

색순응을 기반으로 관찰환경에 독립한 색재현 시스템 개발

안성아, *김종필, 안석출

부경대학교 공과대학 화상정보공학부, *지바대학교 정보·컴퓨터학과

Watching environment-independent color reproduction system development based on color adaption

*S.A.Ahn, *J.P.Kim, S.C.Ahn*

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

**Department of Information and Computer Sciences, Chiba University

Abstract

As information-communication network has been developed rapidly, internet users' circumstances also have been changed for the better, in result, more information can be applied than before. At this moment, there are many differences between real color and reappeared color on the CRT. When we observe a material object, our eyes perceive the multiplied form of light sources and nature spectral reflection. However, when the photographed signal is reappeared, illumination at that time of photographing and spectral reflection of a material object are converted into signal, and this converted RGB signal is observed on the CRT under another illumination. At this time, RGB signal is the reflected result of illumination at that time of photographing. Therefore, this signal is influenced by the illumination at present, so it can be perceived another color.

To accord the color reflections of another color source, the study has been reported by S.C.Ahn^[1], which study is about the color reappearance system using neuron network. Furthermore, color reappearing method become independent of its circumstances has been reported by Y.Miyake^[2]. This method can make the same

illuminations even if the observe circumstances are changed. To assume the light sources of observe circumstances, the study about color reappearing system using CCD sensor also have been studied by S.C.Ahn^[3].

In these studies, a population is fixed, first, on ab coordinates of CIE L*a*b*. Then, color reappearing can be possible using every population and existing digital camera. However, the color is changed curvedly, not straightly, according to value's changes on the ab coordinates of CIE L*a*b*. To solve these problems in this study, first of all, Labeling techniques are introduced. Next, basis color—it is based on Munsell color system—is divided into 10 color fields. And then, 4 special color—skin color, grass color, sky color, and gray—are added to the basis color. Finally, 14 color fields are fixed. After analyzing of the principle elements of new-defined-color fields' population, utility value and propriety value are going to be examined in 3-Band system from now on.

1. 서 론

최근 초고속 정보통신망의 급속한 발전의 영향으로, 인터넷 쇼핑물, 인터넷 방송, 인터넷 영화관 등 일상생활에서 사용하는 모든 것들을 인터넷을 통해 만날 수 있게 되었다. 그러나 실제 상품의 촬영환경과 CRT를 관찰하는 환경이 다르므로 주위의 조명환경에 따라 다른 색으로 보이는 색의 특성 때문에 CRT에 재현되는 색은 실제의 색과 많은 차이를 나타낸다. RGB 신호는 촬영당시의 조명이 반영된 결과이고, 관찰환경 즉 조명의 영향을 받게 되므로 실제로 원고의 색과 다소 다른 색으로 인식된다.

따라서 관찰환경에 독립한 색재현 방법을 Y. Miyake등에 의해 보고 된 바 있으며, 다른 광원의 색영상을 일치시키기는 색재현 방법이 보고 된 바 있다^{[3],[4]}. 이와 같이 관찰 환경에 독립적인 색재현 시스템을 구현하기 위해서는 색영상 획득시의 광원정보와 물체 고유의 분광반사율을 알아야 한다. 따라서 저차원원 정보로부터 고차원을 복원하는 멀티밴드 시스템이 개발되었으나, 기존의 RGB신호를 사용하는 장치의 사용이 불가능하다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 S.C.Ahn등은 색상각과 채도벡터를 이용하여 동일 색 영역을 분류하여 3-밴드 이미지로 물체의 분광반사율을 추정하는 방법이 보고 된 바 있다^{[3]-[6]}.

색상각과 채도벡터를 이용하여 누적기억율이 99.5%이상 이 되도록 동일 색상영역으로 분류하여, 기존의 디지털 카메라를 이용하여 획득한 RGB 신호로부터 분광반사율 추정은 가능하였다. 그러나 RGB 신호로부터 분광반사율을 추정하는 처리시간이 길어서 실

용화에는 약간의 문제점이 있었다.

