

# DSP를 이용한 모바일 TFT-LCD의 자동 감마 최적화 시스템 개발

## Development of Automatic Gamma Optimization System for Mobile TFT-LCD

조 내 수, 류 지 열\*, 박 철 우, 권 우 현

(Nae-Soo Cho, Jee-Youl Ryu, Chul-Woo Park, and Woo-Hyen Kwon)

**Abstract :** This paper presents an automatic LCD gamma control system using gamma curve optimization. It controls automatically gamma adjustment registers in mobile LCD driver IC to reduce gamma correction error and adjusting time. The proposed gamma system contains Module-Under-Test (MUT, LCD module), PC installed with program, multimedia display tester for measuring luminance, and control board for interface between PC and LCD module. Proposed algorithm and program are applicable for most of the LCD modules. It is realized to calibrate gamma values of 1.8, 2.0, 2.2 and 3.0. The control board is designed with DSP and FPGA, and it supports various interfaces such as RGB and CPU. Developed automatic gamma control system showed significantly reduced gamma adjusting time of 240 sec. and much less average gamma error of 11% than 42h and 27% with conventional manual method. We believe that the proposed system is very useful to provide high-quality LCD and to improve production process.

**Keywords :** automatic gamma control system, gamma curve optimization

### I. 서론

TFT-LCD의 화질은 액정, TFT (Thin Film Transistor), LCD driver IC, 컬러 필터 등 LCD를 구성하는 개별 소자의 특성이 상호 조합되어 결정되는데, LCD 모듈 엔지니어는 제품 개발의 마지막 단계에서 최종 제작된 LCD 패널의 전기적 조건을 설정하여 최적의 화질을 구현하고 다양한 구동기술을 통해 특성을 극대화 하는 작업을 수행한다[1].

모바일 LCD의 경우 LCD 구동에 관계된 모든 역할을 LCD driver IC가 담당하고 있으며 개발 담당자가 직접 driver IC의 레지스터를 설정함으로써 화질 최적화를 위한 구동조건을 도출해낸다. 실제 산업 현장에서 이와 같은 구동조건 설정 과정은 시행착오를 반복하는 형식으로 진행되고 있어 많은 시간이 소요되고 작업자의 성향 및 숙련도에 따라 조정 결과에도 편차가 큰 문제점이 있다. 이는 제품 경쟁력의 품질 개선과 생산성 향상을 동시에 추구해야 하는 생산현장에서 경쟁력 강화를 위해 필연적으로 해결해야 하는 일이다 [1-5].

본 논문에서는 작업자의 개입을 최소화하면서 LCD의 감마 특성을 빠른 시간 안에 자동으로 최적화하는 알고리즘을 제안하고 시스템으로 구현하여 타당성을 검증한다. 자동감마 최적화 시스템은 LCD의 휘도를 측정하는 휘도계, 전체 시스템을 제어하는 제어보드, 감마조정 알고리즘이 구현되는 프로그램 등으로 구성되어 있고, driver IC의 레지스터를 자동으로 설정하면 감마 특성을 조정 할 수 있도록 한다.

제어보드는 DSP를 이용하여 LCD의 다양한 인터페이스 방법에 적용 가능하도록 설계되었고, 프로그램에는 driver IC마

다 차이가 나는 레지스터 조정 특성을 고려하여 알고리즘을 구현하였다. 그 결과 기존의 수작업에 의해서는 2일 이상 소요되는 감마 레지스터 조정 작업을 약 5분 이내에 완료 할 수 있었으며, 작업자의 개인 편차를 줄이는 등의 효과를 얻을 수 있다. 따라서 구현한 자동 감마 최적화 시스템은 빠른 속도로 LCD의 화질을 최적의 상태로 설정할 수 있으므로 화질 특성을 기반으로 하는 품질 경쟁력을 크게 개선 할 수 있다.

### II. 본론

#### 1. 감마 특성

감마조정은 부드러운 계조 (Grayscale 또는 Shades; 컬러의 수를 결정)를 표시하기 위해 영상의 휘도를 조절하는 과정으로 LCD와 인간의 시각 인지 특성간의 차이를 조정하는 작업이다. 사람의 눈은 밝은 부분보다 어두운 부분에서 민감한 비선형적인 특성을 가지므로 LCD의 계조를 등 간격으로 분할하면 어두운 부분의 밝기 단계가 더 많이 변화하는 것처럼 인지된다. 사람의 계조별 밝기 인지 단계를 동일하게 하기 위해서는 black으로 갈수록 밝기 변화 단계를 세밀하게 조정 할 필요가 있고 이를 구현하기 위해서 다음과 같은 식을 이용한다.

$$\text{Transmittance}(\%) = \left( \frac{\text{Gray Number}}{\text{Max Gray Number}} \right)^\gamma \times 100 \quad (1)$$

식 (1)에서  $\gamma$  에 대입되는 숫자를 크게 할수록 어두운 쪽 단계가 세밀하게 변화하게 되며, 이 숫자를 감마로 지칭하여 사용한다.

그림 1은 인간 시각이 느끼는 대표적인 감마 특성 그래프를 나타내었다. 일반적으로 LCD에는 감마 2.2가 사용되고 제품의 특징에 따라 감마 2.0, 2.4, 3.0 등이 선택적으로 사용된다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 3. 24., 채택확정 : 2008. 10. 22.

