

변형된 스위칭 필터를 이용한 복합잡음 제거

권세익* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 제어계측공학과

Mixed Noise Removal using Modified Switching Filter

Se-Ik Kwon* · Nam-Ho Kim*

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

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

디지털 영상은 획득, 저장 및 전송하는 과정에서 잡음에 의해 열화가 발생하며, 잡음에 종류에는 salt and pepper 잡음, 가우시안 잡음 그리고 여러 잡음이 혼합된 복합잡음이 대표적이다. 기존의 필터들은 복합잡음 환경에서 단일 필터를 사용하여 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 잡음 판단 통해, 중심화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우 국부 마스크의 salt and pepper 잡음 밀도에 따라 공간 가중치 및 메디안 필터로 처리하고 가우시안 잡음에 훼손된 경우 국부 마스크의 표준편차에 따라 가중치를 다르게 적용하여 처리하는 스위칭 필터를 제안하였다.

ABSTRACT

In digital images, the addition due to noise occurs in the process of obtaining, saving, and transmitting. For examples of noise, there are salt and pepper noise, Gaussian noise, and composition noise where various noises are mixed. Existing filters have insufficient noise removal characteristics because it uses single filters in composite noise environment. Therefore the study suggested a switching filter that processes with special weighted value and median filter according to local mask salt and pepper noise density when central pixel is damaged by salt and pepper noise, and processes by applying weighted values differently according to standard deviation of local mask when damaged by Gaussian noise.

키워드

복합잡음, 스위칭 필터, 열화

1. 서론

영상처리는 사회가 고도의 디지털 정보화 시대로 발전함에 따라 응용분야가 점차 다양해지고, 중요한 분야로 각광 받고 있다. 그러나 영상 데이터는 처리, 전송, 저장하는 과정에서 여러 외부원인에 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 방

법에는 CWMF(center weighted median filter), A-TMF(alpha-trimmed mean filter), AWMF(adaptive weighted median filter) 등이 있으며, 기존의 방법들은 복합잡음 환경에서 필터의 한계로 잡음제거 특성이 미흡하다[3-5].

따라서, 본 논문에서는 영상에 첨가된 복합잡음의 영향을 완화하기 위해, 잡음 형태에 따라 처리하는 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 salt and pepper 잡음인 경우, 국부 마스크의 잡음 밀도에 따라 선형 보간법, 히스토그램, 메디안 필터로 처리하고 AWGN인 경우, 국부 마스크의 평균과 표준편차를 이용하여 임계값에 따라 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, 잡음 형태에 따라 salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리한다.

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)와 같이 표현된다.

$$a = \begin{cases} 1, & x_{k,l} = 0 \text{ or } 255 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 a 는 2진 형태이며, 1과 0은 각각 salt and pepper 잡음과 AWGN 잡음을 나타낸다.

2.2. salt and pepper 잡음 제거

Step 1. 3×3 국부 마스크를 식 (3)과 같이 설정한다.

$$\Omega_{k,l} = \{x_{k+i,l+j} | -1 \leq i, j \leq 1\} \quad (3)$$

여기서, i, j 는 국부 마스크의 인덱스이다.

Step 2. 국부 마스크의 중심화소 $\Omega_{k,l}$ 이 salt and pepper 잡음으로 판단되는 경우, $\Omega_{k+i,l+j}$ 의 salt and pepper 잡음 밀도를 $\nu_{k,l}$ 를 계산한다.

Step 3. $\nu_{k,l}$ 이 P_1 이하인 경우, 국부 마스크를 네 개의 방향으로 세분화 하고 화소 변화가 가장 작은 방향에 대해 선형 보간법을 적용하여 최종 출력을 구한다.

Step 4. $\nu_{k,l}$ 이 P_1 이상, P_2 이하인 경우 히스토그램을 이용한 가중치 마스크를 설정하고 국부 마스크와 가중치 마스크를 컨벌루션하여 처리한다.

