

복잡한 배경을 가진 영상 시퀀스에서의 이동 물체 검지 및 추적

정영기, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과

Moving Object Detection and Tracking in Image Sequence with complex background

YoungKee Jung and Yo-Sung Ho
Kwangju Institute of Science and Technology(K-JIST)
E-mail: ykjung@gogh.kjist.ac.kr, hoyo@kjist.ac.kr

Abstract - In this paper, a object detection and tracking algorithm is presented which exhibits robust properties for image sequences with complex background. The proposed algorithm is composed of three parts: moving object detection, object tracking, and motion analysis. The moving object detection algorithm is implemented using a temporal median background method which is suitable for real-time applications. In the motion analysis, we propose a new technique for removing a temporal clutter, such as a swaying plant or a light reflection of a background object. In addition, we design a multiple vehicle tracking system based on Kalman filtering. Computer simulation of the proposed scheme shows its robustness for MPEG-7 test image sequences.

1. 서론

최근에 은행, 공장, 아파트등에서 보안을 위해 폐쇄회로 TV를 통한 감시 시스템의 이용이 늘고 있다. 그러나 많은 카메라 영상을 사람이 동시에 감시하는 것은 어렵기 때문에 관심있는 물체를 검지하고 기록하는 효율적인 시스템이 요구되고 있다. 또한, 교통 감시 분야에서도 도로상에서 여러 가지 교통 상황을 자동적으로 판단하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이와 같이 영상처리를 통해 물체를 검지하고 추적하는데 있어서 여러 가지 잡음으로 인한 오동작을 줄이는 것은 매우 중요하다. 따라서 가상적인 잡음 물체의 움직임이 많은 복잡한 배경에서 이동 물체의 검지 및 추적에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이동 물체의 검지는 배경으로부터 움직임을 물체를 분할함을 의미한다. 일반적으로 움직임 분할에는 두가지 방식이 있다. 첫 번째 방식은 연속되는

두 프레임간의 차분을 취함으로써 물체를 분할하는 프레임간 차분 방법이다. 두 번째 방식은 움직이는 물체가 없는 배경 영상과의 차분을 취함으로써 이동 물체를 분할하는 배경 영상 방법이다. 카메라가 고정된 조건에서의 영상 감시 응용으로는 후자의 배경 영상 방식이 보다 효율적이다.

배경 방식의 경우, 특히 주위의 밝기가 변하는 옥외 환경에서 배경 영상의 밝기도 적응적으로 갱신되는 몇 가지 방식들이 제안되었다. Karmann은 교통 영상 감시의 목적으로 움직임 검지 알고리즘을 제안하였는데, 이 알고리즘에서는 칼만 필터를 이용하여 반복적으로 배경을 갱신하는 기법을 제안하였다[1]. 또한 위 방식을 보다 개선하기 위해 잡음 제거 필터를 적용하는 시도들이 있었다[2]. MacFarlane은 제안한 가속 감시 시스템에서 움직이는 물체를 분할하기 위해 시간적인 미디언 연산을 이용하여 배경을 갱신하였다[3]. 이 방식은 전자의 방식에 비해 보다 빠르게 배경 영상을 안정적으로 갱신할 수 있는 효율적인 성능을 보였다. 또한 계산량이 적어 실시간 처리에 유리한 방식이다.

적응적 배경 방식은 이동 물체가 정지되어 있는 경우, 배경이 물체가 있는 영역에서의 밝기와 유사하게 갱신되어 가상 검지 에러를 발생시킨다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 기존의 방법들은 물체의 영역에서는 배경이 갱신되지 않도록 하는 기법을 이용하였다[1, 2, 3]. 그러나 위 방식은 옥외 환경에서 나무의 흔들림, 야간시 불빛으로 인한 반사등을 갖는 복잡한 배경의 경우 많은 잡음 물체들이 발생하게 되는데, 이러한 잡음 물체를 제거하는데 문제점을 갖게 된다.

본 논문에서는 기존의 적응적 배경 갱신방식이 가지는 문제점을 해결하기 위해 물체 추적후 움직임 궤적을 분석함으로써 잡음 물체를 제거하는 새로운 알고리즘을 제안한다. <그림 1>은 복잡한 배경을 가진 영상 시퀀스에서 물체를 검지하고 추적하기 위해 제안된 전체 알고리즘의 블록도이다. 제안된 알고리즘의 구성은 <그림 1>과 같이 이동 물체 검지, 물체 추적 및 움직임 분석 단계의 세 단

계로 구성된다. 추적 알고리즘으로는 칼만 필터를 이용한 이차원 특징에 기반한 기법을 설계하였다[4, 5].

$$M_i(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } |D_i(x)| > T, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

