

물체의 윤곽선 검출을 위한 Adaptive Window 적용에 관한 연구

양 환 석* 서 요 한** 강 창 원*** 박 찬 란**** 이 용 기*****

A Study on Applying the Adaptive Window to Detect Objects Contour

Hwan-Seok Yang* Yo-Han Seo** Chang-Won Kang***
Chan-Lan Park**** Woong-Ki Lee*****

요 약

영상에서 관심있는 물체의 윤곽선을 추출하기 위해서 Kass등은 Snakes라고 불리우는 능동적 윤곽선 모델(active contour model)을 제안하였다. 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 8×8 크기의 윈도우를 적용하여 윈도우내의 화소에 대해서만 에너지 최소화 알고리즘을 적용하였다. 그리고 영상내에 존재하는 잡음에 덜 민감하도록 하기위해 윈도우를 각 윤곽점에서의 기울기에 대해 수직 방향으로 이동시키는 방법을 제안한다.

Abstract

In order to extract the contour of interesting object in the image, Kass suggested the Active Contour Model called "Snakes". 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.

In order to less sensitive of noise which exists within image, it suggests a method that moves the window to vertical direction for the gradient of each contour point.

* 조선대학교 전산통계학과
** 서강전문대학 사무자동화과 교수
*** 목포전문대학 전산정보처리과 조교수
**** 목포전문대학 전산정보처리과 조교수
***** 조선대학교 자연과학대학 전산통계학과 교수

1. 서론

영상내에 존재하는 물체를 추출하는 것은 영상분석 및 컴퓨터 비전 문제에서 매우 중요한 부분으로서 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(1).

Snakes라 불리는 능동적 윤곽선 모델은 찾고자 하는 영상의 성질을 에너지 함수로 표현하고 이 에너지를 최소화하는 방법에 의해 물체의 윤곽선을 검출하는 방법으로서 특징 추출, 영상 세션화, 움직임 추적 같은 저수준 비전 작업에 적용되어왔다. 그동안 Snakes의 구현에서 초기치 결정문제 및 에너지 최소화 방법에 대한 다양한 연구가 수행되었으며, 그 결과 제안된 에너지 최소화 방법들로 유한 차분법(2), 유한요소법(3), 동적 프로그램(4), 신경 회로망의 최적화 기법(5) 등이 있다.

초기의 Snakes는 최소화 방향이 항상 경계의 외부에서 내부로 수축하면서 진행하므로 찾고자 하는 경계의 외부에 근사하게 초기치를 주어야 하는 어려움이 있고 수학적으로 불안정하며 잡음이 많은 영상에서는 정확한 윤곽선 추출이 힘들다. 그래서 Cohen은 Ballon 모델(6)을 제시하여 초기치가 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 초기치로부터 수축하면서 에너지를 최소화하는 것과는 반대로 팽창하는 방법을 사용하여 잡음과 초기치에 덜 민감하도록 하였다.

Ballon 모델은 초기 Snakes의 문제점을 어느 정도 제거하였으나, 이 방법 또한 초기치를 완전히 물체의 내부에 위치시켜 외부로의 형태 변형만이 가능하여 부분적으로 물체의 경계를 찾지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 문제점들은 모두 팽창 및 수축이 어느 한 방향으로만 획일적으로 적용되는 것

에 의해 발생하는 문제로서 Ballon 모델 또한 초기 Snakes의 한계를 벗어나지는 못했다.

이러한 단점을 해결하기 위해 Gunn은 Dual Active Contour Model(7)을 제시하여 초기치로 인한 문제점을 조금은 해결하였다. 이 기법은 물체 특징의 내부와 외부에 두 개의 초기 윤곽선을 이용하며, 이 두 개의 윤곽선은 기울기 하강 기법을 이용하여 최소화된다. 외부의 윤곽선은 수축을 하고 내부의 윤곽선은 팽창하여 이 두 개의 윤곽선이 일치하는 점을 물체의 특징으로 간주하는 방법이다. 이 기법은 기존의 다른 방법에 비해 보다 정확하게 물체의 특징을 추출하였으나 두 개의 윤곽선에 대해서 에너지 최소화를 수행해야 하기 때문에 속도가 느리고 잡음에 민감하다. 따라서 잡음이 많은 영상에서는 정확한 윤곽선을 추출할 수 없다.

