

# 임펄스 노이즈에 강인한 매디안 필터에 관한 연구

김 국 승\* · 이 경 효\* · 김 남 호\*

\*부경대학교 공과대학 전기제어공학부

## A Study on Robust Median Filter in Impulse Noise Environment

Kuk-Seung Kim\* · Kyung-Hyo Lee\* · Nam-Ho Kim\*

\*School of Electrical and Control Eng., Pukyong National Univ.

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

### 요 약

현대 사회에서 영상처리 기술이 발달함에 따라 영상은 정보를 저장하거나 표현하기 위한 중요한 수단이 되고 있다. 일반적으로 영상을 획득 및 저장하는 과정에서 노이즈에 의해 영상이 훼손되며 이러한 노이즈에는 크게 AWGN(Addictive White Gaussian Noise)와 임펄스 잡음(Impulse Noise)이 있다. 임펄스 노이즈는 영상신호에서 예리하고 급작스런 교란으로 영상 전반에 걸쳐 black and white로 불규칙하게 퍼져 나타나게 된다. 임펄스 노이즈 환경에서는 알고리즘이 간단하면서 노이즈 제거 성능이 우수한 SM(standard median)필터가 많이 사용되며, SM 필터는 노이즈를 제거하지만 영상에지에서 오류를 나타내어 전체 영상의 품질을 저하 시킨다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 따라서 본 논문에서는 임펄스 노이즈 환경에서 영상을 복원하기 위해 비선형 필터를 제안하였으며, 노이즈를 제거함과 동시에 방향성을 이용하여 영상의 에지성분을 보존하도록 하였다. 그리고 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

### ABSTRACT

With the development of Information Technology in recent years, the image has been an important means to store or express information. Generally, during the process of acquiring and storing images, the images can be corrupted by noise of which typical types are Impulse(Impulse Noise) and AWGN(Addiction White Gaussian Noise). Impulse noise shows irregularly in black and white over the length and breadth of the image by sharp and sudden disturbance of the image signal. In the Impulse noise environment, SM(Standard Median) filter would be used because of its good noise removal performance and simple algorithm. However, when SM filter removes noise, it also produces error at the edge of image and causes whole image quality deterioration. In this paper, we propose a method based on modified nonlinear filter operation scheme which enhances the features of noise removal and detail image preservation when restoring image in Impulse noise environment. And, we compared it with existing methods and the performances through simulation.

### 키워드

median filter, image, mask method, digital image process

### 1. 서 론

영상처리 기술이 발달함에 따라 영상은 정보를 저장하거나 표현하기 위한 중요한 수단이 되고 있다. 일반적으로 영상을 처리하는 과정에서 시스템의 열화잡음이 추가되어지며, 이러한 노이즈에 의해 영상이 훼손된다. 대표적인 잡음으로써는 AWGN(Addictive White Gaussian Noise)과 임펄스 잡음(Impulse Noise)이 있다. 영상신호에 있어서 임펄스 잡음이란 예리하고 급작스런 교란으로

영상 전반에 걸쳐 black and white로 불규칙하게 퍼져 나타나는 현상을 일컫는다. 임펄스 잡음 환경을 개선하기 위하여 사용되는 필터로써는 알고리즘이 간단하면서 노이즈 제거 성능이 우수한 매디안 필터가 많이 사용된다. 하지만, 매디안 필터는 전 영상에 대한 필터를 수행함으로써, 마스크 내 주변의 화소에 잡음 분포가 클수록 그 중간 값도 잡음일 확률이 높아지고, 마스크의 크기가 클수록 수행 시간이 길어지며 영상에지에서 오류를 나타내어 전체 영상의 품질을 저하시킨다.

영상에지에서 오류를 나타내어 전체 영상의 품질을 저하 시킨다. 이와 같은 문제를 해결하고자 본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 영상을 복원하기 위해 잡음을 제거함과 동시에 방향성을 이용하여 영상의 에지성분을 보존하는 매디안 필터를 제안하였다. 그리고 제안한 필터의 우수함을 비교하기 위하여 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

## II. 기존의 방법

신호를 저장 및 전송하는 가운데 열화현상이 발생하며, 이러한 열화현상을 원 신호를 훼손하는 잡음의 형태로 임펄스 잡음과 가우시안 백색잡음이 대표적이다.

영상처리에 있어서 발생하는 임펄스 잡음의 형태는 0(흑) 또는 255(백)의 잡음의 형태로 이루어져 원 영상신호를 훼손하게 된다. 이러한 훼손은 어떠한 계산이 아닌 임의적으로 삽입되어지기 때문에 주변의 값을 통하여 추론하여 정의하게 된다.

