

차량에 장착되어 있는 영상의 주변의 보행자를 인식 및 추적을 위한 연구

박대혁[○], 이정훈^{**}, 윤태섭^{**}, 서정구^{*}, 김지형^{*}, 리 혜^{**}, 허 빈^{**}, 진석식^{*}, 임영환^{**}

[○](주)세인전자, ^{**}송실대학교 대학원 미디어학과

e-mail : dh.park@sane-auto.com[○], jg.seo@sane-auto.com^{*}, ss.jin@sane-auto.com^{*}, jh.kim@sane-auto.com^{*},
lihui0928@gmail.com^{**}, xubinyj@126.com^{**}, ddacoray@ssu.ac.kr^{**}, rupy1014@gmail.com^{**},
yhlim@ssu.ac.kr^{**}

A Study on Real-time Pedestrian Recognition and Tracking in Car Video

Daehyuck Park[○], Jung-hun Lee^{**}, Tae-sup Yun,^{**} Jeong Goo Seo^{*}, Jihyung Kim^{*}, Hye Lee^{**}, Bin Xu^{**},
Seogsig Jin^{*}, Younghwan Lim^{**}

[○]SANE-AUTO Co., Ltd.

^{**}Dept. of Media, Soongsil University

[○]Dept. of Computer Engineering, Korea-Digital University

● Abstract ●

본 논문에서는 주행 중에 보행자의 인식 및 추적을 위해서 차량에서 촬영된 영상정보를 이용하여 주변의 보행자를 찾고, 사고 위험성이 있는 보행자를 인식하기 위해서 보행자 파악 및 보행자와의 거리를 측정하기 위한 연구를 하고자 한다. 본 논문에서는 차량에 장착된 카메라를 통한 보행자 인식 기술에 대해 연구 하였다. 제안한 방법은 보행자 인식 단계에서 Cascade HOG, Haar-like 알고리즘을 적용하였고, 추적 단계에서 칼만 필터와 클러스터링 기법을 결합하여 실시간으로 보행자를 인식 및 추적 하였다.

키워드: Pedestrian recognition, pedestrian tracking, black box, real-time

1. Introduction

기존의 보행자를 검출하기 위한 방법으로는 HOG를 이용한 선형 SVM기반의 보행자 검출방법, Co-HOG(Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients)[7]를 이용한 보행자 검출, 4D 컬러 히스토그램과 Kalman Filter를 결합한 보행자 인식[6], HOG Cascade, Haar-like Cascade등이 있다. HOG방법은 검출 성능이 높지만 속도가 느린 단점이 있고, Haar cascade방법은 속도가 빠르지만 인식율이 떨어지는 문제점이 있다.

본 논문에서는HOG에Cascade 기법을 추가하여 속도를 개선하였다. 관심영역 안에서 사전에 학습된 데이터를 기반으로 Cascade HOG알고리즘을 수행한다. Cascade HOG알고리즘에서 보행자를 검출한 결과, 가까운 보행자와 멀리 있는 보행자를 검출한 윈도우가 사이즈가 비슷하므로 보행자 크기에 조금 더 적합한 윈도우 검출이 필요하다. 윈도우 영역의 resizing을 위해 HOG Cascade에 검출된

윈도우 영역에 대해 Haar-like 알고리즘을 수행한다. 수행 결과 보행자 사이즈에 적합하게 검출이 되는데, 상반신이나, 하반신만 잡을 경우가 많다. 이를 해결하기 위해 윈도우 사이즈의 적정선으로 Cascade HOG에서 검출한 윈도우 사이즈와 Haar-like를 통해 검출된 윈도우 사이즈의 평균값을 보행자 윈도우로 결정 하였다. 보행자 인식율을 높이기 위해 앞의 알고리즘에 Kalman Filter를 적용하여 각각의 보행자 윈도우를 추적한다. 서로 가까이 위치한 윈도우에 클러스터링 기법을 적용하여 검출된 보행자의 중복 영역을 제거 하여 하나의 윈도우로 처리 하였다.

II. 보행자 인식 관련 연구

HOG검출기[1]를 구현하고INRIA person database를 사용한 방법은 보행자 템플릿의 크기를 64(w) * 128(h)로 하는데 이보다 작은 크기의 보행자를 검출하려면 영상을 확대한 후 검출기 적용해야 하므로 속도 느려서 실시간 처리가 불가능하다.

Daimler Pedestrian Dataset을 사용한 방법은 보행자 템플릿의 크기를 48(w)*96(h)로 하고 Hit 경계 값은 1.2~1.8, group 경계 값은 4~6으로 한다. Inria person database를 사용한 방법보다 오인식률이 낮고, 검출성능은 비슷하다. 속도가 조금 빠르지만 역시 실시간 처리가 어려운 문제점이 있다.

