

# 고차 신경회로망을 이용한 LCD 모니터의 색 보정에 관한 연구

정재훈, 이동욱, 조석재  
한국해양대학교 제어계측공학과  
e-mail : ronde@bada.hhu.ac.kr

## Color Correction of LCD Monitor Using High-order Neural Network

Jae-Hoon Jung, Dong-Wook Lee, Seok-Je Cho  
Dept. of Control & Instrumentation Engineering,  
Korea Maritime University

### 요 약

본 논문에서는 고차 신경망(High-order Neural Network)을 이용한 LCD 모니터의 색 보정 방법에 대해 제안하였다. 스캐너를 통해 입력받은 영상과 LCD 모니터상에 보여지는 영상의 색을 고차 신경회로망을 통해 보정하였다. 측색기를 이용하여 색표의 값을 측정하고 이를 신경회로망의 출력으로, LCD 모니터에 나타나는 값을 입력으로 하여 학습하였다. 입력은 측정값들의 상관항으로 구성되는 집합을 구성하여 고차 신경회로망의 입력으로 사용하였다. 최적의 실험결과를 얻기 위해 은닉층의 수와 노드 수를 변경하며 실험하였다. 실험을 통해 고차 신경회로망을 이용한 방법으로 원색에 가깝게 보정됨을 확인 하였다.

### 1. 서론

초기 노트북 PC에 주로 사용되었던 LCD(liquid crystal display)는 디지털 기술의 발달과 확산으로 비약적으로 성장하였다. LCD는 가볍고 공간을 절약할 수 있는 박형의 장점과 기술의 진보로 이루어진 우수한 화질로 점차 기존의 CRT 시장을 대체하고 있다[1][2][3].

LCD는 이러한 장점이 있지만 여전히 CRT의 색 재현 능력에는 미치지 못하고 있다. 영상 출력 장치들은 입력의 색을 얼마나 잘 재현(reproduction)하는냐가 중요하다. 그러나 LCD는 CRT의 전자빔에 의한 형광물질의 발광방식과는 달리 비자발광형 소자이다. Backlight의 빛을 액정의 결정특성을 이용하여 빛의 투과량을 조절함으로써 display 한다. 이런 방식으로 인해 자체왜곡과 저휘도 특성 그리고 주위환경의 영향으로 입력과 동일한 색상을 표현하지 못하는 경우가 많다[1][4][5].

이러한 문제를 해결하기 위한 색 보정 방법이 많이 연구되고 있다. 대표적인 방법으로는 선형변환방

법[6], LUT(look-up table)을 이용하는 방법[7], 그리고 신경회로망을 이용한 방법[4][8] 등이 있다. 선형변환방법은 다른 방법에 비해 보정 성능이 우수하지 못하며, LUT를 이용한 방법은 하드웨어상의 메모리를 많이 소모한다. 신경회로망을 이용한 방법은 선형변환방법보다 보정 성능이 우수하며, LUT보다 비용이 적게 들고 간단하게 구현 할 수 있다.

본 논문에서는 입력 영상과 LCD 모니터에 나타난 색과의 불일치를 해결하고자 고차 신경회로망 알고리즘을 이용하여 선형적인 색 좌표계 공간으로 변환시켜 색 보정하는 방법을 제안하였다. 고차 신경망회로망은 학습률, 활성화 함수의 기술기, 초기 입력의 연결값들의 변동에 대해 더 강인한 장점이 있어 우수한 보정 결과를 얻을 수 있었다[9].

### 2. 색 보정 방법

LCD 모니터의 비선형적인 색 왜곡의 보정은 곧 색 좌표계 변환의 문제이다. 기존의 선형변환방법은 입력과 출력의 색 좌표값의 순서쌍들을 이용하여 LMSE (least

mean square error) 선형변환을 나타내는 행렬을 계산한다. 색 보정은 주어진 색 좌표값을 계산된 행렬을 이용하여 변환한 뒤 출력함으로서 이루어진다. 이 방법은 입력 색 좌표와 출력 색 좌표간의 관계를 선형 변환하는 방법이므로 간단히 구현되나 보정 성능이 우수하지 못하다.

