

개선된 텍스처 정보를 이용한 갑작스러운 조명 변화에 강인한 이동 물체 탐지

오요한, 장형진, 김수완, 최진영
 서울대학교 공과대학 전기·컴퓨터공학부
 자동화시스템공동연구소

Moving Object Detection Robust to Sudden Illumination Change
 using Modified Texture Information

Yoe Han O, Hyung Jin Chang, Soo Wan Kim, Jin Young Choi

Department of Electrical Engineering and Computer Science, College of Engineering, Seoul National University
 Automation and System Research Institute (ASRI)

Abstract - Moving object detection is a fundamental technique in visual surveillance. Robust technique to enhance performance of moving object detection is required for several bad conditions in real external circumstance. In case of sudden illumination change in outdoor condition, many objects are determined as moving object though they are not really moving, but just their illumination changes. This makes the detection result untrustworthy. In this paper, robust moving object detector to sudden illumination change using gaussian mixture background model and new texture information using background from the weighted sum of recent images is proposed.

Keyword - 영상 감시, 이동 물체 탐지, 갑작스러운 조명 변화

1. 서 론

영상 감시에서 이동 물체 탐지는 기초 기술이다. 이동 물체 탐지 성능을 높이기 위해서는 실제 상황에서 벌어질 수 있는 악조건들에 대해 강인한 기술이 요구된다. 갑작스러운 조명 변화, 눈·비가 오는 상황, 이동 그림자가 이동 물체로 탐지되는 경우, 저조도·야간 환경 등이 그러한 문제들이다. 특히 실외 환경에서 구름이 지나가는 등 갑작스러운 조명 변화가 있을 경우에는 이동 물체가 아님에도 이동 물체로 탐지되는 물체가 늘어나고, 탐지 결과에 거짓 양성(false positive)이 많아진다.<그림 1>

갑작스러운 조명 변화에 강인한 이동 물체 탐지 방법으로는 다음과 같은 방법들이 있다. 순서 일관성(order consistency)[2]은 조명변화로 인한 픽셀 변화와 새로운 물체로 인한 픽셀 변화를 구분하나 계산량이 많다. 조명 정규화(illumination normalize)[3]는 조명 효과를 상쇄시키나, 학습에 수 일이 걸린다. 가우시안 혼합 배경 모델의 기울기 벡터의 가우시안 분포를 이용하는 방법[4]은 강인한 성능을 보이나 문턱값 조정에 따라 결과가 크게 좌우된다. 가우시안 혼합 배경 모델의 기울기 벡터를 텍스처 정보로 이용하는 방법[5]은 강인한 성능을 보이나 조명 변화 이후 거짓 양성이 늘어난다.

본 논문에서는 가우시안 혼합 배경 모델과 텍스처(texture) 정보를 이용하여 조명 변화에 강인한 이동 물체 탐지 방법을 기반으로 하여, 최근 영상들의 가중치 합으로 만든 영상의 기울기 벡터를 텍스처 정보로 사용하는 방법을 제안한다. 가우시안 혼합 배경 모델에서 갑작스러운 조명 변화 환경이라고 판단하면, 텍스처 정보를 동시에 이용하여 이동 물체 탐지를 수행한다. 조명 변화 이후 배경이 적응되는 동안 가우시안 혼합 배경 모델로 탐지한 이동 물체와 텍스처 정보로 탐지한 이동 물체를 합성한다. 실험 동영상으로는 PETS 2001 test set을 사용하였다.[6]

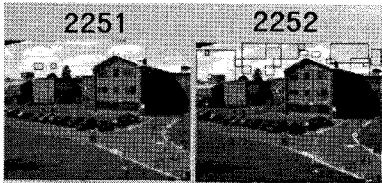


그림 1 갑작스러운 조명변화 전후의 탐지 결과

2. 본 론

2.1 텍스처 정보를 이용한 기존 알고리즘

2.1.1 가우시안 혼합 배경 모델의 기울기 벡터를 이용한 텍스처 정보

각 픽셀의 기울기 벡터 값은 픽셀 값에 비해 조명 변화에 대해 강인하다. 조명 변화로 인해 일어나는 거짓 양성의 텍스처의 대부분은 배경의 텍스처와 유사한 값을 갖기 때문이다. Tian et al. [5] 은 텍스처 유사측도(texture similarity measure)를 다음과 같이 정의하였다.

