

TFT-LCD 디스플레이를 위한 저전력 화질 개선 기법

이철, 김진환, 이철우, 김창수

고려대학교

{kayne, wiserrain, changsukim}@korea.ac.kr

Low Power Contrast Enhancement Algorithm for TFT-LCD Displays

Chul Lee, Jin-Hwan Kim, Chulwoo Lee, Chang-Su Kim

Korea University

요약

본 논문은 TFT-LCD 디스플레이를 위한 저전력 화질 개선 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 TFT-LCD 디스플레이의 어두워진 백라이트를 보상하기 위한 기법을 히스토그램 균등화에 기반하여 유도하며, 밝기 보상으로 인하여 손실되는 정보량이 최소가 되게 하는 변환 함수를 구한다. 컴퓨터 모의실험을 통해 제안하는 알고리즘이 전력 소비를 줄이는 동시에 영상의 화질을 개선하는 것을 확인한다.

1. 서론

최근 디지털 영상 기술의 발전으로 인하여 개인 휴대 장치에서도 매우 큰 해상도의 영상을 취득, 처리 및 전송이 가능하게 되었다. 하지만 이러한 기술의 발전에도 불구하고 조명 조건이나 영상 취득 시스템의 불완전성 때문에 취득된 영상은 화질이 저하될 수 있다. 따라서 영상의 화질 개선 기법에 대한 연구는 오래전부터 매우 활발하게 진행되어 왔으며, 대표적으로 히스토그램 균등화가 있다 [1]. 그러나 기존의 화질 개선 연구가 대부분 일반적인 영상에 대해서 진행된 반면, 영상이 표현되는 디스플레이 장치의 특성을 고려한 기법에 대한 연구는 비교적 최근에 와서야 진행되고 있다 [2-4].

개인 휴대 장치의 고성능화 및 대형화로 인하여 배터리 기술의 발전에도 불구하고 전력 소비 절감 문제는 더욱 중요해졌다. 뿐만 아니라, 휴대 장치의 전력 소비 중 디스플레이 장치가 매우 큰 비율을 차지하고 있기 때문에 [2], 디스플레이 장치의 소비 전력 절감은 매우 중요한 문제이다. 디스플레이 장치의 소비 전력을 절감하기 위한 기법은 하드웨어적인 기법과 소프트웨어적인 기법으로 나눌 수 있다. 하드웨어적인 기법은 각 화소를 표현하기 위한 효율적인 회로의 설계에 집중하며, 소프트웨어적인 기법은 디스플레이가 소비하는 전력을 줄이면서도 인지되는 영상의 품질을 유지하도록 영상을 변환한다 [2-4]. 입력 영상의 특성을 고려할 수 있다는 점에서 소프트웨어적인 기법의 중요성이 기존에 비해 높아졌으며, 특히 화질 개선을 함과 동시에 디스플레이의 소비 전력을 줄일 수 있기 때문에 효율적인 영상처리 알고리즘의 개발이 필수적이다.

본 논문에서는 히스토그램 균등화 기법을 확장하여 대조비를 개선하고 현재 가장 많이 사용되는 디스플레이인 TFT-LCD 장치에 표

현 되었을 때 손실되는 정보의 양을 최소가 되도록 하여 영상의 품질 개선과 전력 소모 감소를 동시에 달성하는 알고리즘을 제안한다. 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안하는 알고리즘이 전력 소비를 줄이면서도 개선된 화질을 제공함을 확인한다.

2. 백라이트 밝기 보상

인간의 시각 인지 시스템에 의해서 인지되는 TFT-LCD의 화소의 밝기는 백라이트의 밝기와 각 화소의 위치에서의 투과도에 의해서 결정된다 [2]. 즉, 인지되는 밝기 L 은 다음과 같이 화소값 X 에 대한 투과도 $t(X)$ 와 백라이트 밝기 B 의 곱으로 결정된다.

$$L = B \cdot t(X) = B_{\max} \cdot b \cdot t(X) \quad (1)$$

여기에서 B_{\max} 는 백라이트 밝기의 최대값이며, $b \in [0, 1]$ 는 백라이트 밝기를 조절하는 상수이다. 투과도 $t(X)$ 와 화소값 X 는 선형의 관계가 있으므로, 백라이트 밝기를 어렵게 하면서 화소값을 증가시켜 인지되는 밝기값을 동일하게 유지할 수 있다.

백라이트 밝기 감소를 보상하기 위한 화소값 X 의 X' 으로의 변환은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X' = \min(255, X/b) \quad (2)$$

이러한 변환이 전체 영상에 동일하게 적용되면 입력 영상에서 밝은 화소값을 갖는 부분이 모두 최대값 255로 매핑되어 결과적으로 영상의 대조비가 감소되고 영상 정보가 손실되게 된다.

3. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 영상의 화질을 개선하기 위한 기존의 히스토그램

본 연구는 LG전자 및 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0027541).

균등화 기법이 유발하는 과도 변형 등의 결점을 보완하기 위해 제안된 수정 히스토그램 기법[3, 4]을 백라이트 밝기 보상을 고려하여 확장한다. 즉, 입력 히스토그램 \mathbf{h} 및 균등 히스토그램 \mathbf{u} 를 백라이트 보상을 고려하여 $\bar{\mathbf{h}} = \frac{255}{\mathbf{b} \cdot \mathbf{1}^T \mathbf{h}} \mathbf{h}$ 및 $\bar{\mathbf{u}} = \frac{255}{\mathbf{b} \cdot \mathbf{1}^T \mathbf{u}} \mathbf{u}$ 로 정규화 하면, 매핑 함수 \mathbf{x} 는 아래의 비용함수를 최소로 하도록 구할 수 있다.

$$J_1 = \alpha \|\mathbf{D}\mathbf{x} - \bar{\mathbf{h}}\|^2 + (1 - \alpha) \|\mathbf{D}\mathbf{x} - \bar{\mathbf{u}}\|^2 \quad (3)$$

여기에서 \mathbf{D} 는 256×256 의 미분 행렬이며 [4], $\alpha \in [0, 1]$ 은 입력 히스토그램과 균등 히스토그램 간의 상대적 중요도를 조정하는 사용자 변수이다. α 가 0이면 선형 매핑이 되고, α 가 증가할수록 기존의 히스토그램 균등화에 가깝게 된다.

