

논문 2012-49IE-1-5

임펄스 잡음제거를 위한 프로그레시브 필터

(Progressive Filter for Impulse Noise Reduction)

김영로*, 동성수**

(Young-Ro Kim and Sung-Soo Dong)

요약

본 논문에서는 임펄스 잡음을 제거하는 프로그레시브 필터를 제안한다. 비선형 필터와 선형필터를 순차적으로 적용하는 방법을 제안한다. 비선형 필터는 급격한 잡음 패턴을 제거한다. 이에 따른 비선형필터링 된 영상을 선형 필터에서 에지에 따라 방향을 조절하여 필터링한다. 따라서 제안하는 방법은 에지를 유지할 뿐 아니라 일정한 지역에서 잡음을 효과적으로 제거한다. 실험결과, 제안하는 방법이 기존 선형, 비선형 프로그레시브 필터링 방법들 보다 향상된 결과를 보인다.

Abstract

In this paper, we propose a progressive filter for impulse noise reduction. The proposed method uses non-linear filter and linear filter progressively. Non-linear filter reduces abrupt noise pattern. Also, linear filter adjusts filtering direction according to an edge in the image which is filtered by non-linear filter. Thus, our proposed method not only preserves edge, but also reduces noise in uniform region. Experimental results show that our proposed method has better quality than those by existing non-linear and linear progressive filtering methods.

Keywords : Progressive, linear filter, non-linear filter, impulse noise reduction.

I. 서론

잡음은 가우시안 형태의 잡음, 임펄스 형태의 잡음 등 획득하는 영상에 다양한 형태로 나타난다. 따라서 잡음 형태에 따라 가우시안 필터, 평균값 필터, 미디언 필터 등 효과적인 잡음 제거 방법이 제안되었다. 그러나 많은 방법들이 원영상의 화질을 열화시키는 부작용을 가지기도 한다.

잡음제거의 방법으로는 비선형 필터링 방법과 선형 필터링 방법이 있다. 비선형 필터로서 대표적인 것은 미디언 필터로서 주로 임펄스 잡음제거에 효과적이다^[1~5, 10]. 또한 선형 필터로써 가우시안 잡음을 제거하기

좋은 가우시안 필터가 있다^[6, 12]. 그러나 두 종류의 필터 모두 다양한 잡음에 모두 효과적으로 잡음 제거와 에지를 보존하지 못하는 단점이 있다. 이에 따라 선형 필터의 형태로 래셔널 필터가 제안되었다^[7~9]. 래셔널 필터는 기본적으로 로패스 선형필터로써 영상의 에지 등 영상 정보에 따라 적응적으로 잡음 제거를 하도록 설계되었다. 하지만 선형 필터의 계수를 영상의 잡음에 따라 적응적으로 구하지 못하는 단점이 있다. 또한 반복적인 필터링을 이용한 잡음 제거 방법으로 프로그레시브 필터가 제안되었다^[11]. 그러나 기존의 프로그레시브 필터는 또한 하나의 형태, 즉 비선형, 또는 선형 형태의 필터를 한 방법만을 이용한 반복적인 필터링으로써 에지가 흐려지거나 잡음에 적응적으로 제거하지 못하다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 기존 프로그레시브 필터 방법이 하나의 필터 형태를 반복하는 것을 수정하여 비선형, 선형 형태로 순차적으로 번갈아가며 필터링을 하는

* 평생회원, 명지전문대학
(Myongji College)

** 평생회원-교신저자, 용인송담대학교
(Yong-In Songdam College)

접수일자: 2011년10월4일, 수정완료일: 2012년3월8일

수정된 프로그레시브 필터링 방법을 제안한다. 이에 따라 원 영상의 정보 손실을 최소화하고 에지를 보존하면서 임펄스 잡음을 제거하는 개선된 프로그레시브 필터 알고리즘을 제안한다.

