

논문 2012-49CI-4-9

참조 프레임 모델링과 차영상을 이용한 포격 탐지 기법

(Gunnery Detection Method Using Reference Frame Modeling and Frame Difference)

김 재 협*, 송 태 언*, 고 진 신*, 문 영 식**

(Jae Hyup Kim, Tae Eun Song, Jin Shin Ko, and Young Shik Moon)

요 약

본 논문에서는 참조 프레임 모델링과 차영상에 기반한 포격 탐지 기법을 제안한다. 차영상은 표적 탐지 분야에서 가장 기본적으로 활용되는 기법이며, 움직임 변화가 심한 표적에 대한 탐지기법에 주로 사용된다. 제안하는 기법은 포격 표적을 목적으로 하고 있으며, 포격 표적은 시간에 따라 크기 및 에너지가 급격히 변화하는 표적이다. 따라서, 차영상 기반의 접근이 가능하며, 초고속 영상 장비 내에서 우수한 성능을 보장할 수 있다. 차영상 기반의 기법은 참조 프레임을 설정하는 방법이 매우 중요하다. 제안하는 기법은 표적이 발생하기 전의 프레임의 정보를 이용하여 참조 프레임을 모델링하여 실시간으로 갱신하며, 프레임 내 각 픽셀에 대하여 개별적인 통계적 계산을 수행한다. 본 논문에서는 포격 표적을 포함하는 73개의 적외선 영상에 대하여 탐지 및 오경보 성능을 실험하였으며, 오경보율을 시간당 1회 이하로 설정할 경우 95.7%의 탐지 성능을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose the gunnery detection method based on reference frame modeling and frame difference method. The frame difference method is basic method in target detection, and it's applicable to the detection of moving targets. The goal of proposed method is the detection of gunnery target which has huge variation of energy and size in the time domain. So, proposed method is based on frame difference, and it guarantee real-time processing and high detection performance. In the method of frame difference, it's important to generate reference frame. In the proposed method, reference frame is modeled and updated in real time processing using statistical values for each pixels. We performed the simulation on 73 IR video data that has gunnery targets, and the experimental results showed that the proposed method has 95.7% detection ratio under condition that false alarm is 1 per hour.

Keywords : target detection, gunnery, reference frame, frame difference, IR image

I. 서 론

최근 발전하는 무인자동화 시스템 기술에 발맞추어 군사과학기술 분야의 무인시스템의 연구도 활발히 진행되고 있다. 무인자동화 군사기술의 기반은 영상정보기반의 탐지, 추적, 인지 기술 등을 이용한 무인 전투체계를 들 수 있으며, 이는 최근 급속도로 발전하고 있는 시간기반 정보기술을 활용하여 연구가 진행되고 있다. 일

* 정회원, 삼성탈레스
(Samsung Thales)

** 평생회원-교신저자, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Science and Engineering,
Hanyang University)

※ 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(2009-0077434, 한양대학교)

접수일자: 2012년1월5일, 수정완료일: 2012년6월25일

반적인 CCD 기반 영상에 비해 적외선 영상(IR, infrared)은 지형지물이 발생하는 열 정보를 기반으로 열상을 출력하므로, 다양한 환경하에서도 일정수준 이상의 영상정보를 보장할 수 있기 때문에, 군사용 장비에 활발히 이용되고 있다.

본 논문에서는 일반적으로 확인할 수 있는 전차, 장갑차, 군용트럭과 같은 지상 표적이 아닌, 군용 화력장비로부터 발생하는 포격 표적을 탐지하는 기법을 제안한다. 군용 화력장비는 탄두 또는 미사일 등의 요격체를 발사하는 일련의 장비를 의미하며, 일반적으로 사정거리는 10~50km에 이른다. 따라서, 초기 발사 시점에서 매우 큰 에너지가 필요하며 순간적으로 대용량의 열에너지를 발산하게 된다. 이는 적외선 영상 센서로 원거리에서도 충분히 감지가 가능한 이유이다.

적외선 영상 기반의 탐지 기법에 관한 연구는 군용 적외선 장비의 발전에 따라 지속적으로 연구가 진행되어 왔으나, 대부분의 목표는 해상 및 지상에서 관찰될 수 있는 일반적인 표적을 대상으로 하였다^[1~7]. 적외선 영상은 대체로 저해상도 그레이 영상과 유사한 형태를 가지며, 표적의 대부분은 배경에 비해 높은 열에너지를 발산하여 적외선 영상 내에서 높은 밝기값을 가진다. 이러한 관점에서, 초기의 표적 탐지 기법은 배경에 비해 높은 밝기값을 가지는 영역을 취하여 표적으로 탐지하는 방향으로 연구가 진행되어 왔다. Zhu 등^[1]은 적외선 영상 내에서 모폴로지(Morphology) 필터를 이용한 소형표적 탐지 기법을 제안하였으며, Sun 등^[2]은 앞서 언급한 적외선 영상 내에서 두드러지는 지상 표적 영역과 주변 배경 영역의 차이를 기반으로 하는 탐지 기법을 제안하였다. 또한, Wang 등^[3]은 큐빅 페이스 모델(Cubic Facet Model)을 이용하여 적외선 영상 내 소형 표적 탐지 기법을 제안하였다. 이와 같은 기법들은, 주변 배경에 비해 표적 영역이 두드러지는 특성을 기반으로 하였으며, 배경 영역의 공간적인 복잡도가 낮은 경우 우수한 성능을 보이고 있다. Liu 등^[4]은 적응적 영역 확장 기법을 이용하여 적외선 영상에서의 소형 표적 탐지 기법을 제안하였으며, 이 기법은 국소 배경 영역의 모델링을 기반으로 차영상을 구하고 기반점을 탐지하는 방법을 따른다. 국내의 적외선 영상내 표적에 대한 연구는 대부분 국방분야의 연구를 통해 진행되어 왔다. Sun^[5]은 적외선 영상의 가보(Gabor) 응답과 신경망에 기반한 표적 탐지 기법을 제안하였으며, Yu 등^[6]은 적

