
서베일런스에서 베이지안 분류기를 이용한 객체 검출 및 추적

강성관*, 최경호**, 정경용***, 이정현****

Object Detection and Tracking using Bayesian Classifier in Surveillance

Sung-Kwan Kang*, Kyong-Ho Choi**, Kyung-Yong Chung***, Jung-Hyun Lee****

요약 본 논문은 이미지 상황분석을 기반으로 하여 객체 검출 및 추적 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 배경이 복잡한 형태이거나 배경이 동적으로 움직일 때에도 일관성 있는 결과를 얻을 수 있다. 입력 영상의 상황분석은 K-means와 RBF의 하이브리드 네트워크를 이용하여 수행되어진다. 제안된 객체 검출은 일정하지 않은 객체 이미지 때문에 생기는 영향을 감소시키기 위해 상황 기반 적응적 베이지안 네트워크를 이용한다. 본 논문에서는 학습 속도를 높이기 위해 2D Haar 웨이블릿 변형을 이용한 특징 벡터 생성기와 베이지안 판별식 방법을 이용하여 학습 시간이 적게 걸리며 학습 데이터의 변화에 일정한 성능을 갖는 방법론을 제안하였다. 제안하는 방법을 개발하여 실환경에 적용한 결과 검출하고자 하는 물체가 예측 영역을 넘나들거나 다른 불확실한 변화에도 안정적으로 반응함을 알 수 있었다. 실험 결과는 기존의 방법들에서 사용되었던 다양한 데이터 집합에 적용하였을 때 우수한 성능을 보여준다.

주제어 : 침입 탐지, 이미지 트래킹, 객체 추적 및 검출, 베이지안 분류기

Abstract In this paper, we present a object detection and tracking method based on image context analysis. It is robust from the image variations such as complicated background, dynamic movement of the object. Image context analysis is carried out using the hybrid network of k-means and RBF. The proposed object detection employs context-driven adaptive Bayesian framework to relive the effect due to uneven object images. The proposed method used feature vector generator using 2D Haar wavelet transform and the Bayesian discriminant method in order to enhance the speed of learning. The system took less time to learn, and learning in a wide variety of data showed consistent results. After we developed the proposed method was applied to real-world environment. As a result, in the case of the object to detect pass outside expected area or other changes in the uncertain reaction showed that stable. The experimental results show that the proposed approach can achieve superior performance using various data sets to previously methods.

Key Words : Intrusion Detection, Image Tracking, Object Tracking and Detection, Bayesian Classifier

1. 서론

서베일런스 침입탐지의 CCTV 영상으로부터 실시간으로 침입탐지 및 추적하는 기술에 대한 필요성이 증가

하고 있다. 융합보안 분야에서 IT융합기술을 이용한 검출 및 추적에 관한 연구가 구체적으로 진행되고 있다. 실시간 입력 영상에서 침입탐지 및 추적하는데 있어서의 어려움은 카메라가 움직일 경우, 추적하는 객체의 일부

본 논문은 지식경제부 지역혁신센터사업인 산업기술보호특화센터 지원으로 수행되었음.

*인하대학교 컴퓨터정보공학과 박사과정

**경기대학교 산업기술보호특화센터 연구교수

***상지대학교 컴퓨터정보공학과 교수(교신저자)

****인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수

논문접수: 2012년 6월 10일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 7월 10일

가 다른 객체에 의해 가려졌을 경우, 추적이 실패하는 경우, 기술적으로 잡음 영상 제거를 하여 정확도가 떨어지는 경우가 있다[1]. 다양한 환경에서 기술적인 문제점을 해결하기 위해 학계에서 연구가 진행되고 있다[2][3].

