

論文97-34D-7-12

BPEJTC 기술을 이용한 이동 표적 영역화

(Segmentation of a Moving Object Using Binary Phase Extraction Joint Transform Correlator Technology)

元鍾權*, 車晉宇*, 李相二**, 柳忠相*, 金恩洙*

(Jong-Kwon Won, Jin-Woo Cha, Sang-Yi Yi, Chung-Sang Ryu, and Eun-Soo Kim)

요 약

최근, 산업 및 군사 기술의 발달과 더불어 무인 자동화 시스템의 요구가 높아짐에 따라 차량, 비행기, 선박, 로봇 등에 탑재되어 요동이 심한 탐지 장치에 적용할 수 있는 적응적이고 실시간적인 표적 탐지 기술이 절실히 요구되고 있다. 따라서 이 논문에서는 BPEJTC와 개선된 영상 차분 필터 및 convex hull 필터를 사용하는 새로운 이동 표적 탐지 및 영역화 방법을 제안하였다. 주로 이동 표적 추적 시스템의 표적 탐지에 응용되고 있는 BPEJTC(binary phase extraction joint transform correlator)를 연속되는 두 입력 프레임간의 배경 상관 정보를 제공하도록 구성함으로써 카메라 움직임을 보상할 수 있도록 하고, 개선된 영상 차분 필터를 통해 기준 프레임과 함께 기준 프레임에 연속되는 전후 프레임 영상을 처리함으로써 표적 영역을 탐지하며, convex hull 필터를 개선하여 적용함으로써 비교적 정확한 표적 영역화 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문에서 제안한 카메라 요동 보상 방법과 표적 영역화 방법은 자동 표적 인식시스템의 표적 탐지 단계로 응용될 수 있고 실시간 처리가 요구되는 미사일 유도, 항공 관제, 자동 감시 시스템에 적응적으로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

As the need of automatized system has been increased recently together with the development of industrial and military technologies, the adaptive real-time target detection technologies that can be embedded on vehicles, planes, ships, robots and so on, are highly demanded. Accordingly, this paper proposes a novel approach to detect and segment the moving targets using the binary phase extraction joint transform correlator(BPEJTC), the advanced image subtraction filter and convex hull processing. The BPEJTC which was used as a target detection unit mainly for target tracking systems, has been so constructed as to provide the background correlation information for compensating the camera movement. The target region has been detected by processing the successful three frames using the advanced image subtraction filter, and has become more accurate by applying the developed convex hull filter. As shown by some experimental results, it is expected that the proposed approaches for compensation of the camera movement and segmentation of target region, can be used for the missile guidance, aero surveillance, automatic inspection system as well as the target detection unit of automatic target recognition system that request adaptive real-time processing.

* 正會員, 光云大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Kwangwoon Univ.)

(Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 正會員, 韓國電子通信研究院

接受日字:1996年12月20日, 수정완료일:1997年6月16日

I. 서 론

실세계에서 목표물을 탐지하는 기술은 컴퓨터 비전 시스템을 구현하는데 있어 가장 중요한 기술임에도 불구하고 지금까지 적응적인 표적 탐지 알고리즘의 개발이 매우 미미한 상태이다. CCD카메라나 적외선 검출기 등을 이용하여 표적을 탐지할 경우 주변 배경 및 날씨 등에 따른 상대적인 명암의 변화, 이동 속도에 따른 잔상 등이 복합적으로 검출되나 실세계에서 대부분의 표적은 자기 자신의 고유한 운동을 가진 끊임없는 변화의 연속이라고 볼 수 있으므로 주된 영상 변화의 요인은 영상검출기나 표적의 움직임에 의한 것으로 간주할 수 있다.^[1,2] 만약 검출기가 고정되어 있지 않고 표적과 동시에 이동하고 있다면 표적은 상대적으로 다른 이동 속도를 지니게 되어 표적 검출 문제는 복잡하게 된다.^[3,4] 이와 같이 복잡한 환경에서 실시간으로 특정한 이동 표적을 추적 및 인식하려면 목표물의 정확한 표적 검출 과정이 선결되어야 한다.^[5]

표적 식별 시스템의 구성에 있어서 입력 영상으로부터 임의의 표적만을 추출하는 기술은 적용하는 환경에 따라 크게 달라지는데 첫째, 고정 기지에서 고정 표적을 검출하는 것으로서 단순한 패턴의 표적을 가정한다고 해도 3차원 정합 필터 형태의 데이터베이스로부터 찾고자 하는 표적의 기준 패턴들을 추출하여 입력 영상의 각 포인트에 위치시켜 가며 상관값을 얻어 볼 수 있을 것이다. 하지만 항상 입력 영상은 크기 변화, 회전 등의 변화와 더불어 배경과 유사 클러스터가 포함되어 있기 때문에 그 응용이 매우 제한적이다. 둘째, 고정 기지에서 이동 표적을 검출하는 기술로 비교적 쉽게 접근할 수 있으나 일반적으로 배경의 변화가 미약하고 영상간 움직임 변화가 작다는 가정 하에 인접한 프레임들을 이용하는 영상 차분 필터 방법이 있다. 하지만 명암의 변화가 심한 경우에는 극히 성능이 떨어지므로 이에 대한 적응적인 표적 검출 알고리즘이 요구되는데 최근 발표한 BPEJTC(binary phase extraction joint transform correlator)을 이용한 영역화기법이 펄드 기반 알고리즘으로 이러한 상황에 적응적인 것으로 알려져 있다.^[6] 다음으로 영상 검출기가 차량이나 항공기, 선박 등과 같은 이동체에 탑재된 상태에서 이동하는 표적을 이끌어 내는 기술인데 영상에서의 각 화소에 대한 속도 벡터를 나타내는 광류 또는 선, 점들의 대응 관계나 운동장 벡터에 기초를 두고 이러한

