

유전 알고리즘을 사용한 환경 적응형 얼굴 인식 시스템

조병모⁰, 전인자, 이필규
인하대학교 대학원 전자계산공학과
chobm77im.inha.ac.kr⁰, juninha@im.inha.ac.kr pkrhee@inha.ac.kr

Adaptive Face Recognition System Using Genetic Alogrithm

Byoungmo Cho⁰, Inja Jun, Phillkyu Rhee
Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University

요 약

2D 영상을 가지고 인식 작업을 수행하는데 있어서 입력 영상의 질은 매우 중요한 요소이다. 특히 얼굴 인식과 같은 실시간 입력 데이터와 미리 등록되어진 데이터와 비교하는 경우는 입력 영상과 등록 영상의 상태 차이가 크면 좋은 알고리즘이라 할지라도 높은 성능을 내기는 힘들다. 즉, 테스트를 위한 입력 영상을 등록 영상의 수준과 유사하게 만들어 전체적인 성능을 높일 수 있는 적응형 방법이 필요하다.

본 논문에서는 유전 알고리즘을 이용하여, 하나의 샘플 이미지에서 환경 의존적인 요소를 제거 하기 위한 최적의 필터 조합과 특징 추출 마스크를 생성하였으며, 그것을 사용하여 인식 테스트를 수행하였다. 가상의 편향조명 노이즈를 첨가한 실험에서 진화 전의 약 25% 인식율은 진화 후 약 92% 까지 향상되었으며, 임의의 임펄스 노이즈에 관한 실험에서도 진화 전의 약 47%의 인식율에서 진화 후 약 84%의 높은 인식율 향상 결과를 보여주었다.

1. 서 론

2D 영상 이미지의 얼굴인식에 있어서는 조명뿐 아니라, 밝기, 명암, 해상도와 같은 영상 질에 관한 것들이 영향을 끼친다. 또한 아날로그의 영상 신호를 가공하기 쉬운 디지털 영상 신호 변환할 때 적은 양이지만 손실이 발생한다. 이러한 여러 가지 환경적인 요소에 의해 인식 시스템의 성능은 달라질 수 있다.

현재 사용되고 있는 얼굴 인식 시스템의 일반적인 특성은 특정환경 하에서는 제대로 작동을 하지만 환경이 바뀌면 많은 오류를 일으킨다는 보고 되고 있다. 즉, 일반적인 환경에서 만족할 만한 성능을 발휘하고 유지하는 시스템을 완성하기는 매우 어렵기 때문에, 특정 환경에서 생성된 하나의 샘플 이미지를 가지고, 그 환경에 적용하여 성능을 좋은 상태로 유지할 수 있는 얼굴 인식 시스템을 제안하고 구현하였다.

2. 관련 연구

외부 환경 변화에 덜 민감한 얼굴 인식 시스템에 관한 연구는 illumination cone을 사용하여 가상의 조명 이미지를 생성해서 인식에 사용하는 것[1]과, PCA 변환 후, 유전자 알고리즘을 사용해 환경에 가장 적합한 고유값을 선별해 인식을 하는 방법[2]들이 있다. 두 개의 방법 모두 편향 조명을 포함한 다양한 조명에 매우 높은 성능을 보이지만, A/D conversion에서 발생하는 노이즈나 영상 이미지의 해상도와 같은 현실적인 문제에 대해서는 해결책이 제시되고 있지 않다.

3. 배경 지식

3.1 노이즈

Noise를 소리에 있어서는 잡음으로, 영상에 있어서는 잡영이라고 말한다. 잡영은 일반적으로 다음 식과 같이 표기된다. 여기서 m 은 승산 잡영이고, a 는 가산 잡영이다.

$$G(x, y) = m(x, y) \cdot f(x, y) + a(x, y)$$

또, 전체 영상 영역에 대해 부분적으로 나타나는 순간 잡영이 있을 수 있는데 실영상의 화소 값을 부분적으로 왜곡시키는 형태이다. 식의 표현은 영상 전체 영역에 대한 순간 노이즈 비로서 하며 다음과 같다

$$f(x, y) = \begin{cases} z(x, y), & \text{with probability } y = p \\ i(x, y), & \text{with probability } y = 1 - p \end{cases}$$

