

論文2001-38SP-3-6

인지조명과 광휘점을 이용한 단일 색 영상으로부터의 조명색 추정

(Estimation of Illuminant Chromaticity from Single Color Image Using Perceived Illumination and Highlight)

金正燁*, 河永浩**

(Jeong-Yeop Kim and Yeong-Ho Ha)

요 약

임의의 물체색은 장면(scene)에 존재하는 조명과 물체 표면의 특성에 의해 결정되므로, 정확한 물체색을 표현하기 위해서는 조명색의 추정이 중요하다. 본 논문은 인지광원(perceived illumination) 현상을 확장한 방법과, 광휘점(highlight) 방법을 각각 제안하고, 두가지 방법을 결합하는 결합적 조명색 추정방법을 제안한다. 인지광원 방법은 개략적인 해의 범위를 결정하는 면에서는 안정성이 보장되나, 정확성의 측면에서는 입력영상의 내용에 의존적인 경향이 있는 단점이 있다. 광휘점 방법은 입력영상의 내용에 의존적이지 않으며, 정확한 해를 제시하는 장점이 있으나, 최종적인 해를 결정하기 위해 폭넓은 범위를 가지는 교차점인 다수의 후보들을 고려해야 하는 단점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 두 가지 방법의 상호보완적인 특성을 이용하여, 인지광원 방법의 추정결과를 가능한 해의 개략적인 범위로 설정하고, 광휘점 방법으로부터 추출된 후보 점 및 분포 클러스터(cluster)들의 특성을 고려하여 최종적인 해를 결정하는 알고리즘을 제안한다.

Abstract

Object color can be determined by the characteristic of scene illuminant and surface. In this paper, perceived illumination effect is extended and with the highlight analysis, hybrid approach is proposed to estimate the illuminant chromaticity. The perceived illumination approach provides a stable candidate range for the estimation of illuminant chromaticity, however, the accuracy is slightly degraded depending on the image contents. The highlight approach does not depend on the image contents and provides an accurate solution of the scene illuminant chromaticity, however, it is difficult to determine the final solution among many cross-points. These two approaches are in effect mutually compensating. The solution from perceived illumination can be used as a starting point or as base information for the highlight approach to get the final solution.

I. 서 론

임의의 물체 색은 장면(scene)에 존재하는 조명과 물

* 正會員, 三星綜合技術院 信號處理 Lab.

(Signal Processing Lab., Samsung Advanced Institute of Technology)

** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部

(School of Electronic Electrical Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

接受日字:2000年6月19日, 수정완료일:2001年4月23日

체 표면의 특성에 의해 결정된다. 조명의 색이 변하면 동일한 물체 표면의 색도 다르게 인식된다. 인간의 시각특성은 조명의 색이 일정한 범위 내에서 변할 때, 물체 색을 동일하게 인식하게된다. 이러한 현상은 칼라 항상성(color constancy)이라 하며 인간의 시각적인 적응(adaptation)에 의한 것으로, 카메라 등의 입력장치에서는 찾아볼 수 없다. 카메라 등의 입력장치에서는 조명의 변화에 따른 물체 색의 변화를 그대로 반영하므로, 사람이 인지하는 것과는 다른 경향을 보인다. 칼라 항상성을 해석하기 위한 연구는 많이 진행되어 왔으며,^[1-13] 영상 획득장치나 인간시각 시스템에 의해 얻어

지는 입력영상이 주어질 때, 장면 내부에 존재하는 조명의 분광특성과 물체 표면의 분광 반사도를 복원하는 것이 목적이다. 칼라 항상성을 해석하기 위한 방법으로는 분광 반사도와 삼자극치(tri-stimulus)를 이용하는 방법으로 크게 분류된다.

분광 반사도를 이용하는 대표적인 방법은 Maloney-Wandell의 방법^[12]이다. 물체 표면에서 반사되는 빛의 분광반사도(spectral reflection)는 물체 색 분광반사도(body reflection)와 조명 분광반사도(surface reflection)의 곱으로 표현된 수식을 사용하며, 이를 분석하여 조명의 분광 반사도를 추정하는 방법이다. 일반적인 선형과 양선형 모델(General Linear and Bilinear Models)을 이용한 D'Zmura 와 Iverson^[3-5]은 원래의 Maloney-Wandell 방법^[12]을 확장하여, 다수의 조명 하에 다수의 물체표면이 존재하는 경우에 두 반사도의 곱으로 표현된 수식을 연장하고, 수식의 구조를 분석하였다. 조명사상(illuminant mapping) 방법은 Forsyth^[7]가 칼라 항상성 해석에 정규범위(canonical gamut)를 제안하여 도입하였으며, 정규조명(canonical illuminant)하에서 발생 가능한 모든 표면 반사도를 정규범위(canonical gamut)로 사상하여 칼라항상성과 조명추정 문제의 가능한 해로 추정하였다.^[14] 확률적인 접근방법^[13,15-16]은 주어진 장면에서 가장 발생 가능성이 높은 조명과 물체 표면에 대한 사전정보를 이용하는 것이며, 기본적으로 Bayes 법칙을 사용한다. Sapiro^[17]는 조명과 표면의 분광반사도 벡터들에 대한 투표과정을 거쳐 조명색과 표면색을 구하는 방법을 제안하였다. 투표과정을 위하여 Hough 변환을 이용하며, 추정된 조명은 파라미터 공간에서 극부 최대값의 위치를 가진다.

삼자극치를 이용하는 방법은 Land^[11]가 제안한 Retinex 이론이 대표적이며, 입력영상의 각 칼라 채널 별 평균값을 조명의 색도로 정의한다. 또한 영상에서의 광휘점(highlight) 특성을 이용하는 방법도 있다. Land의 방법은 영상내의 모든 경로에 대한 변화분을 고려하면 조명색을 추정할 수 있는 현상을 설명하며, 최종적으로는 전체 영상평균의 형태로 표현된다. 광휘점을 이용하는 방법은 Shafer^[18]의 이색성 반사모델(dichromatic reflection model)에 의한 해석법으로, 물체의 표면으로부터 반사되는 빛은 표면반사(surface reflection)와 몸체반사(body reflection)의 합으로 표현 가능하고, 표면반사의 분광구성(spectral composition)은 조명의 분광분포 특성과 동일하다고 가정한다. 동일한

표면의 광휘점 상의 색값들의 분포는 3차원 색공간에서 하나의 평면상에 존재하며, 몸체반사 벡터와 표면반사 벡터의 선형 조합으로 나타낼 수 있다. Klinker^[10]등은 영상의 화소에서 몸체반사 성분과 표면반사 성분을 분리하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 광휘점에 의해 형성되는 칼라 분포로부터 두 개의 벡터를 추정하는 방법으로 조명색을 추정하나, 복잡하며 영역구분이 필요한 단점이 있다. Lee^[19]가 제안한 방법은 이색성 반사 모델을 이용하여, 색의 변화가 발생하는 영역을 대상으로 광휘점 특성을 해석하였다. 칼라 벡터가 정규화된 색도 평면에서, 광휘점 영역에 대한 색도분포는 직선의 모양으로 나타난다. 2개 이상의 광휘점 영역이 존재하면, 각 영역에 대한 직선들의 교점이 얻어지고, 대표성이 있는 교점을 조명의 색도로 선정한다.

