

논문 2009-46SP-3-7

다중 Retinex 알고리즘에서 주색도 추정을 이용한 색상 왜곡 보정

(Reduction of Color Distortion by Estimating Dominant Chromaticity
in Multi-Scaled Retinex)

장인수*, 박기현*, 하영호**

(In-Su Jang, Kee-Hyon Park, and Yeong-Ho Ha)

요약

어두운 장면에 대해 획득된 영상의 대비 향상을 위해 일반적으로 사용하는 히스토그램 평활화나 감마 커브 보정 기법들은 영상의 전반적인 대비 향상에는 효과적이거나 부분적인 영역에 대한 영상 화질 저하를 유발한다. 이러한 점을 해결하기 위해 최근 주변의 평균 밝기 값을 이용하여 대비를 향상 시키는 다중 Retinex 알고리즘이 제안되었다. 그러나 칼라 영상에서 채널별 지역적 평균 밝기 값을 추정할 때, 영상 내에 단색의 채도가 높은 물체가 존재 할 경우 물체의 색도가 영향을 미쳐 색이 왜곡되는 경우가 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 다중 Retinex 알고리즘에서 사용되는 채널별 주변의 평균 밝기 값을 보정하기 위해 영상의 주색도 값을 추정한다. 영상의 평균 색도는 광원의 색도 정보를 포함하고 있기 때문에 이를 제거하기 위하여 영상의 밝은 영역에서 광원의 색도 값을 추정하고 이를 평균 색도 값에 나누어 주어 영상의 주색도 값을 추정한다. 또한 다중 Retinex 알고리즘의 결점인 낮은 채도를 CIELAB 표준 색 공간에서 색상을 유지하면서 보정하였다.

Abstract

In general, methods based on histogram or a correction of gamma curve are usually utilized to enhance the contrast of captured image in the dark scene. These methods are efficient to enhance the contrast globally, however, they locally induced the low quality of image. Recently, to resolve the problem, the multi-scaled retinex algorithm improving the contrast with locally averaged lightness is proposed. However, estimating the locally averaged lightness, if there is the object with a high saturated color, the color distortion might be induced by the color of object. Thus, in this paper, the dominant chromaticity of image is estimated to correct the locally averaged lightness in multi-scaled retinex algorithm. Because the average chromaticity of image includes the chromaticity of illumination, the dominant chromaticity is estimated with dividing the average chromaticity of image by the estimated chromaticity of illumination from highlight region. In addition, to improve the lower chroma by multi-scaled retinex algorithm generally, the chroma was compensated preserving the hue in the CIELAB color space.

Keywords : Retinex, 광원, 색도, 대비

I. 서론

좁은 밝기 값 대역을 표현하는 디지털 카메라를 이용하여 인간이 인지하는 넓은 대역을 가지는 실영상을 그

대로 재현하고 저장하기 위하여 많은 연구들이 진행되고 있다. 인간의 눈은 실제 장면에 비하여 인지 할 수 있는 대역이 좁으나 시각 시스템은 이를 명순응과 암순응을 통해서 보상한다. 즉, 눈의 감도가 장면의 밝기 값에 따라 적응적으로 변하는 것이다. 그러나 디지털 카메라의 경우 센서의 감도가 고정되어 있기 때문에 히스토그램 평활화 또는 감마 보정 같은 대역 압축 기법들을 사용한다. 이러한 방법들은 밝고 어두운 영역을 세밀하게 표현하기 위하여 영상의 대비를 조절한다. 그

* 학생회원, ** 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer
Science, Kyungpook National University)

※ 본 연구는 2009년도 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2008년9월30일, 수정완료일: 2009년4월13일

러나 인간 시각의 감도는 장면에서 광원과 물체의 위치에 따라 지역적으로 변하기 때문에 이러한 대비의 조정은 한계가 있다. 그러므로 이러한 한계를 극복하기 위해서 공간적으로 적응적인 방법이 필요하다^[1].

최근 인간 시각의 인지에 대한 모델로서 Retinex 이론을 기반으로 한 Center/surround Retinex 모델이 개발되었다^[2]. Center/surround Retinex 모델은 가까운 주변 밝기 값들에 대한 평균값과 이 보다 넓은 영역의 주변 밝기 값들의 평균값에 대한 비를 이용한다. 이를 위해 가우시안 필터가 이미지의 지역적인 평균 밝기 값을 얻기 위해 사용된다. 그러나 이러한 Center/surround Retinex 모델의 결과가 가우시안 필터 크기에 의존적이고, 입력 영상에 따라 다르기 때문에 후광 효과와 색이 바랜 것 같은 결점을 나타낸다.

