

OLED 디스플레이를 위한 저전력 영상 화질 개선 기법

이철우, 이철, 김창수

고려대학교 전기전자전공공학부

wiserain@korea.ac.kr, kayne@korea.ac.kr, changasukim@korea.ac.kr

Low Power Image Enhancement Algorithm for OLED Displays

*Chulwoo Lee **Chul Lee ***Chang-Su Kim

School of Electrical Engineering, Korea University

요약

본 논문에서는 최근 모바일 디스플레이로 각광 받고 있는 OLED 디스플레이를 위한 영상 화질 개선 기법을 제안한다. OLED 디스플레이는 영상의 화소값을 개별적으로 조정함으로써 전력 소모를 조정할 수 있다. 이러한 OLED의 특성과, 영상 화질 개선의 대표적인 기법인 히스토그램 수정 기법을 이용하여 전력소모를 최소화 하는 영상 화질 개선 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 먼저 OLED 디스플레이의 소모 전력을 추정하고, 입력 영상의 히스토그램 수정을 통하여 얻어지는 전달 함수를 이용하여 영상을 변환한다. 모의실험을 통하여 영상을 표현하기 위한 소모 전력이 효과적으로 감소함을 확인한다.

1. 서론

OLED 디스플레이는 우수한 색재현성, 광 시야각, 빠른 응답속도 등의 특성으로 LCD를 대체할 차세대 디스플레이로 각광 받고 있다 [1]. 특히 OLED 디스플레이는 LCD와 달리 백라이트(Backlight) 없이 개별 화소 단위로 스스로 빛을 냄으로써 전력소모가 적다는 장점이 있다. 모바일 장치에 필수적인 이동성을 고려할 때, 전력 소모는 제품의 개발 단계에서 가장 중요한 고려 요소이다. 그리고 디스플레이가 소모 하는 전력의 양이 모든 부품 중에서 가장 크다는 점을 고려하면 [2], 디스플레이에서의 저전력은 매우 중요한 문제이다. 하지만, 현재까지 제안된 디스플레이 저전력 기법은 주로 LCD에 특화 되었으며, 최적화된 회로 구성과 같은 하드웨어적 접근법이 주를 이루었다.

본 논문에서는 OLED 디스플레이에 특화된 저전력 영상 화질 개선 기법을 제안한다. 이후의 논문 구성은 다음과 같다. 본론에서 화질 개선 기법의 중추가 되는 히스토그램 수정 기법을 설명하고 OLED의 소모 전력 특성을 고찰한다. 이를 기반으로 저전력 영상 화질 개선 기법을 제안한다. 실험을 통하여 제안된 알고리즘이 개선된 화질과 더불어 낮은 전력 소모 보임을 확인하고 마지막으로 결론을 도출한다.

2. 제안하는 알고리즘

가. 히스토그램 수정기법

히스토그램 균등화(equalization)는 대표적인 히스토그램 수정 기법의 하나로, 간단한 구현과 비교적 강력한 대조비 개선 효과로 인해 대표적인 화질 개선 기법으로 사용되고 있다. 전체 입력 영상에서 x 값을 갖는 화소의 확률을 $p(x)$ 라고 할 때, 히스토그램 균등화를 통해 얻어지는 전달함수 $H(x)$ 는 다음의 식에 의해서 정의된다.

$$H(x) = \left[255 \cdot \sum_{i=0}^x p(i) + 0.5 \right] \quad (1)$$

그러나 균등화는 입력 히스토그램에 의해서 유발되는 과도한 변형으로 잡음의 증가, 원본 영상의 분위기 소실 등의 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 원인이 되는 입력 히스토그램의 과도성을 수정하는 기법이 최근 소개되었다. 본 논문에서는 [4]에서 제시된 히스토그램 수정 기법을 기반으로 화질을 개선하고, 이를 저전력 알고리즘으로 확장한다. 과도성을 갖는 입력 확률 분포를 $p(x)$ 라 하고 $w(x)$ 를 개선된 확률 분포라고 했을 때, $w(x)$ 는 다음 관계에 의해서 얻을 수 있다.

$$w(x) = \begin{cases} p_u & \text{if } p(x) > p_u \\ \left(\frac{p_k - p_l}{p_u - p_l} \right)^\alpha \times p_u & \text{if } p_l \leq p(x) \leq p_u \\ 0 & \text{if } p(x) < p_l \end{cases} \quad (2)$$

여기서 p_{max} 가 최대 확률 분포라 할 때, $p_u = \beta \cdot p_{max}$ 로 정의되며, p_l 은 최소 확률 분포이다. 또한, α 와 β 는 사용자가 조절할 수 있는 상수이다. (2)를 통해서 p_u 보다 큰 $p(x)$ 는 제한되며, p_u 미만의 값들은 α 에 의해서 결정된다.

