



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

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

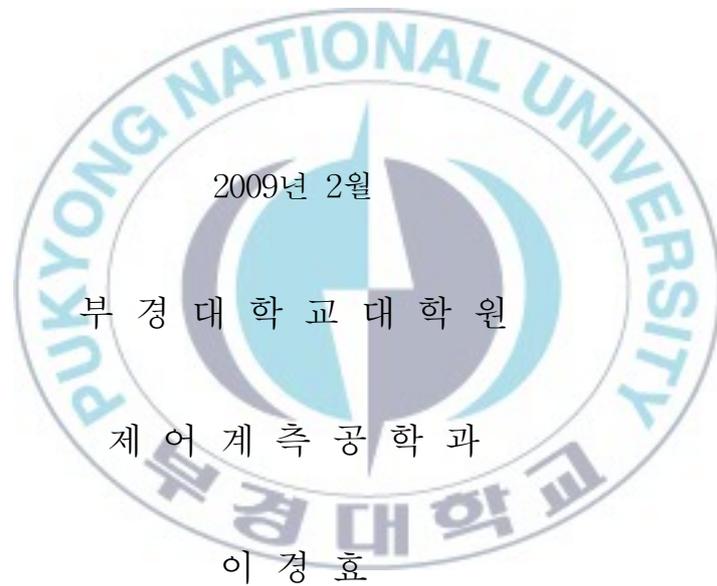
저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

복합잡음 환경에서의 비선형필터



공학석사학위논문

복합잡음 환경에서의 비선형 필터

지도교수 김 남 호

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함.

2009년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

제 어 계 측 공 학 과

이 경 효

李炅效의 工學碩士 學位論文을 認准함

2009年 2月 25日

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

Abstract

제1장 서 론	1
제2장 영상 처리	3
2.1 영상의 구성	3
2.2 마스크 기반 처리	4
2.3 선형 필터와 비선형 필터	6
가. 선형 필터	6
나. 비선형 필터	7
제3장 잡음 제거	9
3.1 잡 음	9
3.2 Mean 필터	14
3.3 Min-max 필터	15
3.4 메디안 기반 필터	17
가. SM(standard median) 필터	17
나. HM(hybrid median) 필터	18
다. ASM(adaptive switching median) 필터	19
제4장 제안한 알고리즘	22
제5장 시뮬레이션 및 결과	24
제6장 결 론	34
참고문헌	35

A Nonlinear Filter in Complex Noise Environment.

Kyung Hyo Lee

Department of Control and Instrumentation Engineering

Graduate School of

Pukyong National University

Abstract

With the development of the information technology in recent years, the innovation of multimedia information technology also has been accelerated. Former times information technology generally has only depended on text or sound, while nowadays information is being moved through a variety of image media. Cell phone, TV and computer have been major elements of modern society as mediators using image signal. Therefore, image signal processing also has been treated importantly and done actively. The processing has been developed in many fields of digital image processing technologies as image data compression, recognition, restoration, etc. Noises are inevitably generated by using the signals during the processing, and typical types of the noise are impulse(salt & pepper) and AWGN(addiction white gaussian noise). To reduce the noise, various

environment, SM(standard median) filter is simple and it shows a kinds of filters have been developed, and according to each noise, it is being used different filter each.

The image filter used digital image process basically has a two-dimensional structure. There are two methods of the filter's creation - One is reiterating one dimension, and the other is using an indivisible two-dimension image filter. The space domain method using mask is the latter one. That is inserting the value-multiplied pixels values faced each other when the two-dimension filter overlapped on input image- to the filter value's center position and the same position in the image. The image filter is being used widely along with one-dimension filter, according each noise. Most people are using various filters to remove the impulse noise.

The mean filter is typical linear filter and blurring filter. The blurring is a effective filter to removal of Gaussian noise but ineffective filter to removal of impulse Noise. Because the min-max filter uses removal of peak value, it have good result to removal of impulse - ise but many errors. The median filter is not only conservation of edge but also removal of impulse noise. But it is ineffective to removal of Gaussian noise.

So, the noise is not generated by one signal but by a complex. In this paper, I suggested an image filter to remove the complex noise, and compared with existing filters'methods for verification.

제1장 서론

이전의 정보화는 글이나 혹은 음성에 의존했다면, 현대사회의 정보전송은 다양한 영상 매체를 이용하여 전송하고 있다. 휴대폰과 TV, 컴퓨터는 대표적인 영상신호를 이용하는 매개체로서 현대사회를 이루는 큰 축이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 중요성이 부각되어지는 영상 신호의 개발은 크게 압축 및 인식 그리고 복원 등 많은 부분에서 연구가 되어지고 있다. 또한 이들 중 영상복원 분야 중에서도 노이즈 제거 기술은 우수한 품질의 영상을 얻기 위해서 필수적으로 요구된다.

영상을 처리하는 시스템에서는 구동시 열화현상이 존재하며, 이러한 열화현상은 노이즈를 필연적으로 초래한다. 발생하는 노이즈로서는 임펄스 노이즈(impulse noise)와 AWGN(additive white gaussian noise)가 대표적이다. 이러한 노이즈를 줄이기 위하여 다양한 필터가 개발되고 있으며, 각기 그 잡음의 성향에 따라 다른 필터가 사용되어진다. 개발되어지는 필터를 살펴보면 크게 선형필터와 비선형필터로 나누어진다.

선형필터의 대표적인 필터인 Mean 필터는 해당 값의 평균을 취함으로써 선택 화소의 잡음요소를 줄일 수 있다. Mean 필터는 가우시안 분포에 대하여서는 강인한 성향을 가지고 있지만, 임펄스 노이즈에는 약한 성향을 가지고 있다[1],[2].

비선형필터는 주변 값들의 어떠한 연산이 아닌 정렬을 통하여 선택 화소 값을 유추하는 것으로써, Min-max와 Median이 대표적인 형태이다. Min-max의 경우에는 극단적인 값을 제거에 유용하며, Median의 경우에는 앞선 두 가지 잡음의 제거에 어느 정도 상응하는 필터라고 할 수 있다

[3]-[6]. 그러나 동형 잡음제거에 있어서는 잡음을 잘 제거하지 못하며, 잡음의 분포가 클수록 중간 값 역시 잡음일 경우가 높다. 또한 마스크의 크기를 크게 할수록 처리시간이 길어지며, 마스크의 형태가 큰 영향을 미친다는 단점을 갖는다. 이에 따라 다양한 방법들이 고안되었으며, WM(weighted median) 필터, CWM(center weighted median) 필터 그리고 HM(hybrid median) 필터는 대표적인 Median의 변형된 필터의 예이다 [7]-[14].

일반적으로 필요한 신호가 아닌 그 외의 다른 신호를 잡음으로 정의한다. 발생하는 잡음은 다양한 잡음 형태를 불규칙적이며, 발생 빈도 역시 불규칙적이다. 영상에서의 잡음은 역시 영상 내에서 아주 다양하기 때문에 이것을 딱 지적하기 힘들다. 하지만 대체적으로 두 가지 패턴으로 나누는데, 일반 영상에서 존재하는 가우시안 잡음과 임펄스 잡음을 들 수 있다.

하지만, 잡음은 신호에서 독립적으로 발생되어지는 것이 아니라 중첩되어 발생되어진다. 따라서 본 논문에서는 복합잡음 환경에서 영상을 복원하기 위해, 비선형 필터를 제안하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

제2장 영상 처리

2.1. 영상의 구성

영상을 구성하는 공간 영역(spatial space)은 화소들의 집단 또는 공간적 배열을 가르킨다. 그리고 컴퓨터에서는 영상을 각 화소(또는 픽셀)로 나누고, 각 화소에서 농담의 값을 정수로 나타낸다. 이때, 정수는 일반적으로 8비트의 정수(0~255)로 나누어 각 값을 나타내며, 이를 영상의 화소값이라 한다.

각 화소는 그림 1과 같이 숫자로 표현되어지며, 이러한 데이터는 영상의 기초가 된다.

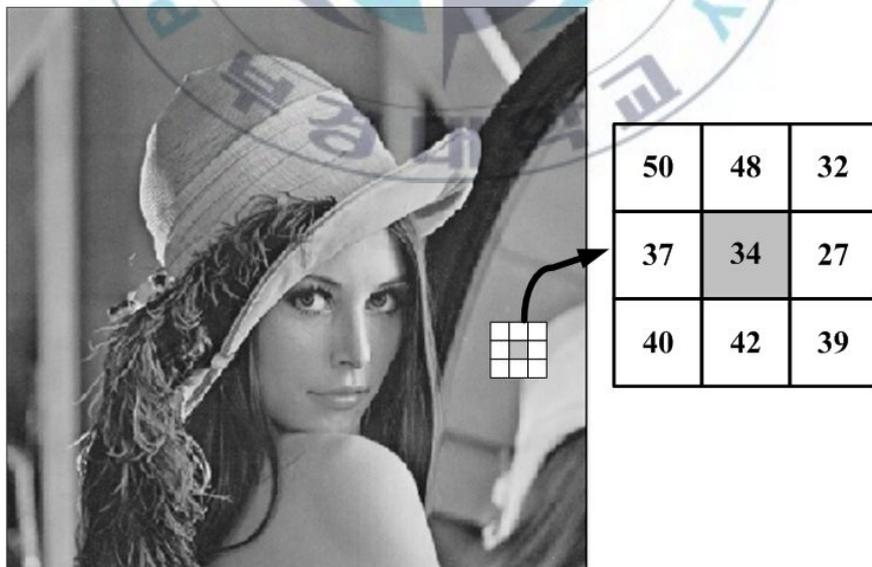


Fig. 1. Image values.