본 논문에서는 RGB신호를 이용한 3-밴드 시스템의 문제점을 해결하기 위해서 비선형 동일색상 생성과 라벨링 방법을 제안하였다. 자연색을 대표하는 10개의 기본 먼셀 색상에 따라 비선형으로 분류한다. 그리고 피부색, 하늘색, 그리고 잔디색의 기억색 3종류와 회색을 포함하여 모두 14종류의 동일색상 모집단으로 분류하였다. 제안된 방법의 타당성과 유용성을 확인하기 위하여 새롭게 정의된 비선형 동일색상 영역의 제3주성분까지의 누적기여율과 XYZ 신호로부터 추정된 분광반사율과 실측한 분광반사율을 색차와 평균자승오차로 나타내었다.

2. 본 론

2-1. 색상각을 이용한 동일색상분류의 문제점

기존의 동일색상 분류 방법은 Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 먼셀 색표의 동일 색상에 대해서도 다른 색상의 영역으로 분류되고 있다. 먼셀 색표의 R 색상을 색상각에 의해 YR과 RP로 분류할 때, R 색상에 속하는 다수의 데이터가 YR 색상 영역에 속해 있다. 그리고 피부색과 같은 특수색은 그레이 영역에서 Y, YR, R, 그리고 P 색상의 영역에 포함되고 있다. 이와 같은 특수색은 기존의 색상각 방법으로는 분류할 수 없는 문제점이 있다.

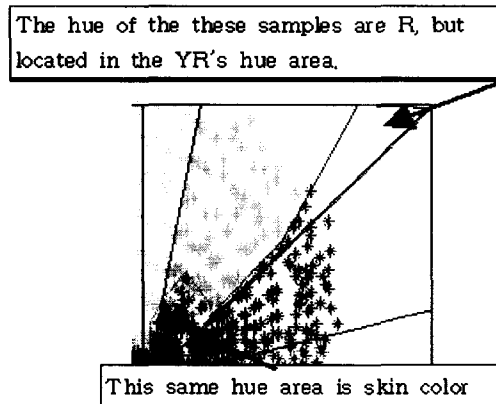


Fig. 1. Classified same hue area by using hue angle (Enlarged same hue area for RP, R, and YR hue).

2-2. 비선형 동일색상의 모집단 생성

색상 각을 이용한 동일색상 모집단의 생성과 분광반사율의 추정 방법은 정확한 추정은 가능하지만 데이터베이스 구축의 어려움과 처리의 복잡성 때문에 실용화가 어려운

문제점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법이 비선형 동일색상 모집단의 생성과 각 모집단의 라벨링 방법이다. 비선형 모집단의 생성방법은 색상 각을 이용한 동일색상 모집단 생성에서 먼셀 색상에서 같은 색상의 데이터가 다른 색상 영역으로 나타나는 문제점을 해결할 수 있고, 비선형으로 분류된 모집단을 인식하기 위한 방법이 각 모집단의 라벨링이다. 라벨링 방법에 의해 비선형으로 분류된 모집단의 인식은 물론 피부색과 같은 특수 색을 동일색상 모집단으로 생성할 수 있다.

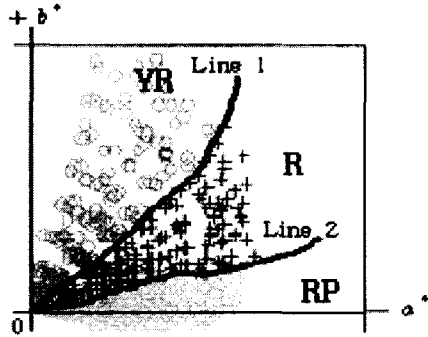


Fig. 2. The same hue region for the Munsell color patch(The a^*-b^* chromaticity coordinates of the hue region for the R's hue).

먼셀 색상환을 기반으로 기본 동일색상과 회색의 11종류, 그리고 기억색인 피부색, 잔디색, 하늘색의 3종류의 동일 색상 영역을 추가하였다. 그리고 회색을 포함하여 모두 14 종류의 동일 색상으로 분류하여 각각의 색상영역에 해당하는 분광반사율 모집단 데이터를 만든다. 측정된 데이터를 CIE L*a*b*의 a-b좌표에 표시하고, 각각의 색상영역 별로 Fig. 2와 같이 나눈다.

