

# 주위 통계 특성에 기초한 양방향 필터를 이용한 소형 표적 검출 기법

배태욱<sup>†</sup>, 김영택<sup>\*\*</sup>

## 요 약

도메인 필터 및 레인지 필터, 이들 두개의 가우시안 필터에 의해 동작하는 양방향 필터 (bilateral filter)는 원 영상의 선예도 상승 및 노이즈 감소 특성을 가지는 비선형 필터이다. 본 논문은 적외선 소형 표적 탐지에 있어서 양방향 필터를 표적이 없는 경우의 배경을 예측하는 배경 예측기로 설계하고자 한다. 이를 위하여 양방향 필터의 도메인 필터 및 레인지 필터의 표준 편차는 배경 영역과 표적 영역 사이에서 적응적으로 가변되어야 한다. 제안한 양방향 필터는 국부 창 주위 블록에 대하여 그 평균값들의 분산 특성을 이용하여 도메인 필터 및 레인지 필터의 표준 편차를 적응적으로 가변시킨다. 또한 처리되는 화소에 대하여 주위 블록 평균값들의 분산값이 작을 경우 평탄 배경 및 표적 영역으로 분류하고, 그 분산값이 클수록 에지 영역으로 분류하여 양방향 필터 처리함으로써 배경 예측의 정확도를 향상시켰다. 이러한 필터 구조의 양방향 필터는 표적이 없는 경우의 배경을 예측하여 표적을 포함하는 원 영상과 표적이 없는 경우의 예측 배경과의 차를 이용하여 소형 표적을 검출할 수 있다. 실험 결과에서 제안한 양방향 필터를 이용한 방법이 기존의 방법들보다 표적 검출률이 우수함을 확인하였다.

## Small Target Detection Method Using Bilateral Filter Based on Surrounding Statistical Feature

Tae-Wuk Bae<sup>†</sup>, Young-Taeg Kim<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

Bilateral filter (BF), functioning by two Gaussian filters, domain and range filter is a nonlinear filter for sharpness enhancement and noise removal. In infrared (IR) small target detection field, the BF is designed by background predictor for predicting background not including small target. For this, the standard deviations of the two Gaussian filters need to be changed adaptively in background and target region of an infrared image. In this paper, the proposed bilateral filter make the standard deviations changed adaptively, using variance feature of mean values of surrounding block neighboring local filter window. And, in case the variance of mean values for surrounding blocks is low for any processed pixel, the pixel is classified to flat background and target region for enhancing background prediction. On the other hand, any pixel with high variance for surrounding blocks is classified to edge region. Small target can be detected by subtracting predicted background from original image. In experimental results, we confirmed that the proposed bilateral filter has superior target detection rate, compared with existing methods.

**Key words:** Small Target(소형 표적), Bilateral Filter(양방향 필터), Infrared Searching(적외선 탐색), Clutter(클러터), False Alarm Rate(오경보률)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 배태욱, 주소 : 대구광역시 서구 북구 산격동 경북대학교 IT 1호관 523호(702-701), 전화 : 053) 940-8812, FAX : 053) 950-5505, E-mail : nanninggo@gmail.com  
접수일 : 2013년 3월 11일, 수정일 : 2013년 4월 11일  
완료일 : 2013년 4월 16일

<sup>†</sup> 정회원, 경북대학교 전자전기기컴퓨터공학부

<sup>\*\*</sup> 정회원, 국립해양조사원

(E-mail : kyt5824@naver.com)

※ 이 논문은 2011년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한 국연구재단의 지원을 받아 연구되었음[NRF-2011-357-D00180].

### 1. 서 론

적외선 탐색 및 추적 시스템 (infrared searching and tracking system,IRST) 장비는 전자 광학 센서를 이용하여 전자 신호의 방출 없이 단독으로 동작하는 군사용 수동형 적외선 장비이다[1]. 그림 1은 IRST 장비의 일반적인 구성을 나타낸다. 일반적인 IRST 장비에서는 먼저 적외선 센서를 통해 입력된 신호를 영상화한 후 검출 모듈로 보내지도록 구성된다. 이 검출 모듈에서는 입력된 적외선 영상으로부터 표적일 것이라 생각되는 물체를 추출하고, 추출된 물체는 추적 모듈로 보내져 다수의 표적을 동시에 관리 및 추적하며, 각 표적의 식별 및 위협도를 판단한다.

IRST에서, 소형 표적 검출 기법은 원거리에 있는 항공기와 같은 움직임은 소형 표적을 검출하는 군사적 응용에 필수적이다[2-4]. 지난 과거 동안 많은 소형 표적 검출 방법이 제되었다. Deshpande 등[5]은 계산량이 적고, 영상의 윤곽선을 잘 보존하는 최대 중간값 및 최대 평균값 필터 (max-median and max-mean filter)를 제안하였다. 하지만 이 방법은 크기가 작고, 흐릿한 표적에 대해서는 검출 성능이 떨어진다. Zhang 등[6]은 낮은 신호대 잡음비 (signal to noise ratio)를 가지는 표적에 대하여 검출 및 추적하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 계산량은 적지만 여전히 오경보율이 높은 단점을 가진다. Cao 등[7]은 주위 블록 분석에 기초한 2차원 LMS (least mean squares) 필터를 이용한 표적 검출 기법을 제안하였다. 이 방법은 표적으로 오인될 가능성이 큰, 구름 에지 영역에서 오경보율이 높은 단점을 가진다. 최근 Bae 등[8]은 시간적 프로파일에서 화소의 외적을 이용한 표적 검출 기법을 제안하였지만 표적의 궤적을 추정하기 위하여 많은 영상 시퀀스 및 계산량이 필요하다.