식 (3)의 비용함수를 최소로 하는 매핑 \mathbf{x} 는 $[0, 255/\mathbf{b}]$ 의 값을 갖게 되며, 이는 TFT-LCD 디스플레이가 표현할 수 있는 동적 영역보다 크다. 따라서 255 보다 큰 값은 255로 세팅해야 한다. 즉, 디스플레이 가능한 범위의 값으로 잘라내 손실된 값의 벡터 \mathbf{x}_b 를 $\mathbf{x}_b(k) = \min(0, \mathbf{x}(k) - 255)$ 로 정의한다. 그러면, 백라이트 보상으로 인하여 손실되는 영상 정보는 $\mathbf{x}_b^T \mathbf{H} \mathbf{x}_b$ 로 나타낼 수 있으며, \mathbf{H} 는 입력 히스토그램을 대각 행렬로 표시한 것이다.

제안하는 기법은 백라이트 밝기 보상을 하면서 식 (3)의 비용함수를 최소화하여 화질을 개선하는 동시에 영상 정보 손실량 $\mathbf{x}_b^T \mathbf{H} \mathbf{x}_b$ 를 최소화 한다. 이 문제는 아래의 라그랑지안 비용 함수를 최소화 하여 구할 수 있다.

$$J_2 = \alpha \|\mathbf{D}\mathbf{x} - \bar{\mathbf{h}}\|^2 + (1 - \alpha) \|\mathbf{D}\mathbf{x} - \bar{\mathbf{u}}\|^2 + \lambda \mathbf{x}_b^T \mathbf{H} \mathbf{x}_b \quad (4)$$

여기에서 λ 는 영상 정보 손실에 대한 중요도를 나타내는 사용자 변수이다. λ 가 커질수록 손실되는 영상 정보의 양은 줄어들지만, 결과 영상의 동적 영역이 작아져 대조비가 감소된다. 식 (4)의 왼쪽 두 히스토그램 균등화 항은 영상의 크기로 정규화된 반면, 오른쪽의 영상 정보 손실 항은 그렇지 않다. 따라서 본 연구에서는 두 항이 비교 가능하도록 $\lambda = \frac{1}{\mathbf{1}^T \mathbf{h}}$ 를 이용한다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 밝기 보상된 영상이 백라이트 밝기가 감소된 TFT-LCD에 표현된 것을 모의 실험하여 평가하였다. 즉, 밝기 보상된 결과 영상의 밝기를 식 (1)의 b 만큼 어둡게 하여 그 결과를 비교하였다. 식 (1) 및 (3)의 b 와 α 는 각각 0.7과 0.75가 사용되었다.

알고리즘의 성능은 선형 매핑 및 기존의 알고리즘[2]과 각각 비교하였으며, 그 결과를 그림 1에 도시하였다. 그림 1.(a)의 입력 영상과 비교하여 그림 1.(b)의 선형 매핑의 결과는 밝은 영역의 세부 정보가 대부분 손실되었으며, 그림 1.(c)의 기존 기법[2]의 결과는 영상의 세부 정보는 잘 유지하지만, 동적 영역이 감소되었고 잡음 성분이 증폭되었다. 반면, 제안하는 알고리즘은 선형 매핑이나 기존 알고리즘에 비해 동일한 전력을 소비하면서 잡음의 증폭 없이 영상 내의 정보를 효과적으로 유지함을 알 수 있다.



그림 1. $b = 0.7$ 일 때 백라이트 밝기 보상 결과 비교.
(a) 입력 영상, (b) 선형 매핑,
(c) 기존의 보상 알고리즘 [2], (d) 제안하는 알고리즘.

5. 결론

본 논문에서는 TFT-LCD 디스플레이를 위한 저전력 화질 개선 기법을 제안하였다. 제안하는 방법에서는 히스토그램 균등화 기법을 확장하여 백라이트 밝기 보상 후 손실되는 영상 정보가 최소가 되도록 하였다. 실험을 통하여 제안하는 방법이 기존의 백라이트 보상 기법과 비교하여 동일한 전력을 소비하면서 향상된 체감 화질을 제공하는 것을 확인하였다.

6. 참고문헌

- [1] T. Arici, S. Dikbas, and Y. A. Itunbasak, "A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 9, pp. 1921-1935, Sep. 2009.
- [2] P.-S. Tsai, C.-K. Liang, T.-H. Huang, and H. H. Chen, "Image enhancement for backlight-scaled TFT-LCD displays," *IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol.*, vol. 19, no. 4, pp. 574-583, Apr. 2009.
- [3] A. Iranli, H. Fatemi, and M. Pedram, "HEBS: Histogram equalization for backlight scaling," in *Proc Design, Automation and Test in Europe*, pp. 346-351, Mar. 2005.
- [4] C. Lee, C. Lee, and C.-S. Kim, "Power-constrained contrast enhancement for OLED displays based on histogram equalization," in *Proc. IEEE ICIP*, pp. 1689-1692, Sep. 2010.