

다중크기 회색계 알고리즘 기반의 통합된 보정 계수를 이용한 바랜 영상 개선

경왕준*, 김대철*, 하영호^o

Enhancement of Faded Images Using Integrated Compensation Coefficients Based on Multi-Scale Gray World Algorithm

Wang-Jun Kyung*, Dae-Chul Kim*, Yeong-Ho Ha^o

요약

오랜 시간 보관된 사진 및 인쇄물의 색 바랜 현상은 염료의 특성, 보관 온도, 습도 및 광원 등의 환경적 요인에 따라 다르게 나타난다. 이러한 바랜 영상의 보정을 위해 회색계 알고리즘(gray world algorithm) 또는 WR(white patch retinex)과 같은 전역적 광원 추정을 기반으로 한 방법이 제안되었다. 그러나 색 바랜 현상은 지역적으로 다르게 나타나므로 기존의 전역적 방법으로는 잘 보정되지 않는다. 이에 본 논문에서는 바랜 영상의 지역적 보정을 위해 보정계수 통합 기반 색 보정 알고리즘을 제안하였다. 먼저, 제안한 방법은 다중 크기의 평균 필터를 적용해 지역적인 처리를 수행하고, 회색계 알고리즘을 기반으로 한 영상의 보정계수를 얻는다. 다음으로, R과 B 채널에 적용하기 위해 계산된 다중 크기의 보정계수들을 가중처리하여 합하고, 이 가중처리된 보정계수를 회색계 알고리즘 처리를 통해 결과 영상을 얻는다. 그 결과 제안한 방법은 전역적, 지역적으로 바랜 영상들에 대해 기존의 방법들보다 나은 보정 결과를 보였다.

Key Words : faded image enhancement, gray world algorithm, multi-scale process

ABSTRACT

Fading effect of old pictures and printings is shown up differently according to the ink property, temperature, humidity, illuminants, and so on. Faded image enhancement techniques based on illuminant estimation are proposed such as the gray world algorithm and white patch retinex methods. However, conventional simple operators are not suitable for enhancing faded images because partial fading effect is appeared differently. Thus, this paper presents a color enhancement algorithm based on integrating correction coefficients for faded images. First, the proposed method adopts local process by using multi-scale average mask. The coefficients for each multi-scale average mask are obtained to apply the gray world algorithm. Then, integrating the coefficients with weights is performed to calculate correction ratio for red and blue channels in the gray world assumption. Finally, the enhanced image is obtained by applying the integrated coefficients to the gray world algorithm. In the experimental results, the proposed method reproduces better colors for both wholly and partially faded images compared with the previous methods.

* 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. NRF-2013R1A2A2A01016105)

◆ First Author : Kyungpook National University, School of Electronics Engineering, kyungwj@ee.knu.ac.kr, 학생회원

○ Corresponding Author : Kyungpook National University, School of Electronics Engineering, yha@ee.knu.ac.kr, 종신회원

* Kyungpook National University, School of Electronics Engineering, straycats@ee.knu.ac.kr, 학생회원

논문번호 : KICS2014-05-152, Received May 1, 2014; Revised August 8, 2014; Accepted August 8, 2014

I. 서론

최근 디지털 영상처리 기술은 영상 향상, 복원 등의 목적과 함께 많은 발전을 이루어 왔다. 그 중에서 오랜 시간이 지난 사진, 문서와 같은 인쇄물의 색 바랜 현상은 다양한 원인으로 분석 되었다. Franziska와 Henry는 색 바랜 현상 실험을 통해 주위의 온도, 습도, 열, 광원 등의 다양한 요소에 의해 나타나며, 염료의 특성 및 종이의 상태에 의해 예측 불가능한 형태로 나타나는 결과를 보였^{1,2}. 이는 색 바랜 현상의 물리적 모델링을 통한 보정 또한 불가능함을 의미한다.

