

# RGB 색신호의 분광반사율 추정

백진욱, \*최환언, \*\*안석출

부경대학교 대학원 인쇄공학과, \*동부산전문대학 전자계산학과,

\*\*부경대학교 공과대학 화상정보공학부

## Spectral Reflectance Estimation of RGB Color Signal

*Jin-Wook Beak, \*Hwan-Eon Choi, \*\*Suk-Chul Ahn*

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School, Pukyong National University,

\*Dept. of Computer Science, Dong-Pusan College,

\*\*Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

### Abstract

Recently a color image processing to be become independent have been desired at the light source in an image processing and it have been enlarged. An image processing of the light source which is become independent means an image processing which uses a spectral reflectance information. We improved it in the spectral reflectance estimation method which uses existing 3-band image in this research that the improvement of an identity color population generation method which uses the hue angle and the processing speed improvement and introduces a labelling method. The precision of a spectral reflectance estimation appeared to the  $\Delta E_{ab}^*$  of an average 2.7 comparing with the measurement price. The practical use possibility came to be fast and appeared a processing speed compared with existing method.

### 1. 서 론

본 연구에서는 RGB 색 신호를 이용하여 물체의 분광반사율을 추정하기 위해서는 다양한 광원에 대한 모집단 데이터베이스 구축이 요구되며, 실용화 시스템을 위한 처리 시

간의 단축을 위해 색상 각을 이용한 선형적 방법을 이용하여 동일 색상 분류와 라벨링을 통한 이미지 처리시간을 단축하는 방법을 제안하여, 이 방법의 타당성과 유용성을 실험을 통해 확인하는 것을 연구목적으로 하였다.

## 2. 동일색상 모집단 생성과 라벨링

### 2-1. 동일색상 모집단 생성

#### 2-1-1. 무채색 모집단 형성

먼셀색표로 구성된 데이터베이스의 모집단으로부터 무채색 영역의 분리는 채도벡터( $C^*ab$ )와 휘도( $L^*$ )를 이용한다. 광원별 휘도( $L^*$ )가 60%이상이고 채도벡터( $C^*ab$ )가 15이하인 것을 무채색 모집단으로 규정한다.

#### 2-1-2. 유채색 영역의 모집단 형성

자연색을 대표하는 색의 모집단(먼셀 색표 1563개)을  $a^*b^*$  색도도에 표시해 두고, 색상이 H인 색자극 P에 대한 동일색상은 채도벡터  $C^*_{ab}$ 의 크기가 일정한 값 이하인 범위에 있는 무채색 성분을 제외하고 색상 각이  $H_1$  와  $H_2$  사이에 있는 색을 모집단으로 한다. 이 때, 색상 각을 이용하여  $15^\circ$ 씩 나누어 24개의 부분으로 동일색상 영역의 데이터베이스를 만든다.

### 2-2. 동일색상 모집단의 데이터베이스 작성

임의의 화소정보로부터 물체의 분광반사율을 추정하기 위해서는 모집단의 평균분광반사율  $\overline{O}(\lambda)$ , 모집단의 주성분  $u_i$  ( $i=1,2,3$ ), 그리고 전개계수  $a_i$ 를 알아야 한다. 모집단의 평균분광반사율과 모집단의 주성분은 아래와 같이 사전에 계산하여 데이터베이스로 구축해둔다.

Table I 은 24개의 동일색상 모집단에 대해서 구축된 데이터베이스의 형태이다.

#### 2-2-1. 광원별 모집단의 구축

8종류의 광원(C광원, A광원,  $D_{65}$ ,  $D_{50}$ , 실측  $D_{50}$ 광원, 실측  $D_{65}$ 광원, 실측Hol광원, 실측 TL84광원)에 대해서 모집단을 구축한다. 실측한 먼셀 색표의 분광반사율에 광원(8종류)을 적용하여 각각에 대한  $L^*a^*b^*$ 값을 구한다. 이들 값을  $a^*b^*$ 평면에 기점하고, 여기서 24개의 동일색상 모집단 영역으로 분류한 후, 각각의 동일색상 영역에 대한 평균분광반사율  $\overline{O}_{i-est}$ 를 구한다.

