

# 適應的 窓를 갖는 OS 濾波器를 이용한 雜音劣化畫像의 復元

## (Image Restoration Using OS Filters with Adaptive Windows)

梁 景 好\*, 李 相 吉\*, 李 忠 雄\*

(Kyeong Ho Yang, Sang Gil Lee, and Choong Woong Lee)

### 要 約

本 論文에서는 신호의 統計的 성질에 따라서 窓의 형태를 변화시켜주는 두 종류의 適應型 OS 여파기를 제안한다. 먼저 크기가 고정되어 있는 1차원 副窓(subwindow)들의 합으로 2차원 창을 구성하는 방법을 제안하고, 또한 방향성을 갖는 1차원 副窓들의 크기를 변화시켜줌으로써 2차원 窓의 형태뿐만 아니라 크기도 변화시켜주는 방법을 제안한다.

이 방법들에서는 신호의 크기 통계(order statistics)를 이용하여 窓의 형태를 변화시켜주므로 適應性を 도입함으로써 附加되는 계산량이 적다.

제안하는 適應 방법을 도입한 OS 여파기를 이용하여 復元한 화상들과 기존의 OS 여파기들을 이용하여 복원한 화상들을 비교하여 제안한 방법의 성능이 우수함을 보였다.

### Abstract

Two adaptation procedures are proposed for image restoration, in which the window shapes of OS filters are changed according to the order statistics of signal. In the first procedure, the 2-dimensional window is the union of the 1-dimensional subwindows whose sizes are fixed. In the second procedure, the 2-dimensional window is the union of the 1-dimensional subwindows whose sizes are variable. Compared with existing procedures, our adaptation procedures using order statistics are computationally efficient. Simulation results show that the filters with adaptive window shapes have good performance for the preservation of edges and details of image, and the noise suppression.

### I. 序 論

畫像을 復元하는데 사용하는 濾波器는 雜音을 효과적으로 除去하면서도 畫像이 포함하고 있는 輪廓

성분은 잘 보존할 수 있어야 한다.

雜音으로 인해 劣化된 畫像을 복원하는데 線形 여파기를 사용할 수 있다. 그러나 線形 여파기는 畫像의 平坦한 부분의 가우시안(Gaussian)雜音을 除去하는 데는 효과적이지만, 畫像이 포함하고 있는 輪廓 성분을 보존하거나 임펄스성 雜音을 除去하는 데는 성능이 좋지 않다. 人間の 눈에 敏感한 輪廓 성분은

\*正會員, 서울大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Seoul Nat'l Univ.)  
接受日字: 1989年 8月 3日

보존하고, 눈에 크게 거슬리는 임펄스성 雜音을 除去하는 데는 窓 안의 신호를 크기 순으로 排列하였을 때 중간값을 취하는 메디안(median) 여파기를 사용하는 것이 효과적이다<sup>[1][2]</sup> 그런데 메디안 여파기는 輪廓 성분을 보존하고 임펄스성 雜音을 除去하는 데는 優秀한 性能을 나타내지만 가우시안 雜音을 除去하는 데는 線形 여파기보다 性能이 나쁘다. 그래서 線形 여파기와 메디안 여파기의 성질을 동시에 갖는 線形-非線形 하이브리드(hybrid) 여파기가 많이 제안되고 있다.<sup>[3][4]</sup>

메디안 여파기와  $\alpha$ -trimmed mean 여파기는 order statistics를 이용하는 OS 여파기의 특별한 경우이다.<sup>[5][6]</sup>  $\alpha$ -trimmed mean 여파기는 창 안의 신호를 크기순으로 배열하였을 때 큰 쪽과 작은 쪽의  $[\alpha \cdot M]$  개를 제거한 나머지 신호들의 평균을 출력으로 한다. 여기서 M은 창의 크기이고,  $[*]$ 은 \*를 넘지 않는 최대 정수를 의미한다. OS 여파기에서 窓의 크기가 클수록 雜音의 抑壓 能力은 좋아지지만 輪廓부분이 더욱 문드러지고, 반면에 窓의 크기가 작으면 輪廓부분은 덜 문드러지지만 雜音 抑壓 能力이 저하된다. 따라서 신호의 성질에 따라 창의 크기를 적절하게 선택해야 하는데, 한 畫像의 작은 블럭안의 신호의 統計的 성질에 따라 창의 크기를 변화시키는 適應型 여파기가 제안된 바 있다.<sup>[7][8][9][10]</sup>

