

---

# 임펄스 잡음 제거를 위한 변형된 메디안 필터에 관한 연구

이경효\* · 김남호\*\*

## A Study on Modified Median Filter for Impulse Noise Removal

Kyung-Hyo Lee\* · Nam-Ho Kim\*\*

### 요 약

영상의 압축, 인식 그리고 복원 등은 디지털 영상처리 기술의 한 부분으로 영상을 처리하는 가운데 잡음이 발생된다. 발생하는 잡음은 원 영상을 훼손하게 되며, 이러한 잡음으로부터 원 영상을 보존하는 것이 이미지 필터의 사용목적이다. 영상에 사용되는 기본적인 필터는 2차원 필터의 구조를 갖는다. 구현하는 방법에는 1차원 필터를 반복하여 사용하는 방법과 비분리형 2차원 영상 필터를 사용하는 방법이 있고 마스크를 이용하는 공간 영역의 필터 처리법은 후자에 속한다. 이러한 이미지는 기존의 1차 필터와 같이 잡음에 따라 각기 달리 사용되며, 임펄스 잡음 제거하기 위하여서는 다양한 메디안 필터가 사용되고 있다. 본 논문에서는 임펄스 잡음에 강한 변형된 메디안 필터를 제시하였으며, 향상된 성능을 확인하기 위해 기존의 제시된 필터와 비교하였다.

### ABSTRACT

The image data compression, recognition, restoration, etc. are parts of the digital image processing technology. In the process by various devices, noises would be made. Because the noise could damage the image, we use the image filter to preserve the original image from the noise. The image filter used in digital image process basically has a two-dimensional structure. There are two methods of creating the filter - One is reiterating one dimension, and the other is using an indivisible two-dimension image filter. The image filter is being widely used along with one-dimension filter according to each noise, and various median filters are being used to remove the impulse noise. In this paper, I suggested a powerful modified median filter, and compared with conventional filters for objective verification.

### 키워드

Impulse Noise, Image Filter, Median

## I. 서 론

현대 사회는 디지털통신 기술을 기반으로 멀티미디어를 비롯하여 다양한 관련 정보의 발전이 가속화되고 있다. 이러한 디지털 멀티미디어 기술에는 데이터의 압축, 인식 그리고 복원 등이 있다.

데이터를 처리하는데 있어서 필연적으로 노이즈가 발

생하게 되며, 발생하는 잡음은 원 정보 신호를 훼손하게 된다. 발생한 잡음을 제거하기 위해 필터가 사용되며, 영상처리에서 사용되는 필터도 이러한 목적을 갖고 있다.

영상 처리에 있어서 발생하는 잡음은 크게 Impulse Noise 와 AWGN(Adaptive White Gaussian Noise)이 대표적이다. 임펄스 잡음을 제거하기 위한 방법들이 다양하게 제시되고 있으며, 대표적으로 Mean, Min-Max, 메디

---

\* 부경대학교 전기제어공학부  
\*\* 부경대학교 전기제어공학부 (교신저자)

안(Median) 필터 등이 있다[1]~[4].

본 논문에서는 이들 필터들 중 메디안 필터를 이용하여 임펄스 잡음 제거에 보다 강인한 변형된 메디안 필터를 제시하였으며, 성능평가를 위해 기존의 제시된 필터와 비교하였다.

## II. 기존의 알고리즘

디지털 영상 처리에 사용되는 영상 필터는 기본적으로 2차원 필터의 구조를 갖고 있으며, 구현하는 방법에는 1차원 필터를 반복하여 사용하는 방법과 비분리형 2차원 영상 필터를 사용하는 방법이 있다. 마스크를 이용한 방법은 공간 영역의 필터 처리법으로서 이를 이용한 방법들은 다양하게 제시되어져 왔다. Mean, Min-Max, 메디안 필터는 마스크를 이용한 대표적인 임펄스 잡음 제거용 필터로서 제시되어져 왔다[1]~[4].

선형필터인 Mean 필터는 가우시안 잡음 제거가 우수하다고 알려져 있다. 하지만 임펄스 잡음의 경우에는 0 또는 255 값으로만 이루어져 있기 때문에, 주변 화소들의 평균값에 기반을 두는 Mean 필터는 임펄스 잡음 제거에 한계를 갖는다[1]. 이를 극복하기 위해 Min-max 필터가 제시되었으나, 이는 극단적인 값에 의존함으로 많은 다른 문제를 야기한다.

