이동물체 추적을 위한 실시간 Hausdorff 정합 알고리즘

전 춘[†] · 이 주 신[††]

요 약

본 연구에서는 능동카메라에서 취득된 영상에서 이동물체를 효율적으로 추적하기 위한 실시간 Hausdorff 정합 알고리즘을 제안하였다. 알고리즘은 이동물체의 윤곽선영상을 모델로 사용하고, Hausdorff 거리를 모델과 영상사이의 동일성 판별을 위한 평가함수로 사용하였으며, 실시간 처리를 위하여 Hausdorff 거리를 고속으로 계산하기 위한 등가변환방법과 기존 탐색알고리즘의 탐색회수를 줄이고 성능을 개선할 수 있는 반 교차정합기법을 제안하였다. 실험영상에 대한 모의실험 결과 제안한 알고리즘은 이동물체의 위치를 정확히 탐색할 수 있으며, 실시간 처리가 가능하도록 처리시간을 단축시킬 수 있음을 입증하였다.

Real-time Hausdorff Matching Algorithm for Tracking of Moving Object

Quan Chun[†] · Joo-shin Lee[††]

ABSTRACT

This paper presents a real-time Hausdorff matching algorithm for tracking of moving object acquired from an active camera. The proposed method uses the edge image of object as its model and uses Hausdorff distance as the cost function to identify hypothesis with the model. To enable real-time processing, a high speed approach to calculate Hausdorff distance and half cross matching method to improve performance of existing search methods are also presented. the experimental results demonstrate that the proposed method can accurately track moving object in real-time.

키워드 : 이동물체 추적(Tracking of Moving Object), 실시간 처리(Real-time Processing), Hausdorff 정합(Hausdorff Matching)

1. 서 론

이동물체 검출 및 추적 분야는 무인감시 시스템, 보안출입 관리, 공장자동화, 지능형 교통시스템 등 다양한 분야에서 그 필요성이 점점 증가되고 있다. 특히 능동 카메라(Active camera)에서 취득된 영상은 화면 내에서 이동물체의 이동 방향이 실제와 전혀 무관하게 나타날 수 있기에 그 처리가 어렵다.

정합기반 이동물체 추적기법은 능동카메라에서 취득된 영상에서 이동물체를 효율적으로 추적하기 위한 기법으로 많은 연구가 이루어지고 있다[1-14]. 정합기반기법은 추적대상의 모서리(corner), 윤곽선, 휘도 혹은 색상 분포를 가지고 추적대상의 모델을 구성하여 화면 내에서 유사한 부분을 탐색하는 방법으로 배경 혹은 이동물체의 위치변화가 클 경우에도 적응할 수 있는 장점이 있다. Gavrila는 Chamfer 정합에 의하여 화면에서 특정 물체를 탐색하는 방법을 제안하였지만, 비록 실시간 처리가 가능하고 물체의 형태가 단순하고 변화가 없는 경우에는 효율적이지만, 정해진 특정 이동물체에 대해서만 추적이 가능하고, 추적 중 형태변화가 클 경우에는 형태변화에 따른 다수의 부동한 모델들을 가지고 다대일 정합을 하여야만 추적이 가능해지는 제약이 따른다[3, 4]. [7-8]에서 제안한 Hausdorff 정합을 이용한 이동물체 추적 알고리즘은 Hausdorff거리의 사용으로 이동물체의 형태변화에는 적응할 수 있었지만, 탐색방법의 제약성으로 말미암아 화상 회의 시스템과 같이 움직임의 범위가 상대적으로 제한된 영상에만 적용이 가능하였으며, Olson은 Hausdorff 정합의 통계학적 접근법을 제안하였지만 실시간 구현에는 어려움이 있었다[10].

본 논문에서는 능동카메라에서 취득된 영상에서 이동물

※ 본 연구는 과학기술부 · 한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 위한 것입니다.
† 준 회 원 : 청주대학교 대학원 전자공학과
†† 정 회 원 : 청주대학교 정보통신공학부 교수
논문접수 : 2002년 9월 25일, 심사완료 : 2002년 11월 8일

체를 효율적으로 추적하기 위한 Hausdorff 정합 알고리즘을 제안하고, 실시간 처리가 가능하게 하기 위하여 Hausdorff 거리의 고속 연산 방법 및 탐색알고리즘의 탐색회수를 줄이기 위한 기법을 제시하고자 한다. 제안한 알고리즘은 이동물체의 윤곽선영상을 모델로 사용하고, Hausdorff거리를 모델과 영상사이의 동일성 판별을 위한 평가함수로 사용하였으며, 반교차정합기법을 적용하여 탐색 성능을 개선하였다. 제안한 기법의 성능평가를 위하여 서로 다른 두 가지 영상에 대하여 모의실험을 진행하여 기존 방법들과 그 결과를 비교 평가하고자 한다.