2.2 마스크 기반처리

영상에서의 기본 단위인 화소들로 이루어진 영역을 의미하며, 공간 영역에서의 처리는 주파수 영역처리와 상반되는 개념으로 각 화소들에 할당된 명암 값들을 직접 다루는 것을 의미한다.

마스크 기반처리라는 것은 공간 영역 내에 있는 화소값들과 마스크 내의 값을 곱하여 새로운 출력 화소값을 얻는 것이다. 이러한 처리 반복 과정을 회선이라고 한다.

$$O(x, y) = W\{I(x, y)\} \quad (1)$$

식 (1)은 공간 영역에서의 영상처리 함수를 나타내고 있으며, 각 항 $I(x, y)$ 는 입력영상을 $W\{\cdot\}$ 는 (x, y) 에서의 명암값 $I(x, y)$ 에 대한 임의의 연산자를 의미하며, $O(x, y)$ 는 이에 대한 출력영상을 나타낸다.

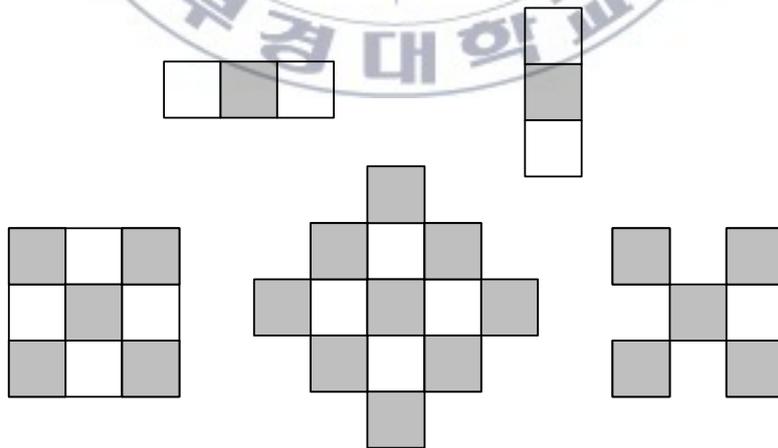


Fig. 2. Variable masks.

일반적으로 출력영상의 화소값은 미리 정의된 주위 화소와의 관계로부터 결정된다. 처리화소의 위치 $X(x, y)$ 에 대해 설정된 주위화소를 이웃화소라고 부르며, 마스크의 형태는 그림 2와 같이 다양한 형태를 갖고 있다.

출력화소는 새로운 공간에 저장되며, 전체 영상에 대해 좌측에서 우측, 위에서 아래의 방향으로 한 화소씩 이동하며 처리한다. 경우에 따라서, 출력화소를 입력영상의 위치 $X(x, y)$ 에 저장하여 다음 화소 처리 시, 입력화소로 사용하는 회귀형태를 취하기도 한다. 이와 같이 공간 영역에서는 화소의 명암값을 직접 다루게 된다.

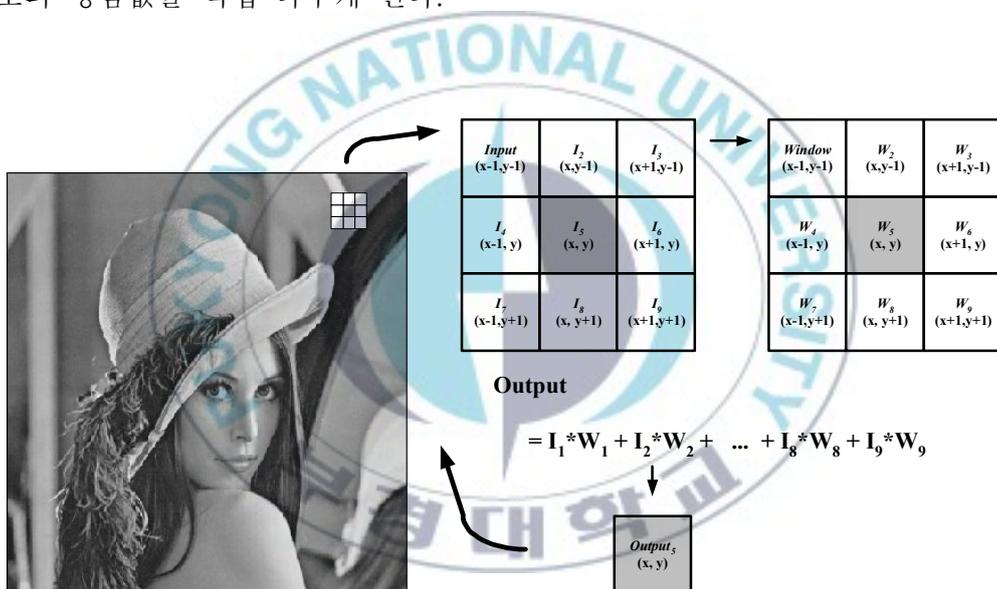


Fig. 3. Mask Convolution.

그림 3은 템플릿(template), 윈도우(window), 필터(filter), 커널(kernel) 등으로 불리우는 마스크의 회선과정을 나타내고 있으며, 이러한 회선과정을 공간 필터링(spatial filtering)이라 한다.

2.3 선형 필터와 비선형 필터

가. 선형 필터

입력 영상 화소와 주변의 이웃 화소들이 있는 블록과 마스크내의 값을 서로 곱하는 회선과정은 공간필터링 중에서도 선형필터링의 한 과정을 나타내고 있으며 이는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$O(x,y) = \sum_{-N \leq i,j \leq N} W(x+i,y+j)I(x+i,y+j) \quad (2)$$

식으로부터, $W(x+i,y+j)$ 는 마스크 내부의 각 위치에 대한 계수이며, $I(x+i,y+j)$ 는 필터 마스크 아래에 위치하는 영상의 화소값이다. 이 때, N 은 자연수로 정의되며, N 의 크기가 마스크의 크기를 결정한다. 즉, 임의의 화소 (x,y) 에서의 새로운 명암값 $Y(x,y)$ 에 대한 연산이 선형적이게 되며, 계수 값의 형태에 따라서 여러 가지 특성을 나타낸다.

회선 마스크 W 에 가중치의 합은 출력 영상의 모든 화소들의 밝기값에 영향을 미친다. 많은 회선된 영상은 계수의 합이 1이 되도록 결정된다. 이 경우에, 회선된 영상은 원영상과 같은 평균 밝기값을 갖게 된다. 일부 회선 마스크(에지검출에 사용되는)들은 음의 계수를 가지며, 그들의 합은 0이다.

대표적인 선형 공간 필터로서 평균 필터와 가우시안 필터가 있으며, 앞서 이야기한 것과 같이 회선 마스크의 내의 계수의 합은 1을 갖고 있다. 아래의 식은 평균 필터의 동작을 나타낸 것이다[1].

$$O(x,y) = \frac{1}{(2N+1) \times (2N+1)} \sum_{-N \leq i,j \leq N} I(x+i,y+j) \quad (3)$$

두 마스크의 특징은 영상을 흐리게 하는데 이용된다. 이를 블러링 효과라 하며, 이러한 블러링 효과는 가우시안 잡음을 줄이는 것에 효과적인 것으로 알려져 있다[2].

선형 공간 필터에는 이외에도 라플라시안 필터, 프리위트 필터, 소벨 필터 등과 같은 다양한 종류의 필터가 존재하며, 이들 필터들은 영상의 선명화와 윤곽선 추출 등의 목적으로 영상처리 분야에 폭 넓게 사용되고 있다.

나. 비선형필터

비선형 공간 필터는 입력영상으로부터 새로운 출력영상을 얻는 과정에서 비선형적인 연산을 이용한다. 마스크에 대한 개념은 선형 공간 필터에서와 같이 동일하게 적용되지만 마스크의 계수값을 이용하지는 않으며, 이웃화소로부터 직접 화소값을 선택하여 처리한다.

마스크 내의 계수를 이용하는 것이 아니라 필터 마스크에 의해 정의되는 이웃화소 값들을 크기 순서로 정렬(sort)한 후 처리하는 형태의 필터들이다.

$$O(x, y) = Med\{I(x+i, y+j) | -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$O(x, y) = Min\{I(x-i, y-j) | -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1,2,\dots,n \quad (5)$$

$$O(x, y) = Max\{I(x+i, y+j) | -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1,2,\dots,n \quad (6)$$

식 (4)~(6)으로 정의된 메디안 필터와 최소·최대 필터는 대표적인 비선형필터의 특성을 나타내고 있으며, 세가지 필터 모두 정렬을 이용한 방법을 통하여 출력계수를 결정하고 있다[3]-[6].

데이터를 크기 순서로 정렬하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 버블 소

트(bubble sorting) 알고리즘이 많이 사용된다. 이러한 비선형 공간 필터는 그 알고리즘이 간단하면서 영상에 중첩된 임펄스 노이즈를 제거하는데 효과적이다.

