

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.451>

JCCT 2019-11-57

OpenBCI 플랫폼 기반 생체 정보 처리를 위한 데이터 패턴 모델링

Data Pattern Modeling for Bio-information Processing based on OpenBCI Platform

이태규*

Tae-Gyu LEE*

요약 최근 다양한 생체 정보 기술이 제안되고 있으며, 인간 환경 및 건강관리를 지원하기 위해 지속적으로 인체 관련 생체 정보 수집 및 분석에 관한 연구 및 개발이 진행되고 있다. 이러한 생체정보 연구개발 과정은 연구개발 구성요소의 중복성과 복잡성을 증가시키고 후속 연구 개발자에게 큰 부담을 지운다. 따라서 본 연구에서는 생체 정보 플랫폼을 기반으로 생체 정보 연구 개발의 중복성과 복잡성을 개선하기 위해서 생체 정보 수집 및 분석을 효과적으로 지원하는 개방형 생체정보 플랫폼을 활용한다. 또한 생체 신호 수집, 처리, 분석 및 응용을 지원하는 개방형 인터페이스 모델을 제안한다. 특히, 개방형 인터페이스를 기반으로 뇌파 정보의 데이터 분석 모델링을 통해 생체정보 정규화 패턴 모델을 제안한다.

주요어 : 패턴 분석, 생체 정보, BCI, 개방형 플랫폼, 개방형 인터페이스

Abstract Recently, various bioinformation technologies have been proposed, and research and development on the collection and analysis of the human body related bioinformation have been continuously conducted to support the human life environment and healthcare. These biomedical research and development processes add to the redundancy and complexity of the R&D elements and put a heavy burden on the follow-up research developers. Therefore, this study utilizes an open bioinformation platform that effectively supports the collection and analysis of bioinformation to improve the redundancy and complexity of bioinformatics R&D based on the bioinformatics platform. In addition, I propose an open interface that supports acquisition, processing, analysis, and application of bio-signals. In particular, we propose a biometric information normalization pattern model through data analysis modeling of brain wave information based on an open interface.

Key words : Pattern Analysis, Biometric Information, BCI, Open Platform, Open Interface

1. 서론

최근 4차산업혁명 시대의 도래와 함께, 인체, 동식물 등의 생체정보를 모니터링 및 분석, 바이오 피드백 제어

및 응용서비스를 지향하는 생체정보시스템 개발이 주요한 이슈로 대두되고 있다 [1]. 웨어러블 바이오정보 디바이스 및 시스템에 기초한 다양한 응용서비스들이 IT기업, 건강관리 사용자, 헬스케어 의료기업 및 전문가, 스포

*정회원, 평택대학교 ICT융합학부 스마트콘텐츠전공 교수(제1저자)Received: September 27, 2019 / Revised: October 24, 2019

접수일: 2019년 9월 27일, 수정완료일자: 2019년 10월 24일

게재확정일자: 2019년 11월 3일

Accepted: November 3, 2019

*Corresponding Author: tglee@ptu.ac.kr

Division of ICT Convergence (Smart Contents Major), PyeongTaek Univ., Korea

츠의류 등의 다양한 산업분야에 의해 지속적으로 제안되고, 새로운 아이템들이 발굴되는 상황이다 [2].

생체정보기술이란 생체센서로부터 수집된 인체의 생체 특징을 추출 및 저장하여 인체의 상태를 모니터링 및 분석하는 기술로서, 생체센서를 이용하여 사람의 뇌파, 심전도, 근전도 등의 생체정보를 수집한다. 또한 수집된 생체정보를 이용하여 사용자들에게 필요한 운동요법이나 의료처방을 도와주는 응용서비스들을 제공한다 [3][4][5]. 이러한 생체정보기술을 더 발전시키려면 연구개발에서 제한적인 생체신호센서의 확장성을 넓히고 다양한 생체신호센서를 자유롭게 연동하기 위한 확장형 생체정보시스템의 구축이 요구된다[6]. 이러한 확장성을 가진 제안시스템을 활용하여 연구개발을 진행한다면, 소요되는 시간과 비용이 감소하게 되고, 또한 응용확장성도 강화할 수 있다.

본 연구는 인체로부터 생체정보를 수집, 가공(프로세싱), 분석 및 평가 등의 정보처리를 수행하는 웨어러블컴퓨팅시스템을 구성한다. 인간과 생활환경에 도움을 주는 다양한 생체정보 응용서비스를 제공하기 위해서, 개방형 웨어러블 생체정보플랫폼 환경에 기초한 생체정보 수집 및 패턴 분석 모델링을 제안한다.

