

論文2001-38SP-4-9

홀/짝 다중 셸을 이용한 수정된 가변 미디언 필터 알고리즘에 관한 연구

(A Study on The Modified Adaptive Median Filter Algorithm Using Odd/Even Multi-Shell)

李 一 權 *, 趙 相 福 *, 孔 亨 允 *

(Il-kwon Lee, Sang-bok cho and Hyung-yun Kong)

요 약

MMMMF(Modified 2D Multi-shell Median Filter)를 기초로 하여 가변 문턱 조건과 홀/짝수 다중셸을 이용한 Adaptive Odd/Even MMF(Multi-shell Median Filter)를 제안하였다. 제안된 알고리즘은 MATLAB을 이용하여 연구하고 테스트하였다. 제안된 알고리즘의 성능은 이미 잘 알려진 이미지에 임펄스 노이즈(Impulse Noise)와 Line Missing을 적용하여 평가하였고 이를 FPGA로 구현하였다. 제안된 가변 문턱 조건은 연산 시간과 불필요한 재배치를 줄였고, 홀수 셸과 짝수 셸은 각각 십자 방향과 대각선 방향의 Line Missing을 복구하였다. 특히 짧은 연산 시간으로 실시간을 요구하는 이미지 처리 분야에서 효과적으로 이용할 수 있다.

Abstract

An adaptive Odd/Even Multi-shell Median Filter(Adaptive O/E MMF) is proposed by using a adaptive threshold strategy and odd/even multishells. This algorithm was verified in MATLAB and implemented on FPGA. The performance of the algorithm is evaluated by adding impulse noise and line missing into well-known images. A proposed adaptive threshold strategy may reduce the computation time and redundant arrangement. Odd and even multishells can recover line missing of vertical and diagonal directions respectively. Therefore, the algorithm proposed in this work can be effectively used in real time image processing applications.

I. 서 론

TV나 이미지 시스템에서 보면 라인에 관한 정보를 자주 잃어버리는 것을 본다. 이런 현상들은 정보를 전

달하는 동안에 발생한다. 에러가 발생한 이미지 데이터를 디코딩해서는 원래 이미지 데이터를 복구할 수 없다. 또한 임펄스 노이즈도 TV나 비디오 신호에서 발생하는 에러이다. 일반적으로 TV방송신호는 종종 가전제품이나 대기의 교란과 같은 다양한 원인에서 발생한 임펄스 노이즈로 인해 에러가 발생하게 된다. 그리고 근래에 들어 방송신호 중 임펄스 노이즈의 크기가 더욱 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 에러를 복구하기 위해서 다양한 필터들이 제안되었다. 그 중에서 가장 널리 연구되고 있는 Median Filter는 이미지 데이터를 부드럽게 하기 위해서 Tukey에 의해서 제안되었다.^[1] Median Filter는 Biological Image Processing^[2]과 Ultrasonic Image Processing^[3], 심지어 위성사진 전송

* 正會員, 蔚山大學校 電氣電子情報시스템工學部 (School of Electric-Electronic Information system Engineering)

※ 본 연구는 2000년 정보통신부 정보우수시범학교 지원사업과 산업자원부 반도체설계교육센터(IDECE)의 지원으로 수행되었음.

接受日字:2000年2月23日, 수정완료일:2001年2月27日

^[4]에서도 사용되고 있을 정도로 그 성능을 입증 받고 있다. 하지만 긴 연산시간과 때때로 잘못된 데이터의 재배치로 인해 이미지가 흐려지는 단점도 가지고 있다. 이중 연산시간을 줄이기 위해서 Histogram Sorting Median Filter(HSMF)^[5]가 제안되기도 했지만 이것도 Tukey의 방식과 동일한 문제를 발생시켰다. 이후 연산시간의 문제를 개선하기 위해 MMF가 제안되었다.^[6] 하지만 처리창에 2개 이상의 노이즈가 발생했을 때는 성공적으로 동작을 하지 못하고 많은 불필요한 재배치로 인해서 이미지가 흐려지는 경향이 발생했다. 이를 개선하기 위해서 제안된 방식이 Modified Multi-shell Median Filter(MMMF)이다.^[7,8] 이 방식은 median 값을 알아내기 위해서 한정된 셀 중에서 max/min값을 이용함으로써 연산 시간을 줄이고 좀 더 신뢰성 있는 median을 추출하는데 좋은 성능을 보였다. 하지만 본 논문에서 연구한 결과 세로 방향과 대각선 방향의 Line Missing을 복구하지 못하는 단점이 있다는 것을 발견했다.

본 논문에서는 이러한 단점을 개선하기 위해서 이미지의 명암정도에 따라 가변 되는 문턱 조건(threshold strategy)을 적용하고 홀수 셸과 짝수 셸로 나누어 처리하는 알고리즘인 Adaptive Odd/Even Multi-Shell Median Filter(Adaptive O/E MMF)를 제안하였다.

