퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2006, Vol. 16, No. 6, pp. 665-670

동적 서명인증을 위한 수정된 DTW 방법에 관한 연구

A Study on Modified DTW for the Dynamic Signature Verification

김진환* · 조혁규** · 차의영***
Jin-Whan Kim, Hyuk-Gyu Cho and Eui-Young Cha

* 영산대학교 컴퓨터공학과
** 영산대학교 소프트웨어학과
*** 부산대학교 정보컴퓨터공학부

요 약

본 논문에서는, 동적 서명의 여러 가지 중요한 특징을 잘 반영할 수 있는 특징 정보를 추출하였고, 두 패턴을 비교하는 방법에서는 기존의 DTW 방법에서의 문제점을 개선하여 제안된 DTW 방법을 사용함으로써, 낮은 오류율(본인 거부율, 타인 수락률), 적은 량의 특징 정보, 빠른 처리 속도 등에서의 성능을 개선하였다.

키워드 : 동적 서명, DTW (Dynamic Time Warping), 특징추출, 조정상수, 바이오인증

Abstract

This paper deals with a modified method of the dynamic time warping and feature points to extract various important information of the signature for the dynamic signature verification. We could achieve lower equal error rate, small and efficient feature points and fast processing time for the verification.

Key Words : Dynamic signature, DTW. Feature extraction. Adjustable constant, Biometrics

1. 서 론

컴퓨터 보급이 확대되면서 대부분의 업무들이 컴퓨터를 이용하여 처리되고 있는데 이에 따른 컴퓨터 범죄가 나날이 증가되고 있다. 지금까지 보안(security)에 관한 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 관심도 고조되고 있다. 그리고 국가, 기업은 물론 개인도 질 높은 정보를 축적하기 위하여 막대한 자금과 공을 들여 정보를 수집하고, 분석, 가공하기 위해 많은 노력을 하고 있는데 이러한 정보의 보안과 신분 확인을 위하여 사람의 신체적(생리적), 행동적 특징을 사용자 인증, 보안에 이용하는 바이오인식(biometrics) 보안시스템 개발이 크게 활기를 띠고 있다[1, 2, 3, 4].

본 논문에서는, 서명의 여러 가지 중요한 특징(서명의 속도, 모양, 획 순서, 획 수, 서명 시간 등)을 잘 반영할 수 있는 특징 정보를 추출하였고, 두 서명 패턴을 비교하는 방법에서는 기존의 DTW 방법에서의 문제점을 개선하여 제안된 DTW 방법을 사용함으로써, 낮은 오류율(본인 거부율, 타인 수락률), 적은 량의 특징 정보, 빠른 처리 속도 등에서의 성능을 개선하였다. 2장에서는 지금까지의 서명인증시스템에 관련된 연구를 살펴보고, 3장에서는 서명인증시스템 성능의 중요한 요소인 특징 정보 추출 방법과 수정된 DTW 방법을 제안하였다. 서명의 방향 정보와 제안된 DTW 방법에서 적절한 조정상수(w)를 부여함으로써 서명의 Pen Down 시에 나타나는 속도정보, Pen Up 정보, 획 순서, 전체 획 수, 서명의 절대 크기, 서명 시간 등의 정보가 모두 반영이 될 수 있도록 구현하여 오류율을 개선할 수 있었다. 4장에서는 실험 및 결과를 분석하였다.

접수일자 : 2006년 11월 1일
완료일자 : 2006년 11월 30일

2. 동적 서명인증시스템

동적 서명인증기술은 전자펜으로 입력된 개인의 서명을 실시간으로 인증하는 것으로, 서명의 모양만을 인식/검증하는 단순한 수준이 아니라, 서명을 쓰는 속도, 필체 각도, 획 순서, 획 수 등의 다양한 동적인 정보를 비교/분석하여 진서명인지 모조서명인지를 검증하는 것이다.