본 논문에서는 Petrov의 인지광원(perceived illumination)^[20] 현상을 확장하고, 광휘점(highlight) 방법^[19]을 결합하는 결합적 조명색 추정방법을 제안한다. 인지광원 현상을 확장하여 조명색 추정에 이용할 수 있는 형태로 확장하였고, 광휘점 방법에서는 기존의 방법^[19]과 개념은 동일하지만, 대상영역 선정등 구현방법의 차이점이 있다. 인지광원 현상이란 사람이 장면을 볼 때, 감각적으로 느껴지는 조명의 강도가 존재함을 규명하여 영상의 일부가 물체의 표면색이 아닌 조명 자체의 영역으로 인식되는 것을 설명한 것이다. 이때, 특정한 밝기값 이상인 부분은 조명의 영역으로 인식되며 자체 발광영역(self-luminous)이 된다. 본 논문에서는 인지광원 현상의 실질적인 변수인 자체 발광영역에 대한 문턱치를 실험을 통하여 구하여, 임의 영상으로부터 조명색을 추정하는 방법에 활용하였다. 조명색은 사람이 정경(scene)을 바라볼 때, 전체적으로 느껴지는 색조이며, 이러한 색조는 조명의 특성에 따라 서로 다르게 나타난다. 이와 같이 전체적으로 느껴지는 색조는 조명의 색도(chromaticity) 또는 색온도(color temperature)의 형태로 표현되어야 한다. 일반적인 영상 평균방법^[11]에서는 자체발광 영역들이 존재하는 경우, 추정 결과의 오차가 증가하지만, 본 논문에서는 자체발광 영역을 효과적으로 배제하여, 추정의 정확도를 높일 수 있다. 제안한 인지광원 현상과 광휘점의 결합방법은 인지광원으로부터 추정되는 안정적인 조명색을 기반으로 하고, 광휘점의 특성을 고려함으로써 정확도를 높이는 특징을 가진다. 인지광원방법은 개략적인 해의 범위를 결정하는 면에서는 안정성이 보장되나, 정확성의 측면에서

는 입력영상의 내용(contents)에 의존적인 경향이 있는 단점이 있다. 광휘점 방법은 입력영상의 내용에 의존적이지 않으며, 비교적 정확한 해를 제시하는 장점이 있으나, 최종적인 해를 결정하기 위해 다수의 후보 즉, 폭넓은 범위를 가지는 교차점들을 고려해야 하는 단점이 있다. 따라서, 두가지 방법은 상호보완적인 면이 강하므로, 인지광원 방법의 결과를 최종적인 해의 개략적인 범위를 정하는 초기상태로 설정하고, 광휘점 방법으로부터 추출된 여러 후보점 및 분포 클러스터(cluster)들의 특성을 고려하여 세부적인 해를 결정하는 것이 가능하다.

II. 기존의 조명색 추정 방법

칼라 영상으로부터 조명색을 추정하는 방법에는 회색계 가정(grey world assumption)을 이용하는 방법과 광휘점(highlight)을 이용하는 방법이 있다. 회색계 가정을 이용하는 방법은 Land^[11]가 제안한 Retinex 이론이 대표적이며, 입력영상의 각 칼라 채널별 평균값을 정규화하여 조명의 색도로 정의한다. 처리과정은 먼저, 칼라 영상의 RGB 값을 표준 색 공간인 XYZ로 식 (1)에 의하여 변환한다.

$$\begin{bmatrix} X_{ij} \\ Y_{ij} \\ Z_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{ij} \\ G_{ij} \\ B_{ij} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

여기서 R_{ij} 는 영상의 적색 프레임(red frame)에서 i 열 j 행의 값을 나타낸다. 변환 행렬의 m 값은 입력장치에 따라 서로 다르게 표현되며, 본 논문에서는 디지털 카메라의 전달함수를 이용하였다. 이상과 같이 변환된 XYZ 각 채널별로 전체평균값 (X_A, Y_A, Z_A)는

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} X_{ij}, \\ Y_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} Y_{ij}, \\ Z_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} Z_{ij}, \end{aligned} \quad (2)$$

와 같으며, H 는 영상에서의 행의 수, W 는 열의 수이다. 이상과 같이 구해진 평균값 (X_A, Y_A, Z_A)으로부터 정규화된 색도좌표인 (x_A, y_A)는

$$\begin{aligned} x_A &= \frac{X_A}{X_A + Y_A + Z_A}, \\ y_A &= \frac{Y_A}{X_A + Y_A + Z_A}, \end{aligned} \quad (3)$$

와 같이 구해진다. 평균값의 색도좌표인 (x_A, y_A)가 조명의 색도좌표이다.

영상의 전체평균에 의하여 조명색을 추정하는 회색계 가정방법의 주된 문제점은 영상내부에 고휘도 영역이 존재하는 경우에 발생한다. 고휘도 영역은 전체 평균값의 계산에 영향을 주어, 조명색 추정의 정확도를 감소시킨다. 일반적으로 고휘도의 영역은 영상을 조사하는 조명 자체인 경우일 수 있지만, 조명이 아닌 단순한 발광체인 경우도 많다. 예를 들면 신호등의 램프나, 전체 장면을 조사하는 조명과는 다른 국부적인 램프나, 구멍 등으로 비쳐드는 빛과 같이 전체 장면의 조명과는 무관한 경우도 많다. 따라서, 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 고휘도 영역을 배제하는 선택적 평균방법을 제안하였다.

광휘점을 이용하는 방법은 Shafer^[18]의 이색성 반사모델(dichromatic reflection model)에 의한 해석법으로, 물체의 표면으로부터 반사되는 빛은 표면반사(surface reflection)와 몸체반사(body reflection)의 합으로 표현 가능하고, 표면반사의 분광구성(spectral composition)은 조명의 분광분포 특성과 동일하다고 가정한다. 동일한 표면의 광휘점상의 색값들의 분포는 3차원 색공간에서 하나의 평면상에 존재하며, 몸체반사 벡터와 표면반사 벡터의 선형 조합으로 나타낼 수 있다. Lee^[19]가 제안한 방법은 이색성 반사모델을 이용하며, 색의 변화가 발생하는 영역을 대상으로 광휘점 특성을 해석하였다. 입력영상으로부터 칼라 벡터 (E_r, E_g, E_b)는

$$E_r = k \times L_r \times [R \times f(i, v) + S \times h(i, v)], \quad (4)$$

$$E_g = k \times L_g \times [G \times f(i, v) + S \times h(i, v)], \quad (5)$$

$$E_b = k \times L_b \times [B \times f(i, v) + S \times h(i, v)], \quad (6)$$

과 같이 계산된다. 여기서, k 는 비례상수이고, (L_r, L_g, L_b)는 채널별 반사이며, (R, G, B)는 몸체반사(body reflection)이고, S 는 표면반사(surface reflection)이다. f 와 h 는 광의 입사각 i 와 관찰각 v 에 대한 함수이다. 구해진 칼라 벡터 (E_r, E_g, E_b)를 이용하여 정규화된 색도좌표인 ($E_g/E_r, E_b/E_r$)를 구하면, 광휘점에 해당하는 영

역의 칼라 벡터들에 대한 색도 좌표 분포는 다음과 같이 선형으로 나타난다.