본 논문에서는 Snakes를 이루는 각 윤곽선에 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.

또한 본 논문에서는 Snakes가 물체의 특징을 추출하는 중에 잡음의 영향을 덜 받도록 하기 위해 이동된 윈도우에 에지 정도가 넘는 화소들 중에 윤곽점의 법선 벡터 방향에 화소가 선택 되도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Kass 등에 의해 제안된 Snakes에 대해 기술하고 3장에서는 Gunn에 의해 제안된 Dual Active Contour Model에 대해 기술하고 4장에서는 본 논문에서 제안한 방법을 기술한다. 5장에서는 실험 및 결과에 대해 기술한다. 6장에서는 결론 및 향후 연구과제를 기술한다.

II The Snake Model

Kass, Witkin, 그리고 Terzopoulos에 의해 제안된 Active Contour Model (Snakes)은 벡터의 집합으로 표현되는 스플라인에 에너지 최소화 함수를 적

용하고 최소화하므로서 윤곽선을 추출한다. 에너지 최소화 작업은 영역 기반 정보(8,9)와 texture(10)와 같은 부가적인 정보를 통합할 수 있다. 전통적인 윤곽선 추출 기법과 Snakes와 차이점은 Snakes는 윤곽선에 대한 사전지식을 바탕으로 한 초기치로부터 시작하여 국소 최소화 방법에 의해 요구되는 윤곽선을 찾는 반면에 고전적인 기법은 영상으로부터 특징을 추출하고 그들 특징 값들로부터 형태를 분석하는 국부 최소화 방법을 이용한다.

Snakes는 국소 정보를 모음으로써 윤곽선을 발견하고 추적하며 물체 경계의 함축적인 설명을 제공하기 위하여 고전적인 에지 검출기로부터 에지 정보 연결 방법을 제공한다. Snakes는 영상에서 전체 윤곽선 검출의 문제를 해결하지는 않으나, 고수준 처리로부터의 영향 또는 시간이나 공간에서 인접한 영상 데이터로부터의 정보와 같은 다른 처리에 의존한다. 이러한 상호작용은 적절한 시작위치와 원하는 윤곽선 근처의 Snakes에 대한 모양을 제공하기 위해 사용되어야 한다. 윤곽선은

$$V(s) = (x(s), y(s)) \tag{2.1}$$

에 의해 표현된다. 여기서 $x(s)$, $y(s)$ 는 윤곽선에 따른 x , y 의 좌표이고 $s \in [0, 1]$ 은 arc 길이를 정규화한다.

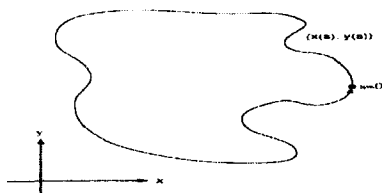


그림1 윤곽선 표현

윤곽선의 에너지를 정의하는 Snakes 모델(2) 식은

$$E_{Snakes}(V(s)) = \int_{s=0}^1 (E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s))) ds \tag{2.2}$$

이다.

여기서 E_{int} 는 내부 에너지, E_{image} 는 영상 에너지를 그리고 E_{con} 는 외부 제약 에너지를 의미한다.

1. 내부 에너지

윤곽선의 내부 에너지 E_{int} 는 관심 대상의 물리적인 특성을 기술하는 요소로서 식(2.3)과 같이 표현된다.

$$E_{int}(v(s)) = \alpha(s)|v_s(s)|^2 + \beta(s)|v_{ss}(s)|^2 \tag{2.3}$$

여기서 $| \cdot |$ 는 Euclidean norm이다. 내부 에너지는 두 개의 조건으로 구성된다. 첫 번째 조건은 Snakes를 membrane처럼 행동하도록 만들어 주는 조건으로, Snakes위의 점들이 서로서로 가까워지도록 만들어준다. 두 번째 조건은 Snakes를 thin-plate처럼 행동하도록 만들어주는 조건으로 Snakes위의 점들이 서로 동일한 거리를 유지하도록 해준다. 점 S에서 $\beta(s) = 0$ 으로 하면 그 점에서 2차 불연속이 되고 모서리가 형성된다. 그림 2에서는 $\alpha(s)$ 와 $\beta(s)$ 의 유도된 조건의 보간을 보여준다. 왼쪽의 그림에서 점선은 탄력 제약의 보간 특성을 제시하고 오른쪽 그림은 만곡 제약의 보간 특성을 보여준다.