이 기술은 생리적(신체적) 특징을 가지는 바이오인증 보안시스템에 비해 여러 가지 다른 특성을 가지고 있다. 첫째는, 서명은 기존의 은행거래, 신용카드 등에서 이미 사용하고 있는 본인 확인 방법으로 친숙한 매체라는 것이고, 둘째는, 모바일 컴퓨팅, 유비쿼터스(ubiquitous) 사회와 더불어 널리 보급되고 있는 PDA(personal digital assistants), 스마트폰(smart-phone)의 주요 입력 수단으로 펜을 사용하고 있다는 것이다. 셋째는, 비밀번호를 바꾸어 사용할 수 있듯이 서명도 필요할 때 언제든지 약간의 노력으로 자신의 서명을 바꾸어 사용할 수 있다는 것은 보안적인 측면에서는 매우 중요한 요소이다. 넷째는, 특정 펜 입력 장치에 상관없이 사용가능하며, 마우스로도 간단한 도형을 이용하여 사용 가능하다. 다섯째는, 개인 서명의 숙련도에 따라 자신의 보안수준을 설정하

여 사용할 수 있다. 여섯째는, 기후나 온도 등 외부의 환경변화에 따른 오작동이 거의 없다. 일곱째는, 개인 신체상의 변화에 따르는 영향을 적게 받는다. 여덟째는, 동적인 벡터 정보를 사용하므로 해킹에 의한 도용을 예방할 수 있다. 아홉째는, 여러 사용자가 동일한 서명으로 인증시스템을 공유하고자 할 경우, 매우 단순한 서명 패턴을 사용함으로써 그룹 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 하여 보안성, 편의성과 융통성 있는 시스템을 제공할 수 있다.

자필 서명은 서명자마다 그 특성이 다르고, 동일한 필기자의 경우에도 필기 자세, 감정 상태나 사용된 서명 입력 장치 등에 따라 조금씩 다르게 나타나며, 동일한 조건에서도 시간에 따라 다소 변하게 된다. 따라서 서명인증시스템에서 주로 고려해야할 요소는 많은 특징들 중에서 어떠한 특징을 실제 인증에 사용할 것인가 하는 것이고, 두 서명의 특징들을 어떻게 효과적으로 비교하여 정교한 상이도(dissimilarity)를 측정할 것인가 하는 문제이다.

동적 서명인증시스템에서 인증 방식은 크게 함수적인 방법과 매개변수적인 방법으로 나뉜다[5, 6]. 함수적 방법에서 서명은 시간에 대한 함수의 형태로 나타난다. 이에 비해 매개변수적인 방법은 서명에 대해 n개의 특징을 선택하여 n차원의 벡터 형태로 특징 정보를 나타낸다[12, 13].

매개변수적인 방법은 저장해야할 데이터량이 적고, 비교과정이 단순하여 비교시간이 적게 소요되지만, 특징 추출이 주로 전역적 특징에 국한되므로 서명의 국부적인 변화에서 얻을 수 있는 특징을 사용할 수 없는 단점이 있다. 이 방법은 서명의 국부적으로 미세한 변화에 둔감하므로 오류율(Equal Error Rate)을 낮추는 데는 한계가 있다. 그래서 이러한 특징들은 모조서명인지를 먼저 판단하거나, 1 대 n 방식으로 비교해야 할 서명이 많을 경우, 대분류를 위한 방법으로 활용하는 것은 의미가 있을 것이다.

함수적 방법의 경우, 하나의 서명을 표현하기 위해서는 매개변수적인 방법에 비해 많은 정보를 필요로 하여 많은 기억장치의 용량이 요구되며, 두 서명의 상이도를 계산하기 위한 처리시간도 많이 소요된다. 그러나 함수적인 방법은 서명의 동적인 특성을 잘 반영하므로 일반적인 매개변수적인 방법에 비해 더 나은 성능(오류율 측면)을 보인다. 함수적 방법은 입력된 서명을 시간에 대한 특징함수로 나타내고, 대응하는 특징값의 차이를 누적시켜 비교하는 방식이다. 이때 사용할 수 있는 특징은 속도, 가속도, 방향, 거리, 압력 등과 이들의 조합이 될 수 있다[14, 15, 16, 17, 18].

두 서명의 특징을 비교하기 위해서는 RMS(Root Mean Square)방법[19, 20] 이나 DTW(Dynamic Time Warping)[7, 8, 9, 10, 11], Neural Network[21, 22], HMM(Hidden Markov Model)[22] 등이 사용된다. RMS는 대응하는 두 함수를 위치에 따라 비교하여 그 차이를 누적시키는 선형 대응방법으로 약간의 차이나 왜곡에도 큰 상이도를 나타낸다. 이를 보완하기 위해서 상관관계(correlation)를 사용하기도 하나 이 방법도 미세한 왜곡에 적절히 대응하지 못한다[11].

