

펜 입력정보를 기반으로 한 온라인 서명의 생체정보 추출 및 ICA를 이용한 특징 추출

성한호⁰, 윤성수, 이일병
연세대학교 컴퓨터과학과
{hanho⁰, gomdoli, yblee}@csai.yonsei.ac.kr

Bio-Information Extraction of On-line Signature Based on Pen-Input Informations and Feature Extraction with Independent Component Analysis

Hanho Sung⁰, Sungsoo Yoon, Yillbyung Lee
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

향후 보안시장을 이끌어갈 생체인식 기술은 현재까지 많은 발전을 거듭하고 있다. 이미 알려진 바와 같이 생체인식은 신체의 여러 부분들과 신체적 특징, 개인의 습관들이 이용되는데 전자의 경우 지문, 얼굴, 홍채, 망막, 음성, 필체, 정맥 등의 인식이 있고 후자의 경우 타이핑 습관, 걸음걸이 습관, 필기 습관 등이 해당된다.

본 연구에서는 서명인식을 필체 자체의 특징에 관련된 정보를 추출하여 인식하는 방법과는 달리 개인의 필기 습관에 주목하여 서명을 할 때 펜을 눌러쓴 정도, 펜을 사용하는 위치 및 펜을 얼마나 뉘어 쓰는지 세워 쓰는지, 왼손잡이인지 오른손잡이인지 등의 동적 정보에 따른 특성을 알 수 있는 펜의 방위각과 기울임 정도에 대한 생체정보를 추출하고 현재 음성인식 등 여러 분야에서 사용되는 ICA를 사용하여 추출한 서명데이터의 생체정보를 분리·추출하여 이를 개인의 검증데이터로 활용하는 방법을 제안한다.

1. 서 론

보안시장을 이끌어갈 신기술로 관심을 모으고 있는 생체인식은 국내 생체인식 기술 표준화 작업을 위한 연구 모임이 생겨날 정도로 활발한 연구가 진행중이다. 생체인식은 다른 사람과 구별될 수 있는 고유한 개인의 특징으로 개인을 식별할 수 있는 방법이므로 ID나 패스워드에 의한 인증방법 보다는 더욱 확실한 본인만의 특징을 사용하므로 확실한 보안을 할 수 있다. 더불어 기존의 방식과 생체인식을 병행하거나 여러 생체인식 방법을 혼용하는 다중결합생체인식(Multi-modal Biometrics)등을 사용하면 더욱 강도 있는 보안을 보장받을 수 있다. [1]

본 연구에서는 기존의 서명인식을 지문인식이나 홍채인식, 얼굴인식 등과 같이 신체 일부분의 고유한 특징을 이용하여 인식하는 것과는 달리 하나의 신체적 특징, 고유한 개인의 습관으로 이루어진 특성에 주목하여 필체 자체 정보를 이용하는 인식방법과 달리하여 글을 쓰는 과정에서 생성되는 개인의 필기 습관에 주목하여 서명을 할 때 펜을 눌러쓴 정도, 서명 범위와 크기 및 공간을 나타내는 펜의 사용 위치, 펜을 얼마나 뉘어 쓰는지 세워 쓰는지에 대한 특징정보를 알 수 있는 펜의 기울임 정보, 왼손잡이인지 오른손잡이인지, 글자를 쓸 때 펜이 어느 위치에 있게 되는지를 측정하여 특징으로 사용하는 방위각 정보 등을 추출하여 이들 추출된 진서명 데이터의 특징정보를 PCA(Principal Component Analysis)과정을 거쳐 압축하고 차원을 감소시켜 개인별로 독립된 성분을 분리하는 ICA(Independent Component Analysis)과정을 거쳐 위조데이터에 대응할 수 있는 특징 정보를 찾

아낸다.

본 논문에서는 피실험자들에 의해 생성된 서명시의 특징 정보의 주성분을 분석을 통해서 압축한 특징정보로부터 독립된 고유의 성분을 분류하여 개인별로 각기 다른 압력정보에서 나타나는 성분, 기울기정보에서 나타나는 성분, 좌표정보에서 나타나는 성분, 방위각 정보에서 나타나는 성분들을 비교 분석하여 고유한 특징이 나타남을 보임으로써 서명자를 검증하는 데이터로 활용할 수 있음을 제시한다.