II. 기존 Median Filter 알고리즘

기본적인 2D (3×3) median filter는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{OUTPUT}(x,y) = & \text{MED}\{P1, P2, P3 \\ & P4, P5, P6 \\ & P7, P8, P9\} \end{aligned} \quad (1)$$

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

그림 1. 3×3 처리 window

Fig. 1. A 3×3 processing window.

이 아홉 개의 셸과 처리창을 그림 1에 보여주고 있

다. 여기에서 P5가 처리되는 셸이고 다른 부분은 그것의 이웃 셸 들이다.

여기에서 아홉 개 셸의 미디언 값인 OUTPUT(x,y)은 중앙 셸인 P5을 대치하게 된다. 식(1)을 이용하여 정렬되어 있지 않은 데이터 중에서 미디언 값을 구해야 하는 실시간 시스템의 노이즈 제거 회로를 구현하는 것은 긴 연산 시간으로 인해 매우 어렵다.

이를 해결하기 위해서, Jim Sui는 아래와 같은 MMF (Multi-shell Median filter)알고리즘을 제안하였다.

$$\text{OUTPUT}(x,y) = \text{MED}\{\text{MIN}[S], P5, \text{MAX}[S]\} \quad (2)$$

여기에서 S는 식 (3)과 같이 P5를 둘러싸고 있는 이웃 셸 중 P4, P6을 제외한 셸들이다.

$$S = \{P1, P2, P3, P7, P8, P9\} \quad (3)$$

그리고 MIN[S]는 S중에서 최소 값이고 MAX[S]는 S중에서 최대 값이다. 식 (2)는 3×3 처리창 안에 2개 이상의 임펄스 노이즈가 존재할 확률이 아주 적다는 가정 하에서 문제없이 잘 수행된다.

그러나 실제로는 동일한 window 안에 2개 이상의 임펄스 노이즈가 발생할 수 있다. 이런 경우 식 (2)를 이용하여 처리하는데 한계가 있기 때문에 식을 수정해야 한다.

이런 수정을 거쳐 제안된 것이 Chang Jung Juan의 MMMF 알고리즘이며 식 (4)는 수정된 식을 나타낸다.

$$\text{OUTPUT}(x,y) = \begin{cases} \text{MAX}(P2, P8) & \text{if } P5 > \text{MAX}[S] \\ P5 & \text{else if } \text{MIN}[S] < P5 < \text{MAX}[S] \\ \text{MIN}(P2, P8) & \text{else } P5 < \text{MIN}[S] \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)를 이용하면 동일한 처리 창안에 두 개 이상의 임펄스 노이즈가 발생하더라도 이를 제거할 수 있다. 하지만 불필요한 재배치로 인해서 이미지의 화질이 흐려지는 현상이 나타난다.

이러한 현상을 제거하기 위해서 그림 2에서 보는 바와 같이 Gray Level Distance(GLD)가 16이하인 셸이 50%이상인 점을 이용하여 새로운 문턱 조건을 설정함으로써 불필요한 재배치를 줄이고 더욱 상세한 이미지를 보존할 수 있고 식 (5)는 수정된 식은 나타낸다.

$$\text{OUTPUT}(x,y) = \begin{cases} \text{MAX}(P2, P8) & \text{if } P5 - \text{MAX}[S] \geq 16 \\ \text{MIN}(P2, P8) & \text{else if } \text{MIN}[S] - P5 \geq 16 \\ P5 & \text{else otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

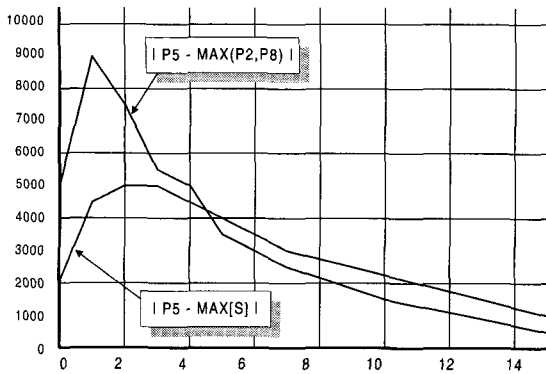


그림 2. P5와 이웃 셀과의 Gray Level Distance
Fig. 2. Gray Level Distance between P5 and its neighboring point.

식 (5)는 단지 P5와 MAX[S] 또는 MIN[S]의 거리가 16보다 작지 않을 때만 동작하기 때문에 불필요한 재배치를 피할 수 있다. 하지만 본 논문 연구 결과 MMMF의 문턱조건인 16이라는 수치는 이미지의 명암이 어두울 때는 맞지만 이미지의 명암이 밝아지면 잘 맞지 않는 단점을 발견했다. 또한 세로방향과 대각선방향의 line missing을 복구하지 못하는 단점을 발견하였다. 따라서 본 논문에서는 이런 단점을 개선하기 위해 다음 장에서 가변 홀/짝수 다중 셀을 이용한 수정된 Median Filter 알고리즘을 제안한다.