2. Hausdorff 정합에 의한 이동물체 추적

2.1 Hausdorff 거리

Hausdorff거리는 위상수학의 한 개념으로 두 유한집합의 원소들의 유사정도를 표시하기 위한 Min-Max거리로서 많은 논문에서 형태정합(Shape Matching)에 사용되어 왔다[9-11]. 유한개의 점을 포함하는 두 개의 집합 M와 I의 Hausdorff거리는 식 (1)과 같이 정의한다.

$$h(M,I)= \max_{m\in M} \min_{i\in I} \| m-i \| \tag{1}$$

$\| m-i \|$는 두 집합내의 원소 m와 i사이의 기하학적거리(Euclidean Distance)를 나타낸다. $h(M,I)$는 Max연산의 특성으로 인하여 집합내의 고립원소(Isolated Element)들의 영향에 민감하기에 원소간의 Max거리를 선택하는 대신에 K번째로 큰 거리를 취하는데 이것을 Partial Hausdorff 거리라고 하며, 식 (2)와 같이 정의한다[7].

$$h_K(M,I)= \overset{K^{th}}{\max_{m\in M}} \min_{i\in I} \| m-i \| \tag{2}$$

만약 두 개의 집합 M과 I에 대하여 계산하여 얻은 $h_K(M,I)$값이 주어진 허용치 δ보다 작은 값, 즉,

$$h_K(M,I) \le \delta \tag{3}$$

일 경우, 허용치 δ내에서 M과 I는 같다고 정의한다. $\delta=0$인 경우에는 두 집합의 완전 일치를 의미하며, $\delta=n$인 경우에는 집합사이에 n개 단위의 오차가 존재하지만 두 집합이 같다고 보게 된다.

Partial Hausdorff 거리의 이러한 특성을 본 연구에서는 형태가 변하는 물체의 동일성 판별을 위한 평가함수로 사용하였다. 즉, M은 추적대상의 윤곽선 모델로, I는 화면내의 이동물체의 위치를 탐색하기 위하여 추적대상의 윤곽선 모델과 정합(Matching)을 시도하는 일부 영상의 픽셀의 집합으로 볼 경우 $h_K(M,I)$는 모델 M과 부분영상 I의 유사도를 나타내게 된다.

2.2 이동물체의 위치탐색

이동물체는 그 자체의 움직임과 추적과정에서 카메라의 움직임 등으로 인하여 화면 내에서 위치가 프레임간에 변하게 되며, 이러한 프레임간 이동물체의 위치변화를 탐색하기 위하여 완전탐색, 3단계탐색, 2D Log탐색 등 여러 가지 탐색기법이 사용된다[11].

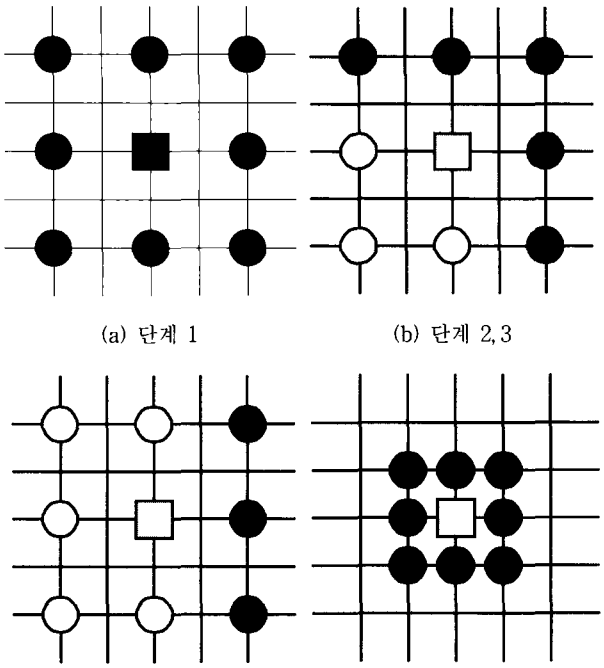
동영상의 시공간적인 유사성에 의하여 이전 프레임에서 이동물체의 위치를 중심으로 하여, 그 다음 프레임에서 그 주위의 일정한 탐색범위 내에서 이동물체의 윤곽선 모델과 가장 유사한 위치를 찾게 된다. 완전탐색은 탐색범위내의 모든 가능한 위치에서 정합을 시도하는 방법으로써 이동물체의 가장 정확한 위치를 찾을 수 있으나 탐색시도 회수가 너무 많다는 단점을 가지며, 이러한 단점을 보완하기 위하여 3단계탐색이나 2D Log탐색기법을 사용하여 영상의 부분 위치에서만 정합을 시도하여 최적 위치를 탐색하게 된다.

그러나 부분 위치에 대해서만 정합을 시도하기에 이동물체의 정확한 위치를 찾지 못하는 경우가 발생하며, 윤곽선 영상의 경우에는 화소사이의 공간적인 상관도가 그레이영상에 비해 떨어지기 때문에 오류발생 확률이 더 커지게 된다. 특히 3단계탐색의 경우 탐색스텝이 너무 커서 윤곽선영상의 정합에는 매우 낮은 탐색 성공률을 보였다.