뇌 생체신호의 실험적 성과를 실제로 공학적으로 분석하고 적용하는 과정에서의 OpenBCI 프레임워크는 Java 개발 환경을 제공하며 신호처리 모듈이 자체 내장된 개발 환경으로 안정된 결과를 제공한다.

뇌파 신호를 사용한 인간의 내면의 정신 상태인 감정 및 인지 정보를 추출하는 일은 중요한 작업일 수 있다. 인간 사회가 정보화 및 고도화에 따라 사람들은 대인관계 갈등, 경제적 고통과 같은 정신적 스트레스에 많이 노출되어 있는 게 현실이다. 그렇기 때문에 안정된 사회 환경 구축과 인간 삶의 질을 향상시키는 일이 아주 중요한 이슈로 대두되고 있다.

본 논문은 뇌파 분석과 헬스케어라는 두 가지 관점에서 사용자의 뇌파를 센서네트워크 기반으로 수집 및 분석하기 위한 생체 데이터 패턴 생성, 확장 및 피드백을 수행하는 생체 데이터 패턴 모델링 알고리즘을 연구한다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 기술된다. 2장에서는 생체인식기술을 이용한 IoT 생체정보 오픈플랫폼 및 오픈인터페이스의 설계 특징과 개념에 대해 기술하고, 특히 뇌파, 심전도, 근전도 등을 중심으로 생체정보플랫폼 설계에 대해 기술한다. 그리고 생체정보 응용서비스 개

발을 위한 생체정보 프로세스 구성에 대해 기술한다. 3장에서는 수집된 생체정보의 패턴 모델링을 정립하기 위한 패턴 분석 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 OpenBCI 환경에 기초한 패턴 분석 예시 및 결과를 보여준다. 마지막 5장에서는 본 논문의 결론을 기술하고 오픈플랫폼 향후 연구방향에 대해 기술한다.

II. 생체정보 오픈 구조

1. 생체정보 오픈 플랫폼 설계

본 연구에서 생체정보 오픈플랫폼의 설계에 사용할 생체 신호는 뇌파, 근전도, 심전도이며 제시한 생체정보들의 오픈플랫폼 및 오픈인터페이스 구성은 헬스케어 플랫폼, 클라우드 기반의 생체정보 플랫폼, 생체인증 플랫폼, 생체정보활용 상품매칭 플랫폼, OpenBCI같은 생체신호센싱 플랫폼까지 다양하게 존재하며[7, 8], 이러한 오픈플랫폼을 설계할 때 고려할 사항은 다음과 같다.

첫째, 생체정보등록. 이 과정은 제시되는 대상자의 바이오정보로부터 개인식별 과정이나 개인인증과정에서 필요로 하는 바이오인식정보를 생성하고 저장하는 과정을 의미한다.

둘째, 생체인식센서. 센서에는 지문, 홍채, 얼굴, 음성, 정맥, 뇌파(EEG), 제스처와 같이 많은 센서들이 존재하며[9, 10], 이 중에서 어떠한 센서를 이용하여 상황에 맞는 제품을 설계할지 고려한다.

셋째, 서비스형태. 생체정보를 이용하여 어떠한 형태의 서비스를 제공할 것인지에 대한 연구 및 개발이 필요하다.

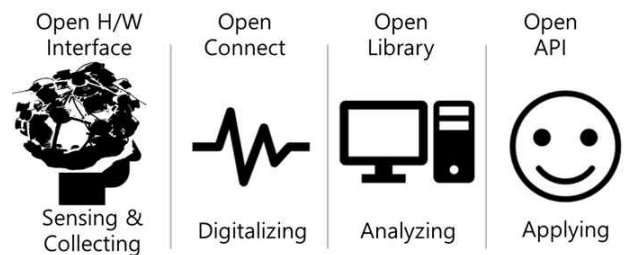


그림 1. 생체정보 오픈 플랫폼 및 인터페이스 구성
Figure 1. Configuration of Bio-information Open Platform and Interface.

그림 1은 생체정보 오픈 플랫폼 인터페이스 구성을 보여준다. 생체정보 센싱부터 응용서비스를 지원하는 Open API까지 연결 구조(chained structure)에서 각 단

표 1. 생체 정보 프로세스 구성요소 분류
 Table 1. Classifications of Biometric information processes components

Bio-sensing interface class	Transport and Network	Storage Devices	Users	Application Services
EEG	WiFi	Personal Computer	Developer	Bio-signal sensing
EMG	3G/4G	Cloud Computer	End-User	Biometrics
ECG	Bluetooth	Smart Phone	Operator	Healthcare
PPG	ZigBee	Server	etc.	Product matching
Face	NFC	USB		Prescription
Vein	IR	etc.		Human Training & Learning
Fingerprint				

계별로 기능과 오픈 인터페이스를 지원한다.

