

BCI 시스템을 위한 Dry 전극의 설계 및 임피던스 성능 비교

Design of Dry Electrode for BCI Systems and Comparison of Impedance Performance

이승찬, SeungChan Lee*, 신영학, YoungHak Shin**, 우수길, Soogil Woo**, 이흥노, Heung-No Lee***

요약 뇌전도 신호(EEG: Electroencephalography)를 분석하여 사람의 의도 및 행동 등을 컴퓨터나 외부 장치에 전달 할 수 있는 뇌-컴퓨터 접속기술(BCI: Brain Computer Interface)은 최근 장애인 뿐만 아니라 일반인에게도 지대한 관심을 끌고 있다. 그에 따라 일반인이 쉽게 뇌전도를 측정하여 어플리케이션을 제어할 수 있는 무선 BCI 장치들이 개발 및 출시되어 보급되고 있다. 이런 BCI 장치에서 가장 중요한 점은 얼마나 노이즈나 왜곡없는 뇌전도 신호를 측정할 수 있는가이다. 본 연구팀에서는 고품질의 뇌전도 신호를 측정 하기 위한 Active Dry 전극을 설계, 제작하고 있다. 이를 위한 중간 단계로 본 논문에서는 먼저 제작한 Dry 전극의 접촉 성능을 타 상용 전극과 함께 비교해보고자 한다. 평가 결과, 전도성 젤을 사용한 Wet 전극보다는 못하지만 상용 Dry 전극인 g.tec 사의 Dry 전극보다 우수한 성능을 나타내었다. 제작한 Dry 전극에 향후 능동회로의 추가 등을 통한 성능개선을 통해 고성능의 뇌전도 측정용 전극을 제작할 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract The Brain-Computer Interface (BCI) is able to translate the user's intentions or commands into control of computer or external machine by analyzing the user's neurophysiological signals. Recently, this technology is attracting not only the disabled peoples but general publics. For that reason, a few commercial companies have released and diffused the wireless BCI systems for general publics. In the design of the BCI systems, the crucial factor is how can measure the correct electroencephalography (EEG) signals without noise and distortions. Now, we are designing the active dry electrode for recording the high fidelity EEG signals. In this paper, we compare the contact performance of our dry electrode with other commercial EEG electrodes. As a result, we obtained superior performance comparing with g.tec dry electrodes. In future research, we expect to improve the electrode performances by adding the active circuit.

↓

핵심어: BCI, EEG, Dry 전극

이 논문은 2012년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (중견연구자-도약연구사업, N0. 2012-0005656)

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 e-mail: seungchan@gist.ac.kr

**공동저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 e-mail: shinyh@gist.ac.kr, woo@gist.ac.kr

***교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수; e-mail: heungno@gist.ac.kr

1. 서론

최근, 뇌전도 신호(EEG: Electroencephalography)를 분석하여 사람의 의도 및 행동 등을 컴퓨터나 외부 장치에 전달 할 수 있는 뇌-컴퓨터 접속기술(BCI: Brain Computer Interface)은 새로운 통신채널로서 장애인 뿐만 아니라 일반인에게도 관심을 끌고 있다. 그에 따라 일반인이 뇌전도를 쉽게 측정하고 게임과 같은 어플리케이션을 제어할 수 있는 무선 BCI 시스템들이 몇몇 상업회사로부터 개발되어 출시, 보급되고 있다.

이런 BCI 시스템에서 연구가 활발히 이루어지고 있는 분야 중 하나는 뇌전도 신호를 왜곡이나 손실없이 측정할 수 있는 고성능 전극(Electrode) 개발에 관한 연구이다. 두피에서 측정하는 뇌전도 신호의 경우, 다른 생체 신호와 달리 머리카락과 같은 전기적 접촉을 방해하는 요소들이 많고 두피 또한 구형이라 전극의 접촉이 불량해지기 쉽다. 그리고 또한 뇌전도의 진폭이 10-100uV 정도로 미약한 신호이기 때문에 진동이나 간섭들과 같은 잡음 성분에 영향 받기 쉽다.

본 연구팀은 이런 문제들을 해결하고 고품질의 뇌전도 신호를 측정 할 수 있는 Active Dry 전극을 설계, 제작 중에 있다. 본 논문에서는 전극 완성하기 위한 중간 단계로 Active Dry 전극에 사용하는 Dry 전극 부분을 먼저 제작하고 임피던스 측정을 통하여 측정 신호 품질 및 전기적 접촉 강도를 비교해 보았다.

2. 본론

2.1 뇌전도 전극의 연구 필요성

뇌전도 신호를 측정하기 위한 전극으로는 크게 Wet, Dry, Active 전극들이 있다.