한편, 색 바랜 영상의 보정을 위하여 칼라 항상성(color constancy) 기반의 계산적인 광원 추정 방법들이 적용되어 왔다^{3,4}. 이러한 방법들은 색 바랜 현상이 광원에 의한 색도 변화 현상과 동일하다는 가정을 기반으로 한다. 일반적으로 광원 추정 알고리즘들은 센서가 받아들이는 색은 계산적으로 광원과 물체의 반사율의 곱으로 표현되며, 받아들이는 색으로부터 광원의 색을 추정하여 물체의 반사율을 구할 수 있다는 가정을 기반으로 한다³. 이들 방법 중 회색계 알고리즘(gray world algorithm)은 영상의 각 채널별 평균 색도 값은 회색이라는 가정을 기반으로 하여 영상의 색도를 보정한다. 또한 WR(white-patch retinex)은 영상의 최대 밝기 값을 가지는 픽셀의 RGB 값을 광원의 색도 값으로 가정하고 이를 이용하여 보정한다. Edmund는 회색계 알고리즘과 WR이 가지는 가정을 동시에 만족하도록 하는 방정식을 모델링 하고, 그 계수를 구하여 영상을 보정하는 CGWR(combining gray world and white-patch retinex)을 제안했다⁴. 그 결과, CGWR은 회색계 알고리즘 및 WR 보다 색 보정에 높은 성능을 보이며, 2차 함수 형태의 보정 함수로서 대비 향상의 효과도 나타냈다. 그러나 이러한 방법들은 전역 보정 함수이므로, 색 바랜 영상의 지역적 색상 변화에 대해 보정하지 못한다.

본 논문에서는 색 바랜 영상의 보정을 위하여 다중 크기의 회색계 알고리즘을 통한 색 보정 방법을 제안한다. 제안한 방법은 다중 크기의 평균필터를 통과한 영상을 구하고 이를 이용해 지역적 또는 전역적 회색계 알고리즘의 색 보정 계수를 계산한다. 다음으로, 계산된 계수를 적당한 가중치를 사용해 각각의 화소에 대한 통합된 보정 계수를 계산하여 최종 결과 영상을 얻는다.

II절에서는 기존의 방법을 설명하고, 지역적 색 바랜 현상을 보정하기 위해 제안한 알고리즘은 III절에서 설명한다. IV절에서는 기존의 방법들과의 실험 및

결과를 비교하며, V절에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 색보정 방법들

계산적인 컬러 항상성을 비롯한 다수의 색 보정 모델들은 컬러 영상 획득 이론을 기반으로 한다. 카메라 센서로 부터 획득된 밝기 $I(x,y)$ 는 다음과 같은 계산적인 모델로 나타낼 수 있다.

$$I_i(x,y) = R_i(x,y)L_i(x,y) \quad (1)$$

식 (1)에서 $L(x,y)$ 은 광원을 나타내며, $R(x,y)$ 은 물체의 반사율을 나타낸다. i 는 RGB 각 채널을 의미한다. 여기서 카메라의 특성은 항상 일정하다고 가정한다. 이때, 물체의 반사율 $R(x,y)$ 는 획득된 영상과 광원 $L(x,y)$ 을 알면 구할 수 있다. 이러한 이미지 획득 모델은 대부분의 색 보정 방법에 기본적인 이론으로 사용된다^{5,6}.

먼저, 일반적인 광원 추정 모델인 회색계 알고리즘은 영상의 각 채널 평균이 회색이라는 가정을 기반으로 한다. 회색계 알고리즘을 이용한 영상 보정은 다음 식들로 나타낸다.

$$\hat{I}_r(x,y) = \hat{\alpha}I_r(x,y), \quad \hat{I}_b(x,y) = \hat{\beta}I_b(x,y) \quad (2)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{G_{avg}}{R_{avg}}, \quad \hat{\beta} = \frac{G_{avg}}{B_{avg}} \quad (3)$$

식 (3)에서 R_{avg} , G_{avg} , B_{avg} 는 각 채널의 평균을 나타내며, G_{avg} 는 영상의 밝기 채널로서 사용된다. 이와 같이 영상의 평균이 밝기로 가정하고 있는 G_{avg} 로 보정하기 위한 R 과 B 채널에 보정 계수를 이용하여 영상을 보정한다.

