

메디안 혼성 필터의 잡음 특성 개선

正會員 崔 三 吉* 正會員 金 彰 圭* 正會員 田 桂 錄**
 正會員 金 明 起*** 正會員 邊 健 植***

A Study on the Characteristics of noise smoothing
in FIR-Median Hybrid Filters

Sam Kil Choi*, Chang Gue Kim*, Kye Rok Jun**, Myung Ki Kim***,
 Kun Sik Byon*** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 기존의 메디안필터와 메디안혼성필터의 잡음 제거 특성을 개선하기 위하여 차등가중치 알고리즘을 제안하였고, 이 알고리즘을 적용한 메디안혼성필터와 기존의 메디안필터 및 메디안혼성필터를 단순 영상과 실제 영상에 적용하여 영상의 잡음 제거 특성과 미세 부분 및 경계 보존 특성을 비교, 검토하였다. 본 논문에 사용된 단순 영상은 임펄스, 가우스, 지수 및 라플라션 잡음이 첨가된 Lenna 영상이며, 실제 영상은 임펄스 잡음이 첨가된 Urological 영상이다.

본 연구의 실험 결과 차등가중치 알고리즘이 적용된 메디안혼성필터가 기존의 메디안필터 및 메디안혼성필터보다 비교적 양질의 영상을 구현할 수 있었으나, 필터의 차수가 증가할수록 영상처리에 많은 시간이 소요되었다. 그러나 영상의 형태에 따라 적절한 필터링을 선택하여 적용하면 향후 컴퓨터를 이용한 여러 응용 분야 및 의학 영상 처리 분야등에 상당한 도움이 되리라고 사료된다.

ABSTRACT

In this paper, the differential weighted algorithm proposed in order to improve the noise smoothing characteristics of conventional Median filter and FIR-Median Hybrid filter. Performance of some image restoration filter (median filter, FIR-Median Hybrid filter, FIR-Median Hybrid filter to proposed differential weighted algorithm) are compared and evaluated on the noise smoothing characteristics and sharp edge conservation characteristics. Test and Real images used in this paper are Lenna and Urological images corrupted by impulse, gaussian, exponential and laplacian noise.

Experimental results show that the FIR-Median Hybrid filter applied to the differential weighted algorithm are comparatively superior to others. But the filter orders have increased, the more time consumed to image processing. Hence if the adequate filtering by the type of image is selected, now after a great support will be take consideration into the various parts of application by computer science and of medical image processing.

*東義大學校 電子通信工學科
 Dept. of Electronic Communication Engineering,
 Dongeui Univ.
 **釜山大學校 醫科大學

***東亞大學校 電子工學科
 Dept. of Electronic Engineering, Dong-A University
 論文番號 : 92-118 (接受1992. 3. 30)

I. 서 론

1970년대 부터 급속히 발전한 전자공학 및 컴퓨터 기술에 힘입어 디지털 신호처리에 의한 영상의 화질을 개선하려는 연구는 계속 진행되어 왔다. 영상처리에서 잡음이 섞인 영상의 화질을 개선하려고 할때 영상의 미세 선분과 예리한 경계 영역이 손상되지 않으면서 잡음을 제거하는 방안에 대한 연구는 대단히 중요하다. 왜냐하면 여러가지 방향의 미세선분이나 예리한 경계가 매우 중요한 정보를 가지고 있기 때문이다⁽¹⁾. 예를들어 컴퓨터 단층 촬영기, 초음파 기기, 혈관 촬영기, 핵자기공명 장치 등과 같은 의료용화상 정보처리의 경우 영상에 잡음이 혼합되어 있으면 병변 진단에 상당한 영향을 미치기 때문에 blurring이 생기지 않게 잡음을 제거하여야 한다^(2,12).

영상처리에서 일반적으로 사용되고 있는 필터는 선형필터(linear filter)와 비선형(nonlinear)필터가 있다⁽³⁾. 선형필터는 잡음 제거 특성은 좋으나 경계나 여러방향의 미세 선분들을 손상시키고 계산량이 많기 때문에, 실시간 처리에는 부적합하다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위하여 많은 응용에 비선형 필터 중의 하나인 메디안필터(MF : median filter)가 사용되고 있다.^(4,13)

MF는 경계를 보존하면서 임펄스 잡음을 제거하며 처리 속도도 비교적 빠르기 때문에 경계의 식별이 중요한 영상처리 분야와 임펄스 잡음이 문제가 되는 음성처리를 포함한 디지털 신호처리 분야 등에 이용되고 있다^(5,16). 그러나 MF는 선분과 같은 영상의 미세 선분을 잘 보존하지 못하는 단점이 있다. 즉 윈도우 크기보다 더 큰 영상의 미세 선분은 잘 보존하지만 윈도우 크기보다 적은 영상의 미세 선분은 잘 보존하지 못한다⁽⁶⁾. 그리고 영상의 평탄한 지역에서의 잡음 제거는 잘 되나 경계지역 근처에 잡음이 있는 경우는 경계가 손상된다^(7,17). 그래서 Neiminen등은 다중레벨 메디안 연산(multilevel median operation)을 이용한 메디안혼성필터(FMHF : FIR median hybrid filter)를 제안하였다. FMHF는 부필터(subfilter)의 화소들을 산술평균한 후 부필터들의 화소들에 균등한 가중치(weight)를 곱하고 더한 후, 이 값들의 메디안을 출력으로 하는 것으로서 데이터 정렬에 필요한 시간은 많이 줄일 수 있으며 영상의 미세 부분을 방향에 관계없이 잘 보존할 수 있다^(1,8,11). 그러나 다중레벨 FMHF는 레벨이 높을 수록 영상의 미세 부

분을 더 잘 보존하지만 잡음 제거 특성이 나빠지는 경향이 있다⁽⁹⁾.

본 연구에서는 이러한 문제점을^(10,16,17) 개선하려는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 영상처리시 효율적으로 잡음을 제거하기 위하여 부필터 내의 화소들에 차등가중치를 인가하여 부필터의 출력을 계산하는 방법이다. 즉 필터 윈도우 내의 평균치와 분산치를 구하고 부필터 내의 화소치들에서 윈도우의 평균치를 감산한 값과 윈도우 내의 분산치를 비교하여 가중치를 조절하게끔 하였다.

분석 방법은 256 X 256 화소들로 구성되는 단순 영상과 512 X 512 화소들로 구성되는 실제영상들에 임펄스(impulse), 균일(uniform), 가우스(gaussian), 지수(exponential), 이중 지수(double exponential) 잡음들을 첨가한 각 영상에 대한 MF, FMHF, 그리고 제안된 알고리즘을 적용한 FMHF의 특성을 평균, 표준 편차, 분산치, RMSE(root mean square error), PMSE(peak mean square error) 등으로 비교, 분석하였다.

분석 결과 제안된 알고리즘을 적용한 FMHF가 경계를 손상시키지 않고 보다 효율적으로 잡음을 제거함을 알 수 있었다.

