

논문 2011-48SP-1-1

색 재현 개선을 위한 CIELAB 색 공간 기반의 향상된 Multi-scale Retinex

(Enhanced Integrated Multi-scale Retinex based on CIELAB Color
Space for Improving Color Reproduction)

경 왕 준*, 이 태 형*, 이 철 희**, 하 영 호***

(Wang-Jun Kyung, Tae-Hyoung Lee, Cheol-Hee Lee, and Yeong-Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 디지털 영상의 지역적 계조 재현과 함께 입력 영상의 색상을 유지하는 영상 향상 기법을 제안한다. 기존의 지역적 계조 재현 방법인 통합된 다중 크기의 Retinex는 영상이 가지는 어두운 영역의 가시성 향상을 통한 향상된 계조 재현 결과를 가져왔다. 그러나 IMSR을 포함한 대부분의 지역적 계조 재현 방법은 RGB 색 공간에서 수행되어 인간시각시스템에 의해 인지되는 색상의 왜곡이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 색상의 왜곡을 줄이는 계조 재현을 위하여 장치 독립적인 CIELAB 색 공간에서 색상을 유지하고 높은 대비와 자연스러운 영상을 얻기 위한 계조 재현 및 채도 보상 기법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 CIELAB 색 공간에서 L^* 값에 대해 IMSR, 정규화 및 단순한 사상 함수를 수행하여 가시성을 향상 시킨다. 또한, sRGB 색역 경계값을 이용하여 LC 평면에서 밝기 변화에 대한 선형적인 채도 보상을 수행하였다. 그 결과 입력 영상의 계조 재현을 통해 가시성이 향상되었고, 기존의 IMSR과 비교하여 색상의 왜곡이 줄었으며, 주관적인 평가를 수행하여 비교 평가 하였다.

Abstract

In this paper, we propose the digital image enhancement method including local tone reproduction and preservation of the hue. In recent studies, an integrated multi-scale retinex (IMSR) has produced great naturalness in the resulting images through enhancement of visibility in dark area in input images. However, most methods, including IMSR, work in RGB color spaces. As such, this produces hue distortion from the perspective of the human visual system, that is, hue distortion in CIELAB color space. Accordingly, this paper proposes a tone reproduction and enhancement of saturation method in a device-independent color space, CIELAB, to preserve the hue and obtain a high contrast and naturalness. First, to achieve the desired objectives, the IMSR is then applied to only the L^* values in CIELAB color space, normalization, and simple mapping function, thereby preserving the balance of the color components and enhancement of visibility. Then, saturation adjustment is performed by applying the ratio of the chroma variation at the sRGB gamut boundary according to the corrected luminance. In experiments, the proposed method is shown to improve the visibility in dark shadows and bright regions in the resulting images and reduce any color distortion then preference test are performed.

Keywords : Tone reproduction, CIELAB color space, Multi-scale Retinex

* 학생회원, *** 정회원, 경북대학교 전자공학과
(School of Electronics Engineering, Kyungpook
National University)

** 정회원, 안동대학교 컴퓨터공학과
(Computer Engineering, Andong National
University)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.
2010-0000401).

접수일자: 2010년10월11일, 수정완료일: 2010년11월25일

I. 서 론

일반적인 디지털 카메라를 이용해 획득한 영상은 카메라의 물리적 한계로 인해 높은 다이내믹 레인지의 장면을 표현할 수 없다. 그러나 인간시각은 영역에 따른 적응적인 노출 조절 기능으로 인해 높은 다이내믹 레인지의 장면을 인지하는 능력이 뛰어나다^[1~2]. 최근 이러

한 디지털 영상의 계조 표현의 한계를 극복하기 위한 계조 재현 방법이 제안되어 왔다.

