

## 배경제거 가산투영 방법을 이용한 근거리 해상 표적 탐지

이부환<sup>\*,1)</sup> · 김지은<sup>1)</sup> · 양유경<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 국방과학연구소 제3기술연구본부

### Close Surface Targets Detection using Background Removal Integral Projection in Coastal Environment

Boohwan Lee<sup>\*,1)</sup> · Jieun Kim<sup>1)</sup> · Yu Kyung Yang<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> The 3rd Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 10 October 2013 / Revised 2 January 2014 / Accepted 17 January 2014)

#### ABSTRACT

In this paper, we propose a robust background removal integral projection(BRIP) method which can detect close surface targets in coastal environment for IRST. Row pixels of background region from coastal infrared image show similar response. Thus, the proposed BRIP is calculated after horizontal and vertical background estimations and removals are performed sequentially. Finally, surface large targets can be detected using the results of the BRIP. Experimental results on a set of real infrared image sequence show that the proposed method could fully detect ships in every frame.

Key Words : Background Estimation, Integral Projection, Target Detection, IRST

#### 1. 서론

적외선 탐색 및 추적장비(IRST : Infrared Search and Track)는 함정을 향해 원거리에서 침투하는 저고도 대형 미사일, 전투기 등을 포함한 소형 위협표적을 자동으로 탐지 및 추적하여 전투체제로 표적 정보를 제공하는 전방위 감시 장비이다. 전방위 360° 영상에서 표적은 수 화소이하 수준의 점 표적 또는 확장 표적(point target or extended target)으로 나타나므로, 다양

한 크기의 표적에 대해 탐지율을 높이고 오경보율을 낮추기 위한 기법이 필요로 한다.

최근에는 근거리에서 접근하는 고기동 비대칭 위협(patrol boat, speed boat, jet ski) 등과 같이 상대적으로 수 십 화소이상의 큰 표적(large target)에 대한 탐지 및 추적 기능도 요구되고 있다<sup>1)</sup>. 그러나 점 표적 탐지 기법으로 큰 표적을 고속으로 탐지하기에는 매우 제한적이다.

이를 해결하기 위해 2차원 입력영상을 수평, 수직방향으로 1차원 가산투영(integral projection)변환을 이용하면 매우 빠르게 표적 정보를 계산할 수 있다. 이러한 가산투영 방법은 배경 특성이 제거된 이진 영상에 적

\* Corresponding author, E-mail: bhlee@add.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

용하는 것이 일반적이다<sup>[2]</sup>. 배경제거를 위해 Karandish 등<sup>[3]</sup>은 입력영상의 가산투영 값과 추정된 배경영상의 가산투영 값과의 차이를 구하여 표적을 탐지하는 방법을 제안하였다. 그러나 배경의 변화, 영상센서의 움직임, 그리고 표적의 이동 등에 의해 배경 추정이 매우 어려운 문제가 있다. 최 등<sup>[4]</sup>은 입력영상의 가산투영 값에 1차원 평균 필터를 적용하여 배경과 클러터를 제거하였다. 일반적으로 적외선 영상은 배경 특성에 의해 영상의 밝기 분포가 균등하지 않다. 그러므로 표적과 유사 밝기의 배경이 분포할 경우, 입력영상의 가산투영 값에서 평균 필터를 이용할 경우 배경 영역 뿐만 아니라 표적영역도 제거될 수 있다. Bouma 등<sup>[5]</sup>과 Kim 등<sup>[6]</sup>은 수평 주사 방식 적외선 영상에서 수평 라인 화소들 간의 유사 특성을 고려한 1차원 배경 추정 필터를 이용하여 점 표적 탐지에 효과적인 방법을 제안하였다.

