

고속 정합법에 의한 실시간 자동목표 추적

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

金世煥*, 金南哲**

(Se Hwan Kim and Nam Chul Kim)

要約

본 논문에서는 기존의 정합법에서의 과도한 계산량을 줄이기 위해서 계층적 근방조사법과 부분틀을 사용하는 고속 정합법을 제시하였다. 제안된 방식에서의 몇가지 파라미터들은 이 방식이 실제 자동 목표추적 장치에 적용될 경우 비교적 단순한 배경에서 하나의 이동물체를 잘 추적할 수 있도록 선택되었다. 실험결과, 이 방식은 상당한 계산량의 감소에도 불구하고 삼단계 조사법을 사용하는 정합법에 비해 크게 저하되지 않은 좋은 성능을 나타내었다.

Abstract

In this paper, a fast matching method using hierarchical neighborhood search and subtemplate to reduce very heavy computational load of the conventional matching method, is presented. Some parameters of the proposed method are chosen so that an automatic target tracker to which it is applied can track one moving object well in comparatively simple background. Experimental results show that its performance is not so degraded in spite of high computational reduction over that of the matching method using 3-step search.

I. 서론

목표물을 자동으로 추적하는 기술은 목표물의 추적 외에도 원격감시 및 탐지 등에도 적용할 수 있으며 교통량 제어와 로봇트 및 컴퓨터비전 등에도 응용할 수 있다. 여기서 이동정보의 검출은 목표추적에 필수적인 뿐만 아니라 영상데이터 감축^[1]과 형태인식^[2] 등에서도 중요한 요소이므로 이들 분야에서도 활발히 연구되

고 있다.

이동정보의 검출방법은 크게 정합법(matching method),^[3-11] 시공간 경사법(spatio-temporal gradient method),^[12-15] 특징 추출법(feature extraction method)^[16-20] 등으로 나눌 수 있다. 특징추출법은 영상의 특징되는 정보를 추출하고 난 후, 이를 이용하여 이동정보를 검출하는 방법으로 잡음이 많이 섞이거나 복잡한 배경에서도 좋은 성능을 나타낼 수 있다. 그러나 특징을 추출하는 기존의 방법들이 대단히 복잡하여 많은 시간을 필요로 하게 되므로 실시간 처리가 어려운 단점이 있다. 시공간경사법은 물체가 이동함으로써 생기는 시간상의 밝기변화와 공간상의 밝기변화 사이의 관계를 이용하는 방법으로써 하드웨어 구성이 용이하고 계산속도가 빠르며 2 pef(pels/frame) 이하의 속도에서는 좋은 성능을 보인다. 그러나 잡음이 섞이거나 배

*準會員, 金星電氣技術研究所

(R & D Lab., GoldStar Elec. Co., Ltd.)

**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: 1987年 3月 20日

(※ 본 연구는 서울대학교 공과대학 위탁연구과제의 일부로 이루어진 것임.)

경이 복잡한 경우, 또는 속도가 2 pef 이상일 경우에는 추정성능이 저하되는 단점이 있다. 한편, 정합법은 조사영역에서 창(window)을 예상변위로 이동시키면서 창과 기지의 틀(template) 사이의 유사성을 계산하여, 여러 예상변위 중에서 유사성이 가장 큰 값을 갖는 예상변위를 찾음으로써 이동정보를 검출하는 방법이다. 이 방법은 추정성능이 비교적 우수하지만 계산량이 틀의 크기와 창의 이동수에 따라 비례하므로 많은 계산량을 필요로 한다. 이러한 정합법 상의 문제를 해결하기 위하여 지금까지 영상 데이터 감축과 형태인식 분야에서 많은 연구가 되어 왔다.

