

이동경계의 무게중심에 의한 실시간 자동목표추적

(Real-Time Automatic Target Tracking Using the Centroid of Moving Edges)

裴廷孝*, 金南哲**

(Jeoung Hyo Bae and Nam Chul Kim)

要 約

본 논문에서는 이동경계의 무게중심을 이용하는 추적알고리즘이 제안되었다. 이 방법은 1프레임만으로 무게중심을 추출해내는 경우에서의 영상분할의 어려움을 피하기 위하여 고려된 것이다. 제안된 알고리즘은 복잡한 배경을 가진 영상에서 기존의 방법에 비해 목표물을 쉽게 분할해 낼 수 있다. 또한, 이 알고리즘은 폐색이 발생한 경우에도 목표물을 잘 추적해 갈 수 있다. 자동 목표 추적 장치에 적용한 결과, 제안된 방법은 비교적 좋은 성능을 나타내었다.

Abstract

In this paper, a target tracking algorithm using the centroid of moving edges is presented. It aims to avoid the difficulty of image segmentation in case of extracting the centroid from only one frame. The proposed algorithm can more easily segment the target than the conventional one in images with complex background. Moreover, it can track the target well when the target is occluded by an object. The result of applying it to a real-time target tracker is shown to be comparatively good.

I. 서 론

연속영상에서 이동정보를 검출해 내는 기법은 영상 데이터 감축뿐만 아니라 자동목표추적, 목표감시, 공장 자동화 및 교통량 제어등 그 응용 분야가 광범위 하여 그동안 많은 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이 중에서 목표추적을 위한 연구 결과들을 분류해보면, 물체의 이동으로 인하여 생기는 밝기의 시간적 변화도와 공간적 변화도 사이의 상호 관계로부터 이동변위를 추출하는 시공간 경사법(spatio-temporal gradient method)^[1~8] 틀영상에서 화소자체의 정보

나 또는 물체의 특징을 추출하여 조사영역을 이동하면서 유사성이 최대인 정합점을 찾는 정합법(matching method)^[9~15] 그리고 물체 자체의 무게중심이나 특징 추출후의 무게중심을 구하여 이동변위를 추출하는 무게 중심법(centroid method)^[16~23] 등으로 크게 나눌 수 있다.

이들 방법중 무게중심법은 물체의 병진운동에 대해서도 잘 추적할 뿐만 아니라 회전운동, 접근, 그리고 후퇴등의 다양한 운동에도 추적이 가능한 방법이다. 그리고 계산량의 감소를 위해 최대 추정 변위에 제한을 두는 정합법들과는 달리 최대 추정 변위에 특별한 제한을 둘 필요가 없다. 또한 무게중심을 추출하는 기본과정이 비교적 간단하여 그동안 추적 장치에의 적용을 위하여 많이 연구되어 왔다.^[16~23]

*準會員, **正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)
接受日字: 1988年 1月 14日

이들 연구의 대부분은 연속 영상 중에서 한 프레임만을 가지고 물체와 배경으로 영상분할을 한 후 무게중심을 추출하였으므로, 연속영상에서 영상분할의 중요한 정보인 물체의 이동정보를 충분히 활용하지 못하였다. 이 때문에 물체와 배경이 복잡하거나 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 있을 경우에는 영상분할이 쉽지 않으며, 정확히 분할하기 위해서는 복잡한 사전처리와 분할 알고리즘이 요구된다. 이를 보완하기 위해 물체를 포함하는 포적창 이외에도 그 주위에 여러가지 추적창을 설정하는 방법이 사용되었으나, 이러한 보완만으로는 영상분할의 어려움을 근본적으로 해결할 수 없다. 또한 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 물체를 가리는 폐색(occlusion)이 생겼을 경우에는 단순한 역치화(thresholding) 방법으로는 영상을 정확히 분할할 수 없어 추적성능이 크게 저하된다.

본 논문에서는 이러한 영상분할의 어려움을 해결하기 위해 연속영상에서 두 프레임을 사용하여 시간 및 공간경사가 비교적 큰 부분인 이동경계를 추출한 후, 이 이동경계의 무게중심을 구함으로써 이동물체를 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 한 프레임만을 사용하는 기존의 방법에 비해 한 프레임을 더 저장해야 하기 때문에 메모리는 두배 필요하다. 그러나 제안된 방법은 물체의 이동정보의 하나인 이동경계를 이용함으로써 배경이 복잡하거나 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 있더라도 영상분할이 용이하다. 또한, 폐색이 생겼을 경우에도 물체가 완전히 가리지 않으면 물체의 이동경계의 일부를 추출할 수 있어서 거의 물체를 놓치지 않고 계속 추적할 수 있다.^[14]

그런데, 실제 목표추적시에는 다음과 같은 여러가지 복잡한 상황이 발생하게 된다.

- 폐색
- 비병진 운동
- 잡음이 심한 상황
- 복잡한 배경(질감)
- 여러개의 목표물
- 목표물의 크기가 작음
- 대비(contrast)가 매우 작음
- 상황 변화(조명, 사라짐, 발생, 모양의 변화등)

이러한 여러가지 문제점을 추적 알고리즘만으로 극복하기는 대단히 어렵다. 따라서, 이상적인 목표추적 시스템이라면 적절한 추적알고리즘 외에도 시스템의 두뇌에 해당되는 상황진단부에서 현재 상태에 맞도록 알고리즘의 파라미터들을 변화시키고 상황변화에 유연성있게 대처해가는 전략이 세워지며, 광학 및 기계부에서도 이에 맞는 역할(카메라의 회전, zo-

oming, 대비 조절 등)를 분담해야 한다. 본 논문은 추적 알고리즘에 관한 기초연구들의^[10,12] 일환으로서, 여기에서는 언급된 문제점들 중 앞의 4 가지 상황만을 중점적으로 고려하고자 한다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 효율성을 확인하기 위하여 추정성능과 추적성능을 컴퓨터로 시뮬레이션하였다. 여기서 단일물체가 이동할 때, 카메라 입력부에서 대비 및 물체의 크기는 어떠한 범위내로 유지시킨다고 가정하였다. 끝으로 제안된 방법을 연구용으로 제작된 자동목표추적 장치^[17]에 적용하여 그 효율성을 확인하였다.

