

# 활성 윤곽선 모델의 영상 에너지 제어를 위한 개선된 영상 필터

강 중욱\*, 최 경민\*, 박 용희\*, 선 병호\*\*, 김 태균\*

\*충남대학교 컴퓨터공학과

\*\*공주전문대학 산업영상과

The improved image filter for the purpose of controlling the image energy in the Active Contour Model

Joung-Wuk Kang\*, Kyung-Min Choi\*, Yong-Hee Park\*, Byeong-Ho Jeon\*\*, Tae-Kyun Kim\*

\*Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

\*\*Dept. of Visual Industry, Kongju National Junior College

## 요 약

활성 윤곽선 모델(Active Contour Model : Snake)을 이용한 윤곽선 추출 방법에서는 물체를 검출하기 위해 잠재적 표면(potential surface) 위에서 지역 최소치를 향하여 다양한 힘을 가함으로써 물체의 윤곽선으로 활성 윤곽선 모델을 움직이게 한다. 활성 윤곽선 모델에서 영상의 관심있는 물체를 검출하기 위해서는 영상의 잠재적 표면 위에서 활성 윤곽선 모델이 지역 최소치를 향하여 활동적으로 움직이도록 다양한 힘을 효과적으로 제어해야 한다. 본 논문에서는 활성 윤곽선 모델이 적합한 지역 최소치를 향하여 적절하게 수렴하도록 활성 윤곽선 모델이 움직이는 잠재적 표면을 변형할 수 있는 영상 필터를 제안한다.

## 1. 서론

컴퓨터 비전 분야에서 물체를 추출하기 위해 윤곽선을 검출하거나 영역을 분리하는 것은 핵심적인 분야로 많은 연구가 이루어져 왔으며 윤곽선 추출이나 동영상 추적, 입체 영상 매칭 같은 하위 수준의 작업들이 고립된 상향식 방법으로 생각되어 왔다.

활성 윤곽선 모델은 상위 수준의 프로세서가 사용할 수 있는 몇 개의 대안을 포함한 지역 최소치를 계산해 내는 에너지 함수를 사용하여 에너지 최소화 함수를 구현한다[1][2][3][4][5]. Kass[1]는 상위 수준과 하위 수준 사이의 대화식 방법을 사용하여 지역 최소치의 수가 적고 시각점에 자유로운 효과적인 에너지 함수를 개발하였다. Amin[2]는 동적 프로그래밍에 기초한 개별적 에너지 최소화 모델을 제안하였지만 많은 계산량과 기억 공간을 필요로 한다. Cohen[4]은 다른 접근을 시도하였다. 영상에 첨가한 외부 제약 에너지를 기초로 지역 최소치에 접근적으로 접근해가는 팽창 모델(Balloon Model)을 제안하여 2-D, 3-D 영상에 적용하였다. Leymarie[3]는 에너지 함수의 상호 관계를 상세히 정의하고, 비정형 물체의 2-D 동영상 추적에 적용하였다.

이상과 같이 활성 윤곽선 모델은 대화식 윤곽선 검출 방법으로 조명이나 물체의 특성에 의해 일반적인 윤곽선 검출과 영상 분할 방법의 적용이 어려운 영상에 대해 효과적으로 적용되어 왔다. 그러나, 윤곽선이 뚜렷하지 않은 영역에서는 에너지 함수가 인접 요소간의 상호 보완적인 관계에만 의존하므로 적합한 윤곽선 추출이 어렵다.

본 논문에서는 이런 문제점을 개선하기 위해 요소간의 상호 보완적인 관계뿐만 아니라 영상 에너지의 상호적인 관계를 고려하여 활성 윤곽선 모델이 적합한 지역 최소치에 수렴할 수 있는 개선된 영상 필터를 제안한다.

제2장에서는 활성 윤곽선 모델을 기술하고, 제3장에서는 개선된 영상 필터를 제안한다. 제4장에서는 실험 결과를 비교하며, 제5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 활성 윤곽선 모델

활성 윤곽선 모델은 비정형 곡선으로 3차원 공간상 두 변수의 함수  $f(x,y)$ 에 의해 변화한다. 이 3차원 공간상의 표면은  $H$ 로 표현되고, 잠재적 표면이라 일컫는다. 일반적으로 표면  $H$ 는 영상의 밝기 값(intensity) 또는 그 차이 값에 관련된다.

