

# 복잡배경에서 다중 물체 윤곽선의 자동 검출

최재혁, 서경석, 박은진, 최홍문  
경북대학교 대학원 전자공학과

## Automatic Contour Extraction for Multiple Objects in the Images with Complex Background

Jae-Hyuk Choi, Kyung-Seok Seo, Eun-Jin Park, and Heung-Moon Choi  
Department of Electronics, Graduate School, Kyungpook National University  
Taegu, Korea, 702-701  
E-Mail: hyuk@pdp.knu.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 NTGST (noise-tolerant generalized symmetry transform)와 snake를 이용하여 복잡배경으로부터 여러 물체의 윤곽선을 동시에 검출하는 방법을 제안하였다. 먼저 NTGST의 대칭도 맵(symmetry map)을 이용하여 복잡한 배경에 혼재하는 여러 물체들의 위치를 찾은 다음, 이들 각 물체에 snake의 초기 윤곽들을 자동 설정해 줌으로써 기존 snake 알고리즘의 초기 윤곽 설정의 어려움과 다중 물체 윤곽선 검출의 어려움을 동시에 해결하였다. 이때 NTGST의 대칭도 맵으로부터 설정된 snake의 초기 윤곽은 실제 물체의 윤곽선 가까이에 위치할 뿐만 아니라 물체의 형태를 잘 반영하므로 요철이 있는 물체의 윤곽선도 기존의 방법보다 적은 반복횟수로 정확하게 검출할 수 있다. 다양한 합성 영상과 실영상에 적용한 결과 복잡배경으로부터도 다중 물체의 윤곽선을 효과적으로 추출함을 확인하였다.

### I. 서론

Kass 등 [1]에 의해 제안된 snake 알고리즘은 능동 윤곽모델 (active contour model)로서, 에너지 함수를 최소화하는 과정을 통하여 snake가 물체의 윤곽선 쪽으로 수렴하도록 하는 방법으로서 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스 및 의료영상처리 등 여러 분야에서 널리 적용되고 있다 [1-5].

의료 영상 분야에서는 초기 윤곽을 자동으로 설정하기 위한 연구들이 있었으나, 대부분의 실 영상의 경우엔 불특정 다수의 물체의 위치 검출이 어려울 뿐만 아니라 초기 윤곽을 물체 경계선 가까이에 자동설정 하기도 어렵다. 또한, 기존의 snake 알고리즘에서는 고정된 개수의 초기 윤곽점을 사용하므로, 요철이 심한 물체의 경우에는 물체 윤곽선에의 정확한 수렴이 어렵다 [4].

이러한 문제를 해결하기 위해서 Yan 등 [2]은 snake의 분리와 병합 과정 (split and merge processes)을 제안하여 요철이 있는 물체의 윤곽선을 검출하였으나 계산량이 많을 뿐 아니라, 단순배경내의 단일 물체의 윤곽선에만 적용되었다. 또한, Choi 등 [4]은 윤곽점의 삽입과 삭제 과정 (insertion and deletion processes)을 도입하여 요철이 심한 물체의 윤곽선뿐만 아니라 다중 물체의 윤곽선을 검출하기 위해 분리와 잇기 과정 (splitting and connecting processes)도 제안하였다. 하지만 이 방법에서는 영상의 가장자리를 초기 윤곽으로 사용하기 때문에 수렴에 많은 시간이 걸린다. 따라서 복잡한 배경으로부터 다중 물체의 윤곽선을 효과적으로 추출하는 알고리즘에 관한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 기존의 snake 알고리즘이 가진 제한점들을 극복하여 복잡배경으로부터 요철이 심한 여러 물체의 윤곽선을 자동 검출하는 방법을 제안하였다. 먼저 NTGST를 이용하여 복잡한 배경에 혼재하는 여러 물체들의 위치를 찾고, 그때의 대칭도 맵을 이용하여 이들 각 물체에 snake의 초기 윤곽들을 자동 설정해 줌으로써 기존 snake 알고리즘의 초기 윤곽 설정의 어려움과 다중 물체 윤곽선의 검출의 어려움을 동시에 극복하였다. 이때 NTGST의 대칭도 맵으로부터 설정된 snake의 초기 윤곽은 실제 물체의 윤곽선 가까이에 위치할 뿐만 아니라 물체의 형태를 잘 반영하고, 윤곽점들의 삽입과 삭제 과정을 추가 시킴으로써 요철이 있는 물체의 윤곽선도 기존의 방법보다 적은 반복횟수로 정확하게 검출할 수 있었다. 다양한 합성 영상과 복잡한 배경의 실영상에 적용 실험하여 기존의 방법들 보다 적은 반복 횟수로 정확하게 다중 물체의 윤곽선을 검출함을 확인하였다.

