

주기성 배경을 위한 개선된 MOG 알고리즘

정용석 · 오정수*

Improved MOG Algorithm for Periodic Background

Yong-seok Jeong · Jeong-su Oh*

Department of Image Science & Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-737, Korea

요 약

기존 MOG (Mixture of Gaussian) 알고리즘에서 배경 결정을 위한 작은 임계치는 주기적인 배경에서 배경 인식 지연을 발생시키고, 큰 임계치는 고정 배경에서 지나가는 객체를 배경으로 인식하게 한다. 본 논문은 적응적인 임계치를 이용한 개선된 MOG 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 MOG 알고리즘의 주도적인 배경 모델에서 가중치 변화를 단·장기적으로 평가하고, 배경을 정적 배경과 주기성 배경으로 분류하여 그들에 적절한 임계치를 설정한다. 실험결과들은 제안된 알고리즘이 정적 배경에서 기존 알고리즘과 동등한 성능을 유지하면서 주기성 배경에서 배경 인식 지연의 최대 프레임수를 137에서 4로 줄여주는 것을 보여주고 있다.

ABSTRACT

In a conventional MOG algorithm, a small threshold for background decision causes the background recognition delay in a periodic background and a large threshold makes it recognize passing objects as background in a stationary background. This paper proposes the improved MOG algorithm using adaptive threshold. The proposed algorithm estimates changes of weight in the dominant model of the MOG algorithm both in the short and long terms, classifies backgrounds into the stationary and periodic ones, and assigns proper thresholds to them. The simulation results show that the proposed algorithm decreases the maximum number of frame in background recognition delay from 137 to 4 in the periodic background keeping the equal performance with the conventional algorithm in the stationary background.

키워드 : MOG, 배경영상, 감시카메라, 객체검출

Key word : MOG, Background image, Surveillance camera, Object detection

접수일자 : 2013. 06. 03 심사완료일자 : 2013. 07. 01 게재확정일자 : 2013. 07. 22

* **Corresponding Author** Jeong-su Oh (E-mail: ojs@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-6414)

Department of Image Science & Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-737, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.10.2419>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

공공 장소의 안전이나 산업적 요구에 의해 감시 시스템은 지속적으로 발전하고 있다. 기존 감시 시스템과 달리 최근 감시 시스템은 컴퓨터 비전을 이용한 지능적인 감시 시스템으로 발전하고 있다[1-3]. 지능적 감시 시스템의 핵심적인 요소는 배경과 객체를 분리하는 것이다. 이를 위한 대표적인 알고리즘으로 시간영역의 평균 (average)이나 중간 (median)을 이용하는 단순한 알고리즘들과 MOG, KDE (Kernel Density Estimators)와 같이 다소 복잡한 알고리즘들이 있다[4-8]. MOG 알고리즘은 모든 화소들에서 시간 영역에 대해 혼합 가우시안 모델 (GMM, Gaussian Mixture Model)을 적용하여 배경을 모델링하고, 객체를 검출하는 알고리즘이다. 이는 배경을 하나 이상의 가우시안 모델로 구성되었다고 가정하고 있어 신호등, 물결의 출렁임, 나뭇잎의 흔들림 등과 같이 지속적으로 변하는 배경에 잘 적응하여 배경과 객체를 효율적으로 분리한다[7,8].

본 논문은 MOG 알고리즘에서 배경을 결정하는 임계치가 정적 배경과 주기성 배경에 주는 영향을 분석하고, 배경에 따른 임계치를 결정하는 알고리즘을 제안한다. 작은 임계치의 MOG 알고리즘은 정적 배경에서는 적절하게 동작되나 주기성 배경에서는 배경을 일정 시간 객체로 인식하는 인식 지연이 발생하고, 큰 임계치의 MOG 알고리즘은 주기성 배경에서는 인식 지연은 매우 짧으나 정적 배경에서 지나가는 객체를 배경으로 잘못 인식하는 문제를 갖는다. 그래서 제안된 알고리즘은 배경을 밝기 변화가 없거나 짧은 시간동안 많은 정적 배경과 일정 시간동안 밝기 변화가 제한적인 주기성 배경으로 구분하여 배경에 따라 적절한 임계치를 지정하여 기존 알고리즘의 문제를 해결하고 있다. 실험 결과들은 제안된 알고리즘이 주어진 동영상에서 배경을 적절하게 구분하여 정적인 배경에 영향을 주지 않으며 주기성 배경에서 인식 지연을 최소화 하는 것을 보여줄 것이다.

