

개선된 Dual Active Contour Model을 이용한 물체 윤곽선 검출에 관한 연구

문창수* 유봉길** 이웅기***

A study on Object Contour Detection using improved Dual Active Contour Model

Chang-soo, Moon* Bong-Gil, Yoo** Woong-Ki, Lee***

요 약

영상에서 관심있는 물체의 윤곽선을 추출하기 위해서 Kass등은 Snakes라고 불리우는 능동적 윤곽선 모델(active contour model)을 제안하였다. Snakes 모델은 내부 에너지, 영상 에너지, 외부 에너지라는 에너지 함수를 사용하여 물체의 윤곽선을 정의하는 모델로 이 에너지 함수를 최소화함으로써 물체의 윤곽선을 찾을 수 있다. 이 모델은 속도가 느리며 초기화에 민감하다. 이 문제를 개선하기 위해 Gunn은 두 개의 초기화를 이용하여 정확한 윤곽선을 추출하고 초기화에 덜 민감하도록 하였다. 이 방법은 기존의 다른 방법에 비해 정확한 윤곽선을 추출할 수 있었으나, 속도면에서는 상당히 효율적이지 못하고 잡음에 민감하였다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위하여 snakes을 이루는 각 윤곽점에 8×8크기의 윈도우를 적용하여 윈도우내의 화소에 대해서만 에너지 최소화 알고리즘을 적용하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 원 영상과 컵 영상의 윤곽선 추출에 적용하였다. 제안한 방법을 사용하여 얼굴을 추적하므로써 가상현실등에 응용되고 물체의 움직임 추적에도 응용될 수 있다.

Abstract

In order to extract the contour of interesting object in the image, Kass suggested the Active Contour Model called "Snakes". Snakes is a model which defines the contour of image energy. It also can find the contour of object by minimizing these energy functions. The speed of this model is slow and this model is sensitive of initialization. In order to improve these problems, Gunn extracted the accurate contour by using two initializations, and operated to less sensitive of initialization. This method could extract more accurate contour than the existing method, but it had no effect in the speed and it was sensitive of noise.

This paper applied to the Energy Minimization Algorithm about only the pixel within the window applying the window of 8×8 size at each contour point consisting Snakes in order to solve these problems. The method offered in this paper is applied to extract the contour of original image and cup image added to gaussian noise. By tracking the face using this offered method, it is applied to virtual reality and motion tracking.

* 순천전문대 사무자동화과 전임강사

** 순천전문대 사무자동화과 조교수

*** 조선대학교 전산통계학과 교수

I. 서 론

Active Contour Model은 컴퓨터 비전의 많은 분야에서 이용되고 있다. Snakes라 불리는 능동적 윤곽선 모델은 스플라인을 이용하여 찾고자 하는 영상의 성질을 에너지 함수로 표현하고 이 에너지를 최소화하는 방법에 의해 경계선을 검출하는 방법으로서 다양한 정합방법과, 특징 추출, 영상 세션화, 움직임 추적과 같은 낮은 수준의 비전 작업에 적용되어 왔다. 그리고 Snakes 모델이 복잡한 생물학적인 구조에 쉽게 일치하기 때문에 생물 의학계통의 영상을 해석하는 분야에서도 많이 연구가 되어오고 있다[1].

영상으로부터 관심 있는 물체를 추출하는 것은 영상분석 및 컴퓨터 비전 문제에서 매우 중요한 부분이다. 기본적으로 이러한 문제는 공간적으로 동일한 특징을 갖는 성질을 이용하는 영역기반 방법과 영상의 기울기를 이용하는 경계선 검출 방법으로 나눌 수 있으며 허프 변환, 그래프 탐색, 동적 프로그래밍, 윤곽선 추출 및 영역 성장 방법 등의 다양한 방법들이 물체의 경계를 추출하기 위해 제안되었다[2].

