

적외선 영상 시퀀스에서 시간적 프로파일 기반의 외적을 사용한 소형 표적 검출

정회원 김 병 익*, 배 태 옥*^o, 김 영 춘**^o, 안 상 호***^o, 종신회원 김 덕 규*

Small Target Detection Using Cross Product Based on Temporal Profile in Infrared Image Sequences

Byoung-Ik Kim*, Tea-Wuk Bea*^o, Young-Choon Kim**^o, Sang-Ho Ahn***^o,
Duk-Gyoo Kim* *Regular Members*

요 약

본 논문은 적외선 영상 시퀀스 (infrared image sequences)에서 시간적 프로파일 (temporal profile)을 기반으로 한 시간적 화소 (temporal pixel)들의 외적 (cross product)을 사용한 새로운 소형 표적 검출 방법을 제안한다. 소형 표적 및 그 주변배경은 시간적 특성이 서로 다르므로, 시간적 프로파일에서 화소들의 외적을 사용한 가설검증을 통하여 표적 화소 및 배경화소를 구분하고, 그 결과를 기반으로 시간적 배경 (temporal background)을 예측한다. 소형 표적은 원 시간적 프로파일과 예측된 시간적 배경 프로파일의 차에 의해 검출한다. 기존 방법과 제안한 방법의 성능 비교를 위하여, ROC (receiver operating characteristics) 곡선을 실험에서 사용하였다. 실험결과에서 제안된 방법이 기존방법들보다 오경보율 (false alarm rate)이 낮고, 표적 및 배경에 대한 향상된 식별력을 가짐을 확인하였다.

Key Words : Infrared Sequences, Small Target Detection, Temporal Profile, Hypothesis Testing

ABSTRACT

This paper presents a new small target detection method using the cross product of the temporal pixels based on the temporal profile in infrared (IR) image sequences. The temporal characteristics of small targets and the various backgrounds are different. A new algorithm classifies target pixels and the background pixels through the hypothesis testing using the cross product of pixels on the temporal profile and predicts the temporal backgrounds based on the results. The small targets are detected by subtracting the predicted temporal background profile from the original temporal profile. For the performance comparison between the proposed algorithm and the conventional algorithms, the receiver operating characteristics (ROC) curves is computed in experiment. Experimental results show that the proposed algorithm has better discrimination and a lower false alarm rate than the conventional methods

※ 본 연구는 국방과학연구소의 개별 기초 연구 지원으로 수행되었습니다.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 오디오비디오시스템 연구실(pangki@chol.com; Fiendcorps@knu.ac.kr; dgkim@ee.knu.ac.kr) (°:교신저자)

** 영동대학교 정보통신사이버경찰학과(yckim@youngdong.ac.kr), *** 인제대학교 전자지능로봇공학과(elecash@inje.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-07-273, 접수일자 : 2009년 7월 2일, 최종논문접수일자 : 2009년 12월 30일

I. 서 론

다양한 클러터 (clutter) 들을 포함하는 적외선 영상 시퀀스에서 소형 표적의 검출은 적외선 탐색 및 추적 (IR Search and Tracking,IRST) 장치에 있어서 중요한 문제이다. 이 IRST 시스템은 원거리로부터 접근하는 적 비행기 및 헬리콥터 같은 소형 표적에 대하여 위협을 알리기 위한 군사적 용도로 사용되고 있다.^{[1]-[3]} 최근에 적외선 영상 시퀀스에서 움직이는 표적 검출을 위한 다양한 공간적 (spatial) 및 시간적 (temporal) 표적 탐지 기법이 연구되고 있다. 공간적 표적 탐지 기법은 표적이 배경보다 온도가 높기 때문에 생기는 명암도 특성을 이용하는 기법이다. 하지만 이 방법은 여러 가지 물체가 적외선 영상 시퀀스에서 밝은 휘도 값을 가지기 때문에 실제 표적을 정확하게 찾기는 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 시공간 (spatio-temporal) 표적 탐지 기법이 연구되고 있다.