II. 무게중심 추출법

포물면 형태의 밝기를 갖는 물체가 평탄한 배경에서 이동할 경우, Gauss 잡음이 가산된 관측영상으로부터 물체 및 배경의 조건부 확률에 대한 유사성비(likelihood ratio)를 최대로 하는 위치를 구하면 다음과 같은 물체의 밝기중심이 된다.^[24]

$$\begin{aligned} \hat{x}_0 &= \frac{\iint x g(x, y) dx dy}{\iint g(x, y) dx dy} \\ \hat{y}_0 &= \frac{\iint y g(x, y) dx dy}{\iint g(x, y) dx dy} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 (\hat{x}_0, \hat{y}_0) 는 유사성비를 최대로 하는 밝기의 중심을 나타낸다. (1)식을 그대로 사용하여 밝기의 중심을 구할 경우 매 화소마다 곱하기 연산을 해야 한다.

(1)식의 계산을 간단히 하기 위해 관측영상 $g(x, y)$ 를 물체와 배경으로 영상분할한 후, 분할된 이진영상에서 무게중심^[16~21]을 구하면 더하기 연산만으로 수행이 가능하다. 그런데, 이렇게 하면 밝기의 중심이 아닌 이진화된 물체 영역의 중심을 구하게 되지만 그 차이가 크지 않으므로 큰 문제가 되지 않는다. 이러한 이진영상에서의 무게중심 추출식은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_0 &= \frac{\sum_x \sum_y x f(x, y)}{\sum_x \sum_y f(x, y)} \\ \hat{y}_0 &= \frac{\sum_x \sum_y y f(x, y)}{\sum_x \sum_y f(x, y)} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $f(x, y)$ 는 물체를 "1"로 배경을 "0"으로 분리한 이진영상이다. (2)식에서 x방향의 무게중심은 이진영상 $f(x, y)$ 가 "1" 일때만 x 위치를 총합하여 물체에 해당하는 화소들의 총합으로 나누면 되며, 같은 방법으로 y축의 중심도 구할 수 있다.

그런데, (2)식에서의 무게중심을 추출하기 위해서

는 영상을 배경과 물체로 분리해 내는 영상분할이 선행되어야 한다. 연속영상에서 한 프레임 만을 사용하여 영상 분할을 하는 경우, 정확히 분할하기 위해서는 비교적 복잡한 알고리즘이 필요하게 된다. 그러나, 1프레임으로 영상분할한 대부분의 방법들이 실제적용시 복잡한 분할 알고리즘 대신에 추적창을 보조 수단으로 사용하였다. 실례를 들면, 그림 1과 같이 여러가지 창을 사용하여 분할 하는 예가 있다.^[17~21] 여기서서는 영상을 분할하는데 배경창(background window), 목표창(target window), 에지창(edge window) 등을 사용하여 각각의 창 내의 화소들을 해석하여 영상분할하였다. 이렇게 추적창을 이용한 알고리즘은 물체의 이동정보를 활용하지 못하기 때문에 배경이 복잡하거나 물체와 배경간의 밝기차가 변할 때에는 영상분할이 용이하지 못하게 된다. 특히 폐색이 생길 경우와 배경창이나 에지창 내에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 존재할 경우에는 영상분할이 어려워진다.

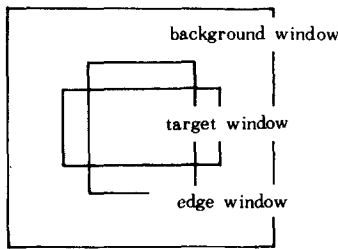


그림 1. 여러가지 추적창들
Fig. 1. Various tracking windows.

Ⅲ. 이동경계의 무계중심 추출

제안된 방법에서는 기존의 방법에서 나타나는 영상분할의 어려움을 피하기 위해 연속영상에서 두 프레임을 사용하여 시간 및 공간경사가 큰 이동경계를 추출한 후, 이 이동경계의 무계중심을 추적하였다. 먼저, 이동경계의 무계중심 추출법을 논하기에 앞서서 이동영역의 무계중심 추출법에 관하여 고찰하기로 한다.

1. 이동영역의 무계중심 추출법에 관한 고찰

이동영역(또는 DP 영역)^[25~32]이라 함은 연속되는 영상에서 m번째 프레임(현재 프레임)과 m-1번째 프레임(과거 프레임)간의 밝기차 즉 시간경사의 절대치가 주어진 역치보다 큰 영역을 말하며 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$\text{이동영역} = \{s \mid |T(s)| > T_{th}\},$$

$$T(s) = I(s, m) - I(s, m-1) \quad (3)$$

여기서 T(s)는 시간경사로서 위치벡터 s에서의 현재 프레임의 밝기 I(s, m)와 과거 프레임의 밝기 I(s, m-1)의 차로써 구해진다. 그리고 T_{th}는 시간경사의 역치를 나타낸다. 이 역치는 물체와 배경사이에 어느정도의 밝기차가 있으면 적절히 선택될 수 있다.

또한, 이 역치는 물체의 이동여부만을 판단하면 되므로 한 프레임만으로 영상분할할 때에 비해 역치 설정이 용이하다.

