

논문 2011-48CI-5-8

배경환경에 강인한 이동표적 탐지기법 연구

(A Study on Robust Moving Target Detection for Background Environment)

강 석 중*, 김 도 중*, 배 현 덕**

(Suk-Jong Kang, Do-Jong Kim, and Hyeon-Deok Bae)

요 약

본 논문은 방위각 및 고저방향으로 카메라 움직임이 있는 감시장치의 비디오 프레임 연속영상을 1) 각각 $N \times M$ 개의 서브블록으로 나눈 후 각각의 서브블록에 대해 FFT 위상상관 기법을 적용하여 이동표적 위치를 구하고, 2) 연속영상을 정합 후 차영상을 구하여 적응 문턱 값을 적용해서 표적후보군을 구하였으며, 3) 두 기법을 적용하여 클러터를 제거하는 새로운 표적탐지기법을 제안하였다. 블록 내 다양한 크기의 영상 움직임이 있을 경우 FFT 위상상관 기법은 적용하여 움직임을 구하면 큰 영상의 움직임이 가장 큰 위상상관 값으로 나타나는 특성을 이용하여 배경환경에 강인한 이동표적 위치(블록)탐지를 하였다. 또한, 차영상을 영상분리하기 위한 적응 문턱 값은 카메라 움직임 등 배경환경 변화를 고려한 학습가중치를 이용하여 구하였다. 제안된 알고리즘 성능입증은 다양한 배경환경에서 카메라 이동/정지조건에서 다양한 이동표적에 대해 탐지 가능함을 시뮬레이션을 통해 확인하였으며 탐지성능은 ROC 커브를 통해 확인하였다.

Abstract

This paper describes new moving target detection technique combining two algorithms to detect targets and reject clutters in video frame images for surveillance system: One obtains the region of moving target using phase correlation method using $N \times M$ sub-block images in frequency domain. The other uses adaptive threshold using learning weight for extracting target candidates in subtracted image. The block region with moving target can be obtained using the characteristics that the highest value of phase correlation depends on the movement of largest image in block. This technique can be used in camera motion environment calculating and compensating camera movement using FFT phase correlation between input video frame images. The experimental results show that the proposed algorithm accurately detects target(s) with a low false alarm rate in variety environment using the receiver operating characteristics (ROC) curve.

Keywords : FFT Phase Correlation Target Detection Adaptive Threshold

I. 서 론

현대전을 수행하는 실제 전장에서 전투임무를 수행하는 승무원은 매우 긴장된 상태로 작전에 임하기 때문에 정신적, 신체적으로 피로하기 쉬우며 이로 인해 효

율적인 전투를 수행할 수 없게 된다. 따라서 위험성이 높은 전투지역에서 승무원이 수행하는 감시정찰 및 전투임무를 무인로봇을 이용하여 수행함으로써 승무원이 느끼는 심리적인 부담감을 줄여주어 전투효율을 높일 수 있다.

감시정찰로봇의 임무를 수행 시 가장 기본이 되는 임무는 감시장치를 통해 위험표적을 탐지, 인지 및 추적을 수행하는 것이다. 감시정찰로봇은 운용자에게 최전방 전장환경과 표적을 탐지, 인지 또는 추적하여, 필요한 자료를 통계실로 전송한다. 전투로봇은 감시장치를 통해 획득된 자료를 기본으로 전장에 투입되어 자체 감

* 정회원, 국방과학연구소, 5기술본부
(Agency for Defense Development, 5th(Ground Systems) R&D Institute)

** 정회원, 충북대학교 전기공학과
(Department of Electrical Engineering Chungbuk National University)

접수일자: 2011년 8월16일, 수정완료일: 2011년9월6일

시장치를 이용하여 획득된 위협표적을 확인 후 추적 및 제거기능을 수행한다. 감시정찰로봇 또는 전투로봇에서 표적을 탐지, 인지 또는 추적하기 위한 감시카메라는 주간카메라(CCD 카메라) 및 열상카메라이나, 주로 주간 및 야간에 동시에 사용할 수 있고 표적탐지가 용이한 장점을 갖는 열상카메라를 이용하여 표적을 탐지한다. 하지만, 열상카메라는 탐지센서의 열 감응시간, 반응하는 과장대 등의 특성으로 인하여 획득된 영상은 blur한 특성을 갖는다. 또한, 대기상황, 온도상황, 운용시간대 등의 특성에 따라 영상상태가 많은 영향을 받는다 등 단점도 가지고 있다.

감시정찰로봇에 탑재되는 감시장치는 표적탐지, 인지를 위해 열상을 이용하는 자동표적탐지(ATD: Automatic Target Detection) 기능 및 자동표적인지(ATR: Automatic Target Recognition) 기능을 보유한다. 자동표적탐지(ATD: Automatic Target Detection) 장치는 전장환경에서 위협표적을 탐지하고, 위협표적에 대해 자동표적인지(ATR: Automatic Target Recognition) 장치에서 표적을 인지하는 기능을 수행한다. 본 논문에서는 정지된 감시정찰로봇에 탑재되어 감시장치를 구동하여 이동표적을 탐지하는 기법에 대한 연구를 수행하였다.