S. D. Deshpande 등^[4]은 구름 및 구조물을 가진 배경의 윤곽선을 보존하는 최대 평균 (max-mean) 및 최대 중간 (max-median) 필터를 제안하였다. 이 방법은 반 중앙 및 반 평균값 연산 (anti-mean and anti-median operations)이 클러터와 다른 특성을 가지는 표적 검출에 유용하다는 사실을 이용한다. 최대 중간 및 최대 평균 값 필터로 얻은 영상은 후보 표적들을 검출하기 위하여 원 영상과 뺀다. 그리고 이때 문턱치 (threshold) 단계가 후보 표적 화소들의 수를 제안하기 위하여 추가되었다. 하지만 이 방법은 저 대비 (low contrast) 적외선 영상 시퀀스에서 희미한 (dim) 표적 검출에는 효과적이지 못하다. Zhang 등^[5]은 적외선 영상 시퀀스에서 움직이는 희미한 점 (point) 표적의 검출 및 추적을 위한 새로운 탐지 기법을 제안하였다. 이 방법은 top-hat 연산자와 온도 비선형 소거법을 이용하여 원 영상을 전처리 한 후, 3차원 시공간적 탐지 기법을 2차원 공간 탐지 차원으로 축소시켜 표적을 검출하기 위한 혼합 프레임 (composite frame)을 얻는다. 이때 표적계도는 일정한 오경보율 조건하에서 추적된다. 이 방법은 다양한 속도를 갖는 소형 표적에 유용하지만, 표적 주변의 부정확한 검출로 인하여 높은 오경보율을 가진다. Tzannes 등^[6]은 적외선 영상 시퀀스에서 시간적 화소 프로파일에 연속 웨이블릿 변환 (continuous wavelet transform, CWT)을 이용한 시간적 필터를 제안하였다. 이 방법은 표적과 클러터를 구분하기 위해 Mexican hat CWT을 이용하여

시간적으로 일정한 휘도 값을 가지는 시간적 화소들을 제거한다. 이 방법은 비교적 정확한 표적 계도를 검출하지만, 여전히 클러터에 대한 높은 오경보율을 가진다.

제안한 방법은 시간적 프로파일에서 화소 값들의 외적에 기반을 둔 분석을 통하여 배경 화소들과 표적 화소들을 구별한다. 표적 영역의 시간적 배경 예측은 시간적 배경 화소들의 조합에 의하여 계산된다. 예측된 배경의 시간적 프로파일과 원 시간적 프로파일의 절대차 (absolute difference value) 차 율용하여 소형 표적을 검출한다. 제안된 방법은 객관적인 비교 기법인 ROC 곡선을 사용하여 기존 방법과 비교하였다. ROC곡선은 오 경보 (false alarm, F_a)에 대한 정확한 표적 탐지 확률 (probability of detection, P_d)의 곡선이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 배경 및 표적의 시간적 프로파일을 소개한다. 3장에서 제안된 방법은 총 두 단계로 배경 화소 및 표적 화소의 분류, 시간적 배경 예측을 설명한다. 4장은 기존 방법과 제안한 방법의 성능을 비교하고, 결론을 5장에서 맺도록 한다.

II. 표적 및 배경의 시간적 프로파일

시간적 프로파일은 시퀀스의 짧은 시간 동안의 화소 값 변화량을 의미한다. 표적 및 배경의 시간적 프로파일은 그림 1에서 보여준다. 적외선 영상 시퀀스에서 시간적 프로파일을 갖는 대표적 화소들은 구름 윤곽선 화소들 (cloud edge pixels), 안쪽 구름 화소들 (inner cloud pixels), 일정한 배경 화소들 (constant background pixels) 및 표적 화소들 (target pixels)로 분류된다. 안쪽 구름 화소들 및 일정한 배경 화소들은 시간적으로 거의 일정한 화소 값을 가지는 시간적 프로파일을 만든다. 그리고 구름 윤곽선 화소들은 갑작스러운 증가 (abrupt increasing) 또는 갑작스런 감소 (abrupt decreasing) 곡선으로 이루어진 시간적인 프로파일을 만들지만, 그들 화소 변화는 표적 화소들 보다 적다. 만약 소형 표적이 임의의 화소 위치에서 움직일 경우, 명암도의 변화는 그림 1에서 보인 것처럼 가우시안 (Gaussian) 함수와 유사한 형태를 갖는다. 이 가우시안 모양의 넓이는 표적 속도에 반비례하는 특성을 가진다. 그림 1(a)는 13×13 크기로 모델링 되어진 표적에 대한 시간적 프로파일이다. 표적의 명암도는 가장자리에서 중앙으로 갈수록 급격히 증가한다. 또한 표적의 가

III. 제안된 방법

3.1 표적 및 배경 화소들의 분류

일반적으로 소형 표적 탐지 알고리즘은 비행 물체 검출을 위하여 제안된다. 비행 물체의 경우 2~5 프레임 단위로 표적이 한 화소씩 이동한다. 본 논문은 일반적인 소형 비행 물체 검출을 위한 방법을 제안한다.