본 논문에서는 주위 통계 특성에 기초한 양방향 필터 (bilateral filter)를 이용한 효율적인 소형 표적

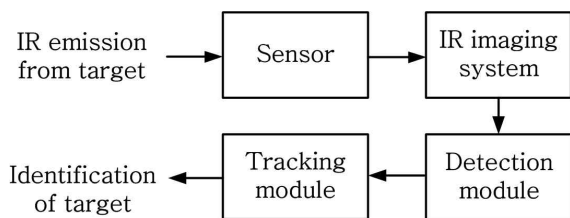


그림 1. IRST 장비의 일반적인 구성

검출 기법을 제안한다. 표적에 의해 덮여진 배경 영역을 예측하는 것은 소형 표적 검출 기법에 있어서 중요한 기술이 된다[9]. 즉, 표적을 포함한 원영상과 표적이 없을 경우 예측된 배경의 차 연산에 의해 표적이 검출된다. 기본적인 양방향 필터[10,11]는 영상에서 윤곽선 및 에지는 보존하는 특성을 가지고 있다. 이러한 양방향 필터의 특성을 이용하여 표적이 없을 경우의 배경을 정확히 예측하는 배경 예측기로 설계하고자 한다. 이를 위하여 도메인 필터 및 레인지 필터의 표준 편차 (standard deviation)는 배경 영역과 표적 영역 사이에서 적응적으로 가변되어야 하며, 국부 창 주위 블록에 대하여 그 평균값들의 분산 특성을 이용하여 도메인 필터 및 레인지 필터의 표준 편차를 적응적으로 가변시킨다. 또한 처리되는 화소에 대하여 주위 블록 평균값들의 분산이 매우 작을 경우 평탄 배경 영역으로 분류하여 그 화소값을 배경 예측에 그대로 이용함으로써 배경 예측의 정확도를 향상시켰다.

제안한 방법의 검증을 위하여 표적을 포함하고 있는 낮은 대조비 영상, 잡음이 많은 영상, 및 클러터 (clutter)가 많은 영상을 이용하였다. 제안한 방법은 가변 표준 편차를 가지는 양방향 필터를 이용하여 표적이 없는 경우의 배경 예측의 정확도를 향상시켰다. 또한 실험 결과를 통하여 제안한 방법이 기존의 표적 검출 기법들보다 다양한 적외선 영상에서 배경 예측 성능 및 표적 검출 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

### 2. 양방향 필터 (bilateral filter) 및 표적 검출

기본적인 양방향 필터는 원 영상에서 윤곽선 및 에지는 보존하고, 영상 잡음은 평활화시키는 비선형 (nonlinear) 필터이다[10,11]. 양방향 필터에 의해 예측된 화소  $Q(m,n)$ 는

$$Q(m,n) = \sum_{l=-N}^N \sum_{k=-N}^N H(m,n;l,k)P(l,k) \tag{1}$$

이다.  $P(m,n)$ 는 입력 화소이고,  $H(m,n;l,k)$ 는 국부 창안의 화소  $(l,k)$ 와 국부 창의 중심 화소  $(m,n)$ 사이의 비선형 조합이다. 국부 창의 비선형 조합은

$$H(m,n;l,k) = \begin{cases} w_{m,n}^{-1} \exp\left(-\frac{(l-m)^2 + (k-n)^2}{2\sigma_d^2}\right) \times \exp\left(-\frac{(P(l,k) - P(m,n))^2}{2\sigma_r^2}\right) & \text{if } (l,k) \in A_{m,n} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

이다.  $A_{m,n} = (l,k) : (l,k) \in (m-N, m+N) \times (n-N, n+N)$  은 국부 창 안의 화소들이며,  $\sigma_d$  및  $\sigma_r$  은 도메인 필터 (domain filter) 및 레인지 필터 (range filter)의 표준 편차이다.

$$w_{m,n} = \sum_{l=m-N}^{m+N} \sum_{k=n-N}^{n+N} \exp\left(-\frac{(l-m)^2 + (k-n)^2}{2\sigma_d^2}\right) \times \exp\left(-\frac{(P(l,k) - P(m-n))^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (3)$$

은 정규화 인수이다.

양방향 필터는 도메인 필터 및 레인지 필터에 대해 저역 가우시안 필터를 채택하였다. 따라서 도메인 필터는 중앙 화소에 공간적으로 가까운 화소들에게 가중치를 높이고, 레인지 필터는 중앙 화소의 화소값과 비슷한 주위 화소들에게 가중치를 높인다. 양방향 필터를 소형 표적 검출에 응용하기 위하여  $\sigma_d$  및  $\sigma_r$ 의 영향을 고려해야한다.  $\sigma_d$ 은 도메인 필터의 폭을 조절한다. 고정된  $\sigma_r = 255$ 에 대하여 도메인 필터의 영향을 분석하였다. 그림 2(a) 및 2(b)에서와 같이 작은  $\sigma_d$ 는 약한 평활화를 만들고, 큰  $\sigma_d$ 는 강한 평활화를 만든다.