초기의 Snakes는 최소화 방향이 항상 경계의 외부에서 내부로 수축하면서 진행하므로 찾고자 하는 경계의 외부에 근사하게 초기해를 주어야 하는 어려움이 있다. 그리고

초기 Snakes는 수학적으로 불안정하고 스플라인을 이용하기 때문에 속도가 느리며 잡음이 많은 영상에서는 윤곽선 추출이 힘들다. 그래서 Cohen등은 Ballon 모델[1]을 제시하여 초기해가 에지 근처에 충분히 근접해 있지 않으면 원하는 경계선을 찾지 못하는 Snakes의 단점을 개선하기 위한 방법으로 에너지의 기울기를 정규화 시켰으며, 물체의 내부가 외부에 비해 잡음이 적고 유사한 밝기를 가지므로 원래의 Snakes가 초기해로부터 수축하면서 에너지를 최소화하는 것과는 반대로 팽창하는 방법을 사용하여 잡음과 초기해에 덜 민감하도록 하였다.

Ballon 모델은 초기 Snakes의 문제점을 어느 정도 제거하였으나, 이 방법 또한 초기해를 완전히 물체의 내부에 위치시켜 외부로의 형태 변형만이 가능하여 부분적으로 물체의 경계를 찾지 못하는 경우가 발생하며, 물체의 경계보다 약간 외부에 위치하게 되면 Snakes를 이용한 3차원 물체구성 또는 시간에 따른 물체의 경계추적에 단점을 갖는다.

본 논문에서는 Snakes를 이루는 각 윤곽점에 윈도우를 적용하여 윈도우 내에 있는 화소들에 대해서만 에너지 함수를 적용한다. 윈도우 내에 화소들을 조사하여 임계치 이상의 에지 정도를 지니고 있는 화소가 없을 경우, 스플라인의 모양에 따른 에지의 분포를 고려하여 윈도우를 윤곽점의 법선 벡터

방향으로 이동시키면서 물체의 윤곽선을 추출하는 방법을 제안한다.

II. The Snakes Model

Snakes는 영상 힘의 영향 아래 움직이는 2차원의 변형된 윤곽선을 v 로 적당한 변형 에너지 $E_{Snakes}^*(v)$ 를 부여해 줌으로써 정의된다. 윤곽선 v 는 Snakes의 형태를 표현하는 스플라인 곡선에 해당한다. 일반적으로 v 는 스플라인 곡선 위의 점들 또는 스플라인 곡선의 제어점들로 표현이 된다. 윤곽선 v 는 아래와 같이 정의된다[3].

$$\Omega = [0, 1] \Rightarrow \mathbb{R}^2 \quad (2.1)$$

$$s \rightarrow v(s) = (x(s), y(s)) \quad (2.2)$$

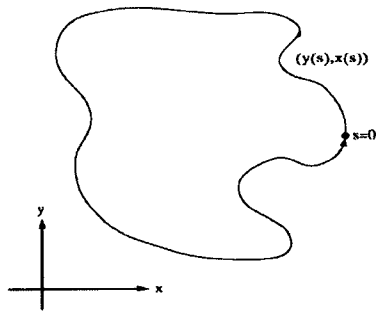


그림 2-1 윤곽선 표현
Fig. 2-1 image plane

식 (2.1)에서 Ω 는 윤곽선 v 의 단위 변수 영역에 해당하고 부영역 \mathbb{R}^2 는 윤곽선 v 가 mapping되는 2차원 image plane에 해당한다. 이 image plane은 영상 농도 함수이나 에지 함수로 생각할 수 있다. 식 (2.2)는 윤곽선 v 의 매개변수, s 에서 image plane 상의 좌표, $(x(s), y(s))$ 로의 mapping을 나타낸다. Snakes를 스플라인에 의해서 표현을 하는 것은 영상으로부터의 인식된 형태를 화면에 재 복원을 할 때 이들 사이에 자연스러운 연결성을 주기 위해서이다. 즉 영상 분석에서 사용된 스플라인은 곧 인식된 형태를 화면에 표현하는데 있어서 그대로 사용할 수가 있는 것이다. Snakes는 자신에게 작용하는 총 에너지를 최소화하는 방향으로 움직이는데 거기에 작용하는 총 에너지 $E_{Snakes}^*(v)$ 는 내부에너지와 외부에너지로 구성이 된다.

Snakes에 작용하는 내부에너지는 Snakes의 형태에 영향을 미치는 에너지로, Snakes의 신축성과 단단함을 제어하고, Snakes에 작용하는 외부에너지는 영상에서 찾고자 하는 특징들, 즉 에지 직선, 그리고 경계로부터 정의되는 에너지로 Snake를 그들 특징들로 끌어당기는 역할을 한다.

