

레벨 세트와 히스토그램을 이용한 이동 물체의 추적

박수형, 엄동훈, 고기영, 김두영
동아대학교 전자공학과
전화 : 051-200-7706 / 핸드폰 : 011-9545-5890

Tracking of Moving Objects Using Levelset and Histogram

Soo Hyung Park, Dong Hoon Yum, Gi Young Go, Doo Young Kim
Dept. of Electronics Engineering, Dong-A University
E-mail : shpark@smail.donga.ac.kr

Abstract

This paper presents a new variational framework for detecting and tracking moving objects in image sequence. Motion detection is performed using Level Set Model. The original frame is used to provide the moving object boundaries.

Then, the detection and the tracking problem are addressed in a common framework that employs an inward-outward curve evolution function. This function is minimized using a gradient descent method.

I. 서론

시각 시스템은 인간이 느낄 수 있는 오감 중에서도 가장 섬세하고 정확성을 가지고 있다. 현대 미디어 기술의 발달로 인하여, 많은 부분에서 이러한 시각 시스템을 이용한 기술들이 다양해지고 필요한 영역들도 늘어가고 있으며, 그 중에서도 카메라에 의해 획득된 영상 내부의 이동하는 물체를 추적하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 이동 물체를 추적하는 기준은 고정된 카메라에 이동하는 물체, 이동하는 카메라에 고정된 물체, 이동하는 카메라에 이동하는 물체의 경우로 나눌 수가 있다.

기존의 방법들은 필터를 구현하거나 정합, 광류 추정 등의 알고리즘을 이용하여 이동물체를 추적하였지만 연산의 양이 많아 처리 속도가 느릴 뿐만 아니라 물체의 정교한 움직임을 추적하기보다는 이동 물체의 영역을 매크로블록 단위로만 표현하기 때문에 정확한 영역의 검출이 힘들다는 단점이 있다.

본 논문은 카메라의 조건에 관계없이, 물체가 이동하는 경우에는 모두 적용할 수 있는 새로운 방법으로 히스토그램 영역 분할과 레벨 세트(Levelset) 방식을 이용한 양방향 곡선진개를 제안한다. 이 모델은 물체의 정확한 윤곽선을 찾아내기 때문에 물체의 추적뿐만 아니라 이동 물체의 형태가 변하는 정도 및 미세한 움직임까지도 정확히 추출하면서 이동 대상을 추적할 수 있다.

II. 히스토그램 영역분할

그레이 영상에서 일반적인 단일 intensity를 가지는 합성 영상인 경우에는 추적대상에 대한 영역 분할을 할 필요가 없지만 여러 개의 intensity를 가지는 실제 영상에서는 물체라고 보는 영역에 대한 분할이 필요하다. 그러한 추적 대상에 대한 영역 분할이 없다면 추적 조건에 대한 정의가 불분명하다.

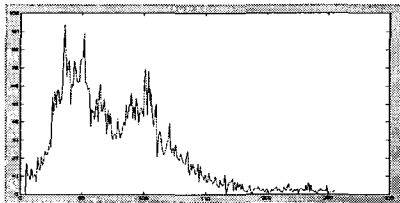
카메라로 획득되는 동영상의 경우 시간 단위당 처리해야 하는 프레임수가 아주 많기 때문에 그 처리 시간이 아주 중요한 부분을 담당한다. 본 논문에서는 그러한 처리시간을 줄이기 위해 추적대상인 객체에 대하여

히스토그램을 적용하여 영역분할을 한다.

히스토그램이란 영상의 픽셀에 대하여 밝기의 빈도수를 누적 시켜 나타내는 것이다. 대상에 대한 히스토그램을 나타낸 후 그 히스토그램의 값에 일정량 이상인 경우에는 그 밝기를 가지는 모든 픽셀들을 영역 분할을 하고 추적을 진행한다.



a) original image b) segmentation image



c) 물체 영역내의 히스토그램

그림 1. image와 물체영역의 히스토그램

그림 1.에서는 영화의 한 장면을 가지고 영역분할을 한 것이다. a)는 원영상이고 b)는 c)의 히스토그램 값을 가지고 처리한 결과 영상이다. Threshold값을 8로 하여, 약간의 오차 허용범위 내에서는 물체부분이라 하고 나머지 영역은 배경영역으로 영역분할을 수행하였다.

