creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:21031-000002302519

工 學 碩 士 學 位 論 文

Salt & Pepper 잡음 환경에서 국부 마스크의 잡음 밀도를 이용한 변형된 스위칭 필터

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2016年 8月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

制 御 計 測 工 學 科

洪 尙 佑

工 學 碩 士 學 位 論 文

Salt & Pepper 잡음 환경에서 국부 마스크의 잡음 밀도를 이용한 변형된 스위칭 필터

指導敎授 金 南 虎

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2016年 8月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

制 御 計 測 工 學 科

洪 尙 佑

洪尙佑의 工學碩士 學位論文을 認准함

2016年 8月

主 審 工學博士 黃 龍 淵 (印)

委 員 工學博士 金 萬 高 (印)

委 員 工學博士 金 南 虎 (印)

목 차

목차 ····· i
Abstract ····· iii

제1장 서론 ····· 1

제2장 잡 음 ····· 3
2.1 잡음의 원인과 발생 과정 ····· 3
2.2 잡음 종류 ····· 3
2.2.1 Gaussian Noise ····· 4
2.2.2 Salt & Pepper Noise ····· 5

제3장 공간 영역 ····· 6
3.1 선형 공간 필터링 ····· 6
3.2 비선형 공간 필터링 ····· 7

제4장 기존의 필터 알고리즘 ····· 9
4.1 메디안 필터(MF: median filter) ····· 9
4.2 하이브리드 메디안 필터(HMF: hybrid median filter) ····· 10
4.3 변형된 메디안 필터(MMF: modified median filter) ····· 12

제5장 제안한 알고리즘 ····· 14
5.1 잡음판단 ····· 15

5.2 잡음제거 ····· 15

제6장 시뮬레이션 및 결과 ····· 20

제7장 결 론 ····· 34

참고문헌 ····· 35

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Modified Switching Filter using Noise Density of Local Mask in Salt & Pepper Noise Environments

Sang-Woo Hong

Department of Control and Instrumentation Engineering
The Graduate School
Pukyong National University

Abstract

Due to the recent development of the display technology, digital image processing has been used in many fields. In general, digital image processing data represent a visual error while entailing heat deterioration due to external causes in the process of acquiring, processing, and analyzing them. Therefore, in this paper, various studies have been conducted to remove noise added in the image.

There are many types of noises added in the image depending on the causes and forms. As for representative examples, there are salt & pepper noise and AWGN(adaptive white Gaussian noise). There are linear and non-linear filters designed to remove such noise. As for linear filter, there are AF(average filter) and WF(wiener filter). As for non-linear filter, there are MF(median filter), HMF(hybrid median filter), and MMF(modified median filter). As a representative linear

filter, AF calculates the average of neighboring pixels in the local mask and processes them. Therefore, it features in outstandingly removing noises in AWGN and low frequency. MF, a non-linear filter, arranges the scale of neighboring noises in the near the mask in a descending order and processes them with a median. Therefore, it features in effectively removing salt and pepper noise. However, previous filters have been insufficient in removing noise in the environment with highly dense salt & pepper noises.

Therefore, this study has suggested a deformed switching filter that maintained the central pixel in the local mask not as a noise but as an original pixel through judging whether it was noise and arranged and processed the noise according to the density of noise in the local mask. In case of low density of noise in the local mask, dual linear interpolation has been applied and processed. In case of med-density, spatial weight filter has been applied. In case of high-density, medial filter has been utilized for processing the noise. In addition, if center pixels in the local mask were all noises, algorithm that calculated the average value of processed pixels has been suggested. In addition, PSNR(peak signal to noise ratio) has been used to evaluate the function of algorithm in removing noises and compare them with other existing methods.

제1장 서 론

최근 IT 기술의 발전에 따라 디스플레이 등 영상장치들에 대한 요구가 갈수록 높아지고 있다. 일반적으로 영상 데이터는 데이터를 획득, 전송, 처리하는 과정에서 외부의 여러 원인에 의해 열화가 발생하여 시각적인 오류를 나타낸다. 따라서 영상에 첨가되는 잡음을 제거하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-10], [47].

영상에 첨가되는 잡음에는 원인과 형태에 따라 다양한 종류가 있으며, salt & pepper 잡음, AWGN(adaptive white Gaussian noise) 등이 대표적이다. 이러한 잡음을 제거하기 위한 필터들은 선형 필터와 비선형 필터가 있으며, 선형 필터에는 평균 필터(AF: average filter), 비선형 필터에는 메디안 필터(MF: median filter), 하이브리드 메디안 필터(HMF: hybrid median filter), 변형된 메디안 필터(MMF: modified median filter) 등이 있다. 대표적인 선형 필터인 평균 필터는 국부 마스크 내의 이웃 화소들을 평균하여 처리하므로 AWGN 및 저주파 영역에서 우수한 잡음 제거 특성을 갖으며, 비선형 필터인 메디안 필터는 국부 마스크 내의 이웃 화소들을 크기순으로 정렬하여 메디안 값으로 처리하므로 salt and pepper 잡음에 효과적인 잡음 제거 특성을 갖는다. 그러나 기존의 필터들은 고밀도 salt & pepper 잡음 환경에서 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 salt & pepper 잡음에 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 잡음 판단을 거쳐서 국부 마스크의 중심 화소가 비잡음인 원 화소 그대로 유지하고, 잡음인 경우 국부 마스크의 잡음 밀도에 따라 나누어 처리하는 변형된 스위칭 필터를 제안하였다. 제안된 필터는 국부 마스크의 잡음 밀도가 낮은 경우 이중 선형 보간법을 적용하여 처리하였고, 잡음 밀

도가 중간인 경우 공간 가중치 필터를 적용하였으며, 잡음 밀도가 높은 경우 메디안 필터로 처리하였다. 그리고 국부 마스크의 중심화소가 모두 잡음인 경우 이미 처리된 화소들의 평균으로 처리하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 우수성을 검증하기 위해 PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용하고 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

제2장 잡 음

2.1 잡음의 원인과 발생 과정

일반적으로 잡음은 영상 데이터를 획득, 처리, 전송하는 과정에서 여러 가지 원인에 의해 잡음이 발생되며, 영상 마스크 내의 화질을 훼손하여 시각적인 오류를 나타나게 된다. 그 주요한 원인은 열화인 것으로 알려져 있으며, 영상 열화 식은 (2.1)과 같이 표현된다.

$$R(i,j) = H[x(i,j)] + n(i,j) \tag{2.1}$$

여기서, $x(i,j)$는 입력 영상, H는 열화 함수, $n(i,j)$는 부가 잡음이다. 영상의 열화 및 복원 과정은 그림 2.1과 같다[1-3], [47].

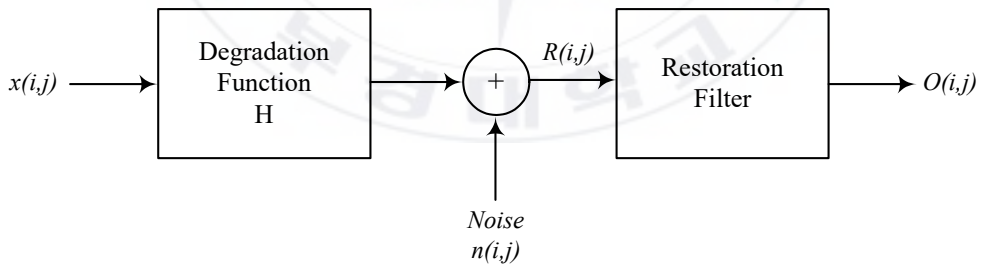


Fig. 2.1 Degradation function H & restoration filter model

2.2 잡음 종류

영상에서 잡음을 제거하고 원 영상으로 복원하기 위해서는 잡음 특성을

파악하는 것이 중요하다. 이러한 잡음들의 특성을 공간 영역에서는 확률 밀도 함수(PDF: probability density function)로 나타낼 수 있으며, 많은 경우에 있어서, [0, 1] 사이의 균등 분포 랜덤 수와 평균이 0이고 단위 분산인 가우스 분포 랜덤 수의 생성기에 의해 잡음에 대한 확률 밀도 함수 표현이 가능하다.

그 중에서 확률 밀도 함수로 나타낼 수 있는 대표적인 잡음 종류에는 Gaussian, exponential 함수, gamma 함수, rayleigh 함수, salt & pepper noise 등이 있다[1-3], [47].

2.2.1 Gaussian Noise

Gaussian 잡음은 Karl Friendrich Gauss에 의해 발견되었으며, 주로 평균 필터를 이용하여 Gaussian 잡음 제거 특성을 확인한다. 평균값이 0이고, 표준 편차(σ)를 이용한 Gaussian 잡음 식은 (2.3)과 같다[48].

$$P(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-m)^2}{2\sigma^2}} \tag{2.3}$$

여기서, z는 명암도, σ는 표준편차, m은 평균이다.

일반적으로 Gaussian 잡음 특성은 표준편차가 작으면 가파른 곡선을 나타내고, 표준편차가 크면 곡선이 완만한 상태가 된다.

2.2.2 Salt & Pepper Noise

Salt & pepper 잡음의 확률 밀도 함수는 식 (2.4)와 같다[1-3], [47].

$$P(z)=\begin{cases}P_a, & \text{for } z=a \\ P_b, & \text{for } z=b \\ 0\ , & otherwise\end{cases} \tag{2.4}$$

여기서, a는 밝은 명암, b는 어두운 명암, P_a, P_b는 확률을 의미한다.

일반적으로 salt & pepper 잡음은 영상에서 분포된 소금과 후추를 뿌려서 흩어지게 놓인 것처럼 8비트 그레이 영상에서 0과 255의 밝기를 갖는다.

