

최적 pRBFNNs 패턴분류기 기반 2차원 영상과 ASM 알고리즘을 이용한 얼굴인식 알고리즘 설계

Design of Optimized pRBFNNs-based Face Recognition Algorithm Using Two-dimensional Image and ASM Algorithm

오성권 · 마창민 · 유성훈

Sung-Kwun Oh, Chang-Min Ma and Sung-Hoon Yoo

수원대학교 전기공학과

E-mail: ohsk@suwon.ac.kr

요 약

본 연구에서는 최적 pRBFNNs 패턴분류기 기반 2차원 영상과 ASM 알고리즘을 이용한 얼굴인식 시스템을 설계하고자 한다. 기존의 2차원 영상 기반 얼굴 인식 기법들은 인식하고자 하는 객체의 영상내의 위치, 크기 및 배경의 존재 유무에 따라 인식률이 영향을 받는 단점이 있으며, 본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 관심 영역 내에서의 얼굴 영역 추출 및 특징 추출기법을 이용한 얼굴인식 방법을 소개한다. 본 연구에서는 CCD 카메라를 이용하여 영상을 획득하고 히스토그램 평활화를 이용하여 조명으로 왜곡된 영상정보를 개선한다. AdaBoost 알고리즘을 이용하여 얼굴영역을 검출하고 ASM을 통하여 얼굴 윤곽선 및 형상을 추출하여 개인 프로필을 구성한 후 PCA 알고리즘을 사용하여 고차원 얼굴데이터의 차원을 축소한다. 그리고 인식 모듈로서 pRBFNNs 패턴분류기를 제안한다. 제안된 다항식 기반 RBFNNs는 조건부, 결론부, 추론부 세 가지의 기능적 모듈로 구성되어 있고 조건부는 퍼지 클러스터링을 사용하여 입력 공간을 분할하고, 결론부는 분할된 로컬 영역을 다항식 함수로 표현한다. 또한 차분진화 알고리즘을 이용하여 제안된 분류기의 파라미터, 즉, 학습률, 모멘텀 계수, 퍼지 클러스터링의 퍼지화 계수를 최적화한다. 제안된 다항식 기반 RBFNNs는 얼굴 인식을 위한 패턴분류기로서 직접 CCD 카메라로부터 입력받은 데이터를 영상 보정, 얼굴 검출 및 특징 추출 등과 같은 데이터 전 처리 과정을 포함하여 고차원 데이터로 이루어진 얼굴 영상에 대한 인식 성능을 확인한다.

키워드 : ASM, pRBFNNs, PCA, 차분진화 알고리즘, 얼굴인식 시스템,

Abstract

In this study, we propose the design of optimized pRBFNNs-based face recognition system using two-dimensional Image and ASM algorithm. usually the existing 2 dimensional face recognition methods have the effects of the scale change of the image, position variation or the backgrounds of an image. In this paper, the face region information obtained from the detected face region is used for the compensation of these defects. In this paper, we use a CCD camera to obtain a picture frame directly. By using histogram equalization method, we can partially enhance the distorted image influenced by natural as well as artificial illumination. AdaBoost algorithm is used for the detection of face image between face and non-face image area. We can butt up personal profile by extracting the both face contour and shape using ASM(Active Shape Model) and then reduce dimension of image data using PCA. The proposed pRBFNNs consists of three functional modules such as the condition part, the conclusion part, and the inference part. In the condition part of fuzzy rules, input space is partitioned with Fuzzy C-Means clustering. In the conclusion part of rules, the connection weight of RBFNNs is represented as three kinds of polynomials such as constant, linear, and quadratic. The essential design parameters (including learning rate, momentum coefficient and fuzzification coefficient) of the networks are optimized by means of Differential Evolution. The proposed pRBFNNs are applied to real-time face image database and then demonstrated from viewpoint of the output performance and recognition rate.

