



Pedestrian Detection and Tracking for Intelligent Video Surveillance

Gwang-Seok Lee¹, Young-Sub Kim²

¹*Department of Electronic Engineering, Gyeongnam National University*

²*SignalWorks, Co., Ltd.*

ABSTRACT

In the development of detection and trace system, the algorithms for it are generally classified into three methods. These are background image based method, temporal differencing based method, and probability based method. Of them all, difference based method is used the most because it is easy for implement and efficient, and it is divided into recursive one and non-recursive one. Gaussian complex model is suggested in typical recursive method, and eigen background in typical non-recursive one. This research propose the trace technology to the detected object after selecting pedestrian as the region of interest in the multi-object environment contained progressive input video of the video collection device of the digital camera or CCTV. After this method separate object from background using the excluded MAMF (Modified-AMF) to the processing of the positively curved region in the typical background technique, AMF (Approximated Median Filtering), and choose region of interest to the image contained various objects effectively as combining the characteristic image using magnitude of the region distribution contained spatial properties and statistical properties, and improved trace of the detected object effectively as applying CAMShift (Continuously Adaptive Meanshift) algorithm to the selected region of interest for the improvement of the calculation speed.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Background separation, Selection of region of interest, BGS (Background Subtraction) algorithms, Object trace using CAMShift

ARTICLE INFO : Received 28 October 2014, Revised 12 December 2014, Accepted 12 December 2014.

1. 서론

*Corresponding author is the CEO of *Signal Works, Co., Ltd.*, 409 industry-academy government, Nam-Gu, Busan, 608-711, KOREA.

E-mail address: kys@signalworks.co.kr

지능형 영상감시(IVS: Intelligent Video Surveillance) 시스템은 영상정보에서 다양한 감시 대상을 인식

하고 이들의 행동을 분석해서 감시 목적에 부합하는 행동이 감지될 경우 이를 감시자에게 즉각 경고하고 사전 조치를 취하도록 하는 시스템을 말한다[1][2].

일반적으로 움직임 객체의 검출과 추적을 위한 알고리즘은 배경영상의 차 기반 방법, 시각적 차이 기반 방법 및 확률기반 방법이 있으며 그 중 배경영상 차 기반 방법은 구현하기가 간단하면서도 성능이 좋기 때문에 가장 많이 사용되고 있으며 재귀적 방법과 비 재귀적 방법으로 나눌 수 있다. 대표적인 재귀적 방법으로는 가우시안혼합모델이 있고 비재귀적 방법으로는 고유배경이 있다. 하지만 가우시안 혼합모델[3]의 경우에는 알고리즘의 복잡한 구조 때문에 배경모델을 만드는 속도가 느리고 고유배경[4]의 경우에는 배경모델을 만들기 위해 N 개의 이전 프레임을 유지 하고, 이들 프레임의 통계적 특성에 의존한 배경모델을 추정함으로써 계산량이 많은 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 효과적인 배경분리기법으로 기존의 AMF 알고리즘을 수정한 MAMF를 제안하고 검출된 다중 객체들 중에서 보행자만을 추적하기 위해 공간특성 및 통계적 특성을 포함한 특징 이미지를 이용하여 여러 후보 객체들 중에서 보행자만을 관심영역으로 선택하여 검출한다.

또한 검출된 객체의 추적을 위해서는 매 프레임마다 수행되는 배경분리 기술과 특징 이미지를 이용한 객체분류의 계산량을 줄이기 위해 CAMShift 알고리즘을 적용함으로써 검출된 객체의 추적에 따른 연산을 효율적으로 개선하였다.

2. 배경 분리

2.1 배경 모델링 알고리즘

배경분리 알고리즘은 크게 전처리, 배경모델링,

전경 검출 및 후처리로 구성되며 이중 배경모델링 알고리즘의 특성은 배경모델을 정의하고 갱신하는 방법에 따라 재귀적 방법과 비재귀적 방법으로 나눌 수 있으며 <표 1>에서는 방법과 구조에 따른 알고리즘의 분류를 보여준다.