CCTV에서 입력 영상의 처리는 서버일런스 침입탐지 플랫폼의 속도에 많은 비중을 차지하고 성능에 중요한 요소이다. 기존연구인 Haar-like 특징[4]은 사각형 영역의 밝기차를 이용하므로 밝기 변화에 영향을 받는다. 기존의 객체 검출 및 추적은 객체 검출을 위해 Haar-like 특징을 AdaBoosting 알고리즘[5]으로 학습한 후, 그 결과를 적용하는 방법이다[5][10][11]. 이는 학습 시간이 오래 걸리고 학습 데이터가 갱신되면 처음부터 학습을 진행해야 하는 단점이 있다[12]. 본 논문에서는 서버일런스에서 베이지안 분류기를 이용한 객체 검출 및 추적을 제안한다. 이미지 추적은 베이지안 판별식을 이용하여 검출한 후 후처리 과정을 적용한다. 이러한 후처리 과정과 베이지안 프레임워크를 기반으로 하는 2D Haar 웨이블릿은 다양한 환경의 영향을 감소시킨다. 따라서 상황기반 객체 검출 프레임워크와 상황 분석 방법 및 분류기 구조, 합병과 조정 전략에 대하여 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 객체 검출 및 추적 기술과 문제점에 대해서 기술한다. 3장에서 제안하는 서버일런스에서 베이지안 분류기를 이용한 검출 및 추적에 대해서 기술한다. 4장에서 실험 결과를 기술하고, 5장에서 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 객체 검출 및 추적 기술

기존의 객체 검출 및 추적에 있어서 첫 번째 주된 관심사는 실시간으로 입력된 영상에서 객체를 검출하는 방법이다. 두 번째는 방대한 객체 데이터를 학습할 때 소요되는 시간 및 학습 데이터의 변화에 일정한 성능을 갖는 학습 시스템을 구성하는 방법이다. 객체 검출기가 활용되기 위해서는 처리 속도가 중요하다. Viola와 Jones은 Haar-like 특징과 다단계 분류기를 이용하는 객체 검출기를 제안하였다[3][10]. Haar-like 특징은 적분 영상을 이용하여 객체의 크기와 상관없이 일정한 연산으로 빠르게 계산할 수 있다[7][14][15]. 대부분의 영역을 초기 단

계에서 제외시키고 객체일 가능성이 높은 일부 영역에 대해서만 여러 단계의 연산을 수행하므로 처리 속도가 빠르다.

영상의 영역별로 발생하는 밝기 변화는 객체 검출기의 성능에 영향을 미친다. 객체 검출기의 성능을 높이기 위해서는 영역별 밝기 차이에 대한 보정이 필요하다. 특히, Haar-like 특징은 사각형 영역의 밝기 차를 이용하므로 밝기 변화에 영향을 받는다. Viola와 Jones는 밝기 변화에 대한 영향을 줄이기 위해 학습과 검출 과정에서 Haar-like 특징을 분산 정규화하였다[3]. 그러나 분산 정규화는 표준편차 계산을 위한 별도의 적분 영상을 필요로 하여 객체 검출기의 처리 속도에 많은 영향을 미친다.

객체 검출기는 영상에서 객체가 위치할 수 있는 후보 영역을 선택하는 후보 선정 단계와 분류기를 사용한다. 후보 선정 단계에서 선택한 영역이 객체인지 배경인지를 결정하는 후보 검증 단계로 구성된다[9]. Viola와 Jones가 제안한 객체 검출기[2][3]는 객체의 크기에 해당하는 다양한 크기의 윈도우를 영상 전 영역에 대해 이동시킨다. 모든 윈도우 영역을 후보로 사용하는 윈도우 이동 기법을 사용하여 객체 검출 대상 후보를 선정한다. Haar-like 특징을 사용하는 다단계 분류기로 선정된 대상 후보가 객체인지를 결정한다[10].

