필터 및 특징 선택 기반의 적응형 얼굴 인식 방법

An Adaptive Method For Face Recognition Based Filters and Selection of Features

조병모, 김기한, 이필규
인하대학교 컴퓨터공학부

Byoung-Mo Cho(chobm77@naver.com), Gi-Han Kim(phrkee@inha.ac.kr),
Phill-Kyu Rhee(phrkee@inha.ac.kr)

요약

2D 영상 이미지를 인식하는데 있어서, 테스트 이미지를 입력 받는 카메라의 설치 공간 및 설정 상황에 따라 밝기, 명암, 빛의 방향 등과 같은 인식의 성능에 영향을 끼칠 수 있는 요소들이 매우 많이 존재한다. 본 논문은 카메라가 위치한 환경 상의 최소의 샘플 이미지를 가지고, 그 환경에서 입력되는 영상의 인식 성공률을 높일 수 있는 적응형 얼굴 인식 방법을 제안하고 있다.

제안한 적응형 얼굴 인식은 두 개의 부분으로 구성되어 있는데, 하나는 환경 적응을 하기 위한 부분이고, 다른 하나는 얼굴 인식을 수행하는 부분이다. 전자인 환경 적응 모듈에서는 안정 상태 유전 알고리즘을 사용하여 인식기가 최적의 성능을 낼 수 있는 필터 조합과 필터 파라메터와 특징 벡터 집합 차원을 결정하고, 후자인 얼굴 인식 모듈에서는 그 결과를 사용하여 얼굴 인식 결과를 확인한다. 얼굴 인식 과정에서 이미지 사이의 유사도를 측정하기 위해서 가보 웨이블릿을 사용하였고, 인식의 결과를 도출하는 과정에서는 k-Nearest Neighbor을 사용하였다.

적응형 얼굴 인식 방법을 테스트 하기위해, 사인 함수의 가중치를 사용한 명암 노이즈, 임펄스 노이즈, 복합 노이즈에 관하여 각각 실험을 하였고, 진화 후에는 일반적으로 발생할 수 있는 노이즈에 대한 급격한 인식률 저하를 방지할 수 있음을 확인하였다.

■ 중심어 : | 진화 필터 | 얼굴 인식 | 환경 적응 | 유전자 알고리즘 |

Abstract

There are a lot of influences, such as location of camera, luminosity, brightness, and direction of light, which affect the performance of 2-dimensional image recognition. This paper suggests an adaptive method for face-image recognition in noisy environments using evolvable filtering and feature extraction which uses one sample image from camera.

This suggested method consists of two main parts. One is the environmental-adjustment module which determines optimum sets of filters, filter parameters, and dimensions of features by using "steady state genetic algorithm". The other another part is for face recognition module which performs recognition of face-image using the previous results. In the processing, we used Gabor wavelet for extracting features in the images and k-Nearest Neighbor method for the classification.

For testing of the adaptive face recognition method, we tested the adaptive method in the brightness noise, in the impulse noise and in the composite noise and verified that the adaptive method protects face recognition-rate's rapidly decrease which can be occurred generally in the noisy environments.

■ keyword : | Evolvable Filter | Faec Recognition | Adaptation | Genetic Algorithm |

접수번호 : #090527-001
접수일자 : 2009년 05월 27일
심사완료일 : 2009년 06월 02일
교신저자 : 조병모, e-mail : chobm77@naver.com

I. 서 론

현재 연구되고 있는 바이오메트릭 정보는 얼굴, 지문, 홍채, 음성, 정맥 등이 있다. 이들 중에서 얼굴 인식 기술은 기계 장치에 신체의 일부를 접촉시키지 않고, 원거리에 설치된 카메라를 통해 사람을 구분 및 확인할 수 있으므로, 일반인들에게 거부감이 없이 사용되어질 수 있는 장점을 가지고 있다.

