

복합 잡음 제거를 위한 비선형 합성 필터에 관한 연구

권세익* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 제어계측공학과

A Study on Nonlinear Composite Filter for Mixed Noise Removal

Se-Ik Kwon* · Nam-Ho Kim*

*Dept. of Control and Instrumentation Eng. Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

영상신호는 신호를 처리하는 과정에서 다양한 잡음에 의해 훼손되어지며, 이러한 신호를 복원하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 영상에 첨가되는 잡음에는 salt and pepper 잡음, AWGN (additive white Gaussian noise) 및 두 잡음이 혼합된 복합잡음이 대표적이다. 따라서 본 논문에서는 복합잡음 환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위해, 잡음 판단을 통해 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음인 경우, 2차원 스플라인 보간법 및 메디안 필터로 처리하고, AWGN인 경우, 화소 변화에 따른 가중치 필터로 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

ABSTRACT

Image signal can be damaged by a variety of noises during the signal processing, and multiple studies have been conducted to restore these signals. The representative noises to be added in the image are salt and pepper noise, additive white Gaussian noise(AWGN), and the composite noise which two noises are combined. Therefore, the algorithms were proposed to process with quadratic spline interpolation and median filter in case of salt and pepper noise with the central pixel of the local mask, and to process with weight filter by pixel changes in case of AWGN, upon noise determination to restore the damaged image in the composite noise environment, in this article.

키워드

복합잡음, 잡음 제거, 열화 영상, 보간법

1. 서론

디지털 영상 처리는 지능적이고 효율적인 방법으로 처리, 분석 하는 분야이며, 다양한 분야에 실용화되고 있다. 그러나 영상 데이터는 처리, 전송, 저장하는 과정에서 여러 외부 원인에 의해 잡음이 첨가되어 영상의 열화가 발생한다[1-2].

영상에 첨가되는 잡음은 발생하는 원인과 형태에 따라 다양한 종류가 있으며, 일반적으로 AWGN(additive white Gaussian noise), salt and pepper 잡음, 복합잡음이 대표적이다. 그 중 복합잡음 제거에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

복합잡음을 제거하기 위한 기존의 대표적인 방법에는 CWMF(center weighted median filter),

AWMF(adaptive weighted median filter), SWMF (switching median filter) 등이 있으며, 기존의 방법들은 복합잡음 환경에서 필터의 한계로 잡음 제거 특성이 미흡하다[3-5].

따라서, 본 논문에서는 영상에 첨가된 복합잡음의 영향을 완화하기 위하여, 잡음 판단을 통해 salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음인 경우, 2차원 스플라인 보간법 및 메디안 필터로 처리하고, AWGN인 경우, 화소 변화에 따른 가중치 필터로 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해, PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용하여 기존의 방법들과 그

성능을 비교하였다.

II. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 영상에 첨가되는 복합잡음을 제거하기 위하여 잡음 판단을 거친 후, salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

2.1. 잡음 판단

복합 잡음에 의하여 훼손된 영상에서 k, l 의 위치의 화소 $x_{k,l}$ 는 식 (1)과 같다.

$$x_{k,l} = \begin{cases} 0 \text{ or } 255, & \text{with probability } P \\ x_{k,l}^0 + n_{k,l}, & \text{with probability } 1 - P \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $x_{k,l}^0$ 는 원 영상의 화소값을 나타내며, $n_{k,l}$ 는 AWGN의 크기, P 는 salt and pepper 잡음의 확률이다. 또한 salt and pepper 잡음 판단은 식 (2)과 같이 표현된다.

2.2 salt and pepper 잡음 제거

본 논문에서 사용한 2차원 스플라인 보간법은 1차원인 3차 스플라인 보간법을 2차원으로 확장한 것이다. 일반적으로 3차 스플라인 보간법을 적용하기 위한 3차 다항식은 식 (2)와 같다.

$$s_k(\tau) = a_k + b_k(\tau - l_k) + c_k(\tau - l_k)^2 + d_k(\tau - l_k)^3 \quad (2)$$

여기서, τ 는 보간하고자하는 위치를 의미하며, 본 논문에서는 0의 값을 갖는다. l 은 n 개의 데이터 위치를 나타내며, $[-2, -1, 1, 2]$ 이다. 따라서, k 개의 데이터 점($k=1, 2, 3, 4$)에 대해 $n-1$ 개의 구간이 존재하며, $4(n-1)$ 개의 미지계수가 결정되어야 한다.

