

# 인간의 칼라 인식 특성과 신경회로망을 이용한 칼라영상의 향상

신 현 욱<sup>1)</sup>, 조 석 제<sup>2)</sup>

## Color Image Enhancement Using Human Color Perception and Neural Network

Hyun-Wook Shin, Seok-je Cho

### Abstract

This paper presents a new color enhancement method that enhances the saturation using relations of intensity, saturation and hue, which is analyzed by means of the standard image and learned by the neural network. The proposed method solves the problems of the color gamut and the enhancement ratio that are the problems of the previous saturation enhancement.

In the proposed enhancement method, the various relations of intensity, saturation and hue, which are derived from degrading the standard image into N grades, are inputted in the neural network. In this conditions, the degraded saturation is learned to obtain the weights of the neural network approximating the superior saturation of the standard image. Then, the degraded saturation is enhanced, as the degraded intensity, saturation and hue and the enhanced intensity using a linear enhancement method are inputted in the learned back-propagation(BP) neural network.

The proposed method obtains the vivid image enhancing the contrast of the saturation in the color gamut regardless of adding a weight value in the

1) 한국해양대학교 제어계측공학과 식사과정 영상신호처리 전공

2) 한국해양대학교 제어계측공학과 교수

previous method, and solves the problems of generating artifacts that are the difficult problem in the previous method.

## 1. 서론

일반적인 조명 하에서 카메라와 같은 인공시각시스템을 통해 얻은 칼라영상은 인간의 눈에 바로 인식된 장면에 비해 영상의 선명도<sup>[1-4]</sup>가 떨어진다. 이렇게 인공시각시스템에서 카메라의 노출 과부족, 조명 효과 등에 의해 흐려진 영상을 보정해서 인간의 눈에 좀 더 선명하게 보이도록 하는 것을 영상향상(image enhancement)이라고 한다<sup>[5-14]</sup>.

칼라영상미디어 분야의 급속한 성장, 다양한 영상인식 분야의 발달, HDTV(High Definition Television)와 인터넷 상거래에서의 화질 개선 문제 등으로 인해 영상처리의 전처리 단계인 영상향상 기법이 중요한 문제로 대두되고 있다<sup>[5-14]</sup>. 지금까지의 대부분의 연구에서는 사물의 크기, 형태, 명암도 및 표면질감 등의 정보가 사용되었고, 색채(chromatic) 정보는 거의 사용되지 않았다. 칼라영상의 향상을 위해서는 흑백영상의 처리에서와는 달리 인간의 시각을 색심리학적인 입장<sup>[6-9]</sup>에서 분석할 필요가 있다. 따라서 심리적이고 정성적인 시각 특성인 명도(intensity), 색조(hue)와 채도(saturation)로 나타낸 IHS 좌표계를 사용하여 칼라영상을 향상시키는 방법이 유용하다. 영상을 인간의 시각에 보다 선명하게 보이도록 하기 위해서는 IHS 좌표계에서 명도와 채도의 대비를 향상시켜야 한다. 명도의 대비향상은 선형대비향상법(linear contrast enhancement)이나 히스토그램 균일화법(histogram equalization)등을 이용하고 있고, 채도는 칼라영상의 생동감을 강하게 하기 위해 일정 비만큼 높이는 방법<sup>[6-9]</sup>이 사용되고 있다. 그러나 채도 부분은 명도의 향상과 달리 명도와 색조에 연관되어 있으므로 채도향상시 칼라 좌표계의 범위를 넘지 않도록 색조에 따라 다른 향상비를 가져야 하는 등의 어려움이 있다<sup>[6-10]</sup>.