$$S(X) = \frac{\sum_{u \in W_x} 2 |g(I(u))| \cdot |g(B_g(u))| \cos\theta}{\sum_{u \in W_x} (|g(I(u))|^2 + |g(B_g(u))|^2)} \quad (식 3)$$

임의의 픽셀 X 에 대해서 W_x 는 X 를 중심으로 한 이웃 픽셀의 집합이고, g 는 Sobel 연산자(Sobel operator)로 기울기 벡터를 구하는 연산자이다. Sobel 연산자는 경계선 검출기(edge detector)로써 수평 방향과 수직 방향으로 픽셀 값이 작아지는 정도를 계산해준다. I 는 현재 영상이고, B_g 는 가우시안 혼합 배경 모델[1]의 배경 분포 중 가중치가 제일 큰 분포이다. θ 는 두 벡터 g 와 g_b 사이의 각이다. 기존 알고리즘을 <그림 2>의 다이어그램으로 도시하였다.

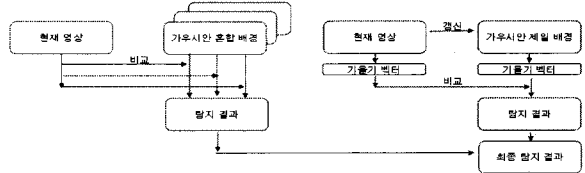


그림 2 Tian[5]의 물체 탐지 알고리즘

$S(X)$ 의 값이 클수록 두 기울기 벡터, g 와 g_b 가 유사하다고 볼 수 있으며, $S(X) = 1$ 일 경우, 기울기 벡터의 변화가 없으므로 텍스처 정보가 같다. 따라서 가우시안 혼합 배경 모델로 탐지된 전경 중 $S(X) \geq T_s$ (T_s : 문턱값)를 만족하는 픽셀은 배경으로 다시 분류된다.

2.1.2 기존 알고리즘의 한계

B_g 의 기울기 벡터는 조명 변화에 강인한 반면 조명 변화 과정 동안에는 탐지 결과 성능이 떨어진다. 조명 변화 과정 동안의 B_g 의 기울기 벡터는 두 가지 문제를 갖는다. 먼저 B_g 가 비균일하게 변한다. <그림 3>는 B_g 가 조명 변화 과정에서 적응해 가는 영상이다. 폭발(영상 좌측하단)이나 도로(원편중앙에서 오른쪽하단 방향)는 B_g 가 균일하였다가, 갑작스러운 조명 변화 동안 각 픽셀들이 점진적으로 면적의 일부부터 비균일하게 변한다.



<그림 3> 갑작스러운 조명 변화 과정 동안의 B_g

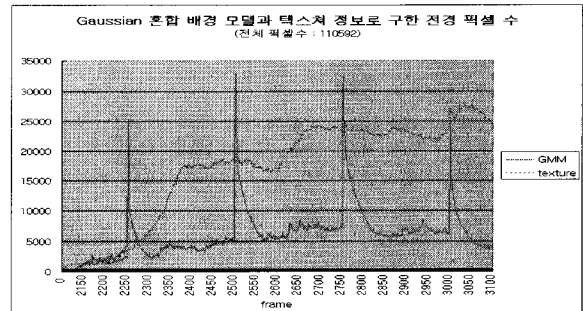


그림 4 가우시안 혼합 배경 모델과 텍스처 정보로 구한 전경 픽셀 수

‘비균일하다’는 것은 같은 색상과 밝기를 지닌 일정한 영역이(풀밭이나 도로 등) 픽셀 별로 다른 색상 또는 다른 밝기를 지닌다는 것이다. 배경이 ‘균일하다’는 것은 같은 색상과 밝기를 지닌 일정한 영역이 픽셀 별로 유사한 색상과 유사한 밝기를 지닌다는 것이다. 비균일한 배경으로는 배경으로 분류될 영역이 전경으로 분류되어 많은 거짓 양성(誤警)이 탐지된다. 이는 가우시안 혼합 배경 모델이 임의의 픽셀 X 의 변화에 W_x 가 영향을 미치지 않는 모델이어서, 이웃한 픽셀 간 적응 과정이 각자 진행되기 때문이다. (식 1)에서 볼 수 있듯 픽셀 X 의 분포는 해당 픽셀의 이전까지의 평균과 표준편차 등에 의해 결정될 뿐, 다른 이웃 픽셀과 무관하다.