II. 기존 알고리즘

2.1. MOG 알고리즘

MOG 알고리즘은 모든 화소들에서 시간 영역의 화소 밝기를 K 개의 가우시안 모델로 모델링하여 배경과

객체를 구분한다. 각 화소에서 K 개 가우시안 모델은 식 (1)과 같이 표현된다[6,8].

$$P(X_t) = \sum_{k=1}^K \omega_{k,t} \eta(X_t, \mu_{k,t}, \Sigma_{k,t}) \quad (1)$$

$$\eta(\cdot) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} |\Sigma_{k,t}|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{k,t})^T \Sigma_{k,t}^{-1} (X_t - \mu_{k,t})}$$

여기서 $X_t, \mu_{k,t}, \Sigma_{k,t}, \omega_{k,t}$ 는 시간 t 와 모델 k 에서 각각 화소 밝기와 모델의 평균, 공분산 행렬, 가중치이다. K 개의 가우시안 모델 중 식 (2)을 만족하는 모델은 배경으로 결정된다.

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{k=1}^b \omega_k > TH \right) \quad (2)$$

여기서 k 는 주도적인 모델의 순서로 ω/σ 로 결정되고, K 와 TH 는 각각 3~5과 2.5~7.5 사이 값을 주로 사용한다. 한편 각 화소의 가우시안 모델의 변수들은 시간에 따라 갱신하기 위해 식 (3)을 사용한다[6,8].

$$\begin{aligned} \omega_{k,t+1} &= (1-\alpha)\omega_{k,t} + \alpha M_{k,t} \\ \mu_{k,t+1} &= (1-\rho)\mu_{k,t} + \rho X_t \\ \sigma_{k,t+1}^2 &= (1-\rho)\sigma_{k,t}^2 + \rho(X_t - \mu_t)^T (X_t - \mu_t) \\ \rho &= \alpha \eta(X_t, \mu_{k,t}, \Sigma_{k,t}) \approx \alpha / \omega_{k,t} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $M_{k,t}$ 는 정합되는 모델에서 1, 그렇지 않으면 0이고, 모델 변수의 갱신은 정합되는 모델에서만 이루어진다.

2.2. 영상에서 배경

일반적으로 영상에서 배경은 고정된 객체들로 생성된 장면으로 밝기가 일정 범위 안에서 유지된다. 그러나 깃발처럼 반고정된 객체가 움직이거나 신호등처럼 고정된 객체의 밝기가 주기적으로 변하는 경우 역시 배경으로 인식이 필요하다. 본 논문에서 전자를 정적 배경, 후자를 주기성 배경으로 정의한다. 그림 1은 실험 동영상에서 한 화소의 시간에 따른 밝기 변화를 임의의 영역에서 추출하여 보여주고 있다. 정적 배경인 도로의 화소에서 객체가 지나가면 매우 짧은 시간동안 급격한 밝기 변화가 생기는 것을 보여주고 있고, 주기성 배경인 신호등의 화소에서는 밝기 변화가 긴 시간동안 주기적으로 발생하는 것을 보여주고 있다.

