

論文97-34S-6-6

상관방식 영상 추적에서의 추적창 적응 조절

(Adaptation of a Tracking Window in Correlation-Based Video Tracking)

林采煥*, 孫載坤**, 金祥鉉*, 崔一***, 金南哲*

(Chae Whan Lim, Jae Gon Son, Sang Hyun Kim, Il Choi, and Nam Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 상관방식 영상 추적기에서 표적 추적시 표적크기의 변화에 따른 배경의 영향을 효과적으로 제거하여 추적성능을 향상시킬 수 있는 적응 기법인 추적창 적응 조절 기법을 제안하였다. 제안된 추적창 적응 조절 기법은 상관방식 추적이 적합하도록 표적과 배경의 공간경사전력합의 비로써 추적창 크기를 조절한다. 합성영상과 실제 영상에 대한 실험 결과는 제안된 추적창 적응 조절 기법이 표적의 크기 변화에 적응하여 배경의 영향을 효과적으로 제거함으로써 추적성능을 향상시킴을 보여준다.

Abstract

In this paper, we propose an efficient algorithm for adaptation of tracking window, which improves tracking performance of a correlation-based video tracker by rejecting background effect originated from a time-varying target. The proposed adaptation algorithm adjusts the size of a tracking window by using the ratio of spatial gradient power in target region to that in background region, which is especially adequate for a correlation-based tracker. Experimental results for synthetic and real image sequences show that the proposed method adapts a tracking window well to a time-varying target and so greatly suppresses background effect, which makes improvement of tracking performance.

I. 서 론

영상 추적기(video tracker)^[1-5]는 카메라나 적외선 센서 등의 영상 획득 장치로부터 얻은 시변영상에서

표적의 이동정보를 추정하여 그 표적을 지속적으로 추적해 가는 장치이다. 이러한 영상 추적기에 사용되는 자동 추적 기술은 기상관측, 교통량 제어, 자동 감시 및 탐지, 로봇트 비전 등과 같은 산업분야에도 응용될 수 있으며, 전략적인 분야의 핵심기술로도 광범위하게 응용될 수 있다. 과거에는 주로 아날로그 방식에 의한 것이었으나, 1970년대 이후 DSP 기술 및 VLSI 기술이 급격히 발전함에 따라 디지털 방식에 의한 추적기가 개발되고 있다. 외국의 경우 Hughes^[1, 2], Texas Instrument^[3], DBA systems^[4], Martin Marietta, I-SCAN 등에서 군사적 목적의 여러가지 추적기를 개발하여 실용화하고 있으며, 국내에서도 많은 연구와 개발이 진행되고 있는 실정이다.

* 正會員, 慶北大學校 電子·電氣工學部

(School Electronic & Electrical Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

** 正會員, 大宇通信 光通信研究室

(Telecommunication Network Dept., Daewoo Telecom Ltd.)

*** 正會員, 보현산 天文觀測所

(Bo-hyun-san Optical Astronomy Observatory.)

接受日字: 1996年10月8日, 수정완료일: 1997年5月31日

추적 알고리즘으로는 여러가지가 있으나, 기존의 추적기에서 많이 사용되어온 것으로 표적 중심법

(centroid method) [1-4, 8, 10, 11, 16, 17] 과 상관방식 (correlation method) [1-3, 5, 9, 16, 17, 18] 이 있다. 표적 중심법의 경우는 각 시변영상을 표적과 배경으로 분리하여 이진화한 후, 표적의 중심을 추출하여 그 중심의 위치로부터 표적의 이동정보를 추정하는 방법이다. 이 방법은 비교적 구현이 간단하며 변위가 큰 이동 표적 추적이 가능한 장점을 가진 반면에, 표적과 배경의 밝기가 유사하거나 복잡한 경우에는 표적과 배경을 분리하기 위한 영상 분할이 어렵다는 단점이 있다. 이에 반하여, 상관방식 추적법은 영상처리 및 컴퓨터 비전 분야에서 움직임 추정기법으로 많이 연구된 바 있는 시공간경사법 [12-14] 과 동일한 방법으로, 표적의 이동시 발생하는 밝기의 시간적, 공간적 밝기 변화량 사이의 관계를 이용하는 방법이다. 이 방법은 표적 중심법에 비해서 큰 변위를 갖는 이동표적의 추적은 불가능하나, 작은 변위의 추적에서는 비교적 안정적으로 이동정보를 추정할 수 있으며 표적과 배경을 따로 분리할 필요가 없기 때문에 표적의 이동정보 추정이 비교적 용이하다는 장점이 있다.

일반적으로 영상 추적기에서는 이러한 추적 알고리즘에 의한 이동정보 추정시 계산량과 배경의 영향을 대폭 줄이기 위하여 입력영상 중에서 표적을 포함하는 일정영역만을 받아들이는 추적창을 두고, 이 추적창 내의 데이터만으로 이동정보를 추정하도록 하고 있다 [1-5, 10, 11]. 그런데, 실제 상황에서는 표적의 크기와 형태가 계속 변하기 때문에 지속적으로 안정적인 추적을 유지하기 위해서는 표적의 상태에 따라 추적창의 크기와 형태를 조절해주는 추적창 적응 조절 알고리즘이 필요하다. 그러나, 이러한 추적창 조절에 대한 연구·발표는 아직 미미하며, 기 발표되어 있는 내용들 [1, 2, 4, 5] 도 핵심적인 기술에 대해서는 잘 알려져 있지 않다.

본 논문에서는 상관방식에 의한 영상 추적에서 추적창내의 표적과 배경의 공간경사 전력의 비로써 추적창을 적응적으로 조절하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 매 필드마다 표적의 형태 변화를 추정하는데, 먼저 추적창내의 표적과 배경의 공간경사 전력 비가 기준이하이면 잡음에 의한 영향이 배경에 의한 영향보다 큰 경우로 판단하고, 아니면 배경에 의한 영향이 잡음에 의한 영향보다 큰 경우로 판단한다. 다음, 각 경우에 따라 표적과 배경의 공간경사 전력의 비에 대한 계산식을 달리 적용하여 최종적으로 표적의 변화형태를 추정함으로써, 추적창을 적응적으로 조절하

게 된다. 제안된 추적창 적응 조절 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 소프트웨어적으로 추적상황을 재현할 수 있도록 구현된 추적모사 시스템 [15, 16, 19] 을 이용하여 합성된 동영상에 대하여 제안된 기법의 추적창 적응 조절의 성능과 상관방식 추적기의 추적성능에 미치는 영향을 평가하였다. 또한, 영상획득장치로부터 얻은 실제 동영상에 대해서도 제안된 추적창 적응 조절 기법의 유용성을 평가하였다.

II. 상관방식 영상 추적

1. 영상 추적기

영상 추적기는 일반적으로 그림 1과 같이 구성되어 있다. NTSC나 PAL 방식의 일반 비디오 카메라 신호 또는 적외선 카메라 신호와 같은 아날로그 영상신호를 디지털 신호로 변환시켜주는 영상 센서부(video sensor), 영상신호 센서부의 출력영상을 입력으로 받아 표적의 이동변위를 계산하여 출력시키고 이에 근거하여 화면상에서 지속적으로 표적을 추적하는 영상 추적부(video tracking processor), 표적의 이동변위를 입력으로 받아 영상 센서부의 시선을 교정시키고 안정되게 유지시키는 안정화 구동부(stabilizing servo)가 있다. 이들 각 부분이 나름대로 중요하다고 할 수 있으나, 그 중에서도 영상 추적부는 추적성능을 결정짓는 주요 부분이라 할 수 있다.

