

디지털 영상에서 무채색 영역과 모집단을 이용한 조명광원의 분광방사 추정

Estimation of the Spectral Power Distribution of Illumination for Color Digital Image by Using Achromatic Region and Population

곽한봉, 서봉우, 이철희, 하영호, 안석출

Han-Bong Kawak, Bong-Woo Seo, Cheol-Hee Lee, Yeong-Ho Ha, Suk-Chul Ahn

요약

본 논문에서 우리는 3밴드 이미지로부터 광원의 분광 방사 에너지 분포를 추정 할 수 있는 새로운 방법을 제안한다. 광원은 표면 반사($O(\lambda)$)에 대응하는 최대 무채색 영역($L(\lambda)$)의 반사되는 분광 방사 에너지 분포에 의해 추정된다. 3밴드 이미지로부터 최대 무채색 영역의 분광 방사 에너지 분포를 획득하기 위하여 수정된 그레이월드가정 알고리즘을 채택했다. 그리고 최대 표면 반사는 무채색 모집단으로 주성분 분석 방법을 사용해서 추정을 하였다. 무채색 모집단은 먼셀 컬러 색표에서 문턱값 보다 낮은 크로마 벡터를 사용해서 만들었다. 분리된 무채색 모집단의 제1에서 제3차까지의 누적 기여율은 약 99.75%이다. 무채색 모집단에 의해 광원의 분광 방사 에너지 분포의 재구성 그리고 여러 가지 광원 하에서 획득된 3밴드 디지털 이미지는 원본과 재현된 광원의 분광 방사 에너지 분포를 RMSE에 의해 평가하고 실험 하였다.

Abstract

In this paper we propose a new method that can be estimation the spectral power distribution of the light source from three-band images. the light source is estimated by dividing the reflected spectral power distribution of the maximum achromatic region($L(\lambda)$) by the corresponding surface reflectance($O(\lambda)$). In order to obtain reflected spectral power distribution of the maximum achromatic region from three-bend images, a modified gray world assumption algorithm is adapted. And the maximum surface reflectance is estimated using the principal component analysis method along with achromatic population. The achromatic population is created from a set of given Munsell color chips whose chroma vector is less than threshold. Cumulative contribution ratio of principal components from the first to the third for classified achromatic population was about 99.75%. The reconstruction of illumination spectral power distribution by using achromatic population and three-band digital images captured under various light source was examined, and evaluated by RMSE between the original and reconstructed illumination spectral power distribution.

This work was supported by grant No. (2000-1-30200-005-3) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

Keywords : achromatic population, chroma vector, illuminant Spectral power distribution, RMSE

1. 서 론

인간의 시각은 조명 광원이 바뀌어도 색 항상성 때문에 조명의 변화에 관계없이 거의 일정한 물체의 색을 지각할 수 있다.¹⁾ 그러나, CCD 카메라와 같은 영상 획득 시스템

은 피사체 고유의 색과 조명 광원이 합성된 색채 정보가 획득되어 기록되므로, 동일한 피사체의 색에 대해서 조명 광원이 바뀌면 획득되어 기록되는 색채 정보도 달라지게 된다.

CCD 카메라와 같은 영상 획득 시스템을 통해서 획득 기록된 디지털 이미지로부터 조명 광원의 분광 분포를

알아내는 방법을, F.H.Cheng^{21,3)} 등이 보고 한 바 있다. 이 방법은 피사체의 표면으로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포를 피사체의 표면 분광 반사율이 최대인 영역에서 최대 값을 가진다는 선형 모델을 기반으로 영상 내에 이상적인 백색을 가지고 있다는 가정 하에서 조명 광원의 분광 분포를 추정하였다. 이 방법에서는 영상 정보가 이상적인 백색을 가지고 있지 않다면 조명 광원의 분광 분포를 구할 수 없다는 문제점이 있다. Y.H.Ha⁴⁾ 등은 이러한 문제점을 해결하기 위해 그레이-월드(gray-world) 가정을 이용하여 영상 정보가 이상적인 백색을 가지고 있지 않더라도 영상 정보에 따라 대응적으로 조명 광원의 분광 분포를 추정하는 방법을 발표하였다. 여기서 사용한 조명 광원은 실제 영상 획득에 필요한 광원을 대표하는 모집단을 이용하는 것이 아니라, CIE 표준의 광(CIE Standard Illuminant)을 이용하였고, 백색 점의 분광 반사율을 추정하는데 사용한 모집단은 먼셀 색표의 분광 반사 데이터를 사용하였다. 그레이-월드 가정은 임의의 영상을 평균하였을 때 그레이가 된다는 가정이지만, 실제로 사용된 모집단인 먼셀 색표의 평균 분광 반사율은 이상적인 그레이가 아니고 단파장 영역에서 장파장 영역으로 증가되는 형태를 나타내고 있으므로, 추정된 조명 광원의 분광 분포는 실제로 영상 획득에 사용한 조명 광원의 분광 분포와 다르게 나타났다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 무채색 모집단을 이용한 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 먼셀 색표를 실측한 분광 반사 데이터로부터 무채색 성분만을 분리하여 새로운 모집단을 생성하였고, 각 무채색 색표의 분광 반사율에 대한 주성분 분석에 의한 고유값, 고유 벡터, 평균 분광 반사율, 각 광원의 분광 분포가 곱해진 분광방사 에너지 분포와 이들의 CIE 1976 $L^*a^*b^*$ ⁴⁾ 값을 구하여 데이터 베이스를 구축하고, 디지털 영상으로부터 영상 획득 시에 사용한 조명 광원의 분광 분포를 추정하였다.

