

## JTC를 이용한 이동 표적 추적 시스템에 관한 연구

正會員 李 相 二\* 正會員 徐 春 源\* 正會員 梁 城 鉉\*  
正會員 李 基 西\*\* 正會員 金 恩 洙\*

### A Study on the Moving Target Tracking System using Joint Transform Correlator

Sang Lee Lee\*, Choon Won Seo\*, Sung Hyun Yang\*, Key Seo Lee\*\*, Eun Soo Kim\*

#### 要 約

본 논문에서는 maneuvering하는 이동 표적을 실시간으로 추적하기 위한 보다 효과적인 접근 방법으로, 방대한 입력 표적 영상 데이터를 몇개의 간단한 상관신호로 변환이 가능한 광 JTC(Joint Transform Correlator)를 이용하여 실시간 이동 표적 추적 시스템을 구현하였다. 실시간 구현을 위해 고해상도를 갖는 LCD(Liquid Crystal Display) 공간 광 변조기를 사용하여 광 JTC를 구성하고, 상관 침투치의 배경 잡음에 대한 영향을 효과적으로 감소시키기 위한 이진화 방법으로 mean 방법을 사용하였으며, maneuvering하는 이동 표적에 대한 추적 실험을 통해 광 JTC를 이용한 실시간 이동 표적 추적 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, as a more effective approach for maneuvering target tracking, a real-time optical tracking system based on optical JTC(Joint Transform Correlator) which is capable of transforming the massive input target data into a few correlation peaks is implemented. And, for real-time implementation the high resolution LCD(Liquid Crystal Display) spatial light modulator is used to construct the optical JTC system, and the mean binarization method is used to reduce the effects of background noises on correlation signal. From the good experimental results on maneuvering targets, the possibility of real-time moving target tracking system based on optical JTC is suggested.

#### I. 서 론

최근, 여러분야에서 이동 표적의 실시간 추적 시스템에 대한 필요성이 제시되고 있으나 방대한 표적 입

력 영상 데이터에 따른 과도한 계산량 때문에, 실시간으로 처리하는데에는 많은 제약을 받고 있다. 따라서, 실시간 표적 추적 시스템을 구현하기 위해서는 방대한 입력 영상으로부터 보다 압축된 표적 피치 신호만을 추출하는 방법이 요구되고 있다.<sup>1)</sup>

이러한 실시간적 요구를 만족시킬 수 있는 방법으로 최근, 2차원 병렬 처리가 가능한 광학적 접근 방법

\* 光云大學校 電子工學科  
Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon Univ.  
\*\* 光云大學校 制御計測工學科  
Dept. of Control & Instrumentation Eng., Kwangwoon Univ.  
論文番號 : 92-75(接受1992. 4. 27)

인 광 상관기 추적 시스템에 대한 응용이 시도되고 있다. 광학적 접근 방법은 2차원 표적 영상정보를 실시간 처리할 수 있을 뿐만 아니라, 방대한 입력정보를 간단한 표적 상관 신호로 변환이 가능하며 특히, 적응적 표적 추적 시스템으로 광 JTC(Joint Transform Correlator)를 이용한 이동 표적 추적 시스템이 제시되고 있다.<sup>2-4)</sup>

광 JTC 추적 시스템은 연속적인 두 표적 영상 신호를 광 JTC 입력 평면에 위치시키고, 현재 프레임과 이전 프레임 사이의 연속적인 상관관을 통해 이동 표적에 대한 상관 점두치들의 상대적 위치 변화추정을 기초로하여 표적 영상의 이동 궤적을 실시간으로 추적할 수 있다. 최근, 공간 광 변조기(SLM: Spatial Light Modulator)를 이용한 실시간 신호 처리 시스템 구현과 JTSPS(Joint Transform Power Spectrum)를 이진화하여 기존의 광 JTC에 비해 상관 점두치를 극대화함과 더불어 상관 점두치의 관별력을 높이는 방법등이 제시되고 있다.<sup>15,16)</sup>

따라서, 본 논문에서는 방대한 표적영상 정보를 실시간으로 처리하여 간단한 몇개의 표적 상관신호로 변환시킴으로써, 표적 추적을 위해 보다 효과적인 피처정보를 얻는 적응적 실시간 광 JTC 추적 시스템을 고해상도 LDC(Liquid Crystal Display) 공간 광 변조기를 사용하여 구성하고자 한다. 특히, 표적이 maneuvering하는 경우 제한적인 범위에서 나타나는 회전 및 크기 변화에 따른 추적 특성을, 현재 프레임과 이전 프레임을 분리 구성하여 연속적으로 상관시킴으로써, 본 논문에서 구성한 광 JTC 추적 시스템의 적응적 추적 특성을 분석하고자 한다.

