

# 뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 식별 모델 설계 및 구현

홍보선\*, 이종훈\*, 표인선\*, 야마모토 마사노리\*, 김정동\*<sup>†</sup>

\*신문대학교 컴퓨터공학부

e-mail: {goodcool, macknick, i2511i, yamamoto22, kjd4u}@sunmoon.ac.kr

## Design and Implementation of User Identification Model based on Deep Learning Using EEG

Bo-Seon Hong\*, Jong-Hun Lee\*, In-Seon Pyo\*, Yamamoto Masanori\*, Jeong-Dong Kim\*<sup>†</sup>

\*School of Computer Science and Engineering, Sun Moon University

### 요 약

최근 개인정보 활용에서 보안 및 인증에 대한 중요성이 대두되고 있으며, IoT 기반의 바이오 디바이스를 접목한 생체인식 기술은 사용자의 식별과 인증을 위해 다양한 분야에서 많은 발전을 보이고 있다. 본 논문에서는 대규모 뇌파신호를 효과적으로 처리하기 위한 방안으로 Deep Learning 기법을 적용한 뇌파 데이터 식별과 이를 분석한 사용자 인증이 가능한 스마트 자물쇠 모델을 제안한다. 제안한 뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 식별 및 인증 모델은 보안 시스템에서의 활용뿐만 아니라 다양한 사물인터넷과 접목 시킬 수 있으며, 뇌성마비 또는 신체 활동이 제한적인 환자의 경우 일상생활의 제약을 줄이고 삶의 질적 향상에 도움이 될 것으로 기대한다.

### 1. 서론

최근 ICT 기술의 발달로 인해 개인정보의 활용의 중요성이 대두되면서 생체인식 인증기술, 카드번호, 그리고 패스워드(Password) 등의 다양한 형태의 사용자 식별 방법이 제안되었다 [1-2]. 이러한 바이오 디바이스를 활용하여 생체인식 기술을 접목한 사용자 식별 방법으로는 지문, 홍채, 그리고 뇌파 등이 대표적이다[3].

그중에서 “뇌파(Electro Encephalo Graphy: EEG)는 두뇌를 구성하는 신경세포들의 전기적 활동을 두피에서 전극을 통해 간접적으로 측정 할 수 있는 전기신호이다” [4]. 최근 뇌파를 활용한 사용자 식별 및 보안 이슈가 대두되면서 뇌파 데이터를 활용한 사용자 식별 및 사용자의 의도를 파악하는 많은 연구가 진행 중에 있다 [4-6].

사용자 식별 및 인증을 위한 전통적인 방법은 패스워드 인증 방식으로 사용자가 컴퓨터 시스템 또는 통신망에 접속할 때 사용자 ID와 함께 입력하는 고유한 문자열로서 정당한 사용자라는 것을 식별할 수 있다.

전통적인 패스워드 방식은 해킹에 의한 도용되는 취약성을 가지고 있다. 또한 지문, 홍채, 음성인식을 통한 사용자 인증 기술은 사용자의 지문정보, 홍채정보, 음성의 패턴을 분석하여 사용자를 인증하는 방식이지만 외부적 충격이나 환경으로 인해 변형이나 위조 및 도용이 가능하다는 단점이 있다[4, 6].

그러나 뇌파를 활용한 사용자 인증은 무형 데이터로서 외부적인 충격에서 변형이 일어나지 않는다는 장점을 가지고 있지만, 두피에서 측정하고 가공되지 않는 뇌파신호를 해석하여 뇌파의 의미를 파악하기가 어려워 정확도 측면에서 신뢰성이 낮다는 단점이 있다 [7].

따라서 뇌파신호를 정확하게 분석하기 위한 방법으로 뇌파의 전지신호를 주파수에 따라 파워스펙트럼으로 분해(Alpha, Delta, Theta, Beta, Gamma)하여 신호의 형태와 특징을 파악하며, 또한 뇌파신호의 의미를 분석하기 위해서는 대규모의 뇌파 데이터 셋에 대한 학습 (Learning)이 요구 된다 [7-8].

