

# Pan/Tilt 카메라를 이용한 객체추적을 위한 안정적 시스템 개발에 관한 연구

한승일, 박수민, 박성욱, 이석호  
동서대학교 컴퓨터정보공학부  
e-mail : [petrasuk@gmail.com](mailto:petrasuk@gmail.com)

## A Study on a Stable Tracking System with Pan/Tilt Camera

Seung Il Han, Su-Min Park, Sung Wook Park, and Suk-Ho Lee  
Division of Computer Information Engineering, Dongseo University

### 요 약

본 논문은 계속적으로 움직이는 Pan & Tilt 카메라를 가지고 객체를 안정적으로 추적하기 위해 Level Set 알고리즘과 Pan & Tilt 카메라간의 상호 유동적인 시스템을 설계하는 방법에 대하여 기술하고 있다. 특정객체를 Pan & Tilt 카메라로 계속적으로 추적하고자 할 때는 안정적인 배경영상을 얻을 수 없기 때문에 MOG 와 같은 통계적인 추적알고리즘을 쓰는 것이 불가능해진다. 본 논문에서는 배경 영상이 계속적으로 변하기 때문에 고정된 배경 영상을 가질 수 없는 문제와 이로 인해 객체의 영역을 잘 추출할 수 없다는 한계를 극복하기 위해 Level Set 에 기반한 외곽선 추적 방법을 이용한다. 이 방법은 단지 차영상만을 가지고도 어느 정도 객체의 영역을 추출할 수 있는 방법이다. Level Set 방법은 높은 복잡도를 가지기 때문에 실시간 계산이 빠른 외곽선 추적 방법을 이용하였으며, 이를 통해 실시간 영상에 대한 외곽선 추적을 가능하게 하였다. 그리고 Level Set 기반 외곽선 추출 방법에 의해 객체의 중심점을 구하는 알고리즘과 Pan & Tilt 카메라에 의해 객체를 추적하는 알고리즘 간에 유동적인 연결을 하였다.

### 1. 서론

최근 사건을 미리 사전에 예방하는 보안시스템에 대한 관심이 커지고 있다. 각국은 테러등의 사건을 발생전에 차단시킬 수 있는 시스템에 대한 개발에 힘을 기울이고 있으며, 범죄나 안전 사고를 예방하는 지능적인 감시시스템들이 최근 시장에 출시되고 있는 추세이다. 지능적인 감시시스템에 있어서 특정 객체를 안정적으로 추적할 수 있는 알고리즘의 탑재는 필수적인 것이다. 그러므로 비전 연구분야에서는 물체 인식과 움직임 인식, 이상 징후 감지 등의 관련 연구가 활발히 진행 되고 있다. 본 연구에서는 Pan & Tilt 카메라로 특정 객체를 계속적으로 안정적으로 추적하기 위한 알고리즘에 대하여 제안하고 있다. Pan & Tilt 카메라로 객체를 추적할 때 배경이 계속적으로 변하기 때문에 통계학적인 방법으로 배경 영상을 모델링하는 것이 불가능하다. 그러므로 배경영상과 현재 영상의 차로써 객체의 영역을 추출하는 것도 불가능하다. 이 때문에 많은 움직이는 카메라를 가진 추적시스템들은 칼라 정보나 움직임정보를 이용해서 객체를 추적하는 알고리즘을 탑재한다. 그러나 칼라나 움직임 정보는 부정확하기도 하고, 주변의 비슷한 칼라나 움직임에 의해 알고리즘의 안정도가 급격히 떨어지기 때문에 이를 탑재한 시스템들은 움직이는 객체를 쉽게 놓치는 경향이 있다. 그러므로 본 논문에서는 Pan & Tilt 카메라를 이용하여 객체를 안정적으로 추적할

수 있는 알고리즘을 제안하고 있다. 본 알고리즘에서는 배경영상이 없더라도 짧은 순간에 취득되는 차영상만을 가지고도 어느 정도 비슷한 객체영역을 추출하기 위해 Level Set 기반 외곽선 추출 방법을 이용하고 있다. 이로써 객체의 현재 위치정보를 찾는 방법을 쓰고 있다. 또 객체를 추적하기 위해 Pan & Tilt 카메라가 동작할 때, 객체를 바뀐 배경에서 다시 찾을 수 있기 위해 Level Set 기반 외곽선 추출 방법과 Pan & Tilt 동작간의 유기적인 통신을 이용하고 있다. 본 알고리즘을 실제 감시 시스템에 탑재한 결과 대상 객체를 안정적으로 계속 추적하는 것이 가능하다는 것을 실험결과를 통해 보이고 있다.