2.1 Snakes에 작용하는 힘들

에너지 최소화 윤곽선인 Snakes의 행동은

거기에 작용하는 내부 에너지와 외부에너지에 의해 결정된다. Snakes에 작용하는 총에너지는 아래와 같이 정의된다[7].

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

$$= \int_0^1 (E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s))) ds \quad (2.3)$$

식 (2.3)에서 $E_{int}(v(s))$ 는 윤곽선 v 에 작용하는 내부 에너지에 해당하고 $E_{image}(v(s))$ 와 $E_{con}(v(s))$ 는 윤곽선 v 에 작용하는 외부에너지에 해당한다. 그리고 $v(s) = (x(s), y(s))$ 는 Snakes의 매개 변수적 표현이다.

2.1.1 내부에너지

Snakes에 작용하는 내부 변형에너지는 윤곽선을 매끄럽게 만들어주는 제약조건으로 작용한다. 내부 변형에너지는 다음과 같이 정의된다[4].

$$E_{int}(v(s)) = \alpha(s) |v_s(s)|^2 + \beta(s) |v_{ss}(s)|^2 \quad (2.4)$$

식 (2.4)에서 Snakes $v(s)$ 에 작용하는 내부 변형에너지는 두 개의 조건으로 구성이 된다. 첫번째 조건은 Snakes를 구성요소처럼 행동하도록 만들어 주는 조건으로, Snakes 위의 점들이 서로서로 가까워지도록

만들어준다. 여기에서 v_s 는 윤곽선 방향을 따라 s 에 대한 1차 미분을 나타내고, $\alpha(s)$ 는 v_s 의 가중치로서 Snakes의 "팽창"을 제어한다[5,6]. Snakes 위의 어떤 점에서 $\alpha(s)$ 값을 0으로 주는 것은 그 점에서 위치의 불연속성을 허용한다. 두 번째 조건은 Snakes를 thin-plate처럼 행동하도록 만들어주는 조건으로 Snakes 위의 점들이 서로 동일한 거리를 유지하도록 해준다. 여기에서 v_{ss} 는 윤곽선 방향을 따라 s 에 대한 2차 미분을 나타내고 $\beta(s)$ 는 v_{ss} 의 가중치로서 Snakes의 "강성"을 제어한다. Snakes 위의 어떤 점에서 $\beta(s)$ 값을 0으로 주는 것은 Snakes 위의 그 점에서 접선의 불연속을 허용한다.

2.1.2 Image 에너지

에너지는 image로부터 Snakes에 작용하는 외부에너지로 Snakes가 image에 존재하는 특징의 형태를 가지도록 해준다. Image 에너지는 아래와 같이 영상으로부터 획득된 세 개의 에너지로 구성이 되고 Snakes를 line, edge, termination으로 끌어당기는 역할을 한다[4].

$$E_{image}(v(s)) = w_{line}E_{line}(v(s)) + w_{edge}E_{edge}(v(s)) + w_{term}E_{term}(v(s)) \quad (2.5)$$

식 (2.5)에서 E_{line} 는 line 에너지로 다음

과 같이 영상의 그레이 레벨 함수에 의해서 정의된다[4].

$$E_{line} = I(x, y) \quad (2.6)$$

식 (2.6)에서 $I(x, y)$ 는 2차원 영상에서 좌표 (x, y) 에서의 농도를 나타낸다. 이 에너지는 가중치 w_{line} 의 부호에 따라 active contour를 낮거나 또는 높은 농도값으로 끌어당긴다.

E_{edge} 는 edge 에너지로 높은 기울기 값을 가진 윤곽선, 즉 edge로 active contour를 끌어당기는 역할을 하는데 다음과 같이 정의된다[4].

$$E_{edge} = - |\nabla I(x, y)|^2 \quad (2.7)$$

식 (2.7)에서 $I(x, y)$ 는 그레이 레벨 영상을 나타내고, ∇ 는 기울기, 즉 $(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ 을 나타낸다.

E_{term} 는 termination 에너지로 윤곽선들을 line termination 으로 끌어 당기는 에너지로 식 (2.8)과 같이 정의된다[7].