그러나, 얼굴 인식의 문제점은 인식할 영상을 받는 카메라의 환경이나 기타 다른 발생할 수 있는 노이즈에 영향을 많이 받는다는 것이다. 물론, 인식 과정을 진행하기 전에 테스트 이미지를 가장 인식에 적합하도록 만드는 전처리 과정을 수행하지만 그 과정이 모든 환경에 적합할 수는 없다. 그런 이유로, 외부의 환경 변화가 발생하기 전까지 높은 성능을 발휘하던 인식 시스템이 날씨나 조명과 같은 환경의 변화 후에 성능이 많이 떨어져 쓸모없게 되는 경우가 종종 발생하고 있다. 그렇기 때문에, 보다 환경 변화에 강건한 얼굴 인식 시스템 개발이 필요하다

외부의 환경 변화에 강건한 얼굴 인식 시스템을 개발하기 위한 방법으로 다양한 조명과 포즈 상에서의 얼굴 인식을 위해 원뿔형 조명 모델(Illumination Cone Models)을 사용하는 방법이 있다. 이전 연구들에서는 볼록한 형태와 Lambertian 반사를 가지는 물체들을 임의의 점광원들의 조합 하에서 볼 때, 보이는 그 모든 이미지들의 집합이 이미지 공간 R^n 안에서 볼록 다면체의 원뿔을 형성함을 말하였다. 이러한 원뿔은 3장 정도의 이미지만을 가지고 구성되어질 수있다[1][2]. 이렇게 생성된 원뿔형 조명 모델을 사용해 다양한 포즈와 조명에 관한 이미지를 합성해서 인식에 사용해, 환경 변화에 강한 인식기를 구현 할 수 있다. Yale Face Database 로부터 4,050개의 이미지(10명, 한명 당 9개 포즈 × 45 조명상태)를 가지고 테스트 한 결과 총 96.59%의 인식률의 성능이 보고 되고 있다. 그러나 이러한 방법은 고려된 환경 요인이 조명과 포즈만으로 국한되어져 있어서 그 외 다른 환경의 변화요인에 대처하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

또 다른 강건한 얼굴 인식 시스템에 관한 연구로는 Evolutionary Pursuit 방법[3][4]으로, 이미지를 가장 잘 비교할 수 있는 새로운 최적의 기저를 구하고, 그 기저를 사용해 인식을 수행한다. 새로운 기저를 구하는 과정에서 주성분 분석 방법[5]이 이용될 수 있으며, 축의 크기와 방향을 유전 알고리즘으로 결정을 한다. 이 방법은 이미지 클래스간의 거리를 넓히고, 클래스의 크기를 동일하게 만드는 역할을 하기 때문에 인식의 성능을 높일 수 있으나, 유전 알고리즘이 이미 등록된 데이터에 관하여만 수행되기 때문에 실시간으로 새로운 기저를 찾아서 활용할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

다른 적응형 얼굴 인식 방법으로 주성분 분석 방법의 고유 벡터와 고유값을 갱신함으로써 환경에 적응하는 연구[6]도 진행되고 있다. 이 방법은 누적값을 사용하기에 서서히 변화하는 환경에 대처가 가능하나, 급변하는 환경에 적용하기 어렵고, 주성분 분석의 특징으로 인해 국부적인 노이즈 환경에 적용하기 어렵다[7].

본 논문에서는 얼굴인식에 있어서 전처리 필터링 방법을 통해 명함 노이즈를 효과적으로 처리할 수 있기 때문에[8], 변화된 환경에 적합한 이미지 필터링 방법을 찾아냄으로써, 얼굴 인식 성능을 유지할 수 있는 방법에 대해 제안하였다. 제안한 시스템의 기본 시나리오는 다음과 같다. 먼저, 환경 변화가 발생하면 유전 알고리즘을 기반으로 하는 변화된 환경 영향 요소를 제거할 수 있는 필터를 생성하는 진화 과정이 수행된다. 그 후, 환경에 대한 적응이 충분히 이루어 졌다라고 판단이 되면 진화 과정은 중단되며 그 결과를 가지고 변화된 환경에서 최적의 성능을 낼 수 있는 특징을 선택하는 진화과정을 한번 더 거치게 된다. 이 두 번의 진화 과정을 거침으로써, 환경이 변화되어도 얼굴을 인식하는데 최적의 성능을 유지할 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 환경 적응형 얼굴 인식 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안한 방법을 사용한 실험 결과를 설명하고. 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 밝힌다.