상황에 대처할 수 있는 영역화 알고리즘이 발표되고 있다.^[7,8] 그러나, 광류를 이용하는 방법은, 광류 자체가 이동 물체의 속도 성분에 비례적이므로 표적의 위치, 추정속도 등의 정보를 얻을 수 있게 되지만 화소 대 화소 방법이기에 때문에 카메라의 움직임이 마스크 크기를 벗어나면 구할 수 없고, 광류의 엄청난 계산량을 감내 할 만한 시스템의 구축이 어려우며 특히, 카메라의 요동 정도를 정확하게 파악할 수 없다.

본 논문에서는 이동 기지에 탑재시켜 이동 표적을 검출하는 방법으로 BPEJTC와 디지털 알고리즘을 결합한 새로운 방법을 제안한다. 즉, BPEJTC를 사용하여 배경 잡음이 있는 자연계 영상에서 카메라 요동을 탐지하여 보상함으로써 고정 기지에서의 표적 탐지에 효과적인 영상 차분 필터를 응용할 수 있도록 하였다. 영상 차분 필터에 의해 얻어진 결과는 그 형태가 매우 미약하여 이를 이용하여 표적을 영역화 할 경우 표적을 침식하는 결과를 초래한다. 따라서, 본 논문에서는 영상 차분 필터를 통과한 영상에 모폴로지 필터의 일종인 convex hull 처리를 도입함으로써 영역화 오류를 감소시킨다. 본 논문에서 소개하는 BPEJTC는 광학적으로 구성이 가능하고 실시간으로 위상 상관기가 가능하며, 침예한 상관 침투치와 최적의 판별력을 나타내는 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 제안한 표적 영역화 기술을 단계적으로 정리하고 실제 자연 영상을 이용한 실험을 통해 제안한 방법의 우수성을 입증하고자 한다.

II. 카메라 요동 보상 알고리즘

화소에 기초한 영상 차분 필터는 단지 두 개의 입력 영상을 이용하여, 단순히 영상간의 변화 성분을 추출함으로써 운동 요소를 구할 수 있고, 배경이 고정되어 있다면 실시간으로 시스템 구현이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 영상 검출기가 움직이고 있는 경우에는 이동 표적 검출을 위해 다른 방법을 택해야 한다. 대표적으로 광류(optical flow)^[8]를 이용하는 방법이 있는데 이 값은 표적과 배경에 대한 속도 성분에 비례적으로 구해지므로 카메라의 움직임을 보상하는데 자주 이용되는데 화소 단위의 정합에 의한 방법이기에 때문에 영상의 이동 변위가 클 경우 계산상의 오류가 발생하여 응용할 수 없고 일반적인 원근감을 갖는 정합은 더욱 어려운 것으로 보고되고 있다.

본 논문에서 제안한 이동 표적 탐지 기술의 기본 구성은 크게 BPEJTC를 이용한 배경 정합 기술, 표적 검출을 위한 프레임간 영상 차분 필터 기술^[10], 모폴로지 처리에 의한 표적 영역화 기술^[11]로 대별되는데, 이러한 전체 수행 과정을 그림 1에 보였다.

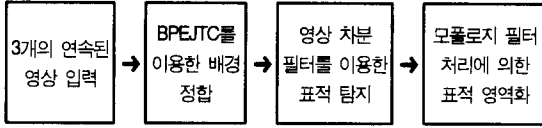


그림 1. BPEJTC를 이용한 표적 검출 순서
Fig. 1. Procedure of target detection using BPEJTC.

최근 발표된 BPEJTC^[6]는 실수값에 의해 신호의 위상 성분 광상관을 시킬 수 있는 기술로 실시간 표적 탐지에 가장 적합한 방법으로 여겨지고 있다. 표적 탐지를 위한 BPEJTC의 입력은 그림 2와 같이 구성되는데 순차적으로 입력되는 상하 반면 신호를 각각 식 (1)과 (2)로 표현할 수 있다.

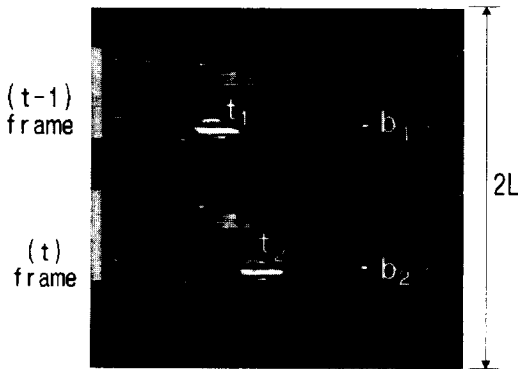


그림 2. BPEJTC 시스템의 입력평면
Fig. 2. The input plane of the BPEJTC system.

$$f_{i-1}(x, y) = t_1(x, y) + b_1(x, y) + e_1(x, y) \quad (1)$$

$$f_i(x, y) = t_2(x + x_T, y + y_T) + b_2(x + x_B, y + y_B) + e_2(x, y) \quad (2)$$

식 (1)에서 $t_1(x, y)$ 은 영상 내에 포함된 표적을 나타내고 $b_1(x, y)$ 은 두 프레임간에 동일하게 나타나는 배경 영상을 나타내며, $e_1(x, y)$ 은 입력 장치의 요동으로 대상 프레임에는 존재하나 기준 프레임에서는 사라진 배경 영상을 나타낸다. 식 (2)의 $t_2(x + x_T, y + y_T)$ 와 $b_2(x + x_B, y + y_B)$ 는 입력 평면상의 좌표계에서

