

## 딥러닝 기반 걸음걸이 인증 시스템

최지우, 최상일, 강태원  
 강릉원주대학교 컴퓨터공학과  
 cephular@gmail.com, schoi@gwnu.ac.kr, twkang@gwnu.ac.kr

## Deep Learning-based Gait Authentication System

Ji-Woo Choi and Sangil Choi and Taewon Kang  
 Dept. of Computer Science & Engineering, Gangneung-Wonju National  
 University

## 요 약

개인 정보 보호가 중요시되는 초연결사회에서는 정보와 사용자를 연결하는 매개체는 적법하지 않은 사용자를 판별할 수 있어야 한다. 본 연구는 그 매개체를 스마트폰으로 삼고 인간의 걸음걸이에 기반한 스마트폰 인증 시스템을 제안한다. 인간의 걸음걸이를 딥러닝 모델 중 하나인 CNN으로 학습시킨 후, 스마트폰에 탑재하여 사용자가 스마트폰을 휴대한 상태로 7초간 걸음으로써 적법한 사용자인지 아닌지의 여부를 판별한다. 본 연구에서 제안한 모델의 평가 지표로는 정확도, 정밀도, 재현율, F1-score를 사용했으며, 그 결과, 위 4개의 평가지표 모두 평균 95% 이상의 결과를 얻었다.

## 1. 서론

우리는 인간과 인간뿐만 아니라 인간과 기계, 더 나아가 기계와 기계가 서로 연결되어 정보를 주고받고 새로운 정보를 만들어내기도 하는 초연결사회에서 살고 있다. 이 연결이라는 개념은 우리의 삶을 더욱 편리하게 만들어주었다. 하지만 우리가 간과하지 말아야 할 것은 바로 편리함 뒤에 감춰진 개인 정보의 유출과 관련된 문제이다. 초연결성을 갖춘 사회로 발전할수록 이러한 보안 이슈는 더욱 중요하게 다루어져야 한다. 이 문제를 해결하기 위한 전통적인 개인정보보호 방법으로는 비밀번호나 기억하기 쉬운 패턴 방식이 존재하는데, 이와 같은 방법은 분실 및 도난의 위험이 있다. 따라서 이를 개선하기 위해 지문, 홍채, 안면인식과 같은 생체데이터를 활용한 방법이 오래전부터 등장했으며, 이러한 방법은 전통적인 방법과 비교했을 때, 도난 및 위험으로부터 좀 더 자유롭다.

본 연구에서는 지금까지 개인 정보 보호 방법으로 이용되지 않은 인간의 걸음걸이를 생체데이터와 스마트폰을 활용하여 새로운 개인 인증 방식으로 도입하는 것이 가능한지 살펴보고 스마트폰을 분실 또는 도난당했을 경우, 스마트폰을 습득한 사용자가 불법적으로 스마트폰을 사용하지 못하도록 하는 메커니즘을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로

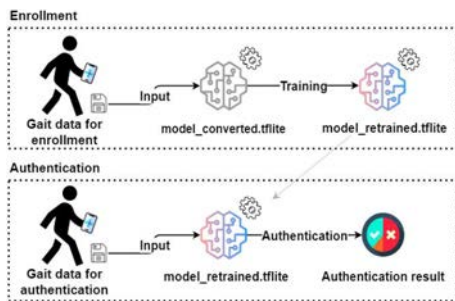
보행 분석에 기반한 사용자 인증 방식의 관련 연구 동향을 살펴본다. 3장에서는 본 연구에서 제안한 시스템을 자세히 설명한다. 4장에서는 딥러닝 모델을 평가하고 평가지표를 통해 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술하며 논문을 마무리한다.

## 2. 관련 연구

보행과 관련한 연구에는 다양한 분야가 있는데, 그중 보안 분야에서 보행을 기반으로 한 식별연구가 활발히 진행되었다. 여기서 식별이란 특정 보행 데이터의 소유자를 판별하는 것을 뜻하며, 이러한 식별연구를 통해 사람마다 고유한 보행 패턴을 가지고 있다는 것을 입증했다. 하지만 그러한 연구들에서 보행 데이터의 수집환경이 극히 제한된 것을 볼 수 있었다. 연구 [1]의 경우, 데이터 수집환경이 트레드밀로 제한되기도 했으며, 연구 [2]의 경우, 센서의 위치가 고정되어 있기도 했다. 이외에도 수집환경이 제한된 연구가 있었는데[3][4], 이를 통해 우리가 알게 된 사실은 보행 데이터 수집 환경이 실제 스마트폰 사용 환경을 반영하지 못하고 있다는 것이다. 따라서, 본 연구는 스마트폰을 사용한 인증 시스템을 개발하면서 보행 데이터 수집 환경을 다르게 설정함으로써 실제 환경을 최대한 반영하고자 한다.

