

# 최적화된 PRBFNNs 패턴분류기와 PCA알고리즘을 이용한 3차원 얼굴인식 알고리즘 설계 : 진화 알고리즘의 비교 해석

## Design of Three-dimensional Face Recognition System Using Optimized PRBFNNs and PCA : Comparative Analysis of Evolutionary Algorithms

오성권<sup>†</sup> · 오승훈 · 김현기

Sung-Kwun Oh<sup>†</sup>, Seung-Hun Oh, and Hyun-Ki Kim

수원대학교 전기공학과

<sup>†</sup> Department of Electrical Engineering, The University of Suwon

### 요 약

본 논문에서는 다항식 기반 RBFNNs를 이용하여 3차원 얼굴인식 알고리즘을 설계하고 인식률을 산출하는 방법을 제시한다. 2차원 얼굴인식의 경우 얼굴 포즈, 조명 등과 같은 외부 환경에 의해 인식률이 저하된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 3차원 영상을 획득하여 얼굴인식을 수행한다. 얼굴인식을 수행하기 전에 3D스캐너를 통해 얻은 얼굴영상의 포즈 보상을 실시하고 얼굴의 형상을 정면으로 향하게 한다. 그리고 Point Signature 기법을 이용하여 얼굴의 깊이 값을 추출하게 된다. 추출된 데이터는 고차원 데이터로서 학습 및 인식을 수행함에 있어 문제가 생길 수 있기 때문에 PCA알고리즘을 수행하여 차원을 축소한 데이터를 사용한다. 효율적인 학습을 위해 최적화 알고리즘을 통해 파라미터 최적화를 수행하며 PSO, DE, GA 알고리즘을 사용하여 인식 성능을 확인한다.

**키워드** : 3차원 스캐너, 포즈보상, Point Signature, PRBFNNs, 3차원 얼굴인식

### Abstract

In this paper, we was designed three-dimensional face recognition algorithm using polynomial based RBFNNs and proposed method to calculate the recognition performance. In case of two-dimensional face recognition, the recognition performance is reduced by the external environment like facial pose and lighting. In order to compensate for these shortcomings, we perform face recognition by obtaining three-dimensional images. obtain face image using three-dimension scanner before the face recognition and obtain the front facial form using pose-compensation. And the depth value of the face is extracting using Point Signature method. The extracted data as high-dimensional data may cause problems in accompany the training and recognition. so use dimension reduction data using PCA algorithm. accompany parameter optimization using optimization algorithm for effective training. Each recognition performance confirm using PSO, DE, GA algorithm

**Key Words** : Three-dimensional scanner, Pose Compensation, Point Signature ,PRBFNNs, Three-dimensional Face Recognition.

## 1. 서 론

접수일자: 2013년 3월 31일

심사(수정)일자: 2013년 4월 7일

게재확정일자 : 2013년 9월 5일

<sup>†</sup> Corresponding author

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터사업의 일환으로 수행하였음[GRRRC 수원2013-B2, U-city 보안감시 기술협력센터] 그리고 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2012-003568)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

생체인식기술은 지문인식, 홍채인식, 안면인식 등 여러 방법이 있으며, 현재 금융서비스, 네트워크 보안 등 여러 분야에서 많이 사용되고 있다. 특히 얼굴인식의 경우 비접촉식으로 다른 생체인식기술에 비해 인식 대상자의 불편감이 나 불편함이 적다는 장점이 있어 많이 사용되고 있다.

