

경계선 에지 선택을 이용한 정확한 객체 칸투어 추적

김 태 용¹, 박 지 현² and 이 성 환¹

¹인공시각연구센터, 컴퓨터학과, 고려대학교, ²컴퓨터공학과, 홍익대학교,
¹{tykim,swlee}@image.korea.ac.kr, ²hpark@hongik.ac.kr

Robust Object Contour Tracking using Boundary Edge Selection

Tae-yong Kim¹, Jihun Park² and Seong-whan Lee¹

¹Center for Artificial Vision Research, Korea University, ²Dept. of Computer Engineering, Hongik University

요 약

본 논문에서는 칸투어 추적의 정확도 향상을 위하여 배경이 제거된 에지맵에서 실제로 추적하고자 하는 객체의 경계선에 존재하는 에지들을 선택하는 방법을 제안한다. 우리는 전 프레임에 존재하는 객체 칸투어의 수직 방향 그래디언트를 계산한다. 또한 다양한 크기를 가진 면적의 개념을 사용한 그래디언트 계산은 노이즈에 의한 영향이나 작은 체크무늬의 텍스처를 가진 장면에서도 정확하게 객체의 경계선에 존재하는 에지를 선택할 수 있게 한다. 우리는 이렇게 다양한 크기로 계산된 그래디언트값들은 가중치를 사용하여 합으로 계산하고 이 값이 큰 에지들을 경계선에 존재하는 에지로 고려한다.

1. 서론 및 관련 연구

이 논문에서는 동영상에 존재하는 관심객체의 칸투어를 추적하는 방법을 제안한다. 객체의 칸투어 추적은 비디오 보안이나 증강 현실, 객체기반 비디오 압축과 같은 컴퓨터 비전 응용분야에서 주된 이슈중 하나이다.

칸투어를 나타내는 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 파라미터를 사용해서 나타내는 방법과 파라미터를 사용하지 않고 나타내는 방법 두가지가 있다. 파라미터를 사용해서 칸투어를 나타내는 대표적인 방법은 snake model[2]를 사용하는 방법[3]이다. 이러한 알고리즘은 칸투어를 몇 개의 파라미터를 사용해서 나타내고 이러한 파라미터들의 움직임을 추적한다. 파라미터를 사용하지 않고 칸투어를 표현하는 방법에서는 객체의 외곽선으로서 객체를 표현하게 된다. 대표적인 방법은 Paragios[4]의 방법과 Nguyen[1]이 제안한 방법이 있다.

Nguyen[1]은 파라미터가 없는 객체 칸투어를 추적하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 추적의 정확도 향상을 위하여 Nguyen의 배경에지가 제거된 결과로부터 전 프레임에 존재하는 칸투어의 방향을 이용하여 경계선에 존재하는 에지만을 선택하는 방법을 제안한다.

2. 시스템 개요

Nguyen[1][6]은 파라미터가 없는 칸투어를 트래킹하는 방법을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 두 개의 영역을 구분하는 경계선이 추적하고자 하는 객체의 새로운 칸투어가 된다. 우리는 새로운 칸투어 추출을 위해 두 개의 에지 인디케이터 함수[1], $h^{(l)}(x), h^{(r)}(x)$, 를 만든다.

칸투어 추출단계에서는 워터세드 알고리즘에 라인스무딩 에너지가 추가된 알고리즘[1]이 사용된다. 그림 1은 우리의 추적 방법의 구조를 보여준다.

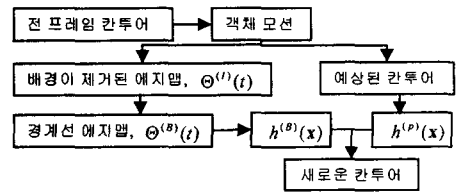


그림 1. 추적시스템 구조도

3. 바운더리에지 선택

Nguyen[1]의 배경에지 제거는 복잡한 텍스처를 가진 배경에서는 관계없는 에지를 많이 남기게 된다. 이 장에서는 Nguyen의 배경에지제거의 결과로부터 경계선에 존재할 것으로 고려되는 에지들만을 선택하는 방법을 설명한다. $\Theta^{(l)}(t)$ 는 Nguyen의 방법에 의해 배경이 제거된 에지맵이다. 우리는 $\Theta^{(l)}(t)$ 로부터 경계선에 존재하는 에지로 고려되는 에지만을 선택하여 경계선 에지맵, $\Theta^{(B)}(t)$, 을 만든다

3.1 방향성 도함수를 사용한 gradient계산

본 논문에서는 새로운 그래디언트계산 방법을 사용한다. 전 프레임에 존재하는 곡선의 정보를 최대한 활용하여 곡선의 접선에 수직인 방향의 그래디언트만을 계산한다.