조내수, 권우현 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

(msch00104@lycos.co.kr/whkwon@ee.knu.ac.kr)

류지열 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부(ryujy88@hanmail.net)

박철우 : 영진전문대학 컴퓨터응용기계계열(pcw@yjca.ac.kr)

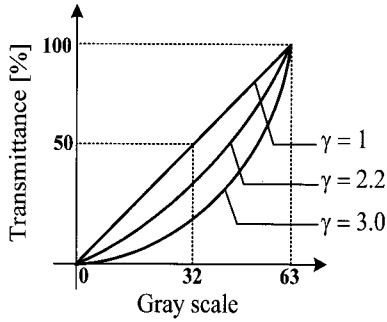


그림 1. 감마 특성 곡선.  
Fig. 1. Gamma characteristic curve.

2. LCD Driver IC 레지스터 설정

그림 2에는 driver IC의 레지스터 설정 순서를 나타내었다. Driver IC의 레지스터는 크게 콘트라스트 조정, 플리커 조정, 감마 조정으로 구분할 수 있고, 순차적으로 설정을 하게 된다.

콘트라스트 조정은 white와 black의 휘도비를 조정하는 것을 의미한다. 명암비가 높을수록 어두운 영역의 표현이 섬세하게 되고, 밝은 영역에서의 화질 구분이 뚜렷하게 되어 우수한 화질을 구현할 수 있게 된다. 그림 3에는 ECB 액정모드의 전압과 투과율 관계를 나타내었다. 액정에 전압을 높게 걸어 줄수록 black 휘도가 떨어져 명암비가 좋아지지만 지나치게 높은 전압을 black으로 설정시 소비 전력이 증가하고 저계조에서 계조 구분이 모호해질 수 있으므로 화질, 소비전력 및 계조 특성을 고려한 적절한 명암비 영역 설정이 필요

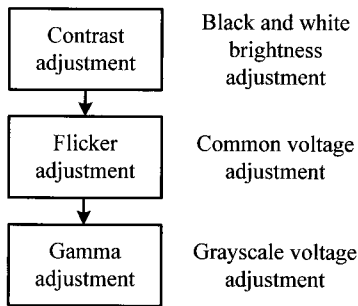


그림 2. LCD Driver IC의 레지스터 설정 순서도.  
Fig. 2. LCD driver IC Driver IC registers setting sequence.

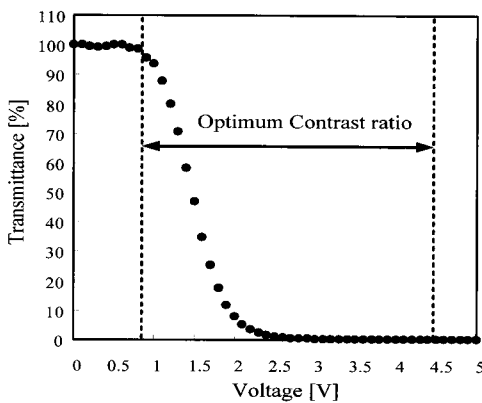


그림 3. 액정의 전압-투과율 특성 곡선.  
Fig. 3. 액정의 V-T transfer curve.

하다.

플리커 조정에서는 common 전압의 조정을 통하여 LCD의 플리커를 최소화한다. 그림 4에는 TFT LCD 픽셀의 등가회로를 나타내었다. Csc는 한 프레임 동안 픽셀의 전하를 유지하기 위한 storage capacitor, Clc는 액정의 등가 capacitance, Cgd는 gate 와 drain 사이에 형성되는 parasitic capacitance를 의미한다. 그림 5에는 pixel전압, 즉 TFT의 drain에 인가되는 전압을 나타내었다. 액정에 일정한 DC전압을 지속적으로 인가하면 액정이 열화되는 불량문제가 발생하게 되므로, 그림 5에서와 같이 positive sequence 전압(Vp)와 negative sequence 전압(Vn)이 일정 주기 동안 교대로 인가되는 방법이 사용된다. 여기서 positive sequence 전압과 negative sequence 전압은 극성만 반대이고 크기는 동일한 전압으로 설정한다. 그림 5의 kick-back전압( $\Delta V_p$ )은 gate와 drain 사이에 형성된 기생 커패시턴스 Cgd로 인하여 gate 전압의 변화가 픽셀에 유기되어 나타나는 전압강하 현상을 의미하고, kick-back 전압에 의해서 positive sequence 전압과 negative sequence 전압이 다르게 된다. 픽셀 전압의 차이는 휘도 차이가 되며, 따라서 이 현상은 LCD의 플리커로 나타난다. 플리커는 그림 5에서와 같이 common 전압의 조정을 통하여 positive sequence 전압(Vp')과 negative sequence 전압(Vn')을 동일하게 하면 해결할 수 있다. 즉 플리커 조정에서는 common 전압을 조정하여 LCD의 플리커가 최소화 되도록 한다.

감마 조정에서는 LCD의 특성을 고려하여 각 계조를 표시할 때 driver IC에서 출력되는 전압을 조정하게 된다. LCD의 감마 특성은 액정 물질, cell gap, 픽셀 구조, 인가 전압 등의 영향을 받는다고 알려져 있다[1]. 따라서 LCD 제품 개발 마지막 단계에서 감마 조정을 통하여 화질 특성을 최적화한다. 모바일 TFT-LCD에서 감마 조정은 driver IC에서 담당하고 있고, 10개 이상의 IC 레지스터를 조정하여 감마 조정을 수행한다.