외선 영상 기반 시스템의 보완적 측면에서 CCD영상에서 템플릿을 이용한 표적 탐지 기법을 제안하였다. 또한, Kang 등^[7]은 주성분 분석과 윤곽선 정보를 이용하여 적외선 영상 내 표적 탐지와 클러터 제거를 수행하는 기법을 제안하였다.

앞서의 연구들과 같이 우수한 성능을 보이는 표적 탐지 기법들이 지속적으로 연구되어 왔으나, 본 논문에서 대상으로 하고 있는 포격 표적은 일반적인 표적과는 큰 차이를 나타낸다. 포격 표적은 다양한 환경과 조건에 따라 매우 변화폭이 크고, 짧은 시간적 길이를 가지는 특이한 표적으로 정의할 수 있다. 따라서, 밝기, 크기 등에서 일정 조건을 만족하며 지상 및 해상에서의 균일적인 배경 등을 가정하는 표적 탐지 기법을 그대로 적용하기는 어렵다. 초기의 포격 표적에 대한 연구는 포격 시의 물리적 에너지 분석에서 시작되었다. Grant 등^[8]은 포격 시 발생하는 화염(Muzzle Flash)에 대한 특성을 분석하여 원거리 상태에서도 포격 표적을 적외선 영상으로 관측할 수 있음을 제시하였다. 포격 표적에 대한 탐지 기법에 관하여 대표적인 연구로는 Ertem 등^[9]의 연구와 Spera 등^[10]의 연구를 들 수 있다. Ertem 등은 스펙트럼(spectral), 수리형태학적 필터를 이용하여 포격 표적을 탐지하였으며, 시간적/공간적 필터를 추가하여 클러터와 구분하였다. Ertem 등이 제안하는 기법은 저격수(sniper) 탐지 시스템에 적용되었으며, 120프레임 이상의 고속 적외선 센서를 기반으로 하였다. Spera 등은 포격의 시간적 특성을 이용하는 저격수 탐지 기법에 대해 제안하였으며, 시간적 에너지의 변화 특성을 이용하여 포격 표적을 탐지하고 발생된 위치를 계산하였다. 이와 같이 특정 응용분야에 한하여 포격 표적의 탐지를 기반으로 하는 시스템이 연구가 진행되어 왔으나, 포격 표적의 특수성과 응용분야의 제한성으로 인하여 실제 활용되는 세부 단위의 기법들은 제시되지 않고 있다. 그러나, 포격 표적으로부터 추론될 수 있는 특성에 따라 다양한 시간적/공간적 필터를 이용하고 있음을 파악할 수 있다.

본 논문에서는 앞서의 Ertem 등과 Spera 등의 연구와 유사한 관점에서 포격 표적 탐지 기법에 대하여 제안한다. 이전 연구들과의 차이점은, 이전의 연구는 포격 표적 탐지를 저격수의 위치 탐지 시스템에 응용하였으나, 제안하는 기법은 중/대형 화력 무기 탐지 시스템에 적용하고자 연구가 진행된 점이다. 또, 초기의 위치를

탐지하는데 목적을 두는 것이 아니라, 초기 발화 시점부터 종료시점까지 연속적으로 탐지를 수행하여 포격 표적의 시간적 특징 데이터를 제공하는데 목적을 두고 있다. 본 논문에서는 II장에서 포격 표적에 대한 특성을 분석하고, III장에서 제안하는 기법에 대해 설명한다. IV장에서는 실제 획득한 적외선 영상을 이용하여 실험한 결과를 설명하고, V장에서는 결론을 제시한다.

II. 포격 표적

그림 1에서는 xx km 이상의 장거리에서 xx ms 이하의 짧은 구간에서 관측된 포격 표적의 예를 보여주고 있다. 보안상의 이유로 거리 및 표적 종류에 대한 설명은 생략하였으며, 전체 적외선 영상의 일부분을 이용하여 예를 구성하였다. 그림 1의 (a)-(f)는 발생 시간 순서로 나열되었음을 나타낸다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이, 포격 표적은 크기와 모양을 확정하기 어려우며, 매우 순간적으로 발생하는 표적임을 알 수 있다.

