

Snake를 이용한 디지털 내시경 영상의 분할

윤성원, *김정훈, 최종주, 윤용수, **이준영, 이명호
 연세대학교 전기전자공학과
 *신흥대학 전자통신과
 **명지전문대 전자과

Segmentation using Snakes on Digital Endoscopic Image

S. W. Yoon, *J. H. Kim, J. J. Choi, Y. S. Yoon, **J. Y. Lee, M. H. Lee
 Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
 *Dept. of Electronic Communication, Shinheung College
 **Dept. of Electronic Engineering, Myongji College

Abstract - Image segmentation is an essential technique of image analysis. In spite of the issues in contour initialization and boundary concavities, active contour models(snakes) are popular and successful methods for the segmentation.

In this paper, we present a new active contour model, GGF snake, for segmentation of endoscopic image. The GGF snake is less sensitive to contour initialization and ensures high accuracy, large capture range, and fast CPU time for computing external force. It was observed that the GGF snake produced more reasonable results in various image types, such as simple synthetic images, commercial digital camera images, and endoscopic images than previous snakes did.

1. 서 론

영상 분할은 영상 분석의 가장 기본적이고 필수적인 기술이며, 영상 정보에서 관심 영역을 다른 영상 정보와 분리시키는 방법이다[6]. 영상 분할은 객체 기반 압축[7], 로봇 비전[3,4], 의학 영상 처리[1] 등 많은 분야에서 중요한 요소이다. 특히 의학 영상 처리 분야에서 영상 분할은 환부의 위치 파악, 환부의 크기 측정, 컴퓨터 이용 수술 및 의료 교육 등에 다양하게 적용이 가능하다.

따라서 경계 검출, 문턱치를 이용한 고전적인 영상 분할에서 현재에 이르기까지 수많은 분할방법이 논의되었는데, 영상 종류의 다양성 때문에, 전형적이고 총체적인 해법을 찾기 위한 노력이 현재까지도 계속되고 있다. 그 중에서도 1987년 M. Kass, A. Witkin과 D. Terzopoulos에 의해 스네이크(snakes)[5]로 더욱 널리 알려진 능동 윤곽 모델(active contour models)이 현재 가장 활발하게 연구가 진행되고 있다.

Snake는 보통 2가지의 문제점에 관하여 논의가 된다. 즉 초기 윤곽 설정과 오목한 경계에 대한 snake 진행 실패가 그것인데, 이러한 문제점 해결을 위하여, 최근 Chenyang Xu와 Jerry L. Prince가 발표한 GVF를 이용한 snake[2]가 각광을 받고 있다. 하지만 이 방법은 계산 시간이 많이 요구되기 때문에, 효율적인 방법은 아니다.

따라서 본 논문에서는 기존의 문제점을 다루면서 계산 시간을 단축시키고, 의료 영상을 다루는데 필수적인 정확성을 보장하는 새로운 외부 힘을 이용한 스네이크(GGF snake)를 제안하고, 실험을 통하여 전통적인 snake 및 GVF snake와 비교하였다.

2. 본 론

2.1 Active Contour models(Snakes)

Snake는 영상 영역에서 $x(s)=[x(s),y(s)]$, $s \in [0,1]$ 로 표현되는 폐곡선이며, 다음의 에너지 함수를 최소화 시키는 방향으로 이동한다.

$$E = \int_0^1 \frac{1}{2} (\alpha |x'(s)|^2) + \beta |x''(s)|^2 + E_{ext}(x(s)) ds \quad (1)$$

첫째 항은 내부 에너지이고, 계수 α, β 가 snake의 긴장(tension)과 경직성(rigidity)를 제어하며, 둘째 항은 외부 에너지 항으로, 일반적으로,

$$E_{ext}^1(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2 \quad (2a)$$

$$E_{ext}^2(x, y) = -|\nabla (G_\sigma(x, y) * I(x, y))|^2 \quad (2b)$$

와 같이 표현된다.

Snake는 이러한 전체 에너지를 최소화하기 위하여 다음의 오일러 방정식(Euler equation),

$$\alpha x''(s) - \beta x''''(s) - \nabla E_{ext} = 0 \quad (3)$$

을 만족하여야 하며, 역학적 평형의 관점으로 다음과 같이 각각 내부 힘과 외부 힘의 관계로 나타낼 수 있다.

$$F_{int} + F_{ext} = 0 \quad (4)$$

이때, $F_{int} = \alpha x''(s) - \beta x''''(s)$ 이며, $F_{ext} = -\nabla E_{ext}$ 이다.

2.2 초기 snakes의 문제점

다음 그림은 전통적인 snake의 문제점을 나타낸다.



