

칼라 정보 기반의 Active Contours 를 이용한 얼굴 추출

장 재식 *김 은이 김 항준
경북대학교 컴퓨터공학과
*건국대학교 인터넷미디어학부
{jschang, kimhj}@ailab.knu.ac.kr
*eykim@konkuk.ac.kr

Face Detection with Active Contours using Color Information

Jea-Sig Chang *Eun-Yi Kim Hang-Joon Kim
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University
*School of Internet & Media, Konkuk University

요 약

본 논문에서는 복잡한 영상에서 얼굴 영역의 윤곽선을 검출하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 얼굴의 칼라 정보에 기반한 액티브 컨투어 모델을 이용하였다. 얼굴의 칼라 정보는 색채칼라 공간(chromatic color space)에서 2D-Gaussian 모델로 나타내어지는 스킨 칼로 모델로 표현되었다. 실험 결과 제안된 방법은 복잡한 영상뿐 아니라 잡음이 많은 영상에서 하나 또는 여러 개의 얼굴 영역을 추출할 수 있었다.

1. 서론

사람 얼굴을 추출하는 것은 얼굴 인식 시스템, 화상 회의(video conference), 보안 시스템과 같은 응용분야에서 매우 중요한 단계로 최근까지 많은 연구자들에 의해서 연구 되어왔다.

본 논문에서는 액티브 컨투어 모델을 이용하여 복잡한 영상에서 하나 혹은 여러 개의 얼굴 영역의 윤곽선을 검출하는데 방법을 제안하였다.

영상에서 물체의 경계선 추출을 위해 사용되어지는 액티브 컨투어 모델은 많은 연구자들에 의해 제안되었다. 전통적인 액티브 컨투어 모델은 에지 정지 함수(Edge stopping functional)에 기반하고 있어 에지 추출기(edge detector)의 역할을 수행한다[1]. 이때, 잡음이 많은 이미지나 오브젝트가 배경과 뚜렷하게 경계를 이루고 있지 않을 경우 액티브 컨투어는 물체의 경계선으로 수렴하지 않는다.

이런 문제점을 보완한 방법으로 "Active contours without edge" 가 T.F.Chan 에 의해서 제안되었다[2]. 이 모델은 컨투어의 안쪽 과 바깥쪽의 밝기값 편차의 합이 최소가 되게 컨투어를 조정한다. 하지만, 컨투어의 안쪽과 바깥쪽 밝기 값의 분포가 일정하지 않을 경우 이 모델은 원하는 경계선을 찾지 못한다.

본 논문에서는 일정한 칼라 값의 분포를 가지는 얼굴영역과 복잡한 배경영역으로 구성된 영상에서 얼굴 영역을 찾는 방법을 제안하고 있다. 이를 위하여 얼굴의 칼라 정보에 기반한 액티브 컨투어 모델을 사용하였다.

2. 배경

주어진 영상에서 찾고자 하는 물체와 가장 잘 match 될 때까지 반복적으로 조정되어지는 물체 윤곽선의 표현인 액티브 컨투어 모델은 1988 년 M.Kass 에 의해서 SNAKES 라는 이름으로 처음 제안되었다[1]. 이 모델은 maker particles 를 이용하여 parametrical 하게 컨투어를 표현하기 때문에, cups, corner 뿐 아니라 자동적인 topology changes 의 표현에는 적합하지 않다. 이런 문제점을 보완한 방법으로 곡선의 진화 문제에 널리 사용되는 level set method[3]에 기반한 액티브 컨투어 모델이 제안되었다.

2.1 Level set method

Level set method 에서 곡선 C 는 식(1)과 같이 레벨함수 ϕ 의 zero level set 으로 표현되며, 식(2)의 편미분 방정식을 계산하여 곡선 C 를 속도 F 만큼 법선 방향으로 진화시킨다[2,3].

$$\begin{cases} C = \{(x, y) : \phi(x, y) = 0\}, \\ C_{inside} = \{(x, y) : \phi(x, y) > 0\}, \\ C_{outside} = \{(x, y) : \phi(x, y) < 0\}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = |\nabla \phi| F \quad (2)$$

2.2 Geometric active contours

geometric active contour 는 아래에 주어진 편미분 방정식으로 표현된다[4].

