

논문 2005-42SP-6-10

# 적외선 영상의 단측형 충격잡음 제거를 위한 검출기반 적응윈도우 비선형 필터

(Detection Based - Adaptive Windowed Nonlinear Filters for Removal of One-Side Impulse Noise in Infrared Image)

이 재 일\*

(JE-IL LEE)

## 요 약

본 논문에서는 적외선 영상의 단측형 충격잡음 제거를 위해, 비선형 위치 추정기를 근간으로 하는 충격잡음 검출기를 설계하여 단측형 충격잡음을 검출하고, 검출된 정보를 기반으로 국부윈도우 크기를 적응적으로 가변시켜 중앙값 필터링을 수행하는 비선형 필터를 제안하였다. 가시광 영상에 대해 성능이 입증된 기존 12종 필터와 성능비교를 수행하였다. 정성적 측면에선 제안된 필터가 잡음오염이 과도한 20% 수준까지도 충분한 잡음제거 성능과 함께 영상의 세부정보를 잘 보존하는 것을 확인할 수 있었다. 정량적 측면에선 PSNR을 측정 비교하였는데, 영상 세부 정보 보존이 우수한 중앙값 필터(3×3) 보다 13-31[dB] 더 개선된 성능을 얻었으며, 잡음제거 특성이 우수한 중앙값 필터(5×5) 보다는 18 - 25[dB] 더 개선된 잡음제거 성능을 보였다.

## Abstract

In this paper, detection based - adaptive windowed nonlinear filters(DB-AWNF) are proposed for removing one-side impulse noise in infrared image. They are composed of impulse detector and window-size-variable median filters. Impulse detector checks whether current pixel is impulse or not using range function and nonlinear location estimator. If impulse is detected, current pixel is filtered according to four kinds of local masks by use of median filter. If not, current pixel is delivered to output like identity filter. In qualitative view, the proposed could have removed heavy corrupted noise up to 20 % and reserved the details of image. In quantitative view, PSNR was measured. The proposed could have 13 - 31[dB] more improved performance than those of median(3×3) filter and 18 - 25[dB] more improved performance than those of median(5×5) filter.

**Keywords :** one-side impulse noise, impulse detector, median filter, nonlinear location estimation

## I. 서 론

적외선 영상시스템을 탑재한 군용 무기체계들은 운용 특성상 혹독한 환경에 수시로 노출되며, 이로 인해 시스템 성능에 직접 또는 간접적으로 위협을 받는 경우가 상당하다. 이러한 환경 인자들로인 고, 저온의 극심한 주변온도 변화나 큰 에너지의 진동, 충격, 적대적 혹은 우발적인 전자전(electronic warfare) 환경, 유해한

EMI/EMC 환경 등이 있는데, 이들은 적외선 영상을 사용하는 무기체계에 오동작을 유발시키거나, 성능규격 이상의 잡음을 발생시키는 주된 원인으로 분석되고 있다. 적외선 영상을 훼손시키는 잡음 발생현상은 정확한 영상획득 및 정보해석을 불가능하게 만들거나, 후처리 영상 알고리즘을 무력화시키기도 하는 등, 군용 무기체계 임무수행에 상당한 저해 가능성을 내재하고 있어, 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있는 상황이다.

적외선 영상은 기존 가시광 영상에 비하여 대조비가 낮고 검출기 불균일 보상(non-uniformity correction) 뒤에 잔여 고정잡음(residual fixed noise)이 상존하는 특징을 가지는데<sup>[1]</sup>, 여기에 적외선 영상에 가장 손상을

\* 정희원, 국방과학연구소, 기술연구본부  
(Advanced Technology Research Center, Agency for Defense Development)  
접수일자: 2005년6월8일, 수정완료일: 2005년9월22일

