

# 다중 해상도 영상에서 페이스트 모델을 이용한 초소형 표적 검출

## Small Target Detection in Multi-Resolution Image Using Facet Model

박지환\*, 이민우\*, 이철원\*\*, 주재흠\*\*\*, 남기곤\*

Ji-Hwan Park\*, Min-Woo Lee\*, Chul-Hun Lee\*\*, Jae-Heum Joo\*\*\*, Ki-Gon Nam\*

### 요약

본 논문은 다중 해상도 영상에서 3차 페이스트 모델을 이용하여 적외선 영상의 원거리에 위치하고 있는 초소형 표적의 위치와 크기를 검출하기 위한 방법을 제안한다. 먼저, 원 영상을 점차 축소하여 여러 단계의 다중 해상도의 영상들로 구성한다. 각 단계에서의 다중 해상도 영상들에 대해 페이스트 모델과 국부 극대 조건을 적용하여 초소형 표적의 위치를 검출한다. 다중 해상도 영상에서 각 페이스트 모델의 국부 극대값을 의미하는  $D_2$  값 중 최대 크기를 가지는 위치를 표적의 위치라고 평가한다. 이 경우 각 단계의 다중 해상도 영상들에 대해 크기가 다른 표적의 검출이 가능하게 된다. 본 논문에서 제안한 초소형 표적 검출 방법은 초소형 표적이 있는 다양한 적외선 영상에서 실험하였다. 기존의 페이스트 모델을 이용한 방법에서는 하나의 마스크만 적용시킨 것에 반해 제안된 방법은 하나의 마스크를 다중 해상도 영상에서 적용하였다. 고정된 마스크를 다중 해상도 영상에 적용함으로써 마스크의 크기를 달리하는 효과를 확인하였고 그에 따라 검출하는 표적의 크기도 다름을 확인하였다. 이를 이용해서 표적의 위치뿐만 아니라 크기도 검출할 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we propose the technique to detect the location and size of the small target in multi-resolution image using cubic facet model. The input image is reduced by the multi-resolution and we obtain the multi-resolution images. We apply the facet model and the local maxima conditions to the multi-resolution images of each level. And then, we detect the location of the small target. We estimate that the location at the maximum of the  $D_2$  which means the local maxima value of the facet model in the multi-resolution images is the location of the small target. We can detect the small target of the various size about the multi-resolution images of each level. In this paper, we experimented in the various infrared images with the small target. The method using the typical facet model applies a mask. However, the proposed method applies a mask in the multi-resolution images. We verified to vary the mask size and differ the size of the small target. The proposed algorithm can detect the location and size of the small target.

**Keywords** : Small target, Facet Model, Multi-Resolution, Local Maxima, Infrared image

### I. 서론

적외선 영상에서 초소형 표적의 검출 기법은 산업 분야에서부터 군사 응용까지 광범위한 분야에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 특히 군사 부분에서는 현대의 전투 양상이 진화함에 따라서 적기 및 적함의 사전 검출과 그에 따른 조기 대응 수단 강화를 위해 원거리에 위치한 초소형 표적 검출 기술의 중요성이 커지고 있는 추세이다. 초소형 표적이라고 하면 통상 3x3에서 9x9까지의 크기를 가지지만 영상이 큰 경우에는 영상 크기의 0.15%까지를 초소형 표적이라고 정의한다[1]

표적이 멀리 있는 경우에는 크기가 작게 보일 뿐만 아니라 밝기도 약하게 나타난다. 가까이 있을수록 표적의 크기는 크고 밝기도 밝게 나타난다. 다양한 크기의 표적들을 검출하는 것은 어려운 일이다. 배경에 클러터가 많은 경우에는 더 어렵게 된다.

오늘날까지 초소형 표적 검출에 관한 연구 방법은 두 분류로 나누어 진행되어 왔다. 그 방법들은 하나의 프레임에서 검출하는 방법과 다중 프레임에서 움직이는 표적을 검출하는 방법이다. 실제로 다중 프레임에서의 이동 표적 검출은 가끔 불연속적인 정보들 때문에 일관성이 없다. 또한 시간 소비가 많아서 실시간 검출에 어려움이 많았다. 그래서 하나의 프레임에서의 소형 표적 검출은 화제가 되었고 적절한 해결책이 되었다. 하나의 프레임에서의 검출 결과가 좋다면 다중 프레임에서는 더 좋은 결과를 얻을 수 있기 때문이다.