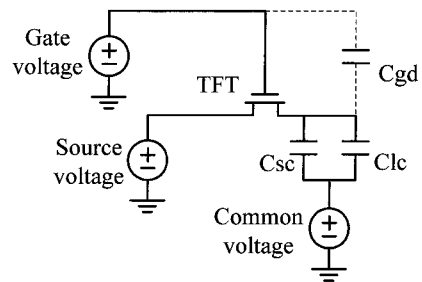


그림 4. LCD pixel 의 등가회로.  
Fig. 4. Equivalent circuit of a TFT-LCD pixel.

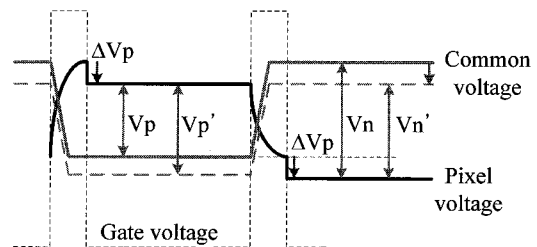


그림 5. TFT LCD pixel에 인가되는 전압 파형.  
Fig. 5. Voltage waveform applied in TFT-LCD pixel.

3. LCD Driver IC의 감마 조정 레지스터

그림 6에는 driver IC 내부의 감마조정부의 구조를 나타내었다. 저항열로 구성된 A/D 변환기를 이용하여 계조 전압을 만들고, 가변저항과 selector 회로를 이용하여 감마조정을 하게 된다. 그림 6의 가변저항은 계조 전압의 reference, amplitude, gradient를 조정하고, selector 회로는 micro 조정을 담당한다. 그림 6에서 GVDD는 감마조정부에 인가되는 전압이고, V0~V63은 각 계조에 해당하는 전압을 의미한다.

그림 7에는 감마 조정 레지스터를 4개로 분류하여 나타내었다. 각 레지스터는 gradient 조정, amplitude 조정, reference 조정, micro 조정을 수행하게 되고, LCD특성에 따라 계조 전압의 설정이 필요하게 된다. 그림 7(a)는 gradient 조정 레지스터이고, 계조 전압의 중간 부분의 기울기를 변화시킬 수 있다. 그림 7(b)는 amplitude 조정 레지스터이고 black 계조 쪽의 전

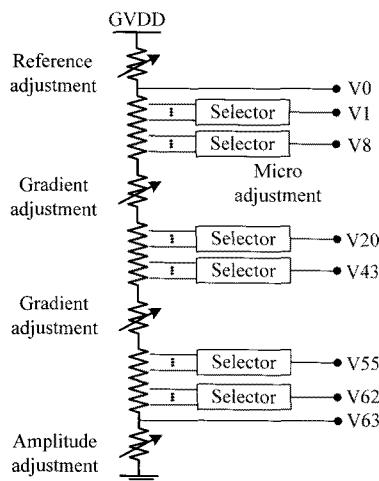


그림 6. LCD driver IC 감마조정부의 구조.  
Fig. 6. Structure of gamma adjustment block of a LCD driver IC.

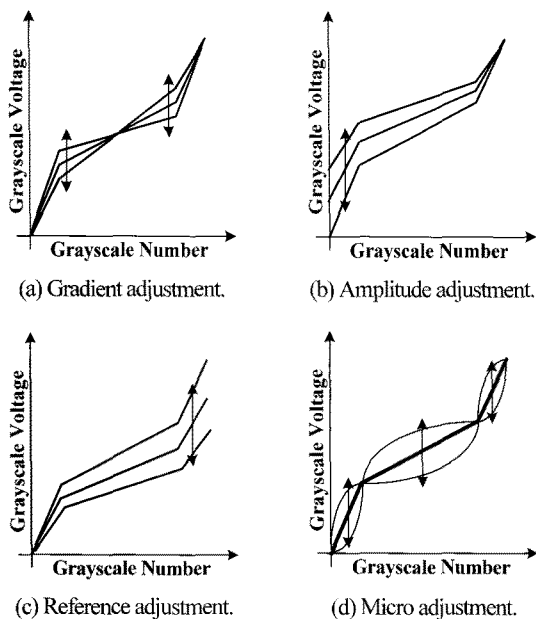


그림 7. 감마조정 레지스터의 분류.  
Fig. 7. The classification of gamma adjusting registers.

압을 변화시키고, 그림 7(c)는 reference 조정 레지스터이고 white 계조 쪽의 전압을 변화시킨다. 그림 7(d)는 micro 조정이고 특정 계조 전압을 미세하게 조정할 수 있다. 미세조정 정도는 LCD driver IC 마다 차이가 있지만, 일반적으로 특정한 6개 계조의 전압을 8단계로 변화 가능하도록 구성되어 있다. 이와 같이 모바일 TFT-LCD에서 감마 조정은 화질 특성을 결정하는 중요한 직업이지만 기존에는 개발 엔지니어의 수작업에 의해서 실행되고 있었다. 작업자가 driver IC의 10여 개 이상의 레지스터를 직접 변경해야 하므로 1일 이상의 많은 시간이 소모되고, 또한 개발 엔지니어의 숙련도에 따라 감마조정 결과가 달라지는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 개발 효율의 향상과 일정한 LCD 화질 특성 관리를 위해서 자동으로 감마를 최적화하는 시스템을 개발하게 되었다.

