

신원확인을 위한 얼굴 영역 탐지 및 얼굴 구성 요소 추출

이선화*, 차의영
부산대학교 일반대학원 전자계산학과
{somy77, eycha}@harmony.cs.pusan.ac.kr

Face Detection and Facial Feature Extraction for Person Identification

Seon-Hwa Lee* and Eui-Young Cha
Dept. of Computer Science, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 신원 확인 시스템을 위한 얼굴 영역 탐지 및 얼굴 구성 요소들을 추출하는 방법을 제안한다. 이 방법은 신원 확인을 위해 사용자가 시스템을 조작할 때, 움직임이 발생한다는 점과 눈 영역이 주위 영역에 비하여 뚜렷하게 어두운 화소들로 구성되어 있다는 점에 착안하였다. CCD 카메라로부터 입력되는 동영상에서 차영상 기법을 이용하여 얼굴 영역을 탐지하고, 탐지된 얼굴 영역 내에서 가장 안정적인 검출 결과를 보이는 눈 영역을 추출한다. 그리고 추출된 두 눈의 위치를 이용하여 전체 얼굴의 기울기를 보정한 후, 제안하는 가변 Ratio Template을 이용하여 검출된 얼굴영역을 검증하며, 코, 입과 같은 다른 얼굴 구성 요소들을 추출한다. 이 방법은 명암의 변화에 따라 유동적인 결과를 산출해내는 이진화 과정을 거치지 않으므로 국부적인 조명의 밝기 변화나 얼굴의 기울기 변화와 같은 얼굴 인식의 제약점에 강한 특징을 지닌다.

1. 서 론

얼굴 인식은 가장 좋은 신원확인 수단이면서도 그 다형성으로 인해 아직까지 만족할 만한 결과를 보이지 못하고 있다. 얼굴 인식을 위해 자동 얼굴 검출과 얼굴 특징 추출에 관한 많은 연구가 진행 중이지만, 조명의 변화, 표정, 머리모양, 자세, 보는 방향 등에 따른 많은 제약점으로 인해 실용적인 얼굴 인식 시스템을 구현하는 것은 매우 어려운 일이다. 신원 확인을 위한 얼굴 인식 시스템은 크게 세가지 단계, 얼굴 검출, 특징 추출, 동일성 검증으로 이루어진다. 본 논문에서는 얼굴인식을 위한 전단계로서 얼굴 영역 탐지와 얼굴 구성 요소 추출에 대한 방법을 제시하고자 한다.

복잡한 배경 화면에서 얼굴 영역 탐지를 위한 기존 연구 방법으로는 에지 정보를 이용한 방법[1][2], 템플릿 매칭(Template Matching)[3], 주성분 분석법[4], 신경망을 이용한 방법[5] 등이 있다. 에지 정보를 이용한 방법은 대부분 이진화 과정을 거쳐야 하므로 조명이 불균일할 경우 에지 정보 손실로 인해 안정적인 결과를 산출해 내기가 어렵다. 템플릿 매칭법은 얼굴 전체를 특징으로 잡는 방법으로서 스케일이 크거나 각 구성요소를 추출하기에는 비효율적인 방법이다. 주성분 분석법(Principal component analysis)은 실시간 구현이 용이한 장점이 있으나 영역분리와 배경영상에 민감하다. 신경망에 의한 접근방식은 정해진 조건하에서는 강건하게 작동될 수 있으나 새로운 입력을 학습할 때 네트워크 변수의 조정이 어렵고 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다.

본 논문에서는 국부적인 조명의 변화에 강한 얼굴 영역 탐지 방법과 얼굴의 크기와 기울기 변화에 구애받지 않는 얼굴 주요 구성 요소 추출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 움직임량에 기반한 차영상 기법으로 얼굴 영역을 검출하고, 가변적으로 설정된 각 블록 영역간의 화소 평균값 편차를 이용하여 눈 영역을 추출한 후, 두 눈의 위치를 이용하여 얼굴의 기울기를 보정한다. 그리고 얼굴 구성 요소에 대한 기하학적 위치 관계에 기반한 가변 Ratio Template을 이용하여 검출된 얼굴영역을 검증하며, 각 특징 요소들을 추출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 얼굴 영역의 추출 방법을 설명하고, 3장에서는 얼굴 영역에 대한 검증과 얼굴 구성 요소 영역 추출 방법을 설명한다. 그리고 4장에서는 실험 환경 및 결과를 분석하고, 5장에서는 결론 및 향후과제에 대하여 기술한다.

