1999년도 대한전기학회 정기총회 및 추계학술대회 논문집 1999. 11. 20

PIN을 이용한 Biometric System의 성능향상에 관한 연구 - Keypad Dynamics

이현열, 신창호, 정희철, 최환수
명지대학교 전기공학과

A Study on Performance Improvement of Biometric Systems Utilizing Keypad Dynamics

Hyunyoul Lee, Changho Shin, Heecheol Jung, Hwansoo Choi
Department of Electrical Eng. Myong Ji University

Abstract - This paper describes a study on a person identification system which can improve currently available biometric systems. In the procedure of PIN(Personal Identification Number) input, holding time, interkey time between key presses are measured, and normalized. Person identification is performed by matching using Euclidean distance of these punching dynamics. The experimental results show the possibility of improvement of the overall system performance when keypad dynamics feature is applied to the biometric systems which take PIN input using keypads.

1. 서 론

보안 또는 출입제어(access control)등을 위해 기존의 열쇠, 카드키등을 대체할 수 있는 생체인식시스템(biometric system)에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[1-4]. 생체인식시스템의 동작모드는 크게 인식모드(identification mode)와 검증 모드(verification mode)로 나뉘는데 일반적인 생체인식시스템은 검증모드, 즉 PIN(Personal Identification Number)을 키패드(keypad)를 통해 입력받은 다음 그 번호에 해당되는 생체특징정보를 데이터베이스로부터 검색하여 입력된 특징과 비교한 후 개인을 확인한다. 본 논문은 검증모드로 사용되는 모든 생체인식시스템의 오인식율을 줄일 수 있는 방법의 일환으로 시스템 사용자가 PIN을 입력할 때 관찰되는 키패드의 입력 다이나믹스(keystoke dynamics)를 하나의 개인특징으로 추가하여 전체 시스템의 인식율을 제고하기 위한 연구결과를 제시한다. 키패드 다이나믹스(keypad dynamics)는 사용자가 PIN을 입력할 때 각 키를 누르고 있는 시간(hold time)과 키와 키 사이의 시간 간격(interkey time)으로 표현되는데 당연히 PIN의 자릿수(number of digits)가 많으면 키패드 다이나믹스에 의한 개인식별능력은 커지며, 특히 시스템 사용자가 다이나믹스 특징을 고유하게 입력하여 본인의 데이터를 등록한 경우 타인에 의한 모방은 매우 힘들어지게 된다. 지문인식시스템, 정맥인식시스템 등 여타 생체인식 시스템이 사용하는 생체특징벡터와 키패드 다이나믹스 특징은 상관관계가 전혀 없는 것으로 판단되어 이들 시스템과 함께 연계되어 사용되면 생체인식시스템 전체의 성능 향상이 가능하리라 판단된다.

2장에서 키패드 다이나믹스를 이용한 특징벡터의 추출과 3장에서 이를 이용할 경우의 실험결과를 상세히 기술하였다.

2. 키패드 다이나믹스

사용자는 자신의 PIN을 키패드를 통해 입력하게 되며, 시스템은 PIN의 확인과 동시에 그림 1과 같이 키를 누르고 있는 시간(H_i)과 각 키를 누를 때의 시간 간격($I_{i,i+1}$)을 측정한다. 그림 1은 키패드 입력시 먼저 눌린 키패드가 놓여지기 전에 다른 키패드가 눌려진 경우를 나타내며, 실제로 이런 경우가 종종 발생한다. 이 경우, 키패드가 놓여진 후 또 다른 키패드가 눌릴 때까지의 시간을 키패드 입력 사이의 시간간격으로 측정할 경우 잘못된 결과가 발생한다. 그러므로, 키가 눌린 시간으로부터 다음 키가 눌릴 때까지의 시간을 키패드 입력 사이의 시간간격으로 정하고 키패드가 눌려진 후 다시 먼저 눌려진 키가 놓여질 때까지의 시간을 키패드를 누른 시간으로 정한다.