3. 이동 물체 추적

움직이는 물체를 검지한 후, 관측된 물체의 위치 정보로부터 다음의 위치를 예측함으로써 효율적으로 물체를 추적할 수 있다. 이를 위해 선형 칼만 필터를 이용한 이차원 토큰에 기반한 추적 방법을 제안한다. 추적하기 위한 토큰으로는 이동 물체의 중심 위치와 크기등의 특징을 이용하였다. 또한 추적하는 물체의 움직임 모델로는 다음과 같은 간단한 다항식 형태의 수식이 정의된다.

$$t(k+1) = t(k) + \Delta t(k) \quad (3)$$

일반적으로 칼만 필터는 시스템 상태 $x(k)$ 를 측정하는데 있어서 최적화된 선형 최소 에러 분산을 갖는 연속적이고 반복적인 알고리즘을 제공한다. 제안된 추적 방법은, 측정하기 위한 시스템의 상태로써, 다음과 같이 이동 물체의 중심과 크기의 변화치등의 성분을 갖는 4차원 벡터로 정의된다.

$$x(k) = \begin{pmatrix} \Delta x_center(k) \\ \Delta y_center(k) \\ \Delta xsize(k) \\ \Delta ysize(k) \end{pmatrix} \quad (4)$$

측정하려는 상태 변수가 선형적 천이관계를 가지고 진행한다고 가정하면 식(5)와 식(6)과 같이 상태 천이 방정식이 정의된다.

$$x(k+1) = \Phi(k, k+1)x(k) + w(k) \quad (5)$$

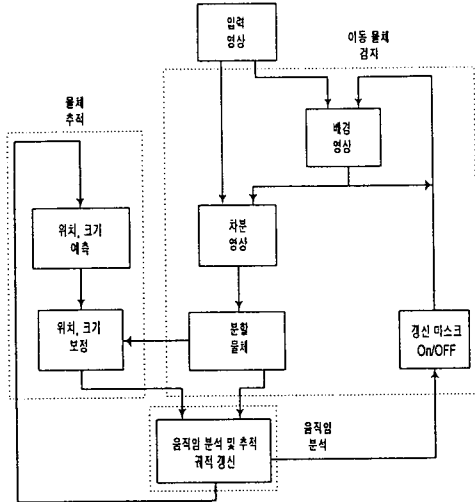
$$\Phi(k, k+1) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

여기에서 $\Phi(k, k+1)$ 는 단위 이산시간 동안의 상태 변수의 천이관계를 나타내며, 위와 같이 시간에 따른 중심 및 크기의 변화치는 같다고 가정하였다.

또한, 시스템의 상태변수와 같은 성분의 관측치가 측정되기 때문에 식(7)과 식(8)과 같이 선형 관측 방정식이 정의된다.

$$z(k) = H(k)x(k) + v(k) \quad (7)$$

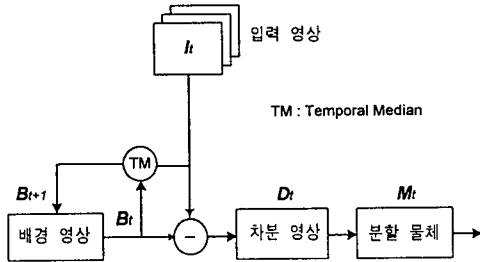
$$H(k) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$



<그림 1> 전체 알고리즘

2. 이동 물체 검지

<그림 2>는 이동 물체 검지 알고리즘의 블록도이다.



<그림 2> 이동 물체 검지

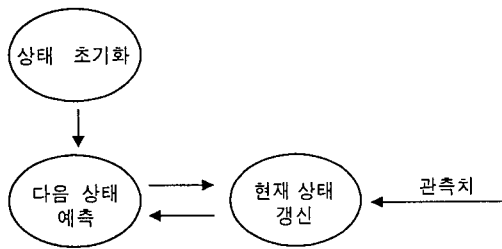
적응적인 배경 갱신을 위해 시간적인 미디언 연산이 이용된다. 영상 시퀀스의 입력 I_t 에 대해 배경 시퀀스 B_t 는 다음의 식(1)과 같이 화소 단위의 비교를 통해 각각의 프레임에 대해 갱신된다.

$$B_{t+1}(x) = \begin{cases} B_t(x) + I_t, & \text{if } B_t(x) < I_t(x) \\ B_t(x) - I_t, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

분할 영상 M_t 는 식(2)와 같이 입력 영상 I_t 와 배경 영상 B_t 와의 차이값의 절대치를 이진화하여 얻어진다.