2. 온라인 서명의 생체정보 추출

온라인 서명시 발생하는 동적인 움직임과 개인의 저마다 길들여지고 익숙해진 필기습관은 누구도 모방할 수 없는 고유의 생체데이터이다. 필기 속도, 손에 견 펜의 기울임 정도와 글을 쓸 때 나타나는 미묘한 펜 기울기의 변화, 글자를 한 자 한 자 써 나갈 때 변화하는 펜의 눌러 쓴 정도의 변화. 그리고, 글을 쓰고 있는 면에 대해 펜이 어느 위치에서 쓰여지고 있으며 어떤 위치에서 시작하여 어떤 위치에서 서명을 마치는지에 대한 수많은 입력정보들은 모두 온라인 서명검증에 결정적 정보가 되는 생체특징에 대한 정보를 담고 있는 것이다.

2.1 서명시의 생체정보 추출

앞서 서론에서 밝혔듯, 글을 쓰는 과정에서 생성되는 개인의 필기습관에 주목하여 서명을 할 때 펜을 눌러쓴 정도, 서명 범위와 크기 및 공간을 나타내는 펜의 사용 위치, 펜을 얼마나 뉘어 쓰는지 세워 쓰는지에 대한 특징정보를 알 수 있는 펜의 기울임 정보, 왼손잡이인지

오른손잡이인지, 글자를 쓸 때 펜이 어느 위치에 있게 되는지를 측정하였다.

2.1.1 펜의 눌림 정도 추출

아래의 그림 1에서와 같이 펜의 압력(P)의 범위를 다음과 같이 정하여 식 1과 같이 시간에 대하여 정의하고 식 2에 특징벡터로 나타내었다. [2]

$$P(t_i) \in \{0, 1, 2, \dots, N\} \quad \text{식 1}$$

여기서, t 는 시간 ($t_i - t_{i-1} \cong 2ms$ (1/500초))
 $0 \leq P \leq N$ ($N=1200$)

즉, 압력에 대한 특징벡터 $P(n)$ 은
 $[p(0), p(1), \dots, p(N)]$ 식 2

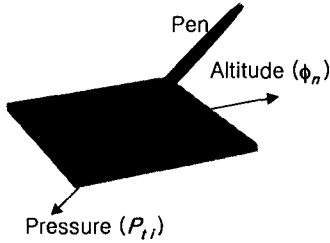


그림 1. 펜의 압력과 기울기 추출

2.1.2 펜의 타블렛에 대한 기울임 정도 추출

펜의 기울기(ϕ_n)는 위의 그림 1에서 보듯 펜과 타블렛 면이 이루는 각도로, 이에 대한 값은 식 3과 같이 정의하였다. 다음의 그림 2에 타블렛에서 추출되는 기울임 정보를 보였고, 기울기에 대한 특징벡터는 아래의 식 4에 정리하였다.

$$\phi_n = \tan^{-1} \left(\frac{y(n+1) - y(n)}{x(n+1) - x(n)} \right) \quad \text{식 3}$$

$[(x'(0), y'(0)), (x'(1), y'(1)), \dots, (x'(N), y'(N))]$
 식 4

여기서, $0 \leq \phi \leq 900$ (90°)
 $x'(n) = \cos(\theta_n)$
 $y'(n) = \sin(\theta_n)$

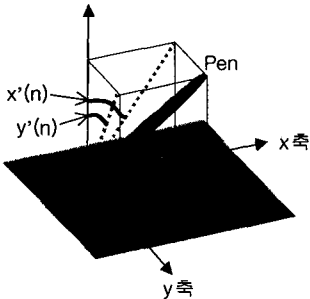


그림 2. 펜의 x, y축에 대한 기울기 추출

2.1.3 펜의 타블렛에 대한 방위각 추출

펜의 방위각 (θ)은 아래의 그림 3에서 보듯 타블렛을 위에서 바라본 면에 대하여 펜이 이루는 방위각도를 그림 1에서 보듯 x축을 기준으로 한 상대적 기울기로 나타내어 센서에 입력되는 정보를 추출하였다.[3] 이를 다음의 식 5에 나타내었다. 즉, 현재의 점 $(x(n), y(n))$ 에 대한 펜의 방위각 $Az(\theta)_n$ 는,

$$Az(\theta)_n = m \quad \text{이라면} \quad \frac{\pi}{18} \leq \phi_n \leq \frac{\pi}{18}(m+1) \quad \text{식 5}$$