이 논문은 배경제거 가산투영법을 이용하여 해상 환경의 근거리 표적을 탐지하는 방법을 제안한다. 실제 해상 환경에서 획득한 적외선 영상의 배경 성분은 수평 방향으로 국부적인 밝기 분포가 유사한 특성을 나타낸다. 따라서 제안한 방법은 입력영상에서 각 수평 라인에 대한 화소들의 국부 평균값으로 배경을 추정하고, 이를 입력영상과 차이 값을 계산하여 수평 배경 성분을 제거한다. 그리고 수평 방향의 배경 성분이 제거된 영상에서 각 수직 라인 화소들에 대해서도 수평 방향과 동일한 방법으로 수직 배경성분을 제거한다. 마지막으로 배경 성분이 제거된 영상에 대해 수평 및 수직 가산투영 값을 각각 계산하여 표적을 탐지한다. 이러한 배경 영향요소를 제거한 가산투영 방법을 이용하여 해상 클러터 환경의 표적을 효과적으로 탐지할 수 있다. 실 적외선 영상에 대한 표적 탐지 실험을 통해 제안한 방법의 타당성을 확인하였다.

## 2. 제안한 배경제거 가산투영 방법(BRIP)

입력영상에 대한 수평 및 수직 가산투영은 2차원 영상 데이터를 1차원으로 변환하여 처리하므로 데이터 처리량을 줄여 수행 속도를 향상시킬 수 있다. 그러므로 고속 영상 신호처리가 요구되는 분야에 활용이 가능하다. 일반적인 수평 및 수직 가산투영은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$HIP^k(i) = \sum_{j=1}^N I^k(i, j) \tag{1}$$

$$VIP^k(j) = \sum_{i=1}^M I^k(i, j)$$

여기서  $M$ 과  $N$ 은 입력영상의 행(row)과 종(column)의 개수,  $I^k(i, j)$ 는  $k$ 번째 영상에서  $i$ 번째 행 및  $j$ 번째 종방향 화소의 밝기 값, 그리고  $HIP$ (Horizontal Integral Projection)와  $VIP$ (Vertical Integral Projection)는 수평 및 수직 가산투영 값을 각각 나타낸다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 배경 특성에 의해 영상의 밝기 분포가 균등하지 않고 표적과 유사 밝기의 배경 성분에 의해 배경영역의 가산투영 값이 표적영역보다 유사 또는 높은 값을 가지므로 표적이 탐지되지 않게 된다. 그러므로 표적 탐지를 위해 가산투영 방법을 이용하기 위해서는 배경 성분의 제거가 필요하다.

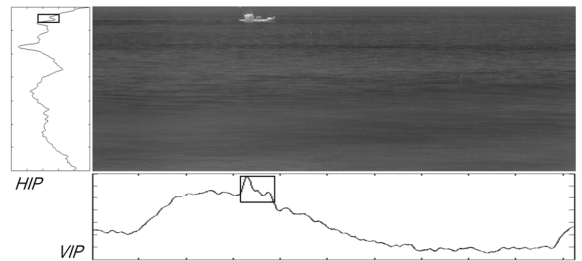


Fig. 1. General horizontal and vertical integral projection

실제 해상 환경에서 획득한 적외선 영상은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 배경이 수평 방향으로 국부적인 밝기 분포가 유사한 특성을 나타낸다. 이 논문은 이러한 특성을 고려하여 배경 성분을 제거하고, 배경이 제거된 영상에 대하여 가산투영 값을 계산하는 방법을 Fig. 3과 같이 제안한다.

제안한 방법은 먼저 입력영상에서 각 수평 라인에 대한 화소들의 국부 평균값으로 배경을 추정(HBE : Horizontal Background Estimation)하고, 이를 입력영상과 차이 값으로 수평 배경 성분이 제거된 영상( $I_{HBRF}^k$ )을 계산한다. 그리고 수평 방향의 배경 성분이 제거된 영상에서 각 수직 라인 화소들에 대해서도 수평 방향과 동일한 방법으로 수직 배경 성분을 추정(VBE : Vertical Background Estimation)하고 제거한다. 이와 같이 배경 성분이 제거된 영상( $I_{BRF}^k$ )에 대해서 수평 및 수직 가산투영 값을 각각 계산하여 표적을 탐지한다.

