

복합잡음 제거를 위한 비선형필터에 관한 연구

이 경 효* · 류 지 구** · 김 남 호*

*부경대학교 공과대학 전기제어공학부

**부경대학교 공과대학 전자컴퓨터정보통신공학부

A Study on Nonlinear Filter for Removal of Complex Noise

Kyung-Hyo Lee* · Ji-Goo Ryu** · Nam-Ho Kim*

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

**School of Electronic, Computer and Telecommunication, Pukyong National Univ.

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

이전의 정보화는 글이나 혹은 음성에 의존했다면, 현대사회의 정보전송은 다양한 영상 매체를 이용하여 전송하고 있다. 휴대폰과 TV, 컴퓨터는 대표적인 영상신호를 이용하는 매개체로서 현대사회를 이루는 큰 축이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 중요성이 부각되어지는 영상 신호의 개발은 크게 압축 및 인식 그리고 복원 등 많은 부분에서 연구가 되어지고 있다. 노이즈는 이러한 신호를 이용함에 따라 필연적으로 발생되며, 발생하는 노이즈로서는 임펄스 노이즈(Impulse Noise)와 AWGN(Additive White Gaussian Noise)가 대표적이다. 이러한 노이즈를 줄이기 위하여 다양한 필터가 개발되고 있으며, 각기 그 잡음의 성향에 따라 다른 필터가 사용되어진다. 그러나 잡음은 신호에서 독립적으로 발생되어지는 것이 아니라 중첩되어 발생되어진다. 본 논문은 이러한 중첩된 잡음을 제거하고자 영상필터를 제안하였으며, 이를 기존의 다른 필터와 비교하였다.

ABSTRACT

Former times Information Technology generally has only depended on text or sound, while nowadays information is being moved through a variety of image media. Cell phone, TV and computer have been major elements of modern society as mediators using image signal. Therefore, image signal processing also has been treated importantly and done actively. The processing has been developed in many fields of digital image processing technologies as image data compression, recognition, restoration, etc. Noises are inevitably generated by using the signals during the processing, and typical types of the noise are Impulse(salt & pepper) and AWGN(Addition White Gaussian Noise). To reduce the noise, various kinds of filters have been developed, and according to each noise, it is being used different filter each. However, the noise is not generated by one signal but by a complex. In this paper, I suggested an image filter to remove the complex noise, and compared with existing filters' methods for verification.

키워드

Image filter, Nonlinear filter, image process

1. 서 론

기존의 정보신호는 글 혹은 음성신호를 이용한 책,라디오, 무전기를 주로 사용하였다. 산업의 변화에 따라 TV, 컴퓨터 그리고 화상 휴대폰과 같은 영상신호의 중요성이 부각되어지고 있다.

일반적으로 영상처리 기술은 영상의 압축, 이

동, 인식 등 다양한 방면에 걸쳐 개발 중에 있다.

노이즈는 이러한 신호를 이용함에 따라 필연적으로 발생되며, 발생하는 노이즈로서는 임펄스 노이즈(Impulse Noise)와 AWGN(Additive White Gaussian Noise)가 대표적이다. 이러한 노이즈를 줄이기 위하여 다양한 필터가 개발되고 있으며, 각기 그 잡음의 성향에 따라 다른 필터가 사용되

어진다. 그러나 잡음은 신호에서 독립적으로 발생되어지는 것이 아니라 중첩되어 발생되어진다. 본 논문은 이러한 중첩된 잡음을 제거하고자 영상필터를 제안하였으며, 이를 기존의 다른 필터와 비교하였다[1]~[3].

II. 잡음과 필터의 형태

일반적으로 필요한 신호가 아닌 그 외의 다른 신호를 잡음으로 정의한다. 그렇기 때문에 다양한 잡의 형태를 불규칙적이며, 발생 빈도역시 불규칙적이다. 영상에서의 잡음은 역시 영상 내에서 아주 다양하기 때문에 이것을 딱 지적하기 힘들다. 하지만 대체적으로 두 가지 패턴으로 나뉘는데, 일반 영상에서 존재하는 가우시안 잡음과 임펄스 잡음을 들 수 있다.

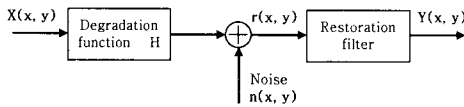


Fig. 1. Model of image degradation and restoration process.

