

동적 서명인증을 위한 DTW와 조정상수에 관한 연구

김진환* · 조혁규**

*, **영산대학교, (주)마이그룹

A Study on the Adjusted Constant and DTW for the Dynamic Signature Verification

Jin-whan Kim* · Hyuk-gyu Cho**

*, **Youngsan University, MMiGroup Co., Ltd.

E-mail : kjw@ysu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 동적 서명인증을 위한 특징 정보로써 서명에서 추출되는 두 점사이의 방향정보와 속력정보로 구분하였다. 방향(모양)에 대한 특징은 인접한 두 좌표점 사이의 36 방향정보를 활용하였고, 속력에 대한 특징은 DTW 방법에서 조정상수(w)를 사용하여 반영되도록 하여 개선된 동적 서명인증시스템을 구현하였다.

ABSTRACT

This paper presents dynamic (on-line) signature verification using direction and speed information as feature information. We describe a detail method of the adjusted constant(W) in the suggested DTW for the speed between adjacent two points.

키워드

동적 서명인증, 특징 정보, 조정상수(W), DTW

I. 서 론

동적 (온라인) 서명인증시스템이란 사람이 쓴 서명의 진위여부를 판별하는 시스템이다.

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. 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 방향정보

와 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.

II. 제안된 DTW와 조정상수

2.1 제안된 특징 정보와 조정상수

방향(모양)에 대한 특징은 인접한 두 좌표점 사이의 36 방향정보 (360도/10)를 활용하였고, 속력에 대한 특징은 DTW(Dynamic Time Warping) 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.

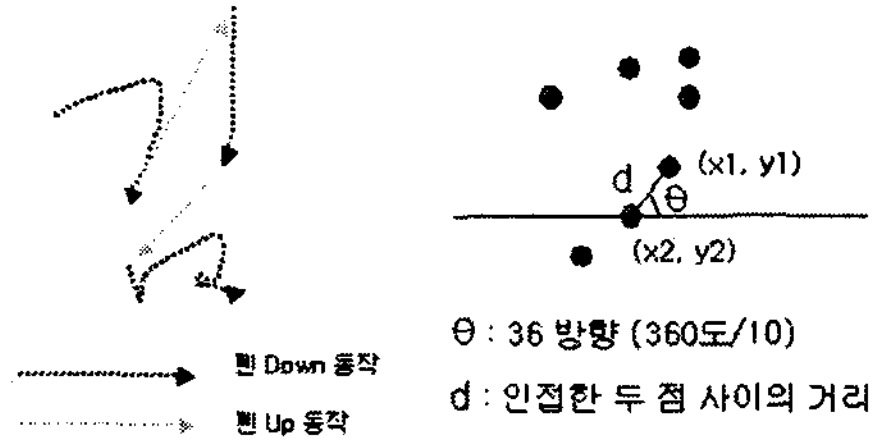


그림 1. 서명의 Pen Down 정보에 대해 인접한 두 점사이의 방향과 거리의 계산

Fig. 1. Calculation of direction and distance between adjacent two points for the Pen Down

Pen Up 동작에 대해서도 그림 1과 유사하게 적용되며, Pen Down 성분의 방향정보는 1에서 36 방향정보를 가지지만 Pen Up 성분은 Pen Down 성분의 방향정보에 90을 더해서 91에서 126 방향정보를 가지도록 하여 구분하였다. 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. 그림 2와 같이 서명의 전체 크기 s, 각각의 Pen Up 성분에 대한 크기들(u1, u2, ...)을 계산한다. 이때 s, u는 계산시간을 줄이기 위해 식 (1), (2)를 이용한 근사치를 사용하였다.

