

AWGN 환경에서 국부 마스크의 에지 정보를 이용한 합성 필터에 관한 연구

권세익 · 김남호¹

¹부경대학교 제어계측공학과

A Study on Composite Filter using Edge Information of Local Mask in AWGN Environments

Se-Ik Kwon · Nam-Ho Kim¹

¹Department of Control and Instrumentation Eng., Pukyong National Univ.

요 약 디지털 영상처리는 의료산업, 위성사진, 공장자동화 영상인식 등 넓고 다양한 분야에 활용되고 있다. 하지만 이러한 영상 데이터는 처리, 전송, 저장하는 과정에서 여러 외부 원인에 의해 열화가 발생한다. 영상에 첨가되는 잡음에는 AWGN, salt and pepper 잡음이 대표적이다. AWGN에 훼손된 영상을 복원하기 위한 공간영역 방법에는 MF, CWMF, AWMF 등이 있으며, 기존의 방법들은 에지와 같은 상세 정보를 훼손하는 특성이 있다. 따라서 본 논문에서는 AWGN 환경에서 국부 마스크의 에지 크기에 따라 화소 방향에 따른 가중치 필터, 공간 가중치 필터 및 평균 필터의 가중치를 다르게 적용하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해, PSNR을 사용하여 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

• 주제어 : AWGN, 열화 영상, 에지, 잡음 제거, PSNR

Abstract Digital image processing is being utilized in various fields including medical industry, satellite photos, and factory automation image recognition. However, this kind of image data produces heat by an external cause in the course of being processed, transmitted, and stored. Most typical noises added in the images are AWGN and salt and pepper. MF, CWMF, and AWMF are methods used to restore images damaged by AWGN and the existing methods are likely to damage detailed information such as an edge. Therefore, this paper suggests an algorithm applying weight of average filter, average filter depending on pixel, and spatial weight filter based on edge size of local mask in an AWGN environment, in a different way. Also, this paper compares functions of existing methods by using PSNR to prove excellence of the suggested algorithm.

• Key Words : AWGN, Corrupted image, Edge, Noise Removal PSNR

Received 18 November 2016, Revised 10 December 2016, Accepted 28 December 2016

* Corresponding Author Nam-Ho Kim, Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Pukyong National University, 45, Yongso-ro Nam-gu, Busan, Republic of Korea. E-mail: nhk@pknu.ac.kr

I. 서론

현재 디지털 영상처리는 다양한 영역에서 활용되고 있다. 그러나 통신기술의 발전에 따라 디지털 영상은 처리, 전송, 저장 과정에서 여러 가지 요인에 의해 잡음이 첨가되어 영상의 질이 저하된다. 따라서 잡음제거에 대한 필요성이 대두되고 있으며, 잡음제거 기술은 주요한 연구 분야가 되었다[1-2].

영상에 첨가되는 잡음은 발생하는 원인과 형태에 따라 다양한 종류가 있으며, 일반적으로 임펄스 잡음, AWGN(additive white Gaussian noise), 유니폼 잡음 등이 있다. 그 중 AWGN에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[3-4].

잡음을 제거하기 위하여 많은 방법들이 제안되었으며, 가장 대표적인 공간영역에서의 방법에는 MF(mean filter), CWMF(center weighted median filter), AWMF(adaptive weighted mean filter) 등이 있다. MF는 평활한 영역에서 우수한 잡음 제거 특성을 나타내지만 화소 변화가 많은 에지 영역에서 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다. AWMF는 마스크 내부 화소 차이를 고려하여, AWGN 제거에서 우수한 성능을 보이고 있다[5-10].

따라서 본 논문에서는 영상에 첨가되는 AWGN의 영향을 완화하기 위하여, 국부 마스크 내의 에지 정보를 이용하여 에지 화소들의 크기에 따라 화소 방향에 따른 가중치 필터, 공간 가중치 필터 및 평균 필터의 가중치를 다르게 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해 PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용하고 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

II. 잡음 모델

영상의 열화를 일으키는 잡음들은 다양하며, 잡음에 의해 열화된 영상은 식 (1)과 같다.

$$O = H(I) + k \quad (1)$$

여기서, I 는 입력 영상이고, H 는 열화 함수이며, k 는 잡음을 의미한다. 만약 k 가 가우시안 잡음일 경

우, 그것의 잡음밀도 함수는 식 (2)와 같다.

$$p_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-u)^2/2\sigma^2} \quad (2)$$

