

야간 적외선 카메라를 이용한 객체 검출 및 추적

최범준* · 박장식* · 송종관* · 윤병우*

Object Detection and Tracking with Infrared Videos at Night-time

Beom-Joon Choi* · Jang-Sik Park* · Jong-Kwan Song* · Byung-Woo Yoon*

요 약

본 논문에서는 야간 CCTV 영상을 활용하여 보행자를 검출하고 추적하는 방법을 제안하고 추적 성능을 분석한다. 유사 Haar 특징을 이용하여 Adaboost 알고리즘으로 학습하고 종속분류기로 객체를 검출한다. 파티클 필터를 활용하여 검출된 보행자를 추적한다. 야간 CCTV 영상에 대하여 파티클 필터의 객체 추적에 효율적인 파티클 수와 분포를 실험을 통하여 제시하였다. 골목길 등에서 취득한 야간 CCTV 영상에 대하여 검출과 추적 성능을 검증하였다.

ABSTRACT

In this paper, it is proposed to detect and track pedestrian and analyse tracking performance with nighttime CCTV video. The detection is performed by a cascade classifier with Haar-like feature trained with Adaboost algorithm. Tracking pedestrian is performed by a particle filter. As results of experiments, it is introduced that efficient number of particles and the distributions are applied to track pedestrian at the night-time. Performance of detection and tracking is verified with nighttime CCTV video that is obtained at alleys etc.

키워드

Object Detection, Object Tracking, Adaboost Algorithm, Particle filter, Night-Time CCTV video
객체 검출, 객체 추적, 영상 분석, 에이다부스트 알고리즘, 파티클 필터

1. 서 론

컴퓨터 비전분야에서 객체 검출(Object detection)과 객체 추적(Object tracking)은 자동 보안 감시 시스템(Auto security monitor system), 스마트 자동차 시스템(Smart vehicle system) 등의 분야에서 다양하게 이용되고 있고 많은 연구가 이루어져 왔다[1-3].

야간 또는 폭설, 폭우 등의 복잡한 배경과 객체의 외형, 자세, 색상 등에 의해 객체 검출 및 추적 시스

템의 성능은 크게 영향을 받는다. 주간 영상의 경우 객체의 형태가 명확하여 객체의 윤곽, 그림자 등 검출되는 특징이 다양한 반면, 야간 영상에서는 낮은 조도로 인해 객체 주변 요소 보다 높은 휘도를 가진 전광판 및 가로등으로 인하여 객체의 특징 검출이 제한되어 객체의 검출과 추적이 어렵다[4-5]. 야간 영상에 대하여 Wang 등은 GMM 배경추정(background estimation)과 SVM(Support Vector Machine) 알고리즘을 이용하여 야간 객체 즉, 보행자를 검출하고, 밝기값

* 경성대학교 전자공학과(beomjoon3, jsipark, jsong, bwyoonyoon@ks.ac.kr)

** 교신저자(corresponding author) : 경성대학교 교수(jsipark@ks.ac.kr)

접수일자 : 2014. 11. 28

심사(수정)일자 : 2015. 01. 16

게재 확정일자 : 2015. 02. 09

(intensity)과 경계선(edge)을 특징점으로 하는 파티클 필터(Particle filter)로 추적하는 방법을 제안하였다[4]. Xu 등은 객체 검출을 위하여 SVM을 사용하고, Kalman 필터를 이용하여 객체를 추적하는 방법을 제안하였다[5].

본 논문에서는 적외선 카메라를 사용하여 야간 영상의 제한적인 객체 특징 검출을 보완하고, 카메라로부터 얻은 적외선 이미지(Infrared image)에서 Ada-boost 알고리즘과 파티클 필터를 이용한 객체 검출 및 추적기법을 제안한다. 파티클 필터를 이용하여 객체를 추적할 때, 파티클의 개수, 파티클의 분포와 파티클 간의 거리에 따라서 성능의 변화가 있다. 특히, 파티클의 개수는 추적 성능과 계산량에 영향을 많이 주게 된다. 본 논문에서는 야간 영상에 대하여 객체 즉, 보행자를 추적하는데 있어 적절한 파티클의 개수, 분포 그리고 거리를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 일반적으로 파티클 개수는 100개 를 사용하여 객체를 추적한다. 분석 결과 30개의 파티클로도 추적이 가능함을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 객체 검출 및 추적 알고리즘으로 종속 분류기(Cascade classifier)를 위한 유사 Haar 특징(Haar-like feature) 생성 방법과 이로부터 객체를 검출하는 방법을 설명하였고, HSV 히스토그램 특징을 이용한 파티클 필터로 객체를 추적하는 방법을 설명하였다. 3장에서는 다양한 야의 시나리오에서 객체 검출 결과 및 파티클의 개수, 분포 변화에 따른 추적 실험을 수행한 결과를 보였다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술하였다.

