

# 잉크젯 프린터의 칼라 보정을 위한 오차역전파 알고리즘의 매핑 연구

김흥기<sup>o</sup> 조맹섭  
한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소  
영상처리연구부 칼라이미징연구팀  
{hkimrock, choms}@etri.re.kr

## A Study on the Mapping for Adjustment of Colors on Ink Jet Printer with Error Back Propagation

Hong-Kee Kim<sup>o</sup> Maeng-Sub Cho  
Color Imaging Research Team, Image Processing Research Dept.,  
Computer Software Technology Research Lab., ETRI

### 요 약

정보통신의 발전에 따라 컴퓨터 및 주변 장치간에 칼라를 정확히 재생할 수 있는 능력이 산업 경쟁력에 중요한 요소로 부상하고 있다. 본 논문에서는 모니터 상의 이미지를 프린터로 인쇄하기 위하여 사용되는 기존의 참조테이블(Look Up Table) 방식을 살펴보고 이 기능을 대체할 수 있는 신경회로망에 의한 칼라보정 매핑 방법을 제안하였다. 참조테이블 방식에서는 3차원으로 구성된 테이블을 구성하기가 쉽지 않고 구간 사이의 칼라값은 보간법을 써서 구해야 한다. 신경회로망에 의한 방법에서는 일단 학습을 완료하면 실시간으로 칼라를 보정해 주는 장점이 있다. 실험에서는 두 가지 방법에 의한 칼라 샘플의 모델을 통한 결과 값을 비교해 보고 상호간의 장단점과 성능 향상을 위한 방법을 토의 하였다.

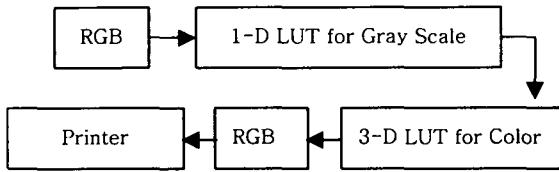
### 1. 서론

현대사회는 정보통신 산업의 발전에 따라 칼라의 재생 능력이 산업 경쟁력을 좌우하는 중요한 요소가 되고 있다. 특히 디지털 TV 및 컴퓨터 관련 산업에서는 칼라 과학이 핵심분야로 부상하고 있다[1]. 기존 인쇄 산업에서도 정확한 칼라 재생을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 잉크젯 프린터에서 이미지를 인쇄할 때 사용되는 참조테이블(Look Up Table)을 대신할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 신경회로망의 오차역전파 알고리즘(Error Back Propagation)[2]으로서 이를 이용 이미지의 칼라보정 값을 자동으로 매핑해서 프린터로 출력하게 된다. 제안된 방법은 참조테이블을 구성하는 복잡한 작업을 덜어 준다. 실험에서는 테스트 칼라 샘플을 가지고 참조테이블 방식과 제안된 방법을 통해 상대적인 성능을 추출하였고 결론에서는 상호간의 장단점과 성능개선 방법에 대해 논의하였다.

### 2. 참조테이블 방식에 의한 매핑

모니터상에서 보여지는 칼라 이미지는 프린터 드라이버를 통하여 인쇄되어진다. 이 때 인쇄된 이미지의 칼라는 모니터 및 프린터의 하드웨어적 특성 때문에 모니터 상의 색과는 다소 차이가 나게 된다. 모니터 상에서 보이는 색을 그대로 인쇄하기 위해서 기존에는 참조테이블을 이용한 매핑을 사용하였다. Gray 스케일의 보정을 위한 참조 테이블 구성은 RGB 값을 각각 동일하게 주면 되므로 1차원의 테이블로 구성되며 구현하기가 간단하다. 그러나 칼라인 경우는 R,G,B 각 채널의 칼라 값에 대한 보정 값을 가지고 3차원 공간에서 RGB축을 중심으로 cubic 형태의 테이블을 구축하여야 한다. RGB축상의 기준이 되는 칼라들이 등간격을 이루고 있으면 참조테이블 구성이 쉬우나 보정을 위한 칼라값들은 대개 등간격을 이루지 않으므로 테이블 구성이 복잡하다. 그리고 보정하고자 하는 칼라값이 cubic 을 이루는 좌표를 지나지 않은 경우 그 칼라가 3차원 공간에 속한 위치를 구해야 하며 자신을 둘러싼 8개의 공간 좌표에서 보정값 8개를 보간하여 그 좌표의 보정값으로 해야 한다. 이렇게 구한 값은 참조 테이블을 구성하고 보간할 때 오차를 포함하게 되므로 정확한 보정값의 이미지를 출력하기가 어렵다. 다음의 [그림 1]은 참조테이블을 완전히 구성한 후 이미지를 출력하는 흐름을 보여주고 있다.

