

저조도 환경에 적합한 이색도 반사 모델을 이용한 색 복원 기법

이우람¹, 전우경, 전병민^{*}

¹동일 비전, ²연세대학교 컴퓨터과학과, ³충북대학교 컴퓨터공학과

Color Restoration Method Using the Dichromatic Reflection Model for Low-light-level Environments

Woo-Ram Lee¹, WooKyoung Jun², Byoung-Min Jun^{3*}

¹Dongil Vision, ²Dept. of Computer Science, Yonsei University

³Dept. of Computer Engineering, Chungbuk University

요약 미약한 광원 및 조명이 존재하는 환경에서 획득된 저조도 영상에는 많은 색 왜곡이 발생한다. 이러한 색 왜곡은 해당 비전 시스템의 성능 저하를 발생시킬 수 있는 원인이 된다. 따라서 저조도 영상의 원래 색을 찾는 과정은 비전 시스템의 성능 향상을 위한 중요한 과정이다. 이를 위해 본 논문에서는 저조도 영상을 대상으로 한 이색도 반사 모델 기반의 색 복원 기법을 제안한다. 제안한 기법은 이색도 반사 모델을 기반으로 저조도 영상을 확산 반사와 정반사의 영향을 받는 영역으로 구분한다. 이후 각 영역에 미치는 조명 효과를 제거하기 위하여 grey world 기법과 MSRCR 기법을 적용한다. 마지막으로, 두 기법을 적용하여 생성된 결과 영상에 대해 위치별 가중치를 이용하여 두 영상을 조합하여 최종 결과 영상을 생성한다. 본 논문에서는 성능 평가를 위하여 저조도 합성 영상을 사용하였고, 유클리드 거리 및 각 오차를 성능 평가 요소로 활용하였다. 또한 기존에 연구되었던 다양한 기법과의 성능 비교를 수행하여 성능 평가의 객관성을 확보하였다. 다양한 영상 셋을 이용한 실험에서 제안한 기법은 기존의 기법들에 비해 두 성능 평가요소 관점에서 GTD 영상에 가까운 색 복원이 가능함을 보였다.

Abstract Color distortion of the dark images acquired under a low-light-level environment with a weak light source can be cause of the performance decreation of various vision systems. Therefore, recovering the original color of the images is an important process for enhancing the performance of the system. For this, this study proposes a color restoration method using a dichromatic reflection model. This paper assumes that the dark images can be classified into two parts affected by specular or diffuse reflection. Two different color constancy methods were then applied to the images to remove the effects of each reflection and two images were created as a result. The resulting images produced a one color-corrected image by combining with different weights according to the position in the images. For the performance evaluation, this paper used a synthesized image, and considered the Euclidean distance and angular error as an evaluation factor. In addition, a performance comparison was performed with the existing various color constancy method to achieve the objectivity of evaluation. The experimental results showed that the proposed method can be a more suitable solution for color restoration than the existing method.

Key Words : Color constancy, Dichromatic reflection model, Gray world, MSRCR

1. 서론

저조도 환경에서 획득된 영상들은 활용적인 측면에서

많은 문제점들을 내포한다. 저조도 영상에서 발생하는 문제점 중 하나는 저조도 광원 및 열악한 조명 환경으로 인해 발생하는 색 왜곡이다. 이는 조명의 영향으로 인해

“이 논문은 2013년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음”

*Corresponding Author : Byoung-min Jun(Chungbuk Univ.)

Tel: +82-43-261-2453 email: bmjun@cbnuv.ac.kr

Received August 21, 2014

Revised September 11, 2014

Accepted December 11, 2014

물체가 가지는 원래 색이 아닌 다른 색이 영상에 기록되는 것을 의미한다. 대부분의 컴퓨터 및 로봇 비전 시스템은 영상 내 색 정보를 바탕으로 동작하는 의사 결정 규칙을 갖는다. 따라서 저조도 영상이 입력으로 사용될 경우에는 시스템의 성능 저하가 발생할 수 있으며, 저조도 영상에서 물체가 갖는 고유의 색을 복원하는 것은 시스템 성능 개선에 중요한 과정이다.

