

실시간 영상에서의 보행자 검출 고속화 방법

A Speed-up Method of Pedestrian Detection in Realtime Image

이 윤 구*, 이 재 흥**

Yun-Gu Lee*, Jae-Heung Lee**

Abstract

In this paper, we propose a method for pedestrian detection in real time video and reducing the calculation time of the HOG features for pedestrian detection. When the pedestrian is detected in real-time image, the next frame is detected by using a previously detected region information. In addition, we used a PSO to detect a pedestrian may appear in a region other than a pedestrian is detected quickly. the performance was measured for MIT, INRIA dataset, showed a performance increase of about 82% than the conventional method.

요 약

본 논문에서는 실시간 영상에서 보행자 검출 속도를 빠르게 하는 방법을 제안한다. 보행자 검출에 사용되는 HOG 특징을 빠르게 계산하고, 실시간 영상에서 검출 속도를 향상시키기 위한 방법을 제안한다. 실시간 영상에서 최초 보행자가 검출되면 그 다음 프레임에서는 이전 프레임의 검출정보를 이용하여 보행자가 존재할 가능성이 높은 영역에 대해서만 검출을 시도한다. 추가적으로 이전프레임에서 보행자가 검출되지 않은 영역에서 나타나는 보행자를 빠르게 검출하기 위해 PSO를 사용하였다. MIT, INRIA 데이터 셋에 대해서 성능을 측정하였고, 제안한 방법을 적용하여 기존의 방법보다 82%의 성능 향상을 보였다.

Key words : HOG, Feature, Pedestrian, Realtime Image, PSO

1. 서론

물체 검출 및 인식, 추적 관련 분야는 계속해서 연구되고 있다. 그 중에서도 얼굴검출 분야와 더불어 보행자 검출 관련 연구에 많은 관심이 집중되고 있다. 사람마다 키, 몸무게 등 외형적인 모습이 다르고, 입고 있는 옷이나, 주변 환경이 다르기 때문 영상 내에서 보행자를 검출해내는 것은 쉽지 않은 문제이다.

보행자 검출 분야는 사회 전반에 걸쳐 많은 분야에 적용되고 있다. 백화점 등 건물 내의 있는 사람 수를 세거나 출입하는 사람을 체크하는 데에 사용 될 수 있다. 또한 차량 내 블랙박스에 적용하여 운전자에게 전후방에 사람이 있는지 알려주어 사고를 예방할 수도 있다. 화재 현장이나 건물 붕괴현장 등 재난 시에 구조되지 못한 사람을 확인하는 등 여러 분야에 응용

* Dept. of Computer Engineering, Hanbat University
042-821-1420, lygo089@naver.com

* Corresponding author

※ Acknowledgment

This research was financially supported by the Ministry of Education (MOE) and National Research Foundation of Korea(NRF) through the Human Resource Training Project for Regional Innovation (2012H1B8A2026119).

Manuscript received Mar. 27, 2015; revised Apr. 27, 2015 ; accepted Apr. 29, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

될 수 있다. 특히 스마트폰, 태블릿 시장이 발전하면서 스마트카에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 차량에 장착되는 블랙박스에 실시간 보행자 검출 시스템이 탑재되는 등 관심이 높아지고 있다.

보행자 검출 과정은 크게 3단계로 구분된다. 첫 번째는 보행자를 검출하기 위한 강력한 특징을 추출하는 과정이다. 보행자 검출에서는 주로 HOG (Histogram of Oriented Gradient)를 특징으로 사용한다. 하지만 HOG는 검출 성능이 매우 좋지만 계산 속도가 매우 느리다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 두 번째 과정은 특징된 추출을 이용한 학습과정이다. 학습과정은 많은 보행자 샘플데이터들의 특징을 입력으로 하여 이루어진다. 학습방법으로는 ANN (Artificial Neural Network), SVM (Support Vector Machine) 등을 사용할 수 있다. 세 번째는 학습된 데이터를 기반으로 한 보행자 여부를 판단하는 분류과정이다. 분류과정은 학습된 데이터를 기반으로 이루어지기 때문에 학습과정이 얼마나 잘 이루어졌는지가 매우 중요하다.

실시간 영상에서 보행자를 검출하기 위해서는 검출 속도 향상이 필수적이다. 최근 카메라 성능이 향상되어 처리해야 할 영상 데이터의 크기가 증가되어 검출 속도를 빠르게 하는 것은 중요한 문제이다.