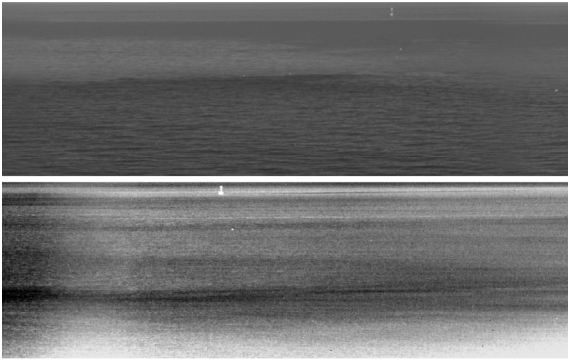


Fig. 2. Examples of thermal image in coastal environment

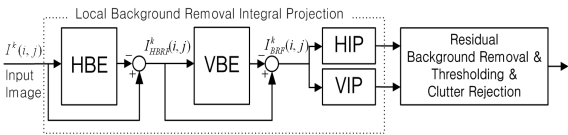


Fig. 3. Block diagram of the proposed method

먼저, 수평 및 수직 방향의 배경 추정을 식 (2)와 같이 정의한다.

$$I_{HBE}^k(i) = \text{mean}_{j \in \{1,2,\dots,n\}} I^k(i,j) \quad (2)$$

$$I_{VBE}^k(j) = \text{mean}_{i \in \{1,2,\dots,m\}} I_{HBRF}^k(i,j)$$

식 (2)에 나타낸 바와 같이 평균값을 이용할 경우 표적 성분이 배경 추정에 영향을 줄 수 있다. 이를 최소화하기 위해 대상 표적들의 최대 크기 특성 분석을 통해 평균값 필터의 크기( $n, m$ )를 실험적으로 결정하였다.

다음으로 배경 성분이 제거된 영상에 대한 수평 및 수직 가산투영을 식 (3)과 같이 정의한다.

$$HIP_{BRF}^k(i) = \sum_{j=1}^N I_{BRF}^k(i,j) \quad (3)$$

$$VIP_{BRF}^k(j) = \sum_{i=1}^M I_{BRF}^k(i,j)$$

식 (2)와 식 (3)에 의해 배경 성분이 제거된 영상 및 가산투영 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Fig. 1의 입력영상에 대해 제안한 방법으로 배경

성분이 효과적으로 제거되고, 표적 위치에서 수평 및 수직 가산투영값이 주변 배경보다 매우 높은 값을 가지게 되므로 표적 탐지가 가능함을 알 수 있다.

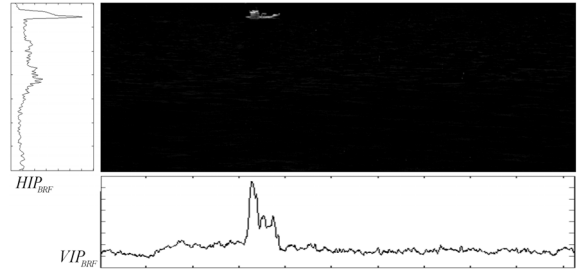


Fig. 4. Results of background removal and integral projection of BRIP

또한, Fig. 4의 배경제거 가산투영 값에 포함되어 있는 잔류 배경 성분은 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 1차원 평균 필터를 이용하여 제거한 후 문턱치 처리 및 클러스터 제거/병합 과정을 부가적으로 수행할 수 있다<sup>1,2</sup>.

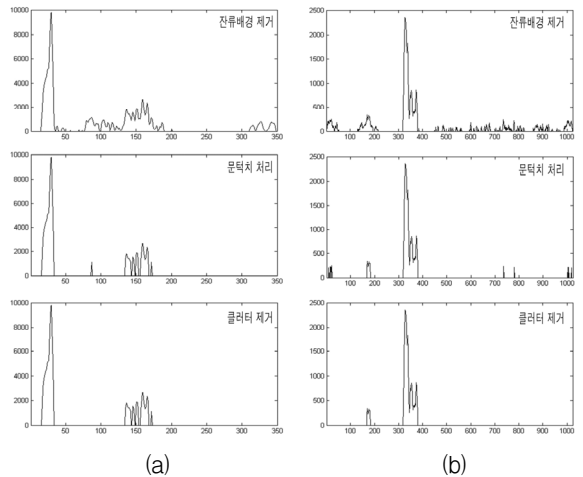


Fig. 5. Residual background removal, thresholding and clutter reduction of (a)  $HIP_{BRF}$  및 (b)  $VIP_{BRF}$

가산투영 값에서 잔류 배경 성분을 제거하더라도 해상 환경의 햇빛 반사(sun-glint) 등에 의한 클러스터 성분을 제거하기 위해 문턱치 처리를 수행한다. 문턱치 처리 후의 가산투영 값에서 영역의 크기가 일정 크기 이하 또는 이상일 경우는 클러스터로 재분류하게 되며, 인

접한 영역들은 병합과정을 통해 하나의 영역으로 처리한다.