$f_i(x, y)$ 의 표적과 배경이 $f_{i-1}(x, y)$ 를 기준으로 표적은 x 축과 y 축으로 (x_T, y_T) 만큼 이동한 것을 나타내고 $b_1(x, y)$ 는 검출기의 움직임에 따라 (x_B, y_B) 만큼 이동되어 검출된 것을 나타내며, $e_2(x, y)$ 는 표적이 이동과 검출기의 요동으로 기준 프레임에서 새로이 입력된 배경 영상을 나타낸다. 따라서 y_T 와 y_B 는 상하 프레임 간격 L 이 포함된 값이다. 이와 같이 표현한 두 프레임을 동시에 푸리에 변환하여 에너지 검출기로 검출할 수 있는 광 세기 분포인 JTSP(joint transform power spectrum)는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(u, v) = |F_i(u, v)|^2 + |F_{i-1}(u, v)|^2 + F_i(u, v)F_{i-1}^*(u, v) + F_i^*(u, v)F_{i-1}(u, v) \quad (3)$$

여기서, $F(u, v)$ 는 $f(x, y)$ 의 푸리에 변환을 나타내며, *는 복소 공액을 나타낸다. 식 (3)의 세 번째 항과 네 번째 항들이 두 프레임간의 상관관계를 나타내므로 이항을 추출하여 이치화시키고 이진 값으로 변환된 JTSP를 역푸리에 변환하게 되면 BPEJTC 상관 결과를 얻을 수 있다. 식 (4)는 재구성된 JTSP로서 영문 대문자는 공간 영역에서 소문자로 나타난 영상의 푸리에 변환된 공간 주파수 영역을 나타낸다. 표적과 표적, 배경과 배경간에 발생한 간섭에 의한 양은 서로 동일한 영상이므로 높은 상관 첨두치를 이루게 되며 나머지 항들은 서로 다른 영상간에 발생한 상호 간섭 성분이 된다.

$$\begin{aligned} & F_i(u, v) F_{i-1}^*(u, v) + F_i^*(u, v) F_{i-1}(u, v) \\ &= 2|F_i(u, v)||F_{i-1}(u, v)| \cos[\phi_{F_i}(u, v) - \phi_{F_{i-1}}(u, v)] \\ &= T_2^*(u, v) \exp[-j2\pi(ux_T + vy_T)] \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ T_2^*(u, v) \exp[j2\pi(ux_T + vy_T)] \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \\ &+ B_2^*(u, v) \exp[-j2\pi(ux_B + vy_B)] \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ B_2^*(u, v) \exp[j2\pi(ux_B + vy_B)] \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \\ &+ E_2^*(u, v) \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ E_2^*(u, v) \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \end{aligned} \quad (4)$$

따라서, 결과적인 상관값은 식 (5)와 같이 나타낼 수 있으며 $edge[\circ]$ 는 영상의 위상 신호를 발생시킨 이상적인 경계를 나타내고 있다. 따라서, 복잡한 환경을 가진 지상에서의 경우는 표적의 크기를 고려해 볼 때 배경 성분이 표적 성분보다 많이 존재하므로 최대 상관값의 위치는 배경 즉 카메라의 이동 성분으로 정할 수 있다. 따라서, 최대 상관첨두치의 위치만큼 보

상함으로써 영상간 카메라 요동 성분을 파악할 수 있다. 여기서, \otimes 는 상관을 그리고 *는 컨벌루션을 나타내며, 실제 검출된 배경의 움직임 정도는 $\Delta x_B = x_B$, $\Delta y_B = y_B - L$ 로 구할 수 있다.

$$c(x, y) = \{edge[t_1(x, y)] \otimes edge[t_2(x, y)]\} * \delta(x - x_T, y - y_T) + \{edge[t_1(x, y)] \otimes edge[t_2(x, y)]\} * \delta(x + x_T, y + y_T) + \{edge[b_1(x, y)] \otimes edge[b_2(x, y)]\} * \delta(x - x_B, y - y_B) + \{edge[b_1(x, y)] \otimes edge[b_2(x, y)]\} * \delta(x + x_B, y + y_B) \quad (5)$$

III. 표적 탐지를 위한 영상 차분 필터 기술

연속되는 3개 프레임의 입력 영상을 $S_{i-1}(i, j)$, $S(i, j)$, $S_{i+1}(i, j)$ 라고 하고 BPEJTC를 이용하여 구한 $S_{i-1}(i, j)$ 와 $S(i, j)$ 간의 배경 이동 정도를 Δx_B , Δy_B 이라고 하며 $S(i, j)$ 와 $S_{i+1}(i, j)$ 간의 배경의 이동 정도를 Δx_{B2} , Δy_{B2} 라고 하자. 영상간 배경을 없애는 데는 가장 용이한 영상 차분 필터를 사용하는데 결과 성분은 $D_n(i, j)$ 와 $D_e(i, j)$ 로 식 (6), (7)과 같이 영상 사이에 움직임 성분이 나타나게 된다. 카메라의 요동 보상이 정확하게 되었다면 단지 두 개의 프레임만으로 이동 표적에 대한 움직임 성분만 검출되겠지만 부동 소수점 계산 등으로 인하여 1화소 정도의 계산 오류가 발생하여 배경이 어긋날 수 있으므로 본 논문에서는 세 개의 프레임을 사용하였다.