II. 기존 프로그레시브 필터 알고리즘

프로그레시브 필터는 비선형 또는 선형 필터링 중 하나의 필터링을 반복적으로 사용하는 것이다 [11]. 프로그레시브 미디언 필터는 다음과 같이 표현할 수 있다. 비선형 프로그레시브 필터링으로는 n 번의 반복적인 미디언 필터링을 사용한다. 각 화소 x_i^{n-1} 는 마스크 $W \times W$ 에 의한 미디언 필터링을 통하여 잡음이 제거된 화소 x_i^n 를 얻는다. 이때 마스크에 사용하는 화소들은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\Omega_i^W = \left\{ j = (j_1, j_2) \mid \begin{aligned} & i_1 - (W-1)/2 \leq j_1 \leq i_1 + (W-1)/2, \\ & i_2 - (W-1)/2 \leq j_2 \leq i_2 + (W-1)/2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

그리고 x_i^n 은 다음과 같이 구한다.

$$x_i^n = \text{MEDIAN}\{x_j^{(n-1)} \mid j \in \Omega_i^W\} \quad (2)$$

선형 프로그레시브 필터링으로는 선형 필터인 래셔널 필터를 이용한다. 각 화소 y_i^{n-1} 는 마스크 $W \times W$ 에 의한 래셔널 필터링을 통하여 잡음이 제거된 화소 y_i^n 를 얻는다. 이때 마스크에 사용하는 화소들은 식 (1) 과 같다. 그리고 y_i^n 은 다음과 같이 구한다.

$$y_i^n = \text{RATIONAL}\{y_j^{(n-1)} \mid j \in \Omega_i^W\} \quad (3)$$

래셔널 필터는 2-D 데이터에 적용할 때, 0, 45, 90, 135° 에지 방향에 따라 적응적으로 잡음을 제거할 수 있다. 다음과 같이 필터링한 값을 얻을 수 있다^[8].

$$y(p, q) = \alpha(p, q)x(p, q) + z(p, q) \quad (4)$$

여기서 $y(p, q)$ 은 잡음이 제거된 화소값, $x(p, q)$ 은 잡음 영상의 화소값을 나타낸다. 그리고, $\alpha(p, q)$ 과 $z(p, q)$ 은 다음과 같다.

$$\alpha(p, q) = 1 - \frac{\frac{2w}{wk(x(p-1, q) - x(p+1, q))^2 + 1}}{\frac{2w}{wk(x(p, q-1) - x(p, q+1))^2 + 1} + \frac{2w}{wk(x(p-1, q-1) - x(p+1, q+1))^2 + \sqrt{2}} + \frac{2w}{wk(x(p-1, q+1) - x(p+1, q-1))^2 + \sqrt{2}}} \quad (5)$$

$$z(p, q) = \frac{\frac{w(x(p-1, q) + x(p+1, q))}{wk(x(p-1, q) - x(p+1, q))^2 + 1} + \frac{w(x(p, q-1) + x(p, q+1))}{wk(x(p, q-1) - x(p, q+1))^2 + 1}}{\frac{w(x(p-1, q-1) + x(p+1, q+1))}{wk(x(p-1, q-1) - x(p+1, q+1))^2 + \sqrt{2}} + \frac{w(x(p-1, q+1) + x(p+1, q-1))}{wk(x(p-1, q+1) - x(p+1, q-1))^2 + \sqrt{2}}} \quad (6)$$

이때 매개변수 w, k 는 실험적으로 mse(mean squared error)가 작도록 정한다^[8].

III. 제안하는 프로그레시브 필터 알고리즘

제안하는 프로그레시브 필터는 먼저 임펄스 잡음과 같이 급격한 변화를 가지는 잡음에 효과적인 비선형 필터링을 한다. 그리고 에지에 따라 적응적으로 평활화(smoothing)하여 잡음을 제거하는 선형 필터링을 한다. 이후 반복적으로 비선형, 선형 필터링을 적용한다.

1. 제안하는 알고리즘의 구조

먼저 영상 데이터를 비선형 필터인 미디언 필터를 이용하여 잡음을 제거한다. 미디언 필터는 급격한 변화를 가지는 잡음을 제거하는 특징이 있다. 그리고 필터링된 영상의 에지 방향과 강도에 따라 선형 필터인 래셔널 필터를 적용한다. 래셔널 필터는 잡음을 영상을 평활화하면서 잡음제거를 하는 특징이 있다. 이후 반복적으로

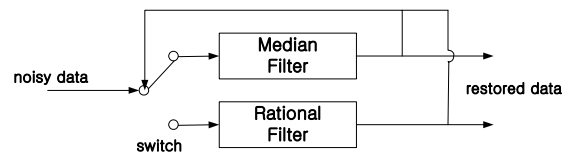


그림 1. 제안하는 알고리즘의 블록도
Fig. 1. Block diagram for proposed algorithm.