영상의 색을 복원하기 위한 대표적인 분야가 색 항등성(color constancy)이다. 컴퓨터 비전 분야에서 색 항등성 기법은 컴퓨터 비전 및 영상 처리 분야에서는 임의의 영상을 대상으로 조명의 색을 계산하고 이를 통해 영상 내 물체들의 원래 색을 추정하는 것을 목적으로 한다. 하지만 영상 획득시의 광원이나 조명 환경 등의 정보가 없는 영상에서 물체가 갖는 원래의 색을 계산하는 이론적으로 불가능하기 때문에 색 항등성 기법들은 장면 및 물체에 관한 다양한 가정을 이용하여 광원 및 물체의 색을 추정한다. 이러한 가정이 기법의 특성을 결정하며 현재까지 다양한 부류의 기법이 연구되었다[1].

하지만 저조도 영상을 대상으로 색 항등성 기법을 적용할 경우에는, 비저조도 영상들에 비해 좋은 성능을 기대하기 어렵다. 이는 앞서 설명한 저조도 영상에서 발생할 수 있는 색 왜곡 때문이다. 색 항등성 기법의 성능은 도입하는 가정과 실제 영상 획득 시의 장면이 얼마나 일치하는가에 따라 결정된다. 하지만 저조도 영상에서 픽셀은 작은 값으로 표현되기 때문에 정보량 측면에서 미약하여 색 항등성 기법이 올바르게 동작하지 못한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 고려하여 저조도 환경에서 획득된 영상의 색 복원 기법을 제안한다. 제안한 기법은 이색도 반사 모델을 이용한 저조도 환경을 모델링을 수행하여 저조도 영상을 정반사로 인해 생성된 밝은 영역과 확산반사로부터 생성된 어두운 영역으로 구분한다. 이후 영상에서 두 반사 속성의 영향을 제거하기 위하여 서로 다른 색 항등성 기법을 적용하여 두 개의 결과



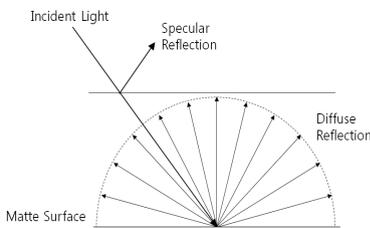
[Fig. 2] the low light level Images

영상을 생성한다. 마지막으로 두 결과 영상은 위치에 따른 적응적 가중치를 바탕으로 조합되어 영상 내 물체의 색을 계산한다.

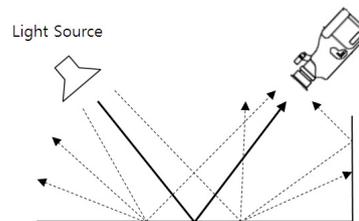
2장에서는 이색도 반사 모델을 소개하고, 저조도 영상의 모델링을 기술한다. 3장에서는 모델링 결과를 바탕으로 저조도 환경에 적합한 색 항등성 기법을 제안한다. 실험 및 성능 평가에 관한 전반적인 내용은 4장에서, 결론 및 향후 연구는 5장에 기술한다.

2. 저조도 영상 모델링

컴퓨터 그래픽스 및 광학 분야에서 다루는 물체의 반사 속성은 정반사, 확산반사, 그리고 이색도 반사로 구분된다. 정반사는 입사광에 대해 특정 방향으로의 반사광만을 생성하며, 거울과 같은 매끄러운 표면에서 주로 발생된다. 이와는 반대로 확산반사는 입사광의 방향에 관계없이 반사 가능한 모든 방향으로 반사광을 생성한다. 이색도 반사 모델에서는 Fig. 1과 같이 물체가 투과 영역과 matte 표면으로 구성된다고 규정하기 때문에 입사된 빛의 일부가 물체 표면에서 반사되어 정반사광이 생성되고, 나머지 입사광은 물체 내부로 입사되어 확산반사광을 생성한다. 따라서 이색도 반사 환경에서 장면휘도(scene radiance)는 다음과 같이 모델링된다.