잡음을 제거하기 위해 잡음의 성향을 알 필요가 있다. 가우시안 잡음은 평균값을 0인 가우시안 형태의 형태를 가지고 있다. 블러링 효과는 이러한 특성은 잘 이용함으로써 잡음을 효과적으로 제거하는 방법이다. 대표적인 블러링 효과를 갖는 필터는 Mean 필터로서 주변의 값의 평균을 취함으로써 원 신호를 복원할 수 있다.

식 (1)에서 $Y_{x,y}$ 는 출력 영상, $r_{i,j}$ 는 입력 영상, (x,y) 는 필터링 마스크의 적용되는 위치, (i,j) 는 필터링 마스크 주변 위치값, 그리고 $\Omega_{i,j}^w$ 는 $w \times w$ 마스크 내의 화소를 나타낸다.

$$Y_{x,y} = Mean\{r_{i,j}\}, \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (1)$$

하지만, 이러한 평균필터는 영상신호를 흐릿하게 하며, 또한 임펄스 잡음제거에 대하여서는 그리 효과적이지 못하다.

영상에 있어서 임펄스 잡음이란 '0 또는 255 값으로만 이루어져 있는 흑백잡음(Salt & Pepper)을 말한다. 이러한 흑백 잡음은 원 신호를 무시한 극단적인 잡음으로 평균필터의 효과적 잡음제거를 기대할 수 없다. 이를 극복하기 위해 Min-max 필터가 제안되었으며, 이는 극단적인 값을 제거하는데 있어서는 유용하게 사용되어진다[1].

$$Y_{x,y} = \begin{cases} \min\{r_{i,j}\}, \\ \max\{r_{i,j}\}, \end{cases} \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (2)$$

하지만, 영상은 하나의 잡음으로 구성되어지는 것이 아니라 복합성을 갖고 있으며, 앞 선 두 필터의 한계를 갖게 된다. 미디언 필터는 앞선 두 가지의 잡음에 어느 정도 상응하는 필터라고 할 수 있다.

$$Y_{x,y} = median\{r_{i,j}\}, \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (3)$$

그러나 동형잡음 제거에 있어서는 잡음을 잘 제거하지 못하며, 잡음의 분포가 클수록 중간 값 역시 잡음일 경우가 높다. 또한, 마스크의 크기를 크게 할수록 처리시간이 길어지며, 마스크의 형태가 큰 영향을 미친다는 단점을 갖는다. 따라서 마스크의 형태와 수행 시간을 줄이는 방향으로 개선된 다양한 알고리즘이 존재한다[2]~[4].

AMF(Adaptive Switching Median Filter)와 HMF(Hybrid Median Filter)는 개선알고리즘 중 하나로 다음 식 (4), (5)로 정의된다.

$$Y_{x,y} = median\{r_{a,a}^m, r_{x,y}, r_{a,a}^{m*}\}, \quad (i,j) \in \Omega_{i,j}^w \quad (4)$$

$$Y_{x,y} = \begin{cases} m_{x,y}, & r_{x,y} = 0 \text{ or } 255 \\ r_{x,y}, & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

식의 $r_{a,a}^m, r_{a,a}^{m*}$ 는 각기 대각행렬 요소의 미디언 값을 나타내며, $m_{x,y}$ 는 마스크 내의 임펄스 값을 제외한 화소 중 미디언 값을 나타낸다.

AMF는 비잡음 영상을 검출하여 비임펄스 영상 값에 대하여서는 그 값을 유지하며, 임펄스 잡음만을 검출하여 사용한 필터이다[3].

III. 제안된 알고리즘

본 논문에서는 복합적인 잡음환경에서 강한 비선형 필터를 제안하였다. 제안된 알고리즘(PA. Proposed Algorithm)은 비임펄스 신호에 있어서는 평균필터를 취함으로써 해당요소의 가우시안 잡음을 줄이고자 하였다.

그 외에 해당하는 임펄스 잡음요소는 다음의 단계대로 수행되어진다.

- step 1. 영상의 1/4부분별 잡음 밀도 ρ 와 5×5 마스크 내의 잡음 밀도 $\rho_{5 \times 5}$ 를 구한다.
- step 2. 잡음 밀도 ρ 가 $\rho_{5 \times 5}$ 보다 3배 이상 크다면 3×3 의 Min-max를 거쳐 비잡음 요소를 얻는다.

