

차세대 텔레비전을 위한 인텔리전트 액정표시장치(i-LCD)

이 승 우 (경희대학교 정보디스플레이학과)

본고는 액정표시장치 텔레비전(LCD-TV)을 위한 새로운 아키텍처를 제시한다. Intelligent LCD (i-LCD)라는 이 새로운 아키텍처는 영상처리보드(image processing board)와 LCD panel 간의 정보교환이 디지털 통신을 통해 가능하게 한다. I-LCD는 모든 회로가 하나의 디지털 인터페이스에 연결된 통신 채널과 같은 직렬 디지털 인터페이스를 가진다. 이를 통해 영상처리보드는 LCD panel 구동에 필요한 중요 parameter를 실시간으로 변화시킬 수 있다. 새로운 I-LCD 구현을 위한 회로로 두 가지를 제시한다. 공통전극전압(Vcom)과 감마 기준 전압을 생성하는 회로이다. Vcom과 감마 기준 전압은 각각 장기적인 LCD TV의 신뢰성에 영향을 주며 패널과 패널 사이의 색 차이에 의한 영상 차이를 제거하는데 사용될 수 있다. I-LCD의 기능을 이용하여, Vcom과 감마 기준 전압을 자동적으로 최적화하는 시스템의 개념을 제시한다.

I. 서 론

전통적인 액정표시장치 텔레비전(LCD TV)의 가장 중요한 부분은 LCD 패널과 영상처리보드(image processing board)이다. 영상처리보드는, 여러 비디오 입력 중 선택된 비디오 영상의 화질을 향상시킨 후, 영상의 해상도를 LCD 패널에 맞게 조절한다. 영상처리보드는 최종적인 이미지에 패널 구동을 위한 전원과 함께 LCD 패널에 제공한다. 이 일련의 과정은 일방적인 한 방향으로 이루어진다. 따라서, LCD패널로부터 영상처리보드로 전해지는 피

드백이 없게 되어, 피드백에 의한 영상처리보드의 반응도 없게 되는 것이다. 게다가, LCD 패널의 중요한 특성은 일단 패널이 TV 세트에 조립되면 다시는 바꿀 수 없다. 예를 들어, LCD TV의 사용 수명을 늘리기 위해선 잔상 문제를 해결하여야 하며, TV의 색상 화질이 유지되는 것 또한 필수적이다. 하지만, 한 번 조립된 이후에는 잔상의 문제를 해결하기 위해 Vcom을 조정할 수 없게 된다. 이상적으로, 동일한 시간에 제작된 여러 TV 패널들은 화상의 색 차이가 있어서는 안 된다. 그러나, 패널의 감마 곡선은 동일하지 않기 때문에 대부분의 관측자는 색 차이를 감지한다. 패널 간 감마 곡선이 공정 편차에 의해 달라지는 것을 보정해줄 수 있는 수단이 필요하게 된다. 이 때문에 LCD 패널의 잔상 최소화와 감마 곡선의 효과적 제어를 위한 과정이 2장에서 설명된다.

본 고는 차세대 LCD TV 적용을 위한 새로운 아키텍처인 I-LCD를 제시한다. 이 새로운 아키텍처는 TV 영상처리보드와 LCD 패널 간의 정보교환을 가능하게 한다. 이를 통해 LCD 작동을 실시간으로 수정하고 개선하는 방법이 가능해 진다.

3장에서는 전통적인 구동 회로 아키텍처를 제시하고 잔상과 color consistency 문제를 극복하기 위한 새로운 아키텍처를 제안한다. 또한 4장에서는 자동 최적화 기술이 새로운 아키텍처의 한 중요한 적용분야로서 제안된다. 5장에서는 새로운 회로와 자동 최적화 시스템의 성능이 언급되며, 시스템의 총 조정 시간이 제시 된다. 덧붙여 새로운 아키텍처의 다른 곳에서의 적용 가능성도 검토된다.

그리고 마지막 6장에서는 결론이 제시 된다.

II. 잔상과 gamma 특성

박막 트랜지스터 LCD가 정지된 화상을 장시간에 걸쳐서 표시 할 때 정지한 화상이 제거되거나 새로운 이미지가 표시됨에도 불구하고 화상이 남아있어 잔상이 발생한다^[1]. 잔상효과를 일으키는 원인은 축적된 이온이 전기장을 형성하기 때문이라 널리 알려져 있다^[2]. 액정 셀이 DC 전하를 축적하는 것을 막기 위해서 액정 셀은 교류 전압에 의해 구동되어야 한다. 이 구동 기술이 잘 알려진 극성반전 구동이다. 극성반전구동에는 여러 가지 종류가 있다^[3]. 각각의 극성반전구동은 LCD화면에 flicker가 일어나도록 하는 고유한 flicker 패턴이 있다. Flicker 패턴 내의 밝은 화소 모두가 동일하게 양과 음 극성으로 프레임 별로 극성을 바꿀 때, 인간의 눈은 30Hz 주파수의 휘도 변화를 감지하게 되는 데 이것이 바로 flicker이다. 극성이 다른 화소의 휘도 차이는 축적된 DC 전하 혹은 두 극성의 전압 크기가 갖지 않아서 발생한다^[4]. DC 전하의 축적을 최소화 하기 위한 다양한 방법, 예를 들어 적절한 재료의 선택^[5], 박막 공정의 최적화^[6], low level 게이트 전압의 정밀한 조절^[7], 공통 전극 전압 (Vcom)의 조정^[8]과 같은 방법들이 논문으로 보고되었다. 이 방법들 중에서도, Vcom 조정이 전하의 축적을 막고 양과 음 전압이 균형을 이루도록 하는 가장 간단하고도 효율적인 방법이다. 잔상이 없어 높은 신뢰성을 지닌 LCD는 flicker level을 줄임으로써 만들어진다. 그러므로, Vcom의 조정은 뛰어난 신뢰성을 가지는 LCD를 제공하는데 아주 중요하다.

