

# 색채학적 모델을 이용한 칼라 프린터 특성화

한 규서, 김 홍기, 강 병호, 윤 창락, 김 진서, 조 맹섭

시스템공학연구소·감성공학연구부

대전 유성구 어은동 1번지

## Characterizing the Color Printer based on Colorimetric Model

Kyuseo Han, Hongki Kim, Byungho Kang, Changrak Yoon, Jinseo

Kim, Maengsub Jo

Human Computer Interface Department

Systems Engineering Research Institute

1 Ueundong , Yusong Gu Taejon

Kshan@peacock.seri.re.kr

### 요 약

다양한 응용분야에서 디지털 칼라영상은 프린터를 통하여 출력되어진다. 이러한 출력 장비들의 하드웨어적 특성은 칼라 영상의 색을 왜곡시켜 부정확한 색 재현을 얻게 된다. 본 논문에서는 색채학적 모델에 기반한 다차 비선형 변환을 이용하여 주어진 칼라 프린터의 특성을 알아내고 이를 보정하는 방법을 제시한다. 또한, 샘플의 개수를 변화하면서 비선형 변환식을 계산하여 기기의 특성화 모델링 과정에 필요한 적정수준의 샘플 개수를 제시한다. 실험을 통하여 원본의 색과 재현되어진 색의 색차를 구함으로써 제시되어진 방법의 타당성을 검증한다.

### 1. 서 론

최근 컴퓨터의 보급 증가와 주변기기

가격 하락에 따라 칼라영상 입출력 기기의 보급이 증가하고 있다. 이러한 칼라영상 입출력 기기들은 회사, 종류, 방식에 관계없이 주어진 칼라영상에 대하여 동일한 색상 혹은 최소오차 한계내의 색상으로 재현하여야 한다. 그러나, 실제적으로 이러한 요구는 거의 이루어지지 않은 상태이다. 특히 프린터의 경우 색공간의 상이성으로 인한 색상 재현의 어려움이 다른 기기들에 비하여 심각한 경우가 대부분이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 방법이 제안되었으며 일반적으로 기기들의 특성을 파악하여 그 특성을 반영하는 색 재현 기법을 사용하는 것이 널리 사용되어지고 있다.<sup>1,2)</sup> 이러한 기법의 사용에 있어 중요한 부분은 재현되어진 칼라와 이 칼라를 표현하는 데 필요한 잉크량 사이의 적절한 수학적 변환식을 얻어내는 것이다. 본 논문에서는 색채학적 모델에 기반한 다차 비선형 변환 방법을 이용하여 주어진 칼라 프린터의 특성을 알

아내고 이를 보정하는 방법을 제시한다. 제시하는 방법에서는 2차, 3차 변환모델을 이용하여 주어진 칼라 프린터의 특성을 계수의 형태로 알아낸 뒤 이를 출력 시 적용하여 색보정을 수행한다. 또한, 변환 모델 계산 시 사용되어지는 샘플의 개수를 변화 시키면서 이를 색보정 과정에 적용한다. 이상의 과정으로 다차 변환 모델을 이용한 기기의 특성화 과정에 필요한 적정 수준의 샘플 개수를 제시한다. 일반적인 경우 샘플 수 증가에 따라 변환 모델의 정확도는 높아지는 것으로 제시되어지고 있다.<sup>[3]</sup> 실험을 통하여 원본의 색과 재현되어진 색의 색차를 구함으로써 제안하는 방법의 타당성을 검증한다.

## 2. 칼라 프린터 특성화를 위한 다차 비선형 변환

여기서 제시되는 특성화 방법은 Clapper<sup>[4]</sup>에 의해 제안되었다. 이 방식은 자극치(tristimulus value)와 잉크값(colorant value)의 관계를 다차 방정식으로 나타내는 것이다.

2차 선형 변환식은 아래의 식과 같이 이루어진다.

$$C = f_2(Dr, Dg, Db) \quad (1)$$

여기서  $Dr = \log_{10}(X_o/X)$ ,  $Dg = \log_{10}(Y_o/Y)$ ,  $Db = \log_{10}(Z_o/Z)$ 이며,  $f_2(Dr, Dg, Db)$ 는 2차 변환식을 의미한다. C는 cyan 잉크에 대한 농도 값이다.  $X_o$ ,  $Y_o$ ,  $Z_o$  값은 표준 광원의 XYZ 값이다.

