



# 서원두 (徐沅杜, Won-Doo Seo)

ML Engineer

1996.12.07 (만 25세)

프로젝트 포트폴리오

Phone 010-3435-3440 | Email miracleboy96@naver.com | Address 경기도 성남시 분당구

## ▣ 경력 총 4개월

2021.09 - 2021.12 (주)바이랩 원천기술팀

인턴

- 사용 언어 : MATLAB(EIDORS)
- Gini coefficient를 이용하여 환자의 폐 이상 정도를 효과적으로 index화 하는 알고리즘을 개발하였습니다.
- 의료기기의 특수 기능을 검증하기 위한 시뮬레이션 데이터를 제작했습니다.

## ▣ 프로젝트

2021.01 - 2022.06 AI 모델을 이용한 폐의 허탈성 정도 측정 방법 개발

연세대학교 대학원

- 사용 언어 : MATLAB(EIDORS), Python, Keras
- 폐의 허탈성(collapse) 검증 방법 중 하나로 사용되는 Global Inhomogeneity index(GI index)는 사람의 개입이 필요한 parameter의 존재로 인해 같은 image라도 index 값이 달라지는 문제점을 가지고 있으며, 이 문제점을 단 하나의 EIT image만을 이용하여 허탈성 정도를 구하는 AI 모델로 해결하고자 했습니다.
- MATLAB의 오픈소스 패키지인 EIDORS를 이용하여 커스텀 EIT 데이터 셋을 자체 제작했습니다. Axial lung CT image에서 폐의 영역을 줄여나가며 폐의 collapse 정도에 따른 EIT image를 얻었습니다. 총 19가지의 경우(정상, 우측 폐 5~25%, 좌측 폐 5~25%, 양쪽 폐 5~40%)에 대해서 호흡하는 경우의 데이터를 제작했습니다. 여기서 collapse의 정도는 모든 폐의 element 중에서 사라진 비율입니다. [\[GitHub\]](#)

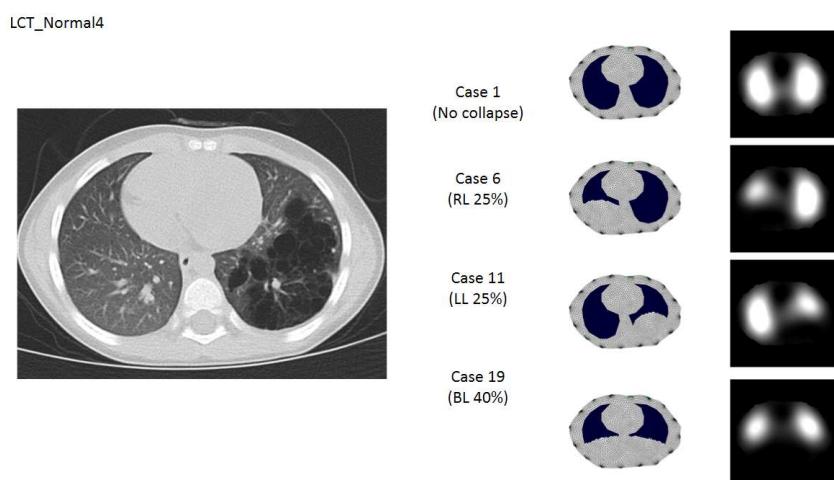


Fig 1. 한 lung CT image에 대한 EIT simulation 데이터 제작 예시

- 하나의 EIT image를 이용하여 허탈성 정도를 구하는 인공지능 모델로 해결하기 위해 convolutional autoencoder와 neural regression을 합친 CAENR을 제안하였습니다. 여기서 convolutional autoencoder는 사진의 차원 축소를 위해 사용되었고, neural regression은 convolutional autoencoder에서 축소된 feature vector에서 폐의 허탈성 정도(degree of lung collapse)로 회귀시키기 위해 사용했습니다. 이 모델은 Keras로 제작되었습니다. [GitHub]