2. 제안한 방법

2.1 RGB 디지털 영상으로부터 조명 광원의 추정

(1) 조명광원 추정의 선형 모델²⁾

RGB로 기록된 디지털 영상정보는 피사체 고유의 분광 반사율 $R(\lambda)$, 조명 광원의 분광 분포 $E(\lambda)$, 그리고 영상 획득 시스템의 분광 특성으로 결정된다.

Fig.1에서와 같이 피사체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포 $L(\lambda)$ 는 순수한 물리량이며, 조명 광원의 분광 분포 $E(\lambda)$ 와 물체 고유의 분광 반사율 $R(\lambda)$ 의 곱으로 식 (1)과 같이 선형 모델로 나타낼 수 있다.

$$L(\lambda) = E(\lambda)R(\lambda) \quad (1)$$

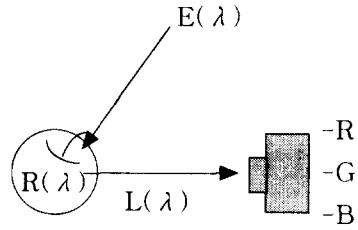


그림 1. 분광 방사 에너지 분포에 대한 선형 모델
Fig. 1 Linear model for estimation of spectral power distribution

식 (1)에서 $E(\lambda)$ 를 추정한다는 것은 피사체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포 $L(\lambda)$ 에서 피사체 고유의 분광 반사율 $R(\lambda)$ 를 분리하는 것이다. 분광 분포가 $E(\lambda)$ 인 조명 광원에 대해서 피사체의 분광 반사가 최대인 영역의 분광 반사율을 $R_{max}(\lambda)$ 라 하고, 이 때, 피사체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포를 $L_{max}(\lambda)$ 라 할 때, 조명 광원의 분광 분포 $E(\lambda)$ 는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$E(\lambda) = \frac{L_{max}(\lambda)}{R_{max}(\lambda)} \quad (2)$$

(2) 최대 무채색 영역의 분광방사 에너지 분포

RGB 디지털 영상 정보로부터 조명 광원의 영향을 제거하기 위하여 그레이 월드 영상으로 변환한다. 그레이 월드 영상(RGB_{GWA})으로부터 $Y_{C_s, C}$, 색공간으로의 변환은 식 (3)과 같고, $Y_{C_s, C}$, 색공간에서 최대 무채색 영역을 구한다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B \\ c_b &= -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B \\ c_r &= 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B \end{aligned} \quad (3)$$

그레이 월드 영상에서 구해진 최대 무채색 영역의 좌표에 해당하는 디지털 영상의 정보값(R,G,B)으로부터 $L^*a^*b^*$ 를 구한다. 먼셀 색표를 이용한 무채색 데이터 베이스로부터 디지털 영상의 최대 무채색 영역의 색 자극과 색차가 가장 적은 색표의 분광 방사 에너지 분포를 데이터 베이스에서 찾아 $L_{max}(\lambda)$ 로 사용한다.

기존의 방식에서는 먼셀 색표 전체의 분광 반사율과 조명 광원의 분광 분포를 곱한 데이터 베이스를 활용하였다. 따라서, 그레이 월드 영상에서 구해진 최대 무채색 영역의 색자극과 색차가 최소인 분광 방사 에너지 분포 $L_{max}(\lambda)$ 가 실제 피사체의 무채색이 아닌 데이터가 인식되는 경우가 있다. 이로 인하여, $R_{max}(\lambda)$ 가 정확하게 복원되었다 할지라도 추정된 조명 광원의 분광 분포가 영상 획득 시에 사용한 조명 광원의 분광 분포와 다르게 추정된다.

