

## 경계 검출 및 강조를 이용한 양방향 필터를 통한 화질 개선

\*김동현, \*\*황웅, \*\*정제창

\*한양대학교 융합전자공학부, \*\*한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

donghyun3310@naver.com, hwangung@gmail.com, jjeong@hanyang.ac.kr

### Bilateral Filtering for Image Enhancement using Edge detection and emphasis

\*Kim, Donghyun \*\*Hwang, Ung \*\*Jeong, Jechang

\*Department of Electronic Engineering, Hanyang University

\*\*Dept. Electronics and Computer Eng. Hanyang University

### 요약

화질의 개선을 위해 잡음을 제거하는 기술이 많이 개발되고 있으며 그 기술들 중에 효과적으로 사용되고 있는 것 하나가 양방향 필터이다. 양방향 필터는 거리에 대한 가중치와 화소 값에 대한 가중치를 모두 고려하기 때문에 경계 부분을 보존하면서 잡음을 제거하는 것이 가능하다. 필터를 적용함으로써 잡음이 제거되지만 본 논문에서는 그보다 나은 결과를 위해서 경계 부분을 캐니 에지 검출기로 검출하고 강조함으로써 양방향 필터의 장점을 전보다 부각시켜 이전보다 효과적인 화질개선 방법을 제시하고자 하였다.

### 1. 서론

최근 디스플레이의 크기는 기술의 발전으로 점점 커져가고 있으며, 이로 인해서 사용자들은 예전에는 보이지 않았던 잡음을 육안으로 식별이 가능하게 되었다. 때문에 영상의 잡음을 제거하여 영상의 화질을 개선시키는 기술은 매우 중요하게 여겨진다.

영상처리 분야에서 영상에 포함된 잡음(Noise)은 영상을 분석하고 처리하는데 많은 영향을 미친다. 잡음 성분은 대부분 고주파에 많이 분포해 있으며, 영상의 중요한 정보는 상대적으로 저주파에 많이 분포해 있다. 이런 영상의 고주파와 저주파 성분의 특성을 이용해서 효과적으로 잡음을 제거하는 방법들 중 하나로 웨이블릿 변환을 통한 방법이 있다.

웨이블릿 변환을 통한 고주파 영역의 잡음 제거는 하드 또는 소프트 임계값 처리를 통해 이뤄진다. 임계값 처리를 하는 방법에는 여러 가지 방법이 있는데 일반적으로 VisuShrink, SureShrink, BayesShrink 가 사용된다 [1-2]. 하지만 이 방법들을 이용할 경우 영역에 포함된 고주파 성분의 경계 부분 또한 손상된다는 문제점이 생긴다. 또 다른 문제점은 저주파에 포함되어 있는 상대적으로 양이 적은 잡음을 구분하여 제거하는 것이 어렵다는 것이다. 이 두 가지 문제점을 극복하기 위해 최근에 각광받고 있는 방법이 바로 양방향 필터(Bilateral filter)를 이용하는 것이다 [3-5].

양방향 필터의 경우 필터를 결정하는 파라미터를 통해 경계를 보존하면서 저주파의 잡음까지 효과적으로 제거할 수 있는 장점이 있다. 양방향 필터의 장점인 이미지의 경계 보존성을 극대화하기 위해 경계 검출 알고리즘을 추가시킬 수 있다. 여러 가지 경계 검출 알고리즘 중, 캐니 에지 검출 알고리즘이 가장 우수하다는 평가를 받고 있기 때문에 본 논문에서는 그 과정을 추가하여 이미지 화질 개선방법을 보인다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 양방향 필터와 캐니 에지 검출에 대한 이론적 소개를 하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서는 실험을 통해서 기존의 양방향 필터만 사용했던 알고리즘과 새롭게 제안하는 알고리즘을 비교한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구방향을 설정한다.

