

論文93-30B-5-12

칼라 항상성에 기초한 칼라영상 향상

(Color Image Enhancement Based on Color Constancy)

裴成鎬*,金正燁*,權甲鉉**,河永浩*

(Sung Ho Bae, Jeong Yeop Kim, Kap Hyeon Kwon and Yeong Ho Ha)

要約

주위 광원의 변화에 대하여 영상의 화질이 심하게 열화가 되므로 주위 광원의 변화에 무관하게 물체 고유의 색을 향상시키는 방법이 필요하다. 인간의 심리적인 색 요소중 칼라영상의 화질에 큰 영향을 주는 것은 대비와 색포화도이며, 대비와 색포화도는 강조하는 것이 영상의 화질에 좋다. 본 논문에서는 기존의 칼라 항상성 해석이 색상만을 보존하며 색포화도나 명도의 생동폭을 감소시키는 단점을 보상하기 위하여 변형된 IHS 좌표계를 RGB 좌표계의 세 기준 벡터로 해석하여 감소된 명도와 색포화도의 생동폭을 증가시키는 새로운 방법을 제안하였다. 이러한 방법은 실제 처리에 있어서 다른 좌표계로 변환하지 않고 RGB 좌표계 내에서 영상향상을 가능하게 하여 간편하게 사용할 수 있는 장점이 있다.

Abstract

An image can be largely corrupted by the ambient illuminant, so that the image enhancement to restore natural color without respect to the ambient illuminant is needed. In this paper, a new color image enhancement technique based on color constancy is proposed. To enhance the image quality, higher values of contrast and saturation are preferred, but their excessive values make an image unnatural. Since the color constancy processing preserves only hue, while reducing the dynamic range of lightness and saturation, the technique is needed in order to compensate this phenomenon. The proposed method transforms and increases lightness and saturation simultaneously to avoid the complexity in the related transformation by analyzing the relationship between the RGB and modified IHS coordinate system.

1. 서론

영상향상(Image enhancement)은 영상처리를 통하여 인간의 눈에 선명한 화질의 영상을 얻는 것이

다. 인간의 심리적인 색 요소중 칼라영상의 화질에 큰 영향을 주는 것은 밝기(brightness), 대비(contrast) 및 색포화도(saturation)이다. 밝기는 영상 내부의 밝거나 어두운 정도이며 너무 어둡거나 밝지 않아야 한다. 대비는 밝기의 상대적인 비율을 나타내기 때문에 클수록 좋고, 색포화도는 색상의 순도를 의미하며 영상의 생동감을 표현하므로 강조하는 것이 좋다. 그러나 대비와 색포화도를 지나치게 강조하면 오히려 부자연스러워진다.^[1]

* 正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Univ.)

**正會員, 蔚山專門大學 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Ulsan Junior College.)

接受日字: 1992年 10月 29日

영상향상을 위하여 기존의 칼라 좌표계들^[2-5]에서

색요소들을 변화시킬 때 좌표계의 기하학적인 모양이 처리 과정에 영향을 미친다. 일반적으로 영상처리 장치에서는 RGB 좌표계를 표준 좌표계로 사용하며, 다른 좌표계를 이용하여 색요소들을 처리할 때에도 화면에 나타내기 위해서는 반드시 RGB 좌표계로 전환하여야 한다. 따라서 RGB 좌표계에서 영상향상을 하기위해 보다 간단하고 선형적인 좌표계 해석이 필요하다.