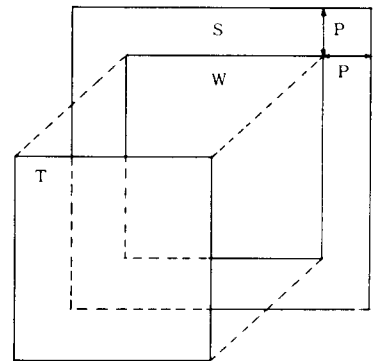
영상 데이터 감축에서는 정합점(matching point)으로부터 멀어질수록 유사성이 단조감소 한다는 가정하에서 창의 이동을 규칙화하여 창의 이동수를 줄임으로써 계산량을 감소시켰다. 이러한 형태의 대표적인 알고리즘들로는 Jain³⁾의 2-D log search, Koga⁴⁾ 등의 3단계 조사법(3-step search), Rao⁶⁾의 one-at-a-time search(OTS) 등이 있다. 한편, 형태인식에서는 정합점일 확률이 매우 높은 위치에 대해서만 틀 전체에 대하여 유사성을 조사하거나, 또는 계층적인 구조로 조사하여 계산량을 감소시켰다. 이러한 방법들로는 two-stage template matching,⁷⁻⁹⁾ sequential decision 방법,¹⁰⁾ ordered search 방법,¹¹⁾ 그리고 계층적 조사법¹²⁾ 등이 있다. 먼저, two-stage template matching은 조사하는 과정을 두 부분으로 나누어 첫째 과정에서는 부분틀(subtemplate)을 사용하여 유사성을 구하고 둘째 과정은 첫째 과정에서의 조건을 만족하는 위치에서만 틀 전체에 대하여 유사성을 계산하는 방법이다. 이 방법에서 사용되는 부분틀은 틀의 부분 영역(subarea)¹⁷⁾이나 해상도를 줄여서¹⁸⁾ 사용되거나, 또는 틀로부터 임의로 선택된 화소들의 집합¹⁹⁾이 사용된다. Sequential decision 방법과 ordered search 방법은 틀의 화소와 창의 화소와의 밝기차를 더해가면서 주어진 역치(threshold)와 비교하여 역치 이상이면 중단하고 다음 위치로 창을 옮기는 방법이다. 그리고 계층적 조사법은 계층적으로 영상을 만든 후에 낮은 해상도 영상에서부터 점차 해상도를 높여 가면서 조사하는 방법이다. 이러한 기존의 방법에서 창의 이동수를 줄이는 것은 한계가 있고 틀의 크기가 클 경우에는 계산량이 많아지므로 빠른 속도의 연속적인 영상을 처리해야 하는 실시간 목표추적은 어렵다.

본 논문에서는 정합법에 근거하여 조사법으로는 계층적 근방조사법을 제안하여 사용하고, 동시에 유사성의 계산시에는 부분틀만을 사용함으로써 계산량을 대폭 감소시켜 실시간 처리를 가능케 하였다. 이때 유사성의 척도로서 평균절대차(MAD, mean absolute dif-

ference)를 사용하고 모양이 변하지 않는 물체(rigid body), 병진운동, 복잡하지 않은 배경, 그리고 하나의 목표물에 대하여 추적한다고 가정하였다. 제안된 방식에서의 몇가지 파라미터들은 이 방식이 실제 자동 목표추적 장치에 적용될 상황을 고려하여 적절히 선택되었다. 여러가지 실험결과, 이 방식은 상당한 계산량의 감소에도 불구하고 삼단계 조사법을 사용하는 정합법에 비해 크게 저하되지 않는 좋은 성능을 나타내었다.

II. 원시적 조사법에 의한 정합법

목표물의 추적은 연속된 영상들 간에 추정된 변위로 카메라를 제어함으로써 이루어진다. 정합법에 의한 변위의 계산은 이전프레임(previous frame)을 틀로 하고 현재 프레임(current frame)을 조사영역으로 하여 수행되며, 목표물은 이전 프레임 내부(FOV, field of view)에 있다고 가정한다. 그림 1은 조사영역(search region)과 틀을 기하학적으로 나타낸 것이다. 여기서 틀의 크기가 M×M이고 최대 예상 변위가 p이면 조사영역의 크기는 (M+2p)×(M+2p) 보다 커야 한다. 이 경우 가능한 예상변위의 수는 (2p+1)²이고, 이들 중 유사성이 가장 큰 값을 갖는 예상변위에서 정합되었다고 간주한다. 이때의 예상변위를 정합점이라 칭한다.



T : template, S : search region,
W : window, p : maximum expected displacement

그림 1. 조사영역 및 틀의 기하학적 구조
Fig. 1. Geometry for search region and template.

본 논문에서는 유사성의 척도로 다음과 같은 평균절대차(MAD)를 사용하였다.

$$D(i, j) = \frac{1}{M^2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M |T(m, n) - S(m+i, n+j)|, \quad (i, j) \in V \quad (1)$$

여기서 T 및 S는 각각 틀과 조사영역의 화소 값을

나타내며, V 는 예상변위들의 집합을 나타낸다. 모든 가능한 예상변위에 대해서 유사성을 조사하는 원시적 조사법(brute-force search)에 의한 정합법의 계산량 C 는 (1)식에서의 절대차의 연산횟수를 기준으로 하여 표현할 때 다음과 같이 주어진다.

$$C = M^3 (2p+1)^2 \quad (2)$$

III. 고속 정합 알고리즘

알장의 (2)식에서 알 수 있듯이 원시적 조사법에 의한 계산량은 틀의 크기와 최대 예상변위에 비례하므로 본 논문에서는 계산량을 감축시키는 방법으로 예상변위의 수를 감축시키는 것과 임의의 예상변위에서 유사성을 구할 때 부분틀을 사용하여 대응쌍의 수를 감축시키는 것으로 나누어 제안하였다.