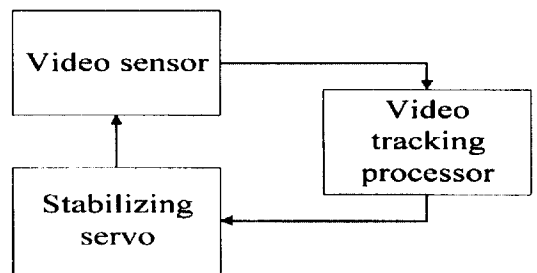


그림 1. 영상 추적기의 구성
Fig. 1. Structure of a video tracker.

이러한 영상 추적부는, 일반적으로 그림 2와 같이 추적창(tracking window), 움직임 추정부(motion estimator), 추적창 조절부(tracking window adaptor)로 구성되어 있다.

여기서 추적창은 입력되는 영상 중에서 창으로 설정된 범위내에 있는 것만을 선택하는 일을 한다.

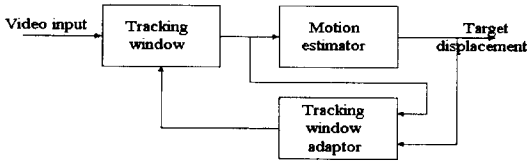


그림 2. 영상 추적부의 구성
Fig. 2. Structure of a video tracking processor.

이것은 움직임 추정부에서 변위추정시 불필요한 데이터량과 표적 주위 배경의 영향을 줄이고 표적과 배경을 구별할 수 있는 특징을 추출하기 위함이다. 그리고 움직임 추정부는 추적창 내의 영상 데이터를 받아 표적의 변위를 계산하여 출력시킨다. 움직임 추정부의 출력인 표적의 변위정보는 추적창의 위치, 크기 및 형태를 조절하는 추적창 조절부의 입력으로 사용되며, 표적의 이동에 따라 시선을 제어하는 구동부의 입력으로도 사용된다. 그리고 추적창 조절부는 매 프레임마다 추적창 내의 데이터 및 표적의 변위정보에 근거하여 다음 프레임에서의 적절한 추적창의 위치, 크기 및 형태를 조절한다.

2. 상관방식 추적법의 해석

본 절에서는 상관방식 영상 추적기에서의 움직임 추정부의 개요와 움직임 추정식의 원리에 대해서 알아보기로 한다.

1) 움직임 추정부의 개요

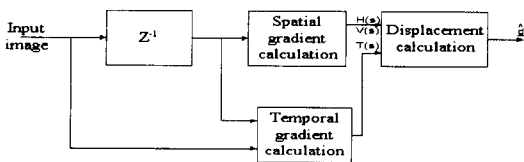


그림 3. 상관방식 움직임 추정부 블록도
Fig. 3. Block diagram of correlation-based motion estimator.

상관방식 움직임 추정부에 대한 블록도는 그림 3과 같다. 우선, 한 프레임 이전의 추적창 내부영역 화소에 대해서 각 화소에 대한 기울기인 수직 및 수평 공간경사(spatial gradient) $V(s)$ 및 $H(s)$ 를 구하며, 추적창 내의 현재 입력영상과 한 프레임 이전 영상과의 차로써 시간경사(temporal gradient) $T(s)$ 를 구한다. 그리고 각 경사들 $V(s)$, $H(s)$ 및 $T(s)$ 에 대한 공분산(covariance)들을 사용하여 매 프레임마다 다음과 같이 표적 변위를 계산한다.

$$\hat{d}_h = \frac{C_{HV}C_{VT} - C_{VV}C_{HT}}{C_{HH}C_{VV} - C_{HV}^2} \tag{1}$$

$$\hat{d}_v = \frac{C_{HV}C_{HT} - C_{HH}C_{VT}}{C_{HH}C_{VV} - C_{HV}^2}$$

여기서, \hat{d}_h 와 \hat{d}_v 는 각각 수평 및 수직 방향의 추정 변위를 나타내며, C_{AB} 는 $A(s)$ 와 $B(s)$ 사이의 공분산으로서 다음과 같이 표현된다.

$$C_{AB} = \frac{1}{N} \sum_{TW} A(s)B(s), \quad AB \in \{HH, HV, VV, HT, VT\} \tag{2}$$

여기서 TW 는 표적을 포함하는 추적창 내부의 특정 영역을 나타내고, N 은 이 영역 내부의 화소수를 나타낸다.

2) 움직임 추정식의 원리 [6, 7]

시간경사 변화량과 공간경사 변화량사이의 관계로부터 표적의 변위를 추정하는 식은 다음 과정에 의해 유도될 수 있다. 그림 4에서 k 번째 프레임과 $k-1$ 번째 프레임의 화소 s 에서의 화소 밝기를 각각 $f(k, s)$ 와 $f(k-1, s)$ 라 할 때, 표적의 모양이 변하지 않고 미소 변위 d 만큼 이동했다고 가정하면 표적의 이동에 의해 밝기의 변화가 생기는 이동영역에서는 두 프레임 사이에 다음식이 성립한다.

$$f(k, s) = f(k-1, s-d) \tag{3}$$

이식을 이용하여 s 위치 화소에서의 시간경사 $T(s)$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T(s) = f(k, s) - f(k-1, s) = f(k, s) - f(k, s+d) \tag{4}$$

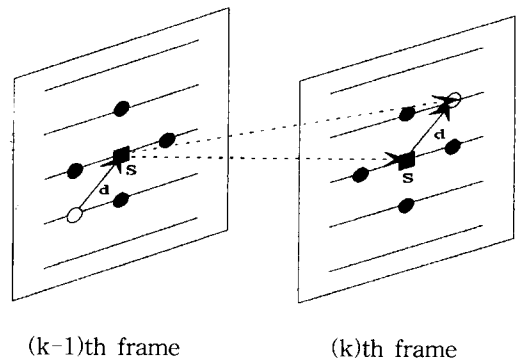


그림 4. (k-1)번째 프레임과 (k)번째 프레임 사이의 화소의 움직임
Fig. 4. Pixel movement between (k-1)th frame and (k)th frame.

d 가 미소변위라는 가정에 의해 (4)식을 s 에 대하여 Taylor 급수전개하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 T(s) &= f(k, s) - \left\{ f(k, s) + d' \frac{d}{ds} f(k, s) + \dots + h.o.t \right\} \\
 &= -d' \nabla f(k, s) + \epsilon \\
 &= -d_h H(s) - d_v V(s) + \epsilon \tag{5}
 \end{aligned}$$

여기서, ϵ 는 2차이상의 고차항이고, d 는 표적의 미소 이동변위이며, $\nabla f(k, s)$ 는 공간경사벡터로서 각각 다음과 같이 표현된다.

$$d = \begin{bmatrix} d_h \\ d_v \end{bmatrix}, \quad \nabla f(k, s) = \begin{bmatrix} H(s) \\ V(s) \end{bmatrix}$$

그리고, $H(s)$, $V(s)$ 는 $k-1$ 번째 프레임에서 표적을 포함하는 영역내 화소 s 에서의 수평, 수직 공간경사를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 H(s) &= \frac{1}{2} (f(k-1, s_+) - f(k-1, s_-)) \\
 V(s) &= \frac{1}{2} (f(k-1, s^+) - f(k-1, s^-)) \tag{6}
 \end{aligned}$$

여기서 각 화소의 수평 및 수직 공간경사를 구하기 위한 화소들 s_+ , s_- , s^+ , s^- 의 위치는 본 논문에서 그림 5와 같이 선택되었다.

