
계층적 탐색기법을 이용한 이동물체 추적

방만식* · 김태식** · 김영일***

Tracking Moving Object using Hierarchical Search Method

Man-sik Pang* · Tae-sik Kim** · Young-il Kim***

요 약

본 논문에서는 계층적 탐색기법을 이용한 동적 배경에서의 이동물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 초기모델 생성단계와 이동물체 추적 단계로 구성되었으며, 이전프레임에 비해 이동 거리가 큰 경우에도 안정적으로 추적할 수 있었다. 그리고, 카메라의 흔들림과 추적물체의 3차원 운동으로 인한 형태 변화에도 전체 프레임에서 효과적으로 추적을 할 수 있었고, 이동물체의 정확한 위치를 검출하여 추적 시간을 단축할 수 있었다. 정합모델과 윤곽선 영상에 사이에 이동물체의 유사도 판정은 Partial Hausdorff 거리를 이용하여 평가하였다.

제안한 알고리즘의 타당성 검토를 위해 도로에서 주행하는 차량을 대상으로 이동물체 검출 및 추적 실험을 한 결과 정합횟수는 평균 28.21회이고, 프레임 당 정합시간은 평균 53.21ms로 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하였다. 추적위치와 실제위치를 비교하여 그 평균 자승오차를 계산한 결과 $E=1.148$ 임을 알 수 있었다. 차량의 크기, 색상 및 형태가 다른 경우 도로의 색과 차이가 있는 차량들은 98.66%의 추적 성능을 나타냈으며, 검정색 또는 적색 등과 같은 차량은 흑백 영상에서 도로의 색과 유사하여 배경의 영향을 많이 받으므로 95.33%이었고, 전체 평균은 97%로 우수한 추적 성능을 나타내었다.

ABSTRACT

This paper proposes a moving object tracking algorithm by using hierarchical search method in dynamic scenes. Proposed algorithm is based on two main steps: generation step of initial model from different pictures, and tracking step of moving object under the time-varying scenes.

With a series of this procedure, tracking process is not only stable under far distance circumstance with respect to the previous frame but also reliable under shape variation from the 3-dimensional(3D) motion and camera sway, and consequently, by correcting position of moving object, tracking time is relatively reduced.

Partial Hausdorff distance is also utilized as an estimation function to determine the similarity between model and moving object.

In order to testify the performance of proposed method, the extraction and tracking performance have tested using some kinds of moving car in dynamic scenes. Experimental results showed that the proposed algorithm provides higher performance. Namely, matching order is 28.21 times on average, and considering the processing time per frame, it is 53.21ms/frame. Computation result between the tracking position and that of currently real with respect to the root-mean-square(rms) is 1.148. In the occasion of different vehicle in terms of size, color and shape, tracking performance is 98.66%. In such case as background-dependence due to the analogy to road is 95.33%, and total average is 97%.

키워드

계층적 탐색기법, 유사도 판정, 추적시간 단축

*진주국제대학교 전자공학과

**진주국제대학교 컴퓨터공학과

***경상대학교 전자공학과

접수일자 : 2003. 4. 18

I. 서 론

이동 물체추적 동향은 동영상에서 이동물체를 탐지하고 추적하는 기법들은 동영상 분석의 본질적인 문제인 처리시간을 개선하고자 하는 노력과, 동영상에서 이동물체의 정확한 분석, 예측 및 판단에 의한 정합문제를 해결하고자 하는 노력으로 대별될 수 있다.^[1-8]

동영상 처리에서 처리시간을 개선하기 위한 많은 방법들 중 모델 기반 방법은 사전에 정의된 특정 이동물체의 모델이나 추적 초기 단계에서 취득한 추적대상의 모델을 사용하여 입력된 영상에서 물체를 찾아 추적하는 방법으로 현재 가장 많이 연구되고 있는 방법 중의 하나이다.^[2-8]

따라서 본 논문에서는 이동물체의 형태변화에 적용할 수 있는 계층적 탐색기법을 이용한 모델기반 이동물체 추적 알고리즘을 제안하고, 동적 배경에서 움직이는 차량을 대상으로 이동물체 검출 및 추적 실험을 수행하고자 한다.^[3]

생성된 초기 모델은 이동 물체의 초기 위치와 크기 정보를 가지고 있으며, 다음 프레임부터 추적이 시작되면 이동물체의 위치, 크기, 속도, 이동 방향 등과 같은 누적 정보를 가지고 이동물체에 대한 예측 및 추적을 수행한다.