원형 물체가 수평방향으로 이동하는 경우, (3)식의 이동영역을 도시하면 그림 2의 빗금친 부분이 된다. 이러한 이동영역에서 바로 무게중심을 구하여 물체를 추적할 수도 있는데 그 방법을 살펴보면 다음과 같다. 그림 2에서 X_{op}와 X_{oc}는 각각 과거 프레임 및 현재 프레임에서 X방향의 물체 자체의 무게중심이며, X_{oe}는 이동영역의 무게중심을 나타낸다. 이 경우 현재 프레임에서의 무게중심 X_{oc}는, 물체가 이동방향에 대하여 대칭인 형태라고 가정한다면 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$X_{oc} = 2 \times (X_{oe} - X_{op}) \quad (4)$$

즉 물체의 무게중심은 이동영역의 무게중심과 과거 프레임에서의 물체 자체의 무게중심 간의 차를 2배 하면 된다.

이렇게 이동영역의 무게중심을 추적하는 방법은 기존의 1프레임으로 영상분할한 방법에서의 장점도 가지면서, 시간경사가 큰 부분만을 대상으로 함으로써 배경영향을 배제시킬 수 있다. 또한, 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 있거나 폐색이 생겼을 때도 추적이 가능하다.^[30]

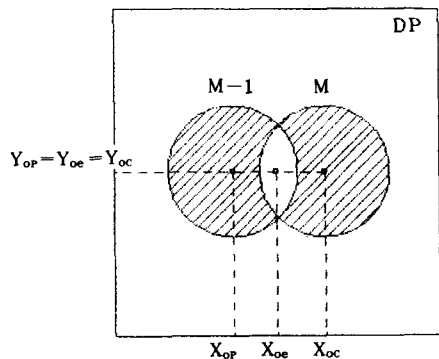


그림 2. 이동영역의 예
Fig. 2. Example of moving region.

그러나 (4)식을 적용함에 있어서 가장 큰 문제는 물체가 이동방향에 대하여 어느정도 대칭이어야 하며, 또한 초기에 물체 자체의 무게중심인 X_{op} 를 정확히 구해야 한다는 점이다. 연속영상에서 만일 어느 한 프레임을 기준 프레임으로하여 이 프레임을 과거 프레임으로 고정 시키고 이동변위를 계산할 경우, 기준 프레임의 물체 자체의 무게중심이 부정확 하면 실제 X_{op} 와의 오차가 매 프레임마다 이동변위 계산할때에 나타나서 그 오차만큼 항상 편향된 값을 갖고 추적하게 된다. 또는 만일 현재 프레임을 과거 프레임으로 계속 바꾸어 가면서 이동변위를 계산한다면 과거 프레임에서의 X_{op} 의 오차가 X_{oc} 에 누적 되어 나타나 결국 추적할 수 없게 된다. 따라서 이동영역에서 간단히 무게중심을 추적할 경우에는 위에서 언급한 문제들의 해결이 선행되어야 한다.

2. 제안된 이동경계의 무게중심 추출법

본 절에서는 이동경계로부터 무게중심을 추출함으로써 물체의 모양에 상관없이, 현재 프레임에서의 물체의 절대 위치를 추정할 수 있는 방법을 제안한다. 여기서 이동경계라 함은 연속되는 영상에서 현재 프레임 및 과거 프레임간의 밝기차인 시간경사와 현재 프레임의 공간경사가, 주어진 각 역치보다 큰 영역을 말한다.^[29~36]

$$\text{이동경계} = \{s \mid |T(s)| > T_{th} \text{ and } |G(s)| > G_{th}\} \quad (5)$$

여기서 $T(s)$ 및 $G(s)$ 는 각각 시간 및 공간경사를 나타내며, T_{th} 및 G_{th} 는 각각 이들에 대한 역치를 나타낸다. 시간 경사의 역치는 센서잡음 및 배경보상(카메라 이동에 의한 배경의 움직임 보상)^[12]의 오차 영향을 제거할 수 있을 정도의 값이면 된다. 또한, 공간경사의 역치는 최소한(형상인식이 목적이 아니기 때문에) 목표물의 강한 에지 일부라도 포함시키도록 하는 값이면 된다. 그리고, 본 논문에서 공간경사 $G(s)$ 는 그림 3에서와 같이 곱하기 연산이 필요 없는 Prewitt 연산자를 사용하여 구하였다.

(5)식으로 표현된 이동경계를 도시하면 이상적일 경우 그림 4에서와 같은 빗금 친 부분이 된다. 실제 상황에서 이동경계를 구해보면 과거와 현재 프레임에서의 각 이동경계가 공통으로 만나는 부분 주위에서 경계가 약간 끊어지는 수도 있으나, 이동경계의 무게중심에는 크게 영향을 주지않는다. 일단 (5)식에 의하여 이동경계가 추출되면, 이 이동경계에 대하여 (2)식을 적용하여 무게중심을 구하게 된다. 제안된 방법의 전체적인 흐름도는 그림 5와 같다. 여기서 x 및 y 는 이동경계로 이진화된 영상에서의 수

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

G_x (spatial gradient of x direction)
 $= \{I(i-1, j-1) + I(i-1, j) + I(i-1, j+1) - I(i+1, j-1) - I(i+1, j) - I(i+1, j+1)\}$
 G_y (spatial gradient of y direction)
 $= \{I(i-1, j-1) + I(i, j-1) + I(i+1, j-1) - I(i-1, j+1) - I(i, j+1) - I(i+1, j+1)\}$
 $|G| = |G_x| + |G_y|$

그림 3. Prewitt 연산자
 Fig. 3. Prewitt operator.

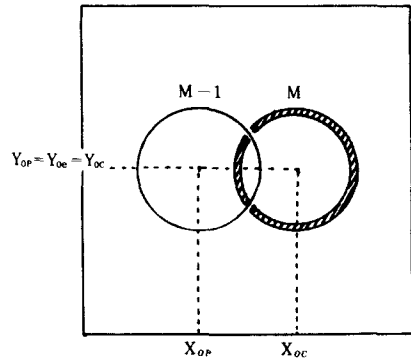


그림 4. 이동경계의 예
 Fig. 4. Example of moving edges.

