
복합 잡음 제거를 위한 영상처리

이경효* · 김남호**

Image Processing for Mixed Noise Removal

Kyung-Hyo Lee* · Nam-Ho Kim**

요 약

잡음은 임펄스 잡음과 AWGN(additive white gaussian noise)이 있으며, 이들 잡음을 제거하기 위한 다양한 방법들이 제안되었다. 잘 알려진 필터로는 Mean, Min-max, Median 필터 등이 있으며, 이러한 필터들은 잡음에 따라 각기 다른 특성을 나타낸다. 그리고 임펄스 잡음과 AWGN이 중첩된 환경에서는 단일 필터로서는 잡음제거에 있어 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 환경에서 영상을 복원하기 위해, 잡음확률을 이용한 필터를 제안하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

ABSTRACT

There are Impulse noise and AWGN in a general image processing. Various methods have been proposed to remove these noises. Well-known filters are Mean, Min-max and Median filter and these show different characteristics depending on the noises. When Impulse noise and AWGN are in superposition environment, single filter doesn't remove noises well. Therefore in this paper, we suggested a switching filter using a probability of noise to restore images in this environment. And we compared a filter with conventional method through simulations.

키워드

잡음, 마스크, 복합 잡음, 디지털 필터

Key word

Noise, Mask, Mixed Noise, Digital Filter

* 부경대학교 전기제어공학부
** 부경대학교 전기제어공학부 (교신저자)

접수일자 : 2009. 05. 11
심사완료일자 : 2009. 06. 01

I. 서 론

일반적으로 영상을 획득, 전송, 저장하는 과정에서 여러 가지 원인에 의해 잡음이 발생되고 있으며, 일반적으로 잡음에는 임펄스 잡음과 AWGN이 있으며 이들 잡음을 제거하기 위한 다양한 기법들이 제안되었다.

이러한 기법들은 각 잡음의 크기와 형태에 따라 각각 다른 특성을 나타내며, 대표적으로 Mean, Min-max, Median, 필터 등이 있다[1]~[4].

Mean 필터는 가우시안 잡음제거가 우수한 특성을 가지며, 임펄스 잡음 제거에는 특성이 미흡하다. Min-max 필터는 반대로 임펄스 잡음 제거에는 우수하며, AWGN의 잡음 제거에는 미흡한 특성을 보인다. Median 필터는 앞의 두 필터의 장점을 모은 것과 같이 두 잡음을 적절히 제거하여 주며, 에지를 보존하는 특성이 있다. 이러한 필터들은 임펄스 잡음과 AWGN이 중첩된 복합 잡음 환경에서는 잡음 제거에 한계를 갖는다.

따라서 본 논문에서는 복합잡음 환경에서 영상을 복원하기 위해 잡음확률을 이용한 필터를 제안하였으며, 그리고 제안된 필터의 타당성을 입증하기 위해 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였다.

II. 기존의 방법들

기본적인 필터들 중 대표적인 방법은 윈도우 마스크를 사용하며, 이는 영상의 각 픽셀에 마스크를 이용하여 주변 값들로 현재의 값을 복원시키는 방법이다.

$$O(x, y) = F\{I(x, y)\} \quad (1)$$

식 (1)은 공간 영역에서의 영상처리 함수를 나타내고 있으며, 식에서의 x, y 는 각 이미지의 픽셀 좌표, $I(x, y)$ 는 입력영상, $F\{\cdot\}$ 는 (x, y) 에서의 명암값 $I(x, y)$ 에 대한 임의의 연산자를 의미하며, $O(x, y)$ 는 이에 대한 출력영상을 나타낸다.

영상처리에 있어서 가장 대표적인 방법들을 살펴보면, Mean, Min-max, Median 필터를 살펴볼 수 있다. 이러한 방법은 각 마스크의 성격에 따라 각각 다른 잡음을 제

거하는데 용의하다. [1]~[4].

