

가변 문턱조건을 이용한 odd/even median filter 알고리즘

조 상 복*, 이 일 권

울산대학교 전기전자 및 자동화공학부

전화 : (052) 259-2202 / 팩스 : (052) 259-1686

A Study on the Algorithm for Adaptive Odd/Even Multi-shell Median Filter

Sang Bock Cho*, Il Kwon Lee

Dept. of Electronics Engineering, Ulsan University

E-mail : sbcho@uou.ulsan.ac.kr*, liksuki@interpia98.net

Abstract

In this paper, we propose the adaptive Odd/Even Multi-shell Median Filter(adaptive O/E MMF) to improve the defect that Modified Multi-shell Median Filter(MMMF) can not recover missing lines of vertical and cross direction. This filter uses odd/even multi-shells and new proposed threshold strategy. The performance of the proposed filter is evaluated over image 'airfield' by using MATLAB. As the proposed threshold strategy eliminate the number of redundant replacement, it suppresses impulse noise and recovers missing lines.

I. 서론

TV나 이미지 시스템에서 보면 라인에 관한 정보를 자주 잃어버리는 것을 본다. 이런 현상들은 정보를 전달하는 동안에 발생한다. 이미지 데이터 그 자체를 매번 디코딩에서 발생하는 에러를 가지고 복구할 수는 없다. 임펄스 노이즈 또한 TV나 비디오 신호에서 공통적인 손상을 입히게 된다. 일반적인 TV방송신호는 종종 가전제품이나 대기의 교란과 같은 다양한 원인에서 발생한 임펄스 노이즈에 의해 손상을 입게 된다. 그리고 방송신호 중 임펄스 노이즈의 크기가 더욱 더 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 손상을 막기 위해서

다양한 필터들이 제안되었다. 그 중에서 가장 널리 연구되고 있는 median filter는 이미지 데이터를 부드럽게 하기 위해서 Tukey에 의해서 제안되었다. median filter는 biological image processing과 ultrasonic image processing, 심지어 위성사진 전송에서도 사용되고 있을 정도로 그 성능을 입증 받고 있다. 하지만 많은 연산시간과 때때로 잘못된 데이터의 재배치가 생기는 단점도 가지고 있다. 이중 연산시간을 줄이기 위해서 Histogram Sorting Median Filter(HSMF)가 제안되기도 했지만 이것도 Tukey의 방식과 동일한 문제를 발생시켰다. 이후 연산시간을 줄인 Multi-shell Median Filter(MMF)가 제안되었지만 처리 window에 2개 이상의 노이즈가 발생했을 때는 성공적으로 동작을 하지 못했다. 그리고 이 필터는 불필요한 많은 재배치로 인해서 이미지가 흐려지는 경향이 있다. 이를 개선하기 위해서 제안된 방식이 Modified Multi-shell Median Filter(MMMF)이다. 이 방식은 median 값을 알아내기 위해서 max/min값을 이용하여 연산 시간을 줄이고 좀더 신뢰성 있는 median을 추출하는데 좋은 성능을 보였다. 하지만 세로 방향과 대각선 방향의 line 노이즈를 제거하지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하기 위해서 입력되는 이미지의 밝기에 따라 문턱 조건(threshold strategy)을 가변 시켜 이를 홀수 셀과 짝수 셀에 나누어 적용시켜 처리하는 Adaptive Odd/Even Multi-Shell Median Filter(Adaptive O/E MMF) 알고리즘을 제안하였다.

알고리즘의 검증은 MATLAB을 이용하였고 검증 결과 MMMF의 단점인 세로 방향과 가로 방향의 line 노이즈가 제거된 것을 확인하였다.

II. 기존 MEDIAN FILTER 알고리즘

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

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

그림 1에 아홉 개의 셀로 구성된 3×3 처리 window를 보여주고 있다. 여기에서 P5의 위치가 처리된 후에 저장되는 부분이다. 다른 부분은 그것의 이웃 셀 들이다.

