

論文2000-37SP-11-2

플리커 저감 디스플레이 시스템 설계를 위한 인광체 잔광 특성의 정량적 해석

(Quantitative Analysis of Phosphors Decay Characteristic for Flicker-free Display System Design)

權容大*, 崔德圭**, 韓纘豪**, 李光淳*, 金銀洙***,
李相勳***, 宋奎翼*

(Yong-Dae Kwon, Duk-Kyu Choi, Chan-Ho Han, Gwang-Soon Lee,
Eun-Su Kim, Sang-Hoon Lee, and Kyu-Ik Sohng)

요 약

최근 컴퓨터의 급속한 보급에 따라 고밀도 CRT(cathode ray tube)가 요망되고 있다. 이를 위하여 신호 대역과 주사 속도의 증가에 따른 주사선 수를 증가 시켜야 하고 플리커(flicker)도 줄여야 한다. 플리커 현상은 PC작업을 장시간 하는 경우 더욱 심하게 느껴지므로, 플리커 현상을 줄이는 연구가 필요하다. 본 논문에서는 플리커가 덜 느껴지도록 하는 디스플레이 시스템의 설계를 위한 기초 연구로서, CRT에 사용된 인광체의 잔광 특성 및 화면의 밝기에 따른 플리커와 프레임 주파수와의 관계를 정량적으로 해석하였으며, 또한 디스플레이 전화면에 대해서 시각을 고려하여 플리커를 덜 느끼도록 하는 프레임 주파수를 제시하였다.

Abstract

The perception of flicker on the computer display devices depends upon the temporal waveform of the phosphor decay characteristic, the frame rate, and the display size. The lowest frequency at which flicker is not perceived is called the critical fusion frequency or critical frequency. Critical fusion frequency is evaluated by the display illuminance and the modulation (m) defined as the ratio of the amplitude of first harmonic frequency to the DC of the waveform. In this paper, we analyze the relationship between the critical fusion frequency, relating to the decay characteristic of the phosphors and luminance on the monitor, and the frame frequency. Also under considering the viewing angle, we presented the frame frequency that is less sensitive to the full size of the display device.

I. 서론

* 正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering Kyungpook University)

** 正會員, 慶雲大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering Kyungwoon University)

*** 學生會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering Kyungpook University)

接受日字:2000年 8月1日, 수정완료일:2000年10月10日

최근 컴퓨터의 급속한 보급에 따라 고밀도 CRT가 요망되고 있다. 이를 위하여 신호 대역과 주사 속도의 증가에 따른 주사선 수를 증가 시켜야 하고 플리커(flicker)도 줄여야 한다.

CRT에서 발생하는 플리커의 정도는 화면의 밝기 및 사용된 인광체의 잔광 특성에 의해 달라지며, 주어진 프레임 주파수 및 시각(viewing angle)에 따라 서로 달라진다.^[1~3] 이런 플리커 발생 정도를 판단하기 위한 평가 척도로서 화면의 밝기와 신호의 직류 성분 에 대한 기본 주파수의 진폭 비로 정의되는 변조도

(modulation, m)를 주로 이용하고 있다.^{[1],[2]} De Lange^[2]는 실험을 통하여 신호 파형이 달라도 기본 주파수의 진폭이 같을 경우 변조도가 동일한 곡선을 나타냄을 보였고, 또한 밝기의 변화에 따른 임계융합 주파수(critical fusion frequency, CFF)를 구하였다. 그리고 Hukuda^[4]는 망막상에서 시각에 따라 플리커의 감도차가 있음을 실험을 통하여 밝혔다.

한편 CRT는 R, G, 및 B 세 개의 인광체로 색을 재현하고 있으며, 기준 백색에 따라 R, G, 및 B인광체의 휘도에 대한 기여도가 각각 다르다. 따라서 임의의 기준 백색에 대한 R, G, 및 B인광체 각각의 휘도에 대한 기여도를 고려한 프레임 주파수 변화에 따른 플리커의 해석이 필요하다.

본 논문에서는 플리커가 덜 느껴지도록 하는 디스플레이 시스템의 설계를 위한 기초 연구로서, CRT에 사용된 인광체의 잔광 특성 및 화면의 밝기에 따른 플리커와 프레임 주파수와의 관계를 정량적으로 해석하였으며, 또한 디스플레이 전 화면에 대해서 시각을 고려하여 플리커를 덜 느끼도록 하는 프레임 주파수를 제시하였다.

