

얼굴 요소와 지식 기반 방법을 이용한 얼굴 검출

김진모⁰, 변혜란
 연세대학교 컴퓨터 과학과
 {iyep⁰, hrbyun}@cs.yonsei.ac.kr

Component and Knowledge Based Face Detection

Jinmo Kim⁰, Hyeran Byun
 Department of Computer Science, Yonsei University, Seoul, Korea, 120-749

요 약

본 논문에서는 얼굴 요소 기반의 얼굴 검출을 설명한다. 기존의 얼굴 전체 영역을 사용한 검출의 문제점과 얼굴 요소 기반의 얼굴 검출 방법의 차이점을 제시하며, 얼굴 전체 영역을 사용한 검출 방법에서 해결하기 어려운 문제점을 해결 하고자 한다. 얼굴 요소 기반의 얼굴 검출 방법은 Support Vector Machines (SVM)을 사용한다. 이 SVM을 사용하여 독립적으로 얼굴 요소를 찾으며, 각각의 얼굴 요소의 위치 정보를 이용한 지식 기반 방법을 이용하여 최종 얼굴 영역을 판별해 낸다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 얼굴 요소 기반 알고리즘은 얼굴 요소 가려짐 및 얼굴 요소의 유실에 강인함을 볼 수 있다.

1. 서 론

최근 20년 동안 얼굴 검출은 컴퓨터 비전 분야에서 연구 되어 왔으며, 얼굴 검출율을 높이는 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 얼굴 검출은 여러 응용 분야에 적용 될 수 있는 중요한 과제이다. 얼굴 검출은 얼굴 인식 시스템에 있어서 중요한 부분이 되며, 비디오 영상을 처리하는 컴퓨터/머신의 시스템 및 보안 시스템에 적용 될 수 있다. 하지만, 일반적으로 얼굴 검출에 있어서 얼굴의 오브젝트를 다른 유사한 오브젝트와 구별해 낸다는 것은 얼굴 검출 문제에 있어서 상당히 어려운 과제로 알려져 있으며, 얼굴 표정과 얼굴 회전 및 포즈의 문제, 그리고 얼굴의 가려짐과 얼굴 요소 유실 등의 해결해야 할 문제들이 있다.

본 논문에서는 인위적인 얼굴의 가려짐 및 얼굴 요소의 유실-썸글라스 또는 마스크의 착용-에도 강인한 얼굴 검출 방법을 설명하고자 한다. 표1.은 일반적인 얼굴 검출 [1]에서 분류된 방법이다.

표1. 얼굴 검출의 방법

방법	특징
· 지식 기반 방법	인간의 얼굴에 대한 지식을 규칙으로 정의하여, 얼굴 검출을 시도하는 방법이다
· 특징점 추출 방법	얼굴의 구조적인 특징을 추출하는데 관심을 둔다. 하지만 얼굴의 회전 및 포즈, 조명등에 의해 회손 및 상실의 위험성이 있다.

· 템플릿 매칭 방법	얼굴에 대한 표준 패턴을 만들고 입력 영상과 표준 패턴 간의 유사도를 측정하여 얼굴을 검출한다.
· 어피어런스 기반 방법	얼굴에 대한 표준 패턴을 학습 영상을 통해 얻는다. 이 방법은 고정된 형태가 아닌 학습 데이터에 대한 변량을 측정하여 이를 정형화 하는 방식이다.

위와 같이 연구된 얼굴 검출 방법에는 얼굴 영역 전체를 고려하는 방법이 주류를 이루었다. 하지만, 얼굴 영역 전체를 고려할 경우에는 얼굴의 부분적인 가려짐-썸글라스 또는 마스크의 착용-뿐만 아니라, 얼굴의 회전 및 포즈에 민감하게 된다.

