

# 변형된 스네이크 에너지를 통한 외곽선 모델기반의 비강체 물체 추적

김 자 영, 이 주 호, 정 승 도, \*최 병 옥  
한양대학교 전자통신전파공학과, \*한양대학교 정보통신학부  
전화 : 02-2290-0363 / 핸드폰 : 019-661-7579

## Contour Model based Non-Rigid Moving Object Tracking using Snake Energy Modification

### Abstract

In this paper, we propose the method Model based Non-Rigid Moving Object Tracking.

Motion based method becomes difficult to predict precisely when motion gets larger, so that we can solve such difficulty with regarding the moving object as a model. In the model based method, it should be concerned about setting initial model and updating its model in each frame. We used SNAKE in a way to set the initial model, and also proposed a modified SNAKE to handle the previous SNAKE problems. Moreover, with the elliptical setting, we made the initializing process automatically which is highly subject to change in measuring the performance of SNAKE. We used the Hausdorff distance to identify models in each frame. Through our experiments, our proposed algorithm does effective work in Non-Rigid Moving Object Tracking.

### I. 서론

동영상에서 움직임 분석은 영상압축을 비롯하여 무인감시 시스템, 지능형 교통 시스템과 같은 비디오 용

용에 기초기술이 된다[1]. 실제 응용 시스템에서는 동영상내의 움직임 분석에 의해 나온 의미 있는 객체를 이동물체라고 정의하고 추적해가는 방법을 이동물체 추적이라고 한다. 이동물체 추적 방법으로는 크게 움직임 추정 방법과 모델 설정에 의한 방법으로 나뉘는데 움직임 추정 방법으로는 광류에 의한 방법, 차영상 분석에 의한 방법 등이 있다.

움직임 추정에 기반한 물체 추적은 간단하며 빠른 연산과정을 보이는 반면, 이동물체의 움직임이 큰 경우 정확한 예측이 어렵다는 단점을 갖는다. 움직임 추정에 의한 방법이 화소단위의 움직임을 예측하는 방법이라면 모델 설정에 의한 방법은 이동물체를 모델로 설정하여 추적하는 방법이다. 이 방법은 모델을 설정하는 방식에 따라 영역에 기반한 방법, 외곽선에 의한 방법으로 나뉜다. 모델 설정에 의한 방법은 추적 대상의 초기 모델을 생성하고 프레임 간 모델정합에 의해 이루어지는 방식으로 객체의 움직임이 크거나 배경의 변화가 심할 때도 정확한 예측이 가능하기 때문에 많이 사용되어진다[2]. 하지만 모델기반의 물체 추적은 초기 모델이 정의 되어야 하고, 프레임 간 모델이 계속 유지되어야 하는 제약사항이 생기게 된다. 따라서 본 논문에서는 모델 기반 방법에서 생기는 초기 모델을 설정하는 문제점의 해결책과 생성된 모델의 추적에 관한 기법을 제안하고자 한다

## II. 제안하는 알고리즘

### 2.1 움직임 영역 감지 및 사각 영역 추출

동영상에서 이동물체를 추적하기 위해 가장 처음 이루어지는 작업은 움직임 검출이다. 본 논문에서는 움직임 검출을 위해 기존 알고 있는 배경 프레임과 현재의 프레임의 차분을 이용하여 움직임을 검출한다. 그림 1-(c)는 움직임 영역을 예측한 영상이다. 움직임 영역과 배경영역이 분리가 되면 모델을 설정하기 위해 불필요한 노이즈를 제거한다. 노이즈 제거를 위해 모폴로지와 Median 필터를 사용한다. 그림 1-(d)는 모폴로지와 Median 필터를 적용한 결과 영상이다.

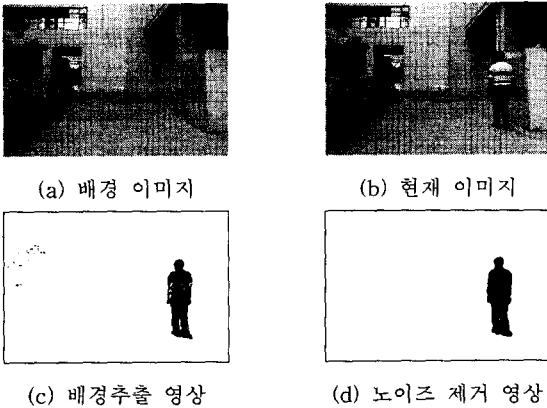


그림 1 움직임 물체 검출

노이즈를 제거한 영상에서 모델을 설정하기 위해 가로, 세로의 히스토그램 투영화를 통하여 그림 2와 같이 움직임 사각영역을 설정한다.

