

동적 특징의 구간 분할에 기반한 온라인 서명 인증

권희용, 김상성, 정대진, 김태완, 하은용
안양대학교 컴퓨터공학과

On-line Signature Verification based on Segmentation with Dynamic Feature Points

Heeyong Kwon, Sangsung Kim, Deajin Jung, Taewan Kim, Eunyong Ha
Dept. of Computer Eng., Anyang University

요 약

본 논문에서는 서명의 동적 특징에 기반한 구간 분할과 3단계 정합을 특징으로 하는 온라인 서명 인증 시스템을 제안한다. 온라인 서명 인증을 위해 구간 분할에 이은 구간별 정합이 널리 연구, 적용되어왔다. 그러나 기존의 구간 분할법은 정적 특징인 서명의 모양에 기반하므로 모조의 단서를 제공하는 위험이 있었다. 제안한 방법은 전자 펜의 속도나 가속도 등과 같은 동적 특징을 기반으로 구간 분할을 수행하므로써 모조가 어렵게 하였다. 분할된 구간들은 모델 서명의 구간들과 보강된 동적 프로그래밍(DP) 기법으로 대응 구간들을 찾도록 하였으며, 이 과정에서 정적 특징량을 제한 조건으로 사용하므로써 안정되게 대응 구간을 추출하였다. 또한 서명 특징들에 가중치를 부여하고, 정합 단계를 세 단계로 분리하므로써 상층 관계에 있는 Type I과 II 오류를 최소화하였다. 실험은 온라인 서명 특징들간의 비교 분석을 통해 그들의 가중치를 결정하는 근거를 보이고, 동적 특징에 기반한 구간 분할의 유효성을 보였다.

1. 서론

온라인 서명 인증 시스템은 최근 보안 시스템으로 널리 연구되어 사용되고 있는 생체 인식 시스템의 하나로써, 사용자의 신원을 확인하거나 트랜잭션을 인증하는 데 사용되고 있다[1]. 특히 서명은 다른 생체 인식 시스템과는 달리 오래 전부터 인간에게 친숙하고, 위생 문제가 없으며, 사용법이 용이하여 실용적인 사용자 인증 수단으로 새로이 각광을 받고 있다.

온라인 서명인증을 위해 푸리에 변환이나 매개변수, 비매개변수, 트리 정합, 유전자 알고리즘, 신경망, 퍼지 논리, 동적 프로그래밍 등과 같이 여러 가지 방법이 연구되어 왔다. 이들중 푸리에 변환이나 매개변수 방법과 같은 전역적 특징에 기반한 방법을 제외하고는 대부분 입력 서명을 구간으로 나누어 구간별로 정합하는 방법을 사용한다. 이것은 온라인 서명이 같은 사용자의 서명이라도 시간 영역에서 그 변화가 매우 심하기 때문이며, 이 같은 문제를 해결하기 위해 두 서명의 정합에 앞서 구간을 나누고 대응하는 구간끼리 정합을 하는 것이 효율적인 것으로 알려져 있다.[2, 3, 4] 구간 분할 및 대응 구간을 찾는 방법으로는 DP 알고리즘이 많이 사용된다. 그러나 기존의 DP

알고리즘은 입력 서명에서 일정 기준을 만족하는 예각 또는 둔각점과 같은 정적 특징을 기반으로 하고 있으므로 서명 위조에 중요한 단서를 제공할 수 있다. 또한 복잡한 서명인 경우 모델 서명과 입력 서명에서 추출된 서명 특징들간의 잘못된 대응 정렬에 의해 잘못된 분할이 발생하기 쉽다[5, 6].

본 논문에서는 이 같은 기존의 구간 분할법을 개선할 수 있는 동적 특징에 기반한 구간 분할법을 제시하고 아울러 서명 인증에 사용되는 특징들을 비교 분석, 상층 관계에 있는 Type I 과 II 오류를 최소화할 수 있도록 세단계 정합법을 설명하였다. 이하 논문은 제안된 시스템의 전체 구조를 소개하고, 3장에서 제안된 방법에 의한 특징량의 분석 결과와 구간 분할의 예를 보이고, 끝으로 결론을 맺는다.

2. 서명 인증

서명 인증 과정은 전처리와 분할, 특징 추출, 정합으로 크게 4단계로 구현하였다. 각 단계의 상세 내용은 아래와 같다.