식 (2)에서 $4(n-1)$ 개의 미지계수를 결정하기 위해 식(3)과 같이 삼중 대각행렬을 설정한다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ h_1 & 2(h_1+h_2) & h_2 & 0 \\ 0 & h_2 & 2(h_2+h_3) & h_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 3(f[l_3, l_2] - f[l_2, l_1]) \\ 3(f[l_4, l_3] - f[l_3, l_2]) \\ 0 \end{bmatrix}$$

여기서, $h_k = l_{k+1} - l_k$ 이며, $f[x_\alpha, l_\beta] = (f_\alpha - f_\beta) / (l_\alpha - l_\beta)$ 이고, f_k 는 l_k 위치의 화소값을 나타낸다.

식 (4), (5)에 삼중 대각행렬의 해인 c_1, c_2, c_3, c_4

를 대입하여, 3차 스플라인 보간법의 나머지 계수를 구한다.

$$b_k = b_{k-1} + h_{k-1}(c_{k-1} + c_k) \quad (4)$$

$$d_k = \frac{c_{k+1} - c_k}{3h_k} \quad (5)$$

식 (2)에서 식 (3), (4), (5)에서 구한 계수들을 이용하여 최종 출력을 구한다.

2.3 AWGN 잡음 제거

국부 마스크 내의 salt and pepper 잡음 제거하여 표준편차를 구한다.

표준편차를 이용하여 식 (6)과 같이 세 단계로 나누어 처리한다.

$$R_{k,l} = \begin{cases} 0, & \text{if } x_{k,l} < m_{k,l} - T \\ & \text{or } x_{k,l} < m_{k,l} + T \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

여기서, $m_{k,l}$ 은 국부 마스크의 salt and pepper 잡음을 제외한 평균이며, T_1, T_2 는 표준 편차에 따른 임계값이다.

$R_{k,l} = 0$ 인 경우, 국부 마스크 내의 화소 분포가 저역이므로 평균 필터로 최종 출력을 구한다.

$R_{k,l} = 1$ 인 경우, 국부 마스크 내의 화소 분포가 고역이므로 공간 가중치 필터로 처리한다.

M 마스크 내의 공간 가중치를 식 (7)과 같이 설정한다.

$$W_{i,j} = (d_n + 1)^3 \quad (n=1:3) \quad (7)$$

여기서, $d_1 = 0, d_2 = 1, d_3 = \sqrt{2}$ 이다.

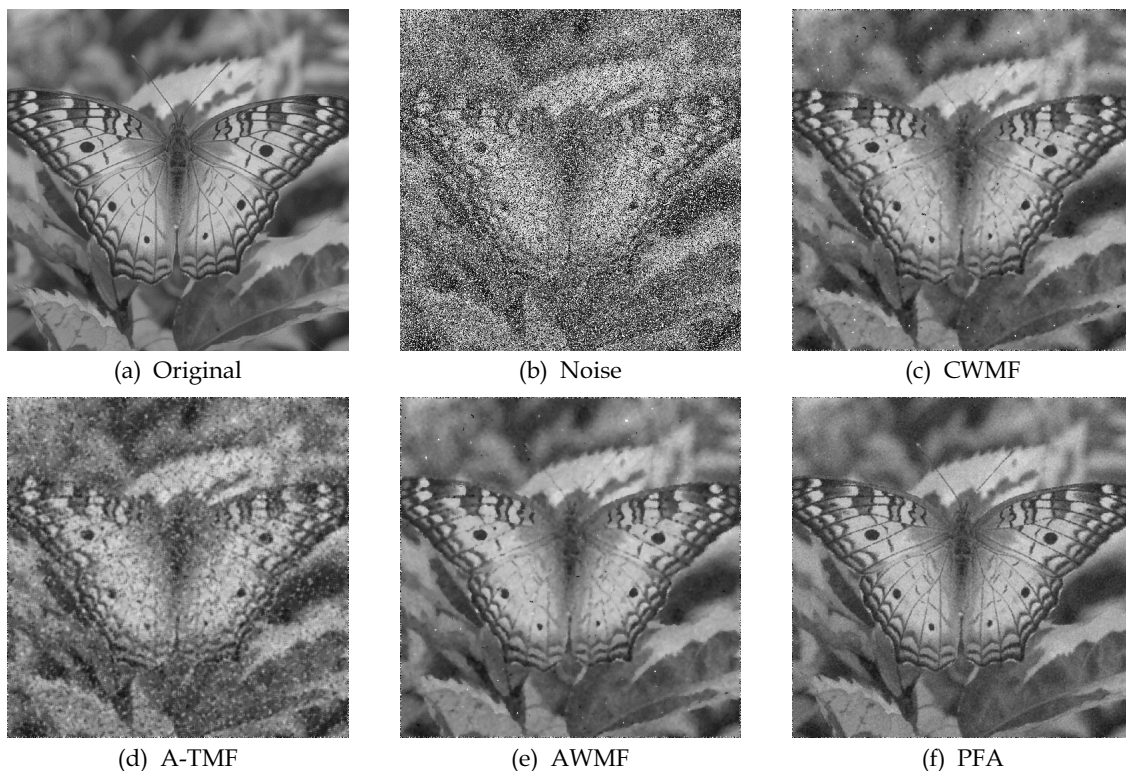
중역에서 공간 가중치를 적용한 최종 출력은 식 (8)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in \Omega} F_{k+i,l+j} W_{i,j} x_{k+i,l+j}}{\sum_{p,q \in \Omega} F_{k+i,l+j} W_{i,j}} \quad (8)$$