LUT을 이용한 방법은 선형 변환 방법과 같이 색 샘플들의 입력과 출력의 색 좌표값의 순서쌍으로 LUT을 구성한다. 주어진 색의 색 좌표값이 입력되면 LUT상의 존재 여부에 따라 LUT의 값을 그대로 출력하거나 LUT상의 주변의 값을 이용하여 색 좌표값을 보정해 준다. 이 방법은 선형 변환 방법에 비해 보간하는 과정에서 많은 시간이 걸리고 LUT의 구성을 위해서는 메모리를 많이 차지하는 문제가 있다.

신경회로망을 이용한 방법은 주어진 색 좌표값을 신경회로망으로 모델링하여 색 왜곡을 보정해 준다. 이 방법은 LUT보다 비용이 적게들고 성능이 우수한 장점이 있다. 본 논문에서는 신경회로망의 입력신호의 차원을 높여주는 고차 신경회로망을 이용함으로써 좀더 우수한 색 보정을 얻을 수 있었다.

### 3. 고차 신경회로망을 이용한 색 보정

본 논문에서는 근사화에 우수한 성능을 보이는 오차 역전파 알고리즘을 이용한 다층퍼셉트론(multilayer perceptron)을 이용하였다. (그림 1)은 고차 신경회로망을 다층퍼셉트론 모델과 결합한 것이다. 신경망의 근사화는 트레이닝 데이터를 가지고 다음과 같은 순서로 처리를 행한다.

- 단계 1. 모든 연결 가중치들을 작은 값으로 초기화
- 단계 2. 트레이닝 데이터를 인가
- 단계 3. 순방향 신호를 전달
- 단계 4. 역방향의 오차계산(backward computation)
- 단계 5. 오차 전파 및 반복수행(iteration)
  - 정의된 오차 이하가 될 때까지 단계 3과 4를 반복 수행

오차 역전파와 신경회로망 알고리즘에서  $w$ 의 연결 가중치로 연결된 신호  $x$ 를 입력으로 받아들인다. 식 (1)과 같이 연결 가중치와 곱해진 입력된 신호들은 모두 합한 후 이후 식 (2)의 적절한 활성화(activation) 함수, 즉 시그모이드(sigmoid) 함수를 통하여 식 (3)의 출력  $O$ 를 계산한다. 식 (4)는 목표치  $T$ 와 출력  $O$ 간의 오차

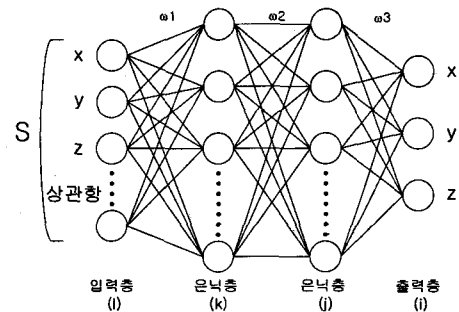
함수  $E$ 를 나타낸다. 식에서  $m$ 은 출력 수이다.

$$NT = xw^T \tag{1}$$

$$f(NT) = \frac{1}{1 + \exp(-NT)} \tag{2}$$

$$O = f(NT) \tag{3}$$

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (T_i - O_i)^2 \tag{4}$$



(그림 1) 다층퍼셉트론 고차 신경회로망

오차가 작게 나도록  $f(NT)$ 를 미분해서 신경회로망을 학습시켜야 하므로  $f(NT)$ 의 미분은 식 (5)와 같고, 오차가 초기에 설정한 값에 미치지 않으면 식 (1)-(3)의 과정을 반복하기 위해 각 층에서 서의 가중치  $w$ 를 갱신한다. 이때 가중치  $w$ 는 식 (5)-(8)에서 구해진다.

