

# 얼굴인식 및 표정인식을 위한 얼굴 및 얼굴요소의 윤곽선 추출

이경희, 변혜란, 정찬섭\*

연세대학교 컴퓨터과학과, 연세대학교 심리학과\*

서울특별시 서대문구 신촌동 134, (우)120-749

unicorn@csai.yonsei.ac.kr

## Facial Feature Extraction for Face and Facial Expression Recognition

Kyunghee Lee, Hyeran Byun, Chansup Chung\*

Dept. of Computer Science and \*Psychology, Yonsei University

120-749, Shinchon Dong 134, Seodaemun Gu, Seoul, Korea

### 요 약

본 논문은 얼굴 인식 또는 표정 인식 분야에 있어서 중요한 특징을 나타내는 얼굴과 얼굴의 주요소인 눈과 입, 눈썹의 영역 추출 및 그의 윤곽선 추출에 관한 방법을 제시한다. 얼굴요소의 영역 추출은 엣지 정보와 이진화 영상을 병합하여 이용한 프로젝트션 분석을 통하여 얼굴 및 각 얼굴요소를 포함하는 최소포함사각형(MER: Minimum Enclosing Rectangle)을 추출하였다. 얼굴 영상에 관련된 윤곽선 연구에는 가변 템플릿(Deformable Template), 스네이크(Snakes: Active Contour Model)를 이용하는 연구들이 이루어지고 있는데, 가변 템플릿 방법은 수행시간이 느리고 추출된 윤곽선의 모양이 획일된 모양을 갖는 특성이 있다. 본 논문에서는 사람마다 얼굴요소의 모양의 개인차가 반영되고 빠른 수렴을 할 수 있는 스네이크 모델을 정의하여 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 윤곽선 추출 실험을 하였다. 또한 스네이크는 초기 윤곽선의 설정이 윤곽선의 추출 결과에 큰 영향을 미치므로, 초기 윤곽선의 설정 과정이 매우 중요하다. 본 논문에서는 얼굴 및 각 얼굴요소를 포함하는 각각의 최소 포함 사각형(MER)을 추출하고, 이 추출된 MER 내에서 얼굴 및 각 얼굴요소의 일반적인 모양을 초기 윤곽선으로 설정하는 방법을 사용하였다. 실험결과 눈, 입, 얼굴의 MER의 추출은 모

두 성공하였고, 눈썹이 흐린 사람들의 경우에만 눈썹의 MER추출이 좋지 않았다. 추출된 MER을 기반으로 하여 스네이크 모델을 적용한 결과, 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 다양한 모양을 반영한 윤곽선 추출 결과를 보였다. 특히 눈의 경우는 1차 유도 엣지 연산자에 의한 엣지와 2차 유도 연산자를 이용한 영점 교차점(Zero Crossing)과 병합한 에너지 함수를 설정하여 보다 더 나은 윤곽선 추출 결과를 보였다. 얼굴의 윤곽선의 경우도 엣지값과 명도값을 병합한 에너지 함수에 의해 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

### I. 서 론

얼굴 인식(Face Recognition)은 인간의 시각 인식의 가장 뛰어난 능력 중의 하나이다. 인간은 일생을 통해 대략 천명 정도의 얼굴을 인식할 수 있으며, 별 어려움없이 두 사람의 얼굴을 구별할 수 있다. 컴퓨터에 의한 얼굴 인식에 대한 연구는 약 20년전부터 시작되었다. 얼굴 인식의 응용분야는 매우 다양한데, 개인 식별을 위한 신분 증명 시스템, 범죄자 검색 시스템, 보안 시스템 등이 이에 해당된다.

또한 최근 하드웨어의 발달로 컴퓨터 기술이 보편화되고 컴퓨터 그래픽스 등의 기술이 발달하게 되면서, 보다 친숙하고 현실감 있는 사용자 인터페이스에 관한 연구가 중대되고 있다. 따라서 기존의 사람과 컴퓨터간의 인터페이스가 특정 입출력 장치에 의존하는데 비해 최근에는 보다 자연스럽고 지능적인 인터페이스인 음성 인식, 문자 인식, 얼굴 인식 등의 방법을 이용한

인터페이스를 구현하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

얼굴 정보에 관련한 연구 분야를 크게 분류해 보면 4가지로 나누어 볼 수 있다. 입력된 영상으로부터 얼굴 영역의 추출[1][2] 및 윤곽선 추출에 관한 연구[3][4], 눈과 입 등의 얼굴의 중요 요소의 영역 추출[5][6]과 특징점 및 윤곽선 추출에 관한 연구[7-10], 얼굴 영상을 해석하여 영상 속의 사람을 식별하는 연구[11][12], 얼굴의 특정 부분들을 분석하여 그 사람의 표정을 알아내는 연구[13]로 나누어 볼 수 있다.