### 2-2-2. 동일색상의 부분 모집단으로 분류된 영역의 주성분 벡터

$a^*b^*$ 평면에서 24개의 동일색상의 부분 모집단으로 분류된 영역의 주성분 벡터  $u_{i-1}, u_{i-2}, u_{i-3}$ 을 구한다. 여기서  $i=1, 2, \dots, 24$ 로 분할된 모집단의 라벨을 나타내고 첨자 1, 2, 3은 제1주성분, 제2주성분, 그리고 제3주성분을 나타낸다.

Table 1. The Same Hue Data Base of the 24 regions

Label value	Average spectral reflectance $\overline{O}(\lambda)$	PC of $u_1$	PC of $u_2$	PC of $u_3$
1	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{1-1}$	$u_{1-2}$	$u_{1-3}$
2	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{2-1}$	$u_{2-2}$	$u_{2-3}$
3	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{3-1}$	$u_{3-2}$	$u_{3-3}$
4	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{4-1}$	$u_{4-2}$	$u_{4-3}$
5	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{5-1}$	$u_{5-2}$	$u_{5-3}$
:	:	:	:	:
24	$\overline{O}(\lambda)$	$u_{24-1}$	$u_{24-2}$	$u_{24-3}$

### 2-3. 라벨링 방법을 이용한 동일색상 인식

RGB 컬러 정보로 구성된 3-밴드 이미지를 이용하여 31차원의 분광반사율 추정을 위해서는 우선 이미지 획득 당시의 사용된 조명광원의 분광방사 정보를 알아야 하고, 광원의 정보에 따라서 각각 구축된 데이터베이스를 이용하여 물체의 분광반사율을 추정한다.

Fig. 1과 같이 입력된 RGB를 사용하여 물체의 분광반사율을 추정하기 위해서는 색상각을 구한 후, RGB 값이 25개의 동일색상 영역 중 어느 곳에 속하는가를 인식하여야 한다.

기존의 방법에서는 동일색상 영역을 인식하기 위하여 RGB에 대한 색상각의 계산공정과 동일색상 영역의 인식공정이 요구되었다. 기존의 방법에서 동일 색상 영역을 인식하기 위해서는 RGB값에 대한 색상각과 25종류로 구분된 동일 색상 영역의 대표적인 색상각(25개)과의 유클리드 거리를 계산 한 후 최소 값을 구해야 한다. 한 화소에 대해서 한번의 색상각 계산과 25번의 유클리드 계산, 그리고 한번의 최소 값 계산이 필요하지만, 여기서는 방법에서는 한번의 계산으로 동일 색상 영역을 인식할 수 있다. 다음은 라벨링 방법으로 동일 색상 영역의 인식 과정을 나타내고 있다. 여기서  $200 \times 200$  크기의 매트릭스로 25개의 동일색상 영역으로 구분된 부분을 라벨링한 Label\_SH와 모든 요소 값이 0

인 Label\_RGB를 데이터베이스로 구축해 둔다.

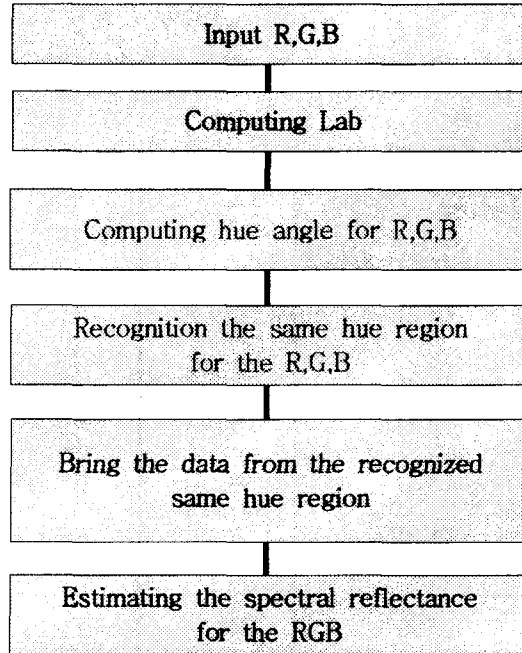


Fig. 1. The spectral reflectance estimating block diagram for the RGB.