계조 재현 방법들 가운데 인간시각의 모델링을 기반으로 한 Retinex 방법을 기반으로 한 계조 재현 방법들이 제안되어 왔다^[3-7]. 이러한 Retinex 기반의 방법들은 컬러 영상의 색상을 개선하고 일반적인 카메라로 획득한 영상의 계조를 인간시각이 인지하는 계조와 유사하도록 재현한다. 이러한 Retinex 기반의 방법으로써 Jobson은 SSR(single-scale Retinex)의 가중치 합으로 구성된 MSR(multi-scale Retinex)을 제안했다. SSR은 각각의 화소에 대하여 가우시안 필터를 적용하여 인간시각의 비선형적인 적응을 모델링한 C/S 모델(center/surround model)을 적용하여 영상에 포함된 광원의 효과를 제거함으로써 색항상성(color constancy)의 유지와 함께 영상의 계조를 향상시킨다^[4-5]. 또한, MSR은 서로 다른 크기의 가우시안 필터가 적용된 SSR을 이용하여 영상의 가시성 향상과 색항상성의 유지뿐만 아니라, SSR에서 발생하는 후광 효과를 다중의 주변영상들의 가중치 합으로써 억제하였다.

그러나 MSR은 RGB 채널간의 독립적인 처리로 인해서 입력 영상이 가지는 RGB 채널간의 비율이 변하여 입력 색상의 왜곡이 발생한다. 이러한 MSR의 색상 왜곡을 보정하기 위하여 MSRRCR(multi-scale Retinex with color restoration)에서는 RGB 채널별 색상의 비율을 유지하기 위한 변수가 사용되었다^[6]. 하지만 여전히 RGB 채널의 독립적인 처리로 인하여 정확한 색상의 보정을 수행하지 못해 RGB 채널간의 비율이 유지되지 못했다. RGB 채널간의 비율을 유지하기 위해 Kotera는 휘도 영상으로부터 주변영상을 계산하고 각 채널에 동일한 주변영상을 사용한다^[8]. Kotera는 RGB 채널간의 비율 유지와 함께 후광 효과를 줄이고 가시성이 향상된 결과를 가져왔다.

최근 Wang이 제안한 IMSR(integrated multi-scale Retinex)은 휘도 영상에 서로 다른 크기의 가우시안 필터를 적용하여 다중의 주변영상을 획득하고, 주변영상들의 가중치 합으로 하나의 주변영상을 계산하여 계산의 복잡도가 낮고 영상의 가시성 또한 향상되는 결과를 보였다^[9]. 그러나 IMSR은 RGB 색 공간에서 하나의 주변영상을 각각의 RGB 채널에 나누어 어두운 부분에서의 가시성이 향상되며 RGB 채널간의 비율을 유지하여 색상을 유지하는 반면, 인간시각 기반의 CIELAB 색 공간에서의 색상은 입력 영상과의 차이를 보였다. 또한

RGB 공간에서 밝기의 증가로 채도가 RGB 색역의 경계까지 올라가 포화 현상이 발생하여 자연스럽게 못한 채도를 보여준다.

본 논문에서는 인간시각이 인지하는 색상을 유지하기 위해 장치 독립적 색 공간인 CIELAB 기반 하여 영상의 계조를 향상시키는 방법을 제안한다.

II. 기존의 계조 재현 방법

Jobson에 의해 제안된 MSR은 수식 (1)의 기본 처리 과정을 통해 계산된다^[5].

$$R_i(x, y) = \log I_i(x, y) - \log [G(x, y) * I_i(x, y)] \quad (1)$$

수식 (1)에서 R 은 계산된 결과 영상이며, 가우시안 필터 G 와 I 는 입력 RGB 영상이며 i 는 R, G, B의 각 채널을 의미한다. MSR은 RGB 각 채널에 대해 원본 영상과 C/S 모델을 적용한 영상사이의 로그값의 차로 나타낸다. 이는 C/S 모델을 통하여 광원에 대한 정보를 구하고 원본 영상에서 이를 제거함으로써 색항상성이 유지와 함께 입력 영상의 계조가 향상된 영상을 구할 수 있다^[5].

그러나 Kotera는 MSR에서 사용하는 로그 변환을 사용하지 않고 선형적인 공간을 사용한다^[8]. 선형공간의 사용으로 영상의 어두운 영역의 가시성을 향상시키면서 로그 변환으로 인해 발생하던 불안정한 잡음을 피할 수 있었다. 또한, 휘도 영상에 대하여 다중 크기의 C/S 모델을 적용해 다중의 주변영상을 획득하고, 이 주변영상들을 RGB 각 채널에 나누어 주며, 각 채널에 대한 가중치 합으로써 가시성이 향상된 영상을 획득한다. 최근 제안된 IMSR은 Kotera의 방법에서 RGB 채널 각각에 다중 크기의 주변영상을 나누어 가중치 합을 수행한 것과 달리 먼저 다중 크기의 주변영상들을 가중치 합하고 통합된 주변영상을 획득한다^[9]. 획득한 하나의 주변영상은 RGB 각 채널에 나누어 계조가 향상된 영상을 획득한다. 다음 수식은 IMSR의 처리 과정을 설명한다.