### II. Snake 알고리즘

Kass 등 [1]에 의해 제안된 snake 알고리즘은 에지를

찾아서 그것들을 연결하는 방법과는 달리 사용자가 추출하고자 하는 물체 영역 근처에 초기 윤곽을 설정하고, 에너지 함수 최소화 과정을 이용하여 이를 물체의 윤곽선 쪽으로 수렴시킨다. 이는 사용자에게 의존하는 반자동 영상분할 도구로서 초기 윤곽의 위치에 의존하여 물체의 윤곽선을 찾게 된다. Snake의 에너지 함수는 내부 에너지 (internal force), 외부 에너지 (external force) 및 제한 조건 (constraint)의 세 항목으로 이루어진다. 이는 에너지 함수의 최소화를 통하여 영상의 공간적인 영역을 움직이는 곡선으로 정의되며, 이때의 에너지 함수  $E_{snake}$ 는

$$E_{snake} = \int (E_{int}[v(s)] + E_{ext}[v(s)] + E_{con}[v(s)]) ds \quad (1)$$

로 정의되며, 여기서  $v(s)$ 는 snake의 윤곽 곡선이다. 여기서 첫 항은 내부 에너지를 나타내며, 둘째 항은 외부 에너지를, 그리고 마지막 항은 제한 조건을 나타낸다. Snake 알고리즘에서는 식 (1)의 에너지 함수를 주어진 영역에서 국부적으로 최소화하는 곡선  $v(s)$ 를 구한다.

내부 에너지  $E_{int}$ 는

$$E_{int} = \frac{1}{2} [\alpha(s) |v'(s)|^2 + \beta(s) |v''(s)|^2] \quad (2)$$

와 같이 일차 미분항과 이차 미분항으로 정의된다. 이때  $\alpha(s)$ 와  $\beta(s)$ 는 각각 snake의 탄력성 (elasticity)과 견고성 (stiffness)을 조절하는 상수이며, 이차 미분항은 snake 모델에서 곡률 (curvature)에 해당하는 항으로 snake의 중심에서 snake를 이루는 점들 사이의 거리가 가까울수록 작아지므로, snake 모델이 원의 형태로 근사할 때 이차 미분항으로 인한 내부 에너지는 작아진다. 이때 일차 미분항은 snake를 이루는 점들 사이의 거리가 가까울수록 작은 내부 에너지를 가지게 된다. 외부 에너지는 영상에 의해서 주어지는 에너지로서, snake가 물체의 윤곽선 위에 존재할 때 최소의 에너지를 가지게 함으로써 snake를 사용하여 물체의 윤곽선을 표현할 수 있게 한다 [5].

Snake를 이용한 물체의 윤곽선 검출에서는 초기 윤곽이 물체의 윤곽선 근처에 아주 가깝게 놓일 때 효과적이다 [4]. 그러나 단순배경내의 단일 물체에 대해서는 snake의 초기 윤곽 설정과 물체의 윤곽선 검출이 쉽지만, 복잡배경내의 요철이 심한 다중 물체의 경우에는 snake의 자동 초기 윤곽 설정을 비롯하여 여러 물체 윤곽선의 자동 검출이 어렵다.

### III. NTGST 알고리즘

복잡배경으로부터 임의의 다중 물체에 대해 각각의 snake의 초기 윤곽을 자동으로 설정하려면 영상으로부터 미지의 불특정 다수물체를 검출할 수 있어야 하므

로, 물체에 대한 구체적인 사전 정보를 요구하는 검출 방법은 사용할 수 없다. 또한 불규칙한 잡음으로 인해 문턱치 기법을 적용하기도 어렵다. 이에 대해 Reisfeld 등 [8]은 기존의 대칭변환을 일반화시켜 물체에 대한 사전정보 없이도 영상내의 대칭성을 부각하여 관심영역 (region of interest: ROI) 검출이 가능하므로 일반화 대칭변환 (generalized symmetry transform: GST)을 주목 연산자로 제안하였다. 이 방법에서는 각 화소의 명도변화의 크기와 대칭성을 고려한 대칭 기여도 (symmetry contribution) 뿐만 아니라 불규칙한 잡음이나 복잡배경 영상에 의한 기여도도 누적되기 때문에 물체만을 검출하기가 어렵다.

