

## 대표 히스토그램에 기반한 효율적인 저전력 화질 개선

한대중, 이철우, 김창수

고려대학교

daejung.han@mcl.korea.ac.kr, chulwoo@mcl.korea.ac.kr, changsukim@korea.ac.kr

## Efficient Low Power Contrast Enhancement Based on Representative Histograms

Daejung Han, Chulwoo Lee, Chang-Su Kim

Korea University

## 요 약

본 논문에서는 대표 히스토그램을 이용한 효율적인 저전력 화질 개선 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 우선 히스토그램으로 이미지를 분류하고, 각 분류된 이미지를 대표하는 히스토그램들을 저전력 화질 개선 기법이 적용된 전달 함수(transformation function)를 통해 미리 구한다. 따라서 매번 이미지마다 처리되어야 하는 복잡한 계산과정을 대표 히스토그램을 이용하여 미리 구함으로써, 기존 기법 대비 빠르고 효율적인 시스템을 구현할 수 있다. 실험을 통하여 제안 기법이 기존 기법에 비하여 낮은 전력 소모와 빠른 처리 속도를 보임을 확인한다.

## 1. 서론

디지털 기술의 발전 및 보급으로 다양한 이미지가 저장되고, 이의 분류를 위한 여러 방법들이 존재한다. 이러한 방법들 중 이미지의 히스토그램을 추출하여 유사성을 기반으로 이미지를 분류하고 대표 히스토그램을 구하면, 화질 개선 기법에서 널리 사용되는 히스토그램 균등화 기법[1]을 효율적으로 사용할 수 있다.

최근 스마트폰 등 모바일 디바이스의 경우, 장시간 사용을 위한 전력 개선 연구가 많이 진행되고 있으며, 특히 전력 소모의 상당량을 차지하는 디스플레이의 경우 전력 개선뿐 아니라 다양한 콘텐츠를 위한 고화질 성능도 요구된다. 이는 밝고 선명한 화질을 구현함에 있어 전력과 상충되는 부분으로 전력개선과 영상의 품질 개선이 모두 가능한 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 대표 히스토그램을 이용하여 영상의 대조비를 통한 화질 개선을 이루고, 이를 OLED 디스플레이 특성에 따른 저전력 화질 개선 기법에 적용 하고자 한다. 특히 OLED의 경우 응답속도와 색 재현율의 우수성뿐만 아니라 개별 화소의 밝기를 독립적으로 조절할 수 있기 때문에 히스토그램을 이용한 저전력 화질 개선기법에 적합하다. 실험을 통하여 제안한 알고리즘의 전력 개선 효과를 확인하고, 기존 알고리즘과 비교하여 처리 속도의 우수성을 확인한다.

## 2. 입력 히스토그램을 이용한 기존 기법

본 논문에서는 Lee [3]등이 제안한 히스토그램 균등화를 이용한 OLED 저전력 화질 개선 기법의 모델을 사용한다. 화질 개선에 사용된 기법은 입력 이미지의 그레이 히스토그램  $\mathbf{h}$  를 기반으로 한다. 하지만 일반적 균등화 기법에서 발생하는 이미지의 과도한 변형을 억제하고, 개선의 정도를 조절 할 수 있도록 변수  $\mu$ 가 포함된 수정 히스토그램  $\mathbf{m}$  을 적용 한다. 또한 OLED 영상의 전력 소모는 개별 화소의 전력 소모 값에 화소 수를 곱한 밝기당 전력소모의 합으로 구할 수 있다. 따라서, 전체 OLED 를 위한 저전력 화질 개선 함수는 전력소모의 합과 수정 히스토그램의 합이 최소화 되는 최적화 문제의 해를 구함으로써 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{minimize } \|\mathbf{D}\mathbf{x} - \bar{\mathbf{m}}\|^2 + \alpha h^t \phi'(x) \\ & \text{subject to } x_0 = 0, \\ & \quad x_{L-1} = L - 1, \\ & \quad \mathbf{D}\mathbf{x} \geq 0. \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,  $\alpha$  는 화질 개선과 전력 소모의 비율을 조절하는 변수이다. 또한 최적화 문제의 제한 조건으로 최대, 최소값의 고정 및 역전 없는 단조 증가 조건이 사용된다.

입력 히스토그램을 이용한 기존 기법의 경우 이미지의 해상도, 밝기, 복잡도에 따라 수십 ms 에서 1s 이상의 처리 시간이 필요하므로 빠르게 전환되는 이미지 및 동영상의 처리에 있어 성능 제약이 따른다. 따라서 대표 히스토그램을 이용한 기법은, 시스템의 처리 속도 개선을 위해 화질 개선을 위한 대조비의 효과가 기존 기법 대비 다소 떨어질 수는

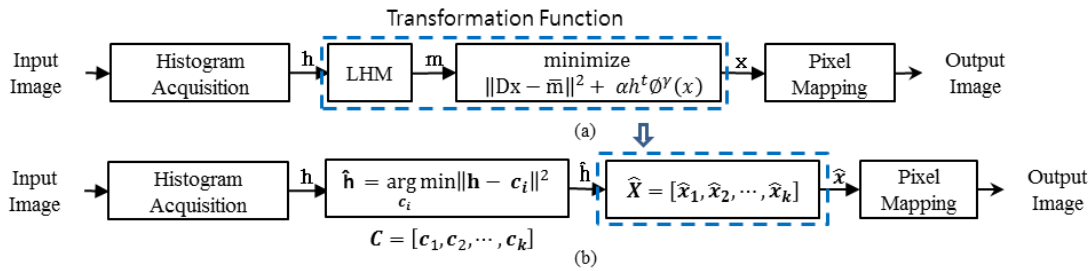


그림 1. Flow diagram : (a) 기존 기법, (b) 제안하는 기법

있으나, 복잡한 연산과정을 단순화하여 처리시간을 단축할 수 있으므로 좋은 대안이 될 수 있다.

