

의학 영상에서 폐 영역 검출을 위한 Active Contour 모델 개선

권용준[†], 원철호^{**}, 박희준^{***}, 이정현^{****}, 이승하^{*****}, 조진호^{*****}

요 약

본 논문에서는 개선된 동적 윤곽선 모델을 이용하여 높은 시간 해상도를 가진 EBT 폐 영상에서 폐실질 영역을 검출하였다. 기존의 동적 윤곽선 모델에서 물체의 경계선을 얻기 위한 방법은 에너지 최소화 형태로 내부에너지와 외부에너지를 조절함으로써 검출되어 질 수 있다. 그러나 이 방법에서는 초기화 지정 문제나 내부 에너지의 탄성과 구부러짐의 특성 때문에 요면 영역에 대하여 빈약한 수렴성 등의 문제점들을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 요면 문제들을 해결하면서 폐실질 영역으로 수렴시키기 위해 윤곽선 상에 있는 제어 점들을 이웃 점들과 함께 각각 수직 이등분선 상의 한점에 이동시킴으로써 내부 에너지를 조절하고, 입력받은 영상의 에너지를 나타내는 외부에너지와 함께 에너지를 최소화시킴으로써 원하는 폐실질 영역에 윤곽선이 수렴할 수 있도록 하였다. 요면 영역에 대한 수렴은 이런 내부에너지에 의해 효과적으로 구현 될 수 있었고, 하나의 초기 윤곽선에서 다중 불체들도 검출될 수 있어서 의료 영상에서의 폐실질 영역 검출에 효과적으로 적용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

Improvement of Active Contour Model for Detection of Pulmonary Region in Medical Image

Y. J. Kwon[†], C. H. Won^{**}, H. J. Park^{***}, J. H. Lee^{****},
S. H. Lee^{*****}, J. H. Cho^{*****}

ABSTRACT

In this paper, we extracted the contour of lung parenchyma on EBT images with the improved active contour model. The objects boundary in conventional active contour model can be extracted by controlling internal energy and external energy as energy minimizing form. However, there are a number of problems such as initialization and the poor convergence about concave part. Expecially, contour can not enter the concave region by discouraging characteristic about stretching and bending in internal energy. We controlled internal energy by moving local perpendicular bisector point of each control point in the contour and implemented the object boundary by minimizing energy with external energy. The convergence of concave part could be efficiently implemented toward lung parenchyma region by this internal energy and both lung images for initial contour could also be detected by multi-detection method. We were sure this method could be applied detection of lung parenchyma region in medical image.

Key words: Active Contour Model, Control Point(제어점), Internal Energy(내부에너지), External Energy(외부에너지), Concavity(요면영역)

※ 교신저자(Corresponding Author): 조진호, 주소: 대구광역시 북구 산격동 1370(702-701), 전화: 053)950-5538, FAX: 053)959-5538, E-mail: carfediam@empal.com
접수일: 2004년 8월 11일, 완료일: 2004년 10월 15일

[†] 준회원, 경북대학교 대학원 전자공학과 석사과정
(E-mail: carfediam@empal.com)

^{**} 정회원, 경일대학교 컴퓨터제어전기공학부 조교수
(E-mail: wonchulho@msn.com)

^{***} 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

(E-mail: hjpark@palgong.knu.ac.kr)

^{****} 정회원, 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
(E-mail: pung@palgong.knu.ac.kr)

^{*****} 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수
(E-mail: shalee@ee.knu.ac.kr)

^{*****} 정회원, 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 교수
※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술 진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임. 고유번호 02-PJ3-PG-EV10-0001

