

SVM 결정법칙에 의한 얼굴 및 서명기반 다중생체인식 시스템

민 준 오^{*} · 이 대 종^{**} · 전 명 근^{***}

요 약

본 논문에서는 SVM에 기반을 둔 결정법칙에 의해 얼굴인식과 서명인식시스템으로 구성된 다중생체인식시스템을 제안하고자 한다. 이를 위해 퍼지 선형판별기법(Fuzzy Linear Discriminant Analysis : Fuzzy LDA)를 이용한 얼굴인식과 선형판별분석기법과 구간매칭기법을 이용한 서명인식을 구축하였다. 두 개의 단일생체인식시스템을 효과적으로 융합시키기 위해 우선 독립적인 두 개의 생체인식시스템에 의해 산출된 매칭도로부터 등록자(Genuine)와 침입자(Impostor)의 확률 분포 모델을 생성한 후, SVM(Support Vector Machine)에 의해 최종 인증하는 구조로 되어있다. 제안된 방법인 SVM기반 결정법칙을 적용하여 실험한 결과 기존에 결정법칙으로 많이 사용되고 있는 가중치합과 결정트리 방식에 비해 각각 1.654%와 3.3%의 인식을 향상을 나타내 제안된 방법의 우수성을 나타냈다.

Multi-modal Biometrics System Based on Face and Signature by SVM Decision Rule

Jun-Oh Min^{*} · Dae-Jong Lee^{**} · Myung-Geun Chun^{***}

ABSTRACT

In this paper, we propose a multi-modal biometrics system based on face and signature recognition system. Here, the face recognition system is designed by fuzzy LDA, and the signature recognition system is implemented with the LDA and segment matching methods. To effectively aggregate two systems, we obtain statistical distribution models based on matching values for genuine and impostor, respectively. And then, the final verification is performed by the support vector machine. From the various experiments, we find that the proposed method shows high recognition rates comparing with the conventional methods.

키워드 : 다중생체인식(Multi-modal Biometrics Recognition), SVM, 얼굴인식(Face Recognition), 서명인식(Signature Recognition), 생체인식(Biometrics Recognition)

1. 서 론

정보화 사회의 진행과 더불어 분실의 위험이 낮아지면서도, 조작이 쉽고 위/변조나 도용에 강한 인증 시스템의 필요성이 어느 때 보다도 높아지고 있다. 따라서, 이러한 필요성을 충족하는 새로운 형태의 신분 검증 방법으로 생체인식분야가 활발히 연구되어지고 있다. 이러한 생체인식분야의 대상으로는 지문, 얼굴, 홍채, 서명, 음성 등이 있다. 이 중, 얼굴은 매우 자연스러우면서도 직접적인 생체인식 방법으로 출입통제 및 보안 분야 뿐 아니라, 환경 친화적인 기계를 위한 자연스러운 인터페이스 측면에서도 매우 유용하다. 또한, 서명의 경우 오래 전부터 계약체결 등의 서류에 대한 증빙

목적으로 사용될 만큼 사용자에 친숙하며 거부감이 없는 인증수단으로 매우 다양한 곳에서 신뢰성을 인정받으며 쓰이고 있다.

얼굴인식에 대한 연구는 주성분분석기법(Principal Component Analysis : PCA)과 선형판별분석기법(Linear Discriminant Analysis : LDA)이 잘 알려져 있으며, 이를 확장한 많은 접근방법들이 있다. 예를 들면, Mixture-of-eigenfaces 방법[1], kernel PCA[2], enhanced FLD[3], 무상관된 판별변형[4] 등이 있다. 그러나, 얼굴인식시스템은 얼굴의 머리 또는 스타일의 변화와 같은 단기간의 변화 또는 세월의 흐름과 같은 장기간의 변화에 대해 심각한 인식을 저하를 가져온다는 단점을 지니고 있다. 이 뿐만 아니라 조명의 변화, 표정 변화, 동일 사용자의 안경착용에 따라 시스템 성능이 저하되므로 주로 소규모 얼굴인식시스템에 적용된다. 한편, 서명인식시스템은 서명인식 오프라인과 온라인으로 나누어 여러 가지 접근방법이 사용되고 있다[5-7]. 그러나, 서명인식시스

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00315-0) 지원으로 수행되었음.

† 준 회 원 : (주)아이디테크 연구원

** 정 회 원 : 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소

*** 정 회 원 : 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

논문접수 : 2004년 7월 22일, 심사완료 : 2004년 10월 27일

템의 경우도 다른 생체인식시스템과 달리 사칭자에 의해 전문 위조가 가능하고 동일인의 서명조차도 외부 환경 또는 내적인 요인에 의해 서명의 변이 차이로 시스템의 성능이 저하되는 문제점을 지니고 있다[3]. 따라서, 고 신뢰도의 생체인식 시스템을 구현하기 위해 여러 개의 생체 특징을 고려하는 다중 생체인식 기법에 관한 연구가 활발하게 연구되어 지고 있다. 그러나, 음성과 얼굴을 결합한 다중생체인식과 얼굴과 지문을 결합한 다중 생체인식시스템에 관련된 연구로 집중되어 있으며, 서명과 음성, 서명과 지문 및 서명과 얼굴을 결합한 다중생체인식 시스템으로의 연구는 최근 들어 시도되고 있는 단계이다[8-10].