$$s = (\text{Max}(x,y)+\text{Min}(x,y))/2 \quad (1)$$

$$u2 = \text{Max}(x',y')+\text{Min}(x',y')/2 \quad (2)$$

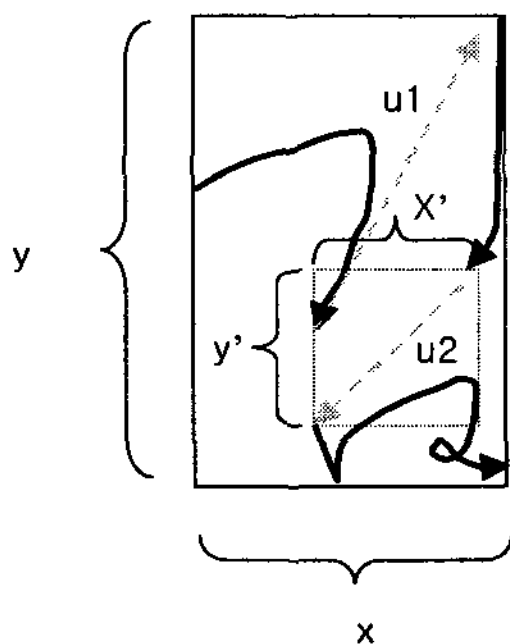


그림 2. 서명의 Pen Up 정보의 처리
Fig. 2. Processing of Pen UP information

최대 n개의 좌표점을 생성하여 방향정보를 넣는다고 하면, u1성분에는 n*u1/s 개의 좌표점을 생성하여 넣고, u2 성분에는 n*u2/s 개의 좌표점을

생성하여 넣는다. 그리고 Pen Up 동작이 일어난 직후, 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 Down으로 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.

본 논문에서는 서명의 좌표점 사이의 방향정보와 속력정보를 주된 특징 정보로 사용하여 서명의 Pen Down 시에 나타나는 속도(모양, 좌표점 간의 거리) 정보, Pen Up 정보, 획 순서, 전체 획 수, 서명의 절대 크기, 서명 시간 등의 정보가 모두 반영이 될 수 있도록 구현하였다. 그러나 압력 정보는 배제하였다. 압력 정보는 타인 수락률을 줄일 수 있는 좋은 정보이지만 반대로 본인 거부율을 높일 수 있는 특징을 가지고 있다. 그래서 압력 정보를 감지할 수 있는 특수한 입력 장치를 사용할 수 있는 환경, 극도의 보안을 필요로 하는 환경, 압력 정보에 대해 사용자의 세심한 노력을 기대할 수 있는 환경에서는 매우 의미 있는 정보가 될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 방향정보와 보안성을 높일 수 있는 속력정보를 반영하기 위해 조정상수(w)를 활용하여 타인이 쉽게 모조를 할 수 없도록 하였고, 실험 결과 낮은 오류율(그림 3)을 나타낼 수 있었다.

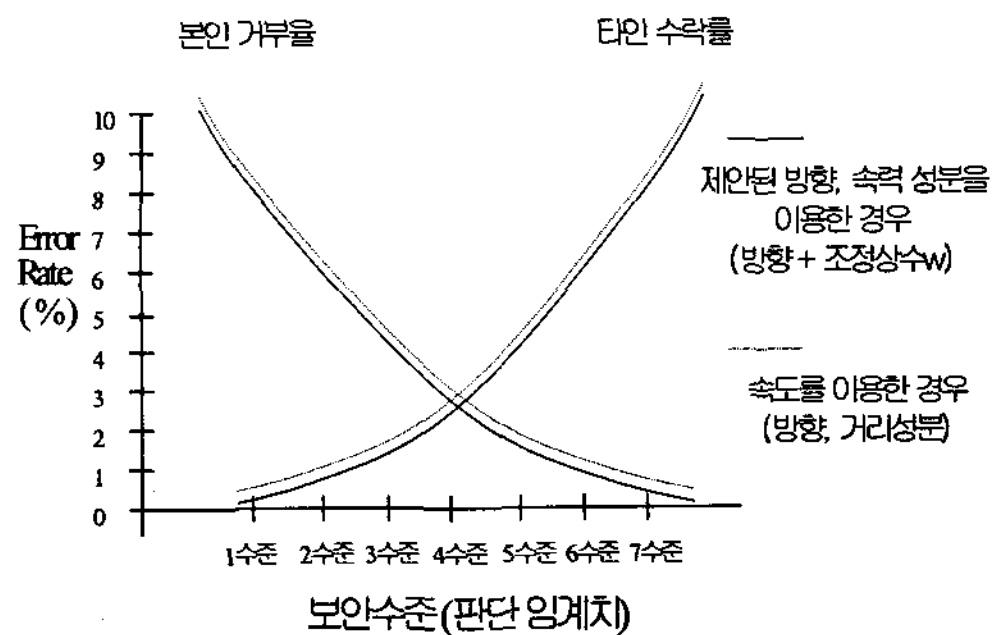


그림 3. 제안된 방법과 속도(방향, 거리)성분의 오류율

Fig. 3. Error rates of suggested method and velocity(direction and distance)

