

시각 반응 모델에 의한 AC PDP의 Dynamic False Contour Noise 해석

나 중 민*, 김 영 환**, 강 봉 구
포항공과대학교 전자전기공학과
전화* : 054-279-2878 / 핸드폰** : 019-803-2227

Analysis of AC PDP Dynamic False Contour based on the Model of the Human Vision System

Joong-Min Ra, Young Hwan Kim, Bong Koo Kang
Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Pohang University of Science and
Technology
E-mail* : question@postech.ac.kr

Abstract

We present a new approach to analyzing the dynamic false contour noise of AC plasma display panels (PDP), which is known to degrade the image quality severely. Compared with the existing methods that consider only the amount of light emission from PDP during 1 field time, the proposed approach uses the impulse response model of the human vision system and estimates how the human beings actually feel as the function of time. Experimental results using various benchmark sub-field scan algorithms are included.

I. 서론

AC plasma display panel (PDP)은 평판 디스플레이의 한 종류로서 HDTV 시대에 즈음하여 차세대 디스플레이 장치로서 각광을 받고 있다. 그러나 AC PDP는 화소의 방전 특성상 빛의 세기를 조절하기가 어려워 각 화소들이 일정한 빛을 내도록 만들고, 영상 데이터에 따라서 빛을 발하는 시간을 조정함으로써 화면의 밝기를 조절하는 sub-field 주사 방식을 채택하여 gray 레벨을 구현한다. 즉, PDP에서는 그림 1과 같이 하나의 영상 field를 binary weight에 비례하는 발광 시간을 갖는 다수 개

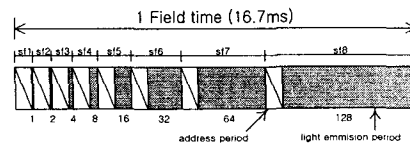


그림 1. 8 비트 256 gray scale 구현을 위한
binary sub-field sequence

의 sub-field들의 합으로 표현하고, 영상 데이터의 값에 따라서 각 sub-field 동안 발광을 유지하거나 발광을 멈춤으로써 gray 레벨을 구현하며, address 기간에는 빛을 방출하지 않는다. 그러나 sub-field 주사 방식으로 동영상을 재현하는 과정에서 관찰자는 원래의 영상과는 달리 부분적으로 노출이 과다하거나 부족함을 인지하게 되는 화질 저하 현상이 빈번히 발생하며, 이와 같은 화질 저하 현상을 dynamic false contour 현상이라 한다. Dynamic false contour 현상은 HDTV급의 화질을 충족시키기 위한 요구에 대해 큰 제약으로 작용하며, 화질 향상을 위해 이를 해석하고 개선하기 위한 많은 연구를 시도하여 왔다.

Dynamic false contour noise를 해석하기 위하여 1 field time 동안 PDP에서 발산되는 광량을 시각이 얼마나 받아들이는지 계산하는 방식을 현재 주로 사용하고 있다^{[1][2]}. 그림 2와 같이 PDP 화면의 두 영역에서 각각 gray 레벨 128과 127을 나타내고 있다고 하자. 그림에서 수평 축과 수직 축은 화면의 공간 축과 시간 축을 나타내며, 밝고 어두운 sub-field들은 각각 발광을 하고 있거나 멈춘 sub-field를 나타내고 있다. 또 직선 A와 A'은

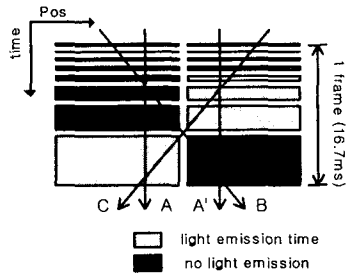


그림 2 Dynamic false contour 발생 예

정지된 시선으로 1 field 기간 동안 정지 영상을 관찰하는 경우를 나타내고, B와 C는 영상이 오른쪽 혹은 왼쪽으로 이동할 때 시각이 영상의 움직임을 따라가면서 관찰하는 경우에 해당한다. A 및 A' 경우에 시각은 1 field time 동안 표현하려는 gray 레벨을 그대로 받아들이게 되지만 B 경우는 빛을 거의 느낄 수 없으며 C에 대해서는 원래 영상에 비하여 두 배 가량의 밝기를 느끼게 된다. Dynamic false contour 현상은 영상의 이동속도가 빠를수록 잘 관찰되며, 이를 줄이기 위하여 sub-field 순서에 변화를 주는 방법을 쓰기도 한다^[2].

그림 1은 1 field time 전체에 걸쳐서 sub-field를 배치한 예를 보이고 있다. Dynamic false contour noise는 1 field time 동안에 sub-field가 차지하는 시간의 비율에 의해서도 영향을 받으며, 1 field time 동안 빛을 발산하는 기간을 줄이는 time compression 기법을 사용하여 줄일 수 있다^[3].

