

Ink jet printer에서 paper의 white를 고려한 Gray CCT 보정

김 대 원, 류 동 원, 김 희 철, 김 은 수, 송 규 익

경북대학교 대학원 전자공학과

전화 : 053-940-8633 / 핸드폰 : 011-9587-5354

Gray CCT Compensation Considered the White of Paper in Ink Jet Printer

Dae-Won Kim, Dong-Won Ryu, Hee-Chul Kim, Eun-Su Kim, Kyu-Ik Sohng

Dept. of Electronics Engineering, Kyungpook National University

E-mail : kdw2480@palgong.knu.ac.kr

Abstract

Color reproductions in most ink jet printer are quite different from that of standard CRT(cathode ray tube) monitor display because of the nonlinear characteristic in subtractive color reproduction. Gray scale CCT(correlated color temperature) reproductions in a typical printer are vary with the input RGB level. A simple method for making constant gray scale CCT and gamma value in photo paper is proposed in this paper. The compensation of the CCT with white point of the photo paper under the CIE standard illuminant D65 and color correction has been confirmed using the LUT(look-up table) to compensate the CCT and gamma curve characteristic.

I. 서 론

컬러 영상을 출력하기 위한 장치로는 일반적으로 CRT 모니터와 프린터가 사용되고 있다. 사진이나 그래픽의 경우 표준 모니터상에 디스플레이 된 영상의 색상과 칼라 프린터로 인쇄된 색상이 일치될 것이 요구된다.

CRT 모니터의 경우, 감마가 일정하고 3원색 좌표가 고정되어 있으므로 화이트 및 블랙 밸런스를 D_{65} 의 표준 좌표로 조정하면 입력 영상과의 색차가 거의 없이 디스플레이 할 수 있다. 그러나 프린터의 경우, 색 재현 범위의 차이 등에 의한 색차가 존재하여 동일한 입력

영상에 대해 색상이 다르게 재현되고 있다. 또한 잉크젯 프린터의 경우 색 재현에 비선형 요소가 많이 있고, 인쇄 용지에 따른 특성이 다양하여 일반적으로 모니터보다 프린터물의 색 오차가 훨씬 크게 나타난다. 따라서 표준 모니터에 디스플레이 된 화상과 동일한 수준의 프린터 화상을 얻기 위해서는 잉크젯 프린터의 색 보정이 요구된다.

프린터의 색을 보정하기 위한 기존의 연구 방법에는 프린터의 characterization^{[1]-[4]}, 3-D LUT을 이용한 gray balance 방법^[5], 컬러 벡터 오차확산법^[6], 시지각에 기반을 둔 프린터 보정법^[7] 등이 있다. 그러나 기존의 색 보정 방법에서는 인쇄 용지의 화이트나 그레이 스케일의 감마 특성이 고려되지 않았다.

본 논문에서는 CRT 모니터와 프린터 사이의 색 일치를 위해서 프린터의 입력 값의 변화에 따른 그레이 스케일의 상관 색온도 특성을 조사하고, 그레이 스케일 입력 값 변화에 따른 상관 색온도가 D_{65} 광원 하에서 프린터 용지의 색온도로 일정하게 되도록 보정하기 위해서 RGB 3원색 각각의 입력 디지털 값을 조정하는 LUT를 구성하였다.

프린트 된 그레이 스케일의 상관 색온도를 D_{65} 광원 하에서 프린터 용지의 색온도로 하는 이유는 프린트 물을 임의의 색온도를 갖는 조명광 하에서 볼 때 눈의 순응 특성에 의한 색 항상성에 의해서 표준의 조명광

하에서 볼 때와 매우 유사하게 보일 수 있기 때문이다.

또한 그레이 스케일의 프린터 출력 화상의 휘도 감마가 디지털 스틸 카메라의 감마 값의 역인 1.45가 되도록 하였다. 상기와 같이 그레이 스케일의 상관 색온도와 감마를 보정한 프린터에 일반 칼라 화상을 출력시킨 결과, 표준 모니터 화상과 디스플레이 된 화상에 매우 가까운 화상을 얻을 수 있었다.