식 (2.8)에서 g 는 그레이 레벨 영상들에 대해 smooth을 실행한 영상으로, 이 g 에서 스플라인을 따라 기울기 방향을 $\phi(x, y)$ 라고 하면 기울기 방향의 단위 벡터,

$n(x, y) = (\cos \phi(x, y), \sin \phi(x, y))$ 이고, 기울기 방향에 수직인 단위 벡터는 $n_R(x, y) = (-\sin \phi(x, y), \cos \phi(x, y))$ 가 된다. termination 에너지는 상수 그레이 레벨 윤곽선의 곡률로 정의된다.

$$E_{term} = \frac{\partial \phi}{\partial n_R} = \frac{\partial^2 g / \partial n_R^2}{\partial g / \partial n} \quad (2.8)$$

2.1.3 외부제약 에너지

외부제약 에너지는 Snakes 위에 있는 점과 평면에 있는 점 사이에 연결된 zero-length 스프링의 에너지를 나타내는데, 다음과 같이 정의된다[8].

$$E_{con}(v(s)) = -k(x_1 - x_2)^2 \quad (2.9)$$

식 (2.9)에서 x_1 은 능동적 윤곽선 위에 있는 점이고 x_2 는 평면 위에 있는 점이고, k 는 스프링 상수에 해당한다. 이 외부제약 에너지에 의해서 Snakes위에 점 x_1 은 영상에서 정의된 특정한 점 x_2 에 점차 가까워지게 된다.

2.2 능동적 윤곽선의 에너지 최소화

$E_{ext} = E_{image} + E_{con}$ 로 두면 Snakes에 작

용하는 총 에너지는 다음과 같다.

$$E_{Snakes}^* = \int_0^1 (E_{ext}(v(s)) + \frac{1}{2}(\alpha(s) |v_s(s)|^2 + |v_{ss}(s)|^2)) ds \quad (2.10)$$

E_{Snakes}^* 를 최소화하는 Snakes, $v(s)$ 를 찾기 위해서는 Snakes에 작용하는 총 에너지가 정상값, 즉 극값을 가지기 위한 필요조건인 Euler-Lagrange 방정식을 만족해야 한다 [9].

식 (2.10)에서,

$$E_{ext}(v(s)) + \frac{1}{2}(\alpha(s) |v_s(s)|^2 + \beta(s) |v_{ss}|^2)$$

를 $F(v, v_s, v_{ss}; s)ds$ 로 두면, 식 (2.10)은 아래의 식 (2.11)과 같이 쓸 수 있다.

$$E_{Snakes}^* = \int_0^1 F(v, v_s, v_{ss}; s) ds \quad (2.11)$$

식 (2.11)에 대한 Euler-Lagrange 방정식은 식 (2.12)에 해당한다.

$$F_v - \frac{\partial}{\partial s} F_{v_s} + \frac{\partial^2}{\partial s^2} F_{v_{ss}} = 0 \quad (2.12)$$

식 (2.12)에서 F_v 는 v 에 대한 편미분, F_{v_s} 는 $\frac{dv}{ds}$ 에 대한 편미분, $F_{v_{ss}}$ 는 $\frac{d^2v}{ds^2}$ 에 대한 편미분에 해당한다. $F_v, F_{v_s}, F_{v_{ss}}$ 를

각각 계산하여 식 (2.12)에 대입하면 아래의 식 (2.13)이 된다.

$$-\frac{d}{ds}(\alpha(s) \frac{dv}{ds}) + \frac{d^2}{ds^2}(\beta(s) \frac{d^2v}{ds^2}) + \nabla E_{ext}(v(s)) = 0 \quad (2.13)$$

Euler-Lagrange 방정식을 수치적으로 풀기 위해서 도함수를 유한 차분으로 근사시키면 식 (2.13)에서 첫 번째 항과 두 번째 항이 각각 식 (2.14)와 식 (2.15)와 같이 된다.