얼굴 및 얼굴요소의 윤곽선 추출 시스템은 표정 인식, 얼굴인식의 필수 기본 단계로 사용될 수 있다. 즉 추출된 각 얼굴요소의 특징을 분석하여, 해당 얼굴 영상의 사람의 내적상태를 추정할 수 있는 표정 인식 분야에 적용할 수 있다. 또한 얼굴 및 얼굴요소의 윤곽선 추출 시스템은 2차원 얼굴 영상에서 3차원 얼굴 형상 모델로의 정합과정에서 사람이 손으로 일일이 특징점을 포인팅해 주던 것을 자동으로 정합할 수 있도록 하는데 이용될 수 있으므로, 2차원 얼굴 영상에서 3차원 얼굴 모델로의 합성을 필요로 하는 많은 응용 분야에도 이용될 수 있다. 차세대 영상 압축 전송시에 동영상에서 변화가 없는 배경으로부터 얼굴 및 얼굴요소의 자동 추출에 의하여 이에 관한 정보만 전송하는 데에도 사용할 수 있다. 이 때 얼굴 영상을 나타낼 수 있는 모델인 FDP(Face Description Parameter)의 특징점을 자동으로 추출할 수 있다면 얼굴 영상의 압축의 성능에 효과적인 영향을 미치리라 기대된다.

본 논문에서는 얼굴 인식 또는 표정 연구에 있어서 중요한 특징을 나타내는: 얼굴 및 얼굴의 주요소인 눈, 입, 눈썹의 영역 추출과 그의 윤곽선 추출에 관한 방법을 중점적으로 기술한다. 얼굴요소의 영역 추출에는 주로 프로젝션 분석(Projection Analysis) [11]과 색상 정보를 이용한 연구들이 있다. 각 요소의 특성에 기반한 추출, 유전자 알고리즘과 결정트리를 병합하여 이용한 눈의 추출 연구[5]도 이루어지고 있다.

얼굴 영상에 관련된 윤곽선 연구에는 주로 가변 템플릿(Deformable Template)방법[7-10]과 스네이크(Snakes: Active Contour Model)를 이용한 연구[4][7]가 있다. 기존의 윤곽선 추출 연구에서는 기하학적인 모양을 갖는 눈과 입의 경우에는 주로 가변 템플릿 방법을 사용하여 특징을 추출하고[7-10], 비교적 다양한 모양을 갖는 눈썹, 얼굴의 윤곽선 추출에는 스네이크를 이용하였다[4][7]. 본 논문에서는 이러한 기존의 연구와는 달리 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 윤곽선 추출에 모두 스네이크를 사용하여 사람마다 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 모양이 조금씩 다른 개인차를 반영할 수 있는 윤곽선 추출에 대한 연구를 하였다. 또한 윤곽선 추출을 위한 전단계로서 얼굴 및 각 얼굴요소의 최소 포함 사각형(MER: Minimum Enclosing Rectangle) 추출에 관한 연구를 하였다.

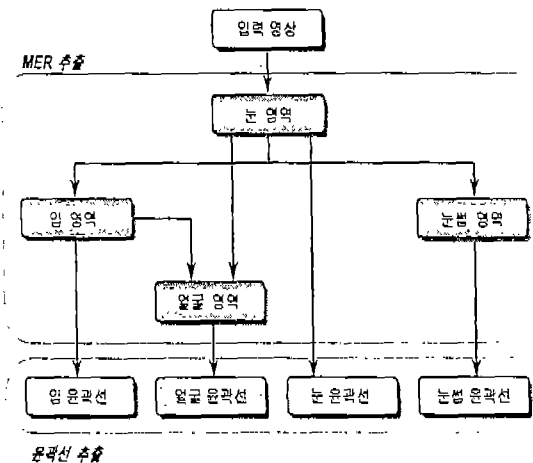
본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 2장에서는 본 논문이 제안하는 시스템의 전체 구성을 살펴보고, 3장, 4장에서는 얼굴 및 얼굴요소 각각에 대하여 MER 추

출 과정과 윤곽선 추출 과정에 대하여 사용된 기법을 중심으로 살펴보고, 5장에서는 실험결과 및 결론을 기술한다.

