

적응적 구조요소를 이용한 열림 연산자에 의한 적외선 영상 표적 추출

준회원 권혁주*, 정회원 배태욱[°], 김병익*, 이성학*,
김영춘**, 안상호***, 송규익*

Shape Extraction of Near Target Using Opening Operator with Adaptive Structure Element in Infrared Images

Hyuk-Ju Kwon* Associate Member, Tae-Wuk Bae[°], Byoung-Ik Kim*, Sung-Hak Lee*,
Young-Choon Kim**, Sang-Ho Ahn***, Kyu-Ik Sohng* Regular Members

요 약

적외선 영상의 근거리 표적 (near targets)은 표적의 내부영역은 화소 값이 균일하고, 경계 영역은 배경과 인접해 있기 때문에 화소 값 변화가 불균일하다. 이러한 특성에 기초하여 본 논문은 적응적 구조요소 (adaptive structure element)를 이용한 열림 연산자에 의한 적외선 영상 표적 검출 기법을 제안한다. 먼저, 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 (weighted information entropy, WIE)를 이용하여 후보 표적군의 위치와 경계영역을 추출한 후, 이 경계 영역에 대하여 라벨링 연산을 수행하여 대략의 표적 영역을 검출한다. 이 대략의 표적 영역에 대하여 제한한 적응적 구조 요소를 이용한 열림 연산자를 수행함으로써 정확한 표적 모양을 검출한다. 이 구조 요소는 표적 경계 영역에서 필터창의 가중치 정보 엔트로피의 평균값을 계산함으로써 얻어진 표적 경계 폭에 의한 결정된다. 실험 결과로부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 추출 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : Target Extraction, Structure Element, Infrared images, Weighted Information Entropy

ABSTRACT

Near targets in the infrared (IR) images have the steady feature for inner region and the transient feature for the boundary region. Based on these features, this paper proposes a new method to extract the fine target shape of near targets in the IR images. First, we detect the boundary region of the candidate targets using the local variance weighted information entropy (WIE) of the original images. And then, a coarse target region can be estimated based on the labeling of the boundary region. For the coarse target region, we use the opening filter with an adaptive structure element to extract the fine target shape. The decision of the adaptive structure element size is optimized for the width information of target boundary by calculating the average WIE in the enlarged windows. The experimental results show that a proposed method has better extraction performance than the previous threshold algorithms.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 오디오비디오 신호처리 및 자동차전자공학 연구실(fiendcorps@knu.ac.kr, nanninggo@gmail.com) (° : 교신저자)

** 영동대학교 정보통신사이버경찰학과(yckim@youngdong.ac.kr), *** 인제대학교 전자지능로봇공학과(elecash@inje.ac.kr)
논문번호 : KICS2010-12-621, 접수일자 : 2010년 12월 21일, 최종논문접수일자 : 2011년 8월 16일

I. 서론

적외선 탐색 및 추적 (infrared searching and tracking system,IRST)에 있어서 표적 위치 및 표적 정보를 추출하는 것은 매우 중요하다^[1,2]. 적외선 (Infrared, IR) 영상에서 표적 검출 기법은 표적의 배경을 제거하거나 표적의 특성을 이용하여 표적을 추출하는 방법으로 나뉜다. 적외선 영상은 물체가 방출하는 열 복사에너지를 측정하는 적외선 센서 (IR sensor)에 의해 얻어진다. 적외선 영상은 표적의 복사에너지뿐만 아니라 주변의 클러터를 포함하기 때문에 낮은 SNR (signal-noise-ratio)를 가진다. 이러한 적외선 영상의 특성 때문에 표적을 추적하거나 표적의 모양을 추출하는 일은 어려운 일이다. 근거리 표적은 표적의 내부영역은 화소값이 균일하고, 경계 외곽영역은 배경과 인접해 있기 때문에 화소값 변화가 불균일하다. 원거리 소형표적에 적용되는 알고리즘을 근거리 표적에 적용시키기에는 표적의 특성 및 분포가 다르기 때문에 이에 적합한 새로운 알고리즘이 필요하다.

표적과 배경을 분류하기 위하여 Ostu^[3]의 문턱치 분류법을 이용할 수 있다. 이 방법은 영상의 화소값들의 히스토그램 분석함으로써 배경과 표적을 분리할 수 있다. 그러나 이 방법은 표적의 공간적 정보를 사용하지 않으며, 표적 및 배경의 문턱치 설정이 어렵기 때문에 정확하게 표적의 모양을 추출하기 어렵다. 최근 수학적인 형태학 기법인 탐햇 (top-hat) 필터를 이용한 소형 표적 검출이 연구되고 있다^[4-6]. 이 방법들은 고역 통과 필터로서 배경의 클러터는 억압하고 표적은 강화시킨다. 그러나 이 방법은 구조 요소 (structure element)에 의해 표적 추출 성능이 좌우되기 때문에 표적 및 클러터의 특징을 알고 있는 경우에 좋은 성능을 가진다. 또한 원거리 표적에서만 국한되기 때문에 근거리 표적에 적용하기 어렵다.

