

복잡한 FLIR 영상에서의 소형 표적 탐지 기법

이승익[†], 김주영^{**}, 김기홍^{***}, 구분호^{****}

요 약

본 논문에서는 복잡한 배경을 가지는 전방 관측 열상(FLIR; forward looking infrared) 영상에서의 소형 표적 탐지 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서는 먼저 이전 프레임과 현재 프레임의 차를 구하여 표적의 움직임 정보를 획득할 뿐만 아니라 시간적으로 발생하는 배경 잡음을 제거한다. 이때 먼 거리에서 다가오는 표적이거나 속도가 느린 표적의 경우 차 영상 내에서의 표적의 움직임 정보는 매우 작은 명암도 값을 가진다. 이런 작은 명암도 값을 두드러지게 하여 표적 탐지를 용이하게 하기 위하여 프레임 차 영상에 국부 감마 교정을 행한다. 이렇게 표적이 개선된 영상에서 국부적인 통계적인 특성을 이용하여 탐지 지표를 계산한 후 가장 낮은 탐지 지표값을 탐지하고자하는 표적으로 선정한다. 실험을 통하여 제안한 기법이 표적의 탐지 성능이 기존의 탐지기법보다 우수하였음을 확인하였다.

Small Target Detection Method under Complex FLIR Imagery

Seung-Ik Lee[†], Ju-Young Kim^{**}, Ki-Hong Kim^{***}, Bon-Ho Koo^{****}

ABSTRACT

In this paper, we propose a small target detection algorithm for FLIR image with complex background. First, we compute the motion information of target from the difference between the current frame and the created background image. However, the slow speed of target cause that it has the very low gray level value in the difference image. To improve the gray level value, we perform the local gamma correction for difference image. So, the detection index is computed by using statistical characteristics in the improved image and then we chose the lowest detection index a true target. Experimental results show that the proposed method has significantly the good detection performance.

Key words: Small Target Detection(소형 표적 탐지), Motion Information of Target(표적의 움직임 정보), Local Gamma Correction(국부 감마 교정), Detection Index(탐지 지표), FLIR(전방관측 열상),IRST(적외선 탐색 및 추적)

1. 서 론

현재 정보, 감시 및 정찰용 무기에서 필수적인 장치로 인식되어지고 있는 전자광학 센서(electro-optical sensor)에는 레이더(radar), 자외선(ultraviolet), 레이저(laser), 그리고 적외선(infrared) 센서 등

이 있다. 그 중에서 적외선은 $0.77\sim 3\mu\text{m}$ 파장대역을 가지는 근적외선(SWIR; short wave infrared), $3\sim 6\mu\text{m}$ 파장대역의 중적외선(MWIR; middle wave infrared), 그리고 $6\sim 15\mu\text{m}$ 파장대역의 원적외선(LWIR; long wave infrared)로 이루어져있으며, 이러한 적외선 센서는 수동형(passive) 센서로서 전자

※ 교신저자(Corresponding Author): 이승익, 주소: 경북 경산시 하양읍 부호리33번지 경일대학교 공대7호관 302호 (712-701), 전화: (053)850-7328, FAX: (053)850-7603, E-mail: seungik@kiu.ac.kr

접수일: 2007년 1월 29일, 완료일: 2007년 3월 13일

[†] 정회원, 경일대학교 전자정보통신공학부

^{**} 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부
(E-mail: alteir@ee.knu.ac.kr)

^{***} 정회원, 국방과학연구소
(E-mail: sonofkim@add.re.kr)

^{****} 경일대학교 컴퓨터제어전기공학부
(E-mail: dockoo@kiu.ac.kr)

파를 방출하지 않아 적에게 자신의 위치를 노출 시키지 않고 표적을 탐지할 수는 장점을 가진다[1-3]. 적외선 센서를 이용하여 획득된 적외선 영상(infrared image)은 표적과 배경에 방출하는 고유한 복사 에너지 차이(온도 차이)를 검출하여 적절한 전기적 신호 처리를 수행한 후 가시광선 영상으로 변환시킨 것으로 군사용, 의료용 및 산업용으로 널리 연구되어지고 있으며, 특히 FLIR 영상 장치는 야간에도 표적을 관측, 탐지, 및 인식할 수 있어 군사용 감시 시스템에 널리 이용되고 연구 개발되고 있다[4-10].

또한 최근에는 대함공격용 미사일(ASM; anti-ship sea-skimming missile)이나 저고도 침투 항공기 방어에 핵심적인 기술로 인식되고 있는 적외선 탐색 및 추적(IRST; infrared search and track) 장치가 널리 연구되어지고 있다[2,11,12]. 그러나 IRST 장치에 사용되는 적외선 영상에는 여러 가지 요인들: 표적의 원천 신호, 주변 배경의 복사 에너지, 대기의 투과 특성, 센서들의 제한 요소 등에 의하여 많은 클러터(clutter)를 포함하기 때문에 표적의 신호 대 잡음비(SNR; signal to noise ratio)가 매우 낮은 단점을 지닌다. 따라서 이 장치에서는 원 거리로부터 다가오는 소형 표적은 클러터를 포함한 배경에서 흐릿하며, 정적이고, 아주 작은 점과 같이 나타남으로써 표적의 탐지 및 추적을 어렵게 하는 요인이 된다[13].

