

색조 보존을 위한 칼라 색역 매핑

성영모, 박은홍, 임재권
금오공과대학교 전자공학과

Hue Preserving Color Gamut Mapping

Young Mo Sung, Eun Hong Park, and Jae Kwon Eem
Department of Electronic Engineering, Kumoh Nat'l Institute of Tech.

Abstract

This paper presents a hue preserving gamut mapping algorithm for color monitor and printer. The gamuts of monitor and printer are set by the profile of color reproduction media, specified by ICC(International Color Consortium) and provided by vendors, then those gamuts are represented on the *CIE xy* color space. In case that the color of monitor are located on out-of-gamut of printer, these are clipped on the point of gamut boundary of printer towards a reference white point. On the other hand, colors are in-gamut of printer are unchanged. An image generated by the algorithm keeps a ratio of each pixel of original image. Advantages of the algorithm are easy to implement and fast processing time than other algorithms which involve hue preserving especially in *CIELAB* color space.

I. 서 론

현재 우리들은 다양한 칼라 장치(모니터, 프린터, 스캐너 등)를 주위에서 아주 쉽게 접할 수 있다. 그렇기 때문에 자신이 사용하고 있는 칼라 장치에 대한 관심과 지식이 높아지게 되었고, 이로 인해 색을 나타내는 장치의 기능은 다양화, 고품질화, 그리고 저가격화되어 가고 있다. 그러나 이런 장치들은 각기 서로 다른 색역을 가지고 있어 동일한 색을 표현할 때 매체마다 색이 다르게 나타나게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 색역 매핑(gamut mapping) 알고리즘을 사용해야 한다.

임의의 한 칼라 매체에 나타난 칼라 영상을 다른 매체에 표현하게 될 때 장치들간의 색역 차가 있어 색역 밖에 놓이는 색은 표현할 수 없게 된다. 이를 표현하고 싶은 칼라 매체의 색역 안으로 매핑시키는 것을 색역 매핑이라 한다. 색역 매핑 알고리즘의 목적은 그레이 축 보존, 색역 밖 색의 수 감소, 색조변화 최소화, 칼라대비 향상, 채도 증가 등에 있다[1]. 지금도 많은 연구에 의해 다양한 알고리즘이 제시되고 있다. 그런데 지금까지 제시된 색역 매핑 알고리즘의 대부분은 *CIELAB* 색 좌표계에서 수행하기 때문에 색역 경계값 연산과 색역 매핑 연산 속도가 상당히 느린 단점이 있다[2].

본 논문에서는 각각의 색 재현 장치마다 제공되고 있는 색 프로파일을 이용하여 모니터와 프린터의 색역을 확인하고 이를 *CIE xy* 색 좌표계에 표현한다. 재현할 장치의 색역을 벗어나는 색은 기준 백색 중심으로 절단하여 색조 보존하였으며, 색역 매핑 속도가 *CIELAB* 색 좌표계에서 색역 매핑한 것보다 향상되었다.

II. 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘

본 논문에서는 주위에서 쉽게 접할 수 있는 모니터와 프린터에 대한 색역 매핑을 수행하였다. 색역 매핑을 수행하기 위해 먼저 모니터와 프린터의 색역을 확인하고 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘이 수행될 수 있도록 *CIE xy* 색 좌표계에 확인된 색역을 매핑시킨다. 이렇게 *CIE xy* 색 좌표계에 매핑시킨 모니터와 프린터의 색역을 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘에 적용한다.

1. 모니터와 프린터의 색역 설정

모니터와 프린터의 색역은 물리적인 특성을 상세하게 기술한 것은 아니지만 색 입력 및 기본적인 colorimetry 특성을 확인할 수 있는 icm 프로파일을 이용하였다[5]. icm 프로파일에 포함된 데이터들은 장치 종속적인 값들을 ICC에서 규정하고 있는 장치 독립공간인 프로파일 접속 공간(PCS, Profile Connection Space)으로 정확하게 매핑시켜 주기 위해 사용되는 여러 가지 정보를 가지고 있으며, 이들 값을 이용하여 다른 칼라 장치들의 칼라 공간으로 매핑시켜 줄 수 있다.

