

# 고성능 동적 서명인증시스템 구현

김진환<sup>\*</sup> · 조혁규<sup>\*\*</sup> · 차의영<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>영산대학교, (주)마이그룹 · <sup>\*\*</sup>부산대학교

## Implementation of Advanced Dynamic Signature Verification System

Jin-whan Kim<sup>\*</sup> · Hyuk-gyu Cho<sup>\*\*</sup> · Eui-young Cha<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Youngsan University, MMiGroup Co., Ltd. · <sup>\*\*</sup>Pusan National University

E-mail : kjw@ysu.ac.kr

### 요 약

동적(온라인) 서명인증시스템은 내부 처리 과정에서는 불필요한 점들을 제거하는 전처리과정, 서명의 변화폭을 줄여주고 서명자의 고유한 특징 정보를 추출하는 특징추출과정, 두 서명의 특징벡터를 비교하여 유사도를 계산하는 비교과정, 보안수준에 따른 인증 여부를 결정하는 판단과정으로 구성되며, 사용자 관점에서의 화면 구성은 서명을 입력받아 기준서명과 보안수준 값을 만들어 주는 등록화면과 권한 부여를 위하여 진서명인지 모조서명인지를 판단하는 인증화면으로 나누어진다. 본 논문에서는 동적 서명인증시스템의 처리속도, 서명의 특징벡터의 추출방법과 비교 알고리즘, 사용자 인터페이스 등과 실제 환경에서의 설계 및 구현에 대한 연구이다.

### ABSTRACT

Dynamic (On-line) signature verification system consists of preprocessing, feature extraction, comparison and decision process for internal processing, and registration and verification windows for the user interface. We describe an implementation and design for an advanced dynamic signature verification system. Also, we suggest the method of feature extraction, matching algorithm, efficient user interface and an objective criteria for evaluating the performance.

### 키워드

동적 서명인증, 특징벡터, 사용자 인터페이스, 보안수준

## 1. 서 론

동적 (온라인) 서명인증시스템이란 사람이 쓴 서명의 진위여부를 판별하는 시스템이다. 태블릿(tablet) 혹은 디지털타이저(digitizer)라는 입력장치와 전자펜을 이용하여 서명자가 쓰는 동안 실시간으로 동적인 정보(필기순서, 시간적인 정보, 압력정보 등)를 얻어 시스템에 입력하는 방식이다.

이 시스템은 내부 처리 과정에서는 불필요한 점들을 제거하는 전처리과정, 서명의 변화폭을 줄여주고 서명자의 고유한 특징 정보를 추출하는 특징추출과정, 두 서명의 특징벡터를 비교하여 유사도를 계산하는 비교과정, 보안수준에 따른 인증 여부를 결정하는 판단과정으로 구성되며, 사용자 관점에서의 화면 구성은 서명을 입력받아 기준서명과 보안수준 값을 만들어 주는 등록화면과 권

한 부여를 위하여 진서명인지 모조서명인지를 판단하는 인증화면으로 나누어진다.

서명을 이용한 보안기술의 핵심은

· 첫째, 에러율(본인거부율, 타인수락률)이 낮아야 한다. 즉 타인이 모조(모방)를 했을 때 통과가 되어서는 안 되고 본인이 직접 사용하였을 때 거부가 되어서는 안 된다는 것이다. 본 시스템에서는 전형적인 뛰어난 패턴매칭 기술로 잘 알려져 있는 DTW(Dynamic Time Warping) 혹은 Dynamic Programming 이라고 하는 방법을 본 서명시스템에 적합하도록 수정하여 적용함으로써 비교 유사도에 대한 신뢰도가 높으면서 처리속도가 빠른 알고리즘을 개발하였다.

본인 거부율 (FRR, False Rejection Rate)와 타인 수락률 (FAR, False Acceptance Rate)의 어느

한쪽도 무시할 수 없으며, 보안이 보다 높게 요구되는 곳에서는 보안수준 값을 높게 설정하여 모조서명이 진서명으로 판단되는 오류를 줄여주고, 보안이 덜 요구되는 곳에서는 보안수준 값을 낮게 설정하여 자기 서명이 거부되는 비율을 줄일 수가 있을 것이다. 좋은 서명검증시스템은 FRR과 FAR이 동시에 낮은 시스템이 되는 것이다.

· 둘째, 사용자의 편의성이다. 일반사람들이 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 인터페이스가 잘 만들어져 있어야 한다.

