# 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘

정회원 안 강 식*, 조 석 제**

# Color Constancy Algorithm using the Maximum Luminance Surface

Kang-Sik Ahn*, Seok-Je Cho** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘을 제안한다. 이 방법은 인간의 시각 시스템의 특성을 표현한 선형 모델을 이용한다. 선형 모델에서 가장 중요한 과정은 영상에 존재하는 광원을 추정하는 것이다. 광원을 추정하기 위하여 먼저 영상에 존재하는 가장 밝은 표면의 반사되는 분광 방사 에너지 분포를 추정한다. 그리고 이 표면에 해당하는 분광 반사율을 먼셀색표의 주성분분석을 통하여 추정한다. 추정한 분광 방사 에너지 분포와 분광 반사율을 이용하여 광원을 추정한다.

추정한 광원을 이용하여 영상을 복원할 때 밝기 보정을 위하여 일정한 계수를 사용한다. 실험 결과를 통하여 제안한 최대휘도표면을 이용한 방법이 기존 방법보다 색 항상성에 효과적인 방법임을 증명한다.

ABSTRACT

This paper proposes a new color constancy algorithm using the maximum luminance surface. This method uses a linear model which represents the characteristics of human visual system. The most important process of linear model is the estimation of the spectral distributions of illumination from an input image. To estimate of the spectral distributions of illumination from an input image, we first estimate spectral distribution functions of reflected light on the brightest surface. Then, we estimate surface reflectance functions corresponding to the maximum luminance surface using a principal component analysis of the given munsell chips. We finally estimate the spectral distributions of illumination in an image.

Using an estimated illumination, we recover an image by scaling it regularly for the lightness calibration. From the experimental results, the proposed method was effective in recovering the color images compared with others.

## Ⅰ. 서 론

물체를 비추는 빛의 종류에 따라 같은 물체가 서로 다른 색을 나타낼 수 있다. 카메라에서는 이러한 색을 그대로 표현하지만, 인간의 시각시스템(human visual system)에서는 빛의 영향을 상쇄시켜 물체 고유색을 인지하는 능력이 있다[1]. 그래서, 카메라에서 얻은 영상을 인간의 시각시스템과 유사하게 빛의 영향을 상쇄시켜 물체 고유색으로 표현하고자 하는 연구가 계속되고 있다[2]. 이렇게 빛의 영향이나 휘도(luminance)의 변화에 관계없이 물체색을 인지하는 색 지각을 색 항상성(color constancy)이라 한다[3-10].

기존의 색 항상성 알고리즘은 Retinex 기반 알고리즘[4], gamut mapping을 이용한 방법[8] 그리고 gray-world 방법[9] 등으로 분류할 수 있다[3]. Retinex 기반 알고리즘은 칼라 각 채널의 평균값을 이용하여 광원(illumination)을 쉽게 추정할 수 있으나 영상의 색동폭(dynamic range)에 민감하므로 색

* 한국해양대학교 제어계측공학과
** 한국해양대학교 기계·정보공학부
논문번호 : 010135-0601, 접수일자 : 년 월 일

동폭이 작은 경우에는 다른 알고리즘에 비해 성능 저하가 일어난다[11]. Gamut mapping을 이용한 방법은 색 항상성 해석에 정규범위(canonical gamut)를 도입한 것이다. 정규범위는 광원과 물체 고유의 분광 반사율(surface reflectance function)의 가능한 조합으로 이루어진다. 이 방법은 영상범위로부터 정규범위로의 사상(map- ping)으로 색 항상성과 광원 추정 문제의 가능한 해를 구하는 방법으로 물리적으로는 구현 가능하지만 처리대상이 되는 모든 영상에서 항상 나타나는 것이 아니다. 그러므로 영상값과 센서의 선형조합에 같은 중요도를 할당할 수 없는 실제 상황과 거리가 있다[12]. Gray-world 방법은 영상의 평균 색은 무채색이라는 가정에 바탕을 두고 있는 방법으로 영상의 평균 색을 구한 뒤, 이를 이용하여 광원을 추정하는 방법이다. 이 방법에서 백색 표면은 모든 빛을 반사하고 반사되는 빛은 추정한 광원과 같다는 가정으로 이루어진다. 그러나 이 방법은 합성(synthetic) 영상에서는 제대로 동작하지만 자연 영상에서는 성능 저하가 일어나고, 적당한 전처리 과정이 필요하다[11].