[Fig. 1] dichromatic reflection



[Fig. 3] Modeling of the low light level condition

$$I_{Rad}(\lambda) = R_D(\lambda)L(\lambda) + R_S(\lambda)L(\lambda) \quad (1)$$

식 (1)에서 $L(\lambda)$ 는 입사광을, $R_D(\lambda)$ 과 $R_S(\lambda)$ 는 각각 확산반사와 정반사를 발생시키는 물체의 파장별 반사율을 의미한다. 따라서 $I_{Rad}(\lambda)$ 는 각 반사 속성으로 인해 발생된 두 반사광들이 결합된 형태로 계산될 수 있다. 본 논문에서 저조도 환경은 하나 이상의 광원을 갖지만 그 영향이 장면 전체를 비추지 못할 만큼 미약하거나 장면의 특정 부분으로만 편중된다고 가정한다. 따라서 저조도 영상은 광원의 영향을 직접적으로 받는 영역을 제외하고는 일반적으로 어둡게 나타나는 특징을 갖는다. Fig. 2는 본 논문에서 가정한 저조도 환경에서 획득된 영상을 보여준다. 이러한 저조도 영상의 획득과정은 이색도 반사 모델을 통해 설명할 수 있다. Fig. 3는 이색도 반사 모델과 저조도 영상의 관계를 보여준다. 광원으로부터 생성된 빛은 다양한 경로를 통해 영상 획득 장치로 입사되며 이에 따라 영상 획득 장치로의 입사광을 두 가지로 구분될 수 있다.

첫 번째는 정반사광으로, 물체가 광원으로부터의 입사광에 대해 정반사를 일으켜 발생된다. 이러한 정반사광은 영상 획득 장치로 직접적으로 입사되며 많은 에너지를 갖는다. 따라서 영상의 모든 채널에서 대부분 아주 큰 값으로 나타나기 때문에 물체의 구별이 어려울 정도로 색 왜곡을 발생시킨다. 또한 이러한 확산반사광은 특정 방향으로만 발생되기 때문에 장면 전체를 고려할 때 비균일 조명환경으로 간주할 수 있다.

또 다른 반사광은 확산반사광으로, 입사광에 대해 발생된 물체의 확산반사로 인해 발생된다. 하지만 정반사광과는 다르게 영상 획득 장치뿐만 아니라 장면의 모든 방향으로 발생된다. 확산반사광은 Fig. 3에서와 같이 다른 물체로의 입사광이 될 수 있다. 그리고 이러한 확산반사광은 정반사광에 비해 작은 에너지를 가지기 때문에 영상에서 작은 값으로 표현되어 물체가 가지는 원래의 색을 왜곡시킨다. 또한 조명의 영향을 받는 영역들은 모든 방향으로 확산반사광을 생성하기 때문에 확산반사광에 의한 영향은 장면 전체에 걸쳐 균일 조명환경이라 간주할 수 있다.

카메라와 같은 영상 획득 장치로부터 영상이 생성되는 과정은 다음과 같이 표현된다.

$$c_i = G \int L(\lambda)R(\lambda), S_i(\lambda)d\lambda, i \in r, g, b \quad (2)$$

식 (2)에서 c_i 는 획득된 색의 채널별 값, $L(\lambda)$ 는 광원, $R(\lambda)$ 는 물체의 반사율, $S_i(\lambda)$ 는 카메라 센서의 채널별 반응 함수, 그리고 G 는 광원이나 물체 등의 기울어짐 정도를 의미하는 기하학 요소이다.

하지만 앞서 소개한 이색도 반사 모델을 고려하면 저조도 환경에서의 영상 형성식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$I(\lambda) = \int S(\lambda)[S_D R_D(\lambda)L(\lambda) + S_S R_S(\lambda)L(\lambda)]d\lambda \quad (3)$$

S_D 와 S_S 는 정반사와 확산반사에 따른 기하학 요소이며, $R_D(\lambda)$ 와 $R_S(\lambda)$ 는 각각 정반사와 확산반사를 발생시키는 반사율로써, 일반적으로 $R_S(\lambda)$ 는 모든 파장대역에서 1로 결정된다. 식 (3)에서 두 기하학 요소를 1로 가정하고 카메라 센서 반응 함수인 $S(\lambda)$ 를 채널별에 따른 임펄스 함수라고 가정하면 획득된 영상은 다음과 같이 정의된다.

