

랜덤 포레스트 방법을 이용한 근기능 상태 분류 예측에 대한 연구

김현숙^{*1}, 김우진¹, 조현우¹, 이승준¹, 윤대섭¹, 조정희²¹ 한국전자통신연구원, ² 부산교육대학교{hyskim, wjinkim, hwjoe, lsj0209, [eyetracker](mailto:eyetracker@etri.re.kr)}@etri.re.kr, dreamer@bnue.ac.kr

A study on the Muscle Function Classification Using Random Forest Method

HyunSuk Kim^{*1}, Woojin Kim¹, Hyunwoo Joe¹, Seung-Jun Lee¹, Yoon, Daesub¹, Junghee Jo²¹Electronics and Telecommunications Research Institute,²Busan National University of Education

요 약

뇌졸중이나 외상으로 근육에 손상을 입은 환자는 장기간 재활이 필요하므로 가정에서 재활치료를 하기 위해서는 근기능 회복이 진행되고 있는지 분석 및 확인할 수 있는 재활 치료 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 EMG 와 IMU 정보를 획득할 수 있는 근기능 평가 장비 프로토타입인 iCARE 장비를 개발하여 사용하였다. EMG 데이터의 time domain 특징과 frequency domain 특징, IMU 데이터의 속도와 ROM 특징을 추출하여 Random Forest 방법으로 훈련하여 근기능 상태 분류 예측을 수행하여 성능을 평가하였다. 정확도 97%를 보였고, EMG 데이터에서는 MDF 변수의 중요도가 0.194 로 가장 높고, IMU 데이터에서는 ROM 변수의 중요도가 0.408 로 가장 높게 관측되었다. 본 연구 결과를 활용하면 뇌졸중환자의 재활 치료를 진행하면서 환자의 근기능 개선이 진행되고 있는지 확인할 수 있다.

I. 서 론

뇌졸중 환자는 몸을 움직일 수 없기 때문에 장기간 재활운동을 하거나 전문의와 물리치료사의 도움을 받아 재활운동을 해야 하는데, 코로나 19 팬데믹(세계적 대유행) 이후 비접촉 의료 서비스가 가능해지면서 가정에서의 원격 재활 치료에 대한 요구사항이 증가하고 있다. 원격 재활치료가 활성화되기 위해서는 ICT 와 바이오 센서를 사용하여 환자의 생체 신호를 측정하여 근기능 상태를 평가하고 분석할 수 있어야 한다.

최근에 재활을 받고 있는 뇌졸중 환자의 손가락 움직임 평가를 위해 EMG 데이터에 대해 SVM 방법을 사용하거나, 실시간 EMG 신호를 이용한 AI 기반 뇌졸중 질환 예측 시스템에 대한 연구 등 다양하게 진행되고 있다 [1, 2]. 본 연구에서는 EMG(Electromyography)와 IMU 데이터를 분석하고 랜덤 포레스트 방법을 이용하여 근기능상태를 분류하는 방법을 제안한다.

II. 실험 방법

본 논문에서는 EMG 와 IMU 정보를 획득할 수 있는 근기능 평가 장비 프로토타입인 iCARE 장비를 개발하여 사용하였다 [3-6]. iCARE 프로토타입은 8 채널 EMG 와 2 채널 IMU 센서를 포함하고 있으며, PC 와 serial 통신으로 연결되어 있다. iCARE 프로토타입은 뇌졸중이나 외상 등의 이유로 상실된 근기능의 회복이 필요한 환자의 상지(손과 팔 등) 재활 훈련에 사용할 수 있는 Upper-limb Rehabilitation 시스템이다.

실험에서는 EMG 4 채널의 데이터를 시간에 따라 1kHz 의 속도로 수집한다. 실험참가자는 뇌졸중 재활치료가 필요한 환자 14 명과 정상인 20 명이

참여하였다. 실험 진행자는 실험 참가자에게 손목을 위로 최대한 올리고 멈추었다가, 다시 원위치로 손목을 내리도록 안내하였고, 이런 동작을 5 회 반복하면서 데이터를 취득하였다(IRB 번호:1908-030-082).

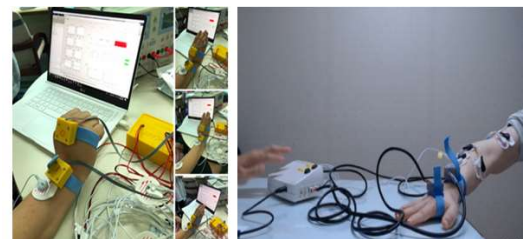


그림 1 iCare 장비 이용한 실험 환경 [6]

III. 데이터 전처리

본 논문에서는 윈도우 크기를 200msec 로 설정하여 표 1 과 같이 EMG 데이터의 time domain 특징과 frequency domain 특징, IMU 데이터의 속도와 ROM 특징을 추출하여 분석하였다.