적외선 영상에서 검출되는 소형 표적들은 대부분 둥근 모양을 하고 일반적으로 주변 픽셀보다 밝다. 표적 검출의 전통적인 방

\* 부산대학교 \*\*부산정보대학 \*\*\*부산가톨릭대학교

투고 일자 : 2011. 3. 21 수정완료일자 : 2011. 4. 21

계재확정일자 : 2011. 4. 30

법은 배경 클러터를 줄이는데 만 초점이 맞추어져 있었다. 해상 영상에는 구름과 파도가 잡음으로 많이 작용하게 되기 때문에 필터를 사용하는 방법들이 많이 사용되어져 왔다. 대표적인 방법들로 평균 삭감 필터(Mean Subtraction Filter)[2], 연결 필터(Matched Filter)[3], 최소 평균 자승 필터(LMS Filter)[4] 등의 선형 필터와 중간값 삭감 필터(Median Subtraction Filter)[5] 등의 비선형 필터를 사용하는 방법들이 있다. 이러한 필터들은 배경 클러터를 줄이는 데는 효과가 있지만 필터를 고정함으로써 표적의 모양과 같은 필터 모양이 되지 않으면 검출이 잘 되지 않는 경우가 많았다. 그리고 다양한 크기의 물체가 있는 경우에 고정된 필터의 사용은 한계가 있다는 것을 보여주었다.

표적의 크기에 따른 검출 문제를 해결하기 위해서 다중 스케일 방법이 제안되었다. 다중 스케일 웨이블릿 변환에 기반 한 표적 검출 방법[6]이 있다. 다중 스케일 영상은 클러터에서 표적을 구별할 수 있는 구조적 정보를 제공한다. 하지만 계산이 복잡하고 표적의 정확한 크기와 위치 정보는 획득하지 못한다. 다른 방법은 템플릿 매칭을 사용한 다중 스케일 소형 표적 검출 방법[7]이 있다. 표적과 배경의 비율이 최대가 되는 표적 템플릿들을 사용한다. 최근에는 웨이블릿 영역에서 SVM(Support Vector Machine)을 사용하는 방법[8]이 있다. 웨이블릿 변환이나 다중 템플릿을 사용하는 검출 방법들은 다양한 크기의 소형 표적 검출이 가능한 것을 보여준다. 하지만 이러한 방법들도 성능은 좋지만 정확한 크기는 획득하지 못하고 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 초소형 표적 검출의 효율성을 향상시키기 위해서 시간 영역에서의 페이스잇 모델을 이용한 방법을 사용한다. 페이스잇 모델을 이용하여 초소형 표적의 위치를 검출할 뿐만 아니라 다중 해상도 영상을 사용함으로써 그 크기 정보까지 획득한다. 크기 정보를 이용하여 현 위치에서의 거리 및 다중 프레임에서의 속도 측정 등 향후 많은 부분에 응용될 수 있다.

본 논문에서는 페이스잇 모델과 국부 극대 조건을 이용하여 초소형 표적의 위치를 검출한다. 그리고 다중 해상도 영상을 이용하여 표적의 크기 정보까지 획득하는 방법을 제안한다.

## II. 페이스잇 모델

Haralick의 페이스잇 모델 [9]은 연속적인 모호한 그레이 밝기 값의 면을 샘플링 함으로서 유도되는 디지털 영상을 모델링하는 것이다. 페이스잇 모델은 에지 검출, 배경 정규화부터 코너, 커브 등을 포함하는 영상 분할에까지 사용된다. 본 연구에서는 표적이 밝고 주변이 어두운 영상에 대해 표적의 위치를 검출하기 위해서 국부 극대 값을 이용하려고 한다. 본 논문에서는 국부 극대 값을 찾기 위한 에지 검출의 방법으로서 페이스잇 모델을 도입하였다. 페이스잇 모델은 이산 직교 다항식을 각 향으로 가지는 3차 함수로 근사화 된다.

### 2.1 이산 직교 다항식

크기가 N인 이산 직교 다항식(DOP, Discrete Orthogonal Polynomial)의 기본 set은 차수가 0에서 N-1차 항까지로 구성된다. [10]

입력 set R이  $-r \in R, r \in R$ 이라는 조건을 만족한다면, 이산 직

교 다항식  $P_n(r)$ 은 n차의 다항식으로 나타나고, n이 0~4까지는 식(1)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} P_0(r) &= 1 \\ P_1(r) &= r \\ P_2(r) &= r^2 - \frac{\mu_2}{\mu_0} \\ P_3(r) &= r^3 - \frac{\mu_3}{\mu_2}r \\ P_4(r) &= r^4 + \frac{(\mu_2\mu_4 - \mu_0\mu_6)r^2 + (\mu_2\mu_6 - \mu_4^2)}{\mu_0\mu_4 - \mu_2^2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\mu_k = \sum_{s \in R} s^k$$

이 때  $\mu_k$ 는 입력 set들의 선형적인 합을 의미한다.