1. 예상변위 수의 감축

먼저, 예상변위 수를 줄이기 위하여 그림2와 같이 영상을 계층적인 구조로 만든 후 낮은 해상도 영상에서 시작하여 해상도를 높여 가면서 조사하는 계층적 조사법을 도입하였다. 계층적 조사는 예상변위 수 뿐만 아니라 낮은 해상도 영상에서 유사성을 계산할 때 자연스럽게 대응쌍의 수도 감소되며 낮은 해상도 영상으로부터 해상도를 높여가면서 점차 정합점을 세밀하게 조사함으로써 매우 효율적으로 정합점을 찾을 수 있다. 앞으로 해상도는 레벨로서 표시하고 레벨이 높을수록 낮은 해상도를 나타내는 것으로 한다.

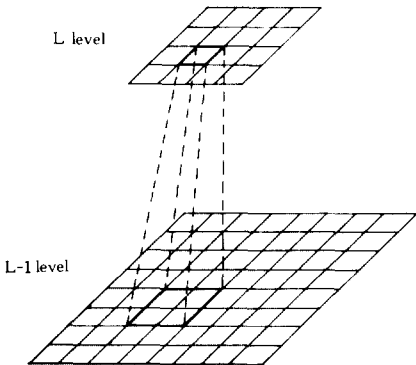


그림 2. 영상의 계층적 구조
Fig. 2. Hierarchical structure of image.

본 논문에서는 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 만들며 이 관계는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} S_L(m, n) &= S_{L-1}(2m, 2n) \\ T_L(k, l) &= T_{L-1}(2k, 2l), \\ m, n &= 0, 1, \dots, (M+2p+1)/2^L \\ k, l &= 0, 1, \dots, (M-1)/2^L \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 S_L, T_L 은 L 레벨의 조사영역과 틀을 나타낸다. 또한, 본 논문에서는 (3)식과 같이 구성되는 조사영역과 틀에 대하여 다음과 같은 조사규칙을 제시하였다. L 레벨에서는 이전레벨에서 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위와 그 주위의 8 방향에 있는 예상변위들 즉, 9 개의 근방에 대하여만 유사성을 계산한 뒤 그중 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위로 중심을 옮기고 그림 3 과 같이 레벨을 하나 내린다. 이렇게 0 레벨까지 반복하여 0 레벨에서 가장 큰 유사성을 갖는 예상변위를 정합점이라 판단한다. 이와 같이 조사하는 방법을 계층적 근방조사법이라 칭한다. 따라서 이 방식에서는 임의의 L 레벨에서 추정할 수 있는 변위가 2^L 이므로 최대 예상변위 p 와 최대 레벨값 K 와의 관계는 다음과 같이 된다.

$$p = \sum_{L=0}^K 2^L \quad (4)$$

그리고 L 레벨에서의 계산량은 틀의 크기가 $M^2/2^{2L}$ 이므로 $9M^2/2^{2L}$ 이 된다. 그러므로 계층적 근방조사법으로 조사할 때 원시적 조사법의 계산량에 대한 계산이득 η_1 은 (2)식 및 (4)식 등으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{M^3 (2p+1)^2}{\sum_{L=0}^K 9M^2/2^{2L}} \\ &= \frac{(2 \sum_{L=0}^K 2^L + 1)^2}{9 \sum_{L=0}^K 2^{-2L}} \end{aligned} \quad (5)$$

2. 대응쌍 수의 감축

앞서 제시된 계층적 근방조사법으로 조사하면 (5)식에서 보여 주는 바와 같이 계산량이 많이 감축될 수 있지만 실시간 처리를 하기에는 여전히 계산량이 많다. 그러므로 본 논문에서는 더욱 계산량을 줄이기 위하여 부분틀을 사용하였다. 여기서 부분틀은 틀의 화소를 수평, 수직방향에 대하여 각각 임의의 a 간격으로 subsampling 되어 구성된다. 그림 4는 subsampling 간격이 $a=2$ 일때, 부분틀을 구성하는 화소들을 빗금쳐 나타내었다. 이와 같이 부분틀을 사용함으로써 틀 전체를 사용할 경우에 대한 계산이득은 a^2 이다. 이때 a 가 가능한 한 크면 계산량이 많이 감축되지만 높은 레벨에서는 유사성의 계산에 이용되는 대응쌍의 수가 너무 적어서 잘못 추정할 수 있다. 그러므로 틀의 크기와

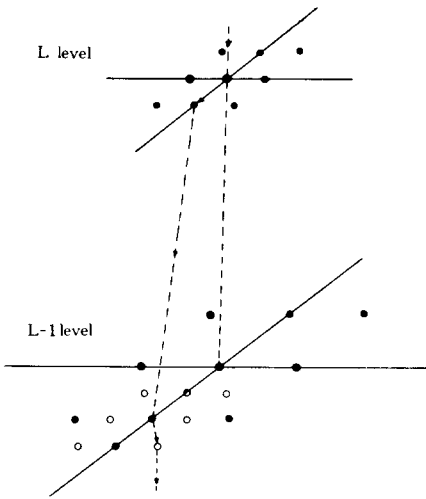


그림 3. 계층적 근방조사법
Fig. 3. Hierarchical neighborhood search.