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds}(\alpha(s) \frac{dv}{ds}) &= \frac{d}{ds}(\alpha_i(v_i - v_{i-1})) \\ &= \alpha_{i+1}(v_{i+1} - v_i) - \alpha_i(v_i - v_{i-1}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{ds^2}(\beta(s) \frac{d^2v}{ds^2}) &= \frac{d^2}{ds^2}(\beta_i(v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1})) \\ &= \beta_{i-1}(v_{i-2} - 2v_{i-1} + v_i) \\ &\quad - 2\beta_i(v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}) \\ &\quad + \beta_{i+1}(v_i - 2v_{i+1} + v_{i+2}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

식 (2.14)와 식 (2.15)를 식 (2.13)에 대입하여 정리하면 아래 식 (2.16)과 같다.

$$\begin{aligned} &\beta_{i-1}v_{i-2} - (\alpha_i + 2\beta_{i-1} + 2\beta_i)v_{i-1} + (\alpha_i + \alpha_{i+1}) \\ &= \beta_{i-1} + (4\beta_i + \beta_{i+1})v_i - (\alpha_{i+1} + 2\beta_i + 2\beta_{i+1})v_{i+1} \\ &\quad + \beta_{i+1}v_{i+2} + (f_x(i), f_y(i)) = 0 \end{aligned} \quad (2.16)$$

III. Dual Active Contour Model

Dual Active Contour Model 기법은 물체 특징의 내부와 외부에 두 개의 초기 윤곽선을 갖으며[10], 이 두 개의 윤곽선은 기울기 강하 방법을 사용하여 최소화된다. 두 개의 윤곽선은 국소 해를 찾기 위해 최소화된 후에 부가적인 유도 힘을 적용하여 가장 높은 에너지를 갖는 윤곽선을 찾아내서 제거하고 호 길이 대응을 이용하여 다른 윤곽선에 일치하는 점을 향해 윤곽선을 끌어당긴다. 두 개의 윤곽선 v_1 과 v_2 가 주어지고 점 $v_1(s_a)$ 에서 유도 힘의 방향, 여기서 $s_a \in [0, 1]$, 은 식(3.1)에 의하여 주어진다.

$$\hat{G} = \frac{v_2(s_a) - v_1(s_a)}{|v_2(s_a) - v_1(s_a)|} \quad (3.1)$$

부가적인 유도 힘 기법이 갖는 단점은 유도 힘이 매개 변수를 결정할 때 발생한다. 만약 유도 힘이 너무 크면 윤곽선은 관심의 특징 이상으로 유도될 것이고 만약 너무 작으면 약한 국소 최소화에서 함정에 빠지게 된다. 이를 피하기 위하여 적응적 힘을 사용하여 그 자신을 적응시킬 수 있고 두 개의 윤곽선과 현재 윤곽선이 움직이는 비율을 고려한다. 또한 가장 높은 에너지를 갖는 윤곽선을 가장 낮은 에너지 상태로 이끌어 내기 위해서는 유도 힘을 변형해야 하는데 이렇게 하기 위해서는 윤곽선을 국소 최소화

밖으로 유도하는 것이 필요하다. Dual Active Contour Model의 최소화 알고리즘은 다음과 같다.

```

minimise(inner)
minimise(outer)
while(inner!=outer)
{ if(E(inner)>=E(outer))
  { do
    { minimise(inner + driving force)
      "if inner not moving then increase
      driving force" }
    while (E(outer) is increasing)
    minimise(outer) }
  }
}

```

IV. 제안한 방법

Kass등에 의해 제안된 방법은 수학적 불안정성을 지니고 있으며 또한 영상에서 기인되는 E_{image} 에 대한 불안정성으로 인해 스플라인이 올바른 에지를 수렴하지 못하는 경우가 생긴다. 이러한 단점을 극복하면서 빠른 시간에 보다 정확한 윤곽선을 추출하고, 잡음에 덜 민감하도록 하기 위해서 Snakes를 이루는 윤곽점에 윈도우를 적용하여 윈도우내의 화소들에 대해서만 최소화 함수를 적용하고 식(4.1)과 같은 에너지 최소화 함수를 사용한다.

$$E = \int_0^1 (\alpha(s)E_{cont} + \beta(s)E_{curv} + \gamma(s)E_{image}) ds \quad (4.1)$$

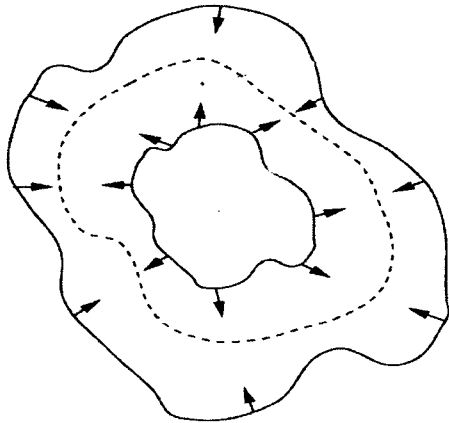


그림 4-1 초기화 영상
Fig. 4-1 initialization image

Snakes를 이루는 윤곽점들의 법선 벡터와 물체의 윤곽선은 그림 4.1와 같은 성질을 갖는다.