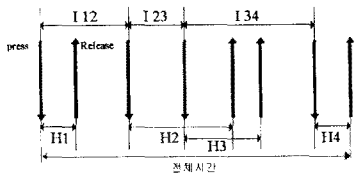

그림 1. 키패드 다이나믹스의 측정

n개의 자릿수를 가지는 PIN은 그 특징벡터로 2n-1개의 원소로 이루어진 $\langle H_1, I_{12}, H_2, I_{23}, H_3, I_{34}, H_4, \ldots\ldots, I_{(n-1)n}, H_n\rangle$을 가진다[5-7].

PIN의 입력시 그림 1에서 키패드가 처음 눌려진 시간에서 마지막으로 놓여진 시간의 차로 나타나는 전체시간은 다르지만, 전체적으로 느리게 입력하거나 빠르게 입력하여 각 특징벡터 원소들의 비율이 일정한 경우를 고려해 주기 위해 식(1), 식(2)를 이용하여 정규화를 수행하였으며, 이 과정을 거치게 되면 특징벡터의 각 원소들은 1.0을 기준으로 정규화 된다.

$$H'_n = \frac{H_n}{\sum_{i=1}^{N} H_i + \sum_{k=1}^{N-1} I_{k(k+1)}} \qquad (1)$$

$$I'_{n(n+1)} = \frac{I_{n(n+1)}}{\sum_{i=1}^{N} H_i + \sum_{k=1}^{N-1} I_{k(k+1)}} \qquad (2)$$

여기서,

H'_n : n번째 *Hold Time* (n : 1,2,3,....,N)

$I'_{n(n+1)}$: n번째 *Interkey Time*(n:1,2,3,.....,$N-1$)

n : *PIN*의 자릿수

그림 2, 3은 정규화과정을 거치기 전과 후의 한 사람이 입력한 특징벡터의 예를 보여준다.

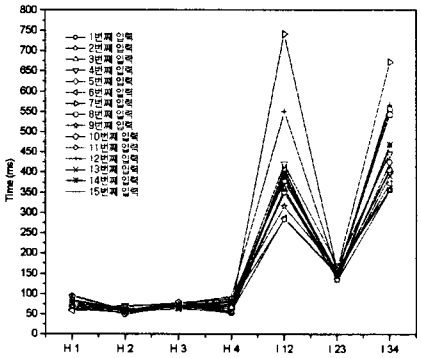

그림 2. 측정된 특징벡터의 예

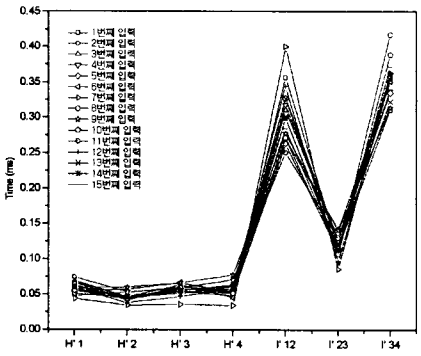

그림 3. 그림 2의 Nomalization 결과

각 사용자의 dynamics 유사도(similarity)를 위해 식(3)과 같이 Euclidean distance를 이용하였다 [8,9].

$$D(p,q) = [(x-s)^2+(y-t)^2]^{1/2} \qquad (3)$$

여기서,

p : 좌표(x,y)를 갖는 점

q : 좌표(s,t)를 갖는 점

template(기준 특징벡터)의 각 특징벡터의 원소들과 입력된 PIN의 특징벡터 원소들간의 Euclidean distance를 구한 후 각각 임계값(threshold)과 비교하여 매칭을 수행한다.

Keypad dynamics를 이용한 개인식별은 사용자의 기억력과 행동특성에 의존성이 크므로 그 특성상 PIN의 자릿수에 많은 영향을 받는다. 그러므로, 본 논문에서는 각각 4, 5, 6자릿수의 PIN을 이용하여 실험을 하였다.