이런 표적을 탐지하는 알고리즘은 크게 두 가지로 분류되는데, 탐지-후-추적(DBT; detect-before-track) 방법과 추적-후-탐지(TBD; track-before-detect) 방법이 있다. 먼저, DBT 방법의 대표적인 알고리즘으로는 수학적 형태학(mathematical morphology) 여파기[14], Kalman 여파기[15], 다중가설 검정(multiple hypothesis testing)[16]으로, 각각의 프레임에서 표적을 탐지한 후 표적의 궤적을 추정하는 방법으로 계산적으로 편리함을 가지지만, 표적의 SNR이 낮은 경우 표적의 많은 정보들이 없어지는 단점을 가진다. 또한 TBD 방법의 종류는 재귀 최대 여파기(recursive max filter)[17], 동적 프로그래밍(dynamic programming)[18], 3D 정합 여파기(matched filter)[19]으로, 표적의 존재를 결정하기 전에 모든 프레임에 대하여 표적의 궤적을 추정한 후 표적을 탐지하는 방법으로 표적이 낮은 SNR을 갖는 적외선 영상에서 DBT 방법보다 우수한 성능을 가진다. 하지만 이 방법은 영상의 배경이

나 잡음에 대하여 민감하고 표적 속도의 불일치나 표적의 기동 이동에 대하여 성능이 감소하는 단점을 가진다.

본 논문에서는 복잡한 배경을 가지는 FLIR 영상에서의 소형 표적의 탐지 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서는 먼저 이전 프레임과 현재 프레임의 차를 구한 후, 구한 영상에서 시간적으로 발생하는 배경 잡음을 제거할 뿐만 아니라 표적의 움직임 정보를 구한다. 이때 소형 표적의 거리가 아주 멀거나 표적의 속도가 매우 느린 경우 표적의 움직임 정보의 양은 매우 적게 된다. 즉 작은 움직임 정보는 차 영상에서 표적 부분의 명암도가 매우 작음을 의미한다. 작은 명암도를 가지는 움직임 정보로는 표적을 탐지하기가 어렵기 때문에 본 논문에서는 국부 감마 교정을 행하여 이를 증가시킨다. 이렇게 개선된 영상에서 표적을 탐지하기 위하여 국부적인 영상의 통계적 특성 이용하여 탐지 지표를 계산하고, 계산된 탐지 지표 중 가장 낮은 탐지 지표를 탐지해야할 표적으로 선정한다.

제안한 방법에 의한 소형 표적 성능을 평가하기 위하여 실제 FLIR 영상에 적용해 본 결과, 제안한 방법의 표적 탐지 성능이 기존의 기법보다 우수함을 확인할 수 있었다.

2. 제안한 표적 탐지 기법

현재 많은 국가들에서 개발, 운용되어지고 있는 FLIR 영상 장치는 군 작전상으로 중요한 관찰범위에서 인간의 눈에 탐지되지 않게 다가오는 적들을 실용적으로 관측, 탐지, 인지하는 것이 가능하게 하는 시스템으로, 육지, 하늘, 및 바다 등에 응용하기 위해서는 그 시스템의 디자인 및 성능에 영향을 받는 특별한 표적 탐지 방법을 가진다. 그러나 이 장치에서 획득된 영상에는 클러터가 많이 포함되어 있으며, 매우 흐릿하거나, 움직임이 거의 없는 표적을 탐지할 때 문제점을 발생한다.

따라서 제안한 기법에서는 표적의 탐지를 용이하게 하기 위하여 획득된 FLIR 영상 시퀀스에서 이웃하는 두 프레임의 차 영상을 생성한 후, 시간적인 배경 잡음의 제거 및 움직이는 표적의 정보를 획득한다. 이렇게 구해진 움직임 정보에서 만약 표적의 속도가 느리다면, 움직임 정보를 구한 영상에서는 작은

명암도 값을 가진다. 따라서 이를 증가시키기 위하여 국부 감마 교정을 취한 후 탐지 지표를 계산한다. 계산된 탐지 지표값 중 가장 작은 지표값을 원하는 움직이는 표적으로 선택한다. 따라서 제안한 소형 표적 탐지 기법의 블록도를 나타내면 그림 1과 같다.

