

TFT-LCD 장치의 화질 특성 향상을 위한 PIXEL 설계에 대한 연구

편은범, 이준신, 장인식  
성균관대학교 정보통신공학부, 삼성전자

The Study about PIXEL design for image quality improvement of TFT-LCD device

Eunbum Pyun , Junsin Yi , Insik Jang  
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University. Samsung Electronics

**Abstract** - 본 논문에서는 PVA 모드의 측면 시인성이 왜곡되는 현상을 설명하고, 그 대안으로 나온 S-PVA 모드에서의 측면 시인성 왜곡 현상을 연구하였다. 현재 많이 쓰이는 측면 시인성 왜곡 현상의 정량화에 대한 이론과 S-PVA 모드에 관한 이론을 설명하였다. 제시된 이론에 근거를 두고 2개의 부전극을 가진 픽셀구조에서 전극의 면적비를 다르게 설계하여 시뮬레이션을 하였고, 실제로 제품을 제작해서 시뮬레이션 결과와 부합됨을 확인하였다.

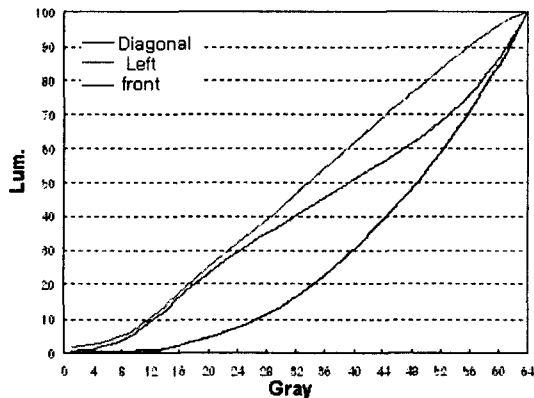
1. 서 론

본 연구에서는 PVA 모드에서 필연적으로 발생하는 정면대비 측면의 COLOR 왜곡에 대해 연구하였다. PVA 모드의 COLOR가 왜곡되는 현상을 개선하기 위한 방안으로 도입된 S-PVA 모드는 두 개의 부화소(SUB-PIXEL)에 각기 다른 전압을 인가하여 두 개의 밝기를 혼합하는 HALFTONE 방식이 사용된다. HALFTONE 방식에서도 측면의 COLOR 왜곡은 발생하며, 이를 좀 더 개선하기 위한 방법으로 두 개의 부화소의 면적비를 달리하여 어떠한 면적비 조건에서 측면의 COLOR 왜곡이 개선되는지를 연구하였다.

2. 본 론

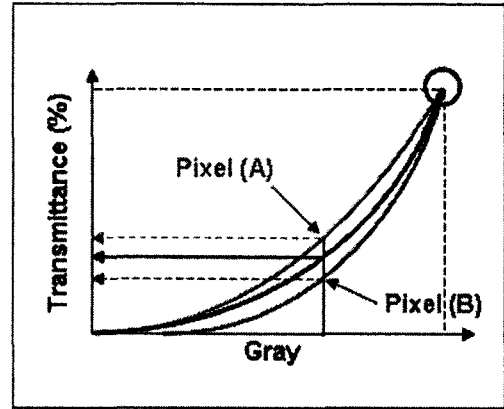
2.1 S-PVA 모드

PVA 모드의 경우 정면에서 바라보는 색과 측면에서 바라보는 색의 차이가 필연적으로 발생한다. <그림 1.>은 일반적인 PVA 모드의 Gamma 특성을 보여준다.[1]



<그림 1> 일반 PVA 모드의 Gamma 특성

이러한 약점을 보완하기 위해 고안된 S-PVA 모드에서는 기존의 한개였던 전극을 작은 두개로 만들어 각기 다른 전압을 인가함으로써, 다른 계조를 표현하도록 하고, 서로 다른 계조의 평균으로 전체 계조를 표현하는 Halftone 방식을 사용한다. <그림 2.>에서는 기존에 한 계조를 표현하기 위해 하나의 전극으로 되어있는 화소구조에서 두개의 전극으로 구성되어 두개의 계조 혼합으로 한 계조를 표현하는 S-PVA 방식의 정면에서 바라 볼 때의 Gamma특성에 대한 개념을 보여준다. <그림 2.>에서 Pixel(A)는 밝은 계조를 표현하는 전극이고, Pixel(B)는 어두운 계조를 표현하는 전극의 광특성이다. 두 계조의 합으로 한 계조를 표현해도 휘도의 손실은 없다. [2]



<그림 2> S-PVA 모드의 Gamma 구현

2.2 측면 시인성 왜곡 현상의 정량화

시인성을 평가하는 방법에는 많은 방법이 있겠지만 본 연구에서는 보는 각도에 따른 휘도의 변화를 수치화 시킨 시인성 지수를 구하고, 역시 보는 각도에 따른 gamma의 왜곡량을 수치화하여 해석하는 방법을 사용했다.