### 2-3-1. Input RGB

샘플 이미지로 사용한 Meebath Color Checker에서 11영역에 해당하는 한 화소의 값 R(97), G(145), B(19)를 예를 들어 진행한다.

### 2-3-2. Computing Lab for R(97), G(145), and B(19)

RGB값으로부터 XYZ 삼자극치로 변환은 아래의 NTSC 변환식 식(1)과 식(2)의 변환식을 이용하여  $L^*a^*b^*$ 값을 구한다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6068 & 0.1735 & 0.2004 \\ 0.2989 & 0.5866 & 0.1145 \\ 0.0000 & 0.0661 & 1.1163 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, \quad a^* = 500 \left\{ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right\},$$

$$b^* = 200 \left\{ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right\} \quad (2)$$

이 때 구해진  $L^*a^*b^*$ 값은 각각 105.9, -37.6, 79.1이 되었다.

### 2-3-3. Changing the 1 from 0 on Label\_RGB( $a^*, b^*$ )

Fig. 2와 같이 200×200 크기로 구축된 Label\_RGB의 모든 요소 값은 0으로 초기화 되어 있으며, RGB값으로부터 계산된  $a^*, b^*$ 값을 이용하여 다음과 같이 좌표 ( $a^*, b^*$ )에만 1로 값을 변환한다.

$$\text{Label\_RGB}(-37.6, 79.1)=1$$

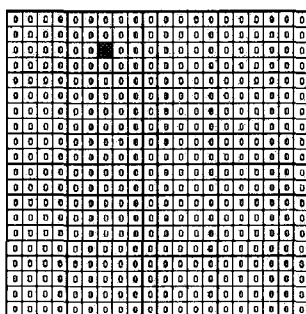
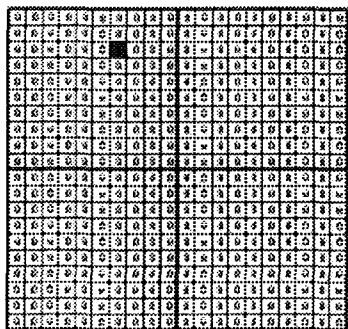
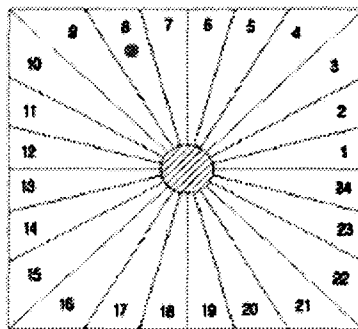


Fig. 2. Changing value 0 to 1 on Label\_RGB(-37.6, 79.1).

### 2-3-4. Recognition the same hue region for the RGB



(a) Changed value Label\_RGB



(b) Same hue Label\_SH

Fig. 3. The Label\_RGB and Label\_SH.

Fig. 3 (a) 매트릭스 Lab\_RGB는 모든 값이 0으로 초기화되어 있고, 다만 RGB값에서 구해진  $a^*, b^*$ 값에 해당하는 좌표(-37.6, 79.1)에만 1의 값을 가진다. Fig. 3 (b)는 동일 색상 영역과 그레이 영역으로 모두 25개의 영역에 대해서 라벨이 부여되어 있다. 여기서 Label\_RGB 매트릭스와 Label\_SH 매트릭스를 곱하여 그 값을 구하면 8이 된다. 즉, 입

력된 R(97), G(145), B(19)에 대한 동일 색상 영역은 8의 영역으로 인식된다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 광원추정 결과

##### 3-1-1. 최대무채색 영역의 인식결과와 분광반사율 복원

규정된 무채색 영역중의  $R_{GWA}$ ,  $G_{GWA}$ ,  $B_{GWA}$ 를 사용하여  $Y$ 가 95%이상이고  $C_b$ ,  $C_r$ 의 절대값이 최소가 되는 지점을 찾아 최대무채색 영역으로 가정하고, 최대 무채색 영역을 찾기 위해 사용한 샘플 이미지(Mecbath Color Checker)를 3종류의 서로 다른 조명(D65, A, Ho1)에서 촬영한 이미지를 사용하였다. 실험결과 3종류의 이미지에서 모두 가장 밝은 흰색부위를 인식하였다.

