

論文 98-35T-9-3

# 가산잡음에 대한 고속 메디안 필터 알고리즘

## (A Fast Median Filter Algorithm for Noised Digital Image)

權 起 弘 \*

(Kee-Hong Kwon)

### 요 약

가산잡음으로 훼손된 영상을 복원하는 Filter Algorithm중 Mean Filter Algorithm은 화소들의 묶음을 산술평균한 값을 화소로 삼는다. 그러나 산술평균은 화소간의 편차를 고려하지않으므로 편차가 심한 화소 - 윤곽선이 훼손되고, 화소들에 포함되지않은 값이 화소로 채택될수 있다. 이를 보완한 Median Filter Algorithm은 화소들의 묶음을 정렬하여 중앙값을 화소로 삼아 편차가 심한 화소를 보존하고, 화소들에 포함되지않은 값이 화소로 선택되는 오류를 방지한다. 그러나 Median Filter Algorithm은 화소들의 묶음을 정렬하고, 중위수를 구하는데 소모되는 시간이 Mean Filter Algorithm의 화소들의 평균을 구하는 시간보다 상대적으로 많이 소모되고, 잡음이 화소로 선택될 오류가 발생한다. 이러한 단점을 보완한 Fast Median Filter Algorithm을 제안한다. Fast Median Filter Algorithm은 훼손영상을 전체집합으로, 국부영상을 부분집합 1, 2로 두어 Median Filter Algorithm보다 효율적으로 화소들을 정렬한다. 시험결과 IBM 기종(80586)에서 구동되었으며 기존의 Filter Algorithm들과 비교분석한 결과 Mean Filter Algorithm과 대등한 속도와 Median Filter Algorithm의 결과영상을 얻음으로서 Fast Median Filter Algorithm의 우수성을 확인할수 있었다.

### Abstract

The Median of a set of number is a number which partitions the given set. The specified numbers of a set partitions in one subset and in another subset. In Image Processing, The Sorting method of numbers of one subset equal to the previous Median Filtering. but The Sorting method of numbers of another subset not equal to in the other. In this paper, a fast two-dimensional Median Filtering Algorithm is proposed. The Algorithm designed in such a during the partitioning of the previous window are used. Test results obtained by running the Algorithm on IBM PC(586) are presented and its filtering. It is shown that the proposed Algorithm's processing time is faster and independent of the number of bits used to represent the data values.

### I. 서 론

시각적인 정보는 인간의 통신에 있어서 음성과 함께 중요한 역할을 한다. 사람에 의해서 받는 모든 정보의 약 75%가 시각적인 정보라고 추정된다.<sup>[1]</sup> 정보의 중요성이 인식되어감에 따라 정보처리의 고속화와 대량화가 이루어지면서 많은 문제점이 발생하고 있다.

예를들어 문서와 영상을 전송하거나 영상에 대한 여러 가지 작업을 수행하는 경우 잡음이 섞이거나 장비의 광학적인 특성에 의해서 선명한 영상을 얻기가 어렵다. 광학 시스템이 가지는 성능의 제한으로 인하여, 초점이 맞지않아 생기는 흐려짐 현상(blurring)이 발생하는 것인데, 이 영상을 그대로 사용할 경우 영상이 잘못 인식되거나 분석될 가능성이 있다. 그러므로 인식이나 분석의 전처리 과정으로 영상을 복원하는 과정이 필요하다.<sup>[1,2]</sup> 일반적으로 영상 정보는 정보의 발생, 저장 및 전송시 여러 가지 형태의 잡음에 의해 훼손되는 경우가 많으며 이렇게 훼손된 영상으로 부터 원래

\* 正會員, 大邱産業專門大學

(Tae Gu Poly Technic College)

接受日字: 1998年3月31日, 수정완료일: 1998年9月5日

의 영상에 가장 가까운 작업을 영상복원이라 한다. 여기에 제시하는 평균치 필터, 메디안 필터등 각각의 필터에 대한 특징과 성능을 분석한다.

