

## 표준편차 및 3차 스플라인 보간법을 이용한 영상 복원 알고리즘에 관한 연구

권세익 · 김남호\*

### A Study on Image Restoration Algorithm using Standard Deviation and Cubic Spline Interpolation

Se-Ik Kwon · Nam-Ho Kim\*

Dept. of Control and Instrumentation Eng., Pukyong National University, Busan 48513, Korea

#### 요 약

영상을 획득 또는 전송하는 과정에서 다양한 잡음에 의해 영상의 열화가 발생하고 있으며, 이러한 영상에 첨가되는 잡음을 제거하기 위한 연구가 공간 영역에서 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 영상에 첨가된 복합잡음을 제거하기 위해 잡음의 종류에 따라 처리하는 스위칭 필터를 제안하였다. 잡음 판단을 통해 국부 마스크의 중심화소가 AWGN에 훼손된 경우, 국부 마스크의 표준편차에 임계값을 적용하여 가중치 마스크의 가중치를 다르게 적용하여 처리하고, salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 국부 마스크를 네 방향으로 세분하여 각 방향의 salt and pepper 잡음이 가장 적은 방향에 대해 3차 스플라인 보간법을 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 필터 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 PSNR을 사용하여 기존의 방법들과 제안한 필터 알고리즘을 각각 비교하였다.

#### ABSTRACT

In the process of obtaining and transmitting image, there is degradation of image due to various noise, and there have been many active studies ongoing to remove the noise added on the images. This thesis has proposed a switching filter processing by the types of noise in order to remove the complex noise added on images. When the center value of local mask is damaged by AWGN based on the noise judgment, the threshold value is applied on standard deviation of local mask to process by applying different weight of weighted mask, and if the image is damaged by the salt and pepper noise, the local mask is subdivided into 4 directions, and processed by applying cubic spine interpolation in the direction with the least salt and pepper noise. Also, in order to evaluate the performance of proposed filter algorithm, the study conducted comparison among the existing methods and proposed filter using PSNR.

**키워드** : AWGN, Salt and pepper 잡음, 잡음 제거, PSNR

Key word : AWGN, Salt and pepper noise, Noise removal, PSNR

Received 31 May 2017, Revised 15 June 2017, Accepted 23 June 2017

\* Corresponding Author Nam-Ho Kim(E-mail: nhk@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-629-6328)

Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.9.1689>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

디지털 영상 처리는 군사, 의료, 산업 등의 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있다. 잡음 제거는 영상 처리의 전처리 과정으로 필수적이다. 이에 따라 영상에 첨가된 잡음의 영향을 완화하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있다[1-3].

영상을 훼손시키는 잡음은 발생하는 원인과 형태에 따라 종류가 다양하며, 주로 유니폼 잡음, AWGN (additive white Gaussian noise), salt and pepper 잡음이 대표적이다. 잡음을 제거하기 한 대표적인 공간영역 필터에는 알파 트림드 평균 필터(A-TMF: alpha-trimmed mean filter), 적응 가중치 메디안 필터(AWMF: adaptive weighted median filter), 변형된 공간 가중치 필터(MSWF: modified spatial weighted filter) 등이 있다. 그러나 기존의 필터들은 복합잡음 환경에서 잡음 제거 특성이 저하된다[4-10].

따라서 본 논문에서는 영상에 첨가되는 복합잡음을 제거하기 위해, 잡음의 종류에 따라 처리하는 스위칭 필터를 제안하였다. 국부 마스크의 중심화소가 AWGN에 훼손된 경우, 국부 마스크의 표준편차에 임계값  $T_1$ ,  $T_2$ 를 적용하여 각 범위에 따라 가중치 마스크의 가중치를 다르게 적용하여 처리하고 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 국부 마스크를 네 방향으로 세분화하고 각 방향에서 salt and pepper 잡음이 가장 적은 방향에 대해 3차 스플라인 보간법을 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다[11-14].

본 논문은 II장에서 기존의 방법들에 대해 설명하였고, III장에서 제안한 알고리즘을 제시하였으며, IV장에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 기존의 방법들과 비교하였다. 끝으로 결론을 기술하였다.