II. 이 론

1. 플리커 및 임계융합주파수

플리커란 명암이 주기적으로 변화하는 것을 느끼는 현상을 나타내며, 이 현상은 명암의 변화 주파수와 평균 밝기에 의존하게 된다. 이런 플리커 현상이 느껴지지 않고 일정한 밝기로 보일 때의 주파수를 임계융합 주파수라고 정의한다.^[3] 이때 느끼는 밝기는 교류적으로 변화되는 명암 신호를 한 주기 동안 평균한 값과 동일한 값을 가지게 된다.

한편 디스플레이 화면에 나타나는 문자나 영상 등은 CRT의 전자빔이 주기적으로 반복하여 인광체를 발광시켜 나타나게 되므로 주기적인 신호로 간주할 수 있다. 또한 De Lange는 신호의 파형이 서로 다르더라도 10Hz 이상에서는 평균 밝기에 대한 기본파의 변조도에 의해 임계융합주파수가 결정됨을 보였다. 따라서 임의의 파형이 주기적으로 나타날 때 Fourier 급수 해석을 통해 주기 신호의 직류 성분과 기본 주파수 성분만으로 임계융합주파수의 해석이 가능하다.

인광체의 발광에 따른 주기 신호를 Fourier 급수 해석을 통해 직류 성분과 기본 주파수 신호만으로 근사화 하면

$$f(t) = A_0(1 + m \sin \omega t) \quad (1)$$

로 주어진다. 여기서 m 은 변조도로서 직류성분과 기본 주파수 신호의 진폭 비이고, A_0 는 평균 밝기를 나타낸다. 이러한 변조도와 화면의 밝기를 디스플레이 화면에서의 플리커 발생 정도를 측정하는 척도로 이용하고 있다. 주기 신호에 대한 변조도와 임계융합주파수를 구하기 위해, De Lange는 시각이 2°인 경우에 대해 여러 가지 테스트 신호에 대한 주변 밝기의 평균이 테스트 화면 밝기와 같도록 설정하고, 테스트 신호 각각의 변조도와 밝기에 따른 임계융합주파수를 구하는 실험을 하였으며, 이에 대한 결과는 그림 1에서와 같다. 그림에서 테스트 신호에 있어 밝기와 변조도가 증가하면 임계융합주파수가 증가됨을 알 수 있다. 또한 10 Hz 이상의 주파수에서는 파형과 관계없이 기본파의 변조도에 의해서 임계융합주파수가 결정됨을 알 수 있다.

2. 인광체의 잔광 특성

CRT는 R, G, 및 B 3원색의 인광체로서 문자나 영상을 표현하고 있으며, 각각의 인광체는 색표현 영역(gamut)과 감쇄 시간에 있어 차이가 있다. 이런 감쇄 시간의 차이로 인해 변조도가 달라지고 임계융합주파수가 달라진다. 현재 사용되고 있는 여러 가지 인광체에 대한 전형적인 잔광 파형을 그림 2에 나타내었다. 또한 인광체 각각의 잔광 파형을 근사화 하면

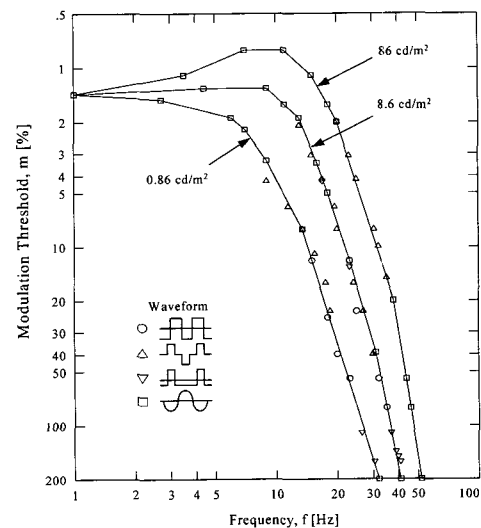


그림 1. De Lange에 의한 변조도 곡선

Fig. 1. Modulation-threshold curves obtained by De Lange.

로 주어진다.^[1] 이때 시간 t 의 단위는 ms이다.