II. 적응형 얼굴 인식

얼굴 인식은 환경의 변화에 매우 민감하다. 조명의 세기나 방향, 노이즈 등과 같은 요소들은 인식결과에

많은 영향을 끼친다. 보다 범용적으로 사용 가능한 인식 시스템을 개발하기 위해서는 환경변화에 강건하도록 만드는 것이 필수적이다. 하지만 아직 무수한 환경변화를 모델링할 수 있는 기술이 없을 뿐만 아니라, 변화를 모델링하는데 소요되는 비용은 엄청나기 때문에 모든 환경의 변화에 강건한 인식 시스템의 개발은 현실적으로 불가능할 것이다. 그렇기 때문에 다른 접근 방법들이 시도되고 있는데, 여기에서는 개별적인 환경에 빠르게 적응하고, 그 환경에서 높은 성능을 발휘할 수 있는 적응형 얼굴 인식 방법에 대해 알아본다.

2.1 환경 적응형 모델

환경 적응형 모델에서 환경 적응의 의미는 외부의 환경 요소들을 입력받은 후, 최적의 시스템 파라메터들을 찾아내는 것으로 정의하며, 유전 알고리즘의 진화 과정을 통하여 환경 적응형 모델을 구현할 수 있다.

2.2 환경 적응형 얼굴 인식 구조

환경 적응형 얼굴 인식 시스템은 앞서 애기한 환경 적응현 모델 기반으로 구현된 얼굴 인식 시스템이라고 설명할 수 있다. 일반적인 얼굴 인식 과정에 앞서서, 외부 이미지를 가지고 최적의 파라메터들을 자동적으로 설정하는 부분이 추가되어 있다. 즉, 제안하는 환경 적응형 얼굴 인식의 구조는 환경 적응 부분과 얼굴 인식 부분으로 나누어 볼 수 있다.

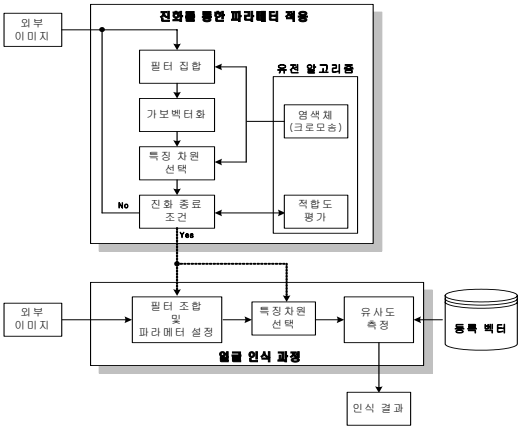


그림 1. 환경 적응형 얼굴 인식 구조

[그림 1]는 위에 말한 두 개의 부분으로 나누어진 환경 적응형 얼굴 인식의 전체 구조에 대해 보이고 있다. 유전 알고리즘의 진화를 통해서 최적의 파라메터를 구하는 환경적응 부분은 환경에 의존적인 임의의 얼굴 이미지 하나를 가지고 최적의 파라메터를 찾는다. 초기에 임의로 생성된 염색체(크로모솜)으로부터 시작한 임의의 파라메터의 값에서, 계속된 진화와 적합도 평가에 의해 최적의 파라메터 값을 얻게되는 작업이 수행되는 것이다. 그 후의 입력 이미지에 대한 얼굴 인식과정에서는 결정된 파라메터 값을 기반으로 인식 전처리 과정이 수행되고, 그 결과로 환경 변화에 따른 인식 성능이 높은 수준으로 유지가 될 수 있다.

2.2.1 환경 적응의 구조

환경 적응은 필터 진화와 특징 차원 선택인 두 개로 구성된다. 전자는 외부 환경 상에서 발생할 수 있는 노이즈들을 적합한 필터로 제거하는 것이고, 후자는 이미지를 가보 함수를 가지고 벡터화 시킨후, 그 벡터에서 쓸모 없는 정보를 제거하는 것이다.

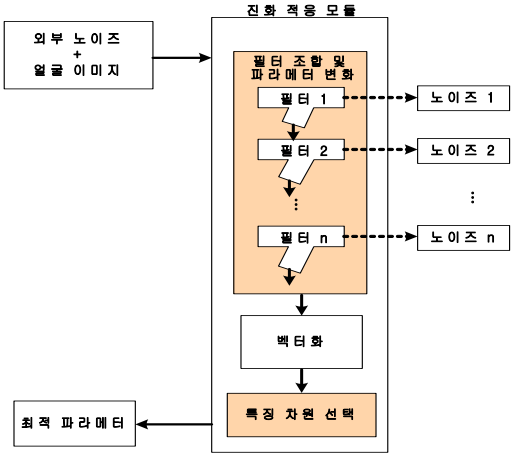


그림 2. 얼굴 인식에서의 진화 적응

[그림 2]는 진화 적응 모듈에서 필터들의 조합과 파라메터들을 달리해서 적용한 결과로 개별적 노이즈들이 하나씩 제거되는 모습을 보인다[8]. 필터에 의한 노이즈가 제거된 이미지 데이터는 벡터화 모듈 거쳐서 특

징벡터 값으로 변화하는데, 인식기에서는 오류가 적은 특징만을 추출하여 사용함으로써, 인식 성능을 향상 시킨다.

