

논문 2011-48SP-4-5

# Image에 따른 효과적인 LCD 백라이트 Block 단위 Nonideality 및 Cross-talk Compensation

( Efficient Image Specific Block Based LCD Backlight Nonideality and  
Cross-talk Compensation )

한 원 진\*, 유 재 희\*\*

( WonJin Han and JaeHee You )

## 요 약

Backlight Profile과 Image Pixel의 Homogeneity 분석을 통한 Block 단위 LCD Backlight Nonideality 및 Crosstalk Compensation 방안이 제안되었다. Image에 따라 Block Size 및 연산에서 제외되는 Block 범위 그리고 연산에 고려되는 Backlight 범위를 최적화하여, 화질을 유지하면서 연산량을 최소화시켰다. 실제 영상을 바탕으로 하는 Simulation을 통해 제안된 Compensation 연산량과 화질이 평가되었다.

## Abstract

Block based LCD backlight nonideality and crosstalk compensation methodologies are proposed based on the analysis of backlight profiles and image pixel homogeneity. Large computation complexity required in the conventional compensations is minimized without the degradation of image qualities by optimizing image block size, image area inside the block to be excluded from the compensation computation and the required backlight range to be computed. The optimization results of computation complexity as well as image qualities are verified for the proposed compensation by real image data simulations.

**Keywords :** LCD, Backlight, Crosstalk Compensation, Image Quality

## I. 서 론

LCD는 크게 액정 패널과 Backlight Unit으로 구성되어 있다. Backlight Unit은 빛을 균일하게 분산시키기 위한 LED Lens와 Diffuser가 포함되어 있으며, 빛을 액정 패널에 공급하고, 액정 패널은 빛의 투과율을 RGB Color Filter를 통해 조절하여 Image를 표현한다.

어두운 Image에서는 액정 패널이 빛을 완전히 차단하지 못하여 Light Leakage가 발생하게 되고, 이것은 화질에 큰 영향을 미치게 된다. 이를 개선하여 Image의 Contrast를 높이기 위해 Backlight Dimming<sup>[1]</sup>이 사용되며, 특히, Backlight을 여러 구역으로 나누어 별도로 조절하는 Block 단위 Dimming 방안에 의한 화질 향상 결과가 좋은 것으로 알려져 있다. Block 단위 Dimming에서 이상적인 Backlight Profile은 Backlight Block 내에서 일정한 밝기를 가지며, 주변 Backlight Block에 영향을 주지 않아야 하나, 실제적으로는 LED lens와 Diffuser의 영향으로 LED 주위로 갈수록 어두워지는 Nonideality 현상과 주변 Block으로 영향을 미치는 Cross-talk로 인하여, 화질 저하가 발생하게 된다.

Nonideality는 Backlight의 밝기가 Backlight Block 내에서 일정하지 않고 LED (Backlight Block의 중심)

\* 정회원, 명신테크

(Myong-Shin Tech.)

\*\* 정회원, 홍익대학교 전자전기공학부

(School of Electronic & Electrical Eng., Hongik University)

※ 이 연구(논문)는 지식경제부의 지식 경제 프론티어 기술 개발 사업인 차세대정보디스플레이기술개발사업단의 연구비(F0004060-2011-34)지원으로 수행되었습니다.

접수일자: 2010년7월30일, 수정완료일: 2011년6월15일

에서 거리가 멀어질수록 어두워져 발생하며, Cross-talk는 Backlight의 빛이 퍼지면서 주변의 다른 Backlight Block에 영향을 미치게 되는 것으로, 이러한 밝기의 변화는 화질에 영향을 미치므로 보정이 필요하다.

기존의 Nonideality와 Cross-talk Compensation 방안을 살펴보면, Backlight를 조절하여 Nonideality와 Cross-talk의 영향을 감소시키는 방안<sup>[1]</sup>과 Backlight 사이에 Isolator를 설치하여 Cross-talk가 발생하지 않도록 하는 방안<sup>[2]</sup>이 있다. Backlight의 조절은 밝은 Backlight 주변에서 Dimming이 제한되어 전력소비가 증가하게 되며, Isolator는 Cost가 높고 Nonideality에 대해서는 보정이 되지 않으며, Blocking Artifact가 발생할 가능성이 매우 높다. 또 다른 Compensation 방안으로 Image Data를 조절하여 Nonideality와 Cross-talk의 영향을 제거하는 방안<sup>[3]</sup>이 있는데, 이 방안은 앞의 두 방안에 비하여 화질이 좋으나 연산량이 많은 문제가 있다. 따라서, 화질을 유지하면서 연산량을 줄이기 위하여, 저자는 Block 단위 Compensation 방안을 제안한 바 있다<sup>[4]</sup>.

본 논문에서는, 최적의 Block 단위 Compensation을 수행하기 위하여, Backlight Profile과 Image Pixel의 Homogeneity에 따른 Nonideality와 Cross-talk의 영향을 분석하여, Compensation 연산량에 영향을 미치는 Compensation Block Size, 연산에서 제외 가능한 Compensation Block 범위, 고려되어야 하는 주변의 Backlight 범위를 최적화하는 방안이 소개된다. 연산량의 감소와 화질 유지 성능을 검증하기 위하여, Backlight Simulator가 소개되며, Block 단위 Compensation 방안의 연산량과 화질을 검증하였다.

II장에서는 Block 단위 Nonideality와 Cross-talk Compensation Block Size, 연산에서 제외되는 Block 범위, Backlight 연산범위 조절 방안을 설명 하였다. III장에서 Backlight Simulator의 구조 및 적용 방안에 대하여 설명하였다. IV장에서 Simulation을 통해 제안된 방안의 검증 결과가 설명된다.

## II. Block 단위 Backlight Nonideality와 Cross-talk Compensation

Nonideality와 Cross-talk Compensation 정도를 결정하는 변수는 Backlight 밝기와 Image Pixel 값이다<sup>[5]</sup>.