하지만 현재 사용되고 있는 2차원 얼굴인식의 가장 큰 문제점은 조명이나 포즈의 변화와 같은 환경적인 요인에 의한 인식률의 저하이다. 특히 대부분의 2차원 얼굴인식의 경우 취득한 얼굴영상의 명암도를 바탕으로 인식을 수행하기 때문에 데이터베이스 구축 당시의 환경과 다른 환경의 조명을 비추었을 경우 인식률의 저하가 발생한다. 또한 인식대상자의 얼굴이 회전된 영상은 회전된 부분의 데이터를 얻을 수가 없어 2차원 얼굴인식은 항상 정면을 바라본 상태에서 인식을 수행하여야 한다. 하지만 인식대상자가 정면을 바라보았음에도 불구하고 인식 당시에 환경적인 문제나 신체적

특징에 의해 실제 입력된 얼굴 영상은 약간씩 회전된 얼굴 영상이 입력되는데, 이렇게 회전된 영상으로 인해 인식률의 저하가 발생한다.

이와 같이 조명과 포즈 변화와 같은 환경적인 요인에 의한 인식률의 저하를 보완하기 위해 3D스캐너를 이용한 3차원 얼굴인식을 수행하였으며, 3차원 얼굴인식의 장점은 2차원 얼굴영상에서는 얻을 수 없는 얼굴의 깊이 데이터 값을 추출 받아 인식에 사용한다는 점이다. 3D스캐너를 통해 점구름 형태의 얼굴 형상을 획득하여 조명변화에 따라 생기는 얼굴 영상의 변화가 없어 조명에 강인한 특성을 지니고 있다. 또한 3D스캐너를 통해 획득된 얼굴 형상은 X축, Y축, Z축 정보를 가지고 있어 획득된 X축, Y축을 이용하여 조금씩 회전된 얼굴 형상을 정면으로 위치시키는 포즈보상을 수행할 수가 있다.

정면으로 위치시킨 얼굴형상은 Point Signature기법을 이용하여 깊이 데이터를 추출하며, 추출된 데이터는 그대로 인식에 사용할 경우 고차원 데이터로서 인식속도와 학습 성능의 저하가 발생하여, 차원 축소 알고리즘인 PCA알고리즘을 통해 저차원 데이터로 축소한 후 인식의 사용하게 된다. 본 논문에서는 앞서 언급한 과정을 거친 데이터를 다항식 기반 방사형 기저함수 신경회로망을 이용하여 인식률을 계산하였으며, 다항식 기반 RBFNNs의 성능 개선을 위한 최적화 파라미터를 얻기 위해 GA, DE, PSO알고리즘을 이용하여 최적화를 수행하였다. 마지막은 실험에 사용된 데이터 구성과 실험 과정에 대해 설명하며, 실험에 최종 결과를 보여준다.

## 2. 3차원 얼굴 형상 취득 및 전처리

2장에서는 3차원 얼굴 형상의 취득 방법과 전처리 과정에 대하여 설명을 한다. 2차원 얼굴 인식의 단점을 보완하기 위해 3차원 얼굴인식을 수행하며, 3차원 스캐너를 통해 점구름 형태의 얼굴 형상을 얻는다. 또한 인식대상자가 3D스캐너를 정면으로 바라보았음에도 불구하고 실제 입력된 얼굴 영상은 조금씩 회전된 영상을 입력받아 전처리 과정으로 얼굴을 정면으로 위치시키는 포즈보상을 수행한다. 정면으로 위치시킨 얼굴형상은 인식에 사용하기 위해 Point Signature를 이용하여 깊이 데이터를 추출한다.

### 2.1 3차원 얼굴 형상 취득

본 논문에서는 3차원 스캐너를 이용한 얼굴인식을 수행한다. 3차원 스캐너는 국내 3D Scanner 전문기업인 Onscans사에서 만든 IU-50C Face Scanner를 이용하였으며, 스캐너를 통해 추출된 얼굴 형상은 아래 그림 1과 같은 점구름의 형태를 띠고 있으며, 조명변화에 의한 얼굴영상의 변화가 없어 조명에 강인한 특성을 지니고 있으며, 2차원에서는 얻을 수 없는 얼굴 형상의 깊이 데이터를 추출 받을 수 있다.