제안한 알고리즘에서는 Snakes를 이루는 두 개의 윤곽선을 구성하는 각 윤곽점들에 윈도우를 적용하여 윈도우 내의 점들에 한해서 에너지 함수를 적용한다. 즉, 윈도우 내에서 에너지가 최소화되는 점을 발견하면서 스플라인을 물체의 윤곽선 쪽으로 이동시켜 간다. 안쪽에 윤곽점들과 바깥쪽 윤곽점의 에너지 값이 같게 되면, 알고리즘은 원하는 윤곽선을 찾은 것으로 간주하여 알고리즘을 종료한다. 그림 4.2에서는 제안한 알고리즘의 흐름도를 보여준다.

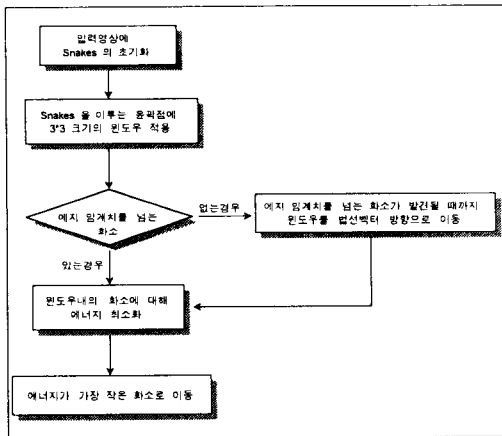


그림 4-2 제안한 알고리즘의 흐름도
Fig. 4-2 the proposed algorithm flowchart

그림 4-1은 영상에 존재하는 물체의 윤곽선과 Snakes의 초기 모습을 보여준다.

윈도우 내에 임계치를 넘는 에지 정도를 지닌 화소가 있을 경우 그 화소들에 에너지 최소화 함수를 적용하여 에너지가 가장 적은 화소의 위치로 윤곽점을 이동시킨다. 그러나 윈도우 내에 에지 정도가 임계치를 넘는 화소가 없을 경우, 윈도우를 윤곽점의 법선 벡터 방향과 반대 방향으로 δ 씩 이동시킨다. 윈도우는 윈도우 내에서 일정 개수 이상 발견될 때까지 이동된다. 이동된 윈도우에서 발견된 화소들에 에너지 최소화 함수를 적용하여 가장 에너지가 적은 화소의 위치로 윤곽점을 이동시킨다. 법선 벡터의 방향은 식(4.2)와 같이 구할 수 있으며, 여기서 θ_i 는 윤곽점 v_i 의 기울기에 대한 수직 방향을 나타낸다.

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(-\frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{y_{i+1} - y_{i-1}}\right) \quad (4.2)$$

V. 실험 및 결과

본 논문 실험에 이용한 영상은 8bits의 256×256과 컵 영상을 사용하였다.

그리고 전처리로서 gaussian 9×9 필터링을 한 후 구간 [-1, 1]에서 농도 정규화를 했다. 본 실험에서는 정확한 윤곽선 추출을 위해서 단순화된 배경을 사용하였다. 그림 5-1에서는 본 논문에서 구현한 간단한 tool을 보여준다. 입력받은 영상보여주는 부분과 Snakes에 대한 제어부분으로 구성된다.

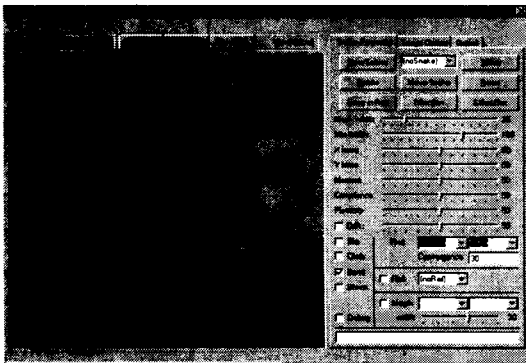


그림 5-1 윤곽선 추출을 위한 간단한 tool
Fig. 5-1 a simple tool for contour detection

Snakes에 대한 제어부분에는 매개 변수 값, 탄력성, 반복 횟수 등을 정의하는 부분이 있다.