다음으로 WR은 식 (1)에서 물체의 반사율이 1이 될 경우 획득된 영상의 값은 광원의 값과 같다. 이와 같이 광원에 대한 색도 값을 추정하기 위해 입력 영상의 가장 밝은 화소를 찾고 그 화소의 색도를 이용하여 보정을 수행한다. WR에서 사용되는 보정 계수 $\tilde{\alpha}$ 와 $\tilde{\beta}$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\tilde{\alpha} = \frac{G_{max}}{R_{max}}, \quad \tilde{\beta} = \frac{G_{max}}{B_{max}} \quad (4)$$

식 (4)에서 R_{max} , G_{max} , 및 B_{max} 는 각 영상의 각 채널

널의 최댓값을 의미한다. 계산된 보정 계수는 영상의 각 화소에 대해 식 (2)와 동일한 방법으로 보정한다.

CGWR은 위의 두 가지 색 보정 기법이 가지는 가정을 모두 만족하는 2차 방정식 형태의 모델로 표현되었다⁴¹. 이 모델을 통해 보정된 영상 $\check{I}_i(x,y)$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\check{I}_i(x,y) = \mu I_r^2(x,y) + \nu I_g(x,y) \quad (5)$$

식 (5)는 B 채널에 대한 모델을 나타낸다. 계수 μ 와 ν 는 아래의 행렬 행태로서 계산할 수 있다.

$$\left[\begin{array}{c} \sum \sum I_b^2(x,y) \quad \sum \sum I_b(x,y) \\ \max \{ I_b^2(x,y) \} \quad \max \{ I_b(x,y) \} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \mu \\ \nu \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \sum \sum I_g(x,y) \\ \max \{ I_g(x,y) \} \end{array} \right] \quad (6)$$

식 (6)에서 계수 μ 와 ν 는 가우시안 소거법을 이용하여 계산한다. CGWR은 식 (5)와 (6)의 과정을 R, B 채널에 적용하여 각 채널을 보정한다. 그림 1의 CGWR의 결과 영상에서 그림 1(a)와 같이 전체적으로 색 바랜 영상의 경우 그림 1(b)에 결과와 같이 CGWR의 보정 성능이 높음을 알 수 있다. 그러나 그

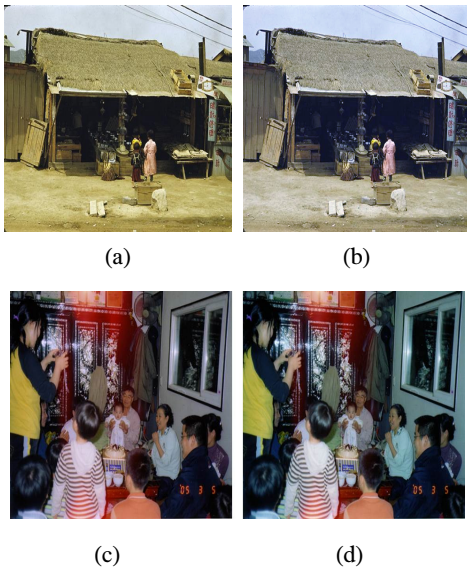


그림 1. CGWR의 결과 영상, (a) 전체적으로 바랜 입력영상, (b) (a)의 결과영상, (c) 부분적으로 바랜 입력영상, (d) (c)의 결과영상
Fig. 1. Resulting images by CGWR. (a) Wholly faded image, (b) Resulting image from (a), (c) Partially faded image, (d) Resulting image from (c).

림 1(d)와 같은 부분적으로 색 바랜 영상의 결과는 CGWR을 이용해 추정된 계수가 영상 중앙의 밝은 부분을 보정하기 위해 B 채널에 대한 보정계수가 높아 영상의 오른쪽 부분이 오히려 더 푸르게 나타남을 알 수 있다.

색 바랜 영상은 그 원인이 식 (1)에서 나타나는 영상 획득 모델과 달리 염료 및 종이의 물리적인 요소로서 시간에 따라 각각의 염료 및 종이의 특성과 함께 다르게 변화한다⁴². 이는 WR이 가지는 가정이 실제 색 바랜 영상에는 맞지 않음을 보인다. 즉, 색 바랜 영상에서 가장 밝은 부분은 염료의 비중이 적어 색 바랜 현상도 적게 나타나므로 WR을 바랜색 보정에 적용하기에는 적합하지 않다. 또한 색 바랜 현상은 인쇄물의 보관 환경과 염료의 특성에 따라 지역적으로 다르게 나타난다. 그러므로 회색계 알고리즘, WR, 및 CGWR과 같은 전역적 색 보정 방법은 색바랜 영상의 보정에는 적합하지 않다. 다음 장에서는 바랜색의 지역적 보정을 위한 다중크기 회색계 알고리즘을 설명한다.

