

수상관의 밝기 및 해상도를 고려한 기준 백색 설정

正會員 최 덕 규*, 김 주 동**, 권 기 룡***, 안 상 호****, 이 전 일*, 송 규 익*

Reference White Setting Based on Brightness of CPT and Resolution

Duk-Kyu Choi*, Ju-Dong Kim**, Ki-Ryong Kwon***, Sang-Ho Ahn****,
Kuhn-Il Lee*, Kyu-Ik Sohng* *Regular Members*

요 약

칼러 텔레비전에서 기준 백색은 CPT(color picture tube)의 RGB 세 빔 전류를 조절함으로써 설정되며, 이들 빔 전류비는 RGB 비디오 증폭기의 이득비를 조절함으로써 조절된다. 일반적으로 전자총의 빔 전류 밀도 프로파일은 가우스 분포를 가지며, RGB 각 채널 증폭기의 이득과 대역폭의 곱은 일정하다. 따라서 스크린상의 밝기와 공간 해상도는 수상기의 기준 백색 설정에 따라 달라진다. 본 논문에서는 칼러 텔레비전의 기준 백색 설정시에 RGB 전류비가 밝기에 미치는 영향과 비디오 증폭기의 이득 및 전류 밀도 분포에 따른 영상 경계 부분에서의 열화 정도를 이론적으로 해석하였다. 해석 결과 기준 백색의 색 온도 증가에 따라 Helmholtz-Kohlrausch 현상에 의해 밝기가 증가하고, RGB 증폭기의 이득비 편차가 작을수록 스크린상의 공간 밝기 분포의 상승거리는 감소하는 경향이 있음을 밝혔다. 또한 본 해석에 근거하여 P22 형광체에 대하여 더 밝으면서도 해상도를 높일 수 있는 기준 백색의 설정 가능한 범위를 제시하였다.

ABSTRACT

Reference white in color television receiver can be achieved by adjusting the RGB gun current ratio and it is necessary to provide additional gain ratio adjustment for the RGB video signal. Generally, the gun current density profile has a Gaussian distribution and the gain-bandwidth product of RGB channel amplifier is constant. Therefore

*경북대학교 전자공학과

Dept. of Elec. Eng., Kyungpook National Univ.

**LG 전자 TV연구소

Institute of TV Research, LG Electronics

***부산외국어대학교 전자공학과

Dept. of Elec. Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

****인제대학교 전자공학과

Dept. of Elec. Eng., Inje Univ.

論文番號: 97016-0113

接受日字: 1997年 1月 13日

brightness and spatial resolution are changed with variations in reference white of receiver. In this paper, the effect of RGB gun current and channel gain ratios on brightness and resolution of CPT is analyzed. Brightness is increased with the color temperature of reference white because of Helmholtz-Kohlrausch effect. The change in light output is more abrupt and spatial resolution is improved with unity current ratio. For more bright and improved resolution we also present the range of color temperature of reference white for P22 phosphors.

I. 서 론

칼러 텔레비전 수상기의 기준 백색(reference white)과 형광체는 NTSC(National Television System Committee)의 표준과는 달리 여러 가지로 변천해 왔다.^[1] 이는 NTSC 표준 규격 제정 당시의 형광체로는 발광 효율이 낮아 화면이 어두웠기 때문에 발광 효율이 좋은 형광체를 사용하고 기준 백색의 색온도를 올려서 더욱 밝은 화면을 실현하려 하였기 때문이다. 이에 따라 미국 및 일본의 텔레비전 제조업자들은 수상기의 기준 백색으로는 P22계열의 형광체를 사용하기 시작한 1958년도 부터 9300K를 정하여 생산해 왔다.^[2] 그 후, 가정의 실내 조명에 6000K 전후의 주광색 형광등을 주로 사용하는 한국이나 일본에서는 수상기의 기준 백색을 9300K보다도 훨씬 높은 11000K에서 13000K 사이에 임의로 기준 백색을 설정하여 생산하고 있다.

기준 백색의 설정은 수상관에서 RGB 형광체의 각 자극량의 비를 조절함으로써 이루어지며, 각 자극량은 수상관의 각 전자 빔 전류에 비례^[3]하고, 이들 빔 전류의 조성비에 따라 수상관의 밝기도 달라진다. 또한 수상관의 빔 전류는 비디오 증폭기의 이득에 따라 변화되며, 기준 백색 설정에 따른 RGB 각 채널의 증폭기 이득비 편차는 상당히 클 수 있다. 이러한 이득 편차가 생길 경우 증폭기의 이득과 대역폭의 곱이 일정함으로 인하여 화질의 해상도가 달라지므로 가능한 한 RGB 각 채널의 이득이 서로 비슷하여야 한다.

한편 텔레비전 수상관에서 스크린에 도달하는 전자빔의 전류 밀도 프로파일은 일반적으로 가우스 분포를 하며, 이로 인하여 영상의 경계 부분에서 열화가 일어난다.^{[4], [5]} 특히 칼러 텔레비전에서는 기준 백색의 설정에 따라서 RGB 전류비가 달라지므로, 기준 백색 설정값에 따라 영상의 경계 부분에서의 열화의 정도가 달라진다.