II. 메디안 혼성 필터(FMHF : FIR median hybrid filter)

2.1 메디안혼성필터(FMHF : FIR Median Hybrid Filter)

2차원 영상에서의 FMHF는 두 개의 부필터를 가지는 단방향필터와 네 개의 부필터를 가지는 양방향필터로 구분되며, 부필터들은 윈도우 내의 중심 화소에 대하여 대칭적으로 존재한다.

FMHF에서 윈도우 크기를 $N \times N$ 으로 하면 부필터의 방향들은 그림 1과 같다.

단방향 FMHF의 기본적인 알고리즘은 다음과 같다.

$$Y(m,n) = \text{MED}[Y_E(m,n), Y_W(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_i(m,n)$ 는 FIR 선형위상 부필터 h_i 의 출력이고, i 는 윈도우 중심 화소에서 부필터가 동작하는 방향을 나타낸다. 필터의 출력은 부필터의 출력들과 중심 화소 $X(m,n)$ 의 메디안으로 구한다.

윈도우가 5×5 인 경우는 4가지 종류의 단방향 필터가 존재하며 이들은 그림 2와 같다.

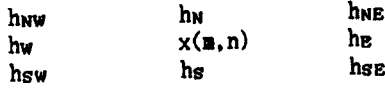


그림 1. FMHF에서의 부필터들의 방향
Fig. 1. Subfilter direction in FMHF

그림 2. (a)는 단방향 MF의 기본인 1LH- 필터로써 숫자는 레벨을 표시하고, -는 필터가 단방향임을 의미한다. 그림 2.(b),(c),(d),는 1LH- 필터의 회전된 형태를 나타낸다.

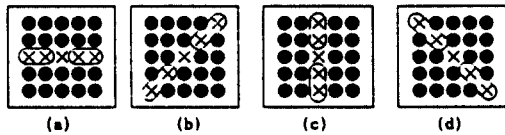


그림 2. 단방향 메디안 혼성 필터들의 형태
(a)1LH-, (b) R1LH-, (c) R1LH-', (d)ZR1LH-".
Fig. 2. Masks of the unidirectional FMHF
(a)1LH-, (b)R1LH-, (c)R1LH-', (d)R1LH-".

양방향 FMHF의 기본적인 알고리즘은 다음과 같다.

$$Y(m,n) = \text{MED}[Y_N(m,n), Y_E(m,n), Y_s(m,n), Y_w(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_i(m,n)$ 은 부필터 h_i 의 출력이며, i 는 윈도우 중심에서 부필터가 동작하는 방향을 나타낸다. 필터의 출력은 4개의 부필터의 출력과 중심 화소 $X(m,n)$ 의 메디안으로 구한다.

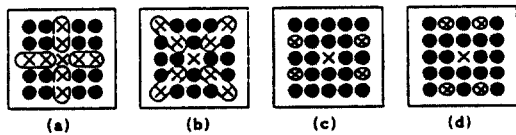


그림 3. 양방향 FMHF의 여러가지 형태
(a)1LH+, (b)R1LH+, (c) R1LH+', (d) R1LH+".
Fig. 3. Masks of the bidirectional FMHF
(a) 1LH+, (b) R1LH+, (c) R1LH+', (d) R1LH+".

윈도우가 5×5인 경우 4가지 종류의 양방향 MF가 존재하며 이들은 그림 3과 같다.

그림 3.(a)는 양방향 MF의 기본인 1LH+필터로서 숫자는 레벨을 나타내며, +는 필터가 양방향임을 의미한다.

그림 3.(b),(c),(d)는 1LH+ 필터의 회전된 형태이다.

그림 3.(b)와 같이 양방향 FMHF의 마스크(mask)가 45° 회전된 형태의 알고리즘은 다음과 같다.

$$Y(m,n) = \text{MED}[Y_{NE}(m,n), Y_{SE}(m,n), Y_{SW}(m,n), Y_{NW}(m,n), X(m,n)]$$

여러가지 양방향 5×5마스크들은 단방향의 경우에서 기술한 원칙에 따라 생성될 수 있다.

2.2 다중레벨 메디안혼성필터(MFMHF : multilevel FMHF)

전 절에서 기술한 단방향, 양방향 필터들은 부필터의 방향과 선분의 방향이 일치하지 아닐 경우 미세한 선분들을 잘 보존하지 못한다. 메디안이므로 필터는 더 이상 민감한 미세 부분은 잘 보존하지 못하게 된다.

이러한 단점을 보완하기 위해 다중레벨 메디안 연산(P level median operation)이 도입되었다.

가장 간단한 다중레벨 단방향 FMHF는 2레벨 단방향 FMHF인 2LH- 필터이다. 2LH- 필터는 1LH- 필터와 R1LH-' 필터를 트리구조를 이용하여 부필터들을 결합한 것이며, 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{2LH-}(m,n) = \text{MED}[Y_{1LH-}(m,n), Y_{R1LH-}'(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{1LH-}(m,n)$ 는 그림 2.(a)의 1LH- 필터의 출력이고, $Y_{R1LH-}'(m,n)$ 은 그림 2.(c)의 R1LH-' 필터의 출력이며, $X(m,n)$ 은 윈도우의 중심 화소값이다.

회전된 형태의 2레벨 단 방향 FMHF는 R2LH- 필터로서, 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{R2LH-}(m,n) = \text{MED}[Y_{R1LH-}'(m,n), Y_{R1LH-}''(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{R1LH-}(m,n)$, 는 그림 2.(b)의 $R1LH-$ 필터의 출력이고, $Y_{R1LH+}(m,n)$ 는 그림 2.(d)의 $R1LH+$ 필터의 출력이며, $X(m,n)$ 은 윈도우의 중심 화소값이다. 이러한 필터들은 부필터들과 같은 방향에 있는 선분들을 보존할 수 있다.

3레벨 단방향 FMHF($3LH-$)는 $2LH-$ 필터와 $R2LH-$ 필터를 트리 구조를 이용하여 부필터들을 다시 결합한 필터로서, 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{3LH-}(m,n) = \text{MED}[Y_{2LH-}(m,n), Y_{R2LH-}(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{2LH-}(m,n)$ 는 $2LH-$ 필터의 출력이고, $Y_{R2LH-}(m,n)$ 은 $R2LH-$ 필터의 출력이며, $X(m,n)$ 은 윈도우의 중심 화소값이다. $3LH-$ 필터는 2레벨 FMHF보다 미세 선분들을 더욱 잘 보존한다.

기본 부필터들이 양방향이면 다중레벨 FMHF들의 또다른 형태인 다중레벨 양방향 FMHF를 생성할 수 있다.