그런데 신호를 濾波할 때 輪廓 부분이 문드러지는 현상은 변화가 큰 信號들을 OS 濾波함으로써 생기는 것이므로, 輪廓 부분에서 변화가 작은 방향으로 濾波를 하면 輪廓 부분의 문드러짐을 줄일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 먼저  $M \times M$  2次元 窓에서 方向性을 갖는 네 개의 1次元 副窓(subwindow)  $W(i), i=1, 2, 3, 4$ 을 구성하고, 그 副窓들 중에서 信號의 변화 정도가 작은 副窓들로 새로운 창을 구성하여 OS 濾波를 하는 방법을 提案한다.

II. 適應的 窓의 형태를 갖는 OS 濾波器

신호를 濾波할 때 輪廓 부분이 문드러지는 현상은 輪廓에서의 변화가 큰 信號들을 평균함으로써 생기는 것이므로, 輪廓 부분에서는 변화가 작은 방향으로 濾波를 하면 輪廓부분의 문드러짐을 줄일 수 있다.

그림1-(a)에 나타나있는 輪廓 信號들을 그림 1-(b)의 여러가지 형태의 窓을 갖는  $\alpha$ -trimmed mean 여파기( $\alpha=0.3$ )를 이용하여 여파할 때, 輪廓의 보존 정도는 표1과 같다. 표1에 나타난 값들은 濾波를 하였을 때 현 화소에서의 신호의 크기이다. 표1에서

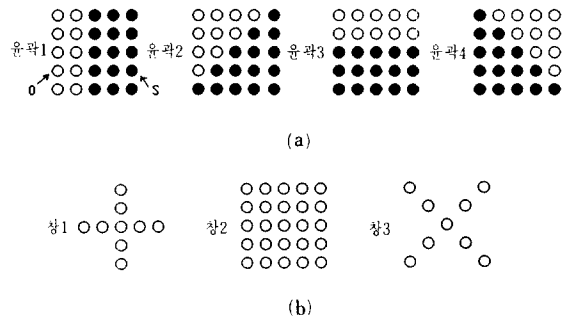


그림 1. 대표적인 윈곽 신호와 창의 형태

- (a) 윈곽
- (b) 창의 형태

Fig. 1. Edges of images and window shapes. (a) edges. (b) window shapes.

표 1. 여러가지 창의 형태를 갖는  $\alpha$ -trimmed mean 여파기의 출력

Table 1. Output signals of  $\alpha$ -trimmed mean filters with various window shapes.

	윈곽 1	윈곽 2	윈곽 3	윈곽 4
창 1	S	(3/5) S	S	(3/5) S
창 2	(8/11) S	(8/11) S	(8/11) S	(8/11) S
창 3	(3/5) S	S	(3/5) S	S

보면 창 안의 신호들의 변화가 클 때는 輪廓 부분이 문드러진다는 것을 알 수 있다. 이러한 윈곽 信號들은 윈곽 방향으로 여파를 하면 잘 보존할 수 있다.

1) 方向性 OS 濾波器 1

이 방법은 2次元 창의 크기를 고정시킨 다음, 네 개의 1次元 副窓들중 信號의 변화 정도가 작은 副窓들로 새로운 창을 구성하여 OS 여파하는 방법이다. 그림2와 같은  $M \times M$  2次元 窓이 있을때 네개의 副窓 안의 信號列을 각각  $(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1M}), i=1, 2, 3, 4$ 라고 하고, 각 信號열들을 크기순으로 排列한 것을 각각  $(x_{i(1)}, x_{i(2)}, \dots, x_{i(M)}), i=1, 2, 3, 4$ 라고 한다. 여기서 M은 일반적으로 홀수이므로  $M=2 \cdot N+1$ 로 나타낼 수 있다. 다음 크기 순으로 排列한 信號列에 대해 식(1)을 이용하여 信號들의 변화 정도  $D(i), i=1, 2, 3, 4$ 를 구한다.

