# sRGB 표준색공간을 이용한 컬러매니지먼트에 관한 연구

김동균†, 조가람, 구철회
(주)한일종합인쇄†, 부경대학교 공과대학 화상정보공학부
(2005년 1월 10일 접수, 2005년 2월 7일 채택)

# A Study on the Color Management using sRGB Standard Color Space

*Dong-Koun Kim†, Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo*
Hanil Synthesis Printing CO., LTD.†,
Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University
†e-mail : gomng49@chul.com
(Received 10 January 2005, Accepted 7 February 2005)

## Abstaract

The solution way of color difference in display device is using a device profile recorded with color dimension, color properties of each device and is using sRGB color space. The color matching is better sRGB than RGB color space. The sRGB is independent device color space and based on the monitor characteristice.

An accurate characterization of the display device is essential for color matching. The calibration and characterization process in display device is needed to transform the device dependent color to the device independent color. The process of characterization performs a linearization and transforms the linearized values into the CIE XYZ tristimulus values. The purposes of this paper is to estimate color reproduction using device profile and to explain the propriety of transformation method using variable.

# 1. 서 론

현재 디지털 컬러 사용자는 컬러 매니저먼트 시스템을 주로 사용하여 서로 다른 장치 간의 장치독립적인 컬러 작업이 이루어지고 있다. 그러나 여전히 장치들 사이의 컬러를 맞추는 작업은 완벽하지 못하므로 다수의 사용자는 하나의 컬러 이미지를 작업할 경우 입력 장치의 특성으로 인해 컬러가 서로 상이하게 나타나는 것을 해결해야 한다.

컬러 불일치 문제점을 해결하기 위하여 가장 일반적인 방법으로 인쇄물 제작시 사용된 입력 장치나 출력 장치가 가지는 컬러 영역과 특성을 기록한 프로파일을 이용하는 것이다.[1),3)] 특히 입력 장치와 출력 장치는 장치 특성에 의존적인 RGB나 CMY의 컬러 공간에서 이미지가 재현된다. 이러한 장치 의존적인 컬러 공간을 이용할 경우 서로 다른 환경에 의하여 재현된 디지털 이미지의 컬러를 매칭하는 것은 더욱더 어려울 것이다. 그러므로 RGB 컬러 요소를 중심으로 장치에서 RGB 보다 컬러 매칭이 보장되는 sRGB를 이용한다.[2)] 이 컬러 공간은 고가의 calibration 장비와 전문적인 프로파일 제작 프로그램을 사용하지 않고, 컬러 불일치 문제를 일반인도 처리할 수 있도록 도와준다. 또한 장치 제조 메이커에서 각각의 장치에 제품의 특성을 일반화한 프로그램과 컬러 설정에 관한 환경을 함께 제공하고 있다. 그 중 디스플레이 장치인 모니터 제작메이커는 사용자의 편의를 위하여 OSD(On Screen Display)를 통하여 컬러 환경설정을 제공하고 있어 논문에서도 그 환경을 응용하였다.

따라서 본 논문에서는 모니터 장치의 컬러 재현을 평가하기 위하여 제조업체에서 제공하는 sRGB의 모니터 장치프로파일을 이용하여 4가지 서로 다른 모니터 특성화 모델로 변환하여 비교 분석하였다.

# 2. 실 험

실험에 사용할 sample 이미지는 두 가지 방법으로 제작하였다. 디스플레이 장치의 특성을 분석하기 위해 RGB 각각의 원색과 0에서 255단계에서 16단계로 증가시킨 중성색 패치를 제작함으로써 디스플레이 장치의 특성을 분석하는 데 사용하였다. 인쇄원고의 적용을 확인하기 위한 sample 이미지 제작은 calibration 되어 있는 입력 장치 FUJIFILM FineScanner 2750에서 GretagMacbeth의 Color Checker 반사원고를 150ppi 해상도로 스캐닝하였다.

디스플레이 장치를 calibration을 하기 위해 GretagMacbeth의 Profilemaker 5.0.2에서 GretagMacbeth Eyeone을 이용하여 디스플레이 장치의 calibration을 하였고, 디스플레이 장치의 calibration한 데이터를 바탕으로 ICC profile을 제작[3),4)]하여 디스플레이 장치에

구동하여 실험한 후 비교 평가하였다.

또한 calibration된 실험 모니터의 모니터 특성화를 알아보기 위해 모니터 특성화에 사용되는 매개변수 한 개만 사용하는 단일 감마(SG:simple gamma, GG:gain-gamma)와 세 개를 이용하는 GOG(gain-offset-gamma) 모델을 제작한 sample 이미지에 적용하였다.[5),6)]

Target을 통한 sRGB 모니터 특성화 평가는 FUJIFILM FineScanner 2750인 입력장치로 스캔하여 제작된 target의 RGB 입력 값을 Matlab 7.0의 프리케이션에서 히스토그램 기술[7)]로 RGB 각각의 입력 값을 찾아내어 CIE Yxy 색도도와 색차값을 구하였다.

# 3. 결과 및 고찰

### 3-1. CIE XYZ 색공간으로 변환하기 위한 Matrix 결정

디스플레이 장치의 특성화를 하기 위해 총 36개의 CIE XYZ 삼자극치를 table 1에 나타내었다. 상단의 3행은 장치의존적인 색공간 CIE RGB를 장치독립적인 색공간 CIE XYZ로 변환하기 위한 매트릭스 결정에 사용하였고, 하단의 33행은 특성화 모델의 값을 구하는데 이용하였다.

