

스위칭 평균 필터를 이용한 임펄스 잡음 제거

김국승* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 전기제어공학부

Impulse Noise Removal using Switching Mean Filter

Kuk-Seung Kim* · Nam-Ho Kim*

*School of Electrical and Control Eng., Pukyong National Univ.

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 영상신호의 전송과정에서 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 복원을 위해 스위칭 평균 필터를 제안 하였다. 이 필터는 크기가 다른 두 가지 크기의 잡음 검출 마스크를 이용하여 잡음요소와 비 잡음 요소로 구분하고 영상내의 검출된 임펄스 잡음밀도에 따라 스위칭 평균 필터를 통해 임펄스 잡음을 제거한다 대체된 화소는 다음 화소의 처리과정에서 이웃화소로 사용되어지는 재귀형태와 비재귀형태 갖도록 하였다. 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 switching mean filter. these filter is differential size using the two state noise detection distinguishes noise pixel and noise free pixel. Follow the detected impulse noise density in the image remove the impulse noise using switching mean filter these substituted pixel in order to non-recursive and recursive form from control process of the next pixel comes to be used with neighbor pixel process. Through the simulation, we compared with the existing methods and capabilities.

키워드

switching mean filter, recursive, impulse noise, simulation

1. 서 론

영상 신호를 전송하는 과정에서 임펄스 잡음 (impulse noise)에 의해 열화가 발생하며 이러한 열화의 주된 원인은 전송채널 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 발생된다.

임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 잡음을 제거하기 위해 비선형 필터가 많이 사용되며 특히 간단한 알고리즘과 우수한 잡음제거 성능을 나타내는 SM (standard median) 필터가 많이 사용되고 있으며 이를 응용한 다양한 방법들이 고안되었다.

그러나 SM 필터는 임펄스 노이즈를 효과적으로 제거하지만, 영상의 에지영역에서 특성이 저하되는 경향이 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위해 WM (weight median) 필터와 CWM (center weighted median) 필터 그리고 AMF (adaptive switching median Filter) 제안되었다.

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 잡음검출 마스크의 임펄스 잡음 확률밀도에 따라 재귀형태와 비재귀형태로 처리하는 스위칭 평균 필터를 제안 하였으며 시뮬레이션을 통한 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

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

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

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

위 식 (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. Adaptive 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]

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

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

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

III. 제안한 방법

A. Noise detection

잡음 검출은 임펄스 잡음으로 훼손된 영상의 화소를 검출하는데 그 목적이 있다. 부정확한 잡음 검출 방법은 비능률적인 계산과 특히 높은 임펄스 잡음 밀도에서 영상내의 임펄스 잡음의 정확한 검출이 어렵다. 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 잡음화소의 값은 주변의 비 잡음화소 보다 매우 높거나 낮으며, 훼손된 영상의 특성을 알아보기 위해 그림 1에서 $(2L_1+1) \times (2L_1+1)$ 의 마스크로 나타내었으며 여기서 $L_1=2$ 이다.

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 mask1 (5×5).

원 영상의 훼손여부를 판별하고 훼손된 화소에 대하여 잡음제거 과정을 적용하기 위해서 (5×5) 의 마스크의 임의의 화소 (i,j) 를 $P_{i,j}$ 라 정의하면 검출된 주변 화소의 모든 값을 다음 식 (6)으로 표현 한다.

$$B_{i,j} = \{p_i | 1 \leq i \leq 24\} \quad (6)$$

원영상의 훼손 여부는 아래 식 (7)에서 α 가 1인 경우는 임펄스 잡음으로 인해 훼손된 화소로 간주하며 그렇지 않은 경우는 원화소로 간주 한다.

$$\alpha = \begin{cases} 1, & P_0 = B_{\min} \text{ or } P_0 = B_{\max} \\ 0, & B_{\min} < p_0 < B_{\max} \end{cases} \quad (7)$$

식 (7)에서 $\alpha = 1$ 인 경우에 대해서 그림 2에서와 같이 $(2L_2+1) \times (2L_2+1)$ ($L_2 < L_1$)의 마스크를 적용하며 여기서 $L_2 = 1$ 이다.

P_7	P_8	P_9
P_{12}	P_0	P_{13}
P_{16}	P_{17}	P_{18}

Fig. 2. Small detection mask2 (3×3).