다음으로 갑작스러운 조명 변화 과정에서 B_g 로 구한 텍스처 정보에서 전경으로 탐지하는 픽셀 수가 조명 변화가 있을 때마다 점진적으로 늘어난다. <그림 4> 그 결과 텍스처 정보의 탐지결과를 신뢰할 수 없게 된다.

2.2 개선된 텍스처 정보를 이용한 알고리즘

2.2.1 텍스처 정보의 개선

최근 영상들의 가중치 합 B_{ws} 의 기울기 벡터를 현재 영상의 기울기 벡터와 비교하면, 이 배경의 텍스처 정보는 갑작스러운 조명 변화 과정에서도 균일하다. <그림 5> 각 프레임 내에서 텍스처가 균일하기 때문에 최근 영상들의 가중치 합(weighted sum) 역시 균일하기 때문이다. 또한 B_{ws} 의 기울기 벡터로 구한 텍스처 정보에서 전경으로 탐지하는 픽셀 수는 조명 변화에 영향을 받지 않았다.

$$B_{ws} = \sum_{i=1}^n w_i I_i, \left(\sum_{i=1}^n w_i = 1 \right) \quad (식 4)$$

$$S(X) = \frac{\sum_{u \in W_x} 2 |g(I(u))| \cdot |g(B_{ws}(u))| \cos \theta}{\sum_{u \in W_x} (|g(I(u))|^2 + |g(B_{ws}(u))|^2)} \quad (식 5)$$



<그림 5> 갑작스러운 조명 변화 과정 동안의 최근 영상들의 가중치 합

2.2.2 가우시안 혼합 배경 모델과 텍스처 정보의 합성

가우시안 혼합 배경 모델에서 전경으로 탐지한 픽셀 수를 기준으로 ‘정상 상태’에서는, 가우시안 혼합 배경 모델로 탐지를 수행하였다. 문턱값 이상의 전경 픽셀(pixel) 수가 감지되면 ‘조명 변화 상태’로 판단하여 텍스처 정보를 이용한 전경을 함께 고려하여 탐지를 한다. 가우시안 혼합 배경 모델의 탐지 결과가 갑작스러운 조명 변화의 영향을 적게 받는다고 감지되면 다시 가우시안 혼합 배경 모델만으로 탐지를 수행한다. 개선된 알고리즘을 <그림 6>의 다이어그램으로 도시하였다.

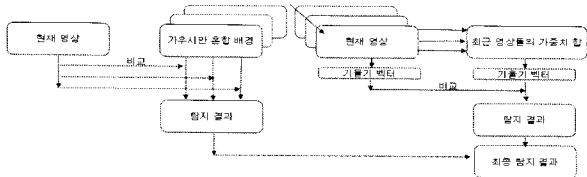


그림 6 제안한 물체 탐지 알고리즘

2.3 실험 결과

2.3.1 조명 변화에 강한 여부

<그림 7>에서 보듯이 2252 2502 2752, 3002 프레임에서 갑작스러운 조명 변화가 감지되고 그 이후의 50~70 프레임 동안 조명 변화의 영향으로 전경 픽셀 수가 조명 변화 이전에 비해 480%에서 300%까지 늘어난다. 실험 결과 비교를 위해 2251 프레임(갑작스러운 조명 변화 감지 직전), 2252 프레임(감지 직후), 2315 프레임(감지 이후 63 프레임째)의 결과를 도시하였다. <그림 7> (a)-i, (b)-ii, (c)-iii의 빨간 사각형이 최종 탐지 결과이다.

<그림 7>의 2252 프레임에서 (b)와 (c)를 보면 텍스처 정보를 이용하였을 때의 조명 변화 상황에서의 탐지 결과가 조명 변화에 강한 것을 알 수 있다. 그에 비해 같은 프레임에서 (a)처럼 가우시안 혼합 배경 모델만 사용한 경우는 거짓 양성(誤警)이 굉장히 많았다.

