

임펄스 잡음 제거를 위한 알파트림 평균 필터

김국승* · 김남호*

*부경대학교

Alpha-trimmed Mean Filter for Impulse Noise Removal

Kuk-Seung Kim* · Nam-Ho Kim*

*Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 영상신호의 전송과정에서 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 복원을 위한 알파-트림 필터를 제안 하였다. 제안된 필터는 먼저 형태학상의 잡음 검출기를 이용하여 잡음화소를 확인하고 알파-트림 평균 필터를 이용하여 임펄스 노이즈를 제거 한다. 이 제안된 필터는 정확하게 잡음 검출을 할 수 있으며, 에지 영역의 보존 및 효과적으로 임펄스 잡음을 제거 할 수 있다. 그리고 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

ABSTRACT

In this paper the process of transmitting images signal restore to image corrupted by impulse noise proposed alpha-trimmed mean filter. the proposed filter first identifies the noise pixels using the morphological noise detector and then removes the detected impulse noise using the alpha-trimmed mean filter. these proposed filter can realize the accurate noise detection and it can remove impulse noise effectively while preserving edge region in the image very well. Through the simulation, we compared with the existing methods and capabilities.

키워드

mean filter, image, impulse noise, simulation

1. 서 론

영상 신호는 임펄스 잡음(impulse noise)에 의해 열화 된다. 이러한 열화의 주된 원인은 전송 채널 또는 잡음센서의 오류로 알려져 있다. 영상 획득 과정에서 임펄스 잡음은 예리하고 급작스런 교란으로 영상 전반에 걸쳐 무작위로 분포하며 무작위로 분포하는 salt-and-pepper 입자와 비슷하며 최대 255 또는 최소 0과 같은 크기로 발생 된다.

임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 잡음을 제거하기 위해 선형필터보다 임펄스 잡음을 효과적으로 제거 할 수 있는 비선형 필터가 많이 사용되며 특히 간단한 알고리즘과 우수한 잡음제거 성능을 나타내는 SM (standard median) 필터가 많이 사용되고 있다. 하지만 이 필터는 노이지 이

미지 안에 훼손된 화소와 훼손되지 않은 화소 모두에 동일하게 적용되어 임펄스 노이즈를 효과적으로 제거하지만 영상의 에지영역에서 특성이 저하되는 경향이 있으며, 잡음제거 과정에서 큰 사이즈의 마스크가 작은 마스크에 비해 세부 부분의 보존이 미흡하다는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하기위해 WM (weight median) 필터와 CWM (center weighted median) 필터 그리고 AMF (adaptive switching median Filter) 제안 되었다.

그러나 변형된 SM 필터들은 데이터에 대한 정렬 과정을 통해 잡음을 제거함에 따라 많은 연산 시간을 필요로 한다. 본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 에지특성을 고려한 영상을 복원하기 위해 잡음검색 마스크의 임펄스 잡음 확률밀도에 따라 두 단계의 걸친 형태학상의 검출을 통해

정확한 잡음검출과 처리마스크 크기에 따라 적용 할수 있는 평균 필터를 제안하였으며, 시플레이션을 통해 잡음 제거 성능을 확인하기 위해, PSNR (peak-signal-to-noise ratio)를 이용하여 기존의 방법들과 그 성능을 비교 하였다.

II. 기존의 방법

1. Standard median filter

SM 필터는 noisy 영상으로부터 임펄스 잡음 제거에 가장 대표적인 필터로서, 처리화소와 주변 화소로부터 추정된 화소값을 선택하며 잡음제거를 위한 처리 마스크 M은 식 (1)과 같이 표현된다

$$M = \{(s,t) | -N \leq s \leq N, -N \leq t \leq N\} \quad (1)$$

위식 (1)로부터 마스크의 크기는 $(2N+1) \times (2N+1)$ 이고, (s,t) 는 처리 마스크 내부의 좌표이며, 이때 SM 필터는 화소의 중간값을 선택한다.

$$Y(i,j) = med\{X(i-s,j-t) | (s,t) \in M\} \quad (2)$$

위식 (2)에서 $X(i,j)$ 는 입력영상의 화소값 이며, $Y(i,j)$ 는 출력 화소값 이다. 또한 $med\{\cdot\}$ 중간값 선택 연산자를 나타낸다.

2. Center weighted median filter

WM(weight median) 필터는 다음의 식 (3)과 같이 표현 된다

$$Y(i,j) = med\{M(s,t) \vee X(i-s,j-t) | (s,t) \in M\} \quad (3)$$

위 식 (3)에서 $M(s,t)$ 는 좌표 (s,t) 의 화소에 대한 가중치를 나타내며, \vee 는 반복 연산자를 의미한다. 식 (3)은 윈도우의 각 위치에 해당하는 화소값 $X(i-s,j-t)$ 를 가중치 $M(s,t)$ 만큼 각각 생성한 후, 화소의 총 개수에 대하여 SM 필터를 적용한 값이다.