$\sigma_r$ 은 레인지 필터의 폭을 조절하며, 이것은 레인지 필터가 영상을 평활화할때 화소값의 평활화 범위를 결정한다.  $\sigma_r$ 이 윈도우 안의 화소값 범위와 비교하여 크다면, 레인지 필터는 모든 화소들에 비슷한 가중치를 부여하기 때문에 양방향 필터에 큰 영향을 미치지 않는다. 반면에 작은  $\sigma_r$ 은 레인지 필터가 우세한 양방향 필터를 만든다. 그림 2(c) 및 2(d)는 이러한 효과를 증명한다.

양방향 필터는 소형 표적 검출 분야에 있어서 배경 예측기로서 동작한다. 정확한 배경을 예측하기 위하여  $\sigma_d$  및  $\sigma_r$ 은 평탄 배경 및 표적 영역에서는 그 영역을 평활화시키기 위하여 큰 값을 가져야 하는 반면에, 윤곽선과 같은 에지 영역에서는 그 영역을 보존하기 위하여 작은 값을 가져야 한다. 즉, 큰 값의  $\sigma_d$  및  $\sigma_r$ 은 필터 폭을 확장하여 그 영역을 평활화시킬 수 있다.

### 3. 제안한 양방향 필터를 이용한 표적 검출 기법

본 논문에서는 2절의 양방향 필터의 특징을 이용하여, 주위 통계 특성에 기초한 양방향 필터를 이용

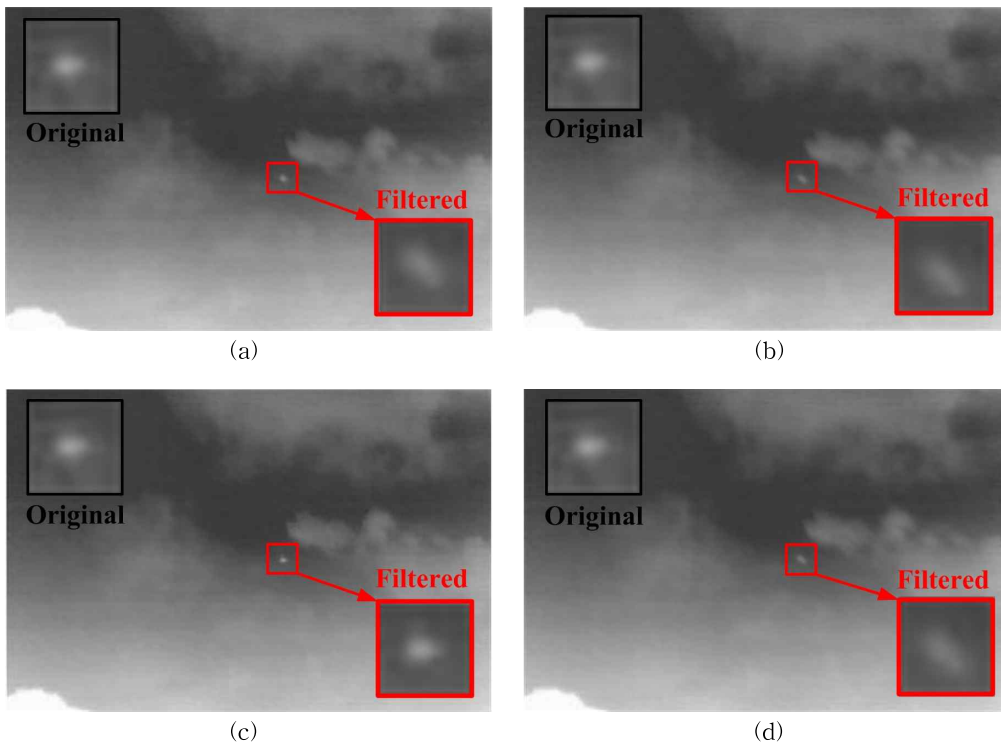


그림 2. 양방향 필터에서 표준 편차의 효과. (a)  $\sigma_d = 2, \sigma_r = 255$ , (b)  $\sigma_d = 50, \sigma_r = 255$ , (c)  $\sigma_d = 20, \sigma_r = 5$ , 및 (d)  $\sigma_d = 20, \sigma_r = 255$ .