표 1. 배경분리 알고리즘의 분류
Table 1. A classification of BGS algorithms

분 류	알 고 리 즘
재귀적 방법	GMM[3], RGA[5], AGMM[6], AMF[7]
비재귀적 방법	EigBg[4], Median[8], Mediod[9]
통계적 구조	Median, AGMM, RGA, GMM
비통계적 구조	EigBg, Mediod, AMF

일반적으로 비재귀적 방법이 재귀적 방법보다 더 많은 메모리를 요구하지만 재귀적 방법으로 가능하지 않은 데이터의 상황을 모델링 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.2 MAMF 알고리즘

McFarlane 등에 의해 제안된 AMF는 식 1과 같은 갱신 식을 이용하여 중앙값을 추정하고 이를 위해 재귀필터를 사용한다[7].

$$B_{t+1}^c = \begin{cases} B_t^c + 1 & \text{if } I_t^c > B_t^c \\ B_t^c - 1 & \text{if } I_t^c < B_t^c \\ B_t^c & \text{if } I_t^c = B_t^c \end{cases} \quad (1)$$

여기서 B , I , c 및 t 는 각각 배경, 현재 프레임, 채널 및 그 때의 시간을 의미한다. <그림 1>은 본 연구에서 제안하는 MAMF의 흐름도이다. 밀접하게 위치한 객체들의 구별을 위하여 사용되는 긍정곡선 영역 (Positively curved region)에 대한 처리가 배제되었다. 하지만 긍정곡선 영역은 객체의 내부가 복잡하고 색상의 변화가 심하면 긍정 곡선 영역은 추출된 이전 전경 분할 마스크의 손상을 일으킨다.

따라서 이와 같은 긍정곡선 영역의 단점 때문에 <그림 1>과 같이 기존의 AMF에서 이 기술에 대한 처리를 배제하도록 AMF알고리즘을 수정하여 이전 전경 분할 마스크를 추출하였다. 그런 다음 추출된 마스크는 체인코딩을 통해 객체 내부의 빈 공간들을 처리한 뒤, 움직이는 객체의 영역을 배경으로부터 분할하였다.

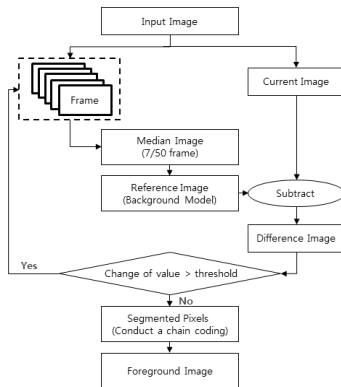


그림 1. MAMF 흐름도

Figure 1. The processing flowchart of MAMF

3. 특징 이미지를 이용한 객체분류

3.1 특징 추출

식 1과 같이 배경분리를 통해 검출된 이미지 I 로부터 획득 되어진 픽셀에 대한 임의의 사상에 대해 $M \times N \times d$ 차원의 특징 이미지 $fi(x,y)$ 을 구성하고 이것의 공분산 행렬을 생성하여 보행자 검출에 이용한다.

$$fi(x,y) = \psi(I,x,y) \quad (2)$$

식 2에서 ψ 는 칼라 이미지에 대한 각각의 색상치 (R, G, B), x 에 대한 변화량: I_x , y 에 대한

변화량: I_y , 또는 필터응답과 같은 각 픽셀에 대한 사상으로 높은 차원의 미분계수, 이미지 원점에서의 반지름 거리 및 각도, 그리고 주어진 이미지 영상이 동영상일 경우 영상 프레임 사이의 차이 값 등을 포함하여 확장 할 수 있다. 식 3은 주어진 영역에 대한 특징의 $d \times d$ 공분산 행렬을 나타낸다.

$$CR = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (z_k - \mu)(z_k - \mu)^T \quad (3)$$

이때 μ 는 n 개의 픽셀을 포함하는 이미지 내의 영역에 대한 특징들의 평균벡터이고 $\{z_k\}_{k=1 \dots n}$ 는 영역내의 d 차원 특징벡터이다. 공분산 행렬은 객체 분류에 자주 사용되어진 통계적 접근 방법보다 그것이 가지는 대칭성으로 인해 단지 $(d^2 + d)/2$ 의 서로 다른 값을 가짐으로서 낮은 차수를 유지할 수 있다. 본 연구에서는 공간특성으로서의 기능인 픽셀 좌표와 통계적 특성으로서의 기능인 각 픽셀 값 그리고 그것으로부터 획득되어진 x 와 y 에 대한 일차 및 이차 미분계수를 통한 특징 벡터 z_k 을 식 4와 같이 구성한다.

