

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제23권 제5호, 2018년 9월 (JBE Vol. 23, No. 5, September 2018)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.5.714>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

포화도 보상의 반전 지역 패턴을 이용한 HDR 영상화

권오설^{a)†}

High Dynamic Range Imaging Using Inverted Local Patterns with Saturation Compensation

Oh Seol Kwon^{a)†}

요 약

본 논문은 적응적 색 포화도 보상을 통한 HDR 영상 생성 기법을 제안한다. 기존의 HDR 기법은 밝기 변화에 초점이 맞추어져 있기 때문에 어두운 영역에서 밝기 향상에 따라 색이 열려져 보이는 원인이 된다. 따라서 제안한 색 포화도 보상 기법은 HDR 영상 생성 시 밝기 변화에 따라 적응적으로 색 포화도를 보상함으로써 색 포화도가 열어지는 문제를 해결하고 선명도를 향상할 수 있다. 다양한 형태의 영상에 대한 실험을 통해 제안한 방법이 기존 방법에 비해 HDR 영상화의 성능에서 우수함을 확인하였다.

Abstract

This paper presents a method of HDR imaging with adaptive saturation compensation for brightness change. The saturation of HDR images were lighten on dark region because conventional HDR methods have focused on brightness change. Therefore, the proposed HDR method compensates saturation adaptively according to brightness change. For experiments of several images, the proposed algorithm is superior to conventional HDR methods qualitatively and quantitatively in terms of color saturation.

Keyword : High dynamic image, saturation, display

a) 창원대학교 전기전자제어공학부(School of Electronical Electronics and Control Engineering, Changwon National University)

† Corresponding Author : 권오설(Oh-Seol Kwon)

E-mail: osk1@changwon.ac.kr

Tel: +82-55-213-3669

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1077-9615>

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (2016R1C1B1008188).

Manuscript received July 24, 2018; Revised September 23, 2018;

Accepted September 23, 2018.

I. Introduction

영상을 획득하거나 보여주는 장치는 실 세계의 밝기 범위를 그대로 저장하거나 표현하는데 한계가 있다. 이를 해결하기 위해서 하이 다이내믹 레인지(High Dynamic Range, HDR) 영상화 기법이 필요하다. 이 방법은 하나의 영상 혹은 그 이상의 정보를 이용하여 밝은 영역과 어두운 영역에 대한 범위를 확장함으로써 영상의 밝기 정보를 변화시

키는 것이다. 기본적인 영상 대비 향상 기법으로 히스토그램 기반의 방법이 있다. Garima et al.는 CLAHE 방법^[1]을 제안하였다. 이 방법은 다중 레이어 기반의 국부적 영역의 밝기 향상 기법이다. 한편 Guarnieri^[2]는 에지 보존(edge-preserving) 저역 필터를 사용하여 날카로운 경계 주변에서 할로우(Halo)를 포함하는 일반적인 결함(Artifacts)을 제거하는 HDR 기법을 제안하였다. 더 나아가 Kim^[3]는 어두운 영역에서 대비를 향상시키기 위해 톤 맵핑 기능이 있는 Retinex 알고리즘을 제시했다. 최근 Hsia^[4]는 반전 지역 서술자(Inverted local pattern, ILP)를 이용한 HDR 기법을 제안하였다. 이 방법은 동일한 프레임 내에서 극단(Extreme) 영상, 밝은(Bright) 영상, 및 어두운(Dark) 영상으로 분리하여 각 영상에 적합한 방법으로 HDR 영상을 생성하는 방법이다. 그러나 이 방법은 밝기에만 적용되는 기술로서 HDR 영상을 생성한 후, 특정 영역에서 색의 포화도가 감소하는 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 밝기 변화에 따른 색 포화도의 적응적 보상을 통해 HDR 영상에서 색이 열리는 문제를 해결하고자 한다.