III. 레벨세트 양방향 곡선 전개를 이용한 Tracking

레벨 세트 이론은 성질이 서로 다른 물질 사이의 시간에 따라 변화되는 움직이는 경계를 추적하기 위해 소개되었다^{6,7)}. 이때 경계에 놓여진 각 점들은 속도 성분 \mathbf{F} 에 의하여 움직이게 되며 이 속도 성분은 다양한 물리적 영향의 변화에 의존한다.

$N-1$ 차원의 임의 레벨의 곡면 γ 가 시간에 따라 법선 벡터 방향으로 곡률에 의한 속도 $\mathbf{F}(\mathbf{K})$ 로 움직일 때 이동하는 곡면들의 전체 집합 $\gamma(t)$ 에 대해 N 차원 공간상에서 Eulerian 수식 표현으로 나타낸 것이 레벨 세트 방정식이다¹³⁾. 제로 레벨의 2차원 폐곡선 $\gamma(t=0)$ 의 시간에 따른 모양을 나타내기 위해 3차원 함수를 Ψ 로 두면

(즉, $\Psi=0$), 어떤 임의의 시각 t 에서 곡선의 현재 진행 된 모습은 $\Psi=0$ 가 되는 부분을 구하면 알 수 있다. 레벨 세트 0에 대한 Ψ 함수를 시간함수로 표현하면,

$$\Psi(\mathbf{x}, t) = 0 \quad (1)$$

가 된다.

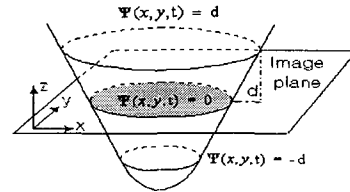


그림 2. Levelset signed Distance Function

여기서, 다음과 같은 가정을 둔다⁷⁾.

$$I(\mathbf{x}) = \begin{cases} I_{in} & \text{if } \mathbf{x} \in D \\ I_{out} & \text{if } \mathbf{x} \notin D \end{cases} \quad (2)$$

여기서 D 는 검출되어진 물체의 영역을 나타내며, I_{in} 과 I_{out} 은 각각 그 물체 영역의 내부와 외부를 뜻한다. 원 영상에 컨벌루션 연산자인 $C(\cdot)$ 를 적용하여 관측된 데이터를 g 라고 두면, 다음과 같은 수식으로 표현이 가능하다.

$$g = C(I) \quad (3)$$

단지 g 만을 알고 있는 상황에서 원 영상 I 의 물체를 정확히 분할하기 위해서는 본 모델에 일치하는 영역 D 를 찾아야만 된다.

즉, 식 (4)에서 처럼,

$$\partial D_t = \{ \mathbf{x} | \Psi(\mathbf{x}, t) = 0 \} \quad (4)$$

인 D 의 경계를 찾아내야 한다.

폐곡선 $\gamma(p, t)$ 에 대하여 경계 D 를 다시 표현하면,

$$\partial D_t = \{ \gamma(p, t) | \Psi(\gamma(p, t), t) = 0 \} \quad (5)$$

와 같이 표현이 되며, 여기서 p 는 곡선에 대한 매개변수이다. 식 (5)을 임의의 시간 t 에 대하여 표현을 하면

$$\Psi_t + \mathbf{F} | \nabla \Psi | = 0 \quad (6)$$

이 된다. $\mathbf{F} = \frac{\partial D}{\partial t}$ 인 곡선의 속도 성분이다.

만약, 법선 벡터 $\mathbf{n} = \frac{\nabla \Psi(\mathbf{x}, t)}{|\nabla \Psi|}$ 방향으로의 속도 성분을 \mathbf{F} 로 두면,

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{s}(\mathbf{x}, t) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}, t) \quad (7)$$

이 되므로 다음과 같은 레벨 세트 곡선 전개 방정식을 구할 수 있게 된다.

$$\Psi_t + \mathbf{s}(\mathbf{x}, t) \cdot \nabla \Psi = 0 \quad (8)$$

속도 성분 $\mathbf{s}(\mathbf{x}, t)$ 을 구하면,

$$\Psi_t + (\mathbf{s}(\mathbf{x}, t) + \Delta t \cdot \mathbf{K}) \cdot \nabla \Psi = 0 \quad (9)$$

이 식에서 양방향에 대한 속도 항이 다음과 같이 정의되면

$$\mathbf{s}(\mathbf{x}, t) = -[\mathbf{C}I_{in}(\mathbf{x}) - \mathbf{C}I_{out}(\mathbf{x})]^2 \text{ on } \Gamma(t) \quad (10)$$

$\mathbf{F}(t)$ 는 가장 빠르게 감소할 것이다.