최종적으로 Fig. 6과 같이 수평 및 수직 가산투영 결과가 서로 교차되는 4개의 후보 표적이 탐지되고, 주변 배경과의 대조비 비교 등의 표적 판별 과정을 통해 실제 표적의 위치를 탐지한다<sup>11)</sup>. 표적판별 과정은 각 후보 표적 주변에 배경영역을 설정하여, 표적영역과 배경영역의 평균 밝기 값의 차이를 이용하여 식 (4)와 같이 수행된다.

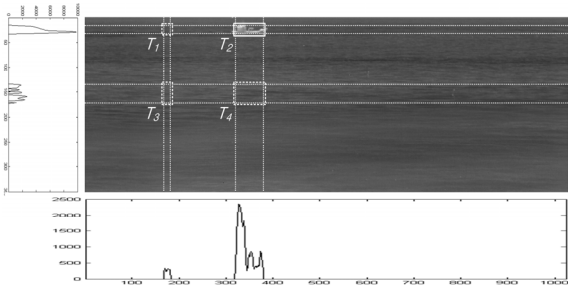


Fig. 6. Result of target detection using BRIP

$$T_m = \begin{cases} \text{target,} & \text{if } |\mu_T - \mu_B| \geq \tau \\ \text{non-target,} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서  $m$ 은 후보 표적의 수,  $\mu_T$ 와  $\mu_B$ 는 후보 표적 및 배경영역에 해당되는 화소들의 평균 밝기 값, 그리고  $\tau$ 는 문턱치를 나타낸다.

### 3. 실험결과

적외선 탐색 및 추적 장비에서 4Hz 주기로 획득되는 해상 환경의 실 적외선 영상에 대해서 배경 제거 성능 및 표적탐지 실험을 수행하여 제안한 방법의 타당성을 확인하였다. 먼저, 식 (5)와 같이 정의된 SCR (Signal-to-Clutter Ratio) 및 BSF(Background Suppression Factor)<sup>[6~7]</sup>를 이용하여 표적 및 배경 영역에 대해 표적의 SCR 및 배경제거 성능을 확인하였다.

$$SCR = \frac{|T_{\max} - \mu_B|}{\sigma_B} \quad (5)$$

$$BSF = \frac{\sigma_{B.before}}{\sigma_{B.after}}$$

여기서  $T_{\max}$ 는 표적의 최대 밝기 값이며,  $\mu_B$ 와  $\sigma_B$ 는 배경영역의 평균 밝기 값 및 표준편차이다.  $\sigma_{B.before}$ 는 배경제거 전,  $\sigma_{B.after}$ 는 제안한 방법으로 배경제거 후의 배경영역에 대한 표준편차를 각각 나타낸다. 본 실험에서는 배경영역을 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 표적영역에 대해 3배의 크기로 설정하였다.

Fig. 7은 입력영상에서 수평 및 수직방향 배경제거 전/후의 표적영역 및 그와 인접한 배경영역에 대한 밝기 분포 특성을 나타낸다. 배경제거 전 배경영역은 밝기 값이 높게 나타나며, 밝기 분포가 불균일하다. 그러나 배경제거를 통해 표적의 특성은 큰 변화가 없으면서 배경영역의 밝기 값이 영(zero) 부근으로 균일하게 분포하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 표적 및 배경영역에 대한 밝기 특성의 분포에 대해 식 (5)를 이용하여 표적의 SCR 향상 및 배경 제거 성능을 통계적으로 분석하였다. Table 1에 나타낸 바와 같이 배경제거를 통해 표적의 SCR은 약 4.5배 향상되었으며, BSF는 4.95로서 배경성분이 약 80% 정도 제거되었다.