II. 잉크젯 프린터의 색 재현 특성

먼저 실온에서 chroma meter (MINOLTA CR-300)을 이용하여 잉크젯 프린터의 그레이 스케일 상관 색온도 특성을 조사하였다. 측정에 사용된 프린터는 Epson stylus 895이고, 용지는 한솔 칼라 잉크젯 광택 사진용지를 사용하였다. Test patch는 0부터 255의 디지털 값을 16 간격씩 나눈 17 계조로 구성하였다.

측정결과, white(R{255}, G{255}, B{255})에서 black(R{0}, G{0}, B{0})까지의 입력 디지털 값의 변화에 따른 그레이 스케일의 상관 색온도와 휘도 레벨 특성을 그림 1에 나타내었다.

입력 디지털 값이 감소하여 그레이 스케일이 낮아질수록 상관 색온도가 6750K에서 15700K까지 매우 심하게 변하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 어둡거나 중간 색조의 영상을 프린트 하면 푸른 색 쪽으로 치우쳐져서 창백하게 느껴진다.

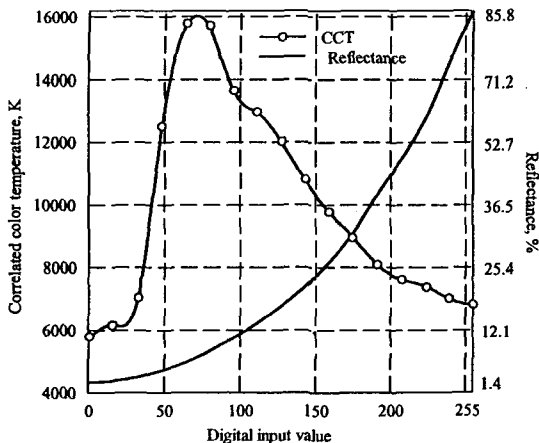


그림 1. 잉크젯 프린터의 그레이 스케일 상관 색온도와 반사율 특성

한편, 그레이 스케일의 휘도 감마는 입출력 신호에 대한 비선형적인 관계를 표시하는 수치이다. 사진 용지에 대한 입력 디지털 값의 변화에 따른 그레이 스케일의 감마 값은 측정 결과 거의 2.2 였다.

III. 그레이 스케일의 상관 색온도 보정

3.1 그레이 스케일 CCT 보정 방법

본 연구에서는 화이트 밸런스 점을 D₆₅ 광원 하에서 사진 용지의 white 좌표인 $x=0.309$, $y=0.323$ 의 ± 0.005 의 오차범위 내에 들어 오도록 입력 RGB 디지털 값을 조정하였다. 예를 들면, 입력 디지털 값이 R=128, G=128, B=128인 화색이 19.0%의 휘도 반사율을 가지고 있다면, 이 휘도 반사율 값을 동일하게 유지하면서 $x=0.309$, $y=0.323$ 근처가 되도록 각각 R=170, G=176, B=146로 조정한다. 이때 RGB 값들이 모두 128 보다 커진 이유는 프린트 된 그레이 스케일의 휘도 감마 특성 값이 디지털 스틸 카메라의 감마 특성의 역의 관계가 되도록 감마 값을 1.45로 조절 하였기 때문이다.

상기와 같이 조절하여 구한 RGB 입력에 대한 출력 값을 LUT로 구성하였고, 입출력 전달 특성은 그림 2에서와 같았다.

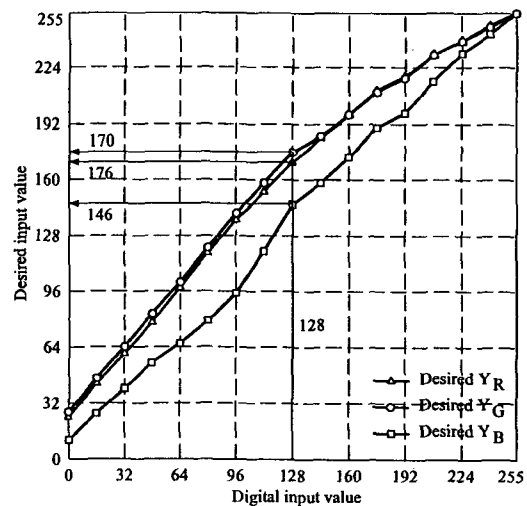


그림 2. 그레이 스케일 CCT 보정으로 구한 LUT

실험에 사용된 디지털 입력 값 64 이상의 13 계조에 대해 측정 후 그 사이의 값들에 대해서는 선형 내삽으로 구하였다. 한편, 프린터의 특성상 포화 되어 재현이 불가능한 영역인 디지털 입력 값이 48 이하인 계조에 대해서는 선형 외삽으로 값을 구하였다.