$$D(i) = x_{i(N+1-p)} - x_{i(N+1+p)}, i=1, 2, 3, 4, p \leq N \quad (1)$$

여기서  $D(i)$ 는 그 方向으로의 輪廓 성분이 있는지를 豫測하는데 사용하는데, p는 M이 11이하 일때는

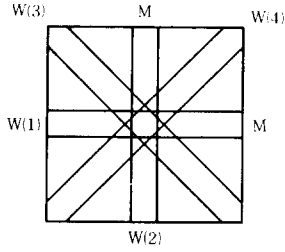


그림 2. 適應型 여파기에 이용한 M×M 2次元 窓  
 Fig. 2. M×M 2-dimensional window used in adaptive filters.

실험적으로  $[(N+1)/2]$ 가 적합하다. 단,  $[*]$ 는 \*를 넘지 않는 最大 整數를 의미한다.

식(1)에서 계산한  $D(i), i=1, 2, 3, 4$ 를 미리 결정한 臨界值 THR와 비교하여 변화정도가 작은 1차원 副窓들의 집합  $W1$ 을 식(2)와 같이 정의한다.

$$W1 = \{W(i) | D(i) < THR, i=1, 2, 3, 4\} \quad (2)$$

만약  $D(i), i=1, 2, 3, 4$ 중 臨界值 THR 보다 작은 것이 없을 경우에는  $D(i), i=1, 2, 3, 4$ 들을 서로 비교하여 변화정도가 가장 작은 1차원 副窓  $W2$ 를 식(3)과 같이 구한다.

$$W2 = \{W(s) | D(s) \leq D(i) \text{ for all } i\} \quad (3)$$

이 때, 새로운 窓  $NW$ 는 식(4)와 같다.

$$NW = W1 \cup W2 \quad (4)$$

이때, 2차원 窓  $NW$ 는 평탄부분에서는 보통 4개의 副窓들의 합으로 구성되고, 輪廓 부분에서는 輪廓方向의 部窓들로만 구성된다. 그리고 臨界值 THR은 클수록 雜音 제거 능력은 크지만 輪廓성분이 더 묻드리고 작으면 輪廓성분의 보존능력은 커지나 雜音 제거 능력은 떨어지게 된다. 임계치 THR은 실험적으로 잡음의 標準 偏差의 2배~3배 정도가 적합하다.

식(1)~식(4)를 이용하여 信號들의 변화정도가 작은 1차원 部窓들의 합으로 새로운 2차원 窓을 구성하였을 때, 提案하는 여파기의 出力  $y$ 는 식(5)와 같다.

$$y = \text{average} [x_{1j}, x_{4j} | j \in NW, N+1-p \leq j \leq N+1+p] \quad (5)$$

方向性 OS 濾波器<sup>1</sup>은 이미 提案된 바 있는 다른 適應 방법들과 비교할 때 다음과 같은 장점이 있다. 먼저 窓 안의 信號의 2次 모멘트(分散)에 따라 窓의 크기를 변화시켜주는 다른 適應 방법<sup>1)</sup>과 비교해 볼

때, 提案한 방법은 하드웨어 구성이 복잡한 곱셈 演算子를 필요로 하지 않고, 일반적인 OS 여파기를 구성할 때 필요로 하는 信號의 크기순배열을 이용하여 窓의 형태를 결정하므로 OS 여파기에 適應性을 도입함으로써 附加되는 演算이 적다. 그리고 提案한 방법은 2次元 窓의 크기를 변화시키지 않으므로 하드웨어로 구성할 때 구조가 간단하게 된다. 또한 OS 濾波하기 위하여 2次元 窓 안의 모든 信號를 크기순으로 배열하는 다른 적용 방법들<sup>1)</sup>과 달리 提案한 방법에서는 각각의 1次元 窓안의 信號들을 크기순으로 排列하므로 크기순으로 排列하는데 사용되는 信號의 갯수가 적다. 따라서 OS 濾波하는데 소요되는 시간이 짧다.

