

유전 알고리즘, 통계적 변수, 기하학적 모델에 의한 얼굴 영역 추출

이 상 진, 홍 준 표, 이 종 실, 홍 승 홍
인하대학교 전자공학과

Face Extraction using Genetic Algorithm, Stochastic Variable and Geometrical Model

Lee Sang Jean, Hong Jun Pyo, Lee Jong Shil, Hong Seung Hong
tel : +82-032-868-4691 email : g1981145@inhavision.inha.ac.kr

Abstract

This paper introduces an automatic face region extraction method. This method consists of two parts: face recognition and extraction of facial organs which are eye, eyebrow, nose and mouth. In first stage, we use genetic algorithms(GAs) to get face region in complex background. In second stage, we use Geometrical Face Model to extract eye, eyebrow, nose and mouth. In both stage, stochastic component is used to deal with the problems caused by bad lighting condition. According to this value, blurring number is determined. Average Computation time is less than 1 sec, and using this method we can extract facial feature efficiently from several images which has different lightning condition.

서론

사람과 사람 사이의 의사 소통시, 대부분의 경우 얼굴의 생김새에 의해서 사람을 판별하게 된다. 또한 얼굴의 표정은 의사 소통에서도 매우 중요한 역할을 한다. 얼굴은 그 자체의 유일성 때문에 사람을 인식하고 식별하는데 매우 중요하고 효과적인 특성을 제공한다. 이러한 이유 때문에 컴퓨터 비전 분야에서는 얼굴을 인식하고 얼굴의 각 부분을 추출하는 것은 매우 관심 있게 다루어지는 분야이다.

얼굴 인식 방법은 전형적으로 정적 이미지에서 이미지의 명암 혹은 에지 등을 특징으로 사용하는 패턴 인식 방법으로 접근해 왔다. 최근의 연구에서는 얼굴 인식에 심리학을 접목하여 변형 가능한 얼굴 모델을 얻기 위하여 주요 요소 분석 같은 전통적인 패턴 인식 기술을 사용하기도 한다. 본 논문에서는 사람의 얼굴을 인식하고 그 인식된 얼굴 영역에서 얼굴의 각 부분을 추출해 내는 방법을 제시한다. 제안된 알고리즘은

인식된 얼굴 영역에 대해서 눈, 코, 입 등을 추출하므로 전체적인 오차를 줄일 수 있다. 첫 번째로, 사람의 얼굴을 인식하는 단계에서는 유전 알고리즘을 이용하여 타원형의 얼굴 영역을 추출하게 되며, 두 번째 단계에서는 기하학적 모델을 이용하여 얼굴의 각 부분을 추출하게 된다. 각각의 두 단계에서는 통계적인 변수의 값을 고려해서 필터링의 횟수를 정하도록 하였다.

유전 알고리즘

일반적인 유전 알고리즘은 초기 집합 생성, 적합도 평가, 돌연변이와 교배의 3가지 과정으로 구성된다. 초기 집합은 30개의 임의의 점을 선택하여 각각의 좌표들에 대해 임의의 크기를 갖는 타원을 생성하도록 하였다. 이렇게 생성된 타원은 4가지의 목적 함수(object function)에 의해서 적합도(fitness value)를 평가하여 적합도가 가장 높은 하나의 점을 후보로 선출하게 된다. 이 과정은 30번 반복되어 30개의 후보를 생성하게 된다. 위의 과정에서 생성된 30개의 후보들을 서로 교배와 돌연변이가 시킴으로써 최종의 해를 구하게 된다. 이 때, 1%의 돌연변이 생성률과 1점 교배를 사용해서 최적해를 찾게 되면 1점 교배는 그림 1에 나타나있다.

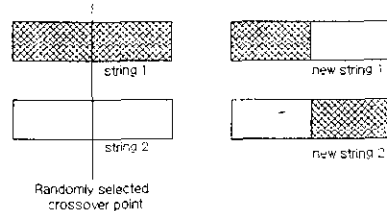


그림 1. 1점 교배(one point crossover)

교배에 의해서 구해진 새로운 점은 다시 적합도를 평가하게 되고 적합도가 부모인자보다 높게 되면 부모 인자를 대체하게 된다.

본 논문에서 사용한 유전알고리즘의 플로우차트는 다음과 같다.

