

CRT의 콘트라스트/밝기가 영상색에 미치는 영향

조대근, 김홍석, 박승옥

대진대학교 물리학과/광공학연구소

경기도 포천군 포천읍 선단리 산 11-1

Sopark @ road. Daejin. ac. Kr

The effect of contrast/brightness on the CRT color

Dai-geun Joh, Hong-suk Kim, Seung-ok Park

Physics/Optical Engineering Lab. Daejin Univ.

Pocheon-Gun, Kyeonggi-Do, Korea

Sopark @ road. Daejin. ac. Kr

요약

영상색의 정확한 재현을 위해서는 CRT의 콘트라스트와 밝기의 설정이 매우 중요하다. 물체색을 가장 자연스러운 영상색으로 재현할 수 있는 최적의 조절 상태를 밝히고, 콘트라스트와 밝기 변화가 영상색에 미치는 영향을 분석하였다.

1. 서론

칼라 영상은 흑백 영상에 비해 보기 아름다울 뿐만 아니라 보다 다양한 정보를 나타낼 수 있으며, 특히 색의 대비를 이용하여 특정한 글씨나 부분의 가시도를 높일 수 있는 큰 장점을 지니고 있다. 최근에는 제품 디자인에서 대부분의 작업이 컴퓨터를 사용하여 이루어지고 있어 자연스러운 영상색 재현은 감성 상품 개발에 핵심 기술이 되고 있다. 그러나 컴퓨터에 동일한 데이터가 입력되어도 처리 시스템이나 모니터의 종류 등에 따라서 화면에 나타나는 영상색이 달라지게 된다. 따라서 장치 특성을 고려하여 색을 재현하는 기술이 필수적이어서 이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다¹⁻⁵⁾. 이러한 연구 중 모니터의 콘트라스트/밝기 상태가 색재현 기술의 정확도를 결정하는 중요한 요인의

하나가 됨을 밝혀 내었다.

본 연구에서는 물체 색을 가장 자연스러운 영상색으로 재현할 수 있는 콘트라스트/밝기 조절 상태를 알아보고, 화면에 재현된 영상색이 콘트라스트와 밝기 변화에 어떠한 영향을 받는가를 분석하였다.

2. 자연색 재현 기술

삼원색 빛의 가법 혼합으로 생성되는 영상색에 대해서 자연 색의 CIE 1931 (XYZ) 삼자극치와 모니터의 삼원색 빛들의 휘도 사이의 관계는 다음의 행렬식으로 주어진다.

$$T = CY \quad (1)$$

여기서 T는 재현시키기를 원하는 자연 색의 X, Y, Z 삼자극치를 포함하는 3×1 행렬이며, Y는 모니터 삼원색 빛들의 휘도 Y_R, Y_G, Y_B 로 구성된 3×1 행렬이다. 또한

$$C = \begin{pmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ 1 & 1 & 1 \\ z_r & z_g & z_b \\ y_r & y_g & y_b \end{pmatrix} \quad (2)$$

이 된다. 여기서 x_i, y_i, z_i ($i=R, G, B$)는 모니터 삼원색 빛의 CIE 1931 색도 좌표를 나타낸다. 그러나 실제 모니터의 경우에는 신호 값이 입력되지 않은 상태에서 나타나는 바탕 화면의 삼차 극치 X_0, Y_0, Z_0 가 고려되어야 한다⁽⁶⁻⁷⁾. 삼원색 형광 소자로부터 Y_R, Y_G, Y_B 의 휘도를 방출시키기 위한 입력값 R, G, B 는 각 형광 소자의 입력 값에 대한 빛의 휘도 함수로부터 예측될 수 있다.

3. 측정 장치 및 방법

Panasonic사의 BT-H1450Y를 영상 처리 보드(Data Translation사의 DT2871)가 내장된 컴퓨터에 연결하여 사용하였다. DT2871은 R, G, B 입력력이 8 Bit의 A/D, D/A converter를 사용하여 각각 256단계로 조절될 수 있어 Full-color 재현이 가능하다.

