

화질 향상을 위한 색역 사상

김재철, 허태욱, 조맹섭

한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어연구소 휴먼정보처리연구부 칼라이미징팀

전화 : 042-860-1523 / 핸드폰 : 017-522-3782

Gamut Mapping Algorithm for Image Quality Enhancement

Jae-Chul Kim, Tae Wook Heo, Maeng Sub Cho

Color Imaging Research Team, Human Information Processing Department

Computer and Software Technology Laboratory, ETRI

E-mail : kimjc@etri.re.kr

Abstract

Currently many devices reproduce electronic images in a variety of ways. However, the colors that are reproduced are different from the original color due to the differences in the gamut between devices. In this paper, a gamut mapping method utilizing a simultaneous mapping function and a lightness rescaling is proposed. This method enhance the local-color characteristics and lightness contrast. The experimental result shows that the overall contrast and the colorfulness were increased

I. 서론

각 디지털 디바이스로부터 동일한 칼라 영상을 재현했을 때 재현된 색이 서로 다르게 보이는 현상이 발생한다. 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 사이에서 색을 지원하는 범위, 즉 색역(color gamut)의 차로 볼 수 있다.[1] 색역은 디바이스마다 다른 형태와 특성을 가지고 있으며 동일한 칼라를 재현하기 위해서는 색역 사상이 필요하게 된다. 하지만 색역 사상 이후에 영상의 휘도 대비와 고유 색역의 변화로 인하여 원영

상과 다른 결과를 가지게 된다.

본 논문에서는 휘도 대비를 증가시키면서 디바이스의 고유 색역의 변화를 최소화 시키는 비선형 색역 사상 방법을 제안하였다.

II. 기존의 색역 사상 알고리즘

기존의 색역 사상 방법에는 여러 가지가 있지만 그 중 많이 사용되는 사상 방법은 색역 절단(color gamut clipping), 선형 압축(linear compression), 그리고 비선형 압축(nonlinear compression) 등이 있다.[1] 색역 절단 방법은 색역 밖의 색을 사상될 색역의 경계 영역으로 사상하는 방법이다. 이 방법을 이용하면 사상될 색역의 안쪽에 있는 색에는 아무런 변화가 일어나지 않기 때문에 색역 밖의 색을 재현할 때 색역 안쪽에 있는 색과의 비선형이 발생한다. 그러나 사상된 색역의 최대 채도 값을 유지하는 장점이 있다. 선형 압축 방법은 원 색역의 밝기나 채도 값의 최대, 최소를 사상될 색역의 밝기나 채도 값의 최대, 최소로 맞추고, 나머지 값은 선형적으로 변환하는 방법이다. 이와는 다르게 비선형 압축 방법은 사상에 쓰이는 비선형 함수를 찾아서 그 함수에 따라 사상하는 방법이다. 이들 색역 사상 방법을 실험한 자료에서는 색역 절단의 방법이 다른 방법으로 인한 결과보다 인간 시각적으로 더 나은 결과를 얻을 수 있음을 밝히고 있다.[1]

III. 제안한 색역 사상 알고리즘

주위 환경아래에서 재현 가능한 색역은 볼륨의 형태를 가지며 이러한 색역의 표면 값은 각 영역의 최대값으로 구성이 된다. 그림 1은 LG Xcanvas PDP TV 40"(MN-40PA10A)와 ITU-R BT.709의 표준안에 의한 색역을 나타내고 있다.

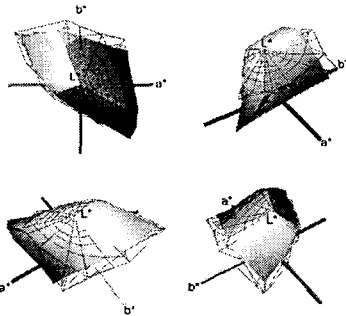


그림 1. PDP 40" 색역(solid)과 ITU-R BT.709의 색역(mesh)

3.1 색온도 변환

HDTV(High Definition Television)이 ITU-R BT.709의 권고안을 따라서 만들어지고 있다고 하더라도 실험에 사용된 LG PDP 40"가 최대 생동폭(maximum dynamic range)을 가질 때 색온도는 8900K를 나타내고 있다. 따라서 입력 데이터의 색온도와 일치하지 않음으로 인해서 정확한 색상을 표현하는 것은 불가능하다. 따라서 색역 사상을 하기 전에 색온도 변환과정이 필요하게 된다. 그림 2의 점선이 색온도 변환 이후의 색역을 a^*-b^* 평면에서 나타낸 것이다.