(3) 최대 무채색 영역의 분광 반사율

그레이 월드 영상에서 구해진 최대 무채색 영역의 좌표의 디지털 신호값 $R_{GWA}, G_{GWA}, B_{GWA}$ 로부터 NTSC 색변환 방식으로 색자극 X, Y, Z 를 구한 후, 주성분 분석을 이용하여 구해진 고유 벡터로 피사체의 최대 분광 반사율 $R_{max}(\lambda)$ 를 식 (4)과 (5)로부터 같이 구한다.

$$R_{max}(\lambda) = \overline{R}(\lambda) + [u_1 \quad u_2 \quad u_3] \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = [M]^{-1} \left(\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \overline{X} \\ \overline{Y} \\ \overline{Z} \end{bmatrix} \right) \quad (5)$$

식 (4)에서 $\overline{R}(\lambda)$ 와 u_1, u_2, u_3 는 무채색 모집단에서 구한 평균 분광 반사율과 3번째까지의 고유 벡터를 나타내고, 이들의 값은 이미 데이터 베이스에 수록되어 있다.

식 (5)에서 매트릭스 $[M]$ 은 모집단에 대한 3번째까지의 고유 벡터, CIE 등색 함수, NTSC에 채용하는 표준 광원 C의 분광 분포의 값으로 정해지는 계수이다. 그리고 평균 삼자극치 $\overline{X}, \overline{Y}, \overline{Z}$ 는 모집단의 평균 분광 반사율 $\overline{R}(\lambda)$ 와 표준 광원 C의 분광 분포, 그리고 등색 함수로 구해지는 상수이다. 삼자극치 X, Y, Z 는 그레이 월드 영상에서 찾은 최대 무채색 영역의 정보값 $R_{GWA}, G_{GWA}, B_{GWA}$ 로부터 선형적으로 변환된 값이다.

기존의 연구에서 사용한 모집단의 3번째까지의 누적 기여율이 98.7%이므로 아무리 이상적인 경우라도 1.3%의 오차가 나타나게 된다.

2.2 무채색 모집단의 생성

디지털 영상으로부터 조명 광원의 분광 분포 $E(\lambda)$ 의

추정은 식 (2)에서와 같이 피사체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포를 $L_{max}(\lambda)$ 와 피사체의 분광 반사가 최대인 영역의 분광 반사율을 $R_{max}(\lambda)$ 를 알면 구할 수 있다. 모집단을 먼셀 색표 전체를 이용하는 경우, 그레이 월드 영상에서 찾은 최대 무채색 영역의 좌표에 해당하는 디지털 영상의 색 자극치가 유채색의 색표를 인식하는 경우가 있다. 따라서, 사용할 모집단을 무채색의 색표만으로 구성한다면 최대 무채색 영역의 좌표에 해당하는 디지털 영상의 색 자극치와 최소 색차가 유채색으로 인식되는 경우는 발생하지 않는다.

주성분 분석을 이용한 분광반사율 추정에서 피부색과 같은 특수색의 경우는 3차원의 정보로부터 31차원의 분광 반사율 추정이 가능함이 보고되었고,^{6)~8)} 자연색의 경우는 5차원 또는 9차원의 정보로부터 분광 반사율을 추정하는 방법이 보고되었다.^{9)~12)}

그레이 월드 영상정보의 $R_{GWA}, G_{GWA}, B_{GWA}$ 를 이용하여 31차원의 $R_{max}(\lambda)$ 를 복원할 경우 제안한 무채색으로 구성된 모집단을 사용하면 3번째까지의 누적 기여율이 99.8%로 나타났다.

먼셀 색표로 구성된 데이터 베이스의 모집단으로부터 무채색 영역의 분리는 채도 벡터 C^*ab 와 밝기값 L^* 을 이용한다.

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (6)$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (7)$$

여기서, Y_n 은 표준백색면의 삼자극치 X_n, Y_n, Z_n 에서 휘도를 나타내고 Y 는 시료의 휘도를 나타낸다. a^* 와 b^* 는 CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 에서 x축과 y축을 나타낸다.

Fig. 2는 먼셀 색표의 분광 반사율과 표준 광원 C를 적용하여 구한 CIE $L^*a^*b^*$ 값으로부터 분리한 무채색 영역을 나타낸 것이다.

모집단의 분광 반사율과 표준 광원 C를 적용한 색자극의 값으로부터 채도 벡터가 10이하와 최대 밝기값 L^* 의 60%이상의 값을 동시에 만족하는 분광 반사를 무채색 모집단으로 사용하였다.