표적 화소 및 배경 화소의 분류는 표적 및 배경의 시간적 움직임의 차이점을 이용하여 수행된다. 만약 표적이 어떤 화소를 통과한다면, 그 표적 화소의 시간적 프로파일은 가우시안 형태와 유사하다. 표적 화소들의 시간적 명암도는 그림 2에서 보인 것처럼 배경 화소들과 비교하여 높은 명암도를 가진다. 시간 축에서, k 프레임 때의 화소는 두 개의 연속적인 화소 $k-1$ 과 k 를 이용하여 벡터 \vec{P}_k 로 나타낼 수 있다. 인덱스 k 는 화소의 프레임 수를 나타낸다. 시간적 화소들의 각과 길이는 그림 2와 같이 보여진다. \vec{P}_k 의 길이, $|\vec{P}_k|$ 는 $k-1$ 과 k 화소들의 공간상 거리에 의하여 만들어진다. 수평 벡터인 \vec{B}_k 와 \vec{P}_k 사이의 각은 θ_k 로 표현된다. 그리고 모든 화소들의 초기 $|\vec{B}_k|$ 는 1 (한 프레임 간격)로 설정한다. 기호 \bullet 는 표적 화소를 의미하고, 기호 \circ 는 배경 화소를 의미한다. 표적 화소의 각과 길이가 높은 값을 가지는 동안 배경의 각과 길이는 작은 값을 가진다.

k 프레임 때의 시간적 화소의 외적, \vec{CP}_k 은 그림 3(a)에서 보인 것처럼 \vec{P}_k 과 \vec{B}_k 에 의하여 만들어진

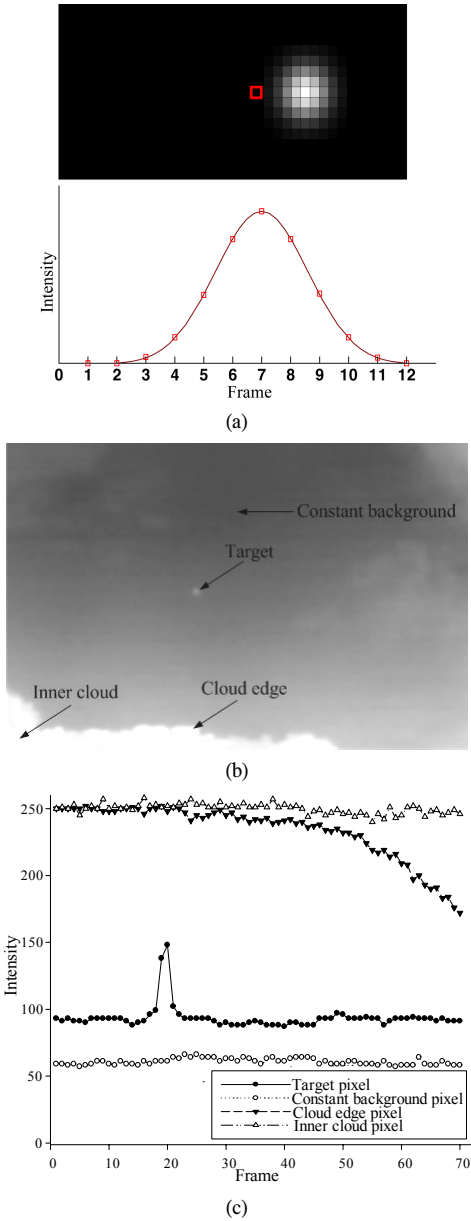


그림 1. 표적 및 배경의 시간적 프로파일 (a) 표적 모델링 및 시간적 프로파일 (b)적외선 영상 프레임, (c) 시간적 프로파일

장자리 주변 화소들은 명암도 차이는 적고, 표적 중심까지의 화소거리는 크다. 이에 반해 표적의 중심 주변 화소는 표적 중심까지의 화소거리는 작지만, 표적 중앙화소와의 명암도 차이는 매우 크다. 따라서 표적 영역에서 표적 화소에 대한 외적을 계산할 경우 표적 영역 전반에 대하여 매우 큰 값을 얻을 수 있다.

