

임펄스 잡음제거에 관한 연구

김국승* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 전기제어공학부

A Study on Impulse Noise Removal

Kuk-Seung Kim* · Nam-Ho Kim*

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

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

영상을 전송하는 과정에서 여러 가지 원인으로 열화가 발생하고 있으며 열화의 주된 원인은 노이즈에 의한 것으로 알려져 있다. 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상의 잡음을 제거하는 대표적인 방법은 SM필터가 많이 사용되고 있으며 이 필터는 영상의 에지영역에 특성이 저하되는 경향이 있다. 따라서 본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 에지특성을 고려한 영상을 복원하기 위해 마스크의 형태 및 임펄스 잡음 확률을 이용한 비선형 필터를 제안하였다. 그리고 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

ABSTRACT

In the process of transmitting images, there are several different underlying causes of degradation that have been occurring. The main underlying cause of the degradation has been attributed to the noise. The most representative method of removal noise of image, which is caused by impulse noise, is using the SM filter. At edge the filter has a special feature which has a tendency to decrease. As a result, this paper we proposed the nonlinear filter using the form of mask and the probability of the impulse noise to restore the image considering edge quality in the impulse noise environment. And through the simulation, we compared with the existing methods and capabilities.

키워드

standard median filter, edge, impulse noise, nonliner filter, simulation.

1. 서 론

영상을 전송하는 과정에서 여러 가지 원인으로 열화가 발생하고 있으며 열화의 주된 원인은 노이즈에 의한 것으로 알려져 있다. 대표적인 노이즈에는 AWGN (additive white gaussian noise) 와 임펄스 잡음 (impulse noise)이 있다.

임펄스 잡음은 결점 스위칭과 같이 빠른 응답이 있는 상황에서 발견되고 있으며 영상획득 과정에서 발생한다. 영상획득 과정에서 임펄스 잡음은 예리하고 급작스런 교란으로 영상 전반에 걸쳐 무작위로 분포하는 salt-and-pepper 입자와 비슷하다. 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 마스크의 형태 및 임펄스 잡음 확률을 이용한 비선형 필터를 제안 하였다. 그리고 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

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

식으로부터 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.[1]

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

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

식 (5)의 $X(i,j)$ 는 마스크 내의 잡음화소를 제외한 요소들을 나타내며, $F_{i,j}$ 은 $X(i,j)$ 의 메디안 값을 나타낸다.[2]

하지만, AMF필터는 비교적 많은 양의 연산과 복잡한 알고리즘을 필요로 하기 때문에 긴 처리 시간을 갖는 단점을 가지고 있다.

III. 제안한 방법

본 논문에서 제안한 방법은 임펄스 잡음으로 훼손된 영상의 임펄스 잡음을 제거하기 위해 처리 마스크의 화소에 최대값의 크기에 따라 적용 마스크를 결정하며 방향 성분의 최대값과 최소값을 이용하여 임펄스 잡음이 대체된 화소값의 크기를 제안 하도록 하였으며 대체된 화소는 다음 화소의 처리과정에서 이웃 화소로 사용 되어지는 재귀형태를 갖도록 하였다.

훼손된 영상의 임의의 좌표 (i,j) 에 변형된 마스크를 그림 1에서 나타내었으며, 마스크내의 잡음 검출하는 과정과 잡음을 제거하는 단계의 과정을 거치게 된다.

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(5 × 5).

원 영상의 훼손여부를 판별하고 훼손된 화소에 대하여 잡음제거 과정을 적용하기 위해서 (5×5) 의 마스크의 주변 화소를 이용하여 다음 식 (6), (7)과 같이 최대값 μ_{max} 과 최소값 μ_{min} 을 구한다.

$$\mu_{\max} = \max\{p_i | 1 \leq i \leq 24\} \quad (6)$$

$$\mu_{\min} = \min\{p_i | 1 \leq i \leq 24\} \quad (7)$$

임펄스 잡음은 결점 스위칭과 같이 빠른 응답이 있는 상황에서 발견되고 있으며 영상획득 과정에서 발생한다. 영상획득 과정에서 임펄스 잡음은 예리하고 급작스런 교란으로 영상 전반에 걸쳐 무작위로 분포하며 최대 255 또는 최소 0과 같은 크기로 발생된다.