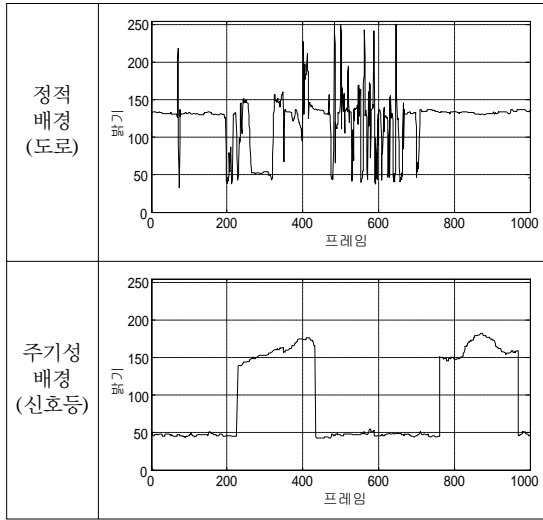


그림 1. 화소의 밝기
Fig. 1 Level at a pixel

2.3. 배경 결정을 위한 임계치

MOG 알고리즘에서 배경은 식 (2)에 보듯이 모델들의 가중치 합과 임계치 TH에 의해 결정된다. 정적 배경에서 객체가 없을 때는 주도적인 실제 배경 모델의 가중치가 1에 근접하나 객체가 들어오면 객체 모델의 가중치가 증가하면서 주도적인 모델이 없어진다. 긴 주기

성 배경에서는 두 배경 모델이 교대로 주도적인 모델이 되어 가중치 역시 교대로 1에 근접한다. 큰 TH를 사용하는 경우 가중치 합이 TH 이상이 되기 위해 다수의 모델을 배경으로 사용할 가능성이 높아지고, 작은 TH를 사용하는 경우 한 모델의 가중치만으로도 TH보다 커질 가능성이 높고 이전 배경 모델의 가중치가 크면 TH 이하로 떨어질 때까지 주도적인 모델로 유지되어 새로운 배경이 인식되지 못한다. 그림 2는 이러한 특성을 보여 주고 있다. 주기성 배경에 작은 TH인 경우 이전 모델의 큰 가중치가 TH 이하도 떨어질 때까지 새로운 배경을 객체로 인식하는 배경 인식 지연이 발생하나 큰 TH인 경우 이전 모델의 가중치가 쉽게 TH에 접근하여 배경 인식 지연이 발생하지 않는다. 정적 배경에 큰 TH인 경우 주도적인 모델이 없어 두 개 이상의 모델을 배경으로 인식하므로 객체들도 쉽게 배경으로 잘못 인식하나 작은 TH인 경우 주도적인 모델 하나만을 배경으로 인식하므로 실제 배경을 적절하게 인식한다.