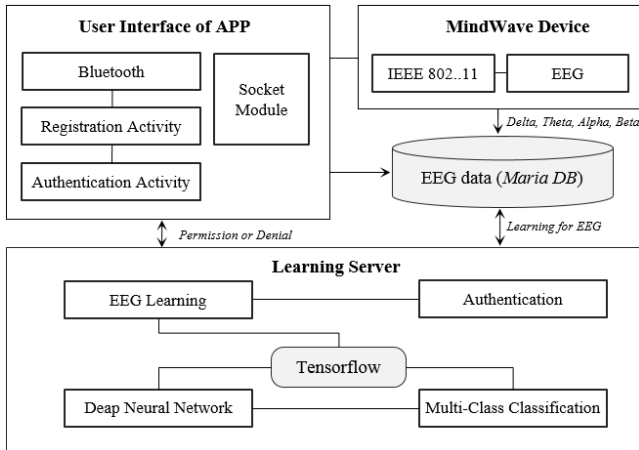
본 논문에서는 대규모 EEG 데이터를 효과적으로 학습할 수 있는 방법으로 Deep Learning 기법을 활용하며, 뇌파신호를 분석하여 사용자 식별과 인증이 가능한 뇌파 기반의 스마트 자물쇠 모델을 제안한다.

### 2. 제안 모델

본 장에서는 뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 식별 모델에 대해 기술한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 사용자 식별 및 인증이 가능한 스마트 자물쇠의 개념적 모델을 나타낸다.

본 논문에서 제안하는 뇌파신호를 활용한 사용자 식별 및 인증을 위한 스마트 자물쇠의 개념 모델은 크게 *User Interface APP*, *Mindwave Device*, 그리고 *Learning Server* 모듈로 구성된다.

<sup>†</sup>: 교신저자: 김정동(kjdvhu@gmail.com) \*본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2015R1C1A1A02036442)



<그림 1> 뇌파신호를 활용한 사용자 식별 및 인증을 위한 스마트 자물쇠 모델

- **MindWave Device:** NeuroSky사의 MindWave Mobile[9]를 활용한다. MindWave Mobile은 뇌파의 전기신호를 alpha, delta, theta, beta, gamma로 분류하여 1채널에서 사용자의 EEG 데이터를 측정한다.
- **User Interface APP:** 크게 2가지 기능을 가지고 있다. 첫 번째 주요 기능은 스마트 자물쇠에서 사용자 식별을 위한 인증 대상을 등록 및 식별하는 기능으로 사용자 등록 및 식별을 위해 MindWave Device에서 EEG data 저장소로 EEG 데이터와 측정 시간을 전송한다. 두 번째는 사용자 인증 기능으로 MindWave Device로부터 전송된 EEG 데이터와 전송시간을 Learning Server로 전송한다.
- **Learning Server:** User Interface APP 으로부터 사용자의 인증 신호(EEG 데이터)와 측정 시간, 그리고 사용자의 이름을 수신한다. 또한 Tensorflow의 “Multi-Class Classification” 알고리즘과 “Deep Neural Networks” 3계층 모델을 통해 사용자 EEG 데이터를 분류하고, Learning Server의 학습 모델에 정의된 EEG 데이터는 사용자의 식별 및 인증 시 가장 근접한 학습 모델의 레이블을 비교·평가하여 사용자를 식별한다.

### 3. 실험 및 구현

#### 3.1 실험 환경 및 데이터 셋

뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 식별 및 인증을 위한 스마트 자물쇠의 실험 및 구현 환경은 표 1과 같다.