MF(Median Filter)는 이러한 2가지 잡음을 제거하면서도 에지(edge)를 보존하는 특성이 있다[2], [3]. MF는 그 모양에 따라 수평, 수직, 교차 등 다양한 모습을 가지며, 이들의 모양은 필터의 특성을 결정한다. 일반적으로 박스형태의 정사각형 마스크를 SMF(Standard Median Filter)로 정의하며, SMF의 동작은 마스크 내의 각 값들의 중심 값을 출력 화소에 적용하여 동작한다. SMF는 임펄스 잡음 제거 및 에지보존에 효과적으로 사용되고 있다[1]. 이러한 SMF를 수식화하면 다음 식 (1)로 정의된다.

$$O_{x,y} = \text{median}\{r_{i,j}\}, \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (1)$$

식 (1)의  $O_{x,y}$ 는 출력 영상,  $r_{i,j}$ 는 입력 영상,  $(x,y)$ 는 필터링 마스크의 적용되는 위치,  $(i,j)$ 는 필터링 마스크 주변 위치 값, 그리고  $\Omega_{i,j}^w$ 는  $w \times w$  마스크 내의 화소를 나타낸다. SMF는 비선형 필터로서 비교적 간단한 방법

으로 널리 사용되고 있다. 하지만 영상내의 비잡음 요소에 영향을 미쳐 원 영상을 훼손하는 단점을 가지고 있으며, 이를 개선하기 위해 다양하게 변형되어 사용되고 있다[5]~[15].

WMF(Weighted median Filter)는 메디안 필터의 대표적인 변형으로 각 화소의 가중치를 인가하여 중간 값을 선택한다[5], [6]. 다음의 중앙 화소의 가중치는  $h_{x,y} = 2K+1$ 로 정의하며,  $K$ 의 각 값에 따라 다르게 동작한다.  $K=1$ 인 경우를 CWMF(Center Weighted Median Filter)이라 정의한다[7].

$$O_{x,y} = \text{median}\{r_{i,j}, 2K\Delta r_{c,c}\}, \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (2)$$

여기서 나타는  $\Delta$ 는 반복연산자를 나타내며,  $r_{c,c}$ 는 마스크 내의 중앙 화소 값을 나타낸다.

ASMF(Adaptive Switching Median Filter)는 입력 화소의 비잡음 영상을 우선적으로 판별하며, 잡음 요소로 판단시, 마스크를 삽입하여 사용한다[8]~[14]. 사용되어지는 마스크는 비잡음 요소만을 검출하여 그 값의 중앙값을 도출한다. 이러한 ASMF의 동작은 식 (3)과 식 (4)로서 정의한다.

$$O_{x,y} = \begin{cases} m_{x,y}, & r_{c,c} = 0 \text{ or } 255 \\ r_{c,c}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$m_{x,y} = \begin{cases} m_{i,j}, & r_{x,y} \neq 0 \text{ or } 255 \\ \emptyset, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

각 요소들은 앞선 식과 같이 적용되며,  $\emptyset$ 는 공집합 요소,  $m_{i,j}$  마스크내의 각 요소,  $m_{x,y}$ 는 마스크 내의 임펄스 값을 제외한 값 중의 메디안 값을 나타낸다. 선택되어지는  $m_{x,y}$ 의 크기는 비잡음 요소의 개수로 인해 결정이 되며, 홀수와 짝수의 2가지의 크기 모두를 갖는다. 때문에, 짝수 크기에 대한 중앙값 정의가 필요하게 되며, 이는 식 (5)로서 정의한다.

$$m_{x,y} = \begin{cases} \text{median}(m_{i,j}), & m_{x,y} : \text{odd} \\ \frac{m_{med^-} + m_{med^+}}{2}, & m_{x,y} : \text{even} \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)의  $m_{med^+}$ 는  $m_{x,y}$ 를 순차적으로 나열하였을 때

에 그 중앙의 인접한 두 값을 나타낸다. ASMF는 여러 단계를 거쳐 출력 값을 제시하기 때문에 앞선 방법에 비해 잡음제거와 이미지의 훼손이 적다고 할 수 있다. 하지만 이러한 많은 양의 연산과 복잡한 알고리즘을 필요로 하기 때문에 상대적으로 긴 처리 시간을 갖는 단점이 있다.

### III. 제시한 알고리즘

영상 처리 중에 발생하는 대표적인 열화 잡음인 임펄스 잡음을 줄이기 위해 다양한 필터가 사용되고 있으며, 이들 중 SMF는 비교적 에지를 보존하면서 임펄스 잡음 처리하기 때문에 다양하게 응용되어 사용되고 있다. 하지만 비잡음 요소에 대한 변형된 값으로 인해 원 영상의 훼손을 피할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 비잡음 요소에 대한 왜곡을 줄이기 위해, 변형된 메디안 필터를 제시하였다. 그림 1은 제시한 메디안 필터의 각 값을 나타낸 것이다.