휘도 곡선 혹은 gamma 곡선은 다음의 지수 함수로 나타내지는 gamma 값을 사용하여 정의한다. $L = (D/255)^{\gamma} \cdot L_{max}$ 이때 L은 8비트 디지털 영상 신호 D가 표시되었을 때의 휘도이고, L_{max} 는 그 패널이 가지는 휘도의 최대값이다^[9]. 많은 연구자들이 디스플레이 가운데 발생하는 색 차이는 gamma 차이가 커지면 확연히 보인다고 보고하고 있다^{[10][14]}. Shimodaira는 허용되는 gamma 값의 차이는 기준 gamma 값이 2.5 일 때 -0.5에서 +0.5 사이임을 밝혔다^[10]. Soltic과 Chalmers는 gamma 값이 reference gamma에서 ± 0.1 보다

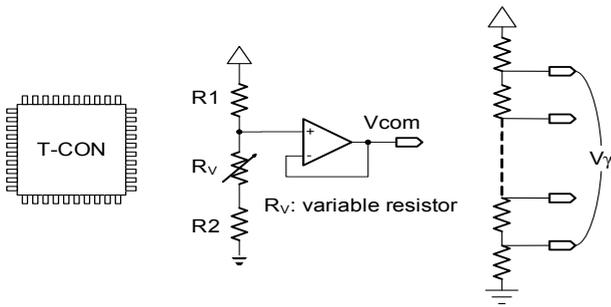
크게 차이가 날 때 색 차이가 보임을 밝혔다^[14]. LCD의 감마곡선은 액정 재료와, cell gap, 화소 구조, drive IC에 제공되는 감마기준전압 등에 영향을 받는다. 디지털 영상 정보는 비선형적으로 변환되어 휘도와 전압의 비선형성을 보상한다. Driver IC 내부의 감마 저항이 직렬로 연결되어 있는데 그 중 몇 개의 중요한 곳은 외부에서 생성하는 감마기준전압에 직접 연결되어 있다. 그러므로, LCD의 감마곡선을 제어하는 가장 간단한 방법은 감마기준전압을 조절하는 것이다. 따라서, LCD의 성능을 개선하기 위해서는 Vcom과 감마기준전압을 최적화 할 필요가 있다.

III. Intelligent LCD (I-LCD)

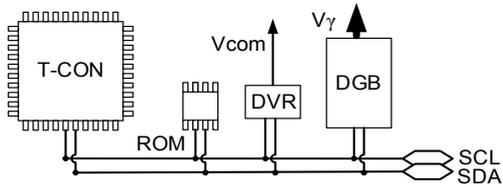
1. 아키텍처

전통적인 LCD의 회로 아키텍처 구동은 [그림 1] (a)에 제시하였다. timing controller (T-CON), Vcom 생성 회로, 그리고 gamma reference 전압 생성 회로로만 구성되어있다. T-CON은 구동회로에 제공되는 디지털 영상 정보를 처리하고 제어 신호를 생성한다. [그림 1] (a)에 표시된 가변저항 R_v 는 Vcom을 조절하기 위해서 사용된다. Vcom은 R_v 값을 수동으로 조절함으로써 맞춰진다. 감마 기준전압 각각은 직렬 연결된 저항으로 구성된 간단한 전압 분배 장치에 의해 결정된다. 일단 저항 값이 선택되면, LCD TV가 조립되는 중이나 조립된 이후에 감마전압을 변경할 수가 없다. T-CON, Vcom 회로와 gamma 회로를 포함한 전통적인 회로 사이에는 같은 기관 위에 실장됨에도 불구하고 서로 정보교환도 이루어지지 않는다. 결론적으로, TV로 조립된 LCD 패널의 Vcom과 감마 전압은 조정할 수 없게 된다.

전통적인 구동 회로 아키텍처를 대신하여 [그림 1] (b)와 같은 새로운 구동회로를 가지는 I-LCD를 제안한다. 모든 IC (integrated circuit)는 직렬디지털인터페이스를 가진다. 이 때문에 Vcom과 감마전압을 생성하는 아날로그 회로는 디지털 인터페이스에 맞게 변경되어야 한다. 이러한 목적으로 Digital variable resistor (DVR)과 digital gamma buffer (DGB) 회로가 개발되었다. 이로써 모든 IC가 서로 정보교환을 할 수 있게 된다. Vcom과 gamma 전압과 같



(a) Conventional architecture and circuits



DGB: digital gamma buffer, Vcom: voltage of common electrode
ROM: non-volatile memory, V γ : gamma reference voltages
DVR: digital variable resistor

(b) Proposed architecture and circuits

[그림 1] LCD TV panel을 위한 기존의 방법과 제안된 회로의 아키텍처의 비교

은 아날로그 전압은 디지털 인터페이스를 통해 제어될 수 있다. 그리고 최적화된 전압을 위한 디지털 정보는 비휘발성 메모리에 기록된다. 패널에 전원이 제공되면 항상 T-CON은 저장된 디지털 정보를 읽어 DVR 혹은 DGB로 전송한다.