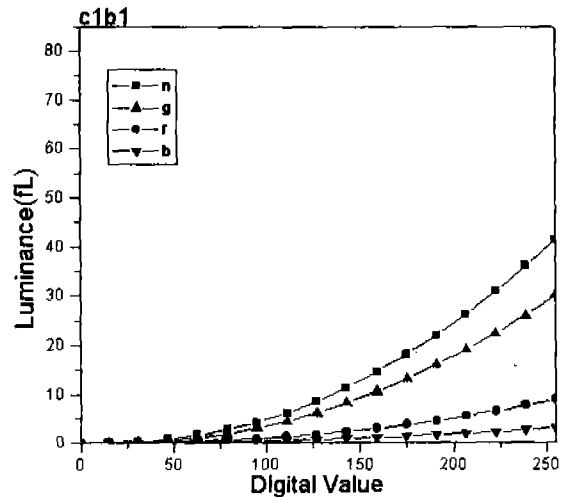
모니터의 콘트라스트와 밝기 조절 단자의 위치는 각각 3단계로 구분하여 이들의 조합에 의한 9가지의 상태에 대해서 색 특성을 측정하였다.(콘트라스트단자는 ①로 조절되고 밝기단자가 ③으로 조절된 상태는 c1b3으로 표현하겠음).

측정 장비로는 Minolta사의 Color analyser(CA-100)를 사용하였다. 측정 횟수를 최소한으로 줄이기 위하여 최소 0과 최대 255 중에서 16씩 증가되는 17개의 입력 값에 대해 삼원색 빛의 색도 좌표와 휘도를 측정하고, 이 데이터로부터 삼원색 빛의 색도 좌표와 휘도 함수를 구하였다.

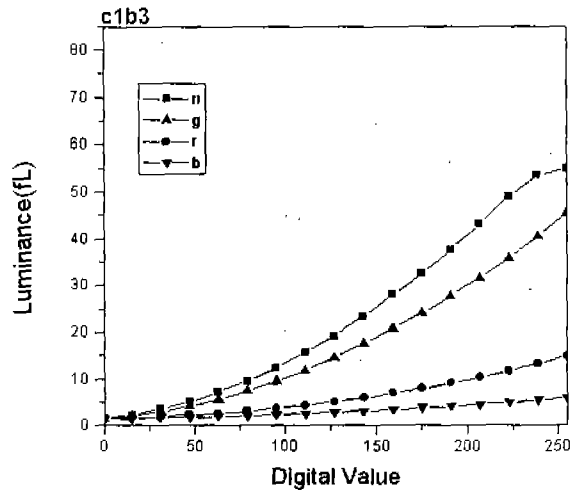
대상 색으로는 자연에서 자주 볼 수 있고 모니터의 색영역에 고루 분포되어 있는 Macbeth Colorchecker의 유채색 18색과 무채색 6색을 택하였다.

4. 결과 및 분석

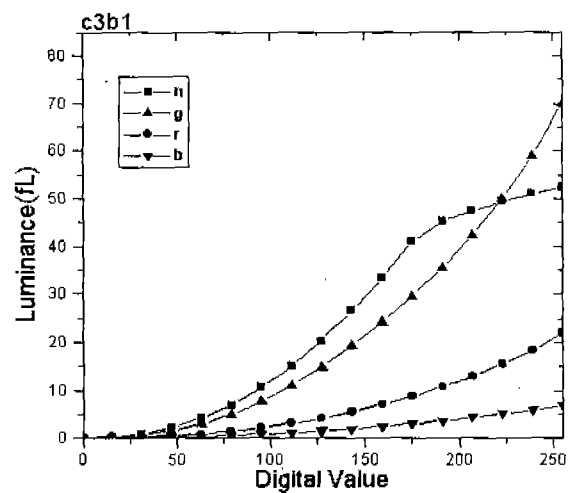
먼저 각 콘트라스트/밝기 상태에서 재현된 자연 색의 정확도를 분석하였다. 그림 1은 콘트라스트/밝기 상



1(a)



1(b)



1(c)