Fig. 1은 LED Lens와 Diffuser에 의한 Backlight

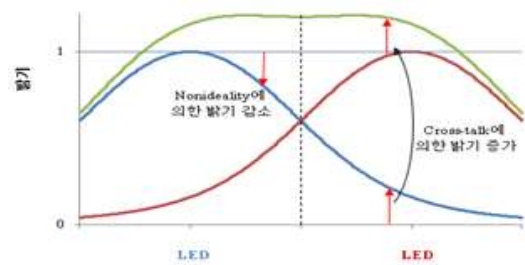


그림 1. LCD Backlight Profile  
Fig. 1. LCD Backlight Profile.

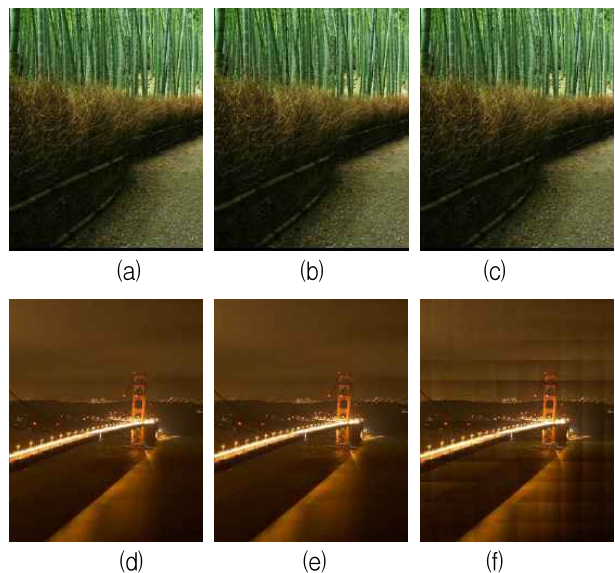


그림 2. Block 단위 Compensation.  
(a) Compensation Block 크기에 덜 민감한 Image (b) 6×6 Pixel Compensation Block (PSNR: 54dB) (c) 8×8 Pixel Compensation Block (PSNR: 53dB) (d) Compensation Block 크기에 민감한 Image (e) 6×6 Pixel Compensation Block (PSNR: 53dB) (f) 8×8 Pixel Compensation Block (PSNR: 47dB)

Fig. 2. Block Based Compensation.  
(a) An Image insensitive to Compensation Block Size (b) 6×6 Pixel Compensation Block (PSNR: 54dB) (c) 8×8 Pixel Compensation Block (PSNR: 53dB) (d) An Image sensitive to Compensation Block Size (e) 6×6 Pixel Compensation Block (PSNR: 53dB) (f) 8×8 Pixel Compensation Block (PSNR: 47dB)

Profile에서, 앞서 설명된 Backlight의 Nonideality와 Cross-talk의 영향이 Pixel 단위로 급속히 변하지 않는 것을 보여주고 있다. 따라서 근접한 Pixel 간의 Compensation 정도 역시 크게 달라지지 않으므로, Block 단위로 Compensation이 가능함을 알 수 있다.

Backlight의 밝기를 Block 단위로 연산함으로써 Nonideality와 Cross-talk Compensation 정도에 대한

연산량이 Block 크기의 역수로 감소할 수 있다. 특히, Cross-talk Compensation에서는 각 Pixel에 대하여, 주변의 모든 Backlight에서 부터 미치는 영향을 계산할 필요가 있어 연산량이 매우 많아 Block 단위 연산을 통해 큰 연산량 감소 효과를 볼 수 있다.

Compensation 연산에 있어서, Block의 크기가 클수록 연산량이 크게 감소되지만 Blocking Artifact에 의한 화질의 저하가 발생한다. Fig. 2(b), Fig. 2(e)는 각각 Fig. 2(a)와 Fig. 2(d)의 Image에 6×6 Pixel 크기의 Block 단위 Compensation을 적용한 것으로 Pixel 단위 Compensation에 비하여 연산량이 80% 감소되었으나 화질은 PSNR 53dB 이상을 유지하고 있다. Fig. 2(c), Fig. 2(f)는 각각 Fig. 2(a)와 Fig. 2(d)의 Image에 8×8 Pixel Block 단위 Compensation을 적용한 것으로 Fig. 2(c)는 화질이 유지되었으나 Fig. 2(e)에서는 47dB로 화질이 저하되어 Image에 따라 화질 유지가 가능한 Compensation Block size가 다르다는 것을 보여주고 있다. 따라서 Image에 따라 Compensation Block 크기를 최적화하여, 연산량을 최소화 하면서 화질을 유지 하는 것이 필요하다.

Fig. 3과 같이 하나의 Compensation Block에 여러 Backlight LED의 빛이 중첩되어 Cross-talk가 발생되므로, 실제 Backlight의 밝기를 구하기 위해서는 각각의 Block의 밝기에 영향을 미치는 모든 LED에 대하여 계산할 필요가 있다. 이에 따른 전체 연산량은 (1)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Backlight 밝기 연산의 연산량} \\ = \text{하나의 LED와 Block 연산} \times \text{LED개수} \times \text{Block개수} \end{aligned} \quad (1)$$

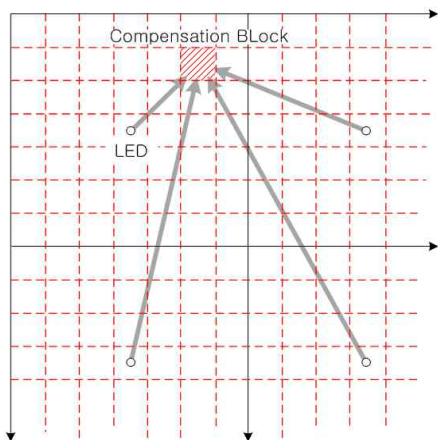


그림 3. Compensation Block에 미치는 각 LED의 영향  
Fig. 3. The Effects of LED's on a Compensation Block.

