

온라인 서명 검증을 위한 필기의 구조적 표현

김성훈*

A Structural Representation of Handwritings for Automatic On-line Signature Verification

Seong Hoon Kim

Abstract

In conventional approaches such as a functional approach or a parametric approach to online signature verification, which could not deal with the local shape of signature, much various important informations inherent in the local part of signature shape have been overlooked. In this paper, we try a structural approach in which a signature is represented as a structural form of handwriting primitives and the local parts along a signature handwriting can be selectively compared according to their discrimination power in the process of signature verification. As a result, the error rate is diminished in the case that the weights of subpattern units is applied into comparing process, which is the degree of discrimination power of local part. And also, the global variation and complexity of each signature extracted from the analysis of local shape is found useful in determining the decision threshold more precisely.

Key Words: on-line signature verification, structural representation of handwritings, local shape analysis, handwriting complexity

1. 서론

지금까지의 온라인 서명 검증에 대한 접근은 크게 두 가지로 함수적 접근[1-3]과 매개변수적 접근[4-5]으로 나뉘어지는데, 두 접근 방법의 한계는 서명을 구성하는 국부적인 형태를 고려하지 않고 서명을 표현하여 서명에 존재하는 다양한 정보들(기본적인 형태의 조합, 국부적인 변형 형태, 복잡한 정도, 검증에 유용한 정도 등)을 끌어내어 사용하지 못하였기 때문에 발생하는 문제들로 분석된다.[6]

	함수적 접근	매개변수적 접근
특징 및 비교 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 특징의 수 제한 - 비교시 모양 불일치 발생 - 비교과정에서 시간소비 과다 	<ul style="list-style-type: none"> - 개인별로 유용한 특징 선택 - 국부적인 부분에서의 특징 사용 불가
등록 (학습 과정)	<ul style="list-style-type: none"> - 비교 대상 과다 - 변형에 약함 	<ul style="list-style-type: none"> - 국부적인 중요도 반영 불가 - 변형부분의 처리 곤란
임계치 설정	샘플들간의 거리의 평균값 또는 편차에만 의존	

이 연구에서는 서명 검증에 대한 새로운 접근 방법으로, 서명의 표현을 서명의 구성 요소들로 나타내고, 국부적으로 중요한 부분을 선택적으로 사용하는 구조적인 접근 방법을 제안한다. 이 논문에서는 원시 패턴을 정의하는데, 사람의 필기 생성 과정의 인지적 이론에 의하여[7-8], 최소 속력점을 분할점으로 하여 얻어지는 부분을 원시 패턴으로 정의하고, 방향 변화에 의해 얻어지는 단순 회전형 성분, 첨형 성분, 중형 성분의 세 가지 종류를 서브패턴으로 정의하여 서명을 구조적으로 표현하였다.

그리고 동일 부분의 정합 방법으로 서브패턴을 기본 단위로 한 동적 프로그래밍 정합 방법에 병합(merging) 연산을 추가하여 서브패턴의 변형을 흡수할 수 있도록 하였다. 이를 바탕으로 국부적인 부분에 대해 학습 샘플들

로부터 변화도와 복잡도를 추출하여 참조 패턴의 학습과 진위 판단 임계치를 설정하였다.

2. 필기의 구조적 표현

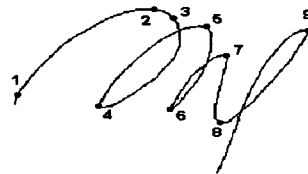
서명은 사람이 오랜 기간 동안 숙달된 필기 행동이라 볼 수 있고, 필기 행동의 명령을 생성하는 인지 과정(cognitive process)과 대뇌 피질에서 수신경로의 전달과 근육세포의 수축이완 작용을 행하는 지각과정(perceptive process)로 이루어진다.[7]

필기 행동에는 다음과 같은 특성이 있다.

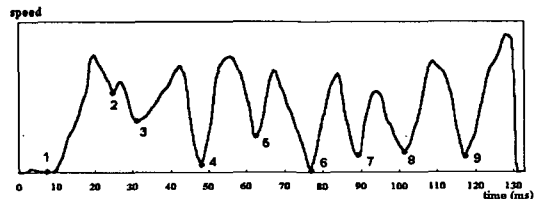
[특성 1] 필기 행동은 장기 기억 장소에 기억된 근육 제어 프로그램의 명령들에 의해 생성된다.