Wet 전극은 일반적으로 디스크 모양의 Ag/AgCl 소재로 제작된 전극을 말한다. Wet 전극을 두피에 부착하기 위해서는 전기 전도성을 향상시키고 전극을 두피에 접촉시켜주는 전도성 젤이 필수적으로 필요하다. 그렇기 때문에 전극 부착에 시간이 많이 소요되며 BCI 장치를 착용하고 있는 사용자 또한 불편함을 느끼기 쉽다. 이러한 문제들은 측정되는 신호의 품질에 악영향을 주기도 하며 장시간 신호측정을 어렵게 한다.

이에 반해 Dry 전극은 전도성 젤을 사용하지 않도록 개선된 전극을 말한다. 여러 연구팀들이 다양한 소재와 설계로 Dry 전극이 개발되고 있지만 [1] 일반적인 형태는 두피와 닿는 부분 전극의 끝부분이 주로 돌기형으로 설계된 형태이다. 돌기형의 전극 모양은 전극 끝부분이 머리카락을 쉽게 뚫고 들어가 두피와 접촉 할 수 있도록 설계되어 있어 전도성 젤이 없이도

충분한 전기적 접촉 성능을 얻을 수 있다. 전도성 젤을 사용하지 않는 이러한 장점 덕분에 전극 장착에 소요되는 시간이 대폭 감소시켜 주고 BCI 장치의 장착 편의성을 대폭 향상시켜 준다.

Active 전극은 Wet 이나 Dry 전극에 측정신호의 품질을 향상시키기 위한 능동회로를 추가한 전극이다. 탑재되는 능동회로는 케이블 흔들림과 같은 다양한 잡음원에 의하여 발생하는 신호의 왜곡을 줄여주기 위한 회로로서 주로 증폭, 필터, 및 임피던스 변환 회로가 사용된다. 이를 위해 회로에는 입력 임피던스는 크고 출력 임피던스는 작은 특성을 갖고 있는 Operational Amplifier 를 주로 사용한다. 최근에는 Dry 전극과 능동회로를 결합하여 장착 편의성이 좋으면서도 우수한 신호품질을 제공해 줄 수 있는 Active Dry 전극이 개발되고 있는 추세이다.

본 논문에서는 Active Dry 전극을 설계, 제작하기 위한 전 단계로 Active Dry 전극에 사용되는 Dry 전극 모듈을 먼저 제작하였다. 제작된 전극의 전기적 접촉 성능을 비교해보기 위하여 본 논문에서는 전도성 젤을 사용하는 Wet 전극[2], 상용 g.tec Sahara dry 전극[3]과 임피던스 비교를 통하여 성능을 비교, 평가하였다.

2.2 설계 전극의 구조

Dry 전극의 설계는 아래 전극 구조도와 같다. 6 개의 전극핀으로 이루어진 Dry 전극은 각 전극핀마다 스프링이 내장되어 있어 압력에 따라 수축 할 수 있도록 설계되어 있다. 이런 구조는 머리카락을 쉽게 뚫고 두피에 다음과 동시에 적당한 압력을 가해주어 전극이 두피에 더 잘 접촉 할 수 있도록 해준다. 이러한 좋은 접촉 성능은 전극 임피던스 측정시 낮은 임피던스로 나타난다. 본 논문에서는 Dry 전극 모듈만 접촉성능 비교 테스트를 진행하였지만 향후 능동회로를 추가함으로써 더 좋은 성능을 구현할 수 있을 것이라 생각한다.

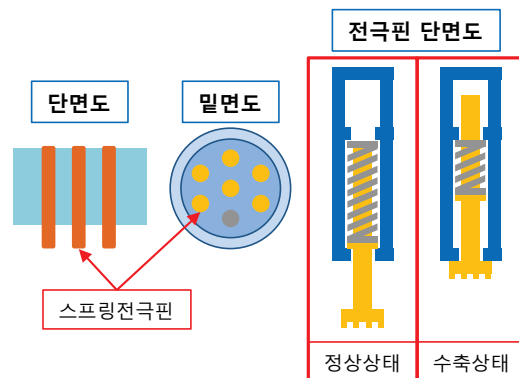


그림 1 설계한 Dry 전극의 구조도

2.3 실험 방법

전극의 접촉 성능을 정량적으로 비교하기 위해 전극들의 임피던스를 측정하였다. 전극의 임피던스는 2 개의 전극 사이에 기준 전류를 흘려주고 이에 대한 전압차를 측정함으로써 측정할 수 있다. 임피던스는 낮아질수록 전기적 저항성분이 작아서 접촉성능이 뛰어나다는 것을 의미한다. 그리고 이는 전기적인 뇌전도 신호가 낮은 임피던스의 입력단으로 전달되어 노이즈나 왜곡이 비교적 적은 고품질의 신호를 측정할 수 있음을 의미한다. 뇌전도 신호를 측정할 때에는 일반적으로 10 kΩ 미만의 임피던스를 유지해야 한다고 권장하고 있으나 측정기기에 따른 출력 임피던스도 같이 고려해 주어야 하므로 경우에 따라서는 100 kΩ의 입력임피던스 또한 문제없이 신호를 측정할 수도 있다.