<표 1> 실험 및 구현 환경

구분	Server	Application
OS, Language	Ubuntu 16.04, Python 3.5, Maria DB	Android 6.0 (Marshmallow)
Tools	Tensorflow (Multi-Class Classification)	Android SDK, Neurosky Mindwave Development Tool(MDT)

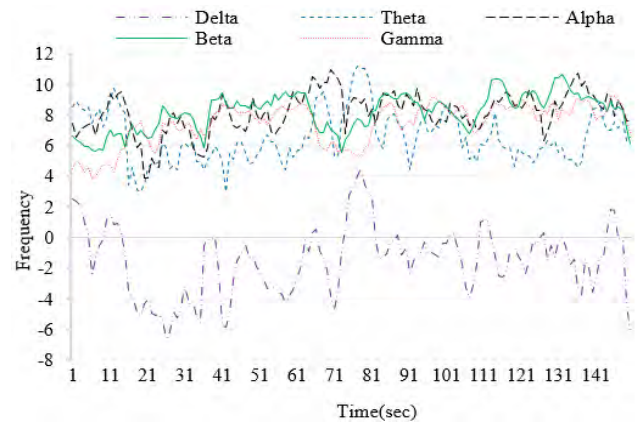
본 실험에서 EEG 데이터 셋의 학습을 위해 Deep Learning 플랫폼인 Google사의 Tensorfolw를 사용 하였

으며, NeuroSky사에서 제공하는 Mindwave Development Tool를 이용하여 EEG 데이터 (Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma)를 측정하다.

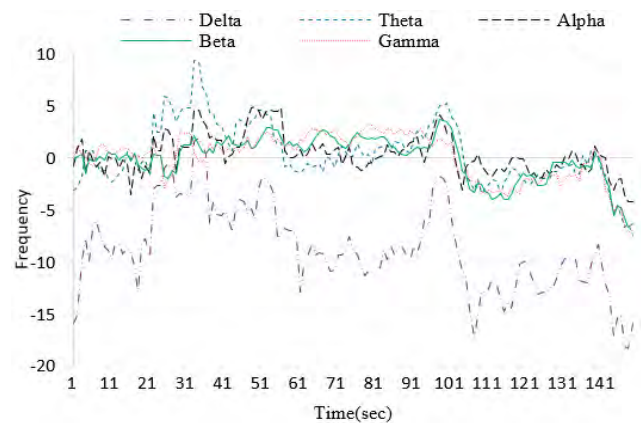
EEG 데이터의 측정에서는 피 실험자 대상으로 User Interface APP에서 초기 등록 및 식별과 인증을 위해 동일한 물리적 환경, 행동, 그리고 생각을 반복하도록 실험 환경을 구축하여 최대한 가능한 조건에서 EEG 데이터 셋을 측정하도록 하였다.

즉, 실험 EEG 데이터 셋은 1초당 1세트의 데이터로서, 안정적인 EEG 데이터 추출을 위해 1) 동일한 내용의 책 읽기, 2) 동일한 그림을 감상하기, 그리고 3) 자물쇠의 Lock과 Unlock에 대한 이미지-메이킹을 수행하였다.

그림 2와 3은 피 실험자 2명으로부터 추출한 EEG 데이터 셋의 일부를 나타낸다.



<그림 2> EEG 데이터 셋-I (피 실험자 1)



<그림 3> EEG 데이터 셋-II (피 실험자 2)

```

2017-06-16 21:16:53.516239: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:887] Found device 0 with properties:
name: GeForce GTX 1060 3GB
major: 0 minor: 1 memoryClockRate (GHz) 1.797
pciBusID 0000:01:00:0
Total memory: 2.94GiB
Free memory: 2.48GiB
2017-06-16 21:16:53.516256: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:908] DMA: 0
2017-06-16 21:16:53.516263: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:918] 0 : Y
2017-06-16 21:16:53.516274: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:977] Creating TensorFlow device (/g
name: GeForce GTX 1060 3GB, pci bus id: 0000:01:00:0)
INFO:tensorflow:Saving checkpoints for 1 into /tmp/EEG67_model/model.ckpt.
INFO:tensorflow:loss = 0.86189, step = 1
INFO:tensorflow:Global_step/sec: 323.91
INFO:tensorflow:loss = 0.8607788, step = 101 (0.308 sec)
INFO:tensorflow:Global_step/sec: 323.619
INFO:tensorflow:loss = 0.8438528, step = 201 (0.300 sec)
INFO:tensorflow:Global_step/sec: 324.179
INFO:tensorflow:loss = 0.8278992, step = 301 (0.299 sec)
INFO:tensorflow:Global_step/sec: 334.174
INFO:tensorflow:loss = 0.8208096, step = 401 (0.300 sec)
INFO:tensorflow:Global_step/sec: 334.737
    
```