· 셋째, 서명 DB 크기가 작아야 한다. 본 시스템은 개인의 서명에 대하여 평균 20Byte - 250Byte 정도로 아주 작은 크기이며, 이것은 1000만명에 대해 약 0.2GByte - 2.5GByte의 용량이 필요함을 의미한다.

· 넷째, 인식을 위한 처리속도는 빨라야 한다. DTW 방식은 두 패턴의 유사도를 측정하기 위한 방법으로서 뛰어나지만 계산량이 많아서 처리속도가 떨어지는 단점이 있는데 본 시스템에서는 서명 데이터를 압축하고, 자료구조를 잘 설계함으로써 처리시간에 거의 구애받지 않도록 구현되어 0.01초 이하로 처리가 가능하였다.

## II. 구현된 동적 서명인증시스템

### 2.1 전처리 과정

서명은 나라, 나이, 시간, 습관에 따라 달라지고, 심리적, 육체적 상태에 따라 많은 변화를 보이고 있다. 전처리부는 이러한 서명의 변화를 줄여주는 과정으로 잡음제거과정(noise reduction process), 샘플링과정(sampling process)등으로 이루어진다.

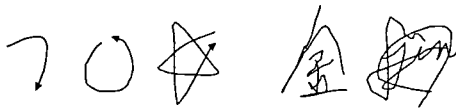


그림 1 동적 서명 패턴의 종류

· 잡음제거과정은 서명을 입력할 때 표면의 미끄러움, 서명자의 손 떨림 등으로 인하여 생기는 잡음을 제거하거나 줄이는 과정이다.

· 샘플링과정은 서명 입력으로부터 들어온 좌표점이 너무 많은 경우, 이를 일정한 간격마다 하나씩만 취함으로써 좌표점 수를 줄여 비교부에서의 처리 속도를 향상시키는 과정이다.

### 2.2 특징점 추출 과정

아래에서는 온라인 서명인증시스템을 만들 때 사용 가능한 특징점을 소개하고 있는데, 이러한 특징점들을 잘 조합하고 압축하여 사용하고 비교부에서 정밀한 유사도를 계산하기 위한 효율적인

방법을 찾는 것이 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 서명인증을 위하여 가장 좋은 특징점은 진서명의 변화 폭을 줄여 주고, 모조서명과의 분별력을 크게 해 주는 것이며, 여러 개의 특징점을 사용할 경우, 적절한 가중치를 부여하는 것 또한 매우 중요하다고 볼 수 있다.

#### [사용 가능한 특징점]

- ① 속도, 속력, 가속도, 압력 정보
- ② 좌표점들의 모양, 두 점 사이의 방향, 기울기
- ③ 서명의 크기
- ④ pen down 성분의 좌표점 개수
- ⑤ pen up 성분의 좌표점 개수
- ⑥ 교차점의 개수
- ⑦ 서명을 쓰는데 걸린 전체 시간
- ⑧ 각 획 사이의 pen up 시간
- ⑨ 각 획 사이의 pen down 시간
- ⑩ 서명의 시작점과 끝점의 방향
- ⑪ 전체 획 수
- ⑫ 전체 좌표점 수
- ⑬ 두 획 사이의 끝점과 시작점간의 방향과 길이
- ⑭ 각 획의 시작점과 끝점간의 방향과 길이

위의 특징점들을 모두 개별적으로 추출하여 비교한다면 처리시간과 메모리의 활용 측면에서 비효율적일 수가 있다. 또한 각각의 특징에 대한 최적의 가중치를 만드는 것 역시 쉬운 일이 아니다. 최소한의 정보를 이용하여 위의 특징들을 반영할 수 있는 방법이 고안되고, 정교하고 일관성 있는 비교 유사도를 만들어 낼 수 있는 알고리즘이 적용되어야 보안성, 안정성, 신뢰성이 높은 동적 서명인증시스템을 구축할 수가 있을 것이다.

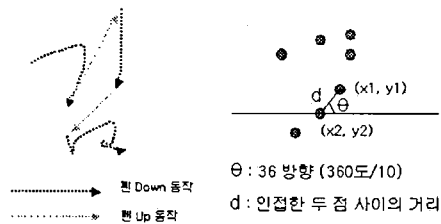


그림 2. 서명의 펜 Down/Up 정보에 대해 인접한 두 점사이의 방향과 거리의 계산

본 연구에서는 서명의 모양과 속도를 가장 중요한 특징점으로 활용하였으며, 모양에 대한 특징은 인접한 두 좌표점 사이의 1-36등급(360도/10)을 가지는 방향각을 활용하였다. 속도에 대한 특징은 인접한 두 좌표점사이의 절대길이를 계산하여 벡터 열을 만들어 비교과정에서 활용하였는데 이것은 필기 속도에 따라서 인접한 두 좌표점사이의 거리가 달라진다는 특성을 이용한 것이다. 두 점사이의 거리를 계산할 때에는

