

LCD TV를 위한 Bilateral Filter 기반의 노이즈 제거

김정석¹, 장민수², 박귀태²

서울특별시 성북구 안암동5가-1 고려대학교 메카트로닉스 협동과정¹, 전기공학과²
(Tel:82-2-3290-3673; FAX 82-2-958-6910; E-mail:{peter96, jangms, gtpark}@korea.ac.kr)

Image Denoising by Using Modified Bilateral Filter for LCD TV

Joung-Suk Kim¹, Min-Soo Jang², Gwi-Tae Park²

Department of Mechatronics Engineering¹, Department of Electrical Engineering²,
Korea University, Sungbuk-ku, Seoul, Korea.
(Tel:82-2-3290-3673; FAX 82-2-958-6910; E-mail:{peter96, jangms, gtpark}@korea.ac.kr)

Abstract - 최근 LCD-TV의 화질 개선을 위해서 다양한 영상처리 알고리즘이 적용되고 있다. 그 중 선명도 개선 알고리즘은 영상의 경계선을 강조하여 영상이 보다 선명하게 보이도록 한다. 하지만 경계선을 강조하는 과정에서 노이즈도 같이 증가하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 강조된 경계선을 유지하면서 노이즈를 줄일 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다. 이를 위하여 Bilateral 필터를 기반으로 영상의 분산 값에 따라 영상의 노이즈 제거 정도를 결정하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서 론

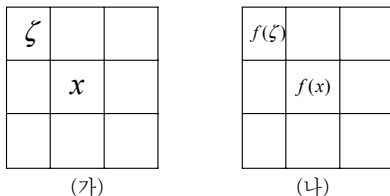
최근 LCD 관련 기술이 크게 발전하면서 LCD TV의 보급도 크게 늘어나고 있다. 이에 따라 보다 나은 LCD TV의 화질을 제공하고자 다양한 영상 처리 알고리즘이 적용되고 있다. LCD TV에는 크게 영상 대비 개선 알고리즘과 선명도 개선 알고리즘이 적용되고 있다. 그 중 선명도 개선 알고리즘은 영상의 경계선을 강조함으로써 영상이 보다 선명하게 보이도록 하는 장점이 있다. 하지만 선명도 개선 알고리즘은 경계선을 강조하는 과정에서 불필요한 노이즈까지 같이 증가되는 문제점이 있다. 이러한 노이즈를 제거하기 위하여 기존에는 저주파 통과 필터, 가우시안 필터, 그리고 중간값(median) 필터 등을 사용하였으나 이들은 노이즈와 함께 경계선까지 약화시키는 문제점이 있다. 따라서, 기존의 강조된 경계 부분을 유지하면서도 노이즈를 제거할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 또한, LCD TV에 구현이 되어야 하기 때문에 실시간 처리가 가능하여야 한다.

본 논문에서는 Bilateral 필터를 기반으로 하는 노이즈 제거 알고리즘을 제안하고자 한다. Bilateral 필터는 영상의 경계선을 유지하면서 노이즈만을 제거할 수 있는 알고리즘이다 [1][3]. 또한, 반복적인 수행을 하지 않고도 경계 유지에 좋은 성능을 보이며, 단순한 마스크 형태의 연산을 통해 구현에도 용이하다 [1]. 본 노이즈 제거 알고리즘은 전체영상의 분산 값과 윈도우의 분산 값을 이용하여 Bilateral 필터가 사용하는 가우시안 마스크의 가중치 값을 변화시켜 영상의 노이즈를 제거하고 경계영역을 유지하도록 하였다.

2. 본 론

2.1 Bilateral 필터

Bilateral 필터는 가우시안 마스크 가중치 값의 함수 c 와 영상의 주변 픽셀 값의 차이를 이용한 함수 s 의 컨볼루션이다



<그림 1> (가) 3x3 가우시안 마스크 (나) 3x3 영상이미지의 윈도우

$$d = \|\zeta - x\| \quad \delta = \|f(\zeta) - f(x)\|$$

$$c(\zeta, x) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{d(\zeta, x)}{\sigma_d} \right)^2}$$

$$s(f(\zeta), f(x)) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\delta(f(\zeta), f(x))}{\sigma_r} \right)^2}$$