본 논문에서는 SVM에 기반을 둔 결정법칙에 의해 얼굴인식과 서명인식시스템으로 구성된 다중생체인식시스템을 제안하고자 한다. 이를 위해 퍼지 선형판별기법(Fuzzy Linear Discriminant Analysis : Fuzzy LDA)를 이용한 얼굴인식과 선형판별분석기법과 구간매칭기법을 이용한 서명인식을 구축하였다. 제안된 결정법칙은 독립적인 두 개의 생체인식시스템에 의해 산출된 매칭도로부터 등록자(Genuine)와 침입자(Impostor)의 확률 분포 모델을 생성한 후, SVM(Support Vector Machine)에 의해 최종 인증하는 구조로 되어있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 2장에서는 얼굴인식시스템과 서명인식시스템에 대하여 간략히 서술한다. 3장에서는 얼굴인식시스템과 서명인식시스템을 효과적으로 결합시킬 수 있는 SVM 기반 결정법칙(Decision Rule)을 제안하고, 실험을 통하여 시스템 성능을 평가한다. 마지막, 4장에서 결론을 맺고자 한다.

2. 얼굴인식시스템과 서명인식 시스템

2.1 퍼지 기반 선형판별분석 기법에 기반을 둔 얼굴인식 시스템

일반적으로 선형판별분석기법은 분류를 위해 최적의 투영을 찾는 방법 중의 하나이다. 투영된 분산을 최대화하는 투영을 찾기 보다는 클래스간 분산(Between-Class Scatter : BCS) 행렬과 클래스내 분산(Within-Class Scatter : WCS) 행렬의 비가 최대가 되는 최적의 투영 행렬을 찾는 것이다. 그러나, 얼굴인식에 있어 기존의 선형판별분석기법은 특유의 성질을 고려하지 않고, 인식하고자 하는 얼굴을 결정하는데 있어서 동등한 중요성이 주어진다. 따라서, 퍼지 선형판별기법은 벡터를 특별한 클래스에 할당하는 것보다는 학습 데이터의 분포 수준에서 퍼지 소속도를 할당하는 방법이다. 즉, 퍼지 집합은 소속함수 $\mu: U \rightarrow [0, 1]$ 에 대한 특성함수의 개념을 일반화함으로써 유도되어진다. 주성분분석기법에 의해 변환된 특징벡터의 집합을 $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ 라 가정할 때 이 벡터들의 퍼지 분할 행렬은 c 클래스에서 각 벡터의 소속도로서 특성화 된다. 그것은 $c \times N$ 의 행렬 U 로 표현한

다. 여기서 $\mu_{ij} = \mu_i(x_j)$, $i = 1, 2, \dots, c, j = 1, 2, \dots, N$ 은 클래스 i 에서 x_j 의 소속도이다. 퍼지 분할 행렬 U 는 다음과 같은 식들을 만족해야 한다.

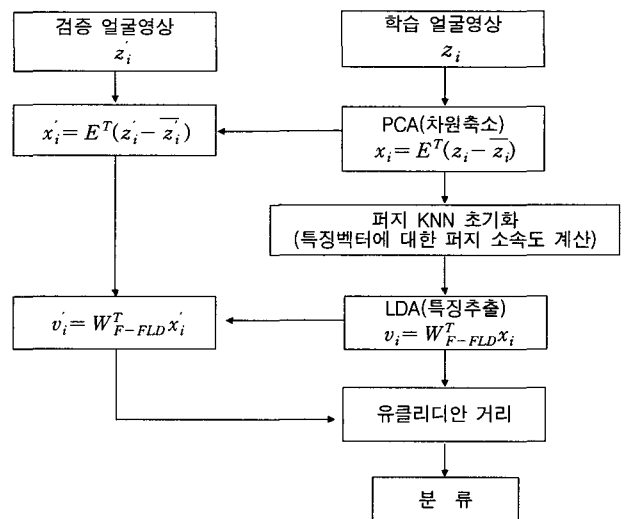
$$\sum_{i=1}^c \mu_{ij} = 1 \tag{1}$$

$$0 < \sum_{j=1}^N \mu_{ij} < N \tag{2}$$

$$\mu_{ij} \in [0, 1] \tag{3}$$

c 클래스에서 특징 벡터의 퍼지 소속도의 합은 항상 1이어야 하며, 두 개의 클래스의 경우에서, 예를 들어 0.5 근처의 소속도는 두 클래스에서 높은 소속도를 가짐을 의미한다.

(그림 1)에서는 얼굴인식 시스템에 적용된 퍼지 기반 선형판별 알고리즘의 계산과정을 나타내었으며, 퍼지 기반 선형판별분석기법에 의한 얼굴인식시스템 계산과정을 단계별로 살펴보면 다음과 같다[11].



(그림 1) 퍼지 Fisherface기반 얼굴인식시스템의 순서도

[단계 1] 얼굴인식을 위해 일반적으로 사용되고 있는 주성분분석기법에 의해 입력영상에 대한 특징벡터를 구한다.

$$x_i = E^T(z_i - \bar{z}) \tag{4}$$

여기서, $E = (e_1, e_2, \dots, e_r)$ 는 공분산 행렬로부터 계산된 r 개의 가장 큰 고유치에 해당하는 r 개의 고유벡터를 나타낸다. z_i 는 입력영상을 열벡터로 변환된 값을 나타내고, \bar{z} 는 학습영상의 평균벡터를 의미한다.

[단계 2] 학습 집합의 특징벡터들 사이의 유클리디안 거리(Euclidean distance)행렬을 구한 후 $i = j$ 경우에 영의 값을 가지기 때문에 거리 행렬에서 대각요소

의 값을 무한대(∞)로 정한다.

[단계 3] 거리 값이 작은 순서로 거리 행렬을 나열하고 k번째 근접 포인트까지 대응하는 클래스를 선택한 후 다음 식을 이용하여 j번째 패턴에 대한 i번째 클래스의 퍼지 소속도를 계산한다.

$$\mu_{ij}(x) = \begin{cases} 0.51 + 0.49(n_{ij}/k) & \text{if } i = j \\ 0.49(n_{ij}/k) & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (5)$$

여기서, n_{ij} 의 값은 j번째 데이터에서 i번째 클래스에 속하는 이웃들의 수이다.