물체색은 빛의 반사, 투과 및 흡수등에 의해 인식되며 물체색 중에서도 빛의 반사에 의해 나타나는 색을 표면색(surface color)이라고 한다. 이러한 표면색은 물체를 비추는 빛의 종류에 따라 반사되는 빛의 성질에 의하여 크게 달라진다. 예를 들면 같은 표면색이라도 햇빛에서 볼 때와 백열등 아래에서 볼 때 다른 표면색을 띄게 될 것이다. 그러나 인간은 주관적인 색채지각으로 인한 칼라 항상성(color constancy)을 갖고 있어서 조명의 종류 및 조명에 관련된 주변환경이 달라져도 물체색의 변화를 느끼지 못한다. 즉, 인간은 자연광, 백열등, 또는 형광등의 여러 가지 조명 아래에서도 흰색을 항상 회계 느끼는 항상성을 가진다.^[5] 이와같은 성질을 이용하면 각기 다른 색을 가지는 조명이 조사된 영상이라도 원래의 고유색을 복원한 향상된 영상을 얻을 수 있다. 기존의 R, G 및 B 각 프레임의 밝기값에 대한 칼라 항상성 해석^[6-8]은 색의 세가지 속성중의 하나인 색상(hue)만을 보존하며, 색포화도나 명도(lightness)의 생동폭(dynamic range)을 감소시키는 단점이 있다.

본 논문에서는 변형된 IHS(Intensity, Hue, Saturation)좌표계를 RGB 좌표계의 세 기준벡터로 해석함으로써 다른 좌표계로 변환하지 않고 RGB 좌표계 내에서 영상향상을 가능하게 하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 칼라 항상성 과정에서 명도와 색포화도의 생동폭이 감소되는 단점을 보상하여 명도와 색포화도를 증가시키는 방법을 통하여 조명으로 인하여 색상이 변하고 색포화도와 대비가 낮아지는 현상을 보상하였다. 또한 영상의 잡음을 제거하기 위해 전처리 과정으로 명도성분에 중앙치(median)필터로 처리하고, 영상의 연속성을 보존하기 위하여 색포화도를 평균 하였다. 화질의 향상을 위하여 명도성분의 생동폭은 최대한 늘려 대비를 증가시켰고, 또한 입력영상에 따라 적절한 범위내에서 색포화도가 증가 되도록 처리하여 선명한 화질의 영상을 얻었다.

II. 칼라 항상성

인간은 물체에서 반사되는 빛에너지에 기반을 두어

주위 광원의 효과를 배제하여 물체의 고유색을 인지하며 이를 칼라 항상성이라고 한다. Land^[6,7]의 retinex 이론은 한 장면의 R, G 및 B의 세 프레임의 영상들이 각기 독립적으로 처리되며, 주위 조명은 공간상에서 서서히 변화한다는 가정을 전제로 한다. 그는 한 화소와 각 프레임의 평균에 대한 비는 일정하다는 것과 한 영상에 대하여 불규칙한 광원이 가해졌을 때 경로(path)를 이용하여 광원에 대한 독립적인 칼라 기술자(descriptor)를 만들었다. Land의 이론에 의하면 영상에 백색 성분이 없는 경우에는 칼라 항상성 해석이 어려우며, 불규칙한 광원이 가해졌을 때 광원성분과 물체 고유의 반사성분을 분리 하기가 어렵다.

Maloney^[9]는 주위 조명과 칼라 항상성을 이루는 기계적인 적응작용을 파장에 대한 기본함수의 선형조합으로써 주위 조명을 상쇄시키고 표면색을 추정하였다.

Maloney와 Land의 이론은 칼라 항상성 해석에 대하여 각각 파장과 밝기값으로 다르게 분석한 대표적인 모델이며, 두 해석 모두 한 영상에 서로 다른 표면 반사가 많이 있어야 올바른 칼라 항상성을 얻을 수 있다.

