

스마트폰 가속도와 방향 센서를 활용한 사용자 인증

김응준*, 송진석*, 서승현*, 김주한**

*고려대학교 세종캠퍼스 수학과

**한국전자통신연구원 정보보호연구본부 암호기술연구실

e-mail : gogpgp@korea.ac.kr, mr_song@korea.ac.kr, crypto77@korea.ac.kr,

juhan@etri.re.kr

A User Authentication using Accelerometer and Orientation Sensors of Smartphones

Eung-Joon Kim*, Jin-Seok Song*, Seung-Hyun Seo*, Ju-Han Kim**

*Dept. of Mathematics, Sejong Campus, Korea University

**Lab. of Cryptography Research, Information Security Research Division, ETRI

요 약

본 논문에서는 스마트폰 사용자의 고유한 행동패턴에 따른 인증 기법을 제안하였다. 이를 위해 특정 행동패턴의 센서 데이터만을 수집할 수 있는 센서 데이터 추출앱을 개발하고 DTW (Dynamic Time Warping)[2] 알고리즘을 활용하여, 수집된 사용자 행동 패턴 데이터의 유사성을 판단한다. 또한 사용자의 특징점 패턴이 일치하는 지를 판단하여 사용자 인증을 수행한다.

1. 서론

최근에는 패스워드 기반의 인증 방식보다 보안성이 강화된 생체인증 기술을 적용한 스마트폰이 보편화 되고 있다. 하지만 이 방식 또한 생체정보가 유출되면 바꿀 수가 없어 언제든지 악용될 수 있다. 실제로, 2014년 지문인증을 채택한 갤럭시S5와 아이폰6의 경우 위조 지문으로 잠금장치를 해제하는 사례가 잇따라 보고된 바 있다. 따라서 최근에는 사용자의 특징점을 나타낼 수 있는 인증 기법을 위해 행위에 따른 모션 센서들을 활용한 방법들이 고안되고 있으며, 여러 행위 기반의 센서 데이터를 기반으로 하는 새로운 인증 방식들이 발표되고 있다.[1][4]

본 논문에서는 사용자의 특징점을 나타내는 행위를 통해 얻어지는 센서 데이터를 기반으로 한 새로운 인증방식을 제안한다. 스마트폰 사용자 행위 기반 데이터를 얻기 위해서 스마트폰 센서 데이터 추출 앱을 개발하여, 가속도 센서와 방향 센서의 값을 추출해 내었다. 그리고 추출한 사용자 센서 데이터의 패턴을 분석하고 유사성을 판단하기 위해 DTW(Dynamic Time Warping) 기법을 사용하였다.

2. 관련연구

스마트폰에 내장된 센서 중 가속도 센서와 방향 센서는 움직이는 행위에 대한 특징점을 잘 나타내주는 센서로 알려져 있다. 그래서 최근에서는 가속도 센서와 방향 센서 기반의 행위 인지(전화 받는 상황, 걷는 상황, 비밀번호를 누르는 상황) 등을 활용한 인증 기법들이 제안되고 있다.[1][4]

하지만 두 가지의 센서로 사용자의 행동패턴을 분석하여 인증기법으로 활용됨을 제안하는 논문들에서는 스마트폰의 모든 정제되지 않는 데이터(raw data)를 추출한다. 따라서

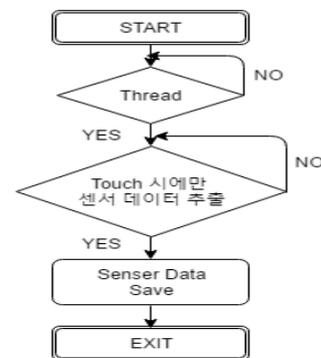
사용자의 고유한 행동패턴이 명확하게 추출되지 않는 한계점이 존재한다. 본 논문에서는 사용자 본인만의 고유한 행동 패턴을 추출해낼 수 있도록, 특정 행동에서만 센서 데이터를 추출하는 센서 데이터 추출 앱을 개발하였다.

3. 제안하는 스마트폰 사용자 행위기반 인증기법

본 논문에서 제안하는 인증기법은 주어진 환경의 동일한 상황에서 추출한 가속도 센서와 방향 센서 데이터를 사용한다. 본인 확인의 정확성을 높여주기 위해 센서 데이터를 세부적으로 분류하여 유사성을 판단할 수 있도록 DTW기법을 개선한다. 이와 같이 개선된 전처리 과정을 통해 데이터의 유사성을 분석한다.