2.2.1. 시인성 지수 계산

$$\frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N \text{MAX} \left( \left( 1 - \frac{y_i^{(60)} - y_j^{(60)}}{y_i^{(0)} - y_j^{(0)}} \right), 0 \right)$$

$$\text{,with } y_i^{(angle)} = 116 \left( \frac{Y_i^{(angle)}}{Y_N^{(angle)}} \right)^{1/3} - 16$$

여기서 N은 Gamma 레벨의 수,  $Y_i^{(angle)}$ 은 계조 i 및 시야각에서의 휘도이다. 측정표준은 좌우 60, 대각 45, 표준 gamma=2.4이다.[2]

2.2.2. Gamma 왜곡량 계산

S-PVA는 밝기가 다른 두개의 계조의 합으로 Gamma를 표현한다. 정면에서 바라볼 때의 Gamma 값과 좌우측면, 또는 대각방면에서 바라볼 때의 Gamma 값의 차이가 클수록 관찰자는 불필요한 color의 변화를 인지할 수 있다. 따라서 정면대비 측면의 gamma 왜곡량이 적을수록 시인특성이 좋다고 할 수 있겠다. 본 연구에서는 gamma 왜곡에 대한 수치화를 아래와 같이 했다.

$$\text{Gamma Completion Ratio} = \frac{\text{Side Gamma}}{\text{Front Gamma}}$$

2.2.3. Color Shift

본 연구에서는 사용하지 않았지만 Color Shift는 정면 대비 측면에서의 color shift를 u'v' 좌표계(CIE 1976)에서 산출한다. x,y에서 u'v'으로의 변환식은 다음과 같다. 주로 Macbeth Chart의 color을 사

용한다.

$$u' = \frac{4x}{-2x + 12y + 3}, \quad v' = \frac{9y}{-2x + 12y + 3}$$

$\Delta u'v'$  산출 방법은 다음과 같다.

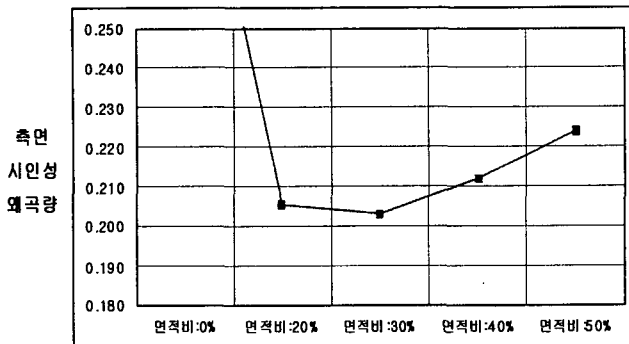
$$\Delta u'v' = \sqrt{(u'(0) - u'(\theta))^2 + (v'(0) - v'(\theta))^2}$$

$u'(0)$  및  $v'(0)$ 은 각각 정면 및 측면  $\theta$  도에서의  $u'$  좌표를 나타낸다.  $v'$  도 마찬가지이다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 시뮬레이션 결과