식 (6)의 3×3 의 Min-max는 기존의 Min-max와 조급의 차별을 두도록 하며, 아래와 같이 정의한다.

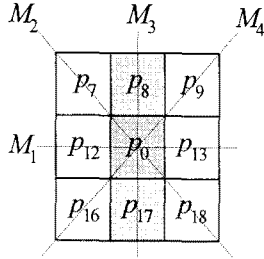


Fig. 2. Proposed Algorithm.

$$\begin{cases} \varphi_M^i = \max \{ M_i \}, & \max \\ \varphi_m^i = \min \{ M_i \}, & \min \end{cases} \quad (6)$$

step 3. 2의 과정에서 ρ 가 작다면, 다시 범위를 재조정하여 $3\rho_{5 \times 5} > \rho > 1.5\rho_{5 \times 5}$ 의 범위 여부를 확인한다. 범위에 만족한다면, 5×5 미디언 필터를 수행한다.

step 4. $1.5\rho_{5 \times 5} > \rho$ 7×7 의 AMF의 마스크를 이용하도록 한다.

각 step의 마스크에 사용되어지는 살펴보면 다음 식 (7)과 같이 정리할 수 있다.

$$Y_{x,y} = \begin{cases} \min_max_{3 \times 3}(r_{i,j}), & \rho > 3\rho_{5 \times 5} \\ median_{5 \times 5}(r_{i,j}) & \rho > 1.5\rho_{5 \times 5} \\ AMF_{7 \times 7}(r_{i,j}) & otherwise \end{cases} \quad (7)$$

낮은 잡음환경에서는 Min-max와 같이 비교적 간단한 연산을 통해 시간을 줄이고 잡음이 많아 미디언 값에 영향을 주는 영역에서는 비잡음 요소에 미디언 값을 취함으로써 잡음을 줄이고자 하였다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

일반적으로 MSE(Mean Squared Error)와 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)는 영상의 개선 척도를 위해 사용하고 있으며, 다음 식 (5),(6)와 같이 정리한다.

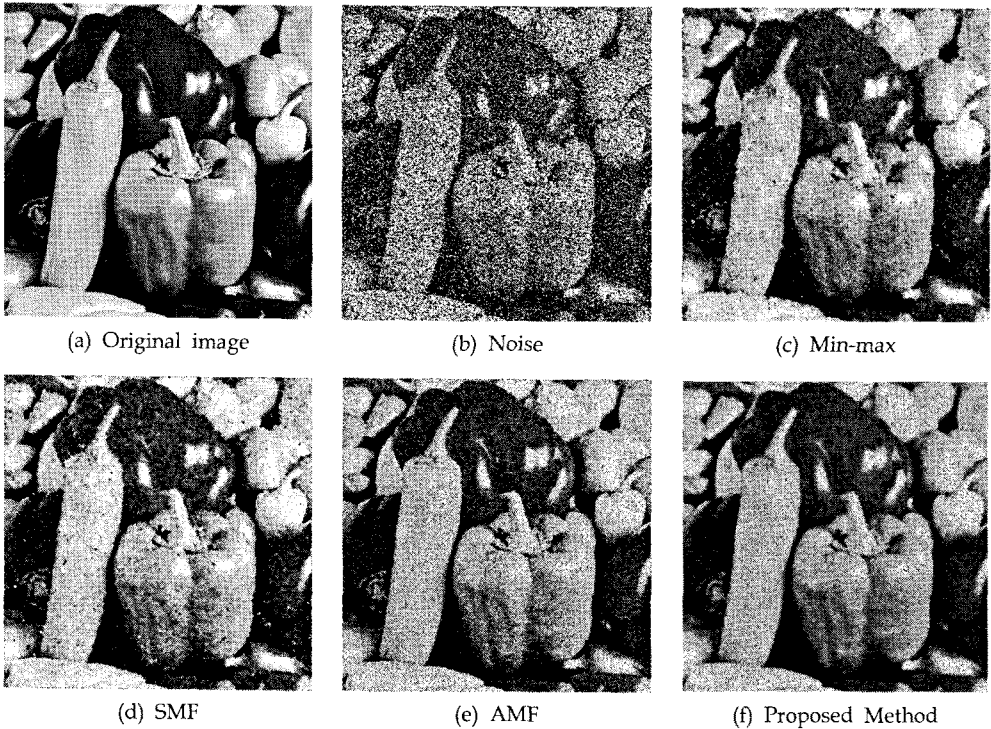


Fig. 3. Filtering Image (Impulse 50%, $\sigma^2=20\%$).