한편, 실험에 사용한 조명 광원은 Macbeth 표준 광원 장치의 각 조명 광원의 분광 분포를 CS-1000의 Spectro Radio Meter로 측정된 데이터를 사용하여 데이터 베이스를 구성하였다.

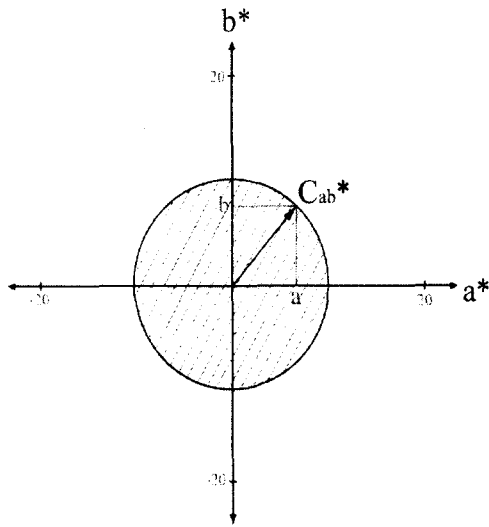


그림 2. 먼셀 컬러 색표에 대한 그레이 성분의 영역
fig.2 The gray component region for Munsell color chips

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 실험방법

(1) 무채색 모집단의 데이터 베이스 구축

무채색 모집단으로 분리된 데이터의 분광 반사율과 4종류의 조명 광원의 분광 분포를 적용하여 데이터 베이스를 구축하였다. 구축된 데이터 베이스는 피사체에 대해 31차원의 분광 반사율 $R(\lambda)$, 각 조명 광원에 대한 분광 방사 에너지 분포 $L(\lambda)$, 표준 광원 C에 대한 피사체의 XYZ 값, $L^*a^*b^*$ 값, 그리고 채도 벡터 C^*ab 의 순으로 구성되어 있다.

(2) 최대 무채색 영역의 인식

최대 무채색 영역의 인식은 디지털 영상(RGB)에서 그레이 월드 영상($R_{GWA}, G_{GWA}, B_{GWA}$)으로 변환한다. 식(3)으로 그레이 월드 영상의 정보를 $Y_{C,C}$ 로 변환한 후, 여기서, 최대 무채색 영역은 최대 Y 값의 93%이상이고 C_a, C_b 의 값의 절대값이 최소인 3×3 영상으로 한다.

(3) 최대 무채색 영역의 $R_{max}(\lambda)$

제 (2)항에서 구한 그레이 월드 영상의 최대 무채색 영역 영상 정보값 $R_{GWA}, G_{GWA}, B_{GWA}$ 로부터 NTSC 변

환 방식으로 XYZ를 구하여 식 (4)과 (5)로부터 $R_{max}(\lambda)$ 를 복원한다.

(4) 최대 무채색 영역의 $L_{max}(\lambda)$

제 (2)항에서 구한 그레이 월드 영상의 최대 무채색 영역의 좌표와 동일한 위치의 디지털 영상값 RGB로부터 $L^*a^*b^*$ 를 구한다. 이 좌표의 색자극과 구축한 데이터 베이스에 있는 $L^*a^*b^*$ 와 색차가 최소가 되는 $L_{max}(\lambda)$ 를 찾는다.

(5) 조명 광원의 분광 분포 추정

디지털 영상을 획득 시에 사용된 조명 광원의 분광 분포는 (3)항과 (4)항에서 구한 $L_{max}(\lambda)$ 와 $R_{max}(\lambda)$ 를 사용하여 식 (2)로부터 구한다.

실험의 정확성을 위해서 분광 광도계로 조명 광원의 분광 분포를 측정해 두고, 이들 조명 광원에 피사체를 두고 DC-290 디지털 카메라로 획득한 디지털 영상 정보를 사용하였다.

3.2 실험결과 및 고찰

(1) 모집단의 누적 기여율과 평균 분광 반사율

Table 1은 기존의 모집단과 제안한 방법의 모집단에 대해서 3번째 고유 벡터까지의 누적 기여율을 나타낸 것이다. Table 1에서 알 수 있듯이 기존의 방식은 98.7%에 비하여 제안한 방법은 99.8%로 나타났다. 컬러 디지털 영상에서 3개의 RGB 정보로부터 31차원의 분광 반사율을 추정하기 위해서는 3번째의 고유 벡터까지의 누적 기여율이 높은 모집단을 사용해야 함을 알 수 있다.

Table 1. The cumulative proportional ratio according to the number of basic function of previous and proposed method.