특히, 메디안 필터는 마스크의 크기가 비교적 영상의 에지영역을 보존하는 특성이 양호하며, 임펄스 잡음 제거에 효과적이어서 다양하게 변형되어 사용되어지고 있다. 하지만, 이러한 메디안 필터는 동적잡음에 약한 단점을 갖고 있다.



제 3장 잡음 제거

3.1 잡 음

일반적으로 잡음이란 ‘수신기, 증폭기 등에서 내부나 외부로부터 출력 중에 혼입되는 입력 신호 성분 이외의 모든 전기적 신호’로 정의된다. 이러한 잡음의 발생 원인으로는 인간의 실수, 번개와 같은 자연계의 영향, 반도체의 특성 등 다양하다. 이렇게 발생한 잡음은 인식률을 저하시키거나, 오류를 발생시킨다.

디지털 영상에서 잡음의 주요한 인자는 영상의 획득 또는 전송과정에서 발생한다. 영상 획득과정에서 환경 조건은 같은 다양한 원인과 센싱 소자 자체의 품질에 의해 영향을 받는다. 전송과정에서는 전송을 위해 사용된 채널에서의 간섭으로 인하여 주로 영상이 열화한다.

이렇게 열화된 영상은 $r(x,y)$ 는 식 (7)과 같다.

$$r(x,y) = H[I(x,y)] + n(x,y) \quad (7)$$

식으로부터, $I(x,y)$ 는 입력영상이며, H 는 열화 함수이고, $n(x,y)$ 는 부가 잡음이다.

$$r(x,y) = h(x,y) * I(x,y) + n(x,y) \quad (8)$$

식 (8)은 공간 영역에서는 H 가 선형적이고 공간 불변적이라는 가정하에

서 열화된 영상 $r(x,y)$ 을 나타낸 것으로, 입력영상 $I(x,y)$ 와의 컨볼루션 연산으로 열화영상을 표현할 수 있다. 부가열화 잡음들은 다양하지만, 대표적인 잡음으로는 임펄스(impulse noise)와 AWGN(additive white gaussian noise)가 대표적이다.

영상을 복원한다는 것은 임의의 열화된 영상에 대해 이미 그 열화 현상을 모델링한 지식을 바탕으로 열화되기 전의 영상과 가장 유사한 형태의 영상으로 재구성하는 작업을 의미하며 그러기 위해서는 잡음의 성향을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 우선적으로 깨소금 잡음이라고도 불리는 임펄스 잡음은 영상 전송 및 처리 중에 발생하는 극단적인 잡음으로 나타난다. 영상에 있어서 임펄스 잡음은 흑점과 백점이 불규칙하게 발생하는 것을 나타내며, 임펄스 확률 밀도 함수는 식 (9)과 같이 표현된다.

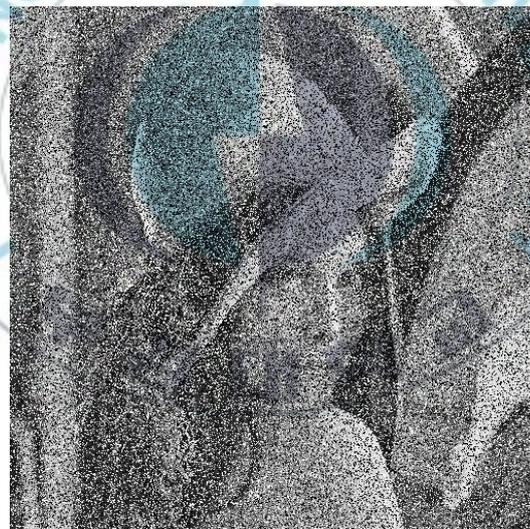
$$\rho(\psi) = \begin{cases} \rho_a, & \text{for } \psi = a \\ \rho_b, & \text{for } \psi = b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

식으로부터, ψ 는 확률변수로서 랜덤 수 생성기에 의해 생성된 값이며, a, b 는 임의의 밝은 명암값과 어두운 명암값을 나타내고, ρ_a, ρ_b 는 이에 대한 확률을 각각 나타낸다.

만일, 테스트를 위한 영상을 만든다고 가정하였을 때, a, b 중 한 쪽의 확률이 0일 경우 생성된 임펄스 노이즈는 단 극성 임펄스 노이즈가 되며, 특히 두 확률 모두 0이 아니며 거의 비슷한 값인 경우에는 영상에 분포된 모습이 흑백이 섞인 영상이 발생되어진다.



(a) Original image



(c) Impulse noise 40%

Fig. 4. Test images.

그림 4은 이러한 임펄스 잡음으로 인해 훼손된 영상 정보를 나타내고 있으며, 사용된 영상으로는 lena512×512의 영상으로 rand변수를 이용하여 이미지 내의 임펄스 신호를 구성하였다.

가우시안 분포는 Karl Friedrich가 제안하였으며 모든 공학/과학 분야에
서 가장 보편적이고, 실험의 오차를 측정하는데 가장 많이 쓰여지는 분포
이다. 실제로 정규 분포(normal distribution) 공식에서 평균값을 0으로 하
여 유도한 분포가 바로 가우시안 분포이며, 이 가우시안 분포를 영상처리
에 적용한 것이 바로 가우시안 필터라는 것인데, 정규 분포 또는 임의의
확률 분포의 성질을 가지고 생성된 잡음을 제거하기 위한 목적으로 많이
사용된다. 가우시안 함수 분포에 대한 공식은 식(10), (11)로 나타낼 수 있
다.

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right] \quad (10)$$

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right] \quad (11)$$

σ 는 표준편차를 나타내는데, 식 (10)은 1차원 상의 가우시안 분포를 나
타내고 있으며, 식 (11)는 2차원적인 모습을 나타내고 있다.

가우시안 분포함수는 다음과 같은 특성을 살펴보면 다음과 같다. 우선, 2
차원 가우시안 분포함수는 순환 대칭(rotationally symmetric) 특징을 가진
다. 또한 가우시안 분포함수는 단일 돌출(single peak)부분을 가진다. 중앙
에 위치한 화소와 먼 거리에 있는 이웃 화소값들을 가중치로 감소시켜, 가
중한 이웃의 평균값으로 대체하는 특징을 가진다. 마지막으로 가우시안 분
포함수의 푸리에 변환은 스펙트럼 상에 단일 돌출 부분을 가진다.

앞의 그림은 식 (10), (11)의 그래프로 Mexican Hat 또는 종 모양을 가
지는 형태로 나타난다.

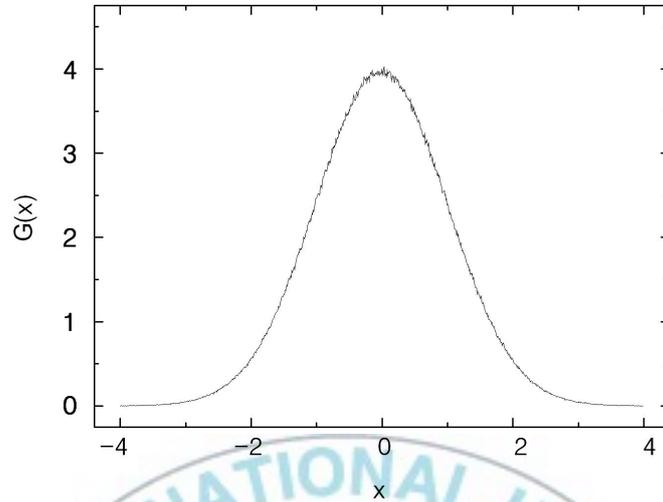


Fig. 5. Gaussian distribution.

아래의 그림 6은 앞선 그림 4(a)과 동일한 Lena영상을 통해 잡음을 삽입한 결과이다. 이 때, σ 는 표준편차를 나타낸다.

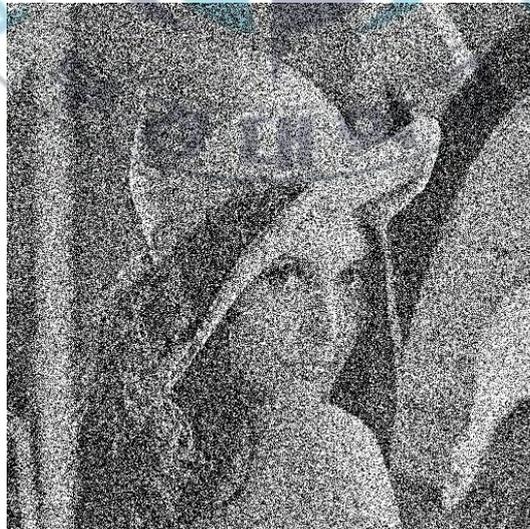


Fig. 6. Test image($\sigma=20$).

3.2 Mean 필터

평균 필터는 선형필터를 나타내는 대표적인 필터로서, 인근 화소값에 대하여 평균을 취함으로써 세세한 부분을 제거한다[2]. 이는 미세한 변화를 억제시킨다는 것을 의미하며, 즉 가우시안 잡음을 제거하는데도 효과적인 것을 의미한다. 하지만 고밀도 임펄스 잡음의 삽입에 경우 극단적인 값으로 인해 원래의 값이 훼손되는 한계를 갖고 있다.

$$O(x, y) = \frac{1}{M \times M} \sum_{i,j}^M I(x+i, y+j), \quad M \in W, \quad M = 2N+1 \quad (12)$$

식 (3)를 간략히 정리하여 식 (12)와 같이 나타낸 것이다. 식의 W 는 마스크를 나타내며, 크기는 $(2N+1) \times (2N+1)$ 로 정의된다.