Key Words : ASM, pRBFNNs, PCA, Differential Evolution(DE), Face Recognition System(FRS)

접수일자 : 2011년 11월 19일

완료일자 : 2011년 12월 14일

"본 논문은 본 학회 2011년도 추계학술대회 에서 선정된 우수논문입니다."

감사의 글 : 본 연구는 경기도의경기도지역협력 연구센터사업의 일환으로 수행하였음(GRRC 수원2011-B2, U-city 보안감시 기술협력센터) 그리고 이 논문은 2009년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009-0074928).

1. 서 론

현재 객체(얼굴, 사물) 또는 행동이나 상황과 같은 다양한 패턴분류 및 인식에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 인식기술은 보안시스템에 주로 이용되고 있으며 이러한 인식기술이 적용된 다양한 보안시스템이 개발 되었고 지금도 활발하게 연구 및 개발이 진행되고 있다. 다양한 인식기술들 중에서 얼굴 인식기술은 비접

속 식으로 보안시스템을 사용하는 사용자의 불편감이나 불편함이 타 인식기술보다 적다는 장점이 있다. 그러나 현재 얼굴 인식 시스템은 조명이나 배경, 액세서리(장예물)와 같은 다양한 외부요인에 대한 대책이 취약하다. 또한 기존의 얼굴인식에는 2D영상을 통한 얼굴인식 알고리즘들이 연구되어 왔으며, 얼굴 이외에 국부적인 눈이나, 얼굴 형판 정합에 기반 한 방법 등이 있었으나, 이미지가 가지는 데이터나 학습으로 인한 메모리양과 계산시간 등의 문제가 제기되었다.

본 논문에서는 위에서 제시된 이러한 문제를 해결하기 위해 데이터 전처리로서 조명의 영향을 최소화하기 위한 히스토그램 평활화를 사용하였고 정확한 얼굴의 윤곽을 얻을 뿐만 아니라 배경의 영향을 줄이기 위해서 ASM(Active Shape Model)알고리즘을 사용하였다. 또한 계산량을 줄이기 위해 데이터의 정보를 유지하며 차원을 축소하는 PCA(Principal Components Analysis)알고리즘 [1]을 사용하였다.

인식 알고리즘에는 많은 파라미터의 효율적인 학습을 위하여 최적화된 pRBFNNs(Polynomial-based Radial Basis Function Neural Networks)패턴분류 모델을 제안하여 고차원 패턴인식 문제에 대한 해결책을 제시하고자 한다.

2. 얼굴 이미지의 전처리

본 연구에서는 데이터 전처리 단계로서 히스토그램 평활화, AdaBoost, ASM, PCA를 사용하였다. 얼굴 이미지의 전처리는 학습과 인식단계에서 모두 사용된다. 히스토그램 평활화를 이용하여 입력 영상의 화질 개선 및 조명으로 인한 왜곡 현상을 보완해 준다. 그렇게 개선된 입력영상에서 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 얼굴 영역을 검출하게 된다. 얼굴영역 검출 후에 ASM 알고리즘을 이용하여 인식에 필요한 얼굴 영역 정보를 추출하는 동시에 얼굴과 배경을 분리하여 배경과 액세서리의 영향을 최소화한다. 전처리의 마지막 단계로 데이터의 정보를 최대한 유지하면서 데이터의 차원을 축소할 수 있는 데이터 특징 추출 기법인 PCA 알고리즘을 통해 고차원의 데이터로 이루어져 있는 얼굴 영상의 특징을 가장 잘 나타내는 특징을 추출하게 된다.

2.1 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)

디지털 영상에는 인공조명이나 자연조명이 포함되며 조명광의 세기가 강하거나 약하여 영상의 식별에 어려움을 주는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 영상을 이용하여 인식을 수행하는 얼굴 인식에 있어서 조명 변화에 따른 입력영상의 화질변화는 인식률에 많은 영향을 주게 된다.