본 연구에서는 기존 방법의 이런 단점을 개선하고자 다음과 같은 4단계 탐색알고리즘을 제안한다. 제안한 이동물체 탐색방법은 모델정합기반 알고리즘으로 4단계로 나누어 탐색이 이루어진다. 각 단계에서 계산된 HMR(Hausdorff Matching Ratio)의 값에 따라 탐색위치를 이동시켜 가면서 최적의 정합위치를 탐색한다. <표 1>은 제안한 4단계 탐색알고리즘의 단계별 탐색방법을 보여주고, 각 단계에서 정합위치는 (그림 1)과 같다.

〈표 1〉 제안한 이동물체 위치탐색 방법

단계 1	(그림 1)(a)에 보여준 바와 같이 이전 프레임에서 이동물체의 위치를 중심으로 탐색반경을 5×5로 하여 떨어진 9개 위치에서 정합을 시도하여 HMR을 구한다. HMR의 최소값이 중심위치이면 단계 4로, 그렇지 않으면 단계 2로 이동한다.
단계 2	최소값의 위치를 중심으로 정하고, 탐색 반경은 5×5로 유지한다. 탐색패턴은 전 단계에서 최소값의 위치에 따라 다음의 두 가지 중 하나를 선택한다. (a) 만약 최소값이 대각선 방향에 위치하면, (그림 1)(b)와 같이 추가로 5개의 위치에서 HMR을 계산한다. (b) 만약 최소값이 수평, 수직방향에 위치하면, (그림 1)(c)와 같이 추가로 3개의 위치에서 HMR을 계산한다.
단계 3	추가로 계산한 위치의 HMR의 값을 중심위치의 값과 비교하여 중심에 위치의 값이 최소이면 단계 4로 이동하고, 그렇지 않으면 단계 2로 이동한다.
단계 4	탐색반경을 3×3으로 하여, (그림 1)(d)와 같이 9개의 위치에서 정합을 시도하여, 최소의 HMR값을 갖는 위치가 현재 프레임에서 이동물체의 위치가 된다.



(a) 단계 1 (b) 단계 2,3

(c) 단계 2,3 (d) 단계 4

(그림 1) 단계별 정합 위치

3. 고속 처리 방법 및 제안한 알고리즘의 구성

정합기반 이동물체 추적 알고리즘의 처리시간은 다음 식 (4)로 표시할 수 있다. 식 (4)에서 T_{TOTAL}은 한 프레임을 처리하는데 소요되는 총 시간, T_{PRE}는 전처리 시간, T_{COST}는 평가함수의 계산시간, T_E는 한번의 정합에서 평가함수의 계산시간 이외의 소요시간, N_{TRY}는 한 프레임에서 탐색을 시도하는 총 횟수를 의미한다.

$$T_{TOTAL} = T_{PRE} + (T_{COST} + T_E) \times N_{TRY} \tag{4}$$

정합기반 이동물체 추적기법의 처리시간을 단축하고 실시간 처리가 가능하게 하기 위하여 여러 가지 방법들이 제안되었지만 크게 평가함수의 계산시간(T_{COST})을 단축시키기 위한 방법과 탐색기법의 탐색 시도회수(N_{TRY})를 줄이기 위한 두 가지로 분류된다.

이동물체의 프레임간 동일성 판별을 위한 평가함수의 선정에 있어 단순한 오차나 상관도의 계산으로는 추적과정에서 발생하는 이동물체의 형태변화나 주변환경의 영향에 능동적으로 대처할 수 없으므로 통계학적 모델에 기초하거나 시공간적인 의존도가 보다 높은 계산량이 많은 수식을 사용하게 된다. 평가함수는 매개 정합위치에서 정합을 시도하는 회수만큼 반복 계산되어야 하기에 효율적인 평가함수의 계산방법은 전체 처리시간의 단축에 결정적인 역할을 하게 된다.

탐색기법은 최소의 탐색시도로 최적의 탐색위치를 찾는 기법으로, 기본적으로는 3단계탐색, 2D-Log탐색, 4단계탐색 등이 있으며, [13]에서는 이런 기본방법에 다해상도 통계적 모델을 적용하여 고속으로 영상 탐색이 가능한 알고리즘을 제안하였다.

본 연구에서는 HMR의 계산시간(T_{COST})를 단축시키기 위한 방법과 탐색시도회수 N_{TRY}를 줄이기 위한 두 가지 방법을 제안하며, 처리시간을 진일보 단축시키기 위한 그 외의 방법들을 제시한다.

3.1 Hausdorff 거리의 고속 연산

2장에서 설명한 식 (3)은 두 집합 내 조합 가능한 모든 원소사이의 거리를 계산하기 때문에 계산 복잡도(Computational Cost)가 매우 높은 연산으로써, 이동물체의 추적과 같이 실시간 처리를 필요로 하는 시스템에는 하드웨어나 소프트웨어에 대한 요구가 매우 높다. 따라서 식 (3)은 다음과 같은 방법으로 등가변환을 하여 계산하게 된다.