II. 평균치 필터

일반적인 영상복원은 Fig. 1에서처럼 원(Original) 영상에 가산 잡음(Additional noise)이 섞인 훼손된(Degraded)영상으로부터 원영상을 추정하는것이다.  $f(i, j)$ 는 원영상,  $n(i, j)$ 는 가산 잡음,  $g(i, j)$ 는 훼손된 영상이다.

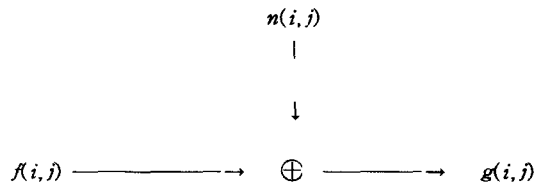


그림 1. 원영상에 잡음이 더해진 훼손영상  
Fig. 1. Degraded Image.

원영상에 백색 가우스 잡음(Additive White Gaussian Noise)  $n(i, j)$ 가 섞인 훼손된 영상은 다음과 같이 표현된다.

$$g(i, j) = f(i, j) + n(i, j) \tag{1}$$

- {  $i$ : 영상의 수평방향의 변수 ( $i = 1, 2, \dots, M$ )
- {  $j$ : 영상의 수직방향의 변수 ( $j = 1, 2, \dots, N$ )

백색 가우스 잡음은 포물선의 분포를 나타내며 잡음의 평균은 0이며, 원영상  $f(i, j)$ 와는 서로 상관 관계가 없다고 가정하면

$$\begin{aligned}
 &\{n(r, s) \mid 1 \leq r \leq M, 1 \leq s \leq N, r \neq i, s \neq j\} \\
 &E[n(i, j)] = 0 \quad (i, j) \neq (r, s) \\
 &E[n(i, j)n(r, s)] = 0, \quad \text{된다.}
 \end{aligned}$$

잡음의 농도값과 그 주변의 농도값의 급격한 농도값 차이가 있다는 점, 그리고 이것 때문에 눈에 거슬린다는 점이다. 이 잡음의 성질을 이용하여 잡음 제거를 행하는 수법을 일반적으로 평활화(somoothing)이라고 부르는데 특히 영상데이터의 윤곽선(edge)부분도 급격한 농도차가 있기 때문에 이를 이용하여 윤곽선부분과 잡음부분을 어떤 방법으로 분리하고 잡음을 제거하는가

가 평활화 과정의 목적이 된다. 이를 위해 간단한 잡음 제거법이 평균치 필터이다. 영상을 용이하게 처리하기 위하여  $N \times N$ 창이 전체 영상을 경유하면서 창내의 화소값들에 대하여

$$\overline{f(i, j)} = \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} g(k, l) \tag{2}$$

- {  $\overline{f(i, j)}$ : 평균치 필터에 의해서 처리된 복원 영상
- {  $g(k, l)$ : 훼손된 영상

이것은 어떤화소 주변의  $N \times N$  화소의 평균치를 그 화소의 값과 교환하는 방법인데 이 방법은 영상을 흐리게 하면 세밀한 잡음은 눈에 보이지 않게 된다고 하는 점에서 착안되었다.

그러나 이 방법으로는 잡음이나 윤곽선을 고려하지 않고 평균하기 때문에 잡음은 제거할 수 있으나 원하는 영상을 흐리게 한다. 이러한 평균치 필터는 수학적으로 간결하며, 연산속도가 빠르다는 장점이 있으며 잡음의 제거, 특히 평면 부분의 잡음을 제거할 때 용이하다.

그러나 영상이 급격한 변화를 가지는 비정상적인 모델의 훼손영상을 복원할 경우  $N \times N$  창내에서 동일한 가중치를 사용하여 그 합의 평균값을 특정화소에 대치함으로 잡음의 변화와 영상의 윤곽부위등 영상신호의 국부적 성질에 따라 능동적으로 처리하지 못함을 알 수 있다. 즉, 윤곽이 잡음과 동일시 처리되어 윤곽부분의 흐려짐현상이 나타나며, 평면에서는 매끄럽지 못한 결과를 나타낸다.