그림 1 콘트라스트/밝기 상태에 따른 삼원색과 무채색의 휘도변화 (a) c1b1 상태 (b) c1b3 상태 (c) c3b1상태

태에 따른 삼원색 및 백색의 휘도 변화를 측정된 결과이다. R, G, B 입력값 중 다른 두 값은 0으로 하고 한 값만 변화시켜 줌으로써 17단계의 밝기를 지닌 원색을 화면에 나타내고 휘도를 측정하고, R, G, B 입력값 모두 동일한 값으로 변화시켜 만든 17단계의 밝기를 지닌 백색의 휘도를 측정하였다. 그림 1(a)는 c1b1 상태인데, 그림 1(b)는 밝기가 최대로 증가한 c1b3 상태이고 그림 1(c)는 콘트라스트가 최대로 증가한 c3b1 상태이다. 밝기가 높아지면 바탕 화면의 휘도가 증가하면서 삼원색 빛의 최대 휘도가 증가된다. 그러나 삼원색 빛의 혼합으로 만들어지는 무채색의 휘도가 최대 입력값 근처에서 더 이상 증가하지 않는다. 한편 콘트라스트가 높아지면 바탕 화면의 휘도는 미소하게 증가하고 최대 휘도가 크게 증가되나 무채색의 휘도는 밝기가 높아질 때보다 훨씬 낮은 입력 값에서부터 더 이상 증가하지 않는다. 그림 1로부터 콘트라스트/밝기 상태에 따라 바탕 화면의 휘도와 삼원색의 최대 휘도, 그리고 혼합 색인 무채색의 최대 휘도와 포화가 일어나는 입력값 등이 달라짐을 알 수 있다.

9가지의 콘트라스트/밝기 상태에서 자연색 재현 기술에 의해 재현된 Macbeth 24색의 영상색과 원래 색의 ΔE^*_{uv} 색차와 24색 전체의 평균 색차, 그리고 4이상의 색차를 지닌 색의 수를 표 1에 나타내었다. 표 1로부터 콘트라스트가 낮을수록, 밝기가 높을수록 평균 색차와 4이상의 색차를 지닌 색의 수가 적어짐을 볼 수 있다.

혼합 색을 만들기 위한 입력 값 R, G, B 는 각 삼원색의 17개 입력 값에 대해 측정된 휘도 데이터를 연결하여 구한 2차 함수가 실제 데이터와 잘 일치할수록 색재현이 정확하게 이루어지는데, 콘트라스트가 높을수록 곡선의 기울기가 급해져서 전 구간의 데이터가 잘 연결되는 함수를 구하기 어려운 반면에 밝기는 높을수록 최소 휘도부터 높아져 곡선의 기울기가 완만해지므로 함수가 정확히 구해질 수 있다.

그러나 밝기가 최대가 되면 입력 값이 0인 상태의 바탕 화면의 휘도가 너무 높아져서 몇몇 자연 색의 휘도 성분 Y_R, Y_G, Y_B 보다 높아지는 경우가 생긴다.

이에 의해 표 1에서와 같이 밝기가 ③인 c1b3, c2b3, c3b3 상태에서는 f, y, c색이 모두 4이상의 색차를 지니게 된다. 따라서 밝기가 크게 높을 때는 모든 색이 고루 재현되지 못하므로 영상색이 자연스럽지 못하다.