$$SSR_{sum}(x, y) = \alpha \frac{I_i(x, y)}{S_{sum}(x, y)} \quad (2)$$

수식 (2)에서 I 는 입력 영상이며, i 는 sRGB의 각 채널을 의미한다. SSR_{sum} 은 Retinex에 계산된 결과이며, α 는 사용된 계수이다. 그리고 S_{sum} 은 서로 다른 크기의 주변영상 $S_m(x, y, \sigma_m)$ 을 적당한 가중치

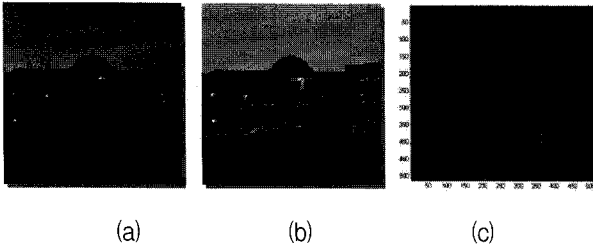


그림 1. IMSR 결과영상과 CIELAB 색 공간에서의 색상 차이. (a) 입력영상, (b) IMSR 결과영상, (c) 입력 영상과 IMSR 결과영상 사이의 색상 차이

Fig. 1. Result of IMSR and hue difference in CIELAB. (a) input image, (b) resulting image by IMSR, (c) hue difference between input and resulting image.

$w(\sigma_m)$ 를 적용하여 하나의 주변영상을 획득했다.

$$S_{sum}(x, y, \sigma_m) = \sum_{m=1}^M w(\sigma_m) S_m(x, y, \sigma_m) \quad (3)$$

수식 (3)은 휘도 영상과 서로 다른 크기의 표준 편차 σ_m 을 적용한 가우시안 필터 $G_m(x, y)$ 를 사용하여 주변영상을 획득하는 과정을 나타낸다.

$$S_m(x, y, \sigma_m) = G_m(x, y) \otimes Y(x, y) \quad (4)$$

IMSR에서 사용한 계수 α 와 $w(\sigma_m)$ 는 “Trial and Error” 방법을 적용하여 획득했다^[9].

그림 1은 입력 영상에 대한 IMSR 결과 영상과 CIELAB 색 공간에서의 색상차이를 나타낸다. 그림 1(b)는 IMSR의 결과 영상이며 그림 1(a)의 입력 영상에 대해 저녁노을이 지는 풍경의 어두운 부분의 가시성은 향상되었다. 또한 밝은 영역에서의 가시성도 입력 영상과 유사하게 표현 되었다. 그러나 그림 1 (c)에서 나타내듯이 입력 영상 (a)와 IMSR 결과 영상(b)의 인간시각시스템 기반의 CIELAB 색 공간에서 색상 차이를 보면 어두운 부분에서 많은 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것은 sRGB 색 공간에서 Retinex 과정을 수행하면서 발생하는 현상이라 볼 수 있다.

III. 제안한 계조 재현 방법

본 논문은 인간시각시스템이 인지하는 색상을 유지하며 영상의 계조를 향상하는 방법을 제안한다. 인간시각시스템이 인지하는 색상을 고려하기위해 장치 독립적인 CIELAB 색 공간으로 영상을 변환하고 밝기의 향상

과 채도 보정의 두 단계를 거치며, 계산된 영상을 sRGB로 역 변환하여 결과 영상을 얻는다.