먼저 윤곽선영상에 대하여 모폴로지 확장(Morphological Dilation)연산을 수행하여 윤곽선을 δ배로 확장시킨다. 윤곽선 확장영상에서 정합 위치의 부분영상을 I^δ로 표시할 때, 식 (3)은 식 (5)와 같이 등가변환이 가능하다. 식에서 집합간의 $\wedge$연산은 화소단위 논리곱연산을 의미하며, $\oplus$연산은 Minkowski합을, C^δ는 반경이 δ인 원을, 그리고 $|\cdot|$는 집합의 원소의 개수를 구하는 연산으로 정의한다.

$$|M \wedge I^\delta| = |M| - K \text{ or } \frac{|M \wedge I^\delta|}{|M| - K} = 1 \quad \text{where } I^\delta = I \oplus C^\delta \tag{5}$$

즉, 두 물체가 δ의 오차범위 내에서 100%일치 할 경우 모델 내에서 K개의 픽셀을 제외한 모든 픽셀($|M| - K$개의 픽셀)은 확장영상 I^δ와의 논리곱(AND)연산의 결과가 1이 되게 된다. 사실상 식 (5)는 식 (3)과 같은 의미가 되지만, 식 (5)의 계산은 단순한 논리연산과 증일(增一, Increment One)연산으로 구성되기에 하드웨어 혹은 소프트웨어적인 구현이 매우 용이하게 된다.

정합을 시도하는 두 윤곽선 영상이 δ의 오차 범위내에서 100% 일치할 경우에는 식 (5)의 결과를 얻을 수 있으나, 100% 일치하지 않을 경우에는 M에서 확장영상 I^δ와 논리곱연산의 결과 $|M \wedge I^\delta|$의 값이 $|M| - K$보다 작은 값을 가지게 된다. 따라서 다음 식 (6)와 같이 $|M \wedge I^\delta|$와 $|M| - K$의 비로 Hausdorff 정합율(HMR : Hausdorff Matching Ratio)를 정의하고 Hausdorff 정합의 정도를 백분율로 나타낼 수 있다.

$$R_\delta = \frac{|M \wedge I^\delta|}{|M| - K} \quad \text{where } I^\delta = I \oplus C^\delta \tag{6}$$

본 연구에서는 식 (6)을 사용하여 다음절에서 설명할 탐색기법에 따라 각각의 탐색 위치에서 Hausdorff 정합율(HMR)을 계산하여 이동물체의 위치를 탐색하게 되며, $R_\delta > 0.9$, $\delta = 1$, 즉, 오차반경은 1픽셀로 하고, 윤곽선 모델 중 90%이상의 화소가 정합이 이루어지면 동일한 물체로 인정하였다.

3.2 고속 이동물체 탐색

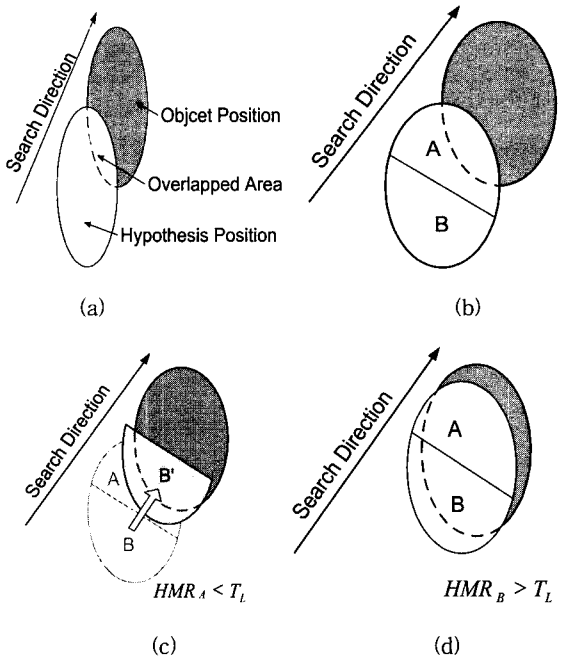
본 연구에서는 화면내 이동물체의 위치를 고속으로 탐색하기 위하여 제안한 4단계탐색 기법을 다음과 같이 수정하여 사용한다. 이 방법은 정합시 (그림 2)(a)와 같이 정합을 시도하는 두 영상의 겹치는 부분(Overlapped Area)이 작을 경우에 탐색시도 회수가 많아지는 현상을 효과적으로 개선할 수 있다. 본 연구에서는 이 기법을 반교차정합(Half Cross Matching)이라고 정의한다.