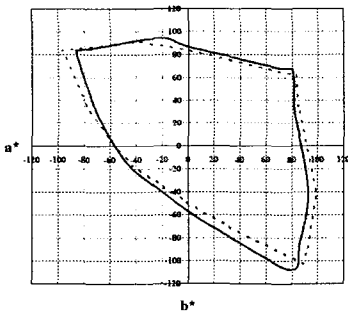


그림 2. ITU BT.709 및 색온도 보정후의 Gamut

3.2 색역 경계 검출

디바이스의 색역을 정의하기 위해서 변환된 $L^*a^*b^*$ 값으로부터 색역을 정의하고 정의된 색역을 기반으로 색역 사상을 실시하게 된다. 이러한 색역 경계 검출 방법 중에서 본 논문은 segment *Maxima GBD*(Gamut Boundary Detection) Method을 사용하여 디바이스 색역을 정의하였다.[2] 그림 3에서와 같이 L^* 값의 중심점(E)을 원점으로 하여 최대거리를 가지는 점을 영역의 최대 점으로 정의하였다.

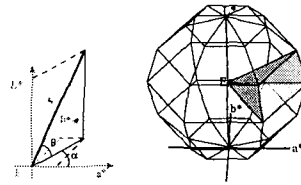


그림 3. 분할 최대값을 이용한 색역경계 검출방법

$$r = ((L^* - L_{E^*})^2 + (a^* - a_{E^*})^2 + (b^* - b_{E^*})^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((b^* - b_{E^*}) / (a^* - a_{E^*})) \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1}[(L^* - L_{E^*}) / ((a^* - a_{E^*})^2 + (b^* - b_{E^*})^2)^{1/2}] \quad (3)$$

3.3 색역 사상

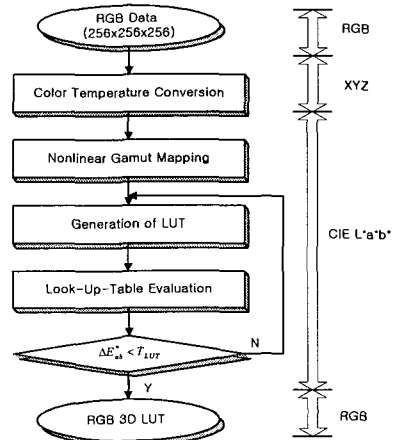


그림. 4 제안한 알고리즘의 전체 블록도.

그림 1에서처럼 두개의 색역은 완전 포함 관계가 아닌 교차의 성질을 가지고 있으므로 색역 압축과 확장을 동시에 수행을 해야 한다. 또한 색역 사상 과정 중의 변환식이 디지털 텔레비전에서 하드웨어적 구현이

어려우므로 알고리즘의 최종 결과를 룩업테이블(Look Up Table)의 형태로 구현한다.

그림 4는 제안한 알고리즘의 전체 불력을 보여주고 있다. 인간의 시각은 값이 3.0이하일 경우에는 그 차이를 구분하기 어려우므로, 마지막 단계에서 생성된 LUT로부터 만들어진 영상이 색역사상의 결과부터 얻어진 영상과 값이 3.0이하일 경우가 될 때 까지 LUT의 크기를 확장시킨다.[3]