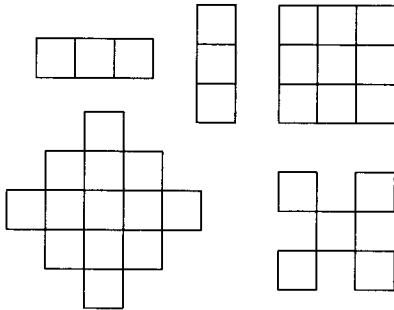


Fig. 1. Diversification Filters of form

매디안필터는 이러한 방법들 중 비교적 에지부분을 보존하며, 잡음 제거에도 유용하다. 이렇게 유용한 매디안필터는 그림 1에서 나타내어지는 것과 같이 수평형, 수직형, 블럭형, 마름모형, 교차형등 다양한 모습을 갖는다.

SMF(Standard Median Filter)는 이러한 다양한 마스크의 형태 중 블럭형 마스크로 정의한다. 만약 출력영상은  $O_{x,y}$ , 입력영상  $I_{i,j}$ , 마스크를  $W_{i,j}^m$ 로 정의한다면 SMF는 식 (1)로서 정의된다.

$$O_{x,y} = Med\{I_{i,j}\}, \quad (i,j) \in W_{i,j}^m \quad (1)$$

이때,  $(x,y)$ 는 필터링 마스크의 적용되는 위치,  $(i,j)$ 는 필터링 마스크주변 위치값, 그리고  $W_{i,j}^m$ 는  $w \times w$  마스크 내의 화소를 나타낸다.

다른 필터에 비해 SMF는 비교적 간단한 연산

으로 임펄스잡음을 효과적으로 계산하며 에지를 보존함에 있어 우수함으로 다양한 방법들로 변형되어 사용되어지고 있다.

대표적 변형인 WMF(Weighted Median Filter)로서, 이는 기본적인 매디안필터에 중심화소 값을 가중하는 형태로 동작한다. 이를 식 (2)로서 정의한다.

$$O_{x,y} = Med\{I_{i,j}, 2K \cdot I_{x,y}\}, \quad (i,j) \in W_{i,j}^m \quad (2)$$

가중치  $K$ 는 양의 정수를 나타내며, 마스크 전체의 크기가 홀수의 값을 유지된다. 그리고  $K=1$ 인 경우를 CWMF(Center Weighted Median Filter)이라 정의한다[2].

HMF(Hybrid Median Filter)의 동작은 그림 1의 마지막 교차형의 마스크를 취하며, 이때 각 대각요소에 대한 매디안 값과 중심값을 비교하여 잡음을 줄인다.

매디안 필터들은 잡음요소뿐 아니라 비임펄스 잡음 요소에 대하여 동작 또한 하기 때문에 필연적으로 원영상에 대한 훼손을 가져온다

AMF(Adaptive Switching Median Filter)는 이러한 오류를 막는 필터로서 잡음요소를 판별하여 비잡음 요소에 대해서는 원영상을 보존하며, 잡음요소만을 검출하여 동작하는 필터이다. 이는 식 (3)으로써 정의된다[2].

$$F_{x,y} = Med(I_{i,j}^*), \quad 0 \text{ or } 255 \notin I_{i,j}^* \\ O_{x,y} = \begin{cases} F_{x,y}, & I_{x,y} = 0 \text{ or } 255 \\ I_{x,y}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

식 (4)의  $I_{i,j}^*$ 는 마스크 내의 잡음요소를 제외한 요소들을 나타내며,  $F_{x,y}$ 은  $I_{i,j}^*$ 의 매디안 값을 나타낸다. 이 때,  $I_{i,j}^*$ 는 비잡음요소만을 가져오기 때문에 홀수가 아닌 짝수의 형태를 취할 수도 있다. 이러한 경우는 아래 식 (4)의 구별을 통하여 값이 정의된다.

$$F_{x,y} = \begin{cases} Med(I_{i,j}^*), & \text{odd} \\ \frac{I_{i,j}^{*-} + I_{i,j}^{*+}}{2}, & \text{even} \end{cases} \quad (4)$$

$I_{i,j}^-, I_{i,j}^{*+}$ 는 각기 중앙에 인접한 2개의 요소값을 나타낸다. 즉, 홀수인 인자를 가진  $I_{i,j}^*$ 는 중앙값을 대입하며, 짝수인 인자를 가진 경우는  $I_{i,j}^*$ 의 중앙 인접 두 값의 평균을 취한다.

하지만, AMF필터는 비교적 많은 양의 연산과 복잡한 알고리즘을 필요로 하기 때문에 긴 처리 시간을 갖는 단점을 가지고 있다.