다양한 환경에서 이동표적을 탐지하기 위하여 가장 많이 연구되어 왔으며, 대표적인 방법으로 차영상을 이용한 연구^[1~4], 및 광류(Optical Flow)를 이용한 연구^[5~6]이다. 최근에는 움직임이 있는 카메라의 영상으로부터 이동표적을 탐지하기 위하여 상관관계기반 블록 정합기법, FFT(Fast Fourier Transform)기반 정합기법, SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 등의 특징점기반 영상정합기법 등을 이용하여 영상정합 후 차영상을 구하는 방법이 연구되고 있다^[7~10].

광류 및 차영상을 이용한 방법은 카메라가 고정되었을 때 주로 사용되며 카메라의 움직임이 있으면 사용하기가 매우 어렵다. 특히, 광류를 이용한 움직임이 있는 카메라를 이용하여 이동표적을 탐지하는 것은 영상 프레임 간 픽셀의 미분을 사용하는 특성으로 인하여 배경영상특성이 열악한 야외환경의 열영상을 이용하는 자동탐지장치에 적용하는 것은 매우 어렵다^[11]. 또한, 모서리, 코너 및 SIFT 특징 등의 영상에서 특징점을 구하여 영상정합 및 표적을 탐지하는 특징점기반영상정합 및 표적탐지는 야외 열영상의 특징인 배경에 물체가 또렷한 특징점을 갖지 않고 바람 등의 영향으로 배경잡음이

있는 환경에서 적용하는 것이 매우 어렵다.

상관관계기반 블록 정합기법을 이용한 이동표적탐지 기법은 최근에 영상압축 분야에서 많은 연구가 되고 있으나 전체 영상에 대해 표적탐지를 수행하여야 하는 표적탐지에 적용하는 것은 블록 내 다수개의 이동물체가 존재 시 정확한 이동값을 구하지 못하는 문제가 있다^[12]. 본 논문에서는 움직이는 열상카메라를 이용하여 이동하는 표적을 탐지하는 기법을 제시하였다. 카메라 움직임은 연속하는 두 개의 프레임 영상에 대해 FFT기반 위상 상관(Phase Correlation)방법을 이용하여 구하였다. 이동표적을 탐지하기 위해서는 카메라 이동량을 보정한 영상 프레임과 현재 입력된 영상에 대한 차영상을 구하여 표적후보군을 구하였으며, 정합된 연속하는 영상프레임에 대해 $N \times M$ 개의 영상블록으로 분할하여 배경영상에 강인한 FFT 기반 위상상관방법을 이용하여 각 영상블록에 대해 부화소 이동량을 구하여 이동표적을 포함하는 영상블록(ROI: Region Of Interest)를 구하였다. 차영상을 이용한 표적후보군과 이동표적이 포함된 영상블록을 결합하여 이동표적을 탐지하였다.

II장에서는 FFT 위상상관관계를 이용한 카메라 움직임보상 및 표적탐지 기법에 대해 기술하였으며, III장에서는 실제 야외영상을 이용한 탐지결과를 기술하였고, VI장에서는 결론을 기술하였다.

II. 본 론

본 장에서는 로봇에 탑재된 방위각 및 고각방향으로 구동되는 열상카메라를 이용하여 이동표적을 탐지하는 기법을 제시하였다. 이를 위해서 1) 열상카메라의 움직임을 구하고, 2) 카메라 움직임을 보정한 정합(Registered) 영상을 이용하여 표적위치 및 이동표적 존재영역을 구하고 3) 표적위치 및 이동표적 존재영역 이용하여 표적을 탐지하였다.

방위각 및 고각방향의 카메라 움직임은 연속되는 두 개의 프레임 영상에 대해 FFT 기반 위상상관방법을 이용하여 이동량을 구하였다. 영상의 각 화소는 시선방향(LOS: Line Of Sight)의 각도성분을 가지고 있기 때문에 영상이동량이 방위각 및 고각방향의 카메라 이동량이기 때문이다. 따라서 연속하는 영상에 대해 카메라 움직임만큼 보상해 주면 영상정합이 가능함을 알 수 있다.

이동표적탐지는 입력되는 프레임 영상 및 정합된 영

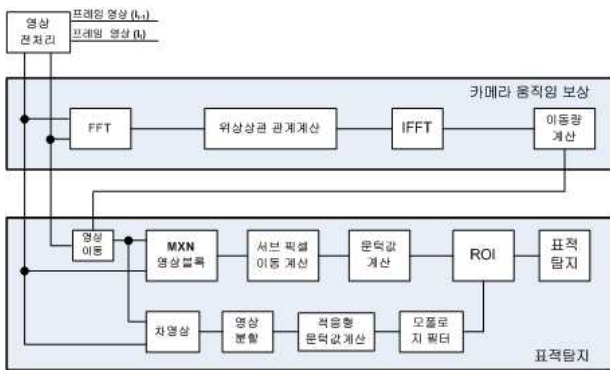


그림 1. 제안된 알고리즘 구성도
Fig. 1. Proposed Algorithm configuration.

상 각각에 대해 $N \times M$ 개의 영상블록으로 나누어 FFT 기반 위상상관 방법을 이용한 부 최소 이동량을 구하여 이동표적이 존재하는 영상영역(블록)을 구하였으며, 입력되는 프레임 영상 및 정합된 영상을 이용한 차영상에 대해 영상분할기법을 적용하여 표적후보군의 위치를 구하였다. 이동표적은 이동표적 존재영역(블록)과 표적후보군의 위치를 이용하여 탐지하였다. 즉, 이동표적이 존재하는 영역에 표적이 존재하면 표적으로 탐지하였다. 이에 대한 알고리즘 구성도는 [그림 1]과 같다.