### 3. 시스템 구성

본 연구에서는 기존의 사용자 인증 수단으로 이용되지 않은 새로운 생체데이터인 인간의 걸음걸이를 사용자 인증에 적용한다. 여기서 사용자 인증이란 사용 권한이 부여된 사용자만이, 즉 적절한 사용자만이 시스템을 사용할 수 있도록 접근 권한을 부여하는 것을 말한다. 안드로이드 운영체제 기반의 애플리케이션을 개발하여 사용자의 보행 데이터를 등록하고, CNN 기반의 딥러닝 모델을 활용하여 적절한 사용인지를 판단한다. 여기서 보행 데이터는 스마트폰에 내장된 가속도계와 각속도계를 통해 수집한 가속도와 각속도 값을 가리킨다. 사용자 인증은 적절한 사용자의 보행 데이터와 사용자 인증을 위해 입력된 데이터가 일치하는지를 비교함으로써 이루어지며, 이를 수행하는 안드로이드 운영체제 기반의 애플리케이션을 사용자 인증 시스템(이하 시스템)이라고 정의한다.



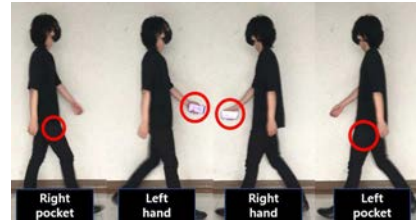
(그림 1) 시스템 개요

본 연구에서 구성한 시스템의 개요는 그림 1과 같다. 시스템은 그림 1과 같이 크게 2가지 기능을 수행한다. 첫째, 사용자의 보행 데이터를 등록하는 등록 기능(Enrollment)과 둘째, 적절한 사용자인지를 확인하는 인증 기능(Authentication)이다. 보행 데이터 등록 기능에선 적절한 사용자의 보행 데이터를 등록하기 위하여 스마트폰을 통해 수집한 가속도와 각속도 모델에 입력한 후 딥러닝 모델을 학습시킨다. 더불어 적절한 사용자인지를 확인하는 인증 기능에서는 새롭게 수집된 가속도와 각속도를 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 결과를 확인한 후 접근 권한을 부여한다.

#### 3.1. 보행 데이터 수집

보행 데이터를 수집하고 저장하기 위해 안드로이드 스튜디오에서 개발한 안드로이드 앱을 스마트폰에 탑재한 후, 그림 2와 같이 양손 및 양쪽 바지 앞

주머니에 위치시키고 총 10명의 보행 실험 참여자에 대해 보행 데이터를 수집했으며, 보행 데이터 등록 시 약 20m의 평지를 스마트폰의 위치를 바꿔가면서, 위치마다 두 번씩 총 8번의 실험을 진행했다.



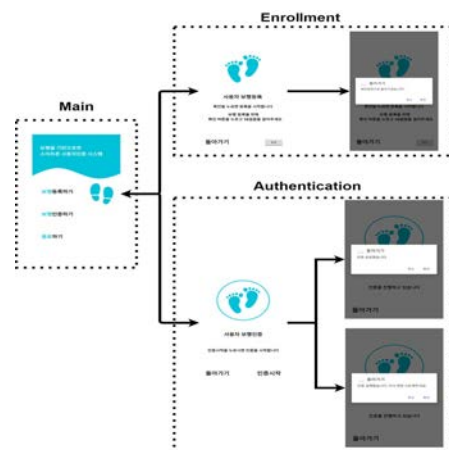
(그림 2) 스마트폰 위치에 따른 보행 데이터 수집

#### 3.2. 딥러닝 모델 구성

본 연구에서 구현한 딥러닝 모델은 이미지 분류에 특화된 CNN 모델로서 conv1d 레이어(Keras 라이브러리에서 지원)로 구성했다. 입력 데이터의 크기는 한 걸음에 해당하는 평균 시간인 1.2초로 설정했다. 신경망과 입력 데이터의 크기 등의 파라미터를 설정한 후 데이터를 학습하여 모델(Model\_saved.h5)을 저장한다. 그 이후에 Tensorflow Lite 라이브러리를 통해 저장된 모델(Model\_saved.h5)을 변환(Model\_converted.tflite)하여 스마트폰에 탑재했다.

#### 3.3. 시스템의 사용자 인터페이스

그림 3은 시스템의 사용자 인터페이스를 보여주며, 그림 1과 같이 등록과정과 인증 과정으로 구분되어 있다. 시스템의 초기(Main)화면은 등록 및 인증 기능을 선택하는 메뉴로 구성된다.