HOG특징에 Cascade 기법을 적용[2]한 HOG Cascade 방법은 보행자 템플릿의 크기는 48(w)*96(h)로 하고 XML파일을 사용한다. Group 경계 값은 6, scale step을 1.1로 한다. ROI 영역을 설정하고 영상 사이즈를 640*360으로 줄일 경우 FPS가 10이상 나오므로 속도상에는 큰 문제가 없다. 오인식을 하는 경우가 많다. 칼만 필터 추적 기법을 사용해 인식률을 높이고, Haar-like일 경우 resizing을 진행해 먼 곳에 있는 크기가 작은 보행자를 검출할 경우 bounding box가 크게 나타나는 문제를 해결한다.

Haar Cascade방법[4]은 연산속도가 빠르다. 보행자 템플릿의 크기는 14(w)*28(h)로 하고XML파일을 사용한다. Group 경계 값은 4, scale step을 1.1로 한다. 프레임당 처리속도가 20이상으로 매우 빠르지만 인식율이 낮다. 가까이 있는 보행자와 멀리 떨어져 있는 보행자를 검출하지 못하는 상황이 발생한다. 보행자 인식율을 높이기 위한 개선 방안이 수요된다.

III. 제안하는 방법

윈도우 영역의 resizing을 위해 HOG Cascade에 검출된 윈도우 영역에 대해 Haar-like 알고리즘으로 보행자 크기에 적합한 윈도우를 검출한다. 상반신이나, 하반신만 잡는 문제점을 해결하기 위해 윈도우 사이즈의 적정선으로 Cascade HOG에서 검출한 윈도우 사이즈와 Haar-like를 통해 검출된 윈도우 사이즈의 평균 값을 보행자 윈도우로 결정 하였다. 보행자 인식율을 높이기 위해 앞의 알고리즘에Kalman Filter를 적용하여 각각의 보행자 윈도우를 추적하고 서로 가까이 위치한 윈도우에 클러스터링 기법을 적용하여 검출된 보행자의 중복 영역을 제거 하여 하나의 윈도우로 처리 하였다.

기존 연구와 비할 때 Inria person database를 사용한 HOG(INRIA), Daimler pedestrian database를 사용한 HOG(Daimler)방법에 비해 속도를 향상하였다. group 경계 값을 3으로 하고 scale step은 1.1로 같은 수치를 사용하였고, HOG Cascade에서 검출된 윈도우 영역에 대해 Haar-like 알고리즘을 수행 하여 보행자 크기에 따라 검출 윈도우를 적절히 잡을 수 있었다. 여기에 칼만 필터 추적 기법을 추가하여 인식율을 향상함으로써 Haar Cascade에 비해 보행자 검출율을 향상시켰다. 제안하는 방법의 알고리즘은 다음과 같다.

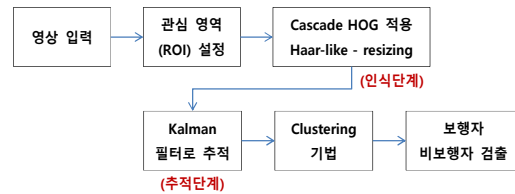


Fig. 1 Proposed pedestrian recognition algorithms Flow

3.1 관심영역(ROI)설정

입력된 보행자 영상에서 보행자가 위치할 수 있는 관심 영역을 설정한다. 관심영역은 행렬의 범위를 사용하여 만들 수 있다. 관심영역의 범위는 시작 첨자부터 마지막 첨자(제외)까지의 연속적인 sequence이다. 원본 영상과 ROI는 같은 데이터를 공유한다. 그러므로 관심 영역에 임의의 변환을 가할 때 원본 영상의 일치 되는 영역에 영향을 미친다.[5]

3.2 HOG Cascade 적용

HOG만 사용했을 경우 속도가 느리므로 이를 개선하기 위해 cascade기법을 HOG특징에 적용하여 보행자를 검출하고 그 과정의 연산속도를 향상 시킨다. 기존 HOG검출기는 물체영역을 고정된 크기로 분할 한 후 각 분할 영역마다 지역적으로 HOG를 계산하여 객체 모델을 만들었다. 그러나 cascade 기법과 결합하면 다양한 크기와 위치의 수많은 블록들로부터 HOG를 계산하고 유의미한 블록들을 boosting학습과정을 통해 선별한다. 관심영역 안에서 사전에 학습된 데이터를 기반으로 Cascade HOG알고리즘을 수행한다. 보행자 템플릿의 크기는 48(w)*96(h)로 하고 Group 경계 값은 6, scale step을 1.1로 한다.