### 2. 레벨셋을 이용한 객체검출

보통 시간축의 정보를 이용한 객체영역 추출은 배경모델링을 이용한다. 그러나 계속해서 배경화면이 바뀌어야 하는 팬틸트 카메라를 사용하는 경우 인접한 몇 개의 프레임만으로 차영상을 구성해야 하기 때문에 배경모델링이 어렵다. 또한 차영상에 잡음이 들어가고 내부영역이 비어 있는 경우가 자주 생긴다. 그러므로 본 논문에서는 레벨셋을 이용한 실시간 외곽선 추적 방법을 이용하여 객체영역을 구하는 방법을 사용하고 있다. 본 논문에서 이용하고 있는 실시간 외곽선 추적방법은 Yonggang Shi 가

제안하는 방법[1]을 참조하여 구성하였다.

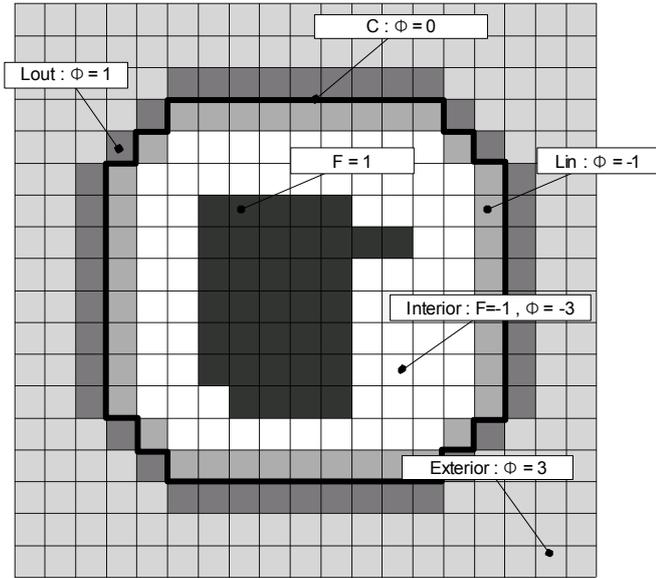


그림 1. 레벨셋함수, F 함수의 표기방법

본 연구에서는 Yonggang Shi 의 논문에서 다루지 않은 중복라인을 제거하는 과정을 추가하였다. Yonggang Shi 의 논문에서는 객체가 존재하는 부분에 대해서 F 함수가 1 이 되도록 F 라는 함수를 정의하였고, 또한 레벨셋 함수  $\phi$  를 정의하여 제로 레벨셋함수의 내부이면서 제로 레벨셋과 인접해 있으면  $\phi=-1$ , 인접하지 않으면  $\phi=-3$  이라는 값을 주었고, 외부에 대해서는 제로 레벨셋과 인접해 있으면  $\phi=1$  이라는 값을, 인접하지 않으면  $\phi=3$  이라는 값을 주었다. 또한  $\phi=-1$  인 영역을 Lin 으로,  $\phi=1$  인 영역을 Lout 로 표기하였다.

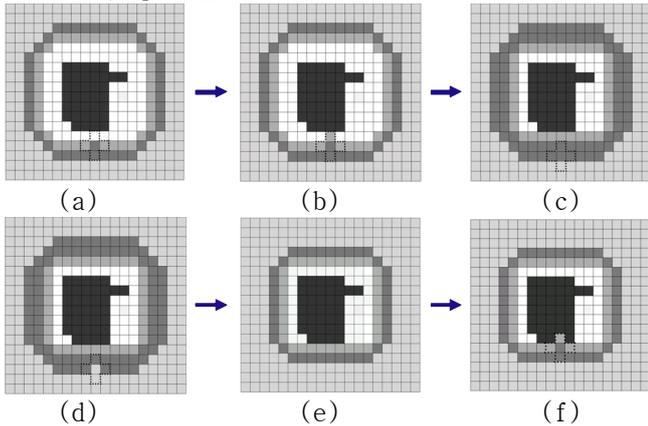


그림 2. 제로 레벨셋 함수의 전개과정

그 후 Lin 영역을 Lout 영역으로 바꿔주는 Switch\_out 함수와 반대로 Lin 영역을 Lout 영역으로 바꿔주는 Switch\_in 함수로서 레벨셋의 실시간 전개를 수행하게 된다.