Cheng 등은 인간의 항상성 현상을 표현한 선형 모델을 이용하여 영상을 복원하는 최대분광값(MSV: maximum-spectral-value) 방법을 제안하였다[3]. 이 방법은 실험 결과를 통하여 기존의 방법들보다 성능이 우수한 것으로 판명되었다[3]. 그러나 선형 모델에서는 이상적인 백색 표면에서 물체 고유의 분광 반사율을 추정하기 때문에 영상에 이상적인 백색 표면이 없는 경우에는 광원을 제대로 추정하지 못한다. 이러한 문제로 인하여 영상을 제대로 복원하지 못한다.

본 논문에서는 영상에 이상적인 백색 표면이 없는 경우에도 광원추정을 정확하게 할 수 있는 최대휘도표면(maximum luminance surface)을 이용한 색 항상성 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 영상에서 휘도가 가장 큰 표면을 이용하여 분광 반사율을 추정하고 광원을 추정한다. 그리고 이를 이용하여 임의의 광원에서 얻어진 영상을 태양광에서 얻어진 영상으로 복원한다. 실험을 통하여 제안한 알고리즘으로 광원추정을 제대로 할 수 있으며, 기존 방법보다 색 항상성에 더 효과적인 방법임을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, Ⅱ장에서 색 항상성 현상의 선형 모델을 서술하고, Ⅲ장에서는 MSV 방법의 문제점을 기술하고 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘을 제안하였다. Ⅳ장에서는 제안한 알고리즘을 적용한 실험 및 그 결과를 분석하고, Ⅴ장에서 결론을 맺었다.

## Ⅱ. 색 항상성 현상의 선형 모델링

인간의 색 지각에 대한 항상성 현상을 선형 모델링하여 광원, 물체 고유의 분광 반사율 그리고 물체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포(relative spectral power distribution)를 효과적으로 설명할 수 있다[3-9]. 물체로부터 반사되는 분광 방사 에너지 분포 $L(\lambda)$는 식 (1)과 같다[3,5-7].

$$\begin{aligned} L(\lambda) &= E(\lambda)R(\lambda) \\ &= [\sum_{i=1}^{m} e_i E_i(\lambda)][\sum_{j=1}^{n} r_j R_j(\lambda)] \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 $E_i(\lambda)$와 $R_j(\lambda)$는 각각 광원과 물체 고유의 분광 반사율 기저함수(basis function)이고, $e_i$와 $r_j$는 각 기저함수에 대응하는 가중치(weight)이다. 만약, 영상획득시스템에 $k$개의 수광체(photoreceptor)가 있다면, 각 센서의 응답 $q_k$는 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} q_k &= \int Q_k(\lambda) L(\lambda) d\lambda \\ &= \int Q_k(\lambda) [\sum_{i=1}^{m} e_i E_i(\lambda)][\sum_{j=1}^{n} r_j R_j(\lambda)] d\lambda \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 $Q_k(\lambda)$는 센서 민감도함수(sensitivity func- tion)이다[13]. 만약, 영상 내의 광원인 $E(\lambda)$가 추정되었다면 $q_k$는 식 (3)과 같다.

$$q_k = \sum_{j=1}^{n} [r_j \int Q_k(\lambda) E(\lambda) R_j(\lambda)] d\lambda \tag{3}$$

센서의 개수가 세 개라면, $k$는 3이 되고, 이 선형 모델을 풀기 위한 $m$과 $n$도 3이 된다[5]. 식 (3)을 행렬과 벡터 형태로 표현하면 식 (4)와 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix}, \quad q = Br \tag{4}$$

여기서, $B$는 영상 내의 광원에서 얻은 변환행렬이며 변환행렬의 요소 $b_{kj}$는 $\int Q_k(\lambda) E(\lambda) R_j(\lambda) d\lambda$이다. 만약, 영상 내의 광원에서 얻은 변환행렬을 $B_{ill}$, $q_k$를 $q_{ill}$로 나타내면, CIE표준광원(standard

illumi- nant) $D_{65}$에서의 $q_{D65}$는 식 (5)와 같다[1].

$$q_{D65} = B_{D65} r = (B_{D65} D_{ill}^{-1}) q_{ill} \tag{5}$$

여기서, $B_{D65}$는 CIE표준광원 $D_{65}$에서 얻은 변환 행렬이다.