본 연구에서 제안하는 생체정보 오픈 플랫폼의 설계에 사용할 생체 신호는 뇌파이다. 뇌파는 사람의 생각이나 감정을 취득하여 해석하고 분석할 수 있는 유용한 정보원이다. 이러한 뇌파신호를 측정하여 의사소통이 되지 않는 장애인들의 감정이 어떠한 외부 자극에 대하여 비장애인과 동일한 감정을 유발하는 지 연구하여 보호자 및 주변인들과의 의사소통에 활용 할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어의 융합적 연구개발을 목적으로 두고 있다.

현재 뇌파, 근전도, 심전도 등의 생체정보를 이용한 플랫폼들이 여러 분야로 나누어져 연구 개발에 진행되고 있고, 그 쓰임새도 다양한 분야를 형성하고 있다.

본 논문에서의 연구방향은 뇌파 측정을 통한 의사소통이 가능한 플랫폼이다. 아래는 OpenBCI에 기초한 하드웨어와 소프트웨어가 융합된 플랫폼의 설계 모델을 개발하고자 한다.

첫째, OpenBCI를 이용하여 뇌파를 측정 할 수 있는 하드웨어를 구성한다.

둘째, 하드웨어를 통해 인체의 다양한 감정 상태의 뇌파 아날로그 신호를 측정한다.

셋째, 측정된 뇌파를 디지털 데이터화 (digital transformation) 한다.

넷째, 실험자의 뇌파를 측정 후 데이터를 기존 데이터 패턴 모델과 비교한다.

다섯째, 기존 뇌파 신호 패턴 모델과 비교 후 실험자의 감정이나 상태를 이미지 또는 단어로 표현 할 수 있는 소프트웨어를 설계한다.

여섯째, 다양한 응용서비스를 개발 및 제공하기 위해 생체신호와 자유롭게 연동하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 오픈인터페이스를 개발한다.

그림 2는 뇌파 생체정보를 수집 및 분석하기 위한 OpenBCI 기반 오픈 플랫폼 모형을 보여준다. 이러한

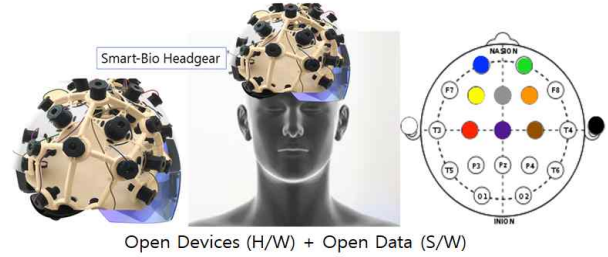


그림 2. OpenBCI를 활용한 오픈 플랫폼 설계
 Figure 2. Open platform design using OpenBCI.

OpenBCI 플랫폼은 하드웨어 오픈 인터페이스를 통해서 프로세스 및 네트워크 보드, 센서 디바이스 등을 확장하고, 데이터 인터페이스, 분석 및 디스플레이 오픈 인터페이스 등을 통해 소프트웨어 확장을 지원한다.

2. OpenBCI 생체정보 처리 과정

본 연구에서 생체정보 하드웨어 프로세스 정립에서는 표1과 같이 5단계로 나누어진 프로세스를 정립하였고 1단계부터 5단계까지 순서대로 생체정보 센싱, 전송, 저장, 선택, 응용 인터페이스 등으로 구성되어 있다 [11]. 이러한 프로세스 형태를 갖춘 하드웨어를 구현하게 되면, 생체정보 연구개발 과정에서의 중복성과 복잡성을 경감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

각 단계별로,

1단계 (센싱) : 사람의 인체에서 얻을 수 있는 생체 정보 수집을 말한다.

2단계 (전송) : 하드웨어에서 사용할 수 있는 전송 채널 및 네트워크의 종류를 말한다.

3단계 (저장) : 측정된 생체정보 데이터를 저장할 매체의 종류를 포함한다.

4단계 (선택) : 개발자나 사용자들이 측정된 생체정보 데이터 중 필요한 부분만 선택하여 사용할 수 있는 단계를 말한다.

