

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제17권 제6호, 2012년 11월 (JBE Vol. 17, No. 6, November 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.6.1106>

ISSN 1226-7953(Print)

## 실시간 ELSAC을 이용한 Stop/Go 방식의 Pan/Tilt 카메라 시스템

이 석 호<sup>a)†</sup>

### Pan/Tilt Camera System using Real-Time ELSAC and Stop/Go Procedure

Suk-Ho Lee<sup>a)†</sup>

#### 요 약

팬/틸트 카메라와 같은 비정적인 카메라를 사용한 지능적 영상 감시 시스템들의 경우 정적인 카메라를 사용한 시스템에서보다 객체 추적의 안정성이 많이 떨어진다. 비정적인 환경에서 배경에 대한 모델링을 수행할 수 없기 때문이다. 본 레터에서는 팬/틸트 카메라를 사용하지만, 안정적인 객체추적을 위해 차영상을 얻을 수 있도록 동적 윤곽선모델을 stop/go 방식과 연동하여 사용하는 방식의 팬/틸트 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 추적대상의 움직임으로 차영상을 몇 프레임밖에 얻지 못하는 상황에서도 추적대상에 대한 영역정보를 추출할 수 있고, 안정적인 추적이 가능하다.

#### Abstract

The stability of object tracking in non-stationary camera environment, such as intelligent surveillance system using a pan/tilt camera, is less stable compared with stationary camera environment. This is due to the fact that it is difficult to model a background image in non-stationary environment. In this letter, we propose a non-stationary pan/tilt camera surveillance system which uses a stop/go procedure together with a real-time active contour. The proposed system can track the object stable even in an environment where only a few difference frames can be obtained.

Keyword : Object tracking, Active Contour, Pan/Tilt

## 1. 서 론

지능형 감시 시스템에서 요구되는 가장 기본적인 기능의

하나는 자동 추적 기능이다. 지능형 감시 시스템 가운데는 움직이는 객체를 쫓아가면서 감시하기 위해 팬/틸트 카메라를 탑재하여 팬/틸트 동작을 제어함으로써 객체를 쫓아가는 시스템들이 있다. 이런 시스템들은 보통 연속적인 움직임을 가정하기 때문에 정지된 상태의 카메라를 이용한 시스템에서 사용하는 배경모델링이나, 시간차 영상을 이용하는 대신에 컬러정보 등과 같은 객체의 특징들을 이용하여 객체를 추적한다. 그러나 시간차 영상을 이용하지 않을 때 객체추적의 안정성은 매우 떨어진다. 예를 들어 파나소

a) 동서대학교 컴퓨터정보공학부(Division of Computer and Information Engineering, Dongseo Univ.)

† Corresponding Author : 이석호 (Suk-Ho Lee)

E-mail: petrasuk@gmail.com

Tel: +82-51-320-1744 Fax: +82-51-327-8955

※ 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2012-0003905)하에 수행되었음.

· Manuscript received August 8, 2012 Revised October 24, 2012

Accepted October 24, 2012

닉의 WV-CS954모델은 객체의 움직임이 가장 많이 일어나는 영역의 중심점이 화면의 중앙에 오도록 팬/틸트 카메라를 제어하고, 보쉬사의 AutoDome/EnviroDome 감시카메라는 객체의 특징점을 뽑는 특징점 추적 알고리즘을 적용하여 객체를 추적하고 있으나 모두 감시대상을 쉽게 놓치고 있다<sup>[2]</sup>. 또한 컬러정보를 이용한 추적 알고리즘<sup>[3]</sup>은 추적대상의 컬러가 변할 때 추적대상을 쉽게 놓치는 약점을 지니고 있다. 보다 안정적인 추적을 위해서는 차영상 정보를 같이 사용할 수 있어야 한다. 본 레터에서는 움직이는 객체를 추적하면서도 차영상 정보를 취득하기 위해 추적알고리즘이 팬/틸트 카메라 시스템의 팬/틸트 제어부와 유기적인 통신을 하여 추적대상의 위치에 따라 잠깐씩 팬/틸트를 멈춤과 동작을 반복하고 멈춤 동작시 동적 윤곽선 모델을 사용하여 객체의 영역을 추출하여 이에서 얻는 정보를 다시 팬/틸트 제어부에 송신하는 시스템을 제안하고자 한다.