이러한 문제를 해결하고, 안정도를 높이기 위해서 다중 Retinex 알고리즘이 제안되었다^[3~5]. 작은 크기의 가우시안 필터가 사용되었을 경우, 결과 영상에서 지역적 대비와 세밀도가 향상되는 반면 후광 효과와 색의 바램이 증가되며, 큰 크기의 가우시안 필터의 경우는 대비와 세밀도가 낮아지는 반면 결과영상에서 결함이 사라진다. 그러므로 다중 Retinex 알고리즘에서는 다양한 크기의 가우시안 필터를 사용한 Center/surround Retinex의 결과 영상들을 적절한 가중치를 주어 평균함으로써 이러한 후광 효과를 줄이고 대비를 향상시킨다. 또한 색의 바램 효과를 줄이고자 입력 영상의 색도 값을 이용한 채도 향상 과정을 추가 하였다. 그러나 다중 Retinex 알고리즘에서 각 채널에 대한 밝기 값들에 의해 추정되는 지역적 광원 정보는 영상의 색도 분포가 균일하지 않고 특정 색도에 많이 분포 되어 있다면 이 색도 값이 지역적 광원의 색도 추정에 영향을 미치고 그 결과, 색의 왜곡을 유발하게 된다. 더욱이, 채도를 보상하는 과정에서 사용된 입력 영상의 색도 정보는 광원에 대한 색도 정보를 포함하고 있기 때문에 다중 Retinex 과정을 통해 제거된 광원의 색도를 다시 회복하게 된다.

한편, 이러한 문제들을 피하기 위하여 RGB 채널 대신 밝기 채널을 이용한 다중 Retinex 알고리즘이 제안되었다^[6~8]. RGB 채널의 균형을 유지하면서 밝기 채널에 대한 대비가 향상되기 때문에 결과가 안정적이고 높은 채도를 나타낸다. 그러나 단지 밝기 채널만이 사용되었기 때문에 Retinex 알고리즘이 고유 특성인 광원의 색도 값을 제거 할 수 없으며, 향상된 채도가 자연스럽지 못한 단점이 있다.

본 논문에서는 자연스러운 색 재현을 위해 영상의 주 색도를 이용한 수정된 다중 Retinex 알고리즘을 제안한다. 입력 영상의 주 색도는 평균 색도와 광원의 색도를 사용하여 다중 Retinex 과정 중 가우시안 필터링으로 획득된 지역적 평균 이미지에서 제거된다. 또한, 색 바램 현상을 보정하기 위하여 표준 색 공간인 CIELAB 색 공간에서 입력영상의 채도를 기반으로 보정한다.

II. 기존의 Retinex 알고리즘

1. Retinex 알고리즘

인간 시각 시스템이 인지하는 색은 일반적으로 광원과 물체의 반사율의 곱으로 표현한다. 그러므로 인지되는 색으로부터 광원의 색을 추정하여 물체의 반사율을 구할 수 있다. 그러나 광원은 불균일한 분포를 가지고 장면에 조사되기 때문에 지역적으로 다르게 추정되어야 한다. 이를 위해 일반적으로 가우시안 필터가 사용된다. 아래의 수식과 같이 입력 영상에 가우시안 필터링한 결과를 광원으로 가정하고 이를 입력 영상에서 빼 주어 물체의 반사율을 추정한다^[9].

$$R_i(x,y) = \log I_i(x,y) - \log F(x,y) * I_i(x,y) \quad (1)$$

$I_i(x,y)$ 는 (x,y) 위치에서 입력 영상의 i 번째 채널 값이고, $F(x,y)$ 는 가우시안 필터, “*”은 콘벌루션 연산자이다. 가우시안 필터는 다음과 같이 정의 된다.

$$F(x,y) = Ke^{-\frac{(x^2+y^2)}{\sigma^2}}, \iint F(x,y) dx dy = 1 \quad (2)$$

K 는 정규화 계수이며 σ 는 가우시안 함수의 표준 편차를 나타낸다. 이 매개변수 σ 의 크기에 따라서 Retinex 결과 영상의 디테일이 증가하거나 감소하고, 이에 따라 후광 효과 또는 색바램 현상이 결정되기 때문에 σ 의 결정이 아주 중요하다. 그러나 최적의 σ 값 또한 입력 영상에 따라 다르게 나타나기 때문에 쉽게 결정 할 수 없다.

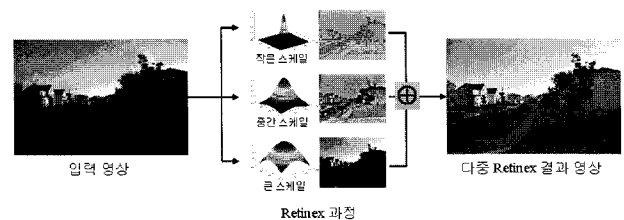


그림 1. 다중 Retinex 알고리즘의 처리 과정
Fig. 1. Multi-scaled retinex algorithm.