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = g(|\nabla I|) \cdot |\nabla \phi| \cdot (k + v) \quad (3)$$

$$k(\text{curvature}) = \text{div} \left(\frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) = \frac{\phi_{xx}\phi_y^2 - 2\phi_x\phi_y\phi_{xy} + \phi_{yy}\phi_x^2}{(\phi_x^2 + \phi_y^2)^{3/2}}$$

v : constant,

I : intensity of image, 에지 정지 함수 $g(x) = (1 + x^2)^{-1}$.

이 모델에서 곡선은 속도 $g(|\nabla I|) \cdot (k + v)$ 만큼 법선 방향으로 이동한다. 영상에서 이웃한 픽셀과의 밝기차-그라디언트(gradient)-가 매우 큰 영역에서 g 의 값이 '0'에 가까워지게 되고 이때 곡선이 멈춘다.

그러나, 에지 정지 함수에 기반한 액티브 컨투어 모델은 그라디언트에 의해 정의된 에지가 끊어져 있을 경우 컨투어가 찾고자 하는 물체의 윤곽선을 지나쳐 버릴 수 있고, 찾고자 하는 물체 주위에 잡음이 많을 경우 컨투어가 물체의 윤곽선으로 제대로 수렴하지 않는다.

2.3 Active contours without edges

그라디언트에 기반하지 않는 방법으로 “Active contours without edges” 가 T.F.Chan 에 의해서 제안되었다[2]. 이 모델은 아래의 편미분 방정식으로 주어지며, 컨투어의 안쪽 과 바깥쪽의 밝기 값 편차의 합이 최소가 되게 컨투어를 조정한다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \delta(\phi) \cdot [\underbrace{\mu k - v}_{(A)} - \underbrace{\lambda_1(I - c_1)^2}_{(B)} + \underbrace{\lambda_2(I - c_2)^2}_{(B)}] \quad (4)$$

k : curvature, v, μ, λ₁, λ₂ : constants

c₁, c₂ : the average of intensities inside C respectively outside C.

식(4)에서 (A)와 (B)는 각각 컨투어의 내부와 외부 픽셀들의 밝기 값들로부터 얻은 값으로, 각각 컨투어를 수축시키고 팽창시키는 역할을 한다. 예를 들어 컨투어에 인접한 내부 픽셀에서 (A)가 (B)보다 커서 φ가 음수로 바뀐다면 그 영역에서는 컨투어가 내부 방향으로 수축하게 되고, 컨투어에 인접한 내부 픽셀에서 반대의 경우 외부방향으로 팽창하게 된다. 결국(A)와 (B)가 균형을 이룰 때 컨투어는 정지하게 된다.

3. 제안된 방법

그라디언트에 기반하지 않는 액티브 컨투어 모델로 “Active contours without edges” 가 T.F.Chan 에 의해서 제안되었다. 이 모델에서는 영상이 밝기 값의 분포가 확연히 구별되는 두 개의 영역으로 구성된다고 가정하고 있다[2]. 때문에 배경영역의 밝기 값이나 칼라

값의 분포가 일정하지 않은 실제 영상에서 찾고자 하는 물체의 윤곽선 찾기에는 적합하지 않다.

본 논문에서는 복잡한 배경을 가진 영상에서 얼굴 영역을 찾기 위한 방법을 제안하고 있다. 이를 위하여 얼굴의 칼라 정보에 기반한 액티브 컨투어 모델을 사용하였다.