많이 주는 잡음 중 하나인 단측형 충격잡음이 영상을 훼손시킬 때는 영상의 질이 급격히 저하되어 시각적 관측이나 후처리가 매우 어렵게 된다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 지금까지 여러 필터가 제안되었지만<sup>[2]</sup> 이들 대부분은 가시광 영상을 대상으로 개발된 알고리즘들이어서 적외선 영상 처리에서는 상대적으로 효과가 저하된다. 또한 대부분의 알고리즘들은 영상내 임의의 화소가 잡음에 훼손된 여부에 무관하게, 전체 영상에 대해 획일화된 필터링 처리를 수행하므로, 훼손 안된 화소까지 제거하는 부작용도 유발하여 잡음제거 효과를 더욱 저하시키게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 두 종류의 적응 비선형 필터 DB-AWNF(detection based - adaptive windowed nonlinear filter)를 제안하였다. 제안된 DB-AWNF는 positive형 충격잡음 제거를 위한 Type-I 형과 negative 형 충격잡음 제거를 위한 Type-II 형이다. 제안된 필터의 잡음제거 구조는 기본적으로 동일한 형태를 가지는데, 비선형 위치 추정기(nonlinear location estimator)를 근간으로 하는 충격잡음 검출기(impulse detection processor)를 채택하여 충격잡음을 검출하고, 검출된 정보를 기반으로 국부 윈도우(local window) 크기를 적응적으로 가변시키며 중앙값(median) 필터링을 실시하는 구조를 가지고 있다.

## II. DB-AWNF 필터의 제안

### 1. 단측형 충격잡음 모델

단측형 충격잡음에 오염된 영상은 일반적으로 식 (1), (2)로 모델링할 수 있다<sup>[2]</sup>.

$$x(m, n) = \begin{cases} s(m, n) & : \text{발생확률 } (1 - \pi_1) \\ s_{\max} & : \text{발생확률 } \pi_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$x(m, n) = \begin{cases} s(m, n) & : \text{발생확률 } (1 - \pi_2) \\ s_{\min} & : \text{발생확률 } \pi_2 \end{cases} \quad (2)$$

식 (1)은 positive 형 충격잡음에 오염된 신호모델이고, 식 (2)는 negative 형 충격잡음에 오염된 신호모델이다. 여기서  $s(m, n)$ 은 잡음오염 안된 신호성분이다.  $s_{\max}$ 는  $\pi_1$ 의 발생확률을 가지는 신호 동영역의 최대값이고,  $s_{\min}$ 은  $\pi_2$ 의 발생확률을 가지는 신호 동영역의 최소값이다.

### 2. DB-AWNF(Type-I) 필터의 제안

제안된 필터의 기본구조는 그림 1과 같다. Type-I 형과 Type-II 형은 동일한 필터 구조를 가지며, 단지 각 필터가 검출하고자 하는 충격잡음 형태에 따라, 충격잡음 검출기 구조에 차이가 있다. Type-I 형 충격잡음 검출기의 구조를 그림 2에 나타내었다.

제안된 필터의 동작은 두 부분으로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 현재 화소값이 충격잡음인지를 검사하는 충격잡음 검출기가 있다. 두 번째는 충격잡음 검출기에서 충격잡음을 검출하면, 결과에 따라 유클리디언 거리(Euclidean distance)에 의해 정의된 4 종류의 마스크를 우선순위에 따라 차례로 적용하며 중앙값 필터링을 수행하는 기능부가 있다. 이때 현재 화소가 충격잡음이 아니면 동형필터(identity filter)를 써서 현재 화소값을 출력값으로 결정하게 된다.

먼저, 충격잡음 검출기는 범위함수(range function)와 문턱치(threshold) 추정으로 구성되는데, 범위함수는 비선형 위치추정기(nonlinear location estimator)인 CH(-p)-mean 추정기(Contra-Harmonic-mean)를 근간으로 원 신호위치와 문턱치 범위를 추정하고, 범위함수 출력값과 CH(-p)-mean 추정값으로 충격잡음 판별 문턱치를 결정한다. CH(-p)-mean 추정기는 기존의 다른 위치추정기보다도 충격잡음에 매우 강건한 특성을 가지고