$$P22G : L(t) = \left(1 + \frac{t}{5.05 \times 10^{-3}}\right)^{-1.05} \quad (2)$$

$$P22R : L(t) = \exp\left(-\frac{t}{0.25}\right) \quad (3)$$

$$P22B : L(t) = \left(1 + \frac{t}{1.9 \times 10^{-3}}\right)^{-1.05} \quad (4)$$

$$P27 : L(t) = \exp\left(-\frac{t}{43.9}\right) \quad (5)$$

$$P39A : L(t) = 0.753 \exp\left(-\frac{t}{8.7}\right) + 0.247 \left(1 + \frac{t}{25.4}\right)^{-1.11} \quad (6)$$

$$P39B : L(t) = 0.712 \exp\left(-\frac{t}{10.9}\right) + 0.288 \left(1 + \frac{t}{30.6}\right)^{-0.93} \quad (7)$$

$$P1 : L(t) = \exp\left(-\frac{t}{8.7}\right) \quad (8)$$

$$CaF_2 / Mn, Yb : L(t) = \exp\left(-\frac{t}{78.2}\right) \quad (9)$$

3. 디스플레이 기준 백색의 설정

CIE XYZ좌표계를 이용하여 디스플레이에 재현된 임의의 색에 대한 좌표를 나타내면

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}, z = \frac{Z}{X+Y+Z} \\ T &= X+Y+Z \\ X &= xT, \quad Y = yT, \quad Z = zT \end{aligned} \quad (10)$$

로 주어진다.^[5] 여기서 $X, Y,$ 및 Z 는 가상적인 3원 자극의 자극량이고 $x, y,$ 및 z 는 색의 좌표이며 T 는 임의의 색에 대한 자극량의 합을 나타 낸다. 또한 $x+y+z=1$ 이므로 x, y 두 좌표를 이용하여 임의의 색을 표현할 수 있다.

컬러 디스플레이에서 사용되는 RGB 인광체의 3자극량 RGB 와 XYZ 의 3자극량 XYZ 의 관계는 각각

$$\begin{aligned} X &= X_R + X_G + X_B \\ Y &= Y_R + Y_G + Y_B \\ Z &= Z_R + Z_G + Z_B \end{aligned} \quad (11)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 첨자들은 각 인광체들이 자극량 XYZ 에 모두 기여함을 의미하고 있다. 따라서 식 (11)를 현행 디스플레이 RGB 인광체의 좌표 $x_p, y_p,$ 및 z_p 를 이용하여 달리 표현하면

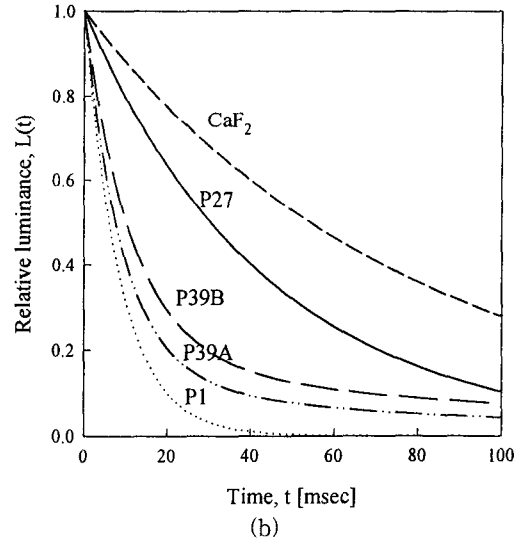
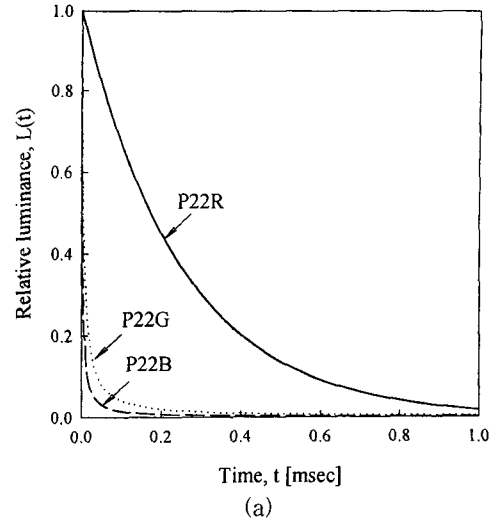


그림 2. 인광체 잔광 파형 (a) P22계열 인광체 (b) 기타 인광체

Fig. 2. Decay curves of phosphor : (a) P22 phosphor ; (b) the other phosphor.

$$\begin{aligned} X &= x_{Rp} T_R + x_{Gp} T_G + x_{Bp} T_B \\ Y &= y_{Rp} T_R + y_{Gp} T_G + y_{Bp} T_B \\ Z &= z_{Rp} T_R + z_{Gp} T_G + z_{Bp} T_B \end{aligned} \quad (12)$$

와 같다. 여기서 $T_R, T_G,$ 및 T_B 는

$$\begin{aligned} T_R &= X_R + Y_R + Z_R = K_{Rd} R \\ T_G &= X_G + Y_G + Z_G = K_{Gd} G \\ T_B &= X_B + Y_B + Z_B = K_{Bd} B \end{aligned} \quad (13)$$

