

객체 변형에 강건한 칸투어 추적*

임 성훈⁰, 박 상철, 이 성환
고려대학교 인공지능연구센터 / 정보통신대학 컴퓨터학과
(shlim⁰, scpark, swlee)@image.korea.ac.kr

Robust Contour Tracking for Deformable Objects

Seong-Hoon Lim⁰, Sang-Cheol Park and Seong-Whan Lee
Center for Artificial Vision Research / Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 복잡 배경을 포함한 비디오 영상에서 객체 변형 및 겹침에 강건한 칸투어 추적 방법을 제안한다. 복잡 배경에서의 칸투어 추출 문제를 해결하기 위해 텍스처 분석과 노이즈 필터링 과정을 거치며, 보다 객체 원형에 가까운 칸투어 추출을 위해 각 칸투어 포인트 간 최소 경로 측정 알고리즘을 적용한다. 객체 추적 방법에 있어서 추출된 칸투어 정보는 연속된 프레임 상에서 객체 움직임이 발생했을 때 추적 위치를 판별하기 위한 모션 벡터로 사용되며, 시점에 따라 형태가 변하는 상황을 포함한 팬, 틸트, 줌에도 안정적 추적이 가능하게 하기 위해, 폐곡선을 이루는 각 칸투어 포인트들의 움직임 벡터와 칸투어 내 면적의 변화에서 측정되는 이동도 측정을 통하여 객체 위치 추적을 가능하게 하였다. 또한 매 추적 과정을 진행함에 있어서 다른 객체의 겹침 및 모양변형 발생여부 검사과정을 통하여, 안정적인 추적이 가능하게 하였다. 본 논문에서 제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 다양한 배경을 갖는 복잡 배경에 존재하는 비정형 객체를 대상으로 실험하였고, 제안된 방법이 효율적임을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

동영상 내 객체 추적 기술은 크게 특정 객체의 영역을 분리해 내는 기술과 연속된 프레임 상에서의 불규칙적인 모양 변형, 부분 또는 완전 겹침에도 원활한 추적을 가능하게 하는 추적 기술로 분리된다. 일반적으로 객체를 분리하고 추적하는 기술은 전경, 배경의 분할된 정보가 없는 2차원 상태 정보를 기반으로 이루어짐으로 많은 어려움을 갖는다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 객체의 색상 정보를 이용한 방법[1], 에지 정보를 이용한 방법[2], 광류를 이용한 방법[3], 칸투어 정보를 이용한 방법[4] 등이 제시되었고, 이를 활용한 다양한 객체 추적에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 동영상 내 포함된 전경 객체에 대한 칸투어 추출 및 추적 문제에 대한 효율적인 해결 방법을 제안한다. 본 제안 방법은 칸투어 정보를 이용한 객체 추적의 문제인 복잡한 배경을 포함하는 연속된 프레임 내 칸투어 추출 및 추적은 물론, 전경 객체간 겹침 및 모양 변형 발생에도 강건한 추출 및 추적이 가능함을 특징으로 한다.

2. 객체 칸투어 추출

2.1 객체 분할

객체와 배경 영역을 분할하기 위해 추출할 객체가 포함된 이미지 영역은 겹침이 일어나지 않는다고 가정하고, 배경 텍스처를 선택하여 이를 분석함으로써 객체 추출 영역에서 객체와 그 배경을 분리한다. 이때 객체를 둘러싼 최 외곽 테두리 영역을 중심으로 분석된 영역을 배경 영역으로 분리하고, 분석된 텍스처 정보는 보다 세밀하게 객체를 추출하기 위해 메모리 내 임시 버퍼에 저장이