Magenta, Yellow 잉크에 대해서도 식(1)과 동일하게 적용되어진다.

$$M = f_{2m}(Dr, Dg, Db) \quad (2)$$

$$Y = f_{2y}(Dr, Dg, Db) \quad (3)$$

식(1), (2), (3)의 계수들의 계산은 다양한 최적화방법이 이용되고 있지만 본 연구에서는 최소자승오차법(Least-Square fit)에 의해 계산하였다.

3차 선형변환식은 식(1)에서 제시한 선형변환식을 변형하여 이루어진다.

$$C = f_3(Dr, Dg, Db) \quad (4)$$

여기서  $Dr, Dg, Db, C$ 는 식(1)에서 설명한 내용과 같다.

## 3. 실험 및 결과

제안하는 프린터 특성화를 위한 비선형 변환방법을 검증하기 위하여 일반적으로 이용되는 잉크젯 프린터를 사용하였다. 비선형 변환식을 구하기 위하여 사용된 샘플들은 아래의 표 1.과 같이 정하였다.

표 1. 각 샘플을 구성하는 cmy 값

샘플수	c,m,y 값	
		c
27	m	0,60,100
	y	0,70,100
		c
125	m	0,30,60,85,100
	y	0,40,70,90,100
		c
729	m	0,10,30,50,70,80,90,95,100
	y	0,20,45,60,75,85,92,97,100

각 샘플에 구성하는 cmy 값은 인간 시각 체계적인 면으로 동일한 색차를 유지하도록 정하였다.<sup>[5]</sup> 또한 얻어진 다차 비선형 변환식의 검증을 위하여 125개의 test 샘플을 만들어 이를 모델에 적용하였다. 125개의 샘플의 cmy 값은

cmY 좌표계상에서 동일한 좌표차를 가지고 있다(e.g. 0, 25, 50, 75, 100). 그림 1. 에 test sample 의 x-y 분포도를 나타내었다.

최소자승법으로 구한 비선형 변환식을 검증하기 위하여 125 개의 테스트 샘플을 프린트 한 뒤 각 샘플의 XYZ 값을 측정한다. 측정되어진 XYZ 값을 프린터 특성화 모델에 적용하여 CMY 값을 구한다. 이렇게 구해진 CMY 값을 프린터를 통하여 출력한 뒤 다시 XYZ 값을 측정하여 모델 입력 값으로 사용되어진 XYZ 값과의 차를 계산한다.

측정에 사용된 장비는 spectrodensitometer 이고 출력 시 사용된 용지는 업체에서 제공하는 전용출력용지를 사용하였다. 검증을 위한 계산으로 CIE Lab 상에서의  $\Delta E_{ab}$  값과  $\Delta E_{cmc(1:1)}$  을 이용하였으며  $\Delta E_{ab}$  계산식은 아래와 같다.<sup>[1,2]</sup>

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (5)$$

이상과 같이 실험을 통한 결과가 표 2 에 정리되어있다.

실험 결과에서 볼 수 있듯이 대부분의 경우 모델의 차수가 증가할수록  $\Delta E$  는 줄어드는 경향을 보이고 있다. 단 27 개의 샘플을 사용하였을 때는 차수가 증가함에도 불구하고  $\Delta E$  또한 증가함을 보이고 있는데 이는 변환식의 계산 시 local minima 의 영향으로 여겨진다. 또한 각 모델의 성능 결과가 정규분포를 따르지 않는 경우를 위해 Median 값을 이용하여 분석하였다. 이 경우에도 같은 결과가 얻어짐을 알 수 있다. 즉, 모델 차수의 증가나 샘플 수의 증가에 따라 그 결과값들이 감소함을 볼 수 있다. 그러나 많은 수의 샘플은 측정에 필요한 시간이 요구되므로 적절한 샘플의 수가 요구된다. 이상의 실험 결과로 125 개의

샘플을 이용하여 3 차 변환 모델을 이용하는 것이 적절하다고 제안한다.

그림 2. 에 위에서 제안한 방법으로 실험한 test sample 에 대한 a-b 공간상에서의 분포를 나타내었다. 분포도에서 알 수 있듯이 대부분의 샘플의 경우 원래의 값과 재현(reproduced)되어진 값들이 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 단, red 와 magenta 영역에서 불일치 되는 값들의 분포를 볼 수 있다. 이러한 결과는 모델 구성상에서 최적화 방법내의 예러 값으로 색역 변환(Gamut mapping)을 통하여 보정해 주어야 할 것이다.