1. 모델을 탐색방향에 따라 모델영상을 두 부분으로 나누어 탐색방향과 같은 방향의 부분을 A, 다른 한 부분을 B라고 가정한다((그림 2)(b)).
2. 정합 시 먼저 A부분에 대하여 HMR을 계산하며, 이에 대한 HMR값이 임계값 T_L보다 크면 다른 부분 B에 대한 정합을 하고, 작을 경우에는 B부분을 A의 위치로 모델의 크기의 1/2만큼 이동하여 정합을 시도한다((그림 2)(c)).
3. 만약 A의 위치에서 B에 대한 정합결과가 임계값 T_L보다 크면, A부분 역시 모델크기의 1/2만큼 같은 방향으로 이동하여 HMR을 계산함으로써, 전체 모델에 대한 HMR을 구한다((그림 2)(d)).

그림은 45도 방향으로 탐색중 일 때의 경우이며, 다른 방향 일 경우에도 역시 탐색방향과 수직으로 모델을 두 부분으로 나누어 유사한 방법으로 계산하면 된다. 이런 방법으로 탐색할 경우, 사실상 계산량은 A부분에 대한 HMR값이 T_L보다 클 경우에는 기존의 방법과 같지만, 작을 경우에는 같은 계산량으로 두 개의 탐색위치에 대한 정합을 시도하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있으며, 결과적으로 탐색시도 회수를 줄일 수 있다.

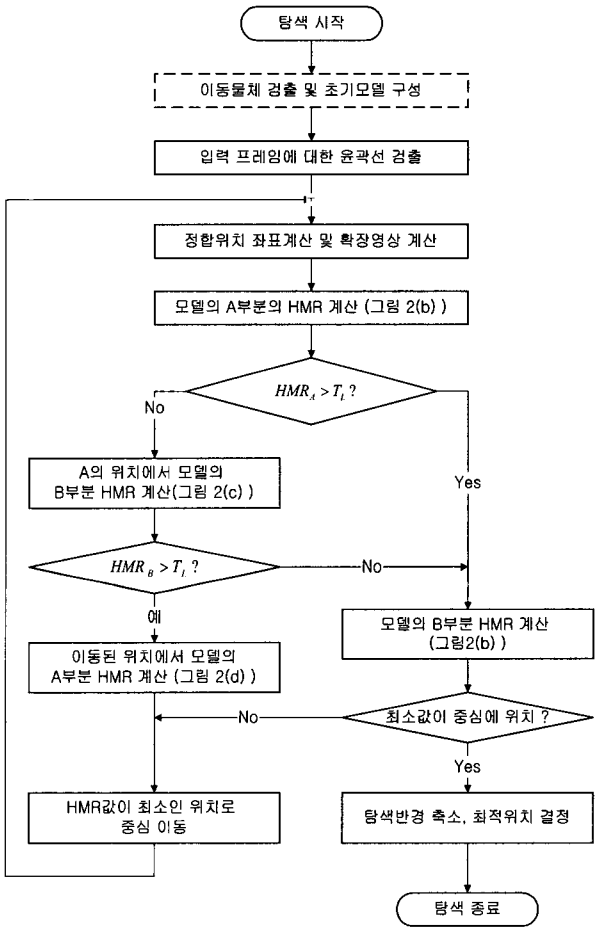
또한 확장영상의 계산은 전체영상에 대하여 하는 것보다 정합이 이루어지는 위치에 대하여서만 계산하고, S/W적으로 플래그를 설정하여 정합이 여러 번 발생하는 부분에 대하여 한번만 계산하게 함으로써, 계산량을 줄일 수 있다.

위에서 제안한 반교차정합기법은 본 연구에서 제안한 탐색기법뿐만 아니라 기존의 2D-Log 기법에도 쉽게 적용할 수 있으며 탐색회수를 효과적으로 줄일 수 있다.



(그림 2) 이동물체의 반교차정합

3.3 제안한 알고리즘의 구성



(그림 3) 제안한 알고리즘의 흐름도

위에서 논의한 이론적인 내용을 기초로 하여 다음과 같은 이동물체 위치탐색 알고리즘의 구성이 가능하다. 본 연구에서는 제안한 알고리즘을 적용하기 이전단계에서 이동물체의 모델 및 그 위치를 구하였다고 가정한다. 실험에서는 이동물체의 검출 및 초기모델구성이 필수적이며 추적대상의 검출 및 초기모델의 구성은 [6]에서 제안한 MCC기법을 적용하였다. (그림 3)은 제안한 알고리즘의 흐름도를 보여준다.

4. 실험결과 및 고찰

제안한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 도로에서 주행하는 자동차와 실외에서 보행하는 사람을 대상으로 하여, 비디오 카메라로 녹화한 영상을 컴퓨터에서 DT3155 영상획득보드로 입력받아 추적실험을 수행하였다. 영상의 해상도는 352×288크기, 256그레이의 흑백영상으로 취득하여 실험에 사용하였다. 실험에서 사용한 컴퓨터는 Pentium Ⅳ 1G, 256M RAM, Windows 98을 탑재한 PC를 사용하였으며, Visual C++ 6.0을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

제안한 이동물체 위치탐색 알고리즘의 성능은 탐색의 정확도와 이동물체의 위치 탐색시간 두 가지를 가지고 평가하였다. 같은 실험영상에 대하여 기존의 완전탐색, 2D-Log 탐색과 제안한 방법을 각각 적용하여 그 결과를 비교 분석하였다.