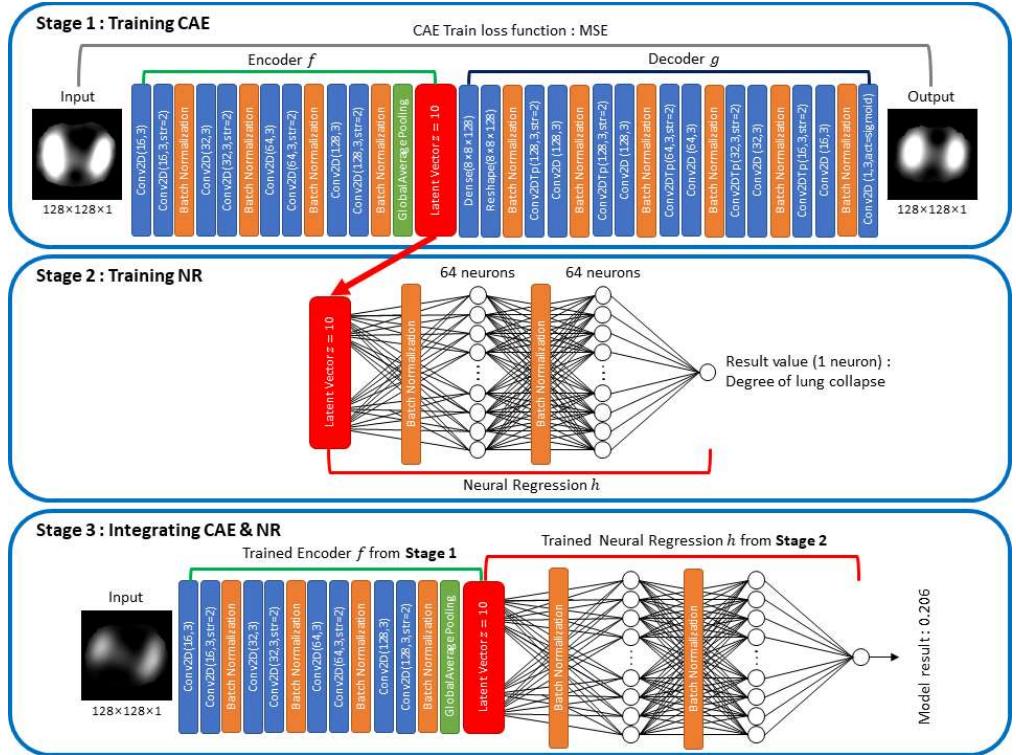
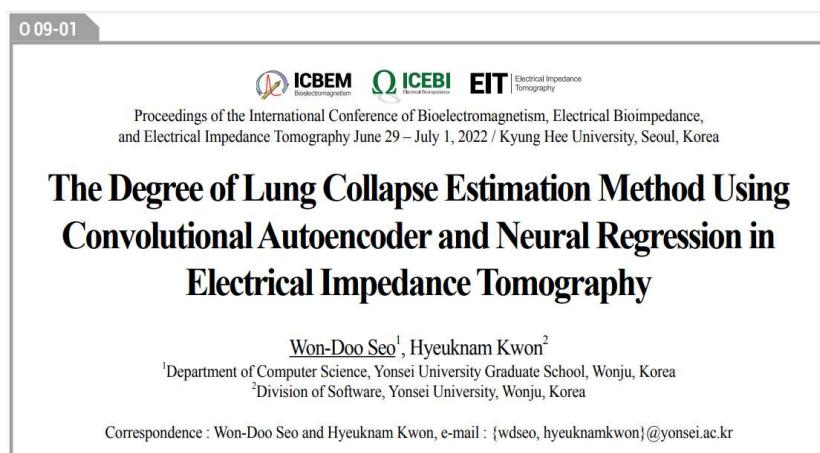


Fig 2. 제안된 CAENR 모델의 전체 구조

- Error( $\mu, \sigma$ ) = 3%, 2.1%, max error는 5%를 기록하였으며, 차후 EIT image로의 reconstruction 의 cost가 매우 크기 때문에 bio-electrical impedance에서 EIT image의 압축된 feature vector를 거쳐 허탈성 정도를 예측하는 모델 구축을 목표로 합니다.
- International Conference of Bioelectromagnetism, Electrical Bioimpedance, and Electrical Impedance Tomography 2022 (ICBEM-ICEBI-EIT 2022) oral 발표 및 2022년 한국산업응용수학회(KSIAM) 춘계학술대회 poster 발표를 했습니다.