[단계 4] 각 클래스 \hat{m}_i 의 평균값을 다음 식과 같이 특징벡터와 퍼지 소속도를 이용하여 계산된다.

$$\hat{m}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^N \mu_{ij}} \quad (6)$$

여기서, n_{ij} 의 값은 j번째 데이터에서 i번째 클래스에 속하는 이웃들의 수이다.

[단계 5] 클래스간 분산(Fuzzy Between-Class Scatter : Fuzzy BCS)행렬 S_{FB} 와 퍼지클래스내 분산(Fuzzy Within-Class Scatter : Fuzzy WCS)행렬을 구한다.

$$S_{FB} = \sum_{i=0}^c N_i (\hat{m}_i - \bar{m})(\hat{m}_i - \bar{m})^T \quad (7)$$

$$S_{FB} = \sum_{i=1}^c \sum_{x_k \in C_i} (x_k - \hat{m}_i)(x_k - \hat{m}_i)^T = \sum_{i=1}^c S_{FW_i} \quad (8)$$

[단계 6] 최적의 퍼지 투영행렬 W_{F-FLD} 와 퍼지 선형판별 분석기법에 의해 투영된 특징벡터를 각각 다음 식에 의해 산출한다.

$$W_{F-FLD} = \arg \max_w \frac{|W^T S_{FB} W|}{|W^T S_{FW} W|} \quad (9)$$

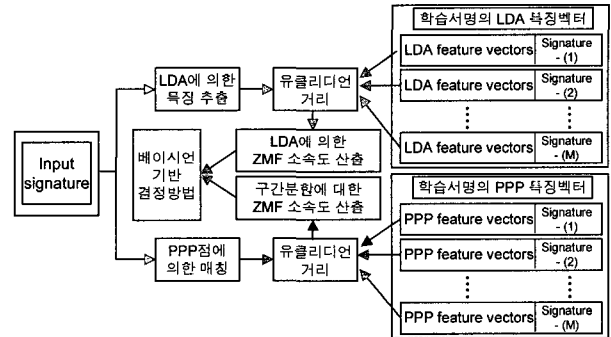
$$\hat{v}_i = W_{F-FLD}^T x_i = W_{F-FLD}^T E^T (z_i - \bar{z}) \quad (10)$$

[단계 7] 검증영상에 대해서도 위와 동일한 퍼지 선형판별 분석기법에 의해 특징벡터를 산출한 후 학습영상과 유클리디언 거리비교를 통해 최종 얼굴을 인식한다.

2.2 선형판별분석기법과 구간분할 매칭방법에 기반을 둔 온라인 서명 검증 시스템

본 논문에서는 서명인식에 많이 사용되고 있는 분절단위 비교방식의 문제점을 보완하기 위하여 선형판별분석기법과 융합한 새로운 온라인 서명 검증시스템을 제안한다. 제안한 온라인 서명 검증 시스템은 (그림 2)에서 보는 바와 같이 선형판별분석기법과 구간분할 매칭방법에 의해 산출된 소속도

를 베이시언 기반 결정법칙에 의해 최종 검증하는 구조로 되어있다.



(그림 2) 학습서명과 입력서명간의 유클리디언 거리 측정

입력 서명을 선형판별분석기법을 이용하여 특징 추출하는 과정을 설명하면 다음과 같다. 타블렛으로부터 입력서명의 X축 및 Y축의 X, Y 좌표값과 좌표값에 해당하는 시간 정보를 획득한 후 다음 식과 같은 서명의 입력값을 취득한다.

$$s_i = [x_1, y_1, t_1, x_2, y_2, t_2, \dots, x_n, y_n, t_n]^T \quad (11)$$

여기서, x_i, y_i 은 시간 t_i 에서의 온라인 입력서명의 X축과 Y축의 좌표값을 각각 의미한다.

다음으로 주성분분석기법에 의하여 서명의 특징벡터를 산출한다. 즉, 학습서명의 개수가 P개 일 경우 1차원 열벡터의 학습벡터를 s_1, s_2, \dots, s_p 로 표시하면, 학습서명에 대한 주성분분석기법에 의해 산출된 특징벡터는 다음 식에 의해 얻어진다.

$$z_i = v_i^T (s_i - m_s) \quad (12)$$

여기서, m_s 는 사용된 학습서명에 대한 평균벡터를, v_i 는 서명에 대한 고유벡터를 각각 나타낸다.

마지막 단계인 선형판별분석기법에 의해 입력서명 s_i 에 대한 특징벡터 $F = (F_1, F_2, \dots, F_N)$ 는 다음 식에 의해 산출된다.

$$F_i = W^T z_i = W^T v_i^T (s_i - m) \quad (13)$$

여기서, 최적의 투영행렬 w_i 는 식 (14)에 의해 얻어진다.

$$S_B w_i = \lambda_i S_W w_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^c n_i (m_i - m)(m_i - m)^T \quad (15)$$

$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{s \in C_i} (s - m_i)(s - m_i)^T \quad (16)$$

