
비디오 감시 시스템에서 실시간 움직이는 물체 검출 및 그림자 제거

이영숙* · 정완영*

*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

Real-Time Moving Object Detection and Shadow Removal in Video Surveillance System

Young-Sook Lee* · Wan-Young Chung*

*Division of Electronic, Computer and Telecommunication Engineering,

Pukyong National University

E-mail : {yulisis, wychung}@pknu.ac.kr

요 약

정지 영상이나 비디오 영상 시퀀스에서 배경 영상으로부터 움직이는 관심 물체를 구별하기 위한 실시간 물체 검출은 물체의 위치 추적과 인식에 있어 필수적인 단계이다. 물체 분할 후에 그림자 영역이 움직이는 물체 영역에 포함되기 때문에 그림자는 물체의 일부분 혹은 움직이는 물체로 오 분류될 수 있다. 이러한 이유로 그림자 제거 알고리즘은 움직이는 물체 검출 및 추적 시스템의 결과에 중요한 역할을 한다. 이 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 움직이는 물체의 특징과 색상 공간에서 그림자의 특징에 기반을 둔 정확한 물체 검출과 그림자 제거 알고리즘을 제안한다. 실험 결과는 제안 알고리즘이 실험 영상에서 물체 검출과 그림자 제거에 대해 효과적인 것을 알 수가 있다.

ABSTRACT

Real-time object detection for distinguishing a moving object of interests from the background image in still image or video image sequence is an essential step to a correct object tracking and recognition. Moving cast shadow can be misclassified as part of objects or moving objects because the shadow region is included in the moving object region after object segmentation. For this reason, an algorithm for shadow removal plays an important role in the results of accurate moving object detection and tracking systems. To handle with the problems, an accurate algorithm based on the features of moving object and shadow in color space is presented in this paper. Experimental results show that the proposed algorithm is effective to detect a moving object and to remove shadow in test video sequences.

키워드

Object segmentation, surveillance system, object detection, shadow removal

1. 서 론

비디오 감시 시스템, 물체 추적/인식 시스템, 헬스케어 모니터링 시스템, 지능형 교통정보 시스템(ITS: Intelligent Transportation System) 등과

같은 컴퓨터 비전에 기반을 둔 많은 다양한 응용 분야의 시스템 성능에 영향을 미치는 요소들로 물체 검출과 그림자 제거는 중요하게 대두되고 있는 문제 중의 하나이며 이와 관련된 연구가 활발히 연구되고 있다.

최근 들어 유비쿼터스 헬스케어 모니터링 시스템에서 보호가 필요한 환자와 같은 관심 물체에 대한 동작 패턴 분석을 통해 예측하지 못한 행동 패턴이 발생했을 때 위험한 상황을 알리기 위해 비디오 센서 기반 감시 시스템 개발에 대한 관심이 늘어나고 있다. 정지영상이나 비디오 시퀀스에서 관심 물체를 추적하거나 인식하는 다양한 비전에 기반을 둔 시스템들에 대한 신뢰성 있는 성능을 얻기 위해서는 배경영상으로부터 움직이는 물체를 정확하게 검출하는 알고리즘에서 오검출을 야기시키는 그림자 제거를 위한 연구가 필수적으로 요구되어진다.

실시간 움직이는 관심물체를 배경으로부터 분할하는 단계에서 배경 영역에 생긴 그림자 영역이 움직이는 물체 영역에 포함되어지기 때문에 움직이는 물체나 그 물체의 일부분으로 오분류될 수가 있다. 광원이나 조명을 물체가 가림으로써 생성되는 그림자는 물체간의 병합, 물체 모양 변형, 물체의 일부분이 손실이 되어 배경에서 물체 영역 만을 정확하게 분할하는데 큰 어려움이 있으며, 시스템 성능을 저하시키는데 큰 요인이 된다.

이에 본 논문에서는 비디오 영상 시퀀스에서 보다 정확하게 실시간으로 움직이는 물체 검출 및 추적을 위해 시공간(spatio-temporal) 특징 정보인 시간적 템플릿(temporal template)를 이용해 물체를 검출하고 HSV와 Normalized RGB 칼라 모델을 활용한 그림자 마스크를 생성하여 그림자를 제거하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 물체 검출 및 그림자 제거 알고리즘에 대해 상세히 기술하고, III장에서는 실험 및 결과를 보인다. 마지막으로 IV장에서는 본 연구에 대한 결론을 맺도록 한다.

II. 제안 알고리즘

제안하는 알고리즘은 네 단계로 구성되어진다. 물체 검출을 위한 배경 영상 모델링 생성 단계, 배경영상에서 관심 물체를 검출하는 단계, 검출된 물체에 포함된 그림자 제거 단계, 마지막으로 검출된 물체에 대한 실시간 추적 단계로 구성된다.