기존의 적외선 표적 추출은 원거리 표적에 국한되었다. 최근 Ostu 및 형태학적 연산자 (morphological operator)인 탐햇 필터를 응용한 원거리 적외선 표적 추출 기법이 다양하게 연구되었다^[3,16]. 하지만 이러한 기법들을 근거리 표적에 적용할 경우 표적을 정확하게 추출하기 어렵다. 이에 따라 근거리 표적 추출을 위한 형태학적 연산자에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 적응적인 구조 요소를 이용한 열림 연산자 (opening operator)를 이용한 근거리 표적 추출 알고리즘을 제안하였다. 적외선 영상에 대하여 국부 분산 (local variance) 가중치 정보 엔트로피 (weighted information entropy, WIE) 연산을 수행한

후, 이 가중치 정보 엔트로피의 두 문턱치를 이용하여 후보 표적의 위치 및 그 표적 경계 영역을 추출한다. 위치 추정된 표적에 대하여 표적 경계 영역 특성을 고려한 적응적 구조 요소를 선택하고, 이를 이용한 열림 연산자를 적용함으로써 최종 표적 모양을 추출한다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 실제 표적이 포함된 적외선 영상에 대해 기존의 알고리즘과 적용하였다. 그 결과, 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 추출 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

II. 기존의 표적 검출 알고리즘

적외선 영상에서 서로 다른 적외선 복사 (IR radiation) 영역을 가진 소형 표적과 같은 물체는 급격한 화소 값 변화의 형태를 가진다. 이러한 화소 값 변화를 정량적으로 계산하기 위해서 Yang 등^[7-19]은 가중치 정보 엔트로피 (weighted information entropy, WIE)를 제안하였다. p_s 가 화소값 $s(0\sim 255)$ 의 확률이고, \bar{s} 이 적외선 영상의 화소 값의 평균일 경우, 가중치 정보 엔트로피, H 는

$$H(s) = - \sum_{s=1}^{255} (s - \bar{s})^2 \cdot p_s \log p_s \quad (1)$$

와 같다. 비교적 화소 값의 변화가 적은 평탄 배경 영역은 가중치 정보 엔트로피 값이 작으며, 서로 다른 복사 영역을 가진 소형 표적은 화소 값 변화가 크기 때문에 가중치 정보 엔트로피 값이 크다. 식 (1)에서 소형 표적 영역은 영상 전체의 평균 화소 값보다 높은 화소 값을 가지기 때문에 그 가중치 정보 엔트로피 값이 배경 영역보다 높게 나타난다. 적외선 영상에서 임의의 화소 x 에 대하여, 그 화소에 이웃한 m 종류의 화소값 s_1, s_2, \dots, s_m 이 존재할 경우, 각 화소의 확률은 $p_{s_1}, p_{s_2}, \dots, p_{s_m}$ 이다. 임의의 화소에 x 에 대한 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 (local variance WIE)는

$$V(x) = - \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r}(x))^2 \times p_r \log p_r \quad (2)$$

와 같다. 여기서 \bar{r} 는 임의의 화소에 이웃한 m 종류의 화소 값의 평균이다. 그림 1은 원거리 소형 표적과 근거리 표적에 대한 가중치 정보 엔트로피 연산의 결과 영상을 보여준다. 그림 1(b) 및 그림 1(d)에서 밝은 부분이 가중치 정보 엔트로피 값이 높음을 나타낸다. 가

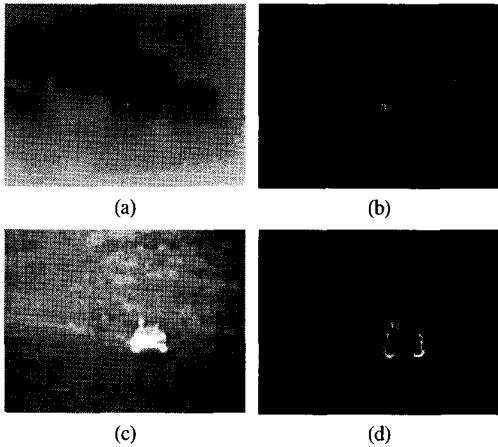


그림 1. (a) 원거리 표적의 원 영상, (b) 원거리 표적의 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 영상, (c) 근거리 표적의 원 영상, 및 (d) 근거리 표적의 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 영상

중치 정보 엔트로피 연산은 그림 1(a)에서 구름 주변의 원거리 소형 표적 (5×5 화소 크기)은 정확하게 추출하였으나, 그림 1(c)에서 근거리 표적 (35×25 화소 크기)은 표적 모양을 추출하지 못하였다. 근거리 표적은 원거리 표적에 비해 크기가 비교적 크기 때문에, 근거리 표적의 내부는 평탄 영역으로서 비교적 높은 화소 값을 가진다. 이로 인해 화소 값 변화가 큰 영역을 추출하는 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 방법은 화소 값 변화가 적은 표적의 내부 영역 보다는 표적의 경계 영역을 검출하기 때문에 근거리 표적 추출에는 부적합하다. 하지만 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 방법은 다양한 크기의 표적 추출에는 부적합하지만, 표적의 공간적인 위치정보를 검출할 수 있다.

