

모니터에서 감마변화에 따른 색재현 특성

이성철[†], 차재영, 김재해*, 구철회**

[†]부경대학교 대학원 인쇄공학과, 서울정수기능대학, *산업인력관리공단,

**부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2005년 10월 5일 접수, 2005년 11월 4일 최종 수정본 접수)

Characteristics of Color Reproduction using Gamma Variation on CRT Display

Sung-Chul Lee[†], Jae-Young Cha, Jae-Hae Kim, Chul-Whoi Koo***

[†]Depart. of Graphic Arts Engineering, Graduate School, Pukyong National University,

Seoul-Jeongsu Polytechnic College, *Human Resources Development Service of Korea,

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

(Received 5 October 2005, in final form 4 November 2005)

Abstract

The propose of this study investigated the reproduction of color image displayed on a CRT monitor, for a range of different values of monitor gamma. We have used the GOG(gain-offset-gamma) model of the behavior of the CRT. Color difference have been computed in a color space, based on the CIELAB color appearance model. The 133 patch defined linearly color sample and 24 patch defined printing color target were used, and were subjected to the influence of nine different gamma value.

The result show that neutral color is increasing the decrease range of luminance black color than white color. These results are of concern in the context of the "correct" display of color reproduction

1. 서 론

현재의 인쇄산업시스템에서는 환경이 다른 장치들간의 컬러를 맞추기 위해 많은 노력들을 기하고 있지만, 여전히 환경이 다른 장치들 간의 컬러를 맞추는 작업은 완벽하지 못하다. 특히 입력과 출력 상호간의 차이뿐만 아니라, 따라 다수의 디지털 이미지 사용자는 컬러 이미지를 작업할 경우 입력 장치의 특성으로 인해 나타나는 색차를 해결해야만 한다.

현재 일반 사용자들은 CRT 모니터에서 크게 두 가지의 감마 설정을 이용하고 있다. PC(Personal Computer)시스템일 경우 2.2의 감마를 이용하고, 인쇄나 영상출판 분야에서 주로 사용하는 매킨토시 시스템의 경우 1.8의 감마를 사용한다. 하지만 웹 인쇄물의 경우 동일한 컬러 정보를 다수의 사용자들이 다운로드받아서 사용하므로 각각 다른 디스플레이 장치의 감마 설정으로 인해 컬러 이미지가 사용자의 설정에 따라 다르게 재현된다.

일반적인 해결방법으로 사용하는 것이 장치의 올바른 캘리브레이션과 이미지의 컬러 정보를 기록한 ICC(International-Color Consortium) 프로파일을 제작하는 것이다. 이 때 사용하는 장비들의 특성과정이 무엇보다도 중요하다. 특히 인쇄원고로 이용되는 컬러 이미지를 확인하는 디스플레이 장치에서 정확한 특성화 작업은 무엇보다도 중요한 부분이다.

따라서 본 연구에서는 CMS의 디스플레이 장치에 해당하는 CRT 모니터에서 특성화 모델을 제작한 뒤 그 중 감마 특성에 따른 컬러 이미지의 재현에 대하여 연구하였으며, 이러한 감마특성에 따른 올바른 컬러재현 방법에 대하여 검토하였다.

2. 실 험

2-1. 샘플 제작

샘플에 필요한 패치는 두 가지 단계로 나누어 제작하였다. 먼저 GOG모델의 gain, offset 및 gamma를 구하기 위해 디스플레이 장치에서 최소의 레벨 입력 신호인 0에서부터 최대의 레벨 입력 신호인 255단계까지 8단계씩 증가시키면서 RGB의 삼원색 샘플 99개와 무채색 샘플 33개를 프로그래밍을 통해 디스플레이 장치에 재현하였다. 또한 CRT 모니터에서 GOG모델을 인쇄용 매체에 적용 평가하기 위해 fig. 1에 나타낸 GretagMacbeth의 Color Checker는 이용하였는데, Colo Checker는 색영역 전반에 걸쳐 골고루 분포되어 있는 24색으로 구성되어 있으며, 무광택 원고로 인쇄물 평가사용에 용이하다. Color Checker는 캘리브레이션 되어 있는 FIJIFILM의 FineScan 2750에서 150ppi 해상도로 스캔 받아 MATLAB 7.0 애플리케이션의 히스토그램기술을 이용하여 입력되는 RGB 컬러 값을 구하였다.

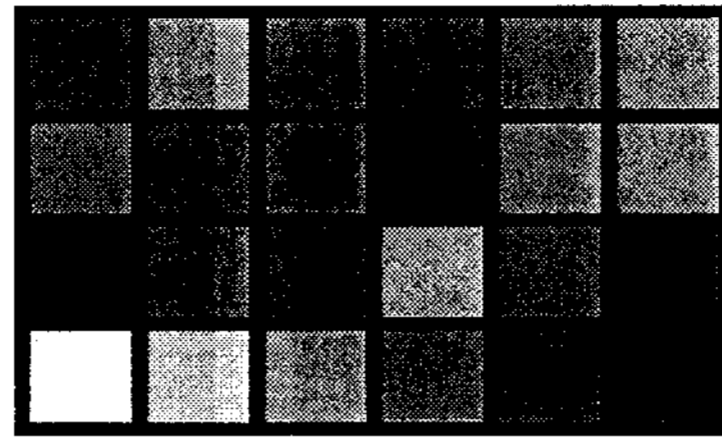


Fig. 1. Color Checker of GretagMacbeth.

2-2. 실험 방법

2-2-1. CRT 모니터의 특징 및 캘리브레이션 조건

디스플레이 장치인 CRT 모니터의 감마를 측정하기 위해 초기 설정조건을 sRGB 색공간의 조건으로 한정하였다. sRGB 색공간의 조건인 감마를 2.2 값으로 설정하며, white point는 D_{65} , 휘도는 80cd/m^2 의 조건으로 설정한 국내 A사의 제품을 GretagMacbeth의 EyeOne을 사용하여 측색하였다.

2-2-2. CRT 모니터의 GOG 모델

감마에 따른 디지털 이미지의 재현을 실험하기 위해 모니터의 특성화 단계가 필요하다. 여러 가지의 특성화 모델 중 Berns가 제안한 GOG 모델이 가장 우수한 결과를 나타내는 것으로 보고되어져 있다. GOG의 수학적 모델을 제작하기 위해 앞에서 제작한 132개의 샘플을 이용하였다.

2-2-3. 감마 변화에 따른 컬러 이미지 재현 평가

실험을 통해 구해진 GOG 모델의 매개변수 중 감마값을 1.4에서 3.0까지 0.2씩 더하여 9단계로 변화시켜 적용하였다. 이 때 감마의 변화에 따른 컬러 이미지의 변화를 비교하기 위하여 CIE Y_{xy} 에서 컬러를 시각적으로 체계화하여 나타내었다. 또한 GretagMacbeth Color Checker에 감마값의 변화를 적용시켜 CIE 색도도에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3-1. CRT 모니터의 특성평가

3-1-1. 시간안정성

디스플레이 장치는 전기 신호의 변화에 따라 색 재현의 특성이 달라지므로, 이러한 까닭에 모니터가 일정한 휘도를 발산하게 하기 위하여 준비 시간이 필요하다. 이것을 시간

안정성이라 한다. 이를 위해서 먼저 암실의 조건에서 디스플레이 전체 화면에 RGB를 각각 255, 255, 255의 값으로 설정하여 white가 재현되도록 하였다. 그리고 디스플레이 장치에 전원을 켜 직후부터 1분 간격으로 60분 동안 short term stability를 진행하며, 그 후 1시간동안 long term stability를 실험하였다. 그리고 다시 전원을 끄고, 모니터의 열이 제거된 후 다시 실험을 하였다. 이 실험 과정을 총 3회 실시하였고, 측정한 결과 값은 거의 비슷한 경향을 얻을 수 있었으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 결과와 같이 CRT 디스플레이 장치에 전원을 켜 후 휘도가 급격히 증가하다가 시간이 경과하면서 조금씩 감소하는 결과를 보였다. 또한 60분이 경과된 후 모니터의 휘도는 80.7 cd/m²으로 안정화되었다. 따라서 이 실험모니터의 경우 최소 한 시간이 경과 후 휘도의 안정성을 보였으므로, 연구에서는 정확한 평가를 위해서 모든 실험은 디스플레이 장치에 전원을 켜 후 1시간이상 경과된 후부터 진행하는 것이 바람직하다고 사료된다.

