

# LCD에서 해상도와 Display Quality의 상관관계

최승규, 강인병, 송영철

(주)LG.Philips LCD, 경북대학교 전자공학과

## A Function of Resolution and Display Quality in LCD

Seung-Kyu Choi, In-Byung Kang, Young-Chul Song

LG.Philips LCD Inc., Departments of Electronics Engineering, Kyungpook National University, South Korea

E-mail: skchoe@lgphilips-lcd.com

### Abstract

In this paper, we try to make a systematic analysis for the vertical crosstalk on LCD driving. The vertical Crosstalk is one of the inevitable phenomena in the high-resolution TFT-LCDs. At first, the vertical Crosstalk is defined. Considering the structure of the pixels and data lines, a LCD (a pixel) is modeled electrically by its' equivalent circuit. The circuit is verified by experiment and used to find the cause of the vertical Crosstalk.

### I. 서론

1947년 트랜지스터가 발명되어 1979년 영국의 Dundee 대학의 LeComber에 의해 a-Si TFT가 개발되기까지는 불과 32년이 걸렸다. 그 이후, a-Si TFT-LCD를 이용한 디스플레이가 상용화되기까지는 단 12년이 걸렸을 만큼 TFT-LCD는 급속한 성장을 하였다. 현재, 핸드폰부터 TV까지 매우 폭넓게 응용되고 있는데, a-Si TFT-LCD를 가장 많이 사용되는 분야는 노트북 PC와 데스크탑 컴퓨터의 모니터 분야이다. 1991년부터 현재까지 a-Si이 갖는 많은 문제점이 해결되었으며, 더 정밀한 해상도에 대한 요구를 충족시키기 위한 연구와 개발도 활발하다.

해상도 측면에서, 초기에는 VGA급에서 출발하여, 10인치 SVGA급으로 1998년도까지 전개되다가 13인치와 14인치급의 XGA로 발전되었다. 그림 1에 나타난 것처럼, 2000년도에 15인치급에서 UXGA급의 해상도에 대한 개발이 완료되었고, 2001년 이후부터는 그 수요가 증가하고 있다.

해상도의 급격한 증가로 함께 TFT-LCD의 Display Quality에 대한 발전 요구도 증가하고 있으며, 이미 개발된 SXGA급 이상의 경우엔 반드시 display Quality를 향상시키기 위한 노력이 필요하다. 본 논문에서는 해상도 증가와 함께 발생하는 여러 가지 문제점 중에 간섭(cross-talk; CT) 현상에 대해서 소개하고 이를 해석하는 새로운 방법을 소개한다. 아울러 제안한 해석 방법이 현장에서 어떻게 적용되는지도 살펴본다.

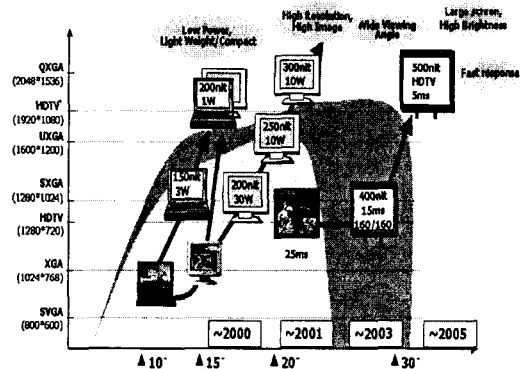


그림 1. LCD 화면 크기에 따른 해상도 발전사

Fig. 1. Roadmap on LCD: Size vs. resolution

### II. 본론

LCD에서 C/T란 넓은 의미로는 화소 간의 신호 간섭이다. 전형적인 예로, Simple Matrix에서 선택되지 않은 화소 열에서도 표시 신호가 왜곡되어 대조도(Contrast Ratio)의 값이 저하된다. 이 때문에 Simple Matrix에 비

해서 C/T의 값이 다소 적은 Active Matrix 방식이 등장했다. 그러나, Active Matrix 방식이라고 해도 TFT 소자가 이상적인 스위칭 동작을 하지 못하기 때문에 C/T이 발생한다. 이러한 C/Tdmi 발생을 억제하기 위해 TFT 소자의 특성을 개선하거나 구동방식을 최적화 한다.

