분리된 두 사각 특징 마스크를 이용한 Adaboost 기반의 얼굴 검출

홍용희*, 정환익**, 한영준*, 한헌수*
숭실대학교*, 경복대학교**

Adaboost Based Face Detection Using Two Separated Rectangle Feature Mask

Yonghee Hong*, Hwanik Chung**, Youngjoon Han*, Hernsoo Hahn*
Soongsil University*, Kyungbok University**

Abstract - 본 논문은 Haar-like 마스크와 유사한 특징을 갖지만 두 사각형 영역의 크기와 위치를 제한하지 않는 분리된 두 사각 특징 마스크를 이용한 Adaboost 기반 얼굴검출 알고리즘을 제안한다. 기존의 Haar-like 특징이 단순히 두 사각 영역의 화소값들의 차를 구함으로써 계산이 용이하나 인접한 두 사각 영역으로 한정함으로써 고품질 특징을 얻기 어렵다. 이런 Haar-like 특징마스크의 내재된 문제점을 개선하기 위해, 제안하는 특징 마스크는 다양한 크기와 분리된 두 사각 영역을 갖는 형태로 고품질의 특징을 얻는다. 고품질의 특징은 Adaboost 알고리즘의 약 분류기(weak classifier)의 성능을 학습단계부터 높여 전반적으로 얼굴 검출 알고리즘의 성능을 향상시킨다. 제안하는 분리된 두 사각 특징을 이용한 adaboost 기반 얼굴검출 기법의 우수성을 다양한 실험을 통해 검증하였다.

1. 서 론

영상처리의 중요성이 높아짐에 따라 관련 기술들이 비약적으로 발전하고 있다. 그 중에서도 영상을 이용하여 특정 생체 신호를 파악하여 위치를 파악하거나 종류를 구분하는 등의 기법은 보안분야에서 매우 중요하게 고려되는 연구주제이다. 이러한 여러 생체 신호 중에서 특히 사람의 얼굴의 위치를 파악하고 인식하는 연구는 매우 응용분야가 매우 많다. 예를 들어, 은행의 ATM 단말기에서 사용자 확인을 위해 얼굴 인식을 통해 현금인출 여부를 결정할 수 있다. 또한, 해상도의 제한이 있는 감시 카메라를 이용하는 경우에 사람의 얼굴의 위치를 파악 후 얼굴 부분만 확대하여 더욱 뚜렷한 얼굴을 저장할 수 있다.

이런 목적으로 Viola[1]는 Haar-like 기반 Adaboot 얼굴 검출 알고리즘을 제안하였으며, 시스템 자원의 사용을 줄이면서 높은 정확도를 보여줘 관련된 연구가 수행되고 있다. 하지만 Haar-like 특징 마스크는 같은 크기의 사각형이 인접해 있는 형태를 갖으며, 얼굴 특징 검출에 불필요한 영역을 포함한다. 이러한 Haar-like 특징 마스크의 단점을 보완하기 위해 Adaboost 알고리즘의 약 분류기로 이용될 수 있는 여러 가지 마스크의 형태가 제안되고 있다.

R. Lienhart[2]는 논문에서는 45°로 기울어진 Haar-like 특징 마스크를 추가하여 사용하였고, T. Mita[3]는 기존의 여러 가지의 Haar-like 특징 마스크를 조합하여 Adaboot의 약 분류기로 사용하였다. R. Lienhart의 제안하는 방법은 기울어진 마스크를 사용함으로 인해 적분 이미지(Integral Image)를 이용하는 것이 불가능해 느린 단점이 있다. T. Mita[3]는 여러 가지의 Haar-like 특징 마스크의 조합의 값과 마스크의 조합을 찾는데 많은 시간을 소비한다.