Cumulative proportional ratio	Basic functions		
	1st.	2nd.	3rd.
Previous method	76.11	92.97	98.71
Proposed method	96.16	99.16	99.82

Fig. 3은 기존의 모집단과 제안한 방법의 모집단에 대한 평균 분광 반사율 $\bar{R}(\lambda)$ 를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 최대 무채색 영역으로부터 피사체의 최대 분광 반사율 $R_{max}(\lambda)$ 를 복원할 때, 먼셀 색표 전체를 모집단으로 사용하여 복원하는 경우, 평균 분광 반사율이 단과장 영역에서 장과장 영역으로 기울어져 있으므로 제안한 무채색 모집단을 사용하여 $R_{max}(\lambda)$ 를 복원하는 경우가 보다 정확하게 피사체의 최대 분광 반사율을 복원

함을 알 수 있다.

(2) 최대 무채색 영역의 인식

4종류의 서로 다른 조명 광원에서 영상 획득 조건을 동일하게 하여 획득된 4종류의 영상에 대한 최대 무채색 영역의 위치는 Table 2와 같다.

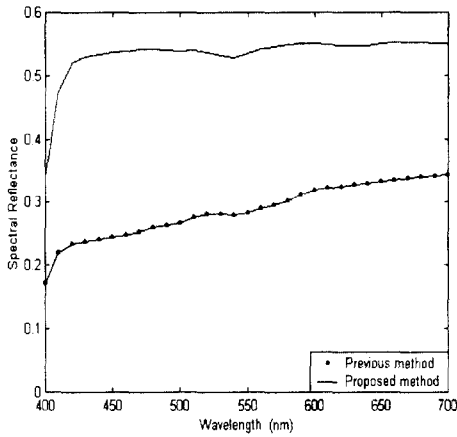


그림 3. 이전의 방법과 제안한 방법의 평균 분광 반사율

fig. 3 The average spectral reflectance of previous and proposed method.

Table 2에서 알 수 있는 바와 같이 촬영 시 서로 다른 조명 광원에서 획득된 영상이라도 거의 같은 지점을 찾고 있음을 알 수 있다. 각 조명 광원마다 조금씩 다른 위치를 찾고 있으나 모두 백색 점의 위치를 찾고 있다.

Table 2. The coordinates of maximum achromatic region for each light source.

Position	Light Source				white region
	D50	D65	Horizon	Inc A	
Row	161	164	151	151	140-180
Column	43	45	44	42	20-60

(3) 최대 무채색 영역의 $R_{max}(\lambda)$ 와 $L_{max}(\lambda)$

그레이 월드 영상에서 인식된 최대 무채색 영역의 영상 정보 값을 식 (4)와 (5)를 이용하여 기존의 방법과 제안한 방법으로 복원한 피사체의 최대 분광 반사율 $R_{max}(\lambda)$ 를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 기존의 방법과 제안한 방법에 있어서 비슷한 분광 반사율을 복원하였지만, 기존의 방법보다 제안한 방법이 실측한 피사체의 분광 반사율과 거의 유사한 분광 반사율로 복원되었다.

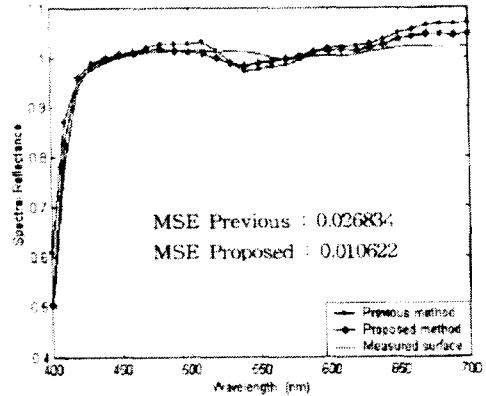


그림 4. 이전의 방법과 제안한 방법의 표면 분광 반사율

Fig. 4 The surface spectral reflectance between previous and proposed method.

4종류의 조명 광원에서 동일한 조건으로 획득된 영상으로부터 최대 무채색 영역의 좌표와 동일한 위치의 디지털 영상값으로부터 구한 $L^*a^*b^*$ 값과 구축한 데이터 베이스에 있는 $L^*a^*b^*$ 와 색차가 최소가 되는 분광 방사 에너지 분포 $L_{max}(\lambda)$ 를 구하였다. 기존의 방법을 이용하여 구한 $L_{max}(\lambda)$ 중, D65의 조명 광원에서 획득된 영상의 분광 방사 에너지 분포는 Fig. 5와 같이 나타났다.