평 및 수직방향의 각 위치를 나타낸다. 그리고, S_{th} 는 물체가 정지해 있는 경우, 이동경계가 전혀 추출되지 않아 $sum = 0$ 이 되어 (2)식이 불능이 되거나 센서 잡음으로 이동경계가 약간 추출되어 카메라(또는 추적장)이 현재 위치에서 상하 좌우로 약간 떨리게 되는 현상을 방지하기 위하여 설정한 역치이다.

한편, 최근에 이동영역에서 과거경계(previous boundary)와 현재 경계(current boundary)를 구하여 두 경계의 무게중심(평균좌표)의 차로써 이동변위를 추출하는 방법이 제시된 바 있다.^[34] 그런데 이 알고리즘은 과거경계 및 현재 경계를 정확히 구하는데 필수적인 intra-frame connected된 DP 영역과 motion directed boundary를 찾는 데 큰 어려움이 있다.

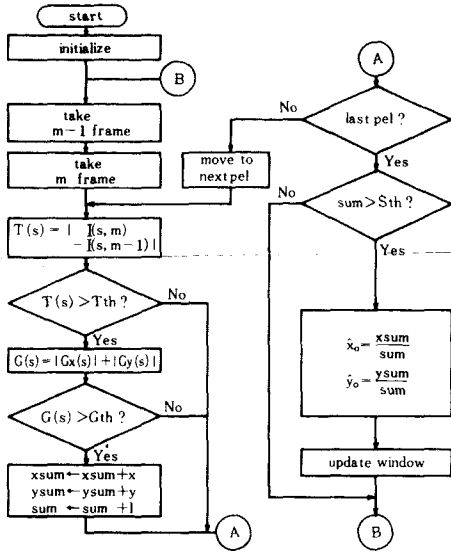


그림 5. 제안된 방법의 흐름도
Fig. 5. Flow chart of the proposed method.

그리고 이동변위를 추정함에 있어서 상대위치가 추출됨으로 실제 추적에서의 안정된 추적을 하기 위해서는 기준 프레임의 중앙에 물체가 위치해야 하는 제약이 따른다.

이에 반하여, 제안된 방법은 이동경계를 추출하는 방법이 (5)식과 같이 매우 간단하며, 현재 프레임에서 이동경계의 절대위치를 추출하기 때문에 물체가 기준 프레임의 중앙에 위치할 필요가 없다. 그리고 이동영역의 무게중심 추적법 보다 물체의 모양에 상관없이 현재 프레임에서 절대위치를 추출할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이동영역의 무게중심 추적법에 비해 공간 경사를 추가로 계산해야 하는 점이 있다.

IV. 실험 및 검토

본 알고리즘의 객관적인 성능평가를 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행한 후, 본 연구실에서 제작한 자동목표추적 장치^[37]에 실제로 적용하였다.

1. 컴퓨터 시뮬레이션

객관적인 성능평가를 위해 두장의 연속영상에서 이동 물체의 속도도를 추정할 때의 평균절대오차(mean absolute error, MAE)와, 연속영상에서 계속적으로 이동하는 물체를 추적해 가는 추적궤적을 조사하였다. 여기서 MAE는 다음과 같이 정의된다.

$$MAE = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (|\hat{\alpha}_i - \alpha_i| + |\hat{\beta}_i - \beta_i|) \quad (6)$$

여기서 (α_i, β_i) 및 $(\hat{\alpha}_i, \hat{\beta}_i)$ 은 각각 실제변위 및 추정 변위를 나타내며, N은 시행횟수이다. 본 논문에서는 수평 및 수직방향으로 각각 $-5 \sim +5$ pel씩 121번 시행하였다.

시뮬레이션에 사용된 영상은 그림 6 과 같은 120×120 화소의 CAR 및 SPHERE 영상이다. 여기서 CAR 영상은 인공으로 합성된 배경에 장난감 자동차를 디지털화하여 모자이크한 영상이며, SPHERE 영상은 같은 배경에 다음과 같은 밝기를 갖는 구 영상을 모자이크한 영상이다.

$$I(s, m) = \text{con} \cdot \sqrt{R^2 - C^2} + 140 \quad (7)$$

여기서

$$\text{con} = 3, R = 30$$

$$C^2 = (i - X)^2 + (j - Y)^2, s = (i, j)$$

$$X = \alpha + 60, Y = \beta + 60$$

α, β : 현재 및 과거 프레임 사이의 실제이동변위

이때 인공 합성된 배경은 평균이 80, 상관계수가 0.95이고 표준편차가 4인 2차원 Markov 신호를 발생시켜 만든 것이다. CAR 영상에 대한 시간경사 및 공간경사의 역치는 잡음이 없을 경우 각각 3,20을, 잡음이 섞일 경우 각각 10,40을 사용하였다. 그리고, SPHERE 영상에 대한 역치로는 잡음이 없을 경우 3,20을, 잡음이 섞일 경우 5,30을 사용하였다.



(a) CAR

(b) SPHERE

그림 6. 시뮬레이션에 사용된 시험 영상들
Fig. 6. Test images used in simulation.

CAR 및 SPHERE 영상에 대하여, 물체가 오른쪽으로 5pel 움직였을 때 이동경계를 추출해 보면 그림 7 과 같이 주어진다. 앞서 언급한 바와 같이, 과거 및 현재 프레임에서의 각 이동경계가 공통으로 만나는 부분에서 약간 끊어짐을 볼 수 있다. 그러나 물체의 전체적인 경계는 잘 추출되었다.

SNR에 따른 MAE를 CAR 및 SPHERE 영상에

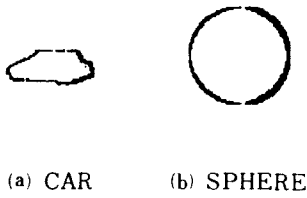


그림 7. 실제로 추출된 이동경계들
Fig. 7. Moving edges extracted actually.