$$MSE = \frac{\sum_{x,y} X_{x,y} - F_{x,y}}{M \cdot N} \quad (5)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \\ = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2 \cdot M \cdot N}{\sum_{x,y} X_{x,y} - F_{x,y}} \right) \quad (6)$$

이 때, M, N 는 이미지의 가로, 세로크기를 나타내며, $X_{x,y}$ 은 원본 영상의 각 화소, $F_{x,y}$ 는 필터링된 영상의 각 화소 값을 나타낸다.

본 논문에서는 여러 가지 복합 잡음 상의 영상의 복원을 위해, 비선형 필터를 제안하였다. 제안된 모델의 우수함을 나타내기 위해, 기존의 필터 Min-max, Mean, SMF, AMF와 비교하였다.

그림 3은 peppers(512×512)영상을 임펄스잡음 50%, $\sigma^2=20\%$ 의 복합 잡음 상에서 기존의 필터와 제안된 필터를 테스트한 영상이다. 본 논문에서 다양한 필터의 크기 사용을 고려하여 기존의 필터를 각기 3×3, 5×5, 7×7 중 우수한 데이터만을 가지고서 결과를 비교하여 보았다.

그림 3(a)는 원 영상을 나타내고 있으며, 그림 3(b)는 원 영상에 잡음 첨가한 결과를 나타내고 있다. 그림 5(c)-(e)는 각기 기존의 필터 처리 결과를 나타낸 것이며, 그림 5(f)는 본 논문에서 제안된 필터를 통한 결과를 구현한 것이다. 그림에서와 같이 기존의 필터에서는 AMF가 효과적으로 동작하였으나, 원영상의 화소 값이 임펄스 값에 근접한 값에서는 제안된 필터 값보다 멀어짐을 나타낸다.

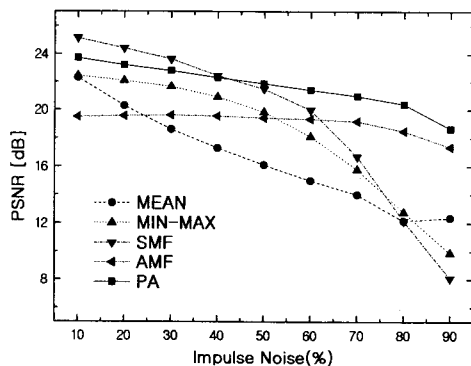


Fig. 4. PSNR with variation of Impulse Noise.

그림 4와 표 1은 pepper(512×512)영상에 10~90%까지 변화된 임펄스 잡음을 첨가하여 각 필터에 적용한 값이다. 이 때, PSNR을 통하여 각 필터와 비교하였다.

Table 1. PSNR with variation of impulse.

Impulse	AWGN (20%)				
	Mean	Min-max	SMF	AMF	Proposed
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 1에 보이듯이 몇몇 부분에 있어서는 더 향상된 모습을 보이는 곳도 있다. 하지만, 이는 각기 크기가 다른 마스크의 우수한 데이터만을 가져온 것 고려한다면, 제안된 필터의 우수함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 임펄스 잡음 제거를 위한 비선형적 필터를 제안함으로써 영상 내에 임펄스 잡음을 줄이고자 하였다.

성능향상 지표를 위하여 PSNR을 사용하였으며, 기존의 다양한 필터를 이용하여 시뮬레이션하여 비교하였다. 그 결과 제안된 필터는 특히 높은 임펄스 잡음환경에서 우수한 특성을 나타내었다.

따라서 제안된 필터는 다양한 복합잡음 환경에 강한 필터로 영상처리 분야에 유용하게 사용되리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] M. Werman, and S. Peleg, "Min-max operators in texture analysis", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 7, pp. 730-733, 1985.
- [2] Chu, C.H.; Sahoo, A. "Sinusoidal responses of nonlinear signal processing operators" IEEE vol.1 pp. 168 - 171, May 1990
- [3] A. Restrepo and A. C. Bovik, "Adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Trans. Signal Process., vol. 36, pp. 1326-1337, Aug. 1988.
- [4] Circuits and Systems, "A Fast and reliable switching median filter for highly corrupted images by impulse noise" pp.3427 - 3430 May 2007.