

# RGB 영상 정보를 이용한 조명광과 물체의 분광 반사 복원

## Reconstruction of the Spectral Distribution of Illuminant and Object Using 3-band Image Information.

유미옥\*, 조석제\*, 안석출

\*국립해양대학교 제어계측공학과, 국립부경대학교 화상정보공학부

9916234@hananet.net, sukchul@pknu.ac.kr

### I. 서론

인간의 시각은 조명광원이 바뀌어도 색 항상성 때문에 거의 일정한 색을 지각할 수 있다<sup>(1)</sup>. 그러나 CCD 센서를 활용하고 있는 영상획득 시스템은 피사체 고유의 색정보(물체의 분광반사율)와 조명 광원이 합쳐진 색채 정보를 획득하여 기록하게 된다. 그러므로 동일한 피사체의 색에 대해서도 조명 광원이 바뀌면 획득된 색정보도 달라지게 된다. 따라서 최근에는 물체의 분광 반사율 정보를 이용한 색 영상 처리에 관한 관심이 높아지고 있으며, 이를 실현하기 위해서 기존의 방법은 5-밴드 혹은 9-밴드의 영상을 이용하였다. 본 논문에서는 RGB의 3밴드 영상을 이용하여 조명광원의 분광 방사 분포와 물체의 분광 반사 분포를 추정하는 새로운 방법을 제안하고 실험을 통해서 제안한 방법의 타당성과 유용성을 확인하였다.

### II. 조명광원의 추정

#### 2.1 디지털 영상을 이용한 조명광원의 추정

디지털 카메라로 기록된 칼라 영상정보의 R,G,B는 피사체의 고유 분광 반사 분포  $O(\lambda)$ , 조명광원의 분광방사분포  $E(\lambda)$ 와, 디지털 카메라의 분광특성인  $\bar{r}(\lambda)$ ,  $\bar{g}(\lambda)$ ,  $\bar{b}(\lambda)$ 로 결정된다. 분광방사 분포  $L(\lambda)$ 에 대한 Maloney & Wandell의 선형모델에서  $L(\lambda)$ 는 식(1)과 같이 나타낸다.

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

식(1)에서 조명광원의 분광방사 분포  $E(\lambda)$ 를 구하기 위해서는 피사체로부터 방사되는 에너지 분포  $L(\lambda)$ 와 피사체의 분광반사  $O(\lambda)$ 를 알아야 한다. 분광 반사  $O(\lambda)$ 가 표준 백색의 분광 반사라 가정하면 조명 광원의 분광 방사 분포  $E(\lambda)$ 는 피사체의 방사 에너지 분포  $L(\lambda)$ 와 같게 된다. 일반 영상에서 표준 백색이 포함될 가능성은 없지만 조명 광원에 대해서 피사체의 분광 방사가 최대인 영역의 분광 반사 분포를  $O_{\max}(\lambda)$ 라하고, 분광 반사 분포가  $O_{\max}(\lambda)$ 인 면에서 방사되는 에너지를  $L_{\max}(\lambda)$ 라 하면 식(2)와 같이 표현된다.

$$E(\lambda) = L_{\max}(\lambda) / O_{\max}(\lambda) \quad (2)$$

#### 2.2 최대 분광 방사 $L_{\max}(\lambda)$ 의 추정

RGB 디지털 영상 정보로부터 최대 분광 방사 영역을 조명 광원의 종류에 관계없이 무채색 영역으로 탐색하기 위해서 그레이 월드 영상으로 변환하고, 변환된 RGB 디지털 신호로부터 최대 휘도 값을 가지는 영역의 삼자극치와 먼셀 색표로 작성한 데이터 베이스로부터 색차가 최소인 분광 에너지 분포를

$L_{\max}(\lambda)$ 로 인식하고 하고, 이때의 삼자극치 최대 방사 휘도의 삼자극치  $X_{\max}, Y_{\max}, Z_{\max}$ 라 한다.

