

# 실시간 색역폭 사상을 위한 신경회로망에 관한 연구

## Study on Neural Network for Real Time Color Gamut Mapping

이지현, 이학성, 한동일\*  
세종대학교 전자공학과, 컴퓨터공학과\*

Ji-Hyun Lee, Hak-Sung Lee and Dong-IL Han  
Dep. of Electronics Engineering and Computer Engineering, Sejong Univ.  
E-mail/연락처 : hslee@sejong.ac.kr

### 요 약

디스플레이 장치간의 색 재현 차이를 극복하기 위하여 다양한 색역폭 사상 기법이 사용되고 있다. 기존 색역폭 사상 방법은 일반적으로 색 공간 변환과 같은 복잡한 비선형 변환을 여러 단계 거치므로 실시간 처리 구현이 어렵다. 본 논문에서는 신경 회로망을 이용하여 기존의 색역폭 사상 방법을 학습하고 근사화한 방법을 이용한다. 이를 위해 주어진 디스플레이 장치의 표현 가능한 모든 색상에 대해 미리 색역폭 사상을 수행하고 그 결과를 학습 데이터로 이용하게 되며, 학습된 신경망은 이중 디스플레이 장치간의 색역폭 사상에 사용된다. 제안된 색역폭 사상을 실시간 처리하기 위해서 학습 과정은 오프라인을 통해서 이루어지게 되고, 구해진 신경망은 프로세서의 메모리를 이용, 1차원의 Look-Up Table로 구성한다. 제안한 방법을 색역폭 사상에 적절하도록 최적화시키면 고속의 색역폭 사상이 가능하다.

## 1. 서론

색을 나타내는 장치가 다양해지면서 이들 장치간의 색역차로 인해 같은 색상이라도 다르게 표현되는 문제가 발생하게 된다. 색역폭 사상(Color Gamut Mapping)은 이러한 색 재현차를 극복하기 위한 기술로서 기존의 연구 결과들은 대부분 모니터와 프린터간의 색역 사상을 다루고 있다.[2,3]

최근에는 디지털 TV 시장이 확대되면서 CRT 외에 LCD, PDP, DLP 프로젝션과 같은 다양한 디스플레이 장치간의 색 재현 문제가 새롭게 대두되었다. 이들 디스플레이 장치의 색 재현 방식과 특성이 모두 다르기 때문에 같은 화면이 각기 다른 색상으로 재현되는 문제를 갖고 있는 것이다. 특히 TV 디스플레이 장치는 동영상을 대상으로 하므로 색역폭 사상을 화면 디스플레이 속도로 실시간 처리해야 한다.

대표적인 디스플레이간의 색역폭 사상 방법으로 색영역을 압축, 팽창, 절단하는 방법 등이 있다.[1] 그러나 이와 같은 색역폭 사상 방법은 매우 비선형적이고 복잡하므로 실시간 처리하기 어렵다. 따라서 복잡한 색역폭 사상을 TV 디스플레이 장치에 알맞게 실시간 적용하기 위해 본 논문에서는 신경회로망(Neural Network)을 이용한 사상 구조를 제안한다.. 실시간 처리를 위해 제안된 신경망은 색역폭 사상에 적절하도록 최적화하게 된다.

## 2. 신경망을 이용한 색역폭 사상

같은 영상이 디스플레이 장치별로 다른 색상으로 보이는 가장 큰 요인은 각 디바이스의 색 표현 영역이 다르기 때문이다. 그림 1에서 보듯이 CRT와 LCD는 각기 다른 색영역을 갖고 있으며, 색역폭 사상은 이같이 다른 색영역을 가진

디바이스들에 대해 각각의 색영역 경계(Gamut Boundary) 안쪽으로 색을 사상시키는 것을 말한다.