2.1 표적의 움직임 정보 추출 및 시간적 배경 잡음 제거

제안한 기법에서는 표적 탐지를 용이하게 하기 위하여 인근 두 프레임의 차 영상을 생성한다. 이렇게 생성된 차 영상에는 시간적으로 발생하는 배경 잡음 뿐만 아니라 많은 클러터들이 존재한다. 이들은 정확한 표적 탐지를 방해하는 요소들 중 하나이다. 이들을 제거하면서 정확한 표적을 탐지하기 위하여 본 논문에서는 국부적인 통계값으로 이루어진 문턱값을 이용한다.

$$D_n(x,y) = |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| \quad (1)$$

여기서 $D_n(x,y)$ 는 배경과 현재 프레임의 차 영상이고, $I_n(x,y)$ 와 $I_{n-1}(x,y)$ 는 현재 프레임과 이전 프레임임을 나타낸다. 차 영상 $D_n(x,y)$ 은 정규 분포를 가지

며, 순수한 표적의 움직임 정보뿐만 아니라 배경 잡음(클러터)들도 포함하고 있다. 이들 배경 잡음을 제거하기 위하여

$$M_n(x,y) = \begin{cases} 0 & , \text{ if } |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| < T_M \\ D_n(x,y) & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

를 이용한다. 여기서 T_M 은 $M_n(x,y)$ 을 생성하기 위한 문턱값으로 $T_M = \mu + \alpha\sigma$ 로 구해진다. 이때 μ 와 σ 는 $D_n(x,y)$ 의 국부적인 평균 및 표준편차이다. 또한 $\alpha \in (0,1)$ 는 시간적으로 발생하는 배경 잡음의 민감도를 나타내는 수치이다.

$M_n(x,y)$ 에서는 움직이는 표적에 의해 생성된 휘도 변화가 발생하는 부분을 볼 수 있다 만약 표적의 속도가 빠른 경우, 표적의 움직임 정보에 해당하는 명암도 값이 크며, 속도가 느린 경우, 움직임에 대한 명암도 값이 작아진다. 따라서 표적의 움직임을 더욱 증가시키기 위하여 제안한 기법에서는 국부 감마 교정을 행한다.

2.2 표적 명암도의 향상을 위한 국부 감마 교정

제안한 기법에서는 표적의 속도가 느린 경우에도 표적을 정확하게 탐지하기 위해 국부적인 통계치를 이용한 국부 감마 교정을 제안한다. 여기서 기본적인 감마 교정(gamma correction)은 출력 영상의 밝기 정도를 전반적으로 조절하는 것으로서 적절하게 감마(γ)값을 변화시킴으로써 변환 곡선을 쉽게 얻을 수 있다[20].

기본적인 감마 교정을 영상에 적용시킨 형태는

$$O_{GC}(x,y) = (N_G - 1) \cdot \left(\frac{I(x,y)}{N_G - 1} \right)^{1/\gamma} \quad (3)$$

이다. 여기서 $O_{GC}(x,y)$ 와 $I(x,y)$ 는 변환 후 출력 영상과 변환 전 입력 영상을 의미하며, N_G 는 출력 영상의 최대 회색 준위로 출력영상을 8bit 영상이라면, N_G 의 값은 256이 된다. 또한 변환 상수인 $\gamma=1$ 이면 동일 변환(identity transformation)이며, $\gamma>1$ 이면 대수 변환(log transformation)으로 영상을 밝게 하는 곡선 형태를 가지며, 또한 $\gamma<1$ 이면 멱함수 변환(power-law transformation) 형태로 전체 영상을 어둡게 한다. (4)식을 (3)식에 의해 구해진 차 영상에

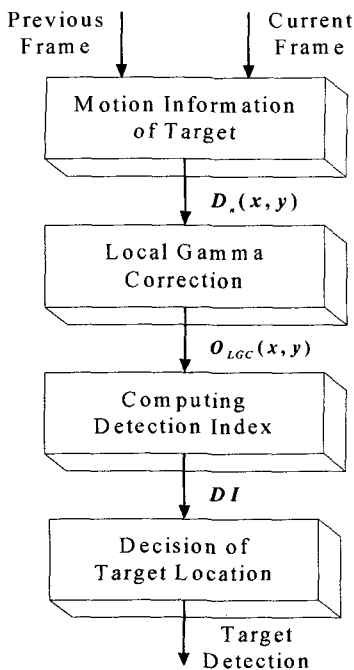


그림 1. 제안한 소형 표적 탐지 기법의 블록도

적용시키고자 하면 γ 값이 차 영상의 모든 화소에 동일하게 적용되므로 아주 작은 값 갖는 배경 잡음에도 영향을 미친다. 즉, 잘 드러나지 않던 배경 잡음이 증가되는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위하여 제안한 기법에서는 국부적인 통계치를 이용하여 국부 감마 교정을 제안하였다.

$$O_{LGC}(x,y) = (N_G - 1) \cdot \left(\frac{I(x,y)}{N_G - 1} \right)^{\frac{1}{(1-w) \cdot \sigma(x,y)}} \quad (4)$$

여기서 $\sigma(x,y)$ 는 (x,y) 화소 위치를 중심으로 갖는 국부 영역에서의 표준 편차를 나타내고, w 는 임의의 가중치를 나타낸다. 즉, 배경 잡음을 포함한 국부 영역에서는 표준편차는 매우 작으므로 국부 감마 교정을 하더라도 표적의 움직임 영역에 국부 감마 교정을 행한 값보다는 훨씬 작다.

