Regular paper

Journal of the KIECS. pp. 169-174, vol. 13, no. 1, Feb. 28 2018, t. 87, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2018.13.1.169

안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템 구현

박장식*

Implementation of Smart Video Surveillance System Based on Safety Map

Jang-Sik Park*

요 약

시민들의 안전을 위한 영상통합관제센터에는 수많은 CCTV 카메라가 연결되어 많은 채널의 영상을 소수의 관제사가 관제하는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 많은 채널의 영상을 효과적으로 관제하기 위하여 안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템을 제안한다. 안전지도는 범죄 발생 빈도를 데이터베이스로 구축하고, 범죄 발생 위험 정도를 표현하고, 범죄 취약 계층인 여성이 범죄 위험 지역으로 진입하면 영상통합관제센터의 관제사가 주목할 수 있도록 한다. 성별 구분을 보행자 검출 및 추적 그리고 딥러닝을 통하여 성별을 구분한다. 보행자 검출은 Adaboost 알고리즘을 이용하고, 보행자 추적을 위한 확률적 데이터 연관 필터(probablistic data association filter)를 적용한다. 보행자의 성별을 구분하기 위하여 비교적 간단한 AlexNet를 적용하여 성별을 판별한다. 실험을 통하여 제안하는 성별 구분 방법이 종래의 알고리즘에 비하여 성별 구분에 효과적임을 보인다. 또한 안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템 구현 결과를 소개한다.

ABSTRACT

There are many CCTV cameras connected to the video surveillance and monitoring center for the safety of citizens, and it is difficult for a few monitoring agents to monitor many channels of videos. In this paper, we propose an intelligent video surveillance system utilizing a safety map to efficiently monitor many channels of CCTV camera videos. The safety map establishes the frequency of crime occurrence as a database, expresses the degree of crime risk and makes it possible for agents of the video surveillance center to pay attention when a woman enters the crime risk area. The proposed gender classification method is processed in the order of pedestrian detection, tracking and classification with deep training. The pedestrian detection and tracking uses Adaboost algorithm and probabilistic data association filter, respectively. In order to classify the gender of the pedestrian, relatively simple AlexNet is applied to determine gender. Experimental results show that the proposed gender classification method is more effective than the conventional algorithm. In addition, the results of implementation of intelligent video security system combined with safety map are introduced.

키워드

Safty Map, Video Surveillance, Adaboost Algorithm, Probablistic Data Association, Deep Learning
안전 지도, 영상 보안, Adaboost 알고리즘, 확률적 데이터 연관, 딥러닝

* 경성대학교 교수 (Email) : jsipark@ks.ac.kr
* 교신저자 : 경성대학교 전자공학과
• 접 수 일 : 2018. 01. 28
• 수정완료일 : 2018. 02. 06
• 게재확정일 : 2018. 02. 15
• Received : Jan. 28, 2018, Revised : Feb. 06, 2017, Accepted : Feb. 15, 2018
• Corresponding Author : Jang-Sik Park
Dept. Electronic Engineering, Kyungsung University,
Email : jsipark@ks.ac.kr

Ⅰ. 서 론

군사시설 및 기간 시설의 보안 감시를 위하여 주로 사용되던 CCTV카메라[1]는 시민의 안전을 위하여 생활 공간 주변에 설치가 증가하고 있다. 국내에서는 기초자치단체 단위로 영상통합관제센터가 운영되고 있으며, 각 센터별로 관리하는 CCTV 카메라 수는 500여대에서 1,000 여대에 이르고 있다. 많은 수의 CCTV카메라 영상에 대하여 소수의 관제사가 실시간으로 관제하는데 어려움이 있다. 따라서 배회, 침입, 방화 및 화재, 폭행, 차량 사고 등의 상황을 자동으로 인식하는 지능형 영상분석 시스템(Smart Video Surveillance System)이 필요하다[2-3]. 지능형 영상분석 시스템은 실시간 입력 영상에 대한 자동 분석뿐만 아니라 사후 영상 분석에도 적용될 수 있다.