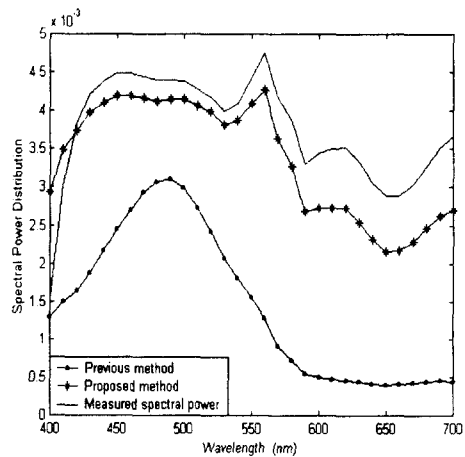


그림 5. 이전의 방법과 제안한 방법에서의 분광 방사 에너지 분포

Fig. 5 The spectral power distribution between previous and proposed method.

Fig. 5에서 알 수 있듯이 기존의 방법에서 사용된 모집단

은 먼셀 색표 전체를 사용했기 때문에 무채색이 아닌 데이터를 인식하였다. 그러나, 제안한 방법에서는 무채색 모집단을 사용하였기 때문에 피사체로부터 반사되는 분광방사 에너지 분포 $L_{max}(\lambda)$ 는 실측한 분광방사 에너지 분포와 거의 유사한 분광방사 에너지 분포가 나타났다.

(4) 광원의 분광 분포 추정

식 (2)를 이용하여 각 조명 광원에서 획득한 영상에서 구한 분광 반사율 $R_{max}(\lambda)$ 와 분광방사 에너지 분포 $L_{max}(\lambda)$ 로부터 조명 광원의 분광 분포 $E(\lambda)$ 를 추정하였다. 기존의 방법과 제안한 방법으로 추정한 조명 광원의 분광 분포를 실측한 분광 분포와 비교하여 Fig. 6~9에 나타내었다. Fig. 6과 Fig. 7은 조명 광원 D50과 D65에서 획득한 영상으로부터 추정한 분광 분포와 실측한 분광 분포를 비교하였다.

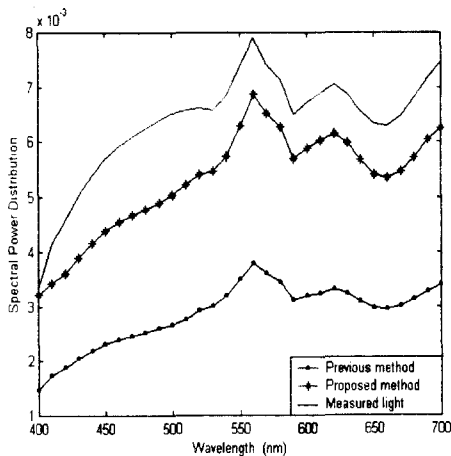


그림 6. D50 광원에서 획득된 이미지로부터 추정한 분광 방사 에너지 분포
 Fig. 6 The estimated spectral power distribution form captured image under D50

Fig. 6에서 알 수 있듯이 기존의 방법과 제안한 방법 모두 실측한 조명 광원과 유사한 분광 분포가 추정되었으나, Fig. 7에서는 제 (3)항에서 나타낸 바와 같이 $L_{max}(\lambda)$ 를 먼셀 색표 전체를 모집단으로 사용한 기존의 방법에서 무채색이 아닌 데이터를 인식하였기 때문에 식 (2)를 이용하여 조명 광원의 분광 분포를 추정한 결과, 조명 광원의 분광 분포가 제대로 추정되지 못하였으며, 무채색 모집단을 사용한 제안한 방법에서는 실측한 분광 분포와 동일한 분광 분포가 추정되었다.

Fig. 8과 Fig. 9는 조명 광원 Horizon과 incA에서 획득

한 영상에서 추정한 분광 분포와 실측한 분광 분포를 비교하였으며, 기존의 방법에서는 D65의 경우와 같이 무채색이 아닌 데이터를 인식하였으나 실측한 분광 분포에 비교적 유사한 분광 분포가 추정되었으며, 제안한 방법은 실측한 분광 분포와 동일한 분광 분포가 추정되었다.