Step 5. $\nu_{k,l}$ 이 P_2 이상인 경우, 국부 마스크의 salt and pepper 잡음을 제외한 화소들에 대한 메디안 값으로 최종 출력을 구하며, 만약 국부 마스크의 모든 화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 식 (4)와 같이 이전 출력들의 평균으로 처리한다.

$$O_{k,l} = Avg\{O_{k-1,l-1}, O_{k-1,l}, O_{k-1,l+1}, O_{k,l-1}\} \quad (4)$$

여기서, $Avg\{ \}$ 은 평균을 계산해주는 함수이다.

2.3. AWGN 제거

Step 1. 3×3 국부 마스크를 식 (5)와 같이 설정한다.

$$\Psi_{k+i,l+j} = \{x_{k+i,l+j} | -1 \leq i, j \leq 1\} \quad (5)$$

Step 2. 국부 마스크 내의 평균과 표준편차 $\mu_{i,j}, \sigma_{i,j}$ 를 구한다.

Step 3. 중심화소가 $\mu_{i,j} - T_1 \leq \Psi_{i,j} \leq \mu_{i,j} + T_1$ 범위에 있는 경우, 국부 마스크의 화소 변화가 작으므로 필터링을 수행하지 않는다. 여기서, T_1 은 임계값이며, $\sigma_{i,j}$ 값에 의해 결정된다.

Step 4. 중심화소가 $\mu_{i,j} - T_1 > \Psi_{i,j}$ 또는 $\mu_{i,j} + T_1 < \Psi_{i,j}$ 범위에 있는 경우, 국부 마스크의 화소 변화가 높은 고역이므로 다음과 같이 처리한다.

국부 마스크의 내부 좌표를 이용한 가중치 마스크는 식 (6)과 같다.

$$\delta_{i+p,j+q} = i^2 + j^2 \quad (6)$$

국부 마스크의 표준편차와 $\delta_{k+i,l+j}$ 마스크를 이용하여 제안한 알고리즘의 공간 가중치를 식 (7)과 같이 설정한다.

$$\Delta_{k+i,l+j} = \exp\left\{-\frac{\sigma^2 \delta_{k+i,l+j}}{3\mu_{k,l}}\right\} \quad (7)$$

공간 가중치를 이용한 출력을 식 (8)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \frac{\sum_{i,j} \Delta_{k+i,l+j} \times \Psi_{k+i,l+j}}{\sum_{i,j} \Delta_{k+i,l+j}} \quad (8)$$

III. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 제안한 필터의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, 512×512 크기의 Couple 영상에 AWGN($\sigma=10$), salt and pepper 잡음 10~60% 밀도의 잡음을 첨가하여 시뮬레이션하였다. 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 PSNR 값을 이용하여 기존의 방법들과 성능을 비교하였다. PSNR(peak signal to noise ratio)은 (9)와 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] \quad (9)$$