(1) 모니터 색역 경계값 설정

모니터 프로파일 내의 데이터에서 Red Colorant, Green Colorant, Blue Colorant의 *XYZ* 값들은 그 모니터가 표현할 수 있는 각각의 최대 *RGB* 값들로 제조 회사에서 측정하여 기록한 값이다[3]. *CIE xy* 색 좌표계에서 색역 매핑을 수행하기 위해 Red Colorant, Green Colorant, Blue Colorant의 *XYZ* 값들을 식(1)에 의해 *CIE xy*값으로 표현한다. *CIE xy* 색 좌표계에 계산되어진 Red Colorant, Green Colorant, Blue Colorant 각각의 *xy*값들은 모니터가 표현할 수 있는 최대 색 영역의 값이

므로 각각의 xy 값을 연결한 선 위의 색값들을 색역의 경계값으로 설정한다.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$
(1)

(2) 프린터 색역 경계값 설정

프린터의 색역 경계값의 설정은 프로파일 내 AToB 태그 값의 칼라 룩업 테이블(CLUT)을 이용하여 RGB 데이터를 PCS 공간의 데이터로 변환시킨 후, 이를 CIE xy 색 좌표계에 표현하기 위해 CIEXYZ 값으로 변환시킨다. 그림1에서 보는 바와 같이 XYZ 값으로 변환된 값들을 식(1)을 이용하여 CIE xy 색 좌표계에 표현한다. 선형 보간법을 사용하여 xy 좌표계에 나타난 경계값들을 연결한 선은 프린터 색역의 경계값이 된다[3].

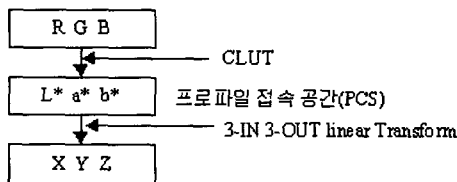


그림 1. 프린터 색역 설정 방법

2. 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 특징은 기준 백색이 주어지면 그 백색 중심으로 색조가 선형적으로 유지되는 CIE xy 색 좌표계의 특성을 이용하는 것이다. 이는 그림2에서 보인 것과 같이 백색을 기준으로 프린터 색역 밖에 존재하게 되는 칼라를 프린터 색역 경계값으로 끌어 들이는 것이다.

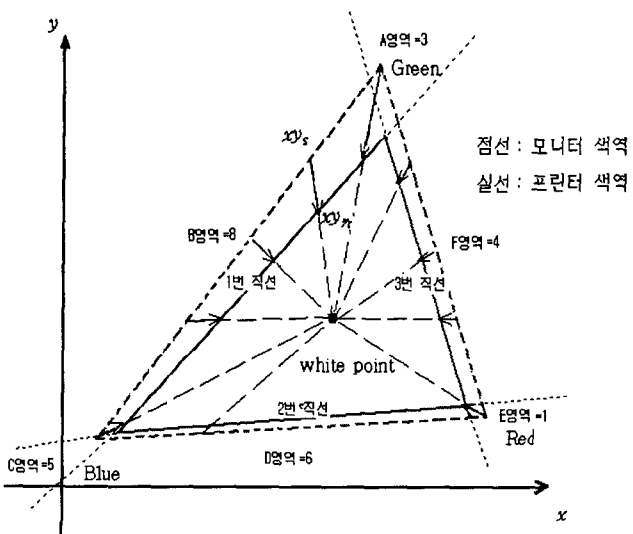


그림 2. CIE xy 색 좌표계에 모니터와 프린터 색역 표현

앞에서 설명한 모니터와 프린터의 색역 경계값 설정에 사용한 xy 값들로 이들의 색역을 그림2의 CIE xy 색 좌표계에 표현한다. 여기서 xy_s 는 주어진 xy 값, xy_r 은 재현되어질 xy 값을 나타낸다.

그림2에 나타난 것처럼 임의의 주어진 색이 재현될 색역을 기준으로 어느 영역에 존재하는지를 확인하는 과정은 다음과 같다.