2-3. 분할된 동일 색상의 라벨링

먼셀 색상별로 동일 색상 영역을 분류하여 입력화소가 영역을 인식하기 위해서 각 영역을 라벨링 한다. Fig. 3에서 R 색상 영역의 다음의 두 조건을 만족하는 부분을 라벨 1로 한다.

$$a^* \geq 0, f_1(a,b) \leq b^* < f_2(a,b)$$

또한 같은 방법으로 먼셀 색상 영역의 경계함수를 구한 후 각 영역에 적합한 조건으로 라벨 2에서 10까지 부여하고, 피부색, 잔디색, 하늘색 그리고 회색도 라벨을 부여한다. Fig. 4는 R과 YR 색상 영역에 1과 2의 라벨이 부여된 상태를 나타내고 있다.

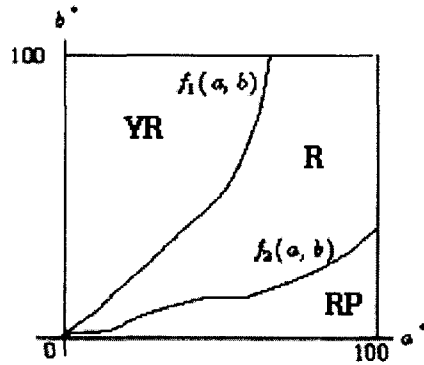


Fig. 3. Boundary function $f_1(a, b)$ and $f_2(a, b)$.

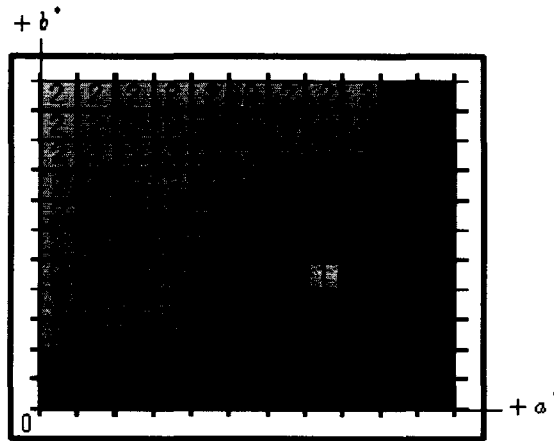


Fig. 4. Labelled R and YR's hue region.

2-4. 동일색상 모집단의 데이터베이스 작성

임의의 화소정보로부터 물체의 분광 반사율을 추정하기 위해서는 모집단의 평균 분광 반사율 $\overline{O}(\lambda)$, 모집단의 주성분 u_i ($i=1,2,3$), 그리고 전개계수 a_i 를 알아야 한다. 모 집단의 평균 분광반사율과 모집단의 주성분은 사전에 계산하여 다음과 같은 데이터베이스로 구축 해 둔다.

[1] 각 광원에 대해서 a^*-b^* 평면에서 분류된 14개의 동일 색상 모집단 영역의 평균 분광반사율 $\overline{O}_{i \text{ est}}$ 를 각각 구한다.

[2]. a^*-b^* 평면에서 14개의 동일 색상 모집단의 주성분 벡터 $u_{i-1}, u_{i 2}, u_{i 3}$ 을 구한다. ($i=1,2,\dots,14$)