5단계 (응용 인터페이스) : 하드웨어와 생체정보 데

이터를 이용하여 만들어 낼 수 있는 응용서비스들을 말한다.

각 단계의 구성은 표 1의 요소와 같으며 구성요소는 향후 연구를 통해 추가될 예정이다.



Manufac ture	Products	Main functions	Characteristics	Remark
Neurosky	Mundwave	Improve concentration Relaxation	Dry active EEG sensor	Neurosky.com
Ybrain	Yband	Depression and Mild Cognitive Impairment Relief	Composite Biosensor	Ybrain.com
Omni C&S	Omnifit Mindcare RingVR	Stress diagnosis Depression test Dementia Risk Test	Oculus-based VR	Omnics.com
Laxtha	Nero Tuning	Brain Bio-Feedback	Trainer self-adjusted training	Laxtha.com
Mattel	Mindflex	Game	Blower control by EEG	Ebay.com

그림 3. 생체정보 응용 및 예시
Figure 3. Bioinformation applications and examples.

그림 3은 생체정보 기반 응용 솔루션에 대해서 기술한다. 예를 들어, 정신건강, 치매진단, 스트레스관리, 게임 등의 적용 예시를 보여준다. 본 연구는 이러한 응용 확장을 지속하기 위해 생체신호 실시간 또는 비실시간 분석 모델을 개발하는데 관심을 둔다.

생체신호의 형태 분석과 의미 분석을 통해서 사용자 단위 데이터 특징화 모델, 질병 단위 데이터 특징화 모델, 응용 단위 데이터 특징화 모델 등을 구현할 수 있다. 특히, 본 연구는 생체 데이터 형태 분석을 통해서 데이터 특징화, 패턴 생성 및 피드백 등을 지원하는 알고리즘을 개발한다.

III. 생체정보 패턴 로직 설계

본 연구에서는 뇌파 기반 생체정보 패턴 모델링을 정립하기 위해서, 일정 시간 동안 OpenBCI 기반 생체정보를 수집하고, 수집된 생체데이터를 기반으로 배치 처리를 진행한다. 이러한 연구 결과는 향후 실시간 생체정보 응용서비스 개발을 위한 기준 지표 및 실시간

분석 모델링 개발을 위한 전략을 제시할 수 있다.

먼저, 뇌파 가운데 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(γ)파와 같이 특정 생체신호 채널을 선택적으로 필터링하는 과정을 수행한다. 그리고 선택된 생체신호의 특징화 모델링을 위해서 신호 값의 패턴모델을 정립한다. 이를 위해서 시간 흐름(변화)에 따라 진행되는 신호 값의 변화 가운데 기준 값(basic value)을 설정하고 기준 신호 값의 변화 허용 정도에 따른 패턴 분류 구성을 위해서 오프셋 값(offset value)를 정의한다.

```

Pattern(filtered_data, offset, pat_val[], pat_code[])
{
    int i=0;
    bool pat_type = FALSE; // initialize as OLD_PAT
    while(pat_val[i]=NULL) {
        if(pat_val[i] - offset > filtered_data
           || pat_val[i] + offset < filtered_data) {
            pat_type = TRUE; // check for NEW_PAT
            break;
        }
        else if(pat_val[i] - offset <= filtered_data
                && pat_val[i] + offset >= filtered_data){
            pat_type = FALSE; // check for OLD_PAT
            return pat_code[i];
        }
        i++;
    }
    if(pat_type == TRUE){ // generate for NEW_PAT
        pat_code[i]= pattern_code();
        pat_val[i]= basic_val(filtered_data);
        return pat_code[i];
    }
}
    
```

그림 4. 패턴 분석 알고리즘
Figure 4. Pattern analysis algorithm.

그림 4는 입력되는 생체 데이터의 샘플링 또는 필터링된 데이터(filtered_data)로부터 기준 패턴 값(pat_val[])과 허용 오프셋(offset: 위상차)으로 구성된 패턴 모델 집합(pat_code[])을 지속적으로 생성 및 확장(pat_type == TRUE)시켜 나간다. 필터링된 입력 데이터(filtered_data)가 기준 패턴 기준 값을 기준으로 오프셋 범위 내에 존재한다면(pat_type == FALSE), 새로운 패턴을 생성하지 않는다.

IV. 실험 분석

본 연구에서 사용할 실험 도구는 OpenBCI를 사용하였으며, 사용자의 뇌파, 근전도, 심전도 등 동시에 측정할 수 있다. 이를 위해 생체 센서 모듈을 센싱 수집 보드에 연결하고, 수집된 생체정보 데이터는 블루투스 전송모듈을 통해서 외부 PC에 전송할 수 있다.