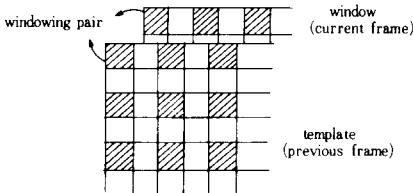


그림 4. 부분틀 (a=2)
Fig. 4. Subtemplate (a=2).

최대 레벨값에 따라 적당한 a를 선택해야 한다. 본 논문에서는 성능면과 적용하고자 하는 목표 추적장치의 처리속도를 감안해서 a=2를 선택하였다.

이렇게 계층적 근방조사법으로 조사하고, 유사성을 계산함에 있어 부분틀을 사용함으로써 얻어지는 전체 계산이득 η는 다음과 같이 주어진다.

$$\eta = a^2 \eta_1$$

$$= \frac{a^2 \left(2 \sum_{L=0}^k 2^{L+1} + 1 \right)^2}{9 \sum_{L=0}^k 2^{-2L}} \quad (6)$$

3. 원 영상에서의 해석

영상을 계층적인 구조로 만들 때 이전처리없이 sub-sampling을 하기 때문에 각 레벨 영상을 만들지 않고서도 0 레벨 영상, 즉, 원 영상에서의 해석이 가능하다. 앞에서 제시한 바와 같이 계층적 근방조사법에서는 L 레벨에서 예상변위들의 간격은 1pel이었고 유사성의 계

산시 대응쌍의 선택간격은 a pel이었다. 그러므로 0 레벨에서 예상변위의 간격은 ΔR=2가 되며 유사성의 계산시 대응쌍의 선택간격은 ΔW=a·2^L가 된다. 예를 들면 그림 5는 K=2일때 0레벨에서의 예상변위들을 나타낸다. 여기서 L=2이면 ΔR=4가 되어 0레벨에서의 조사점들은 8 방향으로 4 pel 떨어진 곳에 위치하게 된다. 그리고 계속해서 L이 1→0로 됨에 따라 ΔR은 2→1이 된다. 이때, 부분틀을 사용하여 유사성을 계산할 경우 임의의 예상변위 (i, j)에서의 유사성 D(i, j)는 다음과 같이 표현된다.

$$D(i, j) = \frac{(\Delta W)^2}{M^2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M |T(m, n) - S(m+i, n+j)|$$

$$d(m, n) = \Delta W, \quad -p \leq i, j \leq p \quad (7)$$

여기서 d(m, n)은 m, n이 변하는 간격이다. 위에서 설명한 것을 간략하게 정리하면 다음과 같다.

(과정1) 주어진 p에 대하여 L←K

(과정2) ΔR←2^L, ΔW←a·2^L

ΔR간격의 9개의 근방에 대하여 ΔW 간격으로 부분틀을 구성하고 유사성 (MAD)을 계산한다.

(과정3) 유사성이 최대인 예상변위를 중심으로 한다.

L←L-1

L>0이면 과정 2로 간다.

아니면 과정 4로 간다.

(과정4) 최종 중심이 되는 예상변위가 정합점이다.

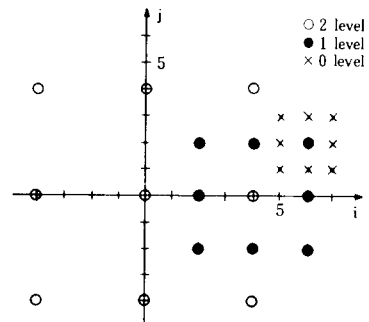


그림 5. 0 레벨(k=2)에서의 계층적근방조사
Fig. 5. Hierarchical neighborhood search.

IV. 실험결과 및 검토

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 먼저 컴퓨터 시뮬레이션을 행하고, 이 결과를 바탕으로 하여 자동 목표추적장치¹⁰⁾에 실제로 적용하였다.

1. 컴퓨터 시뮬레이션

컴퓨터 시뮬레이션에서는 두 장의 영상만을 가지고 목표물의 이동정보를 예측하는 정도를 나타내는 추정 성능과, 연속된 영상에서 추정되어진 이동정보로 목표물을 계속 추적해 가는 정도를 나타내는 추적성능을 조사하였다. 여기서 시험영상은 그림 6 과 같이 배경영상에 목표물 CAR 영상을 모자이크하여 만들었다. 목표물 CAR 영상은 장난감 자동차가 있는 장면을 디지털화한 영상에서 자동차 부분만을 분리한 것이고, 배경영상은 그 발생원을 백색 Gauss 잡음으로 하고 신호의 평균을 120, 분산을 16, 상관계수를 0.95로 한 이차원 separable Markov 신호를 발생시켜 만들었다. 이와 같은 방법으로 하여, CAR를 주어진 변위만큼 인위적으로 이동시켜 배경영상에 모자이크하면 두장 또는 그 이상의 연속적인 영상을 만들어 낼 수 있다. 이때 틀의 크기는 100×100으로 하였으며, 최대 예상변위를 p=7로 가정하였다. 그러면, 최대 레벨 값은 K=2로 주어진다.