$$O(x, y) = \frac{1}{N \times N} \sum I(x \pm i, y \pm j) \quad (2)$$

선형필터의 대표적인 예인 Mean 필터는 식 (2)와 같이 정의한다. 이 때 N 은 1,3,5, ... 와 같은 홀수 값만을 갖으며, i, j 는 $0 \leq |i|, |j| < N/2$ 범위 내의 정수로서 정의된다. Mean 필터는 주변 값을 이용하여 평균값을 취함으로써 일반적으로 가우시안 잡음을 제거에 용의하지만, 0 또는 255값으로만 이루어져 있는 임펄스잡음에는 취약하다. 이러한 단점을 개선하기 위해 Min-max 필터가 제안되어졌으며, 이러한 극단적인 값을 제거에는 용의하나, 한 쪽 면에만 치우치게 되는 취약점을 갖는다. 식 (3)으로서 각기 Min과 Max의 필터를 정의한다[3]~[5].

$$O(x, y) = \text{Min}\{I(x \pm i, y \pm j)\} \quad (3)$$

$$O(x, y) = \text{Max}\{I(x \pm i, y \pm j)\}$$

이러한 문제점을 극복하기 위해 Piotr S.는 Min-max 연산에 기반한 peak-and-valley 필터를 제안하였다. 임펄스 노이즈를 제거함과 동시에 에지 보존 관점에서 비교적 개선된 성능을 나타낸다[5].

$$O(x, y) = \begin{cases} \text{Min}\{I(x \pm i, y \pm j)\}, & \\ \quad \text{if } I(x, y) > \text{Max}\{I(x \pm i, y \pm j)\} \\ \text{Max}\{I(x \pm i, y \pm j)\}, & \\ \quad \text{if } I(x, y) < \text{Min}\{I(x \pm i, y \pm j)\} \\ I(x \pm i, y \pm i), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

Median 필터는 임펄스잡음과 가우시안 잡음 모두 개선하기에 용의하다[6]. Median 필터 및 앞에서 언급한 필터는 각기 다양한 마스크의 형태를 가질 수 있으며, 그 모양에 따라(수평, 수직, 교차 등) 다양한 필터의 특성을 갖는다[7]~[14]. 임펄스 잡음 제거 및 에지보존에 효과적으로 사용되고 있는 Median 필터는 아래 식 (5)로서 정의된다.

$$O(x, y) = \text{Median}\{I(x \pm i, y \pm j)\} \quad (5)$$

Median 필터는 다른 여러 방법으로 응용 사용되며, 식 (6)과 식 (7)은 Center weigh median 필터와 Adaptive switching median 필터를 정의한 것이다.

$$O(x, y) = \text{Median}\{I(x \pm i, y \pm j), I(x, y), I(x, y)\} \quad (6)$$

$$O(x, y) = \text{Median}\{I'(x \pm i, y \pm j)\}, \quad I' = \text{Nonnoise} \quad (7)$$

본 논문에서는 이러한 필터 중 Box 형태의 마스크를 사용하여 마스크를 구성하였으며, Mean, Min-max, Median 및 Median을 응용한 필터를 설계하여 제안한 마스크와 비교하였다.

III. 제안하는 방법

영상처리에서 발생하는 대표적인 잡음으로는 임펄스 잡음과 AWGN이 있다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 다양한 방법들이 제안되었으며, 이들 방법들 중 대표적인 방법으로서 Mean, Min-max, Median, ASMF (adaptive switching median) 필터 등이 있다. 그러나 기존의 필터는 비 잡음 요소에 대한 변형된 값으로 인해 원 영상을 훼손시키고 있다. 이를 개선하기 위해 기존에 방법들에 변형된 다양한 방법들이 제안되었다.

따라서 본 논문에서는 비잡음 요소에 대한 필터링 왜곡을 줄이기 위해, 잡음 확률의 크기에 따라 선택성을 갖는 필터를 제안하였으며, 알고리즘은 다음과 같다.

Step 1. 입력 영상의 1/4영역별 임펄스잡음 확률 p 는 식 (8)과 같이 정의된다. 그리고 같은 방법으로 5×5 마스크 내의 임펄스잡음 확률 $p_{5 \times 5}$ 를 구한다.

$$p = \frac{\text{Nnumber of impulse noise}}{\frac{1}{2}\{\text{size}(x) \times \text{size}(y)\}} \quad (8)$$

Step 2. $p \geq 3p_{5 \times 5}$ 의 경우 그림 1과 같이 Min-max 필터로 처리한다. 이 때 사용된 필터는 식 (9)와 같이 변형된 Min-max 필터를 사용한다.

$$\begin{cases} \varphi_M^i = \max\{M_i\}, & \max \\ \varphi_m^i = \min\{M_i\}, & \min \end{cases} \quad (9)$$

Step 3. 2의 과정에서 p 가 작다면, 다시 $3p_{5 \times 5} > p > 1.5p_{5 \times 5}$ 의 범위를 확인한다. 범위에 만족한다면, 변형된 5×5 Median 필터로 처리한다.

