

# 자세와 표정변화에 강인한 얼굴 특징 검출

## Robust Face Feature Extraction for various Pose and Expression

정재윤, 정진권, 조성원, 김재민

홍익대학교 전기정보제어공학과 지능정보처리 연구실

Jae-Yoon Jung, Sung-Won Cho, Jae-Min Kim, Jin-Kwon Jung

Dept. of Electronic and Electric Engineering, A.I. Lab

Hongik University

E-mail : jaeyoon78@naver.com

### 요 약

바이오메트릭스의 여러 가지 기술 중에서 얼굴인식은 지문인식, 손금인식, 홍채인식 등과는 달리 신체의 일부를 접촉시키지 않고도 원거리에 설치된 카메라를 통해 사람을 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 얼굴인식은 조명변화, 표정변화 등의 다양한 환경변화에 대단히 민감하게 반응하므로 얼굴의 특징 영역에 대한 정확한 추출이 반드시 선행되어야 한다.

얼굴의 주요 특징인 눈, 코, 입, 눈썹은 자세와 표정 그리고 생김새에 따라 다양한 위치, 크기, 형태를 가질 수 있다. 본 연구에서는 변화하는 특징 영역과 특징 점을 정확히 추출하기 위하여 얼굴을 9가지 방향으로 분류하고, 각 분류된 방향에서 특징 영역을 통계적인 형태에 따라 다시 2차로 분류하여, 각각의 형태에 대한 표준 템플릿을 생성하여 검출하는 방법을 제안한다.

### 1. Introduction

멀티미디어 정보 사회에서는 개인에 대한 정보관리 및 보호가 무엇보다 중요하다. 최근 컴퓨터를 이용하여 개인의 신원을 확인하고 정보를 보호하기 위한 기술로 사람이 가지고 있는 고유한 특성을 이용하는 바이오메트릭스(Biometrics) 기술이 활발히 연구되고 있다.[1] 이는 기존에 사용하는 열쇠나 암호와는 달리 분실의 염려가 없으며 본인이 아니면 사용할 수 없는 안정성을 가지고 있다. 사람의 고유한 인체 특성을 이용하는 바이오메트릭스 기술은 개인의 정보 보호 및 신분확인을 위한 효과적이고 매우 정확한 기술이다. 그 중 얼굴인식 기술은 사용자의 특별한 동작이나 행위에 대한 요구 없이 자연스럽게 신분을 확인할 수 있는 장점을 가진, 가장 편리하고 경쟁력이 있는 생체인식 기술이다. 이런 장점으

로 인하여 얼굴인식 기술은 공공 장소의 출입관리 시스템, 범죄자 검색 등에 다양하게 적용될 뿐만 아니라 향후 감성공학, HCI(Human and Computer Interaction) 등과 같은 지능화된 사회에 파급효과가 가장 큰 핵심 기술로 평가되고 있다. 이러한 컴퓨터를 이용한 얼굴 인식 기술의 정확성을 높이기 위해서는 정교한 얼굴 특징 추출이 선행되어야 한다. 얼굴의 주요 특징인 눈, 코, 입, 눈썹을 추출하는 것은 대부분의 얼굴 인식 방법에서 필수적이라고 할 수 있다.

얼굴의 특징 추출에 관한 최근의 연구는 포괄적으로 다음과 같이 분류될 수 있다. (i) 휘도(luminance), 색차(chrominance), 얼굴의 기하학적인 외형(geometry) 및 대칭(symmetry)에 기반한 접근법[2][3]. (ii) 템플릿 매칭에 의한 접근법[3][4]. (iii) PCA에 기반한 접근법[2][5]. (iv) 그

리고 위의 방법들을 조합하여 얼굴의 곡률 (curvature)을 이용하는 접근법[9] 등이 있다.