$$\frac{E_b}{E_r} = A \times \frac{E_g}{E_r} + C. \tag{7}$$

여기서

$$A = \frac{L_b}{L_g} \times \frac{B-R}{G-R}, \tag{8}$$

이고

$$C = \frac{L_b}{L_r} \times \frac{G-B}{G-R}. \tag{9}$$

로 표현되며, 색도분포로부터 직선의 형태는 허프(hough) 변환을 이용하여 구한다. 얻어진 광휘점 영역의 개수 만큼에 해당하는 직선들의 교점을 구하면, 조명의 색도 좌표이다. 동일한 개념을 표준 색도 좌표인 CIE (x,y)를 이용하여 그림 1에 나타내었다. 직선 L₁, L₂ 및 L₃의 교차점 중 대표적인 것이 조명의 색도 좌표이다. 광휘점 영역이 다수이면, 직선들이 다수 발생하고, 교차점의 수도 증가한다. 이때, 대표적인 교차점을 선택하여 조명의 색도 좌표를 구할 수 있다. 기존의 방법은 변수공간에서 양자화 방법을 이용하여 교차점들의 분포를 고려하여 가장 많이 발생하는 교차점을 선택하는 방법을 이용하였다. 색도좌표에서 양자화 방법

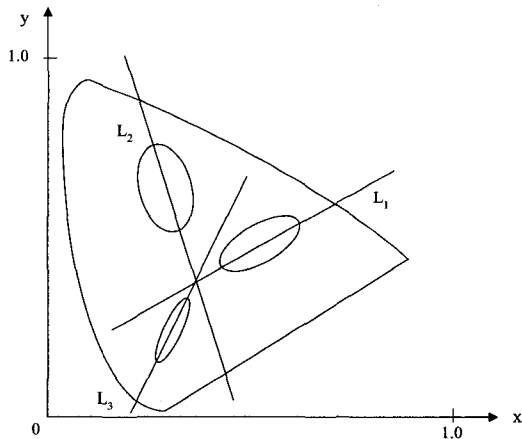


그림 1. 서로 다른 세 개의 표면 색에 대한 이상적인 색도 궤적과 교차점

Fig. 1. Cross point from three lines and the ideal loci of chromaticity corresponding to colors from three surfaces of different colors.

을 적용하면, 정확도가 감소하는 단점이 있다. 본 논문에서는 정확도 감소를 줄이기 위하여 교차점들의 정렬을 통한 대표점 선택방법을 제안하였고, 직선 추출방법에서, 기존의 2차원 색도 좌표에서 직선을 추출하는 것을 개선하여 3차원 공간에서 칼라 벡터의 분포형태를 고려하여 직선을 추출하는 방법도 제안하였다.

III. 제안한 조명색 추정방법

1. 인지광원 현상을 이용한 조명색 추정방법

사람이 장면(scene)을 바라볼 때, 전체적으로 느껴지는 색조가 있으며, 이러한 정보는 조명의 특성에 따라 서로 다르게 나타난다. 백열등에서는 전체적으로 붉은 색조를 느끼고, 일광(daylight)에서는 백열등에 비하여 푸른 색조를 느낄 수 있다. 본 논문에서는 전체적으로 느껴지는 색조를 수치화 하여 사용하였다. 자체발광 영역은 영상에서 빛이 반사되는 물체표면이 아니라 조명과 같이 인식되는 부분으로, 빛이 통하는 구멍(aperture) 또는 경면 반사(specular reflection)등이 이에 해당한다. 일반적인 영상평균 방법에서는 이러한 영역들이 계산에 참여하고, 추정 결과에 오차를 수반하게 되지만, 본 논문에서 제안한 방법은 대상영역을 효과적으로 배제하여, 추정의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

입력영상인 (R_{ij}, G_{ij}, B_{ij})로부터 입력장치에 대한 γ 를 고려하여 선형화 보상을 적용한 선형 입력 ($R_{Lij}, G_{Lij}, B_{Lij}$)을

$$\begin{aligned} R_{Lij} &= R_{ij}^{1/\gamma}, \\ G_{Lij} &= G_{ij}^{1/\gamma}, \\ B_{Lij} &= B_{ij}^{1/\gamma}, \end{aligned} \tag{10}$$

와 같이 구한다. 여기서 R_{ij} 는 적색 프레임의 i 행, j 열의 화소값이며, G 와 B 도 동일한 형태이다. 선형입력 ($R_{Lij}, G_{Lij}, B_{Lij}$)은 표준인 CIE-XYZ 좌표계^[21]로

$$\begin{bmatrix} X_{ij} \\ Y_{ij} \\ Z_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{Lij} \\ G_{Lij} \\ B_{Lij} \end{bmatrix} \tag{11}$$

와 같이 변환된다. $m_{11} \sim m_{33}$ 으로 구성된 3x3 변환행렬은 입력장치의 색특성에 의해 결정되어 미리 계산될 수 있으며, 본 논문에서는 카메라의 특성함수를 사용하

였다. 선형 XYZ의 각 프레임별로 영상의 전체 평균값을 계산하여 (X_A, Y_A, Z_A) 라 하며, 칼라 벡터 형태인 각 요소는

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} X_{ij}, \\ Y_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} Y_{ij}, \\ Z_A &= \frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} Z_{ij}, \end{aligned} \quad (12)$$

와 같이 계산된다. 여기서 H는 영상의 전체 행의 개수이고, W는 전체 열의 개수, X_{ij} 는 X 프레임의 i행, j열의 화소값을 각각 나타내며, Y와 Z에서도 동일한 형태이다. 계산된 평균벡터 (X_A, Y_A, Z_A) 에 상수 f를 곱하여 조명의 강도벡터 (X_{IL}, Y_{IL}, Z_{IL}) 을

$$\begin{aligned} X_{IL} &= f \times X_A, \\ Y_{IL} &= f \times Y_A, \\ Z_{IL} &= f \times Z_A, \end{aligned} \quad (13)$$

와 같이 계산한다. 여기서 상수 f는 인지광원 실험을 수행하여 구한 값으로, 2.0으로 정하였다. 자체발광 문턱치 벡터 (X_{Th}, Y_{Th}, Z_{Th}) 는

$$\begin{aligned} X_{Th} &= k \times X_{IL}, \\ Y_{Th} &= k \times Y_{IL}, \\ Z_{Th} &= k \times Z_{IL}, \end{aligned} \quad (14)$$

와 같이 조명의 강도벡터 (X_{IL}, Y_{IL}, Z_{IL}) 에 일정한 상수 k를 곱하여 얻어지며, 사용되는 상수 k는 인지광원 실험을 통하여 얻어진 값으로 1.5~2.0 정도의 범위를 가진다. 입력영상으로부터 자체발광 문턱치를 초과하는 화소들을 제거하여 얻어지는 영역들에 대하여, 자체발광 문턱치가 변화가 없으면 계산된 조명의 강도 벡터 (X_{IL}, Y_{IL}, Z_{IL}) 을 정규화 하여

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{X_{IL}}{X_{IL} + Y_{IL} + Z_{IL}}, \\ I_y &= \frac{Y_{IL}}{X_{IL} + Y_{IL} + Z_{IL}}, \end{aligned} \quad (15)$$

와 같이 조명색 (I_x, I_y) 를 계산한다. 자체발광 문턱치에 변화가 있는 경우에는 다시 평균치로부터 조명강도를 결정하고, 자체발광 문턱치를 계산하는 부분을 반복 실

행한다. 이와 같은 형태로, 자체발광 문턱치에 변화가 없을 때까지 처리과정은 반복되고, 보통 3~4회 이내의 반복으로 수렴하게 된다. 제안한 방법에 대한 전체 과정을 그림 2에 나타내었다. 최종적으로 얻어진 (I_x, I_y) 를 해당 장면의 조명색으로 추정한다.

