퍼지 콘트라스트와 HOG 기법을 이용한 지능형 감시 시스템

김광백*

An Intelligent Surveillance System using Fuzzy Contrast and HOG Method

Kwang-baek Kim*

요 약

본 논문에서는 퍼지 콘트라스트와 HOG 기법을 이용한 지능형 감시 시스템을 제안한다. 제안된 감시 시스템은 주로 침입자 탐지를 위한 것으로 감시 영상에서 명암 대비를 강조하기 위해 퍼지 콘트라스트 기법을 적용한 후, 감시 전/후 영상에 Subtraction 기법을 적용한다. Subtraction 기법이 적용된 영상에서 히스토그램의 변화가 큰 경우에는 침입자의 침입으로 간주한다. 침입으로 간주된 영상에서 감시 대상의 물체를 감시할 영상과 침입자를 실시간으로 추적하기 위한 영상으로 구분한다. 감시 대상의 물체를 감시할 영상에서는 퍼지 이진화를 적용한다. 퍼지 이진화를 적용한 영상에서 Blob 기법을 적용하여 객체화 한 후, 침입된 침입자의 영상을 저장한다. 침입자를 실시간으로 추적할 영상에서는 HOG 기법을 적용한 후, SVM 기법을 적용하여 움직이는 사람의 객체를 추적한다. 제안된 방법을 실제 실시간 영상에 적용한 결과, 제안된 감시 시스템이 효율적으로 침입자를 감시하는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an intelligent surveillance system using fuzzy contrast and HOG method. This surveillance system is mainly for the intruder detection. In order to enhance the brightness difference, we apply fuzzy contrast and also apply subtraction method to before/after the surveillance. Then the system identifies the intrusion when the difference of histogram between before/after surveillance is sufficiently large. If the incident happens, the camera stops automatically and the analysis of the screen is performed with fuzzy binarization and Blob method. The intruder is detected and tracked in real time by HOG method and linear SVM. The proposed system is implemented and tested in real world environment and showed acceptable performance in both detection rate and tracking success rate.

키워드

퍼지 콘트라스트, HOG 기법, 감시 시스템, 퍼지 이진화, Blob 기법

Key word

Fuzzy Contrast, HOG Method, Surveillance System, Fuzzy Binarization, Blob Method.

* 종신회원 : 신라대학교 컴퓨터공학과 (gbkim@silla.ac.kr)

접수일자 : 2012. 06. 01

심사완료일자 : 2012. 06. 01

I. 서 론

현대 사회에서는 사람들에게 중요하게 생각되는 것 중의 하나는 개인 사생활의 보호이다. 컴퓨터 성능의 향상은 자신의 생활을 보호하려는 사람들에게 좀 더 나은 보안 시스템을 적은 비용과 노력으로 구축할 수 있는 여건을 마련해 주었다.

일반적으로 불법 침입자가 발생하거나, 화재, 폭발, 기계 고장 등과 같은 비정상 상태는 대부분 시각적으로 인식이 가능하다. 불법 침입자에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 침입자가 발생했을 때 신속하게 관계자에게 알릴 수 있어야 한다. 또한 각종 인적, 물적 재산상의 피해를 미리 방지하고 신속히 대처하기 위해서는 해당 장소에 지속적으로 상주해야 하며, 여러 대의 감시 카메라를 이용하여 사람 눈으로 직접 관찰해야 하기 때문에 어려운 점이 있다[1].

따라서 본 논문에서는 침입자를 감시하고 실시간으로 침입자를 식별하기 위해 퍼지 콘트라스트 기법과 HOG 기법을 이용한 감시 시스템을 제안한다.

II. 퍼지 콘트라스트 기법을 이용한 명암 대비 개선

WebCam에서 획득된 영상에서 명암 대비를 강조하기 위해 그레이 영상으로 변환한 후, 퍼지 콘트라스트 기법을 적용한다. 퍼지 콘트라스트는 3개의 소속 구간(Dark, Gray, Brightness)을 구하기 위해 그레이 영상에서 최소 밝기값($I_{\min}^d$), 중간 밝기값(I_{mid}^d), 최대 밝기값($I_{\max}^d$)을 설정한다.