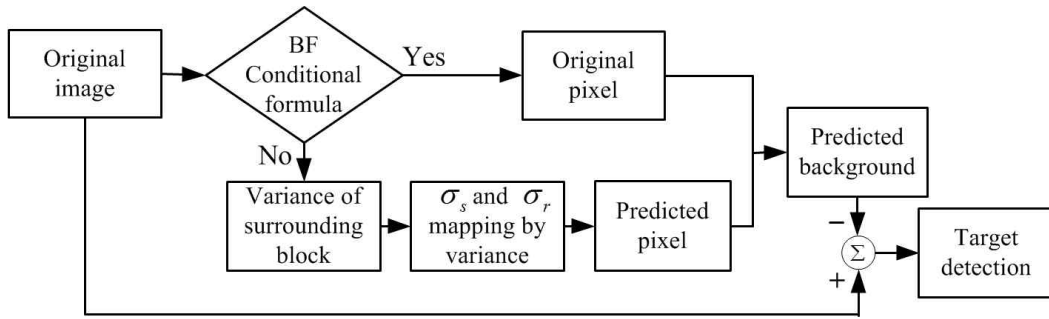


그림 3. 제안한 방법의 블록 다이어그램

한 표적 검출 기법을 제안한다. 제안한 방법의 블록 다이어그램은 그림 3에서와 같다. 먼저 원 영상에 대하여 국부 창 주위의 블록의 평균값들의 분산을 계산한 후, 이 분산값을 이용하여 에지 영역과 평탄 배경 및 표적 영역을 구별한다. 또한 이 분산값에 기초하여 양방향 필터의 두 표준 편차를 결정한다. 어떤 화소의 주변 영역의 분산값이 작다면, 평탄 배경 영역 및 표적 영역일 확률이 크며, 분산값이 크다면 에지 영역일 확률이 크다. 제안한 양방향 필터에 의해 예측된 표적이 없는 경우의 배경 영상과 표적을 포함한 원 영상의 차 영상으로부터 표적을 검출한다.

3.1 주위 통계 특성에 기초한 양방향 필터

적외선 소형 표적 검출에 양방향 필터를 응용하기 위하여, 필터에 의해 처리되는 국부창 영역이 소형 표적 영역인지 배경 영역인지 추정할 수 있는 메카니즘이 필요하며, 이 메카니즘에 의해 도메인 필터 및 레인지 필터의 두 표준 편차를 조절하여 표적이 없는 경우의 배경을 예측해야한다. 현재 처리되는 입력 화소는  $P(m,n)$ 이며, 예측되는 화소는  $Q(m,n)$ 이다. 그림 4는 제안한 양방향 필터의 입력 구조를 보여준다.

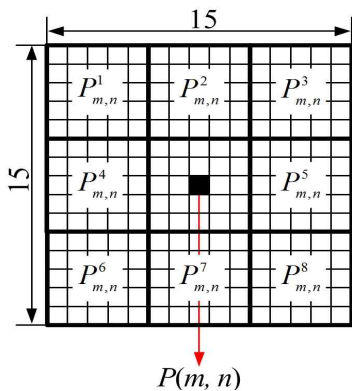


그림 4. 제안한 양방향 필터의 필터 입력

소형 표적 주위의 블록 정보를 수집하기 위하여 동일한  $5 \times 5$  크기를 가지는 주위 8개의 블록들의 평균값  $P^1_{m,n} \sim P^8_{m,n}$ 를 사용한다. 각각의 평균값들의 분산값은 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$V(m,n) = var(P^1_{m,n} \dots P^8_{m,n}) \tag{4}$$

이러한 블록 정보를 기초로 하여 그림 3에서와 같이 기본 양방향 필터 구조에 주위 블록 분산 (variance of surrounding block), 표준 편차 예측 (standard deviation prediction) 블록을 추가하였다. 그림 5는 제안한 필터 구조가 평탄 배경 영역, 표적 영역, 및 구름 에지 영역에 접근한 예를 보여준다. 평탄 배경 영역 및 표적 영역에 접근한 경우 주위 블록들의 평균값들( $P^1_{m,n} \sim P^8_{m,n}$ )의 분산값은 작고, 구름 에지 영역에 접근한 경우 그 분산값은 클 것임을 알 수 있다. 그림 3에서 제안한 양방향 필터를 이용하여 표적이 없는 경우의 배경 (predicted background)을 예측하기 위해서는 그림 5에서와 같이 평탄 배경 영역 및 표적 영역, 구름 에지 영역 각각에 대한 표준 편차 매핑을 고려하여야 한다. 즉, 표적이 없는 배경을 예측하기 위하여 주위 블록들의 분산값,  $V$ 이 작은 표적 영역은 평활화 정도를 크게 하기 위하여 필터의 표준 편차값들 ( $\sigma_d, \sigma_r$ )은 크게 설정되어야 하는 반면에, 주위 블록들의 분산값이 큰 구름 에지 영역은 원 영상의 화소값을 보존하기 위하여 (평활화 정도를 작게 하기 위하여) 필터의 표준 편차값들은 작게 설정되어야 한다. 그림 6은 주위 블록 분산값에 의한 양방향 필터 표준 편차의 매핑 함수를 보여준다. 제안한 방법은  $[nV_{min}, nV_{max}] = [0,1]$ 에서  $[\sigma_{d,max}, \sigma_{d,min}]$  및  $[\sigma_{r,max}, \sigma_{r,min}]$ 로의 두 표준 편차에 대한 반비례 선형 매핑을 이용한다.  $nV$ 값은 표적을 포함한 1 프레임에 대한 0~1까지 정규화 (normalization)된 분산값을 의미한다.  $\sigma_{d,min} (=0)$  및