가장 단순한 형태의 2레벨 양방향 FMHF인 $2LH+$ 필터는 메디안 트리 구조를 사용하여 $1LH+$ 필터와 $R1LH+$ 필터의 부필터들을 결합한 것이고, 8개의 부필터들을 가지며, 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{2LH+}(m,n) = \text{MED}[Y_{1LH+}(m,n), Y_{R1LH+}(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{1LH+}(m,n)$ 은 그림 3.(a)의 $1LH+$ 필터의 출력이고, $Y_{R1LH+}(m,n)$ 은 그림 3.(b)의 $R1LH+$ 필터의 출력이며, $X(m,n)$ 은 중심 화소값이다.

회전된 형태인 2레벨 양방향 FMHF인 $R2LH+$ 필터의 알고리즘은 비슷한 방법으로 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{R2LH+}(m,n) = \text{MED}[Y_{1LH+}'(m,n), Y_{R1LH+}''(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{R1LH+}(m,n)$ 은 그림 2.(c)에 나타난 화소에 대해 5점 메디안 연산의 출력이고, $Y_{R1LH+}''(m,n)$ 은 그림 2.(d)에 나타난 화소에 대해 5점 메디안 연산의 출력이다.

3레벨 양방향 FMHF인 $3LH+$ 필터는 2레벨 양방향 FMHF($2LH+$, $R2LH+$)들과 4개의 1레벨 양방향 FMHF($1LH+$, $R1LH+$, $R1LH+$, $R1LH+$)들이 결합되어 16개의 부필터들로 구성된다.

$3LH+$ 필터의 알고리즘은 다음과 같이 정의된다.

$$Y_{R3LH+}(m,n) = \text{MED}[Y_{2LH+}(m,n), Y_{R2LH+}(m,n), X(m,n)]$$

여기서 $Y_{2LH+}(m,n)$ 은 $2LH+$ 필터의 출력이고 $Y_{R2LH+}(m,n)$ 는 $R2LH+$ 필터의 출력이며, $X(m,n)$ 은 중심 화소값이다.

2.3 차등 가중치 알고리즘 (DWA : Differential Weighted Algorithm)

전 절에서 설명한 FMHF는 부필터 내의 화소들의 평균치를 부필터의 출력으로 한다. 즉 5×5 윈도우에서는 부필터 내의 화소가 2 개이므로 각 화소에 0.5의 가중치를 곱하고 그 값들의 합을 부필터의 출력으로 한다.

본 논문에서는 가중치에 차등($1/2 \pm 1/4, 1/2 \pm 1/8, 1/2 \pm 1/16$)을 두어 잡음 제거를 효율적으로 수행할 수 있는 DWA를 제안하고자 한다.

영상에 섞여있는 잡음은 공간적으로 상호 관련이 없으며 원래 영상의 신호보다 넓은 주파수대역을 가지므로 분산치가 원 영상의 분산치보다 더욱 커진다. 그래서 잡음이 섞인 영상에서 $N \times N$ 윈도우를 이동시키면서 윈도우내의 전 화소들을 평균한 값은 저역통과필터(lowpass filter)를 통과한 값이 되므로, 이 평균값은 잡음을 평탄화(smoothing)한 값이라고 볼 수 있다. 그러므로 이 값들을 기준으로 부필터 내의 화소들을 서로 비교하고 비교된 값들과 부필터 내의 분산치를 비교하여 가중치를 조절하여 준다. 즉 부필터 중 첫 번째 화소값에 평균치를 감산한 값이 분산치 보다 적고 두 번째 화소값에서 평균치를 감산한 값이 분산치 보다 큰 경우이거나 그 반대인 경우는 각 화소의 값으로 인정하고, 만약 첫 번째 화소값에서 평균치를 감산한 값이 분산치 보다 크고 두 번째 화소값에서 평균치를 감산한 값도 분산치 보다 크다면 첫 번째 화소값에 잡음이 많이 섞여 있다고 가정하고 가중치의 값을 적게한다.

그리고 이들의 합을 부필터의 출력으로 한다. 예를 들어 5×5 윈도우인 경우의 알고리즘은 다음과 같다.

Y_i : 부필터의 출력, $i=1, 2, \dots, n$
 (단 n 은 부필터의 갯수)
 X_{i1}, X_{i2} : i 번째 부필터내의 화소
 M : 윈도우의 평균치
 Var : 윈도우의 분산치
 α_1, α_2 : 가중치, 단 $\alpha_1 > \alpha_2, \alpha_1 + \alpha_2 = 1$
 만약 $|X_{i1} - M| < Var. < |X_{i2} - M|$
 또는 $|X_{i2} - M| < Var. < |X_{i1} - M|$ 이면
 $Y_i = 1/2(X_{i1} + X_{i2})$ 이고
 만약 $|X_{i1} - M| > |X_{i2} - M| > Var.$ 이면
 $Y_i = \alpha_2 \cdot X_{i1} + \alpha_1 \cdot X_{i2}$ 이고
 만약 $|X_{i2} - M| > |X_{i1} - M| > Var.$ 이면
 $Y_i = \alpha_1 \cdot X_{i1} + \alpha_2 \cdot X_{i2}$ 이다.

이 알고리즘을 기존의 FMHF에 적용한 차등 가중치 FMHF와 기존의 MF, 그리고 기존의 FMHF에 대하여 root 신호 특성과 잡음 제거 및 경계 보존 특성을 비교, 분석하였다.

III. 영상 처리 시스템의 구성

영상 처리 시스템을 구현하기 위하여 사용한 시스

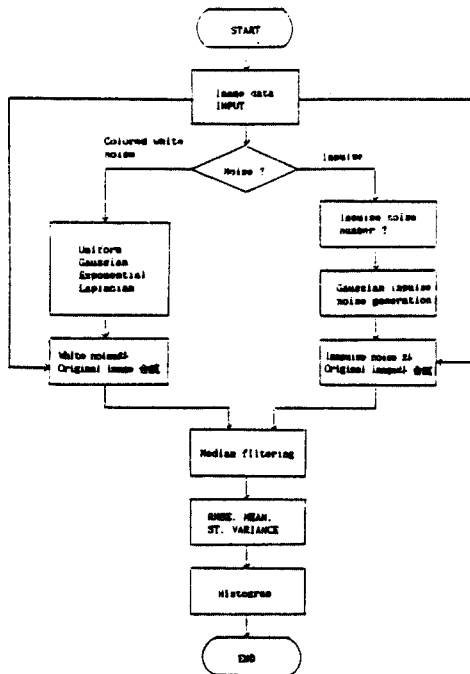


그림 4. 영상처리 시스템의 흐름도.
 Fig. 4. Flowchart of image processing system.

템은 하드웨어는 I.B.M. A/T(386 SX:HDD 80MB)와 영상처리 전용 인터페이스보드(D.T2851/D.T 2858), 멀티비전 모니터, C.C.D 카메라 등이며, 소프트웨어 중 언어는 Turbo C5.0을 사용하였으며, 영상처리용 유틸리티(utility)는 D.T(data translation)에서 제공하는 DT/IRIS를 사용하였다.