Dark 소속 구간 $[I_{\min}^{\text{dark}}, I_{\max}^{\text{dark}}]$ 에서 소속도가 1이 되기 위한 중간값($I_{\text{mid}}^{\text{dark}}$)을 식 (1)과 같이 계산한다.

$$I_{\text{mid}}^{\text{dark}} = \frac{I_{\max}^{\text{dark}} + I_{\min}^{\text{dark}}}{2} \quad (1)$$

따라서 구간 $[I_{\min}^{\text{dark}}, I_{\max}^{\text{dark}}]$ 에 대한 $I_{\min}^{\text{dark}}$ 와 $I_{\max}^{\text{dark}}$ 는 식 (2)와 같이 설정한다.

$$I_{\min}^{\text{dark}} = I_{\min}^d, I_{\max}^{\text{dark}} = I_{\max}^d \quad (2)$$

그레이 삼각형 타입의 소속 구간 $[I_{\min}^{\text{gray}}, I_{\max}^{\text{gray}}]$ 을 구하기 위해 Dark 삼각형 타입의 소속 구간의 중간 밝기값($I_{\text{mid}}^{\text{dark}}$), 그레이의 중간 밝기값($I_{\text{mid}}^{\text{gray}}$), Brightness의 중간 밝기값($I_{\text{mid}}^{\text{brightness}}$)을 이용하여 그레이의 최소 밝기값($I_{\min}^{\text{gray}}$)과 최대 밝기값($I_{\max}^{\text{gray}}$)을 다음과 같이 계산한다.

$$I_{\min}^{\text{gray}} = \frac{I_{\text{mid}}^{\text{dark}} + I_{\max}^{\text{dark}}}{2}$$

$$I_{\max}^{\text{gray}} = \frac{I_{\text{mid}}^{\text{gray}} + I_{\max}^{\text{brightness}}}{2} \quad (3)$$

Brightness 삼각형 타입의 소속 구간 $[I_{\min}^{\text{gray}}, I_{\max}^{\text{gray}}]$ 에서 소속도가 1이 되기 위한 중간값($I_{\text{mid}}^{\text{brightness}}$)을 다음과 같이 계산한다.

$$I_{\text{mid}}^{\text{brightness}} = \frac{I_{\text{mid}}^{\text{gray}} + I_{\max}^{\text{brightness}}}{2} \quad (4)$$

그림 1은 퍼지 콘트라스트 기법의 소속 함수이다.

그림 1. 퍼지 콘트라스트의 소속 함수
Fig. 1 Membership function for Fuzzy Contrast

그림 1과 같은 소속 함수를 적용하는 과정에서 계산량을 줄이기 위해 식(5)와 같은 싱글톤 방식을 적용한다.

$$v_x = \frac{u_d(X_m) \times v_d + u_{\text{gray}}(X_m) \times v_g + u_b(X_m) \times v_b}{u_d(X_m) + u_g(X_m) + u_b(X_m)} \quad (5)$$

식(5)에서 v_d, v_g, v_b 는 Dark, Gray, Brightness의 소속 구간의 중간 밝기값이며, X_m 는 그레이 영상에 대한 각각의 픽셀이다. 그레이 영상에서 퍼지 콘트라스트 기법을 적용한 결과는 그림 2와 같다.

그림 2. 퍼지 콘트라스트 효과
(a) 그레이 영상 (b) 퍼지 콘트라스트
Fig. 2 Effect of Fuzzy Contrast
(a) Grey Image (b) Fuzzy Contrast

III. Histogram의 변화량을 이용한 침입 탐지

퍼지 콘트라스트 기법이 적용된 영상에서 감시할 영상을 선택한 후, 감시 전/후 영상에 대해 그림 3과 같이 Substraction 기법을 적용한다.

그림 3. Substraction 적용한 효과
(a) 침입 전 (b) 침입 후
Fig. 3 Effect of Substraction Method
(a) Before Intrusion (b) After Intrusion

Substraction 기법이 적용된 영상에서 히스토그램의 픽셀 변화율을 분석한다. 히스토그램의 변화량이 큰 경우에는 침입자가 침입했다고 판단하여 영상을 정지시킨 후, 영상을 분석한다. 침입자가 침입한 영상에 퍼지 이진화를 적용한다.

퍼지 이진화 기법은 퍼지 콘트라스트가 적용된 영상에서 가장 밝은 값(I_{max})과 가장 어두운 밝기 값(I_{min})의 평균값을 T로 정의하고, I_{min} 과 I_{max} 를 삼각형 타입의 소속 함수 구간으로 설정한다. 삼각형 타입의 소속 함수 구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 에서 소속도가 1이 되고 위한 중간 밝기값(I_{mid})은 식 (6)과 같이 계산한다.

$$I_{mid} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \quad (6)$$

소속 함수에서 구한 소속도에 α_{cut} 을 적용하여 영상을 이진화한다. 본 논문에서는 α 값을 0.5로 설정한다. 따라서 소속도가 α 이상이면 영상의 픽셀값을 255로 정의하고 α 미만이면 픽셀 값을 0으로 설정하여 영상을 이진화 한다. α_{cut} 을 적용한 삼각형 타입의 소속 함수는 그림 4와 같다[2].