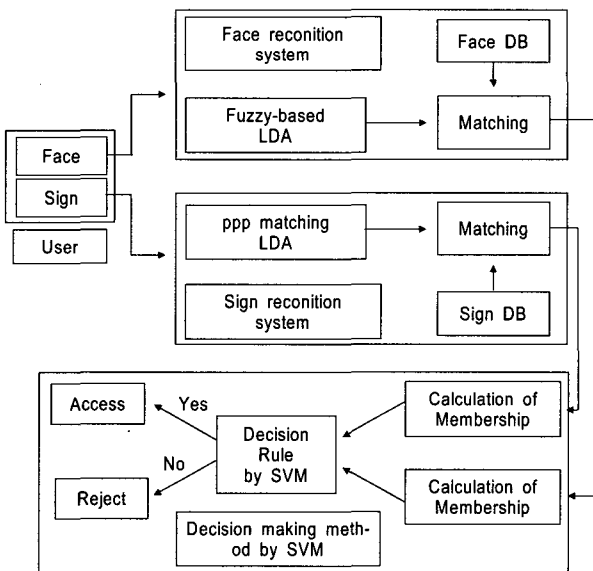
다음으로 분절단위 비교방식인 구간분할 매칭방법에 의한 비교방식을 설명하면 다음과 같다. 일반적으로 분절단위 비교방식에 의하여 서명 데이터를 분할할 경우 참조서명과 입력서명간에 비교되는 분할점, 즉 특징벡터를 안정적으로 추출하는 것은 검증성능과 직결될 만큼 중요시 다루어지는 부분이다. 본 논문에서는 동일서명간에 변이가 적은 1차원상의 Y축

의 봉우리를 기준 분할점으로 선택한 후 분할점 간에 위치한 특징벡터인 봉우리·계곡점들을 비교함으로써 구간적으로 안정된 분할이 이루어지도록 제안된 방법을 사용하였다[12].

선형판별분석기법에 의해 특징벡터와 구간분할 매칭에 의해 선택된 봉우리 및 계곡점에 대한 시간 T 를 대상으로 미리 저장된 학습벡터서명과 인식하고자 하는 입력서명간의 에러값을 각각 산출한 후 베이시안 식별기에 적용시키기 위해 Z모양의 소속함수를 이용하여 낮은 에러값이 높은 소속도를 갖도록 0과 1 사이값으로 정규화 하였다. Z-소속함수를 설정하기 위한 파라미터는 동일 서명내의 학습서명간의 유클리디언 거리를 측정 한 후 유클리디언 거리의 최소값과 최대값을 기준으로 Z-소속함수의 파라미터를 설정하였다. 최종 인증을 위해 선형판별분석기법과 구간분할매칭에 의해 각각 산출된 소속도를 이용하여 기존에 다중 감지 장치에 널리 사용되고 있는 베이시안 식별기를 이용하였다[13-14].

3. 얼굴과 서명을 이용한 다중생체인식 시스템의 구현

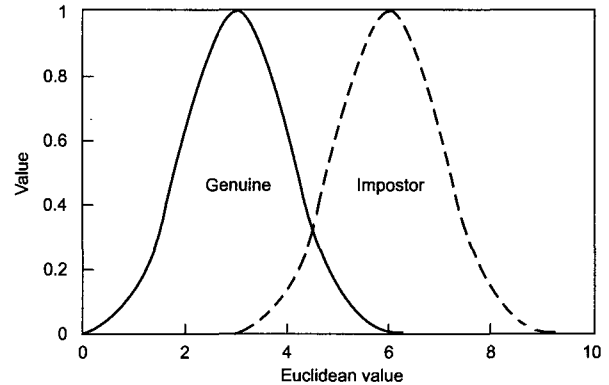
본 논문에서 제안한 SVM(Support Vector Machine)[15]을 이용한 다중생체 인식시스템의 전체 구조는 (그림 3)과 같다. 입력된 얼굴 이미지와 온라인 서명 데이터를 이용하여 각 인식대상에 대해 특징추출 알고리즘을 적용하고, 이미 학습된 얼굴 및 서명 데이터베이스와 비교하여, 각각의 경우에 있어 소속도를 부여하고, 결정공간을 형성한 후 SVM에 의해 최종 인증을 하는 구조로 되어 있다.



(그림 3) 제안된 SVM을 이용한 다중생체 인식시스템의 전체 구조

각각의 독립적인 얼굴 인식기 및 서명 인식기에서 산출된 에러값은 분포 범위와 의미가 서로 다르기 때문에 정규화과정을 행한다. 본 논문에서는 단순히 데이터의 범위를 [0, 1]

로 정규화하는 과정의에 등록자와 침입자간의 차별성을 극대화 할 수 있는 방법을 제안한다. 일반적으로 생체인식에 있어서, 등록자와 침입자의 매칭값의 분포는 매칭값에 대해 일정 간격을 두고, 서로 떨어진 두개의 가우시안 곡선을 형성한다고 알려져 있다[16]. 즉, x축을 유클리디언 거리값으로 보았을 때, 등록자와 침입자의 분포는 (그림 4)에서 보는 바와 같이 가우시안 분포특성을 갖는다.



(그림 4) 등록자와 침입자의 가우시안 분포

(그림 4)에서 $o_i, orig$ 는 개별 인식기의 매칭값, μ_i 는 개별 인식기 (i)에 대한 등록자 분포의 평균값, σ_i 는 개별인식기 (i)에 대한 등록자 분포의 표준편차일 경우 등록자와 침입자는 각기 $[\mu_i - 2\sigma_i, \mu_i + 2\sigma_i]$ 와 $[\mu_i + 2\sigma_i, \mu_i + 6\sigma_i]$ 에 약 95% 정도 분포되어 있으며, 실험을 통해 이러한 분포특성을 확인하였다[16].