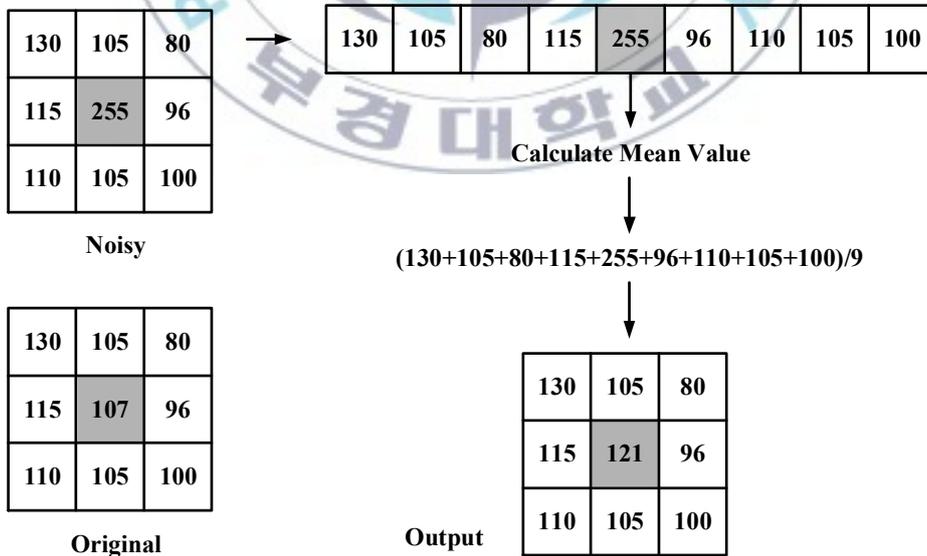


Fig. 7. Mean filter.

3.3 Min-max 필터

Min-max 필터는 매우 간단한 방법으로 임펄스 잡음 제거에 효과적으로 동작하는 필터이다. 하지만 앞선 식 (5), (6)에서 보이듯이 Min은 오직 백색점 제거에만, Max는 흑색점 제거에만 동작하는 단점을 보인다. 즉, 식 (13)의 a, b 가 비슷한 흑·백색 점들이 교차로 영상에 삽입되었다면, 온전히 잡음을 제거하지 못하게 된다.

$$O(x, y) = \text{Min}\{I(x-i, y-j) \mid -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$O(x, y) = \text{Max}\{I(x-i, y-j) \mid -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\rho(z) = \begin{cases} P_a, & \text{for } z = a \\ P_b, & \text{for } z = b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

이러한 단점을 극복하고자 Piotr S. Windyga는 Min-max 연산에 기반한 peak-and-valley 필터를 제안하였다[5]. 흑·백의 임펄스 노이즈를 제거함과 동시에 에지 보존 관점에서 비교적 개선된 성능을 나타내었다.

$$O(x, y) = \begin{cases} \text{Min}\{I(x+i, y+j)\}, \\ \quad \text{if } I(x, y) > \text{Max}\{I(x+i, y+j)\} \\ \text{Max}\{I(x+i, y+j)\}, \\ \quad \text{if } I(x, y) < \text{Min}\{I(x+i, y+j)\} \\ I(x+i, y+i), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

이러한 peak-and-valley 필터는 이웃화소의 최대값과 최소값으로 중앙화소의 명암값을 제한하는 형태로서 다음의 식 (14)와 같이 표현된다

peak-and-valley 필터는 $-N \leq i \leq N, -N \leq j \leq N$ 범위의 윈도우 내의 이웃화소를 사용하며, 노이즈에 의해 처리화소의 훼손여부를 판단하는 과정과 노이즈 제거과정을 동시에 수행하는 형태이다.

그리고 Peak-and-valley 필터 외에 Min-max 연산에 기반한 또 다른 형태의 방법들이 임펄스 노이즈 제거와 에지보존의 문제를 동시에 만족시키기 위해 제안되었으며, 이러한 방법들 중 노이즈의 인식과 화소의 복원값 추정에 대한 알고리즘을 분리하여 개별적으로 적용하는 방법들이 우수한 영상복원 성능을 나타내었다. 또한 메디안 필터를 보완하기 위해 연구된 다양한 형태의 메디안 필터들에 비해 알고리즘이 간단하며 빠른 연산속도를 나타낸다.

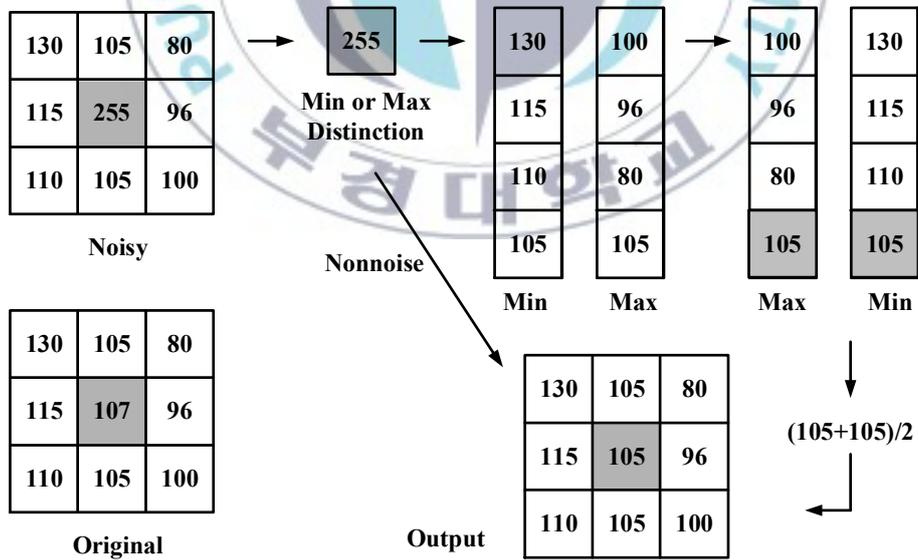


Fig. 8. Min-max filter.

3.4 메디안 기반 필터

가. SM(standard median) 필터

대표적인 비선형 필터인 메디안 필터는 임의의 마스크를 사용하여 그 내부 화소에 대한 중간값을 찾는 형태로서, 영상에 중첩된 임펄스 노이즈 성분을 제거한다.

메디안 필터는 다양한 마스크의 사용으로 각기 다른 성질을 갖는데, 본 논문에서는 박스형의 메디안 필터를 SM필터로 정의하며, 처리과정은 그림 9에 나타내고 있다[6].

$$O(x, y) = \text{Med}\{I(x+i, y+j) | -N \leq i, j \leq N\} \quad N=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

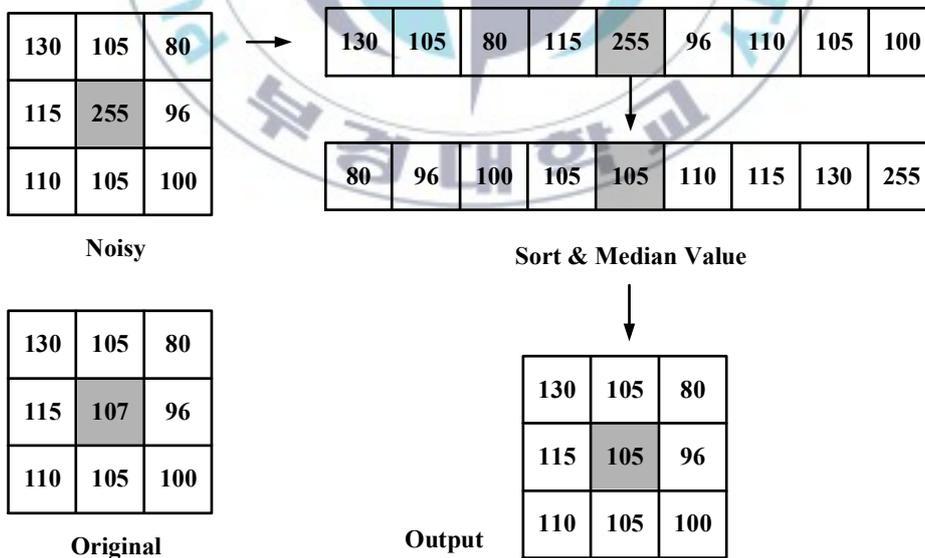


Fig. 9. Standard median filter.

나. HM(hybrid median) 필터

HM 필터는 필터링 마스크 W 의 중앙 화소와 그 인접한 대각 요소들을 이용하여 필터링하는 것으로서, 그 처리 방법은 아래와 같다.

$$O(x,y) = Med\{I(x,y), I_{lc}(x-i, y+i), I_{rc}(x-i, y-i) | (i) \in W\} \quad (15)$$

식 15의 X_{lc}, X_{rc} 는 중앙 화소의 값 $I(x,y)$ 를 포함하는 각 좌우대각 요소를 나타낸다. 식에서와 같이 HM는 중심화소를 포함하는 대각요소를 추출 후 그 중앙값을 우선 추출하여 그 중앙값과 다시 중심화소와 정렬을 통하여 중앙값을 출력한다.