그리고 이러한 WM 필터의 특수한 경우로서, 다음의 식 (4)와 같이, 중앙화소에 대해서만 가중치를 적용하고, 주변 화소에 대해서는 $w(s,t) = 1$ 을 적용한 필터를 CWM 필터라 한다.[1]

$$Y(i,j) = med\{X(i-s,j-t), 2K \vee X(i,j) | (s,t) \in M\} \quad (4)$$

3. Aaptive switching median filter

SM 필터들은 잡음화소와 비 잡음 화소에서 모두 동작 하므로 잡음 제거시 원영상에 대한 훼손을 가져온다.

AMF는 잡음화소와 비 잡음 화소를 판별하여 비 잡음 화소에서 원 영상을 보존하며 잡음 화소에서 동작 하는 필터이며 식 (5)와 같이 정의 된다.[2]

$$F_{i,j} = med\{X(i,j)\}, \quad 0 \text{ or } 255 \notin X(i,j)$$

$$Y(i,j) = \begin{cases} F_{x,y}, & X(i,j) = 0 \text{ or } 255 \\ X(i,j), & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)의 $X(i,j)$ 는 마스크 내의 잡음화소를 제외한 요소들을 나타내며, $F_{i,j}$ 은 $X(i,j)$ 의 메디안 값을 나타낸다.

III. 제안한 방법

A. First-stage noise detection

p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅
p ₆	p ₇	p ₈	p ₉	p ₁₀
p ₁₁	p ₁₂	p ₀	p ₁₃	p ₁₄
p ₁₅	p ₁₆	p ₁₇	p ₁₈	p ₁₉
p ₂₀	p ₂₁	p ₂₂	p ₂₃	p ₂₄

Fig. 1. noise detection mask.

$f(i,j)$ 는 노이즈 이미지의 화소의 위치 (i,j) 의 값을 나타낸다. 구조적인 요소에 g 의한 입력 이미지 f 의 침식과 팽창은 다음과 같이 식 (6)과 (7)로 정의 한다.

$$f \Phi g(i,j) = \min\{f(i+s,j+t) - g(s,t) | (i+s,j-t) \in D_f, (s,t) \in D_g\} \quad (6)$$

위 식 (6)과 (7)에서 D_f 와 D_g 는 구조적 요소 g 와 이미지 f 의 영역을 각각 나타낸다.

식 (6)과 (7)를 통해서 하나의 특정 이웃 화소 내에서 화소 값의 최소와 최대에 대응하는 각각의 침식 동작과 팽창 동작을 볼 수 있다.

임펄스 잡음은 주변화소와 큰 밀도차이를 나타내며 두 형태화상의 동작을 통해 First_stage noise detection을 할수 있으며 이웃 화소 값들의 극단적인 특성을 효과적으로 이용 할 수 있다.

침식 동작과 팽창동작의 결과에 따르면, 화소 (i,j) 는 잡음화소 분류된 flag는 $b(i,j) = 1$ 또는 비 잡음 화소는 $b(i,j) = 0$ 될

$$f \Psi g(i,j) = \max\{f(i+s,j+t) - g(s,t) | (i+s,j-t) \in D_f, (s,t) \in D_g\} \quad (7)$$

것 이며 다음과 같이 식 (8)로 표현 한다.

$$b(i,j) = \begin{cases} 1, & f(i,j)=f\Phi g(i,j) \text{ or } f(i,j)=f\Psi g(i,j) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

First_stage noise detection 매우 효과적으로 훼손된 화소와 동일하게 할수 있다. 하지만 Smooth region 또는 edge region에 위치한 어떤 비 잡음 화소는 잡음화소 잘못 분류 될 수 있다.

그러므로 Second_stage noise detection은 잡음 화소로 검출된 비 잡음 화소를 없애기 위해 채택되어야 한다.

2.2 Second_stage noise detection

침식과 팽창의 동작을 기반으로 opening operator와 closing operator를 다음 식 (9)과 (10) 같이 나타낸다.

$$(f \triangle g)(i,j) = ((f\Phi g)\Psi g)(i,j) \quad (9)$$

$$(f \nabla g)(i,j) = ((f\Psi g)\Phi g)(i,j) \quad (10)$$

opening operator와 closing operator는 255 (흰색)과 0(검은색)를 각각 제거 할 수 있다.