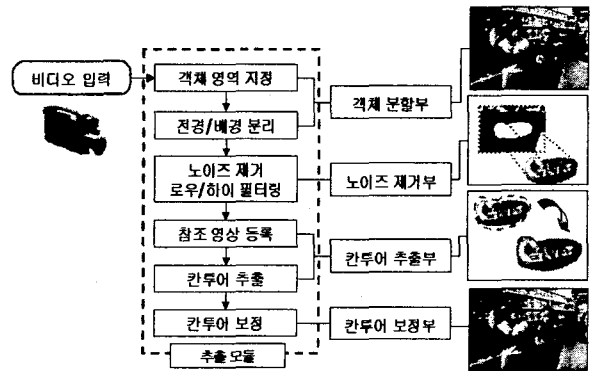


그림 1. 제안된 객체 칸투어 추출 과정

$$\begin{aligned} \text{if } \Sigma T(i,j) &= \Sigma I(x,y) \\ &\Sigma Mask(x,y) = 0 ; \text{배경} \\ \text{else } \Sigma T(i,j) &\neq \Sigma I(x,y) \\ &\Sigma Mask(x,y) = 1 ; \text{객체 영역} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T(i,j) &: \text{배경 텍스처의 픽셀값} \\ I(x,y) &: \text{객체 추출 영역의 픽셀값} \\ Mask(x,y) &: \text{객체 영역 마스크 영상의 픽셀값} \quad (1) \end{aligned}$$

된다. 상기의 과정 중 객체와 배경을 분리하는 알고리즘은 식 (1)과 같다. 이때, 텍스처 정보를 가진 마스크 연산의 결과가 $\Sigma Mask(x,y) = 0$ 일 경우 배경으로, 1일 경우는 객체 영역으로 분리한다. 상기의 과정을 포함한 제안된 객체 칸투어 추출 과정 흐름은 그림 1과 같다.

* 본 연구는 과학기술부 창의적연구진흥사업의 연구비 지원을 받았다.

2.2 칸투어 추출 및 보정

칸투어 추출은 영상에서 물체와 배경 사이에 위치하는 경계선의 점들을 찾는 작업으로써 이를 통해 대상 물체의 둘레, 면적 등을 계산하여 객체의 변형을 추정하고, 객체의 영역을 재결정하는데 사용된다.

$$E_p = \int (E_{int}(cp(s)) + E_{image}(cp(s)) + E_{con}(cp(s))) ds \quad (2)$$

식 (2)에서 $E_{int}(cp(s))$ 는 칸투어 cp 에 작용하는 내부 에너지에 해당되고, $E_{image}(cp(s))$ 는 이미지에 존재하는 특정 형태를 유지하도록 하는데 라인, 에지, 종점으로 끌어당기는 역할을 한다. $E_{con}(cp(s))$ 는 칸투어 cp 에 작용하는 외부 에너지에 해당되는데, 능동적 윤곽선 표현이 가능하도록 해준다. 그리고 $cp(s) = (x(s), y(s))$ 는 칸투어의 매개 변수 표현이다[5].

$$E_p(i, cp_c) = E_p(cp_i, cp_c) \approx MSSD(E_p cp_i, E_p cp_c) \quad (3)$$

여기서 $E_p(i, cp_c)$ 는 i 번째 위치의 에너지를 다음과 같이 풀어써 나타낼 수 있다. 이는 경계선의 포인트 cp_i 와 비교하고자하는 포인트 cp_c 의 에너지 $E_p(cp_i, cp_c)$ 로 나타낼 수 있고, 이 값을 cp_i 와 cp_c 의 MSSD(Minimizing the Sum of Squared Differences)로 접근하는 과정을 통해 MSSD를 최소화하는 방향으로 유도하여, 보다 안정적 칸투어를 추출할 수 있으며, 각 윤곽점에 대한 최소 경로 추정을 통한 보정으로 객체의 움직임으로 생기는 모양 변형이나 다른 객체의 겹침 등으로 인한 객체 칸투어 변화에 보다 안정적으로 추출이 가능하게 하였다.

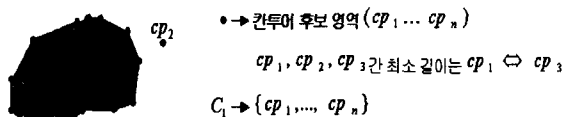


그림 2. Dijkstra의 최소 경로 알고리즘을 이용한 보정

그림 2는 Dijkstra의 최소 경로 알고리즘을 통한 각 윤곽점에 대한 최소 경로 추정의 예를 보인다. 관심 객체의 영역을 C_1 이라고 하고, 그 외부 형태를 이루고 있는 칸투어 후보 영역($cp_1 \dots cp_n$)이 존재할 때 윤곽점 cp_1, cp_2, cp_3 간 최소 경로는 $cp_1 \leftrightarrow cp_3$ 로 나타낼 수 있다.