이러한 dynamic false contour 현상은 PDP 시스템에서 발생하는 것이 아니라 시각 반응에 의해 발생하는 현상이지만 기존의 dynamic false contour 해석 방법은 PDP에서 발산되는 빛의 양만을 고려하는 문제점을 가지고 있다. 또 1 field time 기간만을 고려하므로 연속적인 field에 의해 시각이 받는 영향을 해석할 수 없으며 time compression 기법에 의한 영향을 예측할 수 없다는 단점을 지닌다. 본 논문에서는 이와 같은 점을 보완하기 위해 시각 반응 모델을 사용하여 dynamic false contour 현상의 해석을 시도한다.

II. 제안하는 해석 방법

2.1 Impulse response 모델 및 제안하는 해석 방법

사람의 시각은 특정한 주파수 영역에 대해 linear filter와 같은 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 아래와 같이 Andrew B. Watson이 제안한 시각

의 impulse response 모델^{[4][5]}을 사용하였다.

$$h_1(t) = u(t) [\tau_1 (n_1 - 1)!]^{-1} \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{n_1 - 1} e^{-\frac{t}{\tau_1}}$$

$$h(t) = \xi [h_1(t) - \zeta h_2(t)] \quad t > 0 \quad (1)$$

(1)에서 $h(t)$ 가 impulse response 모델에 해당하며 $h_2(t)$ 는 $h_1(t)$ 와 비교하여 상수만 다르고 동일하다. 위 모델을 사용하여 0ms에서 한번의 임펄스 자극을 준 경우와 0 ms 및 10 ms에서 전체 두 번의 임펄스 자극을 준 경우에 대한 시각의 반응을 그림 3에 보였다. 시각의 반응 시간은 약 150ms로 설정하였다. 또 짧은 간격으로 두 번의 자극을 가하면 시각의 선형적인 특성으로 인하여 한번의 자극을 가하는데 비하여 약 2배 크기의 반응을 보이게 된다.

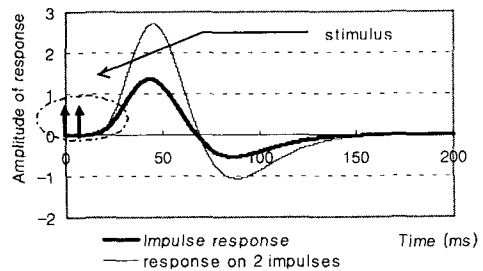


그림 3. 시각의 impulse response 모델

PDP는 그림 3과 달리 대부분의 경우 긴 시간 동안 광을 하게 된다. 이와 같이 긴 시간 동안 연속적으로 자극을 받은 경우의 반응을 그림 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 시각 반응은 초기 반응인 initial transient, 자극의 영향이 사라지는 turn-off transient, 그리고 변화가 작아 비교적 일정한 크기 반응을 보이는 steady state의 세 구간으로 나눌 수 있다. PDP의 경우 고정된 영상에서 gray 레벨을 인식하게 되는 시점은 세 구간 중 steady state이다. 따라서 본 연구에서는 dynamic false contour noise의 크기를 정의함에 있어서 steady state의 gray 레벨을 기준으로 사용하였다.

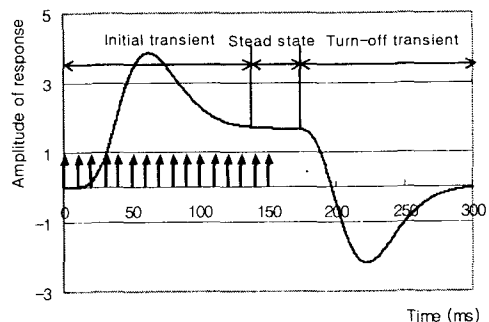


그림 4. 연속적인 자극에 대한 시각 반응

본 연구에서는 PDP의 발광에 의한 시각 반응을 구하기 위하여 그림 5와 같이 PDP의 각 sub-field를 sub-field의 크기에 비례하는 개수의 발광 임펄스를 가지는 것으로 모델링하였다. 따라서 만약 gray 레벨이 128에서 127로 변화하는 경우의 시각 반응을 구한다면 앞 field에 128에 해당하는 sub-field들의 발광 임펄스를 인가하고, 뒤의 field에 128에 해당하는 sub-field의 발광 임펄스를 인가한 후 식 (1)을 사용하여 시간에 따른 시각 반응을 구하는 방법을 취하였다.