사람 얼굴의 특징은 기분에 따라 형태가 변화할 수 있고, 영상이 찍히는 순간의 자세에 따라 많은 차이를 보일 수 있다. 하지만 기존의 연구에서는 얼굴의 다양한 자세, 형태 및 표정의 변화에서 정확하게 얼굴의 특징을 검출해 낼 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 변화하는 특징에서 정확히 특징을 검출할 수 있는 세 가지 과정을 제시한다. 첫째로, 저장된 얼굴 영상 데이터베이스를 얼굴의 방향별, 형태별로 분류를 시도하고 학습하여(learning) 특징 검출에 이용하였다. 둘째로, 다양한 환경 및 조명 아래에서도 얼굴의 특징을 정확히 찾아내기 위한 정규화(normalize) 과정이다. 마지막으로 변형 가능한(deformable) 템플릿 매칭에[8] 의한 접근법을 기반으로 하여 특징의 크기, 위치, 형태에 무관하게 특징을 검출할 수 있는 방안을 제시한다.

## 2. Experimental Setup

얼굴의 특징 검출을 위해 사용한 데이터베이스는 270장의 이미지로 구성되어 있다. 2005년 10월에 제작하였으며 10명의 사람에게 9가지 방향을 (정면, 상, 하, 좌, 우, 좌상, 좌하, 우상, 우하) 바라보면서, 세 가지 표정(Normal, Smile, Frown)을 짓게 하였다.

영상을 획득한 장비는 1024×768 해상도의 CCD 카메라이다. 주변 환경 및 조명은 다음과 같이 통제되었다 : 연구실 방에 있는 창문을 통해 들어오는 일정량의 햇빛과 천등에 있는 동일한 형광등 빛. 10명의 사람은 연구실 방의 한쪽 벽면에 미리 표시된 9개의 방향으로 동일하게 바라볼 수 있게 설정하였고, 카메라와 사람의 거리는 일정하게 유지하였다.

## 3. 방향 및 형태에 따른 분류

### 3.1 Classification Algorithm Structure

#### 3.1.1 얼굴의 방향별 분류

얼굴의 바라보는 방향에 따라서 얼굴 특징의 형태는 일정한 양상으로 변화한다. 이런 아이디어

를 기본으로, 사람 얼굴을 9가지 방향으로 분류하고 각 방향에서 얼굴의 주요 특징 영역인 눈, 코, 입, 눈썹을 분류하여 학습하는 구조를 [그림 1]에 나타내었다.

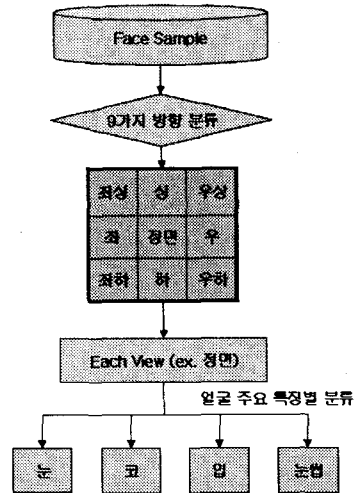


그림1. Classification 알고리즘의 구조 I

[그림2]는 데이터베이스에 저장된 이미지 중에서 한 사람이 9가지 방향으로 바라보는 샘플이다. 앞서 언급한 바와 같이 모든 사진의 거리는 일정하게 유지하였고 바라보는 방향의 각도도 마찬가지로 일정하게 유지하였다. [그림2]에서의 각 사진은 전체 사진 영역에서 얼굴 부분만을 수동적으로 잘라내어 편집한 것이다.

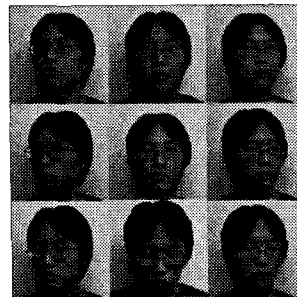


그림2. 9가지 방향을 바라보는 얼굴 Sample

#### 3.1.2 특징 영역의 형태별 분류

얼굴의 특징 부위에서 한 단계 더 나아가 특징 부위의 형태에 따라 2차로 분류하여 학습하는 과정에 대한 구조는 [그림3]과 같다.