3.2.1 명도 생동폭 확장

입력 영상과 출력 영상 사이의 생동폭(명도)을 해결하기 위한 기존의 연구가 그림 5와 같은 형태의 휘도를 재조정하는 기법으로 연구되어 왔다. 이러한 연구는 인지된 명도 대비를 감소시키기 위해서 색역 사상 이전에 원영상의 명도 대비를 상대적으로 증가시키고 있다.[4]

$$L^*_{Recite} = \sum_{n=0}^{n=N} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(L^*_{Original}-50)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

하지만 이러한 전처리 과정은 색역 사상시에 상대적 명도 값을 변화시켜 오차를 증가시키게 된다. 일반적으로 색역 사상은 먼저 명도 먼저 사상하고, 채도를 사상하게 된다. 이러한 방법은 구현이 간단하고 명도와 채도가 독립적이라는 가정 하에 이루어진다. 하지만 명도와 채도의 의존적인 면과 정확한 사상을 위해서는 명도와 채도의 사상이 동시에 이루어져야 한다. 또한, 기존의 실험결과들이 비선형 색역 사상시에 고유 색역을 과도하게 변형시킴으로 해서 색역절단 방법보다 그 결과가 저하되는 현상을 가져왔다.

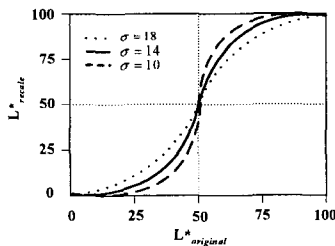


그림. 5 색역 사상을 위한 명도 재설정

본 논문에서는 고유색역에서 그 궤적 이동 속도가 감소함으로 인해서 고유색역의 변화를 최소화 하였고, 명도 대비증가과정을 색역 사상 과정에서 실시함으로써 그 오차를 감소 시켰다. 또한 명도와 채도가 동시에 사상이 되고, 사상 과정에서 명도 대비도 증가하게 된다.

3.2.2 색역 확장 및 압축

칼라 디바이스장치는 각각의 고유 색역을 가지고 있으며 이러한 색역이 색역 사상이나 변환의 과정에서 과도하게 변화가 일어날 경우에는 색역 사상이후에 출력 특성이 더 열화가 된다. 이러한 이유로 인하여 색역절단 방법이 선형 색역사상에 비하여 더 우수한 결과를 가지기도 한다. 따라서 본 논문은 사상 궤적함수의 가속도를 위치에 따라서 달리하고 명도 생동폭을 최대 유지 하는 색역 압축 및 확장 방법을 제안한다. 그림 6의 (a)는 색역 압축과 확장 시의 사상궤적을 나타내고 있으며, (b)는 사상시의 가속도를 나타내고 있다.

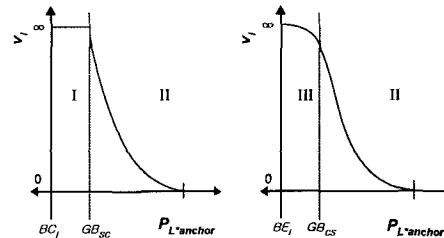


그림 6. 매핑 함수의 매핑 가속도 함수 (a) 색역 압축 (b) 색역 확장

본 논문은 명도 생동폭을 조절하기 위해 기존에 사용 하였던 순차적인(sequential) 방법이 아니라 채도 사상과 명도 사상이 동시이루어지는 방법을 제안함으로 인해서 그림 7과 같이 사상함수가 위치에 따라 다른 가속도를 가지는 비선형 사상함수를 가지게 된다.

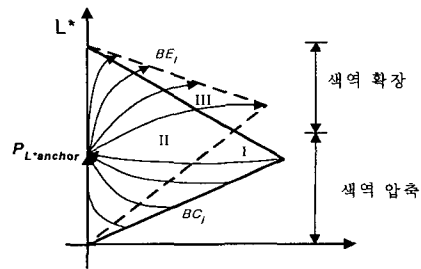


그림. 7 제안한 색역 사상 방법

IV. 실험결과 및 결론

실험에 사용된 실험영상은 칼라 디바이스의 성능을 잘 나타낼 수 있는 영상들로 영상의 색역이 그림 8에서 비교되어 지고 있다. 영상은 실험 디바이스(LG Xcanvas PDP TV 40",MN-40PA10A)의 색역 내에서 재현이 되며 붉은 점선은 "SKI"영상이며 외곽의 가

는 점선은 "BUS"영상을 나타내고 있다. 첫 번째 실험 영상인 "SKI"영상의 경우 인화지로 만들어진 영상을 스캔해서 얻어진 영상이며, 색공간의 다수를 포함하고 있다, 두 번째 영상인 "BUS"영상의 경우 다수의 순색을 포함하고 있다.