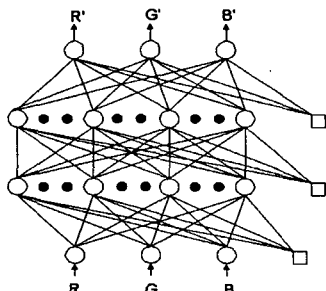
그림에서 RGB 이미지의 각 화소(pixel)는 1차원 참조 테이블을 통해 Gray 스케일이 보정된 값을 얻고 이 값은 다음 단계의 칼라보정을 위한 참조테이블을 거친다. 참조테이블을 거친 RGB는 보정된 칼라값을 가진 이미지로서 프린터로 넘겨져 출력하게 된다.



[그림 1] 참조테이블에 의한 이미지 출력

### 3. 신경회로망에 의한 칼라보정 매핑

상기 참조테이블 방식에서는 3차원으로 테이블을 구현하기 어렵고 참조테이블 구간 사이의 값에 대해서는 보간법을 사용하여야 하기 때문에 오차가 존재한다는 단점이 있었다. 보다 쉬운 칼라보정값 매핑을 위하여 신경회로망 기법을 도입해 참조테이블의 기능을 대신 하면 효과적인 것이다. 그래서 본 논문에서는 신경회로망의 대표적 기법인 오차역전파 알고리즘을 사용하여 이를 구현하였다. 오차역전파 알고리즘은 입력값과 목표값으로 이루어진 벡터를 스스로 학습을 하면서 노드 사이의 연결강도(weight)를 변화시킨다. 학습 도중에 입력값에 대해 출력층의 노드값이 목표값과 원하는 만큼 가까워지면 학습을 중단하게 되고 학습정보가 담긴 노드사이의 연결강도의 값을 저장하게 된다. 일단 학습을 완료한 후에는 어떠한 입력 벡터에 대해서도 학습정보를 바탕으로 적절한 출력값을 실시간으로 처리해 준다. [그림 2]는 실험에서 사용한 오차역전파 알고리즘의 구조도이다.



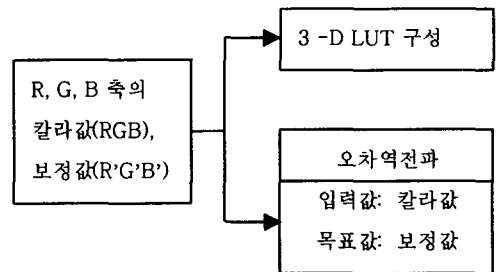
[그림 2] 오차역전파 알고리즘의 구조도

여기서는 칼라 샘플의 RGB 값을 입력값으로 취하고 그 해당 샘플의 보정값(R'G'B')을 목표값으로 취하여 학습을 시켰다. 학습을 완료하면 실제 이미지의 RGB 값이 [그림 2]의 입력값으로 들어가고 출력값으로 보정된 R'G'B'가 나온다. 이 보정된 값들로 이루어진 새로운

이미지 RGB 파일은 프린터의 드라이버를 거쳐서 프린터 신호인 CMYK로 변형되고 프린터로 출력하게 된다. 오차역전파 알고리즘에 의한 칼라 값의 보정 방법은 RGB와 보정 RGB를 가진 표본 샘플에 대해 학습을 완료하게 되며 학습 데이터가 아닌 칼라값에 대해서도 자동으로 칼라보정값을 산출하게 된다. 이 때의 정확성은 학습 정도와 모집단을 대표할 학습데이터를 합리적으로 선택하였는지 여부가 오차역전파 알고리즘의 성능을 좌우한다.

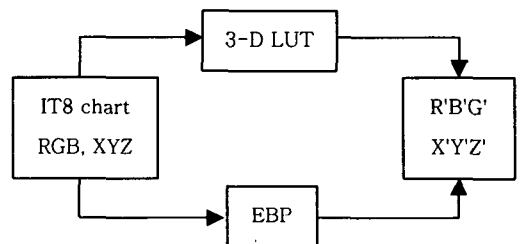
### 4. 실험 및 성능 분석

기존 참조테이블에 의한 보정값 산출방법과 오차역전파 알고리즘에 의한 방법을 수행하기 위하여 RGB 각 축으로 8개씩의 칼라 값과 그에 해당하는 보정값을 추출 하였다.



[그림 3] RGB 값과 보정값의 사용

[그림 3]은 RGB 값과 보정값의 사용방법에 관한 내용의 그림이다. 그림과 같이 RGB 값과 그 보정값은 3차원의 LUT를 구성하게 되며 동시에 오차역전파 알고리즘을 위한 학습 데이터로 사용된다. 학습은 RGB 각 축으로 8개씩의 칼라 값을 입력 데이터로, 그에 대응하는 보정값을 목표값으로 취하고 이들의 벡터를 임의로 선택하여 학습 시켰다. 오차역전파 알고리즘의 수행을 위한 구조는 [그림 2]와 같이 입력층의 R, G, B 값을 받기 위한 3개의 노드와 각각 6개의 노드를 가진 은닉층 2개와 보정값을 산출하는 3개의 노드를 가진 출력층으로 이루어져 있다. 그리고 각 층에서의 노드는 하위층의 모든 노드들과 연결강도의 값을 가지고 연결되어 있다. 학습초기에는 연결강도는 임의의 값을 가지며 입력 벡터를 임의로 취해 상위층의 노드로 보내고 출력층에서는 목표값의 차이에 따라 그 오차(error)를 다시 하위층으로 보내면서 점진하강법(Gradient decent)에 의해 연결강도의 값을 바꾸게 된다. 이와 같은 작업을 계속하면서 출력층에서 값이 목표값과 원하는 만큼 가까워졌을 때는 학습을 멈추게 된다.