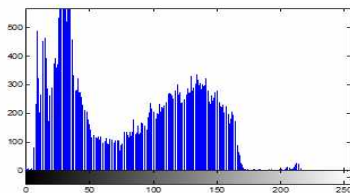


그림 1. 히스토그램
Fig. 1. Histogram

이렇게 조명의 변화로 발생할 수 있는 인식률의 저하

를 최소화하기 위해 히스토그램 평활화를 사용하였다. 히스토그램은 영상의 전체 명암 값 분포를 담은 자료로서 영상의 명암도 분포 상태를 파악할 수 있는 도구이다. 히스토그램 평활화는 명암 값의 분포를 균일하게 해주는 것으로 한 쪽에 치우친 히스토그램을 히스토그램 재분배 과정을 거쳐 일정한 분포를 가지도록 만드는 알고리즘으로써 과정은 다음과 같다.

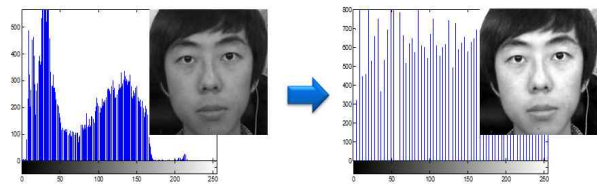
[step 1] 입력영상에 대한 히스토그램 생성

[step 2] 식(1)을 이용하여 히스토그램의 정규화 및 누적합을 계산

$$h(i) = \frac{G}{N} \times H(i) \quad (1)$$

[step 3] 입력영상의 화소 위치에 새로운 출력을 매핑

식(1)에서 G:영상의 최대밝기, N:영상의 크기, H(i):정규화 누적값, h(i):보정값을 나타낸다.



(a)입력영상 (b)출력영상

그림 2. 히스토그램 평활화

Fig. 2. Histogram equalization

2.2 AdaBoost를 이용한 얼굴검출

AdaBoost 알고리즘은 약한 분류기가 선형적으로 결합하여 최종적으로 높은 검출 성능을 갖는 강한 분류기를 형성한다. Ada-Boost를 이용한 얼굴검출은 Haar-like feature와 적분 이미지를 통해 빠른 속도로 계산하여 얼굴을 검출한다. 훈련 과정에서 얼굴 영상과 배경 영상을 입력 받아 둘의 차이를 잘 나타내주는 특징들을 선택한다.



(a)에지특성 (b)라인특성 (c)대각특성

그림 3. Haar-like feature의 프로토타입

Fig. 3. Prototype of Haar-like feature

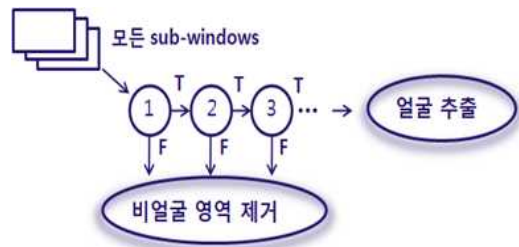


그림 4. 연속적인 연결구조

Fig. 4. A series of connection structure

선택된 Haar-like feature 특징은 1개의 약한 분류기가 되며 정확히 인식된 샘플과 오인식된 샘플에 대한 가중치를 다음 약한 분류기에 반영하여 각 단계에서 생성된 약한 분류기들의 조합으로 최종적인 강한 분류기를 구성한다. 이렇게 생성된 강한 분류기는 얼굴과 비얼굴을 검출할 수 있는 분류기가 된다.

2.3 ASM을 이용한 얼굴의 형상 추출

ASM(Active Shape Model)은 Cootes 등에 의해 제안된 방법으로 물체의 외형의 정보를 학습시키고 이 정보를 바탕으로 물체의 평균 형태에 변형을 가하여 새로운 이미지 내에서 물체를 찾는 방법으로 특히 사람 얼굴의 특징점 추출을 목적으로 널리 이용되고 있다. ASM은 얼굴형상 모델을 생성하기 위해 각각의 학습 데이터에 특징점을 라벨링하고 그렇게 라벨링된 전체 학습데이터의 특징점을 이용하여 평균 얼굴형상을 구한다. 그렇게 학습된 얼굴형상 모델과 입력영상을 조정하여 특징점을 추출하게 된다.