[특성 2] 필기 행동 제어의 최소 단위는 곡률의 크기가 국부적으로 가장 큰 지점을 목표점으로 하여 형성되는 원호획(circular stroke)이다.

[특성 3] 숙달된 필기 행동의 근육 제어 프로그램은 속도를 제어하는 명령들의 집합이다.



(a)



(b)

<그림 1> 속력 그래프에서의 극소점

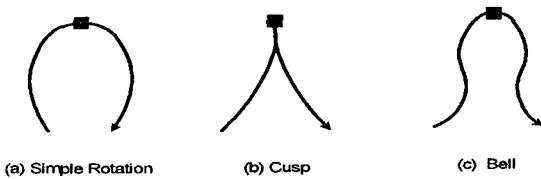
2.1 원시패턴의 정의

서명이 분할되는 점이 서명의 위치이동(translation), 크기(size), 회전(rotation)의 변

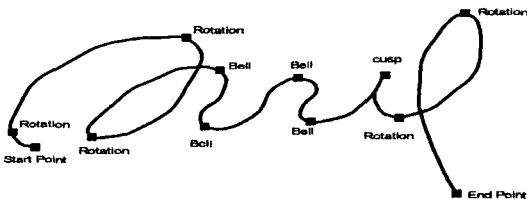
화에 불변이고, 동일한 서명의 샘플들간에 국부적인 변화가 있더라도 동일부분에서는 일관성있는 분할점을 얻기 위해 앞서 살펴본 필기 행동 특성에 기초하여 최소 속력점(minimal speed point)를 분할점으로 하여 얻어지는 부분획을 원시 패턴으로 사용하였다. <그림 1>에서 필기의 굴곡점 부위가 최소 속력점으로 나타남을 알 수 있다.

2.2 서브패턴의 형성 및 구분

필기 곡선의 모양은 원시 패턴의 연결 형태에 따라 결정된다. 현재의 원시 패턴의 유형과 다음 원시 패턴의 유형, 그리고 연결되는 회전 각도가 국부적인 모양을 결정하는데 중요한 요소가 된다. 서브패턴의 유형은 3가지 종류로 단순 회전(rotate), 첨형(cusp), 종형(bell)이 있다.



<그림 2> 원시 패턴의 3가지 연결 형태



<그림 3> 서명에서의 3가지 연결 유형의 예

서명에서의 원시 패턴들간의 연결 형태를 보면 <그림 3>에서 보인 것처럼 국부적인 부분에서 3가지 유형중의 하나로 나타나는 것을 알 수 있다. 이 서명은 'rotate - rotate - rotate - bell - bell - bell - bell - cusp - rotate - rotate' 의 연결 순서로 서명이 이루어진다.

2.3 서브 패턴의 정합 방법

패턴 인식에서 연속된 일련의 스트링을 비교하기 위한 방법으로 DP 정합 방법이 주로 사용되는데, 서브패턴 단위로 나타내어진 필기 곡선에 대해 적용하고자 하는 경우, 추가 및 삭제의 변형 처리와 함께 병합(merge) 연산이 필요하다.

DP 정합 방법에서 중간과정까지의 차이계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 k=1, g(c(k)) &= g(1,1) = dc(1) \\
 k \geq 2, g(c(k)) &= g(i,j) \\
 &= \underset{d(k-1)}{Min} [g(c(k-1)) + d(c(k))] \quad (1)
 \end{aligned}$$

이때, $c(k-1)$ 은 $\{(i,j-1), (j-1,i), (i,i)\}$ 이다.

식 (1)에서 중간 정합 과정까지의 차이값의 계산에서 가상적인 구성 요소 (imaginary element)와 매핑이 되도록 삽입 또는 삭제 연산은 가상적인 구성 요소로 바로 이전의 구성 요소로 가정한 경우이다. 만약, 워핑을 위해 추가적으로 삽입되는 구성 요소를 임의의 null point라 하고, 추가와 삭제의 연산과 함께 병합 연산이 가능한 조건에서는 식 (1)의 중간 정합까지의 누적차이값은 다음과 같이 바뀐다.