임펄스 잡음으로 훼손된 임의의 $P_{i,j}$ 의 모든 주변화소의 값을 다음 식 (8)로 표현한다.

$$C_{i,j} = \{p_{i+k,j+l} \mid B_{\min} < P_{i+k,j+l} < B_{\max}, k, l \in [-L_2, L_2]\} \quad (8)$$

$C_{i,j}$ 에서 모든 픽셀의 α -trimmed 평균값 $t_{i,j}$ 는 다음 식 (9)으로 정의 된다

$$t_{i,j} = \frac{1}{S_{i,j} - 2 \lfloor \alpha \cdot S_{i,j} \rfloor} \sum_{k = \lfloor \alpha \cdot S_{i,j} \rfloor + 1}^{S_{i,j} - \lfloor \alpha \cdot S_{i,j} \rfloor} F_k \quad (9)$$

여기서 $S_{i,j}$ 는 $C_{i,j}$ 에서 비잡음 화소의 수, α 는 $0 \sim 0.5$ 사이의 측정값, $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 floor function, F_k 는 $C_{i,j}$ 의 상승 order sample의 K번째 값이며, $F_1 \leq F_2 \leq \dots \leq F_{S_{i,j}}$ 를 나타낸다.

Mask1의 잡음 검출 임계값 T 를 사용해서 $t_{i,j}$ 와 $P_{i,j}$ 사이의 절대치 값을 비교하는 것에 의해 검출된 화소(i,j)는 $b_{i,j} = 1$ 이면 잡음, $b_{i,j} = 0$ 비 노이즈로서 판단하며 다음 식 (10)로 정의 한다.

$$b_{i,j} = \begin{cases} 1 & p_{i,j} \in \{B_{\max}, B_{\min}\} \text{ and } |P_{i,j} - t_{i,j}| > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

두개의 크기가 다른 잡음검출 마스크를 이용하여 잡음검출기의 평균들을 구하고, 훼손된 영상의 잡음밀도 P 를 다음 식 (11)으로 정의 한다.

$$P = \frac{Z}{M \times N} \quad (11)$$

여기서 Z 는 영상내의 잡음으로 판단전의 수로 정의되며, M 과 N 은 영상의 행과 열의 모든 수로 정의 한다.

B. Noise removal

Mask1의 잡음밀도 임계값 P_t 로 정의하고, $(2L_2+1) \times (2L_2+1)$ 의 잡음밀도를 P_{L_2} 로 정의하면 $P_t \geq P_{L_2}$ 인 경우 비 잡음 화소를 이용하여, 대체된 화소를 다음 화소의 처리과정에서 이웃 화소로 사용 되어지는 재귀 형태의 평균필터

를 사용하며 이 필터는 낮은 잡음 비율에서 잡음을 억제 효과적으로 이용된다.

임의의 잡음화소 (i,j)와 $b_{i,j} = 1$ 일때 $(2L_2+1) \times (2L_2+1)$ 의 잡음 화소를 제외하고 비 잡음화소에 대해서만 고려하면 식 (12)과 같이 정의 된다.

$$D_{i,j} = \{f_{i+s,j+t} \mid b_{i+s,j+t} = 0, -L_2 \leq s, t \leq L_2\} \quad (12)$$

Set $D_{i,j}$ 는 상승 order로 정렬되며 이것을 Set $E_{i,j}$ 이라하며 $D_{i,j}$ 의 비 잡음 개수를 $R_{i,j}$ 와 $E_{i,j}$ 의 k번째 데이터를 F'_k 라 한다.

Set $E_{i,j}$ 에서 선택된 화소의 평균값에 의해 재 위치 하게 되며 이때 Noise flag는 즉시 식 (13)으로 변형되며, 잡음화소 $P_{i,j}$ 는 (14)로 정의된다

$$b_{i,j} = \begin{cases} 1 & b_{i,j} = 1 \text{ and } R_{i,j} < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$$P_{i,j} = \begin{cases} \frac{F'_{R_{i,j}/2-1} + F'_{R_{i,j}/2} + F'_{R_{i,j}/2+1}}{3} & R_{i,j} \geq 3 \\ \frac{\sum_{F'_k \in E_{i,j}} F'_k}{R_{i,j}} & 1 \leq R_{i,j} < 3 \end{cases} \quad (14)$$

$P_{L_2} \geq P_t$ 일때 검출된 임펄스 잡음을 제거하기 위해 비 재귀형태의 평균 필터를 적용 된다. 임의의 잡음 화소(i,j)에 대해서 (i,j)주변의 $(2L_2+1) \times (2L_2+1)$ 필터링 마스크에서 모든 비 잡음 화소의 값을 $G_{i,j}$ 로 정의한다. 필터링 마스크에서 비 잡음 화소의 수를 $S_{i,j}$ 라고 정의한다. $G_{i,j}$ 에 포함된 화소의 평균값 $h_{i,j}$ 는 식 (15)와 같이 정의 된다.