2. 영상 에너지

E_{image} 는 영상에서 에지나 선 같은 원하는 특징 점을 추출하기 위해 구성된 영상 에너지 조건으로서 식(2.4)의



그림2 내부 에너지에 의한 보간

$$\frac{\partial E_{Snakes}}{\partial v} = 0 \tag{2.4}$$

$$\frac{\partial^2 E_{Snakes}}{\partial v^2} > 0 \tag{2.5}$$

조건을 만족한다. 실제로 최소화가 필요한지를 결정하기 위하여 조건이 요구된다.

영상 에너지는 아래와 같이 영상으로부터 획득된 세 개의 에너지로 구성이 되고 Snakes를 line, edge, termination으로 끌어당기는 역할을 한다.

$$E_{image} = w_{line} E_{line} + w_{edge} E_{edge} + w_{term} E_{term} \quad (2.6)$$

여기서 w 는 가중치 조건, E 는 에너지 조건을 나타낸다. 식(2.6)에서 E_{line} 는 line 에너지로 다음과 같이 영상의 grey-level 함수에 의해서 정의된다.

$$E_{line} = I(x, y) \quad (2.7)$$

은 식(2.6)에서 $I(x, y)$ 는 2차원 영상에서 좌표 (x, y) 에서의 intensity를 나타낸다.

E_{edge} 는 edge 에너지로, 높은 기울기 값을 가진 윤곽선, 즉 edge로 Snakes를 끌어당기는 역할을 하는데 다음과 같이 정의된다.

$$E_{edge} = -(\nabla I(x, y))^2 \quad (2.8)$$

식(2.8)에서 $I(x, y)$ 는 grey-level 영상을 나타내고 ∇ 는 기울기, 즉 $(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ 을 나타낸다.

E_{term} 는 termination 에너지로 윤곽선들을 line termination으로 끌어당기는 에너지로 식(2.9)과 같이 정의된다.

$C(x, y)$ 에서 수준 윤곽선의 만곡은

$$E_{term} = \frac{\partial \Omega}{\partial \hat{n}_\perp} = \hat{n}_\perp \cdot \nabla \Omega \quad (2.9)$$

$C(x, y) = G_\sigma(x, y) * I(x, y)$ 는 영상의 부드러운 변형을 나타내고, 기울기 각 Ω 는

$$\Omega = \tan^{-1}\left(\frac{C_y}{C_x}\right) \quad (2.10)$$

이다. 여기서 x, y 는 부분적 유도를 나타낸다.

기울기 방향은 $\hat{n} = (\cos \Omega, \sin \Omega)$ 와

$\hat{n}_\perp = (-\sin \Omega, \cos \Omega)$ 에 의해 결정된다.

로 쓰여진다. $C(x, y)$ 함수를 이용한 \hat{n}_\perp 의 표현은

$$\hat{n}_\perp = \frac{1}{\sqrt{C_x^2 + C_y^2}} (-C_y, C_x) \quad (2.11)$$

로 주어진다.

식(2.9), 식(2.10) 그리고 식(2.11)로부터 termination 함수는 $C(x, y)$ 의 첫 번째와 두 번째 부분적인 유도로서 식(2.12)과 같이 표현할 수 있다.

$$E_{term} = \frac{C_{yy}C_x^2 - 2C_{xy}C_xC_y + C_{xx}C_y^2}{(C_x^2 + C_y^2)^{3/2}} \quad (2.12)$$

여기서 termination 함수는 $C(x, y) = C(x_c, y_c)$ 에 의해 정의되는 (x_c, y_c) 를 통과하는 수준 윤곽선의 만곡으로서 점 (x_c, y_c) 의 에너지를 계산한다.