## II. 광 JTC의 이론적 분석

광 JTC를 추적 시스템으로 사용하기 위해서는 이전 프레임을 기준 영상으로 하여 현재 프레임 영상과 상관 값을 측정 한 이후에 다시, 현재 프레임이 기준 영상으로 되고 다음 표적 영상을 비디오 프레임 속도로 받아 들여 상관치를 측정하는 과정을 반복하게 된다.

또한, 프레임과 프레임 사이의 주기를 충분히 짧게 한다면 회전 및 크기 변화가 생기더라도 계속하여 상관 값을 검출할 수 있는 광 JTC의 성질로 적응적 실시간 추적이 가능하다.<sup>17)</sup>

그림 1은 광 JTC 추적 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 그림 1의 P1 평면에는 상단에 이전 프레임

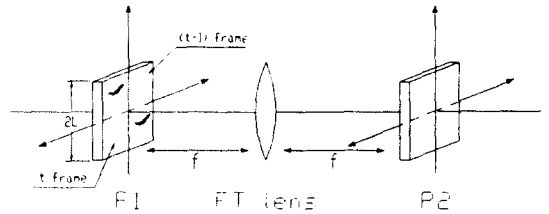


그림 1. 광 JTC 시스템도

Fig. 1. System diagram for optical joint transform correlator

이, 하단에는 현재 프레임이 각각 위치하게 되며, 각각의 영상함수를  $g_{t-1}(x-x_{t-1}, y-y_{t-1}-L/2)$ 와  $g_t(x-x_{t-1}-\Delta x_t, y-y_{t-1}-\Delta y_t+L/2)$ 로 나타낼 수 있다. 여기서  $2L$ 은 LCD 공간 광 변조기 aperture의 세로축 길이를 나타낸다. 그리고,  $t$ 와  $t-1$ 은 현재와 이전 프레임을 각각 나타내는 것이며,  $(\Delta x_t, \Delta y_t)$ 는  $(t-1)$ 번째 프레임에 대한  $t$ 번째 프레임에서 표적의 상대적인 이동 기리를 나타낸다.

따라서, Joint 푸리에 변환에 의해 생긴 주파수 평면에서 두 프레임 간의 푸리에 간섭 신호는 식(1)과 같이 주어지게 된다.

즉, LCD 공간 광변조기에 들어가는 입력이 이전 프레임  $(t-1)$ 과 현재 프레임  $(t)$ 이 동시에 인가되므로,

$$G(u,v) = G_{t-1}(u,v) \exp[-i2\pi\{u(x_{t-1}+v(y_{t-1}+L/2))\}] + G_t(u,v) \exp[-i2\pi\{u(x_{t-1}+\Delta x_t)+v(y_{t-1}+\Delta y_t-L/2)\}] \quad (1)$$

와 같이 주어진다. 여기서  $G(u,v)$ 는  $g(x,y)$ 의 푸리에 변환을 나타내며, 이러한 Joint 푸리에 변환된 신호는 P2 평면에서 CCD에 의해 JTSPS(Joint Transform Power Spectrum)로 검출된다. 그리고, 검출된 JTSPS 신호는 일반적으로, 상관평면에서 신호대 잡음비를 증대시키기 위해 비선형 함수로 이진화 되는데, 본 논문에서 사용한 이진화 방법은 식 (2)와 같은 mean 방법으로, 계산량이 비교적 간단하여 실시간 추적을 요구하는 표적 추적 시스템에서 유용하게 사용할 수 있다.<sup>17)</sup>

$$V_t = \text{med}\{\text{hist}[|G(u,v)|^2]\} \quad (2)$$

$$|G(u,v)|^2 = \begin{cases} 0, & |G(u,v)|^2 < V_t \\ 1, & |G(u,v)|^2 > V_t \end{cases}$$

식(2)는 JTPS의 이진화 방법을 나타낸 것으로서, hist는 JTPS의 histogram을 나타내고, med는 median을 나타내고 있으며,  $V_t$ 는 이렇게 얻어진 하나의 값으로서 JTPS를 이진화하는 thresholding level로 쓰이게 된다.