Park 등[7]은 명도변화 방향이 수렴하는 경우에는 음극성 (-), 발산하는 경우에는 양극성 (+)을 갖도록 명도변화의 방향성까지 고려한 대칭성을 대칭 기여도에 반영함으로써 잡음에 강건한 NTGST를 주목 연산자로 제안하였다. NTGST를 복잡배경 속에 물체가 존재하는 영상에 적용하면, 복잡배경에 대한 대칭기여도의 극성을 다르게 하여 상쇄시키고 물체에 의한 대칭기여도만을 누적하여 복잡배경의 영상에서 물체만을 효과적으로 검출할 수 있다. 본 논문에서는 물체의 위치와 각 물체에 대한 snake의 초기 윤곽 설정을 위해서 NTGST를 사용하였다.

### IV. Snake와 NTGST를 이용한 다중물체의 윤곽선 검출

본 논문에서는 그림 1과 같이 물체의 대칭성을 이용하여 복잡한 배경에서 임의의 다중물체를 효과적으로 검출할 수 있는 NTGST의 대칭도 맵을 이용하여 영상내의 각 물체에 대해 사용자의 개입 없이 snake의 초기 윤곽을 설정하고, 다중 물체 윤곽선 검출을 위한 snake 알고리즘을 통해 복잡배경에서 임의의 다중 물체의 윤곽선을 자동으로 추출하였다.

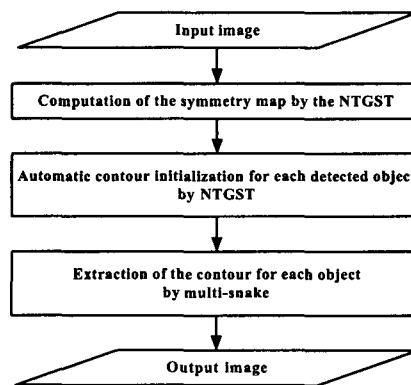


그림 1. 제안한 다중물체의 윤곽선 검출 방법의 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of the proposed method for contour extraction of multiple objects.

## 1. NTGST를 이용한 초기 윤곽의 자동 설정

복잡배경으로부터 다중 물체의 윤곽선을 검출하기 위해서 NTGST를 이용하여 각 물체별로 초기 윤곽을 설정하였다. 그림 2(a)와 같은 원영상에서 먼저 복잡한 배경으로부터 임의의 다중물체 검출이 가능한 NTGST를 이용하여 (b)에서 다중 물체들의 위치를 찾았다. 그때의 대칭도 맵에서 검출된 물체의 영역만을 snake의 초기 윤곽으로 사용하기 위해서 (c)와 같이 대칭도 맵을 이진화 하고, 이진화된 대칭도 맵에 수리 형태론을 이용하여 폐윤곽선을 구하였다. 이렇게 추출된 폐윤곽선에 대해 8방향 코드를 따라 일정한 간격으로 초기점을 발생시켜 초기 윤곽을 (d)와 같이 자동 설정하였다. 위의 과정에 따라 설정된 초기 윤곽은 실제 물체의 윤곽 가까이 위치하며, 그 형태를 잘 반영하므로 요철이 있는 물체에도 snake가 윤곽선 쪽으로 수렴해 나감에 있어서 적은 반복횟수로 빠르고 정확한 수렴이 가능하다.

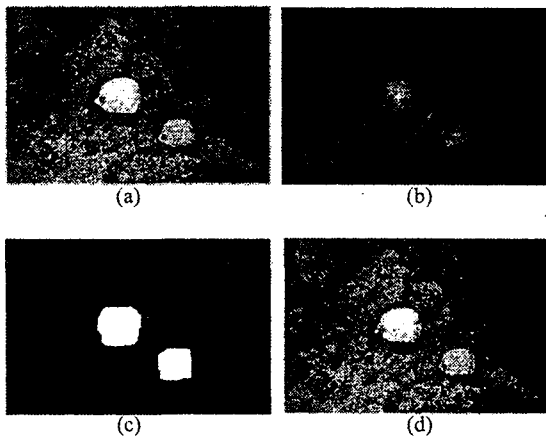


그림 2. NTGST를 이용한 자동 초기 윤곽 설정: (a) 입력 영상, (b) NTGST 결과, (c) 대칭도 맵 이진화 및 (d) snake의 초기 윤곽

Fig 2. Automatic initial contour setting using NTGST: (a) Input image, (b) the symmetry map of the NTGST, (c) binarization of the symmetry map and (d) initial contour of the snake.