2. 얼굴 영역의 추출

본 장에서는 연속적으로 입력되는 얼굴 영상에서 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 얼굴 영역 추출 방법의 구성도는 그림 1과 같다.

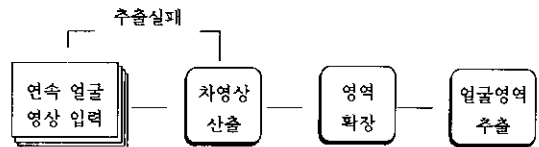


그림 1. 얼굴 영역 추출 구성도

* 본 논문은 정보통신연구진흥원 대학 S/W연구센터 지원사업비 지원으로 수행되었음.

2.1 차영상 산출

사용자가 신원확인을 위해 시스템 조작 버튼을 눌렀을 때 움직임이 발생한다는 점에 착안하여 CCD 카메라를 통해 연속적으로 입력되는 얼굴 영상에서 얼굴 영역을 검출하기 위해 차영상 기법을 이용한다. 사용자가 시스템 조작 버튼을 누르는 순간 두 프레임간의 차영상에서 움직임 벡터량을 구하여 임계치보다 클 경우 얼굴이 있다고 판단하여 얼굴 영역을 탐지한다. 이 방법은 구현이 간단하면서도 국부적인 조명 변화에 상관없이 얼굴 영역을 검출하는데 적절한 방법이며, 이진화 과정을 거치지 않으므로 그 결과가 매우 안정적이다.

두 프레임간의 변화 가능성 비율을 산출하는 공식은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{\left[\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \left(\frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \right)^2 \right]^{1/2}}{\sigma_1 * \sigma_2} \quad (1)$$

식 (1)에서 μ 는 영상 프레임에서 샘플 영역에 대한 평균값이고, σ 는 분산이다. 산출된 λ 값은 임계치 τ 와 비교되며, 차영상 $DP(x,y)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$DP_{\mu}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda > \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

실험에 의해 픽셀 변화 임계치 τ 는 20, 전체 영상에서의 얼굴 존재 유무를 판정하는 전체 변화 픽셀 개수 임계치는 2000으로 설정하였다.

2.2 영역 확장 및 얼굴 영역 추출

산출된 차영상을 이용하여 최종 얼굴 영역을 추출하게 되는데, 검출의 정확성을 높이고자 차영상 구성 픽셀의 영역을 확장한다. 영역 확장은 향후 얼굴 구성요소 영역 추출시 마스크의 크기 설정에 큰 영향을 미치는 얼굴의 수평길이의 정확도를 높이기 위해서 수직방향으로 픽셀의 영역을 확장한다. 그림 2는 원영상에서 차영상을 구한 후, 영역 확장을 하고 최종적으로 얼굴 영역을 추출한 결과이다.



(a) (b) (c)

그림 2. 얼굴 영역 추출 결과

(a) 원영상 (b) 영역확장 영상 (c) 얼굴 추출 결과 영상

3. 구성요소 영역 추출

얼굴 영역 추출 후, 각 얼굴 구성 요소를 검출하는데, 이들

중 얼굴 인식에서 가장 중요한 비중을 차지하는 눈, 코, 입 영역을 검출한다. 그 중에서도 우선 두 눈 영역의 위치를 찾고, 얼굴의 기울기를 조정한다. 다음, 나머지 구성 요소 영역 추출 및 검증 과정을 거친다.

3.1 눈영역 추출

다른 얼굴 구성 요소들에 비해서 눈을 먼저 검출하는 이유는 눈동자에 검은 화소들이 밀집해 있어 눈 영역이 눈 주위 영역에 비해 뚜렷이 어둡게 나타난다는 특징이 거의 모든 얼굴 영상에 유사한 형태로 나타나기 때문이다. 반면 코나 입 영역은 표정 변화에 따른 입술 모양의 변화, 턱 모양에 따른 아랫입술 아랫 부분의 검은 영역 존재 여부, 코 아래 부분의 검은 영역 존재 여부 등이 얼굴 영상마다 차이를 나타내므로 검출하기에 부적합하다.

