

HOG와 컬러정보 기반의 2단계 보행자 탐지 시스템*

장규진*, 김진평*, 김문현*
*성균관대학교 정보통신대학
e-mail:gjjang@skku.edu

HOG and Color Information based 2-Stages Pedestrian Detection System

Gyu-Jin Jang*, Jin-Pyung Kim*, Moon-Hyun Kim*
*College of Information and Communication Engineering ,
Sungkyukwan University

요 약

컴퓨터 비전 분야의 활용영역과 시장성이 증대하면서 가장 많이 사용되는 객체인식 및 탐지 기술과 관련된 연구는 꾸준히 진행되고 있다. 최근에는 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)와 특징적인 객체를 인식·추적할 수 있는 지능형 감시시스템에서의 가장 핵심적인 기술로 자리 잡고 있다.

본 연구에서는 보행자 탐지에 사용하는 특징들 중에서 조명변화에 강건한 HOG와 Cascade-Adaboost를 기반으로 보행자 탐지 모델을 후보영역을 검출하고 검출된 영역에서 컬러정보를 추출하여 의사결정 트리에 적용시켜 최종 보행자를 탐지하는 시스템을 제안한다.

1. 서론

컴퓨터 비전의 시장성과 활용영역이 확대되면서 주된 객체가 되는 사람(혹은 보행자) 인식 및 탐지에 대한 관심이 급격히 부각되고 있으며, 관련 연구들이 꾸준히 진행되고 있다. 최근에는 보행자를 보호하기 위한 목적으로 사용되는 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)[1]와 특징적인 객체를 인식·추적할 수 있는 지능형 감시시스템에서의 가장 핵심적인 기술로 자리 잡고 있다[2].

보행자 탐지 방식은 크게 모션기반과 특징기반으로 나누어진다. 모션기반은 여러 프레임에서 거쳐 움직임 정보를 분석하여 탐지하게 된다[3]. 특징 기반은 보행자 탐지에 유용한 특징을 추출하여 사용하는 방식으로 가장 대표적인 방법론 중의 하나로 인정받는 웨이블릿의 일종인 Haar feature특징과 Cascade형태의 부스팅으로 검출하는 방법을 Viola가 제안하였다[4]. 빠르게 영상에서 객체 검출이 가능하지만 성능을 높이기 위해서는 많은 학습용 데이터와 학습 시간을 필요로 한다. N. Dalal은 보행자를 검출하기 위하여 지역적인 그라디언트의 방향 분포 히스토그램(Histogram of Oriented Gradient)과 linear SVM 이용하여 물체를 식별하는 방식을 사용하였다[5]. 좋은 검출율을 보이거나 연산시간이 오래 걸리기 때문에 실시간 탐지에는 어려운 점이 있다. 형태(Shape) 특징을 이용한 보행자 모델 방식은 머리카락 어깨라인 등 보행자의 강한 외형

적인 패턴을 이용하여 신체의 일부만으로도 검출이 가능하나, 다양한 인간의 모든 형태를 모델링 하는 것이 쉽지 않으며, 겹침으로 인한 형태변화에도 취약하다[6].

본 논문에서는 객체 간의 겹침이나 조명의 변화가 심한 환경에서도 보행자의 특징을 표현하기 적합한 HOG특징과 학습시간을 감소시키기 위해 Cascade 구조의 보행자 모델을 통해 후보영역을 검출하고 이 영역내의 컬러정보를 추출하고 이를 파라미터로 사용하는 의사결정트리(Decision Tree)를 거쳐 최종 보행자 여부를 판단하는 시스템을 제안하고자 한다.

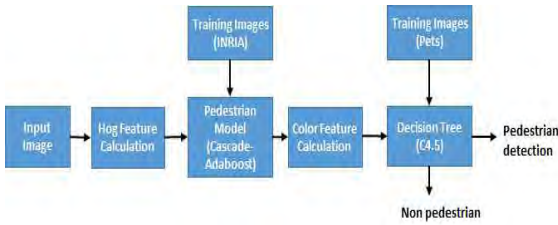
2장에서는 제안된 탐지 시스템에 사용하는 특징 추출과 보행자 모델 생성과 의사결정 구성에 대해 기술하며, 3장에서는 실험 및 성능에 대한 평가에 대해 기술한다. 4장에서는 결론 도출과 향후 보완 할 점들에 대해 검토한다.