1. 서 론

폐질환을 진단하기 위한 영상 처리 분야로서 최근에는 CT(Computed Tomography) 및 MRI(Magnetic Resonance Imaging)처럼 인체 내부 단층 영상에서 정확한 정보를 추출하여 질환 진단에 효과적으로 이용하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 CT나 MRI의 경우 높은 해상도를 가지고 진단의 효율성은 높였지만, 폐나 심장처럼 시간적으로 변화하는 장기의 영상화에는 부적합하다. 이에 대해 특유의 높은 시간 해상도를 가지고 심장 박동이나 호흡으로 인하여 빠르게 움직이는 영상에 적합한 EBT(electron beam computerized tomography)가 임상적으로 이용되고 있다. 이러한 방식으로 획득한 폐 단면 영상은 미만성 폐질환 및 국소적 폐기능 이상을 조기에 진단할 수 있는 중요한 정보로서, 이 폐 영상으로부터 폐실질 영역을 정확하게 분리해 내는 것이 매우 중요한 의미가 된다[1]. 본 논문에서는 EBT 단면 영상에서 폐실질 영역의 윤곽선 검출을 위하여 국부적 내부에너지를 조절한 개선된 동적 윤곽선 모델(active contour model)을 이용함으로써, 폐실질 영역을 정확하게 추출해낼 수 있었다. 에너지 최소화 동적 윤곽선 모델(energy minimization active contour model)은 영상처리 분야에서 에지 검출(edge detection)[2,3], 영상분할(image segmentation)[4,5], 이동 추적(motion tracking)[5,6], 윤곽선 추출(contour extraction), 영상 정합(image matching) 등과 같이 다양한 응용분야에서 광범위하게 활용되어지고 있다. 동적 윤곽선 모델은 관심 있는 영역의 형태와 영상의 특징을 동시에 고려하므로 정확하게 영역의 경계를 추출할 수 있는 장점이 있다. 동적 윤곽선에 대하여 많은 모델들이 제안되어졌는데, 초기 기본 모델은 Kass[2] 등에 의한 동적 윤곽선 모델로서 내부 에너지와 외부 에너지를 균형 있게 조화시켜 에너지를 최소화 시킬 때 원하는 윤곽선을 찾을 수 있는 것이다. 그러나 이 방법은 에너지 수식이 미분 가능해야 한다는 제약조건과 초기화에 의해 결정적인 영향을 받기 때문에 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 Amini[7] 등은 동적 프로그래밍(dynamic programming)을 이용한 방법을 제안하였으며, Williams[8] 등은 탐욕 알고리즘(greedy algorithm)을 제안하였다. 동적 알고리즘은 안정적이지만 상당히 높은 시간 복잡도(time complexity)와 계산복잡도

(computational complexity)를 가지고 있으며, 탐욕 알고리즘은 속도(speed), 유연성(flexibility), 단순성(simplicity)의 장점을 가지고 있으나 이전까지의 수행에서 얻어진 정보를 활용하지 못하여 지역적인 해(local solution)에 빠지는 문제가 있다. 기존의 동적 윤곽선 모델들의 경우, 윤곽선이 요면 영역(concavity region)에 왔을 때, 내부 에너지에 의한 윤곽선이 더 이상 요면 영역 안으로 들어갈 수 없어 물체에 대한 윤곽선을 제대로 추출해 낼 수 없는 문제가 생긴다.

본 논문에서는 이러한 요면 문제를 해결하면서 물체의 윤곽선을 정확하게 생성 시켜주기 위해 초기 동적 윤곽선 점들(active contour points) 즉, 윤곽선상의 제어 점들(control points)을 한 점과 이웃 점 사이에서 생성되는 수직 이등분선상에 이동시켰다. 이로써 윤곽선이 요면 영역 안으로 자연스럽게 진행되면서 외부 에너지와 함께 최소 에너지로 수렴해 나갈 수 있게 되어 원하는 폐실질 영역의 윤곽선을 검출해 낼 수 있었다. 또한, 윤곽선이 물체사이로 진행할 때 다른 쪽에서 들어온 윤곽선과 일정거리로 좁혀질 경우 이를 분리함과 동시에 위 과정을 반복적으로 시행해 나감으로써 다중 물체들의 윤곽선을 검출해 낼 수 있었다. 이러한 방식으로 폐 EBT 영상으로부터 폐실질 영역을 정확하게 분리해냄으로써 폐질환 및 폐기능 이상을 조기에 진단할 수 있도록 하였다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 초기 동적 윤곽선 모델인 에너지 최소화를 위한 변이적 접근(variational approach)에 대해서 알아보고, 요면문제의 해결과 다중 물체들의 검출을 위한 제안된 방법 해석 및 기존의 방법에 대한 개선된 결과의 유효성과 폐 EBT 영상에 대한 폐실질 영역의 적용 결과에 대해서 고찰한다.

2. 초기 동적 윤곽선 모델과 제안된 동적 윤곽선 모델

동적 윤곽선 모델은 일명 뱀(snake)이라고도 불리우는데 파라메트릭 곡선(parametric curve)의 형태를 가진다. 전형적인 이 모델은 곡선 $v(s) = [x(s), y(s)]$, $s \in [0, 1]$ 로서 동적 윤곽선의 파라메트릭 표현을 나타내는데, 에너지 함수를 최소화하기 위해 영상의 공간 영역을 통하여 움직이게 된다. 즉, 식 (1)에서와 같이 내부 에너지와 외부 에너지에

의해 조절되는데 이 두 에너지를 균형 있게 조화시켜 에너지 함수를 최소화 시킬 때 우리가 원하는 윤곽선을 찾을 수 있다.