그러나, 얼굴 요소 기반의 검출은 다음과 같은 장점[2]이 있다. 첫째, 얼굴의 전체 오브젝트는 몇 개의 오브젝트의 부분과 그들의 지정학적 위치관계로 나타낼 수 있는데, 이 점은 얼굴의 부분적인 가려짐에 강인한 요소로 작용한다. 둘째, 얼굴 요소 오브젝트의 포즈에 따른 변화는 얼굴 전체 오브젝트의 포즈에 따른 변화보다 덜 민감하다. 이 점은 얼굴 요소 검출 방법이 얼굴 포즈에 강인한 요소로 작용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 요소 기반의 얼굴 검출 방법에 필요한 학습 데이터를 기술하고, 제안한 방법의 성능 평가를 위한 평가 데이터 셋을 정의한다. 3장에서는 얼굴 요소가 검출 되었을 때와 얼굴 요소가 부분적으로 검출 되었을 때 모두 적용 할 수 있는 얼굴 검출을 위한 지식 기반 방법을 정의한다.

그리고 4장에서는 그 실험 결과를 보이며, 5장에서는 논문을 정리하고, 향후 연구 계획을 제시한다.

2. 학습 데이터를 이용한 SVM 학습

얼굴 영역 전체를 사용하여 얼굴을 검출하는 것은 그림 1. 과 얼굴의 부분적인 가려짐에 대한 문제점이 있다.



그림 1. 왼쪽 : 얼굴 오른쪽 : 얼굴 요소의 유실 및 가려짐

따라서 이 장에서는 얼굴 요소를 기반으로 하여 얼굴의 부분적인 가려짐에도 강인한 얼굴 검출 방법을 단계적으로 설명한다. 2.1에서는 얼굴 요소를 SVM을 이용하여 학습시키는 과정을 설명하고, 2.2에서는 얼굴 요소라 할 수 있는 영역을 정의 하며, 학습 데이터 셋을 정의한다.

이 학습된 SVM을 이용하여 적절한 학습 데이터들의 성능을 비교 하며, 가장 우수한 성능을 내는 학습된 데이터를 가지고 지식 기반 방법을 적용하여 얼굴 영역을 검출해 낸다.

2.1 SVM을 이용한 학습

XM2VTS 데이터 베이스를 사용하여, 얼굴 요소를 추출한다. 얼굴 요소는 얼굴에서 두드러진 특징을 갖는 부분으로서 SVM에 의하여 유도된 에러 측정식[2]을 사용하여 14가지의 요소를 사용하였는데, 본 논문에서는 얼굴 요소의 가려짐에 강인한 얼굴 검출을 위하여, 눈과 눈썹, 코, 입을 얼굴 요소로 지정 [2][3][4]한다.

각 얼굴 요소의 분류기는 학습 데이터를 이용한 결정 평면으로 분류하며, SVM 식(1)을 이용하여 분류한다.

$$f(x) = \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i K(x_i, x) \quad \text{식(1)}$$

l : 학습 데이터의 개수, α_i : 계수, $y_i \in \{-1, 1\}$

$$K(x, y) : \exp\left(-\frac{\|x-y\|^2}{\sigma^2}\right)$$

2.2 얼굴 요소 및 학습 데이터

SVM의 얼굴 요소 학습 데이터는 그림 2.과 같다.



그림 2. 왼쪽 : XM2VTS 데이터. 오른쪽 : 얼굴 요소의 정의

얼굴 요소는 그림 3.과 같다. XM2VTS의 1183개의 영상에서 80%를 학습 데이터로 선정하고 학습 데이터의 성능 평가를 위하여, 20%는 테스트용으로 정하여, 각 얼굴 요

소에 대해서 잡음 제거를 거치고 수직 미러링을 통하여 눈(4720개), 코(1880개), 입(1880개)의 학습 데이터를 생성한다.

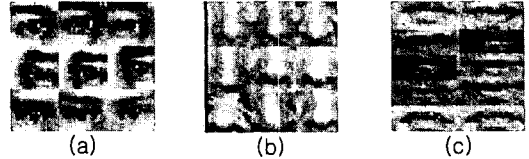


그림 3. 학습된 얼굴 요소, 눈과 눈썹(a), 코(b), 입(c)

얼굴 요소로 정의된 각 얼굴의 요소들은 얼굴 요소 검출을 위한 성능을 평가 하기 위하여 다음과 같이 얼굴 요소 학습 데이터에 대한 네가티브 데이터를 정의[4]한다.