## Ⅲ. 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘

본 논문에서는 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 MSV 방법과 비교하였다.

### 1. MSV 방법

MSV 방법은 영상의 이상적인 백색 표면에서 분광 반사율을 추정하고 광원을 추정하는 방법으로 Cheng 등에 의해 제안되었다. 먼저, 영상 내에 이상적인 백색 표면에서의 분광 반사율을 $R_{\max}(\lambda)$라 하면 광원 $E(\lambda)$에서 반사되는 분광 방사 에너지 분포는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$L_{\max}(\lambda) = E(\lambda) R_{\max}(\lambda) \tag{6}$$

영상 표면에서 반사되는 분광 방사 에너지 분포는 가장 밝은 표면을 이용하여 추정하는데 이는 식 (7)과 같다.

$$\hat{L}_{\max}(\lambda) = \max\{L^w(\lambda)\}, \quad w = 1 \text{ to } s \tag{7}$$

여기서, $L^w(\lambda)$는 영상 표면에서 반사되는 분광 방사 에너지 분포이고 $s$는 영상 표면이다. 이렇게 추정한 분광 방사 에너지 분포를 식 (8)에 적용하여 영상 내의 광원을 추정한다.

$$\hat{E}(\lambda) = \frac{\hat{L}_{\max}(\lambda)}{R_{\max}(\lambda)} \tag{8}$$

일반적으로 광원 $\hat{E}(\lambda)$는 영상 내의 같은 표면에서 추정한 분광 방사 에너지 분포와 분광 반사율을 이용하여 추정한다. MSV 방법에서는 영상에 이상적인 백색 표면이 존재할 경우에는 광원추정을 제대로 할 수 있다. 그러나 이상적인 백색 표면이 존재하지 않을 경우에는 분광 방사 에너지 분포와 분광 반사율을 서로 다른 표면에서 추정되기 때문에 광원추정을 제대로 할 수 없다.

### 2. 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘

MSV 방법의 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 영상의 가장 밝은 표면에서 분광 반사율을 추정하는 최대휘도표면을 이용한 색 항상성 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 분광 방사 에너지 분포 추정, 분광 반사율 추정 그리고 이 두 성분을 이용한 광원추정과 영상복원의 과정으로 이루어진다. 특히, 이 알고리즘은 영상 내에 존재하는 가장 밝은 표면에서 분광 반사율과 분광 방사 에너지 분포를 추정하기 때문에 영상에 이상적인 백색 표면이 존재하지 않아도 광원추정을 제대로 할 수 있다.

#### 2.1 분광 방사 에너지 분포 추정

분광 방사 에너지 분포 추정은 영상에서 가장 밝은 표면과 가장 유사한 값을 먼셀색표(Munsell color chip)에서 찾는다. 이 추정 방법은 영상에서 가장 밝은 표면과 먼셀색표의 색차(color difference)가 가장 작은 먼셀색표를 선택한 후 이 먼셀색표의 분광분포를 분광 방사 에너지 분포로 대치한다. 이 과정은 식 (9)와 같다.

$$\hat{L}_{\max}(\lambda) = \min(d_{si}, d_{sj}), \quad 1 \le i, j \le N, \ i \ne j$$
$$d_{sm} = \sqrt{(L_s^* - L_m^*)^2 + (a_s^* - a_m^*)^2 + (b_s^* - b_m^*)^2} \tag{9}$$

여기서, $d_{sm}$는 색차, $L_s^*$, $a_s^*$, $b_s^*$와 $L_m^*$, $a_m^*$, $b_m^*$는 영상에서 가장 밝은 표면과 먼셀색표의 CIELAB 칼라 값이다. 그리고 $N$은 먼셀색표의 개수를 나타낸다.