탐색의 정확도는 같은 완전탐색기법에 의하여 탐색한 위치를 최적의 위치로 가정하고, 제안한 방법으로 탐색하였을 때, 두 좌표간의 오차를 구하여 평가하였다. 완전탐색을 하여 구한 화면내 이동물체 구형영역의 좌측 위 모서리의 좌표를 (x, y)라고 하고, 제안한 방법에 의하여 구한 대응하는 좌표를 $(\hat{x}, \hat{y})$라고 하면, 그 오차 e는 다음 식 (7)과 같이 정의하며, 실험 영상의 전체 프레임에서의 오차는 각 프레임의 오차의 평균으로 식 (8)과 같이 정의한다. 식 (8)에서 n은 프레임 수를 의미한다.

$$e = \sqrt{(x-\hat{x})^2 + (y-\hat{y})^2} \tag{7}$$

$$E = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} e_i \tag{8}$$

<표 2>와 <표 3>은 각 실험영상에 대한 탐색결과 및 오차를 표로 보여준 것이다. 표에서 볼 수 있는바와 같이, 제안한 탐색 알고리즘은 완전탐색방법으로 탐색한 좌표와 매우 근사한 값을 가지며, 전체 프레임에서 좌표의 평균 오차는 자동차 영상에 대하여 1.35, 보행자 영상에 대하여 1.75였으며 상관도는 각각 99.97%, 99.98%로 매우 높은 추적의 정확도를 보임을 알 수 있다.

〈표 2〉 자동차 영상에 대한 좌표 비교

프레임 번 호	제안한 방법		완전탐색 방법		오 차
	$\hat{x}$	$\hat{y}$	x	y	e
10	253	115	254	115	1.00
20	241	126	240	126	1.00
30	219	131	218	134	3.16
40	185	120	183	121	2.24
50	162	128	160	128	2.00
60	145	135	145	134	1.00
70	159	139	159	141	2.00
80	153	124	153	123	1.00
90	145	116	145	116	0.00
100	119	112	118	111	1.41
110	86	105	87	104	1.41
120	79	107	79	106	1.00
130	63	98	62	98	1.00
140	69	95	69	94	1.00
150	50	91	50	90	1.00
		상관도 : 99.97%		평균오차 : 1.35	

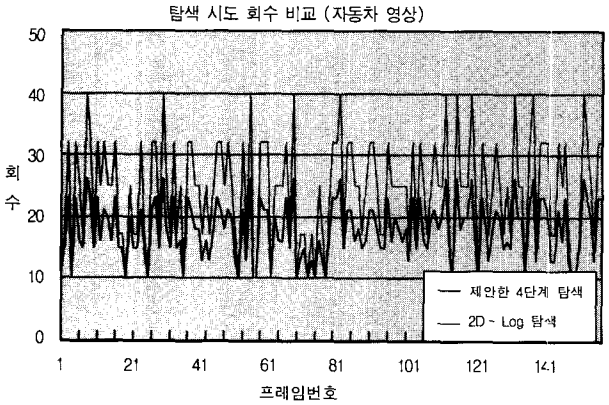
〈표 3〉 보행자 영상에 대한 좌표 비교

프레임 번 호	제안한 방법		완전탐색 방법		오 차
	$\hat{x}$	$\hat{y}$	x	y	e
10	209	42	208	41	1.41
20	183	38	183	38	0.00
30	166	37	168	37	2.00
40	153	35	153	34	1.00
50	149	31	148	29	2.24
60	144	29	143	28	1.41
70	132	36	130	38	2.83
80	125	29	124	32	3.16
90	111	25	110	26	1.41
100	130	35	132	37	2.83
110	159	49	157	50	2.24
120	170	65	170	66	1.00
130	173	68	172	70	2.24
140	186	72	185	72	1.00
150	192	69	191	70	1.41
		상관도 : 99.98%		평균오차 : 1.75	

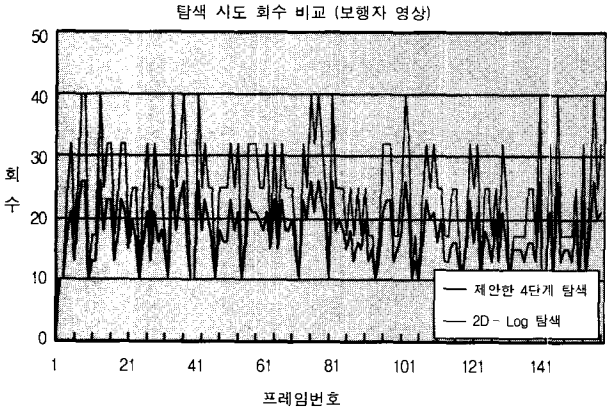
이동물체의 위치탐색과정에서 소모되는 시간은 주로 HMR 계산시간과 정합시도 회수에 의하여 결정되며, HMR의 계산시간을 단축하기 위하여 식 (5)과 같은 방법으로 변환하여 고속계산이 가능하게 하였으며, 정합시도 회수는 제안한

고속 위치탐색 방법에 의하여 개선이 가능하다. 본 연구에서는 같은 실험영상에 부동한 정합방법을 적용하여 각 프레임의 정합시도회수 및 처리시간을 구하여 비교 분석함으로써 제안한 방법의 우수성을 보여주었다.