2.2 제안된 DTW 방법과 조정상수

본 논문에서는 두 점 사이의 방향성분과 속력 성분을 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 (3)은 본 논문에서 제안한

DTW 연산 수식이다.

$$d = \text{두 서명의 특징 정보 차이 값}$$

$$G(i,j) = \begin{cases} d + \min(G(i-1, j) + w, & // \text{수평 경로} \\ G(i, j-1) + w, & // \text{수직 경로} \\ G(i-1, j-1)) & // \text{대각 경로} \end{cases} \quad (3)$$

$\forall 0 < i < n, 0 < j < m,$
 $G(i,0) = \infty, G(j,0) = \infty, G(0,0) = 0$
 서명 A: $(a[1], a[2], \dots, a[n]),$
 서명 B: $(b[1], b[2], \dots, b[m])$
 n 과 m 은 각 서명 특징점의 개수
 $a[i], b[j]$ 는 서명 특징 정보의 열
 w : 수평, 수직 경로에 더하는 조정상수, $w > 0$

식 (3)의 $G(i,j)$ 는 제안된 DTW 수식을 보여 주고 있으며, 수평, 수직 경로에 조정상수(w)를 더해 줌을 알 수 있다.

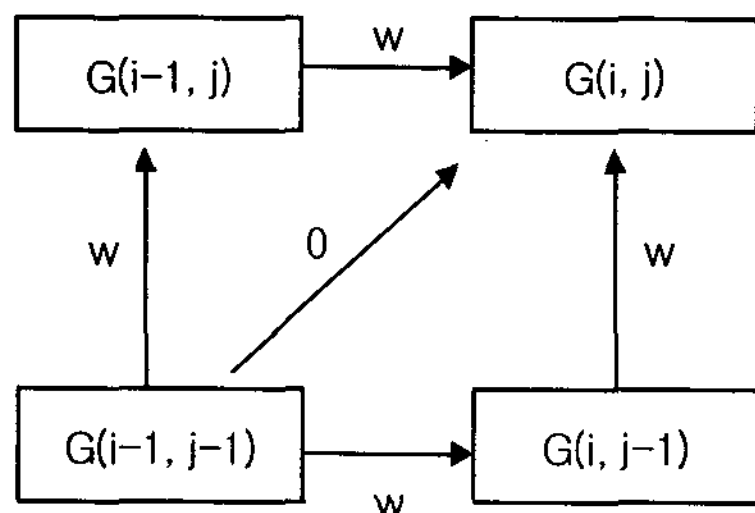


그림 4. 수직, 수평, 대각 경로의 조정상수
 Fig. 4. Adjusted constant of Vertical, horizontal and diagonal path

그림 4에서 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 길이가 다른 서명 패턴에 대해서도 변별력을 높일 수가 있었다.

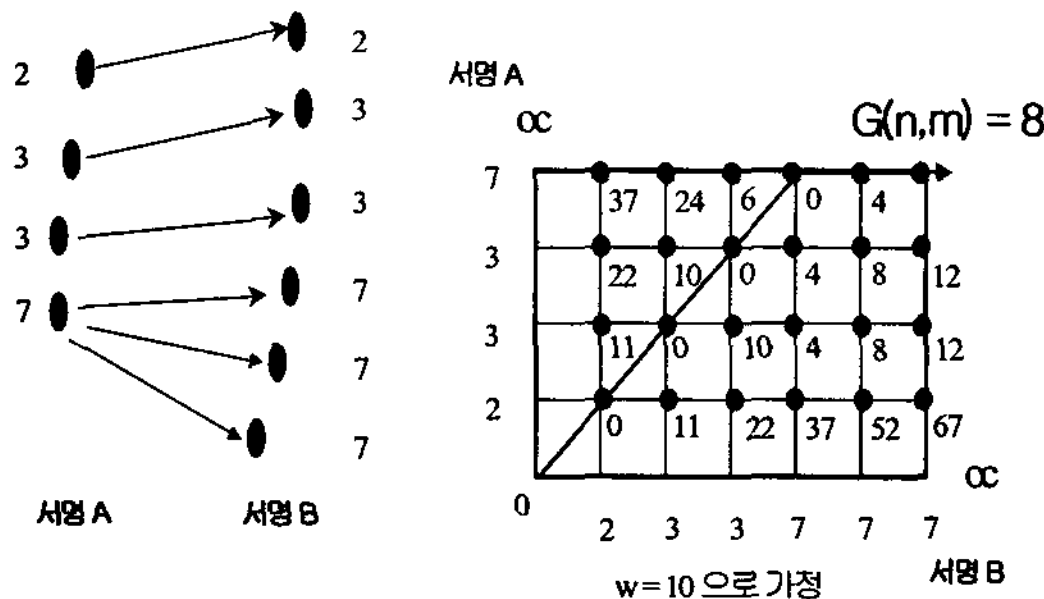


그림 5. 길이가 다른 두 서명 패턴의 제안된 DTW 연산
 Fig. 5. Suggested DTW method for different length of two signatures