(a) 원영상

(b) 윤곽 변형

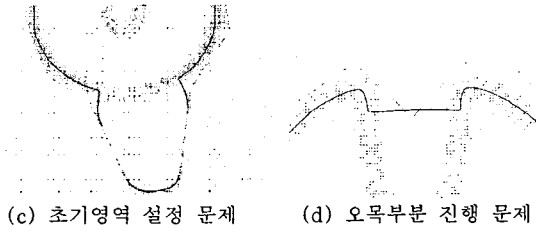


그림 1 전통적인 snake와 그 문제점

그림 1(c)에서는 포획 영역(경계 주위의 어두운 부분)이 작은, 전통적 snake의 초기 윤곽이 원하는 위치로 이동하기 위해서는, 초기 윤곽 설정을 영상의 경계에 가깝게 해야 한다는 초기 윤곽 설정에 관한 문제의 예를, 그림 1(d)에서는 외부 힘의 구성 부족 문제로 인한 오목 부분에서의 snake 진행 실패에 관한 문제의 예를 관찰할 수 있다.

2.3 문제 제기

2.3.1 GEF snake의 문제

전통적인 snake 방법으로서, 가우시안을 이용한 외부 힘(GEF: Gaussian External Force, 식 2b)은 더욱 넓은 포획 영역을 제공해 주지만, 가우시안의 특성상 경계 부분에 대한 정보를 왜곡(smoothing 또는 blurring 효과)시키기 때문에, 정확한 경계를 얻을 수 없다는 단점이 있다[2]. 의료 영상은 정확성을 최대한 확보해야 하기 때문에, 이 방법은 앞으로 적용시킬 내시경 의료 영상의 분할에는 바람직하지 않다.

2.3.2 GVF snake의 문제

Chenyang Xu와 Jerry L. Prince[2]가 제안한 구배 벡터 흐름(GVF: Gradient Vector Flow)은 벡터 필드 $v(x, y) = (u(x, y), v(x, y))$ 가 다음과 같은 에너지 함수를 최소화 한다.

$$\epsilon = \int \int \mu(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + |\nabla f|^2 |v - \nabla f|^2 dx dy \quad (5)$$

이러한 v 를 계산하여 이를 새로운 외부의 힘으로 정의하면, 경계 정보가 없는 영역에 경계 정보로 확산되는 벡터를 형성시키기 때문에 초기 윤곽 문제에 대하여 전통적인 방법보다 덜 민감하며, 오목 부분에 대해서도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있으나, 외부 힘에 대한 연산 과정에 많은 시간이 필요하다.

2.4 Gaussian Gradient Force snake (GGF snake)

다음과 같은 함수를 새로운 외부 힘으로 제안하고자 한다.

$$\begin{cases} F_{ext,0} = -\nabla E_{ext} = \nabla |\nabla I|^2, & N=1, 2, 3, \dots \\ F_{ext,N} = F_{ext,N-1} + \alpha_N G(F_{ext,N-1}, \sigma_N) \end{cases} \quad (6)$$

where,

$$G(F, \sigma) = F * G_\sigma$$

* : 2-D convolution

G_σ : Gaussian function with standard deviation σ

α_N : weight factor,

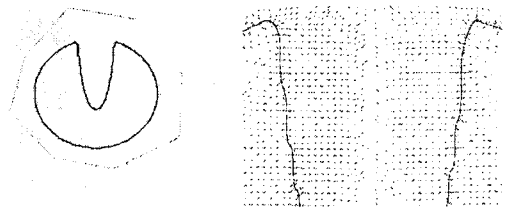
$$0 < \alpha_N < \alpha_{N-1} < \dots < \alpha_2 < \alpha_1 < 1$$

이와 같은 외부 힘은 영상 정보에 직접적인 변형을 가한 전통적인 방법과 달리, 에너지의 미분값인 외부 힘에 gaussian을 취하기 때문에, 외부 힘의 분포를 부드럽게 하여 snake가 원활하게 진행할 수 있도록 해주며, 넓은 포획 영역을 확보하고, 오목 부분과 같은 곳의 중심에 그 주변의 벡터 합이 형성되어 오목 부분으로의 진행을 가능하게 한다. 한편 식을 통한 구현이 간단하기 때문에 계산 시간이 짧다.



(a) 원영상

(b) 윤곽 변형



(c) GGF snake의 포획영역 (d) GGF snake의 오목 부분 외부 힘 분포

그림 2 GGF snake(N=3)

2.5 실험 결과

그림 3와 같은 다양한 초기조건에 대하여 GEF, GVF 및 GGF snake의 정확성을 실험을 통하여 측정해 보았다. 정확성의 평가는 경계점(396 pixels)에 대한, 1화소 오차를 허용하는 범위에 존재하는 분할 결과에 의한 경계 화소 수의 비로 하였다.