새롭게 제안된 아키텍처인 I-LCD는 다음과 같은 장점이 있다. 첫 번째로 Vcom이 DVR의 변화를 통해 쉽게 바뀔 수 있다. 기존의 가변 저항을 이용한 방법은 기계적인 접촉을 통해 조정하므로 기계적인 접촉에 의한 불량일 수 있다. DVR을 이용한 방법은 기계적인 접촉이 없으므로 이러한 불량을 제거할 수 있게 된다. 두 번째로 I-LCD는 감마곡선을 아주 쉽게 변경할 수 있다. 전통적인 LCD 감마곡선의 조절은 전압 분배 장치의 저항을 교체하면 된다. 하지만 저항은 연속적인 모든 값이 존재하는 것이 아니라, 불연속적인 값만을 가지게 되므로 개개의 저항을 사용하여 최적의 감마곡선을 찾는 것은 매우 어려운 작업이다. 하지만, DGB를 사용하는 digital-to-analog 변환 (DACs)은 어떠한 전압도 생성할 수 있기 때문에 제한 없

이 쉽게 감마전압을 변경할 수 있다. 세로, 제안된 아키텍처는 LCD TV 시스템에 포함될 수 있다. LCD TV 시스템은 비디오 영상을 처리하는 고유의 영상보드를 갖는다. 이때, LCD TV가 완전히 조립된 이후라도 디지털 인터페이스가 확장되어 LCD 패널에 연결된다면, LCD의 많은 요소들이 분해 없이 변경될 수 있다. 네 번째로 새로운 값이 포함된 IC가 디지털 인터페이스를 지원하기만 한다면 쉽게 연결될 수 있다. 그러므로 I-LCD 아키텍처는 유동성 있고 다양한 LCD의 잠재된 특성을 제공할 수 있다.

2. I-LCD를 위한 새로운 회로

DVR은 디지털 세팅 값에 따라 빼는 전류를 조절하는 혼성신호 IC이다^[15]. DVR은 7-bit digital-to-analog 변환기 (DAC)를 가진다. 빼는 전류는 DAC를 통해 변환된 전압 값에 비례한다. DVR은 [그림 2] (a)와 같이 빼는 전류를 높임으로써 Vcom을 낮출 수 있다.

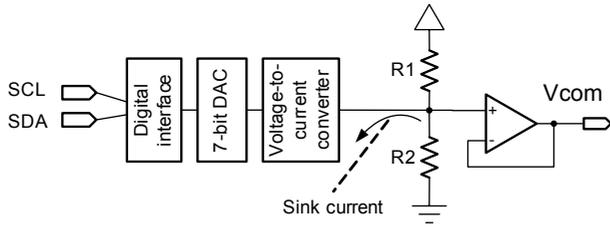
[그림 2] (b)는 14개의 프로그램 가능한 채널 (POCH1 - Poch14)을 포함해 18개의 기준전압 출력단을 가지는 DGB를 보여준다. 각각의 채널은 8-bit 해상도를 가진다. 8-bit의 디지털 값들은 레지스터에 저장된다. 이 값들은 선형 DAC를 통해 아날로그 전압으로 변환된다. 그러므로 여기에는 두 개의 극성 당 각각 7개의 프로그램 가능한 reference 출력 혹은 tap point가 존재한다. 감마곡선은 액정에 인가된 전압 (V)과 액정의 투과도 (T) 관계에 따라 변한다. 그러므로 실제적인 감마곡선은 목표 값에서 차이가 있을 수 있다.

IV. I-LCD의 자동 최적화 기술

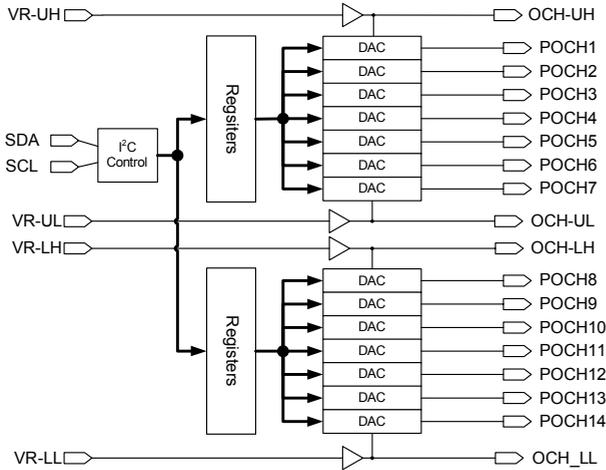
이전에 언급된 것처럼, Vcom과 감마전압을 최적 값으로 맞추게 되면 패널과 패널 사이의 색상 차이 없이 신뢰성 있는 LCD 동작을 보장한다. Vcom과 감마전압의 자동 최적화 기술이 아래에 제시된다.

1. Vcom의 자동 최적화

[그림 3]은 DVR 값에 따라 40인치 panel의 5개 지점에서 측정된 flicker level을 보여준다. Flicker level은 중앙



(a) DVR (digital variable resistor)

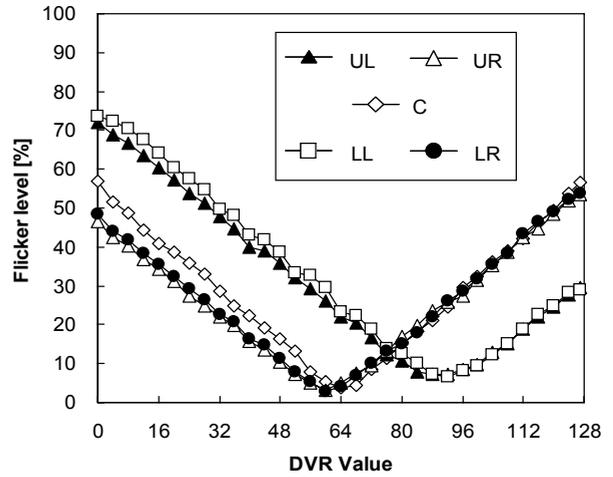


(b) DGB (digital gamma buffer)

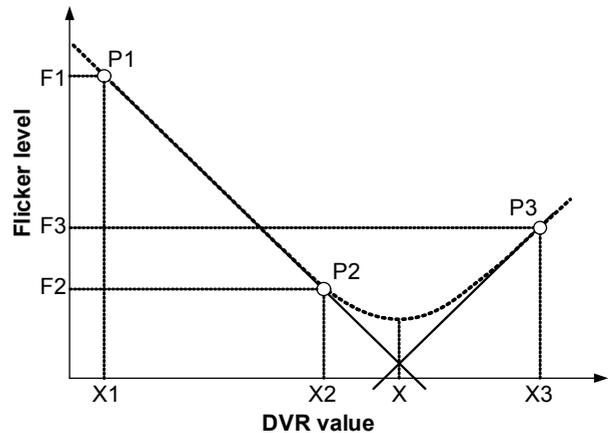
[그림 2] I-LCD를 위해 새롭게 개발된 회로 Digital variable resistor (DVR)과 digital gamma buffer (DGB)이 Vcom과 감마전압을 각각 조절한다.