2.3 진화 적응

필터의 파라메터와 조합, 그리고 벡터 차원에서 특징 선택에 관한 최적의 해는 매우 커다란 해공간을 가진다. 실험에 사용하는 필터의 가지수는 4개이고 필터들의 파라메터 값들과 특징 벡터의 차원 선택을 위해 사용되는 비트를 모두 합치면 259 비트가 소요된다. 즉 해의 모든 경우의 수는 2^{259} 가지가 되는 엄청나게 큰 해공간을 이루기 때문에 커다란 해 공간에서 만족할 만한 해를 빠르게 찾을 수 있는 유전 알고리즘을 사용하여 환경 적응에 걸리는 시간을 단축하였다[9][10].

2.3.1 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 NP-Complete 문제와 같이 엄청나게 큰 해의 공간에서 빠르게 해를 찾는데 사용하기 적합하며, 알고리즘의 기원은 생물학에서 보이는 생물이 보다 유리한 방향으로 진화하는 것에서 찾을 수 있다.

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[11]. 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;
      offspring(j) = crossover ( p1, p2 );
      offspring(j) = mutation ( offspring(j) );
  }
  offspring(1) , ... , offspring(k) 를 population
  내의 k개 의 염색체와 대치 ;
} until (정지 조건 만족)
남은 해 중 최상의 염색체를 return;
```

그림 3. 유전 알고리즘의 전형적 구조

[그림 3]는 전형적인 유전 알고리즘의 구조를 보인다. n개의 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 남의 해 중 가장 좋은 해를 답으로 삼는다. 상수 k는 해집단이 한 번에 얼마나 많이 대치되느냐를 결정하는데, 실험에 사용한 GA는 새로운 해가 생기는대로 해집단에 넣어주는 안정상태 GA이며 수렴을 빨리 하는 특징이 있다.

2.3.2 염색체 정의

염색체의 앞부분 0~18 까지의 19 bits는 필터의 조합과 필터의 파라메터 값들에 대한 정보를 가지고 있고, 19~258까지의 240 bits는 특징 벡터 공간에서 값을 선택하느냐 안하느냐에 관한 마스킹 정보를 가진다.

표 1. 이진 배열을 사용한 염색체 설계

사용비트	설명
0-3	Filter Switch (4 bits) - 필터의 사용 유무 표현 0 - Homomorphic Filter 1 - Median Filter 2 - Illumination Compensation Filter 3 - Histogram Equalization Filter
4-8	Filter Selection (5 bits) - 필터 사용 순서 표현
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.

2.3.3 적합도

적합도는 그 값이 높을수록 대응하는 염색체가 최적의 해가 될 확률이 높아지도록 정의한다.실험에 사용된 적합도는 두 가지 가정에 의해서 적합도가 정의되었다. 첫 번째 가정은 환경 적응을 위해 사용하는 샘플 이미지의 인식 결과가 좋을수록 환경적인 요인을 제거할 확률이 높다 라는 것이고, 두 번째는 인식에 적합한 영상은 벡터들 끼리의 거리가 크지 않다 라는 것이다. 이 두

개의 가정에 의해서 적합도는

$$Fitness = \frac{1}{2}\left(\frac{\text{TrainNum} - \text{RankingList}}{\text{TrainNum}}\right) + (1 - RankingDistances) \quad (1)$$

과 같이 유도될 수 있다. 식 (1)의 앞 항은 샘플 이미지의 인식 결과가 상위에 랭킹될 때 높은 적합도를 가지도록 하는 것이고, 뒤에 항은 필터 처리된 이미지에서 생성된 테스트 벡터와 학습 벡터들과의 거리가 작을 때 높은 적합도를 가지도록 하는 것이다. 마지막으로 적합도를 0과 1의 사이의 값으로 만들어 주기 위해서 식의 앞에 $\frac{1}{2}$ 을 곱해준다.