그림 2 (a)는 곡선 위의 하나의 포인트에서 그래디언트를 계산하기 위해 방향을 추출하는 것을 보여준다. 예상된 칸투어를 $\vec{r}(s)$ 로 표현한다면 칸투어 위의 점 $\vec{r}(s)$ 에

서의 접선 방향중 하나는 $\vec{r}(s)$ 이다. $\vec{r}(s)$ 에 수직인 방향중 하나는 $\vec{r}_\perp(s)$ 이다. 우리는 $\vec{r}(s)$ 위의 하나의 포인트에서는 $\vec{r}_\perp(s)$ 방향의 그라디언트만을 고려한다.

우리는 면적의 개념을 사용하여 다음 순서대로 $\vec{r}(s)$ 에 서 방향성 그라디언트 $D(\vec{r}(s))$ 를 계산한다.(그림 2 (a))
 1) $\vec{r}_\perp(s)$ 방향의 선분을 장축으로 하는 타원을 만든다.
 2) 만들어진 타원을 $\vec{r}(s)$ 방향의 선분을 사용하여 두개의 영역으로 나눈다. 3) 나누어진 두개의 영역에 존재하는 픽셀들의 밝기값의 평균을 계산한다. 4) 계산된 두영역의 평균의 차이를 $D(\vec{r}(s))$ 로 고려한다.

우리는 장축의 길이에 따라서 가중치($\alpha_1 \sim \alpha_m$)를 다르게 적용한다. 장축의 길이가 길수록 큰 가중치를 적용하고 적을수록 적은 가중치를 적용한다. 장축의 길이의 종류를 m 개 사용한다면, $D(\vec{r}(s)) = \alpha_1 * D(\vec{r}(s))_{radius(1)} + \alpha_2 * D(\vec{r}(s))_{radius(2)} + \alpha_3 * D(\vec{r}(s))_{radius(3)} + \dots + \alpha_m * D(\vec{r}(s))_{radius(m)}$. $D(\vec{r}(s))_{radius(m)}$ 은 m 번째 장축의 길이를 사용하여 계산된 $D(\vec{r}(s))$ 이다. 우리는 장축의 길이에 큰 경우에 계산된 값에 가중치를 많이 부여 함으로써 작은 크기의 밝기의 변화에 큰 영향을 받지 않는다. 그러므로 칸투어 주위에 노이즈가 발생하거나 작은 체크무늬의 텍스처가 있을 경우라도 정확하게 추적하는 객체의 칸투어를 찾아낼 수 있다.

우리는 $D(\vec{r}(s))$ 를 계산할 때 임의의 에지에서 일정한 거리 c_ρ 내에 있는 예상된 칸투어상의 포인트에 대해서도 고려한다. 그림 2 (b)는 $\vec{r}(s)$ 에서 일정한 거리 c_ρ 내에 있는 칸투어상의 픽셀들을 나타내는 $\rho_{\vec{r}(s)}$ 과 그 픽셀들에서 $D(\vec{r}(s))$ 값을 계산하기위해 사용되는 그라디언트의 방향을 보여준다. 우리는 경계선에지를 선택할 경우 $TD(\vec{r}(s)) = \sum_{\rho_{(r(s))}} D(\vec{r}(s))$ 값을 사용한다.