전체 공간  $\Omega$ 와 전체 시간  $T$ 내의 임의의 공간  $v$ 와 임의의 시간  $t$ 에서 정의된 비정형 곡선  $v(s,t)$ 를 고려한다. 즉 공간 좌표 변수  $x$ 와  $y$ 의 함수로 고려된 비정형 곡선은 다음과 같이 정의된다.

$$v(s,t) = (x(s,t), y(s,t)) \quad (1)$$

활성 윤곽선 모델의 전체 에너지 함수  $E_{snake}(v)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$E_{snake}(v) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} [E_{int}(v) + E_{ext}(v) + E_{image}(v)] ds \quad (2)$$

여기서  $E_{ext}(v)$ 와  $E_{image}(v)$ 는 각각 외부 제약 에너지와 공간적 하강 에너지를 의미한다.  $E_{int}(v)$ 는 활성 윤곽선 모델의 내부 에너지를 표현하며 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$E_{int}(v(s)) = \omega_1(s) |v_s|^2 + \omega_2(s) |v_{ss}|^2 \quad (3)$$

$$\text{단, } v_s \equiv \frac{\partial v}{\partial s}, \quad v_{ss} \equiv \frac{\partial^2 v}{\partial s^2}$$

외부 잠재 에너지  $E_{ext}(v)$ 는 밀고 당기는 두 가지 힘의 상호 보인적 관계로써 이루어진다. Kass[1]는 이 두 가지 힘의 모델로써 스프링(spring)과 화산(volcano)을 제안하였다. 스프링은 점계적 에너지 표면상의 선택된 점과 활성 윤곽선 모델 요소 사이의 장력을 정의함으로써 만들어진다. 반면 화산은 원추형 가동 모양의 표면을 잠재적 표면의 원하는 위치에 첨가하는 방법 등에 의한 잠재적 에너지 표면의 변형에 의해 만들어지고 다음과 같이 정의된다.

$$E_{image}(v) = \mu \omega(v(s,t)) \quad (4)$$

여기서  $\mu$ 는 활성 윤곽선 모델의 밀집 비중(mass density)을 표



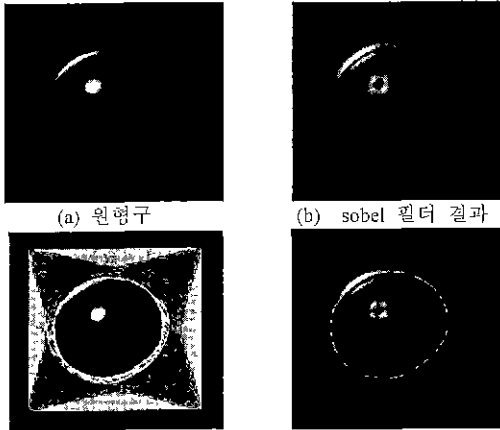
이를 보완하기 위하여  $E_{v_1}(v)$ 에 의한 힘을 활성 윤곽선 모델에 가하는 것이 합리적이며, 본 논문에서는 다음과 같은 영상 필터를 제안한다

$$E_{image}(v) = - \left( \left( 1 - \left| \frac{\nabla^2 I}{\nabla^2 J} \right| \right) L_{v_1}(v) + \left| \frac{\nabla^2 I}{\nabla^2 J} \right| E_{v_1}(v) \right) \quad (13)$$

식(13)의  $E_{v_1}(v)$ 와  $E_{v_2}(v)$  함수의 상보적 관계에 의해 만들어진 잠재적 표면 위에서 활성 윤곽선 모델은 영상의 밝기값이 단조 증가(감소)하는 물체의 음영 지역에서도 충분한 힘을 받아 활동적으로 지역 최소치를 향하여 움직일 수 있게 된다.

4. 실험 결과

그림 1(a)에서 우리가 관심있는 물체는 중앙에 있는 원형구이다 이 영상의 sobel 필터 결과를 도시한 그림 1(b)를 살펴보면 구의 우측 하단은 잠재적 표면 에너지가 아주 작은 것을 알 수 있고, 일반적인 윤곽선 검출과 영상 분할 방법의 적용으로는 추출이 어렵다 그러나, 활성 윤곽선 모델을 적용하면 효과적으로 구의 윤곽선을 검출할 수 있다

