임펄스 잡음 제거를 위한 변형된 메디안 필터

Xu Long* · 김남호**

Modified Median Filter for Impulse Noise Removal

Xu Long* · Nam-Ho Kim**

요 약

사회가 고도의 디지털 정보화 시대로 발전함에 따라 영상복원 등 디지털 영상처리 기술분야에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 임펄스 잡음에 훼손된 영상을 복원하는데 대표적인 방법은 SM(Standard Median) 필터가 있지만, SM 필터는 에지영역에서 오류를 나타내어 영상의 품질을 저하시킨다. 본 논문에서는 임펄스 잡음환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위해 화소를 중심으로 하여 이중 마스크를 취하는 변형된 메디안 필터 알고리즘을 제안하였다. 이중 마스크를 취함에 따라 제안한 방법은 우수한 잡음제거 및 에지보존 특성을 나타내었고 영상의 화질을 개선하였다.

ABSTRACT

As the technology of the digital information age has developed rapidly, lots of research has been done on the digital image processing techniques, such as the image restoration. However, the SM(Standard Median) filter is a typical method of recovering the image which are corrupted by the impulse noise, this method will also reduce the quality of image by generating an error in the edge region. In this paper, in order to restore the corrupted images in the impulse noise environment, a modified median filter algorithm is proposed, which uses the pixels as the center and takes double mask. By using the double mask, we are succeeded in acquiring the excellent performance on noise-canceling, edge preservation, and also in improving the quality of image.

키워드

임펄스 잡음, 이중 마스크, 메디안, 변형된 필터

Key word

Impulse noise, Double mask, Median, Modified filter

* 준회원 : 부경대학교 제어계측공학과

** 종신회원 : 부경대학교 제어계측공학과 (교신저자, nhk@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 10

심사완료일자 : 2012. 11. 05

I. 서 론

현대사회는 디지털 기술들이 급속히 발전하고 있으며 디지털 영상을 통한 정보의 공유가 급속히 발전되었다. 디지털 정보화 시대를 맞이하면서 디지털 장치들의 필요성이 증가되었으며, 이에 따라 영상 관련 기술의 발전을 초래하였다.

그러나 영상은 획득, 전송, 저장하는 과정에서 여러 가지 원인으로 인해 영상의 열화가 발생되고, 열화의 주된 원인은 AWGN과 임펄스 잡음으로 알려지고 있으며, 특히 영상통신 시스템에서 자주 발생한다. 영상의 화질을 높이기 위해, 잡음 특성에 맞는 잡음제거 방법을 선택해야 한다.

현재 기존의 기본적인 잡음제거 방법에는 메디안 필터(median filter), 평균 필터(average filter), CWM필터(center weighted median filter), Min-max 필터 등이 있다. 평균 필터는 잡음을 제거함에 있어서 블러링 현상을 일으키고, AWGN의 제거에서는 우수한 성능을 나타내지만, 임펄스 잡음제거에서는 성능이 미흡하다. 메디안 필터는 잡음을 제거함에 있어서 영상의 에지성분에 오류를 발생시킨다.

따라서 본 논문에서는 임펄스 잡음을 효과적으로 제거하기 위하여, 변형된 메디안 필터 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 잡음검출과 잡음제거 두 개 부분으로 구성되며 잡음신호에 대해서는 필터처리를 하고 비잡음 신호는 그대로 출력한다. 그리고 제안된 알고리즘의 잡음제거 성능의 우수성을 입증하기 위해, PSNR(peak signal to noise ratio)을 이용하여 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였으며, 제안한 방법은 에지보존 및 잡음제거 방면에서 우수한 특성을 나타내었다.

II. 기존의 방법들

2.1. 메디안 필터(Median filter)

메디안 필터는 그 화소와 주변화소로부터 추정된 화소 값을 선택하며 화소 값을 작은 값부터 큰 값으로 정렬시킨 후, 메디안 값을 선택하여 그 화소를 교체한다[1-4]. 메디안 필터는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$O(m,n) = \text{median} \{ I(m+p,n+q) \mid (p,q) \in W \} \quad (1)$$

$$W = \{ (p,q) \mid -N \leq p \leq +N, -N \leq q \leq +N \}$$

여기서, W 는 마스크를 나타내고, 마스크의 크기는 $(2N+1) \times (2N+1)$ 이며, (p,q) 는 마스크 내부좌표를 나타낸다.