대하여 조사하면 표 1 과 같다. 여기서 SNR은 최대 신호 전력비 대 잡음 전력비로 나타낸다. 그리고 MAE의 계산에 필요한 첫 프레임에서의 물체 무게 중심으로는, 둘째 프레임에서 물체를 수평 및 수직 방향으로 동시에 1pef 이동시켜 발생한 이동 경계의 무게중심을 사용하였다. 표 1에 의하면, 잡음이 없을 경우에 MAE는 두 영상 모두 0.2이하이다. 잡음이 섞인 경우에는 잡음으로 인하여 배경의 일부가 이동경계로 오인되어 추정성능이 저하된다. 그러나 그 영향이 크지 않아 SNR=30dB에서도 MAE가 1를 넘지 않는다.

표 1. SNR에 따른 성능(MAE)
Table 1. Performance(MAE) according to SNR.

SNR	CAR	SPHERE
noise free	0.200	0.171
36 dB	0.454	0.461
30 dB	0.657	0.607

제안된 방법과 기존의 1 프레임을 이용한 방법에 대하여 배경의 복잡도에 따른 MAE를 비교하면 그림 8 과 같이 주어진다. 여기서 σ_x 는 배경의 표준편차로서 배경의 복잡도를 나타낸다. 그리고 기존의 방법에서 단순 영상분할시 역치는 실험 결과 적절한 값인 100으로 하였다. 이 그림에서 제안된 방법에 비해 기존의 방법은 배경이 복잡해짐에 따라 속도 추정 성능이 크게 저하된다. 그 이유는 기존의 방법에서는 표준편차가 커짐에 따라 배경신호의 일부가 역치를 넘어 물체로 오인되기 때문이다.

다음으로, 추정성능 평가에 이어 추적 궤적을 조사하였다. 이때 사용된 영상은 앞서 사용한 배경을 120×300으로 확장하여 만든 배경에 CAR를 연속적

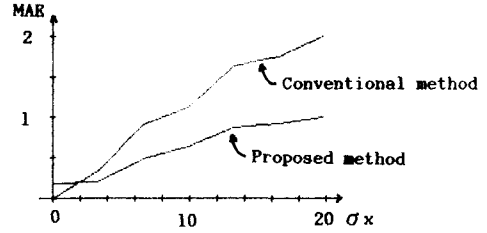
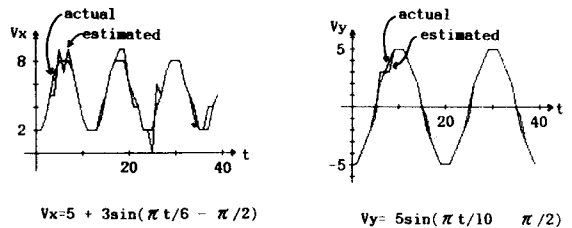
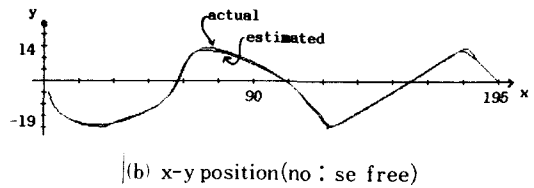


그림 8. 배경의 복잡도(σ_x)에 따른 성능(MAE)
Fig. 8. Performance(MAE) according to complexity(σ_x) of background.

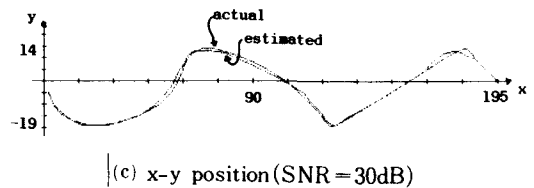
으로 움직이면서 모자이크하여 얻은 영상이다. 그리고, 배경보상은 하지 않았고 $S_{th} = 0$ 로 두었다. 그림 9의 (a)는 잡음이 없을 때 x방향과 y방향의 실제 속도에 대한 추정속도를 나타낸 그림이며 (b)는 물체의 실제이동에 대한 추적궤적을 x와 y의 2차원 위치로 도시한 그림이다. 여기서 국부적으로는 다소 벗어나더라도 다음 순간에 보상 추정하여 전반적으로 물체를 잘 추적함을 볼 수 있다. 그리고 잡음을 섞었을 때 추적궤적을 구하면 그림 9(c)와 같다. 여기서 SNR=30dB의 잡음이 심한 경우에는 추적성능이 다소 저하되나 전반적으로 큰 오차없이 추적함을 볼 수 있다.



(a) velocities of x and y directions (no : se free)



(b) x-y position (no : se free)



(c) x-y position (SNR = 30dB)

그림 9. 가속도 운동에 대한 추적궤적
Fig. 9. Tracking traces for acceleration.

그림10과 같이 전경이 물체를 가려 폐색이 생겼을 때, 제안된 방법과 1 프레임을 이용한 방법의 추적 궤적을 조사하면 그림11과 같이 주어진다. 여기서 사용된 전경은 높이 100pel, 폭 10pel인 bar 형태로써 평균이 175, 상관계수가 0.95이고 표준편차 4인 2차원 Markov 신호이다. 그림11(a)에서 제안된 방법은 폐색이 생기면 추적성능이 순간적으로 크게 저하되나 가려진 물체의 일부분이 다시 나타났을 때 보상추적하여 물체를 놓치지 않고 추적함을 볼 수 있다. 이에 반해 1 프레임을 이용한 방법은 그림11(b)와 같이 폐색이 생기면 추적 못하는 경우가 발생한다.



그림10. 폐색이 있는 영상
Fig. 10. Image with occlusion.

