

# 구조적 분석에 의한 온라인 서명 검증

이진호\*, 김성훈\*\*, 김재희\*

\*연세대학교 전자공학과

\*\*영동대학교 컴퓨터 공학과

E-mail : jino@seraph.yonsei.ac.kr escher@poseidon.yit.ac.kr jhkim@bubble.yonsei.ac.kr

## On-line Signature Verification Based on the Structural Analysis

Jinho Lee, Jaehie Kim

Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University

### Abstract

This paper presents a new signature verification technique that not only maximally allows variations in signatures of each person, but also discriminates effectively forgeries from true signatures. The signature verification system is designed to detect unstable portions in signatures of same person, and to give large weight on the portion that is difficult to imitate and plays an important role in signature verification.

In registration mode, the system extracts subpatterns from training samples and analyzes their consistency and singularity by calculating the variance and complexity of this portion. In verification mode, the system verifies a input signature by comparing corresponding subpatterns with the weights of reference subpatterns.

### 1. 서론

서명 검증이란 특정인의 ID로 입력된 서명을 분석하여 서명의 진위여부를 판별하는 것으로 정의할 수 있으며, 서명 검증 시스템이란 이러한 작업을 수행하는 시스템을 말한다.

서명 검증의 오랫동안의 연구 역사에도 불구하고, 아직까지도 많은 사람들이 이 분야에 도전하고 문제 해결에 노력하고 있는 주된 요인은 동일인의 서명내에서도 서명마다의 차이가 존재한다는 점이다. 서명 검증은 개인의 변화를 최대한 흡수하되, 모조 서명을 안

정적으로 검출하기 위한 것을 목적으로 삼고 있다. 본 논문에서는 서명의 구조적 분석을 통해 서명검증에 크게 기여하는 부분과 검증에 악영향을 미치는 부분을 추출하고, 각 부분의 중요도를 정량으로 표현하여 안정성을 높인 시스템을 제안하였다.

### 2. 서명 검증 시스템

서명검증 시스템은 전체적인 구조는 그림 1 과 같다.

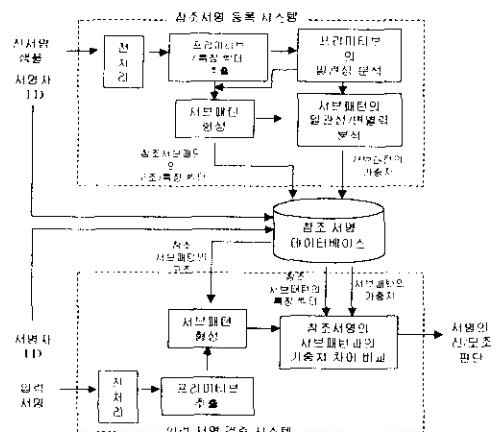


그림 1. 서명 검증 시스템의 구조

본 시스템의 가장 큰 목적은 개인의 변화를 최대한 흡수하되, 모조 서명을 효과적으로 검출하기 위한 것이다. 이를 위해 서명에서 변화도가 큰 부분을 효과적

으로 검출하여 이를 서명의 진위 판단시 제외시키고, 다른 부분에 비해 안정적이며, 모조하기 힘든 부분은 큰 가중치를 두어 서명의 비교시 중요한 비중을 차지하도록 유도하는 방향으로 시스템을 고안하였다.

시스템은 크게 서명자의 진서명을 등록하는 서명 등록 시스템과 진서명을 저장/검색 할 수 있는 데이터 베이스 시스템, 그리고 서명의 입력이 들어왔을 경우, 이의 진위 여부를 판단하는 검증 시스템으로 구성되어 있다.

**2.1 전처리 (smoothing)**

사용자의 펜/태블릿 조작의 미숙이나 손의 미세러짐, 떨림 등은 서명의 특징 추출시 불안정한 값을 야기시킬 수 있다. 이러한 현상을 막기 위해서는 서명획의 각 점에 대한 smoothing을 행하여야 한다. smoothing의 원리는 각 점의 좌표를 주변 점의 위치를 고려하여 보정해주는 방법으로, 구체적인 적용은 다음의 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} x[i] &= \frac{1}{4}x[i-1] + \frac{1}{2}x[i] + \frac{1}{4}x[i+1] \\ y[i] &= \frac{1}{4}y[i-1] + \frac{1}{2}y[i] + \frac{1}{4}y[i+1] \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,  $x[i]$ ,  $y[i]$  는  $i$  번째 점의  $x, y$  좌표이다.