2.2. CWM 필터(Center weighted median filter)

WM 필터는 마스크 W 의 메디안 값에 가중치를 인가하여 처리하는 방법으로서, 식 (2)와 같다[5].

$$O(m,n) = \text{med} \{ M(p,q) \text{ copies of } I(m+p,n+q) \mid (p,q) \in W \} \quad (2)$$

WM 필터는 각 화소의 값 $I(m+p,n+q)$ 를 가중치 $M(p,q)$ 만큼 생성한 후, 메디안 필터와 같이 화소를 정렬시킨 후, 메디안 값을 선택한다.

CWM는 WM의 특수 경우로서 중간화소에 대해서만 가중치를 적용하고 기타 화소에 대해서는 가중치 1을 적용한다. CWM 필터는 식 (3)과 같다.

$$O(m,n) = \text{med} \{ I(m+p,n+q) \ 2K \text{ copies of } I(m,n) \mid (p,q) \in W \} \quad (3)$$

여기서, K 는 양의 정수이며, $K=0$ 일 경우 CWM는 메디안 필터가 되고, 마스크 내의 총 화소보다 가중치 $2K+1$ 이 크거나 같게 되면, 필터링은 수행되지 않는다. 또한 중앙화소의 가중치가 클 경우, 영상의 에지 성분에 대한 보존 성능은 우수해지는 반면, 잡음제거 한계가 발생한다.

2.3. 평균 필터(Average filter)

평균 필터는 공간선형필터이며, 마스크영역을 평균하여 세세한 부분을 제거한다. 이는 미세한 변화를 억제시킨다는 것을 의미한다. 하지만 고밀도 임펄스잡음이 삽입된 경우 극단적 값으로 인해 화소 값이 훼손되며, gray level의 변화가 크게 발생하는 고주파영역에서는 에지와 같은 영상의 상세정보를 고려하지 못한다[6]. 평균 필터는 식 (4)와 같다.

$$O(m,n) = \frac{1}{Z \times Z} \sum_{p=-N}^N \sum_{q=-N}^N I(x+p, y+q) \quad (4)$$

$$(p,q) \in W, Z = 2N+1$$

2.4. Min-max 필터(Min-max filter)

Min-max 필터는 처리화소를 주변화소의 최대, 최소 값으로 제한하는 방법으로서, 식 (5)와 같다[7].

$$O(m,n) = \begin{cases} \max\{I(m+p, n+q)\}, \\ \text{if } I(m,n) > \max\{I(m+p, n+q)\} \\ \min\{I(m+p, n+q)\}, \\ \text{if } I(m,n) < \min\{I(m+p, n+q)\} \\ I(m,n), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)에서 $\max\{\cdot\}$ 연산자는 최대값을 나타내고 $\min\{\cdot\}$ 연산자는 최소값을 나타내며, p, q 는 각각 $-N \leq p \leq +N, -N \leq q \leq +N$ 의 값을 취한다.

III. 제안한 방법

본 논문에서는 임펄스 잡음을 효과적으로 제거하기 위하여, 변형된 메디안 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 잡음판단과 잡음제거 두 부분으로 나누며, 비잡음 신호는 그대로 출력하고 잡음신호는 필터 처리를 한다.

그림 1과 같이 먼저 화소 $I(m,n)$ 를 중심으로 하여 5×5 의 마스크를 취하고, 다음 화소를 중심으로 하여 3×3 의 마스크 $1(M_1)$ 을 취한다. 잡음의 검출은 마스크 1내의 $I(m-1, n-1)$ 화소로부터 시작하며, 마스크 1은 식 (6)과 같다.

$$M_1 = \{I(m+p, n+q)\} \quad (6)$$

$$-N \leq p \leq N, -N \leq q \leq +N$$

여기서 N 은 양의 정수 1의 값을 가진다. 그리고 필터 처리과정은 다음과 같다.

Step 1. 마스크 1내의 각 화소에 대하여 잡음여부를 다음 식(7)과 같이 판단한다.

$$I_{(m,n)} = \begin{cases} \text{Noisy pixel}, \\ \text{if } I_{(m,n)} = 0 \text{ or } 255; \\ \text{Noise-free pixel}, \text{ else;} \end{cases} \quad (7)$$

여기서 $I_{(m,n)}$ 은 입력 영상화소를 나타낸다.