## II. 제안하는 시스템

### 1. Stop/Go 방식의 팬/틸트동작 시스템

제안하는 시스템은 다음의 2가지 요구조건을 만족하도록 설계되었다:

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

이를 위해 제안하는 시스템의 시스템도는 그림 1과 같다. 즉, 입력되는 프레임영상에 가상의 영역을 설정한 후에 추적대상이 가상영역내에 있을 때에는 팬/틸트 동작이 멈추고, 차영상 정보를 취득하여 차영상 정보를 활용한 안정적인 추적을 수행하며, 추적대상이 가상영역을 벗어나고자 하는 순간 추적대상이 다시 가상영역의 중앙에 위치하도록 팬/틸트 제어부에 팬/틸트 제어명령문을 전송하여 팬/틸트

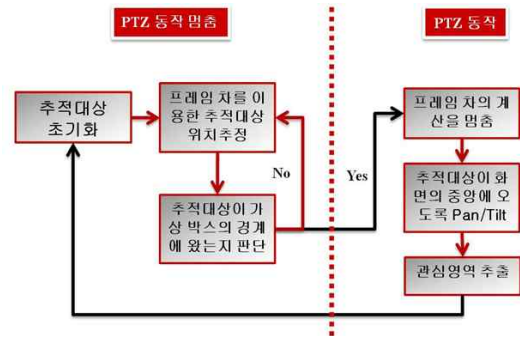


그림 1. Stop/Go 방식의 팬/틸트 동작도  
 Fig. 1. Stop/Go Procedure of the Pan/Tilt system

를 수행한다 (그림 2 참조). 추적대상이 카메라에 가까와져서 가상영역을 벗어나는 경우는 줌인 동작을 수행하도록 팬/틸트 제어명령문을 전송한다.



그림 2. Stop/Go 방식의 개념도  
 Fig. 2 Concept of the Stop/Go Procedure

### 2. 팬/틸트 멈춤 상태에서의 실시간 레벨셋 동적 윤곽선 모델을 이용한 움직임 영역 검출

에지 기반의 Level Set Active Contour (ELSAC)[1][4]를 사용하는 이유는 팬/틸트 동작 멈춤 상태에서 얻을 수 있는 프레임수가 몇 장 (평균적으로 5장) 안 되기 때문이다. 이처럼 적은 프레임수로는 MOG(Mixture of Gaussian)등과 같은 방법으로 배경모델링을 수행할 수 없다. 거기에서 카메라가 팬/틸트 동작을 하다가 멈춤 상태에 들어간 직후이기 때문에 CCD소자에 갑작스러운 밝기값의 변화로 인하여 영상이 미처 안정화되지 못할 경우도 많기 때문에 5장의 프레임도 다 사용 가능한 것이 아니라 2-3프레임정도밖에 사용 가능하지 못할 경우도 많다. 그러므로 2,3장의 프레임으로만 구성된 차영상으로 추적대상영역을 검출해야 하는 어려

움이 생긴다. 이때 움직이는 물체의 경계선 정도만이 나타나기 때문에 이 경계선으로부터 물체의 영역을 찾기 위해 ELSAC을 사용하고자 한다.

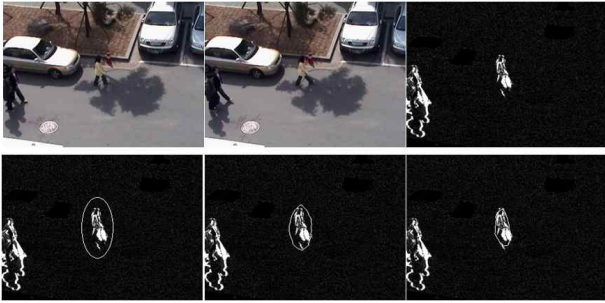


그림 3. ELSAC의 전개 및 줄: 전후프레임 및 이들의 차영상. 아랫줄: 차영상에 대한 ELSAC의 전개  
Fig. 3 Evolving of the ELSAC. Upper row : previous, current, and difference frames. Bottom row : evolving of the ELSAC

ELSAC는 다음과 같은 식에 의해 구동이 된다.

$$\frac{\partial}{\partial t} \phi = F \nabla \phi + k \nabla \cdot \left( \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) \quad (1)$$

여기서  $\phi$ 는 레벨셋 함수이며,  $\nabla \cdot$  와  $\nabla$ 는 각각 발산과 그레디언트 연산자이며  $F$ 는 제로 레벨셋에 대응되는 ELSAC의 속도를 조정하는 변수가 되며,  $\nabla \cdot \left( \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right)$ 는 Contour의 윤곽선의 평활도를 조정하는 항이 되며,  $k$ 는 평활도를 결정하는 파라미터이다.