## II. 시스템 구조

시스템의 전체적인 구조도는 [그림1]과 같이 영역 추출 시스템과 윤곽선 추출 시스템으로 구성되었다. 첫 번째 단계로서 얼굴 요소의 영역 추출 시스템은 윤곽선 추출을 위한 필수 단계로서 먼저 현저한 특징이 있는 눈의 영역을 먼저 추출하고, 이 추출된 눈의 영역을 기준으로 하여 입, 눈썹의 영역을 추출한다. 얼굴의 영역 추출은 눈과 입의 영역 추출의 결과를 참조하여 수행한다. 각 얼굴요소의 영역 추출 과정은 각각 후보영역의 설정과, 이 후보영역 내에서 해당 얼굴요소를 포함하는 MER(Minimum Enclosing Rectangle)을 추출하는 부분으로 구성되어 있다. 이 단계의 결과를 기준으로 하여 윤곽선 추출 시스템을 수행하므로 전체 시스템의 성능에 영향을 주는 중요한 단계이다.

다음으로 윤곽선 추출 시스템은 눈, 입, 눈썹, 얼굴 모두 각각 독립적으로 수행된다. 하지만 이 과정들 모두는 전단계의 영역 추출 시스템의 결과인 MER을 기준으로 하여 스네이크를 사용하였다.



[그림1] 전체 시스템 구조

## III. 최소 포함 사각형(MER) 추출

얼굴요소의 영역 추출에는 얼굴요소별로 구분할 수 있는 많은 정보를 가지고 있는 엣지 정보와 이진화 이미지를 같이 병합하여 이용하였다. 엣지를 추출하는 방법으로는 비교적 성능이 좋은 소벨(Sobel)연산자를 사용하였는데, 이러한 엣지를 추출하는 방법에도 각 얼굴요소별 특성을 잘 반영할 수 있는 방법을 모색한

결과 수직, 수평으로 분리된 연산자를 적용하면 좋은 결과를 낼 수 있음을 알아내었다. 즉 눈의 경우에는 눈동자에 의한 수직 성분의 강한 엣지가 검출되고, 입은 수평 성분의 엣지가 강하게 검출됨을 이용하여 각 요소별로 분리된 연산자로 엣지를 추출한다. 이러한 엣지의 프로젝션 히스토그램을 얼굴의 지형적 특징을 고려하면서 분석하여 눈, 입이 존재할 대략적인 후보 영역을 찾을 수 있었다.

이렇게 찾아진 후보영역에 엣지 영상과 이진화 영상의 프로젝션 히스토그램을 병합하여 이용하면서, 각 얼굴 요소의 부분 특징을 이용한 분석 방법을 사용하여 눈, 입, 눈썹을 둘러싸고 있는 최소 사각형으로 이루어진 경계영역을 찾아 내었다. 각 요소의 특징을 고려한 분리된 엣지 연산자에 의한 프로젝션 히스토그램과 이진화 영상의 프로젝션 히스토그램을 통한 분석과 각 요소의 부분적 특징을 병합하여 사용함으로써 각 요소의 MER추출에서 수행시간과 성능에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

## IV. 윤곽선 추출

### 4.1 스네이크(Snakes:Active Contour Model)

스네이크는 외부의 제한적 힘에 의해 이끌어지고, 라인, 엣지 등과 같은 특징방향으로 당기는 이미지 힘에 의해 영향을 받는 에너지 최소화하는 구조이다[14]. 스네이크는 엣지 근처에 수렴하게 되고, 엣지를 정확하게 지역화한다. 스네이크의 에너지 함수는 식과 같이 정의된다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{internal}(v(s)) + E_{images}(v(s)) + E_{constraint}(v(s))) ds$$

$v(s)$ 는 스네이크의 위치를 나타내고,  $E_{internal}$ 은 윤곽선을 구부리는 내부 에너지이고,  $E_{images}$ 는 이미지 힘을 나타내고,  $E_{constraint}$ 는 외부 에너지를 나타낸다.