3. 외부 제약 에너지

외부 제약 에너지는 Snakes 위에 있는 점과 plane에 있는 점 사이에 연결된 zero-length 스프링의 에너지를 나타내는데, 다음과 같이 정의된다.

$$E_{con}(v(s)) = -k(x_1 - x_2)^2 \quad (2.12)$$

식(2.12)에서 x_1 은 active contour 위에 있는 점이고 x_2 는 plane 위에 있는 점이고, k 는 스프링 상수에 해당한다. 이 외부 제약 에너지에 의해서 Snakes위에 점 x_1 은 영상에서 정의된 특정한 점 x_2 에 점차 가까워지게 된다.

III. Dual Active Contour Model

Dual Active Contour Model 기법은 물체 특징의 내부와 외부에 두 개의 초기 윤곽선을 갖으며, 이

두 개의 윤곽선은 기울기 하강 기법을 경유하여 최소화되고 윤곽선이 어떤 특징을 향해 전개될 때 전형적인 Snakes와 같은 행동 표출한다. 두 개의 윤곽선(7)은 명시된 두 개의 초기화 윤곽선 내에 국부 최소값을 찾기 위해 사용되며 모양 제약과 영상 사이에서 국소 에너지 최소값을 찾기 위해 최소화된다. 그림 3은 이중 윤곽선의 초기화 모습을 보여준다.

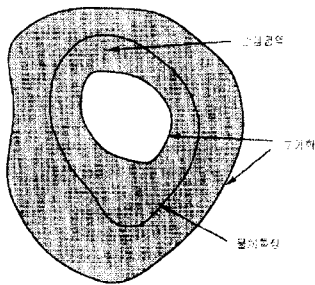


그림3 이중 윤곽선 초기화

두 개의 윤곽선은 국소 해를 찾기 위해 최소화된 후에 부가적인 유도 힘을 적용하여 가장 높은 에너지를 갖는 윤곽선을 찾아내서 제거하고 arc length correspondence를 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.

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

유도 힘의 방향은 수렴을 하기 위해 두 개의 윤곽선 사이의 위치 정보를 변화시키는 방법을 제공한다. 이 방법의 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 적용시킬 수 있고 두 개의 윤곽선과 현재 윤곽선이 움직이는 비율을 고려한다. 또한 가장 높

은 에너지를 갖는 윤곽선을 가장 낮은 에너지 상태로 이끌어 내기 위해서는 유도 힘을 변형해야 하는데 이렇게 하기 위해서는 윤곽선을 국소 최소값 밖으로 유도하는 것이 필요하다. 그림 4는 윤곽선들 사이의 거리가 작아질 때 유도 힘이 어떻게 변하는지 보여준다.

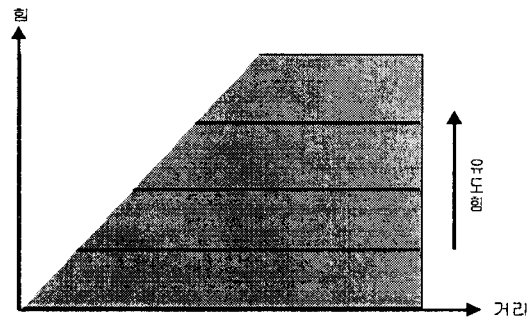


그림4 이중 윤곽선의 힘과 거리와의 관계

유도 힘의 강도는 적절하게 제어되며 만약 현재 선택된 윤곽선의 전체 에너지가 다른 윤곽선들 보다 높다면, 유도 힘은 윤곽선이 식(2.11)에서 종료 기준을 통과할 때까지 증가한다. 그림 5에서는 두 개의 윤곽선이 최소화되는 과정을 보여준다.

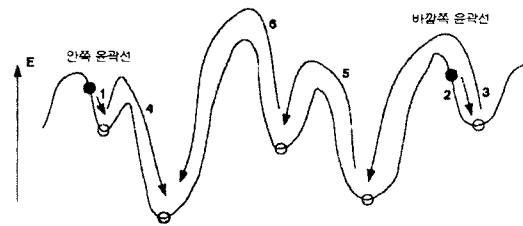


그림5 에너지 최소화

IV. 제안한 방법

Kass등에 의해 제안된 방법은 수학적인 불안정성을 지니고 있으며 또한 영상에서 기인되는 E_{image} 에 대한 불안정성으로 인해 스플라인이 올바른 예지를 수렴하지 못하는 경우가 생긴다. 그리고 Dual Active Contour Model은 두 개의 초기 윤곽선에 대

한 에너지 최소화를 수행해야하기 때문에 계산량이 많아지고 잡음에 민감하다. 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.