따라서 선형 칼만 필터의 시스템 모델과 관측 모델로부터 유도된 회귀적 칼만 필터 알고리즘을 적용한다. 알고리즘의 동작은 <그림 3>과 같이 상태 변수 초기화, 다음 상태 변수 예측 및 현재 상태 변수 갱신등의 세 가지 단계로 이루어진다.

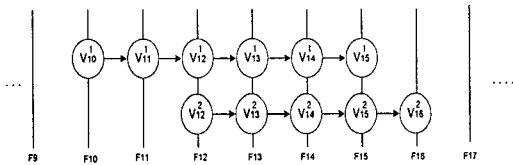
초기화 단계에서는 물체가 검지된 후, 연속된 2프레임의 측정치로부터 중심의 변화치와 크기의 변화치를 계산한 후 상태변수 $X(0)$ 등을 초기화한다. 그런 다음, 예측 단계에서는 다음 상태를 예측하고, 다음 단계에서는 실제 관측치를 이용하여 예측된 상태를 보정하는 과정이 반복된다.



<그림 3> 추적 알고리즘

4. 움직임 분석을 통한 노이즈 제거

움직임 분석 알고리즘은 새롭게 검지된 물체의 움직임 궤적을 생성시키고, 영상 시퀀스를 따라 이동 물체의 궤적 내용을 노드를 통해 추가한다. <그림 4>는 이동 물체 추적 결과의 예이다.



<그림 4> 추적 결과 예

이와 같이 한 물체의 움직임 궤적은 노드들로 구성된 리스트 트리 구조를 갖게 되는데 각각의 노드는 다음과 표기된다.

$$V_n^p \quad (p = 1, \dots, K) \quad (9)$$

여기에서 n 은 이산 시간을 나타내고, p 는 현재 시간에서 이동물체를 구별하기 위한 인덱스이다. 또한 노드는 형상 마스크, 중심 위치 및 외접 사각형등의 특징들을 가지고 있다. <그림 4>의 경우 두 물체의 궤적을 나타내고 이산 시간이 12인 프레임의 경우 두 개의 노드를 가지고 있다.

위와 같이 이동 물체들에 대한 움직임 궤적이 생성된 후, 노이즈 물체의 움직임을 제거하기 다음과 같이 세 가지 움직임의 궤적을 정의하였다.

- (a) 정지 동작: 검지된 물체가 이동하다가 정지했을 때의 동작을 나타내며, 노이즈와 구별하기 위해 정의된다. 가령, 차량이 도로를 따라 움직이다가 사고나 교통 정체에 의해 정지하는 상황이나, 침입자가 어떤 공간에 들어와서 한 장소에 서 있는 동작을 나타낸다.
- (b) 이동 동작: 계속적으로 움직임을 갖는 물체를 나타내기 위해 정의된다.
- (c) 반복적 정지 동작: 실제 추적을 할 필요가 없는 나무 잎, 나무 가지 등의 반복적인 흔들림 또는 다른 조명원 등에 의한 배경 물체로의 반사로 인한 움직임 등을 나타낸다.

따라서 실제 관심있는 물체의 움직임만을 구하고 배경을 갱신을 막기 위해 <그림 5>와 같은 규칙에 따른 움직임 궤적분류 알고리즘을 제안한다.

Algorithm Rule-base motion classifier

Input : Tracking Result
Output : Motion Pattern

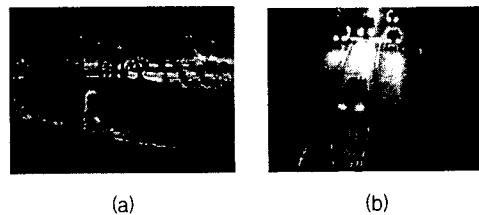
```

Begin
0: For all trajectories
  0.0: if positions of all tracked objects is clustered
    in certain area
    (a) trajectory  $V_p$  = STOP MOTION;
    (b) remove trajectory  $V_p$ ;
  0.1: else
    (a) trajectory  $V_p$  = REST or MOVING MOTION;
    (b) enable update protection mask
1: Return Motion Pattern
END
  
```

<그림 5> 움직임 궤적 분류

5. 실험 결과

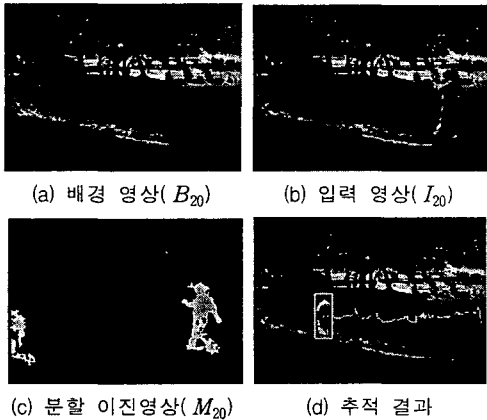
본 논문에서 제안된 움직임 분석을 통한 잡음 물체 제거 기법의 성능을 알아보기 위해 352x288 크기의 CIF 형태의 영상 시퀀스와 실제 고속도로에서의 야간 차량 영상을 사용하여 실험하였다. <그림 6>은 실험에서 사용된 두 영상 시퀀스의 원 영상들을 보여주고 있다.