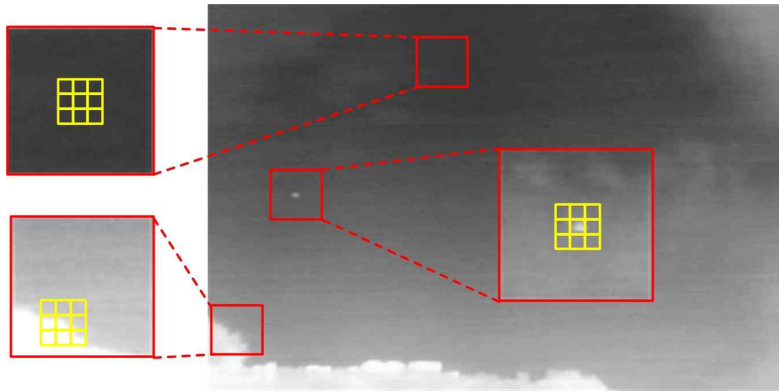


그림 5. 평탄 배경 영역, 표적 영역, 및 구름 에지 영역에서의 블록 구조

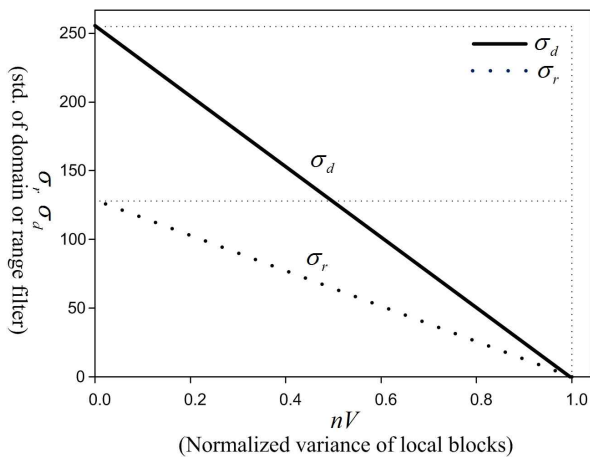


그림 6. 주위 블록 분산값에 의한 양방향 필터 표준 편차의 매핑 함수

$\sigma_{d,max}$  (=125)은 도메인 필터의 표준 편차의 최소 및 최대값이고,  $\sigma_{r,min}$  (=0) 및  $\sigma_{r,max}$  (=255)은 레인지 필터의 표준 편차의 최소 및 최대값이다. 이처럼 주위 블록들의 분산값에 기초하여 양방향 필터의  $\sigma_d$  및  $\sigma_r$ 는 적용적으로 변화함에 따라 표적을 포함한 적외선 영상에서 표적이 없는 배경을 예측할 수 있다.

### 3.2 양방향 필터 처리 조건식

에지를 포함한 배경 영역은 보존하고, 표적 영역만을 평활화 시키는 것은 표적이 없는 경우의 배경 예측에 있어서 중요한 기술이다. 구름의 윤곽선과 같은 에지 영역은 평활화 처리에서 제외될수록 정확한 배경 예측이 가능하다. 에지 영역은 주위 블록의 평균값들이 매우 높은 분산값을 가지기 때문에 양방향 필터에 의한 배경 예측에서 제외되어야 하기 때문에 원 영상의 화소를 그대로 이용한다. 이와 같은 처리는 양방향 필터의 계산량을 감소시키며 정확한 배경

예측이 가능하게 한다. 임의의 화소에 대하여 배경 예측을 위한 양방향 필터 처리의 조건식은 다음과 같다.

$$P(m,n) = \begin{cases} P(m,n), & \text{if } (nV(m,n) \geq \lambda \times nV_{max}) \\ \tilde{P}(m,n), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

임의의 화소가 식 (5)를 만족한다면 분산값이 높은 에지 영역이므로 예측 배경 화소는 원 화소값,  $P(m,n)$ 에 의해 대체되어진다. 그렇지 않으면, 즉 평탄 배경 및 표적 영역에 대해서는 양방향 필터에 의해 예측된 화소값,  $\tilde{P}(m,n)$ 이 사용되어진다.  $\lambda$ 은 양방향 필터 적용 여부 결정하기 위한  $nV_{max}$ 의 비율이고, 실험값으로서 0.85을 사용한다.

### 4. 실험 및 고찰

그림 7는 4개의 적외선 실험 영상 (A, B, C, 및 D)에 대하여 제안한 양방향 필터를 적용한 결과 영상을 보여준다. A 영상은 비행기 표적을 포함한 320×240 크기의 낮은 대조비를 가지는 영상이며, B 및 C 영상은 비행기 표적을 포함한 360×240 크기의 잡음이 많은 영상이다. 또한 D 영상은 버스 표적을 포함한 360×180 크기의 클러터가 많은 영상이다. 본 실험 영상들이 촬영된 검출기는 MCT (mercury cadmium telluride) 타입이며, A, B와 C, 및 D 영상의 파장 범위는 8.0~12.0, 8.0~12.0, 및 3.0~5.0  $\mu\text{m}$ 이며, 촬영 거리는 2~2.5, 2~2.5, 및 7~8 km이며, 촬영 시야각 (field of view)은 모두 2°~3°이다. (a)열은 서로 다른 배경에 대해 소형 표적을 포함하는 원 영상이고, (b)열은 예측 배경 영상이다. (c)열은 주위 블록 평균값들의 분산값을 보여주는 분산맵이며, (d)