망막상의 한 점(x, y)에서 반사되는 빛의 양을 감지하는 세 수용기 각각의 양자화된 값 L_k 를 물체의 반사율 S_k 와 광원 E_k 로 표현하면

$$L_k(x, y) = E_k(x, y) \times S_k(x, y) \quad K=R, G, B \quad (1)$$

이다. 여기서 k는 각 수용기를 나타낸다. 칼라 항상성은 인간의 시각인지 초기단계에서 안구의 움직임을 통하여 공간상의 빛의 평균값을 추정하여 광원의 효과를 배제시킨다는 가설에 근거한다.^[6] 그러므로 대부분의 자연장면(natural scene)을 인식하는 수용기 각각의 평균값이 광원색(illuminating color)을 나타낸다. 광원성분을 배제하는 적응화 과정에서 각 프레임별로 평균값을 기준으로 정규화 한 r, g 및 b는

$$\begin{aligned} r(x, y) &= \frac{R}{W_R} \\ g(x, y) &= \frac{G}{W_G} \\ b(x, y) &= \frac{B}{W_B} \end{aligned} \quad (2)$$

이다. 여기서 W_R , W_G 및 W_B 는 각 프레임의 평균 성분이다. 한 화소(x, y)의 값을 각 프레임의 평균값으로 나눈 값은 광원의 변화에 대하여 일정하다. 이

렇게 적용화된 상대적 표면 반사율인 r, g 및 b의 값에 의해 표현되는 임의의 칼라벡터는 색공간(color space)에서 광원에 대하여 독립적이다. 그러나 이 r, g 및 b 값의 생동폭이 감소하기 때문에 이들을 통하여 영상을 적절히 표현하기 위해서는 색상을 보존하고, 각 화소들 상호간의 색포화도의 비와 명도의 비를 유지하면서 이들의 생동폭을 크게 해주는 방법이 필요하다.

Ⅲ. 변형된 IHS 좌표계 해석을 이용한 영상향상

기존의 IHS 좌표계를 영상향상에 이용할 경우, 좌표계의 기하학적인 모양이 불규칙하여 실제 처리에 어려움이 많다. 이 문제를 해결하기 위해서는 가급적 규칙적인 모양을 갖는 좌표계가 요구된다. 본 논문에서는 비교적 규칙적이며 선형성을 갖는 변형된 IHS 좌표계를 이용한다.^[1] 임의의 화소에서 r, g 및 b를 이용하여 색도 (chromaticity) \vec{C} 를 표현하면

$$\begin{aligned} \vec{C} &= r\angle 0 + g\angle(2\pi/3) + b\angle(4\pi/3) \\ &= \frac{2r-g-b}{2} + j\sqrt{3}\frac{(g-b)}{2} \\ &= S\angle H \end{aligned} \tag{3}$$

이다. (3)으로부터 IHS 좌표계의 변형된 변수들을 r, g 및 b를 통하여 표현하면

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{3}(r+g+b) & 0 \leq I \leq 255 \\ S &= \sqrt{(r-g)^2 + g(g-b) + b(b-r)} & 0 \leq S \leq 255 \\ H &= \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}(g-b)}{2r-g-b}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{\frac{2(r-g)}{g-b} + 1}\right) & -\pi \leq H \leq \pi \end{aligned} \tag{4}$$

이다. 여기서 I, S 및 H는 각각 명도, 색포화도 및 색상을 의미한다. 각 프레임의 평균성분을 제거하여 생동폭이 매우 감소된 r, g 및 b를 명도와 색포화도에 대하여 선형적으로 증가시키는 과정에서 명도와 색상은 변화시키지 않고 색포화도만 α 배 하여 R, G 및 B로 나타내면

$$\begin{aligned} R-G &= \alpha (r-g) \\ G-B &= \alpha (g-b) \end{aligned} \tag{5}$$

와 같다. 이 때, 대비를 최대로 증가시키기 위하여

명도를 0에서 255 사이로 증가시킨다. 새롭게 증가된 명도 및 색포화도를 각각 I_1 과 S_1 이라 할 때, 증가된 명도 I_1 과 원래의 명도 I_0 의 관계를 전체영상 내의 최대 명도 I_{max} 와 최소 명도 I_{min} 을 이용하여 표현하면

$$I_1 = 255 \times \frac{I_0 - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \tag{6}$$

