

가변크기필터를 통해 halo artifact를 줄이는 sharpening

이태희, *송우진

포항공과대학교 전자전기공학부

e-mail : *the@postech.ac.kr, wjsong@postech.ac.kr*

Adaptive windowing for sharpness enhancement and halo reduction

Tae-Hee Lee, *Woo-Jin Song

Division of Electrical and Computer Engineering

Pohang University of Science and Technology

Abstract

In this paper, we propose a sharpening approach which is based on unsharp masking through the adaptive windowing. This adaptive windowing changes the window size of the low-pass filter which is used in unsharp mask for reducing the halo artifacts.

I. 서론

Sharpening이란 영상의 선명도를 높이는 것으로써 다양한 응용 분야에서 매우 유용한 기술이다. 영상의 선명도를 높이기 위해서는 영상 정보의 고주파 영역을 강화시켜야 한다.

이를 위한 sharpening 기법은 deconvolution과 unsharp mask (UM)로 나뉠 수 있다. Deconvolution은 sharpening을 하려는 영상이 본래 선명했다고 가정하고 선명도를 떨어뜨린 blur 왜곡을 modeling 한 후에, 그것에 대한 impulse response를 inverting 하여 영상의 선명도를 향상시키는 기법이다. 이 기법은 blur에 대한 impulse response만 정확하게 modeling한다면 이상적인 sharpening 결과를 얻을 수 있지만 이 과정이 어렵다는 문제가 있다. 반면에 UM은 영상이 blur된

과정과 상관없이 영상의 고주파 영역을 강화하여 영상의 선명도를 개선하는 기법이다. UM은 임의의 영상에 쉽게 적용하여 선명도를 향상시킬 수 있다는 장점이 있지만, 고주파 영역의 강화 정도에 대한 기준이 모호하기 때문에 halo artifact 및 이것이 강조된 overshoot/undershoot이 발생한다는 단점이 있다.

다양한 응용 분야에서 sharpening을 이용할 때에는 단점이 보완된 UM을 많이 이용한다. UM이란 (1)의 형태로 영상의 고주파를 강조하는 기법이다.

$$y(i,j) = x(i,j) + A \cdot (x(i,j) - z(i,j)), \quad (1)$$

여기서 $x(i,j)$ 는 선명도를 향상시킬 원영상이고 $z(i,j)$ 는 $x(i,j)$ 의 low-pass filtering 결과이다. $(x(i,j) - z(i,j))$ 는 $x(i,j)$ 의 고주파 정보가 되며, (1)은 이것을 강화하여 줌으로써 sharpening을 수행하는 것이다.

UM의 단점인 halo artifact란 큰 edge 주위에서 빛의 테두리가 나타나는 왜곡을 말한다. 이 halo artifact는 $z(i,j)$ 를 얻는 low-pass filter의 길이(window size)가 길수록 많이 발생한다. Window size가 길수록 $z(i,j)$ 는 더욱 저주파의 정보만을 포함하게 되고, 이는 결국 $(x(i,j) - z(i,j))$ 가 의미하는 주파수 범위를 넓히게 된다. 넓은 범위의 주파수를 강조할수록 원영상의 edge에 빛의 테두리가 나타날 가능성이 커지는 것이다. 그리고 halo artifact는 $x(i,j)$ 의 큰 edge 영역에서 많이 발생한다 [1]. 이것은 edge가 클수록 고주파 성분이 큰 값을 갖고, 그것을 더하여 줄 때 영상의 왜곡이 커지기 때문이다.

본 논문에서는 $x(i,j)$ 의 큰 edge 존재유무에 따라 $z(i,j)$ 를 얻는 low-pass filter의 window size를 변화

This work was supported by the Brain Korea (BK) 21 Program funded by the Ministry of Education and HY-SDR Research Center at Hanyang University under the ITRC Program of MIC, Korea.

시커짐 으로서 halo artifact를 줄이는 UM을 제안한다. 제안 기법은 간단한 계산으로 halo artifact를 크게 줄인 sharpening 결과를 보이게 된다.