이러한 결과에 근거하여, 본 논문에서는 식 (17)에 나타낸 시그모이드(sigmoid) 함수에 의해 정규화과정을 통해 데이터의 차별성을 극대화 함으로써 궁극적으로 이러한 정규화과정을 통해 시스템의 성능을 향상시키고자 하였다.

$$o_i = \frac{1}{1 + \exp(\tau_i(o_i, orig))} \tag{17}$$

$$\tau_i(o_i, orig) = \frac{o_i, orig - (\mu_i + 2\sigma_i)}{2\sigma_i} \tag{18}$$

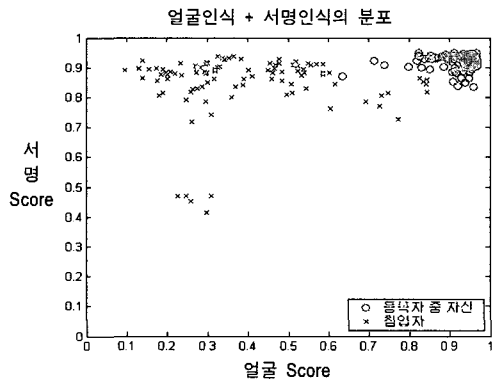
여기서, 서명인식의 결과는 얼굴인식의 유클리디언 거리에 대한 오차값과 달리, 가우시안에 의한 확률의 매칭값이므로 (그림 3)에서의 등록자와 침입자 분포 위치가 반대이다. 그러므로 서명인식의 경우 식 (17)과 식 (18)이 다음과 같이 변화된다.

$$o_i = \frac{1}{1 + \exp(\tau_i(-o_i, orig))} \tag{19}$$

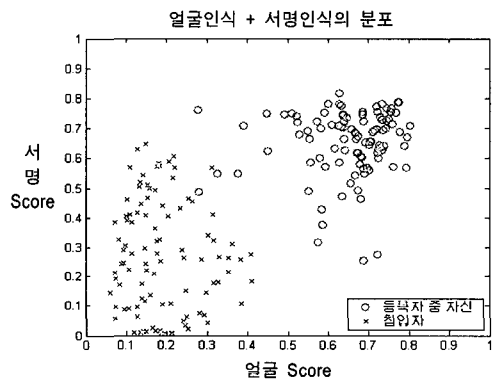
$$\tau_i(o_i, orig) = \frac{o_i, orig - (\mu_i - 2\sigma_i)}{2\sigma_i} \tag{20}$$

(그림 5)에서는 일반적인 정규화를 한 경우의 데이터 분포와 제안된 알고리즘을 이용한 경우의 데이터 분포를 나타

낸 것이다. 단순히 정규화만을 한 것 (그림 5)(a)의 경우 등록자와 침입자간의 경계가 매우 모호하며, 전체적으로 상위 부분으로 데이터들이 집중되어 있음을 알 수 있다. 하지만, 제안된 정규화 알고리즘을 적용한 (그림 5)(b)의 경우 등록자와 침입자의 경계 및 구분이 잘 되어 있고, 각각의 특성들을 더 명확하게 나타냄을 인지 할 수 있다.



(a) 일반적인 매핑에 의한 소속벡터 분포



(b) 제안된 알고리즘에 의한 소속벡터 분포

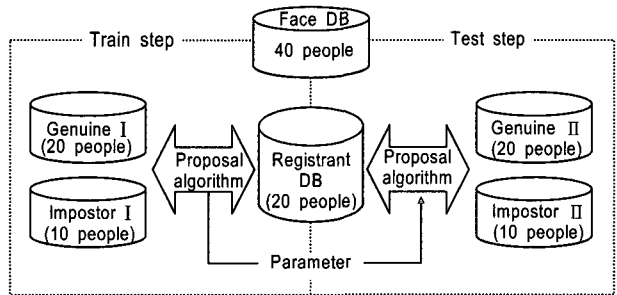
(그림 5) 결정공간상의 소속벡터 분포도 비교

본 논문에서는 얼굴인식기와 서명인식기의 융합을 위해 SVM을 적용하였다. 즉, 정규화과정을 통하여 산출된 (그림 5)(b)의 소속분포도를 이용하여 SVM 기반 결정법칙에 의해 최적의 경계 초평면을 도출하고자 한다. SVM을 결정하기 위해 사용되는 커널 함수는 아래와 같이 여러 종류가 있으며, 최적의 커널함수는 실험을 통하여 선택하고자 한다.

〈표 1〉 커널함수의 종류

종류	표현식
Linear	$K(x, y) = w_1 \cdot x + w_2 \cdot y + b$
Polynomial	$K(x, y) = [(x \cdot y) + 1]^d$
Gaussian Radial Basis	$K(x, y) = \exp \left[-\frac{(x-y)^2}{2\sigma^2} \right]$
Exponential Radial Basis	$K(x, y) = \exp \left[-\frac{\ x-y\ }{2\sigma^2} \right]$
B Spline	$K(x, y) = \exp \left[-\frac{\ x-y\ }{2\sigma^2} \right]$
Sigmoid	$K(x, y) = \tanh(ax \cdot y + b)$

제안한 다중생체인식기법의 성능을 평가하기 위해 사용된 CBNU 얼굴 DB 및 CBNU 서명 DB을 이용한 데이터 구성 방법을 (그림 6)에 나타냈다. CBNU 얼굴 데이터 베이스와 CBNU 서명 데이터베이스에 대해 각각 40명의 얼굴영상 및 서명에 대해 임의로 20명을 우선 추출하고, 개인당 10장의 이미지 중, 5장은 개별인식기의 학습데이터로 사용하였고, 나머지 5장 중 2장은 얼굴과 서명의 다중생체인식 과정에서의 각 분류 알고리즘의 최적의 파라미터를 선택하기 위한 설정단계의 평가 데이터로 사용하며, 나머지 3장은, 실제 검증단계에서의 데이터로 사용한다. 또한, 나머지 20명에 대해서는 침입자 데이터로 쓰이게 되며, 그 중, 10명은 설정단계에서의 평가데이터로 각 개인당 10장의 이미지 중 2장을 사용하게 되며, 나머지 10명은 검증단계에서의 데이터로 각 개인당 10장의 이미지 중 3장을 사용한다. 여기서, 침입자의 데이터를 개인당 10장의 이미지 중 2장과 3장만을 사용하는 것은, 등록자 데이터의 갯수와 동일하게 함으로써, 실험에서도 출되는 결과값들의 범위를 일치시켜 주기 위함이다.