3. 칸투어 객체 추적

3.1 칸투어 움직임 영역 검출

추출된 동영상 내 객체의 변동 위치 검출은 연속된 프

레이스에서 객체 움직임이 발생했을 때 이전 프레임에서의 윤곽점들을 연결한 폐곡선 영역을 객체별 레이어 단위로 분리하여 전 프레임과의 계차 분해(Difference decomposition) 식 (4)를 통해 그 이동거리를 산출함으로써 움직임 영역을 검출할 수 있다.

$$E_{layer_diff} = |E_{area}(i)| - |E_{area}(i-1)| \quad (4)$$

여기서 E_{layer_diff} 는 칸투어 레이어 영역 차를 나타내며, 하나의 칸투어 레이어의 구성은 폐곡선 영역을 이루는 칸투어 포인트 영역 좌표를 갖는 $E_{area}(i)$ 와 전 프레임에서의 영역 좌표 $E_{area}(i-1)$ 간 연산을 통해 이동 위치를 검출하고 보상한다.

3.2 객체 변형 처리

객체의 모양 변형과 현 프레임에서의 그 변동 위치 추정은 이전 프레임에서의 칸투어 포인트들을 연결한 폐곡선 형태의 영역 정보를 통해 이동 거리를 산출하고, 객체 움직임으로 인한 모양 변형은 전 프레임에서의 각 포인트 이동 길이와 모양변형 파라미터 값을 이용하여 그 위치를 추정하는 단계를 거쳐 탐색 창 내 객체 추출 과정을 반복하여 추정 값과 추출 값의 차이를 최소화하는 방향으로 객체 모양 변형의 변화량을 추정한다.

$$E_{trans}(A) = E_p(cp_i, transform(cp_i, A)) \quad (5)$$

여기서, $E_{trans}(A)$ 는 객체 변형이 발생했을 때 변형 파라미터 추출을 통해 변형 정도를 반영하는데 사용되며, 에너지 포인트 E_p 에서 각 칸투어 포인트 cp_i 에 대한 변형 정보인 어파인 파라미터 A 에 대한 i 번째 이동도 측정 $transform(cp_i, A)$ 결과가 변형 객체의 에지에 수렴해 가고, 객체 에너지를 최소화하는 방향으로 움직이게 된다.

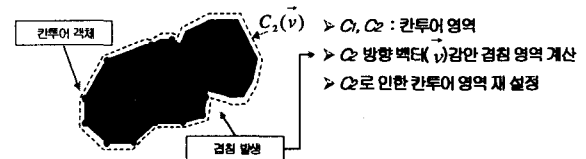


그림 3. 칸투어 영역 내 다른 객체 겹침 발생

3.3 객체 겹침 처리

그림 3과 같이 칸투어 영역 내 다른 객체와의 겹침이 발생하는 경우 칸투어 겹침이 감지되면, 겹침 이후 C_1 영역을 이루고 있는 cp_n 포인트들이 C_2 에 의해 C_1 칸투어 영역의 안쪽으로 수축하게 된다. 수축의 정도는 C_1 영역의 중심점으로부터 cp_n 의 최소거리 변형 정도 추정을 통해 겹침 후 이동 위치를 측정해 낼 수 있다. 각 영역 C_1, C_2 를 둘러싸고 있는 칸투어 포인트의 위치와 변형 파라미터 정

보를 담고 있는 $E_{area}(i)$ 영역간 겹침 검사를 통해 겹침 여부를 판단할 수 있다.

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문의 실험을 위하여 VHS 비디오 영상 및 SONY 디지털 캠코더로 촬영한 영상 데이터를 입력 데이터로 사용하였으며, 비디오 영상은 320 × 240 해상도의 컬러 영상으로 실험하였다.

4.2 결과 분석

실험 방법에 있어, 객관적 성능 평가를 위하여 실험 1에서는 비교 대상인 Astrom과 Kahl[6]의 실험 영상을 통한 추적 실험을 하였으며, 실험 2에서는 본 제안 방법에서 사용하는 영상 중 복잡한 배경 내 객체 영상과 단색 배경 내 객체 영상을 분리하여 비교 실험함으로써 객관적 평가가 되도록 하였다. 실험 1의 결과는 그림 4와 같으며, Astrom과 Kahl의 경우 평균 91%의 추적률을 보였으며, 본 제안 방법의 경우 평균 95%의 추적률을 보였다.