## II. 기존 방법

### 2.1. 알파 트림드 평균 필터

필터링 마스크  $x$  내의  $n$ 개의 화소를 오름차순으로 정렬하였을 경우 식 (1)과 같다.

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n \tag{1}$$

여기서  $x_1$ 은 최소값을 나타내고  $x_n$ 은 최대값을 나타낸다. 이때 알파 트림드 평균 필터는 식 (2)와 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \frac{1}{n-2[\alpha n]} \sum_{k=[\alpha n]+1}^{n-[\alpha n]} x_k \tag{2}$$

여기서  $[\ ]$ 는 올림 함수를 나타내고,  $\alpha$  값의 범위는  $0 \leq \alpha \leq 0.5$ 이다. 이에 따라 알파 트림드 평균 필터는 변수  $\alpha$  값에 따라 필터 특성이 변화된다.

### 2.2. 적응 가중치 메디안 필터

적응 가중치 메디안 필터는 필터링 마스크의 각 화소와 화소들의 메디안 값과의 차이에 따라 적응 가중치를 적용하여 처리하며, 적응 가중치는 식 (3)과 같이 구한다.

$$f = \sum_{p,q \in x} \frac{1}{1 + [x_{i+p,j+q} - M]^2} \tag{3}$$

$$w_{i+p,j+q} = \frac{1}{f \times \{1 + [x_{i+p,j+q} - M]^2\}}$$

여기서  $M$ 은 마스크의 메디안 값을 나타내고,  $f$ 는 파라메타로 각 화소와 메디안 값의 차에 의해 결정된다. 적응 가중치 메디안 필터의 최종 출력은 식 (4)와 같다.

$$O_{i,j} = \sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q} \times w_{i+p,j+q} \tag{4}$$

적응 가중치 필터는 필터링 마스크내의 화소들의 변화가 심한 영역에서 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다.

### 2.3. 변형된 공간 가중치 필터

변형된 공간 가중치 필터는 잡음 판단을 통해 salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리한다.

국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 국부 마스크 내의 salt and pepper 잡음에 훼손되지 않은 화소들의 메디안값으로 처리하며 식 (5)와 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \text{median}\{R_k\} \tag{5}$$

여기서,  $median\{ \}$ 은 메디안값을 구해주는 함수이며,  $R_k$  국부 마스크에서 salt and pepper 잡음에 훼손되지 않은 화소들의 집합을 의미한다.

국부마스크의 중심화소가 AWGN에 훼손된 경우, 공간 가중치 마스크로 처리하며, 공간 가중치는 식 (6)과 같다.

$$W_{i+p,j+q} = (\sqrt{p^2 + q^2} + 1)^3 \quad (6)$$

여기서,  $p, q$ 는 국부 마스크의 내부 좌표를 나타낸다. 공간 가중치를 이용한 최종 출력은 식 (7)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q} \times W_{i+p,j+q}}{\sum_{p,q \in x} W_{i+p,j+q}} \quad (7)$$

### III. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 영상에 첨가된 복합잡음을 제거하기 위하여 AWGN과 salt and pepper 잡음에 따라 다르게 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 국부 마스크의 중심화소가 AWGN으로 판단된 경우,  $3 \times 3$  국부 마스크의 표준편차를 구하고 표준편차에 따른 임계값  $T_1, T_2$ 에 따라 가중치가 서로 다른 필터로 처리한다. 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음으로 판단된 경우,  $5 \times 5$  크기의 국부 마스크를 설정하고, 네 방향에 대한 3차 스플라인 보간법 및 메디안 필터로 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘의 처리 순서는 다음과 같다.

복합잡음에 의해 훼손된 영상  $I_{i,j}$ 는 식 (8)과 같이 표현된다.

$$I_{i,j} = \begin{cases} I_{\min} \text{ or } I_{\max}, & \text{with probability } P \\ I_{i,j}^0 + n_{i,j}, & \text{with probability } 1 - P \end{cases} \quad (8)$$

여기서,  $I_{\min}$ 과  $I_{\max}$ 는 salt and pepper 잡음을 나타내며, salt and pepper 잡음은 영상에서 최소, 최대 밝기를 갖는 잡음이다.  $I_{i,j}^0$ 는 원 영상의 화소값을 나타내며,

$n_{i,j}$ 는 가우시안 잡음의 크기,  $P$ 는 salt and pepper 잡음의 확률이다.

