

# 구간 분할 매칭에 의한 온라인 서명 검증 기법

## On-line signature verification method using local partition matching

류상연\*, 이대종\*\*, 이석종\*\*\*, 전명근\*  
\* 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부  
\*\* 한국전기안전공사부설 전기안전연구원  
\*\*\* 충북대학교 수학과

Sang-Yeun Ryu\*, Dae-Jong Lee\*\*, Seok-Jong Lee\*\*\*, Myung-Geun Chun\*  
\* Chungbuk National University School  
of Electrical and Computer Engineering  
\*\* Electrical Safety Research Institute  
\*\*\* Chungbuk National University Department of Mathematics  
E-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 기존의 분절 단위 비교방법에서 참조서명과 비교서명간에 분할점 개수와 위치에 대한 불일치 문제를 개선하기 위해 구간 분할 매칭 방법을 제안한다. 제안된 분할방법은 시간에 대한 x와 y좌표 상에서 서명마다 변하지 않는 특징점을 구간 분할점으로 선택하여 구간별로 매칭시킴으로서 분절의 안정적인 분할을 통해 인식률을 높이고자 한다. 실험 결과에서 진서명과 위조서명을 포함한 기타서명에 대해 FAR이 0.06%일 때 FRR 1.25%의 오류율을 확인하였으며 FAR이 0%일 때의 평균인식율이 98.7%를 보임으로써 제안한 서명 검증 기법이 우수함을 확인 할 수 있었다.

### 1. 서론

서명은 오래 전부터 계약체결 등의 서류에 대한 증빙 목적으로 사용될 만큼 사용자에게 익숙한 인증수단으로서, 음성, 홍채 등의 다른 생체인식기법에 비해 소형 태블릿(Tablet)과 같은 가격 경쟁력을 지닌 입력장비만을 필요함으로써 가격 면에서도 우위를 보일 뿐만 아니라 최근에는 태블릿 마저 필요 없는 PDA의 등장과 활성화로 서명인식에 관한 연구가 주목을 받고 있다[1][2]. 그러나, 서명인식의 경우 생체인식을 위한 다른 특징들과 달리 사칭자에 의해 전문 위조가 가능

하고 동일인의 서명조차도 외부 환경 또는 내적인 요인에 의해 서명의 변이 차이로 시스템의 성능이 저하되는 문제점을 지니고 있다[3].

현재까지의 온라인 서명검증방식은 참조서명(Reference Signature)과 비교서명(Test Signature)의 비교 방식에 따라 크게 전역적(Global) 특징 비교, 점 단위(Point-to-point) 비교, 분절 단위(Segment-to-segment) 비교방법이 있다[4]. 이 중 분절 단위 비교방법은 참조서명과 비교서명을 각각 적절한 분절단위로 분할한 후, 분절간의 최적의 대응관계를 찾는 방식으로, 정적정보 또는 동적정보를 이용하여 기준 분할이 이루어진다. 여기서, 정적정보는 굴곡점, peak 등의 정적특징을 이용하여 분절 단위로 기준 분할이 이루어지며 [4][5][6], 동적정보는 최소 속력점, 압력 등의 동적특징을 이용하여 입력서명을 분절 단위로 분할

감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 목적기초 연구(R01-2002-000-00315-0(2002)) 지원으로 수행되었음.

한다[7]. 이와 같은 분절단위 비교방법은 분절간에 지역적 비교가 가능하며, 지역적으로 통계적 모델을 사용할 수 있어 분석이 용이한 장점을 지니고 있는 반면에 서명의 변이로 인해 모든 서명을 같은 분절단위로 분할하기 어려워 진서명간에도 분할점이 불안정할 수 있다는 문제점을 지니고 있다[4].