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

식(4.1)에서 E_{image} 는 영상의 특징을 기술하는 요소로서, 이웃하는 화소들과의 차에 대한 절대치를 사용하였으며 식(4.2)와 같이 정의했다.

$$E_{image} = \frac{Min - I}{Max - Min} \tag{4.2}$$

식(4.2)에서 Max 는 윈도우 내에서의 최대 에지 정도를 나타내고 Min 은 윈도우 내에서의 최소 에지 정도, 그리고 I 는 주어진 화소의 에지 정도를 나타낸다.

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 이동시켜간다. 안쪽에 윤곽점들과 바깥쪽 윤곽점의 에너지 값이 같게 되면, 알고리즘은 원하는 윤곽선을 찾은 것으로 간주하여 알고리즘을 종료한다. 제안한 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

- ① 입력 영상에 Snakes 초기화
- ② Snakes를 이루는 윤곽점에 8×8 크기의 윈도우 적용
- ③ 윈도우 내의 화소 중 에지 임계치를 넘는 화소 검색
- ④ ③에서 임계치를 넘는 화소가 있는 경우 윈도우의 내의 화소에 대해 에너지 최소화
- ⑤ ③에서 임계치를 넘는 화소가 없는 경우

에지 임계치를 넘는 화소가 발견될 때까지 윈도우를 법선 벡터와 그 반대 방향으로 이동한 후 ④번 실행

- ⑥ 에너지가 가장 작은 화소로 이동
- ⑦ 두 개의 윤곽선 에너지가 같을 때까지 ②~⑥을 반복

물체의 윤곽선은 Snakes를 이루는 각 윤곽점들의 법선 벡터 방향과 그 반대 방향에 존재할 가능성이 높다. 이러한 사실에 기반을 두어 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.

그림 6은 윤곽점 v_i 에 대한 법선 벡터를 보여준다. 이동된 윈도우에서 구해진 화소들에 대해 에너지 최소화 함수를 적용할 때 식(4.6)을 포함하여 적용한다.

$$\phi_i = \theta_i - \varphi_i \tag{4.3}$$

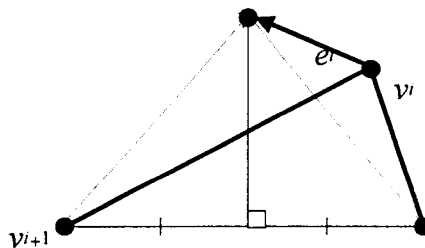
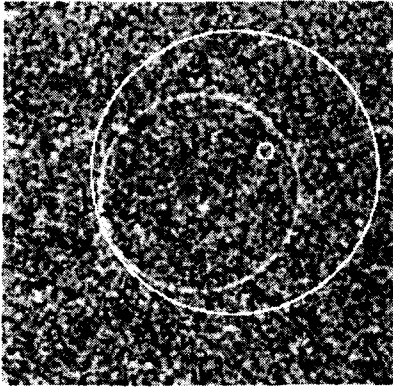
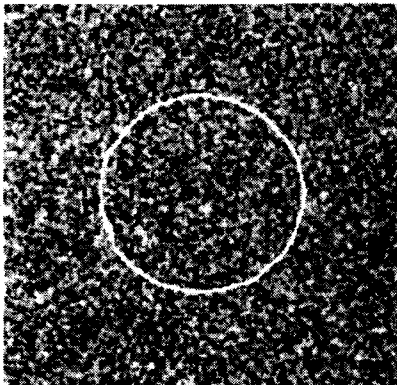


