

논문 2017-12-26

스케일 불변적인 연산량 감소를 위한 경량 실시간 소형 적외선 표적 검출 알고리즘

(A Lightweight Real-Time Small IR Target Detection Algorithm
to Reduce Scale-Invariant Computational Overhead)

반종희, 유준혁*

(Jong-Hee Ban, Joonhyuk Yoo)

Abstract : Detecting small infrared targets from the low-SCR images at a long distance is very hard. The previous Local Contrast Method (LCM) algorithm based on the human visual system shows a superior performance of detecting small targets by a background suppression technique through local contrast measure. However, its slow processing speed due to the heavy multi-scale processing overhead is not suitable to a variety of real-time applications. This paper presents a lightweight real-time small target detection algorithm, called by the Improved Selective Local Contrast Method (ISLCM), to reduce the scale-invariant computational overhead. The proposed ISLCM applies the improved local contrast measure to the predicted selective region so that it may have a comparable detection performance as the previous LCM while guaranteeing low scale-invariant computational load by exploiting both adaptive scale estimation and small target feature feasibility. Experimental results show that the proposed algorithm can reduce its computational overhead considerably while maintaining its detection performance compared with the previous LCM.

Keywords : Small target detection, Infrared image, Local contrast method, Scale invariant, Real-time detection

1. 서론

다가오는 비행체나 미사일의 감지, 정밀유도 미사일의 목표물 추적에 관한 소형표적 검출은 적외선 경고 시스템(IR Warning System, IRWS)과 적외선 탐색 및 추적 장치(IR Search and Tracking,IRST)에 필요한 핵심 기술 중 하나이다 [1].

적외선 상의 소형표적 검출은 야간에도 적용 가능하며 은/엄폐한 물체마저도 식별 가능하다는 장점이 있다. 그러나 다음과 같은 몇 가지 이유로 어려움을 겪는다. 첫째, 소형표적은 매우 원거리에서 촬영되기 때문에 크기가 매우 작고 형태나 질감 정보

가 존재하지 않는다. 이는 표적 검출을 위한 특징 추출에 어려움을 주는 요소이다. 두 번째, 적외선 영상은 카메라에 내재된 노이즈나 대기 환경의 영향으로 인해 신호 대 잡음 비율인 SCR (Signal-to-Clutter Ratio)이 매우 낮기 때문에 영상에 불규칙한 white-spot과 같은 잡음이 다량 존재한다. 또한 지형지물이나 구름사이를 지나갈 경우 복잡한 배경으로 인해 검출에 어려움이 있다 [2]. 이러한 문제들을 해결하기 위해 다양한 소형표적 검출 방법이 연구되었다.

가장 대표적인 방법으로는 필터링 기반의 중간값 추출 필터(median subtraction filter)와, 최대 평균값/최대 중간값 필터(max-mean/max-median filter)와 모폴로지 연산 기반의 탐헛 변환방법과 새로운 탐헛 변환 방법이 있다 [3, 4]. 이 방법들은 SCR이 낮은 적외선 영상에서 잡음에 해당하는 클러터(clutter)를 억압하여 소형 표적을 검출하는데 초점을 맞춘 방법들이다. 연산량이 가벼워 실시간

*Corresponding Author(joonhyuk@daegu.ac.kr)

Received: Apr. 26 2017, Revised: June 20 2017,

Accepted: July 12 2017.

※이 논문은 2013학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

검출에는 적합하지만 소형 잡음이나 배경에 지형지물과 같이 큰 규모의 잡음이 존재할 경우 검출 성능이 매우 떨어진다. 또한 두 방법 모두 연산에 사용되는 구조요소의 크기에 따라 성능이 좌우되기 때문에 스케일(scale)에 따라 가변적이다.