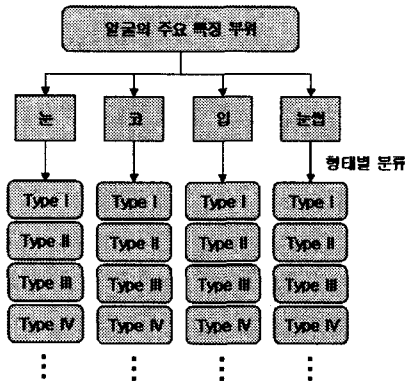


그림3. Classification 알고리즘의 구조 II

9가지로 나뉜 각 얼굴의 방향에서 사람마다 눈, 코, 입, 눈썹의 생김새 즉 특징 영역의 형태는 다양하며, 동일한 사람일지라도 표정의 변화에 따라 변화하는 양상을 보인다. [그림4]는 동일한 방향에서도 얼굴의 표정에 따라 특징의 형태가 변화하는 것을 보여준다. 일반적인 표정에 비해 웃는 표정에서는 입과 코가 벌어지는 모습을 볼 수 있으며, 찡그린 표정에서는 입과 눈이 길어지면서 가늘어지는 형태를 관찰할 수 있다.

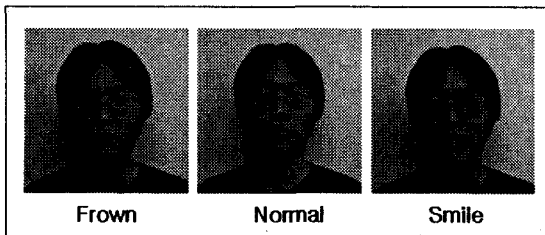


그림4. 표정에 따른 특징의 변화

보다 정확한 얼굴 특징을 검출하기 위하여 각 특징 영역에서의 형태를 관찰하여 가장 비슷한 형태를 가지는 것을 기준으로 입의 개수로 Type을 분류하는 것을 [그림5]와 같이 시도하였다.

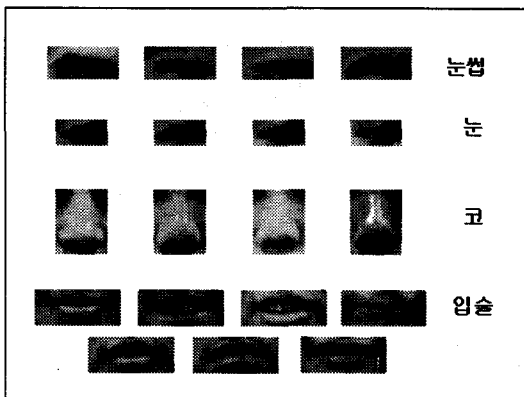


그림5. 얼굴 특징의 형태별 분류

### 3.2 특징점 선택 및 표준 템플릿 생성

얼굴의 주요 특징 부위인 눈, 코, 입, 눈썹을 정확하게 검출하기 위해서는 각 부위가 가지고 있는 특징을 최대한 활용하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 특징 부위의 경계(Boundary)를 중심으로 형태(Shape)의 특징을 가장 잘 나타낼 수 있는 위치와 크기로 최적의 특징 점(Landmark)을 설정하였으며[6], 또한 특징 점이 가진 특성에 따라 Template 크기를 다양하게 설정하여 검출에 활용하였다. [그림6]에서 특징 점의 위치와 특성에 따라 다르게 설정한 템플릿의 크기를 볼 수 있다.

특징 검출의 효율을 높이기 위하여, 방향 및 형태별로 분류된 특징 점들의 평균적인 형판(Mean Template)을 만들어 이용하였다. 또한, 'Level 1'에서의 영상과 더불어 가우시안 필터를 사용하여 축소된 'Level 2', 'Level 3'의 영상에서도 각각 최적의 크기로 템플릿을 만들었다. [그림6]은 눈에서의 특징 점의 위치와 크기를 나타낸 레벨1에서의 표준 템플릿이다.

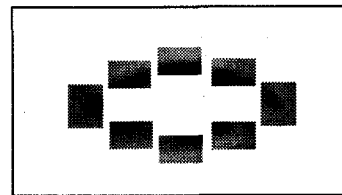


그림6. 눈의 표준 템플릿

## 4. Normalization

얼굴의 주요 특징 부위 및 특징 점을 보다 정확히 추출하기 위하여, 세밀한 전처리 단계가 요구된다. 얼굴 영상의 획득 단계에서 영향을 주는 조명등의 환경요인과 얼굴 영상의 Rotation 등의 기하학적인 요인에도 강인한 특징 추출을 위해 [그림7]과 같은 전처리 과정을 실행하였다.