3.1. 제안된 방법의 level set formulation

본 논문에서는 얼굴영역의 칼라 정보를 표현하기 위해서 [5]에서 제안된 스킨 칼라 모델을 사용하였다. 얼굴의 칼라 분포는 색채칼라 공간에서 좁은 영역에 밀집되어져 있고, 2D-Gaussian 분포로 근사화 될 수 있다. 사용된 스킨 칼라 모델은 2D-Gaussian 모델 $N(m, \Sigma^2)$, $m = (\bar{r}, \bar{g})$ 로 나타내어진다. 본 논문에서는 색채칼라 공간에서 스킨칼라의 평균값에서 임계값(θ)보다 가까운 거리에 있는 칼라 값을 스킨 칼라라고 가정하였다. r 과 g 의 편차 중 큰 값의 3 배 한 값, 즉 $3 \times \max(\sigma_r, \sigma_g)$ 을 임계값으로 사용하였다. 이는 데이터들의 분포가 가우시안 분포를 가질 때 평균을 중심으로 $-3\sigma \sim 3\sigma$ 사이에 데이터의 99.7%가 존재한다는 이론에 기반하고 있다.

제안된 방법의 액티브 컨투어 모델은 다음의 PDE 로 나타내어진다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = [\mu k + v - \underbrace{\{(r - \bar{r})^2 + (g - \bar{g})^2\}}_{(A)}], \quad (5)$$

식(5)의 (A)는 컨투어의 내부 픽셀이 스킨칼라의 평균값과 유사한 칼라 값이 되도록 컨투어를 내부방향으로 수축시킨다. 이때 (A)만 있다면 컨투어는 내부에 스킨칼라의 평균값과 같은 칼라 값을 가진 픽셀들만 남을 때 까지 수축하고, 컨투어 내부에 평균값과 같은 칼라 값을 가진 픽셀이 없다면 컨투어는 결국 없어져 버린다. 따라서 term(A)에 대응되는, 즉 컨투어를 외부 방향으로 팽창시키는, term 이 필요하다. 제안된 방법에서는 이 term 으로 상수값 v 를 사용하였다. v 는 다음과 같이 정의 된다.

$$v = (3 * \max(\sigma_r, \sigma_g))^2, \quad (6)$$

결국, 식(5)의 (A)와 v 가 균형을 이룰 때 컨투어는 정지하게 된다.

3.2. 구현

본 논문에서는 주어진 입력 이미지에서 얼굴 영역을 검출하기 위하여 다음과 같은 방법으로 알고리즘을 구현하였다.

- I. 컨투어를 입력 받아 zero level set 으로 초기화 한다. $n=0$
- II. (5)의 PDE 를 계산하여 ϕ^{n+1} 을 구한다.

$$\phi^{n+1} = \phi^n + \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

- III. 종료 조건을 만족할 때 까지 단계 2 를 반복한다.

종료 조건은 컨투어 내부에 속하는 픽셀의 개수의 변화가 threshold 보다 작은 경우이다.

4. 실험 결과

제안된 방법은 펜티엄 4 시스템에서 Visual C++ 6.0 으로 구현되었고 얼굴 영역이 포함되어진 칼라 이미지에 대해서 실험하였다. 200 개의 샘플 이미지로부터 스킨 칼라 모델의 파라미터들을 구하였다. 표 1 은 스킨 칼라 모델의 파라미터를 보여준다.

Table 1. Actual 2D-Gaussian parameters

Parameters	Values
\bar{r}	117.588
\bar{g}	79.064
σ_r^2	24.132
$\rho_{x,y}\sigma_x\sigma_y$	-10.085
$\rho_{x,y}\sigma_x\sigma_y$	-10.085
σ_x^2	8.748

그림 1.은 하나의 얼굴이 나타난 이미지에 대해서 제안된 액티브 컨투어 모델의 진화과정을 보여준다. (a)는 입력 이미지에서 사용자로부터 입력된 초기 컨투어를 나타낸 것이며, (b)(c)는 iteration 이 진행되면서 컨투어가 진화하는 모양을 나타낸 것이다. 컨투어의 진화는 iteration 이 21 번 수행되었을 때 종료 조건을 만족하였으며, 그 때 컨투어는 원하는 얼굴 영역의 경계면에서 정지하였다. 종료 조건의 threshold 는 0 으로 하였다.