1. 밝기의 향상

제안한 방법은 장치 독립적인 색 공간 CIELAB에서 밝기, 색상, 채도를 독립적으로 다룬다. 이를 위해 먼저 sRGB 영상을 CIEXYZ값으로 변환하고 이를 CIELAB 값으로 변환한다^[10]. 이를 영상의 색상을 유지하고 밝기만을 향상시키기 위해 CIELAB값에서 오직 L^* 채널에 대하여 IMSR을 수행한다.

$$L_{sm}^*(x, y, \sigma_m) = A \frac{L^*(x, y)}{S'_{sm}(x, y, \sigma_m)} \quad (5)$$

$$S'_{sm}(x, y, \sigma_m) = \sum_{m=1}^M w(\sigma_m) S'_m(x, y, \sigma_m) \quad (6)$$

$$S'_m(x, y, \sigma_m) = \langle G_m(x, y) \otimes L^*(x, y) \rangle \quad (7)$$

S'_m 은 M 개의 서로 다른 크기의 가우시안 필터 G_m 을 L^* 에 적용한 주변영상들이다. 그리고 수식 (6)에서 다중 크기의 주변영상들을 가중치 합하여 하나의 주변영상 S'_{sm} 을 획득하고 이를 다시 L^* 에 대하여 수식 (5)을 적용해 밝기가 향상된 영상 L_{sm}^* 을 획득한다. 그러나 수식 (5)을 적용해 영상의 밝기가 향상되면 밝기의 향상 폭이 커 그림 2(b)와 같이 sRGB 색역을 크게 벗어나게 된다. 이와 같이 벗어난 영상 컬러값은 sRGB로의 변환을 위하여 정규화 과정을 거쳐 sRGB 색역으로 사상하는 과정이 필요하다.

정규화 과정을 수행하기에 앞서 영상이 가지는 몇몇의 잡음으로 인해 영상의 최대 밝기값으로 정규화를 수행할 경우 영상의 최대 밝기가 오히려 낮아지는 현상이 발생한다. 이러한 현상을 억제하기 위하여 제안한 방법의 정규화 과정에서는 L^* 값의 누적분포함수를 구하여 정규화를 위한 조정된 최대값을 결정한다. L^* 에 대한 누적분포함수의 가장 밝은 부분에서부터 기울기 변화가 시작 되는 지점의 값을 조정된 최대값으로 결정한다. 이와 같이 조정된 최대값으로 정규화를 수행한 결과는 그림 2(c)에 나타난다. 하지만 그림 2(c)에 나타난 것과 같이 sRGB 색역의 위쪽 부분에 아직도 색역을 벗어난 값이 존재한다. 이와 같은 sRGB 색역 밖에 존재하는 값을 sRGB 색역으로 사상시키기 위해 sRGB

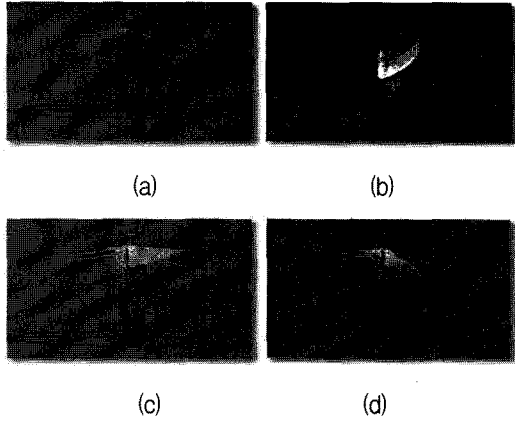


그림 2. 각각의 단계에서의 색역값.

(a) 입력영상 (b) IMSR 적용 (c) CDF를 이용한 정규화 적용 (d) 색역 경계값을 이용한 정규화

Fig. 2. Gamut data of each step.

(a) input image (b) after IMSR (c) after normalization using CDF (d) after normalization using gamut boundary.

색역의 각각의 색상 및 채도에서의 가장 높은 L^* 에 해당하는 경계값을 사용하여 sRGB 색역을 벗어난 값들을 sRGB 색역 안으로 사상한다.

$$L_{adj}^*(x, y, \sigma_m) = \frac{L_{sm}^*(x, y, \sigma_m)}{CDF_{max}} GB_{top}(a^*, b^*, x, y) \quad (8)$$

수식 (8)에서 CDF_{max} 는 누적분포함수를 통한 조정된 최대값이며 $GB_{top}(a^*, b^*, x, y)$ 은 각각의 a^*, b^* 에 대한 최대 L^* 값을 가지는 sRGB 색역의 경계값이다. 이를 이용해 조정된 $L_{adj}^*(x, y, \sigma_m)$ 을 계산하며, 그림 2(d)는 수식 (8)을 통해 조정된 밝기의 분포를 나타낸다.