따라서, 이진화된 JTPS는 P1 평면에 있는 LCD에 다시, 전송되어 퓨리에 변환되고, 결과적인 Joint 상관 출력은 P2평면에 있는 CCD에 의해 최종 검출되게 되는데, 식(3)과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 O(x,y) &= \mathcal{F}^{-1}\{G(u,v)\} \\
 &= R_{t-1,t-1}(x,y) + R_{t,t}(x,y) \\
 &\quad + R_{t-1,t}(x-\Delta x, y-\Delta y+L) \\
 &\quad + R_{t,t-1}(x+\Delta x, y+\Delta y-L)
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서,

$$\begin{aligned}
 R_{m,n}(x,y) &= \mathcal{F}^{-1}\{G_m(u,v)G_n^*(u,v)\} \\
 &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_m(u,v)f_n^*(u-x, v-y)dudv
 \end{aligned}$$

식(3)의 처음 두항은  $t-1$  프레임과  $t$  프레임 각각에 존재하는 상관 값을 나타내며 출력 평면 원점에서 검출되고,  $t-1$  프레임과  $t$  프레임간의 동일 표적에 대한 상관 값인  $R_{t,t-1}$ 은  $(\Delta x, \Delta y-L)$ 와  $(-\Delta x, -\Delta y+L)$ 에 위치하게 된다.

따라서,  $t-1$  프레임과  $t$  프레임간의 동일 표적에 대한 상관 첨두치는  $(\Delta x, \Delta y+L)$ 에 위치하게 되며, 이 상관 첨두치를 이전 프레임의 이동 위치와 연관시키면 식(4)와 같이, 이전 프레임의 상관 위치로부터 이동된 표적의 현재 프레임에 대한 새로운 상관 최대치의 위치로 표현할 수 있다.

$$x_t = (x_{t-1} + \Delta x_t), \quad y_t = (y_{t-1} + \Delta y_t + L) \tag{4}$$

이러한 실시간 광 JTC를 통해서 얻은 이동 표적의 연속적인 위치 변화에 대한 정보는 이동 표적의 궤적을 효과적으로 추적하는데 사용될 수 있다.

### III. 광 JTC 추적 시스템 구성

그림 2는 II장에서 기술한 광 JTC를 광학 및 디지털 시스템으로 구성한 이동 표적 추적 시스템도를 나타낸 것으로, 두번의 광학적 처리 단계를 시분할하여

하나의 시스템으로 구성하므로써 시스템의 집적도를 높여 사용하였다. 그리고, 점선으로 구성된 부분은 디지털 처리 단계로 본 논문에서는 컴퓨터에서 실행하였다. 시스템 실행 과정은 '1'로 표시한 과정에서 1차로 퓨리에 변환되어 JTPS가 검출되고 '2'로 표시한 과정에서 다시 한번 퓨리에 변환되어 상관치가 검출되고 '3'으로 표시한 과정에서는 상관치의 위치를 읽어서 추적 궤적을 그리게 된다.

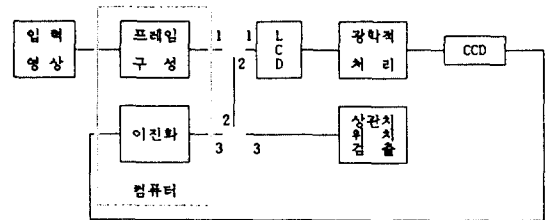


그림 2. 광 JTC 추적 시스템의 구성도  
Fig. 2. Block diagram of optical JTC tracking system

광 JTC 추적 시스템은 먼저, CCD로 부터 입력된 표적 영상을 광 JTC를 이용한 광학적 처리 단계에서, 넓은 공간의 신호 대역폭을 갖는 방대한 입력 데이터를 몇개의 표적 상관 신호로 변환하여 결과적으로, 처리될 정보량을 크게 줄이므로써 실시간 추적의 가능성이 제시되고 있다.

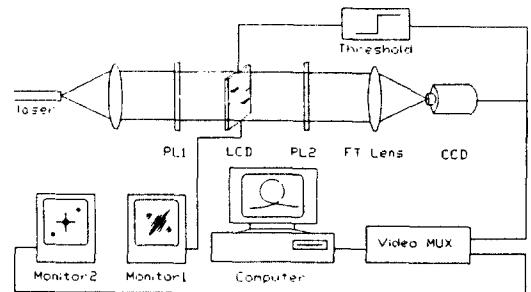


그림 3. 실시간 광 JTC 표적 추적 시스템의 실험도  
Fig. 3. Experimental setup for real-time optical JTC target tracking system

그림 3은 본 논문에서 구성한 광 JTC 추적 시스템의 실험도를 나타낸 것으로, 실시간 광 JTC 구성을 위해 10mW He-Ne 레이저와, 광학적 신호처리를 위해 하나의 퓨리에 변환 렌즈 및 실시간 공간 광 변조

기로서 고해상도를 갖는 LCD(EPSON, 320 X 220 화소)를 사용하였다. 또한, 푸리에 변환된 신호 검출을 위하여 2-D CCD(SONY, XC-38) 카메라와 이미지 grabber(DT 2851)를 사용하였다. 디지털 신호처리를 위해서는 33MHz CPU clock 속도를 갖는 IBM 386DX 컴퓨터를 사용하였으며, 중간 처리 장치로서 비디오 MUX를 사용하여 신호를 기록할 뿐만 아니라 RF 신호로 변조도 가능하게 하였다.