과 네 모서리에서 측정되었다. Flicker level은 [그림 3]에서 보여지듯이 곡선의 최소값이 있는 곳(X)의 수직 선에 대해 대칭적이다.

[그림 4]에서는 X1, X2 그리고 X3에서 flicker level을 측정하는 F1, F2 그리고 F3의 세 점 측정법이 제시되었다. P1 (X1, F1)과 P2 (X2, F2)를 교차하는 직선의 기울기 S12, P2 (X2, F2)와 P3 (X3, F3)를 교차하는 직선의 기울기 S23를 쉽게 계산할 수 있다. 두 기울기의 절대값 중 큰 것을 사용하면 flicker level의 최소점 위치가 어디에 있는지 최적화 지점을 쉽게 계산 할 수 있다. [그림 4]의 F1이 가장 높은 flicker level이라고 가정하자. 그러면 남아있는 P3 (X3, F3)에 교차하는 직선 기울기의 절대값은 S12와 같아야 한다. 왜냐하면 S12과 S23중 큰 값을 사용 하여야 하며, S12는 S23보다 더 가파르기 때문이다. 이로



[그림 3] 40 인치 panel 상의 5개 지점에서 DVR 값 조절에 따른 잔상 레벨 변화 곡선(상단의 좌우, 가운데, 하단의 좌우)



[그림 4] Vcom을 최적화하기 위한 세 점 측정 알고리즘의 방법적인 도표

써 P1과 P2를 지나는 직선과 P3를 기울기 -S12로 지나는 직선 두 개의 직선 방정식을 구할 수 있다. 두 직선의 교점을 직선방정식들을 통하여 구할 수 있다. [그림 4]에서 확인 할 수 있듯이 교점의 X성분 값이 DVR의 최적 값이다. 이 방법을 통해 Vcom의 최적 값을 아주 짧은 시간에 구할 수가 있다. 세 점 측정법을 사용하면 큰 LCD panel 상의 다섯 지점에서 측정된 5개의 최적 값을 쉽게 결정할 수 있다. 실험을 통해 다섯 개의 X성분 값의 평균은 허용 가능한 flicker가 발생하는 Vcom 범위 안에 위치

함이 확인 되었다. 이 지점에서는 flicker level이 최소의 평균값과 최저의 표준 편차를 나타낸다. 그러므로, 세 점 측정법은 LCD 패널의 크기에 관계없이 활용될 수 있다.

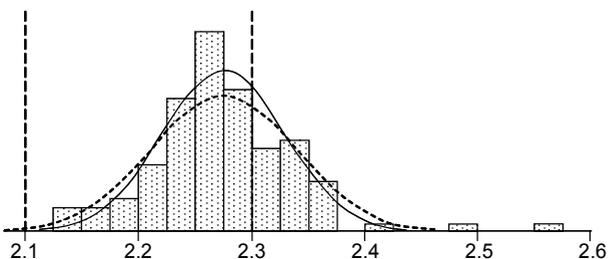
2. Gamma의 자동 최적화 기술

[그림 5]는 대량생산된 모델이 가지는 감마 값의 전형적인 분포를 보여준다. LCD 패널의 목표 감마 값은 2.2이다. 하지만 분포의 중앙 값은 이보다 높은 값에 치우쳐 있다. [그림 5]는 0.1 이상의 gamma 값의 차이를 보여준다. 이는 이 LCD 패널을 사용하여 표시한 컬러 영상은 서로 다르게 보임을 뜻한다. 따라서, 패널 간의 색 차이를 제거하기 위해서 감마 분포를 줄일 필요가 있다.

아주 짧은 범위 내에서 휘도는 인가된 기준 전압에 비례한다고 가정할 수 있다. 왜냐하면 DGB 내부에는 선형 DAC를 사용하고, 인가된 전압은 디지털 값에 비례하기 때문이다. 목표된 감마곡선을 만족시키기 위한 tap point의 최적 디지털 값을 찾기 위해 Linear scan method (LSM)를 제안 한다. 각각의 tap point에서는 휘도와 디지털 감마 데이터가 선형적인 관계를 가짐을 가정했다. 서로 다른 디지털 값 D_1 과 D_2 에 따른 휘도 L_1 과 L_2 를 측정한다면 첫 번째 예상되는 직선 *1위의 디지털 값 D_3 는 식 (1)을 통해 얻을 수 있다.

$$D_3 = \frac{(L_T - L_1)(D_2 - D_1)}{L_2 - L_1} + D_1 \quad \text{식 (1)}$$

목표한 휘도, L_T 는 목표한 감마가 주어지면 계산 할 수 있다. 일차 선형 근사를 통해 구해진 D_3 는 [그림 6]에서와 같은 L-V (직선 *2) 곡선의 비선형성 때문에 최적 값 D_T 와 정확히 같지는 않을 수 있다. D_3 가 LCD 패널에 인가