그림 4. 퍼지 이진화에 대한 소속 함수
Fig. 4 Membership Function for Fuzzy Binarization

그림 5와 같이 퍼지 이진화를 적용한 영상에 Blob 기법을 적용하여 그림 6과 같이 객체화하여 침입자를 탐지한다.

그림 5. 퍼지 이진화된 영상
Fig. 5 Fuzzy Binarized Image

그림 6. Blob 적용된 영상
Fig. 6 Blob Applied Image

IV. HOG를 이용한 실시간 침입자 추적

침입이 탐지된 것을 확인한 후, 침입자를 실시간으로 감지하기 위해서 HOG 알고리즘을 적용하여 움직이는 침입자를 실시간으로 추적한다. 침입자 검출에 사용되는 영상 특징 집합은 이미지 특징 영역에 대해 조밀하고 중첩되게 인코딩된 HOG와 모션 HOG로 구분된다. 고정 HOG는 개별 영상에서 계산되어 외형 채널을 형성한다. 모션 HOG는 연속적인 영상의 집합에서 계산되어 모션 채널을 형성한다. 고정 HOG와 모션 HOG는 모두 방향 정보 히스토그램을 기반으로 한다[3]. 검출의 첫 번째 단계는 조명 효과의 영향을 줄이기 위해 전체 영상을 정규화 한다. 실제적으로 감마 압축을 사용하며 이는 각 컬러 채널의 제곱근 또는 로그로 계산한다. 이 압축은 조명 변화 효과를 줄이는데 도움을 준다. 두 번째 단계는 영상의 Gradient를 계산한다. 이는 조명 변화에 대한 컨투어, 실루엣 그리고 무늬 정보를 통해 사람의 팔다리와 같은 유용한 특징을 추출한다. 세 번째 단계는 자세나 외형의 작은 변화에 둔감한 로컬 영상 내용을 인코딩한다. 적용된 방법은 SHIFT와 유사한 방법으로 Gradient의 방향 정보를 정합한다. 영상 윈도우는 셀이라 불리는 작은 영역으로 분배된다. 각각의 셀은 모든 픽셀을 통해 로컬 1-D Histogram Gradient 또는 에지 Oriented를 누적하여 HOG를 생성한다. 네 번째 단계는 Contrast 정규화를 통해 조명, 그림자 그리고 에지 Contrast에 보다 강인한 특징을 추출한다. 주변 셀들의 집합을 블록이라 부르고 이들 블록의 로컬 Histogram 에너지를 누적하여 정규화한다. 마지막 단계는 윈도우 분류기에 사용하기 위해 결합된 특징에서 탐색 윈도우를 덮는 격자 블록의 밀도가 높고 중복된 모든 블록으로부터 HOG 디스크립터를 수집한다 [4, 5].

HOG 디스크립터의 데이터값과 선형 SVM(Support Vector Machine) 방법으로 학습시킨 데이터를 이용하여 침입자 객체를 탐색한 후, 탐색된 객체 정보의 좌표 값을 이용하여 실시간으로 침입자를 추적한다.

선형 SVM은 복잡한 패턴 인식 문제를 해결할 수 있는 방식이며, 오류율을 최소화하기 위해 설계된 기존의 신경망 기법에 비해 선형 SVM은 두 분류 사이에 존재하는 여백을 최대화하는 방법이다[6]. 선형 SVM을 사용하기 위해서는 데이터 학습 과정이 필요하다. 본 논문에서는 침입자를 검출하기 위해 422개의 사람 영역이 아닌

데이터와 500개의 사람 영역 데이터를 사용하여 MIT와 INRIA의 데이터 집합과 직접 촬영한 데이터로 학습 데이터를 구성하고 HOG 방법으로 특징을 추출한 데이터 값과 비교하여 침입자를 인식한다.

그림 7은 HOG 방법과 선형 SVM을 이용하여 실시간으로 침입자를 추적한 결과 영상이다.

그림 7. HOG 기법을 이용한 실시간 추적
Fig. 7 Real time tracking using HOG method

V. 실험 및 결과 분석

실험환경은 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU와 2.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 2010로 실험하였다. 본 논문에서 제안된 방법을 구현한 화면은 그림 8과 같다.