5차 이상의 다항식은 이전의 다항식을 이용해서 반복적으로 생성할 수 있다. 식(2)는 반복적으로 구할 수 있는 5차 이상의  $P_n(r)$ 을 표현한 것이다.

$$\begin{aligned} P_{n+1}(r) &= rP_n(r) - \beta_n P_{n-1}(r) \\ \beta_n &= \frac{\sum_{r \in R} r P_n(r) P_{n-1}(r)}{\sum_{r \in R} P_{n-1}(r)^2} \end{aligned} \quad (2)$$

### 2.2 3차 페이스잇 모델

3차 페이스잇 모델은 영상의 주변에 모호한 그레이 레벨의 밝기 값을 가지는 면이 두 개의 변수를 갖는 3차 함수에 의해 근사화 될 수 있다고 가정한다. 2차원 이산 직교 다항식의 기본 set은 1차원 이산 직교 다항식 2개의 텐서곱으로 생성된다. 페이스잇 모델은 이산 직교 다항식의 3차 함수로 근사화 된다고 했기 때문에 2차원 이산 직교 다항식 생성 시 발생하는 항 중에서 3차까지의 항으로 표현된다. 예를 들어,  $R = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$ 이고  $C = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$ 이라고 할 때, R과 C의 텐서곱으로 생성되는 3차 함수를 위한 이산 직교 다항식의 set은 다음과 같다.

$$R \times C = \left\{ 1, r, c, r^2 - 2, rc, c^2 - 2, r^3 - (17/5)r, \right. \\ \left. (r^2 - 2)c, (c^2 - 2)r, c^3 - (17/5)c \right\} \quad (3)$$

이와 같은 이산 직교 다항식의 set을 사용해서 3차 페이스잇 모델을 구성할 수 있고 식(4)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} f(r, c) &= K_1 + K_2 r + K_3 c + K_4 (r^2 - 2) + K_5 rc \\ &+ K_6 (c^2 - 2) + K_7 (r^3 - \frac{17}{5}r) + K_8 (r^2 - 2)c \\ &+ K_9 r(c^2 - 2) + K_{10} (c^3 - \frac{17}{5}c) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $K_i$ 는 이산 직교 다항식으로 표현되는 3차 함수의 계수들이고 이 때,  $i = 1, \dots, 10$ 을 나타낸다. 이 계수들은 least-squares surface fitting과 다항식의 직교 특성에 의해 결정되고 아래의 식으로 표현된다.

$$K_i = W_i \cdot I(r, c) \quad (5)$$

식(5)의  $K_i$ 는 영상의 밝기 값의 선형적인 함으로서 계산되어진다. 여기서  $I(r, c)$ 는 영상의 (r,c)위치에서 밝기 값을 의미하고  $W_i$ 는 가중치로서 식 (6)과 같이 표현된다.

$$W_i = \frac{\sum_{(r,c) \in S_i} g_i(r,c)}{\sum_{(r,c) \in S_i} g_i^2(r,c)} \quad (6)$$

위의 식(6)에서  $g_i$ 는 이산 직교 다항식의  $i$ 번째 set을 표현한 것이다.

### 2.3 표적의 위치 검출

3차 페이지 모델에서 각 주어진 픽셀에 관한 페이지의 중심은 위의 식(4)에서 보여준 것처럼 일반적인 형태에서 2개의 변수를 갖는 3차 함수에 의해 근사 화 된다. 중심점 (r,c) 주변에서 row 와 column 방향으로 2차 미분함으로써 아래와 같은 2차 방향 계수가 구해진다.

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial r^2} & \frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial r \partial c} \\ \frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial r \partial c} & \frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial c^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2K_1 & K_5 \\ K_5 & 2K_6 \end{pmatrix} \quad (7)$$

이 2차 미분에 의한 계수로 가중치 마스크를 구하면 다음과 같다.

$$W_1 = \frac{1}{70} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$W_5 = \frac{1}{100} \begin{bmatrix} 4 & 2 & 0 & -2 & -4 \\ 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -4 & -2 & 0 & 2 & 4 \end{bmatrix}, \quad W_6 = W_1^T$$

위의 마스크로 컨볼루션 한 결과에서 국부 극대 조건에 따라서 표적의 위치를 찾는다. 판별식은 식(9)과 같고 국부 극대 조건은 식(10)과 같다.

$$D_1 = 2K_1, \quad D_2 = 4K_1K_6 - K_5^2, \quad D_3 = 2K_6 \quad (9)$$

$$D_1 < 0, \quad D_2 > 0, \quad D_3 < 0 \quad (10)$$

페이지 모델을 이용한 표적의 위치 검출 알고리즘은 다음의 4 단계로 정리할 수 있다.

Step 1. 위의 식(8)의  $W_1, W_5, W_6$ 을 이용하여 원영상과의 컨볼루션을 통해  $K_1, K_5, K_6$ 를 계산한다.

Step 2. 식(10)의 국부 극대 조건을 이용해서 표적 후보인지 아닌지 결정한다.

Step 3. 위의 Step 1과 Step 2를 반복하여 모든 픽셀에서 표적 후보 픽셀을 찾는다.

Step 4. 임계 값을 이용하여 표적 픽셀을 구분한다. 임계 값의 조건은  $D_1 < -0.1, D_2 > 0.3 * \max(D_2)$  이고,  $\max(D_2)$ 는  $D_2$ 의 최대 값을 의미한다.

