
국부 통계를 기반으로 한 가중차수 통계의 데이터 의존 선형조합 필터링(DD-LWOS)

박동희* · 배철수*

Data Department Linear Combination of Weighted Order Statistics(DD-LWOS)
Filtering Based on Local Statistics

Dong-hee Park* · Cheol-soo Bae*

요 약

순위 차수 정보와 공간 정보를 이용하는 비선형 필터들은 부가 잡음에 의해 발생하는 불안정 신호를 복원하기 위해서 많이 제안되고 있으며 본 논문에서는 국부통계를 기반으로 계수 변화를 하는 데이터 의존 LWOS필터를 제안하고자 한다. LWOS필터[1]는 가우시안 형태의 잡음뿐만 아니라 미세한 신호를 보호하면서 비임펄스 잡음을 제거할 수 있었으며, 임펄스 잡음에 의해서 방해를 받을 때는 DD-LWOS필터보다 DD-LWOS2필터가 더 좋은 결과를 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Nonlinear filters which are utilized rank-order information and temporal-order information, have many proposed, in order to restore nonstationary signals which are corrupted by additive noise. In this paper, we propose a data-dependent LWOS filter whose coefficients change based on local statistics. LWOS(Linear Combination of Weighted Order Statistics) filters[1] which also utilized two informations, and have properties of efficient impulsive and nonimpulsive noise attenuation and sufficiently details and edges preservation.

DD-LWOS filters can remove non-impulsive noises while preserving signal details. DD-LWOS2 filter gets more better performance than DD-LWOS filter when input image corrupted by additive noise which includes impulsive noise components.

키워드

LWOS, DD-LWOS, 데이터 의존 가중값 필터

1. 서론

중간값 필터는 영상 복원에 매우 유용한 것으로 알려져 있다. 중간값 필터는 기본적으로 두 가지 특성을 갖는데 윤곽선 보존성과 효율적인 임펄스 잡음 감쇠이다. 하지만, 중간값 필터는 완전한 필터링 작업을 하지는 않는데 영상의 세밀한 부분을 없애거나 비임펄스 잡음을 충분히 감소시키지 못하기 때문에 완전한 필터링 작업을 하지 못한다.

그 이유는 중간값 필터는 입력 데이터 필터창의 순위 차수 정보만을 사용하고, 그 자체의 공간 정보는 버리기 때문이다. 입력 데이터의 순위차수 정보와 공간 정보 모두를 사용하기 위해서, 최근 LI필터[4], 가중 중간값 필터[2], FIR-WOS(가중 차수 통계), 하이브리드 필터[3] 등이 개발되고 있다.

J. Song 그리고 Y.H. Lee는 선형 조합 가중 차수 통계(LWOS)필터로 불리는 중간값 형태의 비선형 필터와 선형 FIR필터 모두를 구현하기 위해서 통합된 필터를 제안하기도 했다. LWOS필터는 L-필터와 WOS필터의 조합 형태이다.

본 논문에서는 데이터 의존 LWOS(DD-LWOS)필터로 불리는 국부 통계를 기반으로 한 적용 LWOS 필터를 제안하고자 한다. DD-LWOS필터는 데이터 의존 α -trimmed 평균 필터[5]와 데이터 의존 가중 중간값 필터[6]를 결합한 필터이다.

이 두 필터들은 영상 처리분야에서 아주 유용하게 쓰이게 있으며 제안하고자 하는 필터를 시뮬레이션 하였다.

II. DD-LWOS 필터

II-1. LWOS 필터

LWOS 필터의 출력은 다음과 같이 주어진다.

$$y(n) = \sum_{j=1}^L l_j \cdot X_{(j)D}(n) \quad (1)$$

여기서 l_j 는 L-필터의 계수이고 $X_{(j)D}(n)$ 은 다음과 같이 정의되는 행 벡터 $X(n)$ 속의 j번째로 큰 샘플이다.

$$X(n) = [W_{-N} \diamond x(n-N), \dots, w_0 \diamond x(n), \dots, w_N \diamond x(n+N)] \quad (2)$$

$w \diamond x$ 는 반복 동작을 의미한다. 즉,

$$w \diamond x = \overbrace{x, \dots, x}^{W \text{ TIMES}} \quad (3)$$

J는 벡터 $X(n)$ 의 차수이다.

$$J = \sum_{i=-N}^N W_i \quad (4)$$

LWOS필터는 WOS와 L-필터들을 포함한다.