제안하는 기법은 원거리 포격 탐지 시스템의 개발에 맞추어 연구가 진행되었다. 따라서, 상대국의 다양한 야포 전력에 적합하도록 목표를 맞추어야 한다. 현재 상대국의 경우 76.2, 100, 122, 130mm 평사포, 152mm 곡사포, 76, 100, 122, 130, 152, 170mm 자주포, 107, 122, 140, 240mm 방사포, 등 수많은 종류의 야포 전력을 보유하고 있으며, 5만문 이상의 야포 전력이 현재 대치중에 있다. 또한, 앞서 언급한 수많은 야포 전력은 각기 다른 목적과 사거리를 지니고 있다^[11]. 국내의 야포 전력 또한 각각의 사거리와 목적에 따라 다양한 종류가

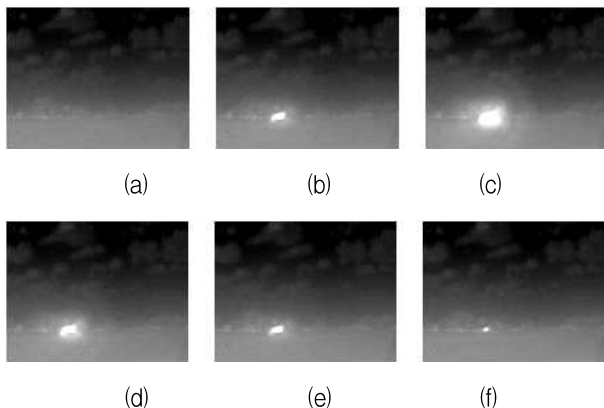


그림 1. 포격 표적의 예
Fig. 1. The example of gunnery target.

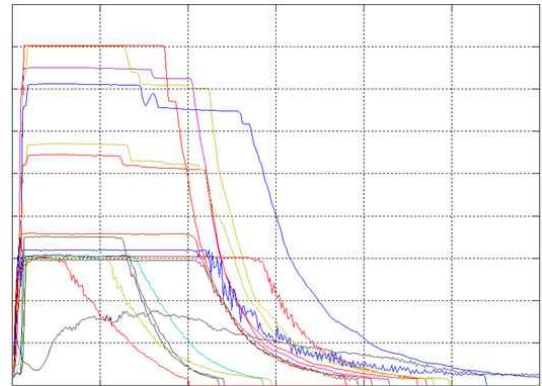


그림 2. 동일한 종류의 포격 표적 프로파일
Fig. 2. Target profiles of same gunneries.

존재하며, 다수의 야포에 대한 포격시의 적외선 영상을 확인했을 때, 포의 종류와 사거리에 따라서도 많은 차이를 보임을 확인할 수 있었다. 장거리 타격을 목표로 하는 표적일수록 많은 양의 에너지를 이용하여 요격체를 발사하게 되며, 따라서, 적외선 영상 내에서도 포의 종류에 따라 포격 표적의 크기와 밝기값, 지속 시간이 큰 차이를 나타낸다. 그림 2는 포격 표적의 밝기값에 대한 예를 보여주고 있으며, 동일한 종류의 야포에 대한 포격 영상에서 포격 표적 위치의 밝기값의 프로파일을 나타낸다^[12]. 그림의 프로파일은 동일한 종류의 야포를 서로 다른 위치와 시간에서 획득한 적외선 영상으로부터 추출한 프로파일 데이터이다. 동일한 종류의 포격 표적이 밝기값의 크기, 지속 시간 등에서 매우 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한, 밝기값의 크기가 클수록 실제 적외선 영상 내에서 확인되는 표적의 크기가 크기 때문에 실제 포격 표적이 크기, 밝기값 등에서 매우 큰 변화폭을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

다양한 종류의 야포와 환경 하에서의 포격 표적 영상을 통해 다음과 같은 특성을 정리할 수 있다.

- 거리, 대기 환경, 표적의 사거리 및 장약 등에 따라 매우 다른 세기의 에너지를 발산함
- 표적의 종류와 환경에 따라 적외선 영상에서의 밝기값의 차이가 매우 큼
- 크기와 모양을 단정할 수 없음
- 매우 짧은 시간 내에 큰 변화를 발생한 후 소멸됨
- 군사적 측면에서 센서 내에 포함되는 시야각 내에 다양한 위치에서 다수의 표적이 발생할 가능성이 큼

III. 제안하는 기법

본 논문은 xxx Hz 이상의 고속 적외선 영상 시스템 하에서 포격 표적을 실시간으로 탐지하여 시간적 특징 데이터를 제공하는 기법에 대하여 제안한다. 그림 3은 제안하는 기법의 개요를 나타낸다.

제안하는 기법은 기본적으로 현재의 프레임과 이전 프레임 단계에서 모델링된 참조 프레임(Reference Frame)과의 차영상을 이용하여 탐지를 수행한다. 차영상의 결과는 참조 프레임의 문턱치를 이용하여 문턱치화(Thresholding)를 수행하며, 문턱치를 초과하는 여부에 따라 후보 이진 영상을 출력한다. 2단계에서는 후보 이진 영상에 대한 후처리 단계로써 열림 연산(Opening Operation)과 레이블링(Labeling) 연산을 수행하여 표적 영역을 탐지한다. 마지막 3단계는 정보 저장 단계로, 영상 내 탐지된 각각의 표적 영역은 최대 밝기값, 평균 밝기값, 픽셀 개수, 중심점 등을 계산하여 표적 정보를 형성하고, 이전 프레임 단계까지 구성된 표적 트랙 정보와 비교하여 동일한 표적으로 판단될 경우 동일한 표적 번호를 할당한다. 신규 표적으로 판단될 경우 새로운 표적 번호를 할당한다. 따라서, 3단계는 각 프레임에서 탐지된 정보의 저장 과정으로써, 본 논문에서는 표적 영역의 탐지단계인 2단계까지의 세부 내용을 설명하며, 3단계의 표적 정보 구성에 대해서는 세부 설명은 생략한다.