$$k(x) = \iint c(\zeta, x) s(f(\zeta), f(x)) d\zeta$$

$$h(x) = k^{-1}(x) \iint f(\zeta) c(\zeta, x) s(f(\zeta), f(x)) d\zeta$$

ζ : 가우시안 마스크의 주변 가중치 값

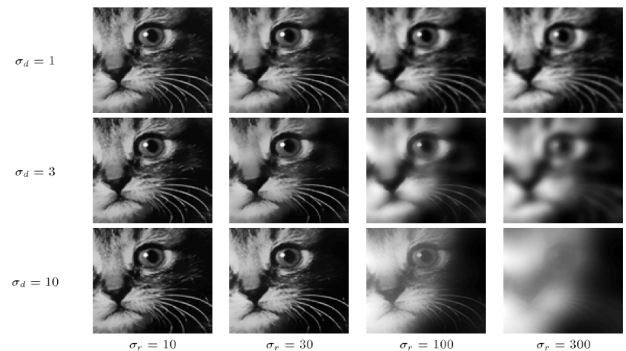
x : 가우시안 마스크의 중심 가중치 값

$f(x)$: 윈도우의 중심 픽셀의 RGB값 혹은 Gary값

$f(\zeta)$: 윈도우의 주변 픽셀의 RGB혹은 Gray값

$h(x)$: 윈도우의 중심 픽셀의 RGB혹은 Gray출력 값

c 함수는 가우시안 마스크의 가중치 값으로 중심 가중치 값과 주변 가중치 값의 차로 c 함수를 구한다. s 함수는 실제 영상의 픽셀 값으로 흑백 이미지인 경우 명암 값의 차를 의미 하고 컬러 영상의 경우에는 RGB 값의 차에 관한 함수이다. Bilateral 필터는 두 함수의 컨볼루션을 통해 $f(x)$ 값을 $h(x)$ 로 변환 하게 된다. Bilateral 필터는 위의 수식처럼 인접 픽셀에 대한 고려를 통해 영상의 경계를 유지 할 수 있도록 되어 있다. 하지만 Bilateral 필터에서 두 개의 인자 σ_d, σ_r 에 따라 노이즈의 제거 정도와 블러링 정도가 달라진다. 그림2는 두 인자의 변화에 따른 영상 변화를 보여준다.



<그림 2> 두 인자 변화에 따른 이미지 변화 [1]

위의 결과와 같이 두 개의 인자는 Bilateral 필터가 노이즈를 제거하고 블러링(Blurring) 효과를 주는데 있어 많은 영향을 미친다. 하지만 실제 적용하는데 있어 영상의 노이즈 정도에 따라 조절해야 문제점이 있다.

2.2 개선된 Bilateral 필터

전체 영상의 분산 값을 기준으로 하여 Bilateral 필터에서 사용하는 그림1 (가)의 가우시안 마스크의 중심 가중치 값을 변화시킨다. 그림 1 (나)의 윈도우의 분산 값과 영상 전체의 분산 값보다 작은 경우 중심 픽

셀은 노이즈이거나 혹은 주변 픽셀과 크기 않는 차이를 가진다. 그래서 그림1 (가)의 가우시안 마스크 중심 가중치 값을 낮추어 그림1 (나)의 윈도우 중심 픽셀 값이 주변 픽셀 값과 유사하게 된다. 그와 반대로 영상 전체 분산 값보다 그림 1 (나)의 윈도우 분산 값이 크면 이것은 윈도우에 경계가 존재하는 경우로 그림1 (가)의 가우시안 마스크의 중심 가중치 값을 높여 줌으로써 영상의 경계 영역이 주변 픽셀에 의해 블러링 되는 효과를 줄일 수 있다. 위의 알고리즘은 다음의 수식으로 표현된다.

$$\text{if } \sigma_{all}^2 > \sigma_w^2, G_h(x) = G_x/2$$

$$\text{if } \sigma_{all}^2 > \sigma_w^2, G_h(x) = G_x \times \sigma_w^2$$

σ_{all}^2 : 영상 전체의 분산 값

σ_w^2 : 윈도우의 분산 값

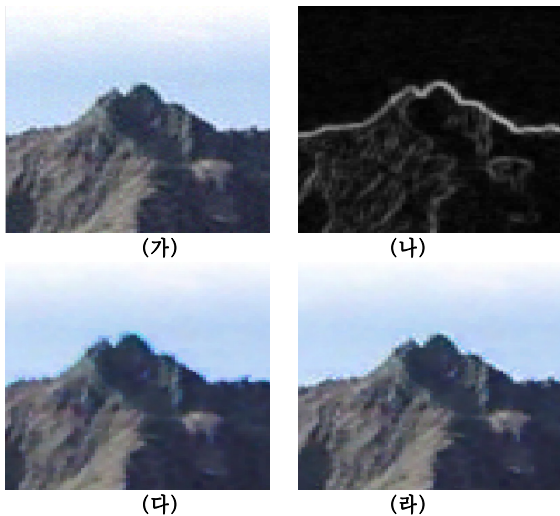
$G_h(x)$: 가우시안 마스크의 중심픽셀의 출력 값

$G_f(x)$: 가우시안 마스크의 중심픽셀의 기본 값

위의 식에 따라 c 함수의 값이 변화하게 된다. 분산 값을 구하는 윈도우 크기는 작은 크기 일수록 정확한 경계 영역을 찾을 수 있고 분산을 구하는 시간에도 좋은 결과를 보여주었다. 그래서 본 논문에서는 3×3 크기의 윈도우와 가우시안 마스크를 사용하였다. Bilateral 필터의 윈도우 크기는 노이즈를 제거하거나 블러링 되는데 크게 영향을 주지 않는다. 이런 이점은 하드웨어로 구현 시 많은 메모리를 필요로 하지 않는다는 장점을 가진다.

