

개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크와 PCA 알고리즘을 이용한 여권 인식 및 얼굴 인증

김광백

신라대학교 컴퓨터공학과
(gbkim@silla.ac.kr)

본 논문에서는 출입국자 관리의 효율성과 체계적인 출입국 관리를 위하여 여권 코드를 자동으로 인식하고 위조 여권을 판별할 수 있는 여권 인식 및 얼굴 인증 방법을 제안한다. 여권 이미지가 기울어진 상태로 스캔되어 획득되어질 경우에는 개별 코드 인식과 얼굴 인증에 많은 영향을 미칠 수도 있으므로 기울기 보정은 문자 분할 및 인식, 얼굴 인증에 있어 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 여권 영상을 스미어링한 후, 추출된 문자열 중에서 가장 긴 문자열을 선택하고 이 문자열의 좌측과 우측 부분의 두께 중심을 연결하는 직선과 수평선과의 기울기를 이용하여 여권 영상에 대한 각도 보정을 수행한다. 여권 코드 추출은 소벨 연산자와 수평 스미어링, 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 여권 코드의 문자열 영역을 추출하고, 추출된 여권 코드 문자열 영역에 대해 반복 이진화 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 이진화한다. 이진화된 문자열 영역에 대해 CDM 마스크를 적용하여 문자열의 코드들을 복원하고 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 추출한다. 추출된 개별 코드 인식은 개선된 RBF 네트워크를 제안하여 적용한다. 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크는 퍼지 논리 접속 연산자를 이용하여 경계 변수를 동적으로 조정하는 퍼지 ART 알고리즘을 제안하여 RBF 네트워크의 중간층으로 적용한다. 얼굴 인증을 위해서는 얼굴 인증에 가장 보편적으로 사용되는 PCA 알고리즘을 적용한다. PCA 알고리즘은 고차원의 벡터를 저 차원의 벡터로 감량하여 전체 입력 영상들의 직교적인 공분산 행렬을 계산한 후, 그것의 고유 값에 따라 각 영상의 고유 벡터를 구한다. 따라서 본 논문에서는 PCA 알고리즘을 적용하여 얼굴의 고유 벡터를 구한 후, 특징 벡터를 추출한다. 그리고 여권 영상에서 획득되어진 얼굴 영상의 특징 벡터와 데이터베이스에 있는 얼굴 영상의 특징 벡터와의 거리 값을 계산하여 사진 위조 여부를 판별한다. 제안된 여권 인식 및 얼굴 인증 방법의 성능을 평가를 위하여 원본 여권에서 얼굴 부분을 위조한 여권과 기울어진 여권 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 여권의 코드 인식 및 얼굴 인증에 있어서 우수한 성능이 있음을 확인하였다.

논문접수일 : 2005년 5월

게재확정일 : 2006년 2월

교신저자 : 김광백

1. 서론

세계화와 교통수단의 발달로 인하여 공항 등을 통하여 입국하거나 출국하는 내국인 및 외국인의 수가 증가하는 경향을 보이고 있다. 현행 출입국 관리는 사용자가 여권의 사진을 육안으로 검색하

고 정보를 확인하는 과정으로 이루어지고 있다. 출입국 관리는 위조 여권 소지자, 수배자, 출입국 금지자 또는 불법 체류자 등의 출입국 부적격자 등을 검색하여 출입국자를 관리하기 위하여 행하여진다. 한편, 여권에는 사진, 국적, 성명, 주민등록번호, 성별, 여권번호 등을 포함한 정보들로 구

단계 1. 영상을 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래 쪽으로 스캔한다. 만약 스캔된 화소가 흑화소인지를 판단한다. 모든 좌표를 다 스캔하였다면 종료한다.

If $I(X, Y) == \text{BLACK}$ THEN

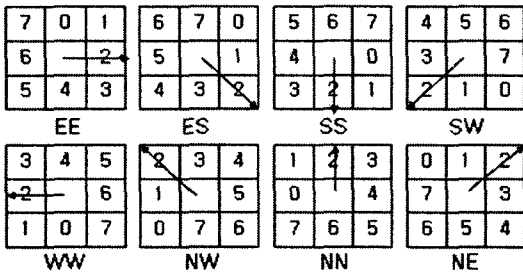
$$X_c = X, Y_c = Y$$

$$X_{c-1} = X-1, Y_{c-1} = Y$$

$$X_s = X_c, Y_s = Y_c$$

Else 다음 좌표를 스캔한다.