II. 제안한 색 포화도 보상기반의 지역반전패턴을 이용한 HDR 기법

일반적으로 획득된 영상은 일정한 범위의 밝기값을 가지기 때문에 어두운 부분과 밝은 부분의 디테일을 모두 표현하는 것에 한계가 있다. 이때, 하이다이내믹(High Dynamic Range) 영상은 영상 내에서 제한된 밝기정보를 확장함으로써 이러한 문제를 해결하는 방법 중의 하나이다. 특히 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD)에 사용되는 로컬 디밍(Local dimming) 기법은 백라이트의 밝기와 영상 블록의 밝기를 상응하게 하여 밝은 부분은 밝게 어두운 부분은 어둡게 하는 기법이 적용되고 있다. 기존의 지역 반전 패턴 기법은 이 방법과 유사한 개념에 바탕을 두고 있다. 입력 영상으로부터 지역 반전 패턴의 변수를 계산한다. 백라이트가 증가할 때 어두운 영역은 증가하고, HDR 영상을 생성하기 위하여 백라이트를 감소시킴으로써 밝은 영역은 유지될 수 있다. 그러나 이 방법은 HDR 영상 생성 후 색 포화도의 감소를 유발하는 한계가 있다. 따라서 제안하는 방법은

HDR 영상의 밝기 변화에 적응적으로 색 포화도를 고려하였다.

제안한 방법은 어두운 영역의 향상, 밝은 영역의 향상, 색 포화도 보상 등으로 크게 세 단계로 구성된다. 먼저 입력된 영상은 히스토그램 분석을 통해 Dark, Bright, Extreme 형태의 세 가지 중의 하나로 분류된다. 이때, 입력 영상의 형태를 결정짓기 위해서는 다음과 같은 수식을 이용한다.

$$\begin{cases} Hi = \sum_{i=Th_3}^{Th_4} h(i) + \sum_{i=Th_4}^{255} h(i) \times 2 \\ Lo = \sum_{i=0}^{Th_1} h(i) \times 2 + \sum_{i=Th_1}^{Th_2} h(i) \end{cases} \quad (1)$$

이때 $h(i)$ 는 i -번째 밝기의 히스토그램을 표현하고, Hi 와 Lo 는 각각 밝은 영역과 어두운 영역에 해당하는 히스토그램의 수로 계산된다. 한편, 보다 밝거나 어두운 영역에 대해 강조를 위해 히스토그램을 계산할 때 특정 구간을 2배 곱하여 계산한다. 여기에서 각 구간의 문턱치는 8비트 영상에 대하여 j -번째 문턱치 $Th_j = \{15, 50, 205, 240\}$ 로 설정하였다. 최종적으로 입력 영상은 표 1의 조건에 따라 형태가 결정된다. 여기에서 ρ_{total} 은 전체 화소 수이다.

표 1. 입력 영상의 형태 결정 조건
 Table 1. Conditions of three types for input images

Types	Conditions
dark	$Lo > 2Hi$
bright	$Hi > 2Lo$
extreme	$\frac{1}{2} \leq (Hi / Lo) \leq 2$ & $(Hi \text{ and } Lo) > (\rho_{total} / 4)$
normal	otherwise

표 1에 의해 각각의 분류된 영상 중에서 어두운 영역이 포함된 Dark와 Extreme 영상은 어두운 영역 향상(Dark Enhancement)^[4]를 거치게 된다. 이와 동시에 입력된 영상은 Y 채널에서 블록 처리기반의 반전 커널(Inverse kernel) 통해 반전계수를 계산한다. 이때 반전 커널(Inverse kernel)은 2×2 최대 필터(Max filter)와 3×3 저역 통과 필터(Low pass filter)를 수행하고 마지막으로 반전이 된다. 최대 필터는 다음 수식으로 표현된다.

$$y_{\max} = \max(f_{i,j}, f_{i,j+1}, f_{i+1,j}, f_{i+1,j+1}) \quad (2)$$

여기에서 \max 는 최대값을 결정하는 함수이고, f 는 필터 내 화소값이고, y_{\max} 는 2×2 필터의 최대값을 나타낸다. 최대 필터를 통과한 결과는 다음과 같은 저역 통과 필터를 거치게 된다.

$$y_{\text{lpf}}(i, j) = \frac{\sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 y_{\max}(i+k, j+l)}{m \times n} \quad (3)$$