1. 영상전처리

입력되는 영상에 대해 에지성분에 의한 위상오차를 줄이고 잡음을 제거하기 위하여 Gaussian 필터를 적용하여 영상을 필터링 하였다.

2. 카메라 움직임 보상

입력되는 영상을 이용하여 방위각방향 및 고각방향으로 움직이는 카메라의 이동량은 푸리에 변환 평행이동 성질을 이용하여 구하였다. 즉, 공간영역에서 평행이동량은 주파수영역에서 선형위상차로 나타나는 성질을 이용하였다.

가. 카메라 이동량 계산

시간영역에서 방위각 방향으로 dx , 고각 방향으로 dy 만큼 평행이동된 두 프레임 영상은 식(1)과 같이 표현될 수 있으며, 주파수영역에서는 수식(2)와 같이 표현될 수 있다.^[13]

$$I_1(x, y) = I_2(x + dx, y + dy) \tag{1}$$

$$F_{t_1}(\xi, \eta) = e^{-j2\pi(\xi dx + \eta dy)} F_{t_2}(\xi, \eta) \tag{2}$$

여기서, ξ, η 는 수직, 수평주파수이고, j 는 허수를 나타낸다.

두 영상 I_{t_1} 과 I_{t_2} 사이의 영상이동량은 주파수 영역에서 식(2)에서와 같이 위상차로 나타나며, 상관관계를 구하면 식(3)과 같이 표현된다. 식(2)의 F_{t_1} 을 식(3)의 F_{t_1} 에 대입 후 계산하면 식(3)의 위상항만 남게 된다. 따라서 위상 항을 FFT 역변환(Inverse FFT)하면 식(4)와 같이 이동량을 구할 수 있다.

$$PH = e^{-j2\pi(\xi dx + \eta dy)} = \frac{F_{t_1}(\xi, \eta) F_{t_2}^*(\xi, \eta)}{|F_{t_1}(\xi, \eta)| |F_{t_2}(\xi, \eta)|} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} \delta(x - dx, y - dy) &= F^{-1}(PH) \\ &= F^{-1}\left(\frac{F_{t_1}(\xi, \eta) F_{t_2}^*(\xi, \eta)}{|F_{t_1}(\xi, \eta)| |F_{t_2}(\xi, \eta)|}\right) \\ &= F^{-1}(e^{-j2\pi(\xi dx + \eta dy)}) \end{aligned} \tag{4}$$

여기서, *는 공액복소수이고, ||는 절댓값을 의미하며, δ 는 Kronecker Delta 함수를 의미한다. 또한, F^{-1} 는 FFT 역변환을 의미한다.

나. 영상정합

카메라 이동량을 식(4)로부터 계산 후 방위각방향 및 고각방향으로 식(1)을 이용하여 현재 입력 프레임 영상과 정합한다.

3. 차영상을 이용한 이동표적 탐지

카메라 영상의 연속 프레임 입력에 대해 카메라 움직임을 보정한 정합된 영상을 이용하여 이동표적을 탐지하기 위하여 차영상을 이용한 표적위치탐지 방법은 다음과 같다.

가. 차영상 계산

입력되는 현재영상 I_t 과 카메라 움직임을 보정한 영상 I_{t_2} 을 이용하여 식(5)와 같이 차영상을 구하였다.

$$I_{dt}(x, y) = I_t(x, y) - I_{t_2}(x, y)$$

$$I_{TH}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{foreground if } I_{dt}(x, y) \geq \text{Threshold} \\ 0 & \text{background if } I_{dt}(x, y) < \text{Threshold} \end{cases} \tag{5}$$

여기서 문턱값은 카메라 이동이 있을 경우 카메라 움직임이 있을 시 배경을 보상하기 위하여 식(6)과 같이

적응형 문턱값을 적용하였다.

$$\begin{aligned}\mu_{t+1} &= \alpha \cdot \mu_t + (1-\alpha) \cdot \text{mean}(I_{dt}(x,y)) \\ \sigma_{t+1} &= \alpha \cdot \sigma_t + (1-\alpha) \cdot \text{std}(I_{dt}(x,y)) \\ \text{Threshold} &= k \cdot \mu_{t+1} - \sigma_{t+1}\end{aligned}\quad (6)$$

여기서 α 는 학습가중치이고 k 는 상수이며 μ 는 영상의 평균값이며 σ 는 영상의 표준편차이다.

나. 표적 분할방지 처리

차영상에서 분할된 표적영상은 실제 하나의 표적영상이나 분할되면서 여러 개로 분할될 수 있다. 이는 Opening-Closing 모폴로지 필터를 적용하여 영상이 작은 여러 개의 조각으로 분리되는 것을 제거하였으며 식(7)과 같다.

$$\begin{aligned}I_{OC}(x,y) &= (I_{TH}(x,y) \circ B) \cdot B \\ &= (((I_{TH}(x,y) \ominus B) \oplus B) \oplus B) \ominus B\end{aligned}\quad (7)$$

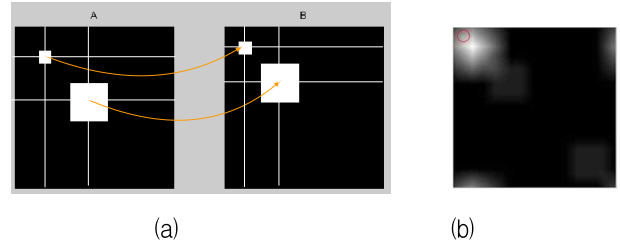
여기서 \cdot 는 닫힘 연산자(Closing Operator)이고, \circ 는 열림연산자(Opening Operator)이다. 또한, \oplus 는 팽창 연산자(Dilation Operator)이고 \ominus 는 침식연산자(Erosion Operator)이다.