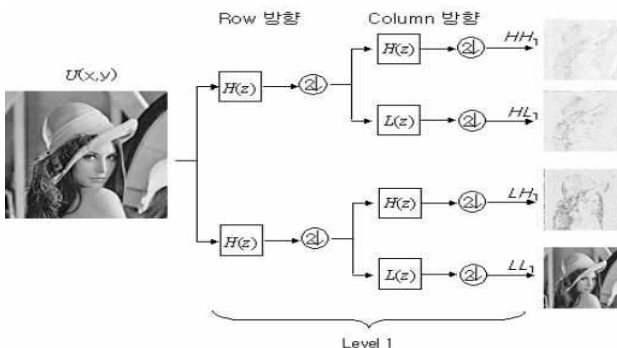


그림 1. 웨이블릿 변환을 이용한 이미지 분해 과정

### 2. 이론적 배경

화질 개선을 위한 이미지 잡음 제거에 가장 보편적으로 쓰이고 효과적인 방법은 양방향 필터를 이용하는 것이다. 양방향 필터는 블록 내

의 화소의 위치차이에 따라 영역 필터를 지정하고 화소 값의 차이에 따라 범위 필터를 지정하여 이 둘을 각각의 가중치에 따라 적용하는 방식이다. 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\tilde{I}(x) = \frac{1}{C} \sum_{y \in N(x)} e^{-\frac{\|y-x\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{|I(y)-I(x)|^2}{2\sigma_r^2}} I(y) \quad (1)$$

$\sigma_d$ 와  $\sigma_r$ 은 각각 화소 위치 차이에 대한 가중치와 화소 값의 차이에 대한 가중치를 나타내는 파라미터 들이다.  $x$ 는 현재 화소의 위치를 의미하고  $I(x)$ 는 화소의 값을 나타낸다.  $N(x)$ 는 현재 화소 주변의 값의 범위를 나타내고  $y$ 는 현재 화소 주변의 화소 값들을 의미한다.  $C$ 는 표준화 상수로 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C = \sum_{y \in N(x)} e^{-\frac{\|y-x\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{|I(y)-I(x)|^2}{2\sigma_r^2}} \quad (2)$$

양방향 필터가 아닌 가우시안 필터를 사용할 시, 화소 값에 따른 가중치를 이용하지 않게 되어 경계 부분이 상대적으로 더 손상되는 현상이 나타난다. 하지만 양방향 필터의 경우  $\sigma_d$ 와  $\sigma_r$  두 가지 파라미터를 동시에 고려하기 때문에 상대적으로 효과적인 잡음 제거와 경계 보존을 이뤄낼 수 있다. 화질 개선을 위해 양방향 필터와 함께 시행할 알고리즘은 캐니 에지 검출기이다 [6]. 기존의 방법으로는 Roberts, Sobel, Prewitt 등의 마스크를 씌워 경계를 검출 하였다 [7]. 이에 반해 캐니 에지 검출기의 장점은 낮은 에러율과 경계점을 정확하게 측정한다는 것과 단일 경계점을 반환한다는 점이다. 다만 복잡한 과정과 시간이 많이 소요된다는 단점을 가지고 있지만 정확도와 성능의 우수성 때문에 널리 쓰이고 있다.

영상의 경계 검출은 총 5단계의 과정을 통해 이루어진다. 첫 번째는 잡음 제거를 위한 Smoothing 과정이다. 그림 2의 (a) 같은 가우시안 마스크를 적용하여 잡음을 어느 정도 제거한다. 두 번째는 그림 2의 (b)의 Sobel 마스크를 적용하여 경계를 구하는 것이다.

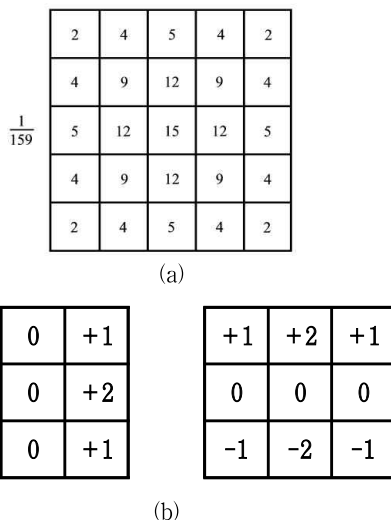


그림 2. (a) 가우시안 마스크, (b) Sobel 마스크(왼쪽 - 방향 경계 검출을 위한 마스크 ; 오른쪽 - y방향 경계검출을 위한 마스크)