3.2 프린터 CCT 보정 결과

실험으로 구한 그림 2의 LUT를 이용하여 13계조의 그레이 스케일에 대해 프린트된 화상의 CCT와 휘도 감마 특성은 그림 3에서와 같다. 보정하기 전의 입력 디지털 값에 따라 매우 심한 변화를 보였던 상관 색온도 특성이 그레이 스케일에 관계없이 매우 일정하고, 휘도 반사율의 감마 값이 1.45로 잘 조절 되어 있음을 알 수 있다.

한편, 보정 전과 보정 후의 그레이 스케일에 대한 색 좌표 분포는 그림 4에서와 같다. 이 그림에서 보정 전 각 그레이 스케일의 좌표는 상당히 넓은 범위에 걸쳐서 분포하고 있으나, 보정 후의 좌표들은 D65의 광원 하에서 사진용지의 white 좌표인 $x=0.309$, $y=0.323$ 을 중심으로 매우 좁은 범위에 한정되어 보정이 잘 이루어 졌음을 보여준다.

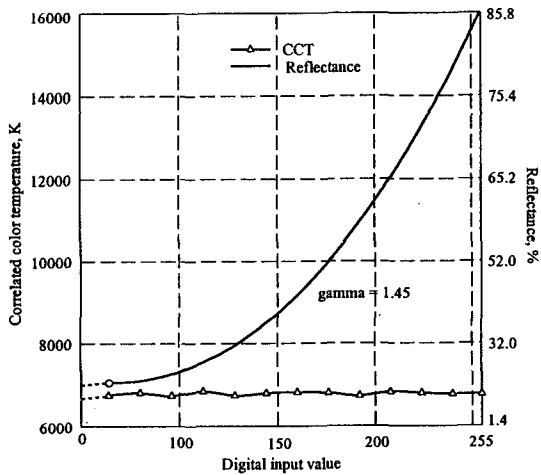


그림 3. 보정 후 그레이 스케일의 상관 색온도와 반사율의 감마특성 곡선

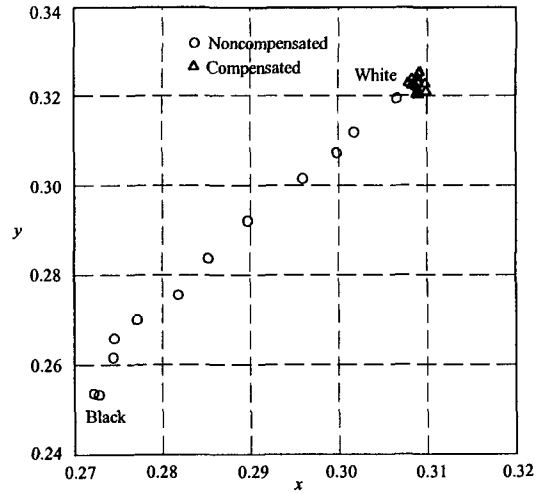
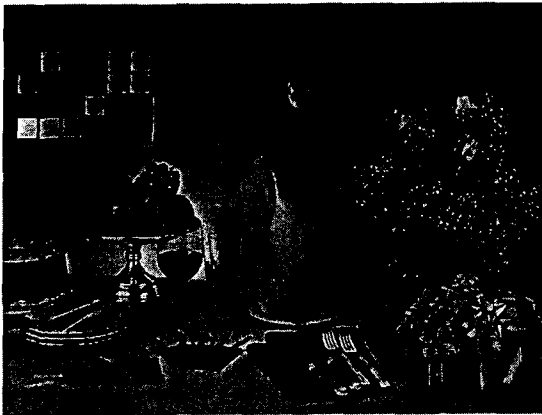


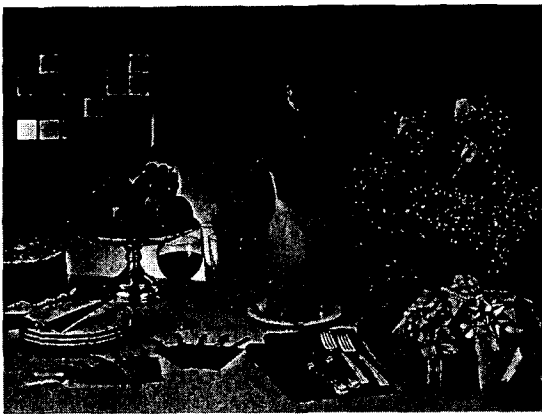
그림 4. 그레이 스케일 상관 색온도 보정 전후의 색도 좌표 분포의 변화

