

論文95-32A-4-8

광 BPEJTC 시스템을 이용한 이동표적 영상의 영역화 기법

(A Segmentation Technique of Moving Target Image using the Optical BPEJTC System)

李相二*, 李丞玄*, 金恩洙*

(Sang-Yi Yi, Seung-Hyun Lee, and Eun-Soo Kim)

요약

본 논문에서는 광 BPEJTC를 이용하여 입력영상에 나타난 이동물체를 탐지하고, 동일 시스템을 이용한 상관과정을 반복적으로 시도하여 배경영상을 제거시키므로써 자동적으로 표적영상만을 남기는 새로운 이동 표적 영상 영역화 방법을 제시하였다. 고정된 자연배경에 진입한 승용차를 자동적으로 영역화하는 컴퓨터 시뮬레이션 및 광학 실험을 통해 광 BPEJTC를 이용한 고속 이동표적 영역화 시스템의 성능을 분석하고 구현 가능성을 제시하였다.

Abstract

In this paper, we propose a new technique to segment the moving target image from the natural background. This system as based on the optical BPEJTC for both detecting the moving target and automatically extracting the target image from the background by gradually eliminating the background image through the repeated correlation processes. Some computer simulation and experimental results show that the proposed system can effectively segment the moving car image from the fixed background, and that this system can be used for a fast moving target segmentation system.

I. 서론

자연환경에서 임의의 형태로 이동하는 표적을 추적 및 인식하기 위하여 CCD 카메라나 적외선 검출기 등으로 표적영상을 탐지하는 경우, 그림자에 따른 명도차, 주변배경 및 날씨 등에 따른 상대적인 명암의 변화, 이동속도에 따른 잔상 등이 복합적으로 나타난다. 그리고, 검출기가 불안정하거나 탑재한 장비가 이동하게 되면 검출기 자체의 요동에 따른 오차가 발생하여 문제는 더욱 복잡해지게 된다.

이와 같이 복잡한 환경에서 특정한 이동 표적을 추적하려면 목표물 영역화 과정이 필수적이며 계산량을 최소화하여 처리속도를 증가시키는 것이 정확한 영역화와 함께 중요한 요소가 된다. 영역화를 위한 기존의 디지털 처리방법은 정확성을 증가시킬 수 있는 반면에 실시간 처리가 제한됨에 따라 2차원 실시간 처리가 가능한 광 신호 처리 방법에 대한 관심이 증대되고 있다.

일반적으로, 추적 및 인식을 위한 광 신호 처리 방법으로 광 상관기를 이용하고 있다. 대표적으로 VanderLugh의 공간정합필터를 이용한 상관 시스템과 JTC(joint transform correlator)^[1]를 이용하여 배경잡음으로부터 표적만을 실시간적으로 검출할 수 있게 되었다. 특히, JTC는 별도의 복소정합필터 구성 없이 실수함수로 시스템 제작이 가능하므로 실시간 광

* 正會員, 光云大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon Univ.)

接受日字 : 1994年 7月 7日

상관 시스템으로 각광을 받고 있다. 그러나, 기존의 JTC는 입출력함수를 실수함수로 구성하므로 위상만을 별도로 처리할 수 없었고, 강한 자기상관이 발생하므로 공간정합필터를 이용한 상관기보다 낮은 상관 효율을 나타내었다.

최근에 제안된 광 BPEJTC(binary phase extraction JTC)^[5]는 기존 JTC의 광 간섭 세기 분포인 JTSP(joint transform power spectrum)에서 이진 위상을 추출함으로써 위상형태의 JTC를 가능하게 하였다. 이것은 완전 위상형태의 공간정합필터와 입력을 이용하는 상관기인 POC(phase only correlator)^[3]와 유사한 특성을 나타내어 보다 첨예한 상관 첨두치와 보다 큰 peak-to-sidelobe 비율 그리고, 최적의 판별력을 실시간으로 얻을 수 있게 되었다.

본 논문에서는 CCD 카메라를 통하여 순차적으로 입력되는 영상 프레임을 연속적으로 상관시키며^[6] 상관 첨두치를 관찰함으로써 이동 물체를 영역화하는 새로운 영역화 기법을 제안하고자 한다. 영역화를 위한 특징 점은 표적의 형태나 크기, 색채 등에 무관하게 배경과 다른 속도로 움직이는 영상을 표적으로 설정하게 된다. 영역화 방법은 이동물체의 상관 첨두치 위치와 높이를 감시하며 화면을 부분적으로 제거하며 상관시키는 과정을 반복적으로 시도하여, 배경을 완전히 제거함으로써 자동적으로 이동 물체만을 남기는 방법을 이용한다. 이러한 접근 방법은 전적으로 광 상관기의 성능에 크게 의존하게 되므로, 본 논문에서는 이미 우수한 상관 특성을 갖는 것으로 알려진 광 BPEJTC 시스템을 이용하여 표적을 영역화한다.

제시된 광 BPEJTC를 이용한 영역화 방법의 성능을 비교 분석하기 위하여, 자연배경에서 이동하는 자동차 표적을 영역화하는 컴퓨터 시뮬레이션과 LCD(liquid crystal display) 공간 광 변조기와 CCD 광 검출기를 이용한 광학적 구현 및 실험과정을 통하여 실시간 처리가 가능한 새로운 광 BPEJTC 영역화 시스템을 제시한다.

II. 광 BPEJTC 시스템

광 JTC는 입력 및 기준영상을 그림 1과 같이 하나의 입력평면에 구성하고 동시에 푸리에 변환하여 광 세기 형태로 검출하고 다시, 역푸리에 변환함으로써 상관 결과를 얻을 수 있다. 광 JTC는 입력과 출력이 모두 실수형태로 구성되므로 공간 광 변조기를 이용하여 입력평면을 구성하고, CCD등과 같은 에너지 검출기를 이용하여 시스템을 구성함으로써 비디오 프레임으로 실시간 영상 상관이 가능하게 된다.^[7]



그림 1. 광 JTC 시스템 입력평면 구성

Fig. 1. Input plane of optical JTC system.