그러나 Yonggang Shi 의 연구에서 언급하지 않은 중복라인 제거를 사용하지 않으면 레벨셋의 전개가 제대로 되지 않는다. 즉 Switch\_in 함수와 Switch\_out 함수의 사용후에 Lin 영역 또는 Lout 영역에 픽셀의 두께가 2 이상되는 부분을 찾아

두께가 1 이 되도록 픽셀제거작업을 수행해야 한다. 그림 2 는 Yonggang Shi 의 연구의 레벨셋 전개에 중복제거 과정을 포함한 레벨셋 전개의 예를 보여주고 있다. 먼저 Lout 라인의 중복 제거과정은 인접한 화소의 부호에 의해 결정 되는데 만약 Lout 의 x 의 이웃 원소 모두  $\phi > 0$  이면 Lout 영역 리스트에서 x 를 삭제하게 된다. 반대로, Lin 의 경우는 이웃 화소가 모두  $\phi < 0$  이면 Lin 영역 리스트에서 x 를 삭제하게 된다. 그림 2 의 (d)에서 (e)로 가는 과정이 중복제거 과정을 보여주고 있다. 이후 그림 2 (f)처럼 다시 Switch\_in 이나 Switch\_out 함수를 사용하여 레벨셋을 전개하게 된다. 그림 3 은 중복제거과정을 포함한 레벨셋의 전개과정을 순서도로 보여주고 있다.

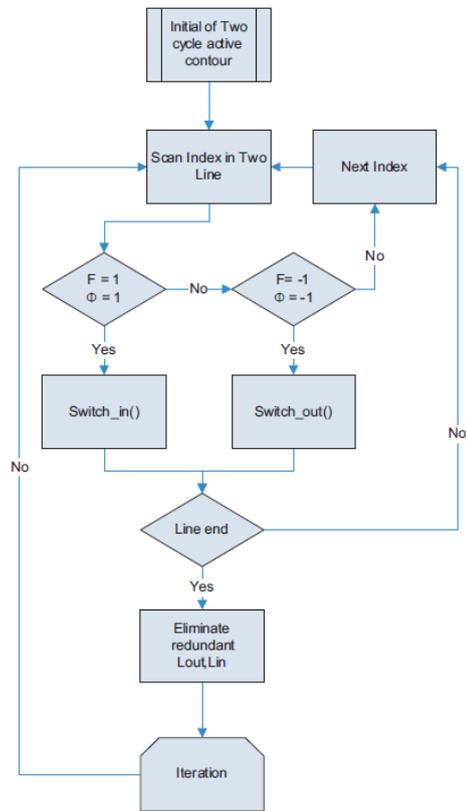


그림 3. 제로 레벨셋 함수의 전개과정에 대한 순서도

그림 4 의 윗줄은 인접한 3 프레임이며 밑줄의 왼쪽 그림은 3 프레임간의 차영상을 보여주고 있다.

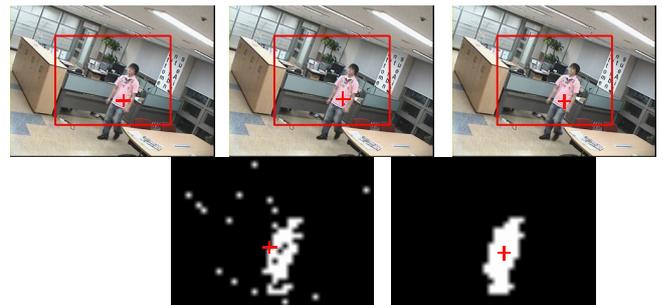


그림 4. 레벨셋으로 객체영역을 검출

밑줄의 오른쪽 그림은 Yonggang Shi 의 방법에 증복라인 제거과정까지 포함시킨 방법으로 전개된 레벨셋으로 얻어진 객체의 내부 영역을 보여주고 있다. 차영상에서 나타나는 잡음 및 표현되지 않은 내부영역까지 표현이 잘 되는 것을 볼 수 있다.

### 3. 시스템 구성도

제안하는 시스템의 시스템도는 그림 1 과 같다. 제안하는 시스템은 다음의 2 가지 요구조건을 만족하도록 설계되었다:

1. 추적대상의 특징(feature)만을 사용하는 추적의 불안정성을 해결하기 위해 시간차 정보를 사용할 수 있어야 한다. 그러기 위해서는 Pan/Tilt 동작이 잠시라도 멈추는 시간이 있어야 한다.
2. 추적대상이 계속해서 움직이기 때문에 움직임의 놓치지 않으려면 Pan/Tilt 멈춤상태는 너무 긴 시간동안 지속이 되어서는 안된다.