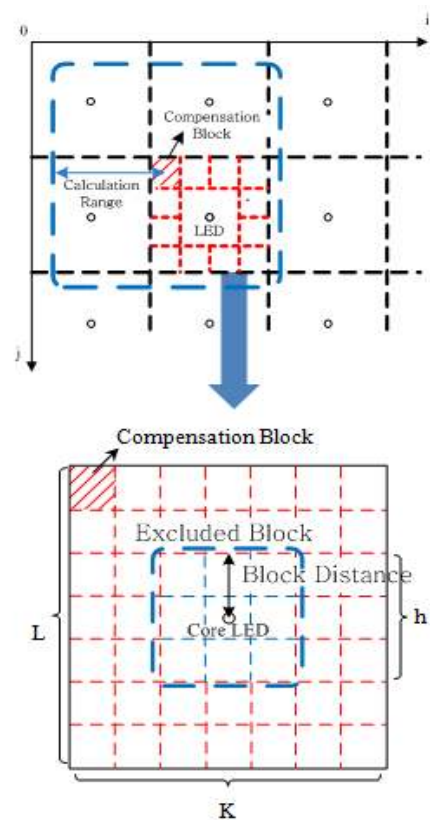


그림 4. Block 단위 Compensation 방안  
Fig. 4. Block Based Compensation Methods.

(1)에서와 같이 Compensation Block의 개수와 LED의 개수가 연산량에 큰 영향을 미치게 되므로, 이를 감소시키는 방안을 연구할 필요가 있다. 본 논문에서는, Block의 개수를 줄이는 방안으로 Block의 Size를 크게 하는 방안과 Fig. 4와 같이 Cross-talk 영향이 적은 일부 Block을 Compensation에서 제외하는 방안, 그리고 연산 대상 LED 개수를 줄이는 방안으로 Block으로부터 거리가 멀어 밝기에 큰 영향을 미치지 못하는 LED를 Compensation연산에서 제외하는 방안이 고려되었다.

보다 구체적으로, 위와 같은 여러 가지 방안 중 Cross-talk와 Nonideality Compensation에 적용 가능한 방안을 각각 구분하고, 전체 Image의 특성에 따라 각각 최적화시켜 Compensation의 연산량을 최소화 시키는 방안이 제안된다.

### 1. Homogeneity에 따른 Nonideality 및 Cross-talk Compensation Block Size

우선 Nonideality와 Cross-talk Compensation 양쪽 모두에 적용할 수 있는 방안이 소개된다. Backlight LED Block 내에서, Light Profile이 일정하지 않아. 발

생하는 Nonideality, Light Profile 서로간의 중첩에 의한 Cross-talk 모두 거리에 따른 Light Profile의 변화 정도가 동일하므로, Compensation Block Size도 동일하게 최적화 가능하다. 앞서 살펴본 바와 같이 Backlight Profile과 Image Data의 특성에 따라 Block Size를 조절하기 위하여, Image Pixel의 거리에 따른 균일 정도, 즉, Image Pixel Data의 Homogeneity 정도가 고려되었다. Homogeneity가 클수록 Backlight Profile과 Image Pixel의 변화가 적어지게 되어, Nonideality 및 Cross-talk에 있어서 Compensation 요구 정도가 비슷한 Pixel의 범위가 넓어지므로, 큰 Block Size의 적용이 가능하다.

(2)와 같이 Backlight Block과 Compensation Block의 크기 비를 Block Size Ratio로 정의 하고, Image에 따라 이를 조절하여 Compensation Block Size를 최적화한다. K와 L은 각각 하나의 Backlight Block을 Fig. 4에 나타낸 바와 같이, 가로, 세로로 몇 개의 Compensation Block으로 분할하는지를 나타낸다.

$$\text{Block size ratio} = \frac{\text{Compensation\_block\_size}}{\text{Backlight\_block\_size}} = \frac{1}{K \times L} \quad (2)$$

Backlight Profile의 변화가 적기 위해서는 Image의 밝기 변화가 적어야 한다. 즉, 밝은 Image는 어두운 부분과 밝기 차이가 크므로 큰 Block Size를 적용할 수 없으나, 어두운 Image는 밝기의 차이가 적어 Backlight Profile이 크게 변하지 않으므로 큰 Block Size를 적용할 수 있다. 따라서 Image의 RGB Pixel 값들의 전체합을 픽셀수로 나누어, 평균밝기를 나타내는 APL (Average Picture Level)을 통해 Block Size를 최적화할 수 있다. 또한, 앞서 설명된, Image의 pixel 값의 변화는 Image Slope로 나타낼 수 있는데 Image Slope란 두 Pixel간의 거리와 Pixel 값의 차이를 구한 값 (Image Slope = Pixel 값 차이/ Pixel 거리)으로 본 논문에서는 Pixel 값이 얼마나 급격히 변하는지 확인하는데 사용한다.

Image를 여러 Block으로 나누어 각 Block에서 Pixel 값 Slope들에 대한 평균을 계산하였다. 이에 따라 Block size ratio를 결정한다.

$$\text{Block size ratio} \approx c_1 \times \left(\frac{1}{\text{Image\_slope}}\right)^{a_1} \times \left(\frac{1}{\text{APL}}\right)^{b_1} \quad (3)$$

따라서 Nonideality와 Cross-talk Compensation에 있

어서, Block Size Ratio는 (3)과 같이 Image Slope와 APL에 의해서 최적화 되어 최적의 Compensation Block 크기를 구하여 연산량을 최소화 할 수 있다. 단 (3)은 최적의 Block size ratio를 결정하기 위한 Image 특성 변수들 간의 관계를 나타낸 것으로,  $a_1, b_1, c_1$ 은 후술되는 응용분야에 따른 허용 가능한 화질 저하 Tolerance에 의하여 결정 가능하다.