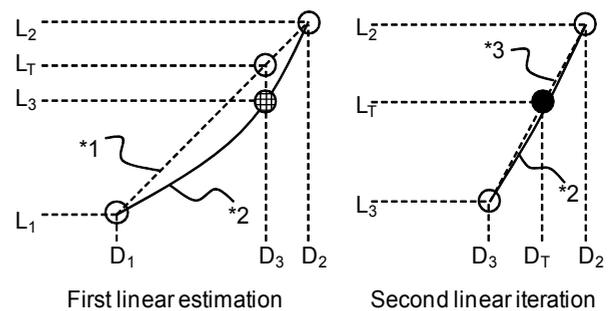
[그림 5] 전형적인 LCD 패널의 감마 분포

[표 1] 오차 분석

Number of samples	Interpolation equation		
	1 st order	2 nd order	3 rd order
12	1.82	1.28	0.75
17	1.47	0.95	0.61
23	0.77	0.51	0.44
27	0.65	0.42	0.43
33	0.44	0.26	0.20

되면 L_T 가 아닌 실제의 휘도 L_3 가 측정된다. 정확하게 들어 맞는 최적의 값 D_T 는 [그림 6]의 직선 *3에 추가적인 반복을 함으로써 구할 수 있다. 만약 감마 분포가 1보다 작다면, 예로써 [그림 5]에서처럼 목표 gamma 가 2.2였을 경우 $1.7 < \text{gamma} < 2.7$, 감마기준전압을 조절하기 위해 LSM을 사용하는 것은 효과적이다. 각각의 tap point에 대한 최적의 디지털 감마 값은 최대 네 번의 측정을 통해 구할 수 있다.

당연히, 반복 적용의 수를 줄이기 위해서 높은 차수의 다항식을 근사에 사용할 수 있다. 그러나 고차의 등식은 더 많은 표본을 필요로 하기 때문에 측정 수가 증가한다. 그러므로 짧은 측정 시간이 LSM의 장점이라 할 수 있다. 그러나 감마 분포가 1보다 크거나 2개의 감마가 요구되는 high-end TV 적용을 위해 개발된 S-PVA (super patterned-vertical alignment)^[16]와 같은 경우에는 LSM의 적용으로 얻은 결과가 만족스럽지 못하다. 이런 경우에는 더 효과적인 보간법 (interpolation method)이 필수적이다.



*1: 예측된 첫 번째 직선, *2: 실제의 휘도-전압 곡선, *3: 예측된 두 번째 직선.

[그림 6] Linear Scan Method (LSM)의 방법적인 도표.

LCD 패널의 전압-투과도 (V-T) 곡선은 인가된 전압과 투과도 사이의 관계를 기술한다. V-T 곡선이 측정되면, 감마곡선을 얻을 수 있다. V-T 곡선의 측정은 모든 전압 값에 대한 휘도 값의 측정이 필요하므로 시간이 오래 소요된다. 8-bit 디지털 gamma buffer의 경우에는 256 번의 측정이 필요하다. 액정의 늦은 응답속도 때문에 액정이 측정되기 전 충분히 자리 잡기까지 기다린 후 하나의 데이터를 획득하는데 적어도 150ms의 시간이 필요하다. 따라서 하나의 V-T 곡선을 얻기 위해 40초의 시간이 필요하다. 공정 라인에서 생산 시간을 고려할 때 각각의 전압 값에 대하여 휘도를 측정하는 것은 시간이 너무 오래 소요된다. 따라서 최소한의 표본을 통해 V-T 곡선을 얻는 보간법 (interpolation method)을 제안한다. LSM과 비교하여 보간법 (interpolation method)은 S-PVA에 적용하였을 때 아주 효과적이다.

[그림 7]은 제안된 V-T 곡선 보간법 (interpolation method)에 대한 개념을 보여준다. 보간 간격은 V-T 곡선의 순간 기울기에 따라 할당되었다. V-T 곡선은 어두운 휘도 영역에서 더 급격히 변한다. 결과적으로 낮은 휘도 영역은 실제 곡선과 일치하기 위해 밝은 휘도 영역 보다 더 많은 표본을 필요로 한다. 실험적으로, 112보다 낮은 계조에서 더 많은 표본이 필요함이 발견되었다. 표본의 수를 결정하는 것과 보간법에 필요한 다항식의 차수를 결정하는 것이 중요하다. 실제와의 차이 정도를 평가하기

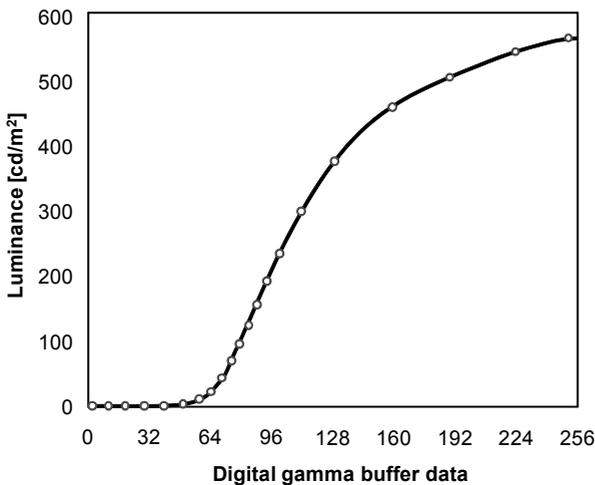


그림 7 보간법(interpolation)의 개념

위한 오차율은 아래와 같다.

$$error\ factor = \frac{\sum_{n=0}^{255} \sqrt{(L_{Meas}(n) - L_{Calc}(n))^2}}{256} \quad \text{식 (2)}$$

이 오차율은 $L_{Meas}(n)$ 과 $L_{Clac}(n)$ 차를 제곱 평균한 합이다. 이때 n 과 $L_{Meas}(n)$, $L_{Clac}(n)$ 은 각각 DGB의 디지털 데이터, 측정된 휘도, 보간법을 사용해 계산된 휘도를 나타낸다. 이 오차율을 통해 보간법의 효과성을 평가하였다. [표 1]은 표본의 수에 따른 실험적 오차율 결과를 보여준다. 허용 가능한 감마 편차 수준은 최적의 조건을 찾기 위하여 필수적으로 알아야 한다. 오차율이 0.42 일 때 gamma의 분포가 ± 0.05 이하를 보임을 확인 할 수 있었다. 표본의 수는 측정에 소요되는 총 시간에 비례한다. 측정의 수를 줄이면서도 복잡성을 피하기 위해 2차 다항식을 보간법에 사용하고 27개의 표본을 측정하였다.