제안한 알고리즘의 잡음 판단은 식 (9)와 같이 구한다.

$$F_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } I_{i,j} \neq I_{\min} \text{ or } I_{\max} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

여기서, 1과 0은 각각 AWGN과 salt and pepper 잡음을 의미한다.

#### 3.1. AWGN 잡음 제거

국부 마스크의 중심화소가 AWGN인 경우, 식 (10)과 같이 국부 마스크를 설정한다.

$$x_{i+p,j+q}^3 = \{I_{i+p,j+q} \mid -1 \leq p, q \leq 1\} \quad (10)$$

여기서,  $p, q$ 는 국부 마스크의 내부 좌표를 나타낸다. 국부 마스크의 평균과 표준편차는 식 (11), (12)와 같이 구한다.

$$M = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q}^3 F_{i+p,j+q}}{\sum_{p,q \in x} F_{i+p,j+q}} \quad (11)$$

$$\sigma_{i,j} = \sqrt{\frac{\sum_{p,q \in x} (x_{i+p,j+q}^3 - M)^2 F_{i+p,j+q}}{\left(\sum_{p,q \in x} F_{i+p,j+q}\right) - 1}} \quad (12)$$

여기서,  $M$ 과  $\sigma_{i,j}$ 는 국부 마스크의 salt and pepper 잡음을 제외한 화소들의 평균 및 표준편차이다.

국부 마스크 내의 표준편차  $\sigma_{i,j}$ 는  $T_1, T_2$  2개의 임계값에 따라 3개의 서로 다른 가중치 마스크로 처리한다. 국부 마스크의 가중치 마스크는 중심화소  $w_{i,j}$ 와 인접 화소  $w_{i-1,j}, w_{i,j-1}, w_{i,j+1}, w_{i+1,j}$ , 대각선 화소  $w_{i-1,j-1}, w_{i-1,j+1}, w_{i+1,j-1}, w_{i+1,j+1}$ 에 따라 다르게 적용한다.

국부 마스크의 표준편차  $\sigma_{i,j}$ 가  $T_1$ 보다 작은 경우, 가

중치 마스크의 가중치는 식 (13)과 같이 가중치를 부여한다.

$$CE = 1 - AE - DE$$

$$AE = \frac{T_1 + 10}{T_1(T_2 - 1)} \quad (13)$$

$$DE = \frac{T_1 + 1}{T_1(T_2 - 1)}$$

여기서,  $CE$ 는 가중치 마스크의 중심화소  $w_{i,j}$ 이고,  $AE$ 는 인접 화소  $w_{i-1,j}$ ,  $w_{i,j-1}$ ,  $w_{i,j+1}$ ,  $w_{i+1,j}$ 이며,  $DE$ 는 대각선 화소  $w_{i-1,j-1}$ ,  $w_{i-1,j+1}$ ,  $w_{i+1,j-1}$ ,  $w_{i+1,j+1}$ 를 나타낸다.

국부 마스크의 표준편차  $\sigma_{i,j}$ 가  $T_1$ ,  $T_2$  사이에 있는 경우, 가중치 마스크의 가중치를 식 (14)와 같이 설정한다.

$$CE = 1 - AE - DE$$

$$AE = \frac{2(T_1 - T_2 + 2)}{(T_1 - T_2)(T_1 + T_2 - 3)} \quad (14)$$

$$DE = \frac{T_1 - T_2 + 2}{(T_1 - T_2)(T_1 + T_2 - 3)}$$

국부 마스크의 표준편차  $\sigma_{i,j}$ 가  $T_2$  보다 큰 경우, 가중치 마스크의 가중치를 식 (15)와 같이 설정한다.