시민들의 안전을 위하여 CCTV 카메라의 설치를 증가시켰을 뿐만 아니라, 범죄 발생 정도를 표시하는 생활안전지도를 제작하여 다양한 응용 분야에 적용하고 있다. 본 논문에서는 많은 채널의 CCTV 카메라 영상을 효율적으로 활용하기 위하여 안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템을 제안한다. 제안하는 안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템은 여성이 위험 지역으로 진입하게 되면, 영상통합관제센터의 관제사가 주목할 수 있도록 해당 CCTV 카메라 영상을 관제용 화면으로 출력함으로써 수백 대의 CCTV 카메라에 대하여 효율적으로 관제할 수 있도록 지원한다.

안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템의 구성은 범죄발생 DB를 기반으로 하는 안전지도 시스템과 범죄 취약 계층을 자동을 인식하고 추적하는 영상분석 시스템으로 구성된다. 안전지도는 생활안전지도 시스템에서 제공하는 Open API를 이용하여 구현한다.

영상분석 시스템은 보행자 검출(detection)[4] 및 추적(tracking)[5] 기술을 기반으로 보행자의 성별을 구분(gender classification)[6-8]한다. 본 논문에서는 보행자 검출은 Adaboost 알고리즘[9]을 적용하고, 객체 추적은 PDAF(:Probability Data Association Filter)[10-12]를 적용한다. 성별 구분을 위하여 AlexNet 딥러닝(deep learning)[13]을 적용한다. 성별 구분 성능은 종래의 RF(random forest) 알고리즘[14]과 비교하여 우수함을 보인다. 실험을 통하여 제안하는 안전지도 연계한 지능형 영상보안 시스템이 범죄 취약 계층의 안전 활동을 지원하는데 효과적임으로 보인다.

Ⅱ. 안전지도 구현

안전지도를 구축하기 위하여 관련 유관 기관인 행정자치부에서 제공하는 안전지도 정보와 새주소 데이터, 시도경계 데이터, 시군구경계 데이터, 읍면동경계 데이터 등의 자료를 각 지자체 및 유관기관을 통해 수집하였다. 안전지도 정보를 바탕으로 위험구역 경계 자료를 추가하였다. 행정자치부는 생활안전지도 시스템을 다양한 콘텐츠와 데이터를 이용할 수 있도록 Open API를 제공하고 있다. 생활안전지도 Open API를 이용하여 치안안전 정보를 제공받고 이를 웹 공간정보 데이터로 표현한다. 안전지도 상에 표현하는 치안사고 유형은 성폭력, 강도, 폭력, 절도 범죄이다. 그림 1은 개발한 안전지도 상에 범죄 발생도를 표현한 것이다.

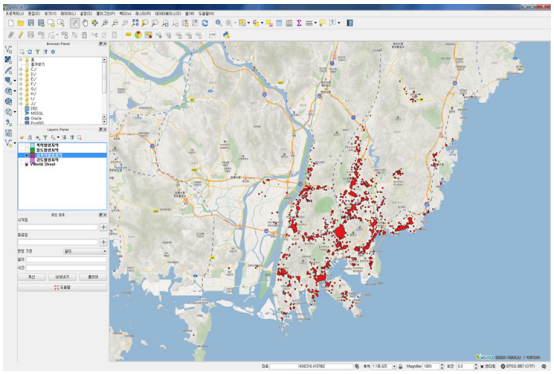


그림 1. 안전지도에서 범죄 위험도 표시 예
Fig. 1 Display example of crime risks on the map

Ⅲ. 지능형 영상분석 시스템

CCTV 영상기반에서의 성별구분을 위해 그림 2와 같이 보행자 검출, 추적, 성별구분의 과정을 거치게 된다. 보행자 검출은 기본적으로 Adaboost 알고리즘을 적용하고, 추적은 PDAF를 이용한다[10-12]. 보

행자로 결정이 되면 컨볼루션 신경망(CNN : Convolutional Neural Network) 훈련을 통하여 학습된 모델을 이용하여 보행자의 성별을 구분한다.