3.1 사용자 행위 기반 센서 데이터 수집단계

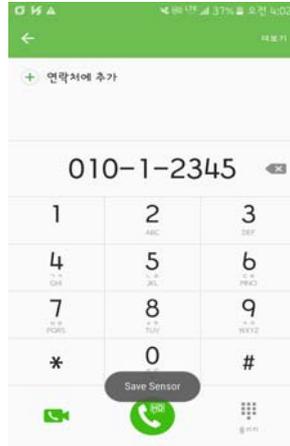
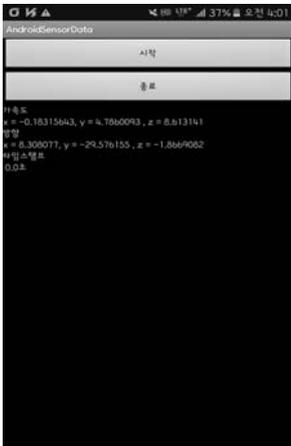
사용자 본인만의 고유한 행동 패턴만 추출할 수 있도록 앱을 자체 개발하여 데이터를 수집한다.



(그림 1) 센서 데이터 추출 앱의 원리

앱의 원리 (그림 1)은 스마트폰 화면에 사용자가 터치했을 때, 터치한 행동에 대해 센서데이터를 추출할 수 있도록

구현했다. 세부적인 프로그램구조는 onTouchEvent() 함수를 오버라이딩 하여 함수 내에 있는 event에 터치스크린에서 발생한 이벤트 정보가 담겨서 넘어오게 된다. getAction()으로 터치스크린에 어떠한 이벤트(ACTION_UP, ACTION_DOWN 등)가 발생했는지를 판별할 수 있으며, 터치 발생 시에만 센서데이터를 CSV형식으로 저장되도록 했다.



(그림 2) 센서 데이터 추출 앱 (그림 3) 센서 데이터 추출과정

(그림 2)는 WindowManager의 투명 Layout을 적용하고 스크래드를 사용하여 해당 Process가 종료되지 않도록 구현한 앱의 초기화면이다. 그렇기 때문에 메모리 부족이나, 강제종료의 경우를 제외하고는 Background상에서 동작을 수행하여 (그림 3)과 같이 일상적인 사용자의 행동을 센서 데이터로 추출하도록 했다.

3.2 DTW기반 패턴분석 단계

DTW(Dynamic Time Warping) 알고리즘은 시간이나 속도를 기준으로 서로 다른 두 개의 시퀀스 값의 유사성을 측정하는 알고리즘이다. 두 개의 데이터, 즉 Input Data1(S)과 Input Data2(I)가 각각 $S = s_1, s_2, \dots, s_n$ 과 $I = i_1, i_2, \dots, i_n$ 이 같다고 가정한다. DTW에 의해서 두 데이터의 유사도를 비교하기 위하여 $n \times m$ 거리 행렬 D를 구성할 수 있다. 이때 D의 $d(x, y)$ 는 s_x 와 i_y 간의 Euclidean 거리를 의미하는 것으로 $d(x, y) = \|s_x - i_y\|$ 같이 계산된다. Warping 경로 W는 행렬 D의 인접한 원소들의 집합으로서 S와 I간의 Mapping으로 정의된다. W의 k번째 요소는 $w_k = d(i_k, j_k)$ 로 정의되며 $W = w_1, w_2, \dots, w_k$ 이고 $\max(m, n) \leq K \leq m + n + 1$ 이다. 구성되는 Warping 경로는 몇 가지 제약을 따르며 많은 Warping 경로가 이 조건을 만족한다[2]. 그러나 데이터의 유사도를 판별하기 위해서는 S와 I의 Warping 경로 비용이 최소인 것을 찾는 데 관심을 갖는다. 즉, 식 (1)과 같은 $DTW^*(S, I)$ 값이 작을수록 두 데이터는 유사하다.

$$DTW^*(S, I) = \min \left(\sqrt{\sum_{k=1}^K w_k} \right) \quad (1)$$

3.3 유사도 측정단계

DTW 알고리즘을 이용하여 참가자의 추출된 데이터들의 유사도를 측정하고, 결과로 인증기법에 활용될 수 있는지를 파악한다. 아래는 유사도를 측정 구분이다.