$$D_n(i, j) = |S(i, j) - S_{i-1}(i + \Delta x_B, j + \Delta y_B)| \quad (6)$$

$$D_e(i, j) = |S(i, j) - S_{i+1}(i - \Delta x_{B2}, j - \Delta y_{B2})| \quad (7)$$

다음으로 영상 차분 결과로부터 공통된 움직임을 구별해 내기 위하여 D_n 과 D_e 의 값을 식 (8)과 같이 서로 논리곱 연산(AND operation)함으로써 순수하게 표적만을 검출할 수 있다.

$$I_t(i, j) = F_t\{D_n(i, j)\} \text{ AND } F_t\{D_e(i, j)\} \quad (8)$$

여기서 함수 F_t 는 이치화 과정을 의미하는데 연속 준위의 영상으로부터 논리곱 연산을 효과적으로 이용하기 위하여 필요한 과정이다. 효율적인 이치화를 위하여 확률적인 방법을 도입하였는데 영역 전체의 분산을 최소화하는 방법을 사용하였다.^[10] 이는 영상 차분

결과를 이치화시키기 위하여 각 그룹내 분산(within-group variance)을 최소화하거나, 그룹간 분산(between-group variance)을 최대가 되게 하는 임계값 t 를 전 범위에 걸쳐 확률적으로 선택하게 되는데 전체 영상의 분산은 식 (9)와 같이 나타낸다. 여기서, $q(\tau)$ 은 임계값 τ 보다 작은 부분에서의 확률 분포를, $q_u(\tau)$ 는 임계값 τ 보다 큰 경우의 확률값을 나타낸다. 그리고 μ 는 전체 영상의 평균을, $\mu_l(\tau)$ 는 첫 번째 영역의 평균값을 그리고 $\mu_u(\tau)$ 는 두 번째 영역의 평균값을 의미한다. 따라서, 각 영역내 분산을 최소화하며 식 (10)의 각 영역들간의 분산차 σ_B 가 최대가 되는 τ 를 찾음으로써 임계값을 결정 할 수 있다.

$$\sigma_{total}^2 = [q_l(\tau) \sigma_l^2(\tau) + q_u(\tau) \sigma_u^2(\tau)] + \{q_l(\tau) [\mu_l(\tau) - \mu]^2 + q_u(\tau) [\mu_u(\tau) - \mu]^2\} \quad (9)$$

$$\sigma_B = q_l(\tau) q_u(\tau) [\mu_l(\tau) - \mu_u(\tau)]^2 \quad (10)$$

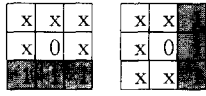
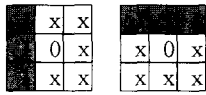
IV. 모폴로지 필터를 이용한 표적 영역화 기술

모폴로지(morphology) 필터는 영상 처리 과정에서 제거되지 않고 남아 있는 잡음을 없애거나 윤곽선 검출, 필터링, 세선화 등의 처리에 광범위하게 사용되고 있다.^[11] 식 (8)의 표적 탐지 결과로부터 표적을 완전하게 영역화하기 위하여 convex hull 필터와 클로징(closing) 기법을 반복 순차적으로 적용함으로써 경계선을 평활시키고 각 경계면 안에 존재하는 빈 공간을 채워 표적 영역화용 마스크를 만들 수 있다. 기존의 convex hull 필터는 일반적으로 그림 3(a)와 같은 4개의 기본 구성 요소를 사용하는데 이 필터 마스크들을 적용하는 경우 실제 표적보다 큰 잉여적인 외곽 패턴이 발생하여 정확한 영역화를 기대할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 가능한 한 원래의 표적에 가까운 영상을 도출하기 위하여 8개의 변형된 마스크를 설정하였다. 입력 영상을 I , 각 마스크를 B^i 라 하면 convex hull 처리 과정은 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

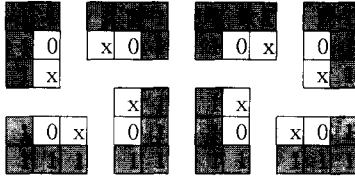
$$X_t^i = \{X_{k-1}^i \otimes B^i\} \cup I \quad i=1,2,\dots,7,8, t=1,2,\dots \quad (11)$$

즉, 영상 버퍼 X_t^i 를 $X_0^i = I$ 로 초기화시키고, $X_t^i = X_{t-1}^i$ 의 수렴 조건이 만족할 때까지 식 (11)의 과정

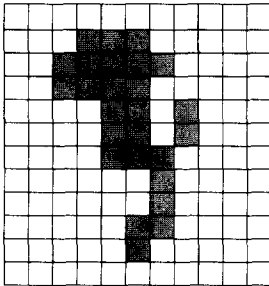
을 반복적으로 수행하면 결국 X_{final}^i 을 얻을 수 있다.



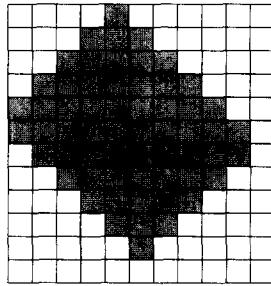
(a)



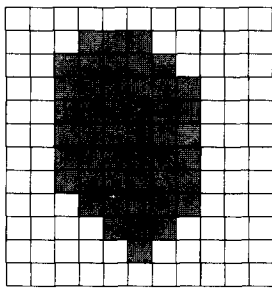
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 3. Convex hull 필터 처리 결과

- (a) 기존의 convex hull 필터 마스크
- (b) 개선된 convex hull 필터 마스크
- (c) 입력 패턴의 예
- (d) 기존의 필터 마스크를 이용한 처리 결과
- (e) 개선된 필터 마스크를 이용한 처리 결과

Fig. 3. The result of convex hull processing.