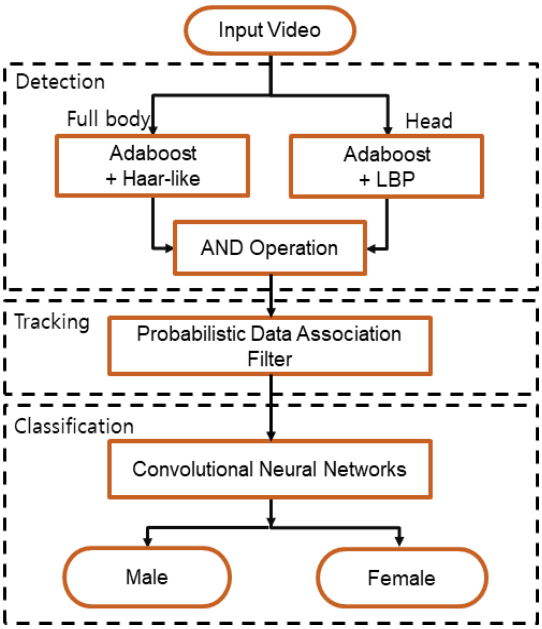


그림 2. 보행자 검출, 추적, 성별 구분 과정
Fig. 2 The process of detection. tracking and gender classification of pedestrian

3.1 보행자 검출

보행자를 검출하기 위해 AdaBoost 알고리즘을 이용한다. Adaboost 알고리즘은 단순한 약한 분류기(Week classifier)들을 조합하여 강한 분류기(Strong classifier)를 구성된다. 약한 분류기를 이용하여 샘플들을 인식하고 올바르게 분류된 샘플에 대해서는 가중치를 감소시키고, 오분류된 샘플에 대해서는 가중치를 증가시켜 다음 약한 분류기에 반영하여 분류하여 이전 분류기에 의해 잘못 분류된 것들을 다음의 다른 분류기가 보완하기 때문에 최종적으로 하나의 강한 분류기를 약한 분류기들의 선형 결합으로 구성된다.

Adaboost 알고리즘으로 보행자의 전신과 머리 영역을 각각 Haar-like 특징과 국부 이진 패턴(LBP, local bit pattern) 특징[15]을 이용하여 훈련한 후, 입력 영상에서 배경과 관심영역을 종속분류기(cascade classifier)를 수행하여 분류하게 된다. 보행자의 전신 영역 내에 머리 영역이 검출되면 보행자로 결정한다. 머리 영역 또는 전신 영역 학습을 통한 보행자 검출은 오검출(false detection)을 많이 발생하였기 때문에 본 논문에서는 그림 3과 같이 전신과 머리가 동시에 검출되면 보행자로 간주한다.

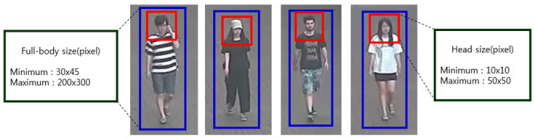


그림 3. Adaboost 알고리즘을 이용한 보행자 검출
Fig. 3 Pedestrian detection with Adaboost algorithm

3.2 보행자 추적

검출된 보행자를 추적하기 위해 PDAF를 사용한다[10-12]. 그림 4는 PDAF의 흐름도이다.

