

GVF 스네이크를 이용한 윤곽선 추출

Contour Extraction Using the GVF Snake

김보경, 전병민

충북대학교

Kim Bo-Kyoung, Jun Byoung-Min

Chungbuk National University

요약

GVF 스네이크 알고리즘은 에지 에너지에 상당히 민감하여 주변 에지와 객체의 윤곽선이 포함하고 있는 에지를 구분하지 못하여 정확한 객체의 형태를 추출하기가 어렵다. 본 논문은 배경으로부터 객체의 윤곽선을 추출하기 위해 GVF 스네이크 알고리즘을 적용하기 전 알고리즘의 성능을 높일 수 있는 최적의 초기경계선을 설정하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 관심 영역을 분할 하기 위한 화소의 형태학적 재구성을 한 후 에지추출 알고리즘을 적용하여 이것을 이진화하여 초기경계선을 설정하였다. 관심의 대상이 되는 객체의 형태에 가장 근접한 초기경계선을 설정하므로써 GVF 스네이크의 성능을 높이고 계산 시간을 줄일 수 있었다.

Abstract

This paper suggested the initial edge map through the pre-processing of vague image before apply the GVF snake algorithm. The reason obtain for detail object outline and time efficiency. GVF snake algorithm feasible extracted concave edge but mistake interested object edge for the around others. So it need to trim about the object around edges. The method is using pixel morphological reconstruction, edge extraction mask and thresholding. The result, defend fallen local minimum edge energy and reduce iteration.

I. 서론

영상분할은 영상내의 특정 관심의 대상이 되는 객체를 나머지 다른 영역과 분리하여 분석, 분류하고 응용하기 위한 과정이다. 이러한 분할의 과정은 영상의 전처리, 초기 사물 식별, 에지 정리의 세 단계로 이루어진다¹⁾. 영상분할 알고리즘은 화소기반 영상분할 방법과 텍스처 기반 영상분할 방법, 그리고 구조적인 접근으로 사전 지식을 이용한 에지나 윤곽선 추출을 이용하여 관심 객체의 형태를 추출해 내는 방법 등이 연구되고 있다. 화소기반 방법은 분할된 결과 영상을 평활화 해주기 위해 부가적인 후처리가 필요하다. 즉, 계산상의 단순함에 비하여 사용자의 개입이 많이 요구된다. 확률적인 모델을 이용한 텍스처 기반 영상분할 방법은 계산량이 많고 복잡하여 광범위한 데이터를 다루는 어려움이 있다. 마지막으로 윤곽선의 추출에 관한 방법으로는 배경으로부터 객체의 형태를 분리해 내는 스네이크 알고리즘 등

의 연구가 활발하다.

스네이크 알고리즘은 Kass 등²⁾에 의하여 제안된 것으로 각 항이 갖는 에너지 함수를 최소화하는 과정을 통해 객체의 윤곽선을 추출하는 것으로 간단하면서도 효과적으로 객체를 분할 할 수 있다. 이것은 후에 Xu 등³⁾에 의하여 에지 기울기 벡터의 분포를 이용한 GVF(Gradient Vector Flow) 스네이크로 발전 하였다. 이것은 윤곽선의 오목한 경계면의 추출까지도 가능하게 하였다. 그러나 객체의 밝기가 약한 에지 주위에 밝기가 강한 에지가 있는 경우에 GVF 스네이크의 초기 곡선은 밝기가 강한 에지쪽으로 벗어나 버리곤 한다. 때문에 배경과 객체가 모호한 영상에 대하여 객체를 분할하기 어려운 문제를 갖고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 영상에 전처리를 가하여 GVF 스네이크를 적용했을 때 효과적인 객체 추출을 해낼 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이

것은 2차원 영상에서 대한 화소들간의 유사성 측정을 통한 형태학적 재구성(morphological reconstruction)을 하여 배경으로부터 영역을 분리해 내는 방법과 임계치 방법(thresholding)을 이용하는 것이다.