이동물체 추적단계는 현재 프레임에 대한 윤곽선 영상을 추출한 후 추적 시간을 줄이기 위해 계층적으로 축소된 계층적 윤곽선 영상을 추출하며 이 두 개의 윤곽선 영상에 대해 거리 맵(Distance map)을 계산하여 하우스돌프 거리를 이용한 모델과 추적 영상 사이의 형태 유사도를 구한다. 또한 모델과 이동물체의 정합을 위해 2D Logarithmic 탐색방법을 이용하여 이동물체의 위치를 탐색하며 이동물체의 움직임에 따른 형태변화에 적응할 수 있도록 매 프레임마다 구해진 이동물체의 위치, 크기, 속도, 이동방향 등과 같은 누적 정보를 이용하여 새로운 모델을 갱신하고, 이동 방향을 예측하여 이동물체 추적을 수행한다.

제한한 알고리즘의 타당성 검토를 위해 도로에서 주행하는 차량을 대상으로 이동물체 검출 및 추적 실험을 수행하고자 한다.

II. 하우스돌프 거리 및 탐색 알고리즘

하우스돌프 거리는 추적 모델과 추적 영상의 윤곽선 집합들 사이의 Max-Min 거리를 계산하는 척도로서, 추적 영상에서 점의 개수가 각각 N_P 와 N_Q 인 집합 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{N_P}\}$ 와 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_{N_Q}\}$ 사이의 하우스돌프 거리는 식 (1)과 같이 정의한다.^{[3][6]}

$$H(P, Q) = \max(h(P, Q), h(Q, P)) \quad (1)$$

여기서 $h(P, Q)$ 와 $h(Q, P)$ 는 점 집합 P 와 Q 사이의 직접 하우스돌프 거리(Directed Hausdroff distance)를 나타낸 것이고 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$d_Q(p) = \min_{q \in Q} \|p - q\|, \quad d_P(q) = \min_{p \in P} \|q - p\| \quad (2)$$

또한 $\|p - q\|$ 와 $\|q - p\|$ 는 점 p 와 q 사이의 거리를 나타내기 위한 척도로서 일반적으로 유클리드 거리(Euclidean distance)를 사용한다.

그러나 기존의 하우스돌프 거리는 Max연산의 고유적인 특성으로 인하여 집합 내의 고립 점(Isolated clutter)들에 대해 매우 민감하다. 즉, 중심으로부터 멀리 떨어져있는 하나의 점이 하우스돌프 거리에 의한 정합도에 큰 영향을 미침으로 잡음이나 영상의 훼손에 매우 약하다.

따라서 Huttenlocher 등은 점들간의 최대 거리를 선택하는 대신에 $d_Q(p)$ 의 거리가 K 번째로 큰 값을 취하는 부분 하우스돌프 거리(Partial Hausdorff distance)를 제안하였다.^[3] 식 (3)은 부분 하우스돌프 거리를 정의한 것이다.^[3-4]

$$h_K(P, Q) = K_{p \in P}^{th} d_Q(p) \quad (3)$$

실제적으로 물체 형태의 매칭을 위하여 하우스돌프 거리 값을 일일이 계산 할 필요가 없다. 다만 하우스돌프 거리가 어떤 임계값 δ 보다 크지, 아니면 작은지 만을 결정할 수 있으면 된다. 즉, 식 (4)의 만족 여부만을 계산하면 된다.

$$h(P, Q) \leq \delta \quad (4)$$

그리고 식 (4)를 계산하여 임계값 δ 와 비교해 보면 많은 계산량을 필요로 하기 때문에 식 (4)를 식 (5)와 같이 변형하여 계산할 수 있다. 식 (5)에 나타낸 바와 같이, C_δ 를 반경이 δ 인 원과 원내 모든 점들의 집합이라 하고, Q' 는 Q 와 C_δ 의 Minkowski합이라 할 때, P 가 Q' 의 부분집합이면 식 (4)를 만족하게 된다. 본 논문에서 실험에 사용한 주행하는 자동차 영상들은 특성상 이동물체의 형태변화가 급격하게 변화하지 않으므로 정합도를 높이기 위하여 $\delta=2$ 로 하였다. 즉, 모델 내의 어떤 한 점에 대하여 그 점의 좌표를 중심으로 8방향 2화소 내에 현재 프레임에서의 윤곽선 점이 존재하면 그 점은 유사점이라고 판단하였다.

$$h(P, Q) \leq \delta \Leftrightarrow P \subseteq Q' \text{ where } Q' = Q \oplus C_\delta \quad (5)$$

(1) 2D Logarithmic 탐색 알고리즘

이동물체의 정확하고 빠른 추적을 위해서는 추적 시스템에 적합한 탐색 알고리즘이 필요하다.

표 1. 2D-Logarithmic 탐색 순서
Table. 1 2D-Logarithmic search

Step1	중양과 중양으로부터 두 화소만큼 떨어진 상하좌우에서 정합을 시도한다. 평가함수(Cost Function)의 값이 최소인 블록이 중앙지점이면 단계 3을 수행하고 그렇지 않으면 단계 2를 수행한다.
Step2	단계 1에서 최소의 오차를 갖는 지점을 중심으로 하여 단계 1과 같은 과정이 반복된다.
Step3	이전에 선택된 지점을 중앙으로 하여 그 중앙지점과 그로부터 한 픽셀 거리의 주변에서 9번의 정합을 시도한다. 이 때에 결정된 평가함수의 값이 최소인 위치가 탐색 결과가 된다.