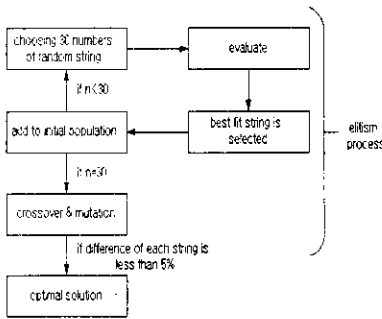


그림 2 . 전체적인 유전알고리즘

적합도 평가함수

인의의 점이 생성되면 이 점에 대해 목적 함수(object function)를 이용하여 적합도를 평가하게 된다. 본 논문에서는 4가지의 함수를 이용해서 목적함수를 구성하였다.

이 4가지 함수는 이용하기 전에 먼저 기본적인 조건이 충족되어야 하는데, 이 조건이 만족되지 않으면 새로운 점을 생성해서 다시 기본 조건을 측정하게 된다. 기본조건은 타원을 수평으로 이등분해서 뒷부분의 평균이 아랫부분보다 작아야 된다.

적합도를 평가하기 위해 사용한 함수는 다음과 같다.

첫째, 타원과 저대역 필터링 후 윤곽 검출된 영상(blurred and edge detected image)과의 중복 영역을 검출한다.

$$V_1 = \sum_x \sum_y G(x, y)P(x, y) \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 G(x,y)는 저대역 필터링 후 윤곽 검출된 영상의 점 x, y에서의 그레이 영상의 값을 나타내며, P(x,y)는 타원을 나타내는 점 (x, y)를 나타낸다. 이는 저대역 필터링된 영상에서 얼굴의 외곽을 측정하기 위한 것이다. 1번의 적합도는 먼저 그에 해당하는 기본조건에 만족되어야 하며, 타원의 반원 윗 부분의 평균값은 100보다 작아야 하는 조건을 갖는다.

다음에는 머리의 색상 정보를 이용하여 타원의 안과 밖의 pixel값의 차를 구한다.

$$V_2 = \sum |G(b) - G(a)| \quad \text{식 (2)}$$

이는 타원의 윗부분에서 측정하게 된다. 식 (2)에서 G(b)는 안쪽 영역을, G(a)는 바깥쪽 영역을 나타낸다.

셋째로, 평균 pixel 값에 대한 타원영역의 pixel값의 비율에 따른 값으로써 얼굴에서 검은 부분과 살색 부분의 비율을 이용해서 목적 함수의 값을 구하는 것이다.

프로그램에 사용된 C코드는 다음과 같다.

```

if(m_OriginImg[x][y] > mean + gab )
    T_High++;
else if(m_OriginImg[x][y] < mean - gab )
    T_Low++;
    
```

그리고, V3는 다음과 같이 표현된다.

```

if(T_High/T_Low > 0.5 && T_High/T_Low <= 1 )
    V3=50;
if(T_High/T_Low > 1 && T_High/T_Low <= 2)
    V3=100;
if(T_High/T_Low > 2 && T_High/T_Low <= 3)
    V3=200;
if(T_High/T_Low > 3 && T_High/T_Low < 8 )
    V3=400;
    
```

4.타원의 중심선에 대한 좌우의 대칭적인 값의 차를 이용하게 된다.

$$V_4 = \sqrt{|P_a - P_b|^2} \quad \text{식 (3)}$$

이는 얼굴이 좌우 대칭이라는 성질을 이용해서 만들어진 식으로써 그 값은 좌우수축 더 좋다. P_a와 P_b는 중심선으로부터 좌우로 일정한 거리 L만큼 떨어진 거리의 점이며 Lt=반지름*0.05 이며 그 값이 1보다 작을 경우에는 1로 대치된다.

위의 4개의 결과를 이용한 전체적인 적합도 V는 다음과 같다.

$$V = fV_1 + gV_2 + hV_3 - iV_4 \quad \text{식(4)}$$

조명의 영향에 대한 보정

영상 처리에서 문제를 유발시키는 부분은 영상에 끼인 조도의 차이이다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해서 영상의 통계적인 변수를 측정하고 이를 이용해 그 영상의 환경을 역으로 추출해냄으로써 얼굴 영역을 추출하고 얼굴의 각 기관을 추출하는데 이용하였다. 사용된 변수들은 다음과 같다.

$$\text{Mean} : \bar{v} = \sum vP(v)$$

$$\text{Variance} : \sigma_v^2 = \sum (v - \bar{v})^2 P(v)$$

$$\text{Skewness} : v_s = \frac{1}{\sigma_v^3} \sum (v - \bar{v})^3 P(v)$$

$$\text{Kurtosis} : v_k = \frac{1}{\sigma_v^4} \sum (v - \bar{v})^4 P(v) - 3$$

$$\text{Energy} : v_E = \sum [P(v)]^2$$

표 1. 에서 Mean과 Variance는 밝은 영상일수록 커지는 경향이 있고, Skewness, Kurtosis, Energy는 어두운 영상일수록 커지는 경향이 있다. 또한, 그 변화가 일관된다는 것을 알 수 있다.

