

論文99-36S-1-5

## 휘도값 변화에 기초하여 가변하는 앵커점을 이용한 영상 의존 색역 사상 방법

(Image Dependent Gamut Mapping Using the Variable  
Anchor Point Based on the change of lightness)

金辛東\*, 金旻萬\*\*, 李採守\*, 李澈熙\*, 河永浩\*

(Shin-Dong Kim, Kyeong-Man Kim, Chae-Soo Lee, Cheol-Hee Lee,  
and Yeong-Ho Ha)

### 요 약

현재 많은 칼라 장치는 다양한 방법으로 영상을 재현한다. 그러나 장치마다 재현된 색은 장치 사이의 색역 차로 인해 원래의 색과 많은 차이를 보인다. 본 논문에서는 서로 다른 장치에서 동일한 색을 재현할 때 발생하는 색의 오차를 줄이기 위해 영상 의존 색역 사상 방법을 제안하였다. 이 방법은 색역 사상시 휘도값 변화에 의해 일어나는 휘도값 변화를 보상하면서 채도값을 클리핑한다. 색역 사상시 중심점인 앵커점을 기존의 방법보다 낮게 설정함으로써 원 영상과 재현된 영상 사이에서의 색 오차를 줄였다. 또, 사상된 영상의 색대비를 높이기 위해 프린터 색역을 밝은 영역과 어두운 영역으로 나누어 다른 사상 방법을 사용하였다. 결과적으로 모니터에 나타난 영상의 색과 비슷하고 대비가 높은 영상을 프린터로 재현할 수 있었다.

### Abstract

Currently many devices reproduce electronic images in the various ways. However the color that is reproduced in any device is different from the original color due to the differences in the gamut between devices. In this paper, an image dependent gamut mapping method is proposed. This method clips the chroma with compensating for the change of lightness caused by the lightness scaling. The anchor point, which is the center point in the mapping, is set as a lower point by the proposed method than a point by the conventional mapping method. This reduces the color difference between the original image on the monitor and the results on the printer after mapping toward this anchor point. In addition, to heighten the color contrast on the constant hue, the different two mapping methods are applied to the printer gamut which is divided in two region, bright region and dark region. Consequently, the printer output image was highly consistent with the corresponding monitor image.

### I. 서 론

사용자들의 요구를 만족시키기 위해 색을 나타내는

장치의 기능이 다양화, 고품질화, 그리고 저가격화 되어지고 있다. 그러나 이들 장치에 동일한 칼라 영상을 재현했을 때 재현된 색이 서로 다르게 보이는 현상이 발생한다. 그 예로 동일한 칼라 영상을 모니터와 프린터 장치를 통해 동시에 출력하면 재현된 두 영상이 현저한 차이를 보이는 것을 들 수 있다. 이런 현상의 원인은 주위 조명에 의한 영향, 장치간의 색교정의 차이, 장치가 가지는 비선형적인 특성 등으로 볼 수 있으나 무엇보다 가장 큰 영향을 미치는 것은 장치들 사이에

\* 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部

(School of Electronic Electrical Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

\*\* 正會員, 三星電子 프린터 事業部

(Printer Div., Samsung Electronics Co., Ltd.)

接受日字: 1998年2月23日, 수정완료일: 1998年10月2日

서 색을 지원하는 범위, 즉 색역(color gamut)의 차로 볼 수 있다. 모니터와 같이 색역이 넓은 장치에 재현된 칼라 영상을 프린터와 같이 색역이 좁은 장치로 출력하면 프린터 색역 밖에 놓이는 색이 발생한다. 이 색은 프린터에서는 재현될 수 없어서 원래의 모니터에 재현된 색을 나타낼 수 없게 된다. 이로 인해 원 영상과 재현된 영상과의 색의 차이가 커진다. 그러므로 색역 밖의 색을 색역의 안쪽으로 옮겨 인지되는 색의 차를 줄일 필요가 있다. 이와 같이 색역 밖의 색을 칼라 출력 장치가 재현할 수 있는 색역 안의 색으로 변환시켜 원 영상과 유사한 칼라 특성을 가지는 출력 영상을 재현하게 하는 것을 색역 사상(gamut mapping)이라고 한다.<sup>[1-7]</sup>

색역 사상 방법은 사상을 하는 대상에 따라 크게 영상 독립 색역 사상(image independent gamut mapping)과 영상 의존 색역 사상(image dependent gamut mapping)으로 나눌 수 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 영상 독립 색역 사상이란 원 장치의 색역과 재현될 장치의 색역 간에 사상하는 것을 뜻한다. 이 방법은 모든 칼라 영상에 대해 동일한 색역 사상이 이루어지기 때문에 입력되는 칼라 영상의 다양한 표현에 대한 인간 시각의 순응을 고려할 수 없는 단점이 있다. 영상 의존 색역 사상은 주어진 칼라 영상의 색역과 재현될 장치의 색역간의 사상을 뜻하는 것으로, 사상 과정이 주어진 칼라 영상에 적응적인 색역 사상이 가능한 장점이 있다.<sup>[4]</sup>

기존의 색역 사상 방법에는 여러 가지가 있지만 그 중 많이 사용되는 사상 방법은 색역 절단(color gamut clipping)과 압축에 기반한 선형 압축(linear compression) 및 비선형 압축(nonlinear compression) 등이 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 이러한 방법들에 있어서 색역 사상의 대상은 색을 표현하는 장치 기반의 RGB나 CMY가 아니라 장치에 대하여 독립이면서 인간 시각의 색을 인식하는 방법과 유사한 휘도(lightness), 색상(hue), 및 채도(saturation)이다. 휘도와 채도는 적용한 변환 방법에 따른 실수 값을 가지고, 색상은 각도로써  $0 \sim 359^\circ$ 로 표현된다. 그러므로 모니터와 프린터의 RGB와 CMY를 휘도, 색상, 채도로 변환한 후 이 영역에서 사상이 이루어진다. 또한 색역은 임의의 정해진 색상에 대하여 휘도와 채도의 크기로 표현되고 또한 3차원의 휘도, 색상, 채도의 영역이 색상을 기준으로한 2차원의 휘도와 채도로 표현될 수 있어 이 2

차원의 영역에서 사상은 사상시 고려할 인자를 줄임으로써 사상을 쉽게 한다. 임의의 색상을 기준으로 했을 때 모니터의 채도 및 휘도의 최대값이 프린터의 채도 및 휘도의 값보다 크므로 모니터의 색역은 프린터의 색역보다 크다고 할 수 있다.