2D-Logarithmic 탐색 알고리즘은 DMD (Direction of Minimum Distortion) 방식으로도 불리는데 기본 개념은 표 1과 같이 세 단계에 걸쳐 탐색 영역을 효과적으로 줄여가면서 진행한다.^[4]

III. 제안한 이동물체 추적 알고리즘

본 연구에서는 다음과 같이 개선된 이동물체의 검출 및 추적 알고리즘을 제안한다.

첫째, 배경이 복잡하고 화면으로의 진입 방향이 불규칙한 이동물체에 대하여 차영상과 클러스터링 기법을 이용한 초기모델을 생성한다.

둘째, 이동물체의 탐색방법을 간소화하고, 추적 시간을 줄이기 위하여 탐색모델과 정합모델을 이용한 계층적 이동물체 추적 기법을 제안한다. 이동물체 추적단계에서 이동물체 탐색시간을 줄이고 추적속도를 빠르게 하기 위해 현재영상에 대한 윤곽선 영상을 구하고, 윤곽선 영상을 1/4로 축소 (decomposition)한다. 또한 정합모델을 1/4로 축소시켜 탐색모델을 생성시킨 후 탐색모델과 1/4로 축소된 현재 영상을 정합 하였다. 정합 된 영상에서 4근방 2-D Logarithmic탐색으로 이동물체의 면적중심의 좌표를 대략적으로 탐색해낸다. 대략적으로 탐색된 이동물체의 면적중심좌표를 중심으로 정합 모델과 현재 윤곽선 영상을 재 정합 하여 2-D Logarithmic탐색으로 정확한 이동물체의 면적중심의 좌표를 추출한다.

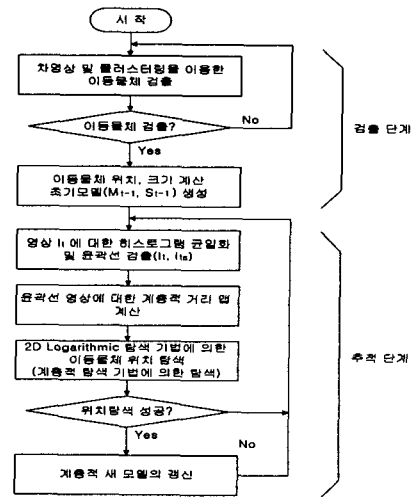


그림 1. 제안한 알고리즘의 흐름도
Fig. 1 Flowchart for the proposed algorithm

그림 1은 제안한 이동물체 검출 및 추적 과정을

순서도로 나타낸 것이다. 이동물체의 동일성 판별은 Partial Hausdorff 거리를 이용하여 판정하였다.

(1) 차 영상과 클러스터링 기법을 이용한 초기모델의 생성

본 연구에서는 진입 방향 및 이동 방향이 비선형적인 이동물체에 대한 초기모델 생성 알고리즘을 제안하였으며, 제안한 초기모델 생성 알고리즘은 이동물체의 움직임 검출단계와 초기모델 생성단계로 구분하였다. 움직임영역 검출단계는 차 영상과 클러스터링 기법을 이용하여 배경영상에 진입하는 이동물체를 분할하는 과정으로 본 연구에서는 다음과 같은 단계를 거쳐 이동물체의 초기 움직임 영역을 분할하였다.^{[5][7]}

- 차 영상과 모폴로지 연산(Morphological opening)을 이용한 배경영상 결정
- 클러스터링을 이용한 영역 분할

본 연구에서는 자연환경에서 조도의 변화에 적용할 수 있도록 이전 프레임까지의 각 화소들에 대한 시평균을 구하여 배경영상으로 결정하였다.

이진 영상에서 배경과 물체 주위에 나타난 잡음 성분들을 제거하기 위해 모폴로지 제거 연산을 적용하였다. 차 영상 기법에 의해 배경영역과 움직임 물체에 대한 영역이 결정되면 현재 프레임 내에 존재하는 물체의 수와 정확한 위치를 결정해야 한다. 따라서 본 연구에서는 이동물체의 영역 분할 방법으로 클러스터링 기법을 이용하였으며, 처리 시간을 줄이기 위해 구간 샘플링 기법을 적용하였다. 구간 샘플링(Sampling)은 열 줄 간격으로 라인 검색을 하였으며 처음으로 1인 점이 나타나면, 반 시계방향으로 이진 영상의 외곽선을 따라 동일 영역으로 표시한다.