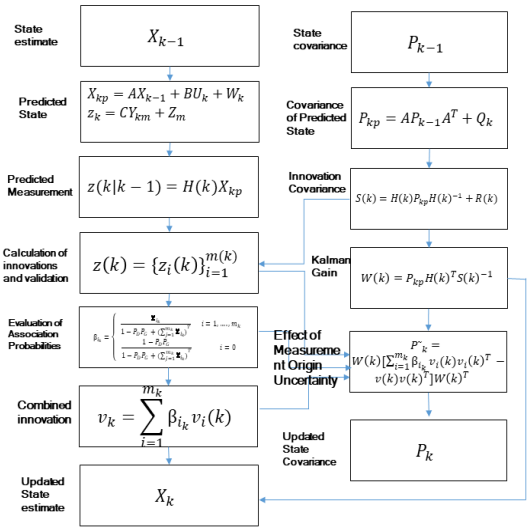


그림 4. PADF의 흐름도
Fig. 4 The flow of PDAF

PDAF는 검출된 객체로부터 객체의 이동속도, 위치 등의 측정값을 얻은 후 다음 객체의 궤적과 연관될 확률을 계산하고 이를 베이시안 합(Baysian sum)으로 통합하여 해당 궤적의 추정값을 구하는 기법이다. 기본적으로 Kalman 필터의 구조를 따르며, 예측단계(estimation)와 측정값의 유효화(validation) 단계,

데이터의 연관(data association) 단계, 마지막으로 상태 추정(state estimation) 단계로 이루어진다[10-11].

그림 5는 PDAF를 이용하여 다중 보행자를 검출하고 추적한 결과이다. 보행자의 전신 중심점에 대한 궤적을 통하여 다중 보행자를 추적하는데 효과적임을 확인할 수 있다.

그림 5. 컨볼루션 신경망의 구조
Fig. 5 Structure of convolutional neural networks.

3.3 성별 구분

추적된 객체에 대해 성별을 구분하기 위해 컨볼루션 신경망을 이용한다. 최근 다양한 딥러닝 모델이 제안되고 있지만[16-17] 본 논문에서는 비교적 간단한 구조의 AlexNet를 이용하여 성별 구분을 한다. 그림 6은 AlexNet의 구조를 나타낸다.

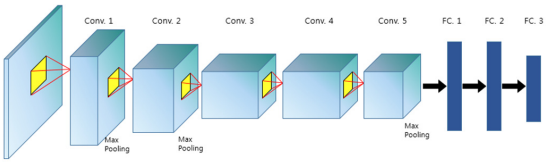


그림 6. 컨볼루션 신경망의 구조
Fig. 6 Structure of convolutional neural networks.

5 개의 컨볼루션 계층(convolution layer)과 3 개의 완전 연결 계층(fully-connected layer)으로 구성된다. 컨볼루션 계층에서 특징을 추출하여 특징 맵을 구성하는 역할을 하고, 서브샘플링(sub-sampling)을 하여 크기를 절반으로 줄여 계산량을 줄일 수 있다. 그리고 완전 연결 계층에서 내적(inner product)을 통해 신경망을 생성하여 최종적으로 클래스를 구분한다. 본 논문에서 검출된 보행자에 대하여 2 개의 클래스 즉, 여성과 남성을 구분한다.

간단한 AlexNet를 사용하면서 각 프레임별로 성별 구분을 수행하는 과정에서 성별 구분 오류가 발생하기도 한다. 보다 정확한 성별 구분을 위하여 일정 프레임 내에서 남녀 구분 결과를 평균하여 최종적인 성별 구분을 한다. 각 프레임별로 남성으로 구분한 경우 0으로 설정하고, 여성인 경우 1로 설정하여 일정 프레임 내에서 평균을 계산하여 성별을 구분한다. 본 논문에서 보행자가 검출 및 추적되는 30 프레임에 대하여 남녀 구분 평균을 계산하여 성별을 결정한다. 이를 통하여 성별 오분류를 개선할 수 있다.