#### 2.2 물체 분광 반사율 추정

영상에서 휘도가 가장 큰 표면의 분광 반사율 $\hat{R}_{\max}(\lambda)$는 식 (10)을 이용하여 추정하였다.

$$\hat{R}_{\max}(\lambda) = \frac{L_{\max}(\lambda)}{E(\lambda)} \tag{10}$$

여기서, $L_{\max}(\lambda)$는 먼셀색표의 기저함수와 가중치로 표현한 영상 내의 가장 밝은 표면의 분광 방사 에너지 분포로 식 (11)과 같다.

$$L_{\max}(\lambda) = \sum_{k=0}^{m} l_{\max} L_k(\lambda) \tag{11}$$

여기서, $L_k(\lambda)$는 분광 방사 에너지 분포의 기저

함수, $l_{\max}$는 가중치 그리고 $m$은 기저함수 개수이다. 기저함수 $L_k(\lambda)$는 식 (12)와 같이 주성분분석을 통하여 구한다[14,15].

$$MM^{-1}I_h = \lambda_h I_h, \quad h = 1, 2, \cdots, n \tag{12}$$

여기서, M은 먼셀색표의 분광분포를 나타낸 행렬, $\lambda_h$는 고유치 그리고 $I_h$는 고유벡터이다. 여기서 값이 큰 처음 세 개의 고유치에 해당하는 고유벡터를 분광 방사 에너지 분포 기저함수로 사용한다.

가중치 $l_{\max}$는 다음의 과정으로 구한다. 먼저 식 (11)에서 얻은 기저함수를 이용하면 각 수광체 응답은 식 (13)과 같다.

$$\begin{aligned} q_k &= \int Q_k(\lambda)\left[\sum_{h=1}^{3} l_h L_h(\lambda)\right] d\lambda \\ &= \sum_{h=1}^{3} l_h \int Q_k(\lambda) L_h(\lambda)\, d\lambda \end{aligned} \tag{13}$$

식 (13)을 행렬과 벡터 형태로 표현하면 식 (14)와 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix}, \quad q = Cl \tag{14}$$

영상에서 가장 밝은 표면의 세 자극치를 $q_{\max}$로 표현하면 가중치 $l_{max}$는 식 (15)로 구할 수 있다.

$$l_{\max} = C^{-1} q_{\max} \tag{15}$$

세 자극치 $q_{\max}$를 구하는 과정은 식 (16)과 같다.

$$\begin{aligned} q_{\max} = \frac{1}{255} \times &\begin{bmatrix} 0.588 & 0.179 & 0.183 \\ 0.290 & 0.606 & 0.105 \\ 0.000 & 0.068 & 1.021 \end{bmatrix} \\ &\times \begin{bmatrix} \text{Luminance}_{\max} \\ \text{Luminance}_{\max} \\ \text{Luminance}_{\max} \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{16}$$

여기서, $\text{Luminance}_{\max}$는 영상의 가장 밝은 표면의 휘도를 나타낸다. 구해진 기저함수와 가중치로 식 (11)을 통하여 분광 방사 에너지 분포를 구하고, 식 (10)을 이용하여 분광 반사율을 추정한다.

### 2.3 광원추정과 영상복원

광원은 식 (17)을 통해 식 (11)과 식 (10)에서 추정한 분광 방사 에너지 분포와 분광 반사율을 이용하여 추정한다.

$$\hat{E}(\lambda) = \frac{\hat{L}_{\max}(\lambda)}{\hat{R}_{\max}(\lambda)} \tag{17}$$

추정된 광원을 식 (5)에 적용하여 CIE표준광원 $D_{65}$에서의 세 자극치를 구한 후 식 (18)을 이용하여 *RGB* 칼라 값으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.588 & 0.179 & 0.183 \\ 0.290 & 0.606 & 0.105 \\ 0.000 & 0.068 & 1.021 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \tag{18}$$

일반적으로, 영상의 표면은 자신이 가지고 있는 휘도에 따라 빛을 반사하므로 이상적인 백색 표면에서는 빛을 모두 반사한다. 그러므로 이상적인 백색 표면에서 구한 분광 방사 에너지 분포는 영상에 존재하는 광원과 동일하다. 그러나 이상적인 백색 표면이 존재하지 않을 경우에는 이를 이용하여 광원을 제대로 추정할 수 없다. 그래서 최대휘도표면을 이용한 방법에서는 영상의 가장 밝은 표면을 이용하여 무채색 표면을 만들고 이를 이용하여 광원을 추정하였다. 그리고 밝기 보정을 위하여 식 (19)처럼 일정한 계수를 사용하여 밝기 보정을 하였다. 이는 영상에 존재하는 가장 밝은 표면이 최대휘도표면을 이용한 방법에서 사용한 무채색 표면이기 때문에 복원한 영상에서 밝기가 제대로 보정되지 않기 때문이다.