그림 1. 점구름 영상  
Fig. 1. Image of point cloud

### 2.2 3차원 얼굴 형상의 전처리 단계 : 포즈보상

2차원 얼굴인식의 경우 인식대상자의 얼굴 형상이 회전된 경우 회전된 부분의 데이터를 얻을 수 없어 정면을 바라보고 스캐닝 한 다음 인식을 수행하여야만 한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 깊이 데이터를 추출받아 얼굴을 정면으로 위치시킬 수 있는 3차원 얼굴인식을 수행하였다.

3차원 얼굴인식도 2차원 얼굴인식과 마찬가지로 인식대상자가 정면을 바라보고 스캐닝 하였음에도 불구하고 실제 입력된 영상은 인식 당시에 환경적인 문제나 인식대상자 개인의 신체적 특징에 의해 조금씩 회전된 얼굴 영상이 입력된다. 정확한 특징점을 추출하기 위해 회전된 얼굴 영상은 다음 단계를 거쳐 포즈보상을 수행한다.

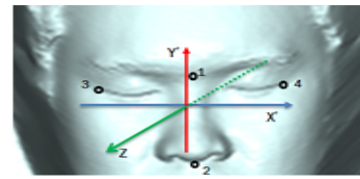


그림 2. 얼굴 포즈 보상을 위한 Point 설정  
Fig. 2. Set point for face pose compensation

- 단계 1 : 미간점(점1)과 코 밑점(점2)를 기준으로 새로운 Y'축을 설정
- 단계 2 : 양 눈 끝점(점3, 점4)을 기준으로 새로운 X'축을 설정
- 단계 3 : 새로이 설정된 X'축과 Y'축을 기준 좌표계의 위치한다.
- 단계 4 : 기준 좌표계와 X', Y'축과의 오차를 최소화시켜 포즈보상을 수행한다.

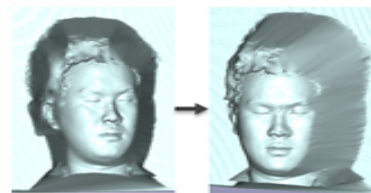


그림 3. 포즈보상 된 최종 얼굴 형상  
Fig. 3. Pose compensation the final face

### 2.3 3차원 얼굴 형상의 데이터 추출 : Point Signature

정면으로 위치한 얼굴 형상은 얼굴인식에 사용하기 위해 Point Signature[1,2]기법을 사용하여 깊이 데이터를 추출한다. Point Signature기법은 거리정보를 각도에 대한 1차원 공간신호로 표현하는 방법으로 한 점을 기준으로 깊이 정보를 추출하여 얼굴구조의 곡률정보를 추출할 수 있다. Point Signature기법은 다음 단계를 거쳐 깊이 데이터를 추출한다.

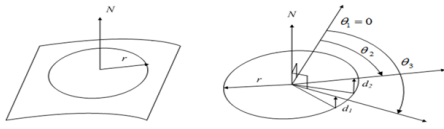


그림 4. Point Signature 과정  
Fig. 4. Process of point signature

- 단계 1 : 깊이 데이터 추출을 위한 각도  $\theta$ 와 반지름 R설정
- 단계 2 : 기준점 설정 후 법선 벡터 생성
- 단계 3 : 법선벡터를 중심으로 하는 반지름 R의 원을 얼굴에 투영
- 단계 4 : 각도  $\theta$ 에 해당하는 부분의 깊이 데이터 추출

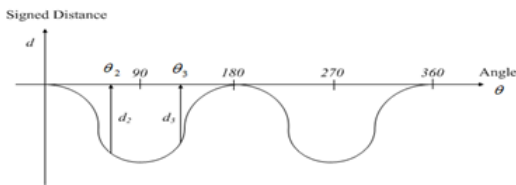


그림 5. Point Signature 특징 값  
Fig. 5. Characteristic value of Point Signature

추출된 깊이 데이터 값은 그림 5와 같으며 각도에 대한 1차원 공간신호를 얻게 되며, 회전된 얼굴 영상의 경우도 비슷한 깊이 데이터 값을 얻게 된다. 본 논문에서는 코 끝점을 기준으로 하여 반지름  $R_1, R_2$ 의 원을 얼굴에 투영하여 미리 설정된  $\theta$ 에서의 깊이 데이터를 추출하였다.