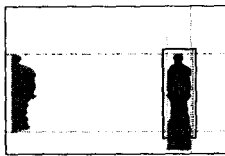


그림 2 움직임 사각영역

### 2.2 스네이크를 통한 모델 생성

#### 2.2.1 스네이크의 정의

동적 외곽선 모델중 하나인 스네이크(Snake)는 물체를 분할하거나 추적하기 위한 기술로 Kass에 의해 처음으로 제안되었다[3]. 스네이크는 정의한 에너지 함수

를 최소화되는 방향으로 스네이크 노드들이 반복적으로 이동하며 객체의 윤곽선을 찾아가는 방법이다. 에너지는 내부에너지(internal energy)와 외부에너지(external energy)로 구성되어 있다. 각 에너지의 식은 아래와 같이 정의된다.

여기서  $v(s, t)$ 는  $(x(s, t), y(s, t))$ 로 표현할 수 있으며 스네이크 노드가 된다.  $s$ 는 스네이크 노드의 번호가 되고  $x(s, t)$ 와  $y(s, t)$ 는 각  $t$ 시간에서의 노드좌표가 된다.

$$E_{snake}(v) = \sum_{i=0}^{N-1} (E_{internal}(v_i) + E_{external}(v_i)) \quad (1)$$

$$E_{internal}(v_i) = \alpha \cdot E_{continuity}(v_i) + \beta \cdot E_{curvature}(v_i) \quad (2)$$

$$E_{external}(v_i) = \gamma \cdot E_{edge}(v_i) \quad (3)$$

내부 에너지 중  $E_{continuity}$ 는 스네이크 노드의 각 거리에 대한 에너지로써 노드들 간격을 균일하게 하는 에너지이며  $E_{curvature}$ 는 스네이크에서 이웃하는 노드들의 구부러진 정도에 대한 에너지이다. 외부에너지,  $E_{external}$ 은 스네이크 노드들을 관심객체의 윤곽선으로 당기는 역할을 하며, 주로 사용되는 특징으로는 기울기나 에지값이 된다.

만약  $\nabla E_{external} \approx 0$  이 되는 지점이 발생하면 물체와는 상관없는  $E_{continuity}$ 와  $E_{curvature}$ 값으로 스네이크 노드위치가 결정이 되기 때문에 물체의 외곽선에 정확히 수렴하지 않는 문제점이 발생한다. 또한 물체의 외곽선 주변으로 주어지는 초기점이 성능에 큰 영향을 주므로 초기값에 대한 문제도 발생한다.

#### 2.2.2 제안하는 스네이크

스네이크의 전체 에너지는  $E_{internal}$ ,  $E_{external}$  두 가지 에너지로 이루어진다. 이 때  $\nabla E_{external} \approx 0$ 이 되면 물체의 외곽정보와는 상관없는 스네이크 노드들의 위치 정보만을 가지는 에너지가 되고 어느 정도 이상이 되면 수렴하지 않는 문제점이 발생한다. 내부에너지 중  $E_{curvature}$ 는 이웃하는 노드들의 연결을 곡선형태로 만드는 특성이 있기 때문에 물체가 곡선의 형태가 아니면 외곽주변으로 수렴하지 않는 한계점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해  $\nabla E_{external} \approx 0$ 인 지점에서도 물체의 외곽 주변으로 스네이크 노드를 움직일 수 있는 에너지의 변경이 필요하다. 따라서 스네이크 노드만의 에너지,  $E_{internal}$ 을 물체의 외곽정보를 고려한 에너지로 변경하였다.