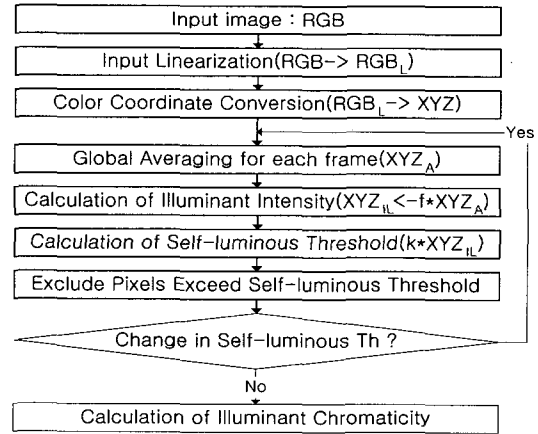


그림 2. 인지광원에 의한 조명색 추정방법 흐름도
Fig. 2. The flowchart for estimation of illuminant chromaticity by perceived illumination.

2. 광휘점을 이용한 조명색 추정방법

일정한 색의 표면으로부터 반사되는 빛은 표면반사(surface reflection)와 몸체반사(body reflection)의 합으로 표현가능하고, 표면반사의 분광구성(spectral composition)은 조명의 분광구성과 동일하다고 가정하는 Shafer의 이색성 반사 모델(dichromatic reflection model)에 따르면, 동일한 표면의 다른 점의 색도좌표는 CIE (x,y) 색도도에서 표면반사에 의해 결정되는 조명색과 몸체반사에 의해 결정되는 몸체색을 연결하는 직선에 놓이게 된다. 이것은 표면반사 성분이 단순히 몸체반사 성분의 색 포화도(saturation)를 감소하게 한다는 것을 의미하며, 측색적으로는 동일한 표면의 색들은 순도는 다르지만 조명색에 대해 동일한 주파장을 가진 것으로 알려져 있다. 이러한 점들의 경로는 조명색에 관해서 방사상으로 놓이는 경향이 있는 직선을 형성한다. 두 개의 서로 다른 분광반사 특성을 가진 표면이 주어지면, 두개의 직선은 유일하게 하나의 점을 결정하고 이것이 조명색이 된다. 입력영상에서 광휘점 후보영역을 선택한다. 이때, $R(i, j)$ 는 Red 프레임의 i행, j열 화소값을 의미한다. 문턱치 선택기준은 해당 화소의 밝기(intensity)가 영상 전체 평균 밝기값의 상수

배가 되도록 정하였으며, 특정한 수치인 2.7은 실험적으로 정한 값이다.

$$I_{ij} = 0.3 \times R_{ij} + 0.6 \times G_{ij} + 0.1 \times B_{ij},$$

$$I_A = \frac{1}{(H \times W)} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} Y_{ij}, \quad (16)$$

$$I_{th} = 2.7 \times I_A.$$

여기서 I_{ij} 는 i 행, j 열에서의 밝기값이고, H 는 영상의 전체 행의 개수, W 는 전체 열의 개수를 의미한다. 영상에 따라 절대적인 밝기값은 변동이 크므로, 절대적인 밝기값을 기준으로 사용할 수는 없다. 추출된 후보영역에 대하여 직선변수(line parameter)인 기울기와 절편을 계산한다. 기존의 직선 변수 추출방법은 색도 좌표상에 투영된 해당영역의 색도 분포중 장축을 기준으로 직선을 구성하여 기울기와 절편을 계산하였다. 대상 후보영역이 정확하게 선택된 경우에는 기존방법^[19]의 계산으로 정확한 결과를 얻을 수 있으나, 대상영역을 정확히 추출하는 것은 매우 어렵다. 본 논문에서는 대상영역이 정확히 추출되지 않은 상황에서도 정확히 직선변수를 추출하는 방법을 제안하였다. 대상영역의 모든 X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij} 를 각각 정규화하여,

$$x_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij} + Y_{ij} + Z_{ij}}, \quad (17)$$

$$y_{ij} = \frac{Y_{ij}}{X_{ij} + Y_{ij} + Z_{ij}},$$

와 같이 색도 좌표 (x_{ij}, y_{ij}) 를 계산한다. 제안한 방법에서는 색도 좌표 (x_{ij}, y_{ij}) 와 밝기정보인 Y_{ij} 를 입력으로 사용한다. $(x_{ij}, y_{ij}) - Y_{ij}$ 쌍을 Y_{ij} 를 기준으로 오름차순 정렬을 실행한 후, 가장 어두운 부분에서 밝은 부분까지 이동창 평균(moving window average)값을 계산한다. 일반적으로 대상영역에 포함되는 화소수가 100개를 초과하므로, 창의 크기는 약 20 화소를 포함하는 정도로 설정하였다. 색도 좌표의 분포 상에서 밝기변화에 따른 색도 변화의 방향을 추정하는 것은 중요하다. 본 방법을 적용하여 중요한 색도 좌표를 4~5개 정도 추출하여 이를 바탕으로 직선변수를 추출할 수 있으며 방법을 그림 3에 나타내었다. 추출된 모든 직선변수의 집합을 이용하여, 각 직선들의 교점을 계산하여 $c(x, y)$ 라하고, 계산된 교점들의 집합에 대하여 가장 대표성이 있는 교점을 선택하여 조명의 색으로 선정한다. 기존의 방법^[19]은 히스토그램을 이용하는 것이며, 교점의 자료

정밀도가 높으면 해당 눈금(bin)을 매우 작게 나누어야 하는 등, 처리에 어려운 점이 많다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 히스토그램의 개념을 이용하지만, 자료의 정밀도를 유지할 수 있는 처리방법을 제안한다. 한개의 교점은 x 와 y 의 쌍을 가지는 구조이며 그림 4의 (a)와 같고, 공간 분포형태는 그림 4의 (b)와 같다. 교점 집합에 대하여 우선 x 값을 기준으로 하여 오름차순으로 정렬을 실행한다. 이때, x 값을 정렬할 때, y 값은 한개의 쌍으로 동일하게 이동시키며, y 값 자체는 의미가 없다. 이상과 같이 정렬을 하면, 그림 4의 (c)와 같은 완만한 3차 곡선에 가까운 x 의 집합이 얻어진다. 중앙의 가장 평탄한 영역이 대표성을 가지는 구조이다.

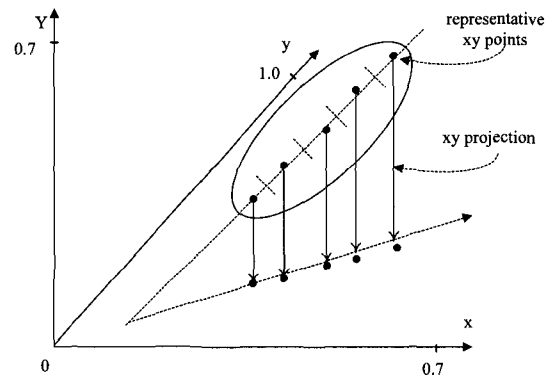
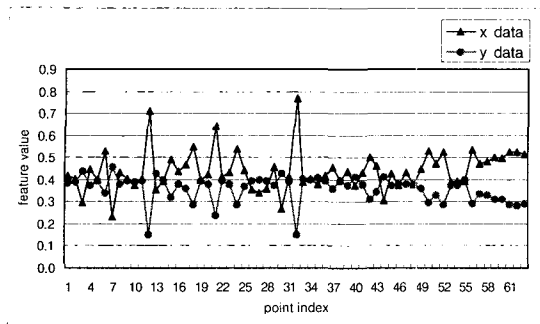
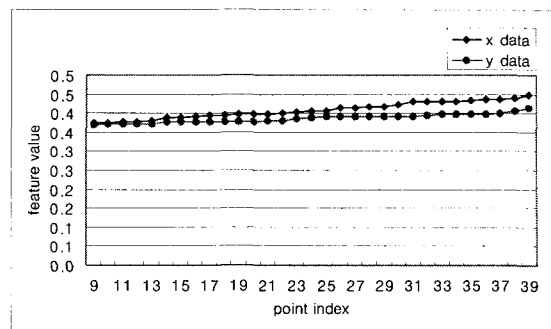


그림 3. 제안한 직선변수 추출방법
Fig. 3. Proposed method for extracting line parameters.