여기에서 y_{lpf} 는 저역 통과 필터의 결과이며, m 과 n 은 필터의 크기에 대한 변수로써 3으로 설정하였다. 이때, 최대 필터는 영상의 디테일을 살리는 효과를 나타내기 위함이며, 이 과정에서 발생하는 재깁 결함(Jagging artifacts)을 제거하기 위해 저역 통과 필터가 사용된다. 마지막으로 반전 과정(Inverse operation)은 밝은 포화(Positive saturation)와 어두운 포화(Negative saturation)를 피하기 위하여 어두운 영역은 밝게 하고 밝은 영역은 어둡게 하는 반전함수를 사용한다. 다음으로, 어두운 영역의 향상을 거친 결과는 반전 계수와 결합하여 다음 단계인 밝은 영역의 향상(Bright enhancement)이 밝기 조절 변수 k 를 이용하여 수행된다⁴⁾. 다음으로 자동 이득 조절(Auto gain control, AGC)를 이용하여 휘도 범위(Luminance range)를 확대한다. 이 결과는 색 포화도 변환과정에서 보상변수로써 사용된다. 이때 색 포화도 보상 수식은 다음과 같이 계산된다.

$$S' = \begin{cases} S + \left(\frac{(Th_{\text{dark}} - y_{\text{in}})}{Th_{\text{dark}}} \right)^{0.3}, & \text{if } y_{\text{in}} = \text{Dark type} \\ S \times \left(\frac{y_{\text{in}}}{y_{\text{mean}}} \right)^{0.7}, & \text{if } y_{\text{in}} = \text{Bright type} \end{cases} \quad (4)$$

최종적으로 색 포화도가 고려된 HDR 영상은 HSV에서 RGB 공간변환을 통해 최종 출력 영상이 생성된다. 제안한 방법은 기존의 지역 반전 패턴 방법의 단점인 어두운 영역을 HDR 영상으로 변환하는 과정에서 포화도가 변화되지 않은 한계를 색 포화도 보상을 통해 극복할 수 있으며, 밝은 영역에서도 휘도 변화에 따른 색 포화도를 보상할 수 있게 되었다.

III. 실험 및 결과

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 형태별로 다양한 형태의 영상에 대한 실험을 수행하였다. 먼저 제안한 방법의 색 포화도 향상 결과를 확인하기 위하여 시각차 예측변수 (Visual Difference Predictor, VDP) 지표를 사용하였다. VDP은 두 영상 사이의 차이를 시각적으로 구별할 수 있는지 없는지를 예측할 수 있는 인지 기반의 계량 (Perceptual metric)법이다⁵⁾. 그림 1은 Girl 영상에 대한 ILP 방법과 제안한 방법의 VDP 결과를 나타내고 있다. 붉은 색 영역은 색 포화도가 많이 변화된 영역으로 특히 어두운 곳에서 색 포화도의 차이가 많이 개선됨을 확인할 수 있다.

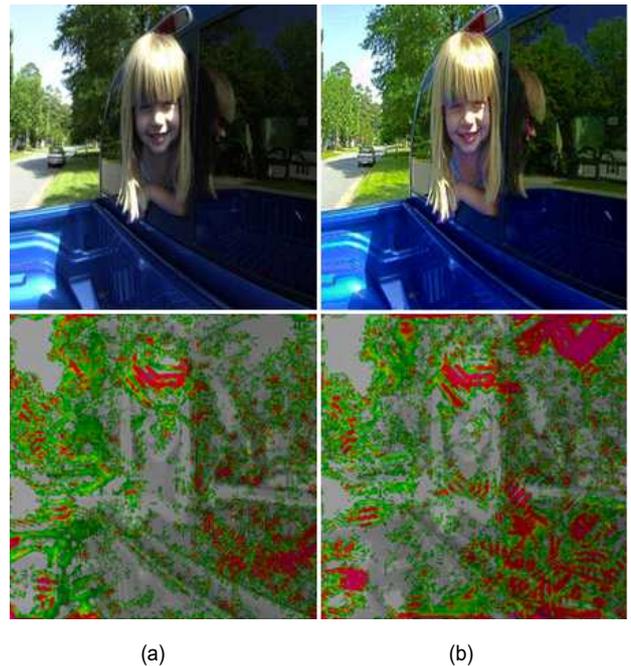


그림 1. VDP 성능 비교 ; (a) ILP 결과와 VDP (b) 제안한 방법과 VDP
Fig. 1. Comparison of VDP results; (a) ILP method and its VDP and (b) proposed method and its VDP

그림 2에서는 세 가지 형태의 영상에 대하여 다양한 HDR 기법에 대한 결과를 비교하였다. 그림 2(a)는 3가지 형태별 입력 영상이며, 그림 2(b)는 입력에 비해 대비(contrast)는 향상되었으나 색 포화도가 열어지는 현상을 확인할 수 있다. 그림 2(c)의 동일 영역에서 전반적으로 색포화도