**Abstract**—To improve the development of ventilation strategies for patients under mechanical ventilation, evaluating the degree of lung collapse(DoLC) is crucial. We suggest AI-based model to measure DoLC by concatenating convolutional autoencoder and neural regression. This model predicts the DoLC with a single EIT image without any intervention of human's manipulation, and the resulting error is less than 5%.

**Keywords:** electrical impedance tomography; degree of lung collapse; deep learning; convolutional autoencoder; neural regression

Fig 3. ICBEM-ICEBI-EIT 2022 초록

# Estimating The Degree of Lung Collapse Using Convolutional Autoencoder and Neural Regression in Electrical Impedance Tomography

Won-Doo SEO<sup>1</sup> and Hyeuknam KWON<sup>2</sup>

1) Department of Computer Science, Yonsei University, Wonju 26493, KOREA

2) Division of Software, Yonsei University, Wonju 26493, KOREA

Corresponding Author: Won-Doo SEO, wdseo@yonsei.ac.kr

## ABSTRACT

To improve development of ventilation strategies for patients under mechanical ventilation, evaluating the degree of lung collapse (DoLC) is crucial. We suggest the AI-based model to measure DoLC by concatenating convolutional autoencoder and neural regression. This model predicts the DoLC with a single EIT image without any intervention of human's manipulation, and the resulting error is less than 5%.

