

특징 정보의 자율적 추출 및 학습을 이용한 객체 분류

김성완*, 임승린*

*수원과학대학 컴퓨터정보과

e-mail: sungkim@ssc.ac.kr

silim@ssc.ac.kr

Object Classification Using Autonomous Extraction and Learning of Feature Information

Sung-Oan Kim*, Seung-In Lim*

*Dept of Computer Information, Suwon Science College

요 약

감시 시스템은 지역의 특성에 따라 다양한 환경 및 설치 조건을 가지게 되며, 지능적 처리 요구에 따라 정확한 객체 분류를 필요로 한다. 본 논문에서는 검출된 객체로부터 특징 정보의 자율적 추출 및 학습을 이용하여 객체를 분류하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 다양한 환경 및 설치 조건에서도 감시 시스템의 입력과 처리에 대한 추가적 보정 과정이 필요하지 않으며, 연속적으로 입력되는 객체의 형태와 움직임 정보를 효과적으로 활용하여 객체의 특징 추출 및 분류가 가능하게 된다.

키워드 : 감시 시스템(surveillance system), 특징 추출(feature extraction), 객체 분류(object classification)

I. 서 론

감시 시스템은 다양한 형태의 보안 위협을 감지하거나 방지할 수 있는 효과적 방법으로 인식되고 있으며, 많은 응용 분야로의 활용 가능성으로 인하여 보안 시장에서 가장 빠르게 성장하고 있는 분야 중의 하나이다. 지난 20여년이상 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 영상 처리 등의 분야에서 다양한 관련 연구가 진행되어 왔으며, 최근에는 실제 응용을 위하여 정확성(accuracy)과 강건성(robustness)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1-3]

감시 시스템의 효율성을 더욱 높이기 위해서는 실세계에서 발생하는 단기와 장기 변화에 대한 강건한 처리(robust operation)와 더불어 장면과 사건에 대한 지능적 분석(intelligent analysis)이 요구된다. 이를 위해서는 상호 보

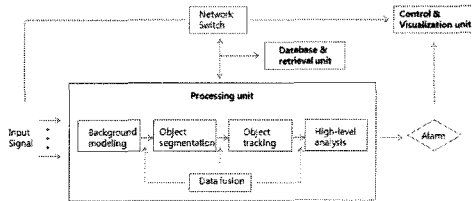
완적인 다중 모드(multimodal) 기법을 이용하는 다양한 종류의 정보 추출, 적용 가능한 생체 인식(biometrics) 기법을 이용하는 상황 또는 사건의 주체 인식 등에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 검출된 객체로부터 특징 정보의 자율적 추출 및 학습을 이용하여 객체를 분류하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 다양한 환경 및 설치 조건에서도 감시 시스템의 입력과 처리에 대한 추가적 보정 과정이 필요하지 않으며, 연속적으로 입력되는 객체의 형태와 움직임 정보를 효과적으로 활용하여 객체의 특징 추출 및 분류가 가능하게 된다.

II. 관련 연구

감시 시스템은 현장에 설치된 카메라 등 입력 장치를 통하

여 관심 물체에 대한 검출, 인식, 추적 기능을 수행하며, 궁극적인 목적은 사전 정의된 상황을 감지하여 그에 따른 적절한 대응을 하려는 것이다. 감시 시스템은 일반적으로 (그림 1)과 같은 구조로 표현될 수 있으며, 크게 처리부 (processing unit), 제어부(control&visualization unit), 데이터베이스부(database&retrieval unit)의 3가지로 구성되어 있다. 처리부는 카메라 등을 사용하여 획득된 입력 신호로부터 배경 모델링, 객체 분할, 객체 추적, 고급 분석의 여러 단계를 통하여 사전 정의된 상황에 대한 감지 신호를 출력하게 된다.[1,4]



(그림 1) 감시 시스템의 블록 다이어그램

배경 모델링(background modeling)은 객체 검출을 위하여 배경 감산 방법을 이용하는 객체 분할의 사전 단계이며, 배경이 검출하고자 하는 객체와 상당히 다른 특성을 가진다는 가정을 필요로 한다. 많은 사람들이 있는 실내, 어두운 조명에 있는 실외, 움직이는 배경 물체가 있는 경우 등의 환경에 대해서도 신뢰성 있는 배경을 모델링하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.[5,6]

객체 분할(object segmentation)은 관심 영역으로서 움직임이 있는 객체를 배경으로부터 검출하기 위한 단계이며, 시간 차이(temporal difference)와 배경 감산(background subtraction)의 두가지 접근 방법으로 분류될 수 있다. 시간 차이 방법은 연속적인 영상 프레임들의 감산 후 문턱치(thresholding) 기법을, 배경 감산 방법은 배경 모델과 현재 영상의 감산 후 레이블링(labeling) 과정을 각각 적용하며, 두가지 접근 방법은 공통적으로 이미지 차이의 잡음을 줄이기 위하여 모폴로지 연산(morphological operations)의 후 처리 과정을 많이 이용한다.[7,8]