이를 해결하기 위해 인간 시각 시스템(Human Visual System, HVS)의 Contrast Mechanism기반의 소형표적 검출 방법들이 제안되었다. 관련 연구 [5]는 지역적 대비 차 계산을 통해 소형표적을 검출하는 LCM (Local Contrast Measure) 알고리즘을 제안하였다. LCM 알고리즘은 낮은 SCR을 가지는 상황에서 소형 표적의 향상과 배경 클러터 억제에 달성과 다중스케일 연산을 통해 스케일 제한적 문제를 극복하였다. 그러나 스케일 불변을 위해 연산 영역의 크기를 1에서 전체 영상의 0.15% 크기까지 변경하며 다중 스케일 연산을 적용하기 때문에 검출 속도가 매우 느리다는 문제가 있다. 또한 표적 영역의 향상 과정에서 표적과 유사한 형태의 잡음인 PNHB (Pixel-sized Noises with High Brightness)도 함께 향상되면서 오검출 문제가 발생한다. 이러한 문제를 보완하기 위해 [6]에서는 LCM을 개선시킨 ILCM (Improved LCM) 방법을 제안하였다. ILCM 방법은 검출속도의 향상을 위해 전처리 과정에서 픽셀들을 서브블록 단위로 통합하여 개선된 LCM 방법을 적용함으로써 검출 속도와 PNHB에 의한 오검출 문제를 개선시켰다. 그러나 픽셀단위의 계산을 서브블록 단위로 계산함으로써 영상의 일부 정보가 손실되어 복잡한 배경에서는 오히려 LCM 알고리즘보다 검출 성능이 저하되는 문제가 발생한다.

소형표적 검출 속도의 개선을 위해 모폴로지 연산과 가우시안 거리함수를 이용한 소형표적 검출 방법이 연구되었다 [7-9]. 해당 연구들은 잡음에 취약한 모폴로지 연산의 단점을 해결하기 위해 잡음제거 필터를 사용하였고 가우시안 거리함수를 사용함으로써 실시간 소형표적 검출과 검출성능의 향상을 달성하였다. 그러나 잡음 제거를 위한 미디언 필터와 가우시안 함수 등으로 인한 복잡한 연산으로 검출속도 개선의 여지가 있었다. 이러한 사실을 바탕으로 모폴로지 차 연산을 이용한 후보영역 검출과 LCM 방법을 융합한 방법이 제안되었다 [10]. 해당 알고리즘은 시간이 많이 소요되는 잡음제거 필터를 사용하는 대신 LCM 방법을 이용하여 배경과 잡음, 소형표적을 분류함으로써 속도를 개선시켰다. 하지만 소형표적 영역 향상과 배경 억압을 위하여 후처리 과정에서 적응적 이진화 기법과 가우시

안 필터를 적용하는 과정이 추가된다는 단점이 있었다. 또한 [7-10] 모두 고정된 크기의 구조요소를 사용하는 모폴로지 연산을 사용하기 때문에 스케일 변화에 강인하지 못하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 HVS 기반의 LCM 방법은 유지하되 스케일 불변을 위한 다중스케일 계산으로 유발되는 검출 속도 저하와 잡음의 향상으로 인한 오검출 문제를 해결하기 위해 ISLCM(Improved Selective LCM) 방법을 제안한다. 제안하는 ISLCM 방법의 기여점은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 전처리 단계에서 적응적 이진화와 라벨링을 통해 후보영역 검출 및 LCM 연산을 위한 스케일 파라미터를 추정함으로써 다중스케일 연산을 사용하지 않고도 스케일 불변을 달성한다. 두 번째, 검출된 후보 영역에 대해서만 선택적으로 향상된 LCM을 적용함으로써 검출 속도를 향상시킨다. 세 번째, 소형표적 특징가능성 계산이 추가된 향상된 LCM을 사용함으로써 후처리 과정이나 Contrast Map의 생성 없이 배경과 잡음을 제외한 소형 표적을 검출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LCM의 기본 개념과 문제점에 대해 설명하고 3장에서는 ISLCM 기반의 소형표적 검출 방법을 소개한다. 4장에서는 ISLCM과 기존의 LCM 방법의 성능 비교 실험과 결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

II. LCM의 기본 개념 및 문제점

본 논문에서 제안하는 ISLCM을 설명하기에 앞서 LCM의 기본 개념을 간략히 소개한다. LCM에서 소형표적 영역은 이웃 영역(배경)과 불연속적인