DTW 방법은 부분적인 왜곡에 대해 덜 민감하면서 정교하게 처리할 수 있고, 모든 가능한 정합 경로에 대해 가장 상이도(dissimilarity)가 낮은 경로를 효과적으로 찾아주는 방법으로 잘 알려져 있다. 일반적으로 두 서명의 길이는 선형적으로 변화하면서 전체 길이가 다를 수 있고, 비선형적으로 부분적인 길이가 다를 수 있으므로 서명인증을 위한 비교 알고리즘으로 우수한 성능을 낼 수 있다. 서명은 세월이 흐름에 따라 서명의 형태도 사람에 따라 약간씩 변하는 특징과 비밀번호를 바꾸어 사용하듯이 때로는 자신의 서명을 바꾸어서 사용해야 하는 경우가 있는데 이에 대해 효율적으로 대응하기 위해서는 DTW방식이 Neural Network이나 HMM 방식보다 우수함을 보이고 있다[7]. DTW는 적은 양의 데이터로도 학습이 가능하므로 학습과 데이터 수집이 간단하며, 특징 정보를 잘 선택하면 필요한 메모리 용량을 크게 줄일 수 있고, 연산량도 줄여서 처리속도를 향상시킬 수 있다.

기존의 동적 서명인증에 관한 연구에서는 다양하고 복잡한 특징 정보와 가중치를 사용하여 서명인증시스템에 적용하였으나, 특징 정보의 종류를 많이 사용한다고 해서 우수한 인증시스템의 성능을 보이는 것은 아니며, 특징 정보의 종류가 많을수록 적절한 가중치를 부여하는 것은 매우 어려운 일이다. 본 논문에서는, 서명의 여러 가지 중요한 특징(서명의 속도, 모양, 획 순서, 획 수, 서명 시간 등)을 잘 반영할 수 있는 특징 정보를 추출하였고, 실험을 통하여 적절한 가중치를 부여하였으며, 두 패턴을 비교하는 방법에서는 기존의 DTW 방법에서의 처리속도 문제와 정교성을 개선하여 제안된 DTW 방법을 사용함으로써, 낮은 오류율(본인 거부율, 타인 수락률), 적은 량의 특징 정보, 빠른 처리 속도 등에서 성능을 개선할 수 있었다.

3. 제안된 서명 특징정보 추출 및 수정된 DTW 방법

3.1 제안된 서명 특징정보

동적 서명인증시스템을 만들 때, 사용 가능한 특징 정보들을 잘 조합하여 사용하고 비교부에서 상이도를 계산하는 좋은 방법을 찾는 것이 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 서명인증을 위하여 가장 좋은 특징 정보는 진서명의 변화 폭을 줄여 주고, 모조서명과의 변별력을 크게 해 주는 것이며, 여러 개의 특징 정보를 사용할 경우, 적절한 가중치를 부여하는 것 또한 중요하다고 볼 수 있다. 진 서명에 대해 모조가 쉬운 특징은 유효한 특징 정보에서 배제되어야 하고, 진 서명 내에서 변화가 적은 특징이면서 다른 사람의 모조가 어려운 특징은 강조되어 큰 가중치를 부여할 필요가 있다.

본 연구에서 제안한 서명의 주요 특징 정보는, 서명의 Pen Down 시에 나타나는 속도정보, Pen Up 정보, 획 순서, 전체 획 수, 서명의 절대 크기 등이다. 기존의 연구에서도 잘 알 수 있듯이 서명의 속도 정보는 매우 중요한 정보이다. 즉, 서명의 대부분은 속도에 대하여 일관성을 유지하고 있음을 의미하는 것이다. 이 속도는 방향정보와 속력정보로 나눌 수 있는데, 서명의 모양에 대한 정보는 쉽게 누출될 가능성이 높은 특징을 가지고 있고, 속력에 대한 정보는 상대적으로 다른 사람에게 쉽게 누출이 되지 않아 보안성이 높은 특징을 지니고 있다. 본 논문에서는 서명에서 추출되는 두 점사이의 방향정보와 속력정보로 구분하였고, 각각에 적절한 가중치를 부여함으로써 오류율을 줄이는 방법을 제안하게 되었다.