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \alpha \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \alpha = \frac{255}{\text{Luminance}_{\max}} \tag{19}$$

이렇게 구한 $R'G'B'$ 칼라 값이 복원한 영상의 칼라 값이다. $\alpha$값은 영상 내에 이상적인 백색 표면이 존재할 경우에는 1, 그렇지 않을 경우에는 무채색 표면에 따라 일정한 값이 된다.

## Ⅳ. 실험 및 고찰

최대휘도표면을 이용한 방법의 성능을 평가하기 위하여 본 논문에서는 1269개 먼셀색표를 6개의 광원에서 얻은 분광 방사 에너지 분포와 CIE표준광원

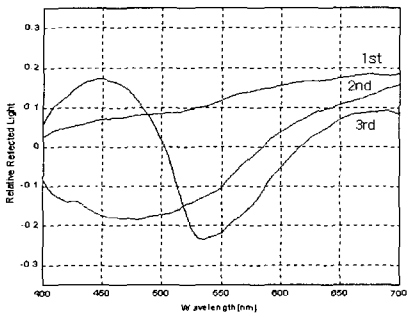



그림 1. 먼셀색표의 주성분

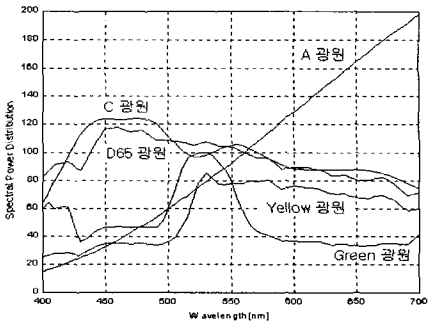
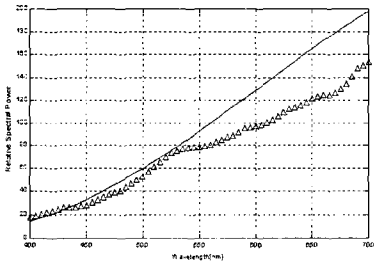



그림 2. 실험에 사용한 CIE표준광원

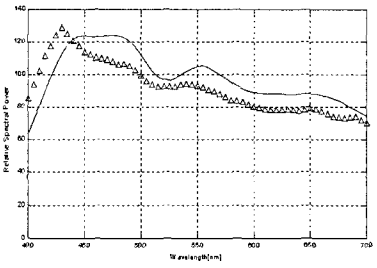
(A, C, Green 그리고 Yellow광원)에서 얻은 영상을 이용하여 실험하였다[13]. 최대휘도표면을 이용한 방법을 이용하여 각 광원에서 얻은 영상을 CIE표준광원 $D_{65}$에서의 영상으로 변환하고, Cheng 등의 MSV 방법[3]과 비교하였다. 각 먼셀색표는 400 [$nm$]~700 [$nm$]까지 5 [$nm$]의 간격으로 양자화 되어 있다.

그림 1은 먼셀색표의 주성분 중에서 처음 세 개의 값을 나타낸다. 세 개의 주성분 중에서 첫 번째 주성분은 대체로 일정하게 분포하지만, 그림 1에서는 높은 파장에서 더 큰 값을 가진다. 이는 붉은 색계통의 먼셀색표를 더 많이 사용하였기 때문이다.