TrainNum : 가지고 있는 학습 벡터들의 개수.

RankingList : 입력 벡터를 테스트 했을 때의 순위 값.

RankingDistances : 일정한 학습 벡터 집합과 입력 벡터와의 거리의 평균 값으로 정하며,

$$\sum_{i=1}^{n} | \overrightarrow{RankVector}_i - \overrightarrow{InputVector} | \quad (2)$$

으로 나타낸다. 벡터 간의 거리를 구하는 식은 특징벡터 차원 선택에 관계없이 사용할 수 있도록 하기위해서

$$|\overrightarrow{x_1} - \overrightarrow{x_2}| = \frac{\sum_{chromosome[j]\in 1} \sqrt{(x_{1_j} - x_{2_j})^2}}{\sum_{chromosome[j]\in 1} j} \quad (3)$$

으로 계산한다.

III. 실험 및 결과

인식 실험에 사용한 얼굴 이미지 데이터는 인하대 지능 미디어 연구실 얼굴 데이터베이스인 128*128 픽셀 크기의 회색조 데이터이다. 얼굴 인식 실험의 결과는 등록 이미지를 사람당 10장씩 40명을 등록시킨 상태에서 등록된 사람의 다른 얼굴 이미지 400장을 가지고 수행하였다. 그리고, 인식에 사용한 특징점은 얼굴 이미지에서 인식에 사용하는 특징이 가장 많이 포함하고 알려져 있는 두 눈동자 주변을 중심으로 6개의 점들을 잡아 사용하였다.

3.1 적응형 얼굴 인식 방법 적합성 테스트

얼굴 인식을 위해 전처리 과정으로 이미지 필터링 하는 방법과 얼굴 인식에 사용하는 특징을 선별적으로 이용하는 방법들이 최적의 해를 찾아내는 경우에 효과적일 수 있음을 보이기 위해 이미지 필터링과 특징 선별에 관한 테스트를 진행하였다.

얼굴 인식을 위한 전처리 과정으로 개별적인 노이즈에 최적의 얼굴 인식률을 가지는 필터링 방법을 찾는 실험을 진행하였고, 그 결과 최적의 필터링 방법을 찾는 경우에는, 그 필터링을 통해 얼굴 인식 성능을 향상시킬 수 있음을 확인 하였다.

표 2. 노이즈에 따른 최적 필터

노이즈	최적 필터	인식 향상률
5% 노이즈	- 미디언	8.25%
편향 조명	- 히스토그램 평활화 - 조명보정	60.8%
노이즈(무)	- 히스토그램 평활화	1.95%

특징의 선별 적용의 경우, 이미지당 Gabor 벡터의 240개 값 중 특정한 값을 선별해서 사용한 경우를 말하며, 편향 조명 데이터에 대해 실험한 결과 선별해서 적용한 결과(GA사용후)가 전체 벡터를 다 사용한 경우(Full Bits 사용)보다 나은 성능을 보였기 때문에 최적의 해가 존재한다고 볼 수 있다.

표 3. 편향 노이즈 강도에 따른 인식률 결과

편향 노이즈 강도 세기	0	20	40	60	80	100
Full Bits 사용	372	370	346	302	190	100
GA 사용(전)	361	353	331	304	189	110
GA 사용(후)	392	385	380	362	331	279

3.2 적응형 얼굴인식 방법의 성능 테스트

제안한 적응형 얼굴 인식 방법에 관한 성능 실험에

사용한 GAP의 해집단의 사이즈는 32, 교차율은 0.8, 돌연변이 발생 확률은 3%이다. 앞서 정의한 노이즈를 기초로하여 가상으로 생성한 편향 조명 노이즈, 순간 잡영과 복합 잡영 관하여 각각 실험을 하였고, 이미지는 다음과 같다.

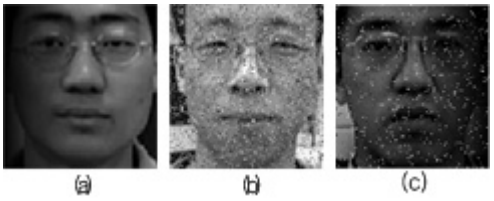


그림 4. (a) 편향조명 영상, (b) 순간잡영영상, (c) 복합잡영 영상

아래 [그림 5]에서는 1000번의 진화 단계에 대한 GAP의 적합도의 변화 그래프를 나타내며, 적합도의 최대값, 평균값, 분산 값을 보여주고 있다.

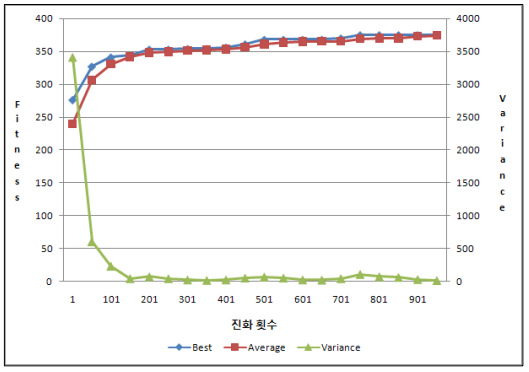


그림 5. 1000회 진화에 대한 적합도 변화