나. 선형적인 채도 향상

CIELAB 색 공간에서 IMSR을 수행하여 영상의 가시성을 향상시켰다. 그러나 입력 영상의 색상을 유지하기 위해 a^*, b^* 값이 변하지 않아 색상이 유지되는 반면 채도 또한 유지된다. 이러한 채도의 저하를 보정하기 위하여 영상의 밝기 향상에 따른 선형적인 채도 보상을 수행한다.

그림 3은 제안한 채도 보상 과정을 나타낸다. 각각의 L^*, a^*, b^* 값에 대해 밝아진 밝기에 비례하여 채도를 향상시킨다. 이때, 향상된 채도가 sRGB 색역을 벗어나지 못하도록 하기 위해 각각의 색상과 밝기에 대한 sRGB

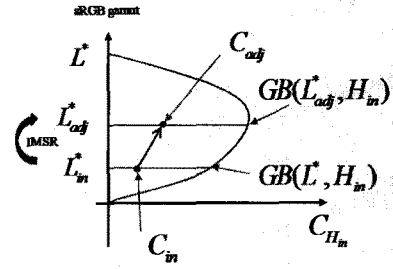


그림 3. 선형적인 채도 보상

Fig. 3. Linear saturation compensation.

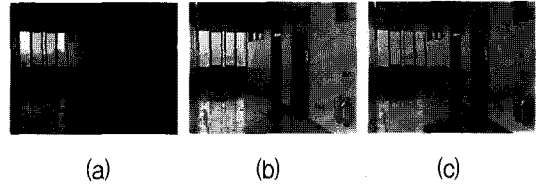


그림 4. IMSR 결과영상과 제안한 방법의 채도향상 비교.

Fig. 4. Resulting images to compare saturation.

(a) input image, (b) IMSR, (c) proposed method.

색역의 경계값을 구하고, 입력 a^*, b^* 값이 가지는 sRGB 색역 경계와의 비율이 채도가 향상된 후에도 입력 채도가 가지는 비율을 유지 할 수 있도록 하여 sRGB 색역을 벗어나지 못하도록 한다. 수식 (14)에서 $C_{adj}(x, y, H_{in})$ 은 입력 영상의 채도값 $C_{in}(x, y, H_{in})$ 와 밝기 향상 전, 후의 sRGB 색역 경계 $GB(L^*, H_{in})$, $GB(L_{adj}^*, H_{in})$ 의 비율의 곱으로 선형적인 채도 향상을 수행한다. 영상의 모든 화소에 대한 채도 향상 후, CIELAB값은 다시 sRGB값으로 역 변환^[10] 되어 결과 영상을 얻는다.

$$C_{adj}(x, y, H_{in}) = C_{in}(x, y, H_{in}) \frac{GB(L_{adj}^*, H_{in})}{GB(L^*, H_{in})} \quad (9)$$

수식 (9)에서 $C_{adj}(x, y, H_{in})$ 은 입력 영상의 채도값 $C_{in}(x, y, H_{in})$ 와 밝기 향상 전, 후의 sRGB 색역 경계

표 1. CIELAB 색 공간에서의 입력영상과 결과 영상의 평균 색상 차이

Table 1. Result data of average hue angle between input and resulting image in CIELAB color space.

	MSR	IMSR	Proposed method
(a)	56.05	2.00	1.15
(b)	50.30	1.85	0.23
(c)	28.74	3.74	3.21

$GB(L^*, H_{in}), GB(L_{adj}^*, H_{in})$ 의 비율의 곱으로 선형적인 채도 향상을 수행한다. 영상의 모든 화소에 대한 채도 향상 후, CIELAB값은 다시 sRGB값으로 역 변환^[10] 되어 결과 영상을 얻는다. 그림 4는 IMSR의 결과와 제안한 방법의 채도 향상 후 결과 영상이다. IMSR은 과도한 채도 향상의 결과를 보인다.