기울기의 값을 통해 경계를 생성하기 때문에 일반적으로 지역 최대 주위에 넓은 능선을 포함하게 된다. 이러한 능선을 가늘게 하기 위해 세 번째로 비 최대 억압을 사용한다. 비 최대 억압은 경계가 가질 수 있는 가능한 방향을 45° 간격의 8방향으로 양자화한 후 경계 강도를 검출하여 기존의 경계의 강도보다 작으면 억압하는 과정이다. 마지막으로 경계를 검출하고 연결하기 위해 이중 문턱치 처리와 연결성 분석을 이용한다. 단일 문턱치를 사용할 경우 문턱치를 너무 낮거나 높게 잡으면 실제 유효 경계점들이 제거될 것이다. 하지만 두 개의 문턱치를 사용할 경우 이러한 상황을 개선할 수 있다. 그 후 강도가 강한 경계와 약한 경계를 판별하여 약한 경계에 대해서 강한 경계와의 연관성을 판별해 연결성을 확보한다.

### 3. 제안하는 알고리즘

기존의 논문에서는 화질 개선을 위한 이미지 잡음 제거를 위해 양방향 필터를 적용하였다. 하지만 본 논문에서는 양방향 필터의 적용 후에 필터의 장점을 살리기 위해 캐니 경계 검출기를 이용해 경계 부분을 좀 더 살리고자 하였다. 그 후 양방향 필터를 한 번 더 적용해 더욱더 우수한 화질 개선 효과를 만들었다. 알고리즘 상 두 번째 양방향 필터에서는 거리에 대한 가중치를 줄이고 화소 값에 대한 가중치를 늘려서 사용하였다. 즉  $\sigma_d$  값을 줄이고  $\sigma_r$  값을 늘리면서 알고리즘이 진행될수록 자연스럽게 blurring되는 경계부분을 더욱 살리는 효과를 가져 올 수 있다. 즉 캐니 경계 검출기를 통해서 찾아낸 경계 부분의 화소 값을 일정한 배수로 증가시킨 뒤 두 번째 필터를 적용한다면 화소 값에 대한 가중치  $\sigma_r$ 를 늘렸기 때문에 첫 번째 필터에 비해 경계부분을 더욱더 부각시킬 수 있다.



그림 3. 제안하는 알고리즘의 흐름도

### 4. 실험 결과

기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 결과를 비교하기 위해 총 4개의 이미지 Lena, Barbara, Boat, Goldhill를 사용하였고 크기

는 모두 512×512이다. 이미지에 부과되는 잡음의 표준편차는 0.1, 0.15, 0.2의 세 가지의 경우로 실험하였다. 제안하는 알고리즘에서 첫 번째 양방향 필터의 window size는 3×3을 사용하고  $\sigma_d$  값은 2,  $\sigma_r$  값은  $1.6 \times \sigma_n$ 으로 정하였다. 이 파라미터들은 기존의 알고리즘의 양방향 필터와 같은 파라미터 값으로 정하였다. 캐니 에지 검출기로 경계 부분을 검출하여 경계 부분의 화소 값을 강조하기 위해 일정한 상수  $\alpha$  값을 곱하였다.  $\alpha$ 는 1.05을 대입하였고 이는 실험적으로 오차율이 가장 낮은 값이 나타나는 경우로 지정하였다. 두 번째 양방향 필터의 window size는 3×3으로 첫 번째와 동일하고,  $\sigma_d$ 는 1,  $\sigma_r$ 는  $2 \times \sigma_n$ 로 경계를 강조하기 위해 변화를 주었다. 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능을 비교, 분석하기 위한 척도로 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) [8]을 사용하였고 결과는 다음과 같다.

표 1. 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 PSNR 비교

Input Image	$\sigma_n$	기존의 알고리즘 (dB)	제안하는 알고리즘 (dB)
Lena	0.1	28.68	29.11
	0.15	26.98	27.24
	0.2	25.69	25.71
Barbara	0.1	24.63	24.90
	0.15	23.09	23.38
	0.2	22.28	22.45
Boat	0.1	27.31	27.84
	0.15	25.75	26.20
	0.2	24.63	25.00
Goldhill	0.1	26.97	27.54
	0.15	25.73	26.12
	0.2	24.79	24.92

표 1을 통해 기존의 방법인 양방향 필터를 한 번 적용한 알고리즘과 경계 검출 후 경계 부분을 강조하고 변화된 파라미터의 양방향 필터를 적용한 본 논문의 알고리즘을 비교해 볼 때, 기존의 양방향 필터를 이용한 방법에 비해서 PSNR값이 높아짐을 알 수 있다. 이는 제안한 알고리즘을 통해서 화질이 보다 효과적으로 개선되었음을 나타내며 여러 이미지와 다양한 표준편차와 같은 변화에 따라서도 잘 적용됨을 알 수 있다. 그림 5부터 8까지는 잡음 표준편차 0.1일 때 실험한 이미지들을 비교하여 나타낸 것이다.