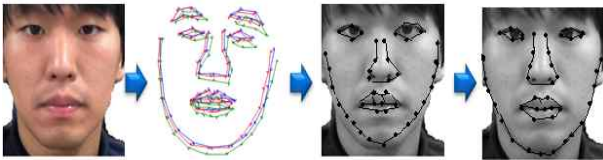


그림 5. ASM의 과정
Fig. 5. Process of ASM

그림 5는 ASM의 과정을 나타낸 것으로 입력영상에 데이터 형상 집합으로 만들어진 평균형상을 씌우고 그때 입력영상과 평균형상 사이에서 발생하는 오차를 최소화하는 방향으로 학습을 하게 되고 특징점을 추출하게 된다. 본 논문에서는 ASM 알고리즘[2]을 얼굴의 특징점을 추출하는데 사용하지 않고 ASM을 이용하여 입력영상에서 그림 5과 같이 얼굴의 윤곽선을 추출하고 윤곽선을 기준으로 하여 얼굴과 배경을 분리하여 입력영상에서 배경이 인식에 미칠 수 있는 영향을 최소화하기 위한 방법으로 사용하였다.

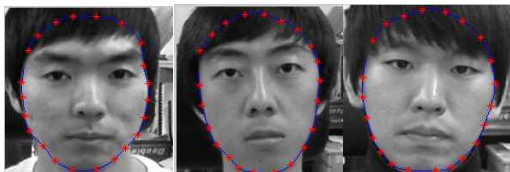


그림 6. 얼굴영역의 주변 경계선
Fig. 6. Boundary of face area



그림 7. 얼굴 추출
Fig. 7. Face Extraction

2.4 PCA 알고리즘을 이용한 특징 추출

주성분 분석법(Principal Component Analysis; PCA)은 고차원 특징 벡터를 저차원 특징 벡터로 축소하는 특징 벡터의 차원 축소(Dimension Reduction)뿐만 아니라 데이터 시각화와 특징 추출에도 유용하게 사용되는 다변량 데이터 처리 기법 중의 하나다. 패턴분류기를 이용하여 학습과 인식을 수행하는 경우 고차원의 데이터는 잡음 특성까지 포함되어 데이터를 분류하는데 방해가 될 뿐만 아니라 많은 데이터 양으로 인하여 속도가 느려진다는 단점이 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해 PCA를 이용하여 데이터의 차원을 축소하고 얼굴의 특징을 추출하였다. Turk와 Pentland는 고유얼굴을 통한 얼굴인식 방법을 제안하였으며 고유얼굴이란 얼굴 공간을 구성하는 기저 벡터로 모든 인식후보 얼굴의 공통적인 특징을 가장 잘 나타내는 기저 벡터를 의미하며 PCA 알고리즘의 과정은 다음과 같다.

[step 1] 인식후보 얼굴 벡터 집합 구성

$$S = \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M \quad (2)$$

[step 2] 평균과 분산을 기준으로 모든 이미지 정규화

$$\Gamma_{ij} = (\Gamma_{ij} - \mu_i) \times \frac{\sigma}{\sigma_i} + \mu \quad (3)$$

[step 3] 평균 얼굴 벡터 계산

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (4)$$

[step 4] 인식후보 얼굴 벡터와 평균 얼굴 벡터의 차 벡터 계산

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (5)$$

[step 5] 인식후보 얼굴에서 공분산 행렬을 계산

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \cdot \Phi = A \cdot A^T \quad (6)$$

[step 6] M개의 고유벡터에서 가장 큰 고유값을 갖는 M'개 만을 선택

$$C = U \Lambda U^T \quad (7)$$

[step 7] 각 인식후보 얼굴과 고유벡터와의 사영을 통해 가중치를 얻는다.