그리고 검색이 원점으로 돌아오면 다시 다음 영역을 검색하여 같은 방법으로 또 다른 영역으로 표시한다. 이미 움직임 영역으로 결정된 부분은 라인 검색을 하지 않는다. 그리고 모든 영역에 대한 라인 검색이 완료되면 각 영역의 면적을 구하고, 미리 정해진 임계값에 의해 추적 물체 보다 작거나 큰 영역들은 제거하고 추적을 위한 초기 모델을 검출하게 된다.

(2) 계층적 이동물체 정합 알고리즘

본 연구에서 제안한 이동물체의 초기모델 생성 알고리즘에 의해 초기모델이 결정되면 이동물체 추적단계로 진행된다. 이동물체의 추적에 있어서 가장 중요한 부분은 이동물체의 위치를 탐색하고 모델과의 정합을 수행하는 과정이다. 변화에 따른 잡음의 영향을 최소화하면서 이전 프레임에 비해 이동거리가 클 경우에도 이동 물체를 효과적으로 추적할 수 있는 계층적 이동물체 정합 알고리즘을 제안하였다.

그림 2는 제안한 계층적 이동물체 정합 알고리즘의 순서도를 나타낸 것이다.

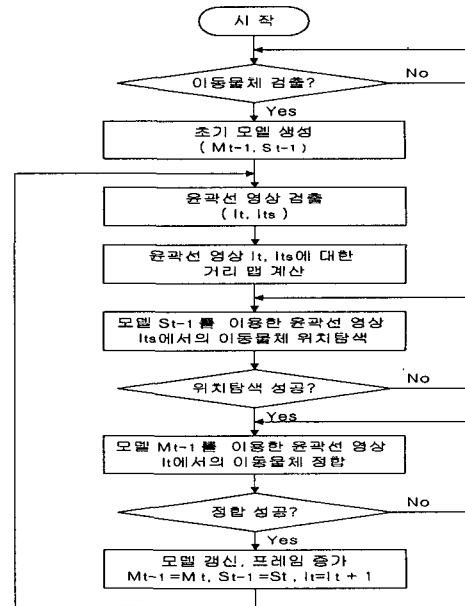


그림 2. 제안한 계층적 정합 알고리즘의 흐름도
Fig. 2 Flow chart for the proposed hierarchical matching algorithm

제안한 계층적 이동물체 정합 알고리즘은 먼저 현재 프레임에 대한 윤곽선 영상 I_t 와 계층적으로 축소된 윤곽선 영상 I_b 를 구하고 각각의 윤곽선 영상에 대한 거리 맵을 계산한 후 탐색모델 S_{t-1} 를 이용하여 윤곽선 영상 I_b 에서 이동물체의 대

략적인 이동 위치를 탐색하고 이동 위치가 결정되면 검출된 이동영역을 중심으로 정합모델 M_{t-1} 을 이용하여 윤곽선 영상 I_t 에서 정확한 이동물체 정합을 수행한다.

그림 3은 제안한 알고리즘에 의해 ㉓점에서 ㉑점을 탐색할 경우 탐색 과정에 대한 예를 그림으로 나타낸 것이다.

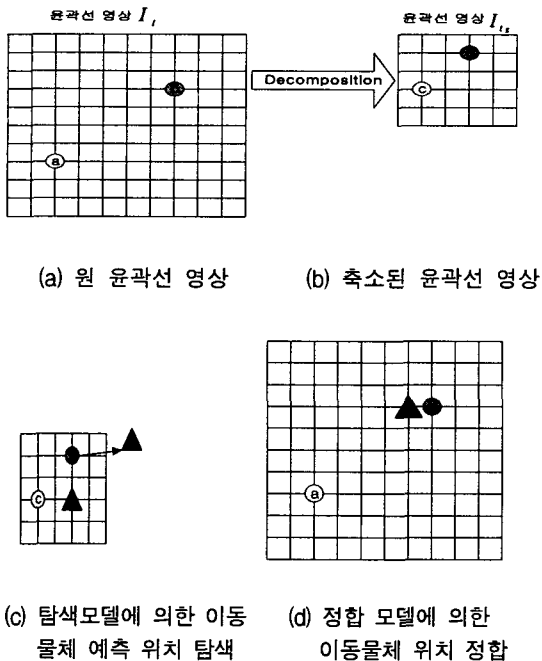


그림 3. 계층적 탐색 알고리즘을 이용한 이동물체 정합 예

Fig. 3 Example of matching for moving object using hierarchical search algorithm

그림 3에서 (a)는 원 영상에 대한 윤곽선 영상 I_t 와 I_b 를 나타낸 것이고, (b)는 축소(Decomposition)된 계층적 윤곽선 영상을 나타낸 것이다. 이때 (a)의 ㉓점과 ㉑점은 (b)의 ㉑점과 ㉑점으로 나타낼 수 있다. (c)는 탐색 모델 S_{t-1} 를 이용하여 ㉑점에서 이동물체의 예측 위치 ㉑점을 탐색하는 과정으로 ㉑점에서 2D Logarithmic 단계 1을 수행하여 ▲인 지점에서 유사도가 가장