## III. 다중 해상도 영상

다중 해상도의 영상들은 원 영상을 각 단계에 따라 다르게 특정한 비율로 축소시킨 영상들을 말한다. 마스크를 확대시키면 그 크기에 따라 검출되는 표적의 크기도 커진다. 본 연구에서는 표적을 각각의 크기별로 검출하는 작업을 수행하기 위해 마스크의 크

기를 증가시키는 방법 대신 마스크의 크기는 고정시키고 영상을 다중 해상도로 축소시켜 적용하는 방법을 사용한다. 축소된 영상에 대하여 동일한 크기의 마스크를 적용하면 원 영상에서 검출된 표적보다 상대적으로 큰 표적이 검출된다. 본 연구에서는 검출하려는 표적의 크기에 맞게 단계별 축소 비율을 설정하였다.

### 3.1 다중 해상도 영상

다중 해상도 영상에서의 LEVEL은 영상이 비율에 따라 축소되는 단계를 의미한다. 원 영상을 LEVEL 0 으로 하고 LEVEL이 증가함에 따라 축소된 영상으로 다중 해상도 영상을 구성한다. 축소에 사용되는 비율은 정수배로 하지 않고 검출할 표적의 크기에 따라 적용이 가능한 비율로 가변되도록 설정하였다. LEVEL에 따라 가변되는 축소 비율, R은 식(11)과 같다.

$$R = \frac{m}{m+2^*l} \quad (11)$$

여기서 m은 m x m인 마스크 사이즈를 의미하고, l은 LEVEL로서 0, 1, 2, 3, ...으로 영상이 축소할수록 점점 증가한다. 위의 식(11)을 이용하여 검출하려는 표적의 크기에 맞게 비율을 설정하여 축소 영상을 생성한다. 본 연구에서는 5x5 마스크를 사용하였고, 이에 따른 축소 비율 R은 검출하려는 표적의 크기 즉, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 13x13, 15x15에 따라 각각 1, 5/7, 5/9, 5/11, 5/13, 5/15와 같이 설정하였다. 예를 들어 원 영상의 경우에는 5x5 마스크를 사용하면 크기가 5x5인 표적이 검출되고, 영상의 크기가 5/7배로 축소되는 경우는 크기가 7x7인 표적이 검출된다. 영상이 5/7로 축소되면 표적은 7/5로 확대되기 때문이다.

그림 1은 크기가 5~15인 표적을 나타낸 합성 영상이다. 여기서 표적의 모델링은 가우시안 함수를 이용하였고, 식 (12)와 같이 표현된다[11].

$$T(x,y) = I_p \cdot \exp\left\{-\frac{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (12)$$

여기서  $I_p$ 는 최대 밝기 값,  $(x_c, y_c)$ 는 표적의 중심 좌표,  $\sigma$ 는 가우시안 함수에서의 표준편차를 나타내고, 본 연구에서는 많은 실험에 의해 4.6으로 설정하였다.

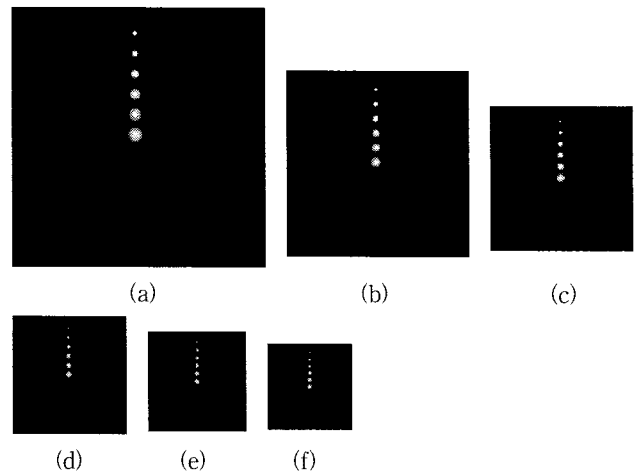


그림 1. LEVEL에 따른 다중 해상도 영상  
 (a) LEVEL 0 영상 (축소비율:1) (b) LEVEL 1 영상 (축소비율:5/7) (c) LEVEL 2 영상 (축소비율:5/9) (d) LEVEL 3 영상 (축소비율:5/11) (e) LEVEL 4 영상 (축소비율:5/13) (f) LEVEL 5 영상 (축소비율:5/15)

Fig. 1. The multi-resolution images.

(a) LEVEL 0 Image (Reduce rate:1) (b) LEVEL 1 Image (Reduce rate:5/7) (c) LEVEL 2 Image (Reduce rate:5/9) (d) LEVEL 3 Image (Reduce rate:5/11) (e) LEVEL 4 Image (Reduce rate:5/13) (f) LEVEL 5 Image (Reduce rate:5/15)

이와 같이 LEVEL에 따라 축소된 영상들에 페이스릿 모델을 적용하여 초소형 표적을 검출한다.