이 그래프에서 진화 횟수를 거듭할 수록 적합도 간의 분산 값이 작아짐을 확인할 수 있고, 900회 이상에서 거의 0에 가까운 값을 가지게 된다. 이러한 작은 분산 값은 로컬 최적 해에 수렴하는 과정을 나타내기 때문에, 적응 시스템이 환경에 적응을 하였다라고 볼 수 있다.

[그림 6]에서는 진화 후 가장 높은 적합도를 갖는 크로모즘을 가지고, 필터링한 이미지를 보여주고 있으며,

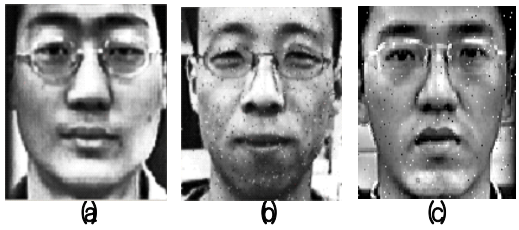


그림 6. (a) 그림 4-(a)의 필터링 결과, (b) 그림 4-(b)의 필터링 결과 (c) 그림 4-(c)의 필터링 결과

[그림 7]에서는 샘플 이미지와 같은 노이즈 상에 있는 임의의 400개의 테스트 이미지를 진화 전과 진화 후의 인식율을 비교한 결과이다. 진화 전과 진화 후의 인식률 차이는, 순간 잡영 하의 환경에서는 46.75%에서 84.25%로, 편향 잡영 하의 환경에서는 24.75% 에서 92.25%로 복합 잡영 하의 환경에서는 39.3% 에서 84.3%로 향상됨을 보인다.

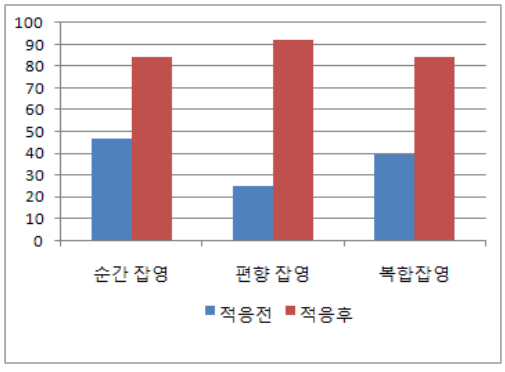


그림 7. 노이즈에 따른 환경 적응 전과 후의 인식률 비교

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 외부의 환경 변화에 적응하여 인식의 성능을 유지할 수 있는 방법으로 진화형 이미지 필터링과 특징 추출을 통한 적응형 얼굴 인식 방법에 대해 제안하였다. 얼굴 인식에 최적의 전처리를 하기위한 필터링 조합과 특징을 선별하기 위해사용한 알고리즘은 안정 상태 유전 알고리즘이며, 인식을 위해 이미지 간의

유사도를 측정하기 위해 사용한 알고리즘으로는 이미지를 가보 벡터로 생성한 후 코사인 거리를 측정한 하였다. 그리고 k-Nearest Neighbor 사용하여 얼굴 인식의 최종 결과를 도출 하였다.

적응형 얼굴 인식 방법 중 이미지 필터링의 전처리 효용성 검증 실험에서는 이미지 필터들이 개별적으로 노이즈를 제거해 인식 성능을 높일 수 있음을 보였다. 또, 편향 노이즈의 변화에 따라 특징 벡터 마스크의 값을 진화 적응 시켰을 때 인식의 성능이 덜 민감하게 떨어짐을 볼 수 있었다. 그 결과는 정의한 염색체의 해 공간에 인식의 성능을 높일 수 있는, 다시 말해 변화된 환경에 적응할 수 있는 해가 존재함을 의미하고 있다.

제안한 적응형 얼굴 인식 방법의 성능에 관한 실험 결과로는 적응 전과 적응 후의 인식률 차이로 비교할 수 있는데, 순간 잡영 하의 환경에서는 46.75%에서 84.25%로, 편향 조명 하의 환경에서는 24.75% 에서 92.25%로, 복합 잡영 하의 환경에서는 39.3%에서 84.3%로 향상 되었음을 볼 수 있었다.

향후 연구 방향으로 생각할 수 있는 것들은 카메라의 환경 설정, 해상도, 양자화 노이즈와 같은 보다 다양한 노이즈에 대한 연구와 그에 대응되는 필터링 방법들을 적용하여 더욱 범용의 환경을 처리할 수 적응형 얼굴 인식기를 고려해야 하며, 나아가 적응형 방법을 보다 편리하게 적용하기 위해 환경의 변화를 자동으로 인지하여 스스로 환경에 적응할 수 있어 언제나 최적의 성능을 유지하도록 하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] S. Athinodoros, Georghiades, J. K. David, and N. B. Peter, "Illumination Cones for Recognition Under Variable Lighting: Faces," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.52-58, 1998.

[2] S. G. Athinodoros, N. B. Peter, and J. K. David, "From Few to Many: Illumination Cone Models for Face Recognition under Variable Lighting and Pose," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.23, No.6, pp.643-660, 2001.