표 1 영상색과 원래 색의 ΔE^*_{uv}

| name | b1 | | | b2 | | | b3 | | |
|--------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | c1 (0.03-38(L)) | c2 (0.06-47.4(L)) | c3 (0.08-40.9(L)) | c1 (0.34-47.8(L)) | c2 (0.37-41.1(L)) | c3 (0.43-39.4(L)) | c1 (1.48-49(L)) | c2 (1.58-43.8(L)) | c3 (1.77-41.7(L)) |
| ds | 3.16 | 3.94 | 2.65 | 1.59 | 0.91 | 2.06 | 0.53 | 0.94 | 1.68 |
| ls | 2.90 | 3.92 | 4.58 | 3.06 | 2.76 | 4.10 | 1.55 | 2.65 | 3.91 |
| bs | 2.58 | 3.35 | 4.05 | 3.87 | 4.44 | 3.58 | 2.57 | 2.14 | 2.22 |
| f | 2.99 | 3.20 | 2.82 | 3.07 | 2.93 | 3.47 | 7.31 | 6.91 | 6.28 |
| bf | 2.42 | 4.92 | 4.27 | 3.04 | 4.25 | 2.56 | 1.89 | 2.12 | 1.54 |
| bg | 3.61 | 5.02 | 4.90 | 4.21 | 3.64 | 4.94 | 2.80 | 2.76 | 1.96 |
| o | 3.80 | 2.02 | 2.21 | 1.99 | 0.61 | 2.72 | 2.47 | 4.12 | 5.04 |
| pb | 1.76 | 5.06 | 3.76 | 3.61 | 3.37 | 3.33 | 2.17 | 2.53 | 1.68 |
| mr | 2.81 | 2.82 | 4.78 | 2.46 | 1.83 | 3.55 | 1.15 | 1.28 | 3.07 |
| p | 1.95 | 4.98 | 5.22 | 3.53 | 4.51 | 4.64 | 2.22 | 1.22 | 2.18 |
| yg | 2.21 | 1.59 | 1.48 | 0.94 | 1.19 | 3.34 | 1.04 | 1.88 | 1.94 |
| oy | 2.94 | 1.93 | 1.75 | 0.97 | 0.18 | 2.71 | 2.51 | 3.39 | 3.67 |
| b | 1.22 | 4.89 | 5.15 | 1.89 | 3.23 | 2.78 | 2.16 | 1.75 | 1.27 |
| g | 3.25 | 3.03 | 2.53 | 2.31 | 1.71 | 2.71 | 2.16 | 1.58 | 2.53 |
| r | 1.83 | 2.08 | 1.93 | 1.12 | 3.88 | 2.99 | 0.57 | 1.74 | 2.43 |
| y | 3.54 | 1.92 | 1.86 | 1.83 | 1.57 | 2.02 | 5.21 | 4.95 | 5.93 |
| m | 3.25 | 4.00 | 5.39 | 2.82 | 3.34 | 4.63 | 2.28 | 3.29 | 3.78 |
| c | 4.07 | 5.86 | 4.64 | 4.44 | 4.57 | 4.72 | 6.49 | 6.78 | 7.79 |
| w | 2.60 | 2.19 | 2.23 | 1.91 | 1.58 | 1.57 | 1.04 | 0.82 | 1.60 |
| n8 | 2.97 | 4.20 | 3.65 | 2.22 | 3.11 | 2.66 | 1.44 | 2.07 | 1.37 |
| n6.5 | 3.54 | 5.07 | 5.64 | 3.10 | 4.09 | 4.68 | 2.69 | 3.00 | 2.43 |
| n5 | 3.48 | 4.71 | 4.72 | 3.10 | 3.69 | 3.61 | 2.76 | 2.17 | 2.75 |
| n3.5 | 3.39 | 3.87 | 4.42 | 3.70 | 1.93 | 3.16 | 1.98 | 0.94 | 2.03 |
| bl | 1.56 | 2.68 | 2.18 | 3.16 | 1.80 | 3.50 | 0.31 | 3.00 | 3.78 |
| mean | 2.80 | 3.60 | 3.65 | 2.66 | 2.72 | 3.27 | 2.41 | 2.62 | 3.00 |
| number | 1 | 9 | 12 | 1 | 5 | 6 | 3 | 3 | 3 |

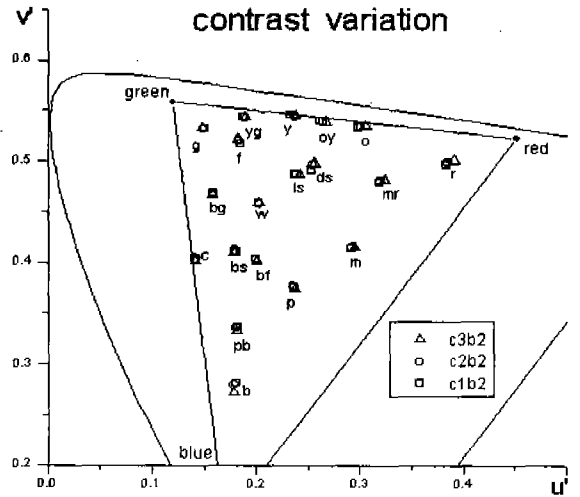
한편 밝기가 최소로 낮을 때는 모니터가 낼 수 있는 백색의 휘도가 낮으므로 전 색의 휘도가 이에 준해 감소하게 된다. 즉, 영상색의 휘도가 낮아 주위 조명의 영향을 받아 색의 선명도가 떨어져 보이게 된다. 그러므로 모든 색의 색도 좌표 및 휘도 분포가 실제 색과

정확히 일치할 뿐만 아니라 휘도도 가장 높은 영상색을 재현시킬 수 있는 상태는 표 1의 9가지 상태 중 c1b2 상태가 된다.