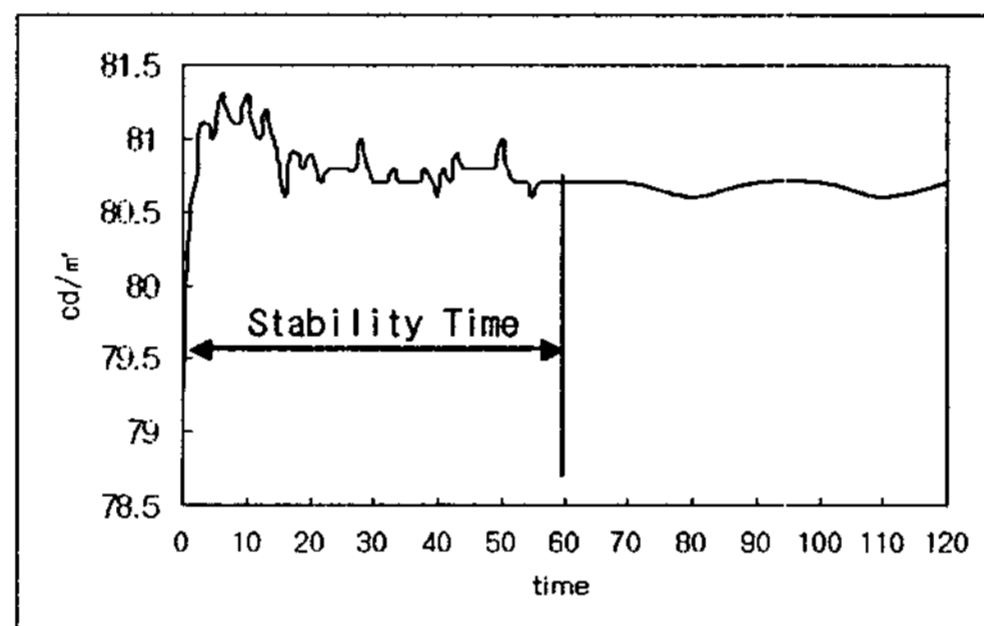


Fig. 2. Stability time of CRT display.

3-1-2. 휘도균일도

디스플레이 장치의 휘도 균일도를 평가하기 위하여 디스플레이 장치의 전 화면(full screen)에 white(255, 255, 255)를 재현시키고, fig. 3과 같이 9지점에서 휘도와 u'v'를 측정하였다. 각 지점에서 10회 측정된 값의 평균치와 표준 편차를 구하여 Table 1에 나타내었다. 이 때 휘도 균일도와 색도 균일도는 식 (1), (2)로 계산하였다. 그 결과 휘도 균일도는 약 9.8%이며, 색도 균일도는 Δu'가 0.0204, Δv'가 0.0486으로 평가되었다. 전체 휘도균일도와 이후 본 실험에서는 L₄지점에서 색재현을 실행하여 측정하였다.

$$Luminance\ uniformity = \frac{\max(L_0, L_1, \dots, L_8) - \min(L_0, L_1, \dots, L_8)}{\max(L_0, L_1, \dots, L_8)} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 u'_a &= \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 u'_i & \Delta u' &= \max(|u'_i - u'_a|) \\
 Chromatic\ uniformity \quad v'_a &= \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 v'_i & \Delta v' &= \max(|v'_i - v'_a|) \quad (2)
 \end{aligned}$$

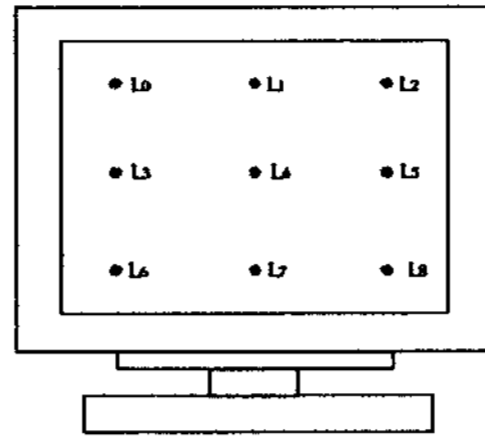


Fig. 3. Nine point in CRT display.

Table 1. Luminance and Chromatic of White Color at Nine Point in Full Screen

		L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
Average	X	76.11	76.25	76.51	73.86	80.42	76.65	82.01	80.87	78.47
	Y	80.23	80.54	80.43	77.97	80.83	80.83	86.51	85.06	82.67
	Z	92.60	91.35	91.78	91.10	93.98	89.36	99.57	96.20	92.52
Chromatic	u'	0.1955	0.1957	0.1964	0.1948	0.1968	0.1969	0.1955	0.1966	0.1967
	v'	0.4637	0.4651	0.4645	0.4627	0.4670	0.4672	0.4653	0.4653	0.4662

3-1-3. 형광소자의 특성

실험에 이용한 디스플레이 장치 형광소자의 특성을 알아보기 위하여 최적의 대비 (contrast)와 밝기(brightness)를 각각 100과 50(C₁₀₀B₅₀)으로 설정한 후 디스플레이 장치의 L₄부분에서 400pixel × 400pixel의 컬러 이미지를 고정시킨 후 각 형광소자 방출량을 0에서 255까지 16단계씩 증가시키면서 무채색과 삼원색의 17단계를 측정 한 결과, 디스플레이 장치에서 삼원색중 R형광소자는 630nm, G형광소자는 530nm, B형광소자는 450nm에서 최대의 Y value를 나타내고, 신호의 pitch가 가장 크게 나타났다.

3-1-4. 색도 균일도

본 실험에서는 앞에서 제작한 RGB 삼원색과 무채색을 0에서 8단계씩 증가하여 총 33 단계를 만들어 총 132의 패치를 측정 한 결과를 살펴보면, RGB 삼원색의 높은 입력 값에서는 white point에 가깝게 나타났으며, 또한 RGB 삼원색의 입력 값이 증가할수록 색 영역 가장자리로 이동하는 것을 알 수 있다. sRGB 색공간과 비교하였을 때 Red, Blue, Green색상이 sRGB 색공간 범위에 비교적 완벽하게 들어가 있다고 볼 수 있다. 하지만 Blue의 경우 높은 입력 값일 때 sRGB 색공간을 조금 벗어나 있지만, 실험모니터를 sRGB 색공간 조건에 맞추어 캘리브레이션한 결과는 비교적 잘 교정되었다고 할 수 있다. 무채색의 경우 white의 경우 D65에 상당히 근접한 결과를 나타내고 있다.

3-2. CRT 모니터의 GOG 모델

GOG 모델의 특성화실험방법에 따라 실험한 결과 실험시 sRGB 색공간에 준하는 조건으로 실험을 하였기에, 각 채널별 감마값을 분석해 본 결과 유효소수점 2자리까지를 볼 경우, 감마값 2.2에는 거의 비슷하게 나타났다. 하지만 각 채널별 gain과 offset값은 동일하지 않았는데, 이러한 특성은 무채색을 재현할 때 각각의 형광소자가 동일한 값을 방출하는 것이 아니라 서로의 상호관계에 의하여 색을 재현하는 결과에서 발생한 오차라고 사료된다. 특히 모니터 브라운관의 flare 현상이나 측정장비의 오차로 인한 것으로 판단되며, 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 모니터의 특성화가 필요한 것으로 사료된다.