2.2 기존 연구의 문제점

컴퓨터 비전 분야에서 객체 인식의 가장 큰 어려움은 객체의 공통적인 특징을 공식화된 수식에 의하여 특징 벡터로 추출하는 것이다. 이러한 어려움은 사람의 눈으로 쉽게 같은 종류라고 인식하는 객체도 각각의 크기와 모양이 다양하기 때문에 발생한다[11]. Papageorgiou et al.[6]은 객체의 공통적인 특징을 위해 Haar 웨이블릿의 사용을 제안하였고, Viola와 Jones[3]는 Haar-like 특징의 개념을 확장시킨 방법을 제안하였다. AdaBoosting 알고리즘[5]을 사용하여 Haar-like 특징 집합으로부터 분별력이 높은 일부를 선택해 다단계 분류기를 구성하는 방법과 적분 영상을 사용하여 Haar-like 특징을 계산하는 방법이 있다[4][8].

다양한 특징 추출과 학습 이미지의 반복적인 연산으로 인해 객체 검출을 위한 학습 데이터에 대한 학습 시간이 오래 걸린다[13]. 그리고 학습 이미지의 변화에 대처하는데 환경적인 어려움이 있다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 2D Haar 웨이블릿 변형을 이용한 특징

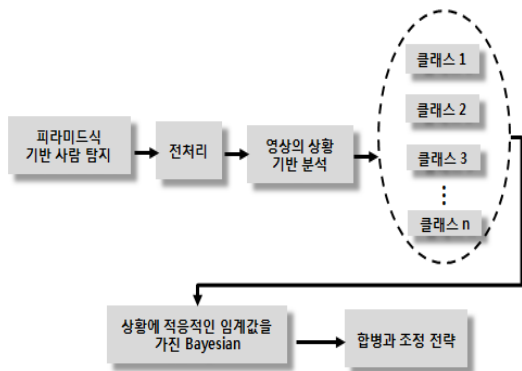
벡터 생성기와 베이지안 판별식을 이용하여 학습 시간을 줄이고 학습 데이터의 변화에 적응적인 방법을 제안한다.

3. 침입탐지를 위한 베이지안 분류기를 이용한 검출 및 추적

3.1 시스템의 구조도

본 논문에서는 서베일런스에서 베이지안 분류기를 이용한 검출 및 추적을 제안한다. [그림 1]은 제안하는 검출 및 추적의 흐름도를 나타낸다. 객체를 검출 및 추적하기 위해 [그림 1]과 같은 단계로 입력 영상을 처리한다. 객체 검출기는 전처리 처리가 된 영상에서 ± 20 도까지 회전되고, 64x64 픽셀 최소 크기의 객체를 검출하기 위해 설계하였다. 검출기는 이미지 상황 기반 방법의 경로, 베이지안 상황 인식 방법과 후처리 전략을 포함한다.

이미지 상황은 조명 상태, 동작 패턴, 배경 영상 및 전경 영상의 잡음에 의하여 영향을 받는다. 이미지 상황은 K-means와 RBF의 하이브리드 네트워크에 의하여 모델화되어지고 분석된다. 이미지 상황 분석은 베이지안 분류기와 후처리 과정이 변화하는 배경 영상과 동작 패턴에 따라 조정될 수 있도록 하기 위해 몇 가지 이미지 상황 중에 하나로 검출된 객체 이미지를 배정한다. 따라서 이미지 상황분석에 기반을 둔 방법은 다양하게 변화하는 환경에 대하여 객체 검출 및 추적의 정확성 측면에서 기존의 방법보다 우수한 성능을 보인다.