### 3. 제안하는 기법

#### 3.1 대표 히스토그램

본 논문에서는 이미지의 히스토그램 유사성에 따른 분류를 위하여 주어진 N 개의 데이터를 k 개의 클러스터로 묶는 k-means 기법을 이용한다. 분류에 사용된 데이터는 256 차원의 그레이 히스토그램을 이용하며, 초기 k 개의 히스토그램 중심 값을 기준으로 각 무계중심 규칙(centroid rule)과 최근 이웃 규칙(nearest neighbor rule)을 반복함으로써 최종 k 개의 히스토그램을 분류할 수 있다 [2].

$$C = [c_1, c_2, \dots, c_k] \quad (2)$$

그리고, k 개의 대표 히스토그램 C 중 입력 히스토그램 h 와 가장 유사한 히스토그램  $c_i$  의 선택은 아래와 같이 유클리드 최소 거리를 이용하여 구한다.

$$\hat{h} = \arg \min_c \|h - c_i\|^2 \quad (3)$$

#### 3.2 전달 함수 구현

제안 기법은 앞서 구한 대표 히스토그램을 이용하여 저전력 화질 개선에 필요한 연산을 미리 구현하고, 입력 이미지에 대응하는 대표 히스토그램을 선택함으로써 기존 연산 과정을 대체한다. 따라서 처리속도의 편차를 줄이고 빠른 시스템을 구현할 수 있다. 또한 화질 개선 정도와 전력 소모 비율을 대표 히스토그램에 맞게 개별 적용할 수 있으므로 영상의 대조비 개선 단점도 일부 줄일 수 있다. 그림 1 에 제안하는 기법과 기존 기법에 대하여 요약하였으며, k 개의 대표 히스토그램을 이용한 전달 함수는 다음과 같다.

$$\hat{x} = \text{minimize } \|Dx - \bar{m}\|^2 + ah^t \phi^y(x) \quad (4)$$

$$\hat{X} = [\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_k] \quad (5)$$

### 4. 실험 결과 및 분석

실험을 위하여 10,000 개의 이미지로부터 100 개의 대표 히스토그램을 추출하여 본 기법에 적용하였다. 표 1 은 기존 기법과 제안하는 기법의 성능을 비교한 것으로, 1,000 개의 이미지에 대한 전력 및 처리 시간에 대한 평균값이다. 결과를 보면 제안한 기법이 기존 기법과 비교하여 유사한 전력 개선효과를 가지고 상당히 빠른 처리시간을 보여주고 있다. 여기서 구현을 위해 사용된 화질 개선 변수는  $\mu=5.0$ ,  $\beta=1.0$  으로 동일하다.

측정 항목	입력 영상	기존 기법	제안 기법
전력 개선	3.4e10	1.8e10	<b>1.8e10</b>
처리 시간		149ms	<b>2ms</b>

표 1. 다양한 영상에 대한 전력 소모 및 처리 시간 비교(평균)



그림 2. (a) 기존 기법, (b) 제안 기법, (c) 제안 기법( $\mu=6.0$ ),

그림 2 에서 제안 기법의 대조비 개선을 통한 화질 개선 정도를 보여주고 있다. (c)의 이미지에서 기존 기법 대비 Door 이미지의 나뭇결과 갈대 숲 이미지의 갈대 및 하늘의 대조비가 향상 됨을 볼 수 있다. 제안 기법을 적용할 때, 일부 이미지에서 볼 수 있는 화질 저하 이슈는 미리 연산이 가능한 화질 개선 변수 값을 조절함으로써 시스템의 속도 저하 없이 대응할 계획이다.

### 5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 대표 히스토그램을 이용하여 연산 속도를 줄이고 OLED 디스플레이의 저전력 화질 개선이 가능한 기법을 제안하였다. 이의 검증 과정에서 일부 이미지의 화질 열화를 대조비 개선을 통하여 완화하였으나, 입력 히스토그램 분류 과정도 정교하게 함으로써 전체 시스템의 성능향상을 도모할 계획이다.

### 참고 문헌

[1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall, 2007.

[2] S. P. Lloyd, "Least squares quantization in PCM" , *IEEE Trans. Inform. Theory*, 28, pp.129-137, 1982.

[3] C. Lee, C. lee, Y.-Y. Lee, and C.-S. Kim, "Power-constrained contrast enhancement for emissive displays based on histogram equalization," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, pp. 80-93, Jan. 2012.