단계 2. 이전과 현재 마스크 좌표로 방향을 설정하고, 설정된 방향으로 다음 진행 방향을 찾기 위한 이웃 픽셀들을 순서대로 탐색한다. 이웃 픽셀들을 탐색하면서 흑화소인지 판단한다. [그림 2]에서 마스크의 중심점은 현재 좌표인 X_c, Y_c 의 픽셀과 대응된다.



[그림 2] 8 방향 윤곽선 추적 진행 마스크

IF $I(X_c^i, Y_c^i) == \text{BLACK}$ then

$$X_{c+1} = X_c^i$$

$$Y_{c+1} = Y_c^i$$

단계 3

Else

$$i = i + 1$$

여기서, X_c^i 와 Y_c^i 는 X_c 와 Y_c 를 둘러싸는 i 번째 이웃 픽셀의 x, y 좌표를 의미한다. $i = 0 \dots 7$ 사이의 값이고 i 는 [그림 2]에서 마스크의 중심을 둘러싸는 이웃 픽셀들이 가지는 숫자를 의미하며, 이 숫자는 이웃 픽셀을 탐색하는 순서이다. 항상 0부터 시작하여 7까지 탐색하며 중간에 흑화소를 만나면 단계 3으로 간다.

단계 3. 만약 X_c, Y_c 가 X_s, Y_s 로 되돌아 오면 단계 1로 가고, 아니면 단계 2로 돌아가 계속 윤곽선을 추적한다.

If $(|X_c - X_s| == 0 \text{ AND } |Y_c - Y_s| == 0)$

THEN 단계 1

Else 단계 2

2.1.2 영상 기울기 보정

여권의 이미지는 기울어진 상태로 스캔되어 획득되어질 수도 있으므로 기울기 보정은 문자 분할 및 인식, 얼굴 인증에 있어 매우 중요하다. 여권 코드의 문자열을 추출하는 과정에서 여권의 기울어짐을 배제한다면 수평 투영(projection)에 의해서 최대 구간을 형성하는 두 개의 영역을 선택함으로써 코드 문자열 부분을 추출할 수 있지만 기울어진 상태에서는 이런 방법을 사용하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 추출된 두 개의 문자열 중 가장 긴 문자열을 선택하고 이 문자열의 좌측과 우측 부분의 두께 중심을 연결하는 직선과 수평선과의 기울기를 이용하여 이미지에 대한 각도 보정을 수행한다. 제안된 방법에서 코드 영역 추출과 기울기 보정 과정은 [그림 3]과 같다.

3. 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크를 이용한 여권 인식

본 논문에서는 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크를 이용하여 여권 코드 인식에 적용한다. 제안된 RBF 네트워크의 학습은 크게 두 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 입력층과 중간층 사이에서 퍼지 논리 접속 연산자를 이용하여 경계 변수를 동적으로 조정하는 개선된 퍼지 ART를 이용한 경쟁 학습이 수행되고, 두 번째 단계는 중간층과 출력층 사이에 Delta-bar-Delta 알고리즘을 적용하여 학습률을 동적으로 조정하고 일반화된 델타 학습 방법을 적용하여 지도 학습으로 수행된다.

퍼지 ART은 퍼지 논리와 ART 학습 모델을 결합한 자율 학습 알고리즘이다[5]. 퍼지 ART 알고리즘에서 경계 변수는 임의의 패턴과 저장된 패턴과의 불일치(mismatch) 허용도를 결정하는 파라미터이다. 이 경계 변수를 큰 값으로 설정하면, 입력 패턴과 저장 패턴 사이에 약간의 차이가 있어도 새로운 카테고리(category)로 분류하게 된다. 반대로 경계 변수를 적은 값으로 설정하면, 입력 패턴과 저장 패턴 사이에 많은 차이가 있더라도 유사성이 인정되어 입력 패턴을 저장된 패턴의 카테고리로 분류한다. 따라서 영상 인식 문제에 기존의 퍼지 ART 알고리즘을 적용할 경우에는 경계 변수를 경험적으로 설정하므로 유사한 패턴들이 서로 다른 클러스터로 분류되거나 서로 다른 패턴들이 같은 클러스터로 분류되는 문제점이 있다[6].