로 주어진다. 여기서 $K_{Rd}, K_{Gd},$ 및 K_{Bd} 는 RGB 디

스플레이 시스템 채널의 이득을 나타내는 상수이다. 식 (13)을 식 (12)에 대입하면

$$\begin{aligned} X &= x_{Rp}K_{Rd}R + x_{Gp}K_{Gd}G + x_{Bp}K_{Bd}B \\ Y &= y_{Rp}K_{Rd}R + y_{Gp}K_{Gd}G + y_{Bp}K_{Bd}B \\ Z &= z_{Rp}K_{Rd}R + z_{Gp}K_{Gd}G + z_{Bp}K_{Bd}B \end{aligned} \quad (14)$$

와 같이 된다. 여기서 $R=G=B=1$ 일 때 색도 좌표 x_w, y_w , 및 z_w 가 기준 백색이 되도록 K_{Rd}, K_{Gd} , 및 K_{Bd} 를 결정하여야 한다. 그리고 식 (14)를 $Y_w=1$ 로 정규화 하면

$$\begin{aligned} X_w &= \frac{x_w}{y_w} = x_{Rp}K_{Rd} + x_{Gp}K_{Gd} + x_{Bp}K_{Bd} \\ Y_w &= 1 = y_{Rp}K_{Rd} + y_{Gp}K_{Gd} + y_{Bp}K_{Bd} \\ Z_w &= \frac{z_w}{y_w} = z_{Rp}K_{Rd} + z_{Gp}K_{Gd} + z_{Bp}K_{Bd} \end{aligned} \quad (15)$$

로 주어진다.

식 (15)에서 K_{Rd}, K_{Gd} , 및 K_{Bd} 의 비를 구하면

$$\begin{bmatrix} K_{Rd} \\ K_{Gd} \\ K_{Bd} \end{bmatrix} = \frac{1}{y_w} \begin{bmatrix} x_{Rp} & x_{Gp} & x_{Bp} \\ y_{Rp} & y_{Gp} & y_{Bp} \\ z_{Rp} & z_{Gp} & z_{Bp} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} \quad (16)$$

와 같다. 그리고 식 (14)로부터 XYZ 와 RGB 의 자극량 관계를 행렬식으로 나타내면

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{Rp} & x_{Gp} & x_{Bp} \\ y_{Rp} & y_{Gp} & y_{Bp} \\ z_{Rp} & z_{Gp} & z_{Bp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{Rd} & 0 & 0 \\ 0 & K_{Gd} & 0 \\ 0 & 0 & K_{Bd} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (17)$$

와 같이 주어진다.

컬러 디스플레이에서 백색을 재현할 경우 재현색 C 는 RGB 색 좌표계에서 $C = RR + GG + BB$ 이고, XYZ 색 좌표계에서는 $C = XX + YY + ZZ$ 가 된다. 그리고 $R=G=B=1$ 일 때 기준 백색으로 정의하고 인광체의 좌표 및 발광 효율에 따라 RGB 각 채널의 비디오 증폭기 이득을 조정함으로써 기준 백색을 재현할 수 있다. 기준 백색을 재현함에 있어서 휘도 신호에 대한 3원 자극량의 합은 식 (15)으로부터

$$Y_w = y_{Rp}K_{Rd} + y_{Gp}K_{Gd} + y_{Bp}K_{Bd} \quad (18)$$

로 주어진다.

한편, 인광체에 따른 빔 전류와 빛 밝기 관계가 선형

임을 가정하면 기준 백색에 대한 휘도 신호 Y_w 는

$$Y_w = L_R I_R + L_G I_G + L_B I_B \quad (19)$$

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

4. 디스플레이 화면의 밝기와 망막에서의 플리커 감도차

임계융합주파수는 디스플레이 화면의 밝기에 따라서 달라진다. 즉, 화면이 밝을 경우의 임계융합주파수 값이 어두울 경우의 임계융합주파수 값보다 높기 때문에 화면이 밝을 경우에는 플리커를 더 쉽게 느끼게 된다. 또한 디스플레이 전환면에서 느끼는 플리커는 디스플레이의 크기와 시청 거리에 따른 시각의 차이에 의하여 달라진다. Hukuda는 인간의 눈에서의 플리커를 느끼는 감도차가 망막의 중심부보다 주변부에서 더 크게 된다는 것을 실험을 통하여 알아내었고 이런 망막상에서의 밝기와 시각에 따른 플리커 감도차를 나타내었다.^[4]