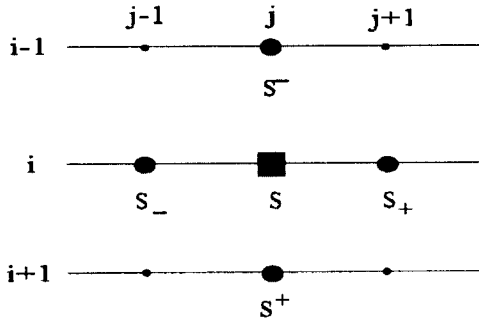


그림 5. 시공간 경사 계산을 위한 화소들의 위치
Fig. 5. Pixel positions for the calculation of spatio-temporal gradients.

(5)식으로부터 잉여오차(residual error)의 자승합(squared sum)은 다음과 같이 주어진다.

$$R = \sum_{TW} \{ T(s) + d_h H(s) + d_v V(s) \}^2 \tag{7}$$

최소자승추정 (least square estimation : LSE)에 의해 (7)식을 최소화하는 추정변위 d 를 구하면 (1)식과 똑같은 다음의 변위 추정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \hat{d}_h &= \frac{C_{HV}C_{VT} - C_{VV}C_{HT}}{C_{HH}C_{VV} - C_{HV}^2} \\
 \hat{d}_v &= \frac{C_{HV}C_{HT} - C_{HH}C_{VT}}{C_{HH}C_{VV} - C_{HV}^2} \tag{8}
 \end{aligned}$$

3. 상관방식 추적의 추적창 및 적응 기법들

일반적으로 추적창은 사각형 형태로 표적을 감싸는 하나의 표적창(target window)과 표적창 영역을 제외한 그 주변 영역을 포함하는 배경창(background window)으로 구성되어 있다^[1, 2, 4, 5, 10, 11]. 여기서, 표적창은 표적에 대한 특성을 추출하고 움직임 추정부에서의 변위추정 및 표적에 대한 특성 추출에 필요한 데이터를 얻게 하며, 배경창은 배경에 대한 특성 추출에 필요한 데이터를 얻게 한다. 더 나아가 표적의 표적창 점유율과 형태 변화에 대한 정보를 추가로 얻기 위하여, 그림 6과 같이 표적창 내부의 가장자리에 개별적으로 정보를 추출할 수 있는 4개의 경계창들(edge window)이 설정되어 있는 추적창도 흔히 사용되고 있다^[1, 2, 5].

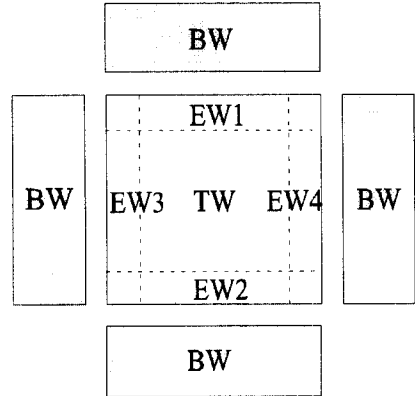


그림 6. 4개의 경계창을 갖고 있는 추적창
Fig. 6. A tracking window with 4 edge windows.

실제 추적상황에서 고정된 추적창에 의해서는 표적의 형태와 크기가 변화함에 따라 배경의 영향이 증가하여 변위 계산시 오류가 생기게 되므로, 이러한 표적 변화에 적응적으로 추적창을 가변시켜야 한다. 이 때 추적창의 크기와 형태를 운용자가 직접 조작함으로써 변화시킬 수 있고, 추적창 적응 조절 알고리즘에 의해 자동적으로 조절할 수 있다. 추적창 적응 조절 알고리즘으로는 표적창과 배경창의 영상신호 밝기의 히스토그램 분포로부터 얻게 되는 문턱값을 사용하여 표적과 배경으로 분리한 이진화 영상을 이용하여 경계창

내부의 표적화소 점유율을 일정하게 유지하도록 추적창의 크기를 조절하는 알고리즘이 있다^[2, 5]. 이 방법은 표적 중심추적에서 사용되었던 것으로 배경이 단순하며 표적과 배경의 대비가 있는 경우에는 비교적 안정된 성능을 보일 수 있으나, 복잡한 배경의 경우와 표적과 배경의 대비가 적은 경우는 표적의 분리가 제대로 되지 않기 때문에 추적창 크기 조절에 실패하게 된다. 따라서 이러한 추적창 조절 알고리즘을 사용하여 표적을 추적할 경우, 지상고착 표적과 같은 클러터가 발생하는 복잡한 배경상황에서 불안정한 추적을 하게 된다. 또한, 상관방식 추적의 변위추정시 사용되는 시공간경사들과는 무관한 정보를 이용하여 창조절이 이루어지기 때문에 악조건에서는 더욱 불안정한 성능을 보이게 된다.

상관방식 추적에서 변위추정시 사용되는 정보를 이용하여 추적창을 적응 조절하는 방법으로, 각각 수평과 수직 방향으로 추적창의 크기를 가상적으로 1화소씩 키워보거나 줄여보면서 각 경우의 상태를 조사하여 최적으로 판단되는 추적창의 크기로 형태를 변화시키는 디더링(dithering) 방식이 있다^[11]. 그림 7과 같은 단일 방향에 대한 추적창 크기의 디더링에 의해 최적의 추적창 형태를 찾는 방법이 4방향에 대해서 개별적으로 적용된다.

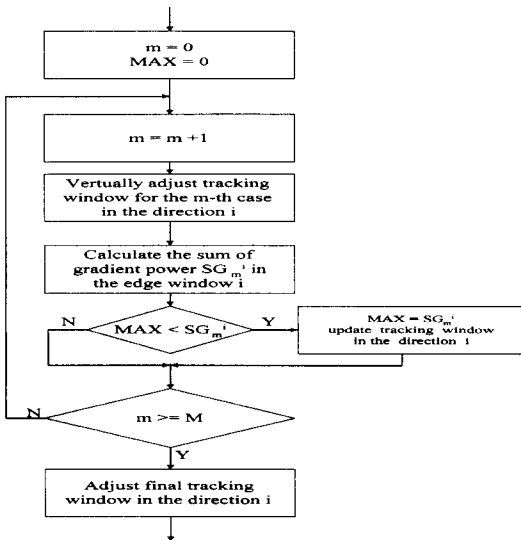


그림 7. 추적창 크기의 디더링에 의한 추적창 조절 알고리즘

Fig. 7. Algorithm for adjusting tracking window by dithering the window size.