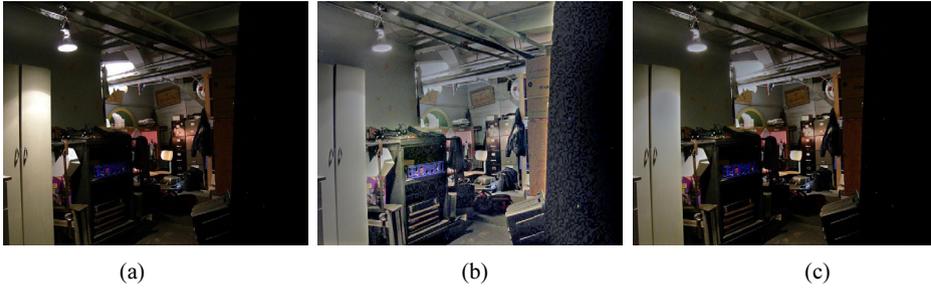
$$c_i(x, y) = L_V R_i(x, y) + L_N(x, y)R_i(x, y) \\ = (L_V + L_N(x, y))R_i(x, y) \quad (4)$$

식 (4)에서 L_V 는 확산반사광으로 인해 발생된 균일 조명이며, 장면의 위치에 독립적이기 때문에 하나의 상수로 표현된다. $L_N(x, y)$ 는 정반사광으로 인한 비 균일 조명을 나타내며, 장면의 위치에 따라 달라지므로 영상의 위치에 따라 서로 다른 값을 갖는다.

3. 제안한 색 항등성 기법

이전 장에서 소개한 이색도 반사 모델링에 따르면, 저조도 영상은 두 가지 조명 환경의 영향을 받는다. 이러한 모델링을 기반으로 본 논문에서는 저조도 영상에 영향을 미치는 두 반사광의 영향을 서로 다른 색 항등성 기법을 적용하여 제거하고 이를 통해 저조도 영상의 색을 추정한다.

우선 식 (4)에서 영상 전체에 영향을 미치는 L_V 를 제거하기 위하여 균일 조명 환경에서 동작하는 색 항등성 기법인 gray world[2]를 적용한다. 이 기법은 영상 내 픽셀들의 평균을 이용하여 광원의 색을 추정하며 장면 내에 다양한 반사율을 가지는 물체들이 충분히 존재하여,



[Fig. 4] result images by applying : (a) gray world (b) MSRCR (c) proposed method

R, G, B 채널 각각의 평균은 gray라는 가정에 따라 동작 하도록 설계되었다. 이 기법에서 영상의 채널별 평균 a_i 는 식 (5)와 같이 계산된다.

$$a_i = L_i \frac{1}{n} \sum_{x,y} G(x,y) R_i(x,y) \approx L_i E[GR_i] = L_i E[G] \frac{1}{2} \quad (5)$$

식 (5)에서 L_i 는 채널별 조명을, $E[GR_i]$ 은 장면의 기하학 성분과 물체 반사율의 채널별 기댓값을 의미하며, n 은 영상 전체의 픽셀 수를 나타낸다. $E[R_i]$ 는 1/2로 치환 후, 식 (5)를 L_i 에 관해 정리하고 식 (2)에 대입하면 물체의 색을 아래와 같이 추정할 수 있다.

$$o_i(x,y) = \frac{c_i(x,y)}{L_i} = \frac{c_i(x,y)}{2a_i} E[G] = G(x,y) R_i(x,y) \quad (6)$$

Fig. 4 (a)는 Fig. 2 영상에 대해 gray world를 적용한 결과를 도시한다. gray world는 이론적으로 균일한 조명을 받는 영역에 대해서만 동작하기 때문에 결과 영상에서 광원의 영향을 직접 받는 영역들은 여전히 영상에 남아 있게 된다.

영상에 포함되어 있는 정반사의 영향을 받는 영역들을 처리하기 위해서 본 논문에서는 비 균일 조명환경을 가정하는 색 항등성 기법인 MSRCR(Multi-scale retinex with color correction)을 적용한다[3]. multi-scale retinex의 결과 $MSR_i(x,y)$ 에 색 보정 계수 $C_i(x,y)$ 를 곱하여 아래와 같이 계산된다.

$$MSRCR_i(x,y) = C_i(x,y) MSR_i(x,y) \quad (6)$$

$$C_i(x,y) = \beta \left[\log \alpha I_i(x,y) - \log \sum_{i=1}^S I_i(x,y) \right] \quad (7)$$

$$\hat{I}_i(x,y) = I_i(x,y) / \sum_{i=1}^S I_i(x,y) \quad (8)$$

식 (7)에서 α 는 결과 영상의 비 선형성을 조정하기 위한 인자이고, β 는 이득 상수로 $C_i(x,y)$ 의 전체적인 스케일을 결정하기 위하여 사용된다. MSRCR은 이 두 인자에 따라 상이한 결과 영상을 생성한다.