변수들의 특성과 범위를 나타내는 간단한 실험 자료가 아래에 주어져 있다.(표 1. ~ 표 4.)



image1 image2 image3 image4

표 1. 영상의 밝기에 따른 변수의 변화

영상	image1 (dark)	image2	image3	image4 (light)
mean	22.00	60.28	103.96	110.35
variance	673.21	1990.53	3863.94	4139.60
skewness	2.1786	0.5639	0.2222	0.2145
kurtosis	10.0114	2.3088	2.1211	2.1155
energy	0.0297	0.0080	0.0051	0.0047



b/w 1 b/w 2 b/w 3 b/w 4

표 2. 2가지의 값만을 가지는 영상의 분할에 대해서 영향을 받는 통계적 변수의 값

영상	b/w 1	b/w 2	b/w 3	b/w 4
skewness	-0.01099	-0.00344	-0.00773	0.02040



Gr b/w+Gr b/w 5

표 3. 2가지의 값만을 갖는 영상과 단계적인 값을 갖는 영상과의 비교

영상	Gr	b/w+Gr	b/w5
mean	106.43	116	233.4
variance	3865.69	10580.4	380.80
skewness	0.00042	0.19972	0.1664
kurtosis	1.7964	1.4339	1.0684
energy	0.0047	0.1404	0.4523



dark medium bright

영상	dark	medium	light
mean	23.9523	59.6638	105.524
variance	905.774	2258.36	3206.72
skewness	2.18448	1.40810	0.13281
kurtosis	7.50181	5.54018	2.78027
energy	0.02908	0.00910	0.00711

표 4. 얼굴과 배경이 함께 있는 영상에서의 변수의 값

위에서 알 수 있듯이, mean은 단순히 영상의 밝기를 나타내는 값으로, 복잡도와는 관계가 없으며, 그 값이 클수록 영상이 밝다고 고려할 수 있다. variance도 역시 영상의 밝기와 관계가 되지만, 전체적으로 영상이 밝은 경향을 띠면(표 3.2의 b/w 5) 그 값이 작아지므로 이를 고려하여야 한다. Skewness는 복잡도가 커질수록, 영상이 어두울수록 값이 커지며, 범위는 -0.02~3정도의 범위를 가진다. kurtosis는 variance와 전체적으로 비슷한 경향을 띠며, 값의 범위는 1~10정도이다. energy는 영상의 히스토그램 분포가 편중된 경우 그 값이 커진다. 이는 영상이 전체적으로 어두운 경우 값이 커지는 결과를 예측할 수 있으며, 실제의 실험 결과와 일치한다.

얼굴 각 부분의 추출

얼굴의 각 부분을 추출해내기 위해서 우선 얼굴이 검출된 영상을 하이부스트 필터링(hiboost filtering)하게 된다. 일반적인 하이부스트 필터링은 단지 원 영상에서 저대역 필터링된 영상을 빼는 것이지만, 이 방법에 의하면 영상의 잡음을 제거할 수 없고, 이용하기에 적절하지 않은 영상인 경우가 많다. 이를 개선하기 위해 원 영상과 저대역 통과된 영상 모두를 n-1번씩 더 저대역 통과 필터링을 시키도록 하였다.

$$\text{Highboosted image} = (n-1) \text{ times Lowpassed Input image} - n \text{ times Low passed input image}$$

로 얻어지며, 저대역 필터링(Low pass) 된 영상은

표 5. Lowpass mask

	1	2	1
1/16 ×	2	4	2
	1	2	1

표 5.에 주어진 마스크 연산자에 의해서 구해진다. 이 마스크는 3×3의 가우시안 마스크이다. 통계적인 값을 이용해서 횡수를 적용하기 위해서 비교적 간단하고 작은 마스크를 사용하였다.

이 때, 계수 n은 다음 식으로 정해진다.

$$n = \frac{1}{5} \times [a(M - M_{min}) + b(V - V_{min}) - c(S - S_{min}) - d(K - K_{min}) - e(E - E_{min})]$$

식 (5)

식 (5)는 바로 앞선의 결과에 의해서 만들어진 식이며, 1~5사이의 값을 갖는다.

