

잡음제거를 위한 하이브리드 필터

조 범 석* · 김 영 로**

Hybrid filter for noise reduction

Joh, Beom Seok · Kim, Young Ro

〈Abstract〉

In this paper, we propose a hybrid filter for noise reduction. The proposed method adjusts rational filtering direction according to an edge in the image using median filtered data. Rational filter modulates the coefficients of a linear lowpass filter to limit its action in presence of image details. By the ratio of polynomials in the input variables, rational filter reduces noise adaptively. Median filter is widely used to reduce impulse noise, but removes some details for highly corrupted images. Also, desirable details are removed when the window size is large. Our proposed algorithm combines rational filter and median filter. Thus, 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 median and rational filtering methods.

Key Words : Hybrid, Rational Filter, Median Filter, Noise Reduction

I. 서론

영상의 잡음제거를 위하여 다양한 방법들이 제안되었다. 그러나 많은 방법들이 원영상의 화질을 열화시키는 부작용을 가지기도 한다.

잡음제거의 대표적인 방법으로는 비선형 필터링 방법과 선형 필터링 방법이 있다. 비선형 필터로서 대표적인 것은 미디언 필터로서 주로 임펄스 잡음제거에 효과적이다 [1-5, 10-12]. 또한 선형 필터로써 가우시안 잡음을 제거하기 좋은 가우시안 필터가 있다[6]. 그러나 두 종류의 필터 모두 다양한 잡음에 모두 효과적으로 잡음 제거와 에지를 보존하지 못하는 단점이 있다. 이에 따라 선형 필

터의 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.

따라서 본 논문에서는 기존 래셔널 필터 방법과 미디언 필터 방법에 비하여 원 영상의 정보 손실을 최소화하고 에지를 보존하면서 잡음을 제거하는 개선된 하이브리드 필터 알고리즘을 제안한다.

II. 기존 래셔널 필터 알고리즘

선형 필터의 일종인 래셔널 필터는 선형 저대역 필터

* 명지전문대학 컴퓨터정보과 교수

**명지전문대학 컴퓨터정보과 부교수

의 계수를 조절함으로써 영상의 세밀함을 유지하면서 잡음을 제거할 수 있는 장점이 있다. 또한 잡음의 크기에 따라 계수를 간단하게 조절할 수 있다. 래셔널 필터는 입력값 들에 대한 다항식으로 표현할 수 있다.

래셔널 필터는 2-D 데이터에 적용할 때, 3×3 마스크를 이용하여 0, 45, 90, 135° 에지 방향에 따라 적응적으로 잡음을 제거할 수 있다. 다음과 같이 연산자를 얻을 수 있다[8].

$$y(m,n) = \alpha(m,n)x(m,n) + z(m,n) \quad (1)$$

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

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

$$z(m,n) = \frac{w(x(m-1,n) + x(m+1,n))}{wk(x(m-1,n) - x(m+1,n))^2 + 1} + \frac{w(x(m,n-1) + x(m,n+1))}{wk(x(m,n-1) - x(m,n+1))^2 + 1} + \frac{w(x(m-1,n-1) + x(m+1,n+1))}{wk(x(m-1,n-1) - x(m+1,n+1))^2 + \sqrt{2}} + \frac{w(x(m-1,n+1) + x(m+1,n-1))}{wk(x(m-1,n+1) - x(m+1,n-1))^2 + \sqrt{2}} \quad (3)$$

이때 매개변수 w, k 는 실험적으로 mse(mean squared error)가 작도록 정한다[5].

III. 제안하는 하이브리드 필터 알고리즘

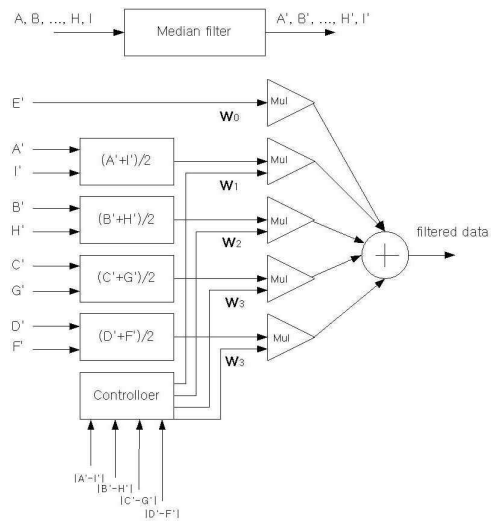
제안하는 하이브리드 필터 알고리즘은 먼저 미디언 필터링한 영상 데이터를 수정된 래셔널 필터링을 함으로

써 에지의 방향과 강도에 따라 효과적으로 잡음제거 할 수 있도록 이루어진다.