Fig. 4 (b)는 Fig. 2 영상에 MSRCR을 적용한 결과 영상을 도시한다. MSRCR은 비 균일 조명 환경을 가정하기 때문에 저조도 영상에서 조명의 영향이 미미한 어두운 영역이나 광원의 영향을 직접 받아 밝게 표현되는 영역의 색 추정이 가능하다. 하지만 기법의 특성상 어두운 영역들에 발생하는 작은 색차도 결과 영상에서는 크게 나타나기 때문에 결과 영상에서는 물체 경계선간의 후광 효과가 발생하는 문제점을 가지고 있다.

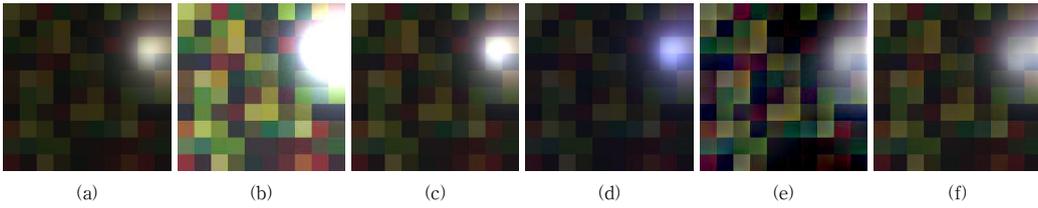
gray world와 MSRCR을 저조도 영상을 적용했을 경우에는 서로 다른 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 현상을 고려하여 각각의 색 항등성 기법을 적용한 결과 영상을 아래와 같이 조합하여 저조도 영상의 색을 추정한다.

$$c_i(x,y) = \omega_g GW_i(x,y) + \omega_r MSRCR_i(x,y) \quad (9)$$

$GW_i(x,y)$ 와 $MSRCR_i(x,y)$ 은 gray world와 MSRCR을 적용한 결과 영상이며, ω_g 와 ω_r 은 각 결과 영상이 갖는 가중치이다. 제안한 색 추정 방법은 비 균일 조명 환경을 반영할 수 있도록 영상의 위치별로 서로 다른 가중치를 부여하며, 결과 영상의 밝기 보존을 위하여 $\omega_g + \omega_r = 1$ 의 관계를 가지도록 가중치들을 결정하며 아래와 같이 정의된다.

$$\omega_r(x,y) = \frac{GW(x,y) - \min(GW_i)}{\max(GW_i) - \min(GW_i)} \quad (10)$$

$$\omega_g(x,y) = 1 - \omega_r(x,y) \quad (11)$$



[Fig. 5] experimental image creation process.
 (a) low-light-level image, result images by (b) white patch (c) gray world, (d) gray edge (e) MSRCR
 (f) dichromatic based

$\max(GW_i)$ 와 $\min(GW_i)$ 는 $GW_i(x,y)$ 의 채널별 최대, 최소값이다. 식 (10)의 우변은 정규화 수식이므로, ω_i 는 $GW_i(x,y)$ 에서 채널별 최대값에 가까운 픽셀일수록 1로 접근한다. 결과적으로 gray world에서 처리하지 못하는 밝은 픽셀은 MSRCR로 처리하게 된다. 또한 MSRCR 기법은 저조도 영역의 색 추정에 문제점이 있기 때문에 $GW_i(x,y)$ 에서 어두운 영역일수록 ω_i 의 값을 최소화하여 $MSRCR_i(x,y)$ 의 영향을 낮추게 된다.

Fig. 4 (c)는 Fig. 2에 대해 제안한 색 항등성 기법을 적용한 결과 영상을 보여준다. (c)는 (a)에 비해 대비 감소가 발생했으나 조명의 영향을 직접 받는 밝은 영역에 대해 일관성 있는 색 추정이 가능했고 (b)에 비해 저조도 영역의 노이즈 현상이 줄어들었다.