II. 객체 검출 및 추적 알고리즘

2.1 Adaboost 알고리즘

Freund와 Schapire[6,7](1996)에 의해 처음 소개된 Adaboost는 Schapire와 Singer[8](1999)에 의해 일반화 되었다.

Adaboost 알고리즘은 유사 Haar 특징들과 분류기들의 가중치를 변화시키면서 약한 분류기(Weak classifier)를 조합하여 하나의 강력한 분류기로 만들겠다는 알고리즘이다. Adaboost는 부스팅(Boosting)의 한

종류로 약한 분류기를 이용하여 샘플들을 인식하고, 오분류된 샘플에 대해서는 가중치를 증가시키고, 다음 약한 분류기에 반영하여 우선적으로 분류하게 된다. 오분류를 한 분류기에 대해서는 가중치를 감소시킨다. 결국 최종적인 강한 분류기는 각 단계에서 생성된 약한 분류기들의 조합으로 구성된다.

2.2 파티클 필터

파티클 필터는 비선형 시스템의 상태를 예측하는 대표적인 방법으로 다양한 분야에 적용될 수 있기 때문에 신호 및 영상처리, 로봇 등의 많은 분야에서 널리 사용되고 있다[10-13]. 파티클 필터는 확률분포를 관측으로부터 주어지는 가중치를 가지는 N 개의 샘플 $S = \{(X_t^{(n)}, \pi_t^{(n)}) | t = 1, \dots, N\}$ 로 근사화 하여 사용한다. 여기서 $X_t^{(i)}$ 는 파티클을 나타내며, $w_t^{(i)}$ 는 각 파티클에 대응되는 가중치(weight)를 나타낸다. 선택되었던 각 샘플들은 전파(propagate)과정을 통하여 변화되며 구해진 샘플들에 대해 $w_t^{(i)}$ 을 구하고 이를 이용하여 추정(estimate)단계에서 결정 된다[13]. 관측(observe) 단계에서는 각 샘플에서 추적 목표(target)과 유사한 정도를 구하는 관측 확률을 추정하고, 그에 따른 가중치를 부여한다[14]. 그림 1은 파티클 필터 추적과정을 나타내며, 한 프레임의 영상마다 그림 2의 단계가 수행된다.

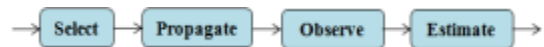


그림 1. 파티클 필터 추적 과정
Fig. 1 Tracking stage of particle filter

파티클 필터를 사용함에 있어서 파티클의 개수와 파티클 분포를 조절하는 일은 적용하는 상황에 따라 매번 고려되어야 한다. 파티클 필터는 샘플들을 바탕으로 동작하기 때문에 파티클의 수가 어느 정도 이상은 필요하다. 하지만 파티클의 수가 많아지면 알고리즘의 시간복잡도가 매우 커지게 되는 문제점이 있고 추적하고자 하는 객체에 대해 파티클이 제대로 분포하지 않게 되면 파티클 필터는 동작하지 않게 된다. 따라서 본 논문의 실험 결과에서는 파티클의 개수와 분포를 시험 영상에 맞게 조절 하는 과정을 보였다.

2.3 야간 영상에 대한 객체 검출 및 추적

야간 영상에 대한 보행자의 검출과 추적을 위하여 Adaboost 알고리즘과 파티클 필터를 이용하는 방법을 제안한다. 그림 2는 야간 영상기반의 객체 검출 및 추적에 대한 전체 알고리즘의 흐름도이다.