II. 본론

UM에서 $z(i, j)$ 를 얻기 위한 $L_{i,j} \times L_{i,j}$ 크기의 low-pass filter, $w_{i,j}$ 를 (2)와 같이 정의한다.

$$w_{i,j} = \{(k, l) | i - N_{i,j} \leq k \leq i + N_{i,j}, j - N_{i,j} \leq l \leq j + N_{i,j}\},$$

$$L_{i,j} = 2N_{i,j} + 1. \quad (2)$$

이렇게 $w_{i,j}$ 의 window size를 변화시키는 것을 가변크기 필터 (adaptive windowing) [2]라 하며, window size는 $N_{i,j}$ 의 조정을 통해 변화하게 된다. $N_{i,j}$ 의 조정 과정은 (3)과 같다.

$$N_{i,j} = \begin{cases} \min[N_{i,j} + 1, N_{\max}], & \text{if } d_{i,j} < T_{i,j} \\ \max[N_{i,j} - 1, N_{\min}], & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $N_{\min} = 0, N_{\max} = 5$.

(3)에서의 window size 조정은, $x(i, j)$ 가 큰 edge를 가질 때에 $z(i, j)$ 를 얻는 low-pass filter의 크기를 줄여주는 방식으로 진행된다. 이를 위해 $w_{i,j}$ 내에 존재하는 edge의 크기를 나타내는 지표로써 $d_{i,j}$ 를 (4)와 같이 정의한다.

$$d_{i,j} = \frac{1}{L_{i,j} \times L_{i,j}} \sum_{(k,l) \in w_{i,j}} |x(k, l) - m_{i,j}|, \quad (4)$$

여기서 $m_{i,j} = \frac{1}{L_{i,j} \times L_{i,j}} \sum_{(k,l) \in w_{i,j}} x(k, l)$ 로써 $w_{i,j}$ 내의 평균 pixel 값을 의미한다. 그리고 $w_{i,j}$ 내의 큰 edge에 대한 판단 기준인 $T_{i,j}$ 를 (5)와 같이 정의한다.

$$T_{i,j} = \frac{(x_{\max} - x_{\min})/2}{L_{i,j} \times L_{i,j}}, \quad (5)$$

여기서 x_{\max} 와 x_{\min} 은 원영상 pixel들의 최대값과 최소값을 나타내는 것이다. (5)는 영상에서 존재할 수 있는 최대 밝기 차를 $w_{i,j}$ 의 pixel 수로 나누어 준 것으로, 주어진 영상에서의 큰 edge에 대한 기준을 제시한다.

이렇게 정의된 식들을 통하여 본 논문은 adaptive windowing을 이용한 UM을 제안한다.

$$y(i, j) = x(i, j) + A \cdot (x(i, j) - z(i, j)), \quad (6)$$

여기서

$$z(i, j) = \frac{1}{L_{i,j} \times L_{i,j}} \sum_{(k,l) \in w_{i,j}} x(k, l). \quad (7)$$

제안된 (6)의 UM은 (7)의 adaptive windowing을 이용하여 halo artifact 및 overshoot/undershoot이 줄어든 sharpening 결과를 보인다.

III. 실험 결과 및 결론

제안 기법의 효과를 확인하기 위해 halo artifact가 발생하는 영상에 대해 UM을 수행하였다. 그림 1에서 알 수 있듯이 고정된 크기(11×11)의 averaging low-pass filter를 이용하여 $z(i, j)$ 를 구한 경우에는 큰 edge에서 halo artifact가 발생하지만, 제안 기법의 경우에는 halo artifact가 거의 없는 자연스러운 sharpening이 수행된다.



(a) 원영상 (b) Conventional UM (c) Proposed UM
그림 1. Halo artifact 발생 영상 ($A = 2$)

그림 2는 halo artifact로 인하여 overshoot/undershoot이 발생한 영상에 대해 제안 기법을 적용한 결과, overshoot/undershoot이 발생하지 않는 것을 나타낸 것이다.



(a) 원영상 (b) Conventional UM (c) Proposed UM
그림 2. Overshoots 발생 영상 ($A = 2$)

위 실험들에서 확인할 수 있듯이 제안된 UM은 큰 edge의 존재 여부에 따라 low-pass filter의 window size를 변경해줌으로써, halo artifact 및 overshoot/undershoot이 줄어든 자연스러운 sharpening을 수행한다.

참고문헌

- [1] Buyue Zhang and Jan P. Allebach, "Adaptive bilateral filter for sharpness enhancement and noise removal," ICIP 2007, Vol. 4, 2007.
- [2] Woo-Jin Song and William A. Perlman, "Edge-Preserving Noise Filtering Based on Adaptive Windowing," IEEE transactions on circuits and systems, Vol. 35, No. 8, Aug., 1988.