제3장 공간 영역

3.1 선형 공간 필터링

선형 공간 필터링은 각 이웃 화소의 대응되는 계수를 곱하고, 중앙 화소점인 (i,j)를 선택한 후 그 주변에 있는 이웃 화소들을 사용하여 컨벌루션 연산을 수행한다.

선형 공간 필터링 식은 (3.1)과 같다[1-3], [47].

$$O(i,j) = \sum_{p,q \in x} \{w(i+p,j+q)x(i+p,j+q) | -N \le p,q \le N\} \tag{3.1}$$

여기서, $w(i+p,j+q)$는 마스크 내의 각 위치의 계수이며, $x(i+p,j+q)$는 입력 영상의 국부 마스크를 의미하고, (p,q)는 국부 마스크의 위치를 나타내며, N은 양의 정수이다. 그리고 임의의 화소 (i,j)에서의 새로운 명암값 $O(i,j)$에 대한 연산이 선형적이며, 계수값의 형식에 따라 다양한 특성을 나타낸다.

일반적으로 선형 공간 필터링의 대표적인 필터는 평균 필터(average filter), 스무딩 필터(smoothing filter), Gaussian 필터 등이 있다. 이러한 필터들은 저역 통과 필터라고 정의하며, 영상 내의 화질이 흐려지는 단점이 있다.

평균 필터는 대표적인 선형 공간 필터링에 속하며, 주변 화소에 대해서 평균값을 구하며 식 (3.2)와 같다. 그리고 평균 필터는 세세한 부분들을 억제하고 잡음을 제거한다. 그러나 고밀도 salt & pepper 잡음인 경우, 평균

필터는 영상의 화질이 흐려지게 되고 시각적인 오류가 나타난다[4-20].

$$O(i,j)=\frac{1}{M}\sum_{p,q\in x}x(i+p,j+q) \tag{3.2}$$

여기서, $M=(2N+1)\times(2N+1)$이며, N은 양의 정수이다.

그림 3.1은 평균 필터의 처리 과정을 나타낸 것이다.

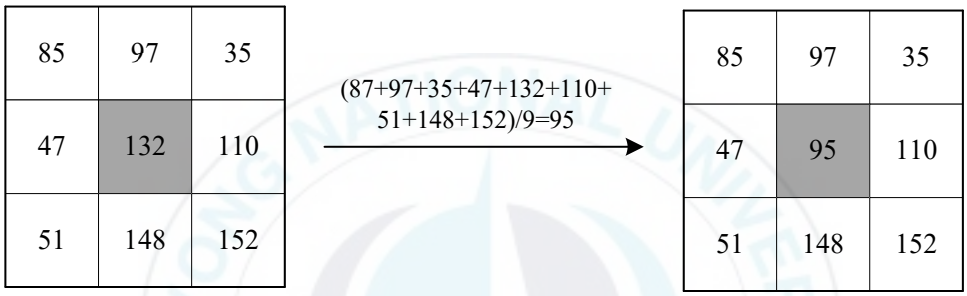


Fig. 3.1 Average filter

3.2 비선형 공간 필터링

일반적으로 비선형 공간 필터링에서는 마스크 내의 화소값을 오름차순으로 정렬하여 중간값을 출력화소로 하는 메디안 필터가 있으며 알고리즘이 간단하고 선형 필터에 비해 우수한 에지 보존 특성 및 salt & pepper 잡음 제거 성능을 갖는다. 그리고 가장 작은 화소와 가장 큰 화소를 선택하여 출력으로 하는 최소, 최대값 필터(min-max filter) 등이 있다. 각 필터의 식은 (3.3)과 같이 정의된다[1-3], [47].

$$O(i,j) = median\{x(i+p,j+q)|-N \le p,q \le N\},$$
$$O(i,j) = \min\{x(i+p,j+q)|-N \le p,q \le N\}, \quad (3.3)$$
$$O(i,j) = \max\{x(i+p,j+q)|-N \le p,q \le N\},$$

여기서, N은 양의 정수, (p,q)는 처리 마스크 내부 좌표이고, $median\{\ \}$. $\min\{\ \}$, $\max\{\ \}$는 중간값, 최소값, 최대값을 구하는 함수이다.

제4장 기존의 필터 알고리즘

4.1 메디안 필터

메디안 필터는 salt & pepper 잡음을 효과적으로 제거하기 위한 대표적인 비선형 필터이며, 작은 값에서 큰 값으로 오름차순으로 정렬하여 마스크 내의 화소값을 추출한 후, 중간값을 찾아 영상의 화소를 출력하는 형태이다. 메디안 필터의 처리 과정은 식 (4.1), 그림 4.1과 같다[14], [24].

$$O(i,j) = median\{x(i+p, j+q) | -N \le p, q \le N\} \tag{4.1}$$

여기서, $median\{\ \}$는 중간값을 구하는 함수이며, $x(i,j)$는 입력 영상의 국부 마스크, (p,q)는 처리 마스크 내부 좌표이다.

그림 4.1은 메디안 필터 처리 과정을 나타낸 것이다.

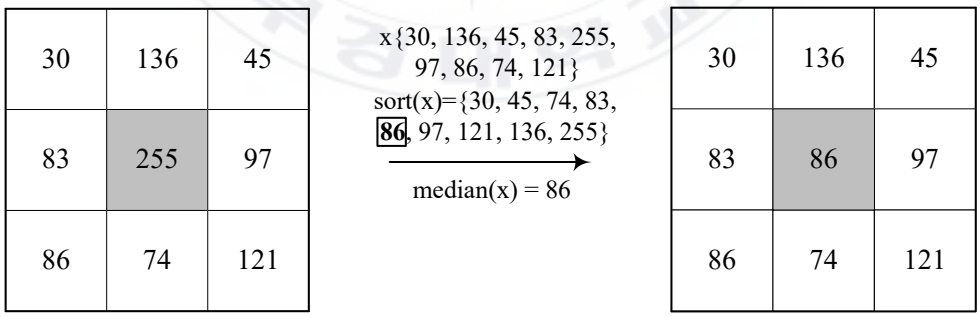


Fig. 4.1 Median filter

그림 4.1에서 3×3 국부 마스크 내의 값들을 순차적으로 정렬하여 중간값을 선택하고, 선택된 중간값을 중심 화소 값에 대체하여 최종 출력을 구

한다. 메디안 필터는 잡음 밀도가 높은 영역에서 에지 보존 및 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다.

4.2 하이브리드 메디안 필터

하이브리드 메디안 필터는 마스크 내의 중심 화소와 주변에 있는 대각 요소들을 적용하여 필터링을 하는 필터이다. 하이브리드 메디안 필터 식은 (4.2)와 같다[48].

$$
\begin{aligned}
l &= \{x(i-1, j-1),\ x(i, j),\ x(i+1, j+1)\} \\
r &= \{x(i-1, j+1),\ x(i, j),\ x(i+1, j-1)\} \\
L &= med(l) \\
R &= med(r) \\
O(i, j) &= med\{L, R, x(i, j)\}
\end{aligned}
\tag{4.2}
$$

여기서, l, r은 중심 화소 값 $x(i, j)$를 포함하고 있는 각 좌우대각의 요소, L, R은 각 좌우대각 요소를 중간값이다.

하이브리드 메디안 필터의 처리 과정은 마스크 중심에서 좌우대각 요소를 선택한 후, 처리된 중간값들과 중앙화소를 오름차순으로 정렬하여 중간값을 최종 출력으로 한다.

하이브리드 메디안 필터의 처리 과정은 그림 4.2와 같다.

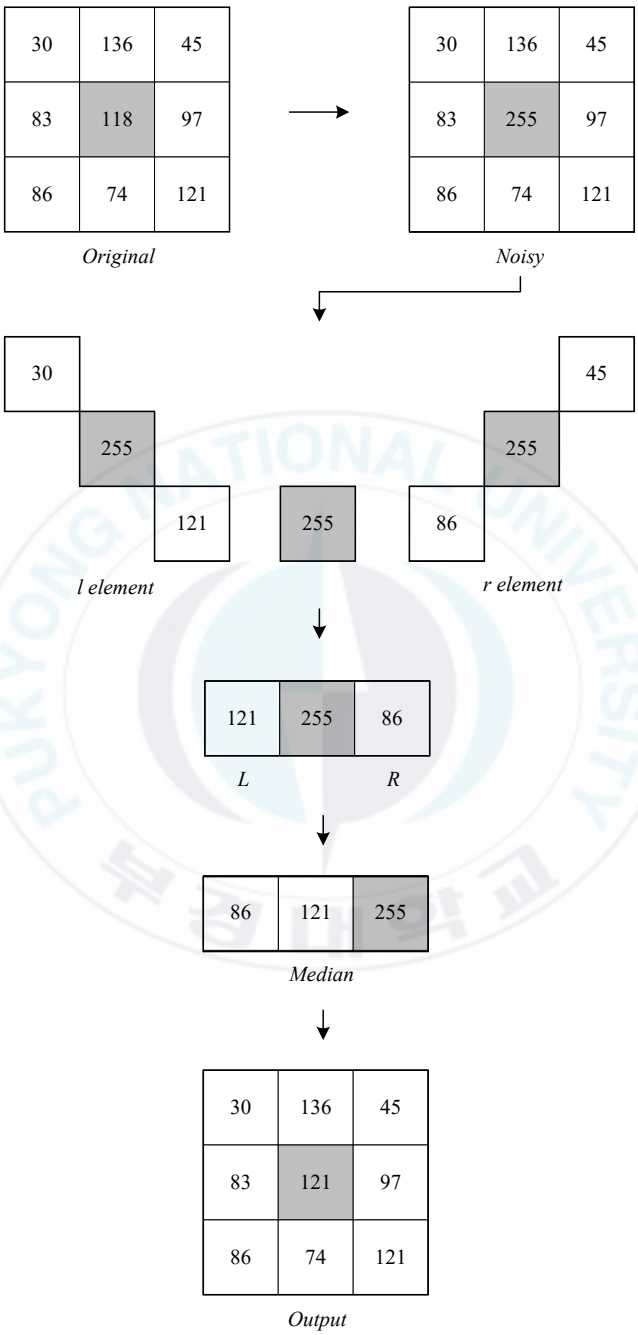


Fig. 4.2 Hybrid median filter

4.3 변형된 메디안 필터

변형된 메디안 필터는 $x(i,j)$를 중심으로 3×3 마스크를 설정하여, (3×3) 영역의 잡음 유무를 판단하는 필터로서 식 (4.3)과 같다[49].

$$Q_1 = \{x(i+p, j+q) | -N \le p, q \le N\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{if } x(i+p, j+q) = 0 \text{ or } 255 \\ 0, & else \end{cases} \tag{4.3}$$

여기서, α는 마스크 내의 잡음 유무를 판단하는 값이며, $\alpha = 1$인 경우, 잡음 신호, $\alpha = 0$인 경우, 비잡음 신호로 처리한다. 그리고 (p,q)는 처리 마스크의 내부 좌표이다.