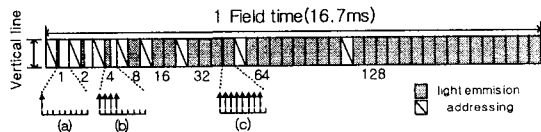
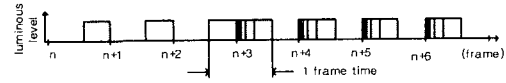


그림 5. Sub-field 주사 방식의 임펄스 모델

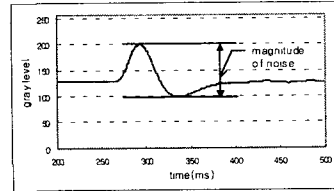
2.2 Dynamic false contour noise의 해석

시간에 따른 시각 반응을 구하는 제안 방법과는 달리, 기존의 해석 방법은 1 field time 동안 사람의 눈이 받아들이는 빛의 양을 구함으로써 dynamic false contour noise를 해석하는 방법을 취하고 있다. 이러한 방법의 경우 해석이 간단한 장점이 있으나, 해석 결과가 부정확한 단점이 있다. 또 관찰자의 시선이 한 gray 레벨에서 다른 gray 레벨로의 이동할 때 발생하는 dynamic false contour noise의 해석에 적용이 가능하나, 관찰자의 시선이 상대적으로 고정되어 있고 영상이 이동하여 gray 레벨이 바뀔 때 생기는 dynamic false contour noise는 구하지 못하는 단점을 가지고 있다. 제안 방법은 기존의 방법에 비하여 시선의 이동에 의한 dynamic false contour noise의 크기를 보다 정확하게 구할 수 있는 장점이 있으며, 아울러 영상의 이동에 의한 dynamic false contour noise를 해석할 수 있는 장점을 가지고 있다.

PDP를 보는 관찰자의 시선이 고정되어 있고, 영상이 이동하여 관찰자가 gray 레벨이 128인 영상을 보다가 gray 레벨이 127인 영상을 본다고 가정하자. Gray레벨 128과 127의 차이는 매우 작으며, 따라서 이상적인 경우에 시각 반응의 변화가 거의 없어야 한다. 하지만 sub-field의 순서에 따라서 비교적 큰 변화가 발생할 수가 있다. PDP가 그림 1과 같은 sub-field 순서를 가진다고 가정하자. 그림 6(a)에 관찰자가 보게 되는 PDP의 발광 모습을 나타내었다. 전술한 바와 같이 이에 의한 시각 반응은 각 sub-field를 발광 임펄스로 모델링한 후 식 (1)을 사용하여 구할 수 있으며, 이를 그림 6(b)에 나타내었다. 그림에서 gray 레벨의 작은 차이에도 불구하고, 시각 반응의 차이는 크게 나타남을 볼 수 있으며, 이



(a) PDP에서 빛이 발산되는 양상



(b) 시각반응의 noise 파형

그림 6. 동영상에 대한 시각 반응 측정 예

러한 반응의 차이는 dynamic false contour noise로 나타나게 된다.

Dynamic false contour 현상은 6(a)와 같이 gray 레벨이 변화하는 경우에 나타나게 된다. 만약 PDP 시스템이 gray 레벨의 구현을 위하여 n 비트를 사용한다고 하면, gray 레벨이 변화하는 경우의 수는 $n! \times 2^n \times (2^n - 1)$ 에 해당하므로 complexity가 매우 높게 된다. 따라서 효율적인 dynamic false contour noise 분석을 위해서는 보다 큰 의미를 지닐 수 있는 경우를 추출할 필요가 있다. 본 연구에서는 gray 레벨의 차이가 작을 때 발생하는 noise가 심각함을 고려하여 gray 레벨의 차이가 1인 경우를 고려하기로 하였다. 또 최상위 비트의 크기가 다를 경우 영향이 심각함을 고려하여^[6] gray level $2^m - 1, 2^m$ 사이의 변화들에 대해 해석의 중점을 두었으며, 상위 비트에 의한 영향이 크기 때문에 상위 4 비트에서의 변화만을 고려하기로 하였다^[3].

III. 실험 결과 및 분석

표 1에 8 비트를 사용하는 PDP 시스템에 있어서 상위 4 비트의 위치를 다양하게 변화하여 제안하는 방법으로 구한 dynamic false contour 해석 결과를 보였다. 표 1에서 sub-field의 '0'은 LSB, '7'은 MSB를 의미하고 16 → 15는 화면의 gray 레벨이 16에서 15로 변화함을 나타낸다. 표 1에서 gray 레벨의 차이가 동일하더라도 sub-field의 순서를 바꿈으로써 noise의 크기를 줄어드는 현상을 확인할 수 있으며 단순히 PDP에서 발하는 빛의 임펄스 숫자로 나타내는 기존의 방법과는 달리 noise의 크기가 복잡하게 계산됨을 알 수 있다. 특히 모든 sub-field sequence들에 대하여 gray 레벨 16에서 15로 변화하는 경우를 살펴보면 상위 비트들은 꺼진 상태이므로 하위 다섯 비트의 순서는 동일하지만 비트 4의 위