### 3.2 표적의 크기 검출

표적의 위치를 검출 한 후 다중 해상도의 영상을 사용하여 크기를 검출한다. 표적의 위치에서 LEVEL에 따른 국부 극대값  $D_2$ 를 비교하여 표적의 크기를 결정한다. 예를 들어 검출된 표적의 위치를 전체 LEVEL에서 비교하여 LEVEL 0에서  $D_2$ 의 최대값이 나타나는 지점은 5x5의 크기의 표적이 있는 것이고, LEVEL 1에서  $D_2$ 의 최대값이 나타나면 7x7의 크기를 가진 표적이 위치해 있다는 것이다. 다중 해상도의 영상에서 각각의 최대값이 존재하므로 여러 개의 크기가 다른 표적이 검출될 것이다, 본 논문에서는 5~15까지의 크기를 가진 표적이 검출된다. 최종적으로 검출한 표적 중에서  $D_2$  최대값의 30% 이상 값이 나타나는 표적을 검출한다.

## IV. 실험 결과 및 검토

본 논문에서는 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 다양한 적외선 영상에서 실험을 수행하였다. 실험에는 256x256크기를 가지고 표적이 존재하는 영상에 대해서 제안하는 알고리즘을 적용하였다. 먼저 합성 영상인 그림 1의 영상으로 테스트하였다. 위의 그림 1에서 보여준 것처럼 점점 낮아지는 해상도의 영상들을 획득한 후 3차원 페이스릿 모델을 사용한다. 이 때, 축소 방법은 역방향 매핑을 사용함으로써 마스크의 크기를 변환시키는 방법과 비교했을 때 연산량은 거의 늘어나지 않는다.

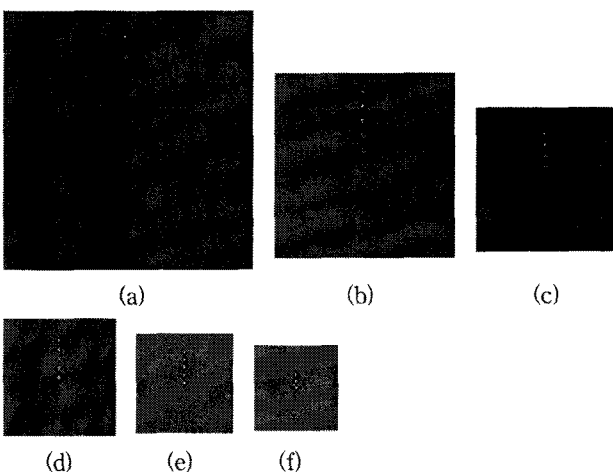


그림 2. 다중 해상도 영상에서 페이스릿 모델 적용 결과 영상  
 (a) LEVEL 0 영상 (축소비율:1) (b) LEVEL 1 영상 (축소비율:5/7) (c) LEVEL 2 영상 (축소비율:5/9) (d) LEVEL 3 영상 (축소비율:5/11) (e) LEVEL 4 영상 (축소비율:5/13) (f) LEVEL 5 영상 (축소비율:5/15)

Fig. 2. The facet model results in multi-resolution images.

(a) LEVEL 0 Image (Reduce rate:1) (b) LEVEL 1 Image (Reduce rate:5/7) (c) LEVEL 2 Image (Reduce rate:5/9) (d) LEVEL 3 Image (Reduce rate:5/11) (e) LEVEL 4 Image (Reduce rate:5/13) (f) LEVEL 5 Image (Reduce rate:5/15)

그림 2는 그림 1에서 생성된 다중 해상도의 영상들에 페이스릿 모델을 적용한 결과를 보여준다. R,C는 각각 {-2, -1, 0, 1, 2}로 설정하고 5x5크기의 3차 페이스릿 마스크를 생성하였다. 생성된 마스크로 그림 1의 다중 해상도 영상과 컨볼루션하여 국부 극대값인  $D_2$ 를 보여주고 있다.

$D_1$ ,  $D_2$ 를 임계 조건을 사용해서 표적 픽셀을 구분한다. 그림 3은 그림 2에서의 적용 결과에 국부 극대 조건과 임계 조건을 적용한 결과 영상이다. 밝게 나타나는 픽셀은 표적의 위치로 판단한다. 다중 해상도 영상에서 표적 위치에 해당하는 픽셀들은 각각의 LEVEL에서  $D_2$ 의 값을 비교한다.

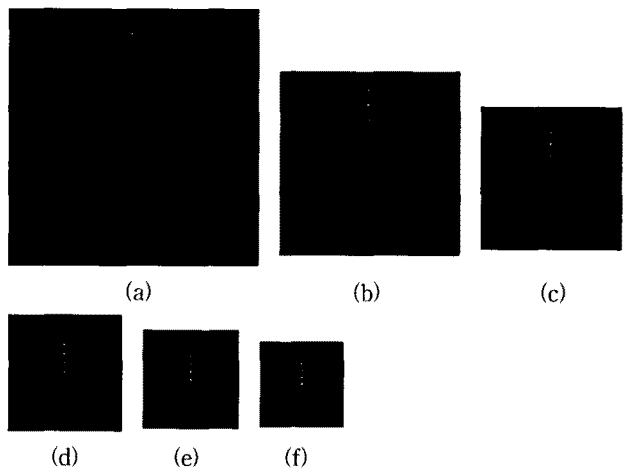


그림 3. 국부 극대 조건을 이용한 표적 위치 검출 영상  
 (a) LEVEL 0 영상 (축소비율:1) (b) LEVEL 1 영상 (축소비율:5/7) (c) LEVEL 2 영상 (축소비율:5/9) (d) LEVEL 3 영상 (축소비율:5/11) (e) LEVEL 4 영상 (축소비율:5/13) (f) LEVEL 5 영상 (축소비율:5/15)