신호처리 과정에서 불필요하게 발생하는 광학 시스템의 잡음을 제거하기 위하여 단순히 DC block을 사용하는 것<sup>14)</sup>에 비해 입력 신호가 없는 상태에서 나타난 영상을 마스크로 사용하여 잡음을 제거하여 효율을 개선하였다.<sup>15)</sup>

그림 3에서 광 JTC 표적 추적 시스템은 레이저로부터 LCD를 포함해 CCD까지 상단의 광학적 처리 부분과 컴퓨터를 포함한 하단의 디지털 부분으로 나누어 시분할 방식으로 구성하였다. 광학적 처리 부분은 JTC의 푸리에 변환 과정으로 푸리에 변환 렌즈에 의해서 실행된다. 이 과정에서 처음 반주기 동안에는 LCD상에 나타난 표적 영상 신호를 푸리에 변환 렌즈를 통해 JTPS로 변환하고, 다음 반주기 동안에는 이진화된 JTPS를 다시 푸리에 변환 렌즈를 통해 푸리에 변환하여 상관치를 얻는다. 이 과정에서 발생하는 모든 신호는 CCD와 이미지 grabber를 통해서 컴퓨터로 전송되고 있으며, 이 과정 동안 CCD와 LCD를 감시하기 위해 별도의 모니터 1,2를 사용하였다. 하단의 디지털 처리 부분은 첫번째 반주기 동안은 CCD를 통해 입력되는 신호를 전처리 단계로 이진화하여 이전 프레임과 현재 프레임으로 구성해 LCD로 보내고 CCD를 통해 들어오는 JTPS를 이진화한다. 그리고, 상관치를 히스토그램으로 분석하고 thresholding하여 상관 최대치 값을 읽고, 마지막 단계로 이동 변위차를 이용하여 표적의 궤적을 추적하게 되며, 추적 결과는 컴퓨터에 연결된 모니터를 통해 나타내게 된다.<sup>16)</sup>

#### IV. 실험 및 결과분석

본 실험에서는 먼저, 본 추적 시스템에서 사용한 mean 방법에 의한 이진화 효과를 조사하였으며 또한, 광 JTC 표적 추적 시스템의 적응적 추적 특성을 분석하기 위하여, 이진화된 이동 표적인 한대의 항공기 영상이 타원 궤도를 그리며 maneuvering하는 시나리오를 그림 4와 같이 전체 70 프레임으로 구성하



그림 4. Maneuvering하는 항공기의 이동 궤적 시나리오  
Fig. 4. Moving trajectory sinario of airplane in maneuvering

였으며, 궤도 이동시 영상의 자체 각도는 본 시스템에서 잡음으로부터 표적신호를 검출할 수 있는 한계인 10° 범위 내인 8° 내에서 회전을 시켰다.

그림 5는 이진화 방법의 효율을 조사하기 위한 실험 결과로, 그림 4에서 전체 70 프레임으로 구성된 표적 영상중 31 프레임에 나타난 영상(그림 5(a))에 대한 이진화 실험 결과를 나타낸 것이다. 그림 5(b)는 그림 5(a)를 푸리에 변환한 후 JTPS를 이진화하지 않고 gray 레벨로 나타냈으며, 그리고 그림 5(c)는 mean 방법으로 이진화한 JTPS를 실험적으로 나타낸 것이다. 특히, 그림 5(c)에서는 처리속도 개선을 위하여 JTPS 대부분의 정보가 나타나는 부분에서만 DC 성분을 제거하고 이진화한 것을 나타내고 있다. 그림 5(d)와 (e)는 각 경우에 관하여 다시 푸리에 변환 후의 상관결과를 상관치 평면에서 3차원으로 나타내고 있는데, 이진화 하지 않은 경우에 대해 이진화한 경우의 상관 최대치 값의 비율은 약 2.5배 정도 개선되었다. 즉, JTPS의 이진화에 따른 배경감소로, 상관치 값의 급격한 증가와 더불어 sidelobe가 감소하여 판별력이 높아졌음을 실험적으로 확인할 수 있다. 그림 6은 그림 4의 전체 프레임중 2, 25, 31, 70 프레임에 대한 것으로 광 JTC의 maneuvering에 관한 적응적 특성 실험 결과를 나타낸 것이다.