본 연구의 실험 환경의 하드웨어는 서버로서 PC 컴퓨터(Intel Core i5-6500 CPU 3.2GHz, 4.0GB RAM)와 모바일 클라이언트로서 헤드기어(OpenBCI Cyton board V3 DAISY MODULE)로 구성된다. 서버의 운영체제는 MS Windows 10, 64비트 이고. 네트워크는 OpenBCI 무선통신(RFDigital RFD22301)으로 구성된다. 이러한 통신은 60Hz로 샘플링되는 8개의 채널 모드로 동작한다.

본 연구에서 활용되는 OpenBCI를 플랫폼의 실험 주요 구성요소는 다음과 같이 Cyton 보드, USB dongle, GUI 클라이언트 프로그램 등으로 구성된다.

테이지 체인(Daisy chain) 입출력 채널을 가진 OpenBCI Cyton 보드는 32 비트 프로세서가 장착된 Arduino 호환 8채널 신경 인터페이스이다. OpenBCI Cyton 보드의 코어에 PIC32MX250F128B 마이크로컨트롤러를 구현하여 많은 로컬 메모리와 빠른 처리 속도를 제공한다. 이 보드에는 chipKIT™ 부트 로더 및 최신 OpenBCI 펌웨어가 사전 플래시 되어 있다. 8개 전송 채널 각각에서 250Hz로 데이터가 샘플링 된다.

OpenBCI Cyton 보드는 뇌 활동(EEG), 근육 활동(EMG) 및 심장 활동(ECG)을 샘플링하는 데 사용할 수 있다. 이 보드는 RFDuino 무선 모듈을 사용하는 OpenBCI USB dongle을 통해 컴퓨터와 무선으로 통신한다. 또한 BLE(Bluetooth Low Energy)와 호환되는 임의의 모바일 장치 또는 태블릿과 무선으로 통신할 수 있다 OpenBCI 보드는 많은 데이터 출력 형식 목록을 가지고 있으며, 기존 바이오 피드백 응용 프로그램 및 도구의 확장된 제품과 호환이 가능하다.

그리고 OpenBCI USB dongle에는 Cyton 보드의 RFDuino와 통신하는 통합 RFDuino가 있다. dongle은 컴퓨터의 온보드 FTDI 칩과 직렬 연결을 설정한다. 직렬 포트는 /dev/tty (Linux, Mac 경우) 또는 COM (Windows 경우)을 지원한다. OpenBCI GUI 또는

Cyton 보드를 인터페이스 하려는 다른 소프트웨어에서 이 직렬 포트에 연결한다.

마지막으로, OpenBCI_GUI 응용 클라이언트 프로그램은 Cyton 및 USB dongle을 PC 컴퓨터와 운영체제 환경에 맞추어 설정하고 인체에서 EEG/EMG/EKG 생체 신호를 실시간 또는 비실시간으로 수집할 수 있다. 또한, OpenBCI GUI는 OpenBCI 보드에서 데이터를 시각화, 기록 및 스트리밍 하기 위한 OpenBCI의 소프트웨어 모듈을 지원하는 사용자 인터페이스 도구이다. 이는 독립형 응용 프로그램 또는 프로세싱 (Java 기반 프로그래밍 언어) 모듈로 동작할 수 있다.

그림 5는 openBCI의 GUI를 이용하여 수집된 생체정보 데이터의 그래프 및 수치를 실시간으로 확인할 수 있다. openBCI를 통해 측정된 데이터는 하나의 파일로 저장하여 GUI를 이용하여 확인할 수 있으며, 생체정보 응용서비스 분야에 사용할 수 있다.

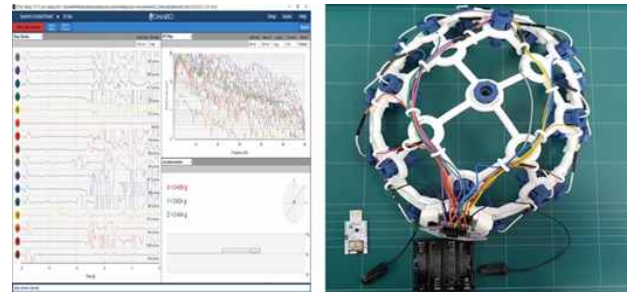


그림 5. OpenBCI & GUI(EEG) 응용
Figure 5. Applied OpenBCI & GUI(EEG).