높을 경우 단계 2를 수행한다. 그리고 ▲인 점에서 단계 2를 수행하여 ▲인 점의 평가 평가함수가 최소일 경우 단계 3을 수행한다. 이때 탐색된 위치 ㉑는 이동물체의 대략적인 위치를 나타내는 것으로서 보다 정확한 위치를 추적하기 위해 원 윤곽선 영상을 가지고 그림 3의 (d)와 같이 정합모델을 이용하여 정밀 탐색을 수행한다. 그림 3 (d)에서 ▲는 (c)에서 탐색한 이동물체의 대략적인 위치를 나타내고 ▲인 지점을 중심으로 2D Logarithmic 단계 3을 수행하여 이동물체의 정확한 위치를 검출하게 된다.

이때 모델과 이동물체와의 유사도 판정을 위한 평가함수로써 하우스돌프 거리를 사용하였으며, 평가함수의 값이 두 점 집합 내의 점들 중 75% 이상이 유사한 점이라고 판정될 경우, 이 두 점 집합은 동일 물체로 판단하였다. 또한 탐색 시간을 줄이기 위하여 하우스돌프 거리에 의한 유사도가 75% 이상이면 남아있는 점들의 계산을 생략하고 모델을 갱신한 후 다음 프레임에서의 이동물체 추적을 진행하였다.

식 (6)은 모델영상과 현재 프레임에서의 정합 영상간의 동일성 여부를 판정하기 위한 수식을 나타낸 것이다.

$$SMO_{th} = \frac{1}{SMO_{th}} \times \frac{h(P, Q) \leq \delta \text{인 점의 수}}{M_{t-1} \text{ 내 점의 수}} \quad (6)$$

SMO_{th} 는 동일성 여부를 판단하기 위한 임계값으로 본 연구에서는 0.75로 하였다.

(3) 새로운 모델의 갱신

동영상은 시간에 따라 배경 및 추적물체의 형태가 변화함으로 Δt 시간이 흐른 후에는 초기 모델과 현재 프레임의 이동물체와의 유사도가 작아져 추적 대상 이동물체를 잃어버릴 수 있다.

따라서 본 연구에서는 각 프레임에서의 이동물체 정합이 성공할 경우, 현재 프레임의 윤곽선 영상에서 새로운 추적물체 영역을 검출하여 새로운 모델로 갱신함으로써 이동물체의 형태변화에 적극적으로 대처할 수 있도록 하였다. 만약 잡음이나

배경에 갑자기 나타난 은폐물에 의해 정합이 실패할 경우, 이전 모델을 그대로 사용하여 은폐물이 제거된 후에도 추적이 가능하도록 하였다.^[6]

새로 갱신할 추적모델은 변화된 새로운 형태를 가질 수 있으며 크기가 이동물체의 크기에 적응적으로 변할 수 있도록 하였다.

앞에서 2D Logarithmic 탐색기법을 이용하여 연속하는 영상 I_t 에서 모델 M_{t-1} 의 최적 위치 g 를 얻었다면, 남은 것은 g 에서 I_t 의 부분 픽셀로 구성된 새로운 모델 M_t 을 구성하는 것이다. 즉, 변환된 모델 $g(M_{t-1})$ 과 가장 잘 매칭 되는 영상 I_t 의 부분 집합을 찾으면 된다.

I_t 의 각 점과 $g(M_{t-1})$ 의 점 사이의 하우스돌프 거리를 새로운 모델 M_t 에 속하는 점의 집합을 선택하기 위한 기준으로 하여 새로운 모델을 구할 수 있다.

$$M_t = \left\{ q \in I_t \mid \min_{p \in M_t} \|g(p) - q\| \leq \delta \right\} \quad (7)$$

식 (7)에서 I_t 는 현 프레임의 윤곽선 영상이고, $g(p)$ 는 현재 프레임에서 탐색한 이동물체의 정합위치 내의 점들의 집합이며, q 는 I_t 의 점이다. δ 는 형태 변화에 따른 화소 변위값으로 본 연구에서는 $\delta = 2$ 로 하였을 때, 가장 최적의 결과를 얻을 수 있었다.

IV. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 실제 도로 환경에서 배경이 움직이고, 이동물체의 형태 변화가 있는 도로에서 주행하는 자동차를 대상 이동물체의 추적 실험을 수행하였다.

제안한 알고리즘은 초기 이동물체의 검출 및 초기모델 생성 단계와 추적단계로 구성되며 초기 이동물체 검출 및 초기모델 생성 단계에서는 초기 이동물체가 검출될 때까지는 주위 환경에

따른 배경의 변화는 있지만 카메라의 움직임은 없다고 가정하였다. 본 연구에서 제안한 차 영상과 클러스터링을 이용한 초기모델 생성 방법으로 추적 물체의 모델을 생성하였다.