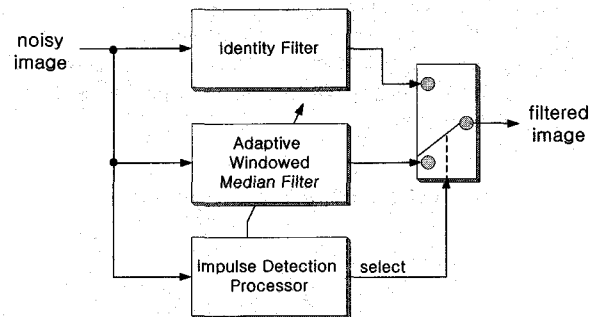


그림 1. 제안된 DB-AWNF 필터의 기본구조  
Fig. 1. Fundamental structure of the proposed DB-AWNF.

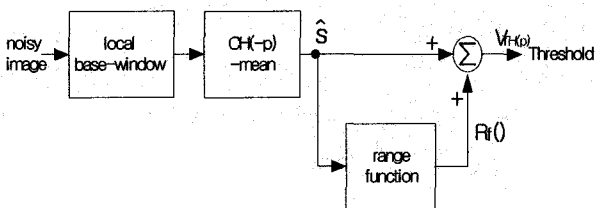


그림 2. 제안된 positive 충격잡음 검출기 구조  
Fig. 2. Structure of the proposed positive impulse detector.

있는데,  $p$  값에 따라 약 90% 수준의 충격잡음 오염에도 우수한 위치 추정이 가능한 장점이 있다<sup>[3]</sup>. CH(- $p$ )-mean 추정값( $\hat{s}$ )을 식 (3)에, 범위함수( $R_f(\alpha, \hat{s})$ )를 식 (4)에, 그리고 문턱치( $V_{TH(p)}$ )는 식 (5), (6)에 나타내었다. 여기서  $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 floor 연산자이다.

$$\hat{s} = \left( \sum_{i=1}^N x_i^{(p+1)} \right) / \left( \sum_{i=1}^N x_i^p \right) \quad (3)$$

$$\begin{cases} i) 0 \leq \hat{s} \leq P_p \\ R_f(\alpha, \hat{s}) = L_p \\ ii) P_p + 1 \leq \hat{s} \leq s_{\max} \\ R_f(\alpha, \hat{s}) = \frac{-L_p}{s_{\max} - P_p - 1} \hat{s} + s_{\max} + 1 \end{cases} \quad (4)$$

여기서,  $L_p = \alpha \cdot D_p$ ,  $P_p = s_{\max} - L_p$ ,  $\alpha = 1.0$  이다.

$$V_{TH(p)} = \lfloor \hat{s} + R_f(\alpha, \hat{s}) \rfloor \quad (5)$$

$$\begin{cases} i) V_{TH(p)} \leq s_{\min} \\ V_{TH(p)} = s_{\min} + 1 \\ ii) s_{\min} + 1 \leq V_{TH(p)} \leq s_{\max} - 1 \\ V_{TH(p)} = V_{TH(p)} \\ iii) s_{\max} \leq V_{TH(p)} : \\ V_{TH(p)} = s_{\max} - 1 \end{cases} \quad (6)$$

여기서, CH(- $p$ )-mean의  $p$  값은 충격잡음 오염 정도와 신호추정 성능을 감안하여 3으로 설정하였으며, 초기 범위설정 기본값( $D_p$ )은 실험적으로 결정하여  $s_{\max}/4$ 로 설정하였다. 사용자 설정상수  $\alpha$  값은 1.0 - 2.0 범위에서 신호특성에 따라 가변시킬 수 있으며, 본 논문에서는 1.0을 적용하였다.

CH(- $p$ )-mean 추정시 사용하는 기준데이터는 그림 3의 마스크 형상을 사용하였다.  $X_{13}$ 을 현재 위치 화소

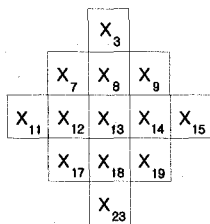


그림 3. CH(- $p$ )-mean 추정시 사용하는 기준원도우  
Fig. 3. Base window for estimating CH(- $p$ )-mean.