##### 3-1-2. 최대무채색 부분의 분광반사율 추정

Grayworld방식으로 인식한 최대무채색 영역에 대해서 분광반사율을 추정한 결과를 실측한 값과 함께 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 최대무채색 영역의 분광 반사율은 실측한 값과 거의 일치함을 알 수 있다. 이는 이미지 촬영당시의 조명 광원에 관계없이 물체의 고유 분광반사율을 추정이 가능함을 알 수 있다.

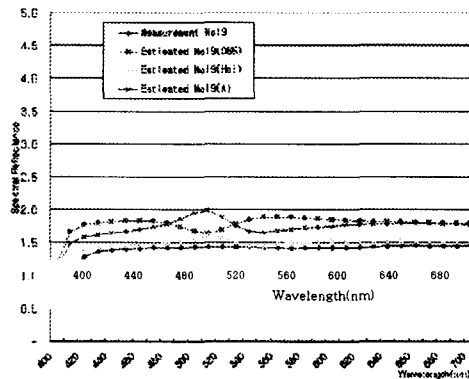


Fig. 4. Measured and estimated the spectral reflectance of the sample No.19.

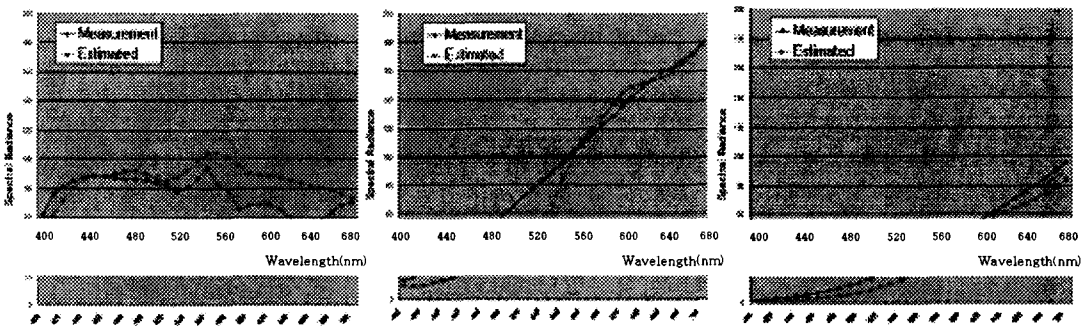
##### 3-1-3. 광원 추정

최대무채색 영역에서의  $L_{max}(\lambda)$ 는 최대무채색 영역에서 얻은  $L_{ab}$ 값과 광원의 종류에 따라 최대무채색 영역의 분광반사율로 얻을 수 있는  $L_{ab}$ 값과의 색차가 최소인 광원의 분광분포를 사용하여 식(24)와 같이 구할 수 있으며, 이 때 얻은  $L_{max}(\lambda)$ 와 복원한

$R_{max}(\lambda)$ 를 사용하여 광원을 추정할 수 있다.

다음의 Fig. 5은 3종류의 조명에서 촬영한 이미지로부터 추정된 광원의 분광방사와 실측한 분광방사를 나타낸 그래프다. Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이 실측한 광원의 분광방사와 추정된 광원의 분광방사에는 약간의 차이만 발생하고 있으므로 실용화의 가능성을 나타내고 있다.

보다 정확한 광원 추정이 필요한 분야를 위해서는 다양한 조명광원에 대한 데이터베이스 구축이 요구되지만, 분광반사 정보를 이용한 이미지 처리에 이용하는 경우에는 문제가 없을 것으로 사려된다.



(a) Measured and estimated spectral radiation of the D65      (b) Measured and estimated spectral radiation of the A      (c) Measured and estimated spectral radiation of the Hol

Fig. 5. Measured and estimated spectral radiation of the (a)D65, (b)A and (c)Hol light source.