이러한 배경으로 본 연구는 1장에서 서론을, 2장에서 GVF 스네이크 알고리즘에 관한 기존 연구에 대하여 알아본 후 3장에서는 초기경계선 설정을 위한 영상분할 방법을 제안하였으며, 4장에서는 잡음이 강한 영상을 대상으로 실험하여 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺고 있다.

II. GVF 스네이크 알고리즘

2.1. 파라미터 기반 능동 모델

일반적으로 스네이크 알고리즘은 파라미터 기반 활동 모델(parametric active contours)과 기하학적 기반 활동 모델(geometric active contours)로 분류4)되는데 본 논문은 파라미터에 의한 객체 추출 알고리즘에 대하여 알아본다. 이것은 특징값으로 영상 내 객체가 포함하는 에지의 분포 등을 곡선이 갖는 외부에너지(external energy)와 내부에너지(internal energy)로 구분하여 이러한 에너지의 균형에 의해 객체의 형태를 추출하는 것을 말한다.

스네이크에 관한 정의식은 [식, 1]과 같다.

$$s \in [0, 1], v(s) = [x(s), y(s)]$$

$$E_{snake}^* = \int_0^1 E_{snake}(v(s)) ds$$

$$= \int_0^1 (E_{int}(v(s)) + E_{img}(v(s)) + E_{con}(v(s))) ds$$

[식, 1]

여기에서 $v(s)$ 는 스네이크의 위치를 나타내고, 내부 에너지는 물체의 곡선을 구부리는 것으로 스네이크 정점들의 연결을 부드럽게 처리해 주는 역할을 한다. 그리고 외부에너지는 객체가 갖는 특징 정보로서 객체의 에지가 갖는 정점들을 정규화하여 구하며 제약에너지는 외부적으로 영향을 주는 제약 조건으로 적을수록 객체의 형태를 잘 잡아낸다.

에너지를 최소화하기 위한 전체 에너지 함수는 [식 2]와 같으며, [식, 3]에서 내부에너지와 외부에너지에 대하여 각각의 항에 대한 파라미터를 부여하고 있다.

$$E = E_{internal}(v_i) + E_{external}(v_i)$$

[식, 2]

$$E = \alpha \cdot E_{continuity}(v_i) + \beta \cdot E_{curvature}(v_i) - \gamma \cdot E_{image}(v_i)$$

[식, 3]

파라미터 α, β, γ 를 이용하여 각 항에 대한 가중치를 주어 에너지의 관계를 균형 있게 해 주는데 α, β 는 각각 스네이크의 탄력성(elasticity)과 강도(rigidity)를 γ 는 객체의 윤곽선의 특징을 나타내고 있다.

2.2. GVF 스네이크

Xu(1997)는 기존 스네이크 알고리즘의 외부에너지를 기울기 벡터의 확산 방정식의 개념을 도입하여 GVF 스네이크를 정의 하였다. 기울기 벡터란 에지의 기울기로 ∇f 이며 기울기벡터의 확산 방정식을 구하기 전, 영상으로부터 초기에지(edge map)를 구하는데, 이것은 객체가 갖는 에지에 가장 근접한다는 특성을 갖는다. 스네이크를 적용하기 전 초기에지를 [식, 4]와 같이 구한다.

$$f(x, y) = -E_{ext}^i(x, y)$$

[식, 4]

i 는 초기에지의 시작점으로 한다.

GVF의 외부에너지는 [식, 5]와 같이 기울기 벡터 $V(x, y)$ 에 의해 구한다.

$$V(x, y) = [u(x, y), v(x, y)] \text{ 일 때,}$$

$$E = \iint \mu(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + \nabla f^2 V - \nabla f^2 dx dy$$

[식, 5]

여기서 μ 는 첫 정점과 그 다음 정점의 상관관계 (tradeoff)를 조정하는 정규화 파라미터이다. 이것은 영상이 갖는 잡음에 의해 결정되는데 잡음이 심할수록 증가한다.