3.2 영상 향상을 위한 필터

얼굴 인식을 수행하는데 있어서 좋은 결과를 얻기위해서 입력 영상을 보다 인식에 적합한 상태로 만드는 것이 중요하다. 필터의 종류는 크게 공간 영역 방법과 주파수 영역 방법으로 나눌수 있는데, 전자는 영상 평면 그 자체를 의미하고, 이 영역의 접근 방식들은 영상에서 화소 단위의 처리를 기초로 한다[3]. 후자는 영상의 퓨리에 변환을 수정 처리하는 것을 근간으로 한다. 실험에 사용하는 필터는 주파수 영역 방법의 호모몰픽 필터과, 공간 영역 방법의 미디언 필터, 조명 모델링 필터, 히스토그램 평활화 필터로, 입력 영상을 진화 GAP를 통해 얼굴 인식을 위한 적합한 영상으로 변환한다.

3.3 가보 웨이블릿

얼굴인식 실험에 사용된 인식 알고리즘은 가보 웨이블릿 변환을 기초로 하고 있으며 다음과 같은 식

$$J_j(\vec{x}) = \int L(\vec{x}) \psi_j(\vec{x} - \vec{x}') d^2 \vec{x}'$$

으로 정의된 컨벌루션을 기초로 하고 있고, 위 식의 가보 커널의 형태는

$$\psi_j = \frac{k_j^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{k_j^2 x^2}{2\sigma^2}\right) \left[\exp(i k_j^2 \vec{x}) - \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right) \right]$$

이다[4]. 영상의 특정한 위치에 대하여 5개의 다른 주파수와 8개의 방향에 대해 컨벌루션을 수행하는데, 주파수에 관하여 $v = 0, \dots, 4$ 또, 방향에 관하여 $\mu = 0, \dots, 7$ 의 경우가 있고, 식은 다음과 같다.

$$\vec{k}_j = \begin{pmatrix} k_{jx} \\ k_{jy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_v \cos \phi_\mu \\ k_v \sin \phi_\mu \end{pmatrix}, k_v = 2^{-\frac{v+2}{2}} \pi, \phi_\mu = \mu \frac{\pi}{8}$$

3.4 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)

생물학에서 유전 물질은 DNA, 즉 염색체이다. 개체들은 교차에 의해 염색체를 부분 결합하고 돌연변이에 의해 미소하게 변화된 새로운 염색체를 가진 새로운 개체들을 만들어내고, 개체들은 환경에 적응하기 유리한 정도에 따라 선택적으로 번성한다[5]. 유전 알고리즘의 기본 구조는 이러한 생물의 진화 과정을 문제 해결 과정으로 옮겨 놓은 것이다.

```

n 개의 초기 염색체 생성;
repeat {
  for j = 1 to k {
    두 염색체 p1, p2 선택;
    offspringj = crossover ( p1, p2 );
    offspringj = mutation ( offspringj );
  }
  offspring1, ..., offspringk를 population 내의
  k 개의 염색체와 대치;
} until (정지 조건 만족)
남은 해 중 최상의 염색체를 return;
    
```

그림 1 유전 알고리즘의 전형적 구조

그림 1은 전형적인 유전 알고리즘의 구조를 보인다. n 개의 해를 임의로 생성하고, 이 해집단으로부터 k개의 새로운 해를 만들어 내는데 각각의 해는 선택, 교차, 변이의 단계를 거쳐 만들어진다. 이렇게 만들어진 k개의 해는 해집단 내의 k 개의 해와 대치된다. 이러한 과정을 임의의 정지 조건이 만족될 때까지 수행한 후 해집단의 남은 해 중 가장 좋은 해를 답으로 삼는다. 상수 k는 해집단이 한 번에 얼마나 많이 대치되는냐를 결정하는데, 실험에 사용한 GA는 빠른 수렴을 위한 안정상태 GA로 새로운 해가 생기는대로 해집단에 넣어주는 방식이다.