V. 결과와 검토

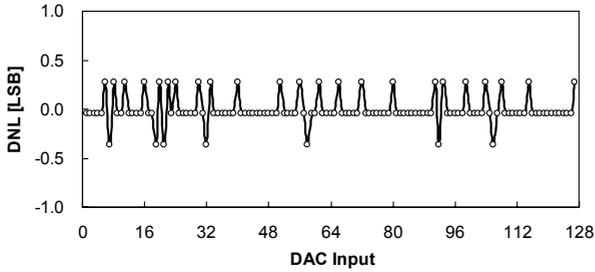
1. 회로 성능과 자동 최적화 결과

[그림 8]은 DVR을 구성하는 7-bit DAC의 비선형적인 측정된 데이터를 보여준다. [그림 8]은 7-bit DAC의 differential과 integral nonlinearity가 ± 0.5 LSB이하임을 보여준다.

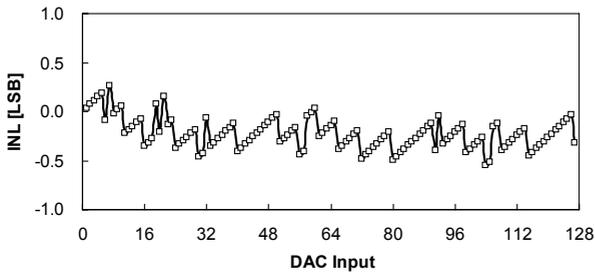
[그림 9]는 DGB를 구성하는 8-bit DAC의 비선형적인 측정된 데이터를 보여준다. 8-bit의 DAC는 DVR의 DAC가 보이는 결과보다 더 선형적인 성질을 보인다. 작은 전압의 변화라도 gamma 값의 큰 변화를 야기할 수 있기 때문에, DVR과 DGB안에 있는 DAC는 더 정밀한 설계를 필요로 한다.

[그림 10]은 LCD 패널에 있는 DVR과 DGB를 통한 Vcom과 감마전압의 최적값 결정에 쓰이는 장치의 개념적인 도표를 보여준다. 대면적의 LCD 패널의 측정을 위해서는 다섯 개의 광 센서가 쓰인다. 그러나 만약 패널의 크기가 충분히 작다면, 중심에 위치시킨 하나의 센서를 통한 측정으로도 충분하다. Minolta 사의 CA-210 색 분석기나 간단한 광 다이오드를 광 센서로 사용할 수 있다. CA-210은 RS-232 혹은 USB (universal serial bus) 와 같

은 직렬 통신 인터페이스와 main controller가 필요하다. 광 다이오드는 데이터 획득 보드가 필요하다. Vcom을 최

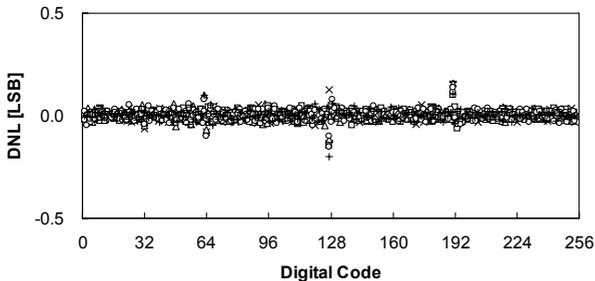


(a) Differential nonlinearity (DNL) of DVR

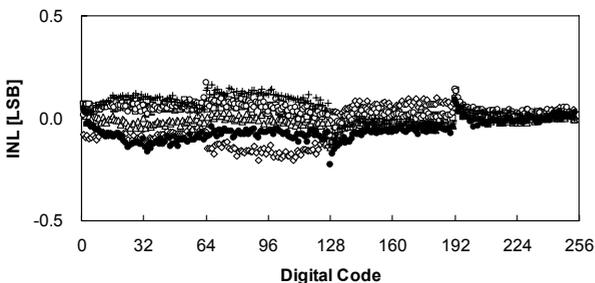


(b) Integral nonlinearity (INL) of DVR

[그림 8] DVR에서 digital-to-analog 변환의 비선형성

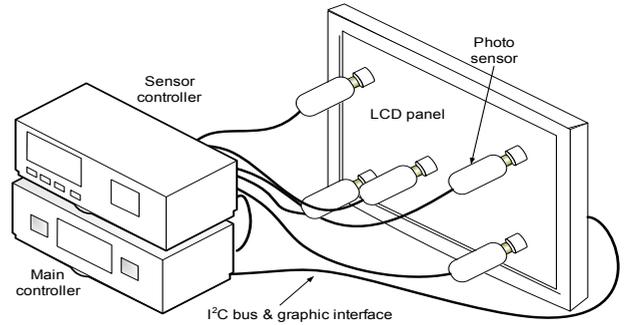


(a) Differential nonlinearity (DNL) of DGB



(b) Integral nonlinearity (INL) of DGB

[그림 9] DGB에서 digital-to-analog 변환의 비선형성



[그림 10] 자동적인 최적화 시스템의 방법적인 도표

적화 하기 위하여 main controller는 LCD 화면 위의 다양한 지점의 flicker level을 모아 LCD 패널의 반전 구동 방식에 따른 flicker 패턴을 만들어낸다. 감마 전압을 최적화 하기 위하여 main controller는 LCD 화면 중심의 휘도 정보를 모아 tap point 별 계조 곡선을 만든다.