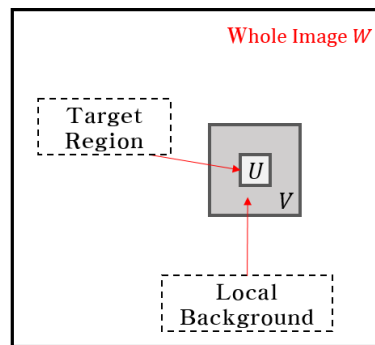


그림 1. Local contrast 계산을 위한 윈도우
Fig. 1 Windows for local contrast measure

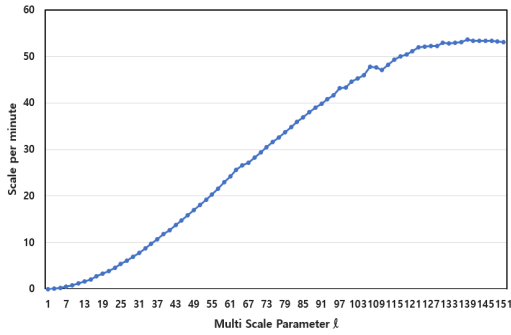


그림 2. LCM의 다중 스케일 계산 속도
Fig. 2 Multi-scale processing speed of LCM

밝은 픽셀이 상대적으로 작은 영역에 집중되어 있다는 사실을 기반으로 소형표적을 찾는 방법이다. 소형표적 검출을 위한 대비계산은 그림 1과 같이 이미지 패치 V 가 전체 이미지 W 를 이동하며 V 를 9등분하는 셀 U 사이의 대비차이를 계산함으로써 이루어진다. 이때, U 의 크기가 너무 작을 경우 표적이 배경에 의해 덮어질 수 있고, 클 경우에는 더 많은 연산을 소비하게 된다. LCM은 스케일 불변을 위해 U 의 크기를 1에서 전체 영상의 0.15%의 크기까지 변화시키며 다중 스케일 연산을 수행하면서 상당한 시간을 소비하게 된다. ILCM 방법에서는 픽셀단위의 LCM 연산을 8×8 의 서브블록으로 분할하여 진행하고 다중 스케일 계산의 범위를 1에서 9사이의 값을 사용하여 계산 양을 줄였다. 그러나 여전히 다중 스케일 연산에 의한 처리속도 저하 문제가 발생한다. 그림 2는 XGA급 영상 1프레임에서 LCM의 다중 스케일 계산 속도를 나타낸 그림이다. 가능한 소형표적의 크기인 151(전체영상의 0.15%)까지 스케일이 변화하면서 1초에서 최대 53분까지 급격하게 처리속도가 증가한다. 이는 실시간 영상처리에서 다중스케일 연산의 비효율성을 보여준다.

III. ISLCM 기반의 소형표적 검출

그림 3은 제안하는 ISLCM의 전체 동작과정이다. ISLCM은 후보 영역 분류와 스케일 정보 획득을 위한 전처리 단계와 분류된 후보 영역에 대해 선택적 소형표적 검출을 위한 향상된 LCM 적용 단계로 구성된다.

1. 스케일 추정을 위한 전처리 과정

전처리 과정의 핵심은 LCM을 선택적으로 적용하기 위한 후보 영역을 분류하는 것이다. 이를 위한 첫 번째 단계로 일부 배경의 제거와 소형 표적 후보 영역을 분리하기 위한 적응적 문턱처리 과정이다. 적응적 문턱처리를 위한 임계값 T 는 식 (1)에 의해 매 프레임마다 구해진다.

$$T = \mu + w \max_I + \sigma \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{(M \times N) - \psi} \sum i_{(x,y)} - \mu, \quad \text{if } (i_{(x,y)} < \mu) \quad (2)$$

$$\text{then } i_{(x,y)} = \mu, \quad \psi = \psi + 1$$

μ 는 영상의 배경 값을 추정하기 위한 영상의 밝기 평균값이며 \max_I 는 영상에서 가장 밝은 영역에 속하는 소형 표적의 값을 가중치로 위한 최대 밝기값이다. w 는 $[0, 1]$ 사이의 가중치로 만약 너무 작을 경우에는 배경이 포함될 확률이 높아지고 너무 클 경우에는 밝은 배경에 의해 소형표적을 잃어버릴 수 있다. 때문에 다양한 실험을 통하여 w 값을 0.2로 사용하였다. 식 (2)의 σ 는 배경보다 밝은 픽셀들의 분산 값이며 M 과 N 은 각각 영상의 너비와 높이 값이다. ψ 는 μ 보다 어두운 픽셀들의 개수이다.