3.1 제안하는 알고리즘의 구조

먼저 영상 데이터를 미디언 필터링한다. 이에 따른 영상의 에지 방향과 강도에 따라 수정된 래셔널 필터를 다양한 형태로 적용한다.

제안하는 알고리즘의 구조는 그림 1과 같다. 먼저 네 가지의 방향으로 에지의 방향을 최소의 차이 절대값 $|A' - I'|$, $|B' - H'|$, $|C' - G'|$, $|D' - F'|$ 으로써 조사한다. 그리고, 각 방향의 에지 강도에 따라 각각 계수 w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 를 조절하여 다르게 선형 필터링을 한다. 그림 1에서 보이는 바와 같이 네 방향으로 선형 필터링한 값에 각각 계수를 곱하여 모두 더한 값으로 표현된다. 각 계수는 수식 (2)와 (3)에서와 보이는 바와 같이 구할 수 있다.



<그림 1> 제안하는 알고리즘의 블록도

3.2 제안하는 알고리즘 구현 단계

기존 래셔널 필터와 다르게 에지의 방향과 강도에 따라 계수를 정수화하여 단순화하게 구현한다. 그림 2와 같이 화소가 있다고 가정한다.

A'	B'	C'
D'	E'	F'
G'	H'	I'

<그림 2> 화소 구성

이때 네 방향으로 다음과 같이 화소의 차이를 절대값으로 구한다.

$$\begin{aligned}
 \Delta_{AI} &= |A' - I'|, \\
 \Delta_{BH} &= |B' - H'|, \\
 \Delta_{CG} &= |C' - G'|, \\
 \Delta_{DF} &= |D' - F'|
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

각 차이값들은 크기별로 오름차순으로 정렬을 한다. 이 값들은 다음과 같이 표현된다.

$$\delta_0 < \delta_1 < \delta_2 < \delta_3
 \tag{5}$$

마지막으로 네 방향에 따른 각 선형필터에 적용할 계수 w_1, w_2, w_3, w_4 와 원영상 화소에 대한 계수 w_o 를 정한다. 계수 w_1, w_2, w_3, w_4 는 각각의 방향에 따라 결과값에 반영되는 영향과, 계수 w_o 는 잡음영상의 화소값이 출력값에 반영되는 영향을 나타낸다.

제안하는 알고리즘의 필터링은 다음과 같이 다섯 가지 형태로 이루어진다.

형태 1: 화소간 차이가 가장 δ_2, δ_3 을 제외하고 차이가 작은 δ_0, δ_1 의 관계가 $\delta_1 - \delta_0 < \epsilon_1$ 과 같을 경우, w_1, w_2, w_3, w_4, w_o 를 차이가 가장 작은 계수가 1이 되게 하여 $[1, 0, 0, 0, 0]$ $[0, 1, 0, 0, 0]$, $[0, 0, 1, 0, 0]$, $[0, 0, 0, 1, 0]$ 으로 정한다. 이 경우는 에지의 강도가 강한 부분으

로써 방향성에 따라 필터링함으로써 에지를 보존하면서 잡음을 제거할 수 있다.