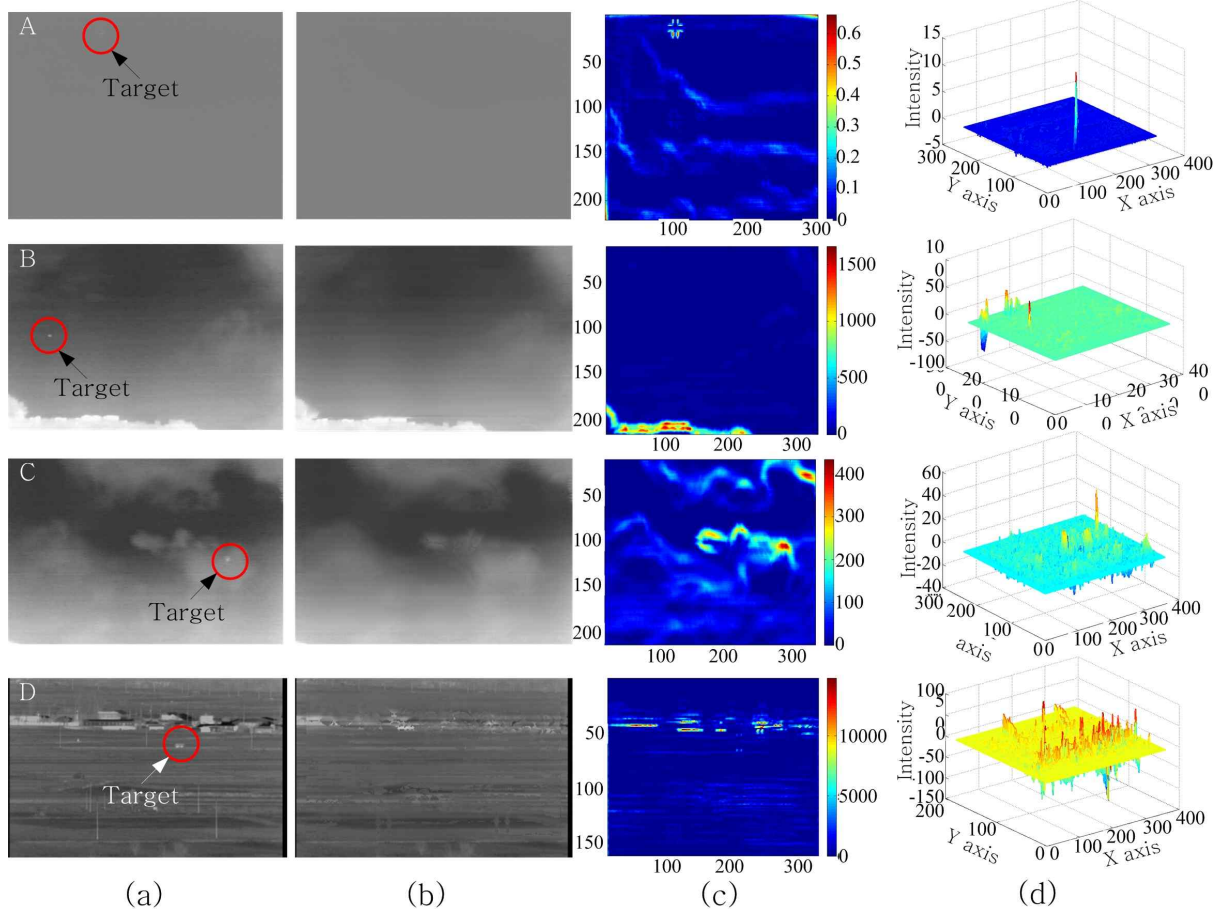


그림 7. 4 영상에 대한 결과 영상. (a) 원 영상, (b) 배경 예측 영상, (c) 주위 블록의 분산맵, (d) 원영상과 예측 배경 영상의 차

열은 원 영상과 예측 배경 영상의 차 연산에 의해 계산된 표적 검출 결과를 보여준다. 그림 7(c)열을 통하여 구름 예지는 분산값이 매우 높지만 평탄 배경 영역 및 표적 영역은 분산값이 작음을 볼 수 있다.

그림 8은 적외선 실험 영상 (A, B, C, 및 D)에 대한 Max-mean, Max-median 방법, Zhang의 방법, Cao의 방법 및 제안한 양방향 필터의 공간적 처리 결과를 보여준다. 실험 영상 중 A와 B같은 하늘 배경의 경우 평탄 배경 영역에 소형 표적이 존재하기 때문에 각 소형 표적 검출 기법들이 비교적 좋은 성능을 가짐을 볼 수 있다. 그러나 실험 영상 C에서는 구름 영역 안에 소형 표적이 존재하기 때문에 많은 배경 잡음 및 클러스터들이 존재함을 볼 수 있다. 하지만, 기존 표적 검출 기법들과 비교하여 제안한 양방향 필터에 의한 결과가 더 적은 클러스터들을 포함하며, 표적 검출 성능이 우수함을 볼 수 있다. 실험 영상 D와 같은 지상 배경의 경우 많은 배경 객체를 포함하고 있기 때문에 모든 표적 검출 방법들의 표적 탐지

확률이 떨어짐을 볼 수 있다. 하지만 제안한 양방향 필터 기법이 기존 표적 검출 방법들보다 클러스터를 적게 포함함을 볼 수 있다. 이처럼 많은 클러스터를 포함한 지상 배경의 경우 여러 프레임을 통한 시간적 프로파일을 이용해야지만 정확한 표적 검출이 가능하지만 계산량이 증가하는 단점이 존재한다.