2) 方向性 OS 濾波器 2

제안방식 1에서는 1차원 副窓(subwindow)들의 크기가  $M$ 으로 고정되어 있는데, 信號의 統計的 성질에 따라서 1次元 窓의 크기를 변화시켜주면 窓의 크기가 일정할 때보다 더 좋은 畫質을 갖는 復元 畫像을 얻을 수 있다. 이 절에서는 方向性 OS 濾波器 1에 1次元 窓의 크기를 변화시키는 것을 도입하는 방법을 提案한다.

현재 1次元 副窓들  $W(i), i=1, 2, 3, 4$ 의 크기가  $M(i) = 2 * N(i) + 1$ 이라고 하고, 각 副窓들 안의 信號들을 크기순으로 排列한 信號列을  $\{x_{1(i)}, x_{1(i)}, \dots, x_{1(M(i))}\}, i=1, 2, 3, 4$ 라고 한다.

다음 식(6)을 이용하여 窓안의 信號들의 변화정도를 구한다.

$$D(i) = x_{1(N(i)+1-p(i))} - x_{1(N(i)+1+p(i))}, i=1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

여기서  $p(i)$ 는 실험적으로  $[(N(i)+1)/2]$ 이 적합하다.

그리고 臨界值  $THR(i)$ 는 窓의 크기에 따라 변화시켜져야 하는데 그 값은 식(7)에 의하여 정해진다.

$$THR(i) = \eta \frac{2 * p(i) + 1}{M(i)} \quad (7)$$

여기서  $\eta$ 는 雜音의 標準 偏差  $\sigma$ 의 2배~3배 정도가 적당하다.

다음,  $D(i)$ 가 臨界值  $THR(i)$ 보다 크면  $N(i)$ 를 1만큼 減少시키고,  $THR(i)$ 보다 작으면  $N(i)$ 를 1만큼 增加시켜서 변화된 1次元 副窓들 안의 信號들을 크기순으로 排列한다. 그리고 식(6)을 이용하여  $D(i)$ 를 구하고,  $D(i), i=1, 2, 3, 4$ 를 식(7)에 의해 정해지는 臨界值  $THR(i)$ 와 비교한다. 이 때,  $D(i)$ 가  $THR(i)$ 보다 크고, 변화되기 전의 副窓에서 구한  $D(i)$ 가 臨界值보다 작을 때는, 변화되기 전의 副窓과 信號들

을 이용한다. 그다음 부터는 方向性 OS 濾波器 1 과 비슷하다.

식(8), 식(9)와 같은 集合들을 정의한다.

$$W 1 = \{W(i) | D(i) < THR(i), i = 1, 2, 3, 4\} \quad (8)$$

$$W 2 = \{W(s) | D(s) \leq D(i) \text{ for all } i\} \quad (9)$$

이 때, 새로운 窓 NW는 식(10)과 같다.

$$NW = W 1 \cup W 2 \quad (10)$$

提案한 여파기의 出方 y는 식(11)과 같다.

$$y = \text{average} [x_{ij} : x_{ij} \in NW, N(i) + 1 - p(i) \leq j \leq N(i) + 1 + p(i)] \quad (11)$$

여기서, 1次元 窓의 크기 M(i)의 最大值는 9로, 最小値는 3으로 한다.

### III. 모의 실험 결과 및 분석

그림 3 (a)와 같은 512×512畫像(信號 크기는 0 - 255)에 여러 종류의 雜音으로 인해 劣화된 畫像을 本 論文에서 提案한 두가지 방법을 도입한 방향성 OS 여파기를 이용하여 復元하고자 한다. 그리고 提案한 방법을 이용하여 復元한 畫像을 일반적인 OS 여파기와 이미 제안된 바 있는 두 가지 適應型 OS 여파기를 이용하여 復元한 畫像들과 비교한다. 일반적인 trimmed mean 여파기의 창은 5×5십자형 창이고, 方向성 OS 여파기 1에서 M은 5로 하였다.