Fig. 3. The location detection of the target using the local maxima conditions. (a) LEVEL 0 Image (Reduce rate:1) (b) LEVEL 1 Image (Reduce rate:5/7) (c) LEVEL 2 Image (Reduce rate:5/9) (d) LEVEL 3 Image (Reduce rate:5/11) (e) LEVEL 4 Image (Reduce rate:5/13) (f) LEVEL 5 Image (Reduce rate:5/15)

그림 4는 그림 3에서 표적 위치 검출 결과 영상을 원영상의 크기로 복원한 후 3차원 공간에서 표현한 것으로, 각 LEVEL에서 값의 비교를 위해 구성한 영상들이다. 특정 지점에 대한 각 LEVEL의  $D_2$  값들을 비교하여 제일 큰  $D_2$  값을 갖는 LEVEL에

대해 마스크의 크기를 환산하여 표적의 크기를 결정하게 된다.

특정 지점에 대한 표적의 크기 비교를 위해 그림 5의 그래프를 보였고, 각 LEVEL에 대한 특정 지점에서의 값들의 비교를 통하여 표적의 크기를 결정한다.

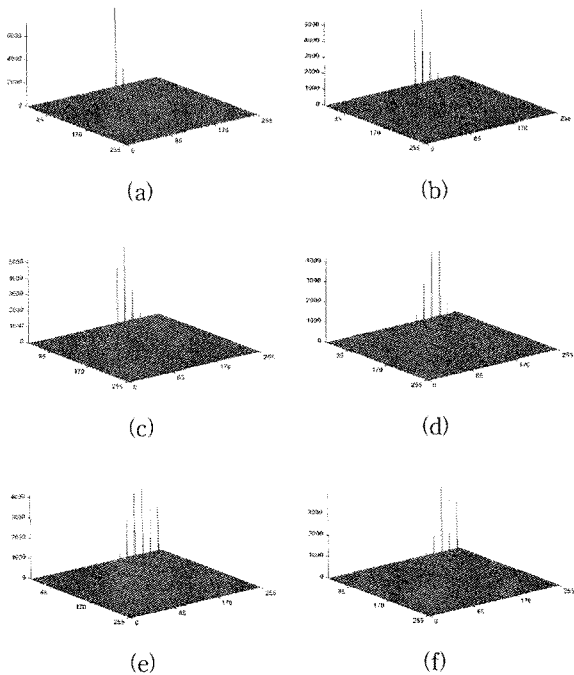


그림 4. 페이스릿 모델 적용 결과를 3차원 공간에 표현한 영상  
 (a) LEVEL 0 (축소비율:1) (b) LEVEL 1 (축소비율:5/7)  
 (c) LEVEL 2 (축소비율:5/9) (d) LEVEL 3 (축소비율:5/11)  
 (e) LEVEL 4 (축소비율:5/13) (f) LEVEL 5 (축소비율:5/15)  
 Fig. 4. The images of facet model results in the 3D space.  
 (a) LEVEL 0 (Reduce rate:1) (b) LEVEL 1 (Reduce rate:5/7)  
 (c) LEVEL 2 (Reduce rate:5/9) (d) LEVEL 3 (Reduce rate:5/11) (e) LEVEL 4 (Reduce rate:5/13) (f) LEVEL 5 (Reduce rate:5/15)

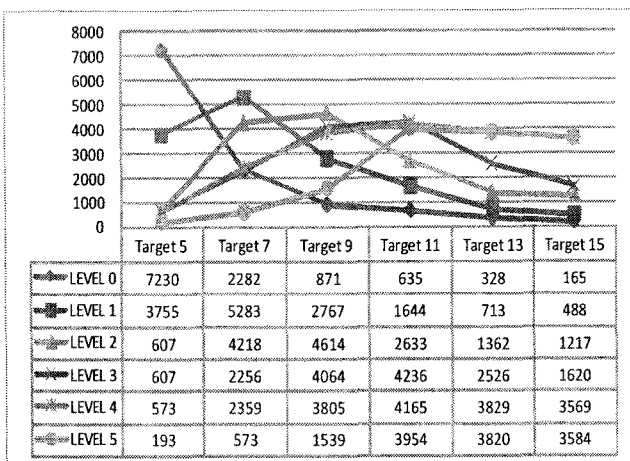


그림 5. 다중 해상도 영상에서 LEVEL에 따른 페이스릿 모델의  $D_2$  값 비교 그래프  
 Fig. 5. The graph of comparing the  $D_2$  of the facet model results in the multi-resolution images.