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

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

여기에서, E_{int} 는 동적 윤곽선의 내부에너지를 나타내고, E_{ext} 는 외부 에너지로서 입력 영상의 에너지를 나타낸다. E_{int} 는 곡선의 특성을 나타내며 탄성 에너지(elastic energy)와 구부러짐 에너지(bending energy)와의 합으로서 다음과 같다.

$$E_{int} = E_{elastic} + E_{bending}$$

$$= \int_0^1 \frac{1}{2} (\alpha |v_s(s)|^2 + \beta |v_{ss}(s)|^2) ds \quad (2)$$

$v_s(s)$ 와 $v_{ss}(s)$ 는 s 에 관한 $v(s)$ 의 1차 미분형과 2차 미분형이고, α 와 β 는 이 동적 윤곽선 모델의 장력(tension)과 강도(rigidity)를 조절하는 가중 매개변수(weighting parameter)를 나타낸다. 탄성 에너지 $E_{elastic}$ 는 곡선의 퍼짐(stretching)을 막아주면서 곡선의 윤곽선 점들이 서로 가까워질 수 있도록 하고, 구부러짐 에너지 $E_{bending}$ 는 곡선을 얇은 금속 조각처럼 움직이게 해주며 곡선이 원의 형태일 때 이 에너지는 최소가 된다. 이러한 특성으로 윤곽선상의 제어 점들이 요면 영역에 평평하게 있을 때 더 이상 이 영역 안으로 들어갈 수 없게 되는 단점이 생긴다.

외부 에너지 E_{ext} 는 영상으로부터 얻어지게 되고, 경계선과 같은 관심 특성에서 내부 에너지와의 합에 의해 에너지가 최소가 되도록 정의된다. 연속적인 위치 변수(x, y)의 함수로서 주어진 그레이 레벨 영상(gray level image) $I(x, y)$ 에서의 외부 에너지 E_{ext} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{ext}(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2 \quad (3)$$

여기서, ∇ 는 기울기 연산자(gradient operator)를 나타내며 x 와 y 방향의 에지 성분을 검출한 후 그 크기를 구해 기울기가 큰 에지 영역에서 동적 윤곽선 모델의 에너지를 최소화 하도록 한다. (-)부호는 계산된 결과를 동적 윤곽선이 에너지가 적어지는 방향으로 이동한다는 조건에 맞추기 위한 것이다.

그림 1(b)에서는 기존 동적 윤곽선 모델의 전형적인 단점을 보여주는데 요면 영역에서 탄성 에너지와 구부러짐 에너지 특성으로서 윤곽선 상의 제어 점들이 평평하게 나열 되어 있을 때 더 이상 윤곽선이 물체의 요면으로 들어갈 수 없게 되어 제대로 윤곽선을 검출하지 못하게 된다. 또한 하나의 초기 윤곽선에 대해서 하나의 물체만을 검출하게 된다.

본 논문에서는 국부적인 수직 이동분점을 이용하여 윤곽선이 요면 영역으로 자연스럽게 진행할 수 있도록 하고 동시에 이 내부 에너지와 외부 에너지가 잘 조화되어 에너지를 최소화함으로써 원하는 물체에 윤곽선이 수렴하면서 다중 물체들의 윤곽선을 동시에 검출할 수 있도록 하였다. 그림 2는 윤곽선 검출