색역 절단 방법은<sup>[3]</sup> 넓은 색역을 가진 장치에 재현된 색, 즉 좁은 색역을 가진 장치에는 재현되지 않는 좁은 색역 밖의 색을 사상될 좁은 색역의 경계로 사상하는 방법이다. 입력되는 색에 대하여 휘도, 색상, 채도로 변환하고, 결정된 색상에 대하여 휘도와 채도의 값을 이용하여 이 입력된 색이 좁은 색역 내부에 있는지, 아니면 외부에 있는지가 판단된다. 좁은 색역 내부의 색은 사상 방법이 적용되지 않고 그대로 재현되고 외부의 색은 그 색이 가진 색상에 대하여 휘도는 유지시키고 채도를 좁은 색역의 최대값으로 사상시킨 후 재현된다. 이 방법을 이용하면 사상될 색역의 내부 색에는 아무런 변화가 일어나지 않기 때문에 색역 외부의 색을 재현할 때 색역 내부의 색과의 비선형이 발생한다. 그러나 이 방법은 색역 외부의 색을 재현하는 장치의 색역 경계 부분으로 사상하기 때문에, 사상될 색역의 최대 채도값을 유지하는 장점이 있다. 압축에 기반한 방법은 입력된 색의 색상을 기준으로 원 색역의 밝기나 채도값의 최대, 최소를 사상될 색역의 밝기나 채도값의 최대, 최소로 맞추고, 나머지 값은 선형함수나 비선형 함수를 이용하여 변환하는 방법이다. 이 방법에서는 색역 절단 방법과는 달리 입력된 색의 색상을 기준으로 이 색의 휘도와 채도를 이용한 색역 내·외부에 대한 존재 여부의 판단 없이 룩업테이블(look-up table)을 이용하여 그 색상에 대한 원 색역의 최대 채도 값을 사상될 색역의 최대 채도값으로 일치시키는 선형 혹은 비선형 함수를 이용하여 사상시킨다. 선형 압축에서는 1차 식을 이용하여 사상시키고 비선형 압축에서는 감마 보정과 같은 비선형 함수나 모핑(morphing)을 이용하는 방법이 있다.<sup>[2,4]</sup> 색역 사상 방법을 실험한 몇 가지 자료에서는 색역 절단의 방법이 색역 압축에 의한 결과보다 인간 시각적으로 더 나은 결과를 얻을 수 있음을 밝히고 있다.<sup>[2]</sup> 또한 색상을 기준으로 사상시킬 때 휘도를 유지시키며 채도를 사상하는 일반적인 방법 외에 휘도의 한 부분에 앵커점을 설정하고 이 앵커점을 향하여 색역 절단 혹은 색역 압축하는 방법이 있다. 앵커점은 정해진 색상에 대하여 원 색역의 최대 채도와 재현될 색역의 최대 채

도를 연결하는 직선과 휘도가 만나는 점으로 결정되거나 혹은 휘도의 중간값으로 정해진다. 그리고 원 색역과 재현될 색역간의 모양을 고려하여 그 포함 관계에 따라 색역 절단 혹은 색역 압축하는 방법으로 Johnson 등이 제안한 방법이 있다.<sup>[2]</sup>

Johnson 등<sup>[2]</sup>의 방법은 포함관계에 따른 모양을 기준으로 사상될 색을 세 부류로 분류하여 각기 다른 사상 방법을 적용하고 있다. 첫 번째 부류는 완전한 포함관계에 있으면서 원 색역의 최대 채도를 가지는 휘도와 재현될 색역의 최대 채도를 가지는 휘도의 차이가 적은 경우에 적용되는 방법으로서 앵커점의 결정 없이 색역 압축하는 방법이다. 두 번째 부류는 완전한 포함관계에 있으면서 원 색역의 최대 채도를 가지는 휘도와 재현될 색역의 최대 채도를 가지는 휘도의 차이가 큰 경우이며 두 최대 채도를 연결하는 직선과 휘도가 만나는 점을 앵커점으로 설정하여 색역 압축하는 방법이다. 세 번째 부류는 부분 포함관계를 가지는 경우이며 앵커점을 휘도의 중간값으로 설정하고 입력된 색이 재현될 색역의 외부에 있으면 설정된 앵커점을 향하여 사상되며 내부에 있으면 사상하지 않는 방법이다. 이 방법은 단지 두 색역의 모양을 고려하였을 뿐 입력 영상에 대한 고려가 없으므로 영상 독립 색역 사상이라 할 수 있다. 그러므로 입력된 영상의 색을 고려하여 모니터와 프린터의 색 재현에서 발생하는 휘도를 보정한 영상 의존 색역 사상이 요구된다. 즉, 원 영상의 각 화소가 가지는 휘도를 모니터와 프린터에서 재현할 수 있도록 적절한 휘도 보정을 가진 재현 방법이 요구된다.

본 논문에서는 Johnson 등이 제안한 방법을 기반으로 모니터에 재현된 색과 프린트를 통해 재현된 색간의 색일치를 위해 색역 사상시 일치하지 않는 휘도의 범위를 조정 때에 발생하는 원 영상과의 휘도 변형을 보상하면서 채도 값을 절단하는 영상 의존 색역 사상 방법을 제안한다. 색역 사상이 일어날 색공간(color space)으로 변환된 칼라 영상의 휘도(lightness)는 일반적으로 측정된 프린터의 휘도 범위를 넘게된다. 그러므로 영상의 휘도값은 측정된 프린터의 휘도값 범위 안으로 조정해야 한다. 이러한 휘도 범위 조정은 원 영상의 휘도에 변화를 일으킨다. 본 논문에서는 이 변화된 색의 휘도를 보상하기 위해서 일정 색상(hue angle)에서 모니터 색역이 가지는 최대 채도(chroma)의 휘도를 칼라 영상의 휘도 조정시 함께 조정하였다.

이는 색역 사상시 선택되는 사상 기준점인 앵커점(anchor point)을 낮추고 이를 향해 사상된 칼라 영상의 휘도값을 낮추기 위해서이다. 휘도값 범위가 조정된 칼라 영상은 색역 사상의 과정을 따른다. 제안된 색역 사상 방법은 모니터 색역과 프린터 색역의 포함 관계에 따라 다른 사상 방법을 이용하는 Johnson 등의 방법에 기반 하지만 색역 구분 및 사상에 있어서는 차이를 두어, 두 색역간의 색의 정도를 고려하며 동시에 일정 색상에서 더 나은 색 대비(contrast)를 얻기 위해 프린터 색역의 밝고, 어두움에 따라 서로 다른 색역 사상을 하였다. 제안된 방법을 적용한 결과, 모니터 영상에 가깝고, 대비가 높은 프린터 영상을 얻을 수 있었다.

아래 II에서는 두 장치의 색역을 알기 위한 색역 측정 방법을 표현하며, III에서는 측정된 색역을 룩업 테이블로 표현하고 이것을 이용하여 입력되는 RGB 값을 색역 사상의 대상이 되는 단순한 계산에 의한 것이 아니라 모니터에 재현된 실제의 휘도, 색상 및 채도 값으로 변환하기 위한 순방향 사면체 보간(forward tetrahedral interpolation)과 프린터 색역에의 사상 후 프린터에서 표현 가능한 색인 CMY의 값으로 변환시키는 역방향 사면체 보간(backward tetrahedral interpolation)을 정의한다. IV절에서는 비교를 위해 기존의 몇 가지 사상에 대하여 설명하며 V절에서는 제안하는 색역 사상방법을 설명한다. 그 밖에 실험에서는 제안한 사상 방법을 모의 실험하고 그 결과를 토론한다.

## II. 장치의 색역을 알기 위한 샘플 측정

색역 사상을 하기 위해서는 색역 사상이 일어날 색 공간에서 칼라 재현 장치가 가지는 색을 지원할 수 있는 범위, 즉 장치의 색역을 알 필요가 있다. 이로 인해 색역 사상이 일어날 공간에서 두 장치의 색역 사이에 사상 관계를 얻을 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 CIE L\*a\*b\* 색공간을 색역 사상이 일어날 색공간으로 설정하였다. 이 색공간은 인간 시각에 균일한(uniform) 공간이고, 채도와 휘도의 구분이 쉬우며, 색역 사상 결과가 다른 공간에서 보다 더 좋은 결과를 얻는다고 알려져 있기 때문이다.<sup>[3]</sup> 칼라 재현 장치로는 주변에서 쉽게 접할 수 있는 모니터와 프린터를 선택하였다. 그러므로 모니터와 프린터가 지

원하는 CIEL\*a\*b\* 색공간에서 색역을 알기 위해 일정 수의 색 샘플을 각 장치에서 재현하고, 재현된 샘플을 측정 장비로 측정하였다. 모니터의 샘플 패치는 특성상, 적색, 녹색, 청색의 RGB 성분 각각을 일정 간격으로 증가시켜 만들었다. 만들어진 모니터 샘플 패치는 화면상에 재현된 상태에서 측정 장비로 CIEXYZ 값을 측정하였다. 프린터의 샘플 패치는 오차확산 방식<sup>[8]</sup>의 디터링을 이용하여 만들었다. 사용된 Floyd-Steinberg의 오차확산은 그림 1과 같다.