본 논문에서는 기존의 채도향상에서의 문제인 칼라범위(gamut)<sup>[13]</sup>와 향상비율문제<sup>[13-14]</sup> 등을 해결하기 위해 표준영상을 이용하여 명도, 채도 및 색조 사이의 관계를 분석하고 이 관계를 신경회로망을 통해 학습하여 채도가 향상되도록 하는 새로운 칼라영상향상법을 제안했다. 제안한 향상법은 표준영상을 N 단계로 열화시켜 다양한 조건에서의 명도, 채도와 색조 사이의 관계를 오차역전파 신경회로망에 입력했다. 이러한 조건에서 열화된 채도가 표준영상의 우수한 채도에 근사화

더도둑 학습하고 이렇게 학습된 오차역전파 신경회로망에 열화된 영상의 명도, 채도, 색조 그리고 선형적인 향상법에 의해 향상시킨 명도를 입력하여 열화된 채도를 향상 시켰다. 이 방법은 칼라의 구조적 관계를 이용함으로써 채도의 대비를 칼라 좌표계의 범위 내에서 향상시켜, 기존의 방법에서 가장 문제가 되었던 채도향상에 따른 인위적 칼라 생성으로 화질이 저하되는 문제를 해결할 수 있었고, 기존의 방법에서 이용한 부가적이고 인위적인 가중치의 추가 없이 선명하고 화질이 우수한 영상을 얻을 수 있었다.

## 2. 칼라 영상의 향상

장치에 의해 재현되거나 기록된 칼라 영상과 직접 관측된 장면 사이에는 영상의 선명도나 색감 등에서 차이가 발생한다. 인간의 시각은 조명의 변동에 대해 대상의 칼라를 어둡게 독립적으로 계산하는 칼라 향상성을 가지므로 폭넓은 대역에서 심재하고 선명한 칼라 감각을 가지 영상의 재현에서 우수한 성능을 보인다. 이와 반대로 칼라 향상성을 조명에 대한 보상 시스템을 가지지 않는 전자 카메라나 필름 등 각종 영상 장치들은 조명의 변화에 의해 칼라가 약해지거나 영상의 선명도에서 손실을 발생한다. 따라서 영상 장치로부터 인간의 시각과 같은 정도의 영상의 재현을 얻기 위해서는 각 장치에 칼라 향상성 등의 보상 시스템을 부여하거나 인화된 영상을 향상시키는 부가적 장치가 필요하다. 칼라 향상성의 구현의 경우, 조명의 조건 등을 파악하고 영상 장치에 들어온 빛에서 조명의 효과를 배제해야 하는 복잡한 과정을 거치야 하므로 일반적으로 조명등의 영향에 의해 선체적으로 대비가 줄어든 영상의 대비를 넓게 하여 선명하게 보이도록 하는 향상 알고리즘을 사용하는 것이 간단하다.

영상의 대비를 향상시켜 인간의 눈에 영상을 보다 잘 보이게 하는데 영향을 미치는 중요한 요소들로는 영상의 명도와 채도의 대비가 있다. 명도의 대비가 크지 않아 어둡거나 지나치게 밝게 재현되는 칼라 영상은 기존의 후백 영상 향상 알고리즘을 사용하여 명도의 대비를 키울 수 있다. 그러나 채도의 대비가 떨어지 칼라의 색감이 나쁜 경우에는 이를 크게 하기 위해서 채도 부분에 대한 적절한 지리 방법이 필요하다. RGB, CMY, YIQ 및 Lab 등의 여러 가지 좌표계는 직접적으로 채도를 직접히 지리할 수 요소를 가지고 있지 않기 때문에 색상의 변환을 피할 수 없고 인간의 심리적 시각 특성에 맞는 좌표계로의 변환이 필요하다. 따라서 일반적으

로 인간의 심리적 시각 특성을 표현한 색의 3속성인 명도, 채도, 그리고 색조를 요소로 가져 인간의 시각 특성에 알맞은 좌표계인 IHS 좌표계로 변환하여 명도와 채도에 대한 처리를 한다.