Step 2. 잡음이 아닌 화소는 원상태로 마스크 1에 보존하고 잡음화소에 대해서는 그 화소를 중심으로 하여 3×3 의 마스크 $2(M_2)$ 를 취한다. 마스크 2는 식 (8)과 같으며, (x,y) 는 잡음 화소의 위치를 나타낸다.

$$M_2 = \{I(x+p, y+q)\} \quad (8)$$

$$-N \leq p \leq +N, -N \leq q \leq +N$$

그림 1. 필터링 마스크
Fig. 1 Filtering mask.

Step 3. 마스크 2내의 화소를 메디안 필터링을 거쳐 얻은 메디안 값을 다시 마스크 1에 저장하고, 마스크 2 내의 메디안 값은 식 (9)와 같다.

$$S_2(m,n) = median\{M_2(x+p,y+q)\} \quad (9)$$

$$(p,q) \in W$$

필터처리를 거쳐 형성된 최후의 마스크 1은 식 (10)과 같다.

$$M'_1 = \begin{cases} S_2(m,n), & I_{(m,n)} = 0 \text{ or } 255 \\ I_{(m,n)}, & otherwise \end{cases} \quad (10)$$

Step 4. 마스크 M'_1 의 메디안 값을 구한다. 마스크 내의 메디안 값은 식 (11)과 같다.

$$S_1(m,n) = median\{M'_1(m+p,n+q)\} \quad (11)$$

$$(p,q) \in W$$

Step 5. 마스크 M'_1 의 메디안 값을 최종 출력신호로 하며, 식 (12)로 정의한다.

$$O(m,n) = S_1(m,n) \quad (12)$$

제안된 필터는 임펄스 잡음을 제거함에 있어서 우선 잡음을 판단하고 잡음이 아닌 경우 원래 값을 그대로 출력하고 잡음이면 필터 처리한다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 제안된 알고리즘의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, 512×512 크기의 8 비트 그레이 영상 *Girl*과 *Peppers*에 대해 10%-70%의 임펄스 노이즈를 첨가한 후 시뮬레이션 하였다. 또한 영상이 개선된 정도를 가늠하기 위하여 PSNR(peak signal noise ratio)을 구하여 제안한 방법과 크기가 3×3 인 마스크를 적용한 기존의 잡음 제거 방법인 MF, AF, CWMF 등 방법들과 성능을 비교하

였다. PSNR은 식 (13)와 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255 \times 255}{MSE} \right) \quad (13)$$

그림 2와 그림 3은 각각 *Peppers* 영상과 *Girl* 영상의 시뮬레이션 결과이고 AF 필터, MF 필터, CWMF 필터와 비교하였다. 그림 2와 그림 3에서 (a)는 원영상이고 (b)는 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상(P=40%)이며 (c)는 AF 필터 처리결과 이고 (d)는 CWMF 필터처리 결과이다. (e)와 (f)는 각각 MF 필터에 의한 처리 결과와 제안된 필터(PF: Proposed filter)에 의한 필터처리 결과이다.

그림 2. Peppers 영상에 대한 시뮬레이션 결과

(a) 원영상 (b) Noise image (c) AF
(d) CWMF (e) MF (f) PF

Fig. 2 Simulation result of peppers image
(a) Original image (b) Noise image (c) AF
(d) CWMF (e) MF (f) PF

시뮬레이션 결과로부터, 기존의 AF 필터에 의해 처리된 영상은 에지보존 영역에서 우수한 성능을 나타냈지만 시각적인 영상 오류를 나타내었고, CWMF, MF 필터는 잡음제거 및 에지보존 성능이 미흡하였다. 제안된 알고리즘에 의해 처리된 영상은 에지와 같은 고주파 성분이 잘 보존되었을 뿐만 아니라, 잡음제거 방면에서도 우수한 성능을 나타내었다.

그림 3. Girl 영상에 대한 시뮬레이션 결과
(a) 원영상 (b) Noise image (c) AF
(d) CWMF (e) MF (f) PF
Fig. 3 Simulation result of Girl image
(a) Original image (b) Noise image (c) AF
(d) CWMF (e) MF (f) PF

그림 4는 각 필터들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 것이다. 그림 4에서 제안된 알고리즘은 기존의 방법에 비하여 아주 높은 PSNR 수치를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

표 1과 표 2는 각각 Girl 영상과 Peppers 영상에서 임펄스 잡음의 밀도 크기 변화에 따른 기존의 필터들과 제안한 필터 알고리즘으로 처리전후의 PSNR을 나타낸 것이다.