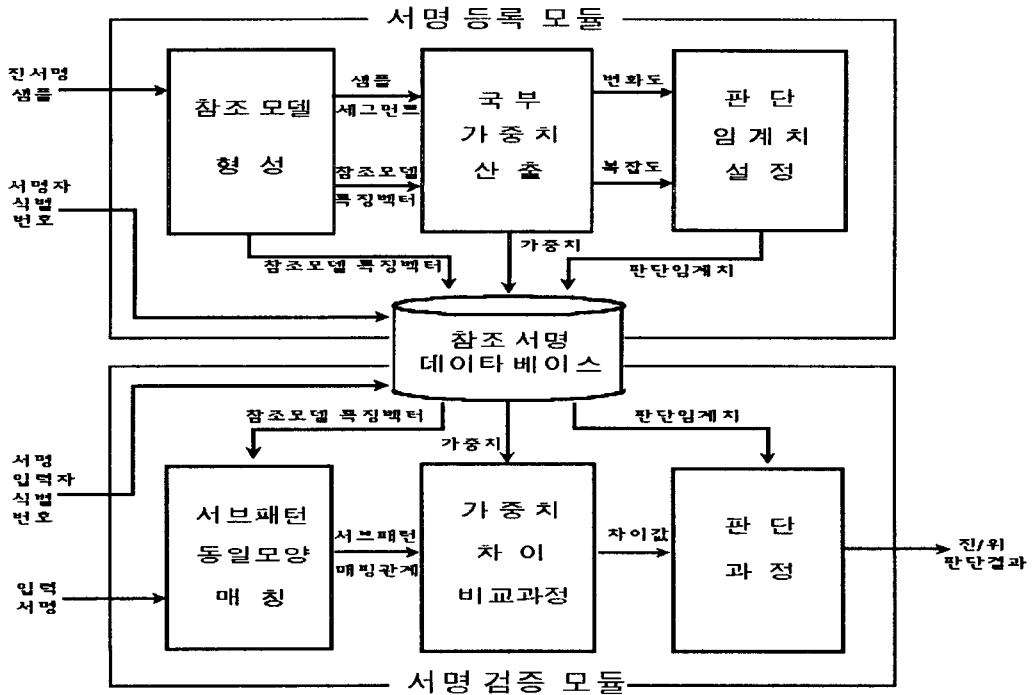
$$g(c(k)) = \underset{Min}{\left[\begin{array}{l} g(i-1, j-1) + d(i, j), \\ g(i, j-1) + d(null, j), \\ g(i-1, j) + d(i, null), \\ g(i-1, j-2) + d(i, m(j, j-1)), \\ g(i-2, j-1) + d(m(i, i-1), j) \end{array} \right]} \quad (2)$$

여기서, $m(i, i-1)$ 또는 $m(j, j-1)$ 은 두 서브패턴을 하나로 병합하는 연산이다.

3. 서명 검증 기법

제안된 서명 검증 방법은 기존의 서명 검증 방법에 비해 다음과 같은 특성을 갖는다.

1. 서명을 구조적으로 표현한다.
2. 서명의 구성 성분들에 대해 국부적으로



<그림 4> 서명 검증 시스템의 구성도

서명 검증에 중요한 부분을 선택적으로 사용할 수 있도록 한다.

3. 최종 판단 임계치의 결정을 서명의 전체 변화도와 복잡도에 의해 결정함으로써 검증 오류율을 안정시킨다.

이와 같은 특성을 지닌 서명 검증 시스템의 구성을 <그림 4>에 보이고 있다.

3.1 서명 등록 모듈

새로운 서명을 등록하는 과정은 서명자의 식별 번호와 함께 M개의 진서명 샘플(대개, M은 20개 내외)을 입력받아 진서명에 대한 참조 데이터를 만드는 과정이다.

3.1.1 참조 모델 형성 모듈

3.1.1.1 분할 및 특징 추출 과정

서명 샘플들의 집합을 S라 하자

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m, \dots, S_M\} \tag{3}$$

여기서, M은 샘플의 개수이다.

