

# 프린터의 Black Printer Algorithm 에 관한 연구

김흥기, 조맹섭  
한국전자통신연구원 영상처리연구부  
e-mail : [hkimrock@mail.etri.re.kr](mailto:hkimrock@mail.etri.re.kr)

## A Study on the Black Printer Algorithm for Ink Jet Printer

Hong-Kee Kim, Maeng-Sub Cho  
Dept. of Image Processing, ETRI

### 요 약

BPA(Black Printer Algorithm)은 잉크젯 프린터에서 사용되는 C(사이안), M(마젠타), Y(옐로우) 잉크에 대한 검정(Black) 잉크의 양을 결정하는 알고리즘이다. CMY 잉크로 인쇄한 이미지의 칼라 품질은 모니터가 재생할 수는 있는 칼라 영역보다 적다. 또한 CMY 잉크를 각각 100%씩 섞었을 때 이론적으로는 검정 색이 나와야 하나 실제로는 검정 색을 정확하게 재현하지 못한다. 그래서 대부분의 프린터는 검정(K) 잉크를 기본으로 제공하며 CMY 잉크로 표현될 회색 영역의 부분을 검정 잉크로 대신 표현해 주기 때문에 프린터의 재현 영역을 확장 시킬 수 있다. 또한 검정 잉크의 사용으로 인쇄품질의 색조 대비(contrast)를 증가 시킬 수 있고 CMY 잉크를 검정 잉크로 대신 인쇄하기 때문에 CMY 잉크를 절약하는 효과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 본 잉크젯 프린터의 K(black) 잉크와 CMY(cyan, magenta, yellow) 잉크와의 관계를 살펴보고 이 특성을 이용해 검정 잉크를 조절하는 방법 중에 하나인 3차 다항식의 BPA(Black Printer Algorithm)를 구현하였다. 결과에서는 성능 테스트에 대한 내용과 성능 향상을 위한 방법에 대해 논의 하였다.

### 1. 서론

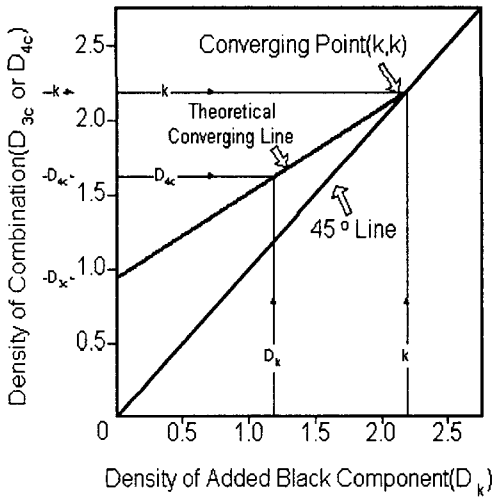
잉크젯 칼라 프린터는 가격대비 성능이 우수해 널리 보급되고 있는 칼라 재생 장치중의 하나이다. 이에 따라 원본이미지 그대로 프린터에서 재현하려는 다양한 방법이 연구되고 있다[1]. 프린터가 재생할 수 있는 칼라 영역(Gamut)은 모니터의 칼라 재생 영역보다 적다. 이론적으로 프린터는 C,M,Y 잉크로 모니터의 RGB영역을 재생할 수 있다. 그러나 실제에서는 프린터의 3색 잉크를 100% 사용해 인쇄하더라도 검정 색을 재현 못하고 어두운 남청 색을 출력한다. 이러한 단점을 보완하고 프린터의 재현 영역의 확장 및 인쇄 품질의 콘트라스트 증가를 위해 4색인 검정(K)잉크를 도입하게 되었다. 검정 잉크의 사용은 프린터의 어두운 색 영역을 확장하고 3색 잉크의 일정 양을 대체해서 인쇄하는 역할을 한다. CMY 3색 잉크