(그림 3) 시스템의 사용자 인터페이스

Main 화면의 “보행 등록하기” 버튼을 클릭하면 등록 화면(Enrollment)으로 전환되고 보행 지시 안내가 나타나며, 확인 버튼과 종료 버튼을 눌러 보행

등록을 할 수 있다. 등록이 완료된 후 사용자는 Main 화면으로 돌아와 “보행 인증하기” 버튼을 클릭하여 인증 화면(Authentication)으로 전환할 수 있다. 그리고 인증 시작 버튼을 누르면 인증이 시작된다. 인증 과정에서 스마트폰을 휴대한 상태로 7초간 걸으면 인증 결과 화면이 나타난다. 만약 인증이 성공할 경우, “인증 성공했습니다.”라는 메시지가 나타나며, 인증이 실패할 경우 “인증 실패했습니다. 다시 한번 시도해주세요.”라는 메시지가 화면에 나타난다. 여기서 인증은 20ms마다 이전 1.2초간의 보행 데이터를 가지고 수행되며, 7초간 수집한 데이터(=샘플 290개) 샘플 중 265개 이상이 적법한 사용자의 데이터라고 판단할 경우(약 90% 이상) 인증에 성공한다.

#### 4. 모델 평가 및 결과 분석

본 연구에서 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위해 모델의 평가지표로 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision), 재현율(Recall), F1-score를 계산했으며, 표 4가 보여주듯이 위 4개의 평가지표를 계산한 결과, 평균 정확도는 0.950172, 평균 정밀도는 0.950718, 평균 재현율은 0.950172, 평균 F1-score는 0.950159로 모두 0.95 이상의 높은 결과를 나타냈다. 평가지표의 계산 결과가 1에 가까울수록 좋은 모델을 의미하며, 일반적인 평가지표로만 따졌을 때, 본 연구에서 구현한 시스템의 성능이 신뢰할만하다고 판단한다.

<표 1> 정확도, 정밀도, 재현율, F1-score

ID	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
1	0.981034	0.981178	0.981034	0.981033
2	0.960345	0.960613	0.960345	0.960339
3	0.943103	0.943109	0.943103	0.943103
4	0.936207	0.936835	0.936207	0.936184
5	0.915517	0.915522	0.915517	0.915517
6	0.963793	0.965793	0.963793	0.963754
7	0.972414	0.973224	0.972414	0.972402
8	0.936207	0.936835	0.936207	0.936184
9	0.934483	0.934669	0.934483	0.934476
10	0.958621	0.959407	0.958621	0.958603

#### 5. 결론

본 연구는 스마트폰에 사용자 인증을 위한 딥러닝 모델을 탑재한 사용자 인증 시스템을 개발하고 그 성능을 평가했으며, 2장에서 언급한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 보행 데이터를 수집할 때 스마트폰의 위치를 다양화하여 실제 환경을 최대한 반영하고자 했다.

시스템의 입력은 스마트폰의 관성 센서를 통해 수집한 가속도와 각속도 값이며 적법한 사용자인지 아닌지를 분류한 결과를 스마트폰 화면에 출력한다.

시스템의 대표적인 기능은 사용자 등록과 사용자 인증으로 이루어져 있다. 등록 기능에서는 스마트폰 위치(양손, 양쪽 바지 앞주머니)에 따라 보행 데이터를 수집하고, 인증 과정에서 7초간 걸어 사용자 인증을 수행한다. 인증을 수행하는 데 있어 스마트폰의 위치는 사용자가 자유롭게 선택할 수 있다. 시스템 성능 평가를 위한 지표로는 정확도, 정밀도, 재현율, F1-score가 있으며, 1에 가까울수록 시스템이 좋은 성능을 가지고 있음을 의미한다. 시스템을 평가한 위 4개의 평가지표 모두 0.95 이상으로 나타났고, 이를 통해 보행 데이터를 활용한 인증 시스템이 적법한 사용자를 판별하는데 높은 신뢰성을 가지고 있음을 연구를 통해 확인했다.

#### 참고문헌

- [1] R. Leyva, G. Santos, A. Rocha, V. Sanchez, and C. -T. Li, "Accelerometer Dense Trajectories for Activity Recognition and People Identification", 7th International Workshop on Biometrics and Forensics (IWBF), 2019, pp. 1-6.
- [2] L. Tran, T. Hoang, T. Nguyen, H. Kim, and D. Choi, "Multi-Model Long Short-Term Memory Network for Gait Recognition Using Window-Based Data Segment", in IEEE Access, Vol. 9, pp. 23826-23839, 2021.
- [3] F. Sun, C. Mao, X. Fan, and Y. Li, "Accelerometer-Based Speed-Adaptive Gait Authentication Method for Wearable IoT Devices", in IEEE Internet of Things Journal, Vol. 6, No. 1, pp. 820-830, Feb. 2019.
- [4] N. Kala, T. Bhatia, and N. Aggarwal, "Person Identification and Characterization from Gait Using Smartphone", 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 2019, pp. 492-495.