그림 8. 제안 시스템 화면
Fig. 8 Screen shot of the Proposed System

표 1. 침입자 감시 시스템 측정 결과
Table 1. Efficiency Result for the proposed Intrusion Detection System

(침입자 판별 성공 / 실험 수)	침입자 판별 성공률	실시간 추적 성공률
제안된 방법	20 / 17 (85%)	20 / 15 (75%)

표 1은 퍼지 콘트라스트 기법과 HOG 기법을 적용하여 침입자 감시 시스템의 측정 결과를 나타낸 것이다. 침입자 판별 성공률이 20번의 실험 중에서 17번이 침입자를 판별에 성공하였다. HOG 기법을 이용하여 실시간으로 침입자를 추적한 경우에는 침입자 실시간 추적 성공률이 20번의 실험 중에 15번이 실시간적으로 침입자 추적에 성공하였다. 추적에 실패한 경우는 선형 SVM을 적용하는 과정에서 학습 패턴의 부족으로 인하여 침입자의 특징을 정확히 분류할 수 없어 추적에 실패한 경우이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 WebCam 영상으로부터 퍼지 콘트라스트와 HOG 기법을 이용하여 침입자를 실시간으로 감시하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 감시 영상에서 명암 대비를 강조하기 위해 퍼지 콘트라스트를 적용한 후, 감시 전/후 영상에 Substraction 기법을 적용하였다. Substraction 기법이 적용된 영상에서 히스토그램의 변화가 큰 경우에는 침입자의 침입으로 간주하였다. 침입으로 간주한 영상에서 감시 대상의 물체를 감시할 영상과 침입자를 실시간으로 추적하기 위한 영상으로 구분하였다. 감시 대상의 물체를 감시할 영상에서는 퍼지 이진화를 적용하였다. 퍼지 이진화가 적용된 영상에서 Blob 기법을 적용하여 객체화한 후, 침입된 침입자의 영상을 저장하였다. 침입자를 실시간으로 추적할 영상에서는 HOG 기법을 적용한 후, 선형 SVM 기법을 적용하여 침입자의 객체를 추적하였다. 제안된 방법을 실험한 결과, 퍼지 콘트라스트 기법을 적용한 영상에 퍼지 이진화를 적용하였을 경우에는 침입자의 판별 성공률이 20번의 실험 중에 17번으로 나타났다. HOG 기법을 이용하여 실시간 추적을 하였을 경우에는 침입자의 실시간 추적 성공률이 20번의 실험 중에 15번으로 나타났다. 침입자 판별 과 실시간 추적에 실패한 경우는 SVM의 학습 패턴수의 제한으로 인하여 특징들을 보다 세밀하게 분류할 수 없었기 때문이다.

따라서 향후 연구과제로는 다양한 학습 패턴을 구성하고 SVM 기반 RBF 네트워크를 연구하여 실시간으로 침입자를 추적하고 연산 성능을 향상시켜 다중 침입자를 추적할 수 있는 방법으로 확장할 것이다.

참고문헌

- [1] 류재호, 최경열, 조재현, 송두현, 김광백, “퍼지 이진화를 이용한 침입자 감시 시스템에 관한 연구,” *해양정보통신학회 춘계종합학술대회논문집*, pp.201-204, 2010.
- [2] 김광백, 김영주, “퍼지 소속 함수를 이용한 개선된 이진화 방법,” *한국컴퓨터정보학회논문지*, 10권, 1호, pp.67-72, 2005.
- [3] 서용호, 박세준, 양태준, “사람 및 얼굴검출에 기반한 이동로봇의 강인한 객체추적 기술 구현,” *한국정보기술학회논문지*, 8권 12호, pp.21-28, 2010.
- [4] A. Kandel, G. Langholz, *Fuzzy Control Systems*, CRC Press, Inc., 1994.
- [5] D. Comaniciu and V. Ramesh, “Mean shift and optimal prediction for efficient object tracking,” *Proceedings of IEEE Int. Conf. Image Processing*, Vol. 3. pp.70-73, Sept., 2000.
- [6] C. Schuldt, “Recognizing human actions: a local SVM approach,” *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition*, pp.23-26, Aug., 2004.

저자소개

김광백(Kwang-Baek Kim)

1999년 : 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 교수

2005년~현재 한국정보통신학회 국제학술부회장

2007년~현재 Scientific Journals International(USA)

Editor

※관심분야: 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘, 의료정보시스템, 생물정보학