서명 샘플 S_m 이 분할 과정을 거쳐 서브패턴 단위의 세그먼트로 구성된 경우, 다음과 같이 표현한다.

$$S_m = [s_1^m, s_2^m, s_3^m, \dots, s_n^m, \dots, s_{N_m}^m] \tag{4}$$

여기서, N_m 은 서명 샘플 S_m 의 세그먼트의 개수이다.

s_n^m 은 m번째 샘플의 n번째 세그먼트를 나타내는 특징 벡터이다.

$$s_n^m = [\text{특징1}, \text{특징2}, \dots, \text{특징}k, \dots, \text{특징}K] \\ = [s_{n,1}^m, s_{n,2}^m, \dots, s_{n,k}^m, \dots, s_{n,K}^m] \quad (5)$$

여기서, K는 특징의 개수이다.

<표 1> 세그먼트의 특징들

특징들	설 명
특징 1	세그먼트의 폭
특징 2	길이
특징 3	첫번째 피크의 폭
특징 4	두번째 피크의 폭
특징 5	두 원시 패턴의 연결 각도
특징 6	세그먼트의 필기 시간
특징 7	최대 속도
특징 8	평균 속도
특징 9	최대속력 - 평균 속력
특징 10	최대 압력
특징 11	최소 압력
특징 12	평균 압력
특징 13	최대 압력 - 최소 압력
특징 14	최대 압력 - 평균 압력

3.1.1.2 동일 모양의 서브패턴 매칭 과정

M개의 서명 샘플들에 대해 임의의 기준 샘플을 지정하여 다른 샘플들과 서브 패턴 단위의 DP 매칭을 행하고, 이 과정을 기준 샘플을 다른 샘플로 바꾸어 반복 수행하여, DP 매칭의 차이값의 평균이 최소가 되는 기준 샘플을 찾는다. 그리고 기준 샘플을 참조 모델의 기본틀로 지정한다.

$$\min_{S_i \in S} \left[\sum_{S_j \in S} D(S_i, S_j) \right] \quad (6)$$

여기서, $D(S_i, S_j)$ 는 서브패턴 단위의 DP 정합의 차이 계산값이다.

3.1.1.3. 고정 세그먼트 그룹핑 과정

선택된 기준 샘플의 각 세그먼트들에 대해

매칭 워핑 함수로부터 다른 샘플들에서의 세그먼트를 그룹핑하는 과정이다. 그룹핑 세그먼트들은 워핑함수가 proper matching이 이루어진 경우의 세그먼트만을 선택한다.

$$G_n = \{g_1^n, g_2^n, g_3^n, \dots, g_{I_n}^n\}, \quad i \leq n \leq N_r \quad (7)$$

I_n 은 proper matching된 샘플 세그먼트의 개수이다.

3.1.1.4 세그먼트의 특징 벡터의 산출

참조 모델 R의 각 세그먼트들의 특징 벡터는 그룹핑된 고정 세그먼트들로부터 중심값과 표준편차로 구성된다.

$$r_n = \langle m_n, \sigma_n \rangle, \quad 1 \leq n \leq N_r \\ m_n = [m_1^n, m_2^n, \dots, m_k^n, \dots, m_K^n] \\ \sigma_n = [\sigma_1^n, \sigma_2^n, \dots, \sigma_k^n, \dots, \sigma_K^n] \quad (8)$$

$$m_k^n = \frac{1}{I_n} \sum_{i=1}^{I_n} g_{i,k}^n \quad (9)$$

$$\sigma_k^n = \sqrt{\frac{1}{I_n} \sum_{i=1}^{I_n} (g_{i,k}^n - m_k^n)^2} \quad (10)$$

3.1.2. 국부적 가중치 산출 모듈

세그먼트에 대한 가중치는 국부적인 변화도와 복잡도에 의해 산출된다. 국부적인 변화도는 다음과 같이 정의된다.