### 2.3 삼자극치로부터 분광 반사 분포의 복원

최대 방사 휘도의 삼자극치를 가지는 곳의 분광 반사 분포를 최대 분광 반사 분포  $O_{\max}(\lambda)$ 라 하면, 무채색 영역의 집합으로부터 구한 평균 분광 반사 분포  $\overline{O}(\lambda)$ 와 고유벡터  $u_1(\lambda), u_2(\lambda), u_3(\lambda)$ 를 사용하여 다음 식으로 표현된다.

$$O_{\max}(\lambda) = \overline{O}(\lambda) + [u_1(\lambda) \ u_2(\lambda) \ u_3(\lambda)] [a_1 \ a_2 \ a_3]^T \quad (3)$$

$$[a_1 \ a_2 \ a_3]^T = [M]^{-1} [ [X \ Y \ Z]^T - [\overline{X} \ \overline{Y} \ \overline{Z}]^T ] \quad (4)$$

식(4)에서 매트릭스  $[M]$ 은 무채색 집합에서 구한 고유벡터, CIE 등색함수, 그리고 표준광원의 분광 분포로 정해지는 계수이고, 평균 삼자극치  $\overline{X}, \overline{Y}, \overline{Z}$ 는 무채색 집합의 평균 분광 반사 분포로 정해진다.

## III. 피사체의 분광 반사율 복원

### 3.1 동일색상 분류

먼셀 색표 1485개의 분광 반사 분포를 측정하여 표준광원에 대한 삼자극치와  $L^*a^*b^*$ 를 구해두고, 채도벡터를 이용하여 무채색 집합으로 하고 그 나머지 부분을 유채색 집합으로 한다.

유채색 집합의 분광 반사 분포에 추정된 광원의 분광정보를 적용하여 각각에 대해  $L^*a^*b^*$ 를 구한 후, 이들 색표에 대한 색상 각을 구해둔다. 전체 유채색 집합에서 동일색상 집합에서 제3주성분까지의 누적 기여율이 99.5% 이상이 되도록 분류하고 이를 동일 색상의 집합이라 한다.

각 동일 색상의 집합에 대해서 대표적인 색상 각, 평균 분광 반사 분포  $\overline{O}(\lambda)$ , 고유벡터  $u_1(\lambda), u_2(\lambda), u_3(\lambda)$ , 확장 계수  $[a_1 \ a_2 \ a_3]^T$ 를 구해둔다.

### 3.2 동일 색상 영역의 인식과 분광 반사 분포의 복원

임의의 디지털 신호 RGB에 대해서  $L^*a^*b^*$ 와 계산한 색상 각이 데이터 베이스에 기록된 색상 각과 가장 근접한 동일 색상 집합을 인식하고, 인식된 동일 색상의 데이터 베이스의 평균 분광 반사 분포  $\overline{O}(\lambda)$ , 고유벡터  $u_1(\lambda), u_2(\lambda), u_3(\lambda)$ , 확장 계수  $[a_1 \ a_2 \ a_3]^T$ 를 가져와 식(5)에 의해 물체의 분광 반사분포  $O_{est}(\lambda)$ 를 구한다.

$$O_{est}(\lambda) = \overline{O}(\lambda) + [u_1(\lambda) \ u_2(\lambda) \ u_3(\lambda)] [a_1 \ a_2 \ a_3]^T \quad (5)$$

### 참고문헌

- (1) Mark D. Fairchild, Color Appearance Models, Addison-Wesley Press, pp. 23-28, 1998.
- (2) J.P.Kim, S.T.Pang, H.Y.Park, S.M.Ryu, M.O.Too, S.C.Ahn, "A method to predict spectral reflectance of skin color taken by 3-channel input device", The Annual conference of The Korean Printing Society, pp.31~35, Nov. 1998.
- (3) E.H.Lee, S.C.Ahn, J.H.Kim, "Accurate Color Reproduction using Principal Component Analysis and A Neural Network based on Reflectance Spectra", The 10th The Annual conference of The Korean Printing Society, pp.13~19, Dec. 1998.
- (4) S.C.Ahn, H.E.Choi, "Estimation of the spectral reflectance based on the database with the same hue", OPTO Northeast and Imaging 2001, NE02-17, Apr. 2001.