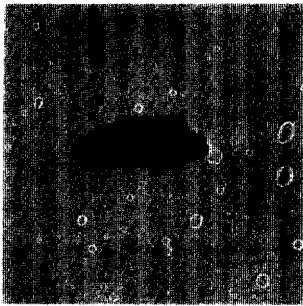


그림 6. 시뮬레이션에 사용된 시험영상
Fig. 6. Test image used in simulation.

먼저, 유사성 계산시 부분틀의 subsampling 간격을 a=2로 선택한 것이 적절한지를 평가하기 위하여 a에 따른 MAD 분포를 조사하여 정합점을 중심으로 수평, 수직의 단면을 나타내면 그림 7 과 같다. 여기서 알 수 있듯이 a=1의 전체 틀을 사용하는 경우는 MAD 분포가 대체로 정합점에서부터 단조 증가함을 볼 수 있다. a=4인 경우는 L=1에서 조금 변하여 L=2에서 완전히 다른 분포를 보임으로써 추정성능의 급격한 저하가 예상되지만, a=2인 경우는 레벨이 변하더라도 a=1인 경우와 유사한 분포를 나타내고 있다.

본 논문에서 추정성능은 추정오차 크기의 분포 및 다음과 같은 MAE(mean absolute error)로써 평가한다.

$$MAE = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (|\hat{\alpha}_i - \alpha_i| + |\hat{\beta}_i - \beta_i|) \quad (8)$$

여기서, $\hat{\alpha}_i, \hat{\beta}_i$ 는 추정된 변위이고 α_i, β_i 는 실제

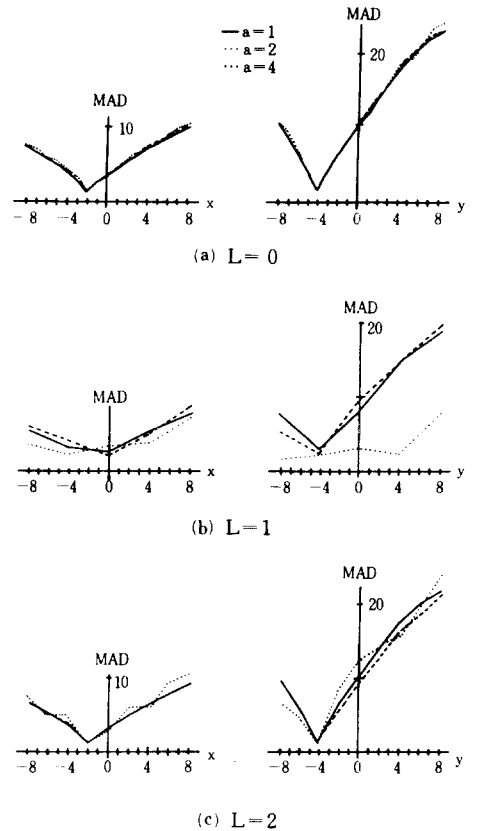


그림 7. Subsampling 간격('a')에 따른 MAD의 분포
Fig. 7. Distribution of MAD according to subsampling step 'a'.

변위이다. 그리고 N은 시행횟수로서 121로 하였다. 이것은 수평, 수직방향으로 변위를 +5~-5, 즉 121번 변화시키면서 계산하게 된다. 제안된 계층적 근방 조사법과 3 단계 조사법의 추정성능 및 원시적 조사법에 대한 계산이득을 비교하면 표 1 과 같다. 여기서 알 수 있듯이 계층적 조사법은 3 단계 조사법에 비해 a가 증가할수록 추정성능이 저하되는 반면에 계산이득은 급격히 증가함을 알 수 있다. a=4에서는 계산량은 3 단계 조사법에 비해 50배 정도 감소한 대신, 그림 7에서 예상된 바와 같이 추정성능이 상당히 저하됨을 볼 수 있다. 그런데, 본 논문에서 선택한 a=2의 경우에는 계산량이 3 단계 조사법에 비해 10배 정도 감소하였고, MAE도 0.1 이하로 실제 추적시 큰 문제가 안될 정도의 적은 성능저하를 나타내었다.

다음으로 제안된 방법의 잡음에 대한 추정성능을 조사하면 표 2 와 같다. 여기서 잡음으로는 백색 Gauss잡음을 사용하였고, SNR은 신호의 최대 전력(255²)대

표 1. CAR에 대한 Subsampling 간격 'a'에 따른 속도추정성능

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		
3-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

표 2. CAR에 대한 SNR의 변화에 따른 속도추정성능

Table 2. Performance of velocity estimation according to SNR for CAR.