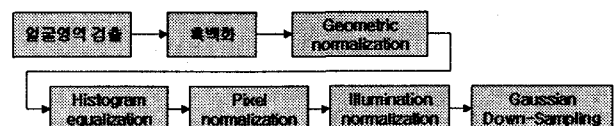


그림7. 얼굴의 특징 점 검출을 위한 정규화 과정

전처리 각 단계에서의 수행된 내용은 다음과 같다.

- 얼굴영역 검출
  - Boosted Cascade of Simple Features 방법[7]
- 흑백화 - 256단계의 gray 레벨의 값으로 변환
- Geometric normalization
  - 검출된 얼굴의 눈좌표를 기준으로 회전 등에 강인한 기하학적 정규화
- Histogram equalization
  - 고른 분포의 밝기값을 위해 히스토그램을 이용
- Pixel normalization
  - 픽셀의 값을 평균이 0이 되도록 정규화
- Illumination normalization
  - 조명 등의 환경변화에 강인하게 정규화
- Gaussian Down-Sampling
  - 원 이미지의 손실을 최대한 막는 방식으로 다중 해상도의 영상을 생성한다.

본 알고리즘은 흑백 영상을 대상으로 적용되기 때문에 먼저 주어진 영상에서 256단계의 gray 값으로 변환하여 영상 정보를 이용한다. 컬러 이미지 프로세싱에 관련된 여러 가지 연구가 있으나 얼굴의 특징 점 추출에서는 아직도 그 인식이 저조하기 때문이다.

얼굴이 검출된 영상의 해상도는 256×256 크기이다. 이 이미지에서 특징 점 검출을 하려면 연산량이 많다는 단점이 있다. 그러므로 Gaussian Down-Sampling을 이용하여 이미지를 축소하여 소모되는 시간을 줄인다. 이 방식은 연산량의 감소라는 장점 외에 노이즈 제거에도 이점이 있다.

$$I_N^2(x, y) = \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-n}^n I_N(2x+i, 2y+j)f(i, j)$$

3가지의 레벨을 이용하여 각각 특징 점을 저장하는 것은 다중 해상도에서의 검출방식을 통하여 넓은 영역을 빠른 시간에 검출하는 장점이 있다. 이 부분은 본 논문의 뒷부분에서 다시 얘기하도록 한다.

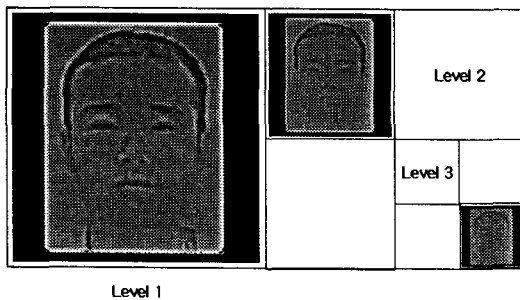


그림8. 전처리 과정을 거친 얼굴 영상

## 5. 특징 검출

템플릿 매칭(Template matching)에 의한 방법은 미리 사람 얼굴의 특징점에 대한 영상을 기억하고 주어진 입력 영상과 직접 비교하는 방법으로서 상관관계(correlation) 결과가 가장 큰 값을 가지는 영상을 선택하는 접근 방법이다. 이는 얼굴 및 특징의 크기, 위치, 회전에 영향을 받지 않는 방법이 요구된다. 이를 해결하기 위해 필요한 feature에 변형 가능한(deformable) 템플릿 매칭 방법을 사용하였다.[8]

$$C(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (T(i, j) - \mu_T)(I(x+i, y+j) - \mu_I)}{M \cdot N \cdot \sigma_T \cdot \sigma_I}$$