2.1 배경 모델링 생성

컴퓨터 비전에 기반을 둔 시스템에서 정지영상이나 영상 시퀀스에서 배경으로부터 전경 부분 즉 물체를 검출하기 위해 널리 사용되고 있는 방법은 배경 제거(background subtraction) 방법과 프레임 차분(frame differencing) 방법이 있다.

배경 제거 방법은 배경으로부터 물체를 분할하기 위해 배경 모델을 유지 및 갱신하여 배경 모델과 현재 프레임 간의 차를 이용한다. 많은 다양한 배경 모델 생성을 위한 방법들이 제안되었고,

이 중 적응적 가우시안 혼합 모델(Adaptive Gaussian Mixture Model)을 이용한 방법[1]이 정확도, 실행시간 등의 면에서 다른 배경 모델에 비해 우수한 성능을 보인다. 프레임 차분법은 장면에서 픽셀 단위로 차이의 절대값을 비교해 변화를 검출하는 방법으로 빠르게 물체를 분할하는 반면 배경 제거 방법보다 정확도 면에서 떨어진다. 이 방법은 만약 움직이는 물체가 장면에서 움직임이 정지하였을 경우 움직임이 사라지므로 배경으로부터 물체를 분할해 낼 수 없기 때문에 더 이상 추적할 수가 없다.

본 논문에서 가우시안 혼합 모델(GMM: Gaussian Mixutre Model)방법을 이용하여 배경 모델 생성을 생성하고 물체 검출을 위한 배경으로 사용한다. 그림 1에서 GMM방법으로 배경 모델을 생성한 결과를 보면 시간이 경과하였음에도 갱신된 배경영상이 비교적 좋은 결과를 보이고 있다.

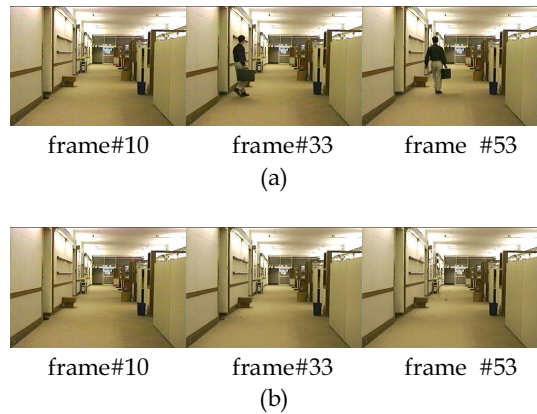


그림 1. 배경 생성 모델 결과: (a) 실험 영상 시퀀스에서 획득된 영상 프레임, (b) GMM을 이용해 생성된 배경 영상 프레임

2.2 물체 검출

2.1에서 생성한 배경 모델과 일정 간격으로 누적된 시공간 특징 정보를 이용한 시간적 템플릿을 이용하여 배경으로부터 전경영상 즉 관심 물체를 검출한다. 그림 2에서 보는 바와 같이 GMM을 이용한 방법은 다양한 영상 시퀀스에 대해 고정된 매개변수를 사용할 경우 물체 영역 검출 결과가 좋지 않은 것을 볼 수 있다. GMM 방법에서는 사람의 머리 부분과 팔 부분에 대해 검출이 제대로 되지 않았으나 배경 모델과 시공간 특징 정보를 이용한 제안 알고리즘의 경우에는 검출되지 못한 부분들이 검출되었음을 알 수 있다.

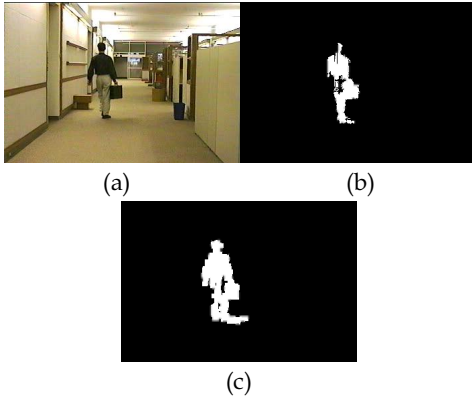


그림 2. 물체 검출 결과(frame #53): (a) 원 영상, (b) GMM 방법, (c) 제안 방법

2.3 그림자 제거

더욱 정확한 물체 영역 검출을 위해 2.2에서 물체 검출 후 모폴로지 연산을 적용하여 물체 영역 내 홀(holl)이나 camera jitter등과 같은 잡음을 제거한다.