4. 감마 레지스터 최적화 알고리즘

본 논문에서 제안하는 감마 레지스터 최적화 알고리즘은 그림 8과 같이 amplitude, gradient, 그리고 micro 조정 순서로 이루어진다. 첫 번째로 amplitude 조정에서 전체 감마 곡선의 offset을 조정하고, gradient 조정에서는 중간 계조의 휘도 기울기를 조정하고, 마지막으로 micro 조정에서 각 계조 전압을 미세 조정하게 된다. 감마조정 결과는 식 (2)와 같이 감마 오차율로서 판단한다.

$$\text{Gamma error rate(\%)} = \left( \sum \frac{|L_{\text{ref}(k)} - L_{\text{meas}(k)}|}{L_{\text{ref}(k)}} \right) \times 100 \quad (2)$$

여기서 k 는 계조 숫자를 나타내고,  $L_{\text{ref}(k)}$  는 각 계조에서 기준 휘도,  $L_{\text{meas}(k)}$  는 측정된 휘도값이다. 즉 감마 오차율은 각 계조에서 기준휘도와 측정된 휘도의 차이로 계산을 하고, 이 값을 기준으로 감마 조정 정도를 판단한다. 감마 오차율

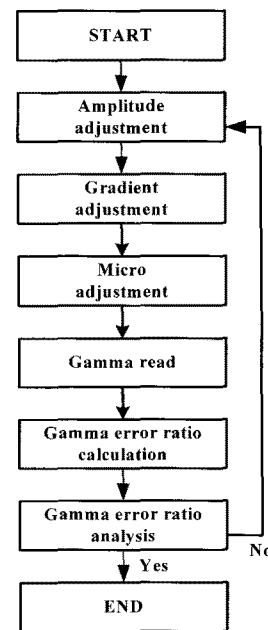


그림 8. 감마 레지스터 최적화 알고리즘 순서도.  
Fig. 8. Gamma register optimization algorithm flowchart.

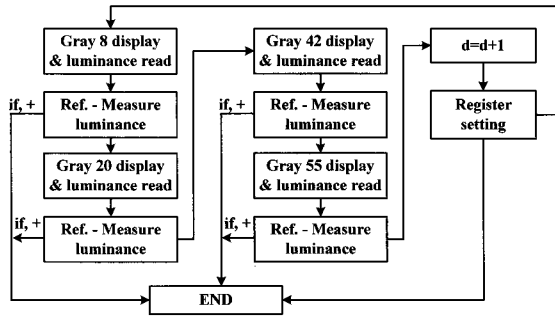


그림 9. Amplitude 조정 알고리즘의 순서도.  
Fig. 9. Flowchart for amplitude adjustment algorithm.

에 대해 2.2 감마를 기준으로  $\pm 0.1$ , 즉 감마 2.1과 2.3 내에 위치하면 고객의 규격 감마 2.2를 만족한다. 감마 2.1 곡선과 2.2 곡선간의 평균 감마 오차율을 환산하면 10.3%가 되고, 감마 2.3 곡선과 2.2 곡선간의 평균 감마 오차율을 환산하면 8.6%가 된다. 이러한 값들을 근거로 하여 일반적으로 감마 오차율이 15% 이하이면 감마 조정이 양호하게 된 것으로 판단한다.

그림 9에는 amplitude 조정 알고리즘을 나타내었다. 제한한 amplitude 조정 알고리즘에서는 초기에 offset을 최대로 하여 기준 감마곡선보다 감마곡선을 높게 설정하여 두고, offset을 한 단계씩 낮추어 가면서 감마곡선이 기준 감마곡선과 유사하게 되도록 조정한다. 이때 8, 20, 43, 55 계조의 휘도로서 유사 정도를 판단하게 되고 각 계조에서 측정된 휘도 값이 기준 휘도 값보다 작으면 amplitude 조정을 중단하고 다음 단계인 gradient 조정으로 넘어가게 된다.

Gradient 조정은 중간 계조의 기울기를 조정하는 기능을 하므로 실제 감마 곡선의 유형에 따라 서로 다른 레지스터를 변화시켜야 한다. 본 알고리즘에서는 감마곡선을 그림 10과 같이 4가지 유형으로 분류하였고, 각 유형별로 driver IC의 레지스터는 다르게 선택된다. Gradient 조정 알고리즘은 그림 11에 나타내었다. Gradient 조정 알고리즘은 초기에 8, 55 계조의 휘도값으로 유형을 판단하도록 구성되어 있다. 그 이유는 64 계조 중 중간 계조 (32계조)를 중심으로 대칭 계조인 black 영상 계조에 가까운 8계조와 white 영상 계조에 가까운 55계조가 그림 7(a)에 표현된 상하 변곡점을 형성하기 때문이다. 즉 두 변곡점에서 측정된 휘도 값과 reference 휘도 값을 비교하게 되고, 그림 10과 같은 4가지 판단된 유형에 따라 적절한 레지스터를 조정하는 작업이 수행된다. Gradient 조정 레지스터를 한 단계씩 조정하면서 8, 55 계조의 휘도값을 읽게 되고 초기에 그림 10에 따라 분류한 유형이 다른 유형으로 변화할 때까지 계속된다. 유형이 변화하면 gradient 조정을 완료하고, micro 조정 단계로 넘어간다. Gradient 레지스터는 8단계로 조정되는데 마지막 단계까지 변화를 시켜도 유형이 변화하지 않는 경우는 마지막 값으로 레지스터를 설정하고 micro 조정을 수행한다. Micro 조정 알고리즘에서는 1, 8, 20, 43, 55, 62 계조전압을 미세하게 조정한다. 각 계조마다 해당되는 레지스터는 다르지만, 동일한 알고리즘이 적용된다. 그림 12는 55계조에서 micro 조정 알고리즘을 나타내었다. 초기에 55 계조를 LCD에 표시하고 휘도 값을 읽어서 유형을