나. OLED 디스플레이의 전력 소모 특성

OLED 전력 소모 특성은 실험적으로 다음과 같이 알려져 있다 [5]. 1개의 화소가 소모하는 전력은

$$Power = \omega_0 + \omega_r R^\gamma + \omega_g G^\gamma + \omega_b B^\gamma \quad (3)$$

로 정의된다. ω_0 는 입력화소에 독립적으로 디스플레이를 구동하기 위해 소모되는 전력이며, $\omega_r, \omega_g, \omega_b$ 는 RGB 각각의 채널을 표현할 때의 전력 소모 비율이다. 각각의 RGB 채널은 실험적으로 지수 γ 에 비례한다. 이 γ 는 감마 보정에서 사용되는 값과 거의 일치하는 특성을 가진다. ω_0 는 입력 영상의 화소와 무관한 요소이므로 생략이 가능하다. 또한 보통의 디스플레이에서 감마는 $\gamma \approx 2$ 로 근사할 수 있다. 마지막으로, 일반적인 영상 처리에서 RGB 색공간 대신에 YUV 색공간, 특히 인간의 시각에 민감한 Y 요소만을 처리한다는 것을 고려하면, 이

● 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2009-0083945).

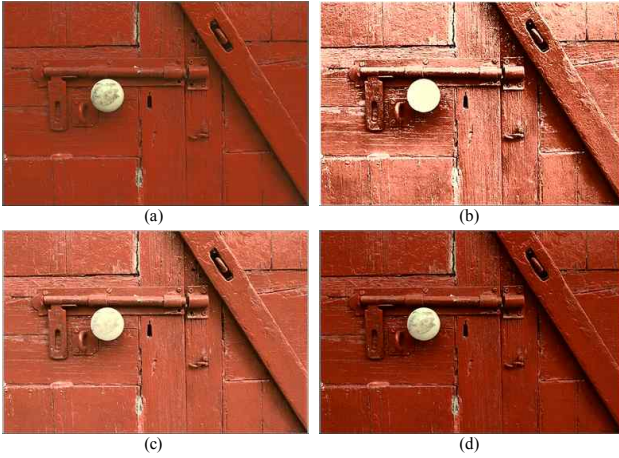


그림 1. (a) 원본 영상, (b) 히스토그램 균등화, (c) [4]에 의해 개선된 결과, (d) 제안된 기법에 의한 결과 영상.

를 바탕으로 OLED 디스플레이에서 표현되는 전체 전력 소모(TDP)는 다음과 같이 모델링 할 수 있다.

$$TDP = \sum_{i=0}^{N-1} Y_i^2 \quad (4)$$

다. 저전력 히스토그램 수정기법

(4)에 의해서 정의된 OLED 디스플레이의 전체 소모 전력을 히스토그램 $h(x)$ 을 이용하여, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$TDP = \sum_{x=0}^{255} x^2 h(x) \quad (5)$$

확률 밀도 함수 $p(x)$ 가 $h(x)$ 의 정규화 된 형태이므로, (5)는 다음과 같다.

$$TDP \propto \sum_{x=0}^{255} x^2 p(x) \quad (6)$$

입력 영상의 확률 밀도 함수를 $p(x)$ 라 하고, 전달 함수 $H(x)$ 에 의해 변환된 출력 영상의 확률 밀도 함수를 $p'(x)$ 라 하자. (6)에 근거하여 출력 영상의 전력 소모를 최소화하기 위해서는 큰 x 에서의 $p'(x)$ 를 줄이는 전달 함수 $H(x)$ 가 필요함을 알 수 있다. 이와 같은 특성을 지니는 전달 함수는 히스토그램 수정 기법의 관점에서 확률 밀도 함수를 다음의 식에 의해서 변환할 경우 얻어짐을 실험적으로 확인하였다.