#### 1) 임펄스성 雜音으로 인해 劣화된 畫像의 復元 結果 및 分析

임펄스성 雜音으로 인해 劣화된 畫像을 여러가지 여파기를 이용하여 復元한 것을 그림3에 나타내었다.

그림3(a)는 512×512 原畫像이고, (b)는  $P_e = 0.05$ 인 均一分布를 갖는 임펄스성 雜音으로 인해 劣화된 畫像이다. 方向性 OS 濾波器1(THR=13)과 方向性 OS 濾波器 2 ( $\eta = 23$ )를 이용하여 復元한 그림3(d), (e)의 畫像을 보면, (c)에 나타나 있는  $\alpha = 0.3$ 인 trimmed mean 여파기를 이용하여 復元한 畫像에 비해 雜音除去나 輪廓 보존 능력이 있어서 優秀하다는 것을 알 수 있다. 그리고 (f)의 適應型 메디안 여파기 ( $T1 = T2 = 25$ )<sup>[8]</sup>를 이용하여 復元한 畫像과 비교하면, 原畫像에 있는 약한 輪廓 부분의 보존 능력이 適應型 메디안 여파기가 優秀하지만, 강한 輪廓부분의 보존 능력은 提案한 방식이 더 優秀하다는 것을 알 수 있다. 提案한 방식이 약한 輪廓 부분을 잘 보존하지 못하는 것은 臨界值보다 작은 변화를 갖는 輪廓 부분을 平坦한 부분으로 생각하여 平均을 취하



그림 3. 模擬 實驗 結果

- (a) 原畫像
- (b) 均一分布를 갖는 임펄스성 雜音으로 인해 劣화된 畫像
- (c)  $\alpha$ -trimmed mean 여파기를 이용하여 復元한 畫像
- (d) 方向性 OS 여파기 1을 이용하여 復元한 畫像
- (e) 方向性 OS 濾波器 2를 이용하여 復元한 畫像
- (f) 適應型 메디안 여파기<sup>[8]</sup>를 이용하여 復元한 畫像

Fig. 3. Simulation results.

- (a) Original image.
- (b) Image degraded by uniform distributed impulsive noise.
- (c) Image restored by  $\alpha$ -trimmed mean filter.
- (d) Image restored by the directional OS filter 1.
- (e) Image restored by the directional OS filter 2.
- (f) Image restored by the adaptive median filter.<sup>[8]</sup>

기 때문이다.

그림3의 畫像들의 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比는 표2와 같다.

표 2. 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比의 비교 (均一分布 임펄스성 雜音 :  $P_e=0.05$ ).

Table 2. Comparisons of mean square error and signal to noise ratio(uniform distributed impulsive noise :  $P_e=0.05$ ).

	雜音劣化 畫像	trimmed mean	方向性 OSF 1	方向性 OSF 2	適應型 메디안 <sup>[8]</sup>
MSE	229.01	27.65	22.51	18.98	18.64
PSNR	24.53	33.71	34.61	35.35	35.43

$P_e=0.05$ 인 均一分布 모델의 임펄스성 雜音과 분산이 64인 가우시안 雜音이 동시에 끼여있는 畫像을 여러가지 여과기들을 이용하여 復元한 畫像들을 그림4에 나타내었다. 그림4를 보면, 그림3에서와 같이 方向性 OS 濾波器1 (THR=25), 方向性 OS 濾波器2 ( $\eta=28$ )를 이용하여 復元한 畫像이 trimmed mean 여과기 ( $\alpha=0.3$ )를 이용하여 復元한 畫像보다 輪廓 부분의 보존 능력이 優秀하다는 것을 알 수 있다.

그리고 適應型 메디안 여과기 ( $T1=T2=45$ )<sup>[8]</sup>를 이용하여 復元한 畫像에서는 임펄스성 잡음은 거의 제거된 반면, 가우시안 잡음은 많이 남아있음을 볼 수 있다. 따라서 임펄스성 잡음과 가우시안 잡음이 같이 섞여있을 때는 適應型 메디안 여과기<sup>[8]</sup>보다 方向性 OS 濾波器1과 方向性 OS 濾波器2가 性能이 더 좋다는 것을 알 수 있다.