함수

QueryPerformanceFrequency와 QueryPerformanceCounter를 쓴다. 학습된 보행자 검출기는 XML파일을 적용하여 사용한다. HOG의 특징 벡터를 계산하는 알고리즘[7].

3.3 Haar-like 발견 시 resizing 진행

면적크기변화 Haar-like 특징추출방법은Haar-like 수평특징과 수직특징 추출방법을 동시에 적용할 수 있는 장점이 있다. Haar-like는 Haar-like wavelet과 공간-시간 차이(space-time difference)를 기초로 하여 좀 더 복잡한 영역을 이동하는 사람의 검출을 Adaboost 알고리즘에 의한 훈련영상을 이용하여 검출한다. Haar-like은 영상에서 국부적 특징을 추출하기 때문에 강인한 보행자추출 결과를 얻을 수 있다[4].

3.4 Kalman Filter로 추적

앞의 인식단계인 HOG cascade, Haar like 진행 과정 중 검출되지 않은 보행자가 있을 경우를 대비해 앞의 알고리즘에 Kalman Filter를 적용하여 각각의 보행자 윈도우를 추적하여 보행자 인식

율을 높인다. 칼만 필터는 대상 시스템의 확률적인 모델과 측정값을 이용하여 시스템의 상태변수를 찾아내는 최적 추정기법이다. [3]

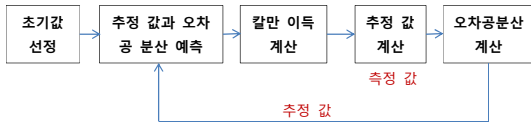


Fig. 2 칼만 필터 알고리즘 프로세스 칼만 필터 알고리즘 진행 과정:



Fig. 3 칼만 필터 추적을 구현한 영상

Fig. 3 에서 흰색 bounding box는 cascade hog가 찾아내지 못한 부분을 칼만 필터로 찾아낸 결과이다.

3.5 칼만 필터로 추적한 보행자를 클러스터링 하여 중복 영역을 제거

서로 가까이 위치한 윈도우에 클러스터링 기법을 적용하여 검출된 보행자의 중복 영역을 제거하여 하나의 윈도우로 처리 하였다.

IV. 실험 및 결과

보행자 검출 알고리즘의 성능을 평가할 때 사용되는 성능 지표에는 다음과 같은 것들이 있다. [5]

첫 번째 영상(기준 영상)에서 보행자 영상(640*360)에서 ROI영역 이내에 들어있는 보행자를 인식한다. 상단에서 177 pixel, 하단에서 183 pixel 떨어진 곳에 그려진 검은색 라인을 기준으로, 라인에 걸리는 도로상의 차량 전방의 보행자 수를 카운트 한다.

총 661장 이미지 중에서 보행자가 존재하는 656개 프레임에 대해서 평가한 결과, 총 2044명 보행자중 1838명의 보행자를 인식했고 206명의 보행자를 인식하지 못했다. 이에 근거해 계산한 결과 총 보행자 인식 율은 91.0%로 집계되었고 정확도는 99.3%였다.

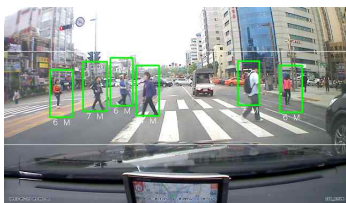


Fig. 6 Original Image

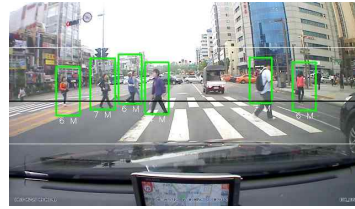


Fig. 7 The image with pedestrian detection line

다음과 같이 사람이 아닌 물체를 인식할 경우 오 인식으로 여긴다.

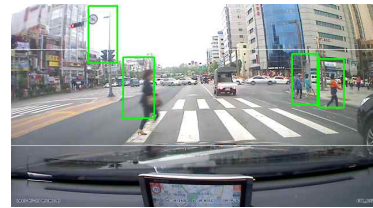


Fig. 8 The example of false alarm

인식 율을 표현하는 방법으로 0-1.0까지의 치수를 이용하여 인식이 된 정도를 표현하였다. 총 661개의 프레임 이미지에 대해서 576-586/ 590/ 594-595프레임에서 신호등 같은 물체를 보행자로 인식하는 상황으로 인해 오인식이 발생했다. 657-661 프레임에서는 보행자가 없었다. 프레임에 따른 인식 율과 오 인식 율의 정도를 표현하면 다음과 같은 그래프로 표현 된다.