$d = \text{SQRT}[(x_2-x_1)^2 + (y_2-y_1)^2]$ 를 사용하지 않고, 계산시간을 줄이기 위해  $d = \text{Max}[ABS(x_2-x_1), ABS(y_2-y_1)] + \text{Min}[ABS(x_2-x_1), ABS(y_2-y_1)]/2$ 를 이용하여 근사 거리를 구하였으며. 유사도 측정에는 거의 영향을 주지 않음을 실험을 통하여 확인하였다. 펜 Up 동작에 대해서도 [그림 2]에서 보는 바와 같이 동일하게 적용되며, 방향각은 91-126등급을 가지는 값으로 펜 Down의 방향각과 구분하였으며, 펜 Up 성분의 거리를 계산하는 방식은 단순히 두 점사이의 거리를 이용하는 것이 아니고, 서명의 전체 크기에 비례하여 중간 좌표점을 생성해 주는 방식을 적용함으로써 DTW를 사용하는 비교방식에서 보다 정교한 비교결과가 만들어 질 수 있도록 하였다. 또한 두 가지 성분에 대한 적절한 가중치를 부여하는 것도 매우 중요한 요소라고 볼 수 있다. 그리고 압력 정보도 중요한 특징점 중의 하나로 생각될 수 있겠으나, 일상적인 경우에는 본인 거부율을 높이는 원인을 제공할 수 있으므로 압력 정보는 극도의 보안을 요구하는 보안시스템에 활용하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

### 2.3 비교 과정

비교부에서는 입력한 서명과 이미 등록된(혹은 등록할) 서명을 비교하여 유사도를 계산하는 과정이다. 즉, 두 서명의 특징값의 차이를 구하여 모조서명인지 여부를 판단하는데 사용된다.

두 개의 서명을 비교하여 유사도를 산출하는 방법은 주로 Dynamic Programming 방법, Hidden Markov Modeling 방법, Neural Network 방법 등을 사용하고 있으며, 본 서명시스템에서는 수정된 Dynamic Programming 방법을 사용하였다.

두 점 사이의 방향성분과 거리성분을 주된 특징점으로 사용하였으며, 두 성분에 대한 적절한 가중치를 실험을 통하여 결정하였다. 또한 pen up 성분도 고려하여 획의 개수와 획 사이의 상관관계도 계산하여 유사도를 측정하는데 반영하였다.

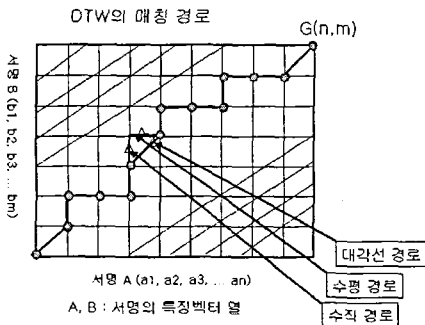


그림 3. 두 서명의 특징벡터 열에 대한 DTW 매칭 경로

$$G(i,j) = \left\{ \begin{array}{l} \text{cost}(a[i], b[j]) + \\ \min \left( \begin{array}{l} G(i-1, j) + w1, \\ G(i, j-1) + w1, \\ G(i-1, j-1) + w2 \end{array} \right) \end{array} \right\} \cdot \frac{\max(i,j)}{\min(i,j)} \cdot (i+j)$$

$\forall 0 < i < n, 0 < j < m, w1 > w2$   
 $G(i,0) = \infty, G(0,j) = \infty, G(0,0) = 0$   
 서명 A : (a[1], a[2], ..., a[n]),  
 서명 B : (b[1], b[2], ..., b[m])  
 n과 m은 각 서명 특징점의 개수  
 a[i]는 b[j]는 서명 특징벡터 열  
 w1, w2는 매칭 경로에 따르는 가중치 상수 ( $w1 > w2$ )

[그림 3]의 DTW 매칭 경로에서 대각선 경로의 가중치(w2)와 수직, 수평 경로에서의 가중치(w1)를 각각 다르게 부여함으로써 두 패턴의 미세한 차이에 대한 변별력을 높일 수 있도록 하였다.

### 2.4 판단 과정

서명을 인증하는 과정에서는 입력서명과 서명 DB에 있는 기준서명을 비교하고, 등록 시에 입력한 보안수준 값을 이용하여 진서명인지 모조서명인지를 판단하게 된다.