(그림 4)와 (그림 5)는 2D-Log탐색과 제안한 4단계탐색에 대한 프레임별 정합시도 회수를 그래프로 보여준 것이다. 제안한 방법의 탐색시도 회수가 기존의 2D-Log탐색기법보다 평균 15회 정도 적음을 알 수 있다.

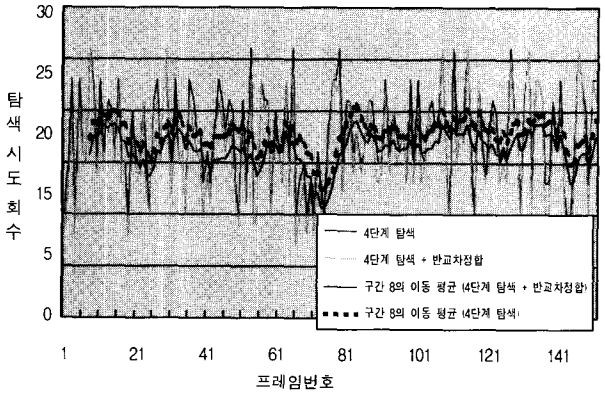


(그림 4) 자동차 영상의 탐색시도회수 비교



(그림 5) 보행자 영상의 탐색시도회수 비교

(그림 6)은 제안한 4단계 탐색기법에 반교차정합기법을 적용하였을 경우의 정합시도 회수를 그래프로 보여준 것이다. 그림에서 굵은 점선으로 표시된 그래프는 4단계 탐색을 하였을 경우의 탐색시도 회수에 대한 8구간 이동평균이며 굵은 실선으로 표시된 그래프는 4단계 탐색에 반교차정합기법을 적용하였을 경우의 8구간 이동평균을 의미한다. 그래프에서 알 수 있는바와 같이 본 연구에서 제안한 탐색방법 및 반교차정합기법은 탐색시도 회수의 개선에 매우 효과적임을 알 수 있다.



(그림 6) 반교차정합기법 적용 시 정합시도회수

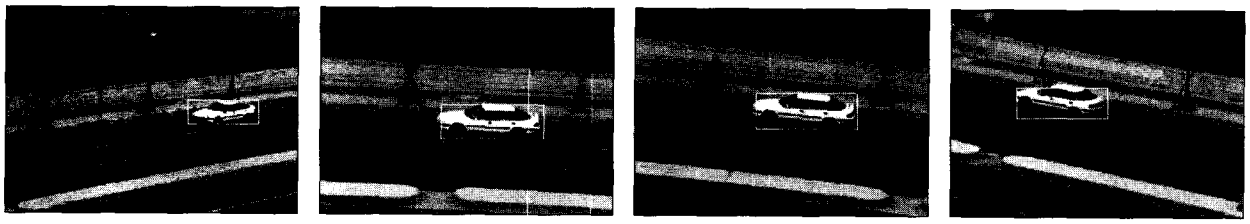
〈표 4〉 자동차 영상에 대한 프레임별 처리시간

시간단위 : msec

Frame #	T_{PRE}	T_{COST}	T_E	N_{TRY}	T_{TOTAL}
10	3.251	1.353	0.389	14	27.628
20	3.227	1.395	0.419	17	34.066
30	2.348	1.596	0.583	17	39.391
40	2.908	1.439	0.509	10	22.389
50	3.462	1.280	0.321	9	17.875
60	2.666	1.378	0.650	18	39.170
70	3.092	1.459	0.497	12	26.559
80	2.723	1.693	0.363	20	43.843
90	2.028	1.632	0.415	14	30.682
100	3.217	1.524	0.582	20	45.319
110	2.298	1.283	0.699	23	47.886
120	2.680	1.317	0.639	15	32.022
130	2.375	1.558	0.539	20	44.307
140	3.395	1.223	0.306	21	35.717
150	3.087	1.564	0.416	21	44.667

평 균(msec) : 35.435

프레임율(fps) : 28.2



Frame 30 Frame 60 Frame 90 Frame 120

(그림 7) 자동차영상에 대한 추적결과

Frame 30 Frame 60 Frame 90 Frame 120

(그림 8) 보행자영상에 대한 추적결과

<표 4>는 제안한 방법의 자동차 영상에 대한 프레임별 처리시간을 나타낸 것이며, 실험영상의 전체 프레임에서 평균 처리시간이 35.435msec, 즉 28.2fps로서 실시간 처리가 가능함을 보여주었다. (그림 7)과 (그림 8)은 제안한 방법으로 이동물체를 추적하였을 때 그 결과를 보여준다.