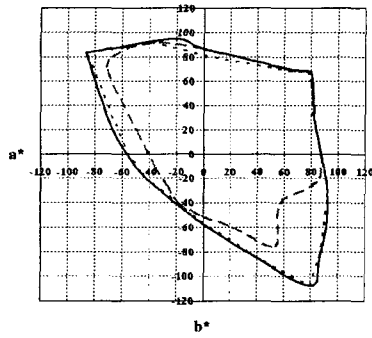


그림 8. 실험영상의 영상 색역

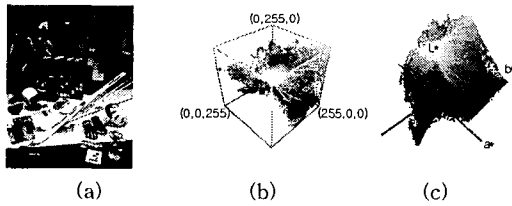


그림 9. 실험영상(SKI) 및 각 영역별 비교 (a) 원본 영상(SKI) (b) RGB 영역 (c) CIE L*a*b* 영역

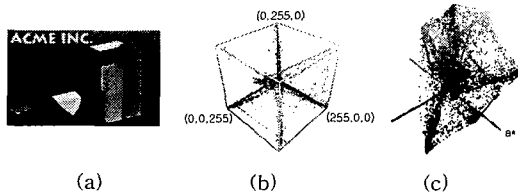


그림 10. 실험영상(BUS) 및 각 영역별 비교 (a) 원본 영상(BUS) (b) RGB 영역 (c) CIE L*a*b* 영역

DTV(LG Xcanvas PDP TV 40",MN-40PA10A)의 색역 공간 분포를 알아내기 위해서 특성화(characterization) 과정이 수행 되었으며 측정은 Minolta CS-1000 Spectroradiometer가 사용되었다. 측정결과 측정한 디바이스의 색온도는 최대 생동폭을 가지는 설정에서 8900K를 나타내었다. 20대에서 30대의 연령을 가지는 1명의 여성과 6명의 남성이 실험결과

평가에 참여했으며 평가는 Paired-comparison의 방법을 사용했다. 그 결과, 아래와 같은 결과를 보여주었다.

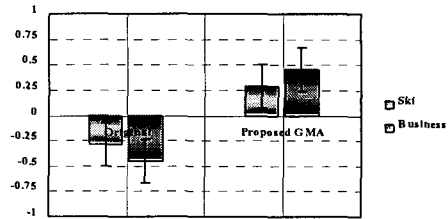


그림 11. 실험영상에 대한 평가 결과

그림 11과 같이 제안한 알고리즘의 결과가 처리전의 영상에 비하여 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 PDP의 화질향상을 위한 새로운 색역 사상방법을 제안하였다. 실험의 결과는 제안한 알고리즘이 적용되었을 경우 명도 대비와 극채색의 특성을 잘 보여 줌을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Morovic J. "To develop a universal colour gamut mapping algorithm," PhD Thesis, University of Derby, U.K.(1998).
- [2] Morovic J. and Luo M. R. (2000) Calculating Medium and Image Gamut Boundaries for Gamut Mapping, *Color Research and Application*, 25:394
- [3] 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.
- [4] G.J. Braun and M.D. Fairchild, "General-Purpose Gamut-Mapping Algorithms: Evaluation of Contrast-Preserving Rescaling Functions for Color Gamut Mapping," *Journal of Imaging Science and Technology*, 44 343-350, 1999.