III. 개선된 MOG 알고리즘

제안된 알고리즘은 모델 변화가 정적 배경에서는 짧은 시간동안 자주 발생하고 주기성 배경에서 긴 시간에

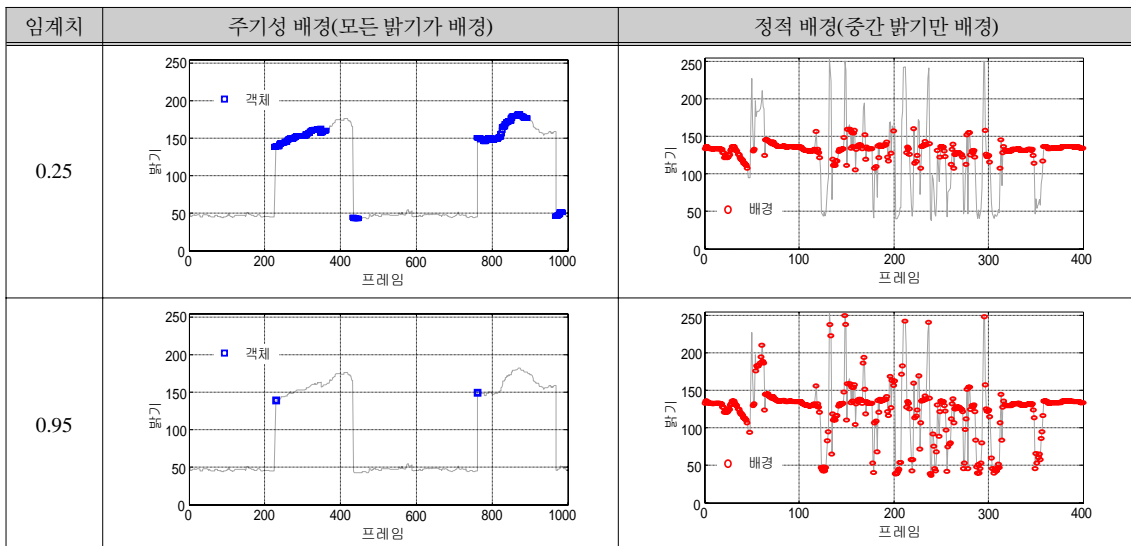


그림 2. 임계치 TH의 영향
Fig. 2 Effect of TH

걸쳐 발생하는 사실과 가우시안 모델이 배경으로 유지될 때 모델 가중치는 증가하고 일시적으로 객체가 배경에 들어올 때 가중치가 감소하다 다시 증가하는 사실에 근거하여 제안되었다. 그래서 제안된 알고리즘은 단기와 장기적으로 모델 가중치 변화를 평가하여 배경을 정적 배경과 주기성 배경으로 구분하고 임계치를 설정하여 기존 알고리즘을 개선하고 있다. 그림 3에 블록도를 보여주고 있다.

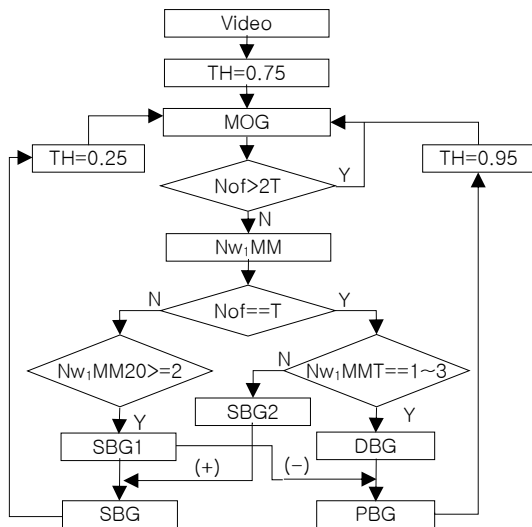


그림 3. 제안된 알고리즘의 흐름도
Fig. 3 Flow chart for the proposed algorithm

제안된 알고리즘은 초기 TH를 기존 논문에서 많이 사용하는 0.75를 사용하였고, 모델 가중치 변화를 평가하기 위해 두 변수를 사용하고 있다. Nw_1MMT 는 배경 모델이 바뀔 때마다 주도 모델의 가중치에서 발생하는 극대극소의 수로 T 프레임 동안의 장기적 가중치 변화의 평가 값이고, Nw_1MM20 는 Nw_1MMT 를 이용해 10 프레임 주기로 계산된 20 프레임 단위의 단기적 가중치 변화의 평가 값이다. 여기서 T는 주기성 배경의 주기를 고려해 설정된 값으로 500을 사용하였다.

Nw_1MM20 를 이용한 단기 평가는 2T 프레임까지 수행되면서 정적인 배경(stationary background, SBG1)을 지속적으로 검출하고, Nw_1MMT 를 이용한 장기 평가는 T 번째 프레임에서 정적인 배경(SBG2)과 비정적인 배경(dynamic background, DBG)을 검출한다. 비정적인 배경은 주기성 배경과 주기성 배경 조건을 만족하는 정

적 배경을 포함한다. 따라서 최종적인 정적 배경(SBG)과 주기성 배경(periodic background, PBG)은 식 (4)와 같이 결정된다. 알고리즘은 배경이 분류되는 순간 배경에 따라 TH를 0.25와 0.95로 갱신한다.

$$SBG = SBG1 \cup SBG2$$

$$PBG = DBG - (DBG \cap SBG2) \quad (4)$$

IV. 실험 결과 검토

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 그림 4과 같이 주기성 배경이 포함된 동영상에 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘을 적용하고 있다. 실험 영상은 640×360 해상도에 8Hz 프레임 주파수를 갖는 동영상이다.