패널 내의 한 화소에서 데이터라인과 ITO Metal Pixel의 정전용량에 의한 Charge Coupling 작용에 의해서도 C/T가 나타난다. 이러한 C/T가 발생하면, 그림 2(b)와 같은 영상이 그림 2(a)로 나타난다.

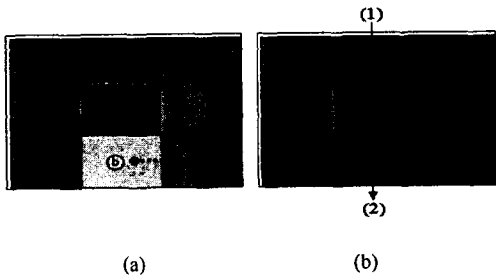


그림 2. 수직 Cross-Talk 현상과 측정위치

Fig. 2. Vertical Crosstalk

그림 2는 C/T 중, 수직으로 생기는 현상을 보여주고 있다. 이 C/T의 정량적인 측정은 식 (1)을 이용한다.

$$C/T = \frac{[a\text{의 휘도}] - [b\text{의 휘도}]}{[a\text{의 휘도}]} \times 100 \quad (1)$$

C/T는 ⑥의 휘도에 대한 휘도 오차를 나타내는데, 보통 '2' 이상을 넘지 않도록 설계되고 있다. Active Matrix인 TFT-LCD 패널을 구동하는 구동 IC는 대개 위쪽에 위치하게 하며, 그림 2(b)와 같은 화면을 구현하기 위해서는 구동방식 마다 약간의 차이는 있으나, TN Mode에서 중간 계조보다 Black에 높은 전압을 인가하게 된다.