$$z_k = [r(x',y') \ I(x,y) \ I_x(x,y) \ I_y(x,y) \ I_{xx}(x,y) \ I_{yy}(x,y)] \quad (4)$$

식 4에서 (x',y') 는 영역중심에 대한 상대좌표이며 $r(x',y')$ 는 영역중심으로부터 (x',y') 까지 거리로서 식 5와 같이 정의된다.

$$r(x',y') = (x'^2 + y'^2)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

3.2 유사도 측정

다수의 이동 물체 영역 중에서 추적코자 하는

목표 객체 영역을 선택하기 위해서 다수의 후보 영역들과 목표객체의 공분산 행렬사이의 유사도를 측정한다. 두 개의 공분산 행렬의 유사성을 측정키 위해 거리척도, 식 6을 이용한다[10].

$$\rho(C_1, C_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \ln^2 \lambda_i(C_1, C_2)} \quad (6)$$

식 6의 $\lambda_i(C_1, C_2)$ 는 식 7로부터 계산된 공분산 행렬 C_1 과 C_2 의 일반화된 고유치이다.

$$\lambda_i C_1 x_i - C_2 x_i = 0, \quad i = 1 \dots d \quad (7)$$

그리고 0이 아닌 x_i 는 고유벡터이다. $\rho(C_1, C_2)$ 의 값은 작을수록 두 공분산 행렬의 유사성이 높은 것이며 만약 $C_1 = C_2$ 면, $\rho = 0$ 을 나타낸다.

4. CAMShift를 결합한 전체 시스템

4.1 CAMShift을 이용한 객체 추적

CAMShift 알고리즘은 MeanShift 알고리즘의 정지영상-색 분할 알고리즘을 비디오 영상으로 확장한 알고리즘이다. 그러나 MeanShift 알고리즘은 그 복잡한 계산량 때문에 실시간 처리에서는 부적합하므로 본 연구에서는 CAMShift 방법이 사용되었으며 다음과 같이 동작한다.

① 탐색 윈도우의 초기위치, 크기를 정한다.

② 컬러 확률 분포를 계산하고 탐색 윈도우의 중심을 찾기 위해서 MeanShift 알고리즘을 수행한다. 이때 객체의 크기 및 각도는 탐색 윈도우 내 컬러 확률 분포의 1차 및 2차 모멘트를 계산하여 구할 수 있으며, 1차 모멘트는 식 8, 그리고 2차 모멘트는 식 9와 같이 계산한다.

$$M_{10} = \sum_x \sum_y x I(x, y) \quad M_{01} = \sum_x \sum_y y I(x, y) \quad (8)$$

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y) \quad M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y) \quad (9)$$

여기서 $I(x, y)$ 는 (x, y) 위치에서의 픽셀값을 나타내고 계산 편의를 위해 중간 변수들 a, b 및 c 를 식 10과 같이 정의한다.

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2, \quad b = 2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \right), \quad c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \quad (10)$$

여기에서 x_c, y_c 는 식 11과 같고 이는 영역의 평균을 의미하며 M_{00} 는 0차 모멘트이다.

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (11)$$

탐색 윈도우 내에 검출된 컬러 확률분포의 가로(w), 세로(l)는 식 12와 13과 같이 계산된다.

$$w = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (12)$$

$$l = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (13)$$

③ 다음 프레임에서 탐색 윈도우의 위치와 크기를 ②에서 얻은 가로와 세로의 중심으로 이동한다.
④ 새로운 탐색 윈도우에 대하여 MeanShift 알고리즘이 수렴할 때까지 ②~③ 과정을 반복한다.

CAMShift 알고리즘을 적용하기 위해서는 위의 수행과정 중 ①과 같이 초기탐색 윈도우의 크기와 위치를 지정해 주어야 하는 알고리즘이다. 따라서 이런 점을 보완키 위해 먼저 배경과 객체를 분리

하고 검출된 다수의 객체들 중에서 특징 이미지를 이용해 보행자만을 선택하고 선택된 목표객체의 위치를 자동으로 할당하게 하였다.