2. 다중 Retinex 알고리즘

다중 Retinex 알고리즘은 다양한 가우시안 필터를 사용한 Retinex 알고리즘의 결과 영상들에 대해 각각 가중치를 주어 평균하여 사용한다^[7].

$$R_i(x,y) = \sum_{n=1}^N w_n \log I_i(x,y) - \log F_n(x,y) * I_i(x,y)$$

$$F_n(x,y) = Ke^{-\frac{(x^2+y^2)}{\sigma_n^2}}, \iint F_n(x,y) dx dy = 1$$

(3)

w_n 은 n 번째 가우시안 필터에 대한 가중치를 나타낸다. 작은 크기의 가우시안 필터를 사용한 경우 Retinex 결과 영상에서 디테일이 향상되는 반면 색 바램과 후광 효과가 나타난다. 큰 크기의 가우시안 필터를 사용한 경우에는, 그 반대 현상이 나타난다. 따라서 지역적 대비 향상과 자연스러운 색 재현을 위해서는 그림 1과 같이 다른 크기



(a)



(b)



(c)

그림 2. (a)입력영상과 (b)회색계 가정에 의한 결과영상, (c) 다중 Retinex 결과 영상 사이의 결과 비교
Fig. 2. Comparison between (a) original image, (b) result image by gray world assumption, and (c) resulting image by multi-scaled retinex.

의 가우시안 필터를 사용한 Retinex 결과 영상을 가중치 평균하여 대비를 향상시킴과 동시에 후광효과 또는 색바램 현상을 줄일 수 있다.

그러나 입력 영상의 색도 분포가 특정 색도 값에 집중 되어 있다면, 즉 입력 영상이 주색도 값을 가진다면 다중Retinex 알고리즘의 결과 영상은 회색계 가정에 기반하기 때문에 주색도에 보색계열의 색도 값으로 색이 왜곡된다. 그림 2는 다중 Retinex 결과 색의 왜곡됨을 보여준다. 그림 2에서 입력 영상의 평균 색도는 자동차 색으로 인하여 조명의 색도와는 다른 파란 색에 가깝다. 이로 인하여 회색계 가정을 이용한 결과 영상인 그림 2(b)의 경우 전반적으로 붉은 계열의 색을 띄며 이를 기반으로한 다중 Retinex의 결과 영상인 그림 2(c)도 역시 좌측 하늘 부분과 잔디 부분에 붉은 색의 왜곡이 나타난다.

III. 제안한 Retinex 알고리즘

일반적으로 사용되는 이미지 파일의 sRGB 색 공간은 모니터의 특성을 고려하여 2.2 감마 보정이 되어 있다. 따라서 선형적인 대비 향상을 위해서는 역 감마 보정과정이 필요하다. 따라서 그림 3에서와 같이 sRGB 색 공간을 선형화된 RGB 공간으로 변환한 뒤 제안한 다중 Retinex 알고리즘을 적용한다. 이를 위해 먼저 입력 영상의 밝은 영역을 추출하고 광원의 색도 값을 추

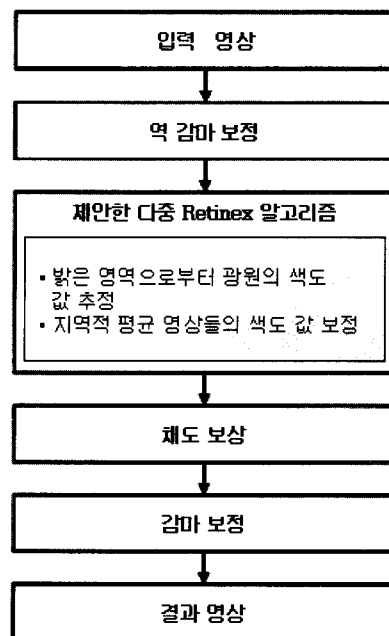


그림 3. 제안한 방법의 흐름도
Fig. 3. Flow char for proposed method.

정한다.

영상에서 광원을 추정하는 기법에는 크게 평균 색도를 이용하는 방법과 밝은 영역의 색도를 이용하는 방법이 있다. 평균 색도의 경우 영상의 특정 물체색이 지배적일 경우 오차가 커진다. 따라서 본 논문에서는 밝은 영역의 색도를 이용하여 광원의 색도 값을 추정한다. 이렇게 추정된 광원의 색도 값과 입력 영상의 평균 색도 값을 이용하여 다중 Retinex 알고리즘에서 사용되는 지역적 평균 영상을 보정한다. 이를 통하여 결과 영상에서의 색의 왜곡을 방지 할 수 있다.

다중 Retinex 알고리즘의 결과 영상은 각 각의 Retinex 알고리즘의 결과 영상들을 평균하였기 때문에 낮아진 채도를 보상하고자 표준 색공간인 CIELAB 색공간에서 색상을 유지하면서 채도를 향상시킨다. 이후 다시 sRGB 색 공간으로 변환하기 위하여 감마 보정을 수행한다.