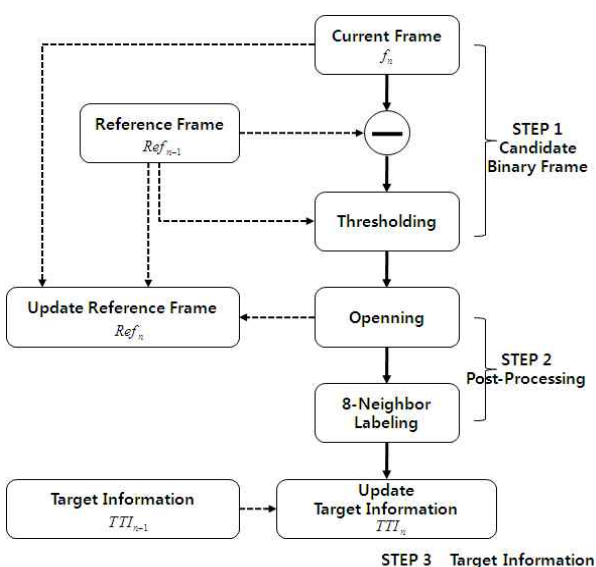


그림 3. 제안하는 기법 개요도

Fig. 3. The flow chart of proposed method.

1. 후보 이진 영상 생성

후보 이진 프레임을 생성하기 위해서는 참조 프레임과의 차영상을 구한 후, 문턱치화 과정을 거친다.

차영상을 이용한 표적 탐지 기법은 순간적으로 큰 변화를 가지는 포격 표적에 매우 적합하다. 일반적인 배경 화면 내에 포격 표적에 가까운 수준의 큰 밝기값과 형태의 변화를 보이는 요소는 거의 없기 때문에, 차영상을 이용할 경우 손쉽게 포격 표적을 탐지할 수 있다. 그러나, 포격 표적이 다양한 위치와 시점에서 다수 발생할 경우 각 포격 표적에 대한 참조 프레임을 선정하기가 어렵다. 그림 4는 A, B, C 세 개의 포격 표적이 발생하는 경우에 대한 예를 보여주고 있다. 가로축은 시간적 프레임을 의미하며, 세로축은 위치를 의미한다. 따라서, 포격 A는 3-7프레임 구간에 걸쳐 위치 1에서 발생하며, 포격 B와 C도 각각 서로 다른 구간과 위치를 가진다. 그림 4와 같이 포격 표적이 발생하는 경우, 포격 A, B, C에 대한 참조 프레임은 각각 2, 4, 8 프레임이 할당되어야 한다. 그러나, 시스템 장비의 설계와 구현에서 확정되지 않은 포격 표적 개수에 대해 충분한 참조 프레임을 저장하기는 매우 어렵다.

반면에, 이전 프레임을 연속적으로 참조 프레임으로 활용하는 경우 표적마다 별도의 참조 프레임을 설정할 필요가 없어 시스템의 구현이 가능하다. 그러나, 연속되는 프레임의 차영상을 이용하여 표적 탐지를 수행할 경우 동일한 포격 표적간의 중첩이 발생하여 정보의 손실을 초래할 수 있다. 그림 5는 이와 같은 문제의 예를 보여주고 있다.

그림 5에서는 실제 포격 표적은 영상 내에서 매우 큰 에너지를 발산하며 미세하게 크기가 변화하고 있으나,

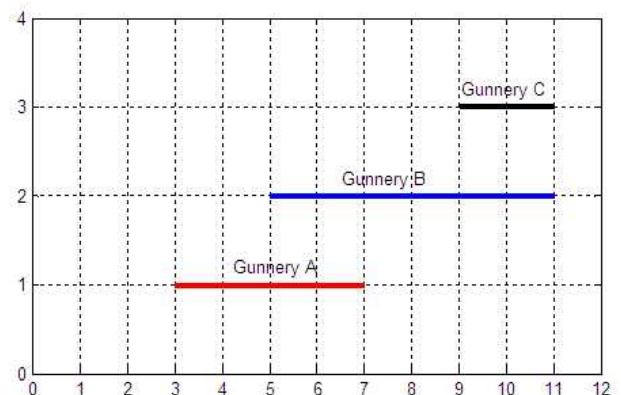


그림 4. 포격 표적 발생의 예

Fig. 4. The example of gunnery events.