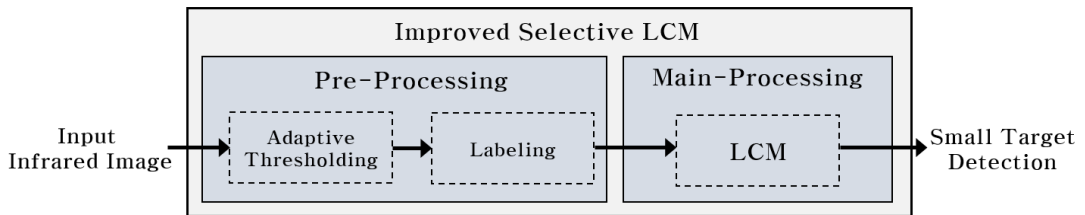
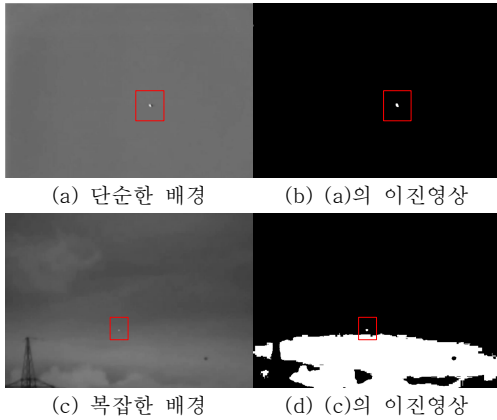


그림 3. 제안된 소형표적 검출 방법의 동작 순서
Fig. 3 Operating sequence of proposed ISLCM



(a) 단순한 배경 (b) (a)의 이진영상
(c) 복잡한 배경 (d) (c)의 이진영상

그림 4. 적응적 문턱처리의 결과
Fig. 4 Results of adaptive thresholding

σ 를 구하는 과정에서 (x, y) 좌표의 픽셀 i 가 평균보다 작을 경우 이를 소형 표적과는 관계없는 잡음으로 간주하고 연산에서 제외하기 위해 사용한다. 그림 4는 적응적 문턱처리의 결과를 보여준다. 단순한 배경에서는 소형 표적을 정확하게 배경으로부터 분리할 수 있다. 그러나 복잡한 배경에서는 대부분의 배경은 분리했지만 높은 밝기를 가지는 구름과 같은 배경이 일부 남아있음을 볼 수 있다.

[5]와 [11]에서 소형 표적은 전체 영상의 0.15%미만의 크기를 가진다고 정의하였다. 다시 말해 0.15% 이상의 크기를 가지는 영역은 소형표적 후보에서 제외한다고 가정한다. 또한 [5]와 [6]의 경우 소형 표적 검출을 위한 셀 영역 U 의 최적 크기를 찾기 위해 각각 1에서 전체 영상의 0.15%, 1에서 9만큼 다중 스케일 계산을 진행한다. 이는 전체 영상의 크기가 클수록, 스케일의 값이 커질수록 계산량이 많아지기 때문에 실시간성을 요구하는 소형표적 검출에 적합하지 않다. 본 논문에서는 소형 표적 후보 영역을 분류하고 후보 영역의 스케일 정보를 획득함으로써 다중 스케일 계산 대신 라벨링 알고리즘을 이용한다.

라벨링 알고리즘은 이진 영상에서 연결되어 있는 요소들을 분할하기 위해 사용되는 알고리즘으로 문자 인식, 지문 인식, 객체 검출 등에서 주로 사용되는 기술 중의 하나이다 [12]. 기본적인 원리는 화면의 전체 영역을 x축과 y축으로 나누어 통과를 하며 각 픽셀에서 4-이웃(상,하,좌,우) 또는 8-이웃(상,하,좌,우 및 대각)의 픽셀을 검사하여 연결된 픽셀들을 같은 숫자로 라벨링하는 알고리즘이다. 본 논문에서는 구현하기가 상대적으로 쉽고 간단한