### 3. IHS 좌표계에서 신경회로망을 이용한 영상 향상

기존의 칼라영상 향상법에서 채도의 향상을 위한 방법들은 칼라범위 초과 문제와 가중치의 크기를 실험적으로 구해야 하는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 채도가 명도와 색조 사이에서 어떤 관계를 가지는가를 분석하고 이렇게 해석된 관계에서 채도의 향상폭을 결정해야 한다. 그러나 IHS 좌표계 자체의 비선형적 특성 때문에 선형적으로 이 관계를 근사화하는 것은 불가능하다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문에서는 표준영상을 이용하여 명도, 채도 및 색조 사이의 관계를 분석하고 이 관계를 신경회로망을 통해 학습하여 채도가 향상되도록 하는 새로운 칼라영상 향상법을 제안한다.

어떤 정상영상이 열화영상으로 되는 과정을 식으로 표현하면 식(3-1)과 같다. 즉 정상영상  $F_o$ 가 열화 과정  $T_d$ 에 의해 열화영상  $F_d$ 가 된다.

$$F_d = T_d \cdot F_o \quad (3-1)$$

영상은 명도 I, 색조 H 그리고 채도 S로 구성되므로 식 (3-1)은 식 (3-2)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{pmatrix} I_d \\ H_d \\ S_d \end{pmatrix} = T_d \begin{pmatrix} I_o \\ H_o \\ S_o \end{pmatrix} \quad (3-2)$$

여기서  $I_o$ ,  $H_o$ ,  $S_o$ 와  $I_d$ ,  $H_d$ ,  $S_d$ 는 정상영상과 열화된 영상의 명도, 색조 및 채도이다.

열화된 영상을 정상영상으로 만들기 위해서는 열화함수  $T_d$ 를 구하여 이 함수의 역을 취하면 된다. 하지만 조명 조건 등에 대한 지식 없이 열화함수를 구하는 것은 불가능하므로 이의 역함수 역시 구할 수 없다. 따라서 열화함수의 역함수의 역

할을 할 수 있는 향상함수를 만들어 원화된 영상에서 정상영상에 가까운 향상된 영상을 구해야 한다. 이 향상함수를  $T_e$ 라고 하면 식 (3-3)과 같은 식에 의해 향상된 명도  $I_e$ , 색조  $H_e$  그리고 채도  $S_e$ 를 얻을 수 있다.

$$\begin{pmatrix} I_e \\ H_e \\ S_e \end{pmatrix} = T_e \begin{pmatrix} I_d \\ H_d \\ S_d \end{pmatrix} \quad (3-3)$$

영상향상에서 가장 문제가 되는 요소는 채도이다. 채도는 HSI 좌표계 자체의 비선형성과 명도와 색조의 영향 때문에 향상시키기가 힘들다. 예를 들어 그림 3-1 에시와 같이 색조  $H$ 가 58인 경우(그림 3-1(a)) 최대 채도 값은 223이고 그 때의 명도 값은 139이다. 그러나 색조  $H$ 가 82인 경우(그림 3-1(b)) 최대 채도 값은 246 이고 그 때의 명도 값은 92이다. 이와 같이 채도의 범위가 색조에 따라 크게 달라 지고 또 명도의 값에 대해서도 모두 다르므로 채도를 향상시키기 위한 향상함수 는 이 관계를 직설히 근사화할 수 있는 함수이어야 한다. 본 논문에서는 채도 향 상함수를 신경회로망을 적용하여 근사화했다. 식 (3-4)는 신경회로망으로 채도 향 상함수를 근사화한 신경회로망  $T_{neural}$ 을 통해 향상된 채도  $S_e$ 를 얻는 과정을 표현 하고 있다. 여기서 사용된 원화된 명도  $I_d$ , 향상된 명도  $I_e$ , 원화된 채도  $S_d$  및 원 화된 색조  $H_d$ 는 신경회로망의 입력으로 사용된다.