Q_1의 요소들이 비잡음인 경우, 화소는 원 영상 그대로 유지하여 식 (4.4)와 같이 마스크 Q_1'에 대입한다.

$$Q_1'(p, q) = x(i+p, j+q) \tag{4.4}$$

Q_1의 요소들이 잡음인 경우, 잡음 화소 중심으로 3×3 마스크 Q_2를 설정하며 식 (4.5)와 같다.

$$Q_2 = \{x(m+p, n+q) | -N \le m, n \le N\} \tag{4.5}$$

여기서, m, n은 잡음 화소 위치이다.

3×3 마스크 Q_2의 중간값을 구하여 Q_1'에 저장하고, 중간값을 적용하여 식 (4.6)과 같이 최종 출력을 나타낸다.

$$
\begin{aligned}
Q_1^{'}(s,t) &= med\{Q_2(i+p+m, j+q+n)\} \\
O(i,j) &= med\{Q_1^{'}\}
\end{aligned}
\tag{4.6}
$$

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제5장 제안한 알고리즘

본 논문에서는 salt & pepper 잡음에 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 잡음 판단을 거쳐서 국부 마스크의 중심 화소가 비잡음인 원 화소 그대로 유지하고, 잡음인 경우 국부 마스크의 잡음 밀도에 따라 이중선형 보간법, 공간 가중치 필터, 메디안 필터로 처리하는 변형된 스위칭 필터를 제안하였다.

제안한 알고리즘의 블록 다이어그램은 그림 5.1과 같다.

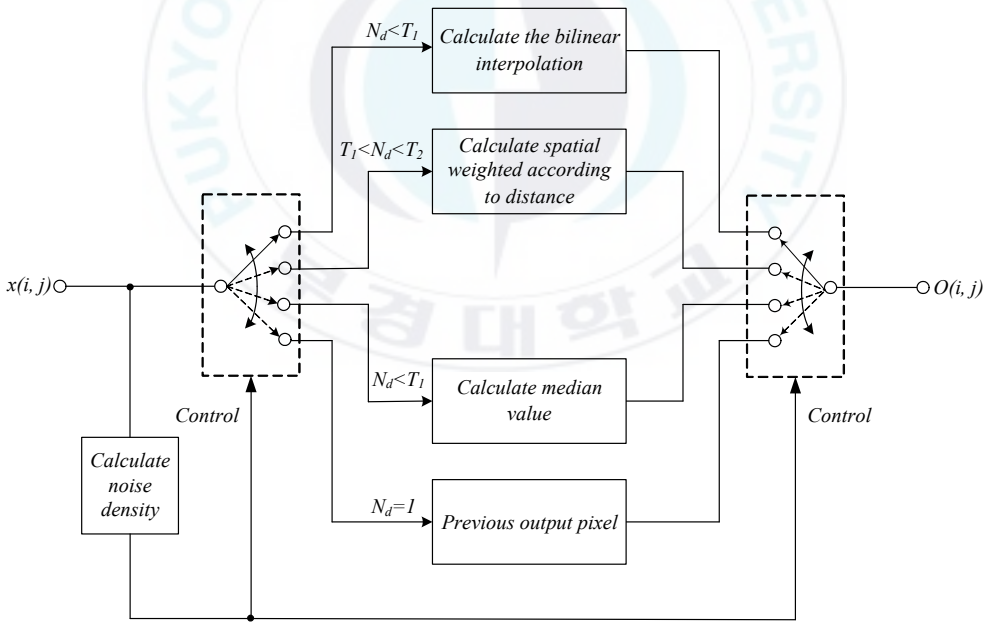


Fig. 5.1 Block diagram of proposed algorithm

5.1 잡음판단

본 논문에서는 국부 마스크 내의 잡음 유무를 판단하기 위하여, salt & pepper 잡음에 의한 훼손된 영상에서 i,j의 위치에 있는 화소 $x(i,j)$는 식 (5.1)과 같이 표현된다.

$$x(i,j)=\begin{cases} n, & with\ probability \quad P \\ I, & with\ probability \quad 1-P \end{cases} \tag{5.1}$$

여기서, P는 잡음 밀도, n은 salt & pepper 잡음에 훼손된 잡음 화소, I는 원 영상의 화소를 나타낸다.

일반적으로 salt & pepper 잡음 신호의 화소값은 $x_{\min}$과 $x_{\max}$를 가지며, $x_{\min}=0,\ x_{\max}=255$이다.

중심화소의 잡음 조건 식은 (5.2)와 같다.

$$\alpha(i,j)=\begin{cases} 1, & \text{if } x(i,j)\neq x_{\min} \text{ and } x_{\max} \\ 0, & otherwise \end{cases} \tag{5.2}$$

여기서, 1과 0은 각각 비잡음 신호와 잡음 신호를 나타낸다.

5.2 잡음제거

Step 1. 중심화소가 비잡음 신호로 판단된 경우, 식 (5.3)과 같이 원 화소 그대로 보존한다.

$$O(i,j) = x(i,j) \tag{5.3}$$

Step 2. 중심화소가 잡음 신호로 판단된 경우, 3×3 마스크를 설정하고 식 (5.4)와 같이 표현된다.

$$M = \{x(i+p, j+q) | -N \le p, q \le N\} \tag{5.4}$$

여기서, M은 마스크 크기, (p,q)는 처리 마스크 내부의 좌표이다.

Step 3. 국부 마스크의 잡음 밀도를 식 (5.5)와 같이 계산한다.

$$N_d = 1 - \frac{1}{(2N+1)(2N+1)} \sum_{p,q \in M} \alpha_{i+p, j+q} \tag{5.5}$$

여기서, $\alpha_{i+p,j+q}$는 국부 마스크의 잡음 유무를 판단해주는 2진화 마스크이며, N은 양의 정수를 나타낸다.

Step 4. 잡음밀도 N_d가 T_1보다 작은 경우, 국부 마스크의 잡음 밀도가 낮아 이중선형 보간법을 적용하여 처리 하며, 국부 마스크의 비잡음 화소들에 대한 중간값을 다음과 같이 구한다.

국부 마스크의 비잡음 화소의 집합을 ψ, 그 요소수를 k라고 정의하고 다음과 같이 처리한다.

k가 홀수인 경우, 메디안 값을 구하며 식 (5.6)과 같다.

$$Med = median\{\psi\} \tag{5.6}$$

여기서, $median\{\ \}$는 국부 마스크의 메디안 값을 구해주는 함수이다.

k가 짝수인 경우, 비잡음 신호들을 오름차순으로 정렬하며, 식 (5.7)과 같다.

$$\Psi = sort(\psi) \tag{5.7}$$

크기순으로 정렬된 비잡음 화소들의 집합 Ψ의 중간값을 식 (5.8)과 같이 구한다.

$$Med = \frac{\{\Psi(k/2)+\Psi(k/2+1)\}}{2} \tag{5.8}$$

Step 5. 국부 마스크의 잡음 화소들에 대해 식 (5.9)와 같이 비잡음 화소들에 대한 중간값으로 대체한다.

$$M_{i+p,j+q} = Med, \qquad \text{if } \alpha(i+p,j+q)=0 \tag{5.9}$$

Step 6. 국부 마스크의 $x(i-p,j-q)$, $x(i-p,j+q)$, $x(i+p,j-q)$, $x(i+p,j+q)$와 $x(i-p,j)$, $x(i,j-q)$, $x(i,j+q)$, $x(i+p,j)$ 화소들에 대해 각각 이중선형 보간법을 식 (5.10), (5.11)과 같이 적용한다.

$$\begin{aligned} f_1(\theta_x,\theta_y) = & \frac{\theta_x - F(2)}{F(1)-F(2)} \frac{\theta_y - F(2)}{F(1)-F(2)} x(i-p,j-q) \\ & + \frac{\theta_x - F(2)}{F(1)-F(2)} \frac{\theta_y - F(1)}{F(2)-F(1)} x(i-p,j+q) \\ & + \frac{\theta_x - F(1)}{F(2)-F(1)} \frac{\theta_y - F(2)}{F(1)-F(2)} x(i+p,j-q) \\ & + \frac{\theta_x - F(1)}{F(2)-F(1)} \frac{\theta_y - F(1)}{F(2)-F(1)} x(i+p,j+q) \end{aligned} \tag{5.10}$$

$$
\begin{aligned}
f_2(\theta_x,\theta_y) = & \frac{\theta_x - F(2)}{F(1)-F(2)} \frac{\theta_y - F(2)}{F(1)-F(2)} x(i,j-q) \\
& + \frac{\theta_x - F(2)}{F(1)-F(2)} \frac{\theta_y - F(1)}{F(2)-F(1)} x(i-p,j) \\
& + \frac{\theta_x - F(1)}{F(2)-F(1)} \frac{\theta_y - F(2)}{F(1)-F(2)} x(i+p,j) \\
& + \frac{\theta_x - F(1)}{F(2)-F(1)} \frac{\theta_y - F(1)}{F(2)-F(1)} x(i,j+q)
\end{aligned} \tag{5.11}
$$

여기서, (θ_x, θ_y)는 두 끝점, F는 화소의 위치, (p,q)는 처리 마스크의 좌표이다.