2. 보행자 탐지 시스템

본 논문에서 제안하는 보행자 탐지 시스템은 후보영역 검출과 보행자 분류를 하는 2단계로 그림 1과 같이 구성되어 있다. 첫 번째 과정에서는 학습용 이미지로부터 HOG 특징을 추출하여 Cascade-Adaboost를 적용한 보행자 모델을 통해 보행자 후보영역을 검출하게 된다.

두 번째 단계에서는 후보영역 검출단계를 통해 얻어진 영역에서 컬러정보를 추출한다. 이를 파라미터로 활용하는 의사결정 트리(Decision Tree)거치게 되고 최종적으로 보행자의 여부를 판단하게 된다.

* 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(NRF-2014R1A2A1A11053902).



(그림 1) 제안된 보행자 탐지 시스템 구성도

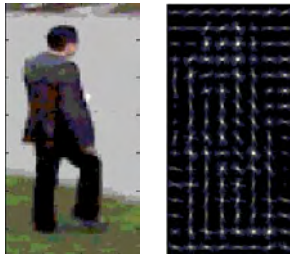
2.1 HOG(Histogram of Oriented Gradient) 특징 추출

불규칙한 빛의 변화에 따른 대비(Contrast)와 노이즈 등에 강건한 특성을 갖고 객체 인식에서 특징추출 방법의 하나인 HOG를 사용한다. 국소지역의 엣지의 방향의 발생 빈도를 누적시켜 히스토그램을 생성하게 된다. HOG 특징벡터를 계산하기 위해서는 영역 내의 픽셀 값 x, y_i 로부터 기울기 크기 m 와 방향 θ 는 다음 식 (1)과 (2)를 이용하여 구한다.

$$m(x_i, y_i) = \sqrt{\partial_x(x_i, y_i)^2 + \partial_y(x_i, y_i)^2} \quad (1)$$

$$\theta(x_i, y_i) = \arctan \left(\frac{\partial_y(x_i, y_i)}{\partial_x(x_i, y_i)} \right) \quad (2)$$

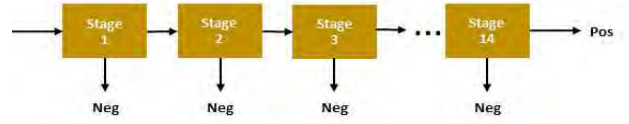
본 논문에서 Blocksize는 16x16, Cellsize 8x8 픽셀 크기로 각각 설정하였고, 방향성분은 0~360°에 대해 40°씩 분할하여 9개 빈도로 나누어 방향별 발생빈도에 대한 히스토그램을 구하게 된다. 그림 2는 보행자 이미지에서 얻어낸 HOG 특징 결과를 보인다.



(그림 2)보행자 이미지와 HOG 결과

2.3 보행자 후보영역 검출

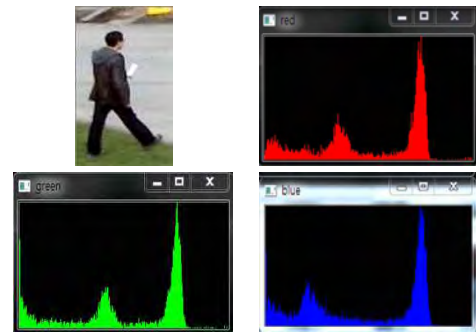
보행자 후보영역을 검출하기 위한 보행자 모델은 보행자 이미지와 비보행자 이미지에서 추출한 HOG의 특징 결과를 Cascade-Adaboost를 입력 데이터로 사용하여 학습 과정을 거쳐 생성하게 된다. Adaboost 알고리즘은 각각 1차원 벡터를 입력 받는 약한 분류기(weak classifier)들을 선형적으로 결합하고 반복적인 학습과정을 통해 최종적으로는 강한 분류기(strong classifier)를 생성하게 된다. 이와 같은 Adaboost 분류기를 cascade 형태에 구성하게 된다[7]. 제안 보행자 모델은 그림 3과 같이 총 14개 단계의 Cascade 구조로 설계하였다.