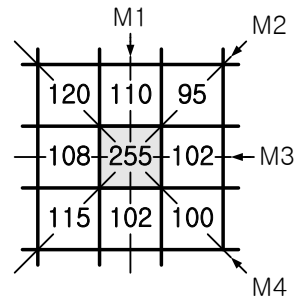
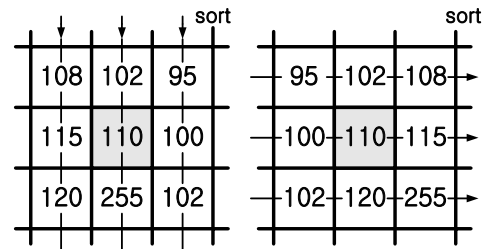


그림 1. 처리과정 1
Fig 1. Process 1.

이 필터는 그림 2와 같이 처리하여 조건에 따라 식 (10)과 같이 처리된다. c 는 마스크의 중앙 인덱스를 나타낸다.



$$I_{i,j} \rightarrow \text{sort}_{col}(I_{i,j}) \rightarrow \text{sort}_{row}(I'_{i,j}) \rightarrow F_{i,j}$$

그림 2. 처리과정 2
Fig 2. Process 2

$$\begin{aligned} O^1 &= F(c, c) && \text{if } I(c, c) = \text{noise} \\ O^2 &= F(c, c-1) && \text{if } F(c, c) = \text{noise} \\ O^3 &= \{F(c-1, c) + F(c+1, c)\} / 2 && \text{otherwise} \end{aligned} \quad (10)$$

Step 4. $1.5p_{5 \times 5} > p$ 의 경우 ASMF(adaptive switching median filter)의 7×7 마스크를 사용한다.

제안한 필터는 식 (11)과 같이 잡음확률에 따라 낮은 잡음환경의 경우 **Min-max** 필터(3×3)로 처리하며, 다소 높은 잡음환경의 경우에는 변형된 **Median** 필터(5×5)로 처리하고, 높은 잡음환경에서 **ASMF**(7×7)로 처리한다.

$$O_{x,y} = \begin{cases} \text{Min-max}_{3 \times 3}(I_{i,j}), & p \geq 3p_{5 \times 5} \\ \text{Median}_{5 \times 5}(I_{i,j}), & 3p_{5 \times 5} > p > 1.5p_{5 \times 5} \\ \text{ASMF}_{7 \times 7}(I_{i,j}), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

V. 시뮬레이션 및 결과

제안한 필터의 성능을 입증하기 위해 사용된 테스트 영상은 **pepper**(512×512) 및 **lena**(512×512) 영상을 사용하였다.

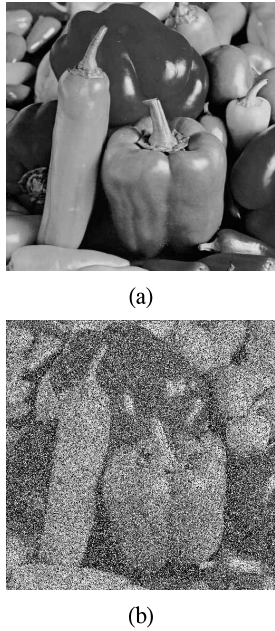


그림 3. 테스트 영상(pepper)

(a) 원 영상 (b) 잡음 영상(임펄스=50%, $\sigma=10$)

Fig. 3. Test image(pepper).

(a) Original image (b) Noise image(Impulse=50%, $\sigma=10$)

그림 3(a)는 원 영상이며, 그림 3(b)는 원 영상에 임펄스 잡음(50%) 및 **AWGN**($\sigma=10$)으로 훼손된 영상이다.

그림 4(a)는 마스크의 크기가 3×3인 변형된 **Min-max**로 처리한 결과이며, 그림 4(b)는 기존의 5×5의 **Median** 필터를 사용한 결과이고, 그림 4(c)는 **Adaptive Switching Median** 필터로 시뮬레이션 결과이다. 그림 4(d)는 제안한 알고리즘을 사용한 필터를 시뮬레이션한 결과이며, 기존의 필터들에 비해 임펄스 잡음 및 **AWGN** 제거특성이 우수하였다.