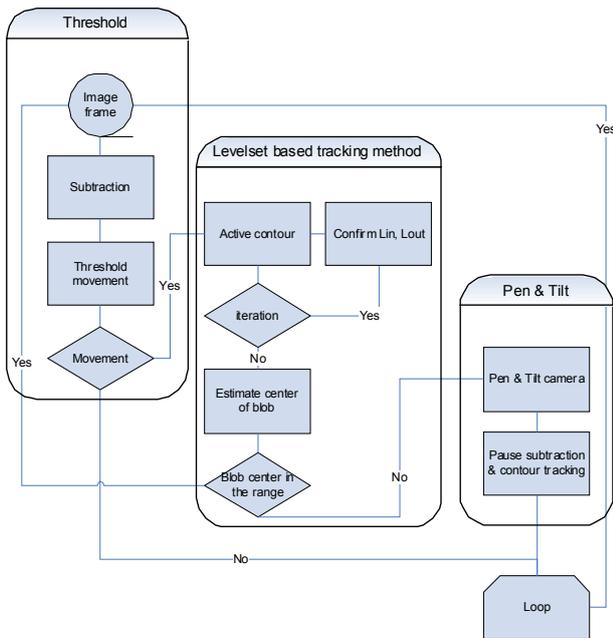


그림 4. 전체 시스템도

본 시스템의 기본동작 원리는 다음과 같다.

1. 추적대상에 대한 영역을 초기화한다. 초기화한 대상에 대해 컬러정보 등과 같은 특징들을 추출한다.
2. 추적대상이 Pan/Tilt 카메라로 취득된 영상화면에서 미리 설정된 경계선 내부에 있는 경우는 카메라의 Pan/Tilt 동작을 멈추고 연속적으로 취득되는 영상 프레임으로부터 시간차 영상을 계산한다. 이 시간차 영상 및 2 장에서 설명한 레벨셋 방법을 이용하여, 화면에서 움직이는 대상들을 모두 추출한다.
3. 추출된 움직임영역중 1.에서 추출된 특징과 가장 유사한 특징을 많이 가지고 있는 영역을 추적대상의 영역으로 Identify 한다.
4. 추적대상이 미리 설정된 경계선에 닿는 순간 카메라의 Pan/Tilt 동작을 수행하여 추적대상이 다시금

영상화면의 중앙에 위치하도록 Pan/Tilt 을 한다. 이때는 잠시 추적대상을 추적하는 동작을 멈춘다.

5. Pan/Tilt 카메라로부터 Pan/Tilt 동작이 끝났음을 알리는 신호가 들어오고, 화면의 시간차 영상중 영상차가 있는 영역이 전체의 50%이하가 되었을 때 다시 2 번부터 돌아가 추적을 반복한다.

### 4. 실험결과

본 연구에서 재원으로 사용된 팬틸트 카메라는 SONY 사의 D70 카메라로서 RS-232 시리얼 포트를 통해 추적을 위한 명령어를 전달한다. 그림 6 에서 볼 수 있듯, 외곽선 추적 방법에 의해 구성된 좌표가 화면 상에 표시된 사각형의 영역을 벗어날 경우 시리얼 포트를 통해 카메라에 명령어가 전달되며, 명령의 내용은 카메라의 회전 속도 제어, 회전 각도 제어, 전원 제어 등 다양한 방식으로 명령을 내릴 수 있다.