그림 4의 (a)는 추적 대상물체의 초기 진입영상이고 (b)는 초기 이동물체에 대한 정합모델을 나타낸 것이며 (c)는 계층적 탐색을 위한 탐색모델을 나타낸 것이다.

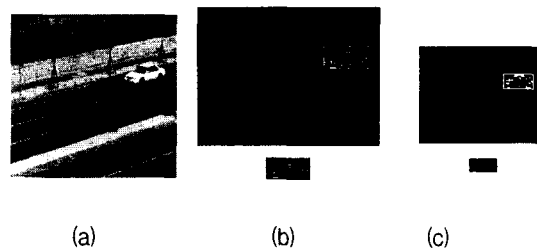


그림 4. 초기 진입 영상의 정합모델과 탐색모델
(a) 초기 진입 영상, (b) 정합모델, (c) 탐색모델
Fig. 4 Matching model and search model for initial detected image (a) Initial detected image, (b) Matching model, (c) Search model

추적 모델이 결정되면 다음 프레임부터 윤곽선 영상을 검출하고 모델과의 정합을 통해 추적을 수행해야 한다. 본 연구에서는 윤곽선 검출 기법으로 소벨 연산자를 사용했으며, 윤곽선 검출에 앞서 전처리 기법으로 히스토그램 균일화를 수행하였다. 히스토그램 균일화는 명암도 도수분포를 명암도에 따라 균일하게 분포되도록 재배치하는 전처리 기법으로 너무 어둡거나 밝은 영상의 선명도를 조정하여 밝기 값 분포가 균일하게 함으로써, 윤곽선 검출 시 고정된 임계값으로도 비교적 우수한 경계선 검출 효과를 얻을 수 있도록 하였다. 윤곽선 영상이 구해지면 본 연구에서 제안한 알고리즘에 의해 이동물체의 탐색 시간을 줄이기 위해 계층적 이동물체 정합 알고리즘을 이용하여 계층적 윤곽선 영상 I_b 를 각각 구해야 한다. 계층적 윤곽선 영상 I_b 는 윤곽선 영상 I_t 를 1/4크기로 축소한 것으로 프레임 내에서 이동물체의 이동 거리가 클 경우 탐색 시간을 줄이고 추적 효율을 높이기

위해 사용하였다. 그림 5는 일부 프레임에 대한 계층적 윤곽선 영상을 나타낸 것이다.

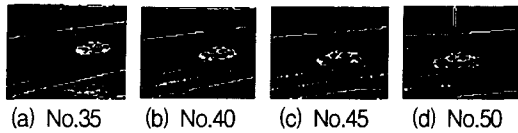


그림 5. 일부분 프레임의 축소 윤곽선 영상
Fig. 5 Reduced edge images for some frames

그림 6은 제안한 알고리즘에서 축소 윤곽선 영상 I_k 와 탐색모델 S_{t-1} 를 이용하여 대략적인 이동물체의 위치를 탐색한 결과와 다음 프레임에서 탐색모델로 사용할 새로운 모델 S_t 를 나타낸 것이다.

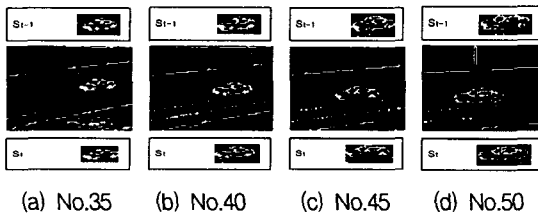


그림 6. 일부분 프레임의 탐색모델과 갱신모델
Fig. 6 Search model and updated models for some frames

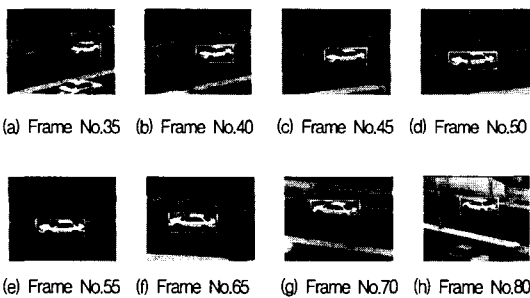


그림 7. 추적 결과 영상
Fig. 7 Track result images

그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 제안한 알고리즘은 이동물체를 계층적인 탐색방법을 이용

하여 움직이는 배경에서 효율적으로 추적할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 추적 과정에서 추적 대상 이동물체는 카메라의 줌과 그 자체의 3차원 운동으로 인하여 형태가 변하여도 전체 프레임에서 안정적으로 추적할 수 있었다.

제안한 탐색 알고리즘과 기존의 탐색 알고리즘^[6]으로 이동물체 추적 실험을 수행한 후 평균 정합횟수를 비교한 결과, 그림 8과 같이 제안한 알고리즘에서는 평균 28.21, 기존의 알고리즘에서는 평균 35.67로 제안한 알고리즘이 7.46회 적음을 알 수 있었으며, 정합 과정도 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘 보다 간단해 짐을 알 수 있었다.