## 2. Cross-talk 영향에 따른 Compensation

Nonideality의 경우를 제외하고, Cross-talk Compensation에 있어 화질의 변화가 없으면서 연산과정에서 반드시 필요한 Block에 대하여서만 연산을 수행하는 방법을 통하여, 연산량을 최소화하는 방법이 소개된다. Backlight Block 중심에서는, 해당 Backlight LED의 영향이 커서 주변 Backlight에 의한 Cross-talk의 영향이 상대적으로 적어 무시 가능하고, 주변 Backlight가 어두운 경우에도 Cross-talk의 영향은 적어지게 된다. 이러한 경우 LED 근처의 Compensation Block은 연산에서 제외하여도 화질에 큰 영향을 미치지 않으면서 연산량을 감소시킬 수 있다. 이러한 연산에서 제외된 Block을 Excluded Block으로 정의 한다.

Compensation Block과 Backlight LED의 거리가 멀수록 Cross-talk의 영향은 적어지므로, 멀리 떨어진 Block에 대한 Compensation을 제외 가능하다. 연산에 포함되는 Block의 범위는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Calculation Range로 정의한다.

결론적으로 앞서 설명된, Block 단위 Nonideality 및 Cross-talk Compensation과 함께 다음에 설명되는, Excluded Block과 Calculation Range를 최적화하여 Cross-talk Compensation의 연산량을 감소시킬 수 있다.

### 가. Excluded Block Distance from LED

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Backlight Block의 중심 LED에서 Excluded Block까지의 거리를 Excluded Block Distance로 정의하여 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Block distance} = \frac{\text{제외되는 Block 수}}{\text{Compensation Block 수}} = \frac{gh}{KL} \quad (4)$$

어두운 Image에서는 Backlight의 빛이 멀리 퍼지지 않으므로 Cross-talk의 영향이 적어진다. 따라서, Image Pixel 값의 평균을 나타내는 APL 값을 통해 Image의



밝기를 확인하고 최적의 Block Distance를 결정할 수 있다. 또한, Image의 밝기 편차가 큰 경우 어두운 부분이 밝은 부분으로부터 받는 영향이 커지게 되어 Block Distance가 작아지게 되고, Pixel 값들의 변화가 적은 경우 Block Distance가 커지게 된다. 즉, Image Pixel 값의 변화를 나타내는 Image slope를 통해, 최적의 Block Distance를 구할 수 있다.

$$\text{Block distance} \approx c_2 \times \left(\frac{1}{\text{Image\_slope}}\right)^{a_2} \times \left(\frac{1}{\text{APL}}\right)^{b_2} \quad (5)$$

따라서 (5)와 같이 Image Slope와 APL에 의해서 최적의 Block Distance를 결정 할 수 있다.

#### 나. Neighborhood Backlight Block Calculation Range

Calculation Range는 Compensation Block을 중심으로, Compensation 연산에 고려되는 주변의 Backlight의 범위를 나타낸다.

$$\text{Calculation range} \approx c_3 \times (\text{Luminance})^{a_3} \times (\text{Image\_slope})^{b_3} \quad (6)$$

Calculation Range는 Cross-talk의 영향이 얼마나 멀리까지 나타나는가에 따라서 결정되며 영향이 나타나는 범위가 좁을수록 Calculation Range가 감소하여 연산량도 같이 감소한다. Excluded Block Distance에서, 설명한 바와 같이 어두운 Image에서는 Backlight의 빛이 멀리 퍼지지 않으므로 Cross-talk의 영향이 적어진다. 따라서 Luminance가 감소함에 따라 Calculation Range도 감소하여 연산량이 같이 감소된다. 또한, Image의 Pixel 값 측면에서도 Excluded Block Distance와 동일한 이유로 Image Slope 값에 따라 Calculation Range가 작아지게 된다.

앞서 설명된 방안들에서 Image 평균 밝기를 나타내기 위하여 APL이 사용되었다. 일반적으로 사용되는 Backlight가 단색 광원일 때를 가정하였으며, Backlight이 RGB 별도로 조절된다면 각 R, G, B 별도로 평균 밝기를 계산하여, 조절 가능하다.

지금까지 설명된 Block Size, Excluded Block Distance, Calculation Range를 응용 범위에 따라, 일반적인 이미지 데이터에 성립되는, 식 (3)~(6)의 a, b, c 값을 eye test 기반 검증을 통하여 최적화하여, 프레임 Image 데이터 단위로 적용하여, 화질을 유지하면서 연산량을 최소화 시킬 수 있다.

### 3. LCD Backlight Simulator

본 논문에서는 LCD Backlight Simulator를 위한 Matlab code를 작성하여, 앞서 설명된, Block 단위 Backlight Nonideality 및 Cross-talk Compensation에 의해 연산량이 최소화되는 결과를 실제 이미지를 바탕으로, 화질의 수치적인 평가를 통하여, 검증하였다. Simulator는 일반적인 LCD의 동작 및 Backlight LED Lens 및 Diffuser에 의한 Nonideality와 Backlight 간의 Cross-talk에 대한 정확한 Simulation이 수행 가능하다.

#### 가. Simulator 연산구조

Display Image는 Backlight의 밝기와 액정 Panel의 투과율의 중첩을 통하여 (7)과 같이 구해 질 수 있다. Simulator도 이에 따라 Fig. 5와 같이 Backlight의 밝기를 계산하는 Backlight Filter 부분, 액정 Panel의 투과율을 계산하는 Color Filter 부분으로 구성된다.

$$\text{Display Image} = \text{액정 Panel 투과율} \times \text{Backlight 밝기} \quad (7)$$

Fig. 5에 Simulator의 플로우 차트를 나타내었으며, Backlight Filter부분에는 Dimming등의 Backlight 밝기 제어 Algorithm을 적용 가능하며, 이에 따라 조절된 Backlight의 밝기를 계산한다. 이때 LED Lens와 Diffuser의 Light Profile에 따라 Nonideality 및 Cross-talk의 영향이 함께 계산된다. Color Filter부분에서는 Nonideality 및 Cross-talk Compensation을 고려하며, Image Data에 따라, 액정 Panel의 투과율을 조절

