

Cusp점을 이용한 동시적 색역 압축 방법

한 규서 조 맹섭

한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어연구소 영상처리연구부
(kyuseo,mscho)@etri.re.kr

A Simultaneous Gamut mapping with Extended line of Two Cusps

Kyuseo Han Maengsub Cho

Dept. of Image Processing, Electronics and Telecommunication Research
Institute

요 약

많은 산업 현장에서 서로 다른 표현 미디어 간에 칼라의 표현면에서 정확한 칼라 재생을 필요로 하고 있다. 본 논문에서는 확장 cusp 연결선을 이용한 새로운 색역 매핑에 관하여 논한다. 원본 색역내에 존재하는 칼라는 $L^* - C^*$ 공간상에서 색 변환이 이루어지며 각 좌표에 대하여 동시에 변환이 이루어진다. 제안한 알고리즘에 의하여 기존의 색역 매핑 알고리즘보다 높은 채도(Chroma) 값을 얻을 수 있었으며 재생이 이루어지는 색역의 이용도 또한 증가함을 실험을 통하여 보여준다

1. 서론

최근 컴퓨터와 주변기기의 발달에 의하여 칼라 영상 처리가 좀더 용이해지고 실제적으로 사용되고 있다. 그러나, 각 기기들이 표현할 수 있는 색의 영역 차이에 의하여 기기들간에 정확한 색의 재생에는 어려움이 존재한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 최근에 많은 노력이 이루어지고 있다. 우선 색역 매핑의 가장 최종적인 목표는 가능한 최대의 영상내의 색이 유사하게 보여지게 만드는 것이다. 그렇지만 언급한 바와 같이 서로 다른 색역에 의해 완벽하게 색 일치를 이루는 것은 어려운 일이다. 색역 매핑 알고리즘으로는 순차적 방법과 동시적 방법, 두가지 방법이 존재한다. 순차적 매핑 방법은 우선 lightness를 압축한 뒤 Chroma를 압축하거나 hue를 이동하는 방법이 있다. 언급한 방법의 역순 또한 존재한다. 본 논문에서 제안한 방법은 lightness와 chroma를 동시에 매핑하는 동시적 방법의 일종이다. 기존 대부분의 알고리즘은 재현 색역을 모두 이용하지 못하여 재현된 영상은 낮은 채도와 컨트라스트를 가지고 있다. 이러한

현상으로 인하여 도표와 같이 높은 채도를 가지는 컴퓨터에서 제작된 영상은 정확한 재생이 어렵다. 제안된 알고리즘은 이러한 현상을 제거하는 것을 목적으로 한다. 제안한 알고리즘은 원본 색역과 재현 색역의 cusp를 연결하는 선을 이용하여 색역 매핑을 이루게 된다. 본 논문에서는 다 음절에서 제안된 알고리즘에 대해 설명하고 제안된 알고리즘에 의한 실험과 그결과에 대하여 알아보고 결과에 대한 토론으로써 마무리한다.

2. 제안하는 알고리즘

제안한 알고리즘은 원본 색역과 재현 색역내에서 각기 가장 높은 chroma를 가지는 점(cusp)을 잇는 선분상의 한 점을 향하여 원본 색역내의 칼라가 재현 색역내로 lightness와 chroma 좌표상에서 동시에 이동하게 된다. 알고리즘의 절차는 아래와 같으며 원본 영상이 보여지는 모니터를 원본 색역으로 하고 프린터를 재현 영역으로 결정하여 진행 한다.

첫번째로 lightness 값을 y축으로 하고 chroma 값을 x축으로 하는 $L^* - C^*$ 공간상에서 모니터와 프린터의 색역 경계 (gamut boundary)를 구한다. 색역 경계는 재현하고자 하는

영상내의 픽셀의 칼라값에 의하여 정해진다. 다음으로 얻어진 두개의 색역 경계상에서 각 칼라(hue)상에서 cusp 점을 찾는다. 전과정에서 찾아낸 두 개의 cusp 점을 잇는 선분이 lightness축과 만나는 점을 계산한다. 마지막으로 색역 외부에 존재하는 칼라값과 전과정에서 얻어진 선분상의 한 점을 잇는 또 하나의 선분상의 한 점으로 칼라값을 재현 이동하게 된다. 이상의 과정을 그림 1.에 나타내었다

두 개의 색역 경계점상에서 cusp 점을 잇는 선분은 아래 식 1. 에 의해 구해진다. 편의상 lightness 값은 y로, chroma 값은 x로 나타내었다.

$$(y - Cr_y) = \frac{(Co_y - Cr_y)}{(Co_x - Cr_x)}(x - Co_x) \quad (1)$$

여기서 C_r 은 재현 색역경계의 cusp를 C_o 는 원본 색역 경계의 cusp를 나타내며 C_{rx} , C_{ry} 는 cusp 점의 x, y 값을 의미한다.