( $P(i, j)$ )라 할 때, 현재 화소와 공간 상관성이 큰 유클리디언 거리 2.0 이내 국부영역 데이터를 적용하였다.

두 번째로 필터링 처리부는, 현재 화소가 충격잡음인 경우 그림 4의 마스크를 우선순위에 따라 적용하여 중앙

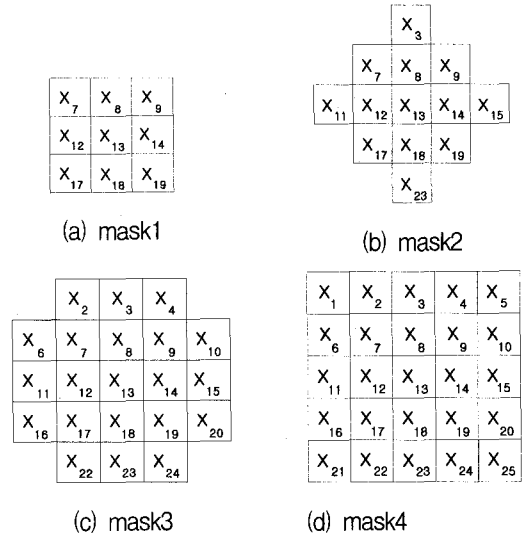


그림 4. 중앙값 필터링에 사용하는 4 종류 마스크  
Fig. 4. Four kinds of masks used in median filtering.

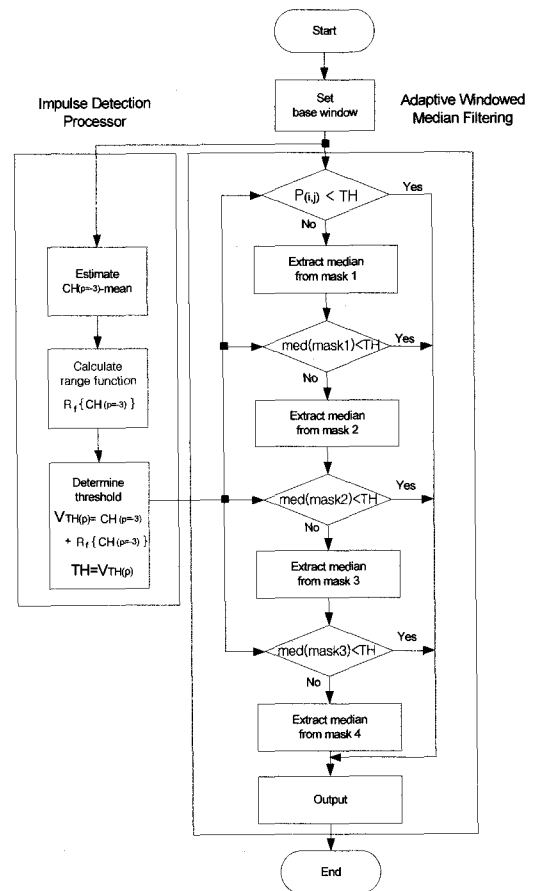


그림 5. DB-AWNF(Type-I) 필터링 순서흐름도  
Fig. 5. Filtering flow diagram of DB-AWNF(Type-I).

값 필터링을 수행한다. 우선순위는  $mask1 > mask2 > mask3 > mask4$  순이며, 이들은 중앙 화소값을 중심으로 유클리디언 거리가 순서적으로 1.4, 2.0, 2.2, 2.8이다.  $mask1$ 이 제일 먼저 적용되어 중앙값 필터링이 수행되고 필터 출력값을 재차 문턱치와 비교한다. 이때, 문턱치보다 크면 필터출력을 충격잡음으로 판정하고, 다음 순서의  $mask2$ 로 동일 과정을 수행한다.