Fig 4. KSIAM 2022 춘계학술대회 초록

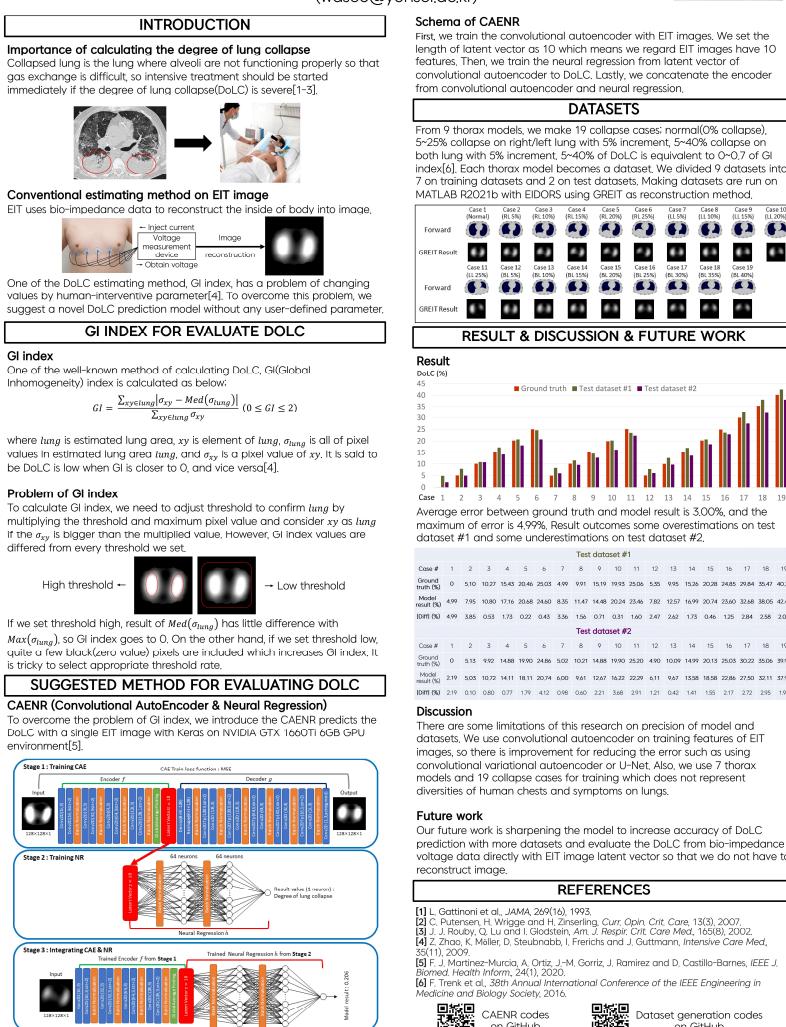


Fig 5. KSIAM 2022 춘계학술대회 포스터

## 2020.08 - 2020.12 로봇 재활 EEG 데이터를 활용한 뇌졸중 회복 레벨 분류 가능성 검증

연세대학교 대학원

- 사용 언어 : MATLAB(EEGLAB), Python
- 로봇 재활을 통해 얼마나 상태가 호전되었는지를 보여주기 위한 방법 중 하나가 환자의 뇌파가 얼마나 일반인의 것과 유사해지는지를 보이는 것이며, 이를 위해 뇌졸중 환자와 일반 노인의 EEG 데이터를 분류할 수 있는지를 검증하고자 했습니다.
- MATLAB의 오픈소스 패키지인 EEGLAB을 이용하여 뇌졸중 환자와 일반 노인의 로봇 재활 중 발생한 EEG 데이터 중 특정 뇌파 주파수가 활성화되는 시간대를 조사했습니다.

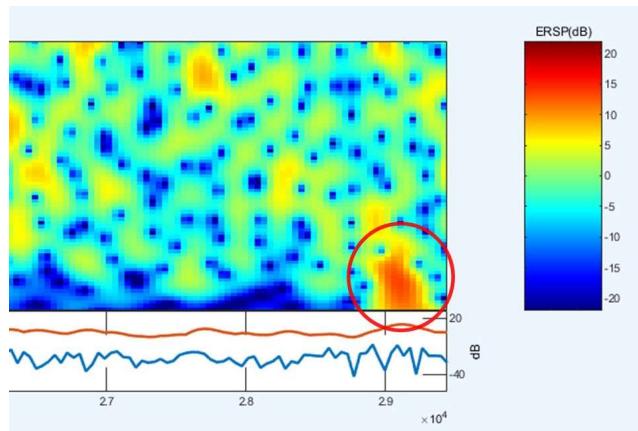


Fig 6. EEG 데이터의 특정 뇌파 주파수에서 뇌파가 활성화된 상태

- Python의 scikit-learn을 이용하여 특정 시간대에서의 뇌졸중 환자와 일반 노인의 EEG 데이터 중 공통되는 20채널에 대해 t-SNE 기법을 이용하여 1~3차원으로 시각화했습니다. [GitHub]

