

고속 정합법에 의한 실시간 자동 목표추적

김 세 환^o 김 남 철

경북대학교 전자공학과

Real-time Automatic Target Tracking Based on
a Fast Matching Method

Sae Hoan Kim, Nam Chul Kim

Dept. of Electronics, Kyungpook National Univ.

Abstract

In this paper, a fast matching method using subtemplate and search - and - down technique to reduce very heavy computational load of the conventional matching method, is presented. The proposed method is applied to an automatic target tracker in order to track one moving object in comparatively simple background. Experimental results show that its performance is not so degraded in spite of high computational reduction as that of the conventional matching method.

I. 서 론

목표물을 자동으로 추적하는 기술은 목표물의 추적 외에도 원격감시 및 탐지등에도 적용할 수 있으며 교통량 제어와 로봇트 및 컴퓨터 비전등에도 응용할 수 있다. 여기서 이동정보의 검출은 목표추적에 필수적일 뿐만 아니라 영상 데이터 감축 과 형태인식 등에서도 중요한 요소이므로 이들 분야에서도 활발히 연구되고 있다.

영상 데이터 감축에서는 정합점(matching point)으로부터 멀어질수록 유사성이 단조감소한다는 가정하에서 창 의 이동을 규칙화하여 창 의 이동수를 줄임으로써 계산량을 감소시켰다. 이러한

형태의 대표적인 알고리즘으로는 Jain 의 2-D log search, Koga 등의 3-step search, Rao 의 one-at-a-time search(OTS)등이 있다. 한편, 형태인식에서는 정합점일 확률이 매우높은 위치에 대해서만 풀 전체에 대하여 유사성을 조사하거나, 또는 계층적인 구조로 조사하여 계산량을 감소시켰다. 이러한 방법들은 two-stage template matching, sequential decision 방법, ordered search 방법, 그리고 계층적 조사법 등이 있다.

본 연구에서는 정합법에 근거하여 조사법으로는 일종의 계층적 조사법인 search-and-down 방식을 제안하여 사용하고, 동시에 유사성의 계산시에는 부분틀만을 사용함으로써 계산량을 대폭 감소시켜 실시간 처리를 가능케 하였다. 이 때 유사성의 척도로서 평균절대차 (MAD, mean absolute difference) 를 사용하고, 하나의 목표물에 대하여 추적한다고 가정하였다. 이와같이 제안된 방법을 자동 목표추적장치에 실제로 적용하여 그 타당성을 확인하였다.

II. 정합법의 기본

목표물의 추적은 연속된 영상들 간에 추정된 변위로 카메라를 제어함으로 이루어진다. 이 때 변위의 계산에 이용되는 영상은 이전 프레임(previous frame)과 현재 프레임(current frame)인데, 목표추적에서는 이전 프레임의 일부를

3. 원 영상에서의 해석

영상을 계층적인 구조로 만들 때 이전저리없이 subsampling을 하기 때문에 각 레벨 영상을 만들지 않고서도 0레벨 영상 즉, 원 영상에서의 해석이 가능하다. 앞에서 제시한 바와같이 search-and-down 방식에서는 L레벨에서 영상변위들의 간격은 $lpel$ 이었고 유사성의 계산시 대응쌍의 선택간격은 $a pel$ 이었다. 그러므로 0 레벨에서 영상변위의 간격은 $4R=2$ 가 되며 유사성의 계산시 대응쌍의 선택간격은 $4W=a \cdot 2^L$ 가 된다. 지금까지 설명한 것을 간략하게 정리하면 다음과 같다.

과정 1 주어진 p 에 대하여 $L \leftarrow K$

과정 2 $4R \leftarrow 2^L$, $4W \leftarrow a \cdot 2^L$, $4R$ 간격의 9개의 근방에 대하여 $4W$ 간격으로 부분블을 구성하고 유사성 (MAD) 을 계산한다.