형태 2: 형태 1에 비해 에지의 강도가 작은 경우 필터링하는 형태이다. δ_0, δ_1 의 관계가 $\epsilon_2 < \delta_1 - \delta_0 \leq \epsilon_1$ 과 같을 경우, w_1, w_2, w_3, w_4, w_o 를 차이가 가장 작은 계수가 $\frac{1}{2}$ 이 되게 하고 원영상의 화소에 대한 계수 w_o 를 $\frac{1}{2}$ 로 정하여. $[\frac{1}{2}, 0, 0, 0, \frac{1}{2}]$ $[0, \frac{1}{2}, 0, 0, \frac{1}{2}]$, $[0, 0, \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}]$, $[0, 0, 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$ 으로 한다. $\frac{1}{2}$

형태 3: 형태 2에 비해 더욱 에지의 강도가 작은 경우 필터링하는 형태이다. $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ 의 관계가 $\delta_1 - \delta_0 \leq \epsilon_2$ 이고 $\delta_2 - \delta_1 > \epsilon_2$ 일 경우, w_1, w_2, w_3, w_4, w_o 를 차이가 가장 작은 두 계수가 각각 $\frac{1}{4}$ 이 되게 하고 원영상의 화소에 대한 계수 w_o 를 $\frac{1}{2}$ 로 정하여. $[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, 0, \frac{1}{2}]$ $[\frac{1}{4}, 0, \frac{1}{4}, 0, \frac{1}{2}]$, $[\frac{1}{4}, 0, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$, $[0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, \frac{1}{2}]$, $[0, \frac{1}{4}, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$, $[0, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$ 으로 한다.

형태 4: 에지의 구분이 없고 화소간 차이가 없는 지역으로 가정하여 필터링하는 형태이다. $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ 의 관계가 $\delta_1 - \delta_0 \leq \epsilon_2, \delta_2 - \delta_1 \leq \epsilon_2$, 이고 $\delta_0 < \epsilon_3$ 일 경우, w_1, w_2, w_3, w_4, w_o 를 차이가 가장 작은 세 개의 계수를 각각 $\frac{1}{4}$ 이 되게 하고 원영상의 화소에 대한 계수 w_o 를 $\frac{1}{4}$ 로 정하여. $[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, \frac{1}{4}]$ $[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}]$, $[\frac{1}{4}, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}]$, $[0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}]$ 으로 한다.

형태 5: 에지의 구분이 없고 화소간 차이가 큰 지역으로 가정하여 필터링하는 형태이다. $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ 의 관계가 $\delta_1 - \delta_0 \leq \epsilon_2, \delta_2 - \delta_1 \leq \epsilon_2$, 이고 $\delta_0 \geq \epsilon_3$ 일 경우, w_1, w_2, w_3, w_4, w_o 를 $[0, 0, 0, 0, 1]$ 으로 한다.

에지의 방향과 강도에 따라 각각 다른 계수를 가지는 선형 필터를 사용함으로써 에지를 보존하면서 잡음을 제거할 수 있다. 또한 계수를 정수화하고 비트연산을 가능

하계 함으로써 연산의 단순화를 하고 처리속도를 빠르게 할 수 있는 장점이 있다. 계수 1/2, 1/4는 곱셈기를 이용하여 곱하지 않고 시프트 연산(>>)을 함으로써 공정에 따라 각각 약 1000 게이트 이상 감소시킬 수 있으며 전력을 절약할 수 있다.

IV. 실험

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

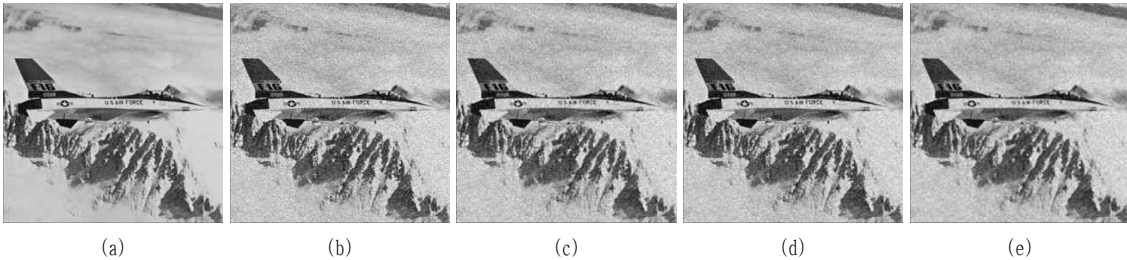
제안된 알고리즘과 비교하였다. 그림 3은 "Airplane" 영상의 원영상, 가우시안 잡음영상, 미디언필터를 이용한 잡음제거 영상, 래셔널 필터를 이용한 잡음제거 영상, 제안한 알고리즘을 이용한 잡음제거 영상이다. 그림 4는 "Baboon" 영상의 원영상, 임펄스 잡음영상, 미디언필터를 이용한 잡음제거 영상, 래셔널 필터를 이용한 잡음제거 영상, 제안한 알고리즘을 이용한 잡음제거 영상이다. 미디언 필터는 3x3 마스크를 이용하여 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다.