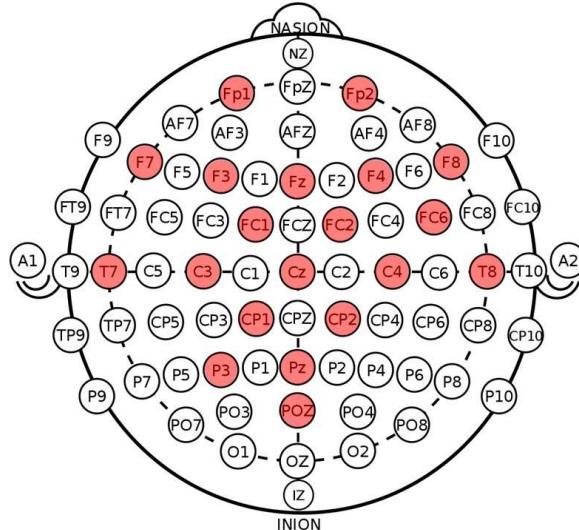


Fig 7. 연구에서 사용된 뇌졸중 환자와 일반 노인의 공통되는 20채널 EEG

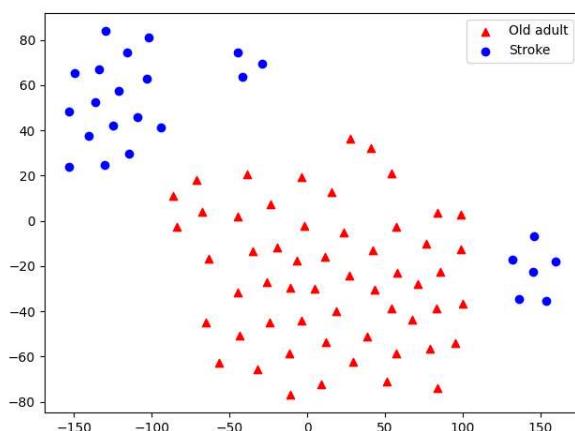
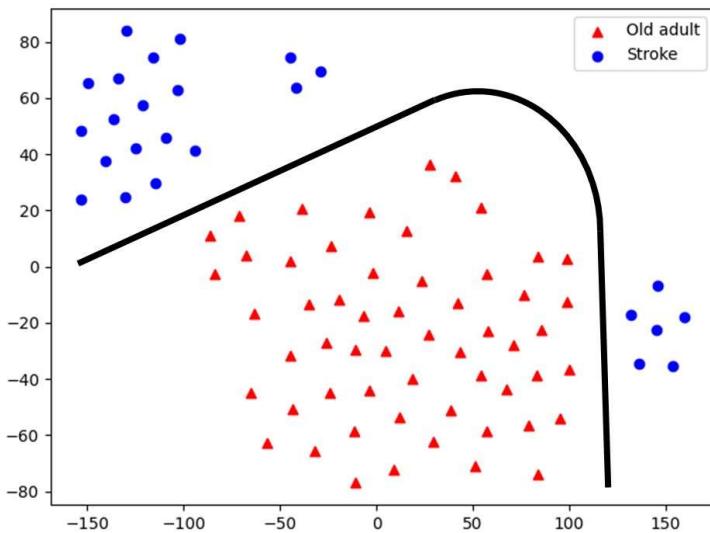


Fig 8. 20차원의 EEG 데이터를 t-SNE를 이용하여 2차원으로 축소한 결과

- 시각화된 데이터로 뇌졸중 환자와 일반 노인의 데이터가 커널 트릭, 군집화 알고리즘 등을 통해 분류가 가능할 것이라고 판단하였습니다.



**Fig 9.** 뇌졸중 환자와 일반 노인 간의 분류 가능성 검증 예시

- 2020년 한국지능시스템학회(KIIS) 추계학술대회 oral 발표를 했습니다.

Proceedings of KIIS Autumn Conference 2020 Vol. 30, No. 2.

## 로봇 재활 EEG 데이터를 활용한 뇌졸중 회복레벨 분류 가능성 검증

### A Validation Study for Stroke Recovery Level Classification Using Robotic Rehabilitation EEG Data

서원두<sup>1</sup> · 심대한<sup>2</sup> · 윤한얼<sup>2</sup>

Won-Doo Seo · Daehan Sim · Han Ul Yoon

<sup>1</sup>연세대학교 전산학과

<sup>2</sup>연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

E-mail: {wdseo, eogks0048, huyoon}@yonsei.ac.kr

#### 요약

본 논문은 로봇 재활 시 측정한 EEG 데이터에 기반하여 뇌졸중 환자의 회복 정도를 레벨로 분류할 수 있는 방법론을 제시한다. 뇌졸중 환자 그룹과 일반 노인 그룹이 재활 로봇을 이용하여 보행 재활을 수행할 때 24채널 EEG를 측정한다. Prefrontal cortex 영역에 해당하는 FP1, FP2 채널에서 Event-Related Synchronization(ERS)를 탐지하고, ERS가 발생한 시간대에서의 모든 채널들의 값을 특성 데이터로 저장한다. 이후, 두 그룹의 특성 데이터를 t-분포 확률적 임페딩(t-SNE)을 통해 가시화하여 결정 경계에 의해 분류될 수 있는지 검증한다.