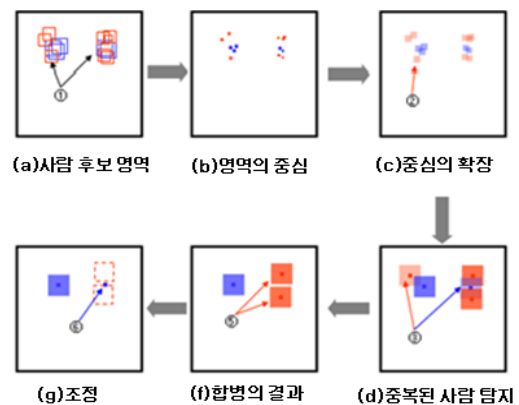


[그림 1] 제안하는 검출 및 추적의 흐름도

다양한 환경의 영향을 감소시키기 위해 베이지안 프레임워크를 기반으로 하는 Haar 웨이블릿뿐만 아니라 후

처리 과정을 사용한다. 후처리 과정은 합병과 조정 절차를 통해서 배경 영상의 잡음 문제를 해결한다. 검출 알고리즘은 세 가지 단계의 모듈로 구성하고 [그림 1]에서 구체적으로 나타낸다. 첫 번째 단계는 영상의 상황 기반 분석이고, 두 번째 단계는 상황 적응적 임계값을 가진 베이지안 판별식의 적용이다. 세 번째 단계는 후보 영역에 대한 합병과 조정 전략의 적용이다. K-means와 RBF 알고리즘[7][8]을 이용하여 클래스에 의하여 객체를 분류한다. 이미지 상황 분석에 의하여 분류된 이미지는 베이지안 검출기를 통과한다. 베이지안 검출기는 여섯 레벨 다중 해상도 방법, 2D Haar 변형기를 이용한 특징 벡터 생성기와 베이지안 판별식 방법을 기초로 한 Haar 특징을 가진 후보 윈도우 영역 분류기로서 이루어진다.

객체 검출 방법을 이용하여 발견되어진 후에 히스토그램 평활화가 검출된 영역으로 처리되어진다. 검출된 객체 이미지는 정면에서 바라본 형태이다. 그러나 이러한 객체 정면의 동작 패턴은 쉽게 다른 옆면이나 뒷면의 동작 패턴으로 확장되어 질 수 있다. 그 후에, 영역은 64x64 윈도우에 의하여 스캔되어진다. 2D Haar 웨이블릿 변형은 각각의 윈도우에 대하여 진행된다. 각각의 윈도우는 베이지안 분류기를 기반으로 하는 Harr 특징에 의하여 테스트되어지고 윈도우가 후보인지 아닌지가 결정되어진다. 2D Haar 웨이블릿 변형은 시스템이 조명의 영향을 덜 받도록 한다. 베이지안 분류기를 기반으로 하는 Haar 특징을 이용한 방법은 서로 다른 스케일을 가진 후보 영역이 나타난다. 마지막으로, [그림 2]에서 합병과 조정 전략이 적용되어지고 객체의 중심이 결정되어진다.



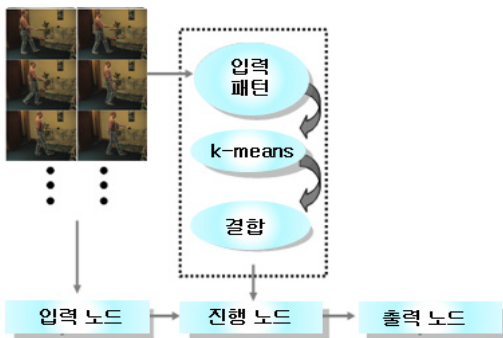
[그림 2] 합병과 조정에 의한 후처리 과정

합병과 조정 전략은 최근에 제기되어 왔던 다양한 동작 패턴의 객체 검출과 추적 알고리즘을 어렵게 만드는 검출 대상 영역별 밝기 차이에 대한 보정 문제와 객체 검출시스템의 처리 속도 문제를 해결할 수 있다.

3.2 K-means와 RBF의 하이브리드 네트워크에 의한 이미지 상황 분석

이미지 상황은 다른 이미지와의 상호 작용과 검출을 위해 관찰할 수 있는 속성이고 이미지 상황 분석은 객체의 동작 패턴 변화를 처리하는 과정이다. 본 논문에서는 기존의 방법[3][5][7]에서 제시한 직관적인 방법이 아닌 공식적으로 측정될 수 있는 이미지 상황 분석을 적용한다. 이미지 상황 분석은 이미지 범주들 중에서 하나로 검출된 이미지를 배정한다. 이미지 상황은 K-means와 RBF의 하이브리드 네트워크에 의하여 모델화되어지고 분석된다.