실험 도구에서 뇌파를 측정할 때 사용한 센서 모듈의 전극은 건식(Dry)형 전극을 사용하였으며, 그 이유는 습식(Wet)형과 달리 전도성 젤을 사용하지 않고도 뇌전도 신호를 측정할 수 있도록 고안되었기 때문이다 [9, 10].

V. 결론

본 논문에서는 생체정보 프로세스를 정립하고 각 단계별의 역할과 요소들을 설명하였다. 또한 뇌파, 근전도, 심전도의 측정을 위해 생체정보 센서 모듈을 이용하여 생체시스템 연동성을 분석 하였다. 그리고 개인의 생체정보를 측정하고 저장하여 선택적으로 데이터를 이용할 수 있는 것까지 분석하였다.

본 논문은 생체정보 오픈플랫폼을 개발하기 위한 설계요소들을 발굴 및 정립하였다. 그리고 생체정보 오픈

디바이스 및 오픈 로직을 추가하기 위한 오픈인터페이스 모델 및 구성요소들을 분류 및 정립하였다. 특히, 생체정보 플랫폼 연구과정에서 다양한 형태의 뇌파를 데이터화 하고, 새로운 플랫폼을 개발한다면 의사소통이 제한적인 사람과 보호자 및 주변인들과의 소통이 가능해 질 것으로 예상된다. 향후 연구개발은 본 논문에서 기술된 오픈플랫폼 및 오픈인터페이스에 기초하여 상세설계도 제작하고 프로토타입(prototype)을 개발하고자 한다. 향후 연구는 독립형 EEG GUI의 한계를 극복하기 위하여 EMG/ECG등의 GUI를 통합적으로 분석 가능한 생체정보시스템을 구현하는 것이 목표이다.

본 논문의 후속 연구로서, 패턴 모델 전처리 과정으로 생체신호의 불필요한 잡음을 제거하기 위한 보간 방법을 고안하고자 한다. 실시간 생체 정보 응용을 위한 실시간 패턴 분석 및 매칭 로직 고도화 연구가 요구된다.

References

- [1] Jeong-Lae Kim, Gwan-Seok Kim, Jae-Yoon Kim, Han-Na Kim, and Eun-Yiu Jang, "A study of the communication transfer mode of physical signal (EKG, PPG)," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, pp. 55-59, May 2017. DOI: 10.17703/JCCT.2017.3.2.55
- [2] Jong-Yong Lee and Kye-Dong Jung, "Proposed Architecture for U-Healthcare Systems," *The International Journal of Advanced Culture Technology*, Vol. 4, pp. 43-46, June 2016. DOI: 10.17703/IJACT.2016.4.2.43
- [3] Su-Jeong Yun, Sung-IL Hong, and Chi-Ho Lin, "An Efficient Smart Indoor Emotional Lighting Control System based on Android Platform using Biological Signal" Vol. 16, No. 1, pp.199-207, Feb. 2016. DOI: 10.7236/JIIBC.2016.16.1.199
- [4]<http://endic.naver.com/krenEntry.nhn?sLn=kr&entryId=f59e9c6693df4df9b512136c22ac4162>
- [5] <http://endic.naver.com/?sLn=kr>
- [6] <http://www.openbci.com>
- [7]<http://www.boan24.com/news/articleView.html?idxno=5226>, Nov. 2016.
- [8] J. S. Kim, H. K. Kim, H. Jeong, K. H. Kim, S. H. Im, and W. H. Son, "Human-Computer Interface Based on Bio-Signal, Electronic Communications Trend Analysis," Vol. 20, No. 4. pp. 67-81, Aug. 2005. DOI: 10.22648/ETRI.2005.J.200407
- [9] L. D. Liao, I. J. Wang, S. F. Chen, J. Y. Chang, and C. T. Lin, "Design, Fabrication and Experimental Validation of a Novel Dry-Contact Sensor for Measuring Electroencephalography Signals without Skin Preparation," *Sensors*, Vol. 11, Iss. 6, pp. 5819-5834, 2011. DOI: 10.3390/s110605819
- [10] SeungChan Lee, YoungHak Shin, Soogil Woo, and Heung-No Lee, "Design of Dry Electrode for BCI Systems and Comparison of Impedance Performance," *HCI Conference*, 2013.
- [11] Taehyeong LEE, Yongkab KIM, and Taegyu LEE, "Bio-information Open Interface and Platform Design in IoT Environments," Vol. 4, No. 1, pp. 1761-1764, January 2018.