각 채널의 최대 입력에 대한 삼자극치를 측정한 결과 식 (1)과 같은 3×3선형변화 매트릭스를 구할 수 있었다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 42.47 & 36.57 & 15.51 \\ 21.91 & 72.1 & 8.78 \\ 2.4 & 12.41 & 96.01 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \qquad (1)$$

이 디스플레이 장치의 white point의 값은 102.79lx로 측정되어진다.

실험에 사용된 매트릭스는 중성색의 RGB 각각의 입력 값을 구하기 때문에 R, G, B채널의 최대 입력 값 255, 255, 255에서 구한 매트릭스의 역행렬을 곱하는 것으로 식 (2)와 같다.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0317 & -0.0155 & -0.0037 \\ -0.0097 & 0.0188 & -0.0002 \\ 0.0005 & -0.0020 & 0.0105 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \qquad (2)$$

식 (2)에 측정된 CIE XYZ 삼자극치를 대입하면, table 2과 같이 CIE RGB를 구할 수 있다.

Table 1. Sample Measurement using Colorimetrically Characterize in Display System

| dr/255 | dg/255 | db/255 | X | Y(Lm/m²) | Z |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 42.47 | 36.57 | 15.51 |
| 0 | 1 | 0 | 21.91 | 72.10 | 8.78 |
| 0 | 0 | 1 | 2.40 | 12.41 | 96.01 |
| 0.0000 | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0314 | | | 0.1000 | 0.1300 | 0.1100 |
| 0.0627 | | | 0.3500 | 0.3800 | 0.3100 |
| 0.0941 | | | 0.6900 | 0.7300 | 0.6700 |
| 0.1255 | | | 1.2000 | 1.2700 | 1.2100 |
| 0.1569 | | | 1.8000 | 1.8800 | 1.9600 |
| 0.1882 | | | 2.5400 | 2.6300 | 2.8800 |
| 0.2196 | | | 3.4700 | 3.6300 | 3.9500 |
| 0.2510 | | | 4.7700 | 5.0100 | 5.3000 |
| 0.2824 | | | 6.1300 | 6.4600 | 6.8800 |
| 0.3137 | | | 7.7200 | 8.1300 | 8.8500 |
| 0.3451 | | | 9.6800 | 10.1900 | 10.8800 |
| 0.3765 | | | 11.7000 | 12.2900 | 13.1300 |
| 0.4078 | | | 13.8100 | 14.5700 | 15.6600 |
| 0.4392 | | | 16.1800 | 17.0300 | 18.3900 |
| 0.4706 | | | 18.7600 | 19.7800 | 21.3900 |
| 0.5020 | | | 21.6800 | 22.8400 | 24.7200 |
| 0.5333 | | | 24.7500 | 26.0300 | 28.2600 |
| 0.5647 | | | 27.9200 | 29.4000 | 32.0200 |
| 0.5961 | | | 31.5400 | 33.2100 | 36.0400 |
| 0.6275 | | | 35.1100 | 36.9500 | 39.9500 |
| 0.6588 | | | 38.9600 | 41.0400 | 44.4700 |
| 0.6902 | | | 43.2800 | 45.5000 | 49.3400 |
| 0.7216 | | | 47.6600 | 50.1000 | 54.4600 |
| 0.7529 | | | 52.2700 | 54.9500 | 60.0700 |
| 0.7843 | | | 57.2300 | 60.2000 | 65.7500 |
| 0.8157 | | | 62.8300 | 66.1600 | 71.9100 |
| 0.8471 | | | 68.1300 | 71.7700 | 78.1600 |
| 0.8784 | | | 74.3000 | 78.3400 | 84.8300 |
| 0.9098 | | | 80.0900 | 84.4400 | 91.7200 |
| 0.9412 | | | 86.0500 | 90.7800 | 98.1000 |
| 0.9725 | | | 92.8300 | 97.6900 | 105.4900 |
| 1.0000 | | | 97.9800 | 103.3400 | 112.1300 |