객체 추적(object tracking)은 프레임 단위의 객체 검출과 일치 여부의 계산을 생략하고 객체들의 궤적이 발생하는 경우의 분석을 용이하게 하며, 모델 기반, 통계 기반, 외양 기반의 세가지 접근 방법으로 분류될 수 있다. 모델 기반 방법은 기하학적 사전 지식으로부터 얻어진 객체의 2D 모델 또는 3D 모델에 대하여 형태와 움직임을 이용하는 방법이며, 통계 기반 방법은 객체를 포함하는 사각형 또는 타원형 영역에 대하여 선형 또는 비선형 필터를 이용하는 방법이며, 외양 기반 방법은 객체의 영상에 대하여 관측 모델과 통계적 성질을 이용하는 방법이다.[9-11]

데이터 융합(data fusion)은 실제세계의 제약을 극복하고 시스템의 강건성을 높이기 위하여 상호 보완적인 다중 모드

의 데이터를 결합함으로써 객체의 검출과 추적을 위한 시공간(spatio-temporal) 정보의 통합을 의미한다. 가시와 적외선의 융합, 비디오와 오디오의 융합, 오디오와 적외선의 융합 등 다양한 다중 모드의 제안과 신뢰성에 대한 연구들이 있다.[12,13]

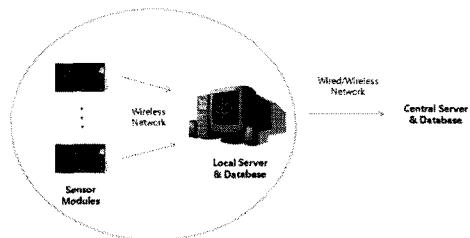
고급 분석(high-level analysis)은 행동 분석(activity analysis)과 동작 이해(behavior understanding)로부터 객체 확인(object identification)과 행동 인식(activity recognition)을 수행하는 이벤트 인식에 해당된다. 객체 확인과 행동 인식에 대한 연구는 높은 해상도와 낮은 복잡도, 중간 해상도와 중간 복잡도, 낮은 해상도와 높은 복잡도의 세 가지 범주로 분류될 수 있다.[14-16]

감시 시스템에 대한 많은 연구에도 불구하고 감시 시스템의 실제 응용은 여전히 어려운 문제로 인식되고 있으며, 이러한 문제는 실제세계에서 강건성, 지능성, 실시간, 경제성의 네가지 측면으로 요약될 수 있다. 강건성은 실제세계의 다양한 변화에 대하여 다중 모드 기법 등을 이용하여, 지능성은 자동 감시 시스템의 진화를 위하여 장면 분석, 이벤트 인식 등을 추가하여 각각 향상될 수 있다. 실시간은 유용한 처리 알고리즘의 구현을 위하여 알고리즘 단순화, 전용 하드웨어 등을 이용하여, 경제성은 실제세계의 다양한 분야를 위하여 비용 효율적인 프레임워크 등을 이용하여 각각 향상될 수 있다.

III. 감시 시스템의 설계

1. 시스템 구성

본 논문에서는 특정 지역에 대한 감시 및 관측 기능을 수행하기 위하여 USN 기반 감시 시스템을 구성하였으며, (그림 2)는 이러한 시스템 구조를 개략적으로 표현한 것이다. 감시 시스템은 센서와 서버의 2가지 모듈로 구성이 되며, 이러한 시스템을 기본 단위로 하여 다양한 지역으로 확장하게 되면 통합 감시 시스템의 구축이 가능하게 된다.[2,4]



(그림 2) 감시 시스템의 구성

센서 모듈은 정보 수집을 위한 센서, 정보 처리를 위한 프로세서, 정보 전송을 위한 무선 송수신기로 구성되며, 계산과 통신에 대한 실시간 요구를 제한된 자원으로 충족시킬 수 있어야 한다. 센서는 환경 변화를 고려하여 비디오, 적외선, 오

디오 등 혼합 센서로 구성될 수 있으며, 프로세서는 낮은 계산 능력으로 필수적인 저수준 알고리즘이 할당될 수 있으며, 무선 송수신기는 통신 기반이 취약한 지역에도 다양한 형태의 네트워크로 연결될 수 있다.

서버 모듈은 종합적 정보 통합을 위한 서버와 체계적 정보 저장을 위한 데이터베이스로 구성되며, 특정 지역의 로컬 서버로서 중앙 서버와의 통신을 통하여 통합 정보에 대한 구축 및 활용이 가능하게 된다. 서버는 고급 분석 및 처리, 정보 제어 및 시각화 등의 기능을 수행할 수 있어야 하며, 데이터 베이스는 센서 모듈과 서버에서 처리되는 정보를 체계적으로 저장할 수 있어야 한다.