IV. 실험 및 결과

실험을 위해 sRGB 프로파일을 지원하는 캐논 10D 디지털 카메라를 사용하며, 장면의 밝은 부분에 노출을 맞추어 획득된 영상에서 밝은 영역이 포화되지 않도록 하였다. 또한 IMSR과 제안한 방법에서 α 와 w 계수는 IMSR에서 제시된 값을 사용한다 ($\alpha = 0.8, w_1 = 0.3, w_2 = 0.1, w_3 = 0.6$)^[9]. 실험에 사용된 영상들은 모두 어두운 부분을 포함하고 있으며 그림 5의 (a)와 (b)는 밝은 부분에 노출이 맞춰져 있으며, (c)는 카메라의 노출 조절을 통해 어둡게 촬영한 영상이다. MSR, IMSR과 제안한 방법의 결과 영상은 객관적인평가로써 CIELAB 색 공간에서의 색상의 차이를 보였으



그림 5. MSR, IMSR과 제안한 방법의 결과 영상 비교. 첫 번째 행: 입력영상, 두 번째 행: MSR, 세 번째 행: IMSR, 네 번째 행: 제안한 방법

Fig. 5. Comparison of resulting images by MSR, IMSR, and the proposed method. First column: Input image. Second column: MSR. Third column: IMSR. Fourth column: Proposed method.

며, 선호도 조사 및 Z-score^[11] 통해 주관적인 평가를 수행하였다. 그림 5는 입력 영상 및 결과 영상을 나타낸다. (a)영상의 결과에서 MSR, IMSR, 제안한 방법은 어두운 영역의 가시성이 향상되는 결과를 보여준다.

결과 영상들의 객관적인 평가로써 CIELAB 색 공간에서의 색상의 차이를 계산하였다. 표1은 각각의 실험 영상과 MSR, IMSR 그리고 제안한 방법을 통해 얻은 영상들 사이의 색상 차이를 나타낸다. 표1에서 보듯이 MSR의 경우 가장 많은 색상의 차이를 보였고, 제안한 방법은 IMSR과 비교하여 더 작은 색상 차이를 보인다.

주관적인 선호도 평가를 위해 20명의 관찰자들이 실험에 동원되었다. 참가자들은 여자 4명, 남자 16명으로 24-34의 연령대로 구성되며, 보통의 시력을 가졌다. 또한 이중 8명은 칼라 영상처리에 지식이 있으며 12명은 일반인이다. Dugay^[12]는 주관적 평가를 위해 모니터와 인쇄물의 2가지 매체를 사용하였으나, 본 실험에서는 모니터만 사용하였다.

Z-score^[11]를 구하기 위하여 참가자들은 화면에 출력된 하나의 입력 영상과 두개의 결과 영상 쌍을 비교하여 선호 하는 영상에 점수를 주었다. 먼저, 입력영상과 결과 영상들 사이의 색상이 적게 변한 것으로 보이는 것을 선택하는 것과 결과 영상들 중 가장 자연스럽게 보이는 영상을 선택하도록 하였다. 그림 6은 선호도 조사를 통한 Z-score를 계산한 결과이다. 그림 6(a)에서 대체로 MSR의 점수는 낮은 결과를 보였다. 이는 MSR이 영상의 계조를 향상시키고 동시에 광원의 색도 또한 제거하여 실제로 입력영상에 비해 색이 변한 것으로 보이게 된다. 그러나 IMSR과 제안한 방법은 서로 비슷한 결과를 보였다. 두 번째 질문에 대하여, 그림 6(b)에서 참가자들은 IMSR과 제안한 방법을 주로 선택 했으며, 영상의 전반적인 자연스러움에 대해 제안한 방법이 조

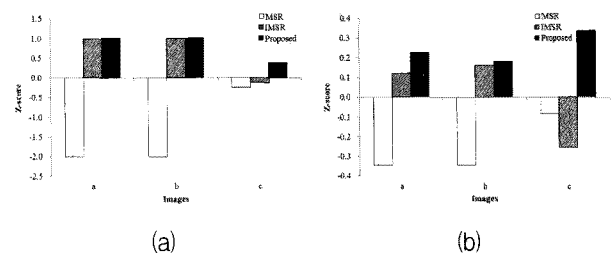


그림 6. Z-score 결과 비교. (a) 첫 번째 주관적 평가 (b) 두 번째 주관적 평가 결과

Fig. 6. Comparison of resulting z-score. (a) Z-score for first subjective evaluation (b) Z-score for second subjective evaluation.