<그림 4> Learning Server의 학습과정 스냅 샷

Learning Server에서는 사용자 식별 및 인증을 통해 스마트 자물쇠에 대한 Lock과 Unlock이 가능하도록 EEG 데이터에 대한 10,000스텝의 학습을 반복한다. 학습된 데이터는 데이터베이스에 저장 및 등록되며, 등록된 사용자의 EEG 데이터가 수신되면 등록된 사용자의 레이블과의 비교를 통해 사용자 식별 및 인증 여부를 판별한다.

그림 4는 MindWave Device을 통해 추출한 뇌파신호를 Learning Server에서 학습하는 과정을 나타낸다.

### 3.2 구현 결과

그림 5, 6, 7, 8은 뇌파신호를 활용한 사용자 식별 및 인증을 통해 스마트 자물쇠에 대한 Lock 및 Unlock에 대한 구현 결과를 나타낸다.

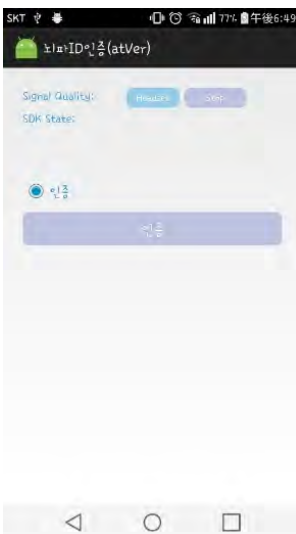
그림 5는 스마트 자물쇠의 사용을 위한 사용자 등록 과정을 위한 초기 화면을 나타내며, MindWave Device에서 추출된 EEG 데이터는 User Interface of APP으로 전달되며, ‘등록’ 기능과 ‘인증’ 기능으로 구성된다.



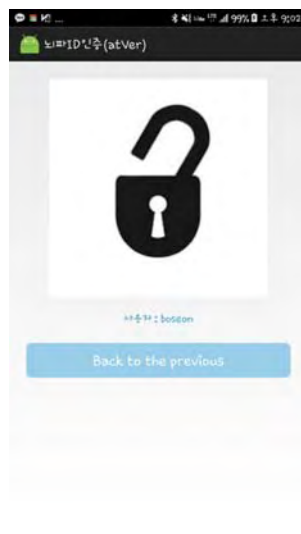
<그림 5> 초기 스냅 샷



<그림 6> 등록 스냅 샷



<그림 7> 인증 스냅 샷



<그림 8> 인증 결과 스냅 샷

그림 6은 사용자 ‘등록’을 위한 과정으로 사용자 식별을 위해 이름을 입력 값으로 받으며, 사용자의 EEG 데이터 식별의 정확도를 높이기 위해 동일한 내용의 1)책읽기, 2)그림 감상, 그리고 3)이미지-메이킹 과정을 반복한다.

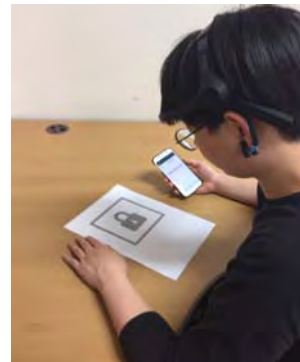
그림 7은 사용자 식별을 위해 기 등록된 사용자의 ‘인증’ 여부를 판별하는 과정을 나타낸다. 기 등록된 사용자의 식별을 위해 그림 6의 등록 과정에서 실시한 이미지-메이킹 시의 EEG 데이터를 측정하고, Learning Server의 학습 모델과의 비교·평가를 통해 인증여부를 판단한다. 또한 그림 8은 EEG 데이터를 통한 사용자 식별 및 인증 결과로 스마트 자물쇠라 Unlock된 결과를 나타낸다.