4방향 중 i번째 방향에 대해 적용되는 것을 살펴 보면, 먼저 조절하고자 하는 i방향의 추적창 크기의 모든 경우의 수 (M=3)중 하나인 m번째 가상적인 추적창의 형태에서 경계창 내부 수평·수직 공간경사전력의 합 SG_m^i 를 조사한다. 이때 사용되는 공간경사전력합 SG_m^i 는 아래와 같이 주어진다.

$$SG_m^i = \frac{1}{N_e^{im}} \sum_{EW_i} H(\psi)^2 + \frac{1}{N_e^{im}} \sum_{EW_i} V(\psi)^2 \quad (9)$$

여기서 N_e^{im} 는 m번째 가상적인 추적창 형태에서 경계창내 화소수를 나타내고, EW_i 는 i방향의 경계창 영역을 나타낸다. 이렇게 구해진 SG_m^i 가 이전의 공간경사전력 합의 최대치 MAX와 비교하여 크다면 m번째 추적창 형태를 저장하고, 공간경사전력 합의 최대치 MAX를 SG_m^i 로 갱신한다. 만일 가상적인 m번째 추적창 형태에 의한 SG_m^i 가 MAX보다 작다면 추적창 형태의 모든 경우의 수(M=3)에 대해서 조사한 것인지를 판단하여 모든 경우에 대한 조사가 아니면 다시 가상적인 추적창의 형태를 m+1번째로 수정하여 반복 조사한다. 이렇게 모든 경우의 수에 대해서 조사가 끝나면, 최종적으로 SG_m^i 를 최대로 하는 추적창의 형태를 i방향의 추적창 형태 중에서 최적으로 판단한다. 이러한 과정이 4가지 방향에 대해 각각 적용되어 최종적인 추적창의 크기와 형태를 조절하게 된다.

이와 같은 방식에 의하여 추적창을 적응적으로 조절하는 것은, 4가지 방향에 대해서 각각 3가지의 가상적인 추적창 형태에 따른 공간경사전력의 합을 계산하고 이들 결과 중에서 최대가 되는 것을 찾아야 하므로 수행해야 할 계산량이 많아져 실시간 구현을 위한 부담이 커지는 단점이 있다. 또한, 가상적인 추적창의 크기를 변화하여 공간경사전력의 합을 계산할 때 경계창으로 계산되어 들어오는 배경의 국부적인 공간경사 특성 변화에 민감하게 반응하여 창 크기를 잘못 조절하는 문제점이 있게 된다.

III. 제안된 상관방식 추적에서의 추적창 적응 조절

본 장에서는 앞서 살펴본 그림 6과 같은 4개의 경계창을 갖는 추적창의 구조에서 우선, 표적이 표적창을 점유하는 정도에 따른 상관방식 추적의 변위추정 성능

저하 정도를 정량적으로 유도한다. 그리고 이러한 성능저하를 극복하기 위하여 상관방식 추적에 적합한 추적창 적응 조절 기법을 제안한다.

1. 추적창의 표적 점유율에 따른 상관방식 추적성능
표적창내의 시간경사 및 공간경사들 간의 공분산 C_{AB} 를 표적영역에 대한 것과 배경영역에 대한 것으로 구분하여 표현하면 다음과 같다.

$$C_{AB} = \frac{1}{N} \sum_{s \in M_1} A(s) B(s) + \frac{1}{N} \sum_{s \in M_0} A(s) B(s) \\ = \frac{N_1}{N} C_{AB}^1 + \frac{N_0}{N} C_{AB}^0 \quad (10)$$

$$AB \in \{HH, HT, HV, VT, VV\}$$

여기서 영역 M_1 과 M_0 은 그림 8에서와 같이 각각 표적창 내부의 표적영역과 배경영역을 나타내고, N_1 과 N_0 는 각 영역의 화소수를 나타내며, C_{AB}^1 및 C_{AB}^0 는 각 영역내에서 구한 공분산을 나타낸다.

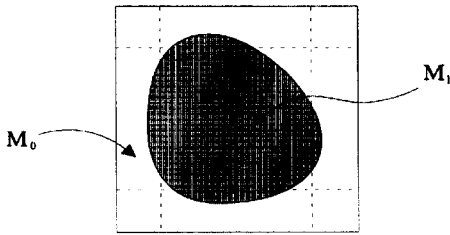


그림 8. 표적창 내부의 표적영역과 배경영역
Fig. 8. Target region and background region in target window.

(10)식에서, 계산을 간단하게 하기 위하여 표적과 배경의 통계적인 특성이 비슷한 경우를 가정하면, 표적영역의 공간경사들간의 공분산과 배경영역의 공간경사들간의 공분산이 같게 된다.

$$C_{HH}^1 = C_{HH}^0, \quad C_{HV}^1 = C_{HV}^0, \quad C_{VV}^1 = C_{VV}^0 \quad (11)$$

또한, 배경영역의 움직임은 거의 없다고 가정하면, 배경영역 M_0 에서 구한 시간경사는 모두 $T(s) = 0$ 이 되어 시간경사와 공간경사들간의 공분산도 역시 영이 된다.

$$C_{HT}^0 = 0, \quad C_{VT}^0 = 0 \quad (12)$$

변위계산식인 (8)식에 (10) - (12)식을 대입하면 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{d}_h = \frac{1}{(1 + N_0/N_1)} \frac{C_{HV}^1 C_{VT}^1 - C_{VV}^1 C_{HT}^1}{(C_{HH}^1 C_{VV}^1 - (C_{HV}^1)^2)} \\ = \frac{1}{(1 + \alpha)} \hat{d}_h^1 \quad (13)$$

여기서, \hat{d}_h^1 는 표적영역에서만 계산된 추정변위를 나타내고, $\alpha = N_0/N_1$ 을 나타낸다. (13)식에서 보면, 표적창 전영역에서 계산하여 구한 추정변위 \hat{d}_h 는 배경의 영향에 의해 표적영역에서만 구하여 보다 정확한 추정변위 \hat{d}_h^1 보다 작게 될 수 있다. 즉, α 는 표적창내의 배경영역의 화소수와 표적영역의 화소수의 비에 의해 결정되며 α 만큼 추정변위의 크기가 줄게 된다. 예를 들어, 배경영역의 화소수와 표적영역의 화소수가 같은 경우 ($\alpha = 1$), 추정변위 \hat{d}_h 는 실제 표적의 추정변위에 비해 1/2로 줄게 된다.

2. 상관방식 추적에서의 제안된 추적창 조절 기법

표적 형태와 크기의 변화에 따라 증가하게 되는 배경의 영향을 줄여 상관방식 표적 추적성능을 향상시킬 수 있도록 추적창내의 공간경사 전력의 변화에 근거하여 추적창을 적응적으로 조절하는 방법을 제안한다.

일반적으로 표적은 배경과 접해 있는 경계부분에서 공간 경사의 불연속성을 가지게 된다. 따라서, 표적과 배경 사이의 경계부분을 포함하는 표적창 내부의 공간경사 전력이 배경영역만을 포함하는 배경창내부의 공간경사전력보다 크게 나타나게 되며, 경계창에서는 표적과 배경 사이의 경계를 포함하는 정도에 따라 경계창내의 공간경사전력이 변하게 된다. 그리고, 배경창내의 공간경사 전력으로 부터는 배경자체의 변화가 심하지 않을 경우에는 영상 전체의 잡음전력에 대한 정보를 얻을 수 있고, 배경자체의 변화가 심하여 추적창 조절이 힘든 상황에 대한 판단 근거도 얻을 수 있다. 제안된 추적창 적응 조절 알고리즘은 이러한 정보들을 종합하여 먼저, 배경창과 표적창의 공간경사전력의 비로써 추적창 조절을 할 것인지를 판단한다. 추적창 조절을 한다면, 한 번 더 배경창과 표적창의 공간경사전력 비를 근거로 표적창과 경계창의 공간경사전력 비에 관한 수식을 달리 적용하여 최종적인 추적창 적응 조절을 하게 된다.