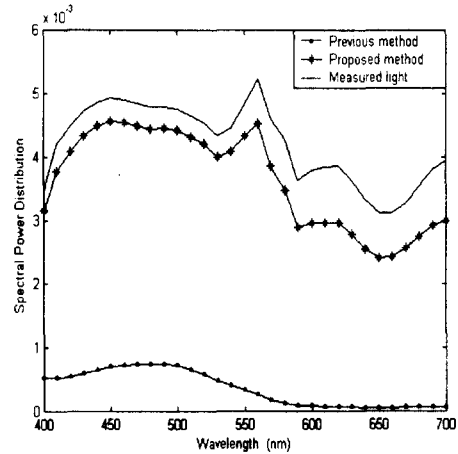


그림 7. D65 광원에서 획득된 이미지로부터 추정한 분광 방사 에너지 분포
 Fig. 7 The estimated spectral power distribution form captured image under D65

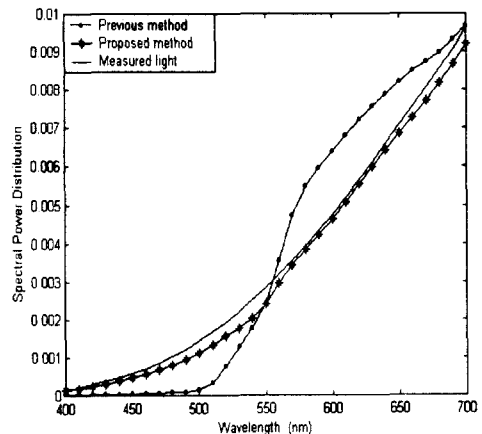


그림 8. Horizon 광원에서 획득된 이미지로부터 추정한 분광 방사 에너지 분포
 Fig. 8 The estimated spectral power distribution form captured image under Horizon.

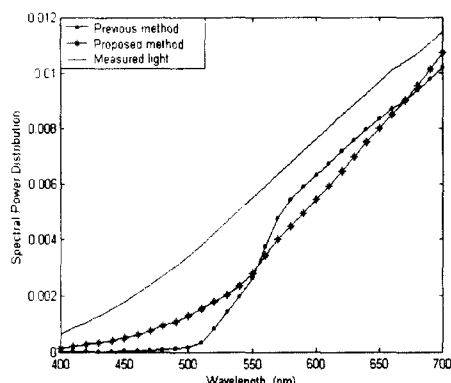


그림 9. incA 광원에서 획득된 이미지로부터 추정된 분광 방사 에너지 분포

Fig. 6 The estimated spectral power distribution form captured image under incA.

4. 결 론

먼셀 색표 전체를 사용함으로써 조명 광원의 분광 분포 추정에 있어서 무채색이 아닌 데이터를 인식하여 실제 조명 광원의 분광 분포와 다르게 나타나는 문제점을 해결하기 위해 제안한 무채색 모집단을 이용하는 방법으로 디지털 영상으로부터 영상 획득 시에 사용한 조명 광원의 분광 분포를 추정하였다. 실험을 통하여 제안한 방법을 기존의 방법과 비교·분석한 결과, 모집단에 대해서는 3번째의 고유 벡터까지의 누적 기여율이 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 99.8%로 높게 나타났으며, 평균 분광 반사율은 이상적인 그레이와 거의 동일한 형태를 나타내었다.

최대 무채색 영역에서의 피사체의 분광 반사율 복원은 기존의 방법과 제안한 방법 모두 비슷한 분광 반사율을 복원하였으나, 기존의 방법보다 제안한 방법이 실측한 피사체의 분광 반사율과 거의 유사한 분광 반사율이 복원되었다. 그러나, 분광 방사 에너지 분포의 인식에 있어서는 기존의 방법에서는 무채색이 아닌 데이터를 인식하여 실측한 분광 방사 에너지 분포와 완전히 다른 데이터를 인식하였고, 제안한 방법에서는 무채색 모집단을 사용하였기 때문에 실측한 분광 방사 에너지 분포와 거의 유사한 분광 방사 에너지 분포가 나타났다. 4종류의 영상을 사용한 조명 광원의 분광 분포 추정은 조명 광원 D50의 경우를 제외한 나머지 조명 광원들에서 분광 방사 에너지 분포를 데이터 베이스에서 모두 무채색이 아닌 데이터를 인식함으로써 기존의 방법은 조명 광원의 분광 분포를 정확하게 추정하지 못하였으나, 제안한 방법은 모든 조명 광원

에서 실측한 분광 분포와 유사한 분광 분포가 추정되었다.

이상의 결과로부터, 컬러 디지털 영상에서 조명 광원의 분광 분포를 추정하기 위하여 제안한 무채색 모집단을 이용한 조명 광원의 분광 분포 추정 방법의 타당성을 확인하였다.