4.2 CAMShift를 결합한 전체 시스템

본 연구에서는 MAMF를 이용하여 다수의 이동 객체에 대한 후보영역을 제시하고 특징 이미지를 이용해 목표 객체만을 선택한 뒤 CAMShift의 추적 방법을 결합한 고속의 객체 선택 및 추적 시스템을 제안한다. <그림 2>는 제안 알고리즘의 전체 흐름도이다.

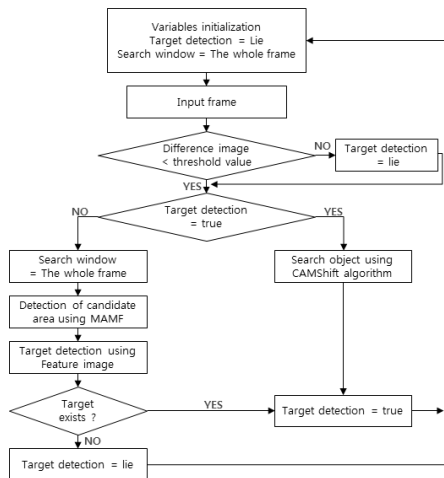


그림 2. 고속 객체 검출 및 추적 시스템
Figure 2. A high speed object detection and tracking system

5. 실험 및 결과

제안한 방법의 성능평가는 1920×1080 크기의 동영상 스트림에서 행하였다. 시스템 사양은 Intel® Core i7-4700MQ CPU @2.40GHz, 16GB RAM에서 수행되었으며 실험 데이터는 PETS 2006 표준 데이터를 이용하였다.

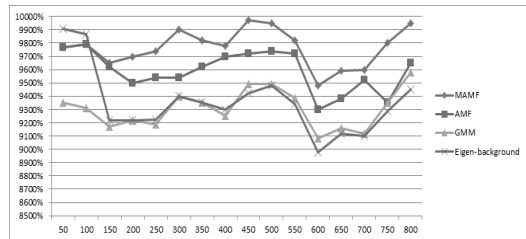


그림 3. 배경분리기법에 따른 픽셀정확도
Figure 3. A pixel accuracy in BGS techniques

<그림 3>은 적응 가우시안 혼합모델과 고유배경 그리고 본 연구에서 제안하는 MAMF에 대한 성능평가 곡선으로서 픽셀 정확도면에서 제안된 MAMF는 조명변화로 인하여 발생하는 작은 움직임과 같은 잡음에 강인함을 확인할 수 있었다.



그림 4. 이진 전경 이미지
Figure 4. Binary foreground segmentation image

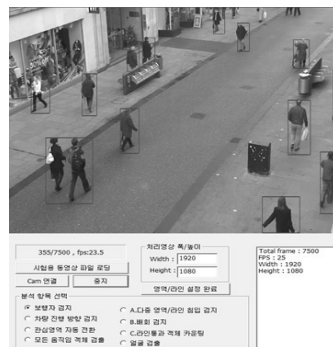


그림 5. 실험을 위한 시뮬레이션 도구
Figure 5. Simulation Tool for experiment

<그림 4>는 비디오 입력신호에 대하여 MAMF를 통해 배경과 전경객체를 분리한 뒤 특징 이미지를 이용하여 보행자만을 검출한 이진 전경 이미지를 보여준다. <그림 5>는 전체 실험을 위한 시뮬레이션 도구이다.

6. 결 론

본 연구에서는 실시간으로 객체검출 및 추적을 고속으로 수행하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 AMF 알고리즘을 수정한 MAMF를 이용하여 다수 이동객체에 대한 후보영역을 제시하고 물체의 공간적, 통계적 속성이 내재된 특징 이미지를 이용하여 목표객체만을 선택한 후 CAMShift의 추적방법을 결합함으로써 고속객체검출 및 추적이 가능토록 하였다. 본 시스템은 탐색 윈도우에 대한 크기의 제약 없이 추정된 영역들의 비교연산이 가능하였으며 또한 CAM Shift알고리즘을 결합함으로써 매 프레임마다 수행되는 배경분리 및 특징 이미지의 비교연산을 피하고 객체영역을 예측하여 제시함으로써 기존 객체 추적 방법을 효율적으로 개선하였다.