- ① 동일한 사람이 얼마나 유사한가
- ② 서로 다른 두 사람이 얼마나 다른가

DTW 알고리즘을 이용하여 참가자의 추출된 데이터들을 분석했을 때, ①에 대하여 인증기법에 활용될 수 있는 기준은 유사도를 측정한 모든 센서의 실수 값의 범위가 0 ~ 100.0 이고, ②의 기준은 100.0 이상이다. 이 기준 값은 실제 참가자가 실험을 통하여 추출한 데이터를 동일한 사람과 동일하지 않은 사람으로 유사도를 측정하였을 때의 구분하는 실수 값이다. 따라서 유사도 측정의 결과가 0 ~ 100.0 범위 안이면 동일한 사람으로 판단하며, 100.0 이상이면 동일하지 않은 사람으로 판단한다.

4. 실험 결과

4.1 실험환경 : 상황설정

본 논문에서 제안하는 알고리즘에서의 상황은 Calling State이다. 전화번호를 누른 후 통화하고 종료하는 상황인 Calling State에는 Orientation Sensor와 Accelerometer Sensor가 가장 큰 변화요인으로 작용하고 있다.[1] Calling State는 앉아 있는 상태에서 양손 중 상관없이 한손에 가슴 높이로 핸드폰을 들고 있는 것이 기본자세이며, 수행할 때에는 전화번호를 누르고 통화버튼을 누른 후에 핸드폰을 귀에 대고 통화를 10초간 받고서 다시 가슴 앞으로 핸드폰을 가져와서 통화 종료버튼을 누른다. 이 상황에서 핸드폰을 사용할 때나 통화할 때 사용자가 주로 쓰는 손이 어느 쪽인지, 핸드폰을 누르는 방법, 가슴 앞에서 통화하기 위해 귀에 대었다가 다시 가슴 앞으로 돌아오는 상황에 따라 Orientation Sensor와 Accelerometer Sensor가 어떻게 변화하는지를 알아내기 위한 상황이다.

4.2.1 데이터 추출

데이터 추출 실험은 남자 10명의 참가자들이 참여하였다. 참가자들의 나이 범위는 20세부터 25세까지이며, 개인이 각자가 서로 다른 안드로이드 OS의 스마트폰을 사용하여 의자가 있는 똑같은 실험 공간에서 실험하였다. 데이터 추출 상황인 Calling State에 대하여 참가자들이 각자가 10개씩 10개의 데이터 셋을 추출 상황을 수행하였고, 전체 추출한 데이터 중에서 유효하지 않은 데이터인 50개를 제외하여 총 950여개의 유효한 데이터를 추출하였다.

추출 과정은 참가자들이 앉은 상태에서 센서 데이터 추출 앱을 설치한 안드로이드 기반의 핸드폰을 가지고 Calling State 상황을 수행하는 것이다. 추출하는 데이터의 정확성과 상황을 정확히 구분을 짓고, 외부요인에 영향을 받지 않기 위하여 실험 중 쉬는 시간이 없이 한 개 세트씩 진행하였으

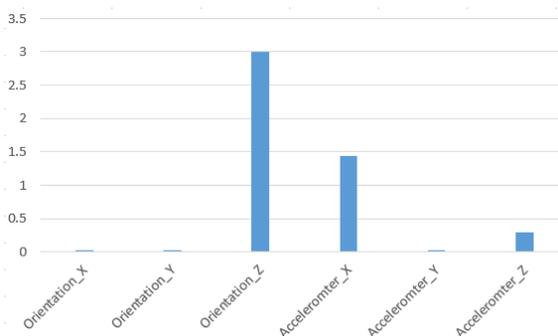
며, 똑같은 상황에 대하여 우선적으로 수행 후 다음 상황을 이어 진행하였다. 만약, 추출을 하는 중간에 행동에서나 환경적인 부분에서 상황설정에서의 기준과 차이가 발생하는 데이터는 같은 실험환경의 데이터가 아닌 유효하지 않은 데이터라고 판단하고 추출하는 과정에서 제외하였다.

4.2.2 유사성 판단

추출한 데이터는 전체 950여개로 10명의 참가자가 각각 95여개씩 분류되며, 이들 각자의 데이터를 DTW알고리즘을 이용하여 유사성을 판단한다. 유사성 판단의 목적은 제안하는 상황에서 사용자가 행동을 통하여 얻은 데이터로 본인임을 확인할 수 있는 것이다.