금 더 나은 선호도를 보였다. 이는 색상 및 밝기뿐만 아니라 대비 및 채도 등의 영향으로 제안한 방법을 선호하는 것으로 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 CIELAB 색 공간에서 입력 영상의 색상을 유지하는 계조 재현 방법을 제안한다. 본 논문의 주된 목적은 인간시각시스템이 인지하는 색상을 유지하며 영상의 계조를 향상 시키는 것이며 이를 위해 장치 독립적인 색 공간인 CIELAB 색 공간을 이용하고 밝기의 향상을 위해 IMSR 방법을 밝기 채널인 L^* 에 적용하여 영상의 가시성 향상을 가져왔다. 이때 sRGB 색역을 벗어난 색상값을 사상하기 위해 누적분포함수에 기반한 정규화 과정 및 sRGB 색역의 최대 밝기값이 적용되었다. 또한 유지된 색상으로 인한 채도를 보정하기 위해 향상된 밝기에 대한 sRGB 색역 경계값을 이용한 선형적인 채도 보상을 수행하여 자연스러운 채도 향상 결과를 가져왔다. 자연 영상을 이용한 실험에서 영상의 밝고 어두운 부분의 가시성이 향상되었다. 또한, 기존의 MSR, IMSR과 비교하여 입력 영상에 대한 가장 작은 색차를 보였고, 주관적인 평가를 통해 다수의 참가자가 제안한 방법을 가장 자연스러운 영상으로 선택했다.

참 고 문 헌

- [1] M. Y. Lee, C. H. Son, J. M. Kim, C. H. Lee and Y. H. Ha, "Illumination-Level Adaptive Color Reproduction Method with Lightness Adaptation and Flare Compensation for Mobile Display," *Journal of Imaging Science and Technology*. Vol. 51, No. 1, pp. 44 - 52, 2007.
- [2] B. Wandell, P. Catrysse, J. DiCarlo, D. Yang and A. E. Gamal, "Multiple Capture Single Image with a CMOS Sensor," *Chiba Conference on Multispectral Imaging*, pp. 11-17, 1999.
- [3] E. H. Land, "An alternative technique for the computation of the designator in the Retinex theory of color vision," *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 83, 3076, 1986.
- [4] Z. Rahman, "Properties of a center/surround Retinex: Part 1: Signal processing design," *NASA Contractor Report 198194*, pp. 13, 1995.
- [5] D. J. Jobson and G. A. Woodell, "Properties of a center/surround Retinex: Part 2: Surround design," *NASA Technical Memorandum 110188*, pp. 15, 1995.
- [6] Z. Rahman, D. J. Jobson, and G. A. Woodell, "Multiscale Retinex for color rendition and dynamic range compression," *Proc. SPIE 2847*, 183, 1996.
- [7] 장인수, 박기현, 하영호, "다중 Retinex 알고리즘에서 주색도 추정을 이용한 색상 왜곡 보정," *전자공학회논문지*, 제46권 SP편, 제3호, 52-59쪽, 2009년 5월
- [8] H. Kotera and M. Fujita, "Appearance improvement of color image by adaptive scale-gain Retinex model," *Proc. IS&T/SID 10th CIC*, pp. 166-171, 2002.
- [9] L. Wang, T. Horiuchi, and H. Kotera, "High Dynamic Range Image Compression by Fast Integrated Surround Retinex Model," *J. Image Science and Technology*, vol. 51, no. 1, 2007.
- [10] Marc Ebner, "Color Constancy," *Published in Association with the Society for IS&T*, pp. 89-93, 2007.
- [11] J. Morovic, "Color Gamut Mapping," *Published in Association with the Society for IS&T*, 2008.
- [12] Fabienne Duay, Lvar Farup, Jon Y. Hardeberg, "Perceptual Evaluation of Color Gamut Mapping Algorithms," *Color Research and Application*, vol. 33, no. 6, pp. 470-476, 2008.

저 자 소 개



경 왕 준(학생회원)
2007년 안동대학교 컴퓨터공학과
공학사
2010년 경북대학교 전자전기
컴퓨터학부 공학석사
2010년~현재 경북대학교
전자전기컴퓨터학부
박사 재학중

<주관심분야 : 컬러영상처리, 영상 화질 평가>

이 태 형(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 47권 SP 편 제 4호 참조

이 철 희(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 47권 SP 편 제 4호 참조

하 영 호(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 38권 SP 편 제 3호 참조