2.3 정확한 표적 탐지를 위한 탐지 지표(DI: detection index)

국부 감마 교정을 수행한 후 표적을 탐지하기 위하여 본 논문에서는 탐색창(searching window) w 을 이용하여 탐색창 내의 랜덤 변수 집합과 배경 영역의 랜덤 변수 집합과 비교하여 탐지지표를 계산한다. 탐지 지표의 계산 과정은 그림 2(a)에서와 같이 국부 감마 교정된 영상에 대하여 탐색창을 이동해 가면서 구해진다. 배경 영역(background region)의 랜덤 변수를 구할 때는 탐색창 영역을 제외한 전체 영상에서 랜덤하게 표본을 추출한다. 그림 2(b)는 탐지 지표를 구하는 과정의 블록도를 나타낸다. 탐색창과 배경영역의 랜덤 변수들을 $x = \{x_i | i = 1, 2, \dots, N\}$, $y = \{y_i | i = 1, 2, \dots, N\}$ 로 설정하며, 두 랜덤 변수 집합은 같은 분포를 갖는다고 가정하자. 여기서 N 은 각각의 표본들의 수를 나타낸다. 따라서 제안한 탐지 지표를 정의하면

$$DI = \frac{4\bar{x}\bar{y} \cdot \sigma_x \sigma_y}{[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2](\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} \quad (5)$$

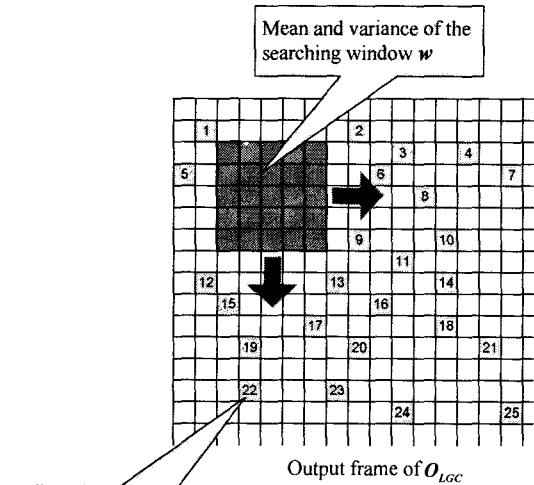
와 같다. 여기서 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$, $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$ 이며,

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

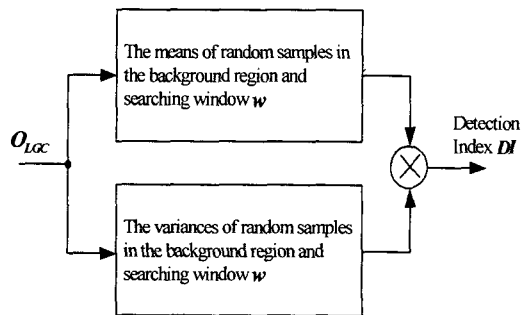
DI의 동적 범위(dynamic range)은 $[0, 1]$ 이다. 즉, DI가 1이라면, $y_i = x_i$ 을 가지며 DI는 배경과 탐색창이 같은 영역이라 판단하고, DI가 0에 가까운 값이라면, DI는 움직이는 표적에 포함된 영역임을 알 수 있다. 이 DI는 휘도비(LR; luminance rate)와 대조비(CR; contrast rate)의 두 개의 요소들의 결합으로 이루어진 형태로 모델링된다. 이를 이해하기 위하여, DI를 위의 두 가지 요소의 곱으로 재정의하면

$$DI = \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} \quad (6)$$

과 같다.



(a)



(b)

그림 2. (a) 탐지 지표를 구하기 위한 전체 창의 구조 및 (b) 탐지 지표를 구하기 위한 블록도

(7)식에서 첫 번째 성분은 두 랜덤 변수 x 와 y 사이에서의 LR을 나타내며, 이는 두 랜덤 변수 사이에서 평균 휘도가 얼마나 유사한지를 나타낸다. 만약 $\bar{x}=\bar{y}$ 이라면, LR은 1을 가진다. 두 번째 성분에서 σ_x^2 과 σ_y^2 는 x 와 y 의 대조의 추정치이며, 배경과 탐색창에서의 대조 유사성을 나타낸다. 이 CR 또한 $\sigma_x^2 = \sigma_y^2$ 이라면, 최대값은 1을 가진다. 탐색창 w 의 중심화소가 표적 영역에 속하는지 아니면 배경영역에 속하는지를 결정하기위하여 아래의 수식처럼 문턱값 T_{DI} 를 이용한다.

$$\begin{aligned} & \text{if}(DI < T_{DI}), \\ & \text{central pixel point of searching window } w \\ & \text{is target} \\ & \text{else} \\ & \text{central pixel point of searching window } w \\ & \text{is background} \end{aligned} \quad (7)$$

제안한 기법에서 문턱값 T_{DI} 은 실험적으로 0.009로 설정하였다.