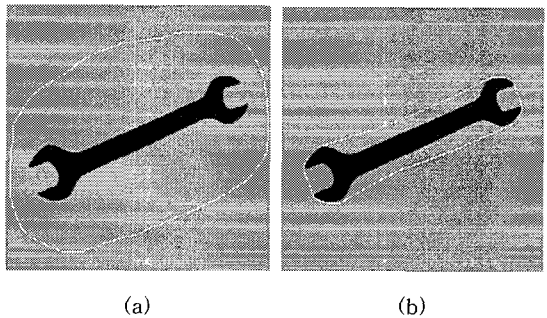


그림 1. (a) 초기화와 (b) 기존 동적 윤곽선 모델의 예

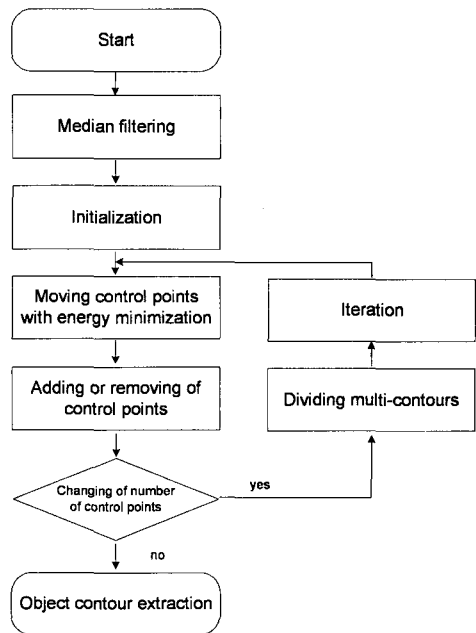


그림 2. 동적 윤곽선 모델의 관심 영역 검출을 위한 순서도

을 위한 순서도로서 먼저 잡음 제거 및 에지 강화를 위하여 메디안 필터링을 수행하고 관심영역 주변에 초기 윤곽선을 생성시킨다. 제안된 방법에 의해 내부 에너지와 외부에너지의 합이 최소가 되는 방향으로 윤곽선이 이동하게 되고, 이동 후에 제어 점들 사이의 간격이 좁혀지거나 벌어진 경우에 대해 일정 간격을 유지하도록 제어 점들 사이에 점을 추가하거나 제거하도록 한다. 이런 과정 후에 윤곽선이 관심 물체에 수렴되어 더 이상 제어 점들의 수에 변화가 없으면 이 과정을 끝내고 변화가 있으면 계속 반복해 나간다. 이때 윤곽선이 물체 사이로 들어오는 부분과 최소거리에서 접할 때에 윤곽선을 분리하는 과정을 반복적으로 수행함으로써 다중 물체에 대한 윤곽선을 검출을 한다.

3. 개선된 요면 검출

의료 영상의 경우, 잡음과 에지가 불분명할 수도 있기 때문에 이를 위한 전처리 과정으로서 메디안 필터링(median filtering)을 하여 잡음 제거 및 에지를 강화시켜 줌으로써 윤곽선이 원하는 물체에 잘 접근할 수 있도록 하였다. 검출하고자 하는 물체에 대해서 초기윤곽선을 생성시키고 이 윤곽선을 일정한 간격으로 샘플한 점들에 초기 제어 점들을 할당시킨다. 여기에서 설정된 제어 점들로부터 내부 에너지와 외부 에너지와의 합에 의한 에너지 최소화를 위해, 먼저 각각의 제어 점을 $v_i(x_i, y_i)$ 로 하여 식 (4), (5)와 같은 방법으로 내부 에너지를 조절하여 제어 점들을 이동시킨다.

$$x_{mid} = \frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \tag{4}$$

$$y_{mid} = \frac{(y_i + y_{i+1})}{2}$$

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \end{pmatrix} = \left(\frac{1}{\cos\theta} \right) \times \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{mid} - x_i \\ y_{mid} - y_i \end{pmatrix} \tag{5}$$

여기서, x_{mid} 와 y_{mid} 는 두 제어 점 v_i 와 v_{i+1} 사이의 중점을 나타내고 (x', y') 는 제어 점 v_i 가 수직 이동분선 상에 옮겨진 점으로서, v_i 을 기준으로 중점을 시계방향으로 θ 만큼 회전 변환함으로써 이러한 내부 에너지에 의해 윤곽선이 이동하게 된다. 여기에서 θ 값은 수직 이동분선 상에 놓일 위치를 조절하는 매개변

수로서 이것은 내부에너지의 크기를 조절하게 된다.

식 (6)에서 외부에너지 E_{image} 는 영상의 기울기를 의미하며 식 (7)에서의 1차 미분 연산자인 소벨 연산자를 이용하여 구할 수 있다.

$$E_{image} = \gamma \times \nabla I(x_{mid}, y_{mid}) \tag{6}$$

$$\begin{aligned} \nabla I_x(x, y) &= I(x+1, y+1) + 2I(x+1, y) \\ &\quad + I(x+1, y-1) - I(x-1, y+1) \\ &\quad - 2I(x-1, y) - I(x-1, y-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla I_y(x, y) &= I(x+1, y+1) + 2I(x, y+1) \\ &\quad + I(x-1, y+1) - I(x+1, y-1) \\ &\quad - 2I(x, y-1) - I(x-1, y-1) \end{aligned} \tag{7}$$

여기서, γ 는 영상의 휘도와 배경에서의 휘도에 관계된 에너지의 영향을 제어하는 매개 변수로서 외부 에너지를 조절하여 내부 에너지와의 합이 최소화되게 한다.

식 (8)은 두 제어 점의 중점에서 회전변환을 통해 윤곽선을 이동시키는 내부 에너지 E_{int} 와 영상의 기울기 값을 나타내는 외부 에너지 E_{ext} 와의 합으로 정의되는 에너지 함수 E_{min} 이 최소화가 되는 방향으로 윤곽선이 이동하여 물체가 검출되는 것을 보여 준다.

$$E_{min} = E_{int}(x, y) + E_{ext}(x, y) \tag{8}$$

그림 3에서는 제어 점 v_i 와 v_{i+1} 의 중점에서 수직 이동분선 상의 한 점으로 매개변수 θ 값만큼 v_i 를 회전시킴으로써 이 내부 에너지에 의해 윤곽선이 이동하게 된다. 초기 윤곽선 상에 있는 점들의 이동이 위 방식으로 반복되면서 윤곽선이 관심 영역 방향으로 접근하게 되고, 물체의 에지에서는 E_{min} 이 최소화되면서 윤곽선이 수렴하게 되며 요면 영역에서는 계속 진행하게 된다.