4. 서브 픽셀 이동량을 이용한 표적영역 탐지

카메라 영상의 연속 프레임 입력에 대해 카메라 움직임을 보정한 정합된 영상을 이용하여 이동표적을 탐지하기 위하여 영상을 $N \times M$ 개로 분리 후 부 화소(sub-pixel) 이동량을 구하였다. 실제 원거리의 기동 표적은 탐지 카메라에 작은 움직임으로 표시되는 경우가 많아서 부화소 단위의 움직임도 포함하여 탐지하였으며 방법은 다음과 같다.

가. 부화소 단위의 영상 이동량 계산

동일 배경을 갖는 블록단위의 영상에 작은 움직임을 갖는 작은 클러스터 영상 및 큰 움직임을 갖는 큰 표적의 영상이 움직일 때 대해 배경이 가만히 있고 표적이 이동하는 경우 주파수 영역에서 위상상관 관계를 구하면 아래 그림 2와 같이 큰 표적영상의 움직임에 의한 차이값이 가장 큰 값(밝은 색)으로 나타나고 작은 표적의 움직임에 의한 차이값은 다음 큰 값(두번째 큰 값으로 붉은 색 원 참고)으로 나타남을 알 수 있다. 이 특징을



- (a) 1) 영상크기: 전체영상크기 100X100화소, 큰 표적영상 크기 20X20화소, 작은 표적영상 6X6화소
2) 움직임 조건: 큰 표적영상 및 작은 표적영상이 동시에 좌상방향으로 움직임
(b) 영상 내 표적이동에 따른 주파수영역의 위상상관관계 영상
큰 표적영상움직임에 의한 상상관 값이 가장 밝게 나타나며 작은 표적영상 움직임에 의한 위상상관 값은 약간 밝게 나타남(붉은 색 원).

그림 2. 배경영상이 같은 공간영역에서 큰 표적영상과 작은 표적영상이 동시에 이동 시 주파수영역의 위상상관

Fig. 2. Phase correlation in frequency domain when large target and small targets are simultaneous moving in spacial domain at same background.

이용하여 클러스터의 영향을 받지 않고 이동표적이 있는 블록의 위치를 찾을 수 있음을 알 수 있다.

블록 단위에서 이동표적의 움직임을 구하기 위해서 부 화소단위의 움직임을 구하여 적용하며, 부 화소 단위의 영상이동량을 구하기 위하여 식(4)로부터 정수 배(dx, dy) 만큼 영상을 이동 후 부 화소단위의 이동영상을 구하면 된다. 부 화소단위의 영상을 구하기 위해서 영상 $I_1(x,y), I_2(x,y)$ 에 대해 up-sampling을 시킨 후 위상상관을 적용한다^[17].

I_1, I_2 영상에 대해 주파수 영역의 영상을 F_1, F_2 라 하면 x축으로 M만큼, y축으로 N만큼 up sampling한 프레임의 주파수 영상은 아래 영상은 아래 식(8)과 같이 표현된다.

$$F_{ut_1}(\xi, \eta) = \frac{1}{MN} \sum_{m_1=0}^{M-1} \sum_{n_1=0}^{N-1} F_{t_1} \left(\frac{\xi + 2\pi m_1}{M}, \frac{\eta + 2\pi n_1}{N} \right) \quad (8)$$

$$F_{ut_2}(\xi, \eta) = \frac{1}{MN} \sum_{m_2=0}^{M-1} \sum_{n_2=0}^{N-1} F_{t_2} \left(\frac{\xi + 2\pi m_2}{M}, \frac{\eta + 2\pi n_2}{N} \right)$$

up sampling된 영상의 위상상관은 주파수 영역에서 위상상관은 식(9)와 같이 표현된다.

$$C(\xi, \eta) = \frac{F_{ut_1} F_{ut_2}}{|F_{ut_1}| |F_{ut_2}|} \quad (9)$$

$$= \frac{F_{ut_1} F_{ut_2}}{|F_{ut_1}| |F_{ut_2}|} \exp(-j(\frac{\xi + 2\pi m_2}{M}, \frac{\eta + 2\pi n_2}{N}))$$

식(9)를 공간영역으로 변환하면 식(10)과 같다.

$$c(\Delta x, \Delta y) = \frac{\sin(\pi(\Delta x + x_0))}{\sin(\pi(\Delta x + x_0)/m)} \cdot \frac{\sin(\pi(\Delta y + y_0))}{\sin(\pi(\Delta y + y_0)/n)} \quad (10)$$

여기서, x_0, y_0 는 정수배의 이동, m, n 은 영상크기 $\Delta x, \Delta y$ 는 서브화소 평행이동량을 의미한다.