Table 2. Calculated CIE RGB Values measuring CIE XYZ values

| Lightness | R | G | B |
|---|---|---|---|
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0314 | 0.0007 | 0.0015 | 0.0009 |
| 0.0627 | 0.0038 | 0.0038 | 0.0026 |
| 0.0941 | 0.0074 | 0.0071 | 0.0058 |
| 0.1255 | 0.0128 | 0.0123 | 0.0105 |
| 0.1569 | 0.0190 | 0.0180 | 0.0174 |
| 0.1882 | 0.0266 | 0.0250 | 0.0258 |
| 0.2196 | 0.0359 | 0.0348 | 0.0353 |
| 0.2510 | 0.0495 | 0.0482 | 0.0471 |
| 0.2824 | 0.0631 | 0.0624 | 0.0612 |
| 0.3137 | 0.0789 | 0.0786 | 0.0790 |
| 0.3451 | 0.0998 | 0.0984 | 0.0968 |
| 0.3765 | 0.1210 | 0.1184 | 0.1168 |
| 0.4078 | 0.1414 | 0.1410 | 0.1394 |
| 0.4392 | 0.1660 | 0.1644 | 0.1639 |
| 0.4706 | 0.1918 | 0.1913 | 0.1907 |
| 0.5020 | 0.2219 | 0.2207 | 0.2204 |
| 0.5333 | 0.2538 | 0.2511 | 0.2521 |
| 0.5647 | 0.2853 | 0.2840 | 0.2858 |
| 0.5961 | 0.3228 | 0.3208 | 0.3215 |
| 0.6275 | 0.3602 | 0.3567 | 0.3561 |
| 0.6588 | 0.3987 | 0.3966 | 0.3965 |
| 0.6902 | 0.4443 | 0.4388 | 0.4401 |
| 0.7216 | 0.4888 | 0.4831 | 0.4859 |
| 0.7529 | 0.5348 | 0.5300 | 0.5365 |
| 0.7843 | 0.5852 | 0.5810 | 0.5871 |
| 0.8157 | 0.6426 | 0.6391 | 0.6416 |
| 0.8471 | 0.6958 | 0.6937 | 0.6975 |
| 0.8784 | 0.7594 | 0.7578 | 0.7563 |
| 0.9098 | 0.8176 | 0.8168 | 0.8181 |
| 0.9412 | 0.8793 | 0.8786 | 0.8742 |
| 0.9725 | 0.9529 | 0.9430 | 0.9401 |
| 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

### 3-1-1. SG 모델과 GG 모델의 비교평가

모니터 특성화 과정에서 gamma의 특성을 비교하기 위해 2가지 종류의 gamma 모델을 적용한 R, G, B 각각의 채널에서 gamma를 측정한 결과 table 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다. R, G, B 채널에 따라 사용한 모델 모두에서 기본으로 설정한 gamma값 2.2와 협소한 차이를 나타내었다. 또한 서로 동일한 채널의 gamma값은 R의 경우 SG 모델에서는 2.1921, GG 모델의 경우는 2.19723으로 더욱 유사한 경향을 보였다.

Table 3. Calculated R, G, B Gamma Values in SG and GG Model

| Model / Variable | SG Model | | | GG Model | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | G | B | R | G | B |
| Gamma | 2.1921 | 2.2017 | 2.2040 | 2.19723 | 2.20808 | 2.20167 |
| Gain | — | — | — | 1.00216 | 1.00084 | 1.00080 |

Table 3에서 구한 gamma와 gain 값을 각각 식 (3)에 대입한 후 계산하였다. 여기서 dr은 0에서부터 255까지 R, G, B 채널의 디지털 밝기 범위를 의미하며, N은 본 실험에서 디스플레이 장치의 컬러 재현에 필요한 8bit를 나타낸다.

$$Yr=\left(\frac{dr}{2^{N-1}}\right)^{2.1921} \qquad Yr=\left[1.00216\left(\frac{dr}{2^{N-1}}\right)\right]^{2.19723}$$
$$Yg=\left(\frac{dg}{2^{N-1}}\right)^{2.2017} \qquad Yg=\left[1.00084\left(\frac{dg}{2^{N-1}}\right)\right]^{2.20808}$$
$$Yb=\left(\frac{db}{2^{N-1}}\right)^{2.20401} \qquad Yb=\left[1.00080\left(\frac{db}{2^{N-1}}\right)\right]^{2.20167} \qquad (3)$$

식 (3)의 확인을 통해 디스플레이 장치의 Red, Green, Blue에 대한 출력 예상 값을 구할 수 있다. 하지만 이 값들은 비선형적 특성을 가지므로 3×3의 변환매트릭스를 활용하여 선형으로 변환할 필요가 있다. 실험에서 table 4와 같이 CIE XYZ 삼자극치를 구할 수 있었다. Table 4에서 휘도가 증가할수록 CIE XYZ값도 증가하며, black에 가까울 경우에는 GG 모델의 변화가 SG 모델의 변화보다 약간 높게 나타났다. 그러나 white로 갈수록 SG 모델의 변화가 높은 경향을 보였고, 특히 두 모델에서 XY값은 차이가 있었지만, Z의 값은 매우 유사하게 나타났다.