2.3.2 조명 변화에 적응하는 동안 정확한 탐지 여부

텍스처 정보로 B_g 의 기울기 벡터를 사용했을 때와 최근 영상들의 가중치 합의 기울기 벡터를 사용했을 때는 조명 변화에 적응하는 과정에서 차이가 났다. <그림 7 (b), (c)>의 2315 프레임에서 텍스처 정보로 B_g 의 기울기 벡터를 사용한 경우는 풀(좌측 하단)과 도로(우측 하단) 부분이 거짓 양성으로 탐지되었다. (b)-iii 하지만 최근 영상들에서 얻은 배경의 기울기 벡터를

텍스처 정보로 사용하였을 때인 (c)-iii에서는 이동 물체인 사람 영역만을 정확하게 잡아내는 것을 알 수 있다. Matlab으로 구현한 성능은 384x288 해상도의 동영상에 대해 2.660Hz dual Pentium D 컴퓨터에서 정상 상태의 경우 2.2 fps, 조명 변화 상태의 경우 1.1 fps의 처리속도로 수행하였다.

3. 결론

가우시안 혼합 배경 모델과 새롭게 제안한 텍스처 정보를 이용한 이동 물체 탐지는 갑작스러운 조명 변화가 있는 상황에서도 강한 성능을 보였다. 본 연구의 한계로는 물체 탐지를 위한 임계값 조정이 필요하다는 점과 조명 변화가 영상의 일부에만 일어날 때 알고리즘의 성능을 보장할 수 없다는 점이다. 본 연구의 차후 과정은 다음과 같다. 1) 최근 영상들의 가중치 합 이외의 방법으로 텍스처를 구한다. 2) 갑작스러운 조명 변화에 강한 다른 특징(feature)과 가우시안 혼합 배경 모델을 합성한다. 3) 실내 환경에서의 갑작스러운 조명 변화에 적용한다.

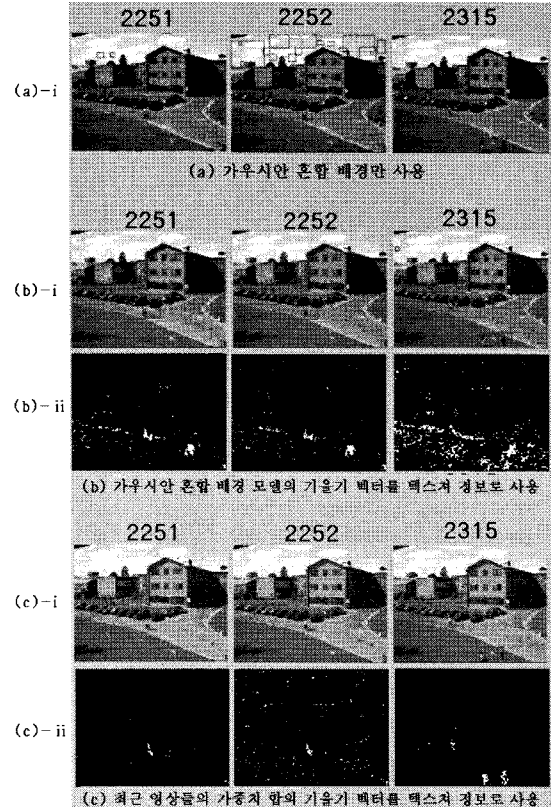


그림 7 i) 가우시안 혼합 배경 모델의 탐지 결과와 ii)의 결과를 합성한 최종 탐지 결과 ii) 텍스처 정보의 탐지 결과

[참고 문헌]

- [1] Stauffer and Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society, Vol. 2, pp.246-252, 1999.
- [2] Xie et al, "Sudden illumination change detection using order consistency", Image and Vision Computing, Vol. 22, Issue 2, pp. 117-125, February 2004.
- [3] Matsushita et al. "Illumination Normalization with Time-dependent Intrinsic Images for Video Surveillance", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 26, No. 10, pp.1336-1347, October 2004.
- [4] Javed et al, "A hierarchical approach to robust background subtraction using color and gradient information", Motion and Video Computing, pp.22-27, 2002..
- [5] Tian, Lu, and Hampapur, "Robust and Efficient Foreground Analysis for Real-Time Video Surveillance", Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on, Vol. 1, pp.1182- 1187, 2005.
- [6] "PETS2001 Datasets", <http://www.cvg.cs.rdg.ac.uk/PETS2001/pets2001-dataset.html>