ϕ_n 은 좌표와 $((x(n), y(n)), (x(n+1), y(n+1)))$ 이 이루는 각도이며,

방위각의 범위를 $0 \leq \theta \leq 3590$ (360°)으로 설정한 결과 3600을 10° 씩 나누어 결국 1° 씩 샘플링한 데이터를 얻을 수 있었다. (그림 4를 참조하라.)

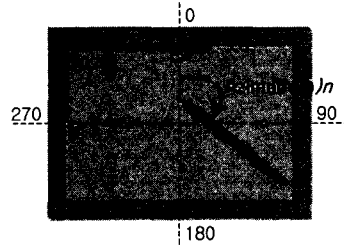


그림 3. 방위각의 추출

2.1.4 펜의 좌표값(위치정보) 추출

펜의 좌표(C)는 서명하는 사람이 왼 펜과 타블렛 면이 만나는 점(point)으로 이들 좌표는 서명자의 펜이 어느 위치에서 쓰여지고 있으며 어떤 위치에서 시작하여 어떤 위치에서 서명을 마치는지 또한 어느 부분을 주로 사용하여 서명을 하는지 등의 성향까지 파악할 수 있는 좋은 정보가 된다.

아래의 식 6에 펜의 시간에 대한 좌표 정보와 x, y축의 데이터 수집 범위를 정의하였다.

$$C(t_i) = (x(t_i), y(t_i)) \quad \text{식 6}$$

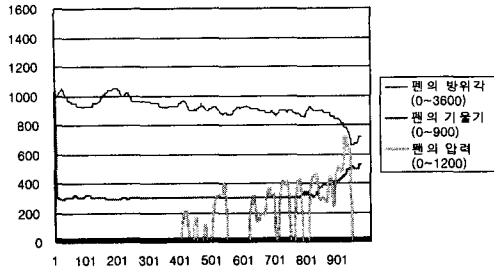
여기서, $0 \leq x \leq 1024, 0 \leq y \leq 768$

2.2 추출한 생체데이터 표본

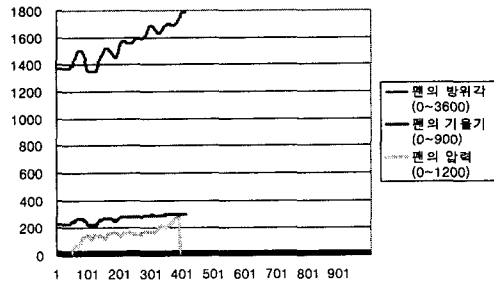
아래의 그림 4의 (a), (b)에 각각 압력, 기울기, 방위각에 대한 생체데이터 표본을 추출하여 비교하였다 (좌표 정보는 생략). 그림에서 보듯 각 생체정보들은 모두 차이가 있음을 알 수 있다.

앞에서 추출한 생체정보들도 서로 독립적이며 선형으로 연결된 형태를 보이는 다듬어지지 않은 특징들로, 이들 데이터만을 가지고도 특징으로 이용하기도 하지만 본 연구에서는 기존의 특징추출방법과는 달리 3장에서 보인 ICA를 이용하여 추출된 특징정보에 대한 주성분을 분석

하여 비교하고 독립된 성분을 찾아내어 분리함으로써 표현된 개인의 결정적 생체특징을 알아낸다.