본 논문에서는, 칼러 텔레비전의 기준 백색이 전류비의 조절로서 결정되므로, RGB 빔 전류비가 밝기에 미치는 영향과 비디오 증폭기의 이득 및 빔 전류 밀도 분포에 따른 영상 경계 부분에서의 열화 정도를 이론적으로 해석하였으며, 이를 근거로 밝으면서도 해상도를 높이는 기준 백색의 설정 가능한 범위를 제시하였다. 또한, 이론적 해석을 적용하여 모의 실험한 결과 NTSC 표준 백색보다 밝은 백색을 구현할 수 있음을 확인하였다.

II. 칼러 텔레비전의 기준 백색 재현

CIE XYZ좌표계를 이용하여 디스플레이에 재현된 임의의 색에 대한 좌표를 나타내면

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

$$T = X + Y + Z \tag{1}$$

$$X = xT \quad Y = yT \quad Z = zT$$

로 주어진다.^[6] 여기서 $X, Y,$ 및 Z 는 가상적인 3원자극의 자극량이고 $x, y,$ 및 z 는 색의 좌표이며 T 는 임의의 색에 대한 자극량의 합을 나타낸다. 수상기 디스플레이에 사용한 RGB 형광체의 3자극치 RGB와 XYZ의 3자극치 XYZ의 관계는

$$\begin{aligned} X &= x_R K_R R + x_G K_G G + x_B K_B B \\ Y &= y_R K_R R + y_G K_G G + y_B K_B B \\ Z &= z_R K_R R + z_G K_G G + z_B K_B B \end{aligned} \tag{2}$$

로 주어진다.^[1] 여기서 $x_R, y_R,$ 및 z_R 는 각각 R형광체의 좌표를 나타내고, G 및 B형광체에 대해서도 마찬가지이다. 한편 각 채널 자극치 $R=G=B=1$ 일 때 기

준백색의 자극치 X_W, Y_W , 및 Z_W 가 되도록 하는 각 채널 이득 K_R, K_G , 및 K_B 는

$$\begin{bmatrix} K_R \\ K_G \\ K_B \end{bmatrix} = \frac{1}{Y_W} \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix} \quad (3)$$

로 주어진다.

현행 칼러 텔레비전의 색 재현에 대한 전체적인 송수신 블럭도는 그림 1에서와 같으며, 기준 백색 재현은 수신기에서 각 채널의 전압신호 $R'=G'=B'=1$ 일 때 CPT 디스플레이의 형광체 좌표 및 발광 효율에 따라 RGB 각 채널의 비디오 증폭기 이득을 조절함으로써 이루어지고 있다.

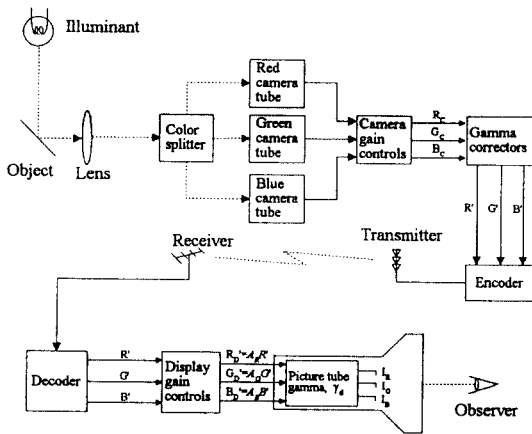


그림 1. 칼러 텔레비전의 송수신 블럭도.
Fig. 1. Transmitter-receiver block diagram of color television system.

기준 백색을 재현함에 있어서 디스플레이 휘도신호에 대한 3원자극치의 합은 식 (2)로부터

$$Y = y_R K_R R + y_G K_G G + y_B K_B B \quad (4)$$

로 주어진다. 또한 수상기에서 수신된 전압 신호로부터 임의의 기준 백색을 재현할 경우, 각 채널의 전압신호 $R'=G'=B'=1$ 이면, 각 채널의 자극치 $R=G=B=1$ 이 되므로 식 (4)로부터 기준 백색의 자극치 Y_W 는

$$Y_W = y_R K_R + y_G K_G + y_B K_B \quad (5)$$

로 주어진다.

한편, 형광체에 따른 빔 전류와 빛 밝기 관계가 선형임을 가정하면 기준 백색에 대한 휘도신호 Y_W 는

$$Y_W = L_R I_R + L_G I_G + L_B I_B \quad (6)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 L_R, L_G , 및 L_B 는 각 형광체의 전류에 대한 발광 비례 계수이며, RGB의 각 빔 전류 I_R, I_G , 및 I_B 는 각각

$$\begin{aligned} I_R &= (A_R R')^{\gamma_s} \\ I_G &= (A_G G')^{\gamma_s} \\ I_B &= (A_B B')^{\gamma_s} \end{aligned} \quad (7)$$

로 주어진다. 여기서 A_R, A_G , 및 A_B 는 수신기에서의 각 채널의 비디오 증폭기의 이득이고, γ_s 는 수상관의 감마 값이다.