본 논문에서는 경계 변수를 퍼지 논리 교 접속 연산자를 이용하여 동적으로 조정하고 승자 빈도에 따라 학습 파라미터를 조정하는 개선된 퍼지

ART 알고리즘을 제안한다. 퍼지 교 접속 연산자는 총체화된 값이 모든 입력 중 가장 작은 값보다 크지 않은 성질을 갖는 연산자로서, Yager의 교 접속 연산자는

$$\mu(x_i) = 1 - \text{Min}\{1, ((1 - X_1)^p + \dots + (1 - X_n)^p)^{\frac{1}{p}}\} \quad (1)$$

과 같이 정의되고, 파라미터 p 에 따라 단조 감소하는 함수이다[7]. 개선된 퍼지 ART 알고리즘에서 Yager의 교 접속 연산자를 적용하여 경계 변수(ρ)를 동적으로 조정하는 식은 다음과 같다.

$$\rho_j(t+1) = 1 - \sqrt{((1 - \rho_j(t))^2 + (1 - \rho_j(t-1))^2)^{1/2}} \quad (2)$$

기존의 퍼지 ART 알고리즘에서 가중치 W 를 조정하는 식은 다음과 같다.

$$W(t+1) = \beta(X \wedge W(n)) + (1 - \beta)W(t-1) \quad (3)$$

기존의 퍼지 ART 알고리즘에서는 가중치를 조정할 때 적용되는 학습 파라미터(learning parameter) β 를 0과 1사이의 경험적인 값으로 설정한다. 기존의 퍼지 ART에서 β 값을 크게 설정하면 인식률이 낮아진다. 그 원인은 클러스터의 갱신된 횟수가 증가하게 될 경우에는 이전에 저장된 패턴의 정보가 손실되어 인식률이 낮아진다. 반대로 β 값을 적게 설정하여 학습하게 되면 현재의 학습 패턴의 정보가 저장 패턴에 반영되는 정도가 낮아지게 되어 클러스터의 수가 증가하게 된다[8].

따라서 본 논문에서는 저장 패턴과 학습 패턴 간의 실제적인 왜곡 정도를 충분히 고려하여 학습 파라미터 β 를 동적으로 조정한다. 개선된 퍼지 ART 알고리즘에서 학습 파라미터 β 를 조정하는 식은 다음과 같다.

$$\beta = \frac{1}{1 - \rho} \times \left(\frac{\|w_y \wedge x_i\|}{\|x_i\|} - \rho \right) \quad (4)$$

중간층과 출력층 사이의 학습에는 일반화된 델타 학습 방법을 적용한다. 따라서 출력층의 출력 벡터는 식 5와 같이 계산되고 식 6과 같이 시그모이드 함수에 의해 정규화 한다.