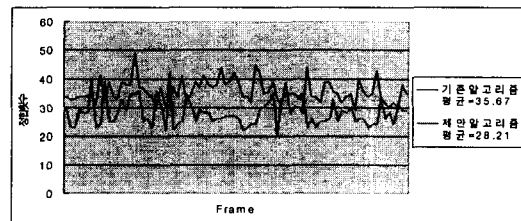


그림 8. 정합 시도 횟수
Fig. 8 Matching times for vehicle image

또한 그림 9에서 나타낸 것과 같이 프레임당 처리 시간은 제안한 알고리즘에서는 평균 53.21ms, 기존의 알고리즘에서는 평균 66.74ms로 기존의 알고리즘보다 20.3% 절감됨을 알 수 있었다. 그 이유는 탐색모델에 의해 예상 위치를 계산할 때 사용하는 추적 영상 및 모델의 크기가 원 영상의 크기보다 1/4로 축소된 영상이므로 계산량이 많이 감소했기 때문이다.

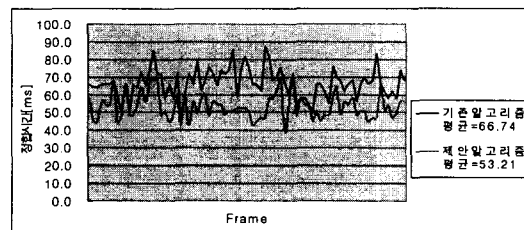


그림 9. 프레임 당 처리시간 비교
Fig. 9 Comparison of processing time per frames

그림 8은 제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘에 대한 평균 정합 횟수를 비교한 결과를 나타낸 것이고, 그림 9는 프레임 당 처리 시간을 비교한 결과이다. 표 2는 일부 프레임에서 이동물체의 실제 위치와 제안한 알고리즘으로 추적을 수행했을 때의 위치 변화에 대한 절대 차를 비교한 것이다. 여기서 이동물체의 실제 위치는 포토샵에서 이동물체의 면적 중심을 계산하여 좌표 값을 찾아내는 주관적인 방법으로 결정하였고, 이동물체의 추적 위치는 본 연구에서 제안한 알고리즘에 의해 결정된 이동물체 영역의 면적 중심을 나타낸 것이다. 또한 추적 위치와 실제 위치와의 오차 e 는 두 좌표 값 사이의 기하학적 거리로 표시할 수 있으며 그 수식은 식 (8)과 같다.

표 2. 추적위치와 실제위치의 비교
Table. 2 Coordinate comparison for vehicle image

Frame No.	추적 위치 \hat{X}	추적 위치 \hat{Y}	실제 위치 X	실제 위치 Y	절대 차 X_e	절대 차 Y_e
35	131	66	131	64	0	2
40	134	72	135	71	1	1
45	105	81	105	81	0	0
50	87	87	86	87	1	0
55	90	89	90	89	0	0
60	85	86	83	85	2	1
65	76	80	75	81	1	1
70	80	59	80	59	0	0
75	92	39	91	40	1	1
80	93	50	93	48	0	2

$$e = \sqrt{(\hat{X} - X)^2 + (\hat{Y} - Y)^2} = \sqrt{X_e^2 + Y_e^2} \quad (8)$$

평균오차 E 는 각프레임에서 오차의 평균으로 식(9)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n e_i \quad (9)$$

여기서 n 은 전체 프레임 수를 의미하며, e_i 는 i 프레임에서의 추적위치와 실제위치와의 오차를 의미한다. 이와 같은 방법으로 전체 80프레임의 영상에 대하여 추적위치와 실제위치를 비교하여 그 최소 평균자승오차를 계산한 결과

$E=1.148$ 임을 알 수 있었다.

그리고 실험에 사용한 영상 외에 차량의 크기, 색상 및 형태가 다른 다양한 환경에서 제안한 알고리즘으로 추적 실험을 한 결과, 도로의 색과 차이가 있는 차량들은 98.66%의 추적 성능을 나타내었고, 검정색 또는 적색 등과 같은 차량은 흑백 영상에서 도로의 색과 유사하여 배경의 영향을 많이 받으므로 95.33%으로 전체 평균 97%의 추적 성능을 나타내었다. 표 3은 색이 다른 차량별로 전체 80 프레임의 영상을 입력받아 추적 실험을 했을 경우 추적 성공률을 나타낸 것이다. 여기서 Car1은 본 논문에서 실험에 사용한 실험영상이고, Car2 - Car5는 추가적으로 추적 성능을 평가하기 위해 사용한 실험 영상이다.