III. 제안한 다중크기 회색계 알고리즘 기반 바랜색 보정

논문에서는 전역적 또는 지역적으로 바랜 영상을 보정하기 위해 다중 크기의 회색계 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 그림 2의 순서도와 같이 크게 4 단계로 분류할 수 있다. 이는 평균필터단계, 각 화소별 보정계수 계산단계, 보정계수의 통합 단계, 최종보정 단계로 이루어진다. 각각의 단계에 대해 자세히 설명한다.

3.1 다중 크기의 보정 계수 계산

제안한 방법은 바랜색을 보정하기 위해 회색계 알고리즘을 사용한다. 회색계 알고리즘은 영상의 각 채널 평균이 회색이라는 가정을 기반으로 한다. 식 (2),

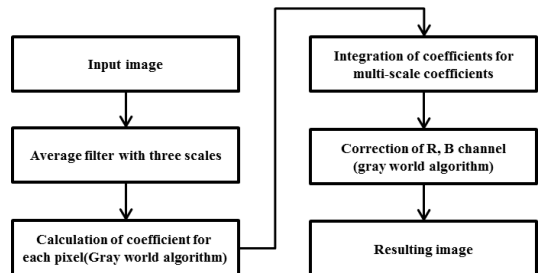


그림 2. 제안한 색 향상 방법의 순서도
Fig. 2. Procedure of the proposed color enhancement method.

(3)에서와 같이 회색계 알고리즘은 입력 영상의 전체 평균을 이용하므로 전역적인 색 보정을 수행한다. 그러나 바랜 영상은 앞서 설명한 바와 같이 부분적으로 그 현상이 상이하기 때문에 지역적으로 보정하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 지역적 바랜색의 보정을 위해 다중 크기의 평균필터를 적용하였다.

먼저 다중 크기의 평균필터를 적용하여 색 보정 계수를 구하기 위한 흐려진 영상 $I_{blur,i,k}$ 를 계산한다.

$$I_{blur,i,k}(x,y) = \frac{\sum_{s=-a_k}^{a_k} \sum_{t=-b_k}^{b_k} I_i(x+s,y+t)}{m_k n_k} \quad (7)$$

식 (7)에서 $a_k = m_k/2$ 이고, $b_k = n_k/2$ 이다. RGB 각 채널 i 에 대해 서로 다른 크기 $m_k \times n_k$ 를 가지는 k 개의 평균필터를 이용해 흐려진 영상을 구한다. 필터 크기 k 에 대해, 본 논문에서 사용하는 필터의 수 $K=3$ 이며, 각각의 평균필터 크기는 9×9 , 35×35 , 그리고 영상 전체 평균을 사용한다. 이때, 가장 큰 사이즈의 평균 필터는 영상의 전체 평균값으로 대체 되는데, 전체 평균을 사용함으로써 계산량을 줄이는 효과를 가진다. 이와 같이, 서로 다른 크기의 필터를 사용하여 평균 영상을 계산하는 것은 각각의 필터 크기에 해당하는 영역에 대하여 색 보정 계수를 계산하기 위함이다. 즉, 필터의 크기가 작을수록 지역적 바랜색의 보정을 고려하며, 영상 전체의 평균을 이용하는 것은 전역적 바랜색의 보정을 고려하는 것이다. 필터의 크기는 영상의 크기에 따라 달라 질 수 있으며, 본 논문에서는 크기가 1000×1000 이내의 입력 영상들에 대해 실험을 통해 가장 높은 보정 결과를 보이는 필터 크기를 선택했다. 그림 3은 그림1 (c)에 대한 흐려진 영상을 나타낸다. 각각의 화소는 설정한 필터크기 영역에 대한 평균값을 가지게 된다. 이는 각각의 동일한



그림 3. 평균 필터 결과 영상. (a) 작은 크기 필터 결과 영상, (b) 중간 크기 필터 결과 영상, (c) 큰 크기 필터 결과 영상
 Fig. 3. Average filtered images. (a) is the resulting image by small scale filter, (b) is the resulting image by middle scale filter, and (c) is the resulting image by large scale filter.