수학적 형태학 (mathematical morphology) 기법은 영상과 구조 요소 (structure element, SE)의 상관관계를 이용한 영상 처리 기법이다. 이 기법은 다양한 영상 처리에서 전처리 및 후처리에 널리 사용되고 있으며, 영상의 잡음 제거 및 객체 모양 검출을 위해 사용된다. 최근 수학적 형태학 기법을 활용하여 표적을 추출하는 기법들이 연구되고 있다^{[5], [6]}. 일반적으로 수학적 형태학 기법을 영상 처리에 응용할 경우, 형태학적 연산자 및 구조 요소의 선택이 영상 처리 결과에 큰 영향을 미친다. 대표적인 형태학적 연산자는 팽창 (dilation), 침식 (erosion), 열림 (opening) 및 닫힘 (closing)이 있다^[10]. 입력 영상 f 에 대한 구조 요소 b 의 팽창 및 침식 연산은

$$(f \oplus b)(s) = \max_{(s-x) \in D_f \text{ and } x \in D_b} [f(s-x) + b(x)] \quad (3)$$

$$(f \odot b)(s) = \max_{(s+x) \in D_f \text{ and } x \in D_b} [f(s+x) - b(x)] \quad (4)$$

와 같다. 여기에서 \oplus 은 팽창 연산, \odot 은 침식 연산을 의미한다. 일반적으로 팽창 연산은 영상 내에서 물체 (object)를 확장시키고, 침식 연산은 물체를 축소하는 연산을 수행한다. 여기서 D_f 와 D_b 는 입력 영상 f 및 구조 요소 b 의 영역을 가리킨다. 입력 영상 f 에 대한 구조 요소 b 의 열림 및 닫힘 연산은

$$f \circ b = (f \odot b) \oplus b \quad (5)$$

$$f \bullet b = (f \oplus b) \odot b \quad (6)$$

와 같다. 열림 및 닫힘 연산은 팽창 및 침식 연산의 조합으로 나타난다. 이러한 형태학적 연산자들에 의한

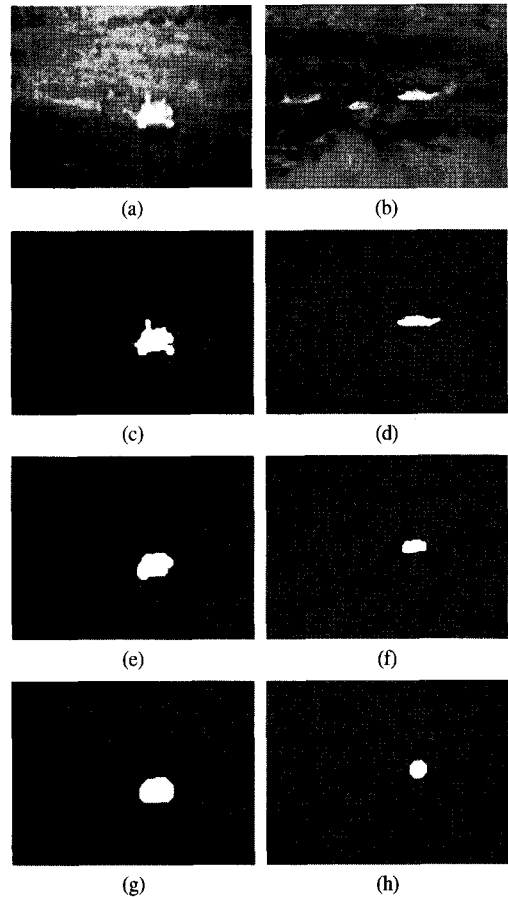


그림 2. 구조 요소의 변화에 따른 결과 영상: (a) 원영상1; (b) 원영상2; (c) radius=2, (e) radius=7, 및 (g) radius=10일 경우 그림 1(a)의 처리 결과; (d) radius=2, (f) radius=7, 및 (h) radius=10일 경우 그림 1(b)의 처리 결과

처리 결과는 구조 요소에 의해 영향을 받으며, 이 구조 요소는 부영상(sub-image)으로써 그 모양 및 크기가 다양하다. 구조 요소는 시뮬레이션 툴인 매트랩(matlab)에서 strel 함수로 정의되며, strel('disk', radius)로 표현된다. 여기서 disk는 구조 요소의 모양이 디스크 모양임을 나타내며, radius는 중심에서 외곽까지 반경을 의미한다. 그림 2는 적외선 영상에 대해 구조 요소가 디스크 모양일 경우 반경의 차이에 따른 결과 영상을 비교한 그림이다. 그림 2(a) 및 그림 2(b)는 표적을 포함한 적외선 영상이며, 그림 2(c), 2(e), 및 2(g)는 그림(a)에 대하여 각각 디스크 모양의 반경을 2, 7, 및 10으로 설정한 열림 연산자에 의한 처리 결과들이며, 그림 2(d), 2(f), 및 2(h)는 그림(b)에 대하여 각각 디스크 모양의 반경을 2, 7, 및 10으로 설정한 열림 연산자에 의한 처리 결과들이다. 형태학적 연산자를 표적 추출에 응용할 경우, 표적에 적합한 구조 요소의 모양 및 크기 선택이 처리 결과에 큰 영향을 미친다.