이와 같은 추적창 조절 알고리즘을 정량적으로 표현한다면 우선, 입력영상 f 는 원영상 F 에 백색 Gaussian 잡음이 섞인 경우로 각 위치에서의 화소 밝기를 다음과 같이 가정할 수 있다.

$$f(k, s) = F(k, s) + N(k, s) \quad (14)$$

여기서 $N(k, s)$ 은 영상에 섞이는 백색 Gaussian 잡음이다. 한편, 배경창 내의 각 화소의 구성은 그림 5와 같다. 그러므로, 배경창내의 각 화소에 대한 공간경사는 그림 5와 같은 화소의 구성을 가지는 $k-1$ 프레임으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$h(s) = \frac{1}{2}(f(k-1, s_-) - f(k-1, s_+)) = H(s) + n_h(s) \quad (15)$$

$$v(s) = \frac{1}{2}(f(k-1, s^-) - f(k-1, s^+)) = V(s) + n_v(s) \quad (16)$$

여기서 $h(s)$ 와 $v(s)$ 는 각각 원영상에 잡음이 섞인 경우에 구한 수평과 수직의 공간 경사이며, 이는 아래와 같은 원영상에 대한 수평 및 수직공간경사 $H(s)$, $V(s)$ 와 잡음에 대한 수평 및 수직공간경사 $n_h(s)$, $n_v(s)$ 로 구성된다.

$$H(s) = \frac{1}{2}(F(k-1, s_-) - F(k-1, s_+)) \quad (17)$$

$$V(s) = \frac{1}{2}(F(k-1, s^-) - F(k-1, s^+)) \quad (18)$$

$$n_h(s) = \frac{1}{2}(N(k-1, s_-) - N(k-1, s_+)) \quad (19)$$

$$n_v(s) = \frac{1}{2}(N(k-1, s^-) - N(k-1, s^+)) \quad (20)$$

우선, 단순한 배경상황에서 잡음이 심한 경우에 표적창내의 공간경사전력을 기준으로 경계창의 공간경사전력의 비를 구하기로 한다. 먼저 배경창 전체의 수평 및 수직 경사의 전력 P_{bw} 을 구하면 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} P_{bw} &= \frac{1}{M_b} \sum_{BW} h(s)^2 + \frac{1}{M_b} \sum_{BW} v(s)^2 \\ &= \frac{1}{M_b} \sum_{BW} H(s)^2 + \frac{1}{M_b} \sum_{BW} V(s)^2 \\ &\quad + \frac{1}{M_b} \sum_{BW} n_h(s)^2 + \frac{1}{M_b} \sum_{BW} n_v(s)^2 \end{aligned} \quad (21)$$

여기서 M_b 는 배경창 전체의 화소수를 나타낸다. 단순한 배경에 잡음이 심하게 섞인 경우에는 공간차 잡음들의 전력이 원영상의 공간경사 전력에 비해 매우 크다고 할 수 있다. 즉,

$$P_{n_h} \gg P_H, \quad P_{n_v} \gg P_V \quad (22)$$

그러면, (21)식에서 배경창 전체의 공간경사 전력 P_{bw} 은 다음과 같이 간단히 표현될 수 있다.

$$P_{bw} = \frac{1}{M_b} \sum_{BW} h(s)^2 + \frac{1}{M_b} \sum_{BW} v(s)^2 \approx \sigma_N^2 \quad (23)$$

여기서 σ_N^2 은 영상에 섞인 잡음 $N(k, s)$ 의 분산을 나타낸다. 이와 같이 표적창과 각각의 경계창에 대한 공간경사 전력 P_{tw} 및 P_{ew}^i 도 역시 (21)식과 유사하게 주어진다.

$$\begin{aligned} P_{tw} &= \frac{1}{M_t} \sum_{TW} h(s)^2 + \frac{1}{M_t} \sum_{TW} v(s)^2 \\ &= \frac{1}{M_t} \sum_{TW} H(s)^2 + \frac{1}{M_t} \sum_{TW} V(s)^2 + \sigma_N^2 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} P_{ew}^i &= \frac{1}{M_e} \sum_{EW} h(s)^2 + \frac{1}{M_e} \sum_{EW} v(s)^2 \\ &= \frac{1}{M_e} \sum_{EW} H(s)^2 + \frac{1}{M_e} \sum_{EW} V(s)^2 + \sigma_N^2 \end{aligned} \quad (25)$$

여기서, M_t 및 M_e 는 각각 표적창과 경계창의 면적을 나타낸다. (24)식에서 (23)식을 빼면 표적창 내의 잡음에 의한 전력이 아닌 순수한 원영상에 의한 공간경사 전력인 $P_{tw} - P_{bw}$ 가 구해지며 마찬가지로 (25)식에서 (23)식을 빼면 경계창내의 순수한 원영상에 의한 공간경사전력인 $P_{ew}^i - P_{bw}$ 가 구해진다. 이 값들을 이용하여 아래의 비율 r_i 을 구한다.

$$r_i = \left| \frac{P_{ew}^i - P_{bw}}{P_{tw} - P_{bw}} \right|, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (26)$$

그러나, 잡음에 의한 영향보다 복잡한 배경에 의한 영향이 큰 경우에 대해서는 배경창 전체의 공간경사 전력 P_{bw} 에서 공간차 잡음에 의한 공간경사전력보다 원영상에 의한 공간경사전력이 더 커지게 되어 (23)식과 같이 근사화 되지않으므로 결국 (26)식의 r_i 에 의한 추적창 조절이 잘 맞지 않는다. 이렇게 배경이 복잡한 상황에서는 P_{bw} 를 P_{ew}^i 와 P_{tw} 값에 공통적으로 섞여 있는 잡음에 의한 결과인 (23)식과 같이 볼 수 없기 때문에 표적창과 각 에지창내의 공간경사 전력만을 이용하여 추적창 조절 비율 r_i 를 구한다.

$$r_i = \left| \frac{P_{ew}^i}{P_{tw}} \right|, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (27)$$

(26), (27)식과 같이 구해진 공간경사 전력의 비율 r_i 의 크기에 따라 다음과 같이 표적창의 크기를 조절한다.

$$\begin{aligned} \text{If } r_i < L_{TH} & \quad \text{then } WSIZE_i -- \\ \text{Else If } r_i > U_{TH} & \quad \text{then } WSIZE_i ++ \\ \text{Else } L_{TH} < r_i < U_{TH} & \quad \text{then } \text{No Change} \end{aligned} \quad (28)$$

여기서 W_{SIZE}_i 는 해당 방향 표적창의 크기를 나타낸다. 즉, 비율 $r_i < L_{TH}$ 이면 그림 9 (a)에서와 같이 표적창이 표적에 비해 크다고 판단하여 해당 경계창의 방향으로 한 화소 크기만큼 줄인다. 이와 반대로 $r_i > U_{TH}$ 이면 그림 9 (b)와 같이 표적창이 조금의 여유 없이 표적을 포함한 상태로 다음 프레임에서 표적의 움직임이나 변화에 대처할 수 없다고 판단하여 해당 경계창의 방향으로 한 화소 크기만큼 늘인다. 만약 비율 r_i 이 $L_{TH} < r_i < U_{TH}$ 이면 그림 9 (c)와 같이 표적창이 표적을 가장 적절히 포함하였다고 판단하여 표적창의 크기를 현재의 상태로 유지시킨다.

