유전자 알고리즘을 이용한 다해상도 기반의 활성 윤곽선 모델

이기환*, 유현정*, 김현준**, 김태용**, 조석제***
*한국해양대학교 제어계측공학과
,*한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부
e-mail:ddanzzang@hhu.ac.kr

Multiresolution-Based Active Contour Model Using Genetic Algorithm

Ki-Hwan Lee*, Hyun-Jung Yoo*, Hyun-Jun Kim**, Tae-Yong Kim**, Seok-Je Cho***
*Dept of Control and Instrumentation Engineering, Korea Maritime University
,*Dept of Computer, Control and Electronics Communication Engineering, Korea Maritime University

요 약

활성 윤곽선 모델은 스네이크 모델이라고도 하며 영상에서 물체의 경계를 검출하기위한 효과적인 방법으로 사용되고 있다. 본 논문에서는 초기 윤곽선 문제와 효과적인 경계선 검출을 위해 다해상도 기반의 유전자 알고리즘을 이용한 활성 윤곽선 모델을 제안한다. 입력영상의 해상도를 영상 피마리드 기법으로 저해상도로 축소시키고 초기 윤곽선을 설정한다. 설정된 윤곽선상의 연속된 두 좌표를 유전인자로 선택하고, 유전 연산자를 적용하여 물체의 경계를 찾아간다. 경계가 검출된 저해상도 영상을 단계적으로 확대하여, 보간될 영역의 국부적 활성 윤곽선 에너지를 계산하여 최소 에너지를 갖는 위치에 새로운 윤곽선 좌표를 삽입하여 경계를 형성한다. 제안된 방법은 초기 윤곽선의 위치에 상관없이 경계선을 검출했으며, 형태가 복잡한 물체의 경우에도 효과적으로 경계선을 검출하고 계산 복잡도를 감소시켰다.

1. 서론

영상에서 원하는 물체의 경계를 검출하기 위한 효과적인 방법 활성 윤곽선 모델(active contour model)이 있다. 스네이크 모델(snake model)이라고도 하는 활성 윤곽선 모델은 영상을 에너지 공간으로 변환하여 에너지 최소화 과정을 통해 원하는 물체의 경계선을 추출하는 방법으로 Kass[1] 등에 의해 처음 소개되었다. 그러나 기존의 활성 윤곽선 모델은 초기 윤곽선의 위치에 의존적이고, 반복횟수가 많고 계산이 복잡할 뿐만 아니라 움푹 파인 물체 등 특정 물체의 경계선 검출의 경우 효과적으로 검출하지 못하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 초기 윤곽선 문제와 효과적인 경계선 검출을 위해 다해상도(multiresolution) 기반의 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 활성 윤곽선 모델을 제안한다. 입력영상을 다해상도 알고리즘인 영상 피라미드(image pyramid) 기법으로 저해상도로 축소시키고 초기 윤곽선을 설정 후 윤곽선 좌표를 유전인자로 하여 유전알고리즘을 적용하여 경계를 찾는다. 경계가 검출된 저해상도 영상을 원영상의 크기로 확대한 후, 보간(interpolation)될 영역에 국부적으로 활성 윤곽선 에너지를 계산하여 저해상도에서 검출된 윤곽선 사이에 새로운 윤곽선 좌표를 삽입하여 원 영상의 경계를 검출하게 된다.

2. 본론

2.1 활성 윤곽선 모델의 에너지 함수

활성 윤곽선 모델의 에너지 함수는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$E = \int [\alpha E_{cont} + \beta E_{curv} + \gamma E_{img}]ds \qquad (1)$$

여기서 α, β, γ는 각각의 에너지의 가중치가 된다.

연속성 에너지를 나타내는 E_{cont}는 윤곽을 구성하는 각 노드의 간격이 일정할수록 최소 에너지를 가지며, 식 (2)와 같이 표현된다.

$$E_{cont_i}(v_{i-1}, v_i) = \left|\bar{d} - |v_{i-1} - v_i|\right| \qquad (2)$$

여기서 $i = 1, 2, \cdots, n$ 활성 윤곽 모델을 이루는 노드의 개수, v_i는 활성 윤곽 모델의 i번째 노드의 좌표, 그리고 $\bar{d}$는 노드간의 평균 거리를 나타낸다.

곡률 에너지를 나타내는 E_{curv}는 윤곽의 곡률이 작을수록 최소의 에너지를 가지며 식 (3)과 같이 표현된다.

$$E_{curv_i}(v_{i-1}, v_i, v_{i+1}) = \frac{1}{\Delta s}\sqrt{(\frac{\Delta x_i}{\Delta s_i} - \frac{\Delta x_{i+1}}{\Delta s_{i+1}})^2 + (\frac{\Delta y_i}{\Delta s_i} + \frac{\Delta y_{i+1}}{\Delta s_{i+1}})^2} \qquad (3)$$

여기서 Δs는 $(\Delta s_i + \Delta s_{i+1})/2$, Δs_i는 $\sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$, Δx_i

는 $|x_i - x_{i-1}|$, 그리고 Δy_i는 $|y_i - y_{i-1}|$을 나타낸다.

영상 에너지를 나타내는 E_{img}는 영상에서 물체의 에지 성분을 나타내며, 각 노드의 기울기 값으로 식 (4)와 같이 표현한다.

$$E_{img_i}(v_i) = -|\nabla I(v_i)|^2 \quad (4)$$

여기서 $I(v_i)$는 노드 v_i에서의 영상의 명암도를 나타낸다.