- Step 1: 재현될 색역을 나타낸 세점을 가지고 녹색과 푸른색, 푸른색과 붉은색, 붉은색과 녹색의 점을 연결하는 3개의 직선 방정식을 만든다.
- Step 2: 1번 직선의 방정식에 주어진 칼라의 x 값을 대입하여 나온 y 값이 주어진 칼라의 y 값보다 크면 영역 설정값을 1로 하고 작으면 0으로 설정한다.
- Step 3: 2번 직선의 방정식에 주어진 칼라의 x 값을 대입하여 나온 y 값이 주어진 칼라의 y 값보다 크면 영역 설정값을 3으로 하고 작으면 0으로 설정한다.
- Step 4: 3번 직선의 방정식에 주어진 칼라의 x 값을 대입하여 나온 y 값이 주어진 칼라의 y 값보다 크면 영역 설정값을 5로 하고 작으면 0으로 설정한다.
- Step 5: 1번, 2번, 3번 직선에 설정한 영역 설정값을 합하여 9일 경우는 주어진 칼라가 재현될 색역 안에 존재하는 것이다.
- Step 6: 1번, 2번, 3번 직선에 설정한 영역 설정값의 합이 9가 아닐 경우는 주어진 칼라의 xy 값이 A~F의 영역 중 어느 한 곳에 존재하게 된다. 영역에 따른 설정값이 각각 주어지 있으며, 영역 설정값의 합에 따라 B, D, F 영역은 주어진 3개의 직선 중 하나가 선택되어진다. 선택된 직선, 기준 백색 그리고 주어진 칼라의 xy 값에 의해 만들어진 직선들이 만나게 되는 지점의 xy 값을 얻는다. 주어진 칼라가 A, C, E 영역에 존재하게 되면 3개의 직선 중 2개의 직선이 선택되어지고, 2개의 직선과 기준 백색과 주어진 칼라의 xy 값을 연결한 직선과의 교차점 중에서 기준 백색과의 거리가 가까운 교차점의 xy 값을 얻는다.

이렇게 하여 얻어진 xy 값은 기준 백색을 중심으로 재현될 색역의 경계값으로 끌어 당겨진 값이다. 기준 백색을 중심으로 끌어 당겨져 있기 때문에 색조가 보존되게 된다. 그 다음 식(2)와 식(3)을 사용하여 xy 값을 XYZ 값으로 변환시킨다. 만약, 주어진 임의의 색이 재현될 색역 안에 있을 경우,

$$\begin{cases} X_{sr} = X_s \\ Y_{sr} = Y_s \\ Z_{sr} = Z_s \end{cases} \quad (2)$$

이고, 주어진 임의의 색이 재현될 색역 밖에 존재할 경우,

$$\begin{cases} Y_{sr} = Y_s \\ X_{sr} = \frac{x_r \cdot Y_{sr}}{y_r} \\ Z_{sr} = \frac{(1.0 - x_r - y_r) Y_{sr}}{y_r} \end{cases} \quad (3)$$

이다. 여기서, x_r, y_r 는 재현될 색역의 xy 값이고, X_s, Y_s, Z_s 는 주어진 칼라의 XYZ 값이고, X_{sr}, Y_{sr}, Z_{sr} 는 재현될 색역내의 XYZ 값을 의미한다. 주어진 칼라가 재현될 색역 안에 존재할 경우는 식(2)을 사용하고, 재현될 색역 밖에 존재할 경우는 식(3)을 사용한다. 식(3)을 보면 Y_{sr} 을 주어진 칼라의 Y_s 값을 가지면서 재현될 색역 지점 x_r, y_r 을 X_{sr}, Z_{sr} 에 대입하여 계산되기 때문에 기준 백색과 선형 직선 위에 있게 되어 색조가 보존되게 된다.

비교하는 연산의 수를 줄이기 위해서 제안된 알고리즘은 재현할 색역 밖의 영역을 6개로 나누었다. 이 결과, 보다 빠른 색역 매핑이 이루어진다. 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘을 적용하는 영상 변환 흐름도를 그림3에 나타내었다[4, 5].