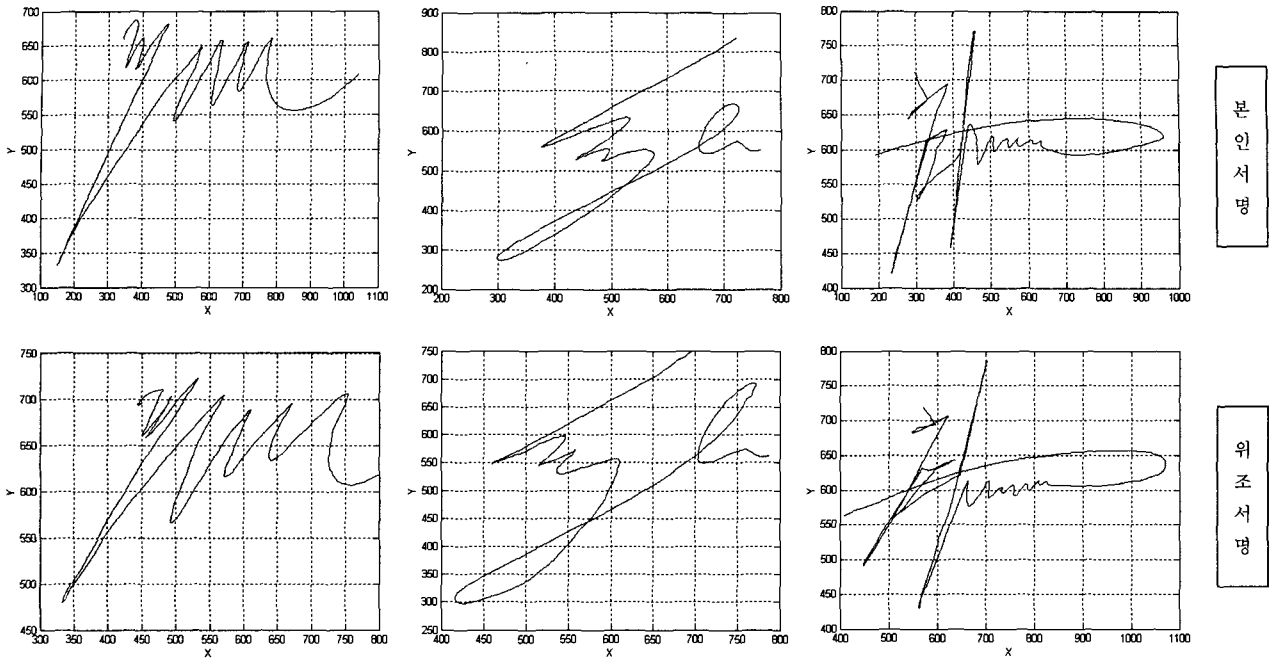


(그림 6) 다중생체인식 실험을 위한 데이터베이스 구성도

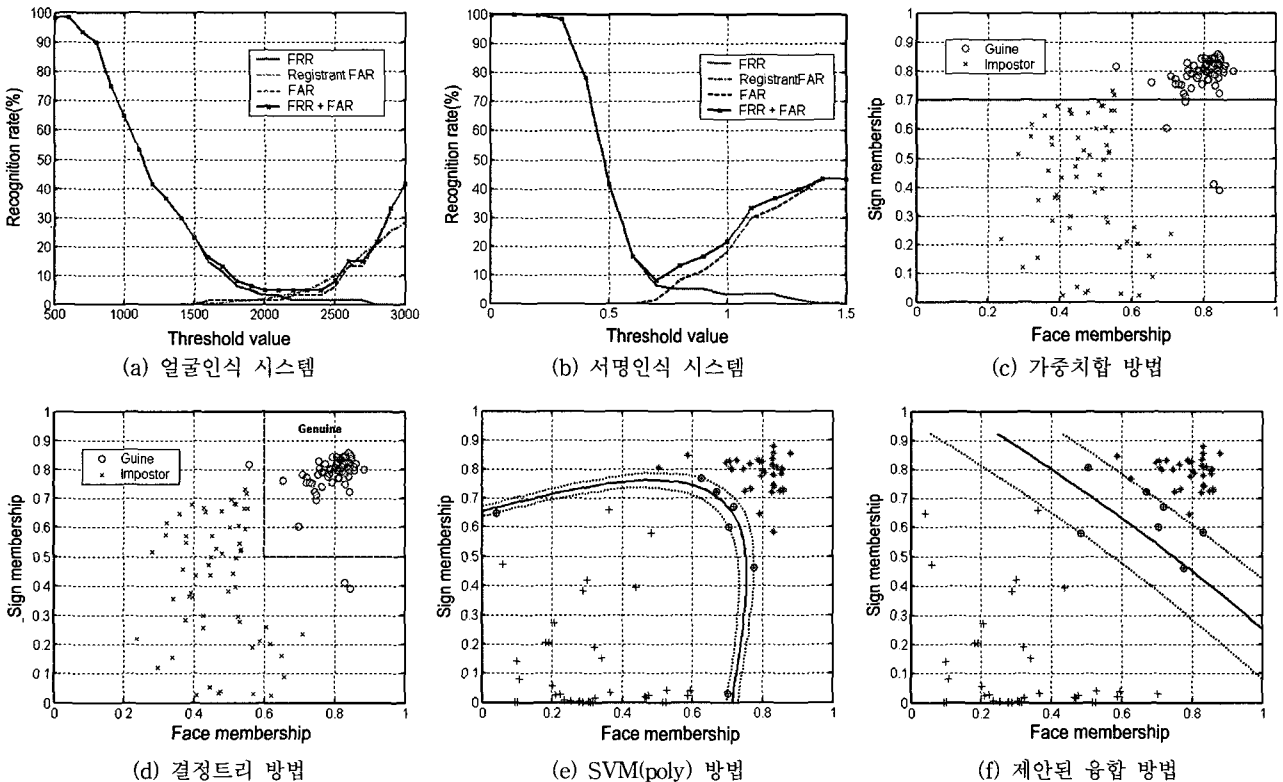
성능평가를 위한 실험에서는 제안된 SVM의 커널함수를 다항식(Polynomial), 방사기저(Radial basis function)의 두 가지 경우로 변화시키고, 각 경우에 도출된 초평면에 대해, FAR(False Access Rate : 오인식률)과 FRR(False Reject Rate: 오거부율)을 구하며, 최종적으로 이렇게 형성된 초평면으로부터, 검증데이터에 대한 FAR과 FRR을 구하여, (그 성능을 비교하도록 한다. 또한, 제안된 SVM 기법과의 비교를 위해, 가중치합(Weight sum rule) 방법[17]과 결정트리(Decision Tree) 방법[18]과 비교실험을 하였다. 우선, 실험에 쓰인 CBNU얼굴 데이터베이스와 서명 데이터베이스의 일부를 (그림 7)과 (그림 8)에 각각 나타내었다.