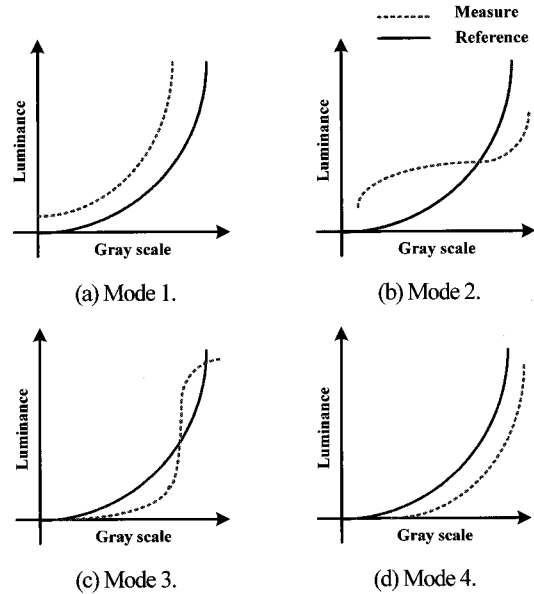


그림 10. Gradient 조정에서 감마 곡선 유형.  
Fig. 10. Mode of gamma curve in gradient adjustment.

판단한다. 여기서 측정 값이 기준 값보다 큰지 작은지의 두 단계로 유형을 판단하고 각 유형에 따라 적절한 레지스터를 선택한다. 레지스터의 값은 일반적으로 8단계로 변화하고, 각 단계마다 휘도 값을 측정하여 기준 값과의 오차가 가장 작은 값을 레지스터에 설정한다. 이 과정은 1, 8, 20, 43, 55, 62 계조에 동일하게 적용되어 수행된다. 여기서 micro조정이 가능한 계조는 그림 6에서 selector 회로가 연결되어 있는 계조이고, driver IC 제조업체에 따라 차이가 존재한다.

Micro 조정 후는 식 (2)의 감마 오차율을 이용하여 LCD 감마 특성이 적합한가를 판단한다. 일반적으로 감마 오차율이 15%보다 작으면 감마 조정이 잘 수행된 것으로 판단한다. 만일 감마 오차율이 15% 이상이 되면 amplitude 조정부터 다

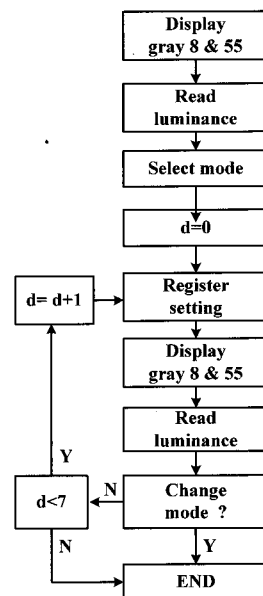


그림 11. Gradient 조정 알고리즘의 순서도.  
Fig. 11. Flowchart for gradient adjustment algorithm.

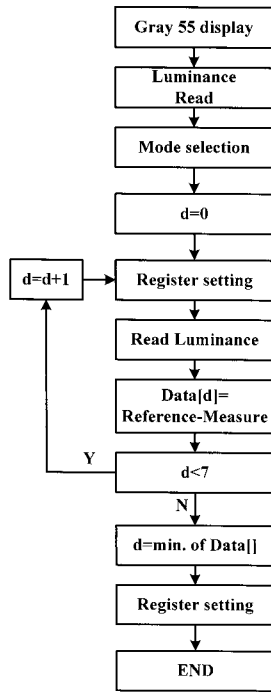


그림 12. 55계조에서 micro 조정 알고리즘의 순서도.  
 Fig. 12. Flowchart for micro adjustment algorithm at grayscale level 55.

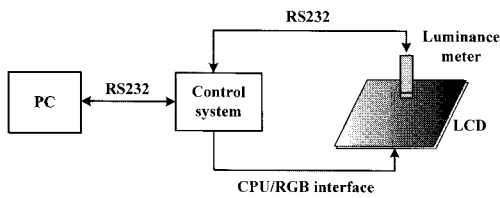
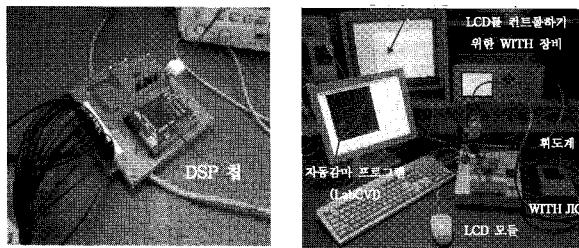


그림 13. 자동감마 최적화 시스템 개념도.  
 Fig. 13. Automatic gamma adjustment system.