SNR (dB)	MAE	error distribution				
		1	$\sqrt{2}$	2	$\sqrt{5}$	3
noise free	0.062	6	0	3	0	1
30	0.083	9	0	5	0	0
25	0.120	11	0	5	1	2
20	0.289	12	1	7	2	13

잡음의 전력비를 나타낸다. 표 2에서 보면 25dB 정도 까지의 잡음에 대해서는 성능이 그리 크게 저하되지 않는 것으로 나타났다.

한편, 잡음이 없는 상황에서 CAR가 가속도 운동을 할 때의 추적성능을 조사하면 그림 8 과 같다. 그림 8의 (a)와 (b)는 각각 x와 y방향의 실제속도와 추정속도를 나타내며 (c)에서는 물체가 실제로 이동해 가는 궤적과 추적해 가는 궤적을 이차원적으로 보인 것이다. 여기서 제안된 알고리즘이 국부적으로는 다소 오차가 있더라도 다음에 더 추정하여 보완함으로써 전체적으로 잘 추적해 감을 볼 수 있다. 또한 30dB의 잡음이 섞인 상황에서 추적성능을 조사하면 그림 9와 같다. 여기서는 그림 8의 잡음이 없는 상황에 비하여 다소 추정이 불안하지만 전반적으로 추적성능이 크게 저하되지 않음을 볼 수 있다.

2. 자동 목표추적장치에의 적용

본 논문에서 사용된 자동 목표추적장치는 그림 10과 같다. 먼저, 이 장치는 NOVA 어셈블리어²¹⁾를 사용하는 16bits 마이크로프로세서와 32K words의 시스템 메모리를 가졌으며, 또한 TV 모니터에 디스플레이된

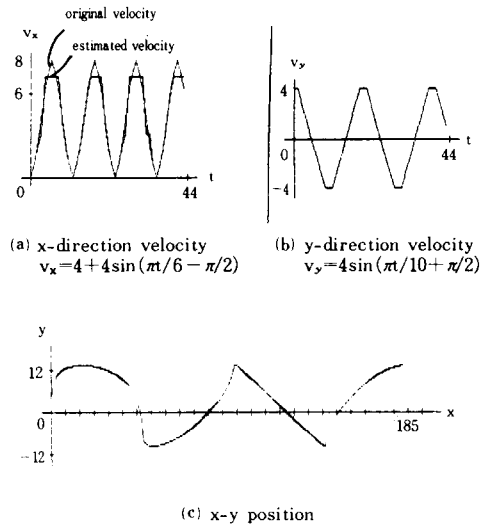


그림 8. 잡음이 없는 상황에서 가속도 운동에 대한 추적성능

Fig. 8. Tracking performance for acceleration (noise free).

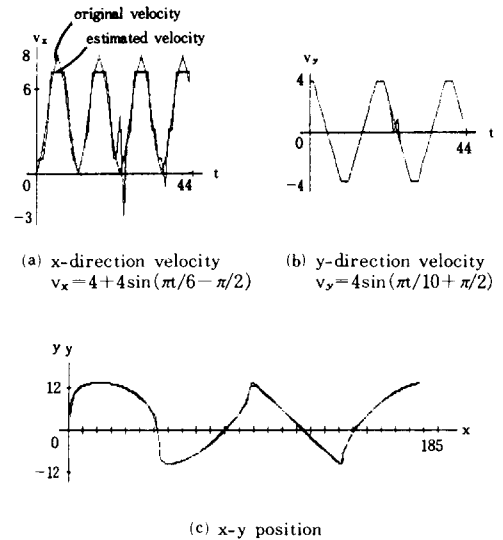


그림 9. SNR=30dB에서 가속도 운동에 대한 추적성능

Fig. 9. Tracking performance for acceleration (SNR=30dB).

64x64 크기의 추적창 내부의 화면을 8 bits, 6 MHz의 표본률로 디지털화 한다. 여기서 추적창의 이동은 카메라의 이동과 같은 역할을 하기 때문에 실제 상황에서 카메라의 기계적 관성을 무시한다면 카메라가 움직이는 것과 동일한 효과를 얻는다. 이와 같은 시스템

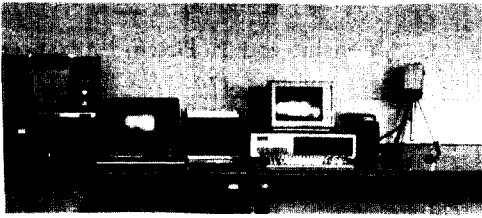


그림 10. 적용된 자동목표 추적장치
Fig. 10. Automatic target tracker.