본 논문에서는 실시간 영상에서 나타나는 보행자들을 보다 빠르게 검출하기 위한 방법을 제안한다. 기존의 Dalal과 Triggs의 방법[1]을 개선하여 검출 속도를 향상시켰다. HOG 특징을 빠르게 계산하기 위하여 Integral Histogram[2]과, PSO (Particle Swarm Optimization)[3]를 이용하였다. 실시간 영상에서 처음 보행자가 검출이 되면 검출된 영역 정보를 저장하여 다음 프레임에서 보행자가 존재할 가능성이 높은 영역에 대해서만 검출 알고리즘을 적용하였다. 추가적으로 실시간 영상에 나타나는 보행자를 빠르게 검출하기 위해 PSO를 이용하였다.

2장에서 보행자 검출 관련 기존 연구에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 실시간 영상에서 보행자 검출 속도 향상 방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안한 방법에 대한 실험 및 결과에 대해 설명하고, 5장에서는 논문에 대한 전체적인 결론을 제시하였다.

II. 보행자 검출 관련 기존 연구

1. 전통적인 보행자 검출 방법

기존의 연구에서는 얼굴 검출 및 보행자 검출을 위하여 Viola와 Jones의 물체 검출 방법[4]을 많이 사용

하였다. [4]의 방법은 웨이블릿의 일종인 단순한 특징들을 이용하여 보행자를 검출하는 방법을 제안하였다. 수많은 Haar-like feature 중에서 좋은 특징들을 Integral Image라는 전처리 방법과 Adaboost라는 학습방법을 이용하여 빠르고 정확하게 물체를 검출하는 시스템을 제안하였다. 하지만 학습과정에 많은 샘플 이미지가 필요하고 학습하는 데에 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 최근에는 보행자 검출보다는 얼굴 검출에 더 많이 사용되고 있다.

현재 보행자검출을 위해 가장 기본적으로 그리고 많이 사용되고 있는 Dalal과 Triggs의 HOG를 이용한 보행자 검출 방법[2]이 제안되었다. 이 방법은 지역적인 기울기 방향 및 크기 정보를 이용하여 그림 1과 같이 히스토그램 특징을 추출하여 물체를 검출하는 방법이다. HOG는 분류 성능이 뛰어나 보행자 이외에 사람의 얼굴이나 자동차 등 다양한 물체 검출에 이용될 수 있다. HOG는 검출성능이 매우 우수하지만 계산시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

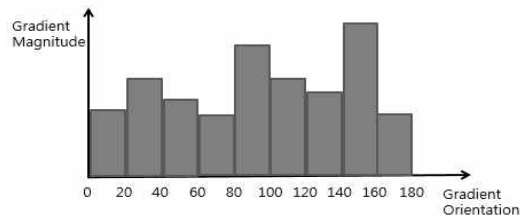


Fig. 1. Gradient Histogram
그림 1. 기울기 히스토그램

2. 검출 성능 향상을 위한 연구

Dalal과 Triggs가 제안한 HOG를 이용한 보행자 검출 방법의 단점을 보완하기 위한 연구도 많이 진행되었다. Q. Zhu, M.-C. Yeh, K.-T. Cheng, and S. Avidan[5]은 다양한 크기와 비율을 가지는 블록을 이용하여 HOG 특징을 추출한다. 이를 Cascade Detector를 이용하여 좋은 특징만을 가지고 검출을 시도하였다. 한편, P. F. Felzenszwalb, R. B. Girshick, D. McAllester, and D. Ramanan[6]은 part-based model 방법으로 기존의 서있는 보행자만을 검출할 수 있는 한계에서 벗어나 여러 형태의 보행자를 검출하였다. 보행자의 신체의 일부분(팔, 다리, 얼굴, 상체, 하체 등)을 각각 검출하여 보행자를 검출하는 방식이다.

P. Dollár, Z. Tu, P. Perona, and S. Belongie[7]는 기존의 HOG가 단일 채널의 특징을 이용하는 것과 달리 여러 특징을 조합한 Channel Feature(그림 3)를 이용하여 검출하였다. 예를 들면 색상정보(RGB, YUV)와 edge정보, Threshold값, 기울기의 크기와 기

울기 히스토그램 등을 조합하여 물체를 검출하는 방식이다. 이러한 여러 특징들을 cascade 방법을 이용하여 학습시켰다.