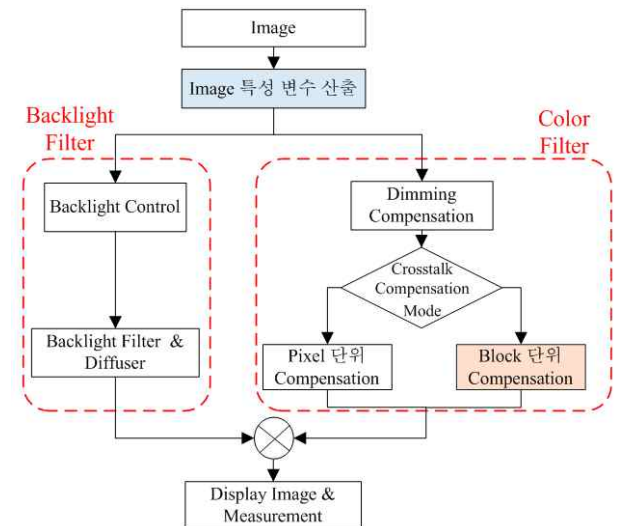


그림 5. Simulator 플로우 차트  
Fig. 5. Simulator Flow Chart.

한다. 최종적으로 Backlight Filter와 Color Filter의 중첩을 통해 출력 Display Image를 산출하고 Original Image와 비교하여 각종 화질 지표를 평가 한다.

(1) Backlight Profile

Backlight의 Nonideality와 Cross-talk를 정확히 계산하기 위해 Backlight의 밝기는 Backlight Profile에 따라서 계산된다. Backlight Profile은 Fig. 6과 같은 LED Lens와 Diffuser의 Light Profile에 따라 결정된다.

LED Lens의 Light Profile은 (8)의 Lorentz Profile<sup>[4]</sup>을 사용하였다. Lorentz Profile은 광원 LED와의 거리( $r_{ij}(m, n)$ )와 LED Lens의 특성( $\sigma$ )에 따라 빛이 확산되는 정도를 계산한다.

$$f_{Lorentz}(r_{ij}(m, n)) = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{r_{ij}(m, n)}{\sigma}\right)^2\right)^2} \quad (8)$$

Diffuser의 Light Profile은 Fig. 6(b)와 같은 형태이며, 빛이 퍼지는 범위는 LED Pitch에 따라서 비선형적으로 변화한다. 따라서 각 Pitch별 Diffuser Light Profile을 나타내는 LUT를 통하여, Diffuser에 의한 빛의 확산을 계산하였다. Backlight Filter는 LED Lens 및 Diffuser에 의해 확산된 Backlight 밝기를 나타낸다.

$$Backlight\ Filter(i_1, j_1) = \sum_{(i_2, j_2)\text{주변 LED Filter}} f_{Diffuser}(r_{i_1, j_1}(i_2, j_2)) \cdot LED(i_2, j_2) \quad (9)$$

(9)에서  $f_{Diffuser}(r_{i_1, j_1}(i_2, j_2))$ 는 Pixel( $i_1, j_1$ )의 밝기에 Backlight Filter( $i_2, j_2$ )가 기여하는 정도를 나타내고,  $r_{i_1, j_1}(i_2, j_2)$ 는 Pixel( $i_1, j_1$ )에서 Backlight Filter( $i_2, j_2$ )까지

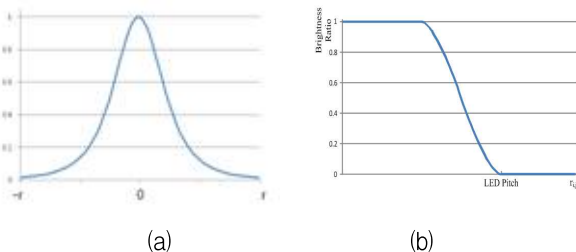


그림 6. Lens와 Diffuser의 Light Profile.  
(a) Lorentz LED Light Profile, (b) Diffuser Light Profile  
Fig. 6. Light Profile of Lens and Diffuser.  
(a) Lorentz LED Light Profile, (b) Diffuser Light Profile

의 거리를 나타낸다.

나. 화질 평가 지표

제안된 Nonideality와 Cross-talk Block 단위 Compensation에 의한 화질을 정확히 평가하기 위하여, PSNR, Distortion Measure, SSIM(Structural similarity), Boundary Discontinuity와 같은 화질 지표가 사용되었다. PSNR은 널리 사용되는, 화질 비교 지표로, 원본과 비교하여, Pixel 값에 있어서의 차이를 나타내고, Distortion Measure는 원본과의 연관성을 통해 Image의 왜곡 정도를 평가한다. SSIM은 Image에서 각 Pixel들 간의 밝기의 차이를 이용하여 Object의 Boundary를 찾고 두 Image간의 차이를 비교한다. Boundary Discontinuity는 Block 단위 연산에서 Blocking Artifact가 나타나는 정도를 평가하는 지표로서 각 Block 안에서의 평균 Image slope와 Block boundary에서의 Slope를 비교한다.