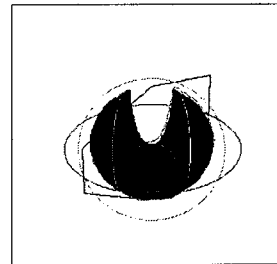


그림 3 다양한 초기 윤곽 조건

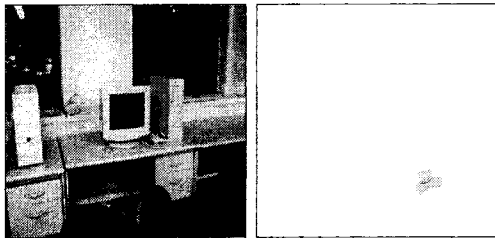
표 1 다양한 초기조건에 대한 정확도

		seg. p	mtch. p	err. p	score	time(s)
GEF	avg. p	353.83	301.83	52.00	0.76	0.001
	std. dev	26.03	54.89	40.80	0.14	
GVF	avg. p	394.33	388.83	5.50	0.96	48.176
	std. dev	30.34	42.49	13.47	0.09	
GGF	avg. p	390.67	390.67	0.00	0.98	1.831
	std. dev	11.48	11.48	0.00	0.03	

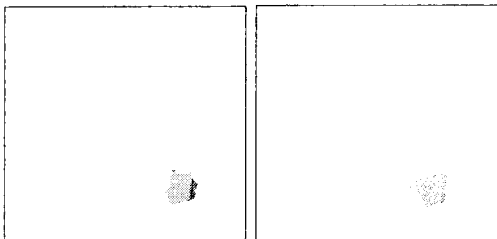
avg. p : average number of pixels
 std. dev : standard deviation of avg. p
 seg. p : number of segmented pixels
 mtch. p : number of matched pixels
 err. p : number of unwanted pixels
 time : calculation time of external force in sec.

GEF snake는 외부 힘 연산시간이 빠르나, 정확성이 낮음을, GVF는 정확성은 좋으나, 외부 힘 연산시간이 매우 느림을 알 수 있다.

Snake를 이용한 영상 분할 결과는 다음과 같다.

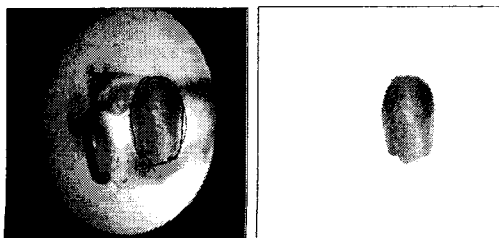


(a) 원영상과 초기윤곽 (b) GEF에 의한 결과

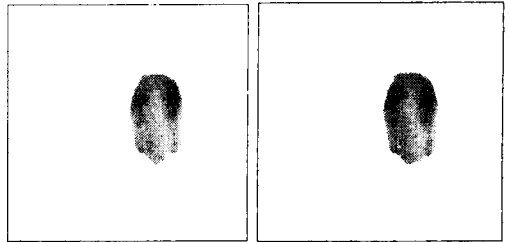


(c) GVF에 의한 결과 (d) GGF에 의한 결과

그림 4 상용 디지털 카메라 영상의 분할 결과



(a) 원영상과 초기윤곽 (b) GEF에 의한 결과



(c) GVF에 의한 결과 (d) GGF에 의한 결과

그림 5 디지털 내시경 카메라 영상의 분할 결과

3. 결 론

실험을 통하여 기존 snake 모델과 새로 제안한 GGF snake의 특징 및 영상의 분할 결과에 대하여 다루었다. GGF snake는 초기 snake에서 다루지 못하는 전통적인 문제를 해결하고 있고, 한 화소 오차범위 내에서 좋은 정확성을 지니고 있으며, GVF snake보다 외부 힘 연산시간이 약 26배 빠르기 때문에, 연속 영상의 분할을 통한 물체 추적 등 영상 분할의 응용적 측면에서도 그 적용이 가능할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] C. Xu, D. L. Pham, and J. L. Prince, "Medical image segmentation using deformable models", SPIE handbook on medical imaging vol. 3, May, 2000.
- [2] C. Xu, J. L. Prince, "Gradient vector flow: A new external force for snakes", IEEE Conf. on Comp. Vis. Patt. Recog. (CVPR), pp. 66-71, June, 1997.
- [3] Haihua Feng, D. A. Castanon, W. C. Karl, "A curve evolution approach for image segmentation using adaptive flows", 8th IEEE international conference on computer vision, vol. 2, pp. 494-499, 2001.
- [4] Kyunghee Lee, "Face and facial feature extraction using snakes", Master's thesis of the Dept. of computer science, Yonsei univ., KOREA, 1998.
- [5] M. Kass, A. P. Witkin, D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, Vol. 1, No. 4, 321 - 331, Jan., 1987
- [6] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital image processing", Addison wesley, 1993.
- [7] T. Morris, D. Britch, "Object-based intra-frame wavelet video coding", 2nd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis(ISPA), pp. 599-603, 2001.