방향에 대한 특징은 인접한 두 좌표점 사이의 36 방향정보 (360도/10)를 활용하였고, 속력에 대한 특징은 DTW 방법에서 조정상수(w)를 사용하여 반영되도록 하였다. 방향 특징 정보는 1 byte에 저장하여 처리 가능하도록 함으로써 저장용량도 줄임과 동시에 계산시간도 최대한 줄일 수 있도록 설계되었다. Pen Down 성분의 방향정보는 1에서 36 방향정보를 가지지만 Pen Up 성분은 Pen Down 성분의 방향정보에 90을 더해서 91에서 126 방향정보를 가지도록 하여 구분

하였다. Pen Up 성분에서 속력을 계산하는 방식은 단순히 두 점사이의 거리를 이용하는 것이 아니고, 서명의 전체 크기에 비례하여 중간 좌표점을 생성하여 방향정보를 넣어주는 방식을 적용함으로써 보다 정교한 비교 결과가 만들어 질 수 있도록 하였다. 그리고 Pen Up 동작이 일어난 직 후, Pen Down 동작이 일어날 때까지의 시간은 고려하지 않았다. 이것은 서명을 입력할 때, 표면의 미끄러움이나 사용 환경(앉은 자세, 선 자세, 편한 상태, 다소 불편한 상태)에 따라서 Pen Up에서 Pen Down 으로 이어지는 시간이 일정하지 않을 수 있음을 고려하여, 이 소요 시간은 특징 정보에서 배제하였고 방향정보와 거리정보만을 특징 정보로 사용하여, 소요 시간의 차이에 따른 본인 거부율을 줄이도록 하였다.

3.2 수정된 DTW 방법

두 패턴을 비교하는 방법에서는 기존의 DTW 방법에서의 처리속도 문제와 정교성(비교 상이도)을 개선하여 제안된 DTW 방법을 사용함으로써, 성능을 개선하였다. 비교방법은 입력한 서명과 이미 등록된(혹은 등록할) 서명을 비교하여 상이도를 계산하는 것이다. 즉, 두 서명에 대한 특징 정보의 차이(상이도)를 구하여 모조서명인지 여부를 판단하는데 사용된다. DTW는 입력패턴과 기준(표준)패턴 사이의 상이도를 계산하기 위해서 경로를 다이나믹하게 결정함으로써 좋은 인식률을 갖기 때문에 음성인식시스템에서 많이 사용되었다. 그러나 DTW 방법은 많은 계산량으로 연속 음성인식으로의 확장이 어려워 빠르게 처리하는 방법에 대한 연구도 많이 이루어졌는데, 이를 위해 Warping Window 라는 구간을 설정하여 중앙에서 일정한 거리 이내의 구간에서만 계산이 이루어지도록 하는 연구도 있었고, 트랜스퓨터라는 고속 병렬프로세서를 이용하여 빠르게 계산하는 방법도 연구되었다. DTW 방법은 적은 양의 데이터로도 학습이 가능하므로 학습과 데이터 수집이 간단하며, 특징 정보를 잘 선택하면 필요한 메모리 용량을 크게 줄일 수 있고, 연산량도 줄여서 처리속도를 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 제안된 DTW 방법을 사용하여 오류율을 줄이고, 처리 속도도 개선시킬 수 있었다.

식 (1)은 주로 음성인식에서 사용되고 있는 전통적인 DTW 방법에서의 수식을 나타낸다.

d = 두 서명의 특징 정보 차이 값

$$G(i,j)=\{\min\ (G(i-1,\ j)+d,\quad //\ \text{수평 경로} \qquad (1)$$
$$G(i,\ j-1)+d,\quad //\ \text{수직 경로}$$
$$G(i-1,\ j-1)+2*d)\quad //\ \text{대각 경로}$$
$$\}$$

$\forall\ 0<i<n,\ 0<j<m$

i : 입력패턴(서명 A)의 i번째 특징 정보

j : 기준(표준)패턴(서명 B)의 j번째 특징 정보

그림 1은 두 서명(서명A, 서명B)의 특징 정보에 대하여 기존 DTW 방법에 의해 계산되는 과정을 예로 설명하고 있다. 길이가 다르더라도 위치에 관계없이 서로 비교하는 특징 정보가 동일한 값이 존재하면 최종 G(n, m)의 값은 0(상이도) 이 됨을 알 수 있다.

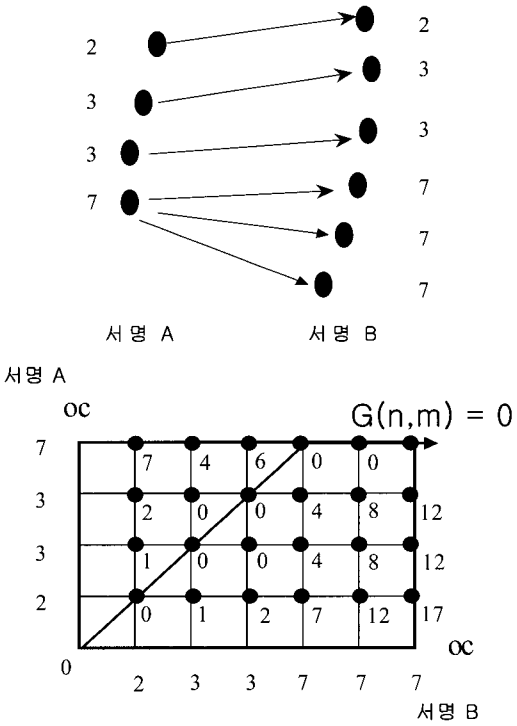


그림 1. 길이가 다른 두 서명 패턴의 기존 DTW 연산
Fig. 1. Existing DTW operation for the different length of two signatures