표 2. 각 모델과 샘플수에 따른 결과

Average			
sample	model	$\Delta E_{ab}$	$\Delta E_{cmc(1:1)}$
27	2 <sup>nd</sup> order	6.74	4.36
	3 <sup>rd</sup> order	8.06	5.11
125	2 <sup>nd</sup> order	5.29	3.32
	3 <sup>rd</sup> order	2.87	1.81
729	2 <sup>nd</sup> order	5.47	3.39
	3 <sup>rd</sup> order	2.82	1.77
Median			
sample	model	$\Delta E_{ab}$	$\Delta E_{cmc(1:1)}$
27	2 <sup>nd</sup> order	5.89	3.93
	3 <sup>rd</sup> order	6.95	4.55
125	2 <sup>nd</sup> order	4.44	2.93
	3 <sup>rd</sup> order	2.83	1.78
729	2 <sup>nd</sup> order	4.24	2.67
	3 <sup>rd</sup> order	2.43	1.63

#### 4. 결 론

본 논문에서는 칼라 프린터의 특성화 모델을 구하기 위하여 다차 비선형 변환식을 이용하였다. 또한, 변환식 계산에 이용되어지는 샘플의 개수를 변화하면서 적절한 개수를 예상하여 보았다. 실험 결과로는 729 개의 샘플을 사용한

3차 변환 모델에서 가장 낮은  $\Delta E$  값을 보였다. 그러나 125 개의 샘플을 이용한 3차 변환 모델에서의  $\Delta E$  값과 큰 차이를 유지하고 있지는 않다. 결론적으로 125 개의 샘플을 이용한 3차 변환 모델이 유용하다고 제안한다. 본 논문에서는 다차 변환모델 중 2차, 3차 변환 모델을 대상으로 하였지만 그 이상 고차 변환모델에 대해서도 많은 연구가 필요하다. 또한, 샘플의 값을 정하는데 있어서 다른 알고리즘을 사용하는 문제에 대한 연구가 필요할 것이다.

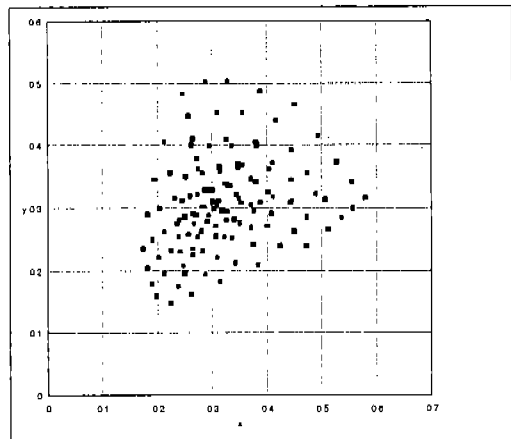
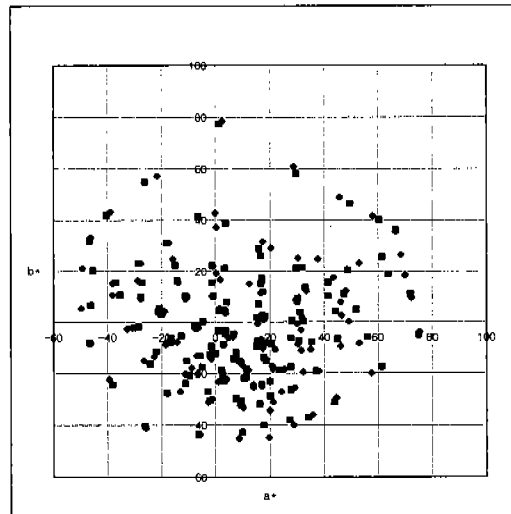


그림 1. Test sample 의 x-y 분포도

### 참고문헌

- [1] R.W.G. Hunt, "The Reproduction of Color," 5<sup>th</sup> edition, Fountain press, 1995
- [2] Henry R. Kang, "Color technology for electronic imaging device", SPIE Optical Engineering press, 1997
- [3] 한규서, 김춘우, "기준색 고정 색 보정 방법과 칼라 스캐너-프린터에의 응용", 한국화상학회 논문지, vol. 2, No.1, pp. 1-10, 1996
- [4] F.R.Clapper, "An Empirical Determination of Half-tone Colour Reproduction Requirement," TAGA Proceedings, pp. 31-41, 1961
- [5] A.Johnson, M.R. Luo, J.H.Xin and P.A. Phodes, "Aspects of Colour Management. Part I-Characterisation of Three-Colour Imaging Devices in colour Research and Application," colour Research and Application, vol. 22, pp000-000, 1997



◆ - original a-b value  
 ■ - reproduced a-b value

그림 2. Test sample 의 original vs. reproduction a-b diagram.