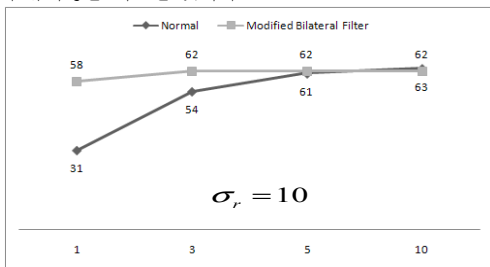
3. 실험 결과

영상의 노이즈 개선 정도를 확인하기 위해 가우시안 분포의 확률로 영상에 노이즈를 추가한 후 기존 Bilateral 필터와 개선한 Bilateral 필터의 영상이 노이즈를 추가하기 전의 영상과 얼마나 같은지를 비교하였다.

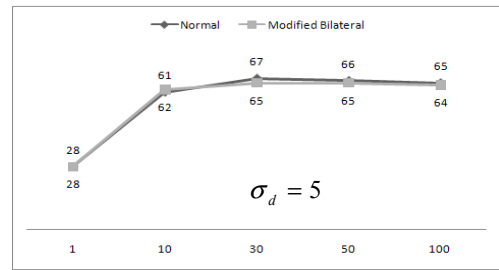


〈그림 3〉 (가) 노이즈가 포함된 영상, (나) 3×3 윈도우 이미지의 분산 값에 따른 영상, (다) 기존 Bilateral 필터에 의해 개선 영상 (라) 개선된 Bilateral 필터에 의해 개선 영상

영상의 유사성 비교는 원영상과 필터에 의해 개선된 영상의 픽셀 값의 차이가 일계 값 미만인 경우 동일한 픽셀이라고 가정한다. 아래의 두 도표는 두 개의 인자의 변화에 따른 원래 영상과 각각 개선된 영상의 유사성을 비교한 것이다.

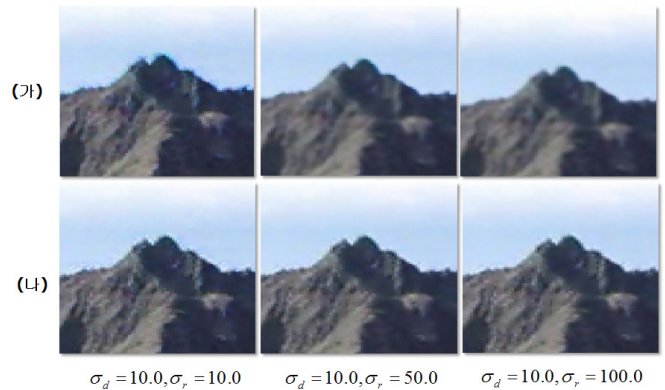


〈그림 5〉 (가) σ_d 변화의 영상 비교



〈그림 6〉 σ_r 변화의 영상 비교

그림5에서 개선된 Bilateral 필터는 σ_d 에 대해서는 큰 영향을 받지 않았으나 그림 6에서는 σ_r 은 기존 알고리즘과 동일한 픽셀의 유사도를 보여주었다. 그림 7은 σ_r 의 변화에 따라 두 영상의 실제 블러링 정도를 비교한 것이다.



〈그림 7〉 (가) 기존 bilateral filter (나) 개선된 bilateral filter 비교

기존 Bilateral 필터에서는 σ_r 값이 변화함에 따라 영상의 경계 부분이 블러링 되는 것을 확인 할 수 있지만, 개선된 Bilateral 필터는 σ_r 값이 크게 되더라도 경계영역의 변화가 크지 않다. 그림 6과 같이 영상의 유사도는 비슷한 결과를 얻었지만, 그림7에서와 같이 개선된 Bilateral 필터는 경계 영역 유지에 더 좋은 결과를 보인다. 그러나 개선된 Bilateral 필터는 영상의 전체 분산 값을 계산하고 사용되는 가우시안 마스크의 중심 가중치 값을 윈도우의 분산 값에 따라 변경해야 하므로 c 함수의 값이 윈도우마다 다시 계산되기 때문에 기존 알고리즘 보다 약 50%의 추가적인 시간이 소요된다.

4. 결 론

본 논문에서는 제안한 개선된 Bilateral 필터 알고리즘은 두 개의 인자 σ_d, σ_r 이 고정된 인자 값으로 큰 값을 사용하더라도 경계가 블러링 (Blurring)되지 않았다. 개선된 Bilateral 필터 알고리즘은 두 개의 인자 값과 상관없이 경계 유지와 노이즈에 제거에 좋은 성능을 보여주었다.

본 논문에서 제안한 Bilateral 필터는 LCD TV에 적용 가능하지만 기존 시간보다 50%의 추가적인 처리 시간이 사용된다는 실시간 연산처리에 문제가 된다고 생각되며, 추후 실시간 처리가 가능하도록 알고리즘을 개선할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," Proc. IEEE 6th Int'l Conf. Computer Vision (ICCV), IEEE CS Press, 1998, pp. 839-846.
 [2] A Fundamental Relationship between Bilateral Filtering, Adaptive Smoothing, and the Nonlinear Diffusion Equation by Danny Barash in 2002.
 [3] M. Elad, "Analysis of the Bilateral Filter," Proc. 36th Asilomar Signals, Systems and Computers, IEEE Press, 2002, pp. 483-487.