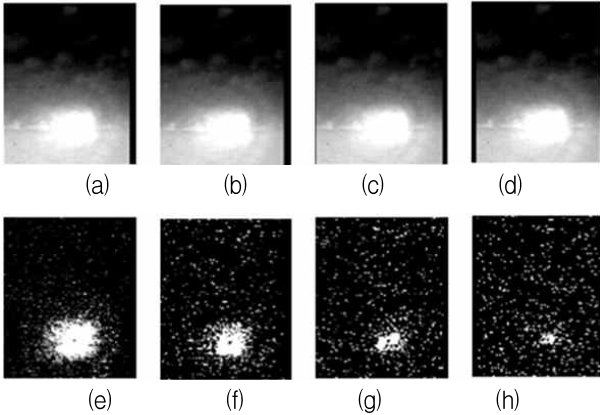


그림 5. 연속 프레임을 이용한 차영상의 예. (a)-(d) 실제 적외선 영상, (e)-(h) 차영상

Fig. 5. The example of difference frames using successive frame. (a)-(d) Original infrared frames, (e)-(f) difference frames

연속 프레임의 차영상에서는 표적 영역이 급격히 변화하고 있는 현상을 확인할 수 있다. 이외 다수의 프레임에서도 연속적으로 발생하는 포격 표적이 차영상에서 존재하지 않거나 실제 프레임과 차영상에서의 포격 표적의 차이가 매우 크게 발생할 수 있다.

제안하는 기법에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 참조 프레임 모델링을 이용한 차영상을 통해 표적 탐지를 수행한다. 참조 프레임은 기존의 프레임 정보를 기반으로 통계적 수치를 저장하는 프레임으로써, 현재의 프레임과의 차영상을 계산하는데 활용된다. 참조 프레임의 각 픽셀은 이전 프레임으로부터 계산된 평균과 표준편차를 저장하게 되며, 차영상 계산은 각 픽셀 단위로 이루어진다. 식 (1)-(5)는 n 번째 프레임에서 (x, y) 위치의 픽셀에 대한 평균과 표준편차를 계산하는 과정을 나타낸다. $\mu(x, y)$ 은 (x, y) 위치의 픽셀의 평균을 의미하며, $\sigma(x, y)$ 는 표준편차를 의미한다. n 은 프레임의 번호를 의미하며, $f_n(x, y)$ 는 n 번째 프레임의 (x, y) 위치의 픽셀값을 의미한다.

$$\mu_n(x, y) = \frac{(\mu_{n-1}(x, y) * (n-1) + f_n(x, y))}{n} \quad (1)$$

$$a = \frac{n-1}{2} ((\mu_{n-1}(x, y) - \sigma_{n-1}(x, y)) - \mu_n(x, y))^2 \quad (2)$$

$$b = \frac{n-1}{2} ((\mu_{n-1}(x, y) + \sigma_{n-1}(x, y)) - \mu_n(x, y))^2 \quad (3)$$

$$c = (f_n(x, y) - \mu_n(x, y))^2 \quad (4)$$

$$\sigma_n(x, y) = \sqrt{\frac{(a+b+c)}{n}} \quad (5)$$

식 (1)은 n 번째 프레임 단계에서 μ_{n-1} 의 값이 $n-1$ 개가 존재하며 f_n 의 값이 1개가 존재한다는 관점에서 평균을 계산한다. 식(2), (3), (4)는 식(5)의 표준편차 σ 를 계산하기 위한 중간단계로써, n 번째 프레임 단계에서, $\mu_{n-1} - \sigma_{n-1}$ 의 값이 $(n-1)/2$ 개, $\mu_{n-1} + \sigma_{n-1}$ 의 값이 $(n-1)/2$ 개, 그리고 $f_n - \mu_n$ 의 값이 1개 존재한다는 관점에서 표준편차를 계산한다. 식 (1)-(5)의 과정은 평균과 표준편차의 의미로부터 수학적으로 도출된 과정이며, n 이 홀수일 때 약간의 오차가 발생할 가능성이 있으나 n 이 커질수록 오차의 영향이 줄어든다.

식 (1)-(5)의 과정은 해당 픽셀이 표적 영역이 아닐 경우에 갱신되는 과정이며, 표적 영역으로 판단될 경우 수행되지 않는다. 따라서, 지속적으로 표적 영역으로 판단될 경우, 표적 영역으로 판단되는 시점 이전의 참조 프레임 값을 그대로 유지하고 있으며, 차영상 계산에서의 중복 문제를 해결할 수 있다. 각각의 픽셀에 대한 표적 영역 여부는 문턱치화를 통해 이루어진다. 식 (6)은 차영상의 문턱치화를 통해 픽셀의 표적 영역 여부를 결정하는 과정을 나타낸다. Ref 는 참조 프레임을 의미하며, $DIFF_{thr}$ 는 현재 프레임과 참조 프레임의 차영상에 대한 문턱치화 결과를 의미한다. 즉, 현재 프레임은 참조 프레임의 평균값과의 차영상을 구성하며, 참조 프레임의 표준편차를 이용하여 문턱치화를 수행한다. 식 (6)에 나타난 k 는 문턱치를 설정하기 위한 파라미터이다. 식의 표기상의 편의를 위해 (x, y) 표기를 생략하였다.

$$Ref_{n-1} = (\mu_{n-1}, k \sigma_{n-1})$$

$$DIFF_{thr} = \begin{cases} 1 & \text{if } f_n - \mu_{n-1} > k \sigma_{n-1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

2. 후처리 과정

제안하는 기법은 후보 이진 프레임에 대하여 후처리 과정을 수행하며, 영역 설정 과정과 참조 프레임 갱신 단계로 구성된다.