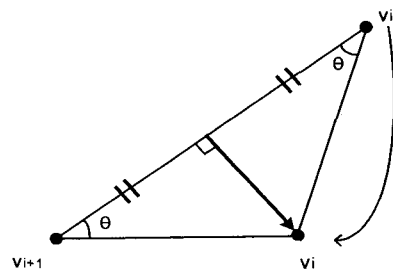


그림 3. 제어 점 v_i 의 이동

그림 4에서는 그림 3의 전체적인 과정으로서 요면 영역으로 윤곽선이 들어가는 n 번째 반복에서, 윤곽선 상의 제어 점들이 각각의 이웃 점들과 함께 만들어지는 수직 이등분선 상의 한 점으로 각각 이동하게 되고, 연속적인 반복을 수행함으로써 요면 안으로 진행하게 된다. 배경의 경우 내부에너지가 외부에너지보다 크기 때문에 제어 점들은 계속 진행하게 되고, 에지에서는 영상의 외부 에너지가 커지므로 내부 에너지와 외부 에너지 합에 의해 에너지가 최소화 되어 제어 점이 에지에 수렴하게 된다.

또한, 반복할 때마다 이웃 제어 점들 사이의 간격이 클 경우에는 중간에 한 점을 추가시키고, 간격이 작을 경우에는 두 점을 하나의 점으로 줄이면서 제어 점 사이를 일정한 간격으로 유지시킨다.

$$if(distance(v_i, v_{i+1}) < D_{lower}) \tag{9}$$

$$v_i = v_{i+1}$$

$$elseif(distance(v_i, v_{i+1}) > D_{upper}) \tag{10}$$

$$v_i(x, y) = \frac{v_i(x, y) + v_{i+1}(x, y)}{2}$$

여기에서, D_{lower} , D_{upper} 는 각각 두 제어 점을 하나의 제어 점으로 줄이는 기준 조건 거리와 하나의 점을 추가시키는 기준 조건 거리를 나타내며 $distance(v_i, v_{i+1})$ 는 두 제어 점 v_i, v_{i+1} 사이의 거리를 나타낸다.

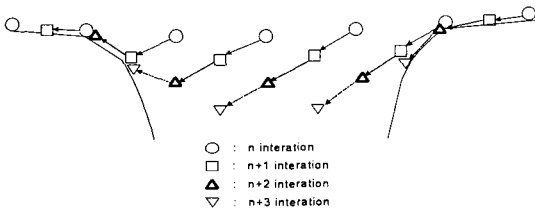


그림 4. 제어 점들의 이동

4. 다중 물체의 윤곽선 검출

다중 물체들의 윤곽선을 동시에 검출해 내기 위해 내부에너지에 의해 들어오는 윤곽선의 일부분이 물체들 사이로 들어오는 다른 일부분과 최소의 거리로 가까워질 때 두 윤곽선을 분리해 냄으로써, 초기에 지정한 하나의 윤곽선에서 여러 물체들을 검출해 낼 수 있다. 즉, 윤곽선상의 제어 점들과 물체 사이로

들어오는 다른 윤곽선상의 제어 점들 사이의 거리가 최소로 가까워질 때 분리하고 이를 반복해 나가면 윤곽선이 물체에 수렴하게 된다. 이때 물체사이의 간격이 넓을 경우에는 분리 하더라도 다음 반복에서 분리된 윤곽선상의 제어 점들 일부가 겹쳐져 물체에 수렴할 수 없게 된다. 이에 대해 처음 최소 거리에 도달하는 제어 점부터 다음 제어 점의 최소거리가 처음 최소거리보다 일정배수 크게 한 조건을 벗어날 때 분리로써, 분리 후에도 자연스럽게 물체에 수렴해 나갈 수 있도록 한다.

그림 5에서 dis_{con} 는 안으로 진행되는 윤곽선상의 제어 점들이 물체 사이로 들어오는 다른 윤곽선 상의 제어 점들과 분리될 수 있는 최소의 거리를 이루는 거리 조건이고, $dis_{c,p}$ 는 dis_{con} 의 최소거리를 가지는 제어 점에서부터 다른 윤곽선상의 제어 점들 사이의 최소 거리로서, dis_{con} 의 δ 배만큼의 거리를 초과하는 제어 점에서 다시 분리로써 윤곽선을 분리할 수 있게 된다. 즉, 위 식에서 $Contour_1$ 은 처음 최소거리를 가지는 제어 점에서 분리되어지고, $Contour_2$ 의 경우 $\delta \times dis_{con}$ 을 초과하는 제어 점에서 분리되어진다.