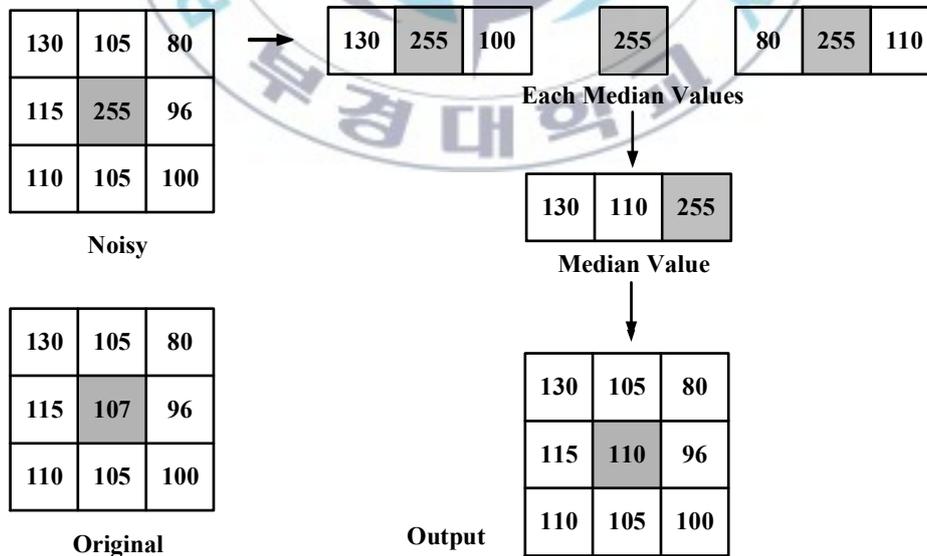


Fig. 10. Hybrid median.

예를 들어 설명하면, $N=1$ 마스크인 경우, $med\{W(1,1), W(2,2), W(3,3)\}$ 와 $med\{W(3,1), W(2,2), W(3,1)\}$, 그리고 $W(2,2)$ 의 값을 가져온 다음, 그 값들의 메디안 값을 결과로 출력하다고 할 수 있다.

그림 10은 HM 필터의 처리과정을 그림과 같이 입력 마스크에서 중앙 화소와 그 인접한 대각 요소들을 이용하여 필터링하는 것으로서, 그 처리 방법을 보여 주고 있다.

다. ASM(adaptive switching median) 필터

앞선 모든 필터는 비임펄스 잡음에서도 동작하기 때문에 비임펄스 잡음에 대해 필연적인 블러링 현상을 초래하게 되며, 이는 곧 올바른 영상신호에 대한 잡음적인 요소를 출력에 나타내는 결과를 나타낸다[6]-[10]. A. Restrepo 와 A. C. Bovik,에 의해 제안된 ASM는 비임펄스신호를 무시하여 그러한 오류를 줄이고자 하였다[14].

$$O_{x,y} = \begin{cases} m_{x,y}, & I_{x,y} = 0 \text{ or } 255 \\ I_{x,y}, & otherwise \end{cases} \quad (16)$$

식 (16)의 각 요소들은 $m_{x,y}$ 는 마스크 내의 0 또는 255를 제외한 값 중의 미디언 값을 나타낸다. $m_{x,y}$ 의 크기는 비임펄스 신호만을 추출한 경우만을 갖기 때문에, 크기가 홀수와 짝수의 형태를 갖게 된다. 짝수의 경우 중앙값이 명확치 못하기 때문에 이에 대한 대응이 필요하며, 따라서 필연적으로 식 (17)의 정의가 필요하며, 다음과 같이 표현된다.

$$O_{x,y} = \begin{cases} m'(center), & odd \\ \frac{m'(cen-0.5) + m'(cen+0.5)}{2}, & even \end{cases} \quad (17)$$

ASM는 알고리즘과 같이 다소 비교적 많은 양의 연산과 복잡한 알고리즘을 필요로 하기 때문에 긴 처리 시간을 갖는 단점을 가지고 있지만, 잡음 제거와 에지보존에는 앞선 두 가지 방법에 비해 우수한 성능을 가지고 있다.

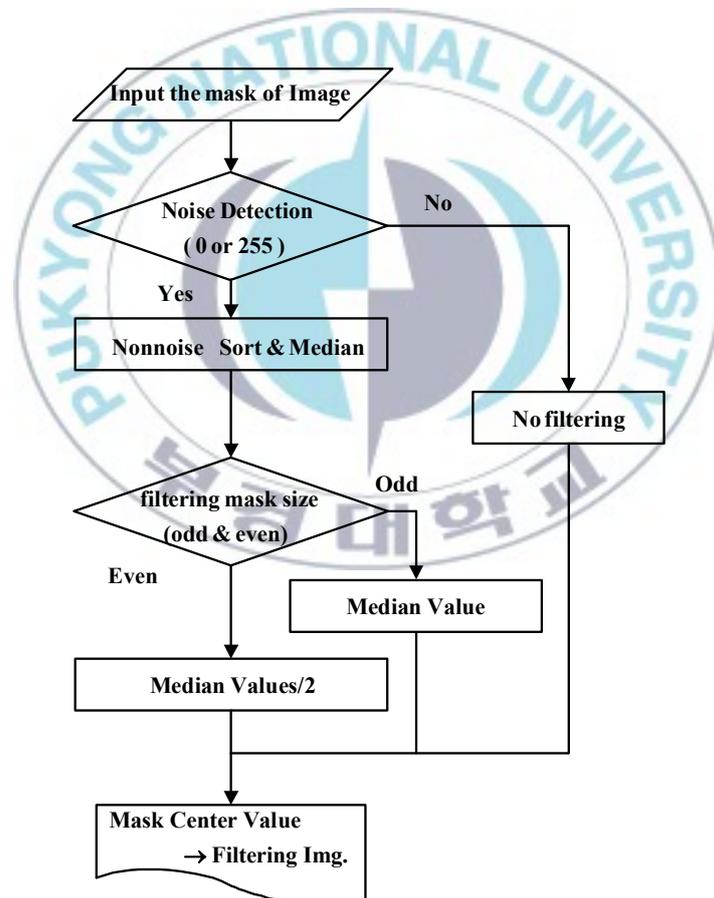
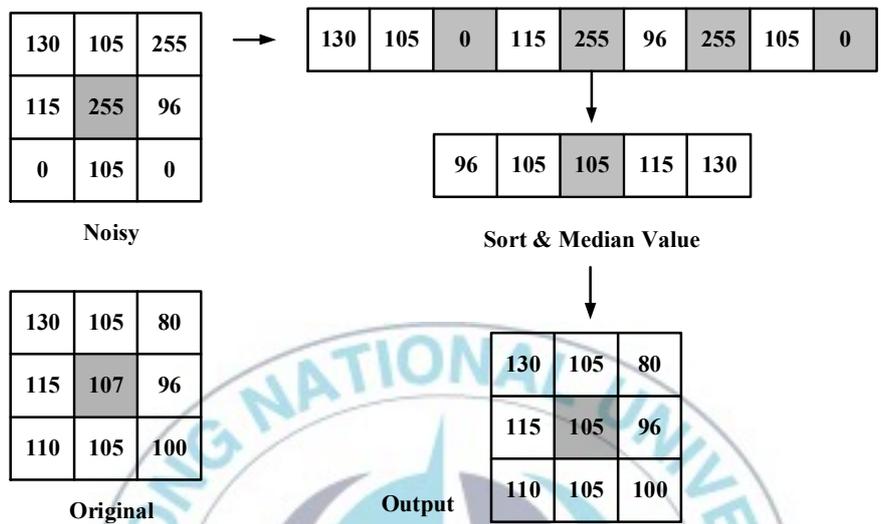
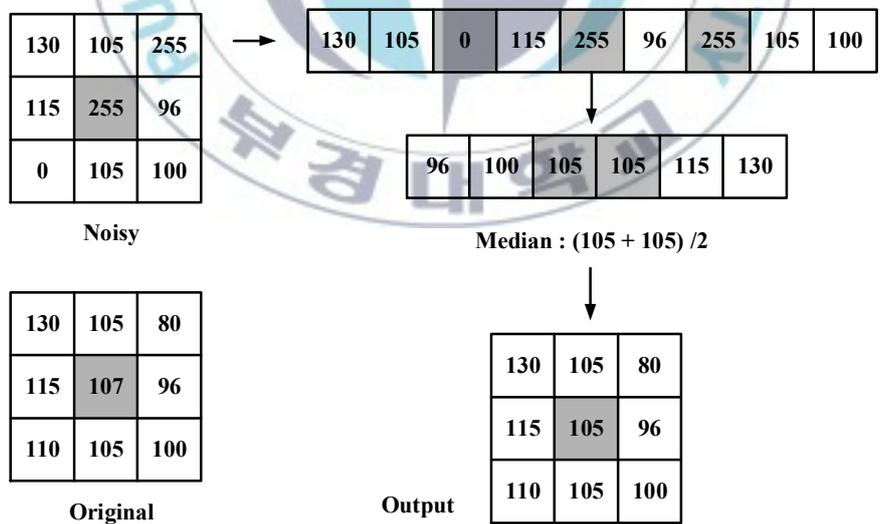


Fig. 11. Algorithm of ASM filter.