$$CE = 1 - AE - DE$$

$$AE = \frac{200}{T_1(9T_1 - T_2)} \quad (15)$$

$$DE = \frac{100}{T_1(9T_1 - T_2)}$$

국부 마스크의 표준편차에 따른 제안한 알고리즘의 출력은 식 (16)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \frac{\sum_{p,q \in x} x_{i+p,j+q}^3 w_{i+p,j+q} F_{i+p,j+q}}{\sum_{p,q \in x} w_{i+p,j+q} F_{i+p,j+q}} \quad (16)$$

### 3.2. Salt and pepper 잡음 제거

국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음인 경우, 식 (17)과 같이 국부 마스크를 설정한다.

$$x_{i+k,j+l}^3 = \{I_{i+k,j+l} \mid -2 \leq k, l \leq 2\} \quad (17)$$

여기서,  $k, l$ 은 국부 마스크의 내부 좌표이다. 국부 마스크를 네 방향으로 세분화하며, 식 (18)과 같이 표현된다.

$$G_{i,j}^1 = [x_{i-2,j}^5, x_{i-1,j}^5, x_{i+1,j}^5, x_{i+2,j}^5]$$

$$G_{i,j}^2 = [x_{i-2,j-2}^5, x_{i-1,j-1}^5, x_{i+1,j+1}^5, x_{i+2,j+2}^5] \quad (18)$$

$$G_{i,j}^3 = [x_{i,j-2}^5, x_{i,j-1}^5, x_{i,j+1}^5, x_{i,j+2}^5]$$

$$G_{i,j}^4 = [x_{i+2,j-2}^5, x_{i+1,j-1}^5, x_{i-1,j+1}^5, x_{i-2,j+2}^5]$$

세분화된 각 방향의 salt and pepper 잡음 판단은 식 (19)와 같이 구한다.

$$U_{i,j}^1 = [F_{i-2,j}, F_{i-1,j}, F_{i+1,j}, F_{i+2,j}]$$

$$U_{i,j}^2 = [F_{i-2,j-2}, F_{i-1,j-1}, F_{i+1,j+1}, F_{i+2,j+2}] \quad (19)$$

$$U_{i,j}^3 = [F_{i,j-2}, F_{i,j-1}, F_{i,j+1}, F_{i,j+2}]$$

$$U_{i,j}^4 = [F_{i+2,j-2}, F_{i+1,j-1}, F_{i-1,j+1}, F_{i-2,j+2}]$$

세분화된 각 방향의 salt and pepper 잡음이 가장 적은 방향을 선택하여 3차 스플라인을 적용하여 최종 출력을 식 (20)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = spline\{H, G_{i,j}^t, \lambda\} \quad (20)$$

여기서,  $spline\{ \}$ 은 3차 스플라인 보간법을 구해주는 함수이고,  $H$ 는 국부 마스크의 세분화된 방향의 인덱스이며,  $[-2, -1, 1, -2]$ 의 값을 갖는다. 그리고  $t$ 는 salt and pepper 잡음이 가장 적은 방향의 위치를 나타내고,  $\lambda$ 는 보간하는 위치를 의미한다.

국부 마스크의 salt and pepper 잡음 밀도가 50% 이

상인 경우, 메디안 필터로 처리하며, 식 (21)과 같이 구한다.

$$O_{i,j} = \text{median}\{J_v\} \quad (21)$$

여기서,  $J$ 는 salt and pepper 잡음에 훼손되지 않은 화소들의 집합이며,  $v$ 는 그 화소수를 의미한다.

국부 마스크의 모든 화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 이전 처리 화소들을 이용하여 현재 위치의 화소를 추정한다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문은 잡음 판단 통해 AWGN인 경우, 국부 마스크의 표준편차를 이용하여 임계값에 따라 가중치를 다르게 적용하여 처리하고, salt and pepper 잡음인 경우, 국부 마스크를 네 방향으로 세분화하여 3차원 스플라인 보간법을 적용한 영상 복원 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 잡음 제거 특성을 평가하기 위해,

Baboon 및 Barbara 영상에 AWGN 및 salt and pepper 잡음을 첨가하여 기존의 필터와 그 성능을 비교하였다.