3. 실험 및 결과

실험은 C++을 이용하여 IBM 펜티엄 PC상에서 이루어졌다. 실험 데이터는 사용자 106명이 한 사람당 15회씩 각기 고유한 PIN을 입력받아 그중 5회는 평균을 구하여 template로 선정한 다음, 본인의 나머지 10회의 입력 데이터로 오거절율(FRR)을 계산하였으며, 다른 사용자의 입력 데이터들과 비교하여 오인식율(FAR)을 계산하였다. 또한 PIN의 자릿수에 의한 영향을 알아보기 위해 각각 4, 5, 6자릿수를 갖는 PIN에 대하여 같은 실험을 반복하였다.

실험결과는 시간정보를 그대로 이용한 경우는 표 1과 같으며, 정규화를 적용한 경우는 표 2와 같다. 그림 4, 5는 개인식별을 위해 흔히 사용하는 척도인 FAR과 FRR이 같아지는 parameter setting시의 error rate(Equal Error Rate: ERR)를 구하기 위한 그래프이다.

임계값 (ms)	4자리PIN의 경우		5자리PIN의 경우		6자리PIN의 경우	
	FRR(%)	FAR(%)	FRR(%)	FAR(%)	FRR(%)	FAR(%)
24	0.85	0.14	0.19	0.04	0.19	0.02
25	0.75	0.16	0.19	0.04	0.09	0.02
26	0.75	0.18	0.19	0.06	0.09	0.03
27	0.66	0.20	0.19	0.07	0.09	0.03
28	0.47	0.24	0.19	0.08	0.09	0.04
29	0.47	0.26	0.19	0.09	0.09	0.05
30	0.38	0.29	0.19	0.11	0.09	0.05
31	0.28	0.32	0.19	0.12	0.09	0.06
32	0.28	0.36	0.19	0.14	0.00	0.07
33	0.28	0.39	0.09	0.15	0.00	0.08
34	0.19	0.44	0.09	0.17	0.00	0.10
35	0.19	0.50	0.09	0.19	0.00	0.11
36	0.09	0.55	0.09	0.21	0.00	0.12

표 1. 시간정보에 의해 계산된 FRR과 FAR

임계값	4자리PIN의 경우		5자리PIN의 경우		6자리PIN의 경우	
	FRR(%)	FAR(%)	FRR(%)	FAR(%)	FRR(%)	FAR(%)
0.0080	3.21	0.01	0.66	0.00	0.38	0.01
0.0088	2.55	0.03	0.57	0.00	0.19	0.01
0.0096	2.26	0.03	0.19	0.01	0.19	0.02
0.0104	1.79	0.05	0.09	0.02	0.19	0.03
0.0112	1.70	0.06	0.09	0.03	0.00	0.04
0.0120	1.42	0.08	0.09	0.04	0.00	0.06
0.0128	0.94	0.10	0.09	0.06	0.00	0.07
0.0136	0.75	0.14	0.09	0.08	0.00	0.09
0.0144	0.66	0.17	0.00	0.11	0.00	0.11
0.0152	0.47	0.22	0.00	0.14	0.00	0.15
0.0160	0.38	0.26	0.00	0.16	0.00	0.18
0.0168	0.28	0.31	0.00	0.19	0.00	0.22

표 2. 정규화에 의해 계산된 FRR과 FAR

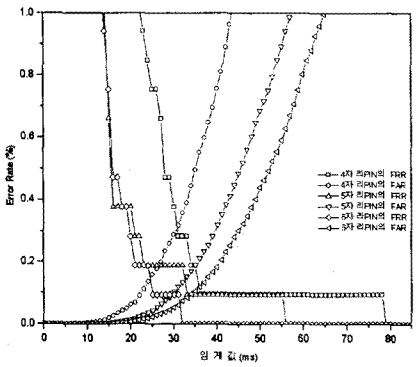

그림 4. 표 1의 그래프

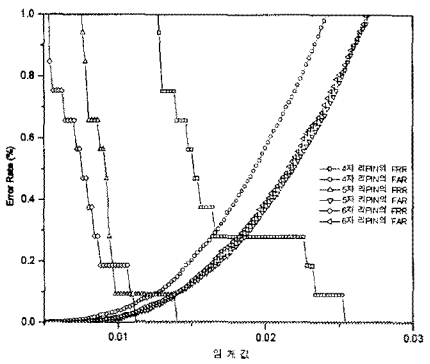

그림 5. 표 2의 그래프

위의 그림 4, 5는 각각 4, 5, 6자릿수의 PIN에대한 FRR과 FAR을 보여주고 있다.