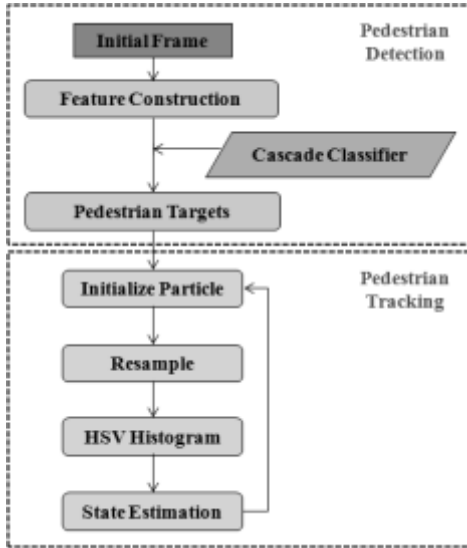


그림 2. 객체 검출 및 추적 흐름도
Fig. 2 Flow chart of object detection and tracking

야간 영상의 제한적인 객체 특징 검출을 보완하기 위하여 적외선 카메라로부터 얻은 이미지로 학습데이터를 생성하였다. 생성한 적외선 이미지 학습 데이터에서 객체의 유사 Haar 특징을 얻고 중속 분류기를 수행함으로써 객체를 검출한다. 검출된 객체로부터 리샘플링 과정과 HSV 히스토그램 특징을 이용하여 객체를 추적한다.

본 논문에서는 시험 영상에 대하여 파티클의 개수와 파티클의 분포를 최적화 하였으며 RGB 히스토그램 대신 HSV 컬러 히스토그램을 사용하였고 조도변화에 강한 특성을 갖도록 각 컬러 값에 대하여 $8 \times 8 \times 4$ bin을 할당하여 색상(Hue)과 채도(Saturation) 변화보다 명도(Value) 변화에 민감하지 않도록 하였다.

III. 객체 검출 및 추적 실험 결과

본 논문에서는 골목길(Alley), 놀이터(Playground),

지자체시설(Local facility), 문화재 시설(Cultural properties)에서 객체로부터 근거리, 중거리, 원거리 카메라로 나누어 영상을 취득하여 야간 객체 검출 및 추적 실험을 하였다. 실험에 사용된 시험 영상은 480×320 픽셀이며 30 frame/sec의 규격을 가진다. 개발환경은 Intel(R) Pentium(R) CPU G2020 @ 2.90GHz, 4GB RAM, Window7 PC에서 Visual Studio2010과 인텔의 OpenCV 2.4.9 API를 사용하였다.



그림 3. Adaboost 알고리즘 학습을 위한 긍정 영상
Fig. 3 Positive images for training Adaboost

그림 3은 학습에 사용된 긍정 영상(Positive image)의 일부분이다. 본 논문에서는 1,016장의 이미지를 사용하였다.



그림 4. Adaboost 알고리즘 학습을 위한 부정 영상
Fig. 4 Negative images for training Adaboost

그림 4는 학습에 사용된 부정 영상(Negative image)의 일부분으로 1,000장의 이미지를 사용하였다.



(a) Alley(near)

(b) Alley(far)



(c) Playground(near)

(d) Alley(far)

그림 5. 다양한 시나리오에서 객체 검출 결과
Fig. 5 Detection results for different scenarios

그림 5는 골목길과 놀이터 장소에서 객체를 검출한 결과이다. 그림 5의 (a), (b), (c)는 객체를 정확히 검출하였고 그림 5의 (d)는 3명의 보행자 중에 2명만 검출한 결과로 검출에 실패한 결과를 보여준다.

표 1. 다양한 공간에서 객체 검출율
Table 1. Detection rates of various places

Location	Number of frame	Detection frame
Alley(near)	1,970	368
Alley(far)	2,299	250
Playground(near)	3,004	531
Playground(far)	1,738	305
Local facilities(near)	2,100	431
Cultural properties(near)	2,358	524
Cultural properties(far)	2,547	101

표 1는 시나리오별 검출율을 보여준다. 프레임 수 (Number of frame)는 영상에서 검출하고자 하는 객체가 나타난 프레임의 의미한다. 실험 결과 원거리보다 근거리에서 객체 검출율이 더 높게 나타나는 것을 알 수 있다.



그림 6. 객체 추적 결과
Fig. 6 Result of object tracking

그림 6은 보행자가 골목길을 배회하는 영상에서 객체를 추적한 결과이다. 객체를 추적한 결과는 타원으로 나타냈으며, 타원안의 점은 파티클의 개수와 분포를 나타낸다.