III. 인광체의 잔광 특성 및 밝기에 따른 플리커의 정량적 해석

인광체 잔광 특성에 따른 플리커의 정량적 해석을 하기 위해 먼저 인광체 각각의 잔광 파형으로부터 근사식을 구한다. 인광체 잔광파형은 프레임 주파수에 따라 주기적으로 나타 나므로 구해진 근사식은 주기

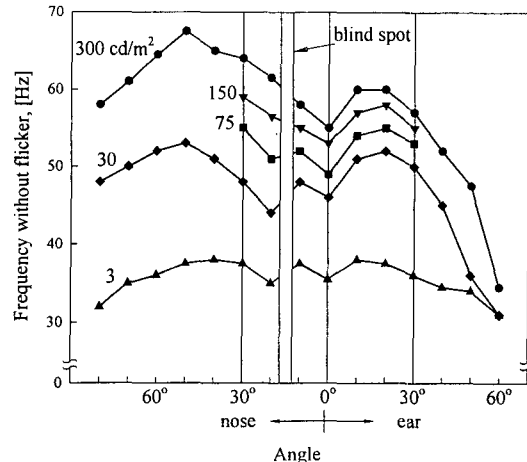


그림 3. 망막에서의 플리커 감도차

Fig. 3. Flicker sensitivity in the retina.

신호가 된다. 각 인광체의 주기 신호로부터 Fourier급 수 해석을 통해 직류 성분과 기본 주파수 성분을 찾아 내고, 이를 이용하여 프레임 주파수 변화에 따른 변조도를 구하였다. 여기서 구해진 각각의 인광체에 대한 변조도를 그림 4에 나타내었다. 그림에서 인광체의 잔광 시간이 긴 경우와 프레임 주파수가 증가하는 경우에 변조도가 감소함을 알 수 있다. 따라서 플리커를 줄이기 위해서는 잔광 시간이 긴 인광체를 사용하거나 프레임 주파수를 높게 하여야 한다.

한편, CRT디스플레이에 색을 재현하기 위해 R, G, 및 B인광체 한 세트가 선정될 때, 인광체 각각의 좌표와 기준 백색의 설정에 따라 휘도에 대한 R, G, 및 B 인광체 각각의 기여도가 달라진다. 이때 R, G, 및 B 각각의 인광체를 직류와 기본 주파수의 성분만으로 근사화 할 때 잔광 파형은

$$\begin{aligned} L_R(t) &= A_R(1 + m_R \cos \omega t) \\ L_G(t) &= A_G(1 + m_G \cos \omega t) \\ L_B(t) &= A_B(1 + m_B \cos \omega t) \end{aligned} \quad (20)$$

로 주어진다. 여기서 $A_R, A_G,$ 및 A_B 는 각 인광체의 평균 밝기이므로 식 (20)의 각 항의 비는 $y_R K_R : y_G K_G : y_B K_B = A_R : A_G : A_B$ 로 놓을 수 있다. 또한 백색은 R, G, 및 B 각 잔광 파형의 합으로 나타나므로 백색에 대한 잔광 파형을

$$\begin{aligned} L_W(t) &= A_W(1 + m_W \cos \omega t) \\ A_W &= A_R + A_G + A_B \\ m_W &= \frac{(A_R m_R + A_G m_G + A_B m_B)}{A_W} \end{aligned} \quad (21)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 식 (21)는 식 (18)에 주어진 기준 백색에 대한 휘도 신호 Y_W 와 같이 놓을 수 있다. 따라서 디스플레이에서 R, G, 및 B인광체가 주어질 때, 인광체 좌표 및 기준 백색의 설정에 따라 휘도에 대한 R, G, 및 B인광체 각각의 기여도가 달라지는 것을 고려하여 임의의 기준 백색에 대한 프레임 주파수에 대하여 변조도를 구하고, 그림 1의 de Lange의 2° 시각에 대한 실험 데이터로부터 임계융합주파수를 구한다. 그러나 Hukuda가 실험을 통하여 구한 망막상에서의 플리커 감도차를 에서 알 수 있듯이, 중심부보다 주변부에서 플리커를 더 크게 느끼게 된다. 17" 크기의 CRT를 40cm 거리에서 본다고 가정할 때

시각은 60° 정도가 된다. 따라서 디스플레이에서의 플리커를 없애기 위해서는 Hukuda의 실험에서 시각 60° 범위 내의 가장 큰 값을 임계융합주파수로 선택하여 디스플레이의 프레임 주파수로 사용하여야 한다. 디스플레이 시스템 설계에 있어서 디스플레이 전환면에서 플리커를 느끼지 않게 하는 최소한의 프레임 주파수를 선정하기 위해, 인광체 잔광 특성 및 화면의 밝기, 그리고 시각을 고려하여 임계융합주파수를 해석하기 위한 흐름도를 그림 5에 나타내었다.