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

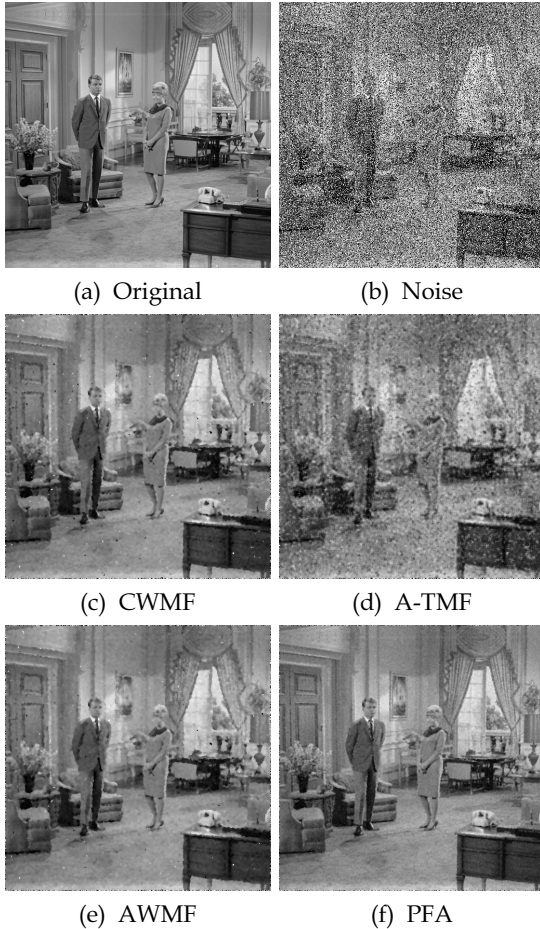


Fig. 1. Filtering image($P=40\%$).

그림 1에서 (a)는 원 영상, (b)는 salt and pepper 잡음($P=40\%$) 및 AWGN($\sigma=10$)에 훼손된 영상이고, (c), (d), (e)는 각각 기존의 CWMF (3×3), A-TMF (3×3), AWMF (3×3)의 처리 결과이며, (f)는 제안한 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)으로 처리한 결과이다.

시뮬레이션 결과, CWMF는 에지 보존특성이 우수하지만 고밀도 잡음 환경에서 잡음이 첨가된 중심화소에도 가중치를 부여하여 처리하므로 잡음 salt and pepper 잡음제거 특성이 미흡하였고, A-TMF는 평균 과정에서 salt and pepper 잡음이 첨가되어 잡음 제거 특성이 미흡하였다. AWMF는 전반적인 특성은 좋으나 salt and pepper 잡음제거 특성이 다소 미흡하였다. 그러나 제안한

알고리즘은 salt and pepper 잡음 및 AWGN에서도 우수한 결과를 나타내었다.

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

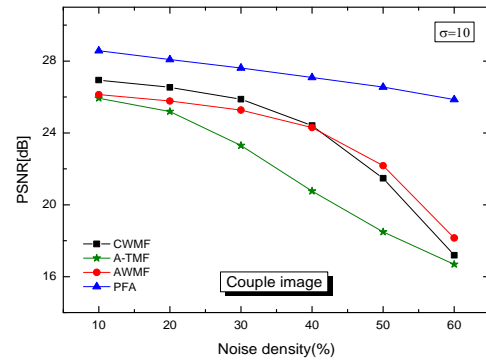


Fig. 2. PSNR with variation of salt and pepper noise.

IV. 결론

본 논문에서는 복합잡음 환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 잡음 형태에 따라 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음인 경우, 국부 마스크의 잡음 밀도에 따라 선형 보간법, 히스토그램, 메디안 필터로 처리하고 AWGN인 경우, 국부 마스크의 평균과 표준편차를 이용하여 임계값에 따라 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 잡음 밀도가 40%인 경우 제안한 알고리즘은 27.09[dB]의 높은 PSNR을 나타내었으며, 기존의 CWMF, A-TMF, AWMF에 비해 각각 2.67[dB], 6.32[dB], 2.78[dB] 개선되었다.

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

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2016.

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] Zhou, Y.Y. ; Ye, Z.F. ; Huang, J.J, "Improved decision-based detail-preserving variational method for removal of random-valued impulse noise," Published in IET imaged Processing, vol. 6, no. 7,pp.978-985, May 2012.
 - [4] Z. Wang and D. Zhang, "Progressive switching median filter for the Removal of impulse noise form highly corrupted images", IEEE Trans Circuits and systems-II: Analog and Digital signal Processing, vol. 46, no. 1, Jan. 1999.
 - [5] Jiahui Wang and Jingxing Hong, "a New Selt-Adaptive Weighted Filter for Removing Noise in Infrared images," IEEE Information Engineering and Computer Science, ICIECS International Conference, 2009.