Table 4. Obtained CIE XYZ values using SG and GG Model

| | SG Model | | | GG Model | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0022 | 0.0004 |
| 0.0314 | 0.0469 | 0.0507 | 0.0539 | 0.1717 | 0.1299 | 0.0559 |
| 0.0627 | 0.2153 | 0.2327 | 0.2484 | 0.3661 | 0.3377 | 0.2468 |
| 0.0941 | 0.5249 | 0.5678 | 0.6069 | 0.6715 | 0.6806 | 0.6017 |
| 0.1255 | 0.9877 | 1.0692 | 1.1440 | 1.0997 | 1.1714 | 1.1351 |
| 0.1569 | 1.6130 | 1.7467 | 1.8705 | 1.6605 | 1.8209 | 1.8576 |
| 0.1882 | 2.4079 | 2.6086 | 2.7953 | 2.3630 | 2.6379 | 2.7779 |
| 0.2196 | 3.3789 | 3.6617 | 3.9260 | 3.2157 | 3.6308 | 3.9037 |
| 0.2510 | 4.5313 | 4.9120 | 5.2691 | 4.2262 | 4.8070 | 5.2412 |
| 0.2824 | 5.8700 | 6.3648 | 6.8304 | 5.4021 | 6.1734 | 6.7964 |
| 0.3137 | 7.3995 | 8.0249 | 8.6154 | 6.7505 | 7.7364 | 8.5746 |
| 0.3451 | 9.1238 | 9.8969 | 10.6288 | 8.2782 | 9.5021 | 10.5805 |
| 0.3765 | 11.0465 | 11.9847 | 12.8750 | 9.9918 | 11.4764 | 12.8187 |
| 0.4078 | 13.1711 | 14.2921 | 15.3584 | 11.8978 | 13.6647 | 15.2933 |
| 0.4392 | 15.5008 | 16.8228 | 18.0828 | 14.0024 | 16.0724 | 18.0083 |
| 0.4706 | 18.0388 | 19.5800 | 21.0517 | 16.3118 | 18.7046 | 20.9672 |
| 0.5020 | 20.7877 | 22.5669 | 24.2688 | 18.8320 | 21.5663 | 24.1737 |
| 0.5333 | 23.7504 | 25.7864 | 27.7373 | 21.5687 | 24.6622 | 27.6311 |
| 0.5647 | 26.9294 | 29.2414 | 31.4603 | 24.5278 | 27.9970 | 31.3425 |
| 0.5961 | 30.3272 | 32.9346 | 35.4407 | 27.7149 | 31.5753 | 35.3109 |
| 0.6275 | 33.9462 | 36.8687 | 39.6815 | 31.1356 | 35.4015 | 39.5393 |
| 0.6588 | 37.7885 | 41.0460 | 44.1854 | 34.7954 | 39.4798 | 44.0304 |
| 0.6902 | 41.8564 | 45.4690 | 48.9549 | 38.6996 | 43.8145 | 48.7869 |
| 0.7216 | 46.1519 | 50.1399 | 53.9927 | 42.8536 | 48.4098 | 53.8115 |
| 0.7529 | 50.6771 | 55.0610 | 59.3011 | 47.2627 | 53.2696 | 59.1067 |
| 0.7843 | 55.4339 | 60.2344 | 64.8826 | 51.9320 | 58.3981 | 64.6748 |
| 0.8157 | 60.4241 | 65.6622 | 70.7393 | 56.8667 | 63.7989 | 70.5183 |
| 0.8471 | 65.6497 | 71.3463 | 76.8735 | 62.0720 | 69.4761 | 76.6393 |
| 0.8784 | 71.1123 | 77.2888 | 83.2874 | 67.5527 | 75.4334 | 83.0403 |
| 0.9098 | 76.8137 | 83.4915 | 89.9830 | 73.3139 | 81.6744 | 89.7232 |
| 0.9412 | 82.7555 | 89.9562 | 96.9623 | 79.3606 | 88.2030 | 96.6903 |
| 0.9725 | 88.9393 | 96.6848 | 104.2273 | 85.6977 | 95.0226 | 103.9435 |
| 1.0000 | 94.5500 | 102.7900 | 110.8200 | 91.4845 | 101.2313 | 110.5264 |

또한 본 실험에서 제시된 모니터 특성화 모델의 적합성을 평가하기 위하여 CIE LAB로 구한 색차 값을 fig. 1에 나타내었다.

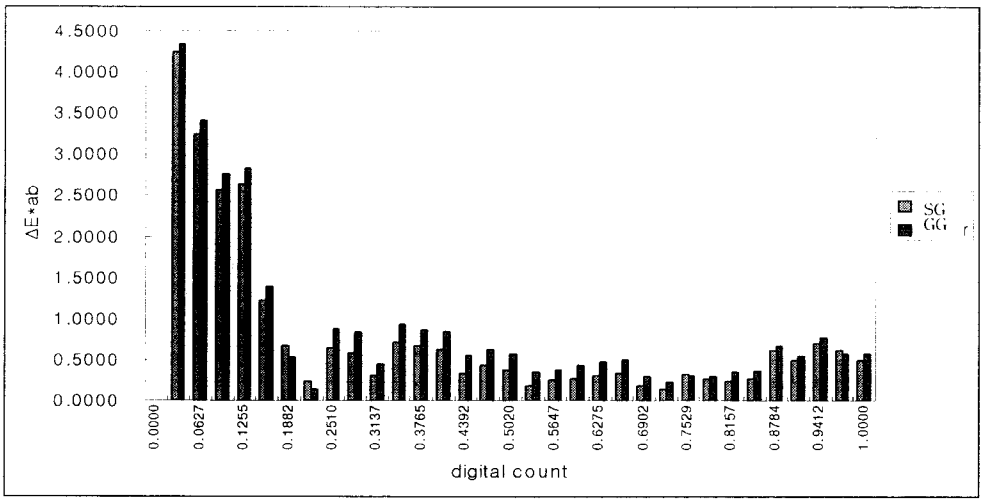


Fig. 1. Obtained color difference for the CIE LAB.

Fig. 1에서 보면 SG 모델과 GG 모델 두 가지를 비교해보면 전체적으로 SG 모델 식에서 구한 색값의 오차가 GG모델 식에서 구한 색값 보다 적음을 알 수 있으며, 특히 디지털 입력값 중 R, G, B값이 각각 40, 40, 40인 SG 식에서 가장 적은 색차를 보였다. 이러한 경향은 모니터 특성화 모델이 CIE RGB 값을 비선형적인 값으로 유도하기 때문이라 사료된다.