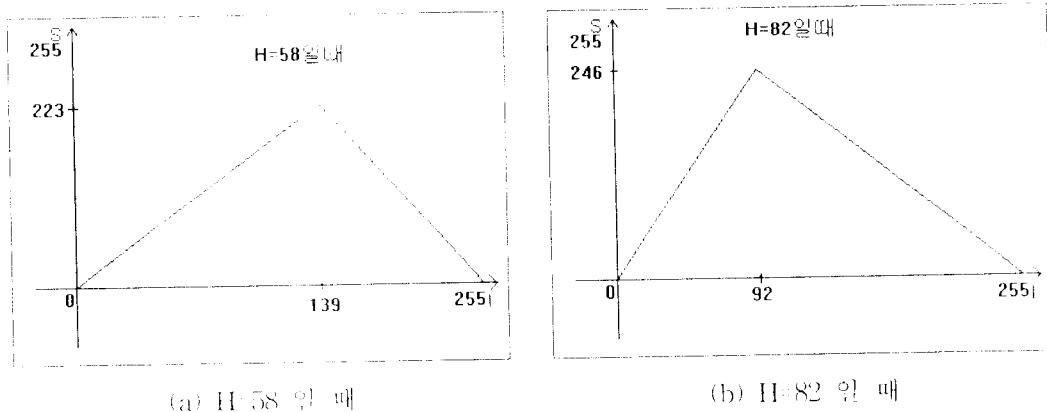


그림 3-1. 임의의 H에서의 명도와 채도

$$S_e \cong T_{\text{neural}} \begin{pmatrix} I_d \\ I_e \\ S_d \\ H_d \end{pmatrix} \quad (3-4)$$

사용된 신경회로망은 근사화에 비교적 우수한 성능을 보이는 오차역전파(error back propagation) 알고리즘을 이용한 다층퍼셉트론(multilayer perceptron) 신경회로망이다. 다층퍼셉트론 모델의 구성 형태는 이웃한 층끼리만 연결을 가지고, 같은 층 내에서는 연결을 가지지 않는 다층 구조로 되어있다. 정보가 인가되는 층을 입력층(input layer)이라고 하고, 처리된 정보가 나타나는 층을 출력층(output layer)이라고 한다. 입력층과 출력층 사이의 모든 중간층을 은닉층(hidden layer)이라고 하는데 여러 개의 은닉층이 사용될 수 있다.

#### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법을 평가하기 위해 Adobe사의 photoshop3.0에서 제공하는 testpict.jpg 영상을 표준영상으로 이용했다. 이 영상을 표준으로 이용한 것은 testpict.jpg 영상이 일반 영상의 색감을 조정하기 위해 표준으로 Adobe사에서 내놓은 가장 풍부한 색감을 가진 영상이기 때문이다. 이 영상에 실내 조명을 대신하여 HP 3C 스캐너의 밝기를 20단계 가감하여 선명하지 않은 영상을 만들고, 각각을 IHS 좌표계에서 명도, 채도 및 색조 부분으로 나누었다. 밝기의 가감에 의해 대비가 낮아진 명도 영상의 경우 선형대비향상법을 사용해 향상된 명도를 구하고 이를 대비가 낮아진 명도, 채도 영상 및 색조 영상과 함께 신경회로망의 입력으로 하였다. 신경회로망에 의해 출력하고자하는 목표 값은 원영상의 채도 값을 선택하여 신경회로망을 학습시켰다.

신경회로망을 학습시킨 경우 오차가 가장 큰 경우가 0.035에서 0.013정도로 감소하였고 오차가 가장 작은 경우 0.000005까지 수렴하여 [0, 255]의 명암도로 변환하였을 경우에도 평균 1 이상의 오차가 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

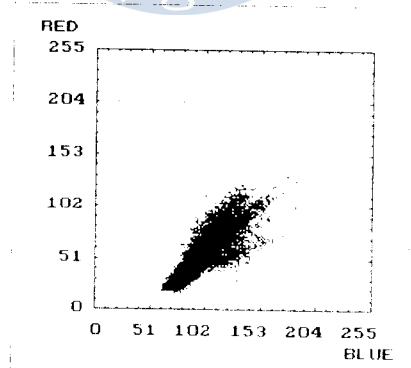
그림 4-1(a)는 제안된 알고리즘을 일반적인 조명 조건하에서 검증하기 위해 백열등 하에서 얻은 고품영상이고 그림 4-1(b)는 알고리즘에 의해 향상된 영상이다. 그림 4-2와 그림 4-3은 RGB 좌표계에서의 칼라의 분포를 2차원 평면인 R-B(a),

B-G(b) 그리고 G-R(c)의 평면에서 각각 보여준다. 그림 4-2는 열화된 영상의 경우 칼라 분포가 밀집되어 대비가 낮음을 보여주고 있고, 그림 4-3은 제안된 알고리즘에 의해 대비가 커졌음을 보여준다.