### 2.4 데이터의 차원 축소 : PCA알고리즘

추출된 깊이 데이터는 고차원 데이터로서 그대로 인식에 사용할 경우 학습 성능 및 속도의 저하가 발생하여 차원 축소 알고리즘을 사용하여 저차원 데이터로 축소한 다음 인식을 수행한다. 본 논문에서는 집단의 특성을 가장 잘 표현하는 벡터를 찾아내는 PCA알고리즘[3]을 사용하여 데이터의 차원을 축소하였다.

## 3. 제안된 PRBFNNs 구조 및 최적화

### 3.1 기존 RBFNNs의 구조 및 특성

기존 RBFNNs의 구조는 다음 그림 6과 같다.

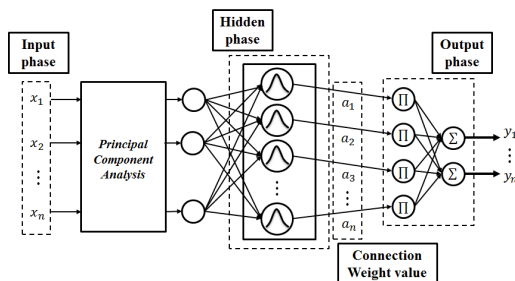


그림 6. RBFNNs 패턴 분류기의 구조  
Fig. 6. Structure of RBFNNs Pattern Classification

신경회로망은 인간의 지능을 인공적으로 구현하기 위해 신경의 구조를 응용한 알고리즘이다. RBFNNs는 신경회로망의 구조를 기반으로 하여 입력층, 은닉층, 출력층으로 구분할 수 있으며, 은닉층에서 노드의 수는 사용자의 의해 결정되며 각 노드마다 입력변수의 개수만큼 활성화함수가 존재한다. 이 활성화함수는 방사형 기저함수의 형태를 하고 있는데 일반적으로 가우시안 함수를 사용한다. 은닉층과 출력층 사이의 연결가중치 값은 상수항이며, 출력층에서는 이 연결가중치와 은닉층의 출력값을 곱하여 최종출력을 얻게 된다.

### 3.2 다항식 기반 RBFNNs의 구조 및 특성

본 논문에서는 다항식 기반 RBFNNs[4]를 사용한다. 다항식 기반 RBFNNs 패턴분류기 모델은 기능적 모듈로서 조건부, 추론부, 결론부 이 3가지로 구분할 수 있으며, 구조는 아래 그림과 같다.

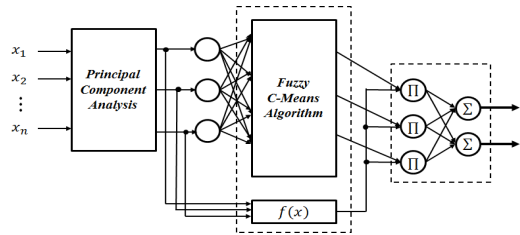


그림 7. PRBFNNs 패턴 분류기의 구조  
Fig. 7. Structure of PRBFNNs Pattern Classification

PRBFNNs는 기존 RBFNNs와 다르게 조건부에서 가우시안 함수를 대신하여 FCM 클러스터링을 사용하였다. FCM클러스터링은 데이터의 소속정도가 퍼지집합으로 출력되어 방사형 활성화함수의 형태를 나타나게 되며, FCM클러스터링의 적합도를 활성화함수의 형태로 사용하였다. 결론부에서는 상수항이었던 연결가중치의 값을 확장하여 다항식의 형태로 사용하였다. 다항식의 형태를 사용함으로써 아래 식(1)의 퍼지규칙표현과 같이 언어적 관점의 해석이 가능해졌다.

$$IF x \text{ is } A_i \text{ Then } f_{ij}(x) \quad (1)$$

이렇게 설계된 PRBFNNs는 다차원 입,출력 문제 해결이 용이하고 강인한 네트워크 특성을 지니며, 예측능력이 우수하다는 장점이 있다.