**2.2 서명의 분할**

온라인 필기에서 분할은 필기를 구성하는 최소단위를 통한 필기의 묘사를 위하여 서명을 구성하는 최소단위를 형성함으로써 서명을 구조적으로 표현하고, 서명을 부분획 단위로 비교함으로써 시간을 단축시키려는 데 그 목적이 있다.

서명의 획을 부분획으로 분할하기 위해서는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- 분할되는 점이 서명의 위치이동(translation), 크기(size), 회전(rotation)의 변화에 불변이어야 한다.
- 동일한 서명의 샘플들간에 국부적인 변화가 있더라도, 변화가 없는 동일부분에서는 분할점의 위치가 서로 일치하는 분할이 일어나야 한다.
- 분할되어 얻어지는 조각들의 모양은 일정 개수의 최소단위로 정의 가능하여야 한다.

한국어, 일본어를 비롯한 동양권 서명에 대해 위의 조건들을 만족하는 방법은 속력의 국부 극소점을 기준으로 분할하는 방법과 곡률의 국부 극대점을 기준으로 분할하는 방법 등이 있다[1]. 두 방법 모두 서명 검증에 적용가능 하지만 동일한 서명의 국부적인 변화도나

직관적인 위치에서 곡률의 국부 극대점에 의한 분할이 좀 더 우수하였다. [ 그림 2 ]

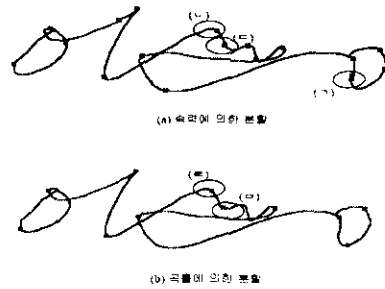


그림 2. 속력, 곡률 분할 방법 비교

- a) (1)에서 국부적인 변화에 의해 잘못 나타난 분할점이 보이며, (1),(2)에서는 일반적인 곡선부분에서 직관적인 위치와는 벗어난 분할점이 나타난다.
- b) (2)(1)에서 속력보다 훨씬 직관적인 위치와 가까운 분할점이 보인다.

곡률의 극대점에 의한 분할은 Plamondon 의 방식 [2]을 계산량이 적은 방향으로 간략화 시킨 방법을 사용하였는데 구체적인 방법은 다음과 같다.

step 1) 서명획의 각 점이 동일한 거리를 갖도록 Sampling 한다.

step 2) 서명의 각 점  $j$  에 대해  $i \pm n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) 번째 점에 대해 다음의 조건을 만족하는지 체크한다.

$$|\theta_a(i, n)| \text{ and } |\theta_b(i, n)| < \theta_{\max} (0 < \theta < \pi/2) \quad (2)$$

이 때, 위의 조건이 만족한다면 점  $i \pm n$  이 점  $i$  의 중요도에 기여하는 값은 다음의 식으로 결정된다.

$$IMP(i, n) = \cos(\theta_b(i, n)) * \cos(\theta_a(i, n)) \quad (3)$$

따라서, 서명에서의 점  $i$  의 중요도의 최종값은 다음과 같다.

$$FK(i) = \sum_{n=1}^{N(i)} IMP(i, n) \quad (4)$$

(  $N(i)$  : 식 (2)을 만족하지 않는  $n$ 의 최소값-1 )

위의 분할점에 의해 잘려진 서명의 각 조각들은 예비 프리미티브로 정의되고, 이 예비 프리미티브들이 서명의 구조적 표현을 위한 최소단위가 된다. 참조서명 등록시스템에 진서명 샘플들이 들어오면, 시스템은 임

력서명들의 예비 프리미티브들을 획득한 후 각 서명들의 예비 프리미티브들이 다른 서명의 어떤 예비 프리미티브와 매칭되는지를 파악해야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 동적 프로그래밍(Dynamic Programing)에 의한 정합 방법[3]을 행하였다.

### 2.3 프리미티브 형성

서명의 변화가 있는 부분에서는 분할점의 위치와 개수가 일정하지 않다는 문제점을 피할 수 없기 때문에, 동일 위치(point)에서 분할점이 생기는 서명과 그렇지 않은 서명이 존재하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 김성훈 등[4]이 제안한 병합 연산이 가능한 동적 프로그래밍 기법을 이용하였다.