보통 차영상에서 나타나는 추적대상의 경계선에서 ELSAC가 서게 하기 위해  $F$ 를 경계선에서는 그 속도값이 거의 0이 되게 하는 함수로 놓는다. 초기의 ELSAC를 추적대상을 그 내부에 포함하도록 초기화하였을 때 ELSAC는 식 (1)에 의해 안쪽으로 전개되다가 추적대상의 경계선을 만나게 되면 움직임이 멈추게 되고, 경계선 내부를 추적대상의 영역으로 간주하게 된다. 그림 3은 ELSAC를 이용하여 추적대상의 경계선을 검출하는 과정을 보여주고 있다. 그림 3의 윗줄은 각각 전 프레임, 현재 프레임, 및 이들의 차영상을 나타내고 있고, 밑줄은 추적대상의 외부에서 초기화된 ELSAC이 안으로 전개된 후에 추적대상의 경계선에서 멈추고 추적대상의 영역을 결정하는 과정을 보여주고

있다. 차영상에서 경계선에 끊어진 부분이 있어도 ELSAC의 평활도 파라미터를 잘 조절함으로써 ELSAC에 의해 추적대상의 영역이 잘 정의된 것을 볼 수 있다.

ELSAC을 사용하는 또다른 이유는 기하학적인 변형이 쉬워서 영상잡음 등으로 인해 생기는 잘못된 검출영역을 제거하기 쉽기 때문이다. ELSAC의 실시간 계산을 위해 Yonggang Shi등이 제안한 실시간 모델 [1]을 약간 수정하고 입력 프레임을 반으로 줄인 영상에 적용하였다.

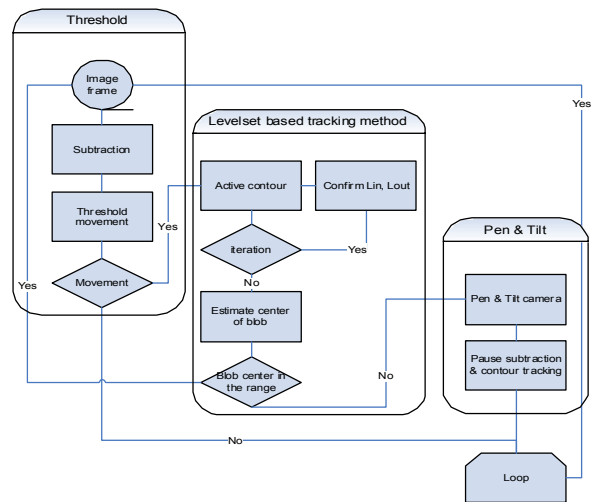


그림 4. 시스템의 순서도  
Fig. 4 Flow chart of the proposed system

### 3. 전체 시스템 동작원리

본 시스템의 순서도는 그림 4와 같으며 순서도에 나타난 기본동작 원리는 다음과 같다.

1. 추적대상에 대한 영역을 초기화한다. 초기화한 대상에 대해 컬러정보 등과 같은 특징들을 추출한다.
2. 추적대상이 팬/틸트 카메라로 취득된 영상화면에서 미리 설정된 경계선 내부에 있는 경우는 카메라의 팬/틸트 동작을 멈추고 연속적으로 취득되는 영상 프레임으로부터 차영상을 구성한다. 여기서 차영상은 2-3개의 프레임간에 차를 내어 누적 차영상을 구성한다. 차영상 및 ELSAC를 이용하여, 화면에서 움직이는 대상들을 모두 추출한다.