III. 제안한 표적 추출 알고리즘

본 논문에서는 적응적 구조 요소를 이용한 열림 연산자에 의한 근거리 표적 추출 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 적외선 영상에서 후보 표적 검출, 최종 표적 결정, 및 최종 표적에 대한 후처리 세 단계로 나뉘고, 전체 블록도는 그림 3과 같다. 먼저 공간적 표적의 위치 및 그 경계 영역을 검출하기 위하여 국부 분산 가중치 정보 엔트로피(local variance WIE) 연산을 수행한다. 즉, 5×5 필터링 창 주위의 국부 분산 가중치 정보 엔트로피 연산을 수행하여 가중치 정보 엔트로피 영상을 만든 후, 문턱치를 이용하여 후보 표적 위치 및 표적 경계 영역을 검출한다. 이후 8×8 화소 크기의 블록을 이용하여 표적 위치 및 경계 영역을 블록화한다. 후보 표적 위치 및 경계 영역 블록에 라벨링 처리를 수행하여, 블록화 과정 중 포함되지 않은

표적 내부 영역은 표적 경계와 같은 라벨링을 수행한다. 이후, 표적 모양을 정밀하게 추출하기 위하여 열림 연산자를 이용하며, 이때 사용되는 열림 연산자의 구조 요소는 표적 모양을 정확하게 추출하기 위하여 표적 크기에 적응적으로 선택된다.

3.1 후보 표적 탐색

먼저 $M \times N$ 크기의 적외선 영상에서의 화소 $I(i, j)$ ($1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N$)를 중심으로 5×5 화소 크기 창을 이용하여 가중치 연산 엔트로피 영상, $I_{WIE}(i, j)$ 를 만든다. 이 가중치 연산 엔트로피 영상을 이용하여 후보 표적의 경계 영역 및 표적 위치 검출을 위한 2가지의 문턱치를 설정한다. 후보 표적의 경계(외곽)영역을 검출하기 위한 첫 번째 문턱치, Th_b 는

$$Th_b = \mu + \alpha\sigma \quad (7)$$

와 같다. 여기서 μ 및 σ 는 $I_{WIE}(i, j)$ 영상의 평균 및 표준편차를 나타내며, α 는 표준편차의 가중치를 결정하는 상수이며, 실험적으로 7을 사용한다. 후보 표적의 위치를 검출하고, 주변 클러스터 제거를 위한 두 번째 문턱치, Th_t 는

$$Th_t = \beta \times W_{max} \quad (8)$$

와 같다. 여기서 W_{max} 는 $I_{WIE}(i, j)$ 의 최대 화소값을 나타내며, β 는 W_{max} 의 가중치를 결정하는 상수이며, 실험적으로 0.9를 사용한다. 가중치 정보 엔트로피 영상에 식 (7)의 문턱치를 적용한 후보 표적의 경계 영역 검출 영상은 그림 4(a)이며, 식 (8)의 문턱치를 적용한 후보 표적의 위치 검출 영상은 그림 4(c)와 같다. 일반적으로 식 (7)의 문턱치가 식 (8)의 문턱치보다 낮기 때문에 후보 표적의 경계 영역 검출 영상이 후보 표적의 위치 검출 영상 보다 더 많은 클러스터를 포함하지만, 표적 경계 영역을 더 많이 포함할 수 있다. 그림 4(a)는 근거리 표적에 대해 클러스터들이 많이 포함되었지만, 후보 표적의 경계 영역을 정확하게 검출한 것을 볼 수 있고, 4(c)는 표적일 가능성이 높은 후보 표적의 위치가 근사하게 검출된 것을 볼 수 있다. 그림 4(a) 및 4(c) 영상에 대하여 화소들의 상관관계를 높이기 위하여, 블록화를 수행하였다. 즉, 8×8 화소 블록 안에 식 (7) 및 식 (8)의 문턱치 보다 높은 가중치 정보 엔트로피 값이 존재할 경우 그 블록은 255로 설정하고, 나머지 블록은 0으로 설정한다. 그림 4(b) 및 4(d)

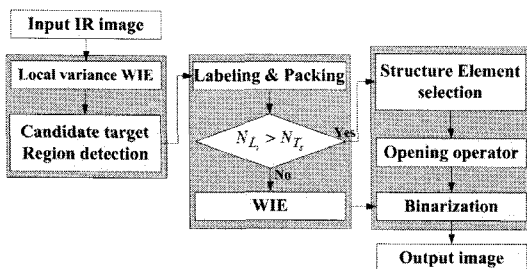


그림 3. 표적 추출을 위한 제안한 방법의 전체블록도

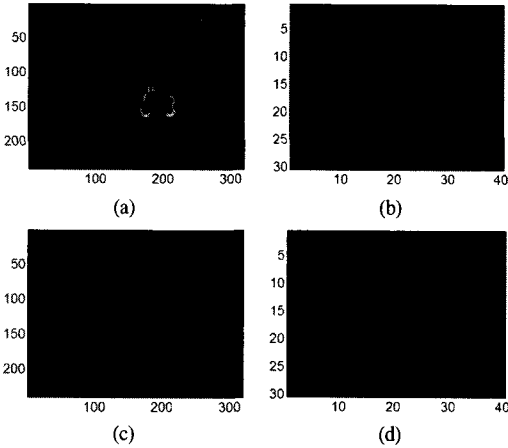


그림 4. 후보 표적군의 영역: (a) 후보 표적의 경계 영역 검출 영상, (b) 그림(a)의 블록 영상 $I_b(x, y)$, (c) 후보 표적의 위치 검출 영상, (d) 그림(a)의 블록 영상 $I_l(x, y)$