Step 7. 이중선형 보간법을 이용한 최종 출력은 식 (5.12)와 같다.

$$
O(i,j) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{2} f_l(\theta_x,\theta_y) \tag{5.12}
$$

Step 8. 잡음밀도 N_d가 T_1과 T_2 사이에 있는 경우, 국부 마스크의 잡음밀도가 중간인 경우, 공간 가중치를 적용하여 처리하며, 거리에 따른 가중치를 식 (5.13), (5.14)와 같이 구한다.

$$
D(i+p,j+q) = \sqrt{(N-|p|^2)+(N-|q|^2)} \tag{5.13}
$$

$$
W(i+p,j+q) = \{D(i+p,j+q)+1\}^3 \tag{5.14}
$$

여기서, (p,q)는 처리 마스크의 좌표이다.

Step 9. 거리에 따른 공간 가중치를 이용한 최종 출력은 식 (5.15)와 같

이 구한다.

$$O(i,j)=\frac{\sum_{p,q\in M} M(i+p,j+q)\ W(i+p,j+q)\ \alpha(i+p,j+q)}{\sum_{p,q\in M} W(i+p,j+q)\ \alpha(i+p,j+q)} \tag{5.15}$$

Step 10. 잡음밀도 N_d가 T_2보다 큰 경우, 국부 마스크의 비잡음 화소 및 요소수를 이용하여 중간값을 최종 출력으로 구하며 식 (5.6), (5.8)과 같다.

Step 11. 잡음밀도 N_d가 1인 경우, 국부 마스크 내의 모든 화소들이 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 이미 처리된 화소들에 평균으로 최종 출력을 구한다.

제6장 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 각 영상의 잡음 제거 성능을 평가하기 위하여, Girl, Peppers, Man, Baboon 영상에 잡음 밀도 10%~60%를 첨가하여 시뮬레이션하였으며, PSNR을 이용하여 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터와 그 성능을 비교하였다.

Girl 영상의 경우, salt & pepper 잡음(P=50%) 훼손된 잡음을 사용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 6.2와 같이 나타내었다. 그리고 salt & pepper 잡음 밀도가 10%~60%까지 변화할 때 각각의 방법들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 그래프를 그림 6.3에 나타내었고 그 수치를 표 1에 나타내었다.

그 결과, 표 1에서 제안한 알고리즘은 33.17[dB]의 높은 PSNR을 보였고, 기존의 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터에 비해 각각 11.73[dB], 23.15[dB], 9.78[dB] 개선되었다.

Peppers 영상의 경우, salt & pepper 잡음(P=50%) 훼손된 잡음을 사용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 6.5와 같이 나타내었다. 그리고 salt & pepper 잡음 밀도가 10%~60%까지 변화할 때 각각의 방법들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 그래프를 그림 6.6에 나타내었고 그 수치를 표 2에 나타내었다.

그 결과, 표 2에서 제안한 알고리즘은 33.44[dB]의 높은 PSNR을 보였고, 기존의 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터에 비해 각각 12.45[dB], 23.77[dB], 9.32[dB] 개선되었다.

Man 영상의 경우, salt & pepper 잡음(P=50%) 훼손된 잡음을 사용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 6.8과 같이 나타내었다. 그리고 salt &

pepper 잡음 밀도가 10%~60%까지 변화할 때 각각의 방법들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 그래프를 그림 6.9에 나타내었고 그 수치를 표 3에 나타내었다.

그 결과, 표 3에서 제안한 알고리즘은 31.32[dB]의 높은 PSNR을 보였고, 기존의 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터에 비해 각각 9.93[dB], 21.38[dB], 8.23[dB] 개선되었다.

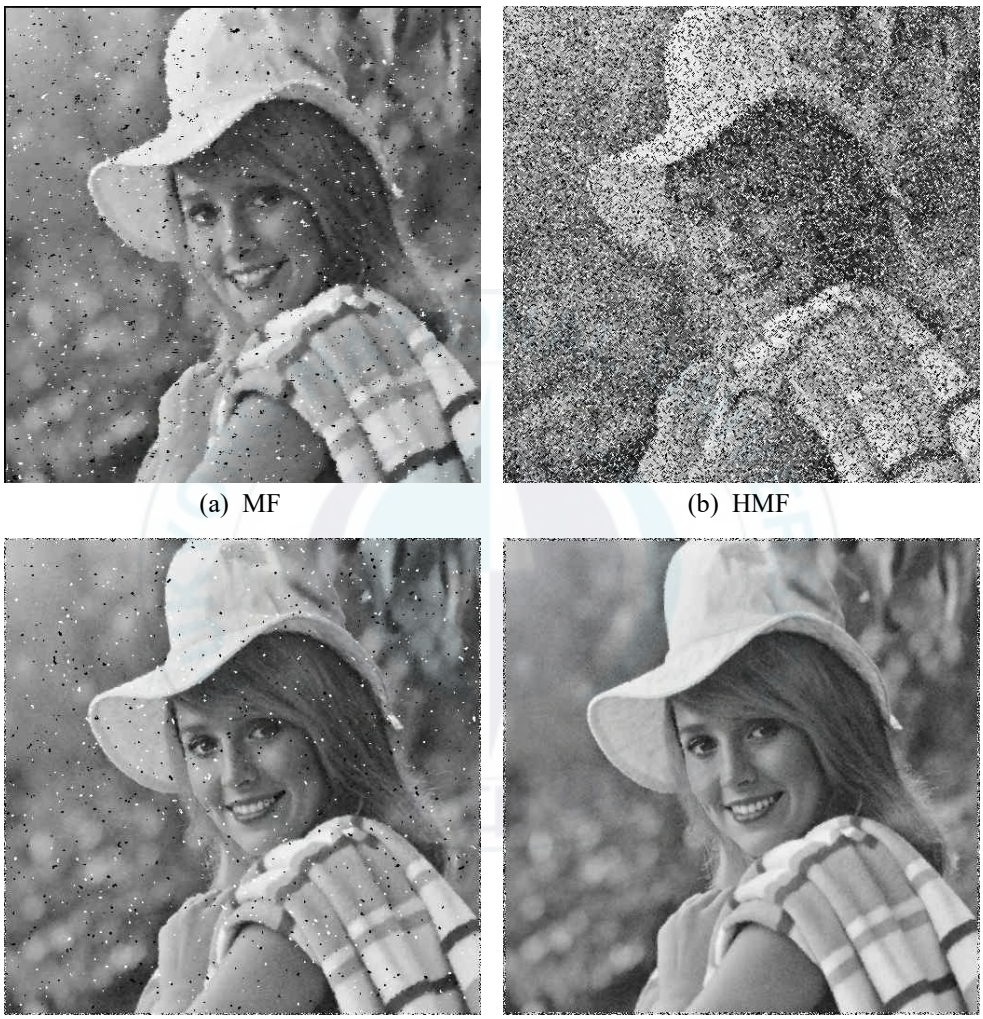
Baboon 영상의 경우, salt & pepper 잡음($P=50\%$) 훼손된 잡음을 사용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 6.11과 같이 나타내었다. 그리고 salt & pepper 잡음 밀도가 10%~60%까지 변화할 때 각각의 방법들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 그래프를 그림 6.12에 나타내었고 그 수치를 표 4에 나타내었다.

그 결과, 표 4에서 제안한 알고리즘은 24.30[dB]의 높은 PSNR을 보였고, 기존의 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터에 비해 각각 6.27[dB], 14.30[dB], 3.52[dB] 개선되었다.

(a) Original image

(b) Noise image(P=50%)

Fig. 6.1 Test image and Noise image



(a) MF (b) HMF

(c) MMF (d) PFA

Fig. 6.2 Simulation result of Girl Image (P=50%)

