

SSVEP 기반 EEG 신호와 키패드 입력을 이용한 도어록 시스템 설계 및 구현

*이주영, **허정은, **고은비, **김형남
*부산대학교 전자전기컴퓨터공학과, **부산대학교 전자공학과
e-mail : hnkim@pusan.ac.kr

Design and Implementation of Door-lock System
Using SSVEP-based EEG signals and Keypad input

*Ju-Yeong Lee, **Jeong-Eun Heo, **Eun-Bi Koh, **Hyoung-Nam Kim
*Depart. of Electrical and Computer Engineering,
**Depart. of Electronics Engineering,
Pusan National University

Abstract

최근 디지털 도어록의 비밀번호가 유출되어 절도범죄가 발생하는 사례가 증가하고 있다. 문제가 되는 디지털 도어록은 현재 국내에서 가장 보편화되어 있는 키패드 입력방식이다. 디지털 도어록은 과거의 자물쇠 방식을 사용하는 것보다 편리하고 절도범죄 건수를 감소시켰다는 평가를 받고 있지만 여전히 보안성 강화가 불가피하다. 이를 위한 해결 방안의 하나로서 본 논문에서는 기존 키패드 입력 방식과 뇌파신호의 조합으로 구성된 비밀번호를 가지는 보안성이 강화된 도어록 시스템을 설계하고, 이를 구현한다.

I. 서론

디지털 도어록은 기존 열쇠 대신 사용자가 지정해 둔 비밀번호나 반도체 칩, 스마트 카드, 지문 등을 디지털화한 정보를 열쇠로 활용하는 첨단 잠금 장치로서, 2003년부터 보급되기 시작하여 여전히 큰 주목을 받고 있는 범죄예방 장치이다[1]. 국내 디지털 도어록 시장 규모는 2011년 1,285억 원에서 2016년에는 1,664억 원 규모로 성장할 것으로 기대되고 있다[2].

현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 디지털 도어록은 키패드를 사용하는 방식이다. 그러나 기존에

사용되고 있는 키패드형 디지털 도어록은 사용자의 편의에 중점을 두었기 때문에 보안 측면에서는 취약한 단점이 있다[3]. 최근 들어 키패드에 묻어있는 지문으로 타인이 비밀번호를 유추하거나 사용자가 인지하지 못하는 곳에 설치된 카메라에 의해 손쉽게 비밀번호가 유출되는 등 다양한 방법을 통해 기존의 디지털 도어록이 설치된 가정이 절도범죄의 대상이 되고 있다 [4]-[6]. 따라서 키패드를 이용한 디지털 도어록에 대한 보안을 강화할 필요가 있다.

이러한 기존 키패드형 도어록의 단점을 보완하기 위해서 본 논문에서는 타인이 쉽게 유추하기 어려운 뇌파 신호를 활용한다. 제안하는 도어록 시스템은 기존 디지털 도어록의 보안성을 높임과 동시에 미래 유망 산업으로 주목받고 있는 뇌-컴퓨터 접속장치 (brain-computer interface, BCI)를 적용한다는 것에 의미가 있다. BCI란 인간의 두뇌와 외부기기를 직접 연결하여 제어하는 융합기술이다. BCI의 비침습적 방식 중 electroencephalograph(EEG)는 상대적으로 측정비용이 저렴하고 장비의 규모가 작아 이동성이 뛰어나므로 다른 비침습적 방식에 비해 도어록 시스템에 적용이 용이하다. 본 논문에서 제안하는 도어록 시스템은 EEG 기반 BCI 시스템에서 널리 사용되는 신호인 steady-state visual evoked potential(SSVEP) 신호와 기존과 동일한 방식인 키패드 입력을 이용한 도어록 시스템을 제안한다.