이 되고 증가된 색포화도 S_1 은

$$S_1 = \alpha \times S_0 \tag{7}$$

이며, 색상은 변화되지 않는다. 전체영상을 증가하기 이전에 전처리로써 색상은 고정시키고, 명도는 경계성분을 보존하며 잡음 제거를 위하여 3×3 중앙치 필터로 처리하고 영상의 연속성을 위하여 색포화도에 대하여 3×3 창으로 평균화 하였다. 각 화소에 대하여 중앙치 필터를 통과한 명도의 중간값을 I_{med} 라 할 때, 원래의 색포화도 S_0 와 3×3 창 내의 평균 색포화도 S_{avg} 를 이용하여 (5)와 $I_1 = I_{med}$ 를 만족하는 새로운 r_1, g_1 및 b_1 를 (4)를 통하여 구하면

$$\begin{aligned} r_1 &= I_{med} + S_{avg} \frac{(2r-g-b)}{3S_0} \\ g_1 &= I_{med} + S_{avg} \frac{(-r+2g-b)}{3S_0} \\ b_1 &= I_{med} + S_{avg} \frac{(-r-g+2b)}{3S_0} \end{aligned} \tag{8}$$

이다. (8)의 우변에서 왼쪽항은 명도를 나타내고 오른쪽항으로 색상을 보존하면서 색포화도를 조정할 수 있는 항이다. 명도는 0에서 255 사이로 선형적으로 펼쳐고, 색포화도가 최대로 되었을 때 유효 좌표계 영역을 벗어나지 않으며 영상의 전체화소 상호간의 명도의 비와 색포화도의 비를 유지하는 전체 증가 인자 α 를 찾을 수 있다. 새롭게 증가된 R, G 및 B값들이 각각 0에서 255 사이의 값으로 제한되어야만 유효 좌표계 영역을 벗어나지 않는다. 그러므로 평균화 처리된 영상에서 색포화도가 최대인 한개의 화소에서 세 벡터의 값을 각각 r_m, g_m 및 b_m 이라 할 때 크게 증가된 명도에서의 R, G 및 B의 세 값이 모두 0에서 255 사이가 되도록 하는 α 의 유효범위는 (5)와 (6)으로 부터 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{min})}{(I_{max} - I_{min})(2r_m - g_m - b_m)} \leq \alpha \leq \frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{max})}{(I_{max} - I_{min})(2r_m - g_m - b_m)} \tag{9}$$

$$\frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{min})}{(I_{max} - I_{min})(-r_m + 2g_m - b_m)} \leq \alpha \leq \frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{max})}{(I_{max} - I_{min})(-r_m + 2g_m - b_m)}$$

$$\frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{min})}{(I_{max} - I_{min})(-r_m - g_m + 2b_m)} \leq \alpha \leq \frac{-255(r_m + g_m + b_m - 3I_{max})}{(I_{max} - I_{min})(-r_m - g_m + 2b_m)}$$

위의 부등식을 만족하는 α 의 유효범위를 계산하였을 때, 그 범위는 그림 1에서 세번째와 네번째값 사이의 음영 부분이 된다.

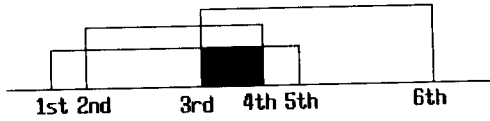


그림 1. α 의 유효범위
Fig. 1. The valid range of α .

영상의 색포화도를 최대한 크게 하기 위하여 전체 증가인자 α 를 네번째 값으로 선택한다. 그러나 과도한 α 값으로 색포화도가 너무 강조되면 실제영상과는 달리 부자연스럽게 되므로 α 를 적절히 조정해 주어야 한다. 증가된 영상에서의 최대 색포화도는 원래의 최대 색포화도에 α 를 곱하여 구할 수 있다. α 가 너무 크면 색포화도가 부자연스럽게 강조되므로 α 를 보다 작게 하여야 실제영상이 자연스럽게 된다. 입력 영상에서 각 프레임의 평균성분인 W_R , W_G 및 W_B 가 광원의 명도를 의미하므로 광원의 명도는 세 값의 평균이다. 색의 명도가 높을수록 눈에 잘 띈다는 색의 명시성에 근거하여, 적절한 범위내에서는 광원의 명도가 커지면 영상의 전체적인 색포화도도 크게 되며, 명도가 작으면 전체적인 색포화도도 작아진다.^[5] 실제영상에서 한 화소의 명도가 최대 255에 대하여 200을 초과하기가 어려우며, 200을 초과하는 명도에 대해서는 가능한 최대 α 를 선택하면 실제영상과 가깝다. 그러므로 조정된 증가인자 β 는