원영상의 훼손 여부는 아래 식 (8)에서 α 가 1인 경우는 임펄스 잡음으로 인해 훼손된 화소로 간주하며 그렇지 않은 경우는 원화소로 간주한다.

$$\alpha = \begin{cases} 1, & p_0 \leq \mu_{\min} \text{ or } p_0 \geq \mu_{\max} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)을 통해서 임펄스 잡음으로 훼손된 화소와 훼손 되지 않은 화소로 구분되며 훼손된 화소에 대한 위치 정보를 얻는다.

이러한 위치 정보를 이용하여 임펄스 잡음으로 판단된 화소에 대해서만 임펄스 잡음 제거 과정을 수행하게 된다. 훼손된 화소의 주변 화소의 임펄스 잡음분포 비율에 따라 처리 마스크의 형태가 달리 적용된다.

잡음 검출 마스크를 통해 잡음을 검출하고 제안한 마스크와 사각 마스크내의 임펄스 잡음 분포비율을 검사하기 위해 4가지 방향 성분에 따라 잡음 밀도를 검사하는 영역을 나누게 되며, 방향성내의 잡음 밀도에 따라서 적용 마스크를 달리 하게 된다.

Square mask 와 Proposed mask의 방향 성분을 식 (9)와 (10)을 통해 나타내었다.

$$\begin{cases} M_{S1} = \{p_{7 \sim 9}, p_{12}, p_{13}\} \\ M_{S2} = \{p_{12}, p_{13}, p_{16 \sim 18}\} \\ M_{S3} = \{p_{7 \sim 8}, p_{12}, p_{16 \sim 17}\} \\ M_{S4} = \{p_{8 \sim 9}, p_{13}, p_{17 \sim 18}\} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} M_{p1} = \{p_1, p_5, p_{7 \sim 9}, p_{12}, p_{13}\} \\ M_{p2} = \{p_1, p_{7 \sim 8}, p_{12}, p_{16 \sim 17}, p_{20}\} \\ M_{p3} = \{p_5, p_{8 \sim 9}, p_{13}, p_{18}, p_{17 \sim 18}, p_{24}\} \\ M_{p4} = \{p_{12}, p_{16 \sim 18}, p_{13}, p_{20}, p_{24}\} \end{cases} \quad (10)$$

식 (9), (10)을 이용하여 각 마스크의 형태에 따른 임펄스 잡음 비율을 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$MAX_s = \max\{I_{s1}, I_{s2}, I_{s3}, I_{s4}\}/5 \quad (11)$$

$$MAX_p = \max\{I_{p1}, I_{p2}, I_{p3}, I_{p4}\}/7$$

식 (11)에 표현된 MAX_s 와 MAX_p 의 크기에 따라 $MAX_s \leq MAX_p$ 일 경우에는 Square mask가 적용되며, 그렇지 않은 경우에는 Proposed mask가 적용된다. 임펄스 잡의 적게 분포된 마스크를 사용할 경우, 잡음제거 성능이 용이하기 때문이다.

식 (11)에 모든 경우에 대해서 임펄스 잡음을 제거하기 위해, Square mask와 Proposed mask는 4부분으로 분할된다. Square mask의 방향성분은 식 (12)와 같이 표현되며, Proposed mask의 경우 식 (13)과 같다.

$$M_1 = \{p_{12}, p_{13}\}, M_2 = \{p_7, p_{18}\} \quad (12)$$

$$M_3 = \{p_8, p_{17}\}, M_4 = \{p_9, p_{16}\}$$

$$M_1 = \{p_{12}, p_{13}\}, M_2 = \{p_1, p_7, p_{18}, p_{24}\} \quad (13)$$

$$M_3 = \{p_8, p_{17}\}, M_4 = \{p_5, p_9, p_{16}, p_{20}\}$$

위의 식 (12), (13)에서 각 방향성분으로부터 잡음밀도의 최대값 w_M^i 과 최소값 w_m^i 을 얻을 수 있으며 다음 식 (14)에서 나타내었다.

$$w_M^i = \max\{M_i\} \quad 1 \leq i \leq 4 \quad (14)$$

$$w_m^i = \min\{M_i\} \quad 1 \leq i \leq 4$$

또한 입력화소에 대한 gray level을 제한하기 위해 식 (15)에서 최대값 w_M^i 과 최소값 w_m^i 을 이용하여 임계값을 구할 수 있다.