그림 1은 CCD 카메라를 통해 입력되는 연속적인 입력 영상을 필름형태로 표현한 것으로 항공기의 외각선 영상은 단지 이전 표적의 위치를 표시한 것이다. 두개의 필름은 동일한 영상을 기록하고 있으며 상단의 필름은 t 시간에 영상을 나타내도록 구성한다. 하단의 필름은 상단의 필름보다 거리 L 의 간격을 두고 위치시켜 한 프레임 뒤진 $t-1$ 시간부터 영상을 나타내기 시작하도록 한다. 따라서, 임의의 시간 t 에서 두 필름을 동시에 관찰하면 표적간의 거리는 필름간격 L 에 실제표적 이동거리 $(\delta x, \delta y)$ 가 더해진 상태로 나타나게 된다.

광 JTC를 실시간 추적 시스템으로 응용하기 위해서는 공간 광 변조기를 상하단으로 분리하여 그림 1과 같이 $t-1$ 프레임과 t 프레임을 위치시키고 상관시킨다. 이후 다음 프레임이 입력되면 새로이 화면을 구성하고 상관시키는 과정을 반복함으로써 비디오 화상 재생으로 구현이 가능하게 된다. 즉, 처리된 t 프레임이 하단으로 내려와서 $t-1$ 프레임이 되고, $t+1$ 시간에 입력되는 프레임이 t 프레임을 구성하는 과정을 반복하며 이동 표적을 추적하게 된다.^[6,10]

일반적으로, 자연계 영상을 입력받는 광 JTC는 순차적으로 입력되는 영상을 식(1) 및 (2)와 같이 배경 잡음과 함께 존재하는 표적의 상태로 해석할 수 있다.

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

$$f_t(x, y) = t_2(x+x_1, y+y_1) + b_2(x+x_2, y+y_2) + e_2(x, y) \quad (2)$$

식(1)에서 $f_{t-1}(x, y)$ 는 $t-1$ 시간에 입력된 프레임을 나타내는 것으로서 $t_1(x, y)$ 는 영상 내에 포함된 표적을 나타낸다. $b_1(x, y)$ 은 두 프레임간에 동일하게 나타나는 배경 영상을 나타내며, $e_1(x, y)$ 는 입력 장치의 요동으로 $t-1$ 프레임에는 존재하나 t 프레임에서는 사라진 배경 영상을 나타낸다. 식(2)의 $f_t(x, y)$ 는 t 시간에 입력된 영상을 나타낸다. 여기서, $t_2(x+x_1, y+y_1)$

는 t-1 시간에 나타난 표적이 x축과 y축으로 (x1, y1) 만큼 이동한 것을 나타내고 있다. b₂(x+x2, y+y2)는 검출기의 흔들림에 따라 b₁(x, y)가 (x2, y2) 만큼 이동되어 검출된 것을 나타낸다. 마지막으로, e₂(x, y)는 표적이 이동과 검출기의 요동으로 t 프레임에서 새로이 입력된 배경 영상을 나타낸다.

이와 같이 구성된 두 프레임을 동시에 푸리에 변환하여 에너지 검출기로 검출할 수 있는 광 세기 분포인 JTPS는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, F(u, v)는 f(x, y)의 푸리에 변환을 나타내며, *는 복소공액을 나타낸다. 식(3)의 첫번째와 두번째 항은 프레임 자체의 자기상관에 해당하는 양으로써 상관평면에서 영상자체의 자기상관이 DC와 함께 나타나고, 프레임 자체에서 발생하는 상호상관이 상관오류를 발생시키게 된다. 따라서, 식(3)은 프레임 각각의 파워스펙트럼을 제거할 필요가 있다. 이것은 기존 광 JTC의 JTPS에서 각 프레임의 파워 스펙트럼을 구하여 기하학적으로 빼는 것만으로 간단히 이루어질 수 있으며, 재구성된 JTPS는 순수하게 시간차에 따른 상관량만이 남게 된다. 특히, 프레임간에 이동하여 존재하는 표적이 높은 상관 침투치를 나타낸다면, t₁(x, y)와 t₂(x+x1, y+y1)는 매우 유사한 영상이 된다. 따라서, 두 표적과 배경을 동일영상으로 가정하면 식(4)로써 보다 상세히 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} & F_t(u, v)F_{t-1}^*(u, v) + F_{t-1}^*(u, v)F_t(u, v) \\ &= 2 |F_t(u, v)||F_{t-1}(u, v)| \cos[\phi_F(u, v) - \phi_{F_{t-1}}(u, v)] \\ &= T_2(u, v) \exp[-j2\pi(ux_1 + vy_1)] \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ T_2^*(u, v) \exp[j2\pi(ux_1 + vy_1)] \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \\ &+ B_2(u, v) \exp[-j2\pi(ux_2 + vy_2)] \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ B_2^*(u, v) \exp[j2\pi(ux_1 + vy_1)] \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \\ &+ E_2(u, v) \{T_1^*(u, v) + B_1^*(u, v) + E_1^*(u, v)\} \\ &+ E_2^*(u, v) \{T_1(u, v) + B_1(u, v) + E_1(u, v)\} \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서 영문 대문자는 공간영역에서 소문자로 나타낸 영상의 푸리에 변환된 공간주파수 영역을 나타낸다. 첫번째 항은 표적과 표적, 배경과 배경간에 발생한 간섭에 의한 양으로 서로 동일한 영상이므로 높은 상관 침투치를 이루게 된다. 그리고, 나머지 항들은 서로 다른 영상간에 발생한 상호 간섭 성분이 된다.