따라서 길이가 다른 두 서명 패턴에 대해 전통적인 방식인 식 (1)을 적용하였을 때, 서명 패턴에 대한 변별력이 없음을 알 수 있다.

본 논문에서는 두 점 사이의 방향성분과 속력성분을 주된 특징 정보로 사용하였으며, 두 성분에 대한 적절한 가중치를 실험을 통하여 결정하였다. 또한 Pen Up 성분도 고려하여 획의 개수와 획 사이의 상관관계도 계산하여 상이도를 측정하는데 반영하였다.

식 (2)는 본 논문에서 제안한 DTW 연산 수식이다.

d = 두 서명의 특징 정보 차이 값

$$G(i,j)=\{d\ +\ \min\ (G(i-1,\ j)+w,\quad //\ \text{수평 경로} \qquad (2)$$
$$G(i,\ j-1)+w,\quad //\ \text{수직 경로}$$
$$G(i-1,\ j-1))\quad //\ \text{대각 경로}$$
$$\}$$

$\forall\ 0<i<n,\ 0<j<m,$

$G(i,0) = \infty,\ G(j,0) = \infty,\ G(0,0) = 0$

서명 A: (a[1], a[2], • • •, a[n]),

서명 B: (b[1], b[2], • • •, b[m])

n과 m은 각 서명 특징점의 개수

a[i], b[j]는 서명 특징 정보의 열

w : 수평, 수직 경로에 더하는 조정상수, w>0

식 (2)의 G(i,j)는 제안된 DTW 수식을 보여주고 있으며, 수평, 수직 경로에 조정상수(w)를 더해 줌을 알 수 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 수직, 수평 경로에만 조정상수(w)를 부여함으로써 비교할 두 패턴에 대하여 1:1 비교(대각 경로)가 발생하지 않을 경우 조정상수(w)를 부여함으로써 상대적으로 상이도가 올라가도록 하여 그림 3과 같이 길이가 다른 서명 패턴에 대해서도 변별력을 높일 수가 있었다.

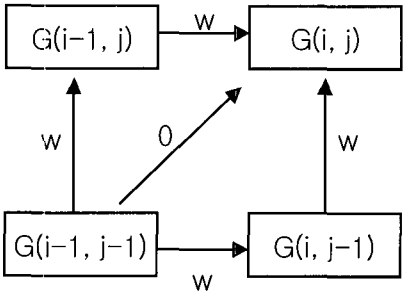


그림 2. 수직, 수평, 대각 경로의 조정상수
Fig. 2. Adjustable constant for the diagonal, horizontal and vertical path

그림 3은 두 서명(서명A, 서명B)의 특징 정보에 대하여 제안된 DTW 방법에 의해 계산되는 과정을 예로 설명하고 있다. 서로 비교하는 특징 정보가 동일한 값이 존재하더라도 길이가 다르면 최종 G(n, m)의 값은 w에 의해 누적된 값(8, 상이도)이 생김을 알 수 있다.

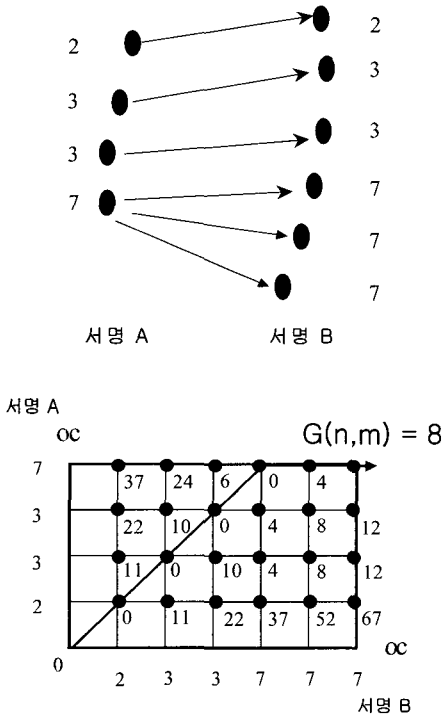
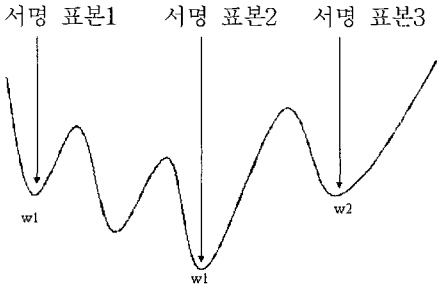