GVF 스네이크는 내부에너지와 외부에너지의 균형을 조건으로 하는데, [식, 6]을 만족시킨다.

$$F_{int} + F_{ext} = 0$$

[식, 6]

$$F_{ext} = V(x, y)$$

[식, 7]

[식, 7]에서 외부에너지에 대한 벡터를 $V(x, y)$ 의 분포로 하여 전체 스네이크 에너지를 다음의 오일러 공식을 만족시킴으로써 구한다. 전체 스네이크 에너지를 $X(s)$ 라 하면,

$X(s) = [x(s), y(s)]$, $s \in [0, 1]$ 일 때 시간에 따른 에너지 함수를 [식, 8]의 오일러 방정식으로 나타낼 수 있으며 외부에너지 벡터의 분포에 따라 [식, 9]로 구할 수 있다.

$$X_t(s, t) = \alpha X'(s) - \beta X''(s) - \nabla E_{ext}$$

[식, 8]

$$X_t(s, t) = \alpha X'(s) - \beta X''(s) + V$$

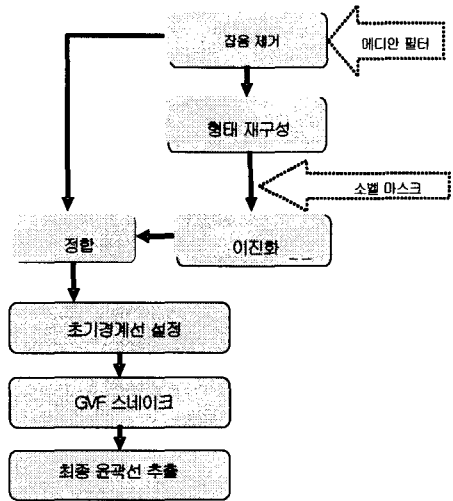
[식, 9]

2.3. GVF 스네이크의 특징

∇f 는 윤곽선(edge)이 있는 곳에서만 벡터영역을 갖으며, 이러한 벡터들은 일반적으로 에지 주변에서만 크다. 그리고 에지로부터 멀리 떨어져 있는 곳에서는 ∇f 값은 거의 0에 가깝다. 이것은 기존의 스네이크 모델보다 오목한 경계면의 추출이 뛰어나다. 그러나, 사용자에 의해 설정된 초기경계선은 그 설정 위치에 따라 목표 객체에 도달하기까지 주변에 존재하는 다른 에지의 영향을 많이 받으며, 스네이크 정점의 이동 한계로 인한

반복 적용으로 수행시간이 오래 걸리는 문제점을 갖고 있다.

III. 제안하는 방법



▶▶ 그림 1. 윤곽선 추출 과정

3.1 메디안 필터링

영상 전체에 분포하는 잡음 제거와 비선형 영역 처리에 적합한 메디안 필터링을 하여 추출하고자 하는 객체 주변의 불필요한 에지를 제거한다.

3.2 형태 재구성

객체를 배경으로부터 분리하기 위해 화소를 비교하여 주변 화소와 객체 화소로 구분하여 형태를 재구성하는 마스크를 씌웠다. 이를 위해서 영상의 4면과 연결된 객체를 배경으로 보아 이들을 0의 값을 주어 제거하고자 하였다.

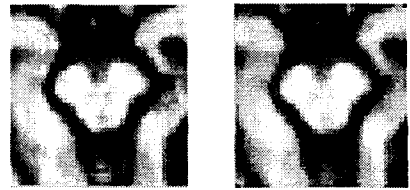
[표 1] 2차원 영상의 화소 연결 검사

주변화소	마스크
4방 연결 화소 검사	0 또는 1의 3x3 마스크 사용
8방 연결 화소 검사	

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0
0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
    