(a) In the case when the number of noise pixels is odd



(b) In the case when the number of noise pixels is even

Fig. 12. Demonstrating an example of ASM filter.

제4장 제안한 알고리즘

본 논문에서는 복합 잡음환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위해, 비선형 필터를 제안하였다. 제안된 알고리즘(PA. proposed algorithm)은 비임펄스 신호에 있어서는 평균필터를 취함으로써 해당요소의 가우시안 잡음을 줄이고, 임펄스 신호 내에서는 그 주변값을 이용하여 임펄스 요소를 줄이고자 하였다.

해당하는 임펄스 잡음요소는 다음의 단계대로 수행되어진다.

step 1. 영상의 1/4부분별 잡음 밀도 ρ 와 5×5마스크 내의 잡음 밀도 $\rho_{5 \times 5}$ 를 구한다.

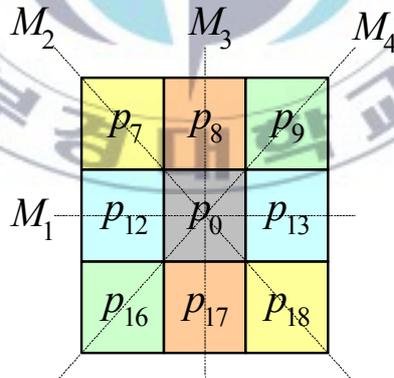


Fig. 13. Proposed algorithm.

step 2. 잡음 밀도 ρ 가 $\rho_{5 \times 5}$ 보다 3배 이상 크다면 3×3의 Min-max를 거

쳐 비잡음 요소를 얻는다.

식 (18)의 3×3의 Min-max는 기존의 Min-max와 조금의 차별을 두도록 하며, 아래와 같이 정의한다.

$$\begin{cases} \varphi_M^i = \max \{M_i\}, & \max \\ \varphi_m^i = \min \{M_i\}, & \min \end{cases} \quad (18)$$

step 3. 2의 과정에서 ρ 가 작다면, 다시 범위를 재조정하여 $3\rho_{5 \times 5} > \rho > 1.5\rho_{5 \times 5}$ 의 범위 여부를 확인한다. 범위에 만족한다면, 5×5 미디언 필터를 수행한다.

step 4. $1.5\rho_{5 \times 5} > \rho$ 7×7의 AMF의 마스크를 이용하도록 한다.

각 step의 마스크에 사용되어지는 살펴보면 다음 식 (19)과 같이 정리할 수 있다.

$$O_{x,y} = \begin{cases} \min_max_{3 \times 3}(I_{i,j}), & \rho > 3\rho_{5 \times 5} \\ median_{5 \times 5}(I_{i,j}) & \rho > 1.5\rho_{5 \times 5} \\ AMF_{7 \times 7}(I_{i,j}) & otherwise \end{cases} \quad (19)$$

낮은 잡음환경에서는 Min-max와 같이 비교적 간단한 연산을 통해 시간을 줄이고 잡음이 많아 미디언 값에 영향을 주는 영역에서는 비잡음 요소에 미디언 값을 취함으로써 잡음을 줄이고자 하였다.

제5장 시뮬레이션 및 결과

일반적으로 MSE(mean squared error)와 PSNR(peak signal to noise ratio)는 영상의 개선 척도를 위해 사용하고 있으며. 다음 식 (20), (21)와 같이 정리한다.

$$MSE = \frac{\sum_{x,y} X_{x,y} - F_{x,y}}{M \cdot N} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} PSNR &= 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{255^2 \cdot M \cdot N}{\sum_{x,y} X_{x,y} - F_{x,y}} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

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

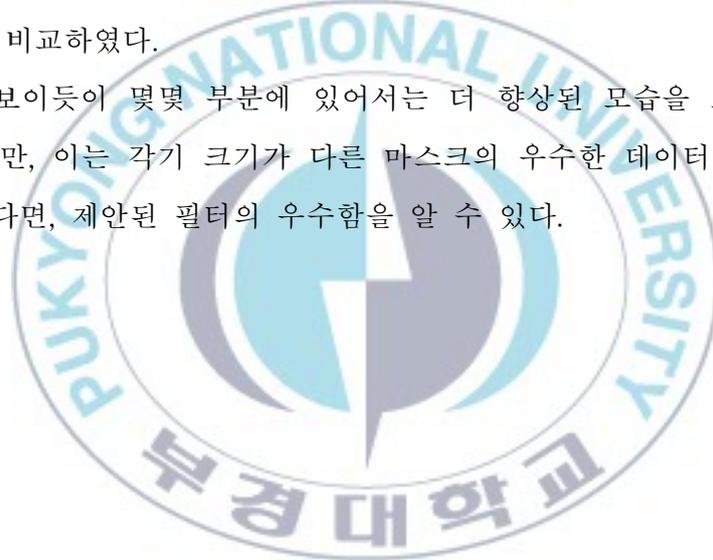
본 논문에서는 여러 가지 복합 잡음 상의 영상의 복원을 위해, 비선형 필터를 제안하였다. 제안된 모델의 우수함을 나타내기 위해, 기존의 필터 Min-max, Mean, SMF, AMF와 비교하였다.

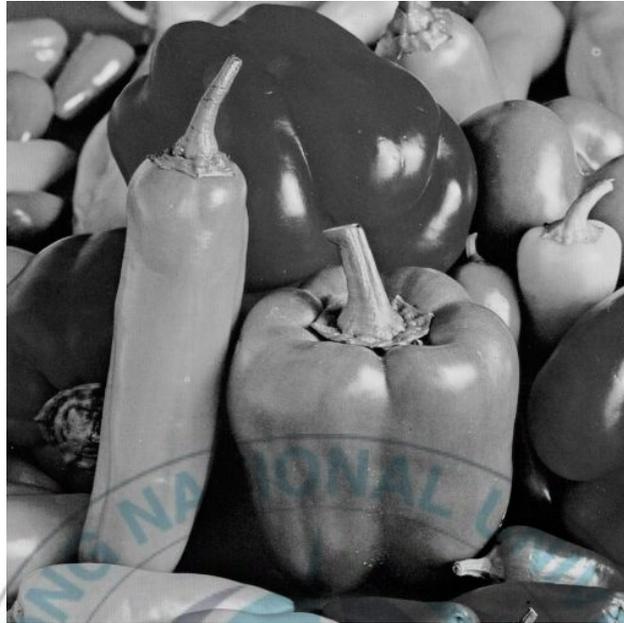
그림 14은 peppers(512×512)영상을 임펄스잡음 50%, $\sigma=10$ 의 복합 잡음 상에서 기존의 필터와 제안된 필터를 테스트한 영상이다. 본 논문에서 다양한 필터의 크기 사용을 고려하여 기존의 필터를 각기 3×3, 5×5, 7×7 중 우수한 데이터만을 가지고서 결과를 비교하여 보았다.

그림 14(a), 17(a)는 원 영상을 나타내고 있으며, 그림 14(b), 17(b)는 원 영상에 잡음 첨가한 결과를 나타내고 있다. 필터링 그림 15, 18에서의 (a)~(d)는 각기 기존의 필터 처리 결과를 나타낸 것이며, (d)는 본 논문에서 제안된 필터를 통한 결과를 구현한 것이다. 그림에서와 같이 기존의 필터에서는 AMF가 효과적으로 동작하였으나, 원영상의 화소 값이 임펄스 값에 근접한 값에서는 제안된 필터링 값보다 떨어짐을 나타낸다.

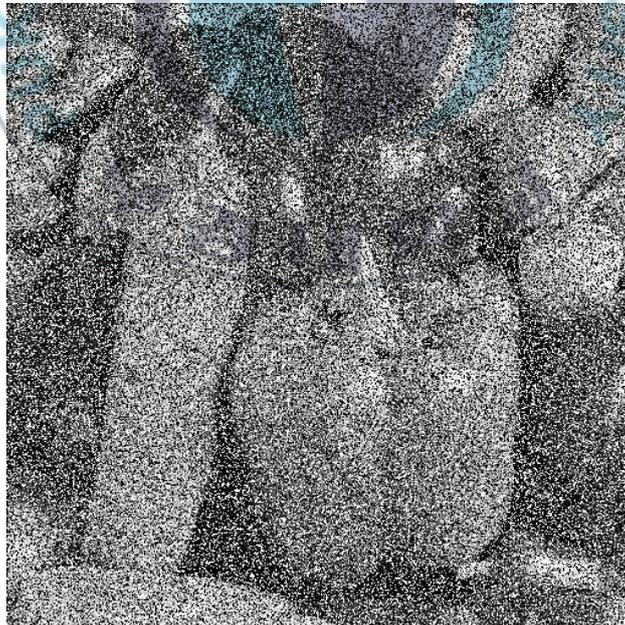
그림 19, 20와 표 1, 2는 pepper와 lena영상에 각기 10~ 90%까지 변화된 임펄스 잡음을 첨가하여 각 필터에 적용한 값이다. 이 때, PSNR을 통하여 각 필터와 비교하였다.

결과에 보이듯이 몇몇 부분에 있어서는 더 향상된 모습을 보이는 곳도 있다. 하지만, 이는 각기 크기가 다른 마스크의 우수한 데이터만을 가져온 것 고려한다면, 제안된 필터의 우수함을 알 수 있다.