위치됨, 하이부스트 필터링된 영상은 영역 확산(region growing) 기법에 의해서 그룹으로 합쳐지게 된다.

영역 확산 기법을 적용할 때 임의의 반지름을 가지는 원 영역의 내부를 조사하게 된다. 이 때 원 내부의 작은 영역은 더 큰 영역으로 흡수되며, 원의 크기, 중심, 방향 그리고 경계가 다시 정해지게 된다. 이 과정은 더 이상 흡수될 영역이 존재하지 않거나, 원의 크기가 미리 정해진 크기 이상으로 커지게 되면 끝나게 된다. 영역의 크기가 커질수록 흡수되는 반지름은 더 작아진다.

실험 및 고찰

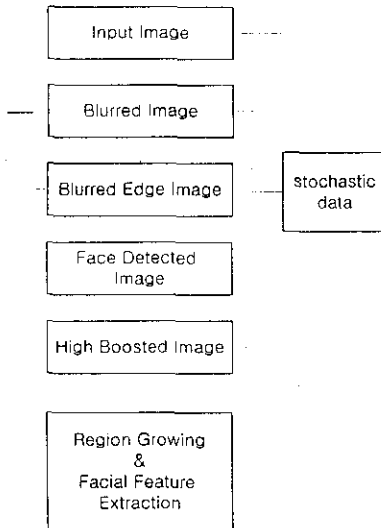
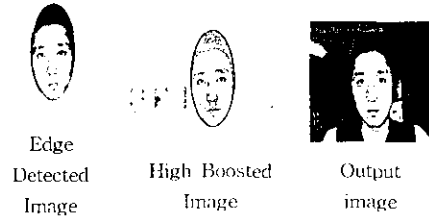


그림 3. 제안된 방법의 전체적인 흐름도



본 논문에서는 임의의 영상 자료를 입력으로 받아서 유전 알고리즘을 사용하여 얼굴 영역을 추출하였다. 이때 사용된 계수는 f = 0.1, g = 0.1, h = 1, I = 0.2 이다. 또한, 이 추출된 얼굴 영역을 이용해서 얼굴의 각 부분을 추출해내는 방법을 제안하였다.

또한, 입력되는 영상에 대해서 통계학적 변수를 측정하고 그 변수의 값에 따라 경계선 검출 영상(edge detected image)와 하이부스트된 영상을 얻기 위한 블러링(blurring)의 횟수를 정하였다. 일반적으로 밝은 영상은 3-5번의 블러링이, 어두운 영상은 1-2번의 블러링이 수행되었다. 이 때, 사용된 계수는 a = 0.038, b = 0.0012, c = 1.667, d = 0.667, e = 166.67이며, M_{min} = 20, V_{min} = 500, S_{min} = -0.01, K_{min} = 1.0, E_{min} = 0.004이다.

본 논문에서 사용된 영상은 가로 256, 세로 256 픽셀의 흑백 영상이며 프로그램은 Visual C++로 구현하였고, 평균 프로그램 수행시간은 1초 미만이었다.

결론

본 논문에서는 통계적인 변수를 이용해서 영상의 소멸에 대한 제약 없이도 얼굴 영역을 검출하는 알고리즘을 제시하였다. 실험 결과, 이 알고리즘에 의해서 어두운 영상과 밝은 영상 모두에서 자동으로 윤곽선을 검출할 수 있었으며, 이는 얼굴의 각 부분을 추출하는데 효과적으로 적용 가능하였다.

참고문헌

- [1]Yujin SUZUKI, "Extraction of the Human Face from Natural Background Using GAs", pp221-226, Proceeding of TENCON '96
- [2]Dr. Peter W.M. Tsang, "A Genetic Algorithm for Projective Invariant Object Recognition", pp58-63, Proceeding of TENCON '96
- [3]Jay F. Winkler, "Genetic Programming for Object Detection" Proceedings of the Second Annual Conference, July 3-16, 1997
- [4]Shi-Hong Jeng, "Facial Feature Detection Using Geometrical Face Model: An Efficient Approach", pp273-282, The Journal Of The Pattern Recognition Society, 1998 Vol.31
- [5]Bir BHANU, Sungkee Lee, "Genetic Learning for Adaptive Image Segmentation", Kluwer Academic Publishers