그림 1, 2는 Baboon 영상 및 Barbara 영상의 원 영상, 잡음 영상 및 처리된 영상의 확대 영상을 나타낸 것이다.

그림 1, 2에서 (a)는 원 영상이고, (b)는 AWGN ( $\sigma = 10$ ) 및 salt and pepper ( $P = 50\%$ )에 훼손된 영상이며, (c)는 원 영상의 확대 영상, (d)는 잡음 영상의 확대 영상, (e)는 알파 트림드 평균 필터( $5 \times 5$ ), (f)는 적응 가중치 메디안 필터( $5 \times 5$ ), (g)는 변형된 공간 가중치 필터( $3 \times 3$ ), (h)는 제안한 필터 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)의 처리 결과이다.

그림 1의 (e), (f), (g), (h)에서, 알파 트림드 평균 필터 및 적응 가중치 메디안 필터로 처리한 영상은 필터링 마스크 내에 salt and pepper 잡음이 첨가되어 잡음 제거 성능이 다소 미흡한 결과를 나타내었다. 변형된 공간 가중치 필터로 처리한 영상은 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었지만 에지와 같은 상세 정보가 훼손되었다. 그러나 제안한 알고리즘은 기존의 필터들에 비해 AWGN 및 salt and pepper 잡음 제거 성능 및 에지 보존

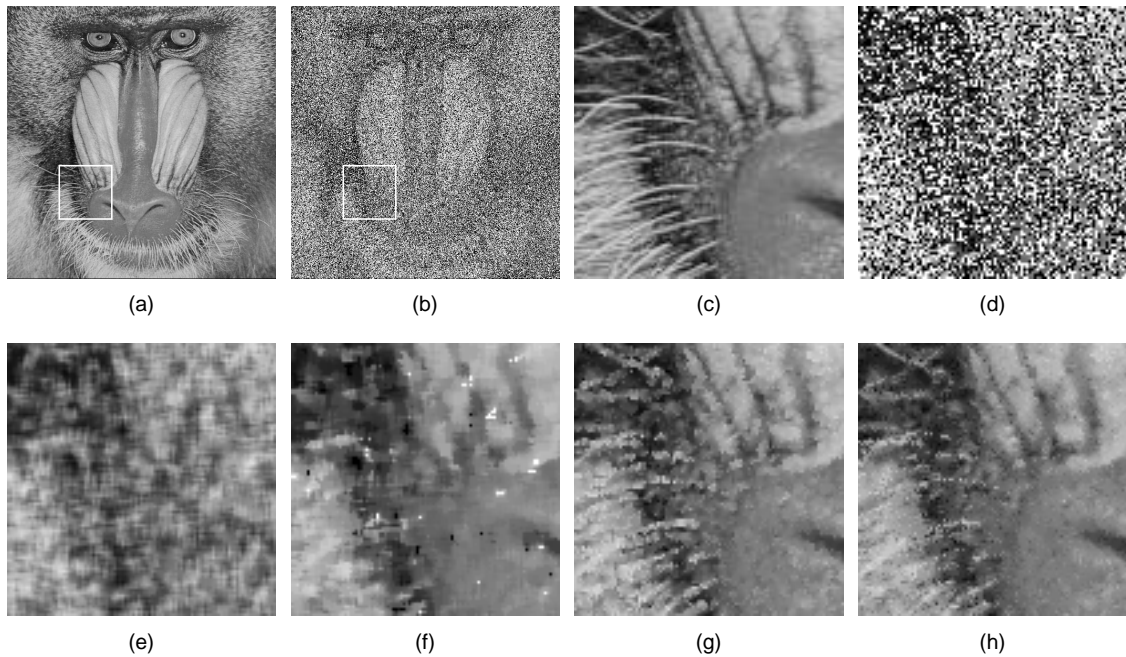
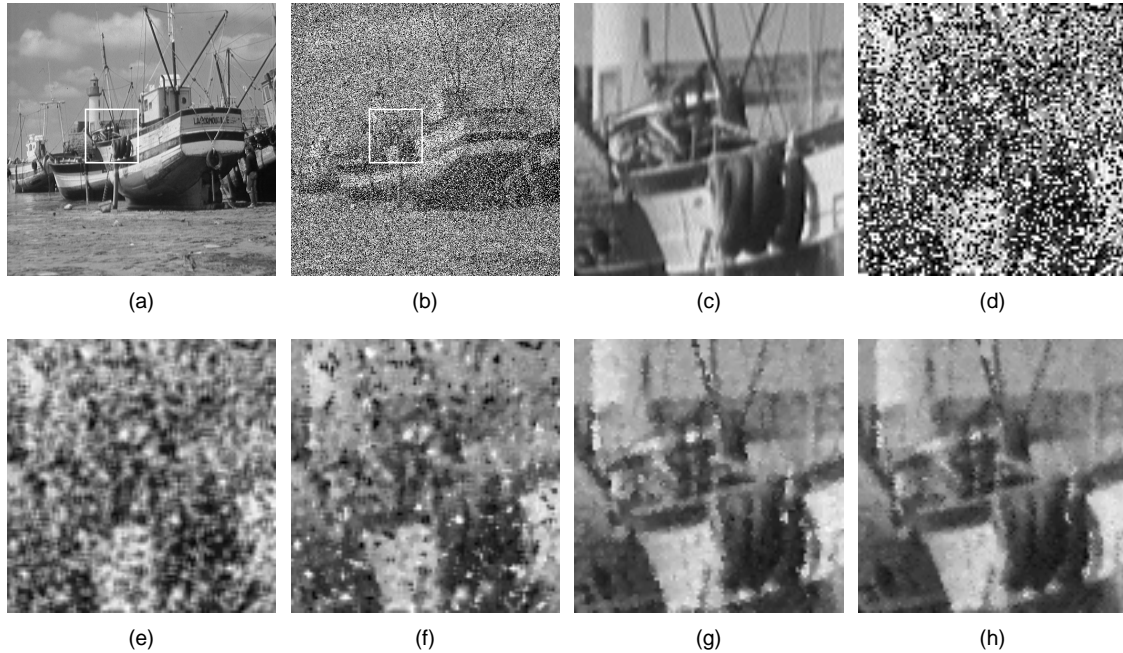