Ⅳ. 실험 결과 및 검토

CCTV 카메라로 녹화한 영상에 대하여 보행자를 검출 및 추적하고 성별을 구분하는 실험을 통하여 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하였다. 보행자 검출 및 추적 OpenCV 3.0과 Visual Studio를 이용하여 구현하였으며, 1,280 × 720 HD(high density) 영상에 대하여 실험하였다.

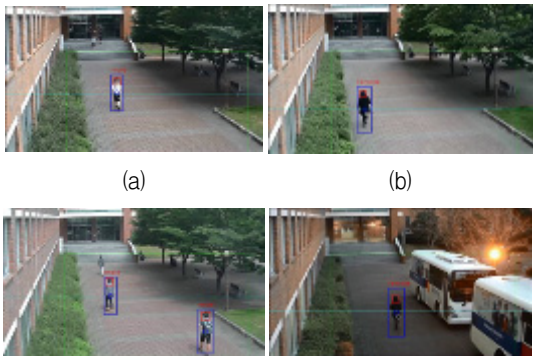
보행자 검출을 위하여 Adaboost 학습에 사용된 긍정 영상(postive image)는 2,753 장, 부정 이미지(negative image)는 8,300 장을 사용하였다. 성별 구분을 위한 남성 이미지 4,941 장과 여성 이미지 2,426 장으로 학습하고, 남성 이미지 1,235 장과 여성 이미지 607 장으로 검증하여 AlexNet 모델을 구현하였다.

성별 구분을 위해 AlexNet를 적용한 결과 남성 109 개의 영상 중에서 98 개를 정상 분류하여 89.9 %, 여성 161 개의 영상 중에서 146 개를 정상 분류하여 90.7 %의 일치율을 나타내었다. 표 1은 AlexNet과 종래의 RF에 의한 성별 구분 성능을 비교한 결과이다. AlexNet이 RF에 우수함을 확인할 수 있다.

표 1. 성별 구분 성능 비교
Table 1. The comparsion of gender classification

Class	Proposed method	Random forest
Male	89.9%	62.4%
Female	90.7%	78.9%
Total	90.4%	72.2%

그림 7은 제안하는 성별 구분 알고리즘으로 보행자의 성별을 구분한 결과이다. (a)와 (b) 주간 영상에 대하여 각각 남성과 여성으로 판별한 결과이며 (c)는 다중 보행자에 대하여 성별 구분한 결과이다. (d)는 야간 영상에 대하여 성별 구분 결과이다. 제안하는 방법이 다중 보행자에 대해서도 정상적인 구분을 할 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있다. 그림 8은 안전지도와 연계한 지능형 영상보안 시스템 구현 결과이다. 특정 이벤트가 발생하면 안전지도 상에 해당 카메라의 영상을 표출한다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 7. 성별 구분 결과. (a) 주간 남성 구분 결과 (b) 주간 여성 구분 결과 (c) 다중 보행자 성별 구분 결과 (d) 야간 성별 구분 결과

Fig. 7 Structure of convolutional neural networks. (a) a result as male at day time, (b) a result as female at day time (c) a result of multiple pedestrain, (d) a gender classification result at night time

그림 8. 안전지도기반 영상보안 감시시스템

Fig. 8 Video surveillance system based on safety map

V. 결 론

본 논문에서는 범죄 취약 계층인 여성에 대하여 안전한 활동을 지원하기 위하여 범죄 지도를 바탕으로 하는 안전지도와 연계한 영상보안 감시시스템을 개발 구현하였다. 개발한 안전지도 기반의 영상보안 감시시스템은 여성이 범죄율이 높은 지역으로 진입할 때 영상통합관제센터에서 여러 CCTV 카메라 중에서 주목하여 관찰할 수 있도록 한다. 요소 기술인 성별 구분 방법을 제안하고 종래의 기술과 비교하여 성별 구분 성능이 향상되었음을 확인한다.

향후 성인과 아동 구분 기능 구현에 대한 연구개발을 통하여 영상통합관제센터를 보다 효율적으로 운영하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 경성대학교 교내학술연구 지원사업의 지원으로 수행되었음.