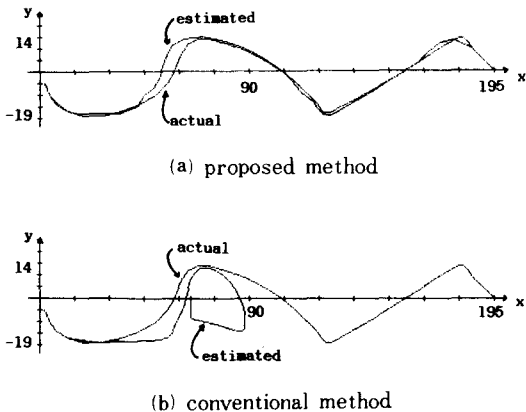


그림11. 폐색이 있는 가속도 운동에 대한 추적 궤적
Fig. 11. Tracking traces for acceleration with occlusion.

또한, 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 존재할 경우에, 제안된 방법과 1 프레임을 이용한 방법의 추적 궤적을 조사하면 그림12와 같다. 여기서 물체와 같은 밝기를 갖는 부분은 크기가 30×80 pel,

평균이 175, 상관계수가 0.95이고 표준편차 4인 2차원 Markov 신호로서 CAR와는 윗쪽으로 10 pel 떨어져 있다. 그림12(a)에서, 예상한 바와 같이 제안된 방법은 시간경사를 사용하기 때문에 배경영향이 적음을 확인할 수 있다. 그러나, 1 프레임을 이용한 방법은 그림12(b)에서와 같이 물체와 같은 밝기를 갖는 배경부분이 나타나면 추적 못하는 경우가 발생한다.

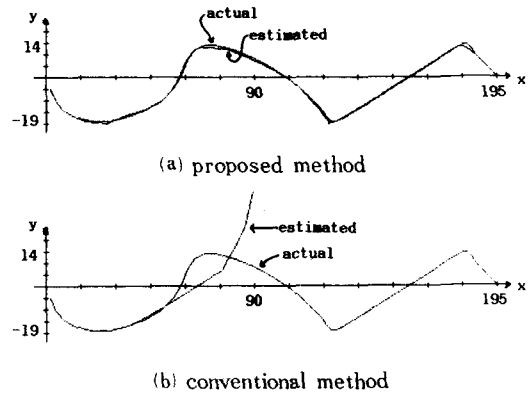


그림12. 목표물과 유사한 명암도의 배경물체가 있는 경우 가속도 운동에 대한 추적 궤적
Fig. 12. Tracking traces for acceleration with the background object whose gray levels are similar to those of a target.

2. 추적장치에의 적용

본 절에서는 제안된 방법을 실제 추적장치에 적용하여 그 성능을 평가하였다. 그에 앞서 추적 장치의 동작 원리를 살펴본다. 고속의 16bit 마이크로 프로세서를 중앙제어기로 사용하는 실제 추적장치의 동작원리는 그림13과 같다. 먼저 카메라로부터 8bit로 64×64 크기의 영상을 디지털화하여 메모리 버퍼에 2 프레임을 저장한 후 제안된 알고리즘을 적용시켜 이동변위를 추출하게 된다. 창 조절기는 이 추출된 변위로 창을 움직여 물체를 추적한다. 이 장치에 사용된 언어는 NOVA 어셈블리어¹⁰⁾이다.

적용 결과, 제안된 알고리즘은 약 6 frames/sec을 처리하였다. 분산이 16정도인 책상위에서 장난감 자동차를 좌우로 약간 흔들며 앞으로 움직이거나 회전을 시켰을 때에도 안정되게 추적 하는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 손가락으로 약간 장난감 자동차를 가려서 폐색을 시켰을 때도 추적창은 순간적으로 불안하지만 전반적으로 잘 추적하였다. 이때, $S_{th} = 100$ 으로 하였고, 배경보상은 처리속도문제로 하지 않

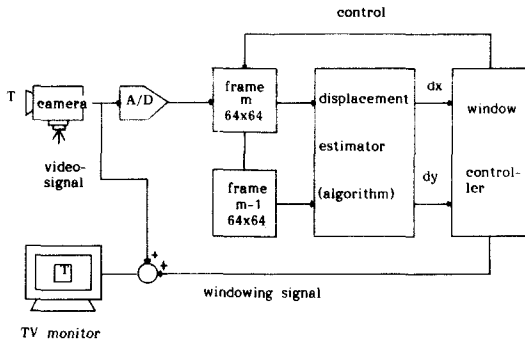


그림13. 자동목표 추적 장치의 구조
 Fig. 13. Schematic diagram of the automatic target tracker.

았다.¹²⁾ 그림14는 제안된 알고리즘을 추적장치에 적용한 경우, 추적창이 장난감 자동차를 추적하는 순간을 보여준다.

한편, 본 실험에서의 상황보다 더 복잡한 실제 상황에서 추적기가 신뢰도 높게 동작하기 위해서는, 속도 추정기 및 입력부 등으로 부터 상태 정보를 수집하여 시스템 파라미터를 조절함으로써 상황변화에 유연성 있게 대처해 나가는 상황 진단부를 별도로 장착해야 될 것으로 판단된다.

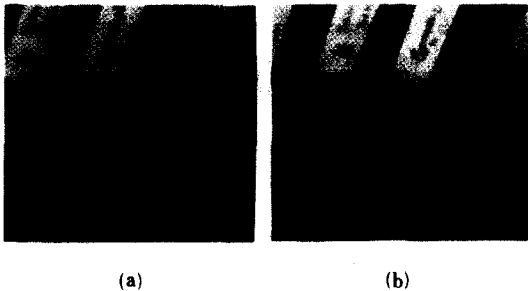


그림14. 실시간 추적장면 : (a)→(b)
 Fig. 14. Real-time tracking instants : from (a) to (b).