따라서 결합된 opening operator $((f \triangle g) \nabla g)(i,j)$ 와 closing operator $((f \nabla g) \triangle g)(i,j)$ 는 이미지 안에 salt noise 와 pepper noise 모두 억제 한다.

opening_closing operator와 closing_opening operator 결합하면, 공간 확률 $d(i,j)$ 이 다음 식 (11)으로 정의된다.

$$d(i,j) = \left| \frac{((f \diamond g) \nabla g)(i,j) + ((f \nabla g) \diamond g)(i,j)}{2} - f(i,j) \right| \quad (11)$$

공간통계 $d(i,j)$ 와 미리 정의된 임계값 T 를 비교하면, 잡음 후보화소 (i,j) 는 잡음화소와 비 잡음 화소로 다시 분류 된다.

상응하는 잡음 flag $b(i,j)$ 는 다음 식 (12)으로 변경 된다.

$$b(i,j) = \begin{cases} 1, & b(i,j)=1 \text{ and } d(i,j) \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

식 (7)로부터 $d(i,j) < T$ 라면 the first_stage noise detection 하는 동안 the second stage noise detection 에서 비 잡음 화소로 처리 수정되며 검출에서 잘못 분류된 비 잡음 화소를 이용한다.

3.Noise Removal

검출된 잡음화소는 Alpha trimmed mean filter 에 의해서 처리 된다. 기존의 평균필터와 제안한

필터의 차이는 비 잡음 화소 주변의 검출된 잡음화소의 수에 따라 필터링 마스크의 크기를 결정하며, 필터링 처리 과정에서 필터링 마스크로부터 잡음 화소만 제외하는 반면 오직 비 잡음 화소만을 제외한다.

검출된 노이즈 픽셀 (i,j) 는, 필터링 창과 $(2L_f + 1) \times (2L_f + 1)$ 의 중심으로 위치한다.

p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅
p ₆	p ₇	p ₈	p ₉	p ₁₀
p ₁₁	p ₁₂	p ₀	p ₁₃	p ₁₄
p ₁₅	p ₁₆	p ₁₇	p ₁₈	p ₁₉
p ₂₀	p ₂₁	p ₂₂	p ₂₃	p ₂₄

Fig. 2. noise removal mask.

$L_f = 1$ 에서 시작하여, 필터링 마스크내의 비 잡음 화소의 수가 적어도 1가 될 때까지 계속해서 커진다.

$w(i,j)$ 는 필터링 윈도우 안에 비 잡음화소를 나타낸다.

$$w(i,j) = \{ f(i+s,j+t) | b(i+s,j+t)=0, b(i,j)=1 \\ (s,t) \neq 0 \quad -L_f \leq s,t \leq L_f \} \quad (13)$$

$w(i,j)$ 안에 $m^\alpha(i,j)$ 의 트리밍드 평균 필터는 다음과 같이 식 (9)로 정의 된다.

$$m^\alpha(i,j) = \frac{1}{p(i,j) - 2 \lfloor \alpha p(i,j) \rfloor} \sum_{k=\lfloor \alpha \cdot p(i,j) \rfloor + 1}^{P(i,j) - \lfloor \alpha \cdot p(i,j) \rfloor} F_k \quad (14)$$

여기서 $p(i,j)$ 는 $(2L_f + 1) \times (2L_f + 1)$ 에서 비잡음 화소의 수, α 는 $0 \sim 0.5$ 사이의 측정값, $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 floor function, F_k 는 $P(i,j)$ 의 상승 order sample의 K번째 값이며, $F_1 \leq F_2 \leq \dots \leq F_{p(i,j)}$ 를 나타낸다.

평균필터의 출력은 다음 식 (15)로 정의 된다.

$$h(i,j) = b(i,j) \cdot m^\alpha(i,j) + (1 - b(i,j)) \cdot f(i,j) \quad (15)$$

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상을 복원하며 제안된 필터의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, (512x512) 크기의 boat 영상을 이용하였으며, 10%에서 90%까지의 임펄스 잡음 농도 변화에 따른 PSNR 값을 이용하여 기존의 방법과 비교 하였다.

그림 3은 boat(512X512)에 중첩된 임펄스 노이즈(40%)를 제거한 기존의 필터와 제안한 필터의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

그림 3의 (a)는 훼손 되지 않은 원영상이며 (b)는 임펄스 잡음(40%)에서 훼손된 영상이고, (c)~(e)는 각각 기존의 필터 SMF, AMF, CWM (5x5) 크기의 마스크 처리 결과를 나타낸 것이며, (f)는 본 논문에서 제안한 필터를 통한 결과를 구현한 것이다.