- (a) Conventional convex hull filter mask set.
- (b) Advanced convex hull filter mask set.
- (c) Input sample pattern.
- (d) Result with the conventional mask set.
- (e) Result with the advanced mask set.

식 (11)에서 \otimes 는 hit-or-miss 변환^[11]을 나타내고 i 는 반복 회수 지표를 나타낸다. 모든 마스크에 대해 이 과정이 끝나면 최종적으로 식 (12)에 의해 convex hull 처리 결과를 얻는다.

$$X = \bigcup_{i=1}^8 X_{final}^i \quad (12)$$

기존의 convex hull 마스크와 개선된 convex hull 마스크를 이용한 convex hull 처리 결과를 그림 3에 예시하였다. 그림 3(a)와 (b)의 각 마스크 내의 'x'는 "don't care"를 의미한다. 그림 3에서 convex hull 필터 적용 후 최종적인 결과를 살펴보면 기존의 마스크를 이용하여 얻은 출력 패턴이 제안한 마스크를 이용하여 구한 패턴 보다 잉여 영역을 많이 포함하고 있음을 알 수 있다.

후단의 인식 과정을 고려하여 표적 위치를 좌표값으로 영역화하기 위하여 식 (12)에 의해 구해진 표적 마스크를 원래의 영상 $S(i, j)$ 에 투영시키면 표적만을 부각시킬 수 있는데 검출된 마스크를 x, y방향으로 각각 투영하는 방법을 도입하였다. 투영 과정을 그림 4에 나타내었는데 움직임 검출값으로부터 먼저 x축으로 투영을 시켜서 x축상에 존재하는 표적의 위치를 알아내고 다시 y축으로 투영시키므로서 표적의 정확한 위치를 찾아내어 배경으로부터 표적만을 분리해 낼 수 있게 된다.^[12]

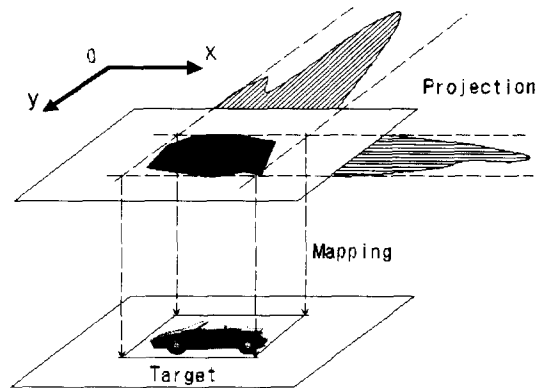


그림 4. 표적 영역화를 위한 투영

Fig. 4. Projection for target segmentation.

V. 컴퓨터 시뮬레이션

이동 표적 탐지 실험을 위한 기본 시나리오로 두

가지를 준비하였는데, 첫 번째 시나리오는 고정 기지에서 이동 표적 검출을 시험하기 위한 것이고 두 번째 시나리오는 이동 기지에서 이동 표적을 검출하는 것으로 이루어져 있다. 또한, 제안된 알고리즘의 효용성을 보이기 위하여 탐지 장치의 변위가 표적의 움직임에 비해 클 경우와 작을 경우의 두 가지 시나리오를 설정하고 다중 표적 시나리오도 별도로 준비하였다. 입력 영상은 DT2851 이미지 그래버(image grabber)를 사용하여 연속적으로 얻었으며 펜티엄-100으로 시뮬레이션 하였다. 비교를 위한 실험으로 기존의 광류를 이용한 방법을 제시하였다.

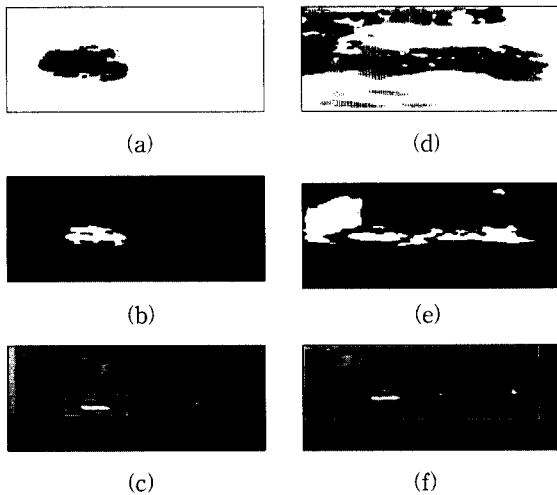


그림 5. 광류를 이용한 검출 결과

(a) 고정된 카메라에 의해 검출된 광류 성분, (b) (a)의 스칼라 표현, (c) 이동 표적 검출 결과, (d) 이동하는 카메라에 의해 검출된 광류 성분, (e) (d)의 스칼라 표현, (f) 이동 표적 검출 결과

Fig. 5. Target detection results using optical flow. (a) Optical flow detected by fixed camera. (b) Scalar representation of (a). (c) Target detection result by fixed camera. (d) Optical flow detected by moving camera. (e) Scalar representation of (d). (f) Target detection results by moving camera.