그림 3. 길이가 다른 두 서명 패턴의 제안된 DTW 연산 (w=10 으로 가정)
Fig. 3. Suggested DTW operation for the different length of two signatures (supposed w=10)

본 연구에서 사용된 특징 정보(방향, 속력정보)를 이용하여 제안된 DTW 방식에서의 식 (2)를 적용하면 길이가 다른 서명의 패턴에 대한 변별력이 있음을 알 수 있다. G(n,m) 값이 최종 두 서명의 비교 상이도가 되며, 값이 작을수록 두 서명의 유사도가 높음을 의미한다. 서명의 크기나 복잡한 정도에 상관없이 일정한 범위의 비교 상이도를 구하기 위해서는 DTW 비교 결과 값 G(n,m)에서 전체 서명 특징 정보의 길이(n+m)를 나눔으로써 원하는 결과를 얻을 수 있었다.

그리고 조정상수(w)는 다양한 서명 표본에 의해 최적의 값을 구하고 평균을 이용하였다. 그림 4는 다양한 서명 표본에 의해 결정된 조정상수들(w1, w2, w3)을 보여주고 있으며, 서명 표본에 따라서 조정상수(w) 값은 약간의 차이를 보일 수 있으며, 여러 개의 서명 표본에 의한 조정상수들(w1, w2, w3)을 참고하여 최적의 조정상수(w)를 결정하여야 할 것이다.



* 서명 표본 : 진서명과 모조서명이 포함된 서명 표본집합
* w : 조정 상수

그림 4. 조정상수(w)와 서명 표본
Fig. 4. Adjustable constant(w) and signature sample

4. 실험 및 결과 분석

표 1은 본 논문에서 구현한 서명인증시스템의 전반적인 특징과 성능이다. 사용된 특징 정보, 두 서명의 특징 정보를 비교하여 상이도를 계산하는 비교 알고리즘, 인증 처리속도, 특징 정보 크기, 서명엔진 크기, 서명자가 자신의 서명을 등록하는데 소요되는 평균시간 등을 나타내고 있다.

표 1. 구현된 서명인증시스템의 특징 및 성능
Table 1. Characteristics and Performance of the implemented signature verification system

구 분	특징 및 성능
특징 정보	두 좌표점사이의 방향, 속력 정보
비교 알고리즘	제안된 DTW 방법
오류율	2.93 % (서명 모조자에게 진서명을 쓰는 정보를 알려준 상태)
처리속도	평균 0.005초 이하 (CPU : 2.1GHz, MM: 256MB)
특징 정보크기	평균 20 - 250 Byte
서명엔진크기	PDA WinCE용 6KB, JAVA용 8KB, PC Windows용 32KB
서명 등록 소요 시간	10초 내외
서명 등록 수	1개
보안 수준 설정	시스템의 피드백 정보로 사용자가 설정 (1-7등급)

300여명의 대기업 연구원, 100여명의 대학생, 일반인을 대상으로 수집된 진서명, 모조서명이 연구에 활용되었으며, 40가지의 서명 패턴에 대하여 1447개의 서명(진서명 750개, 모조서명 697개)을 8개의 표본서명으로 나누어 실험데이터로 사용하였고, PC (CPU: 2.1GHz, Main Memory: 256MB)

Windows, iPaq PDA 환경에서 실험하였다.

그리고 사용 환경, 사용된 서명 데이터베이스 (진서명, 모조서명), 사용된 특징 정보 및 가중치, 비교 알고리즘 등이 동일하지 않으면, 오류율(EER)의 절대 비교는 어려울 것이며 특히, 진서명과 모조서명의 저장 형태에 따라서 실험결과의 오류율은 크게 차이가 날 수 있음은 기정사실이다. 객관적인 오류율을 평가하는 방법에는 현실적으로 다소 어려움이 있는 실정이며, 이를 위해서는 객관적으로 공인된 서명 데이터베이스(진서명, 모조서명)가 준비되어 있어야 한다. 본 논문에서는 자체적으로 구축한 서명 데이터베이스를 기준으로 성능을 분석하였다.