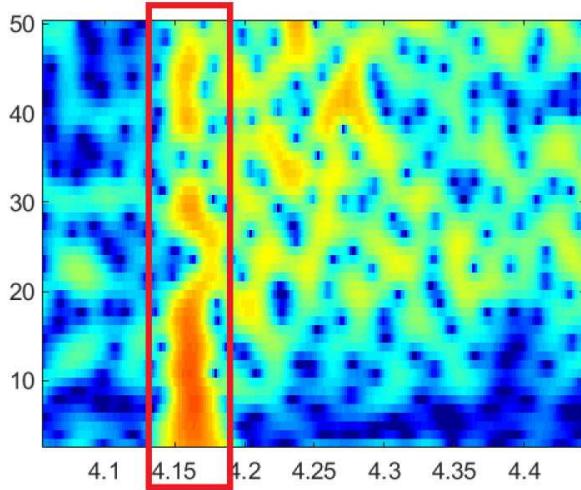
**키워드 :** Electroencephalography(EEG), Event-Related Synchronization(ERS), 뇌졸중, t-Stochastic Neighbor Embedding(t-SNE), 로봇 재활

**Fig 10.** 2020년 KIIS 추계학술대회 초록

#### 2020.03 - 2020.07 EEG 신호 채널 간 기능적 연결성 시각화

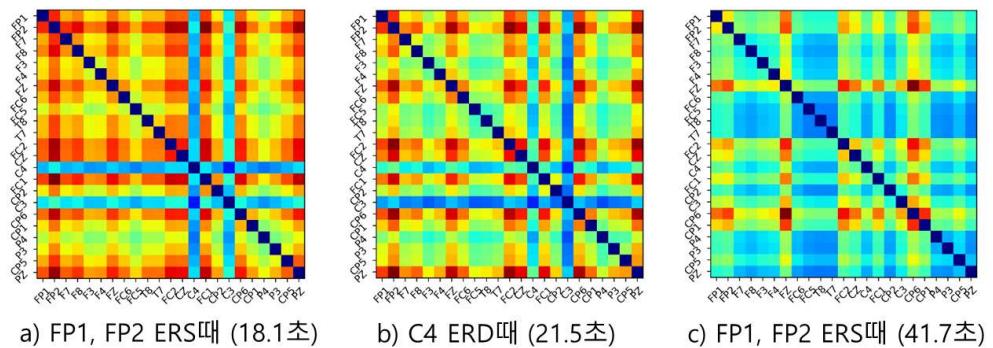
연세대학교 대학원

- 사용 언어 : MATLAB(EEGLAB), Python
- MATLAB의 오픈소스 패키지인 EEGLAB을 이용하여 EEG 채널의 신호를 spectrogram (time-frequency axis)으로 시각화 후 특정 시간대의 특정 뇌파 주파수의 활성화/비활성화를 관찰하고자 했습니다.
- Spectrogram으로 나타내어지는 EEG 채널의 신호는 그 신호에 크기에 따라 활성화(ERS; Event-Related Synchronization)/비활성화(ERD; Event-Related De-synchronization)으로 나눌 수 있습니다.



**Fig 11.** 특정 시간대에서의 한 EEG 채널 신호가 활성화되는 예시

- Python을 이용하여 로봇 재활 중 획득한 24채널 EEG 신호에서 특정 뇌파 주파수의 활성화가 되는 시점에서 채널 간 곱을 이용해 heatmap으로 시각화하여 특정 영역 간의 기능적 연결성을 확인했습니다. [GitHub]



**Fig 12.** 특정 EEG 채널의 활성화/비활성화 시의 heatmap

- 2020년 한국지능시스템학회(KIIS) 춘계학술대회 oral 발표 및 우수 논문상을 수상했습니다.