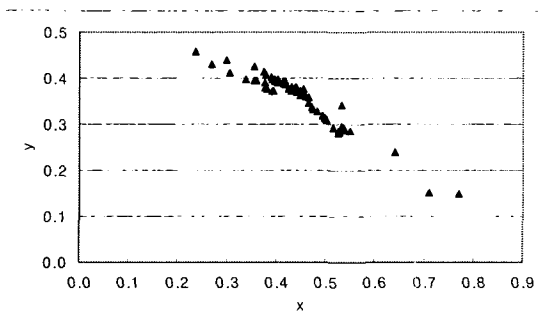
본 논문에서는 3차 함수로 근사한 후, 변곡점을 선택하는 방법을 사용한다. 이상과 같이 구해진 x 값을 중심으로 하여, 좌우 일정량의 개수를 포함하는 x 의 구간을 설정하면 그림 4의 (d)와 같다. 설정된 x 구간내에 존재하는 y 값에 대하여 동일한 방법으로 3차함수 근사를 적용하여 대표성이 있는 y 값을 구하면 그림 4의 (e)와 같은 곡선형태를 얻을 수 있다. 제안한 방법은 색도분포가 집중적이며 정밀도를 요구하는 경우에도 히스토그램의 형태로 처리하는 경우보다 효과적인 장점이 있다. 히스토그램의 눈금 크기에 따른 정밀도 감소문제를 해결할 수 있으며, 대표점 선택시 3차함수의 변곡점을 선택할 수도 있고, 해당 집합에서 변곡점에 가장 가까운 점을 선택하는 방법도 있다. 이와 같이 구한 대표성 있는 $c(x, y)$ 를 조명의 색으로 결정한다.



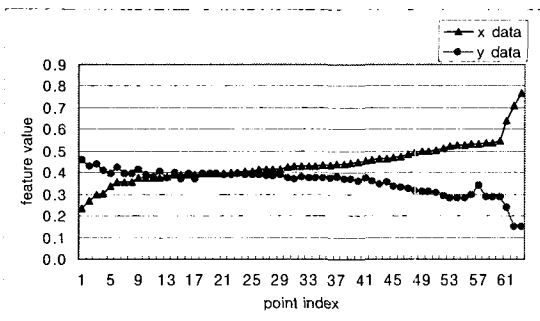
(a)



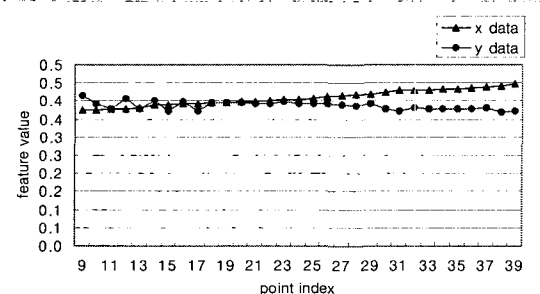
(e)



(b)



(c)



(d)

그림 4. 대표점 선택방법

- (a) 교차점 x-y 좌표
- (b) 교차점의 색도좌표 분포
- (c) x를 기준으로 (x, y) 집합을 정렬한 결과
- (d) 선택된 중앙구간에 대한 (x, y) 집합
- (e) (d)의 결과를 y에 대하여 정렬한 결과

Fig. 4. Selection of representative point.

- (a) cross-points for (x, y) coordinates
- (b) chromaticity distribution of (x, y) coordinates
- (c) sorted (a) for x only
- (d) selection of center part of (c)
- (e) sorted (d) for y

3. 인지광원과 광휘점의 결합방법

본 방법은 임의 칼라영상으로부터 조명색을 추정하는데 이용되며, 인지광원과 광휘점을 결합하여 구성된 결합방법이다. 인지광원으로부터 추정되는 비교적 안정적인 조명색을 기반으로 하고, 광휘점의 특성을 고려한 정밀도 향상의 개념으로 두가지 방법을 결합할 수 있다. 인지광원의 경우, 개략적인 해의 범위를 결정하는 면에서는 안정성이 보장되나, 정확성의 측면에서는 입력영상의 내용(content)에 의존적인 경향이 있는 단점이 있다. 광휘점 방법은 입력영상의 내용에 의존적이지 않으며, 비교적 정확한 해를 제시하는 장점이 있으나, 최종적인 해를 결정하기 위해 다수의 후보(폭넓은 범위를 가지는 교차점)를 고려해야 하는 단점이 있다. 두가지 방법은 상호보완적인 면이 강하므로, 인지광원 방법의 결과를 최종적인 해의 개략적인 범위를 정하는 초기상태로 설정하고, 이를 기준으로 하여, 광휘점 방법으로부터 추출된 여러 후보점 및 색도 분포들의 형태특성을 고려하여 세부적인 해를 결정하는 것이 가능하다. 인지광원 방법을 수행하여 임시 조명색 계산결과인 (b_x, b_y) 를 구한 다음, 광휘점 방법과 같은 기준으로 후보 클러스터(cluster)들을 선정한다. 선정된 각 클러스터들에 대한 기준점을 이용하여 직선근사를 실시하고,

인지광원 방법에서 계산된 결과인 조명색 (p_x, p_y) 좌표를 기준으로 가장 근거리에 있는 3개의 직선 클러스터를 선정한다. 선정된 3개의 직선들의 교점을 계산하여 각각 ($cp1_x, cp1_y$), ($cp2_x, cp2_y$), ($cp3_x, cp3_y$)라 할때, 이 3개의 교점중 (p_x, p_y)와 가장 가까운 교점을 추정된 조명색으로 결정한다. 이러한 계산과정을 그림 5에 나타내었다.

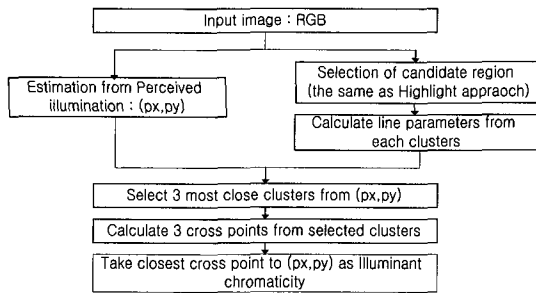


그림 5. 결합방법 처리 흐름도
Fig. 5. The flowchart for hybrid approach.