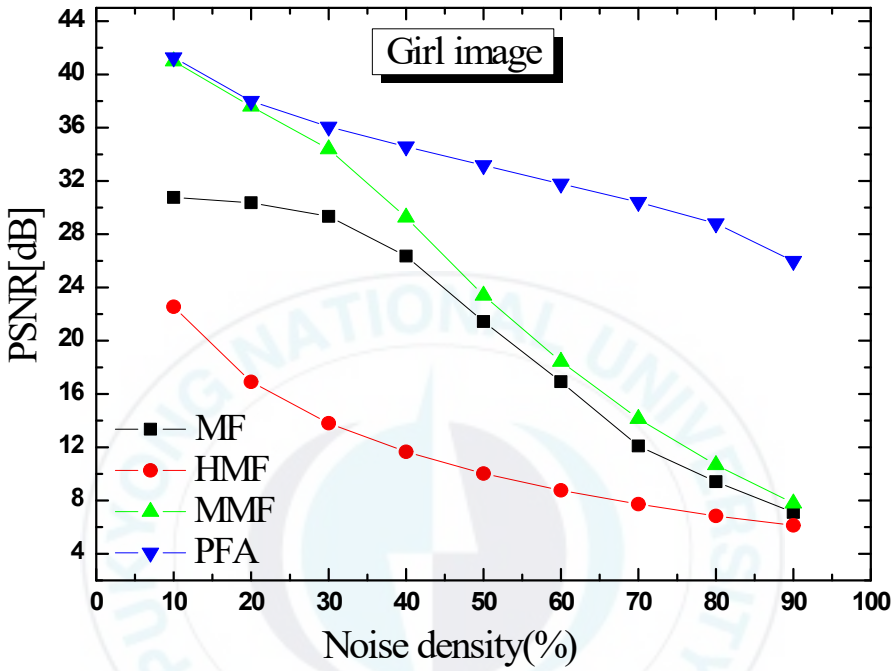
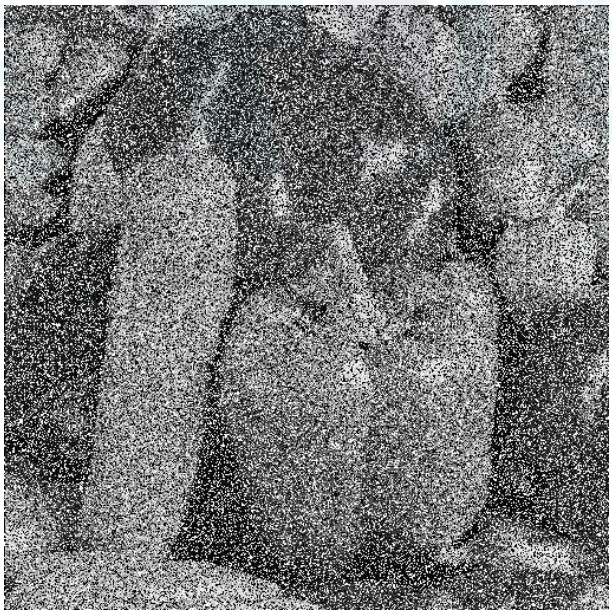


Fig. 6.3 PSNR with salt & pepper noise density

Table 6.1 Each PSNR comparison for Girl image

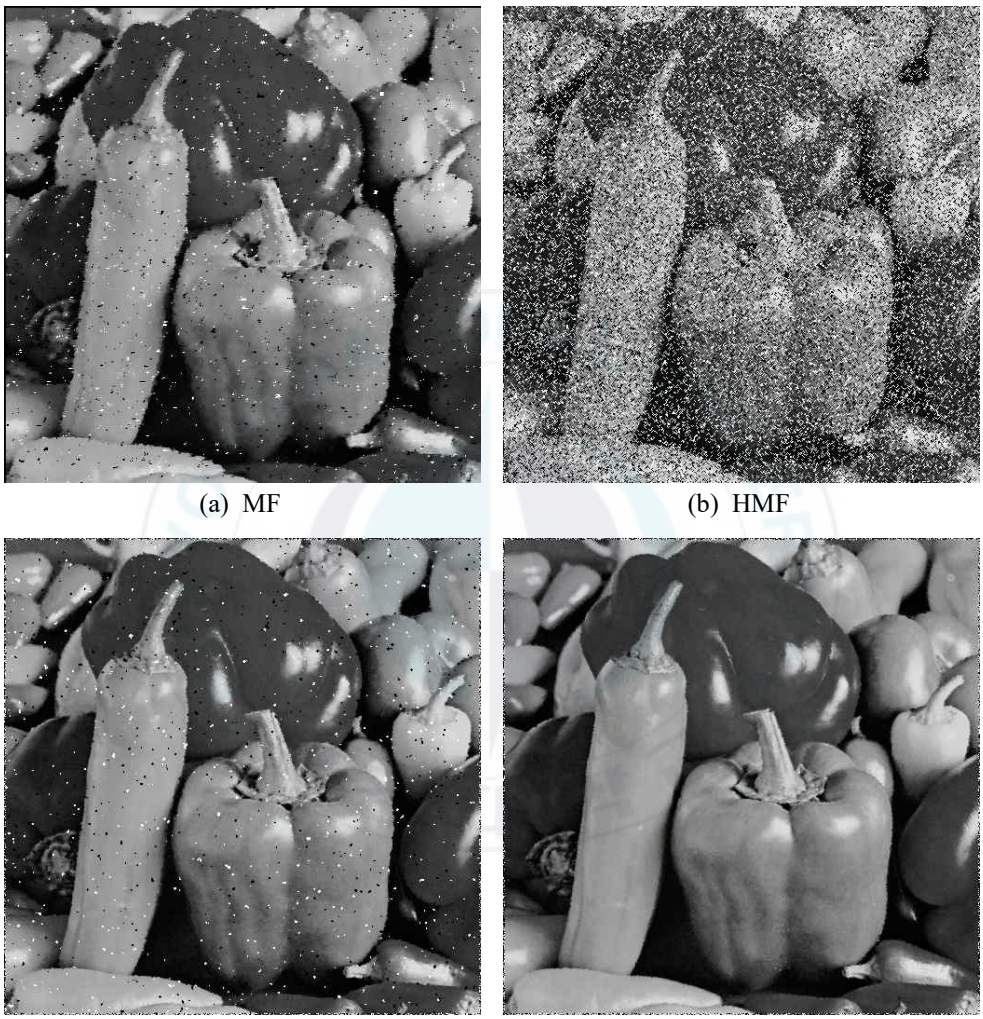
Denoising method	Salt & Pepper noise density(P)					
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
MF	30.76	30.36	29.34	26.35	21.44	16.92
HMF	22.55	16.90	13.80	11.65	10.02	8.76
MMF	40.98	37.59	34.49	29.27	23.39	18.43
PFA	41.26	37.99	36.07	34.57	33.17	31.78

(a) Original image



(b) Noise image(P=50%)

Fig. 6.4 Test image and Noise image



(a) MF (b) HMF

(c) MMF (d) PFA

Fig. 6.5 Simulation result of Peppers Image (P=50%)

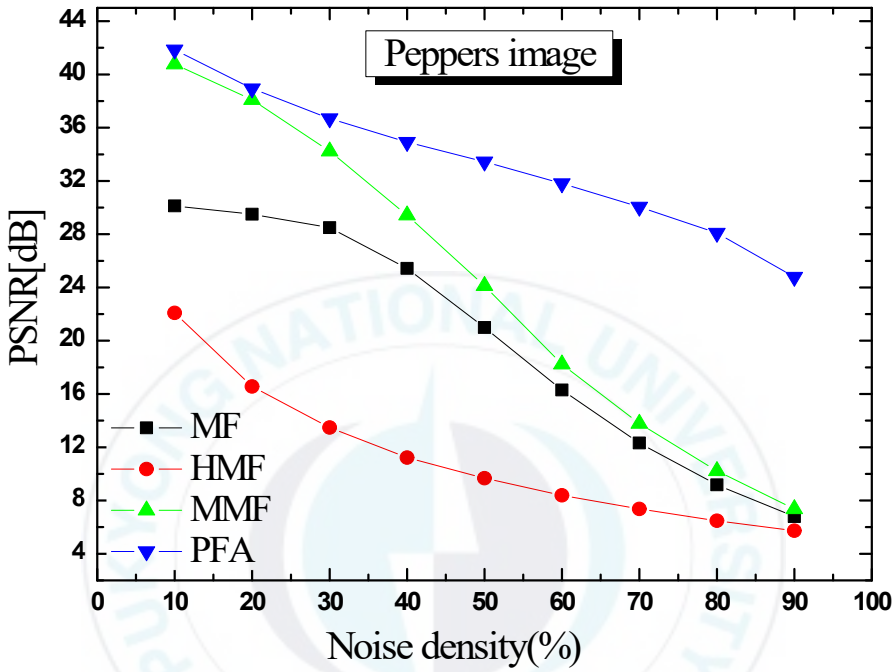
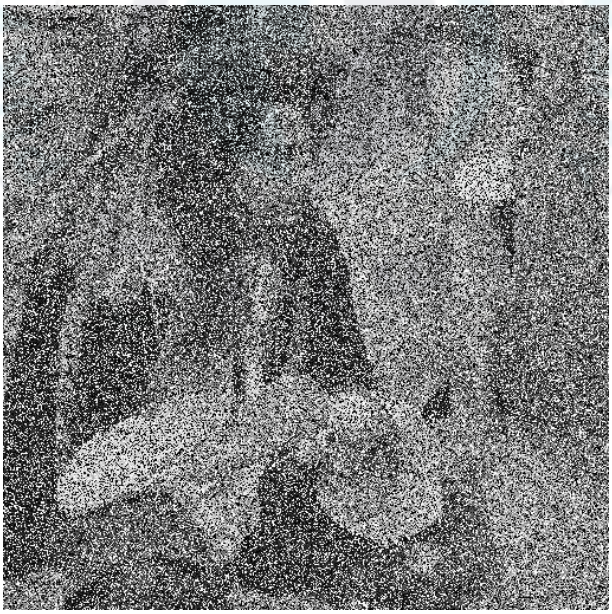