$$O_k = f\left(\sum_{j=1}^M w_{kj} \cdot x_j\right) \quad (5)$$

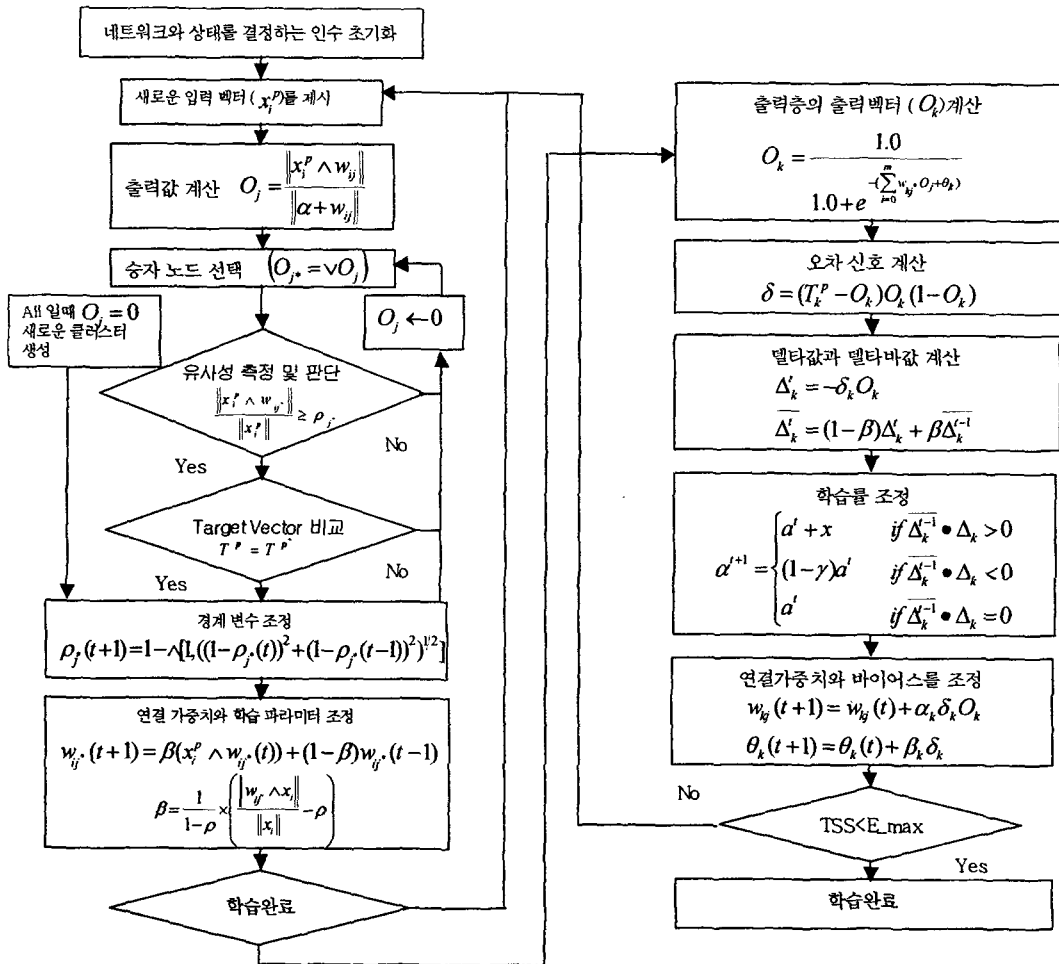
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (6)$$

정규화 된 출력 벡터와 목표 벡터를 비교하여 오차값, 오차신호를 구하는 식은 다음과 같다.

$$E = \frac{1}{2}(T_k^p - O_k)^2 \quad (7)$$

$$\delta_k = (T_k^p - O_k)O_k(1 - O_k) \quad (8)$$

학습률 동적 조정을 위해 Delta-bar-Delta를 식 9와 같이 구한 후, 식 10을 이용하여 학습률을 동



[그림 7] 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크

적으로 조정한다.

$$\begin{aligned} \overline{\Delta'_k} &= -\delta_k O_k \\ \overline{\Delta_k} &= (1-\beta)\Delta'_k + \beta\overline{\Delta'_k} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\alpha^{t+1} = \begin{cases} a' + x & \text{if } \overline{\Delta'_k} \cdot \Delta_k > 0 \\ (1-\gamma)a' & \text{if } \overline{\Delta'_k} \cdot \Delta_k < 0 \\ a' & \text{if } \overline{\Delta'_k} \cdot \Delta_k = 0 \end{cases} \quad (10)$$

연결강도와 바이어스를 조정하는 식은 다음과 같다.

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha_k \delta_k O_k \quad (11)$$

$$\theta_k(t+1) = \theta_k(t) + \beta_k \delta_k \quad (12)$$

따라서, 여권 코드 인식에 적용되는 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크는 [그림 7]과 같다.

4. 얼굴인증을 통한 위조 판별

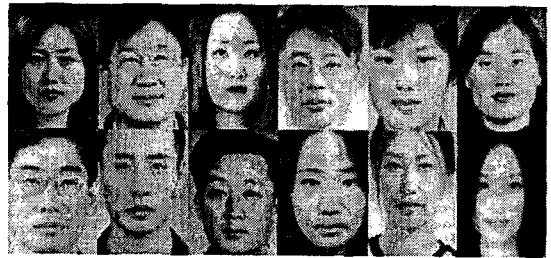
여권의 코드 문자열 부분을 인식하여 데이터베이스로부터 여권 소지자의 기본 정보를 자동으로 획득하는 것도 출입국 관리의 효율성을 향상시킬 수 있으나 여권 위조 판별의 경우에는 코드 부분의 인식만으로는 어렵다. 예를 들어, 불법 경로를 통해 여권을 구하고 사진과 얼굴 부분을 위조한 여권의 경우에는 정상적인 여권으로 판별할 우려가 있다. 본 논문에서는 인식된 여권 코드 정보를 이용하여 데이터베이스로부터 PCA 알고리즘으로 구한 여권 얼굴 영상의 고유 벡터와 특징 벡터를 획득하고 실제 여권에 부착되어 있는 여권의 얼굴 영상 특징 벡터를 PCA 알고리즘으로 구한 후, 자