따라서 식 (5) 및 식 (6)의 관계에서 각 채널의 항을 같게 놓고, 식 (7)으로부터 기준 백색을 재현할 경우 RGB 형광체에 대한 빔 전류비 및 비디오 전압 증폭기의 이득비는 각각

$$I_R : I_G : I_B = \frac{y_R K_R}{L_R} : \frac{y_G K_G}{L_G} : \frac{y_B K_B}{L_B} \quad (8-1)$$

$$A_R : A_G : A_B = \left[\frac{y_R K_R}{L_R} \right]^{\frac{1}{\gamma_s}} : \left[\frac{y_G K_G}{L_G} \right]^{\frac{1}{\gamma_s}} : \left[\frac{y_B K_B}{L_B} \right]^{\frac{1}{\gamma_s}} \quad (8-2)$$

로 된다.

III. 기준 백색에 따른 수상관의 밝기 및 해상도의 해석

3.1 기준 백색이 밝기에 미치는 영향

3.1.1 기준 백색과 RGB 빔 전류비의 관계

식 (8-1)로부터 기준 백색에 따른 RGB 빔 전류비와의 관계를 조사하기 위하여 그림 2에서와 같이 기준 백색의 범위로서는 흑체 궤적의 색온도를 5000K부터 14000K까지 제한하였으며, 상관 색온도(correlated color temperature)는 10MPCD(minimum perceptible color difference)부터 50MPCD까지 10MPCD 간격으로 증가시키면서 모의 실험을 하였다. 이때 빔 전류

의 증감에 따른 각 형광체의 색도는 일정하며 각 채널 사이의 전기적 독립성을 유지한다고 가정하였다. 모의 실험에 사용한 형광체 좌표와 휘도에 대한 전류의 관계를 나타내는 비례상수 L 은 표 I에서와 같으며, 이때 R 형광체의 발광 비례계수 $L_R=1$ 이 되도록 정규화 하였다.

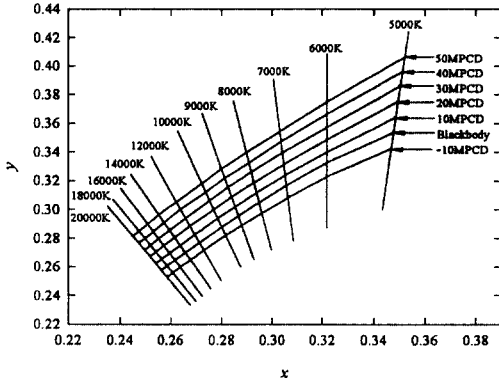
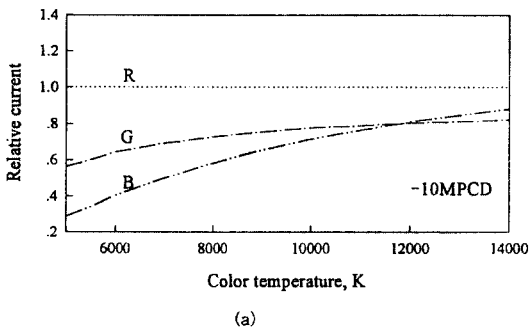


그림 2 흑체 궤적에 따른 색도 좌표와 상관 색온도.
Fig. 2. Chromaticity coordinates and correlated color temperatures according to black body locus.

표 I. 모의 실험에 사용된 P22 형광체 좌표와 비례상수 L .
Table I. P22 phosphor chromaticities and brightness/current coefficient L used in computer simulation.

	x	y	z	$L(\text{brightness/current})$
P22 R	0.641	0.327	0.032	1
P22 G	0.272	0.591	0.137	4
P22 B	0.141	0.052	0.807	0.52



RGB 세 전류의 합을 3mA로 제한하였을 경우 MPCD를 매개변수로 하여 색온도에 따른 RGB 빔 전류의 변화는 그림 3에서와 같았다. 여기서 R채널의 빔 전류비가 1이 되도록 정규화하여 나타내었다. 이 그림에서 RGB 빔 전류비는 색온도가 높을수록 B채널의 전류비가 증가함을 알 수 있고, MPCD가 높을수록 G채널의 전류비가 현저히 증가함을 알 수 있다.

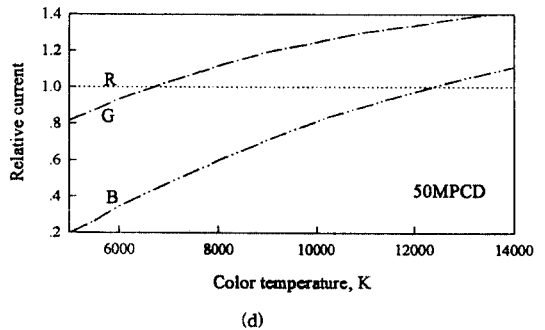
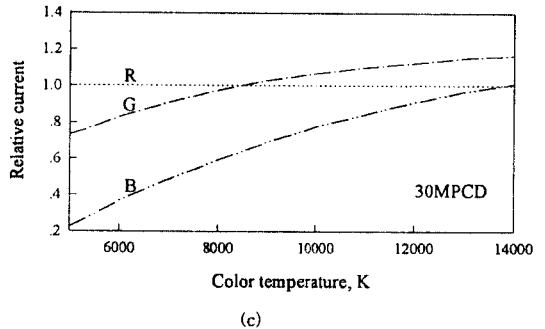
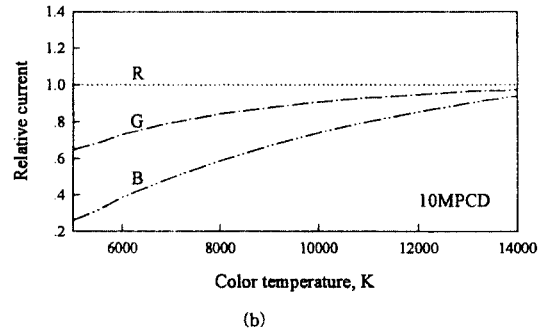