III. 가변 홀/짝수 다중 셀을 이용한 Median Filter 알고리즘

본 논문에서 제안한 가변 홀/짝수 다중 셀을 이용한 수정된 Median Filter(Adaptive O/E MMF)는 기존의 MMMF에서 볼 수 있는 세로 방향과 대각선 방향의 line missing에 대한 단점을 개선할 수 있는 새로운 방법이다.

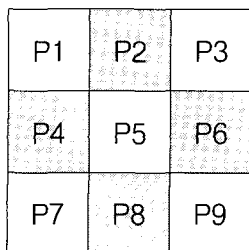


그림 3. 홀/짝수 다중 셀 window
Fig. 3. Odd/Even Multi-Sell Window.

이 알고리즘은 그림 3에서 보는 바와 같이 중앙 셀인 P5를 제외한 이웃 셀 중에서 색깔이 없는 셀(홀수 셀)과 있는 셀(짝수 셀)을 이용하게 된다.

3×3 처리 window의 셀들의 집합을 W라고 하고 그 셀들을 Px라고 할 때, W는 식 (6)과 같다.

$$W = \{P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9\} \quad (6)$$

여기에서 P5셀을 제외한 이웃 셀 중에서 홀수 셀의 집합을 O, 짝수 셀의 집합을 E라고 할 때, O와 E는 식 (7),(8)과 같다.

$$O = \{P1, P3, P7, P9\} \quad (7)$$

$$E = \{P2, P4, P6, P8\} \quad (8)$$

그림 3에 보는 바와 같이 홀수 셀은 셀 들을 확장했을 때 대각선 방향이 나오게 되므로 가로 방향과 세로 방향 line missing 복구에 용이하고, 짝수 셀은 가로와 세로 방향으로 나오게 되므로 대각선 방향의 line missing 복구에 용이하다.

그러나 기존의 MMMF 알고리즘은 S={P1, P2, P3, P7, P8, P9} 의 6개의 셀 중에서 MAX[S]와 MIN[S]을 구하여 처리한 후 median 값으로 중앙 셀인 P5와 이웃 셀 중 P2와 P8 세 개의 값 중에서 구하기 때문에 세로 방향의 line missing 복구하지 못하게 된다.

이러한 단점을 개선하기 위해서 제안한 Adaptive O/E MMF에서는 식(5)를 식(9),(10)으로 수정하였다.

$$OUTPUT(x,y) = \begin{cases} MAX(P1, P3) & \text{if } P5 - MAX[O] \geq T \\ MIN(P1, P3) & \text{else if } MIN[O] - P5 \geq T \\ MAX(P2, P8) & \text{else if } P5 - MAX[E] \geq T \\ MIN(P2, P8) & \text{else if } MIN[E] - P5 \geq T \\ P5 & \text{else otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

$$T = \begin{cases} 22 & \text{if } L < 85 \\ 45 & \text{else if } L > 170 \quad (L \neq 0, 255) \\ 32 & \text{else otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

식 (9)에서는 식 (5)를 기본으로 하여 ×자모양의 홀수 셀 관련 식 2개와 +자모양의 짝수 셀 관련 식 2개를 만들었다. 여기에서 ×자모양의 홀수 셀은 십자 방향의 line missing 복구에 관여를 하고 +자모양의 짝수 셀은 대각선 방향의 line missing 복구에 관여를 함으로써 MMMF의 단점인 세로 방향과 대각선 방향의 line missing을 대부분 복구한다.

식 (10)에서 L은 이미지의 히스토그램에서 가장 많은

픽셀이 분포되어 있는 부분의 명도 값이다. 여기에서 문턱 값 T는 lena, baboon, girl, airfield, couple 등의 이미지의 히스토그램을 참조하여 평균적인 값을 추출한 것이다.

T의 수치가 작을수록 이미지가 어둡다는 것을 의미하고 클수록 이미지가 밝다는 것을 의미한다. 문턱 조건을 가변 시키는 이유는 앞에서 이미 밝혔듯이 기존 MMMF의 문턱 조건은 이미지의 명암이 어두울 때는 잘 맞지만 이미지의 명암이 밝은 때는 잘 맞지 않기 때문이다. 이렇게 문턱 조건을 가변 시킴으로써 기존의 MMMF보다 깨끗한 이미지를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 세로 방향과 대각선 방향의 line missing을 복구할 수 있었다.

IV. 새로 제안한 알고리즘이 더 좋은 이유

이 장에서는 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘 보다 더 좋은 성능을 가지는 이유를 알아본다.

첫째, 한 처리 window안에 2개 이상의 노이즈가 발생했을 때를 생각해 보자. 그림 4에서 보면 2개의 임펄스 노이즈가 중앙 셀인 P5와 이웃 셀 하나인 P2에 발생되었다. 이런 경우에 두 번째 노이즈는 중앙 셀인 P5를 제외한 이웃 셀 어디에나 다 발생할 수 있다.

