

모바일 TFT-LCD를 위한 새로운 화질 최적화 시스템

류지열*·노석호**

삼성 SDI Co. Ltd.*, 안동대학교 전자공학과**

A New Image Quality Optimization System for Mobile TFT-LCD

Jee-Youl Ryu*·Seok-Ho Noh**

Samsung SDI Co. Ltd.*, Andong National University**

E-mail : jeeyoul.ryu@samsung.com

요 약

본 논문은 새로운 형태의 TFT-LCD 자동 화질 최적화 시스템을 제안한다. 또한 참조 감마 곡선과의 6-점 프로그램 정합 기술을 이용한 새로운 알고리즘 및 자동 전압 설정 알고리즘을 제안한다. 이러한 시스템은 평균 감마 오차, 감마 조정 시간 및 플리커 등을 줄이기 위해 모바일 LCD 구동 IC 내의 감마 조정 레지스터들과 전압 설정 레지스터들을 자동적으로 제어한다. 개발된 알고리즘과 프로그램은 범용 LCD 모듈에 적용 가능하다. 제안된 최적 화질 향상 시스템은 측정 대상이 되는 모듈 (MUT, LCD 모듈), 제어 프로그램, 휘도 측정용 멀티미디어 디스플레이 측정기 및 인터페이스용 제어 보드로 구성되어 있다. 제어 보드는 DSP와 FPGA로 구성되어 있고, RGB 및 CPU와 같은 다양한 인터페이스들을 지원한다. 개발된 자동 화질 최적화 시스템은 기존의 시스템에 비해 현저히 짧은 감마 조정 시간, 적은 플리커 및 적은 평균 감마 오차를 보였다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 최적 감마 곡선 및 자동 전압 설정을 이용하기 때문에 개발 공정 시간을 단축시키고, 고품질의 TFT-LCD를 제공하는데 아주 유용하다.

ABSTRACT

This paper presents a new automatic TFT-LCD image quality optimization system. We also have developed new algorithms using 6-point programmable matching technique with reference gamma curve, and automatic power setting sequence. It optimizes automatically gamma adjustment and power setting registers in mobile TFT-LCD driver IC to reduce gamma correction error, adjusting time, and flicker. Developed algorithms and programs are generally applicable for most of the TFT-LCD modules. The proposed optimization system contains module-under-test (MUT, TFT-LCD module), control program, multimedia display tester for measuring luminance and flicker, and control board for interface between PC and TFT-LCD module. The control board is designed with DSP, and it supports various interfaces such as RGB and CPU. Developed automatic image quality optimization system showed significantly reduced gamma adjusting time, reduced flicker, and much less average gamma error than competing system. We believe that the proposed system is very useful to provide high image quality TFT-LCD and to reduce developing process time using optimized gamma-curve setting and automatic power setting.

키워드

자동 화질 향상 시스템, 감마 곡선 최적화, 6-점 프로그램 정합 기법, 플리커, 자동 전압 설정

I. 서 론

TFT-LCD의 화질은 액정, TFT, 백라이트(back-light unit), 컬러 필터 등 LCD를 구성하는 개별 소자의 특성이 상호 조합되어 결정되는데, LCD 모듈 엔지니어는 제품 개발의 마지막 단계에서 최종 제작된 LCD 패널의 전기적 조건을 설정하

여 최적의 화질을 구현하고 다양한 구동기술을 통해 특성을 극대화 하는 작업을 수행한다 [1-2]. 모바일 LCD의 경우 LCD 구동에 관계된 모든 역할을 LDI (LCD Driver IC)가 담당하고 있으며 모듈 엔지니어는 LDI를 제어함으로써 화질 최적화를 위한 구동조건을 도출해낸다. 실제 산업 현장에서 이와

같은 구동조건 설정 과정은 시행착오를 반복하는 형식으로 진행되어 많은 시간이 소요되고 있으며 개인의 성향 및 숙련도에 따라 조정 결과에도 편차가 큰 문제점이 있었다 [3-6]. 이는 제품경쟁력 강화를 위해 화질을 개선하고 빠른 속도로 완성도 높은 제품을 만들어야 하는 현 상황에서 개발 효율을 저하하는 일이다.