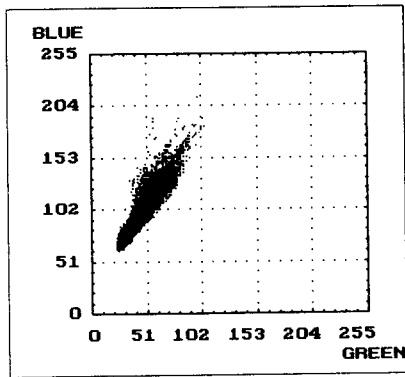
제안된 채도 향상법은 칼라의 구조적 해석을 통해 채도의 범위 내에서 대비를 향상시켜 채도 향상에 따른 인위적 칼라 생성으로 화질이 저하되는 문제를 해결할 수 있고, 기존의 향상법에서 사용한 가중치의 인위적 선택없이 선명하고 화질이 우수한 영상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.



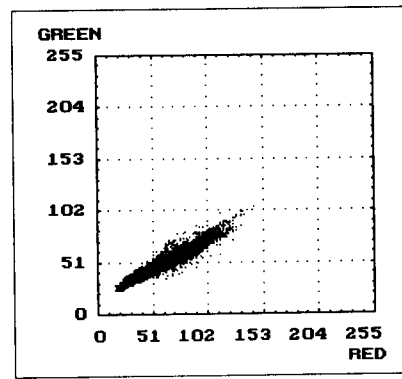
그림 1. 제안된 알고리즘에 적용한 영상



(a) red-blue 분포도

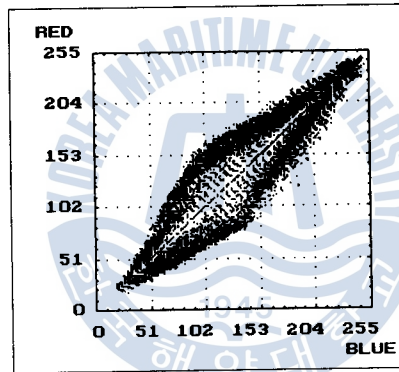


(b) blue-green 분포도

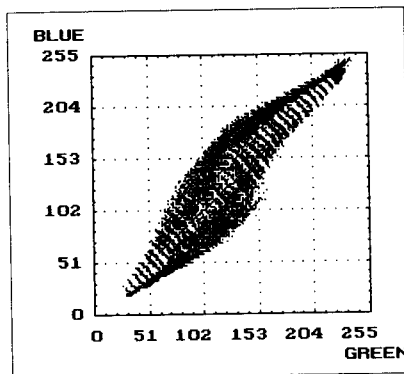


(c) green-red 분포도

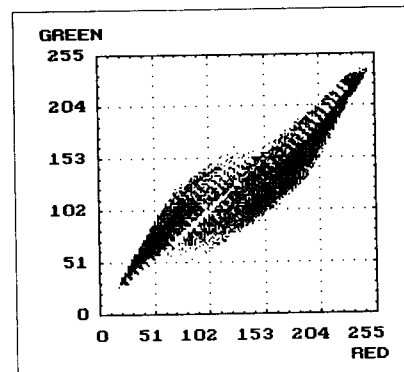
그림 4-2. 열화된 영상의 RGB 좌표계에서의 분포도



(a) red-blue 분포도



(b) blue-green 분포도



(c) green-red 분포도

그림 4-3. 제안된 알고리즘에 적용한 영상의 RGB 좌표계에서의 분포도



## 5. 결 론

본 논문에서는 인공시각시스템인 카메라의 노출 과부족, 조명 효과 등에 의해 흐려진 영상을 보상해서 인간의 눈에 좀 더 선명하게 보이도록 인간의 시각 특성을 고려한 석심리학적 입장에서 칼라영상을 향상시키는 것에 주안점을 두었다. 이를 위해 IHS 좌표계에서 흑백영상에서와 같이 명도(intensity)의 대비를 선형적으로 향상시킨 후 향상을 위해 신경회로망을 도입하였다. 제안한 채도대비향상법은 칼라의 구조적 해석을 신경회로망에 적용하여 채도의 범위 내에서 대비를 향상시키 기존의 방법에서 가장 문제가 되었던 채도의 대비 향상에 따른 인위적 칼라 생성으로 화질이 저하되는 문제를 해결할 수 있고, 기존의 방법에서 이용한 부가적이고 인위적인 가중치의 추가 없이 선명하고 화질이 우수한 영상을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 연구한 영상향상 방법은 부적절한 노출에 의해 색상이 흐려진 영상을 선명화 시키는 방법이었다. 앞으로 적절한 고주파강조필터 처리 방법을 사용하여 선계를 강화하는 영상선명화 알고리즘을 추가함으로써 부적절한 조도에 의해 선계가 흐려진 영상을 선명화시키는 방법에 대해서도 연구해 볼 예정이다.

1945  
참고문헌

- [1] Daniel J. Jobson, Zia-ur Rahman, and Glenn A. Woodell, "A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Images and the Human Observation of Scenes," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, No. 7, pp.965-976, July 1997.
- [2] Torbjorn Eltoft and Rui J. P. deFigueiredo, "Illumination Control as a Means of Enhancing Image Features in Active Vision Systems," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 4, No. 11, pp.1520-1530, November 1995.