따라서, 본 논문에서는 동일서명간의 변이에 대해 분할점을 안정적으로 검출하는 강인한 분할방법을 제안한다. 제안된 분할방법은 동일서명간에 변하지 않는 1차원상의 X축 또는 Y축의 봉우리(peak)를 기준 분할점으로 선택한 후 분할점간에 위치한 특징벡터인 봉우리(peak)·계곡(valley)점들을 비교함으로써 안정된 분할이 이루어지도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 방법에 의한 온라인 서명 검증을 설명하고 3장에서는 실험 결과를 바탕으로 제안한 방법의 타당성을 검토한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

## 2 구간 분할 매칭에 의한 온라인 서명 검증

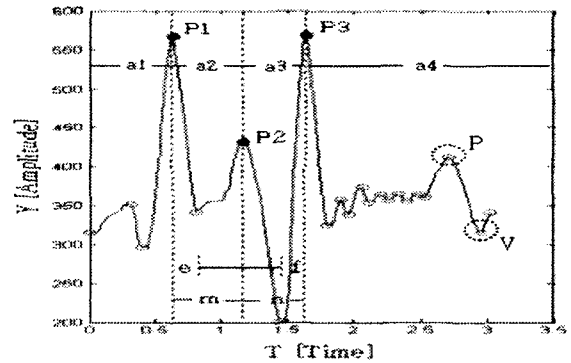
### 2.1 데이터 획득 및 전처리

본 논문에서 데이터를 획득하기 위해 사용한 타블렛은 WACOM사 제품인 intuos 4×5 이며 초당 약 100포인트를 받아들인다. 이 장치로부터 획득한 데이터는 압력이 1이상으로 펜이 지면에 닿아 있을 때의 데이터이고 한 포인트 당 X좌표, Y좌표, 압력, 시간 정보를 가지고 있다. 또한 획득한 초기 데이터는 여러 특징 정보로 결합되어 있어 데이터를 처리하기 위해 각각 하나의 특징요소로 분할한다.

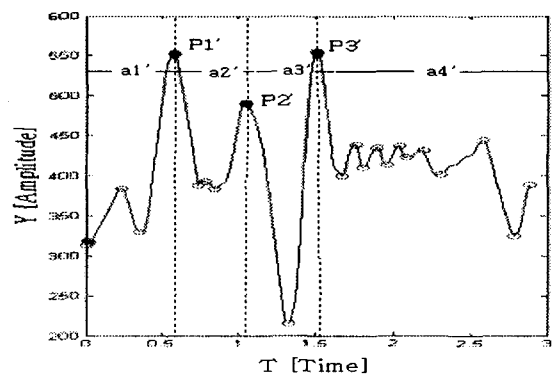
### 2.2 구간 분할 매칭

분절단위 비교방식에 의하여 서명 데이터를 분할할 경우 기준서명과 입력서명간에 비교되는 분할점, 즉 특징벡터를 안정적으로 추출하는 것은 시스템의 성능과 직결될 만큼 중요시 다루어지는 부분이다. 이를 위해 본 논문에서는 동일서명간에 변하지 않는 1차원상의 X축 또는 Y축의 봉우리(peak)를 기준 분할점으로 선택한 후 분할점간에 위치한 특징벡터인 봉우리(peak)·계곡(valley)점들을 비교함으로써 구간적으로 안정된 분할이 이루어지도록 하였다. 그림 1은 진서명간의 시간에 대한 y 변이를 나타낸 것이다. 이 그림에서와 같이 동일한 서명이라 할지라도 서명 당시의 감정상태 또는 주변 환경 등에 의하여 기준서명과 입력서명간에 Y축 상의 봉우리(P) 또는 계