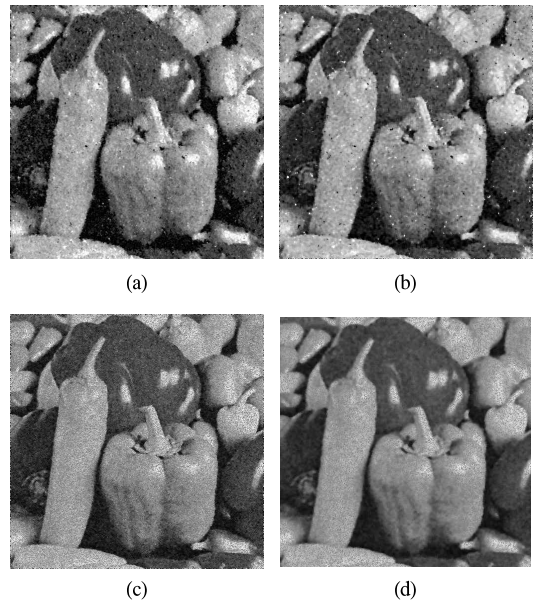


그림 4. 시뮬레이션 결과(pepper) (a) Min-max(3×3) (b) 메디안(5×5) (c) 적응 스위칭 메디안(5×5) (d) 제안된 알고리즘

Fig. 4. Simulation result(pepper) (a) Min-max(3×3) (b) Median(5×5) (c) Adaptive Switching Median(5×5) (d) Proposed Algorithm

또한 필터 특성을 비교하기 위해 **PSNR**(peak signal to noise ratio)을 사용하여 시뮬레이션하였다.

그림 5 및 표 1은 **pepper** 영상을 사용하여, **AWGN**을 $\sigma=10$ 로 고정하고 임펄스 잡음의 크기 변화에 따라 필터 특성을 비교한 결과를 나타내었다. 그림 6 및 표 2는 **lena** 영상을 사용하여, 임펄스 잡음을 20%로 고정하고 **AWGN**의 크기 변화에 따라 필터 특성을 비교한 결과를 나타내었다.

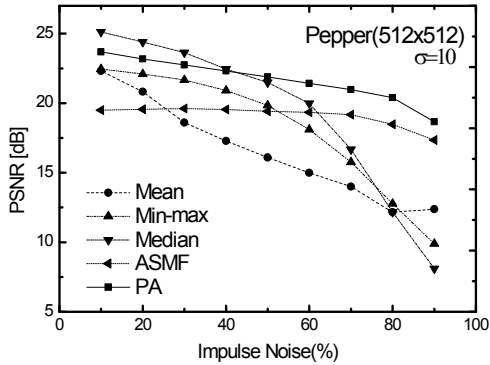


그림 5. 임펄스 잡음 변화에 따른 PSNR
Fig 5. PSNR with variation of impulse noise.

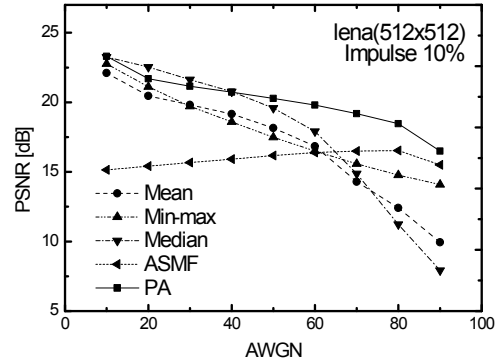


그림 6. AWGN 변화에 따른 PSNR
Fig 6. PSNR with variation of AWGN.

표 1. 임펄스 잡음 변화에 따른 PSNR.
Table 1. PSNR with variation of impulse noise.

Impulse	pepper(512×512) AWGN ($\sigma=10$)				
	Mean	Min-max	Median	ASMF	PA
10%	22.32	22.45	25.12	19.5	23.69
20%	20.28	22.09	24.4	19.56	23.18
30%	18.61	21.67	23.64	19.61	22.75
40%	17.28	20.91	22.46	19.55	22.32
50%	16.1	19.84	21.49	19.42	21.89
60%	14.99	18.11	19.98	19.34	21.43
70%	14	15.76	16.67	19.17	20.98
80%	12.16	12.78	12.17	18.48	20.4
90%	12.37	9.89	8.1	17.35	18.66

표 2. AWGN 변화에 따른 PSNR.
Table 2. PSNR with variation of AWGN.