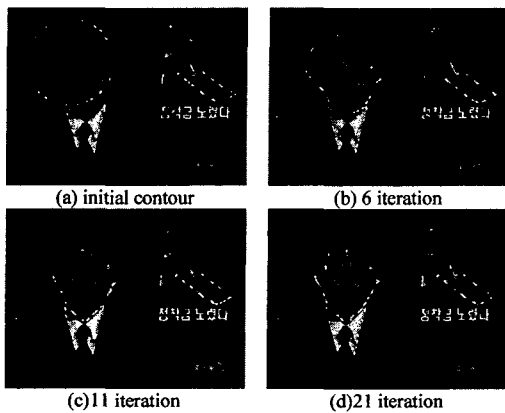


그림 1. 액티브 컨투어의 진화 과정. 초기 $\sigma = 58 - [(x - 84)^2 + (y - 73)^2]^{1/2}$

영상에서 한 개 이상의 얼굴 영역을 포함하는 경우가 빈번히 발생한다. 이때 영상에 포함된 여러 개의 얼굴 영역을 모두 검출 해야 할 경우가 있다. 그림 2.는 2 개의 얼굴 영역을 검출하는 과정을 보여줌으로써 제안된 방법이 한 개 이상의 얼굴 영역을 추출할 수 있음을 보여주고 있다. 종료 조건의 threshold 는 10 으로 하였다.

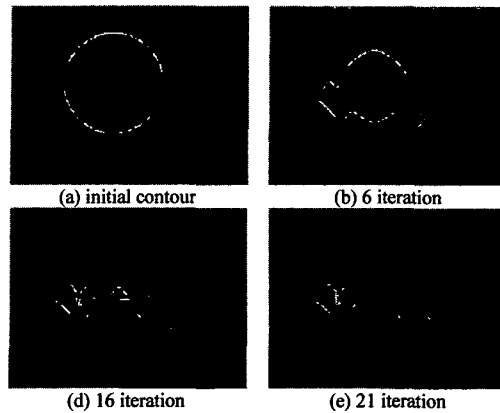


그림 2. 두개의 얼굴이 나타난 이미지에서 액티브 컨투어의 진화 과정. 초기 $\sigma = 63 - [(x - 129)^2 + (y - 97)^2]^{1/2}$

5. 결론

본 논문에서는 일정한 칼라 값의 분포를 가지는 얼굴영역과 복잡한 배경영역으로 구성된 영상에서 얼굴 영역을 찾는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 얼굴의 칼라 정보에 기반한 액티브 컨투어 모델을 사용하였다. 실험 결과 제안된 방법은 복잡한 영상뿐 아니라 잡음이 많은 영상에서 하나 또는 여러 개의 얼굴 영역을 추출할 수 있었다.

참고문헌

- [1] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 1, pp.321-331, 1988.
- [2] T. F. Chan, and A.Vese, "Active Contours Without Edges," *IEEE Transactions On Image Processing*, vol. 10, No. 2, pp.266-277, 2001
- [3] S. Osher and J. A. Sethian, "Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on Hamilton-Jacobi Formulation," *J.Comput. Phys.*, vol. 79, pp.12-49, 1988.
- [4] V. Caselles, F. Catte, T. Coll, and F. Dibos, "A geometric model for active contours in image image processes," *Numer. Math.*, vol. 66, pp.1-31, 1993.
- [5] J. Yang, and A. Waibel, "A real-time face tracker," *Proceedings of the Third IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, Sarasota, Florida, 1996, pp.142-147 ("Tracking Human Faces in Real-Time," Technical Report, CMU-CS-95-210, 1995).