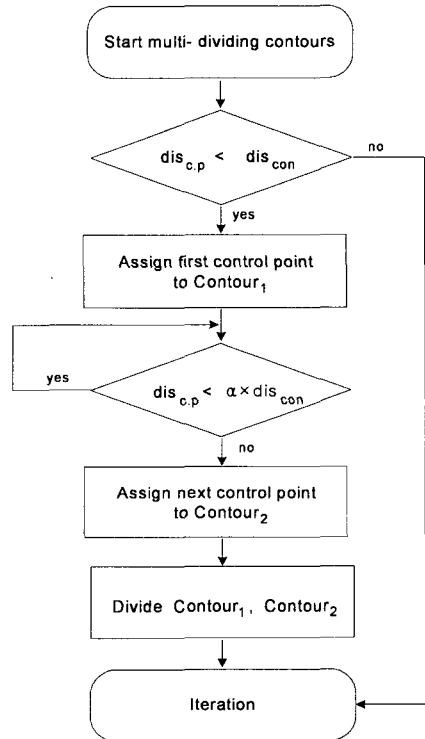


그림 5. 다중 물체 검출을 위한 순서도

그림 6에서는 물체 사이로 들어오는 위쪽 윤곽선과 아래쪽 윤곽선이 접근하면서 최소거리로 도달할 때 처음 최소거리에서 하나의 윤곽선이 분리되어지고, 그림 5에서와 같이 그 조건을 초과하는 부분에서 다시 분리되어지는 것을 보여준다. 위와 같이 제안된 방법과 분리를 반복적으로 수행해 나가면서 더 이상 각 윤곽선에서의 제어 점들 수가 변화 없을 때 반복 수행을 종료함으로써 초기에 지정한 하나의 윤곽선에서 여러 물체들을 동시에 검출해낼 수 있도록 하였다.

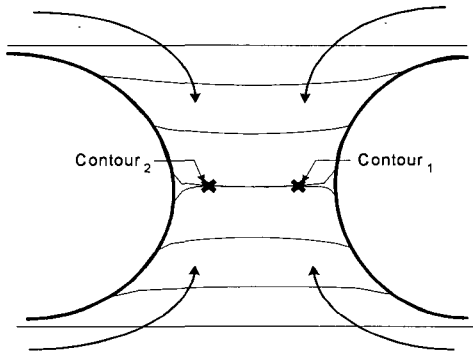


그림 6. 다중 물체사이에서의 윤곽선 이동과 분리

5. 실험 및 결과

그림 7(a)은 요면영역을 가진 물체의 경우 초기 윤곽선에 대해서 제안된 방법에 의해 매 10회씩 반복되어 질 때 차례대로 윤곽선이 수렴해 나가는 것을 보여주고 있으며, 그림 7(b)는 그림 1(b)의 기존 방법에서 개선된 결과 영상을 보여주고 있다.

제안한 내부에너지를 이용한 윤곽선 검출 방법의 유효성을 검증하기 위하여 기존의 동적 윤곽선 방법과 제안한 방법에 의해 검출된 윤곽선을 비교하였다. 제공된 평균 오차 E_{rms} 와 윤곽선 면적 C_{size} 을 이용하여 기존 윤곽선상의 점들과 검출된 윤곽선의 제어점 사이의 거리를 비교하여 기존의 동적 윤곽선 모델에 대해 제안된 동적 윤곽선 모델이 얼마나 유효한지를 검증하였다.

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} (r(i) - c(i))^2 \right\}} \quad (11)$$

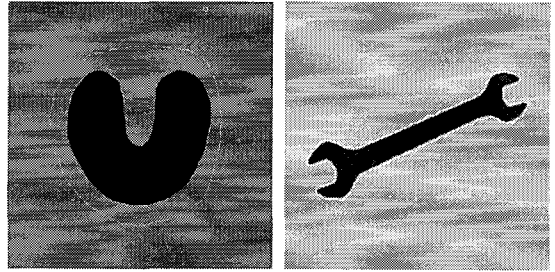


그림 7. (a) 초기 윤곽선의 매 10회 반복 및 수렴과정 및 (b) 개선된 스패너 영상

E_{rms} 는 기존 윤곽선상의 점들 $r(i)$ 과 비교 윤곽선상의 점들 $c(i)$ 사이의 거리 오차 실효값을 나타내고 N 은 비교 윤곽선상에서 점들의 개수를 나타낸다.

그림 8은 유효성 검증을 위한 기준 영상으로서 (a)는 요면에 대한 오차 실효값과 면적 비교를 위해 (b)는 요면과 다 물체 검출 시 오차 실효값과 면적 비교를 위한 것으로서 (b)의 경우 폐 CT영상에서 폐의 기본 모델로서 고려될 수 있다.

그림 9에서 9(a)와 9(c)는 기존 동적 윤곽선 모델의 예로서 윤곽선이 요면영역에 더 이상 들어갈 수 없고 이와 함께 두 물체에 대해서도 제대로 분리하여 검출될 수 없음을 보여준다. 제안된 동적 윤곽선 모델 결과로서 9(b)와 9(d)는 윤곽선이 요면영역에 자연스럽게 들어가게 되고 두 물체에 대해서도 정확하게 검출되는 것을 보여준다.