영역 설정 과정은 열림 연산과 레이블링 연산을 수행한다. 포격 표적은 일정한 질량을 가지는 단단한 표적

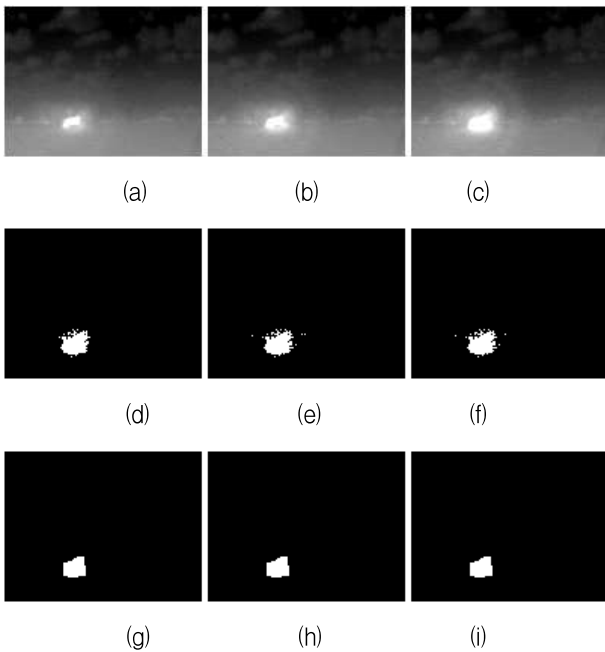


그림 6. 차영상의 열림 연산의 예. (a)-(c) 실제 적외선 프레임, (d)-(f) 차영상, (g)-(i) 열림 연산 결과

Fig. 6. The example of opening operation for difference frames. (a)-(c) original IR frames, (d)-(f) difference frames, (g)-(i) the results of opening operation.

이 아니기 때문에 차영상에서 주변에 흩어지는 영역이 발생될 수 있다. 그림 6은 이와 같은 현상에 대한 예를 보여준다.

그림 6에서 (d)-(f)는 현재 프레임과 참조 프레임의 차영상, 즉 후보 이진 프레임을 나타낸다. 그림에서와 같이 대형 포격 표적의 외곽 영역에서 흩어지는 현상이 발생할 경우, 레이블링 결과에서는 다수의 포격 표적이 존재하는 것으로 판단될 수 있다. 이는 오경보(False Alarm)를 발생켜 전체 시스템의 성능을 저하시키는 요인이 될 수 있으므로, 제안하는 기법에서는 정제된 표적 영역을 획득하기 위하여 열림 연산을 수행한다. 그림 6에서 (g)-(i)는 후보 이진 프레임의 열림 연산 결과를 나타낸다. 연산 결과 프레임은 표적 영역의 여부를 판단하여 참조 프레임의 갱신에 활용되며, 8-이웃(8-Neighborhood) 레이블링 단계를 수행하여 표적 영역의 정보를 획득하는데 활용된다. 식 (7)은 참조 프레임 갱신의 개념을 설명한다.

$$Ref_n = \begin{cases} (\mu_n, \sigma_n) & \text{if } (x,y) \in Target\ Area \\ (\mu_{n-1}, \sigma_{n-1}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

갱신된 참조 프레임, 즉 Ref_n 은 $n+1$ 번째 프레임에서의 표적 탐지에 활용된다.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 제안하는 기법의 성능을 분석하기 위하여 실제 포격 표적을 촬영한 적외선 영상을 이용하여 탐지 및 오경보 성능을 실험하였다. 영상의 개수는 73개, 포격 표적의 개수는 115개이며, 모든 영상의 프레임의 수는 2,308,390 프레임이다. 제안하는 기법의 목표가 되는 xxx Hz 이상의 고속 적외선 영상 시스템에서 획득된 영상이므로, 짧은 시간 동안의 촬영에서도 영상별로 평균적으로 약 30,000 프레임 이상이 저장된다. 식 (8)과 (9)는 탐지와 오경보 성능을 계산하는 방법을 나타낸다.

$$Detection\ Ratio(\%) = \frac{Detected\ Targets}{Total\ Targets} \times 100 \quad (8)$$

$$False\ Alarm\ Rate(/h) = \frac{False\ Alarms}{Total\ Frames} \times (xxx\ Hz) \times (3600s) \quad (9)$$

탐지 성능은 탐지된 표적의 개수와 전체 표적의 개수의 비율로 계산된다. 오경보율은 프레임 당 발생하는 오경보 개수, 시스템의 초당 영상 획득률을 이용하여 1시간당 발생할 수 있는 오경보의 비율로 표현하였다. 그림 7은 실험에 사용된 적외선 영상 내에서 발생하는 포격 표적의 일부분을 나타낸다. 그림과 같이 거리와 포 종류에 따라 서로 다른 표적 영상이 획득되었으며, 지상 및 항공에서 다양하게 획득되었다. 획득 환경에 대한 세부 사항은 보안상의 이유로 생략한다.