1. 광류를 이용한 이동 표적 검출

광류를 계산하기 위한 기본 알고리즘은 구배도에 기초한 Horn과 Schunck의 알고리즘을 적용시켰으며 계산 과정에서는 영상 평활(smoothing) 필터와 미분 필터를 이용하고 Lagrange계수와 반복 시행 정도는 실험 과정에서 최적값을 도출하였는데, 각각 Lagran-

ge계수는 70, 반복 회수는 32로 사용하여 x, y 방향으로의 평균 속도를 구함으로써 광류를 검출하였다. 그림 5은 광류를 이용한 실험 과정으로써 그림 6(a), (b) (c)는 고정 기지에서 이동 표적을 검출한 결과이며, 그림 5(d), (e), (f)는 이동 기지에서 이동 표적을 검출한 결과를 나타내고 있다.

그림 5(a)는 광류 속도를 나타내는데 표적이 좌에서 우로 이동하고 있으므로 대부분의 속도 성분들이 좌에서 우로 이동하고 있음을 알 수 있다. 그림 5(b)는 속도 성분을 스칼라량으로 표현한것이고, 그림 5(c)은 그림 5(b) 스칼라량을 4장의 모폴로지 필터 처리를 이용하여 원 영상에 매핑시켜 얻어진 영역화 결과를 보여준다. 그림 6(f)는 배경과 표적이 모두 10~20화소 정도의 움직임을 가지고 있으므로 카메라와 표적의 움직임이 각기 독립된 패턴을 가지므로 배경과 이동 표적의 운동 성분을 분리하기가 힘들다. 따라서, 영상간 대응 성분을 찾을 수 없으므로 광류 계산에 오류가 발생하여 배경과 표적의 성분을 따로 구별해 낼 수 없다.

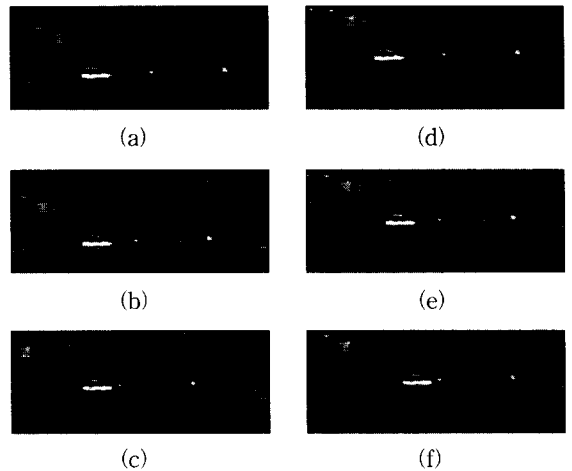


그림 6. 카메라가 움직이는 경우의 입력 영상

(a),(b),(c) 배경의 변위가 표적의 변위보다 큰 경우, (d),(e),(f) 배경의 변위가 표적의 변위보다 작은 경우

Fig. 6. Input image sequence obtained by a moving camera.

(a),(b),(c) In case of camera translation is larger than that of target. (d),(e),(f) In case of camera translation is smaller than that of target.

2. 제안된 방법을 이용한 표적 검출

그림 7은 영상 입력 장치가 움직일 경우의 시나리오

오를 나타낸 것으로 그림 7(a), (b), (c)는 카메라 변위가 표적의 변위보다 큰 경우이며, 그림 7(d), (e), (f)는 표적의 변위가 카메라 변위보다 큰 경우이다.

우선 BPEJTC 입력 영상에서 각 영상 사이의 배경과 표적의 상관값에 대한 상대적인 좌표를 구하기 위해 기준 좌표가 설정되어 있어야 하는데 이 값은 같은 영상을 서로 상관시킴으로써 얻을 수 있다. 배경 정합을 위한 기준 영상은 두번째 프레임으로 하였으며 기준 영상 전후에 연속적으로 입력되는 영상들에 대한 상관 결과는 그림 8과 같이 상관 평면에 나타나는데 이로부터 얻은 최대 상관값 위치와 카메라의 이동 변위 성분을 표 1에 보였다.

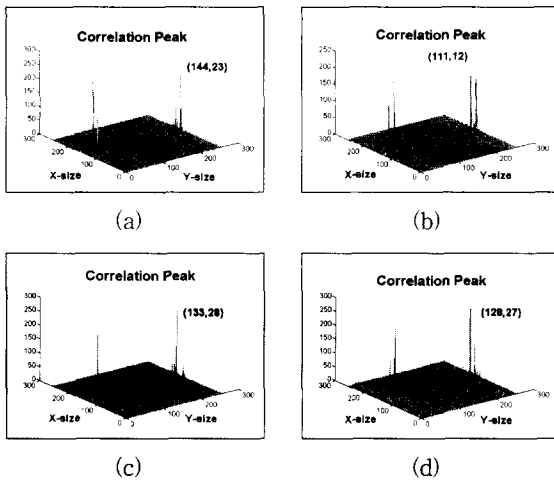


그림 7. BPEJTC 상관 결과
 (a) 그림 7(a), (b)의 상관값, (b) 그림 7(b), (c)의 상관값, (c) 그림 7(d), (e)의 상관값, (d) 그림 7(e), (f)의 상관값

Fig. 7. Correlation peaks obtained by BPEJTC.
 (a) The correlation result between Fig. 7(a) and (b). (b) The correlation result between Fig. 7(b) and (c). (c) The correlation result between Fig. 7(d) and (e). (d) The correlation result between Fig. 7(e) and (f).

표 1. 프레임간 이동 변위 성분

Table 1. Displacements between frames.