스네이크는 에너지 최소화 구조이기 때문에 지역적 최소가 가능한 해의 집합을 이루도록 에너지 함수를 개발해야 할 필요가 있다. 이러한 해의 집합으로부터의 해의 선택은 기대되는 해 쪽으로 모델을 밀 수 있는 에너지 항을 추가함으로써 이루어진다.

본 논문에서는 스네이크의 에너지 최소화하는 반복 과정에서 빠른 반복을 위하여 Greedy Algorithm을 사용[15]하여 구현하였다. 이 방법은 여전히 전역적인 최소를 보장하지는 않지만 반복 속도는 훨씬 개선된다. 본 논문에서 정의한 에너지 함수는 다음과 같다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (\alpha(s)E_{continuity}(v(s)) + \beta(s)E_{curvature}(v(s)) + \gamma(s)E_{images}(v(s))) ds$$

$$= \int_0^1 \alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - \gamma \nabla I(v) ds$$

위 식에서 보듯이 연속성, 곡률, 엣지값으로 이루어

진 에너지함수에 의해 최소화하는 방향으로 수렴해가면서 윤곽선을 추출해 간다.

스네이크는 초기값에 영향을 많이 받는 단점이 있지만, 얼굴 및 얼굴요소의 영역 추출에서 각 요소에 근접한 최소 포함 사각형을 정확히 추출하여 이 영역 내에서 얼굴 및 각 얼굴 요소별로 일반적인 모양을 반영한 초기 윤곽선을 설정하여 이 점을 보완하였다. 또한 에너지 함수에 있어서 적당한  $\alpha, \beta, \gamma$ 의 값과 반복 과정에 사용되는 임계치의 조정이 윤곽선 추출의 성능에 커다란 영향을 주기 때문에, 여러 실험을 통하여 이러한 파라미터 값과 임계치들을 결정하였다.

### 4.2 눈의 윤곽선 추출

눈의 경우 현재까지 연구된 엣지 연산자들이 가정하는 명도값의 이상적인 변화가 눈의 엣지에서는 드물다. 본 논문에서는 이와 같은 눈 주변의 엣지의 미흡성을 보완하기 위하여 2차 유도 엣지 연산자에 의한 Zero Crossing을 구하여 이와 병합한 변형된 에너지 함수를 정의하여 실험하였다. 이러한 에너지 함수의 변형에 의해 비교적 좋은 눈의 윤곽선 추출 결과를 보였다. Zero Crossing 영상과 Sobel 엣지 연산자를 적용한 영상 두 가지 모두를 다음 식과 같이 스네이크의 에너지 함수에 사용한다. 여기서  $\alpha, \beta, \gamma_1, \gamma_2$ 과 같은 파라미터의 값은 여러 실험을 통하여 정하였다. 눈의 윤곽선은 모두 16개의 정점으로 구성하였으며, 초기 윤곽선은 눈의 MER을 중심으로 일반적인 눈의 모양을 고려하여 설정하였다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (\alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - (\gamma_1 |\nabla I(v)| + \gamma_2 |\nabla^2 I(v)|) ds$$

### 4.3 입, 눈썹의 윤곽선 추출

입, 눈썹의 윤곽선은 눈과 마찬가지로 Zero Crossing을 병합하여 실험해 보았으나, 결과가 향상되지 않고 오히려 더 나빠지는 경우도 있었다. 따라서 Sobel 연산자에 의한 엣지 영상으로만 이미지 힘을 가하여 구현하였다. 이 때 입은 24개, 눈썹은 16개의 정점으로 구성된 윤곽선을 사용하였다.

