

# 3-채널 입력장치에 의해 얻어진 피부색의 분광반사율 추정

김체경, 방상택, 박희윤, 류승민, \*유미옥, 안석출

부경대학교 인쇄공학과,  
\*해양대학교 제어계측학과

## A method to predict spectral reflectance of skin color taken by 3-channel input device

C. G. Kim, S. T. PANG, H. Y. PARK, S. M. RYU, M. O. YOO, S. C. AHN

Department of Graphic Arts Information, Pukyong National University

\*Department of Control & Instrumentation, Korea Marine University

### Abstract

Spectral reflectance of the object should be measured to predict the color of object under various illuminants. The spectral reflectance can be represented in a multidimensional space. Generally we can obtain only three-channel data from input device such as CCD camera, color scanner etc. The estimation from three dimensional to multidimension can be achieved using principal components of spectral reflectance.

In this paper, A method to predict the spectral reflectance of skin color taken by 3-channel input device is described. To confirm this method, we simulate color represent under various illuminants about yellow, white and colored women face.

### 1. 서 론

CCD 카메라, HDTV 카메라등으로 입력된 이미지의 정보는 촬상시의 조명광원에 의해 결정되기 때문에 촬영된 이미지를 같은 색으로 재현하기 위해서는 이미지의 재현시 같은 조명광원하에서 보지 않으면 안된다. 따라서 촬영할 때의 조명환경에 무관한 색재현을 위해서는 물체고유의 분광반사율을 이용하여 광원에 따른 색재현을 해야 한다.

색을 재현하는데 있어서 400~700의 가시광 영역의 31차원(또는 61차원)의 분광반사율을 저장하는 것은 불가능하기 때문에 31차원의 데이터를 저차원의 데이터로 저장하고, 색재현을

할 때 다시 31차원의 데이터로 복원하는 방법이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 주성분분석에 의한 분광분포의 추정이 보고된 바 있고, 특정색에 있어서는 3의 주성분만으로도 재현이 가능하다고 보고된 바 있다.

본 논문에서는 피부색의 분광반사율을 추정하기 위해 받아들여진 RGB, 3색신호로부터 주성분 분석에 의한 방법을 기술하고, 이 방법의 유용성과 타당성을 확인하기 위해 황인, 백인, 흑인의 여자 얼굴 이미지에 대해서 광원에 따른 색재현 시뮬레이션을 하였다.

## 2. 주성분 분석에 의한 피부색의 분광반사율 추정

임의의 피부색에 대한 분광반사율  $O(\lambda)$ 는 식(1)과 같이 표본점의 평균 분광반사율과 주성분 벡터의 선형 결합으로 표현할 수 있다.

$$O(\lambda) = \bar{O}(\lambda) + \sum_{i=0}^k \alpha_i u_i \quad (1)$$

여기서  $u_i$ 는 피부색 표본점에 대한 분산 공분산 매트릭스의 고유벡터이고,  $\alpha_i$ 는 전개계수이며,  $\bar{O}(\lambda)$ 는 모집단의 평균분광반사율이다. 분산 공분산 매트릭스로부터 구한 고유벡터에서 고유값이 제일 큰 값부터 주성분  $u_1, u_2, u_3$ 로 나타내며 이들 값  $\bar{O}(\lambda)$ 와 주성분은 피부색 모집단에서 구할 수 있으며 피부색의 분광분포를 추정하기 위한 기본적인 식은 식(2)와 같다.

$$X = K \sum_{\lambda=400}^{700} E(\lambda) \bar{x}(\lambda) O(\lambda) \quad (2-1)$$

$$Y = K \sum_{\lambda=400}^{700} E(\lambda) \bar{y}(\lambda) O(\lambda) \quad (2-2)$$

$$Z = K \sum_{\lambda=400}^{700} E(\lambda) \bar{z}(\lambda) O(\lambda) \quad (2-3)$$

여기서  $E(\lambda)$ 는 광원의 분광반사율이고,  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 는 등색함수이며 계수 K는 식(3)에 의해서 구해진다.

$$K = \frac{1}{\int_{\lambda=400}^{700} E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

임의의 분광분포  $O(\lambda)$ 를 추정하기 위해서는  $\bar{O}(\lambda)$ , 고유벡터  $u_1, u_2, u_3$ 와 계수  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 를 알아야 한다. 분산 공분산 매트릭스에서 평균 분광반사율과 고유벡터는 알 수 있으며, 계수  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 는 식(2)를 식(1)에 대입하면 다음의 식(4)에 의해 계산되어 진다.

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} \right\} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 \end{bmatrix}^{-1} = M^{-1}$$

여기서  $M^{-1}$ 은 모집단의 분광반사율 중에서 3개의 각 주성분에 대응하는 삼자극치로 변환계수에 해당되고, X, Y, Z는 입력된 R, G, B 신호로부터 NTSC방식으로 변환된 삼자극치이며,  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$ 는 모집단의 삼자극치에 대한 평균값이다.