개발된 프로그램의 흐름도(flowchart)는 그림4와 같고 MF, 기존의 FMHF 이 DWA를 적용한 FMHF를 처리하기 위한 흐름도는 그림 5와 같다.

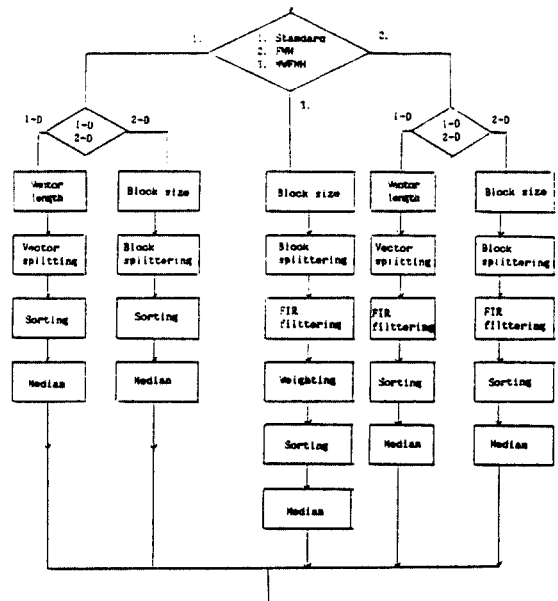


그림 5. 메디안필터, 메디안혼성필터와 제안한 차등 가중치 알고리즘을 적용한 메디안 혼성필터를 영상처리 하기 위한 흐름도.

Fig. 5. Flowchart of image processing for median filter, FIR median hybrid filter (FMHF), and FMHF applied to proposed differential weighted algorithm.

IV. 실험 결과 및 검토

4.1. 기본 신호 분석 (root signal analysis)

여파시에 더 이상 변화하지 않는 신호를 기본 신호라고 하며, FMHF의 특징 중의 하나는 이러한 기본 신호가 존재한다는 것이다.

FMHF의 기본 신호들을 조사함으로써 인해 필터가 여러 입력 수열(input sequence)에 어떠한 효과를

미치는지에 대하여 성질상의 정보(qualitative information)를 얻을 수 있다. 특히 선들과 민감한 미세 부분들을 얼마나 잘 보존할 수 있는 필터인지에 관심을 둔다. 기본 신호의 분석은 필터의 특성을 완전히 파악하자는 것이 아니고 단지 필터들의 일반적인 특징들을 이해하기 위한 목적이다.

1차원 MF의 고유 특징⁽⁸⁾들은 Arce 등에 의해 분석되었으나 2차원인 경우는 아직 연구 단계에 있다. 길이가 $K+1$ 인 일정한 레벨을 가지는 연속된 화소들과 경계로 구성되는 신호는 $(2K+1) \times (2K+1)$ 원도우에서 MF의 기본 신호이다. 그러나 원도우가 5×5 MF의 경우는 길이가 1 또는 2인 선들은 잘 보존하지 못한다. 단방향 FMHF의 경우 $(2K+1) \times (2K+1)$ 원도우에서 1LH-, R1LH-, R1LH- 필터들은 부필터들의 방향과 일치되는 방향의 선분들을 잘 보존한다. 그리고 2LH- 필터는 적어도 길이가 2K인 수직 또는 수평 방향 선분들을 잘 보존하며, 3LH- 필터는 적어도 길이가 2K인 수직과 수평 또는 대각선방향의 선분들을 잘 보존한다. 즉, 3레벨 필터는 4개의 다른 방향의 선분들을 잘 보존하며, 1레벨 필터는 단방향의 선분들을 잘 보존한다. 선분들과 경계들이 단방향 FMHF의 부필터들에 평행하며 충분히 긴 모든영상들은 선분과 경계 및 부필터에 평행한 기본 영상(root image)들이다.

양방향 FMHF의 경우 $(2K+1) \times (2K+1)$ 원도우에서 1LH+ 필터는 적어도 폭이 2K이고 길이가 2K인 수직과수평 방향의 선분들을 잘 보존한다. 즉 1LH+ 필터는 영상의 전영역에 대해 수직과 수평 선분들을 잘 보존하나, 만약 선이 2K폭 보다 좁고 영상 영역내의 시작점과 끝점에서 2K 폭 보다 좁다면 1LH+ 필터는 선분의 마지막 K화소들에서 왜곡된다. 2LH+ 필터는 수직과 수평 그리고 대각선 4방향의 선분들을 잘 보존하며, 3LH+ 필터는 16개의 부필터들을 가지므로 8방향의 선분들을 잘 보존한다. 3LH- 필터는 2LH+ 필터의 기본 신호와 부가적인 기본 신호를 가진다.

단방향 FMHF들은 대응되는 양방향 FMHF보다 영상의 미세 부분을 잘 보존한다.

차등 가중치 알고리즘을 적용한 경우는 필터의 기본적인 구조가 같기 때문에 앞의 경우와 동일하게 적용된다.

결론적으로 레벨이 높은 FMHF는 세밀한 미세 부분들을 더욱 잘 보존할 수 있다. 그러나 레벨이 높아

질 수록 처리 시간이 길어지는 단점이 있다.

4.2. 잡음이 첨가된 단순 영상에 대한 잡음 제거 및 경계 보존 특성의 검토

필터는 구현하기 쉽고 바람직한 기본 구조를 가져야 하지만 잡음 제거 능력도 우수해야 됨은 매우 중요하다. FMHF의 비선형성때문에 FMHF는 잡음 제거 특성은 일반적인 상황 하에서 분석하기 어렵다. 왜냐하면 잡음 제거 특성이 신호에 따라 다르기 때문이다.

Neiminen 등은 FMHF를 이용하여 세 가지 분포의 잡음, 즉 가우스, 균일, 라플라션(이중지수)분포를 가지는 잡음에 대해 잡음 제거 능력을 비교, 검토하였다. 그 결과 가우스 잡음 분포의 경우는 MF와 FMHF가 비슷한 잡음 제거능력을 가진다고 하였다.

본 논문에서는 여러가지 필터들의 잡음 제거 및 영상의 미세 부분 보존 특성을 관찰하기 위해 영상의 크기가 256×256 인 Lenna 영상에 4가지 형태의 잡음을 첨가시켰다. 원 영상에 첨가된 잡음은 분포분산이 10인 균일, 가우스, 지수, 라플라션 잡음 등이다. 잡음의 첨가는 먼저 난수(random variable)를 발생시키고 colored잡음을 균일, 가우스, 지수, 라플라션 분포등에 수행한 다음 white화 한다. 여기서 white화라는 의미는 평균이 0 이고 분산이 1인 상태의 값을 취함을 의미한다. 그 후 원 영상에 잡음이 첨가된 영상을 합산하여 잡음이 첨가된 단순 영상을 생성한다.