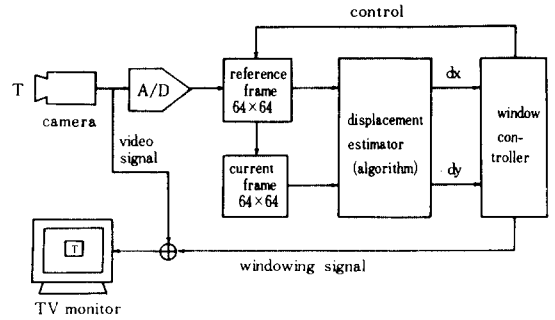


그림 11. 자동목표 추적장치의 구조
Fig. 11. Structure of the automatic target tracker.

표 3. 자동목표 추적장치의 제원
Table 3. Specifications of the automatic target tracker.

System spec.	CPU	F9445 16bit 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	64x64
	Sampling rate	6 MHz

의 제원을 요약하면 표 3 과 같다. 다음으로 그림 11과 같은 구조를 가진 이 장치의 동작원리를 알아보자. 먼저, 카메라로부터 영상신호가 입력되면 추적장 내의 화면을 디지털화하여 프레임 버퍼에 저장한다. 프레임 버퍼에 저장된 영상을 이용하여 변위추정기에서는 소프트웨어적으로 목표물의 수평 및 수직방향의 변위를 각각 추정해 내고, 창위치조정기는 그 추정변위 만큼 추적창의 위치를 옮김으로써 이루어진다. 이와 같은 장치에 제안된 방법을 적용한 알고리즘의 흐름도는 그림 12와 같으며 그림 13은 제안된 방법에 의해 추적창이 목표물을 따라 이동해 가는 장면을 나타낸다.

속도 추정에 이용되는 영상프레임은 창내의 화면만을 디지털화하여 사용하기 때문에, 창이 추정변위 만큼 움직일 때마다 새로 입력될 영상 프레임에서는 배경도 함께 그 변위만큼 이동되는 효과가 초래된다. 따라서 시간경사나 공간경사를 이용하는 방법^{22,23)}에서는 이 효과를 고려하는 배경보상을 해야 한다. 그러나 정합법은 이러한 효과와는 무관하며, 배경에 목표물과 유사한 크기와 형태의 물체만 없다면 대단히 좋은 추적성능을 나타낸다.

실제 추적장치에 적용한 결과, 비교적 단순한 배경에서 장난감 자동차류의 목표물이 병진운동할 경우, 대

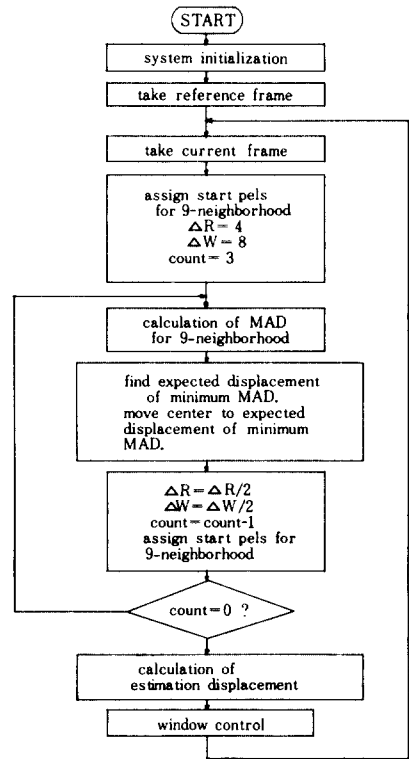


그림 12. 자동목표 추적장치에 적용된 고속정합 알고리즘의 흐름도
Fig. 12. Flow chart of the fast matching algorithm applied to the automatic target tracker.

단히 안정된 좋은 성능을 나타내었다. 또한 이 방법은 알고리즘의 수행속도 면에서 알고리즘의 수행이 간단한 시공간 경사법과 비슷하면서도, 표 4에서와 같이 목표물의 최대 추정속도는 42pels/sec로서 대단히 빠른 속도로 이동하는 물체도 잘 추적할 수 있었다. 뿐만 아니라,

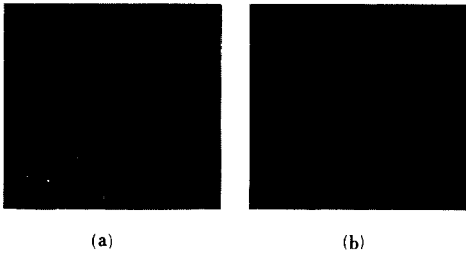


그림13. 목표추적동작 : (a)→(b)
 Fig. 13. Target tracking operation : (a)→(b).

표 4. 자동목표 추적장치에 적용된 알고리즘의 수행속도 및 목표물의 최대 추정속도

Table 4. Execution speed and max. estimated velocity of target for algorithms applied to the automatic target tracker

		the proposed	spatio-temporal gradient
processing speed (frames/sec)		6	7
max. estimated displacement (pels/frame)		7	4
max. estimated velocity of target	(pels/sec)	42	28
	at a distance of 1km (km/h)	219	146

이 방법은 단순한 배경, 병진운동 및 강체의 목표물 등의 양호한 환경이 아닌 여러가지 변화된 상황에서도 표 4의 타 방법에^{23,24)} 비해 비교적 안정된 성능을 나타내었다.