그림 5의 그래프는 크기가 5인 마스크로 다중 해상도 영상에서 처리했을 때 LEVEL에 따른 페이스릿 모델을 적용한  $D_2$  값을 보여 준다. 가로축은 축소형 표적의 크기이고 세로축은 다중 해상도의 LEVEL을 나타낸다. 현재 테스트에서는 5에서 15까지의 표적 크기를 검출하기 위한 LEVEL이 있다. 표적의 크기가 5일 때는 LEVEL이 0, 7이면 LEVEL이 1, 9이면 LEVEL 2 에서 최대가 된다. LEVEL이 커지면서 즉, 영상이 축소될수록 검출되는 표적의 크기는 커진다. 축소 영상에 따라 표적의 크기가 정확하게 검출되는 것을 확인하였다.

그림 6은 실제 영상에서 검출되는 초소형 표적의 위치와 크기를 보여준다. 입력 영상으로는 하늘 영상, 바다와 하늘이 있는 영상 그리고 다중 표적이 있는 영상을 사용하여 실험을 하였다.

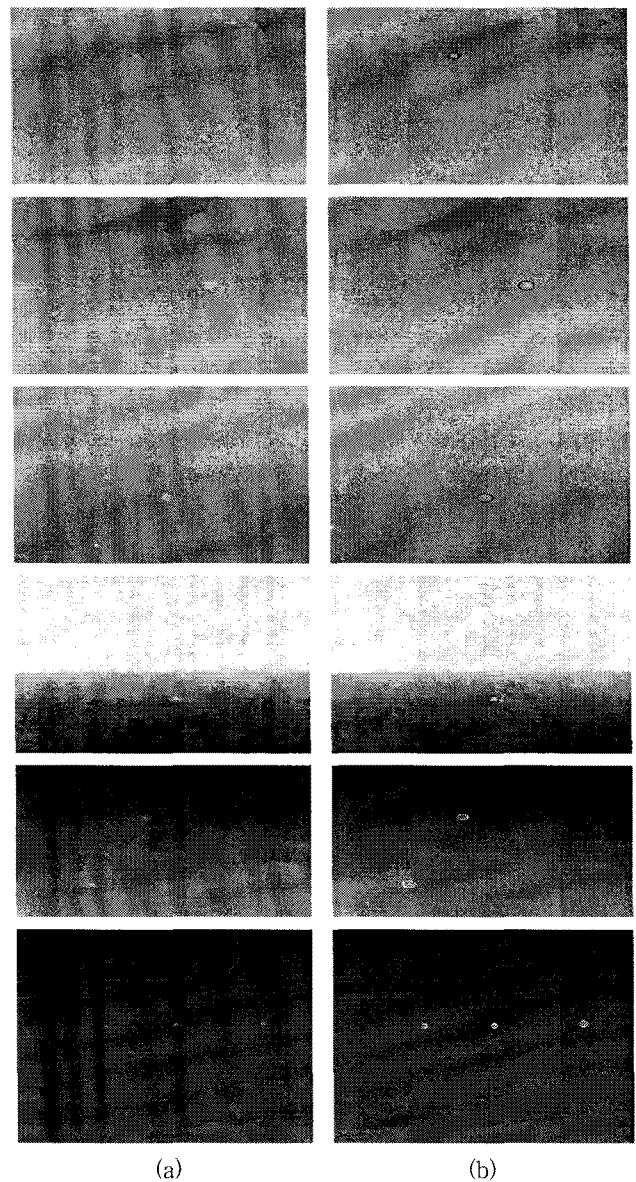


그림 6. 적외선 입력 영상에 대한 초소형 표적 검출 결과  
 (a) 원 영상 (b) 표적의 위치 및 크기 검출  
 Fig. 6. The results of the small target detection in infrared images  
 (a) Input images (b) The location and size detection of the small target

그림 6의 (a)는 256x256의 실제 입력 영상이고 (b)는 페이스 모델을 적용하여 표적의 위치와 크기를 검출한 결과 영상을 보여 준다. 그림 6.(a)의 첫 번째, 두 번째 영상에서는 하늘 영상이고 세 번째, 네 번째는 하늘과 바다에 표적이 있는 영상이다. 마지막 두 개의 영상들은 다중 표적이 존재하는 하늘과 바다의 영상이다.

그림 6의 (b)는 표적의 크기를 검출한 영상이다. 첫 번째, 두 번째 영상에서 표적의 모양과 유사한 부분의 구름은 그  $D_2$  값이 배경에 비하여 크게 나왔으나 표적에 비하여 작은 수치 즉,  $D_2 > 0.3 * \max(D_2)$  조건에 위배되어 표적으로 검출되지 않았다. 검출된 표적은 LEVEL 0 에서 LEVEL 5 까지 중 각각 LEVEL 2, LEVEL 4 에서 가장 높은  $D_2$  값을 보였으므로 각각 9x9, 13x13의 크기로 결정 되었다. 세 번째와 네 번째 영상도 각각 표적이 LEVEL 4, LEVEL 2 에서 가장 높은  $D_2$  값을 보였으므로 각각 13x13, 9x9의 크기로 결정 되었다. 다섯 번째의 다중 표적 영상은 두 개의 표적 각각의 위치에서 LEVEL 2, LEVEL 3 에서 가장 높은  $D_2$  값이 나타나 9x9, 11x11의 크기로 결정되었고, 마지막 다중 표적 영상은 표적 각각의 위치에서 LEVEL 0, LEVEL 0, LEVEL 1 에서 가장 높은  $D_2$  값이 나타나 5x5, 5x5, 9x9의 크기로 결정되었다.