곡(V)의 불일치가 발생한다. 그러나, 그림 1(a), (b)에 P1, P2, P3으로 나타낸 봉우리는 두 서명간의 변이에 상관없이 동일한 위치에 존재함을 알 수 있다. 이는 서명마다 갖고 있는 고유의 성질로 인하여 서명의 변이에도 변하지 않는 P1, P2, P3와 같은 우세 봉우리점이 존재하게 되며, 이러한 우세 봉우리점을 기준 분할점으로 하여 구간별로 두 서명간의 봉우리점과 계곡점을 매칭시킬 경우 안정적인 분할이 이루어짐을 알 수 있다. 이런 결과로 본 논문에서는 P1, P2, P3 등의 우세 봉우리를 PAP(Partition Area Peak value)라 정의한다. 참조서명의 기준 분할점인 PAP는 서명마다 변하지 않는 봉우리의 최대 값을 우선 순위로 선택하는데, 본 논문에서는 PAP점을 3개로 선정하였다. 참조서명과 비교대상인 입력서명의 PAP는 참조서명의 PAP를 기준으로 정규화 된 시퀀스의 위치를 참조해서 선택하게 된다. 그림 1은 참조서명과 비교서명의 시간에 대한 Y좌표 상에서 각각 P1·P2·P3과 P1'·P2'·P3'에 의해 구간이 분할되었을 때의 상태를 보이고 있고, 분할된 구간은 각각 a1·a2·a3·a4 와 a1'·a2'·a3'·a4'으로 나타났다. 두 서명간의 봉우리점과 계곡점의 매칭은 구간 a1과 a1', a2와 a2', a3과 a3', a4와 a4' 사이에서 각각 매칭이 이루어진다.



(a)참조서명



(b)비교서명

그림 1. PAP에 의한 구간분할

그림 1-(a)에 나타낸 P1, P2, P3 점은 참조서명에서의 PAP점이고 그림 1-(b)에 나타낸 P1', P2', P3' 점은 비교서명에서의 PAP점이다. 이 중에서 비교서명의 P2' 기준 분할점을 검출하는 과정을 설명하면 다음과 같으며, 다른 기준 분할점도 동일한 방법에 의하여 검출된다.

Step 1. 참조서명의 봉우리점 중에서 구간 분할을 위한 P1, P2, P3점을 구한다.

Step 2. m과 n을 구한다. 여기서 m, n은 각각 점 P1 · P2와 P2 · P3의 시퀀스 위치 차이이다.

Step 3. e와 f의 시퀀스 위치를 구하고 이를 정규화 한다. 이 값은 P2'를 찾는 범위가 된다. e와 f는 다음과 같이 결정된다.

$$e = \text{점 P2의 시퀀스 위치} - (2/3)m$$

$$f = \text{점 P2의 시퀀스 위치} + (2/3)n$$

$$E = e / \text{참조서명의 시퀀스 총 개수}$$

$$F = f / \text{참조서명의 시퀀스 총 개수}$$

여기서, 2/3는 실험에 의해 결정된 값이며, E와 F 값은 각각 e와 f의 시퀀스 위치를 정규화 한 값이다.

Step 4. 비교서명을 정규화한 후 E와 F값 사이에서 가장 큰 봉우리점 P2'를 찾는다.

비교 서명의 분할구간이 정해진 후 구간별로 참조서명과 비교서명의 봉우리점과 계곡점을 매칭시키는 과정을 수행한다. 매칭은 PAP점을 검출하는 과정과 동일하게 참조서명과 비교서명을 정규화 한 후 참조서명을 기준으로 시퀀스 위치가 유사한 비교서명의 봉우리점과 계곡점을 찾는다. 그림 2에서는 제안된 방법에 의해 기준서명과 비교서명간의 대응점을 검출한 결과를 나타냈다. 그림 2에서 “+”는 매칭 전의 봉우리점과 계곡점을 나타내고, “△”은 매칭 후의 봉우리점과 계곡점을 각각 나타낸다. 또한, d1과 d2는 불필요한 봉우리점과 계곡점이 삭제된 부분을 나타내고 a는 추가된 부분을 나타낸다. 이와 동일한 방법으로 참조서명과 비교서명간의 X좌표에 대한 봉우리점과 계곡점의 매칭이 이루어진다.