식 (3)은 Table 2의 gain, offset, gamma 값을 각각 대입하여 구한 GOG 모델 함수이다. 이렇게 만들어진 GOG모델은 실험 모니터의 측정 데이터와 검증과정이 필요하다.

$$\begin{aligned}
 R/R_{\max} &= \begin{cases} [0.9923 (\frac{d_r}{2^N-1}) + 0.0083]^{2.2224} ; [0.9923 (\frac{d_r}{2^N-1}) + 0.0083] \geq 0 \\ 0 ; [0.9923 (\frac{d_r}{2^N-1}) + 0.0083] < 0 \end{cases} \\
 G/G_{\max} &= \begin{cases} [0.9996 (\frac{d_g}{2^N-1}) + 0.0003]^{2.2015} ; [0.9996 (\frac{d_g}{2^N-1}) + 0.0003] \geq 0 \\ 0 ; [0.9996 (\frac{d_g}{2^N-1}) + 0.0003] < 0 \end{cases} \\
 B/B_{\max} &= \begin{cases} [1.0030 (\frac{d_b}{2^N-1}) - 0.0003]^{2.1964} ; [1.0003 (\frac{d_b}{2^N-1}) - 0.0003] \geq 0 \\ 0 ; [1.0003 (\frac{d_b}{2^N-1}) - 0.0003] < 0 \end{cases} \quad (3)
 \end{aligned}$$

dr, dg, db : RGB 각각의 채널당 입력값, N : DAC의 bit 수

Table 2. Comparison Gain, Offset and Gamma of Ideal CRT Display and Real Measured CRT Display

	Ideal CRT Display			Real Experiment CRT Display		
	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
Gain	1.0000	1.000	1.000	0.9923	0.9996	1.0030
Offset	0	0	0	0.0083	0.0003	-0.0003
Gamma	2.200	2.200	2.200	2.2224	2.2015	2.1964

3-3. 감마변화에 따른 색재현 특성

GOG모델에서 디스플레이 장치의 gain과 offset을 고정시킨 후 감마값만 1.4에서 0.2 단계씩 3.0까지 총 9단계로 증가시킨 후, Color Checker RGB값을 입력하여 감마 변화에 따라 평균제곱근오차(Root Mean Square Error)와 패치의 색차중 최소·최대값을 구한 결과는 table 3과 같다. 디스플레이 장치의 특성화 과정으로 구해진 식 (3)을 참조하여

감마값을 변화시켰을 경우 감마값이 낮은 1.4와 1.6의 경우가 같은 단계로 증가한 감마값 3.0으로 증가한 경우보다 비교적 큰 색차를 나타내었고, 감마값이 2.4일 때 2.3463으로 가장 적은 색차를 보였다. 그러나 2.4의 감마의 경우 캘리브레이션 설정 감마값 2.2일 때 보다 적은 색차를 보였는데, 이것은 R, G, B 각각의 형광소자는 독립적이지 못하고 상호영향을 주기 때문이라 사료되며, 특히 Color Checker의 24개의 패치의 색분포가 감마값 2.2를 기준으로 할 경우 보다 2.4일 경우 좀더 색차가 작게 나는 것으로 사료된다. 감마값의 변화에 따라 패치마다의 최소·최대 패치값의 차이를 보였다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 패치로 실험이 필요가 있으며, 또한 이러한 오차를 줄일 수 있는 시스템이 강구되어야 한다.

Table 3. Root Mean Square Error According to Variety of Gamma

Gamma	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
$\Delta E^*_{ab,rms}$	4.2182	3.7201	3.2147	2.7545	2.4514	2.3463	2.4888	2.7513	3.0327
$\Delta E^*_{ab,low}$	10.2055	5.8712	2.6397	1.2954	1.9283	0.8819	1.2687	0.9710	1.5254
$\Delta E^*_{ab,high}$	25.4724	21.5350	18.0037	14.8378	12.0090	10.2863	11.5617	13.7796	15.7940

Fig. 4는 24개의 패치 중 감마의 변화를 가장 많이 알 수 있는 무채색계열(white, neutral 8, neutral 6.5, neutral 5, neutral 3.5, black)에서의 L^* 값을 비교한 것이다. 휘도가 100에 가까운 white패치의 경우는 감마 변화에 따른 차이가 적었지만, black에 가까워질수록 감마에 따른 휘도가 낮아짐을 알 수 있었다. 이것은 감마의 변화가 휘도에 영향을 주므로 휘도가 높은 white 패치인 경우는 상대적으로 영향을 적게 받지만, black 패치인 경우 40정도의 휘도차이를 발생시킴으로 감마 변화에 따라 black 패치의 왜곡이 두드러짐을 알 수 있었다.

Fig. 5는 GretagMacbeth Color Checker의 4번째 행의 6가지 무채색(White, Neutral 8, Neutral 6.5, Neutral 5, Neutral 3.5, Black)을 감마 변화에 따라 L^* , a^* 을 나타낸 결과이다. 무채색의 패치에서 감마 2.2를 기준으로 한다면, white패치의 경우 L^* 값 차이가 감마의 증가나 감소에 따라 1이상 발생하지 않아 거의 변화가 없었지만, 무채색의 성분이 강해질수록 L^* 의 차이가 크게 발생함을 알 수 있었다. 특히 black의 패치에서 L^* 는 감마값 2.2를 기준으로 1.4 감마값과 비교하면 휘도차가 18.6970이며, 3.0 감마값과 비교하면 휘도가 감마값 2.2에 비해 13.0183으로 감소하였다. 감마값 2.2를 기준으로 하여 감마 변화에 따라 패치의 채도차(ΔC^*_{ab})와 색상차(ΔH^*_{ab})를 측정된 결과 약 0의 값이 측정되었다. 따라서 무채색의 경우 휘도의 변화만 있었으므로, 감마 변화에 따른 ΔE^*_{ab} 는 휘도차에 의해 색차가 좌우된다고 사료된다.

Fig. 6은 GretagMacbeth Color Checker의 1번째 행의 6가지 색상(Dark skin, Light skin, Blue sky, Foliage, Blue flower, Bluish green)의 CIE Lab의 값이다. Fig. 14를 통해 비교해 본 결과, 각 색상은 감마값의 증가에 따라 휘도가 감소하였는데, 특히 a와 b의 값이 0에 가까워졌다. 이것은 감마값의 증가에 따라 R, G, B 각각의 색요소가 줄어들어 gray 성분이 많이 섞이는 것이라 사료된다. 감마값을 2.2를 기준으로 하여 각각의 감마값의 변화에 따라 패치의 명도차(ΔL^*), 채도차(ΔC^*_{ab}), 색상차(ΔH^*_{ab})를 측정된 결과, 명도차의 경우 dark skin의 패치가 감마의 변화에 따라서 3~5정도 휘도가 증가하므로 명도차가 가장 크게 나타났으며, blue flower의 경우는 다른 패치와 비교하여 명도차보다 채도차가 크게 나타났다.

Fig. 7은 GretagMacbeth Color Checker의 2번째의 6가지 색상(Orange, Purplish blue, Moderate red, Purple, Yellow green, Orange yellow)을 감마변화에 따라 비교한 값이다. 감마값이 증가할수록 purple, purplish blue 패치의 경우 가장 휘도의 변화가 컸으며, yellow green의 경우 휘도의 변화율이 ± 2 씩 증가하여 가장 휘도의 변화가 작았다고 사료된다. 감마값 2.2를 기준으로 하여 각각의 감마값의 변화에 따라 패치의 명도차(ΔL^*), 채도차(ΔC^*_{ab}), 색상차(ΔH^*_{ab})를 측정된 결과, purplish blue 패치의 채도차는 감마가 감소할 경우 3씩 감소하였고, 감마가 증가할 경우 2씩 증가였다. 색상차의 경우 orange, orange yellow에서 다른 패치에 비해 색상차가 크게 나타났다.

Fig. 8은 GretagMacbeth Color Checker의 3번째 행의 6가지 색(Blue, Green, Red, Yellow, Magenta, Cyan)을 감마 변화에 따라 나타낸 결과이다. 감마값의 증가에 따른 휘도의 변화는 yellow패치의 경우 가장 작게 나타나며, blue의 패치의 경우 가장 크게 나타남을 알 수 있었다. 다른 색과 다르게 red패치의 경우 감마값 2.2를 기준으로 하여 a값의 경우 감마의 증감에 따라 감소의 경향을 나타내었으나, 다른 패치에 비해 색상차가 크게 나타났다.

전체적으로 살펴보면 Yellow의 색의 성분이 많이 포함된 색의 경우 휘도의 변화폭이 작았으며 다른 색들은 거의 비슷한 휘도 변화를 보였다. 채도변화의 경우 중간톤의 색의 경우가 가장 채도차이가 적게 남을 알 수 있다. 하지만 원색에 가까운 색일수록 감마의 변화에 따라 채도가 많이 나게 되므로 감마의 증감에 따라 이런 색을 보정할 수 있는 시스템이 구축되어야 된다고 사료된다.