그림 4. 실험 동영상
Fig. 4 Experimental video

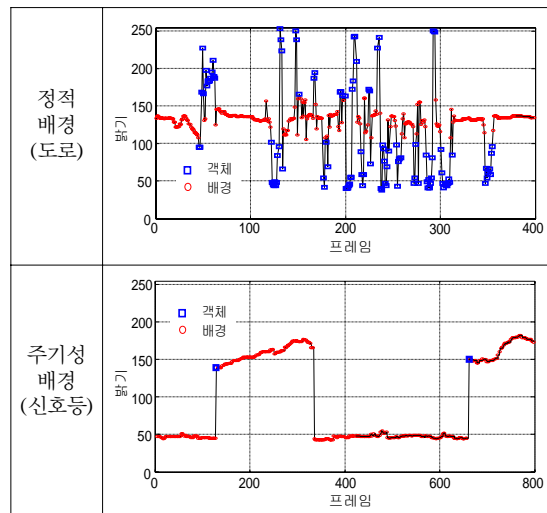


그림 5. 배경과 객체 분리
Fig. 5 Classification of backgrounds and objects

그림 5는 그림 1에 보여준 화소들에 제안된 알고리즘에 적용한 결과를 보여주고 이다. 기존 알고리즘에 의해 생성된 그림 2와 비교할 때 정적 배경에서는 배경에 끼어드는 객체를 잘 검출하고 있는 것을 보여주고 있고, 주기성 배경에서는 배경 인식 지연이 거의 없는 것을 보여주고 있다. 이는 제안된 알고리즘이 배경에 따라 적절한 임계치를 지정한 결과이다.

표 1. 주기성 배경에서 잘못된 검출
Table. 1 Wrong detection in periodic background

알고리즘	MOG25	MOG75	PROP
평균 화소수	21.03	8.93	6.02

프레임#	MOG25	MOG75	PROP
688			
704			
707			
776			
814			
819			

그림 6. 주기성 배경에서 객체
Fig. 6 Object in periodic background

그림 6은 처리된 동영상에서 주기성 배경인 신호등을 포함한 부분 영상을 중요 프레임 단위로 보여주고 있다. 프레임 #688은 적색 신호등(왼쪽)이 꺼지면서 녹색 신호등(오른쪽)이 켜지는 순간이다. 이상적으로 신호등은 배경이므로 객체로 검출되어서는 안 된다. 그러나 그림에 보이는 것처럼 기존 MOG 알고리즘에서 TH가 작을수록 적색 신호등이 오랫동안 객체로 검출되는 것을 보여주고 있다. 녹색 신호등이 적색 신호등보다 오래 유지되는 것은 이전 배경 모델의 긴 유지 시간에 의해 나타나는 배경 인식 지연이다. TH=0.75인 기존 알고리즘(MOG75)에서 프레임 #776의 녹색 신호등은 큰 차량이 카메라 밑을 지나갈 때 카메라의 자동 밝기 조

절에 의해 일시적으로 밝기에 영향을 주어 객체로 인식하는 것이다. 반면 제안된 알고리즘(PROP)은 주기성 배경에 TH=0.95를 설정하여 배경 모델 전이를 1,2 프레임으로 줄이고 있다. 따라서 TH=0.25인 기존 알고리즘(MOG25)에서 최대 137 프레임의 배경 인식 지연이 발생하는데 제안된 알고리즘에서는 최대 4 프레임으로 줄여주고 있다. 표 1은 동영상 프레임 #501~프레임 #1487의 그림 6에 보여준 영역에서 검출된 객체의 평균 화소수를 비교하고 있다. 기존 알고리즘에 비해 제안된 알고리즘은 객체를 매우 적게 검출하는 것을 확인할 수 있다.