Fig. 6.6 PSNR with salt & pepper noise density

Table 6.2 Each PSNR comparison for Peppers image

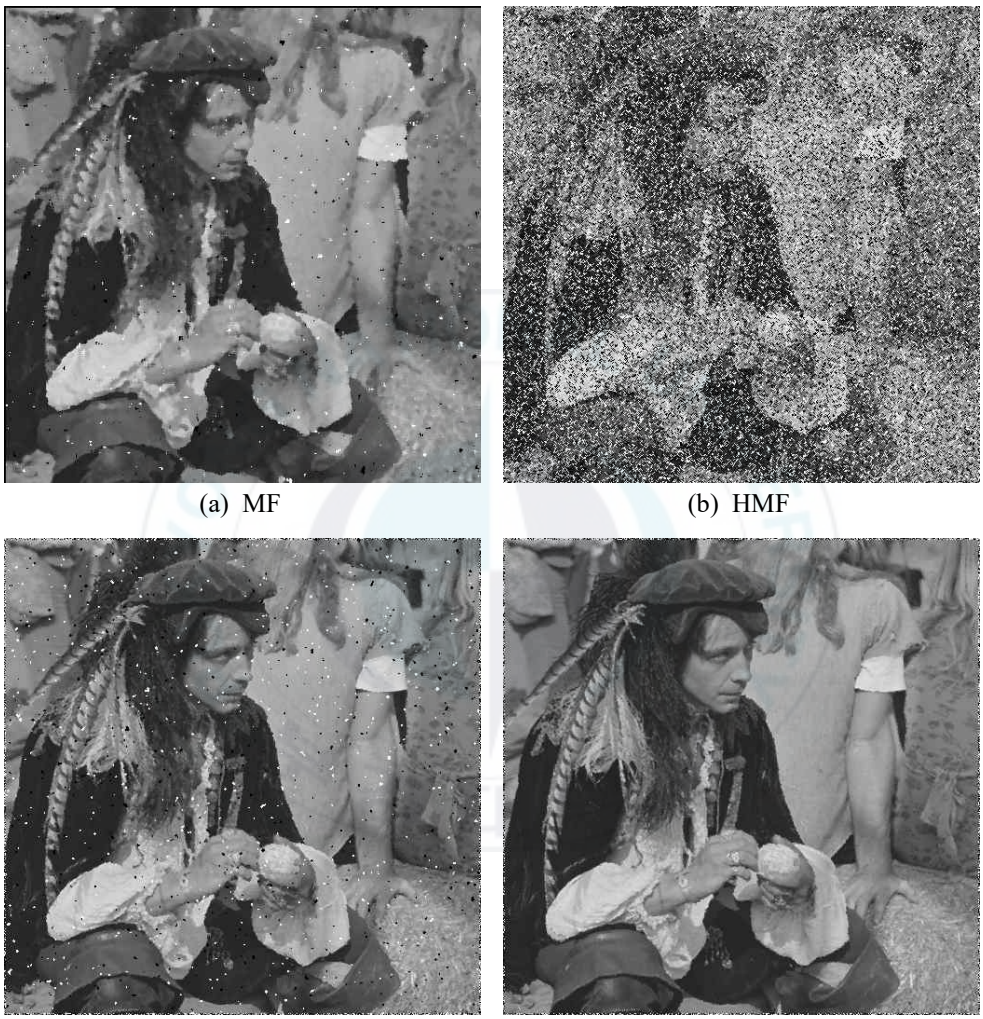
Denoising method	Salt & Pepper noise density(P)					
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
MF	30.13	29.50	28.48	25.43	20.99	16.30
HMF	22.08	16.56	13.47	11.22	9.67	8.39
MMF	40.76	38.10	34.23	29.43	24.12	18.23
PFA	41.85	38.94	36.69	34.91	33.44	31.81

(a) Original image



(b) Noise image(P=50%)

Fig. 6.7 Test image and Noise image



(a) MF (b) HMF

(c) MMF (d) PFA

Fig. 6.8 Simulation result of Man Image (P=50%)

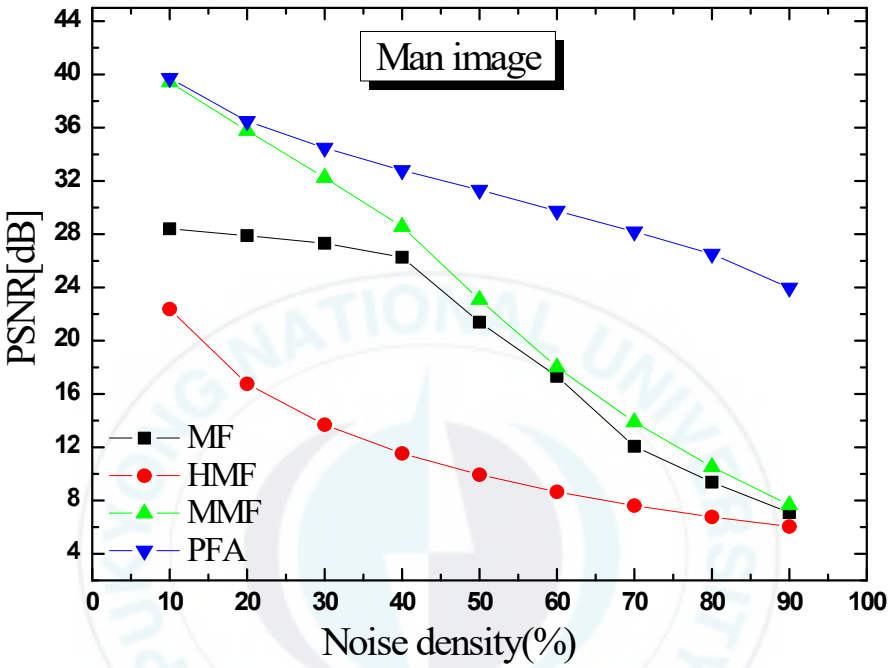
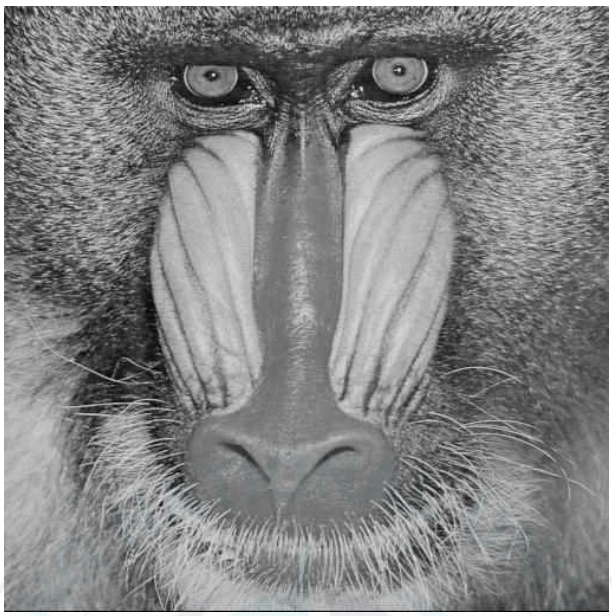


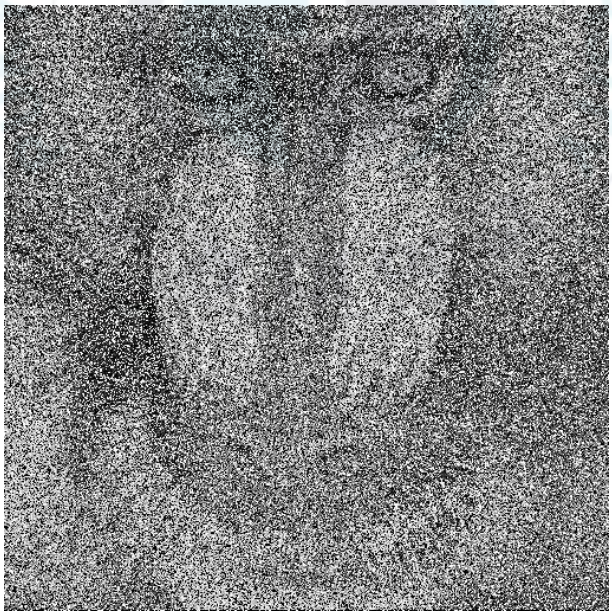
Fig. 6.9 PSNR with salt & pepper noise density

Table 6.3 Each PSNR comparison for Man image

Denoising method	Salt & Pepper noise density(P)					
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
MF	28.40	27.89	27.31	26.26	21.39	17.32
HMF	22.37	16.76	13.68	11.53	9.94	9.65
MMF	39.41	35.78	32.24	28.56	23.09	18.00
PFA	39.72	36.49	34.48	32.79	31.32	29.75

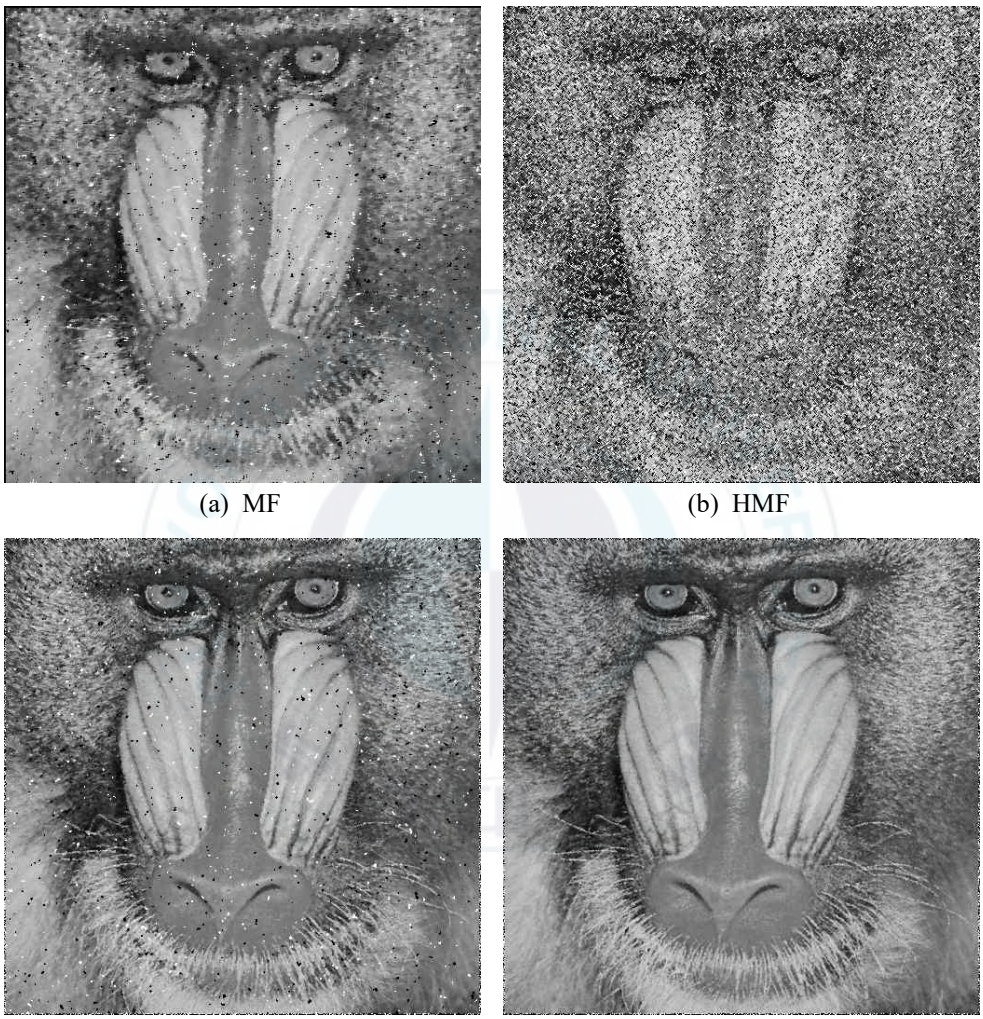


(a) Original image



(b) Noise image(P=50%)