그림 3. 색온도에 따른 RGB 빔의 상대적인 전류의 변화:
(a) -10MPCD; (b) 10MPCD; (c) 30MPCD; (d) 50MPCD.
Fig. 3. Relative RGB beam current according to color temperatures: (a) -10MPCD; (b) 10MPCD; (c) 30MPCD; (d) 50MPCD.

3.1.2 기준 백색의 휘도

RGB 세 전류의 합을 3mA로 제한 하였을 경우 MPCD를 매개변수로 하여 색온도에 따른 기준 백색의 최대 휘도(luminance)의 변화는 그림 4에서와 같았다. 여기서 상대적 휘도 신호의 최대 밝기는 흑체 궤적에서 가장 밝은 좌표의 밝기를 100이 되도록 정규화 하였다. 그림에서 기준 백색의 휘도는 MPCD가 증가 할수록 밝아지는데, 이는 기준 백색의 위치가 발광 효율이 가장 큰 G 형광체의 좌표 방향으로 이동 하기 때문이다.

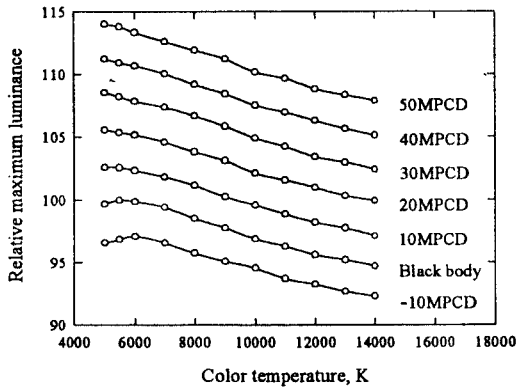


그림 4. 색온도에 따른 기준 백색의 휘도.(흑체 궤적상의 최대값을 100으로 정규화)

Fig. 4. Luminances of reference whites according to color temperatures.(Normalizing maximum value on black body locus to 100)

3.1.3 Helmholtz-Kohlrausch 현상을 고려한 밝기

그림 4에서의 밝기는 측색적 디스플레이의 밝기를 의미하며, 심리물리적으로 눈이 느끼는 밝기(brightness)는 Helmholtz-Kohlrausch 현상에 의해서 달라진다.^[6] Helmholtz-Kohlrausch 현상은 동일한 휘도의 색광에서 고채도 쪽의 색이 더 밝게 느껴지는 것이며, 이를 그림 5에 나타내었다. 이 그림에서 궤적은 등휘도곡선을 나타내며, 각 등휘도곡선의 수치는 동일 밝기에서 그 복사량의 역수를 나타낸 것이다.

이 Helmholtz-Kohlrausch 현상을 고려하여 그림 4의 그래프를 눈이 느끼는 수상기 디스플레이의 기준 백색의 밝기로 계산한 것을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 색온도가 증가하여 푸른 백색이 될수록 더 밝

게 보임을 알 수 있으며, 또한 6000K에서 10000K까지는 색온도의 증가에 따라 밝기가 급격히 증가하지만 10000K이상에서는 증가율이 포화되므로 기준 백색을 설정할때 밝기만을 고려한다면 10000K이상의 색온도로 높일 필요가 없음을 알 수 있다. 또한 지나치게 높은 기준 백색 설정은 디스플레이에서의 재현 색 오차를 증가시킨다.^[7]

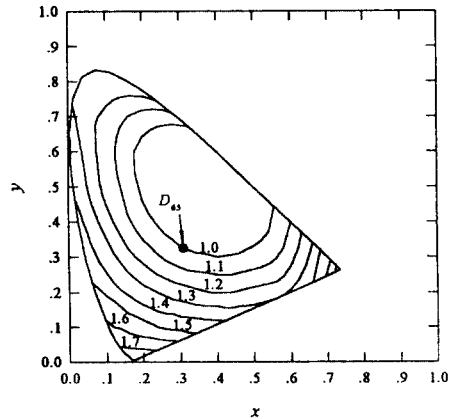


그림 5. Helmholtz-Kohlrausch 현상.

Fig. 5. Helmholtz-Kohlrausch effect.