Table 4는 감마변화에 따른 타겟의 변화를 무채색을 제외한 유채색부분의 감마값 1.4와 3.0의 색차를 수치로 표현한 것으로 명도차(ΔL^*), 채도차(ΔC^*_{ab}), 색상차(ΔH^*_{ab})로 나타내었다. 명도차의 경우 purple과 dark skin의 색이 가장 큰 30에 가까운 차이가 났으며, 채도차는 purplish blue가 15의 색차가 났으며, 색상차는 orange색이 차이가 13으로 가장 크게 났다. 하지만 전체색차를 비교해 본다면 purplish blue가 가장 큰 색차가 났으며, yellow의 경우 가장 작은 색차를 보였다. Purplish blue색의 경우 채도차가 크게 나므로

이러한 경향이 색차를 증가시키는 것으로 사료되며, yellow의 경우 명도차가 가장 작게 나므로 이러한 경향이 색차를 감소시킨 것으로 사료된다.

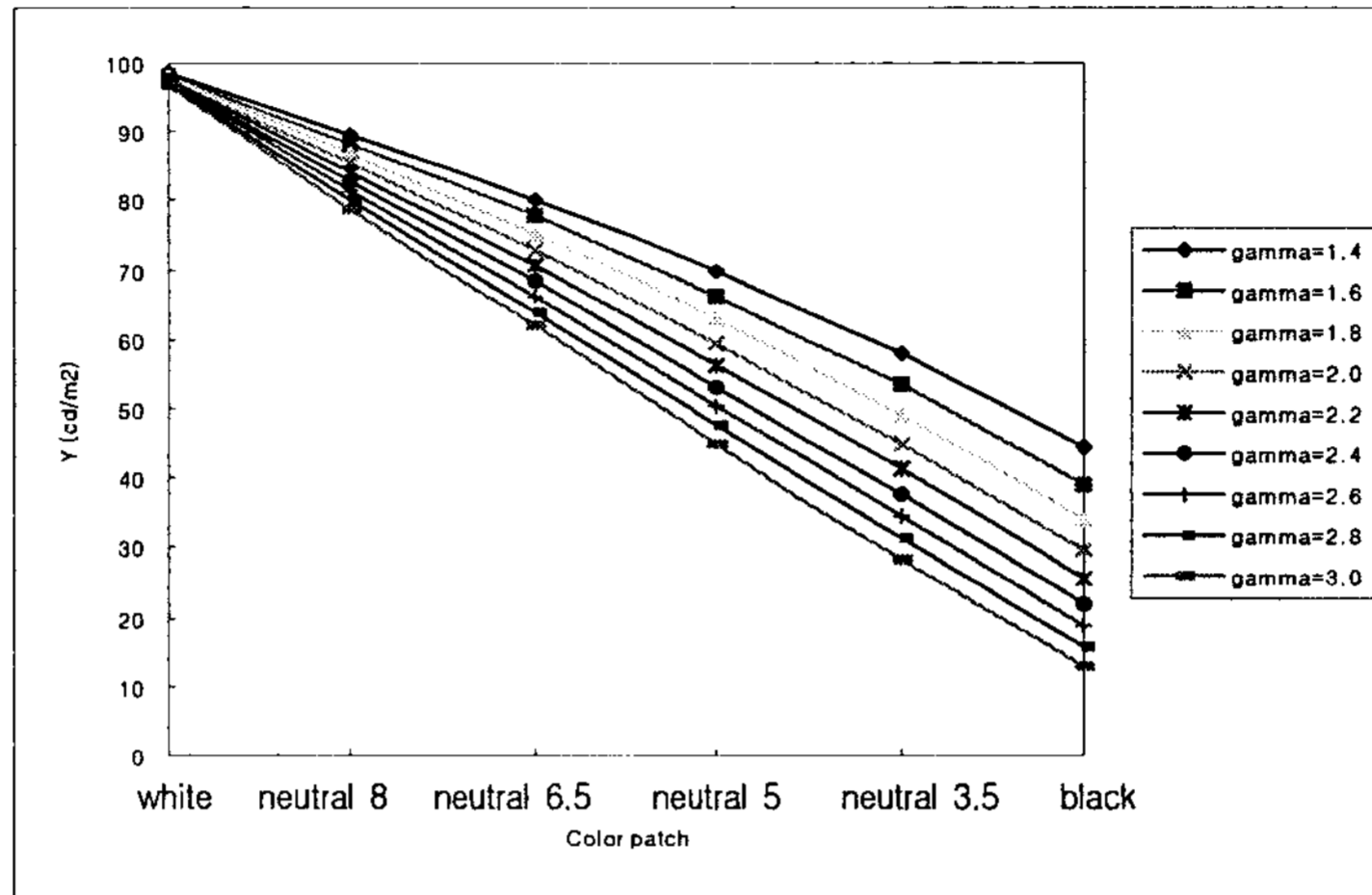


Fig. 4. Variety of lightness values in achromatic color according to variety of gamma.