그림 5. (a) Lena 원본 이미지, (b) 표준편차 0.15인 잡음이 낀 이미지, (c) 기존의 알고리즘, (d) 제안하는 알고리즘

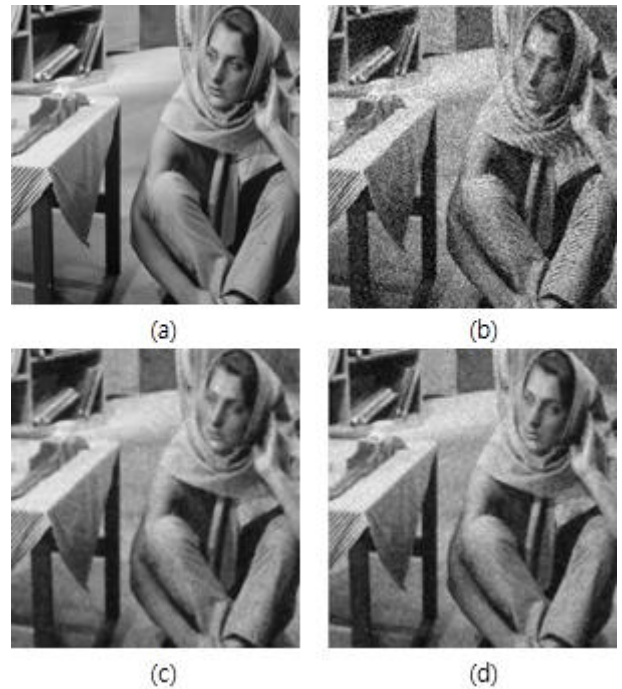


그림 6. (a) Barbara 원본 이미지, (b) 표준편차 0.15인 잡음이 낀 이미지, (c) 기존의 알고리즘, (d) 제안하는 알고리즘

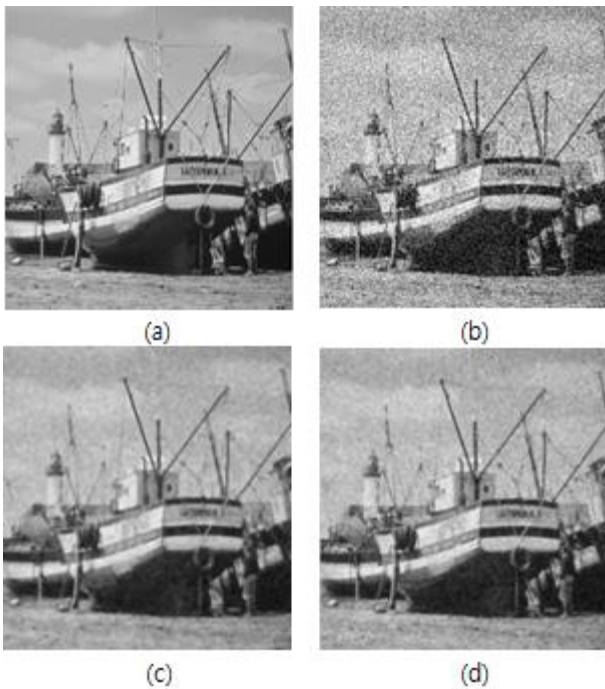


그림 7. (a) Boat 원본 이미지, (b) 표준편차 0.15인 잡음이 낀 이미지, (c) 기존의 알고리즘, (d) 제안하는 알고리즘

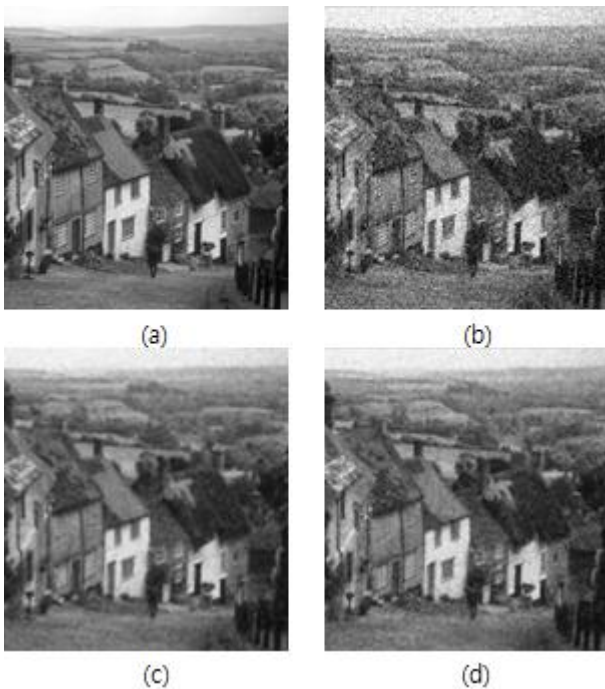


그림 8. (a) Goldhill 원본 이미지, (b) 표준편차 0.15인 잡음이 낀 이미지, (c) 기존의 알고리즘, (d) 제안하는 알고리즘

## 5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 화질 개선을 위한 잡음 제거의 방법으로 양방향 필터를 한 번 적용하는 기존의 방법과 다르게 캐니 에지 검출기를 이용한 보다 정확한 경계를 찾고 경계 부분을 강조하여 양방향 필터를 한 번 더 적용시켜 PSNR을 높였다. 수치적으로 봤을 때, 최대 0.5dB까지 올라가는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 잡음 표준편차가 높아짐에 따라 개선율이 미미하게 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 즉 양방향 필터의 여러 파라미터와 캐니 에지 검출기의 이중 문턱치 값 등 여러 가지 변수들이 있기 때문에 본 논문에서 정한 값보다 효과적인 결과를 낳는 값을 지칭할 수 있을 것이다. 나아가 경계 부분을 일정한 상수를 곱하여 강조하는 방법이 아닌 두께를 두껍게 하는 방법과 같이 주관적으로 화질을 개선하는 방법 또한 있을 것이다. 수치적인 개선율도 중요하지만 영상은 사람들이 육안으로 확인하였을 때, 나아짐을 확인할 수 있어야 하기 때문에 그 방향으로 향후 연구 목표를 설정해야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Nam-Chun Park, Chang-Yong Woo, "Denoising Images by VisuShrink Technique Using the Estimated Noise Power in the Highest Equal Subband of Wavelet," *Journal of the