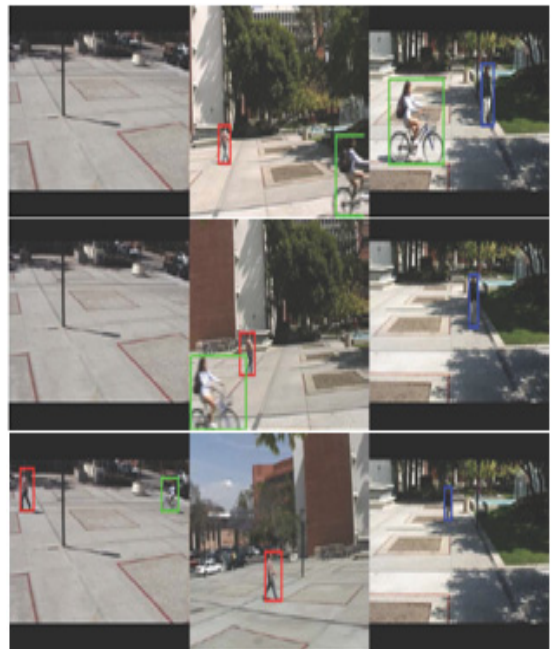
학습 단계에서 동작 패턴의 형태에 따라 이미지를 분류한다. 클러스터에서 최적화된 다른 임계값을 베이지안 방법에 적용한다. 이를 이미지의 상황 기반 객체 검출 방법이라고 부른다. 일반적인 베이지안 방법은 전체 테스트 이미지에 대하여 같은 임계값을 적용하지만, 상황 기반 방법은 클러스터의 개수에 따라 적응적인 임계값을 적용한다. [그림 3]은 두 가지 구분된 단계의 네트워크를 이용하여 학습하는 과정을 보여준다. 첫 번째 단계에서 비감독 학습을 진행한다. 두 번째 단계에서 다양한 임계값을 활용하여 규칙적인 감독 방법을 이용하여 학습한다.



[그림 3] 학습 시스템의 구조

입력 패턴은 64x64 픽셀의 회색 스케일의 이미지 크기로 벡터 처리된다. 입력 공간으로부터 숨겨진 단위 공간으로의 변형은 비선형이다. 숨겨진 단위 공간으로부터

출력 공간으로의 변형은 선형이다. RBF 분류기는 고차원 공간으로 입력 벡터를 확장하고 K-means를 이용하여 학습한다. 네트워크 입력은 1차원 벡터와 같이 네트워크로 들어간 n개의 값이 정규화되고 1/2 크기로 재조정된 이미지로 구성된다. [그림 4]는 서버일런스에서 객체의 검출과 추적 과정을 나타낸다. 이는 Haar 특징을 기반으로 하는 베이지안 분류기를 이용하여 객체를 검출하고 추적하는 과정을 보여준다. 실험에 사용된 학습 집합과 객체 검출 테스트 영상은 카네기 멜론 대학의 FERET 데이터베이스[16]에 있는 영상을 이용하였다. 이는 객체 검출은 2D Haar 웨이블릿을 통한 특징 벡터를 구성하고 베이지안 분류기를 학습시키기 위해 사용된다.



[그림 4] 서버일런스에서 객체의 검출과 추적 과정

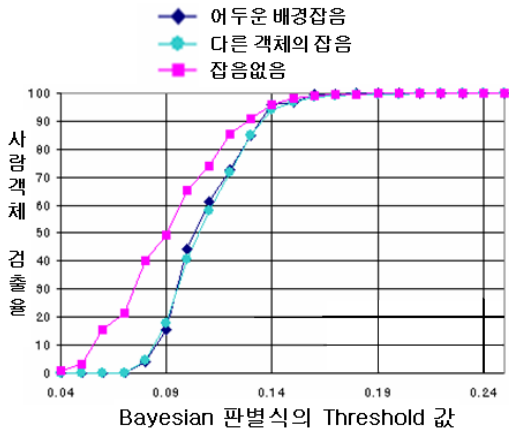
4. 실험 결과

본 절에서는 기존의 AdaBoosting 알고리즘[5]과 Haar 웨이블릿 특징을 이용한 객체 검출[3]과 제안하는 방법을 사용할 때의 객체 검출기의 처리 속도와 각각의 방법으로 학습시킨 분류기의 성능을 비교한 실험 결과를 기술한다. 실험은 MS Visual Studio 2010을 사용하여 제안한 방법론을 구현하여 진행하였다. IEEE 1394 카메라에