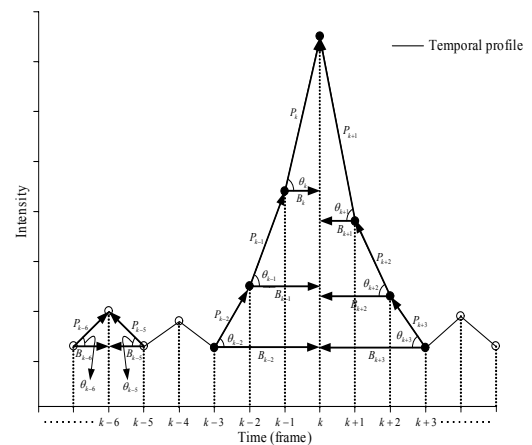


그림 2. 시간적 화소 (temporal pixel)들의 길이와 각

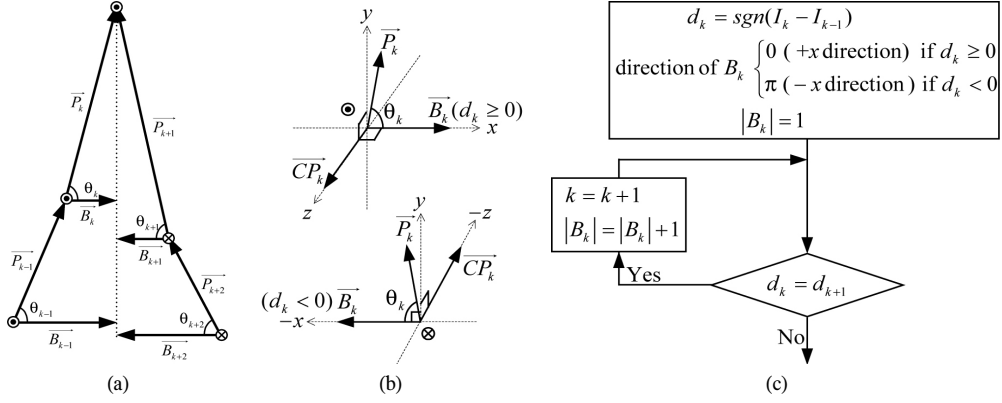


그림 3. 외적 $\overrightarrow{CP_k}$ 과 k 프레임일 때 수평 벡터 $\overrightarrow{B_k}$ 의 계산. (a) 시간적 화소의 외적, (b) $\overrightarrow{CP_k}$ 와 $\overrightarrow{B_k}$ 의 방향, (c) $\overrightarrow{B_k}$ 의 방향과 크기

다. 시간적 화소들의 외적은 다음 식 (1)과 같이 주어진다.

$$\overrightarrow{CP_k} = \overrightarrow{B_k} \times \overrightarrow{P_k} \quad (1)$$

여기서 기호 \times 는 두 벡터들의 외적을 의미한다. 만약 그림 2를 xyz 좌표로 각각의 축을 나타낸다면, 명암도와 시간 (frame number)은 x 와 y 에 대응한다. \odot 는 $\overrightarrow{CP_k}$ 의 방향이 z 방향임을 의미하고, \otimes 는 $\overrightarrow{CP_k}$ 의 방향이 $-z$ 방향임을 의미한다. 수평 벡터인 B_k 의 크기와 방향은 그림 3(b)에서 보인 것처럼 계산된다. 그림 3(c)의 흐름도에서 I_k 는 임의의 공간적 위치에서 k 프레임 때의 시간적 화소의 휘도 값이고, sgn 는 부호 함수 (signum function)이다.

부호 함수는 실수의 부호 결정하는 기수함수이다. 그래서 d_k 는 k 프레임 때 시간적 화소의 부호값 (1 또는 -1)을 결정한다. 만약 시간적 화소가 표적 영역을 지나간다면, $|B_k|$ 는 1보다 큰 값을 갖는다. $\overrightarrow{B_k}$ 의 방향은 오직 $+x$ 또는 $-x$ 두 가지 방향을 가지며, 이는 d_k 의 초기 값에 의하여 결정된다.

만약 d_k 가 0보다 크면, $\overrightarrow{B_k}$ 의 방향은 $+x$ 방향이고, 그렇지 않으면 $\overrightarrow{B_k}$ 의 방향은 $-x$ 방향이다. 여기서 가설은 표적 화소 및 배경 화소들을 구별하기 위하여 시간적 화소들의 외적 값을 사용하여 검증된다. 임의의 화소의 외적의 크기는 시간적 화소들의 총 외적의 평균값 $|\overrightarrow{CP_{avg}}|$ 과 비교된다. u 는 $|\overrightarrow{CP_{avg}}|$ 의 가중치 계수 (weighting factor)이고, 그 값은 10^3 을 가진다. 따라서 임의의 시간적 화소의

외적 값이 $|\overrightarrow{CP_{avg}}|$ 와 동일함을 가정한다. 이 가정은 아래 수식처럼 각 화소에 대해 F-검증에 의하여 수행 된다.

$$\begin{aligned} H_0 : |\overrightarrow{CP_k}| &= u \cdot |\overrightarrow{CP_{avg}}| \\ H_1 : |\overrightarrow{CP_k}| &> u \cdot |\overrightarrow{CP_{avg}}| \end{aligned} \quad (2)$$

초기 가설 H_0 은 k 번째 프레임일 때 화소의 $|\overrightarrow{CP_k}|$ 이 전체 화소의 $u \cdot |\overrightarrow{CP_{avg}}|$ 와 같음을 정의한다. 그리고 대립 가설은 만약 임의의 화소의 시간적 프로파일이 표적의 시간적 프로파일과 유사하다면, 시간적 화소의 $|\overrightarrow{CP_k}|$ 는 $u \cdot |\overrightarrow{CP_{avg}}|$ 보다 크다고 가정한다.