만일, 표적이 이동하지 않고 존재한다면, 상관 평면에는 배경간의 상관침투치 하나 만이 나타난다. 그러나, 일단 이동물체가 존재하면, 배경간의 상관 침투치와 다른 변위 차를 갖는 또 하나의 상관 침투치가 나타나게 된다. 이것은 표적이 이동한 것으로 판단할 수 있다. 즉, 영역화 알고리즘은 이동 물체인 표적에 의한 상관 침투치가 발생했을 때 영역화를 시작하므로, 표적과 배경 그리고 표적과 영상오차 사이에는 상호 유사성이 적게 된다. 따라서, 두 프레임 사이에 존재하는 표적간의 상관량과 배경간에 상관량을 제외한 나머지 상관량은 매우 적은 값으로 무시될 수 있게 된다.

그리고, 이와 같이 구성된 영상을 역푸리에 변환하게 되면 식(5)와 같이 표적의 이동거리와 배경의 흔들림 양을 상관 침투치의 위치로써 알 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} c(x, y) &= \{t_1(x, y) \otimes t_2(x, y)\} * \delta(x-x_1, y-y_1) \\ &+ \{t_1(x, y) \otimes t_2(x, y)\} * \delta(x+x_1, y+y_1) \\ &+ \{b_1(x, y) \otimes b_2(x, y)\} * \delta(x-x_2, y-y_2) \\ &+ \{b_1(x, y) \otimes b_2(x, y)\} * \delta(x+x_2, y+y_2) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, ⊗는 상관을 그리고 *는 convolution을 나타낸다. 식(5)에 나타난 상관결과를 살펴보면 표적들이 상관을 이루는 과정에서 발생한 많은 sidelobe가 나타나고 있다. 따라서, 표적영상 전체를 상관시키는 것보다는 경계면만을 이용하여 상관시키게 되면 peak-to-sidelobe 비율이 개선될 수 있음을 예측할 수 있다. 그러나, 입력 영상에서 경계의 추출은 계산량이 과도할 뿐만 아니라 이상적인 경계 구성이 불가능하게 된다. 반면에, 푸리에 변환하여 얻은 스펙트럼에서 진폭을 제거하게 되면 이상적으로 경계만으로 구성된 영상을 푸리에 변환한 것으로 해석할 수 있게 된다.

프레임간의 간섭형태로 표현한 식(4-1)을 살펴보면 신호의 극성변화는 cosine 함수에 완전히 의존되고 있음을 알 수 있다. 따라서, 식(6)과 같이 cosine 값을 따라 양극화하게 되면 이진 위상 추출이 가능하게 된다.^[5]

$$E_{BPE}(u, v) = \begin{cases} 1 & \cos(\phi) \geq 0 \\ -1 & \cos(\phi) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

여기서, φ는 φ_F(u, v) - φ_{F_{t-1}}(u, v)를 나타낸다. 식(2)에 의하여 이진 값으로 변환된 JTPS를 역푸리에 변환하게 되면 광 BPEJTC의 상관 결과를 얻을 수 있고, 결과적인 상관 값은 식(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 c(x, y) = & \{ \text{edge}[t_1(x, y)] \otimes \text{edge}[t_2(x, y)] \} \\
 & * \delta(x-x_1, y-y_1) \\
 & + \{ \text{edge}[t_1(x, y)] \otimes \text{edge}[t_2(x, y)] \} \\
 & * \delta(x+x_1, y+y_1) \\
 & + \{ \text{edge}[b_1(x, y)] \otimes \text{edge}[b_2(x, y)] \} \\
 & * \delta(x-x_2, y-y_2) \\
 & + \{ \text{edge}[b_1(x, y)] \otimes \text{edge}[b_2(x, y)] \} \\
 & * \delta(x+x_2, y+y_2)
 \end{aligned} \tag{7}$$

이식에서 edge [°] 는 영상의 위상신호를 발생시킨 이상적인 경계를 나타내고 있다. 식(7)에 의해서 해석되는 경계면은 이진화 과정에 따른 고차 하모닉스 (higher order harmonics)를 포함하고 있으므로 정확한 값은 아닐지라도, 상당히 유사한 값을 표현하게 된다. 따라서, 광 BPEJTC의 상관출력을 이용하게 되면 배경에 의한 상관 침두치에서 표적의 상관 침두치가 미소하게 분리되어도 판별이 가능하므로 미소하게 움직이는 표적까지도 판별이 가능하게 된다.

III. 이동 표적의 영역화

자연계에 존재하는 표적의 추적 및 인식을 하려면 표적가능 성분들을 검출하여 그 물체가 표적인지 혹은 clutter인지를 식별할 필요가 있다. 그러나, 영상 검출기를 통해 입력되는 전체 영상에 대하여 영상식별을 시도하게 되면 계산이 방대해지고 알고리즘이 복잡하게 되므로 표적가능 성분이 존재하는 부분만을 영역화하여 인식 알고리즘을 적용하는 것이 보다 효율적이다. 영역화를 위해서는 임의의 물체들로부터 표적으로 식별될 수 있는 특징 점이 필요하다. 그러나, 자연계에 임의의 형태로 존재하는 수많은 영상에 대하여 모든 가능 자료를 수집하여 적용한다는 것은 사실상 불가능하게 된다.

본 논문에서는 표적추적을 전제하고, 표적은 이동한다는 가정 하에 이동하는 물체만을 영역화하고자 한다. 본 논문에서 도입한 광 BPEJTC를 영역화에 이용하기 위해서는 외부에서 CCD 카메라를 통해 순차적으로 입력되는 영상을 프레임간 상관을 지속시키며 상관 침두치를 계속적으로 감시하게 된다. 그러는 동안에 상관은 배경에 의해 야기되므로 상관 침두치는 단지 하나만이 발생하게 된다. 그러나, 배경 내에서 임의의 물체가 움직이게 되면 상관 침두치의 수가 증가하게 된다. 이때, t 프레임의 배경을 제거시키게 되는데 이것은 t 프레임에서 $b_2(x-x_2, y-y_2)$ 와 $e_2(x, y)$ 를 '0'으로 보내는 것