<표 2> EEG 데이터의 사용자 식별 정확도

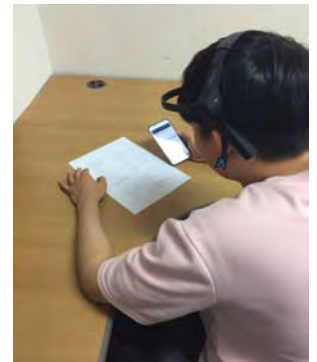
피 실험자 수 반복횟수	2명	3명	4명
10회	90%	70%	60%

표 2는 본 논문에서 제안하는 EEG 데이터를 활용한 사용자 식별 및 인증을 위한 스마트 자물쇠 모델에 대한 실험 결과의 정확도를 나타낸다. 피 실험자가 2명인 경우에는 10회중 9번을 성공하여 90%의 정확도를 보였다. 하지만 피 실험자가 3명, 4명인 경우에서 각각 70%와 60%의 정확도를 보였다.

그림 9와 10은 본 연구에서 제안하는 뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 등록, 식별, 인증을 통한 스마트 자물쇠의 Lock 및 Unlock의 실제 구현 결과를 나타낸다.



<그림 9> 이미지-메이킹



<그림 10> 책읽기

### 3. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 전통적인 사용자 식별 및 인증의 한계점을 개선하기 위해 뇌파신호를 활용한 Deep Learning 기반 사용자 식별 및 인증 모델을 제안하고 이를 스마트 자물쇠에 적용하여 설계 및 구현하였다.

뇌파신호를 활용한 사용자 식별 및 인증 모델은 다양한 사물인터넷 및 보안 시스템에서 활용될 수 있으며, 특히 뇌성마비 또는 신체 활동이 제한적인 환자의 경우 뇌파를 통한 사용자 식별 및 인증 기술은 일상생활의 제약을 줄이고 삶의 질적 향상에 도움이 될 것으로 기대한다.

하지만, 본 논문에서 활용한 뇌파신호를 활용한 사용자 식별에서는 Multi-Class Classification 알고리즘의 문제점

인 피 실험자가 늘어남에 따라 각 피 실험자의 EEG데이터 분포도가 특정 영역에 집중되어, 사용자의 식별에서 정확도가 떨어지는 문제점이 있다. 향후 연구에서는 EEG 데이터에 대한 정확한 식별이 가능한 EEG 데이터 분류 및 식별 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

### 참고문헌

- [1] 조병철, 박종만, “다중 생체인식 기반의 인증기술과 과제”, 한국통신학회논문지, Vol.40, No.1, pp.132-141, 2015.
- [2] A.K. Jain, A. Ross, and S. Prabbakar, “An Introduction to Biometric Recognition,” IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.14, No.1, pp. 4-20, Jan. 2004.
- [3] 김재성, 이성재, 김병섭, 이상우, “텔레바이오인식기반 비대면 인증기술 표준화 동향”, 정보보호학회지, Vol.25, No.4, pp43-50, 2015.
- [4] 김도영, 이재호, 박문호, 최윤희, 박윤옥, “뇌파신호 및 응용 기술 동향”, 전자통신동향분석, Vol.32, No.2, pp.19-28, 2017.
- [5] J. Ma, J.W. Minett, T. Blu, and W. Wang, “Resting State EEG-Based Biometrics for Individual Identification Using Convolutional Neural Networks,” EMBC, pp. 2848-2851, 2015.
- [6] 정연덕, “생체인식기술(Biometrics)의 효과적 활용과 문제점,” 특허청 지식재산21, No.86, pp. 1-16, 2004.
- [7] 고진만, 고한규, 최대선, “무자각 사용자 인증을 위한 실용적 뇌파인증 기술 - EEG 기반 인증기술 동향 및 요구사항 분석”, 한국정보보호학회지, Vol.27, No.1, 2017.
- [8] Sebastian Stober, Avital Sternin, Adrian M. Owen, Jessica A. Grahn, “Deep Feature Learning for EEG Recordings”, Under review for International Conference on Learning Representations, 2016.
- [9] NeuroSky Mindwave Mobile, Technical Specs, <http://store.neurosky.com/pages/mindwave>, 2017.