3.2 시간적 배경의 예측

만약 어떤 시간적 화소가 H_0 를 만족한다면, 그런 화소들은 배경으로 예측되어지기 때문에 현재 화소 값을 유지한다. 이것은 배경 화소들이 단조 증가 (monotone increasing) 및 단조 감소 (monotone decreasing) 또는 임의 증가 (random increasing) 및 임의 감소 (random decreasing) 특성을 가진다고 가정하는 것이다. 그래서 만약 어떤 시간적 화소들이 H_1 을 만족하면, 그 화소들은 표적 대신 시간적 배경 예측을 위하여 예측된 배경 화소 값으로 교체되어야 한다. 예측되는 배경 화소 벡터, $\widehat{\overrightarrow{P_k}}$ 는 크기 $|\widehat{\overrightarrow{P_k}}|$ 와 각 $\hat{\theta}_k$ 로 이루어져있다. 만약 k 프레임일 때 시간적 화소가 표적 화소이면, 예측되는 배경 화소의 크기 $|\widehat{\overrightarrow{P_k}}|$ 와 각 $\hat{\theta}_k$ 의 계산은 다음과 같이 이루어진다.

$$\begin{aligned} |\widehat{P}_k| &= \frac{|\overrightarrow{P_{k-2}} - \overrightarrow{P_{k-4}}|}{2} \\ \widehat{\theta}_k &= \frac{\theta_{k-2} - \theta_{k-4}}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta \widehat{I}_k &= |\widehat{P}_k| \sin \widehat{\theta}_k \\ \widehat{I}_k &= \widehat{I}_{k-1} + \Delta \widehat{I}_k \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 $\overrightarrow{P_{k-2}}$ 와 $\overrightarrow{P_{k-4}}$ 를 이용한 배경 예측은 $\overrightarrow{P_{k-1}}$ 와 $\overrightarrow{P_{k-2}}$ (인접한 프레임)을 이용하는 것보다 이점이 있다. 만약 k 프레임이 표적 화소들의 시작 프레임이고 d_{k-2}, d_{k-1}, d_k 이 0보다 크다면, $\overrightarrow{P_{k-1}}$ 와 $\overrightarrow{P_{k-2}}$ 를 이용한 배경 예측은 같은 부호의 크기와 각이 누적되어 검출하지 못하는 표적 화소가 발생할 수 있기 때문이다. 이런 경우, 표적 영역 안의 예측되는 배경 화소 각의 양수 값($\theta_{k-1} > 0, \theta_{k-2} > 0$)과 크기의 양수 값($|\overrightarrow{P_{k-1}}| > 0, |\overrightarrow{P_{k-2}}| > 0$)으로 인해, 증가하는 값을 가진다. 그래서 $\overrightarrow{P_{k-2}}$ 와 $\overrightarrow{P_{k-4}}$ 를 이용한 배경 예측은 검출하지 못한 표적 화소의 발생을 방지할 수 있다. 그리고 k 프레임일 때 예측되는 화소 값 \widehat{I}_k 는 식 (3)에 근거하여 식 (4)에 의해 구해진다. $\Delta \widehat{I}_k$ 는 $k-1$ 프레임일 때 화소 값 \widehat{I}_{k-1} 에 더해진다.

예측되는 배경 화소의 시간적 프로파일은 그림 4에서 보여준다. 절대차는 그림 5에서 보여지는 것처럼 원 시간적 프로파일과 예측된 배경 프로파일에 차에 의하여 계산된다. 구름 윤곽선의 절대차는 배경 예측을 통하여 제거되지만 표적의 절대차는 가우시안 함수의 형태를 보존한다.

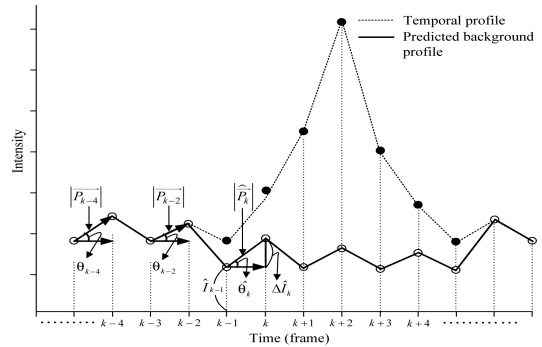
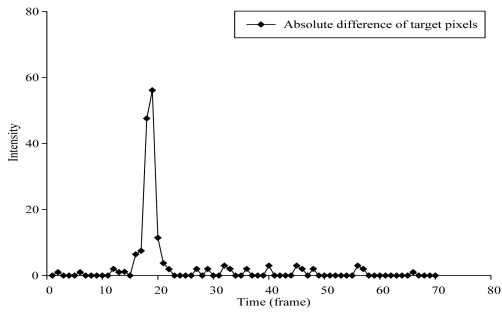
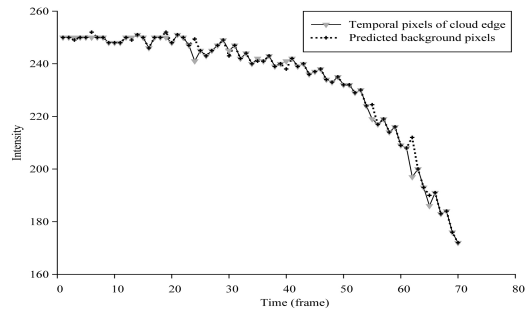