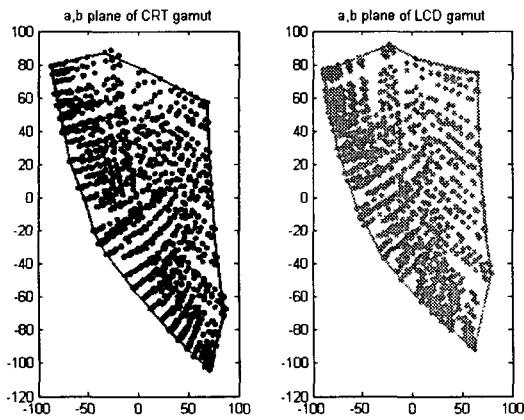


그림 1. Comparing Gamut boundaries on the CIE  $a^*b^*$  plane: CRT, LCD

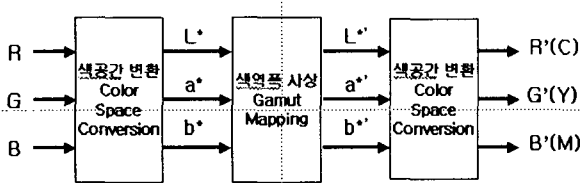


그림 2. 일반적인 색역폭 사상 방법

일반적으로 디스플레이 장치의 색상 표현은 RGB 색공간(Color Space)를 이용한다. 하지만 색역폭 사상은 균등 색공간이자 인간의 시각특성에 근접한 색공간인 CIE  $L^*a^*b^*$  공간상에서 이루어진다. 따라서 일반적으로 색역폭 사상은 그림 2와 같이 2번의 변환 과정과 하나의 색역폭 사상 과정으로 구성되어 있다. 즉, RGB로 표현된 정보를 CIE  $L^*a^*b^*$  공간으로 변환하여 색역 사상을 실시한 후 다시 목표 디스플레이 장치에 적합한 RGB 색공간으로 변환하는 것이다. 그러나 이러한 색공간의 변형이 단순한 선형 변환이 아니고 고도의 비선형 과정이므로 실시간 처리가 어렵다.

본 논문에서는 복잡한 비선형 계통의 해결 대안으로 신경회로망을 이용한다. 신경회로망은 비선형성을 갖는 입출력 데이터를 모델링 하는데 적합하다고 널리 알려져 있고 영상 처리 영역에서 많이 사용되고 있다.

제안한 알고리즘을 그림 3에 나타내었다. 먼저 각 디스플레이의 색역을 판단하여 주어진 디스플레이 장치에 적합한 색역폭 사상 방법을 선정한다.

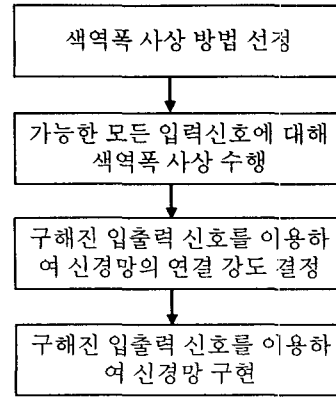


그림 3. 색역폭 사상을 신경회로망으로 구현하는과정

다. 선정된 색역폭 사상 방법을 이용하여 영상 정보 표현에 사용되는 색영역 내의 R,G,B 신호 조합의 사상 값  $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$ 을 구한다. 이 R,G,B 신호의 조합을 입력신호로 하고 사상 값  $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$ 를 출력으로 하는 신경망을 구현하여 입출력간의 연결 강도를 구한다. 여기서 적절한 학습을 거치게 되면 색역폭 사상이 색공간의 변환과 같은 복잡한 과정을 생략하고 직접 사상되는 단순한 구조를 갖게 되는 것이다. 그리고 이렇게 얻어진 연결 강도로 신경망을 구현하면 모든 입력 신호에 대하여 색역폭 사상이 가능하게 된다.

제안한 알고리즘은 [6]에서 제시한 729개의 CRT와 PDP의 RGB 매핑 결과 데이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4는 CRT의 Green값 사상 결과이다.

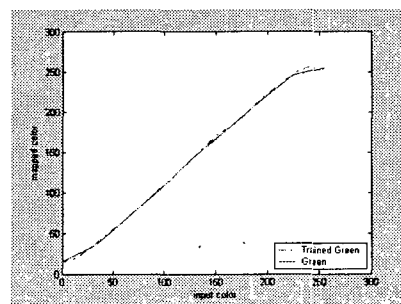


그림 4. CRT 데이터의 색역 사상 결과

### 3. 색역폭 사상의 실시간 처리

앞 절에서 신경회로망을 이용한 색역폭 사상을 제안하였다. 그러나 앞서 언급했듯이 디스플레이 TV에 적용하기 위해서는 색역폭 사상을 실시간 처리하기 위한 알고리즘이 필요하다. 이를 위한 알고리즘으로 [1]에서 제안한 Look-Up Table을 이용한 3D-Interpolation 방법이 있다. 이는 3차

원 LUT을 이용하여 상위 몇 bit만으로 사상하는 것으로 하드웨어의 메모리 공간을 줄이고 연산시간을 감소시키는 방법이다.