(a) 32세 남성의 서명데이터



(b) 27세 여성의 서명데이터

그림 4. 두 사람에게서 추출한 생체데이터(압력, 기울기, 방위각)의 비교

3. 추출된 개인별 생체특징의 ICA를 이용한 추출

특징추출은 일반적으로 정보의 압축, 차원 감소 과정과 관련되며 이 특징추출에서는 인식을 위한 특징의 좋고 나쁨은 인식률로써 판단된다. 최근의 특징 추출분야의 연구 동향을 보면 dynamic, flexible 필터 또는 여러가지 transform을 사용하거나 통계적인 방법을 이용하여 최적화하거나 학습하는 방법을 사용한다. 또한, 상관을 줄이기 위해 PCA(Principal Component Analysis)를 통해 pre_whitening하거나 filter bank를 더 좋은 성능을 나타낼 수 있도록 하기 위하여 웨이블릿(wavelet)이나 ICA(Independent Component Analysis)를 이용하는 연구도 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 ICA를 온라인 서명인식에 이용하여 앞서 추출한 통계적으로 독립인 생체특징정보를 보다 간결하게 개인별 독립 성분으로 분리함으로써 검증데이터로 활용할 수 있는지를 알아보았다.

3.1 ICA에 기반한 생체특징 추출

앞서 2.2절에서 타블렛을 통해 수집한 생체특징 데이터가 각기 다른 형태를 가지고 있음을 알 수 있었다. 추출된 진서명 데이터의 특징정보를 압축하고 차원을 감소시켜 개인별로 독립된 성분을 분리해 내는 과정을 거쳐 임의 또는 전문 위조데이터에 대응할 수 있는 특징정보를 찾을 수 있다.

출력 클래스 y 가 x_1, x_2 에 의해 다음의 식 7과 같이 정해지면 (x_1, x_2, y) 로 표현되어지는 3차원 공간은 그림 5와 같이 정의될 수 있다.

$$y = \begin{cases} 0 & \text{if } x_1 + x_2 < 0 \\ 1 & \text{if } x_1 + x_2 \geq 0 \end{cases} \quad \text{식 7}$$

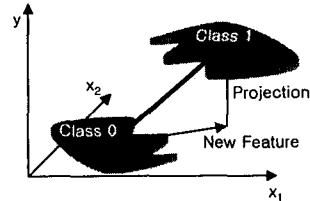


그림 5. ICA로 추출되어진 생체특징

즉, 그림처럼 x_1, x_2, y 의 입력으로 ICA를 수행하면 굵은 화살표로 표현된 벡터가 하나의 독립성분으로 추출되어 이것을 x_1, x_2 의 공간에 투영시켜 생성된 특징벡터는 $x_1 + x_2$ 를 나타내게 되어 이것을 분류에 이용하면 결과값 y 를 특징값으로 나타낼 수 있음을 제시한다.[4][5][6]

4. 결론

본 논문에서는 타블렛(Wacom Intuos Tablet Model, GD-0405-U, USB)과 펜(Intuos Pen, GP-300E-00H)을 사용하여 20명의 피실험자들이 개인별로 각 5회씩 서명하게 하여 생성된 특징(100개의 정보)을 추출하여 각각의 4가지 특징정보 즉, 압력, 기울기, 좌표, 방위각에 대한 특징(80가지 정보)으로 분류하였다. 기존의 온라인 서명인식에 사용되던 필기서명 자체를 이용한 인식방법을 배제하고 신호처리를 이용한 특징추출 방식에 개인의 필기습관이 고스란히 담겨있는 생체정보를 추출하여 서명인식 분야에서는 사용하지 않은 ICA를 이용하여 서명데이터의 생체특징을 분리하고 검증데이터로 활용하는 방법을 제안하였다. 향후 연구에서는 추출된 특징을 바탕으로 서명검증 실험과 병행한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[1]A. Jane, R. Bolle, S. Pankanti, "Biometrics-Personal Identification in Networked Society", Kluwer Academic Publishers, 1998.
 [2]Y. Komiya and T. Matsumoto, "On-line Signature Verification using Position, Pressure, Pen Angles", Proc. National Convention, IEICE, D-12-44, pp.217, 1999.
 [3]C. Hsu, L. Chan, P. Chang, B. Jeng, "On-Line Chinese Verification based on Multi-Expert Startege", IEEE, 1998.
 [4]Aapo Hyvarinen, "Survey on Independent Component Analysis", Neural Computing Surveys 2, pp.15-56, 1999.
 [5]박노준, 최중호, 김유철, 신희정, "ICA에 기반한 얼굴인식", 2001 한국뇌학회 학술대회 논문집, 한국뇌학회.
 [6]J. Bigun, F. Smeraldi(Eds.), "Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication", Springer, 2001.