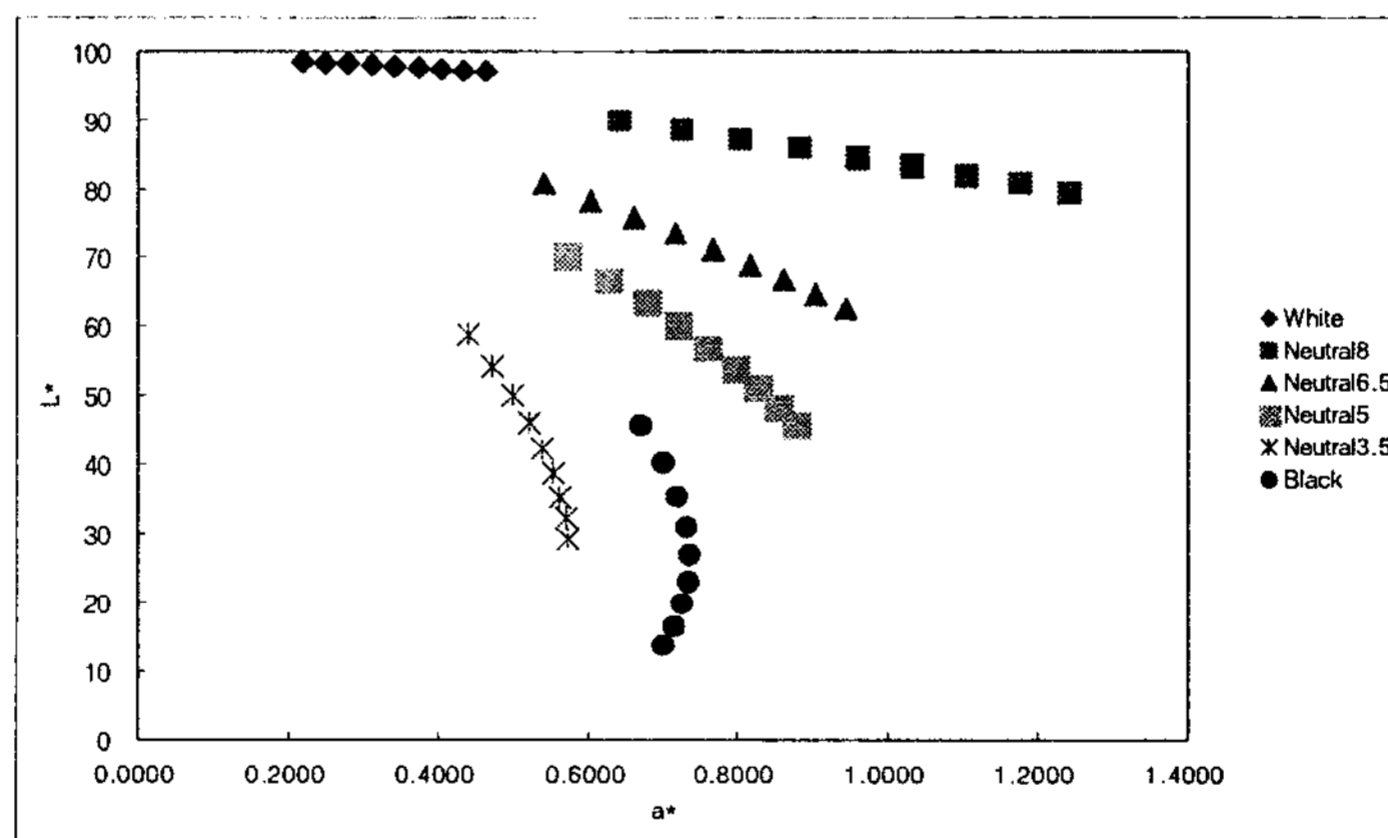
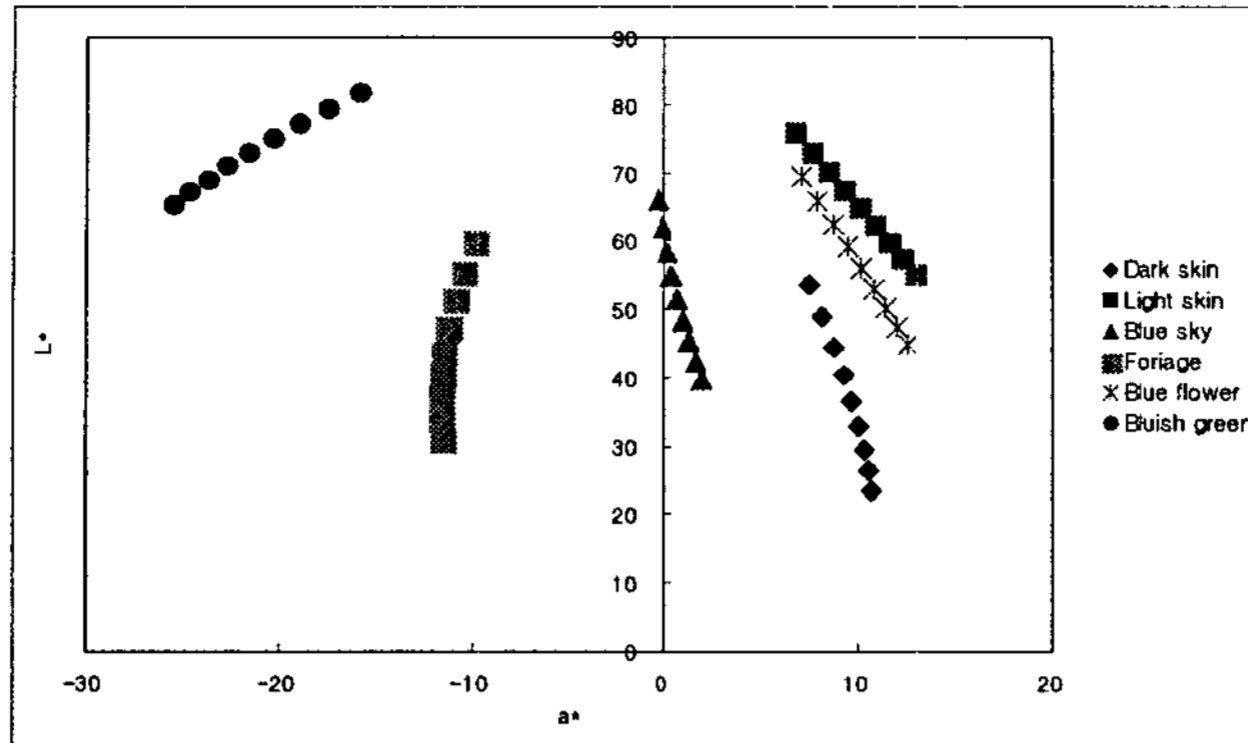
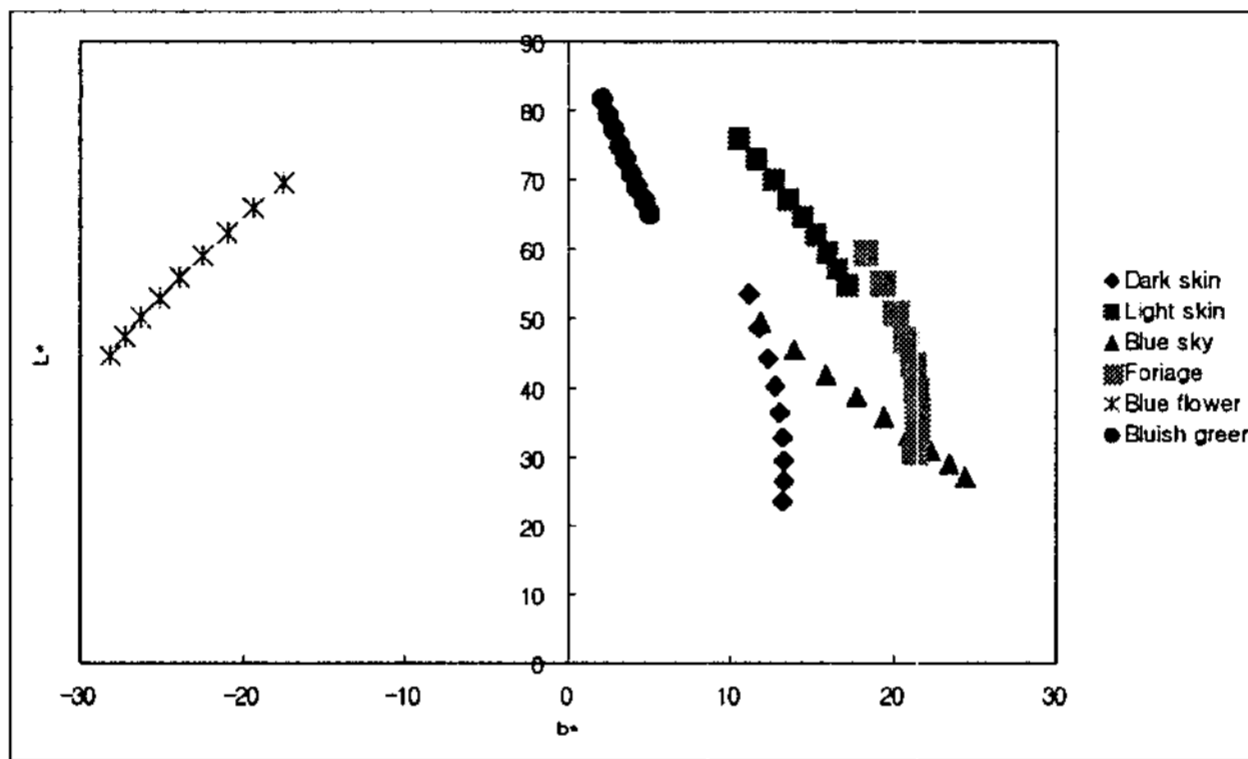


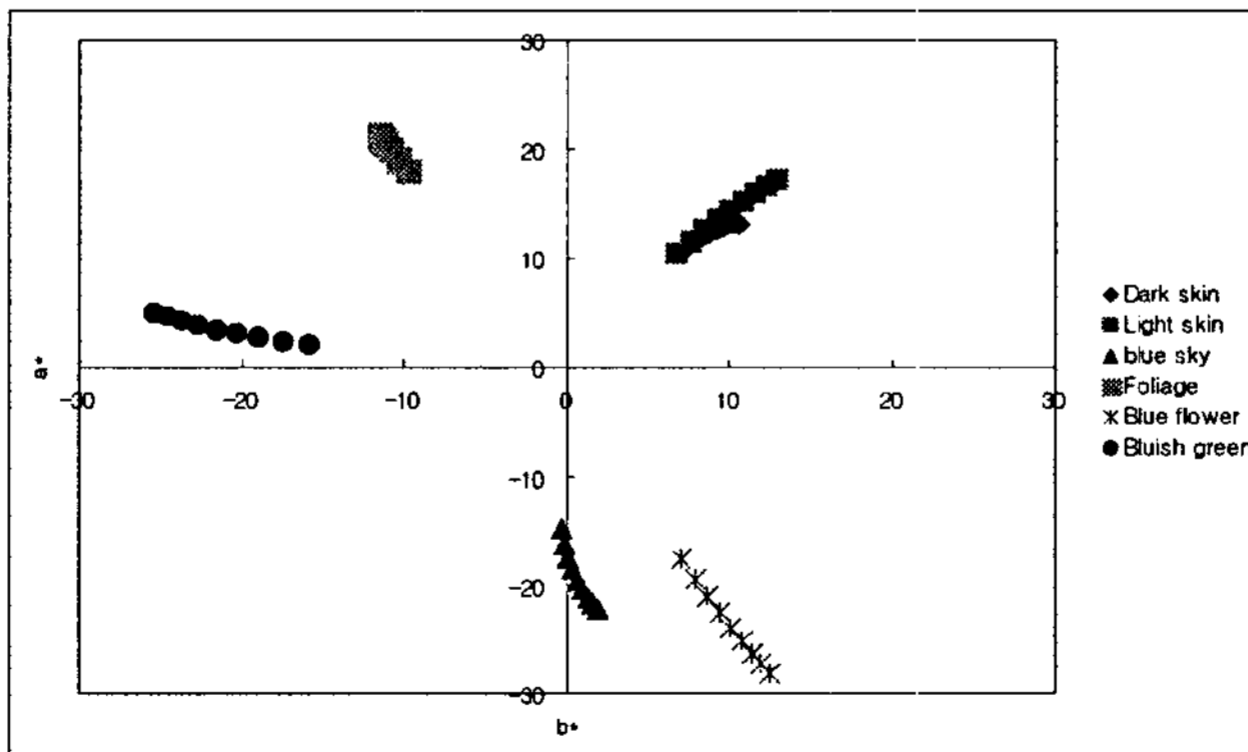
Fig. 5. Comparison of CIE L*a* diagram in neutral color.