IV. 실험 및 고찰

1. 기준조명의 색도 선정 방법

영상을 촬영하는 장면의 기준조명 정보는 측정에 의존하는 경우가 많다. 본 논문에서는 두가지의 기준조명 정보를 활용할 수 있다. 한가지는 촬영하는 장면에서, 백베스-칼라체크를 적절한 위치에 두고, 계측기로 측정을 하는 것이다. 정확한 값을 알 수 있기 때문에 좋은 기준정보이다. 그러나 촬영하고자 하는 장면 내부의 국부적인 조명 조사 특성이 다르게 나타나는 경우, 한개의 장면에 대하여 여러 개의 서로 다른 측정치가 존재한다. 예를 들면, 야외촬영의 경우, 장면의 일부는 그늘에 가려져 있고, 일부는 직접 조사된다면, 그들의 경우, 백색을 측정할 것과, 직접 조사되는 영역의 백색을 측정할 결과는 서로 다르게 나타난다. 표 1의 측정결과는 Minolta CS-100 Chromameter를 사용하였고, 그늘이나, 구름의 영향, 직사의 3가지 경우에 대하여 최대 0.04정도의 오차가 발생한다. 이는 주변 환경의 영향으로, 촬영하는 장면의 국부적인 조명 특성이 서로 다를 수 있음을 보인 것이다. 따라서, 장면의 조명에 국부적인 변화가 발생하는 경우, 대표성이 있는 기준조명의 정의는 매우 어려운 문제이다. 본 논문에서는 촬영환경에서 우세한 조명이 나타나는 경우를 중심으로 측정을 실시하

고, 이를 측정 기준치로 사용하였다. 야외의 경우는 직사광선을 기준으로 하였으며, 실내의 형광등이나, 할로겐의 경우는 대체로 유사한 국부특성을 나타내므로, 대표값의 선정에 문제가 없다. 또 다른 한가지 기준색도를 정하는 방법은 영상 내부에 백색패치를 두고 촬영하여, 해당 RGB값을 이용하여 색도를 계산하는 것이다. 이 기준도 사용할 수는 있으나, 카메라 보정 및 색도변환등의 문제로, 실측한 색도를 사용하는 것이 더욱 적절하여, 본 논문에서는 실제 측정된 색도를 기준으로 사용한다.

표 1. 기준백색 측정자료

Table 1. The measured reference whites.

Y	x	y	condition	clock
199.0	0.320	0.340	S	08:30
959.0	0.348	0.362	D	08:30
351.0	0.340	0.356	S	11:50
514.0	0.322	0.345	S	11:50
302.0	0.328	0.347	S	11:50
909.0	0.330	0.352	C	11:50
1540.0	0.340	0.356	D	11:50
1120.0	0.349	0.363	D	11:50
1690.0	0.343	0.357	D	11:50
650.0	0.295	0.318	S	15:30
1080.0	0.340	0.357	D	15:30

2. 추정오차 계산방법

영상으로부터 조명 색을 추정한 후, 기준치와의 차이를 나타내는 방법은 여러 가지가 있다. 본 논문에서는 크게 색도 (x, y)와 색온도 T의 두 가지 척도(metric)를 사용한다. 색도의 경우 다음과 같은 척도를 사용할 수 있다.

- a) x-y 색도 공간에서의 직선거리(Euclidean distance) : Δ_{xy}
- b) $\Delta_{xy/xyreference}$
- c) $\Delta_{xy/xyreference}^2$

b)의 경우는 각 영상마다 해당 기준 색도 벡터의 크기를 분모로 사용하는 것이고, c)의 경우는 D65 (daylight 6500K)의 기준 색도 벡터 크기를 분모로 모든 영상에 적용한 것이 차이점이다. a)의 경우, 가장 안정적이고, 절대적(absolute)인 값의 척도로 사용될 수 있으나, 이 척도를 사용하는 경우, 추정오차를 직관적으로 이해하기 어려운 단점이 있다. 예를 들면, $\Delta_{xy}=0.03$ 이라 할 때, 어느 정도의 오차를 의미하는지 이해하기 어렵다. 추정오차의 직관적인 이해를 위하여 b)와 같이

목표로 하는 기준 색도 벡터의 크기에 대하여 Δ_{xy} 오차가 어느 정도의 백분율로 표현되는 지를 결정하는 방법을 사용할 수 있다. 이 때, 기준 색도 벡터의 크기가 0.4라면, 오차는 $0.03/0.4 = 7.5\%$ 가 되고, 백분율의 형태로 표현되므로 오차의 정도를 직관적으로 파악하는 것이 용이하다. 그러나, 이 경우도 조명에 따른 기준 색도 벡터의 크기가 각각 다르므로, Δ_{xy} 가 일정하게 나타나더라도, 영상에 따라 서로 다른 오차율을 가지게 된다. 따라서 c)와 같이 일광 6500K의 색도 벡터의 크기를 기준으로 하여 여러 조명들에 대한 평균적인 오차 백분율을 표현하는 것이 적절하다. 또 다른 방법은 색온도로 오차를 표현하는 것이다. 추정치과 기준치를 모두 색온도로 표현하고, 이들의 차를 오차로 사용한다. 이 경우는 절대적인 척도를 사용함으로써, 직관적으로 오차를 판단할 수 있으나, x-y 좌표계와 색온도의 함수 관계는 비선형성이 매우 강하다. 즉 동일한 Δ_{xy} 의 차이를 가지더라도, 색온도로 변환하는 경우, 색온도가 낮은 경우는 실제보다 작은 오차로 나타나고, 색온도가 높은 경우는, 반대로 실제보다 크게 나타나는 경향을 가진다. 이는 일정 색온도 차에 대한 Δ_{xy} 가 색온도가 증가할수록 감소하기 때문이다. 본 논문에서는 xy 색도의 c)와 색온도 차의 두 가지 방법으로 오차를 계산하였다.

3. 인지광원을 이용한 조명색 추정방법

실험실에서 Kodak DC-420 digital camera로 촬영한 6개의 조명에 대한 광휘점이 포함된 영상을 입력하고, 출력은 (x, y) 좌표로 표현한다. 사용된 조명은 6개의 광부스(Macbeth Light Booth)내의 조명들이며, HRZ (Horizon), INC(Incandescent), CLW(Cool White), D50(Daylight 5000K), D65(Daylight 6500K), D75(Daylight 7500K)로 구성되었다. 기준 조명정보는 맥베스-칼라체커(Macbeth Color Checker)를 해당 조명하에서 촬영한 흑백패치를 이용하여 구한 값이다. 기준정보를 위한 촬영에는 카메라와 맥베스-칼라체커와의 거리는 1.2m 내외, 맥베스-칼라체커를 광부스 바닥에 위치시키고, 촬영한 것을 사용하였다. 계산에 참여하는 화소 값의 안정성을 확보하기 위하여, RGB에서 변환된 XYZ 값에 대하여, 한개 화소에서 XYZ중 최소값과 최대값의 비율이 5.0을 초과하거나, 각 XYZ 값중 한 개 이상이 0.05 미만의 값을 가지면 계산에서 배제하였다. 이와 같은 적합성 검사를 통과한 화소에 대하여, 선형화를 위한

γ 보상을 시행하고, RGB 모든 채널에 대하여

$$\begin{aligned} R_{Lij} &= 0.971 \times R_{ij}^{1.4924}, \\ G_{Lij} &= 0.971 \times G_{ij}^{1.4924}, \\ B_{Lij} &= 0.971 \times B_{ij}^{1.4924} \end{aligned} \quad (18)$$