기존 방법들 및 제안한 양방향 필터의 객관적인 결과 비교를 위한 신호 대 잡음비 이득 (signal-to-clutter ratio gain, SCRG) 및 배경 억압 인수 (background suppression factor, BSF)는

$$SCRG = \frac{(S/C)_{out}}{(S/C)_{in}}, BSF = \frac{C_{in}}{C_{out}} \quad (6)$$

와 같다. 여기서  $S$ 는 표적 신호의 높이를 나타내고,  $C$ 는 정규화된 차 영상에서 클러스터의 표준편차를 의미한다.  $in$ 은 원(입력) 영상을,  $out$ 은 결과(출력) 영상을 의미한다. 그림 7(d)의 결과 영상에서 보듯이 배경 예측이 정확하면 원영상과 예측 배경 영상의 차 영상에서 클러스터가 줄어들어  $C$  값이 작아지며, 표

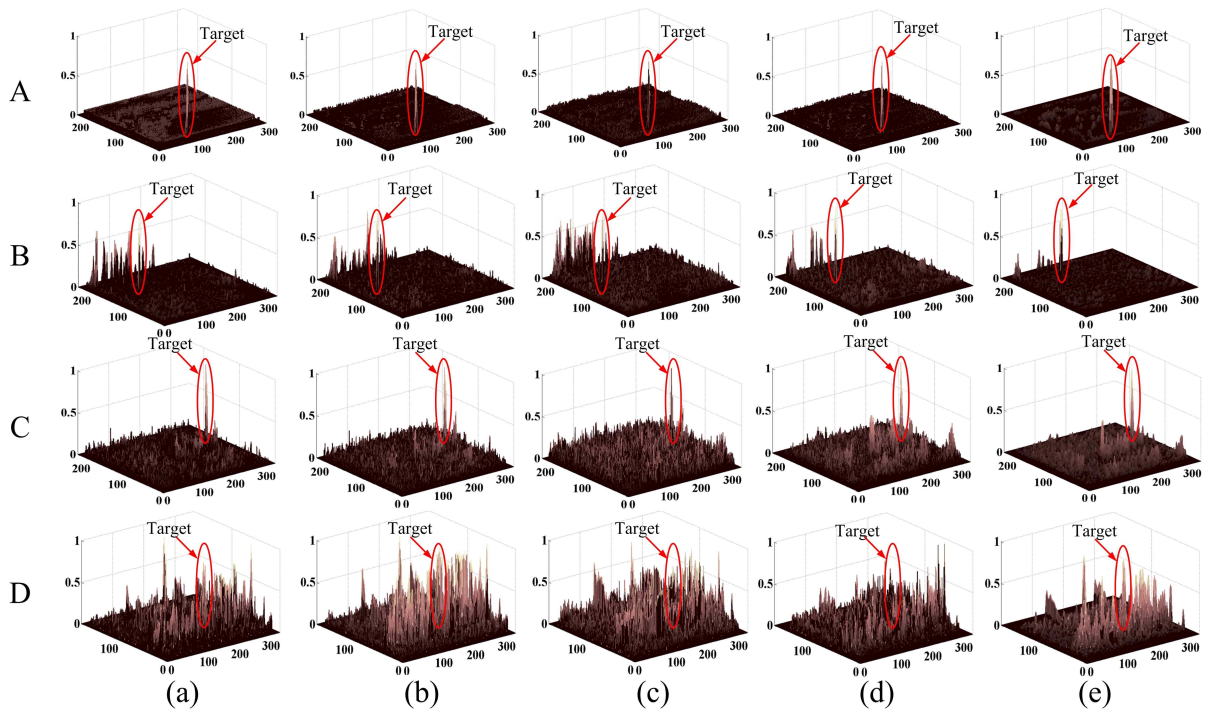


그림 8. 적외선 실험 영상 (A, B, C, 및 D)에 대한 처리 결과. (a) Max-mean 방법, (b) Max-median 방법, (c) Zhang의 방법, (d) Cao의 방법 및 (e) 제안한 양방향 필터

표 1. 기존 방법 및 제안한 방법의 성능 비교

Methods/images	A1		B1		C1		D1	
	SCRG	BSF	SCRG	BSF	SCRG	BSF	SCRG	BSF
Max-mean	0.07	0.19	5.65	8.78	4.04	7.58	0.85	2.28
Max-median	0.08	0.31	6.65	8.83	3.51	5.45	0.83	2.21
Zhang method	0.02	0.25	4.55	7.21	1.29	4.09	0.41	2.19
Cao method	0.09	0.33	6.73	8.07	3.05	4.19	1.11	2.86
Proposed	0.16	0.35	14.27	10.07	4.64	6.25	1.73	4.06

적 검출 성능이 떨어질수록  $S/C_{out}$  값이 커지므로 전체  $(S/C)_{out}$  값은 커진다. 따라서 전체 신호 대 잡음비 SCRG 값은 커지게 된다. 또한 배경 예측이 떨어질수록 결과 차 영상에서 클러터가 줄어들기 때문에 배경 억압 인수 BSF 값은 커지게 된다. 실험 영상에 대한 SCRG 및 BSF 결과 데이터는 표 1과 같다. 제안한 양방향 필터의 경우 표적이 아닌 배경 영역에서 윤곽선 및 에지는 보존하는 특성이 크기 때문에 원 영상 및 예측 배경 영상의 차 영상에서 클러터 억압 성능이 우수함을 알 수 있다. 또한 식(4)의 주위 블록 평균값들의 분산값이 매우 작을 경우 그 화소값을 예측 배경에 그대로 사용하기 때문에 배경 예측의 정확도가 높음을 알 수 있다. 그림 8 및 표 1을 통하여 주관

적 및 객관적으로 제안한 양방향 필터 방법이 기존 공간적 방법들 보다 적외선 소형 표적 검출에 있어서 더 나은 성능을 보여줌을 확인할 수 있었다.