2.1 전처리

온라인 서명의 입력 신호는 기구적 요인 또는 사용자 요인에 따라 보통 인증에 적합하지 못한 형태를 띠게 된다. 기구적 불안정은 최근 급속히 발전한 디지털 타이핑 기술에 의해 문제가 되지 않지만, 사용자 요인은 필기자가 전자 펜의 사용에 익숙지 않아 미끄럼, 떨림, 빠침, 분절 및 삽입 현상 등이 심하다. 따라서 이 같은 입력 신호의 불안정한 요소를 제거하고, 이어진 처리 단계를 효율적으로 수행하기 위해 전처리를 필요로 한다.

온라인 서명 입력 신호를 위한 전처리는 평활화와 잇기, 기울기 및 크기 정규화의 단계로 구성된다. 평활화는 입력 신호에서 첨선이나 빠침, 미끄러짐 등과 같은 잡음을 제거하기 위한 것으로 이동 평균 창을 사용하였다. 잇기는 사용자가 하나의 획을 생성하는 도중 너무 약하게 눌러 써서 두 개의 획으로 분리되는 경우, 두 입력 점 간의 거리 또는 시간이 일정 기준 이내일 때는 인위적으로 두 획을 하나의 획으로 이어주었다. 기울기 정규화는 사용자가 매번 서명을 입력할 때마다 서명의 기울기를 같게 한다고 할 수는 없으므로, 입력 시작점부터 전체 입력 점 개수의 10%에 해당하는 점들의 무게 중심과 끝에서 10%의 무게 중심간의 각도를 수평 또는 수직축으로 정규화하였다. 마찬가지로 크기 정규화는 하나의 입력 서명에서 최대 및 최소 x, y 좌표를 구해 미리 정해진 크기로 정규화하였다.

이 같은 전처리는 불안정한 입력 신호를 안정된 형태로 바꿈으로써, 이어진 분할과 특징 추출, 정합 과정을 효율적으로 수행할 수 있게 한다.

2.2. 분할(Segmentation)

두 서명간의 정합은 크게 전역(global) 특징을 기초로 하는 방법과 지역(local) 특징을 기초로 하는 방법의 두 가지 방법으로 구분된다. 각각은 장단점이 있으므로 이들의 장점을 취하여 통합시킨 방법으로 '선 분할, 후 정합' 방법이 온라인 서명 인증에 효과적인 것으로 알려져 있다.

그러나 기존의 분할 방법은 서명에서 각이 예리한 점 또는 둔한 점 등과 같이 모양을 기준으로 분할 위치(점)를 선정하고 있다. 이것은 직관적으로 타당한 듯 보인다. 그러나 이 방법은 서명의 정적 특징량을 기반으로 분할을 수행하므로, 분할 지점이 예측 가능하다는 문제가 있으며, 따라서 모조가 용이하고, 복잡한 서명인 경우 모델 서명과 입력 서명에서 추출된 서명 지점들 간의 잘못된 정렬(misalignment)에 의해

잘못된 분할이 발생하기 쉽다.

제안된 방법은 서명의 속도가 평균+분산을 초과하는 점들을 1 차 후보로 한다.

$$V(p_i) > V_m + V_d \quad (1)$$

($V(p_i)$: 점 p_i 의 속도,

V_m : 서명의 평균 속도,

V_d : 속도의 분산)

모델 서명과 입력 서명에서 이러한 점들을 찾아, DP 알고리즘을 사용하여 대응점의 쌍을 찾는다. 이때 식 (2)의 두 번째 경우는 두 서명의 정렬 과정에 서명의 정적 특징을 반영하므로써 동적 특징의 단점을 보완하도록 하였다.

$$d(i, j) = |a_i - b_j|, \text{ if } \text{ang}(a_i - b_j) < 135 \quad (2)$$

$$P, \quad \text{if } \text{ang}(a_i - b_j) > 135$$

(a_i, b_j : 모델과 입력 서명 입력 점들의 리스트

$d(a_i, b_j)$: 점 i 와 j 간의 속도 차

$\text{ang}(a_i - b_j)$: 점 i 와 j 간의 방향 차

P : penalty)

이 방법은 서명의 동적 특징을 기반으로 하므로 분할 위치가 관측 불가하며, 또한 정적 특징을 반영하므로써 복잡한 서명에 대해서도 일관된 분할을 가능케 한다. 따라서 신뢰성과 보안성에 유리하다.