### 3.3 FCM 클러스터링

클러스터링 알고리즘[5]은 데이터의 분류를 위해 사용되며, 비슷한 패턴, 속성, 형태 등의 기준을 통해 데이터를 분류하는 알고리즘이다. 본 논문에서는 데이터와 각 클러스터와의 거리를 기준으로 소속정도를 측정하여 데이터를 구분하는 FCM클러스터링 방법을 사용하였다. FCM클러스터링의 과정은 다음과 같다.

- 단계 1 : 클러스터의 개수, 퍼지화 계수를 선택하고 소속 함수  $U^{(0)}$ 를 초기화 한다.

$$U^{(0)} = \left\{ u_{ik} \in [0,1], \sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \forall k, 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \forall i \right\} \quad (2)$$

단계 2 : 각 클러스터에 대한 중심 벡터를 구한다.

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m X_{kj}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (3)$$

단계 3 : 중심과 데이터와의 거리를 계산, 새로운 소속함수  $U^{(1)}$  계산

$$d_{ik} = d(x_k - v_i^{(r)}) = \left[ \sum_{j=1}^l (x_{kj} - v_{ij}^{(r)})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left( \frac{d_{jk}}{d_{ik}} \right)^{2/(m-1)}} \quad (5)$$

단계 4 : 오차가 허용범위 안에 도달하면 종료하고, 그렇지 않으면 단계 2로 돌아간다.

$$\| U^{(r+1)} - U^{(r)} \| \leq \epsilon \quad (6)$$

FCM 알고리즘을 가우시안 활성화함수 대신 사용하여 입력 데이터의 특성을 보다 잘 반영할 수 있다. FCM 알고리즘의 클러스터 수는 은닉층 노드의 수를 대신하고 퍼지집합으로 이루어진 소속행렬의 값은 가우시안 활성화함수에 의한 적합도 값과 같다. 그리고 FCM의 퍼지화 계수는 가우시안 함수의 분포상수와 같은 역할을 한다.

### 3.4 최적화 알고리즘을 이용한 파라미터 최적화

효율적인 학습을 위해 최적화 알고리즘을 통해 파라미터의 최적화를 수행하며, 본 논문에서는 현재 널리 쓰이고 있는 최적화 알고리즘인 GA, DE, PSO를 사용하여 각각의 인식 성능을 확인하였다.

#### 3.4.1 GA알고리즘

GA알고리즘[6]은 자연계의 진화 현상을 모방하여 최적의 해를 이끌어내는 알고리즘이다. 최적의 해를 찾기 위해 염색체의 형태를 사용하였으며, 재생산(선택, 교배, 돌연변이)과정을 거쳐 새로운 개체를 생성한다. GA알고리즘의 단계는 다음과 같다.

단계 1 : 초기 유전자 집단 생성

단계 2 : 집단의 적합도 계산

단계 3 : 재생산 과정(선택, 교배, 돌연변이)을 통한 새로운 개체의 생성

단계 4 : 새로운 개체의 적합도를 계산하고 종료 조건을 만족할 경우 알고리즘을 종료, 만족하지 않은 경우 다시 재생산 단계로 돌아가 반복

#### 3.4.2 DE알고리즘

차분진화 알고리즘[7]은 교배와 돌연변이를 통하여 새로

운 개체를 생성한다는 점에서 최적화 알고리즘인 GA와 비슷하나 개체들을 유전형으로 바꾸는 코딩 과정이 필요가 없어 알고리즘의 구현이 간단하다는 장점이 있다.