$$\Omega^T = [\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_{M'}] \quad (8)$$

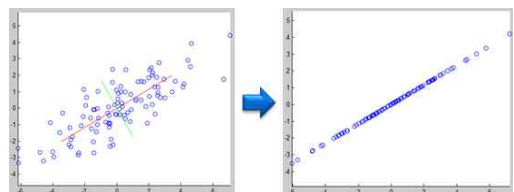


그림 8. PCA를 통한 차원 축소
Fig. 8. Dimension Reduction Using PCA

3. 패턴 분류기로서의 pRBFNNs 구조 및 최적화

본 논문에서는 개선된 pRBFNNs 패턴분류기를 제안한다. 제안된 pRBFNNs는 기존의 RBFNN과 달리 결론부의 연결가중치를 상수항에서 일차식과 이차식, 변형된 이차식으로 확장하여 사용한다. 그리고 조건부의 활성화함수로 사용되는 가우시안 함수 대신 FCM 클러스터링 알고리즘을 사용하여 데이터의 특성을 좀 더 잘 반영할 수 있도록 하였다. 이렇게 제안된 분류기는 전처리가 끝난 입력 이미지를 학습하는 과정과 인식 단계에서 사용하게 된다.

3.1 제안된 방사형 기저함수 신경회로망

기본적인 신경회로망은 입력층과 은닉층, 출력층으로 구성되어 있으며 조건부와 결론부, 추론부의 세 가지 기능적 모듈로 분리되어 동작한다. 조건부의 활성화함수로는 가우시안 함수를 사용하고 결론부에는 상수항을 사용한다. 모델의 최종출력은 조건부와 결론부의 상수항으로 표현된다.

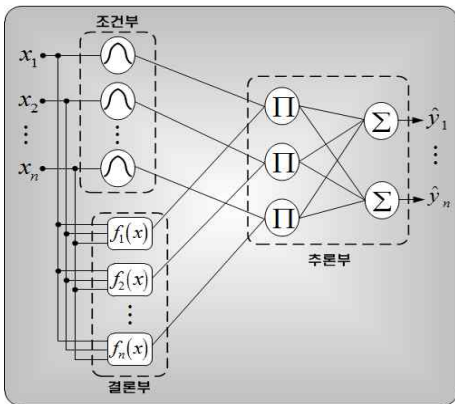


그림 9. 방사형 기저 함수 신경회로망
Fig. 9. Radial Basis Function Neural Networks

그림 10는 본 논문에서 제안한 패턴분류기의 구조로 조건부에 기존의 가우시안 함수가 아닌 Fuzzy C-means 클러스터링 알고리즘을 사용한다. FCM 알고리즘은 각 클러스터에 포함되는 데이터의 소속정도가 퍼지집합으로 출력되어 방사형의 활성화함수 형태를 나타내어 가우시안 활성화 함수의 역할을 대신한다.

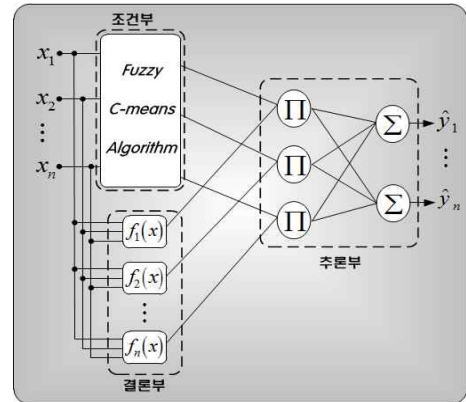


그림 10. 개선된 방사형 기저 함수 신경회로망
Fig. 10. Improved Radial Basis Function Neural Networks

결론부에서는 표 1과 같이 상수항을 제외한 일차식, 2차식, 변형된 2차식의 3가지 중 하나의 형태를 갖는다. 이렇게 개선된 pRBFNNs 패턴분류기[4]는 Robust 네트워크 특성을 갖으며 Multi Dimension의 문제를 해결할 수 있고 Predictive ability가 우수한 특성을 갖는다.