4. 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 제안한 기법의 성능 평가를 위해 저조도 자연 영상이 아닌 저조도 합성 영상을 사용하였다. 합성 영상을 사용한 이유는 영상 형성 측면에서 자연 영상이 갖는 GTD(Ground Truth Data) 영상의 부재 때문이다. 일반적으로 관리되지 않은 환경에서 획득된 자연 영상은 물체의 색과 조명의 특성을 모두 알 수 없기 때문에 색 복원 성능을 평가하기 위한 기준 데이터가 존재하지 않는다. 이와는 반대로 합성 영상은 물체의 반사계수 및 조명의 색을 선정하여 만들어지기 때문에 GTD 영상을 획득할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해 본 논문에서 사용한 합성 영상은 색 연구를 위해 제안된 Barnard 데이터 셋[4]의 기초 데이터들을 이용하여 생성되었다.[5]

본 논문에서는 GTD 영상들을 합성된 저조도 실험 영상에 색 복원 기법을 적용하여 얻은 결과 영상과의 차이

를 계산하여 해당 기법의 성능을 평가하였다. 본 논문에서는 결과 영상과 GTD 영상의 차이를 계산하기 위하여 유클리드 거리 및 각 오차(angular error)를 성능 평가 요소로 사용하였다.

유클리드 거리는 다 차원 공간에서 두 점의 거리를 계산하기 위한 방법이며, 본 논문에서 RGB 공간상의 두 색 $a=(a_r, a_g, a_b)$ 와 $b=(b_r, b_g, b_b)$ 에 대한 유클리드 거리는 아래와 같이 계산한다.

$$Euc = \sqrt{(a_r - b_r)^2 + (a_g - b_g)^2 + (a_b - b_b)^2} \quad (12)$$

$$D_{Euc} = \frac{1}{xy} \sum_{i=1}^3 \sum_{x,y} Euc_i(x,y) \quad (13)$$

식 (12)은 두 색만을 비교하기 때문에 영상 전체의 색차를 계산하기 위해서는 모든 픽셀에 대한 평균 유클리드 거리를 식 (13)와 같이 계산해야 한다.

각 오차는 두 색의 차이를 공간상에서 벡터의 각으로 계산하는 방식이다.[6] 색을 표현하는 두 벡터가 각각 $V_T=(R_T, G_T, B_T)$, $V_S=(R_S, G_S, B_S)$ 라 가정하면, 각 오차는 식 (14)와 같이 계산된다.

$$E_{Ang} = \cos^{-1} \left(\frac{V_T \cdot V_E}{\|V_T\| \|V_E\|} \right) \quad (14)$$

$$AvgE_{Ang} = \frac{1}{N} \sum_{x,y} E_{Ang}(x,y) \quad (15)$$

각 오차 역시 유클리드 거리와 마찬가지로 두 색의 차이만을 계산하기 때문에 영상 전체를 고려한 평균 각 오차를 식 (15)와 같이 계산한다. 유클리드 거리와 각 오차는 색 복원 기법을 적용한 결과 영상이 GTD 영상에 근접할수록 0에 수렴하게 된다.

제안한 기법의 성능을 객관적으로 분석하기 위하여

[Table 1] Performance evaluation - euclidean distance(angular error)

method \ image set	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
White patch	52.6(0.176)	59.5(0.201)	54.1(0.200)	53.9(0.164)	55.6(0.174)
Gray world	43.5(0.174)	44.8(0.198)	44.6(0.199)	44.2(0.162)	44.8(0.172)
Gray Edge	57.6(0.314)	55.8(0.380)	53.4(0.281)	55.9(0.301)	55.3(0.271)
MSRCR	41.7(0.259)	45.9(0.310)	43.1(0.3050)	43.1(0.282)	43.0(0.269)
Dichromatic based	38.1(0.177)	39.9(0.201)	39.3(0.207)	37.6(0.170)	38.3(0.175)

본 논문에서는 생성된 실험 영상 셋을 기반으로 기존에 제안된 white patch[7], gray world, gray edge[8], MSRCR 기법과의 성능 비교를 수행하였고, 결과 영상들 중 일부가 Fig. 5에 도시된다. white patch와 gray world 기법은 기법의 구조적 특성에 따라 (a)에 포함되어 있는 밝은 영역의 값이 더 증가하게 되어 색 정보를 잃어버리는 단점이 존재한다. gray edge 기법은 대부분의 영상에서 광원의 색을 잘못 추정하는 문제점이 발생하였고, MSRCR은 광원의 영향을 줄일 수는 있지만 반사계수가 변하는 지점에서의 색 왜곡이 발생시킨다. 제안한 기법은 MSRCR과 같이 광원의 영향이 줄일 수 있었다. 하지만 gray world 기법의 특성도 갖기 때문에 반사 계수의 변화에 따른 왜곡 역시 줄어들었다. 생성된 모든 실험 셋에 대한 성능 평가 결과는 표 1에 도시된다. 각 영상 셋은 서로 다른 반사계수를 가지는 데이터들로부터 생성된 저조도 영상 20개를 포함한다. 평균 유클리드 거리 측면에서, 제안한 기법이 기존 색 항등성 기법보다 우수한 성능을 보였다. 이는 성능 비교에 사용한 비 균일 조명 환경 기반의 기법들보다 조명 효과의 억제 부분에서 효과적이기 때문이며, MSRCR에서 발생하는 국부적인 색 왜곡 효과가 감소되었기 때문으로 분석된다.

