

## 중요도 지도를 사용한 화소값 사이 척력 기반 영상 대조비 향상

김영배 고영준 김창수

고려대학교

youngbaekim@mcl.korea.ac.kr koyongjun@korea.ac.kr cskim@mcl.korea.ac.kr

Image Contrast Enhancement Based on Repelling Force between Pixel Values  
Using Saliency Maps

Youngbae Kim Yeong Jun Koh Chang-Su Kim

Korea University

## 요약

본 논문에서는 중요도 지도를 사용한 화소값 사이 척력 기반 영상 대조비 향상 기법을 제안한다. 공간상에서 인접한 화소들 사이에 자주 발생하는 화소값들의 차이를 크게 하면 효과적으로 영상의 디테일을 두드러지게 할 수 있다. 대조비 증가를 위해 화소값 사이 척력을 정의하고, 유효 화소값 사이 척력들의 합을 사용하여 대조비의 증가 정도를 조절한다. 중요도 지도는 영상의 화소마다 사람의 시선이 머무르는 정도를 상대적인 수치로 나타낸 것이다. 따라서 영상 화질을 개선할 때 중요도 지도를 사용하면 사람의 시선을 끄는 화소값들의 대조비를 선택적으로 높일 수 있다. 실험 결과를 통하여 제안 기법이 우수한 화질 개선 영상을 생성함을 확인한다.

## 1. 서론

영상 대조비 향상은 화소값들의 차이를 높여서 영상 디테일을 두드러지게 하는 화질 개선 기법으로서, 컴퓨터 비전이나 영상 처리 분야에서 중요하게 쓰인다. 대조비 향상을 통하여 역광 영상이나 전체적으로 어두운 영상처럼 화소값 분포가 일정 영역에 한정되어서 저하된 영상의 화질을 개선할 수 있다. 히스토그램 평활화(histogram equalization, HE)는 대표적 대조비 향상 알고리즘으로 화소값의 확률 분포가 균일해지도록 조절한다 [1]. 그러나 일반적인 히스토그램 기반 기법들은 화소의 위치 정보를 고려하지 않기 때문에 공간적으로 인접한 화소값들의 대조비를 효율적으로 높일 수 없다.

본 논문에서는 중요도(saliency)가 높고 공간상에서 인접한 화소값들의 대조비를 높이기 위해 화소값 사이 척력(repelling force)을 정의한다. 화소값 사이 척력은 인접한 화소값들의 발생 빈도에 비례하고 공간적 거리에 반비례한 힘으로, 화소값 사이 척력이 강한 화소값들일수록 출력 화소값 사이의 대조비가 향상된다. 중요도 지도는 영상에서 화소마다 관찰자의 관심을 끄는 정도를 수치로 정량화한 것으로, 중요도 지도를 사용하면 시선이 머무는 영역의 화소값들의 대조비를 높일 수 있다. 따라서 중요도를 반영한 화소값 사이 척력을 정의하고, 유효 범위 이내의 화소값 사이 척력 합을 각각의 화소값이 받는 합력으로 정의한다. 출력 화소들의 화소값 차이는 입력 화소값들의 합력 비에 비

례하여 커지도록 처리함으로써 전체 영상의 대조비를 높인다.

실험을 통하여 화소값 분포가 일정 영역에 집중된 영상에서 기존 알고리즘들과 제안 알고리즘을 비교함으로써 제안 알고리즘의 화질 개선 효과가 우수함을 확인한다.

## 2. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 중요도가 높으면서 공간적으로 인접한 빈도가 높은 화소값들의 대조비를 높이는 것을 목표로 한다. 따라서 화소값 차이를 늘리는 힘인 척력을 정의하고, 화소값 사이 척력이 작용하는 범위를 고려하여 유효 화소값 사이 척력들의 합인 합력을 구한다. 합력들의 비율에 따라 출력 영상의 화소값을 조정함으로써 대조비를 향상시킨다.