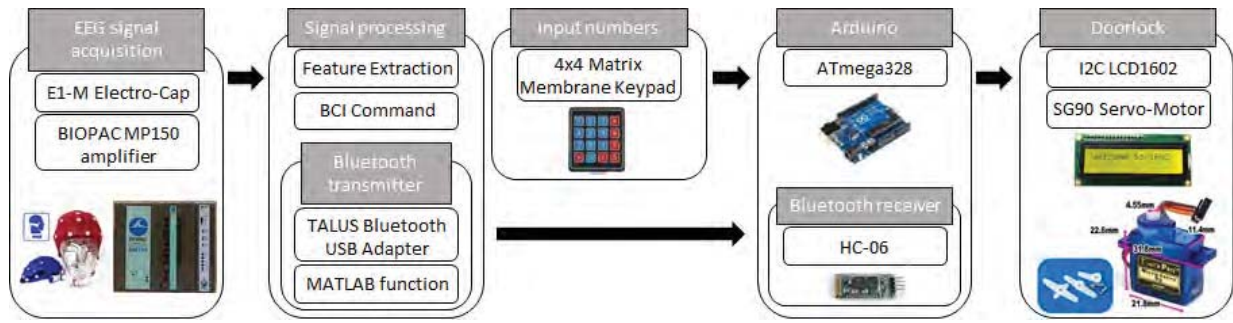


그림 1. 전체 시스템 구성

II. 본론

2.1 SSVEP 기반 EEG 신호 분석

SSVEP란 사용자가 일정한 주파수로 깜박이는 시각 자극을 응시하고 있을 때 후두엽의 시각피질에서 해당 주파수와 그것의 배수가 되는 조화 주파수(harmonics)를 가지는 뇌파이다[7]-[8]. SSVEP는 다른 뇌파 신호에 비해 훈련 시간이 짧고, 비교적 높은 신호대잡음비(signal-to-noise ratio)와 높은 정보전달량(information transfer rate)을 가지고 있다[9].

본 연구에서는 SSVEP 기반 BCI 시스템의 주파수를 추정하기 위한 가장 간단한 방법으로 알려져 있는 power spectrum density analysis(PSDA)를 사용하였다. PSDA는 시간영역에서 측정된 EEG 신호를 주파수 영역으로 변환하여 최대 전력을 갖는 주파수를 찾고, 이를 피험자가 응시하고 있는 LED의 주파수라 추정한다. 시간영역의 EEG 신호를 주파수 영역으로 변환하기 위해 이산 푸리에 변환(discrete fourier transform)이 사용되고, 계산 과정에서 고속 푸리에 변환(fast fourier transform)을 사용하므로 비교적 연산량이 적다는 장점이 있다[7].

2.2 제안하는 도어록 시스템

전체적인 도어록 시스템은 그림 1과 같다. 도어록의 비밀번호는 SSVEP 신호를 이용해 입력되는 문자 하나와 키패드에 의해 입력되는 숫자로 구성된다. 먼저 BIOPAC에서 제공하는 MATLAB 코드를 바탕으로 하여 실시간으로 EEG 신호를 측정하고, MATLAB 기반으로 구현된 신호처리 알고리즘에 의해 EEG 신호를 분석해 BCI 명령을 내린다. 여기서 BCI 명령이란 피험자가 응시하고 있는 LED라고 추정되는 것의 주파수가 나타내는 명령어를 의미한다. BCI 명령은 MATLAB의 serial 함수 기능과 아두이노에 연결된 HC-06을 통해 송수신된다. 키패드로 입력하는 비밀번호는 기존의 비

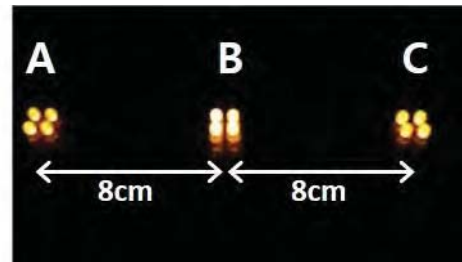


그림 2. SSVEP 신호 측정을 위한 LED

밀번호 도어록과 같은 구조이다. 입력된 비밀번호는 LCD 화면에 표시되고, 문의 개폐를 위해 서보모터를 사용한다.

2.3 아두이노 제어를 통한 도어록 시스템의 설계

도어록 제어를 위해 사용되는 아두이노 UNO R3는 ATmega 328을 기반으로 하는 마이크로 컨트롤러보드이다. 블루투스 통신을 통해 입력된 뇌파와 키패드로 입력된 숫자가 합쳐져 비밀번호를 구성하고, 최종 입력된 비밀번호에 '*'을 입력하면 입력한 비밀번호와 사전에 설정된 비밀번호의 일치여부를 판별한다. 만일 비밀번호가 일치하면 서보모터가 회전하면서 도어록의 잠금이 해제되고, 일치하지 않으면 문은 열리지 않고 다시 비밀번호 입력을 요구하는 문구가 LCD에 표시된다. 또한 입력된 비밀번호가 3회 연속 일치하지 않는 오류가 발생하면 5분간 도어록을 사용할 수 없는 기능을 추가하였다. 키패드 입력, 블루투스 제어, 비밀번호 일치여부 판단, LCD 및 서보모터 제어와 같은 기본적인 코드는 오픈소스를 바탕으로 구성하였다.