Proceedings of KIIS Spring Conference 2020 Vol. 30, No. 1.

## EEG 신호의 채널 간 동시적 활성화와 뇌의 기능적 연결

### Simultaneous Inter-channel Activation of EEG Signal and Brain Functional Connectivity

서원두<sup>1</sup> · 윤한얼<sup>2</sup>  
Won-Doo Seo · Han-Ul Yoon

<sup>1</sup>연세대학교 전산학과

E-mail: wdseo@yonsei.ac.kr

<sup>2</sup>연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

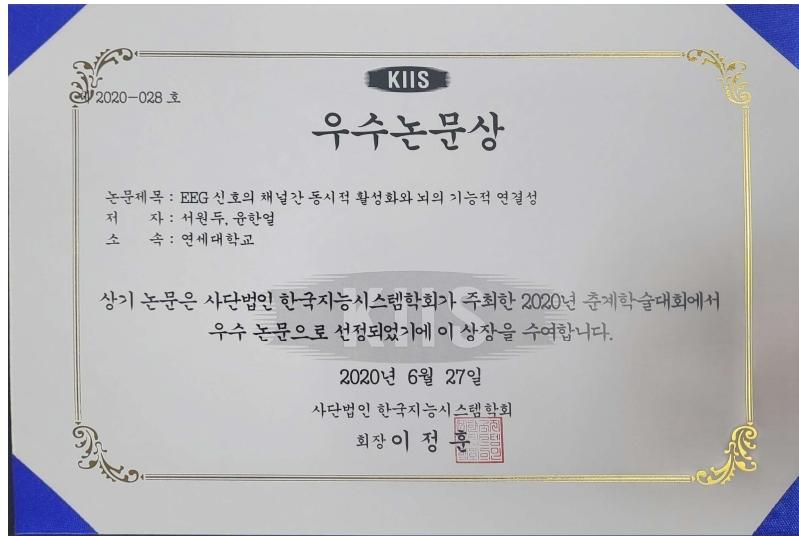
E-mail: huyoon@yonsei.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 EEG 채널간의 동시적 활성화를 통해 뇌의 기능적 연결성을 시각화하는 방법에 대해 논한다. 먼저 고령 노인의 로봇 보조 보행 훈련 프로토콜을 제공하여 24채널 EEG 신호를 획득하였다. Somato-sensory cortex와 prefrontal cortex와 관련된 EEG 채널들을 모니터링 하여 Event-Related Potential(ERP)을 찾았다. 그 시각에서의 24채널 간의 상관관계를 분석하여 기능적 연결성을 파악하였다. 최종적으로 분석된 상관관계를 채널 간 그래프로 시각화하여 ERP가 관측된 시구간에서 채널간의 연결성이 활성화된 것을 가시화하여 보일 수 있었다.

**키워드 :** Electroencephalography(EEG), Event-Related Potential(ERP), Event-Related Synchronization(ERS), Event-Related Desynchronization(ERD), Spectrogram

**Fig 13.** 2020년 KIIS 춘계학술대회 초록



**Fig 14.** 2020년 KIIS 춘계학술대회 우수논문상 수상

- 2020년 12월 한국지능시스템학회지(JKIIS)에서 KCI 논문으로 등재됐습니다.

Journal of Korean Institute of Intelligent Systems  
Vol. 30, No. 6, December 2020, pp. 465–471  
<http://dx.doi.org/10.5391/JKIIS.2020.30.6.465>

ISSN(Print) 1976-9172  
ISSN(Online) 2288-2324



## EEG 신호의 채널 간 동시적 활성화와 뇌의 기능적 연결성

Simultaneous Inter-Channel EEG Activation and Brain Functional Connectivity

서원두<sup>\*</sup>, 윤한얼<sup>\*\*†</sup>  
Won-Doo Seo and Han Ul Yoon<sup>†</sup>

\*연세대학교 대학원 전산학과 석사과정, \*\*연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