예 : 가중치가 다음과 같고 필터 창 길이가 5인 LWOS 필터를 생각해 보자.

$$\begin{aligned} [w_{-2}, w_{-1}, w_0, w_1, w_2] &= [1, 1, 3, 1, 1] \\ [l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7] &= \\ &= [0.1, 0.1, 0.1, 0.4, 0.1, 0.1, 0.1] \end{aligned}$$

그리고 입력 벡터는

$$[x_{-2}, x_{-1}, x_0, x_1, x_2] = [2, 3, 7, 6, 8]$$

이때, $X(n) = [2, 3, 7, 7, 7, 6, 8]$ 이다. LWOS필터의 출력은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} y(n) &= \sum_{j=1}^7 l_j \cdot X_{(j)D} = 0.1 \cdot 2 + 0.1 \cdot 3 \\ &+ 0.1 \cdot 6 + (0.4 + 0.1 + 0.1) \cdot 7 + 0.1 \cdot 8 = 6.1 \end{aligned}$$

II-2. DD-LWOS 필터

일반적인 영상들은 불안정함으로 영상처리에서 데이터 의존 비선형 필터는 유용하게 사용되어지며, 몇몇 데이터 의존 비선형 필터 즉, 데이터 의존 WM 필터[6][7]와 데이터 의존 L-필터들이 제안되고 있다. 본 논문에서는 DD-LWOS필터로 불리는 새로운 데이터 의존 필터를 제안하고자 한다. 이 필터는 데이터 의존 α -trimmed 평균필터[5]와 데이터 의존 가중 중간값(WM) 필터[6]를 결합한 것이다.

DD-LWOS 필터들의 출력은 다음과 같이 정의 된다.

$$y(n) = \frac{\sum_{j=a(n)J(n)+1}^{K(n)=a(n)J(n)} \bar{X}_{(j/J(n))}(n)}{J(n) \cdot (1-2\alpha(n))} \quad (5)$$

여기서 $\bar{X}_{(j/J)}(n)$ 은 다음과 같이 정의되는 행 벡터 $\bar{X}(n)$ 의 j 번째로 큰 샘플이다.

$$\bar{X}(n) = [W_{-N} \diamond x(n-N), \dots, w_0 \diamond x(n), \dots, w_N \diamond x(n+N)] \quad (6)$$

벡터 $\bar{X}(n)$ 의 구성요소들의 수는 다음과 같다.

$$J(n) = \sum_{i=-N}^N W_i(n) \quad (7)$$

그런데 $J(n)$ 은 각 점 “ n ”에서 변하게 된다. 식(5)에서는 데이터 의존 α -trimmed 평균 필터의 정의를 나타낸다. 파라미터 “ $\alpha(n) \cdot J(n)$ ”은 다음과 같다.

$$\alpha(n) \cdot J(n) = [K(n) \cdot (J(n)-1)/2] \quad (8)$$

여기서 $[X]$ 는 x 에 둘러싸여 있는 정수를 나타낸다. 식(6)은 데이터 의존 WM 필터의 정의를 나타낸다. 가중치 $w_k(n)$ 는 다음과 같다.

$$w_k(n) = [W_T \cdot K(n) \cdot D_k \cdot E_k] + 1 \quad (9)$$

$$D_k = \left(1 - \frac{d_k}{L}\right) \quad (10)$$

$$E_k = \begin{cases} 1 & : \text{if } e_k \leq \mu \cdot \sigma_n \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

여기서 $e_k = |x(n+k) - x(n)|$ 이고 σ_n 는 부가 백색잡음의 표준편차이다. d_k 는 $x(n)$ 과 $x(n+k)$ 사이의 거리이다. W_T 는 정수이다. 식(8)(9)에 있는 K_n 은 국부통계에 의해 결정되는 계수이고 식(12)와 같이 계산된다.

$$K(n) = \frac{\sigma^2(n)}{\sigma^2(n) + \alpha_n^2} \quad (12)$$

여기서

$$\sigma^2(n) = \begin{cases} \text{var}(n) - \sigma_n^2 & : \text{if } \text{var}(n) \geq \sigma_n^2 \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

국부변수 $\text{var}(n)$ 과 국부평균 $\text{ave}(n)$ 은 아래와 같다.

$$\text{var}(n) = \left\{ \sum_{i=-N}^N (x(n+i) - \text{ave}(n))^2 \right\} / 2N + 1 \quad (14)$$

$$\text{ave}(n) = \left\{ \sum_{i=-N}^N (x(n+i)) \right\} / 2N + 1 \quad (15)$$

계수 K_n 은 국부변수가 변할 때 0과 1사이에 놓인다. 비율에 비해 저 신호에 있는 영역 즉, 비임펄스 잡음에 의해 방해받게 되는 영역에서 $w_k(n)$ 일 때 $K_n=0$ 은 1에 가까워지고 “ $\alpha(n) \cdot J(n)$ ”은 0에 가까워진다. 그러므로 DD-LWOS필터는 평균필터와 거의 동일하다. 반면 잡음율이 고 신호를 갖는 영역에서 “ $\alpha(n) \cdot J(n)$ ”은 $(J(n)-1/2)$ 에 가까워지고 이 때 DD-LWOS필터는 미세한 신호를 보존하는 높은 중심 가중치값 WM필터와 동일하다. DD-LWOS 필터는 미세한 신호를 보호하면서 비임펄스 잡음을 제거할 수 있다.