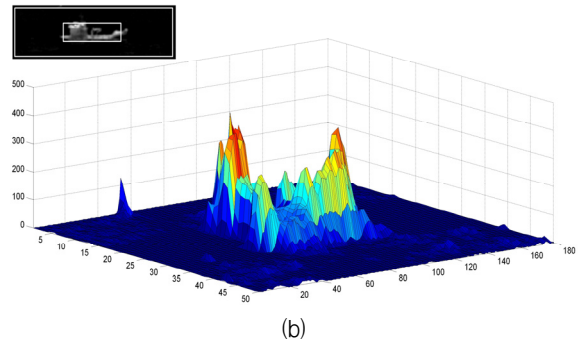
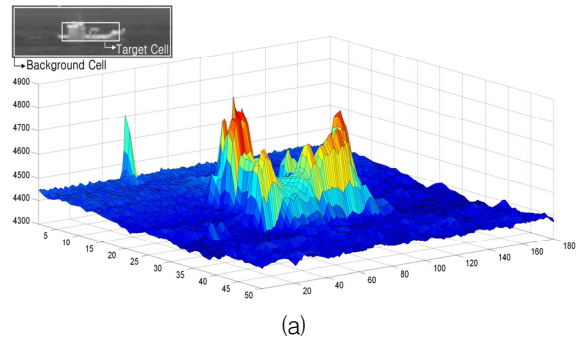


Fig. 7. Characteristics of background and target intensity (a) before, (b) after removing of background

Table 1. Performance comparisons of SCR and BSF

항목	배경 제거	
	before	after
$T_{max}$	4,868	431
$\mu_B$	4,400	2.4697
$\sigma_B$	20.1157	4.0682
SCR	23.27	105.34
BSF	4.95	

이러한 결과로부터 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 배경 성분이 제거되기 전의 입력영상 및 제거된 영상에 대해 수평 및 수직 가산투영 값의 특성을 확인하였다. Fig. 8(a) 및 (c)에서 확인할 수 있듯이 배경제거 전에는 배경영역에 대한 가산투영 값이 표적영역보다 유사 또는 높은 값을 가지므로 표적 탐지가 어려울 수 있다. 그러나 Table 1에 나타낸 바와 같이 제안한 방법으로 입력영상에서 배경 성분을 효과적으로 제거함에 따라, Fig. 8(b) 및 (d)와 같이 사각형 점선으로 표시된 바와 같이 표적이 존재하는 위치에서 수평 및 수직 가산투영 값이 주변 배경보다 매우 높은 값을 가지게 되므로 표적 탐지가 가능하게 된다. 이와 같은 배경제거 전/후의 가산투영 값에 대해서도 식 (5)를 이용하여 배경제거 효과 및 SCR 특성을 분석하였다. Table 2에 나타낸 바와 같이 배경영역에 해당하는 수평 및 수직 방향의 표준편차를 각각 살펴보면, 수평 가산투영 값은 약 96%, 수직 가산투영 값은 약 90% 정도 배경 성분이 제거가 되었다. 따라서 표적에 대한 수평 가산 투영 값의 SCR은 약 7,000배, 수직 가산 투영 값의 SCR은 약 7배 정도 향상되었다. 이러한 결과는 가산 투영 값을 계산할 경우, 입력영상에 존재하는 배경 성분에 의한 영향 요소가 배제되었기 때문이다. 특히 수평 가산 투영 값의 SCR이 매우 높게 나오는 것은 실제 해상 환경에서 획득한 적외선 영상에 수평 방향으로 표적과 유사 밝기의 배경 성분이 많이 존재하기 때문이다. 따라서 수평 방향의 배경제거가 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

배경 제거 성능 실험을 통해 제안한 수평 및 수직 방향 배경 추정 및 제거 방법의 타당성을 확인할 수 있다.

표적 탐지 실험은 연속된 영상에서 단일 표적 및 다중 표적에 대해 성능을 확인하였다.