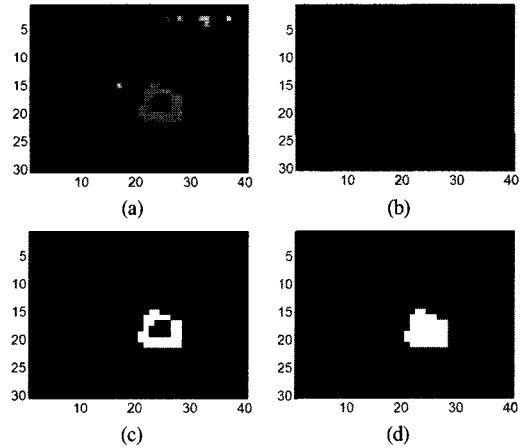


그림 5. 표적 블록의 추출 (a) 집합 L_b 를 적용한 블록 영상, (b) 집합 L_l 를 적용한 블록 영상, (c) 집합 L_b 및 집합 L_l 의 공통 블록 영상, 및 (d) 그림(c)의 내부를 채운 표적 추출 영상

에서처럼 식 (7)의 문턱치에 의한 블록 영상을 $I_b(x, y)$, 식 (8)의 문턱치에 의한 블록 영상을 $I_l(x, y)$ 로 나타낸다. 여기서 이 두 블록 영상의 범위는 $1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N$ 이다.

3.2 후보 표적 영역의 탐색

위 단계에서 검출된 후보 표적의 블록들 중에서 최종 표적을 찾기 위한 단계로서, 후보 표적의 경계 영역 검출 영상 및 후보 표적의 위치 검출 영상의 블록 영상들, $I_b(x, y)$ 및 $I_l(x, y)$ 에 라벨링 처리를 수행한다. 후보 표적의 경계 영역의 라벨링과 후보 표적 위치의 라벨링이 중첩되면, 실제 표적일 가능성이 높다고 가정하였다. $I_b(x, y)$ 에서 m 개의 라벨링된 블록 집합 L_b 는

$$L_b = L_1, L_2, L_3, \dots, L_m \quad (9)$$

와 같다. 동일한 방법으로 영상 $I_l(x, y)$ 에서 n 개의 라벨링된 블록 집합 L_l 는

$$L_l = L_1, L_2, L_3, \dots, L_n \quad (10)$$

와 같다. 두 집합 L_b 및 L_l 의 공통 블록의 라벨링, L_i 는

$$L_b \cap L_l = \{L_i\} \quad (11)$$

와 같다. 공통 블록의 라벨링들은 표적일 확률이 가장 높은 블록이 된다. 그림 5는 이러한 라벨링 처리에 의한 표적 블록을 추출한 영상을 나타낸다. 그림 3에서처럼 만약 이 공통 블록의 라벨링 개수 N_{T_s} 가 라벨링

문턱치 $N_{T_s} = 4$ 보다 크면, 표적은 근거리 표적으로 간주되고, 제한한 적응적 구조 요소를 적용한 열림 연산자를 적용하고, 그렇지 않다면 원거리 표적으로 간주되어 구부 분산 가중치 정보 엔트로피 방법만 적용한다.

그림 5(a)는 그림 4(b)의 블록 영상, $I_b(x, y)$ 에 대하여 집합 L_b 를 적용한 블록 영상이고, 5(b)는 그림 4(d)의 블록 영상, $I_l(x, y)$ 에 대하여 집합 L_l 를 적용한 블록 영상이다. 그림 5(c)는 집합 L_b 및 집합 L_l 의 공통 블록 영상이고, 그림 5(d)는 그림 5(c)의 내부를 채운 표적 추출 영상이다. 그림 5(d)의 영상 좌표 (x, y) 를 원 영상 좌표 (i, j) 로 환산한 영역이 표적 영역이 된다. 표적 영역이 검출되면, 그림 4(a)에서 얻어진 표적 경계 영역의 특징을 고려하여 적응적 구조 요소를 이용한 열림 연산자가 표적 영역에 적용된다.

3.3 적응적 구조요소를 이용한 열림 연산자

최근에 표적 검출에 응용하기 위하여 탑햇(top-hat) 필터가 연구되어졌다^{4,6}. 하지만 이 방법은 원거리 표적에 대해서만 연구되어졌고, 근거리 표적에 대해서는 아직 연구되지 않았다. 특히 근거리 표적 모양 및 크기에 대해서는 연구되지 않았기 때문에 이러한 형태학적 연산자를 근거리 표적에 적용할 경우 표적 모양 추출이 어렵다. 형태학적 연산자들 중 열림 연산자(opening operator)의 구조 요소가 실제 표적 크기보다 큰 경우, 침식(erosion) 연산 과정에서 실제 표적 모양을 변형시킨다. 반면에 열림 연산자의 구조 요소가 실제 표적 크기보다 작은 경우, 팽창(dilation) 연산 과정에서 실제 표적의 경계 영역을 부정확하게 검출하는 단점을 야기시킨다. 따라서 표적에 적합한 구