$T(i, j)$  : M\*N Template Window

$I(x, y)$  : 실제 입력 영상

$\mu_T, \mu_I$  : Template, 영상의 평균

$\sigma_T, \sigma_I$  : Template, 영상의 분산

최적의 특징 점을 빠르고 정확하게 찾기 위한 방법으로 앞서 언급한 3단계의 레벨을 이용한 영상 및 템플릿을 사용하였다. 'Level 3'의 영상에서부터 'Level 2', 'Level 1' 영상의 순서로 매칭을 하여 가장 적합한 특징 점을 검색(Search) 하였다. 'Level 3'에서는 대부분의 특징이 비슷한 형태와 크기를 가지므로 넓은 영역에서의 검색을 실행하고, 다음 레벨로 옮겨가면서 좀 더 상세한 검색을 실행한다. 이 방법은 넓은 영역을 빠른 시간에 정확히 검색 할 수 있는 이점이 있다.

## 6. 실험 결과

본 논문에서의 실험은 홍익대학교의 지능정보처리 연구실에서 2002년도에 만든 얼굴 데이터베이스를 이용하였다. 640×480 해상도의 CCD 카메라를 이용하여 촬영된 것이다. 얼굴의 방향은 바라보는 곳에 따라 5가지 방향(정면, 상, 하, 좌, 우)으로 나누어져 있고, 기울임에 따라 2가지 방향(좌·우)로 나누어져 있다. 형태에 따라서는 3가지로(Normal, Smile, Frown) 나누어져 있다. 주어진 데이터베이스에서 특징 점을 찾은 결과는 [그림9, 10, 11]과 같다.



그림9. 정면 및 우측을 바라보는 얼굴 영상의 특징 검출 결과



그림10. 찡그린 얼굴 및 웃는 얼굴 영상의 특징 검출 결과



그림11. 기울어진 얼굴의 원본 영상 및 기하학적 정규화를 통해 특징을 검출한 영상

## 7. 결론 및 향후과제

본 논문은 얼굴 인식에 적용을 위한 얼굴의 주요 특징 부위 및 특징 점을 최적으로 검출하는 방법에 관한 연구로서, 얼굴 모델이 가질 수 있는 다양한 방향과 표정 및 형태에 대해서도 강인하게 특징을 검출할 수 있는 방안을 제시하였다.

이러한 방법은 비록 특징 Type에 영향을 받고 연산 시간이 많이 걸린다는 단점이 있지만, 3단계의 레벨을 통한 검색방식으로 연산 시간을 최소화 하였고, 다양한 얼굴의 형태에서도 특징 점을 정확하게 검출 할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 9가지 방향을 모두 검색해야 한다는 문제점이 있는데, 입력 영상에서의 얼굴이 바라보고 있는 방향을 판단하는 연구가 진행된다

면 보다 빠른 특징 검출에 활용 될 것으로 기대된다.

## 8. 참고문헌

- [1] Gray Roethenbaugh : 'The Biometrics Industry', ICSA, Inc. 1999.
- [2] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: Features versus Templates", *IEEE Trans on PAMI*, 1993, 15(10), pp1042-1052
- [3] S. Y. Lee, Y. K. Ham and R. H. Park, "Recognition of Human Front Faces Using Knowledge-Based Feature Extraction and Neuro-Fuzzy Algorithm", *Pattern Recognition*, 1996, 29(11), pp1863-1876
- [4] R. S. Feris, T. E. de Campos and R.M. Cesar Junior, "Detection and tracking of facial features in video sequences", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2000, 1793(4), pp127-135
- [5] G. Chow and X. Li, "Towards A System for Automatic Facial Feature Detection", *Pattern Recognition*, 1993, 26(12), pp1739-1755
- [6] I. L. Dryden and K. V. Mardia. *Statistical Shape Analysis*. John Wiley & Sons, 1998
- [7] Michael Jones, Paul Viola, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on , Volume: 1 , 8-14 Dec. 2001 pp.I-511 - I-518 vol.1
- [8] A.L.Yullie, D. S. Cohen and P. W. Hallinan, "Feature Extraction from Faces using Deformable Templates", *Proc. CVPR*, pp.104-109, 1989
- [9] M. Gargesha and S. Panchanathan, "A Hybrid Technique for Facial Feature Point Detection", *IEEE Proceedings of SSIAT'2002*, 2002, pp134-138