3.2 경계선에지의 선택

우리는 예상된 칸투어를 따라서 경계선에지를 k 개씩 선택한다. 예상된 칸투어상의 픽셀개수가 N 개이고, N 개 중 i 번째 픽셀을 $\vec{r}(s_i)$ 라고 하면 경계선에지의 선택은 N 번 시행된다. 그림 3은 $\Theta^{(i)}(t)$ 으로부터 경계선에지를 선

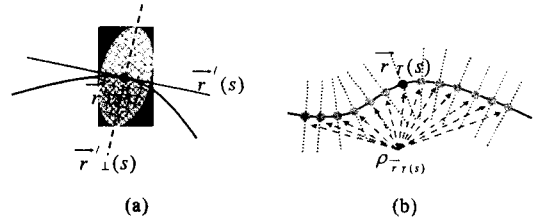


그림 2. (a) $\vec{r}(s)$ 위의 포인트에서의 칸투어 수직방향과 $D(\vec{r}(s))$ 계산을 위해 나누어진 타원 (b) $TD(\vec{r}(s))$ 계산을 위한 $\vec{r}_T(s_i)$ 와 $\rho_{\vec{r}(s)}$ 에 속하는 포인트들.

택하는 방법을 보여준다. i 번째 단계에서는 1) $\Theta^{(i)}(t)$ 로부터 $\vec{r}(s_i)$ 로부터 일정한 거리 c_ρ 내에 있는 에지들을 선택하여 $\Theta_i^{(i)}(t)$ 를 만든다. 2) $\vec{r}(s_i)$ 을 기준으로 각각의 에지포인트 방향으로 예상된 칸투어를 이동시켜서 $\vec{r}_T(s_i)$ 를 만든다. 3) 각각의 에지들에서 $TD(\vec{r}_T(s_i))$ 를 계산한 후 값이 큰 에지들을 k 개 선택한다. 그림 4는 경계선에지 선택 과정을 보여준다. $NUM(\Theta_i^{(i)}(t))$ 는 $\Theta_i^{(i)}(t)$ 에 속한 에지들의 개수이다.

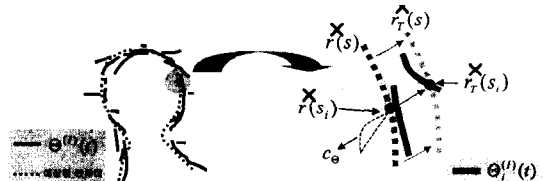


그림 3. 예상된 칸투어를 따라 수행되는 경계선에지 선택의 i 번째 단계에서 수행되는 연산.

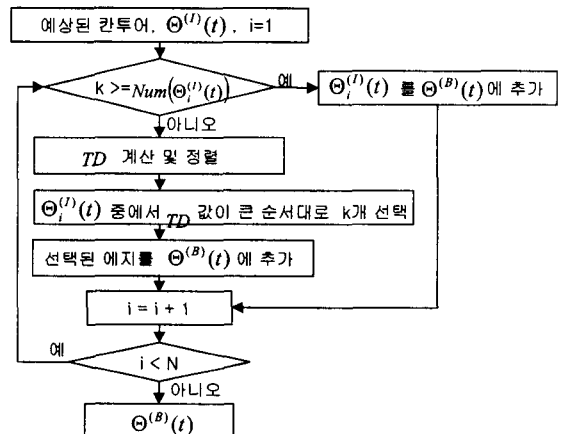


그림 4. 경계선 에지 선택 과정

4. 선택된 경계선예지 맵을 사용한 트래킹

그림 1은 우리 트래킹시스템의 구조를 보여준다. 초기 칸투어는 사용자가 입력한다. 선택된 경계선예지맵과 예상된 칸투어를 사용하여 새로운 칸투어를 추출한다. 각각의 결과로부터 에지 인디케이터 함수를 만든 후 두 함수를 워터세드 알고리즘에 워터세드라인 스무딩 에너지가 추가된 알고리즘을 사용하여 새로운 칸투어를 생성한다.[1][5]