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_n, \dots, v_N] \\ v_n = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M d(r_n, s_n^m) \quad (11)$$

$$\text{여기서, } d(r_n, s_n^m) = \sqrt{\sum_{k=1}^K \left(\frac{s_{n,k}^m - m_k^n}{\sigma_k^n} \right)^2} \quad (12)$$

국부적인 복잡도는 Plamondon의 정의[7]에서 서브패턴유형의 반복에 의한 감쇄효과를

추가하여 다음과 같이 설정한다.

$$C = [c_1, c_2, \dots, c_n, \dots, c_{N_r}]$$

$$c_n = \left\{ 1 + 0.9 \sum_{j=1}^{L_{\min(n)}} \frac{\theta(n, j)}{L_{\min(n)} \frac{\pi}{2}} \right\} \frac{|L(n+1) - L(n)|}{L(n+1) + L(n)} \frac{L(n)}{T(n)} * K^{r(n)} \quad (13)$$

단, $r(n)$ 은 세그먼트 n 의 같은 형태 반복 횟수이다. K 는 반복시의 difficulty의 감쇄효과 상수이다.

이때, 국부적 가중치는 다음과 같이 정의한다.

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n, \dots, w_{N_r}]$$

$$w_n = \sqrt{\frac{1}{(1 + \exp(\frac{c_n - m_c}{\sigma_c})) (1 + \exp(\frac{m_{v_n} - v_n}{\sigma_{v_n}}))}} \quad (14)$$

3.1.3 판단 임계치의 설정

판단 임계치는 기존의 변화도에 의한 설정 방법에 복잡도의 요소를 추가하여 설정한다. 참조 모델 R 과 서명 샘플 S_m 의 전체 상이도는 다음식에 의해 결정된다.

$$Diss(R, S_m) = \frac{\sum_{n=1}^{N_r} d(r_n, s_n^m) \cdot w_n}{\sum_{n=1}^{N_r} w_n} \quad (15)$$

샘플 집합으로부터 전서명의 전역 변화도는 상이도의 평균으로 정의된다.

$$\mu = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Diss(R, S_m) \quad (16)$$

기존의 설정방법은 변화도만에 의해 다음과 같이 설정되어 사용하였다.

$$\theta = c \cdot \mu \quad (\text{여기서 } c \text{는 상수}) \quad (17)$$

위 식에서 c 값은 모든 서명들에 고정된 상

수로 취급하였다. 그러나, 서명이 복잡한 경우에는 c 값이 상대적으로 커지며, 서명이 단순한 경우 c 값이 작아지는 사실이 관찰되었다. 이를 서명의 전체 복잡도에 대한 선형적인 관계로 모델링하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$c = p \cdot c_{total} + q \quad (18)$$

$$\text{여기서, } c_{total} = \sum_{n=1}^{N_r} c_n$$

p 와 q 는 상수이며, 9개의 서명에 의해 통계적 실험에 의해 결정하여 사용한다.

3.2 서명 검증 모듈

서명검증은 입력된 서명과 참조 모델간에 먼저 동일 한 형태를 갖는 세그먼트들끼리의 매핑 관계를 세그먼트 단위의 DP 정합에 의해 구하고, 식(15)에 의한 가중치 거리를 구한다. 다음, 비교 차이값이 저장된 임계치보다 작으면 진서명므로, 그렇지 않으면 모조서명므로 판정한다.

4. 실험 및 고찰

실험환경은 9사람의 진서명므로 구성되어 있다. 이 때, 한 사람의 서명은 120개의 진서명과 다른 사람들이 위조한 120개의 모조서명므로 구성된다. 한 사람의 서명 내에서 진서명 집합으로부터, 20개의 샘플을 추출하여 참조 모델을 구하는데 사용되었고, 이를 제외한 나머지 중에서 진서명 오인율을 구하기 위하여 100개의 진서명을 사용하였다. 또한, 각 사람별로 모조서명 오인율을 구하기 위하여 각 서명별로 1개월간 모조 연습을 행한 숙련된 모조자로부터 100개의 모조서명 샘플을 획득하여 실험하였다.

각 사람의 서명에 대해 식(17)의 판단임계치를 결정하는 파라미터 c 값을 바꾸어가면서 진서명 오인율과 모조서명 오인율의 평균 오인율을 구하는 실험을 행하였다.