본 연구에서 제안한 방법인 그레이 스케일의 상관 색온도를 보정 한 LUT를 이용했을 때, 그레이 이외의 색에 대한 보정 효과를 알아 보기 위해서 자연 화상을 출력하여 비교 하였다. 그림 5(a)는 원 화상을 보정 하지 않고 그대로 프린트 한 것이고, 5(b)는 제안한 LUT로 보정하여 프린트한 결과이다.

그림의 좌측 상단 Macbeth colorchecker의 그레이 스케일 및 색상이 제대로 재현 되었음을 알 수 있다. 또한, 자연 영상 영역인 흰 드레스의 색이 D65의 색에 가깝게 재현되었고, 창백한 분홍 빛 얼굴과 피부 색이 자연스런 살색으로 재현 되었음을 알 수 있다. 그리고 감마 특성이 제대로 보정 되어 빨간 장미와 노란 장미 꽃이 선명하게 재현되었고, 녹색 잎사귀의 색상 및 새도우가 섬세하게 재현되었음을 알 수 있다. 따라서 그레이 스케일 상관 색온도와 감마 특성만 보정 하더라도 일반적인 여러 가지 자연 색까지 잘 보정 될 수 있음을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. 보정 전후의 자연 화상의 비교 : (a) 보정 전 사진용지에 프린트된 화상, (b) 보정 후 사진용지에 프린트된 화상

IV. 결 론

일반적인 잉크젯 프린터의 색 재현 특성은 입력 디지털 값에 따라서 그레이 스케일의 상관 색온도가 상당히 변화하므로 정확한 색 재현이 어렵다. 본 연구에서는 사진 용지에서의 그레이 스케일에 대한 상관 색온도를 일정 수준으로 유지하면서 필요한 감마 값을 가지도록 보정하는 간단한 방법을 제안 하였다. 이 방법에서는 그레이 스케일의 상관 색온도는 표준의 D₆₅의 광원 하에서 사진 용지의 white 좌표가 되도록 하였다. 또한, 그레이 스케일의 재현 감마 특성은

일반적인 디지털 스틸 카메라에서의 촬상 시의 감마 값의 역으로 조절하였다. 제안된 방법으로 보정하여 프린트 한 결과, 그레이 스케일 뿐만 아니라 일반 자연 영상의 색과 채도우가 자연스럽게 재현 될 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] M. Xia, E. Saber, G. Sharma, A. M. Tekalp, and R. Sosinski, "Total least square techniques in color printer characterization," *Proceedings of the ICIP'98*, pp. 69-73, Oct. 1998.
- [2] J. Y. Hardeberg, "Color printer characterization using a computational geometry approach," <http://www.hig.no/~jonh/color/CIC1997/cic1997.html>.
- [3] M. S. Drew, G. D. Finlayson, M. R. Luo, and J. Morovic, "Color printer characterization by regression with grays pace constraint." *Proceedings of the IS&T and SID's 6th Color Imaging Conference*, pp. 90-95, Aug. 1997.
- [4] K.-S. Han, H.-G. Kim, B.-H. Kang, C.-R. Yoon, J.-S. Kim, and M.-S. Cho, "Characterizing the desktop color printer with polynomial regression," *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 5, pp. 4369-4372, Oct. 1998.
- [5] 조민기, 김춘우 "칼라 프린터를 위한 gray balance 방법" *Journal of Korean Society for Imaging Science & Technology*. vol. 4, no.1, pp. 6-12, 1998.
- [6] 이을환, 이남훈, 송윤하, 김재호 "칼라 벡터 오차확산법을 이용한 6색 프린터에서의 측색적 색 재현," *Journal of Korean Society for Imaging Science*. vol. 5, no.1, pp. 73-81, 1999.
- [7] 김종필, 문영득, 안석출, "시지각에 기반을 둔 잉크젯 프린터 보정" *Journal of Korean Society for Imaging Science*, vol. 3, no. 1, pp. 82-90, 1997.