References

[1] I. Kim, J. Y, and B. Kim, “A Monitoring Way and Installation of Monitoring System using Intelligent CCTV under the u-City Environment,” *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 3, no. 4, 2008, pp. 295-303.

[2] H. Kim, Y. Yu, and J. Park, “Video Based Fire Detection Algorithm using Gaussian Mixture Model,” *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 6, no. 2, 2011, pp. 206-211.

[3] J. Park, “Comparison Speed of Pedestrian Detection with Parallel Processing Graphic Processor and General Purpose Processor,” *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 10, no. 2, 2015, pp. 239-246.

[4] P. Dollar, C. Wojek, B. Schiele, and P Perona, “Pedestrian detection: an evaluation of the state of the art,” *IEEE Trans. on Pattern Analysis and*

Machine Intelligence, vol. 34, no. 4, 2012, pp. 743-761.

[5] B. Benfold and I. Reid, "Stable multi-target tracking in real-time surveillance video," *In Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Colorado Springs, USA,* Jun., 2011, pp. 3457-3464.

[6] G. Levi and T. Hassner, "Age and gender classification using convolutional neural networks," *In Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Boston, Massachusetts, USA*, 2015, pp. 34-42.

[7] M. Demirkus, M. Toews, J. Clark, and T. Arbel, "Gender classification from unconstrained video sequences," *In Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, San Francisco, California, USA,* Jun., 2010, pp. 55-62.

[8] G. Levi and T. Hassner, "Age and gender classification using convolutional neural networks," *In Proc. the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Boston, Massachusetts, USA*, 2015, pp. 34-42.

[9] P. Viola and M. Jones, "Fast and robust classification using asymmetric adaboost and a detector cascade," *In Advances in neural information processing systems*, 2002, pp. 1311-1318.

[10] Y. Bar-Shalom, F. Daum, and J. Huang, "The probabilistic data association filter," *IEEE Control Systems Mag.*, vol. 2, no. 6 2009 pp. 82-100..

[11] D. Schulz, W. Burgard, D. Fox, and A. B. Cremers, "People tracking with mobile robots using sample-based joint probabilistic data association filters," *Int. J. of Robotics Research*, vol. 22, no. 2, 2003, pp. 99-116.

[12] S. Weng, C. Kuo, and S. Tu, "Video object tracking using adaptive Kalman filter," *J. of Visual Communication and Image Representation*, vol. 17, no. 6, 2006, pp. 1190-1208.

[13] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "Imagenet classification with deep convolutional neural networks," *In Advances in neural information processing systems*, 2012, pp. 1097-1105.

[14] A. Liaw and M. Wiener, "Classification and regression by random forest," *R news,* vol 2, no. 3, 2002, pp. 18-22.

[15] Y. Zheng, C. Shen, R. Hartley, and X. Huang, "Pyramid center-symmetric local binary/trinary patterns for effective pedestrian detection," *In Asian Conf. on Computer Vision, Queenstown, New Zealand*, Nov., 2010 pp. 281-292.

[16] L. Cao, M. Dikmen, Y. Fu, and T. Huang, "Gender recognition from body," *In Proc. of the 16th ACM Int. Conf. Multimedia, Vancouver, Canada,* Oct., 2008, pp. 725-728.

[17] A. Verma and L. Vig, "Using convolutional neural networks to discover cogntively validated features for gender classification," *In Proc. IEEE Int. Conf. on Soft Computing and Machine Intelligence*, Sept., 2014, pp. 33-37.

저자 소개

박장식(Jang-Sik Park)

1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1994년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1999년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2011년~현재 경성대학교 전자공학과 교수
2016년~현재 한국정보통신기술협회 CCTV표준 의장(TC-4 PG427)
※ 관심분야 : 신호처리, 영상처리 및 인식, 컴퓨터 비전, 임베디드시스템