

$CIE L^*U^*V^*$ 를 이용한 컬러이미지 Saturation 향상 알고리즘

*조영심, 조화현, 최명렬
한양대학교 전자전기제어계측
e-mail : {join, chh, choimy}@asic.hanyang.ac.kr

Color Image Saturation enhancement algorithm using $CIE L^*U^*V^*$ colorspace

*Young-Sim Jo, Hwa-Hyun Cho, Myung-Ryul Choi
Dept. of EEIC Hanyang University

Abstract

A novel Color Image Saturation enhancement method to strengthen video images without producing oversaturated or color contour artifacts is proposed in this paper.

Based on the luminance information, the relations between luminance levels and maximum chrominance vectors in each subcolor are generated for each pixel, so that the upper bound of the allowed saturation factor for a pixel can be derived, and much vivid video image can be achieved

I. 서론

본 논문에서는 인간이 선호하는 특정 색을 보정하여 향상된 컬러 이미지를 얻는 것을 목표로 한다. Green과 Blue에 대한 색 보정 기술을 통해 사실적인 표현이 어려운 하늘색과 잔디색등의 색상도 자연색에 가까운 화면을 표현하고자 한다. 본 논문에서는 Green saturation 향상 기법과 Blue stretch 기법을 제안하였다. Green saturation 향상 기법은 Saturation을 증가 시켜 황록색상을 중심으로 Chroma가 증가되어 Green 선명도를 증가시킨다. Blue stretch 기법은 Blue에 대해서는 색 공간을 청색 방향으로 이동시킴으로써 시원한 느낌을 증가시킨다. 이를 적용하기 위해서는 먼저 이미지에서 Green 및 Blue를 나타내는 영역을 찾는 것이 선행되어야 한다.

HSI 와 HSV 같은 색 좌표는 Hue와 Saturation, Intensity 값을 구분하기 위해 흔히 사용되는 색 좌표 이다. HSI와 HSV와 같은 색 좌표는 색의 구분은 가능하지만, 정확히 나누는 것은 불가능하다.

결과적으로 정확한 색 정보를 얻고자 하는 경우에는 유용하지 못하다. 본 논문에서는 색의 균등한 구분이 가능한 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표를 사용하여 Green과 Blue를 구분하였다. 2장에서는 RGB 색좌표에서 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표로 변환에 대해 설명하고 3장에서는 제안한 알고리즘에 설명하였다. 4장에서는 결과 이미지의 특징에 대해 논하며, 5장에서는 결론 및 향후 개선되어야 할 점에 대해 논하였다.

II. RGB 색 좌표에서 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표로의 변환

컬러 이미지 프로세싱에서 색을 보존하는 것은 가장 중요한 문제이다. RGB 색좌표는 이미지 프로세싱 시 R, G, B 각각이 독립적으로 변환 되어 색이 보존되지 않는 경우가 발생한다. 일반적으로 컬러 이미지 프로세싱 시에는 YUV, YCbCr 또는 HSV와 같은 색 좌표로 변환 후에 프로세싱 한다. 본 논문에서는 Color 와 Tone 보정에 유용한 $CIE L^*U^*V^*$ 색좌표를 이용하여 프로세싱을 하였다. RGB 색좌표에서 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표로 변환하기 위해서는 먼저 RGB 색 좌표에서 $CIE XYZ$ 색 좌표로 변환하고, 그 다음에 $CIE L^*U^*V^*$ 색좌표로 변환한다.

2.1 RGB색 좌표에서 CIE XYZ색 좌표로 변환

CIE XYZ색좌표로의 색좌표 변환은 다음 식(1)과 같이 간단한 매트릭스의 곱으로 구할 수 있다. 입력 RGB와 출력 XYZ는 0에서부터 1의 범위를 가진다. CIE XYZ 색 좌표는 빛의 3원색인 RGB를 가법혼색의 원리에 기초를 두고 발전한 것이다. Y가 반사율로 명도에 대응하고, X와 Z가 색도에 대응한다. 식(2)는 CIE XYZ색 좌표에서 RGB 색 좌표로의 변환을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4125 & 0.3576 & 0.1804 \\ 0.2127 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9502 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2405 & -1.5372 & -0.4985 \\ -0.9693 & 1.8760 & 0.0416 \\ 0.0556 & -0.2040 & 1.0573 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2 CIE XYZ 색 좌표에서 CIE L*U*V* 색 좌표로 변환

먼셀은 색의 3속성인 Hue, Intensity, Saturation을 근거로 각각 번호나 기호로 분류된 색표를 사용 물체의 색과 비교해 보고 색을 표현하였다. CIE L*U*V*는 먼셀 색 좌표를 토대로 만들어진 색 좌표로 색의 균등한 구분이 가능하다.