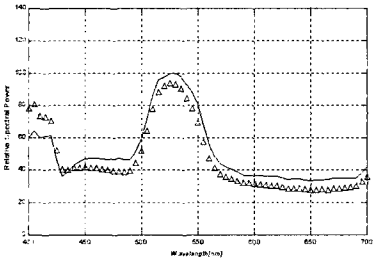
그림 2는 실험에 사용한 CIE표준광원을, 그림 3은 제안한 방법으로 추정한 광원을 나타낸다. 그림 3에서와 같이 제안한 방법으로 광원을 제대로 추정할 수 있다. 그러나 A광원을 추정할 때 600~700 [$nm$] 범위와 C, Green, 및 Yellow광원을 추정할 때 400 [$nm$]~450 [$nm$] 범위에서 광원추정이 제대로 되지 않는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점은 먼셀색표의 개수와 관계가 있다. 영상에서 가장 밝은 표면과 가장 색차가 작은 먼셀색표를 선정하여 이 먼셀색표의 분광 방사 에너지 분포를 사용하기 때문에 먼셀색표를 더 많이 사용하면 더 적절한 분광분포를 추정할 수 있을 것이다. 또한 이러한 문



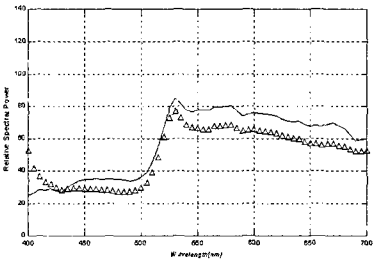
(a) A광원



(b) C광원



(c) Green광원

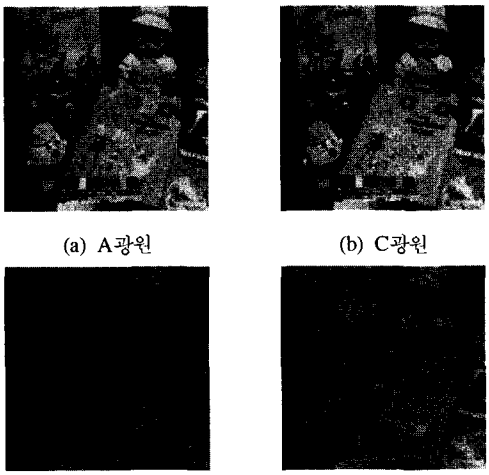


(d) Yellow광원

그림 3. 추정한 광원(-: CIE표준광원, △: 추정광원)

제점은 61개로 양자화된 먼셀색표의 분광 방사 에너지 분포를 세 자극치로 표현할 경우 3개의 차원으로 사상되는 것과도 관련이 있다[2]. 그림 4는 실험에 사용한 정경이고, 그림 5는 각 광원에서 얻은 영상이다.

그림 4. 정경



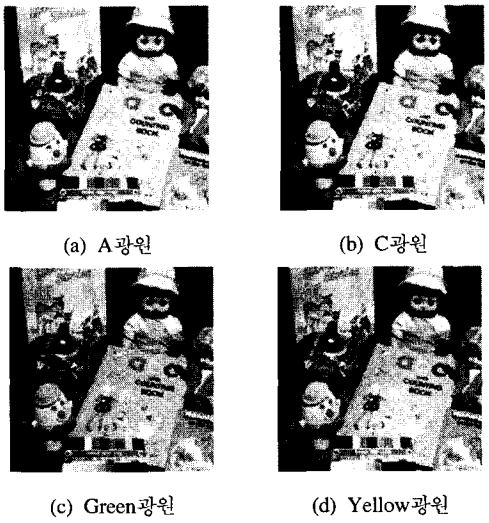
(a) A광원 (b) C광원

(c) Green광원 (d) Yellow광원

그림 5. 각 광원에서 얻은 영상

그림 6은 각 광원에서 얻은 영상을 MSV 방법으로 복원한 영상을, 그림 7은 제안한 방법으로 추정한 광원을 이용하여 영상을 복원하고 각각 1.38886, 1.32083, 2.0283, 1.79926으로 밝기 보정한 영상을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 MSV 방법은 각 광원에서 얻은 영상을 원 정경으로 제대로 복원하지 못하는데 이는 각 광원에서 얻은 영상에서 이상적인 백색 표면이 없는 경우에도 이 표면의 분광 반사율 을 추정하기 때문이다. 이렇게 추정한 분광 반사율로 인하여 광원추정이 제대로 이루어지지 않으며 영상을 제대로 복원하지 못한다. 그러나 최대 휘도표면을 이용한 방법은 영상에 이상적인 백색 표면이 없는 경우에는 휘도가 가장 큰 표면을 이용하기 때문에 광원을 제대로 추정할 수 있으며 영상을 제대로 복원할 수 있다.