위치의 화소에 대해 지역적 또는 전역적인 색 보정을 위한 영상의 평균 색도를 계산하는 것이다.

다음으로 식 (7)을 통해 계산한 $I_{blur,i,k}$ 를 이용해 영상 각 화소에 대한 보정 계수 $\alpha_k(x,y)$ 와 $\beta_k(x,y)$ 를 계산한다. 이과정은 회색계 알고리즘을 기반으로 하여 각각의 화소와 크기 k 에 대해 계산하며, 식 (3)과 동일하다.

$$\alpha_k(x,y) = \frac{I_{blur,g,k}(x,y)}{I_{blur,r,k}(x,y)} \quad (8)$$

$$\beta_k(x,y) = \frac{I_{blur,g,k}(x,y)}{I_{blur,b,k}(x,y)} \quad (9)$$

식 (8), (9)에서 $\alpha_k(x,y)$, $\beta_k(x,y)$ 는 각각 R과 B 채널의 화소와 필터크기 k 에 따른 보정 계수이다. 이와 같은 각각의 화소에 대해 K 개의 $\alpha_k(x,y)$ 와 $\beta_k(x,y)$ 는 필터 크기 k 에 해당하는 지역 또는 전역의 보정계수를 의미한다. 다음으로 K 개의 $\alpha_k(x,y)$ 와 $\beta_k(x,y)$ 에 가중치를 적용하여 각 화소에 따른 하나의 보정계수를 계산한다.

3.2 보정 계수 통합 및 보정

앞서 계산된 동일 화소 위치에 대한 k 개의 $\alpha_k(x,y)$, $\beta_k(x,y)$ 를 가중치를 적용하여 통합한 $\alpha_{sum}(x,y)$ 와 $\beta_{sum}(x,y)$ 를 계산한다.

$$\alpha_{sum}(x,y) = \sum_{k=1}^K \alpha_k(x,y) \cdot w_k \quad (10)$$

$$\beta_{sum}(x,y) = \sum_{k=1}^K \beta_k(x,y) \cdot w_k \quad (11)$$

식 (10)과 (11)에서 가중치 w_k 의 합은 1이 되도록 한다. 이때, 사용된 w_k 는 영상의 보정 정도를 결정한다. 즉, 작은 크기의 평균필터가 적용된 영상($k=1$)에 대한 w_1 의 값이 높아질수록 입력영상의 지역적 색 보정의 비율이 높아지며, 영상 전체 평균에 대한 w_2 의 값이 높아질수록 전역적 색 보정의 비율이 높아진다. 따라서 가중치 w_k 를 결정하는 것은 영상의 색 보정에 가장 중요한 역할을 하며, w_k 에 따른 분석은 다음장에서 다룬다.

그림 4는 각각 식 (10)과 (11)을 통해 얻어진 통합된 보정 계수를 나타낸다. 이때 사용한 w_k 는 각각

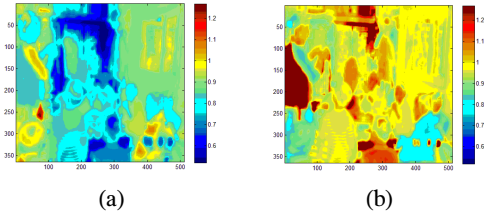


그림 4. 통합된 보정계수. (a) 는 R 채널에 대한 보정계수 맵, (b)는 B 채널에 대한 보정 계수 맵
 Fig. 4. Integrated correction coefficients. (a) is the coefficient map for red channel, (b) is the coefficient map for blue channel.

$w_1 = 0.3, w_2 = 0.1, w_3 = 0.6$ 이다. 그림 4 (a)는 R 채널에 대한 보정 계수를 나타내며, 영상 중앙 부분의 붉게 나타나는 영역에 대해 R 채널에 대한 보정 계수가 1 이하의 값을 가지는 것을 볼 수 있다. 이는 R 채널의 비중을 낮추어 해당 영역의 지역적 색 바랜 현상을 보정할 수 있다. 또한, 그림 4(b)는 B 채널에 대한 보정 계수를 나타내며 영상의 붉은 부분에 대해 보정 계수가 높아 B 채널의 화소 값이 증가 할 수 있다. 이를 통해 R, B 채널 화소 값을 보정한다.