- [3] Gaurav Sharma and H. Joel Trussell, "Digital Color Imaging," IEEE Trans. Image Processing, Vol.6, No. 7, pp.901-932, July 1997.
- [4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.

- [5] Tian-Hu Yu, "Color image enhancement in a new color space," *Proc. of the SPIE*, Vol. 2727, Visual Communications and Image Processing'96, No. 3, pp.1462-1471, March 1996.
- [6] Philip A. Mlsna, Qiang Zhang, and Jeffrey J. Rodriguez, "3-DHistogram Modification of Color Images," *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 33, pp.212-216. January 1995.
- [7] Ningyan Liu and Hong Yan, "Improved method for color image enhancement based on luminance and color contrast," *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 3, No. 2, pp.190-197, April 1994.
- [8] Robin N. Strickland, Cheol-Sung Kim, and William F. McDonnell, "Digital color image enhancement based on the saturation component," *SPIE Proceeding* Vol. 697, pp.609-616, August 1986.
- [9] Jeong-Yeop Kim and Yeong-Ho Ha, "Pseudo-Linearly Modified IHS Color Model and its Application to Color Image Enhancement," *IS&T and SID's Color Imaging Conference: Transform & Transportability of Color*, Vol. 1, pp.23-26, 1993.
- [10] 신현욱, 조석제, "인간의 칼라 인식 특성을 이용한 칼라 영상 향상," 한국해양대학교 부설 산업기술연구소 제 14편, pp. 179-188, February 1997.
- [11] James A. Freeman and David M. Skapura, *Neural Networks Algorithms, Applications, and Programming Techniques*, Addison Wesley, 1992.
- [12] 朴度洋, 實用色彩學, 二友出版社, 1989.
- [13] 東京大學出版會, 畫像解析 ハソドブック, 東京大學出版會, 1992.
- [14] 신현욱, 조석제, "인간의 칼라 인식 특성과 신경회로망을 이용한 칼라 영상 향상", *신호처리합동학술발표대회논문집*, Vol. 10, No. 1, pp. 585-588, October 1997.