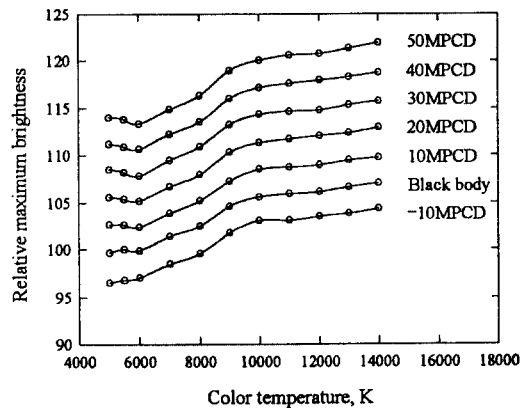


그림 6. Helmholtz-Kohlrausch 현상을 고려한 색온도에 따른 기준 백색의 밝기.

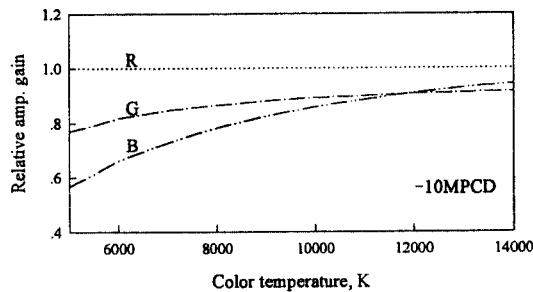
Fig. 6. Relative brightness of reference whites according to color temperatures based on Helmholtz-Kohlrausch effect.

3.2 기준 백색이 해상도에 미치는 영향

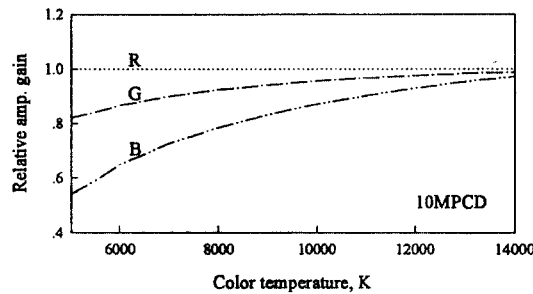
3.2.1 RGB 비디오 증폭기의 이득비

비디오 증폭기의 특성에 있어서 이득과 대역폭의 곱은 일정하므로 RGB의 빔 전류비가 비슷한 값을 가질수록 증폭기는 비슷한 이득을 가지게 되며, 동등한 대역폭의 증폭기를 구현할 수 있다. 따라서 증폭기의 대역폭 변화에 따른 해상도를 고려하면 RGB의 빔 전류비가 비슷한 값을 가지도록 하는 것이 좋다.

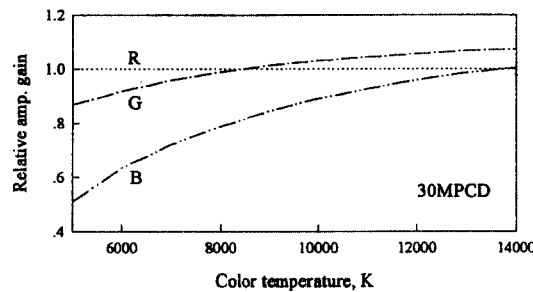
식 (8-2)로 부터 CPT의 감마 값이 2.2일 경우 MPCD를 매개변수로 하여 색온도에 따른 RGB 비디오 증폭기의 상대적 이득비의 변화를 조사하면 그림



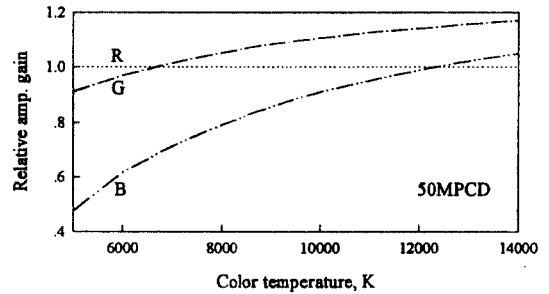
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 7. 색온도에 따른 RGB 비디오 증폭기의 상대적인 이득비: (a) -10MPCD; (b) 10MPCD; (c) 30MPCD; (d) 50MPCD.

Fig. 7. Relative RGB video amplifier gain according to color temperatures: (a) -10MPCD; (b) 10MPCD; (c) 30MPCD; (d) 50MPCD.

7에서와 같았다. 여기서 R채널의 이득이 1이 되도록 정규화 하였다. 그림에서 RGB 비디오 증폭기의 이득비는 색온도가 높을수록 비슷하고 MPCD가 높을수록 G채널의 이득이 상대적으로 커짐을 알 수 있다.

3.2.2 흑백 경계 영역에서의 상승거리

단일 스포트(spot) 전자 빔 프로파일에 의한 CPT상의 공간 밝기 분포는 일반적으로 가우스 분포로 근사화 할 수 있으며, 빔 전류가 증가할수록 그 분포는 더욱 넓어진다. 따라서 빔 스포트의 중심에서부터 거리 r만큼 떨어진 곳 (x, y)의 밝기 $\rho(r)$ 은

$$\rho(r) = \rho_0 \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2}\right) = \rho_0 \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{r_0^2}\right) \quad (9)$$

로 주어진다.^[8] 여기서 ρ_0 는 빔 중심에서의 밝기이며 일반적으로 $1/r_0^2$ 에 비례하고, 또한 r_0 는 빔의 중심에서부터 $\rho(r)$ 값이 ρ_0/e 로 떨어지는 곳까지의 거리이며 CPT 특성에 따라 달라지나 실험적으로

$$r_0 = \alpha I + \beta \quad (10)$$

이다.