(그림 7) CBNU 얼굴 데이터베이스의 일부 영상



(그림 8) CBNU 서명 데이터베이스의 진서명과 위조서명의 일례



(그림 9) 검증단계에서의 실험 결과

(그림 9)에서 각각의 적용기법별로 실험한 결과를 나타냈다. (그림 9)(a) 및 (b)에서는 각각 얼굴인식시스템과 서명인식시스템에 의해 산출된 매칭값을 이용하여 FAR과 FRR의 특성을 나타냈다. 얼굴인식시스템 및 서명인식시스템의 성능평가를 위한 기준점으로는 우선 각각의 시스템으로부터

FAR과 FRR을 측정한 후 FAR과 FRR의 합이 최저가 되는 임계값을 선정하였다. 이러한 임계값을 적용하여 시스템 성능을 평가한 결과 얼굴인식시스템은 최종 검증단계에서 3.33%의 FRR, 1.66%의 FAR의 값을 나타내 FAR과 FRR을 합산할 경우 4.99%의 에러값을 나타냈다. 서명인식시스템의

경우에는 최종 검증단계에서 9.5%의 FRR, 9%의 FAR의 값을 나타내 FAR과 FRR을 합산할 경우 18.5%의 에러값을 나타내 얼굴인식시스템에 비하여 시스템 성능이 저조하게 나타났다. 이와 같은 이유는 얼굴의 경우 위조가 불가능하나 서명의 경우 정교한 위조서명에 의해 시스템의 성능이 저조한 이유라 할 수 있다.

(그림 9)(a) 및 (b)에 나타낸 얼굴인식과 서명인식 시스템에 의해 산출된 매칭도를 정규화 과정을 통해 얻어진 값을 이용하여 (그림 9)의 (c)~(f)에 나타낸 가중치합, 결정트리 방법, SVM(poly) 및 제안된 융합방법인 SVM(RBF)을 이용하여 최종 결정하도록 하였다. 우선, (그림 9)(c)의 가중치합은 학습단계에서 FRR과 FAR이 일치하는 점을 임계점으로 정하였으며, (그림 9)(d)의 결정트리방법은 설정단계의 데이터분포를 이용하여 최적의 결정트리를 설계하였다. 또한, (그림 9)(e) 및 (f)의 SVM방법은 설정단계의 데이터분포에 대해 SVM알고리즘을 적용하여 파라미터를 추출하였다.

검증단계에서의 실험결과 가중치합의 경우 0.66%의 FAR과 1%의 FRR을 나타냈으며, 결정트리의 경우 2.33%의 FAR과 1%의 FRR을 나타냈다. SVM의 경우 커널함수를 poly함수를 적용한 결과 0%의 FAR과 0.006%의 FRR을 나타냈으며, 커널함수를 RBF를 적용한 결과 0.003%의 FAR과 0.003%의 FRR를 나타내 poly 함수를 적용한 경우와 동일한 값인 0.006%의 FAR+FRR의 값을 나타냈다. 그러나, 결정함수 결정단계에서 SVM(poly)인 경우 0.005%의 FAR+FRR을 나타낸 반면에 본 논문에서 적용된 SVM(RBF)의 경우 0%를 나타내 보다 더 우수한 성능을 나타내었다. 이상의 결과로부터 SVM 기반 결정구조를 갖는 경우 기존에 결정법칙으로 많이 사용되고 있는 가중치합과 결정트리 방식에 비해 최적의 결정 경계면을 형성하고 있음을 확인하였다. 실험결과를 정리하여 <표 2>에서는 최적 경계면(임계값)에서 계산된 FAR과 FRR의 값을 결정법칙 결정단계와 검증단계로 구분하여 나타내었다.