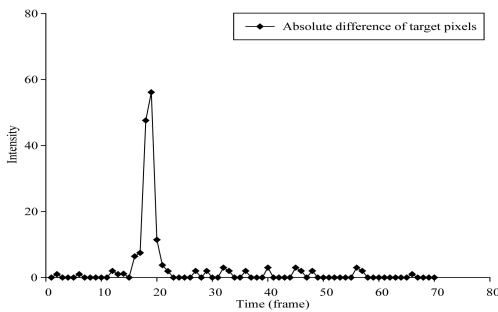
그림 4. 예측된 배경의 시간적 프로파일



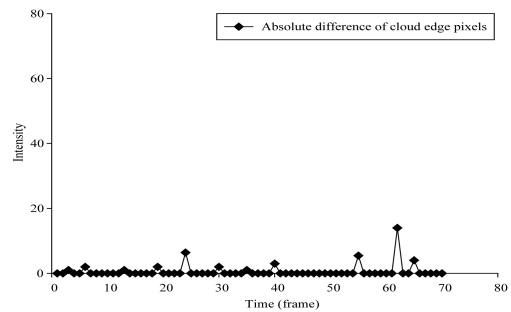
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5. 원 시간적 프로파일에 의해 예측된 배경 프로파일 및 절대차 프로파일: (a) 표적 화소들에 의하여 예측된 배경, (b) 구름 윤곽선 화소에 의하여 예측된 배경, (c) 표적 화소들의 절대차, 및 (d) 구름 윤곽선 화소들의 절대차

IV. 실험 결과 및 결론

제안된 알고리즘의 성능은 컴퓨터 모의실험으로 평가되었다. 네 개의 시퀀스가 실험을 위해 사용되었다. 시퀀스 1은 360×180 크기의 영상이며, 8비트로 구성 되어 있고 45프레임으로 구성되었다. 시퀀스 2, 3 및 4는 320×240 크기의 영상으로 8비트 영상이며, 프레임 수는 각각 99 프레임, 70 프레임 및 60 프레임으로 구성되었다. 시퀀스 1은 지상 표적을 가지 영상이며, 시퀀스 2, 3 및 4 는 비행 물체를 포함한 영상이다. 오경보율은 표적 검출률에 비하여 매우 낮은 확률을 가지기 때문에 많은 알고리즘들은 오경보율 대신에 프레임 당 오 경보의 수를 일반적으로 사용한다. 프레임 당 오 경보는 전체 오 경보의 수를 시퀀스의 수로 나누어서 얻어진다. ROC 곡선은 프레임 당 오 경보의 수 (false alarm, F_a)에 대한 정확한 표적 탐지 확률 (probability of detection, P_d)의 곡선이다. 여기서 표적 탐지 확률 및 프레임 당 오 경보의 수는

$$P_d = \frac{\text{number of correctly detected pixels in sequence}}{\text{number of actual target pixels in sequence}} \quad (5)$$

$$F_a = \frac{\text{number of incorrectly detected pixels in the sequence}}{\text{number of frames in the swquence}} \quad (6)$$

와 같이 정의된다. 우리는 3.2장에서 적외선 시퀀스에 대한 절대차 영상 $D(i,j)$ 를 계산하였다. 표적과 클러터의 구별을 위한 문턱치 T 는 다음과 같이 표현된다.

$$T = w \times D_{\max} \quad (0 < w < 1) \quad (7)$$

여기서 D_{\max} 는 $D(i,j)$ 의 최대 화소 값이다. w 는 ROC 성능 확인을 위하여 표적 및 클러터들의 비율을 조절하는 가중치를 의미한다. D_{\max} 의 비율은 특정 오 경보의 수에 대한 표적 탐지 확률을 만들기 위하여 0에서 1까지 조절된다. 검출 기준은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{cases} \text{Target pixel} : D(i,j) \geq T \\ \text{Clutter pixel} : D(i,j) < T \end{cases} \quad (8)$$

표적 탐지 확률과 오 경보의 수는 w 에 의존하고 있다. 만약 어떤 알고리즘이 특정 F_a 에서 높은 P_d 를 갖는다면, 이것은 검출된 표적 화소들이 더 많은 실제 표적 화소들을 갖는다는 것을 의미한다. 제안된 알고리즘은 다양한 적외선 영상에서 높은 검출률을 위하여 $w=0.85$ 를 사용하였다.