와 같이 동일하게 적용한다. 선형 ($R_{Lij}, G_{Lij}, B_{Lij}$)에 대하여 RGB-XYZ 변환행렬을 적용하여 (X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})를

$$\begin{bmatrix} X_{ij} \\ Y_{ij} \\ Z_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0755 & 0.3833 & -0.1744 \\ 0.2668 & 1.1197 & -0.4178 \\ -1.7172 & -0.6965 & 6.1078 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{Lij} \\ G_{Lij} \\ B_{Lij} \end{bmatrix} \quad (19)$$

와 같이 계산한다. 여기서 ($R_{Lij}, G_{Lij}, B_{Lij}$)의 입력범위는 0~1이며, 출력값인 (X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})의 범위는 0.0~1.127로 처리한다. 식(5)에서 자체발광 영역 문턱치 계산에 사용된 변수인 k 는 1.5로 사용하였다. 추정결과는 표 2

표 2. 인지광원 현상을 이용한 방법의 추정 결과

Table 2. The result for estimation of perceived illumination.

error illuminant	R _x	R _y	E _x	E _y	Δ _{xy}	Error [%]
HRZ	0.5030	0.4120	0.4634	0.3722	0.0561	12.325
INC	0.4590	0.4110	0.4435	0.4048	0.0167	3.665
CLW	0.3790	0.3910	0.3868	0.3982	0.0106	2.330
D50	0.3520	0.3680	0.3576	0.3702	0.0006	1.321
D65	0.3170	0.3450	0.3238	0.3535	0.0109	2.390
D75	0.3020	0.3320	0.3087	0.3473	0.0167	3.667

* Error = $\Delta_{xy}/0.456 \times 100[\%]$ (0.456:6500K vector magnitude)

에 나타낸 바와 같이 약 4~5%의 오차를 가진다. 표에서 (R_x, R_y)는 기준백색 좌표이고, (E_x, E_y)는 추정백색 좌표이며, Δ_{xy} 는 색도 좌표 상에서의 직선거리를 의미한다.

4. 광휘점을 이용한 조명색 추정방법

본 실험에서도 입력 및 조명은 인지광원과 동일한 조건으로 시행하였다. 실험결과는 표 3에 나타났으며, 선정된 광휘점 후보영역의 정확성 등에 의하여 성능이 가변적인 폭을 가지는 것을 볼 수 있으며, 인지광원에 비하여 정확도가 낮은 것을 알 수 있다. 전체 오차는 (x, y) 거리 기준 5.8~5.9% 정도이다.

표 3. 광휘점 방법의 추정결과
Table 3. The result for estimation of highlight approach.

error illuminant	R _x	R _y	E _x	E _y	Δ _{xy}	Error [%]
HRZ	0.5030	0.4120	0.5344	0.3757	0.0480	10.5367
INC	0.4590	0.4110	0.5117	0.4058	0.0530	11.6254
CLW	0.3790	0.3910	0.3969	0.4003	0.0202	4.4283
D50	0.3520	0.3680	0.3662	0.3568	0.0181	3.9703
D65	0.3170	0.3450	0.3237	0.3388	0.0091	2.0040
D75	0.3020	0.3320	0.3135	0.3347	0.0118	2.5933

* Error = Δ_{xy}/0.456*100[%] (0.456:6500K vector magnitude)

표 4. 결합방법의 추정결과 : 실험실, DCS-420 카메라 사용

Table 4. The result for estimation of hybrid approach : DCS-420 camera.

error illuminant	R _x	R _y	E _x	E _y	Δ _{xy}	Error [%]
HRZ	0.5030	0.4120	0.4989	0.3640	0.0048	10.576
INC	0.4590	0.4110	0.4380	0.3880	0.0311	6.837
CLW	0.3790	0.3910	0.3993	0.4081	0.0265	5.827
D50	0.3520	0.3680	0.3634	0.3763	0.0141	3.096
D65	0.3170	0.3450	0.3283	0.3526	0.0136	2.989
D75	0.3020	0.3320	0.3542	0.3542	0.0222	4.874

* Error = Δ_{xy}/0.456*100[%] (0.456:6500K vector magnitude)

5. 기준색표에 대한 결합방법 추정결과

본 실험의 입력은 앞의 두가지 경우와 동일하며, 실험실 내부를 촬영한 것으로 실험결과는 표 4에 나타났다. 추정성능은 광휘점의 특성 때문에 인지광원에 비하여 약간 낮음을 볼 수 있다. 그러나, 장면의 내용에 의존적이며 정확도 결합이라는 인지광원 방법의 단점을 고려해 볼때, 크게 차이 나는 오차는 아님을 알 수 있다. x,y 각 요소별 오차는 4% 미만이며, (x,y) 거리 기준은 5.6~5.7% 정도이다.

6. 결합방법의 신뢰성 평가

결합방법의 신뢰성을 검증하기 위하여, 임의 환경에서 영상을 촬영하고 동일한 환경에서 조명의 색도를 직접 계측기(CS-100)를 사용하여 측정하였다. 본 실험에 사용된 입력 및 기준은 앞절의 세가지 실험과 다른 방법으로 진행하였다. 입력을 위한 촬영 카메라는 전자들의 경우는 Kodak DCS-420을 사용하였으나, 본 경우

는 Kodak DC-260을 사용하였고, 촬영장면도 실험실(형광등), 실험실(백열등), 사무실(형광등), 야외등으로 확장하였다. 실험에 이용된 영상은 총 111장이며, 조명은 크게 백열등(Halogen), 형광등(Fluorescent), 일광(Daylight)의 세가지 경우로 분류하였다. 실험의 오차계산은, 각 조명에 해당하는 측정 (x,y)와 추정된 (x,y)의 직선거리(Euclidean distance)를 이용하여 표현한다. 평균오차는 각 영상의 오차를 전체 영상 집합에 대하여 평균한 오차이며, 기준조명에 대한 (x,y)는 백열등(0.465,0.411), 형광등(0.390,0.414), 일광(0.340,0.357)이며 구성비율은 각각 33장, 42장, 36장이다. 사용된 입력 장치의 전달특성인 γ = 1.573이며 RGB_XYZ 변환행렬은

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.514 & 0.359 & 0.016 \\ 0.247 & 0.704 & -0.078 \\ 0.012 & 0.081 & 0.606 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.002 \\ 0.001 \\ 0.013 \end{bmatrix} \quad (20)$$

와 같다.