서의 성능 개선을 위해 Intel IPL 라이브러리와 Open CV 를 사용하였고 2D Haar 웨이블릿 연산, 베이지안 판별식, K-means 연산, 전처리 기능을 구현하였다. 테스트 샘플 을 사용하여 제안하는 베이지안 분류기의 검출수를 측정 하고 식(1)과 같이 검출율을 계산하였다.

$$\text{검출율} = \frac{\text{검출 회수}}{\text{테스트 샘플 개수}} \quad (1)$$

[그림 5]의 샘플별 객체 검출에서 제안한 방법을 사용 하였을 때 학습 시간이 28% 줄었으며, 2D Haar 웨이블 리트 특징 벡터 계산에 소요되는 시간이 9% 개선되어 객체 검출기의 전체 처리 속도가 23% 개선되었다.



[그림 5] 샘플별 객체 검출율

실험에서 세 가지 경우의 샘플들로 테스트 한 결과, 일 정 임계값에 도달했을 때 더욱 정확한 검출율을 나타낸다.

4. 결론

본 논문에서는 서베일런스에서 베이지안 분류기를 이 용한 상황 기반 객체 검출 및 추적을 제안하였다. 서베일 런스 침입탐지에서 제안한 방법의 효율성은 입력 영상의 상황 분석을 기반으로 한다. 첫째, 서베일런스 침입탐지 의 영상에서 상황 기반 방법을 적용한다. 둘째, 영상이 상 황 기반 베이지안 분류기에 의하여 분류되어진다. 셋째, 이미지 상황에 맞게 후처리 과정으로 합병과 조정이 적 용되어 객체 검출 및 추적의 정확성이 향상된다. 합병과

조정에 의한 후처리 과정은 다양한 영상의 변화를 처리 한다. 입력 영상의 상황 분석은 K-means와 RBF을 이용 한다. 객체 검출은 2D Haar 변형기를 이용한 특징 벡터 생성기와 베이지안 판별식을 이용한다. 각각의 특징은 학습 영상에 맞추어 특징 집합을 구성한다. 이렇게 만들 어진 특징 벡터 집합과 객체와 배경으로 이루어진 학습 영 상은 베이지안 분류기를 이용하여 배경과 객체를 분류 할 수 있는 분류기 생성 학습을 한다. 일반적인 베이지안 방법은 전체 테스트 이미지에 대하여 같은 임계값을 적 용하지만, 상황 기반 방법은 클러스터의 개수에 따라 적 용적인 임계값을 적용한다. 변화하는 상황에 적응적인 임계값을 가진 베이지안 분류기는 이미지의 상황에 의하 여 유도되는 임계값으로 구성한다. 이러한 객체 검출 후 보영역의 합병과 조정 전략 및 다른 임계값을 가진 베이 지안 분류기를 이용한 방법은 단순히 객체 검출에만 국 한되지 않고 융합보안 분야에서 검출 및 추적에도 활용 되어질 수 있다.

향후 연구는 객체의 영역이 다른 물체에 의해 일부분 가려졌을 때의 검출율이 낮아지므로 분류기가 잡음 영상 을 해결하는 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] C. Liu, "A Bayesian Discriminating Features Method for Face Detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 6, pp. 725-740, 2003.
- [2] T. Ephraim, T. Himmelman, K. Siddiqi, "Real-Time Viola-Jones Face Detection in a Web Browser", Proc. of Conference Computer and Robot Vision, pp. 321-328, 2009.
- [3] J. Ren, N. Kehtamavaz, and L. Estevez, "Real-Time Optimization of Viola-Jones Face Detection for Mobile Platforms", Proc. of IEEE Dallas Circuits and System Workshop SoC, Design, Application, Integration, and Software, pp. 1-4, 2008.
- [4] R. Lienhart, J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 51, No. 1, pp. 125-129, 2005.