그림 6은 식 (5), (6) 및 (7)을 이용한 여러 표적 검출 알고리즘의 ROC 곡선을 보인다. 이것은 제안된 방법이 임의의 F_a 에 대하여 높은 P_d 를 가짐을

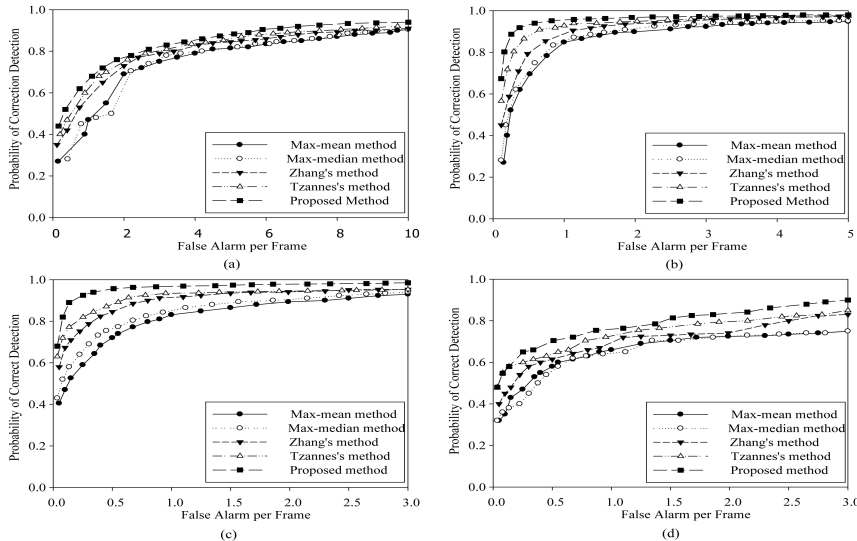


그림 6. 2개의 시퀀스에 대하여 이전 방법과 제안된 방법으로부터 얻은 ROC 곡선 (a) 시퀀스1로 명확한 표적을 가진 고대비영상 (b) 시퀀스2로 흐릿한 표적을 가진 저대비 영상 (c) 시퀀스3으로 평탄배경 속의 흐릿한 표적 (d) 시퀀스4로 구름 배경 속의 흐릿한 표적

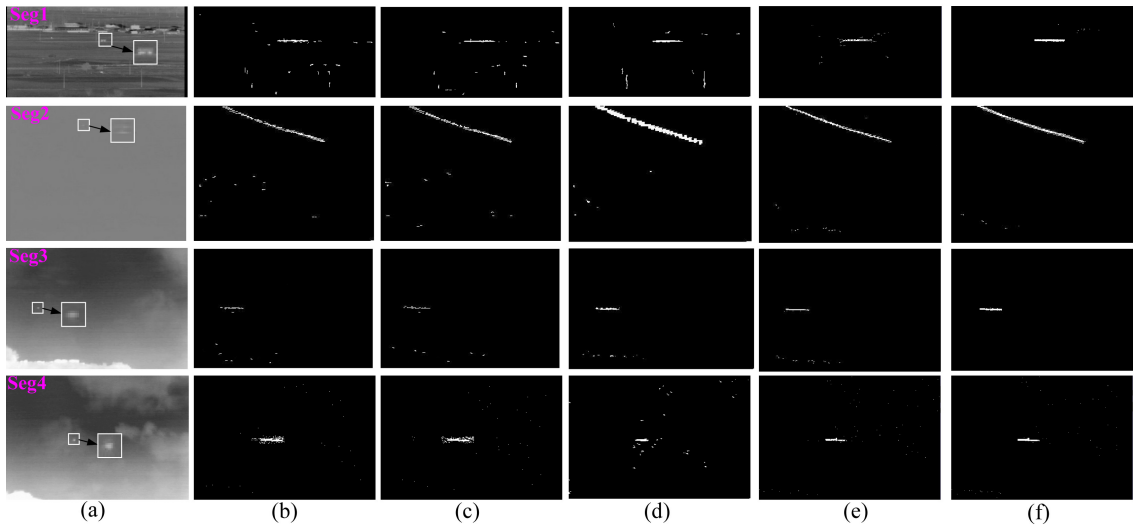


그림 7. 적외선 영상 시퀀스 1의 실험결과 (a) 원 영상 (b) 최대 평균 방법 (c) 최대 중앙값 방법 (d) Zhang's 방법 (e) Tzannes's 방법 (f) 제안된 방법의 검출 결과

보여준다. 그림 7과 그림 8은 순간적인 상태 동안 각 알고리즘에 대하여 w 가 0.88~0.74일 때 0.3~0.5, w 가 0.85~0.70일 때 0.2~0.4인 F_d 를 갖는 모의 실험결과를 보여준다. 최대 평균 및 최대 중앙 필터는 표적 케도 옆에 많은 클러터를 가진다. Zhag's의 방법 또한 표적 주변에 많은 클러터들을

가지고 있으므로 정확한 표적 검출에는 효과적이지 못함을 보여준다. Tzannes's 방법은 시퀀스 3에서 낮은 프레임 당 오 경보의 수를 가지지만, 이것은 제한한 알고리즘보다 낮은 표적 검출률을 가진다. 제안된 알고리즘은 낮은 프레임 당 오 경보의 수에서 기존 방법보다 더 좋은 표적 검출 성능을 보임을 알 수 있다.