디지털 입력 값이 증가함으로써 색차가 감소하는 것을 볼 수 있는데 전체 색차값을 root mean square error 식( $\Delta E^*_{abrms} = \sqrt{\frac{\sum \Delta E^{*2}_{ab}}{N_S}}$ )으로 구할 수 있는데 SG모델의 경우는 전체 색차가 0.8329였고, GG 모델은 0.9052의 색차값을 구할 수 있었다.

### 3-1-2. sRGB 색공간에서 GG로 구성된 GOG(gain-offset-gamma) 모델의 비교평가

모니터 특성화 과정에서 비교적 우수하다고 평가되어진 GOG 모델의 특성화을 평가하기 위하여 두 가지 방법으로 모델의 매개변수를 구였다. GOG-1모델은 다항식을 이용하여 변수 3개가 서로 상호간의 관계에서 통계학적으로 계산되어진 방법이고, GOG-2 모델은 sRGB 색공간에서 gamma 값의 변화에 따른 컬러 재현의 차이를 평가하기 위하여 gamma 값을 2.4로 고정한 후 나머지 두 개의 변수 값을 구하였으며, 그 결과는 table 5와 같다.

Table 5의 결과와 같이 gamma 값을 고정한 GOG-2 모델이 GOG-1 모델보다 gain값이 낮고, 상대적으로 offset 값은 높게 나타났다. 이것은 매개변수 세 개가 상호간에 연관성이 있음을 알 수 있었다. 일반적으로 gain과 offset의 합이 표준 모니터에 준하면 gain은 positive이고, offset은 negative가 되어 거의 1에 가까운 값으로 나타나야 되지만,, 직접 실험한 결과에서는 table 5와 같이 다른 결과를 보였다. 이것은 디스플레이 장치와 컬러 측정 장치의 고유 특성에 영향을 받기 때문이라 사료된다. 본 실험에서는 통계학 프로그램과 수식연산 프로그램을 이용하여 네 기종을 측정했지만 유사한 경향을 보였고, 그 결과 중 하나를 선택하여 table 5에 기록하였다.

Table 5. Comparison of Variable Values between GOG-1 and GOG-2 Model

| | GOG-1 Model | | | GOG-2 Model | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | G | B | R | G | B |
| Gamma | 2.2112 | 2.2304 | 2.1907 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| Gain | 0.9961 | 0.9911 | 1.0027 | 0.94745 | 0.94909 | 0.94838 |
| Offset | 0.0044 | 0.0091 | -0.0033 | 0.05714 | 0.05413 | 0.05506 |

Table 5의 변수를 가지고 다음과 같은 모니터 특성화 모델을 구할 수 있다.

1) GOG-1 model

$$Yr=[0.9961(\frac{dr}{2^{N-1}})+0.0044]^{2.1921}$$
$$Yg=[0.9911(\frac{dg}{2^{N-1}})+0.0091]^{2.2017}$$
$$Yb=[1.0027(\frac{db}{2^{N-1}})-0.0033]^{2.20401}$$

2) GOG-2 model

$$Yr=[0.94745(\frac{dr}{2^{N-1}})+0.05714]^{2.4}$$
$$Yg=[0.94909(\frac{dg}{2^{N-1}})+0.05413]^{2.4}$$
$$Yb=[0.94838(\frac{db}{2^{N-1}})+0.05506]^{2.4} \quad (4)$$

식 (4)에서 Yr, Yg, Yb는 Red, Green, Blue의 출력 예상 값으로 식 (4)에서 구할 수 있다. 하지만 이 값들은 비선형적인 특성을 가지고 있으며, Yr, Yg, Yb에 각각 3×3 매트릭스를 대입하여 계산하면, table 6과 같은 CIE XYZ 삼자극치를 구할 수 있었다.

Table 6. Obtained CIE XYZ Tristimulus using Transformation Formula of 3 by 3 Matrix (GOG-1 and GOG-2).