$$\beta = \alpha \times \frac{W_R + W_G + W_B}{600} \quad (10)$$

이다. 따라서 (6)과 (7)을 만족하는 R, G 및 B의 값은

$$R = \frac{85(r_1 + g_1 b_1 - 3I_{min})}{I_{max} - I_{min}} + \frac{\beta(2r_1 - g_1 - b_1)}{3}$$

$$G = \frac{85(r_1 + g_1 b_1 - 3I_{min})}{I_{max} - I_{min}} + \frac{\beta(-r_1 + 2g_1 - b_1)}{3} \quad (11)$$

$$B = \frac{85(r_1 + g_1 b_1 - 3I_{min})}{I_{max} - I_{min}} + \frac{\beta(-r_1 - g_1 + 2b_1)}{3}$$

이다. 명도가 아주 낮거나 높으면 유효 좌표계 범위

를 벗어날 수 있으므로 유효 좌표계 영역을 벗어나는 화소에 대해서는 (9)를 이용하여 최대 α 를 선택한다. 본 논문에서 제안한 새로운 영상향상 처리방법의 전체적인 흐름도는 그림 2와 같다.

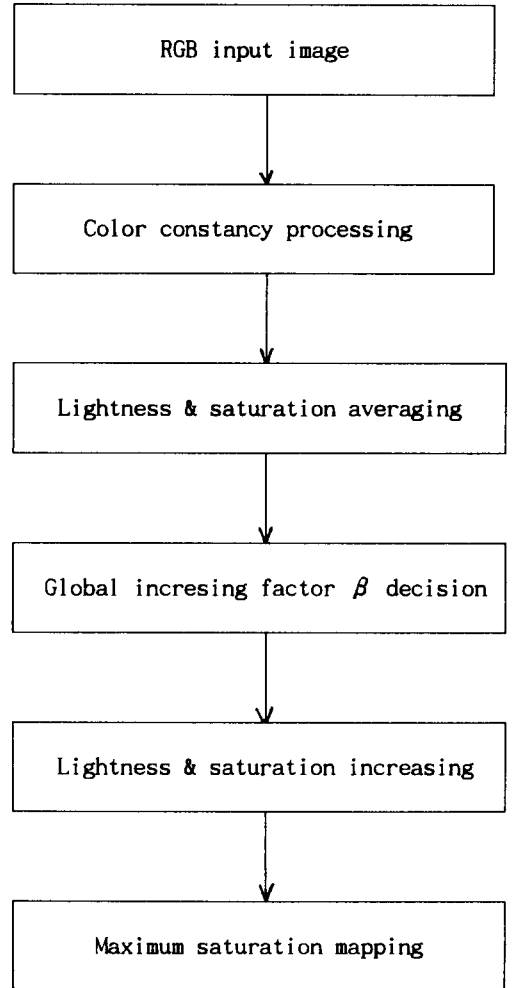


그림 2. 칼라영상 향상 알고리즘
Fig. 2. The algorithm of color image enhancement.