시나리오 1 (카메라 변위 > 표적 변위)		시나리오 2 (카메라 변위 < 표적 변위)	
1, 2 번째 영상	(144,23) $\Delta x = -16, \Delta y = 5$	1, 2 번째 영상	(133,28) $\Delta x = -5, \Delta y = 0$
3, 2 번째 영상	(111,12) $\Delta x = 17, \Delta y = 16$	3, 2 번째 영상	(128,27) $\Delta x = 0, \Delta y = 1$

각 영상간의 상관 첨두치의 위치를 살펴보면 카메라 변위가 표적 변위보다 클 경우에 변위 성분이 큼을 알 수가 있다. 이 사실은 BPEJTC를 이용하여 얻은 최대 상관값의 위치가 배경에 의한 것임을 입증하는 것이다. 그리고 변위 성분의 부호는 대상 영상과 기준 영상 사이에 배경 정합을 위하여 상대적으로 움직여야 하는 방향을 나타낸다. 즉, 표 1의 시나리오 1에서 첫, 두번째 영상을 상관시킨 결과를 보면 x 방향으로 마이너스 값을, y 방향으로는 플러스 값의 결과가 나왔다. 이는 기준 영상을 중심으로 할 때 x방향으로는 기준 영상보다 오른쪽에 위치하고, y방향으로는 위쪽에 위치하는 것을 의미한다. 따라서, 첫 번째 영상을 기준 영상인 두 번째 영상 배경과 정합시키기 위하여 왼쪽으로 16화소, 아래쪽으로 5화소를 이동시켜 주면 영상간 배경이 일치하게 된다. 그리고, 이치화 과정, 논리곱 연산 등을 이용하여 두 결과값을 결합시켜 공통된 움직인 부분만을 계산해 내게 된다.

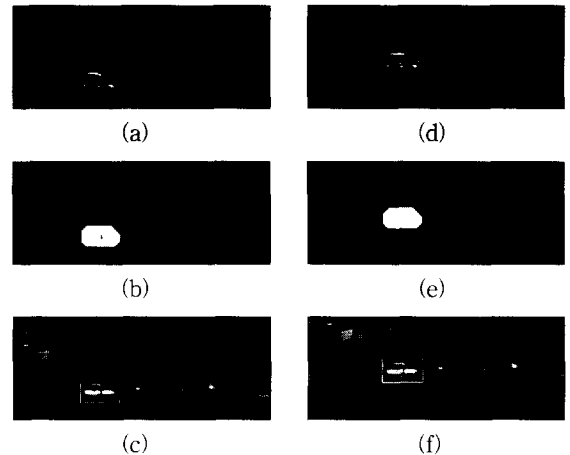


그림 8. 제안된 모폴로지 필터를 이용한 표적 추출 결과 (a) 그림 7(a),(b),(c)에 대한 영상 차분 필터 결과, (b) (a)에 대한 convex hull 처리 결과, (c) 그림 7(b)로부터의 표적 추출 결과, (d) 그림 7(d),(e),(f)에 대한 영상 차분 필터 결과, (e) (d)에 대한 convex hull 처리 결과, (f) 그림 7(e)로부터의 표적 추출 결과

Fig. 8. Target segmentation result using the proposed morphological filter.
 (a) The result of image subtraction filtering for Fig.7(a),(b) and (c). (b) The result of convex hull processing for (a). (c) The result of target segmentation from Fig.7(b). (d) The result of image subtraction filtering for Fig.7(d),(e) and (f). (e) The result of convex hull processing for (d). (f) The result of target segmentation from Fig.7(d).

그림 9는 검출된 움직임 값을 이용하여 모폴로지 필터를 부가하여 만든 표적 마스크와 이 결과값을 투영시키고 기준 영상인 2번째 영상에 매핑함으로써 표적만이 영역화된 결과를 보여주고 있다. 그림 7에서 보이듯이 이 시나리오는 건물을 배경으로 하기 때문에 기존의 디지털 적인 접근 방법으로는 표적과 유사한 특징이 많아 효과적인 영역화가 이루어질 수 없고, 표적이 배경 움직임에 비해 빠른 경우와 그 반대의 경우에 대해 광류를 이용한 방법으로는 도저히 적응적으로 표적을 탐지할 수 없는 상황이다.

하지만, 제안된 배경 정합 방법은 원초적으로 필드 기반의 상관기인 BPEJTC를 이용하기 때문에 그림 9에서 보이듯이 복잡한 환경에서도 배경의 변화와 표적의 위치 변화에 상관없이 양호한 표적 영역화 결과를 얻을 수 있다. 그림 10(a), (b), (c)는 하늘 배경이 포함되어 있어 배경이 표적에 비하여 밝은 경우이며, 다중 표적이 있는 상황을 연출한 것으로 기존의 어떠한 방법으로도 표적의 탐지가 어려운 시나리오이다.

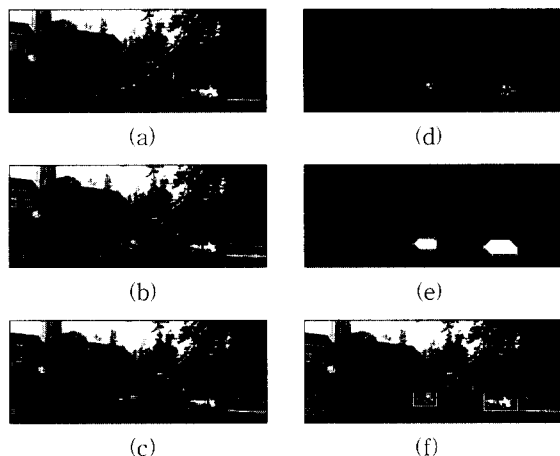


그림 9. 다중 표적 검출 및 영역화
(a), (b), (c) 연속적인 입력 영상, (d) 표적 검출 결과, (e) 표적 마스크, (f) 표적 영역화 결과

Fig. 9. Detection and segmentation of multiple targets.
(a), (b), (c) Sequential input image. (b) Target detection by image subtraction filter. (e) Segmentation mask generated by the morphological filter. (f) Target segmentation results.