표 1 근기능 평가 특징 파라미터

Type	Feature	Description
EMG Time Domain	Mean_power	윈도우 내 값의 절대값의 평균
	Integrated EMG (IEMG)	윈도우 내 값의 절대값의 합
	Root Mean Square (RMS)	제곱의 평균의 제곱근

EMG Frequency Domain	Median frequency (MDF)	주파수 스펙트럼이 반으로 나누어지는 중앙 주파수
	Mean frequency (MNF)	주파수의 평균
IMU	Velocity	관절 움직임 속도
	Range of Movement (ROM)	관절 움직임 최대 각도

IV. 분석 결과

표 1의 정보를 특징변수로 활용하여 Random Forest 방법으로 훈련하여 근기능 상태(정상/비정상) 분류 예측을 5-Cross Validation, 10-cross Validation 과 Leave-one-out Cross Validation 으로 구분하여 표 2와 같이 성능을 평가하였다.

표 2 Raw data를 이용한 근기능 상태 분류 예측 결과

Case	accuracy	precision	recall	F1
CV-5	0.91	0.92	0.86	0.89
CV-10	0.94	1	0.86	0.92
LOOCV	0.97	1	0.93	0.96

그림 2는 LOOCV 방법으로 Random Forest 모델에 사용된 특징변수의 중요도를 나타낸다. EMG 데이터에서는 MDF 변수의 중요도가 0.194로 가장 높고, IMU 데이터에서는 ROM 변수의 중요도가 0.408로 가장 높게 관측되었다.

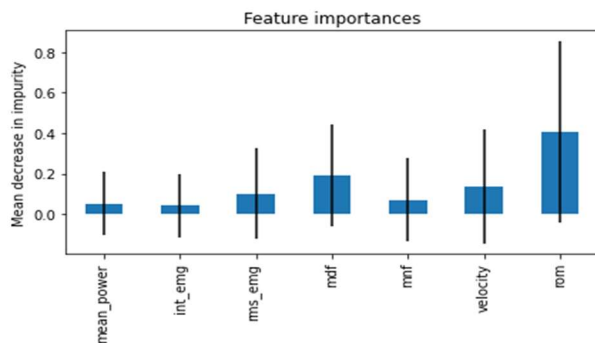


그림 1 특징변수 중요도

따라서, 본 연구 결과를 활용하면 뇌졸중환자의 재활 치료를 진행하면서 EMG와 IMU 데이터를 분석하여 환자의 근기능 개선이 진행되고 있는지 예측하는데 활용할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 뇌졸중 환자와 정상인의 EMG와 IMU 데이터를 수집하여 환자와 정상인의 근기능을 평가할 수 있는 지 알아보기 위해 iCARE 프로토타입을 이용하여 실험하고, EMG와 IMU 데이터 특징을 분석하여 환자와 정상인을 Random Forest 방법으로 훈련하여 근기능 상태를 분류할 수 있음을 알 수 있었다.

재활 치료가 필요한 환자로부터 데이터를 수집하는 것은 환자의 건강상태를 고려해야 되기 때문에 정상인으로부터 데이터를 수집하는 것보다 어렵다. 그래서, 추후, 정상인의 데이터를 이용하여 one class classification을 활용한 분류 예측 방법에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(한국산업기술진흥원)의 국제공동 기술개발 사업 지원(과제번호 P0007114, 과제명: 가정용 근기능 재활을 위한 연결형 지능적 측정 및 구동 솔루션 개발, 기여율: 50%)과 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 2022-0-00501, 과제명: 웨어러블 디바이스 성능평가 기술 개발, 기여율: 50%)

참고 문헌

- [1] Toyohiro Hamaguchi, Takeshi Saito, Makoto Suzuki, Toshiyuki Ishioka, Yamato Tomisawa, Naoki Nakaya, Masahiro Abo, "Support Vector Machine Based Classifier for the Assessment of Finger Movement of Stroke Patients Undergoing Rehabilitation," Journal of Medical and Biological Engineering (2020) 40:91-100, <https://doi.org/10.1007/s40846-019-00491-w>
- [2] Yu, Jaehak, Sejin Park, Soon-Hyun Kwon, Chee M.B. Ho, Cheol-Sig Pyo, and Hansung Lee. 2020. "AI-Based Stroke Disease Prediction System Using Real-Time Electromyography Signals" Applied Sciences 10, no. 19: 6791. <https://doi.org/10.3390/app10196791>
- [3] iCARE Project Web page, [Online]. Available at: <https://www.icare-at-home.com/>
- [4] Junghee Jo and et al., "Use Case Specification for Upper-limb Rehabilitation with FES and Exoskeleton," ICTC (International Conference on Information and Communication Technology Convergence), 2020.
- [5] Hyunwoo Joe, and et al., "Design of a cognitive computing module for user-centered Rehabilitation," Fall Conference of IEMEK (Institute of Embedded Engineering of Korea), 2020.
- [6] HyunSuk Kim, and et al., "A Study on the Muscle Function Evaluation Methods using EMG for Upper-limb Rehabilitation Training," Fall Conference of KICS (The Korean Institute of Communications and Information Sciences), 2022.