이 새로운 표현 식에서 알 수 있듯이, 전개 속도 항은 이제 양수 또는 음수가 될 수 있다. 그러므로 동일한 곡선의 전개 과정에서 폐곡선의 팽창과 수축이 동시에 가능하게 된다.

본 논문에서는 이와 같은 방법에 의하여 수축과 팽창을 동시에 하는 Tracking 방법을 제안한다. 양방향으로 곡선 전개를 할 수 있기 때문에 물체의 형태나 모양이 변하거나 원근거리가 생기더라도 정확하게 물체를 추적해 나갈 수가 있다.

IV. 실험결과 및 분석

본 논문의 순서도를 그리면 다음과 같다.

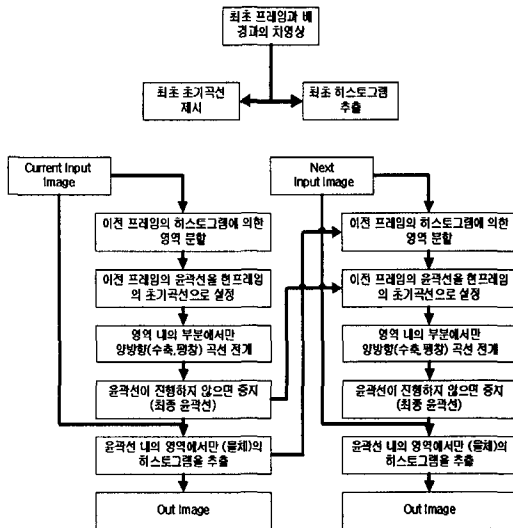


그림 3. 알고리즘 순서도

히스토그램에 의해 영역 분할된 영상에서 이전 프레임의 윤곽선을 초기곡선으로 설정하고 양방향 곡선 전개를 진행한다.

만약 현재 프레임의 영역을 모두 찾아 더 이상 진행이 되지 않을 경우는 그 영역이 현재 프레임의 최종적인 윤곽선이 된다. 여기서 현재 프레임의 윤곽선과 윤곽선 내의 히스토그램 값은 다음 프레임의 진행에 중요한 정보가 된다. 그림 3.에 보인 추적 알고리즘에 의해 물체 추적을 진행한다.

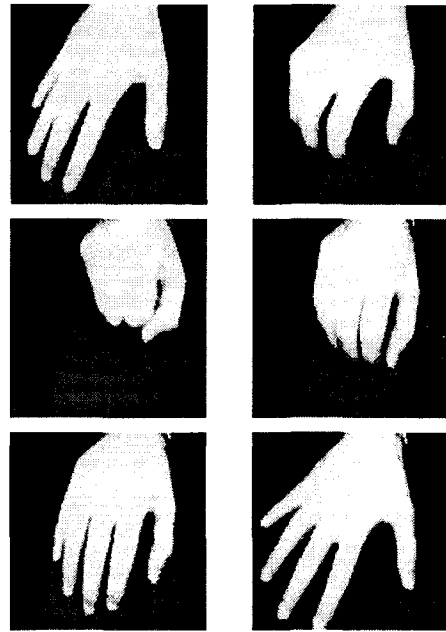


그림 4. Tracking Results of moving hand video (128x128)

그림 4는 영상 크기 128x128인 그레이(grey) 영상이며 잡음에 대한 고려는 하지 않은 영상이다. 초기 곡선 설정은 정확한 손을 지정할 수 있으면 좋다. 여기서는 차영상을 이용하여 가장 첫 프레임의 초기곡선으로 지정하였다. K는 0.03을 주었으며, Δt 값은 0.6으로 설정하였다.

그림 5.와 같은 64x64 영상을 사용할 경우, 128x128 영상을 사용할 경우에 비하여 처리속도가 4~8배 이상 차이가 난다. 실제 실험 시에 물체가 회전을 하거나 형태가 달라지더라도 정확히 추적을 할 수가 있다.

그림 6.은 영화내의 한 장면을 입력영상으로 사용하여 실험한 결과이며, 주인공이 뒤에서 앞으로 돌아보는 장면을 정확히 추적하여 윤곽선을 나타내고 있다.

제안된 알고리즘을 적용한 결과, 아주 세밀하고 정교한 움직임의 윤곽까지도 정확히 찾으면서 추적을 진행할 수 있었다.