알고리즘	프레임# 958
MOG25	
MOG75	
PROP	

그림 7. 정적 배경에서 객체
Fig. 7 Object in stationary background

표 2. 그림 7의 영상에서 객체 화소수
Table. 2 Number of object pixels in Fig 7

알고리즘	MOG25	MOG75	PROP
객체 화소수	7477	6288	7466

그림 7은 처리된 동영상의 특정 프레임 #958에서 정적 배경에서 객체 검출 결과를 보여주고 있다. 앞에서 언급한 것처럼 TH=0.25인 기존 MOG 알고리즘은 정적 배경에서 객체를 적절하게 잘 검출하는 것을 보여주고 있으나 TH=0.75인 기존 MOG 알고리즘은 객체의 일부를 손실되는 것을 보여주고 있다. 표 2는 그림 7의 영상에서 검출된 객체의 화소 수를 비교하고 있다. 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘의 좋은 조건과 동등한 결과(약 0.15% 차이)를 보여주고 있다.

V. 결 론

기존 MOG 알고리즘은 큰 임계값일수록 정적 배경에서 일시적으로 발생하는 객체를 배경으로 인식하고, 작은 임계값일수록 주기성 배경에서 일정 시간동안 배경을 객체로 인식하는 인식 지연 문제를 갖고 있다. 본 논문은 기존 MOG 알고리즘의 주도 배경 모델의 가중치 변화를 단기/장기적으로 평가하여 배경을 밝기 변화가 거의 없거나 짧은 시간동안 발생하는 정적 배경과 주기적으로 밝기 변화가 발생하는 주기성 배경으로 구분하여 적절한 임계치를 설정하여 기존 알고리즘을 개선하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 정적 배경에서 기존 알고리즘과 동등하게 객체를 검출하면서 주기성 배경에서 최대 137 프레임의 배경 인식 지연을 최대 4 프레임으로 줄이고 있다.

REFERENCES

[1] R. Cucchiara, C. Grana, A. Prati, G. Tardini and R. Vezzani, "Using computer vision techniques for dangerous situation detection in domotics applications," Proc. of IEE IDSS, pp

1-5, 2004.
 [2] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, and J. Malik, "A Real-Time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters," Proc. of IEEE CVPR, pp. 495 - 502, 1997.
 [3] M. Valera and S. A. Velastin, "Intelligent distributed surveillance systems: A review," Proc. of IEE VISP, vol. 152, no. 2, pp. 192 - 204, Apr. 2005.
 [4] B.P.L. Lo and S.A. Velastin, "Automatic Congestion Detection System for Underground Platforms," Proc. of IMVSP, pp. 158-161, 2001.
 [5] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. Prati, "Detecting Moving Objects, Ghosts, and Shadows in Video Streams," IEEE Trans. on PAMI, vol. 25, no. 10, 2003.
 [6] C. Stauffer, and W. Grimson, "Learning Patterns of Activity Using Real-time Tracking," IEEE Trans on PAMI, vol. 22, no. 8, Aug. 2000.
 [7] A. Mittal, and N. Paragios. "Motion-based Background Subtraction Using Adaptive Kernel Density Estimation." Proc. of IEEE CVPR, vol. 2 pp. 302-309, 2004.
 [8] P.W. Power and J.A. Schoonees, "Understanding background mixture models for foreground segmentation," Proc. of image and vision computing, vol. 2002, pp. 267-271, 2002.



정용석(Jeong-su Oh)

연세대학교 대학원 전기공학과 공학석사
Univ. de Limoges(France) 전자공학과 공학박사
현재 부경대학교 이미지시스템공학과
※관심분야 : 광영상 취득, 광정보처리



오정수(Jeong-su Oh)

중앙대학교 대학원 전자공학과 공학석사
중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 공학박사
현재 부경대학교 이미지시스템공학과
※관심분야 : 디지털영상처리, 비디오영상처리, 적외선 신호처리