만약 필터 출력값이 문턱치 보다 작으면, 현 위치에서의 필터 최종 출력값으로 결정하고, 다음 화소로 이동하여 상기의 과정을 반복 수행한다. 이상의 과정을 순서흐름도로 작성하여 그림 5에 나타내었다.

### 3. DB-AWNF(Type-II) 필터의 제안

근본적인 필터구조는 Type-I 형과 동일하며, 필터링 과정도 동일하다. 차이점은  $CH(+p)$ -mean 추정기에서  $+p$  값을 사용하는 것과 범위함수 ( $R_f(\alpha, \hat{s})$ )의 정의, 그리고 문턱치의 조건 처리 과정에 차이가 있다. 범위함수는 식 (7)에, 문턱치는 식 (8), (9)에 나타내었다. 여기서,  $p=3$ ,  $L_n = \alpha \cdot D_n$ ,  $P_n = L_n$ ,  $D_n = s_{max}/4$ ,  $\alpha$ 는 1.0 이다.  $\lceil \cdot \rceil$ 는 ceil 연산자이다.

$$\left\{ \begin{array}{l} i) 0 \leq \hat{s} \leq P_n \\ R_f(\alpha, \hat{s}) = \frac{-L_n}{P_n+1} \hat{s} \\ ii) P_n+1 \leq \hat{s} \leq s_{max} \\ R_f(\alpha, \hat{s}) = -L_n \end{array} \right. \quad (7)$$

$$V_{TH(n)} = \lceil \hat{s} + R_f(\alpha, \hat{s}) \rceil \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i) V_{TH(n)} \leq s_{min} \\ V_{TH(n)} = s_{min} + 1 \\ ii) s_{min} + 1 \leq V_{TH(n)} \leq s_{max} - 1 \\ V_{TH(n)} = V_{TH(n)} \\ iii) s_{max} \leq V_{TH(n)} \\ V_{TH(n)} = s_{max} - 1 \end{array} \right. \quad (9)$$