영상 시퀀스에서 획득된 각 프레임에서 RGB 색상값을 얻을 수가 있는데 RGB 색상은 광도나 그늘 같은 외부 환경 조건에 매우 민감하다. 이 색상 공간은 물체 분할에 만족하는 좋은 결과를 보여주지 못하기 때문에 다른 색상 공간으로 변환하여 사용하게 된다. 일반적으로 그림자는 조명 변화가 발생했을 때 색상의 휘도(luminance) 성분만 변화하며 색차(chromaticity) 성분은 거의 변하지 않는 특징이 있다. 색상을 휘도 성분과 색차 성분으로 분리해 표현하는 다양한 색상 공간 모델을 통해 물체 검출과 그림자 제거를 수행하는 방법이 소개되고 있다[2].

본 논문에서는 색상 공간 모델 가운데 그림자 제거를 위해 적합한 HSV와 Normalized RGB를 이용해 그림자 마스크를 생성하여 사용하였다.

영상 시퀀스에서 획득된 프레임에서 관심 물체 내 임의의 픽셀은 아래 식(1)과 같이, H, S, 그리고 V성분 값에 대해 아래 조건을 모두 만족할 경우 그림자 픽셀로 판정한다.

$$SM^1_{(t,x,y)} = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha \leq \frac{I^V_{t,x,y}}{B^V_{t,x,y}} \leq \beta \\ & \text{and } |I^H_{t,x,y} - B^H_{t,x,y}| \leq T^H \\ & \text{and } (I^S_{t,x,y} - B^S_{t,x,y}) \leq T^S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $I_{t,x,y}$ 와 $B_{t,x,y}$ 는 입력 영상인 현재 프레임 t 에서 좌표 x, y의 H, S, V 성분의 픽셀 값과 배경 모델에서 좌표 x, y의 픽셀 값을 나타

낸다. 그리고 α, β, T^H, T^S 는 판정을 위해 사용된 임계치들이며, 실험적인 결과에 의해 결정된 임계치의 값들을 사용하였다.

그림자의 영향을 받은 배경 영역을 관찰해 볼 때 그림자에 민감한 휘도 성분은 밝기차가 크게 나타난다. 그러나 색차 성분은 변화가 적게 나타나며 일반적으로 그림자가 나타나는 영역 내 픽셀은 원래의 색상보다 어둡게 나타나게 되는 특징이 있다. 이러한 특징을 이용하여 아래 마스크를 생성하였다.

정확한 그림자 제거를 위해 관심물체 내 임의의 픽셀에 대해 아래 식(2)와 같이, RGB 색상과 Normalized RGB 색상 모델에서 R, G, r, 그리고 g성분을 구하여 그림자 픽셀을 판정한다.

$$SM^2_{(t,x,y)} = \begin{cases} 1 & \text{if } I^R_{t,x,y} < B^R_{t,x,y} \\ & \text{and } I^G_{t,x,y} < B^G_{t,x,y} \\ & \text{and } |I^r_{t,x,y} - B^r_{t,x,y}| \\ & + |I^g_{t,x,y} - B^g_{t,x,y}| \leq T_1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $I_{t,x,y}$ 는 현재 프레임 t 에서 좌표 x, y 의 R, G, r, g 성분의 픽셀 값과 $B_{t,x,y}$ 배경 모델에서 좌표 x, y의 R, G, r, g 픽셀 값을 나타낸다. T_1 은 판정을 위해 사용된 임계치이다.

최종적으로 그림자 픽셀인지 아닌지를 아래 식(3)을 이용하여 판단한다.

$$SD_{(t,x,y)} = \begin{cases} 1 & \text{if } SM^1_{(t,x,y)} \text{ and } SM^2_{(t,x,y)} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $SM^1_{(t,x,y)}$ 과 $SM^2_{(t,x,y)}$ 는 각각 식(1) 과 식(2)에서 그림자 픽셀로 판정된 픽셀이다.

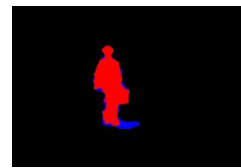


그림 3. 그림자 검출 결과 영상(frame #53)

그림 3은 식(3)을 적용한 후 물체 영역과 그림자 영역으로 판단된 결과 영상이다. 그림에서 보는 바와 같이 물체 영역으로 검출된 픽셀은 red 색상으로 표현되었고, 그림자 영역 뿐 만 아니라 모폴로지 연산으로 인해 물체영역으로 포함된 배경 영역의 픽셀값들도 blue 색상으로 표현되어 검출되어진 결과를 볼 수 있다.