표 3. 색상별 추적 결과
Table. 3 Results of tracking for some color

실험차량	배경영상 및 초기진입 프레임 수	실제 추적에 사용한 프레임 수(50)		추적 성공률 (%)
		추적 성공 프레임 수	추적 실패 프레임 수	
Car1(흰색)	30	50	0	100
Car2(황색)	30	49	1	98
Car3(흰색)	30	49	1	98
Car4(검정)	30	47	3	94
Car5(검정)	30	48	2	96
Car6(적색)	30	48	2	96
평균				97

또한 실제 도로상에서 추적 성능을 저해하는 요소로는 반대 차선에서 주행하는 차량과 가로 등 지지대와 같은 은폐물에 의해 추적 물체가 가려졌을 경우 해당 프레임에서 잠깐 추적물체를 잃어버리는 문제가 발생하였지만, 고속 차량의 특성상 갑작스런 형태 변화가 이루어지지 않으므로 은폐물이 제거된 후 다시 추적이 진행됨을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 이동물체의 형태변화에 적응할 수 있는 계층적 탐색기법을 이용한 모델기반 이

동물체 검출 및 추적 알고리즘을 제안하였다.

실험에서 이동물체 추적을 수행한 후 총 정합 횟수를 비교한 결과 그림 8과 같이 제안한 알고리즘에서는 28.21, 기존의 알고리즘에서는 35.67로 제안한 알고리즘이 평균 7.46회 적음을 알 수 있었다. 또한 프레임 당 처리 시간은 비교한 결과 그림 9와 같이 제안한 알고리즘에서는 평균 53.21ms, 기존의 알고리즘에서는 평균 66.74ms로 평균 정합시간이 20.3% 절감되어 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하였다.

그리고 표3에서 차량의 크기, 색상 및 형태가 다른 환경에서 제안한 알고리즘으로 추적 실험한 결과, 도로의 색과 차이가 있는 차량들은 98.66%의 추적 성능을 나타냈으며, 검정색 또는 적색 등과 같은 차량은 흑백 영상에서 도로의 색과 유사하여 배경의 영향을 많이 받으므로 95.33%이었고, 전체 평균은 97%의 추적 성능을 나타내었다. 제안된 알고리즘은 이전프레임에 비해 이동거리가 큰 경우에도 안정적으로 추적할 수 있었고, 이동물체의 정확한 위치를 검출하여 추적 시간을 단축할 수 있었다.

향후 연구 과제로는 특정 이동물체에 대한 추적 알고리즘과 형태의 변화가 심하거나, 화면에 여러 개의 형태가 비슷한 이동물체가 존재할 때, 또는 회전 운동을 하는 물체와 여러 방향으로 움직이는 비 선형적인 물체에 대한 효율적인 추적을 위해 제안한 알고리즘을 확장하는 일이 향후 과제이다.

참고문헌

[1] Yuichi ninomiya and Yoshimichi Ohtsuka, "A Motion-Compensated Interframe Coding Scheme Television Pictures ", IEEE Transactions on Communications, vol. com. 30, No. 1January 1982.

[2] J. C. Cheng, M. F. Moura, "Tracking Human Walking in Dynamic Scenes", ICIP 97, pp.137-140, July 1997.

[3] D.P. Huttenlocher, J. J. Noh, "Tracking Non-Rigid

Objects in Complex Scenes", Proceedings of 4th ICCV, pp. 93-101, May 1993.

[4] Ioannis Pavlidis and Nikolaos P. Papanikolopoulos, "A Curve Segmentation algorithm That Automates Deformable-Model Based Target Tracking", Proceeding International Conference on Pattern Recognition vol.2. 1998. 8.

[5] Jorge Badenas and Filiberto Pla, "Segmentation based on region-tracking in image sequences for traffic monitoring", Proceeding International Conference on Pattern Recognition vol.2. 1998. 8.

[6] 김태식, 이주신, "동적 배경에서 Hausdorff 거리를 이용한 이동물체의 추적", 한국통신학회 하계 종합 학술 대회 논문집, vol. 19, No. 1, pp. 537-540, 1999.

[7] 이규원, 김영호, 이재규, 박규태, "무인감시장치 구현을 위한 단일 이동물체 추적 알고리즘", 대한전자공학회 논문지, 제 31권, B편, 제11호, pp.11-52, 1995.

[8] 김태식, 이주신, "Hausdorff 거리를 이용한 이동물체 추적", 대한전자공학회 논문지 제 37권, SP 지, 2000. 5.

저자소개

방만식(Man-sik Pang)

한국해양정보통신학회 논문지 제 6권 8호 참조

김태식(Tae-sik Kim)

2000년 청주대학교 공학박사

1992년~현재 진주국제대학교 컴퓨터공학과 교수

※관심분야: 영상처리, 컴퓨터 그래픽

픽



김영일(Young-il Kim)

1985년 연세대학교 전자공학과 공학박사

1987년~현재 경상대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 신호처리, 음성 인식 및 음성합성