AWGN (σ)	pepper(512×512) Impulse(20%)				
	Mean	Min-max	Median	ASMF	PA
10	22.11	22.77	23.26	15.15	23.3
20	20.46	21.12	22.53	15.41	21.69
30	19.82	19.71	21.63	15.67	21.15
40	19.16	18.59	20.77	15.92	20.73
50	18.16	17.49	19.59	16.18	20.28
60	16.84	16.49	17.91	16.39	19.8
70	14.3	15.58	14.87	16.49	19.19
80	12.42	14.77	11.23	16.53	18.47
90	9.94	14.09	7.92	15.51	16.49

그 결과 제안한 필터(PA)는 표 1 및 2와 같이 기존의 필터에 비해 우수한 잡음제거 특성을 나타내었다.

V. 결 론

본 논문은 복합 잡음 환경에서 보다 강인한 특성을 얻기 위해 잡음확률에 따라 선택성을 갖는 필터를 제안하였다. 제안된 필터의 성능을 확인하기, 위해 임펄스 잡음과 AWGN이 중첩된 환경에서 시뮬레이션을 하였으며, 그 결과 기존의 필터들에 비해 우수한 특성을 보였다. 따라서 제안한 필터는 임펄스 잡음과 AWGN 을 동시에 제거하는데 강인한 필터로써 다양한 영상처리 분야에 유용하게 사용되리라 사료된다.

참고문헌

- [1] Hough, P.V.C. "Method and Means for Recognizing Complex Patterns." U.S. Patent. 3,069,654. 1962.
- [2] A. Restrepo and A. C. Bovik, "adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Trans. Signal Process., vol. 36, pp. 1326-1337, Aug. 1988.
- [3] M. Werman and S. Peleg, "Min-max operators in texture analysis", IEEE Trans. PAMI, vol. 7, pp. 730-733, Nov. 1985.
- [4] Y.Xu and E. M. Lai, "Restoration of images contaminated by mixed Gaussian and impulse noise using a recursive minimum-maximum method", IEE Proc., Vis. Image Signal Process., vol. 145, pp. 264-

- 270, 1998.
- [5] P. S. Windyga, "Fast impulsive noise removal", IEEE Trans. Image Processing, vol. 10, pp. 173-179, Jan. 2001.
- [6] Xin Wang, "Generalized Multistage Median Filter", IEEE Trans. Image Processing, vol. 1, pp. 1834-1838, 1992.
- [7] L. Yin, R. Yang, M. Gabbouj and Y. Neuvo, "Weighted median filters: a tutorial", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 43, pp. 157-192, 1996.
- [8] S. J. Ko and Y. H. Lee, "Center weighted median filters and their application to image enhancement", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 38, pp. 984-993, Sept. 1991.
- [10] H. Hwang and R. A. Haddad, "Adaptive median filters: New algorithms and results", IEEE Trans. Image Process., vol. 4, no. 4, pp. 499-502, Apr. 1995.
- [11] P. Ng and K. Ma, "Switching Median Filter with Boundary Discriminative noise detection", IEEE Trans. Image Process., vol. 15, no. 6, pp. 1506-1516, June 2006.
- [12] T. Chen and Hong Ren Wu, "Adaptive Impulse Detection Using Center-Weighted Median Filters", IEEE Trans. Signal Processing Lett., vol. 8, pp. 1-3, 2001.
- [13] H. L. Eng and K. K. Ma, "Noise adaptive soft-switching median filter", IEEE Trans. Image Process., vol. 10, no. 2, pp. 242-251, Feb. 2001.



김 남 호(Nam-Ho Kim)

제11권 제1호 참조
1992년 3월 ~ 현재 부경대학교
공과대학 전기제어
공학부 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호 복원

저자소개



이 경 호(Kyung-Hyo Lee)

2007년 2월 동의대학교 전자공학과
졸업 (학사)
2009년 2월 부경대학교 제어계측
공학과 졸업 (공학석사)

※ 관심분야 : 영상처리