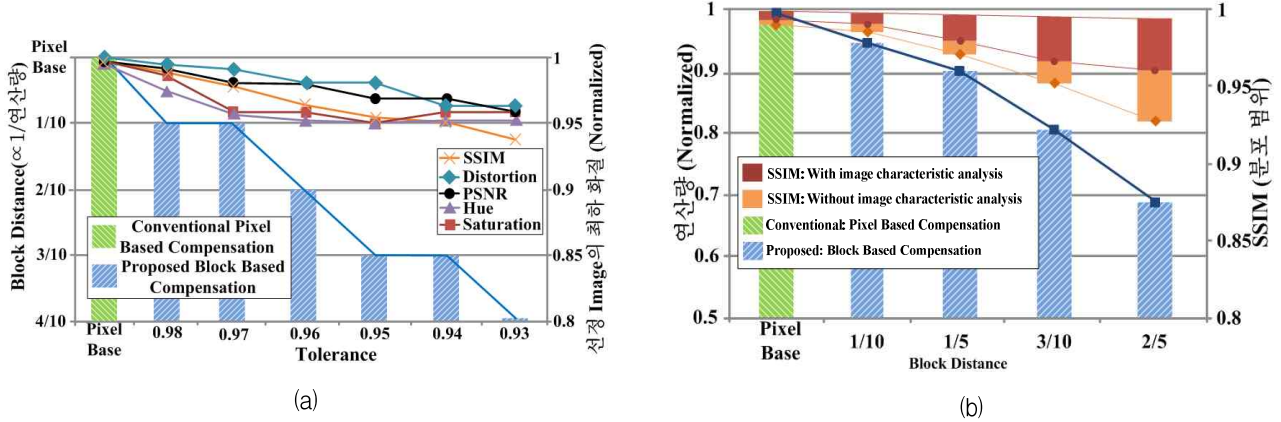
III. 실험 평가 결과

Table 1에 Simulation에 적용된 조건을 나타내었다. 30인치 Display Panel 크기에 Backlight로는 가로 28개, 세로 16개의 LED를 가정 하였으며, 그 외에는 일반적인 HD (High Definition) TV의 조건이 적용되었다.

Fig. 7은 Compensation Block Size를 Image Slope와 APL에 따라 조절한 결과에 대한 화질 평가와 실제 Image와 비교 결과를 보여주고 있다. 최고 화질 대비 허용될 수 있는 최저 화질을 Tolerance로 정의하고 이에 따라 가능한 최소 Block Size 등을 산출 하였다. Fig. 7(a)는 x축에 표현된 Tolerance에 따른 Block Size Ratio 및 이에 따른 Compensation 연산량을 나타내고

표 1. 시뮬레이션 조건  
Table 1. Simulation Conditions.

항목	Specifications
Panel Size (inch)	30
Number of LEDs	28×16×RGB
Brightness (cd/m <sup>2</sup> )	500
LCD Panel Grayscale	8 bit
LED Driving Grayscale	8 bit
Aspect Ratio	1920×1080
LED Pitch (mm)	24



(c)



(d)



(e)

그림 7. Compensation Block Size Simulation 결과

(a) Tolerance에 따른 연산량 및 화질 (b) Image 특성에 따른 Block 최적화 경우 화질 비교 (c) Original Image, (d) 제안 Block 단위 Compensation (e) 기존 Pixel 단위 Compensation

Fig. 7. Compensation Block Size Simulation Results.

(a) Computation Complexities and Image Qualities for various Tolerances (b) Comparisons of Image Qualities for Block Optimization according to Image Characteristic (c) Original Image (d) Proposed Block Based Compensation (e) Conventional Pixel Based Compensation

(왼쪽 y축 기준), 또한 각 경우의 여러 화질 지표를 상단부에 실선으로 나타내고 있다(오른쪽 y축 기준). 막대 그래프 중 왼쪽에 표시된 기존의 Pixel 단위 Compensation과 비교한 Block 단위 Compensation은

화질이 눈으로 파악하기 어려운 Tolerance보다 좋게 유지되면서 연산량이 감소되는 것을 알 수 있다. Fig. 7(b)는 Image 특성에 따라 Block size ratio를 최적화한 경우와(길은색) Image 특성에 무관하게 조절한 경우의



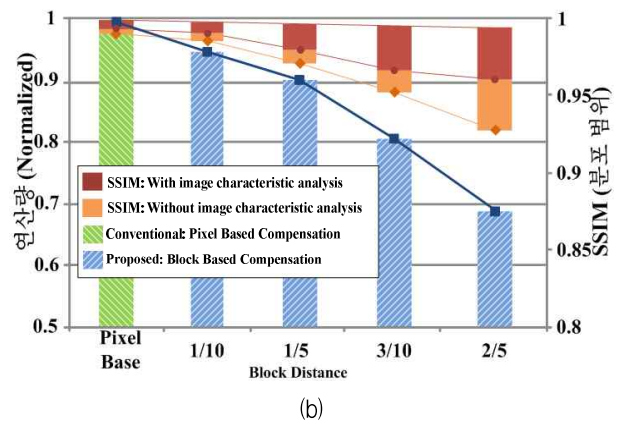
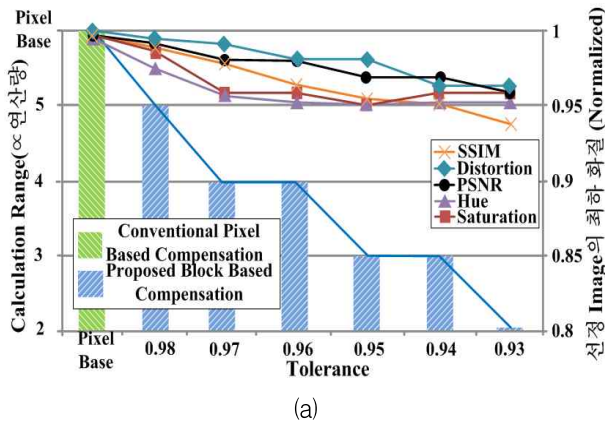


그림 8. Excluded Block Distances의 Simulation 결과

(a) Compensation Block Distance에 따른 연산량 및 화질 (b) Image 특성에 따른 Block 거리 최적화 화질 비교 (c) Original Image, (d) 제안 Block 단위 Compensation (e) 기존 Pixel 단위 Compensation

Fig. 8. LED Simulation Results for Excluded Block Distances.