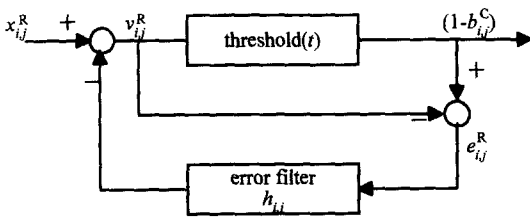


그림 1. 오차 확산 시스템  
Fig. 1. Error diffusion system.

이 디터링을 통해 CMY 성분 각각을 일정한 수만큼 늘리면서 패치를 만들어 CIEXYZ 값을 측정하였다. 이때 일반적으로 측정장비에서는 기준색을 요구하게 되는데, 모니터 샘플 측정에서는 가장 밝은 색인 백색을 기준으로 하였고, 프린터 샘플의 측정에서는 백색변이(white shift)를 통해 모니터 측정시에 이용된 백색을 프린터 측정의 기준으로 하는 색으로 바꾸어 측정값을 얻었다. 이것은 모니터 샘플 측정과 프린터 샘플 측정시 서로 다른 측정 장비를 사용하였으므로 서로 다른 기준 값을 가지게 되면 기준 색의 차이로 인하여 모든 샘플의 색 측정이 틀려지게 되기 때문이다. 또한 기준이 되는 모니터의 백색은 모니터 내부의 색온도를 6500K 설정하고 밝기와 대비를 일정하게 유지시킨 후 측정하였다. 프린터 샘플 측정시 사용되는 조명은 모니터와 같이 D65로 하였다.

두 장치의 샘플을 측정함으로써 얻은 이 측정값들은 색역 사상이 일어날 CIEL\*a\*b\* 색공간으로 변환되어야 한다. 이는 CIEXYZ 색공간을 CIEL\*a\*b\* 색공간으로 변환하는 다음의 식을 통하여 CIEL\*a\*b\*값을 얻었다.<sup>[3]</sup>

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (1)$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

이때 사용된 함수  $f(t)$ 와 표준 광원(D65)에 대한 CIEXYZ 좌표값인  $X_n, Y_n, Z_n$ 은 다음과 같다.

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & 1 \geq t > 0.008856 \\ 7.787 t + (16/166) & 0 \leq t \leq 0.008856 \end{cases} \quad (2)$$

$$X_n = 95.02, \quad Y_n = 100.00, \quad Z_n = 108.81 \quad (3)$$

이 변환되어진 CIEL\*a\*b\* 값은 각 장치의 색역을 나타내는 색상(hue)과 채도(chroma)로 아래와 같이 변환된다.

$$H^* = \tan^{-1}(\frac{b^*}{a^*})$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

여기에서  $H^*$ 는 색상을 나타내며  $C^*$ 는 채도를 나타낸다. 휘도와 채도 값은 실수값으로 표현되고 색상은 각도로 표현된다. 특히, 일정 색상에서 채도의 최대값을 구하면 정확하지는 않지만 어느 정도 정해진 색상에서의 휘도와 채도에 의한 2차원적인 표현의 색역 경계를 알 수 있다. 또한, 측정과 계산을 통해 얻어진 CIEL\*a\*b\* 값들은 룩업테이블 형태로 저장되어 진다. 이 룩업테이블은 입력된 RGB값이 모니터에 재현되었을 때 인간 시각이 느끼는 CIEL\*a\*b\* 값을 순방향 사면체 보간을 통하여 추정하는데 이용되며, 모니터 색역에서 프린터 색역으로의 사상 후 얻어진 CIEL\*a\*b\* 값으로부터 역방향 사면체 보간을 통하여 프린터 출력을 위한 CMY 값을 추정할 때 이용된다.

### III. 색공간 변환을 위한 사면체 보간

입력 영상은 RGB 색공간에서 표현되고, 출력 영상은 CMY 색공간이며, 색역 사상은 CIEL\*a\*b\* 색공간에서 일어난다. 그러므로 색역 사상을 하기 위해서는 RGB 색공간은 색공간 변환 방법을 통해 색역 사상이 일어날 CIEL\*a\*b\* 공간으로 변환되어야 한다. 또 색역 사상을 한 컬러 영상의 CIEL\*a\*b\* 값은 프린터 출력을 위해 CMY 색공간으로 변환되어야 한다. RGB에서 CIEXYZ 및 CIEL\*a\*b\*로 변환하는 색공간 변환 방법에는 주로 아래와 같은 변환 방정식이 이용된다.

$$\begin{aligned} X &= 0.62r + 0.17g + 0.18b \\ Y &= 0.30r + 0.59g + 0.11b \\ Z &= 0.066g + 1.02b \end{aligned} \quad (5)$$

이 XYZ 값은 식 (1)을 이용하여 CIEL\*a\*b\* 값으로 변환된다. 그러나 이러한 변환 방정식을 이용한 색공간 변환은 장치의 특성, 즉 모니터에 있는 형광물체의 비선형성이나 프린터 염료의 비선형성 등을 고려할 수 없는 단점이 있다. 이 단점을 개선시킬 수 있는 방법이 보간을 이용한 색공간 변환이다.

여러 가지 보간 방법이 색공간 변환이나 색교정 등에 널리 사용된다. 이는 적은 수의 측정값을 이용해 색공간 변환이나 색교정이 가능하고 출력된 결과 또한 정확도가 높은 것으로 알려져 있기 때문이다.<sup>[1,2]</sup> 일반적으로 사용되는 보간 방법에는 육면체 보간(cubic interpolation)방법, 프리즘 보간(Prism interpolation)방법, 그리고 사면체 보간(tetrahedral interpolation)방법 등이 있다. 그 중 사면체 보간 방법은 수행이 다른 방법보다 더 쉽고, 4개의 사면체 평면이 평평해서 임의의 칼라 값이 그 사면체에 속하는지의 여부를 쉽게 알 수 있는 장점<sup>[5,6]</sup> 때문에 본 논문에서는 사면체 보간 방식을 이용하여 색공간 변환을 하였다. 색공간을 사면체로 나누는 방법에는 여러 가지가 있다. 본 논문에서는 사면체의 대칭과 단순함 때문에 Po-Chieh Hung이 인용한 방법으로 칼라 공간을 나누었다.<sup>[5]</sup> 하나의 육면체가 가장 먼 두 정점을 이은 축을 중심으로 해서 6개의 사면체로 나뉜 형태는 그림 2와 같다.

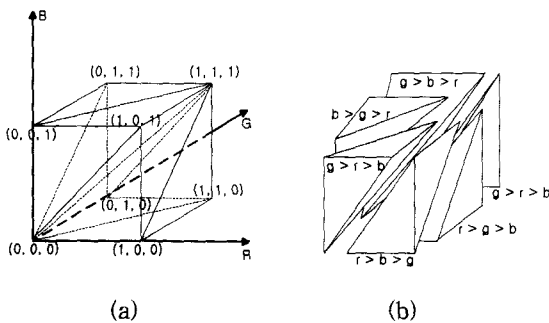


그림 2. 한 육면체에서 나누어지는 사면체 (a) 한 육면체 내의 사면체 위치 (b) 각 사면체의 상태를 나타내는 식  
Fig. 2. Tetrahedral division of a subcube. (a) The location of tetrahedral points in a subcube. (b) Equations of each tetrahedral conditions.