앞서 계산된 보정계수 $\alpha_{sum}(x,y)$ 과 $\beta_{sum}(x,y)$ 을 입력 영상의 R과 B 채널에 곱하여 바렌색이 보정된 영상 $I'_r(x,y)$ 과 $I'_b(x,y)$ 를 얻는다.

$$I'_r(x,y) = I_r(x,y) \cdot \alpha_{sum}(x,y) \quad (12)$$

$$I'_b(x,y) = I_b(x,y) \cdot \beta_{sum}(x,y) \quad (13)$$

식 (12)와 (13)을 통해 R채널과 B 채널을 보정하며 최종 영상의 G 채널은 입력 영상을 그대로 사용하여 보정된 영상을 얻는다.

3.3 가중치에 따른 영상 분석

제안한 바렌색 보정 방법은 회색계 알고리즘을 기반으로 하며, 전역 및 지역적 색 보정을 위해 서로 다른 크기의 평균 필터를 적용한 3가지 흐려진 영상을 구한다. 그리고 식 (8), (9)와 같이 K 개의 영상에 각각의 화소에 대한 보정계수를 계산하고 이를 식 (10), (11)에서처럼 가중치 w_k 를 주어 각 화소별 하나의 보정계수로 합하게 된다. 이때 w_k 는 지역적 또는 전역적 보정의 정도를 결정하는 역할을 한다. 본 논문에서는 w_k 를 정하기 위해 먼저 1차적인 후보군을 정한다. 제안한 방법에서 $K=3$ 으로서 사용되며, 이를 기준으로 w_k 의 조합은 0.1 단위로 하여 36개를 가질 수 있

다. 각각의 w_k 에 대해 영상의 특징을 분석하기 위해 w_k 에 따른 영상의 평균 채도의 변화를 계산하였다. 그림 5는 그림 1 (c)에 대한 결과 영상의 채도 변화를 나타낸다.

그림 5에서 1번은 $w_1 = 0.1, w_2 = 0.1, w_3 = 0.8$ 이며 마지막 36번째는 $w_1 = 0.8, w_2 = 0.1, w_3 = 0.1$ 이다. 즉, 가로축의 숫자가 커질수록 w_1 의 가중치는 커진다. w_1 가중치는 영상의 지역적 색 보정에 비중을 말하며, 회색계 알고리즘을 특성으로 인해 지역적 가중치가 높아질수록 영상은 회색으로 되어 채도가 점차 낮아지는 결과를 보인다. 이에 본 논문에서는 그림 5의 붉은 원으로 표시한 것과 같이 각각의 w_1 이 바뀌는 가장 높은 채도를 가지는 영상들을 후보군으로 정하였다. 다음으로 각 후보군에 대해 주관적 평가를 통해 가장 적절한 가중치를 결정한다. 주관적 평가는 27명을 대상으로 8장의 후보영상에 대해 가장 선호하는 영상을 선택하도록 하였다. 그림 6은 그림 1(c)의 8개의 후보 영상들 중 선호도 조사 결과이다. 이를 통해 최종 영상을 선택하여 제안한 방법의 결과로 제시하였다.

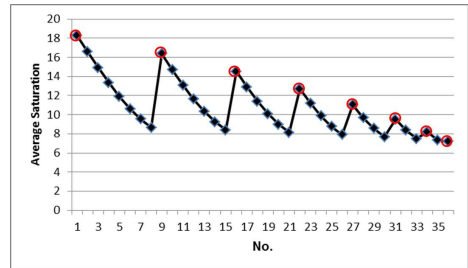


그림 5. 가중치에 따른 결과 영상의 채도 변화.
 Fig. 5. Change of average saturation according to the weights.

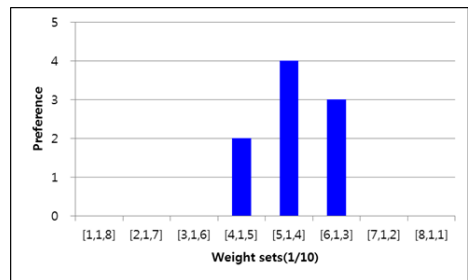


그림 6. 가중치 결정을 위한 주관적 평가 결과
 Fig. 6. Resulting data by preference test to determine weights.