### 5. 결 론

본 논문에서 제안한 양방향 필터는 국부 창 주위 블록에 대하여 그 평균값들의 분산 특성을 이용하여 도메인 필터 및 레인지 필터의 표준 편차를 적응적으로 가변시킨다. 또한 처리되는 화소에 대하여 주위 블록 평균값들의 분산값이 매우 작을 경우 평탄 배경 및 표적 영역으로 분류하고, 그 분산값이 클수록 에지 영역으로 분류함으로써 배경 예측의 정확도

를 향상시켰다. 이러한 필터 구조의 양방향 필터는 표적이 없는 배경을 예측하며, 표적을 포함한 원 영상과 예측된 배경의 차를 이용하여 소형 표적을 검출할 수 있다. 실험 결과에서 주관적 및 객관적 평가에 기초하여 제안한 양방향 필터 방법이 기존 공간적 표적 검출 방법들보다 표적 검출률이 우수함을 확인하였다.

참 고 문 헌

[ 1 ] 이승익, 김주영, 김기홍, 구본호, “복잡한 FLIR 영상에서의 소형 표적 탐지 기법,” 멀티미디어 학회논문지, 제10권, 제4호, pp. 432-440, 2007.

[ 2 ] A.D. Jong, “IRST and Its Perspective,” *Proc. of SPIE 2552*, pp. 206-213, 1995.

[ 3 ] W.L. Wolfe, *Introduction to Infrared System Design*, SPIE Optical Engineering Press, Washington, 1996.

[ 4 ] L. Chengjun, W. Ying, and S. Zeling, “A Small Target Detection Algorithm Based on Multi-Scale Energy Cross,” *Proc. 2003 IEEE International Conf. on Robotics, Intelligent System and Signal Processing*, Vol. 2, pp. 1191-1196, 2003.

[ 5 ] S. Deshpande, M. Er, and R. Venkateswarlu, “Detection and Tracking of Moving Point-Targets in IR Images,” *The Fifth International Conference on Control, Automation, Robotics, and Vision*, Vol. FA3, No. 2, pp. 1252-1256, 1998.

[ 6 ] F. Zhang, C. Li, and L. Shi, “Detecting and Tracking Dim Moving Point Target in IR Image Sequence,” *Infrared Physics & Technology*, Vol. 46, No. 4, pp. 323-328, 2004.

[ 7 ] Y. Cao, R. Liu, and J. Yang, “Small Target Detection using Two-Dimensional Least Mean Square (TDLMS) Filter Based on Neighbor Analysis,” *Int. J. Infrared Millim. Waves*, Vol. 29, No. 2, pp. 188-200, 2008.

[ 8 ] T.W. Bae, B.I. Kim, Y.C. Kim, and K.I. Sohng, “Small Target Detection using Cross Product Based on Temporal Profile in Infrared Image

Sequences,” *Comput. Electr. Eng.*, Vol. 36, No. 6, pp. 1156-1164, 2010.

[ 9 ] Y. Xion, J.X. Peng, M. Ding, and D.H. Xue, “An Extended Track-Before-Detect Algorithm for Infrared Target Detection,” *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. 33, No. 3, pp. 1087-1092, 1997.

[ 10 ] C. Tomasi and R. Manduchi, “Bilateral Filtering for Gray and Color Images,” *Proc. Int. Conf. Comput. Vis.*, pp. 839-846, 1998.

[ 11 ] C.I. Hilliard, “Selection of a Clutter Rejection Algorithm for Real-Time Target Detection from an Airborne Platform,” *Proc. of SPIE 4048*, pp. 74-84, 2000.



배 태 욱

1995년 3월 ~ 2004년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 학사  
 2004년 3월 ~ 2006년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사

2006년 9월 ~ 2010년 8월 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 박사  
 2011년 9월 ~ 2011년 12월 KAIST 전자공학과 박사후 연구원  
 2012년 2월 ~ 2013년 3월 Stanford Univ., Dept. of Psychology, Postdoc관심분야 : 영상 처리, 컬러 모델, 멀티미디어 시스템



김 영 택

1984년 3월 ~ 1988년 2월 인하대학교 해양학과 학사  
 1988년 3월 ~ 1990년 2월 인하대학교 해양학과 석사  
 1992년 1월 ~ 2001년 12월 Florida Institute of Technology, Dept. of Marine and

Environmental Systems 박사  
 2006년 7월 ~ 현재 국립해양조사원 (해양과학조사연구실) 해양수산연구사  
 관심분야 : (위성)영상처리, 인공신경망, 시계열분석