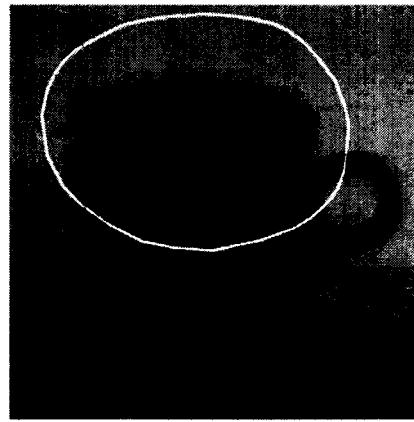


그림 5-2(a) 초기화 A
Fig. 5-2(a) initialization of A

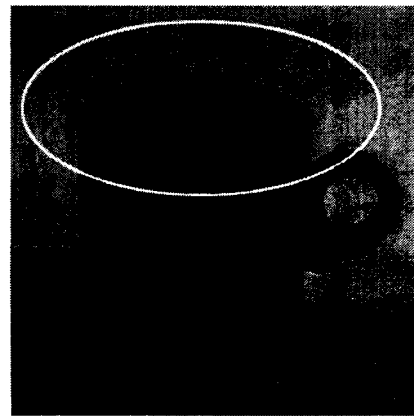


그림 5-2(c) 초기화 B
Fig. 5-2(c) initialization of B

그림 5-2(a)와 그림 5-2(c)는 Kass 기법을 위한 초기 영상이다. 그림 5-2(a)와 그림 5-2(c)의 결과는 각각 그림 5-2(b)와 그림 5-2(d)에서 보여준다.

그림 5-3(a)와 그림 5-3(c)의 결과는 그림 5-3(b)와 그림 5-3(d)에 나타내고 있다.

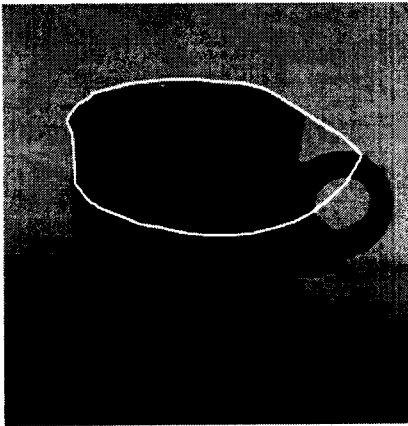


그림 5-2(b) A의 결과
Fig. 5-2(b) result of A



그림 5-2(d) B의 결과
Fig. 5-2(d) result of B

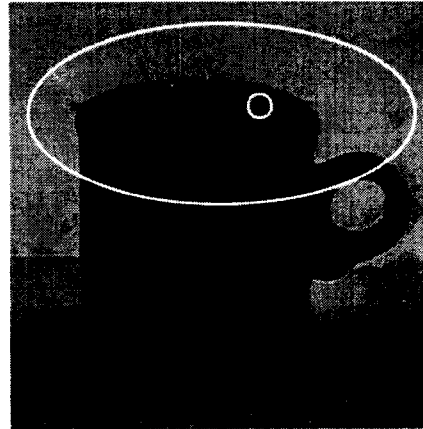


그림 5-3(a) 초기화 A
Fig. 5-3(a) initialization of A

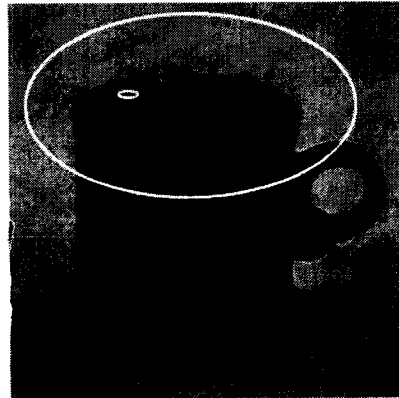


그림 5-3(c) 초기화 B
Fig. 5-3(c) initialization of B

그림 5-3에서 보여 주듯이 초기 Snakes

의 위치가 물체의 특징과 멀리 떨어져 있어도 정확하게 물체의 윤곽선을 추출할 수 있었다.