| | GOG-1 | | | GOG-2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 0.0000 | 0.0013 | 0.0022 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0314 | 0.1717 | 0.1299 | 0.0559 | 0.0464 | 0.0498 | 0.0542 |
| 0.0627 | 0.3661 | 0.3377 | 0.2468 | 0.2134 | 0.2299 | 0.2497 |
| 0.0941 | 0.6715 | 0.6806 | 0.6017 | 0.5211 | 0.5620 | 0.6097 |
| 0.1255 | 1.0997 | 1.1714 | 1.1351 | 0.9819 | 1.0599 | 1.1489 |
| 0.1569 | 1.6605 | 1.8209 | 1.8576 | 1.6049 | 1.7337 | 1.8781 |
| 0.1882 | 2.3630 | 2.6379 | 2.7779 | 2.3979 | 2.5917 | 2.8061 |
| 0.2196 | 3.2157 | 3.6308 | 3.9037 | 3.3670 | 3.6410 | 3.9403 |
| 0.2510 | 4.2262 | 4.8070 | 5.2412 | 4.5181 | 4.8877 | 5.2875 |
| 0.2824 | 5.4021 | 6.1734 | 6.7964 | 5.8559 | 6.3373 | 6.8533 |
| 0.3137 | 6.7505 | 7.7364 | 8.5746 | 7.3851 | 7.9948 | 8.6432 |
| 0.3451 | 8.2782 | 9.5021 | 10.5805 | 9.1098 | 9.8648 | 10.6618 |
| 0.3765 | 9.9918 | 11.4764 | 12.8187 | 11.0338 | 11.9514 | 12.9138 |
| 0.4078 | 11.8978 | 13.6647 | 15.2933 | 13.1606 | 14.2586 | 15.4031 |
| 0.4392 | 14.0024 | 16.0724 | 18.0083 | 15.4935 | 16.7900 | 18.1338 |
| 0.4706 | 16.3118 | 18.7046 | 20.9672 | 18.0357 | 19.5491 | 21.1094 |
| 0.5020 | 18.8320 | 21.5663 | 24.1737 | 20.7901 | 22.5390 | 24.3334 |
| 0.5333 | 21.5687 | 24.6622 | 27.6311 | 23.7595 | 25.7629 | 27.8091 |
| 0.5647 | 24.5278 | 27.9970 | 31.3425 | 26.9464 | 29.2238 | 31.5396 |
| 0.5961 | 27.7149 | 31.5753 | 35.3109 | 30.3536 | 32.9243 | 35.5278 |
| 0.6275 | 31.1356 | 35.4015 | 39.5393 | 33.9833 | 36.8673 | 39.7766 |
| 0.6588 | 34.7954 | 39.4798 | 44.0304 | 37.8379 | 41.0552 | 44.2886 |
| 0.6902 | 38.6996 | 43.8145 | 48.7869 | 41.9197 | 45.4905 | 49.0666 |
| 0.7216 | 42.8536 | 48.4098 | 53.8115 | 46.2307 | 50.1756 | 54.1130 |
| 0.7529 | 47.2627 | 53.2696 | 59.1067 | 50.7731 | 55.1128 | 59.4302 |
| 0.7843 | 51.9320 | 58.3981 | 64.6748 | 55.5488 | 60.3042 | 65.0206 |
| 0.8157 | 56.8667 | 63.7989 | 70.5183 | 60.5598 | 65.7521 | 70.8865 |
| 0.8471 | 62.0720 | 69.4761 | 76.6393 | 65.8080 | 71.4585 | 77.0300 |
| 0.8784 | 67.5527 | 75.4334 | 83.0403 | 71.2952 | 77.4255 | 83.4533 |
| 0.9098 | 73.3139 | 81.6744 | 89.7232 | 77.0230 | 83.6549 | 90.1585 |
| 0.9412 | 79.3606 | 88.2030 | 96.6903 | 82.9934 | 90.1486 | 97.1474 |
| 0.9725 | 85.6977 | 95.0226 | 103.9435 | 89.2078 | 96.9086 | 104.4222 |
| 1.0000 | 91.4845 | 101.2313 | 110.5264 | 94.8470 | 103.0434 | 111.0236 |

또한 위 실험에서 제시된 모니터 특성화 모델의 적합성을 평가하기 위하여 CIE LAB 모델의 색차 값을 이용한 결과는 fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보면 gamma를 이용한 모델 두 가지와 비교해 전체적으로 GOG-2 식으로 구한 오차가 GOG-1의 식으로 구한 값보다 작음을 알 수 있다. 또한 gamma를 2.4로 고

정시키고 구한 GOG-2 모델에서 디지털 입력 값이 30 이상에서 모두 작은 색차를 나타내었지만, GOG-1은 디지털 입력 값이 증가되어도 전반적으로 색차가 GOG-2에 비하여 높은 경향을 보였다.

이것은 GOG-2 모델인 경우는 gain과 offset을 구하고 상호관계에 의하여 gamma값을 구한 경우이고, GOG-1은 gamma를 우선으로 결정하고 gain과 offset의 상호관계로서 변수를 결정했는데 gamma의 값에 따라 오차가 발생하였다.

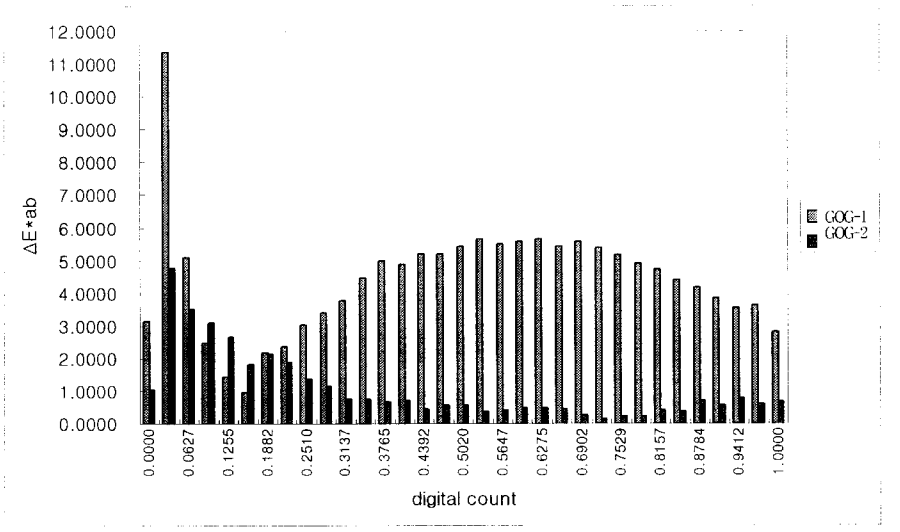


Fig. 2. Comparison of obtained color difference using CIE LAB values between GOG-1 and GOG-2 model.