과정 3 유사성이 최대인 영상변위를 중심으로 한다. $L \leftarrow L-1$, $L > 0$ 이면 과정 2로 간다. 아니면 과정 4로 간다. 과정 4 최종 중심이 되는 영상변위가 정합점이다.

IV. 실험결과 및 검토

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 먼저, 컴퓨터 시뮬레이션을 행하고 이 결과를 바탕으로 하여 자동 목표추적장치에 실제로 적용하였다.

1. 컴퓨터 시뮬레이션

컴퓨터 시뮬레이션에서는 두 장의 영상만을 가지고 목표물의 이동정보를 예측하는 정도를 나타내는 추정성능과 연속된 영상에서 추정되어진 이동정보로 목표물을 계속 추적해 가는 정도를 나타내는 추적성능을 조사하였다. 여기서 사용된 표적은 실제 장난감 자동차가 있는 장면을 디지털화한 영상에서 자동차(CAR) 부분만을 분리하여 만들었다. 이때 물의 크기는 100×100 으로 하였으며, 최대 영상변위를 $p=7$ 로 기정 하였다. 그러면 최대레벨 값은 $K=2$ 로 주어진다.

본 연구에서 추정성능은 추정오차 크기의 본포 및 MAE(mean absolute error)로서 평가한다. 여기서 MAE는 수평, 수직 방향으로 변위를 +5 - -5, 즉 121번 변화시키면서 계산하게 된다. 추정성능과 기본적인 정합법에 대한 계산이득을 제안된 방법과 3-step 알고리즘에 대해 조사하여 비교하면 표 1과 같다. 여기서 알 수 있듯이 a 가 증가할수록 추정성능이 저하되는 반면에 계산 이득은 급격히 증가함을 알 수 있다.

잡음이 없는 상황에서 CAR가 가속도 운동을 할 때의 추적성능을 조사하면 그림2과 같다. 여기서 제안된 알고리즘이 극부적으로는 다소 오차가 있더라도 다음에 더 추정하여 보완함으로써 전체적으로 잘 추적해 감을 볼 수 있다.

2. 자동 목표추적장치에의 적용

본 논문에서 사용된 자동 목표추적장치는 그림3과 같고, 이 시스템의 제한은 표 2와 같다. 다음으로 그림 4과 같은 구조를 가진 이 장치의 동작원리를 알아보자. 먼저, 카메라로부터 영상신호가 입력되면 추적창 내의 화면을 디지털화하여 프레임 버퍼에 저장한다. 프레임버퍼에 저장된 영상을 이용하여 변위추정기에서는 소프트웨어적으로 목표물의 수평 및 수직방향의 변위를 각각 추정해 내고, 창위치조정기는 그 추정변위만큼 추적창의 위치를 옮김으로써 이루어진다. 그림 5은 제안된 방법에 의해 추적 창이 목표물을 따라 이동해가는 장면을 나타낸다.

먼저, 목표물을 가리는 배경이 있을 경우 목표물이 반 이상 가려진 경우에 대해서도 추적할 수 있었고 또한 배경에 여러가지 물체가 목표물과 함께 있을 경우에도 좋은 추적성능을 나타내었다. 그러나 크기와 모양이 비슷한 물체가 목표물을 가리는 경우에는 추적에 불안하였다. 한편, 또한 물체를 회전시키면서 진행시켰을 때에도 안정되게 추적해가는 것을 볼 수 있었다.