<표 2> 국부적 가중치를 사용하지 않은 경우

id c	ldh	lms	sju	jac	ses	moo	jks	jjw	rsh	평균
1.30	0.23	0.20	0.29	0.29	0.33	0.31	0.20	0.25	0.19	0.25
1.35	0.19	0.16	0.24	0.27	0.29	0.28	0.14	0.22	0.17	0.22
1.40	0.16	0.12	0.17	0.25	0.28	0.23	0.12	0.17	0.14	0.18
1.45	0.11	0.08	0.15	0.23	0.27	0.20	0.10	0.15	0.12	0.16
1.50	0.10	0.05	0.12	0.19	0.25	0.17	0.09	0.14	0.10	0.14
1.55	0.45	0.31	0.08	0.10	0.19	0.03	0.01	0.04	0.03	0.14
1.60	0.47	0.37	0.13	0.15	0.22	0.03	0.01	0.03	0.03	0.16
1.65	0.48	0.41	0.16	0.20	0.25	0.03	0.01	0.03	0.03	0.18
1.70	0.49	0.44	0.25	0.24	0.27	0.03	0.00	0.03	0.03	0.20
1.75	0.49	0.47	0.29	0.28	0.27	0.04	0.00	0.03	0.03	0.21
1.80	0.50	0.49	0.33	0.29	0.28	0.07	0.00	0.02	0.03	0.22

<표 3> 국부적 가중치를 사용한 경우

id c	ldh	lms	sju	jac	ses	moo	jks	jjw	rsh	평균
1.30	0.10	0.05	0.12	0.19	0.25	0.17	0.09	0.14	0.10	0.14
1.35	0.11	0.03	0.09	0.17	0.23	0.14	0.06	0.09	0.08	0.11
1.40	0.16	0.01	0.07	0.13	0.21	0.12	0.05	0.06	0.06	0.10
1.45	0.24	0.03	0.06	0.09	0.19	0.10	0.05	0.05	0.05	0.10
1.50	0.30	0.08	0.06	0.08	0.18	0.08	0.04	0.04	0.04	0.10
1.55	0.38	0.14	0.05	0.08	0.18	0.07	0.03	0.04	0.03	0.11
1.60	0.41	0.22	0.05	0.07	0.17	0.05	0.01	0.04	0.03	0.12
1.65	0.45	0.31	0.08	0.10	0.19	0.03	0.01	0.04	0.03	0.14
1.70	0.47	0.37	0.13	0.15	0.22	0.03	0.01	0.03	0.03	0.16
1.75	0.48	0.41	0.16	0.20	0.25	0.03	0.01	0.03	0.03	0.18
1.80	0.49	0.44	0.25	0.24	0.27	0.03	0.00	0.03	0.03	0.20

<표 4> 변화도와 복잡도를 반영한 경우
 $(\theta = c \cdot (0.2 \cdot c_{total} + 0.8) \cdot \mu)$

id c	ldh	lms	sju	jac	ses	moo	jks	jjw	rsh	평균
1.30	0.25	0.11	0.29	0.26	0.16	0.32	0.02	0.05	0.00	0.16
1.35	0.20	0.06	0.25	0.22	0.13	0.22	0.01	0.03	0.00	0.12
1.40	0.16	0.04	0.20	0.17	0.11	0.19	0.00	0.01	0.00	0.10
1.45	0.11	0.04	0.15	0.16	0.10	0.16	0.00	0.01	0.00	0.08
1.50	0.13	0.06	0.11	0.12	0.12	0.12	0.00	0.01	0.00	0.07
1.55	0.19	0.15	0.07	0.10	0.13	0.09	0.01	0.00	0.00	0.08
1.60	0.32	0.31	0.04	0.08	0.18	0.07	0.05	0.00	0.00	0.12
1.65	0.39	0.38	0.03	0.06	0.25	0.04	0.14	0.03	0.01	0.15
1.70	0.44	0.41	0.04	0.06	0.32	0.05	0.22	0.04	0.03	0.18
1.75	0.47	0.47	0.10	0.08	0.35	0.06	0.31	0.06	0.08	0.22
1.80	0.50	0.50	0.15	0.14	0.39	0.09	0.37	0.09	0.16	0.26

실험결과, <표 2>는 식 (15)에서 국부적 가중치를 사용하지 않고 서명 검증을 하는 경우의 평균 오류율을 산출한 결과이다. 가장 최소의 에러율이 나온 경우는 c=1.5일때, 평균 오류율 14%이다. <표 3>은 서명의 부분 국부별로 중요도를 달리하여 비교하는 방법인 서브패턴 단위의 국부적 가중치를 사용한 경우의 결과이다. 이때, 가장 최소의 에러율이 나온 경우는 c=1.5일때, 평균 오류율 10%이다. <표 4>는 각 서명별로 서로 다른 변화도와 복잡도를 갖는다는 특성을 반영하여, 이를 임계치 설정하는데 사용한 경우의 실험 결과이다. 가장 최소의 에러율이 나온 경우는 c=1.5일때, 평균 오류율 7%이다.