### 3-2. 광원별 동일색상 모집단의 누적기여율

먼셀 색상을 기반으로 하여 24종류의 동일색상과 1개의 그레이 영역으로 분류하였다. 이들 각각의 동일색상 영역에 포함되어 있는 물체의 분광반사율에 대한 주성분을 분석하여 제3주성분까지의 누적 기여율을 모두 99.5% 이상이 되도록 하였다. 동일색상 분류는 실제 이미지 실험에 사용한 3종류의 광원 외에 5종류의 광원에 대해서도 데이터베이스를 구축하였다. 그러나 이미지를 통한 실제 실험은 실험실에 준비된 광원 A, D65, 그리고 Hol에 대해서만 확인할 수 있었다. 여기서 제3주성분까지의 누적 기여율이 99.5% 이상으로 결정한 것은 5-밴드 이미지를 이용한 물체의 분광반사율 추정에서 신뢰성이 확인된 값을 따른 것이며, RGB 값으로 저장된 컬러 이미지로부터 오차 없이 정확하게 추정할 수 있다면 바로 누적 기여율의 비율만큼 가능한 것이다.

### 3-3. RGB 이미지를 이용한 분광반사율 추정결과

선형 분할 방식으로 동일색상 영역을 그레이를 포함하여 25영역으로 나눈 모집단 영

역의 데이터베이스를 3종류의 광원에 대해서 구축한 후, fig. 6과 같은 테스트 이미지에 대해서 실험하였다.

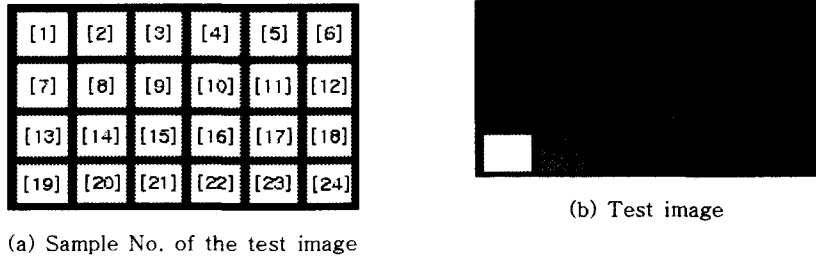
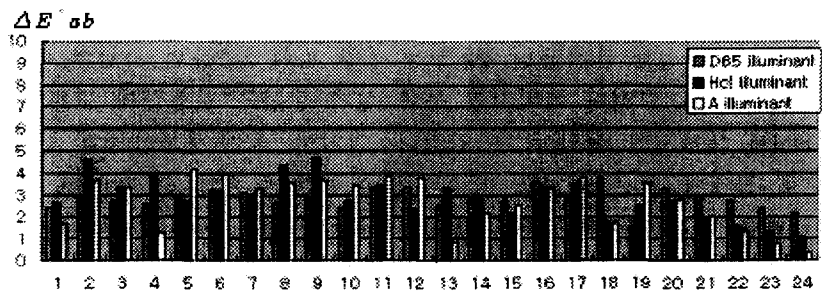


Fig. 6. Test image and sample No. of the test image were used spectral reflectance estimating experiment.

실험결과의 정확성과 객관적인 평가를 위해서 테스트 이미지의 각 영역에 대한 실측한 분광반사율과 3종류의 조명광에서 촬영한 이미지로부터 추정한 분광반사율의 결과를 비교해 보았고, 여기서 실험한 샘플은 유채색인 Sample No.1~Sample No.18까지 모두 18종류를 3종류의 광원에 대해서 실험하였다. 그리고 실측한 분광반사율과 3종류의 광원 하에서 촬영한 3-밴드 이미지로부터 추정한 분광반사율을 D65 표준의 광에서 색차를 비교한 값을 fig. 7과 같이 그래프로 나타내었다. 이때 표준으로 한 실측한 분광반사율을 기준으로 색차를 계산하였다.