3. 실험 및 결과 및 고찰

3-1. 실험방법

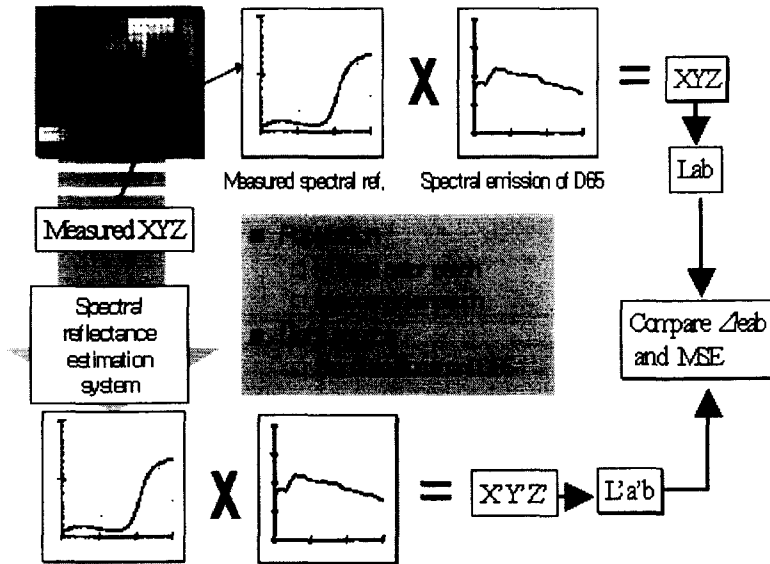


Fig. 5. Block diagram of the estimating spectral reflectance for RGB signals.

제안한 방법으로 동일색상의 제3주성분까지의 평균누적 기여율이 99.6%이상이므로 제 3주성분까지 사용하여 물체의 분광반사율을 복원시킬 수 있다. Fig. 5는 제안한 방법으로 구성된 데이터베이스와 라벨링이 부여된 동일색상 영역을 이용하여 물체의 분광반사율을 추정하는 블록선도를 나타낸 것이다. 우선 그림에서와 같이 대상의 컬러 샘플을 XYZ값과 분광반사율을 측정해 둔다. 측정된 분광반사율은 광원의 분광방사 에너지를 적용하여 삼자극치 XYZ와 $L^*a^*b^*$ 값을 구하고, 측정된 XYZ를 분광반사율 추정 시스템의 입력 값으로 하여 분광반사율을 추정한다. 추정된 분광반사율과 광원의 분광방사 에너지를 적용하여 $X'Y'Z'$ 를 계산 한 후 $L^*a^*b^*$ 를 구한다. 실측값과 추정된 값의 정밀도는 두 값의 색차 E_{ab} 와 MSE로 평가한다.

3-2. 먼셀 색상을 이용한 비선형 동일색상의 생성과 라벨링

라벨링에 의한 14개의 색영역은 실제의 측정된 먼셀 데이터를 바탕으로 최외곽 점까지 유효영역을 연장하여 가정하였다. 그리고 피부색, 잔디색, 그리고 하늘색은 데이터의

분포에 속하는 타원을 동일색상 영역으로 규정하여 라벨 11, 12, 13을 부여하였고, 회색은 채도벡터 10이하인 영역을 규정하고 라벨 14를 부여하였다. 데이터가 중첩된 경우에는 Gray가 최우선이고, 기억색 3종류는 먼셀 색상영역보다 우선으로 라벨을 부여하였고 Fig. 6과 같다.

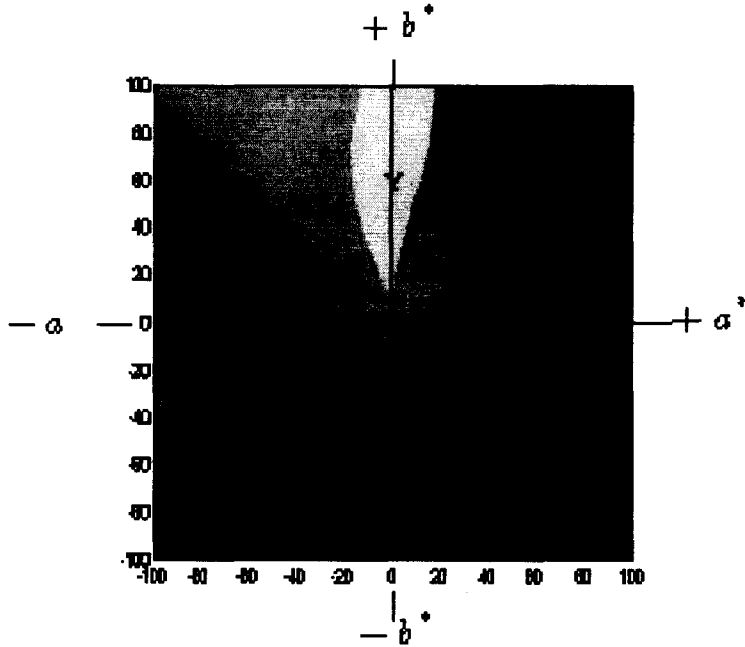


Fig. 6. Labelled classified 14 same hue area.