초기 중요도 지도  $S$ 를 구하기 위해 재시작 랜덤워크(random walk with restart)를 사용하는 다중스케일 중요도 검출 기법 [2]을 사용한다. 획득한 중요도 지도에 가중치를 적용하여 대조비 향상에 사용할 최종 중요도 지도  $S_w$ 를 계산한다. 즉, 화소 위치  $\mathbf{p} = (x, y)$ 에서의 중요도  $S_w(\mathbf{p})$ 는 다음과 같다.

$$S_w(\mathbf{p}) = (1 - \alpha) + \alpha \cdot S(\mathbf{p}), \quad (1)$$

여기에서  $\alpha$ 는 중요도의 가중치이며, 가중치를 조절함으로써 중요도가  $S_w(\mathbf{p})$ 에 미치는 영향을 조절할 수 있다. 본 논문에서는  $\alpha$ 값으로 0.7을 사용한다.

화소 위치  $\mathbf{p}$ 에서의 화소값을  $I(\mathbf{p})$ 로 나타낼 때, 화소값  $i$ 와  $j$  간에 작용하는 화소값 사이 척력  $f(i, j)$ 은 다음과 같이 정의한다.

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2012-011031) 및 2013년 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 <실감교류 인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업으로 수행된 연구(2011-0031648)임.

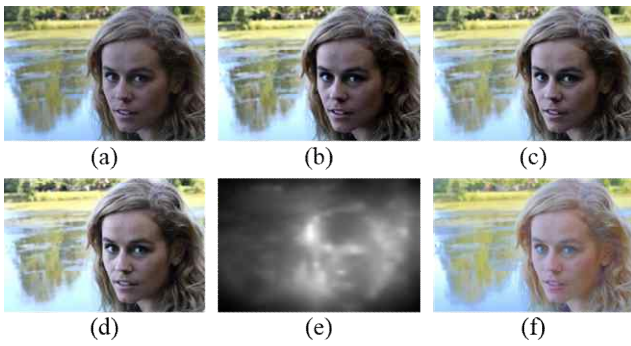


그림 1. 기존 알고리즘과의 결과 영상 비교: (a)원본 영상, (b)HE, (c)WMF, (d)CVC, (e)중요도 지도, (f)제안 알고리즘.

$$f(i, j) = \frac{\sum_{\mathbf{p}:I(\mathbf{p})=i} \left( \sum_{\mathbf{q}:I(\mathbf{q})=j, \mathbf{q} \in \Omega_{\mathbf{p}}} \frac{S_w(\mathbf{p})}{\|\mathbf{p}-\mathbf{q}\|^2} \right)}{\max(N_i, N_j)}, \quad (2)$$

여기에서  $N_i$ 와  $N_j$ 는 각각 영상에서 화소값이  $i$ 와  $j$ 인 화소의 개수이며,  $\Omega_{\mathbf{p}}$ 는 화소 위치  $\mathbf{p}$ 의 8-연결 이웃(8-connected neighborhood)을 나타낸다. 화소값  $i$ 와  $j$ 를 갖는 화소가 인접한 비율이 높을수록 화소값 사이 척력이 크게 작용한다. 특히  $S_w(\mathbf{p})$ 는 인접한 화소 중에서도 중요도가 높은 화소일수록 화소값 사이 척력이 커지게 하는 역할을 한다. 각각의 화소값은 다른 화소값들로 부터 독립적인 화소값 사이 척력을 받는다고 가정한다.

화소값  $i$ 와  $i+1$  사이의 대조비를 늘리는 합력  $F_i$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$F_i = \sum_{k=1}^T \frac{f(i, i+k)}{k}, \quad (3)$$

여기에서  $T$ 는 화소값이 영향을 받을 수 있는 화소값 차이의 한계치이며, 본 논문에서는 3을 사용한다.  $k$ 는 화소값 차이가 클수록 작용하는 화소값 사이 척력의 크기가 작아지게 한다.