식(10)에서 정수배의 영상이동부분을 제외한 서브화소영상 이동량은 $(m, n) \gg 1, (|\Delta x|, |\Delta y|) < 1$ 이기 때문에 $\pi(\Delta y + 0)/n \ll 1, \pi(\Delta y + 0)/m \ll 1$ 로 표현된다. 따라서 식(10)의 분모항은 $\sin(\pi\Delta x/n) \approx \pi\Delta x/n, \sin(\pi\Delta y/n) \approx \pi\Delta y/n$ 로 표현될 수 있기 때문에 식(11)과 같이 표현되어질 수 있다.

$$c(\Delta x, \Delta y) = \frac{\sin(\pi\Delta x)}{\pi\Delta x/m} \cdot \frac{\sin(\pi\Delta y)}{\pi\Delta y/n} \quad (11)$$

부화소의 이동량은 최고값과 두 번째 최고값을 이용하여 식(12)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\Delta x = \frac{c(1,0)}{c(1,0) \pm c(0,0)} \quad (12)$$

$$\Delta y = \frac{c(1,0)}{c(1,0) \pm c(0,0)}$$

따라서 부화소 단위의 영상이동량을 구하기 위해서는 먼저 평행이동된 정수화소(x_0, y_0)를 구하고 이를 중심으로 발생한 부화소($\Delta x, \Delta y$)를 구한다.

5. 이동표적 탐지

차영상과 부 화소 이동량을 이용한 표적영역 탐지영역의 영상은 아래 식(13)을 이용하여 구하였다.

$$TIm = I_{OC} \cap BI_m \quad (13)$$

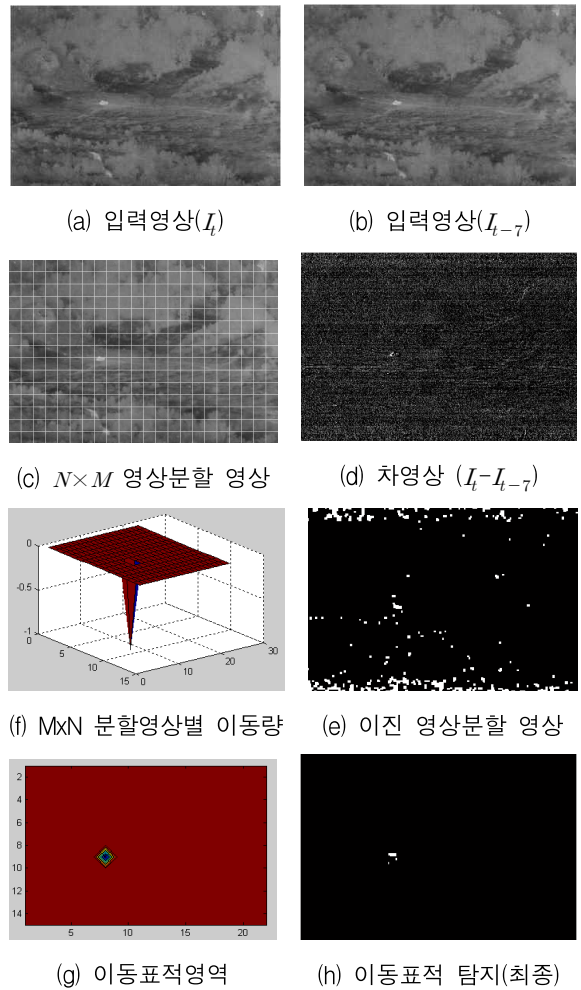
여기서 I_{OC} 는 차영상을 이용한 표적탐지위치, BI_m 은 블록단위 영상에 대해 부화소 이동량을 이용하여 구한 표적이 있는 위치를 의미한다.

III. 시뮬레이션 및 결과

적외선 영상을 이용하여 카메라 정지 시, 카메라 회전 시 제안된 알고리즘을 성능을 확인하기 위하여 실제 야외에서 촬영된 표적영상을 이용하여 탐지성능을 확인하였다.

1. 정지영상에서 표적탐지 결과

적외선 영상을 이용하여 적응 문턱값을 이용한 차영상 분할영상 및 $N \times M$ 개의 분할된 영상을 이용하여 FFT기반 위상상관을 이용하여 표적 탐지성능을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용된 비디오 영상은



이동표적 최종탐지결과(e)이진영상분할 영상과 (g) 이동표적 영역을 상호결합하여 구하였으며, 클러터가 잘 제거됨을 보여줌.

그림 3. 지상이동표적 탐지결과(감시카메라 고정)
Fig. 3. The result of moving target detection for ground vehicle (camera fixed).

720×480 크기의 영상을 704×480 영상으로 조정 후 32×32크기의 블록으로 분할하여 각 연속하는 비디오 영상 프레임에 대해 0.5 화소 해상도의 이동량을 계산하여 적용하였다. 영상분할 시 표적의 크기가 분할 영상 내에 있어야 하기 때문에 영상크기를 고려하여 정하였다. 적응 문턱값은 학습가중치 α 는 0.9로 정하였으며 k 는 7.0-9.0으로 하였다. 시뮬레이션은 카메라가 정지되어 있을 때 이동하는 지상표적 및 저속항공기 표적에 대해 수행하였다. 아래 그림 3은 지상 이동표적이 있는 영역을 탐지한 결과이며, 그림 4는 저속항공기 표적에 대한 탐지결과이다.