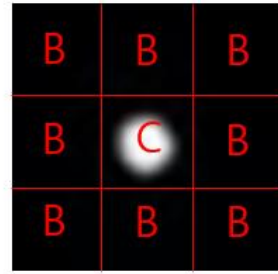


그림 5. 9개의 셀로 이루어진 이미지 패치 V
Fig. 5 Image patch V composed of 9 cells

2-pass 라벨링 알고리즘을 사용하여 영상의 연결된 요소들을 분할한다 [13]. 모든 영역에 대해 라벨링을 수행하면 각 영역의 좌표와 너비 그리고 높이를 획득하여 해당 영역의 중심 좌표와 크기를 계산할 수 있다. 이러한 방법으로 전체 후보 영역의 라벨링 결과에서 라벨 영역의 크기가 전체 영상의 0.15% 이상일 경우 해당 영역을 이미지에서 제외시킴으로써 배경 및 지형지물과 같은 잡음을 제거할 수 있다. 결과적으로 소형표적과 소형표적으로 추정되는 후보 영역들이 남게 되고 해당 라벨 영역의 너비와 높이를 이용하여 LCM에 사용되는 셀 영역 U 의 최적의 스케일 정보를 미리 예측할 수 있다. 또한 전체 이미지 W 를 순회하는 것이 아니라 해당 후보 영역에 대해서만 선택적으로 대비 계산을 진행함으로써 상당한 양의 계산을 줄일 수 있다.

2. 향상된 LCM 기반의 소형 표적 검출

앞서 설명했듯이 소형표적의 특징은 주변 영역과 불연속적이며 영상의 최대 밝기 값과 유사한 픽셀들이 작은 영역에 밀집되어있다. LCM 알고리즘은 이러한 특성을 기반으로 중심 영역과 이웃 영역간의 대비 차이를 계산하여 소형표적을 검출한다. 선행 연구의 경우 이미지의 전체 영역에서 대비 차이를 계산하였지만 ISLCM은 전처리 과정에서 획득한 N_{cr} 개의 후보 영역에서만 대비차이를 계산하면 된다. 그림 5는 대비차이 계산을 진행하는 이미지 패치 V 를 보여준다. V 를 구성하는 9개의 셀 영역 $U_i(i = 0, 1, \dots, 8)$ 의 평균밝기 값 m_i 는 식 (3)으로 구할 수 있다.

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{U_y=1}^{l_{op}} \sum_{U_x=1}^{l_{op}} I_{(U_y, U_x)}^i, n = l_{op} * l_{op} \quad (3)$$

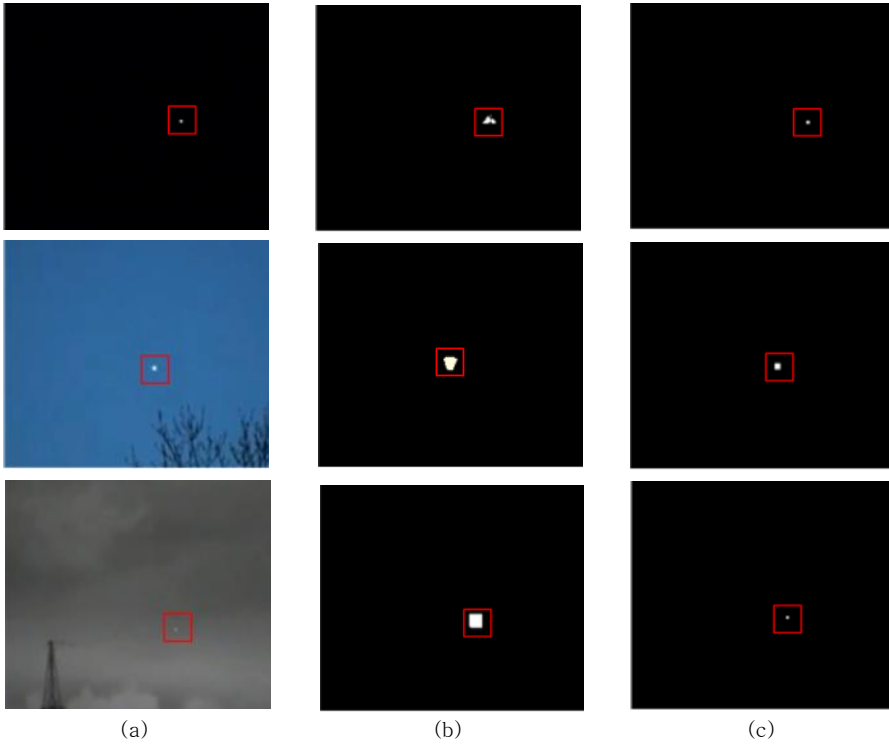


그림 6. (a) 입력 영상, (b) LCM 검출 결과 영상, (c) ISLCM 검출 결과 영상
 Fig. 6 (a) Input image, (b) Result image of LCM, (c) Result image of ISLCM

n 은 i 번째 셀의 픽셀 개수이며 전처리 과정에서 획득한 최적의 스케일 값 l_{op} 의 제공으로 구할 수 있다. $I^i_{(U_y, U_x)}$ 는 i 번째 셀 U_i 의 (U_y, U_x) 좌표의 픽셀 밝기 값이다. U_C 와 이웃하는 각 U_B 의 대비값은 아래 식 (4)에 의해 정의된다.