접수일자 : 2001. 3. 7 수정완료 : 2001. 4. 3

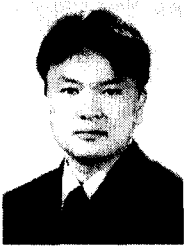
본 논문은 한국과학재단 목적기초 연구지원으로 수행되었음. (2000-1- 30200 - 005-3)

참고문헌

- [1]. Mark D. Fairchild, Color Appearance Models, Addison-Wesley Press, pp. 23-28, 1998.
- [2] L.T.Maloney, B.A.Wandell, "Color constancy: a method for recovering surface spectral reflectance", J. Opt. Soc. Amer. A, Vol.3, No.1, pp.29-33, 1964.
- [3] F.H.Cheng, W.H.Hsu, T.W.Chen, "Recovering Colors in an Image with Chromatic Illuminant", IEEE, Trans. on Image Processing, Vol.7, No.11, pp.1524-1533 1998.
- [4] 大田 "色再現工學の基礎" pp.26-29, 1997.
- [5] J.H.Lee, C.H.Lee, Y.H.Ha, "Estimation of Spectral Distribution of Illumination Using Maximum Achromatic Region", International symposium on multi spectral imaging and color reproduction for digital archives proceedings, pp.92-97, 1999.
- [6] Y.Miyake and Y.Yokoyama, "Obtaining and reproduction of accurate color images based on human perception," Proc. SPIE 3300, pp. 190-197, 1998.
- [7] C.G.Kim, S.T.Pang, J.P.Kim, E.H.Lee, S.C.Ahn, "The method to predict spectral reflectance of skin color by RGB color signals." J.KP, Soc, Vol.16, No.3, pp.97-108, 1998.
- [8] S.C.Ahn, H.E.Choi, Y.miyake, "Color Image Reproduction Based on Spectral Reflectance Information." The 3rd Information Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems, pp.117-120, 1999.
- [9] S.H.Lee, S.T.Pang, C.H.Lee, S.C.Ahn, "Estimation of surface spectral reflectance using multi-band images." J. of Korean Society for Imaging Science & Technology, Vol.5, No.1, pp.82-87, 1999.
- [10] F.H.Imai and R.S.Berns, "High-resolution Multi spectral Image Archives: A Hybrid Approach, Proc. of 6th Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications, pp.224-227, 1998

[11] E.H.Lee, S.C.Ahn, J.H.Kim, "Color Reproduction Based on Spectral Reflectance", SPIE, San Jose, 2000

[12] M.O.Yoo, S.J.Cho, S.C.Ahn, "Estimation of spectral reflectance using similar-color classification and RGB color signals", J.Korean Society for Imaging Science & Technology, Vol.6, No.1, pp.76-82, 2000.



이철희 (Cheol-Hee Lee)

正會員

1995년 경북대학교 전자공학과 공학사

1997년 경북대학교 전자공학과
공학석사

2000년 경북대학교 전자공학과
공학박사

2000년 3월~현재 경운대학교 컴퓨터공학과 전임강사
관심분야: 색재현, 칼라프린팅, 영상처리, 패턴인식임



하영호 (Yeong-Ho Ha)

正會員

1976년 경북대학교 전자공학과 공학사

1978년 경북대학교 전자공학과
공학석사

1985년 The University of Texas at
Austin 공학박사

1985년 8월~현재 경북대학교
전자·전기공학부 교수

1994년 1월~현재 정보통신관리단 심의위원
1987년 3월~현재 한국통신학회 전문위원
1998년 1월~현재 대한전자공학회 이사
1998년 5월~현재 IEEE Taegu Section Chairman
1998년 7월~현재 한국화상학회 부회장
관심분야: 영상처리, 칼라신호처리, 컴퓨터비전, DTV임



안석출 (Suk-Chul Ahn)

正會員

1976년 동아대학교 전자공학과 공학사

1978년 동아대학교 전자공학과
공학석사

1980년 (주)금성 ALPS)

1985년 동아대학교 전자공학과
공학박사

1983년 미국 N.C.S.U Visitting Scholar
1996년 일본 지바대학교 객원교수
1980년 3월~현재 부경대학교 화상정보 공학부 교수
관심분야: Color Reproduction, Color Management,
Halftoning



서봉우 (Bong-Woo Seo)

準會員

1996년 부경대학교 인쇄공학과 공학사

1998년 부경대학교 인쇄공학과
공학석사

2000년 3월~현재 부경대학교

인쇄공학과 박사과정

관심분야: 색재현, 칼라프린팅, 영상처리, 멀티미디어임



곽한봉 (Han-Bong Kawak)

準會員

2000년 부경대학교 인쇄공학과 공학사

2000년 3월~현재 부경대학교

인쇄공학과 석사과정

관심분야: 색순응, 색재현, 컬러프린팅,
멀티미디어