조 요소를 선택하기 위해서는 표적의 경계 영역 특성을 파악해야 한다. 그림 6은 가중치 정보 엔트로피 연산을 이용한 그림 4(a)의 표적 경계 검출 영상을 확대한 영상이다. 근거리 표적의 경우 표적 경계에서 가중치 정보 엔트로피 값이 높기 때문에 가장 높은 가중치 정보 엔트로피 값을 가지는 화소 위치 (x_m, y_m) 를 이용하여 표적의 경계 영역 특성을 파악하고, 표적 경계를 정확히 추출하는 구조 요소를 선택하고자 한다.

표적 내부 영역은 화소 값이 높은 평탄 영역이며, 표적 경계 영역은 배경 영역과 인접해 있기 때문에 화소 값의 변화폭이 큰 복잡 영역이다. 이러한 특성에 근거하여 표적 경계 영역에서의 폭 정보를 구조 요소 선택에 이용할 수 있다. 이후 이 선택된 구조 요소를 이용한 열림 연산자를 적용하여 표적 모양을 정확히 추출할 수 있다. 이와 같은 적응적 구조 요소를 선택하기 위한 블록도는 그림 7과 같다.

표적 경계 영역은 화소 값의 변화폭이 크기 때문에 표적 경계 영역에서 가장 높은 가중치 정보 엔트로피 값을 가지는 화소 위치 (x_m, y_m) 를 중심으로 하는

$(2k+1) \times (2k+1)$ 크기의 국부 창 W 를 사용한다. 여기서 k 의 초기값은 1로 설정한다. 이 국부 창 W 는 (x_m, y_m) 를 중심으로 표적 경계 영역의 특성을 파악하는데 이용된다. 먼저 국부 창 W 의 가중치 정보 엔트로피 값의 평균, wm_k 를 계산한 후, 국부 창 W 의 크기를 설정하기 위한 문턱치, Th_{se} 는

$$Th_{se} = \gamma \times WIE_{(x_m, y_m)} \quad (12)$$

와 같다. 여기서 $WIE_{(x_m, y_m)}$ 는 (x_m, y_m) 에서의 최대 가중치 정보 엔트로피 값이며, γ 는 $WIE_{(x_m, y_m)}$ 의 가중치이며, 실험에 의해 얻어진 값으로 0.4로 정한다. wm_k 이 Th_{se} 보다 크다면 표적의 경계 영역에서 가중치 정보 엔트로피 값의 변화폭이 크기 때문에 국부 창 W 의 크기를 계속 증가시킨 후, 국부 창 W 의 wm_k 이 식 (12)의 문턱치보다 작다면 그 때의 국부 창 W 의 크기 k 를 표적 영역에 적용할 열림 연산자의 구조 요소로 선택한다.

IV. 실험 및 고찰

제안한 근거리 표적 추출 방법에 대한 성능을 컴퓨터 시뮬레이션으로 확인하였다. 그림 8은 8 bit 320×240 크기의 실험 영상들 (실험영상1(A), 실험영상2(B) 및 실험영상3(C))이다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 기존 알고리즘 중 Ostu 방법 및 탐헛 필터를 사용하였다. 그림 9는 실험영상들에 대해 제안한 방법 및 기존 방법들을 이용한 결과 영상들이다.

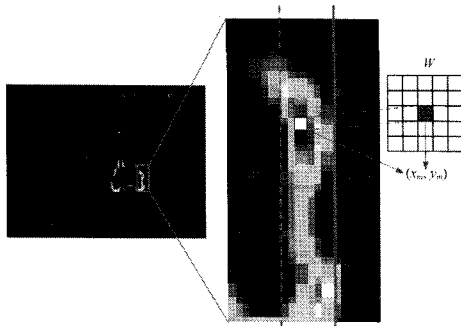


그림 6. 표적 경계 영역 확대 영상

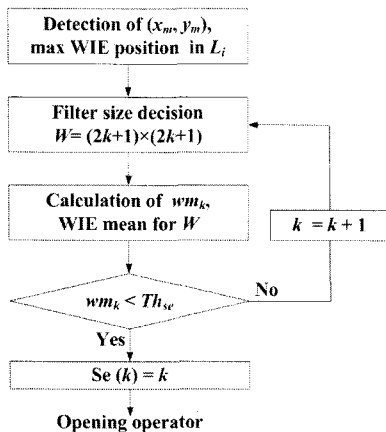


그림 7. 열림 연산자의 구조 요소 선택을 위한 블록도

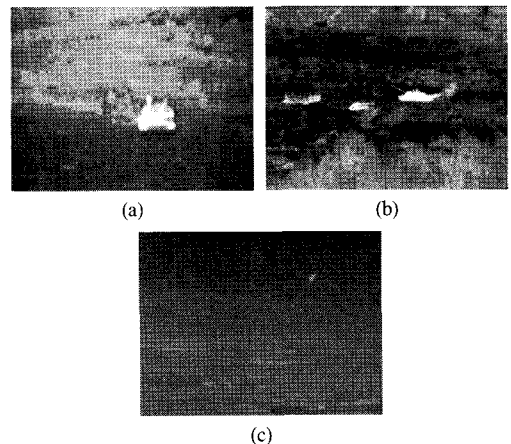


그림 8. 실험에 사용된 근거리 표적의 (a) 실험영상1(A), (b) 실험영상2(B) 및 실험영상3(C)