II-3. 임펄스 잡음 정보를 갖는 DD-LWOS 필터

점 “ n ”이 임펄스 잡음에 의해서 방해받을 때 DD-LWOS필터는 이 임펄스 잡음을 보존하는 경향을 띠게 된다. 왜냐하면 임펄스 정보에 의해서 영향을 받게되는 정보 E_k 때문에 본 논문에서는 정보 \bar{E}_k 에 임펄스 잡음 정보를 추가함으로써 유도되는 새로운 정보 E_k 를 갖는 DD-LWOS를 제안한다. 이 새로운 정보 \bar{E}_k 는 다음과 같이 정의된다.

$$\bar{E}_k = \begin{cases} 1 & : \text{if } |x(n+k) - z(n)| \geq \mu \cdot \sigma_n \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

여기서

$$z(n) = x(n) + I(n) \cdot \{X_{med}(n) - x(n)\} \quad (17)$$

임펄스 잡음 정보 $I(n)$ 는 식(18)과 같다.

$$I(n) = \begin{cases} 1 & : \text{if } |X_{med}(n) - x(n)| \geq \varepsilon \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

여기서 $X_{med}(n)$ 는 작은 창(즉, 3*3)을 갖는 중간값 필터의 출력이고 ε 은 문턱치 파라미터이다.

정보 \bar{E}_k 를 갖는 DD-LWOS필터의 가중치는 식(9) 대신에 식(19)에 의해 주어진다.

$$w_k(n) = [W_T \cdot K(n) \cdot D_k \cdot \bar{E}_k] + 1 \quad (19)$$

이것을 DD-LWOS 2필터라 부른다. 식(17)에서 점 "n"이 임펄스 잡음에 의해 방해받을 때 $z(n) = X_{med}(n)$ 이다. 그러므로 정보 \bar{E}_k 는 $X_{med}(n)$ 을 이용해서 계산하게 된다. 한편 점 "n"이 임펄스 잡음에 의해 방해를 받지 않을 때 정보 \bar{E}_k 는 $x(n)$ 에 의해 계산된다. 그렇기 때문에 임펄스 잡음의 영향은 DD-LWOS 2필터로 피할 수 있게 된다. DD-LWOS 2필터는 입력 영상이 임펄스 잡음 성분을 포함한 부가 잡음에 의해서 방해받을 때 DD-LWOS필터보다 더 좋은 결과를 나타낸다.

III. 실험

영상 복원 실험에서 DD-LWOS필터와 DD-LWOS 2필터의 결과를 나타내었고 데이터 의존적 WM 필터와 적응 중심 가중치 중간값 필터[7], 중간값 필터 그리고 Wiener 필터를 비교하였다. 5*5창을 모든 필터에 사용하였다. 256*256픽셀로 구성된 8비트 테스트 영상인 "Lena"영상을 시뮬레이션에 사용하였다. 먼저 원영상은 가우시안 잡음(평균 0, 표준편차 $\sigma_n = 10, 20$)에 의해 방해받게 된다. 그 다음으로 가우

시안 잡음($\sigma_n=20$)이 확률이 0.04와 0.08이고 쌍극 임펄스 잡음을 갖는 더 혼합된 영상에 의해 방해받는다. MSEs들은 필터링 된 영상과 원 영상간의 에러를 측정하게 되고 측정된 결과 값들은 표 1과 표 2에 나타내었다. 그리고 영상결과($\sigma_n=20, \sigma_n=20+0.04$)를 그림1과 그림2에 나타내었다. 임펄스 잡음의 영향은 DD-LWOS 2필터로 피할 수 있게 된다.