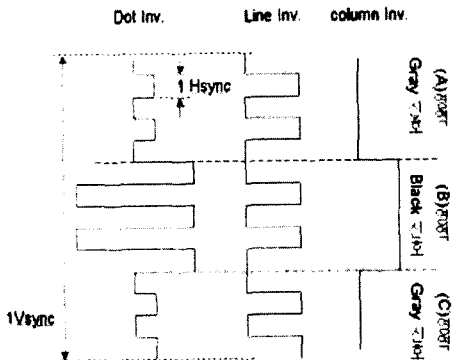


그림 3. 구동방식별 파형

Fig. 3. Driving waveform for different driving methods

그림 2(b)와 같이 데이터 신호가 (1) 방향에서 (2) 방향으로 인가된다고 가정할 때, 그림 3은 3 가지 대표적인 구동방식으로 그림 2(a)와 같은 C/T을 만들 수 있다. 일반적으로 TFT-LCD에 적용되고 있는 Dot Inversion의 경우, ⑤ 영역에서의 신호가 Black 신호이며 이 신호는 ⑥ 영역의 화소에 충전되어 직접 인가되는 전압이다. 그러나 이 신호가 ⑥ 영역의 화소들을 충전시키기 위해서는 ③ 영역을 지나 ⑥ 영역을 충전시키고 다시 ③영역까지 데이터라인을 따라서 지나가게 된다. 이때, ③, ⑥ 영역의 데이터라인과 인접한 화소사이에는 구조적 생성물인 정전용량에 영향을 주어 Coupling 현상이 나타나는데, 이 현상은 화소의 전하에 영향을 주어 화소의 전압에 변화를 주게 된다. 이러한 현상이 화소의 휘도에 반영되어 나타난다. 이러한 현상은 XG 급까지는 데이터라인과 화소 간의 거리를 모의 실험과 실험을 통해 적절하게 조정하여 구조적으로 생길 수 있는 기생 Capacitance를 줄여서 해결하여 왔다. 그러나, SXGA 급을 가지는 해상도에서는 다른 양상으로 C/T이 나타나기 시작하였다. 일반적으로, 데이터라인과 화소 간의 거리를 무한정 넓게 설계한다면 SXGA 급에서도 문제될 게 없으나 Display의 특성상 그렇게 설계하면 휘도 저하의 문제가 발생하여 새로운 접근 및 분석이 필요하게 되었다. 동일한 조건, 즉, 동일한 데이터라인의 저항, 동일한 데이터라인과 화소 간의 거리에서 SXGA는 XGA보다 약 2~3배 정도의 C/T 값을 갖는데, 이러한 현상에 대한 해석과 해결을 위해서는 Timing 적 해석, 구동주파수에 대한 해석이 필요하다. IBM에서 만든 VESA (Video Electronics Standards Association) 규격 중 XGA와 SXGA급의 주파수 대역을 보면 XGA와 SXGA의 HOR FREQ.가 각각 48.636KHz@60Hz, 63.974KHz@60Hz로 다르게 정해져 있는데, 이는 데이터라인으로 뿌려지는 신호의 속도에 차이가 있다는 것을 의미한다. 실제 LCD 모델을 사용하여 주파수와 C/T의 관계를 알아 보았다. 그림 4에 그 결과를 표시하였다. 그림 4의 가로축은 주파수가 증가해 나가는 축이며, 세로축이 C/T의 양을 측정하는 축이다. 그림 4에서 알 수 있듯이, SXGA 급에서는 주파수가 증가함에 따라서 C/T의 값이 급하게 증가하고 있고, XGA 급 주파수 영역에서는 C/T 값이 일반적으로 일정하지만 SXGA 급 주파수 영역에서는 높은 C/T 값을 나타내었다. 즉, SXGA 급 이상의 모델들은 모두 C/T에 대한 취약성이 발견되었다. 이 문제에 접근하기 위해 TFT-LCD의 지금까지 알려진 해석방법을 기초로, 주파수

와 C/T의 관계를 알아보고자 한다.

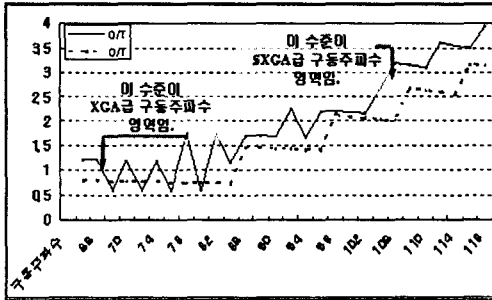


그림 4. SXGA 급 LCD 모델 C/T 측정결과

Fig. 4. Driving frequency vs. Crosstalk

구조적인 문제로 발생하는 특성을 해석하기 위해 먼저 화소의 구조를 분석해 보았다.

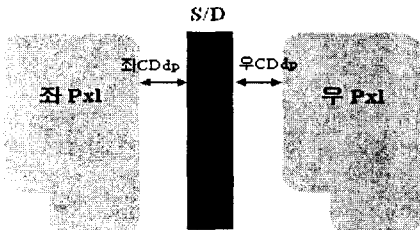


그림 5. TFT-LCD의 화소 모형

Fig. 5. A model of a pixel

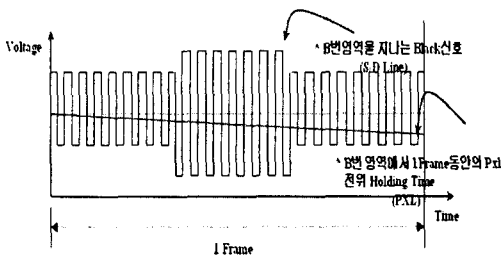


그림 6. 그림 2(b)의 구동 파형

Fig. 6. Driving waveform for Fig. 2(b)

그림 5와 6를 토대로 등가회로를 구성해 보면, 신호가 데이터라인을 통해서 들어오므로 스위칭 소자가 S/D 라인에 있다고 볼 수 있다. Black 부분에서 High 신호에서는 스위치가 열리고 LOW 신호에서는 스위치가 닫히는 것으로 볼 수 있으며, 이를 신호원이 두 곳에 있는 것으로 해석할 수도 있다. 이러한 해석을 토대로 그림 7과 같은 등가회로를 구성할 수 있다.