그림4의 畫像들의 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比는 표3과 같다.

표 3. 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比의 비교 (균일분포 임펄스성 잡음 :  $P_e=0.05$ , 가우시안 雜音 :  $\sigma^2=64$ ).

Table 3. Comparisons of mean square error and signal to noise ratio(uniform distributed impulsive noise :  $P_e=0.05$ , gaussian noise :  $\sigma^2=64$ ).

	雜音劣化 畫像	trimmed mean	方向性 OSF 1	方向性 OSF 2	適應型 메디안 <sup>[8]</sup>
MSE	283.82	39.32	32.51	28.20	55.93
PSNR	23.60	32.18	33.01	33.63	30.65



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

그림 4. 模擬 實驗 結果

- (a) 均一分布 모델의 임펄스성 雜音과 가우시안 잡음으로 인해 劣化된 畫像
- (b)  $\alpha$ -trimmed mean 여과기를 이용하여 復元한 畫像.
- (c) 方向性 OS 濾波器1을 이용하여 復元한 畫像
- (d) 方向性 OS 濾波器2를 이용하여 復元한 畫像
- (e) 適應型 메디안 여과기<sup>[8]</sup>를 이용하여 復元한 畫像

Fig. 4. Simulation results.

- (a) Image degraded by uniform distributed impulsive noise and gaussian noise.
- (b) Image restored by  $\alpha$ -trimmed mean filter.
- (c) Image restored by the directional OS filter 1.
- (d) Image restored by the directional OS filter. 2.
- (e) Image restored by the adaptive median filter.<sup>[8]</sup>

2) 가우시안 雜音으로 인해 劣化된 畫像의 復元 結果 및 分析

分散  $\sigma^2$ 이 256인 가우시안 雜音으로 인해 劣化된 畫像을 復元한 것을 그림5에 나타내었다. 그림5(c), (d)의 方向性 OS 濾波器1(THR=45), 方向性 OS 濾波器2( $\eta=47$ )를 이용하여 復元한 畫像을 보면, (b)의  $\alpha=0.3$ 인 trimmed mean 여파기를 이용하여 복원한 畫像에 비해 가우시안 雜音 抑壓 能力과 輪廓 成分의 보존 能力이 優秀하다는 것을 알 수 있다. 그리고 (e)의 輪廓 保存型 여파기<sup>[9]</sup>( $\mu=3.0$ , mean 여파기)를 이용하여 復元한 畫像과 비교할 때, 方向性 OS 濾波器1,2는 가우시안 雜音의 抑壓 能力에는는 輪廓 保存型 여파기<sup>[9]</sup>보다 性能이 떨어지지만, 상세한 부분이나 輪廓 成分의 보존 能力에서는 더 좋다는 것을 알 수 있다. (e)의 畫像을 보면, 輪廓 部分에서는 雜音이 많이 남아 있는 것을 볼 수 있다. 가우시안 잡음의 분산을 변화시켜가면서 모의 실험을 해보면, 雜音의 分散이 자아짐에 따라 方向性 OS 여파기1,2의 性能이 더 優秀하게 된다는 것을 알 수 있는데, 이것은 方向性 OS 濾波器 1,2가 가우시안 雜音의 抑壓 能力은 輪廓 保存型 여파기<sup>[9]</sup>보다 나쁘지만, 輪廓 保存能力은 더 優秀하기 때문이다.

그림 5의 畫像들의 平均 自乘 誤差와 信號 對 雜音 比는 표 4와 같다.

표 4. 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比의 비교 (가우시안 雜音 :  $\sigma^2=256$ ).

Table 4. Comparisons of mean square error and signal to noise ratio (gaussian noise :  $\sigma^2=256$ ).