3. 다른 알고리즘들과의 비교

본 절에서는 무게중심법에 속하는 제안된 방법과 이동경계의 정합법 및 계층적 정합법, 그리고 시공간 검사법의 성능을 비교하기로 한다. 여기서 이동경계의 정합법¹²⁾은 현재 프레임에서 이동경계를 추출한 후, 이 이동경계를 틀영상으로 하여 과거 프레임에서 3 단계 조사법으로 유사성을 조사하여 정합점을 찾는 방법이다. 계층적 정합법¹⁰⁾은 과거 프레임과 현

재 프레임의 해상도를 각각 줄여서 기준점을 중심으로 주위에 8 방향에 대해 정합점을 찾은 후, 해상도를 1 단계씩 높여가면서 계속 정합점을 찾는 방법이다. 그리고, 시공간 검사법¹³⁾은 물체의 이동으로 인하여 생기는 밝기의 시간적 변화도와 공간적 변화도 사이의 상호 관계로부터 이동변위를 추출하는 Limb-Murphy 방법을 개선시킨 방법이다.

각 방법들을 여러가지 상황에서의 성능 및 특성을 정리하면 표 2와 같다. 먼저, 제안된 방법의 최대 추정 변위는 다른 알고리즘에 비해 특별한 제한이 없으므로, 물체가 창안에만 있으면 큰 변위도 추정이 가능하다. 그러나 정합법들은 계산량을 줄이기 위해 최대 추정 변위를 6 또는 7 pef으로 제한하였다. 또한 시공간 검사법은 이동변위 계산시 고차항의 영향으로 4pef 이상의 변위에서는 성능이 급격히 저하된다. 그리고 처리 속도면에서 보면, 제안된 방법은 6 frames/sec로서 시공간 검사법보다 다소 느리지만 이동경계의 정합법보다는 2 배 정도 빨리 처리한다.

또한 각 방법들의 잡음 영향을 보기위해 SNR = 30dB인 경우 MAE를 조사하였다. 여기서 물체의 이동변위는 수평 및 수직 방향으로 -5~+5 pef씩 121 회 추정한 것이다. 제안된 방법은 정합법들에 비해서는 성능이 떨어지나 시공간 검사법과는 유사한 성능을 나타낸다. 그러나 제안된 방법은 물체의 이동 변위를 ± 5 ~ ± 10 pef으로 크게 움직이면 SNR = 30dB에서 MAE=0.49가 되어 추정 성능이 좋아진다. 그러나 다른 알고리즘은 이동변위를 크게 하면 추정

표 2. 여러가지 추적 알고리즘 들의 성능비교
 Table 2. Performance comparision of various tracking algorithms.

	the proposed	hierarchical matching	moving-edges matching	spatio-temporal gradient
1 max. estimated displacement (pels/frame)	unlimited	7	6	4
2 processing speed (frames/sec)	6	6	3	7
3 effect of noise (MAE in SNR=30 dB)	0.657	0.038	0.017	0.667
4 effect of complex background (MAE in $\sigma_s = 8$)	0.493	1.496	0.207	2.418
5 robustness to occlusion	good	poor	very good	very poor

성능이 저하되는데, 특히 시공간 경사법은 그 정도가 심하다.

배경 영향을 알아보기 위하여 배경의 표준편차가 $\sigma_x = 8$ 일 때 MAE를 비교해 보면, 제안된 방법이 이동경계의 정합법 다음으로 배경영향을 적게 받는다. 한편, 시공간 경사법은 배경영향이 대단히 큰 것으로 나타났다. 또한 계층적 정합법도 배경이 복잡하게 되면 유사성을 계산할 때 배경영향이 크게 작용하여 추정성능이 저하된다.

다음으로 폐색이 생겼을 경우 추정성능의 양호도를 비교해 본다. 여기서 제안된 방법은 폐색으로 인하여 물체부분이 가려진 만큼 이동경계의 무게중심에 오차를 가져오기 때문에, 이동경계의 정합법보다는 추정 성능이 다소 저하된다. 그러나 계층적 정합법과 시공간 경사법에 비해서는 양호하다.

V. 결 론

기존의 무게중심 추적방법에서 나타나는 영상분할의 어려움을 피하기 위하여, 제안된 방법에서는 2 프레임에서 시공간경사를 사용하여 이동경계를 추출한 후 이 이동경계의 무게중심을 추적하는 알고리즘을 제시하였다. 제안된 방법은 기존의 1 프레임이 이용하는 방법에 비해 메모리는 2배 필요하지만, 시공간 경사를 사용함으로써 배경의 영향을 배제하여 비교적 간단한 알고리즘으로 영상분할을 쉽게 할 수 있다. 그리고 공간 경사까지 사용함으로써 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 있거나 폐색이 생겼을 때도 추적할 수 있다. 또한 전체 알고리즘이 더하기 연산만으로 이루어지기 때문에 하드웨어 구현이 용이하다. 뿐만 아니라 제안된 방법은 최대 추정변위에 대한 제한이 없으므로 빠른 물체의 이동에도 추적할 수 있다. 실제 추적장치에 적용한 결과, 병진 운동이 아닌 물체의 이동에 대해서나 폐색이 발생하는 경우에 대해서도 잘 추적함을 확인하였다.

參 考 文 獻

- [1] R. Paguin and E. Dubois, "A Spatio-temporal gradient method for estimating field in time-varying imagery," *Computer Graphics and Image Processing* 21, pp. 205-221, 1983.
- [2] K.Y. Choi, N.C. Kim and C.H. Youn, "Real-time automatic target tracking based on spatio-temporal gradient method," *Proc. TENCON 87, IEEE Region 10 Conference*, vol. 1, pp. 247-250, 1987.
- [3] 윤찬현, 시공간 경사법에 근거한 강잡음 속도

추정기의 구현, 경북대학교 대학원 석사학위논문, 1985년 6월.