기존의 MMMF 알고리즘은 P2, P8에 노이즈가 발생하게 되면 MAX[S]와 P5가 동일하게 되어 노이즈가 발생한 P5값이 median 값으로 출력되게 되어 노이즈를 제거하지 못하는 단점을 가지고 있다. 이런 이유 때문에 세로 방향의 노이즈는 제거되지 못하는 것이다.

하지만 이런 경우에 새로 제안한 Adaptive O/E MMF 알고리즘에서 보면 P2, P8이 짝수

P1	P2 (W)	P3
P4	P5 (W)	P6
P7	P8	P9

그림 4. 처리 window안의 두 개의 임펄스 노이즈
W: 백색 노이즈, Pi : 일반 데이터(i=1, 2, ..., 9)

Fig. 4. Two noise impulses within a processing window W: white noise, Pi : normal data(i=1, 2, ..., 9).

다중 셀에 포함이 되기 때문에 MMMF와 마찬가지로 노이즈가 그대로 남게 되지만 홀수 셀에 의해서 P5의 노이즈는 제거되게 된다. 그림 5에서 W는 white noise를 말하는 것이며 중앙 셀인 P5와 이웃 셀중 하나인 P2에 발생한 경우를 예로 든 것이다.

163	255 (W)	136
160	255 (W)	142
158	157	135

그림 5. 임펄스 노이즈가 두 개인 경우
Fig. 5. Example for two impulse noise within a processing window.

우선 기존의 MMMF 알고리즘을 적용시켜 보자.

1. S={163, 255, 136, 158, 157, 135}
2. MAX[S]=255, MIN[S]=135
3. 식(5)를 적용시키면
 $MAX(255, 157)$ if $255-255=0 \geq 16$ (만족하지 못함)
 $MIN(255, 157)$ else if $135-255 = -120 \geq 16$ (만족하지 못함)
 $\therefore median = P5 = 255$

여기서 보는 바와 같이 MMMF 알고리즘으로는 P5에 발생한 노이즈가 제거되지 못하였다. 다음은 새로 제안한 Adaptive O/E MMF 알고리즘을 적용시켜 보자.

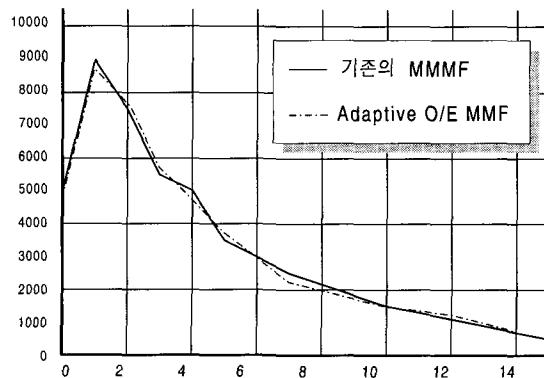


그림 6. MMMF와 Adaptive O/E MMF의 Gray Level Distance 비교
Fig. 6. The Comparison between Adaptive O/E MMF and MMMF of GLD.

우선 히스토그램을 이용하여 가장 많은 픽셀이 분포하는 부분의 명도 값인 L을 구한 후 식(10)을 이용하여 문턱 값인 T를 구한다.

※ 조건: L=60 (어두운 화면) → T=22

1. $O=\{163, 136, 158, 135\}$, $E=\{255, 160, 142, 157\}$
2. $MAX[O]=163$, $MIN[O]=135$, $MAX[E]=255$, $MIN[E]=142$
3. 식 (9)를 적용시키면



(a)원본 이미지
(a)The original image



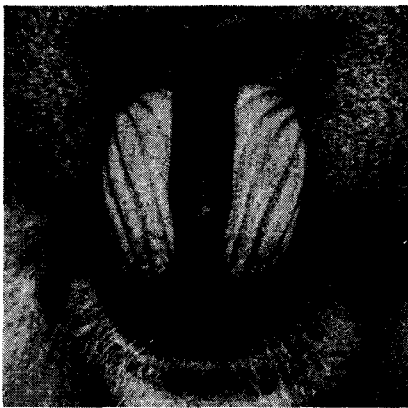
(b)5% salt & pepper noise를 넣은 이미지
(b)The image corrupted by 5% salt & pepper noise



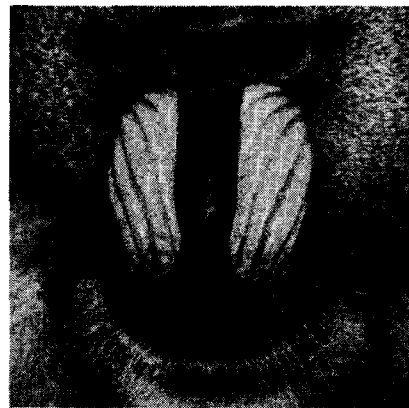
(c) MMMF로 1회 여과한 이미지
(c) The image filtered by MMMF once