III. 동작 및 실험

그림 2는 본 논문의 실험에서 사용된 SSVEP 신호 측정을 위한 LED이다. 4개의 LED가 하나의 쌍을 이루며 총 세 쌍의 LED가 있다. 각 LED 쌍은 7.937Hz,

표 1. PSDA를 이용한 SSVEP 신호분석 결과

	A	B	C	total
정확도(%)	80	63.333	66.666	70



그림 3. 실제 모형과 입력된 SSVEP 신호

10Hz, 13.16Hz로 일정하게 깜박이고, 차례로 문자 A, B, C를 나타낸다. LED는 AT91SAM3X8E을 기반으로 하는 아두이노 due에 의해 제어되고, 자극 주파수는 사람이 인지 가능한 3.5~75Hz 내에서 조화 주파수와 겹치지 않고, 아두이노의 delay 기능을 이용하여 구현이 가능한 주파수로 선정하였다.

훈련 과정에서 시각영역을 담당하는 후두엽(occipital lob)에 위치하는 전극인 O1, Oz, O2 중 측정이 잘되는 전극을 실험에 사용하며 이는 EEG의 특성상 피험자와 실험환경에 따라 변경될 수 있다. 본 논문의 실험에서 사용한 Reference는 양쪽 귀(A1, A2)이고 GND는 Fz로 하였다. 만 16세의 건강한 피험자는 편안한 의자에 앉아 한 쌍의 LED를 10초간 응시하였으며, 하나의 주파수 당 30회씩 총 90회 측정하였다. 실험 결과, 표 1과 같은 성능을 보였다.

반면 도어록 기능은 비밀번호가 일치하면 100%의 확률로 동작하는 것을 확인하였다. 그림 3은 실험에서 사용된 모형과 실시간 신호처리 과정 후 블루투스 통신을 통해 입력된 BCI 명령이다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 뇌파 신호와 키보드 입력에 의한 숫자를 조합한 비밀번호를 가지는 도어록 시스템을 제안한다. 제안하는 방법은 키보드로 입력되는 숫자 비밀번호가 지문이나 카메라 등에 의해 유출되더라도 타인이 쉽게 유추할 수 없는 뇌파 신호를 동시에 사용하므로 보안에 취약한 기존 비밀번호 도어록의 문제점을 보완한다. 또한 제안하는 시스템은 BCI 시스템의 하나로서 EEG신호를 실생활에 활용할 수 있는 도어록에 적용했다는 것에 의의가 있다.

SSVEP 기반 EEG 신호 분석 시 정확도 측면에서

성능 향상을 위해 다채널을 사용하는 CCA와 같은 알고리즘을 적용할 수 있다. 그리고 사용하는 LED 쌍의 개수를 늘리거나 EEG 신호에 의한 문자입력과 키보드에 의해 입력된 숫자의 조합 순서를 사용자가 원하는 대로 설정하여 다양한 경우의 수를 가지는 비밀번호를 설정하면 더욱 보안성을 강화할 수 있다.

그러나 기본적으로 EEG 신호를 이용한 BCI 시스템이 상용화되기 위해서는 측정 절차가 간편하고 공간 해상도(spatial resolution)가 뛰어난 EEG 측정 장비 개발이 요구된다. 이와 관련하여 현재 젤을 사용하지 않고 측정할 수 있는 전극 개발과 더불어 스포츠 모자에 EEG 전극을 부착하는 것과 같이 실생활에서 편리하게 사용할 수 있는 측정장비 개발이 활발히 연구 중이다. 이러한 장비개발이 우선적으로 이루어진다면 본 논문에서 제안하는 도어록을 비롯하여 뇌파를 이용한 BCI 시스템이 실생활에서 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2015년 한국연구재단과 한국여성과학기술인 지원센터의 지원을 받아 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] 곽대경, 신재현, “CPTED를 활용한 침입절도 예방 방안”, 刑事司法研究, pp. 81-112, 2011
- [2] 임지민 외, “얼굴 인식을 통한 신뢰성 있는 디지털 도어록 제어 시스템”, 전기전자학회논문지, 제17권, 제4호, pp.499-504, 2013
- [3] 이상락 외, “접근객체 인식 및 전송을 위한 영상 디지털 도어락 시스템 설계”, 정보처리학회지, 제3권, 제6호, 2014
- [4] <http://www.lifestyler.co.kr/Content/view/35729>
- [5] <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2015&no=598264>
- [6] <http://www.knn.co.kr/36379>
- [7] Lin, Zhonglin, et al., “Frequency recognition based on canonical correlation analysis for SSVEP-based BCIs”, Biomedical Engineering, IEEE Transactions, Vol. 53, no. 12, pp. 2610-2614, 2006.
- [8] Müller-Putz, Gernot R., et al., “Steady-state visual evoked potential (SSVEP)-based communication: impact of harmonic frequency components”, Journal of neural engineering, Vol.

2, pp.123-130, 2005

- [9] Zhang, Yu, et al., "SSVEP recognition using common feature analysis in brain-computer interface", Journal of neuroscience methods, Vol. 244, pp.8-15, 2015.