$$f(NT) = f(NT)[1 - f(NT)] \tag{5}$$

$$w_{ij}^{(t+1)} = w_{ij}^{(t)} + \Delta w_{ij} = w_{ij}^{(t)} + \alpha \delta_j O_j^{(t)} \tag{6}$$

$$w_{jk}^{(t+1)} = w_{jk}^{(t)} + \Delta w_{jk} = w_{jk}^{(t)} + \alpha \delta_j O_k^{(t)} \tag{7}$$

$$w_{kl}^{(t+1)} = w_{kl}^{(t)} + \Delta w_{kl} = w_{kl}^{(t)} + \alpha \delta_k O_l^{(t)} \tag{8}$$

본 논문에서 고차 신경회로망은 입력의 차원을 높여 사용하였다. 기존의 신경회로망 모델을 이용한 색 보정은 3개의 입력을 가지는 반면 고차 신경회로망은 이 값 외에 이들의 고차항과 이 값들의 곱으로 이루어진 상관항들을 가진다.

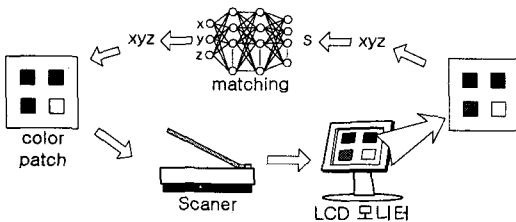
고차 신경회로망에서의 입력신호는 3 자극치를 [0,1] 사이의 값으로 일반화된 실수값을 이용하였다. 입력을 집

합 S로 나타내면 식 (9)와 같이 구성된다.

$$S = \{x, y, z, xy, yz, zx, x^2, y^2, z^2, xyz\} \quad (9)$$

고차 신경회로망 모델을 다층 구조의 신경회로망에 복합시켜 이용함으로써 더 큰 저장능력과 자유도의 증가를 얻을 수 있다. 그리고 그 결과가 학습을, 활성화 함수의 기울기, 초기 임의의 연결 가중치의 변동에 대하여 더 강인하다. 따라서 보다 더 정확한 색 보정결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 (그림 2)와 같은 과정을 거쳐 실험을 하였다. 실험에 쓰일 색표를 측색기를 통해 얻은 값을 XYZ 표색계로 나타낸다. 그리고 색표를 스캐너를 통해 입력받아 LCD 모니터로부터의 나타난 출력값을 측색기를 통해 XYZ 표색계로 구한다. 그리고 얻은 값들로부터 신경회로망을 이용하여 학습하고 보정된 값을 구하였다.



(그림 2) LCD 모니터의 색 재현

그러나 XYZ 표색계는 인간의 시각을 가장 잘 나타내는 색 공간임에도 불구하고 균등 색 공간(uniform color space)이 아니다. 그러므로 보정된 값이 얼마나 추종했는가를 알아보기 위해서는 동일한 간격으로 표시할 수 있는 색 좌표계가 필요하다. 그래서 본 논문에서는 색 균등공간인 CIELAB 좌표계를 사용하여 색 정보의 일치도를 평가하였다[10]. 입력받는 색과 보정된 색을 식 (10)을 통해 균등 색 공간인 CIELAB 좌표계로 변환한다. 식에서  $X_0, Y_0, Z_0$ 은 색 샘플 중 흰색의  $X, Y, Z$

$$L^* = \begin{cases} 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 & \text{for } Y/Y_0 > 0.008856 \\ 903(Y/Y_0) & \text{for } Y/Y_0 \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \quad (10)$$

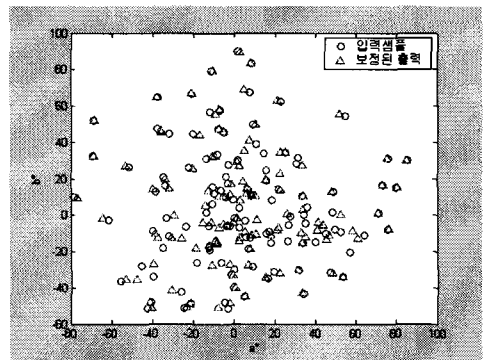
값이며, 2개의 측색치  $L_1^*, a_1^*, b_1^*$ 와  $L_2^*, a_2^*, b_2^*$ 간의 색차는 식 (11)과 같다.