표 1에서 기준 영상 I의 경우 E_{rms} 는 기존의 방법에서 1.818, C_{size} 는 0.723이고 제안한 방법에서는 1.439, 0.534로서 제안한 방법의 반경과 면적 차이가 적음을 보여준다. 기준 영상 II도 마찬가지로 제안한

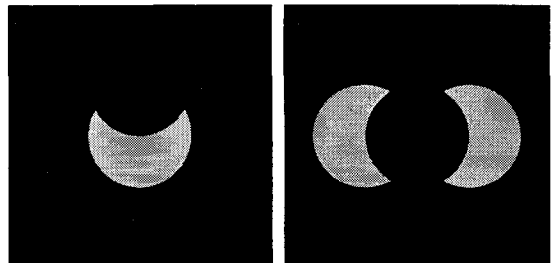


그림 8. 유효성 검증을 위한 (a) 기준 영상 I 및 (b) 기준 영상 II

표 1. 척도의 비교

Measure \ Method	Reference I		Reference II	
	Conventional	Proposed	Conventional	Proposed
E_{rms}	1.818	1.439	3.269	1.607
C_{size}	0.723	0.943	0.534	0.934

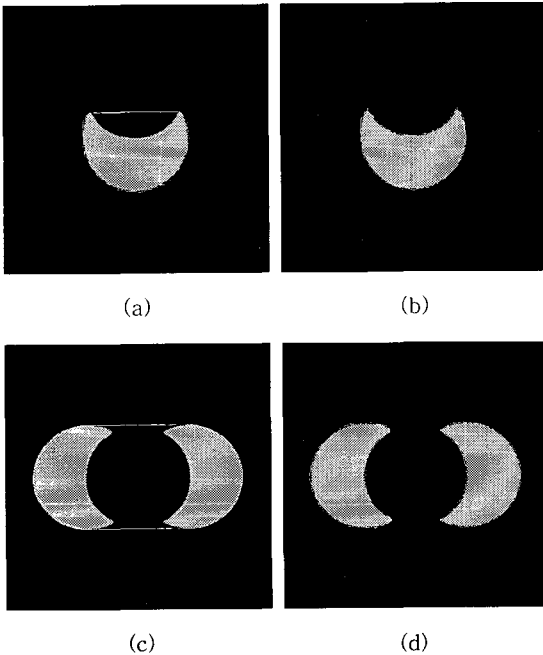


그림 9. 기존 동적 윤곽선 모델의 적용 예 (a),(c)와 제안된 동적 윤곽선 모델의 적용 예 (b),(d)

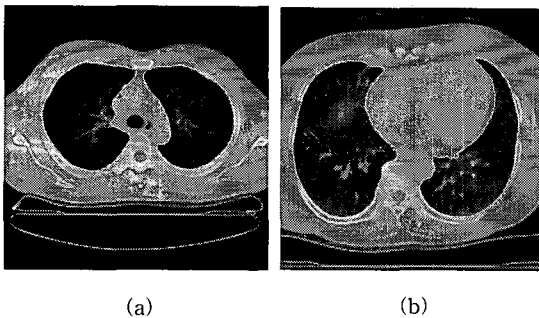


그림 10. 개선된 동적 윤곽선 모델 예 (a), (b) 폐 EBT 영상

방법이 3.269에서 1.607으로 0.534에서 0.943으로 훨씬 개선되었음을 검증해 준다.

위의 결과들을 살펴 볼 때 기존의 동적 윤곽선 모델에 대해 요면 영역과 다 물체 검출에 있어서 주관

적인 판단과 E_{rms} 값과 C_{size} 값에서의 객관적인 판단 모두 제안된 방법이 우수함을 보여주고 있다.

실제 EBT영상으로부터 폐실질 영역의 윤곽선을 검출하기 위하여 Imatron, Inc.사의 EBT 영상 장비로부터 512×512화소 12비트로 양자화 된 영상을 이용하였다. 제안한 모델을 사용하여 폐실질 영역을 검출한 결과를 그림 10(a), 10(b)에 보았다. 그림에서 초기 지정된 하나의 윤곽선으로부터 좌우 폐실질 영역이 잘 검출된 것을 알 수 있다.