1. 순방향 사면체 보간(Forward tetrahedral interpolation)

순방향 사면체 보간이란 장치 의존 색공간에서 장치 독립 색공간으로 바꾸는 것을 말한다. 본 논문에서는 모니터의 색공간인 RGB 색공간을 색역 사상이 일어난 CIEL\*a\*b\* 색공간으로 변환할 때 이 순방향 사면체 보간을 이용하여 색공간을 변환하였다. 보간하는 방법을 보면, 먼저 보간할 점을 포함하고 있는 육면체를 구해야 한다. 그 육면체가 구해 졌으면 보간할 점을 포함하고 있는 사면체를 육면체 속에서 구한다. 이를 위해 다음과 같은 과정을 거친다.

RGB 색공간 상에서 보간할 점과 사면체의 각 꼭지점 벡터간의 가중치를 구한다. 이는 보간 방법이 한 색공간에서 구한 가중치를 다른 색공간에 적용함으로써 원하는 공간에서의 보간 되어진 점을 구하기 때문이다. 그림 3은 이러한 관계를 보여준다. 이 때의 가중치  $\alpha, \beta, \gamma$ 는 아래 식을 통해서 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1-r_0 & r_2-r_0 & r_3-r_0 \\ g_1-g_0 & g_2-g_0 & g_3-g_0 \\ b_1-b_0 & b_1-b_0 & b_1-b_0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} r_p-r_0 \\ g_p-g_0 \\ b_p-b_0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

보간할 점이 그 사면체에 속하기 위해 가중치는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \gamma \geq 0, \text{ and } \alpha + \beta + \gamma \leq 1 \quad (7)$$

조건을 만족하는 가중치는 사면체의 각 꼭지점에 일치하는 측정값을 이용하는 다음 식으로 인해 보간된 점의 값을 구한다.

$$\begin{bmatrix} L_p \\ a_p \\ b_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1-L_0 & L_2-L_0 & L_3-L_0 \\ a_1-a_0 & a_2-a_0 & a_3-a_0 \\ b_1-b_0 & b_1-b_0 & b_1-b_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_0 \\ a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

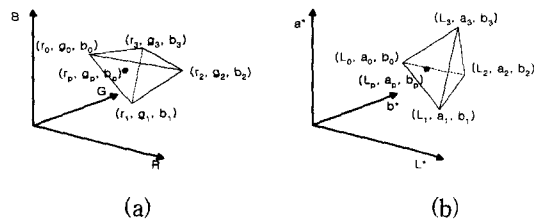


그림 3. 서로 다른 두 색공간에서 일치하는 사면체 (a) RGB 공간 (b) CIEL\*a\*b\* 공간  
Fig. 3. Corresponding tetrahedrons in two spaces. (a) RGB color space. (b) CIEL\*a\*b\* color space.

2. 역방향 사면체 보간(Backward tetrahedral interpolation)

역방향 사면체 보간이란 장치 독립 색공간을 장치 의존 색공간으로 바꾸는 것을 말한다. 본 논문에서는 색역 사상의 결과로 얻어지는 CIEL\*a\*b\* 값을 재현될 프린터의 CMY 색공간으로 변환할 때 이 역방향 사면체 보간이 사용된다. 이 방법은 순방향 사면체 보간과 아주 유사하다. 다른 점이 있다면 장치 의존 색공간을 CMY 색공간으로 설정되었다는 점이다. 이는 색역 사상이 이루어진 값을 프린터로 보내어 재현해야 되기 때문이다. 이 역방향 보간에 의해서 변환된 CMY 값을 지나는 이미지는 프린터에 의해 출력될 정해진 도트 수만큼 CMY 값을 출력한다. 변환하는 식은 순방향 보간시 사용했던 식에서 RGB 대신에 CIEL\*a\*b\* 값을 CIEL\*a\*b\* 값 대신에 CMY 값을 대입해 주면 된다.

3. 직선과 사면체의 삼각형 사이에 있는 교차점

색역 사상시 재현될 색역 밖의 색은 색역 안쪽으로 넣어야 한다. 그렇게 하기 위해서는 색역 절단이나 색역 압축의 방법을 이용하는 데 이 과정에서 필요한 것이 색역의 경계와 직선 사이에 교차점이다. 그림 4는 이런 관계를 보여주고 있다. 색역 밖에 있는 임의의 색을 나타내는 점인 (L<sub>4</sub>, a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>)와 무채색 위의 점(앵커점으로 설정되는 점)인 (L<sub>a</sub>, a<sub>a</sub>, b<sub>a</sub>)을 이은 직선은 대략적으로 일정 색상을 지닌다고 볼 수 있다. 그리고 그림 4의 삼각형은 색역의 경계에 속하는 부분이라고 가정할 수 있다.

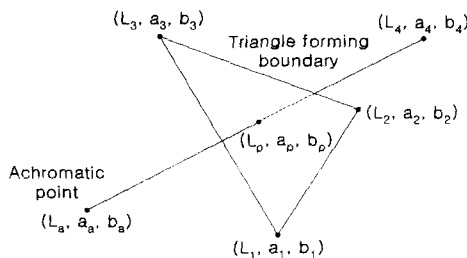


그림 4. 삼각형 모양의 경계와 두점을 잇는 직선 사이의 교차

Fig. 4. The crossing of a triangle-forming boundary and a line connecting two points.

교차점을 구하기 위해서는 다음의 과정을 거친다.

먼저, 삼각형 평면의 수직인 단위 벡터 [a b c]를 구한다.

$$[a \ b \ c] = [1 \ 1 \ 1] \cdot \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix}^{-1} \quad (9)$$

그런 뒤 그 단위 벡터와 직선의 내적을 구함으로써 교차의 유무를 판별한다.

$$\delta = [1 \ 1 \ 1] \cdot \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} L_a - L_4 \\ a_a - a_4 \\ b_a - b_4 \end{bmatrix} \quad (10)$$

이 식은  $\delta$  값이 0 이 아니면 서로 교차한다는 것을 말한다. 이 조건을 만족하면 교차점을 다음의 식으로 구한다. 먼저, 식(11)로부터 교차점과 [L<sub>4</sub>, a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>] 사이의 떨어진 거리  $\eta$ 를 구한다.

$$\eta = \frac{1 - [a \ b \ c] \cdot \begin{bmatrix} L_4 \\ a_4 \\ b_4 \end{bmatrix}}{\delta} \quad (11)$$

그런 뒤 [L<sub>4</sub>, a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>]을 직선을 따라  $\eta$ 만큼 옮김으로써 교차점의 좌표를 구한다.

$$\begin{bmatrix} L_p \\ a_p \\ b_p \end{bmatrix} = \eta \cdot \begin{bmatrix} L_a - L_4 \\ a_a - a_4 \\ b_a - b_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_4 \\ a_4 \\ b_4 \end{bmatrix} \quad (12)$$

여기서 구한 교차점은 삼각형을 포함하는 평면과 직선 사이의 교차점이므로 삼각형 안에 그 교차점이 포함되는 지를 알아야 한다. 그것은 교차점을 삼각형의 각 꼭지점에 대한 가중치로 나타내는 식(13)으로 알 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} L_p \\ a_p \\ b_p \end{bmatrix} \quad (13)$$

가중치가  $\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \gamma \geq 0$  을 만족한다면 교차점 L<sub>p</sub>, a<sub>p</sub>, b<sub>p</sub> 는 직선과 삼각형이 만나는 교차점이 된다. 이 때의 교차점에 대한 CMY 값은 삼각형의 각 꼭지점에 대응하는 CMY 값과 구한 가중치를 다음의 식에 적용함으로써 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} c_p \\ m_p \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \quad (14)$$

### IV. 기존의 색역 사상

입력 칼라 영상은 순방향 사면체 보간을 거치면서 CIEL\*a\*b\* 색공간으로 변환되어 색역 사상을 할 수 있게 된다. 이 색역 사상을 이루는 구성 요소로는 크 게 색, 휘도, 그리고 채도로 나누어진다. 그러므로 색 역 사상을 할 때에는 색상 사상, 휘도 사상, 채도 사 상에 대해서 고려해 주어야 한다.<sup>[1]</sup>

#### 1. 사상 요소에 따른 색역 사상

서로 다른 색역을 가지는 장치 사이에서 색역 사상을 할 때는 색상에 대한 사상은 하지 않는다. 이는 색 이 인간의 시각 속성에 가장 민감한 요소이기 때문에 색을 변형시키는 색상 사상을 하지 않는 것이다. 이 것 은 색역 사상시 색상을 일정한 값으로 유지시킴으로써 구현할 수 있다.