따라서, 본 논문은 기존의 단점을 개선하기 위해 새로운 분리된 두 사각 특징 마스크(Two Seperated Rectangle Feature Mask)를 사용하여 고품질의 특징을 추출함으로써 얼굴 검출 알고리즘의 검출율을 높인다. 본 논문은 2장에서 기존의 Haar-like 특징과 분리된 두 사각 특징(Separated Two Rectangle Feature)을 설명한다. 3장에서 Adaboost에 기존의 특징과 제안하는 특징을 각각 적용해 실험 결과를 살펴 보고 4장에서 결론을 기술한다.

2. 분리된 두 사각 특징을 이용한 Adaboost 알고리즘

2.1 기존의 Haar-like 특징

얼굴 검출 시 기존의 Adaboost 알고리즘은 Haar-like 특징 마스크를 기반하여 얼굴 검출에 필요한 약 분류기를 생성한다. Haar-like 특징 마스크는 한 개의 사각형 안에서 같은 크기로 나누어진 몇 개의 작은 사각형으로 구성된다.

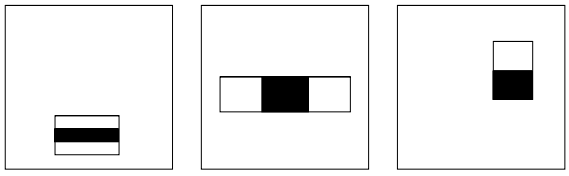
Haar-like 특징은 식(1)과 같이 마스크의 작은 사각형 중 검은색 사각 영역의 픽셀의 밝기 값을 모두 더한 값에서 흰색 사각 영역의 픽셀 밝기 값을 모두 더한 것을 뺀 후 절대 값을 취해 얻는다. 즉, 마스크의 흰색 영역과 검은색 영역의 명암 차다. 사각형 모양의 흰색과 검은색 영역은 밝기 값의 합은 적분 이미지(Integral Image)를 이용하여 빠르게 계산한다.

$$f(x)=\left|\sum_{n=1}^{M}\sum_{i=W_{n,x}}^{W_{n,x}+W_{n,w}-1}\sum_{i=W_{n,y}}^{W_{y,x}+W_{y,h}-1}I(i,j)-\sum_{n=1}^{N}\sum_{i=B_{n,x}}^{B_{n,x}+B_{n,w}-1}\sum_{i=B_{n,y}}^{B_{y,x}+B_{y,h}-1}I(i,j)\right| \quad (1)$$

여기서, I(i,j)는 화소의 밝기이며 M과 N은 각각 마스크 안의 흰 사각형과 검은 사각형의 개수이다. 그리고 W_x, W_y, W_w, W_h는 흰색 영역의 각각 x축 좌표, y축 좌표, 폭, 높이이며, B_x, B_y, B_w, B_h는 검은색 영역의 각각 x축 좌표, y축 좌표, 폭, 높이이다.

인접한 사각형으로 구성된 Haar-like 특징 마스크는 그림 1에서와 같이 윈도우에 적용이 된다. 윈도우에 적용된 Haar-like 특징 마스크는 같은 크기의 사각형이 붙어 있는 형태로 마스크의 x축과 y축의 위치, 형태 그리고 가로 및 세로 크기로 결정된다. 마스크의 모양을 제외하면 Haar-like 특징은 4자유도를 가지며, 24*24 윈도우 이미지에서 블록의 개수로 세로*가로 기준으로 볼 때 1*2와 2*1에 해당하는 마스크 형태는 각각 43,200가지, 1*3과 3*1은 각각 27,600가지, 2*2에 해당하는 마스크는 8,464가지를 가지고 있다.

Adaboost 학습 알고리즘는 위 Haar-like 마스크는 각 학습 단계마다 가장 높은 정확도를 가지는 마스크를 선택하여 약 분류기로 사용한다.