최종적으로, 입력 화소값  $i$ 에 대한 출력 화소값  $i^*$ 은 다음과 같이 정의한다.

$$i^* = I_{\max} \cdot \frac{\sum_{k=I_{\min}}^i F_k}{\sum_{k=I_{\min}}^{I_{\max}} F_k}, \quad (4)$$

여기에서  $I_{\max}$ 와  $I_{\min}$ 은 각각 영상의 최대 화소값과 최소 화소값을 의미한다.

### 3. 실험결과

그림 1(a)는 입력 영상으로서 전경에 해당하는 사람 얼굴의 화소값의 대조비가 낮고 어두운 영상이다. 그림 2(a)에 보인 것처럼 영상 전체의 화소값 분포는 주로 중간 화소값 부분에 집중되어 있다. 이 경우 HE 알고리즘은 그림 2(b)와 같이 중간 화소값들 위주로 대조비를 높이기 때문에 어두운 화소값들의 대조비는 오히려 낮아진다. 따라서 그림 1(b)에서 사람의 얼굴을 더욱 어둡게 조절한다. 그림 1(c)는

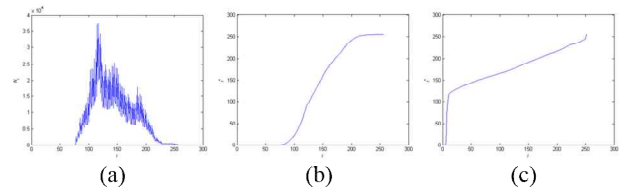


그림 2. 입력 화소값에 대한 출력 화소값 비교: (a)입력 화소값 분포, (b)HE의 출력 화소값 분포, (c)제안 알고리즘의 출력 화소값 분포.

WMF [3] 알고리즘을 적용한 결과이며, 이는 HE를 기반으로 스무딩과 이중히스토그램(bi-histogram)기법을 적용한 알고리즘이기 때문에 마찬가지로 화질 개선 효과가 크지 않다. 그림 1 (d)는 CVC [4] 알고리즘을 적용한 것으로, 2차원 히스토그램 평활화 기법을 사용하여 화소값 차이에 대한 히스토그램 평활화를 수행한다. CVC결과는 HE와 WMF의 결과에 비하면 화질 개선 효과가 있지만, 그 효과가 크지 않다.

그림 1(e)는 입력 영상의 중요도 지도를 얻은 것이다. 이 때 중요도는 사람 얼굴에 해당하는 영역에 집중적으로 분포되어 있음을 확인할 수 있다. 화소값 사이 척력은 중요도가 높은 부분의 인접 빈도가 높은 화소값들의 대조비를 높이기 때문에, 사람 얼굴에 해당하는 어두운 화소값들의 대조비가 높아진다. 그림 2(c)를 통해 입력 화소값들 중 낮은 화소값들의 대조비가 높아지도록 출력 화소값이 조절되는 것을 확인할 수 있다. 제안 알고리즘의 영상 대조비 향상 결과는 그림 1(f)에 나타나 있으며, 사람 얼굴에 해당하는 중요도가 높고 어두운 화소들의 대조비가 높아진 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 중요도 지도를 사용한 화소값 사이 척력 기반 화질 개선 기법을 제안하였다. 중요도가 높고 공간적으로 인접한 빈도가 높은 화소값들의 차이를 증가시킴으로써 개선된 영상을 얻을 수 있었다. 실험을 통해 제안 알고리즘의 히스토그램 평활화를 비롯한 기존 알고리즘들의 결과보다 우수한 화질을 제공함을 확인하였다.

### 5. 참고 문헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Process.*, Prentice Hall, 3rd edition, 2007.
- [2] J.-S. Kim, J.-Y. Sim and C.-S. Kim, "Multiscale saliency detection using random walk with restart," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 198-210, Feb. 2014.
- [3] T. Arici, S. Dikbas and Y. Altunbasak, "A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 9, pp. 1921-1935, Sep. 2009.
- [4] T. Celik and T. Tjahjadi, "Contextual and variational contrast enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 20, no. 12, pp. 3431-3441, Dec. 2011.