$$c_i = \frac{m_C}{m_i} \tag{4}$$

m_C 는 중앙 셀의 밝기 평균값이며 m_i 는 i 번째 셀의 밝기 평균값이다. 만약 그림 5와 같이 소형표적이 위치하는 경우 중앙 셀 U_C 를 제외한 나머지 이웃 셀 U_B 의 대비값 c_i 는 1보다 크게 나타난다. 반면 해당 후보영역이 소형표적 영역이 아닐 경우에는 U_C 의 밝기는 이웃 영역과 비슷하거나 작을 수 있다. 이때 c_i 의 값은 1에 거의 근접하거나 1보다 작다. 이웃 영역의 c_i 값을 이용해서 각 이웃영역의 소형표적 특징가능성은 아래 식 (5)에 의해 구해진다.

$$FP_V = \{fp_{U_i} \mid fp_{U_i} = 1\} \tag{5}$$

FP_V 는 이미지 패치 V 의 소형표적 특징가능성의 집합이며 식 (6)의 fp_{U_i} 는 배경에 해당하는 셀 U_B 의 배경 특징가능성의 값이다.

$$fp_{u_i} = \begin{cases} 0 & c_i \leq \alpha \\ 1 & c_i > \alpha \end{cases}, \quad 1 \leq \alpha \leq 2 \tag{6}$$

$i = \{0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8\}$

중심 영역과의 대비 값 c_i 가 α 값보다 클 경우 해당 영역은 배경 영역에 속하며, α 보다 작을 경우 지형지물이나 구름 등의 잡음이 속하는 영역으로 볼 수 있다. 또한 중심 셀 U_C 가 소형표적이 아닌 배경영역일 경우에도 대비는 α 보다 값이 작다. α 는 $[1, 2]$ 범위내의 상수로 1에 가까울수록 표적과 배경의 대비 차가 작은 경우에도 분류가 가능하지만 1에 거의 근접할 경우 잡음에 의한 오류가 생길 확률이 높아진다. 반대로 값이 커질수록 오검출 확률을 줄일 수 있지만 소형표적과 배경의 대비가

표 1. 영상크기 별 평균 검출속도 비교

Table 1. Comparison of average detection speed by image size

unit[s / frame]		QVGA	VGA	SVGA	XGA
A	LCM	387.4	13215	42640	136094
	ISLCM	0.003	0.008	0.013	0.021
B	LCM	386.1	13234	42622	135982
	ISLCM	0.002	0.008	0.013	0.023
C	LCM	389.9	13207	42518	135927
	ISLCM	0.004	0.008	0.014	0.022

작을 경우 소형표적을 놓칠 가능성이 높아진다. 때문에 본 논문에서는 다양한 실험을 통해 α 의 최적값을 1.1로 정하였다.

$$Target = \begin{cases} Yes, & \text{if } n(FP_v) = 8 \\ No, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

식 (7)과 같이 만약 이미지 패치 V 영역의 특징가능성 FP_v 의 원소의 개수가 8개인 경우, 해당 영역은 소형표적 영역으로 볼 수 있다. 최종적으로 N_{cr} 개의 후보 영역에 대해서 지역 대비 차이와 특징가능성을 계산하여 소형표적 영역을 제외한 나머지 영역을 제거하면 결과이미지에서 소형표적을 검출할 수 있다.

IV. 실험 및 결과 분석

제안된 ISLCM 알고리즘이 스케일 변화에 대한 강건함과 빠른 처리속도와 우수한 검출성능을 가지고 있음을 입증하기 위해 다양한 환경의 IR 영상에서 기존의 LCM 알고리즘과 비교 실험을 하였다. 그림 6은 실험에 사용되는 영상의 한 장면으로, 배경은 단조롭지만 표적의 크기가 3×3 에서 최대 42×42 까지 변화하는 A영상과 나무와 같은 지형지물이 위치하는 B영상, 구름과 지형지물이 함께 존재하는 C영상으로 구성되어있다. 각 영상의 길이는 259, 269, 318프레임이며 모두 1개의 소형표적이 존재하는 영상이다. 실험은 2.6GHz의 Intel i7 프로세서, 16GB 메모리, Window 8 64비트 운영체제의 컴퓨터와 Microsoft Visual Studio 2013환경에서 OpenCV 2.4버전의 라이브러리를 사용하여 시행되었다.