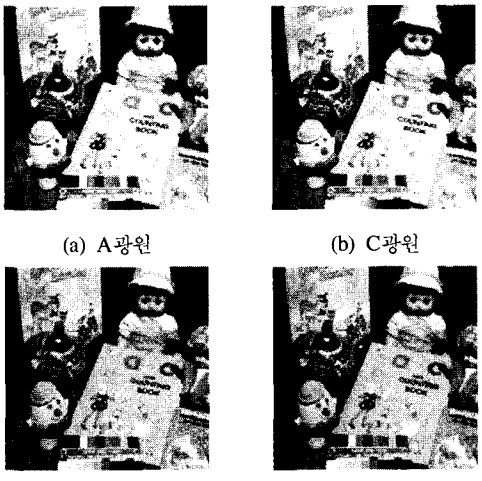
표 1과 표 2는 원 정경과 복원 영상의 CIELAB 칼라 모델에서의 채도차이(chroma difference)와 색차를 나타낸 것이고, 그림 8과 그림 9는 각각 표 1과 표 2를 그래프로 표현한 것이다. 채도차이와 색차는 식 (20)과 같다.



(a) A광원 (b) C광원

(c) Green광원 (d) Yellow광원

그림 6. MSV 방법으로 복원한 영상



(a) A광원 (b) C광원

(c) Green광원 (d) Yellow광원

그림 7. 제안한 방법으로 복원한 영상

$$\Delta C^*_{ab} = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2},$$
$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + \Delta b^*)^2} \quad (20)$$

여기서, $\Delta C^*_{ab}$는 채도차이를, $\Delta E^*_{ab}$는 색차를 나타내고, $\Delta$는 원 정경과 복원 영상 사이의 CIELAB

각 채널 차이를 나타낸다[13]. 표 1과 표 2의 값은 원 정경과 복원 영상 사이의 화소 당 채도차이와 색차를 나타내고, CIELAB 칼라 모델의 범위는 1로 정규화하여 사용하였다. 표와 그래프를 통해서 알 수 있듯이 제안한 방법으로 복원한 영상이 색채차이와 색차가 더 작게 나타난다. 이는 제안한 방법으로 광원을 추정하는 것이 더 효과적이며, 제안한 방법으로 복원한 영상이 MSV 방법으로 복원한 영상보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있음을 의미한다.

표 1. MSV와 제안한 방법의 채도차이

| | A | C | Green | Yellow |
|---|---|---|---|---|
| MSV | 0.1190260 | 0.0836357 | 0.0690344 | 0.0738350 |
| 제안한 방법 | 0.0663869 | 0.0443091 | 0.0359073 | 0.0173928 |

표 2. MSV와 제안한 방법의 색차

| | A | C | Green | Yellow |
|---|---|---|---|---|
| MSV | 0.1238840 | 0.0885433 | 0.0707598 | 0.0756233 |
| 제안한 방법 | 0.0765821 | 0.0529388 | 0.0379176 | 0.0234299 |