Fig. 1 Baboon image (a) Original image (b) Noise image (c) Zoom of original image (d) Zoom of noise image (e) A-TMF (f) AWMF (g) MSWF (h) PFA



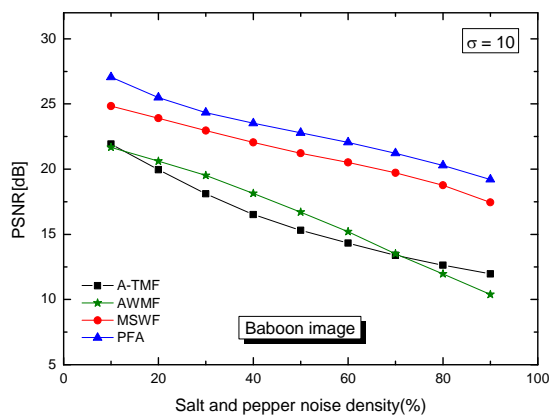
**Fig. 2** Barbara image (a) Original image (b) Noise image (c) Zoom of original image (d) Zoom of noise image (e) A-TMF (f) AWMF (g) MSWF (h) PFA

특성을 나타내었다.

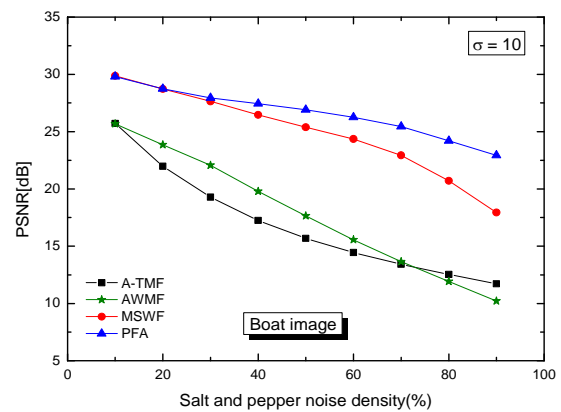
그림 3, 4는 Baboon 영상 및 Barbara 영상에서 복합 잡음 환경에서 salt and pepper 잡음 밀도에 따른 잡음 제거 특성을 나타낸 것이다.