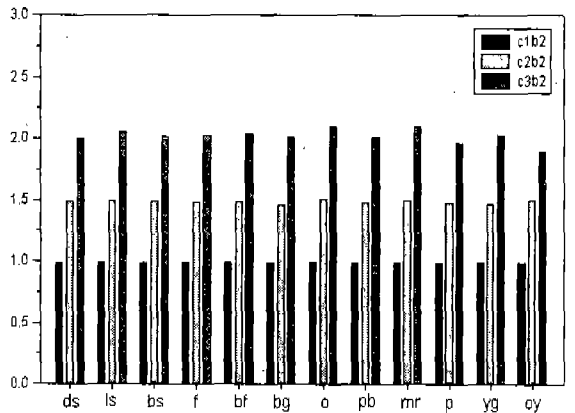
다음으로 c1b2 상태에서 재현된 영상색이 콘트라스트와 밝기의 상태가 달라질 경우, 받는 영향을 분석해보았다. 그림 2는 콘트라스트 조절에 따른 색의 변화를 보여 준다. 그림 2(a)는 u', v' 색도 좌표의 변화를 나타내는데, 콘트라스트가 높아짐에 따라 색도 좌표의 순도가 약간 높아지는 경향을 보이지만 녹색 계통의 색들은 거의 동일 좌표를 유지함을 알 수 있다. 한편 휘도는 그림 2(b)와 같이 c1b2 상태일 때 각색의 휘도를 1로 하여 기준으로 삼고 콘트라스트 증가에 따른 각색의 휘도 증가율을 막대 그래프로 나타낸 것이다. 휘도가 매우 높은 w나 n8.5, y색의 증가율은 다른 색에 비해 다소 떨어지거나 거의 모든 색에 대해 막대의 크기가 일정하게 증가하므로 각 색의 휘도 비도 그대로 유지된다고 볼 수 있다.

그림 3은 밝기 조절에 따른 색의 변화를 보여준다. 그림 3(a)의 u', v' 색도도에서 보면 밝기가 ②에서 ①으로 감소하면 24색 모두 색좌표가 색영역의 경계선 쪽으로 향하므로 순도가 높아짐을 알 수 있고, 밝기가 ②에서 ③으로 증가하면 색도 좌표가 중앙을 향하므로 순도가 떨어짐을 알 수 있다. 그림 2(a)와 비교해 보면 색도 좌표의 변화가 매우 큼을 알 수 있다. 또한 그림 3(b)는 휘도 증가율의 변화를 보여주는데, 그림 2(b)에 비해 24색 모두 증가율이 다름을 알 수 있다. 즉, 밝기가 달라지면 색도와 휘도가 모두 달라져서 원래의 Macbeth ColorChecker chart의 색과는 크게 달라지게 된다.

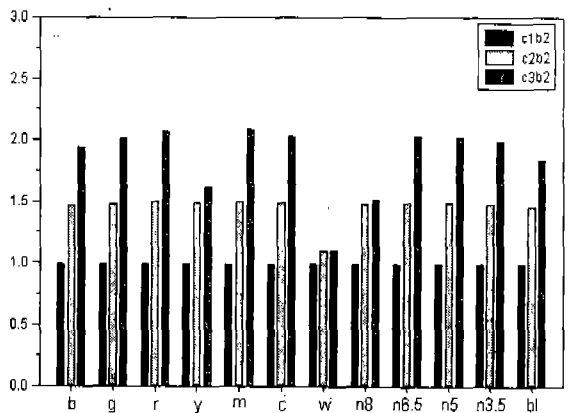
일반적으로 컬러 모니터는 주위 조명 상태나 개인의 취향 등에 따라 수시로 콘트라스트와 밝기단자를 조절하게 되는데, 전 영역의 색이 고루 나타나 있는 화면일수록 콘트라스트단자로서 휘도를 조절하여야 전체 영상의 색도는 바뀌지 않고 전체적으로 휘도를 높이거나 낮출 수 있음을 그림 2와 그림 3으로부터 알아 볼 수 있다. 특히 숲이나 하늘, 사람의 피부 등을 나타내



2(a)