여기서, z 는 명암도이고, u 는 z 의 평균값이며, σ 는 표준편차이다. z 는 식 (2)에서 일반적으로 70%는 $(u-\sigma)$ 에서 $(u+\sigma)$ 영역에 있으며, 95%는 $(u-2\sigma)$ 에서 $(u+2\sigma)$ 의 영역 안에 있다. AWGN은 가우시안 잡음의 일종으로서 평균(u)이 0인 잡음이다.

$$p_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z)^2/2\sigma^2} \quad (3)$$

III. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 영상에 첨가된 AWGN을 효과적으로 제거하기 위하여 에지 검출에 활용되고 있는 Prewitt 연산을 이용하여 국부 마스크의 에지 크기에 따라 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

Prewitt 연산자는 대표적인 1차 미분 연산자 중의 하나이며, 다양한 분야에 활용되고 있다. Prewitt 연산자를 이용한 방법은 모든 방향의 에지를 추출하며, 화소값을 비교적 평균화하여 대체적으로 잡음에 강한 알고리즘으로 알려져 있다. 그리고 Prewitt 연산자를 영상에 적용하기 위한 3×3 크기의 국부 마스크는 식 (4)와 같이 설정된다.

$$x_{i+p,j+q} = \{I_{i+p,j+q} \mid -N \leq p, q \leq N\} \quad (4)$$

여기서, I 는 입력영상, N 은 양의 정수를 의미하며 1이고, p, q 는 국부 마스크의 내부 인덱스이다.

Prewitt 연산자의 각 기울기에 대한 차분방정식 표현은 식 (5)와 같다.

$$G_k = x_{i+1,j-1} + x_{i+1,j} + x_{i+1,j+1} - (x_{i-1,j-1} + x_{i-1,j} + x_{i-1,j+1}) \quad (5)$$

$$G_l = x_{i-1,j+1} + x_{i,j+1} + x_{i+1,j+1} - (x_{i-1,j-1} + x_{i,j-1} + x_{i+1,j-1})$$

여기서, G_k 는 Prewitt 연산자의 수직 기울기, G_l 은 수평 기울기이며, Prewitt 연산자에 의해 검출된 에지 화소들에 대한 크기 및 방향을 식 (6), (7)과 같이 구한다.

$$P = \sqrt{G_k^2 + G_l^2} \quad (6)$$

$$t = \frac{G_k}{G_l} \quad (7)$$

3.1 화소 방향에 따른 가중치 필터

국부 마스크의 방향에 따른 공간 가중치는 국부 마스크 내의 에지 정보를 이용하여 기울기에 따른 직선을 구하고 그 직선과 국부 마스크 화소들 사이의 거리에 따른 공간 가중치를 설정하여 처리한다. 국부 마스크의 기울기를 이용한 직선 방정식은 식 (8)과 같다.

$$y = tx - \frac{c}{b}, \quad t = -\frac{a}{b} \quad (8)$$

여기서, a , b 는 국부 마스크의 수직, 수평 방향의 기울기 G_k , G_l 이며, c 는 원점을 지나는 직선으로 0의 값을 갖는다.

국부 마스크의 화소 방향에 따른 직선 방정식과 국부 마스크 내의 화소들의 거리에 따른 공간 가중치 마스크를 식 (9)와 같이 설정한다.

$$w_{i+p,j+q} = \exp\left\{-\frac{k|ap+bq+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}\right\} \quad (9)$$

여기서, k 는 공간 가중치 마스크의 특성을 결정하는 중요한 파라미터이다.

국부 마스크의 화소 방향에 따른 공간 가중치 마스크를 이용한 최종 출력은 식 (10)과 같이 구한다.

$$D_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q} w_{i+p,j+q}}{\sum_{p,q \in x} w_{i+p,j+q}} \quad (10)$$

3.2 공간 가중치 필터

공간 가중치 마스크는 중심화소와 주위 화소의 공간적 거리에 따라 다르게 가중치를 적용한다. 즉, 공간적으로 중심화소와 인접 화소에 대해서 큰 가중치를 적용하고, 중심화소와의 공간 거리가 증가함에 따라 가중치를 감소시킴으로써 처리된 영상의 에지 보존 특성을 향상시킨다. 거리에 따른 공간 가중치를 식 (11)과 같이 설정한다.

$$w_{i+p,j+q} = [h - \sqrt{(i+p)^2 + (j+q)^2}]^f \quad (11)$$

여기서, $h=3$ 이고, f 는 가중치의 크기를 결정하는 중요한 파라미터이다.