1. 지역적 평균 영상의 보정

다중 Retinex 알고리즘에서는 회색조 가정에 기반한다. 따라서 입력 영상을 가우시안 필터를 이용하여 지역통과 필터링을 수행 한 후 이 결과 영상을 지역적 광원으로 간주한다. 그러나 입력 영상의 색도 분포가 물체색에 의하여 특정 색도에 집중되어 있을 경우 그림 4 와 같이 추정된 지역적 광원의 색도가 물체색에 가까워져 Retinex 알고리즘 수행 후 색상 왜곡이 발생한다. 가우시안 필터의 크기가 커질수록 결과 영상에 후광효과도 사라지고 채도도 높아지지만 지역적 평균 영상의 색도 값이 푸른색에 가까워져 가장 왜곡이 심하다. 따라서 이러한 색의 왜곡 현상을 제거하기 위하여 입력 영상의 주색도를 추정한다. 이를 위해 먼저 아래와 같이 입력 영상의 평균 색도 값을 구한다.

$$a_i = \frac{1}{N} \sum_y \sum_x I_i(x,y) \tag{4}$$

영상의 평균 색도 값은 영상의 주색도 값뿐만 아니라 광원의 색도 값도 포함하고 있기 때문에 평균 색도 값에서 광원의 색도 값을 제거해야 한다. 이를 위해 입력 영상에서 광원의 색도 값을 추정해야 한다.

일반적으로 영상에서 광원의 색도를 추정하는 기법에는 크게 평균 색도를 이용하는 방법과 특정 부분의 색도 값을 이용하는 두 가지 방법이 있다^[10-11]. 전자의 경우, 대표적으로 회색도 가정을 이용한 방법이 있다. 이는 영상에서 물체색의 평균 색도를 회색도로 가정하고

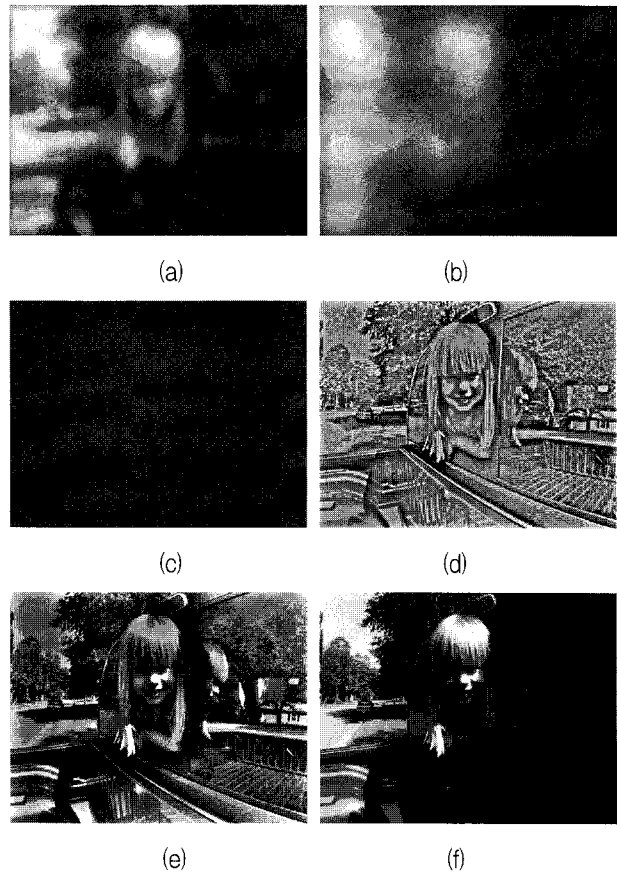


그림 4. 가우시안 필터를 사용한 지역적 평균 영상 (a) 작은 사이즈, (b)중간 사이즈, (c)큰 사이즈, 와 이를 이용한 Retinex 결과 영상 (d)작은 사이즈, (e)중간 사이즈, (f)큰 사이즈

Fig. 4. In multi-scaled retinex process, resulting images of single scale retinex with (a) small scale, (b) middle scale, and (c) large scale, and Gaussian filtered images for (d) small scale, (e) middle scale, and (f) large scale.