보통 신경망은 다층 구성 되어 있고 다수의 입력을 병렬 처리하기 때문에 실시간 처리가 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 실시간 처리를 위해 주어진 색역폭 사상에 대해 오프라인으로 신경회로망의 연결 강도 등을 미리 학습하여 구한다. 그리고 신경회로망은 각 층의 시그모이드 함수로 인해 복잡한 계산 과정을 포함하게 되는데 이를 1차원의 LUT로 구현하게 되면 복잡한 계산 없이 프로세서의 메모리만으로 고속의 색역폭 사상을 수행할 수 있다.

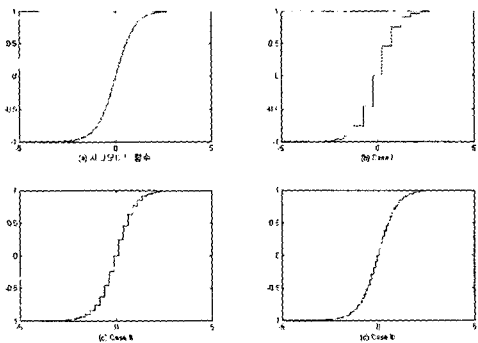


그림 5. LUT를 이용한 시그모이드 함수의 구현

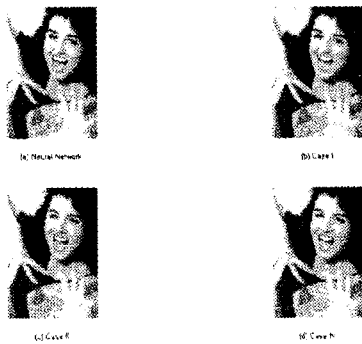


그림 6. LUT를 이용한 색역폭 사상 비교

간단한 사상 실험을 그림 5,6에 보이고 있다. 그림 6에서는 Quantization Level이 낮을수록 매핑의 결과가 우수함을 보이나 Level 0.25 이하에서는 큰 차이를 보이지 않으므로 적당한 Level을

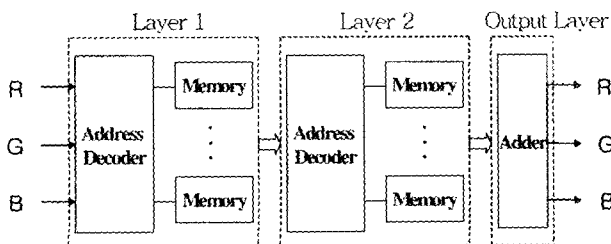


그림 7. 실시간 처리를 위한 신경망 구성

사용하여 LUT을 구성할 수 있음을 알 수 있다. 이어서 그림 7은 제안한 신경망의 전체적인 구조를 간단히 보이고 있다.

신경망을 하드웨어로 구현할 때 중요하게 고려할 사항은 multiplier의 수를 줄이고 구성을 단순화시키는 것이다.[5] 따라서 본 논문에서는 신경망의 효율성을 높이고 하드웨어 구현 가능하도록 하기 위하여 학습 단계에서 가중치를 얻어 낼 때 입력 영역을 세분화 하도록 한다. 입력 영역을 세분화 한다는 것은 Layer의 수를 줄일 수 있다는 것이고 이것은 multiplier의 수도 감소함을 의미한다. 여러 개로 나뉘어 구성된 신경회로망은 색역폭 사상시에 영역에 맞는 적절한 신경망을 선택하도록 하여 고속 처리를 가능하게 한다.

#### 4. 공간 분할에 의한 색역폭 사상

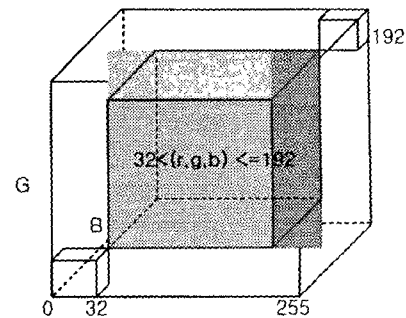


그림 8. 색역폭 매핑을 위한 RGB 영역 분할

그림 8은 RGB 공간을 정육면체로 나타낸 것으로 색역폭 사상을 위해 어떻게 공간이 분할될 것인지를 보인다. 이것은 그림 4의 결과에 근거한 것으로 영역의 중심부는 오차가 없는 만족할 만한 사상 결과를 보이기 때문에 RGB 각 색상의 32~224 안쪽 영역의 데이터는 함께 학습하고 가장자리 영역에 대해서는 학습 데이터를 늘려 따로 색역폭 사상을 실시하였다.