색역간의 휘도를 고려한 휘도 사상은 넓은 색역의 휘도를 좁은 색역의 휘도로 나타내야 하기 때문에 선형적인 압축 방법이나 클리핑 방법이 많이 사용된다. 이 때 원래의 휘도를 유지하려는 의도에서 중간 정도 의 휘도를 보존하는 방법이나 무채색 비를 고려하는 방법 등을 이용하기도 한다. 그림 5의 (a)에서 점선으 로 나타낸 것은 선형적인 압축이고, 실선으로 나타낸 것은 비선형적인 압축으로써 밝은 부분은 약간의 클리 핑을 하고 나머지 부분은 원래의 휘도를 유지하는 방 법이다.

채도 사상은 일정 색상 상에서 휘도 사상 후에 처 리하는 것이 일반적인 방법이다. 일정한 색상과 휘도 값에서 선형적으로 압축하는 방법을 그림 5의 (b)에

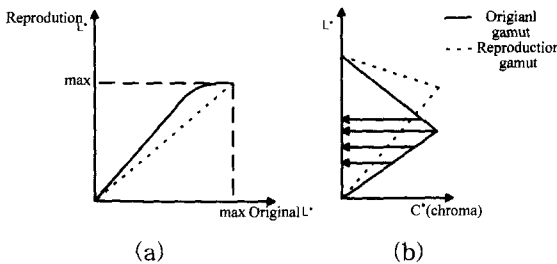


그림 5. 휘도 사상과 채도 사상 (a) 휘도나 채도 사상 시의 함수 (b) 휘도값을 유지하면서 채도 사상

Fig. 5. Lightness mapping and chroma mapping. (a) Functions used for lightness or chroma compression (b) Chroma mapping along lines of constant lightness.

나타내었다. 채도 사상도 역시 비선형적인 압축이나 절단의 방법을 이용할 수 있다.

#### 2. 휘도와 채도가 같이 변하는 색역 사상

색역 사상의 또 다른 형태는 휘도와 채도값을 동시 에 사상하는 것이다. 이는 색 공간에서 인접한 부분 사이에 부드러운 변화를 주기 위해서이다. 그림 6은 휘도와 채도값을 동시에 사상하는 방법을 나타내고 있 다. 그림 6의 (a)는 색역 밖의 색이 재현될 장치 가 지는 색역의 휘도 중심값을 향해 사상하는 방법이다. 이와 같은 방법은 사상 후 재현된 이미지의 대비가 낮 아지는 결과가 나타난다. 이는 밝은 영역에 있는 색의 휘도값은 사상한 후에 감소하고, 어두운 영역에 있는 색의 휘도값은 사상한 후에 반대로 증가하여 휘도값이 가지는 범위가 줄어들었기 때문이다.

그림 6의 (b)는 모든 색상에 대해서 색역 밖의 색 이 재현될 장치 색역의 휘도 중심값보다 큰 값이면 중 심을 향하여 사상하고 그렇지 않으면 일정 휘도값에 서 선형적인 사상을 하는 방법이다. 그림 6에서 (c)의 방법은 각각의 색상에 따라 최대 채도값의 휘도를 기 준으로, 이 값보다 큰 값이면 최대 채도값의 휘도값을 향해 사상하고 그렇지 않으면 일정 휘도값에서 선형 적인 사상을 하였다. 이는 각각의 색에 대한 밝고 어 둬의 구분을 분명히 하기 위한 의도 때문이다. 그림 6(b)와 (c)의 방법은 (a)의 방법보다는 전체적인 대비 가 높아지는 장점을 가지나 색역밖의 색과 재현할 색

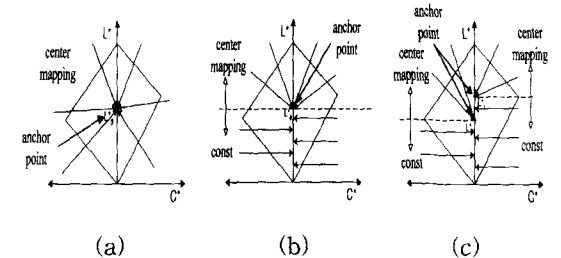


그림 6. 휘도와 채도가 같이 변하는 다양한 사상 방법 (a) 중심점, L\*=50을 향한 사상 (b) 모든 색 상에 대해서 동일한 복합 사상 (c) 각각의 색 상에 대한 다른 앵커점을 가지는 복합사상

Fig. 6. Various gamut mapping combined the lightness and chroma. (a) gamut mapping toward the central point, L\*=50. (b) Same hybrid gamut mapping on every hue angle. (c) Hybrid gamut mapping having the different anchor point on each hue angle.

역간의 휘도나 채도의 관계를 고려하지 않았다. 그렇기 때문에 넓은 색역 상에서 휘도와 채도값의 정도를 좁은 색역 상에서 알맞은 정도로 나타낼 수 없다.

3. Johnson 등이 제안한 색역 사상

위 방법의 단점을 고려한 방법이 Johnson 등이 제안한 방법이다.<sup>[11]</sup> 이 방법은 넓은 색역과 좁은 색역의 포함 관계에 따라 세 가지 방법으로 사상한다. 그림 7은 이 사상 방법을 나타내고 있다. 그림 7 (a)는 넓은 색역이 좁은 색역을 완전히 포함하고, 넓은 색역의 최대 채도값이 가지는 휘도값이 좁은 색역의 최대 채도값이 가지는 휘도값과 비슷할 경우에 색역 사상을 나타낸다. 이 때의 색역 사상은 일정 휘도값에 따라 채도값을 선형적으로 사상한다. 그림 7 (b)는 넓은 색역이 좁은 색역을 완전히 포함하고, 각 색역의 최대 채도값이 나타내는 휘도값이 다를 경우에 사용하는 사상 방법을 나타내고 있다. 이 경우의 색역 사상은 색역간의 최대 채도값의 두 정점을 이은 직선이 무채색 축과 만나는 점, 즉 앵커점을 향해 이루어진다. 넓은 색역에 속한 색은 이 앵커점을 향하는 선을 따라 압축이나 절단의 사상이 이루어진다. 이와 같은 방법은 넓은 색역의 채도와 휘도의 정도를 좁은 색역에서 고려하는 사상 결과를 가져온다. 그림 7 (c)는 위의 조건

을 만족하지 않는 경우, 즉 두 색역의 포함 관계가 부분적일 때 사용하는 사상 방법이다. 이 방법은 앵커점을 휘도의 중심값에 두고 이 점을 향해 사상한다.