제안하는 기법에서 탐지 및 오경보 성능을 결정하는

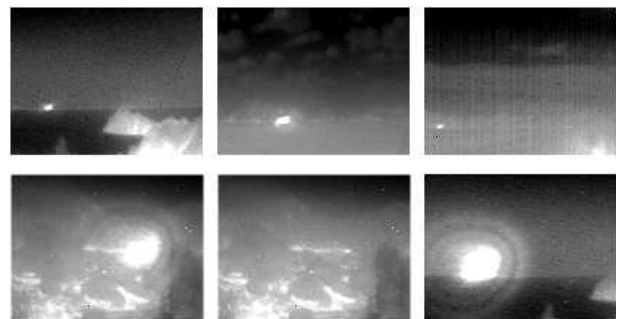


그림 7. 적외선 영상 내 포격 표적 예
Fig. 7. The examples of gunnery targets in infrared image.

파라미터는 차영상 문턱치화에 사용되는 k 이다. 따라서, k 의 값의 변화에 따른 탐지 및 오경보 성능을 분석하여 적용해야 한다. 실험에서, 열림 연산 수행 시 필요한 구조요소(Structuring Element)의 크기는 3으로 결정하였으며, 이는 포격 표적이 경우에 따라 수십 픽셀 이하의 크기를 가질 수 있기 때문에 주변 화염에서 발생하는 작은 요소만을 제거하기 위해 실험적으로 결정하였다.

차영상 문턱치 계수는 식 (6)과 같이, $k\sigma_{N-1}$ 의 형태로 결정된다. k 가 크면 상대적으로 작은 밝기값을 나타내는 포격 표적(원거리 또는 작은 에너지)을 탐지하지 못하는 경우가 발생할 수 있으나, 프레임 내에서 발생하는 다양한 클러터를 제거할 수 있어 오경보율을 낮출 수 있다. 반면, k 가 작으면 소형 포격 표적도 탐지가 가능하여 탐지율은 향상되나, 클러터로 인한 오경보율 상승의 원인이 될 수 있다. 그림 8은 k 의 크기에 따른 탐지 성능의 변화를 나타낸다. 실험을 위하여 k 의 값을

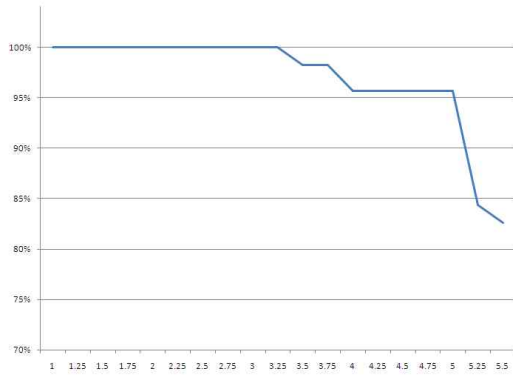


그림 8. 계수 k 에 따른 탐지 성능
Fig. 8. Detection ratio in various parameter k .

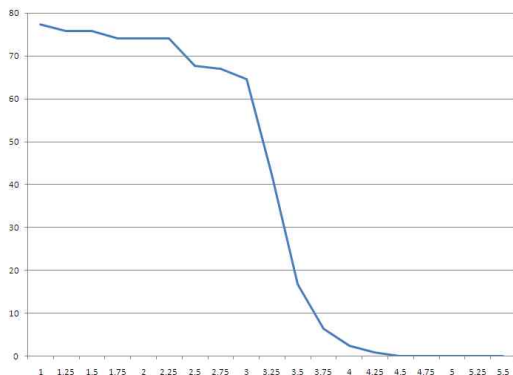


그림 9. 계수 k 에 따른 오경보 성능
Fig. 9. False alarm ratio in various parameter k .

0.25단계로 점진적으로 증가시켜 전체 표적에 대한 탐지 성능을 계산하였다. 가로축은 k 값을 나타내며, 세로축은 탐지 성능을 백분율로 나타낸다.

그림 8에서는 k 의 변화에 따라 점진적으로 탐지 성능이 낮아지는 결과를 확인할 수 있다. k 가 3.25 이하일 경우 모든 표적을 탐지해 내고 있으며, 5를 초과할 경우 85% 미만의 탐지 성능을 나타낸다. k 의 값이 6이상 이 될 경우 탐지 성능이 70%이하로 떨어지는 결과를 확인하여 그림 7에서는 k 의 값이 5.5까지의 결과만을 도시하였다.

그림 9는 k 의 크기에 따른 오경보 성능의 변화를 나타낸다. 가로축은 k 값을 나타내며, 세로축은 오경보 성능을 식 (9)와 같이 시간당 발생 빈도로 나타낸다.