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

그림 1. 3×3 처리 window
Fig. 1. A 3×3 processing window

기본적인 2D(3×3) median filter는 식(1)에서 보는 바와 같이 아홉 개 셀 중에서 미디언(median)값인 OUTPUT(x,y)을 구해서 중앙 셀인 P5를 대치하게 된다. 그런데 식(1)을 이용하게 되면 정렬되어 있지 않은 데이터 중에서 미디언 값을 구하는데 짧은 시간을 요구하는 실시간 시스템에서 노이즈 제거 회로를 구현하는 것은 매우 어렵다.

이를 해결하기 위해서, Jim Sui는 식(2)와 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 P5를 둘러싸고 있는 이웃 셀 중 P4, P6을 제외한 셀 들이다. 그림 1에서 색깔 있는 부분이 바로 이에 해당한다. 식은 식(3)과 같다.

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

그리고 MIN[S]는 S중에서 최소 값이고 MAX[S]는 S중에서 최대 값이다.

이 알고리즘은 3×3 window 안에 2개 이상의 임펄스 노이즈(impulse noise)가 존재할 확률이 아주 적다는 가정 하에서 별 문제없이 잘 수행된다.

그러나 실제로는 동일한 window 안에 2개 이상의 임펄스 노이즈가 발생할 수 있다. 이런 경우 재배치 조건을 잘 수정한다면 식(2)를 이용할 수 있다.

이런 수정을 거쳐 제안된 것이 Chang Jung Juan의 Modified 2D Multi-shell Median Filter(MMMF) 알고리즘으로 수정된 재배치 조건을 나타내는 것이다.

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

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

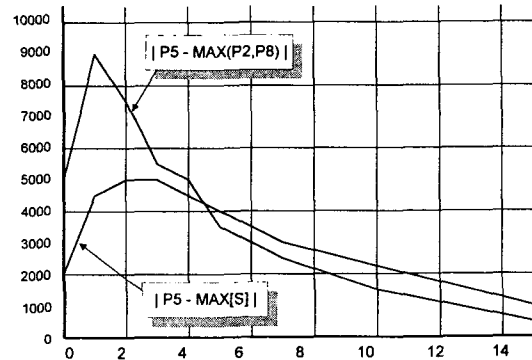


그림 2. P5와 이웃 셀과의 Gray Level Distance
Fig. 2. Gray Level Distance between central point and its neighboring point

이런 현상을 제거하기 위해서 그림 2에서 보는 바와 같이 gray level distance가 16이하인 셀이 전체 셀에서 50%이상인 점을 이용하여 재배치 조건을 다시 설정함으로써 불필요한 재배치를 줄이고 더욱 상세한 이미지를 보존할 수 있다. 수정된 식은 식(5)와 같다.

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

식(5)는 단지 P5와 MAX[S] 또는 MIN[S]의 거리가 16보다 작지 않을 때만 동작하기 때문에 불필요한 재배치를 피할 수 있다.

하지만 MMMF의 문턱조건인 16이라는 수치는 이미지의 명도가 어두울 때는 잘 맞지만 이미지의 명도가 밝아지면 잘 맞지 않고 또한 세로방향과 대각선방향의 line noise를 제거하지 못하는 단점을 발견하였다. 따라서 본 논문에서는 이런 단점을 개선하기 위해 홀/짝수 다중 셀을 이용한 가변 Median Filter 알고리즘을 제안하였다.

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

본 논문에서 제안한 홀/짝수 다중 셀을 이용한 가변 Median Filter(Adaptive O/E MMF)는 기존의 MMMF

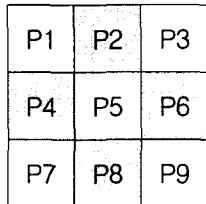


그림 3. 홀/짝수 다중 셀 window
Fig. 3. Odd/Even Multi-Shell Window

에서 볼 수 있는 세로 방향과 대각선 방향의 line 노이즈에 대한 단점을 개선할 수 있는 새로운 방법이다.