표 1. 다항식 타입(2 입력)
Table. 1. Polynomial Type (2 Input)

Type	Polynomial Type
Linear	$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$
Quadratic	$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1^2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2$
Modified Quadratic	$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2$

3.2 Fuzzy C-means 클러스터링 알고리즘

클러스터링(Clustering) 방법이란 데이터의 분류를 위해서 사용되는 것으로 데이터의 내부가 비슷한 패턴, 속성, 형태 등의 기준을 통해 데이터를 분류하여 개체의 소속집단을 정의해주는 것이다. 본 논문에서는 클러스터에 대한 각 데이터의 거리를 기준으로 소속정도를 측정하여 데이터들의 특성을 분류하는 FCM 클러스터링[3] 방법을 사용하였다. 다음은 FCM 클러스터링의 절차이다.

[step 1] 클러스터의 개수를 결정하고, 소속행렬 $U^{(r)}$ 을 초기화한다.

$$U^{(r)} = \left\{ u_{ik} \in [0,1], \sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \forall k, 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \forall i \right\} \quad (9)$$

[step 2] $U^{(r)}$ 값을 기반으로 각각의 클러스터에 대한 중심값과 소속함수의 값을 구한다.

$$v_i^{(r)} = \{v_{i1}^{(r)}, \dots, v_{ic}^{(r)}\}, v_{ij}^{(r)} = \left(\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \cdot x \right) / \left(\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \right) \quad (10)$$

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|x_k - v_i^{(r)}\|}{\|x_k - v_j^{(r)}\|} \right)^{2/(m-1)}} \quad (11)$$

[step 3] 각각의 클러스터 중심과 데이터와의 거리를 계산하여 새로운 소속행렬을 생성한다.

$$d_{ik} = d(x_k - v_i^{(r)}) = \left[\sum_{j=1}^l (x_{kj} - v_{ij}^{(r)})^2 \right]^{1/2} \quad (12)$$

[step 4] 오차가 허용범위 안에 도달하면 종료하고, 그렇지 않으면 [step 2]로 돌아간다.

$$\| U^{(r+1)} - U^{(r)} \| \leq \epsilon (\text{tolerance level}) \quad (13)$$

FCM 알고리즘을 가우시안 활성함수 대신 사용하여 데이터의 특성을 보다 잘 반영할 수 있다. FCM의 클러스터의 수는 은닉층 노드의 수를 대신하고 소속행렬의 값은 가우시안 활성함수에 의한 적합도 값과 같다. 그리고 FCM의 퍼지화 계수는 가우시안 함수의 분포상수를 나타낸다.

3.3 차분진화 알고리즘을 이용한 최적화

차분진화(Differential Evolution; DE)[5] 알고리즘은 Price와 Storn에 의해 벡터 차분을 사용하여 Chebychev 다항곡선의 내삽문제를 해결하는 과정에서 개발되었다. DE는 교배를 통하여 새로운 개체를 생성하는 점에서 GA와 유사하지만 개체의 표현형을 유전형으로 바꾸는 코딩이 불필요하여 전역 최적해에 대한 수렴성이 뛰어나고 연산 시간이 짧다는 장점을 갖고 있고 간단한 구조를 갖고 있어 알고리즘 구현이 용이하고 간결하다. DE 알고리즘의 과정은 다음과 같다.