2. 객체 검출 및 추적 알고리즘

USN 기반 감시 시스템에는 실제계 응용을 위하여 다양한 요구사항을 고려한 처리 알고리즘의 설계 방안이 필요하며, 센서와 서버 모듈의 성능을 고려한 처리 알고리즘의 할당 방안도 필요하다. 이를 위하여 본 논문에서는 비디오 정보를 위한 처리 알고리즘의 설계를 목적으로 하여 먼저 단일 카메라의 센서 모듈에 대한 처리 알고리즘을 설계함으로써 향후 다중 카메라로 확장을 용이하게 하고자 한다.

객체 검출은 배경 감산, 문턱치 비교, 모폴로지 연산, 객체 레이블링, 배경 갱신의 연속적인 과정을 통하여 배경으로부터 관심 객체 및 관련 정보의 추출이 가능하도록 하였다. 배경 감산은 현재 영상과 배경 영상의 차이를 이용하여 움직임이 있는 전경을 검출하는 과정으로 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$D_t = |C_t - B_t| \dots\dots\dots (1)$$

문턱치 비교는 이후 처리의 단순화를 위하여 전경 영상을 이진화하는 과정으로 식 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$D_b = \begin{cases} 1, & \text{if } D_t \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

모폴로지 연산은 닫기(closing) 연산을 이용하여 분리된 객체 영역을 합병(merge)하는 과정으로 식 (3)과 같이 표현될 수 있다.

$$D_c = (D_b \oplus M) \ominus M \dots\dots\dots (3)$$

객체 레이블링은 검출된 각 객체의 식별을 위하여 객체별 고유 번호를 부여하는 과정으로 영상의 각 화소에 대하여 주변 화소와의 연결성을 고려하여 레이블링이 수행된다. 배경 갱신은 현재 영상과 배경 영상의 차이를 이용하여 완만한 조명 변화를 반영하는 과정으로 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$B_{t+1} = \alpha C_t + (1 - \alpha) B_t \dots\dots\dots (4)$$

효과적 객체 검출을 위하여 문턱치 비교 및 객체 레이블링 과정을 통하여 어둡고 작은 영역들은 관심 객체에서 제외되며,

긴급한 조명 변화에 대하여 문턱치 비교 및 배경 갱신 과정을 통하여 배경 영상은 새로운 배경으로 교체되도록 하였다.

객체 추적은 객체 영역 설정 및 움직임 벡터 예측 과정을 통하여 현재 위치로부터 특정 객체의 다음 위치 추정이 가능하도록 하였다. 객체 영역 설정은 각 객체의 추적을 위하여 객체별 사각형 영역을 표시하는 과정으로 동일한 레이블의 각 화소에 대하여 가로와 세로의 최소 및 최대 좌표값을 추출하여 영역이 설정된다. 움직임 벡터 예측은 현재의 중심 위치와 속도 정보를 이용하여 다음 중심 위치를 추정하는 과정으로 식 (5)와 같이 표현될 수 있다.

$$\hat{v}_{t+1} = (1 - r)v_t + r\hat{v}_t \dots\dots\dots (5)$$

추정된 중심 위치 주변의 미리 정의된 크기의 검색 영역에 대하여 정확한 중심 위치를 찾게 되며, 이러한 과정을 반복함으로써 관심 객체의 위치를 계속적으로 추적할 수 있게 된다.

IV. 객체 분류 알고리즘

객체 분류는 특징 추출과 유형 분류의 순차적인 과정을 통하여 검출된 객체로부터 고유 특징 및 분류 정보의 추출이 가능하도록 하였다. 본 논문에서는 다양한 특징을 추출하기 위하여 PCA(principal component analysis)와 LDA (linear discriminant analysis)를 이용하였으며, 정확한 유형을 분류하기 위하여 SVM(support vector machine)을 이용하였다.[17,18]

PCA는 영상 특성을 효과적으로 표현할 수 있는 방법으로 인정받고 있으며, 영상 차원을 감소시키면서 고유 특징을 추출할 수 있게 해준다. 고유 특징은 식 (6)과 같이 분산을 최대로 하는 새로운 축으로 투영함으로써 추출할 수 있다.

$$W = \arg \max_w |W^T S_T W| \dots\dots\dots (6)$$

LDA는 객체 특성을 효과적으로 분류할 수 있는 방법으로 인정받고 있으며, 객체간 분산과 객체내 분산을 고려하여 객체 특징을 추출할 수 있게 해준다. 객체 특징은 식 (7)과 같이 객체간 분산은 최대로, 객체내 분산은 최소로 하는 새로운 축으로 투영함으로써 추출할 수 있다.