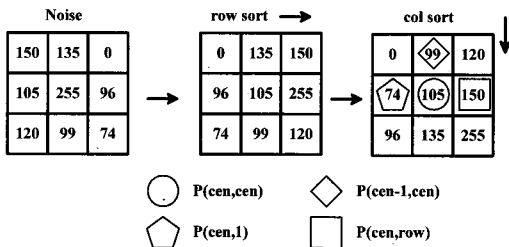


그림 1. 마스크 내의 각 값들의 정의  
Fig 1. Definition of each value in mask.

그림 1의 방법을 식으로 정리하면, 식 (6)과 같이 정의되어진다.

$$r_{i,j} \rightarrow \text{sort}_{\text{row}}(r_{i,j}) \rightarrow \text{sort}_{\text{col}}(r_{i,j}) \rightarrow P_{i,j} \quad (6)$$

식 (6)의  $r_{i,j}$ 은 원 영상의 마스크를 나타내며,  $\text{sort}_{\text{row}}, \text{sort}_{\text{col}}$ 은 그림 1에서의 행과 열의 순차적 정렬을 나타내며,  $P_{i,j}$ 는 최종 마스크의 각 값을 나타낸다. 위 방법을 통하여 정의된 마스크의 각 값  $P_{i,j}$ 는 아래 식 (7)~(9)의 각 값들로 정의한다.

$$O_{x,y}^1 = P(\text{cen}, \text{cen}) \quad (7)$$

$$O_{x,y}^2 = P(\text{cen}-1, \text{cen}) \quad (8)$$

$$O_{x,y}^3 = \frac{P(\text{cen}, 1) + P(\text{cen}, \text{row})}{2} \quad (9)$$

식(7)~(9)의  $P(\cdot)$ 는 그림 1에서의 위치 값들을 나타내며,  $\text{cen}$ 은 마스크의 중심 인덱스,  $\text{row}$ 는 마스크 행의 마지막 인덱스이다. 그림 1과 식 (6)~(9)을 통해서 얻은 각 값  $O_{x,y}^{1-3}$ 은 그림 2의 각 과정을 통하여 출력 값을 결정한다.

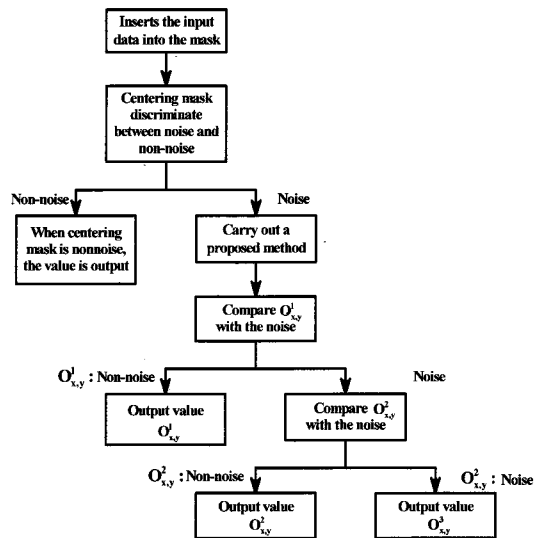


그림 2. 제시된 알고리즘  
Fig 2. Proposed algorithm.

그림 2의 제시된 알고리즘은 최종 출력 영상의 값을 결정하기 위한 알고리즘을 나타낸다. 입력된 마스크를 그림 1과 수식(6)에서 나타낸 방법을 실행하기 전 입력된 영상에서 추출한 마스크의 중심 값을 우선적으로 점검하여 잡음에 대한 훼손을 확인하여 비잡음 요소로 판단되어질 때에는 입력된 영상의 값을 그대로 유지한다. 그리고 만약, 입력된 영상의 값이 잡음이라고 판단되어질 때에는 그 값에 대하여 앞선 식(7)~(9)을 통하여 정의된  $O_{x,y}^{1-3}$ 을 그림 2의 알고리즘을 이용하여 출력한다. 다음의 식 (10)은  $O_{x,y}^{1-3}$ 의 값의 선택의 조건을 나타낸다.

$$O_{x,y} = \begin{cases} O_{x,y}^1, & r_{cen,cen} : noise \\ O_{x,y}^2, & O_{x,y}^1 : noise \\ O_{x,y}^3, & O_{x,y}^2 : noise \end{cases} \quad (10)$$

값의 우선순위는  $O_{x,y}^1 > O_{x,y}^2 > O_{x,y}^3$  를 나타내며, 이 값들 모두가 잡음요소라 판단되어질 때에는 원신호가 임펄스 값과 동일하다고 판단하여  $O_{x,y}^3$  의 값을 출력한다.