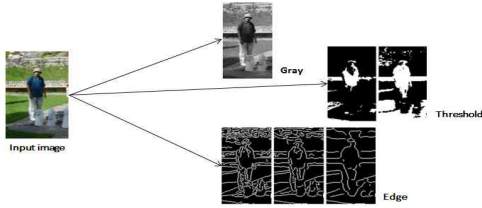


Fig. 2. Example of Integral Channel Feature
그림 2. Integral Channel Feature 예

III. 본 논문에서 제안하는 실시간 영상에서의 보행자 검출 속도 향상 방법

본 논문에서 실시간 영상에서 기존의 Dalal과 Triggs의 보행자 검출 방법보다 보행자를 더욱 더 빠르게 검출하기 위해서 세 가지 방법을 적용하였다. 전체적인 보행자 검출 흐름을 그림 3에 표시한다.

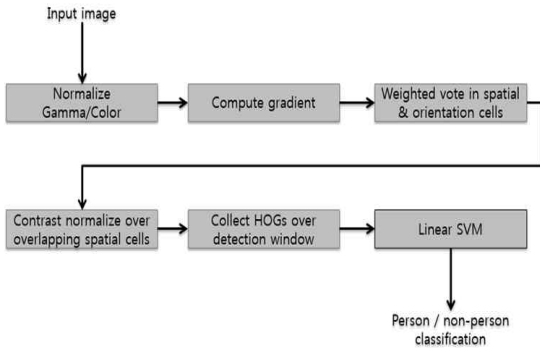


Fig. 3. Overall Pedestrian Detection Flow
그림 3. 전체적인 보행자 검출 흐름

1. Integral Histogram을 이용한 HOG특징 계산 시간 감소

Integral Histogram[3]을 적용하여 한 장의 이미지에서 HOG 특징을 추출하는 시간을 최소화하였다. Integral Histogram은 Integral Image와 유사하다. 64x128 사이즈의 샘플 이미지의 모든 픽셀에 대해서 9개의 방향성을 가지는 기울기 크기 값으로 분류한다. 이후 9개의 Integral Image를 생성한다. 그림 4의 Integral Histogram을 이용하면 결과적으로 총 4번의 데이터 참조만으로 기울기 값을 얻을 수 있다. 초기에 Integral Histogram을 생성하는 데 다소 많은 연

산 시간이 필요하지만, 이후 반복된 연산을 제거함으로써 전체적인 연산 속도는 향상된다.

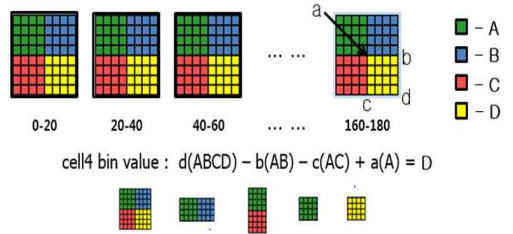


Fig. 4. Calculation of Integral Histogram
그림 4. Integral Histogram 계산

2. PSO를 이용한 검출 속도 향상

640x480 크기의 영상에서 보행자를 찾기 위해 PSO를 이용하여 속도를 향상시켰다. 초기 서브윈도우의 개수를 지정하고, 각각의 서브윈도우의 SVM의 학습 결과에 따라 각각의 서브윈도우에 가중치를 부여한다. PSO를 알고리즘을 실행하여 보행자를 검출하게 되면 다음프레임에서 검출된 서브윈도우에 더욱더 큰 가중치를 부여하여 PSO를 적용하는 형태로 검출 속도를 향상시킬 수 있다.

3. 이전프레임 검출영역 정보를 이용한 검출 알고리즘 적용

실시간 영상에서 최초의 보행자가 검출된 프레임에서 검출된 영역 정보를 저장하여 이후 프레임에서 보행자가 존재할 가능성이 높은 영역에 대해서만 검출 알고리즘을 적용하였다. 최초로 보행자가 검출되면 보행자가 검출된 영역의 좌표를 이용하여 다음 보행자가 검출될 영역을 예상하여 저장한다. 만약 최초 보행자가 검출된 프레임에서 보행자가 있는 영역의 좌상단 좌표가 $point_{ltb}(x_l, y_t)$ 이고, 우하단 좌표가 $point_{rbb}(x_r, y_b)$ 이라고 하면 다음프레임에서 보행자가 위치할 것으로 예상되는 영역의 좌표 $point_{lta}$, $point_{rba}$ 은 아래의 수식 (3)과 (4)와 같이 정의하였다. (1)과 (2)는 영역의 가로와 세로 길이에 대한 가중치이다.