2.3. 특징 추출

일반적으로 패턴 인식 문제에서 특징 추출은 입력 차원의 감소 및 분류와 인식력 향상을 위해 필수적이다. 특징은 패턴의 부류내 거리(intra-distance)는 작을수록, 부류간 거리(inter-distance)는 클수록 좋은 것으로 알려져 있다. 온라인 서명 인증에 필요한 특징들의 종류와 추출 방법은 기존의 연구에서 잘 연구되어 있다. 특히 논문 7과 8에서는 온라인 서명 입력 신호에서 추출 가능한 75 가지 특징을 보여주고 있다. 대부분 연구에서는 이들 특징 집합의 부분 집합을 이용하고 있다. 본 연구에서는 이들의 평균과 분산을 구하고, 그들의 비율을 구하여 (그림 1), 두 서명간의 거리 계산(정합)시 비율이 작은 특징일수록 가중치를 크게 하여 사용하였다.

2.4. 3단계 정합

정합은 입력 서명과 모델 서명간의 유사도를 비교하여 일치 여부를 판정하는 과정이다. 정합은 기준이 엄격할수록 모조는 어려워지지만 서명자 본인조차 인증이 어려워질 수 있다. 이것은 type I(false rejection)

과 type II(false acceptance) 오류로 알려진 문제로서, 이들은 상충(trade-off)관계에 있으므로 두 가지 오류를 동시에 줄일 수 없다는 데 문제가 있다. 본 연구에서는 정합을 3 단계로 나누어 첫 두 단계에서 type II를, 세 번째 단계에서 type I 오류를 감소시킬 수 있도록 하였다. 정합은 아래와 같이 3단계로 구성된다.

첫 단계는 서명 시간과 획 수 비교를 한다. 특히 서명 시간은 두 서명의 해당 구간마다 경과 시간이 $\pm 10\%$ 이내 여야 한다. 이를 벗어나면 거부한다. 두 번째 단계에서는 특징 추출 단계에서 추출된 정적 특징들을 아래 식과 같이 구간별로 비교한다.

$$S = \sum_i \sum_j \sum_k (| M_{ijk} - I_{ijk} |) \quad (3)$$

if (S < S_{th}) then PASS else REJECT

S : 정적 특징간 거리(유사도),

S_{th} : 정적 특징 임계치,

i : 획수, j : 구간수, k : 정적 특징수,

M : model signal, I : input signal.

세 번째 단계에서는 동적 특징들을 식(3)과 같은 방법으로 아래와 같이 비교한다.

if (D < D_{th}) then PASS else REJECT

D : 동적 특징간 거리(유사도), 상동,

D_{th} : 동적 특징 임계치.

3. 실험 및 결과

제안된 방법의 유효성을 보이기 위해 2가지 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 온라인 서명의 특징으로 잘 알려진 75개 특징들의 특성을 개인별로 비교 분석하기 위해 1획으로 이루어진 3인의 서명을 10회씩 입력받아 각 서명을 3개 구간으로 나누고 구간별 평균과 분산을 구해 그 비율을 비교하여 보았다.(그림 1) 단 그림에서 300이상은 편의상 300으로 제한하였다.(음수도 동일) 두 번째 실험은 제안한 구간 분할 방법의 유효성을 보이기 위해 위 삼인의 사용자의 3개 서명에 대한 구간 분할 결과를 구하였다.(그림 1)

4. 결론

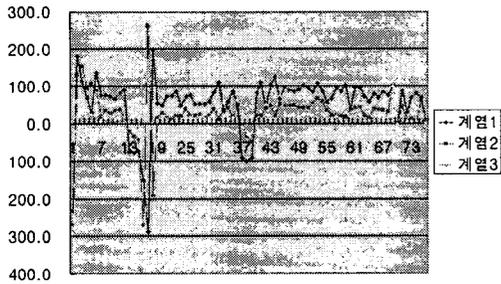
기존의 온라인 서명 인증을 위해 많이 사용되고 있는 구간 분할 후 대응 구간간 거리 비교 방법은 정적 특징에 기초하므로써, 위조의 위험에 노출되어 있다. 제안한 방법은 동적 특징에 기초하여 구간 분할을 수행하므로써, 위조가 지난하며, 그림 2에서 보듯이 같은 서명에 대해 일관된 분할 결과를 보임으로써 그 유효성이 입증된다. EH한 대응 구간별 거리 산출을

위한 기존의 75개 서명 특징 분석은(그림 1) 특징별 가중치를 결정하는 근거를 제공하였으며, 실제로 두 서명간의 유사도 산출시 그림 1의 각 특징별 분산/평균의 역수로 가중치를 둘 수 있었다.