동으로 대조, 분석하여 여권의 위조 유무를 판단할 수 있도록 한다.

4.1 PCA

PCA는 평균과 분산까지의 통계적 성질을 이용한 2차 통계적 기법이다. PCA는 입력 자료에 대하여 최대 공분산의 각 방향을 가리키는 직교 정규화된 일련의 축들의 집합을 찾는다. 이는 입력 자료의 가장 중요한 축들을 찾아 효율적으로 자료의 차원을 줄일 수 있는 장점이 있다[9]. PCA를 이용한 학습 과정은 다음과 같다[10].

학습할 2차원의 $n \times m$ 영상을 1차원의 $N(n \times m)$ 벡터로 나타낼 수 있고 K개의 학습 영상 벡터를 $X = [x^1 | x^2 | x^3 | \dots | x^k]$ 의 행렬로 나타낼 수 있으며, 학습에 사용된 얼굴 영상은 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 학습에 사용한 얼굴 영상

영상의 평균 벡터는 식 13으로 계산하고 식 14를 이용하여 1차원의 영상 벡터와 평균 영상 벡터의 차이를 구한다. [그림 9]는 학습영상의 평균영상을 나타낸 것이다.

$$m = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K x_j \quad (13)$$

$$\overline{x^j} = x^j - m \quad (14)$$



[그림 9] 평균 얼굴 영상



[그림 10] 원본영상에서 평균을 뺀 영상

식 14에서 구해진 K개의 \bar{x}^i 벡터를 이용해서 $\bar{X} = [\bar{x}^1 | \bar{x}^2 | \bar{x}^3 | \dots | \bar{x}^k]$ 행렬을 구할 수 있으며 \bar{X} 행렬을 이용해 공분산 행렬을 식 15와 같이 구할 수 있다. 여기서 T는 전치 행렬을 의미한다.

$$\Omega = \bar{X} \bar{X}^T \quad (15)$$

공분산 행렬을 이용하여 데이터의 분포를 잘 표현하는 고유 벡터와 고유 값을 구한 후, 고유 값이 큰 순으로 정렬하고 고유 벡터도 해당 고유 값의 위치대로 정렬한다. 크기 순으로 정렬된 고유 벡터들은 뒤쪽으로 갈수록 0 또는 0에 가까운 값을 가지게 되므로 이러한 값들을 버림으로써 데이터의 차원을 줄일 수 있다. 학습 영상들을 PCA 데이터로 표현하는 방법은 다음과 같다.

공분산 행렬을 통해 구해진 고유 벡터들을 사용해서 $V = [v^1 | v^2 | v^3 | \dots | v^k]$ 행렬을 구한 후, 식 16을

이용해 학습 영상들의 특징 벡터를 구한다.

$$\tilde{x}^i = V^T \bar{x}^i \quad (16)$$

PCA를 이용한 얼굴 인식은 인식 대상 영상에서 평균 영상을 뺀 \bar{y} 영상을 식 17과 같이 구한 후, 구해진 영상과 고유 벡터의 전치행렬을 이용해 식 18과 같이 인식 대상 영상의 특징 벡터를 구한다.