기준 서명을 중심으로 보는 서명들의 각 예비 프리미티브들을 서로 매칭되는 것들끼리 Grouping을 할 때, 서명 형태의 국부적인 변화가 있는 곳이 존재할 경우 예비 프리미티브의 Grouping에 문제가 발생한다. 예를 들면, 그림 3(a)의 기준 서명과 다른 서명(Data1) 간의 예비 프리미티브 정합결과를 보면, 기준 서명의 1,2번째 예비 프리미티브가 Data1의 첫 번째 예비 프리미티브와 정합이 된다. 하지만, 3(b)의 정합결과는 기준 서명 2,3 번째 예비 프리미티브가 Data2의 두 번째 예비 프리미티브와 정합이 이루어졌다. 이 때, 이 두번째 예비 프리미티브는 서로 다른 예비 프리미티브와 정합이 이루어졌으므로, 이것과 대응되는 예비 프리미티브의 그룹을 성할 수 없다.

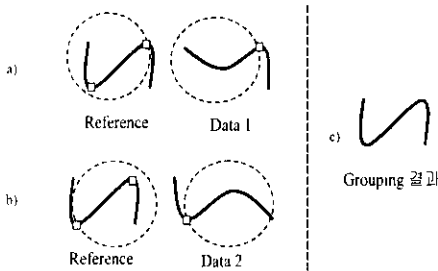


그림 3. 프리미티브 형성 과정

이의 해결 방안으로 예비 프리미티브보다 한 단계 큰 단위의 형태를 정의하였는데 이것이 프리미티브이다. 이 프리미티브는 그림 3과 같이 각 서명의 대응되는 예비 프리미티브 쌍이 모순이 생기지 않는 가장 작은 단위lek.

프리미티브의 특징으로 속력, 압력, 거리, 각도, 방향등을 이용한 동적 프로그래밍의 방법이 사용가능한데, 본 논문에서는 가장 우수한 성능을 보인 속력 특

징을 사용하였다. 일관성 있는 프리미티브는 학습 샘플들에서 추출된 동일한 프리미티브들에서 프리미티브간 간 상이도의 평균이 임계치 이하인 것으로 정의하였다.

### 2.4 서브패턴의 형성 및 가중치

서명의 진위 여부를 판정하는데 이용되는 단위는 서브패턴이다. 각 서명은 서브패턴들의 순서열(array)로 이루어져 있으며, 이 서브패턴들은 서명의 진위판단에 참여할 서브패턴과 참여하지 않는 서브패턴의 두 부류로 나뉘게 된다.

각 서브패턴은 모두 프리미티브들로 구성되어 있으며, 위에서 구한 프리미티브의 일관성은 프리미티브를 어떤 서브패턴에 참여시킬것인가에 대한 판단 기준이 된다. 이 일관성이 큰 프리미티브는 서명자의 변화가 적은 부분이므로 진위판단에 참여할 서브패턴에 포함되고, 일관성이 적은 프리미티브는 진위판단에 참여하지 않는 서브패턴에 포함된다.

서브패턴의 형성과정은 이웃한 일관성 있는 프리미티브간의 병합으로 진위판단에 참여시킬 서브패턴을 만들고, 이웃한 변화도가 큰 프리미티브들을 합쳐 진위판단에 참여시키지 않는 서브패턴을 만들게 된다.

진위 판단에 참여시킬 서브패턴의 가중치는 서브패턴의 변화정도를 반영한 일관성과 서브패턴의 복잡성을 반영한 변별력의 두 측면에서 계산된다. 일관성은 이 서브패턴을 구성하고 있는 프리미티브들의 일관성을 이용하여 큰 부분을 차지하고 있는 프리미티브가 그렇지 않은 서브패턴보다 더 큰 비중을 가지고, 0 - 1 사이의 값을 갖도록 식(5)로 구해진다.

$$W_c^i = 1 - e^{-aC_i},$$

$$C_i = \frac{1}{l_i} \sum_{n=1}^{N_i} l_n \times c_n \quad (5)$$

여기서,  $W_c^i$  는 i 번째 서브패턴의 일관성 가중치,  $N_i$  는 i 번째 서브패턴의 프리미티브 개수,  $c_k$  는 각 프리미티브의 일관성 값,  $l_n$  는 각 프리미티브의 길이,  $l_i$  는 서브패턴의 길이,  $a$ 는 상수이다.

서브패턴의 변별력은 각 서브패턴의 모조가 힘든 정도를 반영한다. 일반적으로 서브패턴내에서의 굴곡 접이 많고, 속력의 변화가 클수록 모조가 어려운 것을 반영하여, 0 - 1 사이의 값을 갖도록 식(6)에 의해 구해진다.

$$W_s^i = 1 - e^{-bS_i},$$

$$S_i = c \cdot n_i + d(S_{max} - S_{min}) \quad (6)$$

여기서,  $W_s^i$  는 i 번째 서브패턴의 변별력 가중치

,  $n_i$  는 글극점 개수,  $S_{max}$ ,  $S_{min}$  는 서브패턴내의 속력의 최대, 최소값,  $b, c, d$  는 상수이다.