눈 영역의 검출 알고리즘 역시 조명에 민감하지 않는 결과값을 산출하기 위해 이진화 과정을 거치지 않고 그레이 레벨 영상에서 바로 수행했다. 눈 영역 검출은 다음과 같은 조건에 따라 블록단위로 처리한다.

- 눈 영역은 주위영역보다 명도치가 낮다.
- 주위 영역과의 밝기차가 임계치 이상이 되어야 한다.
- 눈 영역 아래 부분은 비교적 밝은 영역으로 구성되어 있다.

위 조건들은 블록을 구성하는 대상 영역 픽셀들의 평균값과 주위 영역의 픽셀 평균값을 비교함으로써 검증된다. 대상 영역 블록 크기는 그림 3과 같이 검출된 얼굴 영역의 크기에 따라 가변적으로 결정된다. 주위 영역 블록 크기는 가로, 세로 모두 대상 영역 크기의 1/2로 설정하였다. 이는 주위 영역을 대상 영역의 크기와 동일하게 하거나 크게 설정할 경우 머리카락이나 눈썹 등에 의해서 주위 영역의 픽셀 평균값이 커지는 오류를 방지하기 위해서이다.

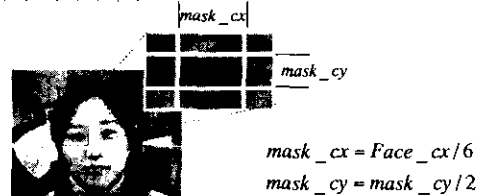


그림 3. 눈영역 검출 마스크 설정

3.2 기울기 조정

눈 영역 이외의 다른 구성 요소들을 검출할 때, 독립적으로 수행하는 것보다는 얼굴의 가하학적 사전지식에 따라 눈 영역과의 위치 관계를 이용하는 것이 훨씬 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다. 따라서, 검출의 정확성과 구현의 용이성을 위해 먼저 검출된 두 눈 영역의 위치를 이용하여 얼굴의 기울기를 조정한다. 눈, 코, 입 등의 나머지 구성 요소를 검출한다.

기울기 조정을 위한 두 눈의 특징점은 그림 4 (a)와 같이 눈 영역의 중점으로 설정하였으며, 식 (3)에 의해서 θ , 즉 얼굴의 기울기 각도를 산출한 후, 영역 회전을 통하여 기울기를 조정한다(그림 4.(b)).

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (3)$$

좌표 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 는 두 눈의 특징점 좌표이다.

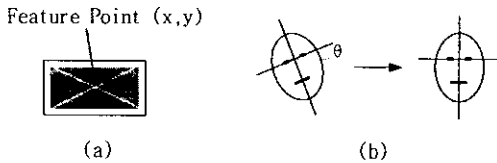


그림 4. 눈의 특징점 및 얼굴 기울기 조정
(a) 눈 영역의 특징점 (b) 얼굴의 기울기 조정

3.3 얼굴영역 검증 및 구성요소 추출

얼굴 영역 검증 및 기타 구성 요소 추출을 위해 그림 5와 같은 가변 Ratio Template을 설정한다[7]. Ratio Template은 7개의 Region과 9개의 Relation으로 구성되며, 각 Region의 크기는 검출된 두 눈 사이의 거리를 기준으로 가변적으로 생성된다. 화살표로 표현되는 Relation은 밝은 영역에 대한 어두운 영역의 비율로서, 화살표의 머리가 가리키는 영역이 어둡고 꼬리가 가리키는 영역이 밝을 때 그 Relation이 만족된다. 9개의 Relation이 모두 만족될 때 2장에서 검출된 얼굴영역이 검증되고, 나머지 구성 요소들의 영역을 추출할 수 있다. 가변 Ratio Template은 지역적인 밝기차를 이용하므로 조명의 변화에 민감하지 않으면서도 간단하고 정확하다는 장점을 가지고 있다.