### V. 결론

본 연구에서는 적외선 영상에서 원거리에 있는 초소형 표적의 위치와 크기를 검출하는 기법을 제안하였다.

페이스 모델을 도입하여 초소형 표적의 형태를 모델링하여 표적의 위치를 검출하는 기법을 제시하였다. 또한 표적의 크기 검출을 위해 영상의 해상도를 단계별로 줄여 나가면서, 고정된 크기의 마스크를 일률적으로 적용함으로써 표적의 크기 정보를 획득 할 수 있었다. 이 경우 마스크의 크기를 가변시키면서 각 사이즈의 마스크를 영상에 적용하는 불편을 해소하였다.

가우시안 분포 형태의 밝기 값을 가지는 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 13x13, 15x15의 6종류의 소형 표적이 존재하는 합성 영상을 제작 하였고, 제안된 기법을 적용하여 소형 표적의 위치와 크기 정보가 적절히 획득됨을 확인하였다.

또한 하늘 영상, 하늘과 바다 영상 등의 다양한 환경의 실제 적외선 영상에도 적용한 결과 표적의 위치와 크기를 검출함을 확인하였고, 표적이 2개 이상인 경우에도 위치와 크기 정보가 원활히 획득됨을 확인하였다.

### 참고 문헌

[1] G. D. Wang, Ch. Y. Chen and X. B. Shen, "ALGORITHMS FOR OPTICAL WEAK SMALL TARGETS DETECTION AND TRACKING: REVIEW", IEEE Int. Conf. Neural Networks & Signal Processing, pp. 14-17, 2003

[2] R. C. Warren, "Detection of distance airborne targets in cluttered backgrounds in infrared image sequences", Ph.D. Thesis, University of South Australia, 2002.

[3] W. A. C. Schmidt, "Modified matched filter for cloud

clutter suppression", IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, vol. 12, no. 6, pp. 594-600, 1990.

[4] R. Nitzberg et al, "Spatial filtering techniques for infrared (IR) sensors," Proceedings of SPIE 178, pp. 40-458, 1979.

[5] J. Barnett, "Statistical analysis of median subtraction filtering with application to point target detection in infrared backgrounds," Proceedings of SPIE 1050, pp. 10-15, 1989.

[6] D. J. Gregoris, S. K. W. Yu and S. Tritchew, "Detection of dim targets in FLIR imagery using multiscale transforms," Proceedings of SPIE 2269, pp. 62-71, 1994.

[7] G. Wang, T. Zhang, L. Wei, and N. Sang, "Efficient method for multiscale small target fusion detection from a natural scene", Optical Engineering vol 35, no. 3, pp. 761-768, 1997.

[8] Z. C. Wang, J. W. Tian, J. Liu, and S. Zheng, "Small infrared target fusion detection based on support vector machines in the wavelete domain," Optical Engineering vol. 45, no. 7, 2006.

[9] G. D. Wang, Ch. Y. Chen and X. B. Shen, "Facet-based infrared small target detection method", ELECTRONICS LETTERS, vol. 41, no. 22, 2005

[10] R. M. Haralick, "Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., pp. 58-68, 1984.

[11] Sungho Kim, Yukyung Yang, Joohyoung Lee, Yongchan Park, "Small Target Detection Utilizing Robust Methods of the Human Visual System forIRST", J Infrared Milli Terahz Waves, vol. 30, pp. 994-1011, 2009.

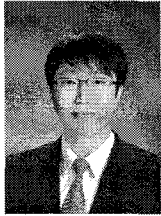


박 지환(Ji-Hwan Park)

2009년 8월 부산대 전자공학과(공학사)

2010년 3월 ~ 현재 부산대 전자공학과  
(석사 과정)

※주관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터비전



이 민우(Min-Woo Lee)

2009년 2월 동의대 전자공학과(공학사)

2010년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)

※주관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터비전



이 철원(Chul-Hun Lee)

1989년 2월 부산대 전자공학과(공학사)

1991년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)

2000년 8월 부산대 전자공학과(공학박사)

2001년 ~ 현재 부산정보대학 부교수

※주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴 인식



주 재흠(Jae-Heum Joo)

1988년 2월 부산대 전자공학과(공학사)

1990년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)

2000년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)

2001년 3월 ~ 현재 부산가톨릭대학교  
멀티미디어공학과 교수

※주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전



남 기곤(Ki-Gon Nam)

1977년 2월 부산대 전자공학과(공학사)

1981년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)

1989년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)

1990년 9월 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 교수

※주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 신호처리.