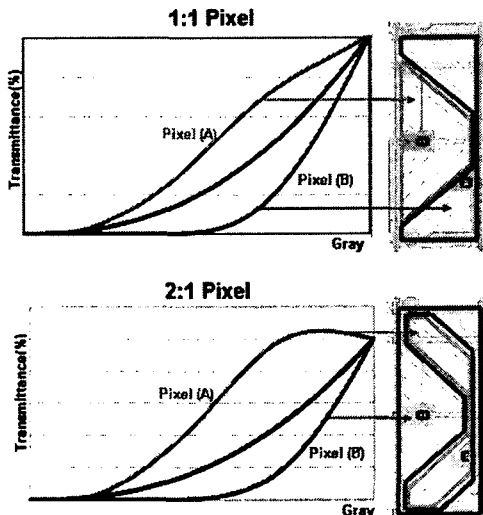
본 연구에서는 S-PVA 제품의 측면 시인성을 개선하기 위한 방법으로 2개의 전극으로 나누어진 Pixel의 면적비를 다르게 설계하여 시뮬레이션을 수행하였고, 면적비를 달리 설계한 2가지를 실제로 제작하여 시인성을 평가하였다. <그림 3.>은 다른 전압이 가해지는 두개의 부화소의 면적비를 여러 가지로 설계하여 시뮬레이션을 진행한 결과이다. 결과에서 면적비 30% 근처에서 가장 측면시인성의 왜곡이 적은 현상을 확인할 수 있었다. 면적비 30%는 높은 계조를 표현하는 부화소의 면적이 낮은 계조를 표현하는 부화소의 면적에 비해 30%임을 의미한다.



<그림 3> 시뮬레이션 결과

#### 3.2 실험 결과

시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제로 면적비가 1:1 인 제품과 2:1 인 제품을 제작하여 측면 시인성 지수와 Gamma 왜곡량을 계산해 보았다. <그림 4.>은 실험에 사용된 픽셀의 모양과 각각의 정면에서의 광투성 곡선을 보여준다.



<그림 4> 실험에 사용된 픽셀의 형태와 광투성 곡선

#### 3.2.1 시인성 지수 평가 결과

<표 1.>은 2가지 경우에 대한 시인성지수를 계산한 결과이다. 시인성 지수는 1:1에 비해 면적비가 2:1일때 더 우수한 것으로 나타났다. 시뮬레이션 결과와 일치함을 알 수 있다.

구분	Normal PVA			S-PVA(1:1)			S-PVA(2:1)		
	좌	우	대각	좌	우	대각	좌	우	대각
평균	0.288	0.286	0.278	0.196	0.241	0.231	0.167	0.193	0.188

<표 1.> 시인성 평가 결과

#### 3.2.2 Gamma 왜곡량 계산

<표 2.>은 각 픽셀 구조별로 정면과 측면에서의 Gamma 값의 비율을 나타냈다. 이 결과에서도 2:1의 S-PVA 구조가 정면대비 측면에서 Gamma 값이 왜곡되는 절대량이 눈에 띄게 줄어들음을 볼 수 있다.

Direction	PVA	S-PVA(1:1)	S-PVA(2:1)
Front Gamma	2.4	2.4	2.4
Side Gamma	~1.25	~1.65	~1.85
Gamma Completion Ratio[%]	52.1 [%]	68.8 [%]	77.0 [%]

<표 2> Gamma 왜곡량 계산 결과

### 4. 결 론

PVA 모드에서 정면대비 측면의 시인성 왜곡현상은 필연적으로 나타나는 현상이다. 이를 극복하기 위해 S-PVA 모드가 제안되었지만, 단순히 두 계조의 색을 혼합하는 것으로는 이 왜곡현상을 극복하는데 한계가 있었다. 본 연구에서 면적비를 달리하면서 시뮬레이션 하고 직접 제품을 제작하여 시인성 왜곡에 대한 평가를 진행하였다. 시뮬레이션과 실제 평가 결과는 일치하였고, 밝은 계조를 표현하는 전극의 면적을 더 작게 설계 하면 시인성 왜곡현상이 좀 더 줄어들었다는 결과가 나왔다. S-PVA 모드에서 Gamma의 왜곡량이나 시인성 지수는 모두 부전극들의 면적비에 크게 영향을 받았고, 동일 면적비에서 부전극들에 인가하는 전압의 비를 어떤식으로 조합할 때 시인특성이 좋아지는가에 대해서 추가 연구가 필요할 듯하다.

#### [참고 문헌]

- [1] K. H. Kim, J. J. Lyu, S. B. Park, J. K. Song, B. W. Lee, J. S. Byun, and J. H. Souk, "Current Status and Advance in PVA Technology for High Performance LCD Monitor Application", the 1st International Meeting on Information Display, p58-61(2001)
- [2] J. K. Song, Y. Jang, E.H. Han, S.S. Beak, K.H. Kim, S.S. Kim "Viewing Quality analysis method and Super PVA mode development for high viewing quality"