첫 번째 실험 결과는 표 1에 요약하여 나타내었다. 그림 4는 표 1의 결과중 임계값 0(ms)부터 85(ms) 구간을 그린 그래프이다. 4, 5, 6자리의 PIN에 대하여, 각 임계값 31, 33, 31근처에서 ERR≒0.32%, 0.15%, 0.06% 정도였다. 두 번째 실험결과는 표 2와 같으며, 그림 5는 표 2의 결과중 임계값 0.0에서 0.03 구간을 그린 그래프이다. 4, 5, 6자리의 PIN에 대하여, 각 임계값 0.0164, 0.0138, 0.0112근처에서 ERR≒0.28%, 0.09%, 0.04% 정도를 나타내어 정규화를 통해 성능이 향상됨을 알 수 있었으며, PIN의 자릿수가 늘어날수록 ERR이 감소하여 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 기존의 생체인식 시스템에서 키패드로부터 입력되어지는 PIN과 함께, 사용자의 키패드 다이나믹스를 이용하여 키의 눌린 시간과 각 키 입력간의 간격을 개인식별에 사용함으로써 생체 인식 시스템의 전체 성능을 향상시키는데 필요한 기초 연구를 수행하였다. 본 논문에서 고찰한 키패드 다이나믹스를 이용한 개인식별 방법은 키패드를 이용하여 PIN을 입력받는 형태의 거의 모든 보안시스템에 유용하게 사용되어질 수 있으며, 비교적 쉽게 구현되어 만족할 만한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 실제 생체인식 시스템에 적용하여 좀 더 많은 데이터를 통한 실험이 필요하며 다양한 매칭방법과의 비교도 필요하리라 판단된다.

[참 고 문 헌]

[1] 최환수, 박기태, 정동철, "손의 바이오메트릭을 이용한 개인 식별에 관한 연구", 제 10회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.105-110.

[2] 박기태, 임상균, 정동철, 장석모, 정창경, 최환수, "손의 형상을 이용한 개인식별 알고리즘의 개발", 1997년도 하계학술대회 논문집, G, pp..2347-2349, 1997.

[3] 최환수, 박기태, 정동철, "손의 정맥패턴을 이용한 바이오메트릭 알고리즘", 명지대학교 산업기술연구소 논문집, 제 17집, pp 100-106, 1998.

[4] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", *Proceeding of the IEEE*, Vol.85, No.9, pp.1348-1363, 1997.

[5] Daw-Yung Lin,"Computer-Access Authentication with Neural Network Based Keystroke Identity Verification", IEEE Proceedings of the 1997 International Conference on Neural Networks(ICNN'97) - Volume 1, 1997.

[6] John A. Robinson, Vieky M. Liang, J. A. Michael Chambers, and Christine L. Mackenziel, "Computer User Verification Using Login String Keystroke Dynamics", IEEE Transactions on Systems,Man,and Cybernetics-Part A:Systems and Humans, VOL. 28, NO. 2, March 1998.

[7] M. S. Obaidat and Balqies Sadoun, "Verification of Computer Users Using Keystroke Dynamics", IEEE Transactions on Systems, Man, andCybernetics -Part B: Cybernetics, VOL. 27, NO. 2, April 1997.

[8] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *"Digital Image Processing"*, Addison Wesley, 1993.

[9] J.R Rarker, *"Algorithms For Image Processing And Computer Vision"*, Wiley, 1997.