의 인쇄에서는 주어진 RGB의 칼라를 표현하기 위해서 보통 C,M,Y를 각각 255-R, 255-G, 255-B로 계산하여 구하였다. 반면 4색 잉크의 인쇄에서는 CMY의 최대 공통영역을 검정 색 잉크로 대체하고 그 외 부분을 3색 잉크로 보충하여 이미지를 재생할 수 있다. 검정 잉크는 회색영역을 대체하는 데 사용된다. 그러나 잉크의 질이나 인쇄 용지로 인해서 사용되는 검정 잉크의 양과 인쇄되어 나타나는 부분의 감도에는 단순한 선형의 성질이 존재하지 않기 때문에 검정 잉크의 양을 조절하는 것은 쉬운 일은 아니다. 그리고 4색 잉크가 한 도트의 영역으로 찍혔을 때의 밀도는 각 잉크의 밀도의 합보다 더 작다[2]. 이것은 잉크의 물리적 특성, 인쇄의 형태, 인쇄된 도트의 구조, 인쇄 용지의 난반사 등의 특성에 기인한다. 이러한 칼라 프린터의 성질을 수학적 모델로 해석하여 검정 색 잉

크를 조절하려는 방법 중에 BPA(Black Printer Algorithm)이 있다. 여기서는 실험에 사용된 잉크젯 프린터의 검정 잉크 특성을 알아보고 이를 적용한 3차 다항식의 BPA과 이를 적용한 실험 및 그 결과를 살펴본다.

2. 블랙프린터 알고리즘 고찰

BPA는 3색의 C,M,Y 잉크와 검정 잉크 K간의 특성을 이용한 알고리즘으로 K와 4색(CMYK)으로 이루어진 칼라의 밀도를 알 때 3색(CMY)의 각 칼라 밀도를 예측해서 각각의 C,M,Y 잉크의 양을 결정하는 역할을 한다.



[그림 1] K의 추가에 따른 4색 잉크의 밀도 관계

[그림 1]은 일반적으로 3색 CMY 잉크에다 검정 잉크의 양을 점점 증가하면서 인쇄할 때의 특성을 나타낸 그래프이다. X축은 검정잉크의 밀도(D<sub>k</sub>)를 나타내고 Y축은 3색과 4색의 밀도(D<sub>3c</sub>, D<sub>4c</sub>)를 나타내고 있다. 이때의 밀도는 C,M,Y 잉크의 개별적인 밀도 값이 아니고 CMY 잉크를 한 점에서 동시에 인쇄했을 때의 밀도를 나타낸다. 그림에서 Y축 선상의 점은 K의 밀도가 0이므로 3색 CMY의 밀도 값을 나타낸다. 이 3색에다 검정 잉크의 양을 점점 증가 시키면서 추가를 하면 그래프의 기울기가 1 보다 작은 직선이 된다. 이론상으로는 이 직선은 45도 직선과 평행한 직선이 되어야 한다. 그러나 실제에서는 추가되는 잉크의 밀도 값은 정비례하지 않기 때문에 기울기가 1 보다 작은 직선이 된다. 그리고 검정 잉크의 양을 최대 했을 때는 밀도의 그래프는 그림의 원점을 지나는 45도 직선상의 한 점으로 수렴하게 된다. BPA는 45도 직선상에서 수렴하는 점과 Y축상의 절편과 만나는 직선에 관계를 표현한 알고리즘이다. [식 1]은 인쇄된 칼라값 XYZ에 대해 이를 밀도 값으로 변환하는 식이다. 식에서

X0,Y0,Z0는 흰색의 샘플에 대한 XYZ값이다.