이 시나리오에 대한 표적 탐지 과정을 그림 10(d), (e), (f)에 나타내었는데 표적이 나무 등에 의해 약간

가려져 있음에도 불구하고 convex hull 처리 결과 적응적인 탐지가 가능함을 보이고 있다. 잡음이나 클러스터 등의 영향을 배제하기 위하여 convex hull 처리 후에 일정 크기 이상의 영역화 마스크만을 선택하기 때문에 표적이 매우 작은 표적에 대해서는 정보 유실이 있을 수 있고, 배경의 움직임이 프레임의 절반을 넘어서면 BPEJTC에 의한 배경 상관값이 낮아져서 배경 정합 정보로서의 가치를 잃게 되지만, 이러한 미미한 제약 조건들을 제외한다면 본 논문에서 제안한 이동표적 영역화 방법은 많은 분야에 응용될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 이동체에 탑재된 카메라를 통하여 입력받은 자연계 영상에서 이동 표적의 탐지를 위하여 광상관기인 BPEJTC 시스템을 이용하여 카메라 움직임을 보상하고 이동 표적만을 적응적으로 탐지할 수 있는 새로운 방법을 제시하였으며 광류를 이용한 표적 검출 방법과 비교 분석하였다. 표적을 영역화시키는데 있어서 시스템 구현은 용이하지만 영상 입력 장치가 항상 고정되어 있어야 하는 단점을 안고 있는 영상 차분 필터를 이용하였음에도 이동 표적을 효과적으로 검출할 수 있었다. 영상 검출기의 급격한 변화로 인하여 프레임간에 표적이 서로 중첩되지 않는 상황에서도 입력 장치의 움직임을 보상하고 표적의 순수 운동 성분만을 구할 수 있음을 실험을 통해 입증하였고, 각각 독립적인 운동 성분을 갖는 다중 표적의 경우에도 영상 상관을 이용한 배경 정합을 통하여 표적만을 검출해 낼 수 있음을 제시하였다.

본 논문에서 제안한 BPEJTC를 이용한 카메라 이동 보상을 통한 이동 표적 영역화 방법은 이동체 탑재형 ATR(automatic target recognition) 시스템의 전 단계로서 이용될 수 있으며, 실시간 처리가 가능하므로 영역화와 동시에 표적의 인식 및 추적이 요구되는 미사일 유도, 항공 관제, 포신 제어 및 자동 감시 시스템 등의 여러 분야에서 응용될 수 있으리라 기대된다.

참고 문헌

[1] Ramesh Jain, W. N. Martin and J. K.

- Aggarwal, "Segmentation through the Detection of Changes Due to Motion", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 11, pp. 13-34, 1979.
- [2] Shih-Ping Liou and Ramesh Jain, "Motion Detection in Spatio-Temporal Space", *Computer Graphics and Image Processing* 45, pp. 227-250, 1989.
- [3] Saburo Tsuji, Michiharu Osada and Masahiko Yachida, "Tracking and Segmentation of Moving Objects in Dynamic Line Images", *IEEE* vol. PAMI-2, no. 6, pp. 516-522, November, 1980.
- [4] Ramesh C. Jain, "Segmentation of Frame Sequences Obtained by a Moving Observer", *IEEE* vol. PAMI-6, no. 5, pp. 624-629, September, 1984.
- [5] Hsi-Jian Lee, Lung-Fa Huang and Zen Chen, "Multi-Frame Detection and Tracking in an Infrared Image Sequence", *Pattern Recognition*, vol. 23, no. 7, pp. 785-798, 1990.
- [6] Sang-Yi Yi and Eun-Soo Kim, "A BPEJTC-based Segmentation for a Nonstationary Image", *Optics Comm.*, vol. 23, pp. 716-724, 1996.
- [7] Ashraf Elnagar and Anup Basu, "Motion Detection Using Background Constraints", *Pattern Recognition*, vol. 28, no. 10, pp. 1537-1554, 1995.
- [8] Berthold K. P. Horn and Brian G. Schunck, "Determining Optical Flow", *Artificial Intelligence* 17, pp. 185-203, 1981.
- [9] C. S. Weaver and J. W. Goodman, "A Technique for Optically Convoluting Two Function", *Appl. Opt.*, vol. 5, no. 7 pp. 1248-1249, 1966.
- [10] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*, ADDISON-WESLEY, pp. 13-28, 1992.
- [11] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, ADDISON-WESLEY, 1992.
- [12] Gösta H. Granlund and Hans Knutsson, *Signal Processing for Computer Vision*, Kluwer Academic Publishers, 1995.

저 자 소 개



元鍾權(準會員) 1995년 광운대학교 전자공학과 졸업, 1997년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 현재 (주)데이콤 연구원, 주관심 분야는 영상처리 및 비전 시스템등임.



車 諺宇(準會員) 1995년 광운대학교 전자공학과 졸업, 1997년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 현재 금성정보통신연구소 연구원, 주관심 분야는 신경망, 비전 시스템 등임.

李 相 二(正會員) 第 33 卷 A 編 第 10 號 參照
현재 한국전자통신연구원 선임연구원.

柳 忠 相(正會員) 第 33 卷 A 編 第 10 號 參照
현재 광운대학교 박사과정.

金 恩 洙(正會員) 第 33 卷 A 編 第 10 號 參照
현재 광운대학교 전자공학부 교수.