	雜音劣化 畫像	trimmed mean	方向性 OSF 1	方向性 OSF 2	輪廓 保存型 <sup>[9]</sup>
MSE	252.66	66.35	52.91	49.70	47.21
PSNR	24.11	29.91	30.90	31.17	31.39

分散이 256인 가우시안 雜音과  $P_e=0.015$ 인 최대-최소 모델 임펄스성 雜音이 동시에 끼여있는 畫像을 復元한 것을 그림6에 나타내었다. 그림6(c), (d)의 方向性 OS 濾波器1(THR=50)과 方向性 OS 濾波器2( $\eta=55$ )을 이용하여 復元한 畫像을 보면, (b)에 나타나있는  $\alpha=0.3$ 인 trimmed mean 여파기를 이용하여 復元한 畫像에 비해 雜音 除去 能力이나 輪廓 成分의 保存 能力이 優秀하다는 것을 알 수 있다. 그리고, (e)의 畫像에 가우시안 雜音이 임펄스성 잡



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

그림 5. 模擬 實驗 結果

- (a) 가우시안 雜音으로 인해 劣化된 畫像
- (b)  $\alpha$ -trimmed mean 여파기를 이용하여 復元한 畫像
- (c) 方向性 OS 濾波器1을 이용하여 復元한 畫像
- (d) 方向性 OS 濾波器2를 이용하여 復元한 畫像
- (e) 輪廓 保存型 여파기<sup>[9]</sup>를 이용하여 復元한 畫像

Fig. 5. Simulation results.

- (a) Image degraded by gaussian noise.
- (b) Image restored by  $\alpha$ -trimmed mean filter.
- (c) Image restored by the directional OS filter 1.
- (d) Image restored by the directional OS filter 2.
- (e) Image restored by the edge preserving filter.<sup>[9]</sup>



(a)



(b)

(c)



(d)

(e)

그림 6. 模擬 實驗 結果

- (a)  $\sigma^2=256$ 인 가우시안 잡음과  $P_e=0.015$ 인 최대-최소 모델 임펄스성 잡음으로 인해劣화된 畫像
- (b)  $\alpha$ -trimmed mean 여파기를 이용하여復元한 畫像
- (c) 方向性 OS 濾波器1을 이용하여復元한 畫像
- (d) 方向性 OS 濾波器2를 이용하여復元한 畫像
- (e) 輪廓 保存型 여파기<sup>[9]</sup>를 이용하여復元한 畫像

Fig. 6. Simulation results.

- (a) Image degraded by gaussian noise ( $\sigma^2=256$ ) and max-min model impulsive noise ( $P_e=0.015$ ).
- (b) Image restored by  $\alpha$ -trimmed mean filter.
- (c) image restored by the directional OS filter 1.
- (d) Image restored by the directional OS filter 2.
- (e) Image restored by the edge preserving filter<sup>[9]</sup>.

음의 흔적처럼 남아있는 것으로 볼 때, 임펄스성 잡음과 가우시안 잡음이 동시에 섞여 있을 경우에는 方向性 OS 濾波器 1,2가 윤곽 보존형 여파기보다 윤곽 보존 능력 뿐만아니라 잡음 抑壓 能力에서도 더 우수하다는 것을 알 수 있다. 임펄스성 잡음의  $P_e$ 를 변화시켜가면서 모의 실험을 해보면, 임펄스성 잡음이 많아질수록 윤곽 보존형 여파기<sup>[9]</sup>보다 方向性 OS 濾波器 1,2가 더 좋은 성능을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

그림6의 畫像의 平均 自乘 誤差와 信號 對 雜音 比는 표5와 같다.

표 5. 平均 自乘 誤差와 信號對雜音比의 비교 (가우시안 잡음:  $\sigma^2=256$ , 최대-최소 임펄스성 잡음:  $P_e=0.015$ ).

Table 5. Comparisons of mean square error and signal to noise ratio (gaussian noise:  $\sigma^2=256$ , min-max impulsive noise:  $P_e=0.015$ ).

	雜音劣化 畫像	trimmed mean	方向性 OSF 1	方向性 OSF 2	輪廓 保存型 <sup>[9]</sup>
MSE	518.77	68.99	55.00	51.89	61.95
PSNR	20.98	29.74	30.73	30.98	30.21

#### IV. 결 론

本 論文에서는 먼저 창 안의 신호의 統計의 성질에 따라 窓의 형태를 변화시켜주는 適應 方式을 提案하고, 또한 이 提案 方式에서 方向性을 갖는 1次元 窓의 크기를 신호의 統計의 성질에 따라 窓의 형태뿐만 아니라 크기도 변화시켜주는 방식도 提案하였다. 그리고, 提案한 適應 方式을 도입한 여파기를 이용하여復元한 畫像들과 일반적인 OS 여파기 및 既存의 適應 方式을 도입한 여파기들을 이용하여復元한 畫像들을 비교하여 提案한 方式을 도입한 여파기의 性能이 優秀하다는 것을 보였다.