IV. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 전역적 또는 지역적으로 바랜 영상을 사용하였다. 사용된 영상은 실제 오랜 시간 보관되며 바래진 사진의 스캔한 영상을 추가로 사용하였다. 비교대상 방법은 회색계 알고리즘, WR, CGWR, MSR^[7], IMSR^[8]을 사용하였다. 그림 7은 실험에 사용된 입력 영상을 나타내며, 그림 8-10는 각각의 입력영상에 대한 결과를 나타낸다. 그림 8에서 전체적으로 바랜 영상의 결과는 기존의 방법과 유사한 결과를 보인다. 그러나 WR은 색 바랜 영상에서 가장 밝은 화소는 색 바랜 현상이 가장 작게 나타나기 때문에 WR의 가정과 달라 보정이 잘 되지 않는 결과를 보였다. 그림 9, 10의 지역적으로 색 바랜 영상에서는 제안한 방법은 가장 좋은 성능을 보인다. 특히 그림 9에서 그림 7(b)의 중앙에 붉게 나타나는 부분들이 다른 방법들에 비해 개선되었다.

주관적인 선호도 평가를 위해 27명의 관찰자들이 실험에 동원되었다. 참가자들은 여자 6명, 남자 21명



그림 7. 실험에 사용된 입력 영상. (a) 초가집, (b) 생일, (c) 부두
Fig. 7. Input images for experimentation. (a) thatched house, (b) birthday, (c) quay.



그림 8. 그림 7 (a)의 결과 영상 비교 (a) 회색계 알고리즘 (b) WR (c) CGWR (d) MSR, (e) IMSR, (f)제안한 방법
Fig. 8. Comparison of resulting images of Fig. 7 (a). (a) GWA, (b) WR, (c) CGWR, (d) MSR, (e) IMSR, (f) the proposed method.



그림 9. 그림 7 (b)의 결과 영상 비교 (a) 회색계 알고리즘 (b) WR (c) CGWR (d) MSR, (e) IMSR, (f)제안한 방법
Fig. 9. Comparison of resulting images of Fig. 7 (b). (a) GWA, (b) WR, (c) CGWR, (d) MSR, (e) IMSR, (f) the proposed method.



그림 10. 그림 7 (c)의 결과 영상 비교 (a) 회색계 알고리즘 (b) WR (c) CGWR (d) MSR, (e) IMSR, (f)제안한 방법
Fig. 10. Comparison of resulting images of Fig. 7 (c). (a) GWA, (b) WR, (c) CGWR, (d) MSR, (e) IMSR, (f) the proposed method.

으로 24-40세의 연령대로 구성되며, 보통의 시력을 가졌다. Dugay^[9]는 주관적 평가를 위해 모니터와 인쇄물의 2가지 매체를 사용하였으나, 본 실험에서는 모니터만 사용하였다.

Z-score^[10]를 구하기 위하여 참가자들은 화면에 출력된 하나의 입력 영상과 두개의 결과 영상 쌍을 비교하여 선호 하는 영상에 점수를 주었다. 입력영상과 결과 영상들에 대해 입력영상의 바랜색이 가장 자연스럽게 보정된 영상을 선택하도록 하였다.

그림 11은 선호도 조사를 통한 z-score를 계산한 결과이다. 그 결과 전체적으로 색 바랜 영상에 대해서는 CGWR의 선호도 또한 높게 나타났다. 이것은

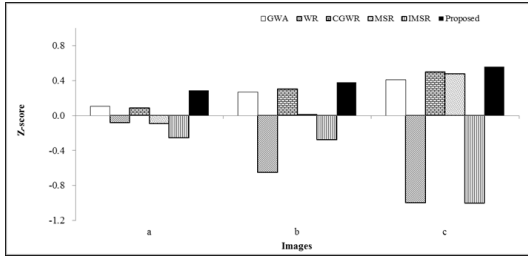


그림 11. 주관적 선호도 평가에 대한 z-score 결과
Fig. 11. Resulting z-score for subjective preference test.

CGWR이 색 보정 과정을 수행함과 동시에 2차 함수로서 약간의 대비 향상을 가져왔기 때문이라 볼 수 있다. 그러나 지역적으로 색 바렌 영상에 대해서는 제안한 방법이 높은 선호도를 보였다.