1. 실험결과 및 검토

표 1. 평균치필터 MSE

Table 1. The Mean Square Error of the Mean Filtering.

	훼손된 영상의 MSE	복원한 영상의MSE
20dB	173.631744	90.308975

그림 2.에서 보는바와 같이 잡음이 잘 제거되었으나 잡음이나 윤곽선을 고려하지 않고 평균하여 버리기 때문에 잡음은 제거할 수 있으나 원하는 영상을 흐리게 하는 결과를 가져온다. 표 1에서 훼손된 영상의 MSE(Mean Square Error)는 173.631744인데 반해 복원된 영상의 MSE는 90.308975로 잡음이 준 것을

알 수 있다.

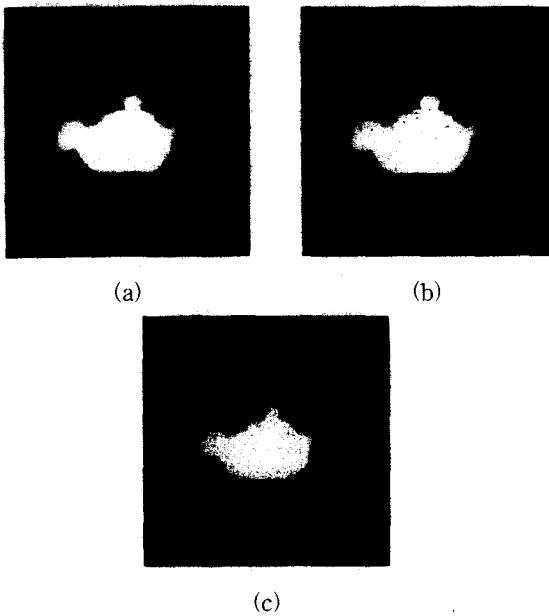


그림 2. 훼손된 영상을 평균치 필터하여 얻은 결과  
(a) 원영상 (b) 가우시안 잡음을 원영상에 더하여 훼손된 영상 (c) 평균치 필터

Fig. 2. Result of The Meam Filtering.  
(a). Original Image (b) Degraded Image  
(c) Mean Filtered Image

### III. 메디안(Median) 필터

위의 평균치 필터의 단점을 보완한 것이 메디안 (median) 필터이다. 그림에서 둘러싸인 화소의 값을 구하기 위해  $N \times N$  (예로  $3 \times 3$ ) 영역내 화소의 농도를 오름차순으로 정렬하여 중앙 값을 그 화소의 값과 교환함으로써 잡음을 제거하는 방법이다.

A	B	C
D	E	F
F	G	H

그림 3.  $3 \times 3$ 영역  
Fig. 3. Area of 3 by 3.

즉 임의의 행  $k$ 와 임의의 열  $l$ 로 이뤄진 행렬  $g$ 의 중위수를 구한다.

$$\overline{f(i, j)} = \text{MED}\{g(k, l)\} \quad \begin{matrix} k=N-1, l=N-1 \\ k=0, l=0 \end{matrix} \quad (3)$$

메디언 필터는 어떤 화소 주변의 영역내 화소 농도 값의 중앙값을 구하여 원하는 화소의 농도값으로 처리 되는 것이다. 주변과 비교하여 극단적으로 농도값의 차이가 있는 것은 크기의 순서로 나열할 때 왼쪽이나 오른쪽에 치우쳐 중앙값으로 선택되지 않기 때문에 잡음 제거가 좋고 특히 윤곽선부분을 보존할 수 있는 장점이 있다. 평균치 필터와 메디언 필터의 결과를 살펴 보면 메디언 필터를 사용한 경우가 훨씬 복원 효과가 좋은 장점을 가지나 메디언 필터의 경우 정렬을 하기 때문에 시간상으로는 평균치 필터보다 많은 시간이 걸린다.