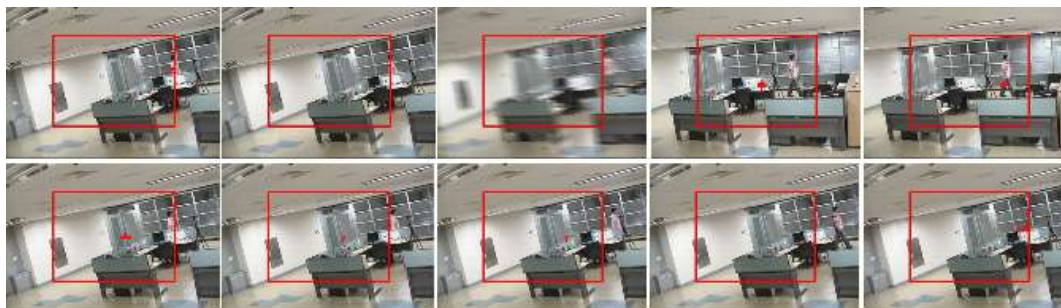


그림 5. 실험결과 윗줄: 제안한 알고리즘으로 객체추적을 하는 과정. 아랫줄: 단순 차영상을 이용하여 객체추적을 하는 과정  
 Fig. 5 Upper row : Tracking result with proposed scheme. bottom row: Tracking result using mere frame difference

- 추출된 움직임 영역 중 1.에서 추출된 특징과 가장 유사한 특징을 많이 가지고 있는 영역을 추적대상의 영역으로 정한다. 이때 유사도 측정으로는 히스토그램의 유사도를 측정하는 바타차야 계수 (Bhattacharyya coefficient) 등을 사용할 수 있다.
- 추적대상이 미리 설정된 경계선에 닿는 순간 카메라의 팬/틸트 동작을 수행하여 추적대상이 다시금 영상 화면의 중앙에 위치하도록 팬/틸트한다. 이때는 잠시 추적대상을 추적하는 동작을 멈춘다.
- 팬/틸트 카메라로부터 팬/틸트 동작이 끝났음을 알리는 신호가 들어오고, 화면의 시간차 영상 중 영상차가 있는 영역이 전체의 50%이하가 되었을 때 다시 2번부터 돌아가 추적을 반복한다.

### III. 실험 결과

그림 5는 제안한 시스템을 사용하여 추적대상을 추적한 결과(윗줄)를 단순 차영상을 사용하여 추적한 결과와 비교하고 있다. 3번째 영상에서 추적대상의 중심점이 가상영역(붉은 사각형으로 표시)을 벗어나는 순간 카메라의 팬/틸트 동작이 일어나 화면전체에 움직임이 일어나 ELSAC의 내부 영역이 화면전체를 덮고 있음을 보여주고 있다. 이때는 CCD소자가 갑작스런 밝기의 변화로 인해 안정되지 않아 차영상도 안정되지 않으므로 추적대상의 영역정보를 얻지 못해 팬/틸트 카메라가 멈춤 상태가 된다. 그러나 ELSAC의 잡음제거 성질에 의해 잘못 검출된 영역이 몇 프레임 안돼

제거가 된 후 (4번째 영상), 추적대상이 다시 안정적으로 추적됨을 (5번째 영상) 볼 수 있다. 이 같은 과정의 반복에 의해 추적대상은 수분동안 내내 안정적으로 추적이 되었다. 한 프레임당 추적알고리즘에 소요된 계산 시간은 윈도우7 운영체제를 사용한 2.0GHz CPU를 사용하는 PC에서 0.042sec였다. 평활도 파라미터는 0.3으로 놓고 실험하였다.

### IV. 결론

본 레터논문에서는 차영상을 얻을 수 있기 위해 팬/틸트 카메라의 움직임과 추적알고리즘을 연동하는 방법에 대해 제안하였다. 제안한 시스템은 컬러정보를 이용한 추적알고리즘과도 연동이 가능하며 이때도 차영상을 얻을 수 있어 단순 컬러정보를 이용할 때보다는 안정적인 추적결과를 보일 것으로 예상할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] Yonggang Shi and 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] P. F. H. Jin and S. Soatto, "Real-time feature tracking and outlier rejection with changes in illumination," in Proceedings of International Conference on Computer Vision (ICCV 2001), pp. 684 - 689, July 2001.
- [3] Comaniciu, D. "Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift", Proceedings of CVPR 2000, vol. 2, pp. 142 - 149, 2000.
- [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.