```

(a) (b) (c)



a 원영상 b 매디안 필터링

▶▶ 그림 2. 이진 영상을 대상으로 한 형태 재구성의 마스크

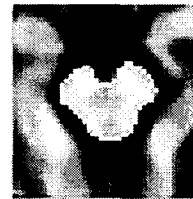
위에서 이진 영상 a가 있을 때 (5,2)의 화소를 보면 4방 연결 화소를 검사했을 때 주변 4면과 연결된 화소 (4,1)과 이웃하지 않으므로 b 에서처럼 (5,2)의 화소가 제거되지 않지만, 8방 연결 화소를 검사 했을 때는 화소 (4,1)과 이웃하므로 그림 c에서처럼 (5,2)의 화소와 (4,1)의 화소 둘 다 제거시키는 방법으로 주변 4면과 연결된 배경들을 제거하였다.



c 형태 재구성 d소벨후 이진화

3.3 초기경계선의 설정

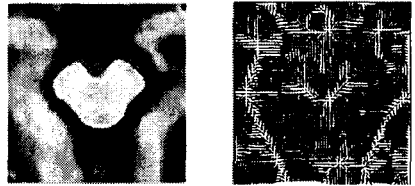
에지추출은 소벨 마스크 연산으로 선택하였다. 이것은 계산량이 적고 직관적인 판독이 가능하며 민감한 에지 추출이 아닌 경우 적합하다. 에지를 추출한 후 적절한 임계치를 부여해 이진 영상을 획득한다. 임계치 방법을 적용하면 기타 여러 객체들 중 목표 객체만을 남길 수 있도록 하기위해서다.



e 초기경계선 설정

3.4 GVF 스네이크의 적용

초기경계선을 설정해주어 GVF 스네이크가 초기 경계선을 시작점으로 에너지를 초기화 할 수 있도록 하였다. 또한, 초기경계선을 설정함으로써 주변에 에지 성분이 큰 벡터가 존재하여도 이들로부터 영향을 받지 않도록 하여 최종 객체의 윤곽선을 추출하였다.



f GVF 스네이크 g 벡터의 분포

▶▶ 그림 3. 실험 결과

$\alpha = 0.05, \beta = 0.00, \gamma = 0.6, 40$ 회 반복 수행

실험 결과 GVF 스네이크를 적용하기 전 잡음 제거, 형태 재구성, 에지 추출, 이진화 방법을 적용하여 얻은 결과와 잡음제거 영상과 정합하여 초기경계선을 설정했으며, 그 결과 초기화에 영향을 적게 받으며, 따라서 주변 에지로 수렴하지 않고 윤곽선을 추출할 수 있었다. 또한, 스네이크 곡선이 초기경계선 주변으로 바로 접근하므로 스네이크를 여러 번 적용해야 하는 수행속도를 줄일 수 있었다. 각각의 파라미터는 실험에 의하여 주어졌다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 두뇌의 중추 신경계인 간뇌를 촬영한 영상을 대상으로 실험하였다.

V. 결론

본 연구의 목적은 영상분할을 위한 GVF 스네이크 알고리즘을 적용하기 전 객체의 초기경계선을 설정하여 정확한 윤곽선을 추출하는 것이다. 이를 위해서 관심의 대상이 되는 객체를 배경으로부터 분할하기 위한 에지 기반의 방법과 임계치 기반의 방법으로 전처리를 하였다. 이러한 전처리를 통하여 추출된 초기경계선을 시작점으로 GVF 스네이크 적용했을 때 스네이크의 성능과 속도에서 효율적임을 알 수 있었다. 향후 기대되는 연구는 여러 가지 객체에 대하여 적용할 수 있는지를 알아보고, 정확한 윤곽선의 추출로 여러 장의 슬라이드를 이용한 3차원 구성에 응용할 수 있기를 바란다.

■ 참고문헌 ■

- [1] Gregory A. Baxes, "Digital Image Processing, principles and applications", Wiley, 1994.
- [2] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 1, pp.321-331, 1987.
- [3] Chenyang Xu, and Jerry L. Prince, "Snake, Shapes, and Gradient Vector Flow" *IEEE Transaction on image processing*, Vol. 7, No. 3, March 1998
- [4] Chenyang Xu, and Jerry L. Prince, "Generalized gradient vector flow", *IEEE Trans. Image Processing*. 7(3), 1998.
- [5] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing," *Addison Wesley*, 1993.