V. 결 론

일반적으로 기존의 정합법들은 추정성능은 좋지만 계산량이 창의 이동수와 틀의 크기에 비례하여 실시간 처리가 어렵다. 그러나 본 논문에서는 계층적 근방 조사법으로 창의 이동수 및 대응쌍의 수를 줄이고 유사성의 계산시 부분틀만을 사용하여 더욱 대응쌍의 수를 줄임으로써 실시간 처리가 용이하도록 하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션에서 보인 것처럼 추정성능 면에서는 많은 계산량이 감축됨에도 불구하고 기존의 정합법에 비하여 크게 저하되지 않음을 볼 수 있으며, 추적성능은 비교적 많은 잡음이 섞인 상황하에서도 안정됨을 볼 수 있었다. 그리고, 자동 목표추적장치에 제안된 방법을 실제로 적용시켜 여러가지 상황에서 실험한 결과 안정된 추적성능을 나타내었다.

參 考 文 獻

- [1] H.G. Musmann and P. Pirsch, "Advanced in picture coding," *Proc. IEEE*, vol. 33, pp. 523-548, 1985.
- [2] W.B. Tombson, "Combining motion and contrast for segmentation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, PAMI-2, pp. 543-549, 1980.
- [3] J.R. Jain and A.K. Jain, "Displacement measurement and its application in interframe image codings," *IEEE Trans. Commun.*, COM-29, pp. 1799-1808, 1981.
- [4] T. Koga et al., "Motion compensated information coding for video conferencing," in *Proc. Nat. Telecommun. Conf.*, Neworleans, LA, 29-Dec. 3, G5.31-G5.35, 1981.
- [5] S. Kappagantual and K.R. Rao, "Motion compensated picture coding," *SPIE's 27th Annal International Symposium*, pp.21-26, 1983.
- [6] R. Srinvasan and K.R. Rao, "Predictive coding based on efficient motion estimation," *IEEE Trans. Commun.*, COM-33, pp. 888-896, 1985.
- [7] G.J. Vanderbrug and A. Rosenfeld, "Two-stage template matching," *IEEE Trans. Comput.*, C-26, pp. 384-393, 1977.
- [8] A. Rosenfeld and G.J. Vanderbrug, "Coarse-fine template matching," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, pp. 104-107, 1977.
- [9] A. Goshtasby, S.H. Gate and J.F. Bartholic, "A two-stage cross correlation approach to template matching," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, PAMI-6, pp. 374-378, 1984.
- [10] D.I. Barnea and H.F. Silverman, "A class of algorithms for fast digital image reistration," *IEEE Trans. Comput.*, C-21, pp. 179-186, 1972.
- [11] R.N. Nagel and A. Rosenfeld, "Ordered search techniques in template matching," *Proc. IEEE*, vol. 60, pp. 242-244, 1972.
- [12] R.Y. Wong and E.L. Hall, "Sequential hierarchical scene matching," *IEEE Trans. Comput.*, C-27, pp. 359-366, 1978.
- [13] J.O. Limb and L.A. Murphy, "Estimating the velocity of moving images in television signal," *Comput. Graphics Image Processing 4*, pp. 311-321, 1975.

- [14] C.L. Fennema and W.B. Thompson, "Velocity determination in scenes containing several moving objects," *Comput. Graphics Image Processing* 9, pp. 301-315, 1979.
- [15] C.H. Yun, *Realization of Robust Velocity Estimators Based on the Spatio-Temporal Gradient Method*, M.S. Thesis, Kyungpook National University, June, 1985.
- [16] A.L. Gilbert, M.K. Giles and G.M. Flach, "Real-time video tracking system," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, PAMI-2, pp. 47-56, 1980.
- [17] R. Jain, "Extraction of motion information from peripheral process," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, PAMI-3, pp. 489-503, 1981.
- [18] G. Medioni and R. Nevatia, "Matching images using linear features," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, PAMI-6, pp. 675-685, 1984.
- [19] M.S. Suk, *A study on the Automatic Object Tracking System*, Final Report, KAIST, 1986.
- [20] 공태호, 김남철, "다기능 영상처리 시스템의 하드웨어 구현", 전자공학회 논문지, 제24권 제2호, pp. 133-141, 3월 1987년.
- [21] Data general, *How to Use the NOVA Computers*, 1974.
- [22] G.Y. Choi, N.C. Kim and C.H. Youn, "Real-time automatic target tracking based on spatio-temporal gradient method," *Proc. TENCON 87*, Seoul, pp. 8.7.1-8.7.4, Aug. 1987.
- [23] 천인서, 김남철, 장익훈, "이동영역을 틀영상으로 한 실시간 자동 목표추적", 전자공학회 논문지, 제24권 제4호, pp. 137-148, 7월 1987년.