(a) a*L* diagram

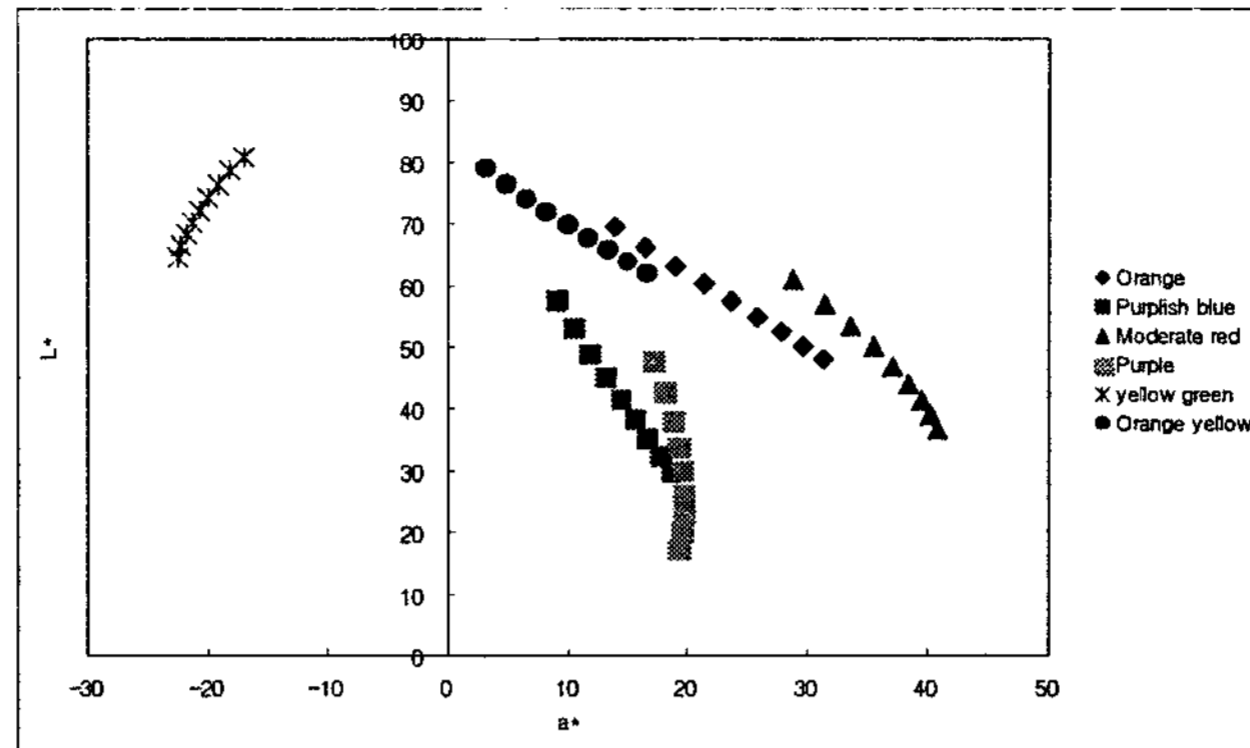


(b) b*L* diagram

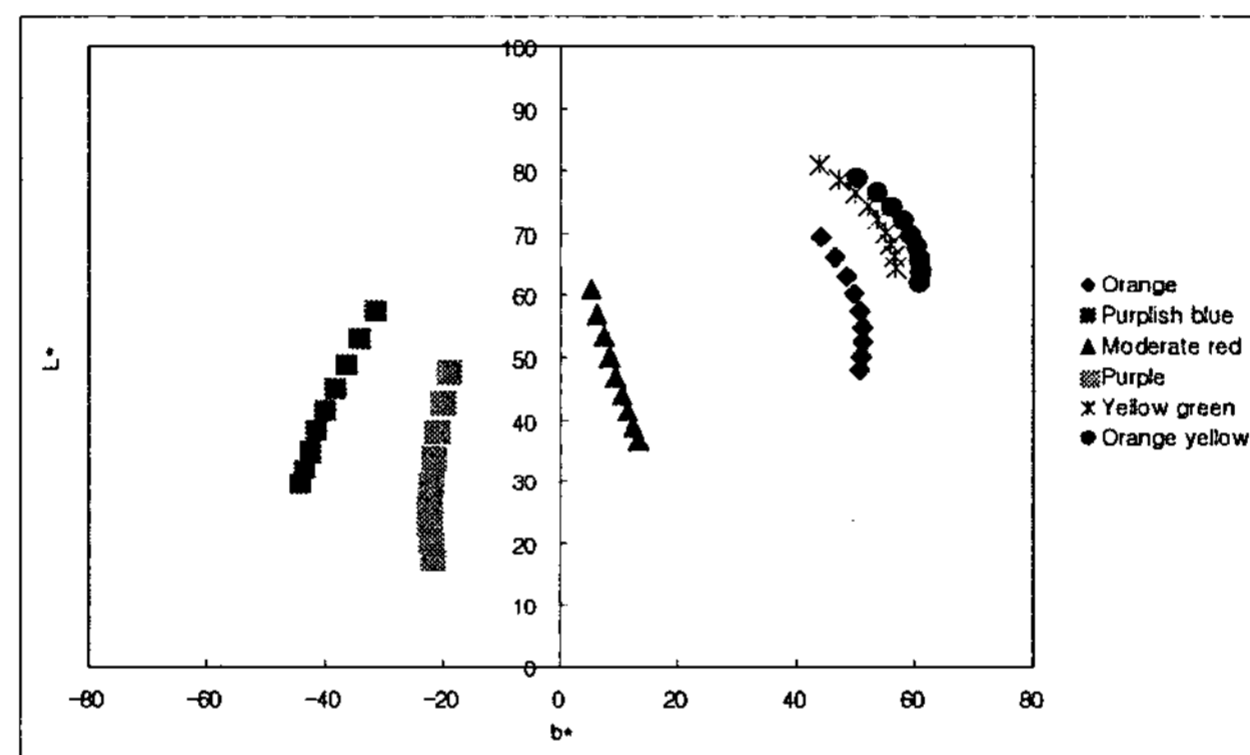


(c) a*b* diagram

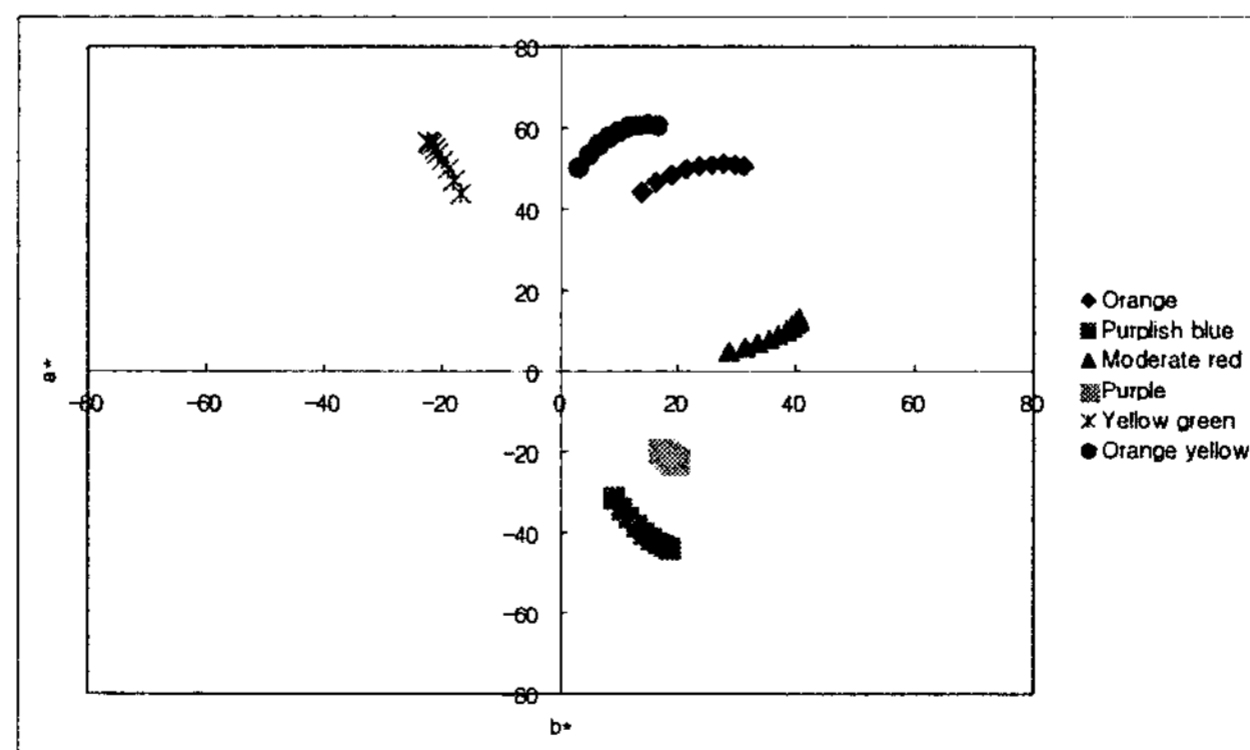
Fig. 6. Comparison of CIE L*_{ab} diagram in six color patch.
(Dark skin, Light skin, Blue skin, Foliage, Blue flower, Bluish green)