그림6 윤곽점에 대한 법선 벡터

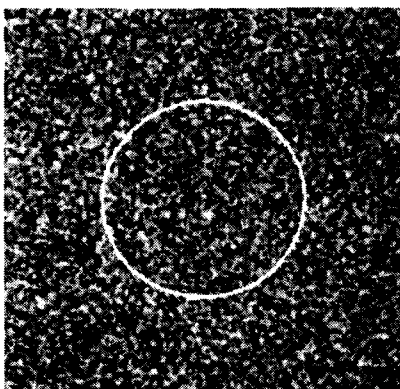
ϕ_i 는 화소가 지닌 에지의 방향(φ_i)과 윤곽점이 나타내는 법선 벡터의 방향(θ_i)이 같을수록 적은 값을 갖는다. 즉, 후보 화소 중에서 법선 벡터의 방



(a) 이중 초기 윤곽선



(b) Dual Active Contour
마지막 윤곽선



(c) 제안한 방법의
마지막 윤곽선

그림9 Dual Active Contour 방법과 제안한 방법의
비교 실험

그림 10은 잡음에 따른 각 기법의 오차에 대해 보여준다. 잡음이 적은 경우 Kass 기법과 Dual Active Contour 기법 그리고 제안한 방법 모두 거의 오차 없이 정확한 윤곽선을 추출할 수 있었다. 그러나 잡음이 많은 경우 Kass 기법과 Dual Active Contour 기법은 잡음에 상당히 민감하였으나 제안된 방법은 잡음이 많은 경우에도 다른 기법들에 비해 오차율이 상당히 적었다.

그림 11의 (a)와 (c)는 Kass 기법을 이용하여 두 개의 과일 전체 윤곽선을 추출하기 위한 초기영상이다. 그리고 그림 11의 (b)와 (d)는 각 초기화의 결과를 보여준다.

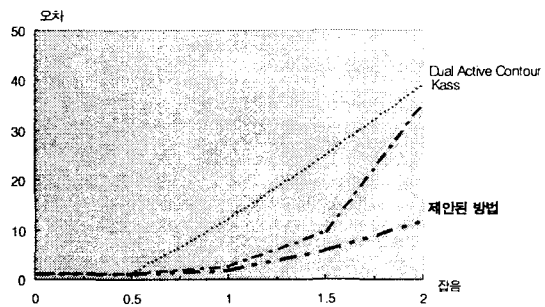
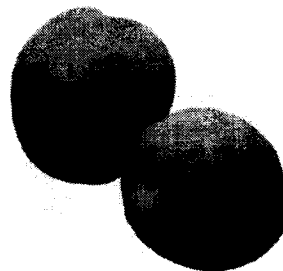
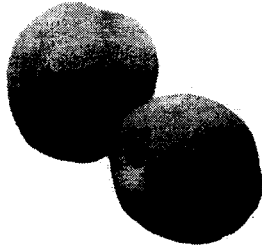


그림10 가우시안 잡음이 부과된 원 실험의
잡음에 대한 민감도

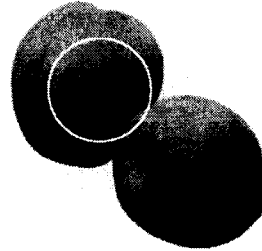


(a) 초기화 A

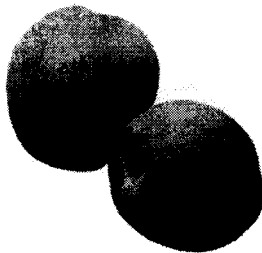
(c)의 결과이다. 이 두 가지 실험에서 볼 수 있듯이 제안한 방법은 초기화와 잡음에 민감하지 않으면서 보다 정확한 윤곽선을 추출하였다.