<그림 6> 실험 영상

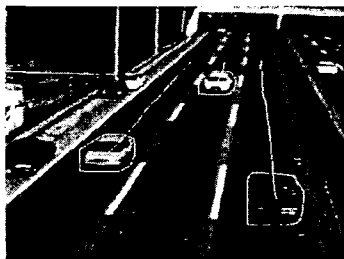
<그림 6(a)>의 영상 시퀀스는 MPEG-7에서 사용하고 있는 표준 영상이며, 카메라는 고정되어 있고 바람이 강하게 불고 있어서 나무의 가지등이 계속적으로 흔들리고 있다. <그림 6(b)>의 영상 시퀀스는 실제 고속도로에서 취득된 영상 시퀀스이며, 특히 야간의 경우에 많은 차량들의 전조등에 의한 바닥 또는 차 표면등의 반사가 많은 조건의 영상이다.

<그림 7>은 제안된 알고리즘을 MPEG-7 표준 영상에 적용하여 얻은 실험 결과이다. <그림 7(c)>에는 배경 영상 B_{20} 과 입력 영상 I_{20} 과의 차이에 절대값을 취한 후 이진화한 영상이다. 결과에 보듯이, 좌측 하단에 나무의 흔들림으로 인해 가상 물체가 발생된다. 그러나 물체의 움직임 궤적에 대한 분석을 통해 가상 물체를 제거하면 <그림 7(d)>와 같이 성공적으로 추적을 할 수 있게 된다.



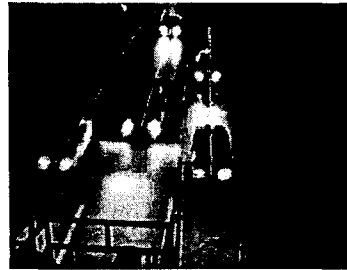
<그림 7> 옥외환경에서의 사람추적

<그림 8>은 주간 고속도로에서 여러 차량을 동시에 추적한 결과이다. <그림 8>과 같이 새로운 차량이 진입한 후 검지되면 카메라에서 사라질 때까지 이 차량의 추적을 계속하게 된다.



<그림 8> 주간 차량 추적

<그림 9>는 제안한 알고리즘을 야간에 고속도로의 차량을 추적한 결과이다. 그림에서 보듯이, 특히 차량 전조등의 반사로 인해 많은 잡음에 의한 움직임이 발생된다.



<그림 9> 야간 차량 추적

6. 결론

본 논문에서는 복잡한 배경을 가진 영상 시퀀스에서 이동 물체를 검지하고 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 이동 물체 검지, 물체 추적 및 움직임 분석등의 세 부분으로 구성된다. 물체 움직임 검지 알고리즘은 시간적인 미디언 연산을 이용한 적응적 배경 방식을 이용하여 구현하였고, 이 방식은 실시간 처리에 적합하다. 움직임 분석 단계에서는 나무의 흔들림이나 빛의 반사등으로 인한 잡음 물체의 움직임을 제거하기 위한 새로운 알고리즘이 제안되었다. 또한, 칼만 필터에 기반한 다중 물체 추적 시스템을 설계하였다. 복잡한 배경을 가진 MPEG-7의 테스트 영상 시퀀스와 실제 도로 영상에 적용한 실험 결과를 통해, 제안한 알고리즘이 효율적으로 잡음 물체의 움직임을 제거하면서 물체를 추적하는 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] M. Kilger, "Video-based traffic monitoring," Proc. of 4th International Conference on Image Processing and Its Applications, pp. 89-92, Maastricht/The Netherlands, Apr. 1992.
- [2] J. Malik and S. Russell, "A Machine Vision Based Surveillance System for California Roads," PATH Project MOU- 83 Final Report, University of California, Berkeley, 1994.
- [3] N. McFalane and C. Scholfield, "Segmentation and Tracking of Piglets in Images," Machine Vision and Application, Vol. 8, pp. 187-193, 1995.
- [4] D.S. Jang and H.I. Choi, "Model-based tracking of moving object," Pattern Recognition, Vol. 30, No. 6, pp. 999-1008, June 1997.
- [5] A. M. Tekalp, Digital Video Processing, Prentice Hall, 1993.