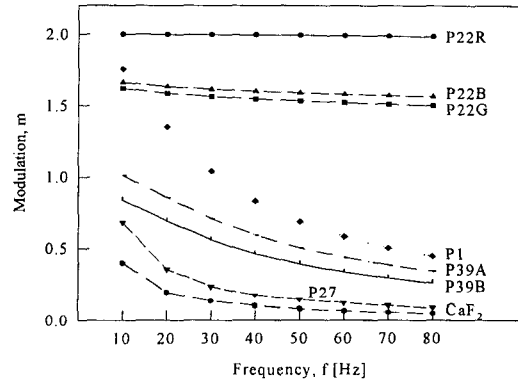


그림 4. 프레임 주파수에 대한 인광체의 변조도 곡선
Fig. 4. Modulation curves of phosphors at the different frame frequency.

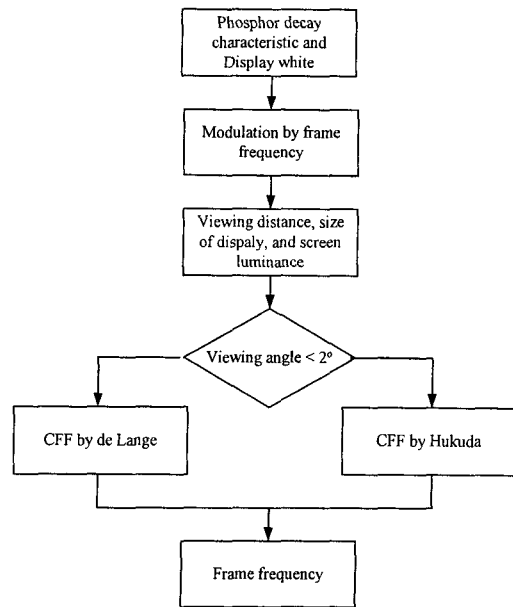


그림 5. 플리커를 느끼지 않도록 하는 프레임 주파수 선정을 위한 흐름도
Fig. 5. Block diagram for selection of frame frequency without flicker.

IV. 모의 실험 및 고찰

플리커를 느끼지 않도록 하는 프레임 주파수를 구하기 위해 사용 가능한 여러 가지 인광체를 표 1에서와 같이 조합하고, 밝기 및 기준 백색을 임의로 설정하여 모의 실험을 하였다. 먼저 기준 백색을 D65광원으로 고정하고, 화면의 밝기를 0.86, 8.6, 및 86cd/m²로 정한 각각에 대하여 프레임 주파수를 10~80 Hz까지 10Hz 간격으로 증가시키면서 인광체의 각 그룹에 대한 변조도를 구해 보았으며, 이에 대한 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 세로 방향의 실선은 de

표 1. 인광체 그룹 및 밝기에 따른 임계융합주파수

Table 1. CFF for the luminance and phosphor group.

Group	Phosphor			CFF for the luminance, Hz		
	R	G	B	0.86 cd/m ²	8.6 cd/m ²	86 cd/m ²
G1	P27	P39A	P22B	25.7	33.4	43.4
G2	P27	P39B	P22B	24.9	32.4	42.5
G3	P27	P1	P22B	27.1	34.9	44.5
G4	P27	P22G	P22B	29.0	37.7	48.2
G5	P22R	P39A	P22B	28.8	37.3	47.6
G6	P22R	P39B	P22B	28.4	36.7	47.3
G7	P22R	P1	P22B	30.0	38.2	48.4
G8	P22R	P22G	P22B	31.0	39.9	51.0

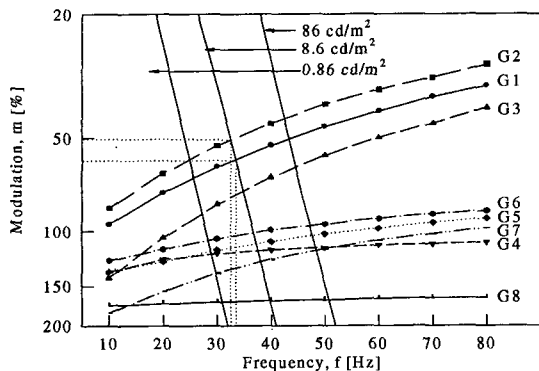


그림 6. 디스플레이 백색에 대한 프레임 주파수에 따른 변조도

Fig. 6. Modulation for frame frequency relating to the display white.