그림 7은 파티클의 개수(Particle)를 변화함에 따라 객체를 추적하는 결과이다. 파티클의 갯수를 100개, 50개, 30개 그리고 5개로 하였을 때, 파티클의 갯수를 30

개로 감소시켰을 때에도 정상적으로 추적할 수 있음을 확인하였다. 그림 8는 추적하는 객체의 중간으로 부터 파티클을 표준편차(STD_D, standard deviation)를 변화시키며 추적 결과를 비교한 것이다. 표준편차를 1.0, 0.1, 0.05 그리고 0.005로 변화시킨 결과 0.005로 분포하였을 때 추적하지 못함을 확인하였다. 파티클의 분포를 그림 9는 각 파티클 사이의 거리 분포(noise_xy)를 변화시키며 객체를 추적한 결과이다. 거리 분포가 0.005로 작아졌을 때, 추적을 못하였다. 일반적으로 100개 정도의 파티클을 생성하여 추적을 하지만 야간영상에서 실험결과 파티클은 30개를 생성하여도 야간 영상에서 객체를 정상적으로 추적할 수 있음을 확인하였다. 이는 파티클 필터를 활용한 추적에서 파티클의 개수가 많으면 계산량이 많아지기 때문에 적은 파티클 개수를 생성함으로써 계산량이 향상됨을 확인할 수 있다.

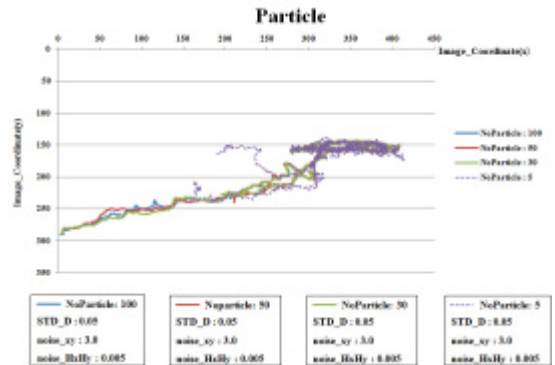


그림 7. 파티클 개수 변화에 따른 추적 결과
Fig. 7 Tracking result with number of particle

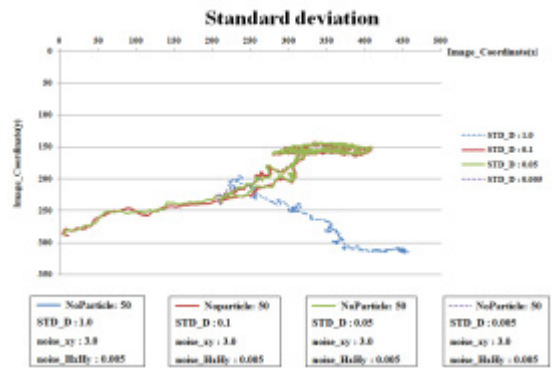


그림 8. 표준편차 변화에 따른 추적 결과
Fig. 8 Tracking result with number of particle

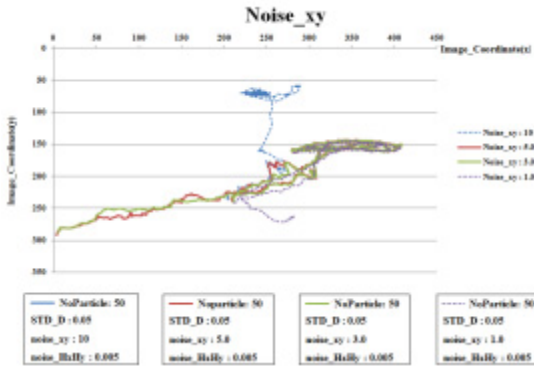


그림 9. Noise_xy 변화에 따른 추적 결과
Fig. 9 Tracking result with number of particle

IV. 결론

본 논문에서는 야간에 시민의 안전을 위한 CCTV 보안시스템을 구현하기 위하여 야간에 획득한 CCTV 영상으로부터 보행자를 검출하고 추적하는 알고리즘을 개발하였다. 야간 영상에 대한 보행자 검출을 위하여 유사 Haar 특징점을 활용하여 Adaboost 훈련 알고리즘을 적용한다. HSV 히스토그램을 이용한 파티클 필터를 활용하여 객체를 추적하는 방법을 제안하였다. 특히, 계산량을 고려한 효율적인 보행자 추적을 위하여 야간 영상에 적합한 파티클 필터의 파티클 수와 분포를 시뮬레이션을 통하여 설정하였다. 다양한 공간에서 획득한 야간 영상에 대하여 객체 검출 및 추적 시뮬레이션 결과, 객체의 검출과 추적 성능이 우수함을 확인하였다. 향후 야간영상에서 객체의 겹침 현상에 대응할 수 있는 방안과 다중 객체 추적에 대한 연구를 진행하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 미래창조과학부에서 지원받은 산업원천기술개발사업으로 수행된 연구임([1004526]) HD급 다중 영상기반 상황인지형 모니터링 및 검색 시스템 개발.