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (11)$$

#### 4. 실험 및 결과

고차 신경회로망을 이용한 색 보정 실험을 위해 표준 색표를 사용하였다. 색표에서 등간격으로 색을 선택하여 입력하고 입력된 색표의 색을 LCD 모니터에 나타내었다. 색표의 삼자극치를 측색기(Minolta spectrophotometer CM 3600d, Minolta color analyzer CA-100)를 통해 측정하였다. LCD 모니터의 출력값을 고차 신경회로망의 학습을 위한 입력신호로 하였다. 신경망의 구성을 위해서 학습률은 0.9, 목표에러는 0.02로 선택하였고 은닉층의 수는 2 layer로 하여 실험 하였다.

성능 검사를 위해 일반적인 신경회로망을 이용할 경우와 비교하였다. (그림 4)는  $a^*b^*$  plane에서 샘플과 고차신경회로망을 이용한 색 보정 결과의 예를 표시한 것이다. 보정된 후 샘플값에 근사함을 알 수 있다. 동일한 조건에서 463개의 샘플을 사용할 때 3 입력을 받는 신경회로망의 경우  $\Delta E^*ab$ 값이 4.5237인 반면에 고차 신경회로망의 방법으로는  $\Delta E^*ab$ 값이 2.9512로 일반적인 신경회로망방법보다 우수한 결과를 보였다.



(그림 4) 색 보정결과

#### 5. 결론

본 논문에서는 LCD 모니터에 나타나는 색 왜곡을 보정 하기 위해 고차 신경회로망 알고리즘을 이용한 방법을 제안하였다. 입력과 출력 장치 부분을 블랙박스로 놓고 고차 신경회로망 알고리즘을 이용하여 간단히 구현하였다.

실험을 통해 고차신경회로망을 사용할 경우 기존

의 방법보다 우수한 색 보정결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

#### 참고문헌

- [1] 황인선, 김규석, 박희준, "LCD backlight의 기술 동향", 대한전자공학회지, Vol.28, No.4, pp.31-38, 2001.
- [2] J. H. Kim, "Color reproduction using color appearance model in LCD projection systems," *Journal of the Optical Society of Korea*, Vol.9, No.6, pp.373-379, 1998.
- [3] 이종천, "LCD 연구 개발 동향", 대한전자공학회지, Vol.29, No.6, pp.76-80, 2002.
- [4] C. H. Lee, "Linear tone-reproduction of printer using neural network," *Journal of Korean Society for Imaging Science & Technology*, Vol. 5, No.1, pp.9-19, 1999.
- [5] 허태욱, 김재철, 조맹섭, "비선형적 최단거리 매핑 알고리즘을 이용한 PDP 칼라 특성 보정 방법", 대한전자공학회, 하계종합학술발표대회 논문집, Vol.4 pp.255-258, 2002.
- [6] Graham D. Finlayson and Mark S. Drew, "White-point preserving color correction," *IS&T, Color Imaging Conference: Color, Science, Systems and Applications*, pp. 258-261, 1997.
- [7] H. Kotera, K. Kanamori, T. Fumoto, O. Yamada, and H. Motomura, "A single chip color processor for device independent color reproduction," *IS&T, Color Imaging Conference: Color, Science, Systems and Applications*, pp. 133-137, 1993.
- [8] H. K Kim, "Neural network modeling for color reproduction on scanner," 한국감성학회지, pp.135-140, 1998.
- [9] J. S. Jang, S. Y. Shin, and S. Y. Lee, "Optical implementation of quadratic associative memory with outer product stroage," *Optics letter*, Vol.13, No.8, pp.693-695, 1988.
- [10] Mark D. Fairchild, 'Color Appearance Models', Addison Wesley Longman, pp.217-225, 1997.

본 논문은 정보통신부 지원 정보통신기초기술연구 지원사업으로 수행한 연구결과입니다.