

윤곽선의 정확한 측정을 위한 진동 스네이크

윤진성*, 김계영*, 최형일**

*송실대학교 컴퓨터 학부

**송실대학교 미디어 학부

e-mail: hic@computing.ssu.ac.kr

A Shaking Snake for Accurate Estimation of Contours

Jin-Sung Yoon*, Gye-Young Kim*, Hyung-Il Choi**

*School of Computing, Soongsil University

**School of Media, Soongsil University

요 약

본 논문에서는 스네이크 모델의 에너지 최소화 알고리즘을 개선하여 속도와 정확도에 대한 문제를 해결한다. 개선된 알고리즘은 스네이크를 이루는 정점들의 적합성에 따라 탐색 윈도우를 가변적으로 확장시킴으로써 빠르고 정확하게 윤곽선을 추출한다. 또한 정점의 정렬과정을 통해 정점이 지역적 최소점에 빠지는 것을 방지하며 스네이크의 연속성과 완만성을 보존한다.

1장 서론

영상에서 물체의 윤곽선은 패턴인식, 분류, 이동 물체 추적 등 컴퓨터 비전 응용에 널리 사용되는 중요한 특징이다. 이러한 윤곽선을 추출하기 위해 Kass는 스네이크라 불리는 활동적 윤곽선 모델을 제안하였다[1]. 스네이크는 정점의 집합으로 이루어진 곡선으로써 영상 내 관심 있는 물체의 주변에 초기화된 후, 에너지 함수와 에너지 최소화 알고리즘에 의해 물체의 윤곽선을 추출하는 모델이다. 이때 사용되는 에너지 함수와 에너지 최소화 알고리즘에 따라서 그 결과는 다소 상이할 수 있다.

Kass가 제안한 스네이크 모델은 에너지 함수의 특성상 움츠려 드는 경향을 지니고 있으며 오일러(Euler) 방정식을 이용한 행렬 연산에 의해 반복 수행되고, 고차미분 방정식을 이용하기 때문에 수학적으로 불안정하다는 단점을 지니고 있다. 때문에 Amini는 다이나믹 프로그래밍에 기반한 에너지 최소화 알고리즘을 제안하였다[2]. 이 알고리즘은 수학적으로 안정적이지만 재귀적인 형태의 알고리즘에 의해 많은 수행시간을 필요로 한다. Williams는 여러 가지 곡률 계산법에 대해 연구하였으며 에너지 최소화 알고리즘의 복잡성을 간편화하고 속도를 향

상시키기 위해 탐욕적 알고리즘에 기반한 에너지 최소화 알고리즘을 제안하였다[3]. 그러나 이 방법은 초기 스네이크 위치에 민감하다는 단점을 지니고 있다.

본 논문에서는 위 문제를 해결하며 빠르고 정확하게 윤곽선을 추출하기 위해 스네이크를 이루는 정점들을 진동시키는 방법을 제안한다. 즉, 에너지 최소화 지점을 찾기 위한 탐색 윈도우를 정점 주변의 직사각형으로 국한하지 않고 가변적으로 조절함으로써 복잡한 모양의 윤곽선을 정확하고 빠르게 추출할 수 있도록 한다.

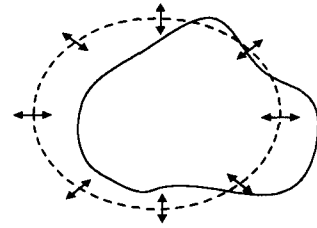
2장 에너지 함수

본 논문에서 제안하는 진동 알고리즘은 Williams가 제안한 에너지 함수와 알고리즘에 기반하며 에너지 함수는 식 (1)과 같다.

$$E_{snake}^* = \int_0^1 (aE_{cont}(v(s)) + \beta E_{curv}(v(s)) + \nu E_{image}(v(s))) ds \quad (1)$$

식 (1)의 첫 번째 항은 연속성을 제어하는 함수으로써 $d^* - |v_i - v_{i-1}|$ 로 나타낸다. 여기서 $|v_i - v_{i-1}|$ 는

현재 고려 중에 있는 정점과 이전 정점 사이의 거리이며 d^* 는 모든 정점들 간의 평균거리이다. 이 함수는 정점들 간의 간격이 균일할수록 작은 값을 나타내기 때문에 스네이크가 움츠려드는 경향을 방지한다. 식 (1)의 두 번째 항은 완만성을 제어하는 함수로써 $|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|$ 로 나타낸다. 이 계산법은 가장 이해하기 쉽고 효율적인 방법으로 알려져 있다 [3]. 식 (1)의 세 번째 항은 영상 특징에 대한 함수로써 $(\min - \text{mag}(v_i)) / (\max - \min)$ 로 표현된다. 여기서 \max 와 \min 은 정점의 주변 화소들 중 가장 크고 작은 밝기 값의 기울기를 나타낸다.