거리에 따른 공간 가중치 필터의 최종 출력은 식 (12)와 같이 구한다.

$$J_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q} w_{i+p,j+q}}{\sum_{p,q \in x} w_{i+p,j+q}} \quad (12)$$

3.3 평균 필터

평균 필터는 저주파 영역에서 우수한 잡음 제거 특성을 나타내는 필터로 가장 많이 사용되는 필터이다. 평균 필터의 최종 출력은 식 (13)과 같이 구한다.

$$M_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q}}{(2N+1)^2} \quad (13)$$

3.4 제안한 알고리즘의 최종 출력

제안한 알고리즘의 최종 출력은 국부 마스크의 에지 크기에 따라 처리하며, 식 (14)와 같다.

$$\begin{cases} O_{i,j} = AD_{i,j} + BJ_{i,j} + \Gamma M_{i,j} & \text{if } F \leq T_1 \\ O_{i,j} = BD_{i,j} + \Gamma J_{i,j} + AM_{i,j} & \text{if } T_1 < F \leq T_2 \\ O_{i,j} = \Gamma D_{i,j} + BJ_{i,j} + AM_{i,j} & \text{if } F > T_2 \end{cases} \quad (14)$$

여기서, A , B , Γ 는 제안한 알고리즘의 특성을 결

정하는 파라미터이며, T_1 , T_2 는 국부 마스크의 에지 크기에 따른 임계값을 의미한다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 그림 5와 같이 512×512 크기의 8비트 그레이 영상인 Baboon, Barbara에 대해 AWGN을 첨가하여 시뮬레이션하였다. 그림 1은 시뮬레이션에 사용한 Baboon, Barbara 영상에 대한 원 영상을 나타낸 것이다.

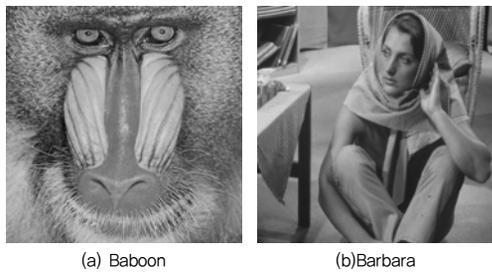


Fig. 1 The original test images

그리고 PSNR을 사용하고 기존의 MF, CWMF ($k = 1$), A-TMF($\alpha = 0.2$), AWMF와 제안한 알고리즘의 성능을 비교하였다.

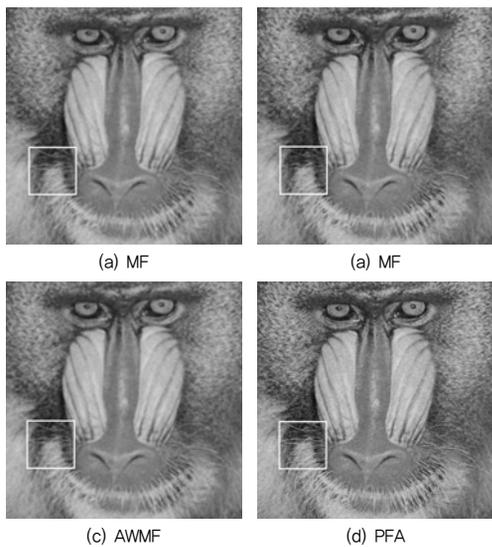


Fig. 2 Simulation result of Baboon image

그림 2, 3은 Baboon 영상과 Barbara 영상에 표준 편차가 15인 AWGN을 첨가하였을 때, 기존의 방법들과 제안한 방법의 시뮬레이션 결과이다.

그림 2, 3에서 (a)는 MF(3×3), (b)는 CWMF(3×3), (c)는 AWMF(3×3), (d)는 제안한 필터 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)으로 처리한 결과이다.



Fig. 3 Simulation result of Barbara image

그리고 제안한 알고리즘의 잡음제거 및 에지 보존 성능을 보여주기 위해, 처리된 영상에서 고주파 부분의 차영상을 확대하여 그림 8에 나타내었다. 본 논문에서의 차영상은 원 영상과 처리된 영상의 절대 차에 3을 곱하여 얻어진다.