## 2. 다중 물체의 윤곽선 검출을 위한 snake

복잡배경의 영상에서 임의의 다중물체 각각에 대해 자동으로 설정된 snake의 초기 윤곽은 실제 물체의 형태를 반영하고, 윤곽선 가까이 위치하기 때문에 기존 snake 알고리즘의 초기점 문제와 요철이 있는 물체의 윤곽선 수렴 문제의 해결이 가능하고, 적은 반복 회수로 물체의 윤곽선을 추출 할 수 있다. 또한, 윤곽점들의 삽입/삭제 과정을 추가함으로써 좀 더 정확하게 물체의 윤곽선을 추출할 수 있다.

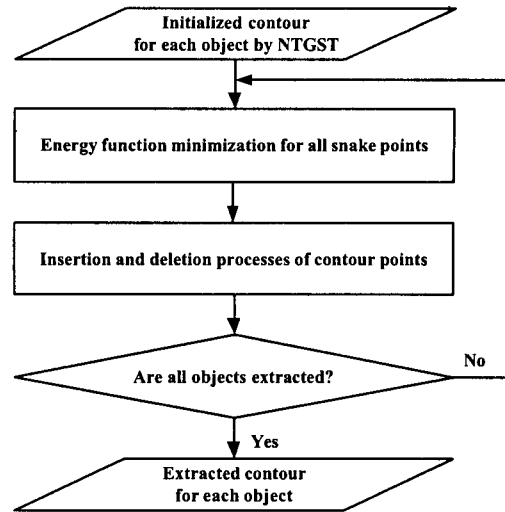


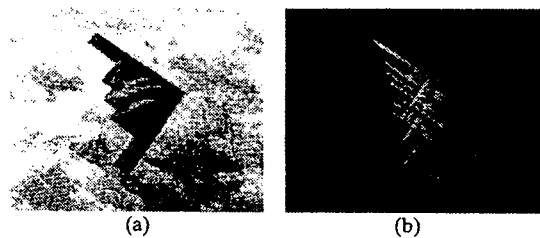
그림 3. 다중 물체 윤곽선 검출을 위한 snake 알고리즘

Fig. 3. The multi-snake algorithm for contour extraction of multiple objects.

## V. 실험 및 결과

제안한 알고리즘을 복잡배경내의 요철이 있는 물체에 대한 영상에 적용, 실험하여 물체의 윤곽선을 추출하였고, 다중물체가 있는 영상에 대해서도 각각의 윤곽선을 추출함을 확인하였다.

그림 4 (a)는 구름과 산이 있는 복잡배경하에서의 요철이 심한 B-2라는 비행기에 대한 영상으로서, NTGST를 이용해 (b)와 같이 대칭 누적도가 높은 물체의 영역들을 찾았고, 이로부터 검출된 물체의 영역을 snake의 초기 윤곽으로 사용하기 위해 (c)와 같이 이진화 하였다. (d)는 (c)를 수리 형태론을 이용하여 한 픽셀로 이루어진 폐윤곽선을 추출한 후 8방향 코드를 따라 일정한 간격으로 자동 설정된 snake의 초기 윤곽으로서, 물체의 위치와 그 형태를 반영하고 있다. (e)는 설정된 초기 윤곽으로부터 물체의 윤곽선 쪽으로 수렴해 나가는 과정으로, 윤곽점들의 삽입과 삭제 과정을 통해 요철이 심한 B-2의 날개 뒤쪽에서의 수렴 문제를 해결하여 물체의 윤곽선을 정확하게 추출 하도록 하였다. (f)는 최종 추출된 물체의 윤곽선을 나타내고 있다.



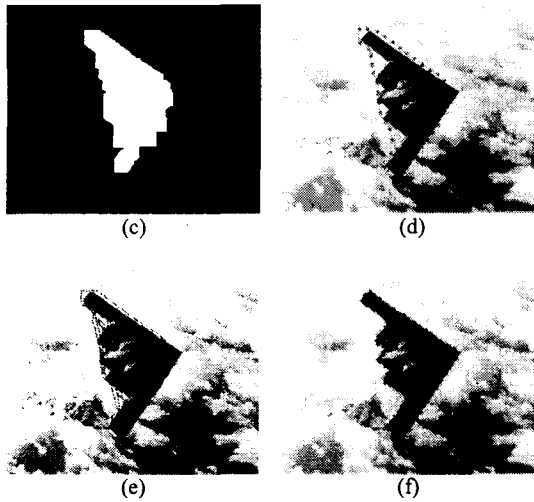


그림 4. 복잡배경 하의 단일물체의 윤곽선 검출: (a) 입력 영상, (b) NTGST 결과, (c) 대칭도 맵 이진화, (d) snake의 초기 윤곽, (e) 수렴 과정 및 (f) 수렴 결과  
 Fig. 4. Contour extraction for single object in image with the complex background: (a) Input image, (b) the symmetry map of the NTGST, (c) binarization of the symmetry map, (d) initial contour of the snake, (e) convergence process and (f) results of the snake.