$$W = \arg \max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \dots\dots\dots (7)$$

SVM은 구조적 위험 최소화 방법에 기초하고 있으며, 고차원 공간 사상, 최적 분류, 높은 일반화를 가능하게 해준다. 분류 정보는 식 (8)과 같이 비선형 SVM의 최종 판별 함수를 계산함으로써 추출할 수 있다.

$$f(x) = \sum \alpha_i y_i K(x_i, x_j) + b \dots\dots\dots (8)$$

객체 검출 및 추적 과정으로부터 추출된 객체의 형태와 움직임 정보를 활용하여 먼저 분석하는 과정이 수행된다. 이러한 분석을 통하여 빈도가 높은 객체의 형태와 움직임에 대하여 특징 추출 및 분류 학습의 과정이 필요하게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 검출된 객체로부터 특징 정보의 자율적 추출 및 학습을 이용하여 객체를 분류하기 위한 방안을 제시하였다. 다양한 환경 및 설치 조건에서도 감시 시스템의 입력과 처리에 대한 추가적 보정 과정이 필요하지 않으며, 연속적으로 입력되는 객체의 형태와 움직임 정보를 효과적으로 활용하여 객체의 특징 추출 및 분류가 가능하도록 하였다. 현재 제시된 방안에 대하여 다양한 실험이 진행되고 있으며, 실험 결과의 고찰을 통하여 제시된 방안의 타당성과 향후 연구의 방향을 모색하고자 한다.

참고문헌

- [1] P. Kumar, A. Mittal, and P. Kumar, "Study of Robust and Intelligent Surveillance in Visible and Multimodal Framework", *Infomatica*, Vol.32, No.4, pp.447-461, 2007.
- [2] A. Amer and C. Regazzoni, "Editorial: Introduction to the Special Issue on Video Object Processing for Surveillance Applications", *Real-Time Imaging*, Vol.11, pp.167-171, 2005.
- [3] W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, "A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.34, No.3, pp.334-350, 2004.
- [4] 김성완, "USN 기반 실시간 감시 시스템의 설계", 수원 과학대학 논문집, 2008.
- [5] A. McIvor, "Background Subtraction Techniques", *Proceedings of Image and Vision Computing*, 2000.
- [6] K. Toyama, J. Krumm, B. Brumitt, and B. Meyers, "Wallflower: Principles and Practice of Background Maintenance", *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, Vol.1, pp.255-261, 1999.
- [7] 안성진, 이관희, 권구락, 김남형, 고성제, "중요지역 보안을 위한 조명환경 적응형 실시간 영상 감시 시스템", *전자공학회 논문지*, 제44권 SP편, 제2호, pp.116-125, 2007.
- [8] 김종배, "웨이블릿 기반의 신경망과 불변 모멘트를 이용한 실시간 이동물체 인식 및 추적 방법", *전자공학회 논문지*, 제45권 SP편, 제4호, pp.10-21, 2008.
- [9] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.19, No.7, pp.780-785, 1997.
- [10] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, "W4: Who, When, Where, What: A Real Time System for Detecting and Tracking People", *Third Face and Gesture Recognition Conference*, pp.222-227, 1998.
- [11] C. Stauffer and W. Grimson, "Learning Patterns of Activity Using Real Time Tracking", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.22, No.8, pp.747-767, 2000.
- [12] C. OConaire, E. Cooke, N. O'Connor, N. Murphy, and A. Smeaton, "Fusion of Infrared and Visible Spectrum Video for Indoor Surveillance", *International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, 2005.
- [13] C. Stauffer, "Automated Audio-Visual Activity Analysis", *CSAIL Technical Reports*, 2005. (<http://hdl.handle.net/1721.1/30568>)
- [14] W. Niu, L. Jiao, D. Han, and Y. Wang, "Real-Time Multi-Person Tracking in Video Surveillance", *Proceedings of the Pacific Rim Multimedia Conference*, Vol.2, pp.1144-1148, 2003.
- [15] 김광백, 조재현, "퍼지 신경망을 이용한 자동차 번호판 인식 시스템", *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 제12권, 제5호, pp.313-319, 2007.
- [16] 지정규, "얼굴 인식과 RFID를 이용한 실시간 인증 시스템", *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 제13권, 제5호, 2008.
- [17] 조광신, 박수경, 심동규, 이수연, "조명변화에 강인한 MCT와 프레임 연관성 기반 실시간 얼굴인식 시스템", *전자공학회 논문지*, 제45권 CI편, 제3호, pp.123-134, 2008.
- [18] 김상균, 장준혁, "SMV코덱의 음성/음악 분류 성능 향상을 위한 Support Vector Machine의 적용", *전자공학회 논문지*, 제45권 SP편, 제6호, pp.142-147, 2008.