평균 각 오차 측면에서 white patch, gray world 기법이 제안한 기법과 비슷한 성능을 보이는 이유는 세 기법이 추정한 물리적인 rgb 값은 다르지만 각 성분의 비율은 비슷하게 유지되었기 때문에 유사한 벡터로 근사화될 수 있기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 저조도 환경에 적합한 이색도 반사 모델 기반의 색 복원 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 저

조도 환경을 이색도 반사 모델로 분석하여 모델링 하였다. 이후 영상에서 두 반사의 영향을 제거하기 위하여 gray world와 MSRCR 색 항등성 기법을 적용한다. 이렇게 생성된 두 결과 영상은 위치별 가중치를 갖고 조합되어 최종 결과 영상을 구성한다.

본 논문에서는 저조도 환경에서 제안한 기법의 정량적인 성능 평가를 위해 저조도 합성 영상을 실험 영상으로 사용했다. 또한 유클리드 거리와 각 오차를 기반으로 기존에 연구되었던 다양한 기법과의 성능 비교를 수행하였다. 실험 결과 제안한 기법은 기존 기법들 보다 두 성능 평가 요소 측면에서 우수했으며, gray world와 MSRCR 기법이 갖는 조명 환경에 따른 취약점을 보완하여 저조도 환경에 적합한 색 복원이 가능했다.

References

- [1] Vivek Agarwal, B. Abidi, A. Koschan, M. A. Abidi, "An Overview of Color Constancy Algorithms", *Journal of Pattern Recognition Research*, Vol. 1, pp. 42-54, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.13176/11.9>
- [2] Buchsbaum G., "A spatial processor model for object colour perception", *Journal of the Franklin Institute*, Vol. 310, No. 1, pp. 337-350, 1980. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-0032\(80\)90058-7](http://dx.doi.org/10.1016/0016-0032(80)90058-7)
- [3] Jobson D. J., Rahman Z. and Woodell G. A., "A multiscale retinex for bridging the gap between color images and human observation of scenes", *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, Issue 7, pp. 965-976, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/83.597272>
- [4] Barnard K., Martin L., Funt B. and Coath A., "A data set for color research", *Color Research and Application*, Vol. 27, No. 3, pp. 147-151, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/col.10049>
- [5] Dal-Hyoun K., Woo-Ram L., Dong-Guk H. and

Byoung-Min J. "Production of low-illuminated Image Sets based on Spectral Data for Color Constancy Research", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 12, No. 7, pp. 3207-3213, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.7.3207>

[6] Barnard K., Cardei V. and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithm-part I: methodology and experiments with synthesized data", *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 11, No. 9, pp. 972-984, 2002.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIP.2002.802531>

[7] Cardei V. C. and Funt B., "Committee-based color constancy", *Proceedings of the IS&T/SID Seventh Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications*, pp. 311-313, 1999.

[8] Joost van de Weijer, Theo Gevers and Arjan Gijsenij, "Edge-based color constancy", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 16, No. 9, pp. 2207-2214, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIP.2007.901808>

전 병 민(Byoung-Min Jun)

[정회원]



- 1976년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1988년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1986년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 교수
- 1986년 2월 ~ 현재 : 컴퓨터정보통신 연구소 연구원

<관심분야>

디지털 신호처리, 영상처리, 컴퓨터 비전 등

이 우 램(Woo-Ram Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동일비전 연구원

<관심분야>

컴퓨터/머신 비전, 영상 처리, 색 항등성,

전 우 경(WooKyoung Jun)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 연세대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터공학과 (박사수료)

<관심분야>

인공지능, 컴퓨터 비전, 패턴인식, 데이터마이닝