## III. 모의실험 및 성능평가

### 1. 제안된 DB-AWNF(Type-I) 성능비교

Positive 충격잡음을 시험영상에 20% 오염시켜 필터링한 결과를 기존 12종의 다른 필터로 처리한 결과와

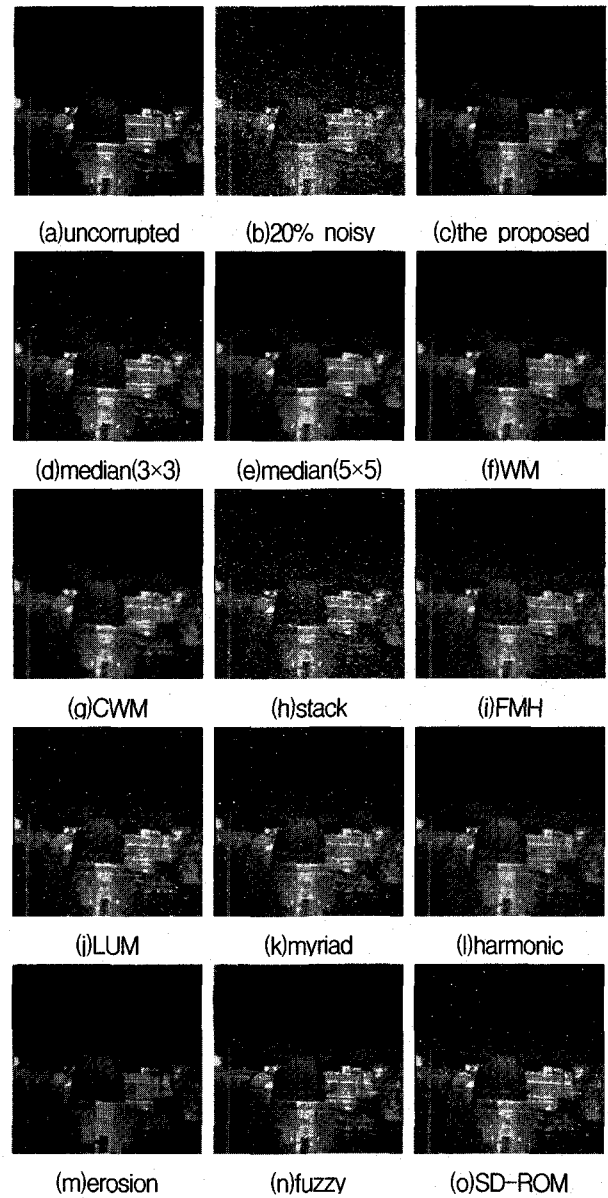


그림 6. 제안된 DB-AWNF(Type-I) 필터와 12종 필터간의 잡음제거 결과

Fig. 6. Filtering results of the proposed DB-AWNF (Type-I) and 12 kinds of other filters.

함께 그림 6에 나타내었다. 여기서, 시험영상은 크기가  $256 \times 256$ 이고 8비트 해상도를 가지는 적외선 영상을 사용하였다<sup>[4]</sup>.

이들 결과를 고찰하면, erosion 필터는 충격잡음을 모두 제거했지만 blurring 현상이 심하고, 다른 필터들은 충격잡음이 잔존하거나 역시 blurring 현상을 보였다. 그러나, 제안된 필터는 영상의 세부정보를 잘 보존함과 동시에 잔존하는 충격잡음이 없어, 더 우수한 결과를 보였다. 정량적 측면에서 PSNR(peak-to-peak signal to noise ratio)을 도입하여 잡음오염 5 - 20%에 대해

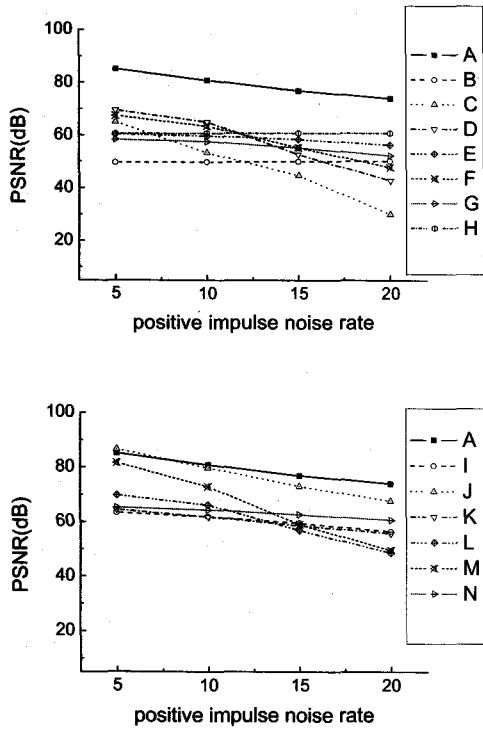


그림 7. 제안된 DB-AWNF(Type-I) 필터와 12종 필터간의 PSNR 비교; A: the proposed, B: median(3×3), C: median(5×5), D: WM, E: CWM, F: stack, G: FMH, H: LUM, I: myriad, J: harmonic, K: erosion, L: fuzzy, M: SD-ROM

Fig. 7. Comparison of PSNR between the proposed DB-AWNF(Type-I) and 12 kinds of other filters.

12종의 필터와 성능비교를 수행하였다. PSNR 정의는 식 (10)에 나타내었으며, 성능비교 결과는 그래프로 작성하여 그림 7에 나타내었다. 여기서,  $s_{i,j}$ 는 잡음없는 원영상이고,  $y_{i,j}$ 는 필터링된 결과 영상이다. 5% 잡음오염에서 fuzzy 필터가 제안된 필터보다 다소 높은 PSNR을 보인 것 외에는, 모든 필터에 대해 제안된 필터가 더 좋은 결과를 보였다. 그러나, 5% 잡음오염에서 fuzzy 필터의 PSNR 값은 정성적 측면에선 제안된 필터와 거의 구분이 안되는 동등 수준의 결과이다.

$$PSNR = 10 \log \frac{M_1 M_2 (s_{\max} - s_{\min})^2}{\sum_{i=0}^{M_1-1} \sum_{j=0}^{M_2-1} (s_{i,j} - y_{i,j})^2} \quad (10)$$