3-3. 비선형 동일색상 영역의 누적기여율

먼셀 색상을 기반으로 10종류의 동일색상과 3종류의 기억색에 대한 동일색상 그리고 채도벡터를 이용한 회색 등 모두 14종류의 동일색상 영역으로 분류하였다. 이들 각각의 동일색상 영역에 포함되어 있는 물체의 분광반사율에 대한 주성분을 분석하여 제3주성분까지의 누적기여율을 Table 1에 나타내었다. 이들 평균 누적기여율은 99.68이고, 최고 누적기여율은 99.9이며, 최저 누적기여율은 99.3으로 나타났다.

Y 영역과 GY 영역은 영역이 넓은 반면 데이터가 일정하므로 분광분포의 유사성이 낮음으로 발생하는 것으로 사려된다. 누적기여율을 높이기 위해서는 그 영역의 데이터를 추가, 또는 영역을 분할하는 방법으로 해결할 수 있다.

Table 1. Cumulative contribution ratio of from the 1st to the 3th principal components for the created the nonlinear same hue populations

	Contribution ratio of the 1st PC.	Cumulative contribution ratio of the 1st and the 2nd PC.	Cumulative contribution ratio of from the 1st and the 3th PC.
R	75.4	97.8	99.6
YR	82.0	98.7	99.8
Y	85.6	97.9	99.1
GY	91.2	96.9	99.3
G	94.4	99.2	99.7
BG	94.4	99.4	99.8
B	92.3	99.3	99.7
PB	93.0	98.6	99.8
P	92.8	98.4	99.5
RP	84.4	98.8	99.5
Skin color	93.4	99.2	99.8
Sky color	97.4	99.5	99.9
Grass color	99.5	99.8	99.9
Gray	98.7	99.7	99.9

3-4. 동일색상 영역의 평균 분광반사

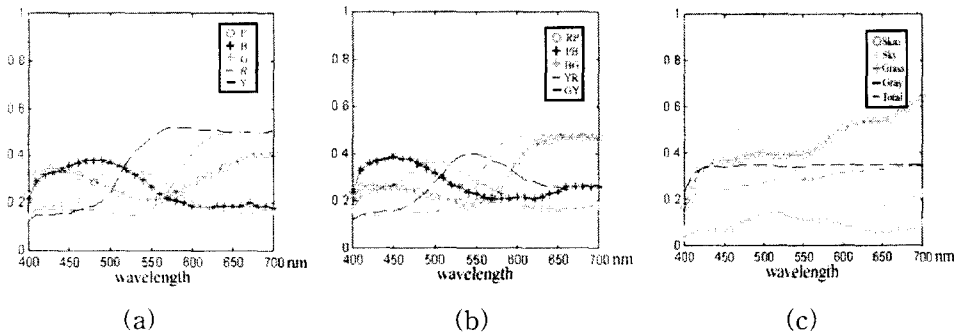


Fig. 7. Average spectral reflectance for the created same hue regions.

비선형 동일색상 영역으로 분류된 14개 영역의 평균분광반사 $\overline{O}_i(\lambda)$ 는 Fig.7 (a)에 R, Y, G, B P의 평균분광반사율을 나타내었고, Fig. 7 (b)에 면셀 색상의 중간색인 YR, GY, BG, PB, RP의 평균 분광반사율을 나타내었으며, Fig. 7 (c)에 특수색 영역인 피부색, 잔디색, 하늘색, 그리고 회색의 분광반사율을 나타내었다.