7. 일반영상에 대한 결합방법의 추정결과

본 실험에 사용된 입력 및 기준은 상기 신뢰성 평가와 동일하며, 실험실 외부를 촬영한 영상을 사용하였다. 입력을 위한 촬영 카메라는 Kodak DC-260을 사용하였고, 촬영장면은 실험실(형광등), 실험실(백열등), 일반형광등, 야외등으로 확장하였다. 사용 조명은 세종류로 하였으며, 총 360장의 영상을 확보하였다. 적용대상 영상을 속성에 따라, 네가지의 경우로 분류하였다. 장면(scene)의 대표 조명 측정이 가능한 경우를 제 1 그룹, 장면의 조명을 사람이 추정할 수 있으나, 정확한 측정은 할 수 없는 경우를 제 2그룹, 복합조명으로 대표 조명을 선정하기 어려운 경우를 제 3그룹, 조명의 속성을 판단하기 어려운 경우를 제 4그룹으로 하였다. 앞의 4.6절에서 다루는 신뢰성 평가에는 실제 측정치가 존재하는 제 1그룹 111장에 대하여 실시하였고, 본 절에서는 제 4그룹(66장)을 제외한 총 294장에 대하여 적용하였다. 실험오차를 계산하기 위한 기준(x,y)의 선정은 다음과 같다. 제 1그룹의 경우는 실제 측정치를 사용하고, 제 2,3 그룹은 사람이 영상을 보고, (HAL,FLU,DAY)의 세계 중에 한개를 선택하는 방법을 사용하였다. 이상 세가지 종류의 조명에 대하여 실험한 결과를 표 7에 나타내었다. 실험실 광부스 외부에서도 유사한 정확도의 결과가 나왔으며, 전체오차는 (x,y) 거리기준 7.8% 정도로 나타났다. 동일한 결과를 색온도의 척도로 변환하여 표 8에 나타내었다. 제안한 방법에 의한 색온도

추정 오차는 약 400K 정도로 우수한 성능을 알 수 있다. 제안한 방법과 Land^[11]의 Retinex 이론에 근거한 방법과의 성능비교는 표 9에 나타내었다. 측정치를 참조할 수 있는 그룹 1이 가장 의미가 있으며, 제안한 방법에 의한 조명색 추정이 기존 방법보다 우수함을 알 수 있다.

표 5. 결합방법에 대한 색도에서의 안정성 평가

Table 5. Result for stability test of hybrid approach in chromaticity.

illuminant \ error	hybrid method	remarks
halogen	5.91	average error percentage : $\Delta xy/0.456*100[\%]$
fluorescent	6.01	
daylight	6.61	

표 6. 결합방법에 대한 색온도에서의 안정성 평가

Table 6. Result for stability test of hybrid approach in color temperature.

illuminant \ error	hybrid method	remarks
halogen	146	average error in color temperature
fluorescent	287	
daylight	717	

표 7. 결합방법의 추정결과 : 색도, 외부, DC-260 카메라 사용

Table 7. Result for hybrid approach : chromaticity, outdoor, DC-260 camera.

illuminant \ error	hybrid method		
	Group 1	Group 2	Group 3
halogen	5.91	5.66	5.00
fluorescent	6.01	8.24	9.57
daylight	6.61	9.46	7.35

표 9. 기존방법과의 비교 : 색온도, 외부, DC-260 카메라 사용

Table 9. Comparison of conventional and hybrid approach : color temperature, outdoor, DC-260 camera.

illuminant \ error	conventional method			hybrid method		
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 1	Group 2	Group 3
halogen	170	309	15	146	139	175
fluorescent	535	584	379	287	490	523
daylight	971	1149	820	717	1071	843

표 8. 결합방법의 추정결과 : 색온도, 외부, DC-260 카메라 사용

Table 8. Result for hybrid approach : color temperature, outdoor, DC-260 camera.

illuminant \ error	hybrid method		
	Group 1	Group 2	Group 3
halogen	146	139	175
fluorescent	287	490	523
daylight	717	1071	843

V. 결 론

본 논문에서는 인지광원과 광휘점의 특성을 고려한 임의의 영상으로부터 조명색을 결정하는 방법을 제안하였으며, 결합방법은 기존의 두가지 방법에 비하여 안정성과 정확도가 우수한 장점을 가진다. 본 논문에서 제안한 두가지 방법인 인지광원과 결합방법은 각각 적용분야를 달리 할 수 있다. 실험결과에서와 같이 인지광원 방법만을 적용한 경우에도 우수한 조명색 추정결과를 가지므로, 이 방법의 단독 적용도 가능하다. 인지광원 방법은 결합방법에 비하여 간단한 구현성을 이유로, 실시간 처리가 필요하고, 정확도가 약간 감소해도 좋은 경우에 유리하며, 결합방법의 경우는 실시간 처리가 필요 없고, 정확도를 요구하는 분야에 적용함으로써, 데이터의 성격에 따라 선택적인 적용이 가능하다.

참 고 문 헌

[1] D. Brainard and B. A. Wandell, "Analysis of the retinex theory of color vision," J. Optical Soc. Am., A, vol.3, pp.1651~1661, 1986.
 [2] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object color perception," J. Franklin Inst., vol.310, pp.1~26, 1980.

- [3] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy I: basic theory of two-stage linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.10, pp.2148~2165, 1993.
- [4] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy II: results for two-stage linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.10, pp.2166, 1993.
- [5] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy III: general linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.11, pp.2389~2400, 1994.
- [6] G. D. Finlayson, P. M. Hubel, and S. Hordley, "Color by correlation," Proc. IS&T Fifth Color Imaging Conf., Nov. 1997.
- [7] D. A. Forsyth, "A novel algorithm for color constancy," Int'l J. Computer Vision, vol.5, no.1, pp.5~36, 1990.
- [8] R. Gershon and A. D. Jepson, "The computation of color constant descriptors in chromatic images," Color Research and Applications, vol.14 pp.325~334, 1989.
- [9] B. K. P. H. Horn, "Determining lightness from an image," Computer Graphics and Image Processing, vol.3, pp.277~299, 1974.
- [10] G. J. Klinker, S. A. Shafer, and T. Kanade, "The measurement of highlights in color images," Int'l J. Computer Vision, vol.2, pp.7~32, 1988.
- [11] E. H. Land, "Color vision and the natural image," Proc. Nat'l Academy of Science USA, vol.45, pp.115~129, 1959; vol.45, pp.636~644, 1959; vol.80, pp.5163~5169, 1983.
- [12] L. T. Maloney and B. A. Wandell, "A computational model for color constancy," J. Optical Soc. Am., A, vol.3, pp.29~33, 1986.
- [13] H. J. Trusell and M. J. Vrhel, "Estimation of illuminant for color correction," Proc. ICASSP, pp.2513~2516, 1991.
- [14] G. D. Finlayson, M. S. Drew, and B. F. Funt, "Spectral sharpening: sensor transformations for improved color constancy," J. Optical Soc. Am., A, vol.11, pp.1553~1563, 1994.
- [15] M. D' Zmura, G. Iverson and B. Singer, "Probabilistic color constancy," Geometric Representations of Perceptual Phenomena, R.D.Luce, M.D'Zmura, D.Hoffman, G.Iverson, and A.K.Romney, eds. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- [16] W. T. Freeman and D. Brainard, "Bayesian decision theory, the maximum local mass, and color constancy," Proc. Int'l Conf. Computer Vision, pp.210~217, 1995.
- [17] Guillermo Sapiro, "Color and illuminant voting", IEEE Trans. on PAMI, vol.21, No.11, pp.1210~1215, 1999.
- [18] S. A. Shafer, "Using color to separate reflection components," Color Research and Application, 10, No.4, pp 210~219, Winter, 1985.
- [19] Hsien-Che Lee, "Method for computing the scene-illuminant chromaticity from specular highlights," J. Opt Soc. Am., A, vol.3, no.10, pp. 1694~1699, 1986.
- [20] A. P. Petrov, Chang Yeong Kim, Yang Seok Seo, In-So Kweon, "Perceived illuminant measured," Color Research And Application, Vol.23, No.3, pp. 159~168, 1998.
- [21] Gunter Wyszecki, W. S. Stiles, Color science : concepts and methods, quantitative data and formulae, 2nd Ed., p.130, John Wiley & Sons, 1982.

 著 者 紹 介

金 正 燁(正會員) 第 37 卷 SP編 第 5 號 參照

河 永 浩(正會員) 第 37 卷 SP編 第 5 號 參照