그림 5는 다양한 실영상들에 대해 실험한 것으로 윤곽선을 추출한 결과 영상들이다. 다른 실영상들 보다 비교적 단순한 배경을 가지고 있는 (b)는 기존의 snake 알고리즘으로 물체의 윤곽선 추출이 가능할 수도 있겠지만, 나머지 영상들에 대해서는 snake 알고리즘의 제한점으로 인해 물체의 윤곽선만을 정확하게 추출하기란 쉽지 않다.

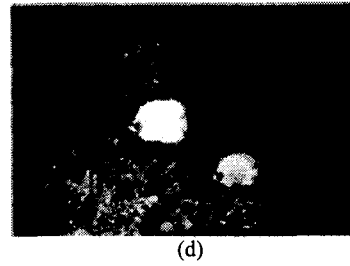
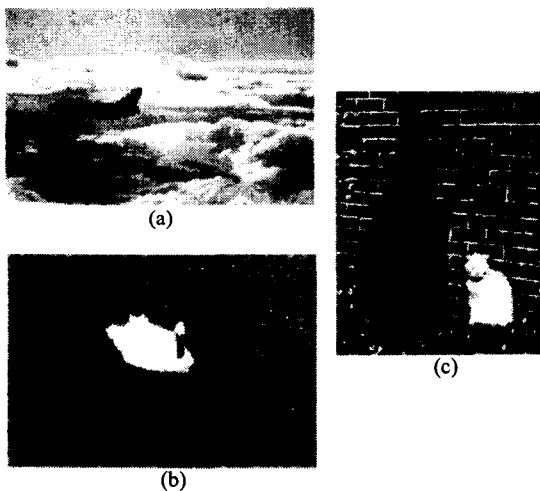


그림 5. 복잡배경에서 물체의 윤곽선 검출 예: (a) 비행기, (b) 고니, (c) 고양이 및 (d) 물고기  
 Fig. 5. Some examples for objects is in the images with the complex background: Image containing (a) an airplane, (b) a whistling swan, (c) a cat and (d) two fishes.

## VI. 결론

본 논문에서는 NTGST의 대칭도 맵을 snake 알고리즘의 초기화에 이용함으로써 복잡한 배경에서 요철이 심한 다중물체의 윤곽선을 효과적으로 검출하는 방법을 제안하였다. NTGST의 대칭도 맵을 이용하여 복잡한 배경에서 임의의 다중물체 각각의 영역 근처에 자동으로 초기점을 발생시켜 물체의 윤곽선 쪽으로 쉽게 수렴하게 함으로써 다중 물체의 윤곽선 추출이 가능하였고, NTGST의 대칭도 맵은 물체의 형태를 반영하고, 윤곽점들의 삽입과 삭제 과정을 도입하여 요철이 있는 물체에 대해서도 정확한 윤곽선 검출이 가능함을 실험을 통하여 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models," *Int. J. Comp. Vision*, vol. 1, pp. 321-331, 1988.
- [2] P. C. Yuen, Y. Y. Wong, and C. S. Tong, "Enhanced snakes algorithm for contour detection," *Proc. of the IEEE Southwest Symp. on Image Analysis and Interpretation, Texas, USA*, pp. 54-59, 1996
- [3] K. M. Lam, and H. Yan, "Fast greedy algorithm for active contours," *Electron Lett*, vol. 30, pp. 21-23, 1994.
- [4] Wai-Pak Choi, Kin-Man Lam, and Wan-Chi Siu, "An adaptive active contour model for highly irregular boundaries," *Pattern Recognition*, vol. 34, pp.323-331, 2001
- [5] 이형직, "GVF Snake 알고리즘을 이용한 심장 MRI 영상의 혈류 윤곽선 자동 추출," *경북대학교 석사 학위 논문*, 1999.
- [7] 박창준, "물체 위치 검출을 위한 잡음에 강건한 주목 연산자," *경북대학교 박사 학위 논문*, 2000.
- [8] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, and Y. C. Chen, "A survey of thresholding techniques," *CVGIP*, vol. 41, pp. 233-260, 1988.