서브패턴의 최종 가중치는 위의 두가지의 합으로 구할 수 있는데, 서명내에서 길이가 긴 서브패턴이 짧은 서브패턴보다 큰 가중치를 가져야 하므로, 최종 가중치는 식(7) 같다.

$$W^i = \frac{L_i}{L_i} (W_s^i + W_c^i) \quad (7)$$

### 2.5 서명의 진위 판단

위의 과정으로 서명의 등록이 완료되면, 기준서명과 입력 서명과의 점단위의 동적 프로그래밍 정합과정을 통해 각 일관성 있는 서브패턴에 해당하는 부분을 추출한다. 이 추출 부분을 이용하여 다음의 식으로 서명의 상이도를 판정한다.

$$Diff = \sum_{i=1}^M (W^i \times D_i) \quad (8)$$

여기서,  $M$  는 일관성 있는 서명의 총 개수,  $D$  는 각 서브패턴의 상이도,  $Diff$  는 입력서명의 최종 상이도이므로,  $Diff > 임계치$  가 되면, 이 서명은 모조서명으로 거부된다.

### 3. 실험 결과

실험에 사용된 데이터는 1인당 전서명 150 개 모조서명 50개씩 총 5 명의 1000 개의 서명을 데이터로 사용하였다. 전서명은 처음 50개, 1개월후 50개, 6개월후 50의 서명을 데이터로 획득한 것이고, 모조서명은 각각 서로 다른 모조자를 지정하여 1개월의 모조 훈련을 거친후 획득한 것이다. 서명의 등록시 처음 50개 기준 서명 중 임의로 6개의 서명을 선택하여, 전서명에 대한 검증률은 144개의 데이터로 모조서명에 대한 검증률은 50개의 데이터로 수행하였다.

표 1 구조적 분석에 의한 서명 검증률

	인식률	오류율	
		TYPE I	TYPE II
chlee	96.79	2.67	3.21
dilee	91.37	1.52	7.11
ihkim	95.43	0	4.57
mgkang	94.21	2.11	3.68
dhyoon	99.44	0.56	0

실험 결과 95.45 % 의 안정된 검증률을 보였으며, TYPE I 에리보다는 TYPEII 에리의 발생확률이 높았다. 이는 서명의 안정성이 떨어지는 부분이 상대적으로 큰 변별력을 가지고 있음을 반영하는 것이다.

또한, 서명 50개당 TYPE I 에리 발생 빈도를 살펴보면 표 2 와 같은데, 서명의 검증률이 시간의 영향에 영향을 적음을 반영한다.

표 2 시간에 따른 TYPE I 에리 발생 빈도

	동일시간	1개월후	6개월후
chlee	3	1	1
dilee	0	0	3
ihkim	0	0	0
mgkang	1	3	0
dhyoon	0	0	1

### 4. 결론

본 논문에서 서명의 구조적 분석을 통해 서명검증에서 중요한 부분을 상대적으로 강조하고 검증에 방해를 주는 부분을 검증과정에서 제외시켜 안정성을 높인 시스템을 제안하였다. 서명 각 부분의 분할은 각획의 굵기 최내점을 이용하였으며, 각 부분의 안정성은 동적 프로그래밍에 의해 판단하였고, 변별력은 각 부분의 모양과 속력의 차를 이용하였다. 시스템은 95.45 % 의 안정된 검증률을 가지고 있으며, 시간의 흐름에 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있으나, 검증률의 향상을 위해 각 서브패턴의 일관성과 변별력의 효과적인 분석에 대한 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] G.Dimauro, S.Impedovo, G.Pirlo, " A Signature Verification System based on a Dynamical Segmentation Technique ", Proc. of International Workshop on Frontier of Handwriting Recognition '93, pp262-271, 1993
- [2] J.J. Brault and R.Planmondon " Segmenting Handwritten Signatures at Their Perceptually Important Points ", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligenece '93, pp953 - pp957
- [3] L.R. Rabiner, A.E. Rosenberg, S.E. Levinson " Considerations in Dynamic Time Warping Algorithms for Discrete Word Recognition ", IEEE Trans. on ASSP VOL. ASSP-26 NO.6 '78
- [4] 김성훈 "필기 행동 특성에 기초한 서명의 구조적 표현과 이를 이용한 온라인 서명 검증", 인제대학교 박사학위 논문, 1995년 12월