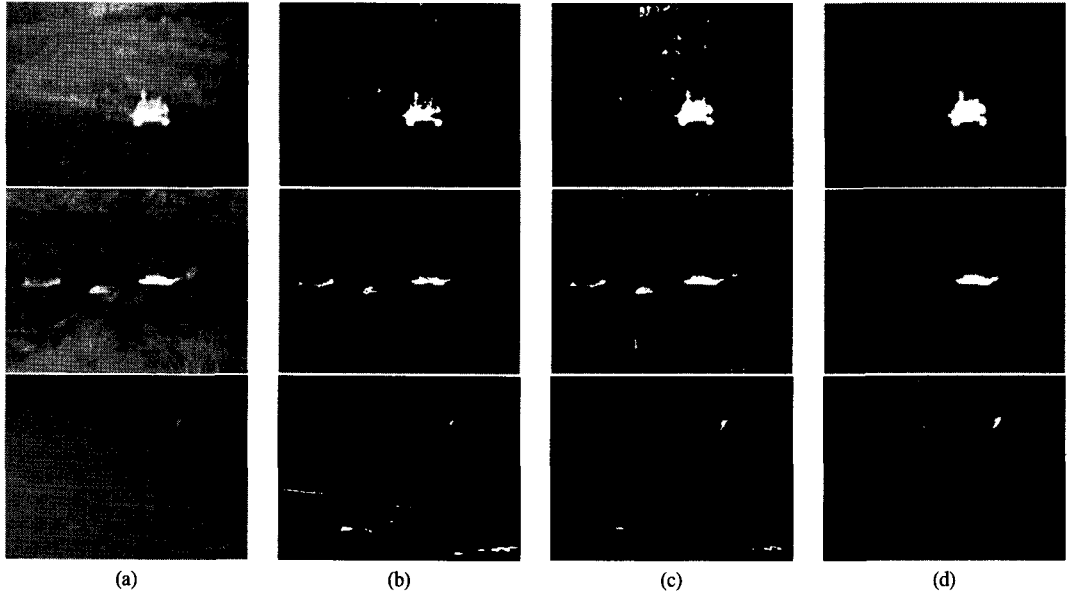


그림 9. (a) 실험영상 (A, B, 및 C)에 대한 (b) 2D Otsu 방법, (c) 탑햇 필터, 및 (d) 제안한 방법에 의한 결과 영상

그림 9(a)는 실험영상들이고, 그림 9(b), 9(c), 및 9(d)는 각각 실험영상들에 대한 2D Otsu 방법, 탑햇 필터, 및 제안한 방법에 의한 결과 영상들이다. 탑햇 필터의 구조는 실험영상1(A)에 대하여 strel ('disk', 8)를, 실험영상2(B) 및 실험영상3(C)에 대하여 strel ('disk', 5)를 사용하였다. 2D Otsu 방법의 결과 영상의 경우 표적 추출 성능이 상당히 낮고, 표적으로 오인되는 클러스터 또한 많이 발생하였음을 볼 수 있다. 또한 탑햇 필터의 결과 영상의 경우 표적 추출 성능은 높지만, 클러스터가 많이 발생하였음을 볼 수 있다. 하지만 제안한 방법의 결과 영상의 경우 클러스터 없이 표적 영역만 추출하였음을 볼 수 있다.

제안한 방법의 객관적 성능 비교를 위하여 검출 확률 P_d 및 오경보수 F_a ^[11]는

$$P_d = \frac{N_d}{N_t}, \quad F_a = \frac{N_f}{N_{frame}} \quad (13)$$

와 같다. 여기서 N_d 및 N_t 는 검출된 표적 화소 수 및 실제 표적 화소 수를 의미하고, N_f 및 N_{frame} 는 표적으로 오인된 화소 수 및 프레임 수를 의미한다. 실험에서 사용된 적외선 영상은 단일 프레임이므로 $N_{frame} = 1$ 이다. 표 1은 그림 9에 대한 기존 방법 및 제안한 방법의 객관적 성능 비교를 나타낸다. 실험 영상에 대해 2D Otsu 방법의 경우 검출 확률이 현저히 낮고, 오경보수가 매우 높음을 알 수 있다. 탑햇 필터

의 경우 검출 확률은 비교적 높으나 오경보수가 높음을 볼 수 있다. 하지만 제안한 방법의 경우 높은 검출 확률에 비해 오경보수가 현저히 낮음을 알 수 있다. 따라서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 표적 추출 성능이 뛰어난 것을 확인하였다.