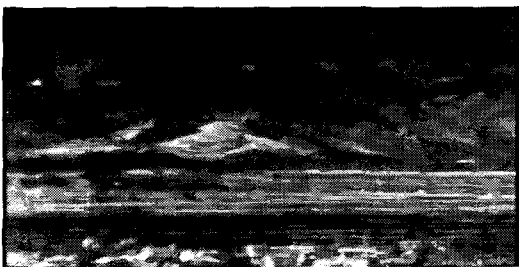
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험 결과

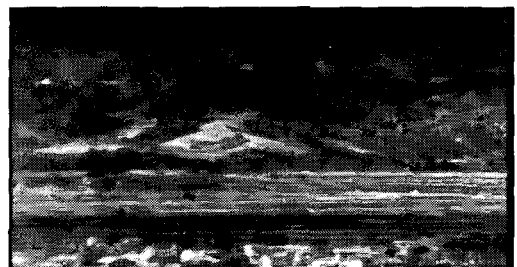
본 논문에서 제안한 표적 탐지 기법의 성능을 비교 평가하기 위하여 실제 FLIR 영상 장비에서 촬영

된 영상 신호를 고속 저장 장치를 이용하여 실시간적으로 저장한 후 획득된 영상에 대하여 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 모의실험에 사용된 표적의 종류는 헬리콥터와 버스로, 표적으로부터 약 4~6km의 거리에서 FLIR 영상장비로 촬영하였다. 표적이 헬리콥터인 영상은 720×360 화소 크기를 가지며, InSb 중적외선 센서(InSb MWIR sensor)를 이용하여 초당 30프레임으로 촬영되었으며, 버스가 표적인 영상은 720×480 화소의 크기를 가지며, MCT 중적외선 센서(MCT MWIR sensor)를 이용하여 초당 30프레임으로 촬영하였다. 또한 두 적외선 영상 모두 8bit의 명암도를 가진다. 또한, 제안한 기법에서 탐지 지표를 계산하기 위한 탐색창은 5×5 크기로 사용하였다.

표적이 헬리콥터인 영상과 표적이 버스인 영상에 대하여 제안한 기법에 의한 시물레이션 결과를 나타내면 그림 3과 그림 4에서와 같다. 그림 3(c)(e)와 그림 4(c)(e)에서 보는 바와 같이 이전 프레임과 현재 프레임의 차 영상에서 표적의 움직임 정보뿐만 아니라 작은 양이지만 시간적으로 발생하는 배경 잡음 또한 존재함을 볼 수 있다. 각각 차 영상에서 표적 중심의 열이 104번째 열과 137번째 열이라고 할 때 이때 각 열의 명암도 값을 나타내었다. 이들에서 보는바와 같이 표적의 속도가 빠른 경우, 차 영상에서는 표적이 두 개로 인식될 수 있음을 볼 수 있고, 느린 속도의 표적인 경우 명암도 값이 작음을 볼 수 있다.



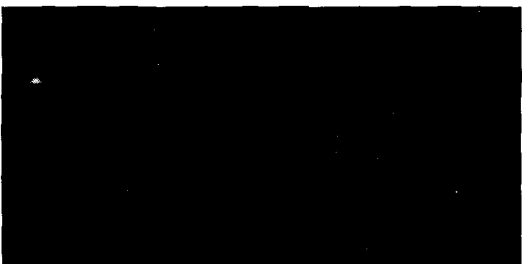
(a)



(b)



(c)



(d)

