 측정된 색좌표 값

4.2.2. 상용 드라이버의 칼라 보정 실험

실험에서 사용된 Canon BJC6000 프린터의 상용드라이버를 이용하여 실험을 수행하였다. 입력영상은 IT8.7-2 chart의 L*a*b* 값을 sRGB Input 프로파일을 적용하여 작성한 RGB 영상을 사용하였다. 응용프로그램에서 상용 프린터 드라이버를 통하여 RGB 영상을 출력하는데 있어 프로파일을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 각각에 대하여 출력 영상의 측정 L*a*b*값과 프로파일의 PCS에 적용되는 L*a*b* 값을 원영상의 값으로 하여 식 (1)의 색차식을 사용하여 색차를 구하였다.

4.2.3. 미니드라이버의 칼라 보정 실험

위의 4.2.2절에서 설명한 방법과 동일한 방법을 적용되 상용 드라이버 대신에 본 연구에서 직접 제작한 미니드라이버를 사용하여 영상을 출력하였다. 프로파일을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 색차식 (1)의 색차식을 이용하여 계산하였다. 여기서 사용한 미니드라이버에서는 4.2.1에서 설명한 프린팅 프로그램의 기능을 동일하게 구현하였다.

4.2.4. 결과

지금 까지 설명한 세 가지 실험 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보듯이 상용 드라이버나 미니드라이버에서 ICC 프로파일을 사용함으로써 칼라 재현성이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 또한, ICC 프로파일을 적용하지 않은 경우 상용 드라이버가 미니드라이버 보다 큰 색차를 나타냈는데 이는 상용 드라이버에서는 측색학적인 색 보정보다는 인간의 칼라 선호도에 의한 색 보정을 수행한 결과라 여겨진다. 드라이

버를 사용한 두 가지 경우 모두 측색학적으로 제작된 LUT에 의한 결과보다는 좋은 성능을 나타내지 못했다. 이와 같은 현상은 ICC 프로파일의 칼라 모델링 오차가 분석된 후에 정확한 평가를 할 수 있으리라 기대된다.

표 1 칼라 재현성 실험 결과

	ΔE
LUT를 사용한 칼라 보정 실험	5.82
상용 드라이버 칼라 보정 실험	13.15 / 18.92
미니드라이버 칼라 보정 실험	10.96 / 18.40

*(Profile을 적용한 경우 / Profile을 사용하지 않은 경우)

5. 결론

본 연구에서는 먼저 Microsoft 98DDK를 이용하여 칼라 프린터용 미니 드라이버를 제작하였다. 개발된 미니드라이버에 ICC 프로파일을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우의 칼라 재현 성능을 비교 평가하였다. 또한, 상용 드라이버의 칼라 매칭 성능과도 비교하였다. 마지막으로 측색학적으로 자체 제작된 LUT를 사용한 경우와도 그 성능을 비교하였다. 실험 결과 드라이버에 ICC 프로파일을 적용한 경우 칼라 재현성이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] <http://www.microsoft.com/ddk/ddkdocs/win98ddk/default.htm>
- [2] Specification ICC.1:1998-09 File Format for Color Profiles, International Color Consortium, 1998.
- [3] Specification for Generic Printer Characterization ver3.0, Microsoft Corporation, 1995.
- [4] <http://www.color.org/iccprofiles.html>
- [5] K.M.Kang, C.W.Kim, "A Principal Distance Constraint Error Diffusion Algorithm for the Homogeneous Dot Distribution," SPIE Vol.3963, pp.510-520, 2000.
- [6] 김명재, FFD를 이용한 칼라 프린터에서의 칼라매칭 LUT 설계, 인하대학교 석사학위논문, 2001.
- [7] 정주영, 프린터 미니드라이버에서의 ICC 프로파일 기반 칼라매칭, 인하대학교 석사학위논문, 2001.