영상의 평균 색도를 광원의 색도로 추정한다. 그러나 이러한 방법은 물체의 색도 분포가 균일할 때 정확한 추정을 할 수 있으나 그렇지 않은 경우 많은 오차를 발생 시킨다. 따라서 후자의 경우에 해당하는 특정 지역, 즉 밝은 영역의 색도 값을 이용하여 광원의 색도 값을 추정한다. 이는 영상에서 밝은 영역의 경우 광원이 물체에 반사되어 광원의 색도 값이 변화 없이 그대로 나타난다는 가정에 기반한다. 따라서 입력 영상의 밝은 영역을 추출하기 위하여 지역 통과 필터를 이용하여 영역 추출에 방해가 되는 노이즈 성분을 제거한다. 노이즈 성분이 제거된 영상은 아래 식과 같이 각 채널 별 히스토그램을 구한다.

$$H_i(k) = \text{histo}F(x,y) * I_i(x,y) \tag{5}$$

i 는 RGB 채널을 나타내며, 밝은 영역은 히스토그램을

이용하여 아래와 같이 추출된다.

$$N \times p \leq \sum_{k=1}^b H_i(k) \quad (6)$$

N 은 입력 영상의 총 화소수이며 p 는 영상에서 밝은 부분의 비율을 나타내는 상수 값이다. k 는 히스토그램 분포의 지표를 나타낸다. b 번째 지표 값을 기준으로 밝은 영역이 추출된다. 입력 영상에서 각 채널 별로 밝은 영역을 추출한 뒤 공통 영역을 밝은 영역으로 최종적으로 추출한다. 광원의 색도 값은 아래의 수식과 같이 추출된 밝은 영역에서의 평균 색도 값으로 결정된다^[4].

$$c_i = \frac{1}{N_h} \sum_{k=1}^{N_h} HR_i(k) \quad (7)$$

HR_i 은 추출된 밝은 영역에서 i 채널의 밝기 값을 나타내며 N_h 는 밝은 영역의 총 화소수를 나타낸다. 따라서 광원의 색도는 밝은 영역에서 각 채널에 대한 밝기 값으로 추정되고 이를 이용하여 다중 Retinex 알고리즘에서 지역적 평균 영상을 아래와 같이 보정한다.

$$\begin{aligned} L_{red,s}(x,y) &= F_s(x,y) * I_{red}(x,y) \times \frac{a_{green}}{a_{red}} \frac{c_{red}}{c_{green}} \\ L_{green,s}(x,y) &= F_s(x,y) * I_{green}(x,y) \\ L_{blue,s}(x,y) &= F_s(x,y) * I_{blue}(x,y) \times \frac{a_{green}}{a_{blue}} \frac{c_{blue}}{c_{green}} \end{aligned} \quad (8)$$

c 는 추정된 광원의 색도를 나타내며, 각 채널당 평균 밝기 값을 유지하기 위하여 G 채널을 기준으로 R, B 채널의 값을 보정하였다. 이러한 과정을 통하여 지역적 평균 영상에서 광원의 색도를 보존하면서 주색도 성분을 제거할 수 있다. 그러나 가우시안 필터 사이즈에 따른 Retinex의 결과 영상을 분석해 보면 주색도에 의한 색의 왜곡 현상이 가우시안 필터의 사이즈에 따라 다르게 나타나는 것을 그림 4에서와 같이 알 수 있다. 따라서 이러한 현상을 반영하기 위하여 수식 (9)와 같이 기존의 지역적 평균 영상과 보정된 지역적 평균 영상 사이에 가우시안 필터 크기에 따른 가중치를 주어 최종의 지역적 평균 영상을 획득한다.

$$\begin{aligned} L'_{red,s}(x,y) &= (1-r_s)\{F_s(x,y) * I_{red}(x,y)\} \\ &\quad + r_s \times L_{red,s}(x,y) \\ L'_{green,s}(x,y) &= L_{green,s}(x,y) \\ L'_{blue,s}(x,y) &= (1-r_s)\{F_s(x,y) * I_{blue}(x,y)\} \\ &\quad + r_s \times L_{blue,s}(x,y) \end{aligned} \quad (9)$$

r_s 는 가우시안 필터 사이즈에 대한 보정 비율을 나타낸다. 이러한 과정을 통하여 지역적 평균 영상의 주색도에 대한 영향이 보정된다. 이를 이용하여 다중 Retinex 알고리즘에서 아래의 수식과 같이 결과 영상을 획득한다.

$$R_i(x,y) = \sum_{n=1}^N w_n \{\log I_i(x,y) - \log L'_{i,n}(x,y)\} \quad (10)$$

2. 채도 보상

입력 영상의 주색도 추정을 통하여 다중 Retinex 알고리즘에서 지역적 평균 영상을 보정하여 색의 왜곡을 줄였다. 그러나 다양한 크기의 가우시안 필터를 이용한 Retinex 알고리즘의 결과 영상들을 평균하는 과정에서 발생하는 채도의 감소는 추가적인 보상이 필요하다.

RGB 색 공간에서의 채도 보상은 색상이나 밝기 값에 독립적으로 수행 될 수 없기 때문에 표준 색공간인 CIELAB 색공간으로 변환 후 수행한다. 일반적으로 사용되는 영상의 색공간인 sRGB 색 공간을 역 감마 보정 후 아래의 수식에서와 같이 3×3 변환 매트릭스를 이용하여 표준 CIEXYZ 색 공간으로 변환한다^[12].