또한 실험에서 전체 색차 값을 root mean square error 식을 이용하여 구해보면 gamma값을 2.4로 고정시킨 모델의 색차는 0.9857이였고, 일반적인 GOG-1 모델은 2.0878의 색차 값을 구할 수 있었다.

따라서 4가지 특성화 모델을 비교해 실험한 결과 gamma를 이용한 모델 중 gain값이 포함되어 있지 않는 SG의 특성화 모델이 가장 우수하였고, 그 다음 순으로 GG, GOG-2, GOG-1 모델 순으로 나타났다. 또한 gain, offset 값을 포함한 GOG-1, GOG-2 모델에서는 gamma값을 2,4로 고정시킨 GOG-2 모델이 GOG-1 모델보다 양호한 색차를 나타내었다. 이러한 결과는 일반적으로 calibration를 하지 않은 모니터에서 10 이상의 색차를 나타내는 것에 비교하여 실험 모니터는 상당히 calibration이 잘 되어 있으며, sRGB 표준색공간에 준하는 조건으로 되었기 때문이라 사료된다.

### 3-2. Target을 통한 인쇄원고의 특성화 모델평가

스캐닝을 통해 얻은 GretagMacbeth Color Checker의 level값을 MATLAB 7.0 에플리케이션을 이용하여 입력 값을 구할 수 있었다. 입력된 값은 table 7과 같다. 단 측정치가 negative인 경우에는 0으로 연산하였다.

또한 본 실험에서 구한 4가지 특성화 모델에 gain, offset, gamma값을 대입하여 구한 CIE XYZ 삼자극치와 CIE xyY 색도도를 비교하였다. 그 결과는 table 8, fig. 3과 같다. 특히 table 9는 GretagMacbeth Color Checker 원고의 입력값과 비교하기 위해 CIE $\Delta E^*_{ab}$ 로 나타내었다.

Fig. 3의 결과와 같이 xy색도도에서 사용된 모델 전체가 유사한 위치를 나타내고 있는데, 이것은 모델에서 동일하게 gamma의 변수로 계산하기 때문이라 사료된다.

Table 8의 CIE $\Delta E^*_{ab}$를 전체적으로 평가해 보면 foliage 와 purplish blue부분에서 상대적으로 색차가 나는 것을 알 수 있었다. 이러한 것은 sRGB 색공간 특성상 blue 색상 재현의 불완전함에 있다고 할 수 있다. 이에 반해 green 색상과 magenta 색상의 경우 장치의존적인 RGB 색공간보다 색차가 2의 범위로 재현성에서 우수한 결과를 나타내었다. 또한 중성색인 netural 6.5, netural 5의 경우는 색차도 2의 범위로 나타났고, white의 경우에도 2의 범위로 4 가지 모델에서 모두 양호한 결과를 보였다. 그러나 black으로 갈수록 차이가 증가함을 알 수 있었고, 특히 gamma 2.4를 기준으로 하여 구한 GOG-2 모델에서 다른 모델의 경우 보다 black의 재현이 올바르게 표현되었다. 이것은 GOG-2 모델의 gamma 값이 다른 모델의 gamma 값보다 상대적으로 높아서 CRT 모니터의 휘도에 영향을 주기 때문이라 사료된다.

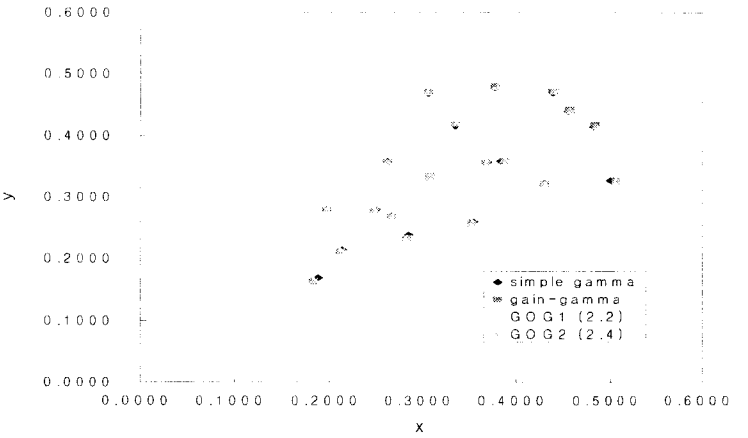


Fig. 3. CIE xyY chromaticity diagram for predicted charaterization models.