과 같게 된다. t 프레임과 t-1 프레임에서 t(x,y)가 동일한 영상으로 가정하면 식(4)를 식(8)과 같이 해석할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \lim_{B_2(u, v) \rightarrow 0} \lim_{e_2(u, v) \rightarrow 0} \{ F_{t_1}(u, v)F_t^*(u, v) + F_{t_1}^*(u, v)F_t(u, v) \} \\
 = 2|T(u, v)|^2 \cos(ux_1 + vy_1) \\
 + T(u, v) \exp[-j2\pi(ux_1 + vy_1)] \{ B_2^*(u, v) + E_2^*(u, v) \} \\
 + T^*(u, v) \exp[j2\pi(ux_1 + vy_1)] \{ B_2(u, v) + E_2(u, v) \}
 \end{aligned} \tag{8}$$

배경잡음과 표적의 유사도가 낮은 상태에서 동작을 시작하였으므로 식(8)은 결과적으로, 표적에 대한 상관 침두치만이 남게 된다. 따라서, cosine 값에 따라 이진화하게 되면 침예한 표적의 상관 침두치를 얻을 수 있게 된다.

식(8)에 나타난 배경제거 과정을 수행하기 위해서는 배경에 의한 상관 침두치 외에 가장 높은 상관 침두치를 지속적으로 감시하며 t 프레임의 배경을 제거시켜 나가게 된다. 일반적으로, 배경으로 인한 상관 침두치로부터 분리되어 나타나는 이동 물체의 상관 침두치가 좌측으로 분리되면 표적은 우측에서, 우측에서 발생되면 좌측에서 입사했을 가능성이 높게 된다. 따라서, 화면제거는 분리된 상관 침두치가 발생한 방향쪽에서 시작하는 것이 보다 효율적이다. 그리고, 상하 제거 역시 동일한 방법을 적용하면 된다.

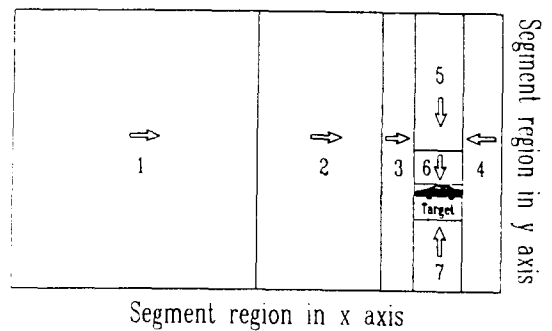


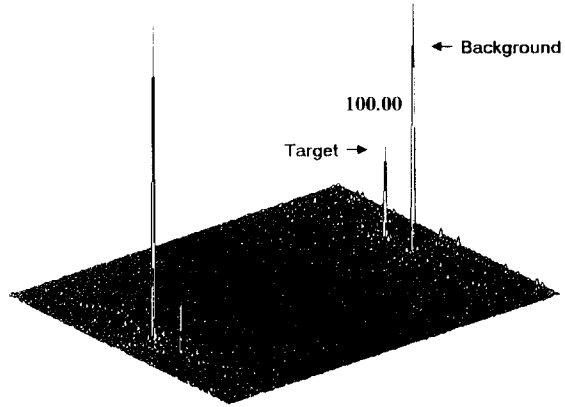
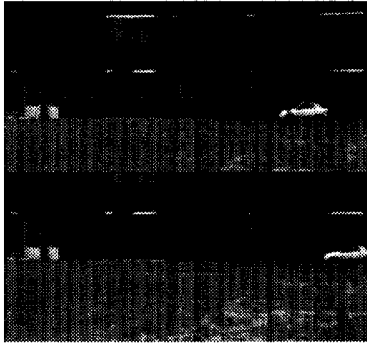
그림 2. 표적 영역화 순서

Fig. 2. Sequential flow for target segmentation.

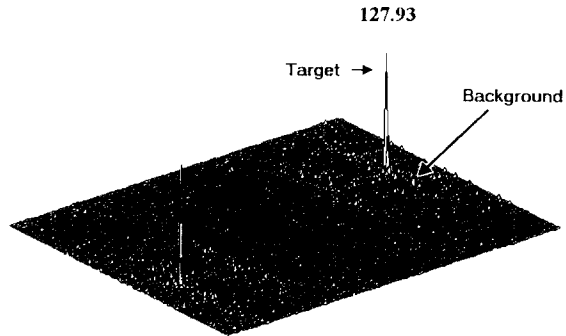
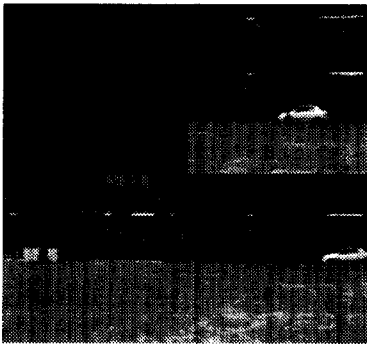
그림 2는 상관평면의 상관 침두치가 배경에 의한 상관 침두치에서 좌상단에 또 하나의 상관 침두치가 발생했을 때를 가정한 것이다. 즉, 기준이 되는 배경에 대해 우하단에서 표적이 들어 왔을 가능성이 높다는 것으로 이해된다. 따라서, 그림 2에 나타난 순서대로

먼저 화면을 좌우로 양분하여 '1'을 제거하고 상관시켜 표적으로 판단된 상관 침투치를 조사한다. 그리고, 반대쪽 면만을 이용하여 상관 침투치를 검색하면 상관 침투치가 증가하거나 유지되는 면을 찾을 수 있다. 만일, 표적이 경계 면에 존재하게 된다면 상관 침투치는 양쪽 면에서 발생하거나 나타나지 않게 된다. 이와 같이 간단한 검증에 따라 결정된 화면(그림 2

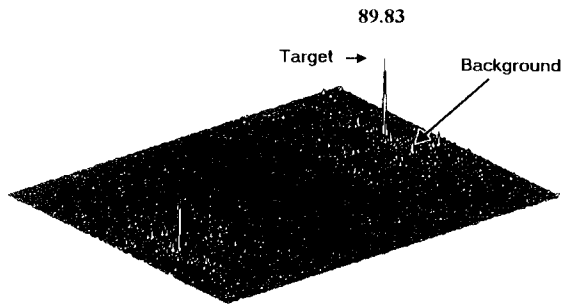
에서는 우측)은 양분되고 '2'를 제거시켜도 상관 침투치는 유지된다. 제안된 영역화 방법을 디지털 시스템을 이용하여 수행하려면 FFT 처리 등으로 많은 계산량과 처리시간이 요구되나, 광 BPEJTC는 광학적으로 구현이 가능하므로 공간 광 변조기와 CCD 카메라 등을 이용하게 되면 보다 빠른 영역화가 가능하게 된다.