블로 하고 현재프레임을 조사영역으로 하게된다. 여기서 블의 크기가 $M \times M$ 이면 조사영역의 크기는 $(M + 2p) \times (M + 2p)$ 보다 커야 한다. 여기서 p 는 최대 예상변위를 나타낸다. 이경우 가능한 예상변위의 수는 $(2p + 1)$ 이며 이들 중 유사성이 가장 큰 값을 갖는 예상변위에서 정합되었다고 한다. 이 때의 예상변위를 정합점이라 칭한다. 이러한 기본적인 정합법 (brute force search)의 계산량 C 은 다음과 같다.

$$C = M^2 (2p + 1)^2 \quad (1)$$

III. 고속 정합 알고리즘

앞장의 (1)식에서 알 수 있듯이 기본적인 정합법에서의 계산량은 블의 크기와 최대 예상변위에 비례하므로 본 연구에서는 계산량을 감축시키는 방법으로 예상변위의 수를 감축시키는 것과 임의의 예상변위에서 유사성을 구할 때 부분블을 사용하여 대응쌍의 수를 감축시키는 것으로 나누어 제안하였다.

1. 예상변위 수의 감축

먼저, 예상변위 수를 줄이기 위하여 영상을 계층적인 구조로 만든 후 낮은 해상도 영상에서 시작하여 해상도를 높여 가면서 조사하는 계층적 조사법을 도입하였다. 앞으로 해상도는 레벨로서 표시하고 레벨이 높을수록 낮은 해상도를 나타내는 것으로 한다. 본 연구에서는 최대레벨을 어떤 값 K 로 제한하고 K 값 이하의 L 레벨 영상은 $L-1$ 레벨 영상의 화소들을 이전 처리없이 각각 수평, 수직방향으로 2:1 subsampling하여 만든다.

또한, 이와같이 구성되는 조사영역과 블에 대하여 다음과 같은 조사규칙을 제시하였다. L 레벨에서는 이전레벨에서 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위와 그 주위의 8방향에 있는 예상변위들 즉, 9개의 근방에 대하여만 유사성을 계산한 뒤 그 중 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위로 중심을 옮기고 그림1과

같이 레벨을 하나 내린다. 이렇게 0 레벨까지 반복하여 0 레벨에서 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위를 정합점이라 판단한다. 이와같이 조사하는 방법을 search-and-down 이라 칭한다. 따라서 search-and-down 방식에서는 임의의 L 레벨에서 추정할 수 있는 변위가 2 이므로 최대 예상변위 p 와 최대 레벨값 K 와의 관계는 다음과 같이 된다.

$$p = \sum_{l=0}^K 2^l \quad (2)$$

그리고 L 레벨에서의 계산량은 블의 크기가 $M^2 / 2^L$ 이므로 $9M^2 / 2^L$ 이 된다. 그러므로 search-and-down 방식으로 조사할 때 기본적인 정합법의 계산량에 대한 계산이득 η_1 은 (1)식 및 (2)식 등으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$\eta_1 = \frac{M^2 (2p + 1)^2}{\sum_{l=0}^K 9M^2 / 2^{2l}} \quad (3)$$

2. 대응쌍 수의 감축

앞서 제시된 search-and-down 방식으로 조사하면 (2)식에서 보여 주는 바와같이 계산량이 많이 감축될 수 있지만 실시간 처리를 하기에는 여전히 계산량이 많다. 그러므로 본 연구에서는 더욱 계산량을 줄이기 위하여 부분블을 사용하였다. 여기서 부분블은 블의 화소를 수평, 수직방향에 대하여 각각 임의의 a 간격으로 subsampling되어 구성된다. 이와같이 부분블을 사용함으로써 블 전체를 사용할 경우에 대한 계산이득은 a^2 이다. 본 연구에서는 성능면과 적용하고자 하는 목표 추적장치의 처리속도를 감안해서 $a=2$ 를 선택하였다.