### 2.5 서명 등록 화면

등록과정은 사용자의 서명을 서명DB에 저장하는 과정이다. [그림 4]는 서명을 등록하기 위한 사용자 인터페이스이며 두 번 입력된 서명을 교차 비교하고 서명에 대한 유사도가 높으면 등록이 가능하고 그렇지 않으면 새로 서명을 입력하여 유사도를 확인한 후, 보안수준을 결정하여 서명 데이터베이스에 저장하게 된다. 이 등록과정에서 몇 개의 기준서명을 등록할 것인가 하는 문제도 중요하다. 너무 많은 기준서명을 등록하게 되면 등록 시의 불편함과 큰 기억용량을 필요로 하게 되며, 너무 적은 기준서명을 등록하여 사용하게 되면 등록 시의 수월함과 적은 기억용량만 있어도 되지만 진서명 여부를 판단하는데 다소 어려움이 생길 수 있다. 본 시스템에서는 한 번의 서명을 등록하도록 하되, 사용자의 자신의 서명을 여러 번 입력하고, 적절한 보안수준으로 테스트한 후에 등록하도록 설계하였다.

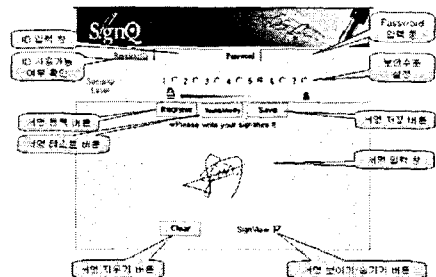


그림 4. 서명 등록 화면

2.6 서명 테스트 화면

[그림 5]는 자신의 서명을 서명DB에 등록하기 바로 직전에 자신에 맞는 보안수준을 설정하고(극비:1수준, 중요:3수준, 보통:5수준, 낮음:7수준) 여러 번의 테스트를 한 후, 등록버튼을 눌러서 등록화면에서 입력한 서명과 보안수준 값을 서명DB에 등록하게 되는 사용자 인터페이스이다.

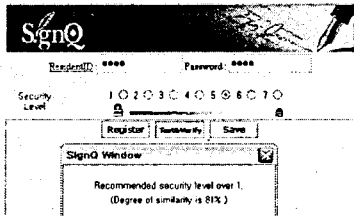


그림 5. 서명 테스트 화면

2.7 서명 인증 화면

[그림 6]은 서명인증시스템에서 본인임을 인증받기 위하여 서명을 입력하는 사용자 인터페이스이다. 서명을 입력하고 확인버튼을 누르면 이미 등록된 서명과 비교/검증하여 본인 서명이 확인되면 어떤 권한을 부여해주게 된다. 이때 자신의 서명이 보이게 할지 혹은 보이지 않도록 할지를 'SignView'라는 toggle 버튼을 사용하여 다른 사람에게 누출될 위험을 줄여주도록 설계되었다.

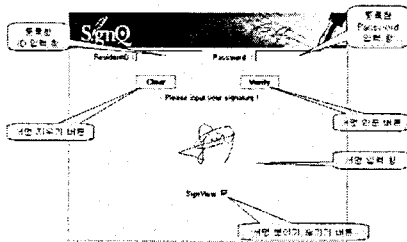


그림 6. 서명 인증 화면

[그림 7]은 PDA 혹은 스마트폰에서 동작 가능하도록 구현된 사용자 인터페이스 화면이다.

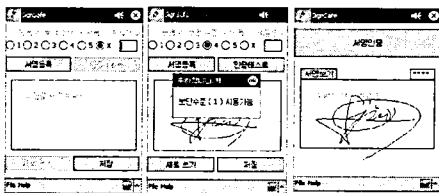


그림 7. 스마트폰용 서명 등록/테스트/인증 화면



그림 8. 다양한 스마트폰과 서명패드

III. 결론

본 연구에서는 동적 서명인증시스템을 구현하기 위하여 보다 효율적인 특징 벡터 추출, 비교 알고리즘을 적용하였고, 사용의 편리성을 위하여 한번의 서명 등록과 시스템의 피드백을 통한 사용자에게 알맞은 보안수준을 설정하여 사용할 수 있도록 하였고, Windows PC환경에서는 MS Visual C/C++를 사용하여 태블릿, 서명패드, 펜 마우스를 입력장치로 구현하였고, 웹 환경을 지원하기 위해서는 JAVA applet, servlet, RESIN, MySQL, JSP 등의 기술을 이용하여 클라이언트와 서버에서 동작이 되도록 구현하였다. 또한 PDA, 스마트폰 환경을 지원하기 위해서 Embedded Visual C/C++ 개발 툴을 이용하여 구현하였다.