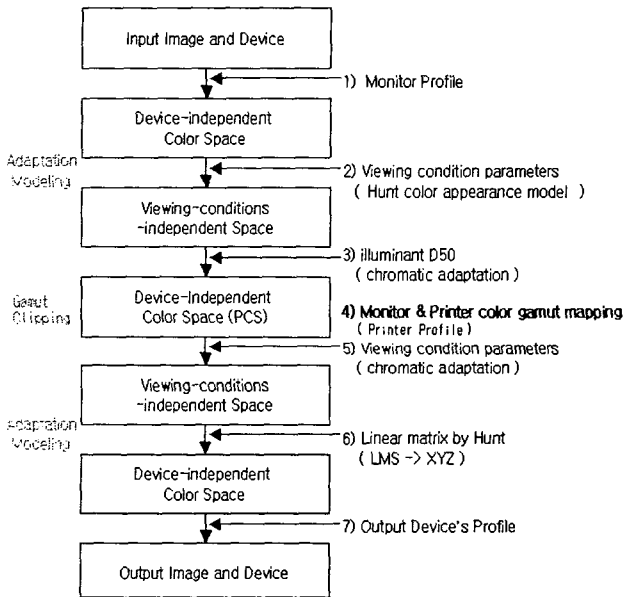


그림 3. 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘을 적용하는 영상 변환 흐름도

모니터를 통해 재현되는 영상은 모니터의 CRT 감마 값이 가중된 비선형 $R'G'B'$ 값이므로 모니터 icm 프로파일에 있는 톤 재생 곡선 데이터를 이용하여 선형 RGB 값을 얻는다. 선형 RGB 값은 모니터의 형광체에 관련된 $CIEXYZ$ 값들을 통해 장치독립 칼라공간의 XYZ 값들로 변환시킨다. 이 값을 Hunt 칼라 표현 모델을 사용하여 모니터의 관측 조건독립 공간으로 매핑을 시키고, 프로파일 접속공간인 D50 조명의 환경으로 변환시킨다[3]. 여기에 본 논문에서 제안된 색조보존 색역 매

핑 알고리즘을 적용한다. 색역 매핑이 된 XYZ 값들을 프린터의 관측 조건 독립공간에 맞게 변환시킨 후 프린터로 영상을 출력한다. 이와 같이 영상 변환 흐름도 과정을 거친 출력 영상은 원 영상과 동일하게 인지되는지 확인하는데 사용된다.

III. 실험 및 결과

실험에 사용된 모니터는 색 프로파일을 가진 LG Flatron795FTplus이고, 프린터는 HP2500C이다. 실험에 사용된 칼라 장치들의 색역을 그림4에 나타내었다. 실험에 사용된 영상은 그림5에 나타내었다. 실험에 앞서 모니터의 밝기 조절을 이용해 오프셋 전압을 조절하여 RGB 값이 $[0, 0, 0]$ 일 때의 전압과 모니터가 재현하는 가장 어두운 값을 막 벗어날 때의 전압을 일치시켜 모니터의 dynamic range가 최대가 될 수 있도록 조정해 주었다[6].

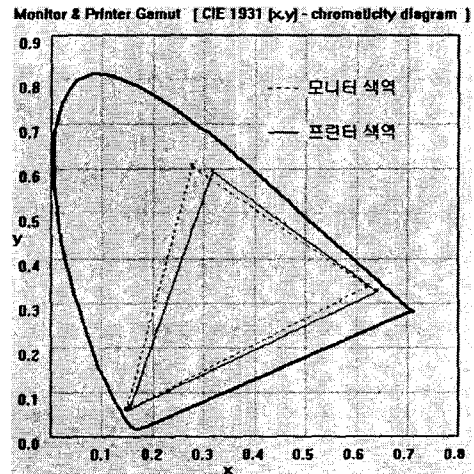
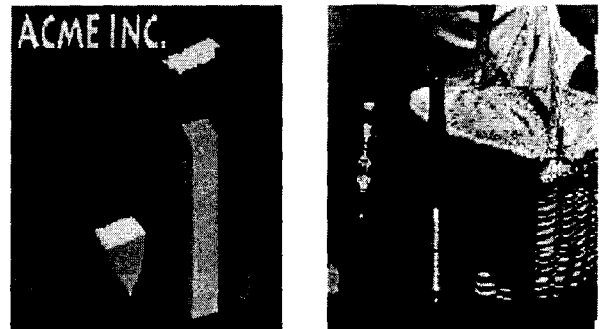


그림 4. 실험에 사용된 모니터와 프린터의 색역

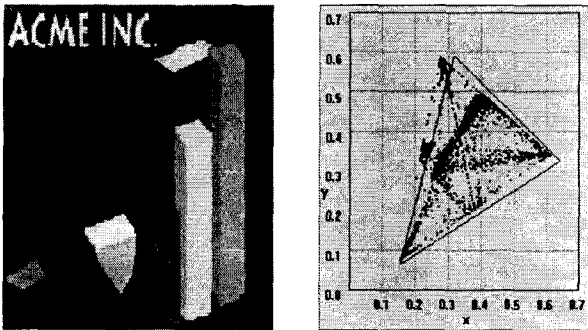


(a) Bus 영상 (b) Picnic 영상

그림 5. 실험에 사용된 영상

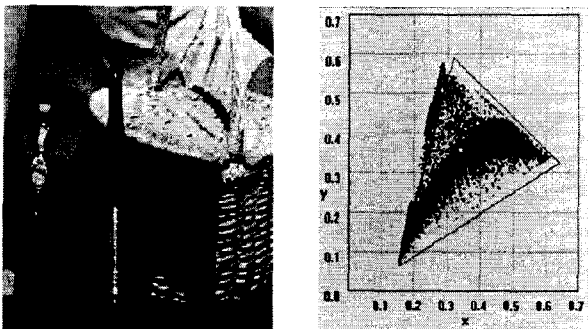
본 논문에서 제안된 색역 매핑 알고리즘을 적용한 영상을 그림6(a)과 그림7(a)에 나타내었으며, 색조보존을 확인하기 위해 $CIE xy$ 색 좌표계에 프린터 색역에 맞춘