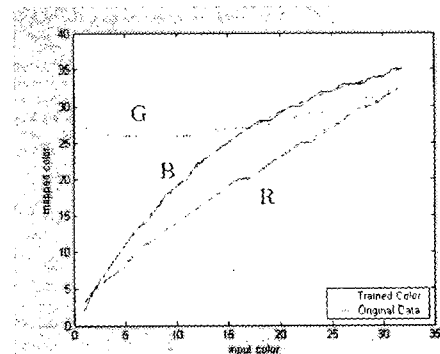


그림 9. 0 <= (rgb) <= 32 영역의 색역 사상 결과

부분적으로 학습 하였을 때에 전체를 한꺼번에

학습하는 것과 달리 은닉층의 수를 하나로 줄일 수 있었고, 이것은 하드웨어 구현시 multiplier의 수를 줄일 수 있음을 의미한다.

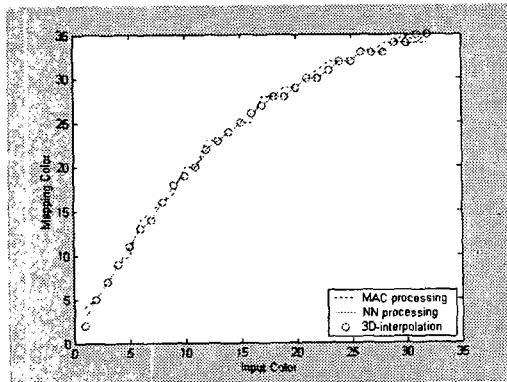


그림 10. Blue에 대한 Gamut Mapping 결과 비교

분할된 영역의 신경망 결과를 [1]의 3D-Interpolation 결과와 비교해보았고 그 결과가 그림 10에 나타나있다. 점선으로 표시된 결과는 본 논문이 제안한 실시간 처리 방법에 따른 시뮬레이션 결과로 학습으로 얻어진 가중치를 MAC(Multiplier and Accumulation) 연산 처리하였다. 이것은 또 다른 실시간 사상 방법인 3D-Interpolation의 결과와 유사한 결과를 보인다.

## 5. 결론 및 향후과제

기존의 색역폭 사상과 달리 신경망을 이용한 색역폭 사상은 복잡한 단계를 간단히 하였다. 장점 이외에도 여러 가지의 디바이스에 대해 색역폭의 측정을 거쳐 동일하게 적용할 수 있다는 이점을 갖는다. 또한 신경망의 시그모이드 함수를 LUT로 구현함으로써 고속의 처리를 가능케 할 수 있고 디바이스의 특성 이외에 기타 색차 발생 요인 또한 간단히 신경망으로 해결 가능할 것이다.

제안한 알고리즘은 MATLAB을 통해 그 실효성을 검증하였으며 차후에는 하드웨어를 통해 실질적인 검증을 거쳐야 할 것이다. 이를 위해서는 신경망을 통해 얻어진 가중치들을 분석하고 이것을 이진 처리하는 과정을 거쳐야 할 것이며 메모리를 좀 더 효율적으로 사용하기 위해 최적의 신경회로망 구성을 위한 연구가 수행되어야 한다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2003-000-10785)지원으로 수행되었음.

## 6. 참고문헌

- [1] D.Han, "Digital TV Display quality Enhancement Method Based on the color gamut mapping", *Proceedings of IEEK summer conference 2003*, Vol. 26, No. 1, pp. 1779~1782, 2003.
- [2] Lindsay MacDonald, Jan Morovic, Kaida Xiao, "A topographic gamut mapping algorithm", *Colour Image Science, Exploiting Digital Media*, MacDonald, Lindsay W. / Luo, M. Ronnier (eds.), 1. Edition, John Wiley & Sons, pp.291~317, 2002.
- [3] B. H. Kang, M. S. Cho, J. Morovic and M. R. Luo, "Gamut Compression Algorithm Development on the Basis of Observer Experimental Data", *proc. 8th IS&T/SID Color Imaging Conf*, IS&T, Springfield, VA 1999, pp.268~272.
- [4] K. Mathia, and J. Clark, "On Neural Network Hardware and Programming Paradigms", *Proceedings International Joint Conference on Neural Networks 2002 (IJCNN'02)*, May 12-17, Honolulu, Hawaii, 2002.
- [5] S. L. Bade and B. L. Hutchings "FPGA Based Stochastic Neural Networks-Implementation", *Proceedings of the IEEE Workshop on FPGAs for Custom Computing Machines*, pp. 189-198, Los Alamitos, California, April 1994.
- [6] J. H. Lee, J. Y. Lee, H. S. Lee and D. I. Han, "Implementation of Real Time Color Gamut Mapping Using Neural Network", *IEEK Summer Conference 2004*, 86('2004.6), pp.719-722.