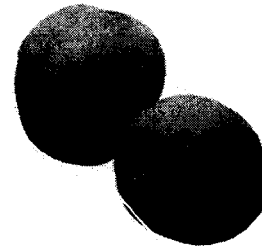
(b) 초기화 A의 결과



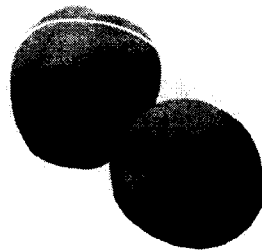
(a) 초기화 A



(c) 초기화 B



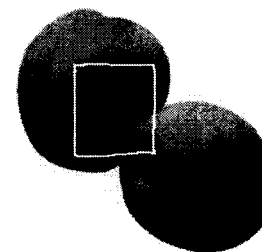
(b) 초기화 A의 결과



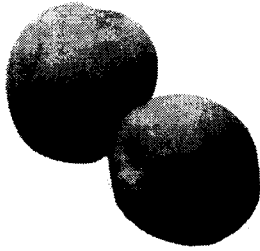
(d) 초기화 B의 결과

그림 11 Kass 기법의 실험

그림 12의 (a)와 (c)는 제안한 방법을 위한 초기 영상이다. 그림 12의 (b)와 (d)는 초기 영상 (a)와



(c) 초기화 B



(d) 초기화 B의 결과
그림12 제안한 방법의 실험

V. 결론

본 논문에서는 초기치와 잡음에 영향을 크게 받지 않으면서 정확하게 물체의 윤곽선을 추출하기 위해 Snakes를 이루고 있는 각 윤곽점에 8×8 크기의 윈도우를 적용하는 방법을 제안했다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 Snakes를 구성하는 각 윤곽점에 적용한 윈도우내의 화소에 대해서만 에너지 최소화 함수를 적용하고 만약 윈도우내의 화소 중에 에지 임계치를 넘는 화소가 없는 경우에는 각 윤곽점의 법선 벡터와 그 반대 방향으로 윈도우를 이동시키므로써 초기화에 크게 민감하지 않고, 잡음이 많은 영상에서도 보다 정확한 윤곽선을 추출하였다.

향후 연구로는 매개 변수를 적응적으로 조절할 수 있는 새로운 에너지 함수에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

- [1] 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):855-867, 1990.
- [2] D.H.Ballard and C.M.Brown, "Computer Vision", Presentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1982.
- [3] Kass, M., Witkin, A. and Terzopoulos, D., "Snakes: Active contour models", In Proceedings, First International Conference on Computer Vision, London, England, pages259-268, IEEE, Piscataway, NJ, 1987.
- [4] Kwok-wai Cheung, Tong Lee and Roland T.Chin, "Boundary Detection by Artificial Neural Network", International Joint Conference on Neural Networks, 1993.
- [5] Laurent D. Cohen and Issac Cohen, "Finite-Element Methods for Active Contour Models and Ballons for 2-D and 3-D Images", IEEE Transactionon Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 15, No.11, November 1993.
- [6] Laurent D. Cohen, "On Active Contour Models and Ballons", CVGIP:IU, 53(2):211-218, March 1991.
- [7] J. Ivins and J. Porrill. Active Region Models for Segmenting Textures and Colours. Image and Vision Computing, 13(5):431-438, 1994.
- [8] M. Etoh, Y. Shirai and M. Asada. Contour Extraction by Mixture Density Description Obtained from Region Clustering. ECCV92 2nd Euro. Conference on Computer Vision, Santa Margherita Ligure, Italy, 24-32, 1992.
- [9] R. Ronfard. Region-Based Strategies for Active Contour Models. International Journal of Computer Vision, 13(2):229-251, 1994.
- [10] S. R. Gunn and M. S. Nixon. A Dual Active Contour. BMVC94, September, York, U.K, 305-314, 1994.

● 저자소개

양 환 석

1996년 2월 : 전북산업대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1998년 2월 : 조선대학교 전산통계학과 졸업(이학석사)

서 요 한

1984년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1996년 2월 : 조선대학교 전산통계학과 박사과정

1990년 3월 : 서강전문대학 사무자동화과 교수(현재 O.A학회 호남지역 지회장)

강 창 원

1985년 2월 : 조선대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학사)

1987년 2월 : 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1998년 2월 : 조선대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1990년 3월 ~ 현재 : 목포전문대학 전산정보처리과 조교수

박 찬 란

1984년 2월 : 조선대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1989년 2월 : 조선대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)

1997년 : 조선대학교 대학원 전산통계학과 박사과정

1991년 3월 ~ 현재 : 목포전문대학 전산정보처리과 조교수

이 응 기

현재 조선대학교 자연과학대학 전산통계학과 교수