$E_{ellipse}$ 는 물체의 중점으로부터 스네이크 노드사이의

거리를 타원의 방정식으로 정의한 에너지이다. 자연 영상에 존재하는 물체는 일반적으로 타원형태이기 때문에 이동물체가 타원형태로 수렴할 수 있도록  $E_{ellipse}$ 를 추가하면  $\nabla E_{external} \approx 0$  이더라도 스네이크는 물체의 외곽 쪽으로 수렴할 수 있는 에너지로 변경 된다.

$$E_{internal}(v_i) = \alpha \cdot E_{continuity}(v_i) + \beta \cdot E_{ellipse}(v_i) \quad (8)$$

$$E_{ellipse}(v_i) = \left\{ \frac{(x_i - x_c)^2}{A^2} + \frac{(y_i - y_c)^2}{B^2} \right\} \quad (9)$$

식 (8)과 (9)는  $E_{internal}$  성분을 물체의 형태를 고려한  $E_{ellipse}$ 으로 변경한 식이다.  $E_{ellipse}$ 는 타원의 방정식으로부터 물체의 중심점과 스네이크 노드간의 관계로 정의되므로  $\nabla E_{external} \approx 0$  인 지점에서도 물체의 외곽 주변으로 노드를 움직일 수 있는 에너지가 된다. 식 (9)의  $x_c$ 와  $y_c$ 는 움직임 사각영역을 중심으로 한 물체의 중심점이 되고  $A$ 와  $B$ 는 장축, 단축이 된다.

### 2.2.3 스네이크 초기화와 모델화

일반적으로 물체 분할을 할 때 많이 쓰이는 스네이크에서 성능에 영향을 미치는 요인 중 하나는 스네이크 노드의 초기위치 설정이다. 초기위치 설정은 스네이크의 성능 효율을 위해 사용자가 임의로 물체 주변으로 주는 것이 일반적이다. 하지만 이동물체 추적에 있어서 매 프레임마다 초기위치를 사용자가 임의로 주는 것은 한계가 있다. 따라서 스네이크를 이용하는 이동물체 추적에서 자동적으로 물체 주변의 초기화는 중요하다.

본 논문에서는 물체주변의 스네이크 노드 위치를 자동적으로 생성하기 위해 움직임 사각영역을 중심으로 타원을 설정한다. 타원 설정을 할 때 스네이크 노드들간의 거리가 일정해야 성능이 좋아지므로 타원의 방정식과 직선의 방정식의 교점으로 초기치를 준다. 이 때 임의의 각도( $\theta$ )를 통해 초기치의 개수를 조절할 수 있다. 위의 과정으로 설정된 초기치는 그림 3과 같다.



(a) 초기치 설정



(b) 모델화

그림 3 스네이크를 이용한 모델화

제안한 스네이크의 초기화와 식 (8)을 이용하면 그림 3-(b)와 같은 모델을 설정할 수 있다.

### 2.3 이동물체 추적에 Hausdorff 거리의 적용

Hausdorff 거리는 두 개의 유한집합 내 점들의 유사도를 비교하기 위한 Min-Max 거리다. 보통 이동물체 추적에 있어서 Hausdorff 거리는 각 프레임 간 모델정합에 의해 이동물체를 찾는 데 적용된다[4]. 본 논문에서는 모델간의 유사도를 평가할 때 모든 화소를 대상으로 할 경우 연산량이 증가하는 점을 개선하기 위해 스네이크의 노드만을 사용하였다. 프레임에서 다중 객체의 출현 시 각 모델의 Hausdorff 거리값을 비교하여 객체를 구별하는 평가기준으로 사용한다.

## III. 실험 결과

### 3.1 제안한 스네이크를 이용한 모델링

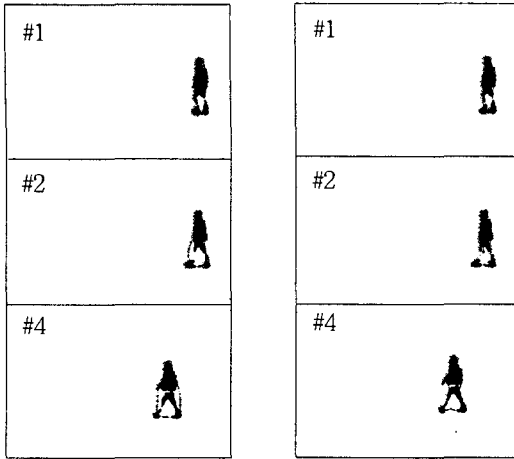
표 1에서 기존 스네이크에서의 반복횟수와 제안한 스네이크의 반복횟수에 대해 비교하였다. 테스트 1은 형태변화가 작은 영상이고, 2와 3, 4는 변화가 많은 영상이다. 스네이크에 있어서 다리를 벌리고 있었을 때 초기치를 줄 타원이 커지게 되므로 반복횟수가 좀 더 오래 걸리는 것을 알 수 있었다. 테스트영상의 크기는 354×250이다.