Table 7. Input Values of GretagMacbeth Color Checker

| Input Values / Color Checker | R | G | B |
|---|---|---|---|
| Dark Skin | 129 | 96 | 82 |
| Light Skin | 205 | 163 | 144 |
| Blue Sky | 112 | 135 | 169 |
| Poliage | 103 | 121 | 81 |
| Blue Flower | 146 | 142 | 188 |
| Buish Green | 120 | 198 | 182 |
| Orange | 223 | 141 | 57 |
| Purplish Blue | 91 | 106 | 178 |
| Moderate Red | 203 | 106 | 114 |
| Purple | 107 | 74 | 122 |
| Yellow Green | 173 | 197 | 78 |
| Orange Yellow | 233 | 175 | 61 |
| Blue | 65 | 75 | 163 |
| Green | 88 | 160 | 87 |
| Red | 186 | 70 | 73 |
| Yellow | 240 | 208 | 47 |
| Magenta | 197 | 103 | 162 |
| Cyan | 0 | 146 | 178 |
| White | 249 | 248 | 248 |
| Netural 8 | 211 | 209 | 210 |
| Netural 6.5 | 173 | 172 | 173 |
| Netural 5 | 136 | 135 | 135 |
| Netural 3.5 | 99 | 99 | 99 |
| Black | 65 | 65 | 65 |

Table 8. Obtained ΔE Values to Compare the Input Values and Calculation Values of Original GretagMacbeth Color Checker

| Model / Color Checker | SG | GG | GOG-1 | GOG-2 |
|---|---|---|---|---|
| Dark Skin | 2.9418 | 3.1054 | 2.7815 | 2.2791 |
| Light Skin | 2.5933 | 2.6911 | 2.7332 | 3.0332 |
| Blue Sky | 2.8036 | 2.7477 | 2.7007 | 2.9070 |
| Poliage | 19.2407 | 19.1884 | 19.1372 | 18.6980 |
| Blue Flower | 2.9232 | 2.8289 | 2.7845 | 3.2547 |
| Bluish Green | 1.6374 | 1.5922 | 1.5852 | 1.8952 |
| Orange | 4.2608 | 4.4461 | 4.4622 | 4.6847 |
| Purplish Blue | 24.4756 | 24.3289 | 24.5884 | 24.7663 |
| Moderate Red | 3.0367 | 3.2109 | 3.0363 | 2.7249 |
| Purple | 2.4364 | 2.4238 | 2.2894 | 2.5306 |
| Yellow Green | 3.8196 | 3.8864 | 4.0301 | 4.0627 |
| Orange Yellow | 4.1715 | 4.3345 | 4.4790 | 4.8266 |
| Blue | 5.8267 | 5.7078 | 5.9167 | 6.2877 |
| Green | 1.9822 | 2.0429 | 2.0521 | 2.6763 |
| Red | 3.4213 | 3.5809 | 3.2289 | 2.0768 |
| Yellow | 5.1377 | 5.2492 | 5.4581 | 5.6414 |
| Magenta | 1.7789 | 1.8246 | 1.5954 | 1.6686 |
| Cyan | 4.5742 | 4.4922 | 4.5593 | 4.7018 |
| White | 2.5289 | 2.3638 | 2.4161 | 2.1111 |
| Netural 8 | 2.4166 | 2.3572 | 2.4299 | 2.6428 |
| Netural 6.5 | 1.4388 | 1.4448 | 1.4586 | 1.9256 |
| Netural 5 | 1.8814 | 1.9377 | 1.8314 | 2.1651 |
| Netural 3.5 | 2.4696 | 2.5718 | 2.2859 | 1.8367 |
| Black | 2.3886 | 2.5189 | 1.9818 | 0.3186 |

# 4. 결 론

모니터에서 장치독립 색공간인 sRGB를 이용하여 컬러매니지먼트를 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

CIE sRGB의 색공간에서 모니터를 calibration할 경우 CIE RGB에 비해서 색상 표현 범위는 좁지만 장치간의 고유 특성에 영향을 적게 나타내었다. 일반적으로 모니터 특성화 모델에 따라 변수의 개수도 다르며, 처리 과정도 복잡한 경우인 모델에서 색재현의 정확도를 보이지만, sRGB 색공간을 이용할 경우 단순한 gamma 값 2.2, 2.4의 설정으로도 디스플레이 장치의 특성화처리를 향상시킬 수 있었다.

또한 sRGB 색공간을 이용하여 인쇄원고를 입력할 경우 CIE RGB 색공간을 벗어나지 많은 범위에서 장치 특성에 좌우되는 RGB 입력 값을 특정의 매개변수 gamma값 2.4로 고정하여 프로파일로 만들어 활용함으로써 모니터 장치의 컬러 관리에 유용함을 알 수 있었다.

# 참 고 문 헌


1) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.4, August 15 (1997).
2) IEC 61966-2/1FDIS: Multimedia systems and equipment-Color measurement and management-part 2-1:Color management-Default RGB Color space-sRGB
3) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.1 (1997).
4) Naoya Katoh, "Appearance Match between Soft Copy and Hard Copy under Mixed Chromatic Adaptation", Proceedings of the IS&T/SID Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications (1995).
5) Roy S. Berns, "Methods for Characterizing CRT Displays", *Displays*, Vol. 16, No. 4 (1996).
6) Naoya Katoh, Tatsuya Deguchi and Roy S. Berns, "An Accurate Character-ization of CRT Monitor(2) proposal for an Extension to CIE Method and Its Verification", *Optical Review*, Vol. 8, No. 5 (2001).
7) John Wiley & Sons, Ltd, Computational Color Science Using MATLAB, Chapter 7 p. 111~116 (2004).