색역 매핑 결과를 그림6(b)과 그림7(b)에 표현하였다. 최종적으로, 원 영상과 제안된 색조보존 색역 매핑 알고리즘을 적용한 영상을 각각 출력하여 모니터로 보고 있는 영상과 비교 평가하였다. 제안된 알고리즘을 사용하지 않은 영상을 프린터로 출력하면 모니터로 통해 보는 영상의 전반적인 칼라 표현이 잘 되지 않는다. 하지만 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 프린터로 출력된 영상은 거의 비슷하다는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 색역 매핑없이 출력된 영상에서 표현하지 못하였던 그림자 부분이 표현되면서 칼라대비가 좋아지는 결과를 가져왔으며, 회색에서 검은색으로 변화되는 부분이 잘 표현되었다.



(a) (b)

그림 6. (a) 제안된 색역 매핑이 적용된 영상, (b) 원 영상(검은색)을 프린터(붉은색) 색역에 맞춘 결과를 CIE xy 색 좌표계에 표현



(a) (b)

그림 7. (a) 제안된 색역 매핑이 적용된 영상, (b) 원 영상(검은색)을 프린터(붉은색) 색역에 맞춘 결과를 CIE xy 색 좌표계에 표현

제안된 알고리즘은 단지 색조만 보존시키는 알고리즘이기 때문에 밝기를 보존시키지 못하여 원 영상보다 조금 회부연 결과를 가져왔다. 그러나 제안된 색조보존 알고리즘이 적용된 영상은 원 영상을 출력한 영상보다 전반적인 칼라표현 뿐만 아니라 칼라대비가 좋아져서 모니터로 보고 있는 영상과 동일하게 인지되어진다는 것을

실험결과에서 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서 제안된 색역 매핑 알고리즘은 적용 연산의 수를 줄이기 위해 재현할 색역 밖의 영역을 6개로 나누었고, CIE xy 색 좌표계에서 기준 백색 중심으로 색역 밖에 있는 색을 절단하는 과정을 수행하였기 때문에 색조가 보존되면서 색역 연산처리가 상당히 빨라졌다. CIE xy 색 좌표계는 균일한 색 분포로 인지되는 색 좌표계가 아니기 때문에 이론적으로는 색조가 보존되지만 사람의 눈으로는 색조가 보존되지 않는 영역이 있다[7]. 이런 단점이 있는 색 좌표계에서 색역 매핑하였지만 프린터로 출력된 영상은 원 영상과 전반적인 색 표현이 사람의 눈에는 거의 동일하게 인지되었다. 결과 영상에서 보여주는 것처럼 색역 매핑시 색조를 보존함으로써 프린터 출력 영상은 색역 매핑이 이루어지지 않은 출력 영상보다 칼라대비가 더욱 좋아지는 결과를 가져왔다. CIELAB 색 좌표계는 색조보존과 함께 밝기 또한 보존 가능하지만 본 논문에서 제안된 알고리즘은 단지 색조만을 보존시키기 위해서 간단히 사용할 수 있다. 앞으로, 색역 차가 많이 나는 칼라 장치들에도 적용이 가능하도록 색역 압축 방법을 사용한다면 제안된 색조보존 색역 매핑의 장점에 더욱 보완되어 사용되어질 수 있을 것이다.

참고문헌

1. J. Morovic, To Develop a Universal Gamut Mapping Algorithm, Ph.D. Thesis, University of Derby, 1998.
2. Hung, P and Berns, R.S, Determination of Constant Hue Loci for a CRT Gamut and Their Predictions Using Color Appearance Space, Color Research and Application, vol. no.5, pp.285-295, 1995.
3. International Color Consortium, ICC, 1:1998-09 File Format For Color Profile, <http://www.color.org>, 1998.
4. Mark D. Farichild, Color Appearance Models, Addison-Wesley, pp.90-265, 1997.
5. Naoya Katoh(Sony Company), Appearance Between Soft Copy and Hard Copy under Mixed Chromatic Adaptation, 1998.
6. Carles Poyton, "Frequently Asked Questions about Gamma", <http://www.inforamp.net/~poynton>, 1999.
7. Gunter Wyszecki, W.S. Stiles, "Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", 2nd Edition, Wiley, New York, 1982.