(a) a^*L^* diagram

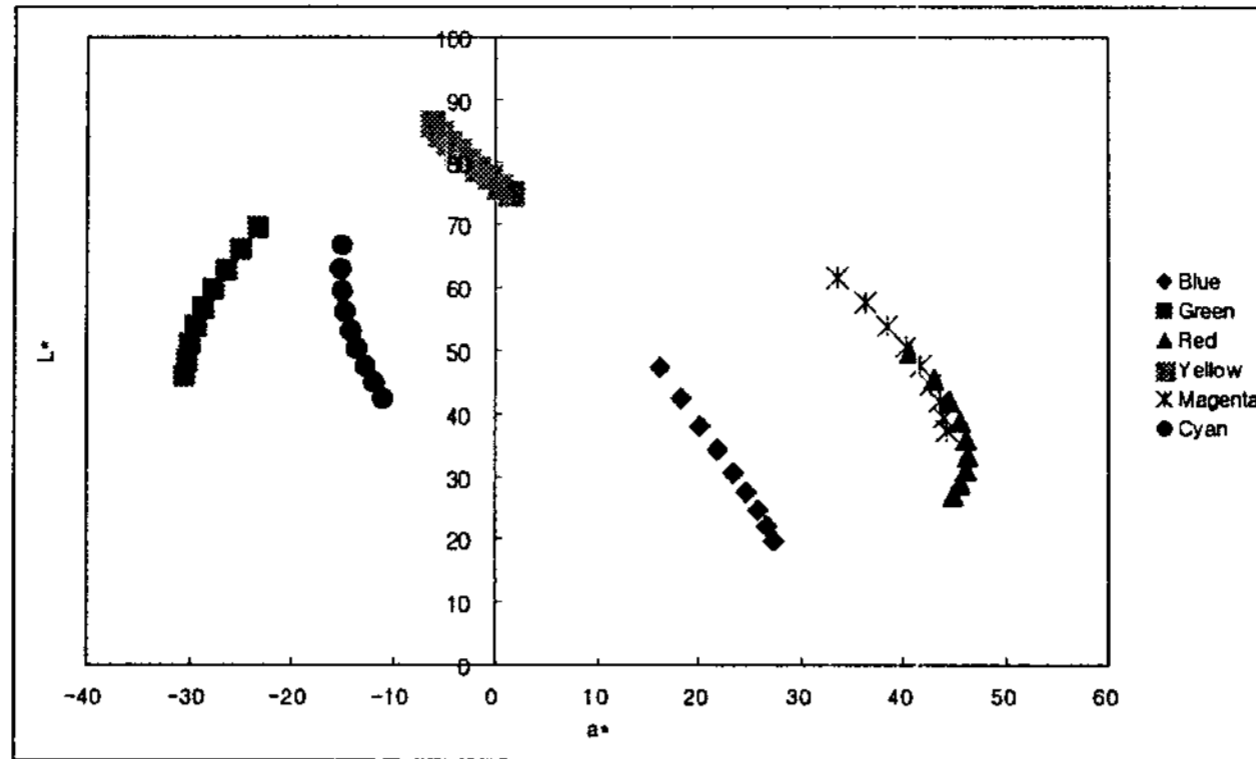


(b) b^*L^* diagram

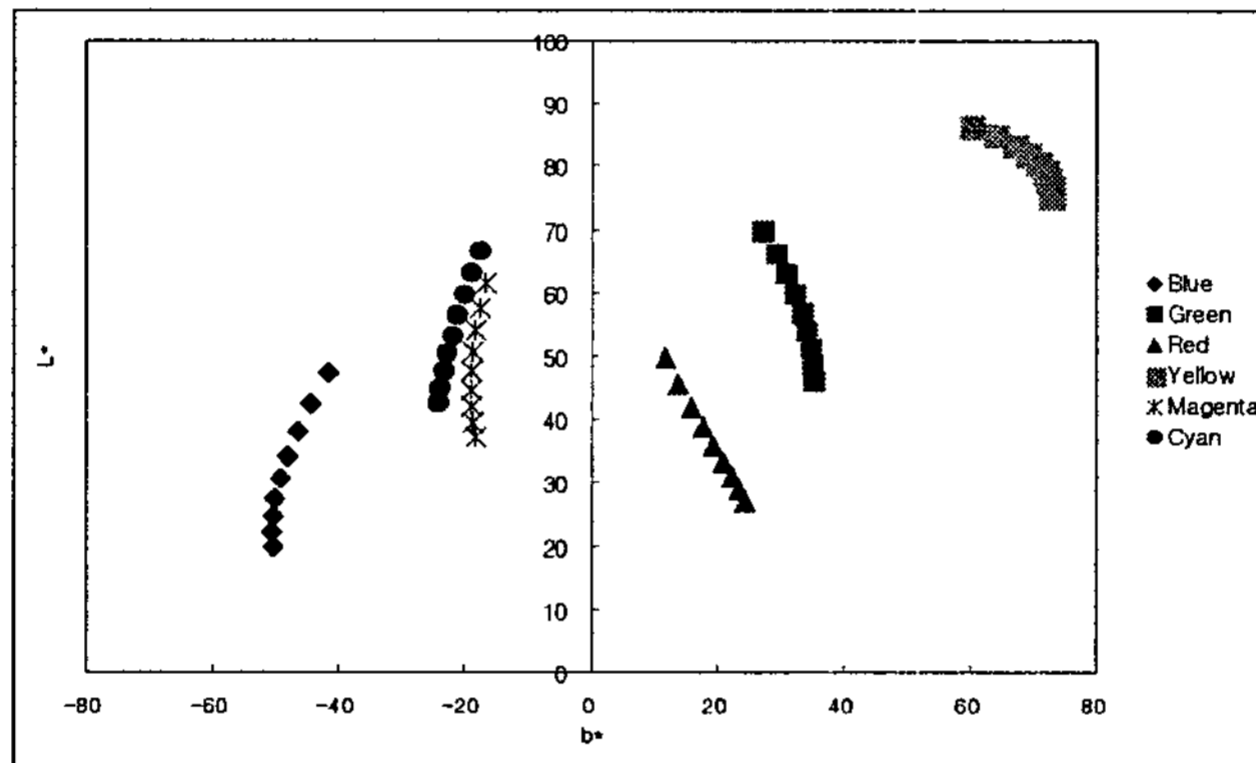


(c) a^*b^* diagram

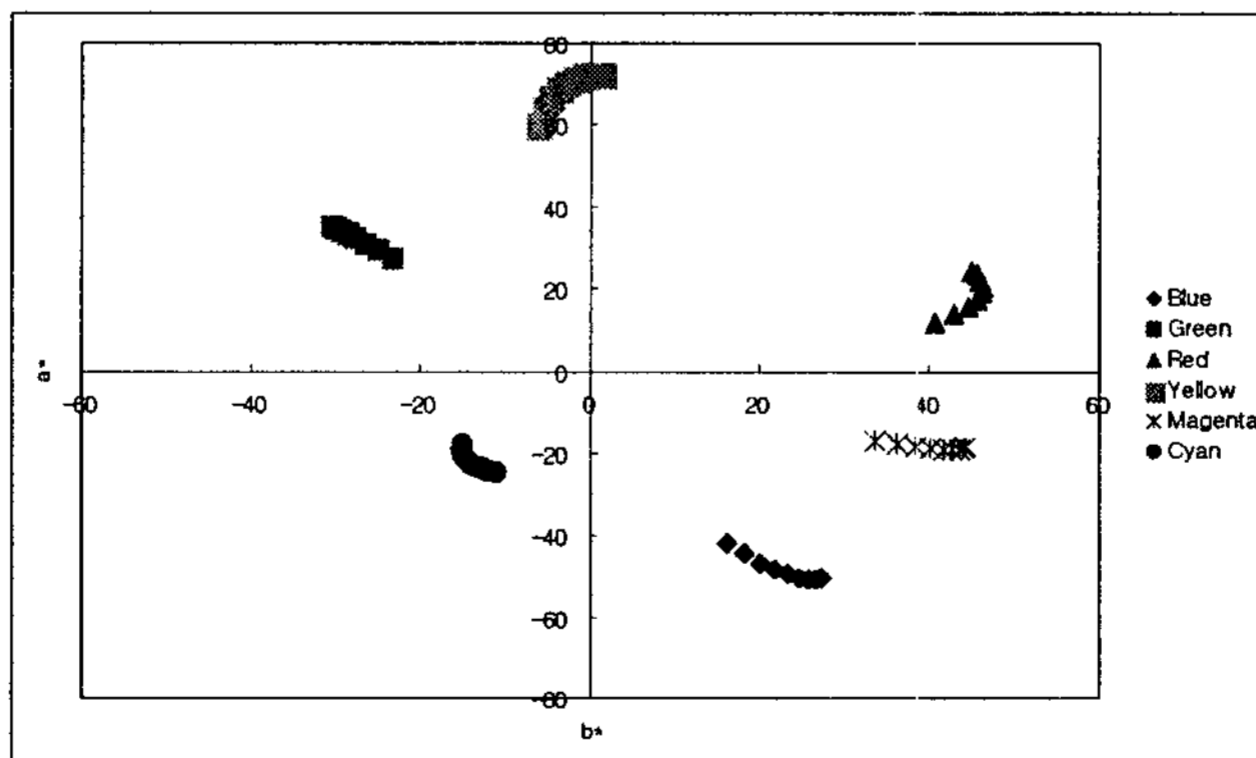
Fig. 7. Comparison of CIE L^*_{ab} diagram in six color patch.
(Orange, Purplish blue, Moderate red, Purple, Yellow green, Orange yellow)



(a) a^*L^* diagram



(b) b^*L^* diagram



(c) a^*b^* diagram

Fig. 8. Comparison of CIE L^*_{ab} diagram in six color patch.
(Blue, Green, Red, Yellow, Magenta, Cyan)

Table 4. Comparison of ΔL^* , ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab} , ΔE^*_{ab} for between Gamma Max. Value(3.0) and Gamma Min. Value(1.4) in Color Checker

Target Name	ΔL^*	ΔC^*_{ab}	ΔH^*_{ab}	ΔE^*_{ab}
Dark Skin	30.1190	3.5862	1.3547	30.3620
Light Skin	20.8943	8.9919	1.1898	22.7781
Blue Sky	26.3429	7.5633	1.9628	27.4774
Foliage	28.7968	3.4947	0.0696	29.0082
Blue Flower	24.6456	11.9599	0.7862	27.4055
Bluish Green	16.5027	9.9270	1.2954	19.3019
Orange	21.3060	13.2581	13.0725	28.2951
Purplish Blue	27.8347	15.1975	4.7418	32.0658
Moderate Red	24.3277	13.5690	4.9595	28.2940
Purple	30.4637	3.5428	0.2162	30.6698
Yellow Green	16.4191	13.4916	3.5096	21.5390
Orange Yellow	16.8190	12.5953	11.5208	23.9635
Blue	27.4712	12.6592	6.3923	30.9158
Green	23.5748	10.7426	0.3862	25.9099
Red	22.6462	8.7795	9.8757	26.2194
Yellow	11.1562	12.1800	8.0346	18.3676
Magenta	24.3345	10.4095	2.9198	26.6281
Cyan	24.2432	3.6123	6.9330	25.4725

4. 결 론

모니터의 감마변화에 따른 컬러재현특성에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

인쇄용 타겟에서 감마의 변화에 따른 색의 변화를 비교해본 결과 Yellow색성분이 많이 포함된 색일수록 휘도의 변화폭이 작았고, 채도차는 중간톤의 색일수록 차가 작게 났으며, 원색에 가까운 색일수록 채도차이가 크게 나타났다. 인쇄용 타겟에서 살펴본 결과 명도차가 큰 패치일수록 색차가 많이 나며 채도차와 색상차의 경우 크게 좌우되지 않았으므로, 감마변화에 따른 휘도의 영향으로 색차가 좌우된다고 할 수 있었다.