(d) MMMF로 2회 여과한 이미지
(d) The image filtered by MMMF twice



(e) Adaptive O/E MMMF로 1회 여과한 이미지
(e) The image filtered by Adaptive O/E MMMF once



(f) Adaptive O/E MMMF로 2회 여과한 이미지
(f) The image filtered by Adaptive O/E MMMF twice



(g) MF로 1회 여과한 이미지
(g) The image filtered by MF once



(h) MF로 2회 여과한 이미지
(h) The image filtered by MF twice

그림 7. 반복 여과했을 때의 결과 비교

Fig. 7. The compare of result in refiltering.

$\text{MAX}(163, 136) \text{ if } 255 - 163 = 92 \geq 22$ (만족함)

$\therefore \text{median} = \text{MAX}(163, 136) = 163$

식 (9)에서 이하 식은 무시하게 된다.

위에서 보는 바와 같이 기존의 MMMF가 처리하지 못한 것을 새로 제안한 Adaptive O/E MMF에서는 완벽히 처리를 하였다.

둘째, 여러 개의 실제 이미지를 통계학적 계산을 수행하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

기존의 MMMF에서 언급한 P5와 P2, P8의 gray level distance가 16이하인 셀이 약 50%이상인 점을 이용하여 문턱 조건을 다시 설정했다. 새로 제안한 Adaptive O/E MMF에서도 새로 제안한 문턱 조건을 적용했을 때 이와 비슷한 50%이상인 것을 밝혀 냈다. 하지만 복원된 이미지는 기존의 MMMF에 비해 훨씬 선명하고 깨끗한 이미지를 복원할 수 있다.

그림 6은 여러 이미지를 기존의 MMMF와 새로 제

안한 Adaptive O/E MMF을 이용하여 필터링 한 후 GLD 결과를 평균적으로 보여주고 있는 것이다.

셋째, MMMF 뿐만 아니라 기존의 필터들은 필터링 (filtering)을 반복해서 수행했을 때 수행한 만큼 이미지가 흐려지는 것을 알 수가 있다. 하지만 새로 제안된 Adaptive O/E MMF는 불필요한 재배치 동작을 최소화으로 줄일 수 있는 문턱 조건을 이용하여 필터링을 반복수행하기 때문에 필터링을 한 후에 남아있는 노이즈만을 다시 제거하고 노이즈가 아닌 정상적인 부분에 대해서는 불필요하게 필터링 동작을 통해서 다른 값으로 변환되지 않고 원래의 값을 그대로 유지하는 확률을 높임으로써 이미지가 흐려지는 것을 줄일 수 있다. 그림 7은 기존의 필터들과 새로 제안된 Adaptive O/E MMF를 이용하여 임펄스 노이즈가 발생한 이미지를 각각 한 번, 두 번 필터링 한 결과를 보여주고 있다. 보이는 것과 마찬가지로 새로 제안된 Adaptive O/E

표 2. Mean Square Error(MSE)

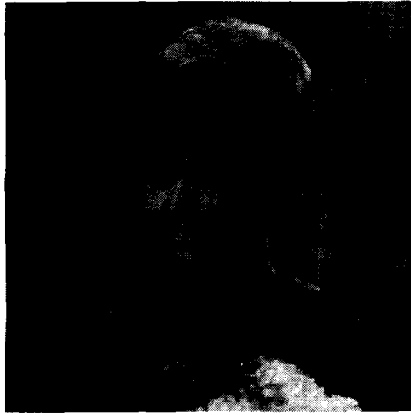
Table 2. Mean Square Error(MSE).

	회 수	5% salt & pepper noise			10% salt & pepper noise		
		Airfield	Baboon	Girl	Airfield	Baboon	Girl
MMMF	1	200.25	203.83	163.17	589.09	558.81	549.49
	2	200.86	204.90	163.18	590.09	561.42	549.53
Adaptive O/E MMF	1	95.40	95.36	15.22	163.68	158.31	41.67
	2	93.07	94.47	11.08	143.93	142.78	19.27
MF	1	190.04	314.06	28.59	212.73	333.06	34.30
	2	193.20	310.63	27.85	209.43	321.73	30.63

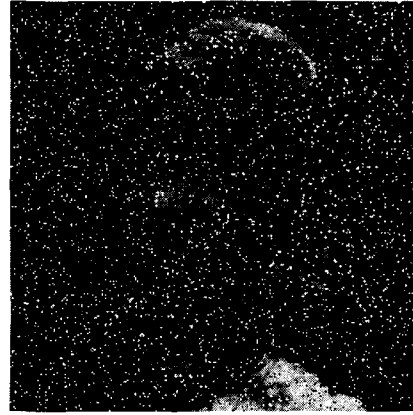
MMMF는 기존의 필터들에 비해서 이미지가 흐려지지 않은 것을 알 수 있다. 그림 7에 (a)는 baboon 원본 이미지, (b)는 5%의 salt & pepper noise를 넣은 이미지, (c), (d)는 기존의 MMMF로, (e), (f)는 제안된 Adaptive

O/E MMF로, (g), (h)는 MATLAB에서 사용되고 있는 MF로 각각 한 번, 두 번 처리한 이미지이다.