본 연구에서 제안된 특징 추출 및 비교 알고리즘과 조정상수(w)의 수정 없이 그대로 Web, PDA, Smart-phone, PC Windows 등의 다양한 환경에서 적용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 개발 및 구축 환경이 다를 때 마다 특징 추출, 비교 알고리즘, 조정상수, 가중치 등을 수정해야 한다면 매우 번거로운 작업과 많은 노력이 소모되어야 한다. 결론적으로 적은 노력으로 융통성 있게 시스템을 쉽게 구축할 수 있다는 것이다.

또한 상용화를 위해서는 다양한 OS 플랫폼을 지원해야 한다. 본 논문에서는 MS Visual C/C++ 개발 툴을 사용하여 PC Windows 환경을 지원하고, MS 임베디드 Visual C/C++ 개발 툴과 WinCE, PocketPC, Windows Mobile OS를 지원하도록 개발하였고, JAVA 기술을 이용하여 다양한 운영체제에서도 동작가능 하도록 구현하였다. 그리고 유비쿼터스 네트워킹 (ubiquitous networking) 환경에 대비하여 유·무선 통신을 통한 인증을 지원하는 서명인증서버도 구현되었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

보안의 중요성이 한층 강조되는 현 시점에서, 본 서명인증 시스템은 컴퓨터 및 중요한 자료의 보안, Network Server의 접근 제한과 온라인 쇼핑, 신용 카드, 군사기밀, 국가행정 보안, 인터넷 뱅킹, 사이버트레이딩, 건물 출입 제한 및 자격 확인 등의 광범위한 분야에 적용 가능한 기술이다. 그리고 대 국민적 보호 차원에서 인터넷 전자상거래의 결제보안, 유해 음란사이트로부터 청소년을 보호하기 위한 성인 인증 보안에도 관심을 가져야 할 때이다. 특히, 서명은 전 세계적으로 사용되고 있기 때문에 국내에서의 보안을 위한 효용 가치뿐만 아니라, 서명 문화가 발달되어 있는 서구 세계에 더욱 효용가치가 있을 것이다. 그리고 보다 넓은 시장에서 활용되기 위해서는 가격이 저렴하면서 성능이 우수한 서명입력 전용장치의 개발이 필요하고, 스마트카드, RFID, 다중바이오인식 등의 미래 핵심 산업기술과의 연동 보안시스템 구축이 필요할 것으로 본다. 또한 본 논문에서 사용한 특징 정보 추출 방법과 제안된 DTW 비교 알고리즘을 음성인증(화자종속)에도 적용하여 성능을 평가해 보고, 서명인증, 음성인증, 얼굴인증, 지문인증 등이 결합된 다중 바이오인식시스템에 대한 연구도 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] A. Jain, L. Hong, and S. Pankanti, "Biometric Identification," *Communications of the ACM,* Vol.43, No.2, pp.91-98, Feb. 2000.

[2] P.J. Phillips, A. Martin, C.L. Wilson, and M. Przybocki, "An Introduction to Evaluating Biometric Systems," *Computer,* Vol.33, No.2, pp.56-63, Feb. 2000.

[3] J.L. Wayman, "Fundamentals of Biometric Authentication Technologies," *National Biometric Test Center Collected Works,* Ver.1.3, pp.1-19, Aug. 2000.

[4] F. Deravi, M.C. Fairhurst, R.M. Guest, N. Mavity, and A.D.M. Canuto, "Design of multimodal biometric systems for universal authentication and access control," *Proc. 2nd Int. Workshop on Information Security Application,* Seoul, Korea, Sept. 2001.

[5] R.Plamondon and G.Lorette, "Automatic signature verification and writer identification: The state of the art", *Pattern Recog.* Vol. 22, No.2, pp. 107-131, 1989.

[6] 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),* pp. 179-184, October 2004.

[7] Hansheng Lei, Srinivas Palla, Venu Govindaraju, "ER2: An Intuitive Similarity Measure for On-Line Signature Verification", *Ninth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR'04),* pp.191-195, October 2004.

[8] 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,* pp.931-934, August 2004.

[9] M. E. Munich, P. Perona, "Continuous Dynamic Time Warping for Translation Invariant Curve Alignment with Applications to Signature Verification", *(1999), Available at: http://citeseer.nj.nec.com/munich99continuous.html.*

[10] R. Martens, L. Claesen., "On-line signature verification by dynamic time-warping", *The 13th International Conference on Pattern Recognition,* pp.38-42, 1996.