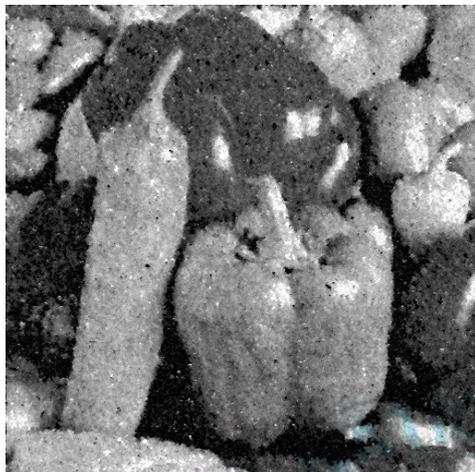


(a) Original image



(b) Noise image (Impulse 50%, $\sigma=10$)

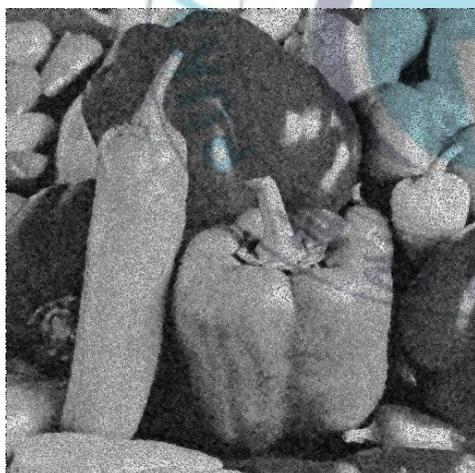
Fig. 14. Test image (peppers 512×512).



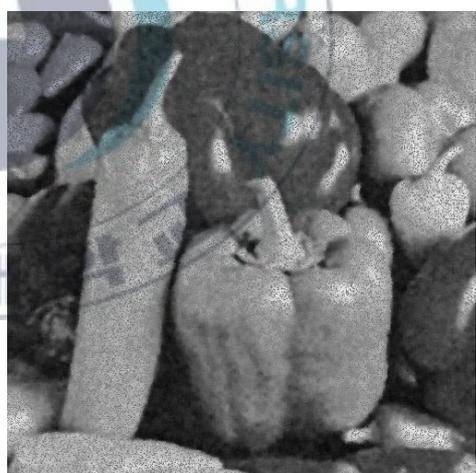
(b) Min-max



(c) Standard median

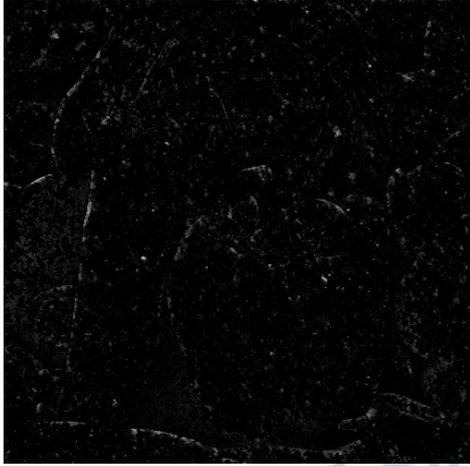


(e) Adaptive switching median

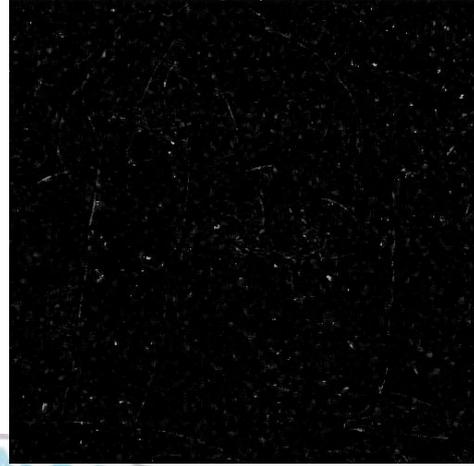


(f) Proposed algorithm

Fig. 15. Filtering image (peppers 512×512).



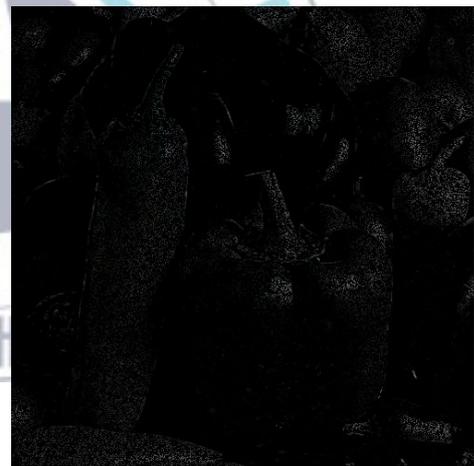
(b) Min-max



(c) Standard median



(e) Adaptive switching median

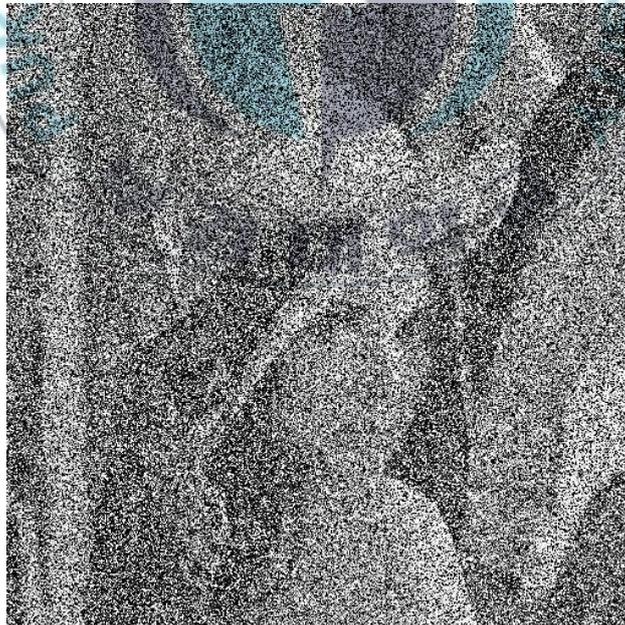


(f) Proposed algorithm

Fig. 16. Filtering image (peppers 512×512).



(a) Original image



(b) Noise image (Impulse 50%, $\sigma=20\%$)

Fig. 17. Test image (lena 512×512).



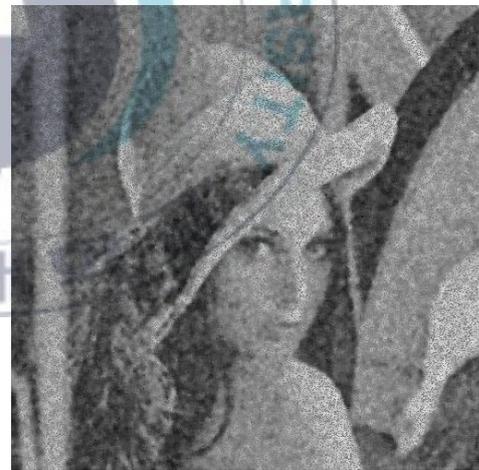
(b) Min-max



(c) Standard median



(e) Adaptive switching median

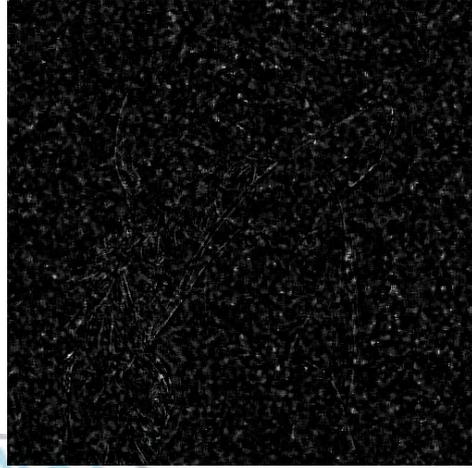


(f) Proposed algorithm

Fig. 18. Filtering image (lena 512×512).



(b) Min-max



(c) Standard median



(e) Adaptive switching median



(f) Proposed algorithm

Fig. 19. Filtering image (lena 512×512).

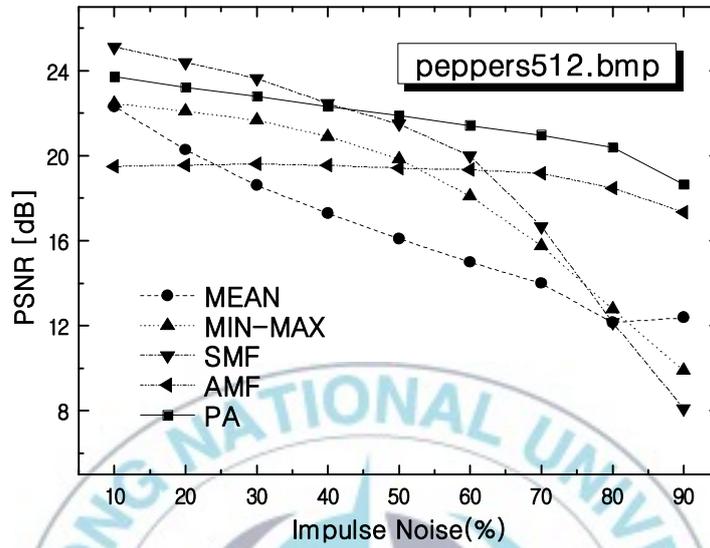


Fig. 20. PSNR with variation of impulse noise.