V. 제안한 색역 사상

Johnson 등이 제안한 방법은 색역간의 사상이 일어나기 전에 두 색역 간에 휘도값을 일치시키기 위해 휘도를 변화하는 과정을 거친다. 이는 넓은 색역에 있는 백색의 휘도와 흑색의 휘도를 좁은 색역에 있는 백색의 휘도와 흑색의 휘도로 맞춘 뒤 나머지 휘도는 선형적으로 변화시킨다. 이로 인해 넓은 색역의 휘도는 원래의 휘도에 대하여 변화된 값을 가지므로 넓은 색역에서 나타나는 영상의 휘도를 충실히 재현할 수 없게 된다. 또 그림 7 (b)와 (c)의 경우 사상 후의 휘도 범위가 좁아짐으로 인해 대비가 낮아지는 결과가 발생한다. 본 논문에서는 이와 같은 휘도의 변화를 보상하고, 일정 색상에서 대비를 높이는 색역 사상 방법을 제안하였다.

1. 휘도값을 보상하기 위한 가변 앵커점 설정

본 논문에서는 백색 변이로 인해 모니터와 프린터의 백색에 대한 CIEL\*a\*b\* 값은 동일하다. 그러나 CIEL\*a\*b\* 색공간 상에서 프린터의 흑색에 대한 휘도는 모니터 흑색의 휘도보다 더 높다. 그러므로 서로 다른 휘도 범위를 맞추어 주기 위해서는 그림 8의 (a)에 나타나는 실선과 같은 처리가 필요하다. 이 처리를 한 후, 나타나는 원 칼라 영상의 휘도 차이를 그림 8의 (a)는 보여준다. 이 때 그림 8의 (a)에 있는 점선은 원 칼라 영상의 휘도를 변화시키지 않은 것을 나타낸다.

본 논문에서는 원 영상과의 휘도 차이를 보상하기 위해서 선형적인 휘도 변화시 넓은 색역의 최대 채도가 지나는 휘도를 칼라 영상의 휘도 범위 조정시에 같이 변화시켜 주었다. 즉, 넓은 색역의 최대 채도가 지나는 휘도는 그와 일치하는 칼라 영상의 휘도가 증가한 양만큼 증가되었다. 이렇게 함으로써 일정 색상의 최대 채도가 가지는 정점의 위치는 변한다. 이로 인해 변한 최대 채도를 나타내는 점과 좁은 색역의 최대 채도를 나타내는 점을 잇는 직선이 바뀌게 된다. 이 바뀐 직선은 무채색 축과 만나는 점을 변경시켜 새로운 앵커점을 설정한다. 이 과정을 그림 8의 (b)에 나타내

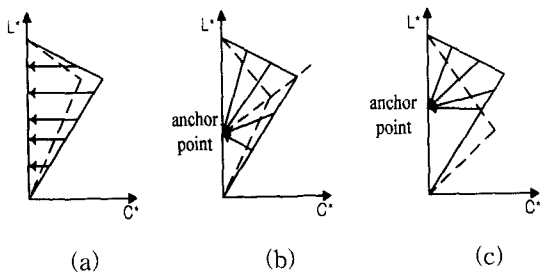


그림 7. Johnson 등이 제안한 방법 (a) 색역간의 포함관계가 완전하고 비슷한 최대 채도의 휘도값을 가질 경우 (b) 색역간의 포함관계가 완전하고 다른 최대 채도의 휘도값을 가질 경우 (c) 색역간의 포함관계가 부분적일 경우

Fig. 7. Johnson et al's method. (a) In case that the inclusion between two gamuts is complete and two lightness values of the maximum chromas is similar. (b) In case that the inclusion between two gamuts is complete and two lightness values of the maximum chromas is different. (c) In case that the inclusion between two gamut is partial.



었다. 설정된 앵커점은 기존의 앵커점보다 더 낮은 휘도를 가진다. 그림 8의 (c)는 변경된 앵커점으로 인한 영향을 나타낸다. 즉 이 앵커점을 향해 사상된 색은 원래의 앵커점을 이용한 사상보다 더 낮은 휘도를 얻는다. 이는 새로이 설정된 앵커점을 향한 사상을 통해 더 낮은 휘도를 가지도록 함으로써 휘도 변화시 증가된 값을 보상하는 역할을 한다.

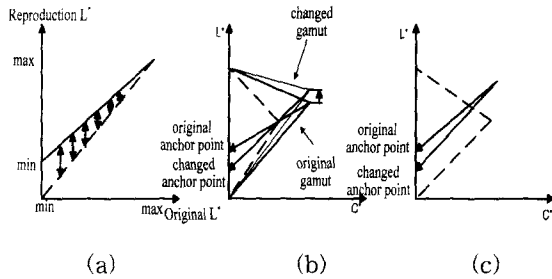


그림 8. 제안된 앵커점 설정 (a) 원 영상과 휘도값 범위가 조정된 영상사이의 휘도값 차이 (b) 제안된 앵커점 설정 방법 (c) 새로운 앵커점을 이용했을 때의 효과

Fig. 8. Proposed setting of the anchor point. (a) Lightness difference between the original image and the image the lightness is adjusted. (b) Proposed method setting the anchor point. (c) Effect using the new anchor point.

입력되는 칼라 영상은 최대, 최소 휘도가 다르다. 이는 영상의 휘도가 프린터의 휘도 범위 안으로 들어가도록 하는 직선의 기울기를 변화시킨다. 이 직선의 변화는 일정 색상 상에서 최대 채도가 지니는 정점의 위치를 바꾸고, 그 결과 이전에 설정된 앵커점과는 다른 앵커점이 설정된다. 즉, 설정되는 앵커점은 입력 컬러 영상의 최대, 최소 휘도에 따라 가변하게 된다.

2. 변경된 앵커점을 이용하고 대비를 증가시키는 색역 사상

본 논문에서는 대비를 증가시키기 위해서 칼라 영상의 어두운 영역에 대해서 일정 휘도를 유지시키며 클리핑하는 방법을 이용하였다. 어두운 영역에서 칼라 영상의 휘도는 사상시 더 낮게 하는 것이 원 칼라 영상의 휘도에 더 유사하게 된다. 그러나 이와 같은 방법은 어두운 영역에서의 구분 단계를 모호하게 하므로 본 논문에서는 휘도를 유지하면서 사상하는 방법을 이용하였다. 또 본 논문에서는 어두운 영역에 대한 적당

한 기준을 잡을 수 없어서 좁은 색역이 지니는 휘도 범위의 1/2 되는 값 이하를 어두운 영역으로 설정하였다.

그림 9의 (a)는 색역간의 완전한 포함 관계이고 최대 채도가 지니는 휘도가 다를 때 사용된 사상 방법이다. 입력된 색의 휘도가 좁은 색역이 가지는 휘도 범위의 1/2 이상이고 색역 외에 놓인 색은 변화된 앵커점을 향해 클리핑됨을 보여주고 있다. 휘도 범위의 1/2 이하의 휘도값을 가지는 색역 외의 색은 휘도값을 유지시키며 클리핑함을 나타낸다. 그림 9의 (b)는 색역간의 불완전한 포함 관계가 성립할 때의 사상을 나타낸 것이다. 좁은 색역의 휘도 범위의 1/2 값을 앵커점으로 설정하였고 사상 방법의 (a)의 방법과 동일하다.

이상의 방법으로 사상된 칼라 영상은 역방향 사면체 보간을 사용해 일치되는 CMY 값을 얻는다. 좁은 색역을 가지는 프린터는 이 CMY 값으로 칼라 영상을 재현하게 된다.

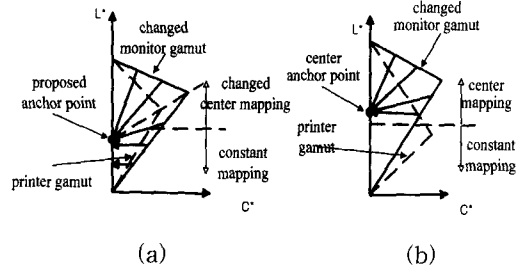


그림 9. 제안된 색역 사상 방법 (a) 두 색역간의 포함 관계가 완전하고 다른 최대 채도의 휘도값일 경우 (b) 두 색역간의 포함관계가 부분적일 경우

Fig. 9. Proposed gamut mapping method. (a) In case that the inclusion between two gamuts is complete and two lightness values of the maximum chromas is different. (b) In case that the inclusion between two gamuts is partial.