미디언 필터링, 래셔널 필터링을 사용하여 계속 잡음을 제거한다.

제안하는 알고리즘에서는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

2. 제안하는 알고리즘 구현 단계

기존 프로그레시브 필터와 다르게 하나의 형태 필터를 반복적으로 사용하지 않고 비선형, 선형 필터링을 번갈아가면서 반복적으로 필터링한다. 각 화소 z_i^{n-1} 는 마스크 $W \times W$ 에 의한 미디언 필터링을 통하여 잡음이 제거된 화소 z_i^n 를 얻는다. 그리고 z_i^n 은 다음과 같이 구한다.

$$z_i^n = \begin{cases} \text{MEDIAN}\{z_j^{(n-1)} | j \in \Omega_i^W\} & \text{if } (n-1)\%2=0 \\ \text{RATIONAL}\{z_j^{(n-1)} | j \in \Omega_i^W\} & \text{if } (n-1)\%2=1 \end{cases} \quad (7)$$

임펄스 잡음 같은 경우, 단순히 선형필터만을 이용한 프로그레시브 필터링을 하여 잡음을 제거하면 영상이 평활화가 되어 흐리게 되는 경우가 있다. 또한 비선형 프로그레시브 필터링을 할 경우 잡음이 필터링이 되지 않을 경우 잡음이 섞인 화소가 계속해서 영상에 남아있는 단점이 있다. 따라서 비선형, 선형 필터를 번갈아가면서 사용하여 프로그레시브 필터링을 함으로써 잡음의 특성에 따라 제거하고 평활화할 수 있는 장점이 있다. 또한, 에지의 방향과 강도에 따라 에지를 보존하면서 잡음을 제거할 수 있다.

IV. 실험

제안한 프로그레시브 필터 알고리즘을 테스트하기 위하여 다양한 패턴이 있는 512x512 그레이 영상들로, "Airplane", "Baboon", "House", 그리고 "Lena"를 사용하였다. 또한 잡음제거를 위하여 원영상 들을 임펄스 잡음을 넣은 각각의 테스트 잡음 영상을 만들었다. 제안한 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거한 후 원영상과 비교한 PSNR(peak signal to noise ratio)을 구하였다. 또한 기존 잡음제거 알고리즘들의 PSNR을 구하여 제안된 알고리즘과 비교하였다. PSNR은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (8)$$

여기서 MSE 는 Mean Squared Error를 나타낸다. 그림



(a)



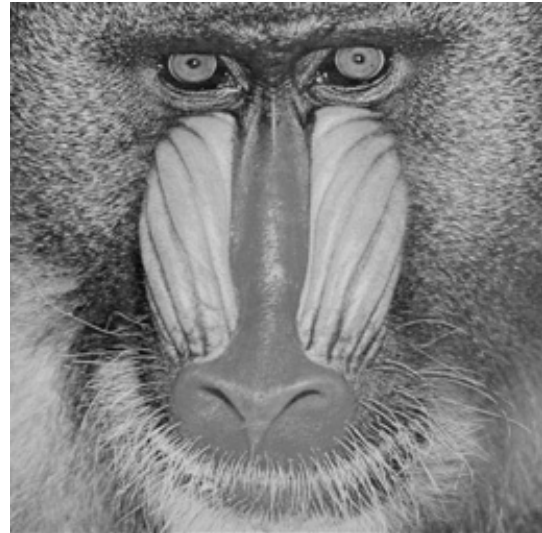
(b)



(c)