단계 1 : 초기 집단 생성

$$p(t) = a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t) \quad (7)$$

단계 2 : 집단내의 개체의 목적함수 평가

단계 3 : 교배용 벡터를 생성하여 교배 대상 벡터와 교배

$$v_i(t) = a_{r3}(t) + F \cdot (a_{r2}(t) - a_{r1}(t)) : \text{교배용 벡터} \quad (8)$$

$$x'_i(t) = (v_i(t) * a_i(t)) : \text{교배} \quad (9)$$

단계 4 : 모든 개체의 목적함수 평가

단계 5 : 종료조건을 확인하고 만족하지 않은 경우 다시 반복

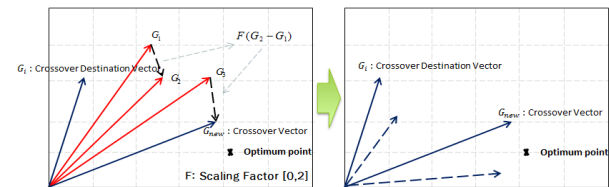


그림 8. 교배용 벡터의 생성  
Fig. 8. Creation of Crossover Vector

### 3.4.3 PSO알고리즘

PSO알고리즘[8]은 물고기나 새 때 같은 집단의 행동양식을 바탕으로 한 알고리즘으로 복잡하고 불확실한 영역에서의 탐색이 가능하다. 또한 간단한 수학연산자를 사용하였기 때문에 이론이 간결하고, 구현이 용이하며, 연산이 효율적이라는 장점이 있다. 입자군집 알고리즘의 실행 단계를 정리하면 다음과 같다.

단계 1 : 초기 Swarm과 Particle Velocity를 랜덤하게 생성하고 초기 particle을 pbest로 그 중 최적의 값을 다시 gbest로 선정

단계 2 : 관성하중과 j번째 Particle Velocity를 계산

$$w(t) = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{er_{\max}} \times t \quad (10)$$

$$v_{jk}(t+1) = w(t) \cdot v_{jk}(t) + c_1 \cdot r_1 (pbest_{jk}(t) - x_{jk}(t)) + c_2 \cdot r_2 (gbest_{jk}(t) - x_{jk}(t)) \quad (11)$$

단계 3 : Particle Velocity를 기반으로 하여 particle의 위치정보를 조절

단계 4 : 각 particle의 적합도와 pbest의 적합도를 비교하고, 최적해의 pbest와 gbest를 비교하여 재설정

단계 5 : 종료조건을 만족하면 탐색을 종료하고 그렇지 않으면 단계 2부터 다시 반복

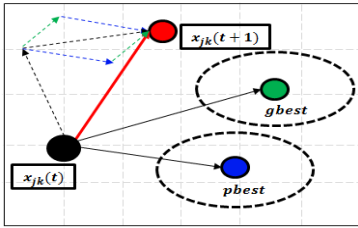


그림 9. PSO 알고리즘의 벡터 표현  
Fig. 9. Vector expression of PSO algorithm

#### 4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 진행한 실험의 전체 개요는 다음과 같다. 3차원 스캐너를 통해 점 구름 형태의 얼굴 형상을 획득하고, 획득한 얼굴 형상은 포즈보상과정을 거쳐 정면으로 위치시킨다. Point Signature기법을 수행하여 얼굴의 깊이 데이터를 추출하며, 추출 받은 데이터는 PCA알고리즘을 이용하여 인식에 사용하기 적합한 저차원 데이터로 축소를 하였다. 다항식기반 RBFNNs를 이용하여 인식률을 산출하였고, 효율적인 학습을 위해 최적화 알고리즘을 통해 파라미터 최적화를 수행하며 GA, DE, PSO 알고리즘을 사용하여 각각의 인식 성능을 확인하였다.