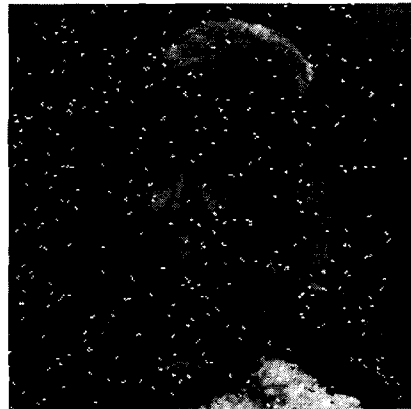
넷째, 연산 처리되는 셀의 수가 기존의 MMMMF의 6개와 비교해서 8개로 늘어났지만 연산 시간과 관련하



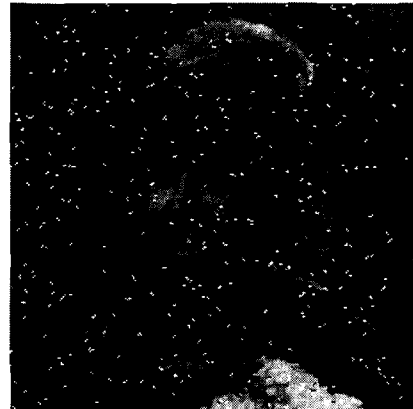
(a) 원본 이미지
(a) The original image



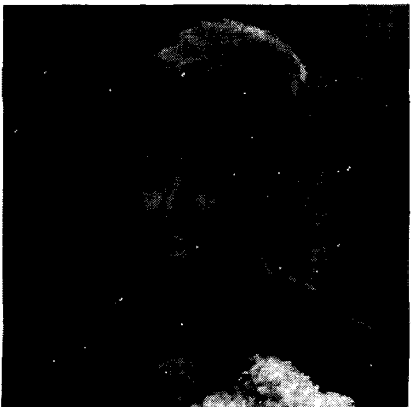
(b) 10% salt & pepper noise를 넣은 이미지
(b) The image corrupted by 10% salt & pepper noise



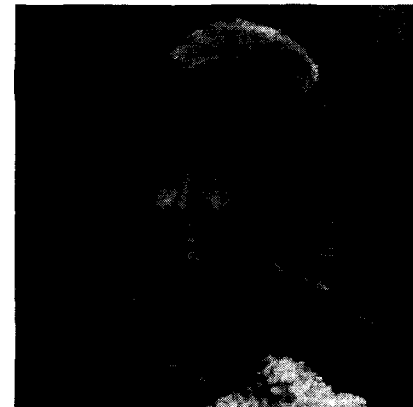
(c) MMMF 1회 여과한 이미지
(c) The image filtered by MMMF once



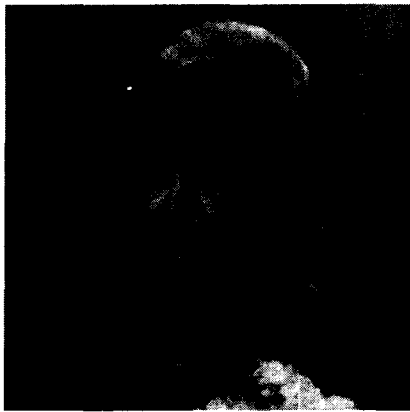
(d) MMMF 2회 여과한 이미지
(d) The image filtered by MMMF twice



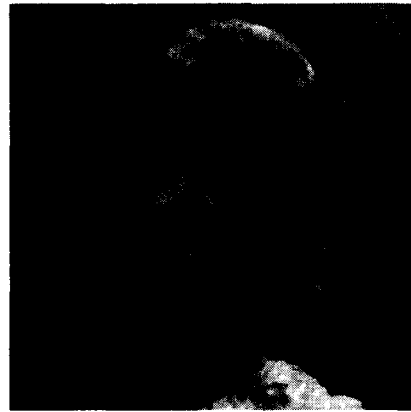
(e) Adaptive O/E MMF 1회 여과한 이미지
(e) The image filtered by Adaptive O/E MMF once