(a) Computation Complexities and Image Qualities for various Block Distances (b) Comparisons of Image Qualities for Block Distance Optimization according to Image Characteristic (c) Original Image (d) Proposed Block Based Compensation (e) Conventional Pixel Based Compensation

(열은색) 화질을 비교한 것으로, Image 특성에 따라 조절된 경우가 높은 곳에 위치하여 화질이 항상 좋음을 나타내고 있다. 위에서 기술된, 이미지 특성에 의하여 선정된 이미지의 경우에는, 비선정된 이미지 보다, 동일

한 화질의 경우에, 연산량이 감소되는 것을 알 수 있다. Fig. 7(c)는 Simulation에 사용된 Original Image, (d)는 Block 단위 Compensation에서 Block Size Ratio 1/4이 적용된 Image, Fig. 7(e)는 기존의 Pixel 단위



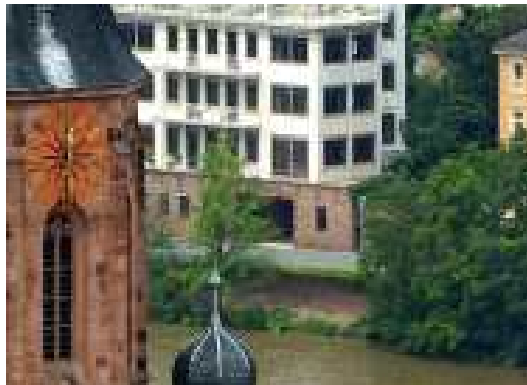
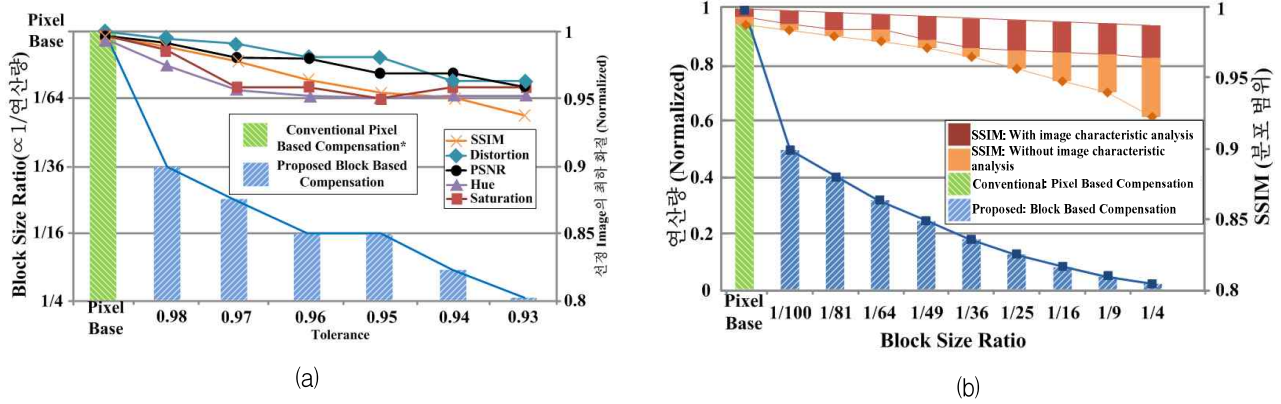


그림 9. Neighborhood Block Calculation Range Simulation 결과

(a) Block Calculation Range에 따른 연산량 및 화질 (b) Image 특성에 따른 Block 거리 최적화 화질 비교 (c) Original Image, (d) 제안 Block 단위 Compensation (e) 기존 Pixel 단위 Compensation

Fig. 9. Neighborhood Block Calculation Range Simulation Results.

(a) Computation Complexities and Image Qualities for various Block Calculation Ranges (b) Comparisons of Image Qualities for Block Distance Optimization according to Image Characteristic (c) Original Image (d) Proposed Block Based Compensation (e) Conventional Pixel Based Compensation

Compensation이 적용된 Image를 보여주는 것으로 눈으로 보기에 기존 방안과 제안된 방안의 화질이 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 다수의 이미지로 실험해 본 결과, 동일한 이미지 특성을 가진 이미지의 경우, 동

일한 연산량의 감소 효과를 얻을 수 있었다.

Fig. 8은 식 (4)의 Block Distance를 Image Slope와 APL에 따라 조절한 결과를 보여주고 있다. Fig. 7의 Block Size Simulation 결과와 유사하게 Tolerance에

표 2. Tolerance에 따른 Block Size Ratio, 연산량, 화질

Table 2. Block Size Ratio, Compensation Complexities and Image Qualities with respect to Tolerances.

	Tolerance	
	0.93	0.97
Block Size Ratio	1/4	1/25
기존 대비 연산량(%)	5.25	21
SSIM	0.94	0.97

표 3. Tolerance에 따른 Block Distance, 연산량, 화질

Table 3. Block Distance, Compensation Complexities and Image Qualities according to Tolerances.

	Tolerance	
	0.93	0.97
Block Distance	1/10	4/10
기존 대비 연산량(%)	48	85
SSIM	0.94	0.96

표 4. Tolerance에 따른 Calculation Range, 연산량, 화질

Table 4. Calculation Range, Compensation Complexities and Image Quality according to Tolerance.

	Tolerance	
	0.93	0.97
Calculation Range	2	4
기존 대비 연산량(%)	25	69
SSIM	0.95	0.98

따라 연산량이 감소하는 것을 보여주고 있다. Fig. 8(d)에는 Block Distance 값 1/10이 적용되었으며 눈으로 보기에 큰 화질 저하가 없음을 확인 할 수 있다.

Fig. 9는 앞서 설명된 Calculation Range를 Luminance와 Image Slope에 따라 조절한 결과로 앞의 Block Size, Block Distance의 Simulation과 마찬가지로 Tolerance에 따라 화질을 유지하며 연산량이 감소되는 결과가 나왔다. Fig. 9(d)에는 Calculation Range 2가 적용되었다.