<그림 1> 원도우의 확장 방향

하여 탐색 속도를 줄이고 정확도를 높이는 방법이다. 이 때 원도우가 확장되는 방향은 식 (2)와 같이 계산된다.

$$\theta(s) = \tan^{-1} \left(\frac{y(s)_{s+\Delta} - y(s)_{s-\Delta}}{x(s)_{s+\Delta} - x(s)_{s-\Delta}} \right) \quad (2)$$

3장 진동 알고리즘

스네이크 모델에 대한 여러 가지 에너지 최소화 알고리즘이 제안되었지만 다음과 같은 문제점들을 지니고 있다.

- (1) 내부 에너지함수의 기능에 의해 복잡한 모양을 지닌 물체의 윤곽선을 추출하지 못한다.
- (2) 정점들이 한번에 이동할 수 있는 범위가 한정되어 있기 때문에 많은 수행시간을 필요로 한다.
- (3) 초기 스네이크의 위치와 모양에 대해 높은 의존성을 지닌다.

위 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 스네이크를 이루는 각 정점들의 적합성을 조사하고 적합하지 않은 정점의 원도우를 가변적으로 확장하는 방법을 제안한다. 적합성은 현재 정점의 원도우 내에 임계값보다 높은 밝기 값의 기울기를 지닌 화소가 존재하는지의 여부이다. 만약 정점이 적합하지 않다고 판정되면 적당한 방향으로 원도우를 확장시킨다. 일정거리만큼 원도우를 확장시키고 난 후 다시 적합성을 조사한다. 만약 또 다시 적합하지 않다고 판정되면 이동했던 방향의 반대방향으로 일정거리만큼 다시 원도우를 확장시킨다. 이러한 과정을 정점이 적합하다고 판정될 때까지 반복 수행한다. 이 과정이 마치 정점이 진동하는 듯한 모습을 나타낸다. 원도우가 확장하면서 정점이 적합하다고 판정되면 확장을 멈추고 정점의 원도우 내에서 에너지가 가장 작은 화소의 위치로 정점을 이동시킨다. 이것은 정점과 실제 영상 윤곽선간의 거리가 클 때 원도우 내에 존재하는 화소들은 거의 모두 낮은 에지 값을 지니며 반대로 윤곽선에 영접해 있다면 높은 에지 값을 지닌다는 특성을 이용한 것이다. 즉, 윤곽선이 있을 가능성이 높은 곳으로 탐색공간을 가변적으로 확장

현재 고려중인 정점의 이전 정점과 이후 정점이 이루는 정규 벡터 방향을 계산한다. 정점의 원도우는 계산된 방향과 그 반대 방향으로 확장 즉, 진동한다. <그림 1>이 원도우가 확장하는 방향과 모습을 보여준다.

정점을 진동 시켜 윤곽선으로 이동시키는 방법은 잡음에 민감하다. 즉, 지역적 최소점(local minima) 빠질 가능성 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 잡음에 빠진 정점은 주변 정점들과 비약적으로 멀리 떨어져 있을 가능성이 높다는 특성을 이용한다. 진동 알고리즘을 적용시킨 후 각 정점들간의 거리를 조사한다. 만약 거리가 정점들간의 평균거리보다 일정 배수 이상 크다면 잡음으로 간주하여 그 정점을 이전 정점과 이후 정점의 중간 위치로 이동시킨다. 실험을 통해 정점들간의 평균 거리보다 3배 이상의 거리를 지닌 정점을 잡음으로 간주하였다.

<표 1>은 본 논문에서 제안하는 진동 알고리즘에 대한 코드를 보여주고 있다.

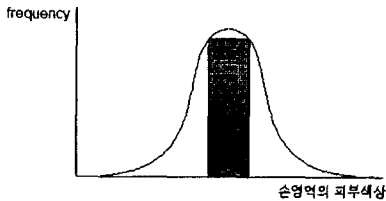
본 논문에서는 이동물체 추적에 대한 진동 알고리즘의 실용성을 실험하기 위해 사용자의 손 영역을 추적하는 예를 보이고자 한다. 이 때 복잡한 배경과 손 영역을 구별하기 어렵기 때문에 손에 대한 색상 정보를 이용한다. Yang은 차영상 기법을 이용하여 손의 피부색상 분포함수를 획득, 손 영역 색상을 학습하는데 이용하였다[4]. 본 논문에서는 손에 대한 색상 정보로써 <그림 2>와 같은 피부색상 분포함수를 구성하여 손 영역과 배경영역을 구분하는데 이용한다. 손의 경계부분에는 피부색상을 지닌 화소와 그렇지 않은 화소가 인접해 있다.