IV. 실험 및 고찰

실험에는 광원의 성분을 다르게 하여 얻은 영상으로써 그림 3의 여러 순색계통으로 구성된 2차원 색지 영상과 그림 4의 실제 인물영상을 사용하였다. 그림 3(a)와 4(a)는 광원으로서 형광등을 사용하여 얻은 원영상들이며 그림 3(b)와 4(b)는 광원으로서 백열등

을 사용하여 얻은 원영상들이다. 각 그림의 (c)와 (d)는 제안된 알고리즘으로 원영상 (a)와 (b)를 각각 처리하여 얻은 결과이다. 각 그림의 (a)는 형광등의 푸른색의 영향으로 전체영상의 색포화도와 대비가 낮으며 각 그림의 (b)의 경우, 백열등의 오렌지색의 영향으로 대비가 낮고 색상의 변화도 심하다. 그림 4 (a)와 (b)는 광원의 영향으로 전체적인 밝기가 높아져 사람의 머리카락 부분에서 실제영상과 다르게 명도가 증가하였다. 그림 3과 4의 원영상을 관찰하면 같은 영상이라도 광원을 다르게 하였을 때는 매우 다른 영상으로 변하는 것을 볼 수 있으며, 그림 (c)와 (d)에서 개선된 결과를 볼 수 있다.

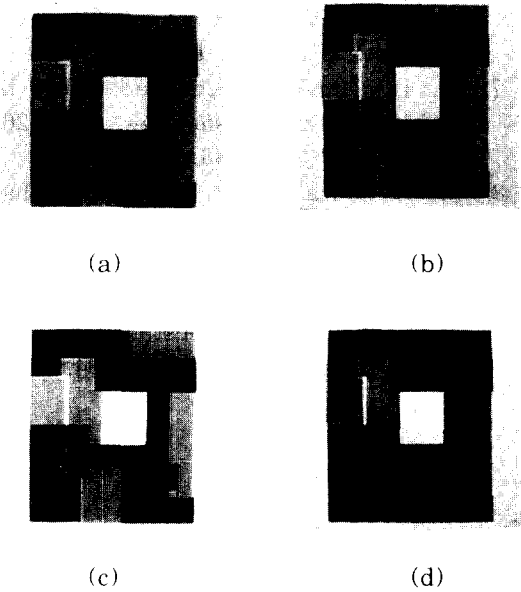


그림 3. 색지 영상에 적용한 결과
 (a) 형광등에서의 원영상
 (b) 백열등에서의 원영상
 (c) (a)의 처리결과
 (d) (b)의 처리결과

Fig. 3. The applied results of color papers.
 (a) The original image under a fluorescent light.
 (b) The original image under an incandescent light.
 (c) The processing result of (a).
 (d) The processing result of (b).

제안된 알고리즘을 실험 영상에 적용할 때, 광원의 변화로 인한 영상의 열화를 보정하여 밝기에 대한 대

비와 색포화도를 증가시켰으며, 형광등의 푸른색의 영향과 백열등의 오렌지색의 영향이 거의 없어져 올바른 색상으로 보정되는 결과를 얻었다. 또한 처리된 결과들은 다른 광원에 대해서도 색의 세가지 속성인 명도, 색포화도 및 색상이 거의 비슷한 결과를 나타내었다.

칼라 항상성이 최대백색이 되는 화소에 대하여 너무 민감하므로 거울이나 금속과 같은 전반사가 일어나는 경우나, 장면에 불규칙한 광원이 가해졌을 때 처리된 결과는 색포화도와 대비는 증가되지만 올바른 색상을 찾기는 어렵다. 이를 극복하기 위한 새로운 방법이 연구 되어져야 할 것이다.

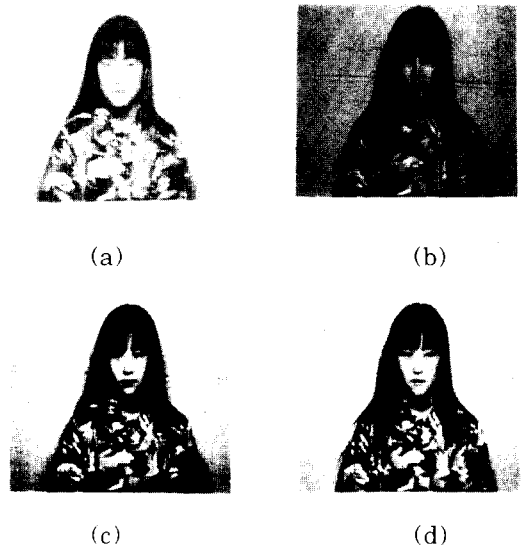


그림 4. 인물 영상에 적용한 결과
 (a) 형광등에서의 원영상
 (b) 백열등에서의 원영상
 (c) (a)의 처리결과
 (d) (b)의 처리결과