(f) Adaptive O/E MMF 2회 여과한 이미지
(f) The image filtered by Adaptive MMF twice

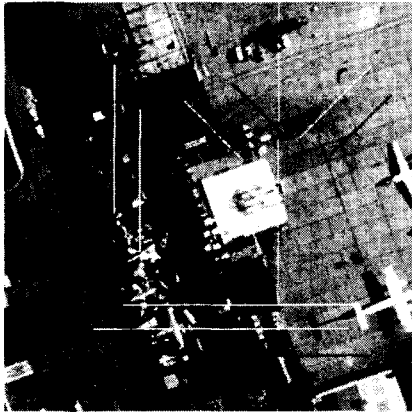


(g) MF 1회 여과한 이미지
 (g) The image filtered by MF once

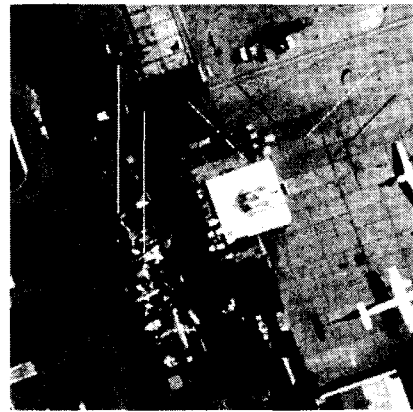


(h) MF 2회 여과한 이미지
 (h) The image filtered by MF twice

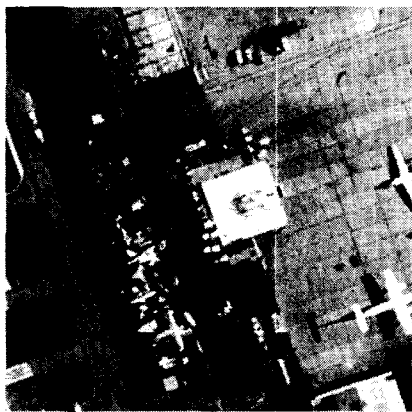
그림 8. 10% salt & pepper noise를 추가했을 때(Girl)
 Fig. 8. Corrupted by 10% salt & pepper noise(Girl)



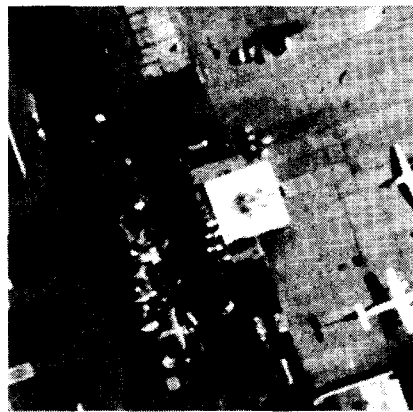
(a) Line missing된 이미지
 (a) The image with Line missing



(b) MMMF로 여과된 이미지
 (b) The image filtered by MMMF



(c) Adaptive O/E MMF로 여과된 이미지
 (c) The image filtered by Adaptive O/E MMF



(d) MF로 여과된 이미지
 (d) The image filtered by MF

그림 9. Line missing 되었을 때
 Fig. 9. Corrupted by line missing.

여 생각하면 기존의 MMMF가 6개를 정렬(소트)해야 하는 것에 비해서 새로 제안된 Adaptive O/E MMF는 홀수 셀과 짝수 셀 각각 4개씩을 병렬로 처리하기 때문에 연산 시간이 기존의 MMMF에 비해 약 20%이상 줄어드는 장점이 있다. 단점은 가장 많은 픽셀 수를 가진 명도 값을 구하기 위해서 부가 회로가 들어가게 된다. 하지만 이 부분의 회로는 그리 크지 않기 때문에 전체적으로 연산시간이 주는 장점이 있다.

V. 시뮬레이션

1. MATLAB을 이용한 시뮬레이션 결과

테스트 이미지로는 해상도가 256×256 8bit 흑백 airfield, baboon, Girl 이미지를 이용하였다. 우선 노이즈 이미지는 5%, 10%의 salt & pepper 노이즈를 사용하여 만들었고 line 노이즈는 임의로 백색(255), 흑색(0) line을 그어서 구성하였다. 테스트는 MATLAB을 이용하여 실시하였고 필터링을 두 번 연속으로 하여 반복 수행을 했을 때의 이미지도 비교하였다.

이미지를 비교하기 위해서 기본적인 Modified Multi-shell Median Filter (MMMFM)와 Adaptive O/E MMF, Median Filter(MF)를 이용하였다.

첫 번째 테스트는 5%의 salt & pepper 노이즈가해진 경우이다. 테스트 이미지는 Baboon 이미지이다. 이 테스트는 이미 4장에서 실시하였다.

두 번째 테스트는 10%의 salt & pepper 노이즈가해진 경우이다. Airfield 이미지에 첫 번째 테스트와 동일한 방법으로 실시한 것이다.

세 번째 테스트는 line missing에 관한 경우로서 임의로 line을 그어서 시행했다.

표 2는 각각의 테스트한 이미지의 Mean Square Error(MSE)를 구한 것이다. 표 2에서도 알 수 있듯이 다른 필터에 비해서 성능이 두 배 이상 좋은 것을 알 수 있다.

(1) 테스트 II (10%의 salt & pepper noise)

- 테스트 II는 MATLAB을 이용하여 10%의 salt & pepper noise를 원본 이미지에 추가 하여 테스트하였다.