## 2. 제안된 DB-AWNF(Type-II) 성능비교

Negative 충격잡음을 시험영상에 20% 오염시켜 필터링한 결과를 기존 12종의 다른 필터로 처리한 결과와 함께 그림 8에 나타내었다. 또한, PSNR 성능지수는 잡

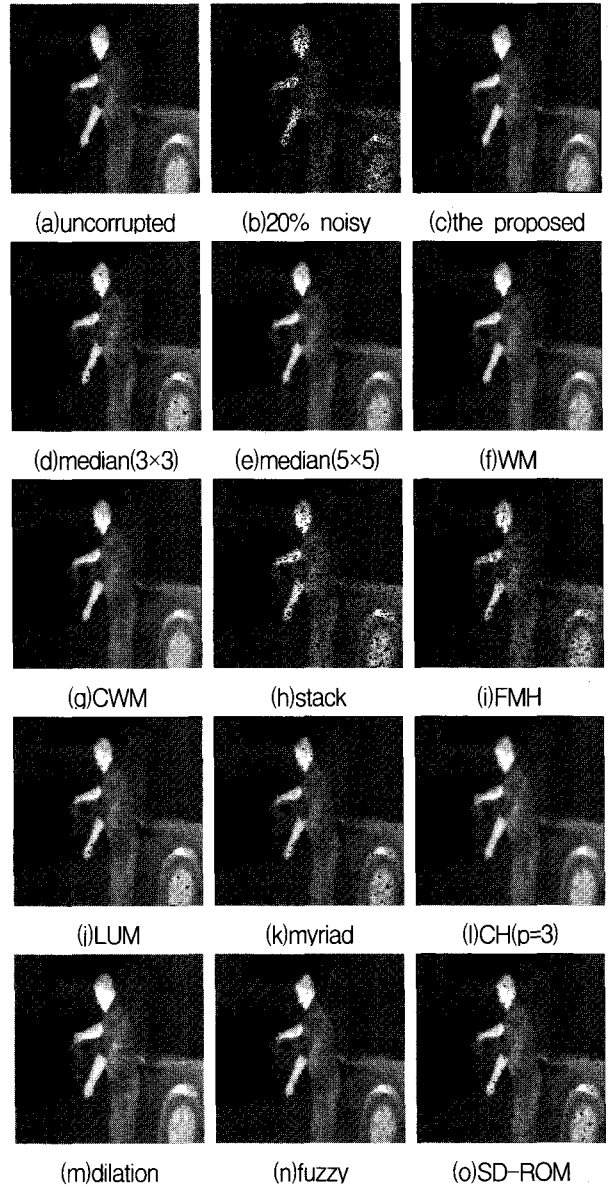


그림 8. 제안된 DB-AWNF(Type-II) 필터와 12종 필터간의 잡음제거 결과

Fig. 8. Filtering results of the proposed DB-AWNF (Type-II) and 12 kinds of other filters.

음오염 5 - 20%에 대해 12종 필터와 성능비교를 수행하여 그림 9에 나타내었다.

그림 8의 결과를 고찰하면, dilation, CH(p=3), CWM 필터는 충격잡음을 모두 제거했지만 blurring 부작용을 보였으며, 다른 필터들은 잔존 충격잡음과 함께 역시 blurring 이 관측되었다. 그러나 제안된 필터는 영상의 우측상단에 벽돌로 쌓은 부분과 같은 세부정보를 잘 보존함과 동시에 잔존하는 충격잡음이 없는 우수한 결과를 보였다. 그림 9의 PSNR 비교에서는 제안된 필터가 모든 필터에 대해 상대 우위의 성능 결과를 보였다. 또