(a)



(b)



(c)

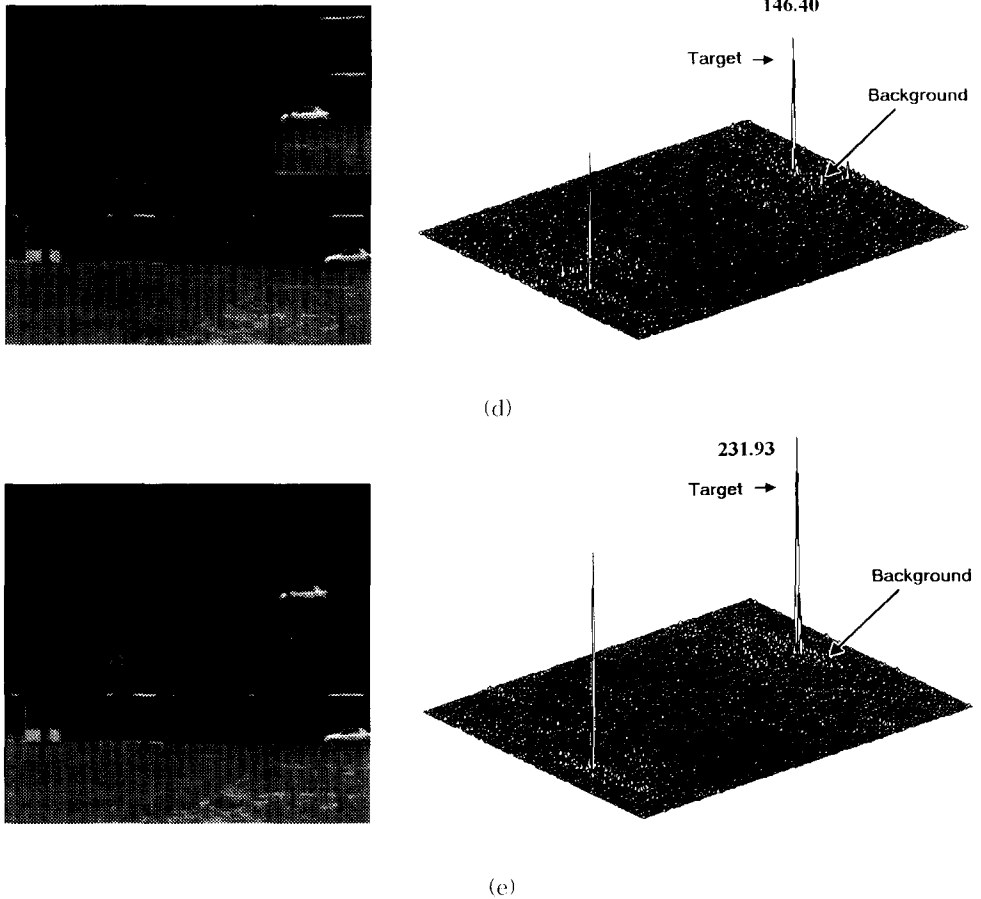


그림 3. 광 BPEJTC를 이용한 영역화 과정과 상관결과
 (a) 초기영상 (b) 1차 영역화 (c) 영역화 오류
 (d) x축의 1차 영역화 결과 (e) 최종 영역화 결과

Fig. 3. Segmentation process and correlation output based on the optical BPEJTC.

- (a) Initial image (b) First process of segmentation
 (c) Segmentation error (d) First segmentation output in x axis
 (e) Final segmentation output

IV. 컴퓨터 시뮬레이션

머지 부분의 절반을 다시 제거하면 표적이 한 침두치가 급격히 떨어진다. 즉, 표적이 작아진 것이므로 '3'의 방향을 따라 세밀히 하여 표적의 좌측 단을 영역화한다. 이와 1차로 영역화한다. 2차 영역화를 위하여 큰을 '4'의 방향으로 1차 영역화와 같은 하고 x축 영역화를 끝낸다. 그리고, y축으로 '7' 과정으로 1, 2차 영역화를 하면 이

동한 물체의 영역만을 검출할 수 있게 된다.

본 논문에서 제시한 광 BPEJTC를 이용한 표적 영역화는 자연계에서 이동하는 표적을 설정하고 프레임 간의 상관 기법과 배경잡음 제거 방법을 적용함으로써 보다 실질적인 영역화 성능을 점검하고자 한다.

제시된 시스템의 입력은 나무, 도로, 잔디, 건물 등이 존재하는 자연계 영상에서 우측에서 좌측으로 이동하는 은색의 자동차(현대 엑셀 GL)를 비디오 카메라로 촬영하였다. 그리고, 카메라 탑재 차량이 이동하는 것을 가정하기 위하여 카메라를 아래서 위로 올리며 촬영하였다. 그리고, 임의의 두 프레임을 선택하여 이

전 프레임(t-1 프레임)을 하단에 현재 프레임(t 프레임)을 상단에 구성하고 제시된 알고리즘을 적용하였다.

컴퓨터 시뮬레이션은 편의상 512 × 512 화소로 구성되어 입력되는 비디오 신호의 하단절반을 제거하고 1/16로 압축하여 그림 3(a)와 같이 두 프레임을 상하단으로 합성하여 128 × 128 크기의 입력을 구성하였다. 그리고, 푸리에 변환 렌즈를 대신하여 128 X 128 2-D FFT를 수행하여 상관시켰다.

그림 3은 표적의 영역화를 위하여 현재 프레임의 배경을 제거하며 구성되는 입력 영상을 좌측에 나타내고 구성된 영상을 입력으로 상관시킨 광 BPEJTC의 상관평면을 우측에 나타내었다. 그리고, 표적의 이동으로 처음 검출된 상관 침투치 높이를 100%로 정하고, 연속되는 과정에서 나타나는 상관 침투치의 상대적인 높이를 상관평면에 나타내었다.

그림 3(a)는 연속되는 신호를 상관시키며 상관 침투치 수를 감시하는 과정에서 표적으로 가정된 이동하는 자동차가 입사하여 상관평면에서 두개의 상관 침투치가 발생하여 영역화 시스템이 동작하게 시작하는 초기 영상과 상관신호를 나타낸 것이다. 분리된 상관 침투치가 배경의 좌측에서 발생하였으므로 화면의 좌측절반을 제거하고 다시 상관을 시도하게 된다.

그림 3(b)의 상관 결과는 배경 제거에 의해 상관량이 대폭 감소하고, 회절 량의 대부분이 표적의 상관 침투치로 모이게 되어 표적의 상관 침투치의 높이가 127.93%로 증가되었다. 계속하여 배경제거 과정이 반복되는 과정에 표적이 손상 입은 상황을 그림 3(c)에 나타내었다. 이때 배경에 따라 상관 침투치가 감소했을 뿐만 아니라 표적에 의한 상관 침투치 역시 급격히 감소하여 처음 검출된 신호보다도 10.17% 작게 나타났다. 따라서, 제거된 영상을 회복시키고 정밀하게 배경 제거 과정을 다시 수행하게 된다. x축의 1차 제거 과정(영역화 과정)이 종결된 결과를 그림 3(d)에 나타내었다. x축의 1차 제거 과정이 완료되면 반대편에서 2차 영역화 과정을 1차 영역화와 동일하게 수행하여, x축 방향을 영역화하게 된다. 동일한 과정을 y축에 적용하면 그림 2(e)에 나타낸 것과 같이 영역화된 표적을 관찰할 수 있으며, 이때 상관 침투치는 처음 검출된 상관 침투치의 231.93%에 이르고 있다. 더 이상 영역을 제거하면 상관 침투치가 감소하게 되므로, 표적의 영역화가 이루어 졌다고 판단할 수 있다.

결과적으로, 본 논문에서 이용한 광 BPEJTC는 진폭이 제거되고 전적으로 위상신호에 의존하게 됨으로 상관 침투치가 자연 배경 하에서도 대단히 침예하게 나타남을 관찰할 수 있다. 따라서, 미세하게 움직인 표적조차도 판별해 낼 수 있을 것으로 분석된다. 특히,

위상신호는 입력의 경계부분에서 발생하므로 만일 설정된 표적이 약간만 파손되어도 상관 침투치는 급격히 감소하게 되므로, 효과적으로 표적의 형태를 유지하며 배경 영상만을 제거할 수 있게 된다.

V. 광학실험 및 결과분석

그림 4는 본 논문에서 제안된 광 BPEJTC 시스템의 실험 구성도를 나타낸 것이다. t-1 프레임과 t 프레임은 하나의 공간 광 변조기를 상하로 분리하여 상단과 하단에 각각의 프레임 나타내게 되며 전체 시스템은 6-f로서 구성된다. 시스템에 사용되는 CCD는 에너지 검출이 가능하고 공간 광 변조기에 의하여 위상과 진폭 표현이 가능한 LCD로 가정한다. t-1과 t 프레임은 편광기가 부착된 LCD2에 나타내며 JTCS는 CCD3에서 검출된다. t 프레임만을 푸리에 변환하기 위하여 영상 차단막이 이용되고 있다. t 프레임의 파워스펙트럼은 CCD2에서 검출되어 JTCS 재구성을 위하여 이용된다. 그리고, 새로운 프레임에 대하여 t-1 프레임의 파워 스펙트럼으로 이용하기 위하여 메모리에 저장되게 된다.¹³ 디지털 시스템에서는 JTCS를 재구성하고 이진화하여 편광기가 제거된 LCD1에 나타낸다. 편광기가 제거된 LCD는 위상 변조기로 작용하여 광 효율을 높일 수 있게 되며, CCD1에서 상관결과를 얻을 수 있게 된다.

광학실험 시스템 구성에서 푸리에 입력평면 구성을 위한 공간 광 변조기는 편광기에 의하여 위상과 진폭 표현이 가능한 Epson Crystal Image Projector에 부착된 LCD를 이용하였으며, 광원으로는 He-Ne 레이저를 사용하였다. 그리고, 광 세기는 금성 하니웰 GE-103E CCD 카메라로 검출하였으며, DT2851 Image grabber로써 컴퓨터와 인터페이스하였다.

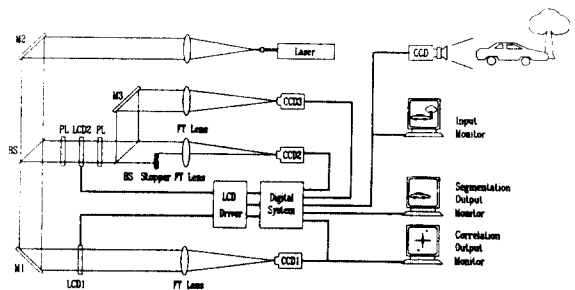


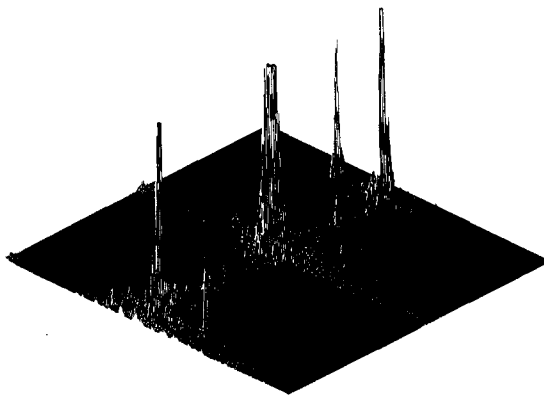
그림 4. 6-f 광 BPEJTC 시스템의 실험 구성도
Fig. 4. Experimental setup for 6-f optical BPEJTC system.

시스템의 초기 상태는 이동 표적의 존재 여부를 점검하는 과정으로 순차적으로 입력되는 프레임간에 상관을 지속하게 된다. 표적 검출 과정중 이동 표적으로 인한 상관 침투치가 발생하게 되면, 영역화 동작을 시작하게 되는데, 그림 3의 컴퓨터 시뮬레이션과 동일한 시나리오로 구성된 영상을 광 BPEJTC 시스템 실험을 통해 나타난 상관결과를 그림 5에 나타내었다. 광학적 실험을 통해 나타난 상관결과는 LCD의 각 화소에서 회절되지 않은 성분에 의하여 DC가 발생하고 있으며, DC를 중심으로 비대칭적인 상관이 발생하는 등 시뮬레이션과 다소 차이를 나타내고 있다. 이러한 오차는 주로 광학소자에 기인하는 것으로, 사용된 LCD의 화소가 Grid 구조를 이루고 있으므로 광 세기의 분포가 sinc 함수적으로 나타난다. 또한, CCD에서 광 세기는 256 준위로 검출되므로 JTPS의 재구성상에 양자화 오차가 있다. 그 외에 레이저 광이 가우시안 형태의 분포를 갖는 등 복합적인 광학소자의 오차에 기인하고 있는 것으로 분석된다.¹¹²¹

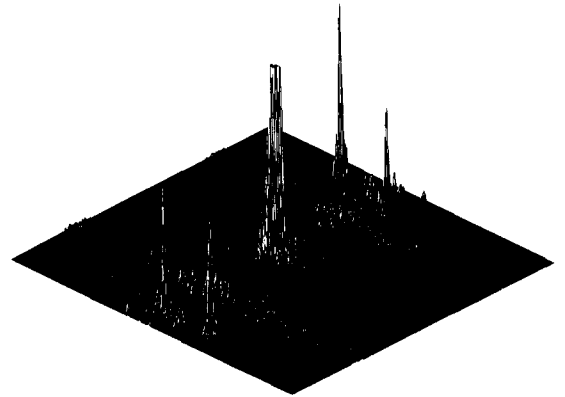
그럼에도 불구하고, 표적에 기인한 상관 침투치의 위치가 일정하고, 상관 침투치의 변화가 표적 파손에 민감하게 반응함으로 근사적인 영역화가 가능하게 됨을 알 수 있다.

2차원으로 이루어지는 광 신호처리는 전체영상의 크기에 무관하게 실시간적으로 신호처리가 이루어지므로 전체화상에서나 일부분 제거된 화상에서나 처리 시간이 동일한 특성을 나타낸다. 그러나, 일정 영역화 이후에는 표적을 포함한 면적이 축소되어 디지털 알고리즘이 보다 효율적일 수 있고, 일반적인 CCD 카메라에서 검출할 수 있는 광 세기가 255 준위에 한정되므로 미세한 침투치 변화는 검출이 불가능하여 정밀한 영역화는 어렵게 된다.

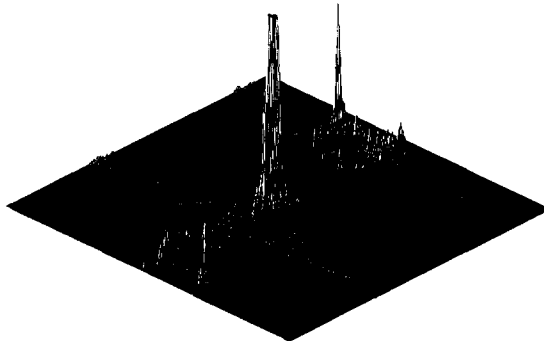
따라서, 본 영역화 알고리즘을 효율적으로 이용하기 위해서는 초기과정에서 광학 시스템을 이용하되 표적을 포함하는 영역이 작아져 디지털 처리가 보다 용이한 크기로 되면, 디지털 알고리즘을 적용함으로써 영역화 시간과 정확성을 높일 수 있을 것이다.



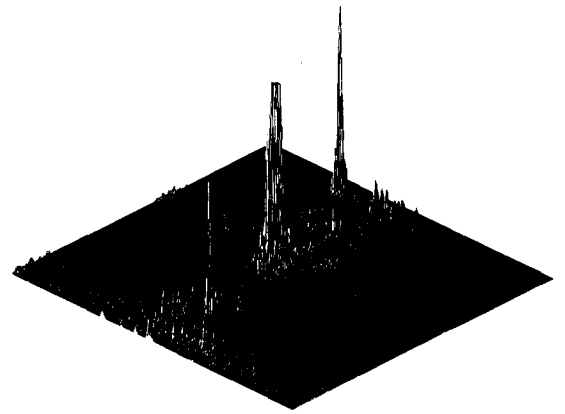
(a)



(b)



(c)



(d)

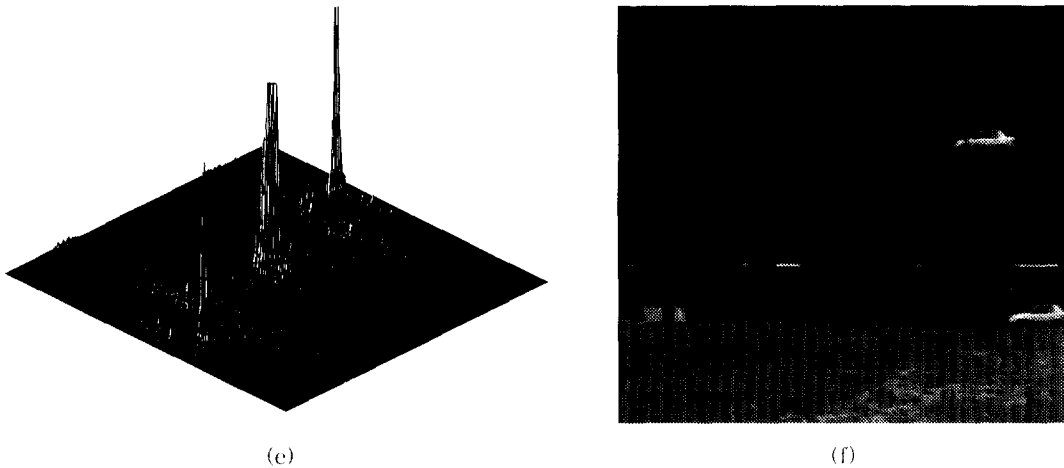


그림 5. 광 BPEJTC를 이용한 영역화 과정에 따른 광 상관결과

- (a) 초기영상 (b) 1차 영역화 (c) 영역화 오류
 (d) x축의 1차 영역화 결과 (e) 최종 영역화 결과 (f) 영역화된 영상

Fig. 5. Optical correlation outputs in the image segmentation processes by using the optical BPEJTC.

- (a) Initial image (b) First process of segmentation
 (c) Segmentation error (d) First segmentation output in x axis
 (e) Final segmentation output (f) A segmented image

영역을 제거시키는 과정을 보다 효과적으로 구성하고 보다 정밀한 광학소자를 이용하게 되면 처리 시간 및 정확성을 보다 개선할 수 있을 것으로 분석된다.

써 고속으로 정확한 시스템의 구성이 가능할 것으로 기대된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 이동 표적 추적 및 인식에서 필수적인 영역화를 광학적인 방법을 이용하여 보다 빠른 처리가 가능한 알고리즘을 제시하였다. 표적의 특징 점은 이동이라는 관점에서만 다루어 알고리즘을 간단히 하였고, 광 상관기를 영역화에 이용함으로써 기존 디지털 알고리즘의 화소 대 화소 처리 개념을 2차원 영상 대 영상 처리 개념으로 확장하였다. 따라서, 입력 영상의 크기에 무관한 특성이 나타나므로, 전체화상에서나 일부분이 제거된 화상에서나 처리 시간이 동일한 특성을 얻을 수 있었다.

자연계 영상을 대상으로 적용한 컴퓨터 시뮬레이션에서 본 알고리즘에 적용된 광 BPEJTC가 표적의 파손에 민감하게 동작함으로써 정밀한 영역화가 가능하였다. 광학적으로 구성된 시스템에서는 매 화면제거 시간을 비디오 프레임으로 가능하게 하였다. 앞으로, 본 알고리즘을 효율적으로 이용하기 위해서는 초기과정에서 광학 시스템을 이용하되 표적을 포함하는 영역이 작아지면, 디지털 알고리즘을 상호 보완적으로 적용함으로

참 고 문 헌

[1] A.B.VanderLugt, "Signal detection by complex spatial filtering," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. IT-10, pp.139-145, 1964.
 [2] J.L.Horner and P.D.Gianino, "Phase-only matched filtering," Appl. Opt., vol.23, no.6, pp.812-816, 1984.
 [3] S.Kawata, T.Noda, and S.Minami, "Spectral searching by Fourier-phase correlation," Appl. Spectrosc., vol.41, no.7, pp.1176-1182, 1987.
 [4] C.S.Weaver and J.W.Goodman, "A technique for optically convolving two function," Appl. Opt. vol.5, no.7 pp.1248-1249, 1966.
 [5] S.Y.Yi, C.S.Ryu, and E.S.Kim, "Optical BPEJTC system for improving the correlation discrimination," J. of KITE, vol.31-A, no.6, pp.544-553, 1994.
 [6] S.Y.Yi, C.S.Ryu, and E.S.Kim, "Multit-

- arget tracking system based on binary phase extraction joint transform correlator and neural data association algorithm," Proc. SPIE, vol.2237, pp.283-293, 1994.
- [7] S.Y.Yi, C.W.Suh, E.S.Kim, "A study on the moving target tracking system using joint transform correlator," *J. of KICS*, vol.17, no.7, pp.749-757, 1992.
- [8] S.Y.Yi, S.H.Lee, and E.S.Kim, "Implementation of OptoDigital multi-target tracking system," *J. of KITE*, vol.29-A, no.5, pp.386-393, 1992.
- [9] E.S.Kim, S.Y.Yi, and J.H.Lee, "Real-time tracking system based on joint transform correlator and neural network algorithm," Proc. SPIE, vol. 1812, pp.138-149, 1992.
- [10] C.S.Ryu, S.Y.Yi, and E.S.Kim, "Target tracking system using optical JTC peaks and Hopfield networks," *IJCNN*, pp.821-824, 1993.
- [11] K.Chalasincka-Macukow and C.Gorecki, "Optoelectronic implementation of the quasi-phase correlator," *Opt. Comm.*, vol.93, no.1,2, pp.11-18, 1992.
- [12] S.Y.Yi, C.W.Seo, E.S.Kim, "The Effective binarization method of optical JTC for multitarget tracking," *J. of KITE*, vol.31-A, no.5, pp.534-542, 1994.
- [13] S.Y.Yi, C.S.Ryu, S.H.Lee, and E.S.Kim, "OptoNeural multitarget tracking system based on optical BJTC and neural networks," *J. of KITE*, vol.31-A, no.3, pp.238-246, 1994.

저 자 소 개

李 相 二(正會員) 第 32卷 A編 第 3號 參照

현재 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정

金 恩 洙(正會員) 第 32卷 A編 第 3號 參照

현재 광운대학교 전자공학과 교수

李 丞 玄(正會員) 第 31卷 A編 3號 參照

현재 광운대학교 전산원 조교수