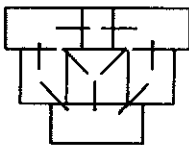


그림 5. Ratio Template

4. 실험 환경 및 결과

실험은 CCD 카메라와 시그마 TV-II 내장용 캡처보드를 사용해 15frame/sec로 캡처된 320x 240, 256 gray level 영상을 입력으로 하였다. 제안된 알고리즘은 펜티엄III 500MHz에서 Windows 98을 기반으로 하여 MS-Visual C++6.0 으로 구현되었다. 실험에 사용된 입력 영상은 다양한 조명하에서 캡처되었으며, 얼굴이 존재하는 영상과 그렇지 않은 영상 2종류로 실험하였다. 얼굴이 존재하는 영상일 경우 남녀, 안경착용 유무 등 다양한 실험 대상을 사용하였다.

표 1. 얼굴영역추출 및 구성요소 추출 실험결과

전체영상	얼굴 영역 추출	구성요소추출 (성공횟수/입력횟수)		
		눈 영역	코 영역	입 영역
100 (얼굴유)	97	96 / 97	96 / 96	96 / 96
20 (얼굴부)	0			

표 1에서와 같이 얼굴 구성요소 추출 성공률은 96%로 높은 추출 결과를 보였다. 얼굴 영역 추출의 주 실패요인은 차영상의 검출시 배경의 움직임과 얼굴 영역이 병합된 경우였으며, 구성요소 추출의 실패 요인으로는 머리카락이 눈 영역과 병합된 경우와 검은 안경 테두리가 검출된 경우가 있었다. 그림 5는 이들 경우의 예를 보여주고 있다. 하지만 명암의 변화, 얼굴의 크기 및 기울기 변화에는 강한 결과를 보였다.

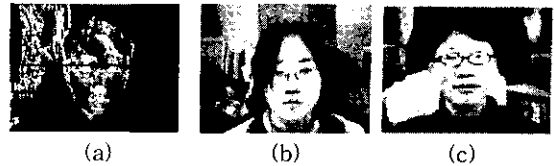


그림 5. 검출 실패 영상
(a) 배경움직임과 얼굴영역이 병합된 경우
(b) 머리카락이 눈영역과 병합된 경우 (c) 검은 안경테 착용

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 차영상을 사용하여 조명의 변화에 강한 얼굴영역 탐지 방법을 제시하였고, 가변 Ratio Template을 이용하여 얼굴의 크기와 기울기 변화에 구애받지 않고 얼굴 구성요소를 추출하는 방법을 제안하였다. 이상의 연구 결과는 얼굴영상 분석을 위한 얼굴 및 표정 인식 등 얼굴에 관련된 연구의 한 부분으로서 적용될 수 있다. 향후 연구과제로는 전체 시스템 인식률에 큰 영향을 미치는 정확한 얼굴영역 탐지를 위해 컬러 영상을 이용한 강한 얼굴 탐지 및 얼굴 인식 방법 연구이다.

참고 문헌

- [1] 이상영, 함영국, 박래홍, "지식에 기초한 특징추출과 역전파 알고리즘에 의한 얼굴인식," 전자공학회논문지, 제31권, B편, 제7호, 7월, 1994년.
- [2] V.Starovoitov and D.Samal, "Matching of Faces in Camera Images and Document Photographs," *Proc. IEEE Int'l Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol.IV, pp.2349-2352, June, 2000.
- [3] Roberto B. and Tomaso P., "Face Recognition : Features versus Templates," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.15, no.10, pp.871-882, October, 1993.
- [4] 문옥경, 김선숙, 양황규, 차외영, "주성분 분석을 이용한 얼굴영역 추출," 한국정보처리학회 춘계 학술발표논문집, 제6권, 제1호, pp.1383-1386, 1999년.
- [5] Henry A. Rowley, Shumeet Baluja, and Takeo Kanade, "Rotation Invariant Neural Network-Based Face Detection," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.38-44, June, 1998.
- [6] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴특정의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출," 멀티미디어학회논문지, 제3권, 제1호, pp.23-33, 2월, 2000년.
- [7] Brian Scassellati, "Eye Finding via Face Detection for a Foveated, Active Vision System," In Proceedings of the American Association of Artificial Intelligence, 1998.