[그림 4] 성능 평가 흐름도

[그림 4]는 학습 후 성능 테스트에 관한 내용의 그림이다. 시스템의 테스트를 위한 칼라 샘플은 IT8 차트에서 채도가 높은 칼라와 회색 계열의 칼라를 선택하였다. 선택된 칼라는 모니터 상에서 디스플레이시키고 계측 장비로 측정하여 XYZ 값을 얻는다. 동시에 해당 칼라의 RGB 값은 참조테이블과 오차역전과 알고리즘의 입력값으로 들어가게 된다. 참조테이블에서 다시 출력값으로 나오는 값은 보정된 새로운 R'G'B'가 되고 이를 인쇄하여 계측장비로 측정하면 X'Y'Z'를 얻게 된다. 모니터 상의 칼라 샘플을 계측한 XYZ와 프린터로 인쇄된 X'Y'Z'값을 CIE L\*a\*b값으로 변환시켜 그 차이 값( $\Delta$ CIELab)으로 성능을 평가할 수 있다. 오차역전과 알고리즘으로 나온 R'G'B'도 프린터로 인쇄한 후 계측기로 측정하여 X'Y'Z'를 얻고 동일한 방법으로  $\Delta$ CIELab 값을 얻을 수 있다. 참조테이블의 방식과 오차역전과 알고리즘에 의한 방식의 성능 비교는 두  $\Delta$ CIELab 값과의 비율로서 평가할 수 있다. 본 실험에서는 참조테이블에 의한 방법과 오차역전과 알고리즘에 의한 방법은  $\Delta$ CIELab 값이 1: 1.4 정도 비율의 차이를 보이고 있다.

#### 5. 토의 및 결론

칼라 장비는 장비가 가진 하드웨어적 특성 때문에 정확한 칼라의 재현이 어렵다. 또한 이를 해결하기 위해 하드웨어적 특성을 모델링하는 비선형적인 방법도 다양하게 제시되고 있다. 본 논문에서는 모니터상의 이미지의 색과 잉크젯 프린터의 출력물의 색을 일치시키기 위한 방법으로 참조테이블에 의한 방법을 대신 할 수 있는 신경회로망에 의한 방법을 제안하였다. 참조테이블 방식은 3차원 테이블을 구성하기가 어렵고 테이블 구간 사이의 값들은 보간법을 사용하여 구하여야 하는 어려움이 있다. 제안 알고리즘은 학습데이터를 적절히 선택하고 은닉층과 노드의 구성을 잘 하면 스스로 비선형적으로 학습을 하면서 목표값으로 매핑을 시켜주기 때문에 효과적인 칼라 보정을 할 수 있다. 학습을 완료한 다음에는 학습된 연결강도의 값을 가지고 실시간으로 보정된 이미지를 얻을 수 있다. 앞으로 본 실험에서 사용된 방법의 성능향상을 위하여 모집단을 더욱 잘 대표할 수 있는 학습데이터의 선택 및 은닉층의 구성과 노드의 수, Learning Rate, Momentum 등을 다양하게 변화하여 연구하고자 한다.

#### 6. 참고 문헌

[1] R.W.G. Hunt, Measuring Colour, Second Ed., Ellis Horwood, 1992  
 [2] D.E.Rumelhart, J.L.McClelland and the PDP Research Group, Parallel Distributed Processing, MIT Press, 1986  
 [3] S. Tominaga, Color notation conversion by neural Networks and Its Application, SPIE vol. 2658, 253-260, 1996

[4] Shoji Tominaga, Color Control Using Neural Networks and Its Application, SPIE vol. 2658, 253-260, 1996  
 [5] 김홍기, 윤창락, 강병호, 김진서, 한규서, 조맹섭, 오차역전과 알고리즘을 이용한 칼라프린터 모델링, 한국정보과학회 98 춘계학술발표회, 제25권 1 호, 569-571, 1998  
 [6] 김홍기, 윤창락, 강병호, 김진서, 한규서, 조맹섭, 오차역전과 알고리즘을 이용한 분광 반사값과 XYZ 값에 대한 스캐너의 칼라 보정 비교, 한국정보과학회 98 추계학술발표회, 제25권 2호, 345-347, 1998  
 [7] 김홍기, 조맹섭, 오차역전과 알고리즘을 이용한 칼라 스캐너와 프린터의 통합 모델링, 한국정보과학회 99 추계학술발표회, 제 26권 2호, 324-326, 1999