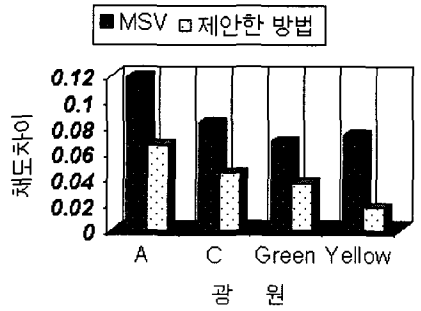



그림 8. MSV와 제안한 방법의 채도차이

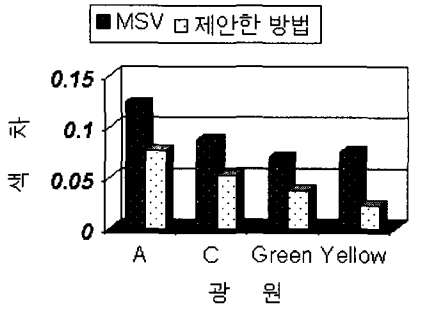



그림 9. MSV와 제안한 방법의 색차

## V. 결 론

본 논문에서는 영상의 가장 밝은, 휘도가 가장 큰 표면에서 추정한 분광 방사 에너지 분포와 분광 반사율을 이용하여 광원을 추정하고 이를 이용하여 영상을 복원하는 최대휘도표면을 이용한 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 먼저 영상에서 가장 밝은 표면의 CIELAB 칼라 값과 먼셀색표를 이용하여 분광 방사 에너지 분포를 추정하였다. 그리고 이 표면에 대응하는 분광 반사율은 주성분분석을 통하여 추정하는데 여기서 세 자극치는 영상에서 가장 밝은 표면의 휘도를 변환하여 사용하였다. 이렇게 구해진 분광 반사율과 분광 방사 에너지 분포를 이용하여 광원을 추정하고 이를 이용하여 입력 영상에서 각 표면에서의 세 자극치를 구한 후 영상을 복원하고 이를 일정한 계수를 이용하여 밝기 보정을 하였다.

실험을 통하여 MSV 방법에서 이상적인 백색 표면이 없는 경우에 광원추정을 잘못하여 영상을 제대로 복원할 수 없는 문제점을 제안한 방법으로 해결 가능함을 보였다.

## 참 고 문 헌

[1] M. D. Fairchild, *Color Appearance Models*, Addison-Wesley, 1997.

[2] J. H. Lee, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Estimation of Spectral Distribution of Illumination using Maximum Achromatic Region," *Int'l. Symp. Multi-Imaging and Color Rep. for Digital Archives*, pp. 92-97, Oct. 1999.

[3] F. H. Cheng, "Recovering colors in an image with chromatic illuminant," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 7, No. 11, pp. 1524-1533, Nov. 1998.

[4] E. H. Land and J. J. McCann, "Lightness and Retinex Theory," *J. Opt. Soc. Am.*, Vol. 61, pp. 1-11, Jan. 1971.

[5] L. T. Maloney and B. A. Wandell, "Color Constancy: A method for recovering surface spectral reflectance," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 3, No. 1, pp. 29-33, Jan. 1986.

[6] M. D'Zmura, "Color constancy: surface color

from changing illumination," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 9, No. 3, pp. 490-493, Mar. 1992.

[7] M. D'Zmura and P. Lennie, "Mechanisms of Color Constancy," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 3, No. 10, pp. 1662-1672, Oct. 1986.

[8] D. A. Forsyth, "A Novel Algorithm for Color Constancy," *Int'l. J. Computer Vision*, Vol. 5, No. 1, pp. 5-36, 1990.

[9] G. Bachsbaum, "A Spectral Processor Model for Object Color Perception," *J. Franklin Inst.*, Vol. 310, pp. 1-26, 1980.

[10] G. D. Finlayson, "Color Constancy in Diagonal Chromaticity Space," *Proc. 5th Int'l. Conf. Computer Vision*, pp. 218-223, 1995.

[11] K. Barnard, *Practical Colour Constancy*, Thesis of Ph. D. in the School of Computing Science, Simon Frase University, 1999.

[12] J. Y. Kim, *Estimation of Illuminant Chromaticity from Single Color Image Using Perceived Illumination and Highlight*, Thesis of Ph. D. in the Department of Electronics of the Graduate School, Kyungpook National University, Dec. 2000.

[13] F. W. Billmeyer, *Principles of Color Technology*, John Wiley & Sons, 1981.

[14] J. Parkkinen, J. Hallikainen, and T. Jaaskelainen, "Characteristic Spectra of Munsell Colors," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 6, No. 2 pp. 318-322, Feb. 1989.

[15] T. Jaaskelainen, J. Parkkinen, and S. Toyooka, "Vector-Subspace Model for Color Representation," *J. Optical Soc. Am. A*, Vol. 7, No. 4, pp. 725-730, Apr. 1990.

안 강 식(Kang-Sik Ahn)

1999년 2월 : 한국해양대학교 제어계측공학과 졸업
2001년 2월 : 한국해양대학교 제어계측공학과 석사
2001년 3월 ~ 현재 : 한국해양대학교 제어계측공학과 박사과정

조 석 제(Seok-Je Cho)

1982년 : 경북대학교 전자공학과
1988년 : 경북대학교 전자공학과 석사
1991년 : 경북대학교 전자공학과 박사
1991년 ~ 현재 : 한국해양대학교 기계·정보공학부 부교수