따라서 본 논문에서는 작업자의 개입을 최소화하면서 LCD의 플리커 및 감마와 같은 화질 요소를 빠른 시간 안에 자동으로 최적화하는 알고리즘을 제안하고 시스템으로 구현하여 효율성을 검증하고자 한다.

본 논문에서 제안한 자동 화질 최적화 시스템은 LCD 화면의 플리커를 줄이고, 감마 레지스터 설정 소요시간을 크게 줄일 수 있으므로 개발효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 화질 특성과 같은 품질 경쟁력에서 크게 앞서갈 수 있을 것으로 예상된다.

II. 본론

모바일 LCD에서는 화질 특성을 조정할 수 있는 기능이 LCD driver IC에 내장되어 있고 레지스터 설정을 통하여 특성을 최적의 상태로 조정하게 된다. LCD driver IC의 화질 레지스터는 플리커 조정 (flicker adjustment) 및 감마 조정 (gamma adjustment)과 같이 기능별로 구분할 수 있다.

2.1. 플리커 조정

플리커란 화면에서 나오는 빛의 세기가 일정하지 않고 시간에 따라 주기적으로 변함으로써, 사용자에게 빛의 깜박거림을 느끼게 하는 현상이다. LCD는 직류전압 인가에 의한 액정의 열화를 방지하기 위해 n 프레임과 (n+1) 프레임일 때의 화상 신호전압을 대칭되게 인가하는데 n 프레임의 액정 인가전압과 (n+1) 프레임의 액정 인가전압 값에 차이가 생길 때 플리커가 발생한다. 플리커의 원인을 크게 세 가지로 생각해보면 게이트 off 상태에서 누설전류에 의해 화소에서 전하가 빠져나가 단위 프레임 동안 전하가 유지되지 못하는 경우, 액정 내에 이온 불순물에 의해 전압이 손실되어 전하가 유지되지 못하는 경우, TFT의 기생용량에 기인하는 kick-back 전압에 의해 프레임 간 액정 인가전압 값에 차이가 발생하는 경우가 있다. Kick-back 전압(ΔV)은 TFT 픽셀 중 게이트와 드레인 사이의 기생 용량에 의해서 게이트 전압의 변화가 드레인 단에 나타나는 현상이다. 그림 1에는 TFT 픽셀의 등가회로를 나타내었고, Csc는 한 프레임 동안 전하를 유지하기 위한 storage capacitor, Clc는 액정의 등가 용량, Cgd는 게이트와 드레인 사이에 형성되는 기생 용량을 의미한다. 그림 2에는 픽셀 전압, 즉 TFT의 드레인에 인가되는 전압을 나타내었다. 그림 2의 ΔV 는 kick-back 전압이고 그림 1의 Cgd로 인하여 나타나는 현상이다. Kick-back 전압에 의해서 양전하와 음전하의 전압이 다르게 된다. 전압의 차이는 휘도의 차이로 나타나므로, 이

현상은 LCD의 플리커로 나타난다. 이러한 플리커는 공통 전압의 조정을 통하여 양전하와 음전하의 전압을 동일하게 하면 해결할 수 있다. 즉 플리커 조정에서는 플리커가 최소화 되도록 공통전압을 조정하는 일을 수행하게 된다.