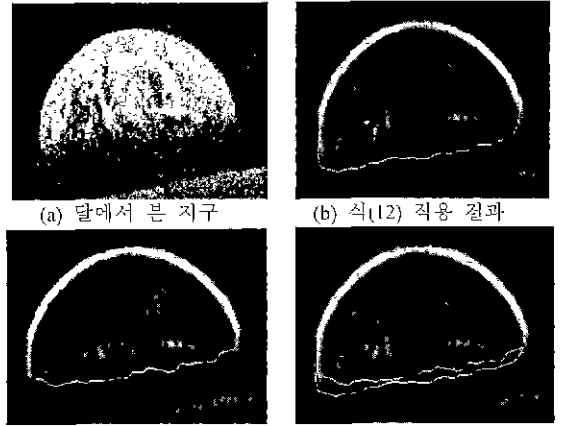


(a) 원형구 (b) sobel 필터 결과 (c) 식(13) 적용 탐색 케직 (d) 최종 윤곽선

그림 1 원형구에 대한 실험

$E_{v_1}(v)$ 에 의한 힘을 도시하기 위하여 그림 1(a)에 대해 단조 감소하는 약한 에너지를 구의 주변에 첨가하였다. 구의 윤곽선에서 비교적 거리가 있는 초기 활성 윤곽선의 경우 식(12)를 적용한 활성 윤곽선 모델은 활성 윤곽선 모델을 지역 최소치로 수렴시킬 힘이 내부 에너지에만 의존하므로 적합한 구의 윤곽선 검출이 어렵다 하지만 본 논문에서 제안하는 식(13)의 필터를 적용하면 그림 1(c)와 같이 활동적으로 구의 윤곽선 부근으로 활성 윤곽선 모델에  $E_{v_1}(v)$ 에 의한 힘을 가할 수 있고, 그림 1(d)와 같이 구의 윤곽선을 찾을 수 있다

그림 2(a)는 달에서 바라본 지구의 모습이다 이 영상의 경우 잡음이 심하고, 그림 2(d)에서 알 수 있듯이 하단의 음영 부분에 의해 윤곽선을 결정하기가 매우 곤란하다 식(13)을 적용한 활성 윤곽선 모델의 탐색 케직인 그림 2(c)의 결과를 보면 지구 윤곽선의 상부에 비해 하부는 활성 윤곽선 모델의 내부 에



(a) 달에서 본 지구 (b) 식(12) 적용 결과 (c) 식(13) 적용 결과 (d) 최종 결과 비교

그림 2 지구 영상에 대한 실험

너지와 약한 잠재적 표면 에너지의 힘에 의해 지역 최소치를 향하여 활성 윤곽선 모델을 수렴시키는데 한계가 보인다 하지만 그림 2(c)의 탐색 케직에서 알 수 있듯이 제안된 필터에 의한 약한 에너지의 힘을 가하면 음영 부근의  $E_{v_1}(v)$ 에 의해 일계 윤곽선 쪽으로 활성 윤곽선 모델을 적절하게 움직일 수 있게 됨을 알 수 있다 그림 2(d)에 그림 2(b)와 그림 2(c)를 비교하였다

5. 결론

활성 윤곽선 모델을 이용한 윤곽선 추출 방법에서는 물체를 검출하기 위해 잠재적 표면 위에서 지역 최소치를 향하여 다양한 힘을 가함으로써 물체의 윤곽선으로 활성 윤곽선 모델을 움직이게 한다 활성 윤곽선 모델에서 영상의 관심있는 물체를 검출하기 위해서는 영상의 잠재적 표면 위에서 활성 윤곽선 모델이 지역 최소치를 향하여 활동적으로 움직이도록 다양한 힘을 효과적으로 제어해야 한다. 본 논문에서 제안된 영상 에너지는  $E_{v_1}(v)$ 와  $E_{v_2}(v)$ 의 상보적인 관계를 이용하여 활성 윤곽선 모델이 적합한 지역 최소치를 향하여 수렴하였음을 볼 수 있다

6. 참고 문헌

- [1] Michael Kass, A Witkin, and D Terzopoulos, "Snake: Active Contour Models", IJCV, pp 321~331, 1988
- [2] A A Amini, T E.Weymouth, and R.C.Jain, "Using Dynamic Programming for Solving Variational Problems in Vision", PAMI, Vol 12, No.9, 1990
- [3] Frederic Leymarie and Martin D Levine, "Tracking Deformable Objects in the Plane Using an Active Contour Model", IEEE Transaction on Pattern Analysis Intelligence, Vol.15, No.6, 1993 6
- [4] Laurent D Cohen and Isaac Cohen, "Finite-Element Methods for Active Contour Models and Balloons for 2-D and 3-D Images", IEEE Transaction on Pattern Analysis Intelligence, Vol 15, No.11, 1993
- [5] 박종승,한준희, "활성모델을 이용한 효과적인 윤곽선 움직임의 추정", 정보과학회논문지(B), 제23권, 제8호,1996 8