단일 전자 빔이 주사될 때 CPT 스크린 수평 공간상의 임의의 위치 x에서의 밝기 $B(x)$ 는

$$B(x) \propto \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x) dy dx \quad (11)$$

로 계산된다. 그러나 칼라 텔레비전의 경우 RGB 전자 빔이 동시에 주사되고 있으므로 CPT 스크린의 수평 공간상의 밝기는 RGB 빔 전류비에 따라 달라진다. RGB 빔 전류에 의한 CPT 수평 공간상의 임의의 위치 x 에서 밝기 $B_T(x)$ 는

$$B_T(x) = B_R(x) + B_G(x) + B_B(x) \quad (12)$$

$$B_R(x) = L_R \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^{\infty} \rho_R(x) dy dx \quad (13-1)$$

$$B_G(x) = L_G \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^{\infty} \rho_G(x) dy dx \quad (13-2)$$

$$B_B(x) = L_B \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^{\infty} \rho_B(x) dy dx \quad (13-3)$$

로 계산된다. 식 (12)을 이용하여 RGB 빔 전류비에 의한 CPT 수평 공간상의 흑백 경계 영상에 대한 열화의 정도를 조사하기 위한 실험을 하였다. 이 실험에서 RGB 빔 전류의 합을 3mA로 제한 하였으며, 빔 전류비는 기준 백색이 6000K($I_R:I_G:I_B=1:0.84:0.65$)의 경우와 14000K($I_R:I_G:I_B=1:0.95:0.95$)의 경우를 비교 하였다. 그림 8의 점선과 같은 시험 영상 신호가 입력될 때 RGB 빔 전류비가 달라지면 빔 전류의 합이 일정한 경우라도 영상의 경계 부분에서 열화의 정도는 다르게 나타나며, 스크린상의 공간 밝기 분포는 29° CPT를 가정한 경우 그림 8의 실선으로 나타난 것과 같이 상당히 달라짐을 알 수 있다.

따라서 빔 전류비의 변화에 따른 RGB 전자 빔 프로파일의 스크린상의 공간 휘도 분포에 미치는 영향을 조사하기 위한 모의 실험을 하였다. 이 실험에서는 RGB 세 전류의 합을 3mA로 제한하고, RGB 비디오 증폭기의 대역폭은 3채널 중에서 중간 이득의 증폭기를 4.2MHz가 되도록 대역 제한된 계단파 입력신호에 대하여 MPCD를 매개변수로 하여 색온도에 따른 상의 상승거리를 조사하였다. 그 결과는 그림 9에서와 같았다. 여기서 흑체 궤적을 중심으로 10MPCD까지는 색 온도가 증가 할수록 계단파 신호에 대한 경계 부분의 공간 휘도 분포의 상승거리는 감소하고 있음을 알 수 있다. 그러나 20MPCD 이상 부터는 G 증폭기의 이득이 R 증폭기의 것 보다 커져서 상승거

리에 크게 기여하는 G 증폭기의 대역이 좁아지므로 결과적으로 상승거리가 증가하는 경향이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 경우, G채널 빔의 크기가 지나치게 크게 되면 컨버전스가 어긋나 상의 경계면에서 백색의 균형도 깨어질 수 있다.

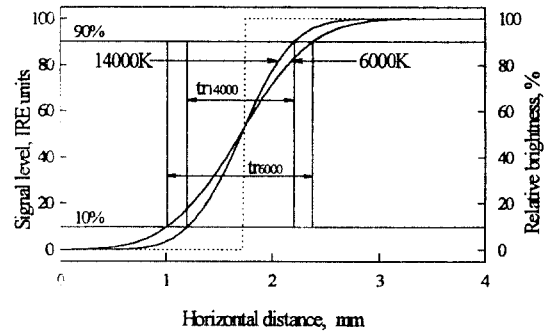


그림 8. 계단파 입력신호 및 CPT 스크린상의 공간 밝기 분포.
Fig. 8. Step input signal and spatial brightness distribution on CPT screen.

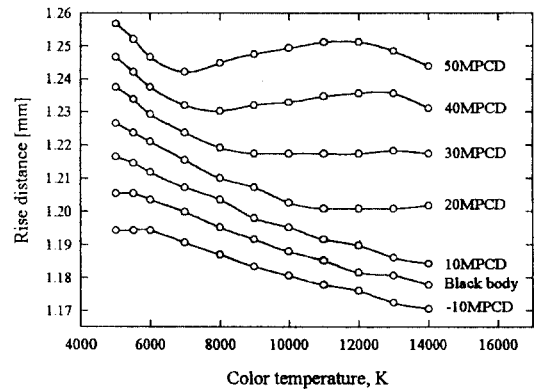


그림 9. 비디오 증폭기의 이득과 대역폭의 곱이 일정한 조건에서, 4.2 MHz로 대역 제한된 계단파 신호에 대한 색온도에 따른 상의 상승거리의 변화.(중간 이득 채널의 대역은 4.2[MHz])