\*M.S. Candidate, Department of Computer Science, Graduate School, Yonsei University,

\*\*Professor, Division of Computer and Telecommunication Engineering, Yonsei University

Received: Dec. 3, 2020  
Revised : Dec. 19, 2020  
Accepted: Dec. 19, 2020  
<sup>†</sup> Corresponding author  
(huyoon@yonsei.ac.kr)

본 논문은 본 학회 2020년도 춘계학술대회  
에서 선정한 우수 논문입니다.  
본 연구는 2020학년도 연세대학교 미래캠퍼스  
미래선도연구사업의 지원을 받아 수행된  
것임(2020-62-0050).

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits un-restricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

**요약**  
외골격 로봇은 다양한 산업분야에서 사용되고 있으며, 보행 기능을 부분적으로 또는 완전히 상실한 뇌졸중 환자들을 위한 로봇 재활의 특수 목적으로 사용된다. 하지만 로봇 재활을 통해 점진적으로 환자의 보행 기능이 회복될 때, 각 회복 단계를 메트릭으로 정량화하기는 쉽지 않다. 이 단계를 정량적으로 보일 수 있다면, 로봇 보행 재활에 있어 재활 강도를 단계적으로 조절하고 환자 맞춤형 훈련 프로그램을 제공하는데 유용하게 쓰일 수 있다. 이에 본 논문에서는 현재의 환자 보행기능 상태를 정량적으로 나타낼 수 있는 메트릭을 EEG에 기반하여 정의할 수 있는 가능성을 보기 위해, 로봇을 이용한 보행 재활 중 즉정된 EEG에서의 event-related potential(ERP)과 채널간 동시적 활성화의 가시화 기법을 제안한다. 제안하는 방법의 핵심은 somato-sensory cortex와 prefrontal cortex에서의 ERP를 탐지하고, 해당시간에서의 EEG 채널간의 동시적 활성화 정도를 그래프 표현으로 가시화하여, 보행 재활을 수행하는 동안의 뇌의 기능적 연결성을 분석하는 것이다. 결론적으로, 제안한 방법론에 따라 얻어진 기능적 연결성 그래프를 기반으로, 일반인 대비 환자의 유사도를 나타내는 메트릭을 정의하여 환자들의 보행기능 회복 상태를 정량적으로 보여줄 수 있다.

**키워드 :** 뇌파(EEG), 사건관련전위(ERP), 사건관련동기화(ERS), 사건관련동기화소멸(ERD), 스펙트로그램

### Abstract

Exoskeleton robots have been used in a broad range of industrial fields; for rehabilitation purpose, they have also been utilized for patients such as stroke survivors who entirely or partially lost a gait functionality. It is difficult, however, to quantify each recovery stage in terms of explicit metrics while the patients' gait function are regained gradually. If each recovery stage can be metric-quantified, we can provide the patients with patient-customized rehabilitation training protocol as well as optimally regulated rehabilitation stages. Therefore, we propose a systemic way to visualize the event related potential(ERP) and corresponding simultaneous inter-channel activation of EEG signals being measured while a patient is performing robot-assisted rehabilitation training, which can show us a feasibility to derive metrics based on the visualized features. The key idea of the proposed way is to detect ERP from the EEG channel related to somato-sensory cortex and prefrontal cortex respectively, and represent the simultaneous inter-channel activation of EEG signals at where the ERP is detected by a graph model, which in turn investigates a brain functional connectivity while performing the robot-assisted gait rehabilitation. As a result, we can quantitatively present the recovering stage of patient's gait function by defining a similarity metric between the intact and the stroke-survived based on the brain functional connectivity graph.

**Key Words :** Electroencephalography(EEG), Event-Related Potential(ERP), Event-Related Synchronization(ERS), Event-Related De-synchronization(ERD), Spectrogram

**Fig 15.** 한국지능시스템학회지(JKIIS) KCI 논문 초록