Table 1. PSNR with variation of impulse.

Impulse	peppers512×512 AWGN ($\sigma=10$)				
	Mean	Min-max	SM	ASM	PA
10%	22.32	22.45	25.12	19.5	23.69
20%	20.28	22.09	24.4	19.56	23.18
30%	18.61	21.67	23.64	19.61	22.75
40%	17.28	20.91	22.46	19.55	22.32
50%	16.1	19.84	21.49	19.42	21.89
60%	14.99	18.11	19.98	19.34	21.43
70%	14	15.76	16.67	19.17	20.98
80%	12.16	12.78	12.17	18.48	20.4
90%	12.37	9.89	8.1	17.35	18.66

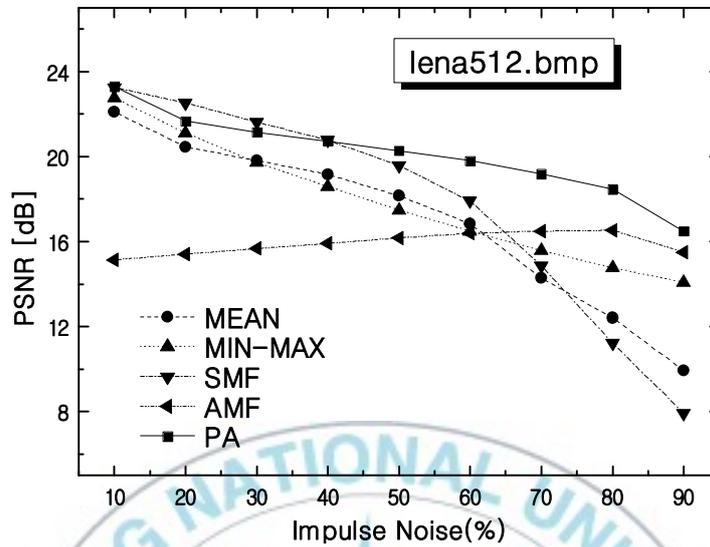


Fig. 21. PSNR with variation of impulse noise.

Table 2. PSNR with variation of impulse.

Impulse	Lena512×512 AWGN ($\sigma=20$)				
	Mean	Min-max	SM	ASM	PA
10%	22.32	22.45	25.12	19.5	23.69
20%	20.28	22.09	24.4	19.56	23.18
30%	18.61	21.67	23.64	19.61	22.75
40%	17.28	20.91	22.46	19.55	22.32
50%	16.1	19.84	21.49	19.42	21.89
60%	14.99	18.11	19.98	19.34	21.43
70%	14	15.76	16.67	19.17	20.98
80%	12.16	12.78	12.17	18.48	20.4
90%	12.37	9.89	8.1	17.35	18.66

제6장 결 론

본 논문에서는 임펄스 잡음환경에서 영상을 복원하기 위해, 처리 윈도우의 형태 변화와 잡음 밀도를 이용한 비선형 공간필터를 제안하였다. 그리고 시뮬레이션에서, PSNR를 사용하여 기존의 방법들과 비교하였다.

peppers512×512와 lena512×512영상에 각각 임펄스 잡음과 AWGN잡음을 삽입하여 그 결과를 살펴보았다. 또한 개선 향상도를 확인하기 위하여 출력결과 영상과 결과 개선도인 PSNR 특성을 살펴보았다. 그 결과 저역대의 일부구간을 제외한 모든 구간에서 좋은 결과를 살펴 볼 수 있었다. 특히, 잡음의 밀도가 높아질수록 더 좋은 성능을 나타내었다.

따라서 본 논문에서 제안한 영상복원 방법은 중첩된 복합잡음 환경하에서 운용되는 다양한 영상처리 시스템분야 등에 유용하게 적용되리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] Hough, P.V.C. "Method and Means for Recognizing Complex Patterns." U.S. Patent. 3,069,654. 1962.
- [2] A. Restrepo and A. C. Bovik, "adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Trans. Signal Process., vol. 36, pp. 1326-1337, Aug. 1988.
- [3] M. Werman and S. Peleg, "Min-max operators in texture analysis", IEEE Trans. PAMI, vol. 7, pp. 730-733, Nov. 1985.
- [4] Y.Xu and E. M. Lai, "Restoration of images contaminated by mixed Gaussian and impulse noise using a recursive minimum-maximum method", IEE Proc., Vis. Image Signal Process., vol. 145, pp. 264-270, 1998.
- [5] P. S. Windyga, "Fast impulsive noise removal", IEEE Trans. Image Processing, vol. 10, pp. 173-179, Jan. 2001.
- [6] Xin Wang, "Generalized Multistage Median Filter", IEEE Trans. Image Processing, vol. 1, pp. 1834-1838, 1992.
- [7] L. Yin, R. Yang, M. Gabbouj and Y. Neuvo, "Weighted median filters: a tutorial", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 43, pp. 157-192, 1996.
- [8] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] A. Restrepo and A. C. Bovik, “Adaptive trimmed mean filters for image restoration”, *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 36, pp. 1326–1337, Aug. 1988.
- [15] 이경호, 정석문, 김남호, “복합잡음 환경에서의 이미지 복원 필터”, 추계합동 학술논문발표회 논문집, 제 17권 2호, pp. 177–180, 2008. 12. 05.
- [16] 이경호, 김남호, “복합잡음 환경에서 영상복원을 위한 비선형 필터에 관한 연구”, 한국 신호처리·시스템 학회 2008추계학술대회 논문집. 제9권 2호. pp. 450–453, 2008. 11. 22.
- [17] 이경호, 류지구, 김남호 “복합 잡음 제거를 위한 비선형필터에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회 2008추계학술대회 논문집, vol. 12, No1, pp. 455–458, 2008. 11. 1.
- [18] 이경호, 류지구, 김남호, “임펄스잡음 제거를 위한 새로운 스위칭 미디어 필터에 관한 연구”, 한국 신호처리·시스템 학회 2008하계학술대회 논문집. 제9권 제1호. pp. 30–33, 2008. 6. 28.

- [19] 김국승, 이경효, 김남호, “창함수를 통한 향상된 디지털 필터 연구”, 춘계합동 학술논문발표회 논문집, 제17권 제1호, pp. 2152-218, 2008. 6. 14.
- [20] 이경효, 류지구, 김남호, “임펄스 잡음 제거를 위한 비선형 필터의 개선에 관한 연구”, 춘계합동 학술논문발표회 논문집, 제17권 제1호, pp. 211-214, 2008. 6. 14.
- [21] 이경효, 김남호 “변형된 창함수의 성능향상에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회 2008춘계학술대회 논문집, vol. 12, No. 1, pp.925-928, 2008. 5. 31.
- [22] 이경효, 류지구, 김남호 “임펄스 잡음 제거를 위한 미디언 필터의 개선에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회 2008춘계학술대회 논문집, vol. 12, No. 1, pp.-, 2008. 5. 31.
- [23] 이경효, 배상범, 김남호, “새로운 창함수를 이용한 FIR 디지털 필터에 관한 연구”, 추계합동 학술논문발표회 논문집. 제16권 제2호. pp.55-58, 2007. 12. 1.
- [24] 이경효, 배상범, 김남호 “창함수 설계 기법을 이용한 FIR 디지털 필터의 성능 향상에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회 2007추계학술대회 논문집, 11권 2호, pp. 351-354, 2007. 10. 27.
- [25] Bo Jin, Kyung-Hyo Lee., Nam-Ho Kim, "A Study on an Image Restoration Algorithm using Weighted Parameters", 한국 신호처리·시스템학회 춘계학술대회 논문집, 제8권, 제1호, pp. 42-45, 367-370, 2007. 6.23.
- [26] Bo Jin, Kyung-Hyo Lee., Nam-Ho Kim, "A Study on Universal Noises Removal Algorithm using Weighted Parameters", 한국통신학회·대한전자공학회·제어자동화시스템공학회 부산·경남지부 춘계합동 학술논문발표회 논문집, 제16권, 제1호, pp. 21-24, 2007. 6. 2.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 학문에 대한 열의를 부여해 주시고, 아낌없는 사랑과 가르침으로 보살펴 주신 김남호 교수님께 우선 깊은 감사드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 보잘 것 없는 제 논문에 많은 신경을 써주시고, 지도와 조언을 해주신 황용연 교수님, 김만고 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 석사 과정중에 다양한 수업으로 저의 학문을 넓혀주셨고, 아낌없는 마음으로 이끌어 주신 이형기 교수님, 최연욱 교수님, 변기식 교수님, 안영주 교수님, 이경창 교수님, 조현철 교수님께 감사드립니다.

대학원 생활 가운데 힘이 되어주신 선배 배상범, 서현수, 김 욱, 노현용, 김 파 등 여러 선배님들과 논문을 준비하는 가운데 사소한 것 하나에도 신경을 써 준 김국승군과 이창영 학부생에게도 감사의 말을 전합니다.

지금까지 부족한 저에게 언제나 변함없이 하늘보다 높은 사랑으로 지켜봐 주신 부모님과 동생에게 작은 결실을 바치며, 앞으로 더욱 더 열심히 할 것을 다짐합니다.

2009년 2월

이경호 올림