그림 3에서 지상표적은 먼거리에서 저속으로 움직이기 때문에 6프레임 이전 영상을 사용하여 탐지하였다. 또한 정지영상에서는 배경의 잡음이 있어도 주파수 영역에서 위상상관을 이용하여 표적을 탐지 시 안정된 표적이동영역을 구할 수 있음을 보여준다.

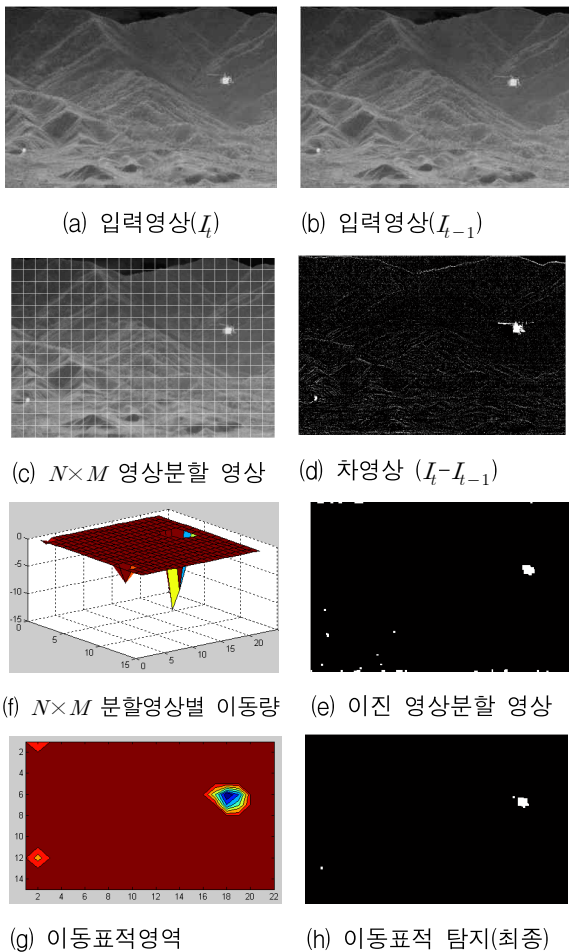


그림 4. 저속비행체 이동표적 탐지결과(감시카메라 고정)
Fig. 4. The result of moving target detection for air vehicle with low speed (camera fixed).

그림 4에서 저속비행체는 속도가 빠른 관계로 이동량이 많아서 상당히 안정적으로 탐지됨을 알 수 있다.

또한, 주파수 영역의 위상상관을 이용한 표적영역탐지결과와 결부 시 클러스터 제거는 물론 표적탐지 성능이 우수함을 알 수 있다.

2. 카메라 움직임이 있는 영상에서 표적탐지 결과

카메라 움직임이 있는 적외선 영상을 이용하여 표적을 탐지하기 위하여 720×480 크기의 입력영상을 카메라 움직임을 고려하여 640×382 크기의 영상에 대해 표적탐지를 수행하였으며 주파수 영역에서 이동량을 구하기 위한 영상분할 블록의 크기는 32×32크기를 사용하였다. 기타 파라미터는 카메라 정지 시와 동일한 값을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 아래 5는 지상이동 표적에 대해 탐지카메라를 움직이면서 표적을 탐지한 결과이며 그림 6은 저속비행체 이동표적을 탐지한 결과를 보여준다.

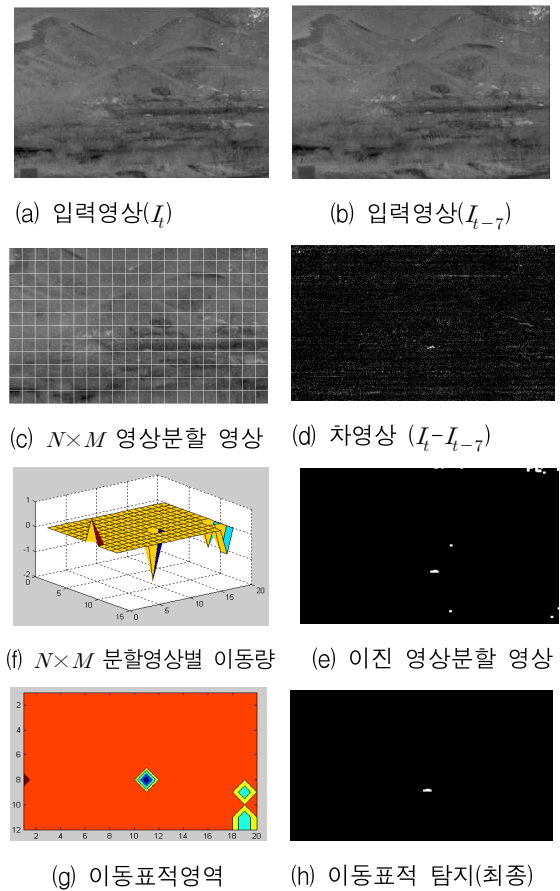


그림 5. 지상 이동표적 탐지결과(감시카메라 움직임)
Fig. 5. The result of moving target detection for ground vehicle (camera moved).

입력영상 간 영상차이는 14픽셀정도 발생하였지만 카메라 움직임 계산 및 보상 후 표적탐지는 좋은 성능을 보여준다. 하지만 카메라 영상의 움직임이 매우 빠른 경우(프레임간 이동속도가 50픽셀 보다 클 경우)는 센서특성, 배경환경변화 등으로 성능이 저하된다.