Fig. 6.10 Test image and Noise image



(a) MF (b) HMF

(c) MMF (d) PFA

Fig. 6.11 Simulation result of Baboon Image (P=50%)

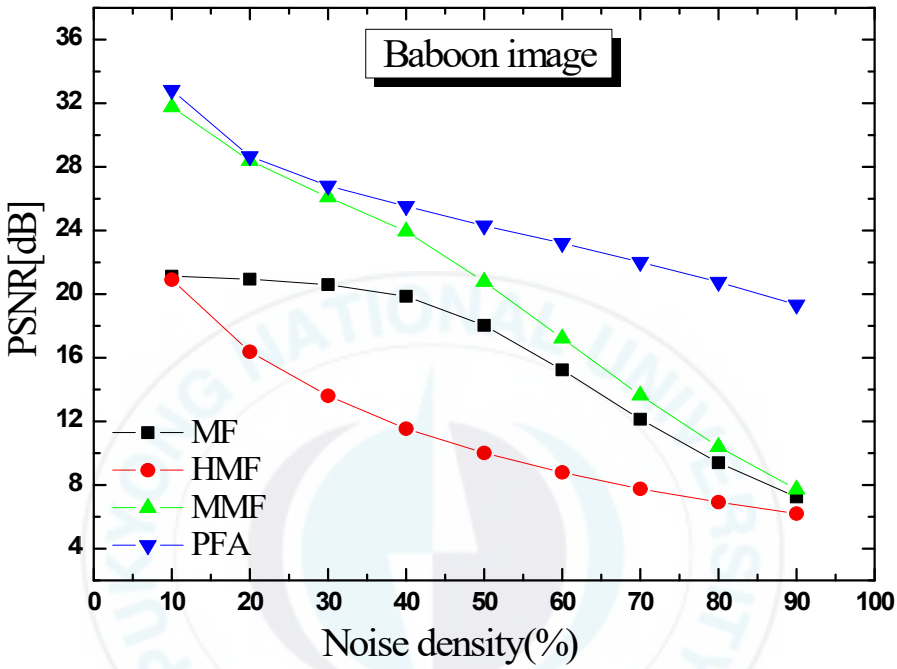


Fig. 6.12 PSNR with salt & pepper noise density

Table 6.4 Each PSNR comparison for Baboon image

Denoising method	Salt & Pepper noise density(P)					
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
MF	21.12	20.93	20.59	19.86	18.03	15.23
HMF	20.90	16.37	13.61	11.53	10.00	8.78
MMF	31.75	28.38	26.10	23.94	20.78	17.21
PFA	32.83	28.65	26.81	25.52	24.30	23.20

제7장 결 론

본 논문에서는 salt & pepper 잡음 환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 잡음 판단을 통해 영상 마스크의 중심 화소가 비잡음 화소인 경우, 원 화소 그대로 유지하고, 잡음 화소인 경우, 국부 마스크의 잡음 밀도에 따라 처리하는 변형된 스위칭 필터를 제안하였다. 국부 마스크의 잡음 밀도가 낮은 경우 국부 마스크 내의 잡음 화소에 대해 메디안 필터로 대치한 후 이중선형 보간법을 적용하여 처리하고, 잡음 밀도가 중간인 경우 거리에 따른 공간 가중치 마스크를 국부 마스크와 컨볼루션하여 처리하며, 잡음 밀도가 높은 경우 메디안 필터로 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘은 기존의 필터들에 비해 모든 시험 영상에서 우수한 성능을 나타내었고, salt & pepper 잡음($P=50\%$) 훼손된 Peppers 영상에서 제안한 알고리즘은 33.44[dB]의 높은 PSNR을 보였고, 기존의 메디안 필터, 하이브리드 메디안 필터, 변형된 메디안 필터에 비해 각각 12.45[dB], 23.77[dB], 9.32[dB] 개선되었다.

따라서 본 논문에서 제안한 필터 알고리즘은 salt & pepper 잡음 환경에서 운용되고 있는 영상처리시스템 분야에 유용하게 적용되리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Eds., Digital Image Processing using, Prentice Hall, 2007.

[2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Eds., Digital Image Processing using MATLAB, Prentice Hall, 2007.

[3] J. S. Cho and H. S. Gang, Multimedia Signal Processing, the second edition, pp. 55-58, July. 2011.

[4] A. Fabijańska, D. Sankowski, "Noise adaptive switching med ian-based filter for impulse noise removal from extremely corrupted images", Image Processing, IET, vol. 7, no. 5, pp. 472-480, August 2011.

[5] T. Chen and H. R. Wu, "Space variant median filters for the restoration of impulse noise corrupted images", IEEE Trans, Circuit Syst. Ⅱ, vol. 48, no. 8, pp. 784-789, Aug. 2011.

[6] J. S. Cho and H. S. Kim, Multimedia Signal Processing, pp. 55-58, Jul. 2011.

[7] Y. Gao and N. H. Kim, "Restoration of images contaminated by mixed Gaussian & Impulse noise using a complex method", JICCE, vol. 9, no. 3, pp. 331-335, June 2011.

[8] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, Eds., Color Image Processing & Applications, Springer, Berlin, Germany, 2000.

[9] J. H. Wang and L. D. Lin, "Improved median filter using min-max algorithm for image processing", Electronics Letters, vol. 33, no. 16, pp. 1479-1485, October 2011.

[10] Öten, Remzi and De Figueiredo, Rlui J P, "Adaptive alpha-trimmed mean filers under deviations from assumed noise model", IEEE Trans., Image Processing, vol. 13, no. 5, pp. 627-639, May 2004.

[11] A. S. A wad and H. Man, "High performance Detection Filter for impulse noise removal in images", IEEE Electronics Letters, vol.

44, no. 3, pp. 192-194, Jan. 2008.

[12] Y. Gao and N. H. Kim, "A study cascade filter algorithm for random valued impulse noise elimination" International Journal of KIICE, vol. 15, no. 10, pp. 1177-1182, May 2011.

[13] J. Wang and J. X. Hong, "A new selt-adaptive weighted filter for removing noise in infrared", IEEE Information Engineering & Computer Science, ICIECS International Conference, 2009.

[14] 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.

[15] 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.

[16] S. J. Ko and Y. H. Lee, "Center weighted median filters & their application to image enhancement", IEEE Trans. Circuit system, vol. 38, no. 9, pp. 984-993, 1991.

[17] Changyou Wang, Fuping Yang, Hui Gong and Linlin Li, "A new kind of adaptive weighted median filter algorithm", ICCASM International Conference, pp. 22-24, Oct. 2010.

[18] Donoho, D. L. and Johnstone, "Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage", Technical Report. Department of Statistics, Stanford University, Tentatively, 1992.

[19] A. Abdelnour and I. W. Selesnick, "Nearly symmetric orthogonal wavelet bases", Proc. IEEE Int. Conf. Ac., Sp., Sig. Proc. (ICASSP), May 2001.

[20] T. Chen and H. Wu, "Adaptive impulse detection using center-weighted median filters", IEEE Letters Signal Processing, vol. 8, no. 1, pp. 1-3, Jan. 2001.

[21] X. Y. Wu, D. B. Chen and M. Sarhadi, "Adaptive two-pass rank order filter to remove impulse noise in highly corrupted images", IEEE Trans, Image Processing, vol. 13, no. 2, pp. 238-247, Feb.

2004.

[22] Wei Baoguo, “Improved adaptive median filtering”, Journal of Computer Applications, vol. 28, no. 7, pp. 1732-1734, July 2011.

[23] H. L. Eng and K. K. Ma, “Noise adaptive soft-switching median filter”, IEEE Trans. Image Processing, vol. 10, no. 2, pp. 242-251, Feb. 2011.

[24] L. Yin, R. Yang, M. Gabbouj and Y. Neuvo, “Weighted median filters: a tutorial”, IEEE Trans. Circuit System, vol. 43, pp. 157-192, 1996.

[25] J. X. Yang and H. R. Wu, “Mixed Gaussian & uniform impulse noise analysis using robust estimation for digital images”, Digital Signal Processing 16th International Conference on, pp. 1-5, 2009.

[26] Z. Wang and D. Zhang, “Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images”, IEEE Transactions on circuits & systems, vol. 46(1), pp. 78-80, 1999.

[27] He Changwei, Liu Yingxia, Ren Wenjie and Wang Xin, “Wevelet denoising based on multistage median filtering”, Journal of computer application, vol. 27, no. 9, pp. 2117-2119, Sep. 2007.