$$\alpha_w = (x_r - x_l) * \alpha \tag{1}$$

$$\alpha_h = (y_b - y_t) * \alpha \tag{2}$$

$$point_{lta} = (x_l - \alpha_w, y_t - \alpha_h) \tag{3}$$

$$point_{lta} = (x_r + \alpha_w, y_b + \alpha_h) \tag{4}$$

IV 실험 및 결과

본 논문에서는 제안하는 방법은 기존의 Dalal과 Triggs의 방법에 적용하여 성능 평가를 진행하였다. 성능 평가는 3.3GHz Intel Quad Core CPU가 내장된 PC 환경에서 진행하였다. 보행자의 특징 추출 및 학습을 위해서 64x128 크기의 INRIA와 MIT 데이터 셋을 사용하였다. 보행자가 있는 3340개의 Positive Sample(그림 5)과 15160개의 Negative Sample을 사용하였고, SVM Light(Linear SVM)을 이용하여 추출된 HOG 특징을 학습하였다. 실시간 입력 영상은 640x480 크기를 사용하였다.



Fig. 5. Example of used Positive Sample
 그림 5. 사용된 Positive Sample 예

Dalal과 Triggs의 방법과 제안하는 방법의 성능을 비교한 실험결과를 표 1에 나타냈다. Dalal과 Triggs의 방법과 비교했을 때, 전처리 과정은 같은 처리를 하였기 때문에 동일한 시간이 소요되었다. 특징 추출과 분류과정에서는 많은 성능향상이 있음을 확인할 수 있다. 640x480 영상 한 장을 처리하는데 Dalal과 Triggs의 방법은 111ms, 본 논문에서 제안하는 방법은 총 61ms가 소요되었다. 기존의 Dalal과 Triggs의 방법과 비교하여 약 82%의 속도가 향상되었다.

Table 1. Performance Comparison of Conventional method and Proposed method

표 1. 기존의 방법과 제안하는 방법의 성능 비교

	Pre Processing	Feature Extraction	Classify	total
Dalal& Triggs	6ms	90ms	15ms	111ms
Proposed	6ms	48ms	7ms	61ms

V 결론

본 논문은 실시간 영상에서 보행자 검출 속도를 빠르게 하기 위한 방법에 대해서 제안하였다. 기존의 HOG의 인식률을 유지하면서 처리속도만을 향상시키는 방법에 대해서 제안하였다. Integral Histogram을 이용하여 HOG 특징 계산 시간을 단축하였고, PSO 방법을 이용하여 검출 시간을 상당히 단축하였다. 특히 이전 프레임의 검출 정보를 이어지는 다음 프레임에서 검출 시 이용하였다. 이는 고성능 카메라의 실시간 영상 환경에서 더욱 강력한 성능을 발휘할 것이다. 더 나아가 이전 프레임에서의 검출정보를 이용하여 다음 프레임에서 보행자가 검출이 되었을 경우 다음 프레임에서 보행자가 움직인 방향에 큰 가중치를 부여하여 이어지는 프레임에서 보행자가 나타날 영역을 갱신하여 보행자가 위치 및 이동방향까지 활용한다면 검출 속도 향상과 더불어 정확도 향상도 가능할 것이다.

References

[1] Navneet Dalal and Bill Triggs, "Histogram of Oriented Gradients for Human Detection," Proceedings of the IEEE, Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol.1, pp.886-893, 2005.

[2] F. Porikli, "Integral histogram: A fast way to extract histograms in cartesian spaces," Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2005.

[3] James Kennedy, Russell Eberhart, "Particle Swarm Optimization", Proceedings of the IEEE, Conference on Neural Networks, vol.4, pp.1942-1948, 1995.

[4] Paul Viola and Michael J. Jones, "Robust Real-Time Face Detection," International Journal of Computer Vision, vol.57, no.2, pp.137-154, 2004

[5] Qiang Zhu, Shi Avidan, Mei-Chen Yeh, and Kwang-Ting Cheng, "Fast Human Detection Using a Cascade of Histograms of Oriented Gradients," Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol.2, pp.1491-1498, 2006.

[6] P. F. Felzenszwalb, R. B. Girshick, D. McAllester, and D. Ramanan, "Object Detection with Discriminatively Trained Part Based Models," IEEE Trans. on PAMI, 32(9):1627-1645, 2010.

[7] P. Dollár, Z. Tu, P. Perona, and S. Belongie, "Integral channel features," BMVC, 2009.

BIOGRAPHY

Lee Yun-Gu (Student Member)



2014 : BS degree in Computer Engineering, Hanbat National University

2014~ Present : MS degree in Computer Engineering, hanbat National University.

2003~2005 : Research Engineer,

Samsung Electronics.

Lee Jae-Heung (Member)



1983 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1985 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1989 ~ Present : Professor in Dept.

of Computer Engineering, Hanbat National University