[3] L. Chengjun and W. Harry, "Face Recognition Using Evolutionary Pursuit," Fifth European Conference on Computer Vision, ECCV'98, Vol.2, pp.596-612, 1998.

[4] L. Chengjun and W. Harry, "Evolutionary Pursuit and Its Application to Face recognition," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.6, pp.570-582, 2000.

[5] S. Romdhani, "Face Recognition Using Principal Components Analysis," Master thesis, 1996.

[6] O. Seiichi, P. Shaoning, and K. Nikola, "Adaptive Face Recognition System Using Fast Incremental Principal Component Analysis," Lecture Notes in Computer Science, pp.396-405, 2008.

[7] K. T. Blackwell, T. P. Vogl, S. D. Hyman, G. S. Barbour, and D. L. Alkon, "A New Apporach to Hand-Written Character Recognition," Pattern Recognition, Vol.25, pp.655-666, 1992.

[8] D. Bo, S. Shiguang, Q. Laiyun, and G. Wen, "Empirical comparisons of several preprocessing methods for illumination insensitive face recognition," Proceedings of the ICASSP '05, IEEEInternational Conference on Acoustic, Speec, and Signal Processing, Vol.2, pp.ii/981 - ii/984, 2005.

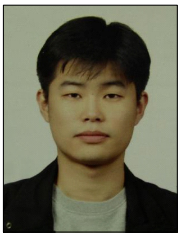
[9] J. E. Smith and T. C. Fogarty, (1996a) "Self Adaptation of Mutation Rates in a Steady State Genetic Algorithm," Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computing, pp.318-323, 1996.

[10] R. K. John, *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, MIT Press, 1992.

[11] 문병로, *유전 알고리즘*, 다성출판사, 2001.

저 자 소 개

조 병 모(Byoung-Mo Cho) 정회원



- 2001년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과(공학석사)

<관심분야> : 얼굴인식, 상황 인식, 유전자 알고리즘, 환경 적응형 시스템

김 기 한(Gi-Han Kim) 정회원

- 2008년 2월 : 호원대학교 컴퓨터학부(공학사)
- 2009년 : 인하대학교 컴퓨터 정보공학(석사과정)

<관심분야> : 핸드 트랙킹, 얼굴인식, 상황 인식, 유전자 알고리즘, 환경 적응형 시스템

이 필 규(Phill-Kyu Rhee) 정회원

- 1982 : 서울대학교, Electrical Eng.(공학사)
- 1986년 : East Texas State University(공학석사)
- 1990년 : University of Louisiana(공학박사)

<관심분야> : 서베일런스 시스템, 생체인식, 상황 인식, 유전자 알고리즘, 영상 처리