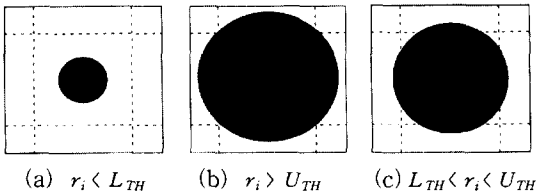


그림 9. 비율 r_i 에 대한 창의 상태
Fig. 9. States of a window in the ratio r_i .

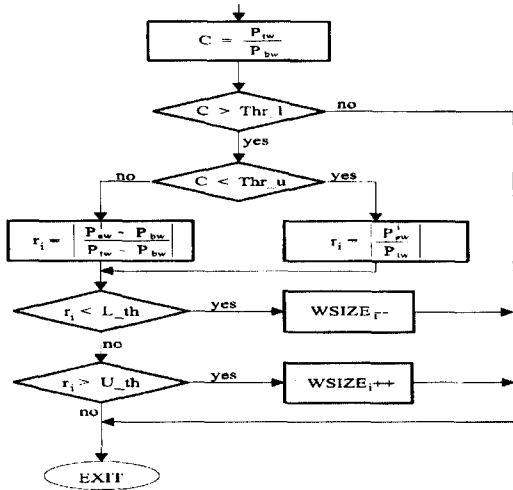


그림 10. 추적창 적응 조절 알고리즘 흐름도
Fig. 10. Flow chart of algorithm for adaptive adjusting tracking window.

앞서 언급한 두 가지 경우의 추적창 조절을 위한 비율 r_i 을 바탕으로하여 최종적으로 추적창을 적응으로 조절하는 알고리즘은 그림 10과 같다. 그림에서 보듯이, 먼저 추적창 크기를 조절할 것인지를 판단하고 r_i 에 대한 계산식을 정하기 위해서 배경창에서 얻은 공간경사 전력 P_{bw} 에 대한 표적창에서 얻은 공간경사 전

력 P_{iw} 의 비 C 를 구한다. 즉, 일반적으로 표적창에서는 표적과 경계의 불연속성에 의한 공간경사전력이 배경창에서의 공간경사전력보다 크기 때문에 공간경사전력의 비 C 가 $Thr_l = 1$ 보다 커야 추적창 조절 알고리즘을 수행하게 된다. 반대의 경우라면 추적창을 조절하는 것이 오히려 위험할 수 있어 이런 경우에는 추적창 조절을 하지 않고자 하기 때문이다. 또한, 공간경사 전력의 비 C 가 $Thr_u = 1.1$ 보다 크면 배경의 공간경사전력을 잡음에 의한 결과로 간주하여도 무방하므로 앞서의 공간경사 전력의 비인 (26)식에 근거하여 추적창 조절을 하며 C 가 Thr_u 보다 작으면 배경창의 공간경사전력을 잡음에 의한 결과로 간주하여 (26)식을 이용하면 추적창 조절이 불안해지므로 이때는 (27)식을 추적창 조절에 이용한다.

IV. 실험 및 고찰

앞서 제안한 상관방식 추적에서의 추적창 적응 조절 알고리즘에 의한 창조절 성능을 복잡한 배경과 강한 잡음 상황에 대해서 기존 추적창 크기의 디더링에 의한 방법과 비교하여 보인다. 이러한 방법들의 다양한 상황에 대한 성능을 비교하기 위해서 구현된 추적 모사기를 사용하여 실험하였다. 구현된 추적 모사기는 표적과 배경의 통계적 특성을 가변하여 Markov적으로 발생시키는 합성영상에 대해서 추적모사를 수행할 수 있고, 비디오를 한 프레임씩 진행하도록 제어하여 매한 프레임씩 실제 영상을 디지털 데이터로 변환해서 이에 대해 추적 모사를 수행할 수 있다. 이러한 추적 모사기를 이용하여 상관방식 추적에서의 복잡한 배경과 강한 잡음의 상황을 모사하기 위해서 표적과 배경을 분산과 평균값기값을 가변하면서 Markov적으로 합성한 영상에 Gaussian 잡음을 실어 실험하였다. 그리고, 실제 영상에 대해서 제안된 알고리즘의 유용성을 알아보기 위해 카메라로 촬영한 비디오 영상의 매 프레임에 대해 실험하였다. 그림 11은 구현된 추적 모사기의 합성영상에 대한 추적 초기 상황을 보이고 있다.

실험에 사용된 합성영상은 그림 11과 같이 표적은 평균밝기 150, 표준편차 5, 상관계수 0.94인 Markov적 영상을 발생하여 크기는 20 x 20으로 고정시키고, 배경영상은 평균밝기 100, 표준편차 20, 상관계수 0.8의 Markov적인 복잡한 영상을 발생하였다. 이러한 상황에서 추적창의 크기를 초기에 60 x 30으로 설정하여

표적을 감싸고 추적을 시작하도록 하였다.

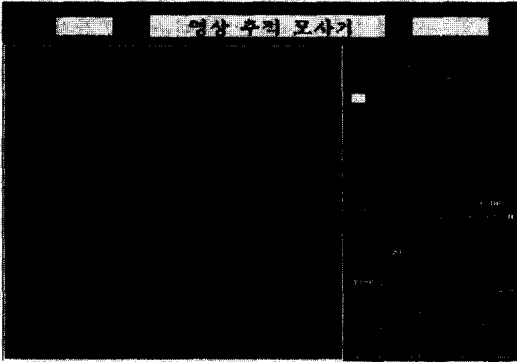


그림 11. 영상 추적 모사기의 추적 초기상황
 Fig. 11. The beginning of tracking in the video tracking simulator.

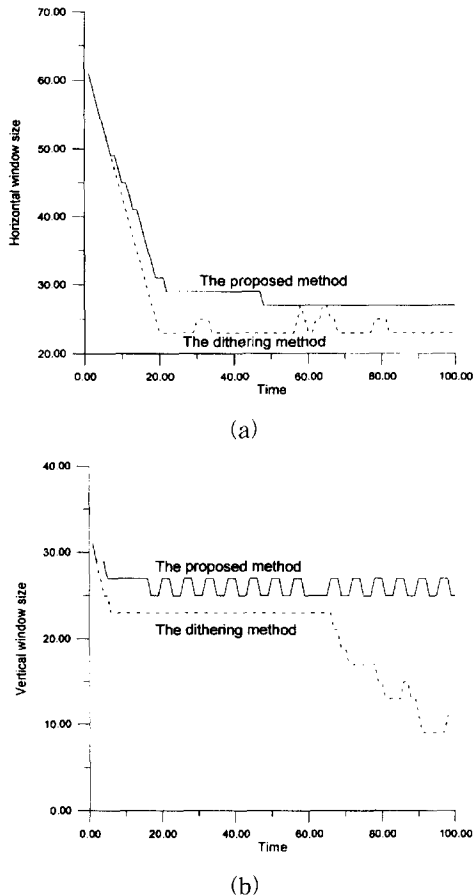


그림 12. 복잡한 배경에서 추적창 크기의 적응 조절 :
 (a) 수평방향 창 크기, (b) 수직방향 창 크기
 Fig. 12. Adaptation of a tracking window in complex background : (a) window size in horizontal direction, (b) window size in vertical direction.