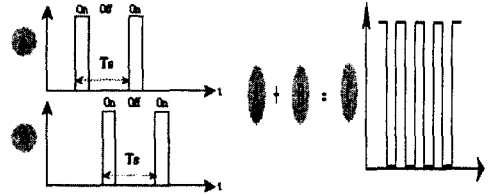


그림 7. 등가회로 1

Fig. 7. Equivalent circuit 1

데이터라인에서 나오는 신호를 2 개로 분리하여 서로 겹치지 않도록 180도의 위상 차를 갖게 하면 단자 1과 2 사이는 단락 되는 일이 없다. 그러므로, 스위치 2 개를 연결한 그림 8과 같은 회로로 표현할 수 있다.

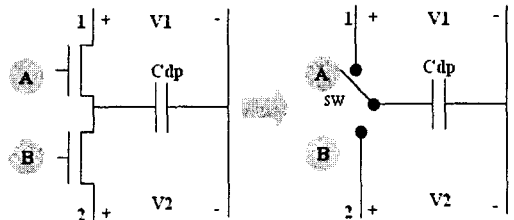


그림 8. 등가회로 2

Fig. 8. Equivalent circuit 2

그림 8의 회로에서 스위치는 시간  $T_c$ 를 주기로 교차하고, 입력측  $V1$ 과 출력측  $V2$  간에 전압이 걸려 있고  $V1 > V2$ 라고 가정하자. 스위치가 A에 접촉하는 순간에 데이터 화소 사이에는  $Cdp \times V1$ 의 전하로 충전되고, 스위치가 B에 접촉하는 순간에는  $Cdp \times V2$ 의 전하로 방전된다. 그러므로 입력측에서 출력측으로 전달되는 전하, 즉, 빛 화소에서 다음 화소로 전달되는 전하는 식 (2)로 표현될 수 있다.

$$Q = Cdp \times (V1 - V2) \tag{2}$$

$T_s$  시간 동안  $Q$ 가 전달된다면, 전류는 식 (3)과 같이 주어진다.

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = Cdp \times \frac{V1 - V2}{Tc} = \frac{V1 - V2}{Tc/Cdp} \tag{3}$$

식 (3)의  $Tc/Cdp$ 는 오옴의 법칙의  $R$ 에 해당함을 알 수 있고 이를 이용하면 간단한 등가회로로 치환할 수 있다.

등가저항을 고려하여 그림 8의 등가회로를 재 구성해 보면 그림 9와 같다. 그림 9에서  $Rdp$ 는 데이터와 픽셀 사이의 등가저항이라고 볼 수 있는데, 이는 구동 주파수가 올라가면 저항은 낮아지고, 구동 주파수가 내려가면 저항은 커진다. 또한, 데이터와 화소 간의 정전용량이 커지면 저항은 낮아지고, 정전용량이 작아지면

저항은 커진다.

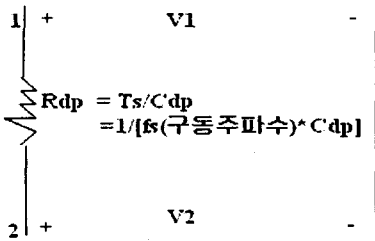


그림 9. 완성된 동가회로

Fig. 9. Final equivalent circuit

그림 9 와 같은 동가회로가 성립할 때, 데이터와 화소 간의 저항이 낮아진다는 것은 두 라인 간에 전하를 주고 받을 수 있는 부하가 적어진다는 것을 뜻하며, 구동 주파수가 올라갈 때 두 라인 사이에 전하가 쉽게 방전 될 수 있는 것이다. 이러한 이유로 인하여 주파수가 올라가면 C/T 현상이 심화되는 것이다. 지금까지의 결과를 정리해 보면 저항이 크고 주파수가 높으면 발생하는 C/T Mechanism 은 그림 10 과 같이 나타낼 수 있다.