$$\bar{y} = y - m \quad (17)$$

$$\tilde{y} = V^T \bar{y} \quad (18)$$

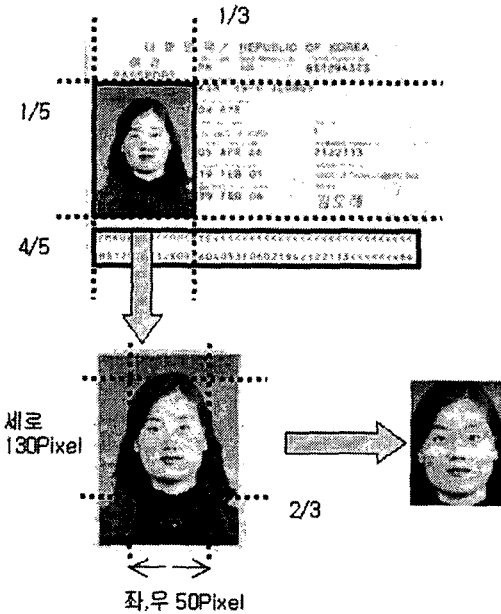
인식 대상 영상의 특징 벡터와 학습되어진 특징 벡터들간의 유사성을 측정하여 가장 유사한 특징 벡터 영상을 인식 결과 영상으로 사용하게 된다. 본 논문에서는 벡터들간의 유사성을 측정하기 위해 템플레이트 정합을 사용한다[11]. 두 벡터간의 유사성을 측정하기 위해 사용하는 식은 식 19와 같다. 여기서 γ 은 상관 계수이고 $|a|, |b|$ 는 두 벡터의 크기를 의미한다.

$$r = \frac{a \bullet b}{|a| \bullet |b|} \quad (19)$$

4.2 여권 사진의 얼굴 영역 검출

여권에 부착된 사진의 위치는 추출한 코드 문자열 좌측 상단 위치를 기준으로 여권 영상의 세로 1/5에서 4/5지점과 가로 1/3에 해당하는 영역을 일정한 크기로 후보 영역으로 선택한 후, 후보 영역 내에서 세로 2/3 지점의 중심에서 좌,우로 각

각 50픽셀, 세로 130픽셀을 얼굴 영역으로 추출한다. 여권의 사진 및 얼굴 영역 추출 과정은 [그림 11]과 같다.



[그림 11] 여권의 얼굴 영역 추출



[그림 12] 얼굴 정보 데이터베이스 구축

4.3 얼굴 정보 데이터베이스 구축

먼저 다수의 여권 사진에서 얼굴 영역 검출 과정을 통해 얼굴 영역의 영상을 획득한다. 획득되어진 얼굴 영상들은 PCA 알고리즘을 적용하여 학습하며 학습되어진 얼굴 영상들의 고유 벡터와 특징 벡터는 해당 여권 소지자의 데이터베이스에 각각 추가한다. 이 두 개의 고유 벡터와 특징 벡터 정보를 이용하여 얼굴 유사도 검증이 가능하게 된다. 얼굴 정보 데이터베이스 구축 과정은 [그림 12]와 같다.

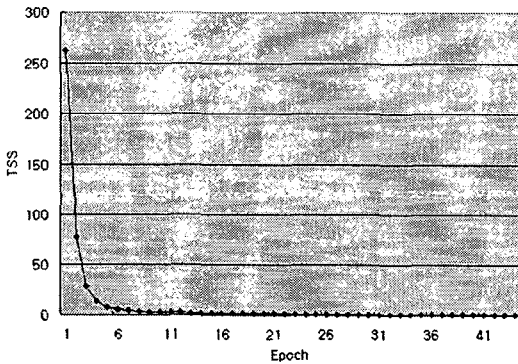
4.4 얼굴 인증

얼굴 인증은 여권 영상에서 획득된 여권 코드 정보를 이용하여 데이터베이스에서 해당 여권 소지자의 얼굴 정보인 고유 벡터와 특징 벡터를 가져온 후, 여권 얼굴 영역 검출 방법으로 추출된 얼굴 영상을 식 14와 15를 이용하여 얼굴 영상의 특징 벡터를 계산한다. 계산된 얼굴 영상의 특징 벡터와 데이터베이스에서 가져온 특징 벡터 간의 유사도는 식 19를 적용하여 계산되고 유사도가 일정 임계치 이상이면 본인의 여권으로 그렇지 않으면 얼굴 합성 등에 의해 위,변조 되었을 가능성이 있는 여권으로 판단한다.

<표 3> 생성된 중간층의 노드 수

학습 알고리즘	대표패턴	생성된 중간층 노드수
개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크	숫자	85
	문자	162

[그림 15]는 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크의 Epoch 수에 따른 TSS 변화량을 나타내었다.