그림 4. 임펄스 잡음밀도에 따른 PSNR
(a) Peppers (b) Girl

Fig. 4 PSNR with Impulse Noise density
(a) Peppers (b) Girl

표 1. Peppers 영상에 대한 각 잡음제거 방법의 PSNR
Table. 1 PSNR values obtained by different denoising methods applied on Peppers image.

Noise density	Method			
	AF	CWMF	MF	PF
20%	20.21 [dB]	26.65 [dB]	29.46 [dB]	33.71 [dB]
30%	18.07 [dB]	19.80 [dB]	23.46 [dB]	31.84 [dB]
40%	16.40 [dB]	15.73 [dB]	18.75 [dB]	28.17 [dB]
50%	15.12 [dB]	12.81 [dB]	15.00 [dB]	22.55 [dB]
60%	13.99 [dB]	10.54 [dB]	12.08 [dB]	17.51 [dB]

표 2. Girl 영상대한 각 잡음제거 방법의 PSNR
Table. 2 PSNR values obtained by different denoising methods applied on Girl image.

Noise density	Method			
	AF	CWMF	MF	PF
20%	20.87 [dB]	25.64 [dB]	28.99 [dB]	32.41 [dB]
30%	18.96 [dB]	20.12 [dB]	23.96 [dB]	31.47 [dB]
40%	17.45 [dB]	16.15 [dB]	19.26 [dB]	28.23 [dB]
50%	16.19 [dB]	13.12 [dB]	15.36 [dB]	23.23 [dB]
60%	15.23 [dB]	10.92 [dB]	12.44 [dB]	18.17 [dB]

V. 결 론

본 논문에서는 임펄스 잡음제거를 위한 변형된 메디안 필터 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과로부터, 제안한 방법은 기존의 방법들에 비해 잡음제거에서 우수한 특성을 나타내었다. Noise density가 30%인 경우 Peppers영상과 Girl영상에서 각각 31.84[dB], 31.47[dB]의 높은 PSNR을 보이고 있고, Peppers영상에서 AF, MF, CWMF방법 보다 각각 13.77[dB], 12.04[dB], 8.38[dB], Girl영상에서 각각 11.77[dB], 12.44[dB], 9.42[dB]의 개선 특성을 나타내었다.

제안한 알고리즘은 임펄스 잡음 환경에서 잡음제거 성능에서 기존의 방법들보다 높은 PSNR을 나타내었고, 기존의 방법들 보다 우수한 결과를 나타내었다. 따라서 제안한 알고리즘은 임펄스 잡음을 제거하는 분야 등에서 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Eds., Digital image Processing, Prentice Hall, 2007.
- [2] L. Yin, R. Yang, M. Gabbouj and Y. Neuvo, "Weighted median filters: a tutorial", *IEEE Trans. Circuits System*, vol. 43, pp. 157-192, 1996.
- [3] S. Zhang and M. A. Karim, "A new impulse detector for switching median filters", *IEEE Signal Processing Lett.*, vol. 9, no. 4, pp. 360-363, Nov. 2002.
- [4] P. Ng and K. Ma, "A switching median filter with boundary discriminative noise detection for extremely corrupted image", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 15, no. 6, pp. 1506-1516, June 2006.
- [5] Ko. S. J, Lee. Y. H, "Center weighted median filters and their application to image enhancement", *IEEE Trans. Circuits system*, vol. 38, no. 9, pp. 984-993, 1991.
- [6] Changyou Wang, Fuping Yang, Hui Gong, Linlin Li, "A new kind of adaptive weighted median filter algorithm", *ICCASM International Conference*, pp. 22-24, Oct. 2010.
- [7] Gao Yinyu and Nam-Ho Kim, "A Study on Image Restoration Algorithm in Random-valued Impulse Noise Environment", *International Journal of KIIMICS*, vol. 9, no. 3, pp. 331-335, June 2011.

저자소개

Xu Long(Xu Long)

2012년 6월 Harbin Engineering University 졸업

2012년 9월 ~ 현재 부경대학교 대학원 제어계측공학과 석사과정

※ 관심분야: 영상처리

김남호(Nam-Ho Kim)

제11권 제1호 참조

1992년 3월 ~ 현재 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수

※ 관심분야: 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호복원