그림 9에서는 k 의 값이 커질수록 오경보 횟수가 줄어드는 결과를 확인할 수 있다. 실험 결과 k 의 값이 3.25 이상일 때 오경보 성능이 시간당 10회 이상으로 계산되었으며, 4.25 이상일 때 시간당 1회 이하로 떨어지는 것을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 각 픽셀 단위로 통계적 수치를 실시간으로 갱신하여 참조 프레임을 생성하고, 이를 기반으로 차영상을 이용한 포격 표적 탐지 기법을 제안하였다. 다양한 위치와 시점에서 순간적으로 발생하는 포격 표적을 효과적으로 탐지하고 프레임 마다 존재하는 포격 표적의 정보를 정확히 도출하기 위하여, 차영상을 기반으로 하는 탐지 기법을 설계하였으며, 실험 결과 참조 프레임의 갱신 및 차영상 계산에서 실시간으로 높은 탐지 성능을 낼 수 있음을 확인하였다. 또한, 프레임 전체에 대하여 동일한 문턱치를 적용하는 것이 아니라, 각 픽셀 단위로 이전의 통계적 수치를 적용함으로써 적외선 센서에서 발생하는 불균일성을 보상할 수 있음을 확인하였다. 그러나, 향후 더욱 많은 양의 적외선 포격 영상에 대하여 실험과 분석을 수행하여 파라미터의 최적화를 진행해 나가야 한다. 또한, 연속된 프레임에서 발생하는 포격 표적의 위치정보를 기반으로 정보 연관(Data Association)을 이용하여 주변 화염으로 인한 오경보를 줄이는 기법 등, 다양한 방향에서의 개선이 지속되어야 한다.

참 고 문 헌

정과 GMM을 이용한 Gunnery 분류 기법”, 대한전
자공학회 논문지 CI편, Vol.48, 제5호, 2011년 9월

- [1] Zhenfu Zhu, Zhongling Li, Haochen Liang, Bo Song, and Anjun Pan, “Grayscale Morphological Filter for Small Target Detection,” Proc. of SPIE, Vol.4130, pp.28-34, July 2000.
- [2] Sun-Gu Sun, Dong-Min Kwak, Won Bum Jang, and Do-Jong Kim, “Small Target Detection Using Center-Surround Difference with Locally Adaptive Threshold,” Proc. of International Symposium on Image and Signal Processing, pp.402-407, Sept. 2005.
- [3] G. D. Wang, C. Y. Chen, and X. B. Shen, “Facet-Based Infrared Small Target Detection Method,” Electronics Letters, Vol.41, No.22, Oct. 2005.
- [4] Rui Ming Lui, Lei Yang, Erqi Liu, Jie Yang, Ming Li, and Fanglin Wang, “Automatic Extraction of Infrared Small Target Based on Support Vector Regression and Adaptive Region Growing Algorithm,” Journal of Optical Engineering, Vol.46(4), pp.046402(1-5), April 2007.
- [5] 선선구, “적외선영상에서 질감 특징과 신경회로망을 이용한 표적탐지”, 대한전자공학회 논문지 SC편, 제47권, 제5호, 334-340쪽, 2010년 9월.
- [6] 유정재, 선선구, 박현욱, “CCD 영상에서의 실시간 자동 표적 탐지 알고리즘”, 대한전자공학회 논문지 SP편, 제41권, 제6호, 957-966쪽, 2004년 11월.
- [7] 강석중, 김도중, 배현덕, “주성분 분석법 및 외곽선 영상의 통계적 특성을 이용한 클러스터 제거기법 연구”, 대한전자공학회 논문지 SC편, 제47권, 제6호, 352-358쪽, 2010년 11월.
- [8] Barbara G. Grant and David T. Hardy, “Muzzle Flash Issues Related to The Waco FLIR Analysis,” Proc. of SPIE, Vol.4370, pp.314-324, April 2001.
- [9] M. C. Ertem, E. Heidhausen, and M. Pauli, “Quick Response Airborne Deployment of Viper Muzzle Flash Detection and Location System During DC Sniper Attacks,” Proc. of Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, pp.221-225, Oct. 2003.
- [10] Timothy J. Spera and Burton D. Figler, “Uncooled Infrared Sensors for an Integrated Sniper Location System,” Proc. of SPIE, Vol.2938, pp.326-339, Nov. 1997.
- [11] <http://koreadefence.net>
- [12] 김재협, 박규희, 정준호, 문영식, “Profile 형태 특

— 저 자 소 개 —



김 재 협(정회원)
 2001년 한양대학교 전자계산학과
 학사 졸업
 2003년 한양대학교 컴퓨터공학과
 석사 졸업
 2008년 한양대학교 컴퓨터공학과
 박사 졸업

2008년~2009년 한양대학교 엠비언트인텔리전스
 S/W연구팀 박사후 연구원
 2009년~현재 삼성탈레스 책임연구원
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식>



송 태 언(정회원)
 2007년 경북대학교 전자전기
 컴퓨터공학 학사 졸업
 2009년 경북대학교 전자전기
 컴퓨터공학 석사 졸업
 2009년~현재 삼성탈레스
 선임 연구원

<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전>



고 진 신(정회원)
 1988년 경희대학교 전자공학과
 석사 졸업
 1988년~현재 삼성탈레스 광전
 자연연구소(삼성탈레스 레
 이저시스템그룹 그룹장
 역임)

<주관심분야 : 전자광학, 레이저시스템>



문 영 식(평생회원)
 1980년 서울대학교 공과대학
 전자공학과 학사 졸업
 1982년 한국과학기술원 전기및
 전자공학과 석사 졸업
 1990년 University of California
 at Irvine Dept. of
 Electrical and Computer
 Engineering. 박사 졸업

1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원
 1989년~1990년 Inno Vision Medical 선임연구원
 1990년~1992년 생산기술연구원 선임연구원
 1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 정교수
 <주관심분야: 영상보안, 영상검색, 패턴인식>