따라서 명도차가 큰 색일수록 색차가 많이 발생하므로, 감마값의 조절을 통해 어느 정도의 색차를 줄이는 색재현은 가능할 것으로 사료된다. 앞으로 CMS에서 감마선택은 중요하므로, 아울러 감마의 변화에 따라 원색의 채도차를 보정할 수 있는 시스템의 보완연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 1) Poynton, Frequently asked questions about gamma, http://www.inforamp.l.net/poynton/notes/colour_and_gamma/GammaFAQ.html (2002).
- 2) R. S. Berns, R.J. Motta, M.E. Gorzynski, CRT Colorimetry. Part I: Theory and Practice, *Color Research and Application*. Vol. 18, No. 5 (1993).
- 3) H. R. Kang, Color technology for electronic imaging devices, "Color Display Systems", p. 342~360, SPIE Optical Engineering Press (1997).
- 4) R. S. Berns, "Methods for Characterizing CRT Displays", *Displays*, Vol. 16, No.4 (1996).
- 5) E. Day, Colorimetric characterization of a computer-controlled (SGI) CRT display, Munsell Color Science Laboratory Technical Report (2002). http://www.art-si.org/PDFs/CRT_Colorimetry_Ap_2002.pdf
- 6) S. Soltic, "Modeling Effects of on the Colors Displayed on Cathode Ray Tube Monitors", *Journal of Electronic Image*, Vol. 13, No. 4 (2004).
- 7) M. Stokes, M. Anderson, S. Chandrasekar, R. Motta, A standard default color space for the Internet sRGB, Version 1.10 (1996). <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB.html>
- 8) 김호성, 박승옥, 백정기 CRT 디스플레이 시스템의 색재현성 평가, *한국광학회지*, Vol. 10, No. 3 (1999).
- 9) S. O. Park, H. S. Kim and J. K. baek, "Optimum brightness level and simplified characterization of CRT color monitors." *Color Research and Application*, Vol. 25, No. 6 (2000).
- 10) John Wiley & Sons, Ltd, Computational Color Science Using MATLAB, Chapter 7 pp. 111~125 (2004).