[11] M. Perizeau and R. Plamondon, "A comparative analysis of regional correlation, dynamic time warping and skeletal tree matching for signature verification", *IEEE T-PAMI,* Vol.12, No.7, pp.710-717, 1990.

[12] L.L.Lee, T.Berger, E. Aviczer, "Reliable On-Line Human Signature Verification Systems", *IEEE T-PAMI,* Vol.18, No.6, pp.643-647, 1996.

[13] W. Nelson, W. Turin and T. Hastie, "Statistical methods for online signature verification", *IJPRAI,* Vol.8, No.3, pp.749-770, 1994.

[14] K. Tanabe, M. Yoshihara, H. Kameya, S. Mori,

S. Omata, T. Ito, "Automatic Signature Verification Based on the Dynamic Feature of Pressure", *Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR '01)*, pp. 1045, September 2001.
[15] Q.-Z.Wu, S.-Y.Lee, I.-C.Jou, "On-line signature verification based on logarithmic spectrum", *Pattern Recognition*, Vol.31, No.12, pp. 1865-187, 1998.
[16] M.Yoshimura, Y.Kato, S.Matsuda and I.Yoshimura, "On-line Signature Verification Incorporating the Direction of Pen Movement", *IEICE Transactions*, Vol.74, No.7, pp.2083-2092, 1991.
[17] C.N. Liu, N.M. Herbst and N.J. Anthony, "Automatic Signature Verification: System Description and Field Test Results", *IEEE T-SMC*, Vol.9, pp.35-38, 1979.
[18] N.M.Herbst and C.N.Liu, "Automatic signature verification based on accelerometry", *IBM J. Res. and Dev*, pp.245-253, 1977.
[19] G. Dimauro, S. Impedovo, G. Pirlo, "Component-oriented algorithms for signature verification", *IJPRAI*, Vol.8, No.3, pp. 771-794, 1994.
[20] G.Dimauro, S.Impedovo, G.Pirlo, "A stroke-oriented approach to signature verification", in From *Pixels to Features III - Frontiers in Handwriting Recognition*, S. Impedovo and J.C.Simon eds., Elsevier Publ., pp.371-384, 1992.
[21] C. Quek, R.W. Zhou, "Antiforgery: a novel pseudo-outer product based fuzzy neural network driver signature verification system", *Pattern Recognition*, Vol.23, pp.1795-1816, 2002.
[22] M. Fuentes, S. Garci-Salicetti, B. Dorizzi, "On line Signature Verification: Fusion of a Hidden Markov Model and a Neural Network via a Support Machine", *Proc. of IWFHR-8*, Canada, pp.253-258, 2002.

저 자 소 개

김진환(Jin-Whan Kim)
1989년 : 부산대학교 전산통계학과 (이학사)
1992년 : 연세대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
2006년 : 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)
1992년~1997년 : LG종합기술원, LG소프트 선임연구원
1997년~2002년 : 성심외국어대학 멀티미디어전공 전임강사
2003년~현재 : 영산대학교 컴퓨터공학과 조교수
2001년~현재 : (주)마이그룹 대표이사

관심분야 : 동적 서명인증, 필기체 문자인식, 다중 바이오인식, 유비쿼터스 컴퓨팅
Phone : 055-380-9331
Fax : 055-380-9106
E-mail : kjw@ysu.ac.kr

조혁규(Hyuk-Gyu Cho)
1988년 : 부산대학교 계산통계학과 (이학사)
1990년 : 부산대학교 전자계산학과 (이학석사)
1992년 : 부산대학교 전자계산학과 (박사 수료)
1997년~2002년 : 성심외국어대학 정보통신학부 조교수
2003년~현재 : 영산대학교 컴퓨터학부 전임강사
2001년~현재 : (주)마이그룹 기술이사

관심분야 : 정보검색, 자연어처리
Phone : 055-380-9289
Fax : 055-380-9106
E-mail : hgcho3@ysu.ac.kr

차의영 (Eui-Young Cha)
1979년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 : 서울대학교 계산통계학과 (이학석사)
1998년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
1980~1985년 : 한국전자기술연구소 시스템부 연구원
1995년~1996년 : University of London Dept of Comp Sci 방문교수
1988년~2001년 : 부산대학교 정보통신연구소, 행정기획부 부장
1985년~현재 : 부산대학교 공과대학 정보컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 이미지 프로세싱, 컴퓨터비전, 인공 신경망, 웨이블릿
Phone : 051-510-2878
Fax : 051-517-2431
E-mail : eycha@pusan.ac.kr