Fig. 9. Rise distance on CPT screen according to color temperature for 4.2[MHz] bandlimited step input signal on condition that gain-bandwidth product of the video amplifier is constant.(Bandwidth of median gain channel is 4.2 MHz)

IV. 수상관의 밝기 및 해상도를 고려한 기준 백색 설정

그림 6, 그림 7, 및 그림 9을 함께 살펴보면 기준 백색의 밝기는 색 온도가 10000K까지는 증가하다가 그 이상에서는 포화되고, RGB 증폭기의 이득비 편차가 적을수록 상승거리가 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다. 그러므로 기준 백색의 설정에서는 두 가지 특성, 즉 밝기 및 증폭기의 이득을 고려한 상승거리를 모두 고려하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 경계 부분의 공간 휘도 분포의 상승거리는 짧게 유지하면서도 더욱 밝은 기준 백색을 설정하기 위하여 표 II에서와 같이 색 온도, 밝기, 및 상승거리에 관한 규격을 이용하여 기준 백색의 범위를 설정하도록 하였다. 첫째, 기준 백색의 색 온도 범위는 6500K에서 10000K로 제한하였으며, 이는 텔레비전 디스플레이 색 온도는 주위 조명광보다 3000~4000K 정도 높게 하는 것이 좋다는 실험적 결과⁶⁾에 근거로 한 것이다. 따라서 주위 조명광이 대략 3000K 전후 색 온도인 백열등일 경우 기준 백색의 색 온도는 6500K 정도로 정하고, 6000K 전후 색 온도인 형광등일 경우 기준 백색의 색 온도는 10000K로 정한다. 또한 그림 6에서 기준 백색의 밝기는 색 온도가 10000K까지는 증가하다가 그 이상에서는 포화됨을 알 수 있고, 10000K 이상의 지나치게 높은 기준 백색의 색 온도는 디스플레이에서 재현색 오차를 증가⁷⁾시킴으로 기준 백색의 색 온도를 10000K로 제한하였다. 둘째, 기준 백색의 밝기는 NTSC 표준 백색인 $D_{65}(6500K + 7MPCD)$ 의 밝기보다 밝은 것을 선정하였다. 셋째, 기준 백색의 상승거리는 NTSC 표준 백색인 $D_{65}(6500K + 7MPCD)$ 의 상승거리보다 짧은 것을 선정하였다. 그러므로 그림 6 및 그림 9에 대하여 표 II의 기준 백색 설정의 규격을 적용하여 얻은 기준 백색의 xy 좌표상에서의 범위를 그림 10에 보였다.

그림 10에서 제시한 기준 백색 범위들과 C 및 D_{65} 광원의 좌표에 대한 기준 백색의 밝기, 상승거리, 및 증폭기의 이득 편차는 표 III에서와 같았다. 제한한 방식에 의해 선택된 범위의 기준 백색들은 NTSC 표준의 기준 백색 보다 밝으면서도 비디오 전압 증폭기의 이득 편차가 적을 뿐만 아니라 거의 비슷한 상승거리임을 확인 할 수 있다. 결과적으로 제시된 기준

표 II. 기준 백색 설정의 규격.

Table II. Specification for reference white selection.

Item	Reference
Color temperature	From 6500K to 10000K
Brightness	Above brightness of $D_{65}(6500K + 7MPCD)$
Rise distance	Under rise distance of $D_{65}(6500K + 7MPCD)$

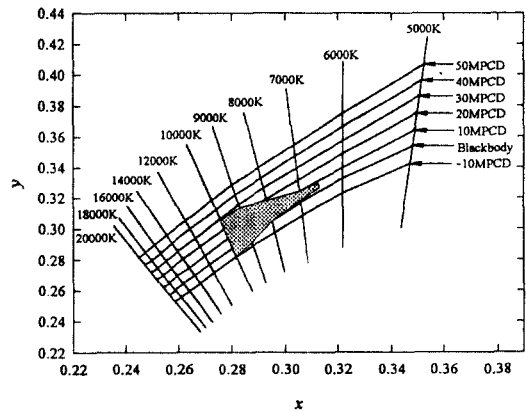


그림 10. xy 좌표상에서의 기준 백색 설정의 범위.

Fig. 10. Range of reference white setting on xy chromaticity coordinates.

표 III. Helmholtz-Kohlrausch 현상이 고려된 기준 백색의 밝기와 상승거리 및 증폭기 이득비에 대한 모의 실험 결과.

Table III. Simulation results for relative brightness, rise distance, and relative amplifier gain based on Helmholtz-Kohlrausch effect.