표 1. 시퀀스 1과 2에 대한 표적 검출의 평균 성능

	False Alarm per frame	Probability of correct detection(%)				
		Max-mean method	Max-median method	Zhang's method	Tzannes's method	Proposed method
sequence1	1	47.21	46.09	60.24	61.79	65.24
	2	75.11	76.25	79.43	80.65	82.69
	3	81.50	81.35	84.50	86.94	88.09
	4	85.17	85.23	88.42	89.66	92.09
	5	88.60	89.41	90.11	91.23	93.65
sequence2	1	84.83	85.27	89.65	92.83	95.60
	2	89.82	91.25	93.85	94.70	96.86
	3	92.32	94.02	95.55	96.32	97.32
	4	94.10	94.95	96.73	97.30	97.70
	5	94.80	95.13	97.25	97.49	98.01
sequence3	0.25	59.29	67.25	77.55	82.09	91.41
	0.5	72.17	76.55	84.58	89.54	93.35
	0.75	78.69	81.59	89.53	92.04	96.30
	1	83.10	85.20	91.35	93.49	96.72
	2	89.45	90.50	94.29	94.55	97.85
sequence4	3	93.09	94.12	95.30	95.37	98.53
	0.25	47.06	42.69	56.31	60.23	65.01
	0.5	58.16	56.39	61.75	63.24	70.00
	0.75	62.26	62.11	65.75	68.95	73.51
	1	66.35	64.37	70.16	73.26	76.09
	2	72.59	72.13	75.10	79.90	83.56
	3	75.33	75.43	83.05	85.21	90.01

V. 결 론

46(3), 021-029(2007).

이 논문은 적외선 이미지 시퀀스에서 시간적 프로파일을 기반으로 한 화소들의 외적을 사용한 새로운 표적 검출을 설명한다. 제한된 방법은 시간적 프로파일의 화소 값들의 외적을 기반으로 한 분석을 통하여 시간적 배경 화소들과 시간적 표적 화소들을 구분한다. 표적 영역의 시간적 배경 예측은 시간적 배경 화소들의 조합에 의하여 예측된다. 실험 결과에서 제안한 알고리즘이 기존 방법에 비하여 낮은 오 경보율과 향상된 표적 탐지 식별력을 가짐을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] A. D. Jong, "IRST and its perspective," *Proc. SPIE*, 2552, 206-213(1995).
- [2] S. L. Wolfe, "Introduction to Infrared System Design," *SPIE Optical Engineering Press*, Bellingham, WA, 1996.
- [3] L. Chengjun, W. Ying, and S. Zeling, "A small target detection algorithm based on multi-scale energy cross," *Proc. 2003 IEEE International Conf. on Robotics, Intelligent System and Signal Processing*, 2, 1191-1196, Changsha, China, Oct.(2003).
- [4] S. D. Deshpande, M. H. Er, V. Ronda, P. Chan, "Max-Mean and Max-Median filters for detection of small-targets," *Proc. SPIE*, 3809, 74-83(1999).
- [5] F. Zhang, C. Li, L. Shi, "Detecting and tracking dim moving point target in IR image sequence," *Infrared Physics & Technology*, 46, 323-328 (2005).
- [6] A. P. Tzannes, and D. H. Brooks, "Temporal filters for point target detection in IR imagery," *Proc. SPIE*. 3061, 508-520(1997).
- [7] 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* 13(4), 802-812(2004).
- [8] S. G. Sun, "Target detection using local fuzzy thresholding and binary template matching in forward-looking infrared images," *Opt. Eng.*

김 병 익 (Byoung-Ik Kim)

정회원



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

영상통신

배 태 욱 (Tae-Wuk Bae)

정회원



2004년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2006년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2006년 9월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학과 박사과정
 <관심분야> 적외선 영상처리, 신호처리, 영상처리

호처리, 영상처리

김 영 춘 (Young-Choon Kim)

정회원



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

정보통신사이버경찰학과 교수

<관심분야> 컴퓨터 구조, 데이터 통신, 적외선 영상처리, IRCM

안 상 호 (Sang-Ho Ahn)

정회원



1986년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1988년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 박사과정
 1993년 3월~현재 인제대학교

전자지능로봇공학과 교수

<관심분야> 영상공학, 로봇공학, 적외선 영상처리, IRCM

김 덕 규 (Duk-Gyoo Kim)

중신회원



1973년 2월 경북대학교 전자공
학과 학사

1977년 2월 경북대학교 전자공
학과 석사

1989년 3월~현재 동경대학교
전기공학과 박사과정

1980년 3월~현재 경북대학교

전자전기컴퓨터학부 교수

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학