$$m(x) = \left(\frac{x}{255} \right)^\kappa w(x) \quad (7)$$

κ 는 사용자 파라미터로 1보다 큰 실수이다. $(x/255)^\kappa$ 는 x 에 대해 증가함수이며 그 기울기 또한 증가하는 함수이다. 따라서 (7)에 의해, x 가 증가할수록 $m(x)$ 는 $w(x)$ 보다 큰 값을 가지게 된다. 이는 식 (1)에 $p(i)$ 대신에 대입되어 균등화 과정을 거쳤을 때, $m(x) \geq w(x)$ 인 x 영역에서는 반대로 전달함수가 감소하게 된다. 결과적으로 밝은 화소에서의 전력 소모가 효과적으로 감소한다.

3. 실험결과

그림 1. (a)은 입력 영상으로서 대조비의 저하로 인한 체감 화질이 상당히 낮다. 히스토그램 균등화 과정을 거친 그림 1. (b)는 대조비가 증가하여 나무문 부분의 결이 살아나는 등 디테일의 표현이 좋아졌으

영상	입력 영상	히스토그램 균등화	[4]의 알고리즘	제안된 알고리즘
Hats	4.7610	8.6217	6.5627	3.1703
Flower	5.3263	8.6659	8.1328	4.4116
House	7.4751	8.5942	7.9505	4.4438
Girl	7.4133	8.6117	8.0223	4.5400

표 1. 다양한 영상에 대한 전력 소모 비교.

나, 역으로 문손잡이 부분의 디테일은 훼손되었다. 그림 1. (c)는 [4]에 의해 제안된 기법을 이용한 결과 영상이다. 즉 식 (2)의 $w(x)$ 를 균등화한 후 얻어진 전달 함수를 이용하여 얻은 결과이다. 마지막으로, 그림 1. (d)는 전력 소모를 고려하여 $w(x)$ 에서 한 번의 변환을 더 거친 $m(x)$ 를 이용한 결과 영상이다. 문손잡이의 디테일이 유지되었으며, 나무 부분의 대조비도 향상되어 체감 화질이 증가된 것을 볼 수 있다.

다음은 다양한 표본 영상에 대한 전력을 측정하였다. 측정 방법은 식 (4)에서 정의된 전체 전력 소모를 이용하여 계산하였다. 표본 영상의 크기가 768×512 임을 감안하면 화소의 제곱합은 굉장히 큰 값을 가지므로 단위는 $\times 10^9$ 이다. 표 1은 7개의 표본 영상에 대해 입력 영상과 3개의 개선된 영상의 전력 소모를 측정한 결과이다. [4]에서 제안된 기법을 이용하면 전력 소모는 감소하지만 원본 영상의 그것보다는 여전히 높은 것을 알 수 있다. 하지만 제안된 기법을 적용하였을 경우 전력 소모는 원본보다 낮아질 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서 OLED 디스플레이의 특성을 이용하여 전력 소모를 줄이는 동시에 화질을 개선하는 방법을 제안하였다. 실험을 통해 출력 영상의 화질이 원본이나 기존의 히스토그램 균등화의 결과보다는 우수하면서 동시에 소모 전력이 효과적으로 감소하였음을 확인하였다.

5. 참고 문헌

- [1] 박태용, 이철희, 하영호, “모바일폰용 TFT-LCD와 AMOLED의 색재현성 평가,” 전자공학회 논문지, 제 45권, SP편 제 1호, 2008년 1월.
- [2] W.-C. Cheng, Y. Hou, and M. Pedram, “Power minimization in a blacklit TFT-LCD display by concurrent brightness and contrast scaling,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 50, no. 1, pp. 25-32, Feb. 2004.
- [3] P.-S. Tsai, C.-K. Liang, T.-H. Huang, and H. H. Chen, “Image enhancement for backlight-scaled TFT-LCD displays,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 19, no. 4, pp. 574-583, Apr. 2009.
- [4] Q. Wang and R. K. Ward, “Fast image/video contrast enhancement based on weighted thresholded histogram equalization,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 53, no. 2, pp. 757-764, May 2007.
- [5] M. Dong, Y.-S. K. Choi, and L. Zhong, “Power modeling of graphical user interfaces on OLED displays,” in *Proc. Design Automation Conference*, Jul. 2009, pp. 652-657.