여기서, 그림 6(a)는 순차적 신호로 입력된 이동 표적 영상을 나타낸 것이고, 그림 6(b)는 6(a)로부터 얻은 JTPS에서 DC성분을 제거하고 mean 방법을 이용하여 이진화한 결과이다. 그림 6(c)는 상관치 평면에서 얻은 결과를 나타내고 있으며 그림 6(d)는 그림 6(c)를 3차원 그래픽으로 나타낸 것이다.

실험에서 관찰할 수 있는 것은 JTPS 및 상관치의 형태가 입력영상에 영향을 크게 받고 있음에도 불구하고 상관 침투치는 상관치의 중심에 나타나고 있으며, 이동하는 표적의 경우 상관 침투치는 변화량이

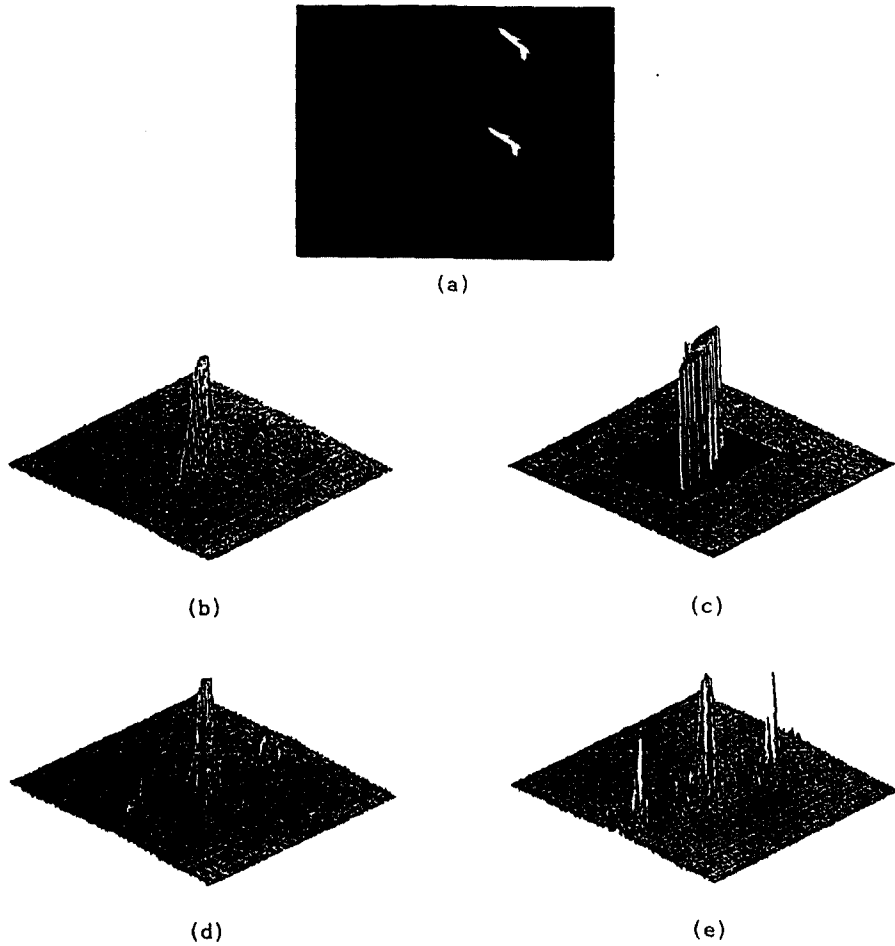


그림 5. JTPS의 이진화 효과를 위한 실험

- (a) 입력 영상 (b) 이진화되지 않은 JTPS
- (c) 이진화된 JTPS (d) (b)의 상관치 결과
- (e) (c)의 상관치 결과

Fig. 5. Experiments for binarization effect of JTPS on correlation peak  
 (a) Input image, (b) Original JTPS  
 (c) Binarized JTPS, (d) Correlation result of (b),  
 (e) correlation result of (c)

'0'인 ( $0, \pm L$ (LCD의  $\pm$ 절반)) 기준 위치에 대하여 이동한 변화량 만큼의 위치에서 상관치 값이 나타나게 된다. 따라서, 표적의 위치 변화정도에 따라서 상관 최대치의 위치가 이동하게 되고 thresholding 방법에 의하여 정확한 위치가 판독된 후, 읽은 값을 이어 추적 궤적을 그리게 된다. 그러나, 추적 궤적을 그리