<표 2> CBNU 얼굴DB와 CBNU 서명 DB의 비교실험 결과

(단위 : %)

Method \ Step	Setting step			Test step		
	FAR	FRR	FAR + FRR	FAR	FRR	FAR + FRR
Face	10	10	20	3.33	1.66	4.99
Signature	9.5	9	18.5	9.5	9	18.5
Weighted sum	2	0.5	2.5	0.66	1	1.66
Decision Tree	1	1	2	2.33	1	3.33
SVM (Poly)	0	0.005	0.005	0	0.006	0.006
SVM (RBF)	0	0	0	0.003	0.003	0.006

4. 결 론

본 논문에서는 퍼지 선형판별기법을 이용한 얼굴인식 방

법과 온라인 서명에 있어서는 선형판별분석기법을 이용하여 진서명간의 작은 변이를 완화시키면서, 위조서명과의 구분력을 높이기 위해 구간분할매칭 방법을 베이지안 기반 결정법칙에 의해 융합하는 방법을 사용하였고, 이러한 두가지 생체인식 결과를 자기자신과 침입자간의 확률적 분포 모델을 이용하여, 결정공간상에 더욱 더 효율적인 소속벡터로 나타낼 수 있었으며 이를 SVM을 이용하여 등록자와 침입자의 결정 경계를 최적화 시키는 하나의 완전한 다중생체인식시스템을 제안하였다. 제안된 다중생체인식 알고리즘의 평가를 위해, 일반적인 분류방법으로 주로 쓰이는 방법과의 비교 실험을 수행한 결과 제안된 알고리즘이 우수한 성능을 갖고 있음을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 얼굴과 서명 뿐 아니라, 향후, 다른 종류의 생체 특징을 융합하는 방식에도 효율적으로 쓰일 수 있을 것으로 생각된다. 이는 SVM 방법에서, 최적의 이진 분류 평면을 형성하는 특징으로부터 그 가능성을 유추할 수 있다. 또한, 다양한 종류의 결정 인자들을 효율적으로 분류하여, 판단을 내릴 수 있는 지능형 의사결정 분야에도 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. C. Kim, D. Kim, S. Y. Bang, "Face recognition using the mixture-of-eigenface method," *Pattern Recognition Letters*, Vol.23, pp.1549-1558, 2002.
- [2] K. I. Kim, K. Jung, H. J. Kim, "Face recognition using kernel principal component analysis," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.9, No.2, pp.40-42, 2002.
- [3] C. Liu, H. Wechsler, "Gabor feature based classification using the enhanced fisher linear discriminant model for face recognition," *IEEE Trans., Image Processing*, Vol.11, No.4, pp.467-476, 2002.
- [4] Z. Jin, J. Y. Yang, Z. S. Hu, Z. Lou, "Face recognition based on the uncorrelated discriminant transformation," *Pattern Recognition*, Vol.34, pp.1405-1416, 2001.
- [5] Pavlidis L, Mavuduru R, Papanikolopoulos N., "Off-line Recognition of Signatures Using Revolving Active Deformable Models," *IEEE Conf., Humans, Information and Technology*, Vol.1, pp.771-776, 1994.
- [6] Kaewkongka T., Chamnongthai K., Thipakorn, B., "Off-line Signature Recognition Using Parameterized Hough Transform," *ISSPA'99, Proceedings of the Fifth International Sympo., Signal Processing and Its Applications*, Vol.1, pp. 451-454, 1999.
- [7] Ma Mingming, Wijesoma W. S., Sung E., "An automatic on-line signature verification system based on three models," *2000 Canadian Conf., Electrical and Computer Engineering*, Vol.2, pp.890-894, 2000.

- [8] 전명근, 생체인식(Biometric) 총론, 한국정보통신교육원, 2002.
- [9] Sung-Bae Cho, Jin H. Kim, "Multiple Network Fusion Using Fuzzy Logic," IEEE Trans., Neural networks, Vol. 6, No.2, 1995.
- [10] Lin Hong, Anil Jain, "Integrating Faces and Fingerprints for Personal Identification," IEEE Trans., Pattern analysis and machine intelligence, Vol.20, No.12, 1998.
- [11] 콧근창, 고희주, 전명근, "퍼지 소속도를 갖는 Fisherface 방법을 이용한 얼굴인식", 정보과학회 논문지 : 소프트웨어및응용, Vol.31, No.6, pp.784-791, 2004.
- [12] Sang-Yeun Ryu, Dae-Jong Lee, Myung-Geun Chun, "A Robust On-line Signature Verification System," International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 3, No.1, pp.27-31, 2003.
- [13] Viswanathan, R., Varshney, P. K., "Distributed detection with multiple sensors I. Fundamentals," IEEE Proc., Vol. 85, pp.54-63, 1997.
- [14] Krzysztofowicz, R., Long, D., "Fusion of detection probabilities and comparison of multisensor systems," IEEE Trans., Systems, Man and Cybernetics, Vol.20, pp. 665-677, 1990.
- [15] Vapnik, V., *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer, 1995.
- [16] Richard O.duda, Peter E.Hart, David G.Stork, *Pattern Classification*, Second Edition, Wiley&Sons, Inc., 2001.
- [17] Arun Ross, Anil Jain, "Information fusion in biometrics," Pattern Recognition Letters, Vol.24, pp.2115-2125, 2003.



민 준 오

e-mail : elsirion@empal.com.
 2002년 충북대학교 전기전자공학부(학사)
 2004년 충북대학교 제어계측공학과
 (공학석사)
 2004년~현재 (주)아이디테크 연구원
 관심분야 : 얼굴인식, 다중생체인식



이 대 종

e-mail : leebigbell@hanmir.com
 1995년 충북대학교 전기공학과(학사)
 1997년~2002년 충북대학교 전기공학과
 (공학석사)
 2003년~현재 충북대학교 컴퓨터정보통신
 연구소

관심분야 : 음성신호처리, 서명인식, 다중생체인식



전 명 근

e-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr
 1987년 부산대학교 전자공학과(학사)
 1989년~1993년 한국과학기술원 전기 및
 전자공학과(공학석사)
 1993년~1996년 삼성전자 자동화연구소
 선임연구원

2000년~2001년 University of Alberta 방문교수
 1996년~현재 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수
 관심분야 : Biometrics, 감정인식, 음성신호처리, 얼굴인식