자동적인 최적화 시스템을 통한 Vcom의 조정에 걸리는 시간이 0.35초이다. 반면에 Vcom을 수동으로 조정한다면 그 시간은 3초 이상이 걸린다. [표 2]는 각 방법에 대한 Vcom 조정 시간과 gamma 설정 시간을 요약 한 것이다. 위에서 언급 된 것과 같이 한 번의 측정은 150ms가 소요된다. 가장 긴 시간이 걸리는 경우에, LSM 방식으로 PVA 패널을 설정에는 28번의 측정이 필요하다. S-PVA의 경우 두 개의 각기 다른 감마곡선을 설정하려면 56번의 측정이 필요하다. 반면 제안된 보간법의 경우에는 하나의 V-T 곡선만을 필요로 하고, PVA와 S-PVA의 감마 설정에는 [표 2]에서 나타나는 대략적으로 같은 시간이 소요된다. Gamma 조정 시간은 다중 광 센서를 사용할 경우 더 줄일 수 있다.

2. i-LCD의 추가적인 적용

i-LCD를 이용한 다양한 적용사례를 제시한다. 이미지의 대비 증가 기술과 센서의 도움을 받은 적용 예를 논하겠다.

[표 2] Tuning time의 실험 결과값

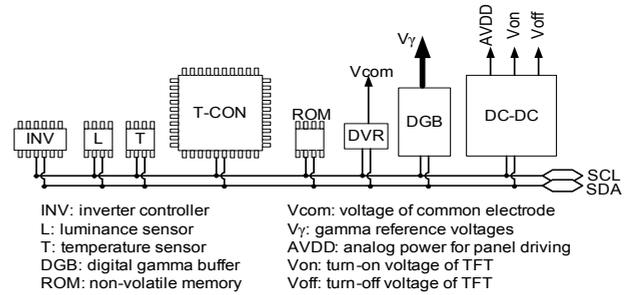
Vcom	~ 0.35 s		
	panel	LSM	Interpolation
Gamma	PVA (one-gamma)	< 4 s	< 4 s
	S-PVA (two-gamma)	< 8 s	< 5 s

Vouri 연구팀은 낮은 감마 값을 가지는 어두운 화상이 높은 감마 값을 가지는 어두운 화상보다 더 나아 보임을 보고했다. 또한 높은 감마 값을 가지는 밝은 이미지가 낮은 감마 값을 가지는 밝은 이미지보다 더 나아 보임을 밝혔다^[17]. 이 때문에, LCD의 감마 곡선을 화상이 포함된 색의 정보에 따라 변화시킬 수 있다면 디스플레이에 표시된 이미지를 더 잘 인지할 수 있을 것이다. 이것은 T-CON이 화상에 포함된 색 정보를 감시하고 최적의 디지털감마값을 직렬 디지털 인터페이스를 통하여 DGB로 보내기 때문에 쉽게 적용되어 왔다^[18]. 이런 방식으로, TV 보드는 interface를 통하여 직접 감마 곡선을 변경할 수 있고, 이를 통해 화상의 질을 개선할 수 있다.

[그림 11]은 I-LCD에 여러 IC들을 연결한 예를 보여준다. 추가적으로 부착된 장치는 휘도 센서, 온도 센서, 그리고 인버터 제어장치이다. 모든 IC는 디지털 인터페이스를 통하여 연결 되어있다.

온도는 LCD의 동작에 영향을 준다. 예를 들어, 응답속도는 온도에 대하여 변한다. T-CON이 온도 센서에서 읽혀진 온도 정보를 인터페이스를 통해 전달 받으면 T-CON은 overdrive look-up-table 값을 변경하여 LCD의 응답속도를 최적화 한다. 온도에 의존하는 응답속도 보상은 LCD TV가 실내, 실외, 따뜻한 혹은 차가운 곳과 같은 다양한 환경에서 동작할 수 있도록 하므로 아주 유용하다. 그러므로 온도 센서의 도움을 통해 I-LCD는 능동적으로 온도 영향을 보상할 수 있다.

휘도는 색 차이를 일으키는 주요한 요인이다. 비록 두 panel의 gamma 곡선이 일치하더라도, 흰색의 휘도가 다르다면 두 panel에서 표시되는 이미지가 달라 보일 수 있다. 만약 흰색의 휘도를 변동이 없이 동일하게 할 수 있다면 완벽하게 일정한 색을 가지는 LCD TV panel이 가능하게 된다. 이를 back-light-unit (BLU) 휘도를 감지하고 BLU로 흐르는 전류를 제어 함으로써 실현할 수 있다. 만약 LCD panel에 휘도 센서를 부착할 수 있다면, 주변부의 밝기를 감지하는데 사용할 수 있다. 따라서 BLU의 밝기는 주변 환경 조건에 따라서 조절될 수 있다. 이것은 밤에 TV를 볼 때 유용하다. LCD TV는 Plasma TV보다 밝다. 만약 TV가 너무 밝다면, 밤에 TV를 볼 때 더 많은



[그림 11] 차세대 적용을 위한 확장된 I-LCD architecture의 개념적인 도표

피로감을 느끼게 된다. 그러므로 LCD 부착되어 I-LCD의 아키텍처를 사용하는 광 센서는 소비자들에게 추가적인 비용 없이 더 가치 있는 TV를 제공할 수 있게 한다.