시뮬레이션 결과로부터, 기존의 MF 및 AWMF에 의해 처리된 영상들은 블러링 현상 및 에지 보존 특성이 미흡하였다. CWMF는 제안한 알고리즘에 비해 에지 영역에서 미흡한 특성을 나타내었다. 그러나 제안한 알고리즘에 의해 처리된 영상은 에지와 같은 고주파 성분이 잘 보존되었을 뿐만 아니라, 잡음제거 방법에서도 우수한 성능을 나타내었다.

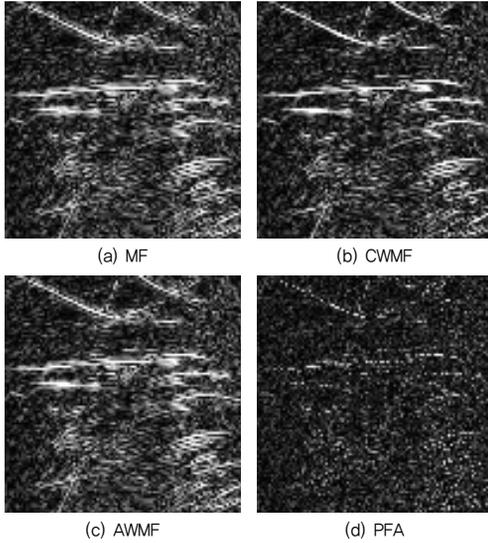


Fig. 4 Enlarged difference image($\times 3$) for high-frequency region of Baboon image

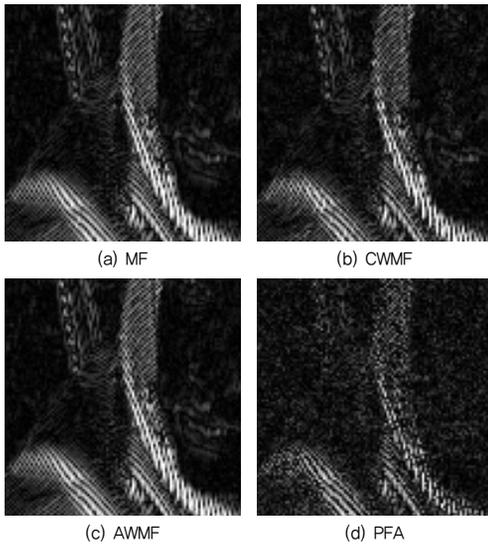


Fig. 5 Enlarged difference image($\times 3$) for high-frequency region of Baboon image

그림 6, 7은 각각의 필터들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 그래프로 비교한 것이다.

기존의 필터와 제안한 알고리즘으로 처리한 결과에서, 제안한 알고리즘은 기존의 방법들에 비해 σ 가 낮은 영역 및 높은 영역에서 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었다.

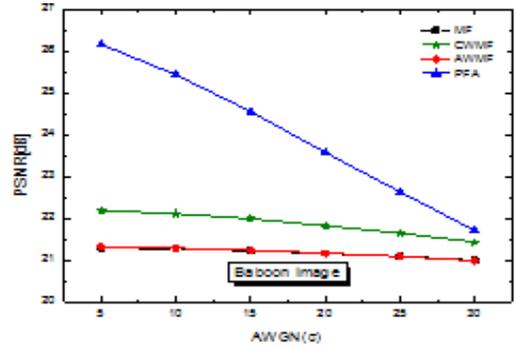


Fig. 6 PSNR for Baboon with standard deviation σ of AWGN

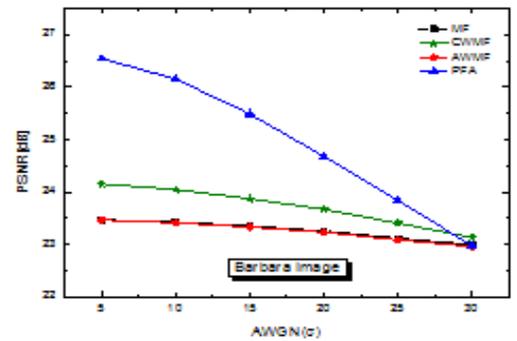


Fig. 7 PSNR for Barbara with standard deviation σ of AWGN

표 1과 표 2는 각각 Baboon 영상과 Barbara 영상에서 AWGN의 크기 변화에 따른 기존의 필터들과 제안한 필터 알고리즘의 처리 결과를 PSNR로 나타낸 것이다.

표 1의 결과로부터 제안한 알고리즘은 AWGN의 표준편차가 15인 Baboon 영상에서 25.44[dB]의 높은 PSNR을 보이고 있으며, 기존의 MF, CWMF, AWMF에 비해 각각 2.37[dB], 2.40[dB], 1.76[dB] 개선되었다.