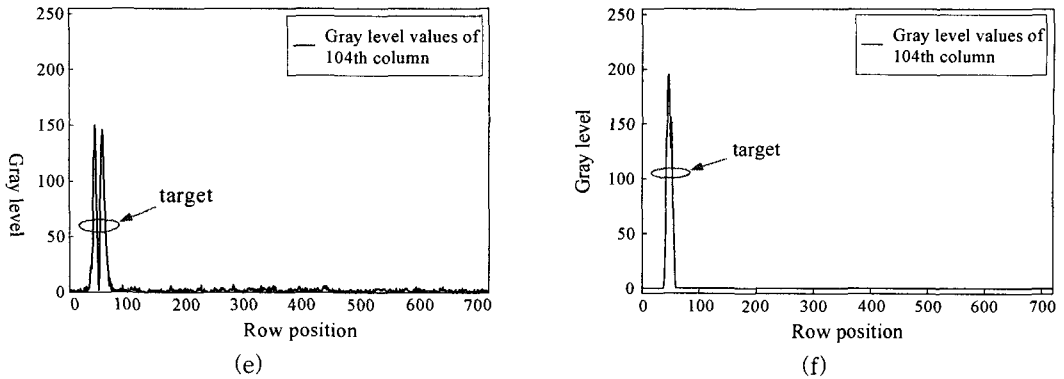


그림 3. 표적이 헬리콥터인 영상에 대한 (a) 15번째 프레임, (b) 16번째 프레임, (c) 두 프레임에서 움직임 정보를 구한 영상, (d) 움직임 정보를 구한 영상에 국부 감마 교정을 행한 영상, (e) 움직임 정보를 구한 영상에서 104번째 열의 명암도 분포, 및 (f) 국부 감마 교정된 영상에서 104번째 열의 명암도 분포

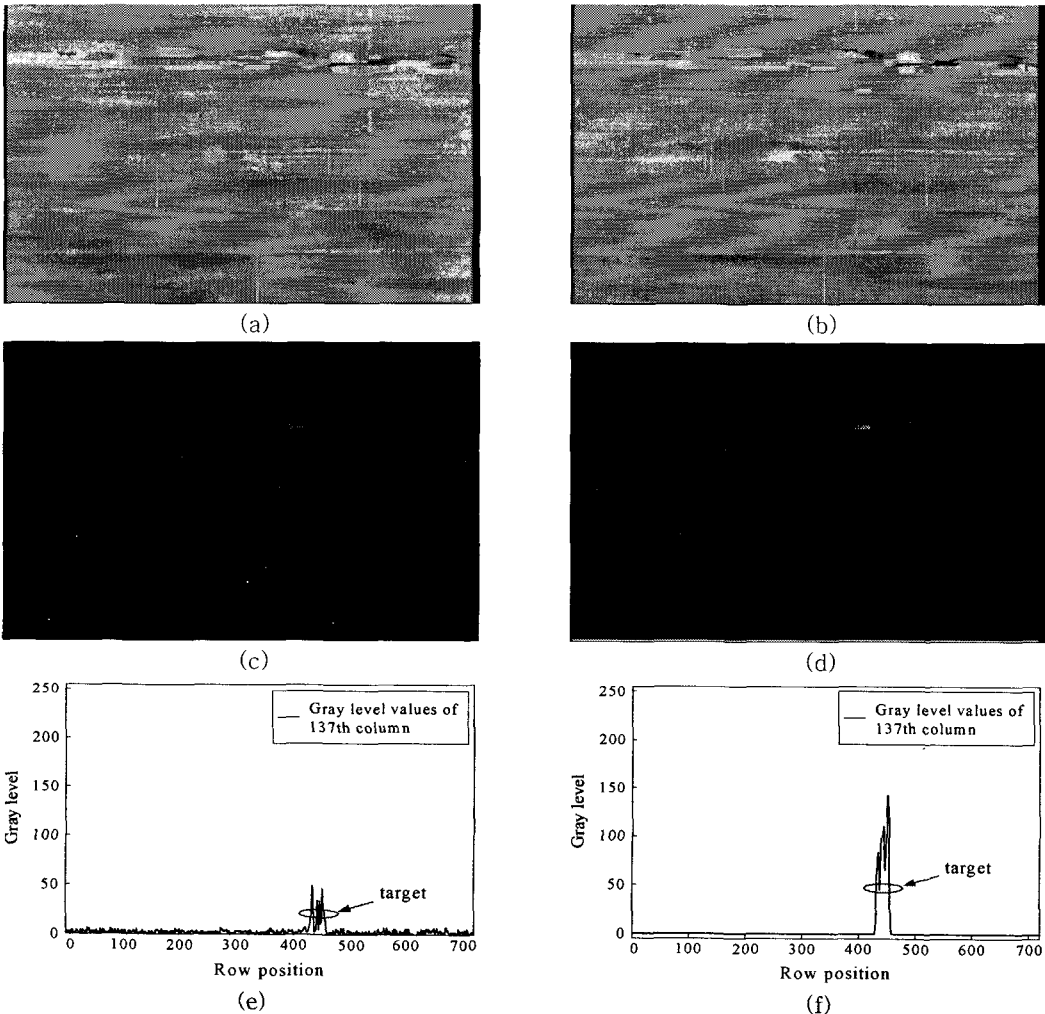


그림 4. 표적이 버스인 영상에 대한 (a) 40번째 프레임, (b) 41번째 프레임, (c) 두 프레임에서 움직임 정보를 구한 영상, (d) 움직임 정보를 구한 영상에 국부 감마 교정을 행한 영상, (e) 움직임 정보를 구한 영상에서 137번째 열의 명암도 분포, 및 (f) 국부 감마 교정된 영상에서 137번째 열의 명암도 분포

그림 3(d)(f)과 그림 4(d)(f)는 차 영상에 대하여 국부 감마 교정된 영상 및 표적 중심열의 명암도 값을 나타낸다. 이들에서 보듯이, 차 영상에서 나타나는 문체점들(표적의 개수가 늘어나거나, 표적의 명암도가 낮음)이 개선되었음을 알 수 있고, 표적 주위에 남아 있던 배경 잡음들 또한 없어져 표적이 더욱더 두드러짐을 볼 수 있다.