#### 1. 실험결과 및 검토

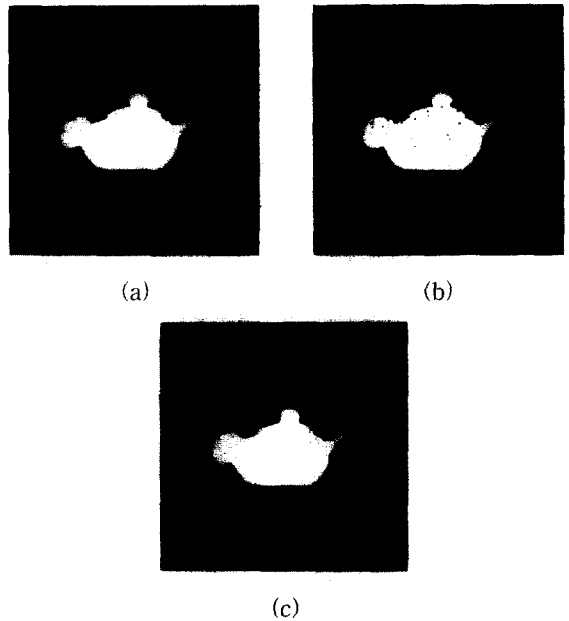


그림 4. 훼손된 영상으로 부터 median 필터링하여 얻은 결과

(a) 원영상 (b) 훼손된 영상 (c) 복원영상  
Fig. 4. The Result Image of The Median filtering.  
(a) The Original Image (b) The Degraded Image (c) The Restored Image

표 2. Median 필터링 MSE

Table 2. The Mean Sqare Error of the Median filtering.

	훼손된 영상의 MSE	Median 필터링한 후의 MSE
20dB	173.631744	90.169052

그림 4에서 보는바와 같이 훼손된 영상이 시각적인

면에서나 필터링한 후의 MSE의 값이 현저하게 복원되고 향상된 것을 볼 수 있다. 정렬 후 중앙값을 선택하기 때문에 잡음제거가 좋고 특히 윤곽선 부분을 보존할 수 있는 장점이 있다.

IV. 고속 메디안(Fast Median) 필터

Median Filter Algorithm의 과다한 처리시간소모를 보완한 Fast Median Filter Algorithm을 제안한다. f(i, j)는 훼손영상이며 정방행렬로 구성되어있다.

$$f(i, j), i = 1, 2, \dots, M$$

$$j = 1, 2, \dots, N$$

MxN행렬(M, N은 홀수)의 중위수는  $f((M + 1) / 2, (N + 1) / 2)$ 이다. Fast Median Filter Algorithm은 훼손영상을 전체집합으로, 국부영상을 부분집합 1, 2로 둔다.

부분집합 1은 국부영상을 내림차순으로 정렬하여 중위수를 구한다. 중위수는 훼손영상의 화 소와 대치된다.(Median Filter Algorithm과 동일) 1)

훼손영상에서 부분집합 1이 우측으로 1열 이동한다. 따라서 부분집합 1의 화소들은 갱신된다.

부분집합 1의 우측 마지막 열에서 행의 개수만큼, 가운데 행에서 열의 개수만큼 화소들을 구하여 부분집합 2에 대치한다. 2)

부분집합 2를 내림차순으로 정렬한다. 그리고 중위수를 구하여 훼손영상의 화소와 대치한다. 3)

2)와 3)의 과정을 재귀반복한다. 4)

위의 과정을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$f(i, j) = \sum_{y=2}^{254} MED_g(k, l) \left[ \sum_{x=3}^{254} MED[w(m, n)] \right]$$

$$k = x + 2, l = y + 2$$

$$k = x - 2, l = y - 2$$

$$m = x + 2, n = y + 3$$

$$m = x - 2, n = y - 2$$

g(k, l) : 부분집합 1 (훼손국부영상)

w(m, n) : 부분집합 2 (훼손국부영상)

f(i, j) : 복원영상

훼손영상 f(i, j)는 256행 256열로 이뤄진 정방행렬이며, 각 부분집합 1과 2는 훼손영상 f(i, j)에 속한다. 부분집합 1은 Median Filter Algorithm을 사용하여 부분집합 1의 각원소 - 화소값들을 내림차순 혹은 오름차순으로 정렬하여 중위수를 얻어 훼손영상의 임의의 화소에 대치한다. 부분집합 2는 부분집합 1과의 교집합을 구하여 얻은 정렬된 화소값들(부분집합 1)과 부분집합 2의 교유의 화소값들을 합하여 정렬한다다음 중위수를 구한다. 이러한 과정을 행렬로 나타내면 다음과 같다.