(a) Control system. (b) System block diagram.

그림 14. 자동감마 최적화 시스템의 구성도.  
 Fig. 14. Block diagram of automatic gamma a adjustment system.

시 반복해서 감마 조정이 되도록 알고리즘이 설정되어 있다. 이 경우 이전 단계에서 설정한 레지스터가 다음 단계의 초기 값으로 설정 된다.

5. 제어 시스템과 프로그램 개발

감마조정 시스템의 전체 개념도는 그림 13과 같고, 그림 14는 시스템 전체 구성도에 대해 실물 사진을 나타낸 것이다. 알고리즘이 구현된 PC, 전체 시스템을 제어하는 제어부, LCD의 휘도를 측정하는 휘도계 (Yokogawa, 3298F Multimedia

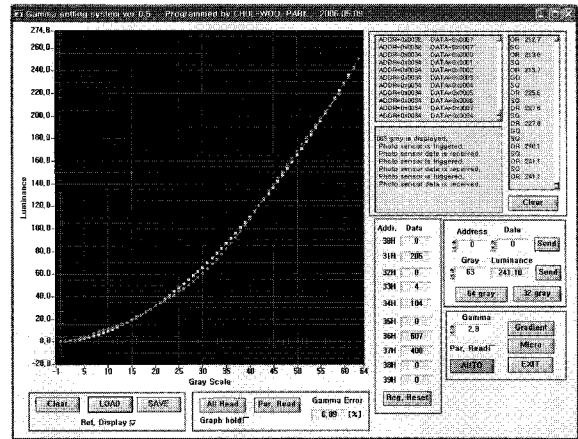


그림 15. 제어프로그램의 스크린 캡처.  
 Fig. 15. Captured control program screen.

Display Tester), 그리고 설정 대상이 되는 LCD로 구성되어 있다. 이 중 제어부는 Texas Instrument사의 TMS3230F2812 DSP 칩을 중심으로 구성되어 있고, PC 인터페이스, 휘도계 제어, LCD 휘도 값 측정, driver IC의 레지스터 설정, LCD에 계조 영상 표시 등의 역할을 한다. 또한 제어부에는 다양한 LCD 모듈 인터페이스 방법을 지원하기 위해 FPGA를 추가하였고 모바일 TFT-LCD의 모든 인터페이스가 가능하도록 설계하였다. 플랫 케이블은 설비의 애플라이트 포트(DSP-ISP)에 연결하도록 구성하였다. PC부에는 감마 최적화 알고리즘이 구현되어 있고, GUI 프로그램, 시스템 제어 등의 기능이 구현되어 있다. PC, 휘도계 및 제어부를 각각 RS232 직렬 포트 로 연결한 후 장치 연결은 a. 휘도계와 WITH 장비에 새로 추가된 직렬 포트를 연결, b. PC와 WITH 장비를 기존 직렬 포트 연결, c. 감마를 조정할 LCD를 With Jig에 연결, d. 휘도계의 측정부가 LCD의 중앙에 위치하게 설정과정을 따른다. PC의 프로그램에서 제어부에 명령을 주면, 제어부에서 레지스터 값 변경, 휘도 측정 및 신호 전달 역할을 수행한다.

자동감마 최적화 시스템을 제어하기 위한 PC 프로그램은 National Instruments사의 LabCVI를 이용하여 구현하였다. 감마 조정 알고리즘, 휘도계 제어, LCD 제어 기능 등을 프로그램에 구현하였고, PC상에서 실행되는 화면은 그림 15에 나타내었다. 프로그램의 [AUTO] 버튼을 클릭하면, amplitude 조정, gradient 조정, 그리고 micro 조정이 순차적으로 진행되고, 감마 오차율을 판단하여 감마 조정을 완료하게 된다.


III. 실험

본 논문에서 제안하는 시스템의 타당성을 검증하기 위해 액정모드, LCD driver IC, 해상도, 크기 등이 다른 LCD 모듈을 선정하여 실험을 하였고, 감마 오차율과 조정시간을 기존의 방법과 비교하였다.

먼저, 제안된 알고리즘과 시스템의 정확성 및 성능의 신뢰성을 평가하기 위해 동일 영상에 대해 10번 반복 측정된 결과를 표 1에 나열하였다. 1.8인치 QVGA(240x320) ECB 모드 LCD 모듈을 사용하여 감마 2.2로 최적화된 실험 결과를 나타내었다. 표 1의 결과에서 알 수 있듯이 제안된 알고리즘과 시스템은 평가 영상에 대해 감마 오차율과 조정 시간 모두

표 1. 알고리즘 및 시스템 정확성 평가 결과.

Table 1. 10 times measurement results for algorithm and system.