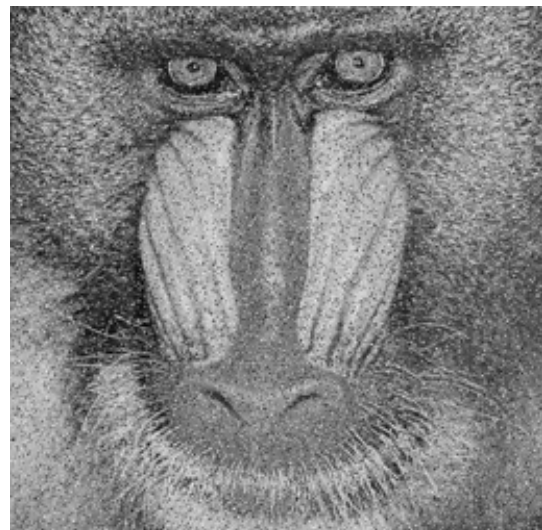
(d)



(a)



(e)



(b)

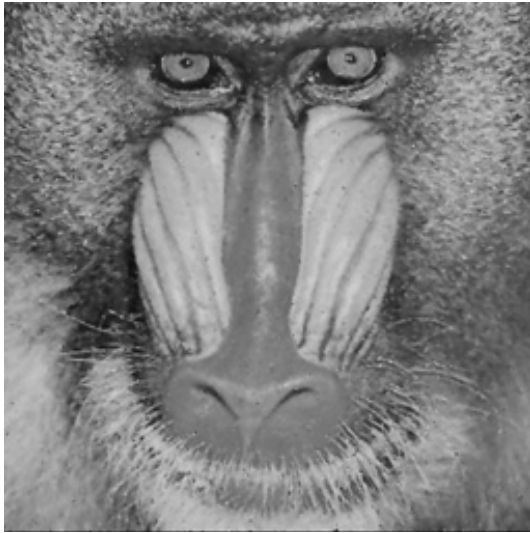
그림 2. Airplane, (a) 원영상, (b) 임펄스 잡음 영상 (27.98dB), (c) 미디언 프로그레시브 잡음제거 영상($n = 3$), (d) 래셔널 프로그레시브 잡음제거 영상($n = 3$), (e) 제안하는 알고리즘 잡음제거 영상($n = 3$)

Fig. 2. Airplane, (a) original image, (b) impulse noise image(27.98dB), (c) median progressive filtered image($n = 3$), (d) rational progressive filtered image($n = 3$), (e) proposed algorithm($n = 3$)

2는 “Airplane” 영상의 원영상, 임펄스 잡음영상, 미디언 프로그레시브 필터를 이용한 잡음제거 영상, 래셔널 프로그레시브 필터를 이용한 잡음제거 영상, 제안한 알고리즘을 이용한 잡음제거 영상이다. 그림 3은 “Baboon” 영상의 원영상, 임펄스 잡음영상, 미디언 프로그레시브 필터를 이용한 잡음제거 영상, 래셔널 프



(c)



(d)



(e)

그림 3. Baboon, (a) 원영상, (b) 임펄스 잡음 영상 (27.98dB), (c) 미디언 프로그레시브 잡음제거 영상($n = 3$), (d) 래셔널 프로그레시브 잡음제거 영상($n = 3$), (e) 제안하는 알고리즘 잡음 제거 영상($n = 3$)

Fig. 3. Baboon, (a) original image, (b) impulse noise image(27.98dB), (c) median progressive filtered image($n = 3$), (d) rational progressive filtered image($n = 3$), (e) proposed algorithm($n = 3$)

그레시브 필터를 이용한 잡음제거 영상, 제안한 알고리즘을 이용한 잡음제거 영상이다. 이때 래셔널 필터의 계수는 $w = 0.16, k = 0.01$ 으로 설정하였다^[8].

미디언 필터링은 임펄스 잡음 제거에 효과적인 방법이지만 에지를 보존하고 평활하면서 잡음 제거하는 부분에서는 래셔널 필터가 더욱 효과적인 결과를 나타낸

표 1. 임펄스 잡음을 제거한 후 PSNR (dB)

Table 1. Results of impulse noise reduction, PSNR (dB).

	미디언 프로그레시브 필터	래셔널 프로그레시브 필터	제안하는 방법
Airplane	67.55	55.61	68.08
Baboon	51.88	52.30	52.19
House	65.19	61.88	65.34
Lena	75.14	68.03	74.68
Average	64.94	59.45	65.07

다. 그러나 래셔널 필터링 역시 선형필터에서 나타내는 부분적으로 흐려지는 왜곡을 가져온다. 이에 반해 제안하는 프로그레시브 필터 알고리즘은 미디언 필터링의 단점인 경계선이 흐려지는 것을 순차적으로 래셔널 필터링을 사용함으로써 이러한 왜곡을 감소시키고 에지를 보존하면서 잡음을 제거한다.