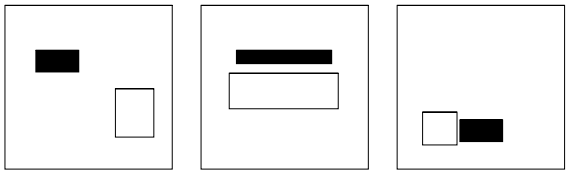


<그림 1> 윈도우에 적용된 Haar-like 마스크 예

2.2 분리된 두 사각 특징(Seperated Two Rectangle Feature)

기존의 Haar-like 특징 마스크는 같은 크기의 두 사각형이 서로 인접해 있으나 제안하는 분리된 두 사각 특징(Seperated Two Rectangle Feature)의 마스크는 두 개의 독립된 사각형이 윈도우 안에 어디에나 놓일 수 있는 구조를 갖는다. 그림 2는 3종류의 분리된 두 사각 특징의 마스크를 보여준다.

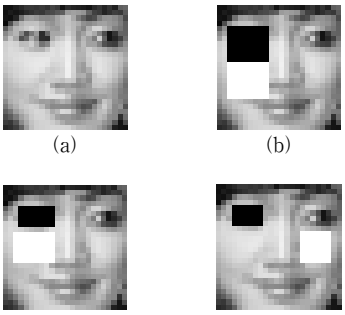
분리된 두 사각 특징 마스크는 Haar-lke 특징 마스크와 마찬가지로 특징 값을 검은 사각 영역의 픽셀 밝기 값의 합에서 흰 사각 영역의 픽셀 밝기 값의 합을 합한 값을 뺀 후 절대 값을 취하여 구한다.



<그림 2> 윈도우에 적용된 분리된 두 사각 특징 마스크 예

R. Lienhart 와 J. Maydt[2]가 제안한 회전이 가능한 Haar-like 특징 마스크는 기존의 Haar-like 마스크에 비해 좀더 정확한 영역을 선택할 수 있지만 적분 이미지(Integral Image)를 활용하지 못하는 단점이 있다. 제안하는 분리된 두 사각 특징(Seperated Two Rectangle Feature)의 값은 기존의 Haar-like와 마찬가지로 적분 이미지(Integral Image)를 사용

하기 때문에 매우 빠르게 계산할 수 있다.



(a) (b)

(c) (d)

<그림 3> Haar-like 마스크과 분리된 두 사각 특징 마스크 비교
(a) 일반 입력 이미지, (b) Haar-like 마스크 이미지, (c) 분리된 두 사각 마스크 적용 이미지 1, (d) 분리된 두 사각 마스크 적용 이미지 2

그림 3(b)는 그림 3(a)에 제안하는 Haar-like 특징 마스크를 적용 했을 때에 얼굴 영상 원도우를 보여준다. 그림 3(b)에서 어두운 눈과 밝은 볼을 기준으로 하여 얼굴과 비얼굴을 구분하게 될 약 분류기에 쓰일 마스크이다. 그림 3(b)는 분리된 두 사각 특징이 적용된 그림 3(c)에 비해 눈 주위의 불필요한 영역을 상당히 포함된 것을 볼 수 있다.

그리고 분리된 두 사각 특징 마스크는 그림 3(d)에서와 같이 왼쪽 눈과 오른쪽 볼의 영역을 기준으로 하여 마스크가 적용되었다. Haar-like 특징 마스크에서는 불가능한 점으로 미루어 볼 때 분리된 두 사각 특징 마스크는 다양한 고품질의 정보를 제공하는 것을 알 수 있다.

제안하는 분리된 두 사각 특징은 흰 사각 영역의 가로, 세로 그리고 x, y좌표 검은 사각 영역의 가로, 세로 그리고 x, y좌표와 같이 8자유도를 가진다. 이러한 높은 자유도 때문에 Haar-like 마스크에 비해 풍부한 마스크의 개수를 생성한다.