그림 5는 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 다르다면 최종 $G(n, m)$ 의 값은 w 에 의해 누적된 값(8, 상이도)이 생김을 알 수 있다.

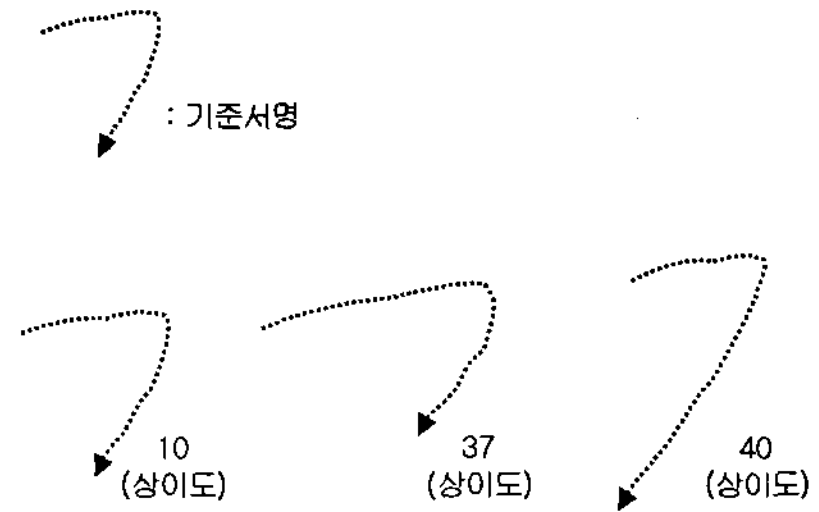


그림 6. 길이가 다른 서명 패턴의 상이도 (제안된 DTW 적용)
 Fig. 6. Dissimilarity for different length of two signatures (suggested DTW)

본 연구에서 사용된 특징 정보(방향, 속력정보)를 이용하여 제안된 DTW 방식에서의 식 (3)을 적용하면 길이가 다른 서명의 패턴(그림 6)에 대한 변별력이 있음을 알 수 있다.

또한 식 (3)의 $G(n,m)$ 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.