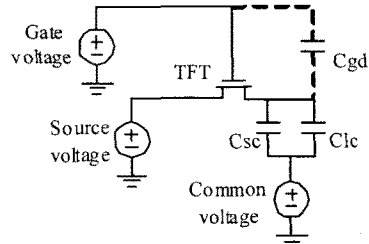


그림 1. TFT-LCD 픽셀 등가회로

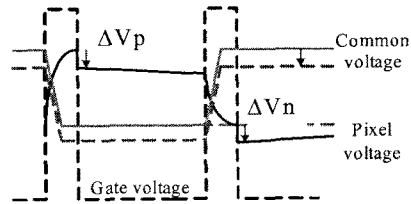


그림 2. TFT-LCD 픽셀에 인가되는 전압 과정

2.2. 감마 조정

감마조정은 부드러운 계조를 표시하기 위해 영상의 휘도를 조절하는 과정으로 LCD와 인간의 시각 인지 특성간의 차이를 조정하는 작업이다. 감마 조정 과정 및 개요는 참고문헌 [1]에 언급되어 있다.

2.3. LDI 레지스터 설정

모바일 LDI의 레지스터에는 TFT 패널의 특성에 따라 설정되는 여러 가지 레지스터가 있다. LDI의 레지스터는 크게 contrast 레지스터, 플리커 조정 레지스터, 감마 조정 레지스터로 구분할 수가 있고, 각각 GVDD (LDI의 감마조정부에 인가되는 최대전압) 레지스터, VCOM (공통전극전압) 레지스터 및 감마 레지스터를 가변하여 해당 특성을 설정하게 된다. 일반적으로 모바일 LCD 특성 순서는 패널의 V-T(전압-투과율) 곡선으로부터 최적 명암대비비 (contrast ratio)를 나타낼 수 있는 GVDD 값과 VcomH (최대 공통전극전압) 및 VcomL (최소 공통전극전압) 값이 먼저 결정되고, 다음 단계로 중간 계조에서 VCOM 레벨을 미세 조정하여 플리커 특성을 설정한다. 그리고, 마지막 단계에서 계조가 부드럽게 표현될 수 있도록 감마 조정을 수행하게 된다.

2.3.1. 플리커 조정 알고리즘

플리커는 양전하와 음전하의 전압차이가 휘도 차이로 나타내는 현상이므로 이때 LCD의 휘도는 그림 3과 같이 시간에 따라 변화하는 특성을 나타낸다.

그림 3에서 Vdc는 휘도 그래프의 직류 성분, Vpp는 교류 성분을 의미하고, 식(1)과 같이 플리커 레벨을 정의할 수 있다.

$$\text{플리커 레벨 [\%]} = 100 \cdot (V_{pp}/V_{dc}) \quad (1)$$

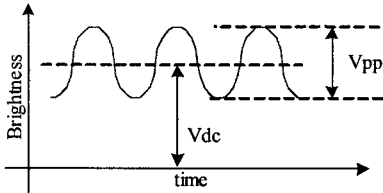


그림 3. LCD 플리커 특성

그림 4는 플리커 자동 조정을 위한 알고리즘 순서도를 나타낸 것이다.

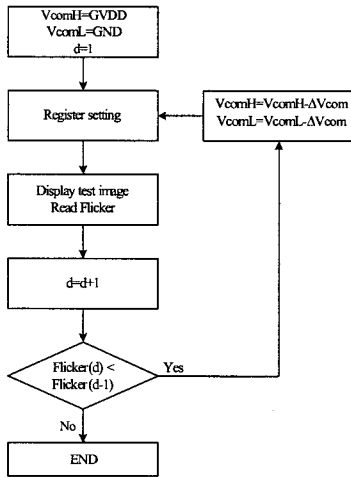


그림 4. 플리커 자동 조정 알고리즘

ΔV 가 고려되지 않은 초기상태에서 VcomH와 VcomL 레지스터 값을 각각 GVDD, GND로 설정하고 1단계씩 줄여가면서 플리커가 최소가 되는 값을 찾아내게 된다.