Lange의 실험에 의한 밝기에 따른 변조도 곡선을 나타내고 있으며, 각 인광체 그룹에 있어 임계융합주파수는 de Lange의 변조도 곡선과 인광체 그룹에서의 프레임 주파수에 따른 변조도 곡선과 만나는 점의 주파수가 된다. 표 1에는 여러 가지 RGB 인광체 그룹과, 각 그룹에 대해서 구한 임계융합주파수를 나타내었다. 여기서 그룹 1보다 그룹 2의 임계융합주파수의 값이 작음을 알 수 있다. 이는 R 및 B인광체의 종류는 같고, 그룹 2의 G인광체 P39B의 잔광 시간이 그룹 1의 G인광체 P39A의 잔광 시간보다 길기 때문이다.

한편, 인광체 그룹 G1과 G8에 대하여 디스플레이 백색의 색온도를 흑체 궤적상의 5000~13000 K까지 2000 K 간격으로 증가하면서 프레임 주파수에 대한 변조도를 구해 보았으며, 이에 대한 결과를 그림 7에 나타내었다. 또한 디스플레이 백색의 각 색온도에 대하여 밝기에 따른 임계융합주파수를 표 2에 나타내었다. 표 2에서 디스플레이 색온도에 따른 변조도의 차이가 작아서 임계융합주파수의 변화량이 매우 작다는 것을 알 수 있다. 따라서 디스플레이에서 색온도 설정은 임계융합주파수와는 상관없이 색재현 충실성만을 고려하여 설정하여도 무방하다는 것을 나타낸다.

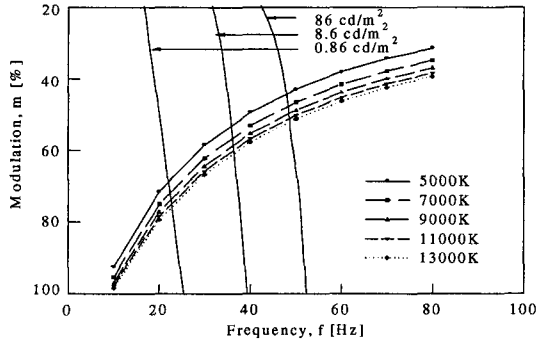
표 2. 색온도와 밝기에 따른 임계융합주파수

Table 2. CFF for the luminance and the color temperature.

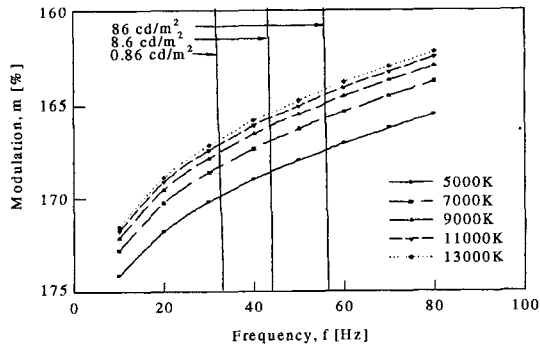
Color temperatures, K	CFF for the luminance, Hz					
	0.86 cd/m ²		8.6 cd/m ²		86 cd/m ²	
5000	19.6	26.8	32.0	38.0	42.6	50.1
7000	19.8	26.8	32.3	38.0	43.1	50.1
9000	20.1	26.8	32.5	38.0	43.5	50.1
11000	20.3	26.9	32.5	38.2	43.6	50.2
13000	20.3	27.2	32.6	38.4	43.7	50.3

위의 모의 실험은 시각이 2°인 경우에 대하여 임계융합주파수를 구하였다. 그러나 17" 크기의 CRT를 40cm거리에서 본다고 가정 할 때는 시각이 60°가 되므로 Hukuda의 실험 데이터 그림 3으로부터 임계융합주파수를 구하여야 한다. 디스플레이 화면의 밝기가 0.86, 8.6, 및 86cd/m²인 경우에 대하여 대수를 이용한 선형 보간법을 사용하여, 망막상에서의 시각에 따른 플리커 감도차를 구하였으며 이를 그림 8에 나타내

었다. 화면의 밝기가 86cd/m²인 경우 시각이 2°에서 60°로 증가될 때의 임계융합주파수의 증가량 Δf가 9 % 증가함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 7. 색온도에 따른 프레임 주파수와 변조도의 관계 (a) G1, (b) G8

Fig. 7. Relation between the modulation and the frame frequency at the different color temperature: (a) G1; (b) G8.