1. 영상 크기별 검출속도 비교실험

첫 번째 실험에서는 영상의 스케일 변화에 따른 검출 처리속도를 비교하기 위해 영상의 크기를 4단계로 변화시켜 LCM과 ISLCM의 처리속도를 비교했다. 표 1은 영상크기 별 평균 검출속도 비교의 결과이며 이때 실험환경은 모두 동일한 A영상에서 크기만 변화시킨 조건이다. 320×240 크기의 QVGA급 영상에서 1024×768 크기의 XGA급 영상까지 제안하는 ISLCM의 경우 0.004초에서 0.022초로 XGA급 해상도에서도 초당 45fps의 매우 처리가 가능한 속도이다. 이는 실시간 소형표적 검출에 중점을 둔 종래의 소형표적연구 [7-10]의 결과보다 최소 2배에서 최대 9배까지 빠른 속도이다. 반면 LCM의 경우 QVGA급 영상에서 387초의 처리속도를 보이며 XGA급 영상의 경우에는 136094초로 약 38시간에 1프레임을 처리하였다. 그 이유는 LCM의 계산 특성상 효과적인 소형표적 향상과 배경억제를 위한 다중 스케일 계산으로 인한 계산량 증가가 원인이었다.

2. 영상 복잡도별 검출성능 비교실험

본 실험에서는 LCM과 ISLCM의 소형표적 검출성능을 알아보기 위해 영상의 복잡도가 다른 3가지 영상에서 두 알고리즘의 검출성능을 비교한다. 성능지표는 검출율 DR(Detection Rate)과 검출정확도 CD(Correct Detection) 두 가지를 사용하여 평가하였다. DR은 표적이 존재하는 모든 프레임에서 표적을 정확하게 검출해낸 비율을 나타내며, CD는 전체 검출 결과 가운데 표적을 정확하게 검출한 비율을 나타낸다. DR과 CD는 아래 식 (8)과 같이 나타낸다.

$$DR = \frac{True\ Detections}{Actual\ Targets} \tag{8}$$

$$CD = \frac{True\ Detections}{Total\ Detections}$$

표 2는 A, B, C 각 영상에 대한 LCM과 ISLCM의 검출성능 결과를 보여준다. 두 알고리즘 모두 영상 A와 B에 대해 100%의 검출율과 검출정확도를 보였다. 그러나 배경이 매우 복잡하고 소형표적과 배경의 밝기차이가 크지 않은 C영상에 대해서는 결과가 조금 달랐다. LCM의 경우 소형표적은 완벽하게 찾았지만 배경의 PNHB 픽셀들을 향상시키면서 오검출이 발생하였다. ISLCM의 경우 검출정확도는 우수했으나 표적이 구름영역에 들어가는 경우 전처리과정에서 배경픽셀로 간주되어 검출되지 못하는 경우가 발생하였다. 그러나 스케일 불변 알고리즘인 LCM과 유사하거나 그 이상의 검출성능을 유지하면서 실시간 검출을 보장한다는 점에서 제안하는 방법이 매우 효과적이라는 것을 알 수 있다. 또한 그림 6에서 검출 결과를 보면 LCM의 경우 연산과정에서 소형표적의 향상으로 인해 영역이 팽창되는 현상이 발생하는데 제안한 ISLCM의 경우에는 소형표적의 형태를 그대로 유지하면서 검출할 수 있음을 알 수 있다. 이는 ISLCM 알고리즘이 형태를 이용한 객체 인식 연구에서 응용될 수 있는 가능성을 제시해주는 결과이다.

V. 결론

본 논문에서는 LCM의 처리속도 향상과 오검출 문제 해결을 위한 향상된 지역 대비차 계산법 ISLCM을 제안했다. 소형표적 후보영역 분류와 스케일 추정으로 나누어지는 전처리 과정은 LCM의 다중스케일 연산으로 인한 처리속도 저하 문제를 해결하였다. 또한 향상된 대비차이 계산방법은 소형

표 2. 영상 A, B, C에 대한 검출성능 비교
Table 2. Comparison of detection performance by image A, B, C

unit[%]		A	B	C
DR	LCM	100	100	100
	ISLCM	100	100	96.54
CD	LCM	100	100	86.33
	ISLCM	100	100	100

표적 특징가능성 계산을 통해 검출정확도를 향상시켰다. 추후 연구에서는 배경영역에 소형표적이 묻히는 상황에서의 후보 영역 분류과정을 향상시키기 위한 전처리과정의 개선을 진행할 계획이다.