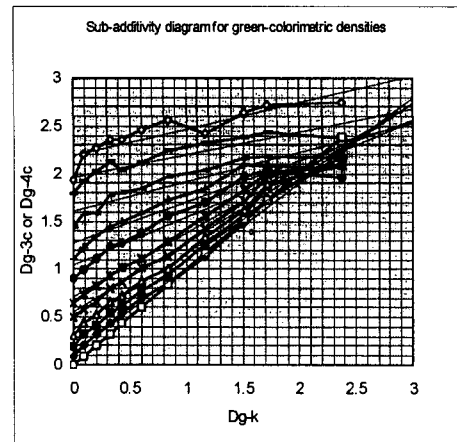
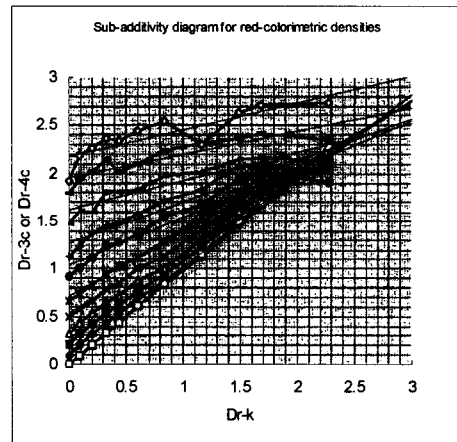
$$D_r = \text{LOG}_{10}(X0/X), D_g = \text{LOG}_{10}(Y0/Y), D_b = \text{LOG}_{10}(Z0/Z)$$

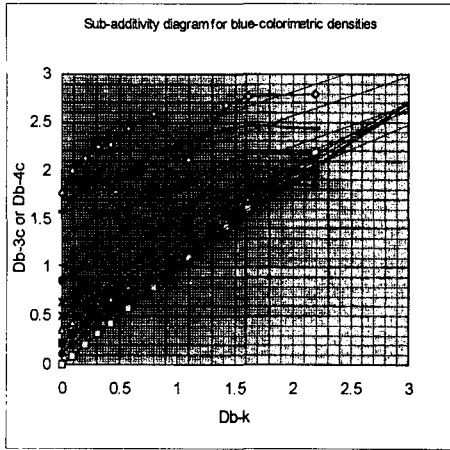
, X0,Y0,Z0는 흰색의 X,Y,Z [식 1]

3. CMY와 K 잉크의 특성 그래프

[그림 2]는 본 실험에서 사용한 잉크젯 프린터의 특성을 나타낸 그래프이다. 그래프에는 11 단계의 K 밀도를 변화 시킨 점을 연결한 곡선이 10개가 있으며 각 선은 추세 선을 가지고 있다. 그래프의 아래부터 위로의 선은 다음과 같은 CMY 칼라 값을 가지고 있다.

C6M7Y7	C12M13Y14	C18M19Y21	C25M26Y29
C33M34Y38	C41M41Y46	C49M47Y57	
C67M62Y71	C84M80Y86	C100M100Y100	





[그림 2] 잉크의 특성을 나타낸 추세선 그래프

[그림 2]의 3개의 그래프를 보면 K의 추가에 따른 4색 잉크의 밀도 관계가 R,G,B의 요소로 볼 때 서로 비슷한 양상을 보이고 있으나 [그림 1]과 같은 직선의 형태로 나타나지 않고 있다. 이는 실험에 사용된 잉크젯 프린터가 저가의 모델이고 또한 잉크의 특성이 좋지 않기 때문이다. 또한 그래프의 추세 선들도 한 점으로 수렴하지 않고 있다.

4. 3차 다항식 블랙프린터 알고리즘

[그림 2]와 같은 특성을 가진 프린터에 대해 BPA를 구현하려면 우선 밀도 값이 2.5에서 3 사이에 있는 추세선의 평균값을 강제적인 수렴점으로 잡고 BPA 알고리즘을 수행해야 한다. 그래프에서 3개의 수렴점을 각각  $(a_x, a_y)$ ,  $(b_x, b_y)$ ,  $(c_x, c_y)$ 라 하면 수렴점과 4색의 밀도 값을 가지고 다음 [식 2]에 의해 3색에서의 각 RGB 요소의 밀도 값을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{r-3c} &= (a_x D_{r-4c} - a_y D_{r-k}) / (a_x - D_{r-k}) \\ D_{g-3c} &= (b_x D_{g-4c} - b_y D_{g-k}) / (b_x - D_{g-k}) \\ D_{b-3c} &= (c_x D_{b-4c} - c_y D_{b-k}) / (c_x - D_{b-k}) \end{aligned} \quad \text{[식 2]}$$