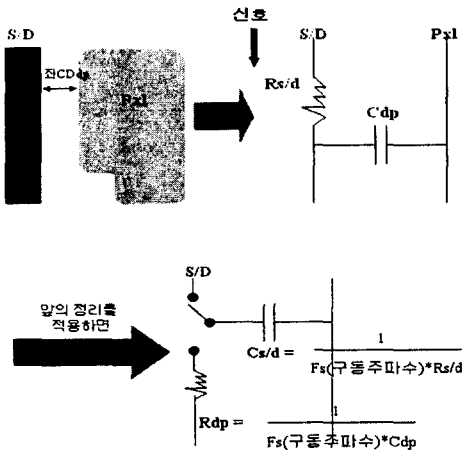


그림 10. 주파수에 따른 Crosstalk Mechanism

Fig. 10. Crosstalk mechanism for frequency

지금까지, LCD 패널에서 저항이 크고 주파수가 높으면 데이터라인과 픽셀 사이의 전하량 손실이 쉽게 일어나서 C/T 현상이 나타날 수 있음을 해석적으로 확인하였다. 이러한 분석을 바탕으로 고해상도 (SXGA 급 이상) 및 고주파수 환경에서 데이터라인 저항과 수직 C/T 사이의 관계를 확인하기 위하여 실제 LCD 모델로 실험을 하였다. 그림 11 에 나타낸 것과 같이 위의 결론이 타당함을 확인할 수 있었다.

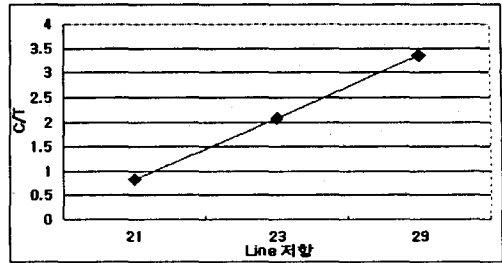


그림 11. 실제 모델에서 라인저항과 Crosstalk 의 관계

Fig. 11. Crosstalk vs. line impedance for a real TFT-LCD

### III. 결론

본 논문에서는 고해상도에서 발생하는 C/T 현상에 대한 체계적인 분석을 시도하였다. 이론적으로 C/T 가 발생하는 이유를 해석하였고, 실험을 통해 그 해석의 타당함도 보였다.

향후, TFT-LCD 는 고해상도를 넘어서 초고해상도까지 진보될 것으로 예견되고 있다. 이를 위해서는 구동주파수의 한계를 극복하기 위한 저저항 배선기술의 확보가 필수적이며 Designer 의 필수 검토사항이 되어야 할 것이다. 본 논문에서는 해상도와 Display Quality 의 상관관계를 C/T 의 해결 관점에서 저저항에 대한 필요성을 언급하였으나, 고해상도에 따른 화소의 Charging 부족 현상으로 인한 Display Quality 저하문제 및 Non-uniformity 의 문제로 발생하는 Flicker 문제도 고해상도로 갈수록 심각해 지고 있으므로 이에 대한 연구도 지속되어야 한다. 아울러, TFT-LCD 의 Display Quality 를 고려한 재료 선정 방법 및 Design Concept 등은 향후에도 계속 연구되어야 할 분야이다.

### 참고문헌

- [1] S. Takahashi, K. Sshibata, S. Gondo, T. Yashi, T. Tobita, and H. Takasago, " Analysis of area-distributed crosstalk phenomena in large-area TFT- LCDs." SID' 94, p. 463, 1994.
- [2] A. M. Francis and D. W. Parker, " Using processing to correct for vertical crosstalk in active matrix liquid crystal displays." Euro Display ' 96, p. 479, 1996.
- [3] T. Furuhashi, M. Ikeda, and T. Tanka, " High quality TFT-LCD drive using low voltage driver." SID' 93 Digest, p. 15, 1993.