References

- [1] D. Jong, N. Arie, "IRST and its Perspective," Proceedings of SPIE's International Symposium on Optical Science, Engineering and Instrumentation, International Society for Optics and Photonics, Vol. 2552, pp. 206-213, 1995.
- [2] C. Gao, D. Meng, Y. Yang, Y. Wang, X. Zhou, "Infrared Patch-image Model for Small Target Detection in a Single Image," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 22, No. 12, pp. 4996-5009, 2013.
- [3] Z. Zhang, C. Li, L. Shi, "Detecting and Tracking dim Moving Point Target in IR Image Sequence," Infrared Physics & Technology, Vol. 46, No. 4, pp. 323-328, 2005.
- [4] S.D. Deshpande, M.H. Er, R. Venkateswarlu, P. Chan, "Max-mean and Max-median Filters for Detection of Small Targets," Proceedings of SPIE's International Symposium on Optical Science, Engineering and Instrumentation, International Society for Optics and Photonics, Vol. 3809, pp. 74-83, 1999.
- [5] C.L. Chen, H. Li, Y. Wei, T. Xia, Y. Tang, "A Local Contrast Method for Small Infrared Target Detection," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing., Vol. 52, No. 1, pp. 574-581, 2014.
- [6] J. Han, Y. Ma, B. Zhou, F. Fan, K. Liang, Y. Fang, "A Robust Infrared Small Target Detection Algorithm Based on Human Visual System," IEEE Geoscience Remote Sensing Letters, Vol. 11, No. 12, pp. 2168-2172, 2014.
- [7] J.J. Park, S.H. Ahn, J.H. Kim, S.K. Kim, "Small Target Detection Using Morphology and Gaussian Distance Function in Infrared Images," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 17, No. 4, pp. 61-70, 2012 (in Korean).

- [8] J.H. Kim, J.J. Park, S.H. Ahn, D.G. Lee, D.S. Moon, S.K. Kim, "Small Target Detection Using Morphology and Modified Gaussian Distance Function," Published online in Wiley Online Library, Security and Communication Networks, 2014.
- [9] J.M. Son, S.H. Ahn, J.H. Kim, S.K. Kim, "Improvement of Detecting Speed of Small Target Using SAD Algorithm," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 18, No. 4, pp. 53-60, 2013 (in Korean).
- [10] J.H. Ban, J.H. Wang, D.H. Lee, J.H. Yoo, S.E. Yoo, "Real-time Small Target Detection Using Local Contrast Difference Measure at Predictive Candidate Region," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 22, No. 2, pp. 1-13, 2017 (in Korean).
- [11] X. Mao, W. Diao, "Criterion to Evaluate the Quality of Infrared Small Target Images," Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Vol. 30, No. 1, pp. 56-64, 2009.
- [12] P.O. Pinheiro, R. Collobert, "From Image-level to Pixel-level Labeling With Convolutional Networks," Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognitions, pp. 1713-1721. 2015.
- [13] K. Wu, E. Otoo, K. Suzuki, "Optimizing Two-pass Connected Component Labeling Algorithms," Pattern Anal. Applications, Vol. 12, No. 2, pp. 117-135, 2009.

Jong-Hee Ban (반 종 희)



Jong-Hee Ban received the B.S. in the Department of Embedded Systems Engineering from Daegu University, Korea in 2015.

He is currently a M.S. candidate in the College of Computer & Communication Engineering, Daegu University, Korea. His research interests are computer vision and machine learning.

Email: smilebjh@daegu.ac.kr

Joonhyuk Yoo (유 준 혁)



Joonhyuk Yoo is a faculty member of the College of Computer & Communication Engineering at Daegu University since 2009. He received his Ph.D.

degree in Computer Engineering from the University of Maryland at College Park, USA in 2007. His fields of interest include cyber-physical systems, real-time embedded software, internet of things, and deep learning for smart devices.

Email: joonhyuk@daegu.ac.kr