- 학습 데이터 1 - 각 얼굴 요소 대 배경 샘플
- 학습 데이터 2 - 각 얼굴 요소 대 배경 샘플 과 다른 얼굴 요소
- 학습 데이터 3 - 각 얼굴 요소 대 배경 샘플 과 다른 얼굴 요소 와 Bootstrap 샘플

표 2.에서, 학습 데이터 1은 일반적으로 SVM에서 고려할 수 있는 데이터 샘플이며, 학습 데이터 2는 얼굴의 영역은 다른 영상에 비해서 상관 관계가 높음에 기인하여 얼굴 영역에 대한 하나의 얼굴 요소가 잘못 분류(FPs: False Positives)할 가능성을 배제하며, 학습 데이터 3은 전체 영상에서 잘못 분류(FPs)할 가능성을 없애고 전체적인 검출을 향상을 꾀한다.

표2. 학습 데이터의 성능(검출율 87% 기준)

	학습 데이터1	학습 데이터 2	학습 데이터 3
FPs (개수)	980 : 90 : 912	1146 : 40 : 987	600 : 30 : 270
얼굴 요소	눈(4720/2225) 코(1880/2225) 입(1880/2225)	눈(4720/5985) 코(1880/8825) 입(1880/8825)	눈(4720/11160) 코(1880/11404) 입(1880/14740)

위의 표2.에서 알 수 있듯이, 학습 데이터3이 가장 좋은 성능을 보였다. 피부색 정보를 전혀 사용하지 않는 순수한 패턴의 분류로써 FPs는 높게 나왔다. 하지만, 이것은 얼굴 내의 학습 데이터는 상대적으로 높은 상관 관계를 가지고 있기 때문이고, 배경에서 잘못 분류한 데이터가 많음에 기인한다. FPs를 줄이는 방법으로 Bootstrap방법을 사용하여 만족할 만한 검출율과 FPs를 얻었다.

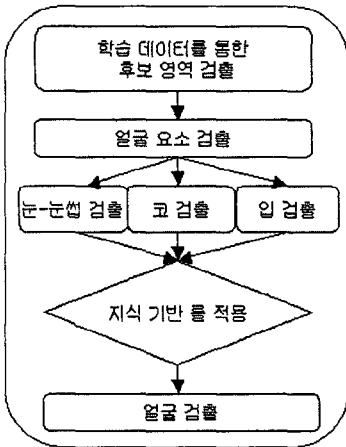
3. 얼굴 검출

3.1 전처리

본 논문에서는 입력 영상에서 피부색을 사용하지 않는 순수한 패턴 분류의 문제를 다룬다. 따라서 전처리는 잡음을 제거하는 과정을 거치며, 히스토그램 평활화된 영상이 입력으로 사용된다. 또한, 학습 데이터를 통한 각 얼굴 요소의 평균과 분산을 이용하여 얼굴 요소의 후보 영역을

검출한다. 얼굴 요소 후보 영역을 검출 함으로써, 후보 영역에 대해 SVM을 이용한 패턴 분류를 한다.

3.2 얼굴 검출 흐름도



3.3 지식 기반 방법

얼굴 검출을 위한 지식 기반 방법은 [5]에서 제안되었다. 하지만 여기에는 몇 가지 단점이 있다. 첫째는 얼굴의 요소를 분별하기 위한 모자이크 셀의 크기가 정의 되어 있지 않다. 둘째는 영상에서 얼굴의 크기에도 검출율이 달라질 수 있다. 마지막으로 복잡한 배경에서 검출율을 보장하지 못한다.