[그림 15] Epoch 수에 따른 TSS 변화량

5.2 여권 코드 인식

성능 평가 실험을 위해 만든 총 36장의 여권 영상의 인식률은 <표 4>와 같다.

<표 4> 여권 코드 인식 결과

	문자	숫자	인식률
일반	1045/1116	2034/2052	97%
기울기보정	1116/1116	2052/2052	100%

<표 4>와 같이 여권영상을 그대로 인식할 경우 97%가 인식되었지만 여권의 기울기를 보정하여

인식할 경우에는 100%가 인식되었다. 여권을 스캔할 경우 기울어짐 없이 반듯하게 스캔되기가 어려우며 이와 같은 특성을 고려하여 여권 영상의 기울기를 보정함으로써 좋은 결과를 산출 할 수 있음을 확인하였다.

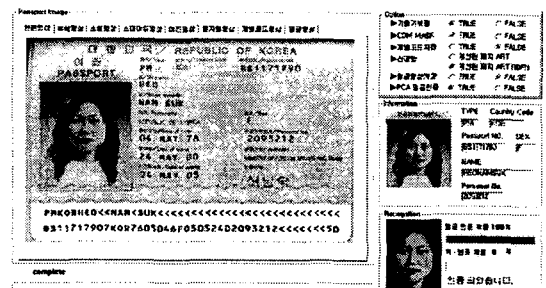
5.3 여권 얼굴 인증

실험에 사용된 여권 사진은 원본 여권 12장과 사진 부분이 위조된 여권 12장 그리고 얼굴 부분이 위조된 여권 12장을 사용하였으며 얼굴 인증 유사도를 0.8로 설정하여 실험한 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 여권 얼굴 영상 인증 결과

	원본 여권	얼굴위조 여권	사진위조 여권
위조판별	0/12	12/12	12/12
통과	12/12	0/12	0/12

<표 5>와 같이 얼굴 위조 여권과 사진 위조 여권 모두 위조 여권으로 판별 되어 통과 되지 못하였으며 원본 여권은 위조로 판별되지 않았다. 따라서 본 논문에서 적용한 PCA 알고리즘이 여권 얼굴 인증에 있어서 효율적임을 확인할 수 있다. 본 논문에서 여권 코드 인식과 얼굴 인증 시스템의 화면은 [그림 16]과 같다.



[그림 16] 여권 코드 인식 및 얼굴 인증 시스템 화면

6. 결론

출입국 관리는 여권 소지자, 수배자, 출입국 금지자 또는 불법 체류자 등의 출입국 부적격자 등을 검색하여 출입국자를 관리하고, 여권의 데이터베이스와 대조하였다. 이러한 출입국 관리 시스템은 출입국 심사 시간이 길어 출입국자에 불편을 제공하고 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 이루어지지 않아 체계적으로 관리가 어려웠다. 이러한 종래의 문제를 개선하기 위하여 본 논문에서는 소벨 연산자와 수평 스미어링, 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 사용하여 문자열 영역을 추출하였고 문자와 얼굴 영역의 인식률을 높이기 위해 문자열의 왼쪽과 오른쪽의 두께 중심을 연결하는 직선과 수평선과의 기울기를 이용하여 이미지에 대한 기울기를 보정하였다. 추출된 여권 코드 문자열 영역에 대해 반복 이진화 방법을 적용하여 코드의 문자열 영역을 이진화 하였다. 이진화된 문자열 영역에 대해 CDM 마스크를 적용하여 문자열의 코드들을 복원하였고 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 추출하였다.

개별 코드 인식은 유사한 패턴들이 서로 다른 클러스터로 분류되거나 서로 다른 패턴들이 같은 클러스터로 분류되지 않도록 경계 변수를 동적으로 조정하는 개선된 퍼지 ART를 기반으로 하는 RBF 네트워크를 적용하였다. 인식된 정보를 이용하여 데이터베이스에 PCA 알고리즘으로 미리 학습되어진 출입국자의 얼굴 정보를 획득하고 실제 출입국자 여권의 얼굴 정보의 특징 벡터를 추출한 후, 데이터베이스에서 획득한 얼굴 특징 벡터간의 유사도 측정을 통해 얼굴 인증을 하였다.