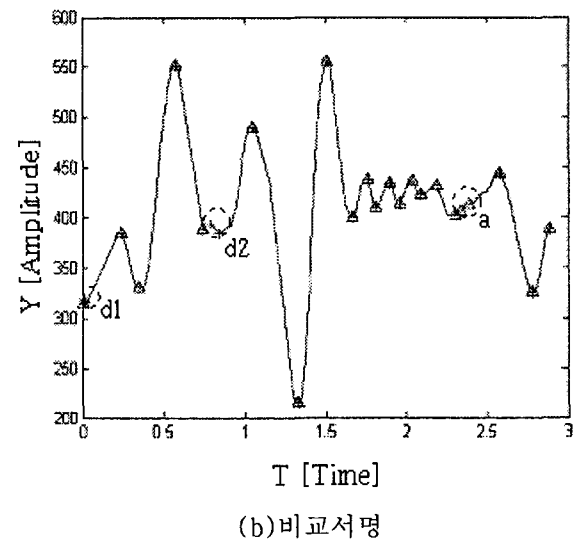
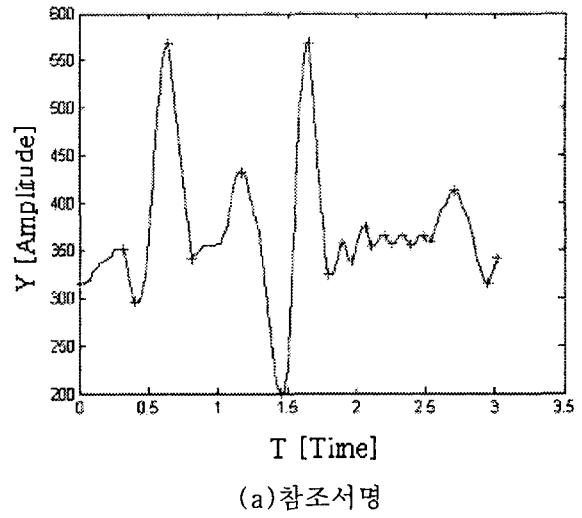


그림 2. 참조서명과 비교서명 매칭

### 2.3 서명 검증

서명검증 단계에서는 각 서명의 진위여부를 판단하기 위해 참조서명과 비교서명간에 매칭된 각 분절의 특징을 비교하여 두 서명간의 오차를 계산한다. 이 때 분절간에 비교되는 특징은 표 1에서와 같이 5개의 특징을 사용한다. 그리고 각 특징에 대한 오차 값을 Z모양의 소속함수를 이용하여 0과 1사이 값으로 변환한 후 통합한다. 이 통합된 값은 최종 검증에서 진위여부를 판단하며 실험을 통해 결정된 임계치(threshold)에 비해 클 경우 진서명으로 승인한다. 이와 같은 검증 방법은 대체로 위조서명이나 다른 서명의 특징 오차 값이 작을 경우 일부 특징에 국한되어 있고 진서명의 경우는 전체적으로 낮은 값을 갖게 되므로 특징 오차에 소속도를 부여하여 통합함으로써 이러한 특성을 반영한다.

표 1. 서명 검증에 사용된 특징벡터

종류	설명
1	분할점에 위치한 서명의 X 좌표값
2	분할점에 위치한 서명의 Y 좌표값
3	분할점의 Y 좌표에서의 압력값
4	분할점의 X 좌표에 소요되는 시간
5	분할점의 Y 좌표에 소요되는 시간

### 3. 실험결과

실험 데이터로 10명의 사람으로부터 10개의 진서명과 10개의 위조서명 총 200개의 서명데이터를 사용하였다. 위조서명은 위조서명자에 대해 여러 번의 반복과정을 거쳐 습득을 시킨 후 수집하였다. 동일한 서명에 대한 10개의 진서명 중 2개는 참조서명으로 사용하였고 나머지 8개의 진서명과 10개의 위조서명, 그리고 162개의 임의 위조서명을 대상으로 제안된 알고리즘의 성능을 실험하였다. 이에 대한 결과로 표 2는 오인식률(FAR: False Accept Rate)이 0%일때의 인식률이고 그림 3은 오인식률과 오거부율(FRR: False Accept Rate)을 임계치 변화에 따라 나타낸 것으로 FRR이 1.25%일 때 0.06%의 FAR을 갖는다.