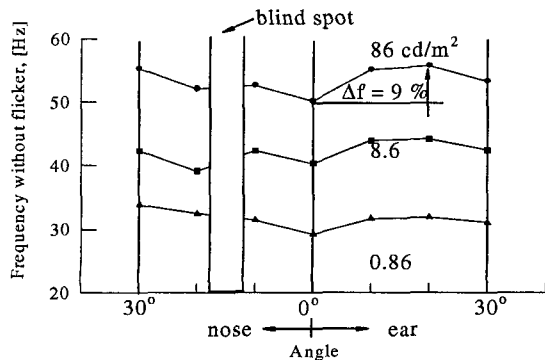


그림 8. 망막상에서의 플리커 감도차

Fig. 8. Flicker sensitivity in the retina.

V. 결론

본 논문에서는 디스플레이에 나타나는 플리커를 모의 실험을 통하여 정량적으로 해석하였다. 디스플레이에 사용된 인광체의 종류에 따른 잔광 시간의 차이에서 변조도가 달라짐을 확인하였고, 프레임 주파수의 변화에 따라서도 임계융합주파수가 변화됨을 확인하였다. 또한 디스플레이에 사용된 인광체의 조합에 있어 디스플레이 백색에 따른 색온도의 변화가 플리커의 발생에는 거의 영향을 미치지 못함을 알았다. 따라서 디스플레이에서 플리커를 줄이기 위해서는 장잔광 인광체를 사용하거나, 임계융합주파수 이상의 주파수를 프레임 주파수로 선정하여야 한다. 이때 일반 PC와 같이 시청 거리가 짧아 시각이 큰 경우에는 Hukuda의 망막상의 시각에 따른 임계융합주파수를 사용하여 프레임 주파수로 선정하여야 한다. 또한 시각이 2°에서 60°로 증가될 때의 임계융합주파수의 증가량 Δf를 구하고, 그룹 G1, G5, 및 G8에 대해 시각 2°와 60°에 대한 임계융합주파수를 구하였다. 따라서 플리커를 느끼지 않도록 하는 디스플레이 장치의 설계에 있어서는 시각에 따른 망막에서의 플리커를 느끼는 감도차를 고려하여 프레임 주파수를 선정하여야 한다.

금후의 과제로는 휘도 신호 뿐만 아니라, 색 신호에서 발생하는 플리커와 인광체의 색표현 영역을 모두 고려한 디스플레이 장치에서의 프레임 주파수 선정이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Hideo MORI, Nobuyuki TSUDA, and Masaaki TAMATANI, "Flicker-free Fluorescent Screen for Color Display CRT," *텔레비죤學會技術報告*, 1982.
- [2] H. de Lange Dzn, "Experiments on Flicker and Some Calculations on an Electrical Analogue of the Foveal System," *Physics*, vol. 18, no. 11, pp.935-950, 1952.
- [3] G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color Science*, John Wiley & Sons, 1982.
- [4] NHK放送技術研究所編, *Hi-Vision 하이비죤技術*, 日本放送出版協會, 1988.

- [5] F. J. Bingley, "Colorimetry in Color Television," *IRE Proc.*, vol. 41, pp. 838-851, July 1953.

 저 자 소 개



權容大(正會員)

1994년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1999년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사 수료, 주관심분야는 영상신호처리, 색 재현,

비디오 공학

韓 續 豪(正會員)

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사), 1992~1997 현대전자 미디어연구소 연구원, 1997년 8월~1999년 8월 경북대학교 대학교 전자공학과 박사 수료, 2000년 2월~현재 경운대학교 전임강사, 주관심 분야는 영상신호처리, 비디오 공학, 음향 공학

李 相 勳(學生會員)

1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1999년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1999년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사 과정, 주관심 분야는 영상신호처리, LCD 영상신호처리, 오디오 공학

宋 奎 翼(正會員)

1975년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1977년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1977~1982 국방과학연구소 연구원, 1990년 3월 일본 동북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사), 1983년 4월~현재 경북대학교 전자전기공학부 교수, 주관

崔 德 圭(正會員)

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1990~1991 포항제철 전산시스템부 근무, 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1997년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사), 1998~2000 경북대학교 전자전기공학부 국책계약교수, 2000년 2월~현재 경운대학교 전임강사, 주관심 분야는 색 공학, 비디오 공학, 디지털 신호처리

李 光 淳(正會員)

1993년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1995년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사), 1997~1998 오리온전기(주) 중앙연구소 연구원, 2000년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사수료, 주관심 분야는 디지털신호처리, 비디오 공학, 음향 공학

金 銀 洙(學生會員)

1998년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 2000년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 2000년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사 과정, 주관심 분야는 영상신호처리, 비디오 공학, 자동차 공학