제안된 여권 인식 방법은 여권의 기울기를 보정함으로써 여권의 개별 코드 인식률을 개선하였으며 개선된 퍼지 ART 기반 RBF 네트워크 알고

리즘을 적용하여 인식한 결과, 36장의 여권에서 72개의 문자열 영역과 3168개의 개별 코드가 모두 인식되었다. 얼굴 인증 실험에서는 얼굴 특징 벡터의 유사도를 측정하는 PCA 알고리즘을 적용하여 여권의 위조 판별을 실험한 결과, 위조 여권 24장이 모두 위조 여권으로 판정되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 여권 인식과 얼굴 인증 방법이 효율적인 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 김시평, "출입국 관리 행정의 이론과 실제," 법무연구(제3호), 법무연수원, 1997.
- [2] 배재휘, 최진수, 심재창, 하영호, "방향성 다중모폴로지컬 필터를 이용한 영상 복원," 전자공학회논문지, 30B권 9호(1993), 888-895.
- [3] 김광백, "Passport Recognition using Fuzzy Binarization and Enhanced Fuzzy RBF Network," 퍼지 및 지능시스템 학회논문지, 14권 2호(2004), 222-227.
- [4] 김광백, 김문환, 노영욱, "RGB 컬러 정보와 퍼지 이진화를 이용한 차량 번호판의 개별 문자 추출," 한국해양정보통신학회논문지, 8권 1호(2004), 80-87.
- [5] Shaun Mariott and Robert F. Harrison, "A Modified Fuzzy ARTMAP Architecture for the Approximation of Noisy Mappings," *Proceedings of 1995 International Joint Conference on Neural Networks*, Vol.4 (1995).
- [6] Kim, K. B., Kim, S. S., Ha, S. A., "Recognition of Passports Using a Hybrid Intelligent Systems," *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3656(2005), 540-548.
- [7] Yager, R. P., "On a General Class of Fuzzy

- Connective," *Fuzzy Sets Systems*, Vol.4 (1988), 235-242.
- [8] Kim, K. B., "Recognition of Identifiers from Shipping Container Images Using Fuzzy Binarization and Enhanced Fuzzy Neural Network," *Lecture Notes in Artificial Intelligent*, LNAI 3613(2005), 761-771.
- [9] Martinez, A. M., Kak, A. C., "PCA versus LDA," *IEEE Trans., Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, Issue.2 (2001), 228-233.
- [10] P. L. Hallinan, G. G. Gordon, A. L. Yuille, P. Giblin, D. Mumford, Two- and Three-Dimensional Patterns of the Face, *A K Peters*, 1999.
- [11] Kim, K. B., "Intelligent Immigration Control System by Using Passport Recognition and Face Verification," *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3497(2005), 147-156.

Abstract

A Passport Recognition and Face Verification Using Enhanced Fuzzy ART Based RBF Network and PCA Algorithm

Kwang-Baek, Kim*

In this paper, passport recognition and face verification methods which can automatically recognize passport codes and discriminate forged passports to improve efficiency and systematic control of immigration management are proposed. Adjusting the slant is very important for recognition of characters and face verification since slanted passport images can bring various unwanted effects to the recognition of individual codes and faces. Therefore, after smearing the passport image, the longest extracted string of characters is selected. The angle adjustment can be conducted by using the slant of the straight and horizontal line that connects the center of thickness between left and right parts of the string. Extracting passport codes is done by Sobel operator, horizontal smearing, and 8-neighborhood contour tracking algorithm. The string of codes can be transformed into binary format by applying repeating binary method to the area of the extracted passport code strings. The string codes are restored by applying CDM mask to the binary string area and individual codes are extracted by 8-neighborhood contour tracking algorithm. The proposed RBF network is applied to the middle layer of RBF network by using the fuzzy logic connection operator and proposing the enhanced fuzzy ART algorithm that dynamically controls the vigilance parameter. The face is authenticated by measuring the similarity between the feature vector of the facial image from the passport and feature vector of the facial image from the database that is constructed with PCA algorithm.

After several tests using a forged passport and the passport with slanted images, the proposed method was proven to be effective in recognizing passport codes and verifying facial images.

Key words : Passport Recognition, Face Verification, Horizontal Smearing, 8-neighborhood Contour Tracking Algorithm, Enhanced Fuzzy ART Algorithm

* Dept. of Computer Engineering, Silla University