V. 결 론

본 논문에서는 색 바렌 영상의 보정을 위한 보정 계수 통합 기반 색 향상 알고리즘을 제안했다. 색 바렌 영상은 매체의 보관 환경에 따라 전역 및 지역적으로 색 바렌 현상이 다르게 나타난다. 이에 본 논문에서는 지역적인 색 보정을 고려하기 위해 다중 크기의 평균 필터를 적용하고 회색계 알고리즘을 통한 통합된 보정 계수를 계산하였다. 또한 계산된 보정 계수는 주관적 평가를 통해 결정된 가중치를 적용하여 전역 및 지역적으로 보정된 영상을 얻었다. 그 결과 전체적으로 색 바렌 영상에서는 기존의 색 보정 방법과 유사한 결과를 보이며, 지역적으로 색 바렌 영상에서는 기존의 방법들 보다 나은 보정 성능을 보였다. 또한 기존 방법들과의 관찰자를 대상으로 한 주관적 평가에서 제안한 방법이 높은 점수를 얻은 것을 확인하였다. 제안된 색 바렌 영상의 보정 알고리즘은 카메라, 스캐너 및 모바일 디바이스의 색 보정 소프트웨어로 적용될 수 있다.

References

[1] F. S. Frey, R. Gschwind, and L. Rosenthaler, "Electronic imaging, a tool for the reconstruction of faded color photographs and motion pictures," in *Proc. Color Imaging Conf.*, pp. 39-44, Jan. 1996.

[2] H. Wilhelm, "A review of accelerated test methods for predicting the image life of digitally-Printed photographs - Part II," *Int.*

Conf. Digital Printing Technol., pp. 664-669, 2004.

[3] M. Ebner, *Color Constancy*, Published in Association with the Society for IS&T, 2007.

[4] E. Y. Lam, "Combining gray world and retinex theory for automatic white balance in digital photography," in *Proc. 9th Int. Symp. Consumer Electron.*, pp. 134 - 139, Jun. 2005.

[5] W.-R. Lee, D.-G. Hwang, and B.-M. Jun, "Analysis of color constancy methods for recovering skin color independent of illuminants," *J. KICS*, vol. 36, no. 10, pp. 621-628, 2011.

[6] S.-H. Shin, Y.-S. Park, and Y.-S. Kim, "Adaptive video enhancement algorithm for military surveillance camera systems," *J. KICS*, vol. 39, no. 1, pp. 28-35, 2014.

[7] D. J. Jobson and G. A. Woodell, "Properties of a center/surround retinex: Part 2: Surround design," *NASA Technical Memorandum 110188*, pp. 15, 1995.

[8] L. Wang, T. Horiuchi, and H. Kotera, "High dynamic range image compression by fast integrated surround retinex model," *J. Image Sci. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 34-43, Jan.-Feb. 2007.

[9] F. Dugay, L. Farup, and J. Y. Hardeberg, "Perceptual evaluation of color gamut mapping algorithms," *Color Research and Appl.*, vol. 33, no. 6, pp. 470-476, 2008.

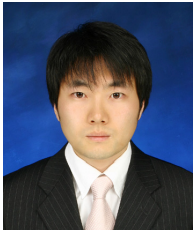
[10] J. Morović, *Color Gamut Mapping*, Published in Association with the Society for IS&T, 2008.

경 왕 준 (Wang-Jun Kyung)



2007년 2월 : 안동대학교 컴퓨터 공학과 졸업
2010년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사
2010년 3월~현재 : 경북대학교 전자공학부 박사과정
<관심분야> 컬러영상신호처리, 영상화질개선

김 대 철 (Dae-Chul Kim)



2007년 2월 : 경북대학교 전자
전기컴퓨터학부 졸업
2010년 2월 : 경북대학교 전자
전기컴퓨터공학부 석사
2010년 3월~현재 : 경북대학교
전자공학부 박사과정
<관심분야> 컬러영상신호처리,
영상화질개선

하 영 호 (Yeong-Ho Ha)



1976년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 졸업
1978년 2월 : 경북대학교 전자
공학전공 석사
1985년 8월 : The University
of Texas at Austin Ph.D in
Electrical and Computer
Engineering
1986년~현재 : 경북대학교 전자공학부 교수
<관심분야> 디지털 신호처리, 컬러영상처리, 영상화
질개선, 영상 압축