$$m(x_5) = MED\{x_1, x_2, \dots, x_8, x_9\} \quad (6)$$

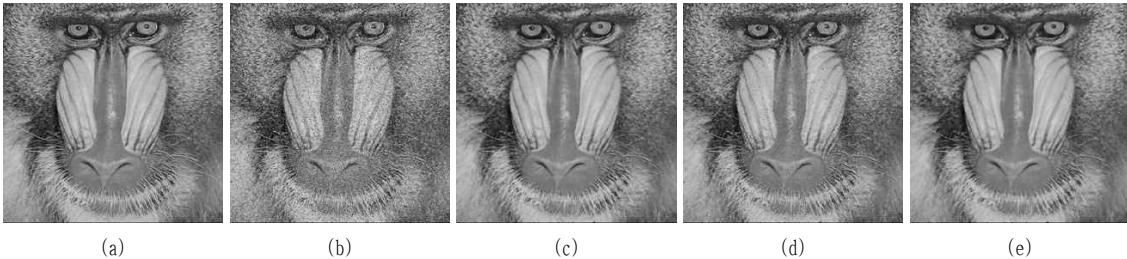
이때 $m(x_5)$ 는 잡음제거된 화소값을 의미하고, $x_1, x_2, \dots, x_8, x_9$ 는 마스크에 있는 화소들을 의미한다.

래셔널 필터링은 수식 (1)을 적용하여 잡음 제거된 값을 얻는다. 이때 잡음의 크기에 적응적으로 변하는 래셔널 필터의 계수는 $w = 0.16, k = 0.01$ 으로 설정하였다[8].

미디언 필터링은 임펄스 잡음 제거에 효과적인 방법



<그림 3> Airplane, (a) 원영상, (b) 가우시안 잡음영상(43.54dB), (c) 미디언 필터 잡음제거 영상, (d) 래셔널 필터 잡음제거 영상, (e) 제안하는 잡음제거 영상



<그림 4> Baboon, (a) 원영상, (b) 임펄스 잡음영상(35.91dB), (c) 미디언 필터 잡음제거 영상, (d) 래셔널 필터 잡음제거 영상, (e) 제안하는 잡음제거 영상

이지만 에지를 보존하고 잡음 제거하는 부분에서는 래서널 필터가 더욱 효과적인 결과를 나타낸다. 그러나 래서널 필터링 역시 선형필터에서 나타내는 부분적으로 흐려지는 왜곡을 가져온다. 이에 반해 제안하는 하이브리드 필터 알고리즘은 에지의 방향과 강도에 따라 적응적으로 필터링함으로써 이러한 왜곡을 감소시키고 잡음을 제거한다.

표 1과 표 2는 제안하는 방법과 기존 방법들과의 비교를 나타낸 표이다. 영상의 화질 측정 방법으로는 PSNR을 이용하였다. 표 1에서 보이는 바와 같이 가우시안 잡음, 임펄스 잡음이 있는 영상 모두 제안하는 잡음제거 알고리즘이 효과적으로 잡음을 제거함을 보인다.

<표 1> 가우시안 잡음을 제거한 후 PSNR (dB)

	미디언 필터 [10]	래서널 필터 [8]	제안하는 방법
Airplane	58.17	55.03	60.91
Baboon	49.82	51.54	50.71
House	56.82	54.45	58.93
Lena	58.83	55.63	62.31
Average	43.70	42.26	56.85