Sub-field sequence	Gray level 변화			
	16→15	32→31	64→63	128→127
(a) 01234567	4.648	9.692	28.5	101.05
(b) 01234576	4.648	9.692	74.56	17.96
(c) 01234675	4.648	43.81	24.71	51.53
(d) 01235674	23.9	18.17	11.19	75.06
(e) 01234765	4.648	43.81	26.3	50.4
(f) 01234756	4.648	32.06	50.92	51.66
(g) 01237654	23.9	19.12	10.61	74.73
(h) 01237564	23.9	10.28	26.15	76.11
(i) 01237546	18.34	13.66	40.07	78.21
(j) 01237645	20.95	25.74	11.08	75.68
(k) 01237456	15.06	20.62	39.55	78.71
(l) 01237465	15.06	32.35	15.13	77.54

표 1. 제안하는 방법에 의한 noise 발생량 측정값

치에 따른 다양한 변화를 보여준다. 이는 시간에 따른 시각 반응을 고려함으로써 얻을 수 있는 결과에 해당하며 sub-field 위치도 dynamic false contour noise에 영향을 주는 요소임을 보여준다.

Time compression 기법의 효과를 확인하기 위해 표 1의 sequence (a)를 사용하여 gray level 128에서 127로의 변화를 관찰하는 시각 반응을 측정하여 dynamic false contour noise를 표 2에 나타내었다. 전체 field 중 빛을 발하는 기간을 최소 10%(1.67 ms)에서 10%씩 증가시키면서 시뮬레이션하였다. 빛을 발하는 시간이 길어질수록 noise 발생이 증가하므로 빛을 발하는 시간을 줄이는 것이 dynamic false contour를 줄이는데 유리함을 알 수 있다.

Light emission time (%)	Noise 발생량
10	12.81
20	22.11
30	32.27
40	41.40
50	51.68
60	61.16
70	71.27
80	81.10
90	90.42
100	101.05

표 2. Time compression 효과 측정

IV. 결론

평판 표시 장치로써 각광 받고 있는 PDP의 장점을 살리기 위해서는 화질 저하의 원인이 되는 dynamic false contour 현상을 정확히 해석하고 그 영향을 줄이는 것은 필수적인 과제이다.

본 논문에서는 시각 반응 모델을 사용하여 dynamic false contour noise를 정확히 시뮬레이션하고 해석할 수

있는 새로운 방법을 제시한다. Sub-field 순서 및 위치 변화에 따른 noise의 영향을 확인할 수 있었으며, 제안하는 해석 방법은 기존의 해석 방법에 비해 시간에 따른 시각 반응을 고려하여 정성적인 면뿐만 아니라 정량적인 측면에서의 해석할 수 있으며 시간에 따른 시각 반응 모델을 사용함으로써 발광 시간을 줄이는 time compression 기법에 대해 dynamic false contour noise의 변화를 관찰할 수 있는 장점이 있다.

본 논문은 PDP 화질 향상을 위한 dynamic false contour 현상 해석의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 BK21, IDEC 및 LG전자의 지원으로 이루어 졌음.

참고문헌

- [1] Kawahara and K. Wani, "Simulation of Motion Picture Disturbance for AC-PDP Modeling Virtual Pixel on Retina", IEICE Trans. Electron. Vol. E81-C No.11, pp1733 ~ 1739, 1998
- [2] S. Mikoshiba, "Dynamic False Contours on PDPs - Fatal or Curable?", IDW '96, pp251 ~ 254, 1996
- [3] T. Koura, T. Yamamoto, K. Ishii, Y. Takano, H. Kokubun, T. Kurita, K. Kobayashi, H. Murakami, K. Yamaguchi, "Evaluation of Moving-Picture Quality on 42-in. PDP", SID '98, 1998
- [4] Andrew B. Watson, "Derivation of the Impulse Response : Comments on the Method of Roufs and Blommaert", Vision Res. Vol. 22, pp 1335 ~ 1337, 1982
- [5] Andrew B. Watson, in K. Boff, L. Kaufman, & J. Thomas (Ed.), "Temporal sensitivity : Handbook of Perception and Human Performance", New York: Wiley., 1986
- [6] T. shigeta, N. Saegusa, H. Honda, T. Nagakubo, T. Akiyama, "Improvement of Moving-Video Image Quality on PDPs by Reducing the Dynamic False Contour", SID '98, 1998