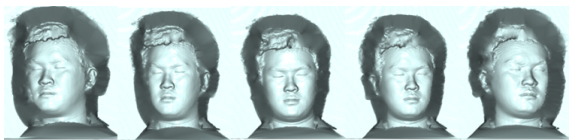


그림 10. 3차원 얼굴 형상 데이터 구성  
Fig. 10. Composition of three-dimension face data

실험에 사용할 데이터를 구성하기 위해 수원대학교 IC & CI Lab 인원 18명의 얼굴영상을 획득하였다. 회전된 영상에서의 인식 결과를 얻기 위해 좌 15°, 좌 7°, 정면, 우 7°, 우 15°로 인원 18명 모두 동일하게 5방향의 얼굴영상을 획득하여 총 90장의 데이터를 구성하였다.

90개의 데이터는 얼굴의 깊이 값을 추출을 위해 Point Signature기법을 이용하였으며, 얼굴의 가장 높은 지점인 코 끝을 기준으로 하여 각도 10°, 반지름 10mm, 20mm인 2개의 원을 영상의 투영하여 1개의 영상에서 총 72개의 깊이 데이터를 추출하였다.

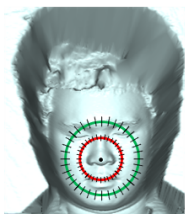


그림 11. 얼굴 깊이 데이터의 추출  
Fig. 11. Extraction of face depth data

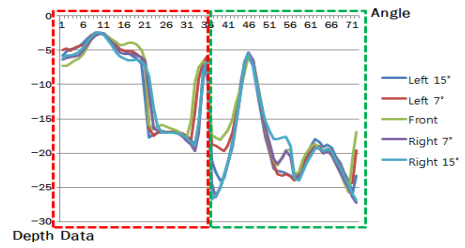


그림 12. 얼굴 깊이 데이터의 분포  
Fig. 12. Distribution of face depth data

위 그림은 임의의 실험대상자 1명에게서 추출한 깊이 데이터 분포이다. 각도 1부터 36까지는 반지름 10mm의 원, 37부터 72까지는 반지름 20mm의 원에서 얻은 데이터이며, 각도에 의한 깊이 데이터의 분포는 매우 다양하게 나오지만, 영상이 회전된 경우에도 비슷한 깊이 데이터를 추출하는 것을 확인할 수 있다.

추출된 깊이 데이터를 그대로 인식의 사용할 경우 인식속도와 성능의 저하가 발생할 우려가 있어 PCA알고리즘을 이용하여 15개의 차원으로 축소하여 인식 성능을 확인하였다.

표 1. 학습 파라미터

Table. 1. Training parameter

Optimization Algorithm	Parameters	Values
GA	No. of generations	60
	No. of populations	30
	Crossover rate	0.8
	Mutation rate	0.01
DE	No. of generations	60
	No. of populations	30
	Crossover rate	1
	Scaling factor	0.5
PSO	No. of generations	60
	Swarm Size	30
	$[W_{min}, W_{max}]$	$[0.4, 0.9]$
	$c_1, c_2$	2.0

표 2. 3차원 얼굴인식 결과

Table. 2. Result of 3D recognition

Optimization Algorithm	Point Signature	Multiple Point Signature
GA	71.11%	93.33%
DE	80.00%	94.44%
PSO	80.00%	96.67%

3차원 인식결과는 위 표 2와 같으며, 각 인식성능을 확인해본 결과 Multiple Point Signature 기법을 사용한 경우가 Point Signature기법을 사용했을 때보다 더 높은 인식 성능을 보였으며, 최적화 알고리즘의 경우 PSO알고리즘의 경우 더 높은 인식률을 보였다.