사람들의 서명은 변화하기 쉬우나, 나름대로 일관성을 갖고 있다. 동적 (온라인) 서명은 최종 서명의 형태뿐만 아니라, 쓰는 속도, 획 순서, 획 수, Pen Down/Up 등의 다양한 동적인 정보를 이용하며, 비밀번호를 바꾸어 사용할 수 있듯이 서명도 필요 시, 변경하여 사용할 수 있는 특성이 있어 도용이나 모조에 효율적으로 대응할 수 있다. 유비쿼터스 산업의 성장에 따라 모바일 컴퓨터, PDA, 스마트폰, 대형 할인 마트에서 쉽게 볼 수 있는 서명패드 [그림 8], 메모리 칩이 들어 있는 스마트카드, RFID 등의 기술과 결합되어 본 시스템의 활용가치는 더욱 커질 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] J.W. Kim, H.G. Cho, E.Y. Cha, "A Study on the Dynamic Signature Verification System", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System*, vol. 4, no. 3, Dec 2004 pp. 271-276

[2] J.W. Kim, H.G. Cho, E.Y. Cha, "A Study on the Evaluation of Dynamic Signature Verification System", *IT SoC Conference 2004* pp. 583-587,

- Korea
- [3] H. Lei, V. Govindaraju, "A Study on the Consistency of Features for On-line Signature Verification", *Joint IAPR International Workshops on Syntactical and Structural Pattern Recognition (SSPR 2004) and Statistical Pattern Recognition (SPR 2004)*.
- [4] M. Wirotius, J.-Y. Ramel, N. Vincent, "Selection of Points for On-Line Signature Comparison", *Ninth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR'04)*, October 2004 pp. 503-508
- [5] G. Dimauro, S. Impedovo, M. G. Lucchese, R. Modugno, G. Pirlo, "Recent Advancements in Automatic Signature Verification", *Ninth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR'04)*, October 2004 pp. 179-184
- [6] Hansheng Lei, Srinivas Palla, Venu Govindaraju, "ER: An Intuitive Similarity Measure for On-Line Signature Verification", *Ninth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR'04)*, October 2004 pp. 191-195
- [7] Sascha Schimke, Claus Vielhauer, Jana Dittmann, "Using Adapted Levenshtein Distance for On-Line Signature Authentication", *Pattern Recognition, 17th International Conference on (ICPR'04) Volume 2*, August 2004 pp. 931-934
- [8] Flor Ramirez Rioja, Mariko Nakano Miyatake, Hector Perez Meana, Karina Toscano, "Dynamics features Extraction for on-Line Signature verification", *14th International Conference on Electronics, Communications and Computers*, February 2004 pp. 156
- [9] 김진환, "온라인 서명검증을 위한 PUI 설계에 관한 연구", 한국정보처리학회 춘계발표논문집, 1999.04
- [10] 김진환, 이현주, "온라인 서명검증 장치", 특허등록번호 P141802, 등록일자 1998.03.25
- [11] 김진환, "사용자 인증 보안을 위한 온라인 서명검증시스템", 정보보호학회지 제12권 2호, 2002.4
- [12] 김진환, 조혁규, 차의영, "사용자 인증보안을 위한 동적 서명인증시스템", 대한전자공학회 하계학술대회, 2002.6.29
- [13] 김진환, 조혁규, 차의영, "동적 서명검증시스템의 성능 평가에 관한 연구", 대한전자공학회 하계학술대회, 2003.7.10
- [14] Jin-Whan Kim, Hyuk-Gyu Cho, Eui-Young Cha, "A Study on the Dynamic Signature Verification System", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 4, no. 3, 2004.12.25
- [15] Jin-Whan Kim, Hyuk-Gyu Cho, Eui-Young Cha, "Implementation of User Interface and Web Server for Dynamic Signature Verification", *e-Biz World Conference 2005 (8th International e-Biz Conference)*, 2005.3.23
- [16] Jin-Whan Kim, Hyuk-Gyu Cho, Eui-Young Cha, "A Study on Feature Extraction and Matching of Enhanced Dynamic Signature Verification", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 춘계학술대회, 2005.4.30
- [17] Jin-Whan Kim, Hyuk-Gyu Cho, Eui-Young Cha, "A Study on the Evaluation of Dynamic Signature Verification System", *ICCSA 2005 Conference, (LNCS) 2005.5.10*