Table 1. Each PSNR[dB] comparison for Baboon image.

| σ | PSNR[dB] | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|
| | MF | CWMF | AWMF | PFA |
| 5 | 23.45 | 23.43 | 24.06 | 26.77 |
| 10 | 23.30 | 23.28 | 23.91 | 26.26 |
| 15 | 23.07 | 23.04 | 23.68 | 25.44 |
| 20 | 22.78 | 22.74 | 23.38 | 24.56 |
| 25 | 22.44 | 22.39 | 23.02 | 23.57 |
| 30 | 22.07 | 22.01 | 22.61 | 22.51 |

Table 2. Each PSNR[dB] comparison for Barbara image.

| σ | PSNR[dB] | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|
| | MF | CWMF | AWMF | PFA |
| 5 | 25,26 | 25,18 | 25,97 | 28,94 |
| 10 | 25,05 | 24,96 | 25,74 | 28,18 |
| 15 | 24,73 | 24,65 | 25,40 | 27,05 |
| 20 | 24,31 | 24,25 | 24,95 | 25,78 |
| 25 | 23,85 | 23,79 | 24,45 | 24,56 |
| 30 | 23,36 | 23,31 | 23,91 | 23,34 |

V. 결론

본 논문에서는 영상에 첨가되는 AWGN의 영향을 완화하기 위해, 국부 마스크의 에지의 크기에 따라 화소 방향에 따른 가중치 필터, 공간 가중치 필터 및 평균 필터의 가중치를 다르게 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 기존의 방법들은 에지와 같은 상세 정보가 훼손된 결과를 나타내었고, 제안한 알고리즘은 기존의 방법들에 비해 우수한 에지 보존 특성을 나타내었으며 PSNR 그래프에서 제안한 알고리즘은 잡음 밀도가 낮은 영역에서 기존의 방법들에 비해 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었다.

따라서 제안한 알고리즘은 AWGN 환경에서 운용되고 있는 영상처리 시스템에 유용하게 적용되리라 사료된다.

Acknowledgments

본 논문은 2016년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음

REFERENCES

[1] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*, 1st ed. Berlin, Germany: Springer, 2000.

[2] R. C. Gonzalez and R. E. woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.

[3] S. I. Kwon and N. H. Kim, "A Study on Modified Spatial Weighted Filter in Mixed

Noise Environments", *JKIICE*, vol. 19, no. 1, pp. 237-243, Jan. 2015.

[4] R. Öten and R. J. P. de Figueiredo, "Adaptive Alpha-Trimmed Mean Filters Under Deviations From Assumed Noise Model", *IEEE Trans, Image Processing*, vol. 13, no. 5, pp. 627-639, May 2004.

[5] J. Wang and J. Hong, "A New Selt-Adaptive Weighted Filter for Removing Noise in Infrared Images," *Information Engineering and Computer Science*, Wuhan, China, pp.1-4, 2009.

[6] T. Azetsu, N. Suetake and E. Uchino, "Trilateral Filter Using Rank Order Information of Pixel Value for Mixed Gaussian and Impulsive Noise Removal", *Intelligent Signal Processing and Communications Systems*, Okinawa, Japan, pp. 303-306, 2013.

[7] T. Bai and J. Tan, "Automatic detection and removal of high-density impulse noises", *Image Processing, IET*, vol. 9, Issue.2, pp.162-172, 2014.

[8] Xu Long and Nam-Ho Kim, "A Study on the Spatial Weighted Filter in AWGN Environment," *JKIICE*, vol.17, no.3, pp.724-729, Mar. 2013.

[9] Xu Long and Nam-Ho Kim, "An Improved Weighted Filter for AWGN Removal," *JKIICE*, vol.17, no.5, pp.1227-1232, May, 2013.

[10] Xu Long and Nam-Ho Kim, "A Study on Image Restoration Filter in AWGN Environments," *JKIICE*, vol.18, no.4, pp.949-956, Apr. 2014.

저자소개



권 세 익 (Se-ik Kwon)

2014년 8월 부경대학교 제어계측공학과(공학사)
 2016년 8월 부경대학교 제어계측공학과(공학석사)
 2016년 9월~현재 부경대학교 제어계측공학과 박사과정
 ※관심분야: 영상처리



김 남 호 (Nam-Ho Kim)

1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수
 ※관심분야: 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이블릿을 이용한 잡음제거 및 신호복원