표 1에서 보이는 바와 같이 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘들 보다 임펄스 잡음을 효과적으로 제거함을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 효과적으로 임펄스 잡음을 제거하는 프로그레시브 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법은 비선형 필터와 선형 필터를 순차적으로 번갈아가면서 사용한다. 따라서 에지의 방향과 강도에 따라 적응적으로 필터링을 함으로써 잡음을 제거하면서 경계선을 선명하게 유지할 수 있다. 실험 결과, 제안한 알고리즘이 기존 잡음제거 알고리즘에 비하여 에지를 유지하고 잡음을 제거함으로써 일반적으로 향상된 화질을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

[1] A. K. Jain, Fundamental of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989.
 [2] T. Sun, M. Gabbouj, and Y. Neuvo, "Center weighted median filters: some properties and their applications in image processing," Signal Processing, vol. 35, pp. 213-229, 1994.
 [3] N. Himayat and S. A. Kassam, "A structure for adaptive order statistics filtering," IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, no. 3, pp. 265-280, May 1994.

[4] Y. H. Lee and S. A. Kassam, "Generalized median filtering and techniques," IEEE Trans. Acoust. Speech and Signal Process., vol. 33, no. 3, June 1985.

[5] R. Bernstein, "Adaptive nonlinear filters for simultaneous removal of different kinds of noise in images," IEEE Trans. on Circuits and Systems, vol. CAS-34, pp. 1275-1291, Nov. 1987.

[6] X. Z. Sun and A. N. Venetsanopoulos, "Adaptive schemes noise filtering and edge detection by use of local statistics," IEEE Trans. on Circuits and Systems, vol. CAS-35, no. 1, pp. 57-69, Jan. 1988.

[7] G. Ramponi, "A rational edge-preserving smoother," in Proc. Second IEEE Int. Conf. Image Processing, Washington, DC, USA, Oct. 22-25, 1995.

[8] G. Ramponi, "A rational filter for image smoothing," IEEE Signal Processing Letters, vol. 3, no. 3, pp. 63-65, March, 1996.

[9] R. Castagno, S. Marsi, and G. Ramponi, "A simple algorithm for the reduction of blocking artifacts in images and its implementation," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 4, pp 1062-1070, Aug. 1998.

[10] H. G. Senel, R. A. Peters II, and B. Dawant, "Topological median filters," IEEE Trans. Image Processing, vol. 10, no. 12, pp. 1-16, Dec. 2001.

[11] Z. Wang and D. Zhang, "Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images," IEEE Trans. on Circuits and Systems, vol. 46, no. 1, pp. 78-80, Jan. 1999.

[12] V. R. VijayKumar, P. T. Vanathi, and P. Kanagasabapathy, "Fast and efficient algorithm to remove gaussian noise in digital images," IAENG International Journal of Computer Science, 37:1, IJCS_37_1_09, Feb. 2010.

— 저 자 소 개 —



김 영 로(평생회원)
 1993년 고려대학교 전자공학과 학사
 1996년 고려대학교 전자공학과 컴퓨터공학 석사
 2001년 고려대학교 전자공학과 컴퓨터공학 박사

2001년~2003년 삼성전자 시스템LSI 책임연구원
 2003년~현재 명지전문대학 컴퓨터정보과 교수
 <주관심분야 : 신호 및 영상처리, 멀티미디어 통신>



동 성 수(평생회원)
 1990년 인하대학교 전기공학과 학사
 1992년 인하대학교 전기공학과 공학 석사
 2009년 인하대학교 전기공학과 공학 박사

1992년~1995년 나우정밀 중앙연구소 전임연구원
 1996년~2000년 삼성전자 정보통신 전임연구원
 2001년~현재 용인송담대학교 디지털전자과 부교수

<주관심분야 : ASIC/SOC/FPGA 설계, 마이컴/로봇 제어, 멀티미디어 통신>