5. 결론

이 논문에서는 서명검증에 대한 새로운 접근방법으로 서명의 표현에 있어서 서명을 기본적인 구성요소들로 나타내고, 서명검증에서 국부적으로 중요한 부분을 선택적으로 사용하는 구조적인 접근방법을 제시하였다.

또한 임계치의 설정을 기존의 변화도만에 의존하던 방법을 수정하여 복잡도에 의해서도 임계치가 설정되도록 함으로써 보다 안정된 임계치를 사용토록 하였다.

실험 결과, 국부적 가중치에 의해서 보다 검증을 향상시킬 수 있었다. 또한 변화도와 복잡도를 동시에 사용한 임계치 설정을 통하여 일정한 임계치 범위에서 최소 오류율이 결정되는 것을 확인하였다.

이러한 결과는 서명을 단순한 시그널 함수로 모델링하거나, 유한 개수의 매개변수로 표현하는 것보다는, 서명을 형성하는 모양에 근거하여 서명을 구조적으로 표현함으로써, 보다 세밀한 분석이 가능하며 서명검증의 성능이 향상되었다는 것을 의미한다.

참고문헌

- [1] B. Boccignone, A. Chianese, L. P. Cordella and A. Marcelli, "Recovering Dynamic Information from Static Handwriting," Pattern Recognition, vol. 26, no. 3, pp. 409-418, 1993.
- [2] H. D. Crane and J. S. Ostrem, "Automatic Signature Verification using a three-axis-force-sensitive Pen," IEEE Trans. on Systems Man and Cybernetics, SMC-13, No. 3, pp.329-337, 1993.
- [3] 유재룡, 박명수, 김성훈, 김재희, "다이나믹 프로그래밍을 사용하는 On-line 서명 검증에서의 특징분석에 관한 연구," 제7회 신호처리 합동학술대회 논문집, 제7권 제1호, pp.444-448, 1994년 10월.
- [4] Sukhan Lee and Jack C. Pan, "Offline Tracing and Representation of Signatures," IEEE Trans. on S.M.C., Vol.22, No.4, pp.755-771, July/Aug. 1992.
- [5] Seong Hoon Kim, Myeong Soo Park, Jaihie Kim, "Applying Personalized Weights to a Feature Set for On-line Signature Verification," Proc. of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.882-885, Montreal Canada, Aug 1995.
- [6] Jean-Jules Brault and Réjean Plamondon, "A Complexity Measure of Handwritten Curves: Modeling of Dynamic Signature Forgery," IEEE Trans. on S.M.C., Vol. 23, No. 2, pp.400-413, Mar/Apr 1993.
- [7] Réjean Plamondon and Frans J. Maarse, "An Evaluation of Motor Models of Handwriting," IEEE Trans. on S.M.C., Vol.19, No.5, pp.1060-1072, Sep/Oct 1989.
- [8] Réjean Plamondon, Li-de Yu, George E. Stelmach and Bernard Clement, "On the Automatic Extraction of Biomechanical Information from Handwriting Signals," IEEE Trans. on S.M.C., Vol.21, No.1, pp.90-101, Jan/Feb 1991.

주 작 성 자 : 김 성 훈

논문투고일 : 2005. 08. 30

논문심사일 : 2005. 08. 31(1차), 2005. 09. 08(2차),
2005. 09. 09(3차)

심사판정일 : 2005. 09. 09

● 저자소개 ●



김성훈

1988 서강대학교 이공대학 전자공학과 공학사

1990 연세대학교 공과대학 전자공학과 공학석사

1996 연세대학교 공과대학 전자공학과 공학박사

1996 ~ 현재 영동대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 패턴인식, 서명검증, 생체인증, 지능시스템