표 2. 각 사람별 인식률

사람	인식률(%)	사람	인식률(%)
1	100	6	100
2	100	7	100
3	100	8	100
4	87.5	9	100
5	100	10	100

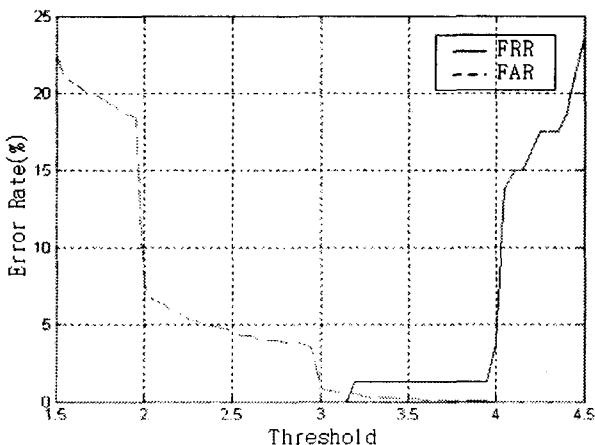


그림 3. 임계치 변화에 대한 FAR과 FRR

### 4. 결론

본 논문은 구간 분할 방법에 의한 분절간에 매칭을 이용한 서명 검증 시스템을 제안하였다. 제안된 구간 분할 방법은 참조서명과 비교서명간에 매칭이 PAP점을 기준으로 구간이 나뉘어 이루어지기 때문에 매칭시켜야 할 데이터가 감소되어 매칭에 대한 오류를 줄일 수 있었으며 알고리즘 검증을 위해 실험한 결과 비교적 안정적 분할을 통한 분절간의 비교가 되었음을 확인할 수 있었다.

추후과제로는 진서명을 차별화 할 수 있는 특징의 수를 늘려 전문적인 위조서명에 대하여 시스템 성능을 지금보다 개선시키고 좀더 많은 데이터를 통해 다양한 실험 및 검증을 하여야 하겠다.

### 5. 참고문헌

- [1] 전명근, 생체인식(Biometric) 총론, 한국정보통신교육원, pp. 8-1~21, 2002.
- [2] Chin-Chuan Han, Pao-Chung Chang, Chao-Chih Hsu, Bor-Shenn Jeng, "An on-line signature verification system using multi-template matching approaches", IEEE 33rd AICC on , pp. 477-480, 1999.
- [3] Ma Mingming, Wijesona W.S., "Automatic on-line signature verification based on multiple models", (CIFER)Proceedings of the IEEE/IAFE/INFORMS Conference on , pp. 30 -33, 2000.
- [4] Rhee T.H., Cho S.J., Kim J.H., "On-line signature verification using model-guided segmentation and discriminative feature selection for skilled forgeries", Document Analysis and Recognition, pp. 645 -649, 2001.
- [5] Brault, J.-J., Plamondon R., "Segmenting handwritten signatures at their perceptually important points", IEEE Transactions on , Vol. 15 Issue: 9 , Sep 1993.
- [6] Schmidt C., Kraiss K.-F., "Establishment of personalized templates for automatic signature verification", Document Analysis and Recognition, Vol. 1, pp. 263-267, 1997.
- [7] Kiran G.V., Kunte R.S.R., Samuel S., "On-line signature verification system using probabilistic feature modelling", Signal Processing and its Applications, Vol. 1, pp. 355 -358, 2001.