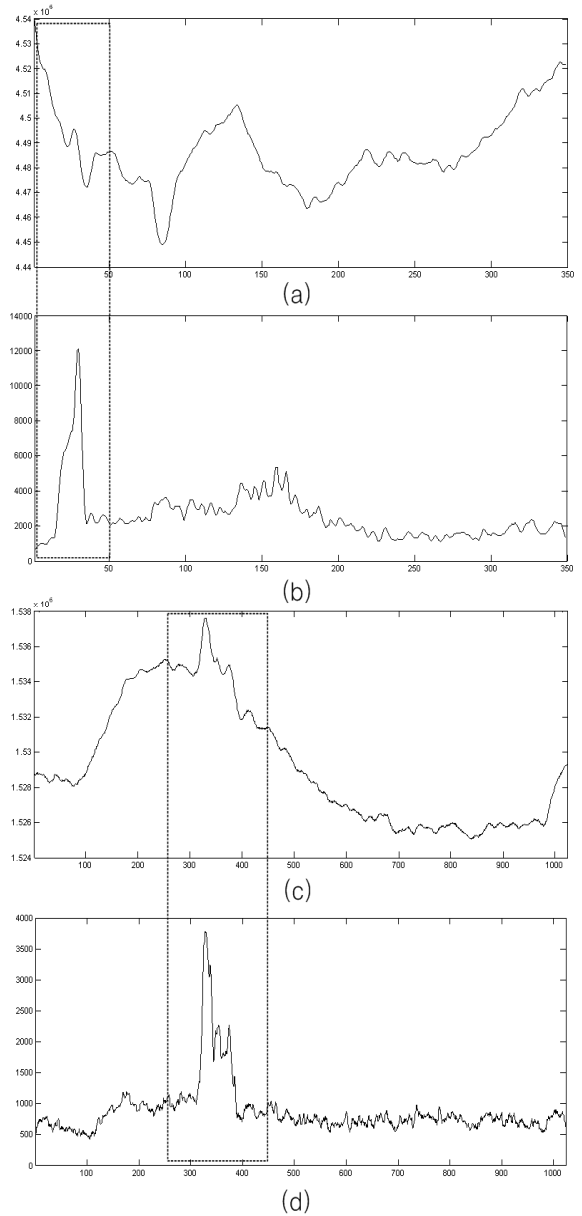


Fig. 8. Characteristics of (a), (c) horizontal and (b), (d) vertical integral projection (a), (c) before, (b), (d) after removing of background

Fig. 9는 240 프레임의 연속된 영상에서 40 프레임 간격으로 제안한 BRIP 방법을 이용한 탐지 결과를 나타낸 것이다. Fig. 9에 나타낸 바와 같이 영상의 밝기 분포가 균등하지 않고, 수평 방향으로 국부적인 밝기 분포가 유사한 특성을 나타내는 영상에서, 오른쪽 방

Table 2. Performance comparisons of SCR and BSF for integral projection

항목		배경 제거	
		before	after
HIP	$T_{max}$	$4.4992184 \times 10^6$	$1.2100 \times 10^6$
	$\mu_B$	$4.4991813 \times 10^6$	$1.8243 \times 10^3$
	$\sigma_B$	17,951	680.7188
	SCR	0.0021	15.0959
	BSF	26.37	
VIP	$T_{max}$	$1.5376 \times 10^6$	$3.7783 \times 10^3$
	$\mu_B$	$1.5334 \times 10^6$	991.5248
	$\sigma_B$	1,338.3	129.2331
	SCR	3.1290	21.5639
	BSF	10.36	

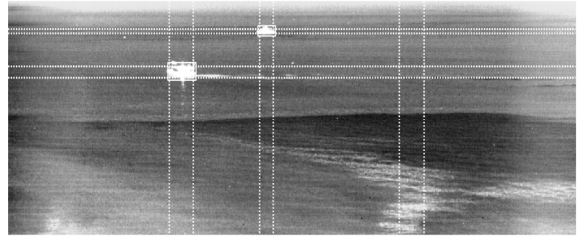


Fig. 10. Result of multiple targets detection using BRIP

향으로 이동하는 선박을 효과적으로 탐지할 수 있음을 알 수 있다. Fig. 10은 다중 표적에 대한 탐지결과이다. Fig. 10에서와 같이 6개의 후보 표적 중 해상에 존재하는 2개의 이동 선박을 성공적으로 탐지하는 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