(그림 3) 보행자 모델의 Cascade 구조

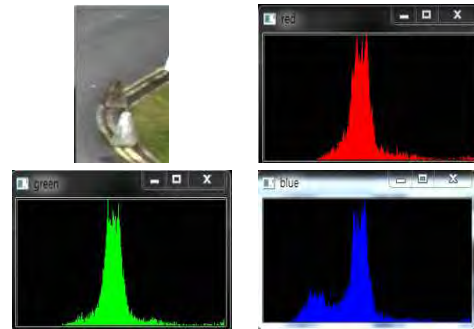
2.3 컬러정보 추출

컬러정보는 간단 저수준 레벨의 특징으로 빠른 연산으로 얻을 수 있는 정보이기 때문에 이미지 인덱싱, 분할 및 검색 영역에서 널리 활용되고 있다. 컬러공간은 3차원 벡터로 표시하는데 RGB, LUV, HSI, LAB 모델 등이 있으나 제안 시스템에서는 RGB 모델을 사용한다. R채널, G채널, B채널 별로 히스토그램을 작성하여 보행자와 비보행자의 분류 패턴을 찾아낸다.



(그림 4) 보행자 이미지와 컬러 히스토그램 패턴

그림 4와 5는 각각 보행자와 비보행자의 R채널, G채널, B채널을 이용한 컬러히스토그램이다.



(그림 5)비보행자 이미지와 컬러 히스토그램 패턴

컬러히스토그램에서 의미 있고 효율적인 특징을 추출하기 위해 각각 R, G, B 채널의 히스토그램 내에서 사용자가 지정하는 레벨까지의 누적빈도수를 계산한다.

$f_x(j)$ 는 지정 영역 내에서 j 레벨의 집계된 개수를 의미한다. 본 실험에서는 초기 값으로 $i=40$ 으로 설정하였다.

$$G(i) = \sum_{j=0}^i f_x(j), \quad 0 \leq i < 256 \quad (3)$$

검출된 후보영역에서 각 채널별 누적빈도수를 구하는 작업을 수행한다.

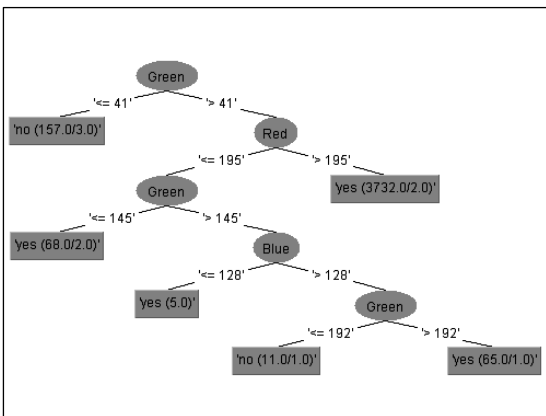
2.4 보행자 분류

의사결정 트리는 간단한 구조를 갖고 있지만 학습과정을 거친 모델은 한정된 수의 클래스를 분류하는데 뛰어난 성능을 보이는 분류 기술이다. 가장 일반적으로 사용되는 의사결정 알고리즘은 Quinlan(1993)에 의해 수치형 데이터도 사용할 수 있는 C4.5 알고리즘이다[8]. 주어진 데이터들로부터 분석 패턴을 찾아 분류 모델 구성도 가능하다. C4.5 알고리즘 Class가 속하는 경우들로 구성될 때까지 트리를 형성하는데 이때 정보 획득량(Information Gain)이라는 개념을 사용하고 A는 속성이고 전체 데이터 집합은 S, 하위 집합은 S_i 이며, 식은 다음과 같다.

$$in(S,A) = E(S) - I(S,A) \tag{4}$$

$$= E(S) - \sum_i \frac{|S_i|}{|S|} \cdot E(S_i)$$

후보영역에서 추출된 컬러정보를 이용하여 3개의 속성과 2개의 클래스로 분류하는 그림 6과 같은 트리구조를 생성하였다. Yes클래스는 보행자이고, No는 비보행자를 의미한다.