여기서, $F_{k+i,l+j}$ 는 국부 마스크의 salt and pepper 잡음 유무를 판단해주는 2진 마스크이다.

III. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 제안한 필터의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, 512×512 크기의 Butterfly 영상에 AWGN($\sigma = 10$), salt and pepper 잡음 10~60% 밀도의 잡음을 첨가하여 시뮬레이션하였다. 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여

Fig. 1. Test image and filtering image($P=40\%$).

PSNR 값을 이용하여 기존의 방법들과 성능을 비교하였다.

그림 1은 Butterfly 512×512 영상에서 salt and pepper 잡음($P=40\%$) 및 AWGN($\sigma=10$)을 첨가하였을 때 시뮬레이션 결과이다.

그림 1에서 (a)는 원 영상, (b)는 salt and pepper 잡음($P=40\%$) 및 AWGN($\sigma=10$) 훼손된 영상이고, (c), (d), (e)는 각각 기존의 CWMF (5×5), A-TMF (5×5), AWMF (5×5)의 처리 결과이며, (f)는 제안한 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)으로 처리한 결과이다.

시뮬레이션 결과, CWMF는 에지 보존특성이 우수하지만 잡음이 첨가된 중심화소에도 가중치를 부여하여 처리하므로 salt and pepper 잡음 제거 특성이 미흡하였고, AWMF와 SWMF는 전반적인 특성은 좋으나 salt and pepper 잡음 제거 특성이 다소 미흡하였다. 그러나 제안한 알고리즘은 salt and pepper 잡음 및 AWGN에서도 우수한 결과를 나타내었다.

그림 2는 AWGN($\sigma=10$)에 훼손된 Girl 영상에 대해서 salt and pepper 잡음의 변화에 따른 PSNR 특성을 나타낸 것이다.

기존의 방법들은 잡음 밀도가 적은 경우 잡음 제거 특성이 우수하였으며, 잡음 밀도가 40% 이상으로 높아짐에 따라 잡음 제거 특성이 미흡해지는 특성을 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 잡음 밀도가 낮은 영역 및 높은 영역에서 기존의 방법들에 비해 우수한 PSNR 특성을 나타내

었다.

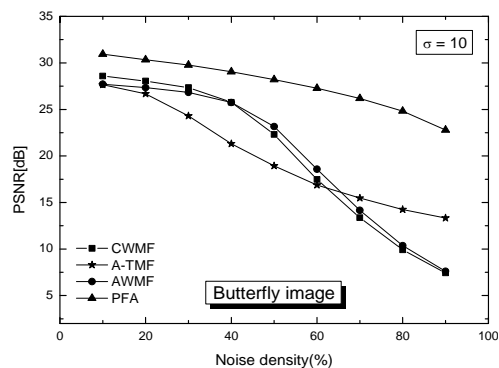


Fig. 2. PSNR with salt and pepper noise density.

IV. 결론

본 논문에서는 복합잡음 환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 잡음 형태에 따라 처리하는 필터 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 기존의 방법들은 잡음 밀도가 낮은 영역에서 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었으며, 높은 영역에서 다소 미흡한 결과를 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 잡음 밀도의

변화에 따른 잡음 제거 성능이 우수하였다.

따라서 제안한 알고리즘은 복합잡음 환경에서 운용되고 있는 영상처리시스템에 유용하게 적용되리라 사료된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2017.

참고문헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
- [2] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*, 1st ed. Berlin, Germany: Springer, 2000.
- [3] S. J. Ko and Y. H. Lee, "Center weighted median filters and their applications to image enhancement," in *Proceeding of IEEE Trans. Circuits Syst.* vol. 38, pp.984-993, Sept. 1991.
- [4] Jiahui Wang and Jingxing Hong, "A New Self-Adaptive Weighted Filter for Removing Noise in Infrared images," in *Proceeding of IEEE Information Engineering and Computer Science*, Wuha, China, pp.1-4, Dec. 2009.
- [5] Z. Wang and D. Zhang, "Progressive switching median filter for the Removal of impulse noise from highly corrupted images", in *Proceeding of IEEE Trans Circuits and systems-II*, vol. 46, no. 1, Jan. 1999.