기 위해 광 JTC에서는 일정한 thresholding을 넘는 모든 첨두치들을 검출하여 디지털 시스템으로 전송하게 되므로, 동종 상관치와 이종 상관치 및 광학기 잡음이 모두 전송될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해 JTPS의 이진화, 고해상도의 공간 광 변조기의 사용과 DC 성

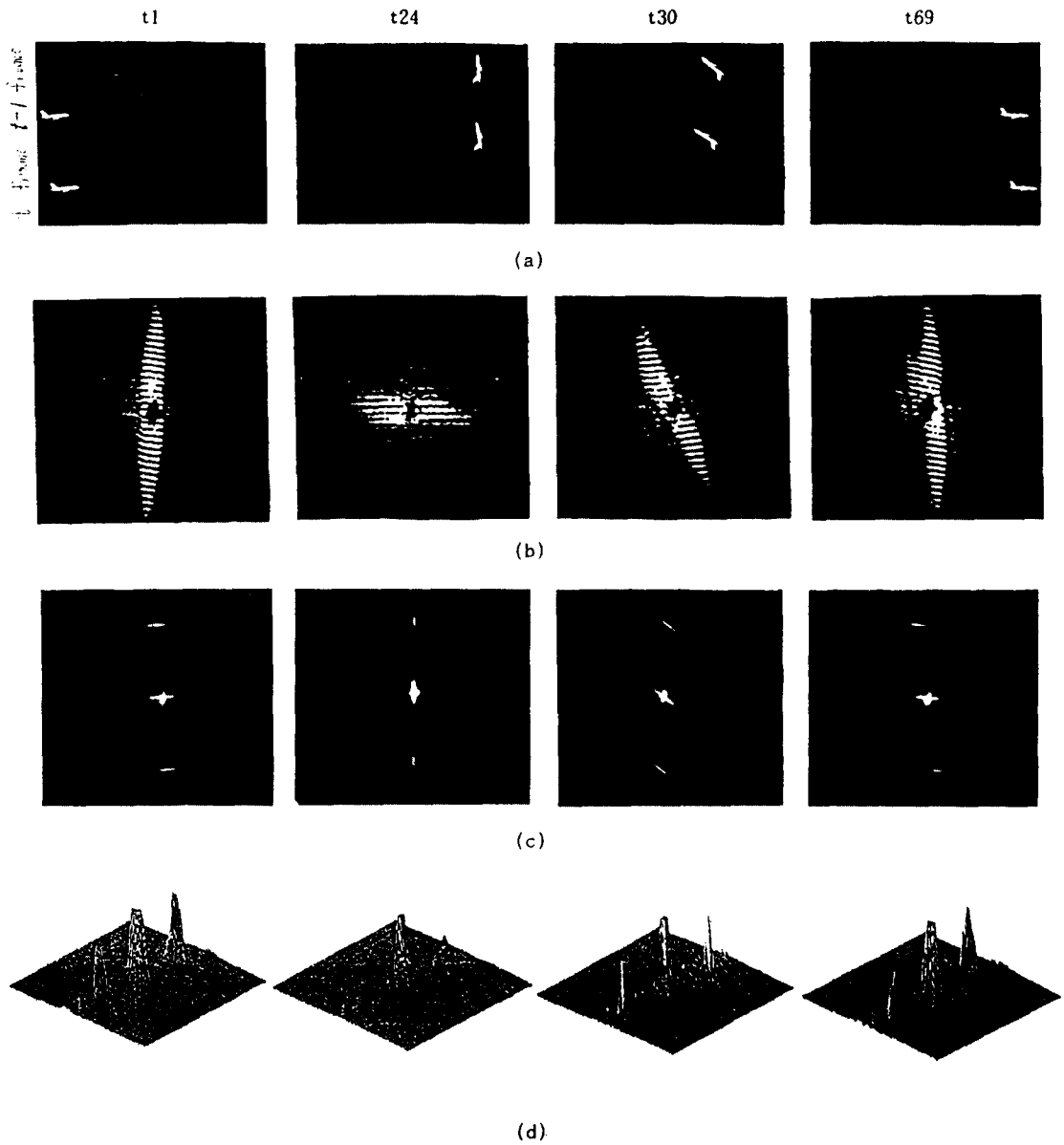


그림 6. Maneuvering하는 이동 표적에 대한 각 프레임 주기의 광 JTC 실험 결과

(a)순차적으로 입력된 LCD 영상 프레임

(b)이진화된 JTPS (c)상관치 평면

(d)상관치 평면의 3차원 표현

Fig. 6. Experimental results on optical JTC for maneuvering target at each frame cycle of tacking

(a)The image sequences displayed on the LCD

(b)Binarized JTPS (c)Correlation plane

(d)3-D display of correlation plane

분을 제거하기 위한 무입력 상태의 마스크를 사용하므로 광학기 잡음을 제거하였다. 그리고, 동종 상관치만이 발생하는 영역 및 추적중에 이중 상관치가 발생하기 어려운 영역은 판독하지 않음으로서 처리 속도를 높였다.