[step 1] 초기집단 생성 (랜덤 값으로 μ 개의 개체를 초기화, 각 개체는 n 개의 목적 변수로 구성)

$$P(t) = a_1(t), a_2(t), \dots, a_\mu(t) \quad (14)$$

[step 2] 집단내의 모든 개체의 목적함수를 평가

$$\Phi(t) = \Phi(a_1(t)), \dots, \Phi(a_\mu(t)) \quad (15)$$

[step 3] 모든 개체($i=1, \dots, \mu$)에 대하여 차분 변화를 위한 개체 $a_{r_1}, a_{r_2}, a_{r_3}$ 를 선택하여 교배용 벡터를 만들고 이를 교배 대상 벡터와 교배

$$v_i(t) = a_{r_3}(t) + F \cdot (a_{r_2}(t) - a_{r_1}(t)) : \text{교배용 벡터} \quad (16)$$

$$x'_i(t) = v_i(t) \times a_i(t) : \text{교배} \quad (17)$$

[step 4] 모든 개체의 목적함수를 평가

[step 5] 종료조건을 확인하고 만족되지 않으면 $t=t+1$ 으로 하고 [step 3]으로 복귀

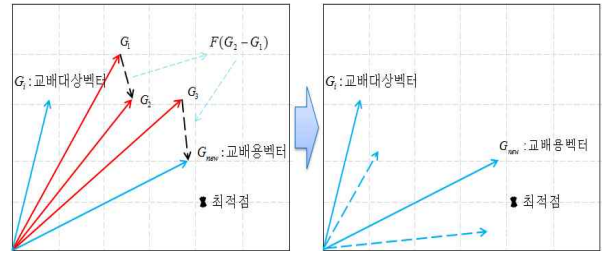


그림 11. 교배용 벡터의 생성

Fig. 11. Creation of Crossover Vector

4. 시뮬레이션 및 고찰

본 논문에서는 2차원 영상만을 사용한 경우와 ASM 알고리즘을 이용하여 배경과 액세서리를 분리한 경우의 인식 시스템의 성능을 비교 평가 하였다. 데이터로 사용된 사진의 구성은 수원대학교의 지능제어 및 컴퓨터 지능 연구실(IC&CI Lab.) 연구원으로 한 사람마다 일반영상 10장과 액세서리(모자, 안경, 핸드폰)가 포함된 영상, 각 10장씩 총 40장의 사진으로 인원은 총 8명 즉, 기존의 2차원 영상을 이용한 사진 320장과 일반영상과 동일한 구성으로 ASM 알고리즘을 적용하여 배경과 액세서리를 제거한 영상 320장으로 총 640장의 데이터를 구성하였다. 실험은 일반 사진과 ASM을 적용한 사진 각 경우에 대하여 제안한 패턴 분류기를 이용하여 패턴 분류를 시행하고 인식률을 구하였다. 등록단계에서 액세서리를 착용하지 않은 상태로 등록을 하였는데 액세서리를 착용하고 인식을 수행하는 상황을 가정하여 실험하였다.

패턴 분류기의 학습을 위해 액세서리가 없는 입력영상을 이용하여 Training Data와 CV Data 데이터를 구성하여 학습하였다. 이렇게 학습된 패턴 분류기에 액세서리를 착용하지 않은 영상과 액세서리를 착용한 영상을 Test 영상으로 사용하여 각 경우를 5번씩 패턴 분류하여 나온 인식률을 평균과 표준편차로 나타내었다. 여기에 패턴 분류기의 성능향상을 위하여 DE를 이용하여 패턴 분류기의 실험 파라미터를 최적화 하였고 실험 파라미터 값은 표 2과 같다.

표 2. 실험 파라미터

Table 2. Experiment Parameter

	파라미터	값	
p-RBFNNs	학습 횟수	100	
	규칙수	2~4	
	Training dataset	본인5 / 본인5	
	CV dataset	본인3 / 본인3	
	Testing dataset	본인2 / 장애물2	
DE	세대 수	20	
	population	50	
	탐색 범위	학습률	[1e-8 0.01]
		모멘텀계수	[1e-8 0.01]
퍼지화계수		[1.1 3.0]	

본 실험은 ASM을 적용하여 얼굴 형상을 추출하는 경우와 아닌 경우를 비교 실험 하였으며 추가적으로 얼굴에 장애요인이 있을 때를 가정하여 인식률을 확인하였고 인식결과는 표 3에 나타내었다.