$$h_{i,j} = \begin{cases} \frac{\sum_{f_{i+s,j+t} \in G_{i,j}} f_{i+s,j+t}}{S_{i,j}} & S_{i,j} \neq 0 \\ f_{i,j} & S_{i,j} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

$H_{i,j}$ 는 (i,j)주변에서 4개의 처리된 픽셀의 새로운 값을 포함하는 Set는 다음과 같이 정의한다.

$$H_{i,j} = \{h_{i-1,j-1}, h_{i-1,j}, h_{i-1,j+1}, h_{i,j-1}\}$$

이전 값을 가지고 처리된 화소의 새로운 값을 비교하기 위해 새로운 Set $H'_{i,j}$ 를 얻는다.

$$H'_{i,j} = \{h_{i+s,j+t} | h_{i+s,j+t} \neq f_{i+s}, h_{i+s,j+t} \in H_{i,j}\}$$

$H'_{i,j}$ 에서 화소수를 $S'_{i,j}$ 라 하면, 잡음 화소의 값 $P_{i,j}$ 는 $h_{i,j}$ 또는 $F'_{i,j}$ 에 포함된 새로운 값의 평균 값에 의해 채워지 되며 식 (16)와 같이 정의 된다.

$$P_{i,j} = \begin{cases} h_{i,j} & S_{i,j} \neq 0 \\ \frac{\sum_{h_{i+s,j+t} \in H'_{i,j}} h_{i+s,j+t}}{S'_{i,j}} & S_{i,j} = 0 \text{ and } S'_{i,j} \neq 0 \end{cases} \quad (16)$$

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상을 복원하기 위해 제안된 필터의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, (512x512) 크기의 lena 영상을 이용하였으며, PSNR 값을 이용하여 기존의 방법과 비교 하였다.

그림 3은 lena(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 것이다. 그리고 (f)는 본 논문에서 제안한 필터를 통한 결과를 구현한 것이다.

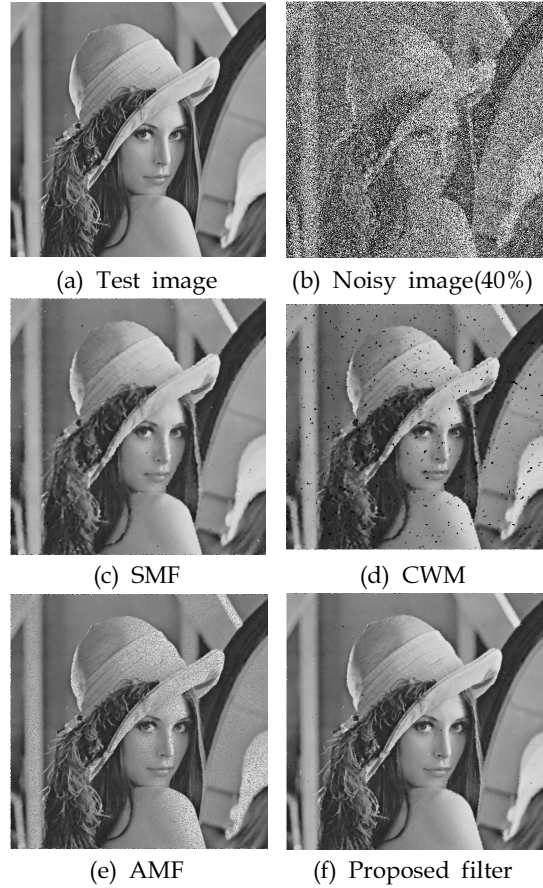


Fig. 3. Simulation result.

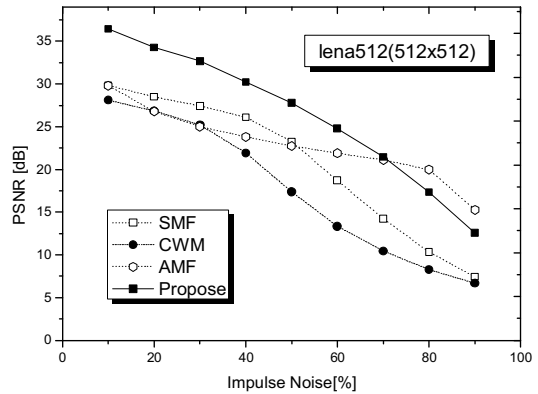


Fig. 4. PSNR with variation of Impulse Noise.

그림 4는 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 알수있다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 임펄스 잡음환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위하여, 처리 마스크의 임펄스 잡음 확률밀도에 따라 재귀형태와 비재귀형태로 처리하는 스위칭 평균 필터를 제안 하였으며, 시뮬레이션과 PSNR통해 기존의 방법들과 비교 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