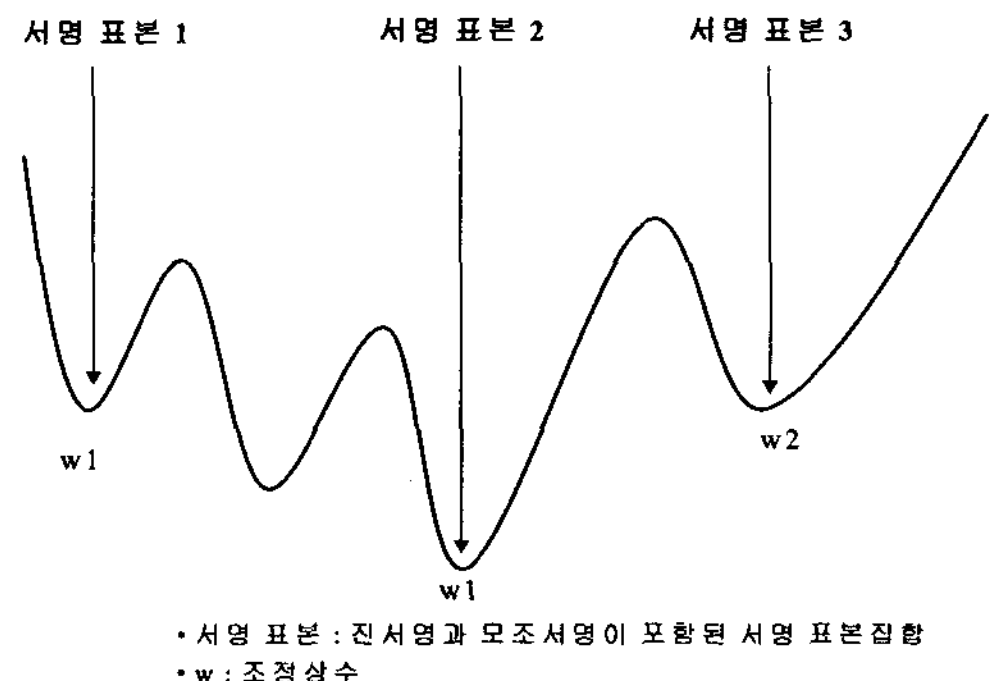


그림 7. 조정상수(w)와 서명 표본
 Fig. 7. Adjusted constant(w) and signature samples

그리고 조정상수(w)는 다양한 서명 표본에 의해 최적의 값을 구하고 평균을 이용하였다. 그림 7은 다양한 서명 표본에 의해 결정된 조정상수들

(w_1, w_2, w_3)을 보여주고 있으며, 서명 표본에 따라서 조정상수(w) 값은 약간의 차이를 보일 수 있으며, 여러 개의 서명 표본에 의한 조정상수들 (w_1, w_2, w_3)을 참고하여 최적의 조정상수(w)를 결정하여야 할 것이다.

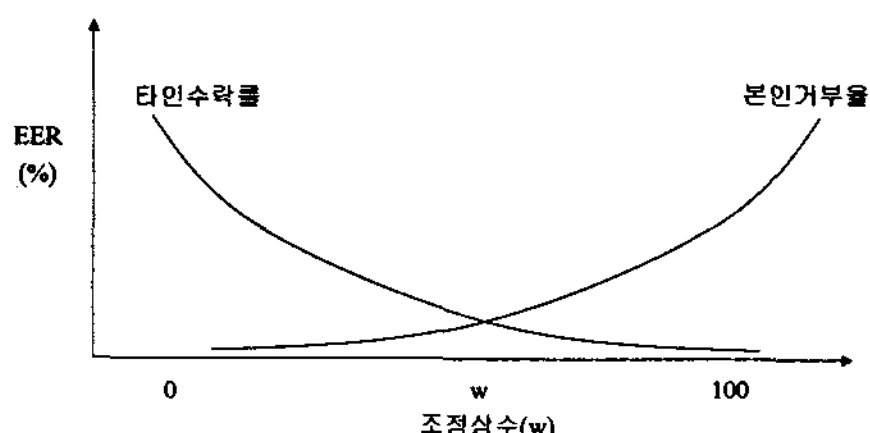


그림 8. 조정상수(w)와 오류율
Fig. 8. Adjusted constant(w) and EER(Equal Error Rates)

그림 8은 w 값의 의미와 구하는 과정을 설명하고 있다. 조정상수(w)는 값이 커질수록 서명 속력에 민감한 특성이 반영되어 본인 거부율이 증가하게 되며, 작을수록 서명 속력에 둔감한 특성이 반영되어 타인 수락률이 증가하는 오류를 가지게 된다. 그러므로 타인 수락률과 본인 거부율을 최소로 하는 조정상수(w)를 반복 실험을 통해 구할 수 있다.

동적 서명인증을 위한 좋은 특징 정보는 진서명의 변화 폭을 줄여 주고, 모조서명과의 변별력을 크게 해 주는 것이며, 여러 개의 특징 정보를 사용할 경우, 특징 정보들을 잘 조합하고 적절한 가중치를 부여하여 두 서명의 상이도를 계산하는 것이 무엇보다 중요하다.

III. 결론

본 논문에서는 서명에서 생성되는 속도 성분 (방향 정보, 거리 정보)에서 방향 정보만을 특징 정보로 서명DB에서 저장하고 거리(속력) 정보는 조정상수(w)를 이용함으로써, 서명의 Pen Down 속도정보, Pen Up 정보, 획 순서, 전체 획 수, 서명의 절대 크기, 서명 시간 등의 정보가 모두 반영이 될 수 있도록 구현하여 오류율을 개선하였으며, 특징 정보 크기도 크게 줄일 수 있어 네트워크 전송속도, 서명인증 속도에 민감한 환경이나 인증 서버의 메모리 크기에 민감한 환경에서는 큰 의미를 가질 것이다.

참고문헌

[1] 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).

- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 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
- [8] Jin-whan. Kim, Hyuk-gyu Cho, Eui-young 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
- [9] 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*