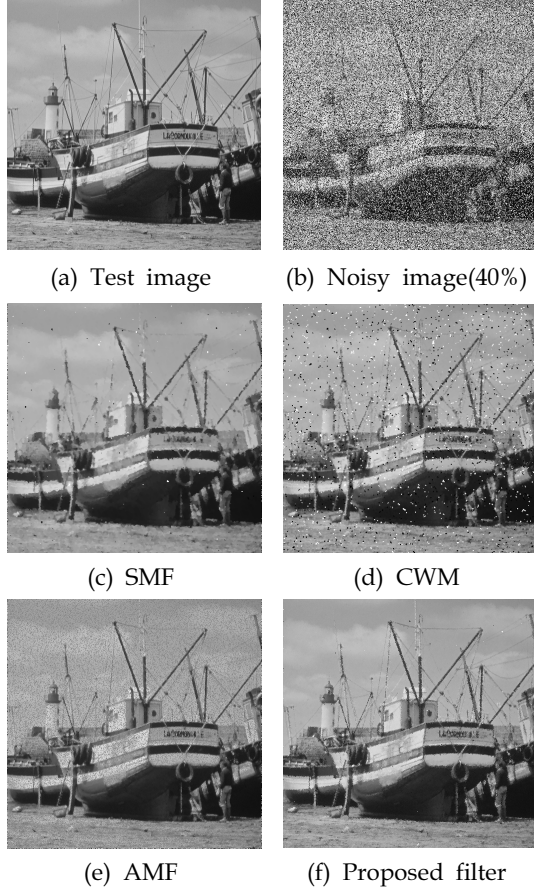


Fig. 3. Simulation result.

Noise	Boat512.bmp			
	SMF	CWM	AMF	Propsed
10%	29.842	28.1176	29.8184	38.9161
20%	28.4956	26.8585	26.7909	35.9988
30%	27.4298	25.2066	25.0218	32.7949
40%	26.1109	21.9219	23.8286	30.5584
50%	23.2437	17.3941	22.7612	27.9085
60%	18.7055	13.341	21.9001	25.1678
70%	14.2361	10.4509	21.1177	21.9369
80%	10.3393	8.2828	19.9855	17.892
90%	7.4446	6.6892	15.2881	13.1949

Fig. 4. PSNR with variation of impulse.

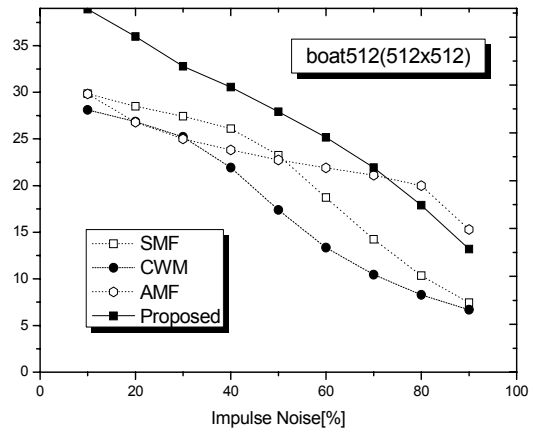


Fig. 5. PSNR with variation of Impulse Noise.

그림 5는 임펄스 잡음의 변화에 따라 훼손된 영상의 잡음 제거과정에 따른 PSNR 특성을 나타낸 것이다. 그림의 결과를 통해서 임펄스 노이즈 70%이전영역에서는 제안한 방법이 기존의 방법들 보다 우수하다는 것을 나타내고, 특히 잡음 밀도가 낮은 영역에서 잡음 제거 성능이 더욱 향상 되었음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 임펄스 잡음환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위해 형태학상의 잡음 검출 마스크를 이용하여 잡음요소를 검출하며 알파 트림 평균필터를 이용하여 잡음을 제거하는향상된 비선형 필터를 제안하였으며, 시뮬레이션과 PSNR통해 기존의 방법들과 그 성능비교 하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 영상의 에지영역을 보존하며, 잡음 밀도가 낮은 영역에서 잡음제거 성능이 더욱 향상되었음을 알수있다. 따라서 제안한 방법은 임펄스 잡음환경에서 운용되고 있는 영상처리 시스템에서 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

참고문헌

[1]Lin Yin; Ruikang Yang; ‘Weighted median filters: a tutorial’,Circuits and Sys II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Trans. Vol. 43, Issue 3, March 1996 Page(s):157 - 192

[2]Chin-Chen; Chang; Ju-Yuan Hsiao; ‘An Adaptive Median Filter for Image Denoising’, Vol. 2, 20-22 Dec. 2008 Page(s):346 - 350