### 4.4 얼굴의 윤곽선 추출

얼굴의 윤곽선 추출은 엣지 영상만 이용할 경우 좋은 결과를 보이지 않았다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위하여 명도값(Intensity)을 병합한 변형된 에너지 함수를 정의하여 실험하였다. 이러한 에너지 함수의 변형에 의해 훨씬 더 좋은 얼굴의 윤곽선 추출 결과를 보였다. 또한 Greedy Algorithm을 적용할 때 눈, 입, 눈썹의 경우에 적용한 8-이웃 탐색영역 대신에 24-이웃 탐색영역을 적용하여 좀 더 멀리 있는 픽셀에 대해

서도 탐색하게 하여, 초기 윤곽선 모델인 타원에 가까운 일반적인 얼굴 모양과는 많이 벗어나는 네모 혹은 각진 얼굴 모양에 대해서도 근접해 갈 수 있도록 하였다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (\alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - (\gamma_1 |\nabla I(v)| + \gamma_3 |I(v)|)) ds$$

## V. 실험결과 및 결론

얼굴과 얼굴의 주요소인 눈과 입, 눈썹의 최소 포함 사각형 추출과 그 추출된 영역에 대하여 스네이크를 이용한 윤곽선 추출을 실험하였다. 실험환경은 펜티엄II PC상에서 Visual C++5.0을 사용하여 MFC로 개발하였는데, 사용된 영상은 1280x960 해상도의 디지털 카메라로 촬영한 가로 256화소의 그레이 영상이다. 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 최소 포함 사각형 추출과 그에 따른 윤곽선 추출을 포함하는 시스템 전체의 수행시간은 1초 이내로 비교적 빠른 수행시간을 보였다.

### 5.1 최소 포함 사각형(MER) 추출

얼굴과 눈, 입, 눈썹과 같은 얼굴의 주요소에 대하여 제안한 시스템으로 MER을 추출한 결과, [그림2]에서 보듯이 눈과 입, 얼굴의 경우는 모두 정확하게 최소 포함 사각형을 추출하였고, 눈썹의 경우에는 해당 영상의 사람의 눈썹이 선명하지 않은 경우에는 좋지 않은 결과를 내었다.



[그림 2]얼굴 및 얼굴요소의 MER 추출

### 5.2 윤곽선 추출

눈, 입, 눈썹, 얼굴의 각각의 MER에 대하여 제안한 시스템으로 윤곽선을 추출하는 실험을 하였다. 실험 결과에서 윤곽선을 나타내는 흰색선 중에서 나타날 검은 점들이 수렴해서 추출된 실제 특징점들을 나타낸다.

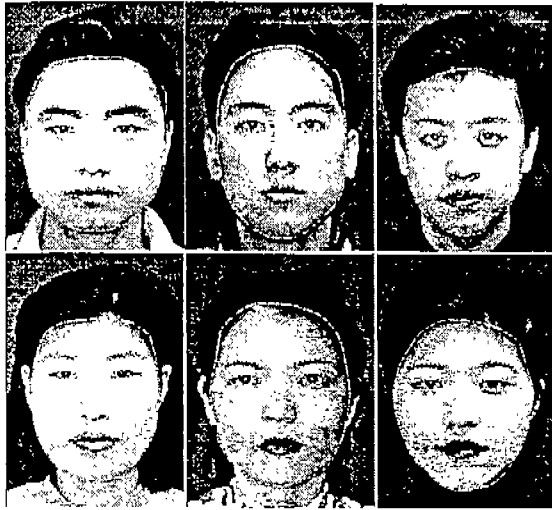
눈의 윤곽선 추출의 경우에 Sobel 엣지 영상만 이용한 경우, DoG를 이용한 Zero Crossing만 이용한 경우, 본 논문에서 제안한 Sobel 엣지영상과 Zero Crossing 두 가지를 병합한 윤곽선 추출의 경우를 비교한 결과, 제안한 방법이 눈의 실제 윤곽선에 보다 더 가깝게 근접하는 결과를 얻을 수 있었다. 즉 작은 눈의 윤곽선도 비교적 잘 추출하였고, 검은 눈동자에 의한 강한 엣지 성분에 의해 윤곽선이 검은 눈동자 쪽으로 물리는 것도 보완할 수 있었다.

얼굴의 윤곽선의 추출의 경우에도 Sobel 엣지값만 사용한 경우와 영상의 명도값과 병합한 윤곽선 추출의 경우를 비교하였더니, 제안한 방법이 얼굴의 실제 윤곽선에 훨씬 더 잘 수렴하는 결과를 얻었다.

또한 전체적으로 남자의 경우는 입이 선명하지 않고 입 주변이 거무스름하여서 여자인 경우보다는 입의 윤곽선 추출이 덜 정확한 결과를 보였다.