$$\lambda_M = \min\{w_M^i | 1 \leq i \leq 4\} \quad (15)$$

$$\lambda_m = \max\{w_m^i | 1 \leq i \leq 4\}$$

마지막으로 임펄스 잡음에 의해 훼손된 화소를 원 화소에 대한 추정 값으로 대체 하며, 대체된 화소는 다음 화소의 처리과정에서 이웃 화소로 사용 되어지는 재귀형태를 갖도록 하였다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 임펄스 잡음에 의해 훼손된 영상을 복원하기 위해, 처리 마스크의 형태 변화와 방향성분의 잡음 밀도에 따라 처리 마스크의 적용을 달리하는 비선형 필터를 제안 하였으며 제안된 필터의 잡음제거 성능을 평가하기 위해, (512x512) 크기의 lena 영상을 이용하였으며, PSNR 값을 이용하여 기존의 방법과 비교 하였다.

그림 2는 lena(512X512)에 중첩된 임펄스 노이즈(40%)를 제거한 기존의 필터와 제안한 필터의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

그림 2의 (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.

기존의 필터들과 40%의 임펄스 노이즈 환경에서 성능을 비교한 결과 PSNR 값이, 제안된 필터는 30이상을 나타내 었다.

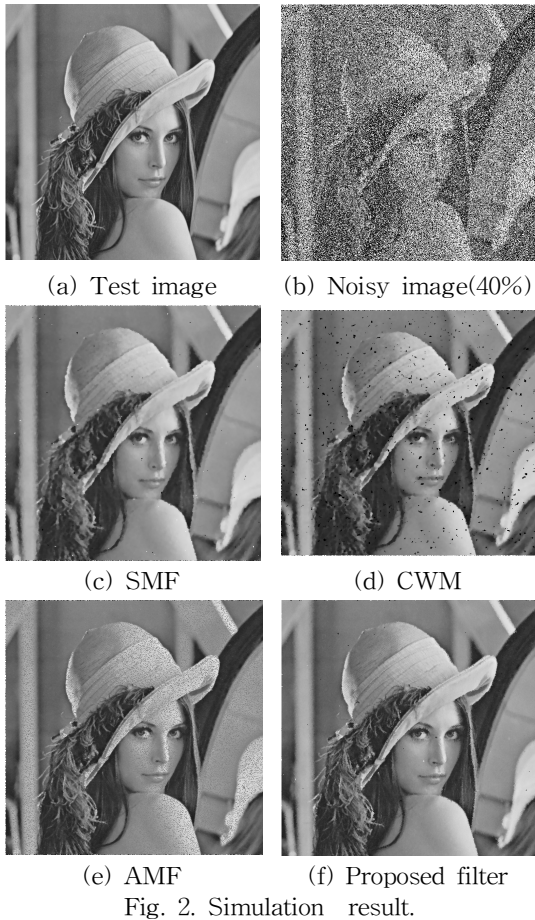


Fig. 2. Simulation result.

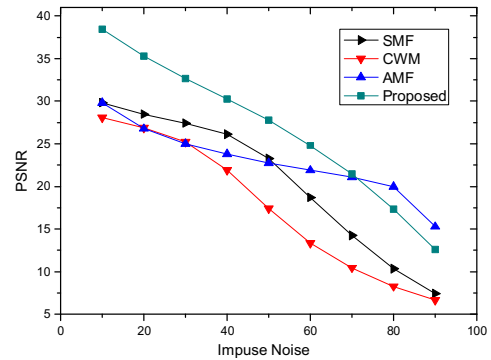


Fig. 3. PSNR with variation of Impulse Noise.

그림 3은 임펄스 잡음의 변화에 따라 훼손된 영상의 잡음 제거과정에 따른 PSNR 특성을 나타낸 것이다. 그림의 결과를 통해서 임펄스 노이즈 70% 이전의 영역에서는 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 형태 변화와 방향성분의 잡음밀도에 따라 처리 마스크를 달리 하는 비선형 필터를 제안 하였으며, 시뮬레이션과 PSNR통해 기존의 방법들과 비교 하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 영상의 에지영역을 보존하며, 잡음 밀도가 낮은 영역에서 잡음제거 성능이 더욱 향상되었음을 알수 있다. 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