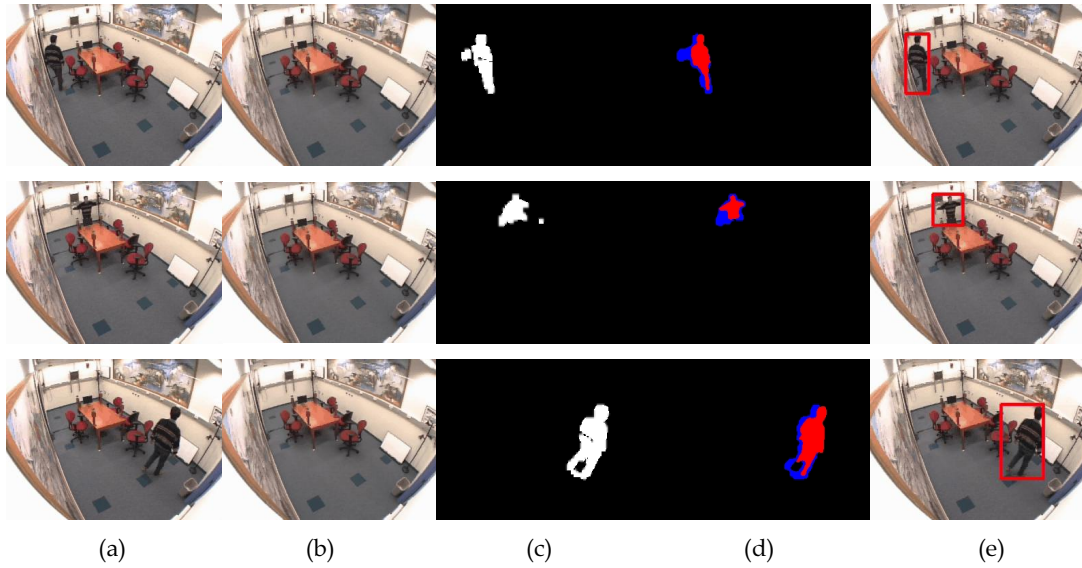


그림 5. 제안된 알고리즘에 대한 검출 결과
 : (a) 원 영상, (b) GMM이용한 배경 영상 모델, (c) 물체 검출, (d) 그림자 검출, (e) 물체 추적

물체 추적[3]에 있어 그림 4는 그림자 제거 전 (그림 4(a)) 보다 그림자 제거 후(그림 4(b))에 검출된 물체 영역이 좀 더 정확하게 바운딩 박스로 표현된 물체 영역이 검출된 것을 보여주고 있다.



그림 4. 물체 추적 결과 영상(frame #53)
 : (a) 그림자 제거 전 (b) 그림자 제거 후

III. 실험 및 결과

본 논문의 실험 동영상은 ATON 실험 영상 시퀀스를 사용하였다. 그림 1 부터 그림 4에 사용된 실험 동영상 Test 1은 352×240 크기이고, 그림5에 사용된 실험 동영상 Test 2는 320×240 크기의 영상이다. 실험 영상에서 15 frame/sec로 프레임을 획득하여 처리하였다. 개발환경은 Microsoft Visual C++ 6.0 통합개발 툴을 사용하였다.

그림 5는 실험 동영상 Test 2를 사용하여 제안 알고리즘에 대한 시간 경과에 따른 배경 영상 모델, 물체 검출, 그림자 추출 및 물체 추적 결과를 보여주고 있고, 그림5(d)에서 물체 영역과 그림자 영역이 검출된 후 그림자가 제거되고, 그림5(e)에서 올바른 추적이 된 결과를 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 비디오 감시 시스템에서 실시간 물체 검출 및 그림자 제거 알고리즘을 제안하였다. 정확한 물체 추적을 위해 관심물체 검출 단계에서 움직이는 물체에 포함되어있는 그림자 제거를 위해 휘도 성분 뿐만 아니라 변화가 적게 일어나는 색차 성분의 특징 정보를 이용하여 그림자 마스크를 이용하였다. 제안 알고리즘은 그림자 뿐만 아니라 모폴로지 연산으로 인해 검출된 배경 영역 픽셀 부분도 제거될 수 있음을 보였다.

향후 본 연구는 실내 환경 뿐만 아니라 실외 환경의 다양한 실험 영상 시퀀스를 이용해 물체에 포함된 그림자 제거를 위해 강건한 알고리즘 개발을 위한 연구가 필요할 것이다. 또한 추적된 관심물체를 인식하는 시스템 개발이나 지능형 교통정보 시스템에서 자동차와 같은 운송차량에 대한 연구에도 활용되어 질 수 있다.

참고문헌

- [1] Stauffer, C. and Grimson, W.E.L., " Adaptive background mixture models for real-time tracking," Computer Vision and Pattern Recognition, 246-252, 1999.
- [2] Kumar, P., Sengupta, K., and Lee, A., " A comparative study of different color spaces for foreground and shadow detection for traffic monitoring system," in Proceeding of IEEE Int'l Conf. on ITS., 100-105, 2002.

- [3] 이영숙, 정완영 “ 실시간 환경에서 노인들을 위한 고신뢰도 낙상 검출 시스템,” 한국해양정보통신학회논문지, Vol. 12, No. 2, 401-406, 2008.