Haar-like 마스크는 작은 사각형의 개수를 기준으로 1*2, 2*1, 1*3, 3*1, 2*2의 5가지 형태의 마스크를 썼을 경우 24*24 이미지에서 총 150,064가지의 마스크 개수를 갖는다. 분리된 두 사각 특징의 경우에는 두 사각형이 겹치는 경우를 제외하고 마스크 개수를 구하면 컴퓨터가 다룰 수 없는 많은 마스크의 개수가 나온다. 그래서 두 사각형을 2*2 크기서부터 10*10 크기까지 크기를 1씩 증가한 정사각형만 사용하고 위치의 단위를 2로 제한해서 636,276 개의 마스크를 생성한다. 마스크의 모양과 위치의 제한을 두더라도 Haar-like 마스크의 개수보다 약 4.2배 정도 많다. 이러한 다양한 종류의 마스크는 Adaboost 학습 알고리즘의 학습 시간을 늘리겠지만 다양한 종류의 마스크 모양을 가지고 고품질 특징 추출이 가능하다.

3. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 실험하기 위해, 그림 4에서와 같이 인터넷에서 무작위로 얼굴과 비얼굴 데이터를 각각 1,000장씩 모아 24*24 흑백 이미지로 정규화 하여 데이터베이스를 구성하였다. 그리고 Adaboost 알고리즘에 Haar-like 특징 마스크와 분리된 두 사각 특징 마스크를 적용하여 두 마스크의 성능을 비교하였다.

비교 실험은 Adaboost 학습 알고리즘의 학습의 깊이를 5단계마다 생성된 강 분류기를 이용하였다. 학습 깊이 5단계서부터 25단계까지 생성된 강 분류기를 이용하여 데이터베이스의 얼굴 1,000장, 비얼굴 1,000장 중에서 잘못 분류한 비율을 기준으로 측정하였다.

(a)

(b)

<그림 4> 실험에 사용된 얼굴(a)과 비얼굴(b) 이미지

<표 1> Haar-like 특징과 분리된 두 사각 특징 기반의 Adaboost 학습 알고리즘에 의해 생성된 강 분류기의 성능 비교

학습 깊이	Haar-like 특징 에러율	분리된 두 사각 특징 에러율
5	0.136	0.122
10	0.093	0.108
15	0.075	0.074
20	0.068	0.061
25	0.067	0.055

<표 1>의 실험 결과를 볼 때 분리된 두 사각특징을 기반으로 생성된 강 분류기가 전체적으로 Haar-like를 기반으로 학습한 결과를 이용한 강 분류기보다 약 4%정도 에러율이 개선된 것을 알 수 있다.

4. 결 론

분리된 두 사각 특징(Seperated Two Rectangle Feature)은 Haar-like 특징보다 4배 이상의 마스크 개수를 가져 학습하는 과정이 오래 걸리지만 다양한 마스크를 이용하여 Adaboost 학습 과정에서 약 분류기의 성능을 높임으로써 약간의 성능을 향상시켰다. 하지만, 이번 실험에 사용된 분리된 두 사각 특징은 정사각형만 이용하여 구성된 마스크를 사용하였다. 향후 연구는 특징의 수를 크게 늘리지 않으면서 효과적으로 얼굴의 특징을 획득할 수 있는 마스크를 개발할 예정이다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업과 2단계 BK21 사업의 연구결과로 수행되었음
(IITA-2009-(C1090-0902-0007))

[참 고 문 헌]

[1] PAUL VIOLA, MICHAEL J. JONES, "Robust Real-Time Face Detection", International Journal of Computer Vision, 57(2), 2004.
[2] Rainer Lienhart, Alexander Kuranov, Vadim Pisarevsky, "Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection", MRL Technical Report, 2002.
[3] Takeshi Mita, Toshimitsu Kaneko, Osamu Hori, "Joint Haar-like Features for Face Detection", IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05), 2005.
[4] Gary Bradski, Adrian Kaehler and Vadim Pisarevsky, "Learning-Based Computer Vision with Intel's Open Source Computer Vision Library.", In Intel Technologies Journal, volume 9, issue 2, 2005.
[5] J.Miteran, J. Matas, E. Bourennane, M. Paindavoine, J. Dubois, "Automatic Hardware Implementation Tool for a Discrete Adaboost-Based Decision Algorithm", EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 7, 1035-1046, 2005.