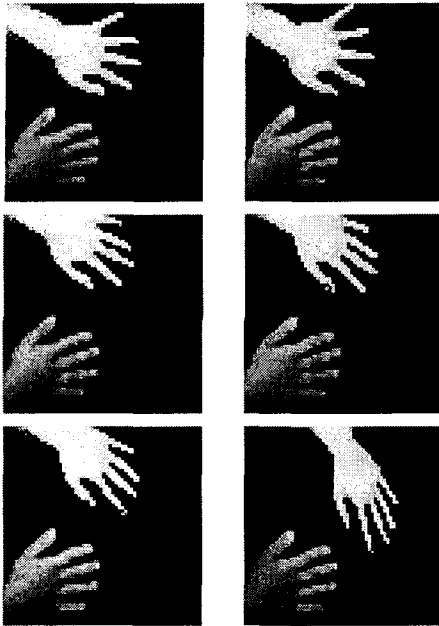


그림 5. Tracking Results of moving hand video(64x64)

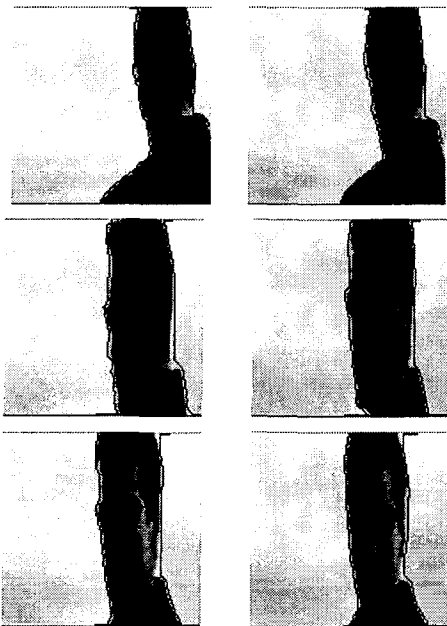


그림 6. Tracking Result of Matrix Movie(128x128)

V. 결론

본 논문에서는 이동 물체의 추적을 레벨 세트 이론

을 적용하여 새로운 방법의 형태 추적을 제시하였다. 기존의 방법들과는 다르게, 물체의 이동 또는 물체의 형태 변화에도 정확한 물체의 윤곽을 찾을 수 있다는 특징이 있다.

히스토그램에 의해 영역 분할된 영상에 이전프레임의 윤곽선을 초기곡선으로 설정하여, 인접 영역이 같은 그레이 레벨 값을 가지더라도 초기곡선에 의한 연결성분 때문에 추적하고자 하는 물체가 아닌 부분에서는 진행하지 않는다.

향후 연구 방향으로서는 실시간 처리를 위해 처리속도의 향상 및 다량의 데이터 처리가 필요한 칼라 영상에서도 적용할 수 있도록 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

VI. 참고문헌

- [1] P. Perona and J. Malik, "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion", IEEE PAMI, Vol. 12, No. 7, pp. 629-639, July 1990
- [2] L. Alvarez, "Image Selective Smoothing and Edge Detection by Nonlinear Diffusion II", SIAM Journal of Numerical Analysis, Vol. 29, No. 3, pp. 845-866, June 1992.
- [3] S. Osher, J.A. Sethian, "Fronts Propagating with Curvature Dependent Speed: Algorithms Based on Hamilton-Jacobi Formulation", Journal of Computational Physics, Vol. 79, pp. 12-49, 1988.
- [4] R. Jain, R. Kasturi, and B.G. Schunck, "Machine Vision", McGRAW-HILL, Inc., 1995.
- [5] R. Malladi, J.A. Sethian, and B.C. Vemuri, "Shape Modeling with Front Propagation : A Level Set Modeling with Front Propagation : A Level Set Approach", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 17, No. 2, pp. 158-175, February 1995.
- [6] 김성곤, 김 두영, "다중 해상도 레벨 세트 방식을 이용한 기하 활성 모델", 한국 정보 처리 학회 논문지, 제6권 10호, pp.2809-2815, 1999.
- [7] O. Amadieu, E. Debreuve, M. Barlaud, G. Aubert, "Inward and Outward Curve Evolution Using Level Set Method", Proc. IEEE ICIP, Vol. 3, pp.188-192, October 1999.
- [8] 김하형, 김성곤, 김두영, "양방향 곡선 전개를 이용한 형태 추출", 한국 신호 처리 · 시스템 학회, 2000 하계 종합 학술대회 논문지, pp225-228, 2000