CIE L*U*V* 색좌표는 밝기값(lightness)인 L*와 Green-Red 축을 가진 U*값과 Blue-Yellow축을 가진 V*값으로 구성된다. 밝기 정보를 가진 L*는 식(3)으로 정의 된다. 색 정보를 가진 U*값과 V*값은 각각 식(4)로 정의 된다. L*의 범위는 0 ~ 100이고, 0은 검정색을 100은 흰색을 나타낸다. U*는 -134에서 220의 범위를 가진다. V*는 -140에서 122의 범위를 가진다. 식(6)의 X_n, Y_n, Z_n은 흰색에 대한 밝기 값을 나타내는 것이다.

$$L^* = \begin{cases} 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{if } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) & \text{if } \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} u^* &= 13L^*(u' - u'_n) \\ v^* &= 13L^*(v' - v'_n) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} u' &= \frac{4X}{X+15Y+3Z}, & v' &= \frac{9Y}{X+15Y+3Z} \\ u'_n &= \frac{4X_n}{X_n+15Y_n+3Z_n}, & v'_n &= \frac{9Y_n}{X_n+15Y_n+3Z_n} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4125 & 0.3576 & 0.1804 \\ 0.2127 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9502 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

식(7), 식(8), 식(9)는 CIE L*U*V* 색 좌표에서 CIE XYZ 색 좌표로의 역변환을 나타낸 것이다.

$$X = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{u' \cdot (9.0 - 15.0 \cdot v') \cdot Y}{v'} + 15.0 \cdot u' \cdot Y \right) \quad (7)$$

$$Y = \left(\frac{L^* + 16}{116} \right)^3 \cdot Y_n \quad (8)$$

$$Z = \frac{1}{3} \left(\frac{(9.0 - 15.0 \cdot v') \cdot Y}{v'} - X \right) \quad (9)$$

$$u' = \frac{u^*}{13L^*} + u'_n, \quad v' = \frac{v^*}{13L^*} + v'_n \quad (10)$$

III. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 인간의 시각 선호색(감성 컬러)을 기준으로 프로세싱 한다. 이미지 전체를 균일하게 프로세싱 하는 것 보다 적은 연산으로 더 나은 시각적 효과를 가진다. 아래 그림은 L*값이 75 일때 U*와 V* 값을 나타낸 것이다. Hue가 90도에서 180도 일때 Green을 나타낸다. Hue가 200도에서 260도 일때 Blue를 나타낸다. 사각형의 가장자리로 갈수록 Saturation이 높고 원의 중심은 흰색을 나타낸다.

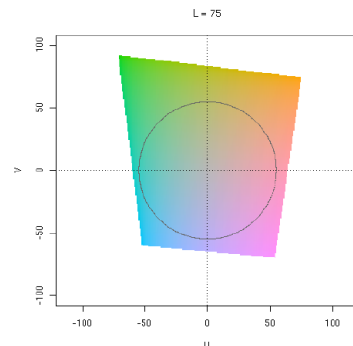


그림1. CIE L*U*V* 색좌표 평면

3.1 Green saturation 향상 기법

그림 2는 Green saturation 향상 기법을 간단히 나타낸 것이다. Green을 가지는 영역은 Hue가 90도에서 180도 영역인 것을 알 수 있다. 이미지 전체에서 Green을 가지는 부분에만 제안한 알고리즘을 적용한다.