카메라를 움직이면서 저속 비행체 표적을 탐지 시 배경에 의한 클러터가 매우 많이 발생함을 알 수 있다. 이를 제거하기 위하여 문턱 값을 높게 하면 비행체도 탐지가 어려워지고, 문턱 값을 낮게 하면 클러터가 많이 발생하게 된다. 따라서, $N \times M$ 블록의 서브영상 움직임의 문턱값은 주파수영역의 위상상관에 의한 이동량을 이용하여 표적을 구분 시 문턱값은 1.0화소를 적용하여 1.0 화소보다 많이 움직이면 표적이 있는 영역으로 판단하였다. 이는 지상표적/대공표적/카메라정지/카메라움직임 모두 동일한 조건으로 시물레이션을 수

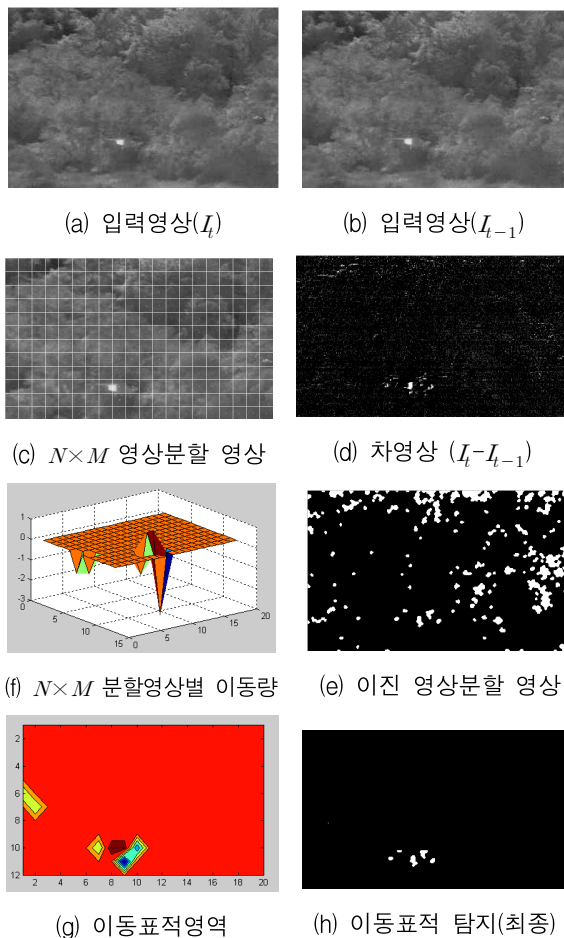


그림 6. 저속 비행체 이동표적 탐지결과 (감시카메라 움직임)
 Fig. 6. The result of moving target detection for air vehicle with low speed (camera moved).

행하였다.

제안된 알고리즘의 성능은 ROC(Receiver Operating Characteristic)를 이용하여 확인하였다^[14]. ROC 커브는 식(14) 및 식(15)를 이용하여 구하였다.

$$P_d = (N_t - \alpha_f) / N_t, P_f = \beta_m / C \quad (14)$$

여기서, P_d 는 탐지확률을 나타내며, N_t 은 움직이는 표적화소의 수를 의미하고, α_f 는 탐지되지 않은 표적의 화소수를 의미한다. C 는 클러터의 화소 수이며 β_m 는 표적이 클러터로 판단된 화소의 수이다.

M 개의 이미지를 이용한 탐지 및 오탐지확률은 식(15)와 같이 구할 수 있다.

$$P_d = \frac{\sum_{i=1}^M (N_{ti} - \alpha_{fi})}{\sum_{i=1}^M N_{ti}} \quad (15)$$

$$P_f = \frac{\sum_{i=1}^M \beta_{mi}}{\sum_{i=1}^M C_i}$$

그림 7은 제안된 알고리즘의 성능을 ROC 커브로 표시하였다.

그림 7의 ROC 커브 특성을 보면 대체적으로 프레임당 표적탐지확률은 낮은 오경보를 가지면서 높은 탐지확률을 가짐을 알 수 있다. 특히, 카메라 이동이 있을 시 탐지확률이 낮은 것을 알 수 있는데 이는 카메라 이동량 보상을 픽셀단위로 수행 등으로 완전한 카메라 움직임 보상이 되지 않고 움직임에 의한 영상특성이 변하여 영상화소의 움직임이 있는 것처럼 보이기 때문인

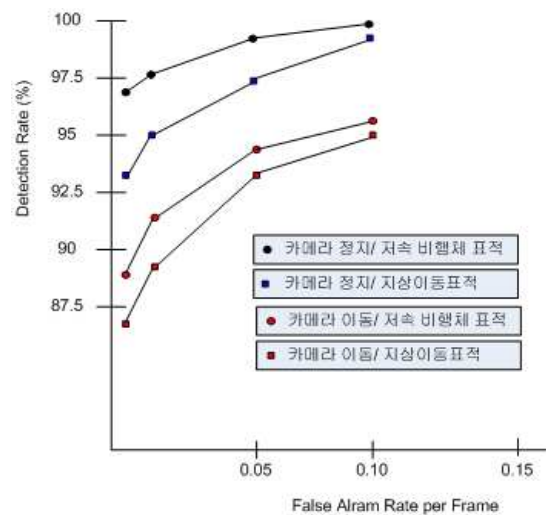


그림 7. 제안된 알고리즘을 적용한 탐지성능 ROC 커브
 Fig. 7. ROC curve characteristics for proposed algorithm.