이 논문에서는 배경제거 가산투영법(BRIP)을 이용하여 해상 환경의 근거리 표적을 탐지하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 배경 추정 및 제거 단계, 그리고 가산투영 단계로 크게 구성된다. 배경 추정 및 제거 단계는 입력영상에서 수평 및 수직 배경 성분의 추정 및 제거를 순차적으로 수행한다. 먼저, 각 수평 라인에 대한 화소들의 국부 평균값으로 배경을 추정하고, 이를 입력영상과 차이 값을 계산하여 수평 배경 성분을 제거하며, 수평 방향의 배경 성분이 제거된 영상에서 각 수직 라인 화소들에 대해서도 수평 방향과 동일한 방법으로 수직 배경 성분을 제거한다. 가산투영단계는 배경 성분이 제거된 영상에 대해 수평 및 수직 가산투영 값을 각각 계산한다. 이러한 가산투영 결과를 이용하여 최종 표적을 탐지한다.

제안한 방법으로 해상 클러터 환경의 실 적외선 영상을 이용하여 배경 추정 및 제거 방법의 타당성과 근거리 해상 표적들을 효과적으로 탐지할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

#### References

[1] Dominique Maltese et al, “New generation of Naval IRST : Example of EOMS NG,” Proc. SPIE, Vol. 7660, 2010

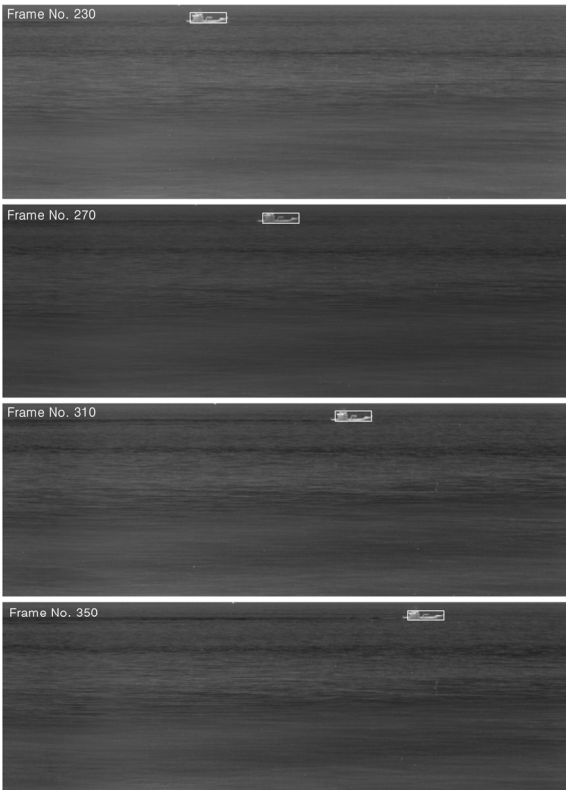


Fig. 9. Results of single target detection using BRIP for real infrared image sequence

- [2] R. Jain, R. Kasturi, and B. G. Schunck, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995.
- [3] A. Karandish, A. Mahmoodi, and F. Behazin, "Two-Axial Subtraction of Estimated Background Integral Projection : Fast Method in Automatic Target Detection and Tracking," *IAPR Conference on Machine Vision Applications*, pp. 444-447, May 2005.
- [4] 최병인, 정시창, 김지은, "적외선 탐색추적기를 위한 가산 투영기반의 다중표적 영상 탐지기법," *감시정찰정보 학술대회*, 2012
- [5] H. Bouma et al, "Automatic Detection of Small Surface Targets with Electro-Optical Sensors in a Harbor Environment," *Proc. SPIE*, Vol. 7114, pp. 1-8, 2008.
- [6] S. Kim, Y. Yang and J. Lee, "Robust Detection of Horizontal Small Targets using Synergistic Spatial Filtering," *Electronics Letters*, Vol. 45, No. 12, June 2009.
- [7] B. Zhang, et al., "Fast New Small-Target Detection Algorithm Based on a Modified Partial Differential Equation in Infrared Clutter," *Optical Engineering*, Vol. 46, No. 10, p. 106401, 2007.