그림 12에서 추적창 크기가 적응적으로 조절되는 것을 볼 수 있는데, 추적창 크기 디더링법에 의한 추적창 조절에서는 63 번째 프레임부터 수직 방향의 추적창 크기가 표적보다 적어지는 불안한 결과를 보이고 있다. 이에 비해 제안된 방법에서는 계속해서 안정적으로 표적의 크기에 적응하는 것을 볼 수 있다. 국부적인 배경의 밝기가 표적과 비슷한 경우에 경계창 내부에서 표적과 배경 사이 경계의 불연속에 의한 공간경사전력의 영향보다 표적 내부와 배경영역 경사에 의한 공간경사전력의 영향이 더 커지게 된다. 이때 디더링법에 의한 추적창 조절에서는 공간경사전력 합이 최대가 되는 추적창 크기를 찾아 크기를 바꿔주는데, 표적 내부의 공간경사 전력이 더 크므로 추적창의 크기를 잘못 줄이게 된다. 그리고 이러한 상황이 지속되어 추적창의 크기를 부적절하게 계속 줄이는 결과를 보인다. 그러나, 제안된 방법에서는 공간경사전력의 비에 대해서 추적창 조절을 하는데, 그 비에 대해 추적창 조절을 하지 않는 완충구간을 두고 있으므로 표적과 비슷한 국부적인 배경의 영향에 민감하게 반응하지 않음을 알 수 있다.

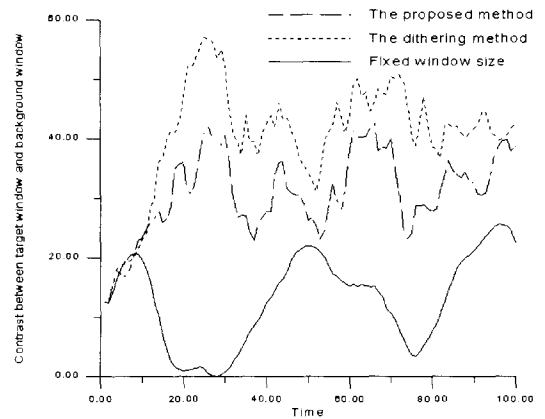


그림 13. 표적창과 배경창간 밝기값 대조의 변화
 Fig. 13. Variation of intensity contrast between target window and background window.

그림 13에서는 복잡한 배경상황에서 추적창의 형태에 따른 표적창 내부와 배경창 내부 평균 밝기값 차이의 절대치인 대조도 변화를 나타내고 있다. 배경과 평균적인 밝기값이 차이가 나는 표적을 추적하는 경우에 추적창 크기를 효과적으로 적응 조절하게 되면 표적창에서 배경의 영향이 감소하므로 밝기값의 대조도가 상대적으로 부적절한 추적창 크기에서의 경우에 비해 커

지게 된다. 디더링에 의한 방법이 표적창 내부의 배경 점유율을 최소화하기 위해서 추적창의 크기를 표적의 크기와 같게 하므로 가장 대비가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 제안한 방법에 의한 추적창 조절의 경우 경계창 내부에 배경영상의 일부가 항상 일정비율로 포함되도록 하여 추적창의 크기를 변화시키므로 디더링에 의한 방법에 비해 대비도가 낮게 나오나 고정된 크기의 추적창에 비해 대비도의 값이 전체적으로 크게 나타나므로 적절한 추적창 크기의 조절이 되고 있음을 볼 수 있다.

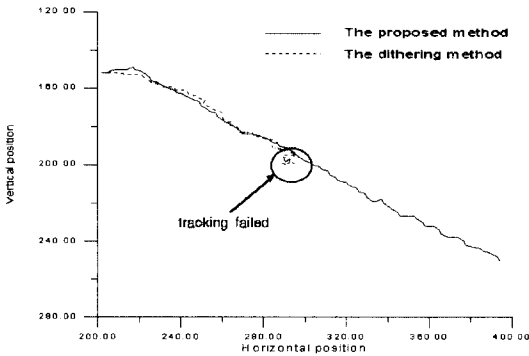


그림 14. 강한 잡음 상황에서 추적창 적응 조절에 의한 표적 추적의 궤적
 Fig. 14. Trajectory of target tracking with the adaptation of a tracking window in strong noisy background(Gaussian noise of standard deviation 10).

그림 14는 실험영상에 Gaussian 잡음 표준편차가 10인 강한 잡음을 실어서 이에대한 표적 추적 결과를 영상 좌표상 추적 궤적으로 나타내고 있다. 강한 잡음의 영향에 의해 상관방식으로는 변위 추정이 안되는 상황이나 추적창 조절에 의해 표적을 지속적으로 포함하므로 표적 추적이 가능한 결과를 보이고 있다. 디더링에 의하여 추적창을 조절하는 경우는 화면의 중앙 지점에서 표적을 놓치고 추적에 실패하는 결과를 보이고 있는 반면에 제안한 방법에 의한 추적창 조절을 하는 경우는 끝까지 추적에 성공하는 것을 볼 수 있다. 디더링법에서 국부적인 배경이 표적과 비슷하며 잡음 전력의 영향이 강하게 작용하는 상황에서 창 조절에 대한 결정이 힘들에도 불구하고 조절을 하게 되어 상황을 점차적으로 악화시켜 결국 표적을 놓치는 결과를 초래하게 된다. 그러나, 제안한 추적창 조절법에서는 국부적인 배경이 표적과 비슷한 공간경사전력을 보이

면 추적창 조절을 하지 않으며, 잡음전력에 대해서는 표적과 배경에서 그 영향을 제거하므로 순수한 표적과 배경의 영향에 의해 추적창 조절을 할 수 있게 되어 디더링법에 비해 우수한 결과를 보이고 있다.

그림 15는 제안한 방법에 의한 추적창 조절 알고리즘의 유용성을 실제 영상에서 알아보기 위해 케이블카와 버스 동영상에 대해 초기에 추적창의 크기를 표적인 케이블카와 버스에 비해 크게 하여 사용자가 표적을 잡은 후에 추적을 진행한 결과를 보이고 있다. 그림에서 (a), (c)는 추적 초기상태로 추적창의 크기가 표적에 비해 상당히 크게 잡혀 있는 것을 볼 수 있다. 그리고 (b), (d)는 어느 정도 시간이 지난후 전체적으로 안정적인 추적을 하고 있는 상태를 보이고 있다. 결과에서 추적창의 크기가 표적의 크기에 맞게 적절히 조절되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과에서 보듯이 제안된 추적창 적응 조절 방법이 실제 영상에서도 유용한 결과를 나타냄을 알 수 있다.