원 영상과 잡음이 첨가된 영상의 사진은 그림6과 같다. 원 영상은 Lenna(그림 6. a)이고, 분포분산이 10인 균일 잡음을 첨가한 영상은 LU 10(그림 6. b), 분포분산이 10인 가우스 잡음을 첨가한 영상은 LG 10(그림 6. c), 분포분산이 10인 지수 잡음을 첨가한 영상은 LE 10(그림 6. d)이며, 그리고 분포분산이 10인 라플라션 잡음을 첨가한 영상은 LD 10(그림 6. e)이다.

이렇게 생성된 영상들을 MF와 기존의 FMHF, 그리고 DWA를 적용한 FMHF 등에 적용하여 여러가지 필터들의 특성을 비교, 검토한 결과는 표1과 같다.

참고로 표 1의 영상들에 명명된 영상명에서 LU10은 원영상이 Lenna이며 잡음 레벨이 10인 균일 잡음이 첨가된 영상을 의미하며, LG와 LE 및 LD는 가우스와 지수 및 라플라션 잡음 등이 첨가된 영상을 의미한다. 또한 LG10C4는 원 영상이 Lenna이며 잡음 레벨이 10인 가우스 잡음이 첨가된 영상에 2차원

FMHF를 적용함을 의미한다.

사용한 필터의 형태는 아래와 같이 분류한다.

1. 1차원
2. 2차원 MF,
3. 1차원 FMHF,
4. 2차원 FMHF,
5. DWA($1/2 \pm 1/4$)를 적용한 3차원 FMHF,
6. DWA($1/2 \pm 1/8$)를 적용한 3차원 FMHF,
7. DWA($1/2 \pm 1/16$)를 적용한 3차원 FMHF이며 2차원 FMHF이후 부터 필터의 종류를 다음과 같이 분류한다.
- 1)1LH-, 2)R1LH-, 3)R1LH+, 4)R1LH-,
- 5)1LH+, 6)R1LH+, 7)R1LH+, 8)R1LH+,
- 9)2LH-, A)2LH+, B)R2LH-, C)R2LH+,
- D)3LH-, E)3LH+ 등이다.



(a)



(c)



(d)



(b)



(e)

그림 6. 원 영상과 잡음 분포분산이 10인 잡음이 첨가된 영상.

(a)원 영상, (b)균일 잡음 영상, (c)가우스 잡음 영상, (d)지수 잡음 영상,

(e)라플라션 잡음 영상.

Fig. 6. Original image and noisy image of variance 10.

(a)Original image, (b)Uniform image, (c)Gaussian image (d)Exponential image,

(e)Laplacian image.

표 1. 여러가지 필터들이 적용된 출력 영상의 특성.

Table 1. The characteristic of output image applied various filters.

statistic image	MEAN	STD	VAR	RMSE	PMSE
Lenna.dat	98.61	53.17	2827.11	-	-
LU10.dat	98.68	53.42	2854.17	6.10	37.20
LG10.dat	98.62	53.99	2914.44	9.54	91.06
LE10.dat	98.71	54.05	2921.82	9.57	91.64
LD10.dat	98.72	54.02	2917.13	9.58	91.81
LU10C1	98.05	52.09	2713.43	11.71	137.22
LG10C1	98.29	51.98	2710.57	13.31	177.03
LE10C1	97.64	51.91	2694.44	13.23	175.09
LD10C1	97.52	51.83	2686.70	13.20	174.21
LU10C2	98.41	52.15	2719.86	21.16	447.75
LG10C2	98.96	51.24	2625.49	21.41	458.55
LE10C2	97.98	51.12	2612.88	21.34	455.19
LD10C2	97.88	51.18	1619.88	21.45	460.04
LU10C3	101.15	51.97	2700.39	12.23	149.67
LG10C3	102.56	52.34	2739.86	14.05	197.37
LE10C3	101.96	52.28	2733.46	14.10	198.75
LD10C3	101.86	52.23	2727.69	14.13	199.54
LG10C41	97.75	52.93	2801.61	18.13	328.53
LG10C45	90.98	52.40	2746.14	20.84	434.14
LG10C49	97.51	53.53	2865.06	15.56	242.07
LG10C4A	91.78	51.80	2682.86	19.57	382.79
LG10C4D	97.70	53.81	2895.87	15.31	234.32
LG10C4E	97.21	53.41	2852.78	15.90	252.68
LG10C51	93.84	53.08	2817.35	18.04	325.39
LG10C55	85.98	52.36	2742.01	36.79	1353.38
LG10C59	95.28	53.65	2878.38	16.13	280.06
LG10C5A	76.59	48.59	2361.29	54.20	2937.54
LG10C5E	97.68	53.80	2894.79	15.32	234.81
LG10C61	90.38	54.63	2984.85	19.74	389.74
LG10C65	86.01	52.34	2739.85	36.70	1347.04
LG10C69	95.29	53.65	2878.32	16.08	258.60
LG10C6A	77.73	48.59	2360.51	52.16	2720.86
LG10C6D	97.68	53.80	2894.48	15.33	245.08
LG10C6E	96.17	53.02	2811.40	16.81	282.73
LG10C71	89.81	50.45	2545.20	20.25	409.87
LG10C75	85.50	52.24	2729.24	37.98	1442.76
LG10C79	95.29	53.65	2878.19	16.07	258.30
LE10C61	91.12	53.35	2846.22	18.02	324.86
LE10C65	86.79	52.39	2744.24	34.75	1208.06
LE10C69	94.56	53.50	2861.74	15.80	249.52
LE10C6A	77.75	48.89	2390.00	51.47	2649.11
LE10C6D	96.99	53.67	2880.73	15.01	225.24

statistic image	MEAN	STD	VAR	RMSE	PMSE
LE10C61	95.41	52.93	2801.24	16.56	274.15
LE10C71	85.87	49.14	2414.74	19.62	384.79
LE10C75	86.29	52.39	2744.40	34.45	1186.56
LE10C79	94.56	53.50	2861.96	15.78	248.93
LE10C7A	78.09	48.87	2487.85	50.79	2579.84
LE10C7D	96.99	53.67	2880.69	15.01	225.31
LE10C7E	95.41	52.93	2801.30	16.55	274.05
LE10C41	97.11	52.83	2791.27	18.00	324.09
LE10C45	90.43	52.45	2750.52	20.73	429.58
LE10C49	96.61	53.43	2854.55	15.31	234.31
LE10C4A	91.29	52.01	2704.72	19.46	378.76
LE10C4D	97.02	53.69	2882.87	14.96	223.91
LE10C4E	96.38	53.25	2835.61	15.61	243.64
LE10C51	92.84	53.47	2859.04	15.95	254.38
LE10C55	86.13	52.41	2746.35	34.92	1219.59
LE10C59	94.54	53.48	2860.54	15.90	252.77
LE10C5A	76.48	48.92	2393.38	53.67	2880.83
LE10C5D	96.99	53.67	2880.73	15.01	225.39
LE10C5E	95.39	52.92	2800.92	16.66	277.58
LE10C79	94.56	53.49	2861.95	15.78	248.93
LE10C7A	78.09	48.87	2387.85	50.79	2579.84
LE10C7D	96.99	53.67	2880.69	15.01	225.31
LE10C7E	95.41	52.93	2801.30	16.55	274.05

따라서 만약 영상명이 LE10C7E이면 원 영상이 Lenna이며, 잡음 레벨이 10인 지수 잡음이 첨가된 영상에 차등 가중치(DW) 1/2 ± 1/16를 적용한 FMHF중 3LH+필터로 여과한 결과의 영상을 의미한다.