References

[1] J. K. Aggarwal, and O. Cai, *Human motion analysis. computing vision and image understanding*, Vol. 73, No. 3, pp. 428-440, 1999.

[2] W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, *A survey on visual surveillance of object motion and behaviors*, System, Man and Cybernetics, Part C, Vol. 34, No. 3. 2004.

[3] C. Stauffer, and W. Grimson, *Adaptive background mixture models for real-time tracking*, In CVRP99, Vol. 2, pp. 252, 1999.

[4] N. Oliver, B. Rosario, and A. Pentland, *A bayesian computer vision system for modeling human interactions*, IEEE PAMI, 22: pp. 831-843, 2000.

[5] C. R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, A. P. Pentland, and P. FINDER, *Real-time tracking of the human body*, IEEE PAMI, pp. 780-785, 1997.

[6] Z. Zivkovic, and F. van der Heijden, *Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction*, Pattern Recognition Letter, 27(7): pp. 773-780, 2006.

[7] N. McFarlane, and C. Schofield, *Segmentation and tracking of piglets in image*, MVA, 8: pp. 187-193, 1995.

[8] S. Calderara, R. Melli, A. Prati, and R. Cucchiara, *Reliable background suppression for complex scene*, In VSSN06, pp. 211-214, 2006.

[9] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. A Prati, *Detecting moving objects, ghost, and shadows in video stream*, IEEE PAMI, 25(10): pp. 1337-1342, 2003.

[10] W. Forstner, and B. Moonen, *A metric for covariance matrices*, Technical report, Dept. of Geodesy and Geoinformatics, Stuttgart University, 1999.

지능형 영상감시를 위한 보행자 검출과 추적

이광석¹, 김영섭²

¹경남과학기술대학교 전자공학과

²(주)시그널웍스 대표이사

요 약

일반적으로 움직임 객체의 검출과 추적을 위한 알고리즘들은 세 가지 방법론으로 분류될 수 있다. 이들은 배경영상의 차 기반 방법, 시각적 차이 기반 방법 및 확률 기반 방법이다. 그 중 배경 차 기반 방법은 구현하기가 간단하면서도 성능이 좋기 때문에 가장 많이 사용되고 있으며 크기는 재귀적 방법과 비재귀적 방법으로 나눌 수 있으며 대표적인 재귀적 방법으로는 가우시안 혼합모델이 있고 비재귀적 방법으로는 고유배경이 있다. 본 연구에서는 디지털 카메라 또는 CCTV와 같은 영상 수집 장치의 프로그래시브 입력영상이 포함하는 다중객체 환경에서 보행자만을 관심 영역으로 선택한 뒤 검출된 객체를 추적하는 기술을 제안한다. 이 방법은 대표적인 배경분리기법인 AMF에서 긍정곡선영역에 대한 처리가 배제된 MAMF를 이용하여 배경과 객체를 분리함으로써 향상된 전경 분할 마스크를 추출한다. 또한 공간속성

및 통계적 속성을 포함하는 지역분산 크기를 이용한 특징 이미지를 결합함으로써, 다양한 객체들이 포함된 영상에 대하여 보행자만을 관심영역으로 선택할 수 있도록 하였다. 마지막으로 계산 속도를 향상시키기 위해 선택된 관심영역에 대해서는 CAMShift 알고리즘을 적용함으로써 검출된 객체의 추적을 효율적으로 개선하였다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.



Gwang Seok Lee

received the bachelor's degree in electronic engineering from the Dong-A University in 1983. He received the

M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Engineering from Dong-A University in 1985 and 1992, respectively. He has been a professor in the Department of Electronic Engineering at Gyeongnam National University since 1995. His current research interests include artificial intelligence, intelligent systems, biometrics. He is a life member of the KKITS.

E-mail address: kslee@gntech.ac.kr



Young Sub Kim received the bachelor's degree in computer engineering from the DongMyung University in 2005. He received the M.S. degree and the Ph.D.

degree in the Department of Electronic Engineering from Dong-A University in 2007 and 2013, respectively. He has been a CEO in Signal Works, Co., Ltd. His current research interests include artificial intelligence, image processing and recognition systems and biometrics. He is a regular member of the KKITS.

E-mail address: kys@signalworks.co.kr