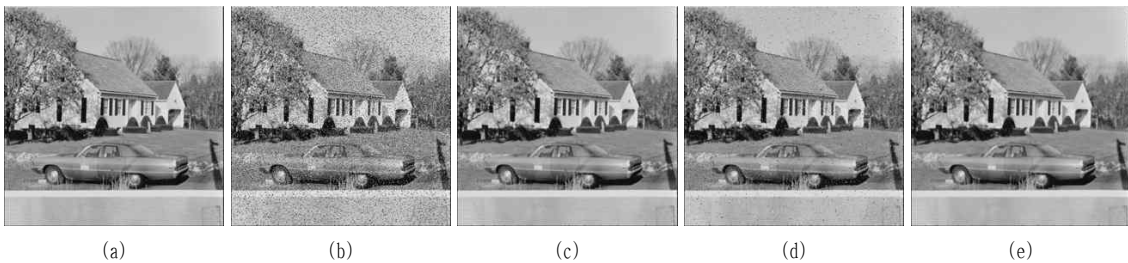
<표 2> 임펄스 잡음을 제거한 후 PSNR (dB)

	미디언 필터 [10]	래서널 필터 [8]	제안하는 방법
Airplane	65.33	43.33	68.76
Baboon	53.45	48.04	53.27
House	68.44	52.92	67.31
Lena	77.32	56.06	76.87
Average	43.70	42.26	56.85

V. 결론

이 논문에서는 효과적으로 잡음을 제거하는 하이브리

드 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법은 미디언 필터와 수정된 래서널 필터를 사용하여 에지의 방향과 강도에 따라 적응적으로 필터링을 함으로써 에지



<그림 5> House, (a) 원영상, (b) 가우시안 잡음영상(43.54dB), (c) 미디언 필터 잡음제거 영상, (d) 래서널 필터 잡음제거 영상, (e) 제안하는 잡음제거 영상



<그림 6> Lena, (a) 원영상, (b) 임펄스 잡음영상(35.91dB), (c) 미디언 필터 잡음제거 영상, (d) 래서널 필터 잡음제거 영상, (e) 제안하는 잡음제거 영상

유지하고 선명하게 잡음을 제거할 수 있다. 실험 결과, 제안한 알고리즘이 기존 잡음제거 알고리즘에 비하여 효과적으로 구현할 수 있으며 또한 일반적으로 향상된 화질을 얻을 수 있다. 제안하는 알고리즘을 적용하여 추후 개발되는 선형, 비선형 알고리즘을 응용하여 적용하면 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [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, 1994, pp. 213-229.
- [3] N. Himayat and S. A. Kassam, "A structure for adaptive order statistics filtering," IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, no. 3, May 1994, pp. 265-280.
- [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, Nov. 1987, pp. 1275-1291.
- [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, Jan. 1988, pp. 57-69.
- [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, March, 1996, pp. 63-65.
- [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, Aug. 1998, pp 1062-1070.
- [10] H. G. Senel, R. A. Peters II, and B. Dawant, "Topological Median Filters," IEEE Trans. Image Processing, vol. 10, no. 12, Dec. 2001, pp. 1-16.
- [11] 차성원, 신재호, "웨이브렛 상세 영역 변환을 이용한 임펄스 잡음 제거," 디지털산업정보학회논문지, 4권, 2호, 2008.
- [12] 김성립, 권준희, "상황인식 정보 검색 기법을 이용한 하이브리드 협업 필터링 기법," 디지털산업정보학회논문지, 6권, 1호, 2010.

■ 저자소개 ■



조 범 석
Joh, Beom Seok

2002년~현재
명지전문대학 컴퓨터정보과 교수
2001년 명지대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
1988년 명지대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
1986년 명지대학교 공과대학 컴퓨터공학과 (공학사)

관심분야 : 멀티미디어 검색기법/데이터베이스, Ubiquitous Computing, Cloud Computing
E-mail : jkseok@mjc.ac.kr



김 영 로
Kim, Young Ro

2003년~현재
명지전문대학 컴퓨터정보과 부교수
2001년~ 2003년
삼성전자 시스템LSI 책임연구원
2001년 고려대학교 전자공학과
(컴퓨터공학박사)
1996년 고려대학교 전자공학과
(컴퓨터공학석사)
1993년 고려대학교 전자공학과 (공학사)

관심분야 : 신호 및 영상처리, 멀티미디어 통신
E-mail : foryoung@mjc.ac.kr

논문접수일 : 2011년 9월 17일
수 정 일 : 2011년 12월 01일
게재확정일 : 2011년 12월 08일