	Relative amp. gain			Relative brightness	Rise distance [mm]
	R	G	B		
$D(6500K+8MPCD)$	1	0.88	0.70	102.1	1.207
$C(6774K-5MPCD)$	1	0.85	0.71	99.1	1.194
$7000K+10MPCD$	1	0.90	0.73	103.9	1.207
$8000K+0MPCD$	1	0.90	0.78	102.5	1.195
$8000K+10MPCD$	1	0.93	0.79	105.2	1.204
$9000K+0MPCD$	1	0.91	0.83	104.6	1.192
$9000K+10MPCD$	1	0.94	0.83	107.3	1.198
$9000K+20MPCD$	1	0.98	0.84	110.4	1.203
$10000K+0MPCD$	1	0.92	0.87	105.6	1.188
$10000K+10MPCD$	1	0.96	0.87	106.6	1.195
$10000K+20MPCD$	1	0.99	0.88	111.4	1.203

백색의 범위로 부터 보다 더 밝으면서도 일반사람이 선호하는 백색을 기준 백색으로 선정할 필요가 있으며 이는 주관적 판단과 색재현 오차등을 고려하여 결정될 수 있다.

V. 결 론

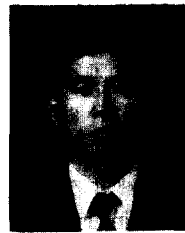
칼라 텔레비전 수상기의 기준 백색 및 형광체는 NTSC의 표준과는 달리 여러 가지로 변천해 왔다. 기준 백색의 설정은 형광체의 발광 효율과 화면의 밝기, 비디오 증폭기 각 채널의 비슷한 이득, 빔 전류 밀도 분포로 인한 영상의 경계부분에서의 열화 정도 및 일반 사람들이 선호하는 백색 등이 모두 고려되어야 한다.

본 논문에서는 칼라 텔레비전의 기준 백색이 전류비의 조절로서 결정되므로, RGB 빔 전류비가 밝기에 미치는 영향과 비디오 증폭기의 이득 및 전류 밀도 프로파일의 분포에 따른 영상 경계 부분에서의 열화 정도를 이론적으로 해석하였다. 이때 기준 백색의 휘도는 색 온도가 높아짐에 따라 Helmholtz-Kohlrausch 현상에 의해 증가하며, RGB 증폭기의 이득비 편차가 적을수록 상승거리가 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 해석에 근거한 밝으면서도 해상도를 높이는 기준 백색으로 설정 가능한 범위를 제시하였으며, 이론적 해석을 적용하여 모의 실험한 결과 NTSC 표준 백색보다 밝은 백색을 구현할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

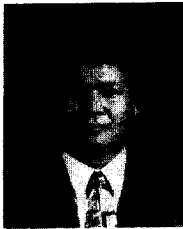
1. LeRoy DeMarsh, "TV Display Phosphors/Primaries Some History," *J. of SMPTE*, SMPTE TUTORIALS, pp. 1095-1098, July 1993.
2. Charles J. Hirsch, "The Chromaticity of Reference White in Color Television," *J. of SMPTE*, vol. 77, pp. 702-713, July 1968.
3. K. Blair Benson and Jerry C. Whitaker, *Television Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 1992.
4. 이광순, "영상신호의 DC레벨에 따른 주사속도 변조," 경북대학교 전자공학과 석사학위논문, 1995년 12월.

5. 안병수, 최덕규, 권기룡, 안상호, 송규익, 김덕규, 이진일, "가우시안 빔 프로파일의 CPT를 위한 비선형 주사속도변조," 한국통신학회지, 제20권, 제1호, pp. 265-274, 1월, 1995.
6. G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color Science*, John Wiley & Sons, 1982.
7. C. Bailey Neal, *Television Colorimetry for Receiver Engineers*, *IEEE Trans. BTR*, vol. BTR-19, pp. 149-162, Aug. 1973.
8. S. Yoshida, A. Ohkoshi, and K. Shinkai, "Achievement of High Picture Quality in Color CRTs with the Beam Scan Velocity Modulation Method," *IEEE Trans. CE*, vol. 23, no. 3, pp. 366-374, Aug. 1977.
9. 大西他, "カラーテレビにおける好みの白測定," *テレビ全大*, pp. 15-16, 1976.



최 덕 규(Duk-Kyu Choi) 정회원
 1965년 1월 14일생
 1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1993년 2월: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1994년 2월~현재: 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 ※주관심분야: 디지털 신호처리, 비디오 공학 및 HDTV 등

이 화 춘(Ju-Dong Kim) 정회원
 1968년 8월 4일생
 1994년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1996년 2월: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 1월~현재: LG전자 TV연구소 근무
 ※주관심분야: 디지털 신호처리, 비디오 공학 및 HDTV 등



권 기 룡(Ki-Ryong Kwon)정회원
1986년 2월:경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 8월:경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년~현재:부산외국어대학교 전자공학과 전임강사
※주관심분야:적용신호처리, 비디오 공학 및 HDTV 등

안 상 호(Sang-Ho Ahn) 정회원
한국통신학회 논문지 제20권 제1호 pp. 265 참조
현재:인제대학교 전자공학과 조교수

이 건 일(Kuhn-Il Lee) 정회원
한국통신학회 논문지 제20권 제1호 pp. 265 참조
현재:경북대학교 전자공학과 교수

송 규 익(Kyu-Ik Sohng) 정회원
한국통신학회 논문지 제20권 제1호 pp. 265 참조
현재:경북대학교 전자공학과 교수