식(4)에서 구한  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 를 식(1)에 대입하면 피부색의 각 화소에 대한 RGB값으로부터 분광반사율을 추정할 수 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 피부색의 표본화와 주성분 분석

본 실험에서는 피부색의 고유 분광반사율을 추정하기 위해서 피부의 표본 인쇄된 동양인, 백인, 흑인 여자의 인물사진 30매를 선정하여 각 사진별로 4곳을 피부색을 측정하여 인종별로 120개의 모집단을 사용했으며 이들의 평균 분광 반사율을 Table.1과 Fig.1에 나타내었다. 동양인의 모집단에서 분산 공분산 매트릭스로부터 구한 고유벡터에서 제일 큰 값부터 제 1 주성분에서 제 5 주성분까지 구하였으며 이들의 정보량을 Table.2와 Fig.2에 나타내었다.

Table 1. Averaged spectral reflectance of sampled human skins.

	yellow race	white race	colored race
400:	0.1491	0.2926	0.061
410:	0.1694	0.3343	0.0639
420:	0.1868	0.3549	0.0662
430:	0.1923	0.3623	0.0675
440:	0.1982	0.3694	0.071
450:	0.2028	0.3743	0.0748
460:	0.2046	0.3759	0.0772
470:	0.2048	0.3761	0.0781
480:	0.2136	0.3831	0.085
490:	0.2469	0.4117	0.1082
500:	0.3005	0.4592	0.1419
510:	0.3346	0.492	0.1563
520:	0.3336	0.4953	0.1473
530:	0.3249	0.4896	0.1363
540:	0.319	0.4831	0.1265
550:	0.3083	0.4731	0.1117
560:	0.2873	0.4548	0.0923
570:	0.2745	0.4448	0.0831
580:	0.3029	0.4687	0.1046
590:	0.3969	0.5418	0.1701
600:	0.4982	0.6169	0.2348
610:	0.5607	0.6636	0.2724
620:	0.588	0.685	0.2892
630:	0.6043	0.6981	0.2989
640:	0.616	0.7061	0.3055
650:	0.6298	0.7159	0.3157
660:	0.6403	0.7232	0.3257
670:	0.6454	0.7281	0.3303
680:	0.6429	0.7286	0.3279
690:	0.6385	0.7283	0.3238
700:	0.6324	0.7243	0.316

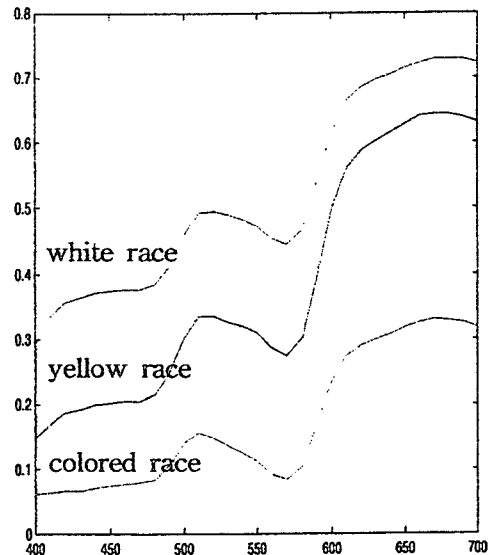


Fig. 1. The averaged spectral reflectance of population.

본 실험에서는 입력신호인 RGB 성분을 기본으로 한 3채널을 이용하므로 주성분인 고유벡터를 세 번 제항까지만 사용하였으며 Fig.3에 나타내었다.

Table 2. The amount information for principle component analysis.

	u1	u2	u3	u4	u5
yellow race	87.46	98.21	99.71	99.93	100.00
white race	87.46	98.21	99.71	99.93	100.00
colored race	87.46	98.21	99.71	99.93	100.00

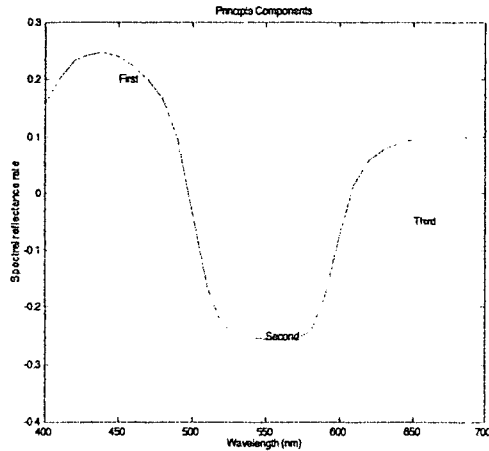


Fig. 2. The principle component analysis of popluation.

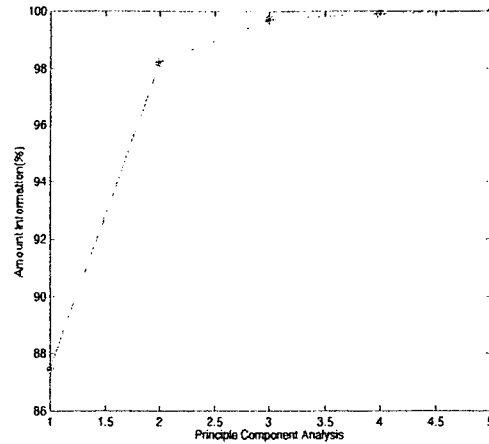


Fig. 3. The amount information for principle component analysis.