그림 6의 상관치 평면을 관찰하면, 상관치는 표적의 형태에 따라 형태가 변하고 있으나 그림 6(d)의 3차원 그래픽에서 볼 수 있듯이 상관 최대치는 극히 적은 수로 관찰되며, 실제로 실험상에서 5개 이상은 나타나지 않았을 뿐만아니라, t27, t44, t48을 제외한 나머지는 한지점에 모여서 검출되었다. 그러나, 회전 변화량이 8°로 비교적 많이 변한 t24 영상의 경우, 두 표적의 상관 정도가 작아지므로 인하여 상관 점두치는 약 0.5배로 나타나고, 표적 형태의 영향으로 인하여 상관되는 부분의 영역이 변하여 상관 최대치를 표적에 projection 시켰을 경우에 영상이 회전하지 않았을 때와 다른 위치에 projection되는데 이것이 추적 과정에서 오차로 발생된다. 본 실험에 사용된 영상의 경우 주로 비행기 뒷 날개로 인하여 오차가 발생되었다.

따라서 본 실험에서는 실시간 광 JTC 추적 시스템을 통해서 이동 거리, 회전 반경, 자체 회전 각도를 달리 하며 maneuvering하는 표적에 대해, 각 프레임에 대한 표적 상관 최대치를 thresholding에 의해 잡음으로부터 분리하여 상대적인 이동위치 정보를 실시간적으로 검출하였다. 그림 7은 각 프레임에 대한 광 JTC 출력인 이동 표적 신호의 상대적인 상관 점두치에 근거한 이동 표적 궤적을 나타낸 것으로, t24인 경우에서처럼 회전이 발생하였을 때 영상의 변화가 심하게 나타나 측정치 오차가 발생하고, 상대적인 값으로 위치 정보를 검출하므로 인하여 약간의 추적 궤도에 오차가 발생되고 있으나, 전반적으로 양호한 추적 결과를 얻을 수 있었다. 추적상에서 발생한 측정치오차는 주로 변화각도가 심한 부분과 90° 및 270° 부분에서 특히, 오차 발생이 심하게 나타나고 있는데, 이것은 상관되는 입력 정보들간의 형태가 다른 것으로 인식되어 상관 점두치의 위치가 예상치에서 벗어나고 점두치의 값이 줄어든데 기인하고 있으나, 상대적으로 잡음에 비해 값이 커서 표적을 벗어나는 심한 오차는 나타나지 않았다. 그러나, 이 때 검출되는 상관치의 최대값이 매 프레임당 상대 좌표계로 전송되기 때문에 이단 오차가 발생되면 추적이 어렵게 되는데, 추적 과정에서 발생한 점두치를 이용하여 표적을 segmentation하므로써 추적이 이루어지게 되

면 계속적으로 표적의 위치를 검증하게 되고, 절대 좌표계로 변환되어 오차 발생을 줄일 수 있을 것이다. 또한, 다중표적 추적의 경우는 여러 표적 상관 신호들이 매 프레임마다 랜덤한 clutter 및 잡음 신호와 더불어 연속적으로 들어오게 되므로, 효과적인 다중 표적 추적을 위해서는 이들 광 JTC 상관 신호에 근거한 데이터 연관 알고리즘의 사용이 요구된다.<sup>[3]</sup> (9-10)

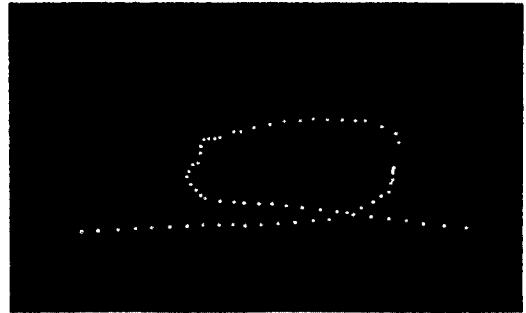


그림 7. 70번의 cycle을 통해 얻어진 최종 추적결과  
Fig. 7. Final tracking results obtained after 70 tracking cycle.