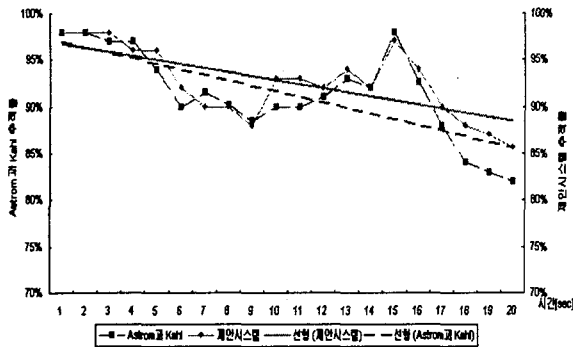


그림 4. Astrom과 Kahl의 실험 영상을 통한 추적 결과

표 1. Astrom과 Kahl의 실험 영상을 통한 칸투어 추출 및 추적 결과

	Astrom 과 Kahl	제안 방법	Astrom 과 Kahl	제안 방법	Astrom 과 Kahl	제안 방법
칸투어 추출	15	10	98	98	98	98
움직임 추적	85	80	50	50	91	95

실험 2의 결과는 그림 5와 같으며, Astrom과 Kahl의 경우 평균 68%의 추적률을 보였으며, 본 제안 방법의 경우 평균 93%의 추적률을 보였다. 상기의 결과에서 보는 바와 같이 부분 또는 완전 겹침 이후 Astrom과 Kahl의 방법은 객체 추적률이 현저히 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 객체 겹침 후 추적 문제를 최소화하기 위해 본 제안 방법은 모션 정보와 객체 변형 파라미터에 따라 적응적

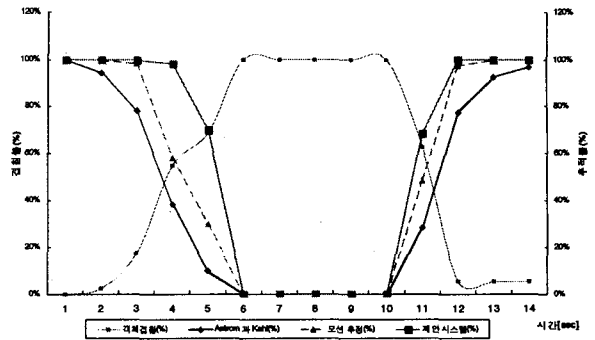


그림 5. 객체 부분 및 완전 겹침시 추적 결과

표 2. 부분, 완전 겹침에서 객체 추출 및 추적 결과

	Astrom 과 Kahl	제안 방법	Astrom 과 Kahl	제안 방법	Astrom 과 Kahl	제안 방법
칸투어 추출	15	10	80	80	85	98
움직임 추적	85	80	80	80	68	93

으로 객체 탐색 범위를 자동으로 조절하는 알고리즘을 적용하여 Astrom과 Kahl의 방법에 비해 25%의 강건한 추적 결과를 실험을 통해 확인하였다. 본 제안 방법은 복잡 배경을 포함하고 객체 변형 및 겹침이 많은 객체에 강건한 추적 및 추출이 가능함을 특징으로 한다.

참고문헌

- [1] K. Sobottka and I. Pitas, "Segmentation and Tracking of Faces in Color Images," In Proc. of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Killington, Vermont, USA, Vol. 1, pp. 236-241, October 1996.
- [2] A. Colmenarez, B. Frey and T.S. Huang, "Detection and Tracking of Faces and Facial Features," In Proc. of International Conference on Image Processing, Kobe, Japan, Vol. 1, pp. 657-661, October 1999.
- [3] S.M. Smith, "ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Object Tracking," Real-Time Imaging, Vol. 4, No. 1, pp. 21-40, February 1998.
- [4] F. Leymarie and M.D. Levine, "Tracking Deformable Objects in the Plane Using an Active Contour Model," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 6, pp. 617-634, June 1996.
- [5] F. Yue, A.T Erdem and A.M. Tekalp, "Tracking Visible Boundary of Objects Using Occlusion Adaptive Motion snake," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 9, No. 12, pp. 2051 -2060, December 2000.
- [6] K. Astrom and F. Kahl, "Motion Estimation in Image Sequences Using the Deformation of Apparent Contours," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 2, pp. 114-127, February 1999.