	감마 오차율 (%)	조정 시간 (초)
	12.88	239
12.82	243	
12.70	241	
12.75	242	
12.92	239	
12.96	242	
12.80	241	
12.95	239	
12.60	240	
12.90	241	
평균	12.83	240.7
표준 편차	0.12	1.42

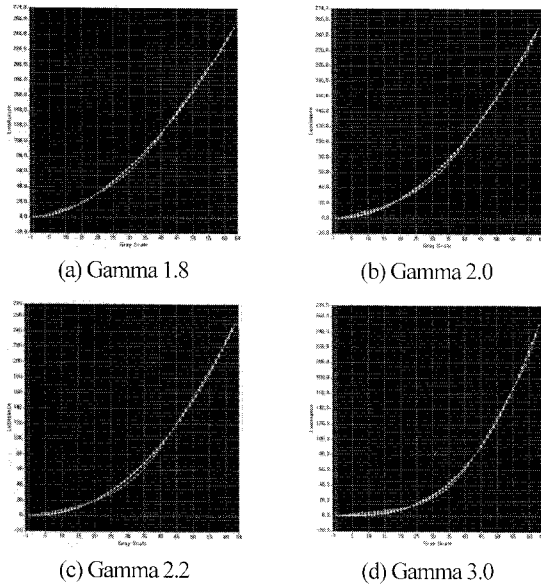


그림 16. 감마 조정 결과.  
Fig. 16. The adjusted results.

아주 낮은 표준 편차를 보였다. 이러한 결과는 알고리즘 및 시스템의 신뢰성을 결정하는 중요한 요소인 측정 반복성과 정확성이 아주 우수함을 잘 보여주는 결과이다.

그림 16은 1.76인치 QCIF(176x220) TN모드 LCD 모듈을 사용하여 감마 1.8, 2.0, 2.2, 3.0으로 최적화한 실험 결과를 나타내었다. 그림 16(a)-(d)에 기존 감마 곡선과 제안한 시스템을 이용하여 감마 조정을 수행한 결과를 동시에 나타낸 것으로, 각 그림에서 실제 감마 곡선이 기존 감마 곡선을 잘 따라가는 것을 볼 수 있다. 모든 경우에서 감마 오차율은 10%이내 이므로 양품인 것으로 판단되었고, 조정시간은 238초가 소요 되었다.

표 2에는 다양한 LCD 모듈에 대한 감마 조정결과를 정리 해서 나타내었다. 액정모드, driver IC, 해상도에 따라 감마 오차율과 조정시간이 차이가 나는 것을 볼 수 있지만, 감마 오차율은 15% 이내로 스펙을 만족하는 것을 알 수 있다. 표 2에서 LCD driver IC를 A type에서 D type으로 분류한 이유는

표 2. 제안한 시스템을 이용한 실험 결과.

Table 2. Summary of the adjusted results for the proposed system.

LC 모드	LCD DriverIC	해상도	감마 오차율 (%)		조정 시간 (초)
			조정전	조정후	
TN	A type	QCIF	21.97	9.95	238
TN	B type	QCIF	20.97	7.00	245
TN	B type	QCIF	21.89	6.81	248
ECB	C type	QVGA	41.50	12.83	241
ECB	C type	QVGA	37.48	13.27	239
ECB	D type	QVGA	32.52	4.85	365

표 3. 여러 가지 영상에 대한 기존 방법과 자동 조정 방법 측정 결과.

Table 3. Adjusted results of the conventional and proposed methods for several images.

LCD 모드	LCD Driver IC	해상도	감마 오차율		조정 시간	
			기존 방법	자동 조정	기존 방법	자동 조정
TN	A Type	QCIF	25%	9.95%	36 시간	38 초
ECB	C Type	QVGA	30%	13.27%	48 시간	241초


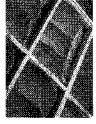



각 LCD driver IC 제작 업체별 micro 조정 레지스터의 비트 수에 차이가 있기 때문이다. 비트 수가 많을수록 조정 시간은 약간 길어지나 감마 오차율은 감소하는 경향을 보인다. 표 2의 마지막 D type LCD driver IC에서 조정 시간이 365초인 것은 첫 번째 감마 조정 결과 감마오차율이 15%를 초과하여 감마 조정이 한번 더 수행되었기 때문이고, 연속된 두 번의 감마 조정을 통해 감마 오차율 4.85%인 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

표 3은 여러 가지 영상에 대해 기존 방법(수작업)과 자동 조정 방법을 이용하여 감마 오차율 및 조정 시간 측정 결과를 각각 비교한 것이다. 1.8인치 QVGA(240x320) ECB 모드 LCD 모듈을 사용하여 감마 2.2로 최적화한 실험 결과를 나타내었다. 표 3의 결과에서 알 수 있듯이 기존 방법에 비해 자동 조정 방법이 월등히 우수한 감마 오차율 및 조정 시간 측정 결과를 보였으며, 예측했듯이 감마 오차율이 낮으면 조정 시간이 길어짐을 알 수 있다.

표 4에는 기존의 방법과 제안한 방법의 차이를 비교하여 나타내었다. 기존의 감마조정은 경력 2년의 LCD 엔지니어가 수작업으로 진행한 결과이다. 기존에는 휘도계를 이용하여 측정된 휘도 값에 따라 driver IC에 있는 10여 개의 레지스터를 엔지니어가 직접 변경하는 방식으로 진행되므로 2일 정도의 시간이 소모되고 있다. 기존의 방법은 사람에 전적으로 의존하기 때문에 작업속련도에 따라 작업시간과 감마 조정 정확도에 매우 편차가 심한 단점이 있다. 그러나 제안한 방법은 표 4에서와 같이 238초 정도의 시간에 감마 최적화 작업을 완료하게 되고, 감마 오차율도 크게 개선할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한 제안한 방법은 사람의 개입 없이 진행되므로 일관된 품질을 유지할 수 있다는 장점도 가진다.