- [4] N.C. Kim, I.H. Jang, J.D. Kim and J.K. Kim, "Real-time automatic target tracking based on spatic-temporal gradient method with generalized least square estimation," *Proc. ICASSP 88, New York, M7.6*, pp. 1088-1091 Apr. 1988.
- [5] J.O. Limb and J.A. Murphy, "Estimation the velocity of moving image in television signals," *Computer Graphics and Image Processing* 4, pp. 311-321, 1975.
- [6] J.O. Limb and J.A. Murphy, "Measuring the speed of moving objects from television signals," *IEEE Trans. Commun.*, COM-23, pp. 474-477, 1975.
- [7] 김종대, 영상신호에서 물체의 이동정보 검출에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위논문, 1984년 12월.
- [8] 김경수, 이상욱, 송유섭, "Fast 2 차원 동 표적 추적 알고리즘," 한국전자공학회논문지, 제22권 제1호, pp. 75-85, 1985.
- [9] J.I. Potter, "Scene segmentation using motion information," *Computer Graphics and Image Processing* 6, pp. 558-581, 1977.
- [10] 김세환, 고속 정합법에 의한 실시간 자동목표 추적, 경북대학교 대학원 석사학위논문, 1986년 12월.
- [11] W.B. Thompson and S.T. Barnard, "Lower-level estimation and interpretation of visual motion," *IEEE Comput. Mag.*, pp. 20-28, Aug. 1981.
- [12] 천인서, 김남철, 장익훈, 이동영역을 틀영상으로 한 실시간 자동목표추적, 전자공학회논문지, 제24권 4호, pp. 137-148, 1987.
- [13] R. Srinivasan and K.R. Rao, "Predictive coding based on efficient motion estimation," *IEEE Trans. Commun.*, COM-33, pp. 888-896, 1985.
- [14] S. Kappagantula and K.R. Rao, "Motion compensated predicitive coding," *SPICE's 27 th annual international symposium*, pp. 21-26, 1983.
- [15] J.R. Jain and A.K. Jain, "Displacement measurement and its application in information image codings," *IEEE Trans. commun.*, COM-29, pp. 1799-1808, 1981.
- [16] 이상욱, 형상인식 및 추적기술 개발연구(1차년도), 최종보고서, 과학기술처, pp. 619-649, 1987년 6월.

- [17] A.L. Gilbert and et al, "A real-time video tracking system," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel.*, PAMI-2, pp. 47-56, 1980.
- [18] A.L. Gilbert, "Video data conversion and real-time tracking," *IEEE Computer*, pp. 50-56, Aug. 1981.
- [19] 이진학, 도심추출법에 의한 실시간 영상표적기의 구현, 경북대학교 대학원 석사학위논문, 1986년 12월.
- [20] 황신환, 실시간 추적기의 구현을 위한 동적영상의 영상영역화기법, 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 1987년 12월
- [21] 석민수, 자동목표추적장치에 관한 연구(1차), 최종 보고서, 한국과학기술원, 1983년.
- [22] P.B. Stanley, Performance Evaluation and Future Applications of Two Solid State Imaging Array Tracking System, Electro-Optic Lab. Martin Arietta Corporation, Orlando Florida, USA.
- [23] G. Hirzinger and W. Snyder, "Automated TV tracking of moving objects the DFVLR-tracker and related approaches," Proc. ICASSP, pp. 1255-1261, 1980.
- [24] W.L. Wolfe and G.J. Zissis, The Infrared Handbook, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, DC, pp. 22-63-22-85, 1978.
- [25] W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Dynamic scene analysis," A Survey, *Computer Graphics and Image Processing* 7, pp. 356-374, Jun. 1978.
- [26] W.B. Thompson, "Combining motion and contrast for segmentation," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel.*, PAMI-2, pp. 543-549, Nov. 1980.
- [27] G.R. Legters and T.Y. Young, "A mathematical model for computer image tracking," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel.*, PAMI-4, pp. 583-594, 1982.
- [28] D.J. Connor and J.O. Limb, "Properties of frame-difference signals generated by moving images," *IEEE Trans. Commun.*, COM-22, pp. 1564-1575, Oct. 1974.
- [29] S. Yalamachili, W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Differencing operations for the segmentation of moving objects in dynamic scenes," Proc. ICASSP, pp. 1239-1242, 1980.
- [30] M. Yachida et. al., "Automatic analysis of moving image," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel.*, PAMI-1, pp. 12-19, Jan. 1981.
- [31] 이종배, 움직임 정보를 이용한 시변영상의 분할에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위논문, 1986년 12월.
- [32] 고봉수, Moving Edge를 이용한 움직이는 물체의 추출에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위논문, 1985년 12월.
- [33] R. Jain, "Extraction of motion information from peripheral processes," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel.*, PAMI-3, pp. 489-503, 1981.
- [34] 장순화, Difference Picture의 영역과 경계를 이용한 이동벡터의 추정과 이동물체의 추출, 한국과학기술원 석사학위논문, 1986년 12월.
- [35] R. Jain, W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Segmentation through the detection of changes due to motion," *Computer Graphics and Image processing* 11, pp. 13-14, 1979.
- [36] 배정효, "이동경계의 무게중심에 의한 실시간 자동목표추적," 경북대학교, 영상통신연구실 메모, vol. 1-4, 1987년.
- [37] 공태호, "다기능 영상처리 시스템의 하드웨어 구현," 전자공학회논문지, 제24권 2호, pp. 133-141, 1987년.
- [38] Data General, How to Use the NOVA Computers, 1974. *

著 者 紹 介

裴 廷 孝 (準會員)

1964年 1月 6日生. 1986年 2月
경북대학교 전자공학과 공학사학
위 취득. 1988年 2月 경북대학교
대학원 전자공학과 석사학위 취득.
주관심분야는 디지털 통신 및 영
상처리 등임.

金 南 哲 (正會員) 第25卷 第10號 參照

현재 경북대학교 전자공학과
교수