(그림 6) 구성된 의사결정 트리 구조

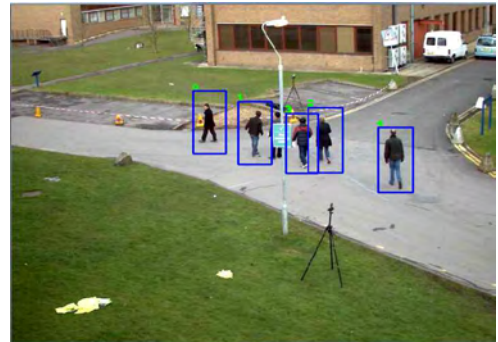
3. 실험결과 및 평가

본 논문에서 사용하는 학습데이터는 INRIA 보행자 이미지이며, 임의적으로 보행자 사진(Positive Set)은 800장을 선택하였고, 비보행자 이미지(Negative Set)는 1000장을 이용하였다. 기본 학습용 이미지의 크기는 128x64를 적용하였다. 실험용 데이터는 Pets 2009 데이터 셋을 사용하였고, 영상의 크기는 768 x 576 이다.



(그림 7) 학습용 데이터 이미지

그림 8은 보행자 후보영역 검출과정과 컬러정보를 활용하는 보행자 분류과정을 거친 최종결과이다. 성능평가는 기존에 HOG와 Cascade-Adaboost만을 적용한 탐지 방식과 본 연구에서 제안하는 탐지 시스템에 대하여 비교하였다.



(그림 8) 제안 시스템의 보행자 탐지 결과

표1과 2는 두 개의 비교 모델의 Confusion Matrix를 나타내고 있다.

표 1. HOG와 Cascade-Adaboost 기반의 탐지 결과

		Predicted Class	
		yes	no
Actual Class	yes	3869	0
	no	168	0

표 2. 제안 시스템의 탐지 결과

		Predicted Class	
		yes	no
Actual Class	yes	3865	4
	no	4	164

이를 통해서 HOG와 Cascade-Adaboost 모델을 형태로 구성하는 것 보다 HOG특징을 이용한 후보영역을 검출과정과 컬러정보를 파라미터로 사용하는 의사결정 트리를 통해 최종 보행자를 인식하고 탐지하는 제안시스템의 정확도 4%정도 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

최근 지능형 감시시스템에서는 특징적인 객체를 인식하고 추적할 수 있는 기술이 주요한 연구 분야로 다루어지고 있으며 그 중 보행자 객체를 탐지하는 연구는 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 보행자의 실외 환경에서도 빛의 변화에 강하고 유효한 보행자를 탐지하는 방식을 제안하였다. 제안 시스템은 주어진 입력영상으로부터 HOG 특징을 추출하여 Cascade-Adaboost를 통해서 보행자 모델을 생성하고 이를 통해 보행자 후보영역을 검출하였다. 그리고 검출된 후보영역으로부터 컬러 정보를 추출하여 영상에서의 보행자 여부를 판단할 수 있는 의사결정트리과정으로 이루어진다. 이를 통해 실험 영상에서 컬

러정보를 보행자의 특징으로 사용 할 수 있음을 확인하였다. 하지만 컬러 정보는 상황에 따라 유효정도가 달라 질 수 있어 다른 영상에 대해서도 실험이 필요하며, 효율적인 보행자 인식을 위해 추후 다른 학습 알고리즘을 적용하여 성능평가를 비교할 예정이다.

참고문헌

- [1] D. Geronimo, A.M. Lopez, A.D. Sappa, and T. Graf, "Survey on Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems,"IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32, no. 7, pp. 1239-1258, 2010.
- [2] Benenson, R., Omran, M., Hosang, J., Schiele, B "Ten years of pedestrian detection, what have we learned?." Computer Vision-ECCV 2014 Workshops. pp. 613-627., 2014.
- [3] Dalal, Navneet, Bill Triggs, and Cordelia Schmid. "Human detection using oriented histograms of flow and appearance." Computer Vision - ECCV 2006. p.428-441. 2006.
- [4] Viola, P., Jones, M., "Robust real-time object detection.", International Journal of Computer Vision, 4, 51-52., 2004
- [5] N. Dalal , B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," Proc. IEEE Int'l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005.
- [6] L. Zhang, B. Wu, and R. Nevatia, "Pedestrian Detection in Infrared Images Based on Local Shape Features", Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-8, 2007.
- [7]P. Viola and M. Jones, "etecting Pedestrians Using Patterns of Motion and Appearance,"International Journal of Computer Vision, vol. 63, no. 2, pp. 153-161, 2005.
- [8]Agrawal, G. L., & Gupta, H. "Optimization of C4. 5 Decision Tree Algorithm for Data Mining Application.", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3(3), 341-345., 2013