2.2 유전자 알고리즘에 의한 에너지 최소화

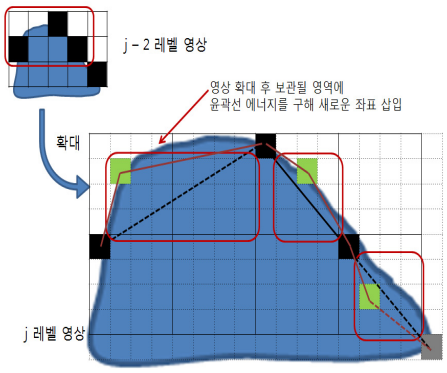
초기 윤곽선 설정 후 유전자 알고리즘을 이용하여 활성 윤곽선 에너지를 최적화 하는 경계를 검출한다. 초기에 설정된 윤곽선에 일정간격으로 임의의 좌표를 설정한 뒤, 각각의 좌표를 영상크기에 따라 이진 코드화한다. 영상의 크기가 2^n x 2^n일 경우 n의 크기만큼 이진 코드의 길이가 정해진다. 교배방법은 일점교배방식이다. 이 때 이진코드에 룰렛 휠 방식을 적용시켜 교배위치의 확률을 다르게 하여 유전연산자를 계산한다.

유전연산자를 적용 후 생성된 새로운 좌표로 활성 윤곽선을 재생성하고 물체의 경계를 찾을 때까지 반복한다. 제안한 방법의 적합도 평가는 활성 윤곽선 모델의 에너지 함수를 이용하여 적합도를 평가하며 식 (5)와 같다[3].

$$Fitness = \frac{1}{1 + (\alpha E_{cont} + \beta E_{curv} + \gamma E_{img})} \quad (5)$$

2.3 다해상도 알고리즘의 적용

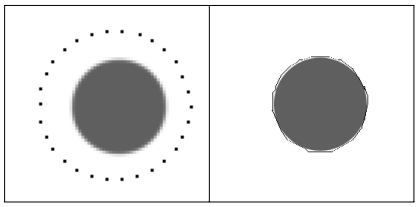
활성 윤곽선 모델이나 유전자 알고리즘은 반복 횟수가 많아 계산 복잡도가 높아지게 된다. 이러한 단점은 다해상도 알고리즘을 이용하여 보완할 수 있다. 다해상도 알고리즘중 하나인 영상 피라미드 기법을 사용하면 해상도가 다른 근사 영상들을 얻을 수 있는데, 저해상도 영상에 대해 윤곽선 검출 알고리즘을 적용하여 활성 윤곽선을 검출한다. 그리고 영상을 확대할 때 저해상도 영상으로부터 전파된 윤곽선 위치를 이용하여 주변을 탐색함으로써 계산복잡도를 줄일 수 있다. 제안한 방법은 가우시안 피라미드를 이용하고, 보간에는 3자 회선 보간법을 사용한다. 축소된 영상을 원 영상크기로 확대할 경우 윤곽선은 그림 1과 같이 간격이 벌어지게 된다. 벌어진 윤곽선을 그대로 사용할 경우 물체의 경계를 세밀하게 찾지 못하기 때문에 국부적으로 활성 윤곽선 에너지가 최소가 되는 지점에 새 좌표를 생성하고 윤곽선 상에 삽입하여 활성 윤곽선의 정밀도를 높인다.



(그림 1) 영상 확대시 윤곽선 사이 새 좌표 삽입

3. 시뮬레이션

실험 영상의 크기는 2^8 x 2^8 이며, 피라미드 기법으로 j-2 레벨까지 축소하여, 영상크기가 2^4 x 2^4인 영상으로 알고리즘을 적용한다. 결과 영상은 그림 2와 같다.



(a) (b)

(그림 2) 실험영상
(a) j-2 레벨로 근사 후 초기윤곽선 설정(4배 확대영상) (b) 최종결과

4. 결론

본 논문에서는 다해상도 기반의 유전자 알고리즘을 이용한 활성 윤곽선 모델을 제안하였다. 물체의 경계를 찾기 위해 활성 윤곽선 모델을 사용하고, 효과적인 경계선 검출을 위해 유전자 알고리즘을 적용하였다. 그리고 계산 복잡도를 줄이기 위해 다해상도 알고리즘인 피라미드 기법을 사용하였으며, 축소된 영상을 원 영상으로 확대시 벌어진 윤곽선 간격에 국부적으로 활성 윤곽선 에너지를 계산하여 정밀한 활성 윤곽선을 효율적으로 얻었다.

제안한 방법은 기존의 활성 윤곽선 모델의 문제점인 초기 윤곽선 위치 문제를 해결하였고, 유전자 알고리즘을 통해 특정한 물체의 경우 윤곽선이 효과적으로 검출되지 않음을 해결하였으며, 다해상도 알고리즘을 적용해 계산 복잡도를 감소시켰다.

참고문헌

[1] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, vol. 1, pp. 321-331, 1987.

[2] R. Gonzalez and R. Woods, *Digital Image Processing*, Third edition, Prentice-Hall, 2008.

[3] Kyeong-Jun Mun, Hyeon-Tae Kang, Hwa-Seok Lee, Yoo-Sool Yoon, Chang-Moon Lee, and June-Ho Park, "Active Contour Model Based Object Contour Detection Using Genetic Algorithm with Wavelet Based Image Preprocessing", International of Control, Automation, and Systems, vol. 2, No. 1, pp. 100-106, 2004.