5. 결 론

기존의 동적 윤곽선의 경우 오목하게 들어간 요면 영역에 대해 더 이상 윤곽선이 진행될 수 없고, 초기 윤곽선에 대해서 하나의 관심영역만을 검출하는 취약한 단점이 있었다. 본 논문에서는 요면 영역 문제에 있어서, 윤곽선을 구성하는 각 제어 점들이 이웃 점들과 함께 각각 수직 이등분선 상의 한 점에 이동함으로써 만들어지는 내부에너지와, 입력받은 영상의 에너지를 나타내는 외부에너지와의 합이 최소가 되도록 윤곽선을 관심 영역으로 이동시켜 주었다. 이와 함께 다중 물체 검출에 있어서 물체 안으로 들어오는 윤곽선과 반대편 방향에서 물체 안으로 들어오는 그 윤곽선의 일부가 만나게 될 때 분리하여 다중 물체들을 정확하게 검출할 수 있었다. 여기에서 내부 에너지를 조절하는 매개변수 θ 값과 외부에너지를 조절하는 매개변수를 찾고자 하는 물체의 특징에 맞게 잘 조절할 때 최소의 에너지화로서 윤곽선을 정확하게 검출해 낼 수 있었다. 기존 윤곽선과 제안한 방법에 의해 검출한 윤곽선을 E_{rms} 와 면적 C_{size} 척도를 이용하여 검출 방법의 타당성을 검증하였다. 제안된 방법을 이용하여 폐실질 영역을 효과적으로 검출함으로써 폐실질 내의 휘도 변화 등의 진단 파라미터를 도출하여 폐질환의 조기 발견, 진행정도 및 치유과정 추적에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 김명남, 원철호, “호흡 연동에 의한 EBT 단면 영상에서의 폐실질 윤곽선 검출,” 센서학회지, 제 8권, 제 2호, pp. 154-162, Mar. 1999.

[2] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, “Snakes: Active contour models,” Int. j. Computer. Vision, Vol.1, pp. 321-331, 1987.

[3] D. Mumford and J. Shah, “Boundary detection by minimizing functionals, I,” in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, San Francisco, CA, pp. 22-26, June 1985.

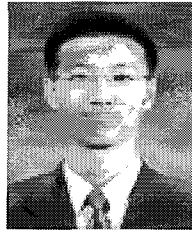
[4] F. Leymarie and M. D. Levine, “Tracking deformable objects in the plane using an active contour model,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, pp. 617-634, 1993.

[5] R. Durikovic, K. Kaneda, and H. Yamashita, “Dynamic contour: A texture approach and contour operations,” The Visual Computer, Vol. 11, No. 6, pp. 277-289, 1995.

[6] D. Terzopoulos and R. Szeliski, “Tracking with Kalman snakes,” In A. Blake and A. Yuille, Editors, Active Vision, MIT Press, pp. 3-20, 1992.

[7] A. A. Amini, S. Tehrani, and T.E. Weymouth, “Using dynamic programming for minimizing the energy of active contours in the presence of hard constraints,” In Proc. Second. Int. Conf. on Computer Vision, pp. 95-99, 1988.

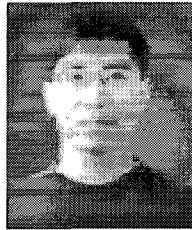
[8] D. J. Williams and M. Shah, “A fast algorithm for active contours and curvature estimation,” Computer Vision, Graphic, and Image Processing: Image Understanding, Vol.55, No.1, pp. 14-26, 1992.



권 용 준

2003년 경북대학교 전자전기공학부 졸업(공학사)
현재 경북대학교 전자공학과 석사과정

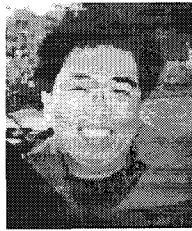
관심분야 : 의학영상처리, 생체신호처리



원 철 호

1992년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1998년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1998년~1999년 계명대학교 의과대학 의공학 교실 연구강사

1999년~2002년 Univ. of Iowa. Post. Doc.
현재 경일대학교 컴퓨터제어전기공학부 조교수
관심 분야 : 의용계측, 의학영상처리, 컴퓨터비전



박 희 준

1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2001년 금오공과대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

관심분야 : 초소형 텔레메트리, 생체신호처리 및 계측



이 정 현

2002년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2004년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

관심 분야 : 의학 영상 해석, RF 시스템 및 집적회로 설계, 초소형 텔레메트리, 생체신호처리



이 승 하

1988년 경북대학교 전자공학과
졸업(공학사)
1990년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과(공학석사)
1995년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과(공학박사)
현재 경북대학교 전자전기컴퓨

터학부 부교수

관심 분야 : 컴퓨터 제어 및 퍼지 제어, 자동화 시스템



조 진 호

1977년 경북대학교(공학사)
1979년 경북대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)
1988년 경북대학교 대학원 전자
공학과(공학박사)
현재 경북대학교 대학원 전자전
기컴퓨터학부 교수, 경북대

학교 의공학과장

2002년~경북대학교 첨단감각기능회복장치 연구소 센
터장

관심 분야 : 완전 이식형 인공중이, 초소형 텔레메트리,
생체계측시스템