3.2 비교 실험

본 논문에서 Pham이 제안한 수학적 형태학 연산 및 Majority 여파기를 이용한 Sequential 여파기의 방법을 이용한 탐지 기법과 제안한 표적 탐지 기법과 비교 실험하였다. 각 실험 영상을 제안한 기법 및 기존의 방법으로 표적을 탐지했을 때 소요되는 시간은 평균 0.32초, 평균 0.20초에 불과하다. 이 시간은 실험 영상을 읽고 결과를 도시하는 시간은 포함하지 않는다. 그림 5는 Pham의 탐지 기법과 제안한 기법을 사용하여 얻은 결과 영상들이다. 이들 영상에서

보듯이 Pham의 탐지 기법이 제안한 기법보다 많은 클러스터를 가지는 것을 알 수 있다. 즉, 제안한 기법의 표적 탐지 소요시간이 기존 기법의 시간보다 60%정도 많이 소요되지만, 제안한 기법이 표적일 가능성이 있는 대상을 매우 정확하게 탐지할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 복잡한 배경을 가지는 FLIR 영상에서의 정확한 소형 표적 탐지 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서는 먼저 이전 프레임과 현재 프레임의 차를 구한 후, 구한 영상에서 시간적으로 발생하는 배경 잡음을 제거할 뿐만 아니라 표적의 움직임 정보를 구한다. 이때 소형 표적의 거리가 아주 멀거나 표적의 속도가 매우 느린 경우 표적의 움직임 정보의 양은 매우 적게 된다. 즉 작은 움직임 정보는 차 영상에서 표적 부분의 명암도가 매우 작음을 의미한다. 따라서 이러한 표적의 명암도를 증가시켜 정확한 표적을 탐지하기 위하여 국부 감마 교정을

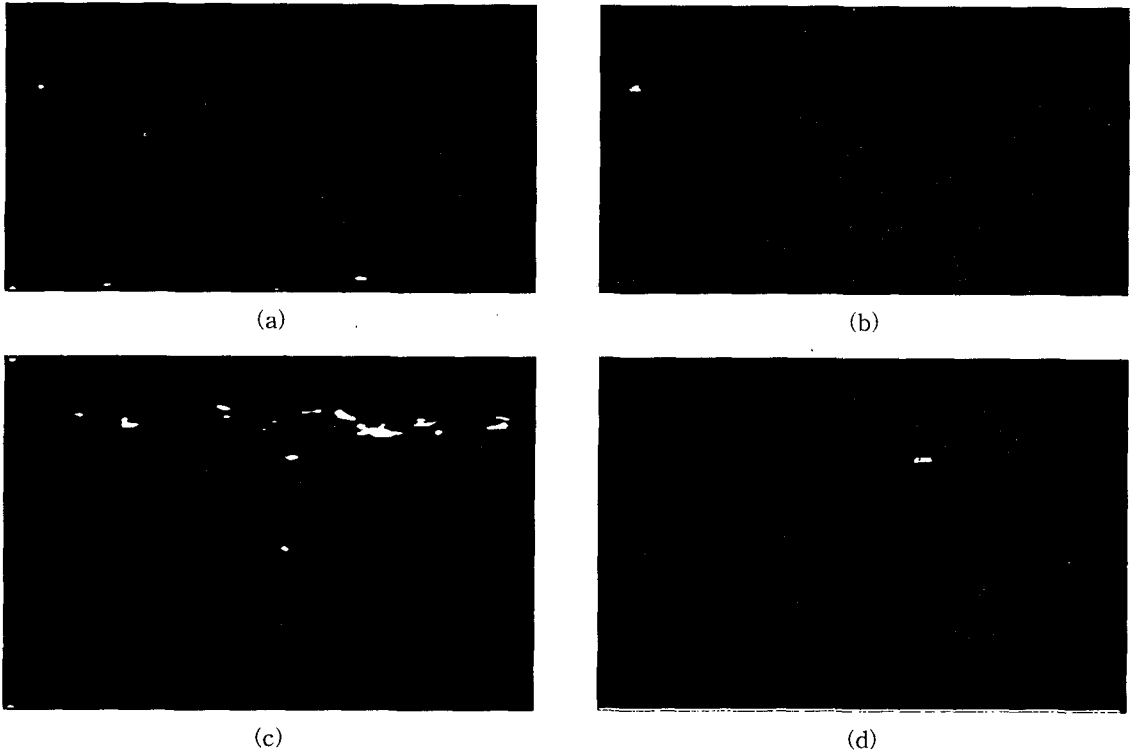


그림 5: (a) 표적이 헬리콥터인 영상에 대하여 Pham이 제안한 수학적 형태학 여파기를 사용하여 표적을 탐지한 영상, (b) 제안한 기법으로 표적을 탐지한 영상, (c) 표적이 버스인 영상에 대하여 Pham이 제안한 수학적 형태학 여파기를 사용하여 표적을 탐지한 영상, 및 (d) 제안한 기법으로 표적을 탐지한 영상