유사성 판단 과정은 일치 정도를 알고 싶은 데이터를 2개 입력하면 DTW 알고리즘을 통하여 실수 값을 결과 값으로 출력하며, 나온 데이터는 0에 가까울수록 그 데이터의 일치율이 높다. 참가자당 9~10개씩 10개 세트의 데이터 중 한 개 세트에서 Orientation X, Y, Z와 Accelerometer X, Y, Z 이렇게 6개의 Column의 평균값으로 다시 구하여 세트의 대표 데이터를 평균값으로 대체한다. 이렇게 평균값으로 대체한 이유는 본인만의 정확성을 높이기 위함이고, 데이터의 이 평균값으로 input1, input2, ..., input10 으로 세트에 따라 번호를 매겨서 참가자 한 사람당 10개의 input으로 정해진다. 만약 한 사람의 유사성을 판단하려면 10개의 input에서 2개씩 짝지어 6개의 Column 값인 Accelerometer과 Orientation의 X, Y, Z를 입력 값으로 지정하고, DTW 알고리즘을 이용하여 총 6개의 출력 값인 실수 값으로 판단한다. 이때 비교한 횟수는 $45회(10C_2)$ 가 되고, 똑같은 방법으로 하면 A와 B 사람의 유사성을 판단할 때에는 총 $100회(A\text{사람의 }input) \times (B\text{사람의 }input)$ 가 된다.

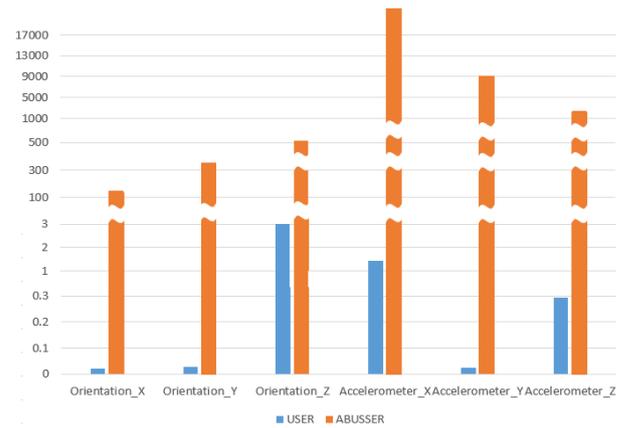
4.3 실험결과 : 패턴분석



(그림 4) 동일한 사용자 간의 유사성

(그림4)에서 보는 것과 같이 한 참가자의 두 개의 input 데이터끼리 분석했을 때의 센서 값들을 알 수 있으며, 0과 3사이의 값으로 나오는 것을 볼 수 있고, 이는 동일한 사람끼리는 유사성이 뛰어나다는 것을 알 수 있다.

(그림 5)에서는 동일한 참가자에 대한 두 개의 input을 비교한 결과(USER)와 서로 다른 두 참가자의 input을 비교



(그림 5) 같은 사용자 간의 유사성과 다른 사용자 간의 유사성

하였을 때(ABUSER)를 나타낸다. 그림에서처럼 결과는 동일사람간의 결과는 0~3 범위이고 유사성이 높다는 결과이며, 다른 사람과의 결과는 최소 100이상의 값이 나오는 것을 알 수 있으며 확실히 유사성이 낮다는 것을 확인할 수 있다.

실험 결과로 확인할 수 있는 것은 제안하는 상황에 대하여 사용자가 다른 사용자와는 다르게 동일한 사용자만의 특이점을 가지고 있다고 할 수 있으며, 이는 사용자 인증에 있어서 충분한 본인만의 패턴이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 Orientation Sensor와 Accelerometer Sensor를 이용하여 사용자의 Calling State에 따라 얻어지는 데이터 들이 본인임을 나타내는 패턴을 가지고 있음을 데이터분석 및 유사성 판단을 통해 확인했다. 또한 이 패턴분석을 통한 결과를 근거로 사용자가 스마트폰을 이용하여 인증할 때에 본인인증을 하는 데에 있어서 타인과의 구별된 센서기반의 행동 패턴을 통해 인증할 수 있는 새로운 사용자 인증기법을 제안한다.

참고문헌

- [1] Mauro Conti "Transparently Authenticating the User of a Smartphone when Answering or Placing a Call"
- [2] Chien-Cheng Lin "A New Non-Intrusive Authentication Method based on the Orientation Sensor or Smartphone Users" 2012 IEEE Sixth International Conference on Software Security and Reliability
- [3] Mohammad O. Derawi "Improved Cycle Detection for Accelerometer Based Gait Authentication" 2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing
- [4] Davrondzhon Gfurov "Biometric Gait Authentication Using Accelerometer Sensor" JOURNAL OF COMPUTER, VOL. 1, NO. 7, OCTOBER/NOVEMBER 2006