표 1의 각 통계치를 검토하여 보면 잡음의 레벨이 증가할 수록 평균치는 균일 및 가우스 잡음의 경우는 증가하나, 지수 및 라플라션의 경우는 감소함을 알 수 있다. 또한 같은 잡음 레벨의 경우라도 평균치는 균일 잡음의 경우가 가장 높고 가우스, 지수, 라플가선의 순으로 낮아진다.

반면에 RMSE 치는 역의 순으로 나타난다.

각 필터를 여러가지 다른 형태의 잡음이 첨가된 영상에 적용한 결과를 비교하면 다음과 같다. 균일잡음의 경우 1,2차원 FMHF가 MF보다 잡음제거 특성이 훨씬 좋았으며, 가우스잡음의 경우 MF와 1,2 차원 FMHF는 거의 동일하며, 라플라션잡음의 경우 MF가 1,2차원 FMHF보다 훨씬 좋았다, 또한 3차원 FMHF와 DWA가 적용된 FMHF의 경우 MF와 1,2

차원 FMHF보다 아주 좋은 잡음 제거 특성을 나타냈다. 전반적으로 MF는 임펄스잡음을 가장 효과적으로 제거하며, FMHF는 영상의 미세 부분은 잘 보존하나, 잡음 제거 특성이 나빠져 blurring이 발생함을 알 수 있었다. DWA(세 가지 경우: $1/2 \pm 1/4$, $1/2 \pm 1/8$, $1/2 \pm 1/16$)를 적용한 필터에서는 영상의 미세 부분을 잘 보존하면서 잡음 제거 특성도 좋아짐을 알 수 있었다.

각 필터 중 잡음 제거 특성이 가장 우수한 차등 가중치 FMHF(3LH+)를 잡음 레벨이 다른 여러가지 영상에 적용한 결과는 그림 7과 같다.

그림 7의 화면을 4 상한으로 구분하면, 1 상한에는 2차원 FMHF 중 3LH+ 필터이고, 2 상한에서 4상한까지는 차등 가중치 FMHF 중 3LH+ 필터로 여파한 결과 영상이다. 각각의 영상 크기는 256×256 이나 3, 4 상한의 영상은 아래 부분이 잘려 나간 형태이다.

차등 가중치 $1/2 \pm 1/16$ 을 적용한 경우가 $1/2 \pm 1/4$ 을 적용한 경우 보다 RMSE도 낮아지며 영상의 미세 부분과 경계 영역을 훨씬 잘 보존함을 알 수 있었다.

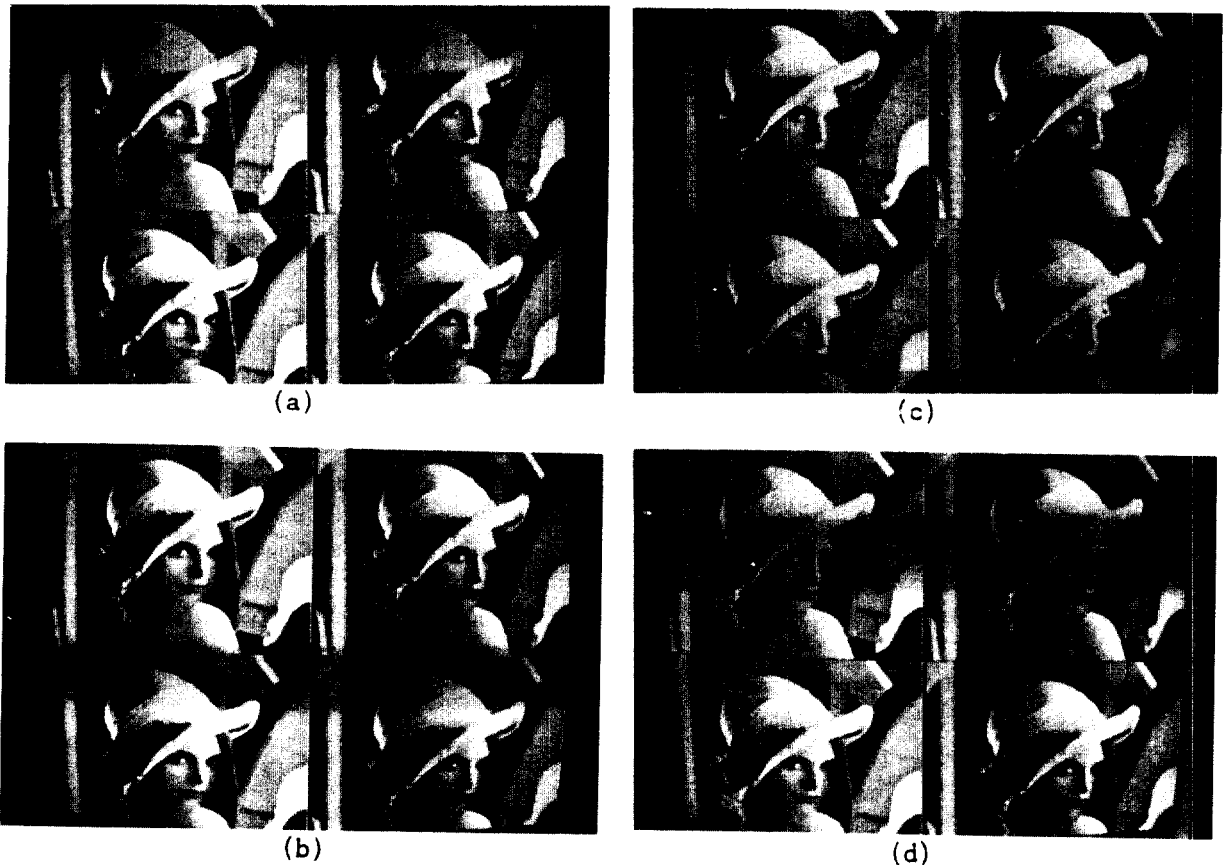


그림 7. 여러가지 다른 잡음이 첨가된 영상을 차등 가중치 FMHF(3LH+)로 여파한 영상들.
 (a) 1000 개의 임펄스 잡음이 첨가된 영상을 여파한 영상,
 (b) 잡음 레벨이 10인 균일 잡음이 첨가된 영상을 여파한 영상,
 (c) 잡음 레벨이 10인 가우스 잡음이 첨가된 영상을 여파한 영상,
 (d) 잡음 레벨이 10인 지수 잡음이 첨가된 영상을 여파한 영상