5. 결 론

본 논문에서는 이동물체 추적을 위한 실시간 Hausdorff 정합 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 이동물체의 윤곽선영상을 모델로 사용하고, Hausdorff거리를 모델과 영상사이의 동일성 판별을 위한 평가함수로 사용하였다. 또한 알고리즘의 실시간 처리가 가능하게 하기 위하여 Hausdorff 거리의 고속연산방법 및 탐색시도 회수를 줄이기 위한 기법을 제안하였다.

도로에서 주행하는 자동차 영상과 실외에서 보행하는 보행자 영상에 대하여 모의실험 결과 제안한 알고리즘은 이동물체의 실제위치와 추적결과와의 평균자승오차가 자동차영상에서는 1.35, 보행자영상에서는 1.75로 이동물체의 정확한 추적이 가능함을 알 수 있었으며, 추적 정합시도 회수는 자동차 영상에서는 평균 16회, 보행자 영상에서는 평균 18회였으며, 프레임당 평균 처리시간이 35.435ms, 즉 28.2fps로 실시간 추적이 가능함을 입증하였다.

향후 연구 과제로는 화면에 유사한 형태의 다수 이동물체가 존재할 때 특정 물체에 대한 추적 알고리즘과 다른 물체와 형태의 겹침이 발생할 경우 대한 연구가 계속되어야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] M. G. P. Bartholomeus, B. J. A. Krose, A. J. Noest, "A Robust Multi-resolution Vision System for Target Tracking with a moving camera," Computer Science in The Netherlands, pp.52-63, Nov., 1993.

[2] Y. Rosenberg, M. Werman, "Real-time Object Tracking from a Moving Video Camera : A Software Approach on a PC," Workshop on Applications of Computer Vision, Demo I, 1998.

[3] D. M. Gavrila, V. Philomin, "Real-time Object Detection Using Distance Transforms," IEEE ICIV, 1998.

[4] D. M. Gavrila, "Pedestrian Detection from a Moving Vehicle," IEEE workshop on Intelligent Vehicles, Dearborn, MI, 2000.

[5] R. Qiuqi, G. Haiying, "New Adaptive Tracking Algorithm of Non-rigid Objects," IEEE ICSP, Vol.2, pp.940-943, 1998.

[6] T. Meier, K. N. Ngan, "Video Object Plane Segmentation using a Morphological Motion Filter and Hausdorff Object Tracking," IEEE ICIP'98, Paper TP5.05, Oct., 1998.

[7] D. Huttenlocher, D. Klanderman, A. Rucklige, "Comparing Images using The Hausdorff Distance," IEEE Trans. on PAMI, Vol.15, No.9, pp.850-863, Sep., 1993.

[8] D. M. Mount, N. S. Netanyahu, J. L. Moigne, "Efficient Algorithm for Robust Feature Matching," Pattern Recog nition, Vol.32, No.13, pp.17-28, 1998.

[9] D. P. Huttenlocher, Ryan H. Lilien, C. F. Olson, "View-based Recognition Using an Eigenspace Approximation to the Hausdorff Measue," IEEE Trans. On PAMI, Vol.21, No.9, Sep., 1999.

[10] C. F. Olson, "A Probabilistic Formulation for Hausdorff Matching," IEEE Conf. on CVPR, pp.150-156, 1998.

[11] L. M. Po, W. C. Ma, "A Novel Four-step Search Algorithm for Fast Block Motion Estimation," IEEE Trans. on Circuit System & Video Technology, Vol.6, No.3, pp.313-317, Jun., 1996.

[12] 선춘, 김태식, 이명길, 이주신, "동적 배경에서 Hausdorff 거리를 이용한 이동물체의 추적", 한국통신학회 하계종합학술대회논문집, Vol.19, No.1, pp.537-540, 1999.

[13] 김준식, 박래홍, 이병욱, "가산투영을 이용한 2단계 고속 블록정합 알고리듬", 전자공학회논문지, 제30권 제B편 제1호, pp. 45-54, 1993.

[14] 장석환, 김인행 등, "실시간 다중 물체 추적 시스템", 신호처리합동학술대회논문집, 제11권 제1호, pp.499-502, 1998.

전 춘

e-mail : chun@chongju.ac.kr

1997년 중국 연변대학교 전자계산기과 졸업 (학사)

1999년 청주대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1999년~현재 청주대학교 대학원 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상신호처리, 디지털신호처리 등

이 주 신

e-mail : jushin2@chongju.ac.kr

1975년 명지대학교 전자공학과 졸업(학사)

1977년 홍익대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1986년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1998년~1999년 청주대학교 기획관리처 기획관리처장

1995년~1998년 청주대학교 이공대학 학장

1992년~현재 청주대학교 이공대학 정보통신공학부 교수

관심분야 : 영상신호처리, 디지털신호처리 등