훼손영상 f(i, j)는 MxN행렬이다.

$$f(i, j), i = 1, 2, \dots, M$$

$$j = 1, 2, \dots, N$$

$$f(1, 1), f(1, 2), f(1, 3), \dots, f(1, N)$$

$$f(2, 1), f(2, 2), f(2, 3), \dots, f(2, N)$$

$$f(3, 1), f(3, 2), f(3, 3), \dots, f(3, N)$$

$$f(4, 1), f(4, 2), f(4, 3), \dots, f(4, N)$$

$$f(5, 1), f(5, 2), f(5, 3), \dots, f(5, N)$$

.....

.....

.....

$$f(M,1), f(M,2), f(M,3), \dots, f(M,N)$$

그림 5. 훼손영상의 전체좌표

Fig. 5. The total coordination of The Degraded Image.

$$f(1, 2), f(1, 3), f(1, 4), f(1, 5), f(1, 6)$$

$$f(2, 2), f(2, 3), f(2, 4), f(2, 5), f(2, 6)$$

$$f(3, 2), f(3, 3), f(3, 4), f(3, 5), f(3, 6)$$

$$f(4, 2), f(4, 3), f(4, 4), f(4, 5), f(4, 6)$$

$$f(5, 2), f(5, 3), f(5, 5), f(5, 5), f(5, 6)$$

그림 6. 훼손영상의 국부좌표

Fig. 6. The subset coordination of The Degraded Image.

Fast Median Algorithm은 훼손영상을 전체집합으로 국부영상을 부분집합 1과 2로 둔다. 부분집합 1은 5차 정방행렬이라고 가정한다. 부분집합 1을 내림차순으로 정렬하여 중위수를 구하고, 중위수를 f(3, 3)과 대치한다. 훼손영상에서 부분집합 1을 우측으로 1열 이동하여 부분집합 1의 화소들을 갱신된다. 부분집합 1의 우측 마지막열에서 f(1, 6), f(2, 6), f(3, 6), f(4, 6), f(5, 6)과 부분집합 1의 3행의 f(3, 2), f(3, 3), f(3, 4), f(3, 5)를 부분집합 2에 대치한다. 부분집합 2

를 내림차순으로 정렬하여 중위수를 구한다. 중위수는  $f(3, 4)$ 와 대치한다. 과정을 재귀반복한다. 이러한 과정들은 메모리상에서 처리되었다. 사용된 메모리는 RWM(RAM)으로 휘발성메모리이다. 따라서 새데이터가 기존데이터와 대치될 수 있다. 그러므로 데이터 삭제, 삽입과정에서 소모되는 수행시간이 없다. 그러나 Median Filtering보다 필요한 메모리 공간이 커지는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완한 Fast Median Filtering을 제안한다. 제안된 Fast Median Filtering은 Median Filtering보다 작은 메모리공간을 이용하여 훼손영상을 처리한다. 제안된 Fast Median Filtering은 훼손영상을 블록단위로 나눈다. 블록의 행은 부분집합 1의 행과 같고, 열은 훼손영상의 열과 같다.

1번째 블록.

- $f(1, 1), f(1, 2), f(1, 3), \dots, f(1, N)$
- $f(2, 1), f(2, 2), f(2, 3), \dots, f(2, N)$
- $f(3, 1), f(3, 2), f(3, 3), \dots, f(3, N)$
- $f(4, 1), f(4, 2), f(4, 3), \dots, f(4, N)$
- $f(5, 1), f(5, 2), f(5, 3), \dots, f(5, N)$

2번째 블록.