2.3.2. 감마 조정 알고리즘 및 제어프로그램 개발

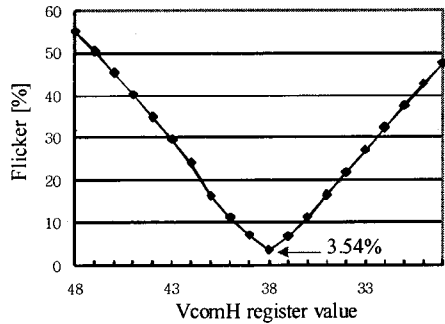
감마 조정 알고리즘 및 제어프로그램 개발은 참고 문헌 [1]에 언급되어 있다.

III. 실험 결과 및 검토

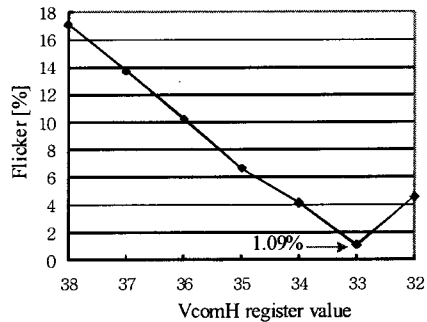
본 연구에서는 개발된 자동 화질 최적화 시스템의 성능을 증명하기 위해 서로 다른 해상도 및 인터페이스 방법들에 대해 다양한 종류의 크기, 액정 모드 및 구동 IC에 따른 특성을 검토하였다. 이에 대해 플리커 수준, 평균 감마 오차 및 감마 조정 시간을 각각 확인하였다. 기존에 자동 화질 최적화 시스템은 LCD 엔지니어들의 수작업으로 수행되었다. 휘

도계를 이용하여 측정된 데이터를 보고 LCD 구동 회로에 있는 10여 개의 레지스터들을 직접 변경하였으므로 [2-4], 경력 2년인 LCD 엔지니어는 평균 24시간정도 소요되는 것과 비교하면 본 논문에서 제안한 자동 화질 최적화 시스템은 개발 효율을 크게 향상시킬 수 있는 것을 알 수 있다. 또한 기존의 방법이 사람에 전적으로 의존하기 때문에 작업 숙련도에 따라 작업 시간과 화질 최적화에 편차가 매우 심한 단점이 있다 [2-5].

실험에는 라인 반전으로 구동되는 ECB 모드의 QVGA LCD를 사용하였고, 결과를 그림 5와 6에 나타내었다. 플리커 수준은 3%, 감마 오차율은 15% 이내를 목표로 하여 자동 화질 설정 시스템을 동작시켰다. 그림 5에서 x축은 VcomH의 레지스터 설정 값을 나타내고, 그림 5(a)에서 38은 4.21V, 그림 5(b)에서 33은 4.05V로 VcomH가 설정된다.