### V. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 성능향상의 지표를 삼기 위해 기존의 알고리즘을 동일한 조건에서 같이 구현하였으며, 사용

되는 기존의 알고리즘은 앞서 설명되어진 SMF, CWMF, ASMF를 사용하였다.

시뮬레이션에 사용되어진 영상은 Lena(512×512)를 이용하여 각 노이즈의 변화와 마스크의 크기변화에 따른 결과를 살펴보았다. 그림 3는 영상 내에 임펄스 잡음 30%를 첨가하여 이를 각 필터링한 결과 영상이다. 그림 3 (a)는 원 영상을 나타내고 있으며, 그림 3 (b)는 원 영상에 임펄스 잡음을 30% 첨가한 결과를 나타내고 있다. 그림 3 (c), (d)는 각기 기존의 필터 SMF, CWMF 처리 결과를 나타내고 있다. 위 두 영상은 임펄스 잡음의 많이 개선되었으나, 여전히 잡음이 남아 있음을 알 수 있다. 그림 3 (e)의 ASMF은 임펄스잡음제거는 우수하나 그림의 어깨부분의 저주파 손상이 많음을 보였다. 그림 3 (f)는 본 연구에서 제시한 방법으로 저주파 영역에서 잡음제거 특성이 우수하였다.

제시된 방법의 특성을 확인하기 위해 MSE (Mean



그림 3. 테스트 영상 (임펄스 노이즈 30%, 마스크 크기 3×3)  
Fig. 3. Test image. (Impulse noise 30%, Mask size 3×3)

Square Error)를 사용하였으며, 이는 식 (11)로 정의되어 진다.

$$MSE = \frac{\sum_{x,y} (R_{x,y} - F_{x,y})^2}{M \cdot N} \quad (11)$$

이 때,  $M, N$ 는 이미지의 가로, 세로크기를 나타내며,  $R_{x,y}$ 은 원본 영상의 각 화소,  $F_{x,y}$ 는 필터링 된 영상의 각 화소 값을 나타낸다.

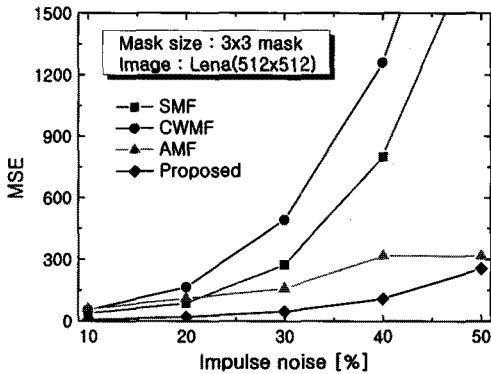


그림 4. 임펄스 잡음변화에 따른 MSE  
Fig 4. MSE with variation of impulse.

표 1. 임펄스 잡음변화에 따른 MSE  
Table 1. MSE with variation of impulse noise.

Noise	Lena image			
	SMF	CWMF	ASMF	Proposed
10%	38.33	54.39	59.69	7.06
20%	87.00	165.17	110.78	20.98
30%	273.62	492.15	157.70	46.27
40%	800.56	1260	316.60	108.53
50%	1,907	2,623	316	255

그림 4, 5 표1, 2는 각 잡음의 변화와 마스크의 크기 변화에 따른 MSE를 나타낸 것이다. 그림 4와 표 1의 데이터는 Lena(512x512)영상에 임펄스잡음을 10~50%까지 변화하여 얻은 MSE 데이터이다. 그림 5와 표 2는 동일한 30% 임펄스 잡음에 대한 마스크 크기 변화에 따른 MSE 데이터를 나타낸 것으로 동일한 조건의 3x3의 마스크를 사용하였다.

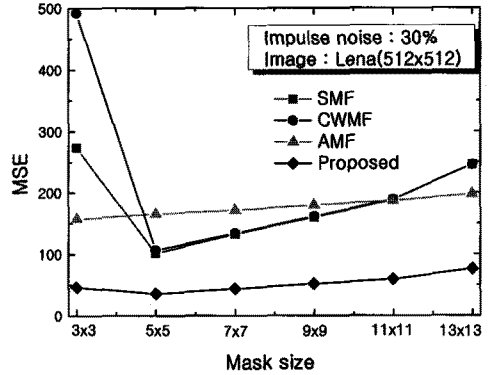


그림 5. 마스크 크기 변화에 따른 MSE  
Fig. 5. MSE with variation of mask size.