전극의 임피던스 측정을 위하여 본 연구실에서 뇌전도를 측정하기 위해 사용하고 있는 Tucker-Davis Technologies 사의 RZ5 Neurophysiology workstation, PZ3 Low impedance Preamplifier 과 내장 임피던스 측정 어플리케이션을 사용하였다. 비교 대상의 전극은 g.tec 사의 Sahara Dry 전극[3]과 Hurev 사의 StarDisk Wet 전극[2]이 사용되었다. 임피던스의 측정은 한 명의 피실험자를 대상으로 측정하였다. 임피던스를 측정한 전극의 위치는 10/20 시스템 기준 C3, C4, Cz 이며 각 전극의 위치에서 임피던스 측정 어플리케이션을 실행시킨 후 2 초부터 60 초까지 시간 흐름에 따른 임피던스의 변화를 측정하였다. 동시에 측정함으로써 전극 임피던스의 시공간적 변화를 살펴보았다.

3. 결과

결과는 아래의 표와 같다. 측정결과를 살펴 보았을 때 시간이 지남에 따라 임피던스가 조금 하락하는 추세를 보였지만 전도성 젤을 사용하는 Wet 전극이 가장 좋은 결과를 보여주었다. 제작한 Dry 전극 모듈은 g.tec Sahara 전극 보다 훨씬 뛰어난 임피던스 특성을 보여주었지만 Wet 전극과 비교했을 때는 비슷하거나 좋지 않은 결과를 보여주었다. 그렇지만 그대신 전도성 젤을 사용하지 않았기 때문에 장착 편의성에서는 Dry 전극이 우위에 있으며, 임피던스 수치의 상승폭이 아주 크지는 않으므로 출력 임피던스가 큰 뇌전도 신호 증폭장치나 임피던스를 변환해주는 능동회로를 장착한다면 고품질 뇌전도 신호의 측정에는 문제가 없을 것이라 생각한다.

4. 결론

본 연구팀이 제작한 Dry 전극 모듈은 두피에 닿는 전극 부분에 스프링을 내장하여 사용자의 두피에 맞는 적당한 압력을 주면서 접촉성능을 좋게하여 낮은 왜곡과 노이즈의 뇌전도 신호 측정에 도움을 준다. 향후 임피던스 변환 능동회로를 탑재함으로써 더 향상된 Active Dry 전극을 제작 할 수 있을 것이라 예상된다.

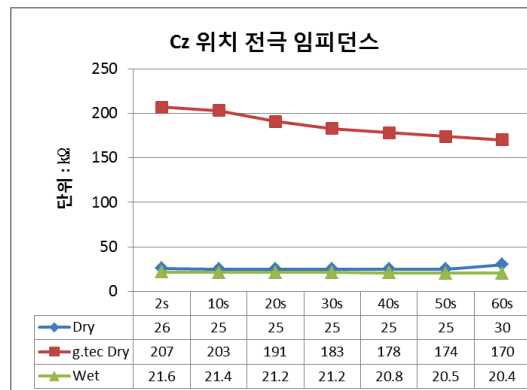


그림 2 Cz 위치의 전극 임피던스 비교

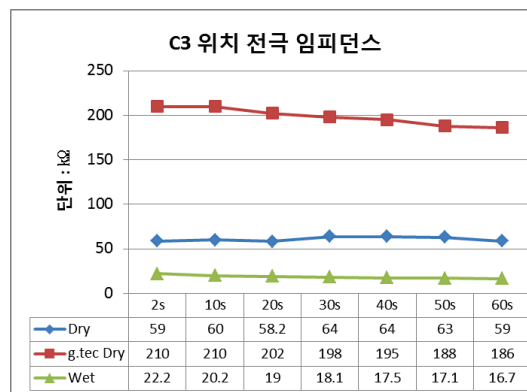


그림 3 C3 위치의 전극 임피던스 비교

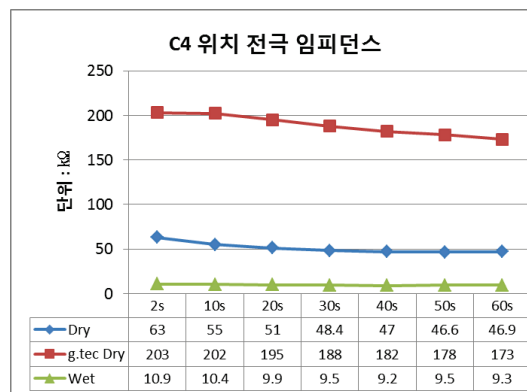


그림 4 C4 위치의 전극 임피던스 비교

참고문헌

[1] Yu Mike Chi, "Dry-Contact and Noncontact Biopotential Electrodes: Methodological Review", IEEE Reviews in Biomedical Engineering, Vol. 3, pp.106-119, 2010.

[2] http://www.hurev.com/?write=sub1_01_1_4

[3] <http://www.gtec.at/Products/Electrodes-and-Sensors/g.SAHARA-Specs-Features>