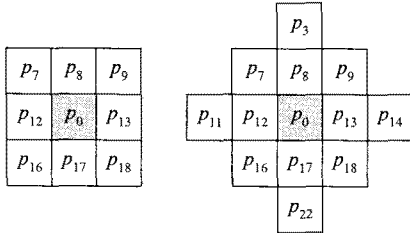
### III. 제안한 방법

제안한 방법은 앞서 언급한 메디안 필터의 변형으로 각 영상마스크의 방향성을 탐지 후 영상 내에 적합한 마스크를 삽입하는 방식으로 진행된다.

이때 사용되는 마스크는 임의의 좌표  $(x, y)$ 를 기준으로 입력 화소값  $I(x, y)$ 를 포함하는  $(5 \times 5)$ ,  $\{(2N+1) \times (2N+1), N=2\}$  크기의 윈도우에서 처리 가능하다.

$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$
$p_6$	$p_7$	$p_8$	$p_9$	$p_{10}$
$p_{11}$	$p_{12}$	$p_0$	$p_{13}$	$p_{14}$
$p_{15}$	$p_{16}$	$p_{17}$	$p_{18}$	$p_{19}$
$p_{20}$	$p_{21}$	$p_{22}$	$p_{23}$	$p_{24}$

(a) window mask  $(5 \times 5)$



(b) Square window (c) Diamond window

Fig. 2. Processing window.

제안한 방법 (PM, Proposed Method)는 우선 잡음 검출과정을 거치게 되며, 그림 2(a)와 같은  $(5 \times 5)$  크기의 윈도우에 대해, 주변화소를 이용하여 아래의 두 식과 같이 최대값  $S_M$ 과 최소값  $S_m$ 을 구한다.

$$L = \max \{p_i \mid 1 \leq i \leq 24\}$$

$$S = \min \{p_i \mid 1 \leq i \leq 24\}$$
(5)

임펄스 잡음은 영상처리에 있어 0 또는 255와 같이 허용값 내의 최대 또는 최소값과 동등한 크기로 발생된다. 따라서 아래의 식 (6)로부터,  $n$ 이 1인 경우는 현재 화소가 임펄스 잡음에 의해 훼손된 것으로 간주하며, 그렇지 않은 경우는 원화소로 판단한다.

$$temp = \begin{cases} 1, & p_0 \leq S \text{ or } p_0 \geq L \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$
(6)

위의 과정이 잡음 검출을 나타내었다면, 아래의

과정은 검출된 잡음을 제거하는 과정을 수행한다.

그림 2(b), (c)에 나타난 두 가지 윈도우의 방향성분에서 임펄스 잡음에 대한 분포 비율을 검사하기 위해 블럭형과 마름모형의 윈도우에 대한 각 방향성분의 정의가 필요하다. 식(7), (8)은 블럭형  $I_{S1}, I_{S2}, I_{S3}, I_{S4}$ 와 마름모형의  $I_{D1}, I_{D2}, I_{D3}, I_{D4}$ 를 정의함으로써 방향성분 영역 내에 포함된 잡음의 수를 정의한다.

$$\begin{cases} W_{S1} = \{p_{7-9}, p_{12}, p_{13}\}, \\ W_{S2} = \{p_{12}, p_{13}, p_{16-18}\} \\ W_{S3} = \{p_{7-8}, p_{12}, p_{16-17}\}, \\ W_{S4} = \{p_{8-9}, p_{13}, p_{17-18}\} \end{cases}$$
(7)

$$\begin{cases} W_{D1} = \{p_3, p_{7-9}, p_{13-14}, p_{18}\} \\ W_{D2} = \{p_7, p_{11-12}, p_{16-18}, p_{22}\} \\ W_{D3} = \{p_3, p_{7-9}, p_{11-12}, p_{16}\} \\ W_{D4} = \{p_9, p_{13-14}, p_{16-18}, p_{22}\} \end{cases}$$
(8)

식 (7), (8)을 이용하여 각 마스크의 형태에 따른 잡음 비율을 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$MAX_S = \max \{W_{S1}, W_{S2}, W_{S3}, W_{S4}\}/5$$

$$MAX_D = \max \{W_{D1}, W_{D2}, W_{D3}, W_{D4}\}/7$$
(9)

위의 식 (9)에서 표현된  $MAX_S$ 와  $MAX_D$ 에 대한 관계로부터,  $MAX_S \leq MAX_D$ 일 경우에는 임펄스 잡음을 제거하기 위해 블럭형을 적용하며, 그렇지 않은 경우에는 마름모형을 적용한다. 이것은 상대적으로 임펄스 잡음이 적게 분포된 윈도우를 사용할 경우, 좀 더 우수한 잡음제거 성능을 나타내기 때문이다. 선택된 윈도우 내의 메디안 값은 출력 값으로 송출하게 된다.

### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 설계한 필터의 성능을 비교를 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였으며, 이는 아래 식(11)로 정의된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2 \cdot R \cdot C}{\sum_{x,y} I_{x,y} - O_{x,y}} \right)$$
(11)

이 때,  $R, C$ 는 이미지의 가로, 세로크기를 나타

내며,  $I_{x,y}$ 은 원본 영상의 각 화소,  $O_{x,y}$ 는 필터링 된 영상의 각 화소값을 나타낸다.

임펄스 잡음의 변화에 따른 각 필터의 처리결과를 나타낸 것이다.

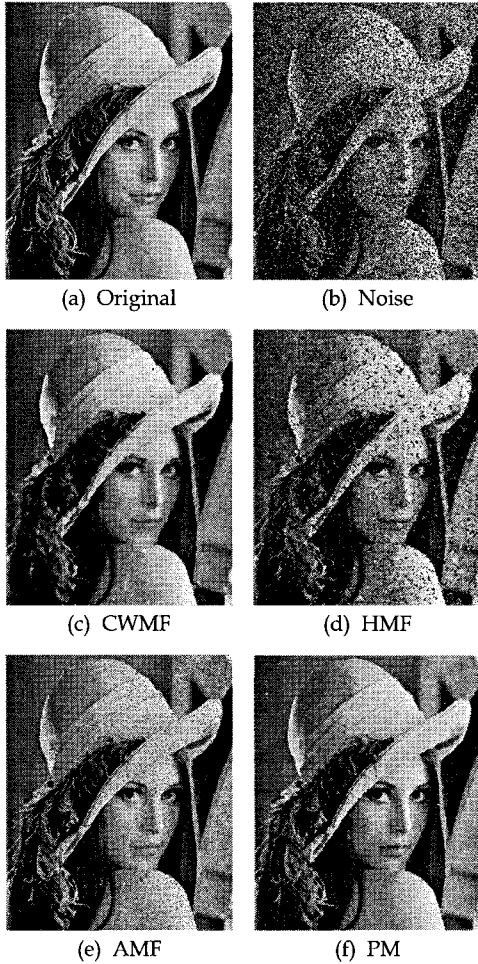


Fig. 3. Filtering Image (Impulse Noise 40%).

제안한 모델의 우수함을 나타내기 위해, 변형된 메디안 필터 HMF, CWMF, AMF를 이용하였다.

그림 3은 lena(512×512)영상의 일부분에 40% 임펄스 잡음을 삽입한 그림을 이용하였으며, 5×5의 마스크의 동일한 조건에서 복원이 기존의 필터와 제안한 필터를 테스트한 영상이다.

그림 3(c)를 살펴보면, CWMF에서는 에지부분과 고주파영역에서영상의 복원이 미흡하며, 2(d) HMF는 노이즈 잡음을 제거되지 않았고, 2(e) AMF는 저주파 영역에서 훼손됨을 확인 할 수 있다. 제안된 필터를 사용한 그림 2(f)의 영상은 고주파영역 뿐 아니라 에지부분 및 저주파영역에서 기존의 필터보다 우수한 성능을 확인 할 수 있다.

그림4와 표1은 lena(512×512)영상을 사용한

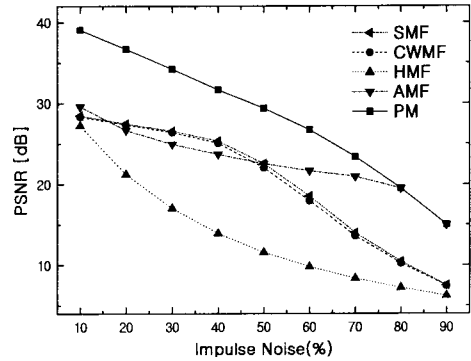


Fig. 4. PSNR with variation of Impulse Noise.

Table 1. PSNR with variation of impulse.

Noise	lena(512×512)			
	CWMF	HMF	AMF	PM
10%	28.34	27.29	29.59	39.06
30%	26.42	17.02	24.94	34.2
50%	22.04	11.59	22.54	29.37
70%	13.61	8.34	20.94	23.4
90%	7.43	6.21	15.01	15.02

## V. 결 론

본 논문에서는 임펄스 잡음 제거를 위한 변형된 메디안 필터를 제안함으로써 영상 내에 임펄스 잡음을 줄이고자 하였다.

시뮬레이션의 결과는 동일한 조건하에 다른 필터와 비교하여 다른 필터에 비해 향상된 결과를 나타내었다.

제안한 필터는 기존의 필터보다 임펄스 잡음 제거에 강한 필터로써 다양한 영상처리 분야에 유용하게 사용되리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] J Kos, Y Neuvo, "Center weighted median filter and their applications to image enhancement [J]. IEEE Transactions on Circuits and System, 1991, 38(1), pp.984~993.
- [2] H.H. wang, R.A. Haddad, "Adaptive median filters: New algorithms and results," IEEE Trans. Image Process, 1995,4(4), pp.499-502