표 1. 기존 방법 및 제안한 방법의 객관적 성능 비교

	A		B		C	
	P_d [%]	F_a	P_d [%]	F_a	P_d [%]	F_a
2D Otsu method	65.24	102	66.32	789	48.52	1325
Top-hat method	89.65	686	88.54	1012	91.20	335
Proposed method	93.21	51	92.52	65	93.23	29

V. 결 론

본 논문에서는 근거리 표적 추출을 위해서 적응적 구조 요소를 이용한 열림 연산자를 제안하였다. 표적 위치 및 표적 경계 영역을 추출하기 위하여 먼저 국부 분산 기중치 정보 엔트로피 연산을 수행한 후, 이 국부 분산 기중치 정보 엔트로피의 두 문턱치를 이용하여 표적 위치 및 표적 경계 영역에 대한 정보를 얻는다. 이렇게 추정된 표적 위치 및 표적 영역에 대하여 표적 모양을 정확히 추출하기 위하여 표적 경계 영역

의 가중치 정보 엔트로피의 분포를 조사한 후, 이를 고려한 적응적 구조 요소를 이용한 열림 연산자를 표적 영역에 적용하여 최종 표적을 추출한다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 실제 표적이 포함된 적외선 영상에 대해 기존 방법과 비교하였다. 그 결과로서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 표적 추출 성능이 뛰어난을 확인하였다.

참 고 문 헌

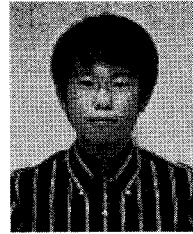
- [1] A. D. Jong, "IRST and Its perspective," *Proc. of SPIE 2552*, pp.206-213, 1995.
- [2] W. L. Wolfe, "Introduction to Infrared System Design," *SPIE Optical Engineering Press*, Washington, 1996.
- [3] N. Ostu, "A Threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, Vol.9, No.1, pp.62-66, Sep. 1979.
- [4] P. Jackway, "Improved morphological Top-hat," *IEEE Electron. Lett.*, Vol.36, No.14, pp.1194-1195, July 2000.
- [5] M. Zeng, J. Li, and Z. Peng, "The design of top-hat morphological filter and application to infrared target detection," *Infrared Physics & Technology*, Vol.42, No.15, pp.857-859, July 2006.
- [6] X. Bai and F. Zhou, "Infrared small target enhancement and detection based on modified top-hat transformations," *Computers & Electrical Engineering*, Vol.36 No.5, pp.101-105, June 2010.
- [7] L. Yang, J. Yang, and K. Yang, "Adaptive detection for infrared small target under sea-sky complex background," *Electron. Lett.*, Vol.40, No.17, pp.1083-1085, Aug. 2004.
- [8] L. Yang, Y. Zhou, J. Yang, and L. Chen, "Variance WIE based infrared images processing," *Electron. Lett.*, Vol.42, No.15, pp.857-859, July 2006.
- [9] L. Yang, J. Yang, and J. Ling, "New criterion to evaluate the complex degree of sea-sky infrared backgrounds," *Opt. Eng.*, Vol.44, No.12, pp.126401-126405, Dec. 2005.
- [10] C. Gonazalez, E. Woods, and L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*, Prentice-

Hall, 2004.

- [11] U. Braga-Neto, M. Choudray, and J. Goutsias, "Automatic target detection and tracking in forward-looking infrared images sequences using morphological connected operators," *J. Electron. Imaging*, Vol.13, No.4, pp.802 - 812, 2004.

권혁주 (Hyuk-Ju Kwon)

준회원



2010년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
2010년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 석사과정
<관심분야> Audio 및 Video 공학, 색재현 공학

배태욱 (Tae-Wuk Bae)

정회원



2004년 2월 경북대학교 전자공학과
2006년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
2010년 8월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사
2010년 9월~현재 경북대학교

전자전기컴퓨터학부 박사 후 연구원
<관심분야> 적외선 영상처리, 신호처리

김병익 (Byoung-Ik Kim)

정회원



2004년 2월 동양대학교 전자공학과 졸업
2008년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
2008년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정
<관심분야> 신호처리, 영상처리, 영상통신

이 성 학 (Sung-Hak Lee)

정회원

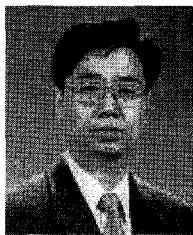


1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
1999년 2월~2004년 6월 LG 전자 영상제품연구소 선임연구원

2008년 2월 경북대학교 전자공학과 박사
2008년 3월~2009년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 초빙교수
2009년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 BK 계약교수
<관심분야> Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리, 색재현 공학

김 영 춘 (Young-Choon Kim)

정회원



1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1993년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
1997년 2월 경북대학교 전자공학과 박사
1998년 2월~현재 영동대학교

정보통신사이버경찰학과 교수
<관심분야> 컴퓨터 구조, 데이터 통신, 프로그래밍

안 상 호 (Sang-Ho Ahn)

정회원



1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1988년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
1992년 2월 경북대학교 전자공학과 박사
1993년 3월~현재 인제대학교

전자지능로봇공학과 교수
<관심분야> 영상공학, 로봇공학, 데이터 통신

송 규 익 (Kyu-Ik Sohng)

정회원



1975년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1977년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
1990년 2월 TOHOKU UNIV. 전자공학과 박사
1995년 3월~현재 경북대학교

전자전기컴퓨터학부 교수
<관심분야> Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리, 색재현 공학