VI. 결 론

본 논문에서, 차세대 LCD TV system을 위한 새로운 architecture인 I-LCD를 제안하였다. 본 고에서는 높은 품질의 LCD TV를 위한 두 가지 중요한 요소로 잔상 문제와 color consistency에 초점을 두었다. LCD TV가 Color-consistent하고 잔상 문제가 없도록 하기 위해서, 감마기준전압과 Vcom을 생성하는 새로운 회로를 I-LCD에 필수적인 직렬 디지털 인터페이스와 함께 제안했다. 자동적인 최적화 기술이 제안 되었고 실험을 통해 증명되었다. 자동적인 최적화 기술은 더욱 효율적이기 때문에, 향상된 효율은 패널 제조사들이 이 새로운 기술을 제조 공정 라인에 채택할 것이다. 이는 LCD TV 패널생산업체가 TV system 생산 업체에 자신의 제품이 높은 품질의 화상을 보여 줄 것임을 확신하고 LCD 패널을 공급할 수 있음을 의미한다. 결과적으로 LCD TV 생산업체는 소비자에게 고 품질의 TV를 공급할 수 있게 된다. 이 같은 자동적인 조절에 더해서 I-LCD가 적용되는 곳이 더 있다.

가까운 미래에 리모컨을 이용하여 TV system내에 존재하는 LCD 패널의 다양한 feature를 조절할 수 있을 것이다. 이는 LCD 패널과 TV Board의 정보교환을 가능하게 하는 I-LCD의 유동성과 발전된 기능을 통해 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] S. V. Thomsen, A. Abileah, Y. Byun, and P. Weindorf, "AMLCD image retention issues for avionics applications," *Proc. SPIE Conf. on Cockpit Displays V*, pp. 189-197, 1998.
- [2] K. Neyts, S. Vermael, C. Desimpel, G. Stojmenovik, A. R. M. Verschueren, D. K. G. de Boer, D. K. G. de Boer, R. Snijker, P. Machiels, and A. van Brandenburg, "Lateral ion transport in nematic liquid-crystal devices," *Journal of Applied Physics*, vol. 94, no. 6, pp. 3891-3896, 2003.
- [3] R. I. McCartney, "LCD-TV electronics," *SID Seminar Lecture Notes*, M-12, 2006.
- [4] H. J. Park, Luc. Lai, S. H. Lin, and K. H. Yang, "Analysis of IPS mura, image-sticking and flicker caused by internal DC effects," *SID Symposium Digest*, pp. 204-207, 2003.
- [5] K. Tsutsui, T. Sakai, K. Goto, K. Sawahata, M. Ishikawa, and H. Fukuro, "An image sticking-free novel alignment material for IPS-LCD," *SID Symposium Digest*, pp. 1166-1169, 2003.
- [6] Y. Tanaka, Y. Goto, and Y. Iimura, "Reduction of DC offset voltage of HAN-LCDs," *IDRC '98 Digest*, 33-1 (paper number), 1998.
- [7] M. S. Son, K. H. Yoo, and J. Jang, "Electrical simulation of the flicker in poly-Si TFT-LCD pixels for the large-area and high-quality TFT-LCD development and manufacturing," *Solid-State Electronics*, vol. 48, no. 12, pp. 2307-2313, 2004.
- [8] h. C. hyang, P. W. Cheng, and H. S. Kwok, "Characterization and minimization of flicker in silicon light valves," *Journal of Applied Physics*, vol. 89, no. 2, pp. 831-837, 2001.
- [9] N. Katoh, T. Deguchi, and R. S. Berns, "An accurate characterization of CRT monitor (I) Verifications of past studies and clarifications of gamma," *Opt. Rev.*, vol. 8, no. 5, pp. 305-314, 2001.
- [10] Y. Shimodaira, T. Muraoka, S. Mizushina, H. Washio, Y. Yamane, and K. Awane, "Acceptable limits of gamma for a TFT-liquid crystal display on subjective evaluation of picture quality," *IEEE Trans on Consumer Electronics*, vol. 41, no. 3, pp. 550-554, August 1995.
- [11] P. Bodrogi, B. Sinka, A. Borbely, N. Geiger, J. Schanda, "On the use of the sRGB colour space: the 'Gamma' problem," *Displays*, vol. 23, No. 4, pp. 165-170, 2002.
- [12] S. Soltic, A. N. Chalmers, R. Jammalamadaka, "Application of the CIECAM02 colour appearance model to predict the effect of gamma on the colour viewd on CRT monitors," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 19, no. 10, pp. 1029-1045, 2004.
- [13] M. Takaya, T. Wakebe, and Y. Shimodaira, "Color reproduction method to reduce color difference caused by device drift, imperfect additivity and color tracking," *Proc. of Int. Displays Workshop*, pp. 1813-1816, 2005.
- [14] S. Soltic and A. N. Chalmers, "Modeling the effects of gamma on the colors displayed on cathode ray tube monitors," *J. of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 4, pp. 688-700, 2004.
- [15] S. -W. Lee, "Common voltage control technology for highly reliable active matrix liquid crystal displays," *Optical Engineering*, accepted for publication.
- [16] S. S. Kim, "The world's largest (82-in.) TFT-LCD," *SID Symposium Digest*, pp. 1842-1847, 2005.
- [17] T. Vuori, K. Björknäs, J. Oja, and M. Lamberg, "Image Adjustment with the Tone Rendering Curve," *SID Symposium Digest*, pp. 334-337, 2004.
- [18] S. -W. Lee, "Contrast enhancement in liquid crystal displays by adaptive modification of analog gamma reference voltages," *IEICE Trans. On Electron.*, vol. E90-C, no. 11, pp. 2083-2087, 2007.

저 자 약 력

이 승 우



- 1993년 : KAIST 전기및전자공학과 공학사
- 1995년 : KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 2000년 : KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 2000년 2월~2006년 6월 : 삼성전자 LCD 총괄 책임연구원
- 2006년 3월~현재 : 경희대학교 정보디스플레이학과 조교수