Fig 7. The differential weighted FMHF filtered(3LH+) images of various noisy image.
 (a) Filtered image of noisy image(added to impulse noise number 1000),
 (b) Filtered image of noisy image(added to uniform noise level 10),
 (c) Filtered image of noisy image(added to gaussian noise level 10),
 (d) Filtered image of noisy image(added to exponential noise level 10),

4.3. 잡음이 첨가된 실제 영상에 대한 잡음 제거 및 경계 보존 특성의 검토

영상의 크기가 512×480 이고 각 화소의 그레이 레벨이 0-255 이 Urological 영상에 임펄스잡음을 첨가하고, 잡음이 첨가된 영상에 대해 여러가지 형태의 필터를 적용하여 필터링한 후, 필터링한 영상들의 평균, 표준 편차, 분산치, RMSE, PMSE를 구하여 그 값들을 비교하면 표 2와 같다.

표 2에서 Uro.dat는 원 영상이며, CMI1, CMI2는 1차원 MF, 2차원 MF로 여과한 영상이며, CMI3, CMI4E는 1차원 FMHF(3LH+), 2차원 FMHF(3LH+)로 여과한 출력 영상이며, CMI5E, CMI6, CMI7E는 차등가중치(1/2 ± 1/4, 1/2 ± 1/8, 1/2 ± 1/16)를 적용한 FMHF(3LH+)로 여과한 출력 영상이다.

본 연구에 사용한 원 영상과 임펄스 잡음이 첨가된 영상 및 여러가지 필터들을 적용한 출력영상들은 그림 8과 같이 나타난다.

여기서 첨가된 임펄스 잡음의 갯수는 1000이다.

일반적으로 각 출력 영상들의 분포분산치는 출력 영상들의 분포가 어떻게 집중되었는가를 나타내며 RMSE는 날카로운 경계의 잡음제거 능력에 관한 정보이다. 만약 필터가 spatial을 잘 보존하면서 분포분산치가 적다면 RMSE를 적게나타낸다. 표 2를 참조하면 DWA를 적용한 FMHF는 기존의 MF와 FMHF보다 훨씬 낮은 RMSE를 나타낸다. 따라서 DWA를 적용한 FMHF가 기존의 MF와 FMHF보다 훨씬 나은 잡음제거 및 경계보존 특성을 가짐을 알 수 있다.

여러가지 필터로 여과한 결과 전반적으로 잡음 제거 및 경계 보존 특성이 좋았으나, 차등가중치를 적용한 FMHF(3LH+)가 영상의 미세 부분과 날카로운 경계 영역을 가장 잘 보존하였다. MF는 영상이 전체적으로 희미해 지는 경향이 있었다. 그러나 3LH+를 제외한 일부 차등 가중치 FMHF등에서는 blurring이 발생하였다. 이 현상은 MF의 차수가 증가할 수록 메디안을 취하는 횟수도 증가하며 부필터들의 방향과도 관계가 있다고 사료된다. 또한 차등가중치 FMHF중 CMI5A, CMI6A, CMI7A 등에서는 원 영상에 존재하지 아니하는 이상 현상이 발생하였다. 이러한 현상은 부필터들의 방향이 일치하지 아니하는 현상으로 간주된다.

표 2. 여러가지 필터들이 적용된 출력 영상의 특성.

Table 2. The characteristic of output image applied to various filters.

statistic \ image	MEAN	STD	VAR	RMSE	PMSE
URO.dat	70.89	66.57	4431.01		
CMI1	70.26	66.31	4397.37	9.68	93.63
CMI2	71.45	66.43	4413.09	16.40	269.05
CMI3	71.37	67.20	4515.95	11.86	140.62
CMI4I	71.42	66.90	4475.71	15.21	231.29
CMI4S	69.26	65.85	4336.20	16.20	264.49
CMI49	71.21	66.96	4483.50	15.13	228.81
CMI4A	68.66	65.12	4240.75	16.50	272.41
CMI4D	71.29	66.99	4487.97	15.11	228.23
CMI4E	71.10	66.86	4469.68	15.34	235.36
CMI5I	70.27	66.31	4397.62	9.59	92.05
CMI5S	68.35	66.01	4356.70	19.42	377.07
CMI59	72.44	64.88	4209.16	20.52	421.03
CMI5A	64.19	62.76	3938.22	32.65	1065.91
CMI5D	70.71	66.69	4447.48	16.25	264.03
CMI5E	70.71	66.66	4443.25	16.19	262.21
CMI6S	68.12	65.80	4329.32	19.50	300.10
CMI69	69.79	66.31	4397.27	15.88	252.27
CMI6A	64.96	62.99	3967.98	30.41	924.70
CMI6D	70.69	66.70	4447.02	16.59	275.19
CMI6E	71.08	66.86	4470.79	15.24	232.17
CMI7S	67.85	65.62	4305.36	20.24	409.68
CMI79	69.34	66.10	4439.34	17.15	294.02
CMI7A	70.47	67.89	4609.05	15.76	248.36
CMI7D	69.93	67.01	4490.34	15.87	251.75
CMI7E	70.72	66.65	4442.03	16.06	258.02



(a)



(b)



(e)



(c)



(f)



(d)



(g)



(h)



(i)

그림 8. 원 영상과 임펄스 잡음이 첨가된 영상 및 여러가지 필터들을 적용한 출력 영상들.

- (a) 원 영상, (b) 임펄스 잡음이 첨가된 영상,
- (c) (b)에 1 차원 MF로 여파한 출력 영상,
- (d) (b)에 2 차원 MF로 여파한 출력 영상
- (e) (b)에 1 차원 FMHF(3LH+)로 여파한 출력 영상,
- (f) (b)에 2 차원 FMHF(3LH+)로 여파한 출력 영상,
- (g) (b)에 차등 가중치 FMHF($1/2 \pm 1/4$)로 여파한(3LH+) 출력 영상,
- (h) (b)에 차등 가중치 FMHF($1/2 \pm 1/8$)로 여파한(3LH+) 출력 영상,
- (i) (b)에 차등 가중치 FMHF($1/2 \pm 1/16$)로 여파한(3LH+) 출력 영상,

Fig 8. Original image and the impulse noisy image and the output image applied various filter.

- (a) original image, (b) impulse noisy image,
- (c) filtered output image of the first order MF to original image,

- (d) filtered output image of the second order MF to original image,
- (e) filtered output image of the first order FMHF(3LH+) to original image,
- (f) filtered output image of the second order FMHF(3LH+) to original image,
- (g) filtered output image of the differential weighted($1/2 \pm 1/4$) FMHF(3LH+) to original image,
- (h) filtered output image of the differential weighted($1/2 \pm 1/8$) FMHF(3LH+) to original image,
- (i) filtered output image of the differential weighted($1/2 \pm 1/16$) FMHF(3LH+) to original image,

V. 결 론

본 논문의 연구에서는 MF와 기존의 FMHF의 잡음 제거 및 경계 보존 특성을 개선하는 알고리즘을 제안하였다.