## 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 3차원 스캐너를 통해 취득한 3차원 얼굴 형상의 인식 성능을 확인하였다. 얼굴의 깊이 데이터 추출 과정에서 Point Signature 와 Multiple Point Signature 기법을 사용하였으며, 효율적인 학습을 위한 최적화 알고리즘은 GA, DE, PSO를 사용하여 최종적으로 얻은 인식 성능을 확인 비교하였다. Point Signature 기법보다는 Multiple Point Signature 기법을 사용한 경우의 인식 성능이 93% 이상의 높은 인식 성능이 나오는 것을 위 표를 통해 확인할 수 있었으며, 최적화 알고리즘은 PSO를 사용하였을 경우 인식 성능이 가장 높게 나오는 것을 확인하였다.

향후 과제로는 3차원 얼굴인식 데이터의 증대를 통한 인식 성능의 확인 및 회전된 영상에서의 인식 성능 향상을 위한 만원 기반의 깊이 데이터 추출 과정과 또 다른 기준점을 설정하여 1개의 영상에서 더 많은 깊이 데이터를 추출하여 인식 성능을 확인해볼 필요가 있다.

## References

- [1] C. Chua, R. Jarvis, "Point Signature : A New representation for 3D Object Recognition," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 25, No. 1 , pp. 63-85, 1997.
- [2] Y. Wang, C. Chua and Y. Ho, "Facial Feature Detection and Face Recognition from 2D and 3D Images," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 23, pp. 1191-1202, 2002.
- [3] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, pp.71-86, 1994.
- [4] S-K. Oh, W-D. Kim, and W. Pedrycz, "Polynomial based radial basis function neural networks (P-RBFNNs) realized with the aid of particle swarm optimization," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 163, No. 1, pp. 54-77, 2011
- [5] A. Aiyer, K. Pyun, Y.Z. Huang, D.B. O'Brien, R.M. Gray, "Lloyd clustering of Gauss mixture models for image compression and classification," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 20, pp. 459-485, 2005.
- [6] B. Gabrys and B. Ruta, "Genetic algorithms in classifier fusion," *Applied soft Computing*, vol. 6, pp. 337-347, 2006.
- [7] 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.
- [8] J. Kennedy and R. Everhart, "Particle Swarm Optimization," *Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks*, vol. 4, pp. 1942-1948, 1995.

## 저 자 소 개



### 오성권(Sung-Kwun Oh)

1981년 : 연세대학교 전기공학과 졸업  
 1983년 : 동 대학원 석사  
 1993년 : 동 대학원 박사  
 1983-1989 : 금성산전연구소(선임연구원).  
 1996-1997 : 캐나다 Manitoba 대학 전기 및 컴퓨터공학과 Post-Doc.  
 1993-2005 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수.

2005~현재 : 수원대학교 전기공학과 교수, 2002~현재 대한전기학회, 제어로봇시스템학회, 퍼지 및 지능시스템학회 편집위원.

관심분야 : 퍼지시스템, 퍼지-뉴럴네트워크, 자동화 시스템, 고급 computational intelligence, 지능제어 등.

Phone : +82-31-229-8162

E-mail : ohsk@suwon.ac.kr



### 오승훈(Seung-Hun Oh)

2013년 : 수원대학교 전기공학과 졸업.  
 20013~현재 : 동 대학원 석사과정.

관심분야 : 퍼지추론 시스템, 뉴럴 네트워크, 패턴 인식, 진화론적 최적화 알고리즘, 얼굴인식 시스템

Phone : +82-31-222-6544

E-mail : osh@suwon.ac.kr



### 김현기(Hyun-Ki Kim)

1977년 : 연세대학교 전기공학과 공학사  
 1985년 : 연세대학교 전기공학과 공학석사  
 1991년 : 연세대학교 전기공학과 공학박사  
 1997년~2010년 : 경기지역 산학연 기술지원단 단장  
 1998년~현재 : 사업기술정책연구소 심의위원

2000년~현재 : 사단법인 산학연 권소사업 적극협의회 회장  
 1989년~현재 : 수원대학교 전기공학과 교수

관심분야 : Automatic System and Control, Intelligent Modeling and Control.

Phone : +82-31-220-2666

E-mail : hkkim@suwon.ac.kr