- $f(2, 1), f(2, 2), f(2, 3), \dots, f(2, N)$
- $f(3, 1), f(3, 2), f(3, 3), \dots, f(3, N)$
- $f(4, 1), f(4, 2), f(4, 3), \dots, f(4, N)$
- $f(5, 1), f(5, 2), f(5, 3), \dots, f(5, N)$
- $f(6, 1), f(6, 2), f(6, 3), \dots, f(6, N)$

$\lfloor N / 5 \rfloor$  번째 블록.

- $f(M-4,1), f(M-4,2), f(M-4,3), \dots, f(M-4, N)$
- $f(M-3,1), f(M-3,2), f(M-3,3), \dots, f(M-3, N)$
- $f(M-2,1), f(M-2,2), f(M-2,3), \dots, f(M-2, N)$
- $f(M-1,1), f(M-1,2), f(M-1,3), \dots, f(M-1, N)$
- $f(M,1), f(M,2), f(M,3), \dots, f(M,N)$

그림 7. 블록좌표

Fig. 7. The coordination of blocks.

각각의 블록은 Fast Median Filtering을 재귀반복한다. 각각의 블록은 동시에 메모리에 존재할수 없다. 그러므로 Median Filtering보다 적은 메모리 공간을 이용할 수 있다.

1. Fast Median Algorithm의 처리과정.

그림 8(a)에서 부분집합 1은 5차 정방행렬이다. 부분집합 1의 1열부터 5열까지 각각 내림차순으로 정렬한다. (그림 8(b) 참조) 1)

부분집합 1의 3행의 중위수를 훼손영상의 화소에 대치한다. 2)

부분집합 1은 우측으로 1열 이동하여 재할당된다. 그러므로 부분집합 1의 화소들은 갱신된다. (그림 8(c)와 그림 8(d) 참조) 3)

부분집합 5열의 화소 1, 4, 3, 3, 3 과 화소 5, 3, 2, 9는 부분집합 2에 대치된다.(그림 9(a)) 4)

부분집합 2의 화소들을 내림차순으로 정렬하여 중위수를 구한다. 따라서 부분집합 1의 전체화 소들을 내림차순으로 정렬한 것과 같은 효과를 얻는다. (그림 9(b)) 5)

3)에서 5)까지 과정을 재귀반복한다. 6)

3	2	7	3	2	1	4
2	6	8	3	2	4	1
1	5	1	2	9	3	2
1	3	4	8	4	3	1
8	2	1	4	7	3	2

(a)

3	2	7	3	2	1	4
2	6	8	3	2	4	1
1	5	3	2	9	3	2
1	3	4	8	4	3	1
8	2	1	4	7	3	2

(b)

1	1	1	1	1	1	4
2	2	2	2	2	4	1
2	3	3	3	4	3	2
4	4	5	6	7	3	1
7	8	8	8	9	3	2

(c)

3	2	7	3	2	1	4
2	6	8	3	2	4	1
1	5	3	2	9	3	2
1	3	4	8	4	3	1
8	2	1	4	7	3	2

(d)

그림 8. 고속 메디안 필터링의 수행과정 1

Fig. 8. The processing order 1 of The Fast Median Filtering.

3	2	7	3	2	1	4
2	6	8	3	2	4	1
1	5	3	2	9	3	2
1	3	4	8	4	3	1
8	2	1	4	7	3	2

(a)

3	2	1	2	2	1	4
2	2	3	3	2	3	1
1	3	4	3	4	3	2
1	5	7	4	7	3	1
8	6	8	8	9	4	2

(b)

그림 9. 고속 메디안 필터링의 수행과정 2

Fig. 9. The Processing Order 2 of The Fast Median Filtering.

2. 실험결과 및 검토

원영상, 훼손영상, Mean Filtering 영상, Median Filtering 영상, 수정된 Fast Median Filtering 영상이다.