이 알고리즘을 적용한 FMHF와 기존의 MF 및 FMHF를 단순 영상 및 실제 영상에 적용하여 영상의 잡음 제거 특성과 미세 부분 및 경계 보존 특성을 상호 비교, 검토하였다. 검토 결과 차등 가중치 알고리즘을 적용한 FMHF가 MF와 기존의 FMHF보다는 잡음 제거 특성과 경계 보존 특성은 현저히 좋아졌지만, 필터의 차수가 증가할 수록 영상의 특수 영역이 흐려지는 경향이 있었다

이와같은 현상은 그 영역상에서 평균치와 분산치를 파라메타로 하여 부필터에 적절한 차등 가중치를 인가하면 제거되리라 생각된다. 또한 잡음이 첨가된 영상들의 평균치와 표준편차 및 분산치를 비교 검토하여 적절한 필터를 선택하여 사용하면, 영상의 미세 부분과 경계 영역이 잘 보존되며 잡음 제거 특성이 우수한 필터가 될 것으로 사료된다.

본 연구의 결과, MF나 기존의 FMHF보다는 양호한 양질의 영상을 구현할 수 있었으나 필터의 차수가 증가할 경우 영상처리에 많은 시간이 소요되므로, 영상의 형태에 따라 적절한 필터링을 선택하여 적용하면 향후 컴퓨터를 이용한 여러 응용 분야에 폭 넓게 활용할 수 있으며, 특히 의학 영상처리 분야 등에는 상당한 도움이 되리라고 사료된다.

본 논문은 학술단체육성지원금에 의하여 수행된 연구 결과입니다.

參 考 文 獻

1. A. Neiminen, P. Heinonen, and Y. Neuvo, "A New class of detail preserving filter for image processing," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. PAMI-9, No 1, pp. 74-90, Jan. 1987.
2. E. R. Ritenour, T. R. Nelson, and U. Raff, "Applications of the median filter to digital radiographic images," in Proc. IEEE ICASSP-84, San Diego, VA. PP. 1-23, 1984.
3. E. Atoman, V. K. Atre, and K. M. Wong, "Some statistical properties of median filters," IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-29, pp.1073-1075, Oct. 1981.
4. T. S. Huang, Ed., Topics in Applied Physics, Two Dimensional Digital Signal processing II. Berlin: Spriongerverlag, 1981
5. Stephen J. Willson, "Convergence of iterated Median Rules," Int. Jr. Vol. 47, pp. 105-109, 1989.
6. W. K. Pratt, Digital Image Processing. New York : Willey, 1987.
7. N. C. Gallagher, J. R. and G. L. Wise, "A theoretical analysis of the properties of median filters," IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-29, pp. 1136-1141, Dec. 1981.
8. G. R. Arce and N. C. Gallagher, "State description for root signal set of median filters," IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-30, pp. 894-902, Dec. 1982.
9. A. C. Bovik, T. S. Huang, and D. C. Munson, Jr, "A generalization of median filtering using linear combinations of order statistics," IEEE Trans. Acoust, Speech, signal processing, Vol ASSP-31, pp. 1342-1350, Dec. 1983.
10. FKuhlmann and G. L. Wise, "On spectral characteristic of median filtered independant data," IEEE Trans. commun., Vol. COM-29, pp. 1374-1380, Sept. 1981.
11. T. A. Nodes, and N. C. Gallagher, Jr., "Two dimensional root structures and convergence properties of the seperable median filter," IEEE Trans. Account, Speech, Signal Processing Vol. ASSP-31, pp. 1350-1365, Dec. 1983.
12. P. M. Narendra, "A seperable median filter for image smoothing," in Proc. IEEE Computer confer. Pattern Rec, and Image Processing, pp. 137-141, 1982.
13. R A. Stein, and T. J. Fowlow, "The use of median filters for edge detection in noisy signals," in Proce. IEEE ISCAS-85. Kyoto, Japan, pp. 1331-1334. 1985.
14. Rafael C. Gouzalez, and Paul Wintz, Digital image processing, Addison Wesley, pp. 331-338, 1987.
15. Ameria Fong, "Algorithms and architectures for a class of nonlinear Hybrid Filters," Int. Jr. Computer vision, Graphics, and Image Procesing, Vol. 50, pp. 101-111, 1990
16. T. A. Nodes and N. C. Gallagher, Jr., "Median filters : Some Modifications and their properties," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-35, pp. 832-838, June, 1987.
17. P. Heinomen and Y. Neuvo, "FIR-Median Hybrid Filters," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-35, pp.832-838, June, 1987.



崔 三 吉(Sam Kil Choi) 正會員
1946年 11月 28日生
1969年 2月：光云大學校 無線通信
學科(學士)
1988年 2月：東亞大學校 電子工學
科(碩士)
1991年 2月：東亞大學校 電子工學
科(博士課程修了)

1973年 2月~1985年 2月：東義工業專門大學 通信科 副教授

1983年 3月~現在：東義大學校 電子通信工學科 副教授



金 彰 圭(Chang Gue Kim)正會員
1958年 7月 21日生
1981年 2月：漢陽大學校 電子通信
工學科(學士)
1984年 8月：漢陽大學校 電子通信
工學科(碩士)
1989年 8月：漢陽大學校 電子通信
工學科(博士)

1988年 3月~現在：東義大學校 電子通信工學科 助教授

田 桂 錄(Kye Rok Jun) 正會員
1953年 1月 1日生
1978年 2月：釜山大學校 電氣機械
工學科(學士)
1981年 2月：釜山大學校 電子工學
科(碩士)
1988年~1991年：東亞大學校 電子
工學科(博士課程修
了)

1985年~1992年：釜山大學校 醫科大學 助教授



金 明 起(Myung Ki Kim) 正會員
1930年 1月 25日生
1958年 6月：美國海軍工科大学卒業
1966年 2月：서울大學校 電子工學
科(碩士)
1976年 2月：東亞大學校 電子工學
科(博士)
1954年 2月~1969年 3月：海軍士官
學校 教授部

1969年 4月~1972年 2月：IMEC 電子株式會社 勤務

1972年 3月~現在：東亞大學校 電子工學科 教授

邊 健 植(Kun Sik Byon) 正會員
1950年 1月 7日生
1972年 2月：韓國航空大學 電子工
學科(學士)
1980年 2月：東亞大學校 電子工學
科(碩士)
1987年 8月：嶺南大學校 電子工學
科(博士)

1980年 3月~現在：東亞大學校 電子工學科 副教授