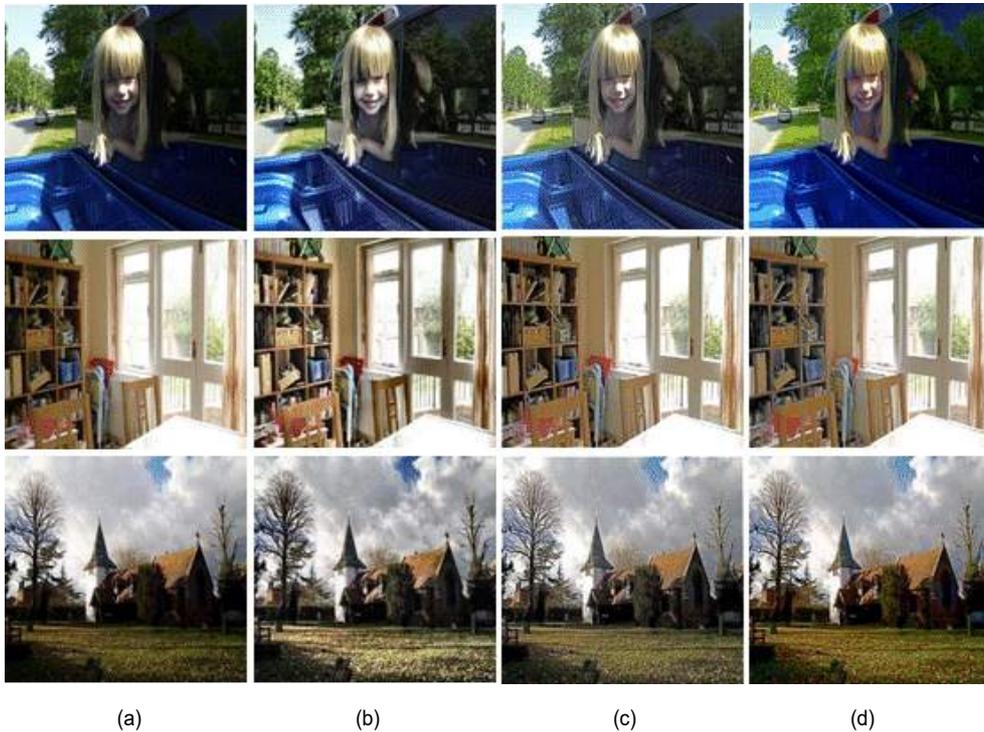


그림 2. 다양한 영상에 대한 성능 비교 ; (a) 입력 영상, (b) CLAHE 방법, (c) ILP 방법, (d) 제안한 방법
 Fig. 2. Comparison of several HDR results; (a) input image, (b) CLAHE method, (c) ILP method, and (d) proposed method

는 변화가 없음을 확인할 수 있다. 이에 반해 제안한 방법은 밝기 변화에 따라 적응적으로 색 포화도를 보상함으로써 어두운 영역에서 색 포화도의 향상을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문은 색 포화도가 보상된 HDR 영상화 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 기존의 지역 반전 패턴에 의한 HDR 방법에 추가적으로 밝기 변화에 따라 적응적으로 색 포화도를 보상함으로써 어두운 영역과 밝은 영역에서 색 포화도가 열리는 문제를 해결하였다. 다양한 영상에 대해 실험한 결과 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 색 포화도가 개선됨을 확인하였다.

참고 문헌 (References)

- [1] G. Yadav, S. Maheshwari, and A. Agarwal, "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Based Enhancement For Real Time Video System," *Proc. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*, New Delhi, India, pp. 2392-2397. 2014.
- [2] G. Guarnieri, S. Marsi, and G. Ramponi, "High dynamic range image display with halo and clipping prevention," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 20, No. 5, pp. 1351-1362, May 2011.
- [3] K. Kim, J. Bae, and J. Kim, "Natural HDR image tone mapping based on retinex," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, Vol. 57, No. 4, pp. 1807 - 1814, Nov. 2011.
- [4] S. Hsia and T. Kuo, "High-performance high dynamic range image generation by inverted local patterns," *IET Image Processing*, Vol. 9, No. 12, pp. 1083-1091, Nov. 2015.
- [5] R. Mantiuk, K. Myszkowski, and H. Seidel, "Visual difference predictor for HDR images," *Proc. of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Hague, Netherlands, pp. 2763-2769, 2004.