[28] T. Koga, N. Suetake, T. Kato and E. Uchino “Impulse noise removal by using one-dimensional switching median filter applied along space-filtering curve reflecting structural context of image study cascade filter algorithm for random valued impulse noise elimination”, Industrial Electronics Society, IECON 2013- 39th Annual Conference of the IEEE, pp. 2438-2441, Nov. 2013.

[29] 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 Image Processing, vol. 6, no. 7, pp. 978-985, May 2012.

[30] L. Xu and N. H. Kim, “An improved adaptive median filter for impulse noise removal”, JKIICE, vol. 17, no. 4, pp. 989-995, 2013.

[31] L. Xu and N. H. Kim, “The modified median filter using standard

daviation in impulse noise environment", JKIICE, vol. 17, no. 7, pp. 1725-1731, July 2013.

[32] K. Bodduna and R. Siddavatam, "A Novel Algorithm for detection & removal of random valued impulse noise using cardinal splines", India Conference(INDICON), 2012 Annual IEEE, pp. 1003-1008, Dec 2012.

[33] Chan R. H., H. Chan., Nikolova M., "An iterative procedure for removing random-valued impulse noise", IEEE Signal Processing Letters, vol. 11, no. 12, pp. 921-924, Dec., 2004.

[34] B. Wei, "Improved adaptive median filtering", Journal of Computer Application, vol. 13, no. 2, pp. 1732-1734, July 2008.

[35] S. W. Hong and N. H. Kim, "A study on median filter using directional mask in salt & pepper noise environments", JKIICE, vol. 19, no. 1, pp. 230-235, 2015.

[36] S. W. Hong and N. H. Kim, "A study on removal of salt & pepper noise using deformable masks depending on the noise density", JKIICE, vol. 19, no. 1, pp. 230-235, 2015.

[37] Y. Gao and N. H. Kim, "A study on removing impulse noise using modified adaptive median filter switching median filter", JKIICE, vol. 15, no. 11, pp. 2474-2479, 2011.

[38] A.Restrepo and A.C.Bovik, "adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Trans. Signal Process., vol. 36, pp. 264-270, 1998.

[39] M. Werman and S. Peleg, "Min-Max Operator in texture analysis", IEEE Trans. PAMI, vol. 7, pp. 730-733, Nov, 1985.

[40] D. T. Kuan, A. A. Sawchuk, T. C. Strand and P. Chavel, "Adaptive Noise Smoothing Filter for images with signal dependent noise", IEEE Trans. PAMI, vol. 7, pp. 165-177, 1985.

[41] 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.

[42] 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.
[43] S. H. Saeid and J. K. Gautam, “Performance comparison of window functions used for FIR Digital Filter Design”, Proceedings of International Conference on Computer applications in Electrical Engineering Recent Advances(CERA’97) Roorkee , India, pp. 141-147, 8-11 Sep. 1997.
[44] J. S. Lee, “Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics”, IEEE Trans. Signal Process, vol. 39, pp. 1146-1163, May 1991.
[45] L. Xu and N. H. Kim, “A study on directionally weighted filter for algorithm in impulse noise environment”, JKIICE, vol. 18, no. 4, pp. 1734-1739, 2014.
[46] Piotr S. Windyga, “Fast Impulse Noise Removal”, IEEE Trans., Image Processing, vol. 10, pp. 173-179, 2001.
[47] 유현중, MATLAB을 이용한 디지털 영상 처리, McGRAW Hill, 2012.
[48] 정성환, 이문호, MATLAB을 활용한 실용 디지털 영상처리, 홍릉과학출판사, 2005.
[49] Rakesh M. R, Ajeya B and Mohan A. R, “Hybrid Median Filter for Impulse Noise Removal of an Image in Image Restoration”, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, vol. 2, pp. 5117-5124, Oct 2013.
[50] L. Xu and N. H. Kim, “A study on directionally weighted filter for algorithm in impulse noise environments”, JKIICE, vol. 18, no. 7, pp. 1734-1739, 2014.
[51] 홍상우, 김만고, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 환경에서 국부 마스크의 화소 분포를 이용한 가중치 필터에 관한 연구”, 전자통신학술대회 대한전자공학회 학술심포지움 논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 47-49, 2016.

[52] 홍상우, 권세익, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 환경에서 확장 마스크를 이용한 가중치 필터에 관한 연구”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 춘계 20권 1호, pp. 671-673, 2016.
[53] 홍상우, 권세익, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 제거를 위한 복합 필터에 관한 연구”, 20권 1호, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 춘계 20권 1호, pp. 676-678, 2016.
[54] 홍상우, 권세익, 김남호, “국부 마스크의 방향성을 고려한 Salt and Pepper 잡음 제거”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 춘계 20권 1호, pp. 316-318, 2016.
[55] 홍상우, 이상목, 황용연, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 환경에서 추정 마스크를 이용한 공간 가중치 필터에 관한 연구”, 한국신호처리시스템학회, pp. 16-18, 2015.
[56] 홍상우, 권세익, 김남호, “고밀도 Salt and Pepper 잡음 환경에서 반복처리를 이용한 변형된 메디안 필터에 관한 연구”, 한국정보통신 종합학술대회논문집, 추계 19권 2호, pp. 312-314, 2015.
[57] 홍상우, 권세익, 김남호, “공간 가중치를 이용한 Salt and Pepper 잡음 음 제거”, 한국정보통신 종합학술대회논문집, 추계 19권 2호, pp. 927-929, 2015.
[58] 홍상우, 권세익, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 제거를 위한 변형된 메디안 필터에 관한 연구”, 한국정보통신 종합학술대회논문집, 추계 19권 2호, pp. 903-905, 2015.
[59] S. W. Hong and N. H. Kim, “A Study on the Salt and Pepper Noise Reduction using Spatial Weighting within Estimated Mask”, 6th ISAE, pp. 222-224, 2015.
[60] 홍상우, 김만고, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 환경에서 화소 분포를 이용한 메디안 필터 알고리즘에 관한 연구”, 전자통신학술대회 대한전자공학회 학술심포지움 논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 47-49, 2016.
[61] 홍상우, 김남호, “화소 분포를 이용한 Salt and Pepper 잡음 제거를 위한 변형된 메디안 필터”, 한국정보통신 종합학술대회논문집, 춘계 19권 1호, pp. 274-276, 2015.
[62] 홍상우, 김남호, “Salt and Pepper 잡음 환경에서 세분화된 국부마스

크를 적용한 메디안 필터", 한국정보통신 종합학술대회논문집, 춘계 19권 1호, pp. 922-924, 2015.
[63] 홍상우, 황용연, 김남호, "Salt and Pepper 잡음에 훼손된 영상에서 추정 마스크를 이용한 메디안 필터에 관한 연구", 한국정보통신 종합학술대회논문집, 춘계 19권 1호, pp. 932-935, 2015.
[64] 홍상우, 황용연, 김남호, "변형된 마스크를 사용한 Salt and Pepper 잡음 제거 필터에 관한 연구", 전자통신학술대회 대한전자공학회 학술심포지움 논문집, 제 3권, 제 1호, 2014.
[65] 홍상우, 김남호, "Salt and Pepper 잡음 환경에서 국부 마스크를 사용한 메디안 필터에 관한 연구", 신호처리시스템학회, 추계 15권 2호, pp. 121-124, 2014.
[66] 홍상우, 안영주, 김남호, "방향성 마스크를 이용한 임펄스 잡음 제거에 관한 연구", 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 추계 18권 2호, pp. 795-797, 2014.
[67] 홍상우, 김남호, "Salt and Pepper 잡음 환경에서 영상 복원을 위한 변형된 메디안 필터", 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 추계 18권 2호, pp. 252-255, 2014.
[68] 홍상우, 김남호, "임펄스 잡음 환경에서 방향성을 고려한 메디안 필터에 관한 연구", 2014년 신호처리학회 논문집, 2014. 06. 21.
[69] 홍상우, 김만고, 김남호, "Salt and Pepper 잡음 환경에서 변형된 메디안 필터 알고리즘", 전자통신학술대회 대한전자공학회 학술심포지움 논문집, pp. 75-87, 2014.
[70] 홍상우, 김남호, "임펄스 잡음에 훼손된 영상을 위한 변형된 메디안 필터 알고리즘에 관한 연구", 한국정보통신학회 종합학술대회논문집, 춘계 18권 1호, pp. 798-800, 2014.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 변함없이 부모님과 같은 마음으로 학문의 길을 잘 보살펴 주신 김남호 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 본 논문을 통해 열정적으로 심사 지도를 조언해주신 황용연 교수님, 김만고 교수님께 진심으로 감사드리며, 대학원 과정을 잘 마무리 할 수 있게 세심한 관심과 배려하는 마음으로 학생들을 이끌어 주신 제어계측공학과 이형기 교수님, 최연욱 교수님, 변기식 교수님, 안영주 교수님, 이경창 교수님께도 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

대학원 생활을 하면서 가장 힘들 때 곁에서 큰 조언과 걱정하는 마음으로 힘이 되어준 선배 Gao Yinyu, 이창영, Xu Long, 후배 권세익에게도 고마움의 표시를 전하며, 이름을 언급하지 못한 분들께도 진심으로 감사드립니다.

지금까지 부족한 저에게 언제나 한결같은 마음으로 큰 격려와 사랑으로 이 자리에 오기까지 지켜봐 주신 아버지, 어머니께 진심으로 감사의 말씀을 전합니다. 끝으로, 사회진출의 한 걸음 다가가기 위하여 교수님, 선배, 후배의 따뜻한 말씀 한마디를 마음속에 간직하며 열심히 노력할 것을 다짐합니다.

2016년 8월

홍 상 우 올림