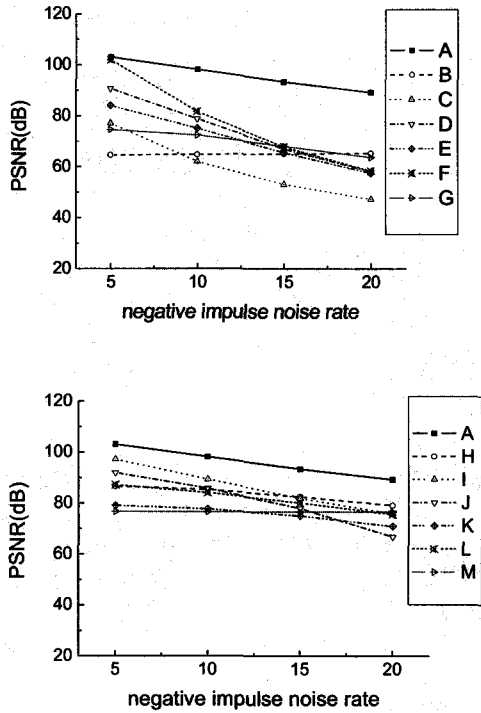


그림 9. 제안된 DB-AWNF(Type-II) 필터와 12종 필터간의 PSNR 비교; A: the proposed, B: median(3×3), C: median(5×5), D: WM, E: CWM, F: stack, G: FMH, H: LUM, I: myriad, J: harmonic, K: erosion, L: fuzzy, M: SD-ROM

Fig. 9. Comparison of PSNR between the proposed DB-AWNF(Type-II) and 12 kinds of other filters.

한 잡음양이 증가함에 따라 다른 필터에 비해 성능이 완만히 감소하는 현상을 보여, 잡음에 더 강건한 특성을 가짐을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 비선형 위치추정기를 근간으로 하는 충격잡음 검출기를 설계하여 단축형 충격잡음을 검출하고, 검출된 정보를 기반으로 국부윈도우크기를 적응적으로 가변시켜 중앙값 필터링을 수행하는 적응 비선형 필터를 제안하였다. 성능이 입증된 기존의 12종 필터에 대해 성능비교를 수행하였다. PSNR 측정값인 그림 7과 그림 9의 결과로부터, 제안된 필터가 이들 필터보다 잡음제거 성능이 더 우수함을 확인하였다. 한 예로, 영상 세부정보 보존이 우수한 median(3×3)과 비교할 때, 약 13 - 31[dB]가 더 개선되었으며, 잡음제거 특성이 우수한 중앙값 필터(5×5) 보다는 약 18 - 25[dB]가 더 개선된 결과를 얻었다. 정성적인 면에선, 기존 필터들은 잡

음을 충분히 제거하지 못하거나, 영상 세부정보를 추가로 훼손하는 blurring 부작용이 발생한 반면, 제안된 필터는 잡음오염 정도가 큰 20% 수준까지도 충분한 잡음 제거 성능과 함께 영상세부 정보를 더 잘 보존 하는 것을 확인할 수 있었다. 제안된 필터는 영상획득 후 운용자의 사전 검열에 의한 off-line 전처리에서 유용할 것으로 판단되며, 고속의 내장형(embedded) 시스템에 적용시 pseudo-real-time 처리도 가능할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이재일, 지준근, 윤재룡 “적외선 열상시스템의 내부온도변화 특성을 고려한 새로운 NUC 방법의 제안과 H/W 구현,” 새물리, 한국물리학회, 제11권, 제4호, 269-274쪽, 2000년 10월
- [2] Ioannis Pitas, Anastasios N, Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters," Kluwer Academy Publishers, 1990.
- [3] Ioannis Pitas, Anastasios N, Venetsanopoulos, "Nonlinear mean filters in image processing," IEEE Trans. ASSP, Vol. 34, no. 3, pp. 573-584, June 1986.
- [4] irsa.ipac.caltech.edu

#### 저 자 소 개



이재일(정회원)  
 1994년 서울산업대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1996년 서울시립대학교  
 전자공학과 석사 졸업.  
 1996년 ~ 현재. 국방과학연구소  
 선임연구원.

<주관심분야 : 적외선 영상시스템, 적외선 검출기, 영상신호처리, 적응광학시스템>