그리고 각 Sample No. 별 색차를 fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 알 수 있는 바와 같이 평균 색차는 2.7이었고, Sample No.2, Sample No.8, 그리고 Sample No.9에서 색차가 4.5로 다소 많이 나타났다. 이는 누적 기여율이 다른 영역보다 낮기 때문에 색차가 다소 많이 나타났음을 알 수 있다.



Same hue angle area

Fig. 7.  $\Delta E^*ab$  comparison graph according to the light source.



## 4. 결 론

일반적으로 같은 색자극이라도 색을 촬영 또는 관찰하는 환경에 따라서 지각되는 색이 달라지므로 피사체 고유의 색으로 이미지를 처리하는 방법이 요구되고 있다. 이를 실현하는 방법들이 멀티밴드 이미지를 이용한 분광반사율 추정이다. 본 실험에서는 기존의 3-밴드 이미지를 이용한 분광반사율 추정 방법에서 색상 각을 이용한 동일 색상 모집단 생성 방법의 개선과 라벨링 방법을 도입하여 처리 속도를 개선하였다. 자연색을 대표하는 먼셀 컬러 패치를 측정하여 각 광원별로 주성분  $u_1, u_2, u_3$ 를  $a^*b^*$ 영역에서 선형으로 분할하여, 동일색상 영역으로 24종류의 라벨을 부여하였다. 제안한 방법으로 구축한 영역의 데이터베이스를 이용하여 실험한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 미지의 광원정보 이미지 RGB 색신호에서 Grayworld 방식을 사용하여 광원을 추정할 수 있었고, 실측한 광원의 분광방사와 추정한 광원의 분광방사에는 약간의 차이만 있으므로 실용화의 가능성을 나타내었다.

2) 주성분  $u_1, u_2, u_3$ 를  $a^*b^*$ 영역에서 선형으로 분할하여, 동일색상 영역으로 Label을 부여하므로 색상각을 이용한 인식방식과 비선형 분할 라벨링 방식에 비하여 데이터베이스 구축이 용이하였고, 처리 속도가 향상되었다.

3) RGB 이미지를 이용한 분광반사율 추정결과 Mecbath 영역별로 추정된 분광 반사율이 일정한 형태를 나타내고 있으며, 추정한 분광반사율을 D65 표준의 광에서 색차를 비교하면 평균색차가 2.7로 나타났고, 누적기여율이 다른 영역보다 낮은 부분에서는 색차가 4.5 정도로 다소 많이 나타났다.

이상의 결과로 제안한 방법의 타당성과 유용성을 확인 할 수 있었으며 처리속도가 향상되어 실용화에 접근할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 1) Mark D.Fairchild, Color Appearance Models, Addison-Wesley Press, pp. 23~28 (1998).
- 2) 大田 登, 色彩工學, 東京電氣大學 出版局, pp. 45~49 (1993).
- 3) Y.Miyake, Y.Yokoyama, Proc. SPIE 330:190, (1998).
- 4) S.H.Lee, J.P.Kim, E.H.Lee, S.C.Ahn, The Annual conference of The Korean Printing Society, pp.1~6 (1998).
- 5) C.G.Kim, S.T.Pang, H.Y.Park, S.M.Ryu, M.O.Yoo, S.C.Ahn, The Annual conference

- of The Korean Printing Society, pp. 31~35, Nov. (1998).
- 6) J.P.Kim, S.T.Pang, E.H.Lee, S.C.Ahn, The 10th Annual conference of The Korean Society for Imaging Science and Technology, pp. 45, Dec. (1998).
  - 7) S.H.Lee, S.T.Pang, C.H.Lee, E.H.Lee, S.C.Ahn, The 11th Conference of The Korean Society for Imaging Science and Technology, pp. 13~21, (1999).
  - 8) M.K.Yoo, S.J.Cho, S.C.Ahn, J. of Korean Society for Imaging Science and Technology, Vol. 6, No. 1, pp. 76~82, (2000).
  - 9) S.A.Ahn, J.P.Kim, S.C.Ahn, The 18th Conference of The Korean Society for Imaging Science and Technology, pp. 67~68, (2002).