1. Girl

(2) 테스트 III (Line Missing)

- 테스트 III는 임의로 이미지의 한 line이 없어져 버

렸을 때를 가정한 것이다. Airfield 이미지에 백색과 흑색 라인을 그어서 테스트했다.

VI. 결 론

본 논문에서는 기존의 MMMF의 단점인 가로 방향과 대각선 방향의 line missing 복구에 대한 해결책으로 Adaptive O/E MMF를 제안했다.

제안된 홀/짝수 다중 셀을 이용하여 홀수 셀에서는 가로, 세로 방향의 line missing을 복구하고 짝수 셀에서는 대각선 방향의 line missing을 복구할 수 있다. 이로 인해 기존의 MMMF의 단점인 세로 방향과 대각선 방향의 Line Missing을 복구함으로써 단점을 해결하였다. 또한 이 방식을 이용해서 홀수 셀과 짝수 셀을 병렬로 처리함으로써 연산 시간을 단축시키고 하드웨어로 구현 시에도 면적의 이득이 있을 것으로 생각된다. 또한, MATLAB을 이용한 시뮬레이션에서 입증되었듯이 다른 필터와 비교해 가장 작은 MSE가 나온 것을 알 수 있고 특히 Line Missing에 대해서 좋은 결과를 보여 주고 있다.

설계된 회로의 시뮬레이션에서도 알고리즘에서 바라는 정확한 데이터를 획득할 수 있었다. 그리고 필터 부분의 처리 시간은 main clock을 40MHz로 했을 때 Minimum period가 45.196ns로 측정되었다. 즉 두 개의 main clock 안에 처리되는 것을 알 수 있다.

향후 과제로는 더 나은 알고리즘 개발과 실제로 하드웨어를 구성하여 제안된 알고리즘을 테스트해보는 것이다.

참 고 문 헌

[1] J.W.Tukey, "Nonlinear (non-superposable) methods for smoothing data", in Conf. Rec. EASON pp. 637, 1974.
 [2] P. Heinonen, S.Kalli, V. Turjanmaa, and Y. Neuvo, "Generalized median filters for biological signal processing", in Proc. 7th Europ. Conf. Circuit Theory, Degisn, ECCTD-85, pp. 283~286, Sept. 1985.
 [3] T. Loupas, N. McDicken, and P. I. Allan, "Noise reduction in Ultrasonic images by

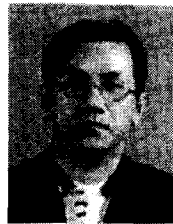
- digital filtering”, Brit. J. Radioal. vol. 60, pp. 389~392 Apr. 1987.
- [4] R. Carla, V. M. Sacco, and S. Baronti, “Digital techniques for noise reduction in APT NOAA satellite images”, in Proc. IGARSS-86, pp. 995~1000, Sept. 1986.
- [5] Thomas S. Huang, George J. Yang, and Greory. Tang, “A fast two Dimensional median filtering algorithm”, IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal processing, vol. ASSP-27, no. 1, pp. 13~18, Feb. 1979.
- [6] Jim Siu, Jimmy Li and Stefan Luthi, “A real time 2-D median based filter for video signals.”, IEEE Trans on Consumer Electronics, vol. 39, no. 2, pp. 115~121, May. 1993.
- [7] Chan Jung Juan et al, “Modified 2D Median Filter for Impulse noise Suppression in a Real-Time System.”, IEEE Trans on Consumer Electronics, vol. 41, no. 1, pp. 73~80, Feb. 1995.
- [8] Farid Ghani and Ekram Khan, “Missing lines recovery and impulse noise suppression using improved 2-D median filters”, IEEE. Trans. on Consumer Electronics, vol. 45, no. 2, pp. 356~360, May, 1999.

 저 자 소 개



李一權(正會員)

1972년 4월 12일 생. 1998년 울산대 전자공학과 졸업. 2000년 울산대 전자공학과 대학원(석사). 2000년 3월~현재 울산대 전자공학과 대학원(박사과정). 관심 분야 : 이미지 처리, 이미지 Filter 설계, ASIC 설계



孔亨允(正會員)

1991년 6월 Univ. of Polytechnic 전자공학과 졸업(석사). 1995년 11월 Univ. of Polytechnic 전자공학과 졸업(박사). 1998년 3월~현재 울산대 전자공학과 교수. 관심분야 : coding, equalizer 등 무선 통신 분야



趙相福(正會員)

1955년 6월 10일 생. 1979년 한양대 전자공학과 졸업. 1985년 한양대 전자공학과 (박사). 1986년~현재 울산대 전자공학과 교수. 1994년~1995년 Univ. of TexasAustin 초빙학자. 관심 분야 : ASIC 설계, 자동차 전자회로 설계, 비전 시스템 개발, 테스트 및 테스트 용이한 설계, 메모리테스트