이렇게 계층적인 구조에서 search-and-down 방식으로 조사하고, 유사성을 계산함에 있어 부분블을 사용함으로써 얻어지는 전체 계산이득은 다음과 같이 주어진다.

$$\eta = a^2 \eta_1 \quad (4)$$

Table 1. Performance of velocity estimation according to subsampling step 'a' for CAR

algorithm	MAE	error distribution					computational efficiency	
		1	$\sqrt{2}$	2	$\sqrt{5}$	3		
1-step search	0.008	2	0	0	0	0	6.76	
proposed algorithm	a=1	0.033	4	0	2	0	0	19.04
	a=2	0.062	6	0	3	0	1	76.19
	a=4	0.231	17	1	5	1	8	304.76

Table 2. Specification of the automatic target tracker

System spec.	CPU	F9445 16 bit microprocessor
	Instruction execution time	375 nsec
	Clock frequency	16 Mhz
	System memory	32 Kwords
	Frame memory	64 Kbytes
Language		NOVA assembly
Digitization	Speed	30 frames/sec
	Bits per pixel	8 bits
	Size	64 x 64
	Sampling rate	6 Mhz

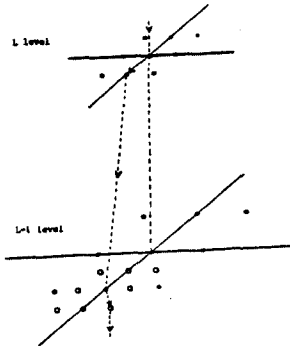


Fig. 1. Search - and - down method

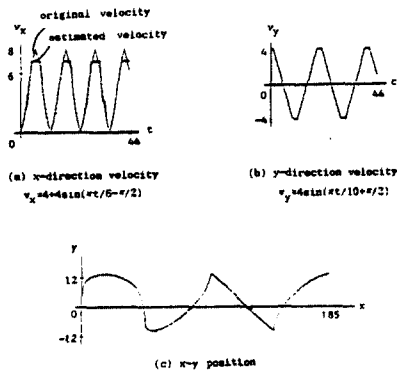


Fig. 2. Tracking performance for acceleration (noise free)

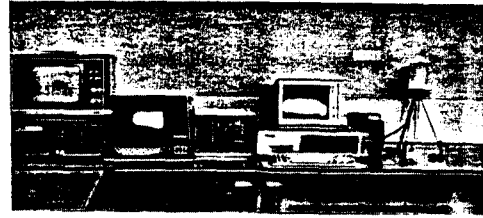


Fig. 3. Automatic target tracker

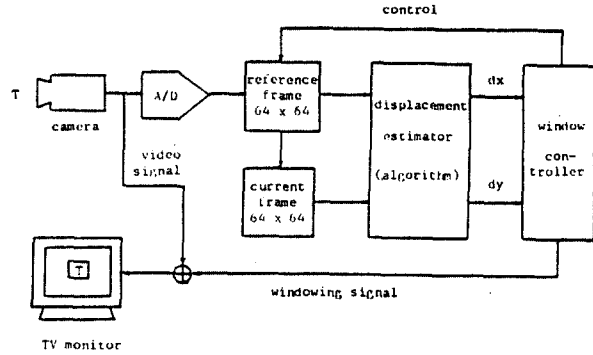
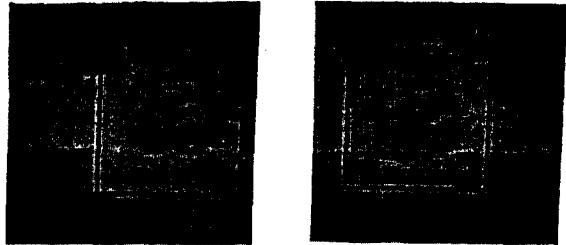


Fig. 4. Structure of the automatic target tracker



(a) (b)

Fig. 5. Target tracking operation ; (a) → (b)

VI. 참고 문헌

- [1] G. J. Vanderbrug and A. Rosenfeld, "Two-stage template matching," IEEE Trans. Comput., C-26, pp. 384-393, 1977.
- [2] 공태호, 김남철, "다기능 영상처리 시스템의 하드웨어 구현," 전자공학회 논문지 제23권 2호, 1987년 3월.
- [3] R.Y. Wong and E.L. Hall, "Sequential hierarchical scene matching," IEEE Trans. Comput., C-27, pp.359-366, 1978.