VI. 실험 및 결과

실험에서 사용된 모니터는 AcerView 76ie(7176ie) 이고 사용된 프린터는 LG 잉크젯 프린터(GIP-6000)이다. 측정될 모니터의 샘플 패치는 RGB 각 계조도 성분을 51간격으로 설정하여 총 6×6×6 만큼의 갯수를 얻었고 이를 MINOLTA spectrophotometer

ca-100 장비를 이용하여 xyY 값을 얻은 후 이를 CIEL\*a\*b\* 값으로 변환하여 사용하였다. 프린터의 샘플 패치는 CMY 각 성분을 51간격으로 채색해가며 6×6×6 만큼의 개수를 얻은 후 이를 MINOLTA spectrophotometer cm-3600d 장비를 이용하여 xyY 값을 얻은 후 CIEL\*a\*b\* 값으로 변환하여 사용하였다. 이 측정값을 바탕으로 두 장치의 대략적인 색역에 대한 휘도값과 채도값을 비교하면 그림 10과 같다. 그림 10에서 두 장치의 색역 범위를 비교한 결과 모니터의 색역 범위가 프린터의 색역 범위보다 더 넓은 것을 알 수 있다. 따라서 프린터가 나타내는 색역 범위가 대부분이 모니터의 색역 범위에 속함을 알 수 있다.

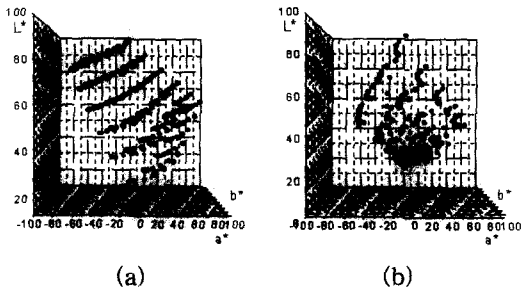


그림 10. 측정값에서부터 얻은 두 장치의 색역 비교  
 (a) 모니터 색역 (b) 프린터 색역  
 Fig. 10. Gamut comparison between two devices by the measurement.  
 (a) Monitor color gamut. (b) Printer color gamut.

색역 사상시 이용되는 모니터와 프린터의 색역 경계치는 측정값을 통해 사면체 보간으로 얻었다. 이는 전체 RGB와 CMY 값을 사면체 보간 방법으로 CIEL\*a\*b\*값으로 바꾼 뒤, 각 색상 상에서 가장 큰 채도값을 지니는 CIEL\*a\*b\* 값을 그 색상 경계치로 설정하였다. 실험에서 색상을 1° 간격으로 설정하였다.

그림 11은 모니터의 입력 칼라 영상이 색역 사상을 거쳐 프린터로 재현되는 전 과정을 나타낸다. 먼저, 모니터 상의 RGB 색공간 속에 있던 입력 칼라 영상은 순방향 사면체 보간을 거쳐 색역 사상이 일어날 CIEL\*a\*b\* 색공간으로 변환이 일어난다. CIEL\*a\*b\* 값으로 변환된 칼라 영상을 프린터의 휘도값 범위로 넣기 위해 영상의 휘도값 범위를 조정한다. 이로 인해 변화된 칼라 영상의 휘도값을 보상하기 위해 제안한 방법을 사용하여 앵커점을 설정한다. 이 설정된 앵커점과 제안된 사상 방법으로 칼라 영상을 프린터의

색역으로 색역 사상을 한다. 색역 사상된 칼라 영상은 역방향 사면체 보간을 통하여 CMY 색공간으로 변환된다. 그러면 프린터는 변환된 영상을 CMY 각 성분 에 일치하는 도트 수를 채색함으로써 칼라 영상을 재현한다.

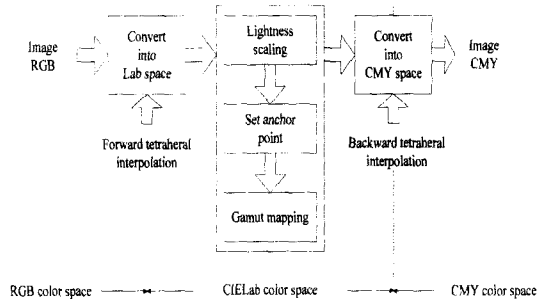


그림 11. 색역 사상을 위한 전체 과정  
 Fig. 11. Total procedure for the gamut mapping.

실험에는 자연색 24비트로된 256×256의 크기를 가지는 2가지 종류의 영상들을 사용하여 모니터와 프린터간의 색의 일치를 이루었다. 정량적인 결과 값을 얻기 위해 Macbeth 칼라차트를 이용하였으며, 인간 시각적으로 인지되는 결과를 알기 위해 여러 색이 있는 실제 영상을 이용하였다.

그림 12는 정량적인 값을 얻기 위해 표준 칼라로 사용되는 Macbeth 칼라차트를 기존의 방법들과 제안된 방법으로 출력한 영상이다. 실험에서는 영상을 클리핑 방법, CUSP 방법,<sup>[9]</sup> Johnson et al.의 색역 사상 방법과 그리고 제안한 색역 사상 방법을 적용하여 프린터로 재현하였다. 이 결과들은 먼저 각 색역 사상 방법들로 색역사상을 한 후에 기존의 오차 확산 방법으로 디더링하여 출력하였다. 이 재현된 영상들은 측정장비를 통해 CIEL\*a\*b\* 값을 얻은 후 모니터에 출력된 영상의 CIEL\*a\*b\* 값과의 차를 구하였다. 이 차는 아래 식을 통하여 구할 수 있다.

$$\Delta CIEL^*a^*b^* = \sqrt{(L_M - L_R)^2 + (a_M - a_R)^2 + (b_M - b_R)^2} \quad (15)$$

여기서  $L_M a_M b_M$  는 모니터에 출력된 영상의 CIEL\*a\*b\* 값이고  $L_R a_R b_R$  는 프린터로 재현한 영상의 CIEL\*a\*b\* 값을 나타낸다. 표 1은 위 식을 통해서 얻은 값의 오차를 각 방법에 따라 나타내었다. 각 방법과 제안한 방법을 정량적으로 비교한 결과, 전체 영

상에서 인지되는 차를 나타내는  $\Delta CIEL^*a^*b^*$  값은 제안한 방법이 다른 방법에 비해 더 나은 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

표 1. 모니터 출력 영상과 프린터에 재현된 영상 사이에서 얻은 오차

Table 1. Errors between original image and printed image.

색역 사상 방법	$\Delta CIEL^*a^*b^*$
클리핑 방법	13.18046
CUSP의 방법	9.86574
Johnson. et al.의 방법	13.00708
제안된 방법	8.665285

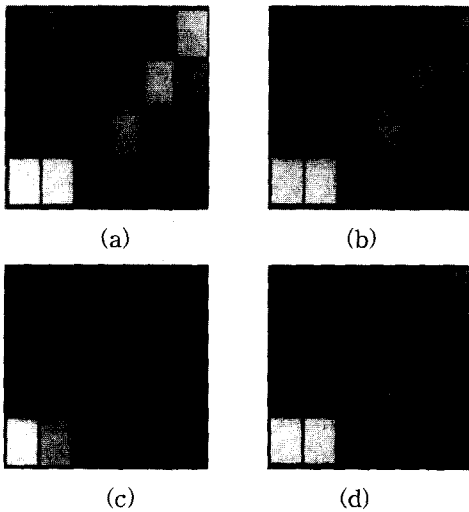


그림 12. Macbeth 칼라차트 영상을 이용한 색역사상 (a) 클리핑 방법 (b) CUSP 방법 (c) Johnson. et al.의 방법 (d) 제안한 방법  
Fig. 12. Gamut mapping using Macbeth color chart. (a) Clipping method. (b) CUSP's method. (c) Johnson. et al.'s method. (d) The proposed method.