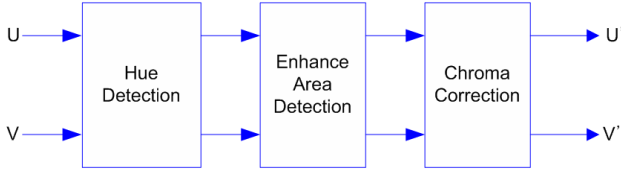


그림 2. Green saturation 향상 기법의 블록도

그림 3은 CIE L*U*V* 색 좌표에서 프로세싱 결과 Green의 범위를 나타낸 것이다. 좌표의 원점은 saturation이 0인 값 즉 흰색 부분을 나타내는 것이다. 큰 점선은 프로세싱 결과 Green이 최대로 표현할 수 있는 saturation의 범위를 나타내는 것이다.

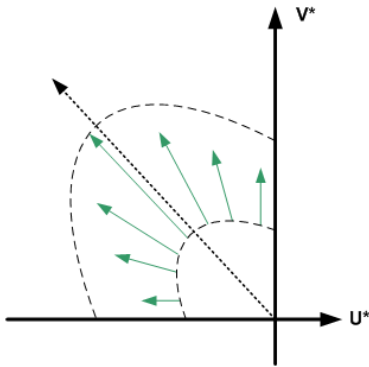


그림 3. CIE L*U*V* 색 좌표에서 Green의 범위

CIE L*U*V* 색 좌표는 아래 식(12)와 식(13)을 이용하여 Hue와 Saturation을 구할 수 있다.

$$C_{uv}^* = \sqrt{((u^*)^2 + (v^*)^2)} \quad (11)$$

$$H_{uv} = \arctan(v^* / u^*) \quad (12)$$

$$S_{uv}^* = C_{uv}^* / L^* \quad (13)$$

CIE L*U*V* 색 좌표에서 Saturation을 나타내는 식 (13)을 보면 U*와 V*증가만으로 saturation을 증가시킬 수 있다. 식(12)에서 U*와 V*를 같은 크기만큼 증가시킬 때 Hue는 변화되지 않는다는 것을 알 수 있다. 그림 4의 X축은 C*_{uv}을 나타내는 것이고 Y축은 CIE XYZ 색좌표의 Y값을 나타내는 것이다.

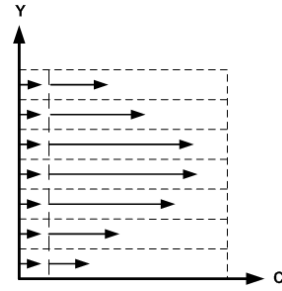


그림 4. 알고리즘 적용 후 Green의 변화

3.2 Blue stretch 기법

그림5. Blue stretch 기법을 간단히 나타낸 것이다. 그림 1.에서 볼 수 있듯이 Blue를 가지는 영역은 Hue가 200도에서 260도 영역인 것을 알 수 있다. 이미지 전체에서 Blue를 가지는 부분에만 제안한 알고리즘을 적용한다.

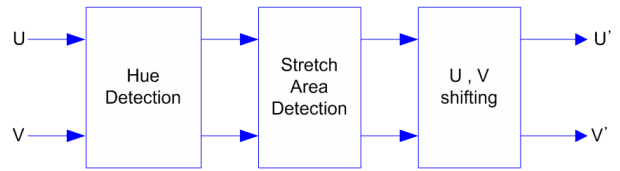


그림 5. Blue stretch 기법의 블록도

그림 6에서 점선은 입력 이미지가 나타내는 Saturation이고, 파란선(실선)은 프로세싱 후 Saturation을 나타내는 것이다. 원이 클수록 높은 Saturation을 가지는 것이다.

본 논문에서 제안한 Blue stretch 기법은 U*와 V*의 크기는 유지하면서 최대 Saturation을 얻는 것이다. 식(13)에서 U*와 V*값의 변화 없이 L* 값의 조절만으로 Saturation의 조절이 가능한 것을 볼 수 있다.

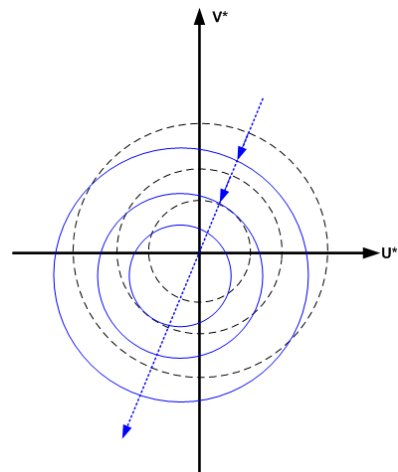


그림 6. CIE L*U*V* 색 좌표에서 Blue의 범위

그림 7에서 C*_{uv}의 크기는 유지되지만 Saturation은 높아진 것을 볼 수 있다.