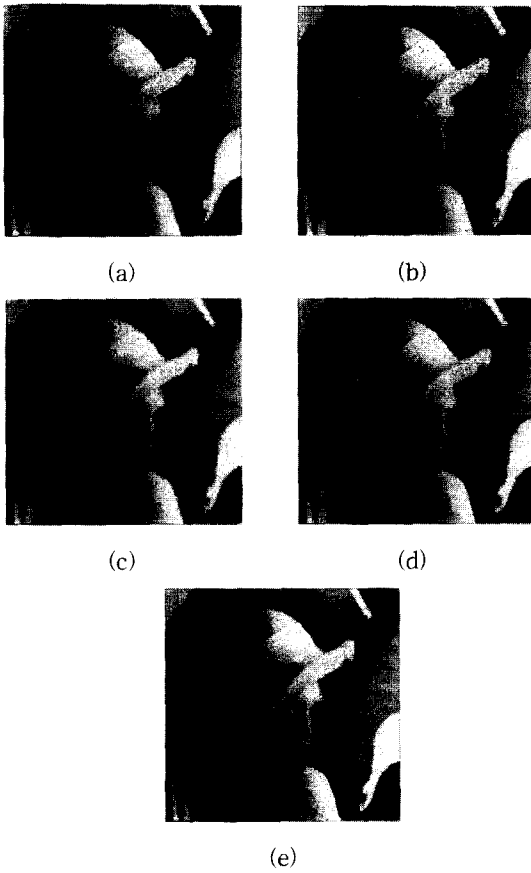


그림 10. 훼손영상 및 복원영상들  
 (a) 원영상 (b) 가산잡음이 포함된 훼손영상  
 (c) Mean Filtering 영상 (d) Median Filtering 영상 (e) Fast Median Filtering 영상  
 Fig. 10. The Degraded Image and The Processed Images.  
 (a) The Original Image (b) The Degraded Image (c) The Median Filter Image (d) The Median Filter Image (e) The Fast Median Filter Image

표 3. 평균잡음과 처리시간  
 Table 3. The Mean Square Error and The Processing Time.

20db	Mean Square Error rate	Processing Time. (per sec)
The Degraded Image	173.631744	
The Mean Filtering	90.308975	0.01
The Median Filtering	90.169052	3.01
The Fast Median Filtering	80.192072	0.01

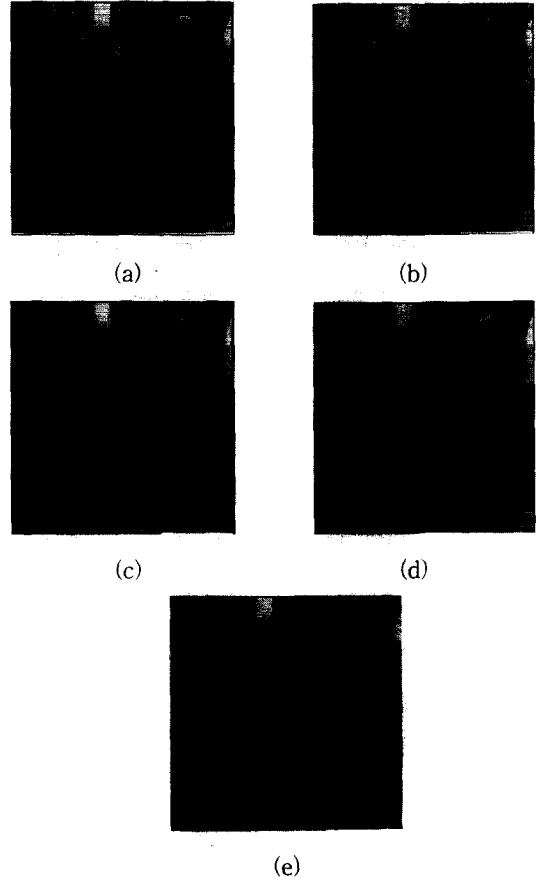


그림 11. 훼손영상 및 복원영상들  
 (a) 원영상 (b) 가산잡음이 포함된 훼손영상  
 (c) Mean Filtering 영상 (d) Median Filtering 영상 (e) Fast Median Filtering 영상  
 Fig. 11. The Degraded Image and The Processed Images. (a) The Original Image (b) The Degraded Image (c) The Median Filter Image (d) The Median Filter Image (e) The Fast Median Filter Image

표 4. 평균잡음과 처리시간  
 Table 4. The Mean Square Error and The Processing Time.