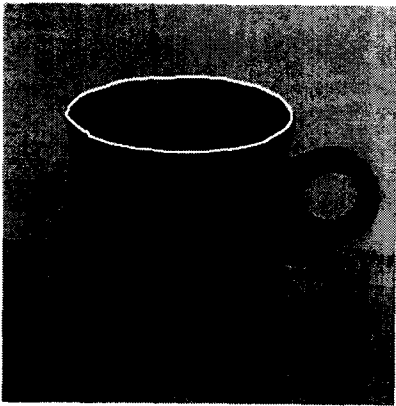


그림 5-3(b) A의 결과
Fig. 5-3(b) result of A

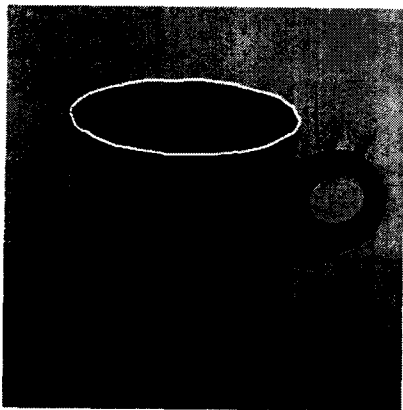


그림 5-3(d) B의 결과
Fig. 5-3(d) result of B

VI. 결 론

본 논문에서는 Dual Active Contour Model을 구성하는 각 윤곽점에 8×8 크기의 윈도우를 적용하여 초기치에 영향을 크게 받지 않고 보다 정확하게 물체의 윤곽선을 추출하는 방법을 제안했다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 Snakes를 구성하는 각 윤곽점에 8×8 크기의 윈도우를 적용하여 윈도우내의 화소에 대해서만 에너지 최소화 함수를 적용하므로서 Kass의 Snakes 방법에 비해 정확한 윤곽선을 추출하였다.

향후 연구로는 보다 정확한 물체의 윤곽선을 찾기 위해 매개변수를 적응적으로 조절할 수 있는 새로운 에너지 함수를 제시하는 것이 필요하며, 나아가 3차원 물체에 대한 에너지 함수의 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Laurent D.Cohen, "On Active Contour Models and Ballons", *CVGIP:IU*, 53(2) : pp. 211-218, March 1991.
- [2] D.H.Ballard and C.M.Brown, "Computer Vision", Prentice-Hall, Inc Englewood Cliffs, NJ, 1982.
- [3] Cohen, L. D., "On active contour models and balloons" , *CVGIP - Image Understanding*, 53(2) : pp. 211-218, 1991.
- [4] Kass, M., Witkin, A. and Terzopoulos, D., "Snakes: Active contour models", In *Proceedings, First International Conference on Computer Vision, London, England*, IEEE, Piscataway, NJ, pp. 259-268, 1987.
- [5] Terzopoulos, D. "Regularization of Inverse Visual Problems Involving Discontinuities", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-8, p. 413, 1986.
- [6] Terzopoulos, D., Platt, J., Barr. A. and Fleischer, K., "Elastically Deformable Models", *Computer Graphics*, Volume 21, Number 4, July 1987.
- [7] Sonka, M., Hlavac, V. and Boyle, R., *Image Processing, Analysis and Machine vision*, Chapman and Hall Computing, 1993.
- [8] Amini, A., Weymouth, T. and Jain, R., "Using dynamic programming for solving variational problems in vision", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(9) : pp. 855-867, 1990.
- [9] Marion, Jerry B. and Thornton, Stephen T., *Classical Dynamics of Particles and systems*, International Edition, Third Edition, 1988.
- [10] S. R. Gunn and M. S. Nixon. A Dual Active Contour. *BMVC94*, September, York, U.K, pp. 305-314, 1994.

□ 筆者紹介

문창수

1989년 조선대학교 전산통계졸업

1994년 조선대학교 대학원 전산통계학과 졸업

1996년 조선대학교 대학원 박사과정 수료

1995년 3월 ~현재 순천전문대학 사무자동화과 전임강사

유봉길

1973년 목포교육대학 졸업

1983년 조선대학교 경영학과 졸업

1988년 조선대학교 대학원 경영학과 졸업

1992년~현재 순천전문대학 사무자동화과 조교수

이용기

현재 조선대학교 전산통계학과 교수