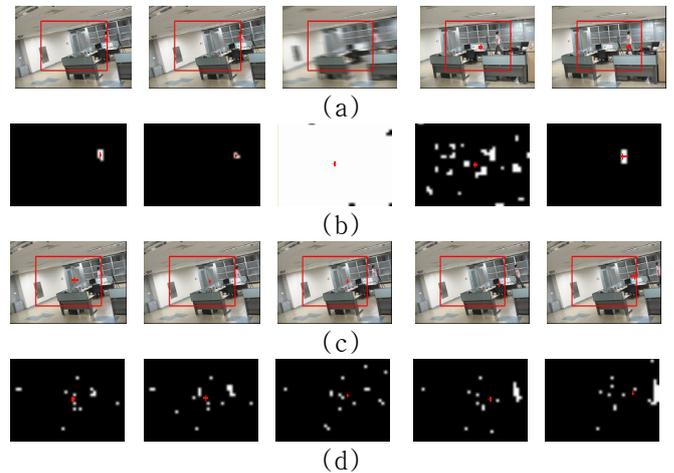


그림 5. 제안된 방법의 추적결과

그림 5는 단순 차영상을 이용하여 3 장의 시스템을 적용한 경우와 레벨셋 함수를 이용하여 3 장의 시스템을 적용한 경우를 비교하여 보여주고 있다. 안된 방법과 단순 차영상 방법을 이용한 연속적인 추적결과이다. 먼저 (a)영상은 객체의 위치를 추적하는 점의 위치가 비교적 정확히 움직임 객체 영역의 중심에 위치 한 것을 볼 수 있으며, 위치 이동에 따라 안정적으로 객체를 추적하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 (a)의 세 번째 영상에서 보이는 영상의 회전 동안은 중심점이 사라져 회전 중에는 물체 추적이 동작하지 않으며 마지막 영상에서 카메라의 팬틸트 직후에도 움직임 객체를 추적하는 중심점의 위치가 다시 정확하게 객체에 위치 한 것을 확인할 수 있다.(b)영상은 (a)영상에서 이용되는 제안한 방법으로 구성된 이진화 영상으로 객체 영역의 추적이 이루어지는 동안 영상 내에서 일어나는 잡음 여부를 확인할 수 있다.

보이는 바와 같이, 잡음이 거의 없이 많이 제거되어 있으며 객체 영역을 견고하게 구성하고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 (b) 영상의 중심에 보이는 잡음이 큰 두 영상은 Pan \ Tilt 가 수행되는 동안의 차영상 결과이며, 이 과정 동안에는 중심점 추적을 잠시 중단

한 상태에서 카메라 이동을 하고, 이동이 끝난 후에 다시 객체 추적을 수행하게 된다. (c) 영상은 기존의 차영상 방법만을 이용하였을 때, Pan\Tilt 카메라에 이 방법을 적용할 경우, 불안정한 중심점의 위치 변화에 의해 객체와 상관 없는 위치에 중심점이 위치한 것을 볼 수 있으며, 움직임 객체를 따라 카메라를 움직이는 것이 불가능한 것을 볼 수 있다. (d)는 위의 차영상을 구성하는 이진화 영상으로서 결과에 많은 잡음을 가진 것을 볼 수 있다. 너무 많은 잡음과 객체 영역이 견고하지 못하기 때문에 그 중심점의 위치가 움직임 객체를 따라 움직이지 못하고 마지막 영상에서와 같이 객체가 화면을 벗어나게 되었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 Pan & Tilt 영상 속에서의 동적인 배경 영상 제약을 극복하고 정확한 객체 추적을 위한 개선된 방법 제안하고, 보다 정확한 실시간 객체 추적을 가능하게 하는 시스템을 구현하였다. Pan & Tilt 카메라의 특성상 근접한 프레임만으로 차영상을 하기 때문에 부족한 차영상 정보를 보충하고 견고한 객체 영역을 구성하기 위해 Level set 방법을 이용한 실시간 외곽선 추적 방법을 사용하였다. 이 방법은 객체의 형태를 잘 유지하도록 외곽선 추적의 반복성을 한정하는 방법이며, 표 1의 실험 결과에서 볼 수 있듯이, 안정적인 추적이 가능하게 했다.

제안하는 방법을 Pan & Tilt 카메라에 적용하여 실시간 감시를 한다면 일정한 범위만을 가진 카메라에 비해 보다 넓은 영역을 감시할 수 있는 유용한 보안 시스템이 될 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.  
(No.2011-0005614)

## 참고문헌

- [1] Yonggang Shi, William Clem Karl, "A Real-Time Algorithm for the Approximation of Level-Set-Based Curve Evolution" IEEE Trans. Image Processing, vol. 17, no. 5, pp. 645-656, May, 2008.
- [2] N. Paragios and R. Deriche, "Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 22, no. 3, pp. 266-280, Mar. 2000..
- [3] A. Mansouri, "Region tracking via level set PDEs without motion computation," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 24, no. 7, pp. 947-961, Jul. 2002.
- [4] R. Goldenberg, R. Kimmel, E. Rivlin, and M. Rudzsky, "Fast geodesic active contours," IEEE Trans. Image Process., vol. 10, no. 10, pp. 1467-1475, Oct. 2001.