표 3. IC&CI 연구실 얼굴 데이터 실험 결과.
Table 3. Results of IC&CI Lab. dataset

	2차원 영상	ASM 적용 영상
일반영상	91.25 % ±1.53	92.5 % ±3.19
모자착용	51.56 % ±9.24	64.06 % ±5.18
휴대폰사용	45.31 % ±5.18	62.5 % ±11.69
안경착용	62.5 % ±15.31	65.63 % ±5.41

5. 결 론

장애요인이 있는 경우 장애요인이 없을 때와 비교하여 전체적으로 성능이 저하되었지만 ASM을 이용하여 얼굴 형상을 추출하여 배경을 제거한 경우 일반 2차원 사진으로 구성되었을 경우 보다 더 높은 인식률을 보였다. 이는 ASM을 이용하여 최대한 얼굴 형상만을 추출하여 사용하였기 때문에 불필요한 부분이 제거됨으로써 일반 사진과 대비해 얼굴의 고유한 특징이 부각되고 특징점 추출이 개선되어 인식률 향상의 결과를 얻을 수 있었다. 또한 제안된 pRBFNNs를 통하여 얼굴 인식 시스템 구현으로의 응용 가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Peter J. B. Hancock, A. Mike Burton, and Vicki Bruce. "Face processing: Human perception and principal components analysis," *Memory and Cognition*, Volume: 24, Issue: 1, pp.26-40, 1996.
- [2] T. Cootes, D. Cooper, C. Taylor and J. Graham: *Active Shape Models-Their Training and Application*, *Computer vision and Image Understanding*. Vol. 61, No. 1, (1995), 38-39.
- [3] W. Pedrycz, "Conditional fuzzy clustering in the design of radial basis function neural networks", *IEEE Trans. Neural Networks*, vol.9, pp.601 - 612, July 1998.
- [4] S. K. Oh, W. D. Kim, and W. Pedrycz, "Polynomial based radial basis function neural networks(P-RBF NNs) realized with the aid of particle swarm optimization," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 163, No. 1, pp. 54-77, 2011.
- [5] R. Storn, K. V. Price, "Differential Evolution-a fast and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces", *Journal of Global Optimization*, vol. 11, pp. 341-359, 1997.

저 자 소 개



오성권(Oh, Sung-Kwon)

1981년 연세대학교 전기공학과 졸업, 동 대학원 석사(1983), 박사(1993). 1983-1989년 금성산전연구소(선임연구원). 1996-1997년 캐나다 Manitoba 대학 전기 및 컴퓨터공학과 Post-Doc. 1993-2004년 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수. 2005~현재 수원대학교 전기공학과 교수, 2002~현재 대한전기학회, 제어로봇시스템학회, 퍼지및지능시스템학회 편집위원. 관심분야는 퍼지 시스템, 퍼지-뉴럴 네트워크, 자동화 시스템, 고급 Computational Intelligence, 지능 제어등.

Tel : 031-229-8162

Fax : 031-220-2667

E-mail : ohsk@suwon.ac.kr



마창민(Ma, Chang-Min)

2011년 수원대학교 전기공학과 졸업. 20011~현재 동 대학원 석사과정. 관심분야는 퍼지추론 시스템, 뉴럴 네트워크, 진화론적 최적화 알고리즘, 영상처리 시스템, 인식 시스템

Tel : 031-222-6544

Fax : 031-220-2667

E-mail : mma@suwon.ac.kr



유성훈(Yoo, Sung-Hoon)

2010년 수원대학교 전기공학과 졸업. 2010~현재 동 대학원 석사과정. 관심분야는 뉴럴 네트워크, 지능 제어, 진화론적 최적화 알고리즘, 인식 시스템, 영상처리 시스템

Tel : 031-222-6544

Fax : 031-220-2667

E-mail : shyoo@suwon.ac.kr