Fig. 4. The applied results of a person.
 (a) The original image under a fluorescent light.
 (b) The original image under an incandescent light.
 (c) The processing result of (a).
 (d) The processing result of (b).

V. 결론

기존의 칼라 좌표계 상에서 영상향상을 수행하고자

할 때 좌표계의 기하학적인 모양이 영상항상에 어려움을 주며, 또한 입력된 영상의 특성이 주위 조명의 의해 변화되어 실제와는 다른 잘못된 결과가 나올 수 있다. 본 논문에서는 영상항상을 위하여 주위 조명의 영향을 배제할 수 있는 칼라 항상성과 RGB 좌표계와 변형된 IHS 좌표계 해석을 수행하였다. 또한 기존의 밝기값에 대한 칼라 항상성과 해석이 색상만을 보존하고 색포화도나 명도의 생동폭은 감소시키는 단점을 보상하여 감소된 명도와 색포화도를 인간의 색인지에 알맞게 증가시키는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 실제 처리에 있어서 다른 좌표계로 변환시키지 않으므로 간편하게 사용할 수 있는 장점이 있다. 제안된 알고리즘을 실험영상에 적용한 경우, 광원성분의 영향을 배제하여 영상의 올바른 색상을 찾아가고 색포화도와 대비가 적절하게 증가된 결과를 얻을 수 있었다.

參 考 文 獻

[1] 金正燁, 沈載昌, 金順子, 河永浩, "칼라 영상의 항상을 위한 IHS 기반 좌표계," 전자공학회 논문지, 제 29권, B편, 제 9호, pp. 59-67, 1992.
 [2] D. MacAdam, *Color Measurement-theme and Variations*, Berlin, Heidelberg,

berg, New York: Springer-Verlag, 1981.
 [3] Y. Ohta, T. Kanade and T. Sakai, "Color information for region segmentation", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 13, pp.222-241, 1980.
 [4] Maureen C. Stone, William B. Cowen and John C. Beatty, "Color gamut mapping and the printing of color images", *ACM. Trans. on Graphics*, vol 7, no. 4, pp.249-292, 1988.
 [5] 박은주, 색채 조형의 기초, 미진사, 1989.
 [6] E. H. Land & J. J. McCann, "Lightness and Retinex Theory," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 61, no. 1, 1971.
 [7] E. H. Land, "Recent advances in retinex theory," *Vision Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 7-21, 1986.
 [8] M. D'Zmura and P. Lennie, "Mechanisms of color constancy," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. A3, pp. 1662-1672, 1986.
 [9] L. T. Maloney, "Computational approaches to color constancy," Ph.D. thesis, Stanford University, 1984.

著 者 紹 介



裴成鎬(正會員)

1966年 7月 16日生. 1991年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993年 2月 경북대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사). 1993年 3月 ~ 현재 동 대학원 박사과정 재학중. 주관심분야는 영상 처리 및 컴퓨터 비전 등임.



權甲鉉(正會員)

1951年 8月 30日生. 1980年 2月 울산공과대학 전기공학과 전자공학 전공 졸업(공학사). 1982年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1992年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1988年 10月 ~ 현재 울산전문대학 전자공학과 부교수. 주관심분야는 안저 영상 처리 및 칼라 영상 처리 등임.

金正燁(正會員) 第29卷 B編 第9號 參照
 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

河永浩(正會員) 第29卷 B編 第9號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 부교수