하지만, 독립적으로 얼굴 요소를 검출하는 얼굴 요소에 기반한 얼굴 검출은 모자이크 기반 문제를 해결 할 수 있다. 다시 말해서, 각 얼굴 요소의 특징이 SVM 분류기의 입력으로 사용되며, SVM의 결과에 따라서 얼굴 요소인지 아닌지를 결정하게 된다. 또한 옳게 분류된 얼굴 요소에 대해서 [3]에서 제안한 방법을 사용하여 얼굴 요소 기반 얼굴 검출이 가지는 장점을 살릴 수 있다. 그림4.에서는 지식 기반 방법을 설명하고 있다.

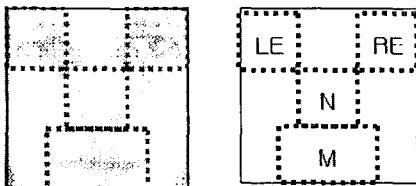


그림 4. 지식 기반의 방법 - 왼쪽 :얼굴 영역 분할, 오른쪽 : 각 영역에 대한 레이블
 $LE + RE = 2 \text{ AND } N = M = 1$
 OR
 $LE + RE < 2 \text{ AND } N = M = 1$
 $LE + RE < 2 \text{ AND } N + M < 2$

4. 실험 결과

학습 데이터 셋에서 가장 좋은 성능을 보인 학습 데이터 셋을 대상으로 얼굴의 부분적인 가려짐에 강한 얼굴 검출을 시도하고 그 결과는 표3.과 같다. 실험은 피부색 정보를 이용하지 않는 순수한 패턴의 분류 문제를 다루고, 또한 자연스러운 얼굴의 회전에도 무관하고, 얼굴의 부분적인 가려짐에 강한 얼굴 검출위해 인위적으로 얼굴 요소를 가린 테스트 데이터를 사용했다. 테스트 데이터는 XM2VTS데이터 베이스에서 학습 데이터로 선정되지 않는 240개의 영상을 사용하였다. 그 중에서 눈과 눈썹, 코, 입의 얼굴 요소 유실은 각각 70장이며, 2개의 얼굴 요소 유실을 30장으로 하였다.

표 3. 얼굴 요소의 가려짐 및 유실에 대한 성능

DB	테스트 데이터 (240장)
검출율	90%
FPS	46 장

5 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서 제안한 얼굴 요소 검출의 방법이 선글라스의 착용 및 마스크의 착용과 같은 얼굴의 부분적인 가려짐에 강인함을 볼 수 있었다. 하지만, 얼굴의 가려짐에 대한 정확한 결과를 얻고 FPS를 줄이기 위하여 앞으로 실험을 계속해야 할 것이다. 또한 자연스러운 얼굴의 회전과 포즈에 강한 얼굴 검출을 하기 위해서 포즈에 따른 클러스터링의 기법이 필요하다. 향후에는 얼굴 요소에 대한 클러스터링 기법을 이용하여 포즈에 무관한 얼굴 검출의 방법을 연구하고, 얼굴의 가려짐과 회전 및 포즈에 무관한 얼굴 검출 방법을 연구하여, 보다 강한 얼굴 검출에 적용할 것이다.

6. 참고문헌

- [1]M.H. Yang, D.J. Kriegman and N. Ahuja, **Detecting faces in images: a survey**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 24 ,Issue: 1, Pages: 34 - 58, 2002,
- [2]B. Heisele, T. Serre, M. Pontil and T. Poggio, **Component-based face detection**, Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Volume: 1 ,8-14 Pages: I-657 - I-662, 2001
- [3]B. Heisele, T.Poggio and M Pontil, **Face detection in still gray images**, A.I. memo 1687, Center for Biological and Computational Learning, MIT, Cambridge, MA 2000
- [4]S.M. Bileschi and B.Heisele: **Advances in component based face detection**, IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, Pages:149 - 156, 2003
- [5]J. Miao, B.C. Yin and K.Q. Wang, et al, **A hierarchical multiscale and multiangle system for human face detection in a complex background using gravity-center template**, Pattern Recognition, Volume: 32, Issue 7, Pages 1237-1248, 1999