표 4. 기존의 방법과 제안한 방법의 비교

Table 4. Comparison results for the traditional and proposed methods.

	감마 오차율		조정 시간	
	기존 방법	자동 조정	기존 방법	자동 조정
	30%	13.27%	48시간	241초
	25%	13.85%	49시간	238초
	28%	13.95%	48시간	239초
	35%	12.85%	46시간	243초
	32%	12.98%	47시간	242초

**VI. 결론**

본 논문에서는 LCD의 감마 레지스터를 순차적으로 설정할 수 있는 알고리즘을 제안하였고, 또한 제안한 알고리즘을 DSP를 이용하여 시스템으로 구현하였다.

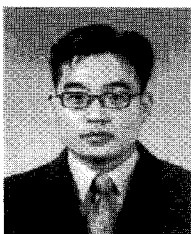
기존에는 개발 담당자가 직접 LCD driver IC의 레지스터를

변경하는 방식으로 감마 조정을 수행 하였으며, 이 경우 많은 시간이 낭비됨과 동시에 작업자의 숙련도에 따라 LCD 화질 특성이 달라지는 문제가 발생하고 있다. 따라서 본 논문에서는 휘도계를 이용하여 작업자의 개입 없이 자동으로 LCD driver IC의 감마 레지스터를 최적화할 수 있는 자동 감마 최적화 시스템을 개발하였다. 그 결과 기존에 생산 엔지니어의 수작업으로 인하여 발생할 수 있는 감마 곡선의 부정확성, 개발 효율 저하 등의 문제를 크게 개선할 수 있었다. 즉 본 논문에서 제안하는 자동 감마 최적화 시스템은 감마 레지스터의 설정 소요시간을 크게 줄일 수 있으므로 개발 효율을 향상시킬 수 있었고, 또한 LCD의 감마 특성을 최적의 상태로 설정할 수 있으므로 화질 특성과 같은 품질 경쟁력을 크게 개선할 수 있었다.

**참고문헌**

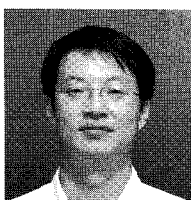
- [1] J. H. Oh, S. W. Lee, K. Y. Oh, T. S. Kim, S. H. Moon, B. H. Berkeley, and S. S. Kim, "Automated LCD Gamma Curve Optimization," *SID 2006*, pp. 394-397, June. 2006.
- [2] H. W. Park, S. W. Lee, Y. G. Kim, J. S. Kim, B. W. Jeon, and J. Souk, "A Novel Method for Image Contrast Enhancement in TFT-LCDs: Dynamic Gamma Control (DGC)," *SID 2003*, pp. 1343-1345, May. 2003.
- [3] S. W. Lee, J. S. Kim, and J. Souk, "Driving Scheme for Improving Color Performance of LCDs: Accurate Color Capture," *SID 2003*, pp. 344-347, May. 2003.
- [4] H. C. Kim, B. H. Kwon, and M. R. Choi, "An image interpolator with image improvement for LCD controller," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 47, no. 2, pp. 263-271, May. 2001.
- [5] Y. N. Chu and K. H. Liu, "Dynamic gamma correction circuit, operation method thereof and panel display device," *US patent #20060087521*, Oct. 2006.

**조 내 수**



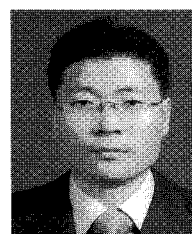
2001년 경일대학교 제어계측공학과졸업(공학사). 2003년 경북대학교 전자과졸업(공학석사). 2005년 경북대학교 전자과(박사수료). 2005년~2008년 경일대학교 제어전기공학부 초빙교수. 2008년~2009년 경북대학교 공과대학 전자전기컴퓨터학부 초빙교수. 관심분야는 전력전자, DSP 응용제어 임베디드시스템.

**박 철 우**



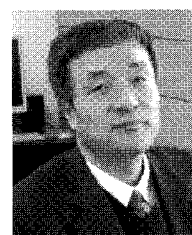
1997년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 2004년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 2004년~2008년 삼성SDI 모바일디스플레이사업부 책임연구원. 2008년~현재 영진전문대학 컴퓨터응용기계계열 교수. 관심분야는 임베디드 시스템, LCD 구동, 전력전자.

**류 지 열**



1993년 부경대학교 전자공학과졸업(공학사). 1997년 부경대학교 전자공학과졸업(공학석사). 2004년 애리조나 주립대학교 전기공학과졸업(공학박사). 2005년~2009년 삼성SDI 모바일디스플레이사업부 책임연구원. 2009년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수. 관심분야는 임베디드시스템, 고주파 집적회로설계, 모놀리틱초고주파 집적회로설계, 아날로그 집적회로설계, LCD 구동회로설계.

**권 우 현**



1977년 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1979년 한국과학기술원 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 한국과학기술원 전자공학과 졸업(공학박사). 1979년~현재 경북대학교 공과대학 전자전기컴퓨터학부 교수. 관심분야는 전력전자, 모터제어, 스위칭시스템 모델링과 시뮬레이션, DSP 응용제어.