20db	Mean Square Error rate	Processing Time.(per sec)
The degraded Image	167.832357	
The Mean Filtering	89.204723	0.01
The Median Filtering	89.001412	3.01
The Fast Median Filtering	80.091052	0.01

## V. 결 론

Mean Filtering는 화소들을 평균하여 효율적으로 잡음을 제거하나 윤곽선이 훼손된다. Median Filtering은 정렬된 화소들의 중위수를 구하여 윤곽선 훼손의 단점을 보완하였으나 매번 화소들을 정렬하여 중위수를 구하는 처리시간이 Mean Filtering보다 많이 소모된다. 이러한 단점을 보완한 Fast Median Filtering은 매번 일정하게 정렬되는 화소들의 개수가 Median Filtering보다 작아 기존의 Median Filtering보다 향상된 처리속도를 나타낸다. 화소를 나타내는 bit들의 개수와는 독립적으로 수행되므로 Filtering에 소모되는 메모리공간을 Median Filtering보다 효율적으로 이용한다. Median Filter Algorithm보다 향상된 처리속도와 윤곽선보존능력을 보여준다. 또한 Median Filter Algorithm의 미비한 윤곽선처리를 수정하여 Median Filter Algorithm의 윤곽선보존능력을 한층 강화시키는 결과를 나타낸다. Fast Median Filter Algorithm은 Median Filter Algorithm의 윤곽선보존능력을 향상시키고, Mean Filter Algorithm과 동등한 처리속도를 나타낸다는 것을 확인할수 있었다.

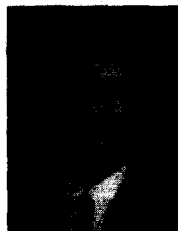
## 참 고 문 헌

[1] J.S.Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", pp.524-561, Prentice

Hall 1990.

- [2] Satoshi Kawata, Yoshiki Ichioka, "Iterative Image Restroation for Linearly degraded images 1.Basis", J.Opt.Soc.Am.vol.70, No.7, pp.762-768, July, 1980.
- [3] J.S.Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", pp.278-285, Prentice-Hall 1990.
- [4] S.j.Leon, "Linear Algebra with Applications", pp.301-336, Macmillan 1989.
- [5] Yoshiki Ichioka, "Iteratve Image restoration by a method of steepest-descent", J.Optics, vol.12, No.1, pp.35-41, 1981.
- [6] Gonzalez, Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, 1997.
- [7] S.Kawata, O.Nalcioğlu, "Constrained iterative reconstruction by conjugate gradient method", IEEE Trans.on Medical Images, No.2, pp.65-71, June, 1985.
- [8] Craing, E. Morris and M.A. Richards, Monson H. Hayes "Fast Restruction of Linearly Distorted Signals". IEEE Trans. Acous. Speech and Signal Proc, vol.36. No.7. July, 1988.
- [9] Reginald L. Lagendijk, Russel M. Mersereau and Jan Biemondm, "On Increasing the Convergence Rate of Regularized Iterative Image Restoration Algorithm", ICASSP, pp.1183-1186, 1187.

## 저 자 소 개



權 起 弘(正會員)

1965年生 1989년 2월 영남대 전자공학사(공학사). 1991년 영남대학교 전자 공학과(공학석사). 1994년 영남대학교 전자공학과(공학박사). 1991년 ~ 현재 : 대구산업전문대학 조교수. 주관심 분야는 디지털 신호처리와 영상처리임. 한국통신학회논문지 제 20권 19편 제10호 영상신호의

고속처리를 위한 최적화 알고리즘에 대한 연구. 권기홍 저