institute of signal processing and systems* v.13 no.1, pp.26-31, 2012
- [2] L. Kaur, S. Gupta, and R. C. Chauhan, "Image denoising using wavelet thresholding," presented at the *3rd ICVGIP Conf on Image Processing and Segmentation*, Ahmedabad, India, Dec. 16.18, 2002, unpublished.
- [3] Yu QIU, Fengchun TIAN, Kiichi URAHAMA, "A Cross Bilateral Filter for Image Denoising Based on Undecimated Wavelet Transform," *Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV)*, pp.66-71, 2010
- [4] Hakgu Kim, Dongbok Lee, and Byungcheol Song, "Adaptive Unsharp Masking using Bilateral Filter," *전자공학회논문지 제49권 11호*, pp.56-63, Nov, 2012.
- [5] Hyung-Seok Kim, Cheolkon Jung, Suyoung Lee, Joong Kyu Kim, "A Study on Fast Time Face Enhancement Using Bilateral Filtering," *대한전자공학회 2008년 정기총회 및 추계종합학술대회*, pp. 713-714, Nov. 2008.
- [6] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 8, no. 6, pp. 679-698, Nov. 1986.
- [7] R Maini, H Aggarwal, "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques," *International Journal of Image Processing*, 2009
- [8] ITU-T Recommendation J.144, "Objective Perceptual Video Quality Measurement Techniques for Digital Cable Television in the Presence of a Full Reference," *International Telecommunication Union*, Geneva, Switzerland, 2004.