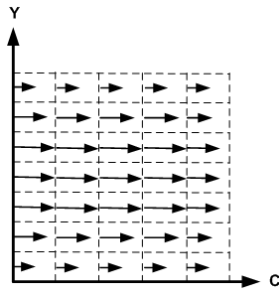


그림 7. 알고리즘 적용 후 Blue의 변화

IV. 결과 이미지

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해서 Gamut mapping method^[1]에서 제안한 것과 같은 그림을 이용하여 비교해 보았다. 그림 8. (b) 보다 그림 8. (c)에서 하늘색과 잔디색이 자연색에 가깝게 나타나는 것을 볼 수 있다. Green과 Blue를 제외한 나머지 부분의 이미지에 영향을 미치지 않은 것을 볼 수 있다.

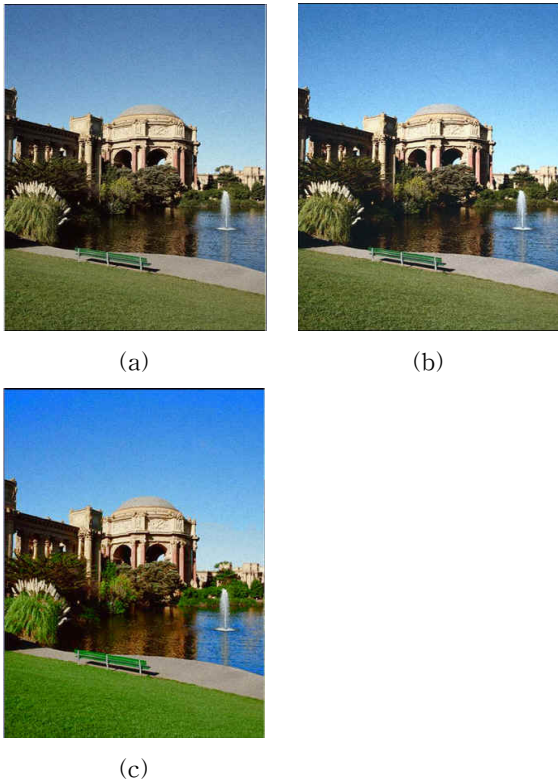


그림 8 (a) 입력이미지 (b) Gamut mapping method 알고리즘 적용 결과 이미지 (c) 제안한 알고리즘 적용한 이미지

그림 9.(b)는 그림 9.(a)보다 Green의 Saturation이 높아진 것을 볼 수 있으며, Blue는 Hue가 시프팅 되어 좀더

자연색에 가깝게 나타나는 것을 볼 수 있다.



그림9. (a) 입력이미지 (b) 제안한 알고리즘 적용한 이미지

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표를 사용하여 인간의 시각 선호색만을 프로세싱 하는 알고리즘을 제안하였다. 검증한 이미지의 사이즈는 VGA이며 C로 시뮬레이션한 결과이다. 본 논문에서는 프로세싱영역을 검출하기 위해 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표를 사용하였다. RGB를 $CIE L^*U^*V^*$ 색 좌표로 변환과정에서 많은 소숫점 연산으로, overflow가 발생한다. 색 보존의 문제는 발생하지 않으나, 하드웨어 구현을 위해서는 변환식의 간소화가 요구된다.

참고문헌

- [1] Real-Time Color Gamut Mapping Method for Digital TV Display Quality Enhancement , IEEE 2004 , Dongil Han
- [2] Luminance-Based Adaptive Color Saturation Adjustment , IEEE 2005 , Chao-Chee Ku
- [3] Efficient Luminance and Saturation Processing Techniques for Bypassing Color Coordinate Transformations, IEEE 1995, Christopher C
- [4] Effects of Luminance QuantizationError on Color Image Processing, IEEE 1994 ,Jeffrey J. Rodriguez and Christopher C. Yang
- [5] Digital image processing , prentice hall pp322~ pp327
- [6] Color image processing and application , Springer, pp32 ~ pp40