제5단계 BB(Brain Busan)21사업으로 “차세대 디스플레이용 고분자 소재 및 ICT융합시스템 연구개발” 과제에의 결과임

References

- [1] D. Geronimo, A. M. Lopez, A. D. Sappa, Member, IEEE, and T. Graf, “Survey of Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems,” *IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, no. 7, July. 2010, pp. 1239-1258.
- [2] D. Xia, H. Sun and Z. Shen, “Real-time Infrared Pedestrian Detection Based on Multi-block LBP,” In *Proc. Int. Conf. Computer Application and System Modeling*, vol. 12, 2010, pp. 140-142.
- [3] M. Bertozzi, A. Broggi, C. Caraffi, M. Del Rose, M. Felisa and G. Vezzoni, “Pedestrian detection by means of far-infrared stereo vision,” *Computer Vision and Image Understanding* 106, 2007, pp. 194-204.
- [4] J. T. Wang, D. B. Chen, H. Y. Chen and J. Y. Yang, “On pedestrian detection and tracking in infrared videos,” *Pattern Recognition Letters* 33, 2012. pp. 775 - 785.
- [5] F. Xu, X. Liu, and K. Fujimura, “Pedestrian Detection and Tracking With Night Vision,” *IEEE Tran. Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, no. 1, March. 2005, pp. 63-71.
- [6] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,” In *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR)*, 2001, pp. 511-518.
- [7] Y. Freund and R. E. Schapire, “A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and An Application to Boosting,” *J. of Computer and System Sciences*, vol. 55, no. 1, 1997, pp. 119-139.
- [8] R. Schapire and Y. Singer, “Improved boosting algorithms using confidence-rated predictions,” *Machine Learning*, vol. 37, no. 3, 1999, pp. 297-335.
- [9] P. Viola and M. Jones, “Robust Real Time Face Detection,” In *proc IEEE Workshop on Statistical*

and Computer Theories of Vision(ICCV), 2001, pp. 137-154.

- [10] I. S. Kim and H. Shin, "A Study on Development of Intelligent CCTV Security System Based on BIM," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 5, 2011, pp. 789-795.
- [11] M. Isard and A. Blake, "CONDENSATION - Conditional Density Propagation for Visual Tracking," *Int. J. on Computer Vision* vol. 29, no. 1, 1998, pp. 5-28.
- [12] S. Noh, T. Kim, N. Ko, and Y. Bae, "Particle filter for correction of GPS location data of a mobile robot," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, 2012, pp. 381-389.
- [13] K. Nummiaro, E. Koller-Meier, and L. V. Gool, "A color-based particle filter," *In Proc. of 1st Int. workshop on generative-model-based vision*, 2002, pp. 53-60.
- [14] J. K. Song, "Improvement of Tracking Performance of Particle filter in Low Frame Rate Video," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 143-148.

저자 소개



최범준(Beom-Joon Choi)

2013년 경성대 전자공학과 졸업(공학사)
2013년 9월~현재 경성대학교 전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : 신호처리, 영상처리 및 이해



박장식(Jang-Sik Park)

1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1994년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1997년 3월~2011년 2월 동의과학대학 전자과 교수
2011년 3월~현재 경성대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 영상처리 및 이해, 임베디드시스템



송종관(Jong-Kwan Song)

1989년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사)
1991년 KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 8월 KAIST전기및전자공학과 졸업(공학박사)
1995년 9월~1997년 2월 SK 텔레콤 중앙연구소 선임연구원
1997년 3월~현재 경성대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 디지털신호처리, 디지털신호처리 응용 등임



윤병우(Byung-Woo Yoon)

1987년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1993년~1995년 한국전자통신연구원 선임연구원
1995년~현재 경성대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 신호처리, 영상처리, VLSI설계, 소나 시스템