이 알고리즘은 그림 3에서 보는 바와 같이 두 개의 다중 셀을 이용하여 세로 방향뿐만 아니라 대각선방향의 line 노이즈를 제거할 수 있다.

3×3 처리 window내 셀들의 집합을 W라고 하고 그 셀들을 Px라고 할 때, W는 다음과 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 다음과 같다.

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

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

그림 3에 보는 바와 같이 홀수 셀은 대각선 방향의 노이즈를 제거하고 짝수 셀은 가로와 세로 방향의 노

이즈를 제거하는 역할을 담당하게 된다.

본 논문에서 제안한 Adaptive O/E MMF에서는 이런 단점을 개선하기 위해서 다음과 같이 식을 수정하였다.

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

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

식(9)는 식(5)를 기본으로 하여 ×자모양의 홀수 셀 관련 식 2개와 +자모양의 짝수 셀 관련 식 2개를 만들었다. 여기에서 ×자모양의 홀수 셀은 대각선 방향의 노이즈 제거에 관여를 하고 +자모양의 짝수 셀은 가로, 세로 방향의 노이즈 제거에 관여를 함으로써 MMMF의 단점인 세로 방향과 대각선 방향의 노이즈를 대부분 제거한다.

식(10)에서 L은 이미지의 히스토그램에서 가장 많은 픽셀수의 명도 값을 나타내는 것이다. 이 값들은 lena, baboon, girl, airfield, couple 등 여러 이미지의 히스토그램을 참조하여 평균적인 값을 추출한 것이다.

문턱 조건인 T는 수치가 작을수록 이미지가 어둡다는 것을 의미하고 클수록 이미지가 밝다는 것을 의미한다. 이렇게 문턱 조건을 가변 함으로써 기존의 MMMF보다 깨끗한 이미지를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 세로 방향과 대각선 방향의 line 노이즈도 제거할 수 있었다.

IV. 성능 분석

이번 장에서는 제안된 Adaptive O/E MMF의 성능을 분석한다. 테스트 이미지로는 해상도가 256×256×256인 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 (MMMMF)와 Adaptive O/E MMF, Median Filter(MF)를 이용하였다.

그림 4에서 (a)는 원본 이미지, (b)는 노이즈를 가한

이미지, (c), (d), (e)는 각각 MMMF, 제안한 Adaptive O/E MMF, MATLAB에서 지원하는 Median Filter(MF)를 적용한 것이다.



그림 4. (a) 원본이미지



그림 4. (b) line missing



그림 4. (c) MMMF



그림 4. (d) Adaptive O/E MMF



그림 4. (e) MF

표 1은 각각의 테스트한 이미지의 Mean Square Error(MSE)를 구한 것이다.

표 1. Mean Square Error(MSE)

	회수	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

V. 결론 및 향후 과제

제안된 홀/짝수 다중 셀을 이용하여 홀수 셀에서는 대각선 방향의 line 노이즈를 제거하고 짝수 셀에서는 세로 방향뿐만 아니라 가로 방향의 line 노이즈를 제거함으로써 기존의 MMMF의 단점을 해결하였다. 성능 분석에서도 입증되었듯이 다른 필터와 비교해 가장 작은 MSE가 나온 것을 알 수 있고 특히 line 노이즈 제거에 좋은 결과를 보여 주고 있다. 향후 과제로는 하드웨어로 구현을 하여 성능을 입증하고 더 나은 알고리즘을 연구하여 성능을 향상시키는 것이다.

참고 문헌

- [1] 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
- [2] 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
- [3] Farid Ghani and Ekram Khan, "Missing line recovery and impulse noise suppression using improved 2-D median filter", *IEEE Trans on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 2, pp.356-360, May, 1999