[식 2]에서는 그래프의 각 10개의 점을 선형의 추세선으로 연결한 것과 또한 이 추세선들의 평균 수렴점을 가지고 3색의 밀도 값을 구하기 때문에 오차가 포함된 부정확한 값이 산출될 수 있다. 그래서 본 논문에서는 밀도 값들의 점들을 강제로 1차원의 추세선에 매핑시키는 방법을 다음 [식 3]과 같이 보완하였다.

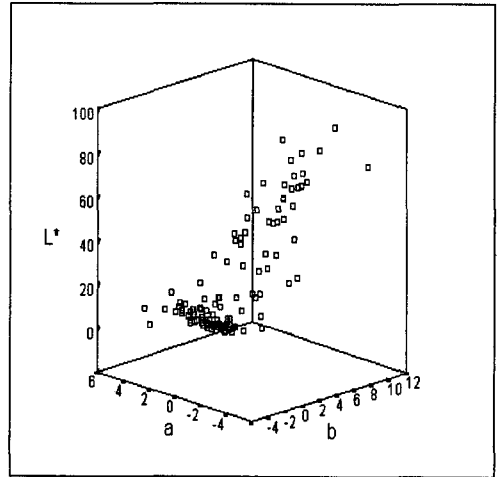
$$\begin{aligned} D_{r-3c} &= a_{1,1} D_{r-4c} + a_{1,2} D_{r-k} + a_{1,3} D_{r-4c}^2 + a_{1,4} D_{r-k}^2 + \\ & a_{1,5} D_{r-4c} D_{r-k} + a_{1,6} D_{r-4c}^3 + a_{1,7} D_{r-k}^3 + a_{1,8} D_{r-4c}^2 D_{r-k} \\ & + a_{1,9} D_{r-k}^2 D_{r-4c} + a_{1,10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{g-3c} &= a_{2,1} D_{g-4c} + a_{2,2} D_{g-k} + a_{2,3} D_{g-4c}^2 + a_{2,4} D_{g-k}^2 + \\ & a_{2,5} D_{g-4c} D_{g-k} + a_{2,6} D_{g-4c}^3 + a_{2,7} D_{g-k}^3 + a_{2,8} D_{g-4c}^2 D_{g-k} \\ & + a_{2,9} D_{g-k}^2 D_{g-4c} + a_{2,10} \end{aligned}$$

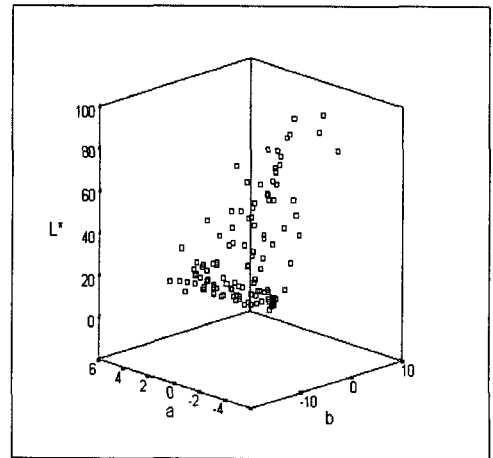
$$\begin{aligned} D_{b-3c} &= a_{3,1} D_{b-4c} + a_{3,2} D_{b-k} + a_{3,3} D_{b-4c}^2 + a_{3,4} D_{b-k}^2 + \\ & a_{3,5} D_{b-4c} D_{b-k} + a_{3,6} D_{b-4c}^3 + a_{3,7} D_{b-k}^3 + a_{3,8} D_{b-4c}^2 D_{b-k} \\ & + a_{3,9} D_{b-k}^2 D_{b-4c} + a_{3,10} \end{aligned}$$