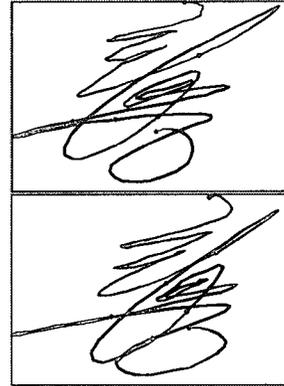
온라인 서명 인증에서 가장 큰 문제는 사용자들이 전자펜의 사용이 익숙지 못하다는 점이다. 앞으로 미숙한 사용자를 위한 훈련 및 인증 방법에 대한 연구가 필요하다.

[참고문헌]

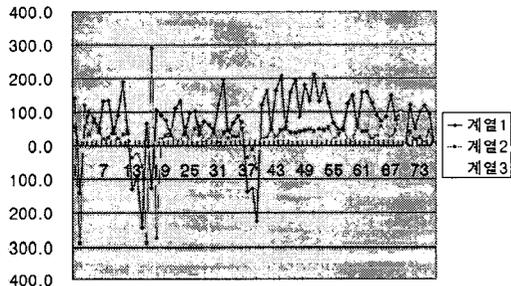
- [1] Woodward, J.: Biometrics: Privacys Foe or Privacys Friends?, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 85, No. 9 (1997) 1480-1492.
- [2] Rhee, T., Cho, S., and Kim, J.: On-Line Signature Verification Using Model-Guided Segmentation and Discriminative Feature Selection for Skilled Forgeries, *Sixth International Conf. on Document Analysis and Recognition* (2001) 645-649.
- [3] Lee, W., Mohankrishnan, N., and Paulik, M.: Improved Segmentation through Dynamic Time Warping for Signature Verification using a Neural Network Classifier, *ICIP98*, Vol.2 (1998) 929-933.
- [4] Yue, K., and Wijesoma, W.: Improved Segmentation and Segment Association for On-line Signature Verification, *International Conf. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.4 (2000) 2752-2756.
- [5] Sakoe, H., and Chiba, S.: Dynamic Programming Algorithm Optimization for Spoken Word Recognition, *IEEE Trans. on ASSP*, Vol. 26, No. 1, Feb. (1978) 43-49.
- [6] Parizeau, M., and Plamondon, R.: A Comparative Analysis of Regional Correlation, Dynamic Time Warping, and Skeletal Tree Matching for Signature Verification, *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 12, No. 7, Jul. (1990) 710-717.
- [7] Hewitt D. Crane and John S. Ostrem, Automatic Signature Verification Using a Three-Axis Force-Sensitive Pen, *IEEE Trans. on SMC*, Vol. 13, No. 3, May. (1983) 329-337.
- [8] 송정민, 주파수 영역에서의 필기 행동 분석에 의한 서명 검증에 관한 연구, *연세대학교 석사 논문*, Dec. (1996).



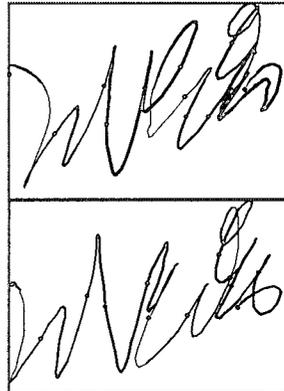
(a) 사용자-1의 구간별 특징들



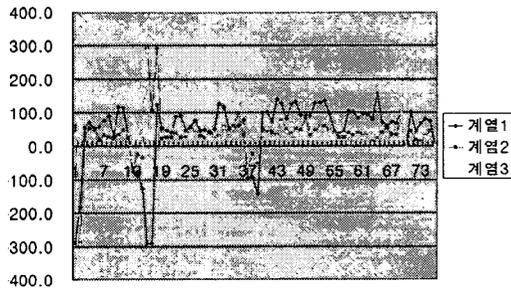
(a) 사용자-1



(b) 사용자-2의 구간별 특징들

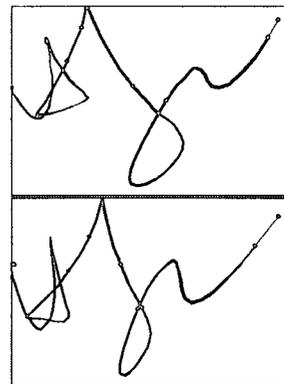


(b) 사용자-2



(c) 사용자-3의 구간별 특징들

그림 1. 획 구간별(계열 1, 2, 3) 75개 특징 값 (분산/평균) 비교.



(c) 사용자-3

그림 2. 사용자별 구간 분할 결과 비교