스네이크는 초기 윤곽선의 설정이 윤곽선의 추출 결과에 큰 영향을 미치는 문제점이 있다. 따라서 초기 윤곽선의 설정 과정이 매우 중요하다. 본 논문에서는 엣지 정보와 이진화 영상을 병합하여 이용한 프로젝트션 분석을 통하여 각 얼굴요소를 포함하는 최소 포함 사각형(MER)을 정확하게 추출하고, 이 추출된 MER 내에서 각 얼굴요소에 따른 일반적인 모양을 초기 윤곽선으로 설정하는 방법을 사용하였다. 또한 원래의 스네이크 모델이 사용자와의 피드백에 의해 이루어지는데, 제안한 시스템은 사용자의 개입이 전혀 필요하지 않는 자동 시스템이다.

본 논문의 연구를 바탕으로 하여, 그레이 영상이 아닌 컬러 영상에서 색상 정보를 사용하여 좀 더 정확하고 일반화된 눈, 입, 눈썹, 얼굴의 최소 포함 사각형을 추출한 후 윤곽선 추출을 수행할 수 있다. 또한 눈 영상에서 실시간으로 움직임 정보와 병합하여 얼굴 및 얼굴 요소의 특징점 추적에 관한 연구도 추진할 수 있다.



[그림 3]얼굴 및 얼굴요소의 윤곽선 추출

#### 참고 문헌

- [1] Guangzheng Yang and Thomas S. Huang, "Human Face Detection in a Complex Background", *Pattern Recognition*, Vol.27, No.1, pp.53-63, 1994
- [2] Ying Dai and Yasuaki Nakano, "Extraction of Facial Images from Complex Background Using Color Information and SGLD Matrices", *International Workshop on AFGR*, pp.238-242, 1995
- [3] Xiaobo Li and Nicholas Roeder, "Face Contour Extraction From Front-View Images", *Pattern Recognition*, Vol. 28, No. 8, pp.1167-1179, 1995
- [4] Taro Yokoyama, Yasushi Yagi and Masahiko Yachida, "Facial Contour Extraction Model", *IEEE Proceedings of ICAFG*, pp.254-259, 1998.
- [5] J. Bala, K. DeJong, J. Huang, H. Vafaie, and H. Wechsler, "Visual Routine for Eye Detection Using Hybrid Genetic Architectures", *IEEE Proceedings of ICPR'96*, pp.606-610, 1996
- [6] Ru-Shang Wang and Yao Wang, "Facial Feature Extraction and Tracking in Video Sequences", *IEEE First Workshop on Multimedia Signal Processing*, 1997
- [7] Chung-Lin Huang and Ching-Wen Chen, "Human Facial Feature Extraction For Face Interpretation and Recognition", *Pattern Recognition*, Vol.25, No.12, pp.1435-1444, 1992
- [8] Kin-Man Lam and Hong Yan, "Locating and Extracting the Eye in Human Face Images", *Pattern Recognition*, Vol.29, No.5, pp.771-779, 1996
- [9] Alan L. Yuille, Peter W. Hallinan, and David S. Cohen, "Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates", *International Journal of Computer Vision*, pp.99-111, 1992
- [10] Gloria Chow and Xiaobo Li, "Towards a System for Automatic Facial Feature Detection", *Pattern Recognition*, Vol. 26, No. 12, pp.1739-1755, 1993
- [11] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: Features versus Templates", *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 15, pp.1042-1052, 1993
- [12] Ching-Liang Su and Chidchanok Lursinsap, "Face Recognition by Feature Orientation and Feature Geometry Matching", *IEEE Proceedings of ICPR'96*, pp.401-405, 1996
- [13] Irfan A. Essa and Alex P. Pentland, "Facial Expression Recognition using a Dynamic Model and Motion Energy", *IEEE ICCV'95*, pp.360-367, 1995
- [14] Michael Kass, Andrew Witkin, and Demetri Terzopoulos, "Snakes:Active Contour Models". *International Journal of Computer Vision*, pp.321-331, 1988
- [15] Donna J. Williams and Mubarak Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", *CVGIP:Image Understanding*, Vol.55, No.1, January, pp.14-26, 1992