### 3.2 피부색의 분광분포 추정

모집단에서 전계계수  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 를 구하기 위해 요구되는  $u_1, u_2, u_3$ 를 구하였으며, 식(4)에서의  $M^{-1}$ 은 다음과 같이 구했졌다.

$$M^{-1}_{yellow\ race} = \begin{bmatrix} 14.7789 & -8.7169 & -9.7464 \\ 12.4871 & -16.6902 & -14.7473 \\ 3.7736 & -23.3972 & 20.9381 \end{bmatrix},$$

$$M^{-1}_{white\ race} = \begin{bmatrix} 14.7789 & -8.7169 & -9.7464 \\ 12.4871 & -16.6902 & -14.7473 \\ 3.7736 & -23.3972 & 20.9381 \end{bmatrix},$$

$$M^{-1}_{co\ race} = \begin{bmatrix} 14.7789 & -8.7169 & -9.7464 \\ 12.4871 & -16.6902 & -14.7473 \\ 3.7736 & -23.3972 & 20.9381 \end{bmatrix},$$

이렇게 구하여진  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 를 식(1)에 대입하여 얻어진 피부색의 추정 분광분포( $O(\lambda)$ )를 Fig.4(b)에 나타내었으며, 같은 방법으로 백인종과 흑인종의 분광분포를 Fig.4(a)와 Fig.4(c) 나타내었으며, Fig.5는 CIE Lab 균등 색공간에서 인종별로 a-b좌표의 분포를 알아보았다.

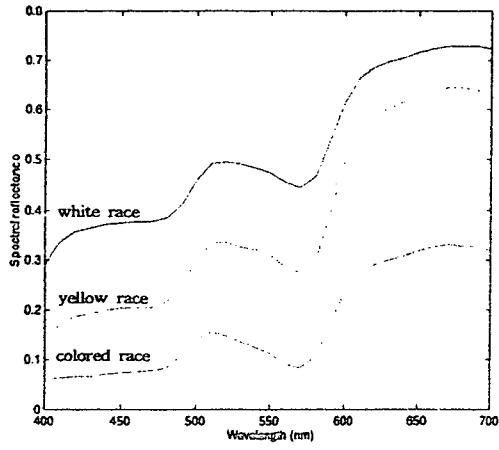


Fig. 4. The estimated spectral reflectance of population.

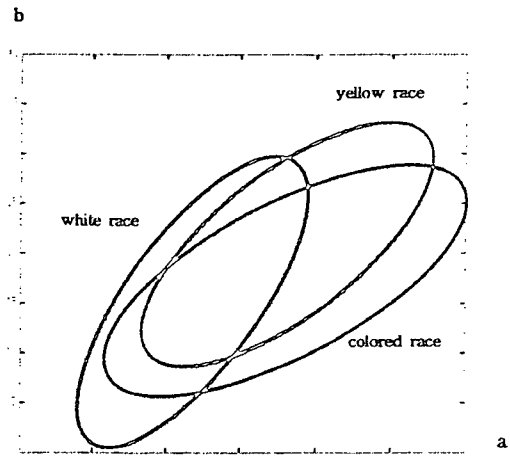


Fig. 5. Distribution of skin colors on a-b coordinate.

위 실험 방법의 정확성을 확인하기 위하여, 어떤 임의의 피부색 샘플의 분광분포를 측정하고 다음 추정된 분광분포를 비교한 것을 Fig.6에 나타내었다.

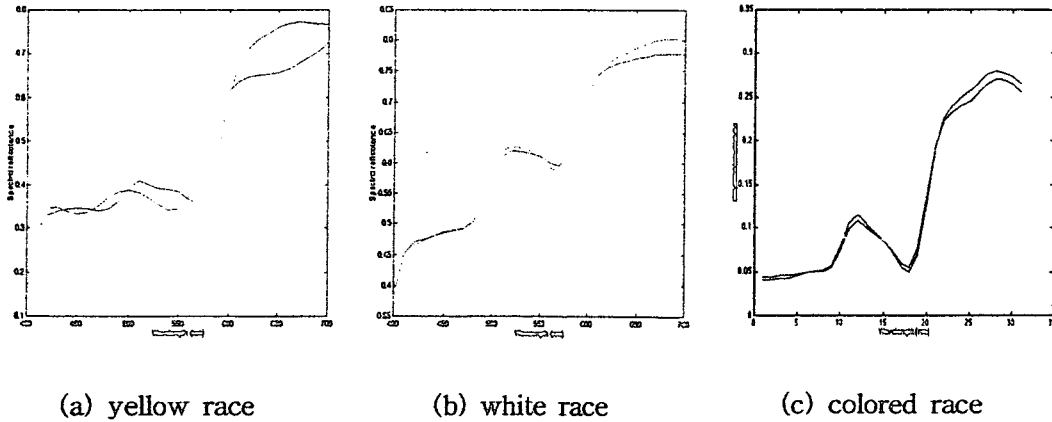


Fig. 6. The comparison of spectral reflectance between original and estimated patch.