(a) 첫 번째 플리커 조정



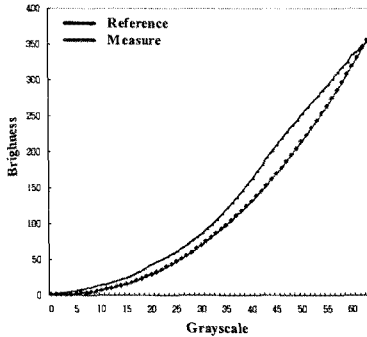
(b) 두 번째 플리커 조정

그림 5. VCOM 조정 후 플리커 변화

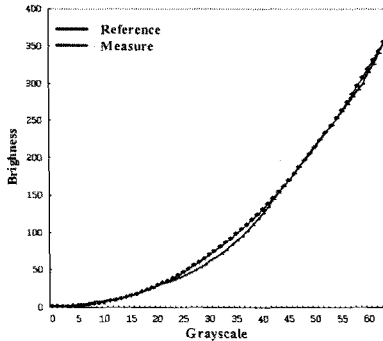
그림 6은 감마조정 결과를 나타낸 그래프이다. 감마 2.2를 기준으로 조정된 결과이고, reference 감마 곡선과 실측한 감마곡선을 동시에 나타내었다. 첫 번째 조정 후 플리커 수준은 3.54%, 감마 오차율은 35.2%가 되었고, 두 번째 조정 후에는 플리커 수준은 1.09%, 감마 오차율은 4.85%로 목표를 달성하였다. 두 번의 루프 수행에는 약 10분의 시간이 소요되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 작업자의 개입 없이 자동으로 LDI의 전압 및 감마 레지스터를 설정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이를 통해 기존에 개발 담당자의 수작업으로 인하여 발생할 수 있는 플리커 수준 변동, 감마 곡선의 부정확성, 개발 효율 저하 등의 문제를 개선하였다. 즉 자동 화질 최적화 시스템은 플리커 수준 조정과 감마 레지스터의 설정 소요 시간을 크게 줄일 수 있으므로 개발 효율을 향상시킬 수 있었고, 또한 LCD의 플리커 및 감마 곡선을 최적의 상태로 설정할 수 있으므로 화질 특성과 같은 품질 경쟁력에서 크게 앞서갈 수 있을 것으로 예상된다.



(a) 첫 번째 감마 조정



(b) 두 번째 감마 조정
그림 6. 감마 조정 결과

표 1은 제안한 자동 화질 최적화 시스템의 효과를 정리한 것이다. ECB 모드에서 감마조정오차가 조금 커지는 것을 볼 수 있지만, 조정 전과 비교하면 플리커 수준, 감마오차를 및 조정시간이 크게 개선됨을 알 수 있다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 표 1에서와 같이 10분 정도 내에 주어진 사양, 즉 4% 이하의 플리커 수준과 15% 이하의 평균 감마 오차를 만족시킬 수 있으므로 제품경쟁력 강화를 위해 빠른 속도로 완성도 높은 제품을 만들어야 하는 현 상황에서 개발 효율을 크게 증가시킬 수 있다.

표 1. 자동 화질 최적화 적용 결과

| LC 모드 | 구동 IC | 해상도 | 플리커수준(%) | | 감마오차율(%) | | 조정시간 (분) |
|-------|-------|------|----------|------|----------|-------|----------|
| | | | 조정전 | 조정후 | 조정전 | 조정후 | |
| TN | Atype | QCIF | 35.2 | 1.9 | 21.97 | 9.95 | 8 |
| TN | Btype | QCIF | 26.4 | 2.3 | 20.97 | 7.00 | 8 |
| TN | Btype | QCIF | 19.5 | 1.7 | 21.89 | 6.81 | 8 |
| ECB | Ctype | QVGA | 29.5 | 2.4 | 41.50 | 12.83 | 8 |
| ECB | Ctype | QVGA | 21.9 | 2.52 | 37.48 | 13.27 | 8 |
| ECB | Dtype | QVGA | 17.3 | 1.1 | 32.52 | 4.85 | 12 |

참고문헌

- [1] J.-Y. Ryu and S.-H. Noh, "Development of Automatic Gamma Control System from Mobile LCD Applications," 2007년도 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, Vol. 11, No. 2, pp. 754-757, October 2007.
- [2] J. H. Oh *et al.*, "Automated LCD Gamma Curve Optimization," *SID 2006*, pp. 394-397, June 2006.
- [3] H. W. Park *et al.*, "A Novel Method for Image Contrast Enhancement in TFT-LCDs: Dynamic Gamma Control (DGC)," *SID 2003*, pp. 1343-1345, May 2003.
- [4] S. W. Lee *et al.*, "Driving Scheme for Improving Color Performance of LCD's: Accurate Color Capture," *SID 2003*, pp. 344-347, May 2003.
- [5] H. C. Kim, "An image interpolator with image improvement for LCD controller," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.47, No.2, pp. 263-271, May 2001.
- [6] Y. N. Chu, Dynamic gamma correction circuit, operation method thereof and panel display device, US patent #20060087521.