표 1. 가우시안 잡음이 섞인 테스트 영상(Lena)에 대한 MSEs의 측정값
Table. The measured MSEs for Gaussian noisy test image(Lena)

Filter type	$\sigma_n = 10$	$\sigma_n = 20$
Identity	92.4	388.6
DD-LWOS	39.3	94.5
AMW	41.6	104
ACMW	49.3	122.4
Wiener	53.3	119.1
Median	151.6	180

표 2. 혼합된 잡음이 섞인 테스트 영상(Lena)에 대한 MSEs 측정값
Table. The measured MSEs for Gaussian noisy test image(Lena)

Filter type	$\sigma_n = 20+4\%$	$\sigma_n = 20+8\%$
Identity	1136.7	1797.6
DD-LWOS	123.7	136.5
DD-LWOS2	111.8	125.7
AMW	125.4	143.6
ACMW	150.1	159.8
Wiener	201.6	254.5
Median	186.2	192.1



(a) Original Image (b) Noisy Image



(c) Wiener Image (d) DD-LWOS filter
 그림 1. 이미지 결과(가우시안 잡음)
 Fig. 1 Image results(Gaussian noise)



(a) Original Image (b) Noisy Image



(c) Median filter (d) DD-LWOS filter
 그림 2. 이미지 결과(혼합 잡음)
 Fig. 2 Image results(Mixed Noise)

IV. 결론

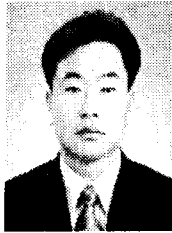
본 논문에서는 국부 통계를 기반으로 한 DD-LWOS 필터를 제안하고자 한다. 제안한 필터를 실험하기 위하여 데이터 의존적 WM 필터와 적응 중심 가중치 중간값 필터, 중간값 필터, Wiener 필터를 비교하였다. 실험에서 제안한 DD-LWOS 필터는 국부 데이터의 동급차수와 공간 정보 모두를 사용함으로써 가우시안 형태의 잡음뿐만 아니라 미세한 신

호를 보호하면서 비임펄스 잡음을 제거할 수 있다. 임펄스 잡음의 영향은 DD-LWOS2 필터로 피할 수 있게 된다. 또한 DD-LWOS2 필터는 입력 영상이 임펄스 잡음 성분을 포함한 부가 잡음에 의해서 방해를 받을 때 DD-LWOS 필터 보다 더 좋은 결과를 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. Song and Y.L. Lee "Linear Combination of Weighted order Statistics Filters: Canonical Structure and Optimal Design", IEEE Trans. Circuits and Systems-II, vol. CAS-II 43, No.5, pp349-362, May. 1996.
- [2] L. Tin, R. Yang, M. Gabbouj, Y. Neuvo: "Weighted Median Filters: A Tutorial", IEEE Trans. Circuits and Systems-, vol. CAS-II 43, No.3 pp.157-192, March. 1996
- [3] Y. Lin, Y. Neuvo: "Fast Adaption and Performance Characteristics of FIR-WOS Hybrid Filters", IEEE Trans Signal Processing, vol. SP-42, pp.1610-1628, July. 1994.
- [4] F. Palmieri and CG. Boncelet, Jr: "LI-Filter -A New Class of Order Statistics filters", IEEE Trans. Acoustics, Speech, Signal Processing, vol. ASSP-37, pp.691-701, May. 1989.
- [5] A. Taguchi: "Adaptive α -trimmed Mean Filters with Excellent Detail-preserving", Proc. 1994 IEEE International Conference on Acoustics, Speech & Signal Processing, pp. V-61 V-64, April 1994
- [6] A. Taguchi, T. Sun and M. Gabbouj: "Adaptive Weighted Median Filtering Based on Local Statistics", Proc. 7th European Signal Processing Conference (EUSIPCO-94), pp. 1768-1771, September 1994.
- [7] S. J. Ko, Y. H. Lee: "Center Weighted Median Filters and Their Applications to Image Enhancement", IEEE Trans. Circuits and Systems-II, vol. CAS-38, No.9, pp.984-993, September. 1991.

저 자 소 개



박동희(Dong-Hee Park)

1996. 2 관동대학교 전자계공학과 졸업(공학사)
1999. 2 관동대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)
2001. 3~현재 관동대학교 대학

원 전자통신공학과 박사과정 재학중
※관심분야 : 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축



배철수(Cheol-Soo Bae)

1979. 2 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981. 2 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1988. 8 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(학박사)

1991. 3~현재 산업자원부 공업기술기반 평가위원 및 심의위원
1998. 3~현재 강원도 정보화위원회 위원
1999. 3~2001. 5 관동대학교이공대학 학장
2000. 3~2002. 2 관동대학교 양양캠퍼스 창업보육센터 소장
2001. 3~현재 해양정보통신학회 강원지부장
2002. 5~현재 중소기업 정보화 혁신 컨소시엄 추진위원
2002. 6~현재 관동대학교 평생교육원 원장
1991~현재 관동대학교 정보통신공학부 교수
※관심분야 : 디지털신호처리, 영상처리, 신경회로망