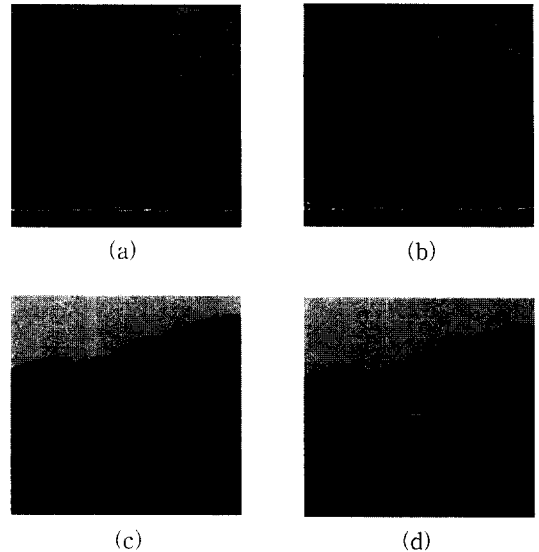


그림 15. 연속 실험영상 (a), (b)와 (c), (d)에서 추적창 조절 예
 Fig. 15. Examples of adaptation of a tracking window in real image sequences (a), (b) and (c), (d).

V. 결론

본 논문에서는 상관방식 추적에서 변화하는 표적의 크기에 따라 알맞게 추적창의 크기를 조절하는 추적창 적응 조절 방법을 제안하였다. 제안된 추적창 적응 조

절 알고리즘은 경계창 내부에서 표적과 배경의 공간경사전력합의 비를 이용하여 추적창 크기와 모양을 조절하도록 하였다. 이 때, 복잡한 배경의 경우와 강한 잡음상황의 두 가지 경우로 구분하여 각 경우에 따른 추적창의 크기 변화 여부를 판단하는 수식을 달리 적용해서 복잡한 배경이나 잡음이 강한 상태에서의 표적크기 변화에서도 적절한 추적창 조절이 될 수 있도록 하였다.

이와 같이 제안한 추적창 적응 조절 알고리즘을 기존에 상관방식 추적에서 사용되던 추적창 조절 방법의 하나인 추적창 크기의 디더링에 의한 조절방법과 비교하여 그 성능을 분석하였다. 그리고, 기 제작 구현된 영상 추적 모사기를 이용하여 복잡한 배경과 강한 잡음의 상황을 모사하는 영상을 합성하여 이에 대해 기존의 디더링 방법과 제안한 방법의 추적창 적응 조절 성능을 비교하였다. 실험결과, 복잡한 배경의 추적에서는 배경의 국부적인 특성변화에 민감한 디더링 방법에 비해 제안된 방법이 안정적인 추적창 조절 결과를 보였고, 강한 잡음이 실린 영상에 대해서는 기존의 방법은 추적창 조절이 잘못되어 추적에 실패하나 제안된 방법으로는 이를 극복하고 추적에 성공하는 결과를 볼 수 있었다. 또한, 실제의 영상에 대한 실험 결과 제안된 추적창 조절 알고리즘은 실제 상황에서도 표적의 크기와 모양 변화에 따라 적절한 추적창 형태를 유지함으로써 상관방식 추적에서의 추적성능을 향상시키는 결과를 보였다.

참 고 문 헌

- [1] S. L. Chodos, G. T. Pope, A. K. Rue, and R. P. Verdes, *Dual Mode Video Tracker*, U.S. Patent #4,849,906, July 1989.
- [2] A. K. Rue, R. P. Verdes et al., *Dual Mode Video Tracker*, U.S. Patent #4,719,584, Jan. 1988.
- [3] A. L. Gilbert, M. K. Giles, G. M. Flachs, R. B. Rogers, and Y. H. U, "A real time video tracking system," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-2, pp. 47-56, Jan. 1980.
- [4] DBA System Inc., *Automatic Video Tracker Manual*, 1987.
- [5] J. S. Acceta and D. L. Schumaker, *The Infrared and Electro-optical Systems Handbook*, Electro-optical Systems Design, Analysis, and Testing, vol. 4, SPIE optical engineering press, 1993.
- [6] G. Y. Choi, N. C. Kim, and C. H. Youn, "Real-time automatic target tracking based on spatio-temporal gradient method," *Proc. IEEE TENCON87*, vol. 1, pp. 8.7.1-8.7.4, Seoul, Aug. 1987.
- [7] 장익훈, 김남철, "일반화 최소자승추정의 시공간 경사법에 의한 실시간 자동목표추적," *전자공학회 논문지*, 제 26권, 제 1호, pp. 78-87, 1989년 1월
- [8] 배정효, 김남철, "이동경계의 무게중심에 의한 실시간 자동목표추적," *전자공학회 논문지*, 제 25권, 제 10호, pp. 1234-1243, 1988년 10월
- [9] 김성대, 김남철, 이상욱, 자동 목표 추적장치에 관한 연구, 차관연구 최종보고서, 한국과학재단, 1988
- [10] R. Venkateswarlu, K. V. Sujata, and B. Venkateswara, "Centroid tracker and aim point selection," *SPIE, Acquisition, Tracking, and Pointing VI*, pp. 520-529, 1992.
- [11] F. Anderson and W. Christensen, "Real time, video image centroid tracker," *SPIE vol. 1304. Acquisition, Tracking, and Pointing IV*, pp. 82-91, 1990.
- [12] J. O. Limb and J. A. Murphy, "Estimating the velocity of moving images in television signals," *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 4, pp. 311-321, 1975.
- [13] C. Cafforio and F. Rocca, "Methods for measuring small displacements of television images," *IEEE Trans. Information Theory*, vol. IT-22, pp. 573-579, 1976.
- [14] R. Paguin and E. Dibios, "A spatio-temporal gradient method for estimating field in time-varying imagery," *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 21, pp. 205-221, 1983.
- [15] 임채환, 최 일, 김상현, 김남철, "실시간 영상 추적 모사기의 구현," *신호처리합동학술대회*, 대한전공학회, pp.598-602, 1994
- [16] 김남철, 표적중심/상관방식 상태적용 기법연구,

최종 보고서, 국방과학연구소, 1994

[17] 김남철, 전자광학 추적시스템의 성능분석 및 성능개선, 최종 보고서, 삼성전자주식회사, 1995

[18] 손재곤, 상태 적응 상관 추적기의 모사기 구현, 경

북대학교 대학원 석사학위논문, 1993

[19] 임채환, 실시간 영상 추적 모사기의 구현, 경북대학교 대학원 석사학위논문, 1994

저 자 소 개



林 采 煥(正會員)

1971년 1월 5일생. 1993년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1995년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 주관심 분야는 영상

처리, 컴퓨터 비전 등임.



孫 載 坤(正會員)

1967년 10월 25일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1994년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 2월 ~ 현재 대우통신 종합연구소 연구원. 주관심 분야는 영

상처리, 컴퓨터 비전 등임.



金 祥 鉉(正會員)

1968년 6월 12일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 주관심 분

야는 영상처리, 영상부호화 등임.



崔 一(正會員)

1964년 8월 5일생. 1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1988년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1988년 2월 ~ 1994년 12월 국방과학연구소 연구원. 1995년 2월 ~ 경북대학교

대학원 전자공학과 박사과정. 1996년 ~ 현재 한국표준과학연구원 부설 천문대 선임연구원. 주관심 분야는 컴퓨터 비전, 정밀제어 등임.

金 南 哲(正會員) 第 32卷 B編 第 12號 參照

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수