차 영상에 취한다. 이렇게 표적의 명암도를 증가시킨 영상에 대하여 탐지 지표를 구하고 그중 가장 낮은 탐지 지표를 선택하여 탐지하고자하는 표적으로 선정한다.

제안한 방법에 의한 표적 탐지 성능을 평가하기 위하여 실제 FLIR 영상에 적용해 본 결과, 제안한 방법의 표적 탐지 성능이 기존의 우수함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] R. D. Hudson, Jr, *Infrared System Engineering*, John Wiley & Sons, 1969.
- [2] 홍석민, "전자광학 영상 센서," *물리학과 첨단기술*, 제15권, 1/2호, pp. 11-18, 2006.
- [3] Richard B. Sanderson, "Infrared Missile Warning Sensors," *Proceedings of the IEEE NAECON*, Vol. 2, pp. 777-781, 1996.
- [4] W. L. Wolfe, *Introduction to infrared system design*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [5] P. A. Jacobs, *Thermal infrared characterization of ground targets and backgrounds*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [6] H. Kaplan, *Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [7] J. M. Loiydoyd, *Thermal imaging systems*, Plenum Press, 1979.
- [8] L. A. Klein, *Millimeter-wave and infrared multisensor design and signal processing*, Artech House, 1997.
- [9] J. S. Accetta and D. L. Shumaker, *The infrared multisensor design and electro-optical systems handbook*, SPIE Optical Engineering Press, 1993.
- [10] K. Seyrafi. and S. A. Hovanessian, *Introduction to electro-optical imaging and tracking systems*, Artech House, 1993.
- [11] S. B. Campana. Edi., *Passive electro-optical systems*, The infrared and electro-optical systems handbook, Vol. 5, ERIM, 1993.
- [12] A. D. Jong, "IRST and its perspective," *Proc SPIE*, Vol. 2552, pp. 206-213, 1995.
- [13] 안상호, "표적 탐지를 위한 영상신호처리 보드의 개발," 기술보고서, (주)삼성탈레스, 2005.
- [14] Q. H. Pham, T. M. Brosnan, and M. J. T. Smith, "Sequential digital filters for fast detection of targets in FLIR image data," *Proc. SPIE Automatic Target Recognition VII*, Vol. 3069, 1997.
- [15] K. Maeda, K. Kondo, Y. Konishi, and H. Ishigaki, "Design of mixed-domain filters for detection of arbitrary trajectory signals by using extended complex Kalman filters," *45th Midwest Symp. on Circuits and Systems*, Vol. 3, pp. 250-253, 2002.
- [16] D. B. Steven and S. H. Thomas, "Detecting small moving objects in image sequences using sequential hypothesis testing," *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 39, No. 7, pp. 1611-1629, 1991.
- [17] K. Nishiguchi, M. Kobayashi, and A. Ichikawa, "Small target detection from image sequences using recursive max filter *Proc. SPIE*, Vol. 2561, pp. 153-166, 1995.
- [18] A. J. Leigh and K. Vikram, "Performance analysis of a dynamic programming track before detect algorithm," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic System*, Vol. 38, No. 1, pp. 228-242, 2002.
- [19] I. Reed, R. Gagliardi, and I. Stotts, "Optical moving target detection with 3-D matched filtering," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic System*, Vol. 24, No. 4, pp. 327-335, 1988.
- [20] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing, 2nd Edition*, Prentice Hall, 2002.



이 승 익

1994년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2001년 8월 Colorado State Univ. 대학원 전자공학과 졸업

(공학석사)

2006년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2005년 3월~현재 경일대학교 전자정보통신공학부 전임강사
관심분야 : 임베디드 시스템, 영상처리, 얼굴인식



김 기 홍

1989년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2005년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1993년 3월~현재 국방과학연구

소 연구원

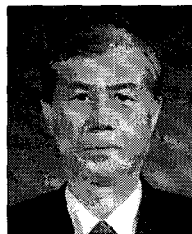
관심 분야 : 영상처리, 열 영상 처리



김 주 영

2000년 8월 부산외국어대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2002년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
2003년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정
관심분야 : 영상처리, 영상통신,

열 영상 처리



구 본 호

1980년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1985년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1991년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1991년~현재 경일대학교 컴퓨터

제어전기공학부 교수