즉, 두 화소간의 피부색상 분포함수 값의 차가 크다. 이러한 특성을 이용하여 진동 알고리즘을 손 영역 추적에 적용할 때에는 영상 에너지 함수로써 화소의 밝기 값의 기울기를 이용하는 대신 피부색상 분포함수 값의 기울기를 이용한다.

```

m = the size of window
compute th_mag
do
  for i = 1 to n
    Emin = BIG, flag = false
    for j = 1 to m
      if mag > th_mag then
        flag = true
        if Esnake(vi) < Emin then
          Emin = Esnake(vi)
          jmin = j
      if flag = false then
        Get color edges for direction and opposite direction
        for j = 0 to k /* k is the number of edges */
          if Esnake(vj) < Emin then
            Emin = Esnake(vj)
            jmin = j
        move point vi to location of jmin
    for i = 0 to n
      if distancei > th_distance then
        move point vi to middle location between vi and vi-1
until moved_points < th_moved_points
    
```

<표 1> 진동 알고리즘



<그림 2> 피부색상 분포함수

4장 실험 및 결과

실험에 사용한 컴퓨터는 IBM 계열의 PC이며 구현 언어는 비주얼 C++이다. 정지영상 및 동영상에 대하여 실험을 하였으며 스네이크 초기화는 인터페이스를 통해 사용자에게 의해 임의로 이루어 졌다.

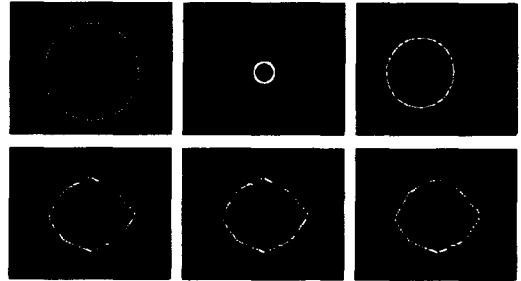
<그림 3>은 정점이 진동하면서 윤곽선을 수렴하는 과정을 보여주고 있으며 <그림 4>는 영상내의 각각 다른 위치에 스네이크를 초기화 시켰을 때에 물체의 윤곽선을 추출한 결과를 보여준다. 스네이크의 초기 위치가 다르더라도 결과는 비슷하며 날카로운 모서리 또한 수렴한 결과를 보여주고 있다. 이것은 진동 알고리즘이 초기위치에 덜 민감하며 복잡한 모양의 윤곽선을 추출할 수 있다는 것을 보여준다. 또한 진동을 통해 탐색공간을 줄여나가기 때문에 연산속도가 기존 알고리즘에 비해 향상되었다.

<그림 5>는 스네이크를 이용한 이동물체 추적 결과를 보여준다. 위쪽 3개 그림은 손 영역이 이동함에 따라 스네이크가 이동하는 모습을 보여주며 가장 원

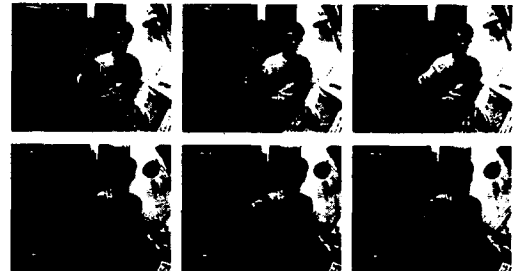
쪽 그림의 손 부분에 위치한 네모박스가 이 때 사용된 피부색상을 학습하기 위해 이용된 인터페이스이다. 아래쪽 3개의 그림은 손 모양이 변화함에 따라 스네이크 또한 변화하는 모습을 보여주고 있다.



<그림 3> 진동 알고리즘에 의한 윤곽선 수렴과정



<그림 4> 스네이크의 초기 위치에 따른 결과의 비교



<그림 5> 피부색상 분포함수를 이용한 손 추적

Acknowledgement

본 논문은 첨단정보기술연구센터를 통하여 과학재단의 일부를 지원 받았음

참고문헌

[1] Michael Kass, Andrew Witkin and Demetri Terzopoulos, "Snakes : Active Contour Models", Int. J. Computer Vision, vol. 1, No. 4, pp.321-331, 1988.
 [2] Amir. A. Amini, Terry. E. Weymouth and Ramesh. C Jain, "Using Dynamic Programming for Solving Variational Problems in Vision", IEEE Trans. On PAMI, vol. PAMI-8, No. 6, pp.855-867, 1990.
 [3] Donna J. Williams and Mubarak Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", CVGIP: Image Understanding, vol. 55, No. 1, pp. 14-26, 1992.
 [4] Seon-Ok Yang, Yang-Won Lee and Hyung-II Choi, "Building Skin Color Distribution Function for Detection of Bare Hands", ROVPIA96, pp. 128-133, November, 1996.