5. 실험 결과

그림 5는 $k=1,3,5$ 일 경우의 경계선예지 선택 결과를 보여준다. 그림 6는 동영상 클립에서 추적결과를 보여준다. 예상된 칸투어와의 거리가 7내에 있는 에지들중에 $K=2$ 개의 경계선예지들만을 선택하였다. 체크무늬 옷을 입은 사람의 정면에서 시작하여 사람이 회전하면서 마지막에 사람의 뒷모습이 보일때까지 칸투어의 모양이 많이 변화하였다. 그리고 사람이 카메라 가까이 다가와서 다시 멀어지면서 칸투어 크기에 대한 스케일링이 발생하였다. 배경에서는 많은 수의 에지포인트들이 추출되고 객체의 운동부분은 복잡한 에지들을 가진다. 그리고 객체와 다르게 움직이는 객체들이 배경에 존재한다. 이러한 환경에서도 경계선예지를 추출한후 추적할 경우 정확한 추적결과를 보여준다. 사람이 움직이는 동안 사람뒤쪽으로 몇몇 사람이 움직였지만 추적에 영향을 주지 않았다.

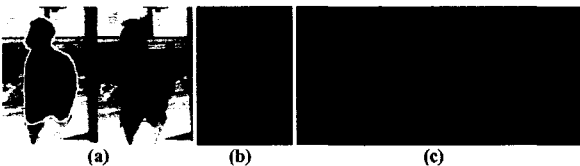


그림 5. 경계선예지 선택 결과 (a) 인접한 두 프레임과 전 프레임의 칸투어(하얀색라인으로 표기) (b) Nguyen의 배경예지 제거 결과 (c) $K=1,3,5$ 일 경우의 경계선예지 선택 결과

6. 결 론

이 논문에서는 바운더리에 존재하는 것으로 고려되는 에지만을 선택하여 복잡한 텍스처상황에서도 정확한 추적을 수행하는 방법을 보여준다. Nguyen의 방법에서 발생할 수 있는 단점을 개선하여 정확한 추적결과를 보여주었다. 칸투어 수직 방향의 그래디언트를 계산하고 계산된 그래디언트값이 큰 에지들만을 선택함으로써 추적하고자하는 객체의 경계선과 관계없는 에지들의 영향을 줄일수 있다. 칸투어 수직 방향을 이용함으로써 경계선

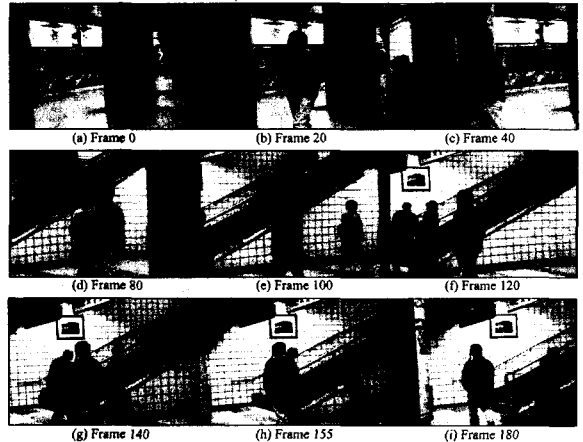


그림 6. 칸투어 추적 결과(검은색라인으로 표기)

의 방향과 다르게 발생하는 인텐시티의 변화에 의한 영향을 받지 않는다. 또한 그래디언트를 계산할 때 다양한 크기를 가진 면적의 개념을 사용함으로써 노이즈나 작은 체크무늬같은 상황에서도 복잡한 에지들의 영향을 받지 않고 정확한 추적결과를 보여준다.

[Reference]

[1] H. T. Nguyen, M. Worring, Rein van den Boomgaard and A. W. M. Smeulders, "Tracking nonparameterized object contours in video", *IEEE Transactions on Image Processing*, Volume: 11, Issue: 9, Sept. 2002, Page(s): 1081-1091

[2] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models" *International Journal of Computer Vision*, 1(4): 321-331, 1987.

[3] Natan Peterfreund, "Robust tracking of position and velocity with Kalman snakes", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume: 21, Issue: 6, June 1999, Page(s): 564-569

[4] Nikos Paragios and Rachid Deriche, "Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume: 22, Issue: 3, March 2000, pp. 266 -280.

[5] H. T. Nguyen, M. Worring and Rein van den Boomgaard, "Watersnakes: energy-driven watershed segmentation", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume: 25 Issue: 3, March 2003, pp. 330 -342.