3-5. 분광반사율 추정

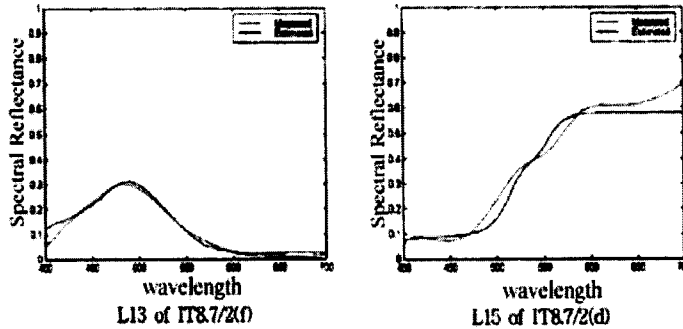
Table 2. Comparison of the measured value and estimated value.

No.	Measured Value			Estimated Value			ΔE_{ab}^*	MSE
	L_1^*	a_1^*	b_1^*	L_2^*	a_2^*	b_2^*		
A1	24.99	8.81	3.05	4.99	8.81	3.05	0.00	0.01
B2	25.17	15.22	14.43	25.17	15.22	14.43	0.00	0.01
C3	29.77	9.01	23.86	29.77	9.01	23.86	0.00	0.01
D4	27.91	-3.16	22.43	27.91	-3.16	22.43	0.00	0.02
E5	45.00	-9.50	14.76	45.00	-9.50	14.76	0.00	0.02
F6	27.09	-27.25	9.33	27.09	-27.25	9.33	0.00	0.00
G7	30.30	-36.54	-3.56	30.30	-36.54	-3.56	0.00	0.01
H8	34.23	-22.77	-27.70	34.23	-22.77	-27.70	0.00	0.02
I9	68.29	1.56	-2.10	68.29	1.56	-2.10	0.00	0.02
J10	69.31	7.52	-7.77	69.31	7.52	-7.77	0.00	0.04
K11	73.18	22.89	-13.81	73.18	22.89	-13.81	0.00	0.07
L12	75.04	32.53	-4.17	75.04	32.53	-4.17	0.00	0.07
A13	88.32	0.86	1.61	88.32	0.86	1.61	0.00	0.02
B14	83.57	13.69	-8.15	83.57	13.69	-8.15	0.00	0.04
C15	82.86	-3.87	26.35	82.86	-3.87	26.35	0.00	0.02
D16	65.53	0.91	2.90	65.53	0.91	2.90	-0.00	0.02
E17	73.29	26.45	19.25	73.29	26.45	19.25	0.00	0.07
F18	55.86	-27.32	18.93	55.86	-27.32	18.93	0.00	0.01
G19	49.99	17.57	-35.70	49.99	17.57	-35.70	-0.00	0.04
H20	71.65	5.24	26.15	71.65	5.24	26.15	0.00	0.02
I21	65.85	15.56	19.44	65.85	15.56	19.44	-0.00	0.02
J22	64.59	17.03	18.86	64.59	17.03	18.86	0.00	0.02

분광 반사율 추정은 Fig. 5에서와 같이 IT8.7 컬러 패치를 시험패튼으로 사용하였다. IT8.7 컬러 패치는 데이터베이스 구축에 사용하지 않은 컬러패치이고, 각 패치의 분광반사율 $O(\lambda)$ 와 삼자극치 XYZ를 측정해 둔다. 실측한 분광반사율 $O(\lambda)$ 로부터 계산한 값을 $L_1^*a_1^*b_1^*$ 라하고 실측한 삼자극치 XYZ를 이용하여 추정한 분광반사율 $O_{est}(\lambda)$ 로부터 계산한 값을 $L_2^*a_2^*b_2^*$ 로 한다. Table 2에 실측한 분광반사율과 추정한 분광반사율의 $L^*a^*b^*$ 값과 색차 ΔE_{ab}^* 와 평균자승오차 MSE를 나타내고 있다.