4. 진화 적응형 얼굴 인식 시스템

4.1 시스템 구조

특정 환경에서 생성된 샘플 이미지는 조명, 밝기, 명암과 같은 내부적인 환경적 요소와 카메라 초점 상태나 영상 보정 기법, 해상도와 같은 외적인 요소들을 포함하고 있다. 여기서는 GAP를 사용하여 샘플 이미지의 환경에 최적화된 얼굴 인식 시스템의 파라미터들을 구한다.

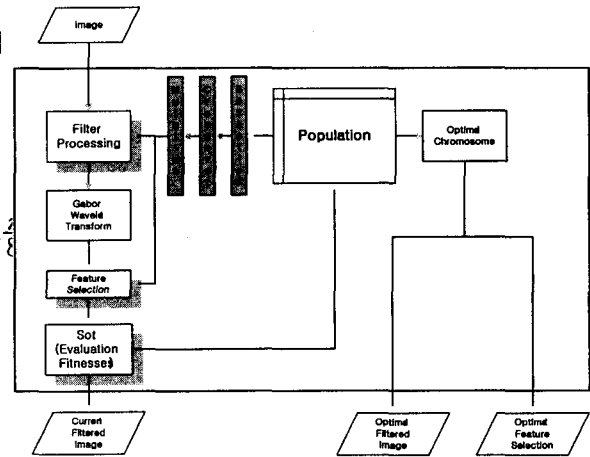


그림 2 환경 적응 얼굴 인식 시스템 구조

그림 2는 샘플 이미지가 입력된 후, GAP가 진화해서 최적의 결과를 출력하는 구조를 보이고 있다.

4.2 염색체 설계

실험에 사용한 GAP의 크로모솜은 다음과 같다.
 0-3 : Filter Switch (4 bits) - 필터의 사용 유무
 0 - Homomorphic Filter
 1 - Median Filter
 2 - Illumination Compensation Filter
 3 - Histogram Equalization Filter
 4-8 : Filter Selection (5 bits) - 필터 사용 순서
 9-15 : Homomorphic Filter Parameter (7 bits)
 D0 - 0~127 까지의 값
 16-18 : Median Filter Parameter (3 bits)
 Mask_selection - 0~5까지 마스크의 종류를 결정.
 19-258 : Feature Selection Mask (240 bits)
 - 이미지 인식에 사용하는 Features(size=240)의 사용 유무를 결정하는 마스크로 사용.

4.3 적합도 평가

적합도는 학습 벡터와 입력 벡터의 총 거리의 합이 작아질수록 인식에 적합한 영상이 되고, 샘플 이미지의 인식결과가 좋을수록 올바른 특징 추출이 되었다 라는 가정을 가지고 정하였고, 평가 식은 다음과 같다.

$$Fitness = (TrainNum - RankingList + \frac{1}{RankingDistances})$$

TrainNum : 가지고 있는 학습 데이터의 개수
 RankingList : 학습벡터에서 입력 이미지와 같은 ID를

가지는 벡터의 상위 랭킹. 예를 들어 list size를 5로 하였을 때, 입력 벡터와 같은 ID를 가지는 학습 벡터들 중 5번째인 벡터의 상위 등수 값이 RankingList 값이다.

RankingDistances : 최상위로 랭킹되어진 학습벡터부터 n등수로 랭킹되어진 학습벡터까지를 모두 입력데이터와 거리를 구한 후 합한 값으로,

$$\sum_{i=1}^n |\vec{RankVector}_i - \vec{InputVector}|$$

으로 나타낼 수 있고, 벡터 간의 거리를 구하는 식은

$$|\vec{x}_1 - \vec{x}_2| = \frac{\sum_{chromosome[j] \in (1)} \sqrt{(x_{1j} - x_{2j})^2}}{\sum_{chromosome[j] \in (1)} j}$$

이다.