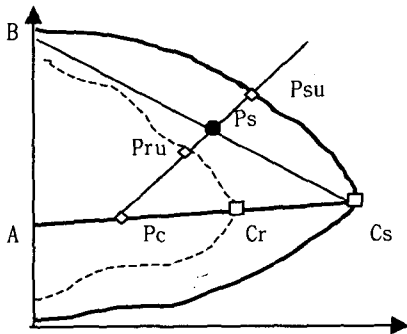


그림 1. 제안한 알고리즘의 개략도

식 (1) 에 의해 구해진 선분상의 P_c 점을 찾아내는 것이 다음 절차이다. 이 점과 이동시킬 칼라값을 잇는 선분을 구성하여 최종적으로 이 선분상의 한 점으로 칼라값을 이동시키게 된다. P_c 점은 아래의 식 (2) 와 같이 구해진다.

$$x_{Pc} = \sqrt{\frac{l_{APc}^2}{a^2 + 1}}$$

$$y_{Pc} = a \left(\sqrt{\frac{l_{APc}^2}{a^2 + 1}} \right) + A \quad (2)$$

위 식에서 X_{pc} , Y_{pc} 는 두 cusp 점을 잇는 선분상에 존재하는 점 P_c 의 x-y 값을 의미하며, l_{APc} 는 점 A와 P_c 점과의 직각 좌표계상에서의 길이를, a 는 기울기,

A 는 식(1)에 의해 얻어진 선분과 lightness 축과의 교점을 나타낸다. l_{APc} 는 색역 압축의 요율을 의미하며 식 (3) 에 의해 얻어진다.

$$l_{APc} = \frac{l_{BPs} \times l_{ACr}}{l_{BCo}} \quad (3)$$

여기서 l_{APc} 점 A 와 P_c 점 사이의 거리, l_{ACr} 는 A 점재 현 색역의 cusp 점 사이의 거리, l_{BPs} 는 그림 1. 에서 보여 지는 B 점과 이동시킬 칼라값 사이의 거리, l_{BCo} 는 B 점과 원본 색역의 cusp 점 사이의 거리를 나타낸다.

재현 칼라값 P_r 은 다음의 과정에 의해 얻어진다. 식(4)에 의해 l_{PruPr} 가 계산된다

$$l_{PruPr} = \frac{l_{PruPs} \times l_{PruPc}}{l_{PsuPc}} \quad (4)$$

P_{su} 는 P_s 에 연관되어 있는 원본 색역 경계상의 점이고 P_{ru} 는 재현 색역 경계상의 점이다. 이들점은 P_s 와 P_c 점을 잇는 연장선과 각 색역 경계와의 교차점이다. 마지막으로 이동되어진 칼라값의 chroma 와 lightness 값을 아래의 식 (5)에 의해 얻어진다.

$$x_{Pr} = \frac{-N \pm \sqrt{N^2 - 4MP}}{2M} \quad (5)$$

$$y_{Pr} = ax_{Pr} + C$$

$$M = (a^2 + 1)$$

$$N = -2(x_{Pr} + ay_{Pr} - ac)$$

$$P = l_{PruPs}^2 - x_{Pru}^2 - y_{Pru}^2 + 2y_{Pru}C - C^2$$

x_{Pr} 은 이동되어진 칼라값의 chroma 값이며 y_{Pr} 는 lightness 값이다. C 는 P_s 와 P_c 점을 잇는 선분이 y축과 만나는 점 이고 a는 이 선분의 기울기이다.

제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘과 비교하여 lightness 압축을 선처리할 필요가 없으며 lightness축상의 특정한 점으로 압축을 실시하는 기존의 알고리즘[2]과도 차이가 있다. 기존의 알고리즘[2]에 비하여 제안한 알고리즘 상에서는 압축되어진 칼라값의 chroma 값이 좀더 원본의 chroma 값에 근접하기 때문에 가능한 원본의 chroma 값이 보존되어 지고 재현 색역을 좀더 이용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 압축되어진 색역의 모양이 원본 색역의 모양으로 유지된다는 면이 존재하는데 이는 재현 색역을 전체적으로 이용한다는 것을 의미한다

3. 실험 결과

제안한 알고리즘의 정확도를 조사하기 위하여 Morovic의

제안한 CLLIN[1] 알고리즘과 비교하였다. 색역 경계는 일정 hue에 속한 16점을 이용하여 interpolation으로 구성하였으며 테스트 칼라값으로는 원본 색역내에는 존재하나 재현 색역내에는 존재하지 않는 칼라를 선택하였다.

표 1.에 테스트 칼라값과 각 알고리즘에 의하여 이동되어진 칼라값을 C*-L* 좌표로 나타내었다. 그림 2.에 이동되어진 모습을 보여준다.