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (11)$$

변환된 XYZ 값은 다시 아래의 수식을 이용하여 CIELAB 값으로 변환한다.

$$\begin{aligned} L^* &= 166 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - \frac{16}{116} \right] \\ a^* &= 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \\ b^* &= 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \\ f(s) &= \begin{cases} s^{1/3} & s > 0.008856 \\ 7.787s + 16/116 & otherwise \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

X_n, Y_n, Z_n 은 각 각의 최대값을 나타낸다. 따라서 CIELAB 색 공간에서 채도 값은 아래의 수식을 이용하여 구할 수 있다.

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (13)$$

입력 영상의 채도 값과 가장 유사한 값을 가지는 큰 사이즈의 가우시안 필터를 사용하여 획득된 Retinex 알고리즘의 결과 영상의 채도 값을 기준으로 아래의 수식과

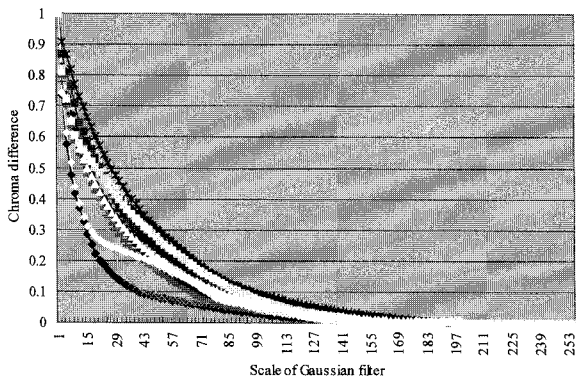
같이 채도의 차이를 더하여 낮은 채도를 보상한다.

$$\hat{C}_{ab}^{*MSR} = C_{ab}^{*MSR} + (C_{ab}^{*L} - C_{ab}^{*MSR}) \quad (14)$$

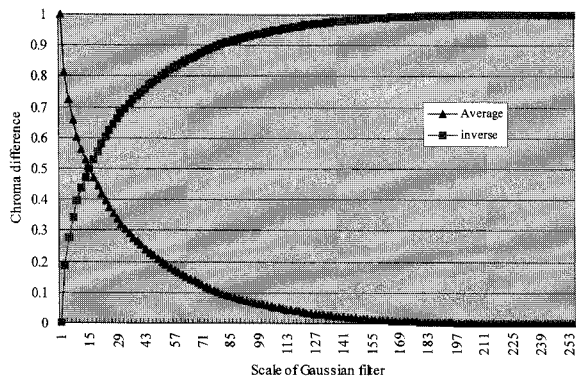
IV. 실험

다중 Retinex 알고리즘의 결과 영상은 가우시안 필터 크기와 각 크기에 해당하는 가중치 매우 민감하다. 적절한 크기와 가중치를 결정하기 위해 많은 실험을 통하여 Jobson은 σ 값을 (5, 20, 240)으로 제안하였고, 가중치의 경우 후광 효과와 자연스러운 색 재현을 고려하여 큰 크기에 가중치를 많이 부여한 (0.3, 0.1, 0.6) 이 Wang에 의해 제안되었다. 따라서 본 논문에서는 이 두 가지 변수 값을 사용하여 제안한 다중 Retinex 알고리즘에 적용한다.

또한 지역적 평균 영상의 보정 과정에서 보정 비율



(a)



(b)

그림 5. (a) 가우시안 필터 크기의 변화에 따른 채도 차이 커브와 (b) 그 역 커브

Fig. 5. (a) Average curve and (b) its inverse curve for change of chroma difference with varying a scale of Gaussian filter.

변수인, r_s 를 결정하기 위하여 다양한 입력 영상에 대해서 가우시안 필터의 크기를 변화 시켜 가면서 획득한 Retinex의 결과 영상과의 채도 차이를 구하였다. 채도는 수식(13)에서와 같이 CIELAB 색 공간에서 구하며, 이를 최대 채도 차이 값으로 정규화 하여 비교하였다. 그림 5(a)는 10개의 입력 영상에 대해서 각각 가우시안 필터 크기를 변화시키면서 획득한 Retinex 알고리즘의 결과 영상과의 채도 차이를 나타낸다. 대부분의 영상에 대해서 채도의 차이 값이 지수적으로 감소하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 5(b)는 10개의 실험영상에 대한 채도 차이 값의 평균 역시 지수적으로 감소하며 크기가 155이상의 경우 채도 차이가 0으로 수렴한다는 것을 알 수 있다. 즉 결과 영상이 작은 크기의 가우시안 필터에 의한 것이면 전반적인 채도가 낮아져서 큰 크기의 가우시안 필터를 사용한 것에 비해서 입력 영상의 주색도에 의한 색의 왜곡이 줄어든다. 따라서 이 그래프의 역 함수를 기반으로 하여 각 크기에 대한 보정 비율을 0.1, 0.5, 1.0으로 결정 하였다.