方向性 OS 濾波器 1은 信號의 크기순 排列을 이용하여 창 의 형태를 결정하므로 적응성을 도입함으로써 부가되는 계산량이 다른 適應 方式들보다 적을 뿐만 아니라 임펄스성 잡음이나 가우시안 잡음의 제거 능력과 輪廓 보존 능력도 優秀하다. 方向性 OS 濾波器 2는 方向性 OS 濾波器 1보다는 구조가 복잡하기는 하지만 雜音劣化 畫像을復元하는 데는 方向性 OS 濾波器 1보다 더 優秀한 성능을 보인다는 것을 알 수 있다.

本 論文에서는 提案한 方式을 trimmed mean 여파기에 도입하여 模擬 실험을 하였지만 다른 OS 여파기에도 도입하면, 일반적인 여파기를 사용할 때보다 화질이 더 좋은 復元 畫像을 얻을 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

[1] J.W. Tukey, "Nonlinear (nonsuperposable) methods for smoothing data," in *Conf. Rec., 1974 EASCON*, p. 673.

[2] T.S. Huang, *Two dimensional digital signal processing II*, New York: Springer, 1981.

[3] R.J. Crinon, "The wilcoxon filter: A robust filtering scheme," *ICASSP*, pp. 668-671, 1985.

[4] Ari Nieminen & Pekka Heinonen & Yrjo Neuvo, "A new class of detail preserving filters for image processing," *IEEE trans. on PAMI.*, vol. 9, no. 1, pp. 74-90, Jan. 1987.

[5] Alan C. Bovik & Thomas S. Huang & David C. Munson, JR., "A generalization of median

filtering using linear combinations of order statistics," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. ASSP-31, pp. 1342-1350, Dec. 1983.

[6] J. Bee Bednar & Terry L. Watt, "Alpha-trimmed means and their relationship to median filters," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. 32, no. 1, pp. 145-153, Feb. 1984.

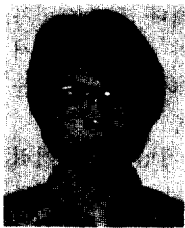
[7] C.A. Pomalaza-Raez & C.D. McGilliam, "An adaptive, nonlinear edge preserving filter," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. 32, pp. 571-576, June 1984.

[8] Ho-Ming Lin & Alan N. Willson, "Median filters with adaptive length," *IEEE Trans. on CAS.*, vol. 35, no. 6, pp. 675-690, Jun 1988.

[9] Woojin Song & William A. Pearlman, "Edge preserving noise filtering based on adaptive windowing," *IEEE Trans. on CAS.*, vol. 35, no. 8, pp. 1048-1055, Aug 1988.

[10] Laith Naaman & Alan C. Bovik "Optimal order statistic filters with coefficient censoring," *ICASSP*, pp. 820-823, 1988.

著 者 紹 介



**梁 景 好 (正會員)**  
 1964年 10月 4日生. 1987月 서울대학교 전자공학과 졸업. 1989年 서울대학교대학원 전자공학과 졸업. 공학 석사학위 취득. 1989年 3月~현재 서울대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 통신방식, 화상처리 및 HDTV 처리기술 등임.



**李 相 吉 (正會員)**  
 1959年 8月 28日生. 1981年 서울대학교 전자공학과 졸업. 1983年 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업. 공학 석사학위 취득. 1983年 3月 ~ 현재 KBS 기술연구소 연구원. 1987年 3月~현재 서울대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 통신 방식, 화상처리 및 영상통신 분야 등임.

**李 忠 雄 (正會員)** 第26卷 第5號 參照  
 현재 서울대학교 전자공학과 교수