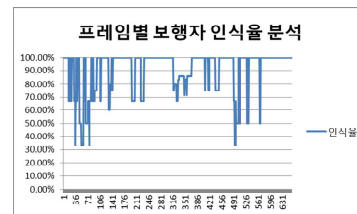


Fig. 9 Frame-by-frame analysis of pedestrian recognition rate

두 번째 영상은 추적+신뢰도를 비교하였고 기준영상은 첫 번째 영상으로 하였다. 보행자 영상 (640*170)에서 상단에서 97 pixel, 하단에서 73 pixel 떨어진 곳에 그려진 검은색 라인을 기준으로, 라인에 걸리는 도로상의 차량 전방의 보행자를 인식하였다.

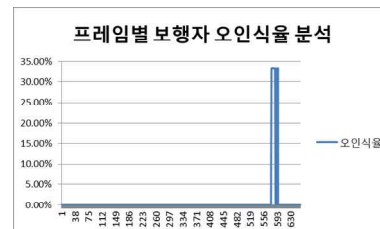


Fig. 10 Frame-by-frame analysis of pedestrian false alarm rate



Fig. 11 Comparison video without tracking algorithm



Fig. 12 Comparison video without tracking algorithm-apply pedestrian detection line

총 992장 이미지 중 존재하는 보행자는 총 2065명, 인식한 보행자는 1626명, 미 인식된 보행자는 439명, 오인식 46번, 보행자 총 인식을 78.54%, 정확도 93.64%였다.

Table 3 The second video-without tracking algorithm

	평균
보행자수	2065
인식	1626
미 인식	439
오인식	46
인식 율	78.54%
미 인식 율	21.46%
정확도	93.64%
오 인식 율	6.36%

그러므로 추적+신뢰도를 적용 하면, 보행자 총 인식 율은 78.54%에서 91.02%로 12.48% 상승, 정확도는 93.64%에서 99.29%로 5.65% 상승함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 차량에 장착된 카메라를 통한 보행자 인식 기술에 대해 연구 하였다. 제안한 알고리즘은 관심영역 안에서 사전에 학습된 데이터를 기반으로 Cascade HOG 알고리즘을 수행하였다. 결과, 가까운 보행자와 멀리 있는 보행자를 검출한 윈도우가 비슷하므로 보행자 크기에 조금 더 적합한 윈도우 검출이 필요하므로 윈도우 영역의 resizing을 위해 HOG Cascade에 검출된 윈도우 영역에 대해 Haar-like 알고리즘을 수행하였다. 보행자 인식 율을 높이기 위해 추적단계에서 앞의 알고리즘에 Kalman Filter를 적용하여 각각의 보행자 윈도우를 추적한다. 서로 가까이 위치한 윈도우에 클러스터링 기법을 적용하여 검출된 보행자의 중복 영역을 제거 하여 하나의 윈도우로 처리 하였다.

제안한 알고리즘을 적용한 결과 91.02%의 인식률과 99.29%의

정확도를 유지하는 전제하에 실시간 검출이 가능함을 보여 주었다. 이는 추적 알고리즘을 적용하지 않은 경우에 비해 인식률상 12.48%, 정확도상 5.65% 상승되었다. 향후 다양한 환경에서의 검출 성능을 높이기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

ACK

This work was supported by the Technology Innovation Program (or Technology Innovation Program, "0043358, Information Composition and Recognition System for surrounding images possible for top view and panorama view of resolving power less than 10cm) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy (MI, Korea)" and "R&D Infrastructure for Green Electric Vehicle (RE-EV) through the Ministry of Trade Industry & Energy (MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT)".

References

- [1] N. Dalal and B. Triggs, "Histogram of oriented gradients for human detection," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005.
- [2] Q. Zhu, M.-C. Yeh, K.-T. Cheng, and S. Avidan. "Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1491-1498, 2006.
- [3] <http://blog.naver.com/hms4913?Redirect=Log&logNo=30166486895>
- [4] Sang-Hun-Lee, The Study of Pedestrian Recognition Using Cascade Variable Area Haar-like and HOG, Yeungnan University M.S.Ph.D.Thesis, pp. 93-94
- [5] Robert Laganier, "OpenCV2 Computer Vision Application Programming Cookbook," pp.98
- [6] Zhengqiang Jiang, Du Q. Huynh, William Morany, Subhash Challay and Nick Spadaccini, Multiple Pedestrian Tracking using Colour and Motion Models. Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2010
- [7] TOMOKI WATANABE, Histograms of Oriented Gradients for Human Detection
- [8] Yeunghak Lee, Jooyoung Ko, Jung-Hee Suk, Tae Moon Roh, Jaechang Shim, "Pedestrian Recognition using Adaboost Algorithm based on Cascade Method by Curvature and HOG"