그림 3, 4에서 제안한 알고리즘은 AWGN( $\sigma = 10$ )와

salt and pepper 잡음( $P = 50\%$ )에 훼손된 Baboon 영상에서 22.79[dB]의 높은 PSNR을 나타내었으며, 기존의 알파 트림드 평균 필터, 적응 가중치 필터, 변형된 공간 가중치 필터에 비해 각각 7.47[dB], 6.08[dB], 1.56[dB] 개선되었다.



**Fig. 3** PSNR graph for Baboon image



**Fig. 4** PSNR graph for Barbara image

## V. 결 론

본 논문은 국부 마스크의 중심화소가 AWGN에 훼손된 경우, 국부 마스크의 표준편차에 따른 임계값에 따라 가중치를 다르게 적용하여 처리하고, salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 국부 마스크를 네 방향으로 세분화하고 각 방향에서 salt and pepper 잡음에 가장 적게 훼손된 방향에 대해 3차 스플라인 보간법을 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘은 복합잡음 환경에서 salt and pepper 잡음 밀도가 낮은 영역 및 높은 영역에서 기존의 기존의 방법들보다 우수한 결과를 나타내었다. 향후 제안한 알고리즘을 보다 개선하여 우수한 성능을 얻을 수 있는 잡음 제거 알고리즘에 관한 연구를 진행할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENTS

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

## REFERENCES

- [ 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 ] X. Long and N. H. Kim, "Modified Median Filter for Impulse Noise Removal," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 461-466, Feb. 2013.
- [ 4 ] S. I. Kwon and N. H. Kim, "A Study on Modified Spatial Weighted Filter in Mixed Noise Environments," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 237-243, Jan. 2015.
- [ 5 ] R. Öten and R. J. P. de Figueiredo, "Adaptive Alpha-Trimmed Mean Filters Under Deviations From Assumed Noise Model," *IEEE Trans, Image Processing*, vol. 13, no. 5, pp. 627-639, May 2004.
- [ 6 ] J. Wang and J. Hong, "A New Self-Adaptive Weighted Filter for Removing Noise in Infrared Images," *Information Engineering and Computer Science*, Wuhan, China, pp.1-4, 2009.
- [ 7 ] X. Long and N. H. Kim, "An Image Restoration using Nonlinear Filter in Mixed Noise Environment," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 10, pp. 2447-2453, Oct. 2013.
- [ 8 ] X. Long and N. H. Kim, "A Study on Image Restoration Filter in Mixed Noise Environments," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 8, pp. 2001-2007, Aug. 2014.
- [ 9 ] S. I. Kwon and N. H. Kim, "Salt and Pepper Noise Removal using Histogram," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 2, pp. 394-400, Feb. 2016.
- [ 10 ] S. I. Kwon and N. H. Kim, "Noise Removal using Modified Switching Filter in Mixed Noise Environments," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 1215-1220, Jun. 2016.
- [ 11 ] G. Yinyu and N. H. Kim, "A Study on Mixed Filter Algorithm for Restoration of Image Corrupted by AWGN," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 5, pp. 1064-1070, May 2012.
- [ 12 ] G. Yinyu and N. H. Kim, "The Modified Nonlinear Filter to Remove Impulse Noise," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 4, pp. 973-979, Apr. 2011.
- [ 13 ] G. Yinyu and N. H. Kim, "A Study on Improved Denoising Algorithm for Edge Preservation in AWGN Environments," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 8, pp. 1773-1778, Aug. 2012.
- [ 14 ] S. W. Hong and N. H. Kim, "A Study on Removal of Salt and Pepper Noise using Deformable Masks Depending on the Noise Density," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 9, pp. 2173-2179, Sep. 2015.



**권세익(Se-ik Kwon)**

2014년 8월 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 공학사  
2016년 8월 부경대학교 대학원 제어계측공학과 공학석사  
2016년 9월~현재 부경대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정  
※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