것으로 판단된다. 또한, 지상표적이 저속 비행체보다 탐지확률이 낮은 이유는 속도가 느려서 화소이동량이 작기 때문인 것으로 판단된다.

시물레이션결과 제안된 알고리즘은 이동속도가 느린 원거리 지상표적 및 저속비행체표적 탐지에 적용가능함을 보였다. 또한, 그림 3 - 그림 6에서와 같이 현재 연구되고 있는 다양한 알고리즘을 적용하기 힘든 배경환경조건임에도 불구하고 제안된 알고리즘이 잘 동작함을 알 수 있다. ROC 커브특성을 이용한 성능확인 결과, 제안된 알고리즘은 뛰어난 탐지성능을 가지고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 비디오 프레임 연속영상을 각각 $N \times M$ 개의 블록영상으로 나누어 주파수 영역의 위상상관 기법을 적용하여 표적이 있는 영역을 구하고 차영상의 적응 문턱값을 적용하여 표적 후보군을 구해서 두 기법을 결합하여 새로운 표적 탐지기법을 제시하였다. 카메라 움직임이 있는 환경에서는 주파수 영역에서 카메라 흔들림을 구해서 영상을 보정한 후 적용 가능함을 보였다. 알고리즘 성능입증은 지상저속표적 및 저속비행체에 대해 카메라 정지 및 이동 시 야외환경에 강인한 특성을 가지고 표적을 탐지 가능함을 시물레이션을 통해 확인하였으며 탐지성능은 ROC 커브를 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Muyun Weng, Guoce Huang, and Xiniu Da, "A new Inter-frame Difference Algorithm for Moving Target Detection," 2010 3rd International Congress on Image and Signal processing(CISP2010), pp. 285-289, (2010)
- [2] William B. Thompson and Ting-Chuen Pong, "Detection Moving Objects" International Journal of Computer Vision, Vol.4, pp39-57, (1990)
- [3] Syed Sohaib Ali and M. F. Zafar, "A Robust Adaptive Method for Detection and Tracking of Moving Objects", International conference on Emerging Technologies, pp262-266, (2009)
- [4] Shahbe Mat Desa, Qussay A. Salih, "Image Substracion for Real Time Moving Object Extraction", Preceedings of the International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, (2004)
- [5] William B. Thompsom and Ting-Chuen Pong, "Detection Moving Objects", International Journal of Computer Vision, Vol. 4. pp39-57, (1990)
- [6] Sang-Yong Rhee and Yong-Baek Kim, "Basic Motion Anaysis on Video Images", 2007 International Symposium on Advanced Intelligence Systems, pp865-868, (2007)
- [7] Huiyu Zhou, Yuan Yuan, Chunmei Shi, "Object Tracking using SIFT Features and Mean Shift", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 113. pp345-352, (2009)
- [8] Xuan Jing and Lap-Pui Chau, "An Effective Three Step Search Algorithm for Block Motion Estimation", IEEE Trans. on Multimedia. Vol. 6. No.3, pp435-438 (2004)
- [9] Geogios Tzimiropoulos and Tania Stathaki, "Robust FFT-Based Scale-Invariant Image Registration", 4th SEAS DTC Technical Conference, (2009)
- [10] Manuel Buizar-Sicairos, Samuel T. Thurman, and James R. Fienup, "Efficient Subpixel Image Registration Algorithms", Optics letters, Vol. 22 No. 2, pp156-158, (2008)
- [11] Weiming Hu, Tieniu Tan, Liang Wang, and Steve Maybank, "A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors", IEEE Trans. on systems. Man and Cybernetics-PartC: Applications and Reviews, Vol. 34 No. 3, pp334-352, (2004)
- [12] John Watkinson, "The Engineer's Guide to Motion Compensation", Snell & Wilcox, (1994)
- [13] H. Foroosh, J.Zerubia, "Extension of Phase Correlaion to Subpixel Registration", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 11, No. 3, pp188-200, (2002)
- [14] Ju Han, Bir Bhanu, "Fusion of color and infrared video for moving human detection", Pattern Recognition, Vol. 40, pp1171-1784, (2007)

저 자 소 개



강 석 중(정회원)
 1985년 경북대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1987년 경북대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1987년~현재 국방과학연구소
 5기술본부 책임연구원

<주관심분야 : 영상안정화, 자동표적탐지, 적응신
 호처리>



김 도 중(정회원)
 1984년 경북대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1987년 경북대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2001년 한국과학기술원
 전자공학과 박사졸업

1987년~현재 국방과학연구소 5기술본부 책임연
 구원

<주관심분야 : 영상안정화, 자동표적탐지 인지 및
 추적, 적응신호처리>



배 현 덕(정회원)
 1980년 서울대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1992년 서울대학교 전자공학과
 박사졸업.
 1983년~1987년 광동대학교
 조교수

1987년~현재 충북대학교 전자/전기공학과 교수
 1994년 미국 Syracuse University 교환교수
 <주관심분야 : 적응신호처리분야, 영상신호처리,
 전자회로 및 통신 신호처리 Wavelet 신호처리분
 야>