[식 3]

[식 3]에서  $(D_{r-3c}, D_{g-3c}, D_{b-3c})$ 와  $(D_{r-4c}, D_{g-4c}, D_{b-4c})$ 는 3색과 4색의 RGB 요소에 대한 색의 밀도를 나타내고  $(D_{r-k}, D_{g-k}, D_{b-k})$ 는 검정 색의 RGB 요소의 밀도를 나타낸다. 계수  $a_{ij}$ 는 그래프의 각 점을 보간법으로 구한 값이다. 첨자  $i$ 는 각각 1,2,3일 때  $D_r, D_g, D_b$ 을 나타낸다.



[그림 3] 입력 데이터의 L\*ab 도식



[그림 4] 출력 데이터의 L\*ab 도식

[식 3]을 통해 나온 C,M,Y의 밀도 값은 참조테이블(Look Up Table)을 통하여 실제 C,M,Y의 칼라 값을 산출해 낸다. 본 실험에서 사용된 프린터의 성능과 3차 다항식 BPA 알고리즘의 성능을 측정하기 위해서 [식 3]에서 구한 C,M,Y,K의 칼라 값을 가지고 프린터로 직접 인쇄한 후 얻어진 이미지를 계측기로 측정하여 XYZ의 값을 얻었다. 실험 전단계에서 초기 XYZ의 값과 BPA를 거쳐 나온 XYZ를 가지고 CIE L\*ab값으로 변형시켜 CIE ΔLab값을 구할 수 있다. [그림 3]은 실험 전단계의 XYZ값을 L\*ab로 도시한 것이고 [그림 4]는 3차 다항식 BPA를 거쳐서 나온 결과이다. 두 그림에서 보면 밝기(Lightness)가 낮은 부분에서 조밀하게 모여 있던 칼라[그림 3]들이 [그림 4]에서는 성긴 모습을 보이고 있고 다른 부분은 칼라 공간에서의 분포가 유사한 것을 알 수 있다.

5. 실험 결과 및 토의

본 실험에서 나온 CIE ΔLab는 약 7.3이었다. 그 밖의 밝기와 색상의 측면에서의 평균 칼라 값은 다음과 같다.

	ΔL	ΔC	ΔH	ΔLAB	ΔCMC
Mean	4.51	3.9	2.84	7.35	10.08

본 논문에서는 3차 다항식 BPA를 소개하고 이를 잉크젯 프린터로 적용한 실험을 하였다. 프린터에서 잉크 특성이 좋을수록 검정 잉크(K)의 밀도 값에 비례하여 4색 잉크의 밀도 값도 일정한 증가율에 의해 변화하며 밀도 그래프는 곡선이 직선화 된다. 실제에서는 잉크특성 외에 여러 가지 하드웨어적인 특성 때문에 잉크의 밀도함수가 단순한 직선을 이루지 않으며 또 한 점으로 수렴하지 않기 때문에 각 밀도 값을 보간법으로 계산한 3차 다항식 BPA가 효율적이라 말할 수 있다. 그리고 BPA를 통해 CMY 잉크로는 완전히 표현할 수 없는 검정 색을 인쇄할 수 있어 프린터의 인쇄 영역의 확장과 색 대조(contrast)를 높이고 CMY 잉크를 절약 할 수 있는 장점이 있다.

참고문헌

[1] R. W. G. Hunt, Measuring Colour, Second Ed., Ellis Horwood, 1992  
 [2] Mei Chun Lo, The LLAB Model For Quantifying Colour Appearance, Ph.D. Thesis, The Loughborough University of Technology, 1995  
 [3] Birkenshaw, J.W., Scott-Taggart, M. and Tritton, K.T., The black printer, TAGA Proc., 1985  
 [4] R. W. G. Hunt, The Reproduction of Colours, Fountain Press England, 1995.