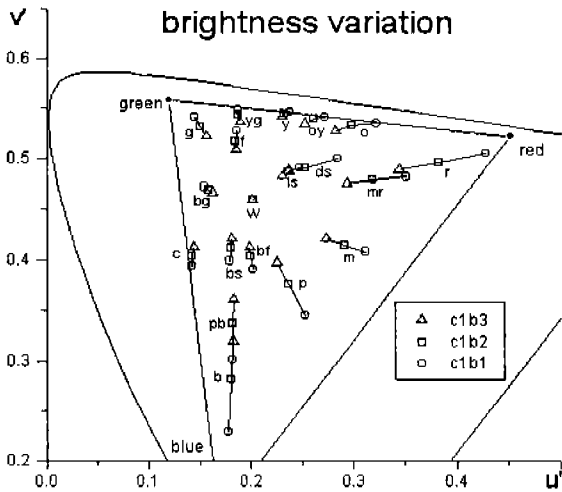


2(b)-1

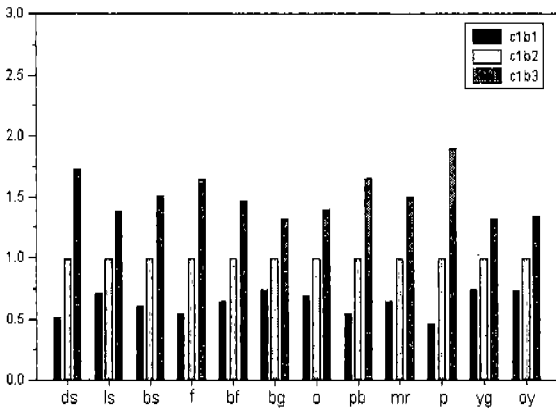


2(b)-2

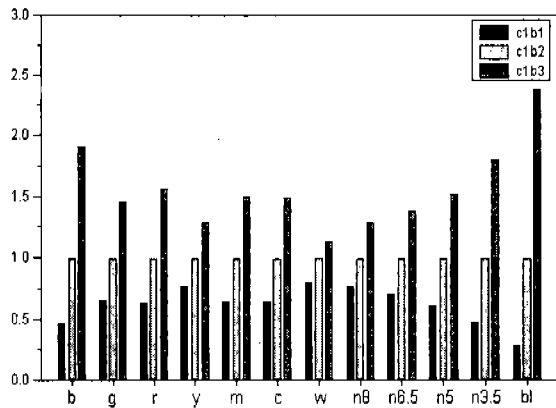
그림 2 영상색의 콘트라스트 조절에 따른 변화
(a)색도 좌표 (b)-1,2 휘도



3(a)



3(b)-1



3(b)-2

그림 3 영상색의 밝기 조절에 따른 변화
(a)색도 좌표 (b)-1,2 휘도

는 g, bs, bf, bg, yg, c색등이 포함되어 있는 화면은 콘트라스트를 변화시켜 밝기를 조절하여도 영상색은 전혀 달라지지 않는다.

5. 결론

CRT의 콘트라스트/밝기 조절 상태에 따른 이러한 색 특성 변화가 영상색 재현에 미치는 영향을 1976 CIELUV 색 공간에서 분석하였다. 자연색 영상의 재현에 있어서 콘트라스트/밝기 조절 상태는 본 연구에서 조사한 9가지 상태 중에서 c1b2상태가 가장 적절함을 밝혔으며, 영상색이 재현된 상태에서 밝기가 바뀌게 되면 영상색이 크게 달라지나 콘트라스트가 바뀔 경우에는 영상색은 거의 변하지 않고 전체적으로 화면의 밝기가 조절될 수 있음을 알았다.

참고문헌

- [1] William W. Cowan, "An Inexpensive Scheme for Calibration of a Colour Monitor in terms of CIE Standard Coordinates", Computer Graphics Vol. 17, No. 3 pp. 315-321, July 1983
- [2] James C. Gutmann and Steven P. Rogers, "Displaying Colors of Specified Chrominance on a Color Graphics Display", Technical Report TR 459-4, 1982, 12
- [3] David L. Post and Christopher S. Calhoun, "An Evaluation of Methods for Producing Specific Colors on CRTs", Proceedings of The Human Factors Society-31st Annual Meeting-1987
- [4] David F. Neri, "A Simple Calibration Procedure for Color CRT Displays", Naval Submarine Medical Research Laboratory Report NO100.001-5003, 1988. 9
- [5] David H. Brainard, "Calibration of a Computer Controlled Color Monitor", COLOR research and application Vol. 14, No. 1, February 1989
- [6] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), "The Relationship Between Digital and Colorimetric Data for Computer-Controlled CRT Displays", CIE #122, Bureau Central de la CIE, Austria 1996
- [7] 박승욱, 김홍석, 조대근, "CRT의 바탕화면 영향을 고려한 색 재현 알고리즘", 한국광학회지, 심사중.