색의 왜곡에 대한 정량적인 평가를 위하여 그림 6과 같이 표준 칼라 차트가 포함된 실험영상을 이용하였다. 이 실험 영상에서는 자동차의 붉은색이 주색도가 된다. 우선 실험 영상에서 광원의 색도를 추정하기 위하여 표준 칼라 차트 중 화이트 패치의 색도 값을 추출한다. 추출된 화이트 패치의 색도 값을 광원의 색도 값으로 가



그림 6. 색의 왜곡을 정량적으로 평가하기 위한 실험영상

Fig. 6. Test image for evaluation of color distortion.

표 1. 화이트 패치들의 색도 값 비교

Table 1. Comparison with chromaticity values of white patches.

| 화이트 패치 | R | G | B | r | g | 색차 |
|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 입력 영상 | 201 | 207 | 210 | 0.312 | 0.339 | 0.009 |
| 광원 제거 | 201 | 200 | 200 | 0.334 | 0.333 | 0 |
| 다중 Retinex | 234 | 254 | 254 | 0.315 | 0.342 | 0.021 |
| 제안한 방법 | 251 | 253 | 254 | 0.331 | 0.334 | 0.003 |

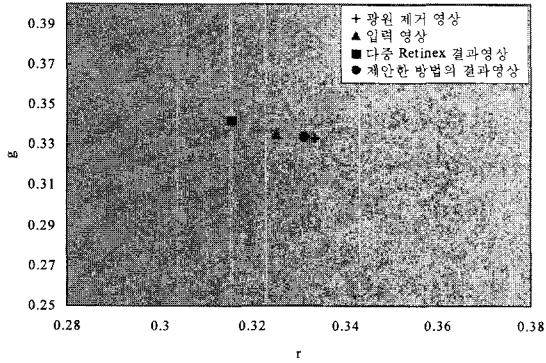


그림 7. rg 색 공간에서 화이트 패치들의 색도 값 비교
Fig. 7. Comparison with chromaticity values of white patches in rg space.

정하고 이를 영상에 나누어 주어 광원이 제거된 영상을 획득한다.

표 1은 RGB, rg 색 공간에서의 화이트 패치의 색도 값을 보여준다. 광원이 제거되기 전의 영상과 비교해 보았을 때 광원이 제거된 영상의 화이트 패치가 좀 더 무채색에 가깝다. 광원이 제거된 영상의 화이트 패치 색도를 기준으로 비교 해 보았을 때 다중 Retinex 알고리즘의 결과 영상의 경우 색차가 0.021, 제안한 알고리즘과의 색차는 0.003으로 제안한 방법의 색차가 더 작음을 알 수 있다. 즉 제안한 방법의 결과 영상에서 광원과 주색도의 영향이 기존의 다중 Retinex 알고리즘의 결과 영상과 비교해 더 작아 색의 왜곡이 줄어든 것을 확인 할 수 있다. 그림 7은 화이트 패치의 색도 값을 rg 색 공간에서 보여주고 있다. 제안한 방법에 의한 화이트 패치의 색도가 광원이 제거된 영상의 색도 값에 더 가까운 것을 볼 수 있다.

그림 8은 실험 영상을 통한 색의 왜곡을 비교하고 있다. 기존의 다중 Retinex 알고리즘에 의한 결과 영상인 그림 8(b)는 붉은 색을 띄는 주색도의 영향으로 인하여 전반적으로 그의 보색 계열인 녹색 계열의 색이 더해진 것처럼 보인다. 이에 반해 제안한 방법인 그림 8(c)는 특히 사람의 피부색에서 알 수 있듯이 색의 왜곡이 줄어 든 것을 볼 수 있다. 그림 8(d)는 채도 보상을 포함한 제안한 방법에 대한 결과 영상이다. 다중 Retinex 결과영상의 일반적인 특징인 채도 저하 현상이 보상되어 채도가 향상된 것을 확인 할 수 있다. 그림 9는 푸른 색 계열의 주색도를 가지는 실험영상에 대한 결과 영상들이다. 다중 Retinex 결과 영상인 그림 9(b)는 하늘과 잔디 부분에서 붉은 색의 왜곡이 나타난다. 이는 파란 자동차에 의한 주색도의 영향으로 볼 수 있다. 그러나

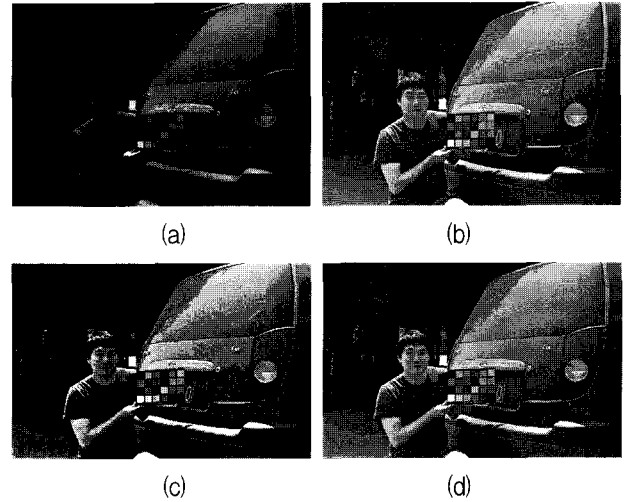


그림 8. 'Red-car' 영상에 대한 결과 영상 비교; (a) 입력 영상, (b) 다중 Retinex, (c) 채도보상을 제외한 제안한 방법, (d) 채도 보상을 수행한 제안한 방법