이상과 같은 정량적인 실험의 근거를 뒷받침하기 위하여 일반적인 실제 영상에 대해서 적용한 결과가 그림 13이다. 그림 13은 각 방법을 휘도값과 채도값의 분포가 다양한 fruits 영상에 적용한 결과를 나타낸 것이다. 그림 13의 (a)는 클리핑 방법을 이용하여 색역 사상한 결과로 딸기 부분과 노란색의 꽃에서 채도가 다른 영상에 비해 떨어짐을 볼 수 있다. 그림 13의 (b)는 CUSP 방법으로 색역 사상한 결과로 전체적으로 채도와 색의 대비도가 부족함을 나타내고 있다. 그

림 13의 (c)는 Johnson. et al.의 방법을 이용해서 색역 절단함으로써 얻은 결과로 채도와 색의 대비부분에서는 좋은 결과를 나타내고 있으나 포도송이와 일부 과일 부분에서 영역의 뭉쳐짐 현상이 나타나고 있음을 볼 수 있다. 그림 13의 (d)는 제안한 방법에 의해 얻은 결과이다. 결과 영상으로부터 색역 사상의 결과로 채도와 색의 대비도 좋으면서 영역 뭉쳐짐 현상도 나타나지 않음을 알 수 있다. 또한 모니터의 영상에 근접한 색을 더 잘 재현하고 있음을 볼 수 있었다.

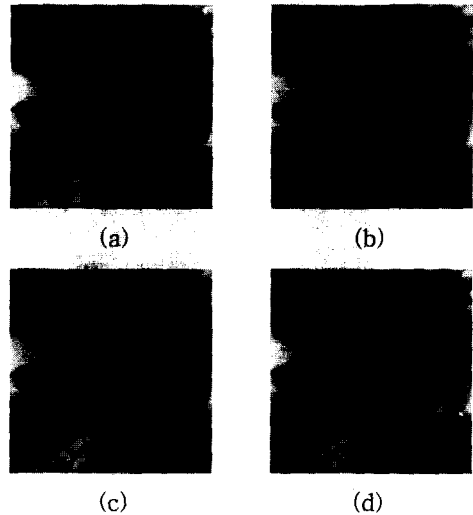


그림 13. Fruits 영상을 이용한 색역사상 (a) 클리핑 방법 (b) CUSP 방법 (c) Johnson. et al.의 방법 (d) 제안한 방법  
Fig. 13. Gamut mapping using fruits image. (a) Clipping method. (b) CUSP's method. (c) Johnson. et al.'s method. (d) The proposed method.

## VII. 결 론

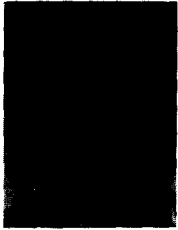
본 논문에서는 모니터와 프린터의 색역 사상시 휘도값 범위 조정으로 인해 발생하는 원 영상과의 변형을 보상하면서 채도값을 클리핑하는 영상 의존 색역 사상 방법을 제안하였다. 기존의 색역 사상의 방법은 사상 후의 대비가 감소되거나, 사상시 원 장치의 색역을 고려하지 않아서 원 영상이 가지는 휘도와 채도의 정도를 제대로 재현할 수 없었다. 또 휘도값 범위 조정으로 인해 발생하는 값을 고려하지 않아 원 영상을 충실히 재현하지 못하였다. 그러나 제안한 방법을 사용함으로써 사상된 프린터의 색역 밖의 색은 휘도값

범위 조정 전의 색에 더 가까워지고, 어두운 영역의 변화를 줄여 특정 색에 대한 출력 영상의 대비를 높일 수 있었다. 그러나 재현된 영상의 무채색의 구분 단계가 작아지고 무채색이 일부 색을 나타내는 단점이 나타났다. 이는 제안한 방법이 영상의 휘도값만을 너무 고려하여 색역에 왜곡이 일부 일어났기 때문이다. 따라서 색역 사상시 휘도값과 함께 채도값을 좀 더 고려하여 프린터 색역을 만든다면 더 나은 색역 상상을 할 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

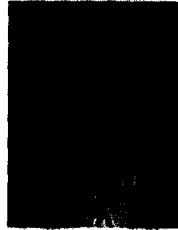
- [1] M. Ronnier Luo and Jan Morovic, "Two Unsolved Issues in Colour Management - Colour Appearance and Gamut Mapping," *Proceedings of the 5th International Conference on High Technology : Image Science and Technology-Evolution & Promise*, pp. 136-147, Chiba, Japan, 1996.
- [2] Patrick G. Hezog and Michael Muller, "Gamut Mapping Using an Analytic Color Gamut Representation," *SPIE, Device-Independent Color, Color Hard Copy, and Graphic Arts II*, pp. 117-128, February 1997.
- [3] Henry R. Kang, *Color Technology for Electronic Image Devices*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [4] Gabriel Marcu and Satoshi Abe, "Gamut mapping for color simulation on crt devices", *SPIE vol. 2658 Device Independent Color Imaging and Imaging System*, pp. 308-315, January 1996.
- [5] Po-Chieh Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up-table model and interpolation," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 36, no. 1, pp. 53-61, January 1993.
- [6] Gabriel Marcu and Satoshi Abe, "CRT and Ink Jet Printer Models for Device Independent Color Reproduction in Image Transmission," *The 2nd IS&T Color Imaging Conference, Color Science, Systems and Application*, pp. 143-148, Nov. 1994.
- [7] Patrick G. Herzog and Bernhard Hill, "A New Approach to the Representation of Color Gamut," *The 3rd IS&T/SID Color Imaging Conference, Color Science, Systems and Application*, pp. 78-81, Nov. 1995.
- [8] Kyeong-Man Kim, Chae-Soo Lee, Eung-Joo Lee, and Yeong-Ho Ha, "Color Image Quantization and Dithering Method Based on Human Visual System Characteristics," *The Journal of Imaging Science and Tehcnology*, vol. 40, no. 6, pp. 487-614, Nov./Dec. 1996.
- [9] J. Morovic and M. R. Luo, Gamut Mapping Algorithms Based on Psychophysical Experiment, *Fifth Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications*, pp. 44-49, 1997.

저 자 소 개



金 辛 東(正會員)

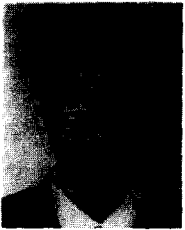
1973年 12月 2日生 1996年 영남대학교 전자공학과 (공학사). 1998年 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 주관심분야는 칼라 프린팅, 칼라 영상처리등임



李 採 守(正會員)

1968年 10月 15日生 1994年 경북대학교 전자공학과 (공학사). 1996年 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1996年 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주관심분야는 칼라 영상 양자화, 칼라 프린팅, 장

치간 칼라 일치등임



金 聃 萬(正會員)

1970年 4月 5日生 1993年 경북대학교 전자공학과 (공학사). 1995年 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1998年 ~ 현재 삼성전자 프린터 사업부 근무중. 주관심분야는 칼라 영상 양자화, 멀티미디어

등임



李 徹 熙(正會員)

1969年 12月 26日生 1995年 경북대학교 전자공학과 (공학사) 1997年 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1997年 ~ 현재 동대학원 박사과정 재학중. 주관심분야는 칼라영상처리, 칼라 프린팅임

河 永 浩(正會員) 第 32券 B編 第 12券 參照

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수