5. 실험

실험에 사용한 GAP의 해집단의 사이즈는 32, 교차율은 0.8, 돌연변이 발생 확률은 3%이다. 앞서 정의한 노이즈를 기초로하여 가상으로 생성한 편향 조명과 순간 잡영에 관하여 각각 실험을 하였고, 샘플 이미지는 다음과 같다.



그림 3 (a) 편향조명 영상, (b) 순간잡영 영상

1000번의 진화 단계에 대한 GAP의 적합도의 변화 그래프는 아래 그림 4이며, 적합도의 최대값, 평균값, 표준편차의 값을 보여주고 있다.

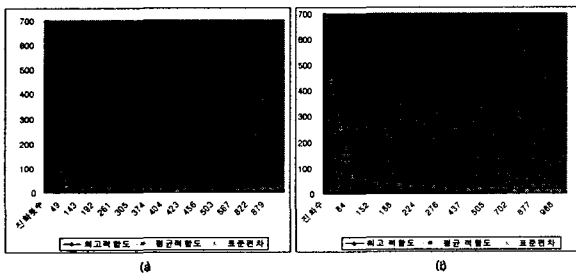


그림 4 (a) 편향 조명 영상 진화 그래프 (b) 순간 잡영 영상 진화 그래프

그림 5에서는 진화 후 가장 높은 적합도를 갖는 크로모솜을 가지고, 필터링한 이미지를 보여주고 있으며, 그림 6에서는 샘플 이미지와 같은 노이즈 상에 있는 임의의 400개의 테스트 이미지를 가지고, 40명의 다른 사람이 등록된 데이터와 진화 전과 진화 후의 인식율을 비교한 결과이다.



그림 5 (a) 그림 3 (a)의 필터링 결과, (b) 그림 3 (b)의 필터링 결과

실험 결과는 진화 전과 진화 후의 인식률 차이는, 순간 잡영에서는 46.75%에서 84.25%로, 편향 조명에서는 24.75%에서 92.25%로 향상됨을 보였다.

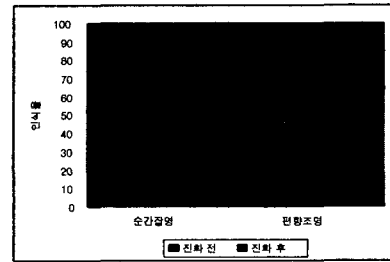


그림 6 진화 전과 후의 인식율 비교

6. 결론

본 논문에서는 하나의 샘플 이미지를 가지고, 샘플 이미지 환경에 적용할 수 있는 얼굴 인식 시스템을 제안하였으며, 두가지 잡영에 관한 테스트 결과로, 시스템이 진화를 통해 환경에 적응을 하면 인식의 성능을 진화 전보다 높은 상태로 유지함을 보였다. 보다 더 범용적인 얼굴 인식 시스템을 위해서는 편향조명과 순간잡영 뿐만 아니라 다른 모든 현실적인 환경 요소들과 그것들의 조합이나 합성에 관한 실험이 진행되어야 할 것이고, 한편으로는 시간에 따라 동적으로 변화하는 환경에 적응하는 것도 함께 연구 되어야 한다.

7. 참고 문헌

- [1] Athinodoros S. Georghiades, Peter N. Belhumeur, David J. Kriegman, "From Few to Many : illumination Cone Models for Face Recognition under Variable Lighting and Pose, IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence, vol 23, no. 6, June 2001.
- [2] Chengjun Liu and Harry Wechsler, "Face Recognition Using Evolutionary Pursuit, Appears in the fifth European Conference on Computer Vision, ECCV'98, University of Freiburg, Germany, June 2-6, 1998.
- [3] 이승영, 허인수, 구지훈, 이필규, 정덕진, 이종호, "진화적응 영상 전처리 필터 구현", 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 199-204, 2002.
- [4] Laurenz Wiskott, Jean-Marc Fellous, Norbert Krüger, and Christoph von der Malsburg, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching", Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, eds. L.C. Jain et al., publ. CRC Press, Chapter 11, pp. 355-396, 1999.
- [5] 문병로, "유전 알고리즘", 다성출판사, 2001.