[5] P. Yang, S. Shan, W. Gao, S. Z. Li, "Face Recognition using Ada-Boosted Gabor Features", Proc. of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 356-361, 2004.

[6] C. Papageorgiou, T. Poggio, "A Trainable System for Object Detection", International Journal of Computer Vision, Vol. 38. No. 1, pp. 15-33, 2000.

[7] H. Z. Sun, T. Feng, T. N. Tan, "Robust Extraction of Moving Objects from Image Sequences", Proc. of the Conference on Computer Vision, pp. 961-964, 2008.

[8] T. Kadir, M. Brady, "Scale, Saliency and Image Description", International Journal of Computer Vision, Vol. 45, No. 2, pp. 83-105, 2001.

[9] A. Jaimes, N. Sebe, "Multimodal Human Computer Interaction: A Survey", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 108, Issue 1-2, pp. 116-134, 2007.

[10] P. Viola, M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.

[11] Stein, Benno, M. zu Eissen, Sven, Wissbrock, Frank, "On Cluster Validity and the Information Need of Users", Proc. of International Conference on Artificial Intelligence and Applications, pp. 404-413, 2003.

[12] 강성관, 정경용, 임기욱, 이정현, "구부러진 손가락 끝점 추적을 위한 컬러 영역 보정 알고리즘", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제10호, pp. 1-10, 2011.

[13] 강성관, 정경용, 임기욱, 이정현, "CCTV 관제에서 동작 인식을 위한 색상 기반 손과 손가락 탐지", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제10호, pp. 11-18, 2011.

[14] 유재형, 한영준, 한현수, "수직 Haar-like Feature를 이용한 실시간 자동차 검출 알고리즘", 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집, pp. 163-166, 2009.

[15] 정중교, 방상성, 장동식, "피부색과 Haar-like feature를 이용한 실시간 얼굴 검출", 한국 컴퓨터 정보학회 논문지, 제10권, 제24호, pp. 103-111, 2005.

[16] P. J. Phillips, H. Wechsler, J. Huang, P. J. Rauss, "The FERET Database and Evaluation Procedure for Face-Recognition Algorithms", J. of Image Vision Comput. Vol. 16, No. 5, pp. 295-306, 1998.

강성관



- 2001년 인하대학교 컴퓨터공학부 (학사)
- 2005년 인하대학교 정보통신공학과 (석사)
- 2006년~현재 인하대학교 정보공학과(박사과정)
- 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, HCI

· E-mail : kskk111@empas.com

최경호



- 2002년 경기대학교 경제학과(학사)
- 2005년 경기대학교 경제학과(석사)
- 2008년 경기대학교 정보보호학과 (박사)
- 2012년~현재 경기대학교 산업기술 보호특화센터 연구교수
- 관심분야 : 보안아키텍처, 인터넷 보안, 정보보호정책관리

· E-mail : cyberckh@gmail.com

정경용



- 2000년 인하대학교 전자계산공학과 (학사)
- 2002년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(석사)
- 2005년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(박사)
- 2006년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

· 관심분야 : 지능시스템, 데이터마이닝, HCI

· E-mail : dragonhci@hanmail.net

이정현



- 1977년 인하대학교 전자과(학사)
- 1980년 인하대학교 전자공학과(석사)
- 1988년 인하대학교 전자공학과(박사)
- 1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템 연구원
- 1984년~1989년 경기대학교 전자계산학과 교수
- 1989년~현재 인하대학교 컴퓨터공

학부 교수

· 관심분야 : IT융합기술, HCI,

· E-mail : jhlee@inha.ac.kr