Fig. 8. Resulting images for 'blue-car' image: (a) original image, (b) multi-scaled retinex, (c) proposed method without chroma compensation, and (d) proposed method with chroma compensation.



그림 9. 'Blue-car' 영상에 대한 결과 영상 비교; (a) 입력 영상, (b) 다중 Retinex, (c) 채도보상을 제외한 제안한 방법, (d) 채도 보상을 수행한 제안한 방법

Fig. 9. Resulting images for 'blue-car' image: (a) original image, (b) multi-scaled retinex, (c) proposed method without chroma compensation, and (d) proposed method with chroma compensation.

제안한 방법의 결과 영상인 그림 9(c)는 하늘과 잔디 부분에 대한 색의 왜곡이 줄어든 것을 볼 수 있다. 또한 채도 보상을 통하여 그림 9(d)와 같이 자연스러운 색 재현 결과를 보인다.

V. 결 론

영상의 부분적인 대비 향상을 위해 사용되는 다중 Retinex 모델에서 발생하는 색의 왜곡을 줄이기 위하여 영상의 주색도 추정을 수행하였다. 영상의 주색도 추정을 위하여 평균 색도와 밝은 영역에서 추정된 광원의 색도를 이용하였다. 칼라 차트가 포함된 테스트 영상을 통한 실험에서 다중 Retinex 알고리즘의 결과 영상에서 발생하는 기준 백색의 왜곡현상을 주색도 보정 과정을 통하여 줄일 수 있었으며 실제 영상에서도 추가적인 채도 보정으로 좀 더 자연스러운 영상을 재현하였다.

참 고 문 헌

- [1] B. Funt, F. Ciurea, and J. McCann, "Retinex in MATLABM," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 1, pp. 48-57, 2004.
- [2] D. Jobson, Z. Rahman, and G. Woodell "Properties and performance of a center/surround retinex," *IEEE transactions on image processing*, Vol. 6, no. 3, pp. 451-462, 1997
- [3] Z. Rahman, D. J. Jobson, and G. A. Woodell, "Retinex processing for automatic image enhancement," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 1, pp. 100-110, 2004.
- [4] G. A. Woodell, D. J. Jobson, and Z. Rahman, "Method of improving a digital image having white zones," *U.S. patent*, no. 2003/0026494 A1, Feb. 2003.
- [5] E. Provenzi, M. Fierro, A. Rizzi, L. D. Carli, D. Gadia, and D. Marini, "Random spray retinex: A new retinex implementation to investigate the local properties of the model," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 16, no. 1, 2007.
- [6] T. Watanabe, Y. Kuwahara, A. Kojima, and T. Kurosawa, "An adaptive multi-Scale retinex algorithm realizing high color quality and high-speed processing," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 49, no. 5, pp. 486-497, 2005.
- [7] L. Wang, T. Horiuchi, and H. Kotera, "High Dynamic range image compression by fast integrated surround retinex model," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 51, no. 1, pp. 34-43, 2005.
- [8] T. Watanabe, Y. Kuwahara, A. Kojima, T. Kurosawa, "Improvement of color quality with modified linear multi-scale retinex," *Proceedings of SPIE-IS&T Electronic imaging*, Vol. 5008, pp. 59-69, San Jose, California, USA, 2003.
- [9] M. Ebner, *Color Constancy*, John Wiley & Sons Ltd, 2007.
- [10] Y. T. Kim, C. H. Lee, J. Y. Kim, and Y. H. Ha, "Estimation of Chromatic Characteristics of Scene Illumination in an Image by Surface Recovery from the Highlight Region," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 28-36, Jan./Feb. 2004.
- [11] O. S. Kwon, Y. H. Cho, Y. T. Kim, and Y. H. Ha, "Illumination Estimation Based on Valid Pixel Selection from CCD Camera Response," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 49, no. 3, pp. 308-316, May/June 2005.
- [12] G. Sharma, *Digital color imaging handbook*, CRC press, 2003.

저 자 소 개

- 장 인 수 (학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 41권 SP편 제 1호 참조
- 박 기 현 (학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 38권 SP편 제 3호 참조
- 하 영 호 (정회원)
대한전자공학회 논문지
제 38권 SP편 제 3호 참조