표 1.과 그림 2.에서 볼 수 있듯이 테스트 칼라값들은 모두 재현 색역내로 이동하였으며 제안한 알고리즘에 의해 이동되어진 칼라값이 CLLIN 에 의해 의해 이동되어진 칼라값에 비교하여 Chroma 값이 더 원본의 값에 가까운 것을 알 수 있다.

표 1. 테스트 칼라값의 C*-L* 값

	원래 칼라값	제안 알고리즘	CLLIN
1	(50,30)	(45.41,34.25)	(41.75,37.75)
2	(80,50)	(68.08,49.11)	(66.80,54.03)
3	(78,65)	(71.26,56.09)	(65.13,62.76)
4	(60,74)	(57.62,66.02)	(50.1, 69.35)
5	(30,90)	(29.42,82.83)	(25.05,71.52)

(50,30) means the 50 unit of C and the 30 unit of L*

그러나 lightness 값은 CLLIN 에 비하여 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 낮은 값으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 5 번째 테스트 칼라값만이 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 CLLIN 에 비하여 높은 lightness 값을 가지고 있다. 이런 현상은 CLLIN 에 비교하여 제안한 알고리즘이 높은 lightness 영역에서 좀더 나은 성능을 가지고 있다는 것을 의미한다. 이런 특징은 컴퓨터에서 합성된 영상이나 일반 영상에서 렌즈 반사(flare)와 같은 highlight 부분에 대한 재현시 유리하다는 것을 보여준다.

또한 제안한 알고리즘에 의하여 높은 chroma 값을 얻을 수 있어 그래프나 도표와 같은 비즈니스 그래픽 재현에 있어 장점을 지니고 있다. 이러한 특징은 제안한 알고리즘이 컴퓨터에서 제작되어진 영상에 적용하는데 장점이 있다는 것을 보여준다.

색역 매핑의 주 목적은 서로 다른 미디어간에 재생되어진 영상이 전체적으로 유사하게 보이도록 하는 것에 중점을 두기 때문에 색역 모양을 유지하는 것이 중요하다.

그림 3.에서 보여지는 바와 같이 제안한 알고리즘이 CLLIN에 비교하여 원래의 색역의 모양을 근접하게 유지하고 있다. 즉, 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 색역을 이용하는 정도가 높고 서로 다른 미디어간의 영상 재현에 있어 전체적으로 유사하게 만들어 줌을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 두 cusp점을 잇는 선분을 이용한

새로운 색역 매핑 알고리즘을 제안하였다. 실험을 통하여 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 재현 색역의 이용정도가 확장되었으며 높은 chroma을 얻는 것을 알 수 있었다. 제안한 알고리즘을 이용하였을 때 컴퓨터에서 제작된 영상을 서로 다른 미디어상에서 재현할 때 유용하다는 것을 알 수 있다. 그러나 처리 절차가 복잡하고 처리 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 이후 연구에서 사용하고 있는 칼라값 좌표의 변경등으로 보완할 수 있을 것이다

5. 참고 문헌

- [1] Jan Morovic, "To develop a Universal Gamut Mapping Algorithm", Ph.D. Thesis, Univ. of Derby, 1998
- [2] Ito M. and Katoh N., "Gamut Compression for Computer Generated Images", Extended Abstract of SPSTJ 70th Anniversary Symposium on Fine Imaging, pp. 85-88, 1995
- [3] Wolski M., Allebach J.P. and Bouman C.A., "Gamut Mapping. Squeezing the Most out of Your Color System", Proceeding of the 2nd IS&T/SID Color imaging Conference, pp.89-92, 1994

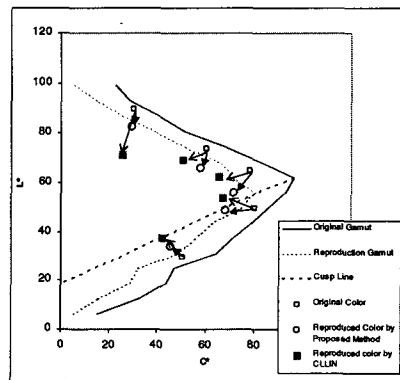


그림 2. 제안한 알고리즘과 CLLIN의 결과

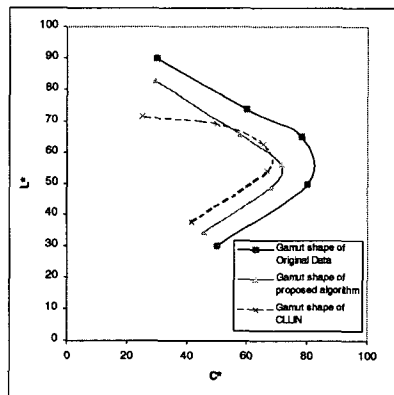


그림 3. 각 알고리즘의 의한 색역 경계 변화