표 1. 제안한 스네이크와 기존 스네이크의 반복횟수

테스트영상		노드수		
		24	48	96
#1	Modify	7	13	23
	Brief	15	17	29
#2	Modify	13	30	27
	Brief	23	34	46
#3	Modify	17	20	21
	Brief	22	22	37
#4	Modify	18	29	26
	Brief	19	35	34

그림 4를 보면 기존 알고리즘에서는 다리를 벌리고 있을 시 팔과 다리의 부분이 수렴이 잘 되지 않는 반면, 제안한 알고리즘에 대해서는 수렴이 잘 되었다.

실험결과, 제안한 스네이크가 기존 스네이크보다 효율적으로 수렴하였고, 신뢰성 있는 모델이 형성됨을 확인하였다.



(a) 기존 알고리즘 (b) 제안한 알고리즘

그림 4 스네이크의 비교

### 3.2 제안한 알고리즘에 의한 이동물체 추적

제안한 알고리즘에 의한 각 프레임별로의 이동물체 추적을 살펴보면 그림 5와 같다.

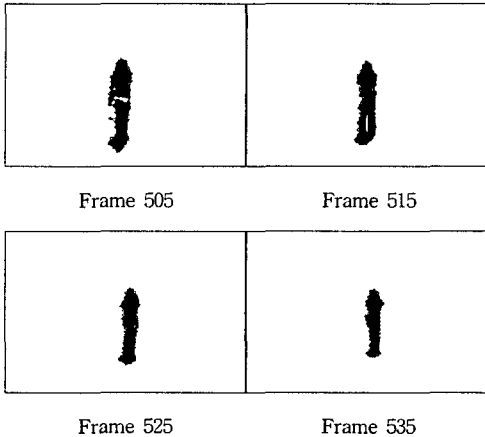


그림 5 이동물체 추적

그림 6에서의 Hausdorff 거리는 연속 프레임에서의 모델과의 거리이다. 이 거리를 토대로 각 물체가 프레임에서 어떠한 위치에 있는지를 알 수 있는 근거가 된다. 제안한 방식으로 10프레임 간격을 둔 움직임이 많은 이동물체에 대해서도 추적이 효과적으로 이루어 지는 것을 볼 수 있다.

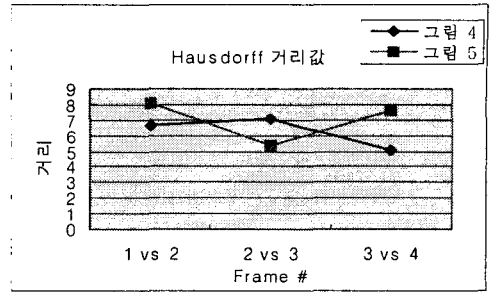


그림 6 각 프레임에서 Hausdorff 거리값

## IV. 결론

본 논문에서는 비강체 이동물체를 추적하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 이동물체의 특성이 비강체이기 때문에 형태변화에 적응력이 강하고 움직임이 큰 경우에서도 추적을 용이하기 위해 스네이크를 이용한 모델 기반 추적방식을 제안하였다. 기존의 스네이크 한계를 극복하기 위해 개선된 스네이크를 제안하였고 스네이크에서 성능에 가장 중요한 변수인 초기화 과정에서 이동물체를 중심으로 타원을 설정하여 자동적으로 초기화 과정을 수행하였다. 또한 각 프레임에서 모델간의 관계를 Hausdorff 거리를 이용하여 신뢰성을 둔 이동물체 추적시스템을 구현하였다.

향후 성능 개선을 위해서 프레임마다 모델을 정할 때 모델의 크기에 따라 스네이크 노드 갯수가 적응적으로 생성될 수 있는 알고리즘 개발에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] A. L. Gilbert , et al., "A Real-Time Video Tracking System," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 2, pp.47-56, January 1980.
- [2] D. S. Jang, et al. "Model-based Tracking of Moving Object," Pattern Recognition, Vol. 30, No. 6, pp. 999-1008, June 1997.
- [3] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, "Snake: Active contour models," Int,J Computer Vision, pp. 321-331, 1988.
- [4] William J. Rucklidge, "Location Objects Using the Hausdorff Distance," IEEE, pp. 547-464,1995.
- [5] Montse Par das , "Motion estimation based tracking of active contours," Pattern Recognition Letters, pp. 1447-1456, 2001.