Table 2는 Tolerance 조건에 따른 Block Size Ratio의 조건 및 연산량, 화질을 보여준다. Tolerance가 0.97 일 때 Block Size Ratio가 1/25로 되어 연산량이 기존의 Pixel 단위 Compensation을 100%로 하였을 때 기존의

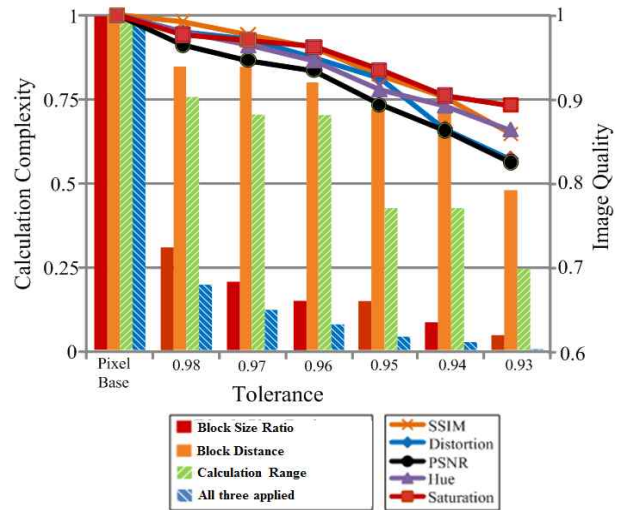


그림 10. 세 가지 방안 동시 적용시 연산량, 화질

Fig. 10. Computation complexities and Image Qualities for the case of Three Methods Applied Simultaneously.

표 5. Tolerance에 따른 세 가지 방안 각각의 연산량과 전체 연산량 그리고 화질

Table 5. Compensation Computation Complexities and Image Qualities for three methods individually and the case of the three methods applied simultaneously with respect to Tolerances.

		Tolerance	
		0.95	0.98
Computation Complexity	Block size ratio	12.5	52.5
	Block Distance	70	90
	Calculation Range	45	83
	All Three Methods Used	3.9	39.2
Proposed Compensation /Conventional Compensation(%)			
SSIM		0.92	0.95

21%로 감소되었으며 화질은 SSIM 값이 0.97로 Tolerance와 같은 값을 유지하였다.

Tolerance가 0.93인 경우에는 Block Size Ratio가 1/4로 되어 연산량이 5.25%로 줄었으며 화질은 0.94로 유지되었다. 이와 같이 응용 범위에 따라 Tolerance를 알맞게 정하여, 연산량과 화질을 최적화할 수 있다. Table 3, 4는 Tolerance에 따른 Block Distance, Calculation Range 각각에 있어서 조건 및 연산량 그리고 화질이 최적화 된 결과를 보여준다.

Fig. 10은 본 논문에서 기술된 Block Size, Block Distance, Calculation Range의 최적화 방안을 동시에

적용하였을 경우 각 방안에 따른 연산량, 모두 적용하였을 경우의 연산량 및 그에 따른 화질을 보여준다.

각 방안마다 연산량을 낮추는 효과가 곱해져서, 화질의 저하 Tolerance가 낮아짐에 따라 전체 연산량이 크게 감소하는 것을 볼 수 있다. 화질 저하의 경우, 세가지 방안이 모두 적용될 경우, 적용된 세 가지 방안 각각 화질의 저하가 발생하므로, 각 방안에 있어서, Tolerance를 약간 높게 설정하여 총화질 저하 정도를 유지할 필요가 있다.

Table 5은 위 세 가지 방안을 동시에 적용하였을 경우 각 방안에 따른 연산량 그리고 전체 연산량을 나타낸 것이다. Tolerance를 0.95와 0.98로 각 방안을 따로 할 경우에 비하여 높게 설정하였음에도, 전체 연산량은 따로 적용할 경우에 비해 낮아진 것을 확인 할 수 있다.

이러한 결과는, 앞의 세 가지 각 방안에 의한 연산량 감소가 독립적으로 적용 가능하여, 전체 연산량의 감소는 각 방안으로 인한 연산량 감소의 곱이 되기 때문이다.

#### IV. 결 론

Block 단위 Nonideality 및 Cross-talk Compensation의 연산량 감소 방안이 제안되었다. Compensation Block 크기, Backlight 광원 범위 및 Cross-talk 영향이 미치는 범위를 조절하여 화질을 유지하면서 연산량을 감소시켰다. Backlight Profile과 Image Homogeneity을 바탕으로, Image Slope와 APL 그리고 Luminance를 통해 최적화를 수행 하였다. 연산량은 Pixel단위 대비 최대 32%, 평균 46%로 감소시킬 수 있었고 화질은 SSIM 기준 0.93 이상을 유지하였으며 PSNR도 43 - 47dB 정도를 유지하여 화질의 저하를 최소화 할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Pierre de Greef, Hendriek Groot Hulze, "Adaptive Dimming and Boosting Backlight for LCD-TV Systems", SID 07
- [2] Hanfeng Chen, Junho Sung, Taehyeun Ha, Yungjun Park and Changwan Hong, "Backlight Local Dimming Algorithm for High Contrast LCD-TV", SID 06
- [3] T. Shirai, S. Shimizukawa, T. Shiga, and S. Mikoshiba, "RGB-LED Backlights for LCD-TVs with 0D, 1D, and 2D Adaptive Dimming", SID 06

- [4] WonJin Han, JaeHee You "Low Computation Complexity Block Based Nonideality and Cross-talk Compensations for LCD Backlight", IMID 09
- [5] Huajun J. Peng, Wei Zhang, Chun-Kit Hung, Chen-Jung Tsai, Kwan-Wah Ng, Shou-lung Chen, Danding Huang, Yuk-Lung Chueng, and Ying Liu, "High Contrast LCD TV Using Active Dynamic LED Backlight", SID 07

#### 저 자 소 개



한 원 진(정회원)  
2007년 경희대학교  
전자공학과 학사.  
2009년 홍익대학교  
전자공학과 석사.  
2009년~현재 명신테크 연구소장

<주관심분야 : 디스플레이 시스템, 화질 향상 알고리즘, SOC 설계>



유 재 희(정회원)-교신저자  
1985년 서울대학교 전자공학과  
공학사  
1990년 Cornell 대학교  
전기공학과 공학박사  
1990년~1991년 Texas Instruments,  
Dallas VDL 연구원

1991년~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수.  
삼성전자, 하이닉스, 성진 C&C, Penta 마이크로,  
P&K, GCT, Primenet 기술고문  
<주관심분야 : 디스플레이 화질향상 SOC, Home  
Networking 시스템, Embedded Memory 설계>