표 2. 마스크 크기 변화에 따른 MSE  
Table 2. MSE with variation of mask size.

Mask size	Lena image (Impulse noise=30%)			
	SMF	CWMF	ASMF	Proposed
3x3	273.62	492.1	157.70	46.27
5x5	101.62	106.62	165.47	35.99
7x7	132.10	134.04	171.78	43.77
9x9	160.46	161.52	179.86	51.84
11x11	188.23	188.87	186.81	59.27
15x15	245.68	245.69	197.51	76.13

실험 결과 잡음 정도의 변화와 같이 마스크의 크기 변화에서도 동일하게 기존의 방법들보다 우수한 특성을 얻었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 임펄스 잡음에 보다 강인한 필터를 제시하고자 메디안 필터를 바탕으로 변형된 필터를 제시하였다. 제시된 필터의 성능을 평가하기 위해, 기존의 방법들과 동일 조건 내에서 잡음 크기 및 마스크 크기에 따른 특성을 시뮬레이션 하였다. 그 결과 제시한 방법은 기존의 방법들에 비해 우수한 성능을 보였다.

제시한 변형된 메디안 필터는 임펄스 잡음 제거와 저주파영역 및 에지보존에 강한 필터로써 다양한 영상처리 분야에 유용하게 사용되리라 사료된다.

참고문헌

- [ 1 ] A. Restrepo and A. C. Bovik, "Adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Trans. Signal Process., vol. 36, pp. 1326-1337, Aug. 1988.
- [ 2 ] Y. Xu and E. M. Lai, "Restoration of images contaminated by mixed Gaussian and impulse noise using a recursive minimum-maximum method", IEEE Proc., Vis. Image Signal Process., vol. 145, pp. 264-270, 1998.
- [ 3 ] T. Sun and Y. Neuvo, "Detail-preserving median based filters in image processing", Pattern Recognit. Lett. vol. 15, pp. 341-347, Apr. 1994.
- [ 4 ] Xin Wang, "Generalized Multistage Median Filter", IEEE Trans. Image Processing, vol. 1, pp. 1834-1838, 1992.
- [ 5 ] D. R. K. Brownrigg, "The weighted median filter". Commun, ACM, vol. 27, no.8, pp.807-818, Aug. 1984.
- [ 6 ] L. Yin, R. Yang, M. Gabbouj and Y. Neuvo, "Weighted median filters: a tutorial", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 43, pp. 157-192, 1996.
- [ 7 ] S. J. Ko and Y. H. Lee, "Center weighted median filters and their application to image enhancement", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 38, pp. 984-993, Sept. 1991.
- [ 8 ] T. Chen and Hong Ren Wu, "Adaptive Impulse Detection Using Center-Weighted Median Filters", IEEE Trans. Signal Processing Lett., vol. 8, pp. 1-3, 2001.
- [ 9 ] H. Kong and L. Wang, "A Neural Network Adaptive Filter for the Removal of Impulse Noise in Digital Images", Neural Networks, vol. 9, pp. 373-378, 1996.
- [10] Z. Wang and D. Zhang, "Progressive Switching Median Filter for the Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Images", IEEE Trans. Circuits Systems-II, vol. 46, no. 1, pp.78-80, 1999.
- [11] S. Zhang and M. A. Karim, "A new impulse detector for switching median filters", IEEE Signal Process. Lett., vol. 9, no. 4, pp. 360-363, Nov. 2002.
- [12] H. L. Eng and K. K. Ma, "Noise adaptive soft-switching median filter", IEEE Trans. Image Process., vol. 10, no. 2, pp. 242-251, Feb. 2001.
- [13] H. Hwang and R. A. Haddad, "Adaptive median filters: New algorithms and results", IEEE Trans. Image Process., vol. 4, no. 4, pp. 499-502, Apr. 1995.
- [14] P. Ng and K. Ma, "Switching Median Filter with Boundary Discriminative noise detection", IEEE Trans. Image Process., vol. 15, no. 6, pp. 1506-1516, June 2006.
- [15] A. C. Bovik, T. S. Huang, and D. C. Munson, "A generalization of median filtering using linear combinations of order statistics", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. ASSP-31, no. 6, pp. 1342-1350, Dec. 1983.

저자소개

이 경 호(Kyung-Hyo Lee)



2007년 2월 동의대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
2009년 2월 부경대학교 제어계측공학과 졸업 (공학석사)

※ 관심분야: 영상처리

김 남 호(Nam-Ho Kim)



제11권 제1호 참조

1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 전기제어공학부 교수

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