제안한 시스템의 정확성을 확인하기 위해 IT8.7 COLOR TARGET의 264개의 패치를 사용하여 실험한 결과 평균 MSE가 0.002로 나타났고, Fig.8은 IT8.7 COLOR TARGET

의 패치 중에서 몇몇의 샘플을 추출하여 분광반사율과 추정되어진 분광반사율의 비교한 그래프이다.



Target IT 8.7/2-1993.

Fig. 8. Comparison of measured and estimated spectral reflectance of FUJI Color.

4. 결 론

일반적으로 같은 색자극이라도 색을 촬영 또는 관찰하는 환경에 따라서 지각되는 색이 달라진다. 따라서 피사체 고유의 색으로 이미지를 처리하는 방법이 요구되며, 이를 실현하는 방법들이 멀티밴드 영상을 이용한 물체의 분광 반사율 추정이다.

본 논문에서는 RGB 3-밴드 영상을 이용하여 물체의 분광반사율을 추정하기 위해서 문제점으로 나타난 데이터베이스 구축의 어려움과 처리시간의 문제점을 해결하기 위해서 비선형 동일색상 생성과 라벨링 방법을 제안하였다. 자연색을 대표하는 먼셀 컬러 패치를 10개의 기본 먼셀 색상에 따라 비선형으로 분류한다. 그리고 피부색, 하늘색, 그리고 잔디색의 기억색 3종류와 회색을 포함하여 모두 14종류의 동일색상 모집단으로 분류하였다. 제안된 방법으로 구축한 동일색상 영역의 데이터베이스를 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비선형으로 분할된 동일 색상 영역을 라벨을 부여하므로 피부색, 잔디색, 하늘색 등의 특수색을 동일색상 영역의 데이터베이스로 구축할 수 있다.
2. 동일색상 영역이 기존의 방식보다 분할 영역수가 적으므로 데이터베이스 구축이 쉽다.
3. 물체의 분광반사율 추정에 있어서 각 화소 당 2단계(색상각, 동일색상 영역의 인식)의 처리를 단축시킬 수 있다.
4. 처리 결과는 기존의 방식과 같이 색차는 거의 0이고 MSE는 0.02로 나타났다.

이상의 결과로 제안한 방법의 타당성과 유용성을 확인할 수 있었으며, 처리 속도가 향상되어 실용화에 접근할 수 있었다. 앞으로 이미지 획득 장치의 정확한 색재현과 RGB-XYZ 색 변환의 정밀성을 향상시키는 연구와 RGB 이미지로부터 이미지 획득시의 광원을 추정하는 연구가 요구된다.

이 논문은 2001학년도 국립부경대학교 발전기금 제단의 연구비지원에 의하여 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

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) Miyake, Y., Yokoyama, Y., "Obtaining and reproduction of accurate color images based on human perception", Proc. SPIE 3300:190, 1998.
- 4) S.H.Lee, J.P.Kim, E.H.Lee, S.C.Ahn, "Optimization of color filters selection to estimate surface reflectance of Munsell colors", The Annual conference of The Korea 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, "A method to predict spectral reflectance of skin color takened by 3-channel input device", The Annual conference of The Korea Printing Society, pp. 31~35, Nov. 1998.
- 6) J.P.Kim, S.T.Pang, E.H.Lee, S.C.Ahn, " A method to predict spectral reflectance of the natural color by using RGB digital signals", The 10th Annual conference of The Korea Society for Imaging Science, pp. 45, Dec. 1998.
- 7) S.H.Lee, S.T.Pang, C.H.Lee, E.H.Lee, S.C.Ahn, "Estimation of surface spectral reflectance using multi-band image", The 11th Conference of The Korean Society for Imaging Science, pp. 13~21, 1999.
- 8) M.K.Yoo, S.J.Cho, S.C.Ahn, "Estimation of spectral reflectance using similar-color classification and RGB color signals", J. of Korean Society for Imaging Science & Tech. , Vol.6, No. 1, pp. 76~82, 2000.
- 9) S.A.Ahn, J.P.Kim, S.C.Ahn, "Spectral reflectance estimation of RGB signal by using principal components for classified same hue population", The 18th Conference of The Korean Society for Imaging Science, pp. 67~68, (2002)