## V. 결 론

본 논문에서는 maneuvering하는 이동 표적을 실시간으로 추적하기 위한 보다 효과적인 접근방법으로 방대한 입력 표적 영상 데이터를 몇개의 간단한 상관신호로 변환이 가능한 광 JTC를 이용하여 실시간 광 표적 추적 시스템을 구현하였다.

실시간 구현을 위해 고해상도를 갖는 LCD(Liquid Crystal Display) 공간 광 변조기를 이용하여 광 JTC를 구성하고, 상관점두치의 배경 잡음에 대한 영향을 효과적으로 감소시키기 위한 이진화 방법으로 DC 성분 제거를 위하여 보다 효과적인 마스크를 사용한 후 mean 방법을 사용하였으며, maneuvering하는 이동 표적에 대한 추적 실험을 통해 광 JTC를 이용한 실시간 이동 표적 추적 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

앞으로, 본 논문에서 구성한 실시간 광 JTC 표적 추적 시스템은 이동 물체의 실시간 추적 및 미사일 유도 등에 응용이 가능하며, 보다 효과적인 전처리 과정과 보다 높은 해상도를 갖는 공간 광 변조기의 사용 등으로 전문화된 전용 추적 시스템이 구성된다면

실질적인 실시간 이동 표적 추적 시스템의 구성이 가능하리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. Y.Bar-Shalom, Multitarget-Multisensor Tracking: Advanced Applications, Artech House, 1990.
2. E.C.Tam, F.T.S.Yu, D.A.Gregory and R.D. Juday, "Autonomous real-time object tracking with an adaptive joint transform correlator," Opt.Eng., vol.29, no.4, pp.314-320, 1990.
3. E.C.Tam, F.T.S.Yu, D.A.Gregory and R.D. Juday, "Data association multiple target tracking using a phase-mostly liquid crystal television," Opt.Eng., vol.29, no.9, pp.1114-1121, 1990.
4. S.Y.Yi, S.C.Bang and E.S.Kim, "Real-time Multi-target Tracking System using Optical JTC," Proc. of KITE, vol.14, no.2, pp.535-537, 1991.
5. B.Javidi, J.Wang and Q.Tang, "Multiple-object binary joint transform correlation using multiple-level thresholding crossing," Appl.Opt., vol.30, no.29, pp.4234-4224, 1991.
6. S.C.Bang, S.H.Lee and E.S.Kim, "Binary joint transform correlator for multitarget tracking," Proc. of KITE, vol.14, no.1, pp.513-515, 1991.
7. Bahram Javidi, "Nonlinear joint power spectrum based optical correlation," Appl.Opt., vol. 12, no.15, pp.2358-2367, 1989.
8. K.H. Fielding and J.L. Horner, "1-f joint transform correlator," Opt.Eng., vol.29, no.9, pp. 1801-1087, 1990.
9. 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, 1992.
10. E.S.Kim, S.H.Lee and S.R.Yoon, "Implementation of OptoNeural multi-target tracking system," IJCNN, Baltimore, vol.3, pp.185-190, June, 1992.

※본 논문은 1991년도 산학협동재단 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.



李 相 二(Sang Lee Lee) 정회원  
 1965년 1월 20일생  
 1988년 2월: 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1988년 8월~현재: 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중  
 ※주관심분야: 광정보처리, 패턴인식 등



徐 春 源(Choon Won Seo) 정회원  
 1964년 7월 4일생  
 1988년 2월: 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1990년 2월: 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1992년 8월~현재: 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

※주관심분야: 광정보처리, 신경회로방, 패턴인식, 뉴럴 컴퓨터 등





梁 城 鉉(Sung Hyun Yang) 正會員  
1958年 2月 1日生  
1985年 2月: 光云大學校 電氣工學  
科 學士  
1988年 2月: 光云大學校 電氣工學  
科 碩士  
1991年 2月~現在: 光云大學校 電  
氣工學科 博士課程



李 基 西(Key Seo Lee) 正會員  
1951年 1月 18日生  
1977年 2月: 延世大學校 電氣工學  
科 學士  
1979年 2月: 延世大學校 電氣工學  
科 碩士  
1986年 8月: 延世大學校 電氣工學  
科 博士  
1981年 3月~現在: 光云大學校 制御計測工學科 教授



金 恩 洙(Eun Soo Kim) 正회원  
1955년 8월 1일생  
1978년 2월: 연세대학교 전자공학  
과 졸업(공